

**T.C.  
Mersin Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Ana Bilim Dalı**

**TERSİNE LOJİSTİK AĞLARININ TASARIMI VE ANALİZİ: MERSİN İLİNDE  
ATIK TOPLAMA ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

**Kısmet CİNGÖZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Mersin, 2014**



T.C.  
Mersin Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Ana Bilim Dalı

TERSİNE LOJİSTİK AĞLARININ TASARIMI VE ANALİZİ: MERSİN İLİNDE ATIK  
TOPLAMA ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Kısmet CİNGÖZ

Danışman  
Yrd. Doç Dr. Ender GÜRGEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mersin, 2014



**T.C.**  
**MERSİN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ**  
**Sosyal Bilimler Enstitü Müdürlüğü**



**YEMİN METNİ**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “TERSİNE LOJİSTİK AĞLARININ TASARIMI VE ANALİZİ: MERSİN İLİNDE ATIK TOPLAMA ÜZERİNE BİR UYGULAMA” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel etik kurallara ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini onurumla doğrularım.

Tarih  
15/08/2014  
Kısmet CİNGÖZ

Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Kısmet CİNGÖZ tarafından hazırlanan TERSİNE LOJİSTİK AĞLARININ TASARIMI VE ANALİZİ: MERSİN İLİNDE ATIK TOPLAMA ÜZERİNE BİR UYGULAMA başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından İşletme Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başarılı



Başarısız



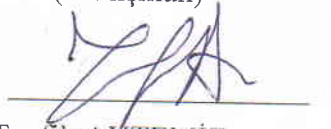
Üye



Yrd. Doç. Dr. Ender GÜRGEN  
(Danışman)



Üye



Doç. Dr. Tevrik AYTEMİZ



Üye



Doç. Dr. Burak BEYHAN

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylarım.



Prof. Dr. Nalan YETİM  
Enstitü Müdürü

## ÖNSÖZ

Tez konusu seçiminde beni yönlendiren, tezimin tamamlanma sürecinin başından sonuna kadar bilgisini, yardımlarını, desteğini ve hoş görüşünü benden esirgemeyen ve her zaman her konuda bana destek olan ve yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ender GÜRGEN' e sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmanın modellerinin oluşturulmasında ve yorumlanmasında bana yardımcı olan, ikinci bir danışman gibi tezimle ilgilenen, bilgisini ve desteğini benden hiç esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç Dr. Tevfik AYTEMİZ' e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Görüş ve önerileri ile beni yönlendiren, sabırla bana yeni bir şeyler öğretmeye çalışan ve tezimin uygulama kısmında bana yardımcı olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Burak BEYHAN' a çok teşekkür ederim. Ayrıca farklı bakış açısıyla ve sunduğu pratik çözümlerle her zaman bize yardımcı olan ve bizi destekleyen çok kıymetli bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Mehmet İsmail YAĞCI' ya tez hazırlama sürecinde bizler için sağladığı huzurlu çalışma ortamı için sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, beni maddi ve manevi her açıdan destekleyen sevgili anneme ve sevgili babama, sevgili ablam Yrd. Doç. Dr. Ayşe CİNGÖZ' e çok teşekkür ediyorum. Ayrıca her zaman yanımda olan kıymetli arkadaşlarım Arş. Gör. Nuran COŞKUN' a ve Arş. Gör. Tülin DEVECİ TUNÇ' a desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Kısmet CİNGÖZ

## ÖZET

### TERSİNE LOJİSTİK AĞLARININ TASARIMI VE ANALİZİ: MERSİN İLİNDE ATIK TOPLAMA ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Dünya nüfusunun giderek artması, tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve ihtiyaçların karşılanması için üretim hacminin büyümesi doğal kaynakların tükenmesine sebep olmaktadır. Hükümet yetkililerini ve tüketicileri endişelendiren bu durum, işletmeleri çevreye en az zararı veren, geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir ürünler üreterek çevre dostu faaliyette bulunmaya zorlamaktadır. Bu durumun üstesinden gelmek isteyen işletmeler Tersine Lojistik faaliyetlerine önem vermeye başladılar. Tersine lojistik, üretici işletmeler tarafından kullanılmış paketlerin, parçaların ve faydalı ömrünü tamamlamış ürünlerin tüketicilerden yeniden kazanmak, geri döndürmek veya uygun bir şekilde imha etmek amacıyla geri toplanması faaliyetleridir.

Bu çalışmada, ambalaj atığı toplama ve ayırma lisansına sahip bir işletmenin var olan tersine lojistik ağı incelenmiş ve belirli varsayımlar altında Arena Simülasyon Paket programı ile bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. İşletmenin mevcut ağının daha verimli nasıl çalışabileceği konusunda önerilerde bulunmak için senaryolar denenmiştir. Modelden elde edilen sonuçlara göre senaryolar birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Senaryo 1 gerçek sistemi yansıtırken, senaryo 2’de araçların güzergâhları değiştirilmiştir. Bu sonuçlara göre Senaryo 1’de atıkların toplanmak için bekledikleri ortalama süre senaryo 2’den daha kısadır ve herhangi bir saatte atık toplama bölgelerine gelen atık miktarı Senaryo 1’de daha azdır. Bu sebeple Senaryo 1 Senaryo 2’den daha iyidir.

Ayrıca çalışmada araçların günlük güzergâhlarını belirlemek için Araç Rotalama Problemi En Kısa Yol Yöntemi ile çözülmüştür ve araçlar için günlük optimum

rota belirlenmiştir. En kısa yolun belirlenmesinde Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanılmıştır ve OpenJUMP ve gvSIG programları kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tersine Lojistik, Tersine Lojistik Ağları, Simülasyon, Araç Rotalama Problemi, Coğrafi Bilgi Sistemleri.



## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS AND DESIGN OF REVERSE LOGISTICS NETWORKS: AN APPLICATION ON WASTE COLLECTION IN MERSIN**

Increasing world population, changing in consumer behaviors, growing consumption volume to meet consumer needs cause depletion of natural resources. The situation which government authorities and customers worry about forces the companies to produce environment friendly products which damage the environment the least and focusing on recycling and reusing the products sold. Businesses which want to deal with this situation starting to pay more attention to reverse logistics activities. Reverse logistics is the activities that collection of used packaging, materials and end of their useful life products from customers in order to recovery, recycle or dispose of properly by manufacturers.

In this study, a business's which holds a collection and separation license of recyclable packaging waste actual reverse logistics networks were analyzed and made suggestions to improve waste collection process by using simulation and vehicle routing problem methods. The simulation models were developed with Arena Simulation Software by testing different scenarios in order to how the company will use their resources more effectively while improving their collection routing system. According to the results obtained from the models, scenarios were compared with each other. In scenario 1 represent actual system while vehicle routes were changed in scenario 2. In view of results, mean waiting time of wastes in scenario 1 is shorter than scenario 2 and amount of incoming waste in scenario 1 is less than the other. Because of this, scenario 1 is better than scenario 2.

In addition, vehicle routing problems were solved with shortest path method and optimum route was determined for each vehicle. Determining shortest path was benefit from geographic information systems and OpenJump and gvSIG programs were used.

**Key Words:** Reverse Logistics, Reverse Logistics Networks, Simulation, Vehicle Routing Problems, Geographic Information Systems.

## İÇİNDEKİLER

<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>i</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>vi</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>I. BÖLÜM: TERSİNE LOJİSTİK</b> .....	<b>4</b>
I.1. Tersine Lojistik Kavramı.....	5
I.1.2. Tersine Lojistiğin Özellikleri.....	8
I.1.3. Tersine Lojistiğin Nedenleri .....	11
I.1.4. Tersine Lojistiğin Boyutları.....	18
I.1.4.1. Müşteri Boyutu .....	18
I.1.4.2. İçsel Süreç Boyutu.....	19
I.1.4.3. Yenilenme ve Öğrenme Boyutu.....	19
I.1.4.4. Finansal Boyutu.....	20
I.1.5. Tersine Lojistikte İade Türleri .....	21
I.1.5.1. Üretim İadeleri .....	21
I.1.5.2. Dağıtım İadeleri.....	22
I.1.5.3. Tüketici/Kullanıcı İadeleri.....	22
I.1.6. İleri Lojistik ve Tersine Lojistik .....	24
I.1.7. Tersine Lojistik Faaliyetleri.....	26
I.1.7.1. Doğrudan Yeniden Kullanma.....	27
I.1.7.2. Tamir .....	27
I.1.7.3. Yenileme.....	28

I.1.7.4. Geri Dönüşüm/Yeniden Üretme .....	28
I.1.7.5. Ürünün Kısmi Kullanımı .....	29
I.1.7.6. Yakma ve Gömme .....	29
I.1.8. Tersine Lojistik Faaliyetlerinin Uygulama Aşamaları .....	30
I.1.9. Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller .....	33
I.1.10. Tersine Lojistikte Ağ Tasarımı .....	37
I.2.Literatür Taraması .....	41
I.2.1.Tersine Lojistik Üzerine Yurt Dışında Yapılan Çalışmalar .....	43
I.2.2.Tersine Lojistik Üzerine Türkiye’de Yapılan Çalışmalar .....	46
<b>II. BÖLÜM: METODOLOJİ VE VERİLERİN TOPLANMASI.....</b>	<b>50</b>
II.1. Verilerin Toplanması .....	50
II.2. Simülasyon Kavramı .....	51
II.2.1. Simülasyon Türleri .....	53
II.2.2. Simülasyon Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları .....	54
II.2.3. Tersine Lojistikte Simülasyon Uygulamaları.....	55
II.3. Araç Rotalama Problemleri.....	56
II.3.1. Araç Rotalama Problemlerinin Uygulama Alanları .....	57
II.3.2. Araç Rotalama Problemi Türleri .....	58
II.3.3. Araç Rotalama Yöntemleri.....	60
II.3.4. Tersine Lojistikte Araç Rotalama Problemi Uygulamaları.....	62
<b>III. BÖLÜM: TERSİNE LOJİSTİK AĞLARININ TASARIMI: SİMÜLASYON VE</b>	
<b>ARAÇ ROTALAMA ÖRNEĞİ .....</b>	<b>65</b>
III.1. Ambalaj Atıklarının Tanımı ve Türleri.....	65
III.2. Türkiye’de Ambalaj Atıklarının Durumu .....	67

III.3. Mersin İlinde Ambalaj Atıklarının Durumu .....	72
III.4. Firmanın Tanıtılması .....	74
III.5. Tersine Lojistik Ağlarında Simülasyon Modeli .....	74
III.5.1. Sistemin Tanıtılması.....	75
III.5.2. Modelin Tasarımı.....	77
III.5.3. Modelin Varsayımları .....	81
III.5.4. Modelde Kullanılan Senaryolar ve Sonuçlarının Analizi.....	81
III.6. Tersine Lojistik Ağlarında Araç Rotalama Problemleri.....	89
<b>SONUÇ .....</b>	<b>94</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>97</b>
<b>EKLER</b>	

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo I.1.</b> Tersine Lojistik Tanımlarının Unsurları .....	<b>8</b>
<b>Tablo I.2.</b> İleri Lojistik ve Ters Lojistik Arasındaki Farklılıklar.....	<b>25</b>
<b>Tablo I.3.</b> Çevresel Uyum İçin Engellerin Sınıflandırılması .....	<b>36</b>
<b>Tablo II.1.</b> Simülasyonun Kullanıldığı Üretim ve Hizmet Sektörlerinden Örnekler .....	<b>52</b>
<b>Tablo II.2.</b> Araç Rotalama Problemleri İçin Geliştirilen Yöntemler .....	<b>61</b>
<b>Tablo III.1.</b> 1992-2007 Yılları Arasında Gerçekleşen Geri Kazanım Miktarları .....	<b>68</b>
<b>Tablo III.2.</b> 2011 Yılı Ambalaj ve Ambalaj Atığı Sonuçları .....	<b>69</b>
<b>Tablo III.3.</b> Ambalaj Atıkları Yönetmeliğine Göre Yıllık Geri Kazanılması Hedeflenen Ambalaj Atık Oranları .....	<b>70</b>
<b>Tablo III.4.</b> Mersin İli 2012 Yılı Ambalaj Ve Ambalaj Atıkları İstatistik Sonuçları (Atık Ambalaj Sistemi, ÇŞİM, 2012) .....	<b>73</b>
<b>Tablo III.5.</b> Günlere Göre Araçların Toplama Yaptıkları Yerler .....	<b>76</b>
<b>Tablo III.6.</b> Modelin CREATE Modülünde Kullanılan Olasılık Dağılımları .....	<b>78</b>
<b>Tablo III.7.</b> Modelin DELAY Modülünde Kullanılan Olasılık Dağılımları .....	<b>80</b>
<b>Tablo III.8.</b> Atık Toplama Noktaları .....	<b>82</b>
<b>Tablo III.9.</b> Araçların Tur Süreleri (Saat) .....	<b>83</b>
<b>Tablo III.10.</b> Atık Toplama Noktalarına Göre Ortalama Atık Taşıma ve Atık Bekleme Süresi (Saat).....	<b>85</b>
<b>Tablo III.11.</b> Atık Toplama Noktalarında Bekleyen Ortalama Atık Miktarı (Kg) .....	<b>86</b>
<b>Tablo III. 12.</b> Bir Saatte Gelen Atık Miktarlarının Atık Toplama Noktalarına Göre Dağılımı .....	<b>88</b>

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil I.1.</b> Bütünleşik Tedarik Zinciri .....	<b>27</b>
<b>Şekil I.2.</b> Tersine Lojistik Süreci.....	<b>30</b>
<b>Şekil I.3.</b> İleri Akış ve Tersine Akış.....	<b>38</b>
<b>Şekil I.4.</b> 1995 – 2005 Yılları Arasında Yapılan Yayınların Sayısı.....	<b>42</b>
<b>Şekil III.1.</b> Yıllara Göre Toplama ve Ayırma Tesisi Sayıları.....	<b>71</b>
<b>Şekil III.2.</b> Yıllara Göre Geri Dönüşüm Tesisi Sayıları .....	<b>72</b>
<b>Şekil III.3.</b> Yenişehir İlçesi Yol Verisi .....	<b>91</b>
<b>Şekil III.4.</b> Dumlupınar Mahallesi için Belirlenen En Kısa Yol.....	<b>93</b>

## GİRİŞ

Gelişen teknoloji, pazarların küreselleşmesi ve tüketici ihtiyaçlarının tek tip olması rekabet ortamını arttırmakta ve aynı ürünler birçok farklı marka ile satılmaktadır. Bu durum dünyadaki kıt kaynakların tükenmesini hızlandırmaktadır. Ancak teknolojiyle paralel bir şekilde tüketicilerin gelişen çevre bilinci, tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılamak için alternatifler arasından seçim yaparken artık daha farklı değerlendirmeler yapmasına sebep olmaktadır. Günümüzde tüketiciler çevre dostu, geri dönüştürülebilir, üretilirken çevreye en az zararı veren ürünleri kullanmayı/satın almayı tercih etmektedirler. Bu durum işletmeleri pazarda tutunmak, pazar paylarını korumak ve arttırmak için ve rekabetçi üstünlük elde etmek için tersine lojistik faaliyetlerini uygulamaya iten önemli sebeplerdendir. Tersine lojistiğin karlı bir alan olması, işletmelerin tersine lojistik faaliyetleri uygulamasının başka bir sebebidir. İşletmeler kullanılmış ürünleri geri dönüştürerek ya da iyileştirerek başka bir ürünün üretiminde kullanabilir, ikinci el pazarlarda satabilir veya çevreye zarar vermeden imha edilmesini sağlayarak tüketicinin gözünde marka değerlerini arttırabilir. Böylece doğrudan ya da dolaylı bir şekilde tersine lojistikten kazanç elde edebilir. İşletmelerin tersine lojistik faaliyetlerine yönelmesinin bir sebebi de yasal sınırlamalardır. Devlet işletmelere ürettikleri ürünlerin belirli bir kısmını faydalı ömrü sonunda geri toplamayı ve tersine lojistik sürecine dahil etmeyi zorunlu kılmıştır. Bu açıdan bakıldığında tersine lojistik faaliyetleri bir işletmenin neredeyse hem iç hem de dış çevresini etkilemektedir. Müşteriler, devlet, rakipler ve bunların yanında kullanılmış ürünlerin geri toplanmasında perakendeciler, hammadde tedarikçileri vs. hepsi doğrudan ya da dolaylı bir şekilde tersine lojistik faaliyetlerinden etkilenmekte ve hatta bu faaliyetlerin bir parçası olmaktadır.



Bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda konu önemli görülmüştür ve bu çalışma ile konunun öneminin daha iyi anlaşılması ve değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada Mersin ilinin Yenişehir ilçesinde faaliyet gösteren toplama ayırma lisansına sahip ambalaj atığı toplayıcısı bir firmanın faaliyetleri incelenmiş ve işletmenin bazı sorunlarına çözüm bulunmaya çalışılmıştır.

Bu kapsamda çalışmanın birinci bölümünde, ilk olarak tersine lojistik kavramı açıklanmış ve tersine lojistikle ilgili yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Aynı zamanda tersine lojistiğin özellikleri, sebepleri ve boyutları, ileri lojistikten farklılıkları, ürünlerin tersine akışa girme sebepleri, tersine lojistik süreci, tersine lojistik faaliyetleri, tersine lojistiğin önündeki engeller ve tersine lojistik ağları ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

İkinci bölümde verilerin nasıl toplandığı ve çalışmada kullanılacak iki farklı yöntemden bahsedilmiştir. Çalışmada bahsedilen birinci yöntem simülasyon modellemesi yöntemidir. Bu çerçevede ilk olarak simülasyon yönteminin tanımı yapılmış, türlerinden, avantajlarından ve dezavantajlarından bahsedilmiş ve yöntemin yoğun olarak uygulandığı sektörler belirtilmiştir. Ayrıca tersine lojistik alanında simülasyon yönteminin uygulandığı çalışmalara da değinilmiştir. Bahsedilen ikinci yöntem ise Araç Rotalama Problemleridir. Bu kapsamda araç rotalama problemlerinin tanımı, hangi durumlarda hangi sektörlerde uygulandığı, araç rotalama problemlerinin çözümünde kullanılacak yöntemlere değinilmiş ve tersine lojistik ağlarında araç rotalama problemleri ile ilgili yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölüm çalışmanın uygulama aşamasını oluşturmaktadır. Burada geliştirilen simülasyon modeli ile işletmenin var olan sisteminin daha iyi çalışması için iki farklı senaryo ile denemeler yapılmıştır. Böylece hem mevcut durum analiz edilmiş hem de farklı bir strateji ile sistemin nasıl olacağı anlaşılmaya çalışılmıştır. Ayrıca araç rotalama

problemleri çözüm yöntemlerinden en kısa yol problemi ile işletmenin hizmet verdiği bölgeler için belirlenen en iyi senaryoya göre optimum rota bulunmuş ve mesafe matrisleri hesaplanmıştır.

Çalışmanın sonuç bölümünde ise simülasyon modeli sonuçları ve araç rotalama problemleri ile ilgili değerlendirmeler yapılmış ve gelecekte yapılacak çalışmalar için de bir takım önerilerde bulunulmuştur.

## I. BÖLÜM: TERSİNE LOJİSTİK

Günümüzde artan rekabet şartlarında işletmeler pazar paylarını arttırmaya çabalamaktadır. İşletmeler bunu gerçekleştirirken de müşterilere istedikleri özelliklere sahip ürünü, istedikleri şekilde, istedikleri yerde ve istedikleri zamanda sunarak rekabet avantajı elde etmeye çalışırlar. Ancak bu sadece müşteriler için yer, zaman ve şekil faydası yaratarak gerçekleştirilmez. Aynı zamanda tedarik zinciri üyeleri ile iyi ilişkiler kurulmalıdır. Yani işletmelerin rakiplerle baş edebilmek ve mevcut müşterilerini korurken potansiyel müşterileri de mevcut müşteriye dönüştürmek için güçlü bir tedarik zinciri ağı kurmaları gerekmektedir.

Tedarik zinciri; tedarikçilerden, üreticilerden, dağıtıcılardan, toptancılardan ve perakendecilerden oluşur. Lojistikçiler ise tedarik zinciri içerisinde malzeme ve bilgi akışını sağlayarak tedarikçiler ve müşteriler arasında köprü görevi görürler (Çekerol, 2013).

Tedarik Zinciri Yönetimi Profesyonelleri Konseyinin yaptığı tanıma göre Lojistik, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla üretim noktası ve tüketim noktası arasında hammaddenin, üretim süreci içerisindeki stokların, mamullerin, hizmetlerin ve ilgili bilginin etkili bir şekilde taşınmasını, depolanmasını ve kontrol edilmesini sağlayan tedarik zinciri sürecinin bir parçasıdır (Council of Supply Chain Management Professionals, t.y.).

Lojistik yönetimi faaliyetleri, gelen yük – giden yük taşımacılığı yönetimini, filo yönetimini, depolamayı, malzeme yüklemeyi, siparişi yerine getirmeyi, lojistik ağı tasarımını, stok yönetimini ve üçüncü parti lojistik hizmeti sağlayıcılarının yönetimini içermektedir (Jonsson, 2008). Lojistik yönetimi faaliyetlerinden anlaşılacağı üzere lojistik bir ürün akışı sürecidir. Bu akış ileriye yönelik olabileceği gibi geriye dönük de olabilir.

İleriye akış ileri lojistik ya da sadece lojistik olarak adlandırılırken, geriye akış ise tersine lojistik olarak adlandırılmaktadır.

Tersine lojistik kullanılmış, faydalı ömrünü tamamlamış ve artık tüketiciler tarafından ihtiyaç duyulmayan ürünlerin ve gerekli bilginin tüketim noktasından üretim noktasına yeniden kullanılmak, iyileştirilmek, geri dönüştürülmek veya imha edilmek amacıyla geri toplanması sürecidir.

Bu bölümde, tersine lojistik kavramı açıklanmış, tersine lojistiğin özellikleri, nedenleri, boyutları, iade türleri, ileri lojistikten farklılıkları, uygulama aşamaları, tersine lojistik faaliyetleri ve tersine lojistiğin önündeki engellerden bahsedilmiş olup yurt dışında ve Türkiye’de tersine lojistik ile ilgili yapılan çalışmalara değinilmiştir.

### **I.1. Tersine Lojistik Kavramı**

İklim değışiklikleri ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan hava, toprak ve su kirliliğinin yerel ve bölgesel etkileri hakkında artan kaygılar, çevresel yönetim ve işlemler arasındaki etkileşimi artırarak, tersine lojistik olarak adlandırılan yeni bir araştırma alanının yaratılmasına sebep olmuştur (Pourmohammadi, Rahimi, & Dessouky, 2008).

Tersine lojistik kavramı, dünya nüfusunun artmasına karşın dünya kaynaklarının azalmasından dolayı, insanların ihtiyaçlarını karşılayacak ürünlerin üretilmesinde kullanılacak malzemeleri geri dönüşüm ile elde etme ihtiyacından doğmuştur. Günümüzde çevreyi koruyan yasaların artması, tüketicilerin çevre bilinçlerinin gelişmesi ve tüketim alışkanlıklarının değışmesi işletmeleri tüketicilere hitap etmek ve rakiplere karşı avantajlı duruma geçmek için çevreye duyarlı üretim yapmaya itmektedir. Böylece işletmeler çevreye karşı sosyal sorumluluk almakta ve kurumsal bir vatandaş gibi

davranmaktadır. Bu noktada tersine lojistik aslında bir işletme için hem üretim hem de yönetim felsefesi olmaktadır.

Tersine lojistik ile ilgili literatürde yer alan bazı tanımlar şunlardır;

Tedarik Zinciri Yönetim Profesyonellerinin (The Council of Supply Chain Management Professionals) tanımına göre tersine lojistik, *“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.”* (Council of Supply Chain Management Professionals, t.y.).

Kroon ve Vrigens (1995), tersine lojistiği ürünlerden ve ambalajlardan zararlı olan ya da olmayan atıkların azaltılmasını, yönetilmesini ve imha edilmesini içeren lojistik yönetim becerileri ve faaliyetlerini ifade eden bir kavram olarak açıklamışlardır.

Fleischmann vd. (1997)'ne göre ise tersine lojistik, tüketiciler tarafından artık ihtiyaç duyulmayan, kullanılmış ürünlerden pazarda tekrar kullanılabilir ürünler elde etmeye yardımcı olan başından sonuna bütün lojistik faaliyetlerini kapsayan bir süreçtir.

Rogers, & Tibben-Lembke (1998) tersine lojistiği hammaddenin, yarı mamulün, bitmiş (nihai) ürünün ve bununla ilgili bilginin tüketim noktasından üretim noktasına yeniden değer yaratmak veya uygun bir şekilde imha etmek amacıyla verimli ve uygun maliyetli akışının planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi süreci olarak tanımlamışlardır.

Dowlatshahi (2000) ise tersine lojistiği, olası geri dönüşümü, yeniden üretimi ya da yok edilmesi için daha önceden toplanmış ürünlerin ya da parçaların tüketim noktasından üretici tarafından sistematik bir şekilde toplanması süreci olarak tanımlamıştır.

Stock (2001), tersine lojistiği ürün dönüşleri (product returns), kaynak azaltımı (source reduction), geri dönüşüm (recycling), materyal ikamesi (material substitution), materyallerin yeniden kullanımı (reuse), atıkların yok edilmesi (waste disposal) ve yenilenmesi (refurbishing), tamir (repair) ve yeniden üretimde (remanufacturing) lojistiğin rolü olarak tanımlamıştır.

Tersine lojistik, tüketicilerin sahip oldukları bozulmuş ürünlerin değiştirilmesi veya tamir edilmesi için geri göndermesiyle başlayan ve değiştirilen veya tamir edilen ürünün tüketiciye geri gönderilmesiyle sonlanan, tüketici tatmini açısından önemli bir kavramdır (Gilanlı, Altuğ, & Oğuzhan, 2012).

Tersine lojistik kavramı literatürde farklı şekillerde konumlandırılmaktadır. Bazı tanımlarda tersine lojistik; tersine tedarik zincirinin bir parçası, bazı tanımlarda tedarik zincirinin bir parçası, bazılarında ise ileri lojistik işlemlerinin bir parçası olarak tanımlanmıştır (Şengül, 2010). Yapılan tanımlar dikkatli bir şekilde analiz edildiğinde yazarların çoğunun kullanılmış ürün, atık ürün, daha önceden taşınmış ürünler ve parçalar, paketler ya da ürünlerin sebep olduğu zararlı veya zararsız atıklar, bilgi, hammadde konularında benzer düşüncelere sahip oldukları görülürken, şirkete ve şirketin içinde bulunduğu endüstri alanına göre farklılıklar olduğu görülmektedir.

Tedarik zincirine dahil olan paydaşlar açısından bakıldığında, perakendeciler tersine lojistiği kullanılmış ürünlerin tüketiciden satıcıya geri dönüşü olarak görürler iken üreticiler ise tersine lojistiği, kusurlu veya kullanılmayacak olan ürünleri kullanıcılardan geri alma süreci olarak görürler. Çevreciler açısından bakıldığında ise tersine lojistik, çevreyi kirleten atıkların geri dönüşümüdür (Şengül, 2010). Tersine lojistik için yapılan tüm bu tanımların unsurları Tablo I.1'de özetlenmiştir (Lourenço, & Soto, 2002);

**TabloI.1. Tersine Lojistik Tanımlarının Unsurları (Lourenço, & Soto, 2002)**

Nedir?	Girdiler	İşlemler	Çıktılar	Nereden?	Nereye?
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Süreçtir</li> <li>• Görevdir</li> <li>• Yetenek ve aktivitedir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Iskarta ürünler,</li> <li>• Kullanılmış ürünler,</li> <li>• Önceden gönderilmiş ürün ya da parçaları,</li> <li>• Tehlikeli olan ya da olmayan atıkların paketleri ve ürünleri,</li> <li>• Enformasyon,</li> <li>• Hammadde,</li> <li>• İşletme stoku,</li> <li>• Bitmiş malzeme,</li> <li>• İlişkili enformasyondur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planlama, uygulama, etkili ve yeterli maliyet akışının kontrolü,</li> <li>• Toplama,</li> <li>• Nakliye,</li> <li>• Depolama,</li> <li>• İşleme,</li> <li>• Kabul,</li> <li>• Tekrar ele geçirme,</li> <li>• Paketleme,</li> <li>• Gönderme,</li> <li>• Azaltma,</li> <li>• Yönetme,</li> <li>• Düzenleme,</li> <li>• Parçalara ayırma,</li> <li>• Stok,</li> <li>• Üretimdir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tekrar kullanılan ürünler,</li> <li>• Geri kazanma,</li> <li>• Düzenleme,</li> <li>• Yeniden- imalat,</li> <li>• Azaltma,</li> <li>• Yönetim,</li> <li>• Yeniden kazanılan değerdir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tüketim noktasından</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Üreticiye,</li> <li>• Merkez toplama noktasına,</li> <li>• Ana noktaya doğrudur.</li> </ul>

### I.1.2. Tersine Lojistiğin Özellikleri

Tersine lojistiği ileri lojistikten ayıran kendine has bir takım özellikleri vardır. Bu özellikler aslında iade edilen/toplanan ürünler ile orijinal ürünler arasındaki farklılıkları da ortaya koymaktadır. Bunlar sıralanacak olursa,

*Geri dönüş akışının kalite, miktar ve zamanlamasının belirsizliği:* Tersine lojistiğin en temel özelliklerinden biri belirsiz olmasıdır çünkü iade edilecek ürünlerin miktarı, kalitesi ve zamanlaması önceden bilinmemektedir. Bu belirsizlik üretici işletmelerin istemediği bir durumdur çünkü her geri dönen ürün akışının farklı bir özelliği olabilir. Örneğin, üretici kanunlar yüzünden kullanılmış ürünlerini geri almak zorunda

olabilir ya da ürün teknik bir hatadan dolayı geri dönmüş olabilir veya özel bir kira sözleşmesinin sona ermesi üzerine üretici ürününü geri almak zorunda kalabilir (Thierry, Salomon, Nunen, & Vassenhove, 1995; Zhou, Liu, & Wang, 2008). Bu farklı özellikler ürün üzerinde yapılacak işlemlerin de farklı olmasına sebep olmaktadır. İade edilen ürün sahip olduğu özelliğe göre, hiç işlem görmeden satılabilir, başka bir ürünün üretimine dahil olabilir, basit bir işlemle tekrar kullanılabilir veya hiç kullanılmayacak durumda olduğu için yok edilmesi gerekebilir. Bu yüzden her geri dönen ürün akışı için, üreticiler iadenin beklenen miktarı, kalitesi ve zamanlaması için bir değerlendirme yapmak zorundadır. Çünkü bu değerlendirme kullanılmış ürünlerin arzı hakkında üreticilere bilgi verir ve aynı zamanda geri dönen ürünler üzerinde yapılacak olası işlemleri belirlemek işletmenin bu ürün için imha ya da geri dönüşüm maliyetlerini tahmin etmesine de olanak sağlayacaktır.

*Geri kazanımı sağlanmış ürün ve materyaller için piyasa bulma güçlüğü:*

Kullanılmış ürünler için piyasa bulmak çok zordur. Kullanılmış ürünün pazarlarda kabul edilmesi yeni ürünle kullanılmış ürün arasındaki kalite ve maliyet farkının algılanışına göre farklılık gösterir (Thierry, vd., 1995). Üretici işletmeler ürünlerin geri dönüşüm işlemleri hakkında perakendecilerine ve müşterilerine bilgi vererek talep yaratabilirler. Örneğin, Coca-Cola depozitolu şişelerin toplanması konusunda perakendecilerin hassasiyetini arttırmak için, camların çevreye verdiği zararlardan, işletme olarak bunun önüne geçmek için yaptıkları yatırımlardan ve depozitolu şişelerin nasıl temizlendiğinden hem kendilerinin öğrenmesi hem de tüketicilere anlatmaları için perakendecilerinin hemen hemen hepsine düzenli aralıklarla verdikleri eğitimlerde ve gerçekleştirdikleri işletme gezilerinde bahsetmektedirler.



Ayrıca geri kazanılmış ürün ve materyaller sadece işletmenin kendisi tarafından değil tedarik zinciri içindeki diğer işletmeler tarafından ve tedarik zinciri dışındaki diğer işletmeler tarafından veya işletmenin rakipleri tarafından da kullanılabilir. Bu da kullanılmış ürünlere olan talebin artmasına yol açmaktadır. Ülkemizde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Toplama ve Ayırma Lisansı alan toplayıcı firmalar topladıkları ürünleri sadece cinsine göre ayırmaktadır ve üretici firmalara satmaktadır. Örneğin, Şişecam A.Ş. anlaştığı toplayıcı firmadan, firmanın topladığı kullanılmış camları satın almakta ve tekrar üretime dahil etmektedir. Kullandıkları camın daha önceden kimin tarafından üretildiğine dikkat etmemektedirler.

*Yapısal sorunlar:* Tersine dağıtım ileri dağıtımın tümüyle simetrik bir görüntüsü değildir. Bu yüzden geleneksel dağıtım modellerinde düzenlemelere ve bazı eklentilere ihtiyaç vardır. Kullanılmış ürünlerin hem müşterilerden arzı hem de geri dönüştürülmüş ürünlerin nihai pazarları geleneksel dağıtımdaki karşılıklarına göre genellikle birçok bilinmeyen faktörü içerir ( Fleischmann, & Bloemhof-Ruwaard, 1997).

*Kullanılmış ürünleri toplama ve geri kazanımdaki zorluklar:* İade edilen ürünlerin durumu ve materyal bileşimi bilinmediği gibi aynı zamanda iade edilen ürünler farklı ürün markalarından da oluşabilir (Schultmann, Zumkeller, & Rentz, 2006). Nihai tüketicilerden yeniden kullanmak, geri dönüştürmek ya da imha etmek için kullanılmış ürünleri elde etmenin 2 yolu vardır: atık kolu sistemi ve piyasanın yönlendirdiği sistem. Atık kolu sistemi; ürünlerin toplanmasından ve yeniden kullanılmasından üretici firmaların sorumlu olmasına dayanır. Piyasanın yönlendirdiği sistem ise ürünlerin toplanmasında ve yeniden kullanılmasında uzman bir firmaya kullandıkları ürünleri iade etmesi için nihai tüketicileri motive eden mali teşviklere dayandırılır. Atık kolu sisteminde firma atık kolundan gelen bütün ürünleri kabul eder ve iadelerin kalitesini kontrol edemez. Bu

yüzden iadelerin büyük bir bölümünü bela olarak görürler (Guide, & Wassenhova, 2001). İade edilen ürünler firmanın uzmanlık alanı dışında olabilir ve firma bu ürünleri yeniden üretimde kullanamaz ya da üzerinde hiçbir işlem yapılamayacak ürünler iade edilmiş olabilirler, işletme bunları ayrıştırma işleminden sonra fark edeceği için boşa çaba sarf etmiş olur.

### **I.1.3. Tersine Lojistiğin Nedenleri**

Normalde doğrudan kârı içermeyen bir alan olduğu için çoğu işletme ürünlerin normal (ileri) akışına verdiği önemi tersine lojistiğe vermemektedir. Ama tüketiciler ve tedarik zinciri üyeleri arasındaki ilişkileri geliştirdiği, atılmış ürünlerin dışında kalan geri dönmüş ürünlerin yeniden satışı sayesinde tasarruf sağladığı, yeşil marka imajını güçlendirdiği ve buna ek olarak müşteri tatmini sağladığı için tersine lojistik işletmeler için giderek önemli olmaktadır.

Tersine lojistik süreci ürünlerin tedarik zincirinin sonuna gitmesiyle ve daha sonra geri dönüşüm için istenmesiyle ya da ürünün geri çağırılmasıyla başlar. Kural olarak geri dönüşten sorumlu olan bir grup vardır, bunlar ürünü alır ve geri dönüşümünü gerçekleştirir. Diğer bir grup da bunları alıp yeniden satmaya veya yeniden dağıtmaya çalışır. Böylece iade edilen ürünlerden geri dönüşüm değeri yaratılır (De Brito, & Dekker, 2002).

Tersine lojistik kullanılmış ürünlerin yeniden değerlendirme potansiyellerine dikkat çekmek için ortaya çıkmıştır (Deniş, 2012). Bunun yanında yasal sınırlamalar ve yönetmelikler, müşterilerin çevreyle ilgili endişeleri ve çevreye karşı sosyal sorumlulukları tersine lojistiğin itici güçlerini oluştururlar (Ravia, Shankara, & Tiwari, 2005). Bu itici güçler tersine lojistiğin nedenleri olarak kabul edilebilir ve aşağıdaki dört başlık altında açıklanabilir.

***Ekonomik nedenler (doğrudan ve dolaylı);*** Yeniden üretim, tamir, yeniden yapılandırma ve geri dönüşüm için ürünlerin toplanması kârlı bir işletme kaynağı olabilir (Zhao, vd., 2008). Tersine lojistik sistemi, kaynak azaltmaya vurgu yaparak, ürünleri yeniden kullanıp katma değer sağlayarak ve imha maliyetlerini azaltarak işletmelere maliyet faydaları sağlayabilir. Böylece tersine lojistik girdi materyallerinin maliyetlerinin düşürülmesinde ve yeniden kullanılıp katma değer yaratmada doğrudan kazançlar sağlayabilir (Ravia, vd., 2005).

Geri kazanımdan elde edilen doğrudan kârlara maliyetlerin azalması, materyal kullanımının azalması ya da ayrılan parçaların değerlendirilmesi örnek gösterilebilir (De Brito, & Dekker, 2002). Bir diğer doğrudan kâr göstergesi ise, tersine lojistiğin tamamıyla yeni parçalar/hammadde/direk malzemeler kullanarak üretim yapmak yerine iade edilen ürünlerin parçalarını kullanarak kâr marjında artış sağlamasıdır. Örneğin Estee Lauder kozmetik firması tersine lojistik faaliyetlerini uygulamaya başladığı yıl geri dönen ürünlerin yaklaşık %24'ünü değerlendirmiş ve yaklaşık \$475.000 tasarruf sağlamıştır. Ayrıca ikinci el pazarlarda ve küresel pazarlarda artan satış fırsatları da tersine lojistik için doğrudan kârı etkileyen faktörler arasındadır (Avittathur, & Shah, 2004; Yoon, & Le, 2013).

Bunlara ek olarak tersine lojistikte, tersine lojistik faaliyetlerine geç başlayan işletmeler öğrenme ekonomisinden de faydalanabilir. Kendisine göre daha önceden tersine lojistik faaliyeti uygulayan işletmelerin nasıl hareket ettiklerini, ne tür sorunlarla karşılaştıklarını ve bu sorunlara nasıl çözümler bulduklarını öğrenerek aynı durumlarla karşılaştıklarında fazla çaba sarf etmeden ve fazla masrafta bulunmadan/yüksek maliyete maruz kalmadan tersine lojistik faaliyetlerini gerçekleştirebilirler ve kaynaklarını daha karlı bir şekilde yönetebilirler.

Tersine lojistik yukarda belirtildiği gibi farklı şekillerde doğrudan kârı etkilediği gibi müşteri/tedarikçi ilişkilerini geliştirerek, şirketlerin pazarlarını koruyarak ve yeşil marka imajı yaratarak işletmelerin dolaylı kazanç elde etmelerini de sağlar (Ravia, vd., 2005). Tersine lojistik ile üreticiler perakendecilerle daha yakın, daha güvenilir ve daha uzun süreli ilişkiler kurabilirler. Bunun yanında yeşil marka imajına sahip firmalar tüketicilerin iki marka arasında tercih yaptığı durumlarda önemli olmaktadır. Tüketiciler genellikle bu gibi bir durumda çevreyi koruyan ya da çevreye en az zararı veren ürünleri tercih etmektedirler. Bu açıdan bakıldığında tersine lojistik güçlü ve stratejik bir pazarlama aracına da dönüşebilir.

Tersine lojistik programları işletmelere değerli bilgi toplama fırsatı da vermektedir. Bu bilgi ürünün kusurlu bölümlerinin ve üretim sürecinin problemleri alanlarının tanımlanmasına olanak sağlar. Ve bu bilgi sayesinde işletmeler iade büyüklüğünü azaltabilirler. Bu da dolaylı olarak işletmenin kârını etkileyen bir faktör olarak değerlendirilebilir.

**Yasal Nedenler;** Bir işletmeye ürünlerin yaşam süresi dolduktan sonra geri alınıp imha edilmesini ya da iyileştirilmesini şart koşan tüm kamu kurum/kuruluş yetkilileri yasal nedenleri oluşturmaktadır. Bu kuruluşlar çıkardıkları yasalarla atık yönetimine yasal düzenlemeler getirmişlerdir. Bu yasal düzenlemeler bir işletmenin yaşam döngüsünün sonuna gelmiş ürünlerin toplanmasını ve yeniden kullanılmasını, atık yönetim maliyetlerini yüklenmesini, üretilen atık miktarını azaltmasını ve geri dönüştürülen malzemelerin kullanımını arttırmasını içerebilir (Ravia, vd., 2005).

Son yıllarda çevresel bilincin artmasıyla, çevreyi koruyan yasaların yaptırımı da güçlenmektedir (Cheng, & Yang, 2005). Gelişmiş ülkeler tarafından yasal teşviklerin uygulanması, tüm dünyada geri dönüşümle ilgili reaksiyonlara yol açmıştır. Bu ülkelerdeki

geri dönüşüm endüstrileri büyümektedir ve firmalar pazarlardaki rekabet güçlerini koruyabilmek için diğer sektörlerle bütünleşmekte ve bu etki gelişmekte olan ülkelere de ulaşmaktadır (Cruz-River, & Ertel, 2009). Ülkemizde geri dönüşüm; Çevre Kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenmektedir. Bu yönetmelikler ise;

- Atık Elektrik Elektronik Eşyaların Kontrolü ve Yönetimi Yönetmeliği; Bu yönetmelikte önemli bir unsur “Üreticinin Sorumluluğu” ilkesidir. Bu sorumluluk, üreticilerin ve ithalatçıların ürünlerinin son kullanıcılar tarafından kullanıldıktan sonra geri kalan atığın belirli bir yüzdesinin geri kazanımı faaliyetlerini kapsar. Üreticiler ve ithalatçılar aynı zamanda geri kazanım faaliyetlerini izlemek ve miktarlarını piyasaya sürdükleri ürün miktarı ile karşılaştırmak ve bu bilgilere yönelik kanıtlar sunmak zorundadırlar. Önemli noktalardan biri, yönetmelikteki hükümlerin satış tekniklerine bakılmaksızın (doğrudan/uzaktan/elektronik satış) bütün ürün ve üreticileri kapsamasıdır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2012).
- Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği (APAK); Pil ve akümülatör ürünlerinin etiketlenmesi ve işaretlenmesi, üretiminde kullanılan zararlı madde miktarının azaltılması, kullanıldıktan sonra atıklarının evsel ve diğer atıklardan ayrı olarak toplanması, taşınması, bertaraf edilmesi ile ithalat, transit geçiş ve ihracatına ilişkin yasaklar, sınırlamalar ve yükümlülükleri, alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri, tabi olunacak sorumlulukları düzenlemektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2004)
- Ambalaj Atıkları Kontrolü Yönetmeliği; Amacı çevresel açıdan belirli ölçütler, temel koşul ve özelliklere sahip ambalajların üretimi, ambalaj atıklarının çevreye zarar verecek şekilde doğrudan ve dolaylı bir şekilde alıcı ortama verilmesinin önlenmesi, öncelikle ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, önlenemeyen

ambalaj atıklarının tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım yolu ile bertaraf edilecek miktarının azaltılması, ambalaj atıklarının yönetiminde gerekli teknik ve idari standartların oluşturulması ve bunlarla ilgili ilke, politika ve programlar ile hukuki, idari ve teknik esasları belirlemektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011)

- Poliklorlu Bifenil ve Poliklorlu Terfenillerin Kontrolü Hakkında Yönetmelik; Bu yönetmelik, kullanılmış poliklorlu bifenil (PCB) ve poliklorlu bifenil içeren madde ve ekipmanların envanterinin hazırlanmasını, geçici depolanmasını, taşınmasını, arındırılmasını ve bertaraf edilmesini, ithalat ve ihracata ilişkin sınırlamaları ve yükümlülükleri, alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri ve tabi olunacak hukukî ve cezaî sorumlulukları kapsar (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2007)
- Atık Yağların Kontrolü Yönetmeliği; Amacı atık yağların çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesinin önlenmesini, çevre ve insan sağlığına zarar vermeden geçici depolanmasını, taşınmasını, bertaraf edilmesini, atık yağların yönetiminde gerekli teknik ve idari standartların oluşturulmasını, geçici depolama ve geri kazanım tesislerinin kurulması ve bu tesislerin çevreyle uyumlu yönetimi için buna yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi için hukuki ve teknik esasların düzenlenmesini sağlamaktır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2008)
- Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Kontrolü Yönetmeliği; Bu yönetmelik, ömrünü tamamlamış bisiklet ve dolgu lastikleri hariç diğer tüm lastiklerin atıklardan ayrı olarak toplanması, taşınması, geçici depolanması, geri kazanılması, bertarafı, ithalatı, ihracatı ile transit geçişine ilişkin yasal sınırlama ve yükümlülükleri, alınacak önlemleri, yapılacak denetimleri, tabi olunacak hukuki ve

cezai sorumlulukları kapsar. Üreticiler, her yıl bir önceki yıl iç piyasaya sürülen lastik tonajını hesaba alarak bu yönetmeliğin yürürlüğe girdiği ilk yıl (2007) %30, ikinci yıl %35, üçüncü yıl %40, dördüncü yıl %45 ve beşinci yıl %50 devamı yıllarda ise Bakanlığın ortalama lastik aşınma oranını dikkat alarak belirleyeceği oranlarda ÖTL'leri toplamak/toplatmak, toplanan miktarın geri kazanımını veya bertarafını sağlamak ve bu işlemleri bakanlığa belgelemekle yükümlüdürler (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2006)

- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği; Her türlü atık ve artığın çevreye zarar verecek şekilde, doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması, uzaklaştırılması ve benzeri faaliyetlerin yasaklanması, çevreyi olumsuz yönde etkileyebilecek olan tüketim maddelerinin idaresini belli bir disiplin altına alarak, havada, suda ve toprakta kalıcı etki gösteren kirleticilerin hayvan ve bitki nesillerini, doğal zenginlikleri ve ekolojik dengeyi bozmasının önlenmesi ile buna yönelik ilke, politika ve programların belirlenmesi, uygulanması ve geliştirilmesidir. Katı atık kontrolüyle ilgili yasa gereği ambalajlarında plastik, pet şişe, polietilen, polistiren malzeme kullanan üretici firmalar bunların en az %30'unu geri toplamak durumundadır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 1991).

Bu yönetmeliklere uygun olarak Türkiye'de 344 adet ambalaj atığı geri dönüşüm tesisi, 199 adet tehlikeli ve tehlikesiz atık geri dönüşüm tesisi, 38 adet atık yağlar geri dönüşüm tesisi, 28 adet bitkisel atık yağlar geri dönüşüm tesisi, 17 adet ömrünü tamamlamış lastikler geri dönüşüm tesisi ve 16 adet atık pil ve akü geri dönüşüm tesisi bulunmaktadır. Bunun yanında toplamda 206 tane lisanslı toplama ve ayırma tesisi bulunmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2011).

***Kurumsal vatandaşlık;*** Şirketlerin topluma ve devlete karşı birçok yönden sorumluluk bilinci taşımaları anlamına gelen kurumsal vatandaşlık anlayışına göre şirketler de tıpkı bireyler gibi hakları ve yükümlülükleri olan, faaliyette buldukları ülkelerin ‘vatandaşları’ konumundaki yasal kurumsal varlıklardır (Marsden, 2000). Atık yönetimine ilginin giderek artmasının asıl sebebi üretilen atık miktarının artması, imha alanlarının azalması ve çevreyle ilgili endişelerdir. Atıkları imha etmenin çevreye olan zararlı etkilerine bağlı olarak bu ilgi geri dönüşüm üzerine kaymaktadır (Barros, Dekker, & Scholten, 1998). Kurumsal vatandaşlık bu noktada, tersine lojistik faaliyetleri ile sorumluluğu birleştirmek için bir işletmeyi zorlayan kurallar ve değerler bütünü olarak karşımıza çıkmaktadır (Ravia, vd., 2005). Benimsenen kurumsal değerler içerisinde tüketiciye ürünlerin iadesinin yapılması, para iadesi seçeneğinin bildirilmesi, tamir işlemlerinin gerçekleştirilmesi, garanti ve servis hizmetleri kapsamında hizmet verilmesi işlemleri ile tüketiciyi etkileyerek işletmeye potansiyel bir fayda sağlar.

Tersine lojistik faaliyetleri kurum imajı yaratılmasına ve kurum imajının artırılmasına katkı sağladığı için işletmelere aslında dolaylı bir fayda da sağlamaktadır. Çoğu firma toplumun iyiliği için faaliyette bulunarak kurumsal vatandaş gibi davranır. Örneğin, Nike kullanılmış ürünleri satın aldığı mağazalara kullanılmış ürünleri getirmesi için müşterileri teşvik ederek bu ürünleri parçalayıp basketbol sahası ve koşu parkuru yapmaktadır. Nike, aynı zamanda basketbol sahalarına malzeme bağışlamakta ve bu sahaların kurulması ve varlığını devam ettirmesi için de para bağışında bulunmaktadır (De Brito, & Dekker, 2002). Böylece kurumsal vatandaş gibi davranarak marka değerini arttırmaktadır.

***Çevresel endişeler;*** Kurumsal bir şirketin ya da işletmenin tersine lojistik faaliyetlerine dahil olarak, bir işletmeyi ya da örgütü tersine lojistik faaliyetleri ile sorumlu



olmaya iten bir dizi değer ya da ilkeler bütünüdür (De Brito, & Dekker, 2002; Ravia, vd., 2005).

Geçmişte kullanılmış ürünlerin çoğu çevreye önemli zararlar verdiği halde yakılıyor ya da gömülüyordu. Ama gömme maliyetlerindeki artış ve çevresel düzenlemeler artık buna engel olmaktadır ve yakma kapasitesi küçülmektedir. Yakma kapasitesindeki küçülme ve buna ek olarak atık sahalarındaki artış ve sınırlı doğal kaynaklar ile ilgili olarak çevresel endişelerin artması yüzünden atık azaltma işletmeler için temel bir görev olmuştur (Ferguson, & Brownw, 2001; Zhao, vd., 2008). Bazı bireylerin çevre konusunda gösterdikleri duyarlılık bazı şirketler tarafından da benimsenmekte ve firmalar aynı duyarlılığı göstermekte, çevreye ve insanlara zarar vermemek için tersine lojistik işlemlerinde de sorumlu davranmaktadır (De Brito, & Dekker, 2002)

#### **I.1.4. Tersine Lojistiğin Boyutları**

Tersine lojistik ağ tasarımlarında, müşteri, içsel süreç, yenilik ve öğrenme ve finansal olmak üzere göz önünde bulundurulması gereken çok önemli dört bakış açısı bulunmaktadır (Ravi, vd., 2005).

##### **I.1.4.1. Müşteri Boyutu**

Günümüzde müşteriler üreticilerden ürünlerin ortaya çıkardığı atık miktarının azaltılmasını, tedarikçilerinden temiz ve enerji tasarrufu yapan üretim süreçlerini arttırmalarını talep eder (Ravi, vd., 2005). Çevre bilinci artan bu müşteriler çevreye zarar vermeyen ve geri dönüştürülebilir bir ürün için daha fazla para ödemeye razı olurlar. Firmalar üretim işlemlerinde, satış ve satış sonrası hizmetlerinde müşterilerin bu isteklerini göz önünde bulundurarak rakip işletmelere karşı büyük bir avantaj elde edebilirler. Kısaca işletmeler sadece yasalara uymak zorunda oldukları için değil müşterilerini tatmin etmek

ve onları sadık birer müşteri haline getirmek içinde tersine lojistik faaliyetlerine ilgi göstermektedirler.

#### **I.1.4.2. İçsel Süreç Boyutu**

İçsel süreç boyutu işletmenin amaçlarına ulaşabilmesi için tersine lojistik işlemlerinin hangi alanlarını mükemmelleştirilmesi gerektiğini ifade eder (Ravi, vd., 2005). Tersine lojistik sisteminin işlemleri ve iyileştirme süreci faaliyet kapasitesine, kaynak gereklerine, ürünün özelliklerine ve ürünün yaşam döngüsüne göre farklılık göstermektedir.

Bir firmanın tersine lojistik faaliyetleri müşteriler, tedarikçiler, rakipler ve devlet tarafından doğrudan etkilenir. Ve bu paydaşlar tersine lojistik sistemlerinin etkin ve verimli bir şekilde çalışması ve iyileştirme opsiyonları ile ilgili stratejik bir karar alması için işletmeyi zorlarlar (Zhao, vd., 2008). İşletmenin tersine lojistik sistemleri ile ilgili karar alırken bu dört paydaşı bir arada değerlendirmesi gerekir. Tersine lojistik faaliyetlerini etkin bir şekilde gerçekleştirmek için geliştirilebilecek bağlantılardan birisi bilgi destek sistemidir. Bu bilgi destek sistemi sayesinde lojistik müdürleri iade edilecek ürünler hakkında tedarikçiler aracılığıyla müşteriden haberdar olabilirler. Aynı şekilde devletin çıkardığı yasalar ve rakiplerin hareketleri de takip edilir ve sistematik bir karar alma süreci oluşturulabilir.

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

Üreticiler nihai müşterileri memnun edebilmek için çok kârlı olmasa bile tersine lojistik faaliyetlerini yeniden tasarlamaktadırlar (Ravi, vd., 2005). Tüketicilerin çevre bilincinin artmasında ve firmaların rekabetçi avantaj yaratmasında yenilik ve öğrenme oldukça önemlidir.

Bir işletmenin çevresel sürdürülebilirliği ve ekolojik performansı tedarikçilerine de bağlıdır (Ravi, vd., 2005). Bu yüzden bazı işletmeler tersine lojistiği yerli ve yabancı ortaklıkların içsel bir parçası olarak uygulamaktadırlar. Çünkü işletmeler, tersine lojistik ağını kullanarak müşterilerin isteklerini geriye doğru bilgi akışı sayesinde anlayabilirler. Burada tedarikçilere önemli rol düşmektedir (Deniş, 2012).

#### **I.1.4.4. Finansal Boyutu**

Bu boyut tersine lojistik işlemlerinin paydaşların amaçlarını karşılama derecesini gösterir. Terine lojistik stratejisinin uygulanmasının işletmenin kâr/zarar gelişimine katkı sağlayıp sağlamadığını ortaya koyar. Bu, ürünün yeniden değer yaratma, maliyet tasarrufu ve atık azaltan tersine lojistik faaliyetleri ile mümkün olur (Ravi, vd., 2005).

Faydalı ömrünü tamamlamadan önce iade edilen ürünler doğrudan bir işletmenin gelirini azaltır. Yeniden üretim ya da geri dönüşüm amacı ile faydalı ömürlerinin sonunda iyileştirilen ürünler ise önemli toplama maliyetlerine sebep olmaktadır. Ama eğer ürünün ilk kullanım aşamasından sonra önemli bir piyasa değeri varsa, ürünün toplanması, iyileştirilmesi ve satılması, üretici tarafından kârlı olabilmektedir (Jayaraman, Ross, & Agarwal, 2008; Schultmann, vd., 2006). Ayrıca ürün geliştirmede, yeniden üretimden elde edilen parçaları kullanan firmaların tamamıyla yeni parçalarla üretilen bir ürünün maliyetiyle kıyaslandığında %40-%60 oranında bir tasarruf sağlayacağı tahmin edilir (Dowlatshahi, 2000). Bu da firmaları geri dönüştürülebilir ürün üretmeye itmektedir. Örneğin; Ford ürettiği Ford Mondeo adlı aracın %85'ini geri dönüştürülebilir şekilde tasarlamıştır (Rogers, & Tibben-Lembke, 1998).

Ürünün değeri çok yüksek olduğunda ya da iade/geri dönüş oranı çok büyük olduğunda firmalar iade sürecini geliştirmeye çok daha fazla zaman ve çaba harcarlar. Mesela otomotiv, elektronik ve beyaz eşya sektörü buna örnek olarak verilebilir.

### **I.1.5. Tersine Lojistikte İade Türleri**

Ürünlerin tersine akışa dahil olmalarının bir çok sebebi bulunmaktadır ve genellikle ürünler müşteriler ya da perakendeciler tarafından tersine akışa dahil edilirler. Ürünler işlevlerini doğru düzgün yerine getiremedikleri için ya da işlevlerine artık ihtiyaç kalmadığı için, kusurlu oldukları için müşteriler tarafından iade edilirken, perakendeciler ise ürünün ambalajının modası geçtiği için, ürünün bir üst modeli çıktığı için, üretici firma aynı üründen üretmeyi bıraktığı için yahut iş yerini tasfiye ettikleri için ürünleri iade etmektedirler.

Ürünlerin iade edilme sebepleri geleneksel tedarik zinciri hiyerarşisine göre şekillenmektedir. Yani üretim süreci ile başlar, daha sonra toptancı/perakendeciye gider, son olarak ise tüketiciye ulaşır (Deniş, 2012). Bu kapsamda iade türleri;

- Üretim iadeleri
- Dağıtım iadeleri
- Tüketici iadeleri

olmak üzere üç başlıkta toplanmaktadır (De-Brito, & Dekker, 2002).

#### **I.1.5.1. Üretim İadeleri**

Üretim sürecinin herhangi bir aşamasında meydana gelen geri dönüşleri kapsamaktadır. Üretim sürecinde iyileştirilmesi gereken ürünler ya da malzemelerin bulunduğu bütün durumlardır. Üretim iadelerinin farklı sebepleri olabilir. Hammaddeler üreticinin elinde kalmış olabilir ya da nihai ürünler kalite kontrollerini geçemeyebilir ve yeniden işlenmesi gerekebilir (De Brito, 2004).

### **I.1.5.2. Dağıtım İadeleri**

Bir ürün üretildikten sonra dağıtım ağı boyunca bir tedarik zinciri aktörü tarafından başlatılan bütün iadeleri içeren dağıtım iadeleri, ürün geri çağırma, ticari iadeleri, stok düzenlemelerini ve işlevsel iadeleri kapsamaktadır (De-Brito, & Dekker, 2002).

Ürünün geri çağırılması sağlık ya da güvenlik problemleri yüzünden geri toplatılan ürünleri içermektedir. Bu konu ile ilgili en bilinen örnek, 2009 yılında Toyota otomobillerinin kasıtsız bir şekilde hızlandığı için zararlı bulunduğu için geri toplatılmasıdır. Bu durumun üstesinden gelmek için Toyota dünya çapında 10 milyondan fazla arabayı geri çağırmıştır (Tsikoudakis, 2011).

Ticari iadeler, satış süreci ile ilişkilendirilmektedir (Jayant, Gupta ve Garg, 2011). Alıcı satıcı ile yaptığı sözleşmede ürünleri iade etme seçeneğine sahiptir. Ticari iadeler yanlış ya da zarar görmüş teslim veya perakendeci ya da dağıtıcının satılmayan ürünleri üreticiye iade etmesini kapsar. Stok düzenlemeleri, zincirdeki bir aktörün stokları yeniden dağıtmasıdır. Örneğin, stok düzenlemeleri, mevsimsel ürünler olması durumunda toptan satış yerleri ya da satış mağazaları arasında gerçekleşir (De-Brito, & Dekker, 2002).

Fonksiyonel iadeler ise, zincir boyunca ürünlerin ileri ve geri akışını sağlayan bütün ürünlerdir. Örneğin, paletler gibi dağıtım araçları. Paletlerin işlevi diğer ürünleri taşımaktır ve bu amaçla birkaç kez hizmet ederler (De-Brito, & Dekker, 2002).

### **I.1.5.3. Tüketici/Kullanıcı İadeleri**

Tüketici / Kullanıcı iadeleri, tüketim ya da kullanım sonucunda tüketici ya da kullanıcı tarafından iade edilen tüm ürünleri içermektedir. Tüketicilerin ürünleri iade etmesinin birçok farklı sebebi bulunmaktadır. Bunlar;

- Geri ödeme garantileri,

- Garanti iadeleri,
- Hizmet iadeleri (tamir ve yedek parça gibi),
- Kullanım sonu iadeleri,
- Yaşam sonu iadeleridir.

Geri ödeme garantileri, satın alma konusunda tüketicilere değişim fırsatı sunan bir iade şeklidir ve tüketiciye ürünü aldıktan kısa bir süre sonra değişim fırsatı sunar. Yani tüketicinin ürünü almasının üzerinden uzun bir süre geçmesine gerek yoktur. Ürünü beklentilerini karşılamadığını fark eden müşteri ürünü iade edebilir (De-Brito, & Dekker, 2002).

Ürünler fonksiyonlarını düzgün bir şekilde yerine getirmiyorsa (garanti iadesi) ya da bakım onarım hizmetine ihtiyaç (hizmet iadelerinden) varsa tüketiciler ürünleri iade edebilirler. Bu iadeler ürünün yanlış bir fonksiyonuna değinirler yani bu iadelerin sebebi ürünlerde teknik hataların olmasıdır. Bu iadelerin sonucunda ürünler tamir edilebilir ve tüketiciye iade edilebilir ya da tüketici yeni bir ürün alabilir yahut tüketiciye parası iade edilir (De-Brito, & Dekker, 2002).

Kullanımı sona ermiş ürünlerin iadeleri, tüketicilere ürünü yaşam döngüsünün belirli bir aşamasında iade etme fırsatı sunan bir durumdur. Kiralanan ürünler, depozitolu şişeler, kullanılmış kitaplar gibi birçok ürün kategorisi bu dönüşler altında değerlendirilebilir.

Tüketici iadelerinin içinde son olarak yaşam sonu iadeleri yer alır. Bu iade türünde ürün fiziksel ya da ekonomik ömrünün sonundadır. Bu ürünler yasal geri alma zorunlulukları yüzünden iade edilirler ya da katma değerli geri kazanım için brokerlar gibi şirketler tarafından toplanırlar (De Brito, 2004).

### **I.1.6. İleri Lojistik ve Tersine Lojistik**

Lojistik, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla üretim noktasından tüketim noktasına ürünlerin etkin ve verimli dağıtımını ve depolanması amacıyla servis hizmetleri ve ilgili bilgilerin planlanması, uygulanması ve süreçlerin kontrol edilmesi işlemlerini içermektedir. Tersine lojistik ise, son kullanıcı tarafından ihtiyaç duyulmayan ürünlerden, pazarda tekrar kullanılabilir ürünler kadar bütün şebeke tasarımı, bilgi akışı, taşıma, stok, depolama, malzeme yönetimi ve paketleme gibi lojistik faaliyetleri içermektedir. Tersine lojistik, lojistik faaliyetleri ile çevre görüşünü birleştirdiği için geleneksel lojistik faaliyetlerinden farklıdır.

İleri (forward) lojistikte mal veya hizmeti tüketici talep ederken, tersine lojistikte talep rassal bir yolla toplanır ve tahmin edilmesi çok zordur. Mesela rezervasyon iptalini tersine lojistik faaliyeti olarak düşünürsek, tatil satışı geçmiş dönem doluluk göstergelerine bakılarak tahmin edilebilir. Ama bu satışlardan iadelerin zamanlamasını ve büyüklüğünü tahmin etmek oldukça zordur (Deniş, 2012).

Ürünlerin ileri taşınması bir yerden ya da bir kaynaktan birkaç perakendeciye doğru gerçekleşirken iadeler üretici açısından bunun tam tersidir. Tersine lojistikte kullanılmış ürünler bir çok farklı müşteriden bir ya da birkaç perakendeciye / toplama merkezine / üreticiye doğru gerçekleşir.

Ambalajlama açısından bakıldığında iade için ürünün ambalajı zarar görmüş olabilir ya da hiç olmayabilir. Ama ileri tedarik zincirinde büyük miktarda ürünlerin taşınmasını daha ucuz, daha kolay kıldığı ve ürünü koruduğu için ambalajlama ve ambalaj tasarımı çok önemlidir.

İleri lojistik bir çekme sistemidir, tersine lojistik ise itme ve çekme sisteminin bir birleşimidir. İleri lojistikte ürünler için talep yaratılmaya çalışılır ve ürünlerin üreticiden

tüketicilere akışı vardır. Tersine lojistikte ise kullanılmış ürünler tüketicilerden talep edilir (itme), iyileştirilmiş ürünler için ise talep yaratılmaya (çekme) çalışılır. Bu açıdan düşünüldüğünde ileri lojistik sisteminde tek bir müşteri varken, tersine lojistik sistemi satıcı/elden çıkarıcı ve yeniden kullanıcı olmak üzere iki tür müşteriden oluşmaktadır: (Krikke, Schuur, & Kool, 1999).

Bunlara ek olarak tersine lojistik kanalında yatırım yönetimi tutarlı değildir ve ürün yaşam döngüsü konuları karmaşıktır. Ürünün yaşam döngüsünün hangi aşamasındayken geri döndüğü bilinmediği için, iyileştirilip-iyileştirilmeyeceği, başka bir ürünün üretiminde ya da tasarımında kullanılabilir-kullanılmayacağı ya da imha edilip-edilmeyeceği konuları belirsizdir. İleri lojistik ve tersine lojistik arasındaki farklılıklar Tablo I.2.'de karşılaştırmalı bir şekilde gösterilmiştir.

**Tablo I.2.: İleri Lojistik ve Tersine Lojistik Arasındaki Farklılıklar (Reverse Logistics Executive Council, t.y.)**

İleri Lojistik	Tersine Lojistik
Tahminleme yapmak nispeten daha kolaydır.	Tahminleme yapmak daha zordur.
Dağıtım bir noktadan birçok noktaya doğru yapılır.	Dağıtım birçok noktadan bir noktaya doğru yapılır.
Ürün kalitesi standarttır.	Ürün kalitesi standart değildir.
Ürün ambalajı tek tiptir.	Ürün ambalajı genellikle zarar görmüştür.
Ürünün varış yeri/rotası belirlidir.	Ürünün varış yeri/rotası belirsizdir.
Fiyatlandırma görece olarak standarttır.	Fiyatlandırma birçok faktöre bağlı olarak değişir.
Hız önemli bir önceliktir.	Hız genellikle önemli değildir.
İleri dağıtım maliyetleri kolay belirlenir.	Tersine dağıtım maliyetlerini direkt olarak görmek zordur.
Stok yönetimi tutarlıdır.	Stok yönetimi tutarlı değildir.
Ürün yaşam döngüsü yönetilebilir.	Ürün yaşam döngüsü konuları daha karmaşıktır.
Taraflar arası görüşme/anlaşma kolaydır.	Görüşme/anlaşma birçok faktör yüzünden zordur.
Pazarlama metodları iyi uygulanır.	Pazarlama çok sayıda faktörün etkisiyle daha karmaşıktır.
Süreçler daha şeffaftır.	Süreçler çok şeffaf değildir.

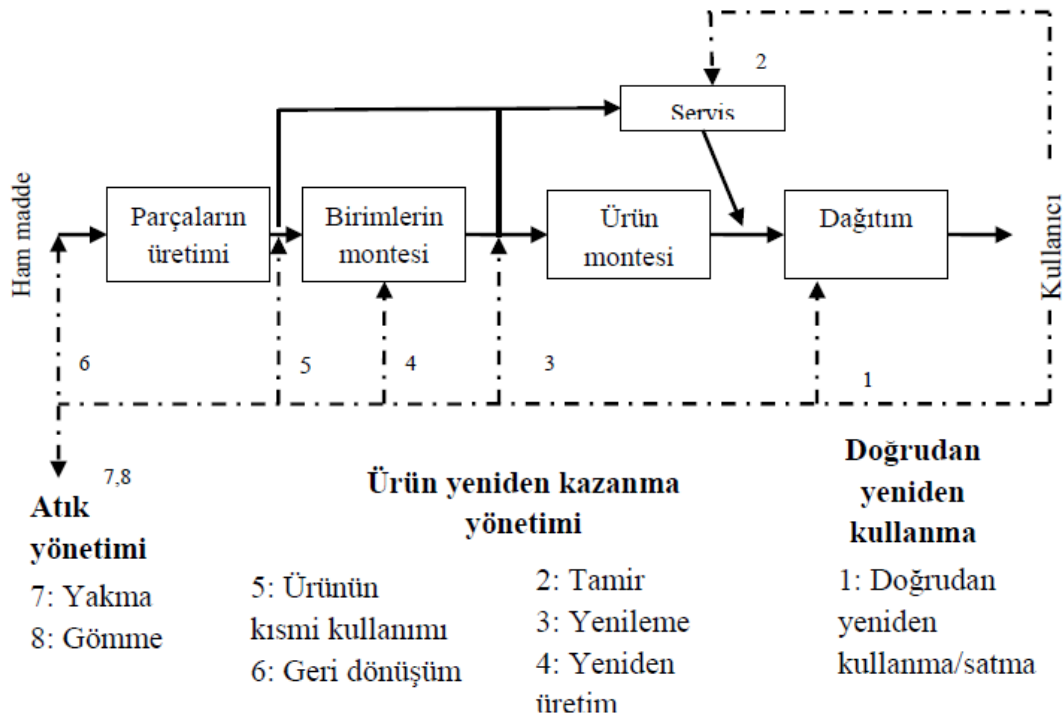
Venkatesh (2010) tarafından ortaya konan farklılıkların diğer bir sınıflandırması ise şöyledir;



- Bir birleşmeden fazlası; ileri lojistikte ürünler bir dağıtım merkezinden birçok farklı noktaya dağıtılır fakat tersine lojistikte ürünler birçok farklı noktadan tek bir noktaya gelir.
- Ürün kalitesinde farklılık; tersine lojistik sürecinde, farklı kalite düzeylerinde ürünler toplanır. Ürünler tek tip kalite sağlanamayacak kadar çeşitlidir. Oysaki ileri lojistikte sadece tek tip/standart ürün dağıtılır.
- Ürün yönlendirme ya da dağıtım ağı açık değil; ileri lojistikte belirli bir dağıtım ağı planlanır. Tersine lojistikte ise yönlendirme faaliyetleri sabit bir çerçevede yapılmamaktadır.
- Maliyetlerde şeffaflık; tersine lojistikte standart bir süreç olmadığı için maliyetler şeffaf değildir. İleri lojistikte maliyet yapısı açık bir şekilde oluşturulur.

#### **I.1.7. Tersine Lojistik Faaliyetleri**

İşletmelerin geri dönen ürünlere uyguladıkları işlemler ürünlerin ne amaçla kullanılacağına göre farklılık göstermektedir. Bu işlemler ürün üzerinde herhangi bir işlem uygulamadan doğrudan satma (ikinci el), mümkün olan/kurtarılması muhtemel kısımları veya ürünün tamamını yeniden kazanma, tamir etme ya da yok etmedir (Thierry, vd., 1995). Buna göre geri dönen ürünleri geri kazanım süreci faaliyetleri Şekil I.1.'deki gibi gösterilir.



Şekil I.1. Bütünleşik Tedarik Zinciri (Thierry, vd., 1995)

### I.1.7.1. Doğrudan Yeniden Kullanma

Geri dönen ürünlerin bazıları üretim sürecine dâhil olmadan muhtemel temizlik ve sınırlı bir tamir işleminden sonra yeniden kullanılabilir. Bu tür ürünler genellikle taşıma için kullanılan paletler, konteynırlar, kasalar ya da şişelerdir (Thierry, vd., 1995). Örneğin Coca-Cola ve Efes Pilsen piyasaya sürdükleri depozitolu şişeleri perakendecileri aracılığıyla toplayıp temizledikten sonra tekrar kullanmaktadırlar ve bu temizleme işlemini dokuz kere yapabilmektedirler.

### I.1.7.2. Tamir

Tamir işlemi, fonksiyonlarını kısmen ya da tamamen yitirmiş ürünlerin tüketici/kullanıcı tarafından yeniden işler hale getirilmek üzere üreticiye iade edilmesidir. Ürünün tamirat işlemi kırılmış veya bozulmuş parçaların tamiri ve değiştirilmesini kapsar (Thierry, vd., 1995).

Bu işlemler sonunda tüketicilerin gözünde, tamir edilen ürünlerin kalitesi genellikle yeni ürünlerin kalitesinden farklıdır. Tüketiciler genellikle kalitenin daha düşük olduğuna inanırlar.

### **I.1.7.3. Yenileme**

Yenileme işleminin amacı kullanılmış ürünü belirli bir kalite düzeyine ulaştırabilmektir. Yenileme parçaları iyileştirmede ve ürünün ömrünü uzatmada başarılı olmasına rağmen yeni bir ürünün kalite standartlarına sahip olması ve onun gösterdiği performansı göstermesi mümkün değildir. Bu yüzden kalite standartları yeni üründe olduğu kadar katı değildir.

Yenileme işlemine dâhil olacak bütün birimler dikkatlice incelenir, gerekiyorsa tamir edilir ve ihtiyaç duyulması durumunda gerekli parçalar yenisiyle değiştirilir. Bazen de yenileme işleminde modası geçmiş/eski/demode birimler teknolojik olarak daha üstünleriyle değiştirilerek teknolojik olarak güncellenmiş olurlar (Thierry, vd., 1995).

### **I.1.7.4. Geri Dönüşüm/Yeniden Üretme**

Geri dönüşüm ve yeniden üretme, üreticiye çeşitli sebeplerden dolayı geri dönmüş ürünlerin ve parçaların geri dönüştürülmüş ve yeniden üretilmiş ürün haline getirilme sürecinde birlikte yürütülen faaliyetlerdir. Bu faaliyetlerin temel amacı, kullanılmış ürünü yeni üründe kullanılan kalite standartlarına uygun hale getirmektir. Mevcut üretim kapasitesi, teknolojiler ve süreçlerin hepsi yeniden işleme sürecini gerçekleştirmek için kullanılabilir (Thierry, vd., 1995).

Yeniden üretilmiş ürünler tamamıyla yeni parçalarla üretilmiş bir ürünün kalitesine, tahmini ömrüne ve performansına sahiptir. Bu yönüyle yeniden üretim tüketicilere düşük fiyatta, tam garantiyle, yüksek kalitede ürünler satın alma fırsatı sunmaktadır.

Yeniden üretim işlemlerinde ürünlerin ve parçaların yeniden kullanılması sağlanır. Ancak geri dönüşüm faaliyetleri ile işletmeler öncelikle geri dönen ürünü demonte edip parçalarına ayırırlar. Ayrılan bu parçalar özelliklerine göre sınıflandırılır ve en son aşamada temel malzeme haline dönüştürülerek yeni parçaların/birimlerin üretiminde kullanılır. Bu işlem esnasında ürün tamamen parçalandığı için bütün özelliklerini ve işlevselliğini kaybeder (Thierry, vd., 1995). Geri dönüşüm cam, kâğıt, plastik, metal vs. gibi birçok ürüne uygulanabilmektedir. Örneğin; ABD, İngiltere, Almanya gibi ülkelerde hurdaya çıkmış araba ağırlığının %75'ini oluşturan hemen hemen tüm metal parçaları geri dönüşüme tabi tutulmaktadır.

#### **I.1.7.5. Ürünün Kısmi Kullanımı**

Tamir, yenileme, yeniden imalat gibi ürün geri kazanma seçeneklerinde geri dönen ürünün büyük bir kısmı yeniden kullanılmaktadır. Ürünün kısmi kullanımında ise ürünün yeniden iyileştirilmesi sürecinde sadece belirli bir kısmının kullanılmasıdır. Bu faaliyetteki amaç ürünün yeniden kullanılabilir olan sınırlı parçalarını yeniden kazanabilmektir. Bu tür özellik taşıdığı belirlenen kullanılmış ürünler dikkatlice incelendikten sonra parçalara ayrılır. Sonrasındaki işlemler ise yeniden kazanılma imkânı olan bu parçaları başka ürün ve materyallerin tamirinde, yenilenmesinde veya yeniden üretilmesinde kullanılmasıdır (Thierry, vd., 1995).

#### **I.1.7.6. Yakma ve Gömme**

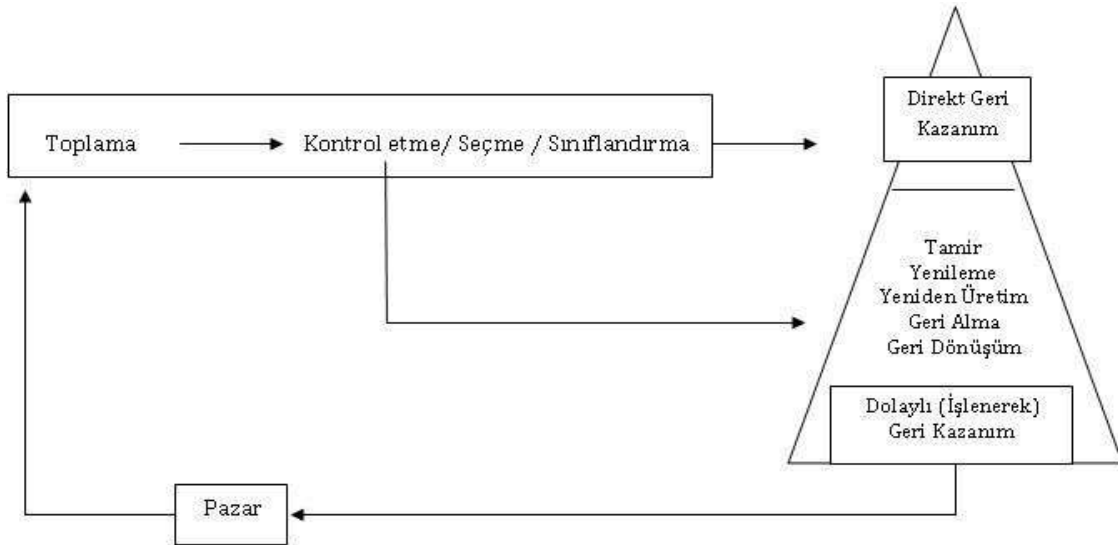
Geri dönen ürünlerin yakılması ya da gömülmesi çok tercih edilen bir seçenek olmamakla birlikte işletmelerin tersine lojistik faaliyetleri içerisinde gerçekleştirebileceği seçenekler arasında yer almaktadır. Bu faaliyetler, ürünlerin ve malzemelerin yeniden kazanılmasının ya da geri dönüştürülmesinin mümkün olmadığı durumlarda gerçekleştirilmektedir. Yakma ve gömme işlemleri yeniden kazanma faaliyetlerine dahil

edilse bile ekonomik olarak fayda getiremeyecek ürünler için de uygulanabilir (Thierry, vd., 1995).

### I.1.8. Tersine Lojistik Faaliyetlerinin Uygulama Aşamaları

Tersine akışa dâhil olan ürünlerin nihai kullanıcıdan alınıp yeniden kazanım yapılacağı noktaya geldiği zamana kadar olan aşamalar; ürünlerin toplanması ve depolanması, yeniden işlenmesi ve geri kazanılması, aşamalar arası taşınması ve yeniden dağıtılması faaliyetleridir. Tersine lojistik sürecini oluşturan bu aşamalar Şekil I.2’de gösterilmiştir (De Brito, & Dekker, 2002).

Tersine lojistik faaliyetlerinin her biri için ayrı ayrı tesisler kullanılabileceği gibi birden çok faaliyet tek bir tesiste de yürütülebilmektedir. Toplama ve ayırma tesisleri, lisanslı işletme tarafından ve/veya üçüncü kişiler tarafından toplanan ürünleri/ambalajları türlerine göre ayırıp geri kazanım tesislerine göndermektedirler. Geri kazanım tesisleri de aynı şekilde başlı başına bir tesis olarak ayrı bir yerde kurulabileceği gibi, bazı durumlarda sermaye ve işgücü yatırımından ve taşıma maliyetlerinden tasarruf sağlamak amacıyla toplama merkezlerinin içine de kurulabilmektedir (Srivastava ve Srivastava, 2006).



Şekil I.2. Tersine Lojistik Süreci (De Brito, & Dekker, 2002)

*Toplama;* tersine lojistik sürecinin ilk aşaması kullanılmış ürünlerin müşterilerden, bayilerden, perakendecilerden bir geri kazanım tesisine ya da toplama ve ayırma tesisine gönderilmesi için geri toplanması sürecidir. Toplama işlemi bayi, toptancı veya perakendeci gibi mevcut dağıtım kanalı üyeleri tarafından yapılabileceği gibi, kurulan tersine lojistik sistemine ve toplanacak ürünün özelliklerine bağlı olarak farklı bir kanal oluşturularak da yerine getirilebilmektedir (Jayaraman, vd., 2003). Tersine lojistikte özellikle atıkların toplanmasında dış kaynak kullanımı sık karşılaşılan bir durumdur. İşletmeler toplama ve ayırma tesisleri ile anlaşarak toplama yapabilirler. Ayrıca sokak toplayıcıları sayesinde de toplama işlemlerini gerçekleştirebilirler.

*Kontrol/Seçme/Sınıflandırma;* toplanan ürünlerin kullanılabilir olup-olmadığının, kullanılabilirse hangi yollarla kullanılabileceğine karar verilmesi işlemleridir. Bu aşama, firmanın ürün ile ne yapacağına - yeniden kullanım, geri dönüşüm, yeniden üretim vs. - karar verdiği aşamadır (Jayaraman, vd., 2008; Lambert, Ripoel, & Abdulkader, 2011). Burada iade edilen ürünün akıbetinin ne olacağına karar verilir.

Kontrol, seçme, sınıflandırma aşamasında, ürünler planlanan geri kazanım opsiyonlarına göre, kalite durumlarına göre ve geri kazanım rotasına göre sınıflandırılırlar. Bu aşama demontaj, parçalara ayırma, test etme, sınıflandırma ve depolama adımlarını içerebilir.

*Yeniden İşleme;* kullanılmış bir ürünün yeniden kullanılabilir bir ürüne dönüştürülmesi aşamasıdır. Bu dönüştürme geri dönüşüm, tamir ve yeniden imalat gibi farklı yapılarda olabileceği gibi temizleme, yenileme ve yeniden monte etme gibi faaliyetler de olabilir (Krikke, Bloemhof-Ruward, & Wassenhove, 2003). Burada önemli olan ürünün geri dönüş sebebi ya da kimden geri döndüğüdür. Çünkü iadenin türüne göre ürün üzerinde yapılacak işlemler farklılaşır. Örneğin, ürün tedarik zincirinden

dönmüşse iyi durumdadır ve tekrar satılabilir fakat genellikle “yeni gibi” satılmaz. İkinci el pazarlarda ya da indirim mağazalarında satılabilir. Garanti iadeleri genellikle tamir edilebilir fakat bazen test etme ve tamir için ihtiyaç duyulan çaba ekonomik olarak karşılığını almaz. Kullanım sonu iadelerinin ise genellikle kalitesi veya değeri azalmıştır. Fakat yeniden kullanılabilir değerli parçaları kurtarılabilir.

*Bertaraf Etme;* geri dönen ürünün tamamının veya bazı kısımlarının ekonomik veya teknik olarak geri kazanılmasının mümkün olmadığı durumlarda, bunları çevreye zararsız olarak veya en az zararla, güvenli yöntemlerle bertaraf etmek (elden çıkarmak) gerekmektedir (Fleischmann, Krikke, Dekker, & Flapper, 2000). Ekonomik olarak geri kazanmanın mümkün olmamasının sebebi, ürünü geri kazanmak için katlanılacak maliyetlerin ürünün geri kazanım kazancından fazla olmasıdır. Teknik sebepler ise geri dönen ürünün özelliklerinden ve kalitesinden kaynaklanır. Ürün yapısı gereği üzerinde işlem yapılsa bile kullanılamaz ya da çok düşük kaliteli olacağı için alıcı bulamayabilir. Bu durumlarda ürünlerin bertaraf edilmesi gerekir. Bertaraf etme taşıma, çöpe atma ve yakma aşamalarını içerir.

*Taşıma ve Yeniden Dağıtım;* geri dönen ürünlerin kontrol edilmesi, sınıflandırılması ve yeniden işlenmesinden sonra bu ürünlerin bir tesisten bir diğer tesise taşınması söz konusudur. Tersine lojistikteki taşıma işlemleri de ileri lojistikteki taşıma işlemleri gibi ürünün özelliğine göre belirlenir. Yeniden dağıtım ise geri kazanılan ürünlerin, parçalarının veya malzemelerinin potansiyel birincil veya ikinci el pazarlara doğru fiziksel hareketidir. Bu hareket satış, taşıma ve stoklama faaliyetlerini içerir (Fleischmann, vd., 2000). Yeniden dağıtım için farklı olasılıklar mevcuttur. Örneğin; ürünler ya da malzemeler yeni gibi satılabilir, outlet ya da indirim mağazaları aracılığıyla satılabilir, ikinci el pazarlarda satılabilir ya da bir hayır kurumuna bağışlanabilir.

### **I.1.9. Tersine Lojistiğin Önündeki Engeller**

Tersine lojistik sürecinin ve faaliyetlerinin kendine özgü özelliklerinden dolayı tüm aşamalarda bazı zorluklarla karşılaşılabilir. Bu zorluklar tersine lojistiğin önündeki engeller olarak kabul edilir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

*Finansal kısıtlar:* Finansman tersine lojistiğin altyapı ve insan gücü gereksinimlerini desteklemek için gereklidir. Şirketler, tersine lojistik uygulamaları için fon ve diğer kaynakları tahsis eder. Etkin bilgi ve teknolojik sistemler tersine lojistik için önemli imkânlar yaratır. Ancak bilgi ve teknolojik sistemler daha fazla finansman gerektirir. Çünkü bunlar olmaz ise, geri dönüşüm, yeniden üretim, yeniden kullanım gibi tersine lojistik faaliyetleri mevcut yatırımlarla gerçekleştirilemez. Aynı şekilde tersine lojistik ile ilgili personelin eğitimi, tersine lojistiği etkin bir şekilde yönetmek ve karlı bir şekilde devam ettirmek oldukça önemlidir. Bunların tamamı finansal destek gerektirir (Ravi, & Shankar, 2005). Ayrıca tersine lojistik gibi yenilikçi ve temiz teknolojiye ihtiyaç duyan programların benimsenmesi tecrübenin ve ölçek ekonomisinin var olmadığı anlamına gelir ve bu da yatırım ve uygulama maliyetinin çok yüksek olduğunu gösterir.

*Bilgi ve teknoloji sisteminin eksikliği:* tersine lojistiğin ürünün yaşam döngüsü içindeki tüm evreler için etkili bir bilgi ve teknolojik sistem tarafından desteklenmesi gerekir. Bireysel bir biçimde ürün iadelerinin izlenmesi ve kayıt altına alınması ve önceki satışlarla bağlantısının kurulması için etkin bilgi sistemlerine ihtiyaç duyulur. Bunu gerçekleştirmek için de bilgi teknolojisi donanım ve yazılım programları oldukça önemlidir (Ravi, & Shankar, 2005).

*Ürün kalitesiyle ilgili problemler nedeniyle fiyatlandırma zorlukları:* tersine lojistikte ürün kalitesi ileri lojistikte olduğu gibi tek tip değildir. Tüketiciler ise iade ürünlerin doğasını göz önünde bulundurmaksızın üreticilerden tek tip ürün isterler. Ancak



ürünlerin kalitesi geri dönüş/iade ediliş sebebine göre farklılık göstermektedir ve bu da doğal olarak aynı ihtiyacı karşılayan ürün olsalar bile ürünlerin fiyatlarında farklılığa sebep olmaktadır. Bu nedenle, iade edilen ürünün durumundan dolayı, fiyatlandırma ileri lojistiğe göre daha zor olabilir (Ravi, & Shankar, 2005).

*Uygun performans ölçütlerinin olmaması:* herhangi bir sistemde performans ölçümü; yönetim süreci, performans geliştirme, performans belgelendirme gibi önemli unsurları içerir. Eğer firmalar, tersine lojistik uygulamalarını performans ölçüm sistemine adapte ederlerse bu çabalarında başarılı olabilirler. Başarılı tersine lojistik programları ürünlerden uygun şekilde yeniden değer yaratılması ya da uygun şekilde imha edilmesi, çevreye dost ürünler yaratılması ve uygun performans ölçümleri geliştirilmesi gibi bütün süreçleri etkin bir şekilde koordine edecektir ( Ravi, & Shankar, 2005).

*Öğrenme ve eğitim eksikliği:* yeni ya da yenileştirilmiş teknoloji değişim gerektirir ve çalışanlara yeni teknolojilerin ve tersine lojistik sürecinde gerçekleştirilecek işlemlerin eğitimi verilmelidir (Ravi, & Shankar, 2005). Bu konudaki zorluklardan bir kısmı firmaların ürünün nasıl yeniden değerlendirileceğiyle ilgili sorumluluk almak istememeleri ve zamanında karar vermemeleridir. Karar verme koşulları yeterince yerleşmemişse ve istisnalar çok sık yapılıyorsa çalışanlar karar vermede zorluklarla karşılaşır (Rogers, vd., 1998).

*Arzın belirsizliği:* tersine lojistik sisteminde, arz genel olarak sistem dışı değişken olarak tanımlanır çünkü iade edilen ürünlerin zamanlamasını, miktarını ve niceliğini kontrol etmek zordur (Zhao, Liu, & Wang, 2008).

*Tersine lojistik ile ilgili farkındalığının yetersizliği:* günümüzde tüketiciler ürün çeşitliliğinin fazla olmasının avantajından yararlanmaktadır. Bir ürün grubu için çok fazla alternatifin olması tüketicilerin isteklerine en uygun ürünü bulmalarını kolaylaştırmaktadır.

Ancak bu alternatif çokluğu satılmayan ürünlerde, iade ürün oranlarında, paketleme malzemelerin kullanımında ve atıklarda artışa sebep olmaktadır (Ravi, & Shankar, 2005). Tersine lojistik bu noktada yeniden üretim, geri dönüşüm ya da iyileştirme faaliyetleriyle iade ürünlerden tekrar ekonomik fayda yaratmaya ve bir anlamda dünyadaki kıt kaynakların israfının önüne geçmeye çalışır. Tersine lojistiğin bu faydalarının farkında olunmaması ise tersine lojistiğin önündeki en önemli engellerden biridir. İşletmeler için düşünüldüğünde, işletmeler tersine lojistik uygulamalarının tüketiciler tarafından uygun bir şekilde değerlendirilip-değerlendirilmediğinden emin olamazlar ve tersine lojistik uygulamalarının kendilerinin rekabetçi avantaj elde etmesine katkısı olup-olmayacağını bilemezler.

*Tersine lojistiğe karşı değişim direnci;* tersine lojistiğin gerekliliğinin anlaşılması ve uygulanması için zihinde ve uygulamada radikal bir değişim gerekmektedir. Üretici firmaların, tedarikçilerin, dağıtıcıların ve müşterilerin bu değişimin sebeplerini iyi analiz etmeleri gerekmektedir ve değişime direnmek yerine ayak uydurmaları gerekmektedir. Ancak tersine lojistik sürecinde yer alan/alacak taraflar hem ekonomik hem de çevresel açıdan tersine lojistiğin faydalarının farkında olmadıkları için direnç göstermektedirler (Ravi, & Shankar, 2005).

*Üst yönetimin ihmali;* üst yönetim tedarik zincirini bütünleştirmek amacıyla diğer firmalarla birlikte tersine lojistik faaliyetlerine bağlılık göstermelidir. Elverişsiz yönetim tarzı, kısa dönem planlarla nitelenen, stratejik yeteneklerin eksikliği ve elverişsiz örgüt yapısı tersine lojistiğin uygulanması için başka bir engel oluşturmaktadır (González-Torre, Álvarez, Sarkis, & Adenso-Díaz, 2010). Tersine lojistiğe değer verilmesi ve açık bir vizyon yaratılması için etkin liderliğe ihtiyaç duyulmaktadır (Ravi & Shankar, 2005). Ayrıca işletmeler marka imajı yaratarak tüketicilerin gözünde rakiplerden farklı

olmak isterler. Bunun için de genellikle post modern pazarlamada olduğu gibi kalite, eşsiz üretim vs. faktörleri kullanırlar. Bu noktada üst yöneticiler iade ürünleri ya da geri dönüştürülmüş ürünleri/parçaları kullanarak nihai ürün kalitesi üzerine taviz vermek istemezler.

Gonza' lez-Torre vd., (2011) tarafından yapılan çalışmada ise tersine lojistiğin önündeki engeller, tersine lojistik faaliyetlerinin uygulanmasında iç çevreden ve dış çevreden kaynaklanan engeller olarak Tablo I.3.'teki gibi sınıflandırılmıştır.

**Tablo I.3.: Çevresel Uyum İçin Engellerin Sınıflandırılması (Gonza' lez-Torre vd., 2010).**

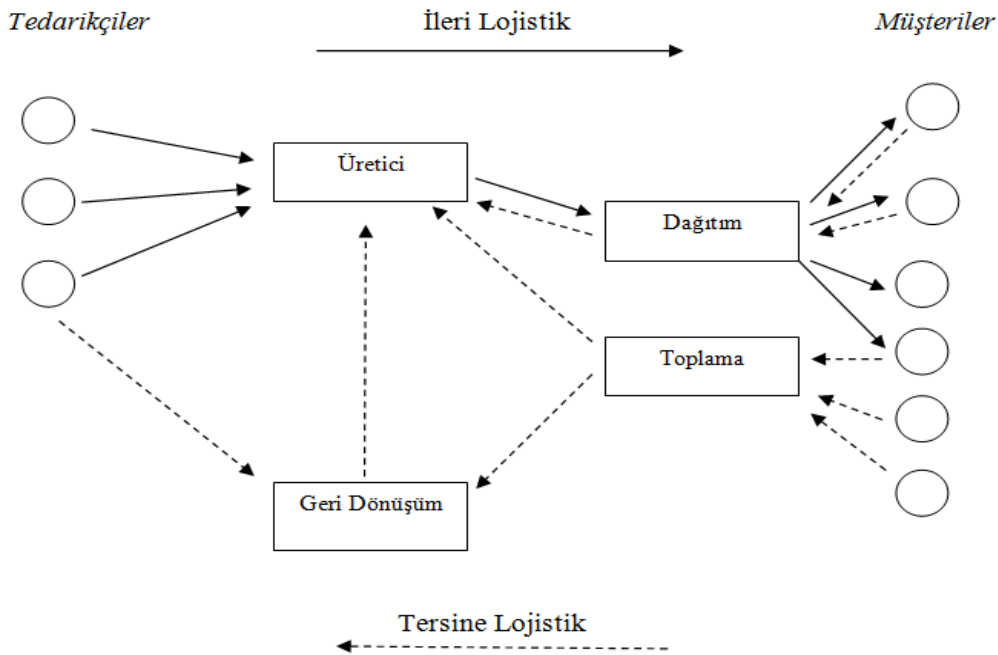
<b>Türleri</b>	<b>Engeller</b>
<b>Endüstri – Özel ya da Dışsal Engeller</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Çevresel uyum sürecinin yüksek maliyetli olması (yeni makineler, sertifikalar)</li> <li>•Elde edilen sonuçlarla ilgili belirsizlik</li> <li>•Endüstriyel alt yapı eksikliği</li> <li>•Devlet tarafından gerçekleştirilen elverişsiz çevresel düzenlemeler</li> <li>•Farklı sosyal aktörlerin isteksizliği</li> <li>•Düşük kaliteli ürün algısı</li> <li>•Tersine lojistikle ilgili farkındalığın yetersizliği</li> </ul>
<b>Örgütsel ya da İçsel Engeller</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Çalışanların sınırlı bağlılığı (eğitim ve nitelik yetersizliğinden kaynaklanan)</li> <li>•Elverişsiz örgüt yapısı</li> <li>•Üst yönetimin ihmali</li> <li>•Teknolojik yeterlilik</li> <li>•Teknolojik sistemlerin ve bilginin eksikliği</li> <li>•Tedarik zincirinden gelen desteğin yetersizliği</li> </ul>

Yukarıda açıklanan engeller ile karşılaştırıldığında Gonza' lez-Torre vd. (2011)'nin birkaç farklı engel ortaya koyduğu görülmektedir. Bunlardan ilki, tersine lojistik faaliyetlerinin olası sonuçlarına ilişkin güvensizliktir. Tersine lojistik sürecinin belirsizliği tersine lojistik işlemlerini benimseyen firmalar için riski artırır. Çünkü tersine lojistik uygulamada çok iyi bilinmemekte (belirli bir standardı yoktur, içinde bulunan sektöre göre farklı işlemler yapılması gerekebilir) ve uygulandığı her işletmede aynı

sonucu vermemektedir. İkincisi, endüstriyel alt yapı eksikliğidir. Bu eksiklik temel bir dışsal değişkendir. Çoğu endüstride birçok işletme tersine lojistik uygulamaları için farklı alt yapılara ihtiyaç duyulduğuna inanmaktadır. Bu alt yapıların geliştirilmesi ise yüksek yatırımları gerektirir ve işletmeler sonuçları bu kadar belirsiz olduğu için bu işlemlere yatırım yapmaya pek istekli değildirler. Üçüncü farklı engel ise elverişsiz örgüt yapısıdır. Elverişsiz örgüt yapısı üretim sürecinde/işlemlerinde değişim yapılması konusunda işletmenin cesaretini kırar ve işletmede atalete sebep olur. Ayrıca işletmenin tüm seviyelerinde (işçiler, idari personel, üst yöneticiler) çevreye karşı sorumluluğun artmasını engeller. Çünkü işletmenin tüm çalışanlarının örgütün yapısını ve kültürünü benimsediği düşünülür.

#### **I.1.10. Tersine Lojistikte Ağ Tasarımı**

Tersine lojistiğin bazı özellikleri, tersine lojistik ağlarının ileri lojistik ağlarından farklı olmalarına sebep olur. İleri (geleneksel) tedarik zinciri malzeme ve hizmetleri elde eden, bunları ara mallara ve nihai ürünlere dönüştüren ve tüketicilere teslim eden faaliyetlerin bütünleşmesidir (Heize, & Render, 2011). Tersine tedarik zinciri ise, kullanılmış ürünlerin tüketicilerden ya da kullanıcılardan, toptancılar, perakenciler, üretici işletmeler ya da üçüncü parti işletmeler tarafından toplanması, ayrıştırılması, sınıflandırılması ve önce bir geri kazanım ya da imha tesisine gönderilmesi buradan da iyileştirilmiş ürünlerin ya da parçaların tekrar tüketicilere iletilmesi faaliyetleridir. Bu açıdan bakıldığında tersine tedarik zinciri, ileri tedarik zincirinin tamamen bir yansıması değildir ve ileri tedarik zinciri ile kıyaslandığında daha karmaşıktır. Şekil I.3.'te ileri ve tersine akış arasındaki fark daha belirgin bir şekilde görülmektedir (Fleischmann, vd., 1997). Bu şekil ileri ve tersine akışı bir arada gösterdiği için aynı zamanda bir nevi kapalı döngü (closed-loop) tedarik zinciri olarak düşünülebilir.



**Şekil I.3. İleri Akış ve Tersine Akış (Fleischmann, vd., 1997)**

Tersine lojistik ağ tasarımı toplama, iyileştirme ve imha merkezlerinin kapasitesinin, nerede kurulacağını ve sayısının belirlenmesini, her bölümdeki emniyet stoğu miktarının ve bu tesisler arasında taşınacak malzeme miktarının belirlenmesini içerir (Pishvae, Kianfar, & Karimi, 2010).

Fleischmann vd.'e göre (2000) tersine lojistik ağları, geri dönen ürünler pazarı, geri kazanım tesisleri ve yeniden kullanılan (ikincil) ürünlerin pazarları olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır (Fleischmann, vd., 2000). Geri dönen ürünler pazarı bireysel kaynaklardan kullanılmış ürünlerin toplanması ve geri kazanım faaliyetleri için geri kazanım tesislerine gönderilmesidir. Yeniden kullanılan (ikincil) ürünlerin pazarları ise yeniden kullanılabilir ürünleri satın almak isteyen tüketicilerle geri kazanım tesisleri arasındaki bağlantıyı oluşturur. Geri kazanım tesisleri ise geri dönen ürünler pazarı ve yeniden kullanılan ürünler pazarı arasındaki ağıdır. Bu ağ, kullanılmış ürünlerin yeniden kullanılabilir ürünlere dönüşümünün gerçekleştiği değişim sürecini oluşturur (Fleischmann, 2001).

Fleischmann (2001) tersine lojistik ağ tasarımı; yeniden üretim, geri dönüşüm ve yeniden kullanım olarak adlandırılan yeniden işleme şekillerini ve tersine lojistiğin itici güçlerini (ekonomik ve yasal) ve geri kazanım sürecinin sahipliğini (orijinal ekipman üreticileri ve üçüncü partiler) dikkate alarak sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmaya göre tersine lojistik ağ türleri şöyledir (Fleischmann, 2001);

- Geri alınması zorunlu ürünler için ağlar,
- Orijinal ekipman üreticileri için katma değerli geri kazanım ağları,
- Uzmanlaşmış yeniden üretim ağları,
- Malzemelerin yeniden kazanımı için geri dönüşüm ağları,
- Yeniden kullanım ağı veya doldurulabilir konteynırlar için ağlar,

*Geri alınması zorunlu ürünler için ağlar:* çevresel ürün geri alma yasalarına uymak için kurulan tedarik zinciridir. Örneğin, Almanya’da ambalaj geri dönüşümü için ‘yeşil nokta’ uygulaması bu ağlar için en çok bilinen örneklerden biridir. Burada orijinal ekipman üreticileri hayat seyirlerinin sonunda atık akışının dışında ürünlerini almaya sorumlu tutulmuşlardır.

Orijinal ekipman üreticileri ürünleri geri almak ve geri kazandırmaktan yasal ve finansal olarak sorumlu tutulurken, genellikle bu uygulamada uzmanlaşmış geri dönüşüm işletmelerini ve lojistik hizmet sağlayıcılarını dış kaynak olarak kullanırlar.

*Orijinal ekipman üreticileri için katma değerli geri kazanım ağları:* kullanılmış ürünlerden katma değer elde etmek amacıyla, orijinal ekipman üreticileri tarafından yönetilen kapalı döngü tedarik zinciriyle ilgilidir (Fleischmann, 2001). Kapalı döngü tedarik zinciri, tersine ve ileri kanalların ikisini de düzenli bir şekilde yönetecek bir alt yapı oluşturarak bir kapalı döngünün tedarik zincirine dönüştürülmesiyle ilgilidir. Kapalı döngü tedarik zinciri, tersine lojistiğin yanında ileri lojistiği de içerir (Akçalı, Çetinkaya, & Üster,

2009). Burada firmalar kendileri bir yandan ürün üretip pazara sunarlar sonrasında ise diğer yandan geliştirdikleri tersine lojistik ağı sayesinde kullanılmış ürünleri (aynı sektörde) tekrar toplayarak geri kazanım ağına dahil ederler. Böylece yeni ürün üretim maliyetlerini de azaltırlar.

Orijinal ekipman üreticileri için katma değerli geri kazanım ağları, müşteri hizmetlerinin bir parçası olarak geri alma, eskisini getir yenisini götür kampanyaları, kiralama sonu iadeler (Fleischmann, 2001) gibi farklı kaynaklardan ve farklı nedenlerle gelen çok çeşitli ürün akışlarını içerir. Bu geri kazanım ağı için genellikle fotokopi makinelerinin ve otomotiv parçalarının yeniden üretimde kullanılması örnek olarak gösterilir.

*Uzmanlaşmış yeniden üretim ağları:* orijinal ekipman üreticileri tarafından yönetilen ürün iyileştirme programlarına ek olarak uzmanlaşmış yeniden üretim işletmeleri de uzun bir zamandır benzer şekilde faaliyet göstermektedirler. Ancak bu işletmeler, orijinal hammadde üreticileriyle ilişki kurmak gerektiğine pek inanmazlar. Ancak arz yönünün dikkatli yönetilmesi, doğru iyileştirilebilir ürünlere ulaşılmasını sağlamakta oldukça önemlidir. Bu açıdan değerlendirildiğinde yeniden üretim merkezlerinin arz kaynaklarına yakın olması beklenir ve buna bağlı olarak kullanılmış ürünleri toplamak için de tüketicilere yakın olmaları gerekmektedir. Yani işletmeler bu noktada maliyet minimizasyonundan ziyade kar maksimizasyonunu düşünerek hareket etmelidirler (Fleischmann, 2001).

*Malzemelerin yeniden kazanımı için geri dönüşüm ağları:* malzeme değerinin yeniden kazanımı için yönlendirilen sistem farklı özellikleriyle kapalı döngü tedarik zincirinin farklı bir türü olan geri dönüşüme dayanır (Fleischmann, 2001).

Malzeme geri dönüşüm zinciri düşük kar marjı ile nitelendirilir. Çünkü hammadde fiyatlarının düşük olması yüzünden geri dönüşümden maliyet avantajı elde etmek oldukça zordur. Buna rağmen geri dönüşüm ağları kurmak için gereken tesis ve ekipman yatırımlarının maliyeti epeyce yüksektir. Yüksek yatırım maliyetleri ile düşük kar marjı bir arada değerlendirildiğinde işletmelerin geri dönüşümden kazanç elde etmeleri için işledikleri ürün miktarlarının fazla olması gerekmektedir.

*Yeniden kullanım ağı veya doldurulabilir konteynırlar için ağlar:* bu ağlar, yeniden doldurulabilir bira ve meşrubat şişeleri, koliler, paletler ve yeniden kullanılabilir kutular gibi yeniden kullanılabilir ambalajlarla ilgilenirler. Bu ürünler direkt yeniden kullanılır ya da temizleme, küçük çaplı tamir gibi yeniden işlemeye tabi tutulurlar (Fleischmann, 2001).

## **I.2.Literatür Taraması**

Tersine lojistik kavramı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde 1990'lı yıllarda, yapılan çalışmaların sayısının önemli ölçüde arttığı dikkat çekmektedir. Konunun çevresel, ekonomik ve yasal boyutları düşünüldüğünde, ileri lojistik ile farklılıkları ele alındığında ve birçok farklı sektörde kendine uygulama alanı bulduğu göz önüne alındığında çok geniş bir çalışma alanı olduğu görülmektedir.

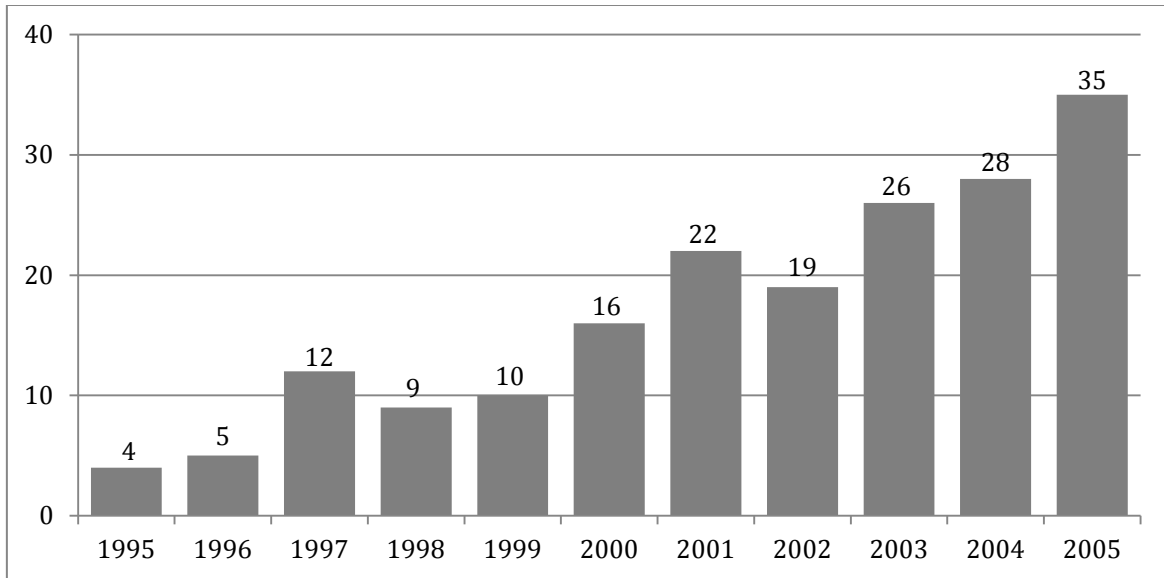
Fleischmann vd. (1997) çalışmalarında tersine lojistik üzerine yapılan yöneylem araştırması modellerini incelemiştir. İnceledikleri çalışmaları dağıtım planlama, stok kontrolü ve üretim planlaması olmak üzere üç ana bölüme ayırmışlar, ekonomik ve ekolojik boyutları içeren karşılaştırmalı modellere olan ihtiyacı vurgulamışlardır.

Meade vd. (2007) ise yaptıkları çalışmada tersine lojistikle ilgili 1998 yılından 2006 yılına kadar olan çalışmaları incelemişler ve yapılan çalışmaları ampirik, teorik, kavramsal ve matematiksel olmak üzere dört kategoriye ayırmışlardır. Çalışmada



fonksiyonlar, girdiler, çıktılar, mekanizmalar ile genel olarak sistem arasındaki ilişkinin bir temsilini sunmuşlardır.

Rubio vd. (2008), 1995 – 2005 yılları arasında, tersine lojistik hakkında önemli dergilerde yayınlanmış makalelerden bir veri tabanı oluşturmuşlardır. Şekil I.4.'te 10 yıl boyunca tersine lojistikle ilgili yayınlanan makale sayıları gösterilmiştir.



**Şekil I.4. 1995 – 2005 Yılları Arasında Yapılan Yayınların Sayısı (Rubio vd., 2008)**

Çalışmada, belirtilen yıllar arasında yapılan çalışmalar yöntemleri bakımından, literatür araştırması, matematiksel model, örnek olay çalışması, tümüyle teorik ve anket-araştırma olarak sınıflandırılmıştır. Çalışmada ele alınan yayınlar konularına göre, üç ana başlık altında sınıflandırmışlardır. Bunlar: (i) Faydalı ömrünü tamamlamış ürünlerin yönetimi ve dağıtımı, (ii) üretim planlama ve stok yönetimi, (iii) tersine lojistikte tedarik zinciri yönetimi konuları (Rubio, vd., 2008).

Bu çalışmada Tersine Lojistik ile ilgili yapılan yayınlar Tersine Lojistik Üzerine Yurt Dışında Yapılan Çalışmalar ve Tersine Lojistik Üzerine Türkiye’de Yapılan Çalışmalar olmak üzere iki farklı kategoride değerlendirilmiştir.

### **I.2.1.Tersine Lojistik Üzerine Yurt Dışında Yapılan Çalışmalar**

Dünya genelinde tersine lojistikle ilgili çalışmalarda birçok farklı alanda/sektörde ve birçok farklı yöntemle yapılmış çalışma bulunmaktadır. Sektörel açıdan değerlendirildiğinde otomobil, beyaz eşya, cep telefonu, ayakkabı, pil, ambalaj atığı, ömrünü tamamlamış lastik vs. sektörleri örnek olarak verilebilir. Yapılan çalışmalar kullanılan yöntemler açısından değerlendirildiğinde ise kavram araştırması, örnek olay incelemesi, anket çalışmaları ve farklı matematiksel modellerin yöntem olarak tercih edildiği görülmektedir. Aşağıda Dünya genelinde Tersine Lojistikle ilgili yapılan çalışmalara farklı sektörlerden ve farklı uygulama yöntemlerine göre çeşitli örnekler verilmiştir.

Rogers ve Tibben-Lembke (1998) Amerika'da farklı endüstrilerde tersine lojistik uygulamalarını belirleyebilmek için firmalara anketler göndermiş, geniş çaplı bir anket çalışması yapmış ve tersine lojistik sistemini oldukça ayrıntılı bir şekilde ele almışlardır. Çalışmada tersine lojistik ile ilgili ekonomik konulara ve tedarik zinciri konularına odaklanmış olup, var olan tersine lojistik uygulamalarını incelemiş, tersine lojistik uygulama eğilimi hakkında bilgi geliştirmişlerdir.

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

Del Castillo ve Cochran (1996) geri dönüştürülebilir konteynırların üretimi, dağıtımını ve toplanmasını planlamak için matematiksel bir model geliştirmişler ve modeli Meksika'da bir alkolsüz içecek firmasında uygulamışlardır.

Dowlatshahi (2000) tersine lojistik ile ilgili beş farklı kategoriye değinmiştir. Bunlar tersine lojistiğin global kapsamı, sayısal modeller, lojistik (dağıtım, depolama ve taşıma), firma profilleri ve uygulamalarıdır.

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

Prahinski ve Kocabaşoğlu (2006), tersine tedarik zincirleri konusunda literatür taraması yapmışlardır. Ampirik araştırma yöntemini kullanarak üzerinde çalışılabilinecek 10 araştırma önerisi geliştirmişlerdir. İade ürünlerle, ürünlerin imha edilmesi ile ilgili artan maliyetlerle ve işletmeleri zorlayan çevresel düzenlemelerle baş etmek zorunda kalan firmalara yardım etmek ve tersine tedarik zincirinin öneminin anlaşılmasına yardımcı olmak gerektiğine değinmişlerdir.

Hu vd. (2002), tehlikeli atık işleme faaliyetlerine yönelik tersine lojistik modeli kurmuşlardır. Model, çok aşamalı ve farklı tiplerdeki atıkların minimum maliyette işlem görmesine yönelik oluşturulmuştur. Tersine lojistik sistemlerin toplam maliyetlerini %49'a varan oranlarda düşürülebileceğini kesikli analitik bir model yardımı ile göstermişlerdir.

Cruz-Rivera ve Ertel (2009), ekonomik ömürlerini tamamlayan otomobiller için bir tersine lojistik sistemi modellemişlerdir. Modelde %100, %90 ve %75 oranlarında geri dönüşümlerin sağlanmasına yönelik senaryolar ortaya koymuşlardır. Toplam maliyetin minimize edildiği kapasite sınırsız toplama merkezi yeri seçimi modeli kurmuşlardır. *Sitation* paket programı kullanılarak üç senaryonun yıllara göre gerçekleştirilme durumunu

incelemişlerdir. Senaryoları 2007-2025 yılları arasında değerlendirerek toplama yeri merkezi sayısı ve kapsadığı alanları belirlemişlerdir.

Jayaraman vd. (1999), yeniden üretim yapan bir işletme için yeniden üretim / dağıtım tesislerinin yeri ve yeniden üretilmiş ürünler için optimal taşıma, üretim ve stoklama miktarlarını veren, 0-1 karma tamsayılı bir model geliştirilmiştir. Yazarlar tarafından bu modele *REVLOG* ismi verilmiştir.

Shih (2001) Tayvan'da kullanılmış bilgisayarların geri alımına yönelik olarak hükümetin koyduğu bir yasaya değinmiş ve bilgisayarların ve diğer donanımın geri alınması, geri dönüştürülmesi ve elde edilen malzemenin satışını dikkate alan karma tamsayılı bir matematiksel model geliştirmiştir. Tayvan'da, üreticilerin ve ithalatçıların satılan bilgisayar başına 20 \$ atık ücreti ödediklerinin altı çizilen çalışmada, bu ülkede her yıl yaklaşık 500,000 bilgisayarın ömrünü doldurduğu belirtilerek ülkede mevcut geri dönüşüm yöntemleri ve ağı tanımlanmıştır. Ortaya konulan matematiksel modelin amacı toplam maliyetleri en küçükmektir. Elde edilen model, yüzde 30, 50 ve 70 oranlarındaki geri dönüşler için denenmiştir ve sonuçlar yorumlanmıştır.

Srivastava ve Srivastava (2006) tersine lojistikte ağ tasarımını kolaylaştırmak amacıyla ürün geri dönüşlerinin yönetimi hakkında yaptıkları araştırmada, seçtikleri altı ürün kategorisinde –cep telefonu, otomobil, bilgisayar, buzdolabı, televizyon ve çamaşır makinesi - tahminleme yapmışlardır. Her bir ürün için ortalama ürün yaşam döngüsü, geçmiş satışlar, talep tahminleri gibi verilerden faydalanarak geri dönüşlerin akışını tahmin etmişlerdir. Hindistan'da üretici şirketlerle ve ürün kullanıcılarıyla yaptıkları görüşmeler ve ulusal istatistik kuruluşlarından aldıkları verilerle bir yıllık ve on yıllık iki dönem için geri dönüşleri tahmin etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçların tersine lojistikte tesis yerleşimi, kapasite planlaması, geri dönenlerin akış yönetimini kolaylaştıracağını belirtmişlerdir.

### **I.2.2.Tersine Lojistik Üzerine Türkiye’de Yapılan Çalışmalar**

Türkiye’de geçmiş yıllara kıyasla tersine lojistikle ilgili yapılan çalışmalarda bir artış görülmektedir. Yükseköğretim Kurulunun resmi internet sitesine bakıldığında Tersine lojistikle ilgili yazılan tezlerin sayısında yıllar itibariyle bir artış vardır. Örneğin, 2005 yılında toplamda bu konuda yazılmış sadece bir tez varken 2013 yılında bu sayı yediye yükselmiştir.

Karaçay (2005), tersine lojistik sistemini ve sistemin işleyişini, tersine lojistiğin önemini ve tersine lojistiğin ileri lojistikten farklarını kavramsal olarak incelemiştir.

Nakıboğlu (2007) yaptığı çalışmada tersine lojistik kavramını, tersine lojistik sisteminin işleyişini, tersine lojistik ile ürün geri kazanımının dünyadaki durumunu örneklerle açıklamıştır.

Demirel ve Gökçen (2008) ise tersine lojistik ağı tasarımı ve modellemesi konusunda yapılan çalışmaları incelemiş ve çalışmaların genel özelliklerini analiz etmişlerdir. Buna bağlı olarak yapılan çalışmaları; ileri ve tersine akışın bağımsız ya da bütünleşik olarak modellenmesi, amaç fonksiyonu yapıları ve örnek olay içerip içermemesi gibi farklı özellikleri göz önünde bulundurarak sınıflandırmışlardır.

Bulut ve Deran (2008), yaptıkları çalışmada tersine lojistik kavramını, önemini, kapsamını ve işletmelerin maliyet yöntemleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada işletmeleri genel olarak 6 kategoriye ayırmışlardır ve bu kategorileri işletmelerin kullandıkları teknoloji düzeyine, Ar-Ge harcamalarına, satış maliyetlerine ve ürünlerde değişiklik yapma sıklığına göre kategorize etmişlerdir. Her bir kategoriye göre işletmelerin maliyet yönetim aracı olarak neden tersine lojistik faaliyetlerine başvurduklarını açıklamışlardır.

Dinç vd. (2008), ileri lojistiği ve tersine lojistiği bir yenileme şebekesinde birleştiren, iki aşamalı, kapasite kısıtlı, stok taşımali, tesislerin açılma, ürünlerin üretim, taşıma, depolama, atma ve işlem maliyetlerini içeren yeni bir model geliştirmişlerdir.

Taş (2009), akü geri dönüşüm sistemi için maliyet minimizasyonunu amaçlayan çok ürünlü iki tane karma tamsayılı model geliştirmiştir. Birinci model sistem geri dönüşümünü içerirken ikinci model ise araç tiplerini ele almaktadır. Her iki modelin çözülmesi ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir ve bu özellikleri taşıyan ağ tasarımı önerilerinde bulunulmuştur.

Erzurum'da oluşan ambalaj atıklarının belirlenen yerlerden toplanarak Toplama Ayırma Tesisine oradan da Geri Dönüşüm Tesislerine ve ambalaj niteliğinde olmayan atıkların şehrin düzenli depolama sahasına sevkiyatı ağında oluşan maliyetleri minimum yapan akışları sağlamak amacıyla Kaçtıoğlu ve Şengül (2010) tarafından yapılan çalışmada karma tamsayılı programlama modeli geliştirilmiştir. Modelde Erzurum yedi toplama bölgesine ayrılmıştır. Her bölgede çıkan ambalaj atık miktarı o bölgenin nüfusuna ve geri dönüşüm oranına bağlı olarak 6 senaryo kapsamında incelenmiştir. Model genel olarak Karma Programlama Modellerinin çözümünde kullanılan LINGO 11.0 bilgisayar programıyla çözülmüş ve her bir senaryo için minimum maliyeti sağlayacak toplama ayırma tesisi ve geri dönüşüm tesisi yerleri belirlenmiştir.

Altındağ (2011) İstanbul'da hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının çevreye zarar vermeyecek şekilde, önce kaynaktan azaltılarak toplanması, ara transfer istasyonlarında geçici bir süre biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması, depolanması ve bertaraf edilmesi uygulamalarını kapsayan yönetimi incelemiş ve bu atıkların yönetimiyle ilgili yaklaşımlarda bulunmuştur.

Akboğa ve Baradan (2012) ise inşaat sektöründe tedarik zinciri ve yönetimi uygulamalarını incelemek amacıyla tedarik zinciri yönetiminin gelişimini, amaçlarını,

hedeflerini, avantajlarını, dezavantajlarını ve işletmelerdeki rollerini ayrıntılı olarak anlatmış ve inşaat sektöründe lojistiğin zayıf noktalarını, tedarik zincirinin sorunlarını ele almış, yurt dışında inşaat sektöründe uygulanan tedarik yönetimi stratejilerini incelemişlerdir. Ayrıca çalışmada tersine lojistiği, içerdiği süreçleri, bazı önemli yasal düzenlemeleri tanımlanmış ve mevcut uygulamalar ile eğilimler hakkında bilgi verilmiştir.

Uslu ve Akçadağ (2012), Kayseri’de faaliyet gösteren ilaç firmalarının tersine lojistik ve dağıtım faaliyetleri sırasındaki etkinliklerini araştırdıkları çalışmalarında, Kayseri’de faaliyet gösteren ilaç firmalarında çalışan 18 yaşını doldurmuş toplam 86 kişiyle yüz yüze anket uygulaması yapmışlardır. İşletmelerin lojistik faaliyetler içerisindeki rolünü belirlemek amacıyla yaptıkları faktör analizi sonucunda Kayseri’de şubeleri bulunan ilaç firmalarının dağıtım faaliyetlerine verilen önem ile tersine lojistik faaliyetlerine verilen önemin yeterli düzeyde olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Gilanlı vd. (2012) ise Trakya bölgesinde faaliyet gösteren işletmelerin tersine lojistik faaliyetlerini uygulama durumları, tersine lojistik uygulama nedenleri, tersine lojistiğe konu olan ürünlerin işletmelere dönme nedenleri ve işletmelerde yaşanan sıkıntıları araştırmak için kolayda örneklem yoluyla seçilmiş 110 işletmeye anket uygulamışlardır. Araştırmaya konu olan 110 işletmeden %47,7’sinin tarım-gıda-yağ sektöründe, %34,6’sinin tekstil-ayakkabı sektöründe, %14’ünün kâğıt-ambalaj demir-çelik-cam-alışveriş mağazacılık-inşaat-makine san.-metal san.- muhtelif imalat sektöründe, %3,7’sinin kimya-ilaç sektöründe yer aldığı belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre işletmelerin tersine lojistik uygularken en çok yeniden üretim konusunda zorlandıkları belirlenmiştir. Ayrıca sonuçlara göre yeniden üretimin oluşturacağı olumsuzlukların sektörlere göre farklılık gösterdiği ve bu farklılığın sebebinin küçük ölçekli işletmelerden kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Yıldız (2013), Eskişehir'deki 13 mahalle için yaptığı çalışmada, mahalle sakinlerinin ambalaj atıklarının geri dönüşüm sürecindeki bilincini, durum analizi ile ölçmüş ve bu konuda farkındalığın artırılması için öneriler sunmuştur. Çalışmada yüz yüze mülakat yöntemi kullanılmıştır.

Organ vd. (2013), ömrünü tamamlamış lastik geri kazanımı için tersine lojistik ağ modeli tasarlayarak, giderler ve gelirler arasındaki farkı en küçükleyecek ürün akışını belirlemek için karma tamsayı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Model için altı farklı senaryo oluşturmuşlar ve her bir senaryo için en uygun depo ve geri kazanım tesisi, kapasitesi ve konumu belirlemişlerdir.



## II. BÖLÜM: METODOLOJİ VE VERİLERİN TOPLANMASI

Bu çalışmada, çalışmanın amacına uygun olarak iki farklı yöntem kullanılmıştır. Bunlardan birincisi Simülasyon Yöntemidir, ikincisi ise Araç Rotalama Problemi Çözümüdür. Simülasyon Yöntemi ile var olan sistemin davranışları üzerinde değişiklikler yapılarak sistemin nasıl daha verimli çalışacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Araç Rotalama Problemi ile de işletmenin hizmet verdiği mahallelerde ki (ambalaj atığı toplamak için kumbara bıraktığı mahalleler) tüm sokakların en kısa sürede dolaşabilmesi için nasıl bir güzergah izlemesi gerektiği tespit edilmiştir.

Bu bölümde öncelikli olarak çalışmada kullanılan verilerin nasıl toplandığı ile ilgili bilgiler verilmiş, daha sonra araştırmanın uygulama kısmını oluşturan yöntemlerin tanımları yapılmış, özelliklerinden, kullanıldıkları alanlardan, çeşitlerinden, avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiştir.

### II.1. Verilerin Toplanması

Bu çalışmada veriler yüz yüze görüşme yöntemi ile işletmeden ve Yenişehir Belediyesi Hizmet Binasından toplanmıştır.

İşletmeden hizmet verilen mahallelerin bilgisi, sistemin nasıl işlediği, çalışan sayıları, araçların kapasiteleri ve rotaları ile ilgili bilgiler elde edilmiştir.

Yenişehir Hizmet Binasından ise işletmenin bir yıl boyunca (2013) topladığı atık miktarları ile ilgili veriler elde edilmiştir. İşletmenin, araçları ilgili yasa gereği topladıkları atıkları günlük olarak Toplama ve Ayırma Tesisine götürmeden önce Yenişehir Belediyesi hizmet binasında tarttırması gerekmektedir. Elde edilen verilerde hangi gün hangi saat ne kadar atık toplandığı bilgileri yer almaktadır.

## II.2. Simülasyon Kavramı

Kelime anlamı taklit-benzetim olan simülasyon, bir olay, süreç ya da sistemle ilgili bir özeliğin veya davranışın model üzerinde gösterilmesi olarak tanımlanmaktadır (Öztürk, & Özbek, 2004). Literatürde simülasyonun birkaç farklı tanımı bulunmaktadır. Bunlar;

Simülasyon, verilen bir sistemin davranışları hakkında neden-sonuç ilişkisine dayalı sonuçlar çıkartabilmek için ilgili modelin davranışlarını incelemek ve anlamaya çalışmaktır (Eroğlu, 2001).

Gerçek bir sistemin tasarlanma süreci olarak tanımlanan simülasyon, sistemin davranışlarını anlamak için denemeler yapmayı ya da sistemin işlemleri için çeşitli stratejileri değerlendirmeyi mümkün kılar (Shannon, 1998).

Başka bir tanıma göre simülasyon, genellikle uygun bir bilgisayar programında gerçek bir sistemin davranışını taklit etmek için yöntemlerin ve uygulamaların kapsamlı bir şekilde bir araya getirilmesidir (Kelton, Sadowski, & Sadowski, 1998). Yani model kurma ve modelin analitik olarak kullanımını simülasyon sürecini meydana getirir (Yeroğlu, 2001).

Simülasyon, diğer matematiksel modellerin aksine, gerçek sistemde doğrudan olarak gerçekleştirilemeyecek değişimleri denemeye fırsat verdiği için gerçek bir sistemin işleyişini gözlemlemek için kullanılacak en iyi araçlardan biridir. Gerçek sistemin matematiksel modelinin kurulmasının zor olduğu durumlarda veya kurulan modelin analitik çözümünün mümkün olmaması durumunda, gerçek sisteme erişim kolay olmadığında, gerçek sistem üzerinde deney yapmak tehlikeli olduğunda simülasyon faydalı bir yöntemdir. Bu özellikleri simülasyonun kendisine farklı disiplinlerde uygulama alanı bulmasını sağlamaktadır. Law ve Kelton (1991) bu alanları aşağıdaki gibi örneklendirmişlerdir;

- Üretim sistemlerinin tasarımı ve analizi,
- Bir bilgisayar sisteminin donanım ve yazılım ihtiyaçlarının değerlendirilmesi,
- Askeri strateji geliştirme,
- Stok yönetimi için sipariş kurallarının belirlenmesi,
- Hava yolu, kara yolu, deniz yolu, demir yolu gibi taşımacılık faaliyetlerinin işlenmesi ve tasarımı,
- Hastane, postane, hızlı hizmet (fast-food) restoranı gibi hizmet işletmelerinin tasarımı ve bu tasarımın değerlendirilmesi,
- Finansal ve ekonomik sistemlerin değerlendirilmesi

Tablo II.1.'de ise simülasyonun kullanıldığı sektörler daha geniş bir şekilde örneklendirilmektedir.

**Tablo II.1.: Simülasyonun Kullanıldığı Üretim ve Hizmet Sektörlerinden Örnekler (Eroğlu, 2001).**

Üretim Endüstrileri	Yiyecek ve İçecek	Atık Yönetimi
Donanım	Hizmet Endüstrileri	Taşıma ve Dağıtım
Otomotiv	Halk Hizmetleri	Ordu
Uzay Sanayi	Okullar	Otel Yönetimi
Elektronik	Restoranlar	Eğlence Parkları
Ağır Ekipmanlar	Bankacılık	İmalathaneler
Cam ve Seramikler	Sağlık	Döküm Sanayi
Tekstil	Devlet Daireleri	Petrokimya
Lastik ve Plastik	Afet Planlama	Mobilya

### II.2.1. Simülasyon Türleri

Sistemlerin simülasyonu için geliştirilen modeller, modelin yapısına ve kullandıkları değişkenlerin özelliklerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmalar sadece gerçek sistemleri değil bu gerçek sistemler için geliştirilen modelleri ifade etmek için de kullanılmaktadır. Bir başka deyişle, bir sistem farklı simülasyon türleri kullanılarak modellenebilir. Burada önemli olan sistemin özelliğine en uygun simülasyon modeli türünün belirlenmesidir. Law ve Kelton (1991) simülasyon modellerini üç farklı grup altında toplamaktadır. Bunlar, statik-dinamik simülasyon modelleri, deterministik-stokastik simülasyon modelleri ve sürekli-kesikli simülasyon modelleridir.

***Statik-Dinamik Simülasyon Modelleri:*** Statik simülasyon modeli zamandan bağımsızdır yani bu modellerde zamanın hiçbir önemi ve rolü yoktur. Örneğin zamanın belirli bir anındaki sistemi temsil eden Monte Carlo Simülasyonu bir statik simülasyon modelidir. Dinamik simülasyon modeli ise zaman içinde değişen bir modeldir. Bu nedenle, dinamik simülasyon modellerinde zamana bağımlı rassal değişkenler kullanılır.

***Deterministik-Stokastik Simülasyon Modelleri:*** Deterministik simülasyon modellerinde hiç bir değişken olasılığa bağlı değildir. Sistemden çıktının elde edilebilmesi için girdi kümesinin değerlerinin belirlenmesi ve birbirleri arasında mantıksal ilişkilerin doğru bir şekilde oluşturulması yeterlidir. Stokastik modeller, en az bir tane rassal girdi değişkenine sahip olan modellerdir. Değişkenlerden biri veya hepsi rassal olabilir. Bu yüzden sistemde elde edilen sonuçlar da rassaldır ve sadece modelin doğru özelliklerinin bir tahminidirler. Deterministik modellerde ise hareketler ve sonuçlar her zaman aynıdır. Deterministik modeller sistemdeki belirsizliği stokastik

modeller gibi hesaba katmadıkları için stokastik modeller, sistemden elde edilecek sonuçların gerçeğe daha yakın olmasını sağlarlar.

***Sürekli-Kesikli Simülasyon Modelleri:*** Sistemdeki değişkenlerin değerleri simülasyon süresi boyunca sadece belirli zaman noktalarında değişiyorsa kesikli simülasyon modeli, zamanın bir fonksiyonu olarak sürekli değişiyorsa sürekli simülasyon modeli söz konusudur. Kesikli veya sürekli değişim gösteren değişkenlerin karşılıklı etkileşim içinde bulunduğu karma modeller de mevcuttur.

### **II.2.2. Simülasyon Yönteminin Avantajları ve Dezavantajları**

Diğer yöntemlerle kıyaslandığında simülasyonun kendine has bir takım avantajları vardır (Maria, 1997; Shannon, 1998);

- Simülasyon kavramının anlaşılması kolaydır ve bu yüzden yöneticilere ve müşterilere neden simülasyon yönteminin kullanıldığını savunmak diğer analitik modelleri savunmaktan daha kolaydır.
- Simülasyon modelinin davranışları gerçek sistemin davranışları ile karşılaştırılabilir, bu yüzden simülasyon modeli daha inandırıcıdır.
- Bir simülasyon modeli ile kaynak ayırmaya gerek olmadan yeni tanımlar ve yerleşimler test edilebilir.
- Simülasyon ile devam eden işlemlere zarar vermeden yeni işe alım ilkeleri, çalıştırma prosedürleri, iş ilkeleri, örgütsel yapı, bilgi akışı vs. geliştirilebilir.
- Simülasyon dar boğazları tanımlamaya yardımcı olur.
- Sistemde gerçekleşen olayların neden ve nasıl oldukları hakkındaki hipotezleri test etmeye yardımcı olur.
- Zamanı kontrol etmeye olanak sağlar.

- Simülasyonun gerçek gücü, yeni ve benzersiz durumlarla ilgili denemeler yapmaya olanak sağlamasıdır ve olursa ne olur (what-if) sorularına cevap verebilme kabiliyetidir.
- Sistemin performansını analiz etmek için çoklu performans metrikleri kullanır.
- Bir problemi çözmek için sistem yaklaşımını kullanır. Yani sistemi bir bütün olarak ele alır, bir sorun çıktığında sistemin tüm öğelerini bir arada değerlendirir.

Tüm bu avantajlarının yanında simülasyon yönteminin bir takım dezavantajları bulunmaktadır (Shannon, 1998);

- Simülasyon modeli özel eğitim gerektiren bir sanattır ve bu yüzden katılımcıların beceri seviyesi oldukça çeşitlilik gösterir. Çalışmanın faydası modelleyicinin yeteneğine ve modelin kalitesine bağlıdır.
- Simülasyon modeli oluşturmak için girdi bilgisinin toplanması zaman alabilir, zordur ve elde edilen sonuçlar bazen oldukça şüphelidir.
- Simülasyon modelleri girdi çıktı modelleridir, verilen girdi bilgileri ile sistemin olası çıktıları elde edilir. Modeller çözülmekten ziyade çalışırlar. Modelin optimal bir çözümü yoktur, aslında deneyici tarafından belirlenen şartlar altında sistemin analizi için bir araç olarak hizmet ederler.

### **II.2.3. Tersine Lojistikte Simülasyon Uygulamaları**

Tersine lojistik alanında yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde, kullanılan yöntemler içerisinde simülasyon yönteminin çok fazla kullanılmadığı görülmektedir.

Biehl vd. (2007) çalışmalarında halı sektörünü geri dönüşüm açısından incelemişler, bir tersine lojistik ağı sistemi tasarlamışlar ve simüle etmişlerdir. Tersine lojistik ağının performansı üzerinde çevresel parametrelerin ve tersine lojistik sistem tasarımının etkisini belirlemek için denemeler yapmışlardır.

Amini vd. (2005) çalışmalarında bilgisayar simülasyon modeli ile tersine lojistik işlemlerinin yeniden düzenlenmesinin müşteri hizmetlerini geliştirdiğini ve böylece işletme maliyetlerini azalttığını göstermişlerdir. Sonuç olarak, önerilen süreçlerin, müşteri iade süreçlerinin döngü zamanını önemli ölçüde azalttığını ve müşteri hizmetlerini geliştirdiğini göstermişlerdir.

Kara vd. (2007) yaptıkları çalışmada simülasyon modeli yardımıyla beyaz eşyaların toplanması için bir tersine lojistik ağı tasarlamışlardır. Ağı tasarlamak için aktarma merkezi, teslimat noktaları ve demontaj fabrikası kurmuşlardır. Daha sonra yaptıkları duyarlılık analizi ile taşımanın sabit ve değişken maliyetleri, stok maliyetleri, yükleme ve boşaltma zamanları ile gelen malların etkisini analiz etmişlerdir.

### **II.3. Araç Rotalama Problemleri**

Araç rotalama problemleri ile ilgili ilk çalışma 1954 yılında Dantzig, Fulkerson ve Johnson tarafından yapılmıştır. Yaptıkları çalışmada geniş kapsamlı bir şekilde, araç rotalama problemlerinin özel bir durumu olarak görülen Gezgin Satıcı Problemini çalışmışlar ve bir çözüm yöntemi önermişlerdir (Ekşioğlu, Vural, & Reisman, 2009). Daha sonra ortaya çıkan araç rotalama problemlerinin farklı türleri için birçok farklı model ve algoritma önerilmiştir.

Araç rotalama problemleri (Vehicle Routing Problems), coğrafik olarak dağılmış müşterilere veya şehirlere bir veya daha fazla depodan servis yapan bir veya daha

fazla aracın belirli kısıtlar altında rotasının belirlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Rego, 2001).

Toth ve Vigo (2002) ise, bir veya daha fazla depodan, belirli bir müşteri grubuna hizmet etmek için, kullanılan araç filosunun optimal rotasının belirlenmesi olarak araç rotalama problemlerini tanımlamışlardır.

Araç rotalama problemlerinde göz önünde bulundurulması gereken, genellikle kısıt olarak kabul edilen, amaçlar aşağıdaki gibidir (Toth, & Vigo, 2001):

- Kullanılan araçların sabit maliyetine ve gidilecek yola bağlı olan taşıma maliyetlerinin minimizasyonu,
- Bütün müşterilere hizmet etmek için gereken araç sayısının minimizasyonu,
- Araç yükü ve seyahat zamanı açısından rotaları dengelemek,
- Müşteri hizmetleri ile ilişkilendirilen para cezalarının minimizasyonu.

Bunların yanında araç rotalama problemleri pratikte uygulanırken, rota kurulumunda birçok ek gereksinimlere ve işlemsel kısıtlara ihtiyaç duyulabilir. Örneğin; verilen hizmetlere dağıtım ve toplamanın ikisi birlikte dahil olabilir, her rota için yüklenen miktarın aracın kapasitesini aşmaması gerekir, her bir rotanın uzunluğu önceden belirlenen sınırı aşmamalıdır, müşteriye verilecek hizmet belirlenen çalışma saatleri içinde verilmelidir, müşteri talebi tamamen bilinmeyebilir ve müşteriye verilecek hizmet farklı araçlar arasında paylaşılabilir (Toth, & Vigo, 2002).

### **II.3.1. Araç Rotalama Problemlerinin Uygulama Alanları**

Araç rotalama problemleri genel olarak bir ağ içerisindeki belirli noktalar arasında mal ve hizmet dağıtımını ile ilgilenmektedir ve araç rotalama problemlerine olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Bu da Araç Rotalama Problemlerini farklı alanlarda kullanılabilme fırsatını yaratmaktadır. Örneğin (Düzakın, & Demircioğlu, 2009);



- Ürün ve hizmetlerin bir veya daha fazla sayıdaki depodan, çeşitli müşteri adreslerine dağıtımı,
- Üretim planlaması ve hammadde, yarı mamul ve mamullerin fabrikalar arası taşınması,
- Stok planlaması ve ürünlerin satış yerlerine sevkiyatı,
- Havayolu şirketleri ile yolcu taşınması,
- Bar ve lokantalara içecek dağıtımı, bireysel tüketicilere ve perakendecilere süt dağıtımı,
- Para dağıtımı,
- Benzin ve mazot dağıtımı,
- Çöp toplanması ve taşınması,
- Ana depodan mağazalara ürün dağıtılması,
- Posta hizmetleri gibi günlük hayatta çok sık karşılaşılan problemler mevcuttur.

### **II.3.2. Araç Rotalama Problemi Türleri**

Araç Rotalama Problemleri, çeşitli kriterlere göre kendi içinde farklılaşmaktadır. Bu kriterler genellikle kısıtların, araçların, müşterilerin, yolların ve rotaların özelliklerine göre ortaya çıkmaktadır. Araç Rotalama Problemi bu kriterlere göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

***Dinamik veya Statik Araç Rotalama Problemi Türleri:*** Statik araç rotalama problemlerinde problemin çözülmesi için gereken her bilgi mevcuttur ve bu bilgiler problemin herhangi bir çözüm aşamasında değişmez sabittir. Dinamik araç rotalama problemleri ise lojistik süreci boyunca aniden yeni talep noktalarının ortaya çıkması, müşteri taleplerinin değişmesi, araç rotasına dahil olan yollarda değişiklik yapılması (yolun

kapanması, trafik yüzünden ulaşım süresinin uzaması gibi) vs. gibi beklenmeyen durumların ortaya çıkmasıdır (Kuşçu, 2009).

***Rotaların Durumuna Göre Araç Rotalama Problemi Türleri:*** Bu tür kendi içerisinde ikiye ayrılmaktadır: Açık Uçlu Araç Rotalama Problemleri ve Kapalı Uçlu Araç Rotalama Problemleri. Açık uçlu araç rotalama problemlerinde, rotalar merkez depo ile başlamakta ve talep noktası ile son bulmaktadır. Bunun gerçekleşmesi için modele ek kısıtlar eklemeye gerek yoktur. Sonuç zaten açık uçlu rotalar doğuracaktır. Kapalı uçlu araç rotalama problemlerindeki genel kural, her rota bir işletme biriminde başlatılıp aynı işletme biriminde sona erdirilmelidir (Erol, 2006). Bu tür rotalama bir nevi kapalı döngü tedarik zinciri gibi de düşünülebilir.

***Kısıtlarına Göre Araç Rotalama Problemleri Türleri:*** Bu tür Araç Rotalama Problemleri farklı kısıtlar göz önünde bulundurularak sınıflandırılmıştır. *Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemleri*, en yaygın kullanılan araç rotalama problemidir ve burada her aracın belirli bir kapasitesi vardır, müşteri talepleri önceden bilinmektedir. Her aracın kapasitesi eşittir ve her araç merkez depodan hareket edip tekrar merkez depoya dönmektedirler. *Mesafe Kısıtlı Araç Rotalama Problemlerinde* rotalara atanan her aracın gidebileceği rota için maksimum mesafe kısıtı bulunmaktadır. *Zaman Pencere Arç Rotalama Problemlerinde* her müşteriye belirli bir zaman aralığında ulaşılması gerekmektedir. Aracın müşteri talep noktasına gelmesi belirli bir zaman aralığı içinde olmalıdır. Eğer o zaman aralığından önce gelirse başlangıç zamanına kadar beklemesi gerekmektedir. *Müşteri Tipi Farklı Araç Rotalama Problemlerinde*, iki farklı türde müşteri bulunmaktadır. Bazı müşterilere ürün teslimi yapılırken, diğer müşterilerden ürün alımı yapılmaktadır (Erol, 2000; Kuşçu, 2009).

***Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemleri;*** Bir araç iki tür müşteriye (ürün teslimi yapılan ve ürün alımı yapılan) de hizmet edebilir veya yalnız önce ürünleri teslim edeceği müşterilere daha sonra da ürün alımı yapacağı müşterilere uğraması gerekmektedir. Bu tür araç rotalama problemlerine *Önce Dağıtım ve Sonra Toplamalı Araç Rotalama Problemleri* de denilmektedir. *Karma Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemlerinde* ise, Önce Dağıtım ve Sonra Toplamalı Araç Rotalama Problemlerindeki gibi farklı müşterilere ürün dağıtılmakta ve farklı müşterilerden ürün alımı yapılmaktadır. Yalnız burada dağıtım ve toplama için iki hizmet noktası arasında öncelik yoktur. *Eş zamanlı Dağıtım ve Toplama Araç Rotalama Problemlerinde* ise toplama ve dağıtım müşterileri aynı müşterilerdir ve bu müşterilere eş zamanlı olarak hizmet verilmektedir (Wassan, Wassan, & Nagy, 2008). Müşterilere ulaşıldığında dağıtılacak ürün teslim edilip, toplanılacak ürün alınmaktadır.

***Yolların Durumuna Göre Araç Rotalama Problemleri;*** Bu problemler ikiye ayrılmaktadır. *Simetrik Yollu Araç Rotalama Problemleri*, burada bir noktadan diğerine gidiş ve dönüş mesafesi eşittir. *Asimetrik Yollu Araç Rotalama Problemlerinde* ise bir noktadan (x) diğerine (y) gidiş mesafesi ile gidiş mesafesi (y) ve kendine gelen nokta (x) arasındaki mesafe eşit değildir (Kuşçu, 2009).

### **II.3.3. Araç Rotalama Yöntemleri**

Araç rotalama problemlerine uygun çözümler bulmak gün geçtikçe zorlaşmaktadır. Çünkü rotalamada kullanılan kısıtların farklılığı ve fazlalığı araç rotalama problemlerini daha da karmaşık bir hale getirmektedir. Araç rotalama problemlerini çözmek için geliştirilen yöntemler Tablo II.2.'de gösterilmektedir (Erol, 2006).

**Tablo II.2.: Araç Rotalama Problemleri İçin Geliştirilen Yöntemler (Erol, 2006)**

<b>Araç Rotalama Problemleri İçin Geliştirilen Yöntemler</b>	
<b>Sezgisel Algoritmalar</b>	<b>Metasezgisel Algoritmalar</b>
<b>1)İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar</b>	<b>1)Tavlama Benzetimi Algoritması</b>
· Tek Rota İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar	<b>2)Tabu Arama Yöntemi</b>
· Çok Rota İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar	<b>3)Karıncı Kolonisi Optimizasyon Yöntemi</b>
<b>2)Yapısal Sezgisel Algoritmalar</b>	<b>4)Genetik Algoritmalar</b>
· Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması	<b>5)Yapay Sinir Ağları</b>
· Eşleme Tabanlı Tasarruf Algoritması	
· Sıralı Ekleme Sezgisel Algoritması	
· En Kısa Yol Yöntemi	
<b>3) Çok Aşamalı Sezgisel Algoritmalar</b>	
· İlk Grupla Sonra Rotala Yöntemi	
· İlk Rotala Sonra Grupla Yöntemi	

Araç rotalama problemlerini çözmek için geliştirilen yöntemler Metasezgisel Algoritmalar ve Sezgisel Algoritmalar olmak üzere ikiye ayrılır. Metasezgisel Algoritmalar; Tavlama Benzetimi Algoritması, Tabu Arama Yöntemi, Karınca Kolonisi Optimizasyon Yöntemi, Genetik Algoritmalar ve Yapay Sinir Ağlarıdır. Sezgisel Yöntemler ise, kendi içinde üçe ayrılır: İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar, Yapısal Sezgisel Algoritmalar ve Çok Aşamalı Sezgisel Algoritmalar. İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar; Tek Rota İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalar ve Çok Rota İyileştirmeli Sezgisel Algoritmalarıdır. Yapısal Sezgisel Algoritmaların alt dalları ise Clarke ve Wright Tasarruf Algoritması, Eşleme Tabanlı Tasarruf Algoritması, Sıralı Ekleme Sezgisel Algoritması, En Kısa Yol Yöntemidir. Çok Aşamalı Sezgisel Algoritmalar ikiye ayrılır. Birincisi, İlk Grupla Sonra Rotala Yöntemidir ki bu yöntemin de kendine ait türleri bulunmaktadır. Bunlar; Süpürme Algoritması, Fisher ve Jaikumar Atama Tabanlı Algoritması, Bramel ve Simichi-Levi Lokasyon Tabanlı Algoritması, Kısaltılmış Dal-Sınır Yöntemi, Taç Yapağı Algoritmalarıdır.

Bu çalışmada araç rotalama problemlerini çözmek için Yapısal Sezgisel Algoritmalarından En Kısa Yol Yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntem sadece bir başlangıç

noktasının ve bir varış noktasının olduğu şebekelerde rotalama işlemleri yapmak için kullanılmaktadır. En kısa yol yöntemi ile bir şebeke içerisinde bir başlangıç noktasından bir varış noktasına ulaşmak için en kısa mesafeyi bulmak amaçlanmaktadır.

#### **II.3.4. Tersine Lojistikte Araç Rotalama Problemleri Uygulamaları**

Araç rotalama problemlerinin, ürünün tüketiciden üreticiye akışını ifade eden tersine lojistik kapsamında incelenen sınıfa Dağıtım ve Toplama Araç Rotalama Problemleri denilmektedir (Wassa, vd., 2008). Geniş bir uygulama alanına sahip olan Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemleri uygulandığı sektörler açısından değerlendirildiğinde şu şekilde örneklendirilebilir; sağlık sistemleri – insanların bağışladığı kanların ya da insanlardan toplanan kanların hastanelere dağıtılması, otomotiv sektörü – yedek parçaların geri dönüşüm için fabrikalara gönderilmesi, gıda sektörü – alkollü/alkolsüz içeceklerin geri dönüştürülebilir ya da yeniden kullanılabilir şişelerinin fabrikalara geri gönderilmesi gibi.

Eş Zamanlı Dağıtım ve Toplama Araç Rotalama Problemleri literatürde ilk kez Min (1989) tarafından çalışılmıştır. Bu çalışmada problemin çözümü için matematiksel model ve sezgisel algoritma önerilmiş ve müşteriler araç kapasitesi kısıtını sağlayacak şekilde iki ayrı kümede gruplandırılmıştır. Her müşteri grubu için ayrı bir gezgin satıcı problemi çözülmüştür.

Tersine Lojistik ile Eş Zamanlı Dağıtım ve Toplamalı Araç Rotalama Problemi ilk olarak Dethloff (2001) tarafından ilişkilendirilmiştir. Dethloff (2001) çalışmada en ucuz ekleme tabanlı bir algoritma ve matematiksel bir model önermiştir. Müşterileri rotalara eklerken seyahat mesafesi, kalan kapasite ve depoya uzaklık olmak üzere üç kriteri göz önünde bulundurmıştır.

Kim vd. (2009), yaptıkları çalışmada ömrünü tamamlamış elektronik tüketim mallarının geri dönüşüm amacıyla taşınması için bir araç rotalama problemi geliştirmişlerdir. Yetkililerden ve üreticilerin dağıtım merkezlerinden toplanan ömrünü tamamlamış ürünlerin dört bölgesel geri dönüşüm merkezine taşınma uzaklığını minimize etmeyi amaçlamışlardır. Her bir bölge için araç rotalama problemi geliştirmişler ve bunu çözmek için Tabu Araması yaklaşımını uygulamışlardır.

Kassem ve Chen'in (2013) yaptıkları çalışmada eşzamanlı dağıtım toplama araç rotalama problemlerine kesin zaman penceresi kısıtı ilave edilerek Kesin Zaman Pencere-Eş Zamanlı Dağıtımlı ve Toplamalı Araç Rotalama Problemleri tanımlanmış ve karma tamsayılı programlama modeli kurulmuştur. Modeli çözmek için buluşsal (heuristik) çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. Buluşsal çözüm, çözümü geliştirmek için Tavlama Benzetimi yönteminin başlangıç çözümü olarak kullanılmıştır.

Bing vd. (2014), plastik atıkların toplama rotalarını yeniden tasarlamak ve performans göstergesi olarak kabul edilen eko verimliliği kullanarak plastik atıkları toplama opsiyonlarını karşılaştırmak amacıyla yaptıkları çalışmada, rotaları geliştirmek için Tabu Araması yöntemini kullanmışlardır. Toplama çalışmaları ise senaryo çalışmalarıyla karşılaştırılmıştır. Senaryolar, toplama yöntemi, araç türü, araç kapasitesi, toplama noktaları gibi farklı toplama alternatifleri varsayımlarına göre tasarlanmıştır. Eko verimlilik ise taşımacılık, iş gücü ve emisyon maliyetlerinin kombinasyonu ile ölçülmüştür. Sonuçlar mevcut toplama rotalarının eko-verimlilik performansı bakımından geliştirilebileceğini göstermiştir.

Privé vd. (2005) alkolsüz içeceklerin dağıtılması ve geri dönüştürülebilir boş şişelerin toplanması işlemlerini birleştirmek isteyen bir firma için karma tamsayılı programlama modeli oluşturulmuşlar ve çözüm için 3 sezgisel yöntem önermişlerdir. Bu

sezgisel yöntemlerden biri Yapısal Sezgisel diğer ikisi Taç Yaprağı Tabanlı Sezgisel yöntemlerdir. Bu yöntemleri gerçek hayattan durumlarla test etmişlerdir. Sonuçlar mesafenin %23 oranında kısaltılabileceğini göstermiştir.

### **III. BÖLÜM: TERSİNE LOJİSTİK AĞLARININ TASARIMI: SİMÜLASYON VE ARAÇ ROTALAMA ÖRNEĞİ**

Çalışmanın uygulama aşamasını oluşturan bu bölümde öncelikli olarak ambalaj atıkları ve ambalaj atığı türlerinden bahsedilecek daha sonra Türkiye’de ve bu çalışmanın uygulandığı Mersin ilinde ambalaj atıklarının durumu hakkında bilgi verilecektir. Bundan sonraki aşamada ise uygulamaya geçilecek ve Mersin ilinin Yenişehir ilçesinde faaliyet gösteren ve Toplama Ayırma Lisansına sahip olan bir firma için bir simülasyon modeli yardımıyla işletmenin var olan sisteminde, sistemin daha iyi çalışması için belirli değişkenler üzerinde değişiklikler yapılarak senaryolar çalıştırılacaktır ve sonrasında araçların takip etmesi gereken optimum rota En kısa Yol Yöntemiyle çözülecektir.

#### **III.1. Ambalaj Atıklarının Tanımı ve Türleri**

Ambalaj, içine konulan ürünü koruyan, en temiz ve en güvenilir koşullarda ürünlerin tüketicilere ulaşmasını sağlayan, taşınmasını ve depolanmasını kolaylaştıran değerli bir malzemedir (Ambalaj Sanayicileri Derneği, t.y.).

Bir başka tanıma göre bir ürünün bileşeni olan ambalaj, ürünün satışı için önerilen ve etiket bilgisini içeren her türlü kutu ve kap anlamına gelir (Kerin, Hartley, & Rudelius, 2011).

Ambalaj, ürünün korunmasını sağlayan, tüketicileri üzerindeki marka ve etiket bilgileriyle bilgilendiren ve üreticilerle perakendeci kurumlar açısından taşıma, depolama, stoklama ve tutundurma kolaylıkları sağlayan, değişik maddelerden yapılmış her türlü muhafaza işlemi olarak tanımlanmaktadır (Altunışık, Özdemir, & Torlak, 2001). Yapılan tanımlara bakıldığında ambalajlar günümüzde koruma, taşıma, depolama kolaylığı özelliklerinin yanında ürünün pazarlanmasında bir tutundurma aracı olarak görülmektedir.



Ambalajlar plastik, metal, cam, kâğıt/karton ve kompozit olmak üzere 5 türe ayrılmaktadır (Ambalaj Sanayicileri Derneği, t.y.).

**Plastik ambalajlar;** Petrol rafinelerinden çıkan çeşitli ürünlerin Petro kimya tesislerinde işlenmesi sonucunda elde edilmektedir. Plastikler daha az girdi malzemesi ile daha çok malzeme üretebilmesi ve şekil verme kolaylığı gibi avantajlarından dolayı sektörde daha çok tercih edilmektedir.

**Metal ambalajlar;** alüminyum ve teneke olmak üzere iki çeşit malzemedен yapılmaktadır. Günümüzde çağdaş üretim teknikleri ve gelişmiş makinelerle metal malzemelere istenilen şekillerin verilebiliyor olması, kolay açılımı sağlayan kapakların geliştirilmesi, çeşitli dış yüzey tasarımları, yüksek dayanıklılık ve sızdırmazlık özelliği metal ambalajın tercih edilmesinde önemli etkenlerdendir.

**Cam ambalajlar;** parlak, pürüzsüz ve kolay temizlenir bir yapıya sahiptirler. Cam ambalajlar kalitesinde herhangi bir değişiklik olmaksızın %100 geri dönüştürülebilir ve sonsuz defa ikincil hammadde olarak tekrar üretime dâhil edilebilir.

**Kâğıt ve karton ambalajlar;** selüloz adı verilen değerli bir hammaddeden elde edilen kâğıt ve karton işlenmesi kolay olduğundan, taşınması sırasında az yer kaplamasından ve dayanıklı olmasından dolayı tercih edilmektedir. Ayrıca tercih edilmesinde kâğıt ve karton ambalajlarının kolay olmasının ve ekonomik olmasının da etkisi vardır.

**Kompozit ambalajlar;** en az iki malzemenin (Plastik-Alüminyum, Karton-Polietilen, Kâğıt-Polietilen, Plastik-Kâğıt-Alüminyum, Kâğıt-Alüminyum) tam yüzeylerinin birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Malzemeler dayanıklılığı ve esnekliği arttırmak ve kendilerine özgü özellikleri birleştirmek için birlikte kullanılmaktadırlar. Bu

ambalajlar genellikle evlerde kullanılan hazır çorbalar ve meyve sularında kullanılmaktadır. Ayrıca çeşitli kapak kullanımına da uygundur.

Gündelik hayatımızda kullandığımız ürünlerin boş ambalajlarının oluşturduğu cam (renkli ve şeffaf tüm cam şişeler, kavanozlar), plastik(su, meşrubat, sıvı yağ ambalajları, deterjan kapları, sağlık ve kozmetik ürün ambalajları vb.), metal (kola kutuları, teneke kaplar, konserve kutuları), kağıt/karton (karton, 1.sınıf kağıt, oluklu mukavva, gazete) ve kompozit (süt ve meşrubat kutuları, çorba, kahve, cips vb. paketleri) atıklara “Ambalaj Atığı” denilmektedir.

### **III.2. Türkiye’de Ambalaj Atıklarının Durumu**

Türkiye’de ambalaj atıklarının yönetimine ilişkin yetki ve sorumlulukları düzenleyen kanun 1983 yılında çıkarılan 2872 sayılı Çevre Kanununda 2006 yılında yapılan değişiklik ile ambalaj atıklarının kaynaktan ayrı toplanması zorunluluğunu getiren kanundur. Ambalaj atıklarının toplanması konusundaki sorumluluklar ise 2004 yılında çıkartılan 5216 sayılı Büyükşehir Belediye Kanunu ile 2005 yılında çıkartılan 5393 sayılı Belediye Kanununda paylaştırılmıştır. Bu kanuna göre atıkların toplanmasından ve imha edilmesinden belediyeler sorumlu tutulmuştur. Ancak, yürürlükteki mevzuat çerçevesinde büyükşehir belediyelerinde atıkların toplanmasından ilçe ve il kademe belediyeleri sorumlu tutulur iken, atıkların imha edilmesinden büyükşehir belediyeleri sorumlu tutulmuştur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2008).

Ambalaj atıklarının yönetimi konusu 1991, 2004 ve 2007 yıllarında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından çıkartılan yönetmeliklerle ele alınmıştır. Ambalaj atıklarına ilk olarak 1991 yılında Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde yer verilmiştir. Yönetmeliğin kapsamına sadece 17 kalem gıda ve temizlik ürününe ait kompozit içecek kutular, plastik, metal ve cam ambalajlar dahil edilmiştir. Bu ambalajların, kota oranları doğrultusunda

toplatılmasının ve geri kazanılmasının, bazı ambalajlarda bu ürünleri piyasaya sürenler tarafından, bazı ambalajlarda ise üreticiler tarafından yapılması öngörülmüştür. Tablo III.1.'de bu yönetmelik çerçevesinde piyasaya sürülen ve geri kazanılan atık miktarları sunulmuştur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Mayıs 2008).

**Tablo III.1.: 1992-2007 Yılları Arasında Gerçekleşen Geri Kazanım Miktarları**

<b>YILLAR</b>	<b>Piyasaya Sürülen Ambalaj Miktarı (Ton)</b>	<b>Hedef (Ton)</b>	<b>Geri Kazanılan Amb. At. Miktarı (Ton)</b>
<b>1992</b>	128.482	30.969	60.634
<b>1993</b>	143.192	47.628	72.704
<b>1994</b>	174.571	75.620	58.799
<b>1995</b>	187.654	80.846	55.818
<b>1996</b>	223.015	89.931	71.221
<b>1997</b>	251.444	92.777	98.525
<b>1998</b>	287.405	94.334	91.232
<b>1999</b>	328.070	106.136	92.409
<b>2000</b>	335.231	107.488	110.558
<b>2001</b>	347.382	100.061	117.943
<b>2002</b>	366.875	106.005	130.525
<b>2003</b>	401.646	123.284	123.740
<b>2004</b>	440.826	137.192	136.120
<b>2005</b>	1.496.316	198.804	718.392
<b>2006</b>	1.474.829	219.206	1.378.412
<b>2007</b>	1.712.585	532.776	2.472.325

Yıllara göre bakıldığında piyasaya sürülen ambalaj miktarı düzenli olarak artmış ve buna paralel olarak geri kazanılan ambalaj atık miktarı da artmıştır. Ancak 2007 yılında piyasaya sürülen ambalaj miktarı 2007 yılında geri kazanılan ambalaj miktarından azdır. Bunun sebebi Şekil III.1.'de ve Şekil III.2.'de görüldüğü gibi Türkiye'deki toplama ayırma tesislerinin ve geri dönüşüm tesislerinin sayısındaki artış olabilir. Bu tesislerin sayısının artması ile piyasada geri kazanılmayı bekleyen atıklara ulaşılmış ve bu atıkların geri kazanım oranları daha da artmış olabilir. 2011 yılı için ambalaj üretimi, piyasaya sürülen ürünlerde kullanılan ambalaj miktarları ve geri kazanımı sağlanan ambalaj atığı

miktarları ve geri kazanım oranlarına ilişkin istatistikler Tablo III.2. de verilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Mayıs 2008).

**Tablo III.2.: 2011 Yılı Ambalaj ve Ambalaj Atığı İstatistikleri**

<b>Ambalaj Cinsi</b>	<b>Üretilen Ambalaj Miktarı (ton)</b>	<b>Piyasaya Sürülen Ambalaj Miktarı (ton)</b>	<b>Geri Kazanılan Miktar (ton)</b>	<b>Gerçekleşen Geri Kazanım Oranı (%)</b>
<b>Plastik</b>	1.223.783	706.082	307.549	44
<b>Metal</b>	246.861	137.764	74.669	54
<b>Kompozit</b>	91.001	68.756	70.715	103
<b>Kağıt/ Karton</b>	2.389.201	996.076	1.573.511	158
<b>Cam</b>	477.559	601.962	198.532	33
<b>TOPLAM</b>	<b>4.428.408</b>	<b>2.510.642</b>	<b>2.224.977</b>	

Tablo III.2.'ye göre piyasaya en çok sürülen ambalaj türü kağıt/karton ambalajlardır. Bunu sırasıyla plastik, cam, metal ve kompozit ambalajlar takip etmektedir. Bu duruma paralel olarak geri kazanım miktarı en fazla olan ambalaj türü de kağıt/karton ambalajlardır.

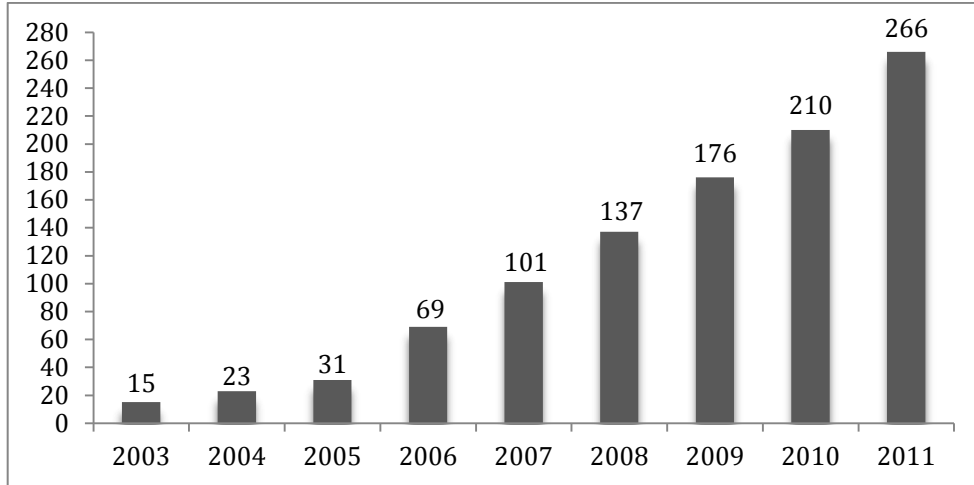
2005 Yılında tüm ambalaj ve ambalaj atıklarını kapsayan, ambalaj atıklarının yönetimine ilişkin usul ve esasları belirleyen Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği yürürlüğe girmiştir. Yönetmeliğin amacı; belirli özelliklere sahip ambalajların üretimi, ambalaj atıklarının çevreye vereceği zararın önlenmesi, 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. Bu yönetmeliğe göre yıllık geri kazanılması hedeflenen ambalaj atık oranları Tablo III.3.'te gösterilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Mayıs 2008).

**Tablo III.3.: Ambalaj Atıkları Yönetmeliğine Göre Yıllık Geri Kazanılması Hedeflenen Ambalaj Atık Oranları**

<b>Malzemeye Göre Yıllık Geri Kazanım Hedefleri (%)</b>				
<b>Yıllar</b>	<b>Cam</b>	<b>Plastik</b>	<b>Metal</b>	<b>Kağıt/Karton</b>
<b>2009</b>	36	36	36	36
<b>2010</b>	37	37	37	37
<b>2011</b>	38	38	38	38
<b>2012</b>	39	39	39	39
<b>2013</b>	40	40	40	40
<b>2014</b>	41	41	41	41
<b>2015</b>	42	42	42	42
<b>2016</b>	43	43	43	43
<b>2017</b>	44	44	44	44
<b>2018</b>	45	45	45	45
<b>2019</b>	46	46	46	46
<b>2020</b>	47	47	47	47

Tabloda görüldüğü üzere geri kazanım hedefleri her ambalaj atığı türü için aynıdır ve her yıl %1 oranında artmaktadır.

Yönetmeliğe göre ambalaj atığı toplama ve ayırma tesisleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığında lisans almak zorundadırlar. Lisans uygulamasına ilk defa 2003 yılında başlanılmıştır. Yıllar itibariyle lisans verilen tesislerin sayılarının dağılımları Şekil III.1’de sunulmaktadır. Şekil III.1’e göre lisanslı/geçici çalışma iznli toplama ayırma tesisi sayısı her yıl önemli ölçüde artarak 2011 yılında 266 olmuştur (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 28.02.2014).



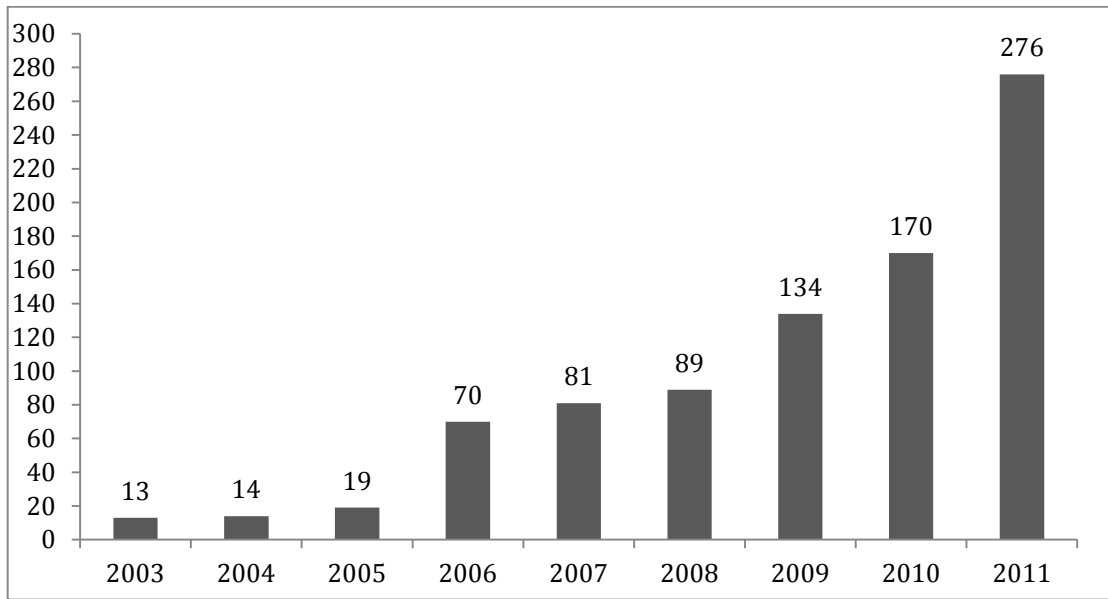
**Şekil III.1: Yıllara Göre Toplama ve Ayırma Tesisi Sayıları**

Ambalaj atıklarının biriktirilmesinde iki yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi poşetle yapılan biriktirme yöntemi diğeri ise kumbara veya konteynerlerde yapılan biriktirmedir. Biriktirilen bu ambalaj atıklarının toplanmasında ise iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Kapıdan kapıya toplama yöntemi; ağırlıklı olarak toplayıcının aktif olduğu, tüketicinin pasif kaldığı ve tüketici tarafından diğersel katı atıklardan ayrı bir poşette biriktirilen ambalaj atıklarının belirli dönemlerle toplanması şeklinde uygulanan bir yöntemdir. Bırakma merkezli toplama yöntemi ise; ağırlıklı olarak tüketicinin aktif rol oynadığı, toplayıcının pasif kaldığı ve tüketicinin ayırdığı malzemeleri belirli bir mesafe kat ederek kumbara ya da konteynlara bırakması şeklinde uygulanan bir yöntemdir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Mayıs 2008).

Türkiye genelinde kaynağında ayrı toplama çalışmaları 21 ilde, ambalaj atıkları Yönetmeliğinin tanımladığı şekilde yürütülmektedir. Ancak, yürütülen bu çalışmalar bazı nedenlerden dolayı il genelinde yaygınlaştırılamamıştır. Ülke ve il genelinde yaygınlaşmamasının başlıca nedenleri arasında; belediyelerin kaynakta ayrı toplamaya

gösterdikleri direnç, piyasaya sürülen ambalajların tamamının kayıt altına alınamaması, ambalaj atığını toplayan işletmeler ile ayırma tesisi işletmecilerinin ayrı toplamaya taraf olmamaları gelmektedir. Diğer bir neden ise lisanslı toplama, ayırma tesislerinin kapasitelerinin düşük olmasıdır. Mevcut işletmelerin tek başına, bir ilde oluşan ambalaj atığını toplayacak ve ayıracak idari, mali ve teknik kapasiteye sahip olmaması da oldukça önemlidir (Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı, t.y.).

Yıllar itibariyle Türkiye'deki geri dönüşüm tesisi sayısındaki değişim Şekil III.5'de gösterilmektedir. 2003 yılında 13 adet geri dönüşüm tesisi bulunurken 2011 yılına gelindiğinde geri dönüşüm tesisi sayısı 276'ya yükselmiştir. Bu artış ülkemizde çevreye verilen önemin gittikçe arttığını göstermektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, 28.02.2014).



**Şekil III.2: Yıllara Göre Geri Dönüşüm Tesisi Sayıları**

### III.3. Mersin İlinde Ambalaj Atıklarının Durumu

Mersin ilinde, 4 adet lisanslı toplama ve ayırma tesisi ve yıllık 3646 ton kapasiteli 1 adet plastik geri dönüşüm tesisi ile ambalaj atıkları geri kazanılarak ekonomiye

katkı sağlamaktadır. “Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği” kapsamında 2012 yılında Mersin ilinde 179.860.745 kg ambalaj üretimi yapılmıştır. 398 adet işletme tarafından üretilen ürünlerin 31.687.230 kg’ ı ambalaj kullanılarak satışa sunulmuş, 35.970.169 kg ambalaj atığı toplanmış ve geri dönüştürülmesi gereken ambalaj atığı miktarı 12.674.892 kg olarak belirlenmiştir (% 40 geri kazanım oranıyla). Ancak toplamda % 28 geri kazanım oranında 3.520.153 kg ambalaj atığı geri dönüştürülmüştür. Tablo III.4.’de 2012 yılı ambalaj ve ambalaj atığı istatistikleri gösterilmektedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Mayıs 2008).

**Tablo III.4.: Mersin İli 2012 Yılı Ambalaj ve Ambalaj Atığı İstatistikleri (Atık Ambalaj Sistemi, ÇŞİM, 2012)**

Ambalaj Cinsi	Üretilen Ambalaj Miktarı (kg)	Piyasaya Sürülen Ambalaj Miktarı (kg)	Hedeflenen Geri Kazanım Oranı (%)	Hedeflenen Geri Kazanım Miktar (kg)	Geri Kazanılan Miktar (kg)	Gerçekleşen Geri Kazanım Oranı (%)
Plastik	76.531.204	14.775.728	40	5.910.291	742.160	13
Metal	-	79.546	40	31.818	8.586	27
Kompozit	-	2.631.470	40	524.430	429.852	82
Kağıt/ Karton	103.329.541	13.844.882	40	5.537.953	2.335.974	41
Cam	-	355.604	40	142.242	3.581	3
<b>Toplam</b>	<b>179.860.745</b>	<b>31.687.230</b>	<b>40</b>	<b>12.674.892</b>	<b>3.520.153</b>	

Tablo III.4.’e göre 2012 yılında piyasaya en çok plastik ambalaj sürülmüştür. Fakat en çok kağıt/karton ambalaj atığı geri kazanılmıştır.

Bu çalışma Mersin ilinin Yenişehir ilçesinde yapılmıştır. Bu yüzden Yenişehir ilçesinde ambalaj atıklarının durumu üzerinde özellikle durulmasında fayda vardır.

Yenişehir Belediyesinin stratejik amaçları içinde yer alan, ambalaj atıklarının kaynağından ayrılması projesi 23 mahallede uygulanmaktadır. 2012 yılında ambalaj atıklarının ekonomiye geri kazandırılması projesi yaygınlaştırılarak İl Çevre ve Orman Müdürlüğü ile koordineli bir şekilde yürütülmektedir. Bu çalışma kapsamında, Çevre ve



Şehircilik Bakanlığında lisans almış 3 firma ile yapılan protokol çerçevesinde ayda ortalama 230-260 ton ambalaj atığı toplanmaktadır.

#### **III.4. Firmanın Tanıtılması**

İşletme 1995 yılında Mersin’de yasal standartlara uygun geri dönüşüm tesisi kurarak sektörde faaliyete başlamış ve daha sonra Adana ve İzmit'te benzeri tesisler kurmuştur. Bu tesislerde genellikle perakende alımlarıyla birlikte, yan kuruluşları ile Türkiye çapında ve yurtdışından toptan geri dönüşüm maddelerinin pazarlanmasında aracı kurum görevini üstlenmektedir.

2008 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı Yönetmeliği kapsamında ambalaj atıkları toplama ve ayırma lisansı alan firma bu sektörde Türkiye’de ilk olarak ; "ISO 9001: 2000 KALİTE SİSTEM SERTİFİKASI" ve "ISO 14001 ÇEVRE SİSTEM SERTİFİKASI" almıştır. Şimdiki kapasitesi aylık ortalama 4000 ve yıllık 48000 ton olup, toplanılan ambalaj türleri; cam, metal, plastik, kâğıt/karton ve kompozittir.

İşletme, Mersin ilinin Yenişehir, Toroslar, Akdeniz, Silifke, Pozantı Belediyelerine hizmet vermektedir. Bu çalışmanın uygulama kısmında sadece Yenişehir Belediyesi göz önünde bulundurulmuştur.

#### **III.5. Tersine Lojistik Ağlarında Simülasyon Modeli**

Tersine lojistik konusu ile ilgili literatürde birçok matematiksel model uygulaması ile karşılaşılmaktadır. Ancak simülasyon modeli kullanılarak yapılan uygulamalar oldukça kısıtlıdır. Simülasyon modelleri gerçek bir sistemin, olayın ya da sürecin incelenmesine olanak sağlayıp, sistem üzerinde değişiklikler yapma fırsatı sunduğu için gerçek sistemi diğer matematiksel modellerle kıyaslandığında daha iyi yansıtmaktadır. Sistemin parametreleri üzerinde değişim yapmaya olanak sağlaması ve herhangi bir

değişimin tüm sistem üzerine etkisini göstermesi bu çalışmada simülasyon modelinin tercih edilmesindeki en önemli sebeplerdendir.

Bu çalışmada gerçek sistemi daha iyi yansıttığı için ve gerçek sistem üzerindeki değişimlerin tüm sistemi nasıl etkilediğini görmek için simülasyon modellemesi yöntemi kullanılacaktır. Simülasyon modelinin oluşturulması ve çalıştırılmasında Arena Simülasyon paket programı kullanılmıştır.

### **III.5.1. Sistemin Tanıtılması**

İşletme Mersin ilinin Yenişehir ilçesindeki belirli mahallelere hizmet etmektedir. Bu mahalleler işletme tarafından 3 bölgeye ayrılmıştır. Mersin Forum Alış Veriş Merkezi (AVM) birinci bölgeyi oluşturmaktadır. İş yeri sayısının fazla olması dolayısıyla ambalaj atığı miktarının fazla olduğu Mersin Forum AVM işletme tarafından bir bölge olarak kabul edilmektedir. İkinci Bölge; Palmiye Mahallesi, Gazi Mahallesi, İnönü Mahallesi, Piri Reis Mahallesi ve Dumlupınar Mahallesi'nden oluşmaktadır. Üçüncü Bölge; Güven Evler Mahallesi, Barbaros Mahallesi, Menteş Mahallesi ve Aydınlık Evler Mahallesi'nden oluşmaktadır.

İşletme bünyesinde 3 tane ambalaj atığı toplama aracı bulunmaktadır. Araçların kapasiteleri yaklaşık 4 tondur. Bir araç sadece Mersin Forum AVM' den ambalaj atıkları toplamaktadır ve modelde bu araç "Araç Forum" olarak adlandırılmaktadır. 1 numaralı araç 2. Bölgeye ve 2 numaralı araç ise 3. Bölgeye hizmet etmektedir. Araçların günlere göre toplama yaptıkları mahalleler Tablo III.5'de gösterilmiştir.

**Tablo III.5.: Günlere Göre Araçların Toplama Yaptıkları Yerler**

	1 No'lu Araç	2 No'lu Araç
<b>Pazartesi</b>	Piri Reis Mahallesi ve Esnaflar	Aydınlık Evler ve Marketler
<b>Salı</b>	Okullar, Eczaneler, Hastaneler	Güven evler Mahallesi, Menteş Mahallesi ve Okullar
<b>Çarşamba</b>	Marketler	Dershaneler, Marketler ve Güven evler Mahallesi
<b>Perşembe</b>	Gazi Mahallesi, İnönü Mahallesi, Palmiye Mahallesi	Barbaros Mahallesi ve Kamu Kurumları
<b>Cuma</b>	Yenişehir Okulları	Okullar ve Marketler
<b>Cumartesi</b>	Dumlupınar Mahallesi ve Dershaneler	Güven evler Sitesi, Dershaneler ve Okullar

Araçlar sabah 08:00 akşam 18:00 saatleri arasında (günde 10 saat) hafta içi her gün, hafta sonu ise sadece cumartesi günü çalışmaktadırlar. Burada her araç sadece bir bölgeye hizmet etmektedir.

1. Bölge’de toplamda 4 kişi çalışmaktadır. 2 kişi gün boyunca Mersin Forum AVM içerisinde ambalaj atıklarını toplamakla görevlidirler. Diğer iki kişiden birisi şoför diğeri de şoförle birlikte dolaşan toplayıcıdır. 2. Bölgede ve 3. Bölgede görev alan araçlarda ikişer kişi çalışmaktadır ve biri şoför diğeri ise toplayıcıdır.

Araç Forum Mersin Forum AVM’ den buradaki ambalaj atığı miktarının fazla olması sebebiyle günlük 2 – 3 kere toplama yapmaktadır. 1 numaralı ve 2 numaralı araçlar ise günlük 1 kere toplama yapmaktadırlar.

Araçlar topladıkları ambalaj atıklarını toplama merkezine götürüp boşaltmadan önce Yenişehir Belediyesi Teknik Birimler Hizmet Binasına götürmektedir. Burada araçların topladığı günlük ambalaj atığı miktarı tartıldıktan sonra toplama ve ayırma merkezine götürülüp boşaltılmaktadır. Bu sayede Yenişehir Belediyesi, Çevre ve Orman Bakanlığı ile yaptığı ortak çalışma kapsamında toplanan ambalaj atığı miktarını bir şekilde kontrol etmektedir.

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 ayırarak, bandın altında bulunan bölmelerde biriktirirler. Bölmelerde biriken ayrılmış ambalaj atıkları presleme ünitesine alınır. Preslenen ambalaj atıkları türlerine göre istiflenir ve ilgili geri dönüşüm tesisine sevk edilmek üzere depolanırlar. Oluşturulan simülasyon modelinde ise toplanan atıkların yalnızca ayırma tesisine kadarki süreci ele alınmıştır ve ayırma tesislerinde yapılan işlemler model kapsamı dışında bırakılmıştır.

### **III.5.2. Modelin Tasarımı**

Arena simülasyon paket programında bir model oluşturmak için öncelikle Tersine lojistik ağ yapısını tanımlayarak uygun bir kavramsal model elde edilmelidir. Tersine lojistik ağ yapısı tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken birçok faktör vardır. Bunlar katılımcıların türü ve yapısı, toplama noktaları, ürün akışının özellikleri ve ayırma merkezlerinin sayısı ve nerede olduğudur. Bu çalışmada bir toplama ve ayırma tesisinin var olan yapısı inceleneceği için bu kriterlerden bazıları modelde yer almamıştır. Modelde yer alan elemanlar, atık toplama noktaları ve atık toplama araçlardır. Tasarlanan model atık gelişleri, atık toplama ve atık boşaltımı olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır.

Atık gelişleri bölümünün tasarımında iki farklı modül kullanılmıştır. Bu modüllerden ilki CREATE modülüdür ve sistemin atık üretmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Sistemde, Forum AVM dahil toplam 13 atık toplama noktası bulunduğu için her bir atık toplama noktası için bir adet olmak üzere 13 CREATE modülü yer almaktadır. Bu modüllerden her biri her bir saatte atık toplama noktasının özelliğine göre rassal miktarlarda atık üretmektedir. Üretilen atık miktarları rassal olmakla birlikte belli bir olasılık dağılımına uymaktadır. Bu olasılık dağılımları her bir atık toplama noktası için işletmenin mevcut kayıtlı verilerine dayanılarak Tablo III.6.'de özetlendiği şekilde ARENA Input Analyzer yardımıyla belirlenmiş ve her bir CREATE modülünde ilgili atık

toplama noktası için belirlenen bu olasılık dağılımları kullanılmıştır. Olasılık dağılımları mevcut veri setinden belirlenirken, veri setindeki %10-%90'lık dilim içerisine giren veriler dikkate alınmıştır. Bunun nedeni veri setinde normalden çok az veya normalden çok fazla üretilen atık miktarlarının göz ardı edilmesini ve uç değerlerin veri setinden ayrıştırılmasını sağlamaktır. Atık gelişleri bölümünde kullanılan ikinci modül HOLD modülüdür ve atıkların araçlar tarafından toplanana kadar toplama noktasında bekletilmesini sağlamaktadır. Atıklar, toplam 3 atık bölgesinden birer saat arayla gelecek şekilde tasarlanmıştır.

**Tablo III.6.: Modelin CREATE Modülünde Kullanılan Olasılık Dağılımları**

Atık Toplama Noktaları	Dağılım
Forum	$185 + 807 * \text{BETA}(1.03, 1.23)$
Piri Reis Mahallesi ve Esnaflar	$17 + \text{GAMM}(1.9, 3.56)$
Okullar, Eczaneler, Hastaneler	$17 + \text{GAMM}(1.91, 2.59)$
Marketler	$18 + \text{WEIB}(7.39, 2.36)$
Gazi Mahallesi, İnönü Mahallesi, Palmiye Mahallesi	$\text{NORM}(22.5, 2.56)$
Yenişehir Okulları	$\text{NORM}(25, 3.98)$
Dumlupınar Mahallesi ve Dershaneler	$21 + 10 * \text{BETA}(0.607, 0.624)$
Aydınlık Evler ve Marketler	$\text{TRIA}(14, 19.4, 32)$
Güvenevler Mahallesi, Menteş Mahallesi ve Okullar	$\text{NORM}(26.4, 6.02)$
Dershaneler, Marketler ve Güven evler Mahallesi	$14 + \text{ERLA}(4.61, 2)$
Barbaros Mahallesi ve Kamu Kurumları	$16 + 15 * \text{BETA}(1.03, 1.21)$
Okullar ve Marketler	$18 + 17 * \text{BETA}(0.993, 1.18)$
Güvenevler Sitesi, Dershaneler ve Okullar	$19 + 8 * \text{BETA}(0.674, 0.884)$

**Not:** *Olasılık dağılımları işletmenin mevcut kayıtlı verilerine dayanılarak ARENA Input Analyzer yardımıyla belirlenmiştir.*

Atık toplama bölümünün tasarımında ise forum araç ve diğer iki araç için ve Pazartesi gününden Cumartesi gününe kadar her gün için toplamda 13 adet CREATE modülü kullanılmıştır. CREATE modüllerinde ilgili araç ve ilgili gün için sabah 08.00' de dolaşıma çıkarılmak üzere sistemden gönderilmektedir. Her CREATE modülünün ardından birer PICKUP Modülü kullanılarak araçların o güne ait atık toplama noktasında biriken atıkları toplaması sağlanmaktadır. Araçlar atıkları topladıktan sonra belirli bir süre boyunca DELAY modülü ile bekletilmektedir. Gerçek sistemde araçlar bir mahalleyi dolaşarak atık toplamaktadırlar. Ancak mahalle içerisindeki farklı atık toplama noktalarına gelen atıkların hem miktarları hem de gelişler arası süresi mevcut toplanan veriler üzerinden hesaplanamadığı için (toplanan verilerin buna imkan vermemesi sebebi ile) simülasyon modelinde tüm mahalle tek bir atık noktası olarak düşünülmüş ve atıkların toplanma süresi mahalle içerisindeki toplam dolaşım süresi olarak bir bütün halinde modele entegre edilmiştir. Kullanılan DELAY modülünde ilgili mahalledeki atıkların toplanması için geçen toplam süre boyunca aracın beklediği varsayılmıştır. Simülasyon modelinde bir aracın ilgili atık toplama noktasındaki atıkları topladıktan sonra DELAY modülünde ne kadar süre bekleyeceği ise yine rassal olarak belirlenmektedir. DELAY modülündeki bekleme süreleri rassal olmakla birlikte belli bir olasılık dağılımına uymaktadır. Bu olasılık dağılımları her bir atık toplama noktası için işletmenin mevcut kayıtlı verilerine dayanılarak Tablo III.7.'da özetlendiği şekilde ARENA Input Analyzer yardımı ile belirlenmiş ve her bir DELAY modülünde ilgili atık toplama noktası için belirlenen bu olasılık dağılımları kullanılmıştır. Olasılık dağılımları mevcut veri setinden belirlenirken, veri setindeki %10'luk dilimin altında kalan ve 10 saati (günlük mesai süresi) aşan atık toplama süreleri göz ardı edilmiştir. Bunun nedeni anlamsız uç değerlerin veri setinden ayrıştırılmasını sağlamaktır.

**Tablo III.7.: Modelin DELAY Modülünde Kullanılan Olasılık Dağılımı**

Turlar	Kullanılan Olasılık Dağılımları
Araç Forum Tur Süresi	1 + EXPO(1.65)
Araç 1 Pazartesi. Tur Süresi	7.48 + 2.52 * BETA(1.88, 0.867)
Araç 1 Salı Tur Süresi	7.62 + 2.38 * BETA(1.54, 0.717)
Araç 1 Çarşamba Tur Süresi	7.76 + 2.19 * BETA(2.28, 0.926)
Araç 1 Perşembe Tur Süresi	TRIA(7.62, 9.72, 9.98)
Araç 1 Cuma Tur Süresi	7.44 + 2.27 * BETA(0.636, 0.436)
Araç 1 Cumartesi Tur Süresi	9.02 + 0.71 * BETA(0.46, 0.46)
Araç 2 Pazartesi Tur Süresi	7.32 + 2.68 * BETA(1.58, 0.628)
Araç 2 Salı Tur Süresi	7.67 + 2.33 * BETA(2.49, 1.16)
Araç 2 Çarşamba Tur Süresi	8 + 2 * BETA(2.09, 0.869)
Araç 2 Perşembe Tur Süresi	8.11 + WEIB(1.47, 6.26)
Araç 2 Cuma Tur Süresi	TRIA(8.27, 9.36, 9.82)
Araç 2 Cumartesi Tur Süresi	7.14 + 2.72 * BETA(0.841, 0.493)

**Not:** *Olasılık dağılımları işletmenin mevcut kayıtlı verilerine dayanılarak ARENA Input Analyzer yardımıyla belirlenmiştir.*

Atıkları topladıktan sonra DELAY modülünde belirli bir süre bekleyen araç atık toplama süresinin tamamlanması ile birlikte atık boşaltımı yapmak üzere modelin diğer bölümüne hareket etmektedir.

Modelin Atık Boşaltımı bölümüne gelen araçlar, taşıdığı atıkları DISPOSE modülü yardımıyla boşaltarak sistemi terk etmesini sağlamaktadır. Ancak Araç Forum eğer mesai saati sonuna ulaşmamışsa toplama yapmak üzere Forum Atık Toplama Noktasına yeniden sevk edilmekte, eğer mesai saati sonuna ulaşmış ise günlük turunu tamamlayarak araç parkına sevk edilmektedir. Forum aracı dışındaki tüm araçlar bir günlük toplama

süresi sonunda tekrar atık toplama noktasına sevk edilmeksizin araç parkına yönlendirilmektedir. Araçların gerek araç parkından atık toplama noktalarına gerekse atık toplama noktalarından atık boşaltım merkezine olan ulaşım süreleri atık toplama esnasında kullanılan DELAY modülü içerisindeki bekleme sürelerine dahil edildiğinden bu süreler ayrı ayrı ele alınmamıştır.

### **III.5.3. Modelin Varsayımları**

Bu çalışmada ele alınan atık toplama sistemini modellemek amacıyla aşağıda sıralanan varsayımlarda bulunulmuştur;

- Araçların kapasiteleri sonsuzdur.
- Bir mahalledeki tüm atıklar gerçek sistemde olduğu gibi farklı noktalarda değil tek bir noktada toplanmaktadır. Atık toplama araçları bir mahalledeki atıkların tamamını tek bir noktadan toplamaktadır. Dolayısıyla modelde mahalle içerisindeki araç dolaşımını dikkate alınmamıştır.
- Araçların çalışma saatleri 08:00 ile 18:00 saatleri ile sınırlandırılmıştır.
- Araçların taşıma işlemi boyunca izledikleri rotada uzaklık/mesafe ve hız kavramları dikkate alınmamıştır. Bu kavramlar günlük taşıma süresi açısından değerlendirilerek modele tek bir parametre (günlük toplama süresi) olarak dahil edilmiştir.
- Atıklar sisteme bir saat aralıkla veri setine uygun miktarlar ile gelmektedir.

### **III.5.4. Modelde Kullanılan Senaryolar ve Sonuçlarının Analizi**

Bu çalışmada oluşturulan simülasyon modeli farklı toplama stratejilerini test etmek amacıyla iki farklı senaryo tasarlanarak çalıştırılmıştır.



Birinci senaryoda, Forum dışındaki araçlar her gün bir atık toplama noktasından atık toplamakta ve o noktada bir hafta boyunca biriken tüm atıkları toplamaktadır. Aracın bir gün boyunca atık toplama süresi, bölgede biriken atık miktarından bağımsız olarak gerçek veri üzerinden hesaplanan sürelerle uygun bir şekilde belirlenmektedir.

İkinci senaryoda ise, Forum dışındaki araçlar her gün iki bölgeye uğramakta ve gittikleri her bir atık toplama noktasında beş saat boyunca atık toplamaktadırlar. Atık toplama süresi beş saat ile sınırlandırıldığı için araçlar bir atık toplama noktasında biriken tüm atıkları değil birinci senaryodaki atık toplama sürelerinin beş saate oranı kadar miktarda atıkları toplayabilmektedir.

Forum aracı her iki senaryoda da aynı şekilde modellenmiştir ve rotalarında herhangi bir değişiklik söz konusu değildir. Dolayısıyla Senaryo 1 ve Senaryo 2 arasındaki farklılık sadece 1. ve 2. araçlar için söz konusudur.

Tablo III.5.'de yer alan araçların günlük rotalarının hepsi birer atık toplama noktası olarak kabul edilmiş ve işletmenin hizmet verdiği bölgeler 12 atık toplama noktasına ayrılmıştır. Bu durum Tablo III.8.'da gösterilmiştir.

**Tablo III.8.: Atık Toplama Noktaları**

Atık Toplama Noktası	Atık Toplama Noktasına Göre Hizmet Sunulan Yerle
1. Atık Toplama Noktası	Piri Reis Mahallesi ve Esnaflar
2. Atık Toplama Noktası	Okullar, Eczaneler, Hastaneler
3. Atık Toplama Noktası	Marketler
4. Atık Toplama Noktası	Gazi Mahallesi, İnönü Mahallesi, Palmye Mahallesi
5. Atık Toplama Noktası	Yenişehir Okulları
6. Atık Toplama Noktası	Dumlupınar Mahallesi ve Dershaneler
7. Atık Toplama Noktası	Aydınlık Evler ve Marketler
8. Atık Toplama Noktası	Güven evler Mahallesi, Menteş Mahallesi ve Okullar
9. Atık Toplama Noktası	Dershaneler, Marketler ve Güven evler Mahallesi
10. Atık Toplama Noktası	Barbaros Mahallesi ve Kamu Kurumları
11. Atık Toplama Noktası	Okullar ve Marketler
12. Atık Toplama Noktası	Güven evler Sitesi, Dershaneler ve Okullar

İlk altı atık toplama noktasında yer alan esnaflar, okullar, eczaneler, marketler ve dershaneler 1 Nolu Aracın hizmet ettiği Palmiye Mahallesi, Gazi Mahallesi, İnönü Mahallesi, Piri Reis Mahallesi ve Dumlupınar Mahallesinde yer almaktadır. İkinci altı atık toplama noktasında yer alan marketler, okullar, kamu kurumları ve dershaneler ise Güven Evler Mahallesi, Barbaros Mahallesi, Mentеш Mahallesi ve Aydınlık Evler Mahallesi'nde yer almaktadır.

Tablo III.9.'de araçların günlere göre ortalama, minimum ve maksimum tur süreleri görülmektedir.

**Tablo III.9.: Araçların Tur Süreleri (Saat)**

Turlar	Ortalama		Minimum		Maksimum		Gözlem	
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2
Araç Forum Tur Süresi	2,6173	10	1,0026	1,0002	9,99	10	311	310
Arac 1 Pzt.Tur Süresi	9,2715	10	8,1326	10	9,9834	10	52	52
Arac 1 Sali.Tur Süresi	9,2727	10	8,1868	10	9,9791	10	52	52
Arac 1 Cars.Tur Süresi	9,2107	10	8,0106	10	9,9258	10	52	52
Arac 1 Pers.Tur Süresi	9,0636	10	7,8623	10	9,9279	10	52	52
Arac 1 Cuma.Tur Süresi	8,7496	10	7,4848	10	9,7047	10	52	52
Arac 1 Cts.Tur Süresi	9,3298	10	9,0243	10	9,7198	10	52	52
Arac 2 Pzt.Tur Süresi	9,244	10	7,697	10	9,99	10	52	52
Arac 2 Sali.Tur Süresi	9,2698	10	8,181	10	9,99	10	52	52
Arac 2 Cars.Tur Süresi	9,4444	10	8,3517	10	9,99	10	52	52
Arac 2 Pers.Tur Süresi	9,4276	10	8,7056	10	9,99	10	52	52
Arac 2 Cuma.Tur Süresi	9,1573	10	8,521	10	9,7945	10	52	52
Arac 2 Cts.Tur Süresi	9,0415	10	7,2573	10	9,8528	10	52	52

Senaryo 1'de, Araç 1 pazartesi, salı ve çarşamba günleri gittikleri mahallelerde ortalama olarak yaklaşık 9,2 saatte turunu tamamlamaktadır. Ancak Perşembe günü tur süresi ortalama olarak yaklaşık 9 saate, Cuma günü ise 8.7 saate düşmektedir. Bu durum Perşembe ve Cuma günü gidilen mahallelerde diğer mahallelere göre daha az atık oluştuğunu göstermektedir. Aynı durumun Araç 2 için Cuma ve Cumartesi günlerinde gerçekleştiği görülmektedir. Araç 2, Pazartesi, Salı, Çarşamba ve Perşembe günleri turlarını ortalama olarak yaklaşık 9,2 saatte tamamlarken Cuma günü 9,15 saatte Cumartesi günü ise 9 saatte tamamlamaktadır. Bu duruma göre 4. Atık Toplama Noktası, 5. Atık

Toplama Noktası, 6. Atık Toplama Noktası ve 7. Atık Toplama Noktasının diğer atık toplama noktalarına kıyasla daha az atık ürettikleri söylenebilir.

Senaryo 2’de her aracın bir tur süresi senaryo gereği sabit olarak 10 saattir. Bunun sebebi araçların günde iki atık toplama noktasına gitmesi ve gittiği her bir atık toplama noktasında 5 saat çalışması ve 10 saat boyunca sürekli çalışıyor olmasıdır. Gözlem sayısı bir yılda bir atık toplama noktasına yapılan tur sayısını göstermektedir. Bir yılda 52 hafta olduğundan ve her bölgeye haftada bir defa gidildiğinden Araç 1 ve Araç 2’nin gözlem sayısı 52’dir.

Tablo III.10.’de ise Atık Toplama Noktalarına Göre Ortalama Atık Taşıma ve Atık Bekleme Süreleri görülmektedir.

**Tablo III.10.: Atık Toplama Noktalarına Göre Ortalama Atık Taşıma ve Atık Bekleme Süresi (saat)**

		Ortalama		Minimum		Maksimum		Gözlem	
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2
Forum Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	0,83203	0,90835	0	0	7	8	173016	174128
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	2,6173	2,6647	1,0026	1,0002	9,99	9,99	173016	174128
1. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,66	40,085	0	0	60	60	7083	7132
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,257	10	8,1326	10	9,9834	10	7083	7132
2. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,608	40,151	0	3	60	59	6644	6651
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,2891	5	8,1868	5	9,9791	5	6644	6651
3. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,672	40,782	0	5	60	60	7516	7524
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,2038	10	8,0106	10	9,9258	10	7516	7524
4. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,438	39,354	0	8	60	59	6777	6793
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,0691	5	7,8623	5	9,9279	5	6777	6793
5. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,545	36,694	0	10	60	58	7855	7806
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	8,7549	10	7,4848	10	9,7047	10	7855	7806
6. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,48	41,424	0	12	60	59	7974	7949
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,3327	5	9,0243	5	9,7198	5	7974	7949
7. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,788	40,814	0	0	60	61	6624	6622
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,2294	10	7,697	10	9,99	10	6624	6622
8. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,672	40,596	0	2	60	59	8109	8057
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,27	5	8,181	5	9,99	5	8109	8057
9. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,47	41,538	0	6	60	60	7274	7284
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,4445	10	8,3517	10	9,99	10	7274	7284
10. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,529	41,609	0	7	60	60	7277	7191
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,4267	5	8,7056	5	9,99	5	7277	7191
11. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,571	39,55	0	8	60	58	7906	7858
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,1588	10	8,521	10	9,7945	10	7906	7858
12. Atık Toplama Noktası	Atıkların Ortalama Bekleme Süresi	29,59	37,473	0	12	60	58	6970	6915
	Atıkların Ortalama Taşınma Süresi	9,0405	5	7,2573	5	9,8528	5	6970	6915

Tablo III.10.'da ki atık taşıma süreleri Tablo III.9.'da ki araçların tur süresi ile aynıdır. Atık bekleme süresi ise, araçların gelip alması için atıkların beklediği ortalama süredir. Örneğin, 1. Atık Toplama Noktası için ortalama atık bekleme süresinin Senaryo 1 değeri 29,66'saattir, ikinci senaryo içinse bu değer ortalama 40,085 saattir. Atıkların ortalama bekleme süresi senaryolara göre değerlendirildiğinde Senaryo 1'de atıklar daha az beklemekte yani haftada bir gün toplandıkları varsayımına göre bir seferde daha çok toplandıkları için bekleme süreleri azalmaktadır.

Senaryo 2’de atık toplama noktalarına göre atıkların ortalama bekleme süresi yaklaşık 40 saattir (her bölgedeki ortalama atık bekleme süresinin ortalamasına göre). Ancak 5. Atık Toplama Noktasında atıkların ortalama bekleme süresi 36,694 saattir. Bu duruma göre 5. Atık Toplama Noktasında daha az atık üretildiği söylenebilir. Bu atık toplama noktası için araçların ortalama tur süresine bakıldığında tur süresinin diğer atık toplama noktaları ile kıyaslandığında daha kısa sürdüğü görülmektedir.

Tablo III.11. belli bir anda atık toplama noktalarında bekleyen ortalama atık miktarlarını göstermektedir.

**Tablo III.11.: Belli Bir Anda Bekleyen Ortalama Atık Miktarı (kg)**

Atık Toplama Noktaları (kg)	Ortalama		Minimum		Maksimum	
	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 1	Senaryo 2
Forum	461,75	507,4	0	0	4650	5280
Piri Reis Mahallesi ve Esnaflar	686,14	927,07	0	0	1500	1460
Okullar, Eczaneler, Hastaneler	638,65	865,71	0	0	1360	1330
Marketler	720,82	991,78	0	0	1540	1540
Gazi Mahallesi, İnönü Mahallesi, Palmiye Mahallesi	642,79	862,42	0	0	1400	1350
Yenişehir Okulları	745,53	921,16	0	0	1620	1510
Dumlupınar Mahallesi ve Dershaneler	753,8	1059,5	0	0	1630	1570
Aydınlık Evler ve Marketler	644,86	876,2	0	0	1380	1390
Güvenevler Mahallesi, Mentş Mahallesi ve Okullar	781,44	1058,4	0	0	1720	1610
Dershaneler, Marketler ve Güven evler Mahallesi	692,8	977,99	0	0	1540	1500
Barbaros Mahallesi ve Kamu Kurumları	691,91	966,01	0	0	1510	1420
Okullar ve Marketler	750,92	1000,9	0	0	1620	1500
Güvenevler Sitesi, Dershaneler ve Okullar	661,44	832,07	0	0	1430	1340

Senaryo 1’e göre herhangi bir atık toplama noktasında belirli bir anda ortalama bekleyen atık miktarının en fazla olduğu atık toplama noktası, 8. Atık Toplama Noktasıdır

yani Güvenevler Mahallesi, Mentеш Mahallesi ve Okullardır. Bu atık toplama noktasında belirli bir anda ortalama 781,44 kg atık beklemektedir.

Senaryo 2'ye göre ise belirli bir anda ortalama bekleyen atık miktarının en fazla olduğu yer 6. Atık Toplama Noktası olan Dumlupınar Mahallesi ve Dershanelerdir. Burada belirli bir anda ortalama bekleyen atık miktarı 1059,5 kg' dır. Senaryo 2'ye göre 8. Atık Toplama Noktasında bekleyen ortalama atık miktarı ise 1058,4 kg' dır ve Senaryo 2 için 6. Atık Toplama Noktasında ve 8. Atık Toplama Noktasında ortalama bekleyen atık miktarları arasında büyük bir fark yoktur. Bu noktada Senaryo 1 ve Senaryo 2 için belirli bir anda bekleyen ortalama atık miktarlarına göre en fazla atığın 8. Atık Toplama Noktasında üretildiği söylenebilir.

Belirli bir anda ortalama bekleyen atık miktarının en az olduğu yer Senaryo 1'de 2. Atık Toplama Noktasıdır yani okullar, eczaneler ve hastanelerdir ve belirli bir anda ortalama 638,65 kg atık beklemektedir. Senaryo 2'de ise 12. Atık Toplama Noktası yani Güvenevler Sitesi, Dershaneler ve Okullardır ve bu atık toplama noktasında belirli bir anda ortalama 832,07 kg atık beklemektedir.

Senaryolar genel olarak değerlendirmek amacı ile Tablo III.11.'deki Senaryo 1 ve Senaryo 2 için simülasyon modeli sonucunda elde edilen atık toplama noktalarında bekleyen ortalama atık miktarı değerleri SPSS paket programında WILKINSON EŞLEŞTİRİLMİŞ ÇİFTLER testine tabi tutularak bu değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Burada örneklem hacminin küçük olması (n=13) ve verilerin normal dağılıma uymaması sebebiyle parametrik olmayan bir hipotez testi tercih edilmiştir. Test sonuçlarına göre p değerı 0,001 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre 0,05 anlamlılık düzeyinde 13 toplama noktasında belli bir anda bekleyen ortalama atık miktarları 2 senaryoda birbirinden önemli ölçüde farklıdır.

Tablo III.12.'de 1 saatte gelen atık miktarlarının noktalara göre dağılımı gösterilmektedir.

**Tablo III. 12: Bir Saatte Gelen Atık Miktarlarının Atık Toplama Noktalarına Göre Dağılımı**

1 Saatte Gelen Atık Miktarlarının Noktalara Göre Dağılımı									
Atık Toplama Noktaları	Ortalama			Minimum			Maksimum		
	Senaryo 1	Senaryo 2	Veri Seti	Senaryo 1	Senaryo 2	Veri Seti	Senaryo 1	Senaryo 2	Veri Seti
Forum	554,68	558,44	552	0	0	185	465	528	991
Piri Reis Mahallesi ve Esnaflar	23,14	23,26	23,7	0	0	17,7	150	146	30,3
Okullar, Eczaneler, Hastaneler	21,62	21,68	22	0	0	17,7	136	133	28
Marketler	24,39	24,47	24,6	0	0	18,3	154	154	29,7
Gazi Mahallesi, İnönü Mahallesi, Palmiye Mahallesi	21,93	22,05	22,5	0	0	18	140	135	27
Yenişehir Okulları	25,34	25,25	25	0	0	17	162	151	32
Dumlupınar Mahallesi ve Dershaneler	25,63	25,74	26,2	0	0	21,3	163	157	30,3
Aydınlık Evler ve Marketler	21,65	21,59	21,5	0	0	14,7	138	139	31,7
Güvenevler Mahallesi, Mentеш Mahallesi ve Okullar	26,39	26,24	26,4	0	0	16,3	172	161	42
Dershaneler, Marketler ve Güven evler Mahallesi	23,60	23,70	23,2	0	0	14,3	154	150	35,3
Barbaros Mahallesi ve Kamu Kurumları	23,54	23,37	22,9	0	0	16,7	151	142	30,3
Okullar ve Marketler	25,49	15,85	25,8	0	0	18,3	162	150	35
Güvenevler Sitesi, Dershaneler ve Okullar	22,41	22,31	22,2	0	0	19,7	143	134	26,7

Senaryo 1 (26,39 kg) ve Senaryo 2 (26,24) için 1 saatte gelen atık miktarının en fazla olduğu yer 8. Atık Toplama Noktasıdır yani Güvenevler Mahallesi, Mentеш Mahallesi ve Okullardır. 1 saatte gelen atık miktarının en az olduğu yerler ise Senaryo 1 için 2. Atık Toplama Noktası olan Okullar, Eczaneler ve Hastaneler (21,62) ve 7. Atık Toplama Noktası olan Aydınlık Evler ve Marketlerdir (21,65). Senaryo 2 için ise 7. Atık Toplama Noktası olan Aydınlık Evler ve Marketler (21,59) ve 2. Atık Toplama Noktası olan Okullar, Eczaneler ve Hastanelerdir (21,68).

Bu sonuçlar Tablo III.11'deki sonuçlarla birlikte değerlendirildiğinde her iki senaryonun sonuçlarına göre en çok atığın üretildiği yer 8. Atık Toplama Noktası ve

üretileen atık miktarının en az olduğu yer ise 7. Atık Toplama Noktası ve 2. Atık Toplama Noktasıdır.

Tablo III.12' de aynı zamanda 1. Senaryo ve 2. Senaryo hem birbirleriyle hem de gerçek veriler ile karşılaştırmaktadır. Senaryolara göre gelen atık miktarlarının gerçek veri setine göre gelmesi gereken atık miktarları ile atık toplama noktaları açısından karşılaştırıldığında senaryoların ürettiği değerlerin veri seti değerlerine yakın olduğu görölmektedir. Bu durumun istatistiksel olarak test edilmesi amacı ile Tablo III.12.'deki Senaryo 1, Senaryo 2 ve gerçek veri seti için hesaplanan ortalama değerler sütunları SPSS paket programında KENDALLS W testine tabi tutulmuş ve bu değerler arasında anlamlı bir farklılık bulunup bulunmadığı test edilmiştir. Burada örneklem hacminin küçük olması (n=13) ve verilerin normal dağılıma uymaması sebebiyle parametrik olmayan bir hipotez testi tercih edilmiştir. Test sonuçlarına göre p değerı 0,926 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre 0,05 anlamlılık düzeyinde 13 toplama noktası için Senaryo 1, Senaryo 2 ve veri setinden elde edilen ortalama değerler arasında anlamlı bir farklılık olmaması, modelin gerçek verilerle uyumlu sonuçlar ürettiğini göstermesi nedeniyle, modelin doğruluğu açısından önemlidir.

### **III.6. Tersine Lojistik Ağlarında Araç Rotalama Problemleri**

Bu çalışmada ulaşım planlaması kapsamında bir ambalaj atığı toplayıcısı firmanın araç rotalama problemini çözmek amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemlerinden yararlanılmıştır. Ayrıca çalışmada OpenJump ve gvSIG programı kullanılmıştır. Bu programların hangi amaçla ve nasıl kullanıldıkları aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri, dünya üzerindeki referanslanmış verileri toplayan, sınıflandıran, kontrol eden, bütünleştiren, yöneten, analiz eden ve görselleştiren bir



sistemdir (Fazal, 2008, s. 7) Yani kullanıcıların coğrafi verilere erişebildikleri, bu verileri işleyebildikleri ve haritalar üzerinde görselleştirebildikleri bilgi sistemleridir.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde öncelikli olarak, mekân üzerindeki varlıklara ait veriler çeşitli yazılım programları kullanılarak bilgisayar ortamına aktarılırlar. Bunu gerçekleştirmek için bilgisayar donanımlarına ve yazılımlarına ihtiyaç duyulur (Alevkayalı, 2012, s. 9). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde kullanılan farklı yazılım programlarına örnek olarak; GRASS, Quantum GIS, SAGA, OpenJUMP, gvSIG ve KOSMO vs. verilebilir.

Coğrafi bilgi sistemleri çevre yönetimi, doğal kaynak yönetimi, bayındırlık hizmetleri, eğitim, sağlık hizmetleri, ulaşım planlaması, turizm, orman, tarım, ticaret, sanayi, savunma ve güvenlik gibi birçok farklı alanda uygulanmaktadır.

Bu çalışmada, her bir aracın kendi bölgesindeki ambalaj atıklarını topladığı göz önünde bulundurularak ve her mahalledeki her sokağa uğradıkları varsayımı altında Araç Rotalama Problemleri çözüm yöntemlerinden biri olan Yapısal Sezgisel Algoritmalarından En kısa Yol Yöntemi ile 2. ve 3. bölgedeki araçların hangi rotayı takip etmesi gerektiği belirlenmiştir. Araç rotalama problemine bir aracın sadece Forum Alışveriş Merkezine tahsis edilmiş olması ve aracın rotasının sabit olması sebebiyle 1. Bölge olan Mersin Forum Alışveriş Merkezi dahil edilmemiştir.

Yapılan simülasyon modellemesi analizleri sonucunda işletmenin var olan sisteminin daha iyi çalıştığı belirlendiği için Araç Rotalama Problemleri işletmenin var olan sistemindeki yani Senaryo 1'deki güzergahlara göre çözülmüştür.

İlk olarak Open-JUMP programında Yenişehir ilçesinin .shp formatındaki haritasında (katman) düzenlemeler yapılarak harita en kısa yol problemi için uygun hale getirilmiştir. Şekil III.3. Open-JUMP programı yardımıyla düzenlenen, Yenişehir ilçesinde

rotalama yapmak için gerekli olan yol verisini göstermektedir. Burada iki katman vardır. İlki yolların çizilmiş olduğu turkuaz çizgi ile gösterilen vektör veri katmanı, ikincisi ise Yenişehir Belediyesi'nden alınarak oluşturulan raster veri katmanıdır.



**Şekil III.3.: Yenişehir İlçesi Yol Verisi**

gvSIG programının “Network” eklentisinin “Create Network” modülü yardımıyla vektör katman programa tanıtılmış, sonrasında “Manage Route” modülü ile en kısa yolunun bulunması istenilen mahalledeki sokaklar sisteme tanıtılmış ve her sokak üzerindeki blokların orta noktasına düğümler atılması sağlanmıştır. Düğümler sistem tarafından atanmaktadır. “Shortest Path” modülü ile tüm duraklara uğramak şartıyla en kısa yolun bulunması sağlanmıştır. Bu şekilde işletmenin Yenişehir İlçesinde hizmet verdiği dokuz mahalle için ayrı ayrı optimum rota bulunmuştur.

Ancak burada belirtilmesi gereken konu, gvSIG programının Network eklentisinin Shortest Path modülünün Araç Rotalama Problemlerinin çözümünde kullanılan En Kısa Yol Yönteminden farklı bir mantıkla çalışmakta olduğudur. Araç

Rotalama Problemlerinde kullanılan En Kısa Yol Yönteminde, rotanın başlangıç ve bitiş noktası model kurucu tarafından belirlenmekte ve araçlar her durağa uğrama zorunluluğu olmadan en kısa yoldan bitiş noktasında ulaşmaya çalışmaktadır. Ancak gvSIG programı ile hesaplanan en kısa yolda noktalar program tarafından belirlenmekte (üzerinde değişiklik yapılabilir yani program tarafından atanan bir nokta kaldırılabilir veya tanımlanmamış bir durak nokta konarak rotaya dahil edilebilir) ve en kısa yol hesaplanırken her durağa uğranılması şartı bulunmaktadır. Aslında bu durum çalışma için istenen bir durumdur. Çünkü araçlar her mahalledeki her sokağa uğramak ve rotaları buna göre belirlenmek zorundadır. Burada yapılmak istenen, her mahalledeki her sokağa/noktaya uğranacak şekilde en kısa yolu belirlemektir. Bu yüzden bu durum çalışmanın Araç Rotalama Problemi kısmı için varsayım olarak kabul edilmiştir.

Yukarda belirtilen varsayımlar altında, Şekil III.4.'de Dumlupınar Mahallesi için gvSIG programı ile oluşturulan en kısa yol örnek olarak gösterilmektedir. Burada mahalledeki sokak isimleri görünmemektedir. Bu yüzden bir çıkış-varış yeri matrisi (origin destination matrix) ile başlangıç ve bitiş noktaları, sırasıyla uğranan duraklar ve bu duraklar arasındaki mesafeler gösterilmiştir. Ayrıca bu matriste bir aracın bir mahallede toplamda ne kadar yol kat ettiği de görülmektedir. İşletmenin toplama yaptığı dokuz mahalle için en kısa yol bulunmuştur ve en kısa yolu gösteren matrisler oluşturulmuştur. Çalışmanın sonunda her mahalle için bulunan en kısa yol ve çıkış-varış yeri matrisleri **ekler** bölümünde yer almaktadır.



**Şekil III.4.: Dumlupınar Mahallesi için Belirlenen En Kısa Yol**

## SONUÇ

Yasal sınırlamalar ve yönetmelikler, müşterilerin çevreyle ilgili endişeleri ve işletmelerin çevreye karşı sosyal sorumlulukları gibi farklı sebeplerle işletmeler tarafından uygulanan tersine lojistik, kullanılmış ürünlerin yeniden değerlendirilme potansiyellerine dikkat çekmek amacıyla ortaya çıkmıştır. Tersine lojistik, geri kazanımı sağlanmış ürünler için pazar bulmanın zor olması, ileri lojistiğin tam simetriği olmadığı için yapısal sorunların olması, üreticiler için hammadde bulma zorluğunun olması ve geri dönüş akışında kalite, miktar ve zamanlamanın belirsiz olması gibi özelliklere sahiptir. Bu yüzden tersine lojistik faaliyetleri oldukça karmaşıktır ve uygulanması zordur.

Bu çalışmada toplama ayırma lisansına sahip bir işletme için işletmenin var olan tersine lojistik ağ yapısı incelenmiş ve bu sistemin daha iyi çalışabilmesini sağlamak için alternatif toplama stratejilerinin analiz edildiği bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Ayrıca çalışmada işletmenin araçlarının toplama yaptığı noktaları en kısa yoldan dolaşmasını sağlamak için araç rotalama problemi en kısa yol yöntemi ile çözülmüştür.

İşletmenin tersine lojistik ağının daha verimli nasıl çalışabileceğini test etmek için geliştirilen Simülasyon modeli ile iki farklı senaryo çalıştırılmıştır. İşletmenin mevcut sistemini yansıtan Senaryo 1’de toplama araçları her gün bir atık toplama noktasına gitmekte ve toplama noktasında biriken tüm atıkları toplamaktadır. Senaryo 2’de ise araçlar her gün iki farklı toplama noktasına uğramakta ve her toplama noktasında 5 saat çalışmaktadır.

Modelin çalıştırılması ile elde edilen sonuçlara göre Senaryo 1’e göre araçlar bir atık toplama noktasını ortalama 9,2 saatte tamamlamaktadır. Senaryo 2’de ise araçların tur süresi (her gün) 10 saattir. Bunun sebebi günde iki farklı toplama noktasında

gitmeleridir. Çünkü gittikleri bir atık toplama noktasında 5 saat çalıştıkları için 5 saatte o noktadaki tüm atıkları toplayamamaktadırlar.

Senaryo 1’de atıklar toplanmak için daha az beklerken Senaryo 2’de atıkların toplanmak için bekledikleri süre daha fazladır. Bu açıdan senaryolar karşılaştırıldığında Senaryo 1 Senaryo 2’ye göre daha iyidir ve Senaryo 1’de bir atık toplama noktasından atıkların haftada bir gün toplandıkları varsayımına göre bir seferde daha çok toplandıkları için bekleme miktarları azalmaktadır.

Senaryolar atık toplama noktalarında bekleyen atık miktarları açısından kıyaslandığında Senaryo 1’de bekleyen ortalama atık miktarı Senaryo 2’de bekleyen ortalama atık miktarlarından daha azdır (tüm toplama noktaları için geçerlidir). Ayrıca bekleyen atık miktarları toplama noktaları açısından değerlendirildiğinde iki senaryo için de en fazla atık 8. Atık Toplama Noktasında beklemektedir. Buna göre en fazla atığın 8. Atık Toplama Noktasında üretildiği söylenebilir.

Atık toplama noktalarına 1 saatte gelen atık miktarlarına bakıldığında Senaryo 1 ve 2 senaryo için en fazla atığın geldiği nokta 8. Atık toplama noktasıdır. En az atığın geldiği toplama noktaları ise 7. Atık Toplama Noktası ve 12. Atık Toplama Noktasıdır.

Yapılan analizler sonucunda Senaryo 1 yani işletmenin mevcut sistemi senaryo 2’ye göre daha iyidir. Araçların ortalama tur süreleri daha azdır, atık toplama noktalarında belirli bir anda bekleyen atık miktarları daha azdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde, işletmeye önerilmek istenen toplama stratejisinin mevcut stratejisinin daha kötü olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Araç rotalama probleminin çözümü ile işletmenin hizmet verdiği 13 atık toplama noktasının 8’i için araçların takip edebileceği en kısa rota hesaplanmıştır. Araç

Rotalama Problemleri işletmenin var olan sistemi daha iyi çalıştığı için (Senaryo 2'ye göre) gerçek sistemin güzergahlarına göre hesaplanmıştır.

Bu çalışmada, toplanan verilerin yetersizliği sebebi ile farklı senaryolar geliştirilememiştir. Ancak ileride yapılacak çalışmalarda araçların atık toplama noktalarından yaptıkları taşımalarda mesafe ve hız kavramı dikkate alınırsa daha iyi sonuçlar elde edileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Akçalı, E., Çetinkaya, S., & Üster, H. (2009). Network design for reverse and closed-loop supply chains: An annotated bibliography of models and solution approaches. *Networks*, 53(3), 231-248.
- Akboğa, Ö., & Baradan, S. (2012). İnşaat sektöründe malzeme tedarik yönetiminin önemi ve yurt dışı uygulamaları. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 7(1), 350-357.
- Alevkayalı, Ç. (2012). *Ege üniversitesi için bir kampüs coğrafi bilgi sistemi tasarımı*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Altındağ, S. (2011). *İstanbul'da hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının tersine lojistik yönetimiyle alternatif yönetim planı*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Altunışık, R., Özdemir, Ş., & Torlak, Ö. (2001). *Modern pazarlama*. Adapazarı: Değişim Yayınları.
- Amini M. M., & Retzalff-Roberts D. (1999). Reverse logistics process reengineering: improving customer service quality. *Issues in Supply Chain Management*, 5(1), 31-41.
- Avittathur, B., & Shah, J. (2004). Tapping product returns through efficient reverse supply chains: Opportunities and issues. *IIMB Management Review 2004*, 84-93.
- Barros A.I., Dekker R., & Scholten V. (1998). A two-level network for recycling sand: A case study. *European Journal of Operational Research 110*, 199-214.
- Bielh, M., Prater, E., & Realff, M. (2007). Assessing performance and uncertainty in developing carpet logistics systems. *Computers & Operations Research*, 34(2), 443-463.



- Bing, X., De Keizer, M., Bloemhof-Ruwaard, J., & Van Der Vorst, J. G. (2014). Vehicle routing for the eco-efficient collection of household plastic waste. *Waste Management, 34*(4), 719-729.
- Bulut, E., & Deran, A. (2008). Ters lojistik ve şirketlerin maliyet yönetimi üzerine etkileri. *Ekonomik Yaklaşım, 19*, 325-344.
- Cheng, Y. T., & Yang, T. (2005). Simulation of design and analysis of a container reverse-logistics system. *Journal of Chinese Institute of Industrial Engineers, 22*(3), 189-198.
- Cruz-Rivera, R., & Ertel, J. (2009). Reverse logistics network design for the collection of end-of-life vehicles in Mexico. *European Journal of Operational Research, 930-939*.
- Çekerol, G. S. (2013). *Lojistik yönetimi*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Web-Ofset Tesisleri.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı. (2013, Nisan). Erişim Tarihi: 11 Mart 2014, Ankara.
- De Brito, M.P. & Dekker, R. (2002). Reverse logistics – a framework. *Econometric Institute Report EI 2002-38*. 1-39.
- De Brito, M. P. (2004). *Managing reverse logistics or reversing logistics management?*. No. ERIM PhD Series; EPS-2004-035-LIS, Erasmus Research Institute of Management.
- Del Castillo, E., & Cochran, J. K. (1996). Optimal short horizon distribution operations in reusable container systems. *The Journal of The Operational Research Society, 48-60*.

- Demirel, N. G., & Gökçen, H. (2008). Geri kazanımlı imalat sistemleri için lojistik ağı tasarımı: Literatür araştırması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 23(4), 903-912.
- Deniş, Ö. F. (2012). *Tersine lojistik ve denizli ilinde ömrünü tamamlamış lastik geri kazanımı için tersine lojistik ağ modelinin tamsayılı programlamayla tasarımı*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Dethloff, J. (2001). Vehicle routing and reverse logistics: The vehicle routing problem with simultaneous delivery and pick-up. *OR Spektrum*, 23 (1), 79-96.
- Dinç, E., Erol, S., & Yüceer, Ü. (2008). Tersine dağıtım sistemlerinde yeni bir model. *1. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu*, 327-336.
- Dowlatshahi, S. (2000). Developing a theory of reverse logistics. *Interfaces*, 30(3), 143-155.
- Ekşioğlu, B., Vural, A. V. & Reisman, A. (2009). A vehicle routing problem; A taxonomic review. *Computers and Industrial Engineering*, 57(4), 1472-1483.
- Erol, V. (2006). *Araç rotalama problemleri için populasyon ve komşuluk tabanlı metasezgisel bir algoritmanın tasarımı ve uygulaması*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Fazal, S. (2008). *GIS basic*. New Age International Publisher.
- Ferguson, N., & Browne, J. (2001). Issues in end-of-life product recovery and reverse logistics. *Production Planning and Control*, 12(10), 534-547.
- Fleischmann, M., Bloemhof-Ruward, M., Dekker, R., Laan, E., Nunen, A. E. E., & Wassenhove, L. N. (1997). Quantitative models for reverse logistics: A review. *European Journal of Operational Research*, 103, 1-17.

- Fleischmann, M., Krikke, H. R., Dekker, R., & Flapper S. D. P. (2000). A characterization of logistics network for product recovery. *Omega*, 28, 653-666.
- Fleischmann, M. (2001). *Reverse Logistics Network Structures and Design*. (No. ERS-2001-52-LIS), ERIM Report Series Research in Management.
- Gilanlı, E., Altuğ, N., & Oğuzhan, A. (2012). Reverse logistics activities in Turkey. *Ege Akademik Bakış*, 12(3), 391-399.
- Gilanlı, E., Altuğ, N., & Oğuzhan, A. (2012). İşletmelerde ileri ve ters lojistik karşılaştırması. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(1), 149-166.
- Gonza'lez-Torre, P., A'lvarez, M., Sarkis, J., & Adenso-Dı'az, B. (2010). Barriers to the implementation of environmentally oriented reverse logistics: Evidence from the automotive industry sector. *British Journal of Management*, 21, 889-904.
- Guide, V. D.R., & Wassenhove, L. N. V. (2001). Managing Product Returns for Remanufacturing. *Production and Operations Management*, 10(2), 142-155.
- Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operations management*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Hu, T., Sheu, J., & Huang, K. (2002). A Reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes. *Transportation Research Part E*, 457-473.
- Jayant, A., Gupta, P., & Garg, S. K. (2011). Reverse supply chain management ( R-SCM): perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal of Business Insights & Transformation*, 4(2), 111-125.
- Jayaraman, V., Guide, V.D.R., & Srivastava, R. (1999). A closed-loop logistics model for remanufacturing. *The Journal of the Operational Research Society*, 50(5), 497-508.

- Jayaraman, V., Patterson, R. A., & Rolland, E. (2003). The design of reverse distribution networks: Models and solution procedures. *European Journal of Operational Research*, 128-149.
- Jayaraman, V., Ross, A. D., & Agarwal, A. (2008). Role of information technology and collaboration in reverse logistics supply chain. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 11(6), 409-425.
- Jonsson, P. (2008). *Logistics and Supply Chain Management*. United States of America: McGraw-Hill.
- Kaçtıoğlu, S., & Őengöl, Ü. (2010). Erzurum kenti ambalaj atıklarının geri dönüşümü için tersine lojistik ağı tasarımı ve bir karma tamsayılı programlama modeli. *Ankara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(1), 89-112.
- Kara, S., Rugrungruang, F., & Kaebernick, H. (2007). Simulation modeling of reverse logistics Networks. *International Journal of Production Economics*, 106 (1), 61-69.
- Karaçay, G. (2005). Tersine lojistik: Kavram ve işleyiş. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitü Dergisi*, 14(1), 317-331.
- Kassem, S., & Chen, M. (2013). Solving reverse logistics vehicle routing problems with time Windows. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68(1-4), 57-68.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P., & Sadowski, D. A. (1998). *Simulation with Arena*. United States of America: McGraw-Hill.
- Kerin, R. A., Hartley, S. W., & Rudelius, W. (2011). *The Core Marketing*. New York: McGraw-Hill.

- Kim, H., Yang, J., & Lee, K. D. (2009). Vehicle routing in reverse logistics for recycling end-of-life consumer electronic goods in South Korea. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(5), 291-299.
- Krikke, H. R., Schuur, P. C., & Kool, E. J. (1999). Network design in reverse logistics: A quantitative model, *Management Report No. 06*, 1-11.
- Krikke, H. R., Bloemhof-Ruward, J., & Wassenhove, L. N. V. (2003). Concurrent product and closed-loop supply chain design with an application to refrigerators. *International Journal of Production Research*, 41(16), 3689-3719
- Kroon, L., & Vrijens, G. (1995). Returnable containers: An example of reverse logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistic Management*, 25(2), 56-68.
- Kuşçu, Ö. (2009). *Araç rotalama sistemlerinde sezgisel yöntem*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Lambert, S., Ripoel, D., & Abdul-Kader, W. (2011). A reverse logistics decision conceptual framework. *Computers & Industrial Engineering*, 61, 561-581.
- Law, A. M., & Kelton, W. D. (1991). *Simulation modeling and analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Lourenço, H. R., & Soto, P. (2002). Reverse logistics models and applications: A recoverable production planning model. *Document de Treball, working paper #3*, Grup de Recerca en Logística Empresarial.
- Maria, A. (1997, Kasım). Introduction to modeling and simulation. *In Simulation Conference, 2005 Proceedings of Winter*, 7-13.
- Marsden, C. (2000). The new corporate citizenship of big business: Part of the solution to sustainability. *Business and Society Review*, 105(1), 9-25.

- Meade, L., Sarkis, J., & Presley, A. (2007). The theory and practice of reverse logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 3(1), 56-84.
- Min, H. (1989). The multiple routing problem with simultaneous delivery and pickup points. *Transportation Research A*, 23, 377-386.
- Nakıboğlu, G. (2007). Tersine lojistik: Önemi ve dünyadaki uygulamaları. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 181-196.
- Organ, A., Ertuğrul, İ., & Fedai Deniş, Ö. (2013). Tersine lojistik ağ modelinin tamsayı programlamayla tasarımı: Ömrünü tamamlamış lastik geri kazanım örneği. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(1), 439-460.
- Özkan, P. (2006). *Araç rotalama ve çizelgeleme*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Öztürk, F., & Özbek, L. (2004). *Matematiksel modelleme ve simülasyon*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Pishvae, M. S., Kianfar, K., & Karimi, B. (2010). Reverse logistics network design using simulated annealing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47(1-4), 269-281.
- Pourmohammadi, H., Rahimi, M., & Dessouky, M. (2008). Sustainable reverse logistics for distribution of industrial waste/byproducts: A joint optimization of operation and environmental costs. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 9(1), 2-17.
- Prahinski, C., & Kocabaşoğlu, C. (2006). Empirical research opportunities in reverse supply chains. *Omega*, 34(6), 519-532.

- Privé, J., Renauld, J., Boctor, F., & Laporte, G. (2006). Solving a vehicle-routing problem arising in soft-drink distribution. *Journal of Operational Research Society*, 57(9), 1045-1052.
- Ravi, V., & Shankar, R. (2005). Analysis of interactions among the barriers of reverse logistics. *Technological Forecasting & Social Change*, 72(8), 1011-1029.
- Ravia, V., Shankara, R., & Tiwari, M.K. (2005). Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. *Computers & Industrial Engineering*, 48, 327–356.
- Rego, C. (2001). Node ejection chains for the vehicle routing problem: Sequential and parallel algorithms. *Parallel-Computing*, 27, 201-222.
- Rogers, D. S., & Tibben-Lembke, R. S. (1998). *Going backwards: Reverse logistics trends and practices*. Reverse Logistics Executive Council: Pittsburg, PA.
- Rubio, S., Chamorro, A., & Miranda, F. J. (2008). Characteristics of the research on reverse logistics (1995-2005). *International Journal of Production Research*, 46(4): 1099 – 1120.
- Schultmann F., Zumkeller M., & Rentz O. (2006). Modeling reverse logistic tasks within closed-loop supply chains: An example from the automotive industry. *European Journal of Operational Research*, 171, 1033–1050.
- Shannon, R. E. (1998). Introduction to the art and science of simulation. *Proceedings of The 1998 Winter Simulation Conference*, 7-14.
- Shih, L. (2001). Reverse logistics system planning for recycling electrical appliances and computers in Taiwan. *Resources, Conservation and Recycling*, 55-72.

- Srivastava, S.K., & Srivastava, R. K. (2006). Managing product returns for reverse logistics. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 36 (7), 524-546.
- Stock, J. R. (2001). Reverse logistics in the supply chain. *Global Purchasing & Supply Chain Strategies*, 44-48.
- Şengül, Ü. (2010). *Tersine lojistik ağ tasarımı ve karma tamsayılı programlama modeli ve ambalaj atıkları geri dönüşümü için bir uygulama*. Yayımlanmamış doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Taş, F. (2009). *Akü geri dönüşüm sistemi için tersine lojistik ağ tasarımı ve karma tamsayılı programlama modeli*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Thierry, M., Salomon, M., Nunen, J. V., & Vassenhove, L. V. (1995), Strategic issues in product recovery management. *California Management Review*, 37 (2), 114–135.
- Toth, P., & Vigo, D. (2001). *Vehicle routing problem*. United States of America: Siam.
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). Models, relaxations and exact approaches for the capacitated vehicle routing problem. *Discrete Applied Mathematics*, 123(1), 487-512.
- Tsikoudakis, M. (2011). Massive recalls put dent in Toyota's reputation. *Business Insurance*, 45(10), 9-13.
- Uslu, Ş., & Akçadağ, M. (2012), İlaç sektöründe tersine lojistik ve dağıtımın rolü: Bir uygulama. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(1), 149-158.
- Venkatesh, V. G. (2010). Reverse logistics: An imperative area of research for fashion supply chain. *The IUP Journal of Supply Chain Management*, 7(1), 77-89.



Wassan, N. A., Wassan, A. H., & Nagy, G. (2008). A reactive algorithm for the vehicle routing problem with simultaneous pickups and deliveries. *Journal of Combinatorial Optimization*, 15(4), 168-386.

Yeroğlu, C. (2001). *Üretim ve servis sistemlerinde pratik simülasyon teknikleri*. İstanbul: Atlas Yayın Dağıtım.

Yıldız, D. (2013). *Ambalaj atıklarında tersine lojistik uygulaması ve öneriler*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Bilecik.

Yoon, J., & Le, Y. (2013). Analysis of the transport efficiency of reverse logistics in Japan. *International Journal of Urban Society*, 17(3), 399-413.

Zhao, C., Liu, W., & Wang, B. (2008). Reverse logistics. *International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering*, 349-353.

Ambalaj Sanayicileri Derneği (t.y.). 21 Mayıs 2014 tarihinde <http://ambalaj.org.tr/tr/ambalaj-ve-cevre-cam-ambalajlar.html> adresinden alınmıştır.

Council of Supply Chain Management Professionals (t.y.). 2 Haziran 2014 tarihinde <http://cscmp.org/about-us/supply-chain-management-definitions> adresinden alınmıştır.

ÇED, İzin ve Denetim Şube Müdürlüğü. 2013. *Mersin ili 2012 yılı çevre durum raporu*, 18 Mayıs 2014 tarihinde [http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Mersin\\_icdr2012.pdf](http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/Mersin_icdr2012.pdf) adresinden alınmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (31.08.2004). *Atık pil ve akümülatörlerin kontrolü yönetmeliği*. 23 Mayıs 2014 tarihinde

<http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=2>  
[66](#) adresinden alınmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (25.11.2006). *Ömrünü tamamlamış lastiklerin kontrolü yönetmeliği*. 23 Mayıs 2014 tarihinde <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=2>  
[66](#) adresinden alınmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (30.07.2008). *Atık yağların kontrolü yönetmeliği*. 23 Mayıs 2014 tarihinde <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=2>  
[66](#) adresinden alınmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (Mayıs 2008). 18 Mayıs 2014 tarihinde <http://www.cygm.gov.tr/CYGM/Files/EylemPlan/atikeylemlani.pdf>  
adresinden alınmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (24.08.2011). *Ambalaj atıklarının kontrolü yönetmeliği*. 23 Mayıs 2014 tarihinde <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=2>  
[66](#) adresinden alınmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (22.05.2012). *Atık Elektikli ve Elektronik Eşyaların Kontrolü Yönetmeliği*. 23 Mayıs 2014 tarihinde <http://www.csb.gov.tr/gm/cygm/index.php?Sayfa=sayfa&Tur=webmenu&Id=2>  
[66](#) adresinden alınmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü. (28.02.2014). 18 Mayıs 2014 tarihinde

<https://www.csb.gov.tr/db/cygm/editor/dosya/ambalajbulten2011-2.docx>,

adresinden alınmıştır.

Reverse Logistics Executive Council (t.y.). 10 Şubat 2014 tarihinde <http://www.clm1.org.tr> adresinden alınmıştır.

Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı. 24.02.2011. *Lisanslı veya geçici çalışma izni alan Toplama Ayırma Tesisleri (TAT) veya Geçici Ayırma Tesisleri (TAT) ve Geri Dönüşüm Tesisleri*. 23 Mayıs 2014 tarihinde [http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/ambalaj/lisans/TAT ve GD LIS TESI2010.xls](http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr/ambalaj/lisans/TAT_ve_GD_LIS_TESI2010.xls) adresinden alınmıştır.

Türkiye Cumhuriyeti Orman ve Su İşleri Bakanlığı (t.y.). 21 Nisan 2014 tarihinde <http://www.atikyonetimi.cevreorman.gov.tr> adresinden alınmıştır.

**EK-1****Aydınlık Evler Mahallesi İçin Belirlenen En Kısa Yol****Palmiye Mahallesi İçin Belirlenen En Kısa Yol**

EK - 2

**İnönü Mahallesi İçin Belirlenen E Kısa Yol**



**Piri Reis Mahallesi İçin Belirlenen En Kısa Yol**



**EK - 3****Gazi Mahallesi İçin Belirlenen En Kısa Yol**

*Not: Güven evler Mahallesi, Mentеш Mahallesi ve Barbaros Mahallesi için belirlenen optimum rotalar ekrana sığmadığı için eklenmemiştir.*