



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKÜMÜLATÖR GERİ KAZANIM AĞI İÇİN BİR TERSİNE LOJİSTİK OPTİMİZASYONU

Önder KARAOĞLU

YÜKSEK LİSANS

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Mart-2017

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AKÜMÜLATÖR GERİ KAZANIM AĞI İÇİN BİR TERSİNE LOJİSTİK OPTİMİZASYONU

Önder KARAOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet PEKER

2017, 132 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Prof. Dr. Ahmet PEKER
Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇALIK

Tedarik zincirlerinin etkin olarak yönetilmesi, zincirdeki her halkanın anlık kontrolünün yanı sıra, tersine lojistik ve yeşil yönetim yaklaşımları olmadan mümkün olamamaktadır. Ayrıca, çevrenin etkisi ve AB'nin bu konudaki düzenlemeleri üreticilere yeni sorumluluklar yüklemektedir. Bu sorumluluklar altında enerji kullanımını, maliyetleri ve açığa çıkan atık miktarını minimize eden ve tüm ürün yaşam çevrimini, ileri ve tersine tedarik zinciri proseslerinin tamamını entegre eden ürün tasarımı gerekli olmuştur. Sürdürülebilir bir çevrede Tedarik Zinciri Yönetimini başarılı bir şekilde yürütmek için çevresel yönetim ve operasyonlar üzerindeki odak nokta, çevresel faktörlerin lokal optimizasyonundan tedarik zincirinin tamamına doğru kaymıştır. Firmalar, israfın azaltılması ve kaynakların uygun olarak kullanılabilmesi için çevrelerine duyarlı üretim politikaları geliştirmek ve bu politikaları malzemenin satın alınmasından ürünün son kullanıcıdan geri dönüşünü sağlayacak tersine lojistik faaliyetleri ile düzenleme zorunluluğunu hissetmektedirler. Çalışmada, ülkemizdeki mevcut akümülatör geri kazanım tesisleri, geçici depoları ve üretim tesisleri incelenerek farklı senaryolar altında sistem kârını hesaplayan bir Tersine Lojistik optimizasyonu uygulaması geliştirilmiştir.

Yapılan çalışmaya ait verilerin belirsizliği birçok varsayımda bulunulmasına neden olmuş; Karışık Tamsayılı Programlama Yöntemi kullanılarak çözülen modelde söz konusu varsayımlar altında elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Her senaryoda pazarın ihtiyacı daha fazla karşılanmak istenmiş ve oluşan işleme/bertaraf/üretim ve taşıma maliyetlerinin değişiminin kâra olan etkisi gösterilmiştir. Son olarak Tersine Lojistiğin belirsizliklerini azaltabilecek yöntemlere değinilerek; ileriki çalışmalarda söz konusu yöntemlerin kullanılabileceği tavsiyesinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tedarik Zinciri, Tersine ve İleri Tedarik Zinciri, Yeşil Yönetim, Sürdürülebilir Çevre, Geri Kazanım, Karışık Tamsayılı Programlama

ABSTRACT

MS THESIS

A REVERSE LOGISTICS OPTIMIZATION FOR AN ACCUMULATOR RECOVERY NETWORK

Önder KARAOĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Ahmet PEKER

2017, 132 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Prof. Dr. Ahmet PEKER
Assist. Prof. Dr. Ahmet ÇALIK

To manage supply chains efficiently that the segment of the chain should control instantly and it is impossible to think this control without reverse logistics and green management applications. Adding to all these, the regulations of European Union and the effects of enviroment supress to the manufacturers. The focus on environmental management and operations has now moved from local optimization of environmental factors to considerations of the entire supply chain. It is necessary to integrate to all of the reverse and forward supply chain processes and product life cycle which are minimizing costs and wastes under these responsibilities. Companies are required to regulate all of their businesses and develop sensitive production policies, these policies satisfy a cycle that is to say reverse logistics which begins from obtaining the materials to recovering the product from end-users for enviroment to minimize the wastes and to use the facilities appropriately. It was developed a Reverse Logistics optimizition application which is calculating system profit under the different scenarios investigating available temporary warehouses, production and recycling facilities in our country in this study.

Under the obscurity of data which belongs to study caused to a lot of hypothesises; The mix integer programming method was used to compare the results of under the related assumptions in model. The demand of market wanted to supply excessively in every scenario and the alteration of processing/destruction/production and transportation costs which affect the profit was shown. Finally, the methods which can lessen the uncertainties of reverse logistics were mentioned; it was advised that related methods can be used for future studies.

Keywords: Supply Chain, Reverse and Forward Supply Chain, Green Management, Sustainable Environment, Recycling, Mix Integer Programming.

ÖNSÖZ

Günümüz rekabet koşullarında iyi bir tedarik zinciri yönetimine eklenen son halka olan geri kazanımın sağladığı avantaj, maliyetlerde azalma ve tedarik zincirinin çevre bilincini de yerine getirmesi gerekliliğine getirdiği çözümdür. Günümüzde firmalar, müşterilerden ürünlerini geri alarak tesislerine, depolarına taşımakla yükümlüdürler. Bu yüzden sadece ileri yönde etkili bir akış sağlayan bir lojistik ağı yeterli olmamaktadır. Yapılan çalışmalar, genel olarak yer seçimi ve atama problemleri yapısında olmakta ve karma tamsayılı matematiksel programlama modelleri ile formule edilmektedir. Geri kazanımlı sistemlerde malzeme akışını belirlemede talepten çok arz faktörü etkili olmaktadır.

Çalışmada, kurşun cevherine duyulan ihtiyaç nedeniyle işlenerek yurtdışından ithal edilen cevherin en yüksek kullanım alanı olan akümülatörlerden eldesi ve cevherin yeniden kazanılmasıyla söz konusu ürünün yeniden üretilmesi hem çevreye duyarlı hem de dışa bağımlılığı azaltıcı nitelikte fayda sağlayacağı üzerinde durulmuştur. Yapılan çalışmada, artan geri kazanım oranı ve azaltılan taşıma maliyetleriyle akümülatör geri kazanımını içeren bir Tersine Lojistik ağı oluşturulmak istenmiştir. Söz konusu ağın oluşumunda ve sistem öğelerinin kullanımında depoların, kazanım ve üretim tesislerinin sabit maliyetleri ve üretim maliyetleri ile ürün taşıma maliyetleri altında ortaya çıkardıkları sonuçlar irdelenmiştir.

Tezimde emeğini, desteğini ve yardımlarını benden esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Ahmet PEKER'e ve Prof. Dr. Turan PAKSOY'a; bu çalışmamda moralimi yüksek tutan, her zaman anlayış göstermiş olan ve beni çalışmam için teşvik eden sevgili eşim Nermin KARAOĞLU'na ve hayatımıza girmesiyle her şeyi çok farklı kılan biricik kızım Eylül KARAOĞLU'na en içten duygularımla teşekkür ederim.

Önder KARAOĞLU
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Tedarik Zinciri 3
1.2. Tedarik Zinciri Yönetimi 5
1.3. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi 9
1.3.1. Yeşil yönetimsel yaklaşımlar 9
1.3.2. Yeşil yönetim anlayışı 10
1.4. Tersine ve İleri Tedarik Zinciri Yönetimi 13
1.5. Tersine Lojistik Faaliyetleri, Önemi ve Uygulama Örnekleri 17

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **20**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **27**

3.1. Otomotiv Sektöründe Akümülatör Atıkları ve Geri Dönüşüm 27
3.2. Akümülatör Geri Dönüşüm Ağına Yönelik Bilgiler 30
3.2.1. Ülkemizdeki araç sayı dağılımlarının belirlenmesi 31
3.2.2. Geçici depoların belirlenmesi 33
3.2.3. Geri kazanım tesislerinin belirlenmesi 34
3.3. Mevcut Sistem Öğelerinin Gösterilmesi 36
3.4. Modelin Genel Varsayımları 40
3.4.1. Modelin kurulması 42
3.4.1.1 İndisler 42
3.4.1.2 Sabitler 42
3.4.1.3 Parametreler 43
3.4.1.4 Karar değişkenleri 43
3.4.1.5 Kısıtlar 44
3.4.1.6 Kapasite kısıtları 44
3.4.1.7 İkili değişken kısıtları 44
3.4.1.8. Negatifsizlik kısıtları 45
3.4.1.9. Kısıtların açıklamaları 45
3.4.1.10. Amaç fonksiyonu 46
3.5. Modelde Uygulanacak Senaryolar 46
3.5.1. Senaryo-1 mevcut durumun incelenmesi 46
3.5.1.1. Yurtiçi satış bilgileri 47
3.5.1.2. Geçici depoların kapasiteleri ve maliyetlerinin belirlenmesi 48
3.5.1.3. Kullanılmış ürün geri dönüşlerinin belirlenmesi 49
3.5.1.4. Araçların ve geri kazanım tesislerinin kapasitelerinin belirlenmesi 51
3.5.1.5. Taşıma mesafelerinin belirlenmesi 52
3.5.1.6. Bayi/Müşteri talebinin belirlenmesi 56
3.5.1.7. Geri kazanım tesisleri ve bertaraf tesislerinin kapasitelerinin ve maliyetlerinin belirlenmesi 58

3.5.1.8. Üretim tesislerinin kapasitelerinin ve maliyetlerinin belirlenmesi 59
3.6.1. Geçici depolar kurma senaryosu 60
3.6.1.1. Geçici depoların kurulum maliyetleri ve kapasitelerinin belirlenmesi .. 60
3.6.1.2. Kullanılmış ürün geri dönüşlerinin belirlenmesi 61
3.6.1.3. Taşıma mesafelerinin belirlenmesi 63
3.6.1.4. Geri kazanım tesislerinin ve bertaraf tesislerinin kapasitelerinin ve maliyetlerinin belirlenmesi 64
3.6.2. Geçici depo, geri kazanım tesisi ve üretim tesislerinin lokasyonlarının değiştirilmesi senaryosu 65
3.6.2.1. Kullanılmış ürün geri dönüşlerinin belirlenmesi 65
3.6.2.2. Taşıma mesafelerinin belirlenmesi 68
3.6.2.3. Geçici depo, geri kazanım tesisi ve üretim tesislerinin kapasiteleri ile maliyetlerinin belirlenmesi 71

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 73

4.1. Senaryo-1'e Ait Sonuçlar ve Analiz 74
4.2. Senaryo-2'ye Ait Sonuçlar ve Analiz 78
4.3. Senaryo-3'e Ait Sonuçlar ve Analiz 83
4.4. Genel değerlendirme 87

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 89

KAYNAKLAR 93

EKLER 97

ÖZGEÇMİŞ 132

1. GİRİŞ

Günümüzün artan rekabet koşullarında, firmalar sürekli olarak pazar paylarını artırmaya çalışırken, bir yandan da maliyetlerini düşürmeyi hedeflemektedir. Bu nedenle potansiyel müşterilere gereken zamanda gereken ürünler en uygun şekilde ulaştırmalı ve aynı zamanda bunu gerçekleştirmek için tedarikçilerle etkin bir şekilde çalışarak gerekli hammadde ve malzeme doğru zamanda ve en düşük maliyetle tedarik edilmelidir. Böyle bir sistemin oluşturulması da ancak tedarik zinciri sisteminin kurulması ve etkin bir şekilde yönetilmesi ile mümkün olabilmektedir.

Çalışmada, tedarik zinciriyle ilgili yapılan genel tanımlamalara yer verilmiş ve tedarik zinciri yönetiminin öğelerinin neler olduğu, bu öğeler arasındaki malzeme, bilgi ve finansal akışların nasıl gerçekleştiği, bir tedarik zincirinin performansının nelerden etkilendiği ve etkin bir tedarik zinciri yönetimi ile elde edilebilecek sonuçlara yer verilmiştir.

Çevreye duyarlılık anlayışının son yıllarda gittikçe artan önemi nedeniyle tüketicilerin bilinçlenmesi ve tükettikleri mal ve/veya hizmetin çevreye olan zararları konusunda tercihlerinin değişmesi tedarik zinciri yönetimine yeni bir boyut katarak "Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi" anlayışını yaygınlaştırmıştır. Araştırmada, Yeşil Yönetimsel Yaklaşım üzerinde durulmuş; bu anlayışın Tersine Lojistik faaliyetlerini nasıl kapsadığından bahsedilmiştir.

Bir tedarik zincirinin; hem çevresel meselelere duyarlı, hem geleneksel ileri tedarik zinciri faaliyetlerini hem de tersine tedarik zinciri faaliyetlerini kapsayıcı özellikler göstererek sürdürülebilir bir Tedarik Zinciri Yönetimi anlayışı içerisinde olması gerekmektedir.

İşletmeler, ekonomik ve ekolojik sebepler, hükümetlerin koydukları kanunlar, sosyal sorumluluklar gibi nedenlerden dolayı tersine akışı sistemlerine dahil etmektedirler. Bir tersine lojistik sistemi, imalat tesisinin daha önceden taşınmış ürün ya da parçaları tüketim noktasından geri dönüşüm, yeniden imalat ya da yok etme işlemlerinden birini uygulamak üzere sistematik bir şekilde yeniden elde etme sürecidir (Dowlatshahi, 2005).

Günümüzde firmalar, müşterilerden ürünlerini geri alarak tesislerine, depolarına taşımakla yükümlüdürler. Bu yüzden sadece ileri yönde etkili bir akış sağlayan bir lojistik ağı yeterli olmamaktadır (Fleischmann ve ark., 2001).

Literatürde yapılan incelemelerde ise, Tersine Lojistik uygulamalarını ve bu alanda yapılmış matematiksel modeller araştırılmış ve bu yönetim anlayışının uygulanabilmesinde yaşanan ürün talebi ve son kullanıcıdan alınan ürünün eldesindeki yeniden kullanılabilirlik oranına yönelik belirsizliklerin üstesinden gelebilme adına çalışmaların yoğunlaştırıldığı görülmüştür. Ancak her bir tedarik zinciri yapısının değişiklikler göstermesi nedeniyle ürünün eldesi, tersine lojistik, test etme, sınıflama, düzenleme, yeniden üretme/tamir etme, dağıtım ve satış gibi yapılması zorunlu aktivitelerin gerçekleştirilmesi zorunlu olmakla beraber zincir yapıları arasındaki farklılıkları anlayabilme ve sınıflayabilme önemlidir.

Yapılan çalışmalar, genel olarak yer seçimi ve atama problemleri yapısında ve karma tamsayılı matematiksel programlama modeli şeklinde formüle edilmektedir. Geri kazanımlı sistemlerde malzeme akışını belirlemede talepten çok arz faktörü etkili olmaktadır. Geri kazanımlı imalat sistemleriyle ilgili çalışmalar iki kategoride sınıflandırılabilir. Bunlardan ilki sadece tersine akışın ele alındığı bağımsız modeller iken; ikincisi ileri ve geri akışın birlikte ele alındığı bütünleşik modellerdir. Çalışmaların büyük bir çoğunluğunda deterministik bir yapı söz konusudur. Küçük bir kısmında ise geri kazanım sistemlerinin yapısında var olan geri dönen ürünlerin miktarı, zamanı ve kalitelerindeki belirsizliklerle baş edebilmek için stokastik yapıda modeller geliştirilmiştir, bazılarında ise simülasyon kullanılmıştır. Geri dönen ürünlerin geri kazandırılması için uygulanacak opsiyon; ürünün yapısı, özellikleri, dönen ürün miktarı ve kalitesi, teknolojik ve ekonomik kısıtlar gibi faktörlere bağlıdır. Çünkü müşterilerden geri dönüşlerin zaman ve miktar yönünden belirsizliği, ikincil pazarlardaki taleplerin belirsiz olması tersine akışın geleneksel ileri yönlü lojistik sistemlerle yönetilmesini imkansız hale getirmektedir (Demirel ve Gokcen, 2008).

Yapılan bu çalışmanın ilk bölümünde, Tedarik Zinciri yaklaşımının özellikleri ileri ve tersine lojistik faaliyetleri arası farklılıklar, tersine lojistiğin neden önemli olduğundan bahsedilirken; ikinci bölümde literatürdeki geriye doğru malzeme akışını içeren çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde ise, bir akümülatör geri kazanım ağını içeren Tedarik Zinciri'ne ait depo, geri kazanım tesisi, üretim tesisleri ve müşteri pazarlarının farklı senaryolar altında çalıştırılmasına yönelik bilgiler sunulmuştur. Çalışmanın bir sonraki bölümünde ise, araştırmanın sonuçlarına ait bulgular ve farklı şartlar altında amaç fonksiyonundaki değişimler gösterilmiştir. Sonuç kısmında ise, Tersine Lojistiğin önemine atıf yapan çalışmanın sunduğu sonuçlar değerlendirilerek; geri kazanımın maddi boyutu ve çevresel problemlere sunduğu çözümlere değinilmiştir.

1.1. Tedarik Zinciri

Prasetyanti ve Simatupang (2015), bir tedarik zincirinin müşteri taleplerinin tamamını gerçekleştirebilmek için gerekli tüm aktivitelerin bir bütünü olduğunu belirterek; yalnızca üretici ve tedarikçilerden değil aynı zamanda perakendeciler, depolar, taşıyıcılar ve hatta müşterilerin bizzat kendilerinden oluştuğunu söylemiştir.

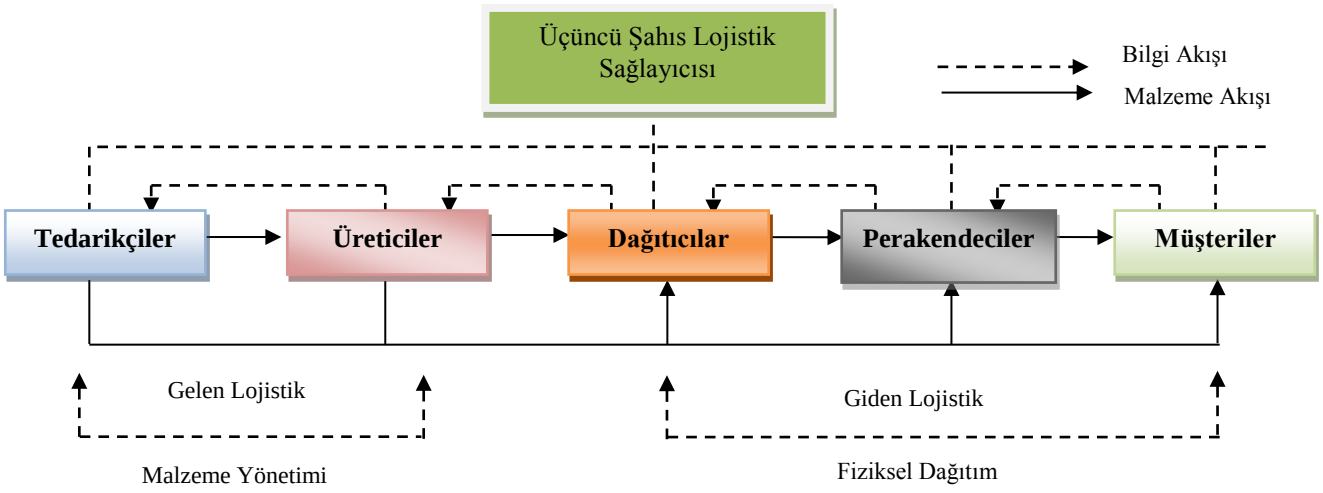
Tedarik zincirleri, bilgi paylaşımı yoluyla süreçlerini koordine ederek tedarikçi/müşteri etkileşimini kolaylaştırmayı amaçlar (Marinagi ve ark., 2015). Davis (1993), artık azalan ürün yaşam çevrimi zamanları için müşteri ihtiyaçlarını, tedarik zincirlerinin tedarikçiden alınan hammaddelerin fabrikalar ve depolama alanları yoluyla oluşturdukları bitmiş ürünlerle karşılamaları olarak tanımlamıştır.

Tedarik Zinciri kavramı, müşteriler ile başlayan, onlarla bütünleşen ve odaklaşan, hammadde alımından, nihai ürün dağıtıcısına kadar olan yoğun bir çabayı bünyesinde toplamaktadır (Andraski, 1998). Stainer **(**1997**)** ise çalışmasında Tedarik Zincirinin, Lojistik Sanatı ve Üretim/Satın Alma ve Pazarlama arasında bağlantı sağlayan dikkate değer bir etmen olduğuna dikkat çekmiştir.

Sohal ve ark. (2002), tedarik zinciri içerisindeki malzeme akışının hammadde tedarikçisinden müşteriye yani ileriye doğru zincir boyunca meydana geldiğini; aynı zamanda malzeme akışının tersine lojistik ile zincir boyunca geriye doğru olacağını belirtmiştir. Bilgi akışı da malzeme akışı gibi ticari ortaklar arasında aynı şekilde çift yönlü olarak gerçekleşmektedir.

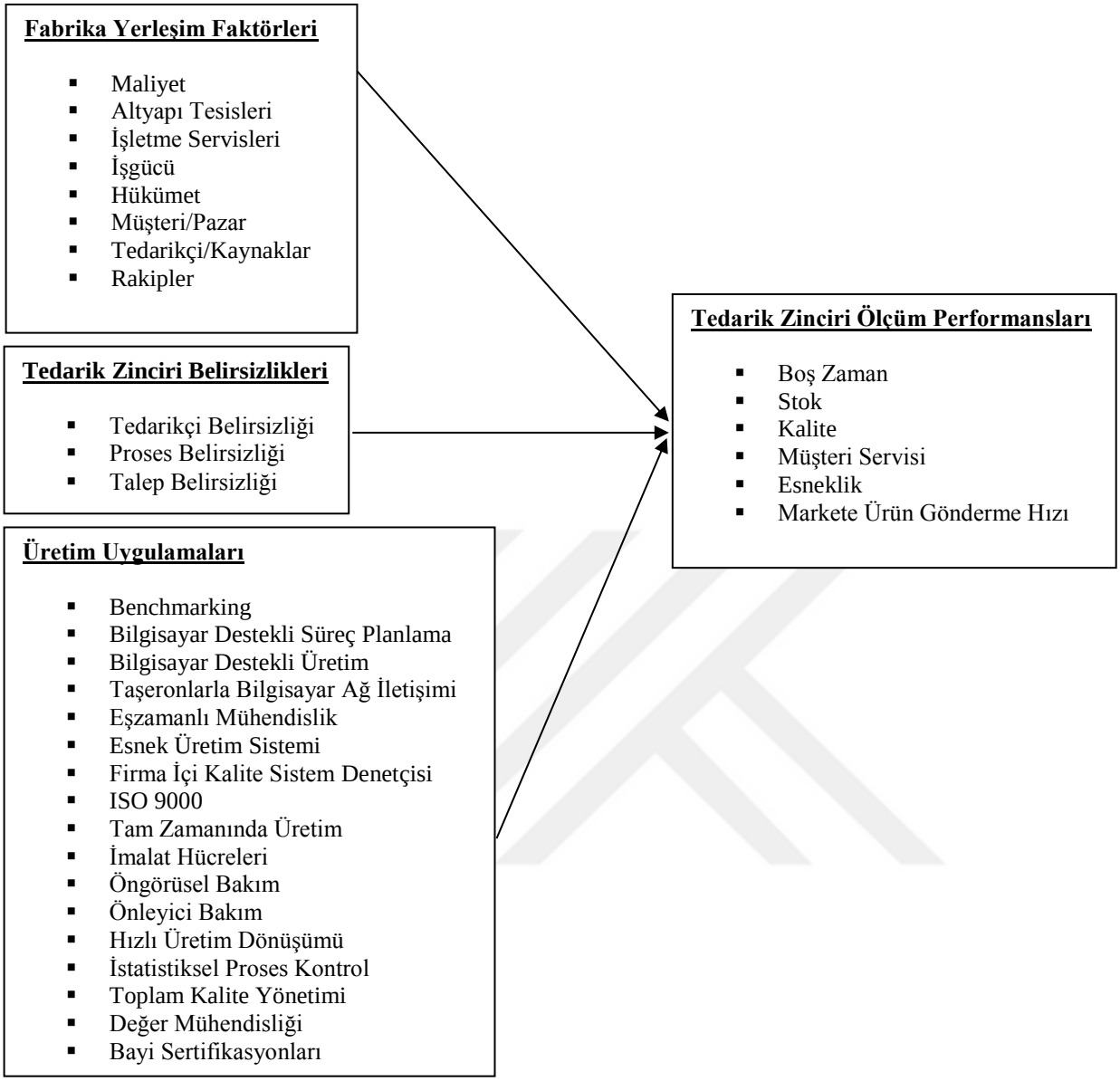
Min ve Zhou (2002), günümüzün global pazar yapısı içerisinde firmaların sadece marka isimleri altında bağımsız birer varlıkmış gibi uzun müddet mücadele edemeyeceklerini ve bir tedarik zinciri bağlarının bütünleşik yapısında bir parça olmaları gerektiğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, bir firma için nihai başarı, yönetimsel kabiliyetin tedarik zinciri üyeleri arasındaki karmaşık iş ilişkileri ağ yapısını ne derece koordine edebildiğine bağlıdır.

Şekil 1.1.'de bir tedarik zincirine ait süreçler ve süreçlerdeki bilgi ve malzeme akışları gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Tedarik zinciri süreçleri (Min ve Zhou, 2002).

Bhatnagar ve Sohal (2005), tedarik zinciri rekabetçiliğini etkileyen faktörleri incelemişler ve çalışmalarında, bir tedarik zinciri performansının başlangıç olarak fabrika yerleşim yeri kararının verilmesiyle beraber diğer birkaç faktörden etkilendiğini belirtmişlerdir. Fabrika yerleşim kararları, tedarik zinciri belirsizlikleri ve üretim uygulamalarıyla ilgili kalitatif faktörlerin bütünsel düşünülmesinin tedarik zincirinin rekabetçiliğini değerlendirmede açıklayıcı olabileceği ileri sürülmüştür. Söz konusu faktörlerin neler olduğu ve tedarik zinciri performansının ölçüm kriterleri Şekil 1.2.'de gösterilmiştir



Şekil 1.2. Tedarik zinciri performansını etkileyen faktörler ve performans ölçüm kriterleri (Bhatnagar ve Sohal, 2005)

1.2. Tedarik Zinciri Yönetimi

Tedarik Zinciri Yönetimi, dolaylı veya dolaysız olarak ilgili tüm iştirakçileri içerisinde barındıran bir ağ yapısıdır. Bu yapı, son kullanıcıya malların veya hizmetlerin üretilmesi ve tedarik edilmesinde firmayı, tedarikçiyi, satıcıyı ve müşteriyi kapsamaktadır. Tedarik Zinciri Yönetimi üst düzey performansa ulaşmak için tedarikçi ve müşterinin her ikisini bütünleşik bir yapıya ulaştırmayı amaçlar (Kherbach ve Mocan, 2016).

Tedarik Zinciri Yönetimi artık daha rekabetçi olan iş dünyasında bir organizasyonun başarısını doğrudan etkileyen anahtar strateji konumuna gelmiştir. Yaşanan son ekonomik krizler de daha fazla rekabetçi olan bu çevrede tedarik zincirlerinin daha optimize bir hale getirilmesi gerekliliğini oluşturmuştur (Shakerian ve ark., 2016).

Lambert ve Cooper (2000), tedarik zinciri boyunca bulunan çoklu ilişkilerin yönetilmesini Tedarik Zinciri Yönetimi olarak tanımlamış ve başarılı bir Tedarik Zinciri Yönetimi'nde görevler arası entegrasyonun sağlanmasının ve pazarlama faaliyetlerinin kritik roller olduğunu ifade etmiştir.

Tedarik edilmiş hammaddeleri, yarımamul ve bitmiş ürünlere dönüştürüp müşterilere ulaştıran üretim ve dağıtım ağlarına Tedarik Zinciri Yönetimi denmektedir (Lee ve Billington, 1992). Tedarik Zinciri Yönetimi uygulamaları, tedarikçi ortaklığı, müşteri ilişkileri ve bilgi paylaşımını içerirken zincirin performansı zincirin esnekliğine, bütünleşikliğine ve müşteri duyarlılığına bağlıdır (Sukati ve ark., 2012).

Tedarikçiler ve müşteriler bir Tedarik Zinciri Yönetimi'nin anahtar kısmı olup, teknolojik ilerlemelerin ve çevre dinamiklerinin zincirin daha da karmaşık bir hale gelen aktiviteleri üzerinde önemli etkileri olduğu söylenebilir. Farklı üretim ve planlama aktivitelerinin koordinasyonu, Tedarik Zinciri Yönetimi'nde dikkatli bir şekilde düşünülmüş işletme faaliyetlerinin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Si ve ark., 2007).

Tedarik zincirini, bire-bir işletme faaliyetlerinden ya da işletme faaliyetlerinin aralarındaki ilişkilerinden oluşan bir zincir olarak düşünmek yerine bu faaliyet ve ilişkilerin oluşturduğu bir ağ olarak düşünmek gerekir (Lambert ve Cooper, 2000).

Bir Tedarik Zinciri Yönetimi'nin amacı elde bulundurma ve stoklama maliyetlerini en az seviyede tutacak şekilde doğru ürünü doğru zamanda son kullanıcıya sağlayacak etkin bir ürün tedarik sürecinin geliştirilmesidir. Tipik bir Tedarik Zinciri Yönetimi'nde en başta gelen aktiviteler;

- Hammadde tedariği,
- Üretim,
- Stoklama,
- Siparişlerin alınması
- Ürünlerin teslimidir.

Tedarik Zinciri Yönetimi'ndeki en hayati iki bileşen müşteri siparişleri için yapılan elde etme mücadelesi ve hammadde alımının planlamasıdır (Si ve ark., 2007).

Tedarik Zinciri Yönetimi'nin temel amaçlarını ifade edecek olursak;

- Müşteri tatminini arttırmak
- Çevrim zamanının kısaltmak
- Stok ve stoklarla ilgili maliyetlerin azaltılmasını sağlamak
- Ürün hatalarını azaltmak
- Faaliyet maliyetini azaltmak

(Kehoe ve Boughton, 2001).

Ürünün son kullanıcıya teslim sürecinde de, Tedarik Zinciri Yönetimi'nde perakendecilerin performansı önem kazanır. Bu nedenle perakendeciler de kendi organizasyonel sınırlarını, tedarikçileri ve müşterileri ile olan yeterliliklerini değerlendirmeli ve kaynaklarını entegre etmelidir (Ganesan ve ark., 2009).

Bu planlamanın önemi nedeniyle, malzeme ihtiyaç planlamasının doğru yapılarak işletmelerin malzemelerden elde edeceği maksimum faydayı ve bu malzemelerin en uygun seviyelerinin tespiti ve belirli bir düzeyde tutulmalarının gerçekleştirilmesi amaçlanır.

Tedarik Zinciri Yönetiminin söz konusu amaçlarını sağlamada, tedarikçilerle beraber onların tedarikçileri ile müşterileri ve onların müşterileri arasında tedarik zincirinin bütününde haberleşme ve bilgi paylaşımının arttırılması da gerekmektedir. Bu paylaşım zincirin etkinliğini ve rekabetçiliğini arttırabilir. Değişen dünyada artık firmaların tek başına kendi aralarında rekabetinden söz edilememektedir ve rekabet firmaların da içerisinde yer aldığı tedarik zincirleri arasında yaşanacaktır (Kehoe ve Boughton, 2001).

Gupta ve Palsue-Desai (2011), sürdürülebilir bir tedarik zinciri yönetiminde yeryüzünün tüketilen kaynaklarına yönelik acil aksiyonların alınması gerekliliğini vurgulamışlardır. Çalışmalarında, çevresel bozulmaların önüne geçebilmek adına ortaya konulan yaklaşımlar arasında tasarım, kaynak araştırması, üretim ve ürünlerin dağıtımı süreçlerinin uluslararası pazarlarda merkezi bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Si ve ark. (2007), MRP sistemini *make-to-plan*, *make-to-stock* ve *make-to-order* olarak kategorize etmiştir. *Make-to-plan*'da en uygun üretim miktarını belirleme amaçlanırken, *make-to-stock*'da güvenilir stok seviyesi belirlemek; *make-to-order*'da

tedarikçilerden alınan komponentlerle yapılan üretimi gelen müşteri siparişlerine göre belirlenmek amaçlanır.

Ancak günümüzde Esnek Üretim Sistemleri, Malzeme İhtiyaç Planlaması, Malzeme Kaynak Planlaması ve Kurumsal Kaynak Planlaması gibi metotların yalnızca firmaların içsel aktivitelerine yönelik geleneksel kavram ve metotlar olarak kalması nedeniyle işletme sistemlerinin geliştirilmesinde bir limiti olan uygulamalar olarak düşünülmektedir. Bu nedenle ileri görüşlü yöneticiler, teknolojik ve rekabetçi araçları tüm iş süreçlerinin içerisine; tedarik, stok, üretim, dağıtım ve satışa entegre eden bir yaklaşıma sahip olabilen bir yönetim anlayışını benimsemektedirler. İşte bu geniş kapsamlı yaklaşım Tedarik Zinciri Yönetimi olarak bilinmektedir (Lee ve ark., 2002).

Tedarik Zinciri Yönetimi ile Geleneksel Yönetim arasındaki karakteristiksel farklılıklar Çizelge. 1.1.' de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Geleneksel yönetim ve tedarik zinciri yönetimi arasındaki yaklaşım Farklılıkları (Cooper ve Ellram, 1993)

Faktör	**Geleneksel Yönetim**	**Tedarik Zinciri Yönetimi**
Stok Yönetim Yaklaşımı	Birbirinden Bağımsız Çaba	Kanal Stoğunun Bütünleşik Azaltılması
Toplam Maliyet	Firma Maliyetlerini Minimize Etme	Tüm Kanallarda Maliyet Etkinlikleri
Zaman Boyutu	Kısa Dönem	Uzun Dönem
Bilginin Paylaşılması ve İzlenmesi	Anlık Gerek Duyulan Bilgi	Planlama ve İzleme Prosesleri İçin Gereken
Kanal İçi Çoklu Seviyelerin Koordinasyon Durumu	Kanal Çiftleri Arasında Tekli Temas	Kanal ve Firma Kademeleri Arasında Çoklu Temas
Ortak Planlama Yapma	Alım-Satım İşlemine Dayalı	Sürekli
Kurumsal Felsefelerin Uyumluluğu	İlgili Değil	En Az Anahtar İlişkilerde Uyumluluk
Tedarikçi Taban Genişliği	Rekabeti Arttırmada ve Risk Dağılımında Geniş	Koordinasyonu Arttırmada Küçük
Kanal Liderliği	Gerekli Değil	Koordinasyon Amacı İçin Gerekli
Ödüllerin ve Risklerin Paylaşılma Miktarı	Her İşlem İçin Ayrı Bir Şekilde	Riskler ve Ödüllerin Uzun Dönemde Paylaşılması
Stok Seviyeleri, Bilgi ve İşlemlerin Hızı	Depo Yönelimli (Depolama, Güvenlik Stoğu), Kanal Çiftleri Arasında Yerelleşmiş, Sınırlarla Ayrılmış	Dağılım Merkezi Yönelimli (Stok Hızı) Birbirine Bağlı Akışlar, JIT, Kanal Boyu Hızlı Cevap Verme

1.3. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi

Çevreye duyarlılık anlayışının son yıllarda gittikçe artan bir anlayış olmasıyla birlikte işletmeler üretim aktivitelerini ve tedarik zinciri faaliyetlerini gerçekleştirirken çevreye daha az zarar verecek şekilde yapılanma içerisine girmeye başlamışlardır.

Değişik sektörlerdeki firmalar, çevreye duyarlılık yaklaşımıyla ürün/hizmet üretirken, sunarken ve/veya satış sonrasında hizmet sağlarken, yani ürün hayat eğrisinin her aşamasında ekonomik değer yaratmakla birlikte, ekolojik değer yaratmaya da odaklanmakta; yeşil uygulamalar ön plana çıkmaktadır (Zhu ve ark., 2008).

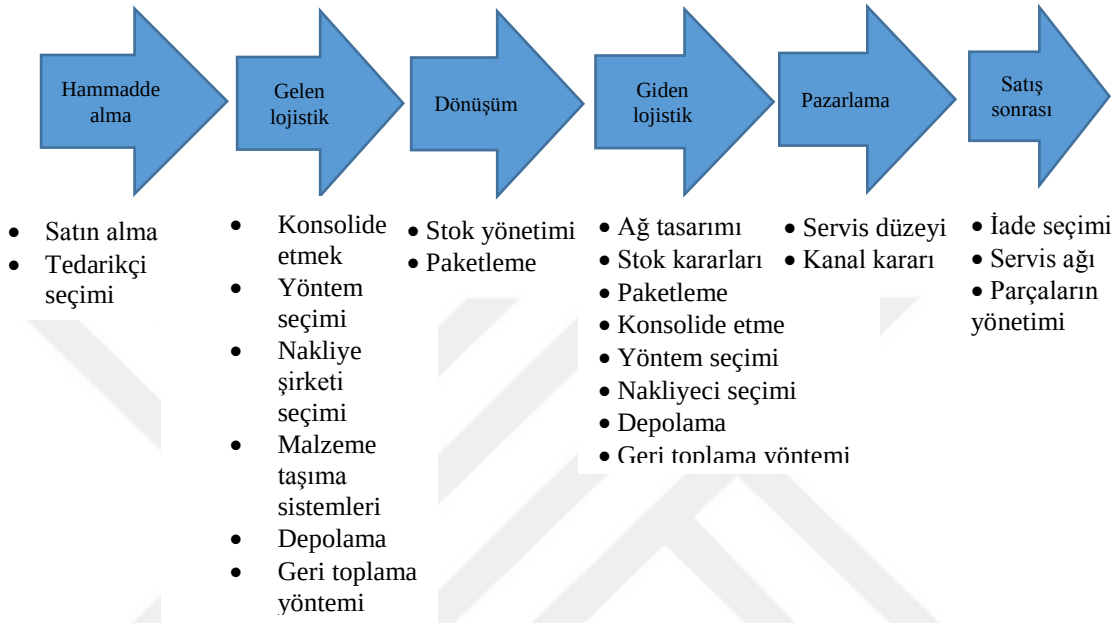
Afshari ve ark. (2014), yeşil tedarik zincirinin araştırmacılar ve uygulamacılar arasında merak uyandıran bir kavram haline geldiğini ve malzeme seçiminden ürün tasarımına ve üretimine, ürünlerin son kullanıcıya tesliminden kullanımı sona erdikten sonraki ürün yönetimine kadar her alanda artık çevresel faktörlerin de gözardı edilmemesi gerektiğini söylemişlerdir.

Kurumları yeşil uygulamalara iten güçlerden birincisi devlet ve buna paralel olarak devlet gücüyle çıkartılmış olan yasalardır. Bir diğer faktör çevresel anlamda yapılan yanlış uygulamalar sonucunda işletmelerin yaşadıkları ya da yaşayabilecekleri olumsuz finansal konulardır. Önemli bir faktör olan doğal kaynakların sınırlı olduğu düşüncesi ise, 2000' li yılların başından itibaren tüketicilerde oluşan bir düşünce biçimi olup; tüketicilerin üretim yapan kurumları doğanın hassas dengelerine dikkat etmede sorumlu hale getirmelerine ve baskı altına almalarına yol açmıştır.

1.3.1. Yeşil yönetimsel yaklaşımlar

Yeşil yönetimsel yaklaşımlar Poist (1995) tarafından 3'e ayrılmıştır: Reaktif, Proaktif ve Değer Yaratıcı Yaklaşımlar. Reaktif yaklaşımı benimseyen firmalar, üretimlerinin çevreye etkilerini azaltmak amacıyla filtre kullanan, yeşil etiketleme yapmaya özen gösteren ve geri dönüşümü olan ürünler satma gayretinde olan en minimum düzeyde çevreye duyarlılık anlayışında bulunan firmalardır. Sorumluluklar bireysel inisiyatiflere dayanmaktadır. Proaktif yaklaşımdaki firmalar ise yeşillenme çabalarını rakipleri arasında bir kalkınma aracı ve rekabet avantajı sağlama düşüncesinden hareketle gerçekleştirmektedir. Çevresel problemlerin henüz oluşmadan çözüme kavuşturulması amaçlanır ve bu özelliğiyle fonksiyonel bir yaklaşım olarak nitelendirilebilir. En geniş kapsamlı yaklaşım olan değer yaratıcı yaklaşımları

benimseyen şirketler iş stratejilerine de yeşil aktiviteleri entegre ederler, çevresel kararlar yayınlarlar ve bu kararları tedarik zincirindeki ortaklarıyla paylaşırlar. Demonte edilebilir, geri dönüştürülebilir ve yeniden kullanılabilir ürünler tasarlanması bu yaklaşımın içerisinde yer alır. Wu ve Dunn (1995), çevre dostu tedarik zinciri modelini ve proseslere ait alt süreçleri çalışmalarında aşağıdaki şekilde göstermişlerdir.



Şekil 1.3. Çevre dostu yeşil zincir modeli (Wu ve Dunn, 1995)

Çevresel kaygıların çoğalmasıyla birlikte ulusal ve uluslararası örgütlerde sürdürülebilirliğe verilen önem gittikçe artmaktadır. Bunun sonucu olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler çevreyle ilgili yasal düzenlemeler yapmaktadırlar. Sürdürülebilirlik prensibinin tedarik zincirleriyle bütünleştirilebilmesinin yolu Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi yaklaşımlarının uygulanmasından geçmektedir (Aksoy, 2014).

1.3.2. Yeşil yönetim anlayışı

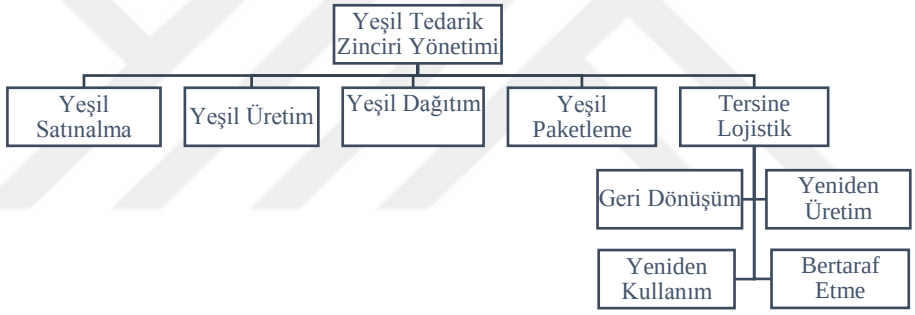
Tedarik zincirindeki ağların karmaşıklığının artması, ürün yaşam çevrim sürecinin kısalması ve gelişen teknolojiyle rekabetin sürekli hale gelmesi, küreselleşme… vb. nedenlerden ötürü şirketler tedarik zinciri stratejilerini yeniden gözden geçirmek zorunda kalmışlardır (Beamon, 1999).

Tedarik zincirlerinin etkin olarak yönetilmesi, zincirdeki her halkanın anlık kontrolünün yanı sıra, tersine lojistik ve yeşil yönetim yaklaşımları olmadan mümkün olamamaktadır. Böylece Tedarik Zinciri Yönetimi'ndeki organizasyonun malzeme

yönetimi ile lojistik fonksiyonlarından son müşteri atığına kadar her bir basamağında çevre duyarlılığını içerecek şekilde yapılandırılması önem kazanmıştır (Simpson ve Power, 2005). Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi çevresel riskleri azaltarak ekolojik etkinliği arttıran ve geri dönüşüme olanak sağlayarak kaynak kullanımını etkinleştiren bir anlayışa sahiptir.

Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi; satın almada, üretim/malzeme yönetiminde, dağıtım ve pazarlamada ve tersine lojistik süreçlerinde yeşil yönetimsel anlayışın bir bütünüdür. Tersine lojistik, ileri doğru ve ucu açık tedarik zincirini, sürece kattığı yeniden kullanma, yeniden üretme ve/veya malzemelerin başka malzemelere veya Pazar değerine sahip başka ürünlere dönüşümü işlemleriyle kapalı bir çevrim haline getirmektedir. Temel amaç ise enerji, emisyonlar, kimyasallar, katı atıklar gibi her türlü atıkların çevreye olan olumsuz etkilerinden tedarik zinciri sürecini arındırmaktadır (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008).

Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi'nin faaliyetleri aşağıda sınıflandırılmıştır.



Şekil 1.4. Yeşil tedarik zinciri yönetimindeki faaliyetler (Büyüközkan ve Vardaloğlu, 2008).

Yeşil Satınalma faaliyeti ve bu faaliyet içerisinde alınan kararlar Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi'ndeki en önemli faaliyettir. Çünkü yeniden kullanılabilir ve geri dönüştürülebilir malzemelerin seçimi ve bu malzemelerle gerçekleştirilecek olan ürünleri etkileyen birincil aşama bu faaliyette yer alır. Üretimde kullanılacak hammadde ve komponentlerin satın alımlarından başka, teknoloji alımlarında da çevreye duyarlı teknolojiler tercih edilmelidir. Bu teknolojiler, daha az enerji harcayan, çevreye daha az zarar verecek atık üreten teknolojilerdir (Sarkis, 2003).

Sarkis ve Rasheed (1995), yeşil üretimde, üretim süreç ve teknolojilerinin atıkları ve hurdaları ortadan kaldıracak şekilde tasarlandığını, geliştirildiğini ve uygulandığını belirtmişlerdir ve temel amacın ürünlerin tasarım aşamasından itibaren geri dönüşüm, yeniden üretim ve tekrar kullanım olanaklarının değerlendirilmesidir.

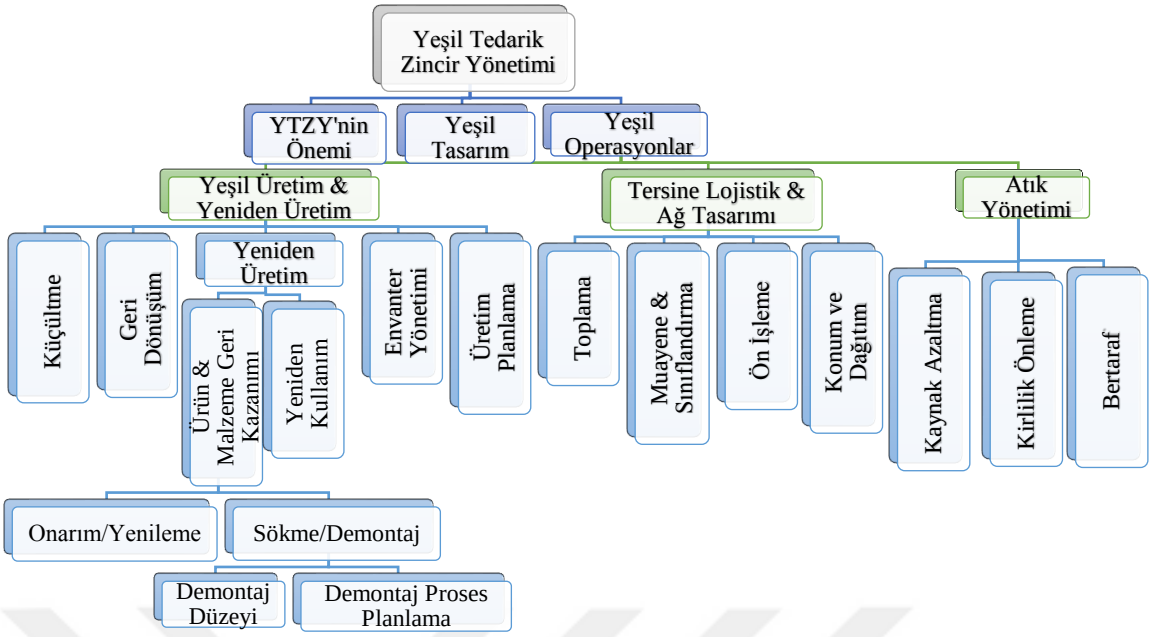
Sarkis (2003)'e göre, yeşil dağıtım için dağıtım noktalarının belirlenmesi, kullanılacak taşıma türünün belirlenmesi, kontrol sistemleri, tam zamanda üretim ve dağıtım politikaları hem ileriye doğu hem de geriye lojistik ağlarını etkilemektedir. Paketlemede kullanılacak olan malzemenin çevreye uyumlu, geri dönüşümü olabilen malzemelerden kullanılarak yapılması; paketlemenin az yer kaplayacak ve böylelikle sefer sayısını azaltarak yakıt tüketimini de düşürecek bir şekilde tasarlanması Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi'nin Yeşil Paketleme faaliyeti içerisinde yer alır.

Tersine lojistik faaliyeti içerisinde en az iyileştirme yeniden kullanım için yapılırken, en fazla iyileştirme geri dönüşüm sırasında gerçekleştirilir. Çünkü yeniden kullanım esnasında ürünün değerinde bir azalma meydana gelmekle birlikte ürün üzerinde ek bir işlem yapılmasına gerek duyulmamaktadır. Bertaraf etme işlemi esnasında kullanılmayacak durumda olan malzeme ve ürünlerin gömme ya da yakma işlemleriyle ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Bertaraf etme esnasında çevrenin bu işlemden zarar görmemesi esas alınır. Yeşil Tedarik Zinciri uygulamalarına yönelik örneklere göz atıldığında bu uygulamaların Avrupa Birliği ülkelerinde ilaç, otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde daha fazla olduğu görülmektedir (Zhu ve Sarkis, 2007).

Örneğin taşımacılıkta da bu nedenle çevreye duyarlı taşımacılık yaparak karayolu taşımacılığını azaltmak amaçlanmaktadır. Trafik ve gürültü kirliliğinde azalma sağlanabilmesi için demiryolu ve denizyolu taşımacılığı tercih edilmektedir.

Sonuç itibariyle Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi'nin getirmiş olduğu anlayışla şirketler; çevrelerine duyarlı üretim politikaları geliştirmek ve bu politikaları malzemenin satın alınmasından ürünün son kullanıcıdan geri dönüşünü sağlayacak bir döngüyü oluşturmak amacıyla tüm faaliyetlerini düzenlemek zorunda kalmışlardır

Srivastava (2008), Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve bu yönetim anlayışı içerisinde yapılan operasyonları çalışmalarında aşağıda yer alan şekil yardımıyla göstermiştir.



Şekil 1.5. Yeşil tedarik zinciri tasarımında sorun bağlamına göre sınıflandırma (Srivastava, 2008).

1.4. Tersine ve İleri Tedarik Zinciri Yönetimi

Günümüzde şirket yöneticileri artan çevresel meselelerden kaynaklı olarak devamlılığı sürekli olan tedarik zincirlerini oluşturma yönünde bir baskı altındadırlar. Bu karmaşık yapı, Tedarik Zinciri Yönetiminde zincirin geleneksel hedefi olan materyal, malzeme ve ürünlerin akışından yeniden dönüşüm, bertaraf etme ve yeniden üretim konularında da kararlar almaya itmiştir. İleri Tedarik Zincirleri hammaddeleri bitmiş ürünlere dönüştüren bir dizi aktivitelerin yer aldığı prosesten oluşmaktadır. Tedarik zinciri ile kastedilen, geleneksel ileri tedarik zinciri yönetimidir. İleri Tedarik Zincirine yatırım yaparak performansını arttırmak isteyen yönetici talep yönetimini, malzeme tedariğini ve siparişin gerçekleştirilmesini sağlamayı amaçlar. Bu durum tedarikçi gelişim programlarını ve müşteri ilişkileri yönetimi üzerine çalışmayı gerektirir.

Ürünlerin ve malzemelerin yeniden kullanımı yeni bir olgu değildir. Ancak yakın geçmişte, çevresel kaygıların artması "yeniden kullanım" 'a yönelik ilgiyi de arttırmıştır. 1994 yılında, Avrupa'da kağıtların geri dönüşümü yıllık %7'lik bir artışla 27.7 milyon tona ulaşmış; böylece toplam kağıt tüketiminin %43'ünde geri dönüşüm sağlanmıştır. Yine 1994 yılında, Avrupa'da cam ürünlerin geri dönüşümünde 7 milyon tonluk rakamla yaklaşık %10'luk bir büyüme olmuş; toplam cam tüketiminin %60'ında geri dönüşüm oranına ulaşılmıştır. Almanya'da paketleme malzemelerinin kullanımında geri dönüşüm hedefleri %60 ila %75 arasında olma zorunluluğu bulunmakta; Hollanda'da ise tüm

endüstriyel atıkların geri dönüşümünde 1992'deki %36'lık oran 1994 yılında %46'ya yükselmiştir. Söz konusu materyallerin akış yönetimi klasik tedarik zinciri akışının tersidir ve tersine lojistik olarak ortaya çıkmıştır. Tersine lojistik artık kullanıcının gereksinim duymadığı kullanılmış ürünlerin pazar içerisine tekrar kullanılabilir ürün olarak dönüşünü sağlayacak tüm aktiviteleri içermektedir (Fleischmann ve ark., 1997).

Filip ve Duta (2015), tersine tedarik zincirlerinin kullanılmış ürünlerin toplama ve yeniden üretim aktivitelerini bünyelerinde barındırdıklarını ve böylelikle söz konusu ürünlerin pazar değerini yeniden kazandıklarını belirtmişlerdir. Tersine tedarik zinciri yönetimi müşteriden alınan kullanılmış ürünün bertarafı veya yeniden kullanıma sunulması için bir dizi faaliyeti bünyesinde barındırır. Kullanım ömrünü tamamlamış bir ürünün beş farklı seçeneği vardır. Tamir, parça değişimi ile yenileme, yeniden üretim, geri kazanım ve bertaraf olan bu seçeneklerin sırasıyla her biri genellikle bir öncekine göre daha karmaşık süreçlere sahiptir. Ayvaz ve Bolat (2013), Tersine lojistik ağlarının en karakteristik özelliği ağ tasarımında kullanılan bazı parametre değerlerinin bilinmemesinden kaynaklı ortaya çıkan belirsizlik durumu olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü geri dönen ürünün zaman, miktar ve kalitesi ile ilgili yüksek oranda belirsizlik hakimdir.

Fleischmann ve ark. (1997), tersine malzeme akışı ve geleneksel ileri akışların sisteme dahil olmasıyla sistem karmaşasının artacağını ve bu iki akışın birbirinden bağımsız yürütülemeyeceğini, mutlaka eş zamanlı olarak düşünülerek yeterli planlamanın sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Kullanılmış ürünler geleneksel hammadde ve yeni parçaların oluşturduğu kaynak girişlerine göre daha az standardize ve aynı türden parçalardan oluşmaktadır. Bu belirsizliği yeterli düzeyde belirgin hale getirebilmek, yeniden kullanım aktivitelerinin planlanmasındaki yapılması gerekli başlıca görevlerdendir.

Gülsün ve ark. (2008), bir şirketin ürün dönüşleriyle ilgili taşıma ve depolama faaliyetlerinde maliyet düşürerek avantaj kazanabileceğini belirtmiş; tersine lojistik ağlarında, uygun miktar ve geri dönüş merkezleri için uygun yerlerin belirlenmesinin önemli kararlar olduğundan bahsetmiştir.

Tibben-Lembke ve Rogers (2002) tersine lojistiği, "hammaddenin, proses içi envanterin, bitmiş ürünlerin ve ilgili bilginin çıkış noktasından itibaren, değerinin yeniden kazandırılması ya da uygun şekilde bertaraf edilmesi için izlenmesi faaliyetinin maliyet yoğun bir şekilde planlanması, uygulanması ve kontrolü süreci" olarak tanımlamışlardır.

Poist (1995) tersine lojistiği şöyle tanımlamıştır: "Tersine lojistik, lojistik yönetimini ve paketleme ve ürünlerden doğan zararlı veya zararlı olmayan atıkların yok edilmesini ifade eden geniş bir terimdir. Terim, tersine dağıtımı ve normal lojistik etkinliklerin ters yönde akışını içerir."

Dağıtım Planlaması açısından tersine lojistik, kullanılmış ürünün son tüketiciden üreticiye doğru fiziksel taşınmasını içerir. Taşımadan sonra gelen adım ise üretici tarafından geri dönmüş ürünün yeniden kullanılabilir ürün durumuna getirilmesidir (Karaçay, 2005).

Tersine Tedarik Zincirleri İleri Tedarik Zincirlerinin simetrik bir görünümüne sahip değillerdir ve olmaları da gerekli değildir. Bunun nedeni talep edilen malzeme ve bilgi akışlarının farklılık göstermesidir. Üstelik talep tahmini ve planlama Tersine Tedarik Zincirlerinde ürün geri dönüşleri ve atık malzemeler açısından yüksek bir oranda belirsizlik göstermektedir (De La Fuente ve ark., 2008).

İleri ve tersine lojistiği birbirine göre kıyaslamak istersek aşağıda yer alan çizelgede arasında bulunan farklar gösterilmiştir.

Çizelge 1.2. İleri lojistik ve tersine lojistiğin kıyaslanması (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002)

İleri Lojistik	**Tersine Lojistik**
Tahmin göreceli olarak daha kolaydır	Tahmin zordur
Tek birimden çok birime taşıma söz konusudur	Çoktan teke taşıma söz konusudur
Ürün paketleme düzgün dağılır	Ürün paketleme genelde zarar görmüştür
Konum/rota bilgileri genelde açıktır	Konum/rota bilgileri genelde açık değildir
Kanal standartlaştırılmıştır	İstisna bölgeler olabilir
Fiyatlandırma göreceli olarak düzgün dağılır	Fiyatlandırma bir çok faktörden etkilenir
Hızın önemi vardır	Hız genellikle bir öncelik olarak değerlendirilmez
İleri dağıtım maliyetleri muhasebe sistemince takip edilir	Tersine maliyetler daha az görünürdür
Envanter yönetimi tutarlıdır	Envanter yönetimi tutarlı değildir
Ürün yaşam çevrimi kontrol edilebilirdir	Ürün yaşam çevrimi karmaşıktır
Partiler arası işbirliği daha kolaydır	Partiler arası işbirliği için ek faktörlerin de dikkate alınması gerekir
Pazarlama metotları iyi bilinmektedir	Pazarlama metotları çeşitli faktörlerden etkilenir

- Geri dönen ürün miktarı ve zamanlaması belirsizdir ve firmanın ürettiği her

ürün için farklı bir geri dönüş oranı geçerlidir. Tersine lojistik içermiş olduğu bu belirsizlikler nedeniyle tahminlerin, planlamaların ve kontrollerin yapılmasının daha zor olduğu bir akış türüdür.

- İleri lojistikte ürün akışı bir orijin noktasından birçok dağıtım noktasına doğru iken, tersine lojistikte ürün akışı birden çok tüketiciden bir üreticiye doğrudur. Hız ve maliyet kazancı elde etmek için geri alımlar, perakendeciler aracılığı ile de gerçekleşebilir. İleri ve tersine lojistiğin bazen aynı dağıtım ve toplama noktalarına sahip olması, bunların bütünleştirilebileceği anlamına gelmez.
- İleri lojistikte ürün ve paketleme standarttır ve aynı kalitededir, böylece taşıma kolaylaştırılmış ve taşıma maliyetleri düşürülmüş olunur. Ancak, geri dönüşlerde paketleme tam olarak yapılmaz. Bunun yanında, dönen ürün miktarı giden yeni ürün miktarı kadar çok olmadığı için taşımayı kolaylaştıran paketlemeler (paletler, konteynerler) kullanılamamaktadır. Geri dönen ürünlerde paketlemenin standart olmaması, üretici firmanın ve çalışanın ürünü tanımasını güçleştirmektedir.
- Geri dönen ürünler standart kalitede olmadığının tedarikçi, tüketiciye satın aldıkları ürün miktarı, ürünün kullanılma süresi, ürünün yeniden kullanılabilecek parça sayısı, ürünün modeli ve diğer birçok etmene bağlı olarak farklı fiyatlar uygulayabilir. Bu nedenle, tersine lojistikte ürün fiyatlandırmasındaki çeşitlilik daha fazladır.
- İleri lojistik maliyetleri tanımlı ve belirlidir. İleri akış boyunca oluşacak maliyetleri izleyecek şekilde muhasebe sistemleri tanımlanmıştır. Tersine lojistikte ise farklı maliyetler, ileri lojistikten farklı şekilde oluşmaktadır. Nakliye işlemleriyle ilgili maliyetler tersine lojistiğin en önemli maliyetlerinden birisidir. Paketlemenin tam olarak yapılmaması ve taşınacak miktarın çok olmaması, taşıma maliyetlerini arttırır. Geri dönen ürün miktarı daha az olduğu için stok bulundurma maliyetinin daha düşük olması beklenebilir. Ürünün ikinci el pazarındaki değeri ise paketlemenin düzgünlüğü, bozulmalar ve mevsimsel dalgalanmalar gibi etmenlere bağlı olarak düşebilir (Karaçay, 2005).

Tersine lojistiğin maliyetlerinin ileri lojistiğe göre karşılaştırmaları Çizelge 1.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 1.3. Tersine lojistik ve ileri lojistik maliyetleri (Tibben-Lembke ve Rogers, 2002)

Maliyet Kalemleri	**İleri Lojistik Maliyetleri ile Karşılaştırılması**
Taşıma	Daha yüksek
Stokta Bulundurma Maliyeti	Daha az
Fire/kayıp	Çok az
Eskime	Daha yüksek olabilir
Toplama	Çok yüksek, daha az standartlaştırılmış
Sınıflama/Kalite tanımlama	Çok daha yüksek
Yenileme/Yeniden paketleme	İleri lojistikte yok, tersine lojistik için önemli

- Tersine lojistikte klasik stok kontrol yöntemlerinde geçerli olan varsayımların çoğu uygulanamamaktadır. Uygulanamamasının en önemli nedeni, tersine kanallara giren ürünler, bunların miktarları, ürünlerin satış fiyatları ve bu ürünlere olan talep gibi değişkenlerin ortam belirsizliğini arttırmasıdır.
- İleri tedarik zincirindeki taraflar (tedarikçi ve müşteri) ile anlaşmalar yapılması daha kolaydır. Ancak ürünün bir örnek olmadığı, miktarın ve fiyatın belirsiz olduğu, talebin değişken olduğu tersine lojistikte anlaşmalar daha karmaşıktır.
- İleri lojistikte akışın izlenmesi, tersine lojistiğe göre daha kolay olmaktadır. Bunun nedeni, firmaların bu izlemeyi sağlayacak bilişim sistemlerini tasarlatmalarıdır. Tersine lojistik yapan firmalar, merkezi toplam sistemlerinde geri dönen ürün izlemesini yapacak uygun bilişim sistemleri kullanarak daha uzun dönemli ve etkin planlar olmasını sağlayacaklardır (Karaçay, 2005).

1.5. Tersine Lojistik Faaliyetleri, Önemi ve Uygulama Örnekleri

Tersine Lojistik geleneksel olarak, ürünlerin geri dönüşüm süreci veya hammadde, yarı mamul, nihai ürün ve buna ilişkin bilgilerin tüketim noktasından kaynak noktasına doğru, değer kazanımı veya uygun şekilde yok edilmesini sağlamak amacıyla etkin akışını planlama, uygulama ve kontrol etme faaliyetleri olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda yaşam eğrisi sona ermiş ürünlerin toplanması, çeşitli test ve muayenelerden geçirilerek kabulü ya da reddi, kabul edilen ürünlerin yeniden işlenmesi ve yeni bir ürün olarak tekrar kullanımının sağlanması gibi faaliyetler de tersine lojistik süreci içinde önemli yere sahiptir (Uludemir, 2017).

Tersine akışa dahil olan ürünler son kullanıcıdan alınıp yeniden kazanım yapılacağı noktaya gelene kadar bir takım aşamalardan geçer. Bu uygulama aşamaları:

- Toplama
- Nakliye
- Depolama
- İnceleme
- Sınıflandırma
- Ayrıştırma

Toplanan ürün ayrıştırma işlemiyle birlikte sahip olduğu özelliklere göre; tamir, ürün yenileştirme, yeniden üretim, ürünün kısmi kullanımı (ürün yamyamlaştırma), geri dönüşüm, yakma veya gömme faaliyetlerden geçirilerek ürün bertaraf edilmemesi ve kullanılabilir hale getirilmesi durumunda da ikincil pazarlarda tekrar satışa sunulur (Dirik, 2012).

Doğal kaynaklarda yaşanan kıtlık, tüketimde görülen hızlı artış ve müşteriler ile uzun dönem ilişkiler kurmaya yönelik eğilimler, firmaları önceden kullandıkları geleneksel yöntemleri terk etmek zorunda kılmıştır. İşletmeler tedarik zincirlerini genişletip geri dönen ürün akışını da kapsayan tersine kanalları da uygular olmuşlardır. Geri dönen ürünler için ters akışları içeren bu kanalları oluşturmak şirketler için birçok fırsat sunabilir. Bu fırsatlar; ekonomik kazanç, pazarlama, müşteri ilişkileri, piyasa değeri gibi işletmeye fayda sağlayan unsurlardır (Bilgin, 2012).

Aslında ürün ve malzemelerin yeniden kullanılması çok yeni bir kavram değildir. Metal hurda toplama, atık kâğıtların dönüşümü, cam şişeler için depozito uygulamaları, paketleme malzemelerinin yeniden kullanılması uzun zamandır yapılmaktadır. Bahsedilen konularda ürünlerin geri alınması, yok edilmesine veya ürünün yeni baştan üretilmesine kıyasla ekonomik olarak daha avantajlı olduğundan uygulama alanı bulmuştur. Avrupa'da birçok ürünün -örneğin otomobil, elektronik gibi- toplanması sorumluluğu üreticilere verilmiş durumdadır. AB Elektrik-Elektronik Ürünler Atık Yasası, 2006 yılına kadar ürünlerde geri kazanım oranını (ortalama ağırlığın) %75'e ve yeniden kullanım veya geri dönüşüm oranını da %65'e çıkarmıştır. Yasal baskılar ile birçok ülkede ulusal toplama ve geri kazanım sistemleri kurulmaktadır. ABD'de camın %20'si, kâğıt ürünlerinin %30'u ve alüminyum kutuların %61'i geri dönüştürülürken, araba ve kamyonların her yıl %95'i geri dönüşüme girmekte ve bu araçların %75'i yeniden kullanım için geri kazandırılabilmektedir. İşletmeler, tersine lojistiğin doğrudan ve dolaylı faydalarını fark ettiklerinden, stratejilerini ve uzun dönemlik planlarını da buna göre yapmaktadırlar. Örneğin, BMW'nin stratejik amacı, 21. yüzyılda tamamıyla geri

kazanılabilir otomobiller tasarlamaktır. Tersine lojistik, otomotiv endüstrisi dışında, çelik, elektronik, bilgisayar, kimya, ilaç, online satış, katalog satış, iş makineleri ve tıbbi araçları da içeren birçok endüstride ve pazarda geçerlidir. Tersine lojistik uygulayan büyük firmalar arasında BMW, Delphi, DuPont, General Motors, HP, Xerox, Canon, IBM, Ford, Phillips gibi birçok işletme sayılabilir (Nakıboğlu, 2012).

Maliyetlerin düşürülmesinde Tersine lojistik faaliyetleri iyi bir araçtır. Düşürülen maliyetler firmalara önemli rekabet avantajları sağlar. Tersine lojistik faaliyetlerinin yönetimsel işlemleri düzenlendikçe otomobiller, buzdolabı ve diğer beyaz eşyalar, cep telefonları, televizyonlar, kişisel bilgisayarlar, kurşun-asit bataryaları gibi ürünlerin geri alımı gelecekte artacaktır. İyi yönetilen Tersine lojistik ağı sadece satın almada, geri dönüşüm, imha, envanter tutma ve taşımada önemli maliyet tasarrufu sağlamaz, aynı zamanda müşteri tutmaya da yardımcı olur (Deniş, 2012).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Barros ve ark. (1998), yapı malzemelerinden geriye kalan malzemelerinden olan kumun, geri dönüşümünün önemli bir lojistik problemi olduğunu belirtmişlerdir. Bu amaçla, kum geri dönüşüm problemi için iki seviyeli bir yerleşim modeli önermişler ve sezgisel prosedürler uygulayarak optimizasyonu sağlamışlardır. Sistemin toplam maliyetini minimize edecek biçimde, hangi tesislerin kurulacağı ve kumun nasıl sınıflandırılıp, depolanarak temizleneceği ve gerekli yapı projeleri için ulaştırılacağına karar verilmiştir. Projelerde kullanılan kum için temiz ve yarı-temiz türler mevcut olup, depolama merkezleri elenmiş kumun kaynaktan geldiği, kirlilik oranına göre sınıflandırıldığı; işleme tesisleri ise kirli olan kumun temizleme işleminin gerçekleştirildiği yerlerdir. Model, Tamsayılı Karışık Doğrusal Programlama olarak formüle edilmiştir. Problemde amaç fonksiyonu, açılacak işleme tesisi ve bölgesel depo sayısı ve buna bağlı maliyetini, elenmiş kumun tesis-depo arası taşıma maliyetini, her bir proje için temiz kumun tesisten olan ulaştırma maliyetini ve kum tipine göre bölgesel depodan projenin olduğu yere olan ulaştırma maliyetinin toplamını minimize hale getirmek istemiştir.

Savaskan ve ark. (2004), müşterilerden gelen kullanılmış ürünlerin toplanması için uygun ters kanal yapısı seçimi problemine değinmişlerdir. Özellikle, bu tarz ürünleri tahsilat eden üç seçeneği olan bir üreticiyi dikkate almışlardır: (1) üretici, müşterilerden ürünleri direk alabilir, (2) üretici, dağıtım kanalı olan mevcut bir perakendeciye uygun teşvikler sağlayabilir, (3) üretici, tahsilat sözleşmesini üçüncü partiye bırakabilir. Çalışmada, üç seçenek üretici ile birlikte dağıtılmış kara verme sistemleri olarak tarif edilmiştir. Dağıtılmış kanalları dikkate alırken, diğer koşulların hepsi aynı olmak kaydıyla müşteriye yakın olan dağıtıcı(perakendeci) üretici için en etkili ürün tahsilatçısıdır. Çalışmada ek olarak perakendecinin ürün toplam performansını gösteren basit bir koordinasyon mekanizması tasarlanmış ve tedarik zinciri karları aynı seviyede merkezileşmiş koordineli bir sistem için elde edilmiştir.

Listes ve Dekker (2005), Ürün Geri Kazanım Ağı İçin Stokastik Bir Yaklaşım çalışmalarında, belirsizliğin ürün geri dönüşüm ağlarındaki en başta gelen karakteristiklerinden biri olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada, belirsizlikleri de açıklayabilecek şekilde ürün geri kazanım ağı tasarımı için içerisinde deterministik yerleşim modelinin de yer aldığı bir stokastik programlama tabanlı yaklaşım önerilmiştir. Bu stokastik model, tanımlanmış bazı alternatif modeller arasında tam olarak

dengelenmiş bir çözüm aramaktadır. Hollanda'da hafriyattan elde edilme kumun geri dönüşümüne yönelik gerçek bir uygulama üzerine stokastik model uygulanmıştır. Net karın maksimize edilmeye çalışıldığı modelde yerleşim yerleri (Depolar-Tesisler) arası akışların dengelenmesi sağlanmak istenmiştir. Taşıma maliyetlerinin azaltılması amacıyla yalnızca karayoluyla değil suyoluyla taşımacılık da düşünülmüştür. 10 farklı proje için yıllık temiz kum ihtiyaçları belirli olup; 6 farklı senaryo altında projelerin bölgesel dağılımları tayin edilmiştir. Senaryolar altında bu temizleme tesislerinin her bir senaryo altında nerede kurulabileceği ortaya konulmuştur. Yüksek tedarik, düşük tedarik ve üç aşamalı durum için hangi senaryonun kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Çalışmada, ilk aşamada yüksek tedarik, ikinci aşamada düşük tedarik ya da tersi durumların yaşanması durumundaki temizleme tesis yeri ile üçüncü aşama olan stokastik tedariğin yüksekliği ya da düşüklüğüne göre seçilecek olan temizleme tesis yeri her bir durumun sağladığı net karlar hesaplanarak tablo halinde gösterilmiştir.

Demirel ve Gokcen (2008), ileri ve tersine akışları içeren bir yeniden üretim sistemi için Karışık Tamsayılı Matematiksel Model geliştirdikleri çalışmalarında, demontaj, toplama ve dağıtım tesislerinin yerleşim problemini çözerek üretim ve yeniden üretim için taşıma ve üretime yönelik optimal sonuçları elde etmişlerdir. Model, bir dizi deneysel veriyi de kullanarak geçerliliğini göstermiş olup çalışmada modelin duyarlılık analizi de sunulmuştur. Modelde kullanılmış ürünlerin müşterilerden geri alınmasında demontaj merkezlerine toplama merkezleri aracılığıyla gelme dışında kazancın iyi olması halinde direkt olarak demontaj merkezine gelebilme durumu da eklenmiştir. Üretilen ürün tipi sayısı 2 olup, her ürün için birim taşıma maliyeti, toplama maliyeti, yok etme maliyeti, bir ürün gerekli parça sayısı, dönüş oranları ve kabul oranları, ürünlerin üretim ve demontaj maliyetleri, müşterilerden direkt olarak demontaj merkezlerine ve toplama merkezlerine gelen ürün sayıları, demontajdan üreticilere taşınan ürün sayıları tablolar halinde belirtilmiştir. Yapılan sayısal örnekte optimal çözüm için 2'şer adet dağıtım ve demontaj merkezi 1 adet toplama merkezi açılması gerektiği ortaya konulmuştur. Çalışmada ayrıca müşterilerden gerçekleşen dönüş oranları 3 farklı senaryo altında (0.1-0.2, 0.3-0.6, 0.7-1.0) çalıştırılarak modelin büyük problemlerdeki geçerliliği de test edilerek maliyet karşılaştırmaları yapılmıştır.

Biehl ve ark. (2007), Halı/Kilim Tersine Lojistik Sistemlerini geliştirmede belirsizliği ve performansı değerlendirme çalışmalarında Tersine Tedarik Zinciri simülasyonunu oluşturarak çevresel faktörlerin yanısıra sistem tasarım faktörlerinin etkisini analiz eden bir deney gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada ilk olarak farklı ağ tasarım

parametrelerinin göreceli olarak önemleri tanımlanmış, etkin bir Tersine Tedarik sisteminin tasarımı, en iyi geri dönüşüm teknolojilerinin kullanımı ve geri dönüşüm oranlarında en uygun büyüme oranı için geri dönüşlerin neredeyse yüzyıllık talebi karşılayamadığı belirtilmiştir. Kullanılmış halı/kilimlerin geri dönüşlerinde toplama merkez sayısının 2 veya 6 adet olması, geri dönüşüm ve üretim tesislerinin 1'er tane olması düşünülmüştür. Geri dönüşüm merkezinden üretime yalnızca naylon girişi vardır. Modelde hedef servis düzeyi ve hedef stok seviyesi önceden belirlidir. Çalışmada, simülasyon hazırlanırken deney yapısının tasarımındaki faktörler: Sistem Tipi (3 farklı seviye), Geri Dönüş Standart Sapması (2 seviye için %50 ve %90), Geri Dönüşüm Merkezlerinin Sayısı (2 veya 6 adet), Toplama Oranı (2 seviyede düşünülmüştür ya sabit kalma ya da her yıl %2,4 artışla gerçekleşme), Dönüştürülebilirlik (2 seviyede düşünülmüştür ve %30 veya %60'tır) olarak belirlenmiştir. Çalışmada, tüm seviyeler için toplam 48 farklı senaryoda model çalıştırılmış ve tablolar halinde karşılaştırmalar yapılmıştır. Faktörlerin, yeni halı ortalama stok seviyesi, sipariş birikmiş ayların yüzdesi, ortalama üretim maliyeti emniyet marjı ve müşterilerin geri dönüşümlü ürün memnuniyet derecesine verdiği cevaplar irdelenmiştir.

Ko ve Evans (2007), üçüncü parti lojistik sağlayıcıları için İleri/Tersine Lojistik Ağını sezgisel bir Genetik Algoritma ile birleştirdikleri çalışmalarında, bir karışık tamsayılı doğrusal olmayan programlama modeli ortaya koymuşlardır. Model, İleri ve Tersine ağı aynı anda etkin kılabilecek bir dinamik tasarım ağının tasarımını sunmaktadır. Sezgisel Tabanlı Genetik Algoritma bir dizi problem içerisinde test edilerek sayısal sonuçları gösterilmiştir. Üçüncü parti servis sağlayıcıların 2000'li yıllarda en zengin 500 firmanın %74'ü tarafından kullanılıyor olması, 1999 yılında pazarının 45 milyar dolardan fazla olduğunun tahmin edilmesi, tedarik zincirinin ileri akışını kesmeden lojistik maliyetlerinde ciddi düşüşleri sağlayabilmeleri ve bütünleşik tedarik zinciri yönetimini desteklemede gelişmiş bilgi sistemleri ve tahsis edilmiş ekipmanlarının kullanımıyla artan bir öneme sahip oldukları vurgulanmıştır. Amaç, üçüncü parti tedarikçileri için bir bütünleşik ağ tasarımı yapısının tasarlanmasında optimizasyon modeli geliştirmektedir. Önerilen programlama modeli, çoklu periyod, iki kademeli ve çoklu ürün yapısındadır. Çalışmada kullanılan Genetik Algoritma genetik işlemlerden ve Simpleks Aktarım Algoritmasından oluşmaktadır. 18 adet test problemi kullanılarak önerilen metod ile elde edilen çözümlerle optimal çözümler kıyaslanmıştır.

Gülsün ve ark. (2008), tersine lojistik ağlarında, merkezi geri dönüş merkezleri için uygun yerlerin ve miktarların belirlenmesinin önemli kararla olduğunu belirterek bu

kararların alınmasında Tavlama Benzetimi'ni kullanarak yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Modelin amacı kiralama, envanter taşıma, malzeme taşıma, sipariş alma ve gönderme maliyetlerini içeren toplam maliyetin minimize edilmesidir. Modelde verilmeye çalışılan kararlar, hangi toplama noktaları ve merkezi dönüş merkezlerinin açılacağı, açılmış toplama noktalarının açık olacağı gün sayılarının belirlenmesi ve son olarak müşterilerin toplama merkezlerine, toplama merkezlerininse merkezi geri dönüş merkezine atanması ile ilgilidir. Modelde belirli bir periyot için ürünler toplama noktalarında biriktirilmekte ve sonrasında merkezi dönüş merkezlerine partiler halinde gönderilmektedir. Böylece toplam uzaklık ve toplam maliyetlerde düşüş sağlanması amaçlanmıştır.

Du ve Evans (2008), Satış Sonrası Servis İçin Çift Amaçlı Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Analizi çalışmalarında modelin amaçlarından ilkini toplam maliyeti minimize etmek diğerini dönüş zamanları için yaşanan gecikme maliyetlerini en aza indirmek olarak belirlemişlerdir. Her bir potansiyel yerleşim yerindeki tesis kapasite seçeneği farklı bir parametre olarak görülmüş olup İki Amaçlı Karışık Tamsayılı Programlama Modeli geliştirilmiştir. Çalışmada, çözüm yaklaşımı 3 algoritmanın kombinasyonundan oluşmaktadır: Dağılım Araştırması, Dual Simpleks ve Kısıt Metod. Dağılım Araştırma Algoritması, 0-1 yapısındaki karar değişkenleri hususundaki çözümleri araştırmak için, Dual Simpleks Metodu sürekli değişkenlere yönelik, Kısıt Metod ise Tersine Lojistik Ağı için birbiri üzerine baskın olmayan bir çözüm kümesinin eldesi için kullanılmıştır. Problem, bir üreticinin satış sonrası servis tekliflerine yönelik üçüncü parti servis sağlayıcılarına yönelik bir dış araştırma yapılmasını da içermektedir. Sayısal analizler, test örnekleri üzerinde uygulanmıştır ve birbiriyle ilişkili iki amaç arasında bir ödünleşme olması gerektiğini göstermiştir. Ayrıca sonuçlar, toplam maliyeti en düşük hale getirme amaçlı ilk amacın ağ tasarım yapısını merkezileştiren bir yapıya kavuşturduğunu; ikinci amaç olan gecikme maliyetlerini en düşük hale getirmenin ise ağ yapısını merkezilikten uzaklaştırdığını ortaya koymuştur.

Harraz ve Galal (2011), Mısır'da son kullanım ömrünü tamamlamış araçların geri kazanım ağı tasarımları için kurdukları modellerinde ekonomik boyutun, çevresel boyutun ve sosyal boyutun göz önüne alınmasına dikkat etmişlerdir. Karışık tamsayılı programlama yaklaşımı ile problem modeli oluşturulmuş ve farklı tesis yerleşkeleri altında ve farklı miktarlarda tahsis edilen ömrünü tamamlamış ürün seçeneklerinde ortaya çıkan sonuçları hem geri kazanım ağı tasarımında hem de ürün odaklı kanunlara göre analiz etmişlerdir. Özellikle otomotiv sektöründe araçların hem kullanım hem de bertaraf safhalarında en fazla çevresel yüke sahip ürünlerin başında geldiklerini ve bu duruma

araçların çok sayıda ve karmaşık yapıda parçalara sahip olmasının neden olduğunu belirtmişlerdir.

Yan (2012), talep belirsizliği altında tek üretici ve perakendeciden oluşan bir tersine tedarik zinciri sistemi tesis etmiştir. Çalışmada, perakendecinin geri dönüşüm süreci ile üreticinin yeniden üretim sürecini birbirinden ayıran iki aşamalı bir dinamik model formüle edilmiştir. Geri satınalma anlaşması dahilinde her aşama için alınan optimal kararlar dinamik programlama uygulamasıyla analiz edilmiştir. Sonuç olarak, farklı geri kazanım oranları ve geri kazanım fiyatları altında perakendeci ve üretici için beklenen karlar analiz edilmiş; sonuçların geçerliliği teorik analizlerle hesaplanmıştır. Çalışmada, yeni ürün ile yeniden üretilerek elde edilen ürün arası kalite farkı dikkate alınmamış; söz konusu durumun ileriki bir çalışma için dikkate değer önemli bir kriter olduğu belirtilmiştir.

Atamer ve ark. (2013), stokastik müşteri talebi altında yeniden kullanılabilir konteynırlardan yararlanmaya yönelik üretim ve fiyat belirleme kararlarına odaklandıkları çalışmalarında, üreticinin müşterilerine yeniden kullanılabilir tek bir ürün satışını iki farklı opsiyon altında tedarik ettiğini varsaymışlardır. i) Hiç kullanılmamış konteynırlar, ii) Müşterilerden alınmış kullanılmış konteynırlardır. Müşterilerden alınan dönüş miktarı ise hem müşteri talebine hem de üretici tarafından belirlenen ödenecek ücret miktarına bağlıdır. Yeni ürün üretmenin birim maliyeti ile kullanılmış üründen elde edilen yeniden kullanım maliyeti birbirinden farklıdır. Aynı zamanda ilgili ürün tiplerini kullanan müşteriler de farklılık göstermekte ve üretim faaliyetlerine yönelik kaynak kısıtları da bulunmaktadır. Tüm bu şartlar altında, en optimum kullanılmış ürün elde etme ücreti ve yeni ürün üretimi için en uygun sipariş miktarını çalışma boyunca parametrelerin etkisini gözeterek ortaya koymuşlardır.

Ayvaz ve Bolat (2013), geri dönüşüm ağ tasarımında kalite ve miktar belirsizliklerine yönelik çalışmalarında, işletmelerin politik, ekonomik ve çevresel baskılardan dolayı tersine lojistik faaliyetlerini uygulamak zorunda kaldıklarını belirtmişlerdir. Çalışmada, çok aşamalı, çok ürünlü, kapasite ve tesis sayısı kısıtlı iki aşamalı stokastik programlama modeli önerilmiştir. Geliştirilen model elektrikli ve elektronik atıkların geri dönüşümü alanında faaliyet gösteren bir lojistik firmasının ağ tasarımı problemine uygulanmıştır. Sonuçlar deterministik modellerden ziyade stokastik programlama modelinin ekonomik açıdan daha etkin olduğunu ortaya koymuştur.

Ting ve ark. (2014), ürün geri kazanım kararını almak için yaşam ömrü sona ermiş durumdaki ürünün niceliksel durumunun göz önüne alınması gerektiğini düşündükleri

çalışmalarında farklı metotları izleyerek bir karar konsepti önermişlerdir. Vaka çalışmasında, buzdolabı krank miline bakılarak ürün geri kazanım kararı almada ürünün durumu hakkında bir fikir edinilmek istenmiştir. Bunun için de milin temizlik seviyesi ve boyutlarındaki değişim esas alınmıştır. Böylelikle, son kullanım süresi dolmuş bir ürünün geri kazanımına yönelik hızlı ve etkili bir karar alınabilmesi sağlanmıştır. Ürünün durumunu farklı kanallardan alınan geri bildirimler yoluyla ölçebilmek ve böylece daha düşük üretim maliyetleri ile daha az çevresel etki oluşturmak gerektiği vurgulanmıştır.

Ashfari ve ark. (2014), çalışmalarında tersine ve ileri akışlarla dağıtım-servis ağlarındaki tesis yerleşim kararlarının alınmasında karlılık, müşteri memnuniyeti ve sürdürülebilirliğin bütünleşik bir yapıda olmasını amaçlamışlardır. Böylelikle, tesis kurulumu, taşıma ve stok yönetimi maliyetlerini aşağı çekerken eşzamanlı olarak müşteri memnuniyetini en üst düzeye getirmek istenilmiştir. Önerilen model çok ürünlü, çok amaçlı, çok periyotlu bir dağıtım-servis sistemi kurmaya yönelik optimum yaklaşıma sahiptir.

Kuik ve ark. (2016), ömrünü tamamlamış ürünlerin yönetiminin üretim sistemlerinde gittikçe daha da önemi artan bir alan olmaya başladığını belirttikleri çalışmalarında geri kazanıma yönelik yapılan operasyonların, içerdikleri karmaşıklık ve belirsizliklerden ötürü geleneksel üretim metodlarına göre daha zor olduğunu söylemişlerdir. Çalışmalarında genetik algoritma yöntemini kullanarak bir üretici için en yüksek geri kazanım değerini sağlayacak bütünleşik bir model oluşturmuşlar ve en uygun geri kazanım planını üretim gecikme zamanı, israf ve kalite kısıtlarının tamamını birarada düşünerek ortaya koymuşlardır. Elde edilen sonuçlar, farklı ürün geri kazanım konfigürasyonlarının seçilmesinin yeniden üretilmiş bir üründe geri kazanım değerine direkt etki edebildiği gösterilmiştir.

Agrawal ve ark. (2016), tersine lojistik faaliyetlerinin sosyal sorumluluk, çevresel kaygılar ve yasalar nedeniyle artık iş dünyasının önemli bir parçası olduğunu belirttikleri çalışmalarında tersine lojistik aktivitelerinin iadesi alınmış ürünlerin toplanması, incelenmesi ve yeniden kullanım, tamir, yeniden üretim ve yeniden kazanım seçeneklerinden birinin uygulanmasına yönelik farklı kategorilere ayrılmasını ifade ettiğini söylemişlerdir. Çalışmada, diyagram teorisi ve matris yaklaşımı kullanılarak kullanılmış ürünün fiziksel eğilimine göre en uygun alternatifi sunmayı amaçlamaktadır. Alternatifler; tamir veya yeniden kullanım ile yeni ürün gibi yeniden satış, tamir veya yenileme ile yeniden satış, yeniden üretim ile satış veya geri kazanım olarak dört seçenek halinde belirlenmiştir. Her alternatife göre sabit bir ürün eğilim indeksi saptanmış olup;

çalışmada ortaya çıkan sonuçlar, mutlaka mobil telefonların tamir veya yeniden kullanım ile yeni ürün satışını sunan birinci alternatifin seçilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

Morgan ve ark. (2016), bilgi teknolojisinin firmaların tersine lojistik uygulamalarındaki etkisini araştırdıkları çalışmalarında tedarik zinciri ilişkisinde yer alan 267 çalışandan alınan cevapları veri olarak kullanmışlardır. Çalışma ile yöneticilere tersine lojistik faaliyetlerinin büyüyen geri dönüş problemleriyle birlikte etkinliğinin arttırılmasında zincir üyeleri arası işbirliğinin bilgi teknolojisinin etkin kullanımı ile sağlanabileceği fikrini vermektedir. Çalışma, tersine lojistik etkinliğini bu yolla arttırmada teorik çıkarımlar sağlamış olmakla birlikte seçilen araştırma soruları ve çalışmanın daha ağırlıklı Amerikan firmalarına yönelik olmasının araştırmayı kısıtlayan unsurlar olduğu da belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

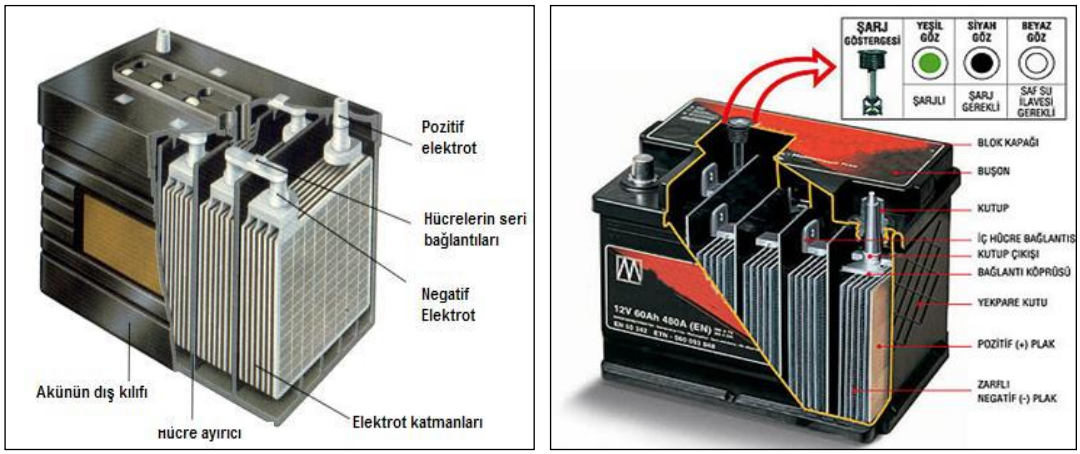
3.1. Otomotiv Sektöründe Akümülatör Atıkları ve Geri Dönüşüm

Atık yönetimi son yıllarda artan bir öneme sahip olmaya başlamıştır. Bunun başlıca nedenleri, atıkların ve atıkların depolandığı alanların genişlemesi ve çevresel koruma önlemlerinin arttırılmak istenmesidir.

Bu çalışmada, otomobil akümülatörlerinin geri dönüşümü ve bir kapalı tedarik zinciri kapsamında kabul toplama merkezlerinin açılması, geri kazanım tesisi ve yeni müşteri pazarlarının yerlerinin belirlenmesine yönelik kararlar verilecektir. Birer pil çeşidi olarak adlandırabileceğimiz aküler, kurşun ve asit karışımına sahip olan ve bu asit/kurşun karışımının nötralize edilerek ayrıştırılmasıyla geri dönüşümü sağlanabilen doğru akım kaynaklarıdır.

Genellikle araçlarda kullanılabilen akülerin bertaraf edilmesi uygulanacak metoda göre sorun oluşturabilir. Çünkü oluşacak olan toksik atıkların yer altı sularına karışma riskinin olması; ayrıca yakma sonrası oluşacak hava emisyonu ile zehirli gazların varlığı en güvenilir bertaraf şeklinin geri dönüşüm olduğu sonucunu karşımıza çıkarmaktadır.

Bir akü ve akü kesitinde yer alan parçaların gösterimi aşağıdaki şekilde anlatılmıştır.



Şekil 3.1. Akü kesitine ait parçalar (Uzun, 2012)

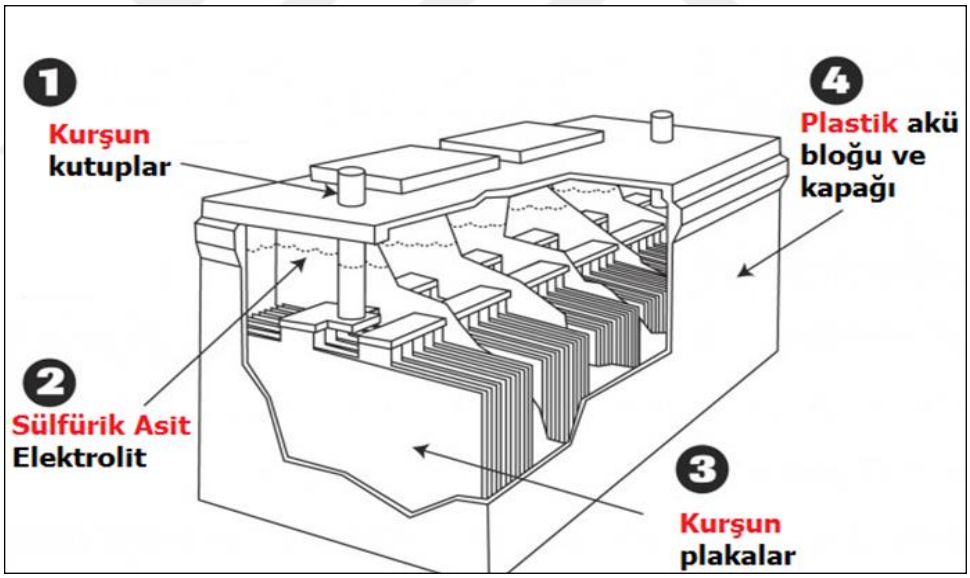
Aküler; kurşunlu aküler, gümüş-çinkolu aküler ve nikel-kadmiyumlu aküler olmak üzere çeşitlere ayrılmaktadır. Bu akülerle ilgili kısaca bilgi verecek olursak;

i) Kurşunlu aküler: Taşıtlarda en fazla kullanılan ve %5 oranında antimon içeren kurşun alaşımlı ızgaralara sahip akülerdir. Levhalar ise kurşun monoksit ve sülfirik asit ile sıvanmıştır.

ii) Gümüş-çinkolu aküler: Eksi elektrotu içerisinde bir miktar cıva katılmış saf çinko levhadan; artı elektrotu ise gümüş oksitle sıvalı bir perdeden oluşmuştur. Levhalar selüloz yapraklarla birbirinden ayrılmıştır.

iii) Nikel-kadmiyumlu aküler: Bu akü tipi daha çok radyo gibi taşınabilir aygıtlarda kullanılmaktadır. İçerisinde potasyum hidroksit çözeltisi bulunan bir elektrolit, nikel katot ve kadmiyumdan oluşan bir anot yer almaktadır.

Aküler, yukarıda yer aldığı şekilde sınıflandırılabildiği gibi; starter akümülatörler, ağır hizmet akümülatörleri ve marin akümülatörleri olarak da çeşitlendirilebilirler. Bu çalışmada, otomobil, minibüs, kamyonet, panelvan gibi araçlar için tasarlanmış olan starter akümülatörler ele alınacaktır. Bir starter aküde geri dönüştürülebilen malzemeler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

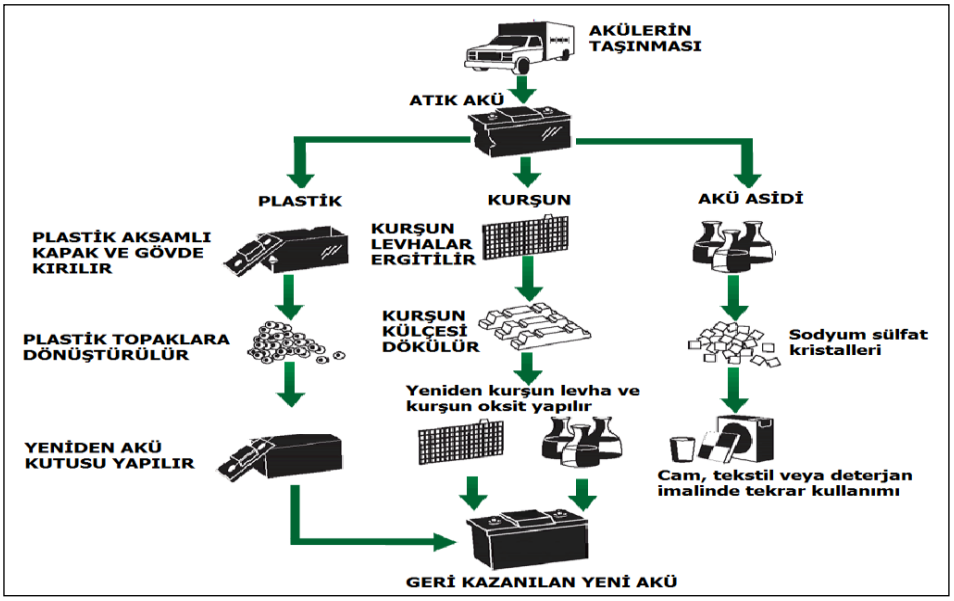


Şekil 3.2. Akülerde geri dönüştürülebilen malzemeler (Uzun, 2012)

Ülkemizde cevherden kurşun üretiminin olmaması ve çıkan kurşun cevherinin yurtdışında işlenerek ithal ediliyor olması nedeniyle kurşun eldesinde hurda akünün önemi büyüktür. Çünkü ülkemizde kurşun geri kazanım yoluyla elde edilir ve hammaddesi de hurda aküdür. Kurşun, ister hurda olsun ister külçe olsun ergitme ocağından eridiğinde maden olarak kendini yenileme özelliğine sahiptir ve geri dönüşümü sağlanabilen bir malzemedir.

Bir akü geri dönüşüm tesisinde yapılan işlemleri kısaca anlatacak olursak; ilk olarak istiflenmiş halde bulunan defolu, hurda veya kullanılmış aküler kapaklarından ayrılırlar. Kapak kısmı bant üzerine düşürülen akü, gövdesinde bulunan plakalarından ayrılır ve bu plakalar yıkanarak asitlerinden arındırılır. Asidinden arındırılan plakalar bir bant ile taşınarak ayrı bir kısımda stoklanır. En başta alınan kapak ve kutup başları çekiçli kırıcıya sevk edilerek küçük parçalara ayrılır. Sonrasında su ile tasnif edilen kutup başları, akü çamuru ve plastik kısımlar (plastik blok ve kapak) ayrı noktalarda biriktirilir. Kırma ünitesine ait bu çıktıların ergitme fırınına beslemesi yapılır. Kurşun içeren söz konusu ünite çıktılarına ilaveten kurşun rafinasyonunu sağlamak ve safsızlıkları ayırabilmek amacıyla soda (Na_2CO_3), demir talaşı (Fe), Silis (SiO_2), meşe kömürü (C) ve/veya kömür tozu (C), kireç (CaO) katkı maddeleriyle besleme işlemi yapılır. Ergitme fırınının bir çıktısı olan eriyik haldeki kurşun ön potaya alındıktan sonra kalıplara soğumak üzere dökülür. Elde edilen kurşun %99 saflıkta bloklar halindedir. Yapılan işlemler sonucunda elde edilen cüruf yeniden değerlendirme işlemi sonucunda çimento bağlayıcı maddesi olarak katılaştırmaya tabi tutularak malzemenin mukavemetinin arttırılmasında kullanılabilmektedir. Yine hava kirliliği ekipmanında kazanılan tozlar ise yurtdışı başta olmak üzere alıcılara yan ürün olarak satılmaktadır (Gönüllü ve ark., 2009).

Yukarıda bahsedilen akü içerisindeki kurşunun geri kazanımının ve kazanılan kurşun levhalar ile yeni bir akünün yapılışı genel hatları ile şema halinde gösterimi aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.3. Akümülatörlerin geri kazanım aşamaları (Uzun, 2012)

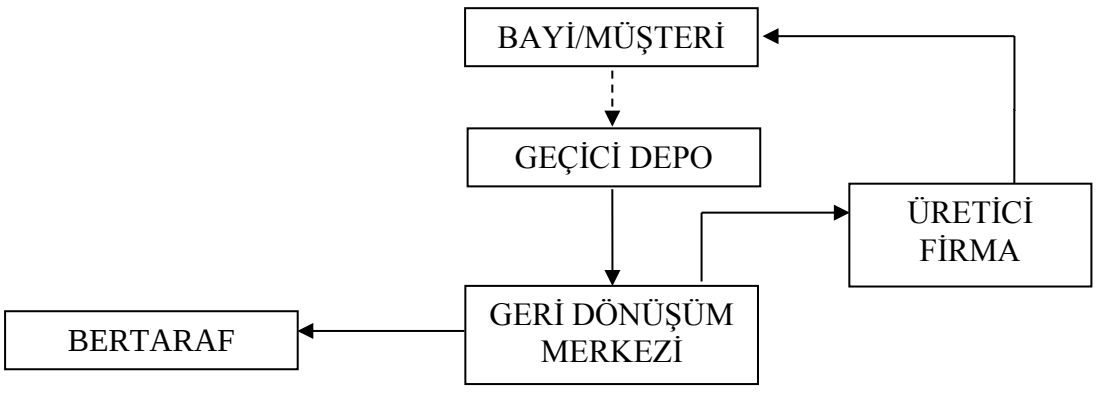
Akümülatör üretici firmalar, büyüklükleri her ne olursa olsun, hammadde kaynağı olan kurşunun korunmasına ve yeniden eldesine imkan tanımak için tersine lojistik faaliyetlerine odaklanmalıdır. Bunun başlıca iki nedeni, doğada bulunan kurşun cevherine duyulan ihtiyaç ve kullanılmış akülerde yer alan kurşunun insan sağlığına ve çevreye olan tahribatlarıdır (Baenas ve ark., 2011).

3.2. Akümülatör Geri Dönüşüm Ağına Yönelik Bilgiler

Çalışmada, ülkemizde kullanılmış akümülatörlerin geri kazanımını gerçekleştiren tesisler, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş AKÜDER derneğinden elde edilmiştir (Aküder, 2014). Kullanılmış akümülatörlerin geçici depolanmasına yönelik mevcut depolar ise yalnızca valilik lisansına sahip olanlar göz önünde bulundurularak Akümülatör ve Geri Kazanım Sanayicileri Derneği (TÜMAKÜDER)'nden alınmıştır (TümAküDer, 2014). Bununla birlikte 2014 Aralık sonu itibariyle ülkemizde bulunan motorlu taşıtların illere göre sayıları, kullanılacak akü miktarına ve talebine temel teşkil edecek olup; söz konusu veri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan elde edilmiştir (TÜİK, 2014).

Söz konusu geçici depolardan alınan ve geri kazanım tesislerine nakledilen kullanılmış akülerin taşınması T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nca lisanslandırılmış Atık Taşıma Lisanslı Firma ve Araçları tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu firmalar, adresleri ve taşıma lisansına sahip araç sayıları çizelgelerle özetlenmiştir. Çalışmada, belirli bir firmanın geri kazanım tesisi ve geçici depolaması yerine ülke genelindeki tüm depolar ile geri kazanım tesisleri değerlendirmeye alınmıştır.

Söz konusu tersine tedarik zinciri modeli aşağıda özetlenmiştir.



Şekil 3.4. Akümülatör geri kazanımına yönelik tersine tedarik zinciri modeli

3.2.1. Ülkemizdeki araç sayı dağılımlarının belirlenmesi

Çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2014 yılsonu ülkemizdeki motorlu taşıtlardan starter tipi akümülatör kullanımına uygun araçların (otomobil, minibüs, otobüs, kamyonet, kamyon) illere göre dağılım verisi ürün ve geri kazanım tahmini açısından dikkate alınmıştır. Bu bağlamda, en fazla motorlu taşıtın bulunduğu iller sıralanarak bölgelere göre dağılımları oluşturulmuştur.

Çizelge 3.1. Starter tip akümülatör kullanan araçların illere göre dağılımı (TÜİK, 2014)

İl	Toplam	Otomobil	Minibüs	Otobüs	Kamyonet	Kamyon
İstanbul	3.256.902	2.396.746	78.184	46.199	604.725	131.048
Ankara	1.543.798	1.193.377	22.962	17.114	238.772	71.573
İzmir	899.552	635.656	13.811	15.446	196.909	37.730
Antalya	612.123	412.358	12.966	10.267	155.218	21.314
Bursa	570.068	384.745	11.842	9.154	139.078	25.249
Konya	448.636	300.185	9.891	5.453	99.470	33.637
Adana	401.502	278.684	9.782	4.802	88.773	19.461
Mersin	352.989	222.536	7.380	5.487	87.346	30.240
Gaziantep	299.020	193.068	12.015	4.049	72.221	17.667
Kocaeli	285.945	186.985	7.553	7.166	62.745	21.496
Kayseri	277.791	198.947	5.763	4.332	52.873	15.876
Manisa	271.427	184.209	6.752	6.607	59.477	14.382
Hatay	259.136	171.410	11.524	3.309	53.494	19.399
Muğla	253.865	171.635	10.581	3.407	59.748	8.494
Balıkesir	249.413	171.552	5.531	3.917	57.050	11.363
Denizli	235.881	162.568	6.575	3.807	52.071	10.860
Aydın	226.959	151.424	9.481	2.991	55.152	7.911
Samsun	214.071	135.611	12.360	1.413	55.528	9.159
Eskişehir	192.938	139.055	3.335	2.636	38.087	9.825
Sakarya	176.363	118.934	5.102	3.412	38.777	10.138
Tekirdağ	172.950	116.733	4.876	4.692	37.249	9.400
K.Maraş	153.979	105.477	6.986	1.797	32.858	6.861
Trabzon	148.880	80.895	8.468	1.892	46.776	10.849
Ş.Urfa	144.320	91.571	8.212	1.287	28.045	15.205
Kütahya	129.461	93.628	3.867	1.899	23.204	6.863
Afyonkarahisar	117.773	75.184	4.376	1.673	27.589	8.951
Zonguldak	117.274	81.489	4.451	1.970	23.377	5.987
Malatya	110.617	72.863	4.248	1.407	27.409	4.690
Çanakkale	109.277	73.152	2.168	1.913	26.813	5.231
Ordu	104.900	59.163	10.527	685	29.239	5.286
Sivas	101.561	70.182	3.345	1.191	21.199	5.644
Çorum	99.333	71.877	2.642	1.133	18.371	5.310

Isparta	98.126	69.209	2.213	1.376	20.991	4.337
Tokat	96.715	65.634	3.991	1.282	21.545	4.263
Osmaniye	91.108	64.946	3.622	874	18.373	3.293
Diyarbakır	88.660	51.219	6.299	1.310	22.638	7.194
Elazığ	85.991	56.821	3.585	682	20.178	4.725
Erzurum	85.847	52.332	3.069	970	23.776	5.700
Edirne	82.666	57.113	1.711	1.852	17.864	4.126
Uşak	79.363	56.511	2.034	1.426	15.590	3.802
Kastamonu	77.486	54.439	2.731	1.071	14.233	5.012
Aksaray	73.529	51.532	1.311	1.402	13.620	5.664
Kırklareli	70.608	49.321	1.636	1.528	14.242	3.881
Bolu	69.214	47.359	1.380	1.019	13.958	5.498
Nevşehir	69.201	43.463	3.153	769	15.714	6.102
Düzce	69.084	46.253	2.164	1.643	14.368	4.656
Amasya	68.828	48.128	2.826	677	13.972	3.225
Giresun	68.572	33.910	7.242	367	22.865	4.188
Burdur	68.397	48.055	1.171	881	12.787	5.503
Van	64.898	27.135	7.587	592	22.648	6.936
Rize	62.862	27.212	3.283	692	26.325	5.350
Adıyaman	62.256	41.662	4.335	368	12.454	3.437
Yozgat	62.019	43.564	2.623	593	10.442	4.797
Niğde	59.054	36.644	1.714	943	14.243	5.510
Mardin	54.991	21.676	3.965	469	17.473	11.408
Kırıkkale	50.681	38.846	1.582	663	7.161	2.429
Karabük	50.028	36.425	1.782	592	8.257	2.972
Karaman	45.550	31.377	1.696	593	9.543	2.341
Yalova	44.039	28.601	1.680	1.063	10.835	1.860
Kırşehir	44.010	33.186	1.143	565	6.983	2.133
Bilecik	41.352	26.813	926	820	9.812	2.981
Sinop	39.145	27.292	1.995	309	7.642	1.907
Erzincan	36.458	23.620	1.609	439	9.049	1.741
Bartın	35.031	24.856	1.483	628	6.616	1.448
Batman	31.069	14.352	2.588	254	11.011	2.864
Artvin	29.298	12.662	2.037	321	11.108	3.170
Çankırı	28.649	18.887	747	473	6.738	1.804
Şırnak	26.153	3.831	1.672	148	6.403	14.099
Ağrı	22.780	10.144	2.564	336	7.428	2.308
Kars	21.728	10.746	1.701	366	7.040	1.875
Muş	18.693	8.418	1.356	200	6.930	1.789
Iğdır	16.413	6.120	1.254	356	5.068	3.615
Bitlis	16.295	7.377	1.415	134	5.582	1.787
Gümüşhane	15.694	8.416	1.122	185	4.630	1.341
Siirt	14.502	6.612	1.532	120	5.107	1.131
Kilis	14.182	9.218	921	162	2.968	913
Bingöl	12.918	6.243	1.165	233	4.266	1.011
Bayburt	8.705	5.270	551	113	2.202	569
Hakkari	7.842	2.094	1.326	73	2.794	1.555

Ardahan	6.960	3.281	798	44	2.365	472
Tunceli	5.716	2.869	670	95	1.644	438
Toplam	**14.932.070**	**10.303.593**	**438.516**	**214.578**	**3.179.124**	**796.259**

Çizelge 3.2. Starter tip akümülatör kullanan araçların bölgesel dağılımı

Bölge Adı	**Araç Sayısı**	**Yüzdesi**
Marmara Bölgesi	4.988.975	33,41%
İç Anadolu Bölgesi	3.068.025	20,55%
Ege Bölgesi	2.214.281	14,83%
Akdeniz Bölgesi	2.037.360	13,64%
Karadeniz Bölgesi	1.375.120	9,21%
G.Doğu Anadolu Bölgesi	735.153	4,92%
Doğu Anadolu Bölgesi	513.156	3,44%
Toplam	**14.932.070**	**%100**

3.2.2. Geçici depoların belirlenmesi

Ülkemizde, akümülatörlerin toplanması ve geri kazanım tesislerine sevkiyatı amacıyla oluşturulmuş ve bulunduğu ilde valilik iznine sahip depolar aşağıda tablo halinde gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Valilik izinli geçici depolara sahip işletmeler ve adresleri (TümAküDer, 2014)

Geçici Depoya Sahip İşletme	**Adres Bilgisi**
Akmet Kurşun ve Metal Akü San. Ve Tic. Ltd. Şti.	İvedik Hurdacılar Sit. A-10 Blok No:681 Yenimahalle - Ankara
Evciler Kimya Madencilik ve Değerli Met. San. Tic. Ltd. Şti.	Hurdacılar Sit. C-7 Blok No: 421 Yenimahalle-Ankara
Gökhan Akü San. Ve Tic. Ltd. Şti.	İvedik Hurdacılar Sitesi E-5 Blok No:644 Yenimahalle - Ankara
Eraslan Metal – Kasım Eraslan	Oto Sanayi Sitesi 6. Blok No:85 Yıldırım - Bursa
Mert Metal Geri Dönüşüm – Nizam Ünlü	Yiğitler M. Oto San. Sit. 9. Blok No:99-101 Yıldırım - Bursa
Akademi Çevre Danışmanlık Hiz. İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti.	Tepeören Orta M. Aktepe C. Aktepe San. Sit. No:2 Tuzla - İstanbul
Artı Eksi Enerji Çözümleri San ve Tic. A.Ş	Tatlısu M. Akdağ C. No:38/2 Ümraniye - İstanbul
Dora Akü Yenileme ve Bakım San. ve Tic. Ltd. Şti.	Hadımköy Yolu Gişeler Mevkii No:13 B.Çekmece - İstanbul
Emre Akü Metal Geri Dön. Nak. San. Ve Tic. Ltd. Şti	Yukarı Dudullu İmes Sanayi Sit. C Blok 301 Sok. No:110/b Alt Kat Ümraniye-İstanbul
Karaman Kardeşler Metal San. ve Tic. Ltd. Şti.	Selimpaşa Merkez M. Meydan Bulv. 6064 C. No:23 Silivri - İstanbul
Kudret Metal İzabe San. İşl. Ve Tic. A.Ş	Topçular C. No:42 Eyüp - İstanbul

Uğur Metal Her Nevi Mad. Hur. Kablo Kır. ve Geri. Dön. Hizm.	Ayazağa Köyü Hadımkoru Yolu No:47/2 Şişli - İstanbul
Anel Doğa Entegre Geri Dönüşüm Endüstri A.Ş	Mustafa Kemal Atatürk M. 29. S. No:5 Ulucak, Kemalpaşa - İzmir
Öz Denizcilik Ulaş. Gemi Sök. Tur. Demir Çelik Su Spor Atık Mad. San. Tic. A.Ş	Bağlararası Sanayi Sit. 40. Sok. No: 50 Eski Foça - İzmir
Anel Doğa Entegre Geri Dön. End. A.Ş.	Bağdat C. Uzay Çıkmazı Suadiye 41170 Kocaeli
Dora Akü Yenileme ve Bakım San. Ve Tic. Ltd. Şti.	Sanayi M. D-130 Yanyol C. No:205/2 B İzmit - Kocaeli
Has Metal Hurda - Fırat Kavaklı	Yeni Sanayi Sitesi Şeker Kısmı 21. S. N:30/Kayseri

Çizelge 3.4. Valilik izinli geçici depoların sayıları ve bölgesel dağılımları

Geçici Depo İli	**Sayısı**	**Bölge**	**Yüzdesel Oran**
İstanbul	6	Marmara Bölgesi	37,50%
Ankara	3	İç Anadolu Bölgesi	18,75%
Bursa	2	Marmara Bölgesi	12,50%
İzmir	2	Ege Bölgesi	12,50%
Kocaeli	2	Marmara Bölgesi	12,50%
Kayseri	1	İç Anadolu Bölgesi	6,25%
Toplam	16		100,00%

3.2.3. Geri kazanım tesislerinin belirlenmesi

Ülkemizde, mevcut akümülatörlerin geri kazanımını gerçekleştirerek yeniden kullanımına olanak sağlayan geri kazanım tesisleri ve bu tesislerin illere göre dağılımı aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir. Söz konusu geri kazanım tesislerinden geçici izne sahip olanlar uygulama kapsamına dahil edilmemiştir.

Çizelge 3.5. Lisanslı geri kazanım tesisi bilgileri (Aküder, 2014)

Firma Adı	**Firma Adresi**	**Atık Kodları**	**Atık Adı**	**Lisans No ve Tarihi**
Kudret Metal İzabe San. İşl. ve Tic.	Kümbet Akpınar Köyü Eskişehir Tel: 0222 593 80 92	16 06 01	Kurşun asit akümülatörler	Lisans No: APAKY-26-001 16.04.2012
Mutlu Akü ve Malzemeleri San. A.Ş.	Gediz Uşak Yolu 5.km. Gediz-Kütahya Tel: 0274 412 70 67/	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-43-001 08.06.2012
Akım Akü San. ve Tic. A.Ş.	Küsget B Blok 39 Nolu Cad. No:4 Şehitkamil/ Gaziantep Tel: 0342 235 05 71	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-27-001 08.07.2012

Efe Akümülatör San. ve Tic. Ltd. Şti.	Astim Organize Sanayi Bölgesi 4.Cad. No:52 Aydın Tel: 0256 231 04 85	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-09-001 08.07.2012
Çıldırlar Metal-Metalurji San. ve Tic. Ltd. Şti.	Merkez Yarımca Köyü Eskişehir Tel: 0222 423 20 34	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-26-002 11.09.2012
Bülbül Akü ve Malzemeleri San. ve Tic. Ltd. Şti.	Akdeniz Organize Sanayi Bölgesi Atatürk Bulvarı 1. Cad. Antalya Tel: 0242 258 10 67	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-07-001 11.09.2012
Köroğlu Kurşun	Küsget Sanayi Sitesi D Blok 23. Ada 42. Cad. No:41/C Şehitkamil/Gaziantep Tel: 0342 235 12 01	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-27-002 02.03.2013
Ulukök Kurşun Tic. ve San. Ltd. Şti.	Küsget D Blok 14. Ada 5. Tip 5. Blok No:6 Şehitkamil/Gaziantep Tel: 0342 235 05 70	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	LisansNo: APAKY-27-003 28.08.2012
Ak Metal San. ve Tic. Ltd. Şti.	Organize Sanayi Bölgesi 11 Cad. No:13 Tarsus/Mersin Tel: 0324 676 44 30-32	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-33-001 24.11.2012
Aslan Avcı Döküm San. ve Tic. A.Ş.	Akçay Caddesi No: 8 Gaziemir / İzmir Tel: 0232 237 08 30	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-35-001 25.03.2013
Çanakçı Kardeşler Pet. Ürünleri Tarım Ürn. ve Tek. Mal Tic. San. Ltd. Şti.	Emirgazi İlçesi Akmescit Mahallesi Belkaya Caddesi Konya Tel: 0332 747 20 39	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-42-001 22.10.2012
Hadde Metal San. ve Tic. Ltd. Şti.	Alirıza Bey Bulvarı Yeni Mah. No:81 Samsun	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-55-002 01.03.2013
Çevko Hurda Akü Eritme Sistemleri Ltd. Şti.	Kırıkkale Organize Sanayi Bölgesi 2. Sokak Yahşihan – Kırıkkale Tel: 0318 321 31 60	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-71-001 24.05.2013
Ekor Kurşun Metal Plastik San. ve Tic. Ltd.Şti.	Küçük Sanayi Sitesi D Bölgesi 42 Nolu Cd.No:4 Gazıantep	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-27-004 21.10.2013
Kursan Metal Nak. San. ve Ticaret Ltd.Şti.	Ankara Yolu 9. Km Niğde Bor Karma Organize Sanayi Bölgesi Bor-Niğde	16 06 01	Kurşun asit akümülatör	Lisans No: APAKY-51-001 01.09.2013

Geri kazanım tesislerinin iller ve illerin bulunduğu Bölgeler bazında sayıları aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir.

Çizelge 3.6. Lisanslı geri kazanım tesislerin il/bölge dağılımları

Geri Kazanım Tesisinin Bulunduğu İl	**Tesis Sayısı**	**Bölgesi**
Eskişehir	2	İç Anadolu Bölgesi
Kütahya	1	Ege Bölgesi
Gaziantep	4	G.Doğu Anadolu Bölgesi
Aydın	1	Ege Bölgesi
Antalya	1	Akdeniz Bölgesi
Mersin	1	Akdeniz Bölgesi
İzmir	1	Ege Bölgesi
Konya	1	İç Anadolu Bölgesi
Samsun	1	Karadeniz Bölgesi
Kırıkkale	1	İç Anadolu Bölgesi
Niğde	1	İç Anadolu Bölgesi
Toplam	15	-

Geri kazanım tesislerinin bölgeler bazında özeti ise aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Çizelge 3.7. Lisanslı geri kazanım tesislerinin bölgesel dağılımı

Geri Kazanım Tesisinin Bulunduğu Bölge	**Tesis Sayısı**	**Yüzdesel Oranı**
İç Anadolu Bölgesi	5	%33,33
G.Doğu Anadolu Bölgesi	4	%26,67
Ege Bölgesi	3	%20,00
Akdeniz Bölgesi	2	%13,33
Karadeniz Bölgesi	1	6,67
Toplam	15	100,00%

3.3. Mevcut Sistem Öğelerinin Gösterilmesi

Ülkemizde, akümülatörden kurşun ve yeniden akü eldesine yönelik mevcut durumu gösterecek şekilde geçici depo, taşıma araçları, geri kazanım tesisleri ve üretim tesisleri haritalar üzerinden gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Geçici depoların illere göre dağılımı



Şekil 3.6. Geri kazanım tesislerinin illere göre dağılımı



Şekil 3.7. Üretim tesislerinin illere göre dağılımı

Haritalarda gösterilen geçici depo, geri kazanım tesisleri ile üretim tesislerinin yerleri taşıma lisanslı araçlarla yapılacak olan ürün sevkiyatındaki taşıma maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılacaktır. Benzer şekilde yeniden kazanımı elde edilen akülerin ikincil pazara satış işlemi için de taşıma maliyeti TÜİK verilerine göre araç yoğunluğunun olduğu bölgelere göre mesafe bazlı farklılık gösterecektir.

3.4. Modelin Genel Varsayımları

Çalışmada, oluşturulan model farklı senaryolar altında çalıştırılacak olmakla birlikte; kurulan geri dönüşüm ağına yönelik tüm senaryolarda geçerli genel varsayımlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Modelin, senaryolara göre çalıştırılması esnasında aşağıda belirtilen varsayımlara ilaveten sistemi açıklayıcı detay bilgiler her senaryo için ilgili senaryoya ait bölümde ilave edilmiş ve açıklanmıştır.

i) Atık veya kullanım ömrünü tamamlamış akülerin toplanması sırasında son kullanıcıya yeni akü tesliminde bir ücret ödemesi yoktur.
ii) Ülkemiz, akümülatör üretimi bakımından dışarıya ürün gönderiminde bulunabilen bir üretici ağına sahiptir. Ancak bu çalışmada geri kazanımı sağlanmış ürünlerin sadece yurtiçi ikincil pazara yeniden satışı esas alınmıştır.
iii) Çalışmada, perakende akü satışı yapan bayiler atık aküyü APAK Yönetmeliği'nin 18. maddesine göre valilikten depolama izni almış geçici depolara teslim etmektedir.
iv) Çalışmada, geri kazanımı tamamlanarak yeniden pazara çıkacak olan ürüne yönelik talep her bölgedeki araç yoğunluğuna bağlı olarak belirlenecektir. Geri kazanılmış aküler, söz konusu illerde bulunan bayilere dağıtılmaktadır.
v) Ülkemizde 2005 yılı itibariyle atık aküler kayıt altına alınmakla beraber, atık akülerin geri kazanımından her zaman yeniden akü eldesi gerçekleşmemektedir. Günümüzde hurda aküden veya yurtdışında işlenerek ithal edilmesi yoluyla elde edilen kurşun cevherinden, inşaat sektöründe, pil, mermi, cami kubbelerinin yapımı, çatı yalıtımı, röntgen odalarının duvar kaplamalarında, kristal cam üretiminde ve ses yalıtımında yararlanılmaktadır. Ancak kurşun cevherinin ülkemizde ve dünyada en fazla kullanıldıkları alan akümülatör üretimidir. Çalışmada, atık akülerin belirli bir yüzdesinin geri kazanımı yapılarak yeniden akü üretileceği üzerinde durulmuştur. Toplanan akülerin önemli bir yüzdesi

ülkemizde saf kurşun eldesinde kullanılmakta ve böylece külçe halinde kurşun elde edilmektedir. Atık aküden yeniden akü eldesinde geri dönüşü olan akülerin %75'inden yeniden akü elde edileceği varsayımında bulunulmuştur.

vi) Çalışmada, geçici depolarda 90 gün ve üzerinde saklanan akülerden geri kazanım elde edilememekte ve bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, geçici depolarda bulunan kullanılmış akülerin belirli bir kısmının bertaraf edilmesi gereken miktar olarak belirlenmesi uygun bulunmuştur. Bertaraf edilmesi gereken aküler, taşıma lisanslı araçlar ile geri kazanım tesisi bünyesindeki bertaraf tesisine getirilerek imha edilecektir.

vii) Çalışmada, geri kazanım tesislerinden ülkemizin starter akümülatör üretiminin yaklaşık %95'ini gerçekleştiren üç büyük akü üretici firmasına sevkiyatlar gerçekleştirilecektir. Bu firmaların üretim gerçekleştiren tesislerinin yerleri İstanbul, Kütahya, Manisa ve Ankara'dır. Yapılan araştırmada, ülkemizde faaliyet gösteren geri kazanım tesislerinin büyük bir kısmının da bahsi geçen üretici firmaların iştiraki veya bağlı kuruluşu olduğu ve yaptıkları üretimin çıktısını da üretici firmalara sevk ettiği öğrenilmiştir.

viii) Geri kazanım tesisinden elde edilen külçe kurşunların stoklanması, işleme tabi tutulması, yeni ürünün üretilmesi, barkodlanması, ambalajlanması ve ikincil pazarlara sevkiyatı ana üreticiye ait üretim tesislerinde yapılmaktadır.

ix) Çalışmada amaç, geri kazanım tesislerinden elde edilen hammaddenin arttırılması, böylelikle kontamine atık miktarının aşağı çekilmesi ve karın arttırılması olduğu için sistem bir bütün olarak ele alınmış ve marka/kalite ayırımına gidilmeyerek tüm akülerin aynı kalitede üretildiği ve eşit olduğu düşünülmüştür.

x) Çalışmada, geri kazanım tesislerinde kırma-yıkama-ayırma işlemlerine tabi tutulan atık akü plastik aksam, toplam akümülatör ağırlığının yaklaşık %5'ini oluşturmaktadır ve geçici depolama sonrası üretici firmaya ait tesislerde geri dönüşümle yeniden akü kutusu yapılacaktır. Böylece geri kazanım tesisinin üretim çıktısı, külçe kurşun ile kırılarak topak haline getirilmiş ve nötralizasyon arıtma işlemi sonrası temizlenmiş plastik aksam olacaktır. Ancak, kazanım tesislerinin asıl amacının külçe kurşun eldesi olması nedeniyle ve yeniden kazanıma alınacak kurşunun eldesinde plastik aksamın ayrılarak kırılmasının bir zorunluluk olmasından ötürü bu durum çalışma içerisine katılmamıştır.

xi) Modelde, Türkiye'nin üç büyük akü üreticisi firmasının 2011, 2012, 2013 ve 2014 yılı yurtiçi satışları dikkate alınarak bu akülerin belirli bir yüzdesinin geri kazanımı ile yeniden akü üretilerek pazara sunulması planlanmıştır. Geçici depoların kapasiteleri ve geri kazanım tesislerine gönderecekleri atık akü miktarı o deponun yerleşkesinin ve bulunduğu bölgedeki araç sayısının yoğunluğuna bağlı olarak belirlenmiştir.

xii) Yapılan çalışma, atık halde bulunan bir ürünün geri kazanımının sağlanarak yeniden son kullanıcıya sunulmasını amaçlaması nedeniyle elde edilen kurşun cevherinin diğer sektörlerde olan kullanımı ve bu cevherin piyasaya sürülmesinden kaynaklı gelir eldesi, taşıma ve işleme maliyetleri çalışma içerisinde yer almamaktadır.

xiii) Kurulan model, farklı senaryolar altında çalıştırılacak olması nedeniyle geçici depoların sayısı ve yerleri, geri kazanım tesislerinin yerleri ve taşıma maliyetleri ile geri kazanım oranları değişkenlik gösterebilecektir.

3.4.1. Modelin kurulması

3.4.1.1 İndisler

$n =$ Kullanılmış ürün için toplama noktaları

$i =$ Geçici depo noktaları

$j =$ Geri kazanım tesisi noktaları

$k =$ Bertaraf tesisi noktaları

$p =$ Geri kazanılmış akü için bayi/müşteri satış noktaları

$l =$ Üretim tesisi noktaları

3.4.1.2 Sabitler

$AO =$ Geçici depodan geri kazanım tesisine giden akü oranı ($AO = \%75$)

$BKO =$ Geri kazanıma girmeyerek bertaraf edilmesi gereken ve kurşun eldesinde sürece alınmayan akü oranı

$KO =$ Geri kazanım tesisine gelen akü miktarının içerisindeki geri kazanım tesisinden elde edilecek kurşunun oranı ($KO = \%59{,}5$)

$btm =$ Kullanılmış ürün, kurşun cevheri ve bitmiş ürünün birim taşıma maliyeti (₺/km)

$abm =$ Kullanılmış akü bertaraf maliyeti (₺/ton)

$uim =$ Kullanılmış üründen kurşun eldesi için işleme maliyeti (Demontaj maliyeti dahildir) (₺/ton)

$smg_j = j$. geri kazanım tesisi sabit maliyeti (₺)

$smb_k = k$. bertaraf tesisi sabit maliyeti (₺)

$smd_i = i$. geçici depo sabit maliyeti (₺)

$kmd_i = i$. yeni geçici depo kurulum maliyeti (₺)

$bsf =$ Yeni üretilmiş ürünün birim satış fiyatı (₺/ton)

$smf_l = l$. üretim tesisi sabit maliyeti (₺)

$aum =$ Kurşun cevherinden yeni akü üretim maliyeti (₺/ton)

3.4.1.3 Parametreler

$BN_n = n$. bayi noktasındaki kullanılmış akü miktarı (ton/yıl)

$FK_l = l$. üretim tesisinin üretim kapasitesi (ton/yıl)

$BTK_k = k$. bertaraf tesisinin kapasitesi (ton/yıl)

$PT_p = p$. müşteri/bayi noktasının toplam ürün talebi (ton/yıl)

$GDK_i = i$. geçici depo kapasitesi (ton/yıl)

$GKTK_j = j$. geri kazanım tesisinin kapasitesi (ton/yıl)

$MGDGK_{ij} = i$. geçici depodan j. geri kazanım tesisine olan mesafe (km)

$MGKBT_{jk} = j$. geri kazanım tesisinden k. bertaraf tesisine olan mesafe (km)

$MGKF_{jl} = j$. geri kazanım tesisinden l. üretim tesisi noktasına olan mesafe (km)

$MFPN_{lp} = l$. üretim tesisi noktasından p. bayi noktasına olan mesafe (km)

3.4.1.4 Karar değişkenleri

$Q1_{ni} = n$. bayi toplama noktasından i. geçici depoya gelen kullanılmış ürün (ton/yıl)

$Q2_{ij} = i$. geçici depodan j. geri kazanım tesisine giden ürün miktarı (ton/yıl)

$Q3_{jl} = j$. geri kazanım tesisinden l. üretim tesisine giden ürün miktarı (ton/yıl)

$Q4_{lp} = l$. üretim tesisinden p. bayi/müşteri noktasındaki müşteriler için bayilere gönderilen yeniden üretilmiş ürün miktarı (ton/yıl)

$Q32_{jk} = j$. geri kazanım tesisinden k. bertaraf tesisine giden ürün miktarı (ton/yıl)

a_i= i. geçici depo olma/olmama durumu (1/0)

$b_j = j$. geri kazanım tesisi olup/olmama durumu (1/0)

$c_l = l$. üretim tesisinin olup/olmama durumu (1/0)

$d_k = k$. bertaraf tesisinin olup/olmama durumu (1/0)

$e_i = i$. yeni geçici depo açma/açmama durumu (1/0)

3.4.1.5 Kısıtlar

1- $\sum_i Q1_{ni} \leq BN_n$ (3.1)

2- $AO \times \sum_n Q1_{ni} - \sum_j Q2_{ij} = 0 \ \forall i \in I$ (3.2)

3- $KO \times (1 - BKO) \times \sum_i Q2_{ij} - \sum_l Q3_{jl} = 0 \ \forall j \in J$ (3.3)

4- $BKO \times \sum_i Q2_{ij} - \sum_k Q32_{jk} = 0 \ \forall j \in J$ (3.4)

5- $\frac{1}{KO} \times \sum_i Q3_{jl} - \sum_p Q4_{lp} = 0 \ \forall l \in L$ (3.5)

6- $\sum_n Q1_{ni} \leq M \times a_i \ \forall i \in I$ (3.6)

7- $\sum_i Q2_{ij} \leq M \times b_j \forall j \in J$ (3.7)

8- $\sum_i Q3_{jl} \leq M \times c_l \ \forall l \in L$ (3.8)

9- $\sum_j Q32_{jk} \leq M \times d_k \ \forall k \in K$ (3.9)

10- $\sum_n Q1_{ni} \leq M \times e_i \ \forall i \in I$ (3.10)

11- $\sum_l Q4_{lp} \leq PT_p \ \forall p \in P$ (3.11)

3.4.1.6 Kapasite kısıtları

12- $\sum_n Q1_{ni} \leq GDK_i \times a_i \ \forall i \in I$ (3.12)

13- $\sum_i Q2_{ij} \leq GKTK_j \times b_j \ \forall j \in J$ (3.13)

14- $\sum_j Q3_{jl} \leq FK_l \times c_l \ \forall l \in L$ (3.14)

15- $\sum_j Q32_{jk} \leq BTK_k \times d_k \ \forall k \in K$ (3.15)

16- $\sum_i a_i = 1 \ \forall i \in I$ (3.16)

3.4.1.7 İkili değişken kısıtları

17- $a_i, b_j, c_l, d_k, e_i \in (0,1)$ (3.17)

3.4.1.8. Negatifsizlik kısıtları

18- $BN_n, FK_l, BTK_k, PT_p, GDK_i, GKTK_j, MGDGK_{ij}, MGKBT_{jk}, MGKF_{jl}, MFPN_{lp}, Q1_{ni}, Q2_{ij}, Q3_{jl}, Q4_{lp}, Q32_{jk} \geq 0$ (3.18)

3.4.1.9. Kısıtların açıklamaları

1- n bayi noktasından tüm i geçici depolarına giden kullanılmış ürün miktarının n bayi noktasındaki ürün miktarına denkliğini göstermektedir.
2- Geçici depo noktasından geri kazanım tesisine ürünlerin 4'te 3'ü gider.
3- Geri kazanım tesisinden üretim tesisine giden ürünün dengesini göstermektedir.
4- Geri kazanım tesisinden bertaraf noktalarına giden ürünün dengesini göstermektedir.
5- Bayi/müşteri noktalarına gönderilen ürün ile üretim tesisinden çıkan ürün arasındaki dengeyi göstermektedir.
6- Maliyet hesaplamasında geçici depo kullanıldı ise sistem 1 değerini almalıdır. (*M* büyük bir sayı olup; değeri 100.000 olarak alınmıştır.)
7- Maliyet hesaplamasında geri kazanım tesisi kullanıldı ise sistem 1 değerini almalıdır. (*M* büyük bir sayı olup; değeri 100.000 olarak alınmıştır.)
8- Maliyet hesaplamasında üretim tesisi kullanıldı ise sistem 1 değerini almalıdır. (*M* büyük bir sayı olup; değeri 100.000 olarak alınmıştır.)
9- Maliyet hesaplamasında bertaraf tesisi kullanıldı ise sistem 1 değerini almalıdır. (*M* büyük bir sayı olup; değeri 100.000 olarak alınmıştır.)
10- Maliyet hesaplamasında geçici depo açıldı ise sistem 1 değerini almalıdır. (*M* büyük bir sayı olup; değeri 100.000 olarak alınmıştır.)
11- Üretim tesisinden bayi/müşteri gönderilen ürün miktarı talebi geçemez.
12- Geçici depo kapasite kısıtı eşitliğidir.
13- Geri kazanım tesisi kapasite kısıtı eşitliğidir.
14- Bertaraf tesisi kapasite kısıtı eşitliğidir.
15- Üretim tesisi kapasite kısıtı eşitliğidir.
16- Kurulum yapılmamış ilk 16 deponun değeri 1'e eşitlenerek kurulum maliyeti oluşturulmamalıdır.

17- Geçici depo, geri kazanım tesisi, üretim tesisi, bertaraf tesisi ve yeni geçici depo olması/olmaması durumundaki değerlerdir.
18- Parametrelerin ve karar değişkenlerinin negatifsizliğini gösteren kısıttır.

3.4.1.10. Amaç fonksiyonu

Çalışmada amaç; karı en büyüklemektir. Bu nedenle yeni akü geri kazanımı için kullanılmış akü miktarının geri dönüş oranını, geçici depo sayısı ve lokasyonunu, geri kazanım tesisi ile üretici tesislerin lokasyonunu değişik senaryolar altında değiştirerek sistem çalıştırılacak ve maliyeti düşürerek kar en büyüklenmek istenecektir. Tüm senaryolar için aynı amaç fonksiyonu kullanılacaktır.

$$Max\ Z = \sum_l \sum_p Q4_{lp} \times bsf - \{(\sum_j \sum_l Q3_{jl} \times aum) + (\sum_i \sum_j Q2_{ij} \times MGDGK_{ij} \times btm) + (\sum_j \sum_k Q32_{jk} \times MGKBT_{jk} \times btm) + (\sum_j \sum_l Q3_{jl} \times MGKF_{jl} \times btm) + (\sum_l \sum_p Q4_{lp} \times MFPN_{lp} \times btm) + (\sum_i \sum_j Q2_{ij} \times (1 - BKO) \times uim) + (\sum_j \sum_k Q32_{jk} \times abm) + (\sum_j smg_j \times b_j) + (\sum_k smb_k \times d_k) + (\sum_l smf_l \times c_l) + (\sum_i smd_i \times a_i) + (\sum_i kmd_i \times e_i)\}$$

3.5. Modelde Uygulanacak Senaryolar

Modelde uygulanacak senaryolar; mevcut durumun incelenmesi, geçici depolar kurulması ve geçici depoların, geri kazanım tesislerinin ve üretici fabrikaların konumlarının değiştirilmesinin sistem karını nasıl etkileyeceğidir. Her bir senaryo sistemde ayrı ayrı uygulanacak ve tüm senaryoların ortaya çıkardığı sonuçlar değerlendirilecektir.

3.5.1. Senaryo-1 mevcut durumun incelenmesi

Var olan durumda mevcut geçici depo, geri kazanım tesisleri ve taşıma lisanslı araçlar düşünülerek oluşan maliyetlere karşılık sistem karı hesaplanacaktır. Modelin varsayımlarında belirtildiği üzere, Türkiye'nin üç büyük akümülatör üretici firmasının 2011, 2012, 2013 ve 2014 yıllarında yurtiçi pazarındaki satış sayısının ortalaması alınmıştır. Söz konusu yıllarda ortalama piyasaya sürülen toplam akü sayısının %87'si

kadar geri dönüş alındığı ve bu orana karşılık gelen sayının akümülatör üretimi için geri kazanım tesislerine %75 oranında getirileceği düşünülecektir. Oluşturulan modelin genel varsayımlarına ilaveten senaryoyu anlatan ek varsayımlar aşağıdaki gibidir.

i) Modele konu akümülatörlerin ortalama ağırlıkları 16 kg. olarak değerlendirilecektir.
ii) Her bir ilden geçici depo ve devamında geri kazanım tesisine gelen akümülatörlerin ton üzerinden değerlendirilmesi nedeniyle toplam hasılat, üretilecek ürün adetinin ton ağırlığına karşılık gelen satış fiyatıdır. İllerden gelen miktarlar, ilin bulunduğu bölgenin gelişmişlik düzeyine ve geçici deponun o bölgede bulunup bulunmamasına göre değişkenlik gösterecektir.
iii) Geri kazanım sonucu üretilen yeni ürünler tüm illere gönderilecek olup; illerden gelen talebin üretici firmaların 2014 yılı yurtiçi satışları toplamının illerdeki araç sayıları toplamına oranlanması sonucu çıkan rakamlar olacağı varsayılmıştır. Toplam talebin arzı karşılamadığı durumda talep, geri kazanım sağlanmadan yapılacak üretimle karşılanacaktır. Ancak, yapılan çalışma geri kazanımlı ürünle elde edilen geliri ortaya koyma amaçlı olduğu için bu duruma yer verilmemiştir.
iv) Geçici depo sayıları ve yerleri mevcut durum için değerlendirilmiştir. Kapasiteleri ise bulundukları bölgedeki araç yoğunluğunun yüzdesiyle orantılı olarak tayin edilmiştir.
v) Taşıma lisanslı araç sayısı ve kapasitesi eşit olarak dikkate alınmıştır.
vi) Geri kazanım tesislerinden külçe kurşun olarak çıkan nihai ürünün akü üretici firmalarda şeritler halinde kesilerek kurşun plakalar haline getirileceği ve söz konusu plakaların akü ağırlığının %59,5'ini oluşturacağı tahmin edilmektedir. Böylece, her bir ton külçe kurşundan 105 adet yeni ürünün kurşun ihtiyacı karşılanacaktır.

3.5.1.1. Yurtiçi satış bilgileri

Ülkemizdeki en büyük akümülatör üreticisi 3 firmanın 2011, 2012, 2013 ve 2014 yıllarına ait satışları ve dört yıla ait satış ortalaması aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.8. Akümülatör üretici firmaların yurtiçi satışları

Üretici Firma	2011 Yılı Satış Adeti	2012 Yılı Satış Adeti	2013 Yılı Satış Adeti	2014 Yılı Satış Adeti	Ortalama Satış Adeti
A Firması	1.996.475	2.553.038	3.035.895	3.260.776	2.711.546
B Firması	595.631	863.233	1.358.928	1.459.589	1.069.345
C Firması	926.389	1.227.981	1.873.967	2.012.780	1.510.279
Toplam	**3.518.495**	**4.644.251**	**6.268.790**	**6.733.145**	**5.291.170**

3.5.1.2. Geçici depoların kapasiteleri ve maliyetlerinin belirlenmesi

Mevcut geçici depoların yerleri, alanları, sayıları ve kapasiteleri aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Bir starter tip akümülatörün boyutları; 280 mm./180 mm./180 mm., ağırlığı 16 kg. ve depoda en fazla üst üste üçer adet dizilecek şekilde varsayılarak aşağıdaki kapasite değerlerine ulaşılmıştır. Lisanslı taşıma aracının sayısı ve konumları nedeniyle kapasite haftalık ve yıllık olarak belirtilmiştir.

Çizelge 3.9. Geçici depolara ait kapasite bilgileri

Depo Yeri	Alanı (m^2)	Haftalık Kapasite (ton)	Sayısı	Yıllık Kapasite (ton)	Konumu
İstanbul	115	109	6	34.008	Batı
İzmir	115	109	2	11.336	Batı
Bursa	95	90	2	9.360	Batı
Kocaeli	70	66,5	2	6.916	Batı
Ankara	95	90	3	14.040	Orta
Kayseri	70	66,5	1	3.458	Orta
Toplam	**560**	**531**	**16**	**79.118**	**-**

Geçici depolar, mevcut sistemde firma mülkiyeti içerisindedir. Aşağıda yer alan çizelgelerde mevcut bir deponun konumuna göre maliyet kalemleri ve yıllık toplam sabit maliyet rakamları gösterilmiştir.

Çizelge 3.10. Geçici depoların maliyet kalemleri ve miktarları

Maliyet Kalemi	**Batı**	**Orta**	**Doğu**
Yönetici sayısı	1	1	-
Güvenlikçi sayısı	1	1	-
İşçi sayısı	3	2	-
Forklift sayısı	2	1	-
Donanım (IT) sayısı	2	1	-
Kantar sayısı	1	1	-

Çizelge 3.11. Geçici depoların senelik maliyet bilgileri

Geçici Depo Maliyetleri	**Batı (TL)**	**Orta (TL)**	**Doğu (TL)**
Depo sayısı	12	4	-
Yönetim gideri	230.400	62.400	-
Personel gideri	489.600	122.400	-
Donanım ve ekipman gideri	22.800	4.800	-
Sabit enerji gideri	44.400	12.800	-
Sabit ofis gideri	14.400	3.200	-
Toplam	801.600	205.600	-

Donanım ve ekipman giderleri için halihazırda mevcut bulunan bilgisayar, forklift ve kantarlara yönelik yıl içerisinde bakım ve parça değişimi olabileceği düşünülerek bu duruma ilişkin bir maliyet öngörülmüştür.

3.5.1.3. Kullanılmış ürün geri dönüşlerinin belirlenmesi

İllerdeki toplam araç sayısına bağlı olarak akü üretici firmaların son dört yıl içerisindeki satış ortalaması ve bölgelerin gelişmişlik düzeyleriyle geçici depo bulunup bulunmaması şartları altında geçici depolara gelen ve geçici depolardan geri kazanım tesislerine gönderilen atık akü miktarı aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. İllerin araç sayıları, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2014 yılsonu verilerine göre elde edilmiştir (TÜİK, 2014).

Çizelge 3.12. İllerin ürün dönüş yüzdeleri ve toplanan atık miktarları

İl	Toplam Araç Sayısı	Bölge	Ürün Dönüş Yüzdesi	Geçici Depolara Gelen Kullanılmış Ürün Miktarı (Ton)	Geri Kazanım Tesisine Gelen Akü Miktarı (Ton)
İstanbul	3.256.902	Marmara	95%	17.542	13.157
Ankara	1.543.798	İç Anadolu	85%	7.440	5.580
İzmir	899.552	Ege	90%	4.590	3.443
Bursa	570.068	Marmara	95%	3.070	2.303
Antalya	612.123	Akdeniz	85%	2.950	2.212
Konya	448.636	İç Anadolu	85%	2.162	1.622
Adana	401.502	Akdeniz	85%	1.935	1.451
Mersin	352.989	Akdeniz	85%	1.701	1.276
Kocaeli	285.945	Marmara	95%	1.540	1.155
Manisa	271.427	Ege	90%	1.385	1.039
Balıkesir	249.413	Marmara	95%	1.343	1.008
Kayseri	277.791	İç Anadolu	85%	1.339	1.004
Muğla	253.865	Ege	90%	1.295	972
Hatay	259.136	Akdeniz	85%	1.249	937
Denizli	235.881	Ege	90%	1.204	903
Aydın	226.959	Ege	90%	1.158	869
Gaziantep	299.020	G.Doğu Anadolu	65%	1.102	826
Sakarya	176.363	Marmara	95%	950	712
Tekirdağ	172.950	Marmara	95%	932	699
Eskişehir	192.938	İç Anadolu	85%	930	697
Samsun	214.071	Karadeniz	75%	910	683
K.Maraş	153.979	Akdeniz	85%	742	557
Kütahya	129.461	Ege	90%	661	495
Trabzon	148.880	Karadeniz	75%	633	475
Afyonkarahisar	117.773	Ege	90%	601	451
Çanakkale	109.277	Marmara	95%	589	441
Ş.Urfa	144.320	G.Doğu Anadolu	65%	532	399
Zonguldak	117.274	Karadeniz	75%	499	374
Sivas	101.561	İç Anadolu	85%	489	367
Isparta	98.126	Akdeniz	85%	473	355
Ordu	104.900	Karadeniz	75%	446	335
Edirne	82.666	Marmara	95%	445	334
Osmaniye	91.108	Akdeniz	85%	439	329
Çorum	99.333	Karadeniz	75%	422	317
Tokat	96.715	Karadeniz	75%	411	308
Uşak	79.363	Ege	90%	405	304
Malatya	110.617	Doğu Anadolu	60%	376	282
Aksaray	73.529	İç Anadolu	85%	354	266
Kırklareli	70.608	İç Anadolu	85%	340	255
Nevşehir	69.201	İç Anadolu	85%	333	250
Kastamonu	77.486	Karadeniz	75%	329	247

Burdur	68.397	Akdeniz	85%	330	247
Diyarbakır	88.660	G.Doğu Anadolu	65%	327	245
Yozgat	62.019	İç Anadolu	85%	299	224
Bolu	69.214	Karadeniz	75%	294	221
Düzce	69.084	Karadeniz	75%	294	220
Amasya	68.828	Karadeniz	75%	293	220
Elazığ	85.991	Doğu Anadolu	60%	293	219
Erzurum	85.847	Doğu Anadolu	60%	292	219
Giresun	68.572	Karadeniz	75%	292	219
Niğde	59.054	İç Anadolu	85%	285	213
Rize	62.862	Karadeniz	75%	267	200
Kırıkkale	50.681	İç Anadolu	85%	244	183
Yalova	44.039	Marmara	95%	237	178
Adıyaman	62.256	G.Doğu Anadolu	65%	229	172
Bilecik	41.352	Marmara	95%	223	167
Van	64.898	Doğu Anadolu	60%	221	166
Karaman	45.550	İç Anadolu	85%	220	165
Karabük	50.028	Karadeniz	75%	213	160
Kırşehir	44.010	İç Anadolu	85%	212	159
Mardin	54.991	G.Doğu Anadolu	65%	203	152
Sinop	39.145	Karadeniz	75%	166	125
Bartın	35.031	Karadeniz	75%	149	112
Çankırı	28.649	İç Anadolu	85%	138	104
Erzincan	36.458	Doğu Anadolu	60%	124	93
Artvin	29.298	Karadeniz	75%	125	93
Batman	31.069	G.Doğu Anadolu	65%	114	86
Şırnak	26.153	G.Doğu Anadolu	65%	96	72
Ağrı	22.780	Doğu Anadolu	60%	77	58
Kars	21.728	Doğu Anadolu	60%	74	55
Gümüşhane	15.694	Karadeniz	75%	67	50
Muş	18.693	Doğu Anadolu	60%	64	48
Iğdır	16.413	Doğu Anadolu	60%	56	42
Bitlis	16.295	Doğu Anadolu	60%	55	42
Siirt	14.502	G.Doğu Anadolu	65%	53	40
Kilis	14.182	G.Doğu Anadolu	65%	52	39
Bingöl	12.918	Doğu Anadolu	60%	44	33
Bayburt	8.705	Karadeniz	75%	37	28
Hakkari	7.842	Doğu Anadolu	60%	27	20
Ardahan	6.960	Doğu Anadolu	60%	24	18
Tunceli	5.716	Doğu Anadolu	60%	19	15
Toplam	**14.932.070**	**-**	**86,30%**	**73.075**	**54.811**

3.5.1.4. Araçların ve geri kazanım tesislerinin kapasitelerinin belirlenmesi

Lisanslı taşıma araçlarının boyutları 8,20 mt./2,45 mt./2,70 mt.'dir. Araçların taşıma kapasiteleri 18-20 ton arasında olup; her araçta tam doluluk için 19.200 kg. atık

akü taşıması gerçekleştirilecektir. Araçların birim taşıma maliyetleri, kilometrede 0,25 ₺/ton olarak belirlenmiştir.

Çalışmada mevcut geri kazanım tesislerinin kapasiteleri; Çıldırlar Metal Metalurji Sanayi, Hadde Metal San. ve Tic., Bülbül Akü ve Malzeme San. ve Mutlu Akü ve Malzemeleri San. A.Ş. firmalarından elde edilen bilgiler sonucu tahmin edilerek çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.13. Geri kazanım tesislerinin toplam kapasite verileri

Tesisin Yeri	**Tesis Sayısı**	**Kapasite (Ton/Yıl)**	**Toplam Kapasite (Ton/Yıl)**
Eskişehir	2	5.000	10.000
Kütahya	1	14.400	14.400
Gaziantep	4	1.500	6.000
Aydın	1	3.500	3.500
Antalya	1	2.000	2.000
Mersin	1	6.000	6.000
İzmir	1	10.000	10.000
Konya	1	7.000	7.000
Samsun	1	700	700
Kırıkkale	1	1.500	1.500
Niğde	1	1.750	1.750
Toplam	**15**	**53.350**	**62.850**

3.5.1.5. Taşıma mesafelerinin belirlenmesi

Geçici depolar ile geri kazanım tesisleri arası mesafeler kilometre cinsinden aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.14. Geçici depolar ve geri kazanım tesisleri arası mesafeler

Geçici Depo/Geri Kazanım Tesisi	Eskişehir	Kütahya	Gaziantep	Aydın	Antalya	Mersin	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale	Niğde
İstanbul	323	353	1.151	655	729	949	563	714	738	527	808
İzmir	489	333	1.114	115	460	955	0	561	977	671	919
Bursa	154	182	1.068	433	552	863	333	494	724	471	719
Kocaeli	232	262	1.059	573	632	971	473	623	624	446	714
Ankara	233	312	699	534	537	495	587	261	410	73	347
Kayseri	621	645	353	841	607	346	843	366	430	271	130

Tüm senaryolarda bertaraf işleminin kazanım tesisi yanındaki bertaraf tesislerinde yapılması öncelikli olmakla birlikte; sistem çeşitli nedenlerle (kapasite yetersizliği ve tesis sabit maliyeti) farklı yerdeki tesiste bertaraf işlemini gerçekleştirebilir. Bu nedenle, kazanım tesisleri ile bertaraf tesisleri arasındaki mesafeler de dikkate alınmalıdır. Söz konusu mesafe bilgileri, Ek-4'te çizelge olarak sunulmuştur.

Çalışmadaki geri kazanım tesisleri ile üretim tesislerinin yerleri arası mesafeler kilometre cinsinden aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.16. Geri kazanım tesisleri ile üretim tesisleri arası mesafeler

Geri Kazanım Tesisi/Üretim Tesisi (km.)	İstanbul	Kütahya	Manisa	Ankara
Eskişehir	323	78	431	233
Kütahya	353	0	265	312
Gaziantep	1.152	891	1.101	698
Aydın	665	348	137	585
Antalya	725	374	437	518
Mersin	948	687	898	495
İzmir	568	333	40	585
Konya	714	330	541	261
Samsun	715	708	960	410
Kırıkkale	527	401	653	73
Niğde	808	568	778	347

Yapılan üretim sonrası ortaya çıkan nihai ürün, üretici fabrikalardan illere gönderilecektir. Pazar noktası olan illerdeki bayiler ile fabrikalar arası mesafe bilgisi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 3.17. Üretim tesisleri ile bayi/müşteri noktaları arası mesafeler

İller/Üretim Tesisi Arası Mesafe	İstanbul	Kütahya	Manisa	Ankara
Adana	939	670	882	490
Adıyaman	1.208	1.021	1.211	755
Afyon	452	97	309	256
Ağrı	1.406	1.375	1.613	1.052
Amasya	671	645	895	334
Ankara	453	310	561	0
Antalya	716	364	428	544
Artvin	1.300	1.308	1.541	980
Aydın	681	417	156	603
Balıkesir	390	222	137	530
Bilecik	247	110	381	313
Bingöl	1.307	1.224	1.411	899
Bitlis	1.500	1.405	1.604	1.092
Bolu	262	326	559	191
Burdur	594	242	356	422
Bursa	243	178	286	382
Çanakkale	320	431	335	653
Çankırı	497	441	692	131
Çorum	614	553	803	242
Denizli	639	292	206	477
Diyarbakır	1.363	1.196	1.400	910
Edirne	230	587	544	683
Elazığ	1.210	1.080	1.269	757
Erzincan	1.036	998	1.243	682
Erzurum	1.225	1.190	1.432	871
Eskişehir	322	78	394	233
Gaziantep	1.124	877	1.087	671
Giresun	930	936	1.171	610
Gümüşhane	1.092	1.091	1.313	752
Hakkari	1.812	1.726	1.782	1.366
Antakya	1.130	860	1.073	681
Isparta	593	242	364	421
Mersin	932	662	874	483
İstanbul	0	360	525	453
İzmir	561	334	36	579
Kars	1.425	1.396	1.632	1.071
Kastamonu	508	552	805	245

Kayseri	771	626	830	318
Kırklareli	211	568	561	664
Kırşehir	637	493	734	184
İzmit	111	249	414	342
Konya	660	320	532	258
Kütahya	352	0	316	311
Malatya	1.112	980	1.171	659
Manisa	525	316	0	561
K.Maraş	1.044	857	1.067	591
Mardin	1.449	1.200	1.412	996
Muğla	780	445	255	622
Muş	1.417	1.335	1.521	1.009
Nevşehir	728	535	749	275
Niğde	798	569	767	349
Ordu	886	892	1.127	566
Rize	1.141	1.149	1.382	821
Adapazarı	148	212	445	305
Samsun	734	727	975	414
Siirt	1.550	1.388	1.583	1.097
Sinop	691	744	988	428
Sivas	893	751	1.001	440
Tekirdağ	132	491	515	585
Tokat	785	709	939	378
Trabzon	1.067	1.073	1.308	747
Tunceli	1.166	1.128	1.373	812
Ş. Urfa	1.261	1.015	1.224	808
Uşak	491	144	193	368
Van	1.638	1.558	1.744	1.232
Yozgat	669	527	777	216
Zonguldak	331	397	628	268
Aksaray	674	460	674	225
Bayburt	1.129	1.100	1.336	775
Karaman	773	428	645	369
Kırıkkale	528	386	636	75
Batman	1.463	1.329	1.496	1.010
Şırnak	1.630	1.376	1.593	1.177
Bartın	420	422	717	283
Ardahan	1.409	1.484	1.650	1.089
Iğdır	1.516	1.474	1.723	1.162
Yalova	176	236	351	407
Karabük	396	460	693	215
Kilis	1.181	915	1.124	730
Osmaniye	1.024	756	967	575
Düzce	217	281	514	236

3.5.1.6. Bayi/Müşteri talebinin belirlenmesi

Üretilen nihai ürünün satışı illerin talebine göre gerçekleştirilecek olup; illerin talebi, üretici firmaların 2014 yılı toplam yurtiçi satışlarının illerin araç yoğunluk yüzdelerine göre oranlanması varsayımı ile tespit edilmiştir.

Çizelge 3.18. İllerin araç yüzdelerine göre nihai ürün talepleri

İl	Toplam Araç Sayısı	İlin Araç Yüzdesi	Talep Edilen Ürün Miktarı (Ton)
İstanbul	3.256.902	21,8%	23.498
Ankara	1.543.798	10,3%	11.138
İzmir	899.552	6,0%	6.490
Antalya	612.123	4,1%	4.416
Bursa	570.068	3,8%	4.113
Konya	448.636	3,0%	3.237
Adana	401.502	2,7%	2.897
Mersin	352.989	2,4%	2.547
Gaziantep	299.020	2,0%	2.157
Kocaeli	285.945	1,9%	2.063
Kayseri	277.791	1,9%	2.004
Manisa	271.427	1,8%	1.958
Hatay	259.136	1,7%	1.870
Muğla	253.865	1,7%	1.832
Balıkesir	249.413	1,7%	1.799
Denizli	235.881	1,6%	1.702
Aydın	226.959	1,5%	1.637
Samsun	214.071	1,4%	1.544
Eskişehir	192.938	1,3%	1.392
Sakarya	176.363	1,2%	1.272
Tekirdağ	172.950	1,2%	1.248
K.Maraş	153.979	1,0%	1.111
Trabzon	148.880	1,0%	1.074
Ş.Urfa	144.320	1,0%	1.041
Kütahya	129.461	0,9%	934
Afyonkarahisar	117.773	0,8%	850
Zonguldak	117.274	0,8%	846
Malatya	110.617	0,7%	798
Çanakkale	109.277	0,7%	788
Ordu	104.900	0,7%	757
Sivas	101.561	0,7%	733
Çorum	99.333	0,7%	717
Isparta	98.126	0,7%	708
Tokat	96.715	0,6%	698
Osmaniye	91.108	0,6%	657

Diyarbakır	88.660	0,6%	640
Elazığ	85.991	0,6%	620
Erzurum	85.847	0,6%	619
Edirne	82.666	0,6%	596
Uşak	79.363	0,5%	573
Kastamonu	77.486	0,5%	559
Aksaray	73.529	0,5%	530
Kırklareli	70.608	0,5%	509
Bolu	69.214	0,5%	499
Nevşehir	69.201	0,5%	499
Düzce	69.084	0,5%	498
Amasya	68.828	0,5%	497
Giresun	68.572	0,5%	495
Burdur	68.397	0,5%	493
Van	64.898	0,4%	468
Rize	62.862	0,4%	454
Adıyaman	62.256	0,4%	449
Yozgat	62.019	0,4%	447
Niğde	59.054	0,4%	426
Mardin	54.991	0,4%	397
Kırıkkale	50.681	0,3%	366
Karabük	50.028	0,3%	361
Karaman	45.550	0,3%	329
Yalova	44.039	0,3%	318
Kırşehir	44.010	0,3%	318
Bilecik	41.352	0,3%	298
Sinop	39.145	0,3%	282
Erzincan	36.458	0,2%	263
Bartın	35.031	0,2%	253
Batman	31.069	0,2%	224
Artvin	29.298	0,2%	211
Çankırı	28.649	0,2%	207
Şırnak	26.153	0,2%	189
Ağrı	22.780	0,2%	164
Kars	21.728	0,1%	157
Muş	18.693	0,1%	135
Iğdır	16.413	0,1%	118
Bitlis	16.295	0,1%	118
Gümüşhane	15.694	0,1%	113
Siirt	14.502	0,1%	105
Kilis	14.182	0,1%	102
Bingöl	12.918	0,1%	93
Bayburt	8.705	0,1%	63
Hakkari	7.842	0,1%	57
Ardahan	6.960	0,0%	50
Tunceli	5.716	0,0%	41
Toplam	**14.932.070**	**100,0%**	**107.729**

3.5.1.7. Geri kazanım tesisleri ve bertaraf tesislerinin kapasitelerinin ve maliyetlerinin belirlenmesi

Kurşun geri eldesi sektöründeki kar marjı, yapılan net satışlar, kapasite bilgileri ve maliyetin önemli bir kısmının üretimden kaynaklandığı düşünülerek, geri kazanım tesislerinde kullanılmış akünün işlenmesi ve bertaraf maliyetleri sırasıyla 380 ₺/Ton ve 160 ₺/Ton olarak hesaplanmıştır.

Mevcut sistemde, geri kazanım tesislerinin sabit maliyetleri, kapasitelerine bağlı olarak değişmektedir. Çalışmada, ülkemiz genelindeki geri kazanım tesislerinin ortalama kapasitesi 6.000 ton/yıl olarak ele alındığında oluşan sabit yıllık maliyet ve işleme maliyetleri ile bu maliyetlerin tesislerin kapasitelerine göre oranları aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir.

Net satış rakamlarından; satışların maliyeti, faaliyet giderleri, finansman giderleri, vergi ve olağan dışı giderler çıkartıldığında dönem karı oluşmaktadır. Satışların maliyeti payının, tüm giderler içerisinde ortalama %85 olduğu; ayrıca satışların maliyetini oluşturan üretim maliyetinin de bu maliyet kaleminin yaklaşık %80'lik kısmını oluşturacağı varsayılmıştır. Geri kalan kısım ise sabit maliyetleri oluşturacaktır. Aşağıdaki değerler tesislerin tam kapasiteyle çalışması halinde ulaşılacak değerlerdir. Yıllık sabit maliyet ise her senaryoda ve geri kazanım oranı için aynı alınacaktır.

Çizelge 3.19. Geri kazanım ve bertaraf tesislerinin yıllık maliyetleri

Tesisin Yeri	**Toplam Kapasite (Ton/Yıl)**	**İşleme Miktarı (Ton/Yıl)**	**Bertaraf Miktarı (Ton/Yıl)**	**Geri Kazanım Tesisi Yıllık Sabit Maliyet (₺)**	**Bertaraf Tesisi Yıllık Sabit Maliyet (₺)**	**Yıllık Üretim Maliyeti (₺)**	**Yıllık Bertaraf Maliyeti (₺)**
Eskişehir	10.000	9.500	500	1.319.740	69.460	3.610.000	80.000
Kütahya	14.400	13.680	720	2.375.494	125.026	5.198.400	115.200
Gaziantep	6.000	5.700	300	725.800	38.200	2.166.000	48.000
Aydın	3.500	3.325	175	577.410	30.390	1.263.500	28.000
Antalya	2.000	1.900	100	263.958	13.893	722.000	16.000
Mersin	6.000	5.700	300	824.838	43.413	2.166.000	48.000
İzmir	10.000	9.500	500	1.484.660	78.140	3.610.000	80.000
Konya	7.000	6.650	350	989.900	52.100	2.527.000	56.000
Samsun	700	665	35	98.990	5.210	252.700	5.600
Kırıkkale	1.500	1.425	75	230.945	12.155	541.500	12.000
Niğde	1.750	1.663	87,5	263.958	13.893	631.750	14.000
Toplam	**62.850**	**59.708**	**3.142,5**	**9.155.693**	**481.880**	**22.688.850**	**502.800**

3.5.1.8. Üretim tesislerinin kapasitelerinin ve maliyetlerinin belirlenmesi

Üretici firmaların üretim tesislerinin yer aldığı illerdeki nihai ürün kapasitelerine göre yıllık sabit maliyetleri ve üretim maliyetleri çizelge halinde gösterilmiştir. Üretici firmaların 2014 yılı satışlarına göre pazara ulaştırdıkları ürün miktarları Çizelge 3.8.'de yer almaktadır. Kurulan sistemin geliri, atık aküden üretilen yeni akünün satışına bağlıdır.

Daha önceden de belirtildiği üzere, toplam talebin arzdan fazla olması halinde yeni ürün atık aküden üretilemeyecekti. Bununla birlikte, atık akü ile yapılan üretim kapasitesi geri kazanım tesisinden gelen külçe kurşun miktarına, kurşun miktarı da geçici depoya gelen atık miktarına bağlı olduğundan her senaryoda bayilerin talebinin tamamı kullanılmış ürün girdisiyle sağlanamayacaktır.

Üretici firmaların farklı illerde tesisleri bulunması nedeniyle toplam üretim kapasitesine bağlı kalmak kaydıyla iller arasında kapasiteler paylaştırılmıştır.

Yıllık sabit maliyetin ve üretim maliyetinin hesaplanmasında geri kazanım tesislerindeki metottan yararlanılmıştır. Yıllık üretim maliyetinin hesaplanmasında kurşundan akümülatör üretim maliyeti 4.500 ₺/ton olarak belirlenmiştir.

Mevcut durumu gösteren tablolardaki yıllık kapasite değerleri ile üretim ve bertaraf maliyetleri geri kazanım tesisleri ve üretim tesisleri için azami değerleri göstermektedir. Gelen kullanılmış ürün miktarı ve çıkan nihai ürün sayısı için maliyetler oransal anlamda değişecektir.

Geri kazanım tesislerinde kazanılan külçe kurşunlar yeni akülerin en önemli parçasını oluşturmaktadır. Bir akünün ortalama ağırlığı 16 kg. ve akü içerisindeki kurşun plakaların 9,5 kg. ağırlığında olduğu düşünüldüğünde geri kazanım çıktısı bir ton külçe kurşun, 105 adet yeni akünün kurşun ihtiyacını karşılayacaktır. Kırılarak topak haline getirilen plastik aksamlardan yapılan kutular ise yıllık sabit maliyet kaleminin içerisine dahil edilmiştir.

Çizelge 3.20. Üretim tesislerinin kapasite ve maliyet verileri

Tesisin Yeri	**Toplam Kapasite (Ton/Yıl)**	**Yıllık Sabit Maliyet (₺)**	**Yıllık Üretim Maliyeti (₺)**
İstanbul	22.800	21.510.850	102.600.000
Kütahya	28.260	25.668.720	127.170.000
Manisa	16.600	16.676.640	74.700.000
Ankara	18.600	17.696.000	83.700.000
Toplam	**86.260**	**81.552.210**	**388.170.000**

3.6.1. Geçici depolar kurma senaryosu

Senaryoda, beş ayrı ilde geçici depo kurulması kararlaştırılmıştır. Bu iller seçilirken dikkate alınan hususlar ve senaryonun mevcut durumdan farklı varsayımları maddeler halinde belirtilmiştir.

i) Çizelge 3.3.'de yer alan ve en fazla araç sayısına sahip olup; geçici deposu bulunmayan bölgelerdeki iller dikkate alınmıştır. Ayrıca, geri kazanım tesisi ve araç sayısı yüksek olmasına rağmen geçici depo bulunmayan illerden seçim yapılmasına özen gösterilmiştir. Bu bağlamda, yeni kurulacak geçici depoların yerleri; Konya, Antalya, Gaziantep, Samsun ve Malatya olarak seçilmiştir.
ii) Kurulan geçici depolar, üretici firmaların mülkiyetinde olmaması nedeniyle kira gideri oluşacaktır.
iii) Kurulan geçici deponun bulunduğu bölgede, ilk senaryodaki mevcut durum için geçici depo bulunmaması halinde bölgeden alınan toplam geri dönüş %10 oranında artış gösterecektir. Aksi durumda, sadece geçici deponun kurulduğu ilden alınan dönüş %5 oranında artacaktır. Bu durum genel dönüş oranını da değiştirecektir.
iv) Atıkların bertarafının geçici depolarda uzun süre beklemeden kaynaklandığı düşünüldüğünde yeni depoların kurulmasının da bertaraf oranını %1 azaltacağı öngörülerek bertaraf edilmesi gereken kullanılmış ürün oranı %4 olarak dikkate alınacaktır.
v) Mevcut duruma ait diğer varsayımlar bu senaryoda için de geçerlidir. Bu nedenle tekrar eden verileri gösteren çizelgelere yeniden yer verilmemiştir.

3.6.1.1. Geçici depoların kurulum maliyetleri ve kapasitelerinin belirlenmesi

Yeni kurulacak depolar için alınacak kantar, bilgisayar, forklift ve ofis malzemelerine toplamda 605.000 ₺ harcama yapıldığı ve bunun 36 ay vadede kredi ile finanse edildiği düşünülerek senelik 247.650 ₺ geri ödeme maliyeti oluşmuştur. Bu maliyet, donanım ve ekipman gideri ile sabit ofis gideri maliyetlerine eklenmiştir. Yeni kurulmuş deponun bulunduğu konum da göz önünde tutularak toplam senelik maliyeti aşağıdaki gibidir. Deponun sabit maliyetleri de toplam maliyete ilave edilmiştir.

Çizelge 3.21. Geçici depoların senelik maliyet bilgileri

Geçici Depo Maliyetleri	**Batı**	**Orta**	**Doğu**
Depo sayısı	1	2	2
Yönetim gideri	19.200	31.200	27.600
Personel gideri	40.800	61.200	61.200
Donanım ve ekipman gideri	59.300	88.000	88.000
Sabit enerji gideri	3.700	6.400	5.600
Sabit ofis gideri	4.900	4.100	3.350
Kira gideri	180.000	264.000	192.000
Toplam	**307.900**	**454.900**	**377.750**

Geçici depoların haftalık ve yıllık kapasiteleri bulundukları ilin yerleşkesine ve ilin araç yoğunluğuna belirlenmiştir.

Çizelge 3.22. Geçici depoların yıllık kapasiteleri

Depo Yeri	**Alanı (m^2)**	**Haftalık Kapasite (Ton)**	**Sayısı**	**Yıllık Kapasite (Ton)**	**Konumu**
İstanbul	115	109	6	34.008	Batı
İzmir	115	109	2	11.336	Batı
Bursa	95	90	2	9.360	Batı
Kocaeli	70	66,5	2	6.916	Batı
Ankara	95	90	3	14.040	Orta
Kayseri	70	66,5	1	3.458	Orta
Konya	75	71	1	3.692	Orta
Antalya	80	76	1	3.952	Batı
Gaziantep	60	57	1	2.964	Doğu
Samsun	50	47,5	1	2.470	Orta
Malatya	40	38	1	1.976	Doğu
Toplam	**865**	**820,5**	**21**	**94.172**	**-**

3.6.1.2. Kullanılmış ürün geri dönüşlerinin belirlenmesi

Kurulan yeni geçici depolara bağlı olarak toplanan atık yüzdeleri ve miktarları değişecektir. Aşağıdaki çizelgede, illerden geçici depolara yeniden akü yapılması amacıyla gelen atık akülerin değişen ürün yüzdelerine göre miktarları gösterilmiştir.

Çizelge 3.23. Kullanılmış ürünlerin illere göre dönüş yüzdeleri ve miktarları

İl	Toplam Araç Sayısı	Bölge	Ürün Dönüş	Geçici Depolara Gelen Akü Miktarı (Ton)	Geri Kazanım Tesislerine Gelen Akü Miktarı (Ton)
İstanbul	3.256.902	Marmara	95%	17.542	13.157
Ankara	1.543.798	İç Anadolu	85%	7.440	5.580
İzmir	899.552	Ege	90%	4.590	3.443
Antalya	612.123	Akdeniz	95%	3.297	2.473
Bursa	570.068	Marmara	95%	3.070	2.303
Konya	448.636	İç Anadolu	90%	2.289	1.717
Adana	401.502	Akdeniz	95%	2.163	1.622
Mersin	352.989	Akdeniz	95%	1.901	1.426
Kocaeli	285.945	Marmara	95%	1.540	1.155
Hatay	259.136	Akdeniz	95%	1.396	1.047
Manisa	271.427	Ege	90%	1.385	1.039
Balıkesir	249.413	Marmara	95%	1.343	1.008
Kayseri	277.791	İç Anadolu	85%	1.339	1.004
Muğla	253.865	Ege	90%	1.295	972
Gaziantep	299.020	G.Doğu Anadolu	75%	1.271	954
Denizli	235.881	Ege	90%	1.204	903
Aydın	226.959	Ege	90%	1.158	869
Samsun	214.071	Karadeniz	85%	1.032	774
Sakarya	176.363	Marmara	95%	950	712
Tekirdağ	172.950	Marmara	95%	932	699
Eskişehir	192.938	İç Anadolu	85%	930	697
K.Maraş	153.979	Akdeniz	95%	829	622
Trabzon	148.880	Karadeniz	85%	717	538
Kütahya	129.461	Ege	90%	661	495
Ş.Urfa	144.320	G.Doğu Anadolu	75%	614	460
Afyonkarahisar	117.773	Ege	90%	601	451
Çanakkale	109.277	Marmara	95%	589	441
Zonguldak	117.274	Karadeniz	85%	565	424
Isparta	98.126	Akdeniz	95%	529	396
Ordu	104.900	Karadeniz	85%	506	379
Osmaniye	91.108	Akdeniz	95%	491	368
Sivas	101.561	İç Anadolu	85%	489	367
Çorum	99.333	Karadeniz	85%	479	359
Tokat	96.715	Karadeniz	85%	466	350
Edirne	82.666	Marmara	95%	445	334
Malatya	110.617	Doğu Anadolu	70%	439	329
Uşak	79.363	Ege	90%	405	304
Diyarbakır	88.660	G.Doğu Anadolu	75%	377	283
Kastamonu	77.486	Karadeniz	85%	373	280
Burdur	68.397	Akdeniz	95%	368	276
Aksaray	73.529	İç Anadolu	85%	354	266
Elazığ	85.991	Doğu Anadolu	70%	341	256
Erzurum	85.847	Doğu Anadolu	70%	341	256
Kırklareli	70.608	İç Anadolu	85%	340	255

Bolu	69.214	Karadeniz	85%	334	250
Nevşehir	69.201	İç Anadolu	85%	333	250
Düzce	69.084	Karadeniz	85%	333	250
Amasya	68.828	Karadeniz	85%	332	249
Giresun	68.572	Karadeniz	85%	330	248
Rize	62.862	Karadeniz	85%	303	227
Yozgat	62.019	İç Anadolu	85%	299	224
Niğde	59.054	İç Anadolu	85%	285	213
Adıyaman	62.256	G.Doğu Anadolu	75%	265	199
Van	64.898	Doğu Anadolu	70%	258	193
Kırıkkale	50.681	İç Anadolu	85%	244	183
Karabük	50.028	Karadeniz	85%	241	181
Yalova	44.039	Marmara	95%	237	178
Mardin	54.991	G.Doğu Anadolu	75%	234	175
Bilecik	41.352	Marmara	95%	223	167
Karaman	45.550	İç Anadolu	85%	220	165
Kırşehir	44.010	İç Anadolu	85%	212	159
Sinop	39.145	Karadeniz	85%	189	141
Bartın	35.031	Karadeniz	85%	169	127
Erzincan	36.458	Doğu Anadolu	70%	145	109
Artvin	29.298	Karadeniz	85%	141	106
Çankırı	28.649	İç Anadolu	85%	138	104
Batman	31.069	G.Doğu Anadolu	75%	132	99
Şırnak	26.153	G.Doğu Anadolu	75%	111	83
Ağrı	22.780	Doğu Anadolu	70%	90	68
Kars	21.728	Doğu Anadolu	70%	86	65
Gümüşhane	15.694	Karadeniz	85%	76	57
Muş	18.693	Doğu Anadolu	70%	74	56
Iğdır	16.413	Doğu Anadolu	70%	65	49
Bitlis	16.295	Doğu Anadolu	70%	65	49
Siirt	14.502	Güneydoğu Anadolu	75%	62	46
Kilis	14.182	G.Doğu Anadolu	75%	60	45
Bingöl	12.918	Doğu Anadolu	70%	51	38
Bayburt	8.705	Karadeniz	85%	42	31
Hakkari	7.842	Doğu Anadolu	70%	31	23
Ardahan	6.960	Doğu Anadolu	70%	28	21
Tunceli	5.716	Doğu Anadolu	70%	23	17
Toplam	**14.932.070**	**-**	**89,60%**	**75.847**	**56.888**

3.6.1.3. Taşıma mesafelerinin belirlenmesi

Taşıma lisanslı araçların kilometre başına taşıma maliyetleri aynı kalmak kaydıyla, geçici depoların geri kazanım tesislerine olan mesafeleri aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Senaryoda, geri kazanım tesisi ve fabrika üretim noktalarının yeri ve sayısında bir değişiklik yapılmaması nedeniyle yalnızca geçici depolar ve geri kazanım tesisleri arasındaki mesafeler dikkate alınmıştır.

Çizelge 3.24. Geçici depoların geri kazanım tesislerine olan mesafeleri

Geçici Depo/Geri Kazanım Tesisi (km)	Eskişehir	Kütahya	Gaziantep	Aydın	Antalya	Mersin	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale	Niğde
İstanbul	323	353	1.151	655	729	949	563	714	738	527	808
İzmir	489	333	1.114	115	460	955	0	561	977	671	919
Bursa	154	182	1.068	433	552	863	333	494	724	471	719
Kocaeli	232	262	1.059	573	632	971	473	623	624	446	714
Ankara	233	312	699	534	537	495	587	261	410	73	347
Kayseri	621	645	353	841	607	346	843	366	430	271	130
Konya	338	323	568	533	322	348	550	0	591	253	242
Antalya	424	364	739	342	0	488	444	322	905	567	544
Gaziantep	893	885	0	1.095	769	281	1.112	568	725	600	417
Samsun	646	724	725	1.011	905	744	992	591	0	338	546
Malatya	881	959	246	1.172	951	463	1.189	645	584	588	469

3.6.1.4. Geri kazanım tesislerinin ve bertaraf tesislerinin kapasitelerinin ve maliyetlerinin belirlenmesi

Geri kazanım tesislerinde bir kapasite artışına gidilmeden, açılan yeni depolarla birlikte atıkların bekleme sürelerinin düşeceği ve bertaraf oranının azalacağı öngörülmüş olup; tesislerin tam kapasiteyle kullanılması halinde üretim ve bertaraf miktarları ile oluşacak maliyetler çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.25. Geri kazanım ve bertaraf tesislerinin kapasiteleri ve yıllık maliyetleri

Tesisin Yeri	**Toplam Kapasite (Ton/Yıl)**	**İşleme Miktarı (Ton/Yıl)**	**Bertaraf Miktarı (Ton/Yıl)**	**Geri Kazanım Tesisi Sabit Maliyet (₺)**	**Bertaraf Tesisi Sabit Maliyet (₺)**	**Üretim Maliyeti (₺)**	**Bertaraf Maliyeti (₺)**
Eskişehir	10.000	9.600	400	1.319.740	69.460	3.648.000	64.000
Kütahya	14.400	13.824	576	2.375.494	125.026	5.253.120	92.160
Gaziantep	6.000	5.760	240	725.800	38.200	2.188.800	38.400
Aydın	3.500	3.360	140	577.410	30.390	1.276.800	22.400
Antalya	2.000	1.920	80	263.958	13.893	729.600	12.800
Mersin	6.000	5.760	240	824.838	43.413	2.188.800	38.400
İzmir	10.000	9.600	400	1.484.660	78.140	3.648.000	64.000
Konya	7.000	6.720	280	989.900	52.100	2.553.600	44.800
Samsun	700	672	28	98.990	5.210	255.360	4.480
Kırıkkale	1.500	1.440	60	230.945	12.155	547.200	9.600
Niğde	1.750	1.680	70	263.958	13.893	638.400	11.200
Toplam	**62.850**	**60.336**	**2.514**	**9.155.693**	**481.480**	**22.927.680**	**402.240**

3.6.2. Geçici depo, geri kazanım tesisi ve üretim tesislerinin lokasyonlarının değiştirilmesi senaryosu

Bu senaryoda, mevcut ve ilave geçici depolar ile geri kazanım tesisi ve üretim tesislerinin ilk iki senaryodaki kapasitelerinde kalmalarıyla birlikte yerlerinin değişmesi durumunda bunun taşıma maliyetlerini ve toplam karı ne kadar etkileyeceği belirlenecektir. Yeni lokasyonları belirlemede dikkat edilen hususlar şunlardır;

i) Taşıma maliyetlerini azaltabilmek için ikinci senaryoya ait geçici depoların da eklenmesiyle bölgelerde yer alan tesislerin genel dağılımına bakılacaktır.
ii) Geçici depoların yeni yerlerinin belirlenmesinde; araç yoğunluğu yüksek, geçici deposu bulunmadığı için dönüş oranına katkı yapabilecek ve geri kazanım tesislerine yakın olması nedeniyle taşıma maliyetini düşürebilecek yerler dikkate alınmıştır.
iii) Geri kazanım tesislerinin yerlerinin belirlenmesinde; geçici depolara ve üretim tesislerine yakın yerlerin seçilmesine özen gösterilmiştir.
iv) Üretim tesislerinin yerlerinin belirlenmesinde; ürün talebi yüksek illere ve geri kazanım tesislerine yakın olan yerlerin seçilmesine özen gösterilmiştir.
v) Bahsi geçen değişiklikler haricinde ikinci senaryoda geçerli olan diğer tüm varsayımlar aynı kalacaktır.

Bu bağlamda;

1) Geçici depolardan Ankara'da bulunan bir deponun Eskişehir'e; Kayseri'de bulunan geçici deponun da Adana'ya taşınmasına karar verilmiştir.
2) Geri kazanım tesislerinden Gaziantep'de yer alan iki tesisin, Sivas ve Nevşehir'e yerleştirilmesine karar verilmiştir.
3) Üretim tesislerinden Kütahya'da bulunan tesisin daha merkezi bir noktada bulunması nedeniyle Kırşehir'e taşınmasına karar verilmiştir.

3.6.2.1. Kullanılmış ürün geri dönüşlerinin belirlenmesi

Yeni geçici deponun bulunduğu ilde, %5 geri dönüş oranında artış meydana gelecek şekilde toplanan atık oranları belirlenmiştir.

Çizelge 3.26. İllerden toplanan kullanılmış ürün dönüş yüzdeleri ve miktarları

İl	Toplam Araç Sayısı	Bölge	Ürün Dönüş	Geçici Depolara Gelen Ürün Miktarı (Ton)	Geri Kazanım Tesislerine Gelen Ürün Miktarı (Ton)
İstanbul	3.256.902	Marmara	95%	17.542	13.157
Ankara	1.543.798	İç Anadolu	85%	7.440	5580
İzmir	899.552	Ege	90%	4.590	3443
Antalya	612.123	Akdeniz	95%	3.297	2473
Bursa	570.068	Marmara	95%	3.070	2303
Konya	448.636	İç Anadolu	90%	2.289	1717
Adana	401.502	Akdeniz	100%	2.276	1706
Mersin	352.989	Akdeniz	95%	1.901	1425
Kocaeli	285.945	Marmara	95%	1.540	1155
Hatay	259.136	Akdeniz	95%	1.396	1046
Manisa	271.427	Ege	90%	1.385	1039
Balıkesir	249.413	Marmara	95%	1.343	1008
Kayseri	277.791	İç Anadolu	85%	1.339	1004
Muğla	253.865	Ege	90%	1.295	972
Gaziantep	299.020	G.Doğu Anadolu	75%	1.271	954
Denizli	235.881	Ege	90%	1.204	903
Aydın	226.959	Ege	90%	1.158	869
Samsun	214.071	Karadeniz	85%	1.032	774
Eskişehir	192.938	İç Anadolu	90%	984	738
Sakarya	176.363	Marmara	95%	950	712
Tekirdağ	172.950	Marmara	95%	932	698
K.Maraş	153.979	Akdeniz	95%	829	622
Trabzon	148.880	Karadeniz	85%	717	538
Kütahya	129.461	Ege	90%	661	495
Ş.Urfa	144.320	Güneydoğu Anadolu	75%	614	460
Afyonkarahisar	117.773	Ege	90%	601	451
Çanakkale	109.277	Marmara	95%	589	441
Zonguldak	117.274	Karadeniz	85%	565	424
Isparta	98.126	Akdeniz	95%	529	396
Ordu	104.900	Karadeniz	85%	506	379
Osmaniye	91.108	Akdeniz	95%	491	368
Sivas	101.561	İç Anadolu	85%	489	367

Çorum	99.333	Karadeniz	85%	479	359
Tokat	96.715	Karadeniz	85%	466	350
Edirne	82.666	Marmara	95%	445	334
Malatya	110.617	Doğu Anadolu	70%	439	329
Uşak	79.363	Ege	90%	405	304
Diyarbakır	88.660	G.Doğu Anadolu	75%	377	283
Kastamonu	77.486	Karadeniz	85%	373	280
Burdur	68.397	Akdeniz	95%	368	276
Aksaray	73.529	İç Anadolu	85%	354	266
Elazığ	85.991	Doğu Anadolu	70%	341	256
Erzurum	85.847	Doğu Anadolu	70%	341	256
Kırklareli	70.608	İç Anadolu	85%	340	255
Bolu	69.214	Karadeniz	85%	334	250
Nevşehir	69.201	İç Anadolu	85%	333	250
Düzce	69.084	Karadeniz	85%	333	250
Amasya	68.828	Karadeniz	85%	332	249
Giresun	68.572	Karadeniz	85%	330	248
Rize	62.862	Karadeniz	85%	303	227
Yozgat	62.019	İç Anadolu	85%	299	224
Niğde	59.054	İç Anadolu	85%	285	213
Adıyaman	62.256	G.Doğu Anadolu	75%	265	199
Van	64.898	Doğu Anadolu	70%	258	193
Kırıkkale	50.681	İç Anadolu	85%	244	183
Karabük	50.028	Karadeniz	85%	241	181
Yalova	44.039	Marmara	95%	237	178
Mardin	54.991	G.Doğu Anadolu	75%	234	175
Bilecik	41.352	Marmara	95%	223	167
Karaman	45.550	İç Anadolu	85%	220	165
Kırşehir	44.010	İç Anadolu	85%	212	159
Sinop	39.145	Karadeniz	85%	189	141
Bartın	35.031	Karadeniz	85%	169	127
Erzincan	36.458	Doğu Anadolu	70%	145	109
Artvin	29.298	Karadeniz	85%	141	106
Çankırı	28.649	İç Anadolu	85%	138	104
Batman	31.069	Güneydoğu Anadolu	75%	132	99
Şırnak	26.153	G.Doğu Anadolu	75%	111	83
Ağrı	22.780	Doğu Anadolu	70%	90	68

Kars	21.728	Doğu Anadolu	70%	86	65
Gümüşhane	15.694	Karadeniz	85%	76	57
Muş	18.693	Doğu Anadolu	70%	74	56
Iğdır	16.413	Doğu Anadolu	70%	65	49
Bitlis	16.295	Doğu Anadolu	70%	65	49
Siirt	14.502	G.Doğu Anadolu	75%	62	46
Kilis	14.182	Güneydoğu Anadolu	75%	60	45
Bingöl	12.918	Doğu Anadolu	70%	51	38
Bayburt	8.705	Karadeniz	85%	42	31
Hakkari	7.842	Doğu Anadolu	70%	31	23
Ardahan	6.960	Doğu Anadolu	70%	28	21
Tunceli	5.716	Doğu Anadolu	70%	23	17
Toplam	**14.932.070**	**-**	**89,80%**	**76.014**	**57.010**

3.6.2.2. Taşıma mesafelerinin belirlenmesi

Yeni geçici depolar ve yeni geri kazanım tesislerine göre aralarındaki mesafeler kilometre cinsinden gösterilmiştir. Söz konusu çizelge Ek-5'te yer almaktadır. Geri kazanım tesisleri ile bertaraf tesisleri arasındaki mesafe bilgileri ile sistemde her geri kazanım tesisinden her bertaraf tesisine imha amacıyla ürün gönderimi olabileceğinden tüm tesislerin bulundukları illerin birbirlerine göre mesafelerine yer verilmiştir. Ek-6'da kazanım tesisleri ile bertaraf tesisleri arası mesafelerin bilgisi yer almaktadır.

Senaryoya ait geri kazanım tesisleri ile üretim tesisleri arası taşıma mesafeleri kilometre cinsinden çizelge ile gösterilmiştir. Ürün gönderiminde aradaki mesafe bilgisi ve üretim tesisi maliyetleri etkili olacaktır.

Çizelge 3.29. Geri kazanım tesisleri ile üretim tesisleri arası mesafeler

Geri Kazanım Tesisi/Üretim Tesisi (km)	İstanbul	Kırşehir	Manisa	Ankara
Eskişehir	323	406	431	233
Kütahya	353	484	265	312
Sivas	891	324	1.002	439
Nevşehir	728	91	751	275
Gaziantep	1.152	487	1.101	698
Aydın	665	771	137	585
Antalya	725	572	437	518
Mersin	948	368	898	495
İzmir	568	752	40	585
Konya	714	258	541	261
Samsun	715	392	960	410
Kırıkkale	527	113	653	73
Niğde	808	173	778	347

Bu senaryoda da diğer senaryolarda belirtildiği üzere illerin toplam talebi, mümkün olduğunca atık üründen yapılmış nihai ürünle karşılanmaya çalışılacaktır. Bu yapılırken taşıma maliyetlerini gözlemleyebilmek adına bir üretim tesisinin konumu değiştirilmiştir. Yeni duruma göre nihai ürünün taşıma mesafeleri kilometre cinsinden aşağıdaki çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 3.30. Üretim tesisleri ile bayi/müşteri noktaları arası mesafeler

İller/Üretim Tesisleri Arası Mesafe (km)	İstanbul	Kırşehir	Manisa	Ankara
Adana	939	375	882	490
Adıyaman	1.208	571	1.211	755
Afyon	452	429	309	256
Ağrı	1.406	943	1.613	1.052
Amasya	671	312	895	334
Ankara	453	184	561	0
Antalya	716	572	428	544
Artvin	1.300	954	1.541	980
Aydın	681	771	156	603
Balıkesir	390	708	137	530
Bilecik	247	488	381	313
Bingöl	1.307	713	1.411	899
Bitlis	1.500	905	1.604	1.092
Bolu	262	375	559	191
Burdur	594	568	356	422
Bursa	243	557	286	382
Çanakkale	320	828	335	653
Çankırı	497	214	692	131
Çorum	614	220	803	242
Denizli	639	648	206	477
Diyarbakır	1.363	724	1.400	910
Edirne	230	867	544	683
Elazığ	1.210	573	1.269	757
Erzincan	1.036	572	1.243	682
Erzurum	1.225	762	1.432	871
Eskişehir	322	406	394	233
Gaziantep	1.124	487	1.087	671
Giresun	930	582	1.171	610
Gümüşhane	1.092	680	1.313	752
Hakkari	1.812	1.184	1.782	1.366
Antakya	1.130	566	1.073	681
Isparta	593	518	364	421

Mersin	932	368	874	483
İstanbul	0	637	525	453
İzmir	561	752	36	579
Kars	1.425	962	1.632	1.071
Kastamonu	508	328	805	245
Kayseri	771	134	830	318
Kırklareli	211	848	561	664
Kırşehir	637	0	734	184
Kocaeli	111	526	414	342
Konya	660	258	532	258
Kütahya	352	484	316	311
Malatya	1.112	475	1.171	659
Manisa	525	736	0	561
K.Maraş	1.044	407	1.067	591
Mardin	1.449	812	1.412	996
Muğla	780	793	255	622
Muş	1.417	822	1.521	1.009
Nevşehir	728	91	749	275
Niğde	798	173	767	349
Ordu	886	538	1.127	566
Rize	1.141	793	1.382	821
Adapazarı	148	489	445	305
Samsun	734	392	975	414
Siirt	1.550	911	1.583	1.097
Sinop	691	487	988	428
Sivas	893	324	1.001	440
Tekirdağ	132	769	515	585
Tokat	785	319	939	378
Trabzon	1.067	718	1.308	747
Tunceli	1.166	703	1.373	812
Ş. Urfa	1.261	624	1.224	808
Uşak	491	541	193	368
Van	1.638	1.040	1.744	1.232
Yozgat	669	112	777	216
Zonguldak	331	452	628	268
Aksaray	674	110	674	225
Bayburt	1.129	702	1.336	775
Karaman	773	320	645	369
Kırıkkale	528	113	636	75
Batman	1.463	824	1.496	1.010
Şırnak	1.630	995	1.593	1.177
Bartın	420	467	717	283
Ardahan	1.409	984	1.650	1.089
Iğdır	1.516	1.053	1.723	1.162
Yalova	176	591	351	407

Karabük	396	399	693	215
Kilis	1.181	546	1.124	730
Osmaniye	1.024	462	967	575
Düzce	217	420	514	236

3.6.2.3. Geçici depo, geri kazanım tesisi ve üretim tesislerinin kapasiteleri ile maliyetlerinin belirlenmesi

Senaryoda, sadece mevcut bir deponun yeri değiştirilmesi nedeniyle depo kapasitesinde bir değişim veya bir kurulum maliyeti bulunmamaktadır. Ancak, çalışmanın ikinci senaryosunda kurulan geçici depoların kurulum maliyetleri aynen geçerlidir. Alınan kararlara göre gerçekleşen kullanılmış depo sayısı ile kullanılan depo sayısına göre oluşacak toplam kurulum ve sabit maliyetlerinin değişiminin ne olacağı gözlemlenecektir.

Çizelge 3.31. Geçici depoların yıllık kapasiteleri ve konumları

Depo Yeri	**Alan**	**Haftalık Kapasite (Ton)**	**Sayısı**	**Yıllık Kapasite (Ton)**	**Konumu**
İstanbul	115	109	6	34.008	Batı
İzmir	115	109	2	11.336	Batı
Bursa	95	90	2	9.360	Batı
Kocaeli	70	66,5	2	6.916	Batı
Eskişehir	95	90	1	4.680	Orta
Ankara	95	90	2	9.360	Orta
Adana	70	66,5	1	3.458	Orta
Konya	75	71	1	3.692	Orta
Antalya	80	76	1	3.952	Batı
Gaziantep	60	57	1	2.964	Doğu
Samsun	50	47,5	1	2.470	Orta
Malatya	40	38	1	1.976	Doğu
Toplam	**960**	**910,5**	**21**	**94.172**	**-**

Mevcut geri kazanım tesislerinden iki tanesinin lokasyonları değiştirilip, toplam kapasite aynı kalmıştır. Tesislerin yeni işleme ve bertaraf miktarları ile maliyetleri çizelgede yer almaktadır.

Çizelge 3.32. Geri kazanım tesisleri ve bertaraf tesislerinin kapasite ve yıllık maliyetleri

Tesisin Yeri	Toplam Kapasite (Ton/Yıl)	İşleme Miktarı (Ton/Yıl)	Bertaraf Miktarı (Ton/Yıl)	G. Kazanım Tesisi Sabit Maliyet (₺)	Bertaraf Tesisi Sabit Maliyet (₺)	Üretim Maliyeti (₺)	Bertaraf Maliyeti (₺)
Eskişehir	10.000	9.600	400	1.319.740	69.460	3.648.000	64.000
Kütahya	14.400	13.824	576	2.375.494	125.026	5.253.120	92.160
Sivas	1.500	1.440	60	181.450	9.550	547.200	9.600
Nevşehir	1.500	1.440	60	181.450	9.550	547.200	9.600
Gaziantep	3.000	2.880	120	362.900	19.100	1.094.400	19.200
Aydın	3.500	3.360	140	577.410	30.390	1.276.800	22.400
Antalya	2.000	1.920	80	263.958	13.893	729.600	12.800
Mersin	6.000	5.760	240	824.838	43.413	2.188.800	38.400
İzmir	10.000	9.600	400	1.484.660	78.140	3.648.000	64.000
Konya	7.000	6.720	280	989.900	52.100	2.553.600	44.800
Samsun	700	672	28	98.990	5.210	255.360	4.480
Kırıkkale	1.500	1.440	60	230.945	12.155	547.200	9.600
Niğde	1.750	1.680	70	263.958	13.893	638.400	11.200
Toplam	**62.850**	**60.336**	**2.514**	**9.155.693**	**481.880**	**22.927.680**	**402.240**

İlk iki senaryodan farklı olarak; üretim tesislerinden yüksek kapasiteye sahip bir tesisin daha merkezi bir noktaya taşınması halinde taşıma maliyetlerinde nasıl bir değişim olacağı gözlemlenecektir. Senaryoya göre, tesislerin yeri ve kapasite düzeyleri aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 3.33. Üretim tesislerinin kapasiteleri ve yıllık maliyetleri

Tesisin Yeri	Toplam Kapasite (Ton/Yıl)	Yıllık Sabit Maliyet (₺)	Yıllık Üretim Maliyeti (₺)
İstanbul	22.800	21.510.850	102.600.000
Kırşehir	28.260	25.668.720	127.170.000
Manisa	16.600	16.676.640	74.700.000
Ankara	18.600	17.696.000	83.700.000
Toplam	**86.260**	**81.552.210**	**388.170.000**

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada, ülkemizdeki akü ihtiyacının kullanılmış akülerden yeniden kazanım yoluyla elde edilerek son kullanıcıya ait bayi/müşteri talebini karşılamayı amaçlayan bir tersine tedarik zinciri modeli geliştirilmek istenmiştir. Ülkemizde de atık akülerin geri kazanımı yoluyla çevrenin korunması ve ekonominin geliştirilmesi amaçlanmakta; APAK yönetmeliğinin 1 Ocak 2005 tarihinde uygulamaya girmesiyle de artarak devam etmektedir.

Son yıllarda tersine lojistik üzerine yapılan çalışmaların artışı, ekonomik ve yasal yaptırımların sıklaşmasından da etkilenmektedir. Literatürdeki çalışmalar; ağ tasarımı, geri dönüş oranı tahminleri, artan geri dönüş oranlarının çevreye olan olumlu etkileri ve taşıma/üretim maliyetlerinin düşürülmesi ile ürün satışına dayalı sistemlerde sistem karını arttırma üzerine yaklaşımlardan oluşmaktadır. Çevresel faktörler gözetilirken özellikle, işletmelere rekabet avantajını da getirecek üretim ve dağıtım planlamalarını sağlayan ileri ve geri akışların yapılmasının önemini vurgulayan çalışmalar her geçen gün artmaktadır.

Tersine tedarik zincirlerinde birçok belirsizlik ve eksik bilgi bulunmasından ötürü çalışmada, atık akülerden elde edilen kurşunun yeniden akü üretimi için kullanılma oranı, bayi noktalarının talebi, geri dönüş oranları, bertaraf oranları ve taşıma maliyetleri gibi kalemlerde varsayımlardan yararlanılmıştır. Söz konusu belirsizliklere ilaveten, farklı varsayımlar türetilerek farklı sistem öğeleri ve şartlar altında da sistemin verdiği sonuçlara bakılarak kıyaslamalarda bulunulmuştur.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, her senaryoda toplanan atık ürün miktarının arttığı, bertaraf edilen ürün miktarında azalmanın görüldüğü, üretilen yeni ürünün ve sonuç olarak kullanılan sistem öğe sayısının arttırılmak zorunda kaldığı görülmektedir. Taşıma maliyetleri ve sistem karındaki değişimin gözetildiği ikinci ve üçüncü senaryoda daha fazla bayi noktasının ihtiyacı giderilirken taşıma maliyetlerinin azaltıldığı ve sistem karının arttırıldığı gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmada, toplam bayi/müşteri noktası talebinin yalnızca belirli bir kısmının yeniden üretimle oluşmuş ürün yoluyla karşılanması amaçlanması nedeniyle sistem her çalıştırılmasında kendisine en az taşıma maliyetini oluşturacak şekilde ve sabit maliyeti en düşük üretim tesislerini kullanarak talepleri karşılamaya çalışmaktadır. Her bir senaryo için elde edilen sonuçları gösteren çizelgeler aşağıda sunulmuştur.

4.1. Senaryo-1'e Ait Sonuçlar ve Analiz

Birinci senaryoda sistemin mevcut durumu ele alınmıştır. Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2014 yılsonu starter tip akü kullanan araç sayılarının illere göre dağılımına, ilin bulunduğu bölgenin gelişmişlik düzeyi oranına ve ülkemizdeki en büyük akü üreticilerinin son dört yıl içerisindeki yurtiçi satışlarının ortalamasına göre dağıtımlar yapılmış ve pazar dönüşleri oluşturulmuştur. 2014 yılsonu toplam satışın araç yoğunluk oranına bölünmesiyle sevkiyatların yapıldığı bayilerin talepleri belirlenmiştir. Valilik iznine sahip depolar, üretici firmaların iştiraki olan kazanım tesisleri ve firmaların üretim yerleri ele alınarak sistem kurulmuştur. Model; GAMS programında Cplex solver yardımıyla çözülmüş, modelin çözümü optimal bulunmuş ve model çözümü için uygulama süresi yaklaşık 21,1 sn. olarak gerçekleşmiştir.

Sistemde bulunan 16 adet deponun yerleri, kapasiteleri ve bayilerden (illerden) gelen ürün miktarları aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Senaryo-1'e ait depolara gelen ürün miktarları

İndis No	Geçici Depo Yeri	Geçici Depo Kapasitesi	Gelen Kullanılmış Ürün Miktarı (Ton)
i1	İstanbul	5.668	5.668
i2	İstanbul	5.668	0
i3	İstanbul	5.668	5.668
i4	İstanbul	5.668	5.668
i5	İstanbul	5.668	5.668
i6	İstanbul	5.668	3.881
i7	İzmir	5.668	5.668
i8	İzmir	5.668	5.668
i9	Bursa	4.680	4.680
i10	Bursa	4.680	4.680
i11	Kocaeli	3.458	3.458
i12	Kocaeli	3.458	3.458
i13	Ankara	4.680	4.680
i14	Ankara	4.680	4.680
i15	Ankara	4.680	4.680
i16	Kayseri	3.458	3.458

Depolardan kazanım tesislerine işlenmesi için gönderilen ürün miktarları ve kullanılan ve kullanılmayan kazanım tesisleri çizelgede yer almaktadır. Ürün gönderimi gerçekleşmeyen tesisler kullanılmamıştır. Depolardan genelde tek parça halinde tüm

ürünlerini tek bir kazanım tesisine gönderilmesi tercih edilmiştir. Böylece kullanılmamış kazanım tesisinin sabit maliyeti ve işleme maliyetine katlanılmamıştır.

Çizelge 4.2. Senaryo-1'e ait kazanım tesislerine gelen ürün miktarları

Geçici Depo/Geri Kazanım Tesisi	Eskişehir	Eskişehir	Kütahya	G.Antep	G.Antep	Aydın	Antalya	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale	Niğde
İstanbul	0	0	4.251	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	0	4.251	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	2.838	1.413	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	2.089	2.162	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	2.911	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	0	4.251	0	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	0	4.251	0	0	0	0
Bursa	0	0	0	0	0	0	1.988	1.498	24	0	0	0
Bursa	0	0	0	0	0	3.500	10	0	0	0	0	0
Kocaeli	0	0	1.892	0	0	0	2	0	0	700	0	0
Kocaeli	0	0	2.594	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ankara	0	0	0	260	0	0	0	0	0	0	1.500	1.750
Ankara	0	0	0	44	0	0	0	0	3.466	0	0	0
Ankara	0	0	0	0	0	0	0	0	3.510	0	0	0
Kayseri	0	0	0	1.196	1.397	0	0	0	0	0	0	0

Söz konusu kazanım tesislerinden 12 tanesi kullanılırken; Gaziantep'de bulunan iki adet kazanım tesisi ile Mersin'de bulunan kazanım tesisine ürün akışı gerçekleşmemiştir. İlgili kazanım tesislerinden bu nedenle bertaraf tesislerine giden ürün de olmamış; toplamda 10 adet bertaraf tesisine aşağıda yer alan miktarlarda imha amacıyla ürün gönderilmiştir.

Çizelge 4.3. Senaryo-1'e ait bertaraf tesislerine gelen ürün miktarları

Geri Kazanım Tesisi/Bertaraf Tesisi	Eskişehir	Kütahya	G.Antep	G.Antep	Antalya	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale	Niğde
Eskişehir	100	80	7	0	0	0	0	15	25	22
Eskişehir	250	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kütahya	0	720	0	0	0	0	0	0	0	0
G.Antep	0	0	23	52	0	0	0	0	0	0
G.Antep	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0
Aydın	0	0	0	0	25	100	50	0	0	0
Antalya	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	500	0	0	0	0
Konya	0	0	0	0	0	0	350	0	0	0
Samsun	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0
Kırıkkale	0	0	0	0	0	0	0	0	75	0
Niğde	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88
Toplam	**350**	**800**	**100**	**52**	**125**	**600**	**400**	**50**	**100**	**110**

Senaryo-1'de yalnızca iki üretim tesisine yarı mamul olan kurşun külçe gönderilmiş ve söz konusu üretim tesislerinden illere ürün gönderilerek bayi talebi karşılanmaya çalışılmıştır. Aşağıda yer alan çizelgelerde sırasıyla üretim tesislerine gelen ürün miktarı ile tesislerden illere giden nihai ürün miktarları gösterilmiştir. Ürün gönderimi gerçekleştirilen illerin talebi ve bu talebin ne kadarlık kısmının karşılandığı da belirtilmiştir.

Çizelge 4.4. Senaryo-1'e ait üretim tesislerine gelen ürün miktarları

Geri Kazanım Tesisi/Üretim Tesisi	İstanbul	Kütahya
Eskişehir	2.827	0
Eskişehir	2.837	0
Kütahya	0	8.143
G.Antep	28	820
Aydın	0	1.979
G.Antep	0	790
Antalya	0	1.131
İzmir	5.655	0
Konya	0	3.958
Samsun	396	0
Kırıkkale	848	0
Niğde	990	0
Toplam	**13.581**	**16.821**

Çizelge 4.5. Senaryo-1'e ait bayi/müşteri noktalarına gönderilen ürün miktarları

Bayi/Müşteri Noktası/Üretim Tesisi	İstanbul	Kütahya	Bayi/Müşteri Talebi	Talebin Karşılanma Yüzdesi
Afyonkarahisar	0	850	850	100%
Amasya	497	0	497	100%
Ankara	0	11.138	11.138	100%
Ardahan	0	50	50	100%
Artvin	0	211	211	100%
Aydın	1.637	0	1.637	100%
Batman	224	0	224	100%
Bayburt	0	63	63	100%
Bilecik	298	0	298	100%
Bingöl	93	0	93	100%
Bitlis	118	0	118	100%
Bolu	499	0	499	100%
Burdur	0	493	493	100%
Çanakkale	788	0	788	100%
Diyarbakır	0	640	640	100%
Eskişehir	0	1.392	1.392	100%
Giresun	495	0	495	100%
Gümüşhane	0	113	113	100%
Hatay	1.870	0	1.870	100%
Isparta	708	0	708	100%
İstanbul	1.147	9.820	23.498	47%
İzmir	6.490	0	6.490	100%
K.Maraş	0	1.111	1.111	100%
Karabük	0	361	361	100%
Kars	0	157	157	100%
Kırıkkale	0	366	366	100%
Kütahya	934	0	934	100%
Muğla	1.832	0	1.832	100%
Osmaniye	0	657	657	100%
Samsun	1.544	0	1.544	100%
Siirt	0	105	105	100%
Sivas	0	733	733	100%
Ş.Urfa	1.041	0	1.041	100%
Tokat	698	0	698	100%
Uşak	573	0	573	100%
Van	468	0	468	100%
Zonguldak	846	0	846	100%
Toplam	**22.800**	**28.260**	**63.591**	**80%**

Tüm bu bilgiler altında, senaryo-1'e göre sistemin mevcut durumunu gösterir özet bilgiler aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Çizelge 4.6. Senaryo-1'e göre elde edilen sonuçlar

Senaryo-1 Durum	**Sonuç**
Sistem Karı	223.125.700 TL
Taşıma Maliyeti	10.606.560 TL
İşleme ve Üretim Maliyeti	156.600.600 TL
Toplanan Ürün (ton)	71.663
Bertaraf Edilen Ürün (ton)	2.687
Üretilen Ürün (ton)	51.060

4.2. Senaryo-2'ye Ait Sonuçlar ve Analiz

İkinci senaryoda ise, mevcut sisteme ilave beş adet depo yeri belirlenmiş; belirlenen depo kapasiteleri, kurulum maliyetleri ve sabit maliyetlerin oluştuğu varsayılarak değişen ürün dönüşleri altında hangilerinin açılmasının optimum olacağına; açılan depolarla toplam dönüş, maliyet ve karın nasıl değiştiğine bakılmıştır. Model; GAMS programında Cplex solver yardımıyla çözülmüş, modelin çözümü optimal bulunmuş ve model çözümü için uygulama süresi yaklaşık 22,4 sn. olarak gerçekleşmiştir.

Yeni şartlar altında açılması teklif edilen beş adet deponun üç tanesini sistem uygun bulmuştur. Ayrıca İstanbul'daki depoların kullanılan kapasiteleri azaltılarak; daha fazla kapasite yeni açılan Konya, Antalya ve Gaziantep şehirlerindeki depolardan sağlanmıştır.

Çizelge 4.7. Senaryo-2'ye ait depolara gelen ürün miktarları

İndis No	Geçici Depo Yeri	Geçici Depo Kapasitesi	Gelen Kullanılmış Ürün Miktarı (Ton)
i1	İstanbul	5.668	5.668
i2	İstanbul	5.668	5.668
i3	İstanbul	5.668	0
i4	İstanbul	5.668	5.668
i5	İstanbul	5.668	2.669
i6	İstanbul	5.668	0
i7	İzmir	5.668	5.668
i8	İzmir	5.668	5.668
i9	Bursa	4.680	4.680
i10	Bursa	4.680	4.680
i11	Kocaeli	3.458	3.458
i12	Kocaeli	3.458	3.458
i13	Ankara	4.680	4.680
i14	Ankara	4.680	4.680
i15	Ankara	4.680	4.680
i16	Kayseri	3.458	3.458
i17	Konya	3.692	3.692
i18	Antalya	3.952	3.952
i19	Antep	2.964	2.964
i20	Samsun	2.470	Açılmadı
i21	Malatya	1.976	Açılmadı

Açılan ve mevcut geçici depolardan geri kazanım tesislerine yapılan kullanılmış ürün gönderimleri aşağıdaki gibidir. Samsun'daki kazanım tesisi ve G.Antep'de bulunan üç kazanım tesisi sisteme dahil edilmemiş; ilk senaryoda kullanılmayan Mersin kazanım tesisi sisteme dahil edilmiştir. Kullanılmayan Mersin tesisine üç farklı ilden toplam 5.236 ton ürün akışı gerçekleşmiştir. G.Antep tesislerine gelen ürünlerde ise toplam 1.397 ton azalma olmuştur.

Çizelge 4.8. Senaryo-2'ye ait kazanım tesislerine gelen ürün miktarları

Geçici Depo/Geri Kazanım Tesisi	Eskişehir	Eskişehir	Kütahya	G.Antep	Aydın	Antalya	Mersin	İzmir	Konya	Kırıkkale	Niğde
İstanbul	0	4.251	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	0	4.251	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	2.275	0	1.976	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	2.002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	0	4.251	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	0	4.251	0	0	0
Bursa	0	0	0	0	2.012	0	0	1.498	0	0	0
Bursa	0	0	2.986	0	524	0	0	0	0	0	0
Kocaeli	0	0	2.594	0	0	0	0	0	0	0	0
Kocaeli	0	0	2.594	0	0	0	0	0	0	0	0
Ankara	0	0	0	0	0	0	540	0	1.470	1.500	0
Ankara	0	749	0	0	0	0	0	0	2.761	0	0
Ankara	723	0	0	0	0	0	2.787	0	0	0	0
Kayseri	0	0	0	0	0	0	844	0	0	0	1.750
Konya	0	0	0	0	0	0	0	0	2.769	0	0
Antalya	0	0	0	0	964	2.000	0	0	0	0	0
Antep	0	0	0	1.500	0	0	1.065	0	0	0	0

Açılan depolarla birlikte depo sayısının artması, depolarda bekleme sürelerinin düşeceğine yönelik varsayım neticesinde ilk senaryoya göre bertaraf edilen ürün sayısında ve bu nedenle kullanılan tesis sayısında da azalmaya neden olmuştur. Kütahya'daki tesis kullanılmayarak Eskişehir'deki ikinci tesise gönderim yapılmış; senaryo-1'e göre G.Antep'de bir tesis daha kullanım dışı bırakılarak Mersin'de kullanılan kazanım tesisinden dolayı bertaraf edilecek ürün için Mersin tesisinden faydalanılmıştır.

Çizelge 4.9. Senaryo-2'ye ait bertaraf tesislerine gelen ürün miktarları

Geri Kazanım Tesisi/Bertaraf Tesisi	**Eskişehir**	**Eskişehir**	**G.Antep**	**Aydın**	**Antalya**	**Mersin**	**İzmir**	**Konya**	**Kırıkkale**
Eskişehir	50	120	0	0	0	0	0	0	30
Eskişehir	0	200	0	0	0	0	0	0	0
Kütahya	270	0	0	56	20	0	150	80	0
G.Antep	0	0	60	0	0	0	0	0	0
Aydın	0	0	0	140	0	0	0	0	0
Antalya	0	0	0	0	80	0	0	0	0
Mersin	0	0	0	0	0	209	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	400	0	0
Konya	0	0	0	0	0	0	0	280	0
Kırıkkale	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Niğde	0	0	0	0	0	70	0	0	0
Toplam	**320**	**320**	**60**	**196**	**100**	**279**	**550**	**360**	**90**

İlk senaryoya göre üretim tesislerine gelen yarımamul miktarı 2.103 ton artış göstermiştir. Ayrıca mevcut durumda ihtiyaç duyulmayan Manisa üretim tesisi de kullanılmış ve ilk durumda en fazla ürünün gönderildiği Kütahya üretim tesisi alınmayarak Manisa ve Ankara'daki tesisler kullanılmıştır. Bu kararın alınmasında Kütahya'nın en yüksek sabit maliyet bulunan tesis olması etkili olmuştur.

Çizelge 4.10. Senaryo-2'ye ait üretim tesislerine gelen ürün miktarları

Geri Kazanım Tesisi/Üretim Tesisi	İstanbul	Manisa	Ankara
Eskişehir	1.492	0	1.365
Eskişehir	2.857	0	0
Kütahya	7.205	1.024	0
G.Antep	0	0	857
Aydın	0	2.000	0
Antalya	0	1.143	0
Mersin	0	0	2.992
İzmir	0	5.714	
Konya	0	0	4.000
Kırıkkale	0	0	857
Niğde	0	0	1.000
Toplam	**11.554**	**9.881**	**11.071**

Üretilen son ürün sayısı yaklaşık %7 artış gösterirken talebi karşılanan bayi noktası azalmış ve daha yakın illerin talebi karşılanmıştır. Ancak buna karşılık ulaşılan bayilerin talebinin karşılanma yüzdesi %80'den %88'e yükselmiş ve taşıma maliyetleri de düşürülmüştür.

Çizelge 4.11. Senaryo-2'ye ait bayi/müşteri noktalarına gönderilen ürün miktarları

Bayi/Müşteri Noktası/Üretim Tesisi	**İstanbul**	**Manisa**	**Ankara**	**Bayi/Müşteri Talebi**	**Talebin Karşılanma Yüzdesi**
Afyonkarahisar	0	850	0	850	100%
Amasya	0	0	497	497	100%
Ankara	0	11.138	0	11.138	100%
Ardahan	0	50	0	50	100%
Artvin	0	211	0	211	100%
Aydın	1.637	0	0	1.637	100%
Batman	224	0	0	224	100%
Bayburt	0	63	0	63	100%
Bilecik	298	0	0	298	100%
Bingöl	0	93	0	93	100%
Bitlis	0	0	118	118	100%
Burdur	0	493	0	493	100%
Çanakkale	788	0	0	788	100%
Diyarbakır	640	0	0	640	100%
Eskişehir	0	1.392	0	1.392	100%
Giresun	495	0	0	495	100%
Gümüşhane	0	113	0	113	100%
Hatay	1.235	0	0	1.870	66%
Isparta	708	0	0	708	100%
İstanbul	0	0	16.944	23.498	72%
İzmir	6.490	0	0	6.490	100%
K.Maraş	0	656	0	1.111	59%
Karabük	0	361	0	361	100%
Kars	0	157	0	157	100%
Kırıkkale	0	366	0	366	100%
Kütahya	934	0	0	934	100%
Muğla	1.832	0	0	1.832	100%
Osmaniye	0	657	0	657	100%
Samsun	1.544	0	0	1.544	100%
Ş.Urfa	0	0	1.041	1.041	100%
Tokat	698	0	0	698	100%
Uşak	573	0	0	573	100%
Van	468	0	0	468	100%
Zonguldak	846	0	0	846	100%
Toplam	**19.410**	**16.600**	**18.600**	**62.253**	**88%**

Tüm bu bilgiler altında, senaryo-2'ye göre sistemin mevcut durumunu gösterir özet bilgiler aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Çizelge 4.12. Senaryo-2'ye göre elde edilen sonuçlar

Senaryo-2 Durum	**Sonuç**
Sistem Karı	235.209.500 TL
Taşıma Maliyeti	8.931.655 TL
İşleme ve Üretim Maliyeti	167.392.200 TL
Toplanan Ürün	75.847
Bertaraf Edilen Ürün	2.275
Üretilen Ürün	54.610

4.3. Senaryo-3'e Ait Sonuçlar ve Analiz

Üçüncü senaryoda ise, yine aynı beş depo açılması önerisini belirlenen iki kazanım tesisi, bir üretim tesisi ile mevcut duruma ait iki deponun yer değiştirmesi şartları altında değerlendirerek sistemin yeni durumu ne derece uygun bulduğuna, kar ve maliyet kalemlerinin nasıl değiştiğine bakılmıştır. Model; GAMS programında Cplex solver yardımıyla çözülmüş, modelin çözümü optimal bulunmuş ve model çözümü için uygulama süresi yaklaşık 20,2 sn. olarak gerçekleşmiştir.

Yeni şartlar altında açılması teklif edilen beş adet deponun bu defa dört tanesini sistem uygun bulmuştur. Antalya deposu açılmayarak; ikinci senaryoda açılmamış olan Samsun ve Malatya depoları kullanılmıştır. Ayrıca İstanbul'daki depoların kullanılan kapasiteleri daha da azaltılmıştır. İkinci senaryoya göre açılması teklif edilen yeni depolardan 494 ton daha fazla kapasitede yararlanma olmuştur. Sistemin kullandığı toplam depo sayısı da yükselmiştir. Çizelge 4.12.'de yeni senaryoya ait kullanılan depolar ve gelen ürün miktarları yer almaktadır.

Çizelge 4.13. Senaryo-3'e ait depolara gelen ürün miktarları

İndis No	Geçici Depo Yeri	Geçici Depo Kapasitesi	Gelen Kullanılmış Ürün Miktarı (Ton)
i1	İstanbul	5.668	5.668
i2	İstanbul	5.668	5.668
i3	İstanbul	5.668	0
i4	İstanbul	5.668	5.668
i5	İstanbul	5.668	0
i6	İstanbul	5.668	2.342
i7	İzmir	5.668	5.668
i8	İzmir	5.668	5.668
i9	Bursa	4.680	4.680
i10	Bursa	4.680	4.680
i11	Kocaeli	3.458	3.458
i12	Kocaeli	3.458	3.458
i13	Eskişehir	4.680	4.680
i14	Ankara	4.680	4.680
i15	Ankara	4.680	4.680
i16	Adana	3.458	3.458
i17	Konya	3.692	3.692
i18	Antalya	3.952	Açılmadı
i19	Antep	2.964	2.964
i20	Samsun	2.470	2.470
i21	Malatya	1.976	1.976

Geçici depolardan geri kazanım tesislerine gelen ürün sayısı yaklaşık 125 ton artmıştır. G.Antep'de kapatılan tesisin yerine açılan Nevşehir tesisi kullanılmış ayrıca ikinci senaryoda G.Antep tesisinde toplam 1.500 ton ürün kazanıma gelirken bu sefer yeri değişen tesislerle gelen ürün 4.500 tona yükselmiştir. Bir önceki duruma göre Samsun bu kez kullanılmış; Niğde ise kullanılmamıştır. 2. ve 3. senaryoda mevcut duruma göre en fazla Mersin tesisi aktif hale gelmiştir.

Çizelge 4.14. Senaryo-3'e ait kazanım tesislerine gelen ürün miktarları

G.Depo/G. Kazanım Tesisi	E.Şehir	E.Şehir	Kütahya	Nevşehir	G.Antep	G.Antep	Aydın	Mersin	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale
İstanbul	0	0	1.251	0	1.500	1.500	0	0	0	0	0	0
İstanbul	483	0	2.269	1.500	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	1.008	3.244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İstanbul	0	1.757	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	0	0	4.251	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	0	0	0	4.251	0	0	0
Bursa	0	0	2.184	0	0	0	0	0	1.327	0	0	0
Bursa	0	0	3.510	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kocaeli	0	0	2.594	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kocaeli	0	0	2.594	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eskişehir	3.510	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ankara	0	0	0	0	0	0	0	1.289	0	721	0	1.500
Ankara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.510	0	0
Adana	0	0	0	0	0	0	0	2.594	0	0	0	0
Konya	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.769	0	0
Antep	0	0	0	0	0	0	866	1.528	172	0	0	0
Samsun	0	0	0	0	0	0	1.153	0	0	0	700	0
Malatya	0	0	0	0	0	0	1.482	0	0	0	0	0

Bertarafa uğrayan ürün miktarı ikinci senaryo ile hemen hemen aynı kalmış; kullanılan bertaraf tesisi sayısı da aynı olmuştur. Kazanım tesisleriyle beraber yeri değişen Nevşehir ve Sivas bertaraf tesislerine ürün gelmemiş; G.Antep ve Mersin daha fazla kullanılarak, Samsun tesisi aktifleştirilmiştir.

Çizelge 4.15. Senaryo-3'e ait bertaraf tesislerine gelen ürün miktarları

Geri Kazanım Tesisi/Bertaraf Tesisi	Eskişehir	Eskişehir	Gaziantep	Aydın	Mersin	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale
Eskişehir	0	168	0	0	0	0	0	2	30
Eskişehir	48	152	0	0	0	0	0	0	0
Kütahya	272	0	0	60	14	150	80	0	0
Nevşehir	0	0	0	0	60	0	0	0	0
Gaziantep	0	0	30	0	30	0	0	0	0
Gaziantep	0	0	60	0	0	0	0	0	0
Aydın	0	0	0	140	0	0	0	0	0
Mersin	0	0	0	0	216	0	0	0	0
İzmir	0	0	0	0	0	400	0	0	0
Konya	0	0	0	0	0	0	280	0	0
Samsun	0	0	0	0	0	0	0	28	0
Kırıkkale	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Toplam	**320**	**320**	**90**	**200**	**320**	**550**	**360**	**30**	**90**

Kazanım tesislerinin ürün gönderdiği üretim tesisleri 2. Senaryoya göre yine aynı kalmış; Ankara'ya ve Manisa'ya gelen ürün sayısı değişmezken İstanbul üretim tesisine gelen ürün miktarında artış olmuştur. Ürün gönderen kazanım tesislerinden Niğde ve Antalya bu defa ürün göndermemiştir. G.Antep ve Samsun'da kullanılmayan tesisler aktifleştirilmiştir.

Çizelge 4.16. Senaryo-3'e ait üretim tesislerine gelen ürün miktarları

Geri Kazanım Tesisi/Üretim Tesisi	İstanbul	Manisa	Ankara
Eskişehir	2.706	0	151
Eskişehir	2.857	0	0
Kütahya	6.062	2.167	0
Nevşehir	0	0	857
G.Antep	0	0	857
G.Antep	0	0	857
Aydın	0	2.000	0
Mersin	0	0	3.092
İzmir	0	5.714	0
Konya	0	0	4.000
Samsun	0	0	400
Kırıkkale	0	0	857
Toplam	**11.625**	**9.881**	**11.071**

Yeni şartlar altında yeri değiştirilen üretim tesisinin yine kullanılmadığı, ulaşılan bayi noktasına dokuz il daha ilave olarak 43 sayısına ulaşılmıştır. Söz konusu illerin toplam talebinin yine %88'i yeniden kazanımla üretilmiş ürünlerle sağlanmıştır. Ancak toplamda bayilere 120 ton daha fazla ürün girişi olmuştur.

Çizelge 4.17. Senaryo-3'e ait bayi/müşteri noktalarına gönderilen ürün miktarları

Bayi/Müşteri Noktası/Üretim Tesisi	**İstanbul**	**Manisa**	**Ankara**	**Bayi/Müşteri Talebi**	**Talebin Karşılanma Yüzdesi**
Afyonkarahisar	0	260	0	850	**31%**
Amasya	0	0	497	497	**100%**
Ardahan	0	50	0	50	**100%**
Artvin	0	211	0	211	**100%**
Aydın	1.637	0	0	1.637	**100%**
Batman	224	0	0	224	**100%**
Bilecik	298	0	0	298	**100%**
Bitlis	0	0	118	118	**100%**
Burdur	0	493	0	493	**100%**
Çanakkale	788	0	0	788	**100%**
Giresun	495	0	0	495	**100%**
Gümüşhane	0	113	0	113	**100%**
Hakkari	57	0	0	57	**100%**
Isparta	708	0	0	708	**100%**
İstanbul	0	0	16.944	23.498	**72%**
İzmir	6.490	0	0	6.490	**100%**
Karaman	0	329	0	329	**100%**
Kars	0	157	0	157	**100%**
Kastamonu	0	559	0	559	**100%**
Kayseri	0	2.004	0	2.004	**100%**
Kırıkkale	0	366	0	366	**100%**
Kırklareli	0	509	0	509	**100%**
Kocaeli	0	2.063	0	2.063	**100%**
Konya	2.628	609	0	3.237	**100%**
Kütahya	934	0	0	934	**100%**
Manisa	0	1.958	0	1.958	**100%**
Mersin	0	2.547	0	2.547	**100%**
Muğla	1.832	0	0	1.832	**100%**
Nevşehir	499	0	0	499	**100%**
Niğde	0	426	0	426	**100%**
Ordu	0	757	0	757	**100%**
Osmaniye	0	657	0	657	**100%**
Rize	0	454	0	454	**100%**
Sinop	0	282	0	282	**100%**
Ş.Urfa	0		1.041	1.041	**100%**
Şırnak	0	189	0	189	**100%**
Tekirdağ	0	1.248	0	1.248	**100%**
Trabzon	1.074		0	1.074	**100%**
Tunceli	0	41	0	41	**100%**
Uşak	573		0	573	**100%**
Yalova	0	318	0	318	**100%**
Yozgat	447	0	0	447	**100%**
Zonguldak	846	0	0	846	**100%**
Toplam	**19.530**	**16.600**	**18.600**	**61.874**	**88%**

4.4. Genel değerlendirme

Yapılan çalışmada, birbiriyle kıyaslanan senaryolarda kullanılan sistem öğeleri, taşıma, işleme ve üretim maliyetleri ile toplanan, bertaraf edilen ve üretilen ürün

miktarlarının kıyaslaması; en nihayetinde sistem karlarının gelişimi aşağıda tablo halinde sunulmuştur.

Çizelge 4.18. Sonuçların karşılaştırmalı gösterimi

Kriter	**Senaryo-1**	**Senaryo-2**	**Senaryo-3**
Sistem Karı	223.125.700 TL	235.209.500 TL	238.680.700 TL
Taşıma Maliyeti	10.606.560 TL	8.931.655 TL	6.110.286 TL
İşleme ve Üretim Maliyeti	156.600.600 TL	167.392.200 TL	167.760.700 TL
Toplanan Ürün	71.663	75.847	76.014
Bertaraf Edilen Ürün	2.687	2.275	2.280
Üretilen Ürün	51.060	54.610	54.730
Kullanılan Depo Sayısı	15	17	18
Kullanılan Geri Kazanım Tesisi Sayısı	12	11	12
Kullanılan Bertaraf Tesisi Sayısı	10	9	9
Kullanılan Üretim Tesisi Sayısı	2	3	3
Ürün Gönderilen Bayi Sayısı	37	34	43

Tablo incelendiğinde;

i) Sistem kârı ilk senaryoya göre üçüncü senaryoda %7 artış göstermiştir.
ii) Taşıma maliyeti üçüncü senaryoda ilk senaryoya göre %42,4; ikinci senaryoya göre %31,6 azalmıştır.
iii) İşleme ve üretim maliyeti ilk senaryoya göre üçüncü senaryoda %7,1 yükselmiştir.
iv) Değiştirilen şartlar altında toplanan ürün miktarı son senaryoda yaklaşık %6,1 artarken; üretilen ürün miktarı ise yaklaşık %7,2 artış göstermiştir.
v) Son senaryoda ulaşılan bayi noktası sayısı ikinci senaryoya göre %26,5 yükselmiş; talebine cevap verilen bayi noktalarının ihtiyacı ilk senaryoda %80 oranında karşılanırken diğer senaryolarda %88 oranında karşılanmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tersine tedarik zinciri yönetimi kapsamında bir akümülatör geri kazanım ağı kurularak sistemin mevcut durumu ve sisteme öğe ilavesi ile sisteme ait öğelerin yer değişiklikleri şartı altında oluşan maliyetlerin ve karın değişimi incelenmiştir. Tersine lojistiğin belirsiz yapısı nedeniyle birçok varsayım altında oluşturulan sistem, günümüzde artan çevre bilinci ile uygulanabilirliği yüksek bir vakayı ele almaktadır. Farklı senaryolar altında yer seçimi problemine daha etkin çözümlerin arandığı çalışmada, akümülatörlerden elde edilen kurşunun yeniden akü üretiminde kullanılarak bayi noktalarının artarak devam eden talebi karşılanmak istenmiştir.

Gerçek yaşamda da uygulaması olan ancak alınan sınırlı bilgi neticesinde gerçeğe yakın varsayımlarıyla mantıklı sonuçların eldesi sağlanmak istenen çalışmada, kullanılacak tesislerin belirlenmesinde, açılacak depolara yönelik karar vermede bir seçimin yapılması istenmektedir. Ayrıca hangi sistem öğesine ne kadar ürün geleceği ya da ne kadar çıkacağının belirlenmesi de gerektiğinden çalışma, karışık tamsayılı programlama modeliyle çözülmüştür. Oluşturulan modeller, GAMS 24.0.1 versiyon optimizasyon programında çalıştırılarak sonuçlar irdelenmiştir.

Atık akümülatörlerin tamamının değil yalnızca belirli bir yüzdesinin yeniden akü üretiminde kullanılacağının varsayılması, geçici depolarda yalnızca valilik iznine tabi olanların seçilmesi, üretim tesislerinin yıllık sabit maliyetlerinin yüksek olması ve sadece starter tip akülerin çalışmaya dahil edilmesi gibi nedenler ulaşılan bayi sayısının düşük olması üzerinde etkili olmuştur.

Oluşturulan modelin farklı şartlar altında, hangi toplama merkezleri, kazanım tesisleri, fabrikalar ve bayi noktalarına dağıtılacağına yönelik şebeke/ağ yapısının kurulması ve çalıştırılmasıyla elde edilen sonuçların farklılığı üzerine yorum getirilmek istenmiştir. Çok dönemli bir yapı, ceza maliyetleri, elde bulundurma maliyeti gibi faktörler kullanılarak ya da her ilden toplanan atığın depolara getirilme maliyeti ve depozito uygulamasının olması daha farklı sonuçların da elde edilmesini sağlayabilirdi.

Aynı şekilde dönüş oranlarının yükselmesi ve fabrika maliyetlerinin düşürülmesi neticesinde daha fazla bayi noktasına ulaşma imkanı da yakalanabilir. Örneğin bertaraf tesisi maliyetlerinin yüksekliğinin taşıma maliyetlerine dahi katlanmayı daha cazip kılması da dikkat çeken noktalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Atık oluşan ilin, sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi, Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre araç sayısı, valilik iznine sahip deposunun olup/olmama durumuna göre geri dönüş oranları

değişmiştir. Yine aynı koşullar altında depoların kurulum ve yıllık sabit maliyetleri ile pazarın talebinin oluşturulmasında bahsi geçen kriterler etkili olmuştur. Literatürde geri kazanım ağ tasarımına yönelik birçok örnek olmakla birlikte çok az sayıda akü kazanımına ilişkin çalışma bulunmaktadır.

Taş (2009), akü geri dönüşümüne yönelik ağ tasarımı oluşturma çalışmasında geri dönüşüm ve araç tiplerini ele alacak şekilde iki farklı modelle sistemi ifade etmiş; modeller birbirinden taşıma tiplerine (lisanslı araçlarla ve lisanssız araçlarla) göre ayrılmıştır. İlk modelde, araçların lisanslarının olmaması merkezlere ve geri kazanım tesislerine yapılan taşımalara engel olurken; geliştirilen ikinci modelde lisanslı araçlarla merkezlerden geri kazanım tesislerine yapılan taşımalar da ele alınmıştır. Her iki modelde de geri kazanım maliyetlerini, tesislerin ulaşım noktalarına yakınlığının etkilediği görülmüştür. İlk modelde merkezler arası taşımaların minimum düzeyde gerçekleşmesi istenerek hangi depo ve kazanım tesislerinin işletilmesinin uygun olacağına karar verilmiştir. İkinci modelde ise, lisanlı/lisanssız taşıma seçenekleriyle hangi merkezler arası hangi araçlar kullanılarak taşımaların gerçekleştirileceği araştırılmıştır. Çalışmamızda ise tüm araçlar lisanslı alınmış; taşıma maliyetinden çok kazanım tesisleri ve üretim tesislerinin işleme/üretim/sabit maliyetlerinin ürün gönderiminde ve tesis kullanımında etkili olduğu görülmüştür.

Görgüç (2009), hurda akümülatörlerin çevreye olan etkilerini incelemiş; bir akü geri dönüşüm tesisinde atık su ve baca gazı analizleri yaparak sonuçlarını değerlendirmiştir. Çalışmada daha çok geri dönüşüm yapılan işletmelerin ÇED raporu alma zorunluluklarına değinilerek, tesislerin emisyon ölçümlerinin sıklıkla yapılması ve Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde bu tür tesisler için özel standartlar getirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada, yaptığımız çalışma ile aynı şekilde değinilmiş olan husus ülkemizde mevcut akü tüketimi ve hurda akü miktarının geri dönüşüm kapasitesinden fazla olduğudur. Geri dönüşümle elde edilen ürün miktarı pazarın toplam talebinin önemli bir kısmını karşılamamaktadır.

Kannan ve ark. (2010), bir akümülatör geri kazanım vakasına yönelik kapalı çevrim tedarik zinciri yönetiminde genetik algoritma yaklaşımı gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında çok kademeli ve çok periyotlu bir kapalı çevrim ağ modeli geliştirerek ürün dönüşleri, malzeme temini, üretim, dağıtım, kazanım ve bertarafa yönelik kararlar alınmıştır. Bulunan yöntem genetik algoritmaya dayalı uygulanmış ve karışık tamsayılı doğrusal programlama modeliyle çözüm metodolojisi oluşturulmuştur. Müşterilerin günlük talepleri belirlenmiş ve her sistem öğesinin elde tutma maliyetlerine yer

verilmiştir. Tedarikçilerden üretim tesisine taşıma maliyetleri hammadde alım maliyetinin içerisinde; dönüşü alınan kullanılmış ürünlerin incelenme maliyeti ise toplama maliyeti içerisinde gösterilmiştir. Maliyetlerin minimize edilmesine yönelik yapılan çalışmada, GAMS'in büyük ölçekli problem çözümlerinde genetik algoritma ile beraber kullanımının daha doğru sonuçlar üreteceği savunulmuştur. Çalışmamızda ise yine çok kademeli ürün taşıma söz konusu olup; karın maksimize edilmesine yönelik bir amaç oluşturulmuştur. Her sistem öğesi arası yapılan taşıma ayrı ayrı ele alınmış, elde tutma maliyetlerine yer verilmemiş ve pazarın sabit bir yıllık talebi olduğu düşünülmüştür.

Büyükkeklik (2011), çalışmamızdan farklı olarak atık akümülatörler için kurduğu tersine lojistik ağ tasarım modelinde maliyet kalemlerini çeşitlendirerek atık akümülatörün satın alınma maliyeti, toplama merkezleri ve geri dönüşüm tesislerinin kurulum maliyetleri, stoklama maliyetlerini belirlemiştir. Bu maliyetleri minimize edecek şekilde bayilerden toplama merkezlerine, toplama merkezlerinden geri dönüşüm tesislerine ve oradan üretici firmaya olan akış için, aday toplama merkezi konumları ve geri dönüşüm tesisi konumlarından uygun olanın/olanların minimum maliyetler seviyesinde seçilmesini amaçlayan bir 0-1 karma tamsayılı doğrusal programlama modeli oluşturmuştur. Sistem öğeleri için aday iller öne sürülerek LINGO programında hangilerinin seçileceğine bakılmıştır.

Sonoc ve ark. (2015), otomotiv sektöründeki lityum-iyon akümülatörlerinin geri kazanımı için fırsatların geliştirilmesine yönelik çalışmalarında otomotiv pazarında büyüme ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için daha yüksek oranda bir kazanımın şart olduğunu söylemişlerdir. Eğer geri kazanım yapılmazsa 2023 yılında lityum talebinin arzın üzerine çıkacağını tahmin etmişlerdir. Çalışmada, otomotiv endüstrisindeki lityum iyon akülerin kazanım süreçleri gösterilerek gereğinden fazla karmaşıklıkta olduğu ve israfın çok fazla yaşandığı belirtilmiş; yakmak, dondurmak veya parçalara ayırmaktan ziyade değerli komponentlerinin yeniden eldesi ve güvenli şekilde yeniden şarj edilerek enerji kazanımın da sağlanmasının metal bilimindeki maden elde teknikleriyle mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Çalışmamızda da yeni depoların açılmasının ve yapılacak yer değişikliklerinin bertaraf edilecek ürün miktarını azaltacağı ayrıca bayi noktalarının talebinin yüksekliği nedeniyle her yıl artan bir üretimin olduğu gösterilmiş; yeniden üretilen ürünle bayilerin talebinin belirli bir kısmı karşılanmıştır. Bu nedenle benzer vurgular yer almaktadır.

Yapılan çalışmalardan da görüldüğü üzere uygulama kapsamındaki belirsizliklerin çok olması nedeniyle yapılan varsayımların oluşturacağı belirsizliklerden kaynaklı hataların payını azaltmak amacıyla stokastik modellerin oluşturulması gerekebilir veya genetik algoritmalar gibi sezgisel yöntemlerle yeni modeller oluşturularak farklı sonuçların eldesi ve yorumlaması da sağlanabilmektedir.

KAYNAKLAR

Afshari, H., Sharafi, M., ElMekkawy, T. ve Peng, Q. J., 2014, Optimizing multi-objective dynamic facility location decisions within green distribution network design, *Variety Management in Manufacturing: Proceedings of the 47th Cirp Conference on Manufacturing Systems*, 17, 675-679.

Agrawal, S., Singh, R. K. ve Murtaza, Q., 2016, Disposition decisions in reverse logistics: Graph theory and matrix approach, *Journal of Cleaner Production*, 137, 93-104.

Aksoy, H. M., 2014, Elektrik Elektronik Sektöründe Yeşil Tedarik Zinciri İle Atık Yönetimi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, XV.

Aküder, 2014, Üyelerimiz-Üye Listemiz, İstanbul, http://www.akuder.org.tr/uye_liste.php: [14.05.2014].

Andraski, J. C., 1998, Leadership and realization of supply chain collaboration, *Journal of business logistics*, 19 (2), 9-11.

Ashfari, H., Sharifi, M., ElMekkawy, T. Y. ve Peng, Q. J., 2014, Facility Location Decisions Within Integrated Forward/Reverse Logistics under Uncertainty, *Variety Management in Manufacturing: Proceedings of the 47th Cirp Conference on Manufacturing Systems*, 17, 606-610.

Atamer, B., Bakal, I. S. ve Bayindir, Z. P., 2013, Optimal pricing and production decisions in utilizing reusable containers, *International Journal of Production Economics*, 143 (2), 222-232.

Ayvaz, B. ve Bolat, B., 2013, Kalite ve miktar belirsizlikleri altında geri dönüşüm ağ tasarımı, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 23, 55-77.

Baenas, J. M. H., de Castro, R., Battistelle, R. A. G. ve Gobbo, J. A., 2011, A study of reverse logistics flow management in vehicle battery industries in the midwest of the state of Sao Paulo (Brazil), *Journal of Cleaner Production*, 19 (2-3), 168-172.

Barros, A. I., Dekker, R. ve Scholten, V., 1998, A two-level network for recycling sand: A case study, *European Journal of Operational Research*, 110 (2), 199-214.

Beamon, M. B., 1999, Designing the green supply chain, *Logistics Information Management*, 12 (4), 332-342.

Bhatnagar, R. ve Sohal, A. S., 2005, Supply chain competitiveness: measuring the impact of location factors, uncertainty and manufacturing practices, *Technovation*, 25 (5), 443-456.

Biehl, M., Prater, E. ve Realff, M. J., 2007, Assessing performance and uncertainty in developing carpet reverse logistics systems, *Computers & Operations Research*, 34 (2), 443-463.

Bilgin, E., 2012, Tersine Lojistik Ağı Tasarımı: Geri Dönüşüm Alanında Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, *T.C. Dokuz Eylül Üniversitesi*, İzmir, 34-35.

Büyükkeklik, A., 2011, Tersine Lojistik ve Atık Akümülatörler İçin Tersine Lojistik Ağ Tasarımı Uygulaması, Doktora, *T.C. Niğde Üniversitesi*, Niğde, 159-164.

Büyüközkan, G. ve Vardaloğlu, Z., 2008, Lojistik Dergisi, Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi 66-73.

Cooper, M. C. ve Ellram, L. M., 1993, Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy, *The International Journal of Logistics Management*, 4 (2), 13-24.

Davis, T., 1993, Effective Supply Chain Management, *Sloan Management Review*, 34 (4), 35-46.

De La Fuente, M. V., Ros, L. ve Cardos, M., 2008, Integrating Forward and Reverse Supply Chains: Application to a metal-mechanic company, *International Journal of Production Economics*, 111 (2), 782-792.

Demirel, N. O. ve Gokcen, H., 2008, A mixed integer programming model for remanufacturing in reverse logistics environment, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39 (11-12), 1197-1206.

Deniş, Ö. F., 2012, Tersine Lojistik ve Denizli İlinde Ömrünü Tamamlamış Lastik Geri Kazanımı İçin Tersine Lojistik Ağ Modelinin Tamsayılı Programlamayla Tasarımı, Yüksek Lisans, *Pamukkale Üniversitesi*, Denizli, 43-44.

Dirik, M., 2012, Tersine Lojistik ve Karaman Organize Sanayi Bölgesinde Gıda Sektöründe Tersine Lojistiğin Değerlendirilmesine Yönelik Bir Uygulama, Yüksek Lisans, *T.C. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi*, Karaman, 68-75.

Dowlatshahi, S., 2005, A strategic framework for the design and implementation of remanufacturing operations in reverse logistics, *International Journal of Production Research*, 43 (16), 3455-3480.

Du, F. ve Evans, G. W., 2008, A bi-objective reverse logistics network analysis for post-sale service, *Computers and Operations Research*, 35 (8), 2617-2634.

Filip, F. G. ve Duta, L., 2015, Decision Support Systems in Reverse Supply Chain Management, *2nd International Conference Economic Scientific Research - Theoretical, Empirical and Practical Approaches, Espera 2014*, 22, 154-159.

Fleischmann, M., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Dekker, R., Van Der Laan, E., Van Nunen, J. A. E. E. ve N., V. W. L., 1997, Quantative models for reverse logistics: A review, *Europan Journal of Operational Research*, 103, 1-17.

Fleischmann, M., Beullens, P., Bloemhof-Ruwaard, J. M. ve Van Wassenhove, L. N., 2001, The impact of product recovery on logistics network design, *Production and Operations Management*, 10 (2), 156-173.

Ganesan, S., George, M., Jap, S., Palmatier, R. W. ve Weitz, B., 2009, Supply Chain Management and Retailer Performance: Emerging Trends, Issues, and Implications for Research and Practice, *Journal of Retailing*, 85 (1), 84-94.

Gönüllü, M. T., Ekerim, A. ve Varınca, K., 2009, Bir hurda akü geri dönüşüm tesisi değerlendirmesi, *IFES 2009 3. Uluslararası Döküm ve Çevre Sempozyumu*, İstanbul, 108-120.

Görgüç, S. Ö., 2009, Hurda akümülatörlerin geri kazanımı ve çevreye etkileri, *Selçuk Üniversitesi*, Konya, 79-81.

Gupta, S. ve Palsue-Desai, O. D., 2011, Sustainable supply chain management: Review and research opportunities, *IIMB Management Review*, 2011 (23), 234-245.

Gülsün, B., Tuzkaya, G. ve Bildik, E., 2008, Reverse logistics network design: A simulated annealing approach, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, 26 (1), 1-13.

Harraz, N. A. ve Galal, N. M., 2011, Design of Sustainable End-of-life Vehicle recovery network in Egypt, *Ain Shams Engineering Journal*, 2011 (2), 211-219.

Kannan, G., Sasikumar, P. ve Devika, K., 2010, A genetic algorithm approach for solving a closed loop supply chain model: A case of battery recycling, *Applied Mathematical Modelling*, 34 (3), 655-670.

Karaçay, G., 2005, Tersine lojistik: Kavram ve işleyiş, *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14 (1), 317-332.

Kehoe, D. ve Boughton, N., 2001, Internet based supply chain management - A classification of approaches to manufacturing planning and control, *International Journal of Operations & Production Management*, 21 (4), 516-524.

Kherbach, O. ve Mocan, M. L., 2016, The importance of logistics and supply chain management in the enhancement of Romanian SMEs, *13th International Symposium in Management: Management during and after the Economic Crisis*, 221, 405-413.

Ko, H. J. ve Evans, G. W., 2007, A genetic algorithm-based heuristic for the dynamic integrated forward/reverse logistics network for 3PLs, *Computers & Operations Research*, 34 (2), 346-366.

Kuik, S. S., Kaihara, T. ve Fujii, N., 2016, Product Recovery Configuration Decisions for Achieving Sustainable Manufacturing, *Research and Innovation in Manufacturing: Key Enabling Technologies for the Factories of the Future - Proceedings of the 48th Cirp Conference on Manufacturing Systems*, 41, 258-263.

Lambert, D. M. ve Cooper, M. C., 2000, Issues in supply chain management, *Industrial Marketing Management*, 29 (1), 65-83.

Lee, H. L. ve Billington, C., 1992, Managing Supply Chain Inventory - Pitfalls and Opportunities, *Sloan Management Review*, 33 (3), 65-73.

Lee, Y. H., Gen, M. ve Hochbaum, D. S., 2002, A focused issue on supply chain management, *Computers & Industrial Engineering*, 43 (1-2), 1-3.

Listes, O. ve Dekker, R., 2005, A stochastic approach to a case study for product recovery network design, *European Journal of Operational Research*, 160 (1), 268-287.

Marinagi, C., Trivellas, P. ve Reklitis, P., 2015, Information Quality and Supply Chain Performance: The Mediating Role of Information Sharing, *Proceedings of the 3rd International Conference on Strategic Innovative Marketing (Ic-Sim 2014)*, 175, 473-479.

Min, H. ve Zhou, G. G., 2002, Supply chain modeling: past, present and future, *Computers & Industrial Engineering*, 43 (1-2), 231-249.

Morgan, T. R., Richey, R. G. ve Autry, C. W., 2016, Developing a reverse logistics competency The influence of collaboration and information technology, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46 (3), 293-315.

Nakıboğlu, G., 2012, 10 Soruda Tersine Lojistik, İstanbul, http://www.utikad.org.tr/haberler/?id=10106: [20.02.2017].

Poist, R. F., 1995, Reuse and Recycling - Reverse Logistics Opportunities - Kopicki,R, Berg,Mj, Legg,L, *Transportation Journal*, 34 (3), 64-65.

Prasetyanti, L. A. ve Simatupang, T. M., 2015, A framework for service-based supply chain, *Industrial Engineering and Service Science 2015, Iess 2015*, 146-154.

Sarkis, J. ve Rasheed, A., 1995, Greening the manufacturing function, *Business Horizons*, 38 (5), 17-27.

Sarkis, J., 2003, A strategic decision framework for green supply chain management, *Journal of Cleaner Production*, 11 (4), 397-409.

Savaskan, R. C., Bhattacharya, S. ve Van Wassenhove, L. N., 2004, Closed-loop supply chain models with product remanufacturing, *Management Science*, 50 (2), 239-252.

Shakerian, H., Dehnavi, H. D. ve Shateri, F., 2016, A framework for the implementation of knowledge management in supply chain management. 3rd International Conference on New Challenges in Management and Organization: Organization and Leadership. Elsevier. Dubai, UAE Procedia - Social and Behavioral Sciences**:** 176-183.

Si, Y. W., Edmond, D., Dumas, M. ve Chong, C. U., 2007, Strategies in supply chain management for the Trading Agent Competition, *Electronic Commerce Research and Applications*, 6 (4), 369-382.

Simpson, D. E. ve Power, D. F., 2005, Use the supply relationship to develop lean and green suppliers, *Supply Chain Management-an International Journal*, 10 (1), 60-68.

Sohal, A. S., Power, D. J. ve Terziovski, M., 2002, Supply chain management in Australian manufacturing - two case studies, *Computers & Industrial Engineering*, 43 (1-2), 97-109.

Sonoc, A., Jeswiet, J. ve Soo, V. K., 2015, Opportunities to Improve Recycling of Automotive Lithium Ion Batteries, *22nd Cirp Conference on Life Cycle Engineering*, 29, 752-757.

Srivastava, S. K., 2008, Network design for reverse logistics, *Omega-International Journal of Management Science*, 36 (4), 535-548.

Stainer, A., 1997, Productivity, quality and performance measurement for advanced manufacturing technology, *International Journal of Materials & Product Technology*, 12 (1), 27-36.

Sukati, I., Hamid, A., Baharun, R. ve Yusoff, R. M., 2012, The Study of Supply Chain Management Strategy and Practices on Supply Chain Performance, *Asia Pacific Business Innovation and Technology Management Society*, 40, 225-233.

Taş, F., 2009, Akü geri dönüşüm sistemi için tersine lojistik ağ tasarımı ve karma tamsayılı programlama modeli, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara, 81-83.

Tibben-Lembke, R. S. ve Rogers, D. S., 2002, Differences between forward and reverse logistics in a retail environment, *Supply Chain Management: An International Journal*, 7 (5), 271-282.

Ting, N. Y., Feng, L. W. ve Bin, S., 2014, Quantification of End-of-life Product Condition to Support Product Recovery Decision, *21st Cirp Conference on Life Cycle Engineering*, 15, 257-262.

TÜİK, 2014, İllere göre motorlu kara taşıtları sayısı, Ankara, http://tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18762: [11.05.2015].

TümAküDer, 2014, Atık Akü Organizasyonu-Geçici Depolar, İstanbul, http://www.tumakuder.org/gecici-depolar/: [14.05.2014].

Uludemir, E., 2017, Tersine Lojistik Nedir?, İstanbul, http://webnak.com.tr/blog/tersine-lojistik-nedir/: [20.02.2017].

Uzun, H., 2012, Benefits of recycling-Malzemelerin geri kazanımı, Sakarya, http://slideplayer.biz.tr/slide/2285825/: [21.11.2016].

Wu, H. J. ve Dunn, S. C., 1995, Enviromentally Responsible Logistics Systems, *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 25 (2), 20-38.

Yan, N. N., 2012, Dynamic Models and Coordination Analysis of Reverse Supply Chain with Remanufacturing, *International Conference on Applied Physics and Industrial Engineering 2012, Pt B*, 24, 1357-1363.

Zhu, Q. ve Sarkis, J., 2007, The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance, *International Journal of Production Research*, 45 (18-19), 4333-4355.

Zhu, Q. H., Sarkis, J. ve Lai, K. H., 2008, Green supply chain management implications for "closing the loop", *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, 44 (1), 1-18.

EKLER

EK-1

Senaryo 1'e ait program kodları

```
$title Tez

Sets n Bayi Toplama Noktaları
/n1/
Sets i Geçici Depo Noktaları
/i1*i16/
Sets j Geri Kazanım Tesisi Noktaları
/j1*j15/
Sets k Bertaraf Tesisi Noktaları
/k1*k15/
Sets p Geri Kazanılmış Akü İçin bayi/müşteri Noktaları
/p1*p81/
Sets l Üretici Fabrika Noktaları
/l1*l4/
Parameters
smd(i) Geçici depo sabit maliyeti
/
i1      66800
i2      66800
i3      66800
i4      66800
i5      66800
i6      66800
i7      66800
i8      66800
i9      66800
i10     66800
i11     66800
i12     66800
i13     51400
i14     51400
i15     51400
i16     51400
 /
smg(j) Geri kazanım tesisi sabit maliyeti
/
j1      659870
j2      659870
j3      2375494
j4      181450
j5      181450
j6      181450
j7      181450
j8      577410
```

j9 263958
j10 824838
j11 1484640
j12 989900
j13 98990
j14 230945
j15 263958
/
smb(k) Bertaraf tesisi sabit maliyeti
/
k1 34730
k2 34730
k3 125026
k4 9550
k5 9550
k6 9550
k7 9550
k8 30390
k9 13893
k10 43413
k11 78140
k12 52100
k13 5210
k14 12155
k15 13893
/
smf(l) Üretici fabrika sabit maliyeti
/
l1 21510850
l2 25668720
l3 16676640
l4 17696000
/
GKTK(j) j.geri kazanım tesisinin kapasitesi ton-yıl
/
j1 5000
j2 5000
j3 14400
j4 1500
j5 1500
j6 1500
j7 1500
j8 3500
j9 2000
j10 6000
j11 10000
j12 7000
j13 700
j14 1500
j15 1750

/
FK(l) l.fabrika tesisinin üretim kapasitesi ton-yıl
/
l1 22800
l2 28260
l3 16600
l4 18600
/
BTK(K) k.bertaraf tesisinin kapasitesi ton-yıl
/
k1 350
k2 350
k3 800
k4 100
k5 100
k6 100
k7 100
k8 225
k9 125
k10 350
k11 600
k12 400
k13 50
k14 100
k15 110
/
GDK(i) i.geçici depo kapasitesi ton-yıl
/
i1 5668
i2 5668
i3 5668
i4 5668
i5 5668
i6 5668
i7 5668
i8 5668
i9 4680
i10 4680
i11 3458
i12 3458
i13 4680
i14 4680
i15 4680
i16 3458
/
PT(p) p.bayi/müşteri noktasının toplam ürün talebi ton-yıl
/
p1 2897
p2 449
p3 850

p4 164
p5 530
p6 497
p7 11138
p8 4416
p9 50
p10 211
p11 1637
p12 1799
p13 253
p14 224
p15 63
p16 298
p17 93
p18 118
p19 499
p20 493
p21 4113
p22 788
p23 207
p24 717
p25 1702
p26 640
p27 498
p28 596
p29 620
p30 263
p31 619
p32 1392
p33 2157
p34 495
p35 113
p36 57
p37 1870
p38 118
p39 708
p40 23498
p41 6490
p42 1111
p43 361
p44 329
p45 157
p46 559
p47 2004
p48 366
p49 509
p50 318
p51 102
p52 2063
p53 3237

p54 934
p55 798
p56 1958
p57 397
p58 2547
p59 1832
p60 135
p61 499
p62 426
p63 757
p64 657
p65 454
p66 1272
p67 1544
p68 105
p69 282
p70 733
p71 1041
p72 189
p73 1248
p74 698
p75 1074
p76 41
p77 573
p78 468
p79 318
p80 447
p81 846
/
;
Table
MGDGK(i,j) i.geçici depodan j.geri kazanım tesisine olan mesafe(km)

	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	j9	j10	j11	j12	j13	j14	j15
i1	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i2	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i3	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i4	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i5	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i6	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i7	489	489	333	1114	1114	1114	1114	115	460	955	0	561	977	671	919
i8	489	489	333	1114	1114	1114	1114	115	460	955	0	561	977	671	919

i9 154 154 182 1068 1068 1068 1068 433 552
863 333 494 724 471 719
i10 154 154 182 1068 1068 1068 1068 433 552
863 333 494 724 471 719
i11 232 232 262 1059 1059 1059 1059 573 632
971 473 623 624 446 714
i12 232 232 262 1059 1059 1059 1059 573 632
971 473 623 624 446 714
i13 233 233 312 699 699 699 699 534 537
495 587 261 410 73 347
i14 233 233 312 699 699 699 699 534 537
495 587 261 410 73 347
i15 233 233 312 699 699 699 699 534 537
495 587 261 410 73 347
i16 621 621 645 353 353 353 353 841 607
346 843 366 430 271 130
;

Table
MGKBT(j,k) j.geri kazanım tesisinden k.bertaraf tesisine olan mesafe(km)

k1 k2 k3 k4 k5 k6 k7 k8 k9 k10
k11 k12 k13 k14 k15
j1 0 0 78 889 889 889 889 478 424
680 411 338 646 308 566
j2 0 0 78 889 889 889 889 478 424
680 411 338 646 308 566
j3 78 78 0 885 885 885 885 408 364
665 333 323 724 386 559
j4 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j5 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j6 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j7 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j8 478 478 408 1095 1095 1095 1095 0 342
825 126 533 1011 673 769
j9 424 424 364 764 764 764 764 342 0
483 444 322 905 567 544
j10 680 680 665 281 281 281 281 825 483
0 892 348 744 467 198
j11 411 411 333 1112 1112 1112 1112 126 444
892 0 550 992 654 786
j12 338 338 323 568 568 568 568 533 322
348 550 0 591 253 242
j13 646 646 724 714 714 714 714 1011 905
744 992 591 0 338 546
j14 308 308 386 596 596 596 596 673 567
467 654 253 338 0 286

j15 566 566 559 417 417 417 417 769 544
198 786 242 546 286 0
;
Table
MGKF(j,l) j.geri kazanım tesisinden l.fabrika noktasına olan mesafe(km)

	l1	l2	l3	l4
j1	323	78	431	233
j2	323	78	431	233
j3	353	0	265	312
j4	1152	891	1101	698
j5	1152	891	1101	698
j6	1152	891	1101	698
j7	1152	891	1101	698
j8	665	348	137	585
j9	725	374	437	518
j10	948	687	898	495
j11	568	333	40	585
j12	714	330	541	261
j13	715	708	960	410
j14	527	401	653	73
j15	808	568	778	347

Table
MFPN(p,l) l.fabrika noktasından p.bayi noktasına olan mesafe(km)

	l1	l2	l3	l4
p1	939	670	882	490
p2	1208	1021	1211	755
p3	452	97	309	256
p4	1406	1375	1613	1052
p5	671	645	895	334
p6	453	310	561	0
p7	716	364	428	544
p8	1300	1308	1541	980
p9	681	417	156	603
p10	390	222	137	530
p11	247	110	381	313
p12	1307	1224	1411	899
p13	1500	1405	1604	1092
p14	262	326	559	191
p15	594	242	356	422
p16	243	178	286	382
p17	320	431	335	653
p18	497	441	692	131
p19	614	553	803	242
p20	639	292	206	477
p21	1363	1196	1400	910
p22	230	587	544	683
p23	1210	1080	1269	757
p24	1036	998	1243	682
p25	1225	1190	1432	871
p26	322	78	394	233

p27	1124	877	1087	671
p28	930	936	1171	610
p29	1092	1091	1313	752
p30	1812	1726	1782	1366
p31	1130	860	1073	681
p32	593	242	364	421
p33	932	662	874	483
p34	0	360	525	453
p35	561	334	36	579
p36	1425	1396	1632	1071
p37	508	552	805	245
p38	771	626	830	318
p39	211	568	561	664
p40	637	493	734	184
p41	111	249	414	342
p42	660	320	532	258
p43	352	0	316	311
p44	1112	980	1171	659
p45	525	316	0	561
p46	1044	857	1067	591
p47	1449	1200	1412	996
p48	780	445	255	622
p49	1417	1335	1521	1009
p50	728	535	749	275
p51	798	569	767	349
p52	886	892	1127	566
p53	1141	1149	1382	821
p54	148	212	445	305
p55	734	727	975	414
p56	1550	1388	1583	1097
p57	691	744	988	428
p58	893	751	1001	440
p59	132	491	515	585
p60	785	709	939	378
p61	1067	1073	1308	747
p62	1166	1128	1373	812
p63	1261	1015	1224	808
p64	491	144	193	368
p65	1638	1558	1744	1232
p66	669	527	777	216
p67	331	397	628	268
p68	674	460	674	225
p69	1129	1100	1336	775
p70	773	428	645	369
p71	528	386	636	75
p72	1463	1329	1496	1010
p73	1630	1376	1593	1177
p74	420	422	717	283
p75	1409	1484	1650	1089
p76	1516	1474	1723	1162

p77 176 236 351 407
p78 396 460 693 215
p79 1181 915 1124 730
p80 1024 756 967 575
p81 217 281 514 236
;

Positive Variables

Q1(n,i) n.Bayi toplama noktasından i. geçici depoya gelen kullanılmış ürün ton-yıl

Q2(i,j) i.geçici depodan j.geri kazanım tesisine giden ürün miktarı

Q3(j,l) j.geri kazanım tesisindeki elde edilmiş l.fabrikaya giden ürün miktarı

Q32(j,k) j.geri kazanım tesisinden k.bertaraf tesisine giden ürün miktarı ton-yıl

Q4(l,p) l.fabrikadan p.bayi noktasındaki müşteriler için bayilere gönderilen yeniden üretilmiş ürün miktarı

;

Variable

z Toplam Gelir

w Taşıma Maliyetleri

x İşleme ve Üretim Maliyetleri;

Binary Variables

a(i) i.geçici depo olma-olmama durumu

b(j) j.geri kazanım tesisi olma-olmama durumu

c(l) l.fabrikanın olma-olmama durumu

d(k) k.bertaraf tesisinin olma-olmama durumu ;

Equations

Objek Amaç fonksiyonu

Kisit1(n) N bayi noktasından geçici depolara gidecek ürün denkliği

Kisit2(i) Geçici depo noktasından geri kazanım tesisine ürünlerin 4'te 3'ü gider

Kisit3(j) Geri kazanım tesisinden fabrikalara giden miktarın dengesi

Kisit4(j) Geri kazanım tesisinden bertaraf noktalarına giden miktarın dengesi

Kisit5(l) Fabrika noktasının transshipment point olması dolayısıyla kurulacak olan denge

Kisit6(i) Geçici depo kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit7(j) Geri kazanım tesisi kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit8(l) Fabrika kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit9(k) Bertaraf tesisi kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit10 Fabrikalardan illere gelen miktar talebi geçemez

Kisit11 Geçici depo kapasite kısıtı

Kisit12 Geri Kazanım Tesisi kapasite kısıtı

Kisit13 Bertaraf tesisi kısıtı

Kisit14 Fabrika kısıtı

Kisit15 Toplam Taşıma Maliyeti

Kisit16 Toplam İşleme ve Üretim Maliyeti

;

Objek..z=e=sum((l,p),Q4(l,p))*8750-sum((l,j),Q3(j,l))*4500-sum((i,j),Q2(i,j))*380*0.95-sum((j,k),Q32(j,k))*160-sum((i,j),Q2(i,j)*MGDGK(i,j))*0.25-sum((j,k),Q32(j,k)*MGKBT(j,k))*0.25-

```
sum((j,l),Q3(j,l)*MGKF(j,l))*0.25-sum((p,l),Q4(l,p)*MFPN(p,l))*0.25-
sum(i,a(i)*smd(i))-sum(j,b(j)*smg(j))-sum(l,c(l)*smf(l))-sum(k,d(k)*smb(k));
        Kisit1(n).. sum(i,Q1(n,i))=l=73075;
        Kisit2(i)..0.75* sum(n,Q1(n,i))-sum(j,Q2(i,j))=e=0;
        Kisit3(j)..0.95/1.68*sum(i,Q2(i,j))-sum(l,Q3(j,l))=e=0;
        Kisit4(j)..0.05* sum(i,Q2(i,j))-sum(k,Q32(j,k))=e=0;
        Kisit5(l)..1.68*sum(j,Q3(j,l))-sum(p,Q4(l,p))=e=0;
        Kisit6(i)..sum(n,Q1(n,i))=l=100000*a(i);
        Kisit7(j)..sum(i,Q2(i,j))=l=1000000*b(j);
        Kisit8(l)..sum(j,Q3(j,l))=l=1000000*c(l);
        Kisit9(k)..sum(j,Q32(j,k))=l=1000000*d(k);
        Kisit10(p)..sum(l,Q4(l,p))=l=PT(p);
        Kisit11(i)..sum(n,Q1(n,i))=L=a(i)*GDK(i);
        Kisit12(j)..sum(i,Q2(i,j))=L=b(j)*GKTK(j);
        Kisit13(k)..sum(j,Q32(j,k))=L=d(k)*BTK(k);
        Kisit14(l)..1.68*sum(j,Q3(j,l))=L=c(l)*FK(l);
        Kisit15..w=e=sum((i,j),Q2(i,j)*MGDGK(i,j))*0.25+sum((j,l),Q3(j,l)*MGKF(j,l)
)*0.25+sum((p,l),Q4(l,p)*MFPN(p,l))*0.25+sum((j,k),Q32(j,k)*MGKBT(j,k))*0.25;
        Kisit16..x=e=sum((l,j),Q3(j,l)*4500)+sum((i,j),Q2(i,j))*380*0.95+sum((j,k),Q3
2(j,k))*160;
        Model tez /all/ ;
        option optca=0;
        option optcr=0;
        file results;
        Solve tez using mip maximizing z  ;
        Display Q1.l,Q2.l,Q3.l,Q32.l,Q4.l,a.l,b.l,c.l,d.l,z.l,w.l,x.l ;
        put results;
        execute_unload "results.gdx" Q1.l Q2.l Q3.l Q32.l Q4.l a.l b.l c.l d.l z.l w.l x.l
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q1.l rng=NewSheet1!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q2.l rng=NewSheet2!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q3.l rng=NewSheet3!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q32.l rng=NewSheet4!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q4.l rng=NewSheet5!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=a.l rng=NewSheet6!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=b.l rng=NewSheet7!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=c.l rng=NewSheet8!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=d.l rng=NewSheet9!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=z.l rng=NewSheet10!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=w.l rng=NewSheet11!A1';
        execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=x.l rng=NewSheet12!A1';
```

EK-2

Senaryo 2'ye ait program kodları

```
$title Tez

Sets n Bayi Toplama Noktaları
/n1/
Sets i Geçici Depo Noktaları
/i1*i21/
Sets j Geri Kazanım Tesisi Noktaları
/j1*j15/
Sets k Bertaraf Tesisi Noktaları
/k1*k15/
Sets p Geri Kazanılmış Akü İçin bayi/müşteri Noktaları
/p1*p81/
Sets l Üretici Fabrika Noktaları
/l1*l4/

Parameters
kmd(i) Depo Kurulum Maliyeti
/
i1      0
i2      0
i3      0
i4      0
i5      0
i6      0
i7      0
i8      0
i9      0
i10     0
i11     0
i12     0
i13     0
i14     0
i15     0
i16     0
i17     176050
i18     241100
i19     149335
i20     176050
i21     149335
/
smd(i) Geçici depo sabit maliyeti
/
i1      66800
i2      66800
i3      66800
i4      66800
```

```
i5        66800
i6        66800
i7        66800
i8        66800
i9        66800
i10       66800
i11       66800
i12       66800
i13       51400
i14       51400
i15       51400
i16       51400
i17       51400
i18       66800
i19       39540
i20       51400
i21       39540
 /
smg(j) Geri kazanım tesisi sabit maliyeti
/
j1        659870
j2        659870
j3        2375494
j4        181450
j5        181450
j6        181450
j7        181450
j8        577410
j9        263958
j10       824838
j11       1484640
j12       989900
j13       98990
j14       230945
j15       263958
/
smb(k) Bertaraf tesisi sabit maliyeti
/
k1  34730
k2  34730
k3  125026
k4  9550
k5  9550
k6  9550
k7  9550
k8  30390
k9  13893
k10 43413
k11 78140
k12 52100
```

k13 5210
k14 12155
k15 13893
/
smf(l) Üretici fabrika sabit maliyeti
/
l1 21510850
l2 25668720
l3 16676640
l4 17696000
/
GKTK(j) j.geri kazanım tesisinin kapasitesi ton-yıl
/
j1 5000
j2 5000
j3 14400
j4 1500
j5 1500
j6 1500
j7 1500
j8 3500
j9 2000
j10 6000
j11 10000
j12 7000
j13 700
j14 1500
j15 1750
/
FK(l) l.fabrika tesisinin üretim kapasitesi ton-yıl
/
l1 22800
l2 28260
l3 16600
l4 18600
/
BTK(K) k.bertaraf tesisinin kapasitesi ton-yıl
/
k1 320
k2 320
k3 750
k4 90
k5 90
k6 90
k7 90
k8 200
k9 100
k10 320
k11 550
k12 360

k13 40
k14 90
k15 100
/
GDK(i) i.geçici depo kapasitesi ton-yıl
/
i1 5668
i2 5668
i3 5668
i4 5668
i5 5668
i6 5668
i7 5668
i8 5668
i9 4680
i10 4680
i11 3458
i12 3458
i13 4680
i14 4680
i15 4680
i16 3458
i17 3692
i18 3952
i19 2964
i20 2470
i21 1976
/
PT(p) p. bayi/müşteri noktasının toplam ürün talebi ton-yıl
/
p1 2897
p2 449
p3 850
p4 164
p5 530
p6 497
p7 11138
p8 4416
p9 50
p10 211
p11 1637
p12 1799
p13 253
p14 224
p15 63
p16 298
p17 93
p18 118
p19 499
p20 493

p21 4113
p22 788
p23 207
p24 717
p25 1702
p26 640
p27 498
p28 596
p29 620
p30 263
p31 619
p32 1392
p33 2157
p34 495
p35 113
p36 57
p37 1870
p38 118
p39 708
p40 23498
p41 6490
p42 1111
p43 361
p44 329
p45 157
p46 559
p47 2004
p48 366
p49 509
p50 318
p51 102
p52 2063
p53 3237
p54 934
p55 798
p56 1958
p57 397
p58 2547
p59 1832
p60 135
p61 499
p62 426
p63 757
p64 657
p65 454
p66 1272
p67 1544
p68 105
p69 282
p70 733

p71 1041
p72 189
p73 1248
p74 698
p75 1074
p76 41
p77 573
p78 468
p79 318
p80 447
p81 846
/
;
Table
MGDGK(i,j) i.geçici depodan j.geri kazanım tesisine olan mesafe(km)

	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	j9	j10	j11	j12	j13	j14	j15
i1	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i2	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i3	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i4	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i5	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i6	323	323	353	1151	1151	1151	1151	655	729	949	563	714	738	527	808
i7	489	489	333	1114	1114	1114	1114	115	460	955	0	561	977	671	919
i8	489	489	333	1114	1114	1114	1114	115	460	955	0	561	977	671	919
i9	154	154	182	1068	1068	1068	1068	433	552	863	333	494	724	471	719
i10	154	154	182	1068	1068	1068	1068	433	552	863	333	494	724	471	719
i11	232	232	262	1059	1059	1059	1059	573	632	971	473	623	624	446	714
i12	232	232	262	1059	1059	1059	1059	573	632	971	473	623	624	446	714
i13	233	233	312	699	699	699	699	534	537	495	587	261	410	73	347
i14	233	233	312	699	699	699	699	534	537	495	587	261	410	73	347
i15	233	233	312	699	699	699	699	534	537	495	587	261	410	73	347
i16	621	621	645	353	353	353	353	841	607	346	843	366	430	271	130

i17 338 338 323 568 568 568 568 533 322
348 550 0 591 253 242
i18 424 424 364 739 739 739 739 342 0
488 444 322 905 567 544
i19 893 893 885 0 0 0 0 1095 769
281 1112 568 725 600 417
i20 646 646 724 725 725 725 725 1011 905
744 992 591 0 338 546
i21 881 881 959 246 246 246 246 1172 951
463 1189 645 584 588 469

Table
MGKBT(j,k) j.geri kazanım tesisinden k.bertaraf tesisine olan mesafe(km)
k1 k2 k3 k4 k5 k6 k7 k8 k9 k10
k11 k12 k13 k14 k15
j1 0 0 78 889 889 889 889 478 424
680 411 338 646 308 566
j2 0 0 78 889 889 889 889 478 424
680 411 338 646 308 566
j3 78 78 0 885 885 885 885 408 364
665 333 323 724 386 559
j4 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j5 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j6 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j7 889 889 885 0 0 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j8 478 478 408 1095 1095 1095 1095 0 342
825 126 533 1011 673 769
j9 424 424 364 764 764 764 764 342 0
483 444 322 905 567 544
j10 680 680 665 281 281 281 281 825 483
0 892 348 744 467 198
j11 411 411 333 1112 1112 1112 1112 126 444
892 0 550 992 654 786
j12 338 338 323 568 568 568 568 533 322
348 550 0 591 253 242
j13 646 646 724 714 714 714 714 1011 905
744 992 591 0 338 546
j14 308 308 386 596 596 596 596 673 567
467 654 253 338 0 286
j15 566 566 559 417 417 417 417 769 544
198 786 242 546 286 0
;
Table
MGKF(j,l) j.geri kazanım tesisinden l.fabrika noktasına olan mesafe(km)
l1 l2 l3 l4
j1 323 78 431 233

j2	323	78	431	233
j3	353	0	265	312
j4	1152	891	1101	698
j5	1152	891	1101	698
j6	1152	891	1101	698
j7	1152	891	1101	698
j8	665	348	137	585
j9	725	374	437	518
j10	948	687	898	495
j11	568	333	40	585
j12	714	330	541	261
j13	715	708	960	410
j14	527	401	653	73
j15	808	568	778	347

Table
MFPN(p,l) l.fabrika noktasından p.bayi noktasına olan mesage(km)

	l1	l2	l3	l4
p1	939	670	882	490
p2	1208	1021	1211	755
p3	452	97	309	256
p4	1406	1375	1613	1052
p5	671	645	895	334
p6	453	310	561	0
p7	716	364	428	544
p8	1300	1308	1541	980
p9	681	417	156	603
p10	390	222	137	530
p11	247	110	381	313
p12	1307	1224	1411	899
p13	1500	1405	1604	1092
p14	262	326	559	191
p15	594	242	356	422
p16	243	178	286	382
p17	320	431	335	653
p18	497	441	692	131
p19	614	553	803	242
p20	639	292	206	477
p21	1363	1196	1400	910
p22	230	587	544	683
p23	1210	1080	1269	757
p24	1036	998	1243	682
p25	1225	1190	1432	871
p26	322	78	394	233
p27	1124	877	1087	671
p28	930	936	1171	610
p29	1092	1091	1313	752
p30	1812	1726	1782	1366
p31	1130	860	1073	681
p32	593	242	364	421

```
p33     932     662     874     483
p34     0       360     525     453
p35     561     334     36      579
p36     1425    1396    1632    1071
p37     508     552     805     245
p38     771     626     830     318
p39     211     568     561     664
p40     637     493     734     184
p41     111     249     414     342
p42     660     320     532     258
p43     352     0       316     311
p44     1112    980     1171    659
p45     525     316     0       561
p46     1044    857     1067    591
p47     1449    1200    1412    996
p48     780     445     255     622
p49     1417    1335    1521    1009
p50     728     535     749     275
p51     798     569     767     349
p52     886     892     1127    566
p53     1141    1149    1382    821
p54     148     212     445     305
p55     734     727     975     414
p56     1550    1388    1583    1097
p57     691     744     988     428
p58     893     751     1001    440
p59     132     491     515     585
p60     785     709     939     378
p61     1067    1073    1308    747
p62     1166    1128    1373    812
p63     1261    1015    1224    808
p64     491     144     193     368
p65     1638    1558    1744    1232
p66     669     527     777     216
p67     331     397     628     268
p68     674     460     674     225
p69     1129    1100    1336    775
p70     773     428     645     369
p71     528     386     636     75
p72     1463    1329    1496    1010
p73     1630    1376    1593    1177
p74     420     422     717     283
p75     1409    1484    1650    1089
p76     1516    1474    1723    1162
p77     176     236     351     407
p78     396     460     693     215
p79     1181    915     1124    730
p80     1024    756     967     575
p81     217     281     514     236
;
```

Positive Variables

Q1(n,i) n.Bayi toplama noktasından i. geçici depoya gelen kullanılmış ürün ton-yıl

Q2(i,j) i.geçici depodan j.geri kazanım tesisine giden ürün miktarı

Q3(j,l) j.geri kazanım tesisindeki elde edilmiş l.fabrikaya giden ürün miktarı

Q32(j,k) j.geri kazanım tesisinden k.bertaraf tesisine giden ürün miktarı ton-yıl

Q4(l,p) l.fabrikadan p.bayi noktasındaki müşteriler için bayilere gönderilen yeniden üretilmiş ürün miktarı

;

Variable

z Toplam Gelir

w Taşıma Maliyetleri

x İşleme ve Üretim Maliyetleri;

Binary Variables

a(i) i.geçici depo olma-olmama durumu

b(j) j.geri kazanım tesisi olma-olmama durumu

c(l) l.fabrikanın olma-olmama durumu

d(k) k.bertaraf tesisinin olma-olmama durumu

e(i) i.geçici depo açma maliyeti ;

Equations

Objek Amaç fonksiyonu

Kisit1(n) N bayi noktasından geçici depolara gidecek ürün denkliği

Kisit2(i) Geçici depo noktasından geri kazanım tesisine ürünlerin 4'te 3'ü gider

Kisit3(j) Geri kazanım tesisinden fabrikalara giden miktarın dengesi

Kisit4(j) Geri kazanım tesisinden bertaraf noktalarına giden miktarın dengesi

Kisit5(l) Fabrika noktasının transshipment point olması dolayısıyla kurulacak olan denge

Kisit6(i) Geçici depo kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit7(j) Geri kazanım tesisi kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit8(l) Fabrika kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit9(k) Bertaraf tesisi kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit10 Fabrikalardan illere gelen miktar talebi geçemez

Kisit11 Geçici depo kapasite kısıtı

Kisit12 Geri Kazanım Tesisi kapasite kısıtı

Kisit13 Bertaraf tesisi kısıtı

Kisit14 Fabrika kısıtı

Kisit15 Önceden açılmış olma kısıtı

Kisit16 Yeni depolar açılmazsa o depolardan ürün transferi gerçekleşmez

Kisit17 Taşıma Maliyetleri

Kisit18 Toplam İşleme ve Üretim Maliyeti

;

Objek..z=e=sum((l,p),Q4(l,p))*8750-sum(i,e(i)*kmd(i))-sum((l,j),Q3(j,l))*4500-sum((i,j),Q2(i,j))*380*0.96-sum((j,k),Q32(j,k))*160-sum((i,j),Q2(i,j)*MGDGK(i,j))*0.25-sum((j,k),Q32(j,k)*MGKBT(j,k))*0.25-sum((j,l),Q3(j,l)*MGKF(j,l))*0.25-sum((p,l),Q4(l,p)*MFPN(p,l))*0.25-sum(i,a(i)*smd(i))-sum(j,b(j)*smg(j))-sum(l,c(l)*smf(l))-sum(k,d(k)*smb(k));

Kisit1(n).. sum(i,Q1(n,i))=l=75847;

Kisit2(i)..0.75*sum(n,Q1(n,i))-sum(j,Q2(i,j))=e=0;

```
Kisit3(j)..0.96/1.68*sum(i,Q2(i,j))-sum(l,Q3(j,l))=e=0;
Kisit4(j)..0.04*sum(i,Q2(i,j))-sum(k,Q32(j,k))=e=0;
Kisit5(l)..1.68*sum(j,Q3(j,l))-sum(p,Q4(l,p))=e=0;
Kisit6(i)..sum(n,Q1(n,i))=l=100000*a(i);
Kisit7(j)..sum(i,Q2(i,j))=l=1000000*b(j);
Kisit8(l)..sum(j,Q3(j,l))=l=1000000*c(l);
Kisit9(k)..sum(j,Q32(j,k))=l=1000000*d(k);
Kisit10(p)..sum(l,Q4(l,p))=l=PT(p);
Kisit11(i)..sum(n,Q1(n,i))=L=a(i)*GDK(i);
Kisit12(j)..sum(i,Q2(i,j))=L=b(j)*GKTK(j);
Kisit13(k)..sum(j,Q32(j,k))=L=d(k)*BTK(k);
Kisit14(l)..1.68*sum(j,Q3(j,l))=L=c(l)*FK(l);
Kisit15(i)$(ord(i) lt 17)..e(i)=e=1;
Kisit16(i)..100000*e(i)=g=sum(n,Q1(n,i));
Kisit17..w=e=sum((i,j),Q2(i,j)*MGDGK(i,j))*0.25+sum((j,l),Q3(j,l)*MGKF(j,l)
)*0.25+sum((p,l),Q4(l,p)*MFPN(p,l))*0.25+sum((j,k),Q32(j,k)*MGKBT(j,k))*0.25;
Kisit18..x=e=sum((l,j),Q3(j,l))*4500+sum((i,j),Q2(i,j))*380*0.96+sum((j,k),Q3
2(j,k))*160;
Model tez /all/ ;
option optca=0;
option optcr=0;
file results;
Solve tez using mip maximizing z  ;
Display Q1.l,Q2.l,Q3.l,Q32.l,Q4.l,a.l,b.l,c.l,d.l,z.l,w.l,x.l ;
put results;
execute_unload "results.gdx" Q1.l Q2.l Q3.l Q32.l Q4.l a.l b.l c.l d.l z.l w.l x.l
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q1.l rng=NewSheet1!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q2.l rng=NewSheet2!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q3.l rng=NewSheet3!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q32.l rng=NewSheet4!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q4.l rng=NewSheet5!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=a.l rng=NewSheet6!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=b.l rng=NewSheet7!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=c.l rng=NewSheet8!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=d.l rng=NewSheet9!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=z.l rng=NewSheet10!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=w.l rng=NewSheet11!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=x.l rng=NewSheet12!A1';
```

EK-3

Senaryo 3'e ait program kodları

```
$title Tez

Sets n Bayi Toplama Noktaları
/n1/
Sets i Geçici Depo Noktaları
/i1*i21/
Sets j Geri Kazanım Tesisi Noktaları
/j1*j15/
Sets k Bertaraf Tesisi Noktaları
/k1*k15/
Sets p Geri Kazanılmış Akü İçin bayi/müşteri noktaları
/p1*p81/
Sets l Üretici Fabrika Noktaları
/l1*l4/

Parameters
kmd(i) Depo Kurulum Maliyeti
/
i1      0
i2      0
i3      0
i4      0
i5      0
i6      0
i7      0
i8      0
i9      0
i10     0
i11     0
i12     0
i13     0
i14     0
i15     0
i16     0
i17     176050
i18     241100
i19     149335
i20     176050
i21     149335
/
smd(i) Geçici depo sabit maliyeti
/
i1      66800
i2      66800
i3      66800
i4      66800
```

i5 66800
i6 66800
i7 66800
i8 66800
i9 66800
i10 66800
i11 66800
i12 66800
i13 51400
i14 51400
i15 51400
i16 51400
i17 51400
i18 66800
i19 39540
i20 51400
i21 39540
/
smg(j) Geri kazanım tesisi sabit maliyeti
/
j1 659870
j2 659870
j3 2375494
j4 181450
j5 181450
j6 181450
j7 181450
j8 577410
j9 263958
j10 824838
j11 1484640
j12 989900
j13 98990
j14 230945
j15 263958
/
smb(k) Bertaraf tesisi sabit maliyeti
/
k1 34730
k2 34730
k3 125026
k4 9550
k5 9550
k6 9550
k7 9550
k8 30390
k9 13893
k10 43413
k11 78140
k12 52100

k13 5210
k14 12155
k15 13893
/
smf(l) Üretici fabrika sabit maliyeti
/
l1 21510850
l2 25668720
l3 16676640
l4 17696000
/
GKTK(j) j.geri kazanım tesisinin kapasitesi ton-yıl
/
j1 5000
j2 5000
j3 14400
j4 1500
j5 1500
j6 1500
j7 1500
j8 3500
j9 2000
j10 6000
j11 10000
j12 7000
j13 700
j14 1500
j15 1750
/
FK(l) l.fabrika tesisinin üretim kapasitesi ton-yıl
/
l1 22800
l2 28260
l3 16600
l4 18600
/
BTK(K) k.bertaraf tesisinin kapasitesi ton-yıl
/
k1 320
k2 320
k3 750
k4 90
k5 90
k6 90
k7 90
k8 200
k9 100
k10 320
k11 550
k12 360

k13 40
k14 90
k15 100
/
GDK(i) i.geçici depo kapasitesi ton-yıl
/
i1 5668
i2 5668
i3 5668
i4 5668
i5 5668
i6 5668
i7 5668
i8 5668
i9 4680
i10 4680
i11 3458
i12 3458
i13 4680
i14 4680
i15 4680
i16 3458
i17 3692
i18 3952
i19 2964
i20 2470
i21 1976
/
PT(p) p.bayi/müşteri noktasının toplam ürün talebi ton-yıl
/
p1 2897
p2 449
p3 850
p4 164
p5 530
p6 497
p7 11138
p8 4416
p9 50
p10 211
p11 1637
p12 1799
p13 253
p14 224
p15 63
p16 298
p17 93
p18 118
p19 499
p20 493

p21 4113
p22 788
p23 207
p24 717
p25 1702
p26 640
p27 498
p28 596
p29 620
p30 263
p31 619
p32 1392
p33 2157
p34 495
p35 113
p36 57
p37 1870
p38 118
p39 708
p40 23498
p41 6490
p42 1111
p43 361
p44 329
p45 157
p46 559
p47 2004
p48 366
p49 509
p50 318
p51 102
p52 2063
p53 3237
p54 934
p55 798
p56 1958
p57 397
p58 2547
p59 1832
p60 135
p61 499
p62 426
p63 757
p64 657
p65 454
p66 1272
p67 1544
p68 105
p69 282
p70 733

p71 1041
p72 189
p73 1248
p74 698
p75 1074
p76 41
p77 573
p78 468
p79 318
p80 447
p81 846
/
;
Table
MGDGK(i,j) i.geçici depodan j.geri kazanım tesisine olan mesafe(km)

	j1	j2	j3	j4	j5	j6	j7	j8	j9	j10	j11	j12	j13	j14	j15
i1	323	323	353	499	280	1.148	1.148	655	729	949	563	714	738	527	808
i2	323	323	353	499	280	1.148	1.148	655	729	949	563	714	738	527	808
i3	323	323	353	499	280	1.148	1.148	655	729	949	563	714	738	527	808
i4	323	323	353	499	280	1.148	1.148	655	729	949	563	714	738	527	808
i5	323	323	353	499	280	1.148	1.148	655	729	949	563	714	738	527	808
i6	323	323	353	499	280	1.148	1.148	655	729	949	563	714	738	527	808
i7	489	489	333	1.018	767	1.111	1.111	115	460	955	0	561	977	671	919
i8	489	489	333	1.018	767	1.111	1.111	115	460	955	0	561	977	671	919
i9	154	154	182	823	648	1.023	1.023	433	552	863	333	494	724	471	719
i10	154	154	182	823	648	1.023	1.023	433	552	863	333	494	724	471	719
i11	232	232	262	780	617	1.065	1.065	573	632	971	473	623	624	446	714
i12	232	232	262	780	617	1.065	1.065	573	632	971	473	623	624	446	714
i13	0	0	78	672	497	871	871	478	424	680	411	338	646	308	566
i14	233	233	312	439	275	700	700	534	537	495	587	261	410	73	347
i15	233	233	312	439	275	700	700	534	537	495	587	261	410	73	347
i16	688	688	673	430	287	224	224	883	557	69	900	356	729	474	205

i17 338 338 323 496 223 560 560 533 322
348 550 0 591 253 242
i18 424 424 364 810 537 833 833 342 0
488 444 322 905 567 544
i19 893 893 885 426 434 0 0 1.095 769
281 1.112 568 725 600 417
i20 646 646 724 338 468 700 700 1.011 905
744 992 591 0 338 546
i21 881 881 959 246 422 241 241 1.172 951
463 1.189 645 584 588 469

Table
MGKBT(j,k) j.geri kazanım tesisinden k.bertaraf tesisine olan mesafe(km)
k1 k2 k3 k4 k5 k6 k7 k8 k9 k10
k11 k12 k13 k14 k15
j1 0 0 78 672 497 889 889 478 424
680 411 338 646 308 566
j2 0 0 78 672 497 889 889 478 424
680 411 338 646 308 566
j3 78 78 0 750 540 885 885 408 364
665 333 323 724 386 559
j4 672 672 750 0 273 415 415 1023 810
492 1018 496 338 364 320
j5 497 497 540 273 0 430 430 750 537
280 767 223 468 204 82
j6 889 889 885 430 430 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j7 889 889 885 430 430 0 0 1095 764
281 1112 568 714 596 417
j8 478 478 408 1023 1095 1095 1095 0 342
825 126 533 1011 673 769
j9 424 424 364 810 764 764 764 342 0
483 444 322 905 567 544
j10 680 680 665 492 281 281 281 825 483
0 892 348 744 467 198
j11 411 411 333 1018 1112 1112 1112 126 444
892 0 550 992 654 786
j12 338 338 323 496 568 568 568 533 322
348 550 0 591 253 242
j13 646 646 724 338 714 714 714 1011 905
744 992 591 0 338 546
j14 308 308 386 364 596 596 596 673 567
467 654 253 338 0 286
j15 566 566 559 320 417 417 417 769 544
198 786 242 546 286 0
;
Table
MGKF(j,l) j.geri kazanım tesisinde l.fabrika noktasına olan mesafe(km)
l1 l2 l3 l4
j1 323 406 431 233

j2	323	406	431	233
j3	353	484	265	312
j4	891	324	1002	439
j5	728	91	751	275
j6	1152	487	1101	698
j7	1152	487	1101	698
j8	665	771	137	585
j9	725	572	437	518
j10	948	368	898	495
j11	568	752	40	585
j12	714	258	541	261
j13	715	392	960	410
j14	527	113	653	73
j15	808	173	778	347

Table
MFPN(p,l) l.fabrika noktasından p.bayi noktasına olan mesage(km)

	l1	l2	l3	l4
p1	939	375	882	490
p2	1208	571	1211	755
p3	452	429	309	256
p4	1406	943	1613	1052
p5	671	312	895	334
p6	453	184	561	0
p7	716	572	428	544
p8	1300	954	1541	980
p9	681	771	156	603
p10	390	708	137	530
p11	247	488	381	313
p12	1307	713	1411	899
p13	1500	905	1604	1092
p14	262	375	559	191
p15	594	568	356	422
p16	243	557	286	382
p17	320	828	335	653
p18	497	214	692	131
p19	614	220	803	242
p20	639	648	206	477
p21	1363	724	1400	910
p22	230	867	544	683
p23	1210	573	1269	757
p24	1036	572	1243	682
p25	1225	762	1432	871
p26	322	406	394	233
p27	1124	487	1087	671
p28	930	582	1171	610
p29	1092	680	1313	752
p30	1812	1184	1782	1366
p31	1130	566	1073	681
p32	593	518	364	421

```
p33     932     368     874     483
p34     0       637     525     453
p35     561     752     36      579
p36     1.425   962     1632    1071
p37     508     328     805     245
p38     771     134     830     318
p39     211     848     561     664
p40     637     0       734     184
p41     111     526     414     342
p42     660     258     532     258
p43     352     484     316     311
p44     1.112   475     1.171   659
p45     525     736     0       561
p46     1.044   407     1.067   591
p47     1.449   812     1.412   996
p48     780     793     255     622
p49     1.417   822     1.521   1.009
p50     728     91      749     275
p51     798     173     767     349
p52     886     538     1.127   566
p53     1.141   793     1.382   821
p54     148     489     445     305
p55     734     392     975     414
p56     1.550   911     1.583   1.097
p57     691     487     988     428
p58     893     324     1.001   440
p59     132     769     515     585
p60     785     319     939     378
p61     1.067   718     1.308   747
p62     1.166   703     1.373   812
p63     1.261   624     1.224   808
p64     491     541     193     368
p65     1.638   1040    1.744   1.232
p66     669     112     777     216
p67     331     452     628     268
p68     674     110     674     225
p69     1.129   702     1.336   775
p70     773     320     645     369
p71     528     113     636     75
p72     1.463   824     1.496   1.010
p73     1.630   995     1.593   1.177
p74     420     467     717     283
p75     1.409   984     1.650   1.089
p76     1.516   1053    1.723   1.162
p77     176     591     351     407
p78     396     399     693     215
p79     1.181   546     1.124   730
p80     1.024   462     967     575
p81     217     420     514     236
;
```

Positive Variables

Q1(n,i) n.Bayi toplama noktasından i. geçici depoya gelen kullanılmış ürün ton-yıl

Q2(i,j) i.geçici depodan j.geri kazanım tesisine giden ürün miktarı

Q3(j,l) j.geri kazanım tesisindeki elde edilmiş l.fabrikaya giden ürün miktarı

Q32(j,k) j.geri kazanım tesisinden k.bertaraf tesisine giden ürün miktarı ton-yıl

Q4(l,p) l.fabrikadan p.bayi noktasındaki müşteriler için bayilere gönderilen yeniden üretilmiş ürün miktarı

;

Variable

z Toplam Gelir

w Taşıma Maliyetleri

x İşleme ve Üretim Maliyetleri

;

Binary Variables

a(i) i.geçici depo olma-olmama durumu

b(j) j.geri kazanım tesisi olma-olmama durumu

c(l) l.fabrikanın olma-olmama durumu

d(k) k.bertaraf tesisinin olma-olmama durumu

e(i) i.geçici depo açma maliyeti ;

Equations

Objek Amaç fonksiyonu

Kisit1(n) N bayi noktasından geçici depolara gidecek ürün denkliği

Kisit2(i) Geçici depo noktasından geri kazanım tesisine ürünlerin 4'te 3'ü gider

Kisit3(j) Geri kazanım tesisinden fabrikalara giden miktarın dengesi

Kisit4(j) Geri kazanım tesisinden bertaraf noktalarına giden miktarın dengesi

Kisit5(l) Fabrika noktasının transshipment point olması dolayısıyla kurulacak olan denge

Kisit6(i) Geçici depo kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit7(j) Geri kazanım tesisi kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit8(l) Fabrika kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit9(k) Bertaraf tesisi kullanıldı ise 1 değerini alma

Kisit10 Fabrikalardan illere gelen miktar talebi geçemez

Kisit11 Geçici depo kapasite kısıtı

Kisit12 Geri Kazanım Tesisi kapasite kısıtı

Kisit13 Bertaraf tesisi kısıtı

Kisit14 Fabrika kısıtı

Kisit15 Önceden açılmış olma kısıtı

Kisit16 Yeni depolar açılmazsa o depolardan ürün transferi gerçekleşmez

Kisit17 Taşıma Maliyeti

Kisit18 Toplam İşleme ve Üretim Maliyeti

;

Objek..z=e=sum((l,p),Q4(l,p))*8750-sum(i,e(i)*kmd(i))-sum((l,j),Q3(j,l)*4500)-sum((i,j),Q2(i,j))*380*0.96-sum((j,k),Q32(j,k))*160-sum((i,j),Q2(i,j)*MGDGK(i,j))*0.25-sum((j,k),Q32(j,k)*MGKBT(j,k))*0.25-sum((j,l),Q3(j,l)*MGKF(j,l))*0.25-sum((p,l),Q4(l,p)*MFPN(p,l))*0.25-sum(i,a(i)*smd(i))-sum(j,b(j)*smg(j))-sum(l,c(l)*smf(l))-sum(k,d(k)*smb(k));

Kisit1(n).. sum(i,Q1(n,i))=l=76014;

Kisit2(i)..0.75* sum(n,Q1(n,i))-sum(j,Q2(i,j))=e=0;

```
Kisit3(j)..0.96/1.68*sum(i,Q2(i,j))-sum(l,Q3(j,l))=e=0;
Kisit4(j)..0.04* sum(i,Q2(i,j))-sum(k,Q32(j,k))=e=0;
Kisit5(l)..1.68*sum(j,Q3(j,l))-sum(p,Q4(l,p))=e=0;
Kisit6(i)..sum(n,Q1(n,i))=l=100000*a(i);
Kisit7(j)..sum(i,Q2(i,j))=l=1000000*b(j);
Kisit8(l)..sum(j,Q3(j,l))=l=1000000*c(l);
Kisit9(k)..sum(j,Q32(j,k))=l=1000000*d(k);
Kisit10(p)..sum(l,Q4(l,p))=l=PT(p);
Kisit11(i)..sum(n,Q1(n,i))=L=a(i)*GDK(i);
Kisit12(j)..sum(i,Q2(i,j))=L=b(j)*GKTK(j);
Kisit13(k)..sum(j,Q32(j,k))=L=d(k)*BTK(k);
Kisit14(l)..1.68*sum(j,Q3(j,l))=L=c(l)*FK(l);
Kisit15(i)$(ord(i) lt 17)..e(i)=e=1;
Kisit16(i)..100000*e(i)=g=sum(n,Q1(n,i));
Kisit17..w=e=sum((i,j),Q2(i,j)*MGDGK(i,j))*0.25+sum((j,l),Q3(j,l)*MGKF(j,l)
)*0.25+sum((p,l),Q4(l,p)*MFPN(p,l))*0.25+sum((j,k),Q32(j,k)*MGKBT(j,k))*0.25;
Kisit18..x=e=sum((l,j),Q3(j,l))*4500+sum((i,j),Q2(i,j))*380*0.96+sum((j,k),Q3
2(j,k))*160;

Model tez /all/ ;
option optca=0;
option optcr=0;
file results;
Solve tez using mip maximizing z  ;
Display Q1.l,Q2.l,Q3.l,Q32.l,Q4.l,a.l,b.l,c.l,d.l,z.l,w.l,x.l ;
put results;
execute_unload "results.gdx" Q1.l Q2.l Q3.l Q32.l Q4.l a.l b.l c.l d.l z.l w.l x.l
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q1.l rng=NewSheet1!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q2.l rng=NewSheet2!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q3.l rng=NewSheet3!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q32.l rng=NewSheet4!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=Q4.l rng=NewSheet5!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=a.l rng=NewSheet6!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=b.l rng=NewSheet7!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=c.l rng=NewSheet8!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=d.l rng=NewSheet9!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=z.l rng=NewSheet10!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=w.l rng=NewSheet11!A1';
execute 'gdxxrw.exe results.gdx var=x.l rng=NewSheet12!A1';
```

EK-4

Senaryo-1'e göre geri kazanım tesisleri ile bertaraf tesisleri arasındaki mesafeler

Çizelge 3.15. Geri kazanım tesisleri ile bertaraf tesisleri arası mesafeler

Geri Kazanım Tesisi/Bertaraf Arası Mesafe	Eskişehir	Eskişehir	Kütahya	G.Antep	G.Antep	G.Antep	G.Antep	Aydın	Antalya	Mersin	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale	Niğde
Eskişehir	0	0	78	889	889	889	889	478	424	680	411	338	646	308	566
Eskişehir	0	0	78	889	889	889	889	478	424	680	411	338	646	308	566
Kütahya	78	78	0	885	885	885	885	408	364	665	333	323	724	386	559
G.Antep	889	889	885	0	0	0	0	1.095	764	281	1.112	568	714	596	417
G.Antep	889	889	885	0	0	0	0	1.095	764	281	1.112	568	714	596	417
G.Antep	889	889	885	0	0	0	0	1.095	764	281	1.112	568	714	596	417
G.Antep	889	889	885	0	0	0	0	1.095	764	281	1.112	568	714	596	417
Aydın	478	478	408	1.095	1.095	1.095	1.095	0	342	825	126	533	1.011	673	769
Antalya	424	424	364	764	764	764	764	342	0	483	444	322	905	567	544
Mersin	680	680	665	281	281	281	281	825	483	0	892	348	744	467	198
İzmir	411	411	333	1.112	1.112	1.112	1.112	126	444	892	0	550	992	654	786
Konya	338	338	323	568	568	568	568	533	322	348	550	0	591	253	242
Samsun	646	646	724	714	714	714	714	1.011	905	744	992	591	0	338	546
Kırıkkale	308	308	386	596	596	596	596	673	567	467	654	253	338	0	286
Niğde	566	566	559	417	417	417	417	769	544	198	786	242	546	286	0

EK-5

Senaryo-2'ye göre geçici depolar ile geri kazanım tesisleri arası mesafeler

Çizelge 3.27. Geçici depolar ile geri kazanım tesisleri arası mesafeler

Geçici Depo/Geri Kazanım Tesisi Mesafe (km)	Eskişehir	Kütahya	Sivas	G.Antep	Nevşehir	Aydın	Antalya	Mersin	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale	Niğde
İstanbul	323	353	499	1.148	280	655	729	949	563	714	738	527	808
İzmir	489	333	1.018	1.111	767	115	460	955	0	561	977	671	919
Bursa	154	182	823	1.023	648	433	552	863	333	494	724	471	719
Kocaeli	232	262	780	1.065	617	573	632	971	473	623	624	446	714
Eskişehir	0	78	672	871	497	478	424	680	411	338	646	308	566
Ankara	233	312	439	700	275	534	537	495	587	261	410	73	347
Adana	688	673	430	224	287	883	557	69	900	356	729	474	205
Konya	338	323	496	560	223	533	322	348	550	0	591	253	242
Antalya	424	364	810	833	537	342	0	488	444	322	905	567	544
Gaziantep	893	885	426	0	434	1.095	769	281	1.112	568	725	600	417
Samsun	646	724	338	700	468	1.011	905	744	992	591	0	338	546
Malatya	881	959	246	241	422	1.172	951	463	1.189	645	584	588	469

EK-6

Senaryo-2'ye göre geri kazanım tesisleri ile bertaraf tesisleri arası mesafeler

Çizelge 3.28. Geri kazanım tesisleri ile bertaraf tesisleri arası mesafeler

Geri Kazanım Tesisi/Bertaraf Arası Mesafe	Eskişehir	Eskişehir	Kütahya	Sivas	Nevşehir	G.Antep	G.Antep	Aydın	Antalya	Mersin	İzmir	Konya	Samsun	Kırıkkale	Niğde
Eskişehir	0	0	672	497	889	889	889	478	424	680	411	338	646	308	566
Eskişehir	0	0	672	497	889	889	889	478	424	680	411	338	646	308	566
Kütahya	78	78	750	540	885	885	885	408	364	665	333	323	724	386	559
Sivas	672	672	0	273	273	415	415	1.023	810	492	1.018	496	338	364	320
Nevşehir	497	497	273	0	0	430	430	750	537	280	767	223	468	204	82
G.Antep	889	889	430	430	0	0	0	1.095	764	281	1.112	568	714	596	417
G.Antep	889	889	430	430	0	0	0	1.095	764	281	1.112	568	714	596	417
Aydın	478	478	1.023	750	1.095	1.095	1.095	0	342	825	126	533	1.011	673	769
Antalya	424	424	810	537	764	764	764	342	0	483	444	322	905	567	544
Mersin	680	680	492	280	281	281	281	825	483	0	892	348	744	467	198
İzmir	411	411	1.018	767	1.112	1.112	1.112	126	444	892	0	550	992	654	786
Konya	338	338	496	223	568	568	568	533	322	348	550	0	591	253	242
Samsun	646	646	338	468	714	714	714	1.011	905	744	992	591	0	338	546
Kırıkkale	308	308	364	204	596	596	596	673	567	467	654	253	338	0	286
Niğde	566	566	320	82	417	417	417	769	544	198	786	242	546	286	0

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Önder KARAOĞLU
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Turhal – 14.05.1984
Telefon	**:**	(0553) 366 34 16
Faks	**:**	(0362) 437 45 21
e-mail	**:**	onder.karaoglu@vakifbank.com.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Cumhuriyet Lisesi, Turhal, Tokat	2002
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi, Konya	2006
Yüksek Lisans	:	Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya	2017
Doktora	:	-	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2007	Mert Yazılım İç Anadolu Bölge Müdürlüğü	ERP Proje Mühendisi
2008	BEYTEKS A.Ş.	Yalın Üretim Mühendisi
2009	T.C. Vakıflarbankası T.A.O.	Uzman

UZMANLIK ALANI: Fraud Analist (Bankacılık sektöründe sahtecilik ve kart kopyalama üzerine) ve Vakıfbank Karadeniz Bölge Müdürlüğü Dış Ticaret Pazarlama ve Bölge Ticari Portföy Yöneticiliği

YABANCI DİLLER: İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

Bankacılık sektöründe yer almama rağmen Veri Tabanı Programlama/Programlama Dilleri/Web Programlama ve Ethical Hacking&Güvenlik öğrenme/geliştirme üzerine çalışmalar yapmaktayım.

YAYINLAR:
Gıda Sektöründe ISO 22000 Üzerine Araştırma Çalışması, YAEM 2006, Kocaeli.