

**TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMINDA
KARMA TAMSAYILI PROGRAMLAMA
MODELİ VE AMBALAJ ATIKLARI GERİ
DÖNÜŞÜMÜ İÇİN BİR UYGULAMA**

Ümran ŞENGÜL

**Doktora Tezi
Sayısal Yöntemleri Ana Bilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU
Erzurum-2010
Her Hakkı Saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI

Ümran ŞENGÜL

TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMINDA KARMA TAMSAYILI
PROGRAMLAMA MODELİ VE AMBALAJ ATIKLARI GERİ
DÖNÜŞÜMÜ İÇİN BİR UYGULAMA

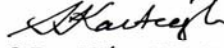
DOKTORA TEZİ

TEZ YÖNETİCİSİ
Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU

ERZURUM-2010

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu çalışma İşletme Anabilim Dalının Sayısal Yöntemler Bilim Dalında jürimiz tarafından Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Sıtkat KAÇTIOĞLU
Danışman/Jüri



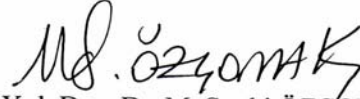
Prof. Dr. Cafer ÇELİK
Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mahmut KARTAL
Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. Abdullah NARALAN
Jüri Üyesi



Yrd. Doç. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK
Jüri Üyesi

Yukarıda imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir. 12.03.2010

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM
Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖZET.....	VI
ABSTRACT.....	VII
TEŞEKKÜR.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XIII
GİRİŞ.....	1
BİRİNCİ BÖLÜM	
1.TEDARİK ZİNCİRİ.....	6
1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi.....	6
1.2. Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi.....	9
1.3. Kapalı Döngü (Çevrim) Tedarik Zinciri Yönetimi.....	9
1.3.1. Kapalı döngü tedarik zinciri işletme modelleri.....	10
1.4. Lojistik.....	13
1.5. Tersine Lojistik.....	16
1.5.1. Tersine lojistiğin tanımı.....	16
1.5.2. Tersine lojistiğin gelişimi.....	30
1.5.3. Tersine lojistiğin genel özellikleri.....	32
1.5.4. Tersine lojistik akış ürünleri.....	33
1.5.5. Tersine lojistik ağ yapısı.....	35
1.5.5.1. Tersine lojistik ağda ürün geri dönüşleri.....	41
1.5.5.2. Tersine lojistik ağ kurmada karar verme seviyeleri.....	50

1.5.5.3. Tersine lojistik ağ yapısı türleri.....	55
1.5.5.4. Tersine lojistik ağ yapısının boyutları.....	58
1.5.5.5. Tersine lojistik ağ tasarımında nicel modeller.....	59
1.5.6. Tersine lojistik ile atık yönetimi, yeşil lojistik ve ileri lojistik ağları arasında karşılaştırma.....	62
1.5.7. Tersine lojistik ve e-ticaret.....	63
1.5.8. Tersine lojistiğin önündeki engeller.....	64

İKİNCİ BÖLÜM

2. KATI ATIK YÖNETİMİ, GERİ DÖNÜŞÜM ve AMBALAJ ATIKLARI.....	66
2.1. Katı Atık Yönetimi.....	67
2.2. Katı Atık Bertaraf Yöntemleri.....	68
2.2.1. Kaynakta azaltma ve geri kazanma.....	68
2.2.2. Yakma.....	69
2.2.3. Termal gazifikasyon.....	70
2.2.4. Kompostlaştırma.....	70
2.2.5. Vahşi depolama.....	71
2.2.6. Düzenli depolama.....	71
2.3. Katı Atıkların Ekonomi ve Çevre Açısından Değerlendirme Aşamaları.....	72
2.4. Geri Dönüşüm.....	74
2.4.1. Geri dönüşüm sisteminin aşamaları.....	77
2.4.2. Değerlendirilebilir atıkların lojistiği.....	81
2.5. Ambalaj Atıkları.....	85
2.5.1. Ambalaj atıkların geri kazanımında ekonomik araçların belirlenmesi.....	96
2.5.2. Geri dönüştürülebilir ambalaj maddeleri.....	98
2.5.2.1. Kâğıt ambalajlar.....	99

2.5.2.2. Plastik ambalajlar.....	101
2.5.2.3. Cam ambalajlar.....	104
2.5.2.4. Metal ambalajlar.....	107
2.5.3. Farklı ülkelerde ambalaj atıklarının durumu.....	109
2.5.3.1. ABD’de ambalaj atığı toplama yöntemleri.....	109
2.5.3.2. Avrupa ülkelerinde ambalaj atığı uygulamaları.....	110
2.5.3.3. Almanya.....	111
2.5.3.4. Fransa.....	112
2.5.3.5. Belçika.....	113
2.5.3.6. İtalya.....	113
2.5.3.7. Danimarka.....	114
2.5.3.8. İrlanda.....	114
2.5.3.9. İngiltere.....	115
2.5.4. Türkiye’de katı atık ve ambalaj atıklarının durumu.....	116
2.5.5. Türkiye’de atık geri dönüşüm borsası.....	118
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	
3. TAMSAYILI PROGRAMLAMA.....	120
3.1. Karma Tamsayıli Doğrusal Programlamada Model Kurma.....	122
3.2. Karma Tamsayıli Doğrusal Programlamanın Özellikleri.....	123
3.3. Karma Tamsayıli Doğrusal Programlamada Uygulamalar.....	124
3.3.1. Sabit yük problemleri.....	125
3.3.2. Tezgâh yerleştirme problemleri.....	125
3.3.3. Ya-veya kısıtlı problemler.....	125
3.3.4. İse-o zaman kısıtlı problemler.....	126

3.3.5. Parçalı doğrusal fonksiyon problemleri.....	126
3.3.6. Tedarik zinciri ve lojistik ağ tasarımı problemleri.....	127
3.4. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama Çözüm Yöntemleri.....	128
3.4.1. Klasik algoritmalar.....	128
3.4.1.1. Dal ve sınır algoritması.....	128
3.4.1.2. Kesme düzlemi algoritması.....	130
3.4.1.3. Lagrange gevşetme yöntemi.....	131
3.4.2. Sezgisel algoritmalar (Heuristic algorithms).....	132
3.4.2.1. Greedy algoritması (Greedy algorithm).....	132
3.4.2.2. Tavlama benzetimi algoritması (Simulated annealing algorithm).....	133
3.4.2.3. Tabu arama (Tabu search).....	133
3.4.2.4. Genetik algoritmalar (Genetic algorithms).....	134
3.4.2.5. Dağınık arama (Scatter search).....	135
3.5. Dualite ve Gölge Fiyatlar.....	136
3.5.1. İndirgenmiş maliyet.....	137
3.6. Duyarlılık Analizi	137
3.7. Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm Alanlarında Uygulanan Doğrusal Optimizasyon Metotları.....	138

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ERZURUM İLİNDE AMBALAJ ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜ İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELLİNİN GELİŞTİRİLMESİ.....	145
4.1. Sistemin İşleyişi.....	146
4.2. Ambalaj Atıklarının Toplama Noktalarına Kadar Toplanması.....	147
4.3. Ambalaj Atıklarının Toplama Noktalarından TAT Noktalarına Kadar Toplanması..	147
4.4. Türlerine Göre Ayrılmış Ambalaj Atıklarının GDT'ye Sevkıyatı.....	147

4.5. Modelin Oluşturulması.....	148
4.5.1. Modelin amacı.....	149
4.5.2. Model parametrelerinin belirlenmesi.....	148
4.5.2.1. Açığa çıkan ambalaj atığı miktarı.....	149
4.5.2.2. Açığa çıkan ambalaj atıklarını toplama maliyeti.....	154
4.5.2.3. Ambalaj atık kategorilerinin belirlenmesi.....	155
4.5.2.4. Ambalaj atıklarının balya hacim ve ağırlıklarının belirlenmesi.....	155
4.5.2.5. Geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerin birim taşıma maliyetinin belirlenmesi.....	156
4.5.2.5.1. Sabit giderler.....	156
4.5.2.5.2. Değişken giderler.....	157
4.5.2.6. Geri dönüştürülebilir ambalaj atıklarının ekonomik değerleri.....	159
4.5.2.7. Geri dönüştürülmeyen malzemelerin düzenli depolama sahasına birim taşıma maliyetinin belirlenmesi.....	159
4.5.3. Toplama noktalarının belirlenmesi.....	159
4.5.4. TAT noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi.....	160
4.5.4.1. TAT noktalarının maliyetlerinin belirlenmesi.....	160
4.5.5. GDT'nin özelliklerinin belirlenmesi.....	164
4.6. Modelin Kurulması.....	164
4.6.1. Varsayımlar.....	165
4.6.2. İndisler.....	165
4.6.3. Karar değişkenleri.....	166
4.6.4. Parametreler.....	166
4.6.5. Model.....	167
4.6.6. Kısıt açıklamaları.....	170

4.6.7. Model sonuçlarının değerlendirilmesi.....	171
SONUÇ	181
KAYNAKLAR.....	187
EKLER.....	200
ÖZGEÇMİŞ.....	264

ÖZET

DOKTORA TEZİ

***TERSİNE LOJİSTİK AĞ TASARIMINDA KARMA TAMSAYILI PROGRAMLAMA
MODELİ VE AMBALAJ ATIKLARI GERİ DÖNÜŞÜMÜ İÇİN BİR UYGULAMA***

Ümran ŞENGÜL

Danışman: Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU

2010, Sayfa: 264

Juri: Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU

Prof. Dr. Cafer ÇELİK

Prof Dr. Mahmut KARTAL

Yrd. Doç. Dr. M. Suphi ÖZÇOMAK

Yrd. Doç. Dr. Abdullah NARALAN

Çalışmanın amacı, Erzurum da ambalaj atıklarının geri dönüşümü ile ilgili tersine dağıtım sisteminin planlanması ve işleyiş etkinliğinde karar almayı desteklemek için bir karma tamsayılı programlama modeli geliştirmektir.

Çalışmada, tedarik zinciri ve lojistik kısaca tanıtıldıktan sonra, lojistiğin bir alt dalı olan tersine lojistik hakkında bilgi verilmiştir. Tersine lojistiğin genel özellikleri, ağ yapısı ve türleri üzerinde durulmuş daha sonra katı atık yönetimi ve geri dönüşüm, ambalaj atıklarının geri dönüşümü ve karma tamsayılı programlama açıklanmıştır.

Model altı farklı senaryo için LINGO optimizasyon programıyla çözülmüştür. Her senaryo için optimum toplama ayırma tesisi ve geri dönüşüm tesisi kapasite ve konumu belirlenmiştir.

ABSTRACT

Ph.D.Thesis

***THE MIXED INTEGER PROGRAMMING MODEL IN REVERSE LOGISTICS
NETWORK DESIGN AND AN APPLICATION FOR THE PACKING WASTES
RECYCLING***

Ümran ŞENGÜL

Supervisor: Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU

2010, Page: 264

Jury: Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU

Prof. Dr. Cafer ÇELİK

Prof Dr. Mahmut KARTAL

Assist. Prof. Dr. Suphi ÖZÇOMAK

Assist. Prof. Dr. Abdullah NARALAN

The aim of this study that is mixed integer programming model was developed to support decision making for effective design and operation of a reverse distribution system associated with packing waste recycling.

In this study, after the concept the supply chain and logistics was described shortly, knowledge about Reverse Logistics, which is a sub branch of logistics is presented. General logistics of reverse logistics, reverse logistics network design and types were emphasized after solid waste management, recycling, recycling of the packing wastes and mixed integer programming was told.

The model was solved for six scenarios with the LINGO optimization program and optimum capacity and locations of collection separation facilities and recycling facilities were found for six scenarios.

TEŞEKKÜR

Doktora çalışmamda bana yardımcı olan ve danışmanlığını yapan sayın hocam Prof. Dr. Sibkat KAÇTIOĞLU'na, bilgilerinden istifade ettiğim değerli hocam Prof. Dr. Şule ÖZKAN ve Prof. Dr. Cafer ÇELİK'e, tüm çalışmam boyunca sabırlarını ve yardımlarını eksik etmeyen eşim A.Bilal ŞENGÜL'e, tüm akraba ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Erzurum, 2010

Ümran ŞENGÜL

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No:</u>
Şekil 1.1. Bağımsız Tersine Lojistik içeren CLSC Akış Şeması.....	11
Şekil 1.2. Yüksek Teknoloji Ürünleri için CLSC Akış Şeması.....	12
Şekil 1.3. Tüketici Merkezli CLSC Akış Şeması.....	13
Şekil 1.4. Lojistik Faaliyetler.....	16
Şekil 1.5. Tersine Lojistik Ağ Yapısı.....	38
Şekil 1.6. Tedarik Zincirinde Geri Kazanım Piramidi.....	49
Şekil 1.7. Tedarik Zincirinde Tersine Akışlar.....	50
Şekil 2.1. Katı Atık Yönetim Piramidi.....	67
Şekil 2.2. Tersine Lojistiğin Atık Yönetimi Açısından Kapsamı.....	72
Şekil 2.3. Ambalaj Atıklarının Yaşam döngüsü.....	88
Şekil 2.4. Türkiye’de Ayırma ve Geri Dönüşüm Tesis Sayıları.....	91
Şekil 2.5. Geri Dönüşüm Tesislerinin İllere Göre Dağılımı.....	91
Şekil 2.6. Belediyenin Ambalaj Atıklarını Toplaması Durumu.....	94
Şekil 2.7. Belediye-Lisanslı Firma- Yetkilendirilmiş Kuruluş Ortak Çalışması Ambalaj Atıklarını Toplaması Durumu...	95
Şekil 2.8. Ambalaj Atığı Onaylanan Belediye Sayısı (2009).....	96
Şekil 3.1. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlamada Modelin oluşturulması ve İzlenecek Yol.....	123
Şekil 3.2. Ağ Tasarım Modelleri.....	127
Şekil 3.3. Dualite Teoremi.....	136
Şekil 4.1. Ambalaj Atıklarının Toplanmasında Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Modeli.....	147

TABLOLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa No:</u>
Tablo 1.1. Tersine Lojistiğin Kapsamı.....	20
Tablo 1.2. Geleneksel Üretim Çevresi ile Geri Kazanımlı Üretim Çevresi Arasındaki Farklar	22
Tablo 1.3. Örnek Geri Dönüş Oranları.....	23
Tablo 1.4. Ürünlerin Geri Dönüş Kodları.....	42
Tablo 1.5. Geri Kazanım Seçeneklerinin Karşılaştırılması.....	48
Tablo 1.6. Tersine Lojistik Ağda Karar Verme Aşamaları.....	51
Tablo 1.7. İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar.....	63
Tablo 1.8. E-ticarete Tersine Lojistik Aktiviteleri.....	63
Tablo 2.1. Geri Dönüştürülen Maddelerin Sağladıkları Tasarruflar.....	75
Tablo 2.2. Değerlendirilebilir atıkların ayrı toplanması ve ayrılması için entegre sistemler....	82
Tablo 2.3. Değerlendirilebilir atıkların ayrı toplanması ve ayrılması için getir sistemleri.....	84
Tablo 2.4. Ambalaj Atıkları Yönetmeliğine Göre Ambalaj Olarak Kabul edilen ve edilmeyen ürünler.....	86
Tablo 2.5. Ambalaj Atıkları Yönetmeliğine Göre Yıllık Geri Kazanılması Hedeflenen Ambalaj Atık Oranları.....	89
Tablo 2.6. Çeşitli Şehirlerden Özet Bilgiler.....	99
Tablo 2.7. Türkiye'nin Kâğıt Geri Dönüşüm Oranları.....	101
Tablo 2.8. Yurt Dışında Bazı Şehirlerde Açığa Çıkan Atıklarının Geri Dönüşüm Oranları....	116
Tablo 4.1. Erzurum İli Hakkında Genel Bilgiler.....	150
Tablo 4.2. Erzurum'da Piyasaya Sürülen Ambalaj Atık Miktarları.....	151
Tablo 4.3. Erzurum'un Atık Bileşimi.....	151
Tablo 4.4. Erzurum Ambalaj Atık Miktarları.....	152
Tablo 4.5. Düzenli Katı Atıkları Toplanan Erzurum'un İlçeleri Hakkında Genel Bilgiler.....	153
Tablo 4.6. Erzurum İli için Ambalaj Atıkları Toplama Bölgeleri.....	154

Tablo 4.7. Toplam Atığın %1, %3, %6, %12, %24, %30'unun Geri Dönüştürülmesi Durumunda Atık Toplama Bölgelerine Göre Geri Dönüşüm Miktarları.....	154
Tablo 4.8. Evsel Çöpü Toplama, Taşıma ve Bertaraf Maliyetleri (\$ /ton).....	155
Tablo 4.9. Toplanan Ambalaj Atıklarının Oranı(%).....	155
Tablo 4.10. Geri Dönüştürülebilir Ambalaj Atıklarının Balya Hacim ve Ağırlıkları.....	156
Tablo 4.11. Taşımada Kullanılacak Kamyona Ait Özellikler ve Maliyet Hesapları.....	158
Tablo 4.12. Kamyon Tam Dolu Olduğu Zaman Alacağı Malzeme Miktarı ve Taşıma Maliyeti.....	159
Tablo 4.13. Ambalaj Atıklarının Gelirleri.....	159
Tablo 4.14. TAT'lerinin Günlük Kapasiteleri.....	160
Tablo 4.15. Küçük ve Orta Ölçekli Ayırma Tesislerinin Özellikleri.....	161
Tablo 4.16. TAT Hesaplanmasında Kullanılan Birim Maliyetler.....	162
Tablo 4.17. TAT Yıllık ve Günlük Sabit Maliyetler	163
Tablo 4.18. TAT'da Kullanılması Düşünülen İşçi Sayıları ve Yıllık Maliyetleri.....	164
Tablo 4.19. GDT Konum Kümeleri ve Kapasiteleri.....	164
Tablo 4.20. Senaryo1 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları.....	171
Tablo 4.21. Senaryo1 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları.....	172
Tablo 4.22. Senaryo1 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları.....	172
Tablo 4.23. Senaryo 2 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları.....	173
Tablo 4.24. Senaryo2 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları.....	173
Tablo 4.25. Senaryo2 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları.....	173
Tablo 4.26. Senaryo3 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları.....	174
Tablo 4.27. Senaryo3 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları.....	174
Tablo 4.28. Senaryo3 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları.....	174
Tablo 4.29. Senaryo4 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları.....	175

Tablo 4.30. Senaryo4 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları.....	176
Tablo 4.31. Senaryo4 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları.....	176
Tablo 4.32. Senaryo5 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Miktarı.....	177
Tablo 4.33. Senaryo5 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları.....	177
Tablo 4.34. Senaryo 5 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları.....	177
Tablo 4.35. Senaryo 6 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları.....	178
Tablo 4.36. Senaryo 6 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları.....	179
Tablo 4.37. Senaryo 6 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları.....	179

KISALTMALAR DİZİNİ

- SCM:** Supply Chain Management (Tedarik Zinciri Yönetimi)
- MRPI:** Materials Requirement Planning (Malzeme İhtiyaç Planı)
- MRPII:** Manufacturing Resource Planning (İmalat Kaynakları Planı)
- ERP:** Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planı)
- CLSC:** Closed Supply Chain Management (Kapalı Döngü Tedarik Zinciri Yönetimi)
- OEM:** Original Equipment Manufacturer (Orijinal Ürün Üreticisi)
- RL:** Reverse Logistics (Tersine Lojistik)
- RSCM:** Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi (Reverse Supply Chain Management)
- CRC:** Centralized Returns Center (Merkezi İade Birimi)
- DSD:** Duales System Deutschland
- IT:** Information Technologies (Bilgi Teknolojileri)
- WEEE:** Elektronik ve Elektrik Atık Elemanları (Waste Electronic and Electrical Equipment)
- ELV:** Yaşam Sonu Taşıt Yönergeleri (End of Life Vehicle)
- SLP:** Sistematik İşyeri Düzeni Planlaması (Systematic Layout Planning)
- RFID:** Radyo Frekansı Tanıma (Radio Frequency Identification)
- GAMS:** General Algebraic Modeling System (Genel Matematiksel Modelleme Sistemi)
- LINGO:** Linear, Interactive and General Optimizer (Doğrusal Etkileşimli Genel Eniyileyici)
- LINDO:** Linear, Interactive, and Discrete Optimizer (Doğrusal Etkileşimli Genel Kesikli Eniyileyici)
- CRAFT:** Computerized Relative Allocating of Facilities Technique (Tesislerin Programlanmış Göreli Yerleştirilmesi Tekniği)
- ALDEP:** Automated Layout Design Program (Otomatikleştirilmiş İşyeri Düzeni Tasarımı Programı)
- CORELAP:** Computerized Relationship Layout Planning-Programlanmış İşyeri Düzeni Planlaması İlişkileri
- MILP:** Karma Tamsayılı Programlama (Mixed Integer Linear Programming)
- TAT:** Toplama Ayırma Tesisi
- GDT:** Geri Dönüşüm Tesisi
- ÇEVKO:** Çevre Koruma ve Ambalaj Atıklarını Değerlendirme Vakfı İktisadi İşletmesi
- AAYP:** Ambalaj Atıkları Yönetim Planı

KAT: Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi

OAT: Orta Ölçekli Ayırma Tesisi

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

APICS: Association for Operations Manegement (Amerika Üretim ve Stok Kontrol Derneği)

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve sanayileşme ile paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını hızla artırmaktadır. Bu süreçte üretim ve pazarlama faaliyetlerindeki genişleme, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılarken, sürekli artan tüketim eğilimi ile birlikte oluşan atıklar da, hem miktar hem de zararlı içerikleri nedeniyle çevre ve insan sağlığını tehdit etmeye başlamıştır. Bu koşullarda, gelişen çevre bilincine paralel olarak çevrenin korunması bütün dünyada ülkelerin temel politika öncelikleri arasında giderek ön sıralara yerleşmekte ve atık yönetimi de çevre koruma politikaları arasında ağırlıklı bir yer tutmaktadır. Katı atık yönetim sistemleri bir taraftan atık miktarlarının artması ve gömme kapasitelerinin azalmasından dolayı, yönetim programlarının bir kısmını geri kazanım sistemlerine dönüştürmek için diğer taraftan da geri kazanılmış malzemelerin toplanması, depolanması ve geri dönüşüm tesislerine nakliyesi için gerekli olan sistemi optimize etmek için bir karar alma yapısına ihtiyaç duymaktadırlar. Ayrıca doğal kaynakların hızla tüketilmesinin önüne geçilmesi ve üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaktan çıkarılarak ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini amacıyla bu katı atık yönetim stratejileri, tüm dünyada giderek öncelikli bir politika hedefi olarak benimsenen “sürdürülebilir kalkınma” yaklaşımının temelini oluşturmaktadır. Bu açıdan, sürdürülebilir kalkınmanın temellerinden en önemlisi üretim sanayisinin “açık yaşam döngüsü” yaklaşımından (beşikten mezara) “kapalı yaşam döngüsü” yaklaşımına (beşikten beşiğe) doğru yönelmesidir. Kapalı yaşam döngüsü, ürünlerin üretim aşamasından başlayıp kullanılamaz hale gelmelerinden sonra tekrar üreticiye dönüp kullanılabilir hale getirilme döngüsüdür. Yani kapalı yaşam döngüsünde ürünler üretilir, kullanılır, atık olur, yeniden değerlendirilme için üreticiye geri gelir ve tekrar üretilir. Kapalı yaşam döngüsünde, üreticiye geri gelme işlemi *Tersine Loistik* ağ ile gerçekleştirilir.

Tersine lojistik, hammaddelerin, halen süreçte bulunan envanterlerin, bitmiş malların ve bunlar hakkındaki bilginin tüketim noktasından üretim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve maliyet avantajlı akışını planlama, yürütme ve kontrol etme sürecidir. Tersine lojistik çelik üretiminde, uçaklarda, bilgisayarlarda, otomobillerde, kimyasallarda, araç-gereçlerde,

tıbbi öğelerde v.b. atık oluşturan tüm üretim sanayisi ile ilişkili ve kullanılmış ürünün tüketiciden üreticiye yönelik akışından sorumlu olan bir yapıdır. Bu açıdan tersine lojistik geri dönüştürülebilir atıkları ele aldığından, atık yönetiminin en önemli parçalarından biridir. Çevreye duyarlılık, müşteri hizmetleri ve maliyet azaltmaya olan ilginin artmasıyla önemi giderek artan tersine lojistik hammadde, malzeme ve ambalajların yeniden kullanımını sağlamanın yanında üretim aşamasında, mamul ambalajlarının daha az malzeme kullanılarak yeniden tasarlanması, üretim ve mamul dağıtımı sırasında daha az enerji kullanımını dolaylı olarak sağlamaktadır.

Tersine lojistik kavramı, dünya nüfusunun artmasının karşısında hammadde miktarının yetersizliğinden dolayı, hammadde yerine kullanılacak malzemeleri geri dönüşüm ile elde etme ihtiyacından doğmuştur. Doğal kaynakların bedava ve sonsuz kabul edilmiş olması, günümüz çevre sorunlarının temelini oluşturmaktadır. Artık sonsuz olmadığını bildiğimiz bu kaynaklar için, yaklaşık altı milyar insan rekabet etmektedir.

Atık yönetimi, ülkemizde 1930'lardan itibaren çok sayıda yasal düzenlemeye konu olmuştur. Bu yıllardan itibaren çevre alanında işlev üstlenen kurumların sayısı da sürekli artmıştır. Ancak bu kurumlarda, finansman desteğinin zayıf ve teknik bilgi ve donanımın yetersiz oluşu gibi faktörlerin de etkisiyle, günümüze dek sağlıklı bir atık yönetim sistemi oluşturulamamıştır.

Avrupa Birliğine uyum açısından ülkemizin en sorunlu alanlarının başında çevre gelmektedir. Müktesebata uyum için en yüksek maliyet gerektiren çevre konularının başında da atık yönetimi gelmektedir. AB Müktesebatı ile uyum sağlanması amacıyla AB'nin mali ve teknik desteği ile bu alanda çeşitli projeler yürütülmüş, bu projeler çerçevesinde hem mevzuatın uluslararası standartlar ve AB Müktesebatı ile uyumlu hale getirilmesi, hem de AB uyum sürecinde yapılması gerekenlerin tespiti ve planlanması açısından önemli mesafeler kaydedilmiştir. Atıklara ilişkin sağlıklı bir envanter bulunmamakla birlikte, Türkiye İstatistik Kurumunun (TÜİK) 2004 verilerine göre ülkemizde yılda 34 milyon ton belediye atığı ve 17,5 milyon ton imalat sanayi atığı oluşmaktadır. Buna göre ülkemizde kişi başına ortaya çıkan atık miktarı günde 2 kilogramı bulmakta, her insan yılda ortalama ağırlığının 10 katı kadar atık üretmektedir. Gelişmiş ülke uygulamalarına bakıldığında, atıkların %35-45 civarındaki kısmı hariç, kalan kısmının tümüyle geri dönüştürülerek ekonomiye kazandırıldığı görülmektedir.

Ülkemizde üretilen atıkların da yarısından fazlası geri kazanılabilir özelliklere sahip olup, çevresel ve ekonomik bir problem olmaktan çıkarılarak, bir değere dönüştürülebilecek niteliktedir. Buna karşın, sağlıklı veriler mevcut olmamakla birlikte, geri dönüşüm oranlarının çok düşük düzeylerde olduğu bilinmektedir. Ülkemizde sağlıklı bir atık yönetimi altyapısı oluşturulamadığı için, atıklarla birlikte her yıl milyonlarca ton doğal kaynak, binlerce kişilik istihdam olanağı, milyarlarca dolarlık bir servet de çöpe atılmakta, çevrenin kendini yenileyebilme kapasitesi de hızla tüketilmektedir. Atık yönetiminin geliştirilmesi ve uygulama kapasitesinin güçlendirilmesi oldukça yüksek maliyetler gerektirmekte ise de, bu alanda hiçbir yatırım yapmamanın maliyetinin çok daha yüksek olduğu unutulmamalıdır. Etkin bir atık minimizasyonu ve geri dönüşüm sağlanamadığı takdirde, oluşacak çöp dağları çevre ve insan sağlığını tehdit edecek, çevrenin bu atıkları masnetme kapasitesinin zorlanması ile doğadaki yaşam olanaklarının tükenmeye yüz tutması kaçınılmaz olacaktır. Ayrıca neden olunacak hava, toprak ve su kirliliğinin sağlık harcamaları üzerindeki etkisi gibi dolaylı maliyetlerin de hesaba katılması gerekmektedir. Atık yönetiminin güçlendirilmesi, doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı ve çevre ve insan sağlığının korunması için yaşamsal önemde olup, mevcut ve gelecek kuşaklara daha kaliteli ve sürdürülebilir bir yaşam ortamı sağlanmasında temel bir faktördür.

Başta Anayasamız olmak üzere, birçok yasada çevrenin korunması ve geliştirilmesine yönelik düzenlemeler yer almakta ve bu düzenlemelerin sayısı, çevrenin artan önemine paralel olarak gün geçtikçe artmaktadır. Çevre mevzuatının en kapsamlı alanlarından birisini de atık yönetimine ilişkin düzenlemeler oluşturmaktadır. Atık yönetimi alanında halen dokuz adet yönetmelik yürürlükte olup, bu yönetmelikler Avrupa Birliği müktesebatına uyum amacıyla ve çeşitli projeler kapsamında geliştirilerek güncellenmiş ya da yeniden düzenlenmiştir.

Atık yönetiminin finansmanında, “kirleten öder” prensibi gereği tüm maliyetlerin atık üreticilerince karşılanması ve bunu sağlayacak araçların oluşturulması gerekmektedir. Atıkların kaynağında ayrıştırılması ve geri kazanılabilecek olanlarının ekonomiye kazandırılması, atık yönetimi politikalarının temelini oluşturduğu halde, ülkemizde kaynağında ayrıştırma ve geri kazanım faaliyetleri çok düşük düzeydedir. Geri dönüşüm büyük ölçüde sokak toplayıcılığı sistemi ile çok sağlıklı koşullarda gerçekleştirilmekte; geri dönüşüm zorunluluğu bulunan üretim ve dağıtım firmaları da,

bu faaliyeti doğrudan üstlenmek yerine, çoğunlukla sokak toplayıcılığı sistemini finanse etmek suretiyle bildirim yükümlülüğünü (kotalarını) karşılamaktadır.

Atıkların tekrar kullanım, geri dönüşüm, kompostlaştırma gibi yöntemlerle geri kazanılması, hem ekonomik değeri olan maddelerin ekonomiye yeniden bir girdi olarak dönmesini sağlamak suretiyle üretim maliyetlerinde, hem de atık miktarının azaltılması suretiyle atık bertaraf maliyetlerinde önemli bir tasarruf sağlar. Geri kazanılan atıkların üretim girdileri içerisindeki oranının artması ile ekonomik faaliyetlerin doğal kaynaklar üzerindeki ve atıkların da çevre üzerindeki baskısı azalır. Bu yolla atık bertarafına ve bertaraf alanlarına olan ihtiyaç azalır, bertaraf maliyetlerinde tasarruf sağlanır ve üretimde kullanılan girdilerin bileşiminin değişmesi ile girdi ve üretim maliyetleri önemli ölçüde düşer. Bu kazanımların her birinin (ekonomik etkilerinin yanında) insan sağlığı ve çevre üzerinde çok önemli pozitif etkiler doğuracağı açıktır.

Yöneylem araştırması teknikleri atık yönetimi alanında başarılıdır. Atık yönetim işlemlerini modellemede kullanılan doğrusal optimizasyon metotları geri alınan malzemelerin iyileştirilmesinde ve yeniden kazanımında önemli rol oynamıştır. Geleneksel metotlarda atıklar toplanır, taşınır ve toprağa gömülür. Geliştirilen metotlarla atıklar kaynakta sınıflandırılır, toplanır, işlenir ve arta kalan miktar toprağa gömülür. Bundan dolayı optimizasyon modelleri, atık yönetim sistemlerinin geri kazanım programlarının planlanmasında kullanılmıştır. Yerel yönetimler atıkları azaltmak için, geri dönüştürülebilen pil, şişe, cam, plastik, kâğıt vb. atık malzemeleri diğer atıklardan ayrı bir şekilde toplamak, depolamak ve geri dönüşüm merkezlerine göndermek için kanunlar çerçevesinde tersine lojistik ağ kurarlar.

Katı atık yönetimi, amaçları birbiriyle çelişen farklı ilişkide konuları içerdiğinden karmaşık bir yapıya sahiptir. Katı atık yönetim modelleri, büyük miktarda atık miktarlarının ortaya çıkması sebebiyle 1960 yıllarda ilk olarak kurulmaya başlanmıştır. Son zamanlarda, bir çok modelin kurulması ve uygulanması, uygun optimizasyon modellerinin gelişmesiyle birlikte artmıştır.

Optimizasyon problemleri çeşitlidir. Problemler bir optimizasyon modeli formuna (algoritmaya) dönüştürüldükten sonra optimum değerler elle veya çeşitli bilgisayar yazılımları ile elde edilebilir. Günümüzde bu modelleri çözmek için Excel, Matlab, gibi genel amaçlı programların yanında yalnızca optimizasyon modellerini çözmek için geliştirilmiş Lingo, Lindo, Cplex gibi programlar da en zorlu problemlere dahi çözüm

üretebilmektedirler. Bu yazılımların çözüm üretememesi halinde sezgisel algoritmalar devreye girmektedir.

Bu çalışmada, geliştirilen karma tamsayılı model, Lingo 11.0 yazılımı ile çözülmüştür. Lingo, Lindo System Inc. Şirketi tarafından üretilmiş, doğrusal, tamsayılı ve doğrusal olmayan matematiksel modelleri çözebilen, duyarlılık analizi yapan bir optimizasyon yazılımı ve modelleme dilidir. Daha önce Dos ortamında kullanılan Lindo ve Gino yazılımlarının bir araya getirilmesi ve yeni özellikler eklenmesi ile oluşturulmuştur. Eklene yeni özellikler, modelleme dili olarak tasarlanması ve Windows ortamında çalışmasının sağlanmasıdır. Böylece matematiksel modellerin kapalı formda yazılması sağlanmış, diğer Windows programlarıyla kolay bilgi alışverişi mümkün hale gelmiştir.

Çalışmada, Erzurumda açığa çıkan katı atıklardan geri dönüştürülebilen ambalaj atıklarının ayrı toplanması, taşınması, depolanması, sınıflandırılması ve geri dönüşüm merkezlerine gönderilmesi için gerekli olan tersine lojistik ağın oluşturulması ve oluşturulan ağın minimum maliyetle optimizasyonunun sağlanması için karma tamsayılı programlama metodu kullanılarak bir model geliştirilmiştir. Çalışma dört bölümden oluşmaktadır;

Birinci Bölüm’de, tedarik zinciri ve lojistik çeşitleri hakkında kısaca bilgi verildikten sonra tersine lojistik kavramı incelenmiştir. Tersine lojistiğin tanımı, gelişimi, genel özellikleri, ağ yapısı, tersine lojistik ağda ürün geri dönüşleri, ağ kurmada karar verme seviyeleri, ağ yapısı türleri, ağ yapısının boyutları ve ağ yapısında kullanılan nicel modeller ele alınmıştır.

İkinci Bölümün’de, katı atık yönetimi, katı atık bertaraf yöntemleri, katı atıkların ekonomi ve çevre açısından değerlendirilme aşamaları, geri dönüşüm ve ambalaj atıkları hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü Bölüm’de, tamsayılı programlama modellerinden karma tamsayılı programlama modeli anlatıldıktan sonra, karma tamsayılı programlamada uygulamalar ve çözüm yöntemleri incelenmiştir.

Çalışmanın son bölümünde, Erzurum ili ambalaj atıklarının geri dönüşümünün sağlanması amacıyla, tersine lojistik ağ modelinin geliştirilmesi için gerekli veriler toplanmış ve bu veriler kullanılarak bir Karma Tamsayılı Programlama Modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model, LINGO 11.0 paket programıyla çözülmüştür.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. TEDARİK ZİNCİRİ

Tedarik zinciri, mal ve hizmetlerin tedarik aşamasından, üretime ve nihai tüketiciye ulaşmasına kadar birbirini izleyen tüm ağı kapsar.¹ Tedarik zinciri tüketicinin doğru ürünleri, doğru yerde, istendiği zamanda, rekabetçi bir fiyatla alabilmesini sağlayan tüm faaliyetlerin, sistemlerin, varlıkların ve kişilerin oluşturduğu bir ağıdır. Zincir, tedarikçilerden, üretim merkezlerinden, depolardan, dağıtım merkezlerinden, perakendeci mağazalarından, süreç içi envanterden ve tesisler arası taşınan bitmiş ürünlerden oluşur.² Tedarik zincirinin oluşturulmasının temel amacı, müşteri gereksinimlerini karşılarken dağıtım kanalı üyelerine rekabetçi avantaj yaratmak ve işletmeninde kâr elde etmesini sağlamaktır.³

Tedarik Zinciri Ağı, hammaddeyi bitmiş ürüne dönüştürme ve bitmiş ürünün nihai müşteriye veya tüketiciye aktarılması aşamasında oluşan teknolojik araçlar, süreçler ve yöntemlerden oluşan bütünsel bir ağıdır. Bu ağda tedarikçi, üretici, dağıtım merkezleri, perakendeci ve müşteriler bulunmaktadır. Ağ satılacak ürün için gerekli hammaddeyi satın alma ve elde etmeyle başlar. Ardından, satışların desteklenmesi amacıyla stok yönetimi ve depo yönetimine yönelir ve ürünlerin müşterilere teslimatıyla son bulur. Elde edilen ürünler, dağıtım merkezlerine ve buradan da satıcılara ve müşterilere aktarılır. Tedarik zincirinin karmaşıklığı, firmadan firmaya ve endüstriden endüstriye büyük çeşitlilikler gösterse de, hem hizmet hem de üretim organizasyonlarında görülebilir.

1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik Zinciri Yönetimi (Supply Chain Management: SCM)'nin 15 yıllık bir geçmişi vardır. Tarihsel perspektif içerisinde sırasıyla Malzeme İhtiyaç Planı (Materials Requirement Planning: MRPI), Üretim Kaynakları Planı (Manufacturing Resource Planning: MRPII), Kurumsal Kaynak Planı (Enterprise Resource Planning: ERP) ve SCM'ne kadar gelen bir süreç oluşmuştur.

¹ Esin Şen, **Kobilerin Uluslar Arası Rekabet Güçlerini Artırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi**, Dış Ticaret Merkezi İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi, Ankara, 2006, s. 9.

² Erkan Tosun, **Tersine Lojistik Kavramı ve 3PL Şirketlerinde Tersine Lojistik Karar Verme Modeli**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005, s. 15.

³ Celal Hakan Kağnıcıoğlu, **Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi**, Anadolu Üniversitesi Yay., Eskişehir, 2007, s. 5.

1960'lı yıllarda üretici firmalarda, malzeme ihtiyacını hesaplayabilmek için MRP tekniği geliştirilmiştir. Bu teknik 1970'li yıllarda yerini kapalı döngü MRPI'e bırakmıştır. MRPI tekniği, malzeme ihtiyaç planlamasının yanı sıra ihtiyaç planlaması ve ana üretim planı özelliklerini de içermektedir. MRPI'in amacı, ana üretim planı ve mevcut kapasiteyi de göz önüne alarak daha gerçekçi malzeme ihtiyaç planı ve üretim planı elde edebilmektir. 1980'li yıllarda ise, MRPI'e finans ve simülasyon modüllerinin eklenmesi ile MRPII tekniği uygulanmaya konulmuştur. MRPII üretimin verimliliğini ve etkinliğini artırmak amacıyla, ihtiyaç duyulan anda, ihtiyaç duyulan yerde, ihtiyaç duyulan miktarda malzemenin bulundurulması için geliştirilmiş planlama tekniğidir. ERP ise birden fazla noktada üretimle dağıtım yapan ama tek bir şirketin üretim gibi iç operasyonlarını koordine eden bir sistemdir. MRPII'nin tesis düzeyinde bilgi üretebilmesine karşın, ERP firma bütününe odaklanmıştır. ERP sistemleri bu yaklaşımıyla, firmaları, güvenilir bir ağ alt yapısı üzerinde ileri seviye yazılım teknolojileri ve entegre iş akışlarının avantajı ile güçlendirmekte, doğru zamanda doğru bilgiye ulaşarak, yeni piyasa değişiklikleri ve fırsatlarına, müşteri beklentilerine ve iş dünyası amaçlarına hızla cevap verebilme olanağı sağlayabilmektedir.⁴ SCM ise modelde rolü olan işletmeleri birbiriyle konuşturan, bunların birbirine bilgi sağlamasını amaçlayan, güvenli bir ortamda zamanında, hatasız, ihtiyaç duyulduğu kadar ve doğru kişiye bilginin ulaşmasını sağlayan bir iş modeli sunmaktadır.

SCM, tedarikçi, üretici, toptancı, bayi, müşteri zincirindeki malzeme, bilgi ve para akışını koordine etme ve yönetme işlemlerini yürütür. SCM ile, sadece şirket içindeki entegrasyon değil, tedarik zincirini oluşturan tüm şirketlerin entegrasyonu sağlanmaktadır. Temel amaç müşteri tatminini sağlarken kârı maksimum yapmak ve daha verimli, daha düşük maliyetle çalışmaktır.⁵ Diğer bir ifadeyle, SCM müşteri tatmini sağlamak için ürünün doğru miktarda üretilip dağıtılması, doğru zamanda doğru yerde olmasının sağlanması ve tedarikçilerin, üreticilerin ve depoların uygun bir şekilde kullanılması için uygulanan yaklaşımların bir bütünüdür.⁶ SCM, tedarikçilerden son tüketiciye kadar etkin ve verimli bir şekilde ürün ya da hizmet üretebilmek için gerekli olan tüm lojistik, üretim ve servis faaliyetleri akışının bütünleşik olarak yönetimidir.⁷ O

⁴ <http://www.erp.web.tr/erp-ii-nedir/>, erişim tarihi: 21.03.2008

⁵ Turan Paksoy, "Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıdı Altında Stratejik bir Üretim-Dağıtım Modeli", *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2005 (14), s. 435-454.

⁶ Ronald H. Ballou, *Transport Fundamentals in: Business Logistics Management*, Prentice Hall College, 5 th. Edition, 2003, s. 135.

⁷ Fatma İboş, *Arz Zinciri Yönetimi ve Lojistik*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000, s. 15.

halde, SCM hem işletme içindeki bilgi akışının ve lojistik faaliyetlerinin hem de tedarik zincirine dâhil diğer işletmelerin planlama ve kontrolünü kapsamaktadır.⁸

Başarılı bir SCM, üç tip akışın etkin ve verimli bir şekilde entegrasyonu ve yönetimi ile mümkündür. Bu akışlar; ürün, bilgi ve nakittir. Tedarik zinciri boyunca ürünler geri dönüşümlü ürünler ve îade edilen ürünler dışında sadece aşağı yöne doğru, nakit ise yukarıya doğru akış gösterir. Bilgi ise tedarik zinciri boyunca çift yönde akar.⁹ Temel tedarik zinciri süreçleri; Müşteri İlişkiler Yönetimi, Müşteri Hizmetleri Yönetimi, Talep Yönetimi, Sipariş Yönetimi, Üretim Akış Yönetimi, Tedarik, Ürün Geliştirme ve Ticaretleştirme, İade ve Dönüşler Yönetimi olmak üzere sınıflandırılır.¹⁰ SCM sisteminde “îade ve dönüşlerin yönetimi” ürünlerin, kalite özelliklerini sağlayamama, kullanıcısı tarafından istenmeme, fazla üretim ve garanti kapsamında bozulma gibi nedenlerden dolayı üreticiye îade işlemlerinin yönetilmesidir. Bu sebeplerden herhangi birinden dolayı ürün tedarik zincirine döndüğünde tamir, yenileme, parça alma, yeniden üretim gibi işlemler yapılarak ürünler tekrar kullanılabilir. SCM’de kullanılmış ürünlerin tersine akışı uzun zamandır uygulanmaktadır. Ancak bu tersine akışta kullanılmış ürünlerin tüketiciden toplanıp geri kazanımı söz konusu değildir. Tüketiciler tarafından bozuk ürünlerin servis noktalarına getirilme işlemleridir. Son yıllarda, gelişen ekonomik ve ekolojik sebepler, hükümetlerin koydukları kanunlar, sosyal sorumluluklar gibi nedenlerden dolayı, kullanılmış ürünlerin geri kazanımı üreticilerin sorumluluğundadır. Bu yüzden firmalar SCM’ye tersine lojistiği dâhil etmek zorunda kalmışlardır. Tersine lojistik, tedarik zincirine değer oluşturabilecek ve marjinal maliyete de değer katabilecek alanlardan biridir. Küreselleşmenin etkisi, ürün maliyetlerindeki gelişmeler, güvenilirlik, tasarım ve paketlenme ve kısa ürün ömürleri tersine lojistiği içeren tedarik zincirlerine odaklanmayı artırmaktadır.¹¹ Tersine lojistiğin firma bünyesine girmesi ile birlikte, *Tersine Tedarik Zinciri ve Kapalı Döngü Tedarik Zinciri* gibi farklı tedarik zinciri yapıları ortaya çıkmıştır.

Tersine lojistikle ilişkilerinden dolayı bu tedarik yapılarının tanımları aşağıda verilmiştir.

⁸ Kağncıoğlu C.H., a.g.e., s. 33.

⁹ Tosun E., a.g.e., s. 4.

¹⁰ Gülsün Karaçay, “Tersine Lojistik: Kavram ve İşleyiş”, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2005, 14(1), s. 317.

¹¹ Steve Butler, “Reverse Logistics Novels Forward”, *Logistics Europe*, Nisan 2004, s. 14-15.

1.2. Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi

Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi (Reverse Supply Chain Management: RSCM) yaşam sürelerini tamamlamaları nedeni ile kullanım imkânı kalmamış ya da kalitesizlik, ürün geri çağırma, garanti ve satış sonrası hizmet gibi nedenlerle iade edilen ürünlerin, tüketim noktalarından toplanması, muayene edilmesi ve bu ürünlere değer eklenerek ekonomiye tekrar kazandırılması çalışmalarını içermektedir. Bu süreçte rol alacak özel veya kamu sektörü firma ve kurumların tesis, bilgi yönetimi, insan kaynakları, ileri ve geri zincirlerin entegrasyonu gibi kısa ve uzun dönemli ihtiyaçlarını belirlemeyi ve bu ihtiyaçlara yönelik çözüm önerileri üretmeyi hedeflemektedir.¹² Tersine tedarik zinciri süreci beş adımda düzenlenmektedir. Bu adımlar sırası ile ürün bulma, tersine lojistik, inceleme-elden çıkarma, yenileme-dağıtım ve satışır.¹³

1.3. Kapalı Döngü (Çevrim) Tedarik Zinciri Yönetimi

İşletmelerin çevresel performansını artırmaları ve tedarik zinciri iştirakçilerinin rekabet avantajını ve yeni kâr fırsatlarını kazanmaları için; geleneksel İleri Lojistik (Forward Logistics) işlemleri ve Tersine Lojistik (Reverse Logistics) işlemleri tek bir yapı altında toplanır, bu yapı Kapalı Döngü Tedarik Zinciri (Closed Loop Supply Chain: CLSC)'dir. CLSC, tedarik zinciri çerçevesinde geri kazanım çalışmaları olarak tanımlanır. Bu tedarik zinciri yapısında bir döngü söz konusudur. Bu döngü ya fiziki ya da işlevsel şeklindedir.¹⁴ İşletmeler CLSC'nin tasarım aşamasında üründe kullanılan çevreye zararlı maddelerin azaltılmasını ve ürün kullanım ömrünü tamamladıktan sonra kullanılabilir olan parça ve bileşenlerin geri kazanımını gözetir. Amaç ürünün kullanım ömrü sona erdiğinde tamamen atık olmasını engellemektir. Bu zincirde gerekli lojistik altyapı ve üstyapı planlaması yapılarak ürünün kullanılabilir olan parça ve bileşenleri geri kazanılır. Üretim işlemlerinde ortaya çıkan atık hacimlerinin artması sonucunda gömme alanlarının tükenmesi ve yakma kapasitelerinin artması ile ortaya çıkan zararlı gaz emisyonlarından dolayı endüstrileşmiş ülkelerde geri kazanım cazip olmaktadır. Bu

¹² İsmail Erol, v.d., "AB Uyum Yasaları ve Sürdürülebilirlik Kalkınma Bağlamında Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi: Türkiye'ye Yönelik Araştırma Fırsatları ve Önerileri", *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi*, 2006, 244(21), s. 4.

¹³ Hasan Kürşat Güleş v.d., *Tedarik Zinciri Yönetimi- Stratejik Planlama, Modelleme ve Optimizasyon*, Gazi Kitabevi, 2009, 1.Baskı, s. 107.

¹⁴ Marisa P. de Brito v.d., "Reverse Logistics-A Framework", *Econometric Institute Report*, EI 2002-38, s. 4.

sebeplerden dolayı kapalı döngü tedarik zinciri kavramı ürünlerin yaşam sonu süreçlerinin etkinliğini optimize etmek için bir alternatiftir.¹⁵

CLSC için ileri yönlü lojistik işlemlerine aşağıdaki işlemler eklenmelidir;

- Son kullanıcıdan, artık kullanıcı için gerekmeven ürünleri toplama,
- Toplama noktalarından, düzenleme noktalarına kullanılmış ürünlerin hareketi için tersine lojistik uygulama,
- Kullanılmış ürünleri test etme ve depolama,
- Depolanan ürünün, durumuna ve yeniden kullanım işlemlerine göre en yüksek ekonomik faydayı sağlamak için düzenleme işlemleri yapma,
- Yeniden kullanım, tamir, yeniden üretim, geri dönüşüm ve elden çıkarma işlemlerinden en yüksek ekonomik fayda sağlamak için ürün yenileştirme işlemlerini yapma,
- Yenilenmiş ürünlerin yeniden pazarlanması ve dağıtımı işlemlerini yapma,¹⁶

olarak sıralanır.

Tersine lojistik, tersine ve kapalı döngü tedarik zincirinde, kullanılmış ürünlerin tüketim noktasından üretim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve maliyet avantajlı *akışını* planlama, yürütme ve kontrol etme işlemleri için uygulanmaktadır.

1.3.1. Kapalı döngü tedarik zinciri işletme modelleri

CLSC işletme model türleri; üretici ve satıcının özelliklerine, satın alma ağını ve dağıtım kanallarını kullanma, üçüncü ve dördüncü parti lojistik sağlayıcılarını kullanma, ürünün fayda derecesine ve işletme içi malzemelerin değerine bağlı olarak sınıflandırılmaktadır. Bu özellikleri göre üç işletme modeli türü vardır. Bu işletme modelleri şunlardır;¹⁷

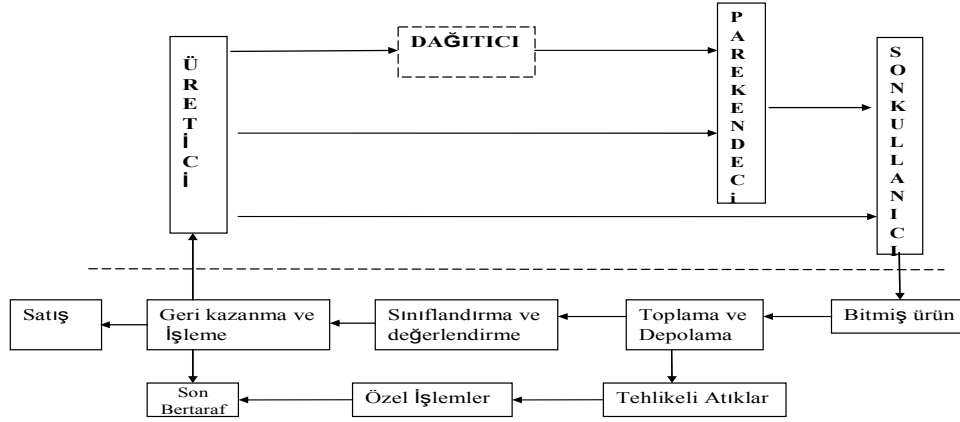
a) Bağımsız tersine lojistik içeren CLSC: Bağımsız tersine lojistik içeren CLSC işletme modeli, istenmeyen ürün ve malzemelerin işlenmesi ve elden çıkarılması

¹⁵ Talbot S, v.d.,“ Closed – Loop Supply Chain Activities and Derived Benefits in Manufacturing SMEs”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2007, Vol: 18(6), s. 627.

¹⁶ V.Daniel R. v.d., “The Challenge of Closed-Loop Supply Chains”, **Interfaces**, 2003, Vol: 33(6), s. 3.

¹⁷ Donald F. Blumberg, **Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes**, CRC Press, Boca Raton London New York 2005, s. 12-16.

işlemlerini ileri lojistikten bağımsız bir biçimde ele alır. Modelde tersine lojistik, ileri lojistikten bağımsız bir şekilde yürütüldüğü için atık yönetimde geri kazanım işlemleri için kullanılan bir modeldir. Şekil 1.1’de¹⁸ bağımsız tersine lojistik içeren CLSC’nin akış şeması görülmektedir. Şekilde, ileri ve tersine lojistiği ayırmak için kesikli çizgi kullanılmıştır. Kesikli çizginin üst kısmı ileri lojistiği alt kısmı ise tersine lojistiği göstermektedir. İleri lojistik aracılığı ile tüketiciye ulaştırılan ürünler, tüketici tarafından kullanıldıktan sonra bitmiş ürün haline gelmektedir. Bitmiş ürün farklı bir kanal ile tersine lojistiğe dâhil edilir. Bitmiş ürünün tersine lojistik ağı dâhil olması için son kullanıcıdan toplanması ve belirli alanlarda depolanması gerekir. Ürünler toplanırken tehlikeli atık durumunda olanlar depolanmadan ayrılır ve özel işlemlere tabi tutularak bertaraf edilir. Kullanılabilir durumda olan ürünler depolardan alınarak değerlendirilip durumlarına göre sınıflandırılır. Durumuna göre sınıflandırılan ürünler geri kazanım işlemlerine tabi tutulur ve bu aşamada kullanılamaz durumda olanlar bertaraf edilir ve kullanılabilir durumda olanlarda satışa sunulur.

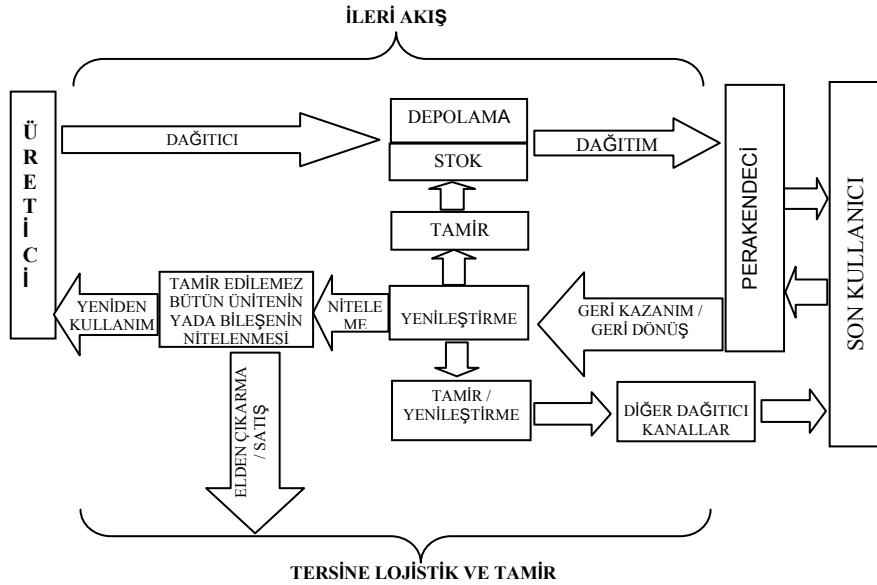


Şekil 1.1. Bağımsız Tersine Lojistik içeren CLSC Akış Şeması

b) Yüksek teknoloji ürünleri için CLSC: Bu model, ileri teknoloji ürünlerinin geri kazanımı için kurulan bir CLSC modelidir. Modelde; ileri ve tersine lojistik ile tamir işlemleri bütünleşmiştir. Üretici tersine lojistiğin sorumluluğunu üzerine alır ve

¹⁸ Gaurang.S.Patel; A Stochastic Production Cost Model For Remanufacturing Systems, the Doctor of Philosophy Thesis, July 2006, s13.

tüketicilerine sattığı ürünleri üretim hattı süresince destekler. Ürünler, altmontajlar, parçalar ve bileşenler teslim edildikten sonra ya OEM'i (Original Equipment Manufacturer: Orjinal Ürün Üreticisi) temsil eden doğrudan (satıcı) kanallar boyunca ya da OEM'in kendi servis ağından geri alınır ve gönderilir. Bu modelin temel özelliği, ileri ve tersine akış kontrolünün OEM tarafından yapılmasıdır. Model de tamir işlemleri için tersine lojistik kullanılarak, ya ürünler yeniden tedarik kullanımlı olarak stoklara gönderilir, ya üretim hattında yeniden kullanım için nitelendirme ve yeniden yapılandırma işlemleri yapılır ya da ikincil pazarlarda elden çıkarılır. Şekil 1.2'de¹⁹ yüksek teknoloji ürünleri için CLSC'nin akış şeması görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi ileri ve tersine lojistik işlemleri üretici tarafından yürütülmektedir. Servis alanlarında toplanan kullanılmış/bozuk ürünler geri kazanım/geri dönüşüm işlemleri için tamir/yenileştirme bölümüne alınır. Burada tamir edilerek düzeltilebilecek ürünler tamir edilerek stoklara gönderilir ve oradan tekrar kullanıcıya ulaştırılır. Tamirle düzeltilemeyecek olan ürünler ise niteleme işlemlerine tabi tutulur. Geri kazanılamayanlar elden çıkarılır ya da ikinci el pazarında satılır. İyi durumda olan ürün ve parçalar ise hammadde olarak kullanılmak üzere üreticiye gönderilir.

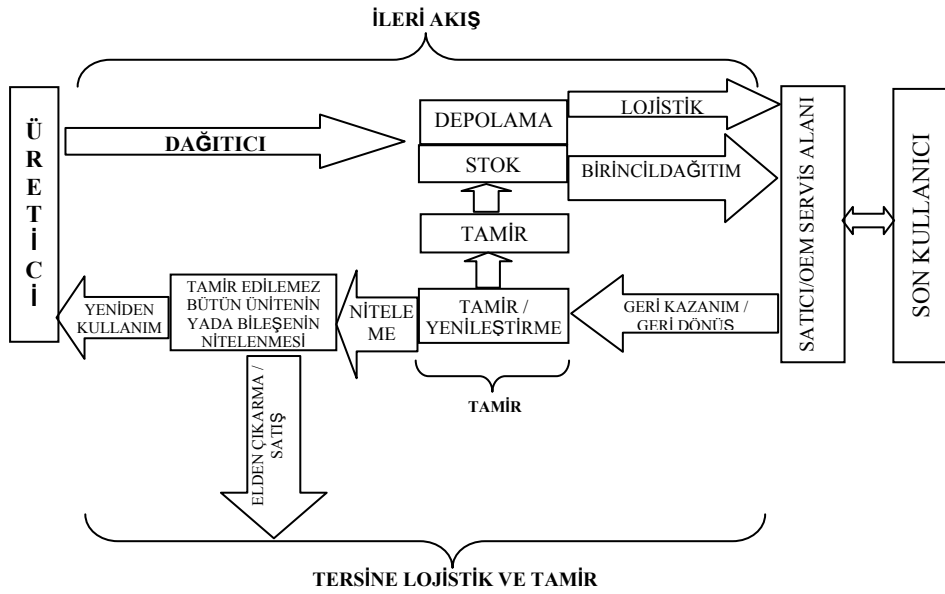


Şekil 1.2. Yüksek Teknoloji Ürünleri için CLSC Akış Şeması

c) Tüketici merkezli CLSC: Tüketici ürünlerinin geri kazanımı için kurulan CLSC modelidir. Bu model tüketici pazarında kurulur. Müşteriden perakendeciye geri

¹⁹ Blumberg D.F., a.g.e., s. 14.

gelen ürünlerin bir kısmı kusurlu üründür ya da kusurlu olmadığı halde geri getirilen ürünlerdir. Bu modelde tersine lojistiğin iki bağlantı noktası vardır, biri tüketici ile perakendeci diğeri de perakendeci ile üretici arasındadır. Şekil 1.3'de²⁰ tüketici merkezli CLSC'nin akış şeması görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi, ileri ve tersine lojistik üretici tarafından yürütülmektedir. Son kullanıcıdan kullanılmış/bozuk ürünler perakendeciler tarafından toplanmakta, tamiri yapılan ürün perakendeci ya da farklı kanallardan kullanıcıya iletilmektedir. Tamiri yapılamayan ürünler ise niteleme işlemlerine tabi tutulur. Geri kazanılamayanlar elden çıkarılır ya da ikinci el pazarında satılır. İyi durumda olan ürün ve parçalar ise hammadde olarak kullanılmak üzere üreticiye gönderilir.



Şekil 1.3. Tüketici Merkezli CLSC Akış Şeması

Tersine lojistik kavramını incelemeye başlamadan önce, lojistiğin bir alt dalı olduğu için, lojistik kavramının ortaya çıkışı, tanımı ve türleri hakkında bilgi verilecektir.

1.4. Lojistik

Taşıma, dar anlamda bir nesnenin (eşya, ürün, yük veya mal) bir yerden bir başka yere nakli demektir. Geniş anlamda taşımacılık, müşteri ihtiyaçlarının giderilmesi amacıyla üretilen malların ihtiyaç duyulan bölge ve merkezlere zamanında

²⁰ Blumberg D.F., a.g.e., s. 15.

ulaştırılmasıdır. Bu yönüyle taşımacılık, ulaştırma sürecinin yanında yükün taşınması için gerekli evrakların (yük, araç, sürücü, gümrük, vb.) hazırlanmasından müşteri deposuna teslimine kadar, çeşitli hizmetleri de içeren daha kapsamlı ve karmaşık bir sektör haline gelmiştir.²¹

“Lojistik” ilk olarak 1898’de askeri faaliyetlerin yürütülmesi ile ilgili olarak ortaya çıkmış ve asker gruplarının savaş süresince hareketleri ve bölümlere ayrılmalarını düzenleyecek bir biçimde toplanması olarak tanımlanmıştır.²² Daha sonraları lojistik; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak için hammaddenin etkin maliyetle akışı, depolanması, işlenmesi ile ürün elde edilmesi ve ilgili bilginin kaynak noktasından, varış noktasına kadar ulaşmasını planlayan, uygulayan ve kontrol eden işlemlerin tümü olarak tanımlanmaktadır.²³ Amerikan Üretim ve Stok Kontrol Birliği (APICS) lojistiği, endüstriyel bağlamda ürünlerin ve malzemelerin doğru zaman ve doğru miktarda tedarik edilmesi, iletilmesi ve dağıtılması bilimi ve sanatı olarak tanımlamaktadır.²⁴ Avrupa Lojistik Derneği lojistik kavramını; belirli amaçlara ulaşmak için örgüt içinde malzeme hareketinin ve yerleşiminin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi ve bu malzemelerin hareket ve yerleşmesi ile ilgili destekleyici faaliyetlerin organize edilmesi şeklinde tanımlanmaktadır.²⁵ Lojistik yönetim konseyi ise lojistiği; müşterilerin ihtiyaçlarını karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının ve hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin, etkin ve verimli bir şekilde akışının ve depolamanın sağlanması, kontrol altına alınması ve planlanması süreci olarak tanımlamaktadır.²⁶ Lojistik, malzemelerin tedarikçilerden işletmeye ulaştırılmasına, işletme içi süreçlerden geçişinden ve müşteriye ulaştırılmasından sorumlu işlevdir.²⁷ Lojistik, daha çok üretimi tamamlanmış, paketlenmiş mamuller üzerinde yoğunlaşmakta, üretim öncesinde ise, daha çok malzeme yönetimi bağlamında hammadde/parçaların satın alınması, taşınması, depolanması/stoklanmasını içermektedir. Bu nedenle, tam bir lojistik firmasından söz edebilmek için ardışık en az üç faaliyetin (müşteri hizmetleri, depolama, elleçleme, talep yönetimi, üretim planlama,

²¹ <http://www.tedarikzinciri.org/UserFiles/File/Lojistik%20Yonetimi/TEMELlojistik.ppt>, erişim tarihi: 12.02.2008

²² Güleş H.K., a.g.e., s. 108.

²³ M. Hakan Keskin, **Lojistik:Tedarik Zinciri Yönetimi**, Nobel Yay.,Ankara,Nisan 2006, s. 28.

²⁴ D. Krumwiede v.d., **A Model for Reverse Logistics Entry by Third-Party Providers**, Omega 30, 2000, s. 325-333.

²⁵ www.elalog.org, erişim tarihi: 11.03.2007

²⁶ www.clm1.org, erişim tarihi: 15.06.2007

²⁷ Kağınioğlu C.H., a.g.e., s. 6.

satın alma v.b.) yapılması ve lojistik şemsiye içinde birden fazla faaliyetin yer alması gerekmektedir.²⁸

Bir işletmede yürütülen lojistik faaliyetleri dört ana başlık altında toplamak mümkündür.²⁹ Bunlar;

- 1) Tedarik Lojistiği
- 2) Üretim Lojistiği
- 3) Dağıtım Lojistiği
- 4) Tersine Lojistik (veya Geri Dönüş Lojistiği)'dir.

1) Tedarik Lojistiği; Tedarik lojistiği, tüm malzeme akışı ile ilgili faaliyetlerle ilgilenir.³⁰ Bu faaliyetler; satın alma, materyallerin tedarikçiden üreticiye, depo ve perakende ambarlarına kesintisiz girişinin planlanması ve ürün akışının sağlanmasını tedarik zinciri çerçevesinde bir bütün olarak düzenler. Bu süreç, üretim öncesinde gerçekleştirilir ve kaynakların üretim hattına taşınmasına hizmet eder. Yani tedarik lojistiği, *tedarik piyasaları ve üretim arasında* bağlantıyı kurar.

2) Üretim Lojistiği; Üretim lojistiği, sadece endüstriyel işletmelerde kullanılan, işletmenin içerisindeki bütün mal akışlarının ve onlara ait bilgi akışlarının planlanması, yönetimi ve kontrolünü kapsamaktadır. Üretim alanında etkin olan işletmelerde, iş istasyonlarına akışı tamamlanan girdilerin, üretim öncesi lojistik faaliyetleri sonrasında ürünlerin ilgili yer ve tezgâhlara iletilmesi, yani fabrika içi taşıma ve elleçleme, nihayetinde çıkış ambarından dağıtım kanallarına ve müşterilere kadar uzanan zincirin tüm halkalıdır.

3) Dağıtım Lojistiği; İşlemi tamamlanmış olan ürünlerin pazarlara ve müşterilere ulaştırılması için ambalajlama, depolama, nakliye v.b. işlemleri kapsar. Dağıtım lojistiği işletmenin üretiminin sürüm ve satış piyasası ile bağlantısını sağlamaktadır. Süreç ürünün üretim alanından ayrılması ile başlamakta ve anlaşmaya göre doğrudan alıcıda (satıcı/tüccar) ya da son müşteride sona ermektedir.

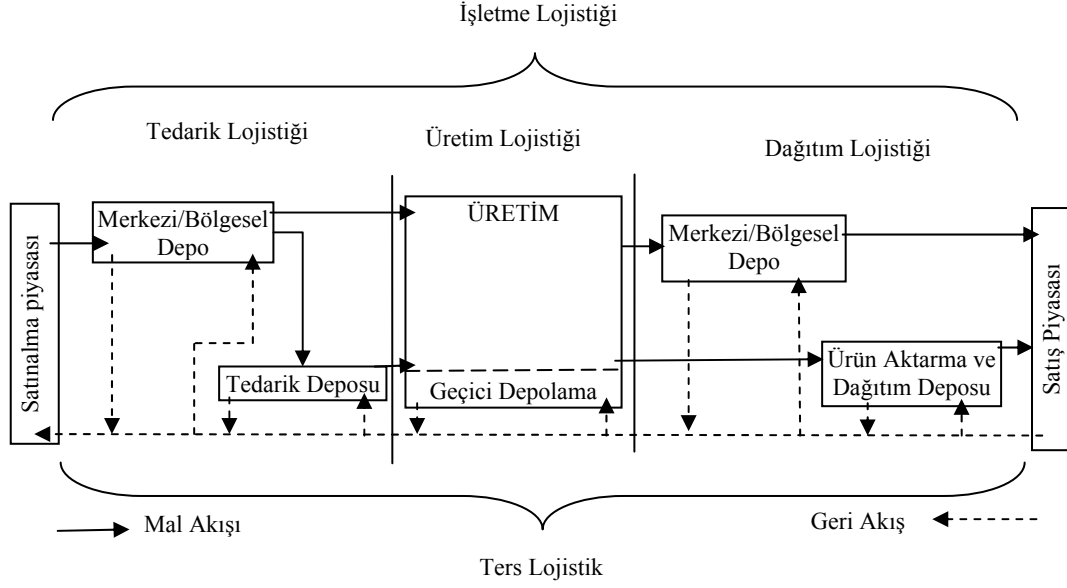
Şekil 1.4'de³¹ lojistik faaliyetler gösterilmektedir. Dördüncü lojistik faaliyet olan *Tersine Lojistik*, kapsamlı bir şekilde aşağıda ele alınmıştır.

²⁸ Sahavet Gürdal, **Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi**, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 2006-14, s. 12.

²⁹ Emine Koban v.d, **Dış Ticarete Lojistik**, Ekin yayınevi, Bursa, 1. basım. 2007, s. 82.

³⁰ <http://www.tedarikzinciri.org/UserFiles/File/TZY/TedarikZinciri.ppt#726,19,Bileşenler>, erişim tarihi: 03.08.2008.

³¹ Koban E., v.d, a.g.e., s. 83.



Şekil 1.4. Lojistik Faaliyetler

1.5. Tersine Lojistik

Klasik ileri akışta, hammaddeler, bir “tedarikçi” den “üretici” ye gönderilir, gönderilen hammaddelerden üretilen son ürün, pazarda ürünü sunacak olan “dağıtıcıya” nakledilir ve böylece “tüketici” ürüne ulaşır.³² Ekonomik ve ekolojik sebepler, yasal zorunluluk ve sosyal sorumluluk gibi nedenler, tüketiciden üreticiye doğru geleneksel ileri akışın *tersi* yönde bir akışı meydana getirmiştir. İleri yönlü akışın tersine olan bu akış literatürde; Tersine Lojistik (Reverse Logistic), Tersine Dağıtım (Reverse Distribution), Tersine Kanal (Reverse Channel), Geri Dönüş Lojistiği (Return Logistic), Tersine Akış Lojistiği (Reverse Flow Logistic)³³ ve Geriye Doğru Lojistik (Retro Logistic)³⁴ olarak isimlendirilir. Bu tez çalışmasında ters yönlü akış için **Tersine Lojistik (Reverse Logistic: RL)** terimi kullanılacaktır.

1.5.1. Tersine lojistiğin tanımı

Tersine lojistik ile ilgili ilk tanımlardan biri, 1981 yılında Lambert ve Stock tarafından yapılmıştır. Onlar RL’yi, “ürünlerin çoğunluğunun akışı tek yönlü olduğundan hareketle, tek yönlü bir caddede de ters yönde gitmek olarak”

³²Jane C. Ammons, v.d., “Reverse Production System Design and Operation for Carpet Recycling”, **Submitted for Publication Consideration to the European Journal of Operational Research**,1999, s. 547-567.

³³ Paul Murhpy, “A Preliminary Study of Transportation and Warehousing Aspect of Reverse Distribution” **Transportation Journal**, 1986, s. 12.

³⁴ Marisa P. de Brito, vd., “Reverse Logistics-a Framework” **Econometric Institute Report** EI 2002-38, s. 4.

tanımlamışlardır. 1986 yılında Murhpy ve 1989 yılında Murhpy-Poist tarafından yapılan benzer bir tanıma göre, RL dağıtım kanalı boyunca malların tüketiciden üreticiye, malzeme hareketi olarak tanımlanmıştır. Böylece, 1980'li yıllar süresince RL, tüketiciden üreticiye malzeme akışıyla sınırlandırılmıştır.³⁵ Lojistik Yönetim Konseyi (The Council of Logistics Management), RL ile ilgili bilinen ilk tanımını 1990'lı yıllarda yapmıştır. Buna göre RL kavramı, *“Hammaddelerin, halen süreçte bulunan envanterlerin, bitmiş malların ve bunlar hakkındaki bilginin tüketim noktasından üretim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve maliyet avantajlı akışını planlama, yürütme ve kontrol etme sürecidir.”*³⁶ Yani RL, ürünlerin son gönderildikleri yerden yeniden değer elde etmek ya da mevcut durumunu korumak amacı ile hareket ettirilmesidir.³⁷

Tedarik Zinciri Yönetim Profesyonellerinin (The Council of Supply Chain Management Professionals) tanımına göre de RL, *“Envanter süreçleri, nihai ürünler, kullanılmış malzemeler ve ilgili bilgilerin tüketim noktasından başlangıç noktasına tekrar değer kazanma veya uygun bir şekilde elden çıkarma amacıyla ağ yapısını planlama, uygulama ve kontrolü sürecidir.”*³⁸

Bu tanımların yanı sıra RL'nin literatürde yer alan tanımları aşağıda verilmiştir. RL:

- “Üreticinin olası geri kazanım, yeniden üretim veya yok etme için tüketim noktasından gönderilmiş ürün veya parçaları sistematik olarak kabul etme sürecidir. Tersine lojistik sistemi ise yeniden üretim, geri kazanım, yok etme veya kaynakları etkin şekilde kullanmak üzere ürün veya parçaların akışını yönetmek için yeniden tasarlanmış tedarik zincirinden oluşur.”³⁹
- “Lojistik yönetim yeteneğidir, paket ve ürünlerden tehlikeli olan ya da olmayan atık maddeleri uzaklaştırmak, sistemi yönetmek ve yeniden kullanmayı içeren lojistik aktivitelerdir. Normal lojistik aktivitelerden aksi yönde bilgi ve malzeme akışını içeren tersine dağıtımdır.”⁴⁰

³⁵ Rogers D.S., Tibben-Lembke, R., “An Examination of Reverse Logistics Practices”, **Journal of Business Logistics**, 2001, Vol.22(2) s. 130

³⁶ www.onlinekalite.com/htmdosyalar/tersinelojistik.htm, erişim tarihi: 14.05.2007

³⁷ Rogers, D. S. Tibben-Lembke, R., **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**, 1998, University of Nevada, Reno Center for Logistics Management, s.55.

³⁸ www.clm1.org, erişim tarihi: 23.02.2008

³⁹ Dowlatshahi S., a.g.e., 2000, s. 144.

⁴⁰ Leo Kroon ve Gaby Vrijens, “Returnable Containers: An Example of Reverse Logistics”, **International Journal of Physical Distribution Logistic Management**, 1995, Vol.25(2), s. 56.

- “Kullanıcıya artık gerekmeyen kullanılmış üründen, pazarda yeniden kullanılabilen ürüne kadarki tüm lojistik aktivitelerini kapsayan bir süreçtir.”⁴¹
- “Kullanılmayan malzemelerin, toplanması, nakliye edilmesi, depolanması ve işlenmesidir.”⁴²
- “Hammaddelerin, ara stokların, nihai ürünlerin, imalat, dağıtım veya kullanım noktasından yeniden satılabilir hale getirildiği noktaya kadarki işlemleri planlanma, uygulama ve kontrol sürecidir.”⁴³
- “İskarta ürünleri geri getirme işlemleridir. Bu işlemler, ıskarta ürünleri merkezi bir toplanma noktasına ya geri kazanımı ya da yeniden üretimi için paketlenmesini, yüklenmesini ve geri gönderilmesini içerebilir.”⁴⁴
- “Geri kazanım, çöp ve atık yok etme ve tehlikeli atık yönetimi içindeki lojistik rolüyle ilişkilidir. Genel bir bakış açısıyla; kaynak azaltma, geri dönüşüm, ikame etme, malzemenin yeniden kullanımı ve elden çıkarmaya uygulanan lojistik işlemleri ile ilişkili tüm konuları içerir.”⁴⁵
- “Bir dağıtıcı kanal içinde ürünün bir tüketiciden üreticiye aksi yönde hareketidir.”⁴⁶
- “Hammaddelerin, halen süreçte bulunan envanterlerin, bitmiş malların ve bunlar hakkındaki bilginin tüketim noktasından üretim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve maliyet avantajlı akışını planlama, yürütme ve kontrol etme sürecidir.”⁴⁷
- “Geleneksel tedarik zincirinin aksi yönde malzemenin geri kazanılması ya da uygun yöntemle yok edilmesi amacıyla, ikincil malzeme depolarının, malzeme akışının ve ilişkin bilginin verimli ve etkili planlanması, uygulanması kontrol edilmesi işlemleridir.”⁴⁸

⁴¹ Fleischmann M., v.d., a.g.e., 1997, s. 2.

⁴² Krikke, H. “Recovery Strategies and Reverse Logistics Network Design”; **Institute for Business Engineering and Technology Application**, PhD Tezisi, 1998, s. 5.

⁴³ www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/, erişim tarihi: 12.05.2007

⁴⁴ Guide J., a.g.e., s. 126.

⁴⁵ Stock J.R. **Reverse Logistics**, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL, 1992.

⁴⁶ Terrance L. Pohlen ve M. Theodore Farris, “Reverse Logistics in Plastics Recycling”, **International Journal of Physical distribution and logistics management**, 1992, 22(7): s. 35–47.

⁴⁷ Rogers D.S., v.d., a.g.e., 1998, s. 19.

⁴⁸ Fleischmann M., v.d., a.g.e., 2001, s. 158.

- “Hammaddelerin, süreç içi stokların, paketleme malzemelerinin, bitmiş ve kullanılmış ürünlerin; üretim, dağıtım ve kullanım noktasından geri kazanım ve uygun imha noktalarına tersine akışının planlanması, uygulanması ve kontrolü sürecidir.”⁴⁹
- “İmalat tesisinin piyasaya sürdüğü ürün ya da parçaları tüketim noktasından geri dönüşüm, yeniden imalat ya da yok etme işlemlerinden birini uygulamak üzere sistematik bir şekilde yeniden planlaması sürecidir.”⁵⁰

Tüm tanımlar aynı gözükmesine rağmen, RL’ye bakış açıları farklıdır. Örneğin Stock RL’ye, bir çevre ögesi olarak atık azaltma işlemi gözüyle bakarken, Pohlen ve Farris, ürün akışının “yönü” ne vurgu yapmış ve tedarik zincirinin bir ögesi olarak görmüştür. Rogers ve Tibben-Lembke, kapalı döngü ağda oluşan malzeme akımının yönetimine odaklanmışlardır. Fleischmann, Rogers ve Tibben-Lembke “ana nokta”ya geri dönen ürün akışı olarak tanımladıkları RL’yi genelleştirmiştir. RL’nin tüm tanımlarındaki anahtar öge, bir parçanın son kullanıcıdan değerlendirilmek üzere bir yere hareket ettirilmesidir. Tanımlardaki farklılık işletmelerin RL’yi işletme şeklindedir. Bazı tanımlarda RL tedarik zincirinin bir parçası, bazı tanımlarda tersine tedarik zincirinin bir parçası, bazılarında ileri lojistik işlemlerin bir parçası olarak tanımlanmıştır. Tanımlar şirkete ve içinde bulunduğu endüstri alanına göre de farklılık göstermektedir. Perakendeciler RL’yi, kullanılmış ürünlerin tüketiciden satıcıya geri dönüşü olarak görür. Üreticiler RL’yi, kusurlu ürünlerin veya kullanılamayacak olan konteynerlerin kullanıcılardan geri alma süreci olarak görür. Çevreciler ise RL’yi, çevreyi kirleten atıkların geri dönüşümü olarak görür. RL için yapılan tüm bu tanımlar Tablo 1.1’de özetlenmiştir.⁵¹

⁴⁹Dekker ,R., Fleischmann,M., Inderfurth, K. And Wassenhove, L.N.V., **Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chain**, , Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2004.

⁵⁰ Shad Dowlathshahi, “A strategic Framework for the Design and Implementation of Remanufacturing Operations in Reverse Logistics”, **International Journal of Production Research**, 2005, Cilt:43(16), s.3457.

⁵¹ Juan Pablo Soto Zuluaga, **Reverse Logistics: Models and Applications**, the Doctor of Philosophy thesis, October 2005, Universitat Pompeu Farba. s.20.

Tablo 1.1. Tersine Lojistiğin Kapsamı

Nedir?	Girdiler	İşlemler	Çıktılar	Nereden?	Nereye?
- Süreçtir - Görevdir - Yetenek ve aktivedir.	- Iskarta ürünler, - Kullanılmış ürünler, - Önceden gönderilmiş ürün yada parçaları, - Tehlikeli olan yada olmayan atıkların paketleri ve ürünleri, - Enformasyon, - Hammadde, - İşletme stoku, - Bitmiş malzeme, - İlişkili enformasyondur.	- Planlama, uygulama, etkili ve yeterli maliyet akışının kontrolü, - Toplama, - Nakliye, - Depolama, - İşleme, - Kabul, - Tekrar ele geçirme, - Paketleme, - Gönderme, - Azaltma, - Yönetme, - Düzenleme, - Demonte etme, - Stok, - Üretimdir.	- Tekrar kullanılan ürünler, - Geri kazanma, - Düzenleme, - Yeniden- imalat, - Azaltma, - Yönetim, - Yeniden kazanılan değerdir.	- Tüketim noktasından,	- Üreticiye, - Merkezi toplama noktasına, - Ana noktaya doğrudur.

RL temel olarak, malzemeyi geri alma ve yeniden kullanım için gerekli olan ağı planlama, kullanılmış ürünleri stok etme ve üretimini planlama ile ilgilenir. Dağıtım planlama, son kullanıcıdan üreticiye geri gelen kullanılmış ürünün fiziksel dağıtımını içerir. Stok yönetimi, tekrar kullanılabilen ürünlerin geri dönüşüm için stoklandığı aşamadır. Üretim planlama lojistik aktivitesi olmamasına rağmen, tersine sistemin bir parçası olarak analiz edilir.⁵² Genel RL işlemleri, bir firmanın kullanılmış, zarar görmüş, garanti kapsamında işlem görmüş ya da eskimiş ürünlerini son kullanıcıdan ya da ikinci el eşya satıcılarından, paketleme ve gönderme malzemeleride dâhil ürünleri toplamak için yapılan işlemlerdir.⁵³ RL, ileri lojistik tanımındaki tüm faaliyetleri içerir. İleri ve tersine lojistik arasındaki fark, tersine lojistiğin bu işlemleri tersine işletmesidir. Yani RL, üretim sektöründe son müşteriden satıcıya veya hizmet sunucuya geri gelen malların hareketi, depolanması ve elleçlenmesi* ile ilgili faaliyetlerdir.⁵⁴ Son zamanlarda ortaya çıkan bu alanda, ürünlerin geri alınması ile ilişkilendirilmiş lojistik aktiviteler tasarlanır ve geri alınan ürünlerin yeniden üretilip pazarlara yeniden dağıtılması sağlanır.⁵⁵ Böylece RL, tüketiciden geri gelen malzemelerin yönetimini, onarımını, yeniden yapılandırılmasını, geri kazanımını, çevreye dost bir şekilde

⁵² Fleischmann M., v.d, a.g.e., 1997, s. 3.

⁵³ Rogers D.S., a.g.e., 1998, s. 23.

* Elleçleme(handling), depoda eşyanın asli niteliklerinin değiştirmeden, malzeme boşaltma, mal kabul, seçerek ayırma, teslim, paket açma, bölme, istifleme, yerleştirme, yerini değiştirme, yenileme-eksik tamamlama, havalandırma, büyük kaplardan küçük kaplara alma, toplama, ambalajlama, yükleme gibi işlemlerdir.

⁵⁴ Keskin M.H., a.g.e., s. 39-40.

⁵⁵ Moritz Fleischmann, vd., "Quantitative Models for Reverse Logistics: A Review", **European Journal of Operations Research**, Vol.103,1997, s. 1-17.

atıklarının elden çıkarılmasını ya da tasfiye edilmesini sağlayan işlemler sürecidir. Amaç, kullanılmış ürünlerden maksimum faydayı sağlarken, yükleme boşaltma giderlerini minimum seviyeye indirerek⁵⁶ atık arazi kapasitelerinin gün geçtikçe daralmasından dolayı atıkların azaltılması sağlamaktır.⁵⁷

RL, istenmeyen malzemelerin (atık madde, kutu, şişe, kâğıt v.b.) geri dönüştürülmesi ve yeniden üretime kazandırılması ve iade veya defolu ürünlerin farklı satış kanallarında yeniden satışa sunulması ile değerlendirilmesi yönleriyle *çevreye duyarlı lojistik* olarak da bilinmektedir.⁵⁸

RL, yeniden kullanım konteynerleri ve yeniden değerlendirilebilen paketleme malzemelerinden çok daha fazlasıdır. RL, camın, tüketici ürünlerinin, alüminyum kapların, yeniden kullanılabilir paketleme malzemelerinin, plastik kapların, gazetelerin v.b. ürünlerin geri kazanılması⁵⁹ ve zarar görmüş, stokta kalmış, herhangi bir kazadan kurtarılmış malzemeyi geri alma ve fazla stoktan dolayı geri dönen ürün işlemlerini de içerir. RL ağ yapısı içine, yeniden değerlendirme programları, tehlikeli atık programları, kullanılmayan ekipman dağıtımı ve ürün iyileştirme programları dâhil edilir.⁶⁰

RL'nin işletme bünyesine girmesiyle geleneksel üretim çevresi, geri kazanım üretim çevresi olarak adlandırılmaya başlanmıştır. Tablo 1.2'de geleneksel üretim çevresi ile geri kazanım üretim çevresi arasındaki farklar gösterilmektedir.⁶¹

⁵⁶ Gaurang S.P., a.g.e, s. 2.

⁵⁷ Moritz Fleischmann, vd., "The Impact of Product Recovery on Logistics Network Design", **Production and Operations Management**, 10(2), 2001, s. 156-173

⁵⁸ Koban E. v.d., s. 87.

⁵⁹ Hans Heine, "Reducing Waste Through Reverse Logistics", **Foundry Management & Technology**, August 1993, s. 28-29.

⁶⁰ D.Rogers, vd., "Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices", **University of Nevada, Reno Center for Logistics Management**, <http://www.rlec.org/reverse.pdf>.

⁶¹ V. Daniel R. Guide, vd., "Supply-Chain Management for Recoverable Manufacturing Systems" **Interfaces**, 30, 2000, s. 128.

Tablo 1.2. Geleneksel Üretim Çevresi ile Geri Kazanımlı Üretim Çevresi Arasındaki Farklar

Unsurlar	Geleneksel Üretim Çevresi	Geri Kazanım Üretim Çevresi
Çevresel Merkez	Çevre açısından sürekli olarak planlama ve üretme, çevreye odaklanma. Üretim öncesi kirliliğin önlenmesi ve iyileştirme.	Son ürünün atık olmasını önlemeyi araştırma.
Lojistik	Sadece ileri akış. Ürün geri dönüşü yok. Talebe yönelik akış.	Hem ileri hem de geri akış. Ürün geri dönüş miktarının ve zamanının belirsiz olması. Arza yönelik akış.
Üretim Planlama ve Kontrol	Geri dönüş gereksinimi yok. Malzeme planlama belirlenmiştir. Tam rotalama ve uygun işlem zamanı. Üretim sistemi iki temel bileşene sahiptir: Üretim ve montaj.	Geri dönüş taleplerini dengeleme gereksinimi var. Malzemenin geri kazanımı belirsizdir. Olasılıklı rotalama ve işlem zamanı. Üretim sistemleri üç temel bileşene sahiptir: Demontaj, yeniden üretim ve tekrar montaj.
Tahmin Etme	Tahmin etme sadece son üründedir. Parçaların hiçbirinin tahmine gereksinimi yoktur.	Hem miktarını hem de son ürün talebini tahmin etme. Gerekli parçalar tahmin edilmeli çünkü geri alınan ürünlerin oranı belirsizdir.
Satın Alma	Malzeme ihtiyaçları belirlidir. Hammaddeler, yeni parçalar ve bileşenler satın alınır.	Yüksek oranda belirsizliği olan malzemelere değişken geri kazanım olaylarından dolayı gereksinim vardır. Temel ve yan parçalar, bileşenler, yedek parçalar alınır.
Stok Kontrolü ve Yönetimi	Stoklanacak ürün türleri: Hammaddeler, iç işlemler ve bitmiş ürün. İç işlemleri ve bitmiş ürünü sağlama ve taşıma	Stoklanacak ürün türleri: Yeniden üretilmiş parçalar, yeni parçalar, yeni ve yeniden üretilmiş yedek parçalar. Tüm parça tiplerini ele almayı sağlama ve taşımadır.

Ürün değerinin, çeşitliliğinin ve geri dönüşüm oranının yüksek olduğu sektörlerde RL faaliyetlerin önemi büyüktür. Otomotiv parça endüstrisi bunun için iyi bir örnektir. Yeniden üretilen otomotiv parça pazarının ABD’de 36 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Tüm marş ve alternatörlerin %95 i yeniden üretilerek kullanılmaktadır. ABD’de 12000 firma otomobil parçaları yeniden üretmektedir.⁶² RL;

- Aktik varlıkların verimliliğini artırması,
- Aktif varlıkların geri kazanılmasını sağlaması,
- Geri dönüşüm aracılığı ile maliyeti azaltarak kâr değerine katkı sağlaması,
- Çevre koruma yasalarının gerekliliğini yerine getirerek çevre korumaya katkı sağlaması ve

⁶² Rogers D.S, a.g.e., 1998, v.d. s. 22.

- Satış sonrası hizmet ve geri alma garantisi gibi uygulamalarla tüketici ilişkiler yönetimini geliştirmesi bakımından,⁶³ önemli bir konudur.

Tablo 1.3’de bazı sektörlerdeki iade oranları yer almaktadır.⁶⁴

Tablo 1.3. Örnek Geri Dönüş Oranları

Sektör	İade Oranı
Dergi yayınlama	%50
Kitap yayıncıları	%20-30
Kitap Dağıtıcıları	%10-20
Kartpostallar	%20-30
Katalog Perakendecileri	%18-35
Elektronik Ortam Dağıtıcıları	%10-12
Bilgisayar Üreticileri	%10-20
CD-ROM’lar	%18-25
Yazıcılar	%4-8
Mektupla Sipariş Alan Bilgisayar Üreticileri	%2-5
Kitle Üretimi Yapanlar	%4-15
Otomobil Endüstrisi (Parça)	%4-6
Tüketici Elektronikleri	%4-5
Ev İçi Kimyasalları	%2-3

RL’nin uygulama alanları çok fazladır. Ortalama bir perakendeci ve üretici malların % 5 ila %10’nun geri döneceğini öngörerek planlama yapmaktadır. Katalogdan veya çarşıdan alışveriş yapan müşteriler satın aldıkları malların %35’ten fazlasını iade etmektedirler.⁶⁵ Carnegie Mellon Üniversitesinde yapılan bir çalışmaya göre, yaklaşık olarak kullanılan 15 milyon bilgisayar, 2005’de bir milyar dolar maliyetle toprağa gömülmüştür. Bunun sonucu olarak bazı Amerikan bilgisayar üreticileri işlemci kartlarını ve güç kaynağını diğer yeniden kullanılabilir bileşenler ile birlikte (örneğin pil ve yazıcı kartuşu gibi) tekrar kullanılabilir yeni ürünlere dönüştürmek istemişlerdir. Dell kullanılmış bilgisayarlarındaki faydalı parçalarını geri kazanmak için; “Dell Değişimi” programını gerçekleştirmiştir. Ayrıca, HP “Gezegen Paylaşım Programı” vasıtasıyla kullanılmış bilgisayarlarını geri kazanmıştır. Avrupa’da, dayanıklı tüketim mallarının geri kazanım yasası, buzdolabı, elektronik tüketici eşyaları gibi farklı ürünlere de geri kazanma hatları oluşturan, Zerlege Zentrum Grevenbroich gibi firmaların gelişmesine

⁶³ Rakesh Verma ve Vinayak Vhatkar, “Reverse Logistics; An Important Dimension of Supply Chain Management”, **National Institute of Industrial Engineering**, Mumbai, PGDIE , 2005. s. 1.

⁶⁴ Rogers D.S., a.g.e, s. 7.

⁶⁵ Keskin M.H., s. 39-40.

sebepe olmuştur. Mierc Bv., Phillips in yan kuruluşudur ve Phillips'den ve diğer firmalardan gelen elektronik ürünleri geri dönüştürmektedir. Ayrıca, bazı endüstrilere RL alanında uzman alan çözümleri sağlayan: Yellow Lojistik Hizmetleri, FedEx Lojistik, UPS Worldwide, Genco, Burnham gibi birçok firma vardır.⁶⁶ IBM, kiralanan ve kira süresi dolan ürünlerin toplanması, dönen siparişler, çevresel atıkların toplanması ve hurda ürünlerin toplanması ile dönen ürünlerden maksimum değer kazanmak için, yeniden kullanım seçenekleri, parça ve malzeme değerlendirilmesinde hiyerarşik bir yapı oluşturmuştur. Böylece, hem binlerce dolar finansal fayda sağlanmış hemde tükenmekte olan doğal kaynaklar korunmuştur. IBM, çöp oranını %4 seviyesine kadar indirmeyi başarmıştır. Diğer bir örnekte Hollanda'dır. Hollanda hükümeti, 1999 yılından beri tüm elektrik elektronik malzeme üreticileri ve ithalatçılarına piyasaya sundukları ürünlerin hurdalarını toplama ve toplatma zorunluluğunu getirtmiştir. Bu yasal zorunluluğa uygun olarak, üretici ve ithalatçılar ortak toplama merkezleri ve geri dönüşüm ağı yönetim şubeleri açmışlardır. Sistem, perakendeciler, belediyeler ve çeşitli taşeron firmalar aracılığı ile toplanan hurdaların ve geri dönüşümlü ürünlerin depolandığı bölgesel merkezleri içeren bir ağıdır. Sistemin finansmanı, ürünlerin fiyatları üzerine eklenen sabit bir geri dönüşüm bedeli ile sağlanır. Başka bir örnek ise Dupont firmasıdır. Dupont kullanılmış halılardan geri dönüşümlü naylon elde etme faaliyetleri yürütmektedir. ABD'nin Tennessee kentinde bulunan çok büyük ölçekli bir tesis, ülke geneli ve tüm Kuzey Amerika'daki metropollerden, yetkili satıcıları aracılığı ile atık halıları toplamaktadır. Toplanan bu ürünlerden tekrar kullanılabilir nitelikte olanların bir kısmı yeni halı üretiminde kullanılırken bir kısmı da otomotiv sanayinde değerlendirilmektedir.⁶⁷

Michagen State Üniversitesinde 1995 yılında, Global lojistik araştırma grubu tarafından yapılan bir çalışmada, Avrupa ülkelerinin Amerikaya göre çevreye duyarlılık seviyesinin daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Avrupa ülkelerindeki tüketiciler, düzenleyici, kolaylaştırıcı ve çevreyi koruma rolünü üstlenmişlerdir. Tüketicilerin yanı sıra hükümet ve endüstrilerin bu konulara aktif katılımı Amerikayla karşılaştırıldıklarında çok üst düzeydedir. ABD'de camın %20'si, kâğıt ürünlerinin %30'u ve alüminyum kutuların %61'i geri dönüştürülürken, 10 milyon araba ve

⁶⁶Gaurang S.P., a.g.e., s. 11.

⁶⁷Moritz Fleischmann, *Quantitative Models for Reverse Logistics*, Springer, 2001, s. 39-43.

kamyonun her yıl %95'i geri dönüşüme girmekte ve bu araçların %75'i yeniden kullanım için geri kazandırılabilir. ⁶⁸

Dünya lojistik pazar büyüklüğünün 3 trilyon \$* olduğu tahmin edilmektedir. Bu değer yaklaşık 32 trilyon \$ olan Dünya GSMH'sının %10'unun üzerindedir. Dünya mal ticareti içindeki paylarına paralel olarak ABD ve AB, dünya lojistik pazarının %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. ABD'de RL hizmet alınma oranı %20 dir. Yapılan tahminlere göre Türkiye de lojistik faaliyetlerin toplam hacmi yaklaşık 30 milyar \$ düzeyindedir. Lojistik sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin toplam cirosunun ise 6 ila 10 milyar \$ arasında olduğu tahmin edilmektedir. En çok kabul gören tahmin 7 milyar \$ olmaktadır. Ayrıca, lojistik sektörünün GSMH'ya katkısının 12 milyar \$ ve istihdamın ise 1,5 milyon kişinin üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'de bulunan lojistik firmaların sağladıkları lojistik hizmetler içinde tersine lojistiğin payı ise %27,8 'dir ⁶⁹ ve RL odaklı lojistik hizmet veren bir firma yoktur. Ülkemizde, RL ağı kurarak ürettiği malları değerlendiren firma sayısı çok azdır. Katı atık kontrolüyle ilgili yasa gereği ambalajlarında plastik, pet şişe, polietilen, polistiren malzeme kullanan üretici firmalar bunların en az %30'unu geri toplamak durumundadır. Örneğin plastik şişe üreten SASA, üretici firmalar adına RL faaliyetiyle ürünlerinin %30'unu geri toplamakta ve topladığının %70'ini de geri kazanmaktadır. Şişecam firması, ambalajlamada kullanılan şişelerin %30'unu kanunen geri toplamakta ve çeşitli işlemlerden geçirerek geri kazanmaktadır. Benzer şekilde Tetra Pak firması da lamine karton kutuları geri kazanmaktadır. Oluşturulan lojistik ağları da RL süreçlerini içermeyip atıklar çoğunlukla çöp müteahhitleri tarafından toplanmaktadır. ⁷⁰ Diğer taraftan, çevre bakanlığından lisanslı ya da geçici çalışma izni alan geri kazanım/bertaraf tesisleri ve atık ticareti yapan firmalar 139 tanedir. ⁷¹

Artan tüketici bilinçliliği, hükümetler tarafından uygulanan yeşil kanunların ürünlerin geri getirilmesini zorlamaları, tüketici hizmeti açısından artan tüketici talepleri, üreticilerin daha düşük işletme sermayesi ile maliyeti azaltmayı istemeleri, yeniden kullanılabilir konteynerlerin kullanımının artması, hizmet talebinin artması, tamir, kalite yükseltme, tekrar şekil verme v.b. sebeplerden dolayı RL işletmelerin

⁶⁸ Neslihan Özgün Demirel v.d., "Geri Kazanımlı İmalat Sistemleri için Lojistik Ağı Tasarımı: Literatür Araştırması", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak.Der.**, Cilt:24, No:4, 2008, s. 905.

* Tüm \$ birimleri Amerikan doları olarak alınmıştır.

⁶⁹ Gürdal S., s. 24-77.

⁷⁰ Birdoğan Baki, "Tersine Lojistik Zorunluluk mu? Kazanç mı?", **Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, [ISSN: 1303-0027], 2003, Cilt:4(1), s. 25.

⁷¹ www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/lisans/lisans/tehlikelilisans.xls, erişim tarihi; 03.12.2007

bünyesine dâhil olmuştur.⁷² Özellikle günümüzde çevre koruma amaçlı yasal düzenlemelerin yanı sıra; modern işletme ve yönetim anlayışlarında, işletmelerin çevreye duyarlılık çalışmalarını, sosyal sorumluluk ilkelerinin uygulama örneği olarak görmeleri de, RL faaliyetlerinin üzerinde daha fazla durulmasını gerekli kılmıştır.⁷³ Bu sebeplerden dolayı RL'nin son on beş yıla aşkın bir süredir endüstride ve toplumda önemi giderek artmaktadır.⁷⁴ Kamu ve özel işletmelerin RL'yi uygulama nedenleri beş başlık altında toplanır.⁷⁵

1) Ekonomi açısından RL (doğrudan ve dolaylı): RL programı şirketlerde hammadde kullanımını azaltarak, geri kazanımla hammaddeye değer katarak veya imha maliyetlerini azaltarak direkt kazanımlar oluşturabilir. RL'nin ekonomiye doğrudan faydası, malzeme girişi, maliyet azalımı ve katma değerli geri kazanım şeklindedir. RL'nin dolaylı kazançları ise, yeşil (çevresel) imaj, iyileştirilen tüketici ilişkileri, gelecekte uygulanacak yasalara hazırlık ve pazar korunumu şeklindedir.⁷⁶ İşletmeler yeniden kullanıma, yeniden üretime ve geri dönüşüme yatırım yaptıkça daha az ürün elden çıkaracaklardır. Daha az ürün elden çıkarılması ise şirketleri ve çevreyi kârlı duruma geçirebilmektedir. Kavramsal olarak, RL kaynakların alternatif kullanımını destekleyerek maliyet etkinliğini ve ürünün normal yaşam döngüsünü genişleterek ekolojik barışıklığı da sağlar. Yeniden üretimi kullanan firmalar sadece yeni ürün üreten firmalara göre maliyetlerinde %40 ila %60 tasarruf sağlarlar ki bunun için sadece %20 daha fazla çabaya ihtiyaç duyarlar.⁷⁷ Kullanılmış ürünler, geri kazanılabilecek değerleri olan ucuz kaynakları temsil ettiğinden ekonomik açıdan ilgi çeker. Geri alınan üründen faydalanarak yeni bir ürün üretmek çoğu zaman, o ürün üretmek için “ana” hammaddeyi satın almak ya da işlemekten daha ucuzdur. Hammadde fiyatlarının düşük olması durumunda ise ürünün geri alınması üretim değerinin geri alınması olduğundan, yine ekonomik fayda sağlamaktadır. Geri kazanım işlemlerinin çeşitliliği sayesinde, ürünü yenileştirmekle, farklı bir şekle sokmakla ve yeniden kazanma faaliyetleri ile ürünün orijinal değeri elde edilir. Bu da işletmeye kâr sağlar.

İyi yönetilen RL programı ile tedarikten, elden çıkarmadan, stok mal mevcudundan ve ulaşımdan önemli maliyet kazançları sağlanır. Ayrıca, iyi üretilmemiş

⁷² Blumberg D., a.g.e., s. 22.

⁷³ Koban E. v.d., a.g.e., s. 87.

⁷⁴ Dennis W Krumwiede v.d., “A Model for Reverse Logistics Entry by Third-Party Providers”, **Omega**, Vol:30, 2002, s.326.

⁷⁵ Gaurang. S.P., s. 7.

⁷⁶ Fleischmann M., a.g.e., 2001, s. 18

⁷⁷ Erkan Tosun, **Tersine Lojistik Kavramı ve 3PL Şirketlerinde Tersine Lojistik Karar Verme Modeli**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005, s. 56.

mallar ziyan edilmeyip tekrar üretime gönderilebilmekte ve belki de daha yüksek bir fiyattan satılabilmektedir. İleri lojistik faaliyetleri esnasında görevi tamamlanan ve artık işe yaramayan (konteyner vs. gibi) bir takım araç, gereç ve teçhizat yeniden kullanılmak üzere kaynağa geri gönderilmek suretiyle firmayı birçok israftan da kurtarabilmektedir.

Kullanılmayan ve tüketici memnuniyetsizliğinden dolayı istenmeyen ürün ve malzemeler geri alındıklarında bir değere sahiptirler ve bu malzemeler geri toplanmadıklarında çevreye çöp olarak atılmakta ve canlıların yaşamını tehlikeye sokacak ve tehdit edecek durumda olmaktadır. Bu malzemeler atık ya da çöp konumundadırlar ancak düzenleme, iyileştirme, geri dönüşüm, yeniden satış, yeniden kullanım v.b. işlemler ürünün ekonomiye katılıp yeniden kullanılabilir hale getirmeyi sağlar.⁷⁸ Örneğin, IBM geri dönen ürünlerden çıkardığı parçaları demonte ederek, çok büyük kazançlar elde etmekle tanınmıştır.⁷⁹ Genco dağıtım sistemlerinin geliri 1991’de 300.000 \$ iken RL ağı kullandıktan sonra 1994’de geliri tahminen 40 milyon \$ çıkmıştır. AT&T’s ağ servis bölümü, Mart 1993 ile Ekim 1994 dönemi arası RL ağını kullanarak 90 milyon \$ kâr elde etmiştir. Bu kârı elde etmek için kullandığı ek yedi kişi için 1.6 milyon \$ harcamıştır.⁸⁰ Bu konuda diğer çarpıcı bir örnek Este Lauder kozmetik firmasıdır. Bu firma, her yıl yaklaşık 60 milyon \$ değerinde ürününü toprağa gömmekteydi ve perakendecilerden dönen ürünlerden yaklaşık olarak üçte birinden fazlasını yok etmekteydi. Bu tür atıklar neredeyse her endüstride yaygındır. Ancak Estee Lauder bir bilgi teknolojisi ve RL süreci uygulayarak yok ettiği ürünlerin miktarını yarıya yakın azaltmaya karar vermiştir. Sistemin uygulandığı ilk yıl firma geri dönmüş ürünlerin yaklaşık %24’ünü değerlendirebilmiş ve yaklaşık 475.000 \$ tasarruf sağlamıştır. Şirket yöneticileri geri dönmüş ürünlerin yaklaşık %27’sini yok ettiklerinin ve bu oranın 1998 yılında %37 olan orandan düşük olduğunu ve önlerindeki 18 ayda ise bu oranı, %15’e çekeceklerini belirtmişlerdir. Estee Louder bu uygulama sonucunda üretim ve stok miktarını azaltmıştır. Çünkü şirket geri dönmüş ürünleri belirli bir işleme tabi tuttukten sonra tekrar piyasaya sunabilmektedir.⁸¹ Genel harcama düzeyi, sektöre,

⁷⁸ Blumberg D., a.g.e., s. 9.

⁷⁹ Moritz Fleischmann v.d. , “Intergrating Closed-Loop Supply Chains and Spare Parts Management at IBM”, **Interfaces**, 2003, Vol.33(6) , s.45.

⁸⁰ Blumberg D., s. 23-24.

⁸¹ Erol Bulut, Ali Deran, “Ters Lojistik ve Şirketlerin Maliyet Yönetimi Üzerine Etkileri”, **Ekonomik Yaklaşım**, Cilt:19, Özel Sayı 2008, s. 334.

firmanın zincirdeki pozisyonuna ve kanal seçimine göre değişse de RL aktivitelerinin ekonomide önemli bir rolü vardır ve öneminin daha da artacaktır.⁸²

2) Pazarlama açısından RL: Firmaların pazar durumlarının iyileştirilmesinde RL tetikleyici konumdadır. Müşteriler gün geçtikçe bilinçlenmekte ve çevre konusunda daha duyarlı hale gelmektedirler. Bu yüzden “çevreci” imaj önemli bir pazarlama aracı olarak kendini göstermektedir.⁸³ New York Times ve CBS News tarafından 1996 yılında yapılan bir anket, tüketicilerin %80’inin çevreyi korumanın kritik bir önemi olduğuna inandığı ve maliyetine bakılmaksızın çevreyle ilgili düzenlemelerin yapılmasını istediğini ortaya koymuştur. Diğer yandan yapılan bir başka çalışmada Amerikalıların altıda birinin, çevreyle dost ürünleri satın almak için daha fazla para ödemeyi göze aldıkları belirlenmiştir.⁸⁴ Günümüzde çoğu firma çevresel raporlarında, yeniden kullanım ve geri kazanım aktivitelerini vurgulamaktadırlar.⁸⁵ Gelişen rekabet ortamında, tüketicilerden geri gelen ürünleri değerlendirmek ve bozuk ürün bedelini geri ödemek, iyi bir teminat politikası ve tamir servisi sağlamak için gerekli olan “yeşil ürün” politikası, firmaların çevresel imajına destek sağlamaktadır.⁸⁶

Kalite ve ürünlerin çevresel özellikleri giderek birbiriyle daha yakın bir ilişki içinde olmaktadır. Kalite, genellikle müşteri memnuniyeti veya kullanımına uygunluk olarak tanımlanır. Günümüzde kalite organizasyonları çevresel yönetim için uluslar arası standartlar geliştirmişlerdir. Bu standartlar, Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu (ISO) tarafından geliştirilmektedir. İşletmeler çevreye duyarlı olduğunu tüketicilere göstermek için uyguladıkları çevre yönetim sistemini (ISO 14000) belgelemektedir. ISO 14000; ISO 9000 kalite standartlarının çevresel varyasyonu olarak düşünülebilir. ISO 9000, daha ziyade kaliteye odaklandığından ilgilendiği alan müşteridir. ISO 14000 ise çevresel yönetime odaklanır ve dolayısıyla daha küresel bir toplulukla (müşteri, hükümet, kamu v.b.) ilgilenir. Bu standart, işletme büyüklüğü ve türüne bağlı olmaksızın çevresel performansı değerlendirmek ve geliştirmek amacıyla yönetim sürecini formal hale getirir. Son yıllarda işletmeler, alınan bu belgeleri ürün ambalajlarının üzerinde ve kitle iletişim araçlarında yayınlanan reklamlarda kullanıp,

⁸² Dale S Rogers, Ronald Tibben-Lembke, “An Examination of Reverse Logistics Practices”, **Journal of Business Logistics**, Vol:22(2), 2001, s. 129-147

⁸³ Demirel N.O., a.g.e., s. 905.

⁸⁴ Baki Birdoğan, “Çevresel Üretim Yönetimi ve Ambalaj Sanayi Firma Yöneticilerinin Konuya Yaklaşımları”, **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Dergisi Hakemli Dergisi- Öneri**, Cilt: 6(22), 2004, s. 103.

⁸⁵ Fleischmann, a.g.e., 2001, s. 18

⁸⁶ Martijn Thierry v.d. “Strategic Issues in Product Recovery Management”, **California Management Review**, 1995, Vol: 37(2), s. 115.

çevreci imajını yerleştirmeye ve pazar payını artırmaya çalışmaktadır.⁸⁷ RL sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar sayesinde hem firmaların kârlılıkları artmakta, hem tüketicilerin gözündeki imajları bu sayede olumlu etkilenmekte hem de bu yolla mamullerden ve/veya yarı mamullerden en yüksek fayda daha kolay sağlanabilmektedir.

E-ticarette malların geri gönderilme olasılıkları normal ticarettেকinden daha fazla olduğu için RL, internette ticaret yapan firmalar için özellikle önemlidir (Bazen geri dönüş oranları %50'lere varabilmektedir). RL, pazarlamada rekabet avantajı yaratmada kullanılabilecek önemli unsurlardan biridir.⁸⁸ RL'nin etkili kullanımı, işletmeye, endüstri ortamında rekabet etmesine yardımcı olabilir. Xerox, IBM, Dupont, General Motors, Hewlett-Packard, Kodak, Storage Tek ve birçok firma tersine lojistiği kullanmakta ve önemli kârlar elde etmektedir.⁸⁹

3) Yasama açısından RL: Yaşam süreleri sona ermiş ürünlerin toplanarak yok edilmesi ve tekrar kullanımı konusundaki baskılar nedeniyle RL faaliyetlerinin önemi gittikçe artmakta ve RL zorunlu bir kavram haline gelmektedir. RL'de yasama konusu, firmanın ürünlerini geri alması ya da ürünlerini geri almayı onaylamasının, herhangi bir yargı çerçevesinde gerçekleştirilmesini anlatmak için kullanılır. Pek çok ülkede firmalar, ürettikleri ürünlerin belirli bir kısmını toplamakla yükümlüdürler. Özellikle AB, çevresel etkilerin azaltılması hatta ortadan kaldırılması için “yeşil yasaların” geliştirilmesi ve uygulanmasına önem vermektedir. Almanya'da 1991 yılında yürürlüğe giren Alman Atık ve Paketleme Yasası kapsamında, üreticiler, dağıtımıcılar ve perakendeciler paketleme atıklarının en az %60 ila %75'ini geri dönüştürmek zorundadırlar.⁹⁰ Diğer birçok AB ülkesinde paketleme kuralları ile ilgili yasayı 1992'de uygulamaya başlamışlardır.⁹¹ Türkiye'de ise Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği 30.07.2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

AB, Ocak 2003'de WEEE (Waste Electronic and Electrical Equipment: Elektronik ve Elektrik Atık Elemanları) yönergesi yayınlamıştır. Bu yönergenin hedef noktası, elektrik ve elektronik ürün atıklarının birikmesinin engellenmesi, aynı zamanda bu tip ürünlerin yeniden kullanımının ve materyal geri kazanımının desteklenmesidir. Yönergenin genel amacı ise bu ürünler ile ilgili tüm paydaşların, yani üreticiler,

⁸⁷ Baki B., a.g.e., 2004, s. 110.

⁸⁸ Zuluaga J.P.S., a.g.e., s. 13.

⁸⁹ Shad Dowlathahi, “Developing a Theory of Reverse Logistics”, *Interfaces*, 2000, Vol.30 (3), s. 145.

⁹⁰ Fleischmann M., a.g.e., 1997, s. 2.

⁹¹ Usha Subramaniam, v.d., “Reverse Logistics Strategies and Implementation: A Pedagogical Survey”, *Journal of the Academy of Business and Economics*, Mart 2004, s. 2.

dağıtıcılar, müşteriler ve ürün ömrü sonunda yapılacak işlemlerden sorumlu kurumların tamamının çevresel performansını artırmaktır.⁹² Türkiye’de, 01.06.2008 tarihinde çıkartılan Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda bazı zararlı maddelerin kullanımının sınırlandırılmasına dair yönetmelik çıkmıştır.⁹³

RL ve geri kazanım açısından bir diğer önemli yasa da, otomotiv sektörüne yönelik olan ELV (End of Life Vehicle Directives: Yaşam Sonu Taşıt Yönergeleri)’dir. ELV uyarınca, araçların geri dönüştürülebilirlik oranı, 2015 yılı için %95 olarak belirlenmiştir. Bir aracın içeriğinin ağırlık olarak %75 ila %85’inin geri dönüştürülebilir yapıda olmasından dolayı bu yasa oldukça gerekli ve mantıklıdır.⁹⁴ Türkiye’de ise, otomotiv sanayinde geri kazanım faaliyetlerini düzenleyen her hangi bir yönetmelik henüz bulunmamakla birlikte AB uyum süreci kapsamında 2000 yılında kabul edilen Hayat Seyrini Tamamlamış Taşıt Araçları Direktifi mevcuttur. Bu direktif, otomotiv sektörüne taşıt geri dönüşüm hedeflerini gerçekleştirmek üzere bazı finansal ve fiziksel sorumluluklar yüklemektedir.⁹⁵ Ayrıca 01.01.2007 tarihinde, Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği ile pil ve akümülatörlerin çevreye verecekleri zararlar azaltılmaya çalışılmıştır. Bu yasal uygulamalar atık yok etme hacmini azaltmak için ürünü kullandıktan sonra üreticilerin ürünü geri alma ve iyileştirme işlemlerini zorunlu hale getirmiştir.

4) Aktif varlığı koruma’da RL: Firmaların RL kullanmalarının diğer önemli bir sebebi, ürettikleri ürünlerle ilgili bilgileri koruma istekleridir. Böylece firmalar ikincil pazar ya da rakiplere sızabilecek hassas bileşenleri önlemeyi sağlamaya çalışmaktadırlar.

5) Kurumsal sorumluluk açısından RL: Bu konu, RL ile ilgilenme sorumluluğunun oluşması için işletmeleri zorlayan ilkeler ya da değerler setini içerir. Müşteri, gelirini artıran ürünü geri getirme programını destekler.

1.5.2. Tersine lojistiğin gelişimi

RL kavramı, dünya nüfusunun artmasının karşısında hammadde miktarının yetersiz kalmasından dolayı, hammadde yerine kullanılacak malzemeleri geri dönüşüm

⁹² Gülsün Nakiboğlu, “Tersine Lojistik: Önemi ve Dünyadaki Uygulamaları”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, Cilt: 9(2), 2007, s. 187.

⁹³ www.cmo.org.tr/index.php/cmo-mevzuat,erişim tarihi: 26.06.2008

⁹⁴ Nakiboğlu G., a.g.e., s. 187

⁹⁵ www.cmo.org.tr/index.php/cmo-mevzuat,erişim tarihi: 21.10.2008

ile elde etme ihtiyacından doğmuştur. Doğal kaynakların bedava ve sonsuz kabul edilmiş olması, günümüz çevre sorunlarının temelini oluşturmaktadır. Artık sonsuz olmadığını bildiğimiz bu kaynaklar için, yaklaşık altı milyar insan rekabet etmektedir.⁹⁶

1970'lere kadar, çevresel olaylar veya sürdürülebilir kalkınma endişe verici boyutlarda olmamıştır. Takip eden on yılda çevresel kirlenme endişe verici durumlara ulaşınca bu durum akademisyenler, politikacılar, medya ve konuyla ilgilenen diğer toplum kesimlerinin dikkatini çekmiştir⁹⁷ ve böylece RL kavramı 70'li ve 80'li yıllarda çevre konularının öneminin artması ile ortaya çıkmaya başlamıştır. Ancak ürün ve materyallerin yeniden kullanılması yeni bir durum değildir. Metal hurda toplama, atık kâğıt dönüşümü, cam şişeler için depozito uygulamaları, uzun zamandır yapılmaktadır. Bu örneklerde kullanılan ürünlerin geri alınması yok edilmesine kıyasla ekonomik olarak daha avantajlıdır.⁹⁸

1980'li yıllarda, RL “ürünün son müşteriden üreticiye, hizmet sağlayıcıya göre hareketi” olarak tanımlanmış, taşıdığı anlamın sınırları ise bu şekilde çizilmiştir.⁹⁹ RL işlemleri ilk olarak 1980'lerde tekstil ürünlerinde kullanılmıştır. Mikrominyatürleştirme (microminiaturization), büyük çaplı bütünleşme ve modularizasyon planlarının bir sonucu olarak 1980'den sonra gelişim aşamasına girmiştir. İlk uygulamalar elektronik endüstrisinde (bilgisayar, ofis otomasyonu, haberleşme gereçleri, fabrika otomasyonu v.b.) yapılmıştır. 1990'lı yıllarda firmalar bottom line (firmanın kâr veya zararını gösteren rakam)'nı iyileştirmek ya da yeni pazar olanaklarını geliştirmek için RL'yi bir işletme stratejisi olarak kullanılmıştır. Ancak yine bu yıllarda, imalatçılar, ürünlerini müşterilerine sunduktan sonra ürünlerle ilgili sorumluluk üstlenmemişlerdir. Kullanılan ürünler ya kitleler halinde çevreye boşaltılmakta ya da yakılarak yok edilmekteydi. 2000'li yıllara gelindiğinde ise tüketiciler ve yetkililer imalatçılara, ürettikleri atıkları azaltma sorumluluğunu yüklemişlerdir.

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.”¹⁰⁰ RL ile ilgili ilk

⁹⁶ Baki B., a.g.e., 2004, s. 103.

⁹⁷ Baki B., a.g.e., 2003, s. 23.

⁹⁸ Karaçay G., a.g.e., s. 319.

⁹⁹ Koban E., a.g.e., s. 85.

¹⁰⁰ www.biymed.com/pages/makaleler/makale84.htm, erişim tarihi: 18.03.2008

tanım, Lambert ve Stock (1981) tarafından yapılmıştır. 90'lı yıllar süresince, Lojistik Yönetim Konseyi, RL ile ilgili iki çalışma yayınlamıştır. İlkinde, Stock (1992) işletme ve şirketlerle ilişkin olarak RL alanının çerçevesini belirlemeye çalışmıştır. Bir yıl sonra, Kopicki ve diğerleri (1993) yeniden kullanım ve geri dönüşüm fırsatları üzerinde RL uygulamaları ve disiplinlerini tanımlamıştır.¹⁰¹ Daha sonraları Kostecki (1998) de uzatılmış ürün yaşamı ve yeniden kullanım açısından pazarlama aktivitelerini incelemiştir. Stock (1998), RL programlarının nasıl yapılacağı ve kurulacağı hakkında detaylı raporlar hazırlamıştır. Rogers ve Tibben-Lembke (1999), Amerika'da karşılıklı görüşme yoluyla yaptığı anketle RL işletmelerinin, uygulamalarını ele alarak değerlendirmiştir. Son yıllarda, yeniden üretim sistemleri için RL özellikleri üzerinde çalışan Guide (2000) RL'de oluşan yönetim ve optimizasyon konularına değinmiştir.¹⁰² Özellikle son yıllarda RL, hem bilimsel araştırmalarda hem de uygulamada ilgilenilen konular arasına girmiştir.

1.5.3. Tersine lojistiğin genel özellikleri

RL ağlarında, hem tüketicilerden geri alınan kullanılmış ürünlerin miktarının hem de toplanan malzemelerin niteliği belirsizdir. Geri alınan ürünler için pazarların mevcut olmaması ve yerlerinin genellikle iyi bilinmemesi RL ağının en büyük belirsizliği olarak ortaya çıkmaktadır. İleri kanala nazaran, hem tüketiciler tarafından kullanılmış ürünlerin tedariki hem de geri alınan ürünler için son pazarlama birçok bilinmeyen faktör içerir. Aşağıda RL'nin genel özellikleri maddeler halinde sınıflandırılmıştır.

- 1) Malzeme akışının belirsiz olması: Genellikle geri gelen ürün miktarı ve ürünün durumu belirsizdir.
- 2) Müşteriye özel olması: Geri dönüş akışı oldukça çeşitlidir ve son kullanıcı ya da tüketiciye bağlıdır.
- 3) Zamanın kritik olması: Yeniden kullanım ya da düzenleme için geri gelen ürünün aktif değerinin çok hızlı bir şekilde geri kazanılması gerekmektedir.
- 4) Değer iyileştirme: Geri dönüşlerde oluşan sermayenin değerini maksimum yapmak için yeni pazarlar gerekir.

¹⁰¹ Hamid Pourmohammadi, *Green Logistics for Regional Industrial Waste Materials and by-Products*, the Doctor of Philosophy Thesis, University of Southern California, 2005, s. 9.

¹⁰² Marisa P. De Brito, Sime D.P. Flapper, Rommert Dekker, "Reverse Logistics: A Review of Case Studies" *Econometric Institute Report*, EI 2002-21.

5) Esneklik: RL işlemlerinin talep dalgalanmalarının olduğu yerde 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.¹⁰³

6) Parçalı koordinasyon: Genellikle RL işlemleri için birkaç birimin bir arada çalışması gerekmektedir. Bundan dolayı bu birimler arasında haberleşme ağı etkili olmalıdır. Aksi halde RL işlemlerinde durgunluk ve verimsizlik oluşacaktır.¹⁰⁴

1.5.4. Tersine lojistik akış ürünleri

RL akışı gerektiren ürünler aşağıda sıralanmıştır. Bunlar:¹⁰⁵

- 1) Gıda maddeleri,
- 2) Kamu malları (binalar, suyuolları, köprüler, yollar v.b.),
- 3) Tüketici eşyaları (beyaz ve kahverengi eşyalar, mobilyalar v.b.),
- 4) Endüstriyel ve profesyonel ekipmanlar,
- 5) Nakliye araçları (kara yolu taşıtları, uçak, gemi v.b.),
- 6) Paketleme ve dağıtım malzemeleri,
- 7) Maden cevherleri, petrol ve kimyasallar,
- 8) Tıbbi ürünler (ilaç v.b.),
- 9) Askeri teçhizatlar,
- 10) Diğer materyaller (kâğıt, cam ve hurdalar)olarak sınıflandırılabilir.

¹⁰³ Baki B., a.g.e., 2004, s. 110.

¹⁰⁴ Blumberg D, a.g.e., s. 41.

¹⁰⁵ Brito M., a.g.e., s. 12.

Tüm bu ürünler farklı özelliklere sahiptir ve bu ürünlere farklı geri kazanım işlemleri uygulanır. Aşağıda bu işlemler ele alınmıştır:

Gıda maddeleri, çabuk bozulmaları sebebiyle gıda zincirinde elde kalır, bu durumda çoğunlukla bu gıda maddeleri hayvan gıda maddesi olarak kullanılır. Aşırı bozulmuş gıda maddeleri kullanılamayacağından bu maddelerin kalite durumlarını takip etmek çok önemlidir.

Kamu mallarından olan binalar, suyolları, köprüler, yollar uzun yaşam süreleri boyunca yeniden üretim ve ürün yenileştirme işlemleri kullanılarak sık sık onarılırlar. Kullanılamayacak duruma geldikleri zamanda yıkıldıktan sonra ezilir, sınıflandırılır ve geri dönüştürülür. Bu tür mallar çoğunlukla taşınamaz.

Tüketici eşyaları, kısa ürün yaşam döngüleri sebebiyle çok fazla miktarda üretilmektedir. Bu durum Avrupa’da birçok çevresel girişime sebep olmuştur ve bu yüzden tüketici eşyalarının geri dönüşümü büyük önem kazanmıştır. Tüketicilerin yeni ürün tercih etmelerinden dolayı yeniden üretim işlemleri bu tür ürünler için nadir yapılmaktadır. Tamir etme uzun zamandır uygulanan işlemdir ancak pahalı işçi ücretlerine sebep olduğundan, kusurlu ürünler elden çıkarma işlemleri ile uzaklaştırılmaya çalışılır.

Endüstriyel ve profesyonel ekipmanlar, tüketici ürünlerinden daha pahalı ve kullanılabilir parçalara sahiptir. Parçalar ve alt montaj parçaları çekme ve yerine yenisini koyma (pull-and-replace) ya da parça tamiri gibi işlemlerde ortaya çıkar. Yüksek teknoloji ürünlerinin parçaları ve altmontaj parçaları tekrar tekrar kullanılabilir. Yapılan araştırmalara da geri gönderilen bu parça ya da ürünlerin %35’ine yakın miktarının bozuk olmama durumunda olduğu tespit edilmiştir.¹⁰⁶ Özellikle leasing ürünlerinde, uçak motorlarında, fotokopi makinelerinde ve lastiklerde yeniden üretimle geri kazanım çok yaygın olarak kullanılır.

Nakliye araçları (kara yolu taşıtları, uçak, gemi v.b.), endüstriyel ürünlerin alt kolidir ve yeniden üretim, parça geri kazanımı ve geri dönüşüm uzun zamandır bu ürünlerin geri kazanımı için uygulanmaktadır. Avrupa da, kullanılamayan taşıtlar için kapsamlı bir geri dönüşüm planı uygulanmaktadır, ABD’de kapsamlı bir yeniden üretim

¹⁰⁶ Blumberg, D., a.g.e., s.18.

planı gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalarda değerli metaller geri kazanılabilmektedir.

Paketleme ve dağıtım malzemeleri, tekrar tekrar kullanılabilen ürün grubudur. Bu ürünler herhangi bir geri kazanım işlemi görmeksizin doğrudan kullanılabilirler. Bu açıdan bu ürünlerin tüketiciden RL ağı ile toplanıp yeniden kullanılması ekonomik açıdan çok önemlidir.

Maden cevherleri, petrol ve kimyasallar (tüm akışkanlar); bu grup ürünler ya kullanımı süresince tamamen tüketilir ya da bir dizi karmaşık işleme tabi tutulurlar. Bu ürünlerin yeniden üretimi zordur ancak benzin buharını geri kazanım (gasoline vapor recovery) sistemleri ile yapılabilir. Bu kimyasalların geri kazanımı zorunludur ve çevresel açıdan önemlidir.

Tıbbi ürünler (ilaç v.b.); ilaçlar ve tıbbi medikal ekipmanları kapsar. Tıbbi ekipmanlar leasing ile bir süreliğine kullanılır ve sterilizasyon işlemlerinden sonra yeniden kullanılabilir. İlaçlar ise raf ömürlerini tamamladıktan sonra özel işlemler ile elden çıkarılır.

Askeri teçhizatlar; endüstriyel ürünlerin bir alt koludur. Geri kazanım işlemleri kontrollü bir şekilde yapılır. Yeniden üretim ve parça geri kazanımı bu işlemlerden bazılarıdır. Geri dönüşüm çok sınırlı uygulanmaktadır.

Diğer materyaller (kâğıt, cam ve hurdalar); Bu ürünler ekonomik fayda açısından çok önemlidir. Geri kazanımları yerel yönetimlerin toplama işlemini yapmasıyla gerçekleşmektedir. Geri dönüşüm ve doğrudan kullanım yoluyla geri kazanılırlar.

1.5.5. Tersine lojistik ağ yapısı

Genel bir RL ağı, tüketicilerden kullanılmış ürünlerin toplanması, depolanması, yeniden işlenmesi ve geri dağıtılması faaliyetlerini içerir.¹⁰⁷ Tersine ağ, kullanılmış ürün ve malzemeler ile ilgilenir. İşletmelerin RL faaliyetlerini uygulayabilmeleri için mevcut sistemlerinde, süreçlerinde ve karar alma aşamalarında yeniden düzenleme yapmaları gerekir. Bu ağ, ya orijinal ileri kanal içinden ayrılan bir tersine ağ da ya da ileri ve tersine kanalın tek bir yapıda birleşmesi ile oluşan ağ içinde yer alır.¹⁰⁸ RL bazı akademisyenlere göre, bağımsız olmadan ziyade tedarik zinciri ile birleşme yönünde

¹⁰⁷ Demirel N.O., v.d., a.g.e., s. 903.

¹⁰⁸ Fleischmann M., a.g.e., 1997, s.7.

desteklenmelidir. Yani RL ağı; tedarik, üretim ve dağıtım aşamalarını kapsayan dağıtım ağıyla uyuşmalıdır.

İleri yönetim içinde, geri dönüşüm işlemleri içindeki her bir adım ek bir işlem oluşturur.¹⁰⁹ Ancak üretici bir tersine ağ kurmuşsa bu ağ aracılığı ile ‘tüketici’den son ürünü toplayarak, depolayarak ve orijinal bir ‘üretici’ye ya da ‘yeniden kazanıcı’ya geri göndererek bu işlemleri ‘çözer’. Elde edilen ‘yeni’ malzeme, tedarikçiye geri gönderilir.¹¹⁰

Araştırmacıların çoğu ileri lojistik ile tersine lojistiğin farklı karakteristiklere sahip olduğunu bu yüzden de tersine akış için mevcut ileriye doğru işleyen lojistik ağlarının kullanılamayacağını savunmaktadırlar.¹¹¹ Tersine dağıtım sistemlerindeki temel konulardan biri her iki kanalın nasıl birleştirileceğidir. Birleştirme ihtimali her iki kanalın birincil öğelerinin farklı olduğunda çok sınırlı olur. Örneğin geri kazanım sanayisi tersine akışta birincil öğe iken ileri akış için değildir.

RL ağlarının tasarlanmasının ileri lojistik ağlarının tasarlanması kadar basit olmayacağı açıktır. Çünkü ürünler müşterilerden toplandığında izleyecekleri rotalar ürünün durumuna göre değişecektir. Diğer taraftan ürünün tüm bileşenleri imalat tesislerine taşınmaya değecek değerde olmayacaktır. Ürünlerin dönüş zamanları, miktarları ve kalitelerindeki belirsizlikler, geleneksel sistemlerde uygulanan birçok varsayımı RL için geçersiz kılmaktadır. İyileştirilen ürünler için son pazarların bilinmemesi ağ tasarımını daha da zor hale getirmektedir.¹¹² Gelişmiş etkili bir RL ağın gerekleri aşağıdaki gibidir.¹¹³

1) Özel toplama merkezi: Ürün tiplerinin fazlalığından dolayı randımanlı bir toplama merkezine gereksinim vardır.

2) Sınıflandırma sistemi: İyi tanımlanmış bir sınıflandırma sistemi, ürün çeşitliğinin çok olmasından gereklidir.

3) Stok politikası: Esnek bir stok politikası RL akışı ile ilişkilendirilmiş elleçleme için gereklidir.

4) Zamanlama politikası: Öncelikle temel zamanlama politikası, hızlı bir şekilde aktif varlıkların geri alınması ve çevreye verilecek zararın engellenmesi için gereklidir.

¹⁰⁹ Ammons J. A.g.e., s.549.

¹¹⁰ Fleischmann,M., a.g.e., 1997. s.10.

¹¹¹ Tibben-Lembke, R.S. ve Rogers, D.S. “Differences Between Forward and Reverse Logistics in a Retail Environment”, **Supply Chain Management: An International Journal**, Cilt 7, No 5, 271-282,2002.

¹¹² Fleischmann,M., a.g.e., 1997, s.10.

¹¹³ Gaurang.S.P., a.g.e., s.10.

Zamanlama politikasına, ürün devir zamanının hesaplanması da denilmektedir. Devir zamanı, geri alınan ürünlerin yok edilmesi işlemlerinde doğrudan etkilidir. Geri alınacak ürün ne kadar hızlı ele geçirilirse pazarda kalan ürüne göre ekonomik değeri o kadar yüksek olacaktır. Devir zamanı özellikle ileri ve tersine akışı birleştiren kapalı döngü tedarik zincirlerinde ürün geri çağırma fırsat ve yaklaşımlarını uygun bir şekilde tahmin etmeyi etkiler.¹¹⁴ Kısa yaşam döngüsüne sahip ürünlerin değerlerini çabuk kaybetmelerinden dolayı, geri dönüşünün daha hızlı olması gerekir. Örneğin kişisel bilgisayarlar için pazarlama ömrü 26 hafta iken, yarıiletkenler için bu süre dokuz aydır. Kısa yaşam ömrüne sahip olana ürün, geçen her hafta değerini yaklaşık %1 oranında kaybetmekte ve bu oran da ürünün ömür sonu yaklaştıkça artmaktadır. Bu durumda, geri dönüşteki gecikmelerde ürün değerini %10-20 oranında kaybetmiş olur.

5) Enformasyon akışı: Yüksek verimli enformasyon akış sistemi geri dönüş işlemlerinin, izleme maliyetleri v.b. işlemler için gereklidir. Enformasyon akışı; esnek olmalı, kapsamlı ve gerçek zaman kapasitesine entegre edilmesi kolay olmalıdır. Ürünün enformasyonla ilişkili olarak; konuma ilişkin enformasyon, kullanıma ilişkin enformasyon, yaşamaya ilişkin enformasyon, pazar enformasyonu ve işlem enformasyonu olarak sıralanır.

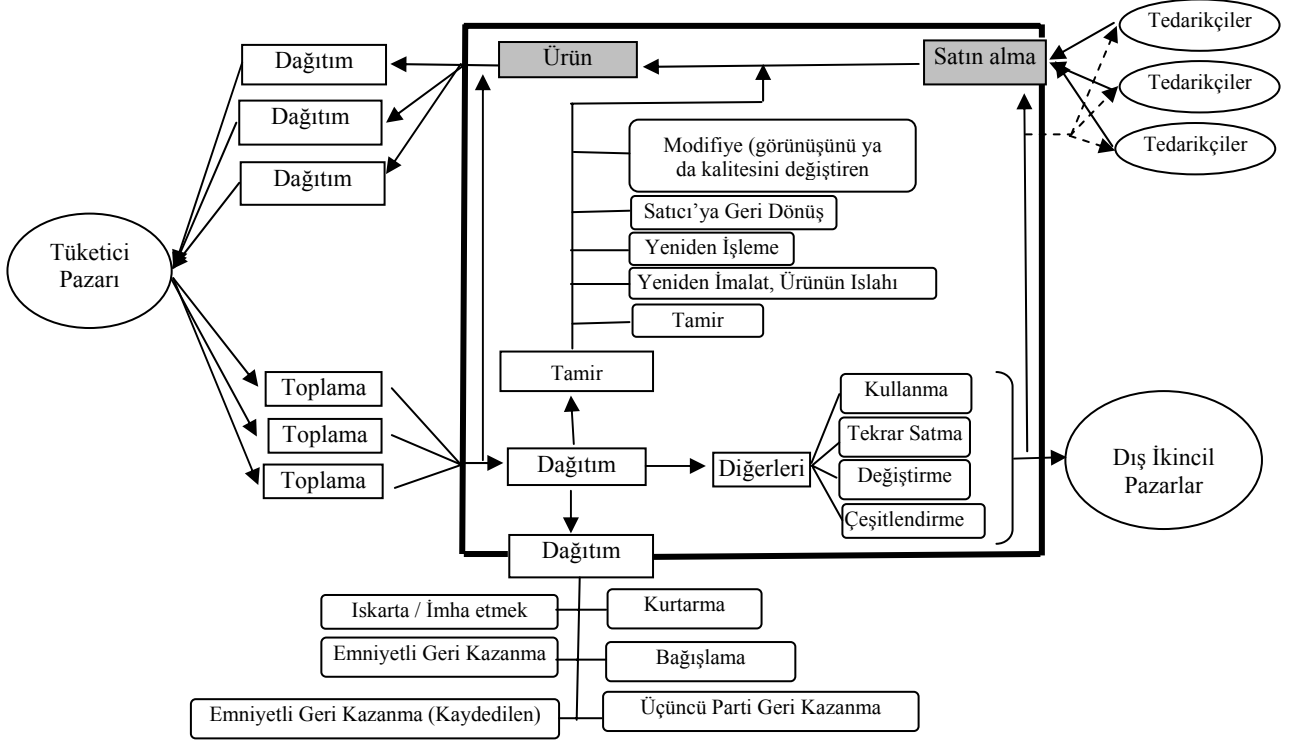
6) Esneklik: Uygulama işlemleri, nakletme v.b. gibi kapasitenin de dâhil edildiği esnek bir sistem planlamak gereklidir.

7) Parçalı koordinasyon: Sistem de gerekli olan çeşitli katılımcıların koordinasyonu çok önemlidir.

RL'ye uygun ağ sisteminin dikkatlice planlanması ve yönetilmesi çok önemlidir. Bu ağ ürünlerin, fiziksel olarak ilk kullanıcıdan sonra tüketim noktasına ya da müşteriden, göndericiye geri yönde hareketini gerektirir. Çoğu durumda ağ maliyetleri, ürün geri almanın uygulanabilirliğini ekonomik olarak etkiler. Aynı zamanda bu ağ maliyetleri, ürün geri alma ve ürünü iyileştirmenin çevre yasalarına uyumunu sağlaması açısından ek maliyetler içerir. Şekil 1.5'de¹¹⁵ genel bir RL ağ yapısı gösterilmektedir.

¹¹⁴ Fleischmann, M., a.g.e., 2001, s.25.

¹¹⁵ Zuluaga J.P.S., a.g.e., s.13.



Şekil 1.5. Tersine Lojistik Ağ Yapısı

Şekil 1.5’de görüldüğü gibi, RL ağı giren ürün, tamir etme, ürün yenileme, parça alma, yeniden imalat ve geri dönüştürme işlemlerinden biri ya da birkaçı kullanılarak geri kazanılabilir. Bu işlemlerden herhangi birinin gerçekleştirilmediği durumlarda kullanılmış ürünler yakılarak ya da gömülerek uygun bir şekilde yok edilir. Bazı dönen ürünler için kurumlara bağış gibi farklı dağıtım alternatifleri de uygulanır.¹¹⁶ RL ağı yapısındaki işlemler aşağıda açıklanmıştır;

1) Toplama (Collection): Kullanılmış ürün ya da malzemelerin işlenmesi için bazı alanlara hareketini içeren işlemlerdir. Yani tüketiciden geri kazanım noktasına ürünlerin getirilmesi işlemleridir. Bu işlemler RL ağı toplam maliyetinin önemli bir kısmını oluşturur. İşletmeler oldukça maliyetli olan bu aşamanın üstesinden gelmede iki yöntem izleyebilir. Bunlardan ilki, firmanın bazı masraflı işlemlerini tüketiciden sağlamasıdır. Bunu yapılabilmesi için ürünler tüketicilerden aktif olarak değil, çeşitli merkezlere yerleştirilen atık toplama noktaları ile tüketicilerin kullandıkları ürünleri bu toplama noktalarına atılmasını sağlar. Atık toplama noktaları iâdeleri bir noktada toplayan ve gideceği ana noktaya gönderilmesini sağlayan bir dağıtım kanalı noktasıdır

¹¹⁶ Demirel, N. Ö., a.g.e., s. 904.

ve bir ara merkezdir. Atık cam ve kâğıt kumbaraları ile çeşitli elektrikli aletlerin ve elektronik malzemelerin hurdalarının toplanması örnek olarak gösterilebilir. Ancak bu yöntem küçük ve düşük değerli tüketici ürünleri ile sınırlıdır. Diğer bir yöntem ise, dağıtım ve toplama kanallarını birleştirerek bir sinerji yaratmaktır. Bunun en tipik örneği, ülkemizde de depozitolu olarak adlandırılan ve yeniden doldurulabilir içecek şişelerinin toplanması ile birçok “eskiyi getir yeniyi götür” kampanyalarıdır. Bir diğer yöntem ise, yazıcı kartuşu, fotoğraf makinesi, databank gibi küçük elektronik eşyalarda, postayı kullanmaktır. Bu tür küçük eşyalarda kullanılmış veya bozuk ürünlerin posta aracılığı ile gönderilerek yenisi ile değiştirilmesi, bu sınıf elektronik eşya üreticileri için en uygun yöntem olarak görülmektedir.¹¹⁷ Toplama işlemleri; kullanılmış ürünün elde etme (product acquisition), nakletme (transportation) ve depolanma (storage) işlemlerini kapsar.¹¹⁸ Toplatma işi işletmenin kendi imkânlarıyla ya da üçüncü parti sağlayıcıları aracılığı ile yapılır.¹¹⁹

2) Muayene ve ayıklama (Inspection and separation): Çeşitli geri kazanım ve elden çıkarma işlemleri için toplanan ürünlerin üretici firma eline geçmeden önce muayene ve ayıklama işlemlerine tabi tutulması işlemlerini kapsar. Bu işlemlere lokal eleme de denilmektedir. Lokal eleme, geri dönen ürünlerin toplama noktasında yapılır. İlk önce tedarik zincirine girmemesi gereken ürünler ayıklanır. Bu işlem ilk olarak yapılmazsa, değer elde edilemeyecek ürünler, gereksiz sevk, idare ve yükleme-boşaltma giderlerine sebep olur. Ürünler imalatçının ürünle ilgili bilgileri ayrıntılı tanımlamasına göre toplama noktasında elenir.¹²⁰ Temel olarak bu aşamada, nakliye ve yatırım maliyetleri arasında doğrusal bir ilişki gözükmemektedir. Toplanan ürünlerin nakliye kanallarının ilk aşamalarında test edilmesi, gideceği yere varış maliyetlerini minimize edebilir. Bu açıdan test etme tesisleri merkezleştirilmelidir. Günümüzdeki bilgi ve teknolojileri sayesinde uzaktan ölçme ve değerlendirme sistemleri kurularak merkezileşme daha kolay sağlanabilir. Buradaki temel düşünce, fiziki olarak mal taşınmasının yerine bilgi taşıma işleminin konulmasıdır.¹²¹ Ayrıca, bu aşama, geri alınan ürünü yeniden kullanabilme ve hangi aşamalardan geçerek yeniden

¹¹⁷Rakesh Verma ve Vinayak Vhatkar, “Reverse Logistics; An Important Dimension of Supply Chain Management”, **National Institute of Industrial Engineering, Mumbai**, PGDIE Class, 2005. s. 2. , (ROGERS, D.S., TIBBEN-LEMBKE, R., 2001. An Examination of Reverse Logistics Practices. Journal of Business Logistics, vol.22, no:2 s.135) ve Fleischmann M, 2001, **Springer-Verlag Berlin Heidelberg, NewYork**. s. 45.

¹¹⁸Sameer KUMAR, P. Malegeant., **Strategic alliance in a closed-loop supply chain, a case of manufacturer and eco-non-profit organization**, 2006, Elsevier, s. 1129.

¹¹⁹ Demirel, N.Ö., a.g.e., s. 905.

¹²⁰ Gaurang .S.P, a.g.e., s. 1.

¹²¹ Birdoğan B., a.g.e., 2003, s. 34.

kullanılabileceğine karar vermek için gerekli olan tüm işlemleri içerir. Böylece, bu aşamada ürün yeniden işlenmeli mi, yoksa elden çıkarılmalı mı kararı alınır.¹²² Ekonomik değeri saptananlar yeniden kullanım için çevrimdeki yoluna devam ederken, herhangi bir değeri olmayanlar gömülmek, yakılmak veya herhangi bir şekilde imha edilmek üzere değersiz atık olarak ayrılır. Muayane ve ayıklama aşamasında; test etme (testing), demontajlama (disassembly), küçük parçalara ayırma (shredding), sınıflandırma (sorting) ve depolama (storage) işlemleri yapılır.¹²³ Ağda test etme yerlerinin konumu, nakliye ve yatırım maliyetlerini dengeleme açısından önemlidir.¹²⁴ Bu açıdan, test etme ve sınıflandırma yerlerinin konumu müşteriye yakın yerlerde gerçekleştirilerek kalite şartlarını sağlamayan ürünlerin taşınması engellenmeye ve taşıma maliyeti düşürülmeye çalışılır.¹²⁵

3) Yeniden işleme (Re-processing) ya da doğrudan geri kazanım (direct recovery): Yeniden işleme aşamasında, tekrar kullanılabilecek düzeyde olan ürün bazı işlemlere tabi tutularak yeniden kullanılabilir duruma getirilir. Yeniden işleme aşamasında geri alınan ürünlere demontajlama, küçük parçalara ayırma, yenisi ile değiştirme (replacement)¹²⁶, geri dönüşüm (recycling), tamir etme (repair)¹²⁷, ürünü yenileştirme veya makyajlama (refurbishing) ve yeniden üretim (remanufacturing) veya yeniden düzeltme (retrievals) işlemleri uygulanır. Doğrudan geri kazanım aşaması tekrar satış (re-sale) ve tekrar kullanım (re-use) içerir. RL ağları birbirinden ayıran en önemli farklılık bu aşamada meydana gelmektedir. Yeniden işleme süreci RL ağı içerisinde en yüksek yatırım gerektiren aşamadır. Özellikle yeniden üretim ve geri dönüşüm işlemlerinin maliyeti yüksektir. Orijinal üretim sürecinin konumu, işgücü ve hatta üretim hattı kullanılarak ürün geri kazanım işlemlerinin bazı kısımları gerçekleştirilerek maliyet düşürülebilir.¹²⁸

4) Elden çıkarma (Disposal): Bu aşamada teknik ya da ekonomik nedenlerden dolayı yeniden kullanılamayan hurdalar için gerekli olan işlemler yapılır. Bir atık ya da hurdanın değersizliği, onun teknik ya da ekonomik olarak yeniden kullanılmasının herhangi bir değer yaratmaması veya işlemeye değer olmamasından kaynaklanır. Bu

¹²² Fleischmann M, a.g.e., 2001, s. 45.

¹²³ Kumar S. v.d., a.g.e., s.1129.

¹²⁴ Rakesh V., a.g.e., v.d., s.4.

¹²⁵ Demirel Ö. N., a.g.e., s. 905.

¹²⁶ Kumar S. v.d., a.g.e., s.1129.

¹²⁷ Fleischmann M., a.g.e., 2001, s.45

¹²⁸ Rakesh V., vd., a.g.e., s. 4.

aşama, hem aşırı tamir hem de kullanım zamanını tamamen doldurmuş olduğu için tatminkâr bir pazar potansiyeli olmayan malların, muayene ve ayıklama aşamasında üretime alınmayıp atık olarak ayrılması ile başlar ve nakliye¹²⁹, gömme (landfill), yakma (incinerator) veya herhangi bir şekilde imha edilmesi ile son bulur.

5) Yeniden dağıtım (Redistribution): Yeniden kullanılabilir ürünlerin pazarlara, bazı kullanılabilir kısımlarının da tedarikçilere ya da ileri lojistiğe nakliyesi işlemleridir. Bu aşama geleneksel dağıtım ağına benzer ancak aralarında bazı farklılıklar vardır. Birincisi geleneksel dağıtımda ürünlerin rotaları önceden bilinmekte iken, RL’de ürün rotaları muayene ve ayıklama sürecinin sonunda ortaya çıkar. İkincisi RL ortamında belirsizlik fazladır. Geleneksel tedarik zincirinde talep, ana bilinmeyen ancak bir şekilde büyüklüğü kestirilebilen bir unsurdur. Yeniden dağıtım aşamasında satış, nakliye, depolama¹³⁰ ve kiralama (leasing) işlemlerinden oluşur.¹³¹ Yeniden dağıtım stratejilerinin oluşturulmasında şüphesiz ki dikkat edilecek en önemli unsur piyasadan toplanabilecek atık miktarlarıdır. Bu nedenle miktarla ilgili olarak aşağıda sıralanan değişken unsurlar ayrı ayrı gözden geçirilmelidir;

- Belli bir zaman diliminde toplanabilen ürün miktarı, cinsi, ürün miktarındaki değişiklik,
- Çöplerin veya atık kaynaklarının sayısı ve miktarı,
- Kaynakların bölgesel dağılımı,
- Yardımcı nakliye araçlarının kullanımı,
- Toplanan malların farklı kullanım alanlarının varlığı,
- Kaynakların çöp toplama merkezlerine olan ortalama uzaklığıdır.

RL ağ içindeki tüm ürünler son varacakları yer önemszenmeden bir yerde toplanmalı ve bir sonraki varacakları yere gönderilmeden önce sınıflandırılmalıdır. Ürünlerin tersine akış içindeki yerleri RL sistemin sonuçlandırılmasında ilk karar verilmesi gereken işlemdir.¹³²

¹²⁹ Fleischmann M, a.g.e., 2001, s.45

¹³⁰ Kumar S. v.d., a.g.e., s. 1129.

¹³¹ Fleischmann M, a.g.e., 2001, s. 45

¹³² Fleischmann M., a.g.e., 2001, s. 32.

1.5.5.1. Tersine lojistik ağda ürün geri dönüşleri

Kullanılmış ürünler, parçalar, malzemeler, teçhizatlar ve hatta tam teknik sistemler çeşitli nedenlerden dolayı tedarik zincirine yeniden dâhil olmaktadır. Kalite özelliklerini sağlayamama, kullanıcısı tarafından istenmeme, fazla üretim, ömür sonuna gelme, garanti kapsamında bozulma v.b. sebepler örnek olarak gösterilebilir.¹³³ Tedarik zinciri hiyerarşisine göre ürün geri dönüş sebepleri üç sınıfa ayrılır. Bunlar: Üretim aşamasında gerçekleşen geri dönüşler, dağıtım aşamasında gerçekleşen geri dönüşler ve tüketiciden kaynaklanan geri dönüşlerdir. Tablo 1.4’de ürünlerin geri dönüş kodları gösterilmektedir.

Tablo 1.4. Ürünlerin Geri Dönüş Kodları

Tamir/Bakım Kodları
Fabrika Tamiri- Tamir için Fabrikaya Dönme
Servis/Bakım
Satış Acentesinin Hatalı Sipariş Emri
Müşterinin Hatalı Siparişi- Yanlış Ürünün Sipariş Edilmesi
Kayıt Hatası- Sistem Sürecinin Hatası
Yükleme Hatası- Yanlış Ürünün Yükleneşi
Eksik Yükleme- Sipariş Edilen Parçaların Yükleneşinin Unutulması
Miktar Hatası
Çift Yükleme
Müşterinin iki kere Sipariş Vermesi
Siparişin Verilmemesi
Eksik Parça
Zarar Görmüş/Kusurlu
Görünüşün Zarar Görmesi
Varış Noktasında Ölü- Ürün Çalışmıyor
Zarar Görmüş- İşlevini Tam Olarak Yerine Getirmiyor
Kontrata Dayalı Anlaşmalar
Stok Fazlası-Elde Fazla Stok Bulunması
Stokları Ayarlama- Stok Rotasyonu
Eski-Tarihi Geçmiş
Diğer
Navlun Talebi-Yükleme Esnasında Zarar
Çok Çeşitli

Bu geri dönüş sebepleri şöyle sıralanabilir;¹³⁴

a) Üretim geri dönüşleri: Üretim aşamasında, geri kazanılması gereken ürün ya da parçaların geri alınması işlemleri üretim geri dönüşlerini oluşturur. Üretim geri

¹³³ Demirel N. Ö., a.g.e., s. 904.

¹³⁴ Brito M.P. vd., a.g.e., 2002-38, s. 4.

dönüşleri aşamasında, üretim sonrası artıklardan ve yetersiz kaliteden dolayı üretim tabanından geri gönderilen parçalara, malzemelere ve ürünlere üretim hattı boyunca yeniden şekil verilir. Hammadde ve üretim artıkları, ihtiyaç duyulmayan ürün kategorisini gösterir. Bu akışta, üretim parça ve atıklarının tekrar ele geçirilmesi amacıyla “iç geri dönüş” ile ekonomiye katkısı sağlanmaya çalışılır. Ayrıca çevresel düzenlemeler kapsamında emisyonların azaltılması ve tehlikeli üretim artıklarının uzaklaştırılmasını da kapsamaktadır. Bu işlemler için alternatif bir tedarik zinciri gerekli olabilir. Bu geri dönüşler çeşitli sebeplerden oluşur. Hammadde artıkları, üretim sürecinde ya da sonunda kalitesiz ürünün tespit edilmesi ve ürünlerin üretimi süresince ortaya çıkan artıkların oluşturduğu geri dönüşlerdir. Böylece üretim geri dönüşleri;

- Artık hammadde geri dönüşleri,
- Kalite-kontrol geri dönüşleri,
- Üretim artıkları geri dönüşleri olarak sınıflandırılır.

b) Dağıtım geri dönüşleri: Dağıtım geri dönüşleri, üretilen ürünün dağıtımı süresince ortaya çıkan geri dönüşleri tanımlamak için kullanılır. Bu geri dönüşler; ürün geri çağırma, ticari geri dönüşler, stok düzenleme ve işlevsel geri dönüşlerdir. Ürün geri çağırma, dağıtılan ürünlerin güvenlik ya da sağlık problemlerinden dolayı geri toplatılması işlemleridir. Dağıtım geri dönüşlerinin diğer önemli sınıfı, ticari geri dönüşlerdir. B2B* olarak adlandırılan ticari geri dönüşler, genellikle yapılan sözleşme gereği bir perakendecinin ürünleri tedarikçiye geri göndermesini içerir. Bu geri dönüşlerin pazar büyüklüğü fazladır. Bu sınıf geri dönüşler, kullanılmış üründen ziyade yeni ürün ile ilişkilendirilmiş RL ağı içerir.¹³⁵ Bu ağ özellikle kullanılması yüksek risk taşıyan ürünler (örneğin mevsimsel ürünler) ya da kısa yaşam ömrüne sahip ürünlerle (örneğin kişisel bilgisayarlar, moda göre kıyafet) ilişkilidir. Kısa yaşam ömrüne sahip ürünlerin eskiyen stoklarını eritmek, bazı ticari anlaşmalara dayalı geri gönderimler, zamanlama ve ürün kalitesi açısından talep ve tedarikin eşleşmemesi durumunda oluşan dönüşleri kapsar. Geri gelen bu ürünler toplama merkezinde kalitesine göre sınıflandırılır. Bu sınıflandırma üç şekilde olur;

- Kaliteli ürünler merkezi depodaki stoklara eklenir,
- Düşük kaliteli ürünler ikincil marketlere satılır,

* B2B- Business to Business: internet üzerinde şirketler arası pazarlama ya da satış uygulamalarına verilen kısa tanımdır.

¹³⁵ Fleischmann M., a.g.e., 2001, s.33.

- Iskartaya çıkan ürünler geri dönüştürülür.¹³⁶

Ticari geri dönüşlerde ürün geri kazanılabilir veya elden çıkarılabilir. Ürünler kullanılmamışsa ya da yeniden kullanım açısından kusurlu değilse alternatif bir pazarda doğrudan yeniden satılabilir. Bununla birlikte, bu tercih, özellikle kısa yaşam ömrüne sahip ürünlerde tehlikeli olabilir. Ticari geri dönüşler yeni bir konu değildir. Örneğin katalog perakendeciler her zaman rutin işleriyle bir bütünlük oluşturacak şekilde tüketicilerden ürünlerin geri gelmesi ile yüzleşmektedirler. Her ne şekilde olursa olsun ticari geri dönüşler firmalar için finansal bir dezavantajdır.

Bir diğer dağıtım geri dönüşü, stok düzenlemedir. Stok düzenlemede, zincirde yer alan bir aktörün stoklarını yeniden dağıtması sonucu ortaya çıkar. Bu konuda antrepo ve mağazalar arasında yapılan stok uyarlaması örnek olarak gösterilebilir. Son olarak, fonksiyonel geri dönüşler*, dağıtımda kullanılan konteyner, palet v.b. araçların geri dönüşünü içerir. Ambalaj sandıkları ve yeniden doldurulabilir şişeler, ayrıca paletler ve yeniden kullanılabilir kutular v.b. paketleme malzemelerinin RL'sini içeren kısmıdır. Bu ürün taşıyıcıları temel bir işleme tabi tutulmaksızın tekrar kullanılabilmelerinden dolayı ekonomik olarak ilgi çekicidirler. Ayrıca, sadece eşya nakliyesi için gerekli olduklarından ve dağıtımdan sonra tekrar kullanılabilirliklerinden geri dönmeye oranla daha hızlıdır. Yeniden kullanılabilir paketleme malzemeleri ya asıl satıcıya geri gönderilir (örneğin, süpermarketlerden tedarikçiye gönderilen roll-konteyner) ya da alternatif kullanıcılara transfer edilir. Çoğu durumda, yeniden kullanılabilir paketleme malzemelerine lojistik servis sağlayıcıları sahip olurlar. Paketleme malzemelerinin atık hacmini artırıcı yönünün olması sebebiyle, çevresel açıdan tehlike oluşturmaktadır. Almanya da uygulanan “Green Dot” sistemiyle üreticilerin, ürünlerinin paketleme malzemelerini geri getirmesi ve geri kazanması zorunlu kılınmıştır. Ülkemizde de, Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği gereğince paketleme malzemelerinin toplanması sağlanmaktadır. Özetle, dağıtım geri dönüşleri;

- Ürün geri çağırma (product recall)
- Ticari geri dönüşler (commercial returns)

¹³⁶ Anonymous; **Product Return Flows&Physical Distribution Complaints: Critical Success Factors for Organizing both Processes**, Master's thesis, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands,1998.

* Fonksiyonel geri dönüşler bazı makalelerde, “dağıtım araçları” ya da “paketleme malzemelerinin” geri dönüşü olarak adlandırılmaktadır.

* B2C-Business to Customer’de fiyatlar ve ürünler açıkve net şekilde yayınlanır. Ürünün teslim koşulları, garanti koşulları, fiyatı ve diğer özellikleri üretici veya satıcı tarafından tek taraflı belirlenir ve tüketiciye sunulur. B2C’de tüketiciler şahısta olabilir perakendeci bir satış kanalıda olabilir. Burada tek bir müşteri kriteri yoktur ancak genel olarak müşteriler şirket olduğundan “B2B”, müşteriler şahız olduğunda ise “B2C” terimi kullanılır.

- Stok düzenleme (stock adjustment)
- Fonksiyonel geri dönüşler (functional returns) olarak sınıflandırılır.

c) Tüketici/kullanıcı geri dönüşleri: Bu geri dönüşler ürünün tüketiciye ulaştıktan sonra çeşitli sebeplerden dolayı geri gönderilmesi ile oluşur. Ürünün tüketiciden geri dönüşü; B2C* ticari geri dönüşleri (iade garantileri) , garanti geri dönüşleri, servis geri dönüşleri (tamir ve yedek parça) ve kullanım-yaşam sonu geri dönüşleri olarak sınıflandırılır.

İade garantisinden dolayı ürün geri dönüşlerinde, tüketici belirli bir süre içinde ürünü herhangi bir sebepten dolayı geri getirmesinden dolayı oluşan geri dönüşlerdir. Bu geri dönüşlerde bazı ürünlerde hasar olmayabilir ancak satıldıktan sonra geri alındığından dolayı hasarlı ürün olarak değerlendirilir. Bu tip ürünlere “kusurlu olmayan kusurlular” denilmektedir.

Hatalı ürünlerin üreticiye geri gönderilmesi garantiden geri dönüşlerdir. Garantiden geri dönüşler tüketici servisi ile alakalı pazarlama sebeplerinden dolayı yasal açıdan yapılır. Tamir etme bu kategorinin tipik işlemlerindendir. Elden çıkarma diğer bir alternatiftir. Garantiden geri dönüşlerde, geri alınan ürün için tüketiciye ya yeni bir ürün verilir ya da ürün tamir edildikten sonra verilir.

Servis hizmeti verilmesinden dolayı da ürünler geri dönüşe maruz kalırlar. Bu geri dönüşler de ürünler servis hizmeti sağlanır gerekirse yedek parça kullanılır.

Kullanım sonu-yaşam sonu geri dönüşleri, RL akışının temel kategorilerinden birini oluşturur. Bu grup geri dönüşler RL’ye olan ilginin artmasına sebep olmuştur. Kullanım sonu geri dönüşleri ürünün kullanımı tamamlandıktan sonra, ürünü elden çıkarmak için oluşan akışı veya ömrünü tamamlamış ürünlerin elden çıkarılması için oluşan akışı ifade etmektedir. Kullanılmış-ömrünün sonuna gelmiş ürünleri, yeniden üretmek, geri kazanmak ya da yok etmek amacıyla oluşan geri dönüşlerdir. Kullanım sonu geri dönüşleri kendi içlerinde farklı bölümlere ayrılır ve geniş bir ürün alanı vardır. Ürünlerin teknik ya da ekonomik olarak “ömür” sonuna varmasının yanı sıra kiralanan ürünlerde bu grup içine dâhil edilerek geri kazanılır. Kullanım sonu geri dönüşleri çoğunlukla tüketicilerden ya da atık süreçlerinden organize edilir. Bu geri dönüşün dezavantajı ürünün tüketiciye varması ile geri dönüşü arasında uzun bir zaman

geçmesidir. Kullanım sonu geri dönüşlerinin firmalar tarafından ele alınma sebepleri şu şekilde sıralanır;

1) Kullanılmış ürünler ekonomik açıdan değerli bir kaynağın yerine kullanılmak üzere geri alınabilir. Bu açıdan hem üreticilerin hem de geri kazanım işleri ile uğraşan firmaların ilgisini çeker. Çoğu durumda ürünün doğrudan kullanımı imkânsızdır. Bu durumda olan ürünler için yeniden üretim ve geri kazanım işlemleri yapılır. Kullanılmış ürünlerin pazara giriş engellerini (tüketiciye ulaşabilme, geri kazanım için ürün bilgisi v.b.) belirlemek için çalışmalar yapılır.

2) Çevresel düzenlemelerden dolayı kullanım sonu geri dönüşleri ele alınır. Yasalar kullanım sonu geri dönüşlerini zorunlu kılar.

3) Aktif varlığı koruma amaçlı olarak, OEM’ci kullanılmış ürünün geri alınmasını, ürünlerindeki bilginin diğer üreticilerin eline geçmemesi ve rekabet avantajını korumak için kullanabilir. Bu firmalar topladıkları kullanılmış ürünleri sonraki aşamalarda yeniden üretim ya da geri kazanım işlemleriyle geri kazanabilir. Daha sonra duyarlı parçaları ve üretim bilgilerini etkili bir şekilde yok ettikten sonra elden çıkarabilirler.

Özetle tüketici ya da kullanıcı geri dönüşleri,

- Geri ödeme garantisi (Reimbursement guarantees)
- Garanti süresinde geri dönüşler (Warranty returns)
- Servis içi geri dönüşler (Service returns)
- Kullanım sonu-yaşam sonu geri dönüşleri (End-of-use and end-of-life returns)

olarak sınıflandırılır.

İşletmeler altı sigma ya da diğer kalite artırıcı çabaları sayesinde sıfır geri dönüş sağlayabileceklerini ileri sürseler de, geri dönüş her zaman kaliteyle ilgili olmamaktadır. RL, müşterilerin geri dönüş politikaları ya da gönderilen mamulü iade edebilme seçeneği gibi talepleri nedeniyle rekabet için zorunlu hale gelmektedir.¹³⁷ Sonuçta bir ürün geliştirilir ve bir tüketiciye varmak amacıyla tedarik zinciri içine girer. Bu andan itibaren zincir sadece tedarikle ilgilenmez aynı zamanda geri kazanma ile ilişkili işlemlerini de içerir. Kullanılmış ya da ömür sonuna gelmiş malzemeleri geri kazanmak için beş ürün geri kazanım işlemi vardır. Bunlar;

¹³⁷ Güleş H.K. v.d., a.g.e., s. 112.

1) Tamir etme ve yeniden kullanım: Kullanılmış ürünü işler duruma getirme işlemleridir. Tamir edilmiş ürünün kalitesi yeni üretilmiş üründen düşüktür.¹³⁸ Tamir işleminde ürünün kırılmış parçaları değiştirilir ya da tamir edilir.¹³⁹ Tamir oldukça sınırlı düzeyde parçaları sökme ve montaj gerektirir. Yeniden kullanımda, paketleme malzemelerin yeniden kullanılması ya da ürünün başka bir tüketiciye tekrar satışı için geri gönderilmesi işlemlerini içerir.¹⁴⁰

2) Ürün yenileştirme veya makyajlama: Kullanılmış ürünü belirlenmiş kalite standardına geri getirme işlemleridir. Genellikle pahalı ürünlere (uçak v.b.) bu işlem uygulanır. Ürün yenileştirme işlemlerinde kırılmış parçalar demontaj işlemi ile üründen ayrıldıktan sonra yenisi ile değiştirilir. Bazen de ürünün parçası çalışır durumda ancak eskimiş olduğundan dolayı teknolojik olarak daha iyi parça ile değiştirilir.¹⁴¹ Ürün yenileştirme ürünün kalitesini artırır ve ürünün ömrünü uzatır.¹⁴²

3) Yeniden üretim (Remanufacturing): Yeniden üretimin amacı, kullanılmış ürünleri yeni bir ürün kadar kaliteli duruma getirmektir. Kullanılmış ürünün kırılmış-eskimiş parçaları kapsamlı bir şekilde incelenir ve ürün tamamen demonte edilerek yeni ürün kadar kaliteli ürün elde edilmesi için gereken işlemler yapılır. Kullanılmış ürünler tamamen ayrıştırılır ve parçalar kapsamlı bir şekilde test edilir. Yıpranmış ve demode olmuş parça ve modüller yenileri ile değiştirilir. Onarılabilecek parça ve modüller onarılır ve test edilir. Uygun bulunan parçalar modüllere monte edilir ve yeniden üretilen ürünlerle birleştirilir. Yeniden üretim, teknolojik güncelleştirme ile birleştirilebilir. Örneğin, kullanılmış bir makine parçası yeni bir makine parçasıyla değiştirilerek %50 ila 60 daha az maliyetle, yeni bir makine elde edilebilir.¹⁴³

4) Üründen parça alma (Cannibalization): Yukarıda bahsedilen üç işlemten herhangi birinde kullanılmak üzere kullanılmış üründen az miktarda kullanılabilir modül yada parçaların geri kazanılması işlemleridir. Amaç kullanılmış ürün ya da bileşenden, kullanılabilir sınırlı bir dizi parçanın geri alınmasıdır. Parçalar başka ürün ya da bileşenlerin tamir, yenilenme veya yeniden üretiminde yeniden kullanılır.¹⁴⁴ Bu işlemde parçaların kalite standartları tekrar kullanacakları prosese bağlıdır. Yeniden

¹³⁸ Kumar S. v.d., a.g.e., s. 1129.

¹³⁹ Thierry M, v.d., a.g.e., s. 115.

¹⁴⁰ Amini M., vd., a.g.e., s. 33.

¹⁴¹ Kumar S. v.d., a.g.e., s. 1129.

¹⁴² Thierry v.d., a.g.e., s. 115.

¹⁴³ Ertan Güner, "Yeniden Ürün Değerlendirme Yönetimi", S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg., 2001, Cilt 16(2), s. 32.

¹⁴⁴ Bulut E., vd., s. 334.

üretim için kullanılacak parçalar, yenileştirme ve onarım için kullanılacak parçalardan daha iyi kalite standartlarına sahip olmalıdır. Üründen parça alma, kullanılmış parçaların seçici bir şekilde ayrıştırılmasını ve potansiyel olarak tekrar kullanılabilir parçaların testini gerektirir. Örneğin bir ABD firması olan Aurora, entegre devrelerin ayrıştırılması ile uğraşmaktadır. Firma kullanılmış bilgisayarlardan gerekli parçaları çıkardıktan sonra onları test eder, onarır ve satar. 1988 ve 1993 yılları arasında parça alma ile elde ettiği kâr 40 milyon \$'ın üstüne çıkmıştır.¹⁴⁵

5) Geri dönüşüm (Recycling): Kullanılmış üründen kullanılabilir ürün ve parçaları ayırarak orijinal ürünün üretiminde kullanma işlemleridir.¹⁴⁶ Geri dönüşüm işleminde ürünün yapısı korunmaksızın malzeme geri kazanılır.¹⁴⁷ Geri dönüşümün amacı, kullanılmış ürün ve parçalardaki malzemeleri tekrar kullanmaktır. Bu malzemeler kalitesi yüksek ise orijinal parçaların üretiminde tekrar kullanılabilir. Geri dönüşüm kullanılmış ürün ve parçaların ayrıştırılması ile başlar. Daha sonra bu parçalar, farklı malzeme sınıflarına ayrılır. Ayrılan bu malzemeler, sırası geldikçe yeni parçaların üretiminde kullanılır. Ürün geri kazanma seçeneklerinin farklı nitelikleri ve aralarındaki ana farklar Tablo 1.5'de verilmiştir.¹⁴⁸

Tablo 1.5. Geri Kazanım Seçeneklerinin Karşılaştırılması

	Ayrıştırılma Düzeyi	Kalite İhtiyaçları	Ürün Sonucu
Tamir	Üretim Düzeyinde	Ürünü çalışır durumda iade edilir.	Bazı parçalar onarılır veya yedekleriyle değiştirilir.
Yenileştirme	Modül Düzeyinde	Tüm kritik modüller test edilir ve belirlenen kalite düzeyinde güncelleştirilir.	Bazı modüller onarılır/değiştirilir ve güncelleştirilir.
Yeniden Üretim	Parça Düzeyinde	Tüm modül ve parçalar test edilir ve yeni ürün kalitesine güncelleştirilir.	Kullanılmış ve yeni modül/parçalar yeni ürün şeklinde birleştirilir ve güncelleştirilir.
Parçalara Ayırma	Parçaların Seçilerek Geri Alınması Düzeyinde	Parçaların kullanılacağı prosese bağlıdır.	Bazı parçalar tekrar kullanılır, kalan ürün geri dönüştürülür veya atılır.
Geri Dönüşüm	Malzeme Düzeyinde	Orijinal parçaların üretimi için yüksek, diğerleri için düşüktür.	Malzemeler yeni parça üretmek için tekrar kullanılır.

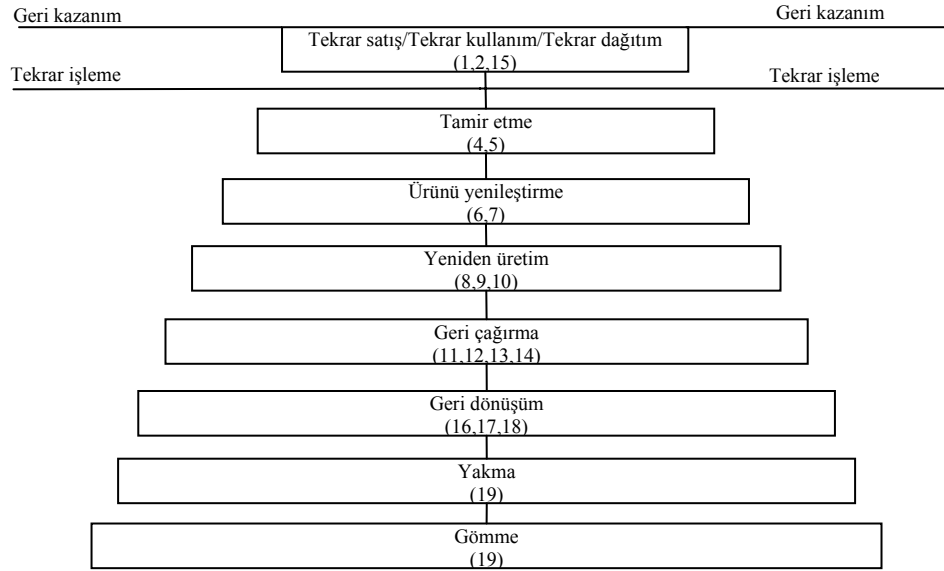
¹⁴⁵ Güner E., a.g.e., 2001, s. 32.

¹⁴⁶ Kumar S. v.d., a.g.e., 2006, s.1129.

¹⁴⁷ Fleischmann M, a.g.e., 2001, s.52.

¹⁴⁸ Güner E., a.g.e., 2001, s. 33.

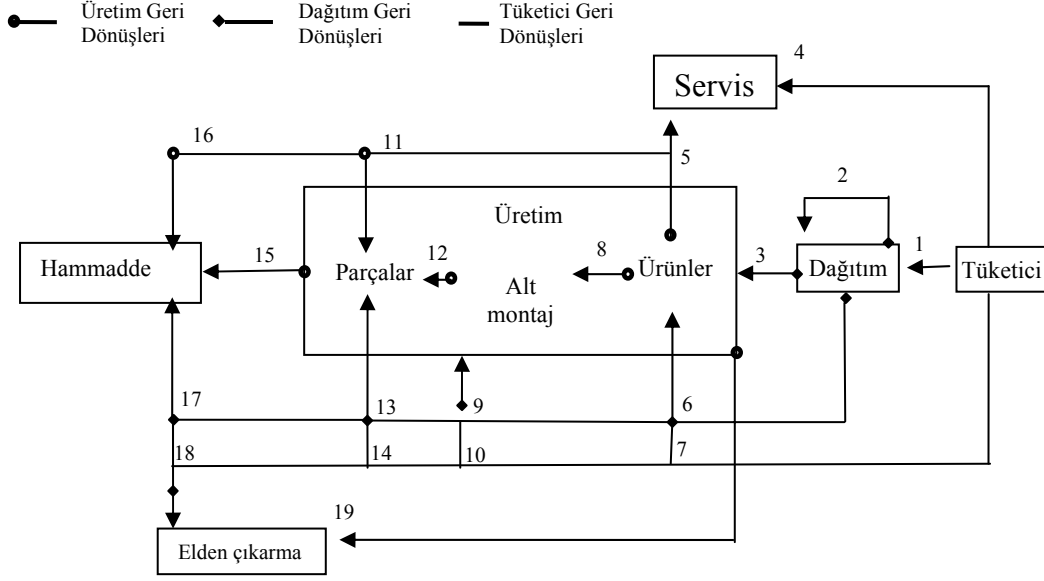
Geri gönderilecek ürün doğrudan tedarikçiye gelebilir. Bu ürün kullanılmamışsa farklı bir müşteriye satılır ya da outlet mağazasında satışa sunulur. Yeterli kalitede üretilmemiş bir ürün ise, o ürün yabancı bir ülkeye ihraç edilerek satılabilir. Ürün satılabilir hale gelmesi için, yeniden yapılandırma, makyajlama ya da yeniden üretim işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerekir. Firma bu işlemleri kendi bünyesinde yapabilir ya da üçüncü parti bir firmaya yaptırabilir. Bu işlemler yapıldıktan sonra ikinci el ürün olarak satılabilir ancak ürün yenisi gibi değildir. Yasal ya da çevresel açıdan ürün üzerinde bir kısıtlama varsa, firma en az maliyetle ürünü elden çıkarmayı denemelidir. Üründen geri kazanılabilecek değerli kısımlar alınır ve geri kalan kısım toprağa gömülerek elden çıkarılabilir. Genellikle paketleme malzemeleri, firmaya gönderildiğinde yeniden kullanılabilir. Paletler de elden çıkarılmadan önce tekrar tekrar kullanılabilir. Kullanılamaz hale gelen paletlerin kullanılabilir parçaları alınır ve diğer kısımları toprağa gömülerek elden çıkarılır. Maliyetleri azaltmak için firmalar mümkün olduğu kadar bu malzemeleri yeniden kullanmaya gayret etmektedirler. Ürünleri yeniden kullanamadıkları zaman tasfiye ederler.¹⁴⁹ Şekil 1.6'da tedarik zincirinde geri kazanım piramidi ve Şekil 1.7'de tedarik zincirinde tersine akışlar şematik olarak gösterilmektedir.¹⁵⁰



Şekil 1.6. Tedarik Zincirinde Geri Kazanım Piramidi

¹⁴⁹ Rogers D., a.g.e., 1998, s. 35.

¹⁵⁰ Brito M.P., a.g.e., 2002-38., s.15-16.



- | | |
|-----|--|
| 1. | İade , kullanım sonu (tekrar satış, tekrar kullanım) |
| 2. | Stok düzenleme (tekrar dağıtım) |
| 3. | Geri çağırma (tekrar işleme) |
| 4. | Garanti, servis (tamir) |
| 5. | Kusurlu ürün (tamir) |
| 6. | Ticari geri dönüşler, Geri çağırma(yenileme) |
| 7. | Kullanım sonu, garanti (bozuk parçaları değişme) |
| 8. | Bozuk ürünler (yeniden üretim) |
| 9. | Ticari geri dönüşler, geri çağırma (yeniden üretim) |
| 10. | Kullanım sonu, yaşam sonu (yeniden üretim) |
| 11. | Kusurlu ürünler(yeniden düzeltme) |
| 12. | Aynı Pazar |
| 13. | Ticari geri dönüşler, geri çağırma(yeniden düzeltme) |
| 14. | Yaşam sonu, kullanım sonu(yeniden düzeltme) |
| 15. | Hammadde artıkları (yeniden kullanım, yeniden satış) |
| 16. | Kusurlu ürünler, üretim artıkları (geri dönüşüm) |
| 17. | Ticari geri dönüşler, geri çağırma (geri dönüşüm) |
| 18. | Yaşam sonu(geri dönüşüm) |
| 19. | Tüm tersine akış türleri (gömme, yakma) |

Şekil 1.7. Tedarik Zincirinde Tersine Akışlar

1.5.5.2. Tersine lojistik ağ kurmada karar verme seviyeleri

Genel karar verme seviyeleri üç aşamada sınıflandırılır. Yani üç yönetim seviyesi vardır. Bunlar;

- 1) Stratejik karar verme seviyesi (Stratejik Planlama-Uzun Dönemli Kararlar)
- 2) Taktiksel karar verme seviyesi (Yönetmel Kontrol-Orta Dönemli Kararlar)
- 3) Operasyonel karar verme seviyesi (Operasyonel Kontrol- Kısa Dönemli Kararlar)

Stratejik kararlar üst yönetim, taktik kararlar orta seviye yönetim ve operasyonel kararlar ise alt seviye yönetim tarafından verilmektedir.¹⁵¹

Ürünlerin geri kazanımı için kullanılmış ve iyileştirilmiş ürünlerin akışına imkân veren uygun lojistik yapıların oluşturulması gerekmektedir. Ürünlerin kullanıcılardan tesislere taşınması ve buradan da yeniden pazara sunulması için yerleşim yerlerinin tespiti, tesisler ve her bir tesis arasında taşınacak miktarlar alınması gereken önemli kararlardır.¹⁵² RL’de karar verme aşamalarında yapılan işlemler Tablo 1.6’da gösterilmektedir.¹⁵³

Tablo 1.6. Tersine Lojistik Ağda Karar Verme Aşamaları

Stratejik karar verme seviyesi (Uzun dönemli kararlar)
• Geri kazanım stratejisi • Ürün tasarımı • Ağ Kapasite&Planlama • Stratejik araçlar
Taktik karar verme seviyesi (Orta dönemli kararlar)
• Tedarik & Entegre yönetimi • (Tersine) dağıtım • Koordinasyon • Üretim planlama • Stok yönetimi • Pazarlama • Bilgi & Teknoloji
Operasyonel karar verme seviyesi (Kısa dönemli kararlar)
• Üretim çizelgeleme&kontrol • Bilgi yönetimi

1) Stratejik karar verme seviyesinde; organizasyonun amaçlarının belirlenmesi ve bu amaçlara ulaşmak için uzun dönem planları yapılmasını içerir.¹⁵⁴ Bu aşamada, geleceğe yönelik kararların belirsizliği oldukça yüksektir ve talep tahmin periyotları oldukça uzundur ve yıllarca sürebilir. Stratejik plan, bütünleşik olarak tüm sistemi kapsayacak şekilde geliştirilebilir ve alternatif olarak üretim bölümlerine ya da ürün ailelerine indirgenerek geliştirilebilir. Genel olarak, stratejik planlar hazırlanırken

¹⁵¹ Hadi Gökçen, **Yönetim Bilgi Sistemleri**, Epi yayıncılık, 1. Basım, Ankara 2002, s. 25.

¹⁵² Fleischmann, M., a.g.e., 1997, s. 1-17.

¹⁵³ Brito M.P., a.g.e., 2002-38, s. 17.

¹⁵⁴ Gökçen H., a.g.e., s. 26.

sistemin tüm unsurlarının değiştirilebilir nitelikte olduğu varsayımı altında hareket edilir. Yeni üretim bölümleri açılabilir ya da mevcut bölümler kapatılabilir, sermaye artırılabilir ve stratejik ürün yerleştirmeleri yapılabilir. Bu sebeplerden dolayı, bir strateji planı oluşturmak için genellikle stokastik modelleme veya simülasyon yöntemi kullanılır.¹⁵⁵ RL ağların stratejik planlama kararları, temel olarak organizasyonun amaçları ile birbirine uyan bir tutum içinde ihtiyaçları karşılayan ve gerekli kaynakları sağlayacak yönetim politikalarının kurulması ile ilgili ağın planlanmasıyla ilişkilidir. RL'nin stratejik karar aşamasında; geri kazanım stratejisine, ürün tasarımına, ağ kapasitesinin planlanmasına ve gerekli stratejik araçlara karar verilir. Bu aşamalardan, geri kazanım stratejisi aşamasında, geri kazanım planını içeren üretim planlamanın nasıl yapılacağı kararı alınır. Ağ planlama aşamasında, mevcut tedarik zincirinden faydalanılarak geri kazanım ağ planı, depolama ve yeniden dağıtım tesislerinin yerlerinin tespiti yapılır. Tesis yerlerini düzenleme ve planlama özellikle depolamaya ilişkin uzun dönemli kararlardır. İşletmeler geri dönen ürünlerin işlenmesi için etkili bir depolama ve işleme kapasitesi sağlamak zorundadırlar. Bunun yanında tesis yerleşimini de organize etmeleri gerekir. Tesis yerini organize etme aşamasında şu tip sorulara cevap aranır; geri dönen ürünler için ayrı bir tesis gerekli mi, mevcut tesiste ayrı bir alanda mı işlem yapılmalı ya da gerekli olan tesisler nasıl düzenlenmeli v.b. dir. Geri dönüş işlemlerinin ve ileri yönlü işlemlerin bir arada yapılması ekonomik olabilir ancak işlem karmaşıklığını artırır. Bu açıdan tesis yerinin seçimi uzun dönemli karar aşamasında yapılır.¹⁵⁶ Bu stratejik kararları desteklemek için gerekli stratejik araçlara, son aşamada karar verilir.

Stratejik planlama seviyesinde RL ağın planlanması için gerekli hiyerarşik düzen aşağıda sıralanmıştır.

- Hem ileri hem de tersine akışa göre lojistik ağın planlanması: Bu işlem için ileri lojistik kanallar için lojistik depo ve tesislerin, dağıtım merkezleri ile ilgili tüm tesislerin, yerinin ve sayısının, diğer taraftan, tersine lojistik kanalları için toplama ve sınıflandırma merkezleri ile geri kazanım merkezlerinin yerinin ve sayısının tespit edilmesi,
- Her bir tesis için gerekli olan kapasite/kaynakların belirlenmesi,

¹⁵⁵ Paksoy T., a.g.e., s. 441.

¹⁵⁶ Marisa P. de Brito, M. (Rene) B.M. de Koster., “Product Return Handlin: Decision-Making and Quantitative Support”, **Erim Report Series Research in Management**, ERS-2003-013-LIS, Şubat 2003, s.6.

- Dağıtım/toplama işlemleri için her tesise servis alanlarının atanmasıdır.

Tesis yerleşimi konusunda başarılı çalışmalar yapılmıştır. En iyi bilinen uygulama Muther'in (1973) Sistematik İşyeri Düzeni Planlaması (Systematic Layout Planning: SLP) kavramıdır.¹⁵⁷ Etkili tesis yerleştirmeyi sağlamak için birçok algoritma geliştirilmiştir. Tompkins v.d. (1996) tarafından, CRAFT, ALDEP, CORELAP gibi karma tamsayılı programlama algoritmaları tanımlanmıştır.¹⁵⁸ Çok katlı ve uzunluk/genişlik oranının sınırlı olduğu alanlar için de algoritmalar vardır. Bu modellerin temel amacı tesis içindeki farklı alanlardaki günlük nakliye maliyetini minimum yapmaktır. Bazı tesis tiplerine özel yerleştirme planları için modeller geliştirilmiştir. Bu tesisler çapraz yükleme (cross-docking) merkezleri (Bartholdi ve Gue, 2000) ve parça toplama (picker-to-parts) depolarını içerir. Bu tesislerde amaç, düzenli sınıflandırma geçiş zamanını minimize eden belirli depolama kapasitesi için yerleşim planını bulmaktır.¹⁵⁹

Bu metotlar temel alınarak tasarımcıya grafiksel açıdan yardımcı olmak amacıyla ticari yazılımlar geliştirilmiştir. Modellerdeki önemli eksiklik, tıkanıklığı azaltma gibi gerçek kısıtlayıcılara önem verilmemesidir. Modeller ve çözüm metotları geri dönüş akışı ve işleme alanları olan tesislerde kullanılabilir.¹⁶⁰ RL alanında ise şişe, palet, konteyner gibi doğrudan yeniden kullanılabilen ürünler için genel bir ağ tasarımı ve tesis yer seçimi problemi için stratejik bir model Lu ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir.¹⁶¹ Min ve Ko, üçüncü parti servis sağlayıcıları için tamir tesislerinin yer seçimi ve atamasına çözüm üretmek amacıyla karma tamsayılı model geliştirmişler ve modeli genetik algoritma kullanarak örnek bir olay üzerinde çözmüşlerdir.¹⁶² Halı geri dönüşümü için halı malzemelerinin toplanması, yeniden işlenmesi ve yeniden dağıtımı için bir tesis yer seçimi ve atama modeli Louwers v.d. tarafından geliştirilmiştir. Model, Avrupa ve ABD'de uygulanmıştır.¹⁶³

¹⁵⁷ Muther R., **Systematic Layout Planning**, 1973 2. basım, Cahnerr Books, Boston.

¹⁵⁸ Tompkins J.A., J.A. White, Y.A. Bozer, E.H. Frazelle, J.M.A. Tanchoco, J. Trevino , **Facilities Planning**, 1996, 2. B asım, John Wiley, New York.

¹⁵⁹ Bartholdi J.J., K.R. Gue, "Reducing labor costs in an LTL crossdocking terminal" , **Operations Research**, Vol: 48(6), 2000, s. 823-832

¹⁶⁰ Marisa P. de Brito, M. (Rene) B.M. de Koster., "Product Return Handlin: Decision-Making and Quantitative Support", **Erim Report Series Research in Management**, ERS-2003-013-LIS, Şubat 2003, s. 12.

¹⁶¹ Lu Z., Bostel, N., ve Dejax P., **The Simple Plant Location Problem with Reverse Flows**, In: A. Dolgui, J.Soldek, O. Zaikin (eds.), **Supply Chain Optimization**. Kluwer Academic Publishers, in pres, 2004.

¹⁶² Hokey Min and Hyun-Jeung Ko, "The Dynamic Design of a Reverse Logistics Network from the Perspective of Third-party Logistics Service Providers", **Research Gate Scientific Network**, 2008, Vol:113(1), s. 179-192.

¹⁶³ Dirk Louwers, Bert J. Kip, Edo Perts, Frans Souren, Sime Douwe P. Flapper, "A facility location allocation model for reusing carpet material", **Computers and Industrial Engineering**, 2005, Vol: 36(4), s. 855-869.

2) Taktiksel karar verme seviyesinde; stratejik seviyede verilen kararların, yerine getirilmesinde, kaynakların etkin ve verimli olarak elde edilmesi ve kullanılmasına yönelik kararlar verilmesi aşamasıdır¹⁶⁴. Bu aşamada zaman periyotları stratejik karar verme seviyesine göre kısadır, muhtemelen birkaç ay sürebilir. Kaynakların sıralanması makineden bütün fabrikaya doğru genişletilebilir. RL için bu aşamada, ayrıntılı bir düzenleme ile ürün geri dönüşleri belirlenir. Özellikle geri dönecek ürünlerin nakliyesi, elden geçirilmesi ve depolanması konuları ele alınır. Bu konular ürün tedariki ve entegre yönetimi aşamasında yapılır.¹⁶⁵ Entegre yönetimi aşamasında, geri gelen ürün ya merkezi bir depoda toplandıktan sonra her hangi bir işlem yapılmaksızın direkt sınıflandırılmak üzere başka bir tesise gönderilir ya da doğrudan depoda sınıflaması yapılır. Bu aşamada alınacak diğer kararlarda; depoda hangi ürünler ayırt edilebilir veya hangi durumlarda işletmeye geri gönderilmelidir ve işlemlere nasıl izin verilir v.b. dir.¹⁶⁶ Bu işlemleri yapmak için, hangi tahmin tekniklerinin kullanılacağına karar verilmesi ve zincirin bağlantı noktalarının tespiti gereklidir. Bazı firmalar bu iş için dış kaynak kullanımını tercih etmektedirler.¹⁶⁷ Geri gelen ürünler kalite açısından yeni ürünlerden farklıdır. Ürünler, durumlarına ve zamanlamaya bağlı olarak, aynı pazarda satılabilir ya da satılamazlar. Stok yönetimi aşamasında, geri gelen ürünler (yeni gibisi olanlar) ve yeni ürünler aynı depoda stoklanabilir. Daha kötü durumda olanlar ikincil pazarlarda, satışa uygun olanlar ayrı stoklanabilir. Pazarlama aşamasında geri kazanılmış ürünlerin pazarlanma imkânları araştırılır. Bilgi&teknoloji (Information & Technology:IT) sistemleri de, tüm karar verme aşamasında destekleyici rol oynamaktadır. Bu aşamada, geri dönüşleri işleme de hangi IT sistemi yer alacaktır, hangi bilgi ne kadar süreyle muhafaza edilmelidir v.b. gibi sorulara cevap aranır. Çoğu işletme mevcut bilgi sistemlerini, geri dönüş durumlarını gözlemlemek için kullanmak istemezler. Bu işlemler için iki boyutlu bar kodlama ve Radyo frekanslı tanıma (Radio Frequency Identification: RFID) araçlarını kullanmaktadırlar.¹⁶⁸ Ayrıca, ticari yazılımlar özellikle geri dönüşleri işlemeyi desteklemek için kullanılır. ERP paket programı geri dönüşlerde oluşan kapasite eksikliği durumlarında kullanılır. Uzmanlaşmış yazılım sistemleri, geri dönen ürünlerin karar aşamalarını tespit eder.

¹⁶⁴Gökçen H., a.g.e., s. 26.

¹⁶⁵Brito M.P., a.g.e., 2002-38, s. 18.

¹⁶⁶Brito M.P., a.g.e., 2003-013, s.7.

¹⁶⁷Brito M.P., a.g.e., 2002-38, s. 18.

¹⁶⁸ Verma R., v.d., a.g.e., s. 5.

Ayrıca bu yazılım sistemleri otomatik bir sınıflandırma sistemine bağlıdır ve bu da işçi maliyetlerini azaltır.¹⁶⁹ Kısıt olarak üretim/dağıtım kapasiteleri alınarak, taktiksel planlama fonksiyonu mümkün olduğu kadar etkili ve kârlı bir şekilde talepleri karşılamak için bir plan kurmaya çalışır.¹⁷⁰ Talep tahminleri stokastik tahminlere dayandığından simulasyon yöntemi bu aşamada iyi çözümler verir.¹⁷¹

Bu aşamada, ileri ağ ile tersine ağın, üretim ve dağıtım yönetimi seviyelerinin birleştirilmesi önemlidir. Bu problem, aşağıda verilen özellikler aracılığı ile üretim planlama ve akış optimizasyon kümesinin karma matematiksel modeli olarak gösterilebilir:

- Planlama süresi mevsimsel taleplere bağlıdır ve sistemin dinamik özelliklerini yansıtan planlama periyotları en az bir dönemi kapsar,
- Akışların optimizasyonu, çoklu tedarik sistemi ve çoklu talep sistemlerinin kapsayan bir dağıtım ağında yapılır,
- Özel kısıtlar ileri ve tersine akışların birleştirilmesi için belirlenir.¹⁷²

3) Operasyonel karar verme seviyesinde; taktik seviyesindeki kararların yürütülmesi için gerekli görevlerin etkin ve verimli bir şekilde yapılmasını içerir¹⁷³. Bu aşamada, muhtemelen fabrika içi veya departmanlar arası, sınırlı bir kapsamda kısa zamanlı periyot olarak nitelendirilebilecek bir süreç söz konusudur. Tersine lojistikte bu aşamada, demontajlama ve yeniden montaj işlemlerine ilişkin üretim planlama & çizelgeleme kararları uygulanır. Detaylı denetleme işlemleri içinde bilgi yönetimi araçları kullanılır.

1.5.5.3. Tersine lojistik ağ yapısı türleri

Tersine lojistik ağ planlanırken; geri alınan ürünün tipi ve kullanılacak olan geri kazanım fonksiyonu ve getirilen kanuni zorunluluklar önemli konulardır. Örneğin geri dönen bir fotokopi makinesi iyi durumda ise bazı parçaları değiştirilerek ikincil pazarda satılabilir (Ürün yenileştirme veya makyajlama), makine eskimişse ve iyi durumda değilse işe yarar parçalar alınarak yedek parça olarak kullanılabilir (Üründen parça

¹⁶⁹ Brito M. P., 2003-013, a.g.e., s. 6.

¹⁷⁰ N.Bostel, P. Dejax ve Z.Lu, “The Design, Planning and Optimization of Reverse Logistics Networks” in Andre Langevin, Diane Rioper (eds), *Logistics Systems Design and Optimization*, Springer, 2005, s. 178

¹⁷¹ Paksoy T., a.g.e., s.441.

¹⁷² Bostel N., v.d., a.g.e., s. 178.

¹⁷³ Gökçen H., a.g.e., s. 26.

alma) veya makine çok eskimişse geri dönüşüm işlemi yapılabilir.¹⁷⁴ Bu işlemlerin uygulanmasına karşılık geri kazanım işleminin ekonomik olması da gerekir. RL ağları geri kazanım işlemlerine (yeniden üretim, geri dönüşüm, yeniden kullanım v.b.), işletmeye sağlayacağı kâra ve uygulanan yasal zorunluluklara göre çeşitli sınıflara ayrılmaktadır. Aşağıda, tersine lojistik ağ türleri verilmiştir:

1) Genel tersine lojistik ağı (Public reverse logistics network): Yerel yönetimlerin atıkları azaltmaları için kanunlar çerçevesinde kurdukları ağlardır. Bu ağlarda RL geri kazanım faaliyetlerinden, depolama, demontajlama ve geri dönüşüm işlemleri kullanılır. Örnek olarak, atık pillerin, şişe ve camların, plastik ve kâğıt malzemelerinin geri dönüşümü için bu atıkların katı atıklardan ayrı bir şekilde depolanıp geri dönüşüm merkezlerine gönderilmesi gösterilebilir. Genel tersine lojistik ağlar itme sistemlerdir.*

2) Özel tersine lojistik ağı (Private reverse logistics network) veya katma değerli geri kazanım için OEM ağları (OEM networks for value added recovery): Bu ağlar, geri kazanımı ekonomik olan atık ürün ya da kullanım sonuna gelmiş ürünlerle ilgilenir ve çekme sistemlerdir. Bu durumda üreticiler, geri dönüşüm ve nakliye masraflarını öder. Bu ağlarda kâr çok önemlidir ve geri dönüşümün ekonomik olması ürünün belirli hacimde olması ile sağlanır. Bu yüzden ekonomik çekiciliği olan ürünler için yapılır.¹⁷⁵ Genel olarak OEM tarafından oluşturulan bu ağlarda ürün, bileşen ve malzeme seviyesinde kaliteye bağlı alternatif geri kazanım opsiyonları bulunmaktadır. Ağda heterojen akışlar oluşur ve geri kazanılan değer maksimum olması için test, derecelendirme ve bölümler arası koordinasyon gereklidir.¹⁷⁶

3) Geri alınması zorunlu ürünler için tersine lojistik ağı (Reverse logistics for mandated product take-back): Çevreye zararlı olan kullanılmış ürünlerin, üreticileri tarafından toplatılması için çıkarılan kanunlardan dolayı kurulan ağlardır. Ürünlerin

¹⁷⁴Fleischmann M., a.g.e., 2001, s. 156-173.

* Üretim kontrol sistemleri genel olarak “itme” ve “çekme” sistemleri olarak iki sınıfa ayrılabilir. Bu iki sistem kısaca şöyle özetlenebilir. İmalatçıların çoğu, talep tahminlerine dayanarak üretim çizelgelerini hazırlamaktadır. Bu üretim çizelgelerine göre iş emirleri atölyelere verilir. İşler öncelik sırasına göre iş merkezlerinde işlenir. Bu bir “itme sistemi”dir. Yani parçalar imal edilir ve gerekli olduğu bir sonraki atölyeye veya stoka gönderilir. Böylece malzemeler çizelgeye göre üretim boyunca itilirler. Bu sistemde üretim kontrol kısmı, çizelge üzerine gerçekleşen ve planlanan üretim miktarlarını kontrol eder, sapmaları ortaya çıkarır. Bu sapmaları minimize etmek veya ortadan kaldırmak için araştırmalar yapar. “Çekme sistem”inde ise, sonraki prosesin deposundan sadece kullanıldığı hız, miktar ve zamanda parçaları talep eder ve çeker. Bu sistemde sadece sınırlı miktarda stok tutulur. Malzeme hareketleri; programlanmış kullanım oranına göre değil, gerçek kullanım oranına göre ayarlanır. Çekme sisteminin bir özelliği de; envanterin dinamik yapıda olması ve depolarda ve paletlerde tutulmasıdır. (<http://volkanderinbay.net/pull/pull.html>, erişim tarihi:21.06.2009)

¹⁷⁵ Brito M.P., a.g.e., 2002-21, s.15.

¹⁷⁶ Moritz Fleischmann, “Reverse Logistics Network Structures and Design”, **Erim Reports Series Research in Management**, ERS-2001-52-LIS, s.7.

tamamı ömür sonuna geldiklerinden, ürünlerden değer elde etme ihtimali düşüktür. Avrupa da; elektrik ve elektronik atık ürünlerin, pil ve akümülatörlerin, ambalaj ve ambalaj atıklarının, hayat seyrini tamamlamış taşıt araçlarının bazı parçalarının geri kazandırılması yasalarla zorunlu kılınmıştır. Ülkemizde AB uyum yasaları çerçevesinde hazırlanıp kabul edilmiş çevreyle ilgili yönetmelikler mevcuttur. Zorunlu olan bu ağları kurmak için şirketler maliyetin küçüklenmesine odaklanırlar. Bu açıdan, şirketler bu tip ağları kurmaktan ziyade, kullanılmış ürünlerini toplamak için, lojistik hizmet sağlayıcılarını ya da profesyonel geri dönüşüm şirketlerini kullanmaktadırlar. Diğer bir yöntem ise, belediyelerle işbirliği içerisinde hurda ürün bırakma noktalarını kullanmaktır. Bu ağlarda test etme ve derecelendirme çok öncelik taşımamaktadır. Toplama alanında ürünler kabaca sınıflanır ve ileri derecede malzeme ayrımı, geri dönüşüm sürecinde yapılır.¹⁷⁷

4) Yeniden kullanım ağı (Reusable network) veya yeniden doldurulabilir konteynerler için ağlar (Networks for refillable containers):¹⁷⁸ Geri dönen ürünler ve malzemeler yeni ürün üretmek için veya taşıma ekipmanı olarak tekrar kullanılmak için ya direkt yeniden kullanılır ya da temizleme, küçük çaplı tamir gibi yeniden işlemeye tabi tutulurlar.¹⁷⁹ Çoğu akademik çalışmada ele alınan, yeniden kullanılabilen konteynerler, paketleme ürünleri ve şişeler bu ağ yapısı için tipik örneklerdir. Bu tip ürünler yeni ürüne nazaran daha düşük kalitededir ve endüstriyel pazarlarda bazı firmalar arasında değiş tokuşu yapılarak kullanılır.

5) Yeniden üretim ağı (Remanufacturing network): Bu ağın amacı geri dönen ürünleri yeni duruma getirmektir. Yeniden üretim için genel olarak bir çok parça ve modül kullanılır. Test aşaması çok yoğun bir çalışma gerektirir. Yeniden üretim tesisinin yerleştirileceği yeri tespit etmek, yeniden üretilen ürünlerin sürdürülebilir hacmini sağlamak ve ürün tedarikinin belirsizliği, yeniden üretim ağının engellerinden bir kaçıdır.¹⁸⁰ Yeniden imal edilmiş ürün, yeni ürün ile aynı özelliklere ve kalite standardına sahiptir. Otomobil parçalarının,¹⁸¹ fotokopi makinelerinin, tarayıcı, yazıcı ve faks makinelerinin¹⁸² yeniden üretimi örnek olarak verilebilir.

¹⁷⁷Fleischmann M., a.g.e., 2001-52, s.7.

¹⁷⁸Fleischmann M., a.g.e., 2001-52, s.7.

¹⁷⁹ Demirel N.Ö., v.d., a.g.e., s. 904.

¹⁸⁰ Brito M.P.,2002-21., a.g.e., s. 4.

¹⁸¹ Demirel N.Ö., v.d., a.g.e., s. 905.

¹⁸² Krikke H., a.g.e., s.72.

6) Geri dönüşüm ağı (Recycling network): Bu ağ yapılarında sınıflandırma, demontajlama, geri kazanım işlemleri vardır ve ürün özellik ve fonksiyonları kaybolur. Malzeme geri dönüşüm ağları, düşük kâr marjlıdır çünkü büyük yatırım gerektirmektedir. Bu yüzden sadece ekonomik amaçlı kurulmuş olan yapılar yasalardan ötürü kurulmuş olanlara göre daha az sayıdadır. Malzeme geri dönüşümünde test etme ve derecelendirme çok önemli değildir. Taşımada etkinliği artırmak için bazı ön işlemler gerekmektedir.¹⁸³ Birçok geri dönüşüm çalışması yapılmıştır. Şişe, kâğıt, pil ve beyaz eşya ürünlerinin geri dönüşümü örnek olarak verilebilir. Hurda arabalar için de geri dönüşüm çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada, tüm yeni arabalar için bir depozit ücret alınmış ve bu ücret geri dönüşüm işlemleri için kullanılmıştır.¹⁸⁴

7) Tamir servis ağı (Repair service network): Müşterilerin servis ihtiyaçlarını karşılamak ve kusurlu ürünleri tamir etmek amacıyla kurulurlar. Ağda amaç geri dönen ürünü çalışır ve kullanılabilir duruma getirmektir.¹⁸⁵

1.5.5.4. Tersine lojistik ağ yapısının boyutları

RL ağ yapısının boyutlarını üç tanedir. Bunlar sırasıyla, ürünler, pazarlar ve kaynaklardır. Bu boyutlar aşağıda açıklanmıştır:

1) Ürünler: Kullanılmış ürünün özellikleri; ağırlık, hacim, kırılabilirlik, zehirlilik, kolay çürüyebilme, ekonomik değer ve kullanılma oranları gibi fiziksel ve ekonomik özellikleri ile ilgilidir. Ürünün özellikleri kurulacak olan lojistik ağ planını etkiler. Ayrıca yeniden kullanım, yeniden üretim ve malzeme geri alımı gibi ürün özellikleri de lojistik ağ yapısının şeklini belirler. Özellikle geri alma şekli, gerekli tesislere karar vermek için önemlidir ve yatırım maliyetini belirler. Kanuni zorlamalardan varsa ürün özelliklerine göre alternatif bir geri alma işlemi yapılabilir.

2) Pazar: Pazar özellikleri farklı yönlendiriciler ve bu yönlendiricilerin ilişkilerini içerir. Genel olarak, tedarikçiler, OEM'ler, hizmet sağlayıcılar, hurdacılar, tüketiciler ve halk geri alma işlemlerinin kurulmasında rol alırlar. Farklı parçalar veya ürünler arasındaki etkileşim mevcut tedarik zinciri yapısı ve uygun lojistik çözümler üzerinde çok önemli etkiye sahiptir. Her bir parça veya kısım ekonomik faydasına ve faydalanabilirliğine göre seçilir. RL ağını kuran kişiler elden çıkarma pazarını ve

¹⁸³ Fleischmann M., a.g.e., 2001-52, s.7.

¹⁸⁴ Brito M.P., a.g.e., 2002-21., s.5.

¹⁸⁵ Demirel N.Ö., v.d., a.g.e., s. 905.

yeniden kullanım pazarını kapsayan bir ağ kurarlar. Pazar şartlarının önem dereceleri farklı olabilir. Bir yandan, hurdacılar elden çıkarma pazarı üzerinde mevcut tedarikçi seçme pozisyonunda olabilirler. Diğer yandan, kanuni zorlamalardan dolayı pazardaki ürünlerini geri çekmek zorunda kalabilirler. Ayrıca geri alma OEM tarafından ya da alternatif bir firma tarafından yönetilebilir ve kişisel görevler üçüncü partilere yaptırılabilir.

3) Kaynaklar: Etkili bir RL ağ planına ilişkin kaynaklar, geri alma tesislerini, insan kaynaklarını ve nakliye kaynaklarını içerir. Tesislere örnek verilecek olursa; demontajlama hattı, test ekipmanları, geri dönüşüm v.b.'dir. Yani, gerekli kaynaklar ekonomik olarak lojistik ağ yapısı üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Bir taraftan yatırım maliyetleri arasındaki ilişki lojistik ağın merkezileştirme derecesini yansıtan ölçek ekonomisini etkiler. Diğer kaynaklar kapasite kısıtları ve çeşitliliği ile alakalıdır.

1.5.5.5. Tersine lojistik ağ tasarımı nicel modeller

RL ağının tasarlanmasının ileri lojistik ağın tasarlanması kadar basit olmayacağı açıktır. Çünkü ürünler müşterilerden toplandığında izleyecekleri rotalar ürünün durumuna göre değişecektir. Diğer taraftan ürünün tüm bileşenleri imalat tesislerine taşımaya değecek değerde olmayacaktır. Ürünlerin dönüş zamanları, miktarları ve kalitelerindeki belirsizlikler, geleneksel sistemlerde uygulanan birçok varsayımı tersine sistemler için geçersiz kılmaktadır. Dahası, iyileştirilen ürünler için son pazarların iyi bilinmemesi ağ tasarımını daha belirsiz hale getirmektedir.¹⁸⁶

Tersine dağıtım, kullanılmış ürün ve paketlerin toplanması ve nakliyesidir. Tersine dağıtım orijinal ileri kanal içinde, bağımsız bir kanal şeklinde veya ileri ve tersine kanal birleşimi içinde yer alabilir. Tersine dağıtım sistemlerinde temel konu, ileri ve tersine kanalların nasıl birleştirileceğidir. Etkin bir tersine dağıtım kanalı kurmak için alınması gereken kararlar aşağıda sunulmuştur.¹⁸⁷

1) Tersine dağıtım kanalının katılımcıları: Katılımcılar, ileri kanalın üyeleri (geleneksel imalatçılar, perakendeciler ve lojistik servis sağlayıcıları v.b.) ya da belirli alanda uzmanlaşmış birimlerden (ikincil malzeme satıcıları, malzeme geri kazanım tesisleri v.b.) oluşabilir. Bu ayırım ileri ve tersine dağıtımın muhtemel birleşmesi üzerinde önemli kısıtlamaları ortaya çıkarır.

¹⁸⁶Demirel N.Ö., a.g.e., s. 905.

¹⁸⁷Fleischmann M., a.g.e., 2001-52, s. 5-6.

2) Tersine dağıtım ağında hangi fonksiyon nerede gerçekleştirileceği: Tersine dağıtım kanalında olası fonksiyonlar; toplama, test etme, sınıflandırma, nakliye ve ürüne işlem yapmaktır. Dağıtım ağı planlanırken bu fonksiyonların yapılacağı uygun yerler belirlenmelidir. Ağdaki önemli işlemlerden birisi depolama ve test etme yerlerinin tespitidir. Test etme işlemi ağ tasarımının başlangıcında yapılırsa, kullanılmaz durumdaki ürünlerin nakledilmesi önlenir ve böylece nakliyeden kazanç sağlanabilir. Diğer taraftan karmaşık testler her noktada bulundurulmayacak türde ekipmanları gerektirebilmektedir. Bundan dolayı merkezde gerçekleşmeyen test etme genel olarak kabaca yapılır. Sınıflandırma işlemi, içinde farklı yeniden kullanılabilir parçaları (evsel katı atık toplama) bulunduran akışlarda, toplama noktalarına yakın yerlerde yapılırsa daha ucuza mal edilebilir. Ancak, daha sonraki yükleme-boşaltma maliyetleri artabilir ve taşıma kapasitesi kullanımı, erken aşamalarda farklı aşamalara bölünmeler nedeniyle azalabilir. Sınıflandırma işlemleri kısmen tüketicinin istekli olmasına da bağlıdır.

3) İleri ve tersine dağıtım kanalı arasındaki ilişki: Geri dönüşüm genellikle açık döngü sistemi olarak tanımlanabilir, yani ürünler orijinal üreticiye geri gönderilmez ancak diğer endüstrilerde kullanılabilir. İleri ve tersine dağıtımın birleştirilme ihtimali sınırlıdır. Yeniden üretim ve yeniden kullanım genellikle kapalı döngü sistemlere sebep olurlar çünkü ürünler ve paketleme malzemeleri orijinal üreticiye geri gönderilir. Tersine dağıtım ya doğrudan ağ aracılığı ile ya bağımsız ağ aracılığı ile ya da lojistik servisi sağlayıcıları aracılığı ile gerçekleştirilir. Aynı elemanlar kullanılıyor olsa bile, iki dağıtımda farklı fonksiyonlar gerçekleştirileceğinden bunların entegrasyonun da rotalama düzeyinde karmaşıklıklar olacaktır.

RL ağı tasarlanırken, ya ileri akıştan bağımsız bir şekilde ya da ileri lojistikle bütünleşik bir şekilde modellenir. Çeşitli işlemler kullanarak farklı ürünlerin geri kazanımını ele alan RL ağların etkin bir şekilde tasarlanması ve modellenmesi çalışmaları genel olarak Location-Allocation modeli, araç rotalama modeli, dinamik rotalama ve çizelgeleme modeli olup karma tamsayılı matematiksel modelleme şeklinde formüle edilmiştir. Geleneksel yer seçimi ve atama modellerinden farklı olarak bu sistemler genellikle itme sistemi yapısındadır.

Bu modellerin her biri RL ayrı ayrı rolleri vardır: Locations (yerini saptama) modeli; geri alma tesislerinin ve toplama noktaları yerlerinin belirlenmesinde, geriye dönen ürünler için gözden geçirme ya da işlem alanlarının belirlenmesinde ve

kullanılmış ürünlerin toplanma şeklinin ilk kullanıcıdan mı yoksa özel geri alma alanlarından mı olmasına gerektiğine karar vermede kullanılır. Genel olarak nicel modeller fiziksel lojistik ağ planının coğrafik yerleşimleri, tesisler ve nakliye halkasının belirlenmesine desteklemek için geliştirilmektedir.

RL yönetimini içeren planlama ve kontrol problemleri, karmaşık ve belirsizlik içeren problem yapısındadır. Bu nedenle yöneylem araştırmasının çeşitli yöntem ve teknikleri bu problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Araştırmacıların sayısal model geliştirme çabaları çoğunlukla ağ tasarımı konusundadır. İlk olarak 1975'te Guiltinan ve Nwokoye tersine dağıtım ağlarını çalışmışlardır. RL tesislerinin yerine saptamaya karar vermek için tamsayılı programlama modelleri kullanılmıştır. Ancak RL'de ürün geri dönüşlerinin belirsizliği dolayısıyla olasılıklı programlama modelleri gerekmektedir. Bu yüzden RL'de, yer atama modelleri geleneksel yer atama modellerinden farklıdır.¹⁸⁸ RL ağı tasarımı ve modellemesiyle ilgili yapılmış olan çalışmalar iki kategoride sınıflandırılır. Bunlardan ilki sadece tersine akışın ele alındığı bağımsız modeller ile ileri ve geri akışın birlikte ele alındığı bütünleşik modellerdir. Yapılan çalışmalar genel olarak yer seçimi ve atama problemleri yapısında olup, karma tamsayılı matematiksel programlama modeli şeklinde formüle edilmiştir. Geleneksel yer seçimi ve atama problemlerinden farklı olarak geri kazanımlı sistemler genellikle itme sistemi yapısındadır. RL'ye özgü olan ürünlerin geri kazandırılması ve yok edilmesi işlemlerinin ileri ve tersine akış arasında oluşturabilecekleri ilişkileri tanımlamak için geleneksel yer seçimi ve atama problemlerinden farklı bir takım kısıtlar bulunmaktadır. Tersine akışı optimize etmek için bazı çalışmalarda kapasite kısıtsız modeller bazılarında da kapasite kısıtlı modeller geliştirilmiştir. Geliştirilen modeller, genellikle standart yazılımlar kullanılarak çözülmüş ve optimal sonuç elde edilmiştir. Geri dönen ürünlerin geri kazandırılması için uygulanacak opsiyon; ürünün yapısı, özellikleri, dönen ürün miktarı, kalitesi, teknolojik ve ekonomik kısıtlar gibi faktörlere bağlıdır. Çalışmalarda yasalara uymak, bilinçli müşteri beklentilerine karşılık verebilmek ve kâr elde edebilmek gibi nedenlerle farklı geri kazanım işlemleri uygulanmıştır. Modellerin bir kısmında geri kazanılan ürünlerin satışından elde edilen gelirler dikkate alınarak amaç fonksiyonu kâr maksimizasyonu şeklinde formüle edilmiştir. Diğer kısmında da genellikle sabit işletme maliyetleri ile toplama, taşıma, geri kazanım, elde tutma gibi

¹⁸⁸ Brito M.P., a.g.e., 2002-21, s. 6.

maliyetlerin minimizasyonu amaçlanmıştır. Ürün geri kazanımı teknolojik ve ekonomik açıdan mümkün olmadığında, imalatçılar hükümetlere ve müşterilere karşı sorumluluklarını yerine getirmek üzere ürettikleri ürünün bir kısmını çevreye en az zararı verecek şekilde yok etmek zorunda kalmaktadır. Bazı modelleme çalışmalarında yok etme opsiyonu modele dâhil edilmişken bazılarında dikkate alınmamıştır. Diğer taraftan bazı çalışmalarda lojistik sistemi, tek ürün için modellenirken, diğerlerinde ise çok ürünlü bir yapı dikkat çekmektedir. Çalışmaların büyük bir çoğunluğunda deterministik yapı söz konusudur, küçük bir kısmında ise geri kazanım sistemlerinin yapısında var olan geri dönen ürünlerin miktarı, zamanı ve kalitelerindeki belirsizlikleri çözebilmek için stokastik yapıda modeller geliştirilmiştir, bazılarında ise simulasyon kullanılmıştır.¹⁸⁹

1.5.6. Tersine lojistik ile atık yönetimi, yeşil lojistik ve ileri lojistik ağları arasında karşılaştırma

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 çıktıların tedarik zincirine yeniden dâhil olması sağlanır.¹⁹⁰

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.¹⁹¹ Yeşil lojistik, üretim yapılırken ortaya çıkan kirliliği ve harcanan enerjiyi azaltmaya odaklanılır. Yeşil lojistik bütün lojistik aktivitelere çevresel açıdan bakar ve özellikle ileri yönde lojistiğe odaklanır. Hiçbir ürün ya da malzeme “geriye doğru” gönderilmiyorsa, bu işlem tersine lojistik değildir.¹⁹² Yeşil lojistikte öne çıkan çevresel konular, yenilenemeyen doğal kaynakların tüketimi, hava emisyonları, gürültü kirliliği ve hem zehirli hem de zehirli olmayan çöp imhasıdır.¹⁹³

¹⁸⁹ Demirel N. Ö., v.d., a.g.e., s. 906-908.

¹⁹⁰ Baki B., a.g.e., 2000, s.22.

¹⁹¹ Murat Erdal, “Lojistik Trendleri”, **1.İntermodal Taşımacılık ve Taşımacılık Sektörünün Geleceği Konferansı**, Bahçeşehir Üniversitesi, 2007.

¹⁹² Rogers D., a.g.e., 1998, s. 45.

¹⁹³ Dekker R., v.d., a.g.e., s. 38.

İleri lojistik ile tersine lojistik arasında da birçok farklılık vardır. İleri lojistik sistemler çekme sistem iken tersine lojistik sistemler, satıcı ve yeniden kullanıcıların zincirin her iki tarafında bulunan müşteriler olmasından dolayı hem itme hem de çekme sistemleridir.¹⁹⁴ Tablo 1.7’de ileri ve tersine lojistik arasındaki farklar gösterilmiştir.

Tablo 1.7. İleri ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklar

İleri Lojistik	Tersine Lojistik
-Tahmin etme oldukça açıktır. -Dağıtım birden çoğa doğrudur. -Ürün kalitesi standarttır. -Ürün ambalajı düzenlidir. -Hedef/rota bellidir. -Kanal standarttır. -İşletme düzeni açıktır. -Fiyatlandırma genellikle standarttır. -İşletme hızı önemlidir. -İleri dağıtım maliyetleri muhasebe sistemi ile yakından takip edilir. -Stok yönetimi tutarlıdır. -Ürün yaşam dönemi (ürünün geçmişteki aşamaları; geliştirme, piyasaya sunuş, büyüme, olgunluk ve düşüş) yönetilebilir. -Tedarikçiler arası anlaşmalar açıktır. -Pazarlama metodları belirgindir. -ürün takibi için tam zamanlı bilgilere ulaşılabilir	-Tahmin etme çok daha zordur. -Dağıtım çoktan bire doğrudur. -Ürün kalitesi standart değildir. -Ürün ambalajı çoğunlukla zarar görmüştür. -Hedef/rota belli değildir. -Kural dışı çalışır. -İşletme düzeni açık değildir. -Fiyatlandırma bir çok faktöre bağlıdır. -İşletme hızı çok önemli değildir. - Tersine lojistik maliyetlerinin belirginliği daha azdır. - Stok yönetimi tutarlı değildir. -Ürün yaşam dönemi daha karmaşıktır. -Tedarikçiler arası anlaşmalar ilave önlemler dolayısıyla daha karmaşıktır. -Pazarlama bazı faktörler sebebi ile karmaşıktır. -Süreçlerin izlenebilirliği daha azdır.

1.5.7. Tersine lojistik ve e-ticaret

E- ticaret RL alanında önemli bir role sahiptir. E-ticaret uygulamalarında RL’nin görevleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.¹⁹⁵

Tablo 1.8. E-ticarette Tersine Lojistik Aktiviteleri

E-Ticaret Uygulamaları	Tersine Lojistik Görevleri
Pazarlama	Piyasada mevcut olan kullanılmış ürün, parça ya da materyallerin reklamı. Aranan kullanılmış ürün, parça materyal ile ilgili bilgi verme.
Satın Alma	Tedarikçi/Müşteri için araştırma. Satın alma anlaşması yapma. Beklenen teslimat hakkında bilgi alma. Aranan kullanılmış ürün, parça ve materyal talebini karşılama.
Satış	Fiyatı ayarlama. Sipariş takibi. Sipariş süreci. Müşteri faturalama, toplama ve ödeme.
Satış sonrası hizmet	Ürün takibi. Müşteri desteği. Müşteri/ürün izleme.

En yaygın kullanılan RL için e-ticaret modeli, hem yeni hem de kullanılmış ürünler için elektronik pazarlardır. Ayrıca web üzerinde kullanılmış parçalar veya

¹⁹⁴ Krikke, H., a.g.e., s.7.

¹⁹⁵ Zuluaga J.P.S, a.g.e., s. 40.

yeniden üretilmiş ekipmanları sağlayan siteler bulunmaktadır. Ayrıca toplama, seçme, yeniden kullanım ve yeniden dağıtımı içeren web tabanlı örnekler de bulunmaktadır. Elektronik pazarların lojistik yönü, stok kontrolü, sanal depolama, nakliye, çizelgeleme ve rotalama, operasyonlar, yerleşim belirleme, operasyonel spesifikasyonların belirlenmesi gibi çok çeşitli hizmetleri kapsar. Lojistik operasyonlarını basitleştirmek için e-ticaret, üçüncü parti ile anlaşmalar ve diğer tanımlanmış lojistik fonksiyonları da sunar.¹⁹⁶

RL faaliyetleri e- ticarete çok önemlidir. Çünkü on-line alımların geri dönüş oranı normal alımların %50'si kadar üzerindedir. Wal-Mart, K-Mart, Fred Mayers ve Amazon müşterilerine pek çok nedenden dolayı mamulleri geri göndermelerinin kabullenen liberal bir geri dönüş politikası geliştirmiştir. Müşteriye aldığı mamulü iade etmesi için pek çok seçenek sunarak, müşterinin haksız olmasına bakmaksızın bu fırsattan faydalanmasını sağlamıştır.¹⁹⁷

1.5.8. Tersine lojistiğin önündeki engeller

Araştırmalara göre, RL için en önemli engel (%39.2) iyi bir RL yönetiminin geliştirilmemiş olmasıdır. Artan rekabet ortamı, işletmelerin politikalarını değiştirme konusunda zorlamaktadır. Uygun sistemin eksikliği, RL uygulamasını gerçekleştirmek için bir engeldir. Rekabet, finansal kaynak, personel kaynakları ve hukuki meseleler gibi diğer konular da çoğu endüstride RL uygulamalarını sınırlandırır. Yapılan bir araştırmada RL önündeki engeller belirli başlıklar altında toplanmıştır. Bu başlıklar ve açıklamaları şu şekildedir.¹⁹⁸

1) Bilgi ve Teknolojik Sistem Eksikliği: Ürün yaşam döngüsünün birçok aşamasında etkin bir bilgi ve teknolojisi sistemi gereklidir. Üretimde kullanılan malzemenin türü ve kullanılan teknoloji, ürün kullanımının sonunda, ürünün geri kazanım boyutunu belirler. Bilgi ve teknolojinin çok iyi olması çevre, geri kazanım, yeniden kullanma v.b. ürün geliştirme programları için çok faydalı olabilir. Örneğin etkili bir bilgi sistemi ile ürünlerin geri dönüşlerinin önceki yıllardaki satışlarına bağlı olarak takip edilebilir.

¹⁹⁶ Helena R. Lourenço and Juan Pablo Soto, "Reverse Logistics Models and Applications: A Recoverable Production Planning Model", *Grup de Recerca en Logística Empresarial Research Group in Business Logistics*, 2002, s. 10.

¹⁹⁷ Güleş H.K., a.g.e., s. 117.

¹⁹⁸ Ravi, V. And Ravi, S., "Analysis of Interactions Among The Barries of Reverse Logistics", *Technological Forecasting and Social Change*, 2004, s. 1013-1017.

2) Ürün Kalitesine İlişkin Problemler: RL’de ürün kalitesi ileri lojistikteki gibi standart değildir. Dönen ürünün kalitesi çeşitli şekillerde olabilir. Ürün hatalı, zarar görmüş veya müşteri tarafından beğenilmemiş olabilir. İlk aşamada dönen ürünün kalitesi denetlenir ve ona göre bir yol çizilir İlk aşamalarda verilen karar bütün tersine lojistik akışının yönetilmesinde önemlidir.

3) Şirket Politikaları: Şirketler müşterilerine bir marka imajı oluşturmak isterler. Geri dönen ürünleri kullanarak ürün kalitesinin düşüreceklerini düşünürler.

4) Tersine Lojistik Değişimine Direnç: Bu engel en yaygın olanıdır. İnsanlar genellikle değişimden kaçmaktadırlar. Tersine lojistik sistemlerde büyük ekonomik yatırım gerektirmektedir.

5) Uygun Performans Ölçütlerinin Eksikliği: “Ölçülemeyen iş yönetilemez” kavramı, iş yönetim sistemlerinin temelini oluşturan bir gerçektir. Herhangi bir sistemin performans ölçümü; performans yönetim sürecinin, performans gelişiminin, performans dokümantasyon sürecinin kolaylaştırılmasında anahtar bir rol oynamaktadır. Tasarlanan RL yapısının beklenen verimi sağlayıp sağlamadığı, performans ölçüm sistemleri kurularak belirlenir.

6) Eğitim ve Bilgi Eksikliği: RL ile birlikte gelen değişim yeni süreçler ortaya çıkarmakta ve bunlar içinde eğitimli bir kadro olması gerekmektedir.

7) Finansal Kısıtlar: Şirketlere tersine lojistiğin uygulanabilmesi için finansal destek gereklidir. Teknolojik sistemler, sistemlere uygun ekipmanların bulunması ve yetiştirilmesi v.b. işler için fon gereklidir.

8) Tersine Lojistik Bilgisinin Eksikliği: Çoğu şirket tersine lojistiğin ne olduğunu bilmemektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

2. KATI ATIK YÖNETİMİ, GERİ DÖNÜŞÜM ve AMBALAJ ATIKLARI

Günümüzde katı atıkların sağlıklı ve ekonomik bir şekilde uzaklaştırılması konusu, geçmiş yıllara nazaran çok daha önemli bir boyut kazanmıştır. Sosyal refah, teknolojik gelişme ve nüfus artışına paralel olarak atık miktarları sürekli olarak artmakta ve bileşimlerinde değişmektedir. Birçok ülkede çevre politikalarının hedefi atıkları geri kazanmaktır. Üretim ve kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan her türlü maddeye atık denir. Atıklar evde, okulda, hastanede, endüstride, bahçede ve daha birçok yerde oluşabilir. Üretim ve kaynak tüketimine dayanan faaliyetlerden ortaya çıkan atıkların etkin yöntemlerle uzaklaştırılması, günümüzde insanlığın karşı karşıya bulunduğu en önemli sorunlardan birisidir. Atık yönetimi tıbbi, tehlikeli ve tehlikesiz atıkların minimizasyonu, kaynağında ayrı toplanması, ara depolanması, gerekli olduğu durumda atıklar için aktarma merkezleri oluşturulması, atıkların taşınması, geri kazanılması, bertarafı, geri kazanım ve bertaraf tesislerinin işletilmesi, bakımı, izleme ve kontrol süreçlerini içeren bir yönetim biçimidir.¹⁹⁹ Atıkların, günümüz şartlarında en uygun bertaraf şekli, atık içindeki ekonomik değere sahip maddelerin geri dönüştürülerek ekonomiye katma değer sağlamasıdır. Demir, çelik, bakır, kurşun, kâğıt, plastik, kauçuk, cam gibi maddelerin geri kazanılması ve tekrar kullanılması, tabii kaynakların tükenmesini önleyeceği gibi ülke ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ithal edilen hurda malzemeye ödenen döviz miktarını da azaltacak, kullanılan enerjiden büyük ölçüde tasarruf edilecektir.²⁰⁰ En az yukarıda sayılanlar kadar önemli olan diğer bir husus da uzaklaştırılacak katı atık miktarlarındaki büyük azalma ve dolayısıyla çevre kirliliğinin önemli ölçüde önlenmesidir.

Bu bölümde katı atık yönetimi, atıkların ekonomi ve çevre açısından değerlendirme aşamaları, geri dönüşüm ve ambalaj atıkları ele alınacaktır.

2.1. Katı Atık Yönetimi

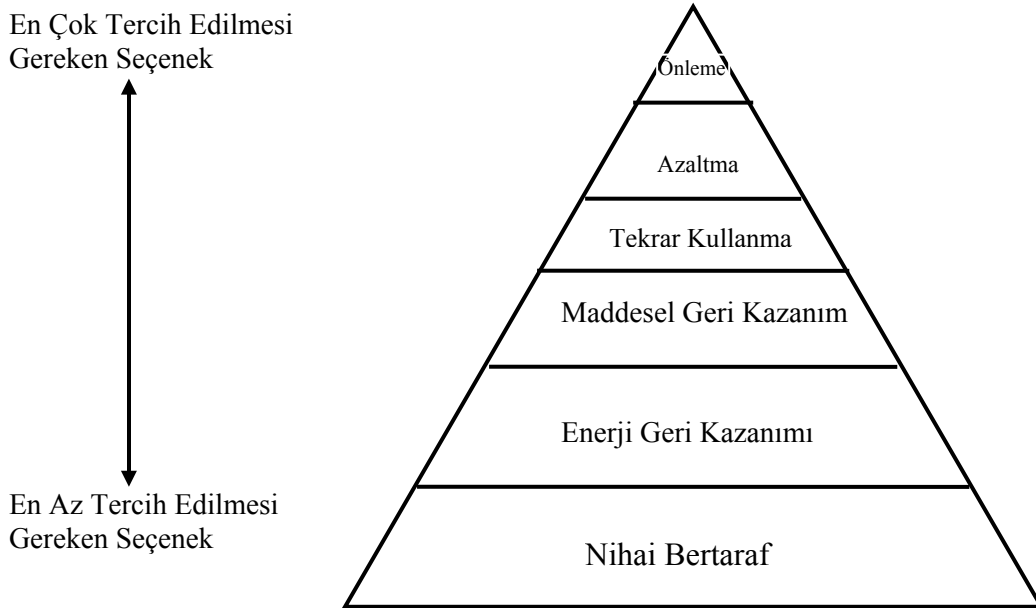
Sahibinin istemediği ancak ekonomik değeri olan ve toplumun menfaati gereği toplanıp fen ve sanat kurallarına, bilimsel esaslara, mühendislik prensiplerine göre

¹⁹⁹ www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr, Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012), s. 9, erişim tarihi: 16/10/2008

²⁰⁰ Talha Gönüllü v.d., “İstanbul’da Ev Çöplerindeki Geri Kazanılabilir Materyallerin Araştırılması”, **Nisan-Mayıs-Haziran Ekoloji Çevre Dergisi**, 1996, Sayı 19, s.15-16.

bertaraf edilmesi gereken katı maddelere “katı atık” denir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre katı atık “Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle, çevrenin korunması bakımından düzenli şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamurudur” şeklinde tanımlanmaktadır.²⁰¹

Katı atık yönetimi, atığın kaynağında azaltılması, özelliğine göre ayrılması, toplanması, geçici depolanması, geri kazanılması, taşınması, bertarafı ve bertaraf işlemleri sonrası kontrolü ve benzeri işlemleri içerir. Uygulanabilir ve verimli bir atık yönetimi için; yetkili/sorumlunun belirlenmesi, atığın tanımlanması, atığın kaynağında ayrı toplanması, personelin eğitilmesi, geçici atık depolama sahasının kurulması, ön işlemlerin yapılması, atıkların bertaraf/geri dönüşüme gönderilmesi ve kayıtların tutulması aşamalarından oluşmaktadır. Şekil 2.1’de atık yönetim hiyerarşisi gösterilmektedir.²⁰²



Şekil 2.1. Katı Atık Yönetim Piramidi

Katı atık yönetim piramidi üst basamaktan alt basamaklara doğru değerlendirilir. İlk aşama atığın oluşmasının önlenmesi, eğer bu sağlanamıyorsa atığın azaltılmasıdır.

²⁰¹ Bülent Armağan, İbrahim Demir, Özlem Demir, Nuray Gök, **Katı Atıkların Ekonomide Değerlendirilmesi**, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 2006-23, İstanbul, s. 14

²⁰² <http://www.cevreonline.com/atik2/atikyonneder.htm>, erişim tarihi: 07/10/2008

Atık miktarının azaltılması, katı atık yönetiminin en önemli amaçlarından biridir. Günümüzde üretim ve tüketim anlayışları değiştirilerek atık miktarında büyük bir azalma sağlanabilir. Bilinçsiz tüketim (al ve at mantığı) önlenmelidir. Örneğin ABD’de bir bebeğin bakımı için çevreye bırakılan atık miktarı Hindistan’dan 27 kat fazladır. Sonraki aşamada, tekrar kullanılabilir atıkların değerlendirilmesi bu da mümkün olmuyorsa, maddesel geri kazanım yani geri dönüşüm sonra enerji geri kazanımı amaçlanır. Uygulanan yöntemlerden sonra kalan atığa ya da bu yöntemleri uygulayamadığımız atığa yapılacak en son işlem bertaraf etmektir.

2.2. Katı Atık Bertaraf Yöntemleri

Kaynağında ayrı veya karışık toplanan katı atıklar, özelliklerine uygun olarak bertaraf edilmelidirler. Aşağıda entegre katı atık yönetim sisteminde uygulanan değerlendirme ve bertaraf teknolojileri verilmiştir.²⁰³

- 1) Kaynakta Azaltma ve Geri kazanma
- 2) Yakma
- 3) Termal Gazifikasyon
- 4) Kompostlaştırma
- 5) Vahşi depolama
- 6) Düzenli depolama

2.2.1. Kaynakta azaltma ve geri kazanma

Bu yöntemde amaç atık oluşturmamaktır. Kullanılan madde miktarı azaltılarak daha az atığın ortaya çıkması sağlanır. Örneğin paketleme için daha az ürün kullanımı, ürünlerin geri dönüştürülebilir kısmının artırılması, kullanılıp atılan ürünler yerine tekrar kullanılabilen ürünlerin üretilmesi v.b.’dir. Halk ve endüstrinin bilinçlendirilmesi ile kişi başına üretilen atık miktarında % 25 oranında azalma sağlanabilir. Atık içerisinde geri kazanılabilir madde miktarı yeterli ise geri kazanım mutlaka yapılmalıdır.

²⁰³ Turan Yaman, **İstanbul’da Kentsel Katı Atık Yönetimi ve Geri Kazanım Potansiyelinin Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007, s. 21.

2.2.2. Yakma

Katı atık hacminin azaltılması için toplanan çöplerin özel tesislerde yakılması işlemidir. Bu yöntem hacim ve ağırlık küçültme oranının yüksek olması nedeniyle depolama sıkıntısı çekildiği durumlarda, hastane atıklarında olduğu gibi son ürünün stabilize edilmesinin gerekli olduğu hallerde ve ısı değeri yüksek katı atıklardan enerji üretiminin söz konusu olduğu durumlarda kullanılır. Yakma ile çöpleri stabil hale getirerek hacimlerini % 70–80 oranında azaltmak mümkündür. Katı atıkların yakılabilmesi için atığın yakmaya uygun olması ve ikincil bir yakıtı ihtiyaç duyulmaması ekonomik açıdan önemlidir. Bu yöntem kullanıldığında çevreye zarar vermemek için hava kirlenmesine karşı özel tedbirlerin alınmasının yanı sıra, meydana gelen küller uzaklaştırılırken, içinde bulunması muhtemel olan toksik maddelerin olumsuz etkileri için de önlemler alınmalıdır. Yakma işlemi neticesinde geriye kalan inorganik atıkların nihai bertarafı için düzenli depolamaya ihtiyaç vardır. Büyük şehirlerde ve çöp depolama alanı bulma imkânının sınırlı olduğu bölgelerde bu atıkların imha edilmesi için yakma yönteminden yararlanılabilir. Yakma işleminde atıklar yüksek sıcaklıklarda büyük fırınlar içinde yakılarak tamamen imha edilirler. Bu işlem iki şekilde uygulanır.

a) Enerji Elde Edilerek Yakma: Ambalaj atıkları ve diğer ısı değeri yüksek olan katı atıklar yakıldığında kalorifik değerleri yüksek olduğu için enerji elde edilebilir. Bu enerji konutların, büyük tesislerin ısıtılmasında kullanılabilir veya elektrik enerjisine dönüştürülerek yararlanılabilir. Evsel atıkların yakılarak enerjiye çevrilmesi oldukça pahalı bir yöntem olduğu için genellikle gelişmiş ülkelerde ve büyük kentlerde uygulanmaktadır. Bu yöntem sonrasında atık miktarı büyük ölçüde azaltıldığı için atıkların depolanması için önemli ölçüde yer kazancı söz konusudur.

b) Enerji Kazanımsız Yakma: Bu yöntem daha çok zehirli ve tehlikeli atıkların, ağırlık olarak katı atık toplam miktarının %1'ini geçen organik bağlı klor veya 1 kg atıkta 50 mg'dan fazla halojenli organik madde bulunduran tehlikeli atıkların bertarafı için kullanılır. Yakma işlemi sırasında çıkan gazların hava kirliliğine yol açmaması için özel filtrelerin olması gereklidir. Bu özel filtreler sayesinde yanma sırasında ortaya çıkan zararlı gazlar tutularak havaya karışması önlenir. Yakma sonucunda geriye kalan

kül ve metal parçaları gibi artıklar ise inşaat ve yapı malzemesi olarak yol ve asfalt yapımında kullanılabilir.²⁰⁴

2.2.3. Termal gazifikasyon

Termal gazifikasyon yüksek sıcaklıkta ve oksijenli ortamda organik atıklardan sentetik gaz üretilmesi prosesidir. Gazifikasyon sonucu üretilen sentetik gazın büyük bir bölümü hidrojen (H_2) ve karbon monoksit (CO), kalan az miktarda kısım ise metan (CH_4), karbondioksit (CO_2) ve diğer gazlardan oluşmaktadır. Termal gazifikasyonda üç teknoloji mevcuttur. Bunlar piroliz, konvansiyonel gazifikasyon ve plazma gazifikasyondur. Gazifikasyon yakmadan farklı bir prosestir. Yakmada ürün olarak karbondioksit (CO_2) ve su buharı oluşmaktadır. Ayrıca yakma prosesi sırasında dioksin ve furan gibi toksik özellikli bileşikler oluşmaktadır. Termal gazifikasyonda ise dioksin ve furan emisyonu önemli derecede azaltılmaktadır. Dioksin ve furan karbon ve oksijenden oluşan temel molekül yapılarıdır. Termal gazifikasyon ile elde edilen gazlar metanol üretimi ve elektrik enerji üretimi için kullanılabilir. Ayrıca gazifikasyon yan ürünleri kül, cüruf ve eriyik malzemeler tekrar kullanıma elverişli materyallerdir.

2.2.4. Kompostlaştırma

Kompostlaştırma, katı atıkların içindeki organik kısımların (sebze, meyve, selüloz, yemek atıkları, her türlü bahçe atıklar vb.) biyokimyasal süreçten geçirilmesi sonucu stabilize edilmiş, mineralize olmuş, humusa benzer yapıdaki kitleye/malzemeye döndürülmesi işlemidir. Bu kitleye de kompost denir. Buna atık su arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurları da katılmaktadır.²⁰⁵ Kompost, uygulandığı toprağa, organik madde ekler, killi toprakların geçirgenliğini ve kumlu toprakların su tutma kapasitesini artırır. Bitki kök büyümesini teşvik eder, su ve hava için gerekli hacmi yaratır. Humus toprağın organik madde ihtiyacını azaltır. Azotun tutulmasını sağlar ve yeraltı suyuna karışmasını önler. Humus açısından zengin topraklar, yetiştirilen bitkilerin, daha sağlıklı, hastalıklara ve zararlılara karşı daha dayanıklı olmasına olanak sağlar. Böylelikle kimyasal ve zirai mücadele ilaç ihtiyacı azalır. Bunların yanı sıra kompost toprak yapısını geliştirir ve su geçirgenliğini artırır. Özellikle yağmur ile toprak

²⁰⁴H.Levent Dalyancı, *Türkiye’de Kâğıt-Karton Sektöründe Geri Dönüşüm ve Geri Dönüşüm Yapan İşletmelerin Ekonomik Yönden İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İstanbul, 2006, s.6.

²⁰⁵ Yaman T, a.g.e., s. 22.

yüzeyine ulaşan suyun yüzey akışa geçmek yerine, daha kolay yeraltına süzülmesini sağlar ve erozyonu azaltır.²⁰⁶ 1994 yılında Almanya’da yürürlüğe giren bir yönetmelik uyarınca, 2005 yılından sonra organik madde içeriği % 5’i aşan biyolojik kökenli atıkların düzenli depolama tesislerine dökülmesi, bu ülkede yasaklanmış bulunmaktadır. Buna bağlı olarak Almanya ve Avrupa Topluluğu’nun diğer ülkelerinde biyolojik katı atıkların aerob/anaerob yöntemlerle bertarafı konusunda çalışmalar ilerlemiş olup kurulan tesislerin sayı ve kapasiteleri önemli oranlara yükselmiştir.

2.2.5. Vahşi depolama

Vahşi depolama atıkların açık araziye rastgele boşaltılmasıdır. Türkiye’de yaygın olarak kullanılan bu yöntemde çöpler hiçbir önlem alınmadan bir alana atılıp bırakılmaktadır. Atıkların herhangi bir önlem alınmaksızın kontrolsüz bir şekilde bertaraf edildiği bu yöntem birçok probleme neden olmaktadır. Çöpler geniş bir alana dağılarak çevre ve görüntü kirliliğine sebep olmaktadır. Çöp sahasında rüzgârında etkisiyle toz bulutları oluşmakta ve meydana gelen gazlarla birlikte hava kirliliğine neden olmaktadır. Depo sahalarına boşaltılan çöpün organik kısımları Mikroorganizmalarca ayrıştırılır ve bunun sonucunda içeriğinin büyük bir kısmını metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) in oluşturduğu depo gazı meydana gelir. Bunların dışında yine depo gazı bileşenlerinden olan ağır hidrokarbonlar, etilmerkaptan (CH_2SH), karbonmonoksit (CO), Hidrojen (H_2), hidrojen sülfür (H_2S), benzol (C_6H_6) zararlı etkilere sebep olurlar. Depo sahalarında oluşan sızıntı yer altı su kaynaklarını kirlletmektedir. Sızıntı suyunun bu olumsuz etkisini önlemek için depo sahasının tabanı geçirimsiz hale getirilir. Depo tabanı, tabii yeraltı suyunun maksimum seviyesinden en az 1 metre yükseklikte olmalıdır.

2.2.6. Düzenli depolama

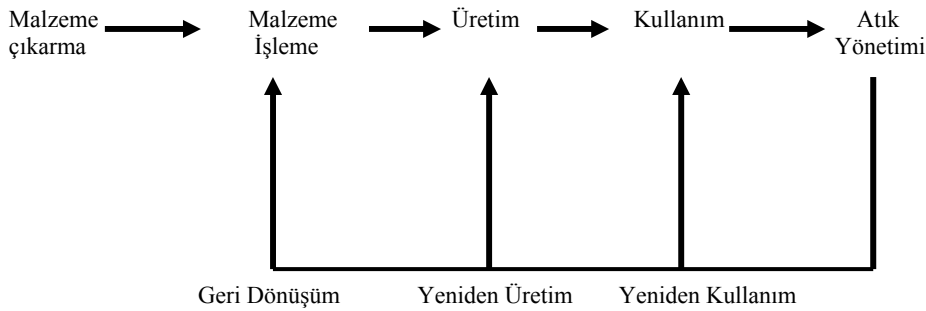
Bu alanlar yerleşim alanlarından uzakta ve geçirimsiz topraklar üzerine yapılan özel alanlardır. Genellikle çok derin olmayan bir çukur seklinde tasarlanmış olan bu alanların yan ve taban bölümleri, katı atıklardan kaynaklanan atık suların dışarıya sızmasını önleyici malzemelerle kaplanmıştır. Bu nedenle depolama alanına serilen atıklardan meydana gelen sızıntı suları tabii ortamla temas etmez. Bu alana serilen evsel

²⁰⁶ Dalyancı H.L., a.g.e., s.7.

atıkların üzeri ise daha sonra toprak ile örtülerek kapanır. Evsel atıkların çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde depolandığı bu alanlara düzenli depolama alanı ismi verilmektedir. Bu alanlarda depolanan organik atıklar su, nem, sıcaklık gibi etkenlerle değişime uğrarlar. Organik atıkların bu şekilde değişime uğramasına çözünme denir. Çözünme havasız ortamda gerçekleşirse, metan gazı gibi çeşitli yanıcı gazların oluşumuna sebep olabilir. Bu gazlar enerji kaynağı olarak kullanılabileceği gibi kontrol altında tutulmazlarsa tehlikeli olabilirler (Bu çözünme sonucunda elde edilen gübre, tarım yapılan toprağı zenginleştirmek için kullanılır).²⁰⁷

2.3. Katı Atıkların Ekonomi ve Çevre Açısından Değerlendirme Aşamaları

Atık yönetimi ve geri dönüşüm, RL'nin kapsamındaki işlemlerdir. Şekil 2.2'de²⁰⁸ RL'nin atık yönetimi açısından kapsamı gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere atık yönetimi açısından yeniden kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm işlemleri uygulanarak atıklar geri kazanılır.



Şekil 2.2. Tersine Lojistiğin Atık Yönetimi Açısından Kapsamı

Katı atıkların geri kazanımında uygulanan bu işlemlere ingilizce baş harflerini temsilen 3R denilmektedir (Reuse, Remanufacturing, Recycling). Atıkların geri kazanım işlemlerini içeren 3R'yi oluşturan işlemler ve geri kazanım aşağıda kısaca ele alınmıştır.

1) Tekrar kullanma: Atıkların toplama ve temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı şekli ile ekonomik ömrü doluncaya kadar defalarca kullanılmasıdır. Cam şişelerin yıkanarak evlerde kullanılması tekrar kullanıma bir örnektir.

²⁰⁷ Dalyancı H.L., a.g.e., 2006, s.9.

²⁰⁸ Robert Setaputra, **Role of Return Policy in Reverse Logistics: Issues and Optimum Policies**, Doctor of Philosophy, The University of Wisconsin, 2005, s.16.

2) Yeniden üretim: Atıkların ayrıştırılmasından elde edilen parçalar yeni ürünlerin üretilmesinde hammadde olarak kullanılır.

3) Geri dönüşüm: Atıkların bir üretim prosedürüne tabi tutularak orijinal amaçlı ya da enerji geri kazanımı hariç olmak üzere organik dönüşüm dâhil diğer amaçlar için yeniden kullanılmasıdır. Geri dönüşüm ile katı atık içindeki değerlendirilebilir nitelikteki maddeler ekonomiye tekrar kazandırılır.

4) Geri kazanım: Tekrar kullanım, yeniden üretim ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsayan; atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesidir.²⁰⁹ Kullanılmış plastiklerin parçalanarak karayollarında dolgu malzemesi olarak kullanılması geri kazanıma örnektir. Geri kazanım sisteminin temelinde katı atıkların özellikleri ve oluşum miktarları, bölgenin coğrafi konumu, iklimsel ve mevsimsel değişimler, bölgenin ekonomisi, bölge halkının yaşam standardı ve alışkanlıkları, bölge halkının geri kazanım ve tekrar kullanım alışkanlıkları, bölgede bulunan iş yeri, sanayi ve kamu kuruluşlarının türleri ve sayıları, bölge yönetiminin teknik kapasitesi, katı atık biriktirme, toplama ve uzaklaştırma sistemleri, konuya ilişkin mevcut yasal düzenlemeler yer almaktadır. Bu sistemin en önemli parametresi geri kazanım planına katılma oranı ve plana göre geri dönüşen madde miktarıdır. Geri kazanım sistemi sürdürülebilir atık yönetiminde kaynakta ayırma ve ayrı toplama ile sağlanmaktadır. Ancak bu, çok iyi eğitilmiş bir toplum ve iyi organizasyon gerektirmektedir.²¹⁰ Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde geri kazanım projeleri uygulanmaktadır. Bu projeler çok cazip olmasına rağmen, başarıya ulaşmak için bir çok politik, sosyal ve ekonomik faktörler içermektedir. Yürütülecek geri kazanım sistemleri için kararlı bir hükümet, belediye ve özel kuruluşların finansal desteği, maksimum toplama ve geri dönüşüm, pazar geliştirilmesi ve promosyon, eğitim ve bilgilendirme çalışmaları gerekmektedir. Ancak bu projeler kapsamında yapılan ayrıştırma tesisleri ülkemizde verimli olarak çalışmamaktadır. Tesislerin verimli çalışmasını etkileyen etmenler, değerlendirilebilen geri kazanılabilir atık miktarlarının yetersiz olması, sokak toplayıcılarının etkileri, tesis kapasitesinin yüksek seçilmesi, toplama işleminin sağlıksız yapılması v.b. dir.²¹¹

²⁰⁹ Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 14.03.1991-20814

²¹⁰ Özge Hanay, Nilüfer Koçer, "Elazığ Kenti Katı Atıkları Geri Kazanım Potansiyelinin Belirlenmesi", **Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi**, 2006, Cilt 18(4), s. 508.

²¹¹ Mehmet Şen, Kadir Kestioğlu, "Kırsal Belediyelerde Evsel Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Ekonomik Analizi: Mustafakemalpaşa İlçesi/Bursa Örneği", **Çevko Ekoloji dergisi**, 2007, s. 45-51.

2.4. Geri Dönüşüm

Çevresel konular, stratejik üretim kararlarının önemli alanlarından biri olmaya başlamıştır. Geri dönüşüme hem çevresel hem de ekonomik değerler yaratan bir çözüm olarak bakılmaktadır.²¹² Geri dönüşüm terim olarak, kullanım dışı kalan geri dönüştürülebilir atık malzemelerin çeşitli geri dönüşüm yöntemleri ile hammadde olarak tekrar imalat süreçlerine geri kazandırılması anlamına gelmektedir.²¹³ Başka bir tanımda geri dönüşüm, yeniden değerlendirilme imkânı olan atıkların çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirilerek ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dâhil edilmesidir.²¹⁴ Geri dönüşüm atıkların yeni bir malzeme olarak kullanılması için sistematik bir şekilde toplanmasını, sınıflandırılmasını, kirletici maddelerden temizlenmesini kapsayan bir takım işlemler bütünüdür. Katı atık yönetim stratejilerinden en karmaşık olanı geri dönüşümdür. Geri dönüşüme olan ihtiyacın başlamasında ilk olarak savaşlar nedeniyle ortaya çıkan sıkıntılar etkili olmuştur. II. Dünya savaşı sırasında ülkeler çapında geri dönüşümle ilgili kampanyalar başlamıştır. Daha sonraları, geri dönüşüm birçok ürünün geri kazanımını gerektiren çevre kanunlarının artışıyla dolaylı olarak önemli bir konu durumuna gelmiştir. Böylece, kamu ve özel kuruluşlar geri dönüşümlü tersine lojistik ağları kurmaktadır. Belediye katı atık yönetimi bakış açısından RL; geri dönüştürülebilen ve geri kazanılabilen ürün ağının planlanması, yönetimi ve kontrol sistemine ilişkin problemlerin çözümünde işe yaramaktadır.

Her bir geri dönüşüm işleminin tabiâtın geleceği ve canlıların yaşamı üzerinde önemli etkileri söz konusudur. Ancak bu etkilerin daima pozitif olmalarının sağlanması, geri kazanım faaliyetlerinin sağlığa ve çevreye zarar verilmeksizin yürütülmesinin yasal güvence ve standartlara bağlanması ve bu faaliyetler üzerinde etkin bir izleme ve kontrol mekanizmasının oluşturulması ile mümkün olur. Aşağıdaki tabloda bazı atıkların geri dönüştürülmesi sonucunda sağladıkları tasarruflar gösterilmiştir.²¹⁵

²¹²Setaputra R., a.g.e., 2005, s. 17.

²¹³ www.wikipedia.org

²¹⁴ http://www.cevreonline.com/atik2/geri_donusum.htm, 18.02.2008

²¹⁵ Bülent Armağan, İbrahim Demir, Özlem Demir, Nuray Gök, **Katı Atıkların Ekonomide Değerlendirilmesi**, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 2006-23, İstanbul, s. 42

Tablo 2.1. Geri Dönüştürülen Maddelerin Sağladıkları Tasarruflar

Parametre	Kâğıt	Cam	Çelik	Alüminyum
Enerji(%)	24-27	4-32	47-74	90-97
Hava Kirlenmesi(%)	74	20	85	95
Su Kirlenmesi(%)	35	-	76	97
Su Tüketimi(%)	58	50	40	-

Geri kazanım malzemeleri, üretim işlemlerinde yenilenemeyen hammaddeler için bir alternatiftir. Bazı durumlarda, geri dönüştürülen malzemelerden ya da geri dönüştürülen malzemenin ana malzemeye karıştırılarak oluşturulan malzemenin üretilen ürünler daha az maliyetli daha az enerji tüketici ve ana malzemenin kullanılmasına nazaran daha az yan ürün ortaya çıkaran malzemeler olabilmektedir. Atıkları yakarak ya da gömerek yok etme yollarına nazaran geri dönüşüm işlemleri daha az maliyetli olabilmektedir. Bu ekonomik fayda hem belediyenin katı atık yönetimini hem de geri dönüştürülebilen malzemelerin ticari kaynaklarını attırabilir. Çöpün içindeki geri kazanılabilir maddeleri ayrı toplamak ve geri dönüştürmek ile ekonomiye hammadde olarak kazandırmanın yanı sıra, bu atıkların çöp depolama yerlerinde işgal edecekleri yerlerden tasarruf sağlanmış olur. Ayrıca bu atıkların ve çöplerin çevreyi kirlenme potansiyeli de azalır.

Geri dönüşüm uzun vadede verimli bir ekonomik yatırımdır. Hammaddenin azalması ve doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucunda ekonomik problemler ortaya çıkmaktadır. Bu noktada geri dönüşüm ekonomi üzerinde olumlu etki sağlayabilir. Tüm bunların ötesinde geri dönüşüm doğal kaynakların en verimli şekilde kullanılmasını sağlayacak, gelecek kuşaklara potansiyel kaynakların mümkün olabilen en fazla miktarını bırakabilecek en önemli katı atık yönetim biçimidir.²¹⁶

ABD’de camın %20’si, kâğıt ürünlerinin %30’u ve alüminyum kutuların %61’i geri dönüştürülürken, 10 milyon araba ve kamyonun her yıl %95’i geri dönüşüme girmekte ve bu araçların %75’i yeniden kullanım için geri kazandırılabilir.²¹⁷ Türkiye’de kişi başına günde 0,6 kg. evsel nitelikli katı atık ve ortalama 1 kg. belediye atığının üretildiği kabul edilmektedir. Evsel atıklar içindeki geri kazanılabilir atıklar istatistiksel verilere göre, tam bir ayrıştırmaya tabi tutulsa, depolanacak atık hacminde

²¹⁶ Armağan B., a.g.e., v.d., s. 14.

²¹⁷ Demirel N.Ö., a.g.e., v.d., s. 904.

yaklaşık %35 oranında bir azalma gerçekleşebilir.²¹⁸ TÜİK'nin 1992 yılında yaptığı çalışma sonucunda tespit edilen evsel nitelikli atık kompozisyonu, söz konusu atıkların %65 organik, %23 kül-cüruf ve %12 geri kazanılabilir nitelikte olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalar periyodik olarak tekrarlanmadığı için evsel nitelikli geri dönüştürülebilir katı atık miktarı ve kompozisyonu hakkında güncel rakamlar verilememektedir. Ancak TÜİK verileri ile yerel yönetimlerin yapmakta olduğu katı atık analizleri değerlendirilerek hareket edildiğinde, geri dönüştürülebilir atık miktarının üç milyon ton/yıl seviyesinin üzerine çıktığı söylenebilir.²¹⁹

Gelecek nesillere yaşanabilir bir dünya bırakmak ve teknolojik gelişmelerin sürdürülebilmesi için, mevcut kaynakların uygun şekilde kullanılması, gelişim ve kalkınma süreçlerinde “sürdürülebilirliğin” ön plana çıkarılması arzu edilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma ya da gelişim modeli olarak da adlandırılan bu model, kalkınma ve gelişimin, bugünün ve yarının ihtiyaçları arasındaki dengenin korunarak yapılmasını hedeflemektedir. Endüstriyel Ekoloji ve Sürdürülebilir Kalkınma Modelinin amaçlarına ulaşabilmesi için, malzemelerin tekrar kullanılması, geri kazanımı ve geri dönüştürülmesi ve lüzumsuz ambalajlamadan kaçınılması ve ayrıca atıkların ortaya çıktıktan sonra temizlenmesi yerine, çevreyi koruma önlemlerinin üretim süreçlerine entegre edilmesi v.b. işlemler gerektirmektedir.²²⁰ Geri dönüşüme konu olan atıklar genel olarak:

- Sanayi Atıkları
- Evsel Atıklar
- Ambalaj atıkları

olmak üzere üç ana sınıfa ayrılmaktadır. Lojistik faaliyetlere konu olabilecek atıklar ise kaynakları itibarıyla sınıflandırılmaktadır. Buna göre:

- F (kaynağı bilinmeyen),
- K (belirli kaynaklardan gelen),
- P (ani zararlara yol açabilen),
- U (genel tehlikeli atıklar)

²¹⁸ Armağan B., v.d., a.g.e., s. 14.

²¹⁹ Müfide Banar, Aysun Özkan, “Kampüs Katı Atıklarının Karakterizasyonu ve Geri Kazanımı: Anadolu Üniversitesi Örneği”, **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 2005, Cilt: 6(2), s. 226.

²²⁰ Türkay Dereli, Adil Baykasoğlu, “Sürdürülebilir Kalkınma, Endüstriyel Katı Atıklar ve Gaziantep Örneği”, **Çevre Bilim & Teknoloji**, 2003, Vol:1 (4), s. 47-56.

olmak üzere başlarında yer alan kodlarla sınıflandırılmakta, dört ana gruba ayrılmaktadır.²²¹

Ülkemizde geri dönüşüm; Çevre Kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenmektedir. Bu yönetmelikler aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği,
- 2) Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği,
- 3) Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik,
- 4) Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği,
- 5) Bitkisel Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği,
- 6) Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği,
- 7) Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik,
- 8) Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğidir.

2.4.1. Geri dönüşüm sisteminin aşamaları

Evsel katı atıkların içindeki geri dönüştürülebilir malzemelerin önemli bir miktarını ambalaj atıkları olarak tanımlanan, yiyecek ve içecek ambalajlarında kullanılan metal, plastik ve cam atıklar ile kâğıt ve karton oluşturmaktadır. Bunun yanında kemik, tekstil parçaları da özel ayırma tesislerinde geri dönüştürülebilmektedir. Geri dönüşüm işlemleri aşağıdaki aşamaları içerir:²²²

a) Toplama: Atıkların geri dönüşüm süreci, ürünlerin tüketildiği anda başlar. Katı atık içindeki geri dönüştürülebilir bileşenler, hangi amaçla ve yöntemle geri kazanılacak olursa olsun, atıkların düzenli ve ekonomik bir biçimde belirli bir yerde toplanmasını gerektirir. İki temel toplamı yöntemi kullanılır, birincisi tüketiciye getirtme, diğeri de tüketiciden almaya yönelik sistemlerdir.

“Getirme” yöntemi, toplayıcı açısından pasif bir yöntemdir ve ağırlıklı olarak tüketicinin etkinliğine dayanmaktadır. Bireyler atıklarını belirli bir uzaklığı kat ederek toplama kumbaralarına, buy- back (geri satın alma) ya da ayırma / işleme merkezlerine getirirler. Toplayıcı organizasyon açısından, aktif bir işlem olan “alma” yönteminin de özel araçlar ve personel gerekmektedir. Tüketici tarafından ayrı olarak toplanmış atıklar, özel toplama bölgelerinden veya evlerden alınarak toplama merkezlerine taşınır.

²²¹ Murat Erdal, Ömer Faruk Görçün, Özhan Görçün, Mehmet Sıtkı Saygılı, **Entegre Lojistik Yönetimi**, 2008, Beta yayınları, 1. baskı, s.503-504.

²²² Yaman T., a.g.e., s.35-37.

Toplama ekipleri bu işi, genel çöpün toplanması sırasında veya onunla birlikte yapabilirler. Genel çöple birlikte ve karışık olarak “alınan” geri kazanılabilme potansiyeline sahip atıklar, nihai bertaraftan önce ayıklanarak içinden değerli bileşenler geri kazanılır. Her iki yöntemde de toplanacak maddelerin seçimi bölgedeki mevcut geri kazanma alt yapısının özelliklerine bağlıdır. Bu bağlamda konuyu üç farklı şekilde ele almak mümkündür.

- Tüm geri kazanılabilir maddeleri birlikte toplamak,
- Hammadde türü bazında tek tek toplamak,
- Seçilmiş belli sayıda geri kazanılabilir atığı birlikte toplamaktır.

Tüketiciler açısından bu seçenekler yukarıdan aşağıya doğru zorlaşmakta ve bu da katılımı olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Etkin geri kazanım için, geri toplanan malzemelerin işlenmeye uygun özellikler taşıması gerekir. Toplama sistemlerinde kullanılan dört temel seçenekler aşağıda sıralanmıştır:

- Depozitolu satış,
- Gönüllü katılım için özendirme,
- Ödüllendirme,
- Satın almadır.

Depozito uygulaması ile satın alınan ayırt edici özelliği, birim fiyatın birincide üretici ya da idari makamlarca “uygun görülmesi”, ikincide ise piyasa koşullarına serbest olarak belirlenmesidir. Ödüllendirme, belirli zamanlarda seçilen katılımcıların ödüllendirilmesi ile ilgili katılımın yüksek tutulmasına yöneliktir. Burada da ödülün miktarı ve sıklığı toplayıcı tarafından saptanır. Ancak ödüllendirme ile kalıcı bir başarı elde edilmesi mümkün değildir. Çünkü ödüllendirilen kişi sürekli ödülün artırılmasını bekler, beklediğini elde edemeyince toplama işini önemsemez olur. Bu nedenle en iyi ve kalıcı olan çözüm yolu insanların eğitilerek toplamayı sağlamaya yönelik “alışkanlık” kazandırılmasıdır. Yani “gönüllü alışkanlık katılımı” sağlanmasıdır.²²³

Son zamanlarda özellikle ambalaj atıklarının toplanması için geliştirilen bir toplama sistemi de *milk run*’dır. Bu sistemde, ürünlerin dağıtıldığı araçlar ürünü bir noktaya (perakendeciye) bıraktıktan sonra aynı noktadan ambalaj ve diğer

²²³ Lida Sheikhkanloymilan, *Eysel Kökenli Katı Atıkların İçinde Bulunan Yeniden Değerlendirilebilir Maddelerin Geri Kazanımı ve Ankara İli İçin Bir Değerlendirme*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2006, Ankara, s. 9.

kullanılabilecek materyalleri toplamaktadırlar. Bu sayede firma üretimde kullandığı ambalaj malzemesinin büyük bölümünün dönüşümünü sağlayabilmektedir.²²⁴

b) Ayırma: Geri dönüşüm amacı ile toplanan malzemelerin bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekil ve titizlikte ayrılmaları şarttır. Ayrıca, toplanan malzemenin içine karışmış durumda olan istenmeyen maddelerde bu aşamada elimine edilir. Ayırma şekilleri aşağıda sıralanmıştır.

1) *İlkel Ayırma:* Ülkemizde geri kazanılabilecek atıkların büyük bir kısmı çöp dökme sahalarından ve sokaklardan ilkel ve sağlıksız koşullarda toplanmaktadır. Geri kazanılabilecek maddeler bu sistemde fazla randımanlı olarak değerlendirilememekte ayrıca katı atık (çöp) miktarı ve hacmi de artmaktadır.

2) *Kaynakta ayırma:* Geri kazanılabilecek atıkların özel kaplarda daha kaynaktayken, tüketici tarafından ayrılarak biriktirilmesidir. Bu sistemde cam, metal, kâğıt ve tehlikeli atıklar (pil gibi) ayrı bir konteynerde, yemek artıkları ise ayrı bir konteyerde toplanır. Böylece toplanan atıklar birbirleriyle karışmadıkları ve kirlenmedikleri için ekonomik değerleri kaybolmaz. Kaynakta ayırma prosesi geri dönüşümü yapılacak maddenin fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirmeden kullanılabilesine imkân sağladığı için diğerlerine göre daha yaygın olarak tercih edilen bir sistemdir. Etkin bir geri kazanım ise, atıkların kaynakta ayrıştırılması ile mümkün olabilir. Kaynakta ayırma ile sağlanacak faydalar şöyle sıralanabilir.²²⁵

- Geri kazanılabilir malzemenin organik atıklarla karışmasını önlenerek, atıkların geri dönüşebilirlik oranı ve toplanan malzemenin kalitesi artırılır,
- Bertaraf edilecek atık miktarı ve hacim azaltılarak depolama sahalarının kullanım ömrünü uzatılır,
- Halkın çevre bilincinin artmasında olumlu rol oynar,
- Ekonomiye daha yüksek bir girdi sağlar,
- Taşıma maliyetlerini ve taşımadan kaynaklanan gürültü, hava kirliliği ve trafik gibi sorunları azaltır.

Kaynakta ayırma, A.B.D. ve Almanya gibi katılımın ve eğitimin yüksek, tüketicinin nispeten kolay motive olduğu gelişmiş yerlerde başarılı sonuçlar

²²⁴ Erdal M., v.d., a.g.e., s.512.

²²⁵ Ali Berkay, Ergün Pehlivan, "Konya Kent Merkezinde Yaşayanların Evsel Katı Atıkların Kaynağında Geri Kazanılabilirliği Konusundaki Eğilimlerinin Belirlenmesi", S.Ü. Müh-Mim. Fak. Derg., 1996, Cilt: 11(2), s.9.

vermektedir. Ayrıca çoklu toplama kumbaralarında, "getirtme" temelinde olmasına rağmen, bu kapsamda sayılabilir. Bugün dünyada en çok geri kazanmanın uygulandığı materyal kâğıttır.²²⁶

3) *Toplama sırasında ayırma*: Evlerden gelen çöplerden ayrı olarak özel bir kaptan toplanan birden fazla çeşit malzeme, toplama araçlarının özel bölmelerine boşaltılırken, işçiler tarafından ayrılabilir. Toplama hızını düşüren bu yöntem, araçların bu işe uygun tasarlanmış olmasını gerekli kılar. Bu ayırma yönteminin avantajı, sınıflandırılmış olan malzemenin sıkıştırılarak taşıma giderlerini minimize edilebilmesidir.

4) *Merkezde ayırma*: Birlikte toplanan geri kazanılabilecek malzemelerin getirildikleri merkezde ayrılmasıdır. Kontrollü olması açısından güvenilirdir. Bu ayırma elle yapılabilirdiği gibi miktarların büyüklüğü ve işçi ücretlerinin yüksekliği ile orantılı olarak mekanize²²⁷ ve hatta kompüterize bile olabilir. Geri kazanılabilecek malzemelerin depolama alanlarının veya genel çöp değerlendirme tesislerinin girişinde ya da içinde genel çöpten ayıklanıp sınıflandırılmaları da bu gruba girmektedir. Merkezde ayırma yöntemleri aşağıda sıralanmıştır.²²⁸

- **Hava Üfleme**: Bu yöntem, kâğıt ve plastik atıkların ağır organik ve inorganik atıklardan ayrıştırılması amacıyla kullanılır. Bacanın üstünden katı atıklar boşaltılırken bacanın altından hava verilmekte böylelikle kâğıt, plastik gibi hafif malzemeler bacanın üzerine çıkmakta ağır olan maddeler ise bacanın altına düşmektedir.
- **Elekte Ayırma**: İmha sahasına veya transfer istasyonuna getirilen katı atıklar elekten geçirilerek ebatlarına göre ayrıştırılır. Elekte ayıklama yöntemi bize o yörenin çöp bileşimi hakkında da bilgi verir.
- **Konveyörle Ayıklama**: Bu yöntemde hareketli bir band üzerine dökülen atıklar, bandın her iki tarafında bulunan işçiler tarafından ayırma tabi tutulur. Çeşitlerine göre ayırdıkları bu atıkları yanlarına konan konteynerlerde toplarlar.
- **Konteynerlerle Ayıklama**: Bu sistemde, toplanacak atıkların hacmine göre değişik büyüklükte ve kolaylıkla taşınıp transfer istasyonlarına veya katı atık uzaklaştırma sahalarına götürülecek cinsten konteynerler mahallelere belirli aralıklarla bırakılır.

²²⁶ Sheikhkanloymilan L., a.g.e., s. 37.

²²⁷ Yaman T., a.g.e., s. 35-37

²²⁸ Dalyancı H.L., a.g.e., s.20.

- Manyetik Ayıklama: Demirli maddeler katı atıkların öğütülmesinden sonra manyetik ayıklama ile geri kazanılır. Öğütülmüş katı atıklardan demiri kazanmak için başvurulan yöntemlerin en etkilisidir.

c) Değerlendirme: Temiz ayrılmış kullanılmış malzemelerin ekonomiğe geri dönüşüm işlemidir. Bu işlemde malzeme kimyasal ve fiziksel olarak değişime uğrayarak yeni bir malzeme olarak ekonomiye geri döner.

d) Yeni ürünü ekonomiye kazandırma: Geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulması aşamasıdır.

2.4.2. Değerlendirilebilir atıkların lojistiği

Değerlendirilebilir atıkların geri kazanılmasındaki lojistik yaklaşım iki ana sisteme ayrılabilir. Bunlar; Entegre edilmiş ve İlâve toplama/getir sistemleridir.²²⁹

a) Entegre toplama sistemleri: Entegre toplama sistemlerinde, geri kazanılabilir ve değerlendirilemeyen atıkların toplanması, beraber ya da ortak bir yapı içerisinde gerçekleştirilmektedir. En genel “Entegre Toplama Sistemleri” Tablo 2.2’de²³⁰ gösterilmiştir. Tablo aynı zamanda bu sistemlerin avantajlarını ve dezavantajlarını da göstermekte, gerekli donanımı vermekte ve bu sistemlerden hangilerinin Türkiye’de uygulandığını göstermektedir. Tüm entegre toplama sistemleri, atıkların evlerden toplanması üzerine kurulmuştur. Entegre toplama sistemleri genellikle ilâve toplama/getir sistemlerine göre daha pahalıdır. Avantajı ise yüksek toplama verimine sahip olmasıdır. Birçok entegre toplama sistemi, atıkların kaynakta (genellikle evlerde) ayrı toplanmasını hedefler. Atıkların evlerde ayrı toplanmadığı durumlarda, ayırma işleminin daha sonra transfer istasyonunda, ayırma tesisinde ya da depolama sahasında yapılması da mümkündür.

²²⁹ www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/evsel/16.doc, erişim tarihi; 25.02.2009, s.9-10, 21.08.2008

²³⁰ www.hurdamerkezi.com/.../evsel_kati_atiklarin_toplanmasinda_ve_tasinmasinda_ve_tehlikeli_atiklarin_tasinmasi_icin_uygun_teknoloji, erişim tarihi: 12.08.2008.

Tablo 2.2. Değerlendirilebilir atıkların ayrı toplanması ve ayrılması için entegre sistemler

Sistem	Açıklama	Avantaj	Dezavantaj	Gerekli araçlar / altyapı	Türkiye’de Uygulanması
Tek çöp kovası ile çalışan sistem	Karışık atık tek kovada toplandıktan sonra merkezi ayırma tesisinde ayrılır.	Evler için kolaydır.	Ayırma problemlerine bağlı yüksek gider ve değerlendirilebilir atıkların kalitesinin düşüklüğü (kir ve mekanik yıpranma)	Ayırma istasyonu	Yarı manuel ayırma tesisinde atık ayrımı: İzmir ve İstanbul Doğrudan depolama alanı üzerinde manuel atık ayırma (sıhhi depolama sahası olmayan belediyeler)
Değişik çöp kovası ile çalışan sistem	Her atık grubu için bir kova konulur.	Yüksek kalitede geri kazanım ve evler için kolay kullanım	Evler için fazla alan ihtiyacı ve ek kovalar için gider.	Ek kovalar, hassas sınıflandırma için ayırma istasyonu ve biyolojik atıklar ayrılırsa kompostlaştırma tesisi.	Yok
Çöp poşeti sistemi	Bir kova içindeki biyolojik atıkların toplanması, diğer tüm sınıf atıkların başka bir kovada toplanmasıdır.	Yüksek kalitede geri kazanım ve evler için kolay kullanım.	Toplama personeli için ağır bir iş, sıkıştırma kamyonları ile toplama yapılması ve poşetlere ek gider.	Atık poşetleriyle düzenli depolama ve ayırma istasyonları.	40’tan fazla yerde endüstri organizasyonu ÇEVKO kuruluşunun belediyelerle ortaklaşa gerçekleştirdiği küçük ölçekli pilot projeler mevcuttur.
Biyolojik atık için ayrı çöp kovası	Bir kovada biyolojik atıkların toplanması, kuru değerlendirilebilir bütün atıktürlerinin ikincide ve geri dönüşümü mümkün olmayan atıkların üçüncüde toplanmasıdır.	Yüksek kalitede kompost ve depolama ihtiyacının azalma verimi.	Biyolojik atık sıklıkla toplanmazsa koku ve hijyen problemleri ve sık toplama için yüksek gider.	Ek kovalar ve biyolojik atıkların hassas sınıflandırılmaları için ayırma istasyonları	Yok
Üç kova sistemi	Düşey ve yatay duvarlarla bölünen bir atık kovasındaki iki ya da çeşitli atık türlerinin toplanmasıdır.	Yüksek kalitede kompost, depolama ihtiyacının azalma verimi ve geri kazanımın yüksek kalitede olması.	Evler için fazla alan ihtiyacı, ek kovalar için gider, biyolojik atıklar sıklıkla toplanmazsa koku ve hijyen problemi, sık toplamamanın yüksek gideri ve evlerde yeterli bilgi gereksinimi.	Ek kovalar, ayırma istasyonu ve biyolojik atıklar aynı zamanda ayrılırsa kompostlaştırma istasyonu	Orta ve uzun dönemde İstanbul için öngörülmüştür
Bölümlere ayrılma çöp kovası		Evde ayırmanın kolaylığı, evlerde fazla alana ihtiyaç yoktur ve ek toplamaya gerek yoktur.	Toplama için yüksek el emeği, çeşitli kovaların gideri, iki bölümlü çeşitli araçların gideri ve evlerde yeterli bilgi gereksinimi.	Çeşitli atık kovaları, çeşitli toplama araçları ve hassas sınıflandırma için ayırma istasyonu	Yok

b) İlâve toplama/getir sistemleri: İlâve toplama/getir sistemlerinde, değerlendirilebilir atıklar, değerlendirilemeyen atıklar için uygulanan toplama sisteminden lojistik olarak bağımsız şekilde toplanmakta ya da tüketiciler tarafından getirilmektedir. Değerlendirilebilir atıklar için ilâve toplama/getir sistemleri, getir sistemlerinden ya da belediye çöp sistemlerinden bağımsız toplama şeklinde tanımlanabilir. İlâve toplama/getir sistemleri Tablo 2.3’de²³¹ avantaj ve dezavantajları

²³¹www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/evsel/16.doc, erişim tarihi; 25.02.2009, s.12.

ile açıklanmıştır. İlâve toplama/getir sistemleri genellikle entegre toplama sistemlerine göre daha ekonomiktir. Bu sistemler daha az altyapı ve malzeme gerektirdiğinden ve önceden belirlenmiş zamanlara bağlı olmadığından daha esnek bir yapıya sahiptir. Tüm ilâve toplama/getir sistemleri kaynakta aktif toplama ve halkın aktif katılımı üzerine kurulmuştur. Halk ilgili sistem tarafından toplanan fraksiyonları evde ayırmalı ve toplama noktasına getirmelidir (veya evden toplandığında, bildirilen zamanda toplanmaya hazır bırakmalıdır). Bu yaklaşımda halkın daha fazla çabası gerektiğinden, daha gelişmiş bir çevre bilincine ihtiyaç duyulmaktadır. Tüketicinin vereceği çabaları azaltmak için konteynerler ve geri dönüşüm alanları yeterli yoğunlukta kurulmalı ve yaya/otomobil ulaşımının kolay olması sağlanmalıdır. Buna ek olarak, halkın yeterli katılımını sağlamak amacı ile bilgilendirme kampanyaları gerçekleştirilmelidir. Buna rağmen ilâve toplama/getir sistemleriyle toplama genellikle entegre toplama sistemlerinin verimine ulaşamamaktadır (toplanan değerlendirilebilir atık yüzdesi olarak). Konteynerler üzerine kurulan getir sistemleri tüm *atık sınıfları* için uygun değildir. Bu sistemler yoğunluklarının yüksek olması nedeniyle cam ve kâğıt gibi atıklar için uygun olup diğer geri kazanılabilir atıklar için uygun olmayabilir. Örneğin, özellikle ekonomik değeri yüksek olan PET, PE, PP, alüminyum ve teneke gibi maddelerden yapılmış ambalajlar ile diğer değerli metaller, ev gereçleri ve tekstil artıklarının geri kazanımı ile ilgili işler genellikle ticari organizasyonlar /hurdacılar tarafından yapılmaktadır. Toplama veriminin entegre toplama sistem verimine göre daha düşük olması ve toplamanın bütün malzemeler için yapılamaması nedeni ile ilave toplama/getir sistemleri geri kazanılabilir atıkların toplanması için uygun bir sistem olarak görülmemektedir.

Tablo 2.3. Değerlendirilebilir atıkların ayrı toplanması ve ayrılması için getir sistemleri

Sistem	Açıklama	Avantaj	Dezavantaj	Gerekli araçlar / altyapı	Türkiye’de Uygulanması
Tek madde için merkezi toplama konteynerleri	Konteynerler tüketicilerin söz konusu maddeyi getirdikleri merkezi yerlere yerleştirilir ve konteynerler düzenli olarak toplanır ve boşaltılır	İyi kalitede atık madde ve evlerden toplamaya nazaran daha verimlidir.	Evler için rahat değil bu nedenle toplamaya nazaran daha az verimli, gürültü problemi(cam konteynerleri için),toplama yeterli sıklıkta değilse süprüntü problemi olur ve plastikler ve metaller için verimli değildir.	Konteyner kurulumu için yeterli alan,atık konteyneri, toplama araçları ve hassas sınıflandırma için ayırma istasyonları	Şişe Cam tarafından cam konteyner toplaması (sadece büyük şehirlerde, düşük konteyner yoğunluğu) ve Tetra Pak tarafından karton içecek kutularının toplanması (çok az sayıda ve yerde)
Tek madde veya çeşitli parçalar için merkezi geri kazanım alanları	Tüketici geri kazanılabilir atığı merkezi geri kazanım alanına getirir (atığın tipine göre ödeme karşılığı)	İyi kalite atık madde ekonomik toplama metodu,sıkıştırma suyunu boşaltma ile taşıma giderlerinin azalması,atık depoları transfer istasyonlarına ve benzer tesislere entegre edilmesi.	Kısıtlayıcı yasalara bağlı olarak Türkiye’de uygulanması zor, evler için rahat değil, düşük toplama, hijyen ve hasarat problemleri oluşabilir.	Yeterli alan, sıkıştırma ve suyunu boşaltma gereçleri ve sınıflandırma aletleri (bazı yerlerde)	Her şehirde hurda tüccarlarına bireysel olarak işletilen hurda alanları ve kâğıt, cam vb. üreten şirketlerin kullanılmış maddeyi kabul etmesi
Bir veya birkaç atık sınıfının evlerden ticari organizasyonlara toplanması	Atık belirli tarihlerde bu organizasyonlar arca toplanır ya da hurda tüccarları tarafından toplanır.	Evler için rahat,yüksek kalitede atık madde ve ekonomik toplama metodu.	Tüm geri kazanılabilen atıklar için verimli değil ve tüketici bilinçliliği ve yeterli bilgi önemlidir.	Yok	Tüm şehirlerde kâğıt ve metalin hurda tüccarları tarafından toplanması
Farklı maddeler için bölümlü merkezi toplama konteynerleri	Konteynerler tüketicilerin söz konusu maddeyi getirdikleri merkezi yerlere yerleştirilir; konteynerler düzenli olarak toplanır ve boşaltılır.	İyi kalitede atık madde,evlerden toplamaya nazaran daha verimli ve farklı maddeler aynı yerde boşaltılabilir (evler için, ayrı sistemlerden daha rahat)	Evler için rahat değil bu nedenle toplamaya nazaran daha az verimli, gürültü problemi (cam konteynerleri için),toplama yeterli sıklıkta değilse süprüntü problemi olur,plastikler ve metaller için verimli değil,bir bölüm dolarsa tüm konteyner alınmalıdır,tüketici bilinci ve yeterli bilgi çok önemlidir.	Konteyner kurulumu için yeterli alan, atık konteynerleri, toplama araçları ve hassas sınıflandırma için ayırma istasyonları	Sınırlı sayıda uygulama vardır (Ör: Carrefour – İstanbul)

2.5. Ambalaj Atıkları

Ambalaj, bir ürünün fabrikadan tüketiciye kadar ulaştırılması aşamalarında dağıtım zinciri olarak ifade edilen taşıma, depolama ve yükleme-boşaltma işlemlerinde, içerdiği ürünü koruyan ve üzerinde yer alan bilgilerle iletişim sağlayan optimum maliyetli kaplar ve/veya sargılar olarak tanımlanmaktadır.²³² Ambalajlama, mamulün depolanma ve taşınma özellikleri de dikkate alınarak, en elverişli malzeme seçilmesi ve belirli şekil verilmesi suretiyle ucuz ve tüketici ihtiyaçlarını en iyi karşılayacak şekilde paketlenmesi veya sarılması işlemidir. Ambalajın içerme fonksiyonu ürünü bir arada tutmaya; koruma fonksiyonu ise ürünü belirli bir süre (raf ömrü) fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik etkilerden korumaya yöneliktir. Aile yapısının küçülmesi, büyük marketlerin sayısının artması gibi nedenlerle, birim ambalajlar küçük miktarlarda ürün içermekte, bu durum ise ambalaj üretim hattının hızlı olmasını gerektirmektedir. Ambalajlama üretim hattının hızlı çalışması, hattın hızına uygun maddelerin kullanımını zorunlu hale getirmekte ve hat atıklarının azaltılması, zaman kaybının minimize edilmesi amacıyla yüksek performansta girdi seçimi gerekli olmaktadır. Ambalajda aranması gereken önemli husus, ambalajın ürüne uygun olması ve kullanım kolaylığıdır. Ambalajın kolay açılması, bir defada tüketilmeyen ürünlerin tekrar kullanımının sağlanması buna örnek olarak gösterilebilir. Ambalajlamada kullanılan ve ambalajın meydana gelmesine hizmet eden maddelere *ambalaj maddeleri* denir. Ambalaj maddeleri de ambalaj malzemeleri ve ambalaj yardımcı malzemeleri olarak ikiye ayrılabilir. Ambalaj malzemesi, ambalajın meydana gelmesi için gerekli olan mamulü örten, saran malzemelerdir. Kâğıt, karton, alüminyum ve teneke levhalar örnek olarak verilebilir. Yardımcı ambalaj malzemeleri ise ambalajın tamamlanması için gerekli etiket, çeşitli bantlar, ip, tutkal gibi malzemelerdir. Ambalaj sanayi tüketim ekonomilerinin ortaya çıkışı ve hızlı nüfus artışlarıyla doğru orantılı olarak önem kazanan bir faaliyet sektörüdür. Ambalaj sanayinin mallarına olan talep türev taleptir. Bu sektörün malları genellikle bir ara malı halinde diğer sektörlerde girdi olarak kullanılmakta, tamamlayıcılık özelliği taşımaktadır. Bu nedenle, ambalaj sektöründe üretilen mala olan talep, ambalajlanan mala olan talep değişimine paralellik izlemektedir. Bugünkü çağdaş ambalaj anlayışına uymasa bile, ambalajın 5000 yıldan beri kullanılmakta olduğu bilinmektedir. Milattan 3000 yıl önce, Mısırlılar, Fenikeliler,

²³² <http://www.cevreonline.com/atik2/ambalaj.htm>, erişim tarihi: 18.12.2008

İranlılar ve Türkler camları üfleyerek şişeler, sıvı gıdalar için küp ve kavanoz gibi kaplar yapabiliyor ve ambalajlama için bir tür papirüs kullanabiliyorlardı. Bu ilk ambalajların kullanıldığı çağlarda, toplum ihtiyaçları arttıkça kullanılan ambalaj türleri de çoğalmıştır. M.S. 105 yılında kâğıdın bulunuşu ve 12. yüzyıldan sonra üretim ve tüketimin hızla yaygınlaşması ve 15. yüzyılda Avrupa’da başlayan yenileşme hareketleri, ambalajın gelişmesini hızlandıran en önemli etkenlerdir. Bugünkü şekilde ambalajlamanın yapısı ve kapsamı, son 200 yılda sağlanan gelişmeler ve teknolojik yenilikler sonucu belirlenmiştir. 17. yüzyılda kâğıt torbalar, 19. yüzyılda teneke ve oluklu mukavva kutular, süt ve diğer sıvı içecek maddeleri için kaliteli cam şişeler ve diğer ambalaj türleri birbiri ardınca insanlığın hizmetine sunulmuştur.

Ambalajlar, kullanılan birçok ürünün bozulmadan uzun süre sağlıklı bir şekilde saklanması, taşıma ve kullanımda kolaylık ve ekonomi sağlanması, içinde bulunan ürünün tanıtılması amacı taşıyan ve genellikle yüksek verimde geri kazanılabilir olan atıklardır.²³³ Tablo 2.4’de ambalaj atık yönetmeliğine göre, ambalaj olarak kabul edilen ve edilmeyen maddeler sıralanmıştır.²³⁴

Tablo 2.4. Ambalaj Atıkları Yönetmeliğine Göre Ambalaj Olarak Kabul edilen ve edilmeyen ürünler

Aşağıdaki örnekler “ambalaj” olarak kabul edilirler.	Aşağıdaki örnekler “ambalaj” değildir.
- CD kutusuna sarılmış streç film, - Tek kullanımlık tabak ve bardaklar, - Satış yerlerinde doldurularak kullanılan yapışkan film, sandviç torbaları, alüminyum folyo ve benzeri malzemeler, - Hazır yiyecek ambalajları, - Su, maden suyu, meyve suyu şampuan, deterjan ve benzeri ambalajların kapakları, - Köpük, karton ve benzeri destekleyici malzemelere, - Yumurta viyolleri, - ve benzeri ürünler.	- Bitki saksıları, - Tamir, bakım aletleri gibi saklama kutuları, - Çay poşetleri, - Peynirin etrafındaki balmumu tabakası, - CD’nin içinde kendisiyle birlikte saklandığı kap, - Tek kullanımlık çatal, bıçak, kaşık , - Kapağın bir kısmını oluşturan rimel fırçası, - Ambalaja takılan yapışkan etiketler, - Ambalajlamada kullanılan plastik, metal ve benzeri şeritler , - Deterjanların içinde bulunan ve doz ölçmede kullanılan kaplar, - Alışveriş poşetleri , - Kargo ve kurye sektöründe kullanılan zarflar, plastik poşetler ve koliler, - ve benzeri ürünler.

Değişen tüketim alışkanlıkları, nüfus artışı, yükselen hayat standardı, ambalajlı ürün satışındaki artış ile birlikte katı atık kompozisyonu da değişmektedir. Ambalaj atıklarının şehir çöpleri içindeki oranı, gelişmişlik ve refah seviyesine göre artmaktadır. Örneğin; bu oran A.B.D. ve İrlanda’da %50’nin üstünde, Almanya, Norveç, Finlandiya

²³³ Yaman T., a.g.e., 2007, s. 31.

²³⁴ www.cevreonline.com/atik2/ambalaj.htm, erişim tarihi: 27.09.2008

ve Yeni Zelanda’da %33-50 arasında olup Türkiye’de ise kabaca %25’tir.²³⁵ Atık kompozisyonundaki değişim daha çok atığın içindeki kâğıt, karton, cam, plastik, metal gibi ambalaj atıklarının artmasındandır. Satın alınan pek çok ürünün kâğıt, metal, cam ve plastik ambalaj malzemesi ile sunulduğu dikkate alındığında, katı atıkların kaynağında ayrı toplanarak bu malzemelerin ekonomiye tekrar kazandırılması katı atık yönetiminin önemli bir adımıdır. Sağlıklı ve sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi, ambalaj atıklarının diğer atıklarla karışmadan kaynağında ayrı toplanması ve organize bir yapı içerisinde geri kazanım sürecinin gerçekleştirilmesini gerektirmektedir. Gelişmiş ülkelerde katı atık depolama alanına giden ambalaj atığı miktarını azaltmak için depolama vergisi alınmaktadır. Depolama vergisi arttıkça kaynakta ayrı toplamada artmaktadır.

1983 yılında çıkartılan 2872 sayılı Çevre Kanununda, 2007 yılında yapılan değişiklik ile ambalaj atıklarının kaynakta ayrı toplanmasının zorunluluğu getirilmiştir. Kanunun 11 inci maddesinde; atıkların geri kazanılması ve geri kazanılabilen atıkların kaynağında ayrı toplanmasının esas olduğu kabul edilmektedir. Ambalaj atıklarının toplanması konusundaki sorumluluklar ise 2004 yılında çıkartılan 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ile 2005 yılında çıkartılan 5393 sayılı Belediye Kanununda paylaştırılmıştır. Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği ambalaj atıklarının yönetimine ilişkin usul ve esasları belirlemektedir. Yönetmeliğin amacı; belirli özelliklere sahip ambalajların üretimi, ambalaj atıklarının çevreye vereceği zararın önlenmesi, ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, önlenemeyen ambalaj atıklarının tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yolu ile bertaraf edilecek miktarının azaltılması ve ambalaj atıklarının belirli bir sistem içinde kaynağında ayrı toplanması, taşınması, ayrıştırılması konularında teknik ve idari standartların oluşturulması için gerekli prensip, politika ve programlar ile hukuki, idari ve teknik esasların belirlenmesidir.²³⁶ Yönetmelik evsel, endüstriyel, ticari ve işyeri olmasına bakılmaksızın yurt içinde piyasaya sürülen,

- Plastik
- Metal
- Cam

²³⁵ M.Talha Gönüllü, “Ambalaj Atıklarının Sürdürülebilir Geri Dönüşümü ve Tüm Taraflarla Birlikte Belediyelere Düşen Görevler”, T.C. Marmara ve Boğazları Belediyeler Birliği, Marmara Sürdürülebilir Kalkınma Platformu, Temmuz 2009, s.2.

²³⁶ Çevre ve Orman Bakanlığı/Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü/Atık Yönetimi Dairesi/Ambalaj Atıkları Şube Müdürlüğü

- Kâğıt-karton
- Kompozit ve benzeri malzemelerden yapılmış bütün ambalajları ve bu ambalajların atıklarını kapsamaktadır. Yönetmeliğe göre, ambalaj atıklarının ekonomiye kazandırılmasında sorumlu olan kuruluşlar:

A) Ekonomik İşletmeler

1) Ambalaj Üreticileri

2) Piyasaya Süren İşletmeler

B) Satış Noktaları

C) Ambalaj Atığı Üreticileri

D) Lisanslı İşletmeler

E) Yetkilendirilmiş Kuruluş

F) Belediyeler

G) İl Çevre ve Orman Müdürlükleri ve

H) Çevre ve Orman Bakanlığıdır.

Şekil 2.3’de²³⁷ ambalaj atıklarının yaşam döngüsü verilmektedir.



Şekil 2.3. Ambalaj Atıklarının Yaşam döngüsü

²³⁷ Emine Aydınoglu, “Ambalaj Atıklarının Kaynakta Ayrı Toplanması”, Türkiye’de Ambalaj Atıkları Yönetimi ve Uygulamaları Eğitim Semineri, 6-7 Aralık Erzurum, s.14.

Aşağıda, ambalaj atıklarının ekonomiye kazandırılmasında etkili olan kuruluşların görevleri ele alınacaktır:

1) Ambalaj üreticileri: Ambalajın tasarım aşamasından başlayarak, çevreye en az zararı verecek şekilde ambalaj üretmekle ve ürettiği ambalaj malzemesinin tekrar kullanıma, geri dönüşüme ve/veya geri kazanıma uygun olacak şekilde tasarlamakla ve ambalaj atıkları yönetimi kapsamında tüketicileri bilgilendirici eğitim faaliyetleri yapmakla yükümlüdürler.

2) Piyasaya sürenler: Ambalaj atıklarının toplanması ile ilgili yükümlülükleri, Tablo 2.5’de belirtilen geri kazanım oranları hedefini sağlamak amacıyla piyasaya sürdükleri ürünlerin ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması için belediyeler ve lisans almış olanla birlikte sözleşmeler yapmakla, yapılan sözleşmeler doğrultusunda hazırlanan ve belediyeler tarafından Bakanlığa sunulan ambalaj atıkları yönetim planına göre; ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılması konularında tüketicileri ve belediyeleri bilgilendirici eğitim faaliyetlerinde bulunmakla ve ilgili harcamaları karşılamakla ve belediyeler tarafından Bakanlığa sunulan ambalaj atıkları yönetim planına göre; ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması, geri dönüştürülmesi ve geri kazanılması konusunda yürütülen çalışmalarla ilgili harcamaları karşılamakla yükümlüdürler.

Tablo 2.5. Ambalaj Atıkları Yönetmeliğine Göre Yıllık Geri Kazanılması Hedeflenen Ambalaj Atık Oranları

Yıllar	Malzemeye Göre Yıllık Geri Kazanım Hedefleri (%)			
	Cam	Plastik	Metal	Kağıt/ Karton
2009	36	36	36	36
2010	37	37	37	37
2011	38	38	38	38
2012	40	40	40	40
2013	42	42	42	42
2014	44	44	44	44
2015	48	48	48	48
2016	52	52	52	52
2017	54	54	54	54
2018	56	56	56	56
2019	58	58	58	58
2020	60	60	60	60

3) Satış noktaları: Toptan ve/veya perakende olarak ambalajlı ürünlerin satışını yapan iki yüz metrekareden büyük kapalı alana sahip mağaza, market, süpermarket,

hipermarket ve benzeri satış yerleridir. Satış noktalarının yükümlülükleri ise; Ambalaj atıklarının ayrı toplanmasını sağlamak ve tüketicileri bilgilendirmek üzere ambalaj atığı toplama noktaları oluşturmak; ambalaj atıklarını, belediyenin ambalaj atığı toplama planı doğrultusunda sözleşme imzaladığı lisanslı toplama ayırma tesisine bedelsiz vermekle ve Bakanlıktan kod numarası almamış işletmeleri tespit ederek Bakanlığa bildirmekle ve bu işletmelerin ürünleri satmamakla yükümlüdürler.

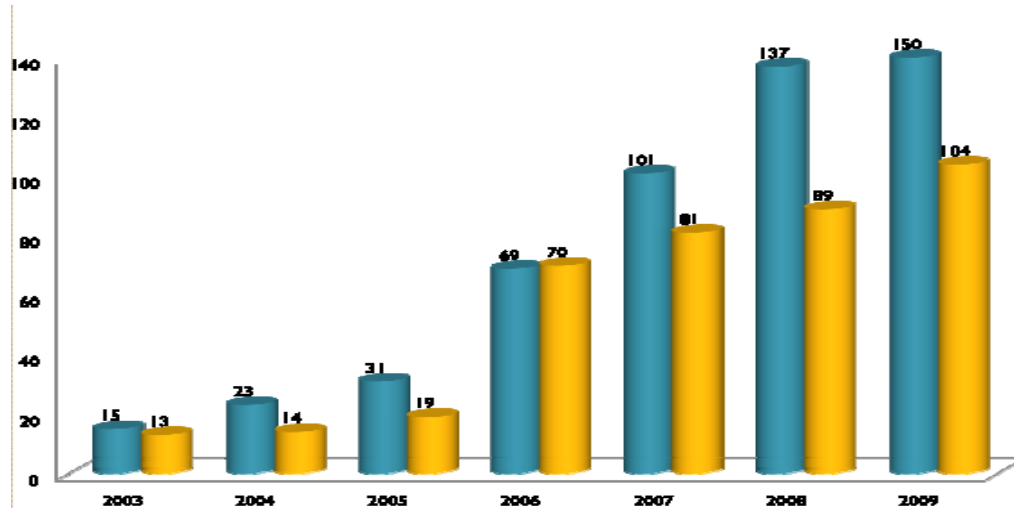
4) Ambalaj atığı üreticileri (Tüketiciler): Ambalajlı ürünü kullanarak ambalaj atığının oluşumuna sebep olan tüketiciler, nihai kullanıcılar, satış noktaları ve benzeri kişiler ambalaj atığı üreticileridir. Ambalaj atıkları:

- Apartmanlar, site yönetimleri,
- Okullar, kamu kurum ve kuruluşları,
- Hastaneler,
- Oteller, lokantalar ve büfeler,
- Şehirlerarası otobüs terminalleri, organize sanayi bölgeleri, sanayi siteleri, serbest bölge yönetimleri,
- Marketler, satış noktaları, fabrikalar, iş ve alışveriş merkezlerinde oluşur. Ambalaj atığı üreticileri, ambalaj atıklarını, ilgili oldukları belediyeler tarafından hazırlanarak bakanlığa sunulan ambalaj atığı yönetim planı doğrultusunda belirlenen toplama sistemine uygun olarak biriktirmekle ve bedelsiz olarak belediyenin toplama sistemine vermekle yükümlüdürler.

5) Lisanslı işletmeler: Ambalaj atıklarını geri kazanmak isteyen gerçek ve tüzel kişiler bakanlıktan lisans almak zorundadırlar. Amaç, ambalaj atıklarını toplayan, ayıran ve geri dönüştüren tesislerin belirli bir disiplin altında çalışmalarını sağlamaktır. Lisans, toplama-ayırma tesisi lisansı ve geri dönüşüm tesisi lisansı olmak üzere iki şekilde verilmektedir. Toplama ile ayırma mevcut uygulamada birbirine bağlı olarak yürütülmektedir. Bu uygulamanın ilk etapta bu şekilde yapılamayışının nedeni, ambalaj sektörünün altyapı kapasitesinin henüz istenen seviyeye gelmemiş olmasıdır. Lisans başvurularında en fazla 6 ay süre ile geçici çalışma izni verilir. Lisans uygulaması ilk olarak 2003 yılında başlatılmıştır. 2003'ten 2007'ye kadar olan dört yıllık süreçte Bakanlık tarafından 2003 yılında lisanslandırılan 15 ayırma tesisinin sayısı, 2007 yılı itibarıyla 81'e yükselmiştir. Şekil 2.4'de²³⁸ 2009 yılı itibarıyla, Türkiye'de ayırma ve

²³⁸ Aydınoglu E., a.g.e., s.12.

geri dönüşüm tesis sayıları ve Şekil 2.5’de da bu tesislerin illere göre dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Türkiye’de Ayırma ve Geri Dönüşüm Tesis Sayıları



Şekil 2.5. Geri Dönüşüm Tesislerinin İllere Göre Dağılımı

Lisanslı işletmeler toplama ayırma tesisleri ve geri dönüşüm tesisleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Bu tesislerle ilgili açıklamalar aşağıda verilmiştir:²³⁹

a) **Toplama Ayırma Tesisi:** Her malzemenin sevk edileceği geri dönüşüm tesisi farklı olduğundan ayırma tesislerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayırma tesislerine karışık olarak getirilen ambalaj atığı; kâğıt, cam, metal, plastik ve kompozit olmak üzere 5 temel gruba ayrılır. 5 temel grup içindeki ambalaj atıkları da alt gruplara ayrılmalıdır. Örneğin ayırma tesisine getirilen karışık ambalaj atığı içindeki plastik ambalaj atıkları, 5 farklı malzeme türüne (PET, PE, PP, PS, PVC) ayrılarak, geri dönüşüm sanayine sevk edilmektedir. Çünkü her malzeme alt grubunun geri dönüşüm tekniği farklılık göstermektedir. Toplama- Ayırma tesisleri ikiye ayrılır. Bunlar:

- **Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi:** Günlük 6 ton malzeme ayırma kapasiteli küçük ölçekli ayırma tesislerinin yaklaşık maliyeti bina hariç, elektrik donanımı dâhil 60.000 \$ civarındadır. Bu tip bir ayırma tesisi için yaklaşık 500 m² kapalı alanlı (12 * 40 m.) bir bina yeterli olur ve 1 ustabaşı, 5 ayırma elemanı olmak üzere toplam 6 kişilik personele ihtiyaç vardır.
- **Orta Ölçekli Ayırma Tesisi:** Tek vardiyada 10 ton malzeme ayırma kapasiteli orta ölçekli ayırma tesisinin maliyeti bina hariç, elektrik donanımı dâhil yaklaşık 110.000 \$ dır. Bu tesis için yaklaşık 1.000 m² kapalı alanlı bir bina yeterli olabilmektedir. Bu sistemde tesis içinde 1 ustabaşı, 7 işçi olmak üzere toplam 8 kişilik personele ihtiyaç vardır.

Ayırma tesislerine getirilen ambalaj atıkları, yükleme bandı vasıtasıyla ayırma bandına alınır. Bandın iki yanında her biri ayrı bir malzeme grubunu ayırmakla görevli personel bulunmaktadır. Ayırma personeli, bant üzerinden geçen ambalaj atıklarını türlerine göre ayırmakta ve bandın altında bulunan bölmelerde biriktirmektedirler. Bölmelerde biriken ayrılmış ambalaj atıkları presleme ünitesine alınır. Preslenen ambalaj atıkları türlerine göre istiflenir ve ilgili geri dönüşüm tesisine sevk edilmek üzere depolanırlar.

b) **Geri Dönüşüm Tesisi:** Toplanan, ayrıştırılan ambalaj atıklarının geri dönüşüm tesislerine gönderilerek ekonomiye tekrar kazandırılması sağlanmaktadır. Geri dönüşüm tesisleri de Bakanlıktan lisans almak zorundadırlar. 2003 yılında başlatılan lisans uygulamasının dört yıllık sürecinde 13 olan geri dönüşüm tesisi sayısı, 2009 yılı

²³⁹ <http://www.cevko.org.tr/cevko/Ic-Sayfa/Lisansli-Firmalar/Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 21.09. 2009

itibariyle 111'e yükselmiştir. Bu geri dönüşüm tesislerinin ambalaj atıklarına göre dağılımı; Plastik-76 tesis, Kâğıt-23 tesis, Cam-7 tesis, Alüminyum-1 tesis ve Kompozit-4'tesistir. Sayısal olarak ilk sırayı plastik geri dönüşüm tesisi almaktadır. Bu, plastik ambalajın malzeme türünün PET, PE, PP, PS olmak üzere çok çeşitli olmasından ve mevcut tesislerin de irili ufaklı küçük kapasiteli olmasından kaynaklanmaktadır. Bir geri dönüşüm tesisini çalıştırma maliyeti, tüm geri dönüşüm sisteminin etkinliğine bağlıdır. Daha açık bir ifade ile yüksek maliyetlerle kurulacak bir geri dönüşüm tesisinin kârlılığı burada işlenecek ürünlerin hacmine bağlıdır. Aynı zamanda yeniden işlenebilir ürün kaynaklarının da belli hacimde olması gerekir.²⁴⁰

6) Yetkilendirilmiş kuruluş: Piyasaya sürenler, geri kazanım hedeflerinin yerine getirilmesi, bunlara yönelik gerekli harcamaların karşılanması, eğitim ve ilgili diğer faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için bir araya gelerek kâr amacı taşımayan tüzel kişiliğe haiz bir yapı oluşturarak Bakanlık ile gönüllü anlaşma yapabilirler. Tüzel kişiliğe haiz yapının Bakanlıkça yetkilendirilmesini müteakiben, bu yapıyla sözleşme yapan ve yapıya karşı yükümlülüklerini yerine getiren ve harcamalara katılan piyasaya sürenler, yükümlülüklerini bu kuruluşa devredebilirler. Satış noktaları da yükümlülüklerini yerine getirmek amacıyla yetkilendirilmiş kuruluşa üye olabilirler. Türkiye'de faaliyet gösteren yetkilendirilmiş kuruluş ÇEVKO (Çevre Koruma ve Ambalaj Atıklarını Değerlendirme Vakfı İktisadi İşletmesi)'dur. ÇEVKO Vakfı, Türkiye'de ambalaj atıklarının ekonomik ve düzenli geri kazanımı için sanayi, yerel yönetim ve tüketicilerin katkı ve katılımları ile sürdürülebilir bir geri kazanım sisteminin kurulmasına katkıda bulunmak amacıyla, 1 Kasım 1991'de, 14 önde gelen sanayi kuruluşunun girişimleri ile kurulmuş, kâr amacı gütmeyen bir vakıftır.

7) Belediye: Yapılan mevzuat çerçevesinde büyükşehir belediyelerinde atıkların toplanması konusunda ilçe ve ilk kademe belediyeleri sorumlu iken, bertarafı büyükşehir belediyelerinin sorumluluğuna bırakılmıştır.²⁴¹ Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği doğrultusunda belediyeler ambalaj atıklarını kaynağında ayrı toplamak veya toplattırmakla yükümlüdürler. Büyükşehir belediyeleri, ambalaj atıklarının düzenli depolama sahalarına kabul edilmemesi için gerekli önlemleri alır. İlçe ve ilk kademe belediyeleri tarafından yürütülen çalışmalarda koordinasyonu sağlar ve ilçe ve ilk kademe belediyeleri tarafından hazırlanan ambalaj atığı yönetim planı

²⁴⁰ Birdoğan B., a.g.e., 2003, s.35.

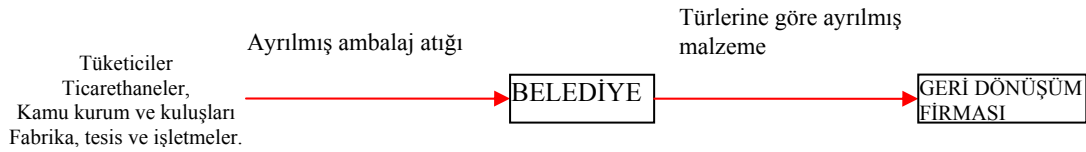
²⁴¹ Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, "Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012)", Mayıs 2008, Ankara

doğrultusunda yürütülen çalışmaları destekler.²⁴² Belediyeler bu yükümlülüklerini yerine getirebilmek için iki farklı yöntemden faydalanabilirler. Bunlar:²⁴³

a) Belediyelerin Ambalaj Atıklarını Toplaması veya Toplattırması: Bu yöntemde belediyeler sınırları içinde oluşan ambalaj atıklarını ya kendileri toplarlar ya da lisanslı Toplama Ayırma Tesisi (TAT) ile işbirliği kurarak toplattırır ve Geri Dönüşüm Tesislerine (GDT) gönderirler. Belediyeler kaynağında ayrı toplama işini kendi yapacak ise:

- Ayırma tesisi kurmalı ve bu tesis için bakanlıktan lisans almalıdır,
- Toplama ekipmanını temin etmeli,
- Toplama operasyonunu gerçekleştirmek için ambalaj atığı toplama araçları temin etmeli,
- Okullarda eğitimleri gerçekleştirmeli,
- Tüketicileri bilgilendirme faaliyetleri düzenlemeli,
- Bilgilendirme amacıyla afiş, broşür vb. materyaller dağıtmalı,
- Toplayıp, ayırma tesisinde ayırdığı malzemelerin geri dönüşüm sanayine sevkini sağlamalıdır.

Belediye Lisanslı bir TAT Firması ile işbirliği yapacak ise yukarıdaki görevlerinden toplattırma işini TAT firmasına yaptırır. Okullarda eğitim, tüketiciyi bilgilendirme ve afiş broşür sağlama işlerini ambalaj üreticileri ve piyasaya sürenler ile yapar. Şekil 2.6'da belediyenin ambalaj atıklarını toplaması durumu şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Belediyenin Ambalaj Atıklarını Toplaması Durumu

b) Belediye-Lisanslı Firma-Yetkilendirilmiş Kuruluş Ortak Çalışması ile Toplattırma: Bu çalışma yönteminde ise Belediye, Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan

²⁴² Aydınoglu E., s.9.

²⁴³ www.cevko.org.tr/cevko/Ic-Sayfa/Lisansli-Firmalar/Calisma-Yontemleri.aspx, erişim tarihi: 09.10.2008

ambalaj atıklarının toplanması ve ayrılması konusunda lisans almış firmalar ve yetkilendirilmiş kuruluşlar ile işbirliği yapabilirler. Buna göre, belediye öncelikle toplama ayırma işini yapacak lisanslı firmayı uygun yöntemlerle belirler. Belediye, lisanslı firma ve yetkilendirilmiş kuruluş (ÇEVKO) arasında yapılacak sözleşme ile üst kısımda sıralanan sorumlulukların paylaşımı sağlanır. Şekil 2.7’de Belediye-Lisanslı Firma-Yetkilendirilmiş Kuruluş Ortak Çalışması durumunda, ambalaj atıklarını toplaması şematik olarak gösterilmektedir.



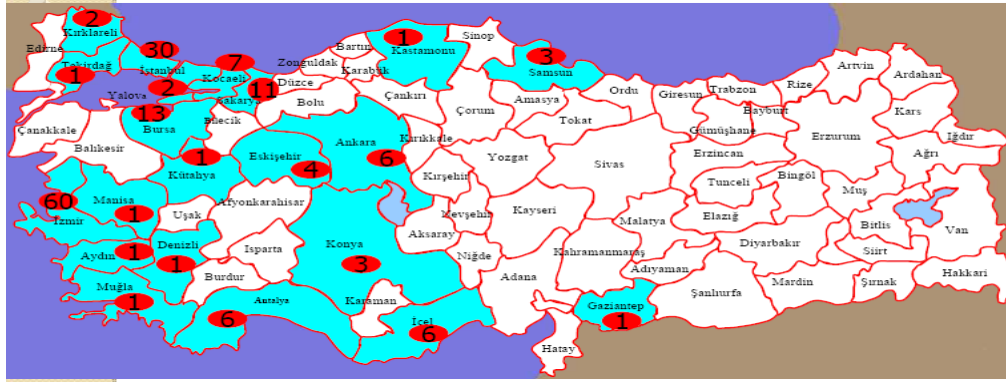
Şekil 2.7. Belediye-Lisanslı Firma- Yetkilendirilmiş Kuruluş Ortak Çalışması Ambalaj Atıklarını Toplaması Durumu

Belediye-Lisanslı Firma- Yetkilendirilmiş Kuruluş ortak çalışması ile ambalaj atıklarının toplanması durumunda sorumluluk paylaşımı aşağıdaki gibi olur:²⁴⁴

- Bölge seçimi ve projelerin oluşturulması: Belediye+ÇEVKO
- Tanıtım ve bilgilendirme: Belediye+ÇEVKO
- Toplama (araç temini+personel+ekipman): ÇEVKO desteğinde lisanslı firma
- Malzeme değerlendirme+belgelendirme: ÇEVKO desteğinde lisanslı firma
- Eğitim çalışmaları: Belediye+ÇEVKO+Bakanlık

²⁴⁴ Murat Karayılan, “Manisa Belediyesi Geri Kazanım Projesi”, Türkiye’de Ambalaj Atıkları Yönetimi ve Uygulamaları Eğitim Semineri, 6-7 Aralık Erzurum s.4.

Türkiye genelinde kaynağında ayrı toplama çalışmaları 21 ilde, ambalaj atıkları yönetmeliğin tanımladığı şekilde yürütülmektedir. Şekil 2.8'de²⁴⁵ söz konusu olan 21 il gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Ambalaj Atığı Onaylanan Belediye Sayısı (2009)

8) İl çevre ve orman müdürlükleri: Ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması için belediyeler, piyasaya sürenler ve yetkilendirilmiş kuruluşlar arasında koordinasyonu sağlar ve toplama ayırma ve geri dönüşüm tesisi lisans başvuru dosyasının, tamamlanmasını sağlayarak Bakanlığa gönderir. Ambalaj atıklarının toplanmasında ve geri dönüşüm tesislerine gönderilmesinde gerekli olan tüm denetimleri yapmakla yükümlüdür.

9) Çevre ve orman bakanlığı: Ambalaj atıklarının toplanması, tekrar kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı ve bertarafına ilişkin program ve politikaları saptamakla, TAT tesislerine lisans ve geçici çalışma izni vermekle, GDT tesislerine lisans vermekle, piyasaya sürülen ambalajların üzerine yazılmak üzere kod numaralarını vermekle ve belediyeler tarafından bakanlığa sunulacak olan ambalaj atıkları yönetim planına ilişkin esasları belirlemekle görevli ve yetkilidir.

2.5.1. Ambalaj atıkların geri kazanımında ekonomik araçların belirlenmesi

Geri kazanım işlemi, çevresel öneminin yanı sıra ekonomik açıdan da değer taşır. Gelişmiş batı ülkelerinde ve ülkemizde giderek büyüyen ve kurumsallaşan bir geri kazanım sektörü ortaya çıkmaya başlamıştır. Geri kazanılabilir maddelerin pazarında talep sabit değildir. Bu tür maddelerin güvenilir bir biçimde temini arttıkça, talep de

²⁴⁵ Emine Aydınoglu, "Türkiye'de Atık Yönetimi ve Endüstriyel Atıklar", AB Sürecinde Türkiye'de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Mayıs 2009, Ankara.

büyük ölçüde gelişir. Geri kazanım sisteminin geliştirilebilmesi için, tüketicinin motive edilmesi, toplama, ayırma, değerlendirme ve pazarlama aşamalarında kullanılmak üzere kaynak yaratılmalıdır. Endüstriyel altyapının oluşturulması, geri kazanım ve tekrar işlenmiş ürünlerin tekrar pazarlanabilmeleri için, araştırma ve geliştirme maliyetleri de dikkate alınmalıdır. Olaya sadece maliyetler açısından yaklaşmak yeterli değildir. Tarafların tümü (üretici, tüketici, kamu ve yerel yönetimler) konuya kendi ölçülerinde katkıda bulunmalıdırlar. Ancak bu şekilde gerçekleştirilecek geri kazanım, daha ekonomik bir temele oturtulabilir.²⁴⁶

Bakanlık verilerine göre belediyeler bütçelerinin %40'ını, atık toplama ve depolama hizmetlerini de içeren temizlik işleri için kullanmaktadırlar. Buna karşılık bu hizmetler karşılığında elde ettikleri vergi ve diğer gelirleri çok düşük düzeydedir. Ülkemizde “kirleten öder” prensibinin doğrudan uygulanabildiği tek alan, tıbbi atıklardır. Tıbbi atıklar genellikle belediyeler tarafından toplanmakta, atık bedelleri de her ilin Mahalli Çevre Kurulu tarafından belirlenmektedir. Belediye kaynaklarının yetersizliği karşısında, 1993 tarihli bir düzenleme ile belediyelerin atık toplama hizmetlerinden yararlanan konut, işyeri ve diğer binaların kullanıcıları için çevre temizlik vergisi konulmuştur. Ancak, toplanan bu vergilerin ilgili oldukları hizmetlere yönelik kullanılması için de herhangi bir zorunluluk getirilmemiştir. Çevre ve Orman Bakanlığının değişik veri kaynaklarından yararlanarak yaptığı hesaplamalara göre, orta vadede evsel atıkların toplanması ve bertarafı için birim maliyet 40 \$/ton'dur. Buna karşılık hane başına tahakkuk eden vergi 15 \$'dır. Bir hanenin yılda 1.5 ton atık ürettiği varsayıldığında, ton başına 10 \$ vergi tahsil edilmektedir. Küçük belediyelerde bu oranın daha da düşük olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla belediyelerin büyük çoğunluğu için işletme maliyetlerinin dahi sadece bir bölümünü karşılayan bu vergilerle atık yatırımlarının finanse edilmesi mümkün değildir. Belediyelerce yürütülen atık hizmetlerinin finansmanında çevre temizlik vergisi yerine, atık üreten kişi ve kuruluşlarca üretilen atığın niteliği ve miktarı ile orantılı olarak ödenecek ücretlerin belediye meclislerince ya da tıbbi atıklarda olduğu gibi İl Mahalli Çevre Kurullarınca karara bağlanması ve tahsilâtların bu tarife üzerinden gerçekleştirilmesi daha rasyonel olacaktır.²⁴⁷

²⁴⁶ Yaman T., a.g.e., 2007., s. 37.

²⁴⁷ Sayıştay Bakanlığı Performans Denetim Raporu, “Türkiye’de Atık Yönetimi”, Ocak 2007, s. 22-27.

Marka sahipleri; piyasaya sürdükleri ürünlerin, kullanım sonucu oluşan ambalaj atıklarını Tablo 2.5’de verilen hedefler doğrultusunda toplanmasını ve geri kazanılmasını sağlamakla ve bunlarla ilgili masrafları da karşılamakla yükümlüdürler. Masraf; piyasaya sürmüş oldukları ambalaj atıklarının kaynakta ayrı toplanmasını, uygulanan sistemler hakkında tüketicilerin bilgilendirilmesini, eğitim çalışmalarının yürütülmesini yani ambalaj atığı yönetim planının desteklenmesini ifade etmektedir. Ambalaj atığı yönetim planının sürdürülebilir bir şekilde uygulanabilmesi için belediye (ki bunun taşeronu uygulamada lisanslı toplama ayırma tesisi olmaktadır), tüketici ve piyasaya süren üçgeninin ayakları yere sağlam olarak basmalıdır. Lisanslı işletme plana uygun toplama yapmalı, ambalaj atığı üreticileri bu plana uygun olarak atıklarını biriktirip sisteme vermelidir. Sistem mali boyuttan bakılınca kendi kendini döndürememektedir. O zaman tanımlanan bu sistemin sürdürülebilmesi için piyasaya sürenin bunun bedelini ödemesi gerekmektedir. Yönetmelikte de bu şekilde tanımlanmış piyasaya sürenlere bazı yükümlülükler verilmiştir. Piyasaya sürenlerden, bir belgeleme dosyası hazırlanarak, bu dosyanın kendileri tarafından her yıl Bakanlığa gönderilmesi istenmektedir. Bu belgeme dosyasında o yıl ambalaj atıklarının toplanması için gerçekleştirdikleri eğitim faaliyeti, kaynakta ayrı toplama faaliyeti ve bunlara ilişkin belgeler yer almaktadır.

Söz konusu piyasaya süren işletmelerin, bu faaliyetleri bireysel olarak yerine getirmelerinin zor olacağı dikkate alınarak, diğer ülke uygulamalarında olduğu gibi, bir endüstri kuruluşunun oluşumuna da yönetmelikte yer verilmiştir. Piyasaya sürenlerin, yükümlülüklerini daha etkin bir şekilde yerine getirebilmeleri amacıyla, bir araya gelerek kâr amacı taşımayan tüzel kişiliğe haiz bir yapı oluşturabilmelerine imkân tanınmıştır. Türkiye’de de daha önce bahsedildiği üzere buna benzer bir organizasyon kurulmuştur. Bu organizasyon, Bakanlıktan yetki alan ÇEVKO’dur.²⁴⁸

2.5.2. Geri dönüştürülebilir ambalaj maddeleri

Refah düzeyi ile atık miktarındaki artış tam olarak paralellik göstermemektedir. OECD raporuna göre en çok atık üreten on ülke (kilo/kışı/yıl); ABD - 721, Hollanda – 497, Norveç-472, Macaristan-463, İsviçre- 441, Japonya-411, İsveç-374, Türkiye/İtalya-353, İngiltere-348 Belçika-343 tür. Evsel atıklardan geri kazanılabilir

²⁴⁸Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, “Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012)”, Mayıs 2008, Ankara, s.17-31.

ürünlerin ayırt edilmesine yönelik bir katı atık yönetim tesisin başarı derecesi kazanılmış malzemelerin satılabilme ya da yeniden kullanılabilme oranı ile ölçülebilmektedir. Evsel atığın kompozisyonu ve o kompozisyondaki bileşenlerin %'leri değiştiği için elde edilen ürünlerin yüzdeleri de değişmektedir.²⁴⁹ Türkiye'nin çeşitli illerinde belediyeler ve özel şirketler tarafından yapılan analiz sonuçları Tablo 2.6'da verilmiştir.

Tablo 2.6. Çeşitli Şehirlerden Özet Bilgiler

	Antalya (%)	Bursa (%)	Diyar-bakır (%)	İzmir (%)	Trabzon (%)	Rize (%)
Organik	64	71	54	55	79	84
Değerlendirilebilir kuru atık	35	22	26.5	33	19	14
Kâğıt	19	10	8	12	5	4
Plastik	8	7	8	12	10	5
Cam	2	2	3	4	1	1
Metal	2	1	6	3	2	3
Tekstil	2	2	1,5	2	1	1
Diğer	1	7	19,5	12	2	2
Toplam	100	100	100	100	100	100

Pazarda satabilen ve yeniden kullanılabilen ambalaj atıkları; Kâğıt, cam, plastik, metal ve kompozit içerikli ambalaj atıklarıdır. Bu ambalaj atıklarına ilişkin özelliklerden aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

2.5.2.1. Kâğıt ambalajlar

Hızlı nüfus artışı, konforlu hayat şartlarının gelişmesi, şehirleşme, okuma alışkanlığının artması, matbaacılığın ve ambalajlama sanayisinin gelişmesi, kâğıt-karton tüketimini artırmaktadır. Kâğıt, tarihin ilk yıllarından beri kültür iletişimini sağlamak maksadı ile kullanılmaktadır. Kâğıdın tarihi M.Ö. 3. yüzyıla kadar inmektedir. Kâğıdın bugünkü anlamda üretimi 17. yüzyılda başlamıştır. Sanayileşmenin ve kültür faaliyetlerinin artması ile kâğıdın basın yayın faaliyetleri yanında, ambalaj sanayinde de yaygın olarak kullanılması, kâğıt tüketimin hızlı bir şekilde artmasına sebep olmuştur.²⁵⁰ Kâğıt-karton en çok kullanılan ambalaj malzemesi türüdür.

²⁴⁹ Yıldırım M., a.g.e., 1999, s. 129.

²⁵⁰ Ahmet Demir, "Atık Kâğıdın Geri Dönüşümü ve Ülke Ekonomisine Net Katkısı", **Ekoloji Çevre Dergisi**, Nisan-Mayıs-Haziran 1995, Sayı :15, s. 27-29.

Değerlendirilebilir nitelikli atıkların ağırlık olarak yarısından fazlasını kâğıt-karton oluşturmaktadır.

Kâğıdın hammaddesini selüloz adı verilen maddedir. Selüloz son derece kıymetli bir madde olup kaynağı ormanlar ve özel yetiştirilen bitki türleridir. Bu nedenle, belki de en kıymetli atık cinsi kâğıt ve kartondur. Kâğıt ve karton atıkların sağlıklı bir şekilde geri kazanımını sağlamak için, diğer tüm atıklarda olduğu gibi, bu atıklarında, temiz şekilde toplanması ve cinslerine göre ayrılması şarttır. Kâğıt ve karton atıkların geri dönüşümü ile önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanır. 1 ton kâğıdın geri kazanılması ile 3-4 m³ çöp depolama alanı korunmaktadır. Kullanılmış kâğıtların kâğıt üretiminde kullanılması ile depolama tesisinde atık kâğıttan metan veya sera gazı oluşumu da minimize edilmiş olur. Kullanılmış kâğıttan %100 oranında kâğıt üretmek mümkündür. Bir ton kâğıt üretimi esnasında,²⁵¹

- 2.4 ton odun,
- 440 ton su,
- 7600 kWh elektrik enerjisi tüketilir. Eğer atık kâğıttan bir ton kâğıt üretilirse, bu takdirde;
- 1.2 ton kullanılmış kâğıt,
- 1.2 ton su,
- 2800 kWh elektrik enerjisi tüketilir. Kullanılmış kâğıtlar çöpe atıldığı zaman 3 ay ila 5 yıl içinde bozunur. 1 ton kullanılmış kâğıt çöpe atılmayıp geri kazanıldığı ve kâğıt üretiminde tekrar kullanıldığı zaman;
- 17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi,
- 36 ton sera gazı CO₂ atmosfere atılması,
- 4100 kWh elektrik enerjisinin israf edilmesi,
- 267 kg kirletici gazın atmosfere atılması,
- 1750 litre fuel-oilin israf edilmesi,
- 3-4 m³ depolama alanı tasarruf edilmesi,
- 85 m² ormanlık alanın tahrip edilmesi,
- 38,8 ton suyun israf edilmesi önlenir.

Her yıl Türkiye’de 2,5 milyon ton, Dünya’da ise 300 milyon ton kâğıt tüketilmektedir. Gazeteler, ofis kâğıtları, dergiler, mektuplar-postalar, kese kâğıtları,

²⁵¹ Dalyancı H. L., a.g.e., s. 52

temiz yiyecek kutuları, karton, mukavva ve ambalaj kâğıtları geri kazanılabilen kâğıtlardır. Kaplamalı kâğıtlar, yağ ve su içermez kâğıtlar, faks kâğıtları, besin bulaşmış ve ıslanmış kâğıtlar, karbon kâğıdı ve eski duvar kâğıtları geri kazanılamayan kâğıtlardır. Meşrubat ve içecek kartonları, süt ve meyve suyu gibi içeceklerin ambalajlanmasında kullanılır. Bu ambalajların %80'i kâğıt ve az bir oranı da plastik ve alüminyumdan oluşmaktadır. Bu tür içecek kartonlarının atıkları küçük parçalara ayrılır ve yüksek ısıda preslenerek dayanıklı levhalar haline getirilir. Geri dönüşüm işlemi sonucunda bu levhalardan masa, sandalye ve dolap gibi mobilyalar üretilebilir veya inşaat sanayinde yardımcı malzeme olarak kullanılabilir.²⁵²

AB'de 1985 yılında 28,3 milyon ton/yıl atık kâğıt, yakma veya depolama tesislerinde bertaraf edilirken, 1996 yılında bu değer 32,5 milyon ton/yıla çıkmıştır. Yine Avrupa Topluluğu Ülkelerinde 1983 yılında 41 milyon ton/yıl kâğıt tüketilirken 1996 yılında bu değer 64 milyon ton/yıla çıkmıştır. 2010 yılında bu değer 105 milyon ton/yıl olacağı tahmin edilmektedir.²⁵³ Kâğıt geri kazanma oranının en yüksek olduğu ülkeler Almanya, Avusturya, Norveç, Finlandiya ve İsveç'tir.

1980'li yıllarda Türkiye'de kâğıt - karton üretimi 600.000 ton/yıl civarında olup bunun %70 SEKA tarafından üretilmekte idi. 1990'lı yıllarda kâğıt üretiminde özel sektörün payı %50'ye, 1999'lu yıllarda ise %75'e ulaşmıştır. Türkiye'de kâğıt üretiminde artış ortalama yıllık %7 mertebesinde. Türkiye'de tüketilen 2.213.973 ton kâğıdın % 50-70'i geri kazanılsa 1.106.986-1.549.781 ton kullanılmış kâğıt geri kazanılmış olur. Bunun ekonomiye yıllık katkısı ise 55.400.000-93.000.000 \$/yıdır. Tablo 2.7'de²⁵⁴ Türkiye'nin yıllar bazında kâğıt geri dönüşüm oranları verilmiştir.

Tablo 2.7. Türkiye'nin Kâğıt Geri Dönüşüm Oranları

1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
%37	%35	%35	%36	%44	%42	%43

2.5.2.2. Plastik ambalajlar

Günümüzde geniş bir alanda kullanılmakta olan plastik, ilk olarak 1860 yılında Alexsander Parkes tarafından keşfedilmiştir. Dünyada yılda 80 milyon ton plastik

²⁵² S. Pulcu,., **Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Uygulama Projeleri**, Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 1999, Bitirme Ödevi, Şanlıurfa, s.25.

²⁵³ F. Duchin, G Lange, "Prospects for the Recycling of Plastics in the United States", **Structural Change and Economic Dynamics**, 1997, Vol:9(3), s. 310.

²⁵⁴ http://www.donkasan.com.tr/geri_donusum.htm, erişim tarihi: 11.03.2008

ürünleri kullanılmaktadır.²⁵⁵ Hafif olmalarının yanında; paslanmaz, korozyona uğramaz olmaları, yüksek ısı ve elektrik izolasyonu sağlamaları, kolay hasara uğramamaları, esnek ve yumuşak olmaları ve kolay şekil verilebilme gibi özellikler, plastikleri vazgeçilmez paketlenme malzemesi yapmıştır. Temiz ve birincil kaynaklı plastik madde fiyatlarının yüksek oluşu, ikincil kaynaktan elde edilen plastik malzemelerin yeniden kullanılabilmesini sağlamaktadır.²⁵⁶ Plastik ürünler; kimyasal yapısı ve kullanım alanları göz önüne alındığında, termoelastik plastikler, termoset plastikler, alaşımlar ve termoplastikler gibi birçok türleri bulunmaktadır. Ayrıca, plastikleri, geri kazanıldığında; eritilerek yeniden işlemeye elverişli olan termoplastikler ve eritemeyen termosetler olarak iki ana gruba ayırmak da mümkündür. Plastik malzemelerin başlıca türleri; PET (Polietilentetraftalat), PVC (Polivinilklorür), PP (Polipropilen), PS (Polistren) ve PE (Polietilen)'dir. Bu isimler, ambalajların değişik kimyasal yapılarından kaynaklanmaktadır. Çoğunlukla su, meşrubat, sıvı yağ, sirke gibi sıvı gıdaların piyasaya sürülmesi amacıyla kullanılan PET ambalajından geri dönüşüm tesislerinde elyaf elde edilmekte ve bu ürün birçok sanayi dalında kullanılmaktadır. Süt, bakliyat, ketçap, mayonez, yoğurt, deterjan, şampuan gibi ürünler için kullanılan PE ambalajlardan geri dönüşüm tesislerinde granül yapılmakta ve bu ikincil ürün birçok sektöre hammadde olarak girdi sağlamaktadır. Bira, meşrubat, salça, konserve, sıvı yağ gibi ürünlerde kullanılan metal ambalajlar, geri dönüşüm tesislerinde ergitme işlemine tabi tutularak tekrar üretim sürecine alınmaktadır. Aşağıda plastik malzemelere ilişkin kısaca bilgi verilmiştir:

a) Polietilen (PE): Evlerde en çok kullanılan plastik türüdür. PE, kendi arasında yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) olmak üzere ikiye ayrılır. Geri kazanılmış HDPE'den yapılan malzemeler, geri kazanma bidonları, deterjan, motoryağı kapları, çöp kovaları, geri kazanma kutuları, alışveriş sepetleri, köpek evleri, stadyum bankları, posta kutuları, drenaj malzemeleri, hayvan pensleri, süt şişesi taşıyıcıları, plastik kesicileri, trafik işaretleri, golf torbaları, paletler, banyo koltuğu, bitki kabı, saç tarağıdır. Geri kazanılmış LDPE'den nakliye örtüsü (branda), çöp kutusu örtüsü, çöp kutusu, yer tuğlası, mobilya, kompost kutusu gibi malzemeler üretilmektedir.

²⁵⁵ Sheikhanloymilan L., a.g.e., s. 62.

²⁵⁶ Yıldırım M., a.g.e., 1999, s.130.

b) Polivinilklorür (PVC): Su ve sıvı deterjanların, bazı kimyasal maddelerin, sağlık ve kozmetik ürünlerinin ambalajlarında kullanılır. Geri kazanılmış PVC'lerden kanalizasyon borusu, çit, geri kazanma konteynerleri, yol plakaları, merdiven parmaklığı, marley, kiremit, trafik işaretleri, kar fırtınası deflektörü, piknik masaları ve bank gibi malzemeler üretilmektedir. Geri kazanılan PVC'ler özellikle pencere, kanalizasyon borusu, çatı örtüsü, zemin örtüsü, araç yedek parçası ve paketlenme amacı ile kullanılmaktadır. PVC pencere malzemeleri geri kazanılmalıdır. Bu plastikler orijinal plastiklere ilave edilerek yeni çerçeveler üretilebilmektedir. Benzer şekilde zemin örtü malzemeleri geri kazanılmaktadır. Bu malzeme %98 oranında tekrar üretimde kullanılabilir.

c) Polipropilen (PP): Polipropilenden deterjan kutularının kapakları, margarin kapları gibi ambalaj malzemeleri üretilir. Ayrıca dayanıklı olması ve geri dönüştürülebilirliği nedeniyle otomotiv sektöründe de önemli bir kullanım alanı bulmaktadır. Geri dönüştürülmüş PP'den sentetik halı tabanı, çeşitli plastik oyuncak ve kırtasiye malzemeleri üretilir. Geri kazanılmış PP'den sinyal lambaları, kablolar, süpürge fırçaları, buz raspaı, yağ hunileri, bisiklet dişli kutuları üretilmektedir.

d) Polistren (PS): Evlerden kaynaklanan ambalaj atıkları içerisinde az rastlanan ambalaj türüdür. Yoğurt ve margarin kaplarında yoğun olarak kullanılan polistrenin geri kazanımı, PE ve PP'de olduğu gibi yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Geri kazanılmış PS'den termometreler, ışık değıştirme levhaları, yalıtım malzemesi, yumurta kartonları, menfezler, masa tepsileri, cetvel, plaka çerçeve malzemeleri üretilmektedir.

e) Polietilentetraftalat (PET): PET genellikle su, meşrubat ve yağ şişelerinin ambalajlanmasında kullanılır. Hafif ve dayanıklı olması nedeniyle kullanım alanı giderek genişlemektedir. Atık PET'ler, sentetik elyaf ve dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilir. Geri kazanılmış PET'lerden halı tabanları, uyku torbaları, giysilerdeki yalıtım maddesi, oto parçaları, boya fırçaları, can kurtarma yastıkları, torbalar, posta kutuları, piknik masaları, çitler, yürüyüş botları, çift bölmeli kovalar, laser toner kartuşu, kayışlar ve geotekstiller gibi malzemeler üretilmektedir.

Türkiye'deki katı atık içinde ağırlıkça %5–9, hacimce ise %15–20 oranında plastik bulunmaktadır. Piyasaya yılda yaklaşık olarak 500.000 ton plastik ambalaj sunulmaktadır. Türkiye'de geri kazanılan plastikler toplam talebin ancak %10'nu karşılamaktadır. Toplumun konfor yapısı geliştikçe plastik tüketimi artmaktadır.

Örneğin; İngiltere’de katı atık içindeki plastik miktarı ağırlıkça %8–11 arasında, Fransa’da %15 oranındadır. Avusturya’da %17 oranındadır. Almanya’da plastik maddelerin %60’ı geri kazanılmaktadır. Bu plastiklerin yaklaşık olarak %36’sı mekanik olarak, %24’ü ise ya mekanik veya enerji geri kazanımı amacı ile geri kazanılmaktadır.

Plastikler çöpe atıldığı zaman çürümez, paslanmaz, çözünmez, biyolojik olarak bozulmaz ve doğada bozulmadan uzun yıllar kalır. Bazı plastikler doğada 700 yıl bozulmadan kalabilir. Suyun ve toprağın kirlenmesine neden olur. Sulardaki canlılara zarar verir hatta ölümlerine neden olur. Paketlemede ambalaj malzemelerinin azaltılması, verimli kullanılması ve enerjinin korunması için plastiklerin kaynaktan azaltarak kullanımı oldukça önemlidir. 1965 yılında yoğurt kabının ağırlığı 6.5 gram iken bugün 3.5 grama indirilmiştir. Plastik süt şişelerinin ortalama ağırlığı 1973’de 110 gram iken bugün 72 gramdır. 1977 yılından sonra plastik şişelerin ağırlığı (2 litrelik) 68 gramdan 51 grama düşürülerek %25 ağırlık azalması sağlanmıştır. Böylece A.B.D’de her yıl PET plastiğin kullanımı 93.400 ton azaltılmıştır. Ağırlık azalması ile katı atık miktarı da azalmıştır. 20 yılda süt ve meyve suyu plastik paketleme malzemelerin ağırlığı %30 azaltılmıştır. Günümüzde bir kilogram plastik malzemede 34 kilogram meyve suyunu depolamak mümkündür.²⁵⁷

Plastik atıkların çevreye olan etkilerinin önlenmesinde izlenebilecek ilk yol yeraltında depolanmalarıdır. Fakat bu atıkların büyük hacimler kaplamasının yanı sıra, depolanabilecek alanların her geçen gün azalması sonucu yeraltında depolamadan vazgeçilmektedir. Bu işlemin bir başka dezavantajı da maliyetinin yüksek olmasıdır. Yakma amacı ile uygulanan proseslerde, kullanılan hammaddelerde hacim azalması, steril ve homojen kül elde edilmesi bir avantaj olarak görülmekte ise de, yanma sonucu oluşan bir takım zararlı gazlar ve maddeler bu proseslerin en büyük dezavantajını oluşturmaktadır.²⁵⁸ Numaralandırılmış bütün plastikler yani, PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS plastikler geri kazanılabilir. Köpükler, PVC pipetler, oyuncaklar, elektronik cihazlar, numaralandırılmamış plastikler geri kazanılamayan plastiklerdir. Plastiklerin her grubu ayrı ayrı toplanarak geri kazanılır. Her yıl 10 bin ton PET şişe geri kazanılmaktadır. Plastiği geri dönüştürme çalışmaları plastiğin kullanımına paralel olarak son yıllarda birkaç kat artmış ve hızla yaygınlaşmıştır.²⁵⁹ Plastiklerin geri

²⁵⁷Sheikhkanloy Milan L., a.g.e., 2006, s. 69.

²⁵⁸Cumhur Hanoğlu, Mehmet Sağlam, Mithat Yüksel, 1995, “Plastik Atıkların Geri Kazanılması”, *Ekoloji Çevre Dergisi*, Nisan-Mayıs-Haziran, sayı 15, s.21.

²⁵⁹Armağan B., v.d., a.g.e., s. 52

kazanılması ve enerjinin korunması ile atmosfere atılan sera gazı karbon dioksit miktarında da önemli düşüslere neden olmaktadır.²⁶⁰ Çoğunlukla su, meşrubat, sıvı yağ, sirke gibi sıvı gıdaların piyasaya sürülmesi amacıyla kullanılan PET ambalajından geri dönüşüm tesislerinde elyaf elde edilmekte ve bu ürün birçok sanayi dalında kullanılmaktadır.

2.5.2.3. Cam ambalajlar

Üretimi yaklaşık 4000 yıl öncelerine uzanan camın ilk kullanımı süs eşyası olarak başlamıştır. Şekillendirme olanaklarının giderek artmasıyla da çeşitli ev eşyası, şişe, kavanoz, pencere camı ve gözlük camı gibi değişik alanlara yayılarak gelişimini sürdürmüştür.²⁶¹ Çok yönlü bir madde olan cam, şeffaflığı, şeklinin bozulmaması, koku ve tat vermemesi nedeniyle birçok ürünün ambalajlanmasında kullanılmaktadır. Cam üretiminde kullanılan hammaddelerin çıkarılması doğal kaynakların tüketimine ve üretim esnasında çevreye zarar vermektedir. Cam, yerkabuğunda bolca bulunan silika (kum), soda külü ve kireç, feldispat ve iz elementlerden üretilir. Bu hammaddelerden silika çok önemlidir ve temin edilmesi sınırsızdır. Soda külü, tuz kullanımı ile kimyasal olarak üretilebilir ve doğal olarak mineral oluşumu ile bulunabilir. Kireç de bolca bulunabilen bir maddedir. Cam yapımı için kullanılan bu hammaddeler bir silo içinde karıştırılır ve büyük ocaklar içinde 2600 °F’de eritilir. Eritilen cam 2000 °F’ye soğutulur ve üretilmek istenen camın tipine bağlı olarak şişirme, baskı veya çizme yolu ile şekillendirilir. Cam şişe üretimi için gerekli olan enerji, ısı ile sağlanır. Cam üreticilerinin enerji tasarrufu sağlamak için kullandıkları yöntemlerden biri kullanılmış cam şişelerin geri kazanılmasıdır. Kırılmış cam materyaller, diğer hammaddelerle birlikte eritilerek geri kazanılabilir. Pet şişeler, kavanozlar, bardaklar geri kazanılabilen cam maddelerine, ampül ve floresan lambaları, pencere camları, cam yapı malzemesi, aynalar, optik camlar, ısıya dayanıklı camlar ve telli camlar geri kazanılamayan cam ürünlerine örnektir.²⁶²

Kalitesinde herhangi bir değişiklik olmaksızın %100 geri dönüştürülebilen ve sonsuz defa ikincil hammadde olarak tekrar üretime dâhil edilebilen cam ambalaj atıklarının küçük bir bölümü, cadde ve sokaklarda yerleştirilmiş kumbaralar ile

²⁶⁰Sheikhkanloymilan L., a.g.e., 2006, s.70.

²⁶¹ C. Kalkan, 2002, “Dünya’da Selüloz ve Kağıt Endüstrisi’nin Genel Durumu”, *Seka Dergisi*, Cilt: 73, s. 3-5.

²⁶² Sheikhkanloymilan L., a.g.e., 2006, s.130.

kaynağından ve dolumcu tesisleriyle toptancılardan satın alımla toplanır. Kalan büyük bölüm ise, atık depolama alanlarında ambalaj atıklarını ayırma faaliyetlerinde bulunan çöplük işletmecileri ve diğer hurdacı tedarikçilerden temin edilir. Böylece kumbaralar ve toplayıcılar olmak üzere iki ana kanalla geri dönüşüm tesislerine ulaşan cam ambalaj atıkları ikincil hammadde olarak kullanılır. Cam ambalaj atıkları içindeki diğer yabancı materyallerden belirlenmiş sınır standart spesifikasyonlar içerisinde magnetik ayırma, elle ayıklama, kırma, pnömatik ayırma, eleme, ızgaralama, yıkama, otomatik olarak taş seramik, porselen magnetik olmayan metal ayırma işlemleri yoluyla ayrılarak renksiz, bal(kahverengi) ve yeşil renkte üç ayrı gruba dönüştürülür. Daha sonra ikincil hammadde şişe ve kavanoz üretiminde kullanılmak üzere fabrikalara sevk edilir. 1970 yılından bu süreç içerisine kadar bir milyon tonun üzerinde cam ambalaj atığı toplanarak:

- Yenilenemeyen doğal kaynaklardan 1.5 milyon ton hammadde,
- 30 bin tonun üzerinde fosil yakıt tasarrufu dolayısıyla sera gazı emisyonunda önemli azalma sağlanmıştır.

2003 yılında ülke ekonomisine kazandırılan 120.000 ton ambalaj atığının 80.000 tonu camdır. 2003 yılının sonuna kadar geçen sürede kumbaralar aracılığı ile geri kazanılan cam ambalaj atığı miktarı 65.000 tonun üzerindedir. Cam ambalaj atığı olarak elde edilen cam kırığı yeni ambalaj üretiminin yanı sıra, cam mozaik ve cam kürecik imalatında girdi olarak kullanılır. Ayrıca çok fazla miktarlarda olmamakla birlikte cam ambalaj atığı uygun şekilde işlenerek sanayi yüzey temizleyicisi, cam kumu, filtre ajanı, cam tozu, katkı ve dolgu malzemesi şeklinde birçok alanda kullanılır. Ambalaj atıkları cam mozaik, bina dış cephelerinde yalıtım, iç mekânlarda ise dekorasyon amaçlı olarak kullanılır. Cam kürecik ise katma değeri yüksek ve oldukça teknolojik bir üründür. Trafik yol işaretleri ile yol çizgi, şerit kaplamalarda kullanılan boya içerisine eklenerek işaretlerin ışığı geri yansıtması ve gece ışıldaması sağlanmış olur. Camların toplanarak geri kazanılması depolama sahalarının ömrünü uzatır, doğal kaynakları korur ve atık bertaraf maliyetlerini azaltır. Cam geri kazanımının tercih edilmesinin nedeni, eski camdan üretimin daha ekonomik olmasıdır. Ocağa ne kadar kullanılmış cam ilave edilirse, o kadar gerekli olan ısıyı düşürür. Bunun nedeni geri kazanılan camın, kum, soda külü ve kireçten daha düşük sıcaklıkta erimesidir. Eritme ocağında tamamı kullanılmış cam ürünler eritildiğinde, enerji tüketiminde % 25 azalma

sağlanır. Her 1 ton camın geri kazanımı 9 galon fuelo ile eşdeğerdir. Buda geri dönüştürülen % 1'lik camla, cam eritme ocağında 2400 feet³ gazın korunması demektir. Cam şişelerin Türkiye genelindeki geri kazanım oranı % 36'dır ve cam geri kazanım çalışmaları şişe Cam Grubu bayileri kanalıyla toplanmaktadır.

Camın geri kazanılması için bazı özelliklere sahip olmalıdır. Bunlar:

a) *Camın Çeşidi*; Cam kaplar, düz cam ve sanayi camları (optik, ampul vb.) olarak sınıflandırılabilir. İyi kaliteli cam üretebilmek için aynı cinsten camlar eritilmelidir. Çünkü sadece bu tip camlar birbirine yakın kimyasal ve fiziksel özellikler taşırlar. Karışık camların işlenebilirliği daha kötüdür ve kötü kaliteden dolayı daha kötü pazarlanırlar. Prensip olarak, telli cam, düz cam, kurşun cam, kristal cam, ateşe dayanıklı cam, laboratuvar camları, flerosanlar, ampuller ve cam elyafı cam konteynerine konmamalıdır.

b) *Camın Rengi*; Camın rengi, geri kazanım için en önemli faktördür. Eski camlardan beyaz ve kahverengi cam üretimi, sadece bu tür camlar kullanılarak yapılabilir. Karışık cam atıklardan ise sadece yeşil cam yapılabilir. Renklerine ayrılmış camlar, geri dönüşüm işletmelerinde daha fazla talep görmektedirler. Toplanan atık camın yaklaşık olarak; %53'ü beyaz, %35'i yeşil, %10'u kahverengi ve %2'side karma renklidir.²⁶³ Her cam hazırlama tesisinin, kendine özgü şartları vardır. Bunlar çeşitlidir, fakat çoğu cam işletmesinde alüminyum kapak, seramik, lamine kaplanmış cam ve pencere camı gibi farklı özelliklere sahip camlara tolerans gösterilmez. Bazı tesislerde az derecede renk kirliliklerine tolerans gösterilir. Bu oranlar genellikle aşağıdaki gibidir:

Beyaz cam: % 95 beyaz, % 5 kahverengi, % 1 yeşil ve %0,5 diğer renkler.

Kahverengi cam: %90 kahverengi, % 5 beyaz, % 5 yeşil ve %0,5 diğer renkler.

Yeşil cam: % 80 yeşil, % 15 kahverengi, % 5 beyaz ve diğer renkler.

c) *Eski camlar içindeki yabancı maddeler*; Cam geri dönüşümünde seramik, taş ve porselen süreci bozarlar. Tamamen erimezler ve ürünlerde estetiksel ve yapısal hatalar oluşturarak kalitesiz cam üretimine neden olurlar. Aynı şekilde metal kapaklar, mantar ve plastik de işlemi bozarlar. Bu maddeler daha baştan itibaren cam konteynerlerine atılmamalıdır. Yukarıdaki standartları sağlayan hurda camlar, diğer kalite kriterlerini de sağlamalıdır.²⁶⁴

²⁶³ C. Roberts, *Glass Goes Green-Glass Recycling in Licensed Retail Establishment in Rural Areas* in *Glass Waste*, Editors: Mukesh C. Limbachiya, John J. Roberts, Thomas Telford, 2004, 1. Basım, s.36.

²⁶⁴ Yıldırım M., a.g.e., s. 130.

2.5.2.4. Metal ambalajlar

Metal ambalajların hammaddesi alüminyumdur. Alüminyum yeryüzünde oksijen ve silisten sonra en bol bulunan maddelerden biridir ve dünyada en fazla kullanılan demir dışı metaldir. Alüminyum, 1820 yılında keşfedilmiştir ve yeryüzünde %8 oranında bulunur. Tahminlere göre, Dünya’da 1000 yıl yetecek kadar alüminyum mevcuttur. Alüminyumun yeryüzündeki en önemli hammadde bileşiği boksittir. Boksit gibi doğal kaynaklardan alüminyum üretmek oldukça pahalı ve aşırı enerji gerektiren bir sistemdir. Bu yüzden Alüminyum da geri kazanım önemlidir. Alüminyumun geri kazanılması için, toplum bilinci 1980’li yıllarda başlamıştır ve dünyada en fazla kaynakta ayrı toplanan ambalaj atıklarından biri ve en önemlisidir. Kullanılmış alüminyumdaki alüminyum üretildiğinde % 95 daha az enerji tüketilir, işçilik ve yatırım maliyeti en aza düşer. Bir ton kullanılmış alüminyumdaki alüminyum üretilirse;

- 1.300 kg boksit bakiyesi,
- 15.000 litre soğutma suyu,
- 860 litre proses suyu,
- 2000 kg CO₂ ve 11 kg SO₂ emisyonu daha az oluşur/kullanılır.²⁶⁵

Alüminyum üretiminde en önemli hammadde kullanılmış alüminyumdur. Kullanılmış alüminyum, tekrar tekrar alüminyum üretiminde kullanılabilir. Alüminyum malzemeler % 100 geri kazanılabilir. Kullanılmış alüminyum geri kazanılarak sadece katı madde miktarı azaltılmaz aynı zamanda boksit madeni doğal kaynağı ve enerji korunmuş olur. Bir kilogram alüminyum kutu geri kazanıldığında;

- 8 kg boksit madeni,
- 4 kg kimyasal madde,
- 14 kWh elektrik enerjisi kullanımı korunmuş olur. Ayrıca, kullanılmış alüminyum geri kazanılıp üretime sokulduğunda %99 oranında baca gazı kirlenici emisyonu azalır. Boksit madeninden yeni bir alüminyum kutu yapmak için gerekli enerji 20 birim ise kullanılmış alüminyum kutu yapmak için gerekli enerji 1 birimdir. Yani kullanılmış alüminyumdaki alüminyum üretimi, hammaddeden alüminyum üretimine göre % 95 daha az enerji gerektirir.

²⁶⁵ Sheikhkanloy Milan L., a.g.e., s.34.

Kullanılmış alüminyumdan alüminyum üretilerek sera gazı emisyonu % 95 ve atık su kirlenmesi % 97 oranında azaltılabilir.

1990 yılında dünyada alüminyum üretimi 17.832.000 metrik ton, 2001 yılında 20,5 milyon metrik ton ve 2004 yılında ise 24 milyon metrik ton olmuştur. 1990 yılı değerinin 4.048.000 tonu A.B.D’de üretilmiştir. Dünyada üretilen alüminyum malzemelerin 1/3’ü Avrupa Birliği ülkelerinde tüketilmektedir. 1998 yılı verilerine göre Avustralya’da yılda 38 milyon ton boksit madeninden 1,2 milyon ton alüminyum üretilmiştir. Bu değer dünya üretiminin %8’ni oluşturmaktadır. 2002 yılı verilerine göre; İstanbul’daki katı atık içinde % 5,8 ve Bursa’dakinde ise % 4 oranında metal bulunmaktadır. Yani her yıl İstanbul’da 180.000 ton çok değerli, geri kazanılabilir metal malzemeler depolama alanında israf edilmektedir. Bu malzemeler geri kazanılsa ekonomiye katkısı en az 30 milyon dolar olacaktır. Alüminyumun daha verimli kullanılması tüm ülkelerin ortak hedefleridir. 1970’li yıllarda 0,450 kg ağırlığındaki alüminyum levhadan 22 kola veya soda kutusu üretilirken bugün 32 kola veya soda kutusu üretilmektedir. Geri kazanılması gerekli önemli alüminyum atığı da alüminyum kırıntılarıdır. 1990 yılında dünyada 2.393.000 ton alüminyum kırıntı geri kazanılıp üretime katılmıştır. Alüminyum kırıntılar kesinlikle çöpe atılmamalıdır. Avusturya’da 2000 yılında 39.000 ton alüminyum metal, konutlardan, işyerlerinden ve sanayiden toplanmıştır. İsviçre’de kullanılan alüminyumun % 38’i geri kazanılmıştır. Yani ambalaj sanayinde kullanılan 9000 ton alüminyumun 2000 yılı verilerine göre 3410 tonu geri kazanılmıştır.

2.5.3. Farklı ülkelerde ambalaj atıklarının durumu

Gelişmiş ülkelerdeki kentsel çöpün yaklaşık %40 – 60’ının gelişmekte olan ülkelerde ise %7-50’sinin geri kazanılabilir nitelikteki çöp bileşenlerinden oluşmaktadır. Türkiye’de bu oran tipik olarak %20-25 arasındadır. Aşağıda dünyada geri kazanım ve ambalaj atıklarının durumu ülkeler bazında kısaca anlatılmıştır.

2.5.3.1. ABD’de ambalaj atığı toplama yöntemleri

ABD’de geri kazanım amacına yönelik dört tip toplama sistemi kullanılmaktadır. Bu toplama sistemleri:²⁶⁶

²⁶⁶ <http://www.p2pays.org/ref/11/10123.htm>, erişim tarihi: 03.04.2008

1) Kaldırımlardan toplama yöntemi (curbside): Geri kazanılacak materyaller için bir veya daha çok sayıda toplama kabı kaldırımlara yerleştirilerek toplama gerçekleştirilir. Rutgers Üniversitesi Plastik Geri Kazanım Araştırma Merkezi (CPRR)'nin uygulandığı özel programlarla bu yöntem sayesinde evsel çöplerden %70-90 oranında geri kazanılabilecek malzeme toplamıştır.

2) Satın alma merkezi toplama yöntemi (Buy-Buck): Bu program doğrudan tüketiciye yöneliktir. ABD 10-15 eyalete toplam olarak 10.000'den fazla toplama merkezi kurularak, özellikle alkolsüz içecek ambalajları bu merkezlerde toplatılmıştır . Bu yöntemin geri kazanım oranı %15-20 civarındadır.

3) Gönüllü geri getirme yöntemi (Drop-off): Özellikle gönüllülerin çalışmaları ile oluşturulan sistemdir. Bu sistemin tahminlere göre başarısı %10 civarındadır.

4) Depozito: ABD 'de geri dönüşsüz ambalajlarla zorunlu depozito uygulamasına ilk defa 1972 yılında başlamıştır.

2.5.3.2. Avrupa ülkelerinde ambalaj atığı uygulamaları

Avrupa Birliği'ndeki ambalaj atıkları değerlendirme faaliyetleri 94/62/EEC No'lu direktif içinde yer alan hükümler doğrultusunda gerçekleşmektedir. Bu direktif, tüm ambalajlarının tercihen çok yönlü - birkaç kez kullanılabilir olmalarını, aksi takdirde geri kazanılmalarını, bunun mümkün olmaması durumunda ise atıkların enerji olarak değerlendirilmelerini öngörmektedir. En iyi verimi elde etmek için, kaynakta ayrı toplama sistemleri oluşturulmakta ve AB üyesi olan her ülke, ekonomik durumu ve altyapısına uygun şekilde toplama ve değerlendirme hedeflerini belirlemektedir. Bu hedefler belli bir süre sonra AB komisyonu tarafından gözden geçirilmekte ve alınan sonuçlara göre tüm AB için geçerli olan hedefler belirlenmektedir. Direktifte, AB'de piyasaya sürülen tüm ambalajları ve endüstri, ticaret, büro, dükkan, hizmet, konut, ayırımı yapılmadan ortaya çıkan ambalaj atıkları konusunda getirecekleri düzenlemelerin, kriterlere uymasını öngörmüştür.²⁶⁷

1) Düzenlemeler tüm ambalajları ve ambalaj malzemelerini kapsayan genel bir politikaya uygun olacaktır.

²⁶⁷ S. Bystrom, L. Lonnstedt, "Paper Recycling: Environmental and Economic Impact", *Resources, Conservation and Recycling*, 1997, Vol: 21(2), s.111.

2) Düzenlemeler herhangi bir özel ambalaja veya ambalaj malzemelerine veya mamul grubuna ayrıcalık göstermemelidir.

3) Öngörülen ama getirilen düzenleme arasında açık bir bağıntı bulunmalıdır

4) Yapılan düzenlemelerin etkinliği izlenerek tespit edilmelidir.

5) Düzenlemeler, ulaşılması istenen hedeflere uygun olmalıdır.

6) Aynı etkiyi yaratacak alternatif düzenlemeler arasındaki tercih, piyasa, üreticilere ve tüketicilere en az kısıtlamayı getirecek şekilde yapılmalıdır.

7) Düzenlemeler, topluluğun özellikle sağlık ve emniyet konularındaki anlaşmalarını, kullanılan malzemelerin ve teçhizatın teknik özelliklerini, sinâî ve ticari mülkiyet haklarını dikkate almalıdır.

8)Yapılacak düzenlemelerin uygulaması, kamu idareleri, üreticileri, tüketicileri ve ilgili sektörleri kapsamına almalı ve bunlar arasında bir fark gözetmeksizin sağlanmalıdır. Bu direktifin önce de, AB ülkelerinde getirilmiş olan düzenlemelerin uygulanabilirliğinin ekonomik ve gerçekçi bir temelde sağlanabilmesi amacıyla çeşitli çalışmalar başlatılmıştır.

Avrupa'nın hemen her ülkesinde ambalaj atıklarının ayrı toplanması ve değerlendirilmesi için sorumlu olan endüstriyel birlikler kurulmuştur. Bu birlikler genellikle ülkelerinin Çevre Bakanlıkları veya benzeri bir kurumu ile birlikte çalışmaktadır. Birlik üyelerine (ambalaj üreticisi, dolumcu, malzeme üreticisi vb.), ilk önce Alman DSD tarafından kullanılan "Yeşil Nokta" işaretini kullanma hakkı verilmiştir. "Yeşil Nokta", bu işareti taşıyan bir ambalajın sorumluluğunun, satıldığı ülkede toplama- değerlendirmekle mükellef olan endüstriyel örgüt tarafından üstlenildiğinin göstergesidir.

AB'nin çevre politikası:²⁶⁸

- Kirlenen öder ilkesi (topluluğun temel hedefidir)
- Bütünleyicilik ilkesi (çevrenin korunmasında topluluğun diğer politikalar içine entegre edilmesi)
- Kaynakta önleme ilkesi (atığın üretildiği yerin yakınında bertaraf edilmesi)
- Önleme ilkesi (zararın ortaya çıkmasından önce gerekli önlemlerin alınması)
- Tedbirli olma ilkesi (Çevre açısından olumsuz sonuç oluşturacak belli bir fiilin bilimsel kanıtı beklemeden önlem alınması) olmak üzere beş tanedir.

²⁶⁸ www.tisk.org.tr/duyuru/erdem_gorgun_11_08.ppt, s.13-15, erişim tarihi:27.04.2008.

AB ambalaj atıklarına yönelik 2008 geri dönüşüm hedefleri;

- Cam: %60
- Kâğıt ve karton: %60
- Metaller: %50
- Plastik: %22,5
- Ahşap: %15 şeklindedir.

Bazı AB ülkelerinde uygulanmakta olan katı atık yönetim sistemleri aşağıda kısaca tanıtılmıştır.²⁶⁹

2.5.3.3. Almanya

Almanya, 1991 tarihli Ambalaj Yönetmeliği ile bu konuda Avrupa'daki ilk adımı atmıştır. Otoriteler, katı atıkların malzeme olarak yeniden değerlendirilmesini atıkları yakarak enerji elde etmeye net bir şekilde tercih etmişlerdir. Bu ülkede ortaya konulan toplama ve geri kazanım hedefleri, oldukça yüksektir. İçecek kapları için, geri dönüşüm yükümlülüğünün yanı sıra, yüksek oranda da tekrar kullanım zorunluluğu mevcuttur. Ambalaj yönetmeliği, 1998 yılında revize edilmiş, ayrıca ambalaj haricindeki diğer atıkların da değerlendirilmesi için "Dönüşümlü Ekonomi Kanunu" da yürürlüğe girmiştir.

Ambalaj atıklarını geri kazanmak için, yönetmeliğin geçerlilik kazanmasından hemen sonra Duales System Deutschland (DSD) adlı bir şirket kurulmuştur. Almanya'da başlangıçta getirilen depozito sistemine alternatif olarak kurulan DSD'nin amacı, atıkların toplanması, taşınması ve değerlendirilmesi için çözüm aramak ve motive etmektir. Özellikle değerli madde olarak görülen ambalaj atıklarının geri toplanması ve geri kazanılıp, hammadde olarak kullanılması hedef seçilmiştir. DSD'nin oluşturduğu toplama ve değerlendirme yapısı, belediyelerin altyapısından bağımsızdır. Bu kuruluş, ambalaj üreticisi ve dolumcu firmalardan üyelik ücretleri alarak, çok hızlı bir şekilde yüksek toplama oranlarını gerçekleştiren bir altyapıyı oluşturmuştur. Ancak gerekli geri kazanım tesisleri aynı hızla inşa edilemediğinden 1992 – 1993 yıllarında sistem ciddi bir krize girmiştir. Bir tarafta toplanan atıklar değerlendirilememekte (özellikle plastikler) ve toplanan fazla atıklar ihraç edilmekte (ihracatın çevresel ilkeleri ihlâl ederek yapıldığı durumlarda olmuştur), diğer tarafta ise gelirler yetersiz kaldığı

²⁶⁹ www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/evsel/16.doc, erişim tarihi; 25.02.2009.

için, DSD iflasın eşiğine gelmiş bulunuyordu. Krizin altından kalkabilmek için, DSD üyelik ücretlerini arttırmış, toplatılan malzemenin tip ve cinsine göre bedel getirmiş, sisteme girmeyen endüstrilere (free riders) karşı daha sert stratejiler belirlemiş ve üyelik sözleşmelerini yeniden gözden geçirmiştir. 1995'ten bu yana DSD, topladığı ve değerlendirdiği ambalajların miktarını ve kompozisyonunu ile bu çalışmaların maliyetini kontrol altına alabilmiştir. Ancak, sistemin maliyeti hâlâ çok yüksektir.²⁷⁰ Bunların yanı sıra Almanya ambalaj atıklarını toplama ve değerlendirmede Avrupa'nın en büyük pazarına sahiptir.²⁷¹

2.5.3.4. Fransa

Fransa'da 1992 yılı itibarı ile depolamaya giden katı atık miktarlarını azaltmak ve atıkları değerlendirmek için yeni bir politika başlatılmıştır. 1992 yılının Temmuz ayında geçerlilik kazanan Atık Kanunu, 10 yıl içerisinde - başka hiç bir şekilde değerlendirilemeyen atıklar hariç - düzenli depolamaya gönderilmesine son vermeyi amaçlamıştır.

Evsel kaynaklı ambalaj atıklarının % 75 'inin değerlendirilmesi hedefi konulmuştur. Bu hedefi gerçekleştirmek için, atıkların kaynakta ayrı toplatılması ve ayırma işlemleri için gerekli olan altyapının oluşturulması için Eco- Emballages adlı bir şirket kurulmuştur. Eco- Emballages şirketi belediyelerle birlikte ayrı toplatma, ayırma ve geri kazanım çalışmalarını yürütmektedir. Üye olan ambalaj üreticisi ve dolumcu firmaların üyelik bedellerini kullanarak, Eco- Emballages belediyelere yürütmekle sorumlu oldukları işleri yapabilmeleri için proje bazında gereken maddi desteği sağlamaktadır. Bu desteğin tutarı, ayrı toplama- ayırma- değerlendirme zincirinin belediyelere getirdiği ek maliyet üzerine hesaplanmaktadır. Bu ek maliyet hesabı, belediyelerin tüm atıkları yakmaları durumunda yapacakları ödemeler ile kullanılacak diğer teknolojiler için yapılacak ödemeler arasındaki farkı baz almaktadır. Toplama ve bertaraf için gerekli teknoloji ve sistem seçimi belediyelere aittir. Değerlendirme olarak, geri kazanım, kompostlaştırma ve enerji üretimiyle yakma kabul edilmektedir.

2.5.3.5. Belçika

²⁷⁰ Bystrom, S., Lonnstedt, L., a.g.e., s.112.

²⁷¹ Sheikhanloymilan L., a.g.e., s.93.

Belçika, evsel atıkları kontrol altına alabilmek gayesi ile Temmuz 1993 tarihinde bir “çevre vergisi” yasası çıkartmıştır. Depozitosuz (tek yönlü) ambalaj üretici veya ithalatçıları bir çevre vergisi vermekle hükümlü kılınmıştır. Bu vergi, yaklaşık 0,75 DM/lt gibi oldukça yüksek bir değerdedir. Tiplerine göre değişik oranlarda olmakla birlikte, içecek kaplarını en az yedi kere geri dönüştürebilen sistemi uygulayanlar (depozito) bu vergiden muaf tutulmuşlardır. Kâğıt-karton, 0.5 DM/kg'lık bir çevre vergisine tabidir. Bu vergi, klorlu ağartma kullanılmaması durumunda yarı değerine kadar indirilebilmektedir. Yüksek oranda ikincil kâğıt hammaddesi kullanılması durumunda ise vergi tümü ile kalkmaktadır. Belçikalı ambalaj (üreticiler, dolumcular, dağıtıcılar) endüstrisi, Fost Plus Vakfını kurarak, çevre vergisinin hükümlerini yerine getirmeğe başlamıştır. Vakıf, özellikle ambalaj atıklarının ayrı toplanması, ayırma ve değerlendirme faaliyetlerini üstlenmiştir. Çevre vergilerinin kaldırılması için, Belçika'daki ambalaj endüstrisi lobicilik faaliyetlerini sürdürmekte ve yeni bir kanunun çıkarılması için uğraş vermektedirler.

2.5.3.6. İtalya

İtalya mevzuatı, ambalaj malzemesi üreten firmaların birer atık değerlendirme konsorsiyumu kurma zorunluluğunu getirmiştir. Ambalaj malzemesi üreticileri, konsorsiyumların iyi çalışmalarından ve bu kanun içinde belirlenen geri dönüşüm oranlarının sağlanmasından sorumludur. Almanya veya Fransa'daki geri dönüşüm organizasyon ve finansmanın yükümlülüğü, başlıca dolumcu ve ambalaj üreticilerine ait iken, İtalya'da bu yükümlülük hammadde üreticilerine verilmiştir. İtalyan mevzuatı ayrıca, plastiklerin tekrar kullanılması ve değerlendirilmesi için başta naylon poşetlere olmak üzere bazı vergilerin konulmasını da öngörmüştür. Ancak, bu uygulamada birçok zorluk ile karşılaşmaktadır. Bu zorlukların en önemlisi, mevzuatın konsorsiyumlar ve belediyeler arasındaki ilişkileri netleştirmemiş olmasıdır. Belediyeler, bundan dolayı, maliyeti yüksek olan ayrı toplatma, ayırma, geri dönüşüm tesisi kurmak gibi yatırımlarından kaçmaktadır. Diğer bir sorun ise yerel otoritelerin karar mekanizmalarındaki politik karmaşadır. Naylon poşetlerden alınan vergilerin toplanması için ise yeterince bir kontrol ve yaptırım yoktur.

2.5.3.7. Danimarka

Danimarka'daki katı atık yönetiminde evsel ve endüstriyel atık ayrımı yapılmamaktadır. Belediyelerin kurmak zorunda oldukları organizasyonlar, hem evsel, hem de endüstriyel katı atıkların toplatılması ve bertarafından sorumludur. Değerlendirilmesi gereken malzemeler konusunda öncelikler konulmadığı için, belediyeler hangi atıkların geri kazanılması gerektiğini teknik ve ekonomik kriterlere göre belirlemekte serbesttir. Bu görevi yerine getirmek için, belediyeler genellikle bölgesel birlikler halinde çalışmaktadır. Bu ülkede hedeflenen değerlendirme oranları oldukça yüksektir. Geri dönüşüm konusunda uzun tecrübesi olan Danimarka, tüm atıkların % 50'sini 2000 yılına kadar değerlendirmeyi hedeflemiştir. Evsel atıkların şu an % 10'u malzeme olarak değerlendirilmektedir. Bu ülkede enerji kazanarak yakma da değerlendirme olarak kabul edilmektedir. Katı atıkların malzeme olarak geri dönüşümünü teşvik etmek için, Danimarka'da yakma ve özellikle depolama üzerine ağır vergiler konulmuştur. İçecek kapları tamamen depozito - geri alım zorunluluğu altında oldukları için, bunlar geri dönüşüm kapsamının dışında kalıp hiç atık zincirine girmemektedir.

2.5.3.8. İrlanda

İrlanda'da, ambalaj atıklarının değerlendirilmesi oldukça yeni bir konudur. 1997 yılında Katı Atık Yönetimi Kanununa bağlı olan Ambalaj Yönetmeliğinin yürürlüğe girmesiyle, ambalaj endüstrisi evsel atıkların ayrı toplaması ve değerlendirmesi çalışmaları için Repak Vakfı'nı kurmuştur. Bu vakıf; ambalaj üreticilerine toplama-taşıma hizmetlerinden, atık yönetim denetimi ve Yeşil Nokta uygulamasına kadar çeşitli hizmetleri vermektedir. Vakıf için üretilen tüm ambalajların % 27'sinin geri kazanılması şart olup vakıf üyesi olmayan endüstriler için % 40'lık bir geri kazanım oranı gerekli kılınmıştır. Bu kuruluşların, ayrıca, piyasaya sürdükleri ambalajları için 15 DM/ ton'luk bir vergi ödemeleri ve kullanılmış ambalajları geri almaları da hükme bağlanmıştır. Endüstriyel atıkların geri kazanımı bunların üretenlerin sorumluluğundadır. Burada geri kazanımı kolaylaştırmak için Internet üzerinde çalışan bir "Atık Borsası" kurulmuştur. Atık borsası, Repak ile işbirliği halinde çalışmaktadır.

2.5.3.9. İngiltere

İngiltere’de evlerden oluşan bir alanda özel bir sistem uygulanmaktadır. 25.000 ev ve burada yaşayan 75.000 kişi proje kapsamına alınmıştır. Her eve “mavi kutu” lar (blue-box) dağıtılmıştır. Bu kapların üzerinde her evin ismi yazılmıştır. Kaplara yanlış malzeme bırakan kişiler uyarılmaktadır. Özel dizayn iki kamyon ile her gün toplama yapılmaktadır. Kaplardan doğrudan kamyonu yükleme yapılırken ayırma işlemi uygulanmaktadır. Her malzeme için kamyon üzerinde ayrı bölme mevcuttur. Daha sonra tekrar bir ayırım işlemi sınıflandırma tesisinde yapılmaktadır. Proje, Belediye tarafından yürütülmektedir. Ayırma tesisi de belediye tarafından finanse edilmiş, az maliyetli basit ve pratik bir bant sistemidir.²⁷² Tablo 2.8’de yurt dışında bazı şehirlerde geri kazanım oranları verilmiştir.

Tablo 2.8. Yurt Dışında Bazı Şehirlerde Açığa Çıkan Atıklarının Geri Dönüşüm Oranları

Ülke	Şehir	Atık Miktarı (ton/gün)	Atık İçindeki Geri Kazanılabılır Atık Oranı	Atık İçindeki Geri Kazanılabılır Atık Miktarı (ton/gün)	Geri Dönüştürülen Ambalaj Atık Miktarı (ton/gün)	Açığa çıkan Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşüm Oranı (%)	Toplam Atığın Geri Dönüşüm Oranı (%)
Fransa	Bordeaux	374,7	%58	217,152	14,7	6,77	3,92
	Nantes	14,9	%58	8,642	0,7	8,09	4,69
Belçika	Brüksel	452	%43	194,36	21	10,80	4,64
	Evergem	14,2	%47	6,674	2,5	37,45	17,6
Avusturya	Graz	96,3	%41	39,483	26,4	66,86	27,4
Almanya	Magdeburg	112,8	%39	43,992	28	63,64	24,82
	Potsdam	69	%38	26,22	12,6	48,5	18,26
Kanada	Quinte	32	%34	10,88	8	73,52	25
Amerika	Seattle	234	%47	109,98	72	65,46	30,76
	West Palm Beach	36,4	%48	17,472	2,6	14,88	7,14

2.5.4. Türkiye’de katı atık ve ambalaj atıklarının durumu

Akademik öğretilerin ve mevzuatın tam aksine Türkiye’de katı atıkların bertarafında kullanılan yaygın sistem “vahşi depolama”dır. Vahşi depolama, çevre sağlığı, toprak kirliliği, yeraltı sularının kirlenmesi ve estetik problemleri dışında kontrolsüz gaz çıkışları nedeniyle insan hayatına doğrudan tehlike yaratan bir bertaraf

²⁷² J.G. Pickin., S.T.S. Yuen, H. Hennings, “Waste Management Options to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Paper in Australia”, *Atmospheric Environment*, 2002, Vol: 36, s.745.

yöntemidir. 1991 yılına kadar sadece hizmet dışı bırakılan vahşi depolama sahalarında 22 adet yangın ve 2 adet patlama vakası ile karşılaşmıştır. Bu koşullar altında Türkiye’de bir Katı Atık Yönetim anlayışının varlığından söz etmek çok ta gerçekçi olmaz. Çevre Bakanlığı, yerel yönetimleri, katı atıkların toplanması ve bertaraf edilmesi, geri kazanılabilen atıkların ayrı toplanması ve geri kazanılması konusunda denetlemektedir. Yerel yönetimler, tüketici kaynaklı atıkları ayrı veya birlikte toplamakta ve depolama sahalarına boşaltmaktadırlar. Çöp müteahhitleri bu sahaları belediyelerden kiralarak, istihdam ettiği personeli ile elle ayırma yöntemi kullanarak ambalaj malzemelerini toplamaktadır. Geri kazanım üreticileri, diğer bir deyişle, tüketiciye ürün sunan kota uygulamasına tabi işletmeler bağımsız bir geri kazanım toplama sistemi oluşturamadıkları için çöp müteahhitlerinden geri kazanım ürünlerini satın almakta ve bu suretle doldurdıkları kotalarını Bakanlığa beyan etmektedirler.²⁷³ İçinde birçok ekonomik değeri olan maddeleri bulunduran katı atıkların ayıklama ve geri kazanma işlemleri de Türkiye’de ilkel diyebileceğimiz biçimde yapılmaktadır. Çöp konteynerlerine veya kapı önlerine konan çöpler ‘esmer vatandaş’ adı verilen kişiler tarafından ayıklanmakta, içlerinde işe yarayan kıymetli maddelerin bir kısmı bu kişiler tarafından toplanmaktadır. Bu kişilerin her biri belli bir maddeyi toplamakta olup, kâğıt toplayan plastiklerle ilgilenmemekte, metal kutu toplayan kâğıt toplamamaktadır. Çöp uzaklaştırma alanlarına getirilen atıklar, bu sahaların işletmesini alan firmanın elemanları tarafından ayıklanmaktadır. Buralarda çalışanların hiçbir sosyal güvencesi yoktur ve sağlık açısından yeterli önlem alınmamış ortamda ayıklama, geri kazanma işini yürütürler. Burada ayıklanan maddeler bu maddeleri işleyen fabrikalara satılır.²⁷⁴ Sokak toplayıcıları olarak da isimlendirilen bu kişiler tarafından gerçekleştirilen bu kaçak toplama faaliyetlerinin önüne geçilebilirse, buradan kaynaklanan geri kazanım gelirleri belediyelerin gelirlerini arttıracaktır.²⁷⁵

Kişi başına oluşan çöp miktarı Türkiye geneli için, kentsel ve kırsal nüfusun özellikleri, sosyo-ekonomik ve kültürel yapısı, tüketim alışkanlıkları, mevsimsel değişimler ve benzeri faktörler de dikkate alınarak 0,7 kg/kişi.gün mertebesinde alınabilir. Hâlihazırda nüfusun 70.000.000 kişi olduğu kabulü ile Türkiye genelinde oluşan çöp miktarı; 49.000 ton/gün olarak hesaplanabilir. Salınımlar düşünüldüğünde bu

²⁷³ R.A. Özkan, *Katı Atık Yönetiminde Geri Kazanımın Yeri ve Antalya’da Uygulanabilirliği*, İTÜ Y.Lisans Tezi, 2000, İstanbul, s.55.

²⁷⁴ Delyancı H.L., a.g.e., 2006, s. 41-42.

²⁷⁵ Özkan R.A., a.g.e., 2000, s.57.

miktarın 15 ila 20 milyon ton/yıl arasında değişebileceği kabul edilebilir. Oluşan çöplerdeki geri kazanım miktarı ise yılda 1 milyon tonun üzerindedir. Son yıllarda geri kazanılabilir atıkların ekonomik değer kazanması ve yasal yükümlülüklerin yürürlüğe girmesiyle bu tür malzemeleri toplayan ve geri dönüşümünü yapan işletmeler çoğalmıştır. Geri kazanılabilir atıkların ekonomik değerinin hızlı artması beraberinde geri dönüşümle ilgili yatırımların da artmasını sağlamıştır. 1994 yılından sonra geri dönüşüm ile ilgili sanayi tesislerinin kurulması hızlanmış ve bu tesislerin kapasiteleri yıllık toplam 1,7 milyon tona ulaşmıştır. Türkiye’de yılda 26 milyon ton atık oluşmaktadır. Bu miktarın 2,7–3 milyon tonu değerlendirilebilen atıktır. 2 milyon tonu ise ambalaj atığıdır.²⁷⁶

Hurdacılar, gerekli geri kazanılabilir atık ihtiyaçlarını toplayıcılar veya çöp müteahhitlerinden satın alarak temin etmektedir. Kaynakta ayrı toplama sistemlerinin uygulanmasıyla, karışık olarak toplanan atıkların geri dönüşüm ve son kullanım pazarına daha sağlıklı olarak hazırlanabilmesi için ayırma tesislerinin kurulması gerekmektedir. Cam, teneke ve alüminyum atıklarının ayırma tesislerinde istenilen kalitede ayrılması halinde, bu malzemeleri geri dönüştürüp yeni ürün imalatında kullanabilecek tesis ve kapasiteler Türkiye’de mevcuttur. Örneğin Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.’ne ait Çayırova tesislerinde, ayrılarak geri kazanılan camlar geri dönüşüm proseslerinden geçirilerek harmanlandıktan sonra yeni ürün imalatında kullanılmaktadır. Aynı şekilde teneke atıklar Türkiye Demir Çelik İşletmeleri’nce veya ark ocağı olan orta ve küçük ölçekli döküm firmalarınca, alüminyum atıklar da külçe döküm kuruluşlarınca geri dönüşüm işlemlerinden geçirilerek yeni ürün imalatında kullanılmaktadırlar. Ancak bu gibi işletmelerdeki teknoloji yetersizlikleri ve geri kazanılan atıkların kirlilik ve saflık derecelerinin düşük olması nedeniyle fire meydana gelmektedir. Türkiye’de plastik atıkların geri dönüşümü alanında da faaliyet gösteren birçok kuruluş olmakla beraber, teknolojik eksiklikler nedeniyle istenilen kalitelerde geri dönüşümü sağlayacak uygulamalar halen mevcut bulunmamaktadır. Gerek dünyada gerekse Türkiye’deki uygulamalarda plastik geri dönüşüm tesislerinde plastik kırılıp, çapak haline getirilmekte ve çeşitli aşamalarda yıkanarak taş, cam, kir, kâğıt, etiket vb.’den arındırılmaktadır. Ayrılan plastikler mekanik sistemlerle kurutulup, plastiğin özelliğine ve ikincil ürün imalatçısının talebine göre çapak veya granül halde paketlenip

²⁷⁶ Oğuz Gürel, “İlimizde Ambalaj Atıkları Yönetimine İlişkin Uygulamalar ve Karşılaşılan Sıkıntılar”, **Türkiye’de Ambalaj Atıkları Yönetimi ve Uygulamaları Semineri**, 6-7 Aralık 2007 Erzurum.

ikincil hammadde olarak kullanıma hazır hale getirilmektedir. Plastik atıkların geri kazanılabilmeleri için genelde boyutlarının 4cm.'den küçük çaplar haline getirilmeleri gerekmektedir. Plastik sanayinde doğrudan çapak kullanımı bu nedenle yaygın değildir. En çok başvuru yolu, bu çapakları granül hale getirerek üretim safhasında granül olarak kullanmaktır.²⁷⁷

2.5.5. Türkiye’de atık geri dönüşüm borsası

Atık geri dönüşüm borsasının kuruluş amacı, işletme içinde değerlendirilemeyen ve atık olarak nitelendirilen maddeleri satmak isteyen ve bu maddeleri almak isteyenleri bir araya getirerek, atık maddeleri ekonomiye kazandırmaktır. Böylece işletmelerde üretim sonucu ortaya çıkan atıkların geri kazanılması ve daha fazla ikincil hammadde olarak değerlendirilmesi sağlanmakta, nihâi bertaraf edilecek atıkların miktarı azaltılarak, daha pahalı bertaraf giderleri önlenmektedir. Türkiye’de atık borsası, uluslararası uygulamalarda olduğu gibi sanayi odalarının bünyesinde, atıklarını arz eden işletmelerle, bu atıkları talep eden işletmeler arasında bilgilendirmeyi sağlayıcı bir sistem olarak çalışmaktadır. Önceden belirlenen atık grupları içinde atığı bulunan sanayiciler atığını atık borsasına arz etmektedir. Borsaya arz edilen bu atık, alıcı işletmelerin dikkatine sunulmaktadır. Bu atığı değerlendirmek üzere talep eden işletmelerin isim ve adresleri, arz eden firmaya bildirilmektedir. Atığı arz eden işletme, talepte bulunan işletmelerden istediği ile karşılıklı görüşme yoluyla, atığının satışını veya değerlendirilmesini sağlamış olmaktadır.²⁷⁸

²⁷⁷ Yaman T., a.g.e., 2007, s. 47.

²⁷⁸ Dalyancı H.L., a.g.e., 2006, s. 22.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. TAMSAYILI PROGRAMLAMA

Serbest piyasa şartlarında rekabet gücünün giderek artması, kaynakların sınırlı olması, nüfusun hızla artmasıyla beraber artan ve çeşitlenen talepleri karşılama ihtiyacının doğması, insanları planlamaya ve daha etkin karar vermeye zorlamaktadır. Etkili planlama ve bilimsel problem çözme tekniği olarak adlandırılabilir Yöneylem araştırması çok geniş alana hitap eden problem çözme teknikleri içerir.²⁷⁹ II. Dünya savaşı esnasında yeni bir bilimsel disiplin olarak gelişen Yöneylem Araştırması, savaşı takiben özellikle endüstriyel problemlerin optimizasyonu ile ilgili problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır.²⁸⁰ Yöneylem araştırması çözme tekniklerinden birisi de Tamsayılı Programlamadır. Tamsayılı programlama teknikleri geniş çekiciliğe sahip olması nedeniyle taşıma, enerji, tele iletişim ve üretimin tüm şekillerini kapsayarak, pek çok endüstride başarılı olarak kullanılmaktadır. Genel anlamda tam sayılı programlama, karar değişkenlerinin tam sayı olma koşulunu ileri süren bir doğrusal programlama modelidir.²⁸¹ Uygulamada birçok problemde karar değişkenleri eğer tamsayı olarak gösterilebiliyorsa daha kesin sonuçlar verebilmesi açısından büyük anlam kazanır. Örneğin; insanları, makineleri, araçları v.b. sayılabilir nesneler tam sayılı değerlerle gösterilmesi durumunda tamsayılı programlama modeli kullanılır.

Tamsayılı problemlerin optimizasyonu hem teoride hem de pratikte doğrusal programlama problemlerinden daha zordur. Tamsayılı programlama problemlerinde uygun çözüm bölgesi ne sürekli ne de konvektir. Problemin uygun çözüm noktaları çözüm alanının uç noktalarına hatta bölgenin sınırları üzerine düşmeyebilir. Bu nedenle uç noktalarda çözüm arama mantığına dayalı doğrusal programlama çözüm algoritmaları Tamsayılı Programlama problemlerine doğrudan uygulanmaz. Tamsayılı programlama problemlerinin dört türü vardır. Bunlar aşağıda özetlenmiştir.

²⁷⁹Emin Zeki Başkent, **Yöneylem Araştırması: Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları**, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, 2004, 1. Basım, s. 1.

²⁸⁰M.Akif Bakır, Bülent Altunkaynak, **Tamsayılı Programlama: Teori, Modeller ve Algoritmalar**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2003, 1. basım, s. 1.

²⁸¹C.Carl Pegels, Vahid Lofti, **Decision Support Systems for Operations Management and Management Science**, Irwin, USA 3. Baskı, 1996, s. 211.

1) Tam sayılı programlamada eğer bütün değişkenler tam sayı olarak ifade edilebiliyorsa buna saf tam sayılı programlama denir.²⁸² Personel programlama problemleri bu türdendir.

Örneğin;

$$\text{Maks } Z = 3x_1 + 2x_2$$

$$\text{Kısıtlar; } x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve } x_1, x_2 \text{ tam sayı}$$

Bu problem saf tamsayılı programlama problemidir.

2) Tam sayılı programlamada sadece bazı değişkenlerin tamsayı diğerleri de reel değerler alıyorsa buna *karma tam sayılı programlama* denir. Aynı kategorideki ürünler için farklı tüketicilerden istekler mevcutsa bu tür problemlerin olduğu bütünleşik üretim planlarında en faydalı kullanılabilecek yöntemlerden birisi karma tam sayılı programlamadır.²⁸³

Örneğin;

$$\text{Maks } Z = 3x_1 + 2x_2$$

$$\text{Kısıtlar; } x_1 + x_2 \leq 6$$

$$x_1, x_2 \geq 0 \text{ ve } x_1 \text{ tam sayı}$$

3) Tüm değişkenlerin 0 ya da 1'e eşit olmasının istendiği bir tamsayılı programlama problemine *0-1 Tamsayılı programlama* denir. Gezgin satıcı problemleri bu türdendir.

Örneğin;

$$\text{Maks } Z = x_1 - x_2$$

$$\text{Kısıtlar; } x_1 + 2x_2 \leq 2$$

$$2x_1 - 2x_2 \leq 1$$

$$x_1, x_2 = 0 \text{ veya } 1$$

4) Bazı değişkenlerin 0 ya da 1 değerini aldığı, geriye kalan değişkenlerin ise sürekli değişkenler olarak tanımlandığı modellere *0-1 karma tamsayılı programlama modelleri* denir. Üretim planlaması problemleri bu türdendir.

²⁸² Wayne L. Winston, **Operations Research Applications and Algorithms**, Duxbury Press, California, USA, 3. Baskı, 1994, s. 464.

²⁸³ Kejia Chen, Ping Ji, "A Mixed Integer Programming Model for Advanced Planning and Scheduling (APS)", Department of Industrial and Systems Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, **European Journal of Operational Research**, Vol:181, 2007, s. 516.

Örneğin;

$$\text{Maks } Z = x_1 + x_2 + 2x_3$$

$$\text{Kısıtlar; } x_1 + 2x_2 \leq 2$$

$$2x_1 + x_2 - x_3 \leq 1$$

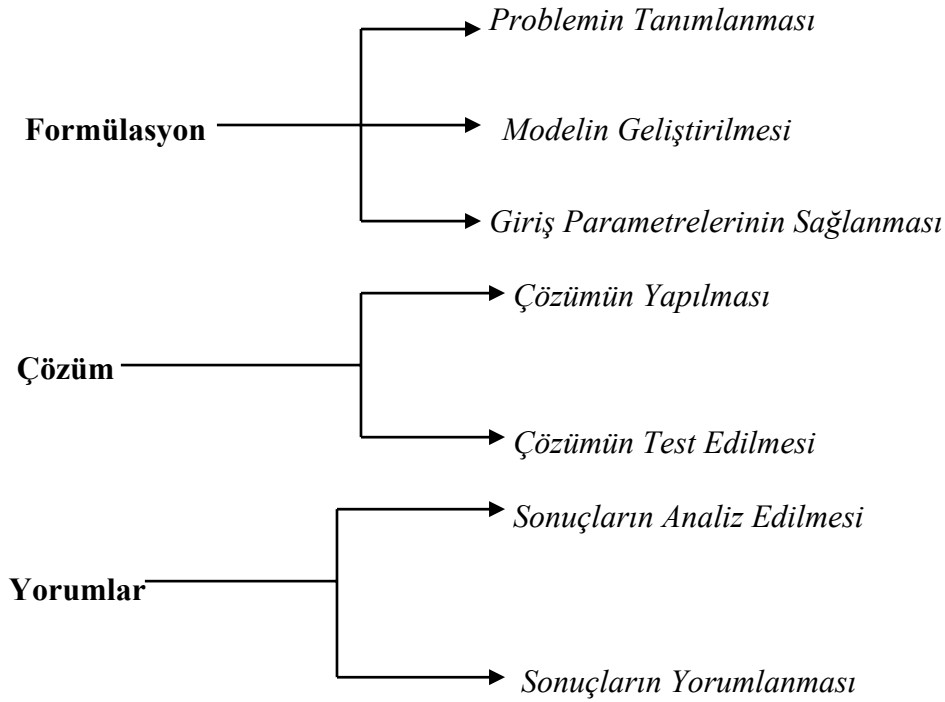
$$x_1, x_2 \geq 0, x_3 = 0 \text{ veya } 1$$

Kapasite kısıtlarının engel oluşturduğu ve üretimin yavaşladığı durumlarda problemlerin çözümü için iki yola başvurulabilir. Bunlardan bir tanesi, problemi doğrusal programlama haline dönüştürmek ve matematiksel olarak sonuca gitmeye çalışmak diğeri ise sezgisel yöntemlere başvurarak çözümlendirmektir. Tez çalışmasında kullanılan değişkenlerin bazıları 0-1 tamsayılı diğerlerinin ise sürekli değerler almasından dolayı 0-1 karma tamsayılı programlama model türündendir. Bu bakımdan çalışmanın bundan sonraki kısmında Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama modeli ele alınacaktır.

3.1. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlamada Model Kurma

Karma tamsayılı doğrusal programlamada model kurmak için ilk önce konu ile ilgili problemin tanımlanması gerekir. Daha sonra problemin çözümünü sağlayabilecek bir model geliştirilip giriş parametreleri sağlanır. Bunu takiben kurulan model doğrultusunda çözüm yapılır ve çözüm test edilir. Çözüme ulaşıldıktan sonra, sonuçların analiz edilmesi ve yorumlanması ile sonuca ulaşılabilir. Karma tamsayılı doğrusal programlamada modelin oluşturulması ve çözümü ile ilgili izlenmesi gereken yol şekil 3.1’de ²⁸⁴ şematik olarak gösterilmektedir.

²⁸⁴Nagraj Balakrishnan, Barry Render, Ralph M. Stair, Jr., **Managerial Decision Modeling with Spreadsheets**, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 2007, s. 242.



Şekil 3.1. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlamada Modelin oluşturulması ve İzlenecek Yol

3.2. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlamanın Özellikleri

Karma tamsayılı doğrusal programlama problemleri, çözümleri çok kolay gibi görünen fakat çok karmaşık olan ve problemin değişkenlerinin yöntem için elverişli olup olmadığının dikkatlice incelenmesi gereken bir matematiksel modeldir. Bu karmaşıklığı sebep olan iki yanlış fikir vardır. Birincisi değişkenlerin sınırlı sayılarla gösterilebilmesi problemin mantıklı bir çözümünün kolayca bulunabileceği düşüncesini doğurmasıdır. Aslında sınırlı sayılar, gerçekte astronomik şekilde büyüyebilir. Sınırlı uygun bölgeyi tam sayılı programlama problemlerinin çözümü, ancak uygun çözümler sonlu sayıda olduğunda sağlanır. Örneğin; 0–1 tamsayılı programlama problemlerini düşündüğümüzde, n sayıdaki değişkenle sadece iki çözüm göz önüne alınırken, her seferinde n sayısının bir artırılması çözüm sonuçlarını ikiye katlamaktadır. Sayıdaki her bir artış üstel olarak problemin çözüm kümesini aşırı bir derecede artırmaktadır. Bu da makul çözümün bulunma olasılığını zorlaştırmaktadır. Örneğin, değişken sayısı “ n ” 10 ise çözüm kümesi 1024, 20 ise çözüm kümesi 1.000.000’den fazla ve 30 ise çözüm kümesi 1 milyardan fazla olmaktadır. 0–1 değişkenleri yerine tam sayılı değişkenlerin kullanılması çözümleri biraz daha kolaylaştırmaktadır. Tüm çözümlerin, her birinin

uygunluğunun kontrol edilmesi ve uygun çözümlerin amaç değerlerinin hesaplanması için çok hızlı bilgisayarlar bile yetersiz kalmaktadır. İkinci yanlış fikir ise, uygulanabilir çözümlerden bazılarını, (bunlar tam sayılı olmayanların oluşturduğu çözümlerdir) problemden çıkarmanın problemin çözümünü kolaylaştıracağı düşüncesidir. Gerçek bunun tam terside olabilmektedir çünkü bu uzaklaştırılan değişkenlerin getireceği sonuçlar bazen problemin optimal çözümünü oluşturabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı doğrusal programlama problemlerini çözmek genellikle tam sayılı problemleri çözmekten daha kolay olabilmektedir. Tam sayılı bir problemin tam sayılı sınırlamaları varsa o zaman optimal çözümü için bu problemi doğrusal programlama ve simplex metodunu kullanarak çözmektense tam sayılı programlama ile çözmek daha kolay olabilmektedir. Tam sayılı problemlerin 3 değişik nedenden dolayı çözülme zorluğu bulunmaktadır. Bunlar; tam sayılı değişkenlerin sayısı, değişkenlerin (0–1) veya genel tam sayılı değişkenler olup olmaması ve problemin yapısından kaynaklanmaktadır. Doğrusal programlama problemlerinde kısıtların sayısı değişkenlerin sayısından daha önemli iken tam sayılı programlama problemlerinde kısıtlamaların bazıları önemli olsa da önem derecesi diğer faktörlerden sonra gelmektedir. Karma tam sayılı doğrusal programlama problemlerinde, tam sayılı değişken sayısı toplam değişken sayısından daha önemlidir. Çünkü sürekli değişkenlerin, hesaplama işlemlerindeki gösterilen çabaya hiç etkisi yoktur. Bu nedenle tam sayılı programlama problemlerinin çözümü klasik doğrusal programlama problemlerinin çözümünden daha zordur.²⁸⁵

3.3. Karma Tamsayılı Doğrusal Programlamada Uygulamalar

Tamsayılı programlamada uygulamaların çoğu 0-1 tamsayılı programlama türündendir. Örneğin sırt çantası problemleri, sermaye bütçeleme problemleri, küme örtme, paketleme ve ayrıştırma problemleri, atama eşleştirme problemleri ve gezgin satıcı, güzergâh problemleri ve makine ardışıklık problemleridir. Burada Karma tamsayılı doğrusal programlamada uygulamalarından bahsedilecektir. Bu uygulamalar; sabit yük problemleri, tezgâh yerleştirme problemleri, ya-veya kısıtlayıcı problemleri, ise-o zaman kısıtlı problemler, parçalı doğrusal fonksiyon problemleri, tedarik zinciri ve lojistik ağ tasarımı problemleridir.

²⁸⁵ Hillier Lieberman, a.g.e., 2005, s. 501–502.

3.3.1. Sabit yük problemleri

Sabit yük problemleri herhangi bir karar değişkeninin gerçekleşip gerçekleşmemesine bağlı olarak bir defalık giderlerin söz konusu olduğu durumlarda karşılaşılan problemlerdir. Örneğin, bir kumaşın baskı makinesinde basılması için önce kumaşın baskı kalıbı hazırlanıp baskı makinesine yerleştirilmelidir. Baskı kalıbının hazırlanması ve makineye takılması maliyetine sabit yük veya hazırlık maliyeti denir. Basılan kumaş miktarıyla orantılı olan maliyete de değişken maliyet denir. Değişken maliyet en az faaliyet düzeyi ile orantılı olacaktır. Çünkü bir işletmeden istenen toplam maliyetin minimum olmasıdır.²⁸⁶ Bir işletmede üretilecek yeni bir ürün için gerekli makine yatırımı, bir fabrikada üretim tezgâhında bir ürün üretiminden diğerine geçişte ortaya çıkacak sabit maliyetler, bir yerleşim yerine ofis açma kararına bağlı olarak ortaya çıkacak ofis sabit maliyet yükü gibi durumlar sabit yük türünden problemlerdir.²⁸⁷

3.3.2. Tezgâh yerleştirme problemleri

Sabit yük problemlerinin bir başka türü tezgah yerleştirme (facility location) problemi olarak adlandırılır ve uygulamada çok sık olarak karşılaşılır. Böyle bir problemde, karar verici değişik araçları (tezgâhlar, itfaiye istasyonları, dolaplar ya da işletmenin ofisleri) nereye yerleştirileceğine karar vermelidir. Bu durumda sabit yük genellikle bir aracı çalıştırma veya kurma ile ilgili olan ve işletme maliyetlerinden bağımsız olan maliyetleri ifade eder.

3.3.3. “Ya-veya kısıtlı” problemler

Matematiksel programlama problemlerinde genellikle, iki kısıtlayıcıdan en az birisinin sağlanması istenir. Bu tür problemlere ya- veya kısıtlayıcı problemler (Either-or Constraints) denir.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0 \text{ ve } g(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq 0$$

B biçiminde iki tür kısıtlayıcı olduğu zaman bu iki kısıtlayıcıdan en az birisinin sağlanması için kısıtlayıcılara 0–1 değişkeni, y eklenir.

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq My \text{ ve } g(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq M(1-y)$$

²⁸⁶ Cliff T. Ragsdale, *Spreadsheet Modeling & Decision Analysis and Practical Introduction to Management Science*, Thomson Press, USA, 2007, 5. Baskı, s. 254.

²⁸⁷ Bakır M.A., v.d., a.g.e., s. 195.

Burada;

y : 0–1 tamsayılı değişkeni

M ise problemdeki diğer kısıtlayıcıları sağlayan yeterince büyük değerli bir sayıyı ifade eder.²⁸⁸

3.3.4. “İse-O zaman” kısıtlı problemler

Bazen herhangi bir değişken pozitif değer aldığında ya da belli bir değeri aştığında diğer değişkenlerin kısıtlanması ya da diğer kısıtların sağlanması istenir. Bu durum sembolik olarak şöyle ifade edilir:

Eğer kısıt $g_1(x) > 0$ sağlanırsa, kısıt $g_2(x) \geq 0$ 'da sağlanmalıdır. $g_1(x) > 0$ sağlanmıyorsa, kısıt $g_2(x) \geq 0$ sağlanabilir ya da sağlanmayabilir. Kısacası, $g_1(x) > 0$ 'ın $g_2(x) \geq 0$ 'ı sağlaması istenir. Kısıt olarak formülleştirilirse,

$$-g_2(x) \leq My$$

$$g_1(x) \leq M(1-y)$$

$$y=0 \text{ ya da } 1$$

şeklinde. M ise problemdeki diğer kısıtlayıcıları sağlayan yeterince büyük değerli bir sayıyı ifade eder.²⁸⁹

3.3.5. Parçalı doğrusal fonksiyon problemleri

Bazen fiyat indirimleri v.b. nedenlerle satın alınan miktara bağlı olarak belli miktar aralıklarında farklılık gösterebilir. Böyle durumlarda amaç fonksiyonun doğrusallığı bozulmasına rağmen, parçalı doğrusal fonksiyonlarından oluşan doğrusal olmayan bir fonksiyon söz konusu olur. Dolayısıyla bu tür fonksiyonlar bazı manipülasyonlarla doğrusal hale dönüştürülür ve işlemlere devam edilir. Yapılacak olan manipülasyonlar aşağıda algoritma olarak tanımlanmıştır;

Adım1: Optimizasyon probleminde her nerede $C(x)$ olursa bunu

$$w_1C(b_1)+w_2C(b_2)+\dots+w_nC(b_n)$$

ile değiştir.

Adım 2: $0 \leq w \leq 1$ aralığında aşağıdaki kısıtlar probleme eklenir: ²⁹⁰

$$w_1 \leq y_1, w_2 \leq y_1 + y_2, w_3 \leq y_2 + y_3 \dots w_{n-1} \leq y_{n-2} + y_{n-1}$$

²⁸⁸ Hamdy A. Taha, , **Operations Research: An Introduction** Prentice Hall, Upper Saddle River, 2007, New Jersey, USA, 8. Baskı, s. 364-365.

²⁸⁹ Bakır M.A., v.d., a.g.e., s.260.

²⁹⁰ Bakır M.A., v.d., a.g.e., s.270

$$w_n \leq y_{n-1}$$

$$y_1 + y_2 + \dots + y_{n-1} = 1$$

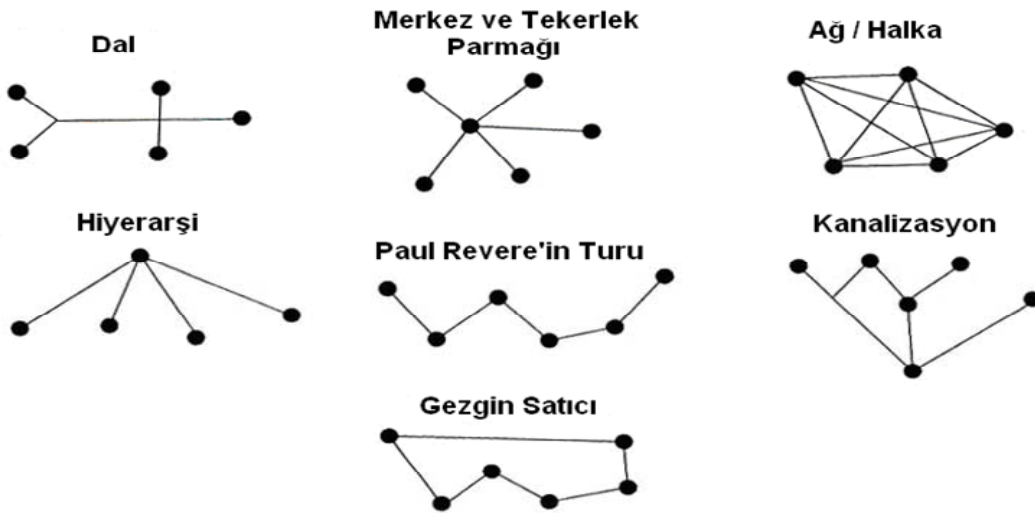
$$w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$$

$$x = w_1 b_1 + w_2 b_2 + \dots + w_n b_n$$

$$y_i = 0 \text{ veya } 1 \ (i=1,2,\dots,n-1); w_i \geq 0 \ (i=1,2,\dots,n)$$

3.3.6. Tedarik zinciri ve lojistik ağ tasarımı problemleri

Ağ tasarımı; tedarikçi, üretim tesisi, depo, dağıtım merkezleri, toptancı ve perakenedecilerin yer kapasite ve diğer özellikleri ile ağ içinde taşımacılık tiplerini belirleme sürecidir. Müşteri hizmet düzeyinin en iyilenmesi/maliyetlerin en küçüklenmesi amaçlarına yönelik olarak, ağ tasarımı ile hangi noktadan hangi noktaya ne kadar taşıma yapmanın en uygun olduğu sonucu bulunur. Ağ tasarım modelleri şekil 3.2'deki gibidir.²⁹¹



Şekil 3.2. Ağ Tasarım Modelleri

Ağ tasarımı problemlerinin çözümünde karma tamsayılı doğrusal programlamadan faydalanılır.

²⁹¹ www.isl.itu.edu.tr/sem/Lojistik/TZY_Ag_Tasarimi.ppt, erişim tarihi: 02.01.2009

3.4. Karma Tamsayı Doğrusal Programlama Çözüm Yöntemleri

Karma tamsayı doğrusal programlama da çözüm yöntemleri klasik algoritmalar ve sezgisel algoritmalar olmak üzere ikiye ayrılır. Bu çözüm yöntemlerinden kısaca bahsedilecektir.

3.4.1. Klasik algoritmalar

Karma tamsayı doğrusal programlama modeli şeklinde kurulmuş problemleri çözmek için geliştirilen klasik algoritmalar; Dal-sınır algoritması, kesme düzlemi algoritması ve lagrange gevşetme yöntemidir.

3.4.1.1. Dal - sınır algoritması

Tamsayı programlama problemlerin değişkenlerinin bir kısmı veya hepsi bazen üst veya alt sınırla veya hem alt hem de üst sınırla ayrı ayrı şartlanmaktadır. Bu tipteki optimizasyon problemlerinin çözümü için çok genel bir yaklaşım dal-sınır tekniğidir. Teknik 1960 yılında A.H. Land ve A.G. Doig tarafından geliştirilmiştir. Bu teknik, bir problemin optimal çözümünü araştırırken, problem ile ilgili tüm aşamaları sistemli bir şekilde analiz eder. Başlangıçta, problemin olanaklı çözümlerinin toplam kümesi, daha küçük alt kümelerle ayrılırken her bir alt küme (alt problem) için üst ve alt sınır değerleri belirlenir. Sonra da, bu değerlere bağlı olarak bazı alt problemler, çözümünden atılarak optimal çözüme ulaşılır. Dal ve sınır tekniği, bir alt problemin uygun bölgesindeki noktaların her birini etkince sayarak optimal çözümü bulurken üç temel adımı kullanır. Bu adımlar; dallandırma (Branching), sınırlama (Bounding) ve bağlamadır (Fathoming).²⁹²

- **Dallandırma ya da ayırıştırma:** “S” orijinal problemin uygun çözümlerinin kümesini tanımlamak üzere, bu uygun çözümler kümesi daha basit bir çok alt kümeye ayırıştırılır. Bu ayırıştırmanın nedeni büyük bir kümede arama yapma yerine daha küçük kümede arama yapmanın daha kolay olmasıdır.²⁹³ Bir bakıma, dallandırma; ele alınan problemler tüm uygun çözümler kümesini küçük ve daha küçük alt kümelerle ayırıştırılmasıdır. Uygun çözümler kümesindeki her bir çözüme *aday çözüm* adı verilir.

²⁹² Frederic S. Hillier, Gerald J. Lieberman, **Introduction to Operations Research**, Mc Graw Hill, New York, USA, 5. Baskı, 1990, s. 517.

²⁹³ Bakır M.A., v.d., a.g.e., s.341

Aday çözümler özgün probleme dallandırma kısıtlayıcıları eklenerek ve bunu izleyen dallandırma işleminin gerçekleştirilmesiyle elde edilir.²⁹⁴

- **Sınırlama:** Dal sınır yöntemi optimum amaç fonksiyonu değeri için hem alt hem üst sınırları hesaplar. Yani aramayı kolaylaştırmak için amaç fonksiyonu değerinin tanım aralığını belirler.²⁹⁵ Bir problemin, optimal çözümünü bulmada kullanılan dallar ile ilgili yapılan sayımlama, sınırlama işlemi ile azaltılır. Sınırlama ile genellikle dallanma sürecinde yaratılan her bir alt problemin optimum çözümünün alabileceği en küçük veya en büyük değer belirlenir. Belirlenen en küçük değer, alt sınır ve en büyük değer üst sınır olur. Bu sınırları elde etmenin standart yolu ise gevşetilmiş alt problemleri hızlıca çözmektir. Çoğu durumlarda bir problemin çözümünü güçleştiren kısıtlayıcılardan birisi atılarak problemin gevşetmesi elde edilir. En çok kullanılan gevşetme de bu kısıtlayıcı kümesini atan *doğrusal programlama gevşetmesidir*. Tamsayılı doğrusal programlama problemlerini en çok zora sokan kısıtlayıcılar da, karar değişkenlerinin tam sayılı olmasını isteyen kısıtlayıcılardır. Bir doğrusal programlama gevşetmesi yapılan alt problemin optimal çözüm değeri tam sayılı olsa da veya olmasa da daha önceki alt sınırdan daha iyi değilse, bu alt problem sınırlandırılır. Dolayısıyla bu düğümden daha fazla dallandırma yapılmaz. Böylece, bu düğümden daha sonraki aşamalar için alt problemlere ayrıştırma işlemine son verilir. Bu da, herhangi bir problemin optimal çözümünü veren çözüm ağacının dallandırma sayısını azaltarak problemin çözüm sürecini kısaltır. Ayrıca tüm alt problemler sınırlandığında, dal ve sınır algoritması sona erer. En iyi alt sınır da tam sayılı doğrusal programlama problemin çözümü olur.²⁹⁶

- **Bağlama:** Bir alt problemde, dallandırma gereksiz ise o alt problem bağlanmalıdır. Bir alt problemin bağlanması aşağıda verilen üç durumda sonuçlanır.²⁹⁷

- 1) Alt problemin uygun çözümü olmadığında, tam sayılı programlama probleminin optimal çözümü yoktur.

- 2) Alt problemin tüm değişkenleri tam sayılı değerli bir optimal çözümü verdiğinde, eğer bu optimal çözüm, daha önce tam sayılı programlama probleminde elde edilen uygun çözüm değerinden daha iyi değerli ise bu çözüm, aday çözüm olur. Aday çözüm değeri, optimal çözüm değeri için cari alt sınır olur. Aynı zamanda bu

²⁹⁴ Ahmet Öztürk, *Yöneylem Araştırması*, Ekin Kitabevi, Bursa, 10. Baskı, 2005, s. 372-378.

²⁹⁵ Bakır M.A., v.d., a.g.e., s.341.

²⁹⁶ Öztürk., a.g.e., s. 372-378.

²⁹⁷ Öztürk., a.g.e., s. 372-378.

durum, cari alt problem tam sayılı programlama probleminin optimal çözümünü verebilir.

3) Alt problemin optimal çözüm değeri, en büyükleme problemlerinde diğer alt problemin cari çözüm değerinden küçük olduğunda, bu alt problem başka işlemler için bağlanır yani göz ardı edilir. Karma tam sayılı programlama modellerinde, bazı değişkenlerin tam sayılı olması istenirken diğer değişkenlerin kesir değeri almasına izin verilir. Karma tamsayılı doğrusal programlama problemini dal ve sınır algoritmasıyla çözerken, tam sayılı olması istenen kesir değerli değişken dallandırılır. Bu dallandırma adımına geçmeden önce, verilen özgün karma tamsayılı doğrusal programlama probleminin doğrusal programlama gevşetmesi çözülür. Sonra, bu doğrusal programlama gevşetmenin optimal çözümünde yer alan ve tam sayılı olması istenen kesir değerli değişken dallandırılır ve bu dallandırma, o değişken tam sayılı değer alıncaya kadar uygulanarak optimal çözüme ulaşılır. Dal sınır algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir.

Adım1 (Başlangıç Adımı): Orijinal probleme alt sınır stratejisi uygulanır ve amaç fonksiyonunun (min. amaç için) alt sınırı hesaplanır. Eğer orijinal problem düğümlenmişse optimum çözüm elde edilmiştir ve algoritma durdurulur. Eğer alt sınırlama için kullanılan gevşetilmiş problem uygun çözüme sahip değilse, orijinal problem de uygun çözüme sahip değildir ve algoritma durdurulur. Her iki durumun dışında ise orijinal problem listeye konur ve sonraki adıma geçilir.

Adım2 (Genel Adımlar): Eğer liste boş değilse dallandırmada alt problemlerin seçimi için arama stratejisi kullanılarak, seçilen alt problemler üzerine dallandırma stratejisi uygulanır. Uygun olamayan çözümler budanarak listeden atılır. Düğümlenmiş alt problemler var ise, cari optimum çözüm güncelleştirilir. Düğümlenmemiş ve budanmamış çözümler sonraki adımları benzer şekilde gerçekleştirmek üzere listeye eklenir.²⁹⁸

3.4.1.2. Kesme düzlemi algoritması

Tamsayılı programlama problemlerinin çözümü için diğer bir yaklaşım olan kesme düzlemi algoritması da yine tamsayı kısıtlarını gevşeterek elde edilen doğrusal programlama problemini çözmeye dayanır. Doğrusal programlama problemlerinin tam

²⁹⁸ Bakır M.A., v.d., a.g.e., s.346.

sayılı çözümlerini sağlayacak hesaplama yöntemi ilk kez 1958 yılında Gomory tarafından geliştirilmiştir. Bu yönteme kesme düzlemi adı verilir ve sonlu sayıda işlemten sonra optimal bir tam sayılı çözümü sağlar. Kesme düzlemi yönteminde, başlangıç noktası olarak bir doğrusal programlama probleminin simpleks yöntemiyle bulunan optimal sürekli çözümü ele alınır. Eğer bu çözüm tam sayılı bir çözüm değilse, doğrusal programlama problemine ek bir doğrusal kısıtlama dâhil edilir. Bu ek kısıtlama Gomory'nin geliştirdiği “*kesme düzlemi*” kuralına göre elde edilir. Kesme düzlemi kuralında simpleks yöntem ile elde edilen optimal çözüm değerlerinden en büyük kesir değerli karar değişkeni seçilir. Sonra da bu değişken satırında bulunan değişkenlerin katsayıları tam sayılı ve kesirli olarak yazılır ve tam sayılı 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. Böylece ek kısıtlayıcı elde edilir ve bu ek kısıtlayıcı denklemi standart hale getirmek için yeni bir değişken eklenir. Sonra da bu ek kısıtlayıcıya tam sayılı olmayan optimal çözüm tablosunda yer verilerek simpleks çözüm işlemlerine geçilir. Kesirli kısımdaki değişkenlerin değerlerinden negatif olanı varsa, bu sayının eşleği bulunarak kendi yerine ikame edilir. İki sayı arasındaki fark bir tam sayı ise bu iki sayıya eşleşik denir. X eşleşik Y , simge olarak $X \equiv Y$ ve $X \equiv Y$ sadece $X - Y = \text{tam sayı}$ olduğundadır. Optimal tam sayılı çözümleri araştırmada kullanılan kesme düzlemi, negatif olmayan tam sayı çözümü veren denklemin katsayısına eşleşik olan en küçük negatif olmayan sayılar kullanılarak belirlenir. Bu metot karma tam sayılı programlama problemlerine kolayca uygulanabilir. Eğer değişkenler tam sayılı ise optimum sonuç da tam sayılı olacaktır. Eğer değişkenler tam sayı olmayan değerler de içeriyorsa o zaman çözüm tam sayılı oluncaya kadar çözüm işlemine devam edilebilmektedir. Kesme düzlemi metodu genellikle daha basit problemlere uygulanabilir. Problem büyüdükçe ve karmaşıklıklaştıkça bu metodun başarı şansı azalmaktadır.²⁹⁹

3.4.1.3. Lagrange gevşetme yöntemi

Bazı model biçimleri için tamamıyla farklı bir strateji olan Lagrange gevşetme daha güçlü bir yöntem olabilir. Doğrusal programlama gevşetmenin aksine Lagrange

²⁹⁹ Öztürk A., a.g.e., s. 398–399.

gevşetmede tamsayı kısıtları problemde olduğu gibi muhafaza edilir, fakat problemin bazı ana kısıtlarında gevşetme yapılır. Böylece bu şekilde gevşetilmiş problem yine tamsayı bir çözüm verir. Doğrusal programlama gevşetmenin aksine, gevşetilmiş kısıtlar problemde tamamiyle düşülmeyip amaç fonksiyonunda uygun Lagrange çarpanlarıyla yer alarak, kısıtın sağlanmamasının önüne geçilir.³⁰⁰

3.4.2. Sezgisel algoritmalar (Heuristic algorithms)

Optimizasyon işlemi, verilen bir problem için belirli kısıtlamalara dikkat ederek, mümkün olan en iyi çözümü bulmaktır. Gerçek hayatta karşılaşılan çoğu optimizasyon problemi matematiksel formülasyonlarla çözülemeyecek kadar karmaşıktır. Bu tip problemlere sezgisel algoritmalarla belli çözümler getirilmektedir. Matematiksel programlama da sezgisel (heuristic) yöntemler bir optimizasyon problemine yakın optimal çözümler belirleyen yöntemlerdir. “Problem çözme sanatı” veya “problem çözmede yeni yöntemler keşfetme” gibi anlamlara gelen eski Yunanca “heuristic” kelimesi optimizasyon alanında daha ziyade “akıllı arama yöntemi” anlamı taşımaktadır. Sezgisel yöntemlerle optimum çözümler değil “yaklaşık çözümler” elde edilir. Karma tamsayılı doğrusal programlama problemlerini çözmede kullanılan birçok sezgisel algoritma mevcuttur. Bu algoritmalar; Greedy Algoritması, Tavlama Benzetimi Algoritması, Tabu Araması, Dağınık Arama ve Genetik Algoritmalarıdır. Aşağıda bu algoritmalarından kısaca bahsedilecektir.

3.4.2.1. Greedy algoritması (Greedy algorithm)

Bu algoritmaların temel prensibi algoritmanın üzerinde çalışacağı elemanları bir kriter gere göre sıralamak ve sıra ile deneyerek en sonunda optimum çözümü elde etmektir.³⁰¹ Greedy algoritmasının üç temel özelliği aşağıda verilmiştir.³⁰²

1) Artırma özelliği: İteratif olarak en büyük kazancı elde edecek şekilde cari kısmi çözüm ilerletilir.

2) Geriye doğru gitmeme (backtracking) özelliği: Herhangi bir aşamada çözüm kümesinde de elde edilen bir değer takip eden adımlarda değiştirilmez.

³⁰⁰ Bakır M.A., a.g.e., v.d., s.411.

³⁰¹ <http://emreknk.blogspot.com/2006/07/algoritmaların-analizi.html>, erişim tarihi : 25.09.2009.

³⁰² K.G. Murthy, **Operations Research: Deterministic Optimization Models**, Prentice-Hall, 1995, Hew Jersey, s. 46.

3) Greedy seçim özelliği: Herhangi bir aşamada çözüm kümesinde belli kurallara göre yer alan bir çözüm, o aşamada toplam maliyete en az katkıyı yapan ya da toplam kazanca en büyük katkıyı yapan çözümdür.

3.4.2.2. Tavlama benzetimi algoritması (Simulated annealing algorithm)

Tavlama Benzetimi, bir katının minimum enerji durumu elde edilene kadar yavaş yavaş soğutulduğunda fiziksel tavlama sürecini taklit eden olasılıklı bir arama yöntemidir. Bu yöntem ile üretilen çözümler sırasının amaç fonksiyonu değerleri genel bir azalma eğilimindedir. Bazı durumlarda amaç fonksiyonu değerleri yüksek olan çözümler de kabul edilebilmektedir. Bu yolla yerel bir minimum etrafında yapılan aramadan çıkılıp daha iyi bir yerel veya belki de global bir minimum için aramaya devam etmek amaçlanır. Tavlama Benzetimi'nin kombinatoryal optimizasyon problemleri için optimuma yakın çözümler veren kullanışlı bir yöntem olarak kullanıldığı söylenebilir.³⁰³

Tavlama Benzetimi Algoritmaları, lokal optimum çözümlere yakalanmaksızın global optimum çözümleri bulmayı hedefler. Algoritmanın kökeni istatistiksel Metropolis Algoritmasına dayanır. Algoritma da temel ilke lokal optimalden kaçınmak ve araştırmaya devam etmek için en yüksek amaç fonksiyonu değerine sahip olan çözümlere doğru, tepeye tırmanan hareketlere izin vermektir. Algoritmada bir başlangıç çözümü üretilerek ve sözde sıcaklık parametresi olan T başlangıç durumuna getirilerek başlatılır. Araştırma prosesi, sonlandırma kriterine ulaşana kadar tekrar edilir. Maksimum çalışma süresi, maksimum iterasyon sayısı gibi çok çeşitli sonlandırma kriterleri mevcut olabilir. Her bir T sıcaklığı için tekrarlama süresi oldukça basittir. $s' \in N(S)$ rastgele seçilir ve $f(s')$ ve T 'ye bağlı olarak yeni çözüm, aktif çözüm olarak kabul edilir. Eğer $f(s') < f(s)$ ise s' , s 'nin yerini alır. $f(s') \geq f(s)$ ise $x=U(0,1)$ olan rastgele bir sayı üretilir ve bu sayı, s' , T ve $f(s')-f(s)$ 'in fonksiyonu olan ihtimal değerinden küçük ise kabul edilir. Bu ihtimal genellikle Boltzman dağılımı olarak adlandırılan üstel bir ifade ile hesaplanır.³⁰⁴

³⁰³ Laarhoven, P.J., Aarts, E.H., **Simulated Annealing: Theory and Applications**, 1987, Redial Publishing Company, Boston, s.18-28.

³⁰⁴ Pakize Erdoğan, **Atama Modellerinde Timetabling Problemi ve ders çizelgeleme için Uygulama Geliştirme Denemesi**, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2003, s. 12-13.

3.4.2.3. Tabu arama (Tabu search)

Tabu arama, kombinatöryel bir optimizasyon problemine global bir optimum bulmak üzere geliştirilmiş genel bir arama metodudur. Bu methodda da diğer sezgisel algoritmalarda olduğu gibi, bir başlangıç noktasından başlanır ve belirlenen bir durdurma kriteri sağlanıncaya kadar arama işlemi devam eder.³⁰⁵

Tabu arama algoritmasında hem lokal optimum çözümden kaçınmak hem dedaha kapsamlı araştırma stratejileri geliştirmek amacıyla, aramanın geçmişi tabu listesi olarak kaydedilir. Basit tabu arama algoritması lokal minimum çözümden ve döngüden kaçınmak için kısa dönemli hafıza kullanır. En son ziyaret edilen çözümlerin bir kaydını tutan ve bu hareketleri yasaklayan tabu listesi, kısa dönemli hafıza olarak kabul edilir. Aktif çözümün komşuluğu tabu listesinde olmayan çözümlerle sınırlıdır. Bu çözümlere müade edilen çözümler denir. Daha sonra yeni çözüm yabu listesibe eklenir ve önceki çözümlerin tabu listesinde kalacağı iterasyon sayıları bir düşölür ve itarasyon sayısı 0 olan komşuluk FIFO (Fist in Fist Out) prensibine göre tablodan atılır. Komşuluklarda müade edilen çözümlerin dinamik olarak kısıtlanması sebebiyle tabu aramaya dinamik komşuluk arama tekniği de denilmektedir. Sonlandırma kriteri, maksimum çalışma süresi, maksimum iterasyon sayısı ve gelişmenin olmadığı iterasyon sayısı olabilir. Algoritma müsaade edilen çözümler kümesi boş olduğunda da sonlandırılır.³⁰⁶

3.4.2.4. Genetik algoritmalar (Genetic algorithms)

Genetik algoritmalar hakkındaki çalışmalar ilk olarak 1975 yılında J.H. Holland tarafından yapılmıştır. Genetik algoritma ‘en iyi’ olanın yaşamasını ve doğal seçim mekanizmasını temel alan ve bu ilkelerin bilgisayarda simölasyonunun yapılmasıyla sonuca ulaşan bir yöntemdir.³⁰⁷

Genetik algoritma sürecinin başlaması için öncelikle, başlangıç popölasyonundaki bireylerin her birinin uygunluk değeri hesaplanması gerekmektedir. Daha sonra seçim yöntemleri kullanılarak bu bireyler içinde yeni nesle aktarılabacak olanlar seçilecektir. Seçilen bireyler arasında evrimsel işlemler uygulanmaktadır. Önce çaprazlamaya maruz kalan bireyler daha sonra mutasyon geçirmektedirler. Oluşan yeni neslin uygunluk fonksiyonları yeniden hesaplanmakta ve bir sonraki nesle aktarılabacak bireyler uygunluk

³⁰⁵ F. Glover, **Tabu Search- Part I**, ORSA Journal on Computing Vol.1, No.3, (1989) s.190.

³⁰⁶ Erdoğan P., a.g.e., s. 15.

³⁰⁷ J. Holland, **Adaption in Natural and Artificial Systems**, University of Michigan Pres, Ann Arbor, 1975, s.35.

değerlerine göre tekrar seçim işlemine tabi tutulmaktadırlar. Bu işlem süreci problemin niteliğine ve beklentilerine göre en uygun sonuç elde edilinceye kadar sürer.³⁰⁸

3.4.2.5. Dağınık arama (Scatter search)

Dağınık arama yöntemi, son yıllarda geliştirilen metasezgisel yöntemler kapsamında yer alan bir Yapay Zekâ (YZ) tekniğidir. YZ, polinomial olmayan (NP-Non Polynomial) zor ve karmaşık endüstriyel problemlerin çözümlerinde başarılı sonuçlar vermektedir. Evrimsel bir yaklaşım olan dağınık arama metodu, kompozit karar kurallarını ve kısıtları üreten stratejilerden oluşur. Bugüne kadar yapılan çalışmalar incelenen yaklaşımın avantajlarını göstermiştir. Dağınık arama meta sezgiselinin prensipleri ilk kez 1970'lerde Fred Glover tarafından ortaya atılmıştır. Dağınık Arama Metodu, yeni çözümler elde edebilmek için referans küme adı verilen bir kümedeki çözümleri birleştirir. Dağınık Arama Metodunun diğer evrimsel algoritma metotlarından temel farkı, çözümü seçme yoludur. Dağınık Arama metodunda sistematik olarak referans kümesinden iki ya da daha fazla çözüm seçilerek yeni sonuçlar üretilir. Dağınık arama metodu iki kümeyle eş zamanlı olarak çalışır. Bu kümeler farklılaştırma (P) ve referans kümeleridir. İlk olarak farklılaştırma kümesi, arama uzayını belirlemekle sorumludur. Bu küme üretim prosesidir ve farklılık üretme olarak adlandırılır. Bu proses, uzayı dizilere ayırma ve belirli bir olasılığa göre çözüm seçme sürecidir. Referans çözüm kümesi, farklılaştırma kümesinin bir alt kümesidir ve on kat daha küçüktür. Çözümler her bir sonuç arasındaki minimum uzaklığın maksimize edilmesiyle seçilir. Referans kümesindeki çözümlerin gelişmesini sağlamak için kümenin elemanları belirli bir amaç fonksiyonu değerlerine göre en iyiden en kötüye doğru sıralanır. Kombinasyon prosesi dâhilinde referans kümesinden, yeni alt kümeler üretilir. Yeni daha iyi bir çözüm bulunduğunda, referans kümesindeki en kötü çözümle yer değiştirilir. Kombinasyon prosesinden yeni çözümler elde edilemediğinde farklılaştırma kümesi referans kümesine yeni çözümler getirmekle sorumludur. Algoritma; maksimum iterasyon sayısına ulaşıldığında veya farklılaştırma boş olduğunda sonlanır. Kombinasyondan sonra çözüm iyileştirme metodu devreye girerek

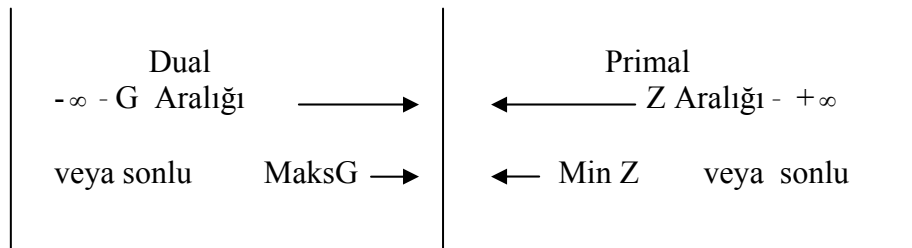
³⁰⁸ Özlem Tabak, *Genetik Algoritma İle Kapasiteli Servis Güzergahı Belirlenmesi Ve Bir Uygulama*, 2008, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, s.5.

referans kümesindeki farklılık derecesini yükseltmek için çalışır. Referans kümesindeki çeşitli bireyler birleştirildikten sonra, çözüm bireylerine lokal arama prosedürü uygulanır ve böylece hem farklı hem de iyi bireyleri birleştirmek için referans kümesi güncellenir. Bu adımlar sonlanma kriterine ulaşıncaya kadar devam eder. Bu nedenle referans kümesi kombinasyon prosedürü içerir.

Dağınık arama metodunun en önemli özelliği tabu arama meta sezgiseline bağlı olması ve arama prosedürünün iyileştirilebilmesi gerçeğidir. Dağınık arama metodu kalıtsal olduğu düşünülen güçlü bir hafızaya sahiptir. Güçlü hafızası sayesinde arama sırasında bulduğu iyi çözümleri saklar ve yeni çözümler üretirken sakladığı iyi çözümlerin özelliklerinden faydalanır. Sadece güçlü bir hafıza yeterli değildir. Aynı zamanda tabu aramasının adaptiv hafızası dağınık arama metodunun etkinliğini artırır.³⁰⁹

3.5. Dualite ve Gölge Fiyatlar

Her doğrusal programlama probleminin ilişkili olduğu bir ikiz problemi vardır. Asıl doğrusal programlama problemi *primal problem* olurken diğerine yani ikizine *dual (eşlek-ikilik)* problem adı verilir.³¹⁰ Dualite teoremine göre, eğer primal ve dual problemlerin çözümleri varsa, primal problemin herhangi bir mümkün çözümü ile ilgili amaç denklemi değeri (Z) dual problemin herhangi bir çözümü ile ilgili amaç denklemi değerinden (G) daha büyük veya ona eşittir. Eğer $\text{Min}Z = \text{Maks}G$ ise, her iki sistem içinde optimum mümkün çözüm vardır, primal ve dual problemlerin mümkün çözümleri yoksa optimum çözümleride yoktur. Teorem grafik olarak Şekil 3.3’de gösterilmiştir.³¹¹



Şekil 3.3. Dualite Teoremi

³⁰⁹Selda Oktay ve Orhan Engin, “Endüstriyel Problemlerin Çözümünde Dağınık Arama Yöntemi: Literatür Araştırması”, *Sigma, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2006/3 s. 146

³¹⁰ Öztürk A., a.g.e., s. 202.

³¹¹ Yılmaz Tulunay, *Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları*, Bayrak Matbaacılık, İstanbul-1987, s. 259.

Herhangi bir kısıtlayıcı denkleminde, kaynakların toplam marjinal değeri* sağ taraftaki kâr değerini aşar ise istenen kaynak gereğinden fazla olacağından, o ürün üretilmemelidir. Kaynakların marjinal değerinin miktarı kâr değerinden fazla olduğunda, bu fazla miktar elverişli kaynakların etkin olmayan dağıtımından sonuçlanacak fırsat kaybını veya maliyetini ifade eder. Kaynakların toplam marjinal değeri denklemin sağ tarafındaki değer ile tam bir eşitlik gösterirse, kaynaklar etkin bir şekilde kullanılıyor demektir.³¹²

Dual değişkenlerin optimal değerleri gölge fiyatlar veya fırsat maliyetleri olarak adlandırılmaktadır. Gölge fiyatlar (shadow price), herhangi bir üretim kaynağının miktarını bir birim artırılması veya azaltılması durumunda amaç fonksiyonunda meydana gelecek artış veya azalış (enbüyükleme sorununda ne kadar arttığını, enküçükleme sorununda ne kadar azaldığını) olarak tanımlanmaktadır.³¹³ Bir “ $\geq$ ” kısıdın gölge fiyatı her zaman 0 ya da 0’dan küçük, “ $\leq$ ” kısıdın gölge fiyatı ise her zaman 0 ya da 0’dan büyük olacaktır.³¹⁴

3.5.1. İndirgenmiş maliyet

Herhangi bir temel dışı değişkenin indirgenmiş maliyeti (reduced cost), değişkenin temel değişken olması için amaç fonksiyon katsayısında yapılacak iyileştirme miktarıdır. Eğer bir x_k temel dışı değişkenin amaç fonksiyon katsayısı indirgenmiş maliyet kadar iyileştirilirse, doğrusal modelin bir tek en iyi çözümü olmaz alternatif çözümler vardır. x_k , söz konusu çözümlerden en az birinde temel değişken en az birinde ise temel dışı değişken konumundadır.

3.6. Duyarlılık Analizi

Bir doğrusal programlama probleminin çözüm sonuçlarını uygulamaya koymadan önce, sistem parametreleri hakkında yeni bilgilerin gelişmesi halinde bunlardaki değişimlerin problem çözümünde nasıl etkide bulunduğunun bilinmesi istenir. Eğer sistem parametrelerindeki değişimler önemli miktarda ise çözümün güncelleştirilmesi gerekir. Bununla beraber belirli aralıktaki değişimler karşısında sistem çözüm

* Marjinal değer: Söz konusu kaynaktan bir birim daha olduğunda amaç fonksiyona yapacağı katkıdır. Yani, Z'nin amaç denklemini ve c_j 'nin de birim maliyetlerini gösterdiği kabul edilirse “ dZ/dc_j ” marjinal maliyeti belirler.

³¹² Öztürk A., a.g.e., s. 232.

³¹³ Öztürk A., a.g.e., s. 202.

³¹⁴ <http://www.uretimyonetimi.org/sunular/duyarlilik%20analizi.pdf>, erişim tarihi: 03.07.2009

sonuçlarında bir farklılık olmayabilir. Dolayısıyla bir sistemin parametrelerindeki hangi miktar değişmelere karşı optimum çözüm değerlerinin değişmeyeceğinin bilinmesi karar verici için önemli bir bilgi niteliği taşır. Amaç fonksiyon katsayıları, kısıtlayıcı kaynak miktarları ve teknolojik parametrelerdeki değişmelere karşı optimum çözümün göstereceği tepkiye '*duyarlılık analizi*' denir.³¹⁵ Duyarlılık analizi, eniyi çözümü bulunan bir doğrusal karar modelinde modeldeki parametrelerin çözümü nasıl etkilediklerine dair yapılan analizdir. Yani duyarlılık analizi sadece doğrusal modele yapılabilir.

3.7. Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm Alanlarında Uygulanan Doğrusal Optimizasyon Metotları

Katı atık yönetimini modellemek için kullanılan lineer optimizasyon metotları geri alınan malzemelerin iyileştirilmesinde ve yeniden kazanımında kullanılmıştır. Geleneksel metotlarda atıklar toplanır, taşınır ve toprağa gömülür. Geliştirilen metotlarla atıklar kaynakta sınıflandırılır, toplanır, işlenir ve arta kalan miktar toprağa gömülür. Bundan dolayı optimizasyon modelleri, katı atık yönetim sistemlerinin geri kazanım programlarının planlanmasında önemli rol oynamaktadır. Yerel yönetimler atıkları azaltmaları için kanunlar çerçevesinde ağ kurarlar. Bu ağlarda tersine lojistik ağı geri kazanım işlemlerinden; depolama, demontajlama ve geri dönüşüm işlemleri için kurulur. Atık pillerin, şişe ve camların, plastik ve kâğıt malzemelerinin geri dönüşümü için bu atıkların katı atıklardan ayrı bir şekilde depolanıp geri dönüşüm merkezlerine gönderilmesi için tersine lojistik ağı kurulması gerekir. Bu ağda, hangi parçanın hangi maliyetle geri dönüştürüleceği finanse edilir. Geri dönüştürme işlemleri teknolojik olarak zor ve pahalı işlemlerdir. Ekonomik olarak fayda sağlaması için yeterli hacimlerde gerçekleştirilmesi gerekir.³¹⁶

Yöneylem araştırması atık yönetimi alanında başarılıdır. Yazarların, etkili katı atık yönetim işlemlerini ve planlarını hesaplayan modelleri literatürde yaygın bir şekilde yer almaktadır. Bu makalelerin birçoğu atık yönetim işlemleri ile ağ modellerinin kullanımını bir birine bağlamışlardır. Ayrıca, genel atık yönetim sistemleri kapsamında malzemenin kurtarılmasını ve yeniden kazanımı içeren modeller kurulmuştur.

³¹⁵ Bakır M.A., a.g.e., v.d., s.111.

³¹⁶ Brito M.P., a.g.e., 2002-21, s.5.

Katı atık yönetimi, amaçları birbiriyle çelişen farklı ilişkide konuları içerdiğinden karmaşık bir yapıya sahiptir. Katı atık yönetim modelleri, büyük miktarda atık miktarlarının ortaya çıkması sebebiyle 1960'lı yıllarda ilk olarak kurulmaya başlanmıştır. Son zamanlarda, bir çok modelin kurulması ve uygulanması, uygun optimizasyon modellerinin gelişmesiyle birlikte artmıştır.³¹⁷

Katı atık yönetim alanında, birkaç araştırmacı çeşitli durumları başarılı bir şekilde optimize etmek için doğrusal programlama tekniklerini kullanmışlardır. Caruso ve diğerleri³¹⁸ İtalyanın Lombardydi bölgesinde, evsel katı atık yönetim sistemini modellemek için location-allocation uygulamasını kullanmışlardır. Model, nakliye, işlemlerden geçirme ve atık aşamalarını içermektedir ancak depolama aşamalarını ele almamaktadır. Atık işlemleri şunlardır; atık çöp fırınına atılabilir, kompostlanabilir, yeniden kazanılabilir ya da uygun bir şekilde gömülebilir. Yazarlar, çok amaçlı ve çok kriterli bir model kurmuşlardır. Amaç çevresel zararın minimize edilmesidir. Sistemin kısıtları; işleme fabrikalarının kapasite kısıtları, toprağa gömme kapasite kısıtları, akışın korunması v.b. faktörleri içerir.

Gottinger,³¹⁹ bölgesel katı atık yönetim problemini modellemiş ve sistemi iki temel alt sistem olarak sınırlandırmıştır. İlk sistemde, kaynakların yerine göre kamyonların rotalanması, toplama sıklığı, kamyon ve gerekli ekipman sayısı, yeniden ele geçirilen atığın transfer merkezine ve işleme tesislerine yada toprağa gömmeye nakliyesini içeren bir toplama sistemi tanımlamıştır. İkinci sistemde, bölgesel yönetim sisteminin, transfer noktalarını yerleşimi ve sayısı, işleme tesisleri ve toprağa gömme alanlarının kapasitesinin belirlenmesidir. Bu modelin girdileri, işleme noktaları ve toprağa gömme bölgelerinin potansiyel yerleşimi, nakliye maliyetleri, işlem ve diğer karma maliyetler ve tedarik noktalarındaki atık miktarlarıdır.

Bloemhof-Ruwaard³²⁰ ve diğerleri fabrikaların ve atık yok etme birimlerinin dağıtım ağının, ürünün koordinasyonunun ve ağ içindeki atık akışının planlanması ile atık yok etme problemini çalışmışlardır. Model de, fabrikanın kapasite kısıtları, atık yok etme birimleri ve sistemin servis ihtiyaçları göz önünde tutulmuştur. Amaç, atık yok etme birimlerinin toplam karma maliyetlerini ve atık akış miktarı ile ilişkili çeşitli

³¹⁷Hans W. Gottinger, , "A Computational Model for Solid Waste Management with Application", **European Journal of Operational Research**, Vol. 35, 1988, s.350-364.

³¹⁸C.Caruso, , A. Colomi, M. Paruccini, "The Regional Urban Solid Waste Management System: A Modeling Approach", **European Journal of Operational Research**, 1993, Vol. 70, s. 16-30.

³¹⁹ Gottinger Hans W., a.g.e., s. 353

³²⁰ Bloemhof-Ruwaard, J.M., Van Wassenhove, L.N., Gabel, H.L., and Weaver, P.M., "An Environmental Life Cycle Optimization Model for the European Pulp and Paper Industry", **Omega**, 2005Vol. 24(6), s. 615-629.

maliyetleri minimize etmektir. Problem iki durumlu karma tamsayılı programlama modeli olarak kurulmuştur. Birinci durum, belirli işleme fabrikasından belirli son kullanıcıya nakledilen atık akış miktarının belirlenmesini araştırmaktır. İkinci durum, birinci duruma ek olarak atıkların ortaya çıktığı yerde özel atık yok etme birimlerine karar vermeyi de içermektedir.

Anderson ve Nigam,³²¹ transfer istasyonlarından toprağa gömme bölgelerine minimum maliyetle atıkların nakledilmesi problemini incelemişlerdir. Problemi çözmek için kesme düzlemi algoritmasını kullanmışlardır. Modelin sonucuna göre toprağa gömme bölgelerinin sayısı üçten büyük olursa hesaplanan zaman üstel olarak artmaktadır.

Marks ve Liebman,³²² kaynakları bölgeler içinde rotalama ya da doğrudan toprağa gömmek için kaynaklardan, atığın olduğu yere göre transfer istasyonlarının yerinin ve sayısının belirlenmesi problemini ele almışlardır. Modelin amacı, nakletme işlemlerinin baştan sona tüm maliyetlerini, işleme ve karma maliyetlerini minimize etmektir.

Helms ve Clark,³²³ atık yönetimi için en iyi alternatif sistemi seçmek için matematiksel bir model öne sürmüşlerdir. Alternatifler; çöp fırınları, toprağa gömme ve yeniden kazanma tesislerini içermektedir.

Chang ve Lin,³²⁴ atık miktarı çok olan bir bölgeye, transfer istasyonlarının yerleşimini optimize etmek için bir model kurmuşlardır.

Baetz ve Neebe,³²⁵ atık yönetim programının tüm maliyetlerini minimize etmek amacıyla karma tamsayılı lineer programlama modeli kurmuşlardır. Modellerinde, geri kazanılabilir madde miktarı ve yeniden kazanma programının yerleşimi için optimal bir yeniden kazanma programı seviyesi belirlemişlerdir. Model, toprağa gömme kapasitesi, tekrar kazanılan madde miktarı, toprağa gömme işlem maliyetleri, atık üretim miktarı, yeniden kazanılabilir madde özellikleri ve atık yönetim politikası seviyeleri gibi veriler içermektedir.

Katı atık yönetimi ve geri kazanım alanlarında Lund,³²⁶ atığın toprağa gömme ömrünü uzatmak amacıyla, geri kazanma miktarı veri setini değerlendirmek ve

³²¹ Gottinger Hans W., a.g.e., s. 353

³²² Gottinger Hans W., a.g.e., s. 354.

³²³ Gottinger Hans W., a.g.e., s. 354.

³²⁴ Ni-Bin Chang, T.T. Lin, "Optimal Siting of Transfer Station Locations in a Metropolitan Solid Waste Management System", **Journal of Environmental Science and Health**, 1997, Vol. A32 (8), s. 2379-2401.

³²⁵ Brian W. Baetz, W. Neebe Alan, "A Planning Model for the Development of Waste Material Recycling Programmes", **Journal of Operational Research Society**, 1994, Vol. 45, s. 1374-1384.

³²⁶ Jay R. Lund, "Least-Cost Scheduling of Solid Waste Recycling", **Journal of Environmental Engineering**, Vol. 116, s. 182-197.

çizelgelemek için lineer programlama modeli kurmuştur. Modelin amacı, malzemenin yeniden kazanımı, toprağa gömme maliyetini ve atık yok etme maliyetini içeren bugünkü ve gelecekteki katı atık yönetim maliyetlerini minimize etmektir.

Jacobs ve Everett,³²⁷ geri dönüşüm programında toprağa gömme işlemlerinin optimalliğini sağlamak için deterministik lineer programlama modeli geliştirmişlerdir. Modellerini uzun dönemli toprağa gömme ve geri dönüştürme maliyetleri için denemişlerdir. Modelleri, geri dönüşüm maliyetlerinin, toprağa gömme ve bertaraf maliyetlerini aşması durumunda bile maliyet etkinliğini sağlamıştır. Yüksek geri dönüşüm maliyetlerinde bile toprağa gömme maliyetlerinin düşürülebileceği sonucuna varmışlardır.

Alidi,³²⁸ tehlikeli atıkların bertarafı için tamsayılı amaç programlama modeli kurmuştur. Model, tehlikeli maddeleri işleme tesislerinin, toprağa gömme alanlarının, yakma tesisinin ve geri kazanılmış malzeme pazar yerlerinin optimalliğini maliyet minimizasyonu amacıyla sağlamaya çalışmaktadır. Modelin on amacı vardır. Bu amaçlardan bazıları; bütçe, işleme, toprağa gömme, yakma ve pazar kapasitelerinin tahsis edilmesidir. Amaç fonksiyon, karar alıcının listelediği amaçlara göre yazılmıştır. Modeli test etmek için rastgele örnekler kullanılmıştır.

Pierce ve Davidson,³²⁹ lineer programlama tekniklerinin tehlikeli maddelerin yönetiminde kullanılması yönünde çalışmalar yapmışlardır. Geliştirdikleri lineer programlama modeli ile nakliye rotasının, ayırma ve işleme tesislerinin düzenlenmesinde maliyetin azaltılmasını sağlamaya çalışmışlardır.

Ammons ve diğerleri,³³⁰ hem ileri hem de geri akışları farklı bir ağda birleştirerek elde edilen geri dönüştürülmüş malzemeleri ileri tedarik sisteme nakletmek için gerekli olan ağı çalışmışlardır. Yazarlar ABD’de halının geri dönüşümünü ve yeniden üretimini sağlayan bir tersine üretim sistem ağını tasarlamışlardır. Kurdukları tamsayılı programlama modelinin amacı halı üreticilerin ağ üzerindeki kârını maksimum etmektir. Halının geri kazanımı için temel etkenler, üretim değerinin geri kazanımı, halı üreticilerin halıyı yeniden kullanmasına yön verilmesi ve atık kullanım maliyetlerinin önlenmesidir. Halının tersine üretim sistemindeki akışı tüm ABD’de yerleştirilen

³²⁷Jacobs Timothy L., Jess W. Evertt, “Optimal Scheduling of Consecutive Landfill Operations with Recycling”, **Journal of Environmental Engineering**, Vol. 118, 1992, s. 420-429

³²⁸Abdulaziz S., Alidi, “An Integer Goal Programming Model for Hazardous Waste Treatment and Disposal”, **Applied Mathematical Modeling**, 1992, Vol. 16, , s. 645-651.

³²⁹Pierce, J.J., G.M. Davidson, “Lineer Programming in Hazardous Waste Management”, **Journal of Environmental Engineering**, Div. ASCE, Vol. 108, 1982, s. 1014-1028.

³³⁰ Ammons J.C., v.d., s.550.

toplama noktalarında kullanılmış halının toplanması ile başlar. Ürün naylon halı ve ‘diğer’ halılar ayrılarak, halılar depolama merkezlerine kamyonla nakledilir. Diğer halılar mobilyaya dolgu malzemesi olarak kullanılması için yakın bir yerdeki, kumaş tiftiği malzemesine dönüştürme işletmesine nakledilir. Naylon halılar; naylon, polypropilen ve latex elde etmek için bir işletmeye iletilir. Naylon, polypropilen malzemeler ve latex halının üretiminde hammadde olarak kullanılır. Yazarlar farklı durumlar altında tersine sistemin davranışı çalışmak için dört olay üzerinde çalışmışlardır. Vaka çalışmaları; toplanan halının hacminin toplama maliyeti üzerindeki etkisi, toplananan halı hacminin sınıflandırma maliyetleri üzerindeki etkisi, ek işletme alanlarının kurulumu ve hammaddeyi yeniden kazanma fabrikalarının kurulumunu incelenmektedir.

Stuart ve diğerleri,³³¹ ürün ve işlemleri çevreye dost olarak seçmek için karma tamsayı programlama kullanmışlardır. Modelin amacı, geri gelen ürünlerin demontajlama düzeni ve montajlama işlemleri arasındaki ilişkiyi tanımlamaktır.

Louwers ve diğerleri,³³² Ammons v.d. gibi halı geri dönüşümünü çalışmışlardır. Çalışmalarında halı malzemelerinin toplanması, yeniden işlenmesi ve tekrar dağıtımı için tesis yer seçimi ve atama problemi geliştirmişlerdir. Modeli Avrupa ve ABD’de uygulamışlardır.

Benzer şekilde, Hollanda da, inşaat atıklarının, ülkenin İnşaat Atıklarını Yeniden Kazanım Örgütü (BRBS)’ye ulaştırılması için bir lojistik ağın kurulmasıdır. Avrupa da, inşaat atıklarının elden çıkarılması ile ilgili yeni mevzuatlardan dolayı, inşaat atıkları geri kazanılmaktadır. Bunun için Barros ve diğerleri,³³³ inşaatlardaki atıkları problemi için iki aşamalı ağ modeli geliştirdiler ve sezgisel bir prosedür kullanarak optimum sonuçları elde ettiler. Bu problem içinde tersine kanal, farklı tedarik noktalarında inşaat atıklarının oluşması ile başlar. Bu noktalar çeşitli inşaat bölgelerini göstermektedir. Yeni düzenlemelerden dolayı, ilk olarak tüm inşaat atıkları, geri kullanılabilir ve geri kullanılamaz malzemelerin ayırt edildiği sınıflandırma merkezlerine gönderilmelidir. Eğer atık, çoğunlukla taş malzemelerden oluşuyorsa, geri dönüştürülmesi için doğrudan kum ezme işletmelerine nakledilir. Eğer atık birkaç malzemenin karışımından oluşuyorsa, geri dönüşümsüz olanlar ile geri dönüştürülebilir malzemeleri ayırt etmek

³³¹ Setaputra R., a.g.e., s.32.

³³² Louwers, D., a.g.e., s.856.

³³³ Barros, A.I., Dekker, R., and Scholten, V., “A two-level Network for Recycling Sand: A Case Study” *European Journal of Operational Research*, 1998, V. 110, s.200.

için ayırma tesislerine gönderilir. Daha sonra geri dönüştürülebilir malzemeler, kum üreten işletme tesislerine gönderilir. İşlenen inşaat atıklarından üç tip yeniden kazanılmış kum elde edilir. Bunlar; temiz kum, yarı temiz kum ve kirli kumdur. Yaklaşık olarak toplam hacmin %40'ı temiz kumdur ve bu kum hiçbir kısıtlama olmaksızın yeniden kullanılabilir. Yaklaşık olarak hacmin %40'ı yarı temiz kumdur ve bu kumda özel önlemler altında kullanılır. Diğer taraftan kirli kum doğrudan kullanılamaz. Tersine ağın sonu, yeniden kazanılmış kumun talep noktalarıdır. Setler, kanallar ve köprülerin bakımı için talepler oluşur. Kum geri kazanım ağının amacı, sistemin toplama maliyetinin minimize edilmesi ve ağda işletme sistemlerinin sayısına tipine ve yerleşimine karar vermektir. Ek olarak, model, sistemin sabit, değişken ve dağıtım maliyetlerini minimize eden kum miktarını elde etmek ve işletmek için toplanması gereken atık miktarına karar vermektir.

Listes ve Dekker,³³⁴ Barros ve arkadaşlarının yaptıkları geri dönüşüm olayını örnek almışlardır. Karma tamsayılı modellerini, geri dönüşümlü ağ tasarımı için deterministik tesis yer seçimi problemine, belirsizlikleri dahil ederek stokastik bir yaklaşımla kurmuşlardır.

Storm,³³⁵ kullanılmış ve eskimiş araba ve kamyon lastiklerini geri kazanım işlemini optimize etmek için tersine lojistik model kurmuştur. Texas şehrindeki yasalar atık lastikleri elden çıkarma işlemini sınırladıklarından dolayı yeni sanayiler, otomobil ve kamyon lastiklerinin yeniden kullanımını ele almak için oluşturulmuşlardır. Eskimiş lastikler lastik türevli yakıt (tire-derived fuel: TDF) olarak kullanılabilmektedir. Ayrıca, tampon,eksoz takozu, ayakkabı üretiminde ve yol inşasında kullanılabilmektedir. Bu şekillerde kullanılamayan lastikler son seçenek olarak tamamı ayrıştırılarak geri kazanılır. Parçalanmış lastiklerin, ayrıştırılarak geri kazanımı sayesinde, yeni lastik üretimi için gerekli olan hammadde kullanımı azalır. Lastiği oluşturan elementler; %70 lastik, %20 çelik ve %10 polyester liftir. Lastiklerin geri kazanımı için kurulan RL modelin amacı; gerekli olana işletme maliyetlerini minimum düzeyde tutarken en yüksek pazar fiyatını elde edecek olan uygun boyuttaki geri getirilmiş lastiğin işlenerek işletmenin kârını maksimum yapmaktır. Ayrıca yeni lastik üretimi için işlemlerden geçecek olan optimum ürün karmasının miktarına karar vermektir. Modelin kısıtları ise;

³³⁴ O. Listes., ve R. Dekker, "A Stochastic Approach to a Case Study for Product Recovery Network Design", *European Journal of Operational Research*, 2005, Vol. 160, s. 269.

³³⁵ Jeffery R. Storm, *Application of a Reverse Logistics Model for Optimizing Scrap Tire Processing*, Master of Science thesis submitted to the University of Texas at El Paso, 1998, s.12.

hammaddeyi elde edebilme, tesis kurmak için işletme maliyetleri ve son malzeme gereksinimleridir. Modelde bunlara ek olarak, geri kazanım tesisinin işlemsel maliyetine karşı geri kazanılmış ürünün fiyat duyarlılığı test edilmiştir.

Pati ve diğerleri,³³⁶ toplam sistem maliyetinin yanı sıra kalitesi uygun olmayan atık kağıt miktarını minimize etmeye çalışırken diğer taraftan geri dönüştürülen atık kağıt miktarını maksimum yapmak için çok amaçlı programlama modeli kurmuşlardır.

Lu ve diğerleri,³³⁷ konteyner, şişe ve paletlerin geri dönüşümü için genel bir ağ tasarımı ve tesis yeri seçimini belirlemek için karma tamsayılı lineer programlama modeli önermişlerdir.

Wang ve diğerleri,³³⁸ geri dönüştürülen kâğıtların taşınmasını konu alan bir model geliştirmişlerdir. Modelde taşıma maliyetlerinin optimazasyonu amacıyla işleme tesislerinin yerleri belirlenmiştir.

Kılıç,³³⁹ Türkiye’de faaliyet gösteren bir beyaz eşya üreticisinin geri dönüşüm sistemi ağ tasarımı için karma tamsayılı programlama modeli kurarak çözmeye çalışmıştır. Modeldeki amaç, elektrikli ve elektronik ekipmanların belediyelere ait toplama noktalarından ikincil malzeme pazarı veya nihai işleme tesislerine kadar en uygun akışını ilgili maliyetleri minimize ederek sağlamaktır. Model dört farklı senaryo için GAMS optimizasyonu programı ile çözülmüştür. Her senaryo için optimum depo ve tesisi konumları belirlenmiştir.

Köse ve diğerleri,³⁴⁰ Türkiye için atık kızırtma yağlarının geri kazanımı için karma tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Modellerinde, atık kızırtma yağlarının geri kazanımı ile elde edilecek gelir ile belediye toplama noktalarından imha tesislerine ve ikincil pazarlara kadar olan süreçte oluşacak giderler arasındaki farkı enbüyükleyecek ürün akışını sağlamaya çalışmışlardır. Modellerini GAMS optimizasyonu programı ile dört senaryo için çözmüşlerdir. Senaryo sonuçlarına göre, açılan geri kazanım tesisi, geçici depo sayısı ve sistemin kârı, toplanan atık kızırtma yağı miktarı arttıkça artmaktadır.

³³⁶ R.K.Pati, P.Vrat, , P.Kumar, “A Goal Programming Model for Paper Recycling System”, , **Omega**, 2008, Vol. 36, s.406.

³³⁷ Lu Z., Bostel, N., ve Dejax, P., “**The Simple Plant Location Problem with Reverse Flows**”. In: A. Dolgui, J.Soldek, O. Zaikin (eds.), **Supply Chain Optimization**. Kluwer Academic Publishers, In pres, 2004.

³³⁸ Wang, .H., Even, J.C., Adams, S.K., “A Mixed Integer Linear Model for Optimal Processing and Transport of Secondary Materials”, **Resources, Conservation and Recycling**, 1995, Vol: 15, s. 65-78

³³⁹ Hüseyin Selçuk Kılıç, **Tersine Lojistik ve Bir Beyaz Eşya Üreticisi Firmada Geri Dönüşüm Sistemi Ağ Tasarımının Yapılması**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005, s. 12.

³⁴⁰ Sevdâ Köse, Murat Baskak, “Atık Kızırtma Yağları Geri Kazanımı için Tersine Lojistik Ağı Tasarımı”, **Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi**, 2009.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ERZURUM İLİNDE AMBALAJ ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜ İÇİN TERSİNE LOJİSTİK AĞ MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

2007 yılında yürürlüğe giren Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği gereği; ambalaj atıklarının çevreye vereceği zararların önlenmesi ve geri kazanılması için evsel atıklar içinden ambalaj atıkları ayrı toplanmalı, geri dönüştürülmeli ve şehrin düzenli depolama sahalarına alınmamalıdır. Bu işlemleri yapabilmek için Belediye tarafından, Ambalaj Atıkları Yönetim Planı (AAYP) yapılır. AAYP, ambalaj atıklarının biriktirilmesi, toplanması, taşınması, ayrıştırılması ve geri dönüştürülmesi faaliyetlerinin çevre ile uyumlu şekilde gerçekleştirilmesine yönelik olarak yapılacak çalışmalar ile bu çalışmaların kimler tarafından nasıl, ne şekilde ve ne zaman yapılacağını gösteren detaylı eylem planıdır.³⁴¹ AAYP'nin en önemli aşaması kaynakta ayrı toplama işlemidir. Kaynakta ayrı toplama ve ayırma, doğrudan belediyeler tarafından yapılabileceği gibi, bu çalışmalarının belediyeler tarafından doğrudan yapılamaması durumunda, belediyelerce bedel talep edilmeksizin lisanslı/geçici çalışma iznli toplama ayırma tesislerine toplattırılır ve ekonomiye kazandırılır.³⁴² Erzurum'da ambalaj atıklarının yönetimi için belediye tarafından oluşturulan bir plan bulunmamaktadır.³⁴³ Erzurum'da geri kazanılabilen atıklar resmi olmayan sektörler tarafından toplanmaktadır.³⁴⁴ Bu çalışmada Erzurum şehrinde ortaya çıkan ambalaj atıklarının toplanması için bir RL ağ tasarımı yapılmaya çalışılmıştır. Model tasarımlarıyla geri dönüştürülebilecek ambalaj atık miktarının minimum ve maksimum değerleri ele alındıktan sonra, taşıma, elleçleme ve işleme gibi giderleri ile geri dönüşümünden elde edilecek gelir arasındaki farkı minimize edecek, olası toplama noktaları ve olası geri dönüşüm tesislerinden uygun olanı seçilecektir. Bu amaçla RL ağ tasarımı çalışmalarında yaygın olarak kullanılan Karma Tamsayılı Lineer Programlama (Mixed Integer Linear Programming: MILP) modeli, ambalaj atıklarının geri dönüşümü ağ yapısı için uygulanacak ve LINGO optimizasyon yazılımı kullanılarak çözülecektir.

³⁴¹ www.tisk.org.tr/duyuru/erdem_gorgun_11_08.ppt, s.18, erişim tarihi: 17.05.2008.

³⁴² Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği, Madde 27(4).

³⁴³ Erzurum Çevre Yönetim Planı, Mart 2008, Yerel Ve Bölgesel Yönetimlerin Çevre Müktesebatını Uygulama Kapasitelerinin Güçlendirilmesi Projesi. s. 10.

³⁴⁴ <http://www.cindil.net/tanimt.html>, erişim tarihi: 23.09.2208.

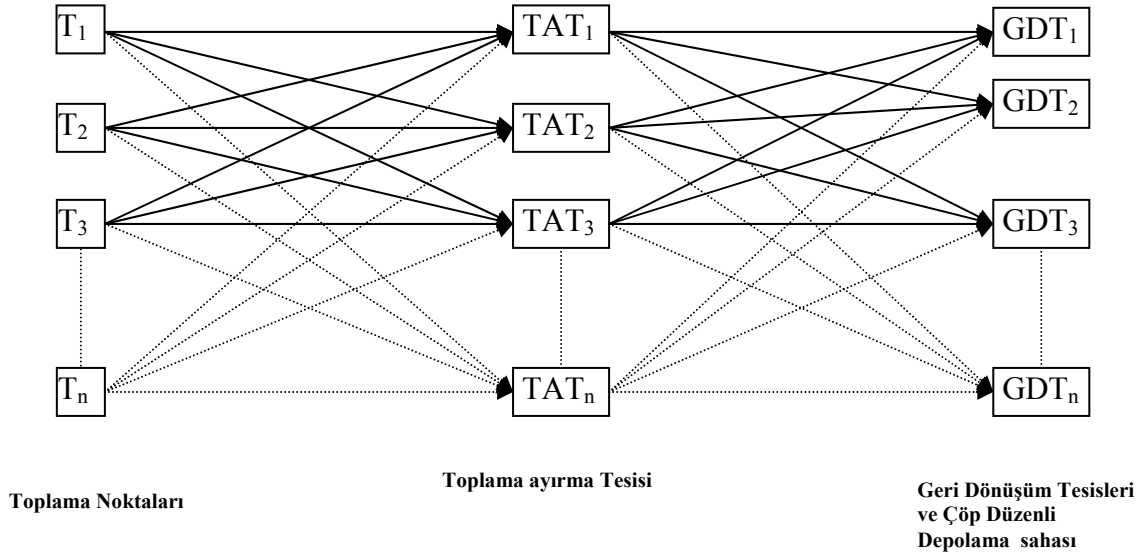
4.1. Sistemin İşleyişi

Erzurum ilinin ambalaj atıklarının geri kazanım çalışmalarına uygun modele karar vermek için geniş bir araştırma yapılmıştır. Geri dönüşüm problemi, geri dönen ürünlerin toplanmasını ve işlenmesini ele aldığı için RL'ye ait bir problemdir. Tersine lojistik bir tüketici tarafından kullanılmış malzemelerin, geri dönüşümü için gerekli olan tüm işlemleri ve geri kazanılan ürünün yeni bir pazarda satışa sunulacak ürün haline gelmesi için gerekli olan tüm aşamaları kapsar.³⁴⁵ RL sistem modeli için, tüketiciden Toplama Ayırma Tesisine (TAT), oradan da Geri Dönüşüm Tesisine (GDT) ve şehrin düzenli depolama sahasına doğru olan akışta, ambalaj atıklarının akış ağının belirlenmesi gereklidir. Geri dönüşümde, malzemelerin yeniden kullanımlarının arkasındaki nedenler, ekonomik ve çevreseldir. Ambalaj atıklarının geri dönüşümü, RL akışının ekonomik nedenine iyi bir örnektir. Ambalaj atıkları işleme kanalları, yeni bir ambalaj ürünü yapmak için temel hammadde yerine geri kazanılmış ürünleri kullanılmasının ekonomik olması dolayısıyla iyi kurulmalıdır. Ambalaj atıkları geri kazanım uygulamaları, artan nüfusa oranla atık miktarlarının artması ve çevre koruma işlemlerinin önem kazanması sebebiyle önem kazanmıştır. Ayrıca, geri kazanılmış ambalaj atıkları ya da diğer geri kazanılmış ürünler, toprağa gömülen atık miktarını azaltacağından, şehrin toprağa gömme alanlarının azalmasına ve düzenli depolama alanlarının verimliliğinin artmasına sebep olmaktadır.

Ambalaj atıkları problemi şöyle tanımlanabilir; toplama alanlarının yerleşimleri, ambalaj atık talepleri ve elde edilebilirliklerinin belirlenmesi, nakliye ve toplama maliyetlerinin belirlenmesi, ambalaj atık tipine göre uygun toplama tesislerinin yerinin ve kapasitesinin belirlenmesi ve bu işlemlerin yapılması için ortaya çıkan maliyetlerin minimize edilmesidir. Sistemde iki akış söz konusudur. Bu akışlar:

- 1) Toplama noktalarından TAT noktalarına olan akış,
- 2) TAT noktalarından geri kazanılabilir ambalaj atıklarının GDT'ye ve geri kazanılamayan ambalaj atıklarının Çöp Düzenli Depolama sahasına olan akıştır. Durum Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Şekildeki işlemler ilk olarak başlıklar altında kısaca açıklandıktan sonra detaylı açıklamaları ve hesaplamaları alt başlıklar altında yapılmıştır.

³⁴⁵ Fleischmann M., v.d., a.g.e., 1997, s-14.



Şekil 4.1. Ambalaj Atıklarının Toplanmasında Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Modeli

4.2. Ambalaj Atıklarının Toplama Noktalarına Kadar Toplanması

Ambalaj atıklarının evlerden, işyerlerinden, hastanelerden, kamu kurum ve kuruluşlarından, okullardan, marketlerden v.b. yerlerden toplanması işlemleridir. Bunun için nüfus yoğunluğu dikkate alınarak yedi merkezi toplama alanı düşünülmüştür. Modelde ton başına toplama maliyetleri literatürden alınarak bölgelere ait toplama maliyeti hesaplanmıştır. Ambalaj atıklarının tüketiciler tarafından konteynerlere bırakıldığı varsayılmıştır.

4.3. Ambalaj Atıklarının Toplama Noktalarından TAT Noktalarına Kadar Toplanması

Belirlenen yedi bölgenin her birinden haftada bir gün ambalaj atıkları toplanıp TAT'ne getirilecektir. Bu işlem için gerekli olan taşıma maliyeti hesaplanmıştır.

4.4. Türlerine Göre Ayrılmış Ambalaj Atıklarının GDT'ne Sevkiyatı

TAT'lerinde ambalaj atıkları dört ana kategoride sınıflandırılmaktadırlar. Bu kategoriler, kâğıt-karton, plastik, cam ve metallerdir. TAT'lerinde ürünlerin ayrılması için gerekli olan elleçleme ve işçi maliyetleri hesaplanmıştır. Türlerine göre ayrılan ambalaj atıkları GDT'ne sevk edilir. GDT'lerinin çoğu ülkenin batısında yer almaktadır. GDT'nin yerleri tespit edilip konum kümeleri oluşturulmuştur.

4.5. Modelin Oluşturulması

4.5.1. Modelin amacı

Modelin amacı, Erzurum’da oluşan ambalaj atıklarının, belirlenen yerlerden toplanarak TAT’a ve oradan da GDT’ye ve ambalaj niteliğinde olmayan atıkların şehrin düzenli depolama sahasına sevkiyatı ağında açığa çıkan maliyetleri minimum yapan akışları sağlamaktır. Bu amaçla sağlanan olası TAT ve GDT noktaları kümesinden uygun olanlar seçilecektir. Burada söz konusu olan maliyetler; toplama maliyetleri, taşıma maliyetleri, elleçleme maliyeti, TAT’nin sabit maliyeti ve TAT’ni işletme maliyetidir.

4.5.2. Model parametrelerinin belirlenmesi

Erzurum’da ambalaj atıklarının toplanması çalışmalarına ilişkin bilgilerin elde edilmesi için Erzurum Belediyesi ve Erzurum Çevre İl Müdürlüğü ile görüşmeler yapılmıştır. Parametrelerin belirlenebilmesi için çeşitli bakanlıkların web siteleri kullanılmış ve diğer şehirlerde yapılan ambalaj atıkları geri dönüşüm projeleri incelenmiştir. Temel olarak belirlenen parametreler şu şekildedir:

- 1) Ambalaj atığına ilişkin belirlenecek parametreler:
 - Açığa çıkan ambalaj atığı miktarı,
 - Açığa çıkan ambalaj atıklarını toplama maliyeti,
 - Ambalaj atıkları kategorilerinin belirlenmesi,
 - Ambalaj atıklarının balya hacim ve ağırlıklarının belirlenmesi,
 - Geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerin birim taşıma maliyetinin belirlenmesi,
 - Geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerinin kg gelirlerinin belirlenmesi,
 - Geri dönüştürülmeyen malzemelerin düzenli depolama sahasına birim taşıma maliyetinin belirlenmesi,
- 2) Toplama noktalarının özelliklerine ilişkin parametreler:
 - Toplama noktalarının konum kümelerinin oluşturulması,
- 3) TAT’ne ilişkin parametreler;
 - TAT noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi,
 - TAT noktalarının konum kümelerinin maliyetlerinin belirlenmesi,
 - TAT noktalarının elleçleme ve işletme maliyetlerinin belirlenmesi,

4) GDT'ne ilişkin parametreler;

- GDT'nin konum kümelerinin oluşturulması,
- GDT'nin malzeme geri dönüştürme kapasitelerinin belirlenmesidir.

Bu parametrelere ilişkin bilgiler başlıklar halinde aşağıda verilmiştir.

4.5.2.1. Açığa çıkan ambalaj atığı miktarı

Geri dönüşümlü ağ yapılarının en önemli özelliklerinden biri belirsizliktir. RL ağ yapısının tasarımı yapılırken sistem, belirsiz bilgiler üzerine inşa edilir. En büyük belirsizliklerden birisi de açığa çıkacak olan atık miktarıdır. Çalışmaya konu olan ağda, açığa çıkacak olan ambalaj atıklarının miktarı ve kalitesi; coğrafi konuma, nüfusa, sosyo ekonomik yapıya (eğitim durumu, tüketim alışkanlıkları, konutların yapısı ve ısınma şekli, şehirleşme ve yerleşim durumları), iklime, v.b. etkenlere göre farklılık gösterir. Değişen tüketim alışkanlıkları, nüfus artışı, yükselen hayat standardı, ambalajlı ürün satışındaki artış ile birlikte katı atık kompozisyonu da değişmektedir. Ambalaj atıklarının şehir çöpleri içindeki oranı, gelişmişlik ve refah seviyesine göre artmaktadır. Örneğin bu oran ABD ve İrlanda'da %50'nin üstünde, Almanya, Norveç, Finlandiya ve Yeni Zelanda'da %33-50 arasında olup Türkiye'de ise ağırlıkça %25³⁴⁶ hacimce %50 civarlarındadır.³⁴⁷

Erzurum'da evsel atıklar Erzurum'un 7 km. Güney batısında yer alan yeni düzenli katı atık depolama alanında toplanmaktadır.³⁴⁸ 2008 yılı itibariyle 346.644 kişi'den, 126.525 ton/yıl atık toplanmış ve düzenli depolama sahasına götürülmüştür.³⁴⁹ Evsel atıklar pazar günleri hariç her gün toplanmaktadır. Bunun için 400-750 lt'lik konteynerler kullanılmaktadır. Belediyeler geri kazanılabilir atıkları ayrı toplamamaktadır. Geri kazanılabilir atıklar sadece resmi olmayan sektörler tarafından toplanmaktadır. Resmi olmayan sektöre ait bir takım ailelerin bireyleri bir tür ayrı toplama sistemi yürütmektedir. Geri kazanılmış atıkları at arabaları ile toplayarak gecekondularının bahçelerine istiflemektedirler. Geri kazanılan atıkları Erzurum'dan

³⁴⁶ M.Talha Gönüllü, "Ambalaj Atıklarının Sürdürülebilir Geri Dönüşümü ve Tüm Taraflarla Birlikte Belediyelere Düşen Görevler", T.C. Marmara ve Boğazları Belediyeler Birliği, Marmara Sürdürülebilir Kalkınma Platformu, Temmuz 2009,s.2.

³⁴⁷ Çevre Orman Bakanlığı, 2008-2012 Atık Eylem Planı, s. 17.

³⁴⁸ Çevre ve Orman Bakanlığı, Erzurum Çevre Durum Raporu 2008, s. 182.

³⁴⁹ Çevre Orman Bakanlığı, 2008-2012 Atık Eylem Planı, s. 166.

uzakta yer alan şirketlere nakletmek için birkaç aile bir araya gelerek kamyon kiralamaktadırlar. Bu gruptan bir temsilci malların fabrikaya sorunsuz olarak ulaşması için eşlik etmektedir. Düzenli bir şekilde çalışan geri kazanım sistemi ve yönetimi bulunmamaktadır.³⁵⁰ Tablo 4.1’de Erzurum ili hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Tablo 4.1.Erzurum İli Hakkında Genel Bilgiler

İlin Toplam Nüfusu ³⁵¹	774.967		
İl/İlçe Merkez Nüfusu	485.107		
Belde/Köyler	289.960		
Atıkları Düzenli Depolama Sahasında Toplanan Nüfus	359.752		
Ortalama Hane Halkı Büyüklüğü ³⁵²	5,73		
İldeki Devlet Hastanelerinin Sayısı ³⁵³	Devlet Hastanesi	4	
	Üniversite Hastanesi	2	
	Askeri Hastane	1	
	Özel Hastane	2	
	Toplam	9	
İldeki Okul Sayısı ³⁵⁴	Okul Öncesi Eğitim	Anaokulu	13
		Resmi ilköğretim Okulu	963
	İlk Öğretim	Özel İlk Öğretim Okulu	4
		Resmi Lise	87
	Orta Öğretim	Özel Lise	3
		Fakülte	14
	Üniversite	Yüksekokul	13
		Toplam	1097
Kamu Kurum Kuruluş Sayıları ³⁵⁵	25		
200 m ² ’den büyük Satış Noktaları	29		

Erzurum’da 2007 yılı şubat ayı itibariyle 2 adet ambalaj üreticisi firma ve 20 adet ambalajı piyasaya süren firma mevcuttur.³⁵⁶ Tablo 4.2’de, Erzurum Çevre İl Müdürlüğünden alınan bilgilere göre 2009 yılı itibariyle piyasaya sürülen ambalaj atık miktarları görülmektedir.

³⁵⁰ Sağlam Nihat, **Erzurum Şehir Merkezi Çevre Problemleri Çözüm Önerileri**, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006, s. 63-64.

³⁵¹ TÜİK-ADNKS 2008 verileri

³⁵² Erzurum Çevre Yönetim Planı, Mart 2008, Yerel Ve Bölgesel Yönetimlerin Çevre Müktesebatını Uygulama Kapasitelerinin Güçlendirilmesi Projesi. s. 2.

³⁵³ <http://www.forumfinal.com/erzurum-l-stat-st-k-b-lg-ler-t7463/index.html?s=adbf28bc144c7843f8e1fb1b1a75d9e&erişim tarihi: 06.006.2009>

³⁵⁴ www.Erzurum.gov.tr, erişim tarihi: 03.11.2008

³⁵⁵ www.Erzurum.gov.tr, erişim tarihi: 03.11.2008

³⁵⁶ Gürel O, a.g.e., s. 4-5.

Tablo 4.2. Erzurum’da Piyasaya Sürülen Ambalaj Atık Miktarları

	AMBALAJ CİNSİ	Yurtiçinden Temin Edilen Ambalaj Miktarı (Kg)	İthal Edilen Ambalaj Miktarı (Kg)	İhraç Edilen Ambalaj Miktarı (Kg)	Tekrar Kullanılan Ambalaj Miktarı (Kg)	Yurtiçinde Piyasaya Sürülen Ambalaj Miktarı (Kg)
PLASTİK	Polietilen (PE)	26.218				25.167
	Polietilen tereftalat (PET)	977.832				801.697
	Polipropilen (PP)	648.566		192.855		351.639
	Polistiren (PS)	3.472				2.322
	Polivinilklorür (PVC)	1.754				1.488
METAL	1.657.842	0	192.855	0	1.182.313	0
	Çelik-Teneke	71.989				56.153
KOMPOZİT	Kağıt-Karton Ağırıklı					0
	Metal Ağırıklı	71.989	0	0	0	56.153
	Plastik Ağırıklı	239.101		271.492		0
KAĞIT KARTON		1.804.329		102.935		2.081.974
CAM		0				
AHŞAP		2.043.430	0	374.427	0	2.081.974
TOPLAM		3.773.261	0	567.282	0	3.320.440

Kurulacak olan model ortaya çıkan ambalaj atıklarının miktarına göre belirlenecektir. Ülkemizdeki ambalaj atığı miktarı, çöp üretimine oranla tahmin edilmektedir.³⁵⁷ Erzurum’un katı atık bileşimi Tablo 4.3’de verilmiştir.³⁵⁸

Tablo 4.3. Erzurum’un Atık Bileşimi

Bileşen	Dönem	Çöpün Ağırlık İtibariyle Dağılımı(%)				Belediye Yıllık Miktarı (ton/yıl)	Atığı
		Kış (1999)	İlkbahar (2000)	Sonbahar (2000)	Ortalama		
Kâğıt		8,6	10,6	12,7	10,6		7.863
Karton		7,8	6,8	6,1	6,9		5.118
Karışık Ambalaj Mal.		1,8	0,6	0,6	1,0		742
Plastik		7,6	10,7	12,7	10,3		7.640
Plastik şişe		1,1	1,1	1,4	1,2		890
Demir Metaller		1,9	1,9	3,9	2,6		1.929
Demir Dışı Metaller		0,2	0,4	0,5	0,4		297
Cam		1,9	3,5	2,5	2,6		1.929
Tekstil		2,2	3,9	2,8	3,0		2.225
Tahta/Deri/Lastik		2,1	2,3	2,2	2,2		1.632
Kemik		0,6	0,4	1,1	0,7		519
Geri Kazanılabılır Toplam		35,8	42,2	46,5	41,5		30.784
Organik		26,6	28,2	36,8	30,6		22.698
Karışık Atıklar		0,7	1,3	0,7	0,9		667
İnert Malzemeler		6,7	5,2	2,0	4,6		3.412
Özel Atıklar		0,5	1,1	1,3	1,0		742
Çocuk Bezi,Hij.Ped		0,9	1,4	2,3	1,5		1.112
Diğerleri		8,8	9,0	6,3	8,0		5.933
Yanmış/Yanmamış/Kömür/Kum/Kül		28,8	20,6	10,4	19,9		14.761
TOPLAM		100,0	100,0	100,0	100,0		

³⁵⁷ Gönüllü T., a.g.e., 2009, s.4.³⁵⁸ Sağlam N., a.g.e., s.68.

Atık bileşim tablosundan, ambalaj atıkları oranları dikkate alınarak 346.644 kişi ve 126.525 ton/yıl atık miktarındaki ambalaj atık oranları ve miktarları ağırlıkça ve hacimce hesaplanarak Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Erzurum Ambalaj Atık Miktarları

Ambalaj cinsi Ambalaj Miktarı	Kâğıt	Karton	Plastik	Cam	Demir Metaller (demir- teneke)	Demir Dışı Metaller (Alüminyum)	Toplam
Tüm çöp içinde Ağırlıkça %’de oran	10,6	6,9	11,5	2,6	2,6	0,4	34,6
Yıllık Ağırlıkça Miktar (ton)	13.412	8.730	14.550	3.290	3.290	506	43.778
Ambalaj Atıkları İçinde Ağırlıkça %’de oran	30,64	19,94	33,23	7,52	7,52	1,15	100
Yoğunluk ³⁵⁹ (Sıkıştırılmamış) (kg/m ³)	340	180	150	475	90	40	
Yıllık Hacimce Miktar (m ³)	39.447	48.500	97.000	6.926	36.556	12.650	241.079
Tüm çöp içinde Hacimce %’de oran	9,35	11,50	23	1,64	8,67	3	57,16
Ambalaj Atıkları İçinde hacimce %’de oran	16,36	20,11	40,24	2,88	15,16	5,25	100
Kişi Başına Düşen Ambalaj atık Miktarı (kg/kişi-gün)	0,106	0,069	0,115	0,026	0,026	3,99.10 ⁻³	0,346
Kişi Başına Düşen ambalaj atık Miktar (lt/kişi-gün)	0,312	0,383	0,767	0,055	0,289	0,099	1,906

Yapılan hesaplamalara göre Erzurum’un katı atığının ağırlıkça %34,6’sını, hacimce %57,6’sını ambalaj atıkları oluşturmaktadır. Atık oranlarının belirlendiği 2007 yılı itibariyle Erzurum Büyükşehir Belediyesine bağlı 4 ilçe kaymakamlığı bulunmaktadır. Şu an itibariyle Erzurum Büyükşehir Belediyesine 3 ilçe kaymakamlığı bağlıdır. Bu kaymakamlıklar; Palandöken, Yakutiye ve Aziziye ilçe kaymakamlıklarıdır. Bu ilçelere ait bilgiler Tablo 4.5’de verilmektedir.

³⁵⁹ Gönüllü T., a.g.e., 2009, s.6.

Tablo 4.5. Düzenli Katı Atıkları Toplanan Erzurum'un İlçeleri Hakkında Genel Bilgiler

Düzenli Katı Atıkları Toplanan Erzurum'un İlçeleri		Palandöken	Yakutiye	Aziziye	Toplam
Nüfusu ³⁶⁰		145.913	164.751	35.980	346.644
Nüfusa göre konut sayısı ³⁶¹		25.465	28.752	6.279	60.496
Mahalle Sayısı ^(362,363,364)		36	42	29	107
Yıllık Çöp Miktarı ³⁶⁵	Hacimce(m ³)	177.527	200.447	43.776	421.750
	Ağırlıkça (ton)	53.258	60.134	13.133	126.525
Yıllık Ambalaj Atık Miktarı ³⁶⁶	Hacimce(m ³)	101.477	114.579	25.023	241.079
	Ağırlıkça (ton)	18.427	20.807	4.544	43.778
Günlük Ambalaj Atık Miktarı	Hacimce(m ³)	278	314	69	661
	Ağırlıkça (ton)	50	57	13	120

Bu çalışmada, sosyo ekonomik yapısının yüksek olması ve apartman ve sitelerin yoğun olması dolayısıyla Palandöken ve Yakutiye ilçe kaymakamlıklarının ambalaj atıklarının toplanması ağı yapılacaktır. Tablo 2.8'de verilen bilgilere göre, yurt dışındaki bazı şehirlerde açığa çıkan atıkların geri dönüşüm oranları ağırlıkça en az %3,92 en çok %30,76 civarındadır. Bu oranlar dikkate alınarak model 6 senaryo üzerinde çalıştırılacaktır. Bu 6 senaryo açığa çıkan atığın ağırlıkça; %1, %3, %6, %12, %24, %30'unun geri dönüştürülmesi durumlarıdır.

Açığa çıkan ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması amacıyla ambalaj atıkları için çöp konteynerlerinden ayrı konteyner yerleştirilir. Çalışmada ambalaj atıklarının toplanması için Palandöken ve Yakutiye ilçeleri nüfus yoğunlukları dikkate alınarak yedi bölgeye ayrılmıştır. Haftanın her günü bir bölgedeki ambalaj atıkları toplanacaktır ve her 1.500 kişi için 1.000 lt hacimli bir konteyner yerleştirilecektir (Toplam atığın maksimum %30'unun toplanacağı varsayılarak hesaplanmıştır). Tablo 4.6'da yapılan hesaplamalar gösterilmiştir.

³⁶⁰ TÜİK-ADNKS 2008 verileri

³⁶¹ Ortalama hane halkı büyüklüğü 5,73 olarak alınıp hesaplama yapılmıştır

³⁶² <http://www.palandoken.gov.tr/>, erişim tarihi: 03.05.2009

³⁶³ http://www.duzceforum.com/erzurum_ilceleri_ve_ilceler_hakkinda_bilgiler-t4540.0.html;wap2=, erişim tarihi:25,02,2009

³⁶⁴ <http://www.aziziye.gov.tr/genel.htm>, erişim tarihi: 19.06.2009

³⁶⁵ Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanan 2008-2012 Atık Eylem Planındaki bilgiler kullanılmıştır.

³⁶⁶ Toplam atık miktarının %20'si ambalaj atığı olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.6. Erzurum İli için Ambalaj Atıkları Toplama Bölgeleri

Yerleşim	Palandöken				Yakutiye			Toplam
2009 yılı Nüfusu	145.913				164.751			310.664
Günlük Çöp Miktarı (kg)	145.912				164.751			310.663
Toplama Bölgeleri	Yunusemre	Yenişehir-Doğu	Yenişehir-Batı	Yıldızkent	Yakutiye-Doğu	Merkez	Üniversite	
Toplama Bölge Nüfusları	20.301	50.162	60.250	15.200	30.250	84.251	50.250	310.664
Atık Kumbara Sayısı	14	34	40	10	20	56	34	208
Nüfusa göre atık miktarı (kg/gün)	20.301	50.162	60.250	15.200	30.250	84.251	50.250	310.664
Toplama Günleri	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar	

Açığa çıkan atığın %1, %3, %6, %12, %24, %30'unun geri dönüştürülmesi durumunda toplama bölgelerine göre açığa çıkacak atık miktarları Tablo 4.7'de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Toplam Atığın %1, %3, %6, %12, %24, %30'unun Geri Dönüştürülmesi Durumunda Atık Toplama Bölgelerine Göre Geri Dönüşüm Miktarları

	Yerleşim	Palandöken				Yakutiye			Toplam
	Toplama Bölgeleri	Yunusemre	Yenişehir-Doğu	Yenişehir-Batı	Yıldızkent	Yakutiye-Doğu	Merkez	Üniversite	
Nüfusa Göre Atık Miktarı (kg/gün)	Senaryo 1 (%1)	202	503	603	152	301	842	504	3.107
	Senaryo 2 (%3)	604	1.510	1.809	457	904	2.526	1.510	9.320
	Senaryo 3 (%6)	1.212	3.020	3.616	913	1.808	5.051	3.020	18.640
	Senaryo 4 (%12)	2.423	6.039	7.232	1.827	3.616	10.104	6.039	37.280
	Senaryo 5 (%24)	4.846	12.079	14.464	3.653	7.233	20.205	12.079	74.559
	Senaryo 6 (%30)	6.058	15.098	18.081	4.567	9.040	25.257	15.098	93.199

4.5.2.2. Açığa çıkan ambalaj atıklarını toplama maliyeti

Toplama terimi, katı atıkların kaynakta ayrı toplamadan dolayı oluşan maliyeti kapsamaktadır. Kaynaktan TAT noktasına taşıma maliyeti ayrıca hesaplanacaktır. Toplama işlemi için gerekli olan, konteynerler Belediye ya da ÇEVKO tarafından sağlanacaktır. Bu açıdan maliyetleri sisteme dâhil edilmemiştir. Toplama maliyeti için baz alınan değerler tablo 4.8'de verilmiştir.³⁶⁷

³⁶⁷ <http://www.geridonusum.org/m.-talha-gonullu/cop-yonetimi-ve-ekonomisi.html>, erişim tarihi: 19.01.2009

Tablo 4.8. Evsel Çöpü Toplama, Taşıma ve Bertaraf Maliyetleri (\$ /ton)

Katı Atık Bertaraf İşlemleri	Düşük Gelirli Toplum 500 \$/kişi-yıl	Orta Gelirli Toplum 3000 \$/kişi-yıl	Yüksek Gelirli Toplum 25000 \$/kişi-yıl
Toplama	15-40	25-75	75-150
Taşıma	4-10	6-20	20-25
Düzenli depolama	5-25	15-20	30-100
Toplam	24-75	46-115	125-275

Erzurum şehrinin orta gelir düzeyli toplum* olduğu kabul edilirse, toplama için ton başına 15-40 \$ harcama gereklidir. Bu değerler dikkate alındığında Erzurum'da ambalaj atıklarının toplanması için 25 \$/ton (0,025 \$/kg) değeri alınacaktır.

4.5.2.3. Ambalaj atık kategorilerinin belirlenmesi

Model içerisindeki ambalaj atıkları evsel atıklardan ayrı olarak toplanacaktır. Ambalaj atıklarının tüketiciler tarafından konteynerlere getirildiği varsayılmıştır. Konteynerlerde karışık olarak toplanan ambalaj atıkları TAT tesislerinde kategorilerine göre ayrılacaktır. TAT'larda ambalaj atıkları:

- Kâğıt-karton,
- Plastik,
- Cam,
- Metal (demir ,çelik, alüminyum),
- Geri Dönüştürülemeyen atıklar

olarak sınıflandırılacaktır. Bu ambalaj atıklarının toplama konteynere içinde bulunma yüzdeleri için tablo 4.3.'deki veriler kullanılarak hesaplama yapılmış ve Tablo 4.9 oluşturulmuştur.

Tablo 4.9. Toplanan Ambalaj Atıklarının Oranı(%)

	Kâğıt-Karton	Plastik	Cam	Metal	Artık	Toplam
Ambalaj Atık İçindeki Oran (Ağırlıkça)	50,576	33,226	7,516	8,662	0,02	100

4.5.2.4. Ambalaj atıklarının balya hacim ve ağırlıklarının belirlenmesi

Toplanan ve sınıflarına göre ayrılan ambalaj atıkları pres makinelerinde balyalanarak GDT'lerine gönderilir. Orta ölçekli bir TAT'de kullanılacak olan Hidrolik pres makinesi 100cm*70cm*50cm (0,35m³) balyalar oluşturur.³⁶⁸ Kâğıt-karton, plastik

* TÜİK verilerine göre (http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=56&ust_id=16 , erişim tarihi 05,09,2009) GSMH kişi başına Erzurum / GSMH kişi başına Türkiye geneli değeri 0,59 olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre, Erzurum düşük gelir düzeyinde üst gruba isabet etmektedir.

³⁶⁸ <http://www.cevko.org.tr/cevko/getdoc/9db6ec5b-e824-40eb-95a9-072e11c40af2/Kucuk-Olcekli-Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 25.07.2009

ve metaller balyalanarak, cam ise balyalanmadan gönderilecektir. Bu balya hacmine göre ambalaj atıklarının ağırlıkları Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Geri Dönüştürülebilir Ambalaj Atıklarının Balya Hacim ve Ağırlıkları

Özellikler	Ambalaj Atıkları			
	Kâğıt-karton (Sıkıştırılmış)	Plastik (Sıkıştırılmış)	Cam (kg)	Metal * (Sıkıştırılmış)
Yoğunluk (kg/m ³) ³⁶⁹	600	200	600	453
Balya Ağırlık(kg/ balya)	210	70	-	159

4.5.2.5. Geri dönüştürülebilir ambalaj malzemelerin birim taşıma maliyetinin belirlenmesi

TAT'de sınıflarına göre ayrılmış malzemelerin taşınması için 10 ton'luk kamyonlar kullanılacaktır. Kullanılacak olan kamyonlar için gerekli olan sabit ve değişken maliyetler için yapılan kabuller aşağıda açıklanmıştır.

4.5.2.5.1. Sabit giderler

Sabit giderler kapsamında; amortisman, faiz, sigorta ve yönetim giderlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamalar için Yapılan kabuller aşağıda verilmiştir;

- Kamyonun faydalı ömrü Vergi Usul Kanunu'na göre 5 yıldır.³⁷⁰ Kamyonlar bu sürenin sonunda elden çıkarılacaktır.
- Kamyonun motor ömrü 500.000 km olduğundan yılda ortalama 100.000 km yol yapacaklardır.
- Kamyonun hurda bedeli 5 yaşındaki piyasa satış fiyatıdır.³⁷¹
- Piyasa faiz oranı %14 ve genel enflasyon oranı %5,73'dür.³⁷²
- Sigorta oranı %5'dir.
- Yönetim giderleri sabit olup, km başına 0.001 \$'dır.

* Çöpte bulunan metallerin yoğunlukları hesaplanırken demir (%2,6) ile demir dışı (%0,4) metallerin ağırlık ortalaması dikkate alınmıştır. (Demirin sıkıştırılmış yoğunluğu: 500 kg/m³ ve Demir dışı metallerin yoğunluğu:150 kg/m³ tür.)

³⁶⁹ Gönüllü M.T., a.g.e., 2009, s. 36.

³⁷⁰ <http://www.aktifsmmm.com.tr/VUK/Tbl/vuktbl333.ek.htm>, erişim tarihi: 08.08.2009

³⁷¹ M.L. Gül ve S. Eyleli, "Tamsayılı Doğrusal Programlama ile bir Çimento Fabrikasının Nakliye Probleminin Çözümü", Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 22(1-2), 2006, s. 231.

³⁷² <http://www.isbank.com.tr/PDF/EkonomikRaporlar/temmuz2009enflasyon.pdf>, erişim tarihi: 05.07.2009.

4.5.2.5.2. Değişken giderler

Değişken giderler kapsamında, akaryakıt, lastik, bakım-onarım ve personel giderlerinin hesaplanması gerekmektedir.

- Akaryakıt birim fiyatı 1,80 \$/L' dir.³⁷³
- Km başına akaryakıt tüketimi 0,182 L' dir.
- Lastik gideri ön ve arka lastik giderlerinin toplamından oluşmaktadır.
- Ön lastik sayısı 2 adet olup, arka lastik sayısı 8 adettir.
- Ön lastik ve arka lastik fiyatları sırasıyla 385 \$/adet ve 407 \$/adet'tir.
- Lastik değişim periyodu ön lastikler için 120.000 km, arka lastikler için 160.000 km'dir.
- Kamyonlar her 20.000 km sonunda periyodik bakıma alınmaktadır.
- Periyot başına bakım maliyeti 222 \$'dır.
- Beklenmeyen tamir gideri, periyodik bakım giderinin %50'sidir.
- Net personel maaşı 740 \$/ay, SSK payı %19,5 ve işsizlik sigorta fonu payı %2'dir. Yapılan hesaplar Tablo 4.11'de³⁷⁴ gösterilmiştir.

³⁷³ <http://www.haber7.com/haber/20090711/Akaryakit-tavan-fiyatlari-yine-indirildi.php>, erişim tarihi: 03.07.2009.

³⁷⁴ Gül M.L. v.d., a.g.e., s. 232.

Tablo 4.11. Taşımada Kullanılacak Kamyona Ait Özellikler ve Maliyet Hesapları

Kamyona İlişkin Özellikler	Değerler
Kapasite	10 ton
Satın Alma Bedeli (\$)	38.677
Motor Gücü (kW)	110
Yakıt Tüketimi (L/km)	0,182 ¹
Sabit Giderler	
Amortisman (\$/km) ²	0,0640
Faiz (\$/km) ³	0,01815
Sigorta (\$/km) ⁴	0,0116
Yönetim (\$/km)	0,001
Değişken Giderler	
Akaryakıt (\$/km) ⁵	0,3276
Lastik (\$/km) ⁶	0,025
Bakım Onarım (\$/km) ⁷	0,0166
Personel (\$/km) ⁸	0,108
Ara Toplam	0,57095
Beklenmeyen Giderler (%1)	5,7095.10 ⁻³
Toplam Giderler (\$/km-ton)	0,0577

¹ Modelde kamyonun tam kapasite yüklü halde, 60 km/h eğime sahip çevre yolunda tüketeceği yakıt miktarıdır (Türkiye’de çevre yollarının %98’i, %10 eğime sahiptir).

$$^2 D_t = \frac{P-S}{n}$$

Dt :
Amortisman
değeri
(\$/yıl)
P : Satın
alma bedeli
(\$)
S : Hurda
değeri (\$)
n : Faydalı
ömür/süre
(yıl)

$$^3 FG = P \left[\frac{n+1}{2n} \right] \left[\frac{i-j}{1+j} \right]$$

FG = Yıllık faiz
gideri (\$/yıl)
i = Piyasa faiz
oranı (%)
j = Yıllık enflasyon
oranı (%)

$$^4 SG = \left[\frac{n+1}{2n} \right] P.S_o$$

SG = Yıllık
sigorta gideri
(\$/yıl)
n = Kamyonun
ekonomik ömrü
(yıl)
S_o = Sigorta oranı
(%)

$$^5 G_A = S_{YT} - F_{AB}$$

G_A : Akaryakıt
gideri (\$/km)
S_{YT} : Yakıt
tüketimi
(L/km)
F_{AB} :
Akaryakıt
fiyatı (\$/L)

$$^6 L_G = \frac{F_L - S_L - DP_L}{n}$$

L_G = Lastik
gideri (\$/km),
F_L = Lastik
Birim Fiyatı
(\$/adet)
S_L = Lastik
sayısı (adet)
DP_L = Lastik
değişim
periyodu (adet)
n = Kamyon
faydalı ömrü
(km)

$$^7 G_B = \frac{G_B + G_T}{T_B}$$

G_B = Bakım
gideri
(\$/km),
G_S = Servis
maliyeti
(\$/periyot)
G_T =
Beklenmeyen
tamir
gideri
(\$/periyot)
T_B = Bakım
periyodu
(km)

$$^8 G_P = \frac{[P + P.0,195 + P.0,02]2}{100000}$$

G_P : Personel gideri
(\$/km),
P : Net şoför maaşı
(\$/ay),

Yapılan hesaplamalara göre; 10 tonluk bir kamyonun 1 ton yükü km başına taşıma maliyeti 0,0577 \$’dır. Tüm ağırlık birimleri kg cinsinden ifade edildiğinden 1 kg yükü km taşıma maliyeti 5,77.10⁻⁵ \$/km-kg olur. Kamyon tam dolu olduğu zaman aldığı ambalaj malzeme miktarı Tablo 4.10’daki bilgiler kullanılarak elde edilmiştir (Tablo 4.12). Tüm ambalaj atıkları için taşıma maliyetleri birbirine çok yakın olduğundan, ambalaj atıklarının taşınmasında 5,77.10⁻⁵ \$/kg-km değeri alınacaktır.

Tablo 4.12.Kamyon Tam Dolu Olduğu Zaman Alacağı Malzeme Miktarı ve Taşıma Maliyeti

Malzeme Türü	Balya	kg	Taşıma maliyeti (\$/km-kg)
Kağıt-karton	47 tane	9.870	$5,69.10^{-5}$
Plastik	142 tane	9.940	$5,74.10^{-5}$
Cam	-	10.000	$5,77.10^{-5}$
Metal	62	9.858	$5,69.10^{-5}$

4.5.2.6. Geri dönüştürülebilir ambalaj atıklarının ekonomik değerleri

TAT’de türlerine göre ayrılan malzemeler GDT’ne satılarak gelir elde edilir. GDT’nin geri dönüştürülebilir malzemelere ödediği birim maliyetler Tablo 4.13’de³⁷⁵ verilmiştir.

Tablo 4.13. Ambalaj Atıklarının Gelirleri

Ambalaj	TL/ton	\$/kg
Kâğıt	140	0,093
Plastik	550	0,37
Cam	90	0,06
Metal	1.300	0,87

4.5.2.7. Geri dönüştürülmeyen malzemelerin düzenli depolama sahasına birim taşıma maliyetinin belirlenmesi

TAT’a getirilen ambalaj atıklarının ağırlıkça yaklaşık %2’lik bir kısmı geri dönüştürülemeyen atıkları oluşturur. Düzenli depolama sahasına gönderilecek atıklar için 10 tonluk kamyon kullanılacaktır. Bu açıdan düzenli depolama sahasına taşıma maliyeti $5,77.10^{-5}$ \$/kg-km’dir. TAT’nin düzenli depolama sahasına mesafesi 10 km’dir.

4.5.3. Toplama noktalarının belirlenmesi

Toplama noktaları yedi ana bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler; Yunusemre, Yenişehir’in doğu bölgesi, Yenişehir’in batı bölgesi, Yıldızkent, Yakutiye-Doğu, Merkez ve Üniversitedir.

³⁷⁵ Gönüllü M.T., a.g.e., 2009., s. 38.

4.5.4. TAT noktalarının kapasitelerinin belirlenmesi

TAT'ın düzenli depolama sahasına 10 km uzaklıkta Tuzcu köyü mevkinde kurulması düşünülmektedir. İki tip TAT kullanılacaktır. Bunlar; 6 ton/gün'lük Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (KAT) ve 10 ton/gün'lük Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (OAT)'dir.³⁷⁶ Gelen atık miktarına göre TAT sayısı arttırılacaktır. Buna göre 6 tip toplama noktası düşünülmektedir. Tesislerin minimum ve maksimum günlük kapasiteleri Tablo 4.14'de gösterilmiştir.

Tablo 4.14. TAT'lerinin Günlük Kapasiteleri

TAT Türü	Özelliği	Ayırma Kapasitesi (ton/gün)	Minimum Kapasite (kg/gün)	Maksimum Kapasite (kg/gün)
1. Tesis	1 tane 6 tonluk	6	100	6.000
2. Tesis	1 tane 10 tonluk	10	6001	10.000
3. Tesis	2tane 10 tonluk	20	10.001	20.000
4. Tesis	4 tane 10 tonluk	40	20.001	40.000
5. Tesis	8 tane 10 tonluk	80	40.001	80.000
6. Tesis	10 tane 10 tonluk	100	80.001	100.000

4.5.4.1.TAT noktalarının maliyetlerinin belirlenmesi

Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi ve Orta Ölçekli Ayırma Tesisi ÇEVKO'nun önerdiği tesis tipleridir. Bu TAT tesislerinin özellikleri ve yatırım maliyetleri Tablo 4.15'de³⁷⁷ gösterilmiştir.

³⁷⁶ <http://www.cevko.org.tr/cevko/Ic-Sayfa/Lisansli-Firmalar/Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 06.07.2009.

³⁷⁷ <http://www.cevko.org.tr/cevko/getdoc/f37a67ad-1223-4e79-9830-1ffd7c305a1c/Orta-Olcekli-Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 06.07.2009.

Tablo 4.15. Küçük ve Orta Ölçekli Ayırma Tesislerinin Özellikleri

TAT Teçhizat	Açıklama	TAT	Boyutları
Besleme Bunkeri	Poşet içinde gelen malzemelerin boşaltıldığı yerdir. Bunker içinde poşet parçalayıcıda bulunmaktadır.	Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	3m*3,5m*1 m
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	3m*3,5m*1 m
Yükleme Bandı	Yükleme bandı ambalaj atıklarının ayırma bandına taşır.	Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	Bant uzunluğu= 6,5m Bant Genişliği= 1,2 m Bant Açısı= 25° Bant tipi= PVC esaslı paletli Bant Hızı= 0,25 m/sn
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Bant uzunluğu= 11,5m Bant Genişliği= 1,2 m Bant Açısı= 25 Bant tipi= PVC esaslı paletli Bant Hızı= 0,25 m/sn
Ayırma Bandı	El ile Ambalaj atıklarının türlerine göre ayrıldığı yerdir.	Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	Bant uzunluğu= 11 m Bant Genişliği= 1,2 m Bant Tipi= PVC esaslı Bant Hızı= 0,25 m/sn
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün) (Ön Ayırma Bandı)	Bant uzunluğu= 7 m Bant Genişliği= 1,2 m Bant Tipi= PVC esaslı Bant Hızı= 0,25 m/sn
Tambur Elek	50 mm küçük parçaları (özellikle kırık camları) ayırmak için kullanılır.	Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Tambur Çapı= 1,5 m Uzunluk= 3 m Tambur Eğimi= %1 Elek Aralığı= 50 mm Elek Dönüş Hızı= 8-40 d/dak
Son Ayırma Bandı	El ile ambalaj atıkları son kez ayrıldığı yerdir.	Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Bant Uzunluğu= 10 m Bant Genişliği= 1,2 m Bant Tipi= PVC Esaslı Bant Hızı= 0,25 m/sn
Manyetik Seperatör	Metalleri ayırmak için kullanılır.	Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	Uzunluk= 1,6 m Genişlik= 0,5 m Çekiç Gücü= 1.000 w
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Uzunluk= 1,6 m Genişlik= 0,5 m Çekiç Gücü= 1.000 w Bant Hızı= 0,25 m/sn
Çalışma Paltformu	Tüm çalışmanın yapıldığı üzerinde ayırma şütleri bulunan platform	Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Başlangıçtan 3,5 m yükseklikte, Sondan 2,5 m yükseklikte Genişlik= 4 m Uzunluk= 21 m
Hidrolik Pres	Ayrılan ambalaj atıklarını preslenip balya oluşturmak için kullanılır.	Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi 6 ton/gün)	Balya Ebadi= 0,35 m³ Basma kuvveti 10 ton
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Balya Ebadi= 0,35 m³ Basma kuvveti 10 ton
Malzeme Biriktirme Konteynerleri	Bantta ayrılan malzemelerin biriktirilmesi amacıyla kullanılır.	Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	Yaklaşık Boyutları = 0,18 m³ Adedi= 24 adet
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Yaklaşık Boyutları = 0,18m3 Adedi= 24 adet
Bina İhtiyacı		Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	500 m²
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	1000 m²
Eleman İhtiyacı		Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	1 usta başı, 5 ayırma elemanı
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	1 usta başı, 7 ayırma elemanı
Yatırım Maliyeti		Küçük Ölçekli Ayırma Tesisi (6 ton/gün)	Bina hariç, elektrik donanımı dâhil 60.000\$
		Orta Ölçekli Ayırma Tesisi (10ton/gün)	Bina hariç, elektrik donanımı dâhil 110.000\$

Yukarıda belirtilen yatırım maliyetlerine ek olarak diğer maliyet kalemleri Tablo 4.16'da³⁷⁸ verilmiştir.

Tablo 4.16. TAT Hesaplanmasında Kullanılan Birim Maliyetler

Maliyet Kalemleri	Maliyetler (\$)
Arsa Satın Alma (m ²)	21
Ofis (m ²)	353
Stok Alanı Sundurma Maliyeti	141
Yönetici (Aylık)	1.410
Çevre Mühendisi (Aylık)	1.410
Güvenlikçi (Aylık)	564
İşçi (Aylık)	564
IT donanım Yazılım (Adet)	2.820
Yıllık Sabit Ofis Giderleri(m ²)	28
Yıllık Sabit Enerji Gideri (m ²)	0,98

Yıllık sabit maliyetleri oluşturan kalemler; amortisman giderleri, yıllık sabit enerji giderleri, yıllık sabit ofis giderleri ve yönetim giderleridir. Amortisman süreleri Vergi Usul Kanunu'ndan³⁷⁹ alınmıştır.

Amortisman giderleri= [(Arsa satın alma maliyeti/50) + (Ofis yapım maliyeti/50) + (Stok alanı sundurma maliyeti/25) + (Ekipman maliyeti+IT donanım ve yazılım maliyeti)/5)+(Makine Teçhizat Maliyetleri/10)] şeklinde her iki tip ayırma tesisi için hesaplanacaktır. İlk olarak arsa satın alma maliyeti hesaplanmıştır. Her TAT'da 1 ofis olacaktır. KAT için 30 m²'lik ofis, OAT için ise 60 m²'lik ofis yapılması planlanmaktadır. Balyalanmış ürünlerin bulunacağı stok alanlarının üzerine sundurma yapılacaktır. Burada ürünler kategoriler halinde tasniflenecek ve stoklanacaktır. Stoklama alanı olarak KAT için 300 m² ve OAT için 600 m²'lik alanlar olarak planlanmıştır. Yıllık enerji gideri depoya ürün gelmesine bağlı olmaksızın ortaya çıkan elektrik sarfiyatı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Yıllık sabit ofis giderleri; ofisin elektrik, su, telefon, dokümantasyon, temizlik gibi çeşitli sabit maliyetlerini içerir. Yönetim giderleri ise her ayırma tesisinde en az bir tane olması beklenen yönetici, çevre mühendisi ve güvenlikçi giderleridir. Ekipman maliyetleri olarak ÇEVKO tarafından verilen ekipman maliyeti alınmıştır ve bu maliyet üzerine IT donanım ve yazılım

³⁷⁸ Kılıç H.S., a.g.e., s. 85.

³⁷⁹ <http://www.aktifsmmm.com.tr/VUK/Tbl/vuktbl333.ek.htm>, erişim tarihi: 03.08.2009.

eklenmiştir. Hesaplanan maliyetler amortisman süreleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Yapılan hesap sonuçlarının tamamı Tablo 4.17’de gösterilmiştir.

Tablo 4.17. TAT Yıllık ve Günlük Sabit Maliyetler

Maliyet Kalemleri		KAT	OAT
Arsa Satın Alma Maliyetleri	Arsa Alanı	500	1.000
	Maliyet (\$/yıl)	10.500	21.000
Ofis Yapım Maliyetleri	Ofis Alanı(m ²)	30	60
	Maliyet (\$/yıl)	10.590	21.180
Stok Alanı Sundurma Maliyetleri	Ofis Alanı(m ²)	300	600
	Maliyet (\$/yıl)	42.300	84.600
Yıllık Sabit Enerji Maliyetleri	Alan(m ²)	500	1000
	Maliyet (\$/yıl)	490	980
Yıllık Sabit Ofis Maliyetleri	Ofis alan(m ²)	30	60
	Maliyet (\$/yıl)	840	1.680
TAT Yönetim Maliyetleri	1 Yönetici, 1 Çevre Mühendisi ve 1 Güvernlikçi (\$/yıl)	40.608	47.376
TAT Ekipman Maliyetleri	1 adet ekipman ve 1 adet IT donanım ve Yazılım (\$/yıl)	62.820	112.820
TAT Ekipman Maliyetleri	TAT Makine Teçhizat Maliyetleri (Tablo 4.16) (\$/yıl)	60.000	110.000
TAT Yıllık ve Günlük Sabit Maliyetleri	Maliyet (\$ /yıl)	62.616	87.828
	Maliyet (\$ /gün)	171,55	240,62

Değişken maliyetlerin işçilik maliyetleridir. Elleçleme işçi maliyetleri Tablo 4.18’de verilmiştir. Burada toplam işçilik maliyeti ayırma tesislerinin toplam kapasitesine bölünerek kg başına maliyet hesaplanmıştır.

Tablo 4.18. TAT’da Kullanılması Düşünülen İşçi Sayıları ve Yıllık Maliyetleri

	İşçi Sayısı	Maliyet (\$/yıl)	Toplam Günlük Elleçleme Maliyeti (\$/gün)	Birim Ağırlık Değişken Maliyet (Elleçleme Maliyeti) (\$/gün-kg)
KAT	5	33.840	92,71	0,015
OAT	7	47.376	129,80	0,012

4.5.5. GDT’nin özelliklerinin belirlenmesi

TAT’da kategorilerine göre ayrılan ambalaj atıkları türlerine göre GDT’ne gönderilir. Ambalaj atıkları 4 tip tesise gönderilecektir. Bu 4 tip tesis; kâğıt-karton, plastik, cam ve metal GDT’leridir. Gönderilecek olan tesisler Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından lisans verilmiş tesisler içinden seçilecektir.³⁸⁰ GDT’lerinin konum kümeleri ve kapasiteleri Tablo 4.19’da verilmiştir.

Tablo 4.19. GDT Konum Kümeleri ve Kapasiteleri

Şehir	Erzurum’a Uzaklık(km)	Tür	Min. Kapasite (kg/gün)	Max. Kapasite(kg/g)
Kayseri	630	Kâğıt-Karton	1.000	15.000
Gaziantep	637	Kâğıt-Karton	500	15.000
Adana	805	Kâğıt-Karton	1.000	47.500
İstanbul	1225	Kâğıt-Karton	15.000	40.000
Manisa	1434	Kâğıt-Karton	5.000	100.000
İzmir	1452	Kâğıt-Karton	15.000	90.000
Iğdır	294	Plastik	100	8.000
Kayseri	630	Plastik	100	3.000
Adana	805	Plastik	100	4.000
Ankara	873	Plastik	100	4.000
Mersin	874	Plastik	100	3.000
Konya	934	Plastik	100	1.000
Kocaeli	1114	Plastik	1000	20.000
İstanbul	1225	Plastik	100	3.000
Aksaray	786	Cam	100	2.000
Adana	805	Cam	1000	3.500
Ankara	873	Cam	100	2.500
Ankara	873	Alüminyum	100	8.200

4.6. Modelin Kurulması

4.6.1. Varsayımlar

Modelin kurulması aşamasında aşağıdaki varsayımlar yapılmış ve model çözümü sonucunda bulunan değerler bu varsayımlar doğrultusunda değerlendirilmiştir;

³⁸⁰ http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/ambalaj/lisansli_firma_liste.htm, erişim tarihi: 10/09/2009

• *Amaç Fonksiyonunun Doğrusal ve Kantitatif Olarak İfade Edimesi:* Taşınan ambalaj madde miktarıyla, toplama maliyeti, taşıma maliyeti, elleçleme maliyeti ve sabit maliyetler arasında doğru orantılı bir ilişki vardır ve bu doğrusallık her bir maliyetin ambalaj miktarına göre değişip değişmediğine bağlıdır. Birim maliyetlerin değişmediği kabul edildiğinden, toplam maliyetler ile taşınan miktar arasında doğrusal bir ilişki vardır.

• *Verilerin Aynı Ölçü Birimi ile İfade Edimesi:* Doğrusal programlama modelinin uygulanabilmesi için, verilerin aynı ölçü birimi ile ifade edilebilmesi gerekir. Çalışmada ölçü birimi olarak kg alınmıştır.

- Ambalaj atığı işletme maliyetleri tüm TAT'leri için sabit varsayılmıştır.
- Ambalaj atığının tedariki, toplamada kullanılan çöp kamyonlarının kapasitesi ile ilişkilidir.
- Geri alınacak ambalaj atıkları için oluşan talep, geri dönüştürülecek malzemeyi kabul eden geri dönüşüm tesislerinin kapasitesi ile ilişkilidir.
- TAT, toplama noktalarında hiçbir karma toplama maliyetlerine (kuruluşlar, kira v.b) maruz kalmamaktadır.

Ambalaj atıklarının geri dönüşümü için kurulan RL ağın matematiksel modeli aşağıda tanımlanan indisler, karar değişkenleri ve parametreler kullanılarak formüle edilmiştir. Formülasyon, karar değişkenlerinin bir kaçının tamsayı tanımlanmasından dolayı karma tamsayı programlama problemi olarak kurulmuştur.

4.6.2. İndisler

İndisler	Tanım
i	Toplama bölgeleri, $i= 1,...,7$
j	TAT noktası, $j= 1,...,6$
k	Kâğıt-karton GDT noktaları, $k= 1,...,6$
p	Plastik GDT noktaları, $p= 1,...,8$
l	Cam GDT noktaları, $l= 1,...,3$
m	Metal GDT noktaları, $m= 1$
n	Atıkların gönderildiği şehrin düzenli depolama sahası, $n=1$

4.6.3. Karar değişkenleri

Karar Değişkenleri	Tanım
$x1_{ij}$	“ i ” toplama bölgesinden “ j ” TAT noktasına giden ambalaj atık miktarı (kg)
$x2_{jk}$	“ j ” TAT noktasından “ k ” GDT’ne giden kâğıt-karton miktarı (kg)
$x3_{jp}$	“ j ” TAT noktasından “ p ” GDT’ne giden plastik miktarı (kg)
$x4_{jl}$	“ j ” TAT noktasından “ l ” GDT’ne giden cam miktarı (kg)
$x5_{jm}$	“ j ” TAT noktasından “ m ” GDT’ne giden metal miktarı (kg)
$x6_{jn}$	“ j ” TAT noktasından “ n ” Düzenli depolama sahasına giden atık miktarı (kg)
$y1_j$	“ j ” TAT noktasındaki ambalaj atık miktarı (kg)
$y2_j$	“ j ” TAT noktasındaki kâğıt miktarı (kg)
$y3_j$	“ j ” TAT noktasındaki plastik miktarı (kg)
$y4_j$	“ j ” TAT noktasındaki cam miktarı (kg)
$y5_j$	“ j ” TAT noktasındaki metal miktarı (kg)
$y6_j$	“ j ” TAT noktasındaki atık miktarı (kg)
yk_k	“ k ” GDT tesisindeki kâğıt miktarı(kg)
yp_p	“ p ” GDT tesisindeki plastik miktarı(kg)
yl_l	“ l ” GDT tesisindeki cam miktarı(kg)
$z1_j$	“ j ” TAT noktası var ya da yok (1/0)
$z2_k$	“ k ” GDT var ya da yok (1/0)
$z3_p$	“ p ” GDT var ya da yok (1/0)
$z4_l$	“ l ” GDT var ya da yok (1/0)

4.6.4. Parametreler

Parametre	Tanım
a_i	“ i ” toplama bölgesindeki ambalaj atık miktarı(kg)
$b1_{ij}$	“ i ” toplama bölgesi ile “ j ” TAT noktası arası uzaklık (km)
$b2_{jk}$	“ j ” TAT noktası ile “ k ” GDT noktası arası uzaklık (km)
$b3_{jp}$	“ j ” TAT noktası ile “ p ” GDT noktası arası uzaklık (km)
$b4_{jl}$	“ j ” TAT noktası ile “ l ” GDT noktası arası uzaklık (km)
$b5_{jm}$	“ j ” TAT noktası ile “ m ” GDT noktası arası uzaklık (km)
$b6_{jn}$	“ j ” TAT noktası ile “ n ” GDT Düzenli Depolama Sahası arası uzaklık (km)

w_i	“ i ” toplama bölgesinde toplama maliyeti (\$/kg-gün)
$c1$	Ambalaj atığını birim taşıma maliyeti (\$/kg-gün)
$c2$	Kâğıt-Karton ambalaj atığını birim taşıma maliyeti (\$/kg-gün)
$c3$	Plastik ambalaj atığını birim taşıma maliyeti (\$/kg-gün)
$c4$	Cam ambalaj atığını birim taşıma maliyeti (\$/kg-gün)
$c5$	Metal Ambalaj atığını birim taşıma maliyeti (\$/kg-gün)
d_j	“ j ” TAT noktasında ambalaj atıklarını elleçleme maliyeti (\$/kg)
$g1$	Toplam ambalaj atıktaki kâğıt oranı (ağırlıkça)
$g2$	Toplam ambalaj atıktaki plastik oranı (ağırlıkça)
$g3$	Toplam ambalaj atıktaki cam oranı (ağırlıkça)
$g4$	Toplam ambalaj atıktaki metal oranı (ağırlıkça)
$g5$	Toplam ambalaj atık içindeki kullanılmayan ambalaj atık miktarı oranı
$e1$	Kâğıt ambalaj atığından elde edilen gelir (\$/kg)
$e2$	Plastik ambalaj atığından elde edilen gelir (\$/kg)
$e3$	Cam ambalaj atığından elde edilen gelir (\$/kg)
$e4$	Metal ambalaj atığından elde edilen gelir (\$/kg)
f_j	“ j ” TAT noktası günlük sabit maliyet (\$/gün)
$sal1_j$	“ j ” TAT noktasının minimum kapasitesi (kg/gün)
$syu1_j$	“ j ” TAT noktasının maksimum kapasitesi (kg/gün)
$sal2_k$	Kâğıt GDT minimum kapasitesi (kg/gün)
$syu2_k$	Kâğıt GDT maksimum kapasitesi (kg/gün)
$sal3_p$	Plastik GDT minimum kapasitesi (kg/gün)
$syu3_p$	Plastik GDT maksimum kapasitesi (kg/gün)
$sal4_k$	Cam GDT minimum kapasitesi (kg/gün)
$syu4_k$	Cam GDT maksimum kapasitesi (kg/gün)

4.6.5. Model

Amaç

Minimum toplam maliyet = Toplama Maliyetleri + Taşıma Maliyetleri + TAT Noktasında Elleçleme Maliyeti + TAT Yıllık Sabit Maliyetleri – Toplam Gelir

$$\text{Toplama maliyeti} = \sum_i \sum_j w_i * x_{ij}$$

$$\begin{aligned} \text{Taşıma maliyeti} = & \sum_i \sum_j x_{ij} * b_{ij} * c_1 + \sum_j \sum_k (x_{jk} * b_{jk} * c_2) + \sum_j \sum_p (x_{jp} * b_{jp} * c_3) \\ & + \sum_j \sum_l (x_{jl} * b_{jl} * c_4) + \sum_j \sum_m (x_{jm} * b_{jm} * c_5) + \sum_j \sum_n (x_{jn} * b_{jn} * c_1) \end{aligned}$$

$$\text{Elleçleme maliyeti} = \sum_i \sum_j x_{ij} * d_j$$

$$\text{TAT günlük Sabit Maliyetleri} = \sum_j (f_j * z_{1j})$$

$$\text{Toplam Gelir} = \sum_j \sum_k (x_{jk} * e_1) + \sum_j \sum_p (x_{jp} * e_2) + \sum_j \sum_l (x_{jl} * e_3) + \sum_j \sum_m (x_{jm} * e_4)$$

Şeklinde gösterilirse modelin amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi olur;

$$\begin{aligned} \text{MinZ} = & \sum_i \sum_j w_i * x_{ij} + \sum_i \sum_j x_{ij} * b_{ij} * c_1 + \sum_j \sum_k (x_{jk} * b_{jk} * c_2) + \sum_j \sum_p (x_{jp} * b_{jp} * c_3) + \\ & \sum_j \sum_l (x_{jl} * b_{jl} * c_4) + \sum_j \sum_m (x_{jm} * b_{jm} * c_5) + \sum_j \sum_n (x_{jn} * b_{jn} * c_1) + \sum_i \sum_j x_{ij} * d_j + \sum_j (f_j * z_{1j}) - \\ & \sum_j \sum_k (x_{jk} * e_1) - \sum_j \sum_p (x_{jp} * e_2) - \sum_j \sum_l (x_{jl} * e_3) - \sum_j \sum_m (x_{jm} * e_4) \end{aligned} \quad (4.1)$$

Kısıtlar;

Akış Kısıtları

$$\sum_j x_{ij} = a_i \quad \forall(i) \quad (4.2)$$

$$\sum_i x_{ij} = y_{1j} \quad \forall(j) \quad (4.3)$$

$$y_{1j} * g_1 = y_{2j} \quad \forall(j) \quad (4.4)$$

$$\sum_k x_{jk} = y_{2j} \quad \forall(j) \quad (4.5)$$

$$\sum_j x_{jk} = y_{k_k} \quad \forall(k) \quad (4.6)$$

$$y_{1j} * g_2 = y_{3j} \quad \forall(j) \quad (4.7)$$

$$\sum_p x_{jp} = y_{3j} \quad \forall(j) \quad (4.8)$$

$$\sum_j x_{jp} = y_{p_p} \quad \forall(p) \quad (4.9)$$

$$y l_j * g 3 = y 4_j \quad \forall(j) \quad (4.10)$$

$$\sum_l x 4_{jl} = y 4_j \quad \forall(j) \quad (4.11)$$

$$\sum_j x 4_{jl} = y l_l \quad \forall(l) \quad (4.12)$$

$$y l_j * g 4 = y 5_j \quad \forall(j) \quad (4.13)$$

$$\sum_m x 5_{jm} = y 5_j \quad \forall(j) \quad (4.14)$$

$$y l_j * g 5 = y 6_j \quad \forall(j) \quad (4.15)$$

$$\sum_n x 6_{jn} = y 6_j \quad \forall(j) \quad (4.16)$$

Kapasite Kısıtları

$$y 1_j \geq s a l 1_j * z 1_j \quad \forall(j) \quad (4.17)$$

$$y 1_j \leq s y u 1_j * z 1_j \quad \forall(j) \quad (4.18)$$

$$y k_k \geq s a l 2_k * z 2_k \quad \forall(k) \quad (4.19)$$

$$y k_k \leq s y u 2_k * z 2_k \quad \forall(k) \quad (4.20)$$

$$y p_p \geq s a l 3_p * z 3_p \quad \forall(p) \quad (4.21)$$

$$y p_p \leq s y u 3_p * z 3_p \quad \forall(p) \quad (4.22)$$

$$y l_l \geq s a l 4_l * z 4_l \quad \forall(l) \quad (4.23)$$

$$y l_l \leq s y u 4_l * z 4_l \quad \forall(l) \quad (4.24)$$

En Fazla TAT ve GDT Noktaları Sayısı Kısıdı

$$\sum_j z 1_j \leq 6 \quad (4.25)$$

$$\sum_k z 2_k \leq 6 \quad (4.26)$$

$$\sum_p z 3_p \leq 8 \quad (4.27)$$

$$\sum_l z 4_l \leq 3 \quad (4.28)$$

Tamsayı Kısıtı

$$z 1_j, z 2_k, z 3_p, z 4_l \in \{0,1\} \quad \forall(j,k,p,l) \quad (4.29)$$

Negatif Olmama Kısıtı

$$\begin{aligned} x1_{ij}, x2_{jk}, x3_{jp}, x4_{jc}, x5_{jm}, \\ x6_{jn}, y1_j, y2_j, y3_j, y4_j, y5_j, \\ y6_j, yk_k, yp_p, yl_l \geq 0 \end{aligned} \quad \forall (i,j,k,p,l,m,n) \quad (4.30)$$

4.6.6. Kısıt açıklamaları

- (4.1) Bütün maliyetleri ve geliri içeren amaç denklemi,
- (4.2) Toplama noktalarından TAT noktalarına akış kısıtı,
- (4.3) TAT noktalarına gelen malzeme ile işlem görecekt malzeme dengesinin sağlanması,
- (4.4) TAT noktasında kâğıt miktarının belirlenmesi kısıtı,
- (4.5) TAT noktasındaki kâğıt miktarının kâğıt GDT noktasına gidecek kâğıt miktarına dengesi kısıtı,
- (4.6) Kâğıt GDT noktalarına giden kâğıt miktarının akış kısıtı,
- (4.7) TAT noktasında plastik miktarının belirlenmesi kısıtı,
- (4.8) TAT noktasındaki plastik miktarının plastik GDT noktasına gidecek plastik miktarına dengesi kısıtı,
- (4.9) Plastik GDT noktalarına giden plastik miktarının akış kısıtı
- (4.10) TAT noktasında cam miktarının belirlenmesi kısıtı,
- (4.11) TAT noktasındaki cam miktarının cam GDT noktasına gidecek cam miktarına dengesi kısıtı,
- (4.12) Cam GDT noktalarına giden cam miktarının akış kısıtı
- (4.13) TAT noktasında metal miktarının belirlenmesi kısıtı,
- (4.14) TAT noktasındaki metal miktarının metal GDT noktasına gidecek metal miktarına dengesi kısıtı,
- (4.15) TAT noktasında atık miktarının belirlenmesi kısıtı,
- (4.16) TAT noktasındaki atık miktarının düzenli atık toplama sahasına gidecek atık miktarına dengesi kısıtı,
- (4.17), (4.18) Minimum ve maksimum TAT kapasitesi kısıtı,
- (4.19), (4.20) Minimum ve maksimum kâğıt GDT kapasitesi kısıtı,
- (4.21), (4.22) Minimum ve maksimum plastik GDT kapasitesi kısıtı,
- (4.23), (4.24) Minimum ve maksimum cam GDT kapasitesi kısıtı,
- (4.25) Olması istenen maksimum TAT noktası sayısı,

- (4.26) Olması istenen maksimum kâğıt GDT noktası sayısı,
 (4.27) Olması istenen maksimum plastik GDT noktası sayısı,
 (4.28) Olması istenen maksimum cam GDT noktası sayısı,
 (4.29) Tamsayı olma kısıtı,
 (4.30) Negatif olmama kısıtı.

4.6.7. Model sonuçlarının değerlendirilmesi

Model altı senaryo için çözülmüştür. Her bir senaryo sonucunda açığa çıkan ambalaj atık miktarları ve toplam maliyet değerleri aşağıda verilmiştir.

Senaryo 1: Senaryo1’de atıkların %1’inin geri dönüştürülmesi ile elde edilen ambalaj atıkları dikkate alınmıştır. Bu senaryoda TAT’dan 1. Tip tesis (6.000 kg/gün kapasiteli) sonucuna ulaşılmıştır. GDT’lerinden, kâğıt ambalajlar için Kayseri, plastik ambalajlar için Iğdır, cam ambalajlar için Aksaray ve metal ambalajlar için Ankara şehirlerindeki tesisler sonuç olarak bulunmuştur. Atıkların %1’inin geri dönüştürülmesi durumunda toplam maliyet 666,832 \$/gün çıkmıştır. Toplama bölgelerinden toplanan atık miktarları Tablo 4.20’de gösterilmiştir. TAT’ne gelen toplam atık miktarı ve ambalaj atık miktarları Tablo 4.21’de ve Tablo 4.22’de atıkların %1’inin geri dönüştürülmesi için GDT’ne gönderilen ambalaj atık miktarları ve GDT’lerinin bulunduğu şehirler gösterilmiştir.

Tablo 4.20. Senaryo1 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları

Toplama Bölgeleri	Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (kg/gün)
Yunusemre	202
Yenişehir-Doğu	503
Yenişehir-Batı	603
Yıldızkent	152
Yakutiye-Doğu	301
Merkez	842
Üniversite	504

Tablo 4.21. Senaryo1 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları

TAT tesisi	Toplam Ambalaj Atık Miktarı	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
1. Tip Tesis	3.107	1.571,40	1.032,33	233,53	269,13

Tablo 4.22. Senaryo1 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları

GDT Tesisleri	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
Kayseri	1.571,40			
Iğdır		1.032,33		
Aksaray			233,53	
Ankara				269,13

Senaryo 1 için indirgenmiş maliyet değerlerine bakıldığında TAT tesislerinden 1.tip tesis yerine 2.tip tesis seçilirse 437,96 \$/gün, 3.tip tesis seçilirse 875,93 \$/gün, 4.tip tesis seçilirse 1751,86 \$/gün, 5.tip tesis seçilirse 3503,73 \$/gün ve 6.tip tesis seçilirse 4379,66 \$/gün maliyet değerinde artış olacaktır. Kısıtların sağ taraf sabitlerindeki 1 birimlik değişimin amaç denklem üzerindeki etkisini incelemek için program çıktılarından dual fiyat değerlerine bakılacaktır. Bu değerler incelendiğinde, toplama bölgelerindeki ambalaj atığındaki 1 birimlik bir artış amaç denklemde -0,17 \$/gün maliyet düşüşüne neden olacaktır. 1. tip tesiste açığa çıkan kâğıt, plastik, cam ve metal miktarındaki 1 birimlik bir artış amaç denklem maliyetinde sırasıyla; -0,057, -0,35, -0,146 ve -0,75 \$/gün maliyet değerinde düşüşe neden olacaktır.

Senaryo 2: Senaryo2'de atıkların %3'ünün geri dönüştürülmesi ile edilen ambalaj atıkları dikkate alınmıştır. Bu senaryoda TAT'den 2.Tip tesis (10.000 kg/gün kapasiteli) sonucuna ulaşılmıştır. GDT'lerinden, kâğıt ambalajlar için Kayseri, plastik ambalajlar için Iğdır, cam ambalajlar için Aksaray ve metal ambalajlar için Ankara şehirlerindeki tesisler sonuç olarak bulunmuştur. Atıkların %3'ünün geri dönüştürülmesi durumunda toplam maliyet 54,42 \$/gün çıkmıştır. Toplama bölgelerinden toplanan atık miktarları Tablo 4.23'de gösterilmiştir. TAT tesisine gelen atık miktarı ve ambalaj atıkları miktarları Tablo 4.24'de ve Tablo 4.25'de atıkların %3'ünün geri dönüştürülmesi için GDT tesislerine gönderilen ambalaj atık miktarları ve GDT'lerinin bulunduğu şehirler gösterilmiştir.

Tablo 4.23. Senaryo2 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları

Toplama Bölgeleri	Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (kg/gün)
Yunusemre	604
Yenişehir-Doğu	1510
Yenişehir-Batı	1809
Yıldızkent	457
Yakutiye-Doğu	904
Merkez	2526
Üniversite	1510

Tablo 4.24. Senaryo2 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları

TAT tesisi	Toplam Ambalaj Atık Miktarı	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
2. Tip Tesis	9.320	4.713,69	3.096,66	700,49	807,30

Tablo 4.25. Senaryo2 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları

GDT Tesisleri	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
Kayseri	4.713,69			
İğdır		3.096,66		
Aksaray			700,49	
Ankara				807,30

Senaryo 2 için indirgenmiş maliyet değerlerine bakıldığında TAT tesislerinden 2.tip tesis yerine 1.tip tesis seçilirse 72,53 \$/gün, 3.tip tesis seçilirse 875,93 \$/gün, 4.tip tesis seçilirse 1751,86 \$/gün, 5.tip tesis seçilirse 3503,73 \$/gün ve 6.tip tesis seçilirse 4379,66 \$/gün maliyet değerinde artış olacaktır. Kısıtların sağ taraf sabitlerindeki 1 birimlik değişimin amaç denklem üzerindeki etkisini incelemek için program çıktılarından dual fiyat değerlerine bakılacaktır. Bu değerler incelendiğinde, toplama bölgelerindeki ambalaj atığındaki 1 birimlik bir artış amaç denklemde -0,17 \$/gün maliyet düşüşüne neden olacaktır. 2. tip tesiste açığa çıkan kâğıt , plastik, cam ve metal miktarındaki 1 birimlik bir artış amaç denklem maliyetinde sırasıyla; -0,057, -0,35, -0,146 ve -0,75 \$/gün maliyet değerinde düşüşe neden olacaktır.

Senaryo 3: Senaryo3’de atıkların %6’sının geri dönüştürülmesi ile edilen ambalaj atıkları dikkate alınmıştır. Bu senaryoda TAT tesislerinden 3. Tip tesis (2 tane 10.000 kg/gün kapasiteli) sonucuna ulaşılmıştır. GDT’lerinden, kâğıt ambalajlar için Kayseri, plastik ambalajlar için Iğdır, cam ambalajlar için Aksaray ve metal ambalajlar için Ankara şehirlerindeki tesisler sonuç olarak bulunmuştur. Atıkların %6’sının geri dönüştürülmesi durumunda toplam maliyet 333,46 \$/gün çıkmıştır. Toplama bölgelerinden toplanan atık miktarları Tablo 4.26’da gösterilmiştir. TAT’ne gelen atık miktarı ve ambalaj atıkları miktarları Tablo 4.27’de ve Tablo 4.28’de atıkların %6’sının geri dönüştürülmesi için GDT’ne gönderilen ambalaj atık miktarları ve GDT’lerinin bulunduğu şehirler gösterilmiştir.

Tablo 4.26. Senaryo3 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları

Toplama Bölgeleri	Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (kg/gün)
Yunusemre	1212
Yenişehir-Doğu	3020
Yenişehir-Batı	3616
Yıldızkent	913
Yakutiye-Doğu	1808
Merkez	5051
Üniversite	3020

Tablo 4.27. Senaryo3 için TAT’daki Ambalaj Atık Miktarları

TAT tesisi	Toplam Ambalaj Atık Miktarı	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
3. Tip Tesis	18.640	9.427,37	6.193,33	1.400,98	1.614,60

Tablo 4.28. Senaryo3 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları

GDT Tesisleri	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
Kayseri	9.427,37			
Iğdır		6.193,33		
Aksaray			1.400,98	
Ankara				1.614,60

Senaryo 3 için indirgenmiş maliyet değerlerine bakıldığında TAT tesislerinden 3.tip tesis yerine 1.tip tesis seçilirse 72,53 \$/gün, 2.tip tesis seçilirse 437,97 \$/gün, 4.tip

tesis seçilirse 1751,86 \$/gün, 5.tip tesis seçilirse 3503,73 \$/gün ve 6.tip tesis seçilirse 4379,66 \$/gün maliyet değerinde artış olacaktır. Kısıtların sağ taraf sabitlerindeki 1 birimlik değişimin amaç denklem üzerindeki etkisini incelemek için program çıktılarından dual fiyat değerlerine bakılacaktır. Bu değerler incelendiğinde, toplama bölgelerindeki ambalaj atığındaki 1 birimlik bir artış amaç denklemde -0,16 \$/gün maliyet düşüşüne neden olacaktır. 3. tip tesiste açığa çıkan kâğıt, plastik, cam ve metal miktarındaki 1 birimlik bir artış amaç denklem maliyetinde sırasıyla; -0,057, -0,35, -0,146 ve -0,75 \$/gün maliyet değerinde düşüşe neden olacaktır.

Senaryo 4: Senaryo4’de atıkların %12’sinin geri dönüştürülmesi ile edilen ambalaj atıkları dikkate alınmıştır. Bu senaryoda TAT tesislerinden 4.Tip tesis (4 tane 10.000 kg/gün kapasiteli) sonucuna ulaşılmıştır. GDT’lerinden, kâğıt ambalajlar için Kayseri, Gaziantep ve Adana, plastik ambalajlar için Iğdır, Kayseri ve Adana, cam ambalajlar için Aksaray ve Adana ve Metal ambalajlar için Ankara şehirlerindeki tesisler sonuç olarak bulunmuştur. Atıkların %12’sinin geri dönüştürülmesi durumunda toplam maliyet 1672,41 \$/gün çıkmıştır. Toplama bölgelerinden toplanan atık miktarları Tablo 4.29’da gösterilmiştir. TAT’ne gelen atık miktarı ve ambalaj atıkları miktarları Tablo 4.30’da ve Tablo 4.31’de atıkların %12’sini geri dönüştürülmesi için GDT’ne gönderilen ambalaj atık miktarları ve GDT’lerinin bulunduğu şehirler gösterilmiştir.

Tablo 4.29. Senaryo4 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları

Toplama Bölgeleri	Toplanan Atık (kg/gün)	Ambalaj Miktarı
Yunusemre		2.423
Yenişehir-Doğu		6.039
Yenişehir-Batı		7.232
Yıldızkent		1.827
Yakutiye-Doğu		3.616
Merkez		10.104
Üniversite		6.039

Tablo 4.30. Senaryo4 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları

TAT tesisi	Toplam Ambalaj Atık Miktarı	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
4.Tip Tesis	37.280	18.854,73	12.386,65	2.801,97	3.229,19

Tablo 4.31. Senaryo4 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları

GDT Tesisleri	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
Kayseri	15.000	3.000		
Gaziantep	2.854,73			
Adana	1.000	1.386,65	1.000	
Iğdır		8.000		
Aksaray			1.801,97	
Ankara				3.229,19

Senaryo 4 için indirgenmiş maliyet değerlerine bakıldığında TAT tesislerinden 4.tip tesis yerine 1.tip tesis seçilirse 12,64 \$/gün, 2.tip tesis seçilirse 338,15 \$/gün, 3.tip tesis seçilirse 676,30 \$/gün, 5.tip tesis seçilirse 2705,19 \$/gün ve 6.tip tesis seçilirse 3381,49 \$/gün maliyet değerinde artış olacaktır. Kısıtların sağ taraf sabitlerindeki 1 birimlik değişimin amaç denklem üzerindeki etkisini incelemek için program çıktılarından dual fiyat değerlerine bakılacaktır. Bu değerler incelendiğinde, toplama bölgelerindeki ambalaj atığındaki 1 birimlik bir artış amaç denklemde -0,13 \$/gün maliyet düşüşüne neden olacaktır. 4. tip tesiste açığa çıkan kâğıt, plastik, cam ve metal miktarındaki 1 birimlik bir artış amaç denklem maliyetinde sırasıyla; -0,056, -0,32, -0,146 ve -0,75 \$/gün maliyet değerinde düşüşe neden olacaktır.

Senaryo 5: Senaryo5’de atıkların %24’ünün geri dönüştürülmesi ile edilen ambalaj atıkları dikkate alınmıştır. Bu senaryoda TAT tesislerinden, 1. Tip tesis, 2. Tip tesis, 3. Tip tesis ve 4. Tip tesis (1 tane 6.000 kg/gün ve 7 tane 10.000 kg/gün kapasiteli) lerden 1’er tane açılması sonucuna ulaşılmıştır. GDT’lerinden, kâğıt ambalajlar için Kayseri, Gaziantep, Adana ve Manisa, plastik ambalajlar için, Iğdır, Kayseri, Adana, Ankara ve Kocaeli, cam ambalajlar için, Aksaray, Adana ve Ankara ve metal ambalajlar için Ankara şehirlerindeki tesisler sonuç olarak bulunmuştur. Atıkların %24’ünün geri dönüştürülmesi durumunda toplam maliyet 2556,815 \$/gün çıkmıştır. Toplama bölgelerinden toplanan atık miktarları Tablo 4.32’de gösterilmiştir. TAT tesisine gelen

atık miktarı ve ambalaj atıkları miktarları Tablo 4.33’de ve Tablo 4.34’de atıkların %24’ünün geri dönüştürülmesi için GDT’ne gönderilen ambalaj atık miktarları ve GDT’lerinin bulunduğu şehirler gösterilmiştir.

Tablo 4.32. Senaryo5 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları

Toplama bölgeleri	Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (kg/gün)
Yunusemre	4.846
Yenişehir-Doğu	12.079
Yenişehir-Batı	14.464
Yıldızkent	3.653
Yakutiye-Doğu	7.233
Merkez	20.205
Üniversite	12.079

Tablo 4.33. Senaryo5 için TAT’daki Ambalaj Atık Miktarları

TAT tesisi	Atık Miktarı	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
1.Tip Tesis	6.000	3.034,56	1.993,56	450,96	519,72
2.Tip Tesis	10.000	5.057,60	3.322,60	751,60	866,20
3.Tip Tesis	20.000	10.115,20	7.617,23	1.503,20	1.732,4
4.Tip Tesis	38.559	19.501,60	12.811,61	2.898,09	3.339,98

Tablo 4.34. Senaryo5 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları

GDT Tesisleri	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
Kayseri	15.000	3.000		
Gaziantep	3.000			
Adana	14.708,96	3127,77	3.500	
Manisa	5.000			
Aksaray			2.000	
Ankara		4.000	103,85	6.458,30
Iğdır		8.000		
Kocaeli		5.772,97		

Senaryo 5 için indirgenmiş maliyet değerlerine bakıldığında TAT tesislerinden 1,2,3 ve 4.tip tesisler yerine 5.tip tesis seçilirse 1813,78 \$/gün ve 6.tip tesis seçilirse 2267,22 \$/gün maliyet değerinde artış olacaktır. Ayrıca Mersin ve İzmir’de bulunan plastik geri dönüşüm tesislerine malzeme gönderirlerse sırasıyla 41,47 \$/gün ve 10,37

\$/gün maliyette artışa neden olacaktır. Kısıtların sağ taraf sabitlerindeki 1 birimlik değişimin amaç denklem üzerindeki etkisini incelemek için program çıktılarından dual fiyat değerlerine bakılacaktır. Bu değerler incelendiğinde, toplama bölgelerindeki ambalaj atığındaki 1 birimlik bir artış amaç denklemde -0,12 \$/gün maliyet düşüşüne neden olacaktır. 1,2,3 ve 4. tip tesislerden açığa çıkan kâğıt, plastik, cam ve metal miktarındaki 1 birimlik bir artış amaç denklem maliyetinde sırasıyla; -0,047, -0,31, -0,0096 ve -0,75 \$/gün maliyet değerinde düşüşe neden olacaktır.

Senaryo 6: Senaryo6’da atıkların %30’unun geri dönüştürülmesi ile edilen ambalaj atıkları dikkate alınmıştır. Bu senaryoda TAT tesislerinden, 1.Tip tesis, 2.Tip tesis ve 5.Tip tesis (1 tane 6.000 kg/gün ve 9 tane 10.000 kg/gün kapasiteli) lerden 1’er tane açılması sonucuna ulaşılmıştır. GDT’lerinden, kâğıt ambalajlar için Kayseri, Gaziantep, Adana ve İstanbul, plastik ambalajlar için, Iğdır, Kayseri, Adana, Ankara ve Kocaeli, cam ambalajlar için, Aksaray, Adana ve Ankara ve metal ambalajlar için Ankara şehirlerindeki tesisler sonuç olarak bulunmuştur. Atıkların %24’ünün geri dönüştürülmesi durumunda toplam maliyet 8099,08 \$/gün çıkmıştır. Toplama bölgelerinden toplanan atık miktarları Tablo 4.35’de gösterilmiştir. TAT’ne gelen atık miktarı ve ambalaj atıkları miktarları Tablo 4.36’da ve Tablo 4.37’de atıkların %30’unun geri dönüştürülmesi için GDT’ne gönderilen ambalaj atık miktarları ve GDT’lerinin bulunduğu şehirler gösterilmiştir.

Tablo 4.35. Senaryo6 için Toplama Bölgelerinden Toplanan Ambalaj Atık Miktarları

Toplama bölgeleri	Toplanan Ambalaj Atık Miktarı (kg/gün)
Yunusemre	6.058
Yenişehir-Doğu	15.098
Yenişehir-Batı	18.081
Yıldızkent	4.567
Yakutiye-Doğu	9.040
Merkez	25.257
Üniversite	15.098

Tablo 4.36. Senaryo6 için TAT'daki Ambalaj Atık Miktarları

TAT tesisi	Atık Miktarı	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
1. Tesis	5.998	3.034,56	1.993,56	450,96	519,72
2. Tesis	9.998	5.057,60	3.322,60	751,60	866,20
5.Tesis	77.203	39.044,17	25.650,14	5.802,28	6.686,98

Tablo 4.37. Senaryo6 için GDT Yerleri ve Ambalaj Atık Miktarları

GDT Tesisleri	Kâğıt	Plastik	Cam	Metal
Kayseri	15.000	3.000		
Gaziantep	3.000			
Adana	14.136,3	4.000	3.500	
İstanbul	15.000			
Iğdır		8.000		
Ankara		4.000	1.504,84	8.072,90
Kocaeli		11.966,3		
Aksaray			2.000	

Senaryo 6 için indirgenmiş maliyet değerlerine bakıldığında TAT tesislerinden 1,2 ve 5.tip tesisler yerine 3.tip tesis seçilirse 453,44 \$/gün, 4.tip tesis seçilirse 906,89 \$/gün ve 6.tip tesis seçilirse 2267,22 \$/gün maliyet değerinde artış olacaktır. Ayrıca Mersin ve Konya'da bulunan plastik geri dönüşüm tesislerine malzeme gönderilirse sırasıyla 41,47 \$/gün ve 10,37 \$/gün maliyet artışına neden olacaktır. Kısıtların sağ taraf sabitlerindeki 1 birimlik değişimin amaç denklem üzerindeki etkisini incelemek için program çıktılarından dual fiyat değerlerine bakılacaktır. Bu değerler incelendiğinde, toplama bölgelerindeki ambalaj atığındaki 1 birimlik bir artış amaç denklemde -0,07 \$/gün maliyet düşüşüne neden olacaktır. 1,2,3 ve 4. tip tesislerden açığa çıkan kâğıt, plastik, cam ve metal miktarındaki 1 birimlik bir artış amaç denklem maliyetinde sırasıyla; -0,047, -0,30, -0,0096 ve -0,75 \$/gün maliyet değerinde düşüşe neden olacaktır.

SONUÇ

Dünyada giderek önemi artan kimi durumlarda çevresel nedenlerden dolayı zorunlu, kimi durumlarda işletmeler tarafından rekabetçi üstünlük sağlanabilmesi için uygulanan geri dönüşüm ve bunu gerçekleştirmeyi sağlayan tersine lojistik kavramı gün geçtikçe önemini artırmaktadır. Tersine lojistik, *Hammaddelerin, halen süreçte bulunan envanterlerin, bitmiş malların ve bunlar hakkındaki bilginin tüketim noktasından üretim noktasına tekrar değer elde etme veya düzgün bir şekilde elden çıkarma amacıyla verimli ve maliyet avantajlı akışını planlama, yürütme ve kontrol etme süreci* olarak tanımlanmaktadır. Kamu ve özel işletmeler tersine lojistiği, ekonomi, pazarlama, yasama, varlığı koruma ve kurumsal sorumluluk açısından uygulamaktadırlar. Genel bir tersine lojistik ağ, tüketicilerden kullanılmış ürünlerin toplanması, depolanması, yeniden işlenmesi ve geri dağıtılması faaliyetlerini içerir. Tersine lojistik ağ ile geri gelen ürünler; tamir, yeniden kullanım, ürün yenileştirme, yeniden üretim, üründen parça alma ve geri dönüşüm işlemlerinden biri ya da birkaçı uygulanarak geri kazanılır. Tersine lojistik ağ türleri yedi tanedir. Bunlar; Genel Tersine Lojistik Ağı, Özel Tersine Lojistik Ağı, Geri Alınması Zorunlu Ürünler için Tersine Lojistik Ağı, Yeniden Kullanım Ağı veya Yeniden Doldurulabilir Konteynerler için Ağlar, Yeniden İmalat Ağı, Geri Dönüşüm Ağı ve Tamir Servis Ağıdır.

Endüstrileşmiş ülkelerin öncelikli sorunlarından biri atıklarının azaltmaktır. Atık yönetimi ilkeler hiyerarşisi, sağlıklı ve etkin bir atık yönetim sisteminin temel politikalarını ortaya koymaktadır. Bu ilkeler, atıkların öncelikle kaynağında azaltılması ya da diğer bir ifadeyle atık üretiminin önlenmesini, önlenemeyen atıkların ise mümkün olduğunca tekrar kullanım, geri dönüşüm, kompostlaştırma ve enerji elde edilmesi gibi yöntemlerle geri kazanılmasını, geri kazanımı mümkün olmayan atıkların da güvenli bir şekilde depolanmasını öngörmektedir. “Kirleten Öder” prensibi atık yönetiminin evrensel nitelikteki ilkelerinden birisi olup, temelde atıkların bertaraf edilmesine ilişkin tüm maliyetlerin üreticilerine yüklenmesini öngörmektedir. Atıkların azaltılması fikri, çevre kirliliğinin önlenmesi ve doğal kaynakların korunmasının yanı sıra ekonomik anlamda da değeri olan bir sektör haline gelmiştir. Tüketicilerde gelişen çevre bilinci sebebiyle üreticilere yapılan baskılar da firmaları çevre kirliliğine karşı önlem almaya zorlamıştır.

Günümüzde atıkların sağlıklı ve ekonomik bir şekilde uzaklaştırılması konusu, geçmiş yıllara nazaran çok daha önemli bir boyut kazanmıştır. Sosyal refah, teknolojik gelişme ve nüfus artışına paralel olarak atık miktarları sürekli olarak artmakta ve bileşimleri de değişmektedir. Birçok ülkede çevre politikalarının hedefi atıkları geri kazanmaktır. Böylece, atık içindeki ekonomik değere sahip maddeler geri dönüştürülerek ekonomiye katma değer sağlanır. Demir, çelik, bakır, kurşun, kâğıt, plastik, kauçuk, cam gibi maddelerin geri kazanılması ve tekrar kullanılması, tabii kaynakların tükenmesini önleyeceği gibi ülke ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ithal edilen hurda malzemeye ödenen döviz miktarını da azaltacak, kullanılan enerjiden büyük ölçüde tasarruf edilecektir. En az yukarıda sayılanlar kadar önemli olan diğer bir husus da uzaklaştırılacak katı atık miktarlarındaki büyük azalma ve dolayısıyla çevre kirliliğinin önemli ölçüde önlenmesidir. Katı atık yönetimi, amaçları birbiriyle çelişen farklı ilişkide konuları içerdiğinden karmaşık bir yapıya sahiptir. Katı atık yönetim modelleri, büyük miktarda atık miktarlarının ortaya çıkması sebebiyle ilk olarak 1960'lı yıllarda kurulmaya başlanmıştır. Son zamanlarda, bir çok modelin kurulması ve uygulanması, uygun optimizasyon modellerinin gelişmesiyle birlikte artmıştır.

Geri dönüşüm, atıkların yeni bir malzeme olarak kullanılması için sistematik bir şekilde toplanmasını, sınıflandırılmasını, kirletici maddelerden temizlenmesini kapsayan bir takım işlemler bütünüdür. Katı atık yönetim stratejilerinden en karmaşık olanı geri dönüşümdür. Geri dönüşüme olan ihtiyacın başlamasında ilk olarak savaşlar nedeniyle ortaya çıkan sıkıntılar etkili olmuştur. Büyük devletler II. Dünya savaşı sırasında ülke çapında geri dönüşümle ilgili kampanya başlatmışlardır. Daha sonraları, geri dönüşüm birçok ürünün geri kazanımını gerektiren çevre kanunlarının artışından dolayı önemli bir konu durumuna gelmiştir.

Yöneylem Araştırması teknikleri atık yönetimi alanında başarılıdır. Literatürde, katı atık yönetim işlemlerini ve ağlarını programlayan modeller yaygın bir şekilde yer almaktadır. Bu makalelerin birçoğu atık yönetim işlemleri ile ağ modellerinin kullanımını bir birine bağlamışlardır.

Katı atıklar içinde geri dönüştürülebilir malzemelerin ayrı toplanarak ekonomiye kazandırılması kurulacak olan tersine lojistik ağ ile mümkün olmaktadır. Katı atık içinde geri dönüştürülebilir malzemelerin büyük çoğunluğunu ambalaj maddeleri

oluşturmaktadır. Ambalaj maddelerinin geri dönüşümü ekonomiye katkı sağlar, hammadde tüketimini azaltır ve çöp depolama alanlarının depolama ömürlerini arttırır.

Çalışmada konu teorik olarak incelendikten sonra, Türkiye’de yasal olarak şu an yürürlükte olan Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği gereği, Erzurum ilinde ambalaj atıklarının geri dönüşümü için bir Tersine Lojistik Ağ Modeli geliştirilmiştir. Türkiye’de ambalaj atıklarının geri dönüşümü ya belediyelerin ambalaj atıklarını toplaması veya toplattırması ya da Belediye-Lisanslı Firma-Yetkilendirilmiş Kuruluş ortak çalışması ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada ambalaj atıklarının Erzurum’da faaliyet gösterecek olan bir Toplama Ayırma Tesisi’ den toplanacağı ve ambalaj atığının cinsine göre diğer illerde bulunan Geri Dönüşüm Tesislerine gönderileceği varsayılmıştır. Modelin kurulmasında karma tamsayılı doğrusal programlama kullanılmıştır.

Modelde Erzurum yedi toplama bölgesine ayrılmıştır. Her bölgede çıkan ambalaj atık miktarı o bölgenin nüfusuna ve geri dönüşüm oranına bağlı olarak altı farklı senaryo çerçevesinde incelenmiştir. Bu senaryolar açığa çıkan atığın, %1, %3, %6, %12, %24 ve %30’unun geri dönüştürülmesi durumlarını esas almaktadır. Modelin amacı, Erzurum’da oluşan ambalaj atıklarının, belirlenen yerlerden toplanarak toplama ayırma tesislerine, oradan da geri dönüşüm tesislerine ve ambalaj niteliğinde olmayan atıkların şehrin düzenli depolama sahasına sevkıyatı altında oluşan maliyetleri minimum yapan akışları sağlamaktır. Bu amaçla sağlanan olası toplama ayırma tesis ve geri dönüşüm tesis noktaları kümesinden uygun olanlar seçilecektir. Burada söz konusu olan maliyetler, toplama maliyetleri, taşıma maliyetleri, elleçleme maliyetleri, toplama ayırma tesislerinin sabit maliyeti ve işletme maliyetidir.

Model Karma Programlama Modellerinin çözümünde yaygın olarak kullanılan LINGO 11.0 bilgisayar programıyla çözülmüş ve her bir senaryo için minimum maliyeti sağlayacak toplama ayırma ve geri dönüşüm tesis yerleri belirlenmiştir. Senaryo1 durumunda sistemin toplam maliyeti 666,83 \$/gün, Senaryo2 durumunda 54,42 \$/gün, Senaryo3 durumunda 333,46 \$/gün, Senaryo4 durumunda 1672,41 \$/gün, Senaryo5 durumunda 2556,815 \$/gün ve Senaryo6 durumunda 8099,08 \$/gün olarak bulunmuştur. Sonuçlara göre en düşük maliyet değeri atıkların %2’sinin, en yüksek maliyet değeri ise atıkların %30’unun geri dönüştürülmesi durumudur. Bu sonuçlara göre geri dönüştürülen ambalaj atık miktarının artması sistemi kârdan çok zarara

itmektedir. Bunun nedenini anlamak için elleçleme, taşıma ve toplama maliyet değerlerinde %10'luk bir artış yapılarak toplam maliyet değerindeki artışın hangi maliyet değerinden etkilendiği tespit edilmeye çalışılmıştır. Değerlere bakıldığında, Senaryo1, Senaryo2, Senaryo3 ve Senaryo5'de taşıma maliyetinin, Senaryo4 ve Senaryo6'da elleçleme maliyetinin diğer maliyetlere göre toplam maliyetin artmasında etkili olduğu gözlemlenmiştir. Diğer taraftan hurda malzeme alış fiyatlarında %10 luk bir artış yapılarak toplam maliyet değerlerine bakılmıştır. Bu durumda Senaryo2 ve Senaryo3'de kâr durumuna geçilmiş diğer senaryolardada maliyet değerlerinde önemli düşüş sağlanmıştır. Bu denemeler sonucunda; toplam maliyet değeri üzerinde etkili olan parametreler önem sırasına göre taşıma, elleçleme ve toplama maliyetidir. Geri dönüştürülen ambalaj atık miktarı arttıkça, taşıma maliyetinin toplama maliyeti üzerinde etkili olmasının nedeni, Erzurum iline yakın olan şehirlerdeki Geri Dönüşüm Tesislerinin bu kapasiteyi karşılayamamasından dolayı daha uzak şehirlere gönderilmesidir. Senaryo6'da toplam maliyet kalemi üzerinde etkili olan maliyet elleçleme maliyetidir. Malzeme miktarı arttıkça daha çok işgücüne ihtiyaç duyulmaktadır ve bu da maliyet değerini yükseltmektedir. Bunun sonucunda ancak düşük geri dönüşüm oranlarında kâr sağlanabilmektedir. Bu durumda yüksek geri dönüşüm oranlarında kâr elde edebilmek için elleçleme maliyeti düşürülmelidir. Bunu içinde ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplama işinin titizlikle yapılması gerekmektedir. Tüketici ambalaj atıklarını, sınıflarına göre doğru konteynere atarsa, bu ambalaj atıklarının ayırmak için daha az işçiye ihtiyaç duyulacaktır. Buda doğrudan elleçleme maliyetini düşürecektir. Nitekim Türkiye'de bazı illerde yapılan ambalaj atıkları geri dönüşümü çalışmalarında toplanabilen ambalaj atığı miktarı %10'ların çok altında hatta %1-2'lerde seyretmektedir. Bunun sebebi Toplama Ayırma Tesislerinin faaliyetlerini, daha çok miktarda ambalaj atığı toplayabilecekleri, nüfusun ve resmi dairelerin yoğun olduğu merkezi semtlerde (Örn:Ankara-Kızılay) yürütmüş olmalarıdır. Bu sayede sistem kârlı bir şekilde işlemektedir. Sadece kâr amacı güdülerek yapılan geri dönüşüm çalışmaları ambalaj atıklarının çok düşük bir oranda geri kazanımı ile sonuçlanmaktadır. Yüksek oranlarda geri dönüşümde dahi kâr sağlanabilmesi için, ambalaj atığı toplanan illere yakın geri dönüşüm tesisleri kurulmalı ve geri dönüştürülen ambalaj atık miktarına oranla hurda alım fiyatı yükseltilmelidir.

Dünya üzerinde yapılan geri dönüşüm çalışmalarının büyük çoğunluğunda zarar söz konusudur. Çünkü sistemin işletilmesi karşısında oluşan maliyete karşılık, yalnızca geri dönüştürülen malzemelerin satışından gelir elde edilmektedir. Geri dönüştürülen malzemeler hurda değerinde olduğundan ucuza satılmaktadır. Geri dönüşüm işi emek yoğunluklu bir iştir. Buda maliyetlerin yüksek olmasına sebep olmaktadır.

Genel olarak düşünüldüğünde geri dönüşüm ağının faydası yalnızca malzemelerin satılmasından elde edilen gelir değildir. Bunun yanı sıra; hava ve su kirlenmesini azaltması, üretim aşamasında gerekli olan enerji ihtiyacını, su tüketimini ve hammadde kullanımını azaltması, çöp depolama sahasının ömrünü uzatması v.b. bir çok faydası vardır. Bu faydalar toplama ayırma tesisine kâr olarak yansımaya da, çevre kirliliği ve hammadde kaynak tüketiminin azaltılması açısından çok büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmanın sonucuna göre Erzurum ili için önerilebilecek hususlar şunlardır;

- 1) Artan atık miktarlarının önlenbilmesinin en etkili yolu geri dönüştürülebilir atıkların kaynağında ayrı toplanarak ekonomiye geri kazandırılmasıdır. Artan atık miktarları atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının miktarını ve gömme alanlarına olan ihtiyacı artırmaktadır. Ambalaj atıkları geri dönüşüm oranı yüksek olan atıklardır. Erzurumda açığa çıkan atık miktarı ve bu atık içindeki geri dönüştürülebilir ambalaj madde miktarı önemsenebilecek miktarda fazladır. Yasal gereklilikler sebebiyle de geri dönüştürülebilir malzemelerin kaynağında ayrı toplanarak ekonomiye geri kazandırılması gerekmektedir.
- 2) Erzurum da ambalaj atıklarının geri dönüşüm ağında maliyetin düşük tutulabilmesi için sırası ile taşıma, elleçleme ve toplama maliyetlerinin düşük tutulması önemlidir. Bu maliyet kalemlerinden en önemlisi taşıma maliyetidir. Bu açıdan taşıma maliyetinin düşük tutulabilmesi için geri dönüşüm tesislerinin ilin içinde ve ile komşu şehirlerde konumlanması çok önem arz etmektedir.
- 3) İkinci önemli maliyet kalemi elleçleme maliyetidir. Elleçleme maliyeti toplanan atık miktarı arttıkça işgücüne olan ihtiyaç da arttığından maliyeti önemli oranda artırmaktadır. Bunu önlemenin üç yolu vardır; İlki, toplanan ambalaj miktarının artmasına paralel olarak hurda alım fiyatında artmasının sağlanmasıdır. İkincisi, kaynağında ayrı toplama işinin titizlikle yapılmasıdır. Tüketici ambalaj atıklarını türlerine göre ayırarak doğru konteynerlere

birakırsa toplama ayırma tesislerinde daha az işçiye ihtiyaç olunacak buda elleçleme maliyetini düşürecektir. Yani elleçleme maliyetinin düşmesinde tüketici bilinçliliği şarttır. Üçüncüsü ise, ayırma işinin ambalaj atık miktarının büyüklüğü ve işçi ücretlerinin yüksekliği ile orantılı olarak mekanize (Hava Üflemleri Ayıklama, Manyetik Ayıklama v.b.) yapılmasının düşünülmesidir.

- 4) Üçüncü önemli maliyet değeri toplama maliyetidir. Toplama maliyetinde iyileştirme yapılabilmesi için toplama güzergahının optimizasyonun sağlanması gerekir.
- 5) Ambalaj atıklarının toplanması ağında kâr değeri olarak sadece hurda satışı dikkate alınmıştır. Hurda olarak satılan bu malzemelerin geri dönüştürülmemesi durumunda çevreye vereceği zararın büyük olacağı açıktır. Çevreye verecekleri zararların önlenmesi maddi getiri sağlayacağından bu değerlerinde ağı dahil edilmesi maliyet değerlerinin düşmesine sebep olacaktır.
- 6) Yürütülecek geri kazanım sistemlerinin başarısı için; kararlı bir hükümet, belediye ve özel kuruluşların finansal desteği, maksimum toplama ve geri dönüşüm, pazar geliştirilmesi ve promosyon, eğitim ve bilgilendirme çalışmaları gerekmektedir. Ancak bu projeler kapsamında yapılan ayrıştırma tesisleri ülkemizde verimli olarak çalışmamaktadır. Tesislerin verimli çalışmasını etkileyen etmenler, değerlendirilebilen geri kazanılabilir atık miktarlarının yetersiz olması, sokak toplayıcılarının etkileri, tesis kapasitesinin yüksek seçilmesi, toplama işleminin sağlıklı yapılması v.b. dir.
- 7) Geri kazanım işlemi, çevresel öneminin yanı sıra ekonomik açıdan da değer taşır. Gelişmiş batı ülkelerinde ve ülkemizde giderek büyüyen ve kurumsallaşan bir geri kazanım sektörü ortaya çıkmaya başlamıştır. Geri kazanılabilir maddelerin pazarında talep sabit değildir. Bu tür maddelerin güvenilir bir biçimde temini arttıkça, talep de büyük ölçüde gelişir. Geri kazanım sisteminin geliştirilebilmesi için, tüketicinin motive edilmesi, toplama, ayırma ve değerlendirme ve bu maddelerin pazarlanması aşamalarında kullanılmak üzere kaynak yaratılmalıdır. Endüstriyel altyapının oluşturulması, geri kazanım ve tekrar işlenmiş ürünlerin tekrar pazarlanabilmeleri için, araştırma ve geliştirme maliyetleri de dikkate

alınmalıdır. Olaya sadece maliyetler açısından yaklaşmak yeterli değildir. Tarafların tümü (üretici, tüketici, kamu ve yerel yönetimler) konuya kendi ölçülerinde katkıda bulunmalıdırlar. Ancak bu şekilde gerçekleştirilecek geri kazanım, daha ekonomik bir temele oturtulabilir.

Çalışma Türkiye’de bu konuda yapılan ilk araştırmalardan biri olduğundan bazı parametrelerin belirlenmesinde çeşitli yaklaşımlara yer verilmiştir. İlerde parametrelerin daha da netleşmesiyle birlikte daha kesin sonuçlar verebilen ağ tasarımı yapılması mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Ammons, Jane C., Matheww J. Realff, David Newton, “Reverse Production System Design and Operation for Carpet Recycling”, **Submitted for Publication consideration to the European Journal of Operational Research**,1999, s. 547-567.
- Amini Mohammad, Retzlaff-Roberts M., Donna, **Reverse Logistics Process Reengineering: Improving Customer Service Quality**, The University of Memphis, 2003.
- Anonymous, **Product return flows&physical distrubution complaints: Critical success factors for organizing both processes**, Master’s Thesis, Erasmus University Rotterdam, The Netherlands,1998.
- Armağan Bülent v.d., **Katı Atıkların Ekonomide Değerlendirilmesi**, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 2006-23, İstanbul.
- Alabaş,Ç., **Tabu Arama ve Tavlama Benzetimi Algoritmalarıyla Bilgisayar Şebekelerinin Topolojik Optimizasyonu**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1999, Ankara.
- Alidi, Abdulaziz S., “An Integer Goal Programming Model for Hazardous Waste Treatment and Disposal” **Applied Mathematical Modeling**, Vol. 16, 1992, s. 645-651.
- Aydinoğlu Emine, “Ambalaj Atıklarının Kaynakta Ayrı Toplanması”, **Türkiye’de Ambalaj Atıkları Yönetimi ve Uygulamaları Eğitim Semineri**, 6-7 Aralık Erzurum.
- Baetz, Brian W., Alan W. Neebe, “ A Planning Model fort he Development of Waste Material Recycling Programmes”, **Journal of Operational Research Society**, Vol. 45, 1994, s. 1374-1384.
- Bakır M.A., Altunkaynak B., **Tamsayılı Programlama:Teori, Modeller ve Algoritmalar**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2003, 1. basım.
- Banar Müfide, Özkan Aysun, “Kampüs Katı Atıklarının Karakterizasyonu ve Geri Kazanımı: Anadolu Üniversitesi Örneği”, **Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi**, 2005, Cilt: 6(2), s. 225-234.

- Barros, A.I., Dekker, R., and Scholten, V., “ A two-level Network for Recycling Sand: A Case Study”, **European Journal of Operational Research**, 1998, Vol:110, s. 199-214.
- Başkent Emin Zeki, **Yöneylem Araştırması: Modelleme ve Doğal Kaynak Uygulamaları**, Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları, 2004, 1. Basım.
- Bakır M.Akif, Altunkaynak Bülent, **Tamsayılı Programlama: Teori, Modeller ve Algoritmalar**, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara 2003, 1. Basım.
- Balakrishnan N., Render B., Stair R.M., **Managerial Decision Modeling with Spreadsheets**, Prentice Hall, Upper Saddle River, NewJersey, 2007, USA.
- Bartholdi J.J., K.R. Gue, “Reducing labor costs in an LTL crossdockiing terminal”, **Operations Research**, 2000, Vol: 48(6) s. 823-832.
- Ballou, Ronald H., **Transport Fundamentals in: Business Logistics Management**, Prentice Hall College, 5 th. Edition, 2003.
- Baki Birdoğan , “Tersine Lojistik Zorunluluk mu? Kazanç mı?”, **Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi**, [ISSN: 1303-0027] , 2003Cilt:4(1).
- Berktaş Ali, Pehlivan Ergün, , “Konya Kent Merkezinde Yaşayanların Evsel Katı Atıkların Kaynağında Geri Kazanılabirliği Konusundaki Eğilimlerinin Belirlenmesi”, **S.Ü. Müh-Mim. Fak. Derg.**, 1996, Cilt:11(2), s. 9-14.
- Birdoğan Baki, “Çevresel Üretim Yönetimi ve Ambalaj Sanayi Firma Yöneticilerinin Konuya Yaklaşımları”, **Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü Hakemli Dergisi-Öneri**, 2004 Cilt: 6(22), , s. 103-115.
- Bostel N., v.d., “**The Design, Planning and Optimization of Reverse Logistics Networks**” in Andre Langevin, Diane Rioper (eds), **Logistics Systems design and optimization**, Springer, 2005, s.178
- Brito Marisa P. ve Dekker Rommert, “Reverse logistics-a framework”, **Econometric Instute Report** EI 2002-38, s. 4.
- Brito Marisa P. De, Sime D.P. Flapper, Rommert Dekker, “Reverse logistics: a review of case studies”, **Econometric institute report** EI 2002-21, s.15.
- Brito Marisa P. de, v.d. “ Product Return Handling: Decision-Making and Quantitative Support”, **Erim Report Series Research in Management**, ERS-2003-013-LIS, 2003, s.12.

- Blumberg Donald F., **Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes** , CRC Press, Boca Raton London New York 2005.
- Bulut Erol , Deran Ali, “Ters Lojistik ve Şirketlerin Maliyet Yönetimi Üzerine Etkileri”, **Ekonomik Yaklaşım**, 2008, Cilt:19, Özel Sayı, s. 334.
- Butler Steve, “Reverse Logistics Noves Forward”, **Logistics Europe**, Nisan 2004,s.14-15.
- Bystrom S., Lonnstedt L., “Paper Recycling: Environmental and Economic Impact”, **Recources, Conservation and Recycling**, Vol: 21(2), 1997, s.109-127.
- Caruso, C., A. Colorni, M. Paruccini, “The Regional Urban Solid Waste Management System: A Modeling Approach”, **European Journal of Operational Research**, Vol. 70, 1993, s. 16-30.
- Chang, N.B. ve Lin Y.T., “Optimal Siting of Transfer Station Locations in a Metropolitan Solid Waste Management System”, **Journal of Environmental Science and Heath**, Vol. A32 (8), 1997, s. 2379-2401.
- Chen K., Ji P., “A Mixed Integer Programming Model for Advanced Planning and Scheduling (APS)”, Department of Industrial and Systems Engineering, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, **European Journal of Operational Research**, Vol:181, 2007.
- Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, **Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012)**, Mayıs 2008, Ankara
- Daniel R. Guide V., Harrison P.T., Van Wassenhove L.N., “The Challenge of Closed-Loop Supply Chains”, **Interfaces**, 2003, Vol:33(6), s.3.
- Dalyancı H. Levent, **Türkiye’de Kâğıt-Karton Sektöründe Geri Dönüşüm ve Geri Dönüşüm Yapan İşletmelerin Ekonomik Yönden İncelenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İstanbul, 2006.
- Dekker ,R., Fleischmann,M., Inderfurth, K. And Wassenhove, L.N.V., **Reverse Logistics:Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chain**, 2004, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Dereli Türkay, Baykasoğlu Adil, “Sürdürülebilir Kalkınma, Endüstriyel Katı Atıklar ve Gaziantep Örneği”, **Çevre Bilim & Teknoloji**, 2003, Vol:1 (4), s. 47-56.

- Demir Ahmet, 1995, “Atık Kâğıdın Geri Dönüşümü ve Ülke Ekonomisine Net Katkıları”, **Ekoloji Çevre Dergisi**, Nisan-Mayıs- Haziran, Sayı :15, , s. 27-29.
- Demirel Özgün N, Gökçen H., “Geri Kazanımlı İmalat Sistemleri için Lojistik Ağı Tasarımı: Literatür Araştırması”, **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak.Der.**, 2008, Cilt:24(4)
- Dowlathshahi S., “Developing a Theory of Reverse Logistics”, **Interfaces**, 2000, Vol:30(3), s. 145.
- Dowlathshahi S., “A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics”, **International Journal of Production Research**, 2005, Cilt:43(16), s. 3455-3480.
- Duchin F., Lange G, “Prospects for the recycling of plastics in the United States”, **Structural Change and Economic Dynamics**, 1997, Vol:9(3), s.307-331.
- Erol İ, Velioğlu M.N., Şerifoğlu F.S., “AB Uyum Yasaları ve Sürdürülebilirlik Kalkınma Bağlamında Tersine Tedarik Zinciri Yönetimi: Türkiye’ye Yönelik Araştırma Fırsatları ve Önerileri”, **İktisat, İşletme ve Finans Dergisi**, 2006, 244(21), s.4.
- Erdal Murat, “Lojistik Trendleri”, **1.Intermodal Taşımacılık ve Taşımacılık Sektörünün Geleceği Konferansı**, Bahçeşehir Üniversitesi, 2007.
- Erdoğan Pakize, **Atama Modellerinde Timetabling Problemi ve ders çizelgeleme için Uygulama Geliştirme Denemesi**, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2003.
- Erzurum Çevre Yönetim Planı, Mart 2008, Yerel ve Bölgesel Yönetimlerin Çevre Müktesebatını Uygulama Kapasitelerinin Güçlendirilmesi Projesi.
- Fleischmann, Moritz, Jacqueline M. Bloemhof-Ruwaard, Rommert Dekker, Erwin van der Laan, Jo A.E.E. VAN Nuen, Luk N. Van Wassenhove, “Quantitative models for reverse logistics: A review”, **European Journal of Operations Research**, 1997, Vol:103, s1-17.
- Fleischmann M. v.d., “Intergrating Closed-Loop Supply Chains and Spare Parts Management at IBM”, **Interfaces**, 2003, Vol:33(6), s. 45.
- Fleischmann M., Beullens P., Bloemhof-Ruwaard J.M. and Wassenhove L.V. “The impact of product recovery on logistics network design”, **Production and Operations Management**, 2001, Vol:10(2), s.156-173.

- Fleischmann M., “Reverse Logistics Network Structures and Design”, **Erim Reports Series Research in Management**, ERS-2001-52-LIS, s.7.
- Gaurang.S.Patel, **A Stochastic Production Cost Model For Remanufacturing Systems**, the Doctor of Philosophy Thesis, July 2006.
- Glover F., **Tabu Search- Part I**, ORSA Journal on Computing, 1989, Vol: 1(3).
- Glover F., Laguna M, **Tabu Search**, Kluwer Academic Publishers, 1997, 1. Basım.
- Gottinger, Hans W., “A Computational Model for Solid Waste Management with Application”, **European Journal of Operational Research**, Vol: 35, 1988, s.350-364.
- Gökçen H., **Yönetim Bilgi Sistemleri**, Epi yayıncılık, 1. Basım, Ankara 2002.
- Gönüllü M. Talha v.d., , “İstanbul’da Ev Çöplerindeki Geri Kazanılabılır Materyallerin Araştırılması”, **Ekoloji Çevre Dergisi**, Nisan-Mayıs-Haziran 1996, Sayı 19, s.15-16.
- Gönüllü M.Talha, “Ambalaj Atıklarının Sürdürülebilir Geri Dönüşümü ve Tüm Taraflarla Birlikte Belediyelere Düşen Görevler”, **T.C. Marmara ve Boğazları Belediyeler Birliği, Marmara Sürdürülebilir Kalkınma Platformu**, Temmuz 2009.
- Gül M.L. ve Elevli S., “Tamsayılı Doğrusal Programlama ile bir Çimento Fabrikasının Nakliye Probleminin Çözümü”, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, Cilt: 22(1-2), 2006, s.229-241.
- Gürdal Sahavet, **Türkiye Lojistik Sektörü Altyapı Analizi** , İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No:2006-14, s.12.
- Gürel Oğuz, “İlimizde Ambalaj Atıkları Yönetimine İlişkin Uygulamalar ve Karşılaşılan Sıkıntılar”, **Türkiye’de Ambalaj Atıkları Yönetimi ve Uygulamaları Semineri**, 6-7 Aralık 2007, Erzurum.
- Güner Ertan, “Yeniden Ürün Değerlendirme Yönetimi”, **S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.**, 2001, Cilt:16(2), s. 28-38.
- Guide, Jr VDR, Vaidyanathan Jayaraman, Rajesh Srivasta, and W.C. Benton. “Supply-Chain Managament for Recoverable Manufacturing Systems”, **Interfaces**, 2000, s.128
- Güleş, Hasan Kürşat v.d., **Tedarik Zinciri Yönetimi- Stratejik Planlama, Modelleme ve Optimizasyon**, Gazi Kitapevi, 2009, 1.Baskı, s. 107.

- Hanay Özge, Koçer Nilüfer, “Elazığ Kenti Katı Atıkları Geri Kazanım Potansiyelinin Belirlenmesi”, **Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi**, 2006, Cilt:18(4), s.507-511.
- Heine, Hans, “Reducing Waste Throught Reverse Logistics”, **Foundry Management & Technology**, August 1993, s. 28-29.
- Hillier S. F., Lieberman J.G., **Introduction to Operations Research**, Mc Graw Hill, New York, USA, 1990, 5. Baskı.
- Holland J., **Adaption in Natural and Artificial Systems**, University of Michigan Pres, 1975, Ann Arbor.
- İboş Fatma. “**Arz Zinciri Yönetimi ve Lojistik**”, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000,s.15.
- Jacobs, TimothyL., Jess W. Evertt, “Optimal Scheduling of Consecutive Landfill Operations with Recycling”, **Journal of Environmental Engineering**, Vol. 118, 1992, s. 420-429.
- Kağnıcıoğlu Celal Hakan. **Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi**, Anadolu Üniversitesi Yay.,Eskişehir, 2007.
- Kalkan C., 2002, “Dünya’da Selüloz ve Kağıt Endüstrisi’nin Genel Durumu”, **Seka Dergisi**, Cilt: 73, s. 3-5.
- Karaçay Gülsün, “Tersine Lojistik: Kavram ve İşleyiş”, **Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 2005, 14(1):317-331
- Karayılan Murat, “Manisa Belediyesi Geri Kazanım Projesi”, **Türkiye’de Ambalaj Atıkları Yönetimi ve Uygulamaları Eğitim Semineri**, 6-7 Aralık Erzurum.
- Keskin M. Hakan, **Lojistik:Tedarik Zinciri Yönetimi** , Nobel Yay.,Ankara,Nisan 2006.
- Krumwiede Dennis.W. ve Chwen Sheu, “A Model For Reverse Logistics Entry by Third-Party Providers”, **Omega**, Vol.30. 2002.
- Koban, E, Keser H.Y, **Dış Ticarete Lojistik**, Ekin yayınevi, Bursa, 1. basım.2007, s. 82.
- Köse Sevdâ, Baskak Murat, “Atık Kızartma Yağları Geri Kazanımı için Tersine Lojistik Ağı Tasarımı”, **Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği 29. Ulusal Kongresi**, 2009.

- Krikke, H., **Recovery Strategies and Reverse Logistics Network Design**, Institute for Business Engineering and Technology Application, PhD Tehesisi, 1998.
- Krumwiede, D., Sheu, C., “A Model for Reverse Logistics Entry by Third-Party Providers”, **Omega**, 30, 2000, s. 325-333.
- Kroon L. and Vrijens G.W., “Returnable Containers: An Example of Reverse Logistics”, **International Journal of Physical Distribution Logistic Management**, 1995, Vol.25(2), s. 56-68.
- Kumar S, Malegeant P., **Strategic alliance in a closed-loop supply chain, a case of manufacturer and eco-non-profit organization**, Elsevier, 2006.
- Laarhoven,P.J.,Aarts, E.H., **Simulated Annealing:Theory and Applications**,1987, Redial Publishing Company,Boston.
- Listes,O., ve Dekker, R., “A Stochastic Approach to a Case Study for Product Recovery Network Design”, **European Journal of Operational Research**, 2005, Vol. 160, s. 268-287.
- Lu Z., Bostel, N., ve Dejax P., “**The Simple Plant Location Problem with Reverse Flows**”, In: A. Dolgui, J.Soldek, O. Zaikin (eds.), **Supply Chain Optimization**” 2004, Kluwer Academic Publishers.
- Louwers D., v.d., “A facility location allocation model for reusing carpet material”, **Computers and Industrial Engineering**, 2005, Vol:36(4), s. 855-869.
- Lourenço Helena R. v.d., **Reverse Logistics Models and Applications:A Recoverable Production Planning Model**, Grup de Recerca en Logística Empresarial Research Group in Business Logistics, 2002.
- Lund, Jay R., “Least-Cost Scheduling of Solid Waste Recycling”, **Journal of Environmental Engineering**, Vol:116, s. 182-197.
- Murhpy, Paul., “A preliminary study of transportation and warehousing aspect of reverse distribution”, **Transportation Journal**, 1986, s.12-21.
- Muther R, **Systamatic Layout Planning**, 1973, 2. basım, Cahners Books, Boston.
- Min Hokey v.d., “The Dynamic Design of a Reverse Logistics Network from the Perspective of Third-party Logistics Service Providers”, **Research Gate Scientific Network**, 2008, Vol:113(1), s. 179-192.
- Murthy K.G., **Operations Research: Deterministic Optimization Models**, Prentice-Hall, 1995, Hew Jersey.

- Nakiboğlu Gülsün, “Tersine Lojistik: Önemi ve Dünyadaki Uygulamaları”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 2007, Cilt:9 (29), s. 181-196.
- Oktay S.v.d., “Endüstriyel Problemlerin Çözümünde Dağınık Arama Yöntemi: Literatür Araştırması”, **Sigma 2006/3, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi**, s.144-155.
- Özkan R.A., **Katı Atık Yönetiminde Geri Kazanımın Yeri ve Antalya’da Uygulanabilirliği**, 2000, İTÜ Y.Lisans Tezi, İstanbul, s.25.
- Öztürk A., **Yöneylem Araştırması**, Ekin Kitabevi, Bursa, 2005, 10. Baskı.
- Paksoy Turan. “Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Malzeme İhtiyaç Kısıdı Altında Stratejik bit Üretim-Dağıtım Modeli”, **Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, 2005, Vol:14, s. 435-454.
- Pegels C.Carl, Lofti Vahid, **Decision Support Systems for Operations Management and Management Science**, Irwin, 1996, USA, 3. Baskı.
- Pati, R.K., Vrat, P., Kumar, P., “A Goal Programming Model for Paper Recycling System”, 2008 Omega, Vol. 36, s.405-417. Lu Z., Bostel, N., ve Dejax, P., “The Simple Plant Location Problem with Reverse Flows”. In: A. Dolgui, J.Soldek, O. Zaikin (eds.), **Supply Chain Optimization**. Kluwer Academic Publishers, In pres, 2004.
- Pickin, J.G., Yuen, S. T. S., Hennings H., “Waste Management Options to Reduce Greenhouse Gas Emissions from Paper in Australia”, **Atmospheric Environment**, 2002, Vol:36, s.741-752.
- Pierce, J.J., G.M. Davidson, “Lineer Programming in Hazardous Waste Management”, **Journal of Environmental Engineering**, Div. ASCE, Vol. 108, 1982, s. 1014-1028.
- Pohlen T.L. ve Farris MT., “Reverse Logistics in Plastics recycling”, **International Journal of Physical Distribution and Logistics Management**, 1992, Vol: 22(7): s. 35-47.
- Pourmohammadi Hamid, **Green Logistics for Regional Industrial Waste Materials and by-Products**, the Doctor of Philosophy Thesis, University of Southern California, 2005.

- Pulcu, S., **Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Uygulama Projeleri**, Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, (1999), Bitirme Ödevi, Şanlıurfa.
- Ragsdale C.T., **Spreadsheet Modeling & Decision Analysis and Practical Introduction to Management Science**, Thomson Press, USA, 2007, 5. Baskı.
- Rakesh Verma ve Vinayak Vhatkar, “Reverse Logistics; An Important Dimension of Supply Chain Management”, **National Institute of Industrial Engineering**, Mumbai, PGDIE Class of 2005. s. 1.
- Ravi,V. ve Ravi,S., “Analysis of Interactions Among The Barries of Reverse Logistics”, **Technological Forecasting and Social Change**, 2004. s. 1013-1017.
- Roberts C., “**Glass Goes Green-Glass Recycling in Licensed Retail Establishment in Rural Areas**” in **Glass Waste**, Editors: Mukesh C. Limbachiya, John J. Roberts, Thomas Telford, 2004, 1. Basım.
- Rogers D.S., Tibben-Lembke, R., “An Examination of Reverse Logistics Practices”, **Journal of Business Logistics**, 2001, vol.22(2) s. 129-147.
- Rogers, D. Tibben-Lembke, R., **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices**, 1998, University of Nevada, Reno Center for Logistics Management.
- Ruwaard- Bloemhof-, J.M., Wassenhove Van, L.N., Gabel, H.L., and Weaver, P.M., “An Environmental Life Cycle Optimization Model for the European Pulp and Paper Industry”, **Omega**, 2005, Vol. 24(6), s. 615-629.
- Sağlam Nihat, **Erzurum Şehir Merkezi Çevre Problemleri Çözüm Önerileri**, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- Setaputra Robert, **Role of Return Policy in Reverse Logistics: Issues and Optimum Policies**, the Doctor of Philosophy Thesis, The University of Wisconsin, 2005.
- Sınmaz Banu, Kâmil Varınca, “Geri Kazanım”, **TMMOB Çevre Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi**, 2007, s.9.
- Sheikhkanloymilan Lida, **Eysel Kökenli Katı Atıkların İçinde Bulunan Yeniden Değerlendirilebilir Maddelerin Geri Kazanımı ve Ankara İli İçin Bir Değerlendirme**, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2006, Ankara.
- Subramaniam, U., Bhadury J., Peng H. Steve, “Reverse Logistcs Stratagies and Implementation: A Pedagogical Survey”, **Journal of the Acedemy of Business and Economics**, Mart 2004, s. 2.

- Stock J.R., “Reverse Logistics”, **Council of Logistics Management**, Oak Brook,IL,1992.
- Storm, Jeffery R., **Application of a Reverse Logistics Model for Optimizing Scrap Tire Processing**, Master of Science thesis, Submitted to the University of Texas at El Paso, 1998.
- Şen Esin. **Kobilerin Uluslar arası Rekabet Güçlerini Artırmada Tedarik Zinciri Yönetiminin Önemi**, Dış Ticaret Merkezi İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi, Ankara, 2006.
- Şen Mehmet, Kestioğlu Kadir, “ Kırsal Belediyelerde Evsel Katı Atıkların Geri Kazanımı ve Ekonomik Analizi: Mustafakemalpaşa İlçesi/Bursa Örneği”, **Çevko Ekoloji dergisi**, 2007, s.45-51.
- Tabak Ö., **Genetik Algoritma İle Kapasiteli Servis Güzergahı Belirlenmesi Ve Bir Uygulama**, 2008 , Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, s.5.
- Taha A.H., **Operations Research: An Introduction**, Prentice Hall, Upper Saddle River, 2007, New Jersey, USA, 8. Baskı.
- Talbot S, Lefebvre E, Lefebvre L-A,: “ Closed – loop supply chain activities and derived benefits in manufacturing SMEs”, **Journal of Manufacturing Technology Management**, 2007, Vol 18 (6).
- Tosun Erkan. **Tersine lojistik kavramı ve 3PL şirketlerinde tersine lojistik karar verme modeli**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul teknik üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, 2005.
- Thierry M., Salomon M., Nunen V.J., Wasenhove L.V., “Strategic Issues in Product Recovery Management”, **California Management Review**, 1995, Vol. 37(2). s.114-135.
- Tibben-Lembke, R.S. ve Rogers, D.S. “Differences Between Forward and Reverse Logistics in a Retail Environment”, **Supply Chain Management: An International Journal**, 2002, Cilt: 7(5), s.271-282.
- Tompkins J.A., J.A. White, Y.A. Bozer, E.H. Frazelle, J.M.A. Tanchoco, J. Trevino, **Facilities Planning**, 1996, 2. basım John Wiley, New York.
- Tulunay Y., **Matematik Programlama ve İşletme Uygulamaları**, Bayrak Matbaacılık, İstanbul-1987.

- Verma Rakesh ve Vhatkar Vinayak, “Reverse Logistics; An Important Dimension of Supply Chain Management”, **National Institute of Industrial Engineering**, Mumbai, PGDIE Class of 2005, s. 2.
- Wang, .H., Even, J.C., Adams, S.K., “**A Mixed Integer Linear Model for Optimal Processing and Transport of Secondary Materials**”, **Resources, Conservation and Recycling**, 1995, Vol: 15, s. 65-78.
- Winston Wayne L., **Operations Research Applications and Algorithms**, Duxbury Press, California, USA, 1994, 3. Baskı.
- Yaman Turan, **İstanbul'da Kentsel Katı Atık Yönetimi ve Geri Kazanım Potansiyelinin Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007, s. 21.
- Zuluaga, JPS, **Reverse Logistics: Models and Applications**, the Doctor of Philosophy Thesis, October 2005, Universitat Pompeu Fabra.
- <http://www.erp.web.tr/erpii-nedir/>, erişim tarihi: 21/03/2008
- <http://www.tedarikzinciri.org/UserFiles/File/Lojistik%20Yonetimi/TEMELlojistik.ppt>, erişim tarihi: 12.02.2008
- www.elalog.org, erişim tarihi: 11/03/2007
- www.clm1.org, erişim tarihi: 15.06.2007
- <http://www.tedarikzinciri.org/UserFiles/File/TZY/TedarikZinciri.ppt#726,19,Bileşenler>, erişim tarihi: 03.08.2008
- www.onlinekalite.com/htmdosyalar/tersinelojistik.htm, erişim tarihi: 14.05.2007
- www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG/, erişim tarihi: 12,05,2007
- www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/lisans/lisans/tehlikelilisans.xls, erişim tarihi: 03.12.2007
- www.cmo.org.tr/index.php/cmo-mevzuat, erişim tarihi: 26.06.2008
- www.biymed.com/pages/makaleler/makale84.htm, erişim tarihi: 18.03.2008
- www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr, Atık Yönetimi Eylem Planı (2008-2012), s. 9, erişim tarihi: 16/10/2008
- <http://www.cevreonline.com/atik2/atikyonnedir.htm>, erişim tarihi: 07/10/2008
- http://www.cevreonline.com/atik2/geri_donusum.htm, 18.02.2008
- www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/evsel/16.doc, erişim tarihi: 25.02.2009, s.9-10, erişim tarihi: 21.08.2008

- www.hurdamerkezi.com/.../evsel_kati_atiklarin_toplanmasinda_ve_tasinmasinda_ve_telikeli_atiklarin_tasinmasi_icin_uygun_teknoloji, erişim tarihi: 12.08.2008.
- <http://www.cevreonline.com/atik2/ambalaj.htm>, erişim tarihi: 18.12.2008
- <http://www.cevko.org.tr/cevko/Ic-Sayfa/Lisansli-Firmalar/Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 21.09. 2009
- www.cevko.org.tr/cevko/Ic-Sayfa/Lisansli-Firmalar/Calisma-Yontemleri.aspx, erişim tarihi: 09.10.2008
- http://www.donkasan.com.tr/geri_donusum.htm, erişim tarihi: 11.03.2008
- <http://www.p2pays.org/ref/11/10123.htm>, erişim tarihi: 03.04.2008
- www.tisk.org.tr/duyuru/erdem_gorgun_11_08.ppt, s.13-15, erişim tarihi: 27.04.2008
- www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/evsel/16.doc, erişim tarihi: 25.02.2009.
- www.isl.itu.edu.tr/sem/Lojistik/TZY_Ag_Tasarimi.ppt, erişim tarihi: 02.01.2009
- <http://emreknk.blogspot.com/2006/07/algoritmaların-analizi.html>, erişim tarihi: 25.09.2009.
- <http://www.uretimyonetimi.org/sunular/duyarlılık%20analizi.pdf>, erişim tarihi: 03.07.2009
- www.tisk.org.tr/duyuru/erdem_gorgun_11_08.ppt, s.18, erişim tarihi: 17.05.2008.
- <http://www.cindil.net/tanimt.html>, erişim tarihi: 23.09.2008.
- <http://www.forumfinal.com/erzurum-l-stat-st-k-b-lg-ler-t7463/index.html?s=adbf28bc144c7843f8e1fb1b1a75d9e&> erişim tarihi: 06.006.2009
- www.Erzurum.gov.tr, erişim tarihi: 03.11.2008
- <http://www.palandoken.gov.tr/>, erişim tarihi: 03.05.2009
- http://www.duzceforum.com/erzurum_ilceleri_ve_ilceler_hakkinda_bilgiler-t4540.0.html;wap2=, erişim tarihi: 25.02.2009
- <http://www.aziziye.gov.tr/genel.htm>, 19.06.2009
- <http://www.cevko.org.tr/cevko/getdoc/9db6ec5b-e824-40eb-95a9-072e11c40af2/Kucuk-Olcekli-Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 25.07.2009
- <http://www.aktifsmmm.com.tr/VUK/Tbl/vuktbl333.ek.htm>, erişim tarihi: 08.08.2009
- <http://www.isbank.com.tr/PDF/EkonomikRaporlar/temmuz2009enflasyon.pdf>, erişim tarihi: 05.007.2022209

<http://www.cevko.org.tr/cevko/Ic-Sayfa/Lisansli-Firmalar/Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 06.07.2009

<http://www.cevko.org.tr/cevko/getdoc/f37a67ad-1223-4e79-9830-1ffd7c305a1c/Orta-Olcekli-Ayirma-Tesisleri.aspx>, erişim tarihi: 06.07.2009

<http://www.haber7.com/haber/20090711/Akaryakit-tavan-fiyatlari-yine-indirildi.php>, erişim tarihi: 03.07.2009

http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/ambalaj/lisansli_firma_liste.htm, Erişim Tarihi: 10/09/2009

EKLER

Modelin Çözümünde LINGO Program Verileri

```
MODEL:
! Erzurum Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü İçin Tersine Lojistik Ağ
Tasarımı;
SETS:
!indisler;
toplamabolge/1..7/:a,w;
tatnokta/1..6/:y1,y2,y3,y4,y5,y6,d,f,z1,sal1,syul;
kagit/1..6/:z2,sal2,syu2,yk;
plastik/1..8/:z3,sal3,syu3,yp;
cam/1..3/:z4,sal4,syu4,yl;
metal/1/;
gommeyeri/1/;
toptat(toplamabolge,tatnokta):x1,b1;
tatnoktakagit(tatnokta,kagit):x2,b2;
tatnoktaplastik(tatnokta,plastik):x3,b3;
tatnoktacam(tatnokta,cam):x4,b4;
tatnoktametal(tatnokta,metal):x5,b5;
tatnoktagomme(tatnokta,gommeyeri):x6,b6;
ENDSETS
DATA:
!senaryo1;!Ortaya çıkan atığın %1'inin geri dönüştürülmesi durumu;
!a=202,503,603,152,301,842,504;
!senaryo2;!Ortaya çıkan atığın %3'ünün geri dönüştürülmesi durumu;
!a=604,1510,1809,457,904,2526,1510;
!senaryo3;!Ortaya çıkan atığın %6'sının geri dönüştürülmesi durumu;
!a=1212,3020,3616,913,1808,5051,3020;
!senaryo4;!Ortaya çıkan atığın %12'sinin geri dönüştürülmesi durumu;
!a=2423,6039,7232,1827,3616,10104,6039;
!senaryo5;!Ortaya çıkan atığın %24'ünün geri dönüştürülmesi durumu;
!a=4846,12079,14464,3653,7233,20205,12079;
!senaryo6;!Ortaya çıkan atığın %30'unun geri dönüştürülmesi durumu;
!a=6058,15098,18081,4567,9040,25257,15098;
!toplama bolgesi ile tat arası uzaklık;
b1=8,4.5,5.5,3.5,9.5,8,6.5,
8,4.5,5.5,3.5,9.5,8,6.5,
8,4.5,5.5,3.5,9.5,8,6.5,
8,4.5,5.5,3.5,9.5,8,6.5,
8,4.5,5.5,3.5,9.5,8,6.5,
8,4.5,5.5,3.5,9.5,8,6.5;
!tat noktası ile kagit gdt noktası arası uzaklık;
b2=630,637,805,1225,1434,1452,
630,637,805,1225,1434,1452,
630,637,805,1225,1434,1452,
630,637,805,1225,1434,1452,
630,637,805,1225,1434,1452,
630,637,805,1225,1434,1452;
!tat noktası ile plastik gdt noktası arası uzaklık;
b3=294,630,805,873,874,934,1114,1225,
294,630,805,873,874,934,1114,1225,
294,630,805,873,874,934,1114,1225,
294,630,805,873,874,934,1114,1225,
294,630,805,873,874,934,1114,1225,
294,630,805,873,874,934,1114,1225;
!tat noktası ile cam gdt noktası arası uzaklık;
b4=786,805,873,
```

```

786,805,873,
786,805,873,
786,805,873,
786,805,873,
786,805,873;
!tat noktası ile metal gdt noktası arası uzaklık;
b5=873,
873,
873,
873,
873,
873;
!tat noktası ile düzenli çöp sahası arası uzaklık;
b6=10,
10,
10,
10,
10,
10;
!Bölgelerden toplama maliyeti;
w=0.025,0.025,0.025,0.025,0.025,0.025,0.025;
!Ambalaj Atığının taşıma maliyeti;
c1=0.0000577;
!Kağıt-karton Atığı taşıma maliyeti;
c2=0.0000571;
!Plastik Atığı taşıma maliyeti;
c3=0.0000576;
!Cam Atığı taşıma maliyeti;
c4=0.0000577;
!Metal Atığı taşıma maliyeti;
c5=0.0000571;
!Ambalaj atığı elleçleme maliyeti;
d=0.015,
0.012,
0.024,
0.048,
0.096,
0.12;
!kağıt oranı;
g1=0.50576;
!plastik oranı;
g2=0.33226;
!cam oranı;
g3=0.07516;
!metal oranı;
g4=0.08662;
!atık oranı;
g5=0.00002;
!Kağıttan elde edilen gelir;
e1=0.093;
!plastikten elde edilen gelir;
e2=0.37;
!camdan elde edilen gelir;
e3=0.06;
!metalden elde edilen gelir;
e4=0.8;
!Tat sabit maliyet;
f=171.55,
240.62,

```

```

481.24,
962.48,
1924.96,
2406.20;
!tat minumum kapasitesi;
sal1=1,6001,10001,20001,40001,80001;
!tat maksimum kapasitesi;
syu1=6000,10000,20000,40000,80000,100000;
!kağıt gdt minumum kapasitesi;
sal2=1000,500,1000,15000,5000,15000;
!kağıt gdt maksimum kapasitesi;
syu2=15000,3000,15000,40000,100000,90000;
!plastik gdt minumum kapasitesi;
sal3=100,100,100,100,100,100,100,1000,100;
!plastik gdt maksimum kapasitesi;
syu3=8000,3000,4000,4000,3000,1000,20000,3000;
!cam gdt minumum kapasitesi;
sal4=100,1000,100;
!cam gdt maksimum kapasitesi;
syu4=2000,3500,2500;
!Metal gdt minumum kapasitesi;
sal5=200;
!Metal gdt maksimum kapasitesi;
syu5=8200;
ENDDATA
!Amaç fonksiyonu;
MIN=@SUM(toptat:w*x1)+@SUM(toptat:x1*b1*c1)+
@SUM(tatnoktakagit:x2*b2*c2)+@SUM(tatnoktaplastik:x3*b3*c3)+
@SUM(tatnoktacam:x4*b4*c4)+@SUM(tatnoktametal:x5*b5*c5)+
@SUM(tatnoktagomme:x6*b6*c1)+@SUM(toptat:x1*d)+@SUM(toptat:f*z1)-
@SUM(tatnoktakagit:x2*e1)-@SUM(tatnoktaplastik:x3*e2)-
@SUM(tatnoktacam:x4*e3)-@SUM(tatnoktametal:x5*e4);
!Akış kısıtları;
@FOR(toplamabolge(I):@SUM(tatnokta(J):x1(I,J))=a(I));
@FOR(tatnokta(j):@SUM(toplamabolge(I):x1(I,J))=y1(j));
@FOR(tatnokta(J):y1(J)*g1=y2(J));
@FOR(tatnokta(J):@SUM(kagit(K):x2(J,K))=y2(J));
@FOR(kagit(K):@SUM(tatnokta(j):x2(J,K))=yk(K));
@FOR(tatnokta(J):y1(J)*g2=y3(J));
@FOR(tatnokta(J):@SUM(plastik(P):x3(J,P))=y3(J));
@FOR(plastik(P):@SUM(tatnokta(j):x3(J,P))=yp(P));
@FOR(tatnokta(J):y1(J)*g3=y4(J));
@FOR(tatnokta(J):@SUM(cam(L):x4(J,L))=y4(J));
@FOR(cam(L):@SUM(tatnokta(j):x4(J,L))=yl(L));
@FOR(tatnokta(J):y1(J)*g4=y5(J));
@FOR(tatnokta(J):@SUM(metal(M):x5(J,M))=y5(J));
@FOR(tatnokta(J):y1(J)*g5=y6(J));
@FOR(tatnokta(J):@SUM(gommeyeri(N):x6(J,N))=y6(J));
!Kapasite Kısıtları;
@FOR(tatnokta(J):y1(J)>=sal1(j)*z1(j));
@FOR(tatnokta(J):y1(J)<=syu1(j)*z1(j));
@FOR(kagit(K):yk(K)>=sal2(K)*z2(K));
@FOR(kagit(K):yk(K)<=syu2(K)*z2(K));
@FOR(plastik(P):yp(P)>=sal3(P)*z3(P));
@FOR(plastik(P):yp(P)<=syu3(P)*z3(P));
@FOR(cam(L):yl(L)>=sal4(L)*z4(L));
@FOR(cam(L):yl(L)<=syu4(L)*z4(L));
!En Fazla TAT ve GDT Noktaları Sayısı kısıtları;
@SUM(tatnokta:z1)<=6;

```

```
@FOR(tatnokta:@BIN(Z1));  
@SUM(kagit:z2)<=9;  
@FOR(kagit:@BIN(Z2));  
@SUM(plastik:z3)<=5;  
@FOR(plastik:@BIN(Z3));  
@SUM(cam:z4)<=3;  
@FOR(cam:@BIN(Z4));  
END
```

PROGRAM ÇIKTILARI

Senaryo1: Ortaya çıkan atığın %1'inin geri dönüştürülmesi durumu:

Global optimal solution found.
 Objective value: 666.8319
 Objective bound: 666.8319
 Infeasibilities: 0.2273737E-12
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 20

Variable	Value	Reduced Cost
C1	0.5770000E-04	0.000000
C2	0.5710000E-04	0.000000
C3	0.5760000E-04	0.000000
C4	0.5770000E-04	0.000000
C5	0.5710000E-04	0.000000
G1	0.5057600	0.000000
G2	0.3322600	0.000000
G3	0.7516000E-01	0.000000
G4	0.8662000E-01	0.000000
G5	0.2000000E-04	0.000000
E1	0.9300000E-01	0.000000
E2	0.3700000	0.000000
E3	0.6000000E-01	0.000000
E4	0.8000000	0.000000
SAL5	200.0000	0.000000
SYU5	8200.000	0.000000
A(1)	202.0000	0.000000
A(2)	503.0000	0.000000
A(3)	603.0000	0.000000
A(4)	152.0000	0.000000
A(5)	301.0000	0.000000
A(6)	842.0000	0.000000
A(7)	504.0000	0.000000
W(1)	0.2500000E-01	0.000000
W(2)	0.2500000E-01	0.000000
W(3)	0.2500000E-01	0.000000
W(4)	0.2500000E-01	0.000000
W(5)	0.2500000E-01	0.000000
W(6)	0.2500000E-01	0.000000
W(7)	0.2500000E-01	0.000000
Y1(1)	3107.000	0.000000
Y1(2)	0.000000	0.000000
Y1(3)	0.000000	0.000000
Y1(4)	0.000000	0.000000
Y1(5)	0.000000	0.000000
Y1(6)	0.000000	0.000000
Y2(1)	1571.396	0.000000
Y2(2)	0.000000	0.000000
Y2(3)	0.000000	0.000000
Y2(4)	0.000000	0.000000
Y2(5)	0.000000	0.000000
Y2(6)	0.000000	0.000000
Y3(1)	1032.332	0.000000
Y3(2)	0.000000	0.000000
Y3(3)	0.000000	0.000000
Y3(4)	0.000000	0.000000
Y3(5)	0.000000	0.000000
Y3(6)	0.000000	0.000000
Y4(1)	233.5221	0.000000
Y4(2)	0.000000	0.000000
Y4(3)	0.000000	0.000000
Y4(4)	0.000000	0.000000

Y4 (5)	0.000000	0.000000
Y4 (6)	0.000000	0.000000
Y5 (1)	269.1283	0.000000
Y5 (2)	0.000000	0.000000
Y5 (3)	0.000000	0.000000
Y5 (4)	0.000000	0.000000
Y5 (5)	0.000000	0.000000
Y5 (6)	0.000000	0.000000
Y6 (1)	0.6214000E-01	0.000000
Y6 (2)	0.000000	0.000000
Y6 (3)	0.000000	0.000000
Y6 (4)	0.000000	0.000000
Y6 (5)	0.000000	0.000000
Y6 (6)	0.000000	0.000000
D (1)	0.1500000E-01	0.000000
D (2)	0.1200000E-01	0.000000
D (3)	0.2400000E-01	0.000000
D (4)	0.4800000E-01	0.000000
D (5)	0.9600000E-01	0.000000
D (6)	0.1200000	0.000000
F (1)	171.5500	0.000000
F (2)	240.6200	0.000000
F (3)	481.2400	0.000000
F (4)	962.4800	0.000000
F (5)	1924.960	0.000000
F (6)	2406.200	0.000000
Z1 (1)	1.000000	1200.850
Z1 (2)	0.000000	-437.9661
Z1 (3)	0.000000	-875.9322
Z1 (4)	0.000000	-1751.864
Z1 (5)	0.000000	-3503.729
Z1 (6)	0.000000	-4379.661
SAL1 (1)	1.000000	0.000000
SAL1 (2)	6001.000	0.000000
SAL1 (3)	10001.00	0.000000
SAL1 (4)	20001.00	0.000000
SAL1 (5)	40001.00	0.000000
SAL1 (6)	80001.00	0.000000
SYU1 (1)	6000.000	0.000000
SYU1 (2)	10000.00	0.000000
SYU1 (3)	20000.00	0.000000
SYU1 (4)	40000.00	0.000000
SYU1 (5)	80000.00	0.000000
SYU1 (6)	100000.0	0.000000
Z2 (1)	1.000000	0.000000
Z2 (2)	0.000000	0.000000
Z2 (3)	0.000000	0.000000
Z2 (4)	0.000000	0.000000
Z2 (5)	0.000000	0.000000
Z2 (6)	0.000000	0.000000
SAL2 (1)	1000.000	0.000000
SAL2 (2)	500.0000	0.000000
SAL2 (3)	1000.000	0.000000
SAL2 (4)	15000.00	0.000000
SAL2 (5)	5000.000	0.000000
SAL2 (6)	15000.00	0.000000
SYU2 (1)	15000.00	0.000000
SYU2 (2)	3000.000	0.000000
SYU2 (3)	15000.00	0.000000
SYU2 (4)	40000.00	0.000000
SYU2 (5)	100000.0	0.000000
SYU2 (6)	90000.00	0.000000
YK (1)	1571.396	0.000000
YK (2)	0.000000	0.3997000E-03
YK (3)	0.000000	0.9992500E-02

YK(4)	0.000000	0.3397450E-01
YK(5)	0.000000	0.4590840E-01
YK(6)	0.000000	0.4693620E-01
Z3(1)	1.000000	0.000000
Z3(2)	0.000000	0.000000
Z3(3)	0.000000	0.000000
Z3(4)	0.000000	0.000000
Z3(5)	0.000000	0.000000
Z3(6)	0.000000	0.000000
Z3(7)	0.000000	0.000000
Z3(8)	0.000000	0.000000
SAL3(1)	100.0000	0.000000
SAL3(2)	100.0000	0.000000
SAL3(3)	100.0000	0.000000
SAL3(4)	100.0000	0.000000
SAL3(5)	100.0000	0.000000
SAL3(6)	100.0000	0.000000
SAL3(7)	1000.000	0.000000
SAL3(8)	100.0000	0.000000
SYU3(1)	8000.000	0.000000
SYU3(2)	3000.000	0.000000
SYU3(3)	4000.000	0.000000
SYU3(4)	4000.000	0.000000
SYU3(5)	3000.000	0.000000
SYU3(6)	1000.000	0.000000
SYU3(7)	20000.00	0.000000
SYU3(8)	3000.000	0.000000
YP(1)	1032.332	0.000000
YP(2)	0.000000	0.1935360E-01
YP(3)	0.000000	0.2943360E-01
YP(4)	0.000000	0.3335040E-01
YP(5)	0.000000	0.3340800E-01
YP(6)	0.000000	0.3686400E-01
YP(7)	0.000000	0.4723200E-01
YP(8)	0.000000	0.5362560E-01
Z4(1)	1.000000	0.000000
Z4(2)	0.000000	0.000000
Z4(3)	0.000000	0.000000
SAL4(1)	100.0000	0.000000
SAL4(2)	1000.000	0.000000
SAL4(3)	100.0000	0.000000
SYU4(1)	2000.000	0.000000
SYU4(2)	3500.000	0.000000
SYU4(3)	2500.000	0.000000
YL(1)	233.5221	0.000000
YL(2)	0.000000	0.1096300E-02
YL(3)	0.000000	0.5019900E-02
X1(1, 1)	202.0000	0.000000
X1(1, 2)	0.000000	0.2090287
X1(1, 3)	0.000000	0.2210864
X1(1, 4)	0.000000	0.2449710
X1(1, 5)	0.000000	0.2933172
X1(1, 6)	0.000000	0.3172306
X1(2, 1)	503.0000	0.000000
X1(2, 2)	0.000000	0.2093172
X1(2, 3)	0.000000	0.2211152
X1(2, 4)	0.000000	0.2451729
X1(2, 5)	0.000000	0.2930575
X1(2, 6)	0.000000	0.3174037
X1(3, 1)	603.0000	0.000000
X1(3, 2)	0.000000	0.2091441
X1(3, 3)	0.000000	0.2212306
X1(3, 4)	0.000000	0.2450287
X1(3, 5)	0.000000	0.2930864
X1(3, 6)	0.000000	0.3169710

X1 (4, 1)	152.0000	0.000000
X1 (4, 2)	0.000000	0.2091441
X1 (4, 3)	0.000000	0.2210575
X1 (4, 4)	0.000000	0.2451441
X1 (4, 5)	0.000000	0.2929421
X1 (4, 6)	0.000000	0.3169998
X1 (5, 1)	301.0000	0.000000
X1 (5, 2)	0.000000	0.2095768
X1 (5, 3)	0.000000	0.2214903
X1 (5, 4)	0.000000	0.2454037
X1 (5, 5)	0.000000	0.2934903
X1 (5, 6)	0.000000	0.3172883
X1 (6, 1)	842.0000	0.000000
X1 (6, 2)	0.000000	0.2091152
X1 (6, 3)	0.000000	0.2214614
X1 (6, 4)	0.000000	0.2453749
X1 (6, 5)	0.000000	0.2932883
X1 (6, 6)	0.000000	0.3173749
X1 (7, 1)	504.0000	0.000000
X1 (7, 2)	0.000000	0.2092883
X1 (7, 3)	0.000000	0.2211729
X1 (7, 4)	0.000000	0.2455191
X1 (7, 5)	0.000000	0.2934326
X1 (7, 6)	0.000000	0.3173460
B1 (1, 1)	8.000000	0.000000
B1 (1, 2)	4.500000	0.000000
B1 (1, 3)	5.500000	0.000000
B1 (1, 4)	3.500000	0.000000
B1 (1, 5)	9.500000	0.000000
B1 (1, 6)	8.000000	0.000000
B1 (2, 1)	6.500000	0.000000
B1 (2, 2)	8.000000	0.000000
B1 (2, 3)	4.500000	0.000000
B1 (2, 4)	5.500000	0.000000
B1 (2, 5)	3.500000	0.000000
B1 (2, 6)	9.500000	0.000000
B1 (3, 1)	8.000000	0.000000
B1 (3, 2)	6.500000	0.000000
B1 (3, 3)	8.000000	0.000000
B1 (3, 4)	4.500000	0.000000
B1 (3, 5)	5.500000	0.000000
B1 (3, 6)	3.500000	0.000000
B1 (4, 1)	9.500000	0.000000
B1 (4, 2)	8.000000	0.000000
B1 (4, 3)	6.500000	0.000000
B1 (4, 4)	8.000000	0.000000
B1 (4, 5)	4.500000	0.000000
B1 (4, 6)	5.500000	0.000000
B1 (5, 1)	3.500000	0.000000
B1 (5, 2)	9.500000	0.000000
B1 (5, 3)	8.000000	0.000000
B1 (5, 4)	6.500000	0.000000
B1 (5, 5)	8.000000	0.000000
B1 (5, 6)	4.500000	0.000000
B1 (6, 1)	5.500000	0.000000
B1 (6, 2)	3.500000	0.000000
B1 (6, 3)	9.500000	0.000000
B1 (6, 4)	8.000000	0.000000
B1 (6, 5)	6.500000	0.000000
B1 (6, 6)	8.000000	0.000000
B1 (7, 1)	4.500000	0.000000
B1 (7, 2)	5.500000	0.000000
B1 (7, 3)	3.500000	0.000000
B1 (7, 4)	9.500000	0.000000
B1 (7, 5)	8.000000	0.000000

B1 (7, 6)	6.500000	0.000000
X2 (1, 1)	1571.396	0.000000
X2 (1, 2)	0.000000	0.000000
X2 (1, 3)	0.000000	0.000000
X2 (1, 4)	0.000000	0.000000
X2 (1, 5)	0.000000	0.000000
X2 (1, 6)	0.000000	0.000000
X2 (2, 1)	0.000000	0.000000
X2 (2, 2)	0.000000	0.000000
X2 (2, 3)	0.000000	0.000000
X2 (2, 4)	0.000000	0.000000
X2 (2, 5)	0.000000	0.000000
X2 (2, 6)	0.000000	0.000000
X2 (3, 1)	0.000000	0.000000
X2 (3, 2)	0.000000	0.000000
X2 (3, 3)	0.000000	0.000000
X2 (3, 4)	0.000000	0.000000
X2 (3, 5)	0.000000	0.000000
X2 (3, 6)	0.000000	0.000000
X2 (4, 1)	0.000000	0.000000
X2 (4, 2)	0.000000	0.000000
X2 (4, 3)	0.000000	0.000000
X2 (4, 4)	0.000000	0.000000
X2 (4, 5)	0.000000	0.000000
X2 (4, 6)	0.000000	0.000000
X2 (5, 1)	0.000000	0.000000
X2 (5, 2)	0.000000	0.000000
X2 (5, 3)	0.000000	0.000000
X2 (5, 4)	0.000000	0.000000
X2 (5, 5)	0.000000	0.000000
X2 (5, 6)	0.000000	0.000000
X2 (6, 1)	0.000000	0.000000
X2 (6, 2)	0.000000	0.000000
X2 (6, 3)	0.000000	0.000000
X2 (6, 4)	0.000000	0.000000
X2 (6, 5)	0.000000	0.000000
X2 (6, 6)	0.000000	0.000000
B2 (1, 1)	630.0000	0.000000
B2 (1, 2)	637.0000	0.000000
B2 (1, 3)	805.0000	0.000000
B2 (1, 4)	1225.000	0.000000
B2 (1, 5)	1434.000	0.000000
B2 (1, 6)	1452.000	0.000000
B2 (2, 1)	630.0000	0.000000
B2 (2, 2)	637.0000	0.000000
B2 (2, 3)	805.0000	0.000000
B2 (2, 4)	1225.000	0.000000
B2 (2, 5)	1434.000	0.000000
B2 (2, 6)	1452.000	0.000000
B2 (3, 1)	630.0000	0.000000
B2 (3, 2)	637.0000	0.000000
B2 (3, 3)	805.0000	0.000000
B2 (3, 4)	1225.000	0.000000
B2 (3, 5)	1434.000	0.000000
B2 (3, 6)	1452.000	0.000000
B2 (4, 1)	630.0000	0.000000
B2 (4, 2)	637.0000	0.000000
B2 (4, 3)	805.0000	0.000000
B2 (4, 4)	1225.000	0.000000
B2 (4, 5)	1434.000	0.000000
B2 (4, 6)	1452.000	0.000000
B2 (5, 1)	630.0000	0.000000
B2 (5, 2)	637.0000	0.000000
B2 (5, 3)	805.0000	0.000000
B2 (5, 4)	1225.000	0.000000

B2(5, 5)	1434.000	0.000000
B2(5, 6)	1452.000	0.000000
B2(6, 1)	630.0000	0.000000
B2(6, 2)	637.0000	0.000000
B2(6, 3)	805.0000	0.000000
B2(6, 4)	1225.000	0.000000
B2(6, 5)	1434.000	0.000000
B2(6, 6)	1452.000	0.000000
X3(1, 1)	1032.332	0.000000
X3(1, 2)	0.000000	0.000000
X3(1, 3)	0.000000	0.000000
X3(1, 4)	0.000000	0.000000
X3(1, 5)	0.000000	0.000000
X3(1, 6)	0.000000	0.000000
X3(1, 7)	0.000000	0.000000
X3(1, 8)	0.000000	0.000000
X3(2, 1)	0.000000	0.000000
X3(2, 2)	0.000000	0.000000
X3(2, 3)	0.000000	0.000000
X3(2, 4)	0.000000	0.000000
X3(2, 5)	0.000000	0.000000
X3(2, 6)	0.000000	0.000000
X3(2, 7)	0.000000	0.000000
X3(2, 8)	0.000000	0.000000
X3(3, 1)	0.000000	0.000000
X3(3, 2)	0.000000	0.000000
X3(3, 3)	0.000000	0.000000
X3(3, 4)	0.000000	0.000000
X3(3, 5)	0.000000	0.000000
X3(3, 6)	0.000000	0.000000
X3(3, 7)	0.000000	0.000000
X3(3, 8)	0.000000	0.000000
X3(4, 1)	0.000000	0.000000
X3(4, 2)	0.000000	0.000000
X3(4, 3)	0.000000	0.000000
X3(4, 4)	0.000000	0.000000
X3(4, 5)	0.000000	0.000000
X3(4, 6)	0.000000	0.000000
X3(4, 7)	0.000000	0.000000
X3(4, 8)	0.000000	0.000000
X3(5, 1)	0.000000	0.000000
X3(5, 2)	0.000000	0.000000
X3(5, 3)	0.000000	0.000000
X3(5, 4)	0.000000	0.000000
X3(5, 5)	0.000000	0.000000
X3(5, 6)	0.000000	0.000000
X3(5, 7)	0.000000	0.000000
X3(5, 8)	0.000000	0.000000
X3(6, 1)	0.000000	0.000000
X3(6, 2)	0.000000	0.000000
X3(6, 3)	0.000000	0.000000
X3(6, 4)	0.000000	0.000000
X3(6, 5)	0.000000	0.000000
X3(6, 6)	0.000000	0.000000
X3(6, 7)	0.000000	0.000000
X3(6, 8)	0.000000	0.000000
B3(1, 1)	294.0000	0.000000
B3(1, 2)	630.0000	0.000000
B3(1, 3)	805.0000	0.000000
B3(1, 4)	873.0000	0.000000
B3(1, 5)	874.0000	0.000000
B3(1, 6)	934.0000	0.000000
B3(1, 7)	1114.000	0.000000
B3(1, 8)	1225.000	0.000000
B3(2, 1)	294.0000	0.000000

B3(2, 2)	630.0000	0.000000
B3(2, 3)	805.0000	0.000000
B3(2, 4)	873.0000	0.000000
B3(2, 5)	874.0000	0.000000
B3(2, 6)	934.0000	0.000000
B3(2, 7)	1114.000	0.000000
B3(2, 8)	1225.000	0.000000
B3(3, 1)	294.0000	0.000000
B3(3, 2)	630.0000	0.000000
B3(3, 3)	805.0000	0.000000
B3(3, 4)	873.0000	0.000000
B3(3, 5)	874.0000	0.000000
B3(3, 6)	934.0000	0.000000
B3(3, 7)	1114.000	0.000000
B3(3, 8)	1225.000	0.000000
B3(4, 1)	294.0000	0.000000
B3(4, 2)	630.0000	0.000000
B3(4, 3)	805.0000	0.000000
B3(4, 4)	873.0000	0.000000
B3(4, 5)	874.0000	0.000000
B3(4, 6)	934.0000	0.000000
B3(4, 7)	1114.000	0.000000
B3(4, 8)	1225.000	0.000000
B3(5, 1)	294.0000	0.000000
B3(5, 2)	630.0000	0.000000
B3(5, 3)	805.0000	0.000000
B3(5, 4)	873.0000	0.000000
B3(5, 5)	874.0000	0.000000
B3(5, 6)	934.0000	0.000000
B3(5, 7)	1114.000	0.000000
B3(5, 8)	1225.000	0.000000
B3(6, 1)	294.0000	0.000000
B3(6, 2)	630.0000	0.000000
B3(6, 3)	805.0000	0.000000
B3(6, 4)	873.0000	0.000000
B3(6, 5)	874.0000	0.000000
B3(6, 6)	934.0000	0.000000
B3(6, 7)	1114.000	0.000000
B3(6, 8)	1225.000	0.000000
X4(1, 1)	233.5221	0.000000
X4(1, 2)	0.000000	0.000000
X4(1, 3)	0.000000	0.000000
X4(2, 1)	0.000000	0.000000
X4(2, 2)	0.000000	0.000000
X4(2, 3)	0.000000	0.000000
X4(3, 1)	0.000000	0.000000
X4(3, 2)	0.000000	0.000000
X4(3, 3)	0.000000	0.000000
X4(4, 1)	0.000000	0.000000
X4(4, 2)	0.000000	0.000000
X4(4, 3)	0.000000	0.000000
X4(5, 1)	0.000000	0.000000
X4(5, 2)	0.000000	0.000000
X4(5, 3)	0.000000	0.000000
X4(6, 1)	0.000000	0.000000
X4(6, 2)	0.000000	0.000000
X4(6, 3)	0.000000	0.000000
B4(1, 1)	786.0000	0.000000
B4(1, 2)	805.0000	0.000000
B4(1, 3)	873.0000	0.000000
B4(2, 1)	786.0000	0.000000
B4(2, 2)	805.0000	0.000000
B4(2, 3)	873.0000	0.000000
B4(3, 1)	786.0000	0.000000
B4(3, 2)	805.0000	0.000000

B4 (3, 3)	873.0000	0.000000
B4 (4, 1)	786.0000	0.000000
B4 (4, 2)	805.0000	0.000000
B4 (4, 3)	873.0000	0.000000
B4 (5, 1)	786.0000	0.000000
B4 (5, 2)	805.0000	0.000000
B4 (5, 3)	873.0000	0.000000
B4 (6, 1)	786.0000	0.000000
B4 (6, 2)	805.0000	0.000000
B4 (6, 3)	873.0000	0.000000
X5 (1, 1)	269.1283	0.000000
X5 (2, 1)	0.000000	0.000000
X5 (3, 1)	0.000000	0.000000
X5 (4, 1)	0.000000	0.000000
X5 (5, 1)	0.000000	0.000000
X5 (6, 1)	0.000000	0.000000
B5 (1, 1)	873.0000	0.000000
B5 (2, 1)	873.0000	0.000000
B5 (3, 1)	873.0000	0.000000
B5 (4, 1)	873.0000	0.000000
B5 (5, 1)	873.0000	0.000000
B5 (6, 1)	873.0000	0.000000
X6 (1, 1)	0.6214000E-01	0.000000
X6 (2, 1)	0.000000	0.000000
X6 (3, 1)	0.000000	0.000000
X6 (4, 1)	0.000000	0.000000
X6 (5, 1)	0.000000	0.000000
X6 (6, 1)	0.000000	0.000000
B6 (1, 1)	10.00000	0.000000
B6 (2, 1)	10.00000	0.000000
B6 (3, 1)	10.00000	0.000000
B6 (4, 1)	10.00000	0.000000
B6 (5, 1)	10.00000	0.000000
B6 (6, 1)	10.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	666.8319	-1.000000
2	0.000000	0.1717690
3	0.000000	0.1718556
4	0.000000	0.1717690
5	0.000000	0.1716825
6	0.000000	0.1720287
7	0.000000	0.1719133
8	0.000000	0.1719710
9	0.000000	-0.2122306
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-0.5702700E-01
16	0.000000	-0.5702700E-01
17	0.000000	-0.5702700E-01
18	0.000000	-0.5702700E-01
19	0.000000	-0.5702700E-01
20	0.000000	-0.5702700E-01
21	0.000000	0.5702700E-01
22	0.000000	0.5702700E-01
23	0.000000	0.5702700E-01
24	0.000000	0.5702700E-01
25	0.000000	0.5702700E-01
26	0.000000	0.5702700E-01
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	-0.3997000E-03
29	0.000000	-0.9992500E-02

30	0.000000	-0.3397450E-01
31	0.000000	-0.4590840E-01
32	0.000000	-0.4693620E-01
33	0.000000	-0.3530656
34	0.000000	-0.3530656
35	0.000000	-0.3530656
36	0.000000	-0.3530656
37	0.000000	-0.3530656
38	0.000000	-0.3530656
39	0.000000	0.3530656
40	0.000000	0.3530656
41	0.000000	0.3530656
42	0.000000	0.3530656
43	0.000000	0.3530656
44	0.000000	0.3530656
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	-0.1935360E-01
47	0.000000	-0.2943360E-01
48	0.000000	-0.3335040E-01
49	0.000000	-0.3340800E-01
50	0.000000	-0.3686400E-01
51	0.000000	-0.4723200E-01
52	0.000000	-0.5362560E-01
53	0.000000	-0.1464780E-01
54	0.000000	-0.1464780E-01
55	0.000000	-0.1464780E-01
56	0.000000	-0.1464780E-01
57	0.000000	-0.1464780E-01
58	0.000000	-0.1464780E-01
59	0.000000	0.1464780E-01
60	0.000000	0.1464780E-01
61	0.000000	0.1464780E-01
62	0.000000	0.1464780E-01
63	0.000000	0.1464780E-01
64	0.000000	0.1464780E-01
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	-0.1096300E-02
67	0.000000	-0.5019900E-02
68	0.000000	-0.7501517
69	0.000000	-0.7501517
70	0.000000	-0.7501517
71	0.000000	-0.7501517
72	0.000000	-0.7501517
73	0.000000	-0.7501517
74	0.000000	0.7501517
75	0.000000	0.7501517
76	0.000000	0.7501517
77	0.000000	0.7501517
78	0.000000	0.7501517
79	0.000000	0.7501517
80	0.000000	0.5770000E-03
81	0.000000	0.5770000E-03
82	0.000000	0.5770000E-03
83	0.000000	0.5770000E-03
84	0.000000	0.5770000E-03
85	0.000000	0.5770000E-03
86	0.000000	-0.5770000E-03
87	0.000000	-0.5770000E-03
88	0.000000	-0.5770000E-03
89	0.000000	-0.5770000E-03
90	0.000000	-0.5770000E-03
91	0.000000	-0.5770000E-03
92	3106.000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000

95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000
98	2893.000	0.000000
99	0.000000	0.2122306
100	0.000000	0.2122306
101	0.000000	0.2122306
102	0.000000	0.2122306
103	0.000000	0.2122306
104	571.3963	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	13428.60	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	932.3318	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	6967.668	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	133.5221	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	1766.478	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	5.000000	0.000000
139	8.000000	0.000000
140	4.000000	0.000000
141	2.000000	0.000000

Senaryo2: Ortaya çıkan atığın %3'ünün geri dönüştürülmesi durumu:

Global optimal solution found.
 Objective value: 54.41884
 Objective bound: 54.41884
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 53

Variable	Value	Reduced Cost
C1	0.5770000E-04	0.000000
C2	0.5710000E-04	0.000000
C3	0.5760000E-04	0.000000
C4	0.5770000E-04	0.000000
C5	0.5710000E-04	0.000000
G1	0.5057600	0.000000
G2	0.3322600	0.000000
G3	0.7516000E-01	0.000000
G4	0.8662000E-01	0.000000
G5	0.2000000E-04	0.000000
E1	0.9300000E-01	0.000000
E2	0.3700000	0.000000
E3	0.6000000E-01	0.000000
E4	0.8000000	0.000000
SAL5	200.0000	0.000000
SYU5	8200.000	0.000000
A(1)	604.0000	0.000000
A(2)	1510.000	0.000000
A(3)	1809.000	0.000000
A(4)	457.0000	0.000000
A(5)	904.0000	0.000000
A(6)	2526.000	0.000000
A(7)	1510.000	0.000000
W(1)	0.2500000E-01	0.000000
W(2)	0.2500000E-01	0.000000
W(3)	0.2500000E-01	0.000000
W(4)	0.2500000E-01	0.000000
W(5)	0.2500000E-01	0.000000
W(6)	0.2500000E-01	0.000000
W(7)	0.2500000E-01	0.000000
Y1(1)	0.000000	0.000000
Y1(2)	9320.000	0.000000
Y1(3)	0.000000	0.000000
Y1(4)	0.000000	0.000000
Y1(5)	0.000000	0.000000
Y1(6)	0.000000	0.000000
Y2(1)	0.000000	0.000000
Y2(2)	4713.683	0.000000
Y2(3)	0.000000	0.000000
Y2(4)	0.000000	0.000000
Y2(5)	0.000000	0.000000
Y2(6)	0.000000	0.000000
Y3(1)	0.000000	0.000000
Y3(2)	3096.663	0.000000
Y3(3)	0.000000	0.000000
Y3(4)	0.000000	0.000000
Y3(5)	0.000000	0.000000
Y3(6)	0.000000	0.000000
Y4(1)	0.000000	0.000000
Y4(2)	700.4912	0.000000
Y4(3)	0.000000	0.000000
Y4(4)	0.000000	0.000000
Y4(5)	0.000000	0.000000
Y4(6)	0.000000	0.000000
Y5(1)	0.000000	0.000000

Y5 (2)	807.2984	0.000000
Y5 (3)	0.000000	0.000000
Y5 (4)	0.000000	0.000000
Y5 (5)	0.000000	0.000000
Y5 (6)	0.000000	0.000000
Y6 (1)	0.000000	0.000000
Y6 (2)	0.1864000	0.000000
Y6 (3)	0.000000	0.000000
Y6 (4)	0.000000	0.000000
Y6 (5)	0.000000	0.000000
Y6 (6)	0.000000	0.000000
D (1)	0.1500000E-01	0.000000
D (2)	0.1200000E-01	0.000000
D (3)	0.2400000E-01	0.000000
D (4)	0.4800000E-01	0.000000
D (5)	0.9600000E-01	0.000000
D (6)	0.1200000	0.000000
F (1)	171.5500	0.000000
F (2)	240.6200	0.000000
F (3)	481.2400	0.000000
F (4)	962.4800	0.000000
F (5)	1924.960	0.000000
F (6)	2406.200	0.000000
Z1 (1)	0.000000	-72.53365
Z1 (2)	1.000000	1684.340
Z1 (3)	0.000000	-875.9322
Z1 (4)	0.000000	-1751.864
Z1 (5)	0.000000	-3503.729
Z1 (6)	0.000000	-4379.661
SAL1 (1)	1.000000	0.000000
SAL1 (2)	6001.000	0.000000
SAL1 (3)	10001.00	0.000000
SAL1 (4)	20001.00	0.000000
SAL1 (5)	40001.00	0.000000
SAL1 (6)	80001.00	0.000000
SYU1 (1)	6000.000	0.000000
SYU1 (2)	10000.00	0.000000
SYU1 (3)	20000.00	0.000000
SYU1 (4)	40000.00	0.000000
SYU1 (5)	80000.00	0.000000
SYU1 (6)	100000.0	0.000000
Z2 (1)	1.000000	0.000000
Z2 (2)	0.000000	0.000000
Z2 (3)	0.000000	0.000000
Z2 (4)	0.000000	0.000000
Z2 (5)	0.000000	0.000000
Z2 (6)	0.000000	0.000000
SAL2 (1)	1000.000	0.000000
SAL2 (2)	500.0000	0.000000
SAL2 (3)	1000.000	0.000000
SAL2 (4)	15000.00	0.000000
SAL2 (5)	5000.000	0.000000
SAL2 (6)	15000.00	0.000000
SYU2 (1)	15000.00	0.000000
SYU2 (2)	3000.000	0.000000
SYU2 (3)	15000.00	0.000000
SYU2 (4)	40000.00	0.000000
SYU2 (5)	100000.0	0.000000
SYU2 (6)	90000.00	0.000000
YK (1)	4713.683	0.000000
YK (2)	0.000000	0.3997000E-03
YK (3)	0.000000	0.9992500E-02
YK (4)	0.000000	0.3397450E-01
YK (5)	0.000000	0.4590840E-01
YK (6)	0.000000	0.4693620E-01

Z3(1)	1.000000	0.000000
Z3(2)	0.000000	0.000000
Z3(3)	0.000000	0.000000
Z3(4)	0.000000	0.000000
Z3(5)	0.000000	0.000000
Z3(6)	0.000000	0.000000
Z3(7)	0.000000	0.000000
Z3(8)	0.000000	0.000000
SAL3(1)	100.0000	0.000000
SAL3(2)	100.0000	0.000000
SAL3(3)	100.0000	0.000000
SAL3(4)	100.0000	0.000000
SAL3(5)	100.0000	0.000000
SAL3(6)	100.0000	0.000000
SAL3(7)	1000.000	0.000000
SAL3(8)	100.0000	0.000000
SYU3(1)	8000.000	0.000000
SYU3(2)	3000.000	0.000000
SYU3(3)	4000.000	0.000000
SYU3(4)	4000.000	0.000000
SYU3(5)	3000.000	0.000000
SYU3(6)	1000.000	0.000000
SYU3(7)	20000.00	0.000000
SYU3(8)	3000.000	0.000000
YP(1)	3096.663	0.000000
YP(2)	0.000000	0.1935360E-01
YP(3)	0.000000	0.2943360E-01
YP(4)	0.000000	0.3335040E-01
YP(5)	0.000000	0.3340800E-01
YP(6)	0.000000	0.3686400E-01
YP(7)	0.000000	0.4723200E-01
YP(8)	0.000000	0.5362560E-01
Z4(1)	1.000000	0.000000
Z4(2)	0.000000	0.000000
Z4(3)	0.000000	0.000000
SAL4(1)	100.0000	0.000000
SAL4(2)	1000.000	0.000000
SAL4(3)	100.0000	0.000000
SYU4(1)	2000.000	0.000000
SYU4(2)	3500.000	0.000000
SYU4(3)	2500.000	0.000000
YL(1)	700.4912	0.000000
YL(2)	0.000000	0.1096300E-02
YL(3)	0.000000	0.5019900E-02
X1(1, 1)	0.000000	0.2154326
X1(1, 2)	604.0000	0.000000
X1(1, 3)	0.000000	0.2242883
X1(1, 4)	0.000000	0.2481729
X1(1, 5)	0.000000	0.2965191
X1(1, 6)	0.000000	0.3204326
X1(2, 1)	0.000000	0.2151441
X1(2, 2)	1510.000	0.000000
X1(2, 3)	0.000000	0.2240287
X1(2, 4)	0.000000	0.2480864
X1(2, 5)	0.000000	0.2959710
X1(2, 6)	0.000000	0.3203172
X1(3, 1)	0.000000	0.2153172
X1(3, 2)	1809.000	0.000000
X1(3, 3)	0.000000	0.2243172
X1(3, 4)	0.000000	0.2481152
X1(3, 5)	0.000000	0.2961729
X1(3, 6)	0.000000	0.3200575
X1(4, 1)	0.000000	0.2153172
X1(4, 2)	457.0000	0.000000
X1(4, 3)	0.000000	0.2241441

X1 (4, 4)	0.000000	0.2482306
X1 (4, 5)	0.000000	0.2960287
X1 (4, 6)	0.000000	0.3200864
X1 (5, 1)	0.000000	0.2148844
X1 (5, 2)	904.0000	0.000000
X1 (5, 3)	0.000000	0.2241441
X1 (5, 4)	0.000000	0.2480575
X1 (5, 5)	0.000000	0.2961441
X1 (5, 6)	0.000000	0.3199421
X1 (6, 1)	0.000000	0.2153460
X1 (6, 2)	2526.000	0.000000
X1 (6, 3)	0.000000	0.2245768
X1 (6, 4)	0.000000	0.2484903
X1 (6, 5)	0.000000	0.2964037
X1 (6, 6)	0.000000	0.3204903
X1 (7, 1)	0.000000	0.2151729
X1 (7, 2)	1510.000	0.000000
X1 (7, 3)	0.000000	0.2241152
X1 (7, 4)	0.000000	0.2484614
X1 (7, 5)	0.000000	0.2963749
X1 (7, 6)	0.000000	0.3202883
B1 (1, 1)	8.000000	0.000000
B1 (1, 2)	4.500000	0.000000
B1 (1, 3)	5.500000	0.000000
B1 (1, 4)	3.500000	0.000000
B1 (1, 5)	9.500000	0.000000
B1 (1, 6)	8.000000	0.000000
B1 (2, 1)	6.500000	0.000000
B1 (2, 2)	8.000000	0.000000
B1 (2, 3)	4.500000	0.000000
B1 (2, 4)	5.500000	0.000000
B1 (2, 5)	3.500000	0.000000
B1 (2, 6)	9.500000	0.000000
B1 (3, 1)	8.000000	0.000000
B1 (3, 2)	6.500000	0.000000
B1 (3, 3)	8.000000	0.000000
B1 (3, 4)	4.500000	0.000000
B1 (3, 5)	5.500000	0.000000
B1 (3, 6)	3.500000	0.000000
B1 (4, 1)	9.500000	0.000000
B1 (4, 2)	8.000000	0.000000
B1 (4, 3)	6.500000	0.000000
B1 (4, 4)	8.000000	0.000000
B1 (4, 5)	4.500000	0.000000
B1 (4, 6)	5.500000	0.000000
B1 (5, 1)	3.500000	0.000000
B1 (5, 2)	9.500000	0.000000
B1 (5, 3)	8.000000	0.000000
B1 (5, 4)	6.500000	0.000000
B1 (5, 5)	8.000000	0.000000
B1 (5, 6)	4.500000	0.000000
B1 (6, 1)	5.500000	0.000000
B1 (6, 2)	3.500000	0.000000
B1 (6, 3)	9.500000	0.000000
B1 (6, 4)	8.000000	0.000000
B1 (6, 5)	6.500000	0.000000
B1 (6, 6)	8.000000	0.000000
B1 (7, 1)	4.500000	0.000000
B1 (7, 2)	5.500000	0.000000
B1 (7, 3)	3.500000	0.000000
B1 (7, 4)	9.500000	0.000000
B1 (7, 5)	8.000000	0.000000
B1 (7, 6)	6.500000	0.000000
X2 (1, 1)	0.000000	0.000000
X2 (1, 2)	0.000000	0.000000

X2(1, 3)	0.000000	0.000000
X2(1, 4)	0.000000	0.000000
X2(1, 5)	0.000000	0.000000
X2(1, 6)	0.000000	0.000000
X2(2, 1)	4713.683	0.000000
X2(2, 2)	0.000000	0.000000
X2(2, 3)	0.000000	0.000000
X2(2, 4)	0.000000	0.000000
X2(2, 5)	0.000000	0.000000
X2(2, 6)	0.000000	0.000000
X2(3, 1)	0.000000	0.000000
X2(3, 2)	0.000000	0.000000
X2(3, 3)	0.000000	0.000000
X2(3, 4)	0.000000	0.000000
X2(3, 5)	0.000000	0.000000
X2(3, 6)	0.000000	0.000000
X2(4, 1)	0.000000	0.000000
X2(4, 2)	0.000000	0.000000
X2(4, 3)	0.000000	0.000000
X2(4, 4)	0.000000	0.000000
X2(4, 5)	0.000000	0.000000
X2(4, 6)	0.000000	0.000000
X2(5, 1)	0.000000	0.000000
X2(5, 2)	0.000000	0.000000
X2(5, 3)	0.000000	0.000000
X2(5, 4)	0.000000	0.000000
X2(5, 5)	0.000000	0.000000
X2(5, 6)	0.000000	0.000000
X2(6, 1)	0.000000	0.000000
X2(6, 2)	0.000000	0.000000
X2(6, 3)	0.000000	0.000000
X2(6, 4)	0.000000	0.000000
X2(6, 5)	0.000000	0.000000
X2(6, 6)	0.000000	0.000000
B2(1, 1)	630.0000	0.000000
B2(1, 2)	637.0000	0.000000
B2(1, 3)	805.0000	0.000000
B2(1, 4)	1225.000	0.000000
B2(1, 5)	1434.000	0.000000
B2(1, 6)	1452.000	0.000000
B2(2, 1)	630.0000	0.000000
B2(2, 2)	637.0000	0.000000
B2(2, 3)	805.0000	0.000000
B2(2, 4)	1225.000	0.000000
B2(2, 5)	1434.000	0.000000
B2(2, 6)	1452.000	0.000000
B2(3, 1)	630.0000	0.000000
B2(3, 2)	637.0000	0.000000
B2(3, 3)	805.0000	0.000000
B2(3, 4)	1225.000	0.000000
B2(3, 5)	1434.000	0.000000
B2(3, 6)	1452.000	0.000000
B2(4, 1)	630.0000	0.000000
B2(4, 2)	637.0000	0.000000
B2(4, 3)	805.0000	0.000000
B2(4, 4)	1225.000	0.000000
B2(4, 5)	1434.000	0.000000
B2(4, 6)	1452.000	0.000000
B2(5, 1)	630.0000	0.000000
B2(5, 2)	637.0000	0.000000
B2(5, 3)	805.0000	0.000000
B2(5, 4)	1225.000	0.000000
B2(5, 5)	1434.000	0.000000
B2(5, 6)	1452.000	0.000000
B2(6, 1)	630.0000	0.000000

B2(6, 2)	637.0000	0.000000
B2(6, 3)	805.0000	0.000000
B2(6, 4)	1225.000	0.000000
B2(6, 5)	1434.000	0.000000
B2(6, 6)	1452.000	0.000000
X3(1, 1)	0.000000	0.000000
X3(1, 2)	0.000000	0.000000
X3(1, 3)	0.000000	0.000000
X3(1, 4)	0.000000	0.000000
X3(1, 5)	0.000000	0.000000
X3(1, 6)	0.000000	0.000000
X3(1, 7)	0.000000	0.000000
X3(1, 8)	0.000000	0.000000
X3(2, 1)	3096.663	0.000000
X3(2, 2)	0.000000	0.000000
X3(2, 3)	0.000000	0.000000
X3(2, 4)	0.000000	0.000000
X3(2, 5)	0.000000	0.000000
X3(2, 6)	0.000000	0.000000
X3(2, 7)	0.000000	0.000000
X3(2, 8)	0.000000	0.000000
X3(3, 1)	0.000000	0.000000
X3(3, 2)	0.000000	0.000000
X3(3, 3)	0.000000	0.000000
X3(3, 4)	0.000000	0.000000
X3(3, 5)	0.000000	0.000000
X3(3, 6)	0.000000	0.000000
X3(3, 7)	0.000000	0.000000
X3(3, 8)	0.000000	0.000000
X3(4, 1)	0.000000	0.000000
X3(4, 2)	0.000000	0.000000
X3(4, 3)	0.000000	0.000000
X3(4, 4)	0.000000	0.000000
X3(4, 5)	0.000000	0.000000
X3(4, 6)	0.000000	0.000000
X3(4, 7)	0.000000	0.000000
X3(4, 8)	0.000000	0.000000
X3(5, 1)	0.000000	0.000000
X3(5, 2)	0.000000	0.000000
X3(5, 3)	0.000000	0.000000
X3(5, 4)	0.000000	0.000000
X3(5, 5)	0.000000	0.000000
X3(5, 6)	0.000000	0.000000
X3(5, 7)	0.000000	0.000000
X3(5, 8)	0.000000	0.000000
X3(6, 1)	0.000000	0.000000
X3(6, 2)	0.000000	0.000000
X3(6, 3)	0.000000	0.000000
X3(6, 4)	0.000000	0.000000
X3(6, 5)	0.000000	0.000000
X3(6, 6)	0.000000	0.000000
X3(6, 7)	0.000000	0.000000
X3(6, 8)	0.000000	0.000000
B3(1, 1)	294.0000	0.000000
B3(1, 2)	630.0000	0.000000
B3(1, 3)	805.0000	0.000000
B3(1, 4)	873.0000	0.000000
B3(1, 5)	874.0000	0.000000
B3(1, 6)	934.0000	0.000000
B3(1, 7)	1114.000	0.000000
B3(1, 8)	1225.000	0.000000
B3(2, 1)	294.0000	0.000000
B3(2, 2)	630.0000	0.000000
B3(2, 3)	805.0000	0.000000
B3(2, 4)	873.0000	0.000000

B3(2, 5)	874.0000	0.000000
B3(2, 6)	934.0000	0.000000
B3(2, 7)	1114.000	0.000000
B3(2, 8)	1225.000	0.000000
B3(3, 1)	294.0000	0.000000
B3(3, 2)	630.0000	0.000000
B3(3, 3)	805.0000	0.000000
B3(3, 4)	873.0000	0.000000
B3(3, 5)	874.0000	0.000000
B3(3, 6)	934.0000	0.000000
B3(3, 7)	1114.000	0.000000
B3(3, 8)	1225.000	0.000000
B3(4, 1)	294.0000	0.000000
B3(4, 2)	630.0000	0.000000
B3(4, 3)	805.0000	0.000000
B3(4, 4)	873.0000	0.000000
B3(4, 5)	874.0000	0.000000
B3(4, 6)	934.0000	0.000000
B3(4, 7)	1114.000	0.000000
B3(4, 8)	1225.000	0.000000
B3(5, 1)	294.0000	0.000000
B3(5, 2)	630.0000	0.000000
B3(5, 3)	805.0000	0.000000
B3(5, 4)	873.0000	0.000000
B3(5, 5)	874.0000	0.000000
B3(5, 6)	934.0000	0.000000
B3(5, 7)	1114.000	0.000000
B3(5, 8)	1225.000	0.000000
B3(6, 1)	294.0000	0.000000
B3(6, 2)	630.0000	0.000000
B3(6, 3)	805.0000	0.000000
B3(6, 4)	873.0000	0.000000
B3(6, 5)	874.0000	0.000000
B3(6, 6)	934.0000	0.000000
B3(6, 7)	1114.000	0.000000
B3(6, 8)	1225.000	0.000000
X4(1, 1)	0.000000	0.000000
X4(1, 2)	0.000000	0.000000
X4(1, 3)	0.000000	0.000000
X4(2, 1)	700.4912	0.000000
X4(2, 2)	0.000000	0.000000
X4(2, 3)	0.000000	0.000000
X4(3, 1)	0.000000	0.000000
X4(3, 2)	0.000000	0.000000
X4(3, 3)	0.000000	0.000000
X4(4, 1)	0.000000	0.000000
X4(4, 2)	0.000000	0.000000
X4(4, 3)	0.000000	0.000000
X4(5, 1)	0.000000	0.000000
X4(5, 2)	0.000000	0.000000
X4(5, 3)	0.000000	0.000000
X4(6, 1)	0.000000	0.000000
X4(6, 2)	0.000000	0.000000
X4(6, 3)	0.000000	0.000000
B4(1, 1)	786.0000	0.000000
B4(1, 2)	805.0000	0.000000
B4(1, 3)	873.0000	0.000000
B4(2, 1)	786.0000	0.000000
B4(2, 2)	805.0000	0.000000
B4(2, 3)	873.0000	0.000000
B4(3, 1)	786.0000	0.000000
B4(3, 2)	805.0000	0.000000
B4(3, 3)	873.0000	0.000000
B4(4, 1)	786.0000	0.000000
B4(4, 2)	805.0000	0.000000

B4 (4, 3)	873.0000	0.000000
B4 (5, 1)	786.0000	0.000000
B4 (5, 2)	805.0000	0.000000
B4 (5, 3)	873.0000	0.000000
B4 (6, 1)	786.0000	0.000000
B4 (6, 2)	805.0000	0.000000
B4 (6, 3)	873.0000	0.000000
X5 (1, 1)	0.000000	0.000000
X5 (2, 1)	807.2984	0.000000
X5 (3, 1)	0.000000	0.000000
X5 (4, 1)	0.000000	0.000000
X5 (5, 1)	0.000000	0.000000
X5 (6, 1)	0.000000	0.000000
B5 (1, 1)	873.0000	0.000000
B5 (2, 1)	873.0000	0.000000
B5 (3, 1)	873.0000	0.000000
B5 (4, 1)	873.0000	0.000000
B5 (5, 1)	873.0000	0.000000
B5 (6, 1)	873.0000	0.000000
X6 (1, 1)	0.000000	0.000000
X6 (2, 1)	0.1864000	0.000000
X6 (3, 1)	0.000000	0.000000
X6 (4, 1)	0.000000	0.000000
X6 (5, 1)	0.000000	0.000000
X6 (6, 1)	0.000000	0.000000
B6 (1, 1)	10.00000	0.000000
B6 (2, 1)	10.00000	0.000000
B6 (3, 1)	10.00000	0.000000
B6 (4, 1)	10.00000	0.000000
B6 (5, 1)	10.00000	0.000000
B6 (6, 1)	10.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	54.41884	-1.000000
2	0.000000	0.1749710
3	0.000000	0.1747690
4	0.000000	0.1748556
5	0.000000	0.1747690
6	0.000000	0.1746825
7	0.000000	0.1750287
8	0.000000	0.1749133
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	-0.2122306
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-0.5702700E-01
16	0.000000	-0.5702700E-01
17	0.000000	-0.5702700E-01
18	0.000000	-0.5702700E-01
19	0.000000	-0.5702700E-01
20	0.000000	-0.5702700E-01
21	0.000000	0.5702700E-01
22	0.000000	0.5702700E-01
23	0.000000	0.5702700E-01
24	0.000000	0.5702700E-01
25	0.000000	0.5702700E-01
26	0.000000	0.5702700E-01
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	-0.3997000E-03
29	0.000000	-0.9992500E-02
30	0.000000	-0.3397450E-01
31	0.000000	-0.4590840E-01
32	0.000000	-0.4693620E-01

33	0.000000	-0.3530656
34	0.000000	-0.3530656
35	0.000000	-0.3530656
36	0.000000	-0.3530656
37	0.000000	-0.3530656
38	0.000000	-0.3530656
39	0.000000	0.3530656
40	0.000000	0.3530656
41	0.000000	0.3530656
42	0.000000	0.3530656
43	0.000000	0.3530656
44	0.000000	0.3530656
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	-0.1935360E-01
47	0.000000	-0.2943360E-01
48	0.000000	-0.3335040E-01
49	0.000000	-0.3340800E-01
50	0.000000	-0.3686400E-01
51	0.000000	-0.4723200E-01
52	0.000000	-0.5362560E-01
53	0.000000	-0.1464780E-01
54	0.000000	-0.1464780E-01
55	0.000000	-0.1464780E-01
56	0.000000	-0.1464780E-01
57	0.000000	-0.1464780E-01
58	0.000000	-0.1464780E-01
59	0.000000	0.1464780E-01
60	0.000000	0.1464780E-01
61	0.000000	0.1464780E-01
62	0.000000	0.1464780E-01
63	0.000000	0.1464780E-01
64	0.000000	0.1464780E-01
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	-0.1096300E-02
67	0.000000	-0.5019900E-02
68	0.000000	-0.7501517
69	0.000000	-0.7501517
70	0.000000	-0.7501517
71	0.000000	-0.7501517
72	0.000000	-0.7501517
73	0.000000	-0.7501517
74	0.000000	0.7501517
75	0.000000	0.7501517
76	0.000000	0.7501517
77	0.000000	0.7501517
78	0.000000	0.7501517
79	0.000000	0.7501517
80	0.000000	0.5770000E-03
81	0.000000	0.5770000E-03
82	0.000000	0.5770000E-03
83	0.000000	0.5770000E-03
84	0.000000	0.5770000E-03
85	0.000000	0.5770000E-03
86	0.000000	-0.5770000E-03
87	0.000000	-0.5770000E-03
88	0.000000	-0.5770000E-03
89	0.000000	-0.5770000E-03
90	0.000000	-0.5770000E-03
91	0.000000	-0.5770000E-03
92	0.000000	0.000000
93	3319.000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000

98	0.000000	0.2122306
99	680.0000	0.000000
100	0.000000	0.2122306
101	0.000000	0.2122306
102	0.000000	0.2122306
103	0.000000	0.2122306
104	3713.683	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	10286.32	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	2996.663	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	4903.337	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	600.4912	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	1299.509	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	5.000000	0.000000
139	8.000000	0.000000
140	4.000000	0.000000
141	2.000000	0.000000

Senaryo3: Ortaya çıkan atığın %6'sının geri dönüştürülmesi durumu:

Global optimal solution found.
 Objective value: 333.4550
 Objective bound: 333.4550
 Infeasibilities: 0.000000
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 164

Variable	Value	Reduced Cost
C1	0.5770000E-04	0.000000
C2	0.5710000E-04	0.000000
C3	0.5760000E-04	0.000000
C4	0.5770000E-04	0.000000
C5	0.5710000E-04	0.000000
G1	0.5057600	0.000000
G2	0.3322600	0.000000
G3	0.7516000E-01	0.000000
G4	0.8662000E-01	0.000000
G5	0.2000000E-04	0.000000
E1	0.9300000E-01	0.000000
E2	0.3700000	0.000000
E3	0.6000000E-01	0.000000
E4	0.8000000	0.000000
SAL5	200.0000	0.000000
SYU5	8200.000	0.000000
A(1)	1212.000	0.000000
A(2)	3020.000	0.000000
A(3)	3616.000	0.000000
A(4)	913.0000	0.000000
A(5)	1808.000	0.000000
A(6)	5051.000	0.000000
A(7)	3020.000	0.000000
W(1)	0.2500000E-01	0.000000
W(2)	0.2500000E-01	0.000000
W(3)	0.2500000E-01	0.000000
W(4)	0.2500000E-01	0.000000
W(5)	0.2500000E-01	0.000000
W(6)	0.2500000E-01	0.000000
W(7)	0.2500000E-01	0.000000
Y1(1)	0.000000	0.000000
Y1(2)	0.000000	0.000000
Y1(3)	18640.00	0.000000
Y1(4)	0.000000	0.000000
Y1(5)	0.000000	0.000000
Y1(6)	0.000000	0.000000
Y2(1)	0.000000	0.000000
Y2(2)	0.000000	0.000000
Y2(3)	9427.366	0.000000
Y2(4)	0.000000	0.000000
Y2(5)	0.000000	0.000000
Y2(6)	0.000000	0.000000
Y3(1)	0.000000	0.000000
Y3(2)	0.000000	0.000000
Y3(3)	6193.326	0.000000
Y3(4)	0.000000	0.000000
Y3(5)	0.000000	0.000000
Y3(6)	0.000000	0.000000
Y4(1)	0.000000	0.000000
Y4(2)	0.000000	0.000000
Y4(3)	1400.982	0.000000
Y4(4)	0.000000	0.000000
Y4(5)	0.000000	0.000000
Y4(6)	0.000000	0.000000
Y5(1)	0.000000	0.000000

Y5 (2)	0.000000	0.000000
Y5 (3)	1614.597	0.000000
Y5 (4)	0.000000	0.000000
Y5 (5)	0.000000	0.000000
Y5 (6)	0.000000	0.000000
Y6 (1)	0.000000	0.000000
Y6 (2)	0.000000	0.000000
Y6 (3)	0.3728000	0.000000
Y6 (4)	0.000000	0.000000
Y6 (5)	0.000000	0.000000
Y6 (6)	0.000000	0.000000
D (1)	0.1500000E-01	0.000000
D (2)	0.1200000E-01	0.000000
D (3)	0.2400000E-01	0.000000
D (4)	0.4800000E-01	0.000000
D (5)	0.9600000E-01	0.000000
D (6)	0.1200000	0.000000
F (1)	171.5500	0.000000
F (2)	240.6200	0.000000
F (3)	481.2400	0.000000
F (4)	962.4800	0.000000
F (5)	1924.960	0.000000
F (6)	2406.200	0.000000
Z1 (1)	0.000000	-72.53365
Z1 (2)	0.000000	-437.9661
Z1 (3)	1.000000	3368.680
Z1 (4)	0.000000	-1751.864
Z1 (5)	0.000000	-3503.729
Z1 (6)	0.000000	-4379.661
SAL1 (1)	1.000000	0.000000
SAL1 (2)	6001.000	0.000000
SAL1 (3)	10001.00	0.000000
SAL1 (4)	20001.00	0.000000
SAL1 (5)	40001.00	0.000000
SAL1 (6)	80001.00	0.000000
SYU1 (1)	6000.000	0.000000
SYU1 (2)	10000.00	0.000000
SYU1 (3)	20000.00	0.000000
SYU1 (4)	40000.00	0.000000
SYU1 (5)	80000.00	0.000000
SYU1 (6)	100000.0	0.000000
Z2 (1)	1.000000	0.000000
Z2 (2)	0.000000	0.000000
Z2 (3)	0.000000	0.000000
Z2 (4)	0.000000	0.000000
Z2 (5)	0.000000	0.000000
Z2 (6)	0.000000	0.000000
SAL2 (1)	1000.000	0.000000
SAL2 (2)	500.0000	0.000000
SAL2 (3)	1000.000	0.000000
SAL2 (4)	15000.00	0.000000
SAL2 (5)	5000.000	0.000000
SAL2 (6)	15000.00	0.000000
SYU2 (1)	15000.00	0.000000
SYU2 (2)	3000.000	0.000000
SYU2 (3)	15000.00	0.000000
SYU2 (4)	40000.00	0.000000
SYU2 (5)	100000.0	0.000000
SYU2 (6)	90000.00	0.000000
YK (1)	9427.366	0.000000
YK (2)	0.000000	0.3997000E-03
YK (3)	0.000000	0.9992500E-02
YK (4)	0.000000	0.3397450E-01
YK (5)	0.000000	0.4590840E-01
YK (6)	0.000000	0.4693620E-01

Z3(1)	1.000000	0.000000
Z3(2)	0.000000	0.000000
Z3(3)	0.000000	0.000000
Z3(4)	0.000000	0.000000
Z3(5)	0.000000	0.000000
Z3(6)	0.000000	0.000000
Z3(7)	0.000000	0.000000
Z3(8)	0.000000	0.000000
SAL3(1)	100.0000	0.000000
SAL3(2)	100.0000	0.000000
SAL3(3)	100.0000	0.000000
SAL3(4)	100.0000	0.000000
SAL3(5)	100.0000	0.000000
SAL3(6)	100.0000	0.000000
SAL3(7)	1000.000	0.000000
SAL3(8)	100.0000	0.000000
SYU3(1)	8000.000	0.000000
SYU3(2)	3000.000	0.000000
SYU3(3)	4000.000	0.000000
SYU3(4)	4000.000	0.000000
SYU3(5)	3000.000	0.000000
SYU3(6)	1000.000	0.000000
SYU3(7)	20000.00	0.000000
SYU3(8)	3000.000	0.000000
YP(1)	6193.326	0.000000
YP(2)	0.000000	0.1935360E-01
YP(3)	0.000000	0.2943360E-01
YP(4)	0.000000	0.3335040E-01
YP(5)	0.000000	0.3340800E-01
YP(6)	0.000000	0.3686400E-01
YP(7)	0.000000	0.4723200E-01
YP(8)	0.000000	0.5362560E-01
Z4(1)	1.000000	0.000000
Z4(2)	0.000000	0.000000
Z4(3)	0.000000	0.000000
SAL4(1)	100.0000	0.000000
SAL4(2)	1000.000	0.000000
SAL4(3)	100.0000	0.000000
SYU4(1)	2000.000	0.000000
SYU4(2)	3500.000	0.000000
SYU4(3)	2500.000	0.000000
YL(1)	1400.982	0.000000
YL(2)	0.000000	0.1096300E-02
YL(3)	0.000000	0.5019900E-02
X1(1, 1)	0.000000	0.2033749
X1(1, 2)	0.000000	0.2001729
X1(1, 3)	1212.000	0.000000
X1(1, 4)	0.000000	0.2361152
X1(1, 5)	0.000000	0.2844614
X1(1, 6)	0.000000	0.3083749
X1(2, 1)	0.000000	0.2033460
X1(2, 2)	0.000000	0.2004326
X1(2, 3)	3020.000	0.000000
X1(2, 4)	0.000000	0.2362883
X1(2, 5)	0.000000	0.2841729
X1(2, 6)	0.000000	0.3085191
X1(3, 1)	0.000000	0.2032306
X1(3, 2)	0.000000	0.2001441
X1(3, 3)	3616.000	0.000000
X1(3, 4)	0.000000	0.2360287
X1(3, 5)	0.000000	0.2840864
X1(3, 6)	0.000000	0.3079710
X1(4, 1)	0.000000	0.2034037
X1(4, 2)	0.000000	0.2003172
X1(4, 3)	913.0000	0.000000

X1 (4, 4)	0.000000	0.2363172
X1 (4, 5)	0.000000	0.2841152
X1 (4, 6)	0.000000	0.3081729
X1 (5, 1)	0.000000	0.2029710
X1 (5, 2)	0.000000	0.2003172
X1 (5, 3)	1808.000	0.000000
X1 (5, 4)	0.000000	0.2361441
X1 (5, 5)	0.000000	0.2842306
X1 (5, 6)	0.000000	0.3080287
X1 (6, 1)	0.000000	0.2029998
X1 (6, 2)	0.000000	0.1998844
X1 (6, 3)	5051.000	0.000000
X1 (6, 4)	0.000000	0.2361441
X1 (6, 5)	0.000000	0.2840575
X1 (6, 6)	0.000000	0.3081441
X1 (7, 1)	0.000000	0.2032883
X1 (7, 2)	0.000000	0.2003460
X1 (7, 3)	3020.000	0.000000
X1 (7, 4)	0.000000	0.2365768
X1 (7, 5)	0.000000	0.2844903
X1 (7, 6)	0.000000	0.3084037
B1 (1, 1)	8.000000	0.000000
B1 (1, 2)	4.500000	0.000000
B1 (1, 3)	5.500000	0.000000
B1 (1, 4)	3.500000	0.000000
B1 (1, 5)	9.500000	0.000000
B1 (1, 6)	8.000000	0.000000
B1 (2, 1)	6.500000	0.000000
B1 (2, 2)	8.000000	0.000000
B1 (2, 3)	4.500000	0.000000
B1 (2, 4)	5.500000	0.000000
B1 (2, 5)	3.500000	0.000000
B1 (2, 6)	9.500000	0.000000
B1 (3, 1)	8.000000	0.000000
B1 (3, 2)	6.500000	0.000000
B1 (3, 3)	8.000000	0.000000
B1 (3, 4)	4.500000	0.000000
B1 (3, 5)	5.500000	0.000000
B1 (3, 6)	3.500000	0.000000
B1 (4, 1)	9.500000	0.000000
B1 (4, 2)	8.000000	0.000000
B1 (4, 3)	6.500000	0.000000
B1 (4, 4)	8.000000	0.000000
B1 (4, 5)	4.500000	0.000000
B1 (4, 6)	5.500000	0.000000
B1 (5, 1)	3.500000	0.000000
B1 (5, 2)	9.500000	0.000000
B1 (5, 3)	8.000000	0.000000
B1 (5, 4)	6.500000	0.000000
B1 (5, 5)	8.000000	0.000000
B1 (5, 6)	4.500000	0.000000
B1 (6, 1)	5.500000	0.000000
B1 (6, 2)	3.500000	0.000000
B1 (6, 3)	9.500000	0.000000
B1 (6, 4)	8.000000	0.000000
B1 (6, 5)	6.500000	0.000000
B1 (6, 6)	8.000000	0.000000
B1 (7, 1)	4.500000	0.000000
B1 (7, 2)	5.500000	0.000000
B1 (7, 3)	3.500000	0.000000
B1 (7, 4)	9.500000	0.000000
B1 (7, 5)	8.000000	0.000000
B1 (7, 6)	6.500000	0.000000
X2 (1, 1)	0.000000	0.000000
X2 (1, 2)	0.000000	0.000000

X2(1, 3)	0.000000	0.000000
X2(1, 4)	0.000000	0.000000
X2(1, 5)	0.000000	0.000000
X2(1, 6)	0.000000	0.000000
X2(2, 1)	0.000000	0.000000
X2(2, 2)	0.000000	0.000000
X2(2, 3)	0.000000	0.000000
X2(2, 4)	0.000000	0.000000
X2(2, 5)	0.000000	0.000000
X2(2, 6)	0.000000	0.000000
X2(3, 1)	9427.366	0.000000
X2(3, 2)	0.000000	0.000000
X2(3, 3)	0.000000	0.000000
X2(3, 4)	0.000000	0.000000
X2(3, 5)	0.000000	0.000000
X2(3, 6)	0.000000	0.000000
X2(4, 1)	0.000000	0.000000
X2(4, 2)	0.000000	0.000000
X2(4, 3)	0.000000	0.000000
X2(4, 4)	0.000000	0.000000
X2(4, 5)	0.000000	0.000000
X2(4, 6)	0.000000	0.000000
X2(5, 1)	0.000000	0.000000
X2(5, 2)	0.000000	0.000000
X2(5, 3)	0.000000	0.000000
X2(5, 4)	0.000000	0.000000
X2(5, 5)	0.000000	0.000000
X2(5, 6)	0.000000	0.000000
X2(6, 1)	0.000000	0.000000
X2(6, 2)	0.000000	0.000000
X2(6, 3)	0.000000	0.000000
X2(6, 4)	0.000000	0.000000
X2(6, 5)	0.000000	0.000000
X2(6, 6)	0.000000	0.000000
B2(1, 1)	630.0000	0.000000
B2(1, 2)	637.0000	0.000000
B2(1, 3)	805.0000	0.000000
B2(1, 4)	1225.000	0.000000
B2(1, 5)	1434.000	0.000000
B2(1, 6)	1452.000	0.000000
B2(2, 1)	630.0000	0.000000
B2(2, 2)	637.0000	0.000000
B2(2, 3)	805.0000	0.000000
B2(2, 4)	1225.000	0.000000
B2(2, 5)	1434.000	0.000000
B2(2, 6)	1452.000	0.000000
B2(3, 1)	630.0000	0.000000
B2(3, 2)	637.0000	0.000000
B2(3, 3)	805.0000	0.000000
B2(3, 4)	1225.000	0.000000
B2(3, 5)	1434.000	0.000000
B2(3, 6)	1452.000	0.000000
B2(4, 1)	630.0000	0.000000
B2(4, 2)	637.0000	0.000000
B2(4, 3)	805.0000	0.000000
B2(4, 4)	1225.000	0.000000
B2(4, 5)	1434.000	0.000000
B2(4, 6)	1452.000	0.000000
B2(5, 1)	630.0000	0.000000
B2(5, 2)	637.0000	0.000000
B2(5, 3)	805.0000	0.000000
B2(5, 4)	1225.000	0.000000
B2(5, 5)	1434.000	0.000000
B2(5, 6)	1452.000	0.000000
B2(6, 1)	630.0000	0.000000

B2 (6, 2)	637.0000	0.000000
B2 (6, 3)	805.0000	0.000000
B2 (6, 4)	1225.000	0.000000
B2 (6, 5)	1434.000	0.000000
B2 (6, 6)	1452.000	0.000000
X3 (1, 1)	0.000000	0.000000
X3 (1, 2)	0.000000	0.000000
X3 (1, 3)	0.000000	0.000000
X3 (1, 4)	0.000000	0.000000
X3 (1, 5)	0.000000	0.000000
X3 (1, 6)	0.000000	0.000000
X3 (1, 7)	0.000000	0.000000
X3 (1, 8)	0.000000	0.000000
X3 (2, 1)	0.000000	0.000000
X3 (2, 2)	0.000000	0.000000
X3 (2, 3)	0.000000	0.000000
X3 (2, 4)	0.000000	0.000000
X3 (2, 5)	0.000000	0.000000
X3 (2, 6)	0.000000	0.000000
X3 (2, 7)	0.000000	0.000000
X3 (2, 8)	0.000000	0.000000
X3 (3, 1)	6193.326	0.000000
X3 (3, 2)	0.000000	0.000000
X3 (3, 3)	0.000000	0.000000
X3 (3, 4)	0.000000	0.000000
X3 (3, 5)	0.000000	0.000000
X3 (3, 6)	0.000000	0.000000
X3 (3, 7)	0.000000	0.000000
X3 (3, 8)	0.000000	0.000000
X3 (4, 1)	0.000000	0.000000
X3 (4, 2)	0.000000	0.000000
X3 (4, 3)	0.000000	0.000000
X3 (4, 4)	0.000000	0.000000
X3 (4, 5)	0.000000	0.000000
X3 (4, 6)	0.000000	0.000000
X3 (4, 7)	0.000000	0.000000
X3 (4, 8)	0.000000	0.000000
X3 (5, 1)	0.000000	0.000000
X3 (5, 2)	0.000000	0.000000
X3 (5, 3)	0.000000	0.000000
X3 (5, 4)	0.000000	0.000000
X3 (5, 5)	0.000000	0.000000
X3 (5, 6)	0.000000	0.000000
X3 (5, 7)	0.000000	0.000000
X3 (5, 8)	0.000000	0.000000
X3 (6, 1)	0.000000	0.000000
X3 (6, 2)	0.000000	0.000000
X3 (6, 3)	0.000000	0.000000
X3 (6, 4)	0.000000	0.000000
X3 (6, 5)	0.000000	0.000000
X3 (6, 6)	0.000000	0.000000
X3 (6, 7)	0.000000	0.000000
X3 (6, 8)	0.000000	0.000000
B3 (1, 1)	294.0000	0.000000
B3 (1, 2)	630.0000	0.000000
B3 (1, 3)	805.0000	0.000000
B3 (1, 4)	873.0000	0.000000
B3 (1, 5)	874.0000	0.000000
B3 (1, 6)	934.0000	0.000000
B3 (1, 7)	1114.000	0.000000
B3 (1, 8)	1225.000	0.000000
B3 (2, 1)	294.0000	0.000000
B3 (2, 2)	630.0000	0.000000
B3 (2, 3)	805.0000	0.000000
B3 (2, 4)	873.0000	0.000000

B3(2, 5)	874.0000	0.000000
B3(2, 6)	934.0000	0.000000
B3(2, 7)	1114.000	0.000000
B3(2, 8)	1225.000	0.000000
B3(3, 1)	294.0000	0.000000
B3(3, 2)	630.0000	0.000000
B3(3, 3)	805.0000	0.000000
B3(3, 4)	873.0000	0.000000
B3(3, 5)	874.0000	0.000000
B3(3, 6)	934.0000	0.000000
B3(3, 7)	1114.000	0.000000
B3(3, 8)	1225.000	0.000000
B3(4, 1)	294.0000	0.000000
B3(4, 2)	630.0000	0.000000
B3(4, 3)	805.0000	0.000000
B3(4, 4)	873.0000	0.000000
B3(4, 5)	874.0000	0.000000
B3(4, 6)	934.0000	0.000000
B3(4, 7)	1114.000	0.000000
B3(4, 8)	1225.000	0.000000
B3(5, 1)	294.0000	0.000000
B3(5, 2)	630.0000	0.000000
B3(5, 3)	805.0000	0.000000
B3(5, 4)	873.0000	0.000000
B3(5, 5)	874.0000	0.000000
B3(5, 6)	934.0000	0.000000
B3(5, 7)	1114.000	0.000000
B3(5, 8)	1225.000	0.000000
B3(6, 1)	294.0000	0.000000
B3(6, 2)	630.0000	0.000000
B3(6, 3)	805.0000	0.000000
B3(6, 4)	873.0000	0.000000
B3(6, 5)	874.0000	0.000000
B3(6, 6)	934.0000	0.000000
B3(6, 7)	1114.000	0.000000
B3(6, 8)	1225.000	0.000000
X4(1, 1)	0.000000	0.000000
X4(1, 2)	0.000000	0.000000
X4(1, 3)	0.000000	0.000000
X4(2, 1)	0.000000	0.000000
X4(2, 2)	0.000000	0.000000
X4(2, 3)	0.000000	0.000000
X4(3, 1)	1400.982	0.000000
X4(3, 2)	0.000000	0.000000
X4(3, 3)	0.000000	0.000000
X4(4, 1)	0.000000	0.000000
X4(4, 2)	0.000000	0.000000
X4(4, 3)	0.000000	0.000000
X4(5, 1)	0.000000	0.000000
X4(5, 2)	0.000000	0.000000
X4(5, 3)	0.000000	0.000000
X4(6, 1)	0.000000	0.000000
X4(6, 2)	0.000000	0.000000
X4(6, 3)	0.000000	0.000000
B4(1, 1)	786.0000	0.000000
B4(1, 2)	805.0000	0.000000
B4(1, 3)	873.0000	0.000000
B4(2, 1)	786.0000	0.000000
B4(2, 2)	805.0000	0.000000
B4(2, 3)	873.0000	0.000000
B4(3, 1)	786.0000	0.000000
B4(3, 2)	805.0000	0.000000
B4(3, 3)	873.0000	0.000000
B4(4, 1)	786.0000	0.000000
B4(4, 2)	805.0000	0.000000

B4 (4, 3)	873.0000	0.000000
B4 (5, 1)	786.0000	0.000000
B4 (5, 2)	805.0000	0.000000
B4 (5, 3)	873.0000	0.000000
B4 (6, 1)	786.0000	0.000000
B4 (6, 2)	805.0000	0.000000
B4 (6, 3)	873.0000	0.000000
X5 (1, 1)	0.000000	0.000000
X5 (2, 1)	0.000000	0.000000
X5 (3, 1)	1614.597	0.000000
X5 (4, 1)	0.000000	0.000000
X5 (5, 1)	0.000000	0.000000
X5 (6, 1)	0.000000	0.000000
B5 (1, 1)	873.0000	0.000000
B5 (2, 1)	873.0000	0.000000
B5 (3, 1)	873.0000	0.000000
B5 (4, 1)	873.0000	0.000000
B5 (5, 1)	873.0000	0.000000
B5 (6, 1)	873.0000	0.000000
X6 (1, 1)	0.000000	0.000000
X6 (2, 1)	0.000000	0.000000
X6 (3, 1)	0.3728000	0.000000
X6 (4, 1)	0.000000	0.000000
X6 (5, 1)	0.000000	0.000000
X6 (6, 1)	0.000000	0.000000
B6 (1, 1)	10.00000	0.000000
B6 (2, 1)	10.00000	0.000000
B6 (3, 1)	10.00000	0.000000
B6 (4, 1)	10.00000	0.000000
B6 (5, 1)	10.00000	0.000000
B6 (6, 1)	10.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	333.4550	-1.000000
2	0.000000	0.1629133
3	0.000000	0.1629710
4	0.000000	0.1627690
5	0.000000	0.1628556
6	0.000000	0.1627690
7	0.000000	0.1626825
8	0.000000	0.1630287
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	-0.2122306
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-0.5702700E-01
16	0.000000	-0.5702700E-01
17	0.000000	-0.5702700E-01
18	0.000000	-0.5702700E-01
19	0.000000	-0.5702700E-01
20	0.000000	-0.5702700E-01
21	0.000000	0.5702700E-01
22	0.000000	0.5702700E-01
23	0.000000	0.5702700E-01
24	0.000000	0.5702700E-01
25	0.000000	0.5702700E-01
26	0.000000	0.5702700E-01
27	0.000000	0.000000
28	0.000000	-0.3997000E-03
29	0.000000	-0.9992500E-02
30	0.000000	-0.3397450E-01
31	0.000000	-0.4590840E-01
32	0.000000	-0.4693620E-01

33	0.000000	-0.3530656
34	0.000000	-0.3530656
35	0.000000	-0.3530656
36	0.000000	-0.3530656
37	0.000000	-0.3530656
38	0.000000	-0.3530656
39	0.000000	0.3530656
40	0.000000	0.3530656
41	0.000000	0.3530656
42	0.000000	0.3530656
43	0.000000	0.3530656
44	0.000000	0.3530656
45	0.000000	0.000000
46	0.000000	-0.1935360E-01
47	0.000000	-0.2943360E-01
48	0.000000	-0.3335040E-01
49	0.000000	-0.3340800E-01
50	0.000000	-0.3686400E-01
51	0.000000	-0.4723200E-01
52	0.000000	-0.5362560E-01
53	0.000000	-0.1464780E-01
54	0.000000	-0.1464780E-01
55	0.000000	-0.1464780E-01
56	0.000000	-0.1464780E-01
57	0.000000	-0.1464780E-01
58	0.000000	-0.1464780E-01
59	0.000000	0.1464780E-01
60	0.000000	0.1464780E-01
61	0.000000	0.1464780E-01
62	0.000000	0.1464780E-01
63	0.000000	0.1464780E-01
64	0.000000	0.1464780E-01
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	-0.1096300E-02
67	0.000000	-0.5019900E-02
68	0.000000	-0.7501517
69	0.000000	-0.7501517
70	0.000000	-0.7501517
71	0.000000	-0.7501517
72	0.000000	-0.7501517
73	0.000000	-0.7501517
74	0.000000	0.7501517
75	0.000000	0.7501517
76	0.000000	0.7501517
77	0.000000	0.7501517
78	0.000000	0.7501517
79	0.000000	0.7501517
80	0.000000	0.5770000E-03
81	0.000000	0.5770000E-03
82	0.000000	0.5770000E-03
83	0.000000	0.5770000E-03
84	0.000000	0.5770000E-03
85	0.000000	0.5770000E-03
86	0.000000	-0.5770000E-03
87	0.000000	-0.5770000E-03
88	0.000000	-0.5770000E-03
89	0.000000	-0.5770000E-03
90	0.000000	-0.5770000E-03
91	0.000000	-0.5770000E-03
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	8639.000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000

98	0.000000	0.2122306
99	0.000000	0.2122306
100	1360.000	0.000000
101	0.000000	0.2122306
102	0.000000	0.2122306
103	0.000000	0.2122306
104	8427.366	0.000000
105	0.000000	0.000000
106	0.000000	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	5572.634	0.000000
111	0.000000	0.000000
112	0.000000	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	6093.326	0.000000
117	0.000000	0.000000
118	0.000000	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	1806.674	0.000000
125	0.000000	0.000000
126	0.000000	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	1300.982	0.000000
133	0.000000	0.000000
134	0.000000	0.000000
135	599.0176	0.000000
136	0.000000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	5.000000	0.000000
139	8.000000	0.000000
140	4.000000	0.000000
141	2.000000	0.000000

Senaryo4: Ortaya çıkan atığın %12'sinin geri dönüştürülmesi durumu:

Global optimal solution found.
 Objective value: 1672.405
 Objective bound: 1672.405
 Infeasibilities: 0.1246935E-06
 Extended solver steps: 0
 Total solver iterations: 254

Variable	Value	Reduced Cost
C1	0.5770000E-04	0.000000
C2	0.5710000E-04	0.000000
C3	0.5760000E-04	0.000000
C4	0.5770000E-04	0.000000
C5	0.5710000E-04	0.000000
G1	0.5057600	0.000000
G2	0.3322600	0.000000
G3	0.7516000E-01	0.000000
G4	0.8662000E-01	0.000000
G5	0.2000000E-04	0.000000
E1	0.9300000E-01	0.000000
E2	0.3700000	0.000000
E3	0.6000000E-01	0.000000
E4	0.8000000	0.000000
SAL5	200.0000	0.000000
SYU5	8200.000	0.000000
A(1)	2423.000	0.000000
A(2)	6039.000	0.000000
A(3)	7232.000	0.000000
A(4)	1827.000	0.000000
A(5)	3616.000	0.000000
A(6)	10104.00	0.000000
A(7)	6039.000	0.000000
W(1)	0.2500000E-01	0.000000
W(2)	0.2500000E-01	0.000000
W(3)	0.2500000E-01	0.000000
W(4)	0.2500000E-01	0.000000
W(5)	0.2500000E-01	0.000000
W(6)	0.2500000E-01	0.000000
W(7)	0.2500000E-01	0.000000
Y1(1)	0.000000	0.000000
Y1(2)	0.000000	0.000000
Y1(3)	0.000000	0.000000
Y1(4)	37280.00	0.000000
Y1(5)	0.000000	0.000000
Y1(6)	0.000000	0.000000
Y2(1)	0.000000	0.000000
Y2(2)	0.000000	0.000000
Y2(3)	0.000000	0.000000
Y2(4)	18854.73	0.000000
Y2(5)	0.000000	0.000000
Y2(6)	0.000000	0.000000
Y3(1)	0.000000	0.000000
Y3(2)	0.000000	0.000000
Y3(3)	0.000000	0.000000
Y3(4)	12386.65	0.000000
Y3(5)	0.000000	0.000000
Y3(6)	0.000000	0.000000
Y4(1)	0.000000	0.000000
Y4(2)	0.000000	0.000000
Y4(3)	0.000000	0.000000
Y4(4)	2801.965	0.000000
Y4(5)	0.000000	0.000000
Y4(6)	0.000000	0.000000
Y5(1)	0.000000	0.000000

Y5(2)	0.000000	0.000000
Y5(3)	0.000000	0.000000
Y5(4)	3229.194	0.000000
Y5(5)	0.000000	0.000000
Y5(6)	0.000000	0.000000
Y6(1)	0.000000	0.000000
Y6(2)	0.000000	0.000000
Y6(3)	0.000000	0.000000
Y6(4)	0.7456000	0.000000
Y6(5)	0.000000	0.000000
Y6(6)	0.000000	0.000000
D(1)	0.1500000E-01	0.000000
D(2)	0.1200000E-01	0.000000
D(3)	0.2400000E-01	0.000000
D(4)	0.4800000E-01	0.000000
D(5)	0.9600000E-01	0.000000
D(6)	0.1200000	0.000000
F(1)	171.5500	0.000000
F(2)	240.6200	0.000000
F(3)	481.2400	0.000000
F(4)	962.4800	0.000000
F(5)	1924.960	0.000000
F(6)	2406.200	0.000000
Z1(1)	0.000000	-12.64309
Z1(2)	0.000000	-338.1485
Z1(3)	0.000000	-676.2970
Z1(4)	1.000000	6737.360
Z1(5)	0.000000	-2705.188
Z1(6)	0.000000	-3381.485
SAL1(1)	1.000000	0.000000
SAL1(2)	6001.000	0.000000
SAL1(3)	10001.00	0.000000
SAL1(4)	20001.00	0.000000
SAL1(5)	40001.00	0.000000
SAL1(6)	80001.00	0.000000
SYU1(1)	6000.000	0.000000
SYU1(2)	10000.00	0.000000
SYU1(3)	20000.00	0.000000
SYU1(4)	40000.00	0.000000
SYU1(5)	80000.00	0.000000
SYU1(6)	100000.0	0.000000
Z2(1)	1.000000	-5.995500
Z2(2)	1.000000	0.000000
Z2(3)	1.000000	9.592800
Z2(4)	0.000000	0.000000
Z2(5)	0.000000	0.000000
Z2(6)	0.000000	0.000000
SAL2(1)	1000.000	0.000000
SAL2(2)	500.0000	0.000000
SAL2(3)	1000.000	0.000000
SAL2(4)	15000.00	0.000000
SAL2(5)	5000.000	0.000000
SAL2(6)	15000.00	0.000000
SYU2(1)	15000.00	0.000000
SYU2(2)	3000.000	0.000000
SYU2(3)	15000.00	0.000000
SYU2(4)	40000.00	0.000000
SYU2(5)	100000.0	0.000000
SYU2(6)	90000.00	0.000000
YK(1)	15000.00	0.000000
YK(2)	2854.733	0.000000
YK(3)	1000.000	0.000000
YK(4)	0.000000	0.3357480E-01
YK(5)	0.000000	0.4550870E-01
YK(6)	0.000000	0.4653650E-01

Z3(1)	1.000000	-235.4688
Z3(2)	1.000000	-30.24000
Z3(3)	1.000000	0.000000
Z3(4)	0.000000	0.000000
Z3(5)	0.000000	0.000000
Z3(6)	0.000000	0.000000
Z3(7)	0.000000	0.000000
Z3(8)	0.000000	0.000000
SAL3(1)	100.0000	0.000000
SAL3(2)	100.0000	0.000000
SAL3(3)	100.0000	0.000000
SAL3(4)	100.0000	0.000000
SAL3(5)	100.0000	0.000000
SAL3(6)	100.0000	0.000000
SAL3(7)	1000.000	0.000000
SAL3(8)	100.0000	0.000000
SYU3(1)	8000.000	0.000000
SYU3(2)	3000.000	0.000000
SYU3(3)	4000.000	0.000000
SYU3(4)	4000.000	0.000000
SYU3(5)	3000.000	0.000000
SYU3(6)	1000.000	0.000000
SYU3(7)	20000.00	0.000000
SYU3(8)	3000.000	0.000000
YP(1)	8000.000	0.000000
YP(2)	3000.000	0.000000
YP(3)	1386.653	0.000000
YP(4)	0.000000	0.3916800E-02
YP(5)	0.000000	0.3974400E-02
YP(6)	0.000000	0.7430400E-02
YP(7)	0.000000	0.1779840E-01
YP(8)	0.000000	0.2419200E-01
Z4(1)	1.000000	0.000000
Z4(2)	1.000000	1.096300
Z4(3)	0.000000	0.000000
SAL4(1)	100.0000	0.000000
SAL4(2)	1000.000	0.000000
SAL4(3)	100.0000	0.000000
SYU4(1)	2000.000	0.000000
SYU4(2)	3500.000	0.000000
SYU4(3)	2500.000	0.000000
YL(1)	1801.965	0.000000
YL(2)	1000.000	0.000000
YL(3)	0.000000	0.5019900E-02
X1(1, 1)	0.000000	0.1695085
X1(1, 2)	0.000000	0.1663065
X1(1, 3)	0.000000	0.1783642
X1(1, 4)	2423.000	0.000000
X1(1, 5)	0.000000	0.2505950
X1(1, 6)	0.000000	0.2745085
X1(2, 1)	0.000000	0.1693065
X1(2, 2)	0.000000	0.1663931
X1(2, 3)	0.000000	0.1781911
X1(2, 4)	6039.000	0.000000
X1(2, 5)	0.000000	0.2501334
X1(2, 6)	0.000000	0.2744796
X1(3, 1)	0.000000	0.1694508
X1(3, 2)	0.000000	0.1663642
X1(3, 3)	0.000000	0.1784508
X1(3, 4)	7232.000	0.000000
X1(3, 5)	0.000000	0.2503065
X1(3, 6)	0.000000	0.2741911
X1(4, 1)	0.000000	0.1693354
X1(4, 2)	0.000000	0.1662488
X1(4, 3)	0.000000	0.1781623

X1 (4, 4)	1827.000	0.000000
X1 (4, 5)	0.000000	0.2500469
X1 (4, 6)	0.000000	0.2741046
X1 (5, 1)	0.000000	0.1690757
X1 (5, 2)	0.000000	0.1664219
X1 (5, 3)	0.000000	0.1783354
X1 (5, 4)	3616.000	0.000000
X1 (5, 5)	0.000000	0.2503354
X1 (5, 6)	0.000000	0.2741334
X1 (6, 1)	0.000000	0.1691046
X1 (6, 2)	0.000000	0.1659892
X1 (6, 3)	0.000000	0.1783354
X1 (6, 4)	10104.00	0.000000
X1 (6, 5)	0.000000	0.2501623
X1 (6, 6)	0.000000	0.2742488
X1 (7, 1)	0.000000	0.1689603
X1 (7, 2)	0.000000	0.1660180
X1 (7, 3)	0.000000	0.1779026
X1 (7, 4)	6039.000	0.000000
X1 (7, 5)	0.000000	0.2501623
X1 (7, 6)	0.000000	0.2740757
B1 (1, 1)	8.000000	0.000000
B1 (1, 2)	4.500000	0.000000
B1 (1, 3)	5.500000	0.000000
B1 (1, 4)	3.500000	0.000000
B1 (1, 5)	9.500000	0.000000
B1 (1, 6)	8.000000	0.000000
B1 (2, 1)	6.500000	0.000000
B1 (2, 2)	8.000000	0.000000
B1 (2, 3)	4.500000	0.000000
B1 (2, 4)	5.500000	0.000000
B1 (2, 5)	3.500000	0.000000
B1 (2, 6)	9.500000	0.000000
B1 (3, 1)	8.000000	0.000000
B1 (3, 2)	6.500000	0.000000
B1 (3, 3)	8.000000	0.000000
B1 (3, 4)	4.500000	0.000000
B1 (3, 5)	5.500000	0.000000
B1 (3, 6)	3.500000	0.000000
B1 (4, 1)	9.500000	0.000000
B1 (4, 2)	8.000000	0.000000
B1 (4, 3)	6.500000	0.000000
B1 (4, 4)	8.000000	0.000000
B1 (4, 5)	4.500000	0.000000
B1 (4, 6)	5.500000	0.000000
B1 (5, 1)	3.500000	0.000000
B1 (5, 2)	9.500000	0.000000
B1 (5, 3)	8.000000	0.000000
B1 (5, 4)	6.500000	0.000000
B1 (5, 5)	8.000000	0.000000
B1 (5, 6)	4.500000	0.000000
B1 (6, 1)	5.500000	0.000000
B1 (6, 2)	3.500000	0.000000
B1 (6, 3)	9.500000	0.000000
B1 (6, 4)	8.000000	0.000000
B1 (6, 5)	6.500000	0.000000
B1 (6, 6)	8.000000	0.000000
B1 (7, 1)	4.500000	0.000000
B1 (7, 2)	5.500000	0.000000
B1 (7, 3)	3.500000	0.000000
B1 (7, 4)	9.500000	0.000000
B1 (7, 5)	8.000000	0.000000
B1 (7, 6)	6.500000	0.000000
X2 (1, 1)	0.000000	0.000000
X2 (1, 2)	0.000000	0.000000

X2(1, 3)	0.000000	0.000000
X2(1, 4)	0.000000	0.000000
X2(1, 5)	0.000000	0.000000
X2(1, 6)	0.000000	0.000000
X2(2, 1)	0.000000	0.000000
X2(2, 2)	0.000000	0.000000
X2(2, 3)	0.000000	0.000000
X2(2, 4)	0.000000	0.000000
X2(2, 5)	0.000000	0.000000
X2(2, 6)	0.000000	0.000000
X2(3, 1)	0.000000	0.000000
X2(3, 2)	0.000000	0.000000
X2(3, 3)	0.000000	0.000000
X2(3, 4)	0.000000	0.000000
X2(3, 5)	0.000000	0.000000
X2(3, 6)	0.000000	0.000000
X2(4, 1)	15000.00	0.000000
X2(4, 2)	2854.733	0.000000
X2(4, 3)	1000.000	0.000000
X2(4, 4)	0.000000	0.000000
X2(4, 5)	0.000000	0.000000
X2(4, 6)	0.000000	0.000000
X2(5, 1)	0.000000	0.000000
X2(5, 2)	0.000000	0.000000
X2(5, 3)	0.000000	0.000000
X2(5, 4)	0.000000	0.000000
X2(5, 5)	0.000000	0.000000
X2(5, 6)	0.000000	0.000000
X2(6, 1)	0.000000	0.000000
X2(6, 2)	0.000000	0.000000
X2(6, 3)	0.000000	0.000000
X2(6, 4)	0.000000	0.000000
X2(6, 5)	0.000000	0.000000
X2(6, 6)	0.000000	0.000000
B2(1, 1)	630.0000	0.000000
B2(1, 2)	637.0000	0.000000
B2(1, 3)	805.0000	0.000000
B2(1, 4)	1225.000	0.000000
B2(1, 5)	1434.000	0.000000
B2(1, 6)	1452.000	0.000000
B2(2, 1)	630.0000	0.000000
B2(2, 2)	637.0000	0.000000
B2(2, 3)	805.0000	0.000000
B2(2, 4)	1225.000	0.000000
B2(2, 5)	1434.000	0.000000
B2(2, 6)	1452.000	0.000000
B2(3, 1)	630.0000	0.000000
B2(3, 2)	637.0000	0.000000
B2(3, 3)	805.0000	0.000000
B2(3, 4)	1225.000	0.000000
B2(3, 5)	1434.000	0.000000
B2(3, 6)	1452.000	0.000000
B2(4, 1)	630.0000	0.000000
B2(4, 2)	637.0000	0.000000
B2(4, 3)	805.0000	0.000000
B2(4, 4)	1225.000	0.000000
B2(4, 5)	1434.000	0.000000
B2(4, 6)	1452.000	0.000000
B2(5, 1)	630.0000	0.000000
B2(5, 2)	637.0000	0.000000
B2(5, 3)	805.0000	0.000000
B2(5, 4)	1225.000	0.000000
B2(5, 5)	1434.000	0.000000
B2(5, 6)	1452.000	0.000000
B2(6, 1)	630.0000	0.000000

B2(6, 2)	637.0000	0.000000
B2(6, 3)	805.0000	0.000000
B2(6, 4)	1225.000	0.000000
B2(6, 5)	1434.000	0.000000
B2(6, 6)	1452.000	0.000000
X3(1, 1)	0.000000	0.000000
X3(1, 2)	0.000000	0.000000
X3(1, 3)	0.000000	0.000000
X3(1, 4)	0.000000	0.000000
X3(1, 5)	0.000000	0.000000
X3(1, 6)	0.000000	0.000000
X3(1, 7)	0.000000	0.000000
X3(1, 8)	0.000000	0.000000
X3(2, 1)	0.000000	0.000000
X3(2, 2)	0.000000	0.000000
X3(2, 3)	0.000000	0.000000
X3(2, 4)	0.000000	0.000000
X3(2, 5)	0.000000	0.000000
X3(2, 6)	0.000000	0.000000
X3(2, 7)	0.000000	0.000000
X3(2, 8)	0.000000	0.000000
X3(3, 1)	0.000000	0.000000
X3(3, 2)	0.000000	0.000000
X3(3, 3)	0.000000	0.000000
X3(3, 4)	0.000000	0.000000
X3(3, 5)	0.000000	0.000000
X3(3, 6)	0.000000	0.000000
X3(3, 7)	0.000000	0.000000
X3(3, 8)	0.000000	0.000000
X3(4, 1)	8000.000	0.000000
X3(4, 2)	3000.000	0.000000
X3(4, 3)	1386.653	0.000000
X3(4, 4)	0.000000	0.000000
X3(4, 5)	0.000000	0.000000
X3(4, 6)	0.000000	0.000000
X3(4, 7)	0.000000	0.000000
X3(4, 8)	0.000000	0.000000
X3(5, 1)	0.000000	0.000000
X3(5, 2)	0.000000	0.000000
X3(5, 3)	0.000000	0.000000
X3(5, 4)	0.000000	0.000000
X3(5, 5)	0.000000	0.000000
X3(5, 6)	0.000000	0.000000
X3(5, 7)	0.000000	0.000000
X3(5, 8)	0.000000	0.000000
X3(6, 1)	0.000000	0.000000
X3(6, 2)	0.000000	0.000000
X3(6, 3)	0.000000	0.000000
X3(6, 4)	0.000000	0.000000
X3(6, 5)	0.000000	0.000000
X3(6, 6)	0.000000	0.000000
X3(6, 7)	0.000000	0.000000
X3(6, 8)	0.000000	0.000000
B3(1, 1)	294.0000	0.000000
B3(1, 2)	630.0000	0.000000
B3(1, 3)	805.0000	0.000000
B3(1, 4)	873.0000	0.000000
B3(1, 5)	874.0000	0.000000
B3(1, 6)	934.0000	0.000000
B3(1, 7)	1114.000	0.000000
B3(1, 8)	1225.000	0.000000
B3(2, 1)	294.0000	0.000000
B3(2, 2)	630.0000	0.000000
B3(2, 3)	805.0000	0.000000
B3(2, 4)	873.0000	0.000000

B3(2, 5)	874.0000	0.000000
B3(2, 6)	934.0000	0.000000
B3(2, 7)	1114.000	0.000000
B3(2, 8)	1225.000	0.000000
B3(3, 1)	294.0000	0.000000
B3(3, 2)	630.0000	0.000000
B3(3, 3)	805.0000	0.000000
B3(3, 4)	873.0000	0.000000
B3(3, 5)	874.0000	0.000000
B3(3, 6)	934.0000	0.000000
B3(3, 7)	1114.000	0.000000
B3(3, 8)	1225.000	0.000000
B3(4, 1)	294.0000	0.000000
B3(4, 2)	630.0000	0.000000
B3(4, 3)	805.0000	0.000000
B3(4, 4)	873.0000	0.000000
B3(4, 5)	874.0000	0.000000
B3(4, 6)	934.0000	0.000000
B3(4, 7)	1114.000	0.000000
B3(4, 8)	1225.000	0.000000
B3(5, 1)	294.0000	0.000000
B3(5, 2)	630.0000	0.000000
B3(5, 3)	805.0000	0.000000
B3(5, 4)	873.0000	0.000000
B3(5, 5)	874.0000	0.000000
B3(5, 6)	934.0000	0.000000
B3(5, 7)	1114.000	0.000000
B3(5, 8)	1225.000	0.000000
B3(6, 1)	294.0000	0.000000
B3(6, 2)	630.0000	0.000000
B3(6, 3)	805.0000	0.000000
B3(6, 4)	873.0000	0.000000
B3(6, 5)	874.0000	0.000000
B3(6, 6)	934.0000	0.000000
B3(6, 7)	1114.000	0.000000
B3(6, 8)	1225.000	0.000000
X4(1, 1)	0.000000	0.000000
X4(1, 2)	0.000000	0.000000
X4(1, 3)	0.000000	0.000000
X4(2, 1)	0.000000	0.000000
X4(2, 2)	0.000000	0.000000
X4(2, 3)	0.000000	0.000000
X4(3, 1)	0.000000	0.000000
X4(3, 2)	0.000000	0.000000
X4(3, 3)	0.000000	0.000000
X4(4, 1)	1801.965	0.000000
X4(4, 2)	1000.000	0.000000
X4(4, 3)	0.000000	0.000000
X4(5, 1)	0.000000	0.000000
X4(5, 2)	0.000000	0.000000
X4(5, 3)	0.000000	0.000000
X4(6, 1)	0.000000	0.000000
X4(6, 2)	0.000000	0.000000
X4(6, 3)	0.000000	0.000000
B4(1, 1)	786.0000	0.000000
B4(1, 2)	805.0000	0.000000
B4(1, 3)	873.0000	0.000000
B4(2, 1)	786.0000	0.000000
B4(2, 2)	805.0000	0.000000
B4(2, 3)	873.0000	0.000000
B4(3, 1)	786.0000	0.000000
B4(3, 2)	805.0000	0.000000
B4(3, 3)	873.0000	0.000000
B4(4, 1)	786.0000	0.000000
B4(4, 2)	805.0000	0.000000

B4 (4, 3)	873.0000	0.000000
B4 (5, 1)	786.0000	0.000000
B4 (5, 2)	805.0000	0.000000
B4 (5, 3)	873.0000	0.000000
B4 (6, 1)	786.0000	0.000000
B4 (6, 2)	805.0000	0.000000
B4 (6, 3)	873.0000	0.000000
X5 (1, 1)	0.000000	0.000000
X5 (2, 1)	0.000000	0.000000
X5 (3, 1)	0.000000	0.000000
X5 (4, 1)	3229.194	0.000000
X5 (5, 1)	0.000000	0.000000
X5 (6, 1)	0.000000	0.000000
B5 (1, 1)	873.0000	0.000000
B5 (2, 1)	873.0000	0.000000
B5 (3, 1)	873.0000	0.000000
B5 (4, 1)	873.0000	0.000000
B5 (5, 1)	873.0000	0.000000
B5 (6, 1)	873.0000	0.000000
X6 (1, 1)	0.000000	0.000000
X6 (2, 1)	0.000000	0.000000
X6 (3, 1)	0.000000	0.000000
X6 (4, 1)	0.7456000	0.000000
X6 (5, 1)	0.000000	0.000000
X6 (6, 1)	0.000000	0.000000
B6 (1, 1)	10.00000	0.000000
B6 (2, 1)	10.00000	0.000000
B6 (3, 1)	10.00000	0.000000
B6 (4, 1)	10.00000	0.000000
B6 (5, 1)	10.00000	0.000000
B6 (6, 1)	10.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	1672.405	-1.000000
2	0.000000	0.1290469
3	0.000000	0.1289315
4	0.000000	0.1289892
5	0.000000	0.1287872
6	0.000000	0.1288738
7	0.000000	0.1287872
8	0.000000	0.1287007
9	0.000000	0.000000
10	0.000000	0.000000
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	-0.2022488
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-0.5662730E-01
16	0.000000	-0.5662730E-01
17	0.000000	-0.5662730E-01
18	0.000000	-0.5662730E-01
19	0.000000	-0.5662730E-01
20	0.000000	-0.5662730E-01
21	0.000000	0.5662730E-01
22	0.000000	0.5662730E-01
23	0.000000	0.5662730E-01
24	0.000000	0.5662730E-01
25	0.000000	0.5662730E-01
26	0.000000	0.5662730E-01
27	0.000000	0.3997000E-03
28	0.000000	0.000000
29	0.000000	-0.9592800E-02
30	0.000000	-0.3357480E-01
31	0.000000	-0.4550870E-01
32	0.000000	-0.4653650E-01

33	0.000000	-0.3236320
34	0.000000	-0.3236320
35	0.000000	-0.3236320
36	0.000000	-0.3236320
37	0.000000	-0.3236320
38	0.000000	-0.3236320
39	0.000000	0.3236320
40	0.000000	0.3236320
41	0.000000	0.3236320
42	0.000000	0.3236320
43	0.000000	0.3236320
44	0.000000	0.3236320
45	0.000000	0.2943360E-01
46	0.000000	0.1008000E-01
47	0.000000	0.000000
48	0.000000	-0.3916800E-02
49	0.000000	-0.3974400E-02
50	0.000000	-0.7430400E-02
51	0.000000	-0.1779840E-01
52	0.000000	-0.2419200E-01
53	0.000000	-0.1464780E-01
54	0.000000	-0.1464780E-01
55	0.000000	-0.1464780E-01
56	0.000000	-0.1464780E-01
57	0.000000	-0.1464780E-01
58	0.000000	-0.1464780E-01
59	0.000000	0.1464780E-01
60	0.000000	0.1464780E-01
61	0.000000	0.1464780E-01
62	0.000000	0.1464780E-01
63	0.000000	0.1464780E-01
64	0.000000	0.1464780E-01
65	0.000000	0.000000
66	0.000000	-0.1096300E-02
67	0.000000	-0.5019900E-02
68	0.000000	-0.7501517
69	0.000000	-0.7501517
70	0.000000	-0.7501517
71	0.000000	-0.7501517
72	0.000000	-0.7501517
73	0.000000	-0.7501517
74	0.000000	0.7501517
75	0.000000	0.7501517
76	0.000000	0.7501517
77	0.000000	0.7501517
78	0.000000	0.7501517
79	0.000000	0.7501517
80	0.000000	0.5770000E-03
81	0.000000	0.5770000E-03
82	0.000000	0.5770000E-03
83	0.000000	0.5770000E-03
84	0.000000	0.5770000E-03
85	0.000000	0.5770000E-03
86	0.000000	-0.5770000E-03
87	0.000000	-0.5770000E-03
88	0.000000	-0.5770000E-03
89	0.000000	-0.5770000E-03
90	0.000000	-0.5770000E-03
91	0.000000	-0.5770000E-03
92	0.000000	0.000000
93	0.000000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	17279.00	0.000000
96	0.000000	0.000000
97	0.000000	0.000000

98	0.000000	0.2022488
99	0.000000	0.2022488
100	0.000000	0.2022488
101	2720.000	0.000000
102	0.000000	0.2022488
103	0.000000	0.2022488
104	14000.00	0.000000
105	2354.733	0.000000
106	0.000000	-0.9592800E-02
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.3997000E-03
111	145.2672	0.000000
112	14000.00	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	7900.000	0.000000
117	2900.000	0.000000
118	1286.653	0.000000
119	0.000000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	0.000000	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.2943360E-01
125	0.000000	0.1008000E-01
126	2613.347	0.000000
127	0.000000	0.000000
128	0.000000	0.000000
129	0.000000	0.000000
130	0.000000	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	1701.965	0.000000
133	-0.1246935E-06	-0.1096300E-02
134	0.000000	0.000000
135	198.0352	0.000000
136	2500.000	0.000000
137	0.000000	0.000000
138	5.000000	0.000000
139	6.000000	0.000000
140	2.000000	0.000000
141	1.000000	0.000000

Senaryo5: Ortaya çıkan atığın %24'ünün geri dönüştürülmesi durumu:

Global optimal solution found.
 Objective value: 2556.815
 Objective bound: 2556.815
 Infeasibilities: 0.9094947E-12
 Extended solver steps: 2
 Total solver iterations: 381

Variable	Value	Reduced Cost
C1	0.5770000E-04	0.000000
C2	0.5710000E-04	0.000000
C3	0.5760000E-04	0.000000
C4	0.5770000E-04	0.000000
C5	0.5710000E-04	0.000000
G1	0.5057600	0.000000
G2	0.3322600	0.000000
G3	0.7516000E-01	0.000000
G4	0.8662000E-01	0.000000
G5	0.2000000E-04	0.000000
E1	0.9300000E-01	0.000000
E2	0.3700000	0.000000
E3	0.6000000E-01	0.000000
E4	0.8000000	0.000000
SAL5	200.0000	0.000000
SYU5	8200.000	0.000000
A(1)	4846.000	0.000000
A(2)	12079.00	0.000000
A(3)	14464.00	0.000000
A(4)	3653.000	0.000000
A(5)	7233.000	0.000000
A(6)	20205.00	0.000000
A(7)	12079.00	0.000000
W(1)	0.2500000E-01	0.000000
W(2)	0.2500000E-01	0.000000
W(3)	0.2500000E-01	0.000000
W(4)	0.2500000E-01	0.000000
W(5)	0.2500000E-01	0.000000
W(6)	0.2500000E-01	0.000000
W(7)	0.2500000E-01	0.000000
Y1(1)	6000.000	0.000000
Y1(2)	10000.00	0.000000
Y1(3)	20000.00	0.000000
Y1(4)	38559.00	0.000000
Y1(5)	0.000000	0.000000
Y1(6)	0.000000	0.000000
Y2(1)	3034.560	0.000000
Y2(2)	5057.600	0.000000
Y2(3)	10115.20	0.000000
Y2(4)	19501.60	0.000000
Y2(5)	0.000000	0.000000
Y2(6)	0.000000	0.000000
Y3(1)	1993.560	0.000000
Y3(2)	3322.600	0.000000
Y3(3)	6645.200	0.000000
Y3(4)	12811.61	0.000000
Y3(5)	0.000000	0.000000
Y3(6)	0.000000	0.000000
Y4(1)	450.9600	0.000000
Y4(2)	751.6000	0.000000
Y4(3)	1503.200	0.000000
Y4(4)	2898.094	0.000000
Y4(5)	0.000000	0.000000
Y4(6)	0.000000	0.000000
Y5(1)	519.7200	0.000000

Y5(2)	866.2000	0.000000
Y5(3)	1732.400	0.000000
Y5(4)	3339.981	0.000000
Y5(5)	0.000000	0.000000
Y5(6)	0.000000	0.000000
Y6(1)	0.1200000	0.000000
Y6(2)	0.2000000	0.000000
Y6(3)	0.4000000	0.000000
Y6(4)	0.7711800	0.000000
Y6(5)	0.000000	0.000000
Y6(6)	0.000000	0.000000
D(1)	0.1500000E-01	0.000000
D(2)	0.1200000E-01	0.000000
D(3)	0.2400000E-01	0.000000
D(4)	0.4800000E-01	0.000000
D(5)	0.9600000E-01	0.000000
D(6)	0.1200000	0.000000
F(1)	171.5500	0.000000
F(2)	240.6200	0.000000
F(3)	481.2400	0.000000
F(4)	962.4800	0.000000
F(5)	1924.960	0.000000
F(6)	2406.200	0.000000
Z1(1)	1.000000	1001.811
Z1(2)	1.000000	1321.743
Z1(3)	1.000000	2887.526
Z1(4)	1.000000	6737.360
Z1(5)	0.000000	-1813.776
Z1(6)	0.000000	-2267.220
SAL1(1)	1.000000	0.000000
SAL1(2)	6001.000	0.000000
SAL1(3)	10001.00	0.000000
SAL1(4)	20001.00	0.000000
SAL1(5)	40001.00	0.000000
SAL1(6)	80001.00	0.000000
SYU1(1)	6000.000	0.000000
SYU1(2)	10000.00	0.000000
SYU1(3)	20000.00	0.000000
SYU1(4)	40000.00	0.000000
SYU1(5)	80000.00	0.000000
SYU1(6)	100000.0	0.000000
Z2(1)	1.000000	-149.8875
Z2(2)	1.000000	-28.77840
Z2(3)	1.000000	0.000000
Z2(4)	0.000000	0.000000
Z2(5)	1.000000	179.5795
Z2(6)	0.000000	0.000000
SAL2(1)	1000.000	0.000000
SAL2(2)	500.0000	0.000000
SAL2(3)	1000.000	0.000000
SAL2(4)	15000.00	0.000000
SAL2(5)	5000.000	0.000000
SAL2(6)	15000.00	0.000000
SYU2(1)	15000.00	0.000000
SYU2(2)	3000.000	0.000000
SYU2(3)	15000.00	0.000000
SYU2(4)	40000.00	0.000000
SYU2(5)	100000.0	0.000000
SYU2(6)	90000.00	0.000000
YK(1)	15000.00	0.000000
YK(2)	3000.000	0.000000
YK(3)	14708.96	0.000000
YK(4)	0.000000	0.000000
YK(5)	5000.000	0.000000
YK(6)	0.000000	0.000000

Z3(1)	1.000000	-377.8560
Z3(2)	1.000000	-83.63520
Z3(3)	1.000000	-71.19360
Z3(4)	1.000000	-55.52640
Z3(5)	0.000000	-41.47200
Z3(6)	0.000000	-10.36800
Z3(7)	1.000000	0.000000
Z3(8)	0.000000	0.000000
SAL3(1)	100.0000	0.000000
SAL3(2)	100.0000	0.000000
SAL3(3)	100.0000	0.000000
SAL3(4)	100.0000	0.000000
SAL3(5)	100.0000	0.000000
SAL3(6)	100.0000	0.000000
SAL3(7)	1000.000	0.000000
SAL3(8)	100.0000	0.000000
SYU3(1)	8000.000	0.000000
SYU3(2)	3000.000	0.000000
SYU3(3)	4000.000	0.000000
SYU3(4)	4000.000	0.000000
SYU3(5)	3000.000	0.000000
SYU3(6)	1000.000	0.000000
SYU3(7)	20000.00	0.000000
SYU3(8)	3000.000	0.000000
YP(1)	8000.000	0.000000
YP(2)	3000.000	0.000000
YP(3)	4000.000	0.000000
YP(4)	4000.000	0.000000
YP(5)	0.000000	0.000000
YP(6)	0.000000	0.000000
YP(7)	5772.973	0.000000
YP(8)	0.000000	0.000000
Z4(1)	1.000000	-10.03980
Z4(2)	1.000000	-13.73260
Z4(3)	1.000000	0.000000
SAL4(1)	100.0000	0.000000
SAL4(2)	1000.000	0.000000
SAL4(3)	100.0000	0.000000
SYU4(1)	2000.000	0.000000
SYU4(2)	3500.000	0.000000
SYU4(3)	2500.000	0.000000
YL(1)	2000.000	0.000000
YL(2)	3500.000	0.000000
YL(3)	103.8544	0.000000
X1(1, 1)	0.000000	0.4327500E-03
X1(1, 2)	0.000000	0.3173500E-03
X1(1, 3)	0.000000	0.1731000E-03
X1(1, 4)	4846.000	0.000000
X1(1, 5)	0.000000	0.2394524
X1(1, 6)	0.000000	0.2633659
X1(2, 1)	0.000000	0.2308000E-03
X1(2, 2)	0.000000	0.4039000E-03
X1(2, 3)	4268.000	0.000000
X1(2, 4)	7811.000	0.000000
X1(2, 5)	0.000000	0.2389908
X1(2, 6)	0.000000	0.2633370
X1(3, 1)	0.000000	0.3750500E-03
X1(3, 2)	0.000000	0.3750500E-03
X1(3, 3)	0.000000	0.2596500E-03
X1(3, 4)	14464.00	0.000000
X1(3, 5)	0.000000	0.2391639
X1(3, 6)	0.000000	0.2630485
X1(4, 1)	0.000000	0.2885000E-03
X1(4, 2)	0.000000	0.2885000E-03

X1(4, 3)	3653.000	0.000000
X1(4, 4)	0.000000	0.2885000E-04
X1(4, 5)	0.000000	0.2389331
X1(4, 6)	0.000000	0.2629908
X1(5, 1)	6000.000	0.000000
X1(5, 2)	0.000000	0.4327500E-03
X1(5, 3)	0.000000	0.1442500E-03
X1(5, 4)	1233.000	0.000000
X1(5, 5)	0.000000	0.2391928
X1(5, 6)	0.000000	0.2629908
X1(6, 1)	0.000000	0.2885000E-04
X1(6, 2)	10000.00	0.000000
X1(6, 3)	0.000000	0.1442500E-03
X1(6, 4)	10205.00	0.000000
X1(6, 5)	0.000000	0.2390197
X1(6, 6)	0.000000	0.2631062
X1(7, 1)	0.000000	0.1731000E-03
X1(7, 2)	0.000000	0.3173500E-03
X1(7, 3)	12079.00	0.000000
X1(7, 4)	0.000000	0.2885000E-03
X1(7, 5)	0.000000	0.2393082
X1(7, 6)	0.000000	0.2632216
B1(1, 1)	8.000000	0.000000
B1(1, 2)	4.500000	0.000000
B1(1, 3)	5.500000	0.000000
B1(1, 4)	3.500000	0.000000
B1(1, 5)	9.500000	0.000000
B1(1, 6)	8.000000	0.000000
B1(2, 1)	6.500000	0.000000
B1(2, 2)	8.000000	0.000000
B1(2, 3)	4.500000	0.000000
B1(2, 4)	5.500000	0.000000
B1(2, 5)	3.500000	0.000000
B1(2, 6)	9.500000	0.000000
B1(3, 1)	8.000000	0.000000
B1(3, 2)	6.500000	0.000000
B1(3, 3)	8.000000	0.000000
B1(3, 4)	4.500000	0.000000
B1(3, 5)	5.500000	0.000000
B1(3, 6)	3.500000	0.000000
B1(4, 1)	9.500000	0.000000
B1(4, 2)	8.000000	0.000000
B1(4, 3)	6.500000	0.000000
B1(4, 4)	8.000000	0.000000
B1(4, 5)	4.500000	0.000000
B1(4, 6)	5.500000	0.000000
B1(5, 1)	3.500000	0.000000
B1(5, 2)	9.500000	0.000000
B1(5, 3)	8.000000	0.000000
B1(5, 4)	6.500000	0.000000
B1(5, 5)	8.000000	0.000000
B1(5, 6)	4.500000	0.000000
B1(6, 1)	5.500000	0.000000
B1(6, 2)	3.500000	0.000000
B1(6, 3)	9.500000	0.000000
B1(6, 4)	8.000000	0.000000
B1(6, 5)	6.500000	0.000000
B1(6, 6)	8.000000	0.000000
B1(7, 1)	4.500000	0.000000
B1(7, 2)	5.500000	0.000000
B1(7, 3)	3.500000	0.000000
B1(7, 4)	9.500000	0.000000
B1(7, 5)	8.000000	0.000000
B1(7, 6)	6.500000	0.000000
X2(1, 1)	0.000000	0.000000

X2(1, 2)	0.000000	0.000000
X2(1, 3)	3034.560	0.000000
X2(1, 4)	0.000000	0.2398200E-01
X2(1, 5)	0.000000	0.000000
X2(1, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(2, 1)	0.000000	0.000000
X2(2, 2)	0.000000	0.000000
X2(2, 3)	57.60000	0.000000
X2(2, 4)	0.000000	0.2398200E-01
X2(2, 5)	5000.000	0.000000
X2(2, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(3, 1)	0.000000	0.000000
X2(3, 2)	0.000000	0.000000
X2(3, 3)	10115.20	0.000000
X2(3, 4)	0.000000	0.2398200E-01
X2(3, 5)	0.000000	0.000000
X2(3, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(4, 1)	15000.00	0.000000
X2(4, 2)	3000.000	0.000000
X2(4, 3)	1501.600	0.000000
X2(4, 4)	0.000000	0.2398200E-01
X2(4, 5)	0.000000	0.000000
X2(4, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(5, 1)	0.000000	0.000000
X2(5, 2)	0.000000	0.000000
X2(5, 3)	0.000000	0.000000
X2(5, 4)	0.000000	0.2398200E-01
X2(5, 5)	0.000000	0.000000
X2(5, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(6, 1)	0.000000	0.000000
X2(6, 2)	0.000000	0.000000
X2(6, 3)	0.000000	0.000000
X2(6, 4)	0.000000	0.2398200E-01
X2(6, 5)	0.000000	0.000000
X2(6, 6)	0.000000	0.3694370E-01
B2(1, 1)	630.0000	0.000000
B2(1, 2)	637.0000	0.000000
B2(1, 3)	805.0000	0.000000
B2(1, 4)	1225.000	0.000000
B2(1, 5)	1434.000	0.000000
B2(1, 6)	1452.000	0.000000
B2(2, 1)	630.0000	0.000000
B2(2, 2)	637.0000	0.000000
B2(2, 3)	805.0000	0.000000
B2(2, 4)	1225.000	0.000000
B2(2, 5)	1434.000	0.000000
B2(2, 6)	1452.000	0.000000
B2(3, 1)	630.0000	0.000000
B2(3, 2)	637.0000	0.000000
B2(3, 3)	805.0000	0.000000
B2(3, 4)	1225.000	0.000000
B2(3, 5)	1434.000	0.000000
B2(3, 6)	1452.000	0.000000
B2(4, 1)	630.0000	0.000000
B2(4, 2)	637.0000	0.000000
B2(4, 3)	805.0000	0.000000
B2(4, 4)	1225.000	0.000000
B2(4, 5)	1434.000	0.000000
B2(4, 6)	1452.000	0.000000
B2(5, 1)	630.0000	0.000000
B2(5, 2)	637.0000	0.000000
B2(5, 3)	805.0000	0.000000
B2(5, 4)	1225.000	0.000000
B2(5, 5)	1434.000	0.000000
B2(5, 6)	1452.000	0.000000

B2(6, 1)	630.0000	0.000000
B2(6, 2)	637.0000	0.000000
B2(6, 3)	805.0000	0.000000
B2(6, 4)	1225.000	0.000000
B2(6, 5)	1434.000	0.000000
B2(6, 6)	1452.000	0.000000
X3(1, 1)	1993.560	0.000000
X3(1, 2)	0.000000	0.000000
X3(1, 3)	0.000000	0.000000
X3(1, 4)	0.000000	0.000000
X3(1, 5)	0.000000	0.000000
X3(1, 6)	0.000000	0.000000
X3(1, 7)	0.000000	0.000000
X3(1, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(2, 1)	3322.600	0.000000
X3(2, 2)	0.000000	0.000000
X3(2, 3)	0.000000	0.000000
X3(2, 4)	0.000000	0.000000
X3(2, 5)	0.000000	0.000000
X3(2, 6)	0.000000	0.000000
X3(2, 7)	0.000000	0.000000
X3(2, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(3, 1)	0.000000	0.000000
X3(3, 2)	0.000000	0.000000
X3(3, 3)	0.000000	0.000000
X3(3, 4)	872.2267	0.000000
X3(3, 5)	0.000000	0.000000
X3(3, 6)	0.000000	0.000000
X3(3, 7)	5772.973	0.000000
X3(3, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(4, 1)	2683.840	0.000000
X3(4, 2)	3000.000	0.000000
X3(4, 3)	4000.000	0.000000
X3(4, 4)	3127.773	0.000000
X3(4, 5)	0.000000	0.000000
X3(4, 6)	0.000000	0.000000
X3(4, 7)	0.000000	0.000000
X3(4, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(5, 1)	0.000000	0.000000
X3(5, 2)	0.000000	0.000000
X3(5, 3)	0.000000	0.000000
X3(5, 4)	0.000000	0.000000
X3(5, 5)	0.000000	0.000000
X3(5, 6)	0.000000	0.000000
X3(5, 7)	0.000000	0.000000
X3(5, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(6, 1)	0.000000	0.000000
X3(6, 2)	0.000000	0.000000
X3(6, 3)	0.000000	0.000000
X3(6, 4)	0.000000	0.000000
X3(6, 5)	0.000000	0.000000
X3(6, 6)	0.000000	0.000000
X3(6, 7)	0.000000	0.000000
X3(6, 8)	0.000000	0.6393600E-02
B3(1, 1)	294.0000	0.000000
B3(1, 2)	630.0000	0.000000
B3(1, 3)	805.0000	0.000000
B3(1, 4)	873.0000	0.000000
B3(1, 5)	874.0000	0.000000
B3(1, 6)	934.0000	0.000000
B3(1, 7)	1114.000	0.000000
B3(1, 8)	1225.000	0.000000
B3(2, 1)	294.0000	0.000000
B3(2, 2)	630.0000	0.000000
B3(2, 3)	805.0000	0.000000

B3(2, 4)	873.0000	0.000000
B3(2, 5)	874.0000	0.000000
B3(2, 6)	934.0000	0.000000
B3(2, 7)	1114.000	0.000000
B3(2, 8)	1225.000	0.000000
B3(3, 1)	294.0000	0.000000
B3(3, 2)	630.0000	0.000000
B3(3, 3)	805.0000	0.000000
B3(3, 4)	873.0000	0.000000
B3(3, 5)	874.0000	0.000000
B3(3, 6)	934.0000	0.000000
B3(3, 7)	1114.000	0.000000
B3(3, 8)	1225.000	0.000000
B3(4, 1)	294.0000	0.000000
B3(4, 2)	630.0000	0.000000
B3(4, 3)	805.0000	0.000000
B3(4, 4)	873.0000	0.000000
B3(4, 5)	874.0000	0.000000
B3(4, 6)	934.0000	0.000000
B3(4, 7)	1114.000	0.000000
B3(4, 8)	1225.000	0.000000
B3(5, 1)	294.0000	0.000000
B3(5, 2)	630.0000	0.000000
B3(5, 3)	805.0000	0.000000
B3(5, 4)	873.0000	0.000000
B3(5, 5)	874.0000	0.000000
B3(5, 6)	934.0000	0.000000
B3(5, 7)	1114.000	0.000000
B3(5, 8)	1225.000	0.000000
B3(6, 1)	294.0000	0.000000
B3(6, 2)	630.0000	0.000000
B3(6, 3)	805.0000	0.000000
B3(6, 4)	873.0000	0.000000
B3(6, 5)	874.0000	0.000000
B3(6, 6)	934.0000	0.000000
B3(6, 7)	1114.000	0.000000
B3(6, 8)	1225.000	0.000000
X4(1, 1)	0.000000	0.000000
X4(1, 2)	450.9600	0.000000
X4(1, 3)	0.000000	0.000000
X4(2, 1)	0.000000	0.000000
X4(2, 2)	647.7456	0.000000
X4(2, 3)	103.8544	0.000000
X4(3, 1)	1503.200	0.000000
X4(3, 2)	0.000000	0.000000
X4(3, 3)	0.000000	0.000000
X4(4, 1)	496.8000	0.000000
X4(4, 2)	2401.294	0.000000
X4(4, 3)	0.000000	0.000000
X4(5, 1)	0.000000	0.000000
X4(5, 2)	0.000000	0.000000
X4(5, 3)	0.000000	0.000000
X4(6, 1)	0.000000	0.000000
X4(6, 2)	0.000000	0.000000
X4(6, 3)	0.000000	0.000000
B4(1, 1)	786.0000	0.000000
B4(1, 2)	805.0000	0.000000
B4(1, 3)	873.0000	0.000000
B4(2, 1)	786.0000	0.000000
B4(2, 2)	805.0000	0.000000
B4(2, 3)	873.0000	0.000000
B4(3, 1)	786.0000	0.000000
B4(3, 2)	805.0000	0.000000
B4(3, 3)	873.0000	0.000000
B4(4, 1)	786.0000	0.000000

B4 (4, 2)	805.0000	0.000000
B4 (4, 3)	873.0000	0.000000
B4 (5, 1)	786.0000	0.000000
B4 (5, 2)	805.0000	0.000000
B4 (5, 3)	873.0000	0.000000
B4 (6, 1)	786.0000	0.000000
B4 (6, 2)	805.0000	0.000000
B4 (6, 3)	873.0000	0.000000
X5 (1, 1)	519.7200	0.000000
X5 (2, 1)	866.2000	0.000000
X5 (3, 1)	1732.400	0.000000
X5 (4, 1)	3339.981	0.000000
X5 (5, 1)	0.000000	0.000000
X5 (6, 1)	0.000000	0.000000
B5 (1, 1)	873.0000	0.000000
B5 (2, 1)	873.0000	0.000000
B5 (3, 1)	873.0000	0.000000
B5 (4, 1)	873.0000	0.000000
B5 (5, 1)	873.0000	0.000000
B5 (6, 1)	873.0000	0.000000
X6 (1, 1)	0.1200000	0.000000
X6 (2, 1)	0.2000000	0.000000
X6 (3, 1)	0.4000000	0.000000
X6 (4, 1)	0.7711800	0.000000
X6 (5, 1)	0.000000	0.000000
X6 (6, 1)	0.000000	0.000000
B6 (1, 1)	10.00000	0.000000
B6 (2, 1)	10.00000	0.000000
B6 (3, 1)	10.00000	0.000000
B6 (4, 1)	10.00000	0.000000
B6 (5, 1)	10.00000	0.000000
B6 (6, 1)	10.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	2556.815	-1.000000
2	0.000000	0.1179043
3	0.000000	0.1177889
4	0.000000	0.1178466
5	0.000000	0.1176735
6	0.000000	0.1177312
7	0.000000	0.1176446
8	0.000000	0.1178466
9	0.000000	-0.1579331
10	0.000000	-0.1548466
11	0.000000	-0.1670485
12	0.000000	-0.1911062
13	0.000000	0.000000
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-0.4703450E-01
16	0.000000	-0.4703450E-01
17	0.000000	-0.4703450E-01
18	0.000000	-0.4703450E-01
19	0.000000	-0.4703450E-01
20	0.000000	-0.4703450E-01
21	0.000000	0.4703450E-01
22	0.000000	0.4703450E-01
23	0.000000	0.4703450E-01
24	0.000000	0.4703450E-01
25	0.000000	0.4703450E-01
26	0.000000	0.4703450E-01
27	0.000000	0.9992500E-02
28	0.000000	0.9592800E-02
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	0.000000
31	0.000000	-0.3591590E-01

32	0.000000	0.000000
33	0.000000	-0.3058336
34	0.000000	-0.3058336
35	0.000000	-0.3058336
36	0.000000	-0.3058336
37	0.000000	-0.3058336
38	0.000000	-0.3058336
39	0.000000	0.3058336
40	0.000000	0.3058336
41	0.000000	0.3058336
42	0.000000	0.3058336
43	0.000000	0.3058336
44	0.000000	0.3058336
45	0.000000	0.4723200E-01
46	0.000000	0.2787840E-01
47	0.000000	0.1779840E-01
48	0.000000	0.1388160E-01
49	0.000000	0.1382400E-01
50	0.000000	0.1036800E-01
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	-0.9627900E-02
54	0.000000	-0.9627900E-02
55	0.000000	-0.9627900E-02
56	0.000000	-0.9627900E-02
57	0.000000	-0.9627900E-02
58	0.000000	-0.9627900E-02
59	0.000000	0.9627900E-02
60	0.000000	0.9627900E-02
61	0.000000	0.9627900E-02
62	0.000000	0.9627900E-02
63	0.000000	0.9627900E-02
64	0.000000	0.9627900E-02
65	0.000000	0.5019900E-02
66	0.000000	0.3923600E-02
67	0.000000	0.000000
68	0.000000	-0.7501517
69	0.000000	-0.7501517
70	0.000000	-0.7501517
71	0.000000	-0.7501517
72	0.000000	-0.7501517
73	0.000000	-0.7501517
74	0.000000	0.7501517
75	0.000000	0.7501517
76	0.000000	0.7501517
77	0.000000	0.7501517
78	0.000000	0.7501517
79	0.000000	0.7501517
80	0.000000	0.5770000E-03
81	0.000000	0.5770000E-03
82	0.000000	0.5770000E-03
83	0.000000	0.5770000E-03
84	0.000000	0.5770000E-03
85	0.000000	0.5770000E-03
86	0.000000	-0.5770000E-03
87	0.000000	-0.5770000E-03
88	0.000000	-0.5770000E-03
89	0.000000	-0.5770000E-03
90	0.000000	-0.5770000E-03
91	0.000000	-0.5770000E-03
92	5999.000	0.000000
93	3999.000	0.000000
94	9999.000	0.000000
95	18558.00	0.000000
96	0.000000	0.000000

97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.3317310E-01
99	0.000000	0.3625965E-01
100	0.000000	0.2405770E-01
101	1441.000	0.000000
102	0.000000	0.1911062
103	0.000000	0.1911062
104	14000.00	0.000000
105	2500.000	0.000000
106	13708.96	0.000000
107	0.000000	0.000000
108	0.000000	-0.3591590E-01
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.9992500E-02
111	0.000000	0.9592800E-02
112	291.0402	0.000000
113	0.000000	0.000000
114	95000.00	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	7900.000	0.000000
117	2900.000	0.000000
118	3900.000	0.000000
119	3900.000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	4772.973	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.4723200E-01
125	0.000000	0.2787840E-01
126	0.000000	0.1779840E-01
127	0.000000	0.1388160E-01
128	0.000000	0.1382400E-01
129	0.000000	0.1036800E-01
130	14227.03	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	1900.000	0.000000
133	2500.000	0.000000
134	3.854440	0.000000
135	0.000000	0.5019900E-02
136	0.000000	0.3923600E-02
137	2396.146	0.000000
138	2.000000	0.000000
139	5.000000	0.000000
140	0.000000	0.000000
141	0.000000	0.000000

Senaryo6: Ortaya çıkan atığın %30'unun geri dönüştürülmesi durumu:

Global optimal solution found.
 Objective value: 8099.083
 Objective bound: 8099.083
 Infeasibilities: 0.2910383E-10
 Extended solver steps: 20
 Total solver iterations: 1859

Variable	Value	Reduced Cost
C1	0.5770000E-04	0.000000
C2	0.5710000E-04	0.000000
C3	0.5760000E-04	0.000000
C4	0.5770000E-04	0.000000
C5	0.5710000E-04	0.000000
G1	0.5057600	0.000000
G2	0.3322600	0.000000
G3	0.7516000E-01	0.000000
G4	0.8662000E-01	0.000000
G5	0.2000000E-04	0.000000
E1	0.9300000E-01	0.000000
E2	0.3700000	0.000000
E3	0.6000000E-01	0.000000
E4	0.8000000	0.000000
SAL5	200.0000	0.000000
SYU5	8200.000	0.000000
A(1)	6058.000	0.000000
A(2)	15098.00	0.000000
A(3)	18081.00	0.000000
A(4)	4567.000	0.000000
A(5)	9040.000	0.000000
A(6)	25257.00	0.000000
A(7)	15098.00	0.000000
W(1)	0.2500000E-01	0.000000
W(2)	0.2500000E-01	0.000000
W(3)	0.2500000E-01	0.000000
W(4)	0.2500000E-01	0.000000
W(5)	0.2500000E-01	0.000000
W(6)	0.2500000E-01	0.000000
W(7)	0.2500000E-01	0.000000
Y1(1)	6000.000	0.000000
Y1(2)	10000.00	0.000000
Y1(3)	0.000000	0.000000
Y1(4)	0.000000	0.000000
Y1(5)	77199.00	0.000000
Y1(6)	0.000000	0.000000
Y2(1)	3034.560	0.000000
Y2(2)	5057.600	0.000000
Y2(3)	0.000000	0.000000
Y2(4)	0.000000	0.000000
Y2(5)	39044.17	0.000000
Y2(6)	0.000000	0.000000
Y3(1)	1993.560	0.000000
Y3(2)	3322.600	0.000000
Y3(3)	0.000000	0.000000
Y3(4)	0.000000	0.000000
Y3(5)	25650.14	0.000000
Y3(6)	0.000000	0.000000
Y4(1)	450.9600	0.000000
Y4(2)	751.6000	0.000000
Y4(3)	0.000000	0.000000
Y4(4)	0.000000	0.000000
Y4(5)	5802.277	0.000000
Y4(6)	0.000000	0.000000
Y5(1)	519.7200	0.000000

Y5 (2)	866.2000	0.000000
Y5 (3)	0.000000	0.000000
Y5 (4)	0.000000	0.000000
Y5 (5)	6686.977	0.000000
Y5 (6)	0.000000	0.000000
Y6 (1)	0.1200000	0.000000
Y6 (2)	0.2000000	0.000000
Y6 (3)	0.000000	0.000000
Y6 (4)	0.000000	0.000000
Y6 (5)	1.543980	0.000000
Y6 (6)	0.000000	0.000000
D (1)	0.1500000E-01	0.000000
D (2)	0.1200000E-01	0.000000
D (3)	0.2400000E-01	0.000000
D (4)	0.4800000E-01	0.000000
D (5)	0.9600000E-01	0.000000
D (6)	0.1200000	0.000000
F (1)	171.5500	0.000000
F (2)	240.6200	0.000000
F (3)	481.2400	0.000000
F (4)	962.4800	0.000000
F (5)	1924.960	0.000000
F (6)	2406.200	0.000000
Z1 (1)	1.000000	713.2921
Z1 (2)	1.000000	842.6090
Z1 (3)	0.000000	-453.4440
Z1 (4)	0.000000	-906.8881
Z1 (5)	1.000000	13474.72
Z1 (6)	0.000000	-2267.220
SAL1 (1)	1.000000	0.000000
SAL1 (2)	6001.000	0.000000
SAL1 (3)	10001.00	0.000000
SAL1 (4)	20001.00	0.000000
SAL1 (5)	40001.00	0.000000
SAL1 (6)	80001.00	0.000000
SYU1 (1)	6000.000	0.000000
SYU1 (2)	10000.00	0.000000
SYU1 (3)	20000.00	0.000000
SYU1 (4)	40000.00	0.000000
SYU1 (5)	80000.00	0.000000
SYU1 (6)	100000.0	0.000000
Z2 (1)	1.000000	-149.8875
Z2 (2)	1.000000	-28.77840
Z2 (3)	1.000000	0.000000
Z2 (4)	1.000000	359.7300
Z2 (5)	0.000000	0.000000
Z2 (6)	0.000000	0.000000
SAL2 (1)	1000.000	0.000000
SAL2 (2)	500.0000	0.000000
SAL2 (3)	1000.000	0.000000
SAL2 (4)	15000.00	0.000000
SAL2 (5)	5000.000	0.000000
SAL2 (6)	15000.00	0.000000
SYU2 (1)	15000.00	0.000000
SYU2 (2)	3000.000	0.000000
SYU2 (3)	15000.00	0.000000
SYU2 (4)	40000.00	0.000000
SYU2 (5)	100000.0	0.000000
SYU2 (6)	90000.00	0.000000
YK (1)	15000.00	0.000000
YK (2)	3000.000	0.000000
YK (3)	14136.33	0.000000
YK (4)	15000.00	0.000000
YK (5)	0.000000	0.000000
YK (6)	0.000000	0.000000

Z3(1)	1.000000	-377.8560
Z3(2)	1.000000	-83.63520
Z3(3)	1.000000	-71.19360
Z3(4)	1.000000	-55.52640
Z3(5)	0.000000	-41.47200
Z3(6)	0.000000	-10.36800
Z3(7)	1.000000	0.000000
Z3(8)	0.000000	0.000000
SAL3(1)	100.0000	0.000000
SAL3(2)	100.0000	0.000000
SAL3(3)	100.0000	0.000000
SAL3(4)	100.0000	0.000000
SAL3(5)	100.0000	0.000000
SAL3(6)	100.0000	0.000000
SAL3(7)	1000.000	0.000000
SAL3(8)	100.0000	0.000000
SYU3(1)	8000.000	0.000000
SYU3(2)	3000.000	0.000000
SYU3(3)	4000.000	0.000000
SYU3(4)	4000.000	0.000000
SYU3(5)	3000.000	0.000000
SYU3(6)	1000.000	0.000000
SYU3(7)	20000.00	0.000000
SYU3(8)	3000.000	0.000000
YP(1)	8000.000	0.000000
YP(2)	3000.000	0.000000
YP(3)	4000.000	0.000000
YP(4)	4000.000	0.000000
YP(5)	0.000000	0.000000
YP(6)	0.000000	0.000000
YP(7)	11966.30	0.000000
YP(8)	0.000000	0.000000
Z4(1)	1.000000	-10.03980
Z4(2)	1.000000	-13.73260
Z4(3)	1.000000	0.000000
SAL4(1)	100.0000	0.000000
SAL4(2)	1000.000	0.000000
SAL4(3)	100.0000	0.000000
SYU4(1)	2000.000	0.000000
SYU4(2)	3500.000	0.000000
SYU4(3)	2500.000	0.000000
YL(1)	2000.000	0.000000
YL(2)	3500.000	0.000000
YL(3)	1504.837	0.000000
X1(1, 1)	0.000000	0.2885000E-03
X1(1, 2)	6058.000	0.000000
X1(1, 3)	0.000000	0.1189908
X1(1, 4)	0.000000	0.1428754
X1(1, 5)	0.000000	0.1154000E-03
X1(1, 6)	0.000000	0.2151351
X1(2, 1)	0.000000	0.4327500E-03
X1(2, 2)	0.000000	0.4327500E-03
X1(2, 3)	0.000000	0.1191639
X1(2, 4)	0.000000	0.1432216
X1(2, 5)	15098.00	0.000000
X1(2, 6)	0.000000	0.2154524
X1(3, 1)	0.000000	0.4039000E-03
X1(3, 2)	0.000000	0.2308000E-03
X1(3, 3)	0.000000	0.1192505
X1(3, 4)	0.000000	0.1430485
X1(3, 5)	18081.00	0.000000
X1(3, 6)	0.000000	0.2149908
X1(4, 1)	0.000000	0.5481500E-03
X1(4, 2)	0.000000	0.3750500E-03
X1(4, 3)	0.000000	0.1192216

X1(4, 4)	0.000000	0.1433082
X1(4, 5)	4567.000	0.000000
X1(4, 6)	0.000000	0.2151639
X1(5, 1)	6000.000	0.000000
X1(5, 2)	0.000000	0.2596500E-03
X1(5, 3)	0.000000	0.1191062
X1(5, 4)	0.000000	0.1430197
X1(5, 5)	3040.000	0.000000
X1(5, 6)	0.000000	0.2149043
X1(6, 1)	0.000000	0.2019500E-03
X1(6, 2)	3942.000	0.000000
X1(6, 3)	0.000000	0.1192793
X1(6, 4)	0.000000	0.1431928
X1(6, 5)	21315.00	0.000000
X1(6, 6)	0.000000	0.2151928
X1(7, 1)	0.000000	0.5770000E-04
X1(7, 2)	0.000000	0.2885000E-04
X1(7, 3)	0.000000	0.1188466
X1(7, 4)	0.000000	0.1431928
X1(7, 5)	15098.00	0.000000
X1(7, 6)	0.000000	0.2150197
B1(1, 1)	8.000000	0.000000
B1(1, 2)	4.500000	0.000000
B1(1, 3)	5.500000	0.000000
B1(1, 4)	3.500000	0.000000
B1(1, 5)	9.500000	0.000000
B1(1, 6)	8.000000	0.000000
B1(2, 1)	6.500000	0.000000
B1(2, 2)	8.000000	0.000000
B1(2, 3)	4.500000	0.000000
B1(2, 4)	5.500000	0.000000
B1(2, 5)	3.500000	0.000000
B1(2, 6)	9.500000	0.000000
B1(3, 1)	8.000000	0.000000
B1(3, 2)	6.500000	0.000000
B1(3, 3)	8.000000	0.000000
B1(3, 4)	4.500000	0.000000
B1(3, 5)	5.500000	0.000000
B1(3, 6)	3.500000	0.000000
B1(4, 1)	9.500000	0.000000
B1(4, 2)	8.000000	0.000000
B1(4, 3)	6.500000	0.000000
B1(4, 4)	8.000000	0.000000
B1(4, 5)	4.500000	0.000000
B1(4, 6)	5.500000	0.000000
B1(5, 1)	3.500000	0.000000
B1(5, 2)	9.500000	0.000000
B1(5, 3)	8.000000	0.000000
B1(5, 4)	6.500000	0.000000
B1(5, 5)	8.000000	0.000000
B1(5, 6)	4.500000	0.000000
B1(6, 1)	5.500000	0.000000
B1(6, 2)	3.500000	0.000000
B1(6, 3)	9.500000	0.000000
B1(6, 4)	8.000000	0.000000
B1(6, 5)	6.500000	0.000000
B1(6, 6)	8.000000	0.000000
B1(7, 1)	4.500000	0.000000
B1(7, 2)	5.500000	0.000000
B1(7, 3)	3.500000	0.000000
B1(7, 4)	9.500000	0.000000
B1(7, 5)	8.000000	0.000000
B1(7, 6)	6.500000	0.000000
X2(1, 1)	34.56000	0.000000
X2(1, 2)	3000.000	0.000000

X2(1, 3)	0.000000	0.000000
X2(1, 4)	0.000000	0.000000
X2(1, 5)	0.000000	0.3591590E-01
X2(1, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(2, 1)	0.000000	0.000000
X2(2, 2)	0.000000	0.000000
X2(2, 3)	0.000000	0.000000
X2(2, 4)	5057.600	0.000000
X2(2, 5)	0.000000	0.3591590E-01
X2(2, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(3, 1)	0.000000	0.000000
X2(3, 2)	0.000000	0.000000
X2(3, 3)	0.000000	0.000000
X2(3, 4)	0.000000	0.000000
X2(3, 5)	0.000000	0.3591590E-01
X2(3, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(4, 1)	0.000000	0.000000
X2(4, 2)	0.000000	0.000000
X2(4, 3)	0.000000	0.000000
X2(4, 4)	0.000000	0.000000
X2(4, 5)	0.000000	0.3591590E-01
X2(4, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(5, 1)	14965.44	0.000000
X2(5, 2)	0.000000	0.000000
X2(5, 3)	14136.33	0.000000
X2(5, 4)	9942.400	0.000000
X2(5, 5)	0.000000	0.3591590E-01
X2(5, 6)	0.000000	0.3694370E-01
X2(6, 1)	0.000000	0.000000
X2(6, 2)	0.000000	0.000000
X2(6, 3)	0.000000	0.000000
X2(6, 4)	0.000000	0.000000
X2(6, 5)	0.000000	0.3591590E-01
X2(6, 6)	0.000000	0.3694370E-01
B2(1, 1)	630.0000	0.000000
B2(1, 2)	637.0000	0.000000
B2(1, 3)	805.0000	0.000000
B2(1, 4)	1225.000	0.000000
B2(1, 5)	1434.000	0.000000
B2(1, 6)	1452.000	0.000000
B2(2, 1)	630.0000	0.000000
B2(2, 2)	637.0000	0.000000
B2(2, 3)	805.0000	0.000000
B2(2, 4)	1225.000	0.000000
B2(2, 5)	1434.000	0.000000
B2(2, 6)	1452.000	0.000000
B2(3, 1)	630.0000	0.000000
B2(3, 2)	637.0000	0.000000
B2(3, 3)	805.0000	0.000000
B2(3, 4)	1225.000	0.000000
B2(3, 5)	1434.000	0.000000
B2(3, 6)	1452.000	0.000000
B2(4, 1)	630.0000	0.000000
B2(4, 2)	637.0000	0.000000
B2(4, 3)	805.0000	0.000000
B2(4, 4)	1225.000	0.000000
B2(4, 5)	1434.000	0.000000
B2(4, 6)	1452.000	0.000000
B2(5, 1)	630.0000	0.000000
B2(5, 2)	637.0000	0.000000
B2(5, 3)	805.0000	0.000000
B2(5, 4)	1225.000	0.000000
B2(5, 5)	1434.000	0.000000
B2(5, 6)	1452.000	0.000000
B2(6, 1)	630.0000	0.000000

B2(6, 2)	637.0000	0.000000
B2(6, 3)	805.0000	0.000000
B2(6, 4)	1225.000	0.000000
B2(6, 5)	1434.000	0.000000
B2(6, 6)	1452.000	0.000000
X3(1, 1)	0.000000	0.000000
X3(1, 2)	0.000000	0.000000
X3(1, 3)	0.000000	0.000000
X3(1, 4)	0.000000	0.000000
X3(1, 5)	0.000000	0.000000
X3(1, 6)	0.000000	0.000000
X3(1, 7)	1993.560	0.000000
X3(1, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(2, 1)	0.000000	0.000000
X3(2, 2)	0.000000	0.000000
X3(2, 3)	0.000000	0.000000
X3(2, 4)	0.000000	0.000000
X3(2, 5)	0.000000	0.000000
X3(2, 6)	0.000000	0.000000
X3(2, 7)	3322.600	0.000000
X3(2, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(3, 1)	0.000000	0.000000
X3(3, 2)	0.000000	0.000000
X3(3, 3)	0.000000	0.000000
X3(3, 4)	0.000000	0.000000
X3(3, 5)	0.000000	0.000000
X3(3, 6)	0.000000	0.000000
X3(3, 7)	0.000000	0.000000
X3(3, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(4, 1)	0.000000	0.000000
X3(4, 2)	0.000000	0.000000
X3(4, 3)	0.000000	0.000000
X3(4, 4)	0.000000	0.000000
X3(4, 5)	0.000000	0.000000
X3(4, 6)	0.000000	0.000000
X3(4, 7)	0.000000	0.000000
X3(4, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(5, 1)	8000.000	0.000000
X3(5, 2)	3000.000	0.000000
X3(5, 3)	4000.000	0.000000
X3(5, 4)	4000.000	0.000000
X3(5, 5)	0.000000	0.000000
X3(5, 6)	0.000000	0.000000
X3(5, 7)	6650.140	0.000000
X3(5, 8)	0.000000	0.6393600E-02
X3(6, 1)	0.000000	0.000000
X3(6, 2)	0.000000	0.000000
X3(6, 3)	0.000000	0.000000
X3(6, 4)	0.000000	0.000000
X3(6, 5)	0.000000	0.000000
X3(6, 6)	0.000000	0.000000
X3(6, 7)	0.000000	0.000000
X3(6, 8)	0.000000	0.6393600E-02
B3(1, 1)	294.0000	0.000000
B3(1, 2)	630.0000	0.000000
B3(1, 3)	805.0000	0.000000
B3(1, 4)	873.0000	0.000000
B3(1, 5)	874.0000	0.000000
B3(1, 6)	934.0000	0.000000
B3(1, 7)	1114.000	0.000000
B3(1, 8)	1225.000	0.000000
B3(2, 1)	294.0000	0.000000
B3(2, 2)	630.0000	0.000000
B3(2, 3)	805.0000	0.000000
B3(2, 4)	873.0000	0.000000

B3(2, 5)	874.0000	0.000000
B3(2, 6)	934.0000	0.000000
B3(2, 7)	1114.000	0.000000
B3(2, 8)	1225.000	0.000000
B3(3, 1)	294.0000	0.000000
B3(3, 2)	630.0000	0.000000
B3(3, 3)	805.0000	0.000000
B3(3, 4)	873.0000	0.000000
B3(3, 5)	874.0000	0.000000
B3(3, 6)	934.0000	0.000000
B3(3, 7)	1114.000	0.000000
B3(3, 8)	1225.000	0.000000
B3(4, 1)	294.0000	0.000000
B3(4, 2)	630.0000	0.000000
B3(4, 3)	805.0000	0.000000
B3(4, 4)	873.0000	0.000000
B3(4, 5)	874.0000	0.000000
B3(4, 6)	934.0000	0.000000
B3(4, 7)	1114.000	0.000000
B3(4, 8)	1225.000	0.000000
B3(5, 1)	294.0000	0.000000
B3(5, 2)	630.0000	0.000000
B3(5, 3)	805.0000	0.000000
B3(5, 4)	873.0000	0.000000
B3(5, 5)	874.0000	0.000000
B3(5, 6)	934.0000	0.000000
B3(5, 7)	1114.000	0.000000
B3(5, 8)	1225.000	0.000000
B3(6, 1)	294.0000	0.000000
B3(6, 2)	630.0000	0.000000
B3(6, 3)	805.0000	0.000000
B3(6, 4)	873.0000	0.000000
B3(6, 5)	874.0000	0.000000
B3(6, 6)	934.0000	0.000000
B3(6, 7)	1114.000	0.000000
B3(6, 8)	1225.000	0.000000
X4(1, 1)	0.000000	0.000000
X4(1, 2)	0.000000	0.000000
X4(1, 3)	450.9600	0.000000
X4(2, 1)	0.000000	0.000000
X4(2, 2)	0.000000	0.000000
X4(2, 3)	751.6000	0.000000
X4(3, 1)	0.000000	0.000000
X4(3, 2)	0.000000	0.000000
X4(3, 3)	0.000000	0.000000
X4(4, 1)	0.000000	0.000000
X4(4, 2)	0.000000	0.000000
X4(4, 3)	0.000000	0.000000
X4(5, 1)	2000.000	0.000000
X4(5, 2)	3500.000	0.000000
X4(5, 3)	302.2768	0.000000
X4(6, 1)	0.000000	0.000000
X4(6, 2)	0.000000	0.000000
X4(6, 3)	0.000000	0.000000
B4(1, 1)	786.0000	0.000000
B4(1, 2)	805.0000	0.000000
B4(1, 3)	873.0000	0.000000
B4(2, 1)	786.0000	0.000000
B4(2, 2)	805.0000	0.000000
B4(2, 3)	873.0000	0.000000
B4(3, 1)	786.0000	0.000000
B4(3, 2)	805.0000	0.000000
B4(3, 3)	873.0000	0.000000
B4(4, 1)	786.0000	0.000000

B4 (4, 2)	805.0000	0.000000
B4 (4, 3)	873.0000	0.000000
B4 (5, 1)	786.0000	0.000000
B4 (5, 2)	805.0000	0.000000
B4 (5, 3)	873.0000	0.000000
B4 (6, 1)	786.0000	0.000000
B4 (6, 2)	805.0000	0.000000
B4 (6, 3)	873.0000	0.000000
X5 (1, 1)	519.7200	0.000000
X5 (2, 1)	866.2000	0.000000
X5 (3, 1)	0.000000	0.000000
X5 (4, 1)	0.000000	0.000000
X5 (5, 1)	6686.977	0.000000
X5 (6, 1)	0.000000	0.000000
B5 (1, 1)	873.0000	0.000000
B5 (2, 1)	873.0000	0.000000
B5 (3, 1)	873.0000	0.000000
B5 (4, 1)	873.0000	0.000000
B5 (5, 1)	873.0000	0.000000
B5 (6, 1)	873.0000	0.000000
X6 (1, 1)	0.1200000	0.000000
X6 (2, 1)	0.2000000	0.000000
X6 (3, 1)	0.000000	0.000000
X6 (4, 1)	0.000000	0.000000
X6 (5, 1)	1.543980	0.000000
X6 (6, 1)	0.000000	0.000000
B6 (1, 1)	10.00000	0.000000
B6 (2, 1)	10.00000	0.000000
B6 (3, 1)	10.00000	0.000000
B6 (4, 1)	10.00000	0.000000
B6 (5, 1)	10.00000	0.000000
B6 (6, 1)	10.00000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	8099.083	-1.000000
2	0.000000	0.6967345E-01
3	0.000000	0.6990425E-01
4	0.000000	0.6978885E-01
5	0.000000	0.6984655E-01
6	0.000000	0.6964460E-01
7	0.000000	0.6973115E-01
8	0.000000	0.6964460E-01
9	0.000000	-0.1098466
10	0.000000	-0.1069331
11	0.000000	0.000000
12	0.000000	0.000000
13	0.000000	-0.1911062
14	0.000000	0.000000
15	0.000000	-0.4703450E-01
16	0.000000	-0.4703450E-01
17	0.000000	-0.4703450E-01
18	0.000000	-0.4703450E-01
19	0.000000	-0.4703450E-01
20	0.000000	-0.4703450E-01
21	0.000000	0.4703450E-01
22	0.000000	0.4703450E-01
23	0.000000	0.4703450E-01
24	0.000000	0.4703450E-01
25	0.000000	0.4703450E-01
26	0.000000	0.4703450E-01
27	0.000000	0.9992500E-02
28	0.000000	0.9592800E-02
29	0.000000	0.000000
30	0.000000	-0.2398200E-01
31	0.000000	0.000000

32	0.000000	0.000000
33	0.000000	-0.3058336
34	0.000000	-0.3058336
35	0.000000	-0.3058336
36	0.000000	-0.3058336
37	0.000000	-0.3058336
38	0.000000	-0.3058336
39	0.000000	0.3058336
40	0.000000	0.3058336
41	0.000000	0.3058336
42	0.000000	0.3058336
43	0.000000	0.3058336
44	0.000000	0.3058336
45	0.000000	0.4723200E-01
46	0.000000	0.2787840E-01
47	0.000000	0.1779840E-01
48	0.000000	0.1388160E-01
49	0.000000	0.1382400E-01
50	0.000000	0.1036800E-01
51	0.000000	0.000000
52	0.000000	0.000000
53	0.000000	-0.9627900E-02
54	0.000000	-0.9627900E-02
55	0.000000	-0.9627900E-02
56	0.000000	-0.9627900E-02
57	0.000000	-0.9627900E-02
58	0.000000	-0.9627900E-02
59	0.000000	0.9627900E-02
60	0.000000	0.9627900E-02
61	0.000000	0.9627900E-02
62	0.000000	0.9627900E-02
63	0.000000	0.9627900E-02
64	0.000000	0.9627900E-02
65	0.000000	0.5019900E-02
66	0.000000	0.3923600E-02
67	0.000000	0.000000
68	0.000000	-0.7501517
69	0.000000	-0.7501517
70	0.000000	-0.7501517
71	0.000000	-0.7501517
72	0.000000	-0.7501517
73	0.000000	-0.7501517
74	0.000000	0.7501517
75	0.000000	0.7501517
76	0.000000	0.7501517
77	0.000000	0.7501517
78	0.000000	0.7501517
79	0.000000	0.7501517
80	0.000000	0.5770000E-03
81	0.000000	0.5770000E-03
82	0.000000	0.5770000E-03
83	0.000000	0.5770000E-03
84	0.000000	0.5770000E-03
85	0.000000	0.5770000E-03
86	0.000000	-0.5770000E-03
87	0.000000	-0.5770000E-03
88	0.000000	-0.5770000E-03
89	0.000000	-0.5770000E-03
90	0.000000	-0.5770000E-03
91	0.000000	-0.5770000E-03
92	5999.000	0.000000
93	3999.000	0.000000
94	0.000000	0.000000
95	0.000000	0.000000
96	37198.00	0.000000

97	0.000000	0.000000
98	0.000000	0.8125965E-01
99	0.000000	0.8417310E-01
100	0.000000	0.1911062
101	0.000000	0.1911062
102	2801.000	0.000000
103	0.000000	0.1911062
104	14000.00	0.000000
105	2500.000	0.000000
106	13136.33	0.000000
107	0.000000	-0.2398200E-01
108	0.000000	0.000000
109	0.000000	0.000000
110	0.000000	0.9992500E-02
111	0.000000	0.9592800E-02
112	863.6738	0.000000
113	25000.00	0.000000
114	0.000000	0.000000
115	0.000000	0.000000
116	7900.000	0.000000
117	2900.000	0.000000
118	3900.000	0.000000
119	3900.000	0.000000
120	0.000000	0.000000
121	0.000000	0.000000
122	10966.30	0.000000
123	0.000000	0.000000
124	0.000000	0.4723200E-01
125	0.000000	0.2787840E-01
126	0.000000	0.1779840E-01
127	0.000000	0.1388160E-01
128	0.000000	0.1382400E-01
129	0.000000	0.1036800E-01
130	8033.700	0.000000
131	0.000000	0.000000
132	1900.000	0.000000
133	2500.000	0.000000
134	1404.837	0.000000
135	0.000000	0.5019900E-02
136	0.000000	0.3923600E-02
137	995.1632	0.000000
138	3.000000	0.000000
139	5.000000	0.000000
140	0.000000	0.000000
141	0.000000	0.000000

ÖZGEÇMİŞ

Ümran Şengül 1976 yılında Erzurum’da dünyaya geldi. İlkokul eğitimini Vali Hafız Paşa İlkokulun’da, orta okul eğitimini Şair Nef-i Ortaokulunda, Lise eğitimini de Erzurum Lisesinde tamamladı. 1998 yılında, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümün’den mezun oldu. 1998-2003 yılları arasında Şair Nef-i İlköğretim okulunda sözleşmeli İngilizce öğretmenliği yaptı. 2000 yılında Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsün’de yüksek lisans çalışmasına başladı. 2002 yılında İşletme Bölümü Sayısal Yöntemleri Anabilim Dalında “Veri Ambarcılığı ve Türkiye Uygulaması” adlı yüksek lisans teziyle, yüksek lisans çalışmalarını tamamladı. 2003 yılında aynı anabilim dalında doktora çalışmalarına başladı. 2004 yılında Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü Sayısal Yöntemleri Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı.

Ümran Şengül iyi derecede İngilizce bilmekte olup evli ve bir çocuk annesidir.