

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLASTİK MALZEMELERİN GERİ DÖNÜŞÜMÜ:
OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDEN ÖRNEKLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mim. Ceyda VATAN**

Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI

Programı : ENDÜSTRİ ÜRÜNLERİ TASARIMI

MAYIS 2002

**PLASTİK MALZEMELERİN GERİ DÖNÜŞÜMÜ:
OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDEN ÖRNEKLER**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mim. Ceyda VATAN
(502991411)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Mayıs 2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 30 Mayıs 2002**

**Tez Danışmanı : Prof.Dr. Nigan BAYAZIT (İ.T.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri: Öğr.Gör.Dr. Oya ŞENOCAK AKMAN (İ.T.Ü.)
Prof.Dr. Erol GÜRDAL (İ.T.Ü.)**

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Bu çalışmaya başlayıp, geliştirmede ve sonuca ulaştırmada beni fikirleriyle yönlendiren ve her türlü desteğini esirgemeyen tez danışmanım Sn. Prof. Dr. Nigan BAYAZIT'a teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın hazırlandığı süre boyunca yardımlarını esirgemeyen İTÜ Mimarlık Fakültesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü Öğretim üyelerine ve Araştırma Görevlisi meslektaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın süresi boyunca manevi destekleri ile her zaman yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma gönülden teşekkür ederim. Maddi ve manevi desteği ile her konuda esirgemediği yardımı için Sinan ÖZGEN'e teşekkür etmek isterim.

Mayıs 2002

Ceyda VATAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	7
1.2. Çalışmanın Önemi	8
2. NELER GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR	10
2.1. Ürün Tasarımının Önemi	13
2.2. Malzeme Seçimi	14
3. PLASTİK ATIKLARA GENEL BAKIŞ	16
3.1. Plastik Malzemeler	16
3.2. Plastik Atıkların Yok Edilmesi ve Geri Kazanılması	30
3.3. Plastik Atıkların Yok Edilebilirliği	30
3.4. Plastik Atıkların Kaynakları	31
3.5. Atıkların Toplanması ve Geri Kazanım İçin Hazırlanması	31
4. MALZEMELERİN GERİ KAZANILMASINA GENEL BAKIŞ	33
4.1. Malzeme Geri Kazanım Seçenekleri	33
4.1.1. Malzemelerin Kaynağında Ayrıldığı Geri Dönüşüm Programları	34
4.1.1.1. Yerleşim Birimlerinde Geri Kazanım	34
4.1.1.2. Ticari/ Endüstriyel Geri Kazanım	35
4.1.1.3. Geri Kazanılabılır Atık Kumbaraları	35
4.1.1.4. Geri Satın Alma Merkezleri	35
4.1.1.5. Özel kampanyalar	36
4.2. Malzeme Geri Kazanım Tesisi	36
4.3. Karışık Atıkların İşlenmesi	37
5. GERİ KAZANIM ÖN KOŞULLARI	38
5.1. Toplama	38
5.2. Ayırma	40
5.2.1. Kaynakta Ayırma	40
5.2.2. Toplama Sırasında Ayırma	41
5.2.3. Merkezde Ayırma	42
5.3. Türkiye'de Katı Atıklara Uygulanan İşlemler	44

5.3.1. Toplama	44
5.3.2. Depolama	44
5.3.3. Çöp Müteahhitleri	45
5.3.4. Hurdacılar, Kırmacılar, Granülcüler	45
6. GERİ KAZANIM EKONOMİSİ	46
6.1. Geri kazanılan Malzemenin Kullanımı ve Dünyadaki Uygulamaları	48
6.1.1. Dünyadaki Geri Kazanım Uygulamaları	49
6.2. Türkiye ve İstanbul'da Malzemelerin Geri Kazanımı	53
6.2.1. Geri Kazanım Uygulamaları	53
6.2.2. Ayırma Tesisleri	59
6.2.3. Geri Dönüşüm Sanayi	62
7. METOD	64
7.1. Çalışmanın Metodu	64
8. OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDEN ÖRNEKLER	70
8.1. Otomobil Plastik Çeşitleri	75
8.2. Geri Dönüşüm Uygulamaları	77
8.2.1. Otomobil İç Mekanı	78
8.2.2. Otomobil Dış Mekanı	79
8.2.3. Otomobil Elektro-Mekanik Sistemleri	79
8.2.4. Otomobilde Plastik Malzeme Uygulamaları	83
8.3. Firma Bazında Yapılan Çalışmalar	100
8.3.1. Volkswagen	100
8.3.2. Ford	101
8.3.3. BMW	104
8.3.4. Toyota	108
8.4. Analiz Çalışması ve Bulguları	110
9. SONUÇ	120
KAYNAKLAR	126
EKLER	130
ÖZGEÇMİŞ	141

KISALTMALAR

ABS	: Acrylonitrile-Bütadien-Styrene
ACORD	: Automotive Consortium on Recycling and Disposal
AKSA	: Akrilik Kimya Sanayi
A-RAT	: The American Recycling Action Team
ASR	: Automotive Shredder Residue
CA	: Selülozlar
CFRP	: Carbon Fiber Reinforced Polimer
CCV	: Composite Concept Vehicle
CV	: Constant Velocity
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
ELV	: End of Life of Vehicle
EMAS	: Eco-management and Audit Scheme
E-RAT	: The European Recycling Action Team
EPDM	: Etilen-propilen-dien
EVA	: Etylen Vinil Asetat
EVOH	: Etilen Vinil Alkol
GMP	: Glass Mat Plastic
HDPE	: Yüksek Yoğunluklu Polyethylen
İSTAÇ	: İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Katı Atık Merkezi
LDE	: Lighting Emitting Diode
LDPE	: Alçak Yoğunluklu Polyethylen
NVH	: Noise Vibration Harshness
OPP	: Oriented Polypropilen
PA	: Polyallomer
PAI	: Polyamide-imide
PB	: Polybutilen
PC	: Polycarbonat
PCP	: Product Creation Process
PE	: Polyethylen
PET	: Polyethylenetraftalat
PETKİM	: Petrokimya Tesisi
PMMA	: Polymetil Metakrilat
PMP	: Polymethylpentene
PP	: Polypropilen
PPE	: Polyphenylene Ether
PPO	: Polyfenilen Oksit
PS	: Polystyrene
PPS	: Polyphenylene Sulfide
PUR	: Polyurethan Termoset
PVC	: Polyvinilklorür
RCPP	: Recycled PP
RIM	: Reaction Injection Moulding

RDZ	: Recycling and Disassembly Zenter
SASA	: Suni ve Sentetik Elyaf sanayi
SİFAŞ	: Sentetik İplik Fabrikaları A.Ş.
SMC	: Sheet Moulding Compound
SPE	: Society of Plastics Engineers
SPDD	: Sustainable Product Development Design
TPO	: Thermo Plastic Olefin
TPU	: Polyurethane Thermoplastik
U	: Universal
VRP	: Vehicle Recycling Partnership
YDA	: Yaşam Döngüsü Analizi

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. İhtiyaçlarHiyerarşisi.....	3
Tablo 2.1. Evsel Atıkların Geri Dönüştürülebilirliği.....	10
Tablo 2.2. Tüm Atık İçerisinde Yer Alan Temiz Atık Miktarı.....	12
Tablo 6.1. Çeşitli Ülkelerde Kişi Başına Plastik Tüketimleri (kg/kişi).....	46
Tablo 6.2. Yıl başına Düşen Plastik Malzeme Tüketimi.....	47
Tablo 6.3. Toplanan Atık Ambalajlarının Fiyatları.....	54
Tablo 6.4. Toplanan Atık Ambalajlarının Fiyatları.....	54
Tablo 6.5. Toplanan Atık Ambalajlarının Fiyatları.....	55
Tablo 6.6. D.İ.E Evsel Atıkların Kompozisyonu.....	56
Tablo 6.7. Düzenli Geri Kazanım Uygulamalarını Sürdüren Belediyeler.....	57
Tablo 6.8. Değişik Bölgelerde Devam Eden Geri Kazanım Uygulamalarında Toplanan Malzemelerin Kompozisyonu	58
Tablo 6.9. Belediye Tarafından Devam Eden Geri Kazanım Uygulamalarında Toplanan Atıkların Ortalama Kompozisyonları	59
Tablo 6.10. Geri Kazanılabilir Malzemelerin Üretim ve Geri Kazanım Kompozisyonları.....	62
Tablo 6.11. Geri Kazanım Yatırımları.....	62
Tablo 8.1. Otomobil Pazarına Giden Plastik malzeme Miktarı.....	72
Tablo 8.2. Otomobildeki Plastik Malzeme Miktarı.....	72
Tablo 8.3. En Çok Uygulanan Plastiklerin Standart Sembol, Kimyasal Adı, Marka Adı ve Tasarım Uygulamaları.....	76
Tablo 8.4. Otomobil Elemanlarında Plastik Malzeme Kullanımı , Tasarıma Etkileri ve Geri Dönüşüm Sonrası Kullanım Alanları Analizi ...	113
Tablo 8.5. Otomotiv Üretici Firmaların Uygulamaları Analizi.....	118

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Üretim Sürecinde Malzeme Kullanımı.....	2
Şekil 1.2 : Yaşam Döngüsü ve Tasarım Amaçları İlişkisi.....	4
Şekil 1.3 : Yaşam Döngüsü Prensipleri.....	5
Şekil 5.1 : Kaynağında ayırma bir örnek,O.D.T.Ü.....	41
Şekil 5.2 : Geri Kazanım Merkezi Toplama Üniteleri, İstanbul Carefour Alışveriş Merkezi.....	42
Şekil 5.3 : Elle yapılan sınıflandırma çalışmasına örnek,O.D.T.Ü.....	42
Şekil 5.4 : Plastiklerin toplanmasından geri dönüşüm aşamasına ve geri dönüştürülmüş ürün olarak üretilmesine kadar geçen süreç.....	43
Şekil 6.1 : Plastik malzemenin geri dönüştürülme aşamaları.....	48
Şekil 6.2 : Kadıköy Ayırma Tesisi.....	60
Şekil 8.1 : Bir Otomobilde Plastik Malzeme Kullanım Alanları.....	70
Şekil 8.2 : Bir Otomobilde Kullanılan Plastik Malzeme Çeşitleri ve Uygulama Alanları.....	71
Şekil 8.3 : McLaren Roadster.....	73
Şekil 8.4 : McLaren F1GTR.....	74
Şekil 8.5 : Ettore Bugatti EB110.....	74
Şekil 8.6 : Plastik malzemenin otomobil iç mekanında kullanımından örnekler.....	75
Şekil 8.7 : Plastik malzemenin otomobil iç mekanında kullanımından örnekler.....	75
Şekil 8.8 : Otomobil Gösterge Paneli Geri Dönüşüm Şeması	80
Şekil 8.9 : Otomobil Tampon Paneli Geri Dönüşüm Şeması.....	81
Şekil 8.10 : Otomobil Yağlama Konteyneri Geri Dönüşüm Şeması.....	82
Şekil 8.11 : Ford Th!nk modeli.....	103
Şekil 8.12 : BMW Gösterge Paneli Geri Dönüşüm Planı.....	105
Şekil 8.13 : BMW Malzeme Kullanımı.....	106
Şekil 8.14 : Bir BMW Otomobilinde Kullanılan Plastik Elemanlar.....	107
Şekil 8.15 : Toyota Celsior Modelinde Kullanılan Plastik Malzemeler.....	108
Şekil 8.16 : Toyota Tampon Geri Dönüştürme Değerleri.....	109

PLASTİK MALZEMENİN GERİ DÖNÜŞÜMÜ: OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDEN ÖRNEKLER

ÖZET

Bu çalışmada, gerek ekonomik, gerekse çevresel önemi olan plastik malzemenin geri dönüşümü konusuna yurt dışı örnekleri ile otomotiv endüstrisi uygulamalarına yer verilmiştir. Kaynakları kirletmemek ve hurda malzemeleri geri kazanmak, çevresel kaygılar içerisinde geri dönüşüm için iki güçlü neden oluşturmaktadır.

Çevre kirliliği ve hammadde tüketiminin artmış olduğu gerçeği, tüketici, üretici ve yönetimleri geri kazanım konusunda bilinçli davranmaya zorlamaktadır. Bu konuda ülkeler bazında yapılanlara, ekonomik açıdan önemine ve kullanılan yöntem ve tekniklere bölümler içinde değinilmiştir.

Plastik malzemeler sınıflandırılmış, genel özellikleri ve kullanım alanları tanımlanmıştır. Plastik atıkların yok edilebilirliği, atıkların kaynakları, atıkların toplanması ve geri dönüşüm için hazırlanması aşamaları anlatılmıştır.

Malzemelerin geri kazanımı, geri kazanım seçenekleri, geri kazanım tesisi ve karışık atıkların işlenmesi başlıkları altında incelenmiştir. Geri kazanım seçeneklerinden kaynağında ayırma işlemi, ekonomik ve en etkili yöntem olarak saptanmış, bireylerin bilinçlendirilmeleri ve geri kazanıma katılmaları çalışmalarının yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Geri kazanım ön koşulları olan toplama ve ayırma işlemleri yurt dışı örnekleri ile açıklanmıştır. Türkiye’de geri dönüşüm koşulları gösterilmiş, geri dönüşüm organizasyonlarının yetersizliği belirlenmiştir. Türkiye’de geri dönüşüm faaliyetlerinin organize edilmesi gerekliliği ve bireylerin geri dönüşüm katılımının sağlanması gerekliliği saptanmıştır. Elde edilen veriler sayesinde Türkiye sınırları içerisinde geri dönüşüm sanayini besleyecek miktarda plastik malzeme tüketildiği gösterilmektedir.

Geri kazanımın ekonomik boyutu ülkeler bazında yapılan çalışmalar bünyesinde incelenmiştir. Gerek Türkiye gerek diğer ülkelerin geri dönüşüm sanayinden sağladığı ekonomik faydalar rakamlar ile ifade edilmiştir. Dünya plastik çağını yaşamaktadır. Geri kazanılabilir maddelerin pazarında talebin sabit kalacağı düşünülmemelidir. Bu tür maddelerin güvenilir bir biçimde temini artarsa, talebin de büyük oranlarda gelişeceği ve piyasanın kendiliğinden oluşacağı diğer ülkelerin deneyimleri ile sabittir.

Otomotiv geri dönüşüm uygulamalarına dünya üzerindeki örnekler ile yer verilmiştir. Otomobilde plastik malzemenin kullanımı ve tasarıma getirmiş olduğu yararlar ve geri kazanılmış plastik malzemenin otomobil elemanları üretiminde kullanım alanları analiz çalışması yapılmıştır. Otomotiv atık plastik malzeme çeşitleri ve geri dönüşüm sonrası kullanılabileceği ürünler sınıflandırılması yapılmıştır. Otomobil üretici firmaların geri dönüşüm uygulamaları ve geleceğe yönelik hedefleri analiz çalışması yapılmıştır. Otomotiv endüstrisi geri dönüşüm sanayini besleyecek miktarlarda

malzeme üretmektedir ki geri dönüşüm konusunda asıl sorun olan geri dönüşüm merkezinin yeterli malzeme sağlama problemiyle burada karşılaşılmayacaktır. Geri dönüştürülmüş plastik malzeme otomobil elemanlarının üretiminde hammadde olarak kullanılabilir. Bunlar çalışmanın bulguları arasında yer almaktadır. Otomotiv endüstrisinde uygulanan plastik malzemenin geri dönüşüm çalışmaları, plastik malzemenin büyük miktarlarda tüketildiği otomotiv sektörü için yol gösterici niteliktedir. Bu konuda herhangi bir çalışması bulunmayan Türk otomotiv endüstrisinin konuya ilgisini çekmek gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

RECYCLING OF PLASTIC MATERIAL: EXAMPLES FROM AUTOMOTIVE INDUSTRY

SUMMARY

In this study, plastic materials recycling, which has the environmental and economic values, discussion with the other countries' studies and automotive industry applications are included. Pollution of sources and recycling of scrap materials are the two strong reasons for recycling concept.

The consumers, producers and governments are constrained to comprehend recycling subject because of the fact of increasing on consumption raw materials and environmental pollution. Other countries' applications, economical importance and using methods and techniques are mentioned in the chapters.

Plastic materials usage and general properties are classified in the study. Collecting of plastics scraps, waste sources, disposal plastic materials and preparing for recycling phases are described.

This study is defined under the subjects of recycling of materials, recycling options, recycling centers and the processing of wastes. Sorting of the wastes in the sources is ascertained to be the most economic and the most affective application in recycling options. It is determined that the study to make the individuals become conscious and attend the recycling program should be done.

Recycling provisions of collecting and sorting are explained by abroad examples. Recycling conditions of Turkey are mentioned and inadequate Turkish recycling organizations are designated. It's ascertained that Turkish recycling activity must be organized and individual participation must be provided. The datum shows that there are enough plastic materials for the recycling industry in Turkey.

Economic dimensions of recycling are researched with the other countries studies. The economical advantages of recycling for Turkey and other countries are expressed with the figures. The world is in the plastic era now and the demand of recycled materials shouldn't be taught to stay constant. If these materials are provided confidently, demand will be increased. It was proved with the other countries experiences.

Automotive recycling applications are included by the examples form different countries. Using of plastic materials in automobile and its advantage on design applications and usage field of recycled plastics for automobile parts production are analyzed. The usage of recycled plastics in the production of automobile parts is determined. Recycling applications of car companies and their future expectations are analyzed. Variety of automotive waste plastics and the use of these in automobile parts after recycling are classified. Recycling applications and its future expectations are given by the examples from sector. The automotive industry provides enough plastics for the recycling. In addition providing materials is the most important subject for the recycling industry. It shows that it won't be a problem for

the automotive industry's recycling program. Recycled plastics can be used to produce new parts as raw materials. These are stated in the diagnosis of analyzes. The study of recycled plastics applications in automotive industry is guided for the sector which plastics consumption is high. It's determined that Turkish automotive industry's attention must attracted to this subject.

1.GİRİŞ

Plastik malzemelerin geri dönüşümü konusuna girmeden önce geri dönüşüm faaliyetlerinin ana kaynağı olan çevresel yaklaşımlar ve sürdürülebilirlik kavramlarından ve uygulamalarından söz etmek gerekmektedir.

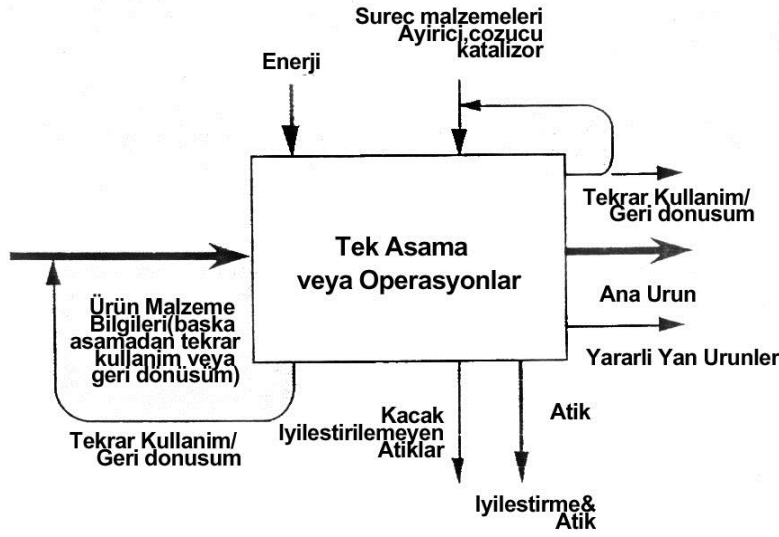
Ekolojistler için yeşil kavramı “Global bir Yeşil”i ifade etmektedir ve yeşil bir hayat, ozon tabakasının incelmesi ve atıkların aza indirgenmesi konularında çalışmaktadırlar. Dünyayı korumanın ana nedenini biyolojik çeşitlilik oluşturmaktadır.

Politikacılar için yeşil kavramını “Çevresel Denetim” oluşturmaktadır. Bu konudaki hükümet çalışmalarına “Temiz Hava Kanunları” ve “Temiz Su Kanunları” örnek olarak verilebilir.

Ekolojik konulara gösterilen ilginin tarihine bakıldığında, ilk olarak biyolojistlerin ve ekolojistlerin konuya ilgi gösterdiği görülmektedir. 1925 yılında kentsel tasarımcı olan Burgess’in Eko-kentsel Tasarım tanımlamasıyla tasarım dünyasında bu kavram yerini almaya başlamıştır. 1969 yılında yaşanan petrol krizi sonrasında “Eco-design” konusuna ilgi artmıştır. 1970 yılında Berry ile birlikte ekolojik yaklaşımlar Mimarlık alanında görülmeye başlanmıştır. Birleşmiş Milletlerin sırasıyla düzenlediği konferanslarla konuya olan ilgi daha geniş bir platforma yayılmış ve katılımların artması sağlanmıştır; 1972 Stokholm Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı Raporu, 1983 Brundlant Raporu, 1992 Rio Deklarasyonu, 1997 Nairobi Deklarasyonu, 2000 Malmö Deklarasyonu [1].

Çevresel yaklaşımların arkasında global ısınma, ozon tabakasında incelme ve tropik ormanların katledilmesi konuları yer almaktadır. “Eco-design” konusuna yön veren etmenler şu şekilde sıralanabilirler: tüketiciler, çevre kanun ve kuralları, ürün sorumluluğu, risk yönetimi, sürdürülebilir gelişim, çevreye uygunluk, ISO 14001 gibi standartlar ve Eco-management and Audit Scheme (EMAS) çevre yönetim ve denetleme planı.

Doğanın dengesi oldukça zayıftır. Bu durum, tasarımcıların üretim için süreç geliştirme konusunda sorumluluk sahibi olmalarını gerektirmektedir. Üreticilerin, ürünün satış sonrasında toplama, geri dönüşüm ya da ürünün yok edilmesi konusunda sorumluluk taşımaları gerekmektedir. Şekil 1.1’de üretim sürecinde malzeme kullanımı ve atık kullanımları şematik olarak yer almaktadır.



Şekil 1.1 Üretim sürecinde malzeme kullanımı [20]

Sürdürülebilirlik kavramını şu şekilde açıklayabiliriz: Sürdürülebilirlik kavramı sürdürülebilir gelişimi ya da sürdürülebilir yaşam'ı ifade etmektedir. Birleşmiş Milletler 1987 Brundlant Raporu'nda sürdürülebilirlik kavramı geniş bir şekilde yer almıştır. Brundlant Raporunda "Sürdürülebilir Gelişim: günümüz ihtiyaçlarının gelecek nesillerin ihtiyaçlarının buluşmasını tehlikeye atmaksızın buluşması" olarak tanımlanmıştır. Bu iki konsepti içermektedir:

- İhtiyaçlar konsepti, öncelik verilmesi gerekli olan dünya fakirlerinin gerekli ihtiyaçları,
- Teknoloji ve sosyal organizasyonların günümüz ve gelecek ihtiyaçlarının çevrenin yetenekleri ile buluşmasında sınırlamaları kabul etme düşüncesi [2].

Bu çerçevede ekonomik ve sosyal gelişim amaçları her ülkenin sürdürülebilirlik koşulları içerisinde tanımlanmaktadır. Ticari girişimlerde sürdürülebilir gelişim, insan ve çevre kaynaklarını gelecekte ihtiyaç duyulacağı şekilde korumak, sürdürmek ve arttırmak kavramlarını girişim ihtiyaçları ile buluşan ticari strateji ve eylemlerle birlikte benimsemek anlamına gelmektedir. Sürdürülebilir gelişim, tüketici ve hükümetleri içeren global ekonomi içinde yaygın bir felsefe oluşturmaktadır [3].

Ekonomistler sürdürülebilirlik kavramını kişinin lüks yaşantısının aracı olarak tanımlamaktadırlar. Diğer bir görüşle, biyolojistlere göre sürdürülebilirlik insanın bir parçası olduğu kutsal bir eko sistem görüşüdür. Bütün bu farklı görüş açlarına rağmen, tüm sürdürülebilirlik savunucuları aynı amaç; insan hayatının kendini uzun süre sürdürmesi, etrafında toplanmaktadır.

Sustainable Product Development Design (SPDD) sürdürülebilir ürün gelişimi tasarımı, ekonomik, çevreye uygun, etik ve toplumsal olma temalarını içermektedir. Bu çerçeve içinde gerçek ihtiyaçların giderilmesi, yaşam standardını yükseltmek, yoksulluğu azaltmak, demokratikleşme, kendi kendine yeterli olma, kaynaklara adil erişim ve sorumluluk önem kazanmaktadır.

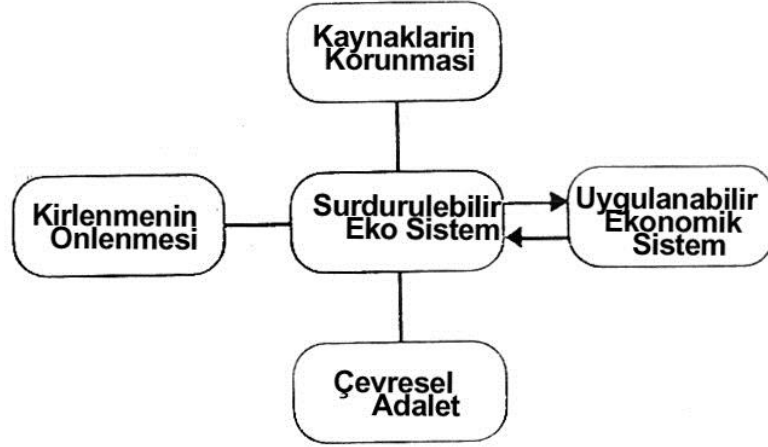
Sürdürülebilirlik gündemini insan ihtiyaçlarının kısa, orta ve uzun vadede giderilmesi oluşturmaktadır. Bu ihtiyaçlar Marlow'un İhtiyaç Hiyerarşisi'nde tablo 1.1'de görüldüğü şekilde tanımlanmıştır [1].

Tablo1.1. İhtiyaçlar hiyerarşisi [1]

İhtiyaçlar	Tanımlar
Fiziksel	Hava, yemek, su, uyku
Güvenlik	Koruma, konfor
Ait olma	Aşk, kabul edilme
Saygı	Tanınma, onaylama, başarı
Kavrayışsal	Bilmek, anlamak ve araştırmak
Estetik	Güzellik, simetri, ilişkiler arası etkileşim
Ben- gerçeklilik	Kişisel ihtiyaçlar, tüm ihtiyaçların bütünleşmesinden sağlamak

Sürdürülebilir gelişim kavramı, insanlığın daha fazla yaşamak ve dünyayı korumak için değişiklikler gerçekleştirmesi gerektiğini açıkça göstermektedir. Bu gerçekler yıllardır gösterilmeye çalışılmaktaydı. Ancak Birleşmiş Milletler Çevre Komisyonu tarafından açıklanan 1987 "Our Common Future" raporu ile bir çok insan için göz ardı edilmez olmuştur. "Our Common Future" sürdürülebilir gelişime dayalı yeni gelişim yoluna çağırmakta ve günümüz eğilimlerinin, daha geniş yeşil çevre, daha uzun yaşam ve daha az fakir insan ile buluşacağını göstermektedir [2].

"Sürdürülebilir gelişim, uzun vadede sağlık ve refah için doğal kaynakları, insan kaynaklarını, mali ve fiziksel değerler kadar yöneten gelişim stratejisidir. Sürdürülebilir gelişim, amaç olarak mevcut yaşam standardını tüketen uygulama ve politikaları, doğal kaynakları içeren ve gelecek nesillerin bizden daha fakir olma olasılığını ve riskini kabul etmemektir" [4].

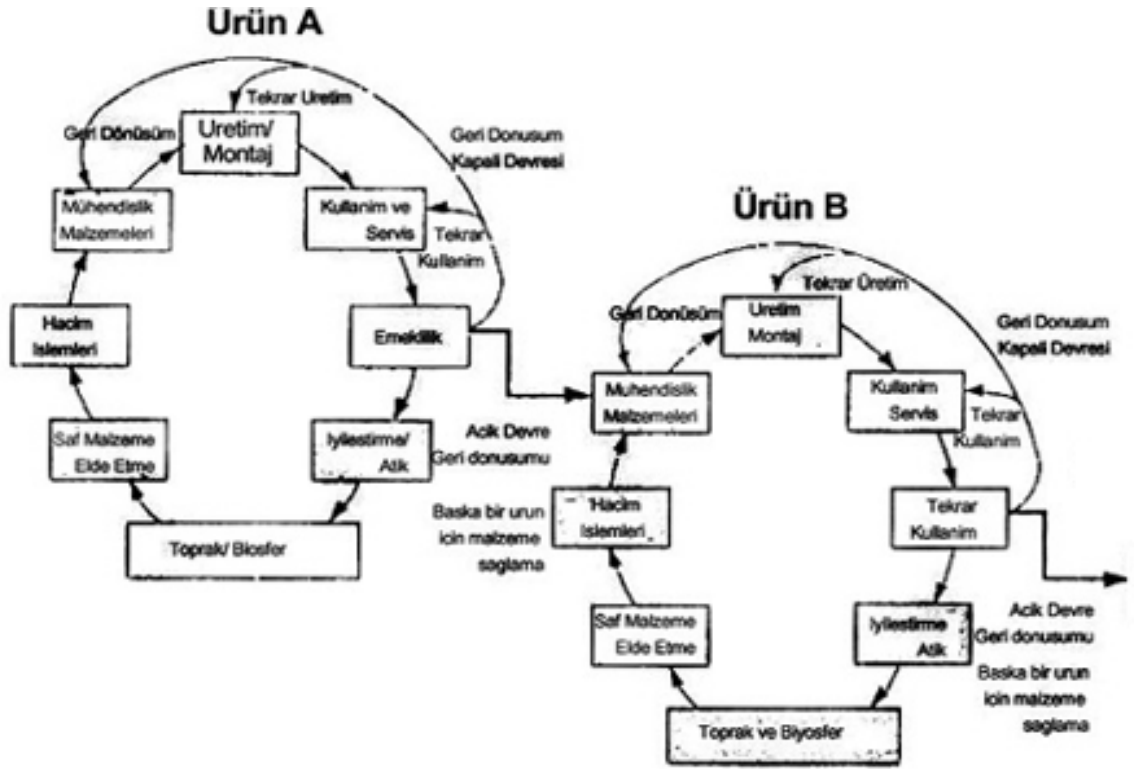


Yaşam döngüsü -Tasarım amaçları ilişkisi

Şekil 1.2 Yaşam döngüsü ve tasarım amaçları ilişkisi [20]

Çevreye uygunluk ihtiyaçları, yaşam döngüsü analizinde (YDA) saptanmış olup üretim ve süreç için potansiyel oluşturmaktadır. YDA, malzeme ve enerji kullanımı, üretim yöntem ve süreci, dağıtım yöntemi, geri dönüşüm ve atık yok etme tercihleri konularını içermektedir. YDA, yöntem, ürün ya da eylem ile ilişkili çevresel etkileri değerlendirmek için bilimsel bir araştırmadır. Bu analiz dört aşamada gerçekleşmektedir; başlatma, envanter analizi, etki analizi, yorum ve gelişme analizi. Hükümetler, çevreye uyumluluk ile ilgili markalara teknik zorunluluklar ve şartlar getirmektedir. Bunun için ayrıca standartlar geliştirilmiş ve bu standartlar dahilinde standart yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Şekil 1.2’de yaşam döngüsü ve tasarım amaçları ilişkisi görülmektedir. Günümüzde uygulanan standart yönetim sistemleri bir çok kaynağa dayanmaktadır. Bunlardan biri, “Business Council For Sustainable Development” kuruluşu olup, çevresel performansı arttırmak ve uluslararası standartlara uymak konularında endüstriyi desteklemektedir. Şekil 1.3’de yaşam döngüsü prensipleri görülmektedir.

Sürdürülebilirlik kavramının uygulanması bir süreçten oluşmaktadır. Bunun içinde sistem düşüncesi, analiz, organizasyon bütünü ihtiyaçları ve yönetim sistemi yer almaktadır. Ekolojik olarak birbirine bağlı, doğaya uygun olup olmadığı gözden geçirilmiş organizasyon süreci ürünlerden ve servislerden oluşmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının uygulanması maliyete dayalı, dünya kaynakları ve ekosistemi içeren, işin büyüklüğünü ve kaynakların kullanımını sınırlandıran faaliyetlerin bütünüdür. Sürdürülebilirlik kavramının, ölçülebilir sonuçları olan geniş tabanlı bir araştırma, planlama ve uygulama dayalı, teknolojiye bağlı üretim yöntemleri ve servis hizmetlerini kapsamaları gerekmektedir [20].



Şekil 1.3 Yaşam döngüsü prensipleri [20]

Günümüz koşullarında geri kazanım büyük önem taşımaktadır. Çevre kirliliği ve hammadde tüketiminin artmış olması, tüketici, üretici ve yönetimleri geri kazanım konusunda bilinçli davranmaya zorlamaktadır. Sürdürülebilirlik kaynakların akıllı bir şekilde kullanımı ile sağlanabilmektedir. Bütün dünyada daha sağlıklı ve işleyen bir toplumun ancak sağlıklı bir çevre ile elde edilebileceği konusunda birleşilmektedir.

“Endüstriyel tasarımcılar, endüstri ve yönetimler, toplumumuza sosyal ve ekolojik ne kadar zarar veriyoruz ? cevabını birlikte saptamalıdır.” “Papanek Design for The Real World” adlı kitabında çevre sorumluluğunu endüstriyel tasarımcılar, endüstri ve yönetimler eşdeğer kabul etmektedir [5]. Endüstriyel tasarım açısından, “Product Life Cycle Design” olarak adlandırılan ürün ömründe geri dönüşüm önemli bir yer almaktadır. Gerek kaynakların korunması, gerekse sürdürülebilirlik yaklaşımlarıyla ürünlerin ikinci yaşamları tasarım sürecine dahil olan önemli bir unsur oluşturmaktadır.

İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra hızla gelişen plastik malzeme teknolojisi, plastiği günümüzün vazgeçilmez malzemesi haline getirmiştir. Plastiğin üretim kolaylığı ve ucuz malzeme oluşu, kullanım alanının artmasını sağlamıştır. Tüm bu kolaylıkların yanı sıra, plastik malzemenin doğada en kısa 100 yılda kaybolması, çevre korunması açısından olumsuz etkiler doğurmaktadır. Tasarım sürecine çevresel açıdan

yaklaşılması ile geri dönüşüm önem kazanmıştır. Ekolojik tasarım anlayışı ve sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının sonucu olarak, çevre korumaya yönelik tasarım kriterleri oluşturulmuştur. Geri dönüşüm ve tekrar kullanım bu kriterler arasında önemli yere sahiptir. 1983 “Brundtland Raporu” ile, “Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Gelişim Komisyonu” tarafından sürdürülebilir çevreye yönelik bir rapor hazırlanmış ve buna yönelik yaptırımların yer aldığı çevresel kanunlar “Birleşmiş Milletler” tarafından kabul edilmiştir [6]. Bu tarihten başlayarak kaynakların korunması, geri dönüşüm ve tekrar kullanma faaliyetlerinde artış görülmektedir. Özellikle İngiltere, Almanya ve Amerika’daki faaliyetler ve organizasyonlar diğer ülkeler için örnek teşkil etmekte olup, yönetimlerce yürütülmekte, ciddi yaptırımlara maruz kalmakta ve daha önemlisi bireysel katılımlarla desteklenmektedir. Geri dönüşüm, bir organizasyon bütünü olup, yönetimlerin desteği, üretici ve bireylerin konuya katılımına ihtiyaç duymaktadır.

Türkiye’ de plastik malzeme kullanımı diğer ülkelerde olduğu gibi günümüzde oldukça artmıştır. Ambalaj malzemesinden, küçük ev eşyalarına hatta tekstil endüstrisine kadar yaygın bir şekilde plastik malzeme kullanılmaktadır. Türkiye’de plastik sektörü 1965 yılında PETKİM’ in, 1970’ de Yarımca Petrokimya Tesisini ve 1985’ de Aliğa Petrol Kompleksi’ni kurmasının yanı sıra Suni ve Sentetik Elyaf sanayi (SASA), Akrilik Kimya Sanayi (AKSA), Sentetik İplik Fabrikaları A.Ş. (SİFAŞ) gibi özel sektör kuruluşlarının da devreye girmesi ile sektöre hareket gelmiştir. İhracatımızın 1980’den sonra artması ile, termoplastiklerde oluşan önemli tüketim artışı nedeni ile ithalatımızda giderek artmıştır [7].

Türkiye’ de yıllık kişi başına düşen plastik tüketimi, 1993 yılı değerleri alınarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

Yerli üretim : 500.000 ton/yıl

İthalat : 460.000 ton/yıl

Rejenere : 200.000 ton/yıl

Kayıt Dışı : 100.000 ton/yıl

TOPLAM : 1.260.000 ton/yıl

Mamül olarak ithal edilen plastik hariç, 1997 yılı Türkiye nüfusu 60.000.000 kabul edilerek kişi başına tüketim yaklaşık 21 kg. olarak tespit edilmiştir. 1990’da kişi başına düşen değerlere bakıldığında, Türkiye 10.84 kg , A.B.D 70.20 kg , Batı Avrupa 50.30 kg, Doğu Avrupa 13.1 kg, Japonya 60.10 kg, Çin 2.30 kg olduğu saptanmıştır. 2001 yılı değerlerinde kişi başına düşen plastik malzeme miktarı 29 kg’a ulaşmıştır [7,26].

Tüm bu değerler, gün geçtikçe plastik malzemenin kullanımının arttığını açıkça göstermektedir. Petrol türevi olan plastik malzemenin petrol üretimine dayandığı ve son dönemlerde yaşanan petrol krizleri ve petrol kaynaklarının azaldığı düşünüldüğünde, kaynakların korunması ve tekrar kullanılmasını gündeme getirmektedir.

Birçok malzeme metal, cam, kağıt ve plastik geri dönüştürülebilmekte, ikinci ve üçüncü ürün olarak karşımıza çıkabilmektedir. Bu çalışma kapsamında plastik malzemelerin geri dönüşümü konusu otomotiv endüstrisinden örnekler içerisinde incelenecektir. Türkiye’deki geri kazanım çalışmaları ÇEVKO vakfı etrafında toplanmış olup, bazı yerel belediyelerce desteklenmektedir. Bu çalışmalar yaygın olmayıp bölgesel düzeyde yapılmaktadır. Geri dönüşüm konusundaki eksiklik, bireylerin konuya katılımının az, hatta yok denecek düzeyde olmasından kaynaklanır. Evde başlaması gereken ayrıştırma işlemleri, ilkel yöntemlerle yapılan bir sektör haline gelmiştir. Gerek ekonomik, gerekse çevresel önemi olan plastik malzemenin geri dönüşümü konusuna yurt dışı örnekleri ile otomotiv endüstrisi uygulamalarına değinilecektir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Plastik malzemenin geri dönüşümü konusunda otomotiv endüstrisinden alınan örnekler ve bu örnekler üzerinden yapılan analiz çalışmaları araştırmanın amaçlarını oluşturmaktadır. Plastik atıkların değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik kavramının endüstriyel tasarımdaki yeri ve plastik malzemelerin değerlendirilebilirliği konularına, literatür araştırması, dünya üzerindeki örnekler ve Türkiye örnekleri karşılaştırmaları uygulanarak araştırılacaktır.

Araştırmanın bazı hipotezleri şunlardır:

- Plastik malzemenin endüstriyel tasarımda ve otomotiv endüstrisinde önemli bir yeri vardır.
- Plastik malzemenin geri dönüşüme son derece uygun kimyasal bir yapısı vardır. Tüm termoplastik malzemeler geri dönüştürülebilir.
- Geri dönüşüm ekonomik açıdan önemli bir fayda sağlar.
- Geri dönüşümün ekolojik açıdan faydaları vardır.
- Türkiye’de plastik malzeme tüketimi geridönüşüm endüstrisini besleyecek kadar yoğundur.

- Geri dönüşüm faaliyetleri bir bütündür, tüketici, üretici ve yönetimlerin işbirliği ile sağlıklı bir şekilde yürütülür.
- Tüketicinin geridönüşüm faaliyetlerine katılımı sağlanabilir.
- Bireylerin geri dönüşüm konusunda bilinçlendirilmeleri ile kaynağında ayırma işlemi, geri dönüşüm sürecine gerek ekonomik, gerek zaman açısından fayda sağlar.
- Geri dönüşüm sürdürülebilirlik kavramı içinde önemli bir yer tutar.
- Tasarımcının geri dönüşüm konusuna yaklaşımı, konunun yararlı olmasında etkilidir.
- Otomotiv endüstrisinin üretiminde geri kazanılmış malzemenin etkin bir yeri vardır.
- Geri kazanılmış malzeme ile ürünlerin ikinci, üçüncü ve daha fazlası olan yaşamlarından söz edilebilir.
- Birçok firma üretimlerinde geri dönüşümü düşünerek hareket etmektedir.

1.2. Çalışmanın Önemi

“Sistematik bir üretimde atıklar, tekrar kullanım ve geri dönüşüm en önemli malzemeler olup, gezegenimizin temel ihtiyacı , hayat destek sistemini yok etmeyen insan sayısındaki artıştır” [8].

Sürdürülebilir bir çevre anlayışı içerisinde, kaynakların korunduğu, ekonomik açıdan faydaları olan plastiklerin geri kazanımı ve uygulama alanları için tasarım kriterleri oluşturulması gereklidir. Tasarımcı gözüyle geri dönüşüm sistemi oluşturulmalı, gerek birey gerekse tasarımcı olarak bu sürecin bir parçası olunmalıdır.

Plastik malzemenin sadece fiziksel yönüyle değil, tasarımcı yaklaşımları açısından ele alınarak, bugünkü tercih ve eğilimlerin malzeme seçimini etkileyen etkenleri göz önüne alınmalıdır. Plastik malzeme çeşitleri ve kullanılma alanları ile geri kazanılmış malzemenin üretimdeki yeri saptanmalıdır.

Kullanıcının ve yerel yönetimlerin bilinçlenmesi ve konuyla ilgili uygulamaların yapılması geri dönüşüm sürecini kolaylaştırıcı faktörlerdir. Özellikle Türkiye’de geri

dönüşüme yönelik faaliyetler düzenlenmemiş olup, bireylerin katılımı son derece zayıf, bu konudaki yaptırımlar yetersiz (yoktur) kalmaktadır.

Türkiye’de ve yurt dışındaki atıkların değerlendirilmesi ve yapılan uygulamaların gözlenebilmesi ve gerekli karşılaştırmaların yapılması sağlanacaktır. Bu incelemeler otomotiv endüstrisinde kullanılan plastik esaslı malzemeler üzerine yoğunlaşacak, plastik atıkların tipi, tekrar kullanılabileceği alanlar üzerinde durulacaktır.

2. NELER GERİ DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR?

Örnek bir çalışma olan, 1991’ de hazırlanan “Ulusal Evsel Atık Analizi Projesi” evsel atıkların bileşimi ve miktarı konusunda genel bir bilgi oluşturur [9]. Bu proje sonuçları, örnek olarak İngiltere’de bütün ve gelişmiş bileşim ve çöp miktarındaki artışın kapasitesinin tahmine imkan vermektedir. Proje bir araştırma olarak gelişmiş ve ölçülebilir bilgi olarak atıklar ve konuyla ilgili bölgesel komşuluk gruplarına ayrılmıştır. Bölgede komşuluk gruplarından toplanan beş ton atık örneği miktar ve bileşen olarak analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Tablo 2.1.’de yer almaktadır. Elde edilen örnekler atıklar artışını bölgesel ve ulusal baz da tahmin etmek için kullanılmıştır .

Geri dönüştürülebilir malzemeler üç geniş kategoriye ayrılabilir:

1. Kuru geri dönüştürülebilirler: kağıt, karton, cam, plastik, metal ve tekstil
2. Organik malzemeler: mutfak ya da yiyecek atıkları ve bahçe atıkları
3. Çok yönlü malzemeler: Mobilya ve beyaz eşya.

Tablo 2.1. Evsel atıkların geri dönüştürülebilirliği [9]

Malzeme	Ağırlık %	Hacim %	Ağırlık Geri Dönüştürülebilirlik %	Ağırlık Geri Dönüştürülemezlik %
Kağıt ve Karton	33.2	40.0	16.0	17.3
Plastik Film	5.3	13.6		5.3
Yoğun Plastik	5.9	12.1	1.9	4.0
Cam	9.3	1.5	9.1	0.2
Demir içeren Metal	5.7	15.2	4.3	1.3
Demir içermeyen Metal	1.6	1.5	0.4	1.3
Tekstil	2.1	1.2		2.1

Kuru Geri dönüştürülebilir Toplamı	63.1	85.1	31.7	31.5
Çürüyebilenler	20.2	6.0	20.2	
Çok Yönlü Yakılabilenler	8.1	7.6		8.1
Çok Yönlü Yakılamayanlar	1.8	0.3		1.8
Saf	6.8	1.5		6.8
TOPLAM	100.0	100.0	59.7	48.1

Yağ, boya atıkları ve pil gibi diğer malzemeler geri dönüşüm için özel olarak toplanmaktadırlar. Bazı durumlarda güvenli bir şekilde yok edilmeleri geri dönüştürülmeleri yerine daha tercih edilir.

Tablo 2.1.'de kuru geri dönüştürülebilirler yaklaşık olarak tüm geri dönüştürülebilirlerin ağırlığının % 63' ünü ve hacmin % 85' ini oluşturmaktadır. Organik çöpler toplam ağırlığın % 20'sini ve hacmin sadece % 6'sını oluşturmaktadırlar.

Bu bilgilerde beklenenlerin dışında bazı sonuçlar vardır:

- Tüm gazeteler ve dergiler geri dönüştürülebilir olarak sunulmuş, fakat tüm ambalaj karton kutuları ve diğer karton kutu türleri geri dönüştürülemez olarak düşünülmüştür.
- Tüm plastik film ve yiyecek plastik ambalajları geri dönüştürülemez olarak belirtilmiştir.
- İçecek kutuları haricindeki metal kutular ve yiyecek metal kutuları geri dönüştürülemez olarak sınıflandırılmıştır.
- Alüminyum folyo geri dönüştürülebilir kategorisinin dışında bırakılmıştır.
- Tüm tekstil ürünleri geri dönüştürülemez olarak düşünülmüştür.

Bütün bu malzemeler potansiyel olarak geri dönüştürülebilirler, eğer bu malzemeler geri dönüşüm miktarına eklenirse, atıkların geri dönüşüm oranı % 71'e yükselir.

Kuramsal olarak atıkların maksimum % 71'i geri dönüştürülebilir, pratik olarak ise % 62'si geri dönüştürülebilir olarak yorumlanabilir. Bu sonuç, İngiliz hükümetin

bütün evsel atıkların % 25'inin geri dönüşümü ya da % 50 geri dönüştürülebilirlik hedefini desteklemektedir. çöp kutusu atığının yaklaşık % 62'si % 50 oranında evsel atığa eşittir.

Evsel atığın % 62' si pratik hedef olarak amaçlanmıştır. Geri dönüştürülebilir malzemenin 1/3'ünü kağıt ve karton, 1/3'ünü organik atıklar ve geri kalan 1/3'ünü yaklaşık olarak eşit miktarlarda plastik, cam, metal ve az miktarda tekstil oluşturmaktadır. Bu oranlar geri dönüşüm planlaması yapılmasında (toplama ve ayırma, geri dönüşüm için işleminden geçirme) başlıca öneme sahiptir [9].

Tablo 2.2. Tüm atık içerisinde yer alan temiz atık miktarı [9]

Malzeme	Ağırlık %	Temiz Malzeme Ağırlık %	Temiz Malzemenin Toplam Atıktaki Ağırlık %
Kağıt Ve Karton	33.2	60.0	19.9
Plastik Film	5.3	60.0	3.2
Yoğun Plastik	5.9	70.0	4.1
Cam	9.3	90.0	8.4
Demir içeren Metal	5.7	80.0	4.6
Alüminyum	1.6	70.0	1.1
Tekstil	2.1	50.0	1.1
Kuru Geri Dönüştürülebilirlerin Ara Toplamı	63.1		42.4
Çürüeyebilenler	36.9		20.2
TOPLAM	100.0		62.2

Diğer önemli olan ve belirtilmesi gereken konu ise, yüzde değeri düşük olan malzemelerin parasal değerinin yüksek olmasıdır. Tablo 2.2.'de listelenen cam ve alüminyum malzemeleri yalnız % 10'u geri dönüştürülebilirse hiçbir parasal değere sahip olmazlar.

Sonuç olarak, atıkların % 62' si geri dönüştürülebilir ve malzemenin formuna tekrar geri dönüştürülebilirler. Atıkların ne kadarının geri dönüştürülebildiğini belirttikten sonra evsel atıklara uygulanacak olan en iyi geri dönüşüm metoduna karar vermek gerekir [9].

2.1.Ürün Tasarımının Önemi

Tasarım yapılırken metal ya da diğer geleneksel malzeme nadiren plastik malzeme ile birlikte kullanılır. Waite, R., plastik malzeme kullanılan tasarımları “Günümüzde sağlıklı teknik bilgilere ulaşılabilir olmasına rağmen, plastik malzeme ile tasarım bilimsel olduğu kadar sanattır, tecrübe en iyi öğretmendir” şeklinde ifade etmektedir.

Plastik malzemelerin performansı, yerine kondukları geleneksel malzemeden oldukça farklıdır. Günümüze kadar, sınırlı sayıdaki polimer türlerine ulaşılmaktaydı ve çok az çeşit ürün formüle edilebilirken, bu çok hızla değişmiştir. Neredeyse sonsuz sayıda geleneksel polimer bileşiklerine, bazı bileşimler olan copolimerlere, terpolimerlere, multipolimerlere, polimer ağları karışımlarına, alaşımlara ve likid kristal polimerlerine ulaşılabilir [9].

Karmaşıklık, inorganik dolgu maddesi, organik ve inorganik liflerin yüksek bir oranda artışından kaynaklanmaktadır. Lif çeşitleri öğütülmüş, kırılmış, yönlendirilmiş, uzun kol (yapı), kısa kol, düğümler, dokumalar, örgüler ve birleşme ile melezleşme (özellik optimizasyonu için) vb. yöntemlerle maliyet üzerinde etkili olan karışımları oluştururlar.

Dolgu maddelerinden ve liflerden başka, temel reçineyi değiştirmenin de farklı fiziksel özellikler taşıyan yeni bileşimler elde etmeye büyük katkısıcaklık vardır. Diğer özelliklerinin yanı sıra, plastik malzemenin kalıba dökülmesi kolay olmalı, yangın güvenlik kodları olmalı, toksik kurallara uymalı, ultraviyole ışınların bozucu etkisi hesaplanmalı, bakteri ve döküm ile renk ve pigmentleri artırılmalıdır. Günümüzde tasarımcıların geçmişteki meslekdaşlarına (tasarımcı, zanaatkar) oranla daha fazla eğitilmiş, deneyimli ve zevkli olmaları gerektiği gözle görülmektedir [8].

2.2. Malzeme Seçimi

Malzeme seçimi dikkatle yapılmalı ve ön yargıyla plastik malzemelerin en iyi olduğuna hemen karar verilmemelidir.

Ürün ve parçaları yönetim, satış, pazarlama, araştırma ve geliştirme, mühendislik, üretim, satın alma, teknik servis ve tüm bunların hepsinden daha önemli olan son kullanıcı kriterleri ile uyumlu olmalıdır. Malzeme seçimi fikir birliğine dayanmalıdır.

Seçim yapılabilecek 40'dan fazla plastik ailesi vardır ve bunların kimyasal bileşimleri birbirinden çeşitli şekillerde farklılık göstermektedir. Plastik ailelerinin fiziksel özellikleri ve polimer zincirleri birbirleriyle ilişkilidir, seçim yaparken bu göz önünde tutulmalı ve kullanıma uygun kararlar alınmalıdır.

Zincirin uzunluğu plastik sürecin nasıl olacağını etkilemektedir. Zincir üzerinde dallanmanın olması ya da olmaması fiziksel dayanımını etkilemektedir. Gevşek zincirden üretilen ürünler istenmeyen türde olduklarından zayıf parçalar oluşturmaktadırlar. Bunlar “amorf yapılı plastikler” olarak adlandırılmaktadırlar. Az dallanmalı ve dallanmasız zincirler genellikle daha dayanıklı, kimyasal dayanımı daha yüksek ve çoğu kez kaygan yüzeyli olup, “kristal yapılı plastikler” olarak adlandırılmakta, mekanik parça olarak iyi çalışmakta, fakat bazen yapıştırmak ve boyamak zor olmaktadır. Kristal yapılı termoplastikler saydam olamazlar. Bu plastikler üretim sürecinde, birden eritilip, kolayca dökülmekte ve hızla katılaşmaktadırlar. Örnek olarak Polietilen (PE), Naylon ve Polypropilen (PP) verilebilmektedir. Amorf yapılı termoplastikler ısıtıldığında derece derece değişim geçirmekte, rijit olmaları zaman almaktadır. Genel olarak yüzeyleri kaygan olmayıp, bazı çalışmalarda saydam ve kristal yapılı plastiklerden daha kolay yapıştırılabilip, boyanabilmekte ve sıcak olarak şekillendirilebilmektedirler. Polisteren (PS), vinil, akrilik, selülozik ve polikarbonat (PC) bunlara örnek olarak verilebilmektedir [10].

Malzeme seçimini diğer bir faktör amorf yapılı ve kristal yapılı plastiklerin şekillendirme ve soğuma işlemlerindeki büzülme farklılıkları etkilemektedir. Kristal yapılı termoplastikler yüksek sıcaklıkta farklı şekilde kısılmaktadırlar. Amorf yapılı termoplastikler ise, şekillendirildikten sonra soğurken çok fazla kısılmamakta, fakat uygunsuz şekillendirmede yüksek derecede iç gerilmelere sahip olmaktadır. Bu malzemeler, beklenen sınırdan daha düşük seviyede mekanik gerilme, fazla ısınma, aşınma, ve solmaya maruz kalmaktadırlar.

Termoplastikler şekillendirilebilmekte ve tekrar kullanılabilirler. Termosetler kimyasal olarak polimerize edilememekte ve tekrar şekillendirilememektedirler.

Polimer kombinasyonları birbirine karıştırılabilirler. Karışım oluştuğunda polimer zinciri içinde kimyasal bağlanma bulunmaktadır. Bu tür polimerler “copolymer” olarak adlandırılmaktadır, Acetal buna örnektir. Üç çeşit polimer birleştirildiğinde “trepolymer” olarak adlandırılmaktadır. Bunlara örnek olarak ABS verilebilir. Farklı polimer karışımları yapılırken zincirler konusunda dikkatli olmak gerekmektedir. Bunlar alaşım olarak adlandırılmaktadırlar. Bunlara örnek olarak PVC ve PC verilebilir [12].

Malzeme seçim sürecine önemli ihtiyaçların listesini yaparak başlamak; ısıya dayanım, fiziksel dayanıklılık, şekillendirilebilirlik, antibakteriyellik, yanıcılık, kodun özelliklerine uygunluk ve ağırlık gibi, iyi bir yöntem oluşturmaktadır. Şekillendirme, son işlemler, birleştirme ve diğer faktörler üründen beklenen ürün ömrü üzerinde önemli bir rol oynamaktadırlar.

3. PLASTİK ATIKLARA GENEL BAKIŞ

3.1. Plastik Malzemeler

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde plastik, "petrol türevlerinden elde edilen sıcaklık ya da polimerizasyon yoluyla şekillendirilebilen, yeniden sıcaklık tatbik edildiğinde şekil değiştirebilen polimer (örneğin PVC, PET, PS, PP, PA, PC ve benzeri)" şeklinde tanımlanmıştır [15].

Plastikler, genellikle sargı, poşet, torba, şişe, bidon, kavanoz ve kutu şeklinde kullanılmaktadır. Ayrıca taşıma kapları olarak da plastik kaplar ve fiçılar, alışlagelmiş metal ve cam ambalajların yerini önemli ölçüde almıştır. Taşıma ambalajı olarak plastiklerin diğer başlıca kullanım alanlarına çuvallar ile büzülme ve gerdirerek sarma işlemlerinde kullanılan filmler örnek verilebilir.

Plastikler kolay işlenebilme, esneklik, hafiflik ve sağlığa uygun olma gibi özelliklerinden dolayı ambalajlamada giderek daha fazla kullanılmaktadır. Artan enerji maliyetleri ve azalan doğal kaynaklar göz önüne alındığında, ambalaj malzemeleri içerisinde plastiklerin tercih edilmesinin nedeni ekonomik olmasıdır. Bu açıdan plastik kullanımının giderek artmasının beklenen bir sonuç olduğu ortaya çıkmaktadır [28].

Tasarımlarda kullanılan başlıca plastik türleri ABS, PE, HDPE, LDPE, PS, PP, OPP, PVC, PA ve NYLON' dur.

Acrylonitrile-Bütadien-Styrene (ABS) Plastikler

Acrylonitril, bütadin ve stiren temelli plastik materyalleriyle 1940'ların sonlarında ortaya çıkmıştır.

ABS malzemesinin kullanıldığı uygulamalar blender, mikser, mikrodalgafırın ve diğer mutfak aletlerinin enjeksiyon döküm kutularıdır. Saç kurutma makineleri ve elektrikli aletler de diğer ABS plastiğin kullanım alanlarıdır. ABS plastiğin en büyük kullanım alanı buzdolabı kapakları ve buzdolabı tanklarıdır. Bu özel uygulama için, kimyasallara dayanıklılık, düşük sıcaklıklara dayanıklılık ve yüksek kalitede yüzey

parlaklığı gibi ihtiyaçların giderilmesi için çeşitli özellikleri geliştirilmektedir. Aynı zamanda buzdolabı sebzelikleri için şeffaflık özelliği de geliştirilmiştir.

ABS plastiği otomobillerde yüksek sıcaklık derecelerine dayanıklı radyatör panelleri, aydınlatma elemanları ve diğer iç dekorasyonlar için kullanılmaktadır. Dengeli ve mükemmel renk kararlılığının yanı sıra ABS materyalleri yüksek yüzey parlaklıklarından dolayı tercih edilmektedir. Fakat şimdilerde müşterilerin iç mekanlarda mat renkler tercih etmesi dolayısıyla Amerikalı tasarımcılar mat yüzeyli ABS plastiği tasarladılar. Sonuç olarak, yüksek parlaklıklı ABS plastiklerin performansında düşük parlaklıklı ABS plastikler ortaya çıkmıştır.

ABS plastikler kolay dekore edilmesi nedeniyle otomotiv endüstrisi tarafından tercih edilmektedir. ABS ürünleri düz ya da kabartma desenli, vernikli ya da pürüzlü, boyalı, metalik renkli, dalgalı renkli kaplamalı ya da krom kaplamalı olabilmektedir. Otomobil uygulamalarında kullanılan metal kaplamalı plastiklerin %65'ini ABS plastikler oluşturmaktadır.

Yakın zamana kadar ABS plastiklerin en çok kullanıldığı alan tesisat boruları ve parçaları idi. ABS plastiklerin kullanımını azaltan iki önemli etken, bina endüstrisindeki gelişmeler ve PVC borularının ABS borularına oranla daha ucuz olmasıdır. ABS plastiklerin bina ve yapı uygulamalarındaki diğer kullanım alanları tavan vantilatörleri, banyo küveti parçaları ve diğer tesisat parçalarıdır.

İş makineleri uygulamalarında ihtiyaçlar değişmektedir. ABS plastiklerin genel amacı telefon gibi uygulamalar için uygundur. İş makineleri yanmayı geciktirici özellikler gerektirmektedir. İş makinelerindeki uygulamaları kutular, kaplamalar ve konsollardır.

Düşük sıcaklık etkilerine dayanıklılığı ve termofor kabiliyeti ABS plastiklerin tekne kaplamalarında, kar motoru kaplamalarında ve kamp aletlerinde kullanımlarının tercih edilmesini sağlamaktadır. Bu uygulamalar için ultraviyole ışınlarından koruması akrilik filmlerle kaplanarak sağlanmaktadır. Diğer ABS uygulamaları oyuncaklar ve mobilyalardır.

ABS ürünleri ailesi düşük maliyetli plastikler ile yüksek maliyetli plastikler arasında bir noktada yüksek bir mühendislik performansı sağlarlar [11].

Polyvinilklorür (PVC) Plastikler

PVC plastiklerin bir çok kullanım alanı içerisinde en önemli alan inşaat sektörüdür. Sulama işlerinde, elektrik ve telefon kablolarında, montaj sanayinde, giyecek sanayinde, paketlenme işlerinde, otomobil sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda ambalajlanmasında sert PVC plastik sıcaklık ile şekillendirilerek margarin, tereyağı v.b. ürünlerin ambalajlanmasında geniş olarak kullanılmaktadır. Ayrıca PVC plastikler gerdirilerek paletlerin sarılmasında da kullanılırlar. PVC'den yapılmış büzülebilir filmler de vardır. Kullanılmış PVC plastik ambalajlarından kirli su boruları, marley ve çeşitli dolgu malzemeleri üretilir [11].

Polypropilen (PP) Plastikler

1953 ile 1956 yılları arasında birbirinden bağımsız çalışan birçok araştırmacı Propyleni kristal hale getirmenin mümkün olduğunu buldu. Polypropilen bir tane ya da yüz tane ürün topluluğu değildir, çeşitli özelliklere sahip ürünlerin çok boyutlu bir bileşimidir.

Diğer plastiklere göre daha hafif olmaları ve yumuşama noktasının yüksek oluşu gibi özellikleri nedeniyle sigara ambalajından müzik plağı ambalajına kadar çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. Bundan başka sterilize edilebilen sağlık malzemesi, boru, profil, ince levha, şişe, balık ağı, halat, çuval, çeşitli ev ve mutfak eşyası vb ürünlerin yapımında da kullanılmaktadır. Geri dönüştürülmüş PP plastiklerinden sentetik halı tabanı, çeşitli plastik oyuncak ve kırtasiye malzemeleri üretilmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri'ndeki PP kullanımı 1987 yılında 2.5 milyon tona ulaşmıştır. En büyük pazar alanını, halıcılığın çeşitli aşamalarında kullanılması ile PP plastik lifleri oluşturmaktadır. Kullanım alanlarını halının birinci ve ikinci derecedeki dokunan ve dokunmayan kısımları (halının yan kısımları gibi), iç mekan ve dış mekan yapı malzemeleri, otomobilin iç mekan taban kaplamaları, bagaj kaplamaları ve sentetik çimler oluşturmaktadır. Diğer uygulamalar arasında kalın perde, çay çuvalları, uyku tulumları ve duvar kaplamaları yer almaktadır. Mobilya ve otomobil döşeme kumaşları PP plastik liflerinden elde edilmektedir.

İkinci en büyük PP pazarı film malzemeleri pazarıdır. Oriented Polypropilen (OPP) plastikten yapılan filmlerin en fazla kullanıldığı alanlar aparatif yiyecek paketleri, unlu mamül paketleri, tütün piyasası, pet kuru mamaları, şekerlemeler, sakızlar, peynir ambalajları ve elektrik kapasitörleridir.

Enjeksiyon döküm uygulamaları özellikle kamyon ve otomobil gibi ulaşım araçlarının batıri kutularında kullanılmaktadır. PP copolimerler otomobil üreticileri tarafından aracın ağırlığını ve özellikle maliyetleri düşürdüğünden tercih edilmektedir. Bu da PP copolimerin piyasanın % 85-90'ını kapmasına neden olmaktadır. Aracın ağırlığını düşürmesinin yanı sıra, PP sürtünmeye ve yorulmaya inanılmaz bir dayanıklılık gösterir, yüksek sıcaklıkta sert kalabilir ve korozyona karşı dayanıklıdır.

PP plastiklerin tıbbi ürünler olan tek kullanımlık şırıngalar ve laboratuvar aletleri üretiminde kullanılmasında steril olabilmesi en büyük nedeni oluşturmaktadır. Tek kullanımlık şırıngalar renklerinin bozulup sarıya dönmemesi için ışıma ile steril hale getirilmektedir.

Firmalar PP kullanımı konusunda büyük parçalı ya da küçük parçalı ürün de üretseler çok köklü geçmişe sahiptirler. Bulaşık makineleri, leğen ve banyo küveti, çamaşır suyu ve deterjan üniteleri, valf ve kontrol bantları, kanal boruları ve pompalar bu ürünlere örnek verilebilirler. PP plastikler kullanılan küçük ev aletleri: kahve makineleri, saç kurutma makineleri, süpürgeler, kserve açacakları, bıçak bileyciler, yer ve tavan vantilatörleri ve klimalardır [10,11].

Polyfenilen Oksit (PPO) Plastikler

John Hay tarafından 1956 yılında bulunmuştur. PPO'nun dolgu maddesi, ya da alev söndürücü özelliklere sahip türlü versiyonlarında çok sayıda reçine formülü kullanıldığından, bunlar çok çeşitlilik gösterebilmektedirler [10].

PPO plastiklerin kimyasal dayanıklılık özelliği sabittir. PPO reçineleri asitlerdeki, bazlardaki, tuz ve sıcak sulardaki hirolize dayanıklıdırlar.

Ürünün kaliteli işleyişi son kullanım sıcaklığına, zamana, yoğunluğa ve kimyasal ortama bağlıdır. Bunlar ürünün fiziksel özelliklerini de etkilemektedir. Bunun yanı sıra sıcaklık ve ultraviyole ışınları gibi çevresel faktörler de etkileyebilmektedir.

PPO elektrik ve telekomunikasyon uygulamalarında geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Örneğin, PPO reçineleri için hızla büyümekte olan pazarlardan bir tanesi bilgisayar terminalleri, yazıcılar, modemler, daktilo altlıkları ve video oyunlarıdır.

Uygun yanma özelliği ve yüksek amfor ateşleme ortalaması sayesinde, PPO plastikleri; priz kutularında, terminal bordlarında, şarj merkez kutularında, elektrik bobinlerinde, ev tipi yangın dedektörlerinde, motor kaplamalarında, ve elektrik düğmelerinde sıkça kullanılmaktadır.

PPO plastikleri tasarımcılara, sıcaklığa dayanıklı, güçlü, yüksek sıcaklıklarda kararlı ve çok çeşitli işlemlerden geçirilebilme gibi çok çekici özellikler içeren bir kombinasyon sunmaktadır. Aynı zamanda ağırlıkta hafif olma ve düşük nem tutma özelliklerine sahiptir. PPO plastikler ultraviyole ışına maruz bırakıldığında, ışığa maruz kalma süresine bağlı olarak renklerinde değişimler olacaktır. Başlangıç rengine göre de ya sararacak ya da koyu bir renk alacaktır [13].

Oriented Polypropilen (OPP) Plastikler

OPP plastiklerin sigara ambalaj filmi, gıda, kraker, şekerleme ve fındık paketleme işleri ana kullanım alanlarını oluşturmaktadır. Ambalajlamada OPP plastiklerin çok yaygın kullanılmasının nedeni PVC filmi ve dayanıklı kağıtlar gibi geleneksel ambalajlama ürünleri karşısında daha ucuz olmasıdır. [14]

Polyetilen (PE) Plastikler

Ambalaj malzemesi olarak dayanıklı ambalaj torbaları, esnek hortumlar, oyuncak, bidon, şişe vb. üretiminde kullanılmaktadır. Geri dönüştürülmüş PE' den deterjan şişeleri, çöp kutuları vb. ürünler üretilebilirler [11].

Alçak Yoğunluklu Polyetilen (LDPE) Plastikler

En önemli kullanım alanı film üretimidir. Film kullanımının % 50'si gıda ve endüstriyel ürünlerin paketlenmesinde ve geri kalan diğer kısım ise tarımda kullanılmaktadır. Tarımda kullanılan LDPE, seracılık, tünel ve sera örtüsü yapımı kullanımına ayrılmış bulunan dayanıklı filmler ile genellikle gübre ve kimyasal madde üreticileri tarafından kullanılan dayanıklı torbalardan oluşmaktadır [10].

Yüksek Yoğunluklu Polyetilen (HDPE) Plastikler

HDPE plastiklerin enjeksiyon kalıplama ürünleri, şişirme kalıplama ürünleri, film ve levha üretimi yöntemlerinin kullanıldığı ürünler bulunmaktadır. HDPE plastikleri ultraviyole ışınlara dayanıklı seramik film, dayanıklı torba, kablo izolasyonu, boru ve bazı spesifik film uygulamalarında kullanılmaktadır. Aynı zamanda, HDPE plastikler

tarımsal film uygulamaları gibi dayanıksız ve dayanıklı torbaların üretiminde gittikçe artan kullanım alanı bulmaktadır [10].

Polyphenylene Ether (PPE) Plastikler

PPE plastikleri 1959 yılında Hay ve General Electric şirketinden iş arkadaşları tarafından ortaya çıkarılmıştır. Hafifletilmiş PPE plastikleri yüksek mukavemet, sıcaklığa dayanıklılık ve rutubete karşı dayanıklılık özelliklerine sahiptir. Fiziksel özellikleri kullanılan katkı maddelerine bağlı olarak değişmektedir. Karışımlardaki kullanılan PPE plastikleri miktarının artırılması termal özellikleri de artırır.

PPE plastiklerin darbeye karşı dayanıklılığı, polimer sisteminin kanal ve gerilim gücüne bağlıdır. Hafifletilmiş PPE plastiklerden üretilen parçaların yüksek sıcaklıklardaki boyutsal kararlılığı çevre için de önemlidir. Güçlü alkalınlar, bazlar ve deterjanlar PPE plastiklerin özelliklerini değiştirmezler.

Hafifletilmiş PPE plastiklerinin kullanım alanları iletişim, bilgisayar, iş ve ev aletleri, elektrik aletler, tıbbi aletler ve otomobil parçalarıdır. Televizyon kutusu, telefon ve fiber optik bağlantılar, bilgisayar kutuları, video terminalleri, tozluklar, kontrol panelleri ve yazıcı kasaları genelde PPE plastiklerde yapılmaktadır. Klimaların kutu parçaları ve ızgaraları, bulaşık ve çamaşır makinelerinin pompa kutuları, elektrikli süpürgelerin sapları, destek yerleri ve motor kaplamaları PPE plastikleri uygulamalarının güzel örnekleri arasında yer almaktadır. Hafifletilmiş PPE plastiğin mükemmel elektriksel özellikleri bu maddenin duvar kapakları, dış ortam kutuları, bağlantı noktaları, elektrikli bobin ve ışık düğmeleri kullanımlarında tercih edilmesini sağlamaktadır. PPE plastiklerin otomobil panellerinde tekerlek kaplamalarında ve sigortalarında kullanımları oldukça yaygındır [12].

Etilen Vinil Asetat (EVA) Plastikler

EVA kopolimerleri düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) teknolojisinin ürünüdür. LDPE plastiklerin keşfinden kısa bir süre sonra, Du Pont yüksek basınç ve özgür radikal işlemlerle yapılan bir seri etilen kopolimerlerini araştırmaya başlamıştır. Vinil ester ve akrilat kopolimerleri 1940'ların ortalarında bulunmuştur.

Film ve yapıştırıcı özellikleri gösteren uygulamalarının yanı sıra, EVA plastikler döküm ve bileşik devreler kaplama olayları gibi geniş bir ürün yelpazesinde kullanılmaktadırlar. EVA plastiklerin kullanım örnekleri esnek hortum ve lastik, ayakkabı parçaları, kablo ve metal tel kaplamaları, oyuncaklar ve spor malzemeleri,

otomobil döküm parçaları ve kapsüller olarak verilebilir. Ayakkabı uygulamalarında EVA plastikler özellikle ayakkabının burun kısmında tercih edilmektedir [13].

Polymethylpentene (PMP) Plastikler

PMP plastikler ilk olarak 1956 yılında İtalya’da çalışan G. Natta ve arkadaşları tarafından sentez edilmiştir.

PMP plastiklerin ilk kullanımı tıp ve kozmetik sanayidir ve PMP plastiklerinin talebinin 1/3’ünü bunlar oluşturmaktadır. PMP plastiklerden yapılan ürünler hipodermik şırıngaları, laboratuvar aletleri, laboratuvar hayvan kafesleri, kan test hücreleri ve kozmetik şişelerinden oluşmaktadır.

Yiyecek pazarında, PMP plastikler sıcaklığa, buhara ve yağa dayanıklılık gerektiren noktalarda yerini bulmuştur. PMP plastikler mikrodalga fırınlarda, kahve makineleri parçalarında, otomatik bulaşık makineleri parçalarında ve yumurta haşlama makinelerinde kullanılmaktadırlar.

Endüstri maddeleri alanında, PMP filmleri ve döküm reçineleri; poliüretan, epoksi, fenolik, melamin, ve üre reçineleri gibi termoset plastiklerinin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Elektrik yalıtkan maddesi olarak PMP plastikler sıcaklığa dayanıklılık ve lehmlenebilme gibi özellikleri yanı sıra, vernik ve yağ ile kaplanabilme özelliği nedeniyle elektrik piyasası için önemli özelliklere sahiptirler. PMP plastiklerin önemli kullanım alanlarına elektrik kabloları, sıcaklığa dayanıklı kaplamalar, boyalı kablolar, iletişim kabloları ve ilgili ürünler verilebilir.

PMP plastikler elektronik aletler alanında kopya makinelerinde, akustik parçalarında, elektrik bobinlerinde, sigorta kaplamalarında ve bağlantılarında kullanılmaktadır. PMP filmlerinin kondensatör olarak kullanımlarında polipropilen ve polyester filmlerinin yerini alması için çalışılmaktadır.

Diğer PMP plastik kullanım çalışmaları otomotiv sektörü, aydınlatma cihazları ve uçak parçaları konusunda yoğunlaşmaktadır [10].

Polystyrene (PS) Plastikler

Styrene, 1831’de Bonastre’nin bu malzemeyi ağaç reçinesinden damıttığından beri bilinmektedir. General purpose polistrene (GPPS) plastikler, normal kullanım sıcaklığında sert ve kristal şeffaflığında bir katıdır. PS plastikler film (vakumlu şekillendirme), levha yapımı, kağıt ve kumaş kaplamaları, köpüklü izolasyon

levhaları yapımı, buzdolabı çamaşır makinesi parçaları, batarya kutuları, radyo ve televizyon kasaları, oyuncak ve ev eşyası yapımı gibi alanlarda yaygın şekilde kullanılmaktadırlar. Gıda ambalajlamada kullanılan PS plastikler genellikle yoğurt, strnleri ve taze et ambalajı olarak görülmektedir.

PS plastiklerinin sıkça kullanımı kolay ve hızlı şekillendirilmesinden, dayanıklılığından, sağlamlığından, elektrik zdirencinden ve ucuz oluşundan kaynaklanmaktadır. GPPS plastiklerinin görünür ışığı geçirişi buğulu göstermesinin ortadan kaldırılması ile daha da artmış, bu gelişme üstün optik ürünleri yapımında değerini daha da arttırmıştır. PS plastiklerin ilk örnekleri optik lenslerdir.

PS plastikleri plastikler tüketicilerine, lokantalardaki ya da şarkterilerdeki kaplardan ve kaset kutularından tanidik gelecektir. PS plastikler ayrıca sıklıkla yiyecek paketlemede, mobilya ürünlerinde, iş malzemelerinde ve iletişim araçlarında kullanılmaktadır.

PS plastiklerin ilk ticari kullanımlarının çoğu dielektrik davranışları düşünülerek yapılmış ve elektrik aksamaları uygulamalarında hızla yerini almıştır. PS plastiklerin düşük dielektrik sabiti ve g faktörü, yüksek voltaj kırılmaları boyunca sıcaklığa dayanıklılıkları, elektrikli aletlerde ve iletişim araçlarının yapımında kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Örneğin, elektrik soketleri, prizleri, düğmeleri, elektrik bobinleri, elektrik devreleri. Buzdolabı yapımında PS plastiklerin kullanılmaya başlanması daha geniş yelpazedeki ürünlerin yapılmasına yol açmıştır. PS plastikler 1950'lerde geleneksel malzemelerin yerini almaya başlamıştır. GPPS plastikler benimsenmeye başlanmıştır, çünkü aynı ya da daha düşük maliyete daha yüksek performans göstermektedir. PS plastikler ile kompleks şekiller elde edebilme kolaylığı tasarımcılara ve üreticilere inanılmaz kolaylıklar sağlamıştır.

PS plastiklerin diğer kullanım alanları ev aletleri, konteynırlar, duvar karoları, kabartma duvar kaplamaları, oyuncak parçaları ve plastik tabaklar ve atallardır.

PS plastiklerin kullanımlarının çoğu, PS'in bir ya da daha çok özelliği sayesinde daha da geliştirilmiştir. (ısıya dayanıklılık, ışık sabitlemeleri ya da hava geçirmezliği gibi). Modern plastiklerde, PS plastiklerin 35 kategoride farklı kullanımı ortaya çıkmıştır.

Styrenik polimerler, PS plastiklerin dayanıklılığını ve sertliğini elde etmek ve çeşitli yenilikler elde etmek için diğer plastiklerle karıştırılmıştır. Fakat PS plastiklerin

çeşitli plastiklerle bağ kurabilmeleri için farklı malzemelere ihtiyacı bulunmaktadır. Çünkü PS plastikler diğer polimerlerle bağ kurmada pek uyumlu olmayıp, düşük bağ kurmaktadırlar.

PS plastikler kristaline polimerler gibi fiziksel halini hızlı şekilde değiştirememektedir. Bu nedenle PS plastikler öncelikle belli sıcaklık aralığında oluşturulmaktadırlar. Ani bir şekilde eriyerek sıvı hale geçilmektense, sıcaklıktaki belli artışlarla yumuşatılıp, aynı şekilde de sertleştirilmektedir.

PS plastikler ürün tasarımcılarına birçok özelliği sayesinde yardımcı olmaktadır. Bunların arasından düşük yoğunluklu oluşu, birim ağırlık başına düşen maliyet değeri ile birleşme kolaylığı PS plastikleri hacim bazında daha da ekonomik hale getirmektedir. Büyük hacimli plastiklerde sadece polyolefinlerin maliyeti PS plastiklere oranla daha düşüktür. Düşük yoğunluk PS plastikleri tutabilme ve taşıyabilme kolaylığı sağlamaktadır. Taşıma konusunda diğer birçok maddeden daha ekonomiktir.

GPPS plastiklerin şeffaflığı, şişe, kavanoz vb. ürünlerin yapımında camın yerini doldurmaktadır. PS plastiklerin kolaylıkla renklendirilebilmesi camın yerine kullanımlarını daha da yaygınlaştırmaktadır [11,21].

Polyphenylene Sulfide (PPS) Plastikler

PPS plastiklere benzer reçine olarak Friedel ve Craft'ın araştırmalarında 1888 yılında hazırlanmıştır.

PPS plastikler çoğunlukla cam içerikli ya da cam ve mineral içerikli bileşiklerde özel enjeksiyon dolum uygulamalarıyla kullanılmaktadır. Özel dolum enjeksiyon uygulaması PPS plastiklerin cam fiberi ve mineralleri ile desteklenmesi sayesinde olmaktadır. PPS plastikler kimyasallara karşı en dayanıklı polimerler olarak bilinmektedirler. PPS genel olarak güçlü izolasyon özellikleri göstermektedir.

PPS bileşiklerinin hafifliği, kimyasallara mükemmel dayanıklılık göstermesi, boyut kararlılığı ve yüksek ısılara dayanıklılığı, metal ya da sentetik materyal uygulamalarının olduğu PPS plastikleri kullanımlarının yayılmasına ortam hazırlamaktadır. Pompa parçaları vanaları, pistonlar ve valf parçaları PPS plastikleri uygulamalarının yaygın olarak kullanıldığı alanları oluşturmaktadır.

PPS bileşiklerinin yalıtım özellikleri nedeniyle elektronik aletleri ve anahtarları için ideal bir bileşik haline getirmektedir. Bu kullanım PPS plastiklerin en büyük ve en önemli pazarını teşkil etmektedir. PPS plastiklerin önemli rol oynadığı diğer bir kullanım alanı ise elektrik devreleridir.

PPS bileşiklerinin otomobil parçası olarak kullanımı gittikçe artmaktadır. Otomobil uygulamaları boyutta kararlılık ve yüksek sıcaklığa dayanıklılık gerektirmektedir. Kontrol sistemlerinin emisyonunda, jeneratör parçalarında, sensör aletlerinde, ışık soketlerinde ve soğutma sistemlerinin parçalarında PPS kullanımlarının görülmektedir.

PPS bileşikleri yüksek kristalin termoplastiklerinin mükemmel karakterini gösterir. Bileşikler kolaylıkla enjeksiyon dökümü yapılabilmektedir. [10,15]

Polyallomer (PA) Plastikler

Polyallomer plastikler 1960'ların ortasında "Eastman Kimyasal Ürünler"de çalışan uzmanlar tarafından geliştirilmiştir. 1987 yılında kullanımı 15-20 milyon pounda kadar yükselmiştir.

Ticari olarak elde edilebilir PA plastikleri çarpışmaya dayanıklılık özellikleri gösterirler. Sıcaklığa dayanıklı ve ultraviyole ışınlarına karşı dirençli özel formülleri bulunmaktadır. Yiyeceklerle temas halinde kullanılması "A.B.D Yiyecek ve İlaç İdaresi" tarafından onaylanmıştır.

PA plastikleri çeşitli alanlarda, özellikle vakum ambalajlama makinelerinde dilimlenmiş et ürünleri, taze et ve peynir gibi ürünlerin ambalajlanmasında kullanılmaktadır. PA plastikleri sterilize edilen tıbbi malzeme ambalajı olarak da önemli miktarlarda kullanılmaktadır.

PA plastikleri balıkçılık palanga kutuları, daktilo kutuları, gaz maskesi kutuları ve bowling topu çantası gibi enjeksiyon döküm ürünleri olarak kullanılmaktadır. Bu hafif ağırlıklı kutular bir kerede tamamen dökülebilmektedir. Çantanın arka parçası, ön parçası, menteşeleri, elcikleri ve klipsleri aynı zaman dilimi içerisinde çeşitli renklerde bir kerede dökülebilmektedir..

PA plastiklerinden döküm yolu ile yapılmış olan ayakkabı tabanları sürekli tekrar eden darbeler halinde bile çatlak ve çöküntülere karşı dayanıklıdır.

Önceden kabartma modelli PA tabakaları vakumlandıklarında, diğer malzemelerden yapılmış ürünler şeklini kaybederken PA plastikleri kullanılan tabakalar şeklini kormaktadır. PA plastiklerin düşük sıcaklıklarda sertliğini koruyor olması otomobil rüzgarlıklarında da başarılı bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır [12].

Polyamide-imide (PAI) Plastikler

PAI plastikler ilk olarak 1960 yılında yüksek sıcaklıklı tellerin kaplanmasında kullanılmıştır. PAI plastikler ilk olarak elektrik bağlantılarında, kompresör valf tabakları ve yüzüklerinde, pompa ve alet kutularında ve bağlantı rotlarında kullanılmıştır. Aynı zamanda yarış motorlarının rotlarında, valflerinde ve piston parçalarında kullanılmaktadır. PAI plastikler fiber grafit kompozitlerinde sıkça kullanılan termoplastik malzemedir [13].

Polietilenetraftalat (PET) Plastikler

Genellikle su, meşrubat ve yağ şişelerinin ambalajlanmasında kullanılır. Hafif ve dayanıklı olması nedeniyle kullanım alanı giderek genişlemektedir. PET atıklar, sentetik elyaf ve dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilirler [29].

Polybutilen (PB) Plastikler

Poly (1-bütan) ilk olarak 1954 yılında G. Natta tarafından meydana getirilmiştir.

PB plastikleri yüksek sıcaklıklarda istenilen mekanik özelliklerini kaybetmemektedirler. Borularda kullanılan PB plastikleri, boruya kırılmalara, çevresel darbelerle çatlamalara, kimyasallara ve nem aşındırmasına karşı dayanıklılık ve esneklik sağlamaktadır.

PB plastiklerinin başlıca ticari uygulaması borulardır. Küçük çaplı PB boru uygulamaları soğuk ve sıcak su tesisatçılığı, güneş enerji sistemi sıcak su tesisatçılığı ve yerden ısıtma çeşitlerini içermektedir. PB plastiklerinin diğer uygulamaları sıcak pompa tesisatçılığı ve yangın söndürme borularıdır. Büyük çaplı PB boruları madenlerdeki, kimya sanayindeki ve elektrik üretim endüstrisindeki yüksek sıcaklıklarda aşındırıcı malzemelerin taşınmasında kullanılmaktadır.

PB plastiklerinin film uygulamaları ağır yük konteynerlerini içermektedir. PB plastiklerinin diğer film uygulamalarına yiyecek, et ve tarımsal ürün paketlemesi, sıkıştırılmış paket kaplamaları örnek olarak verilebilir [12].

Polimetil Metakrilat (PMMA) Plastikler

Akrilikler yavaş yanan yanıcı maddelerdir ve söndürülmediklerinde sonuna kadar yanarlar. PMMA plastikler rutubeti emmektedirler. PMMA plastiklerin mekanik ve elektriksel özelliği sıcaklığa ve rutubete bağlı olarak değişmektedir.

PMMA plastikler gün ışığının %92 sini geçirmektedirler. Cam 152 mm kalınlığında hemen hemen hiç ışık geçirmezken, PMMA plastikler bunun 6 katı kalınlıkta geçirgendir. PMMA plastikler çubuklar, tüpler ve fiberler ışığı iletmek için kullanılabilirler. Işık akrilik boyunca, köşeler etrafında ve sınırlanmış alanlarda iletebilmektedir.

Akrilik plastikler, birçok farklı alan ve formlarda kullanılmaktadır. A.B.D.'de akrilik plastiklerin en büyük kullanıcısı genel kullanımın % 35'ine sahip olan kalıp tabakalarıdır. Akrilik plastiklerin yaklaşık %26'sı döküm için kullanılmaktadır. Tabakalar, dökümler, rotlar, tüpler ve fiberler Akrilik plastiklerin kullanım alanları örnekleri arasında yer almaktadır. İnşaat ve endüstriyel market Akrilik plastiklerin en büyük tüketici gruplarından birini oluşturmaktadır.

PMMA plastikleri şeffaflık, saydamlık ve havadarlık özellikleri nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır. PMMA plastikleri katı, sert, sıkı ve dayanıklıdır. Genel olarak, Akrilik plastikler mükemmel boyutsal kararlılığa ve düşük döküm firesine sahiptirler. PMMA plastiklerin çok çeşitli renklerde kullanımı mümkündür. Yüzden farklı kombinasyonda kullanım şekli bulunmaktadır [10].

Polikarbonat (PC) Plastikler

PC plastikler ticari olarak 25 yıl önce tanınmaya başlanmıştır. PC plastiklerin tasarım hesaplamaları diğer temoplastiklerden çok da farklı değildir. PC plastiklerin tasarım hesapları yapılırken ömrü, sıcaklığı ve gerilim düzeyi dikkate alınmalıdır.

İki ya da daha fazla PC plastikler birlikte kullanıldığında, gerilim analizi termal gerilim için önemli bir etken olmaktadır. PC plastiklerin tasarımında termal gerilim etkileri dikkate alınmalıdır.

PC plastikler suya, minarellere ve organik asitlere karşı kararlılık göstermektedir, fakat PC plastikler kullanılarak döküm yapılan bir parça yüksek sıcaklıklarda, yüksek

gerilim, su ve neme maruz bırakılırsa çatlama yapabilir. PC plastiklerin gerilimi gücü, bükülme gücü ve bükülme uzunluğu sıcaklık arttıkça azalmaktadır.

PC plastikler birçok hava faktörleri olan radyasyon, sıcaklık, su, kirlenme ve hava unsurları tarafından kısmen bozulmasına rağmen, ilk gerilimi etkileyen ultravioleye ve suya karşı dayanıklı kalabilmektedir. PC plastiklere birkaç hızla yapılmakta olan testler havanın doğal etkilerini iyi yönde geliştirmeye çalışırken, son kullanım noktasındaki havalandırma işlemi bu maddenin ömrünün en önemli belirleyicisidir.

PC plastikler yüksek hacimli yiyecek servis uygulamalarının içecek sürahilerinde, kutularında ve yiyecek kaselerinde saklanmasını kolaylaştırmıştır. PC plastiklerin mikrodalga fırınlarda kullanımı da oldukça artış göstermektedir.

Otomobil pazarında, PC plastikler aydınlatma elemanlarına yüksek performans sağlamıştır [11,12].

Selülozlar (CA) Plastikler

İlk CA plastikleri 1869 yılında selüloid patentli olarak ticari amaçlı sentetik termoplastik olarak kullanılmıştır. Bu bileşik aslında selüloz nitrattır. Selüloz nitratin asıl kullanım tarihi likör, patlayıcı ve otoların güvenlik camları olarak kullanıldığı 1838 yılına kadar gitmektedir.

CA plastiklerinin hepsi sert malzemelerdir. Plastiklerin birçoğu gerilim kuvveti olarak güçlüdür ya da başka deyişle bükülme dayanımı oldukça yüksektir, fakat CA plastikleri istenilen kolay işlenebilirlik, şeffaflık, renklilik, sertlik ve katılık özelliklerini sunmaktadır.

Plastiklerin çok azı CA plastikleri sağlamış olduğu şekilde kullanım imkanı sağlamaktadır. CA plastikleri kristal görünüşlü, şeffaf, opak , metalik ve özel renk çeşitlerinden oluşan geniş renk yelpazesi sunmaktadır.

CA plastikleri uygulamaları optikleri, tabakaları, tutmalıkları, oyuncakları, gökyüzü ışıkları, kalemleri, işaretleri, kar gözlükleri ve otomobil ek dekorasyonlarını kapsamaktadır. CA plastiklerinin diğer uygulama alanlarına diş fırçası sapları, tıbbi aletler, güvenlik camları, direksiyonlar ve kozmetik parçalar örnek verilebilir [11,56].

Naylon Plastikler

Naylon plastikler teknik olarak polyamide ailesinin üyeleridir. Naylon plastikler termoplastikler grubuna girmektedirler. Naylon plastikler fiziksel olarak güçlü ve sağlam, aşınmaya ve sıcaklık deformasyonlarına karşı dayanıklı malzemelerdir. Dış ortamlarda dayanıklı olmaları nedeniyle Naylon malzemenin kullanımı mühendisler tarafından tercih edilmektedir. Naylon plastikler yağlara, yakıtlara, hidrolik akışkanlar, renk çözücülere, temizleme maddelerine ve alkaliler gibi tüm inorganik kimyasallara karşı dayanıklı olma özelliği göstermektedirler. Bu özellikleri sayesinde bir çok mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadırlar. Özellikle elektrik uygulamaları, otomobil uygulamaları, tesisat uygulamaları ve ambalaj sanayinde Naylon plastiklerin kullanımı yoğun olarak görülmektedir. Elektrik anahtarları, yüksek voltaj yalıtım malzemesi, kablo yuvaları, yakıt boruları, ısıtma-havalandırma sistemi kanalları ve otomobil parça yuvaları üretiminde Naylon plastikler kullanılmaktadırlar. Ayrıca kadın çorapları ve saç fırçaları Naylon plastiklerden üretilmektedir.

Geri dönüştürülmüş Naylon plastiklerin kullanımı oldukça yaygın uygulanmaktadır. Bunlara örnek olarak elektrik anahtarı taşıyıcı tablası, otomobil parça yuvaları, yakıt ve havalandırma sistemi boruları gösterilebilir [10].

Carbon Fiber

Karbon fiberler güçlendirilmiş plastik kompozitlerdir. Epoksi reçineleri ile oluşturulmuş carbon fiberler kompozitler daha da güçlü elemanlar olup, strüktürlerde kullanılmaktadırlar. Carbon fiberler uçaklar, roketler, uzay mekikleri, fren diskleri ve bazı spor elemanlarında kullanılmaktadırlar. F1 yarış otomobilleri strüktürü carbon fiberler ile oluşturulmaktadır [9].

Polyurethane Thermoplastik (TPU) Plastikler

TPU plastikler 1950'lerde C.,Schollenberger ve onun Goodrich araştırma laboratuvarlarındaki çalışma arkadaşları tarafından keşfedilmiştir.

Kuvvet etkileşimleri yüzünden çoğu TPU plastiklerin geniş berrak bir alanları bulunmakta, bunun sonucu olarak sistem büyüdükçe saydamlıkları da artmaktadır. TPU plastikler mükemmel aşınma direnci, yüksek gerilim gücü, yırtılmaya karşı direnci, mükemmel yükleme ve taşıma kapasitesi, yakıt ve yağ direnci, düşük gaz ve su geçirgenliği ve iyi görsellik özelliklerini taşımaktadırlar.

TPU plastikler aşınmaya ve yırtılmaya, yağlara ve benzine karşı yüksek dayanım nedeniyle otomotiv endüstrisinde yoğun ilgi görmektedirler. TPU plastiklerin çok geniş uygulama alanları bulunmaktadır. TPU plastikler elektrik ve makine parçaları, otomobil filtreleri, otomobil lastiği, tampon ve panellerde, otomobil ek dekorasyon parçalarında ve ayakkabı yapımında kullanılmaktadırlar. TPU plastiklerin esnek ve bükülmez köpük malzemesi olarak üretilmeleri en önemli kullanım alanlarını oluşturmaktadır. TPU köpüklerden levhalar, yapraklar ve bloklar üretilmektedir. Bu köpükler ısı ve ses yalıtımları, döşeme malzemesi olarak kullanılmaktadırlar.

Tel, kablo ve yüksek performanslı hortum korumalarının yanında kağıt ve filmler de TPU plastiklerden yapılabilmektedir. En önemlileri uygulamaları arasında farklı maddeleri geliştirmek ve özelliklerini koruma amacıyla dış yüzeylerin TPU ile kaplanması yer almaktadır. TPU plastikleri birçok küçük ev aletleri, dişli çarklar, kablo içi ve mühürleri, bazı tekstil makineleri parçaları, rulolar, diyafram kapakları ve damgaları, mobilyalara takılan küçük tekerlekler ve sıcak eriyen yapıştırıcılar uygulamalarında görülmektedir [9,11].

3.2. Plastik Atıkların Yok Edilmesi ve Geri Kazanılması

Dünyada atık plastikler kimyasal ayrıştırma ya da yakma gibi yöntemlerle yok edilme yoluna gidildiğinde hem bu tür yöntemler sonucunda açığa çıkan atık gazlar nedeniyle çevreye daha zararlı etkiler yaratmakta ve de ekonomik olarak tercih edilmemektedirler.

Ülkemizde, yasalaşan “Katı atıkların kontrolü yönetmeliği” ve plastik üretici ve kullanıcı firmaların oluşturduğu “ÇEVKO” Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı’nın sayesinde, plastiklerin geri kazanılması yönündeki çalışmalar giderek hızlanmaktadır.

“Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de kullanılan plastiklerin ağırlıkça yüzde 70’inden fazlasını termoplastikler oluşturmaktadır” [16].

3.3. Plastik Atıkların Yok Edilebilirliği

Yakarak yok etme bir yöntem olmakla birlikte, plastik atıkların yanma sonunda yarattığı korozyon ve hava kirliliği problemleri nedeniyle benimsenmemektedir.

Örneğin, yanma sonucu, PVC'nin yarı ağırlığı hidrojen ve klor olarak ayrışır ve hidrojen klorid oluşturur. Bu madde de , suyla temasında hemen hidroklorik asit meydana getirmektedir. Bilinen bütün plastikler bazı ek işlem gerektirmekle beraber yakılarak yok edilebilir.

Resmi kurumların sıkça başvurduğu yöntem, plastik katı atıkların sağlıklı biçimde toprak altında depolanmasıdır. Sağlam plastik kaplar toprak dolgusunu sıklaştırır ve iç boşlukları sayesinde oldukça geniş bir hacim kaplar. Öte yandan, kıyılmış durumdaki plastikler oldukça sık ve katı bir dolgu malzemesi olur ve sıvı üstünde yüzebilir. Biyolojik bozulmaya uğramadıkları için, çoğu plastik atıklar gübre olarak kullanılamazlar, fakat granül haldeki atık plastikler dekoratif uygulamalarda ya da yer kaplama malzemesi olarak kullanılabilir.

Piroliz yöntemi ise plastik atıkların geri kazanılmasında en çok ekonomik avantaj sağlayan yöntemdir. Proliz işlemi sırasında gerekli sıcaklığı elde etmek için kullanılan yakıttan daha fazla yanıcı gaz açığa çıkar ve ticari değeri olan organik sıvılar ve kömür elde edilir [17].

3.4. Plastik Atıkların Kaynakları

Geri kazanım sistemlerinde besleme malzemesi olarak kullanılan atık plastikler üç ana kaynaktan sağlanır. Bu kaynaklar ham plastik üreticileri, plastik ürün imalatçıları ve tüketiciler olarak sınıflanabilirler. İlk iki gruptan gelen atıklar çoğunlukla cinslerine göre ayrılmış durumdadır. Buna karşılık tüketim sonrası plastikler özel tesislerde kentsel atıklardan çeşitli yöntemlerle ayrıştırılırlar. Kent çöplüklerinde büyük miktarlarda bulunan bu plastik atıklar evlerden, sanayiden, inşaatlardan, hastanelerden ve diğer tüketim merkezlerinden metal, kağıt, ahşap ve organik atıklarla karışmış halde gelirler. Atıklar içinde en çok rastlanan plastik bileşenler PVC, polietilen, neopren, kauçuk, polistiren, polipropilen, elyaflar, film ve köpüklerdir. Bu bileşenler çoğunlukla metal parçaları da içerir [17].

3.5. Atıkların Toplanması ve Geri Kazanım İçin Hazırlanması

Geri kazanım için öncelikle atık grubu içinde bulunan metallerin plastiklerden ayrılması gerekir. Özellikle, içinde metal teller bulunan atık kablolar tel çıkarma işlemi ile ıslah edilebilir ve gerekirse hurdalar granül haline getirilerek kurutulur.

Atık grubu içinde bulunan, film, kağıt ve fiber parçalar hava ile çalışan bir ayırıcıdan geçirilerek yakma fırınına gönderilir ya da geri kazanım için gerekli işlemlerin uygulanması için taşınır. Taneli (granül) plastikler kir, etiket kalıntısı gibi yabancı maddelerden arındırılmak üzere basınçlı suyla yıkanır. Daha sonra sulu bir çözelti içinde elenerek, yüzdürme –batırma yoluyla ayırtmak üzere havuz ünitesine gönderilir. Bu aşama farklı şekillerde ayırma yapmak üzere düzenlenebilir. Bu işlemde, sadece PVC içerikli atık bileşenleri diğerlerinden ayrılır. Diğer termoplastikler (PS, LDPE, HDPE, PP) sonraki aşamalarda birbirlerinden ayrılırlar.

Plastik malzemeleri polimer türüne göre ayırma yöntemleri malzemelerin şekil, yoğunluk, erime ve elektriksel özelliklerinin farklılıklarına dayanmaktadır. Plastik kaplı süt kutularının kağıt kısımlarının ayrılması gibi bazı durumlarda, polimerin kimyasal çözünme özelliği esas alınabilir, ancak bu yöntem ham plastik atıklar için uygun değildir. Plastik atıkları kağıt ve benzeri diğer atıklardan ayırmak için elektrostatik yöntemler de kullanılabilir. Fakat plastik malzemelerin birbirine benzerliği nedeniyle ticari olarak bu yöntem etkisiz kalabilir.

Kentsel atık grubundan ayrılan plastiklere teknolojik işlemler uygulamadan önce, içerdikleri kir, etiket artığı, yapıştırıcı ve yabancı maddelerden arındırılması gerekir. Bunun için, yıkama-temizleme işleminin gerçekleştirileceği bir ıslah tesisine ihtiyaç vardır. Plastik kapların üstünde bulunan etiket kalıntısı ve yapıştırıcıları ayırmak oldukça güçtür. Bu tür maddelerin plastiklerin içinde kalması daha sonraki kullanımlarda malzeme için zararlı fiziksel etkiler yaratır. PE şişe kırıntılarından, etiket ve yapıştırıcı kalıntılarını ayırmak için, küçük ölçeklerde çok sayıda yıkama çözeltisi ve karıştırma yöntemi denenmiştir. Bu yöntemlerden biri Akkurt,S.'nin "Plastik Atıkların Yok Edilmesi ve Geri Kazanılması" adlı yazısında anlatılmaktadır [27]. Atıkları etiket ve yapıştırıcılardan arındırma deneyi yapılmıştır. Bu deneyde soğuk ve sıcak su, sulu alkol çözeltisi, aseton, benzin ve sodyum hidroksit çözeltisi gibi sıvıların yardımıyla, karıştırma, harmanlama, ultrasonik karıştırma, öğütme ve fırçalayarak aşındırma gibi yöntemler uygulanmıştır. Deney sonucunda, üzeri etiket ve yapıştırıcı kaplı kıyılmış PE şişe parçacıklarının üçte birinin tam temizlendiği gözlemlenmiştir. Özellikle fırçalayarak aşındırma yöntemi uygulanarak, yıkama çözeltisine kum katıldığında atıkların yüzde 90'ının yabancı maddelerden temizlenmesi sağlanmıştır. Yıkama deneyi 1.3 jg ağırlığında plastik atık örneği ve 6 lt' lik çözeltiyle laboratuvarındaki fırçalama makinesinde yapılmıştır [27].

4. MALZEMELERİN GERİ KAZANILMASINA GENEL BAKIŞ

Malzeme geri kazanımı katı atıkların ayrılması ve tekrar kullanıma sokulması anlamına gelmektedir. Geri kazanım programının temel hedefleri arasında uzaklaştırılacak atık hacimlerinin azaltılması ve doğal kaynakların korunması yer almaktadır. Geri kazanım düzeyini yükseltmek için, tüketiciye yönelik faaliyetlerden, büyük çaplı mekanik tesislere kadar çok çeşitli teknolojiler ve programlar geliştirilmiştir. Malzeme geri kazanım programı genel olarak malzemenin ayrılmasını (gerek kaynağında, gerekse toplam atık içinden), malzemelerin işlemden geçirilmesini, geri kazanılan maddelerin pazarlamasını ve satışını ve bu malzemelerin yeniden ikincil malzemelerden yapılan ürünler haline dönüştürülmesini kapsamaktadır.

4.1. Malzeme Geri Kazanım Seçenekleri

Belediyelerin uygulayabileceği geri kazanım seçenekleri aşağıda ele alınmakta ve özetlenmektedir [16] .

Malzeme geri kazanım seçenekleri:

1. Malzemelerin kaynağında ayrıldığı geri kazanım programları
 - Yerleşim birimlerinde geri kazanım
 - Apartmanlarda geri kazanım (birçok aile)
 - Kaldırımlardan geri kazanım (tek aile)
 - Ticari/Endüstriyel geri kazanım
 - Gönüllü geri kazanım kumbaraları
 - Geri satın alma merkezleri
 - Özel kampanyalar
2. Malzeme geri kazanım tesisi
3. Karışık atıkların işlenmesi

4.1.1 Malzemelerin Kaynağında Ayrıldığı Geri Kazanım Programları

4.1.1.1 Yerleşim Birimlerinde Geri Kazanım

Apartmanlarda geri kazanım : Apartmanlarda uygulanan geri kazanım programları dört ya da daha fazla üniteden oluşan, çok sayıda ailenin oturduğu yerleşim birimlerinde biriken geri kazanılabilir maddelerin toplanmasına yöneliktir. Bu tür yerleşim birimlerinde tipik olarak büyük konteynerler (örneğin 2-3 m² lük bölmeli konteyner) bulunduğu için, bu yerleşim birimlerinde tek bir ailenin oturduğu ya da dubleks konutlarda uygulanan kaynağında ayırma faaliyetlerinde kullanılanlardan farklı tipte çöp toplama araçlarının kullanılması gereklidir. Apartman çöp toplama programlarında genelde otopark, garaj, bodrum ya da sıkıştırma odası gibi çöpün çöp kamyonu tarafından alınmadan önce depolandığı bir ya da birkaç merkezi toplama ve depolama alanı kullanılmaktadır. Apartman toplama programları, apartman sakinlerinin geri kazanılabilir atıkları atıkları diğer atıklardan ayırmaları için teşvik edilmelerini ve eğitilmelerini gerektirmektedir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)’ de bu programın başarılı olmasını sağlayan faktörler aşağıda açıklanmıştır [18].

- Apartmanda sınırlı yer varsa küçük, kullanışlı konteynerlerin kullanılması
- Geri kazanılabilir madde kumbaralarının bina yakınında olması, yani apartmandan yürüyerek ulaşılabilmesi
- Bu kumbaraların normal çöp depolarının yanında bulunması
- Faal eğitim ve organizasyon
- Bu maddelerin düzenli olarak toplanması
- Çöp uzaklaştırmak için alınan bedellerin daha aza indirilerek tüm apartman kompleksinin ödüllendirilmesi’dir.

Kaldırımdan geri kazanım : Her birinin kendine ait çöp depoları bulunan tek ailenin oturduğu müstakil konutlardan çöpün ya da geri kazanılabilir malzemenin toplanmasına “kaynağında toplama” adı verilmektedir. Kaynağında toplama, elverişli bir geri kazanma seçeneği olduğu için, ABD’de geri kazanılabilir maddelerin yerleşim birimlerinden toplanmasına yönelik en etkili yöntemdir. Geri kazanılabilir maddeler, kaldırımlara ve yollara konulan çöp bidonlarından toplanır ve atıkların işlemde geçirilme gereksinimlerine göre ya tamamı ya da bir kısmı birbirine karıştırılabilir. Bu malzemeler tek bir toplama konteynerine/torbasına ya da

kolaylıkla üst üste depolanabilen çoklu konteynerlere konulabilir. Bunlar genel olarak belediyeler, özel çöp toplama şirketleri ya da geri kazanım şirketleri tarafından toplanır. Kaynağında ayırma programlarının toplanan malzemelere, toplama sıklığına ve ulaşılan katılım oranlarına bağlı olarak katı atık dolgu alanına giden evsel atıkların %20-30 azalmasını sağladığı hesaplanmıştır [18].

4.1.1.2. Ticari/Endüstriyel Geri Kazanım

Oluşan toplam atık içinde ayrılabilir madde miktarı çok fazla olduğu için, ticari sektörde geri kazanım atık miktarının azaltılması için önemli bir fırsat doğurmaktadır. Evsel geri kazanımın aksine, ticari geri kazanım genel olarak kendini amorti eder. Çünkü büyük miktarlarda atığın geri kazanılabilmesi uzaklaştırılan atık miktarının büyük ölçüde azalmasını sağlar. Ticari geri kazanım genel olarak belirli ticari çöp toplama güzergahları üzerinde gerçekleştirilir ve çöp bidonları için ayrılan yerin yanı sıra malzemelerin biriktirilmesi ve kamyonetlerin manevra yapabilmesi için fazladan yer gerektirir. Ticari geri kazanım programları genelde ticari sektör atıkları arasında sıkça rastlanan karton, ofis kağıtları, cam, atık tahta, hatta otel ve restoranlardan gelen yiyecek atıkları gibi yüksek nitelikli, büyük miktarlarda oluşan bir ya da iki atık türünü hedef alırlar [16].

4.1.1.3. Geri Kazanılabilir Atık Kumbaraları

Geri kazanılabilir atık kumbaraları, genel olarak otoparklara, katı atık transfer istasyonlarına ve diğer merkezi alanlara konulan özel kutular, bidonlar ya da kubbe biçimli konteynerlerdir. Geri kazanılabilir maddeler bizzat bunları üretenlerce kumbaralara atılır ya da ayrı konteynerlere konulurlar. Bu kumbaralara göre daha az sermaye ve işletme maliyeti getirir. Ancak atığın üreten tarafından oraya kadar taşınması gereklidir. Bu nedenle, daha elverişli olan kaynağında ayırma programlarına ya da ekonomik açıdan geri kazanımı teşvik eden geri satın alma merkezlerine kıyasla daha az maddenin toplanabilmesine olanak tanırırlar [17].

4.1.1.4. Geri Satın Alma Merkezleri

Geri satın alma merkezleri özel olarak işletilen, geri kazanılabilir maddeleri halktan özel çöp taşıma şirketlerinden ya da ticari kaynaklardan satın alan yerlerdir. Toplanan maddeler nihai olarak kullanıldıkları pazarlara gönderilmek üzere sıkıştırılabilir, balyalanabilir ya da yoğunlaştırılabilirler. Geri satın alma

merkezlerinde tartım için kantar ve malzemeleri depolamak için tekerlekli konteynerler, kutular ve depolar bulunmalıdır [22].

4.1.1.5. Özel Kampanyalar

Belediyeler, oluşan toplam atık içindeki belirli maddeleri uygun şekilde yönetmek, normalde diğer geri kazanım programları ile toplanamayan maddeleri geri kazanmak için halka inerek vatandaşlara olanak tanımak ya da mevsimlere göre atık oluşum miktarlarında gözlenen değişikliklere ayak uydurmak için özel kampanyalar hazırlamaktadır. Bu tür uygulama örnekleri arasında eski telefon rehberlerini, oto lastiklerini, Noel ağaçlarını, budanan ağaç parçalarını ya da biçilen çimleri ve yaprakları toplamaya yönelik programlar sayılabilir. Bu programların önceden reklamının yapılması ve önceden belirlenen, bir günden birkaç haftaya kadar uzanan süreler içinde hedeflenen atıkların toplanabileceği bir tesisin bu işe ayrılması gerekir [17].

4.2. Malzeme Geri Kazanım Tesisi

Geri kazanılabilir maddeler yukarıda açıklanan kaynağında ayırma programlarıyla toplandıktan sonra, bunları pazarlanabilecek hale getirmek için uygun işlemlerin uygulanması gereklidir. Bu maddelerin hangi işlemlerden geçirileceği büyük ölçüde piyasanın belirlediği koşullara ve kaynağında ayırma işleminin ne ölçüde etkili olduğuna bağlıdır. Bu işlemler genelde bir tür ayıklama ve ayırmadan, istenmeyen maddelerin (örneğin şişe kapakları, etiketler) giderilmesinden, bir tür yoğunlaştırmadan (örneğin, cam ve metallerin ezilmesi, kağıt ve kartonun balyalanması) ve daha sonra da geçici olarak depolanmasından ibarettir. İşlem uygulanan işlemin türüne göre, malzemelerin pazara (yani bir geri kazanım transfer istasyonuna) gönderilmek üzere basit bir şekilde sıkıştırılıp balyalanmasından, karışık geri kazanılabilir maddelerin daha kapsamlı bir ayıklama ve ayırma işleminden geçirilmesine kadar çok çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir. Özel sektör bağımsız olarak girişimde bulunup bütün geri kazanılabilir maddeleri işleminden geçirebildiği gibi, belediyeler bu işi özel şirketlere ihale edebilir ya da kamuya ait ve kamu sektörü tarafından işletilen geri kazanım tesisleri kurulabilir [16].

4.3. Karışık Atıkların İşlenmesi

“Karışık atık işleme” atık kaynağında geri kazanılabilir maddeleri katı atıktan ayırmak için, yani geri kazanılabilir malzemeleri çöp toplama kamyonunda ayırmak için bir ön işlemin yapılmadığı ya da çok sınırlı ölçüde yapıldığı durumlarda, bu maddeleri karışık evsel atıktan ayırma işlemine verilen isimdir. Bu tesislerde, geri kazanılabilir maddeleri ayırmak için döner elekler, manyetik ayırıcılar, elle ayırma bantları ve balyalama araçları gibi bazı manuel ve mekanik teknikler uygulanır. Ancak, geri kazanılabilir maddeler genelde yukarıda açıklanan kaynağında ayırma programı ile elde edilen geri kazanılabilir maddelerden daha düşük kalitede olurlar [16].

5.GERİ KAZANIMIN ÖN KOŞULLARI

Geri kazanımın ön koşulunu toplama ve ayırma işlemleri oluşturmaktadır. Planlı bir şekilde toplanan ve çeşitlerine göre ayrılan malzeme geri dönüşüm için hazır demektir. Geri dönüşüm işlemlerinin ve sonuç ürün olan geri kazanılmış malzemenin kalitesi toplama ve ayırma işlemlerine bağlı olarak değişmektedir. Geri kazanılacak atıkların içine farklı türden malzemelerin karışmaması gerekmektedir. Toplama, ayırma işlemleri ve kriterleri aşağıda anlatılmaktadır.

5.1. Toplama

Atıkların geri kazanım süreci, ürünlerin tüketildiği anda başlamaktadır. Toplam katı atık içindeki değerlendirilebilir bileşenler, hangi amaç ve yöntemle geri kazanılacak olursa olsun, atıkların düzenli ve ekonomik bir biçimde, belli bir yerde toplanması gerekmektedir. Toplama, çok iyi ve detaylı planlamayı gerektiren karmaşık bir işlemi kapsamaktadır.

Rhyner,C.R. geri kazanılabilir atıkların toplanmasında iki temel yöntem kullanıldığını belirtmektedir [16]. Bunlar:

- tüketiciye “getirme” ye,
- tüketiciden “alma” ya yönelik düzenlemelerdir.

Adından da anlaşılacağı gibi, “getirtme” yöntemi toplayıcı açısından “pasif” bir yöntemdir ve ağırlıklı olarak tüketicinin etkinliğine dayanır. Bireyler atıklarını belirli bir uzaklığı kat ederek toplama kumbaralarına, “buy-back” noktalarına ya da ayırma/işleme merkezlerine getirirler. Tüketiciler bu eylemi gönüllü olarak ya da menfaat karşılığı yapabilirler. Depozito ile geri toplama da “getirtme” yöntemlerinden biridir. Görüldüğü gibi, getirtme yöntemleri temelde özendirici (buy-back) ya da zorlayıcı-cezalandırıcı (depozito) gibi öğeler içerebilmektedir.

Toplayıcı organizasyonu açısından “aktif” bir işlem olan “alma” yönteminin belirleyici özelliği, bu iş için tahsis edilmiş özel araçlar ve personeli gerektirmesidir.

Bunun için üretilmiş kaplarda, tüketici tarafından ayrı olarak biriktirilmiş geri kazanılacak atıkların evlerden ya da kaldırımlardan toplanması ve toplama merkezlerine taşınması prensiplerine dayanır. Toplama ekipleri bu işi, genel çöpün toplanması sırasında ve onunla birlikte de yapabilirler. Genel çöple birlikte ve karışık olarak alınan geri kazanabilme potansiyeline sahip atıkları son yoketmeden önce ayıklanarak içinden değerli bileşenlerin geri kazanılması da yeterince gelişmemiş bir aktif yöntem olarak düşünülebilir.

Her iki yöntemle de toplanacak maddelerin seçimi, bölgedeki mevcut geri kazanma alt yapısının özelliklerine bağlıdır. Bu bağlamda da konuyu **Pavoni, L.J. ve diğerleri** üç değişik şekilde ele almaktadır [17]:

- a. Tüm geri kazanılabilir maddeleri birlikte toplamak,
- b. Hammadde olarak tek tek toplamak,
- c. Seçilmiş belli sayıdaki geri kazanılabilir atığı birlikte toplamak.

Peer Consultants araştırma sonuçlarında tüketiciler açısından yukarıdaki seçenekler, yukarıdan aşağıya doğru zorlaşmakta, bunun da katılımı ve başarıyı olumsuz etkileyeceği görülmektedir. Belirleyici olan, bu seçeneklerin hangi toplama yöntemi ile kullanıldıklarıdır [18].

Geri Toplama Planlanmasında Gözönüne Alınması Gereken Yerel Etkenler:

- Kapıdan kapıya toplama araçları için ulaşım kolaylığı, kumbara ve satın alma ünitelerini yerleştirme olanakları cadde, sokak ve kaldırım genişlikleri, trafik yoğunluğu, toplama yapılan noktalarla toplama/ayırma yerleri arasındaki uzaklık vb.
- Tüketici alışkanlıkları ortalama alışveriş sıklığı, yaya ya da oto ile alışverişe çıkma oranları, evde atıkların biriktirilmesi için yeterli yerin varlığı, bireylerin geri getirmeleri istenen maddeleri azami taşıma uzaklıklarından, geri toplama sırasında karşılaşılan eğitim ile ilgili sorunlar, geri kazanılacak atığın geri dönüşüm süresi vb,
- Önceden varolan toplama ve değerlendirme yöntemleri, kapasiteleri, bunların sisteme bütünleştirilebilirlikleri ve uygulamada karşılaştıkları sorunlar,
- Uygulama alanındaki yapılaşmanın özelliği tek katlı- çok katlı yapıların oranları ve dağılımları, hane başına düşen ortalama nüfus ve yaş kümelenmeleri vb,
- Kişi başına düşen genel katı atık miktarı.

Etkin geri kazanım için, geri toplanan malzemelerin işlenmeye uygunluk vasıflarını taşıması gerekir. Geri kazanılabilecek maddeler tüketimin hemen sonrasında, tüketicinin yakınından toplandığı oranda nitelikli olacaktır.

Tüketicilerden beklenecek kişisel sorumluluğun düzeyi doğru olarak saptanmalıdır. Bireysel sorumluluk ne denli az, yalın, kolay anlaşılır ve uygulanır olursa, katılım da o oranda artacaktır. Diğer taraftan, bu minimum sorumluluğun dahi tüketicilere sürekli olarak telkin edilmesi gerekir.

Toplama sistemlerinde kullanılan dört unsur aşağıda sıralanmıştır:

- Depozitoli satış,
- Gönüllü katılım için özendirme,
- Ödüllendirme,
- Satın alma.

Depozito uygulaması ile satın almanın ayırt edici özelliği birim fiyatın birincide üretici ya da idari makamlarca “uygun görülmesi”, ikincide ise piyasa koşullarında serbest olarak belirlenmesidir. Ödüllendirme ise, belirli zamanlarda seçilen katılımcıların ödüllendirilmesi ile ilgili ve katılımın yüksek tutulmasına yöneliktir. Burada da ödülün miktarı ve sıklığı toplayıcı tarafından saptanır [18].

5.2. Ayırma

Geri kazanım amacıyla toplanan malzemelerin bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekil ve titizlikle ayrılımları gerekmektedir. Ayrıca, toplanan malzemelerin içine karışmış durumda olan istenmeyen maddeler bu aşamada ayıklanmaktadır [14].

5.2.1. Kaynakta Ayırma

Geri kazanılabilecek atıkların özel kaplarda, daha kaynakta iken, tüketici tarafından ayrılarak biriktirilmesidir. Bu yöntem daha çok ABD ve Federal Almanya gibi katılımın ve eğitimin yüksek olduğu tüketici yığınlarının nispeten kolay motive edildiği ve tek katlı yapılaşmanın yaygın olduğu yerlerde denenmektedir. Ayrıca çoklu toplama (multi-collection) kumbaraları da, “getirtme” temelinde olmasına

rağmen, bu kapsamda sayılabilir. Bu ayırma yönteminde kirlenme daha azdır [17]. Şekil 5.1’de kaynağında yapılan ayırma örneği verilmektedir.

5.2.2. Toplama Sırasında Ayırma

Evlerden gelen çöp ayrı olarak özel bir kapta toplanan birden fazla çeşit malzeme, toplama araçlarının özel bölmelerine boşaltılırken, işçiler tarafından ayrılabilir. Toplama hızını düşüren bu yöntem, araçların özel olarak bu işe uygun tasarlanmış olmasını gerekli kılmaktadır. Satın alma merkezlerinde yapılan sınıflandırma da bu başlık altına sokulabilir. Bu ayırma yönteminin bir avantajı, sınıflandırılmış olan malzemenin sıkıştırılarak taşıma giderlerinin minimize edilebilmesidir.



Şekil 5.1. Kaynağında ayırma bir örnek, O.D.T.Ü [59]





Şekil 5.2 Geri kazanım merkezi toplama üniteleri, İstanbul Carefour Alışveriş Merkezi [59]



Şekil 5.3 Elle yapılan sınıflandırma çalışmasına örnek,O.D.T.Ü [59]

5.2.3. Merkezde Ayırma

“Merkezde Ayırma” birlikte toplanan geri kazanılabilecek malzemelerin getirildikleri merkezde ayrılmasıdır. Kontrollü olması açısından güvenilir ve yeğlenir olan seçenektir. Bu ayırma el ile yapılabildiği gibi, mekanik ve hatta bilgisayarlı olabilir. Geri kazanılabilecek malzemelerini depolama alanlarında, genel çöp değerlendirme tesislerinin girişinde ya da içinde, genel çöpten ayıklanıp sınıflandırılmaları merkezde ayırma uygulamaları grubuna girmektedir. Şekil 5.2’de geri kazanım merkezine giden kumbaralar görülmektedir.

Özellikle el ile yapılan ayırmalarda ürünlerin üretim aşamasında renk ve sayılarla kodlanmasının işlemin doğruluk hızını arttırdığı saptanmıştır. Şekil 5.3’de elle yapılan uygulama örneği verilmektedir.

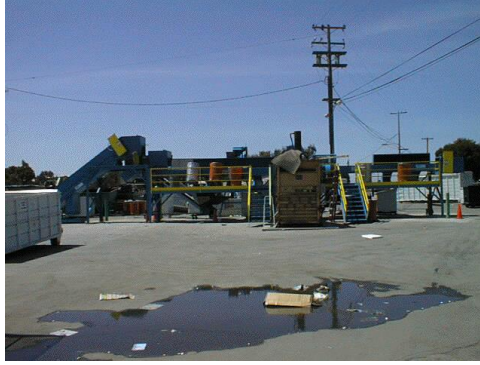
Ayrmanın teknolojisi de ülkenin ve bölgenin gelişmişlik düzeyi, geri kazanım toplama kapasitesi, altyapısı ve oturmuşluğu gibi etkenlere bağlı olarak

değişmektedir. Şekil 5.4’de geri dönüşüm uygulamaları bütünü yer almaktadır. Dünyadaki çeşitli türden geri kazanım malzemeleri için elle yapılan ayırmanın yanı sıra uygulanmakta olan ya da tasarlanan teknolojileri aşağıda sınıflanmıştır;

- Hava üförmeli,
- Yüzdörmeli,
- Optik okuyuculu,
- Kimyasal reaksiyonlarla sınıflandırmalı,
- Elektromanyetik cihazla ayırmalı [18] .



Çöp toplama konteynerleri



Çöp ayırma tesisi



Ayrılmış çöplerin depolanması



Sınıflarına ayrılmış, sıkıştırılmış ve depolanmış atıklar



Geri dönüştürülmüş plastik malzemeden üretilen ürünler

Şekil 5.4 Plastiklerin toplanmasından geri dönüşüm aşamasına ve geri dönüştürülmüş ürün olarak üretilmesine kadar geçen süreç [59]

5.3. Türkiye’de Katı Atıklara Uygulanan İşlemler

5.3.1. Toplama

Apartman kapıcıları görevli oldukları apartmanlardan çıkan atık malzemelerden temiz, kolayca elde edilebilen ve değerli olanları (oluklu mukavva kutu, cam şişe gibi) kendilerine alıkoymakta ve daha sonra çevrelerinde bulunan hurdacılar ya da gezici hurdacılar satmaktadırlar. Toplama sistemi işinde fazla ağırlıkları yoktur. Küçük çapta gelir elde etme amacı bulunmaktadır.

El ve at arabalı toplayıcılar gezici hurdacıları oluşturmaktadır. Bunlar apartmanların çöp kutularına atılan atık malzemenin değerli olanlarını toplayıp, hurdacılar ya da atık plastikse kırmacı ve granülcülere satmaktadır. Faaliyetleri belediyece yasaklandığı için, genelde gece toplama yapmaktadırlar. Yasalarımız bu kişiler için herhangi bir cezai uygulama getirmemektedir. Belediye sadece bu kişilere yerleri kirllettikleri için ceza uygulayabilmektedir.

Bidonlarda ve toplama kaplarında geriye kalan çöp ve katı atıklar belediyenin araçları tarafından belirli zaman ve aralıklarla toplanmakta ve son yok etme noktasına taşınmaktadır. Toplama ve taşıma göreceli olarak modern yöntemlerle yapılmaktadır [19].

5.3.2. Depolama

Son yok etme noktasına gelen çöpler genel olarak herhangi bir modern depolama yöntemine uyulmaksızın, belediyelerin rastgele seçtikleri boş arazilere sıhhi depolama teknikleri uygulanmadan atılmaktadır. Bazı büyük şehirlerimizde ise, toplanan organik kökenli çöpler kompost tesislerinde işleme tabi tutulmakta ve elde

edilen kompost satılmaktadır. Ülkemizde modern toplama, geri dönüşüm, değerlendirme, yeniden kullanma teknolojisi yeterince gelişmemiştir. Ülke genelinde toplanan değerli çöplerin ancak 1/3' ü çöp toplama istasyonlarına gelmekte, geri kalan kısmı ise toplayıcı kişiler tarafından daha önceden alınmaktadır [57].

5.3.3. Çöp Müteahhitleri

Çöp müteahhitleri belediyelerin çöp toplama istasyonu olarak belirledikleri alanları belli bir ücret karşılığında kiralayan kişilerdir. Bu kişiler istasyona gelen atık malzemelerin kilosunu kendi adlarına çalışan işçilerden belli bir ücret karşılığı satın almakta ve cinslerine göre ayrılmış bu atıkları herhangi bir işlemten geçirmeden (temizleme, presleme, kırma vb.) nakliyesi alıcıya ait olmak üzere hurdacılara, malzeme plastik ise kırmacı ve granülcülere satmaktadırlar [57,58].

5.3.4. Hurdacılar, Kırmacılar, Granülcüler

Hurdacılar toplayıcılar ya da müteahhitlerden atık malzemeleri satın alırlar. Atık plastikleri toplayan ve bunları cinslerine göre ayıran hurdacılar, bu malzemeleri ya kendileri kırmakta ya da seçilmiş hurda plastik olarak kırmacı ve granülcülere satmaktadırlar.

Kırmacılar aldıkları hurda plastikleri kırdıktan sonra, ikinci bir işlem uygulayarak, “ayırma havuzlarında” yabancı maddelerden ayırmaktadırlar. Kırılmış plastikleri kendilerince granül haline getirmekte ya da granülcülere satmaktadırlar.

Granülcüler satın aldıkları atık plastikleri granül haline getirip plastik ürünler sanayinde faaliyet gösteren kişi ve kuruluşlara satmaktadırlar. Üretilen granüller, ayakkabı boyası kutusu, plastik pis su boruları, sıva altı elektrik borusu, poşet, bidon, oyuncak, ayakkabı tabanı vb. alanlarda kullanılmaktadır [19,58].

6. GERİ KAZANIM EKONOMİSİ

Geri kazanım işlemi, çevresel öneminin yanı sıra ekonomik açıdan da değer taşımaktadır. Gelişmiş Batı ülkelerinde giderek büyüyen ve kurumsallaşan bir geri kazanım sektörü ortaya çıkmaya başlamıştır.

Türkiye’de 1970’li yıllarda yaşanan petrol krizi ile birlikte, petrol ürünü maddelerin (plastiklerin) geri kazanılmasına başlanılmıştır. Kendiliğinden bir sektör olarak ortaya çıkan kişiler tarafından toplanan atık maddeler çeşitli tesis ve atölyelerde işlenmektedir. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) Plastik Özel İhtisas Komisyonu’nun 1990 yılı raporunda, 1985 yılında geri kazanımın 50 milyon Amerikan Doları civarında olduğu tahmin edilmiştir [26]. 1998 yılında dünya plastik tüketimi 115 milyon ton, buna karşılık Batı Avrupa’da 28.8 milyon ton ülkemizde ise 2.024 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz plastik tüketimi dünya tüketiminin % 1.756’sını Batı Avrupa tüketiminin ise %7.013’ünü oluşturmaktadır. Tablo 6.1.’de çeşitli ülkelerde kişi başına düşen plastik tüketimleri görülmektedir. DPT verilerine göre, seçilen imalat sanayii işyerlerinden yaklaşık yılda ortaya çıkan 25 milyon ton toplam katı atığın yaklaşık % 47’si satılmakta, %36’sı bertaraf edilmekte ve %13’ü yeniden kullanılmaktadır. Tablo 6.2.’de Türkiye’de yıl başına düşen plastik malzeme tüketimi dağılımı görülmektedir. Kimyasal kökenli atıkların miktarlarına bakıldığında, toplam atığın yaklaşık 2.5 milyon ton olduğu görülmekte ve bunların %73’ünün bertaraf edildiği, %11’inin satıldığı ve de %15’inin yeniden kullanıldığı ortaya çıkmaktadır [54]. Böylesine rakamlara ulaşılmasına karşın, plastikler konusunda sağlıklı ve ekonomik bir piyasa oluştuğu söylenemez.

Tablo 6.1. Çeşitli ülkelerde kişi başına düşen plastik tüketimleri (kg/kişi) [54]

	LDPE	HDPE	PVC	PP	PS	DİĞER	TOPLAM
Batı Avrupa	17.1	10.9	14.4	16.8	5.7	4.1	69
Romanya	1.8	0.9	1.4	0.8	1.2	0.0	6.1
Çin	2.6	1.5	2.1	2.4	1.3	1.2	11.1
Malezya	9.3	6.9	5.5	8.4	4.8	4.7	39.6
Hindistan	0.4	0.6	0.7	0.7	0.2	0.1	2.7

A.B.D.	24.0	21.0	20.5	19.9	9.1	3.6	98.1
Türkiye	5.60	2.26	6.34	7.10	2.16	6.94	30.4

Tablo 6.2. Yıl başına düşen plastik malzeme tüketimi [54]

YIL	BİRİM	TÜKETİM	BİR ÖNCEKİ YILA GÖRE ARTIŞ %
1995	Ton	1.230.324	
1996	"	1.488.441	20
1997	"	1.889.715	26
1998	"	2.024.407	7
1999	"	1.933.471	-5

Geçtiğimiz beş yıl içinde Türkiye’de plastik tüketimi 1.230.324 tondan 1.933.471 tona çıkarak toplam %57’lik bir artış kaydetmiştir. Tablo 6.2. incelendiğinde Yedinci Plan döneminde toplam plastik üretiminin 1995 ile 1999 yılları arasında **1.358.629ton/yıl’dan 2.350.001ton/yıl’a** ulaşarak % 72’lik bir artış kayıt ettiği görülür [54].

Elektrikli ev aletlerinde, otomobil sektöründe, mutfak eşyası, park-bahçe alanlarında, plastiğe dayalı inşaat malzemesi, gıda maddesi ambalajı, kozmetik, temizlik malzemesi, narenciye, tarım ürünleri, tekstil, konfeksiyon ambalajı ve sağlık alanında plastiğe dayalı araç gereç kullanımı ile günlük yaşantımızın her alanında plastik ile karşılaşmaktadır. Kısacası, dünya plastik çağını yaşamaktadır. Geri kazanılabilir maddelerin pazarında talebin sabit kalacağı düşünülmemelidir. Bu tür maddelerin güvenilir bir biçimde sağlanması artarsa, talebin de büyük oranlarda gelişeceği ve piyasanın kendiliğinden oluşacağı diğer ülkelerin deneyimlerinde görülmektedir.

Geri kazanım sisteminin geliştirilebilmesi için, tüketicinin motive edilmesi, toplama, ayırma ve değerlendirme ve bu maddelerin pazarlanması aşamalarında kullanılmak üzere kaynak yaratılmalıdır.

Bu konuda sektörde yer alan ve üretim yapan firmalar, kota uygulaması ve depozito karşılığı toplamaya yönelik çalışmalar yapmaktadır. Söz konusu kotalar % 15-70 arasında değişen oranlarda Çevre Bakanlığı ile firmalar arasında anlaşmalı olarak belirlenmekte, belirlenen kota oranında toplanan plastiklerin fatura belgeleri, Çevre Bakanlığına verilmektedir. Ancak, kota uygulamasında gözlenen gerçek durum; üreticinin belgelemek zorunda olduğu miktar kadarını hurdacılardan satın almakta

olduğu, geri kalan büyük bir bölümünün ise çöpe gitmekte olduğudur. Kontrol edilemeyen bu durum ülke ekonomisi açısından zarara neden olmaktadır [54].

Endüstriyel altyapının oluşturulması, geri kazanım ve tekrar işlenmiş ürünlerin pazarlanabilmeleri için, araştırma ve geliştirme maliyetleri de dikkate alınmalıdır. Olaya sadece maliyetler açısından yaklaşmak yeterli değildir. Tarafların tümü (üretici, tüketici, kamu ve yerel yönetimler) konuya kendi ölçülerinde katkıda bulunmalıdır. Ancak bu şekilde gerçekleştirilecek geri kazanım, daha ekonomik bir temele oturabilir. Şekil 6.1 Plastik malzemenin geri dönüştürülme aşamaları verilmektedir.



Malzemelerin geri dönüşüm için kırma makinesinden geçirilmesi



Geri dönüştürülmüş malzemeden granül elde edilmesi



Geri kazanılmış malzemeden plastik torba üretimi



Plastik torbaların bantlarda sarılması



Küçük boyutlu plastik torbaların kesilmesi



Büyük boyutlu plastik rulolar

Şekil 6.1 Plastik malzemenin geri dönüştürülme aşamaları [59]

6.1. Geri Kazanılan Malzemelerin Kullanımı ve Dünyadaki Uygulamaları

Geri dönüştürülmüş hammadde, birçok alanda, orijinal hammaddeye en az %25 oranında karıştırılarak kullanılmakta ve ürünün performansından hiçbir şey kaybedilmemektedir. ABD’de 1989 yılında birçok büyük tüketici maddeleri üreticisi, geri dönüştürülmüş malzemeyi, kendi ambalajlarında kullanacaklarını ilan ederek, bu malzeme için yeni bir pazar oluşturdular. Bu sıralarda, hedeflenen kullanım oranı

%25 idi ve geri dönüşümlü malzemenin bulunabilirliği, kalitesi ve maliyeti izin verdiği sürece, daha yüksek oranlarda kullanma arzusu vardı. Burada söz konusu olan geri kazanılmış ambalaj malzemelerinin içinde satışa sunulan tüketici ürünleri, deterjan, yumuşatıcı, şampuan, madeni yağ gibi sıvı ürünlerdir.

Halihazırda, yiyecek maddelerinin dışındaki ürünlerin ambalajlanmasında, geri dönüştürülmüş HDPE kullanımı için iki teknik bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, tek katlı şişe imalatında, ekstrüzyondan önce, orijinal hammadde ile karıştırılarak kullanılmaktadır. Ancak burada geri dönüşümlü malzemenin rengi önemli bir parametredir. Renklere göre ayırım yapılmadan elde edilen hammaddenin rengi, genellikle koyu yeşil mertebesinde, dolayısıyla koyu renkli şişelerde kullanılabilir.

İkinci teknik, koekstrüzyon şişirme yöntemidir. Bu teknikle ikiden yediye kadar çok katlı şişe imal etmek mümkündür. Dolayısıyla ara katmanlarda tamamen ya da belli oranlarda geri dönüştürülmüş malzeme kullanmak, şişenin rengini etkilemeyecektir [40].

Geri dönüştürülmüş malzemedan, boru, bank, leğen, kova, hortum, palet, çöp konteynerları imal etmek, orijinal hammadde içine belli oranlarda katarak mümkün olmaktadır. Hatta LDPE ile belli oranlarda karıştırılarak, naylon imalatı bile yapılabilmektedir [22].

6.1.1. Dünyadaki Geri Kazanım Uygulamaları

İngiltere: İngiltere’de 1992 yılı Mart ayında yayımlanan “Integrated Solid Waste Management Business Plan” (Birleşik Katı Atık Yönetimi İş Planı) ile, 2000 yılına kadar, evsel atıkların geri dönüşebilir bölümünü %50’ sinin geri dönüştürülmesi hedeflenmiştir. Bu iş planı, evsel atıkların tamamını kaplamaktadır.

İngiliz Hükümeti, “kirleten öder” ilkesinden hareketle, Alman yaklaşımını dikkate alarak, sanayici ve perakendeci tüccara ambalaj atıklarında sorumluluk almayı zorunlu kılmıştır.

İngiliz Plastik Federasyonu tarafından yayınlanan bir rapora göre, İngiltere’de en yaygın geri dönüştürülen plastik PE plastiklerdir. Yılda yaklaşık olarak 60,000 ton kullanılmış film ve sera örtüsü geri dönüştürülmektedir. Bu malzemeler, “geri dönüşüm şehirleri” projesi altında çalışan Sheffield, Cardis, Dundee, Devon’ daki fabrikalarda kullanılmaktadır. Bu iş için yaklaşık 5.2 milyon Amerikan Doları yatırım yapıldığı belirtilmektedir. Bazı fabrikalar, PE film, bazıları marketler için

plastik torba imal etmektedir. Haftada yaklaşık 10 milyon adet geri dönüştürülmüş malzeme içeren plastik torbanın, süper marketlere verildiği tahmin edilmektedir. Geri dönüştürülmüş HDPE plastikleri boru, kalıp inşaat malzemeleri, endüstriyel plastik tabakalar, otoyol ve kaldırım kalıpları imalatında kullanılmaktadır [25].

Almanya: Almanya’ da Ambalaj Atıklarının Önlenmesi Tüzüğü 1991’ de yayımlanmış, tamamı 1993 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu tüzüğe göre ambalajlar, çevreye zararlı olmayan ve değerlendirilmesi sırasında, çevre için sakıncalı olmayan malzemelerden üretilmektedir ve ambalaj atıklarının yeniden kullanılabilmesi için koşulların uygun olmaması halinde, malzemeleri yönünden değerlendirilecektir [25]. Bu tüzük;

- Ambalaj ya da doğrudan ambalaj kullanılan malzemeleri üretenleri,
- Ambalaj ve mamullerini piyasaya sürenleri,

kapsamına almaktadır. Tüzüğe göre, üretici ya da satıcı, nakliye ambalajlarını kullandıktan sonra geri almak ve yeni kullanıma ya da malzemenin değerlendirilmesine imkan sağlamak üzere ev çöplerinin toplandığı genel sistemin dışında toplamak zorundadır. Satıcı, tüketici tarafından kullanılmış olan satış ambalajlarını, satış yerinde ya da buraya uzak olmayan bir yerde ücretsiz olarak geri almak zorundadır. İmalatçı ve malı piyasaya sürenler, satıcının geri aldığı ambalajları, yeniden kullanılmaları ya da değerlendirilmeleri amacıyla, ev çöplerini toplama sistemi dışında bir yolla geri almak zorundadır.

Yine bu tüzüğe göre, sıvı gıda maddeleri ve yıkama, temizlik müstahzarları ve sıvı boya ambalajları için, şişe hacmi ile ilgili oranlarda depozito alma ve depozitonun, ambalajın geri alınmasından sonra, iade edilmesi gerekmektedir. Ancak üretici ve satıcılar, kullanılmış ambalajları düzenli olarak toplayan ya da geri alan bir sisteme katıldıkları takdirde, geri alma ve depozito zorunluluğundan muaf tutulurlar. Böyle bir sistemin kurulması eyaletlerin yetkili makamlarının verecekleri izne bağlıdır. Kurulacak sistemde, yerel yönetimlerin çöp toplama kuruluşları ile işbirliği yapmaları şarttır.

Bu tüzük hükümlerinin uygulanması sonucunda, Almanya’ da birçok eyaleti kapsayan bir sistem kurulmuştur. Bu sisteme dahil olan ambalajlara belirli bir ücret karşılığı “Yeşil Nokta” amblemi verilir. Ve ambalajların toplanması garanti altına alınır. Yeşil Nokta hareketi içinde, evlerde atıklar ayrı torbalara atılmakta ve ayrı

olarak toplanmaktadır. Toplandıktan sonra, merkezi işleme fabrikalarında, elle ve manyetik olarak ayırma işleminden geçirilmektedir. Plastik malzemeler balyalanmakta ve geri dönüştüren firmalara gönderilmektedir. Bu fabrikalarda yeniden elle ve manyetik olarak ayırma operasyonundan geçen malzemeler, klasik yöntemle geri dönüştürülürler [25].

Kanada: Kanada’ da birçok grup geri dönüştürülebilir malzemelerin toplanması için gerekli altyapıyı oluşturmaya çalışmaktadır. Aynı zamanda, toplama çalışmalarında, Kanada Çevre Plastik Enstitüsü, Ontorio Çevre Bakanlığı ile işbirliği yapmaktadır. Çöp sahalarında ayırma çalışmaları, HDPE’ den imal edilen süt şişelerine depozito uygulaması, süper marketlerin önünde, naylon torbaları atmak için koyulmuş kaplar, vb. uygulamalar yoğun olarak devam etmektedir [22].

Japonya: Japonya’ da halihazırda, geri dönüştürülebilir malzemelerin çok küçük bir kısmı geri dönüştürülebilmektedir. Bu miktarın yılda 900 ton mertebesinde olduğu tahmin edilmektedir [20].

Danimarka: Danimarka, hava kirliliğine sebep olduğu için, atıkların çöp yakma yöntemi ile bertaraf edilmesini “Çevre Koruma Yasası”nın hükümlerine tabi tutmuştur. Atıkların azaltılması ve bertaraf edilmesinde tercih edilen yöntemler aşağıdaki sıralamaya göre seçilmektedir.

- Temizlik teknolojisi kullanımı,
- Geri kazanım,
- Yakma,
- Depolama.

Temizlik teknoloji kullanımının ve geri kazanımının özendirilmesi için, destek programları yapılmış ve uygulamaya sokulmuştur. Ayrıca tüm alkolsüz içecek ve biralara geri kazanılabilir kaplarda satılması zorunlu hale getirilmiştir. Geri kazanılmış ürünlerin pazarlanması da destekleme programının bir parçası haline getirilmiştir [25].

Fransa: Geri kazanma, Fransa gündemine birçok ülkeden daha önce girmiş bir kavramdır. 1975 yılında yayımlanan atıkların bertarafına ve geri kazanımına ilişkin kanun, atığı tanımlamakta ve atıkların bertarafına ve geri kazanımına ilişkin yükümlülükler getirmektedir.

“Yok Etme” ile, toplama, nakletme, depolama, enerji ya da yeniden kullanım amacıyla geri kazanım yöntemleri top yekün kapsamaktadır.

Kanunun beşinci kısmında, geri kazanım ile ilgili düzenlemeler bulunmaktadır. Bu bölümdeki hükümlere göre, atıkların bertarafı, malzemelerin geri kazanımını ya da yeniden kullanılabilir enerji şekillerini kolaylaştırmayı sağlamalıdır.

Bu kanunun ambalajların kullanımı ile ortaya çıkan atıklar için uygulamalarını içeren kararname de 1993 yılı başında yürürlüğe girmiştir. Bu kararname, evsel nitelikli bütün ambalajları kapsamaktadır. Kararname, izinli kılınmış bir işletme ya da bir organizasyona yükümlülük verilebileceğini karara bağlamaktadır. Üretici ve ithalatçıların da, yükümlülüklerini yerine getirebilmeleri için, bu kuruluşlara başvurabilecekleri de hükme bağlanmıştır. Bu iki grup, aralarında yaptıkları sözleşmede, söz konusu ambalajların kimliklerinin belirlenmesi, yıllık olarak öngörülen atık hacmi ve bu organizasyona ödenecek katkılar yer alır.

Bu organizasyon ya da kuruluş, ambalaj atıklarının değerlendirilmesi ve geri kazanımı konusunda elde etmiş olduğu sonuçları, bir faaliyet raporu ile her yıl Çevre ve Sanayi Bakanlıklarına bildirir. İzin başvurusunda taahhüt etmiş oldukları hedeflere ulaşamamaları halinde, bir ihtar gönderilir ve ardından izinleri iptal edilir [22].

Hollanda: Hollanda’ da bazı atık kategorilerinde, yeniden işleme oranları çok yüksektir. Örneğin, 1985 yılında, tüketilen kağıdın %50’si, demir ve çeliğin %56’sı, alüminyumun % 54’ü geri dönmüştür. Camın da yeniden kullanım oranı yüksektir. Yakma yöntemi ile bu rakamlar aşağılara düşebileceği gibi, geri kazanımın henüz yeni başlama seviyelerinde olduğu plastik gibi malzemelerde, geri kazanım çabalarının tamamen durmasına da yol açabilir [25].

İtalya: İtalya’ da 1990 yılında sıvı ambalajları ile plastik alışveriş torbalarını kapsayan yasa yürürlüğe girmiştir. Burada depozito uygulanmamakta, 1993 yılı Ekim ayında çıkan bir kanun dolayısıyla, plastik fiyatları üzerinden %10 vergi alınmaktadır. İlk belirlenen hedef, bu plastiklerin, 1992 yılı sonunda geri kazanılmasıydı, ancak daha sonra iki yıllık bir erteleme tanınmıştır [17].

6.2.Türkiye ve İstanbul'da Malzemelerinin Geri Kazanımı

6.2.1. Geri Kazanım Uygulamaları

Türkiye’ de katı atıklarla ilgili ilk kanuni yönetmelik 1991 yılında Çevre Bakanlığı tarafından çıkarılmıştır. Bu yönetmelik içecek ve temizleme maddelerinin plastik ve metal kökenli ambalajlarının geri kazanılmasını gerektirmektedir. Yönetmelikte belirlenen ilk hedef plastiklerin %25’ inin, metal kökenli ambalajların %15’ inin geri kazanılmasıdır. Bu ambalajları üreten ve kullanan firmalar örgütlenerek ÇEVKO Vakfını kurmuşlardır [23].

Tablo 6.3.’de görüldüğü gibi, ÇEVKO Vakfı Çevre Bakanlığına 1992’ de üyeleri tarafından piyasaya sürülen ambalaj atık türlerini ve miktarlarını bildirmiştir. Bu miktarlar Türkiye’de üretilen miktarların % 57-80’ini temsil etmektedir (diğer kuruluşlar geri kalanını toplamaktadır). Firmalar yürürlükteki yönetmelikler doğrultusunda Tablo 6.3.’de verilen miktarların %15-25’ ini toplamak zorundadır [21].

ÇEVKO üyesi firmalar Türkiye’nin çeşitli kentlerinde bu atıkları toplamak için atık ambalaj toplama ve değerlendirme merkezleri kurmuşlardır. Toplanan atık ambalajlar ve fiyatları Tablo 6.3. ve Tablo 6.4.’de yer almaktadır.

Tablo 6.3.’de verilen fiyatlar geri kazanılabilen maddeler için belirlenen piyasa fiyatlarından çok yüksek olduğu için, ÇEVKO cam kapların %100’ ünün ve temmuz 1992 sonu itibarıyla da diğer atıkların %40’ını toplamıştır [58].

İstanbul-Halkalı açık çöp alanındaki toplanan maddelerin fiyatları ile ilgili olarak elde edilen veriler Tablo 6.5.’ de verilmiştir.

Ülkemizde nüfus artışına paralel olarak atık miktarı ve ambalajlı ürün kullanımı da artmış, geri kazanım ekonomik bir değer haline getirmiştir. Bununla birlikte Çevre Bakanlığı tarafından 1991 yılında yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile geri kazanım yasal zorunluluk haline dönüşmüştür [24].

Tablo 6.3. Toplanan atık ambalajlarının miktarları (ton) [58]

MALZEME TÜRLERİ	MİKTAR(TON)
CAM	11,700
METAL	2,300
PLASTİK	
PET	10,900
PVC	4,900
PE	7,600
PP	420
PS	315

Tablo 6.4. Toplanan atık ambalajlarının fiyatları (Amerikan Doları/ton) [58]

MALZEME TÜRLERİ	FİYAT(USD/Ton)
PET Plastik	470
PVC Plastik	1,000
Cam	40
Teneke Kutu	130
Alüminyum Kutu	400

Tablo 6.5. Çöplerden toplanan maddelerin fiyatları (Amerikan Doları/ton) [58]

MALZEME TÜRLERİ	FİYAT(USD/Ton)
Kağıt ve Karton(temiz)	40-50
Kağıt ve Karton(kirli)	7
Cam	15-50
Teneke	15
Alüminyum	165
Demir	40
Plastik	155-285

DİE tarafından 1993 yılında yapılan araştırmayla Türkiye’ de yıllık evsel ve endüstriyel katı atık miktarları ile bu katı atıkların kompozisyonu belirlenmiştir. Bu araştırmaya göre günlük evsel atık miktarının mevsimlere, ülkenin bölgesel ve sosyo-ekonomik özelliklerine göre farklılıklar gösterdiği ortaya çıkmıştır. Ülkemizde yaz mevsiminde kişi başına günlük evsel atık miktarını 0,2- 0,9 kg, kışın ise 0,18- 0,8 kg arasında değişmektedir. Buradan hareketle ülkemizde kişi başına ortalama yıllık evsel atık miktarının 187 kg, toplam evsel atık miktarının ise yaklaşık 11- 12 milyon ton olduğunu söylemek mümkündür. Belediye atığı olarak adlandırılan ve toplanıp bertaraf edilme sorumluluğu Belediyeler’e ait olan atıklara küçük işyerleri ve ticarethanelerden çıkan atıklar da dahil olduğundan küçük işletmeler ve ticarethanelerden çıkan yıllık 9-10 milyon ton atığı da göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu durumda Belediye atıklarının yıllık toplamı 19-20 milyon ton olmaktadır [54].

Evsel atıklar içindeki cam, metal, plastik, kağıt ve karton gibi geri kazanabilir atıkların payı yaz aylarında % 8,5-22,9 kış aylarında ise % 3,7-15,6 arasında değişim göstermektedir. Tablo 6.6.’da ülke genelinde evsel atıkların kompozisyonu yer almaktadır. Bu rakamlar çerçevesinde ülkemizdeki cam, metal, kağıt ve karton gibi geri kazanılabilir atık miktarının yıllık 2-2,5 milyon ton olduğunu söyleyebiliriz.

Tablo 6.6. D.İ.E ülke geneli evsel atıkların kompozisyonu [54]

Dönem	Kişi Başı Çöp Kg/gün	Yaş Atık %	Kül, Cüruf %	GeriKazanılabilir Atık %
Yaz	0,6	80,25	3,9	15,84
Kış	0,47	50,31	41,06	8,64
Ortalama	-	64,2	23	11,9

Türkiye’de atıkların geri kazanımı konusundaki yasal zorunluluk 1991 yılında Çevre Bakanlığı tarafından yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile yürürlüğe girmiştir. Yıllık 2 -2,5 milyon ton geri kazanılabilir atığın yalnızca 300 bin tonu bu yönetmelik kapsamındadır.

Ülkemizde yılda yaklaşık 800 bin ile 1 milyon ton atık geri kazanılmaktadır. Bu miktarın büyük bir kısmı çöp dökme sahalarından ve sokaklardan ilkel ve sağlıksız koşullarda toplanmaktadır. Ancak bu şekilde toplanan atıkların bir kısmı yaş çöple karıştığı için değerlendirilememektedir. Daha sağlıklı ve verimli bir geri kazanım sistemi oluşturmanın temel koşulu geri kazanılabilir atıkların kaynağında yani konutlarda, işyerlerinde, okullarda, otel ve tatil köylerinde çöpten ayrı toplanmasıdır. Bu şekilde daha temiz ve farklı miktarda atık daha ekonomik bir şekilde toplanabilir. Bu sistemin oluşturulabilmesinin temel koşulu Belediye- Tüketici- Geri Dönüşüm Sanayinin aktif bir şekilde sistemin içinde yer alması ve sorumluluk üstlenmesidir. Doğru bir geri kazanım sisteminde tüketicinin sorumluluğu geri kazanılabilir atıkları kaynağında çöpten ayrı biriktirmektir. Belediye ise tüketicinin ayırdığı bu atıkları çöpten ayrı temiz bir şekilde toplamak ve cinslerine göre ayırmakla sorumludur. Sanayi sorumluluğu ise Belediyenin topladığı ve cinslerine göre ayırdığı bu atıkları alıp geri dönüştürmektir [21].

ÇEVKO Vakfı düzgün bir geri kazanım sisteminin oluşması amacıyla Belediye ve sanayi işbirliği ile geri kazanım uygulamalarını sürdürmektedir. 49 Belediye ile 123.000 konutta ve 492.000 kişinin katılımı ile düzenli ve sürekli bir şekilde sürdürülmektedir. Tablo 6.7’de bu çalışmalar ve toplanan atık miktarları verilmektedir [21].

Tablo 6.7. Düzenli geri kazanım uygulamalarını sürdüren belediyeler 2000-2001 [21]

Belediye Adı	Konut Sayısı	İşyeri/ Otel Sayısı	Bugüne Toplanan Miktarı (ton)	Kadar Atık
Bakırköy	23.000	-	2.250	
Bahçelievler	8.850	18	1.350	
Bursa-Nilüfer	8.309	-	726	
Bursa-Osmangazi	10.161	-521		
Bursa-Yıldırım	2.560	-	194	
İzmit-Bekirpaşa	2.700	-	72	
İzmit-Saraybahçe	3.000	-	65	
Küçükçekmece	1.000	-	43	
Silivri	450	-	30	
Beşiktaş	2500	1	208	
Eskişehir-Tepebaşı	6.200	-	222	
Eskişehir-Odunpazarı	5.300	-	138	
Zeytinburnu	500	-	26	
Beyoğlu	-	31	300	
İzmir-Çeşme	200	-	25	
Kocaeli Belediyeler Birliği(21 Belediye)	27.500	-		
Marmaris	-	70	7.026	
Kuşadası	630	28	368	
İstanbul-Çatalca	250	-		

Konak	3957	34	26
Antalya	1.000		
Çanakkale	2.550	-	7
Söke	900	-	-
Özel Çevre Koruma Bölgeleri	11.400	-	-
GENEL TOPLAM	122.917	182	13.607

Ek A'da İstanbul'da yürütülen atık toplama çalışmaları verilmektedir. Aşağıdaki tabloda geri kazanım uygulamalarını sürdüren bazı belediyelerin topladığı atıkların kompozisyonları verilmiştir. Tablo 6.8.'de devam etmekte olan geri kazanım çalışmaları ve toplanan atıkların kompozisyonları yer almaktadır [21].

Tablo 6.8. Değişik bölgelerde devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan malzemelerin kompozisyonu [21]

Malzeme Cinsi	Bakırköy Bahçelievler	Beşiktaş	Eskişehir	Marmaris
Kağıt-Karton	% 38	% 52	% 38	% 37
Cam	% 32	% 24	% 33	% 25
Metal	% 9	% 6	% 12	% 5
Plastik	% 21	% 18	% 17	% 33
TOPLAM	% 100	% 100	% 100	% 100

Yukarıdaki tabloda görülebileceği gibi toplanan malzemelerin kompozisyonunda bölgesel farklılıklar olabilmektedir. Bu farklar o bölgedeki sosyo-ekonomik durum ve tüketim alışkanlıklarının farklılıklarından oluşmaktadır. Halen devam eden belediye geri kazanım projelerinde toplanan atıkların kompozisyonun ortalaması yaklaşık olarak aşağıda verilmiştir [21]. Tablo 6.9'da devam eden atık toplama uygulamaları yer almaktadır.

Tablo 6.9. Belediye tarafından devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan atıkların ortalama kompozisyonları [21]

Malzeme Cinsi	Yüzdesi
Kağıt- Karton	% 42
Cam	% 28
Metal	% 7
Plastik	% 23
TOPLAM	% 100

6.2.2. Ayırma Tesisleri

Evsel ya da ticari kaynaklarda oluşan değerlendirilebilir atıkların düzenli ve temiz bir şekilde geri dönüşüm tesislerine satılmasını temin edebilmek için ayırma tesislerine ihtiyaç vardır. Ayırma tesisleri kapasite ve çalışma biçimlerine göre çeşitli türlere ayrılır; ancak manuel ve otomatik ayırma tesisleri olarak iki ana grupta işlenmektedir.

Ayırma tesislerinin kurulması için bazı minimum değerlere ihtiyaç vardır. Bu minimum değerler ayırma tesisinin işletimini garanti edecek değerler olmalıdır. Bu çerçevede bir değerlendirme yapıldığında genellikle evlere yönelik bir geri kazanım uygulamasında malzeme değerlendirilmesini sağlamak amacı ile kurulabilecek minimum kapasite 6 ton/ gün- vardiya'dır. Bu kapasite ile kurulacak bir ayırma tesisi ile 3 vardiyada ayda 400 ton geri kazanılabilir atık ayırma işlemine tabi tutulabilmektedir. Bu çaptaki bir tesisi vardiya başına yaklaşık 75.000 konuta hizmet verebilmektedir [16].

Kadıköy Ayırma Tesisinde tek bantlı ayırma sistemi uygulanmakta olup, 18 çalışan tek vardiya aylık 300 ton kapasite ile çalışmaktadır. Kadıköy bölgesinde halkın % 20 katılımı mevcuttur. Toplam Atık içerisindeki Plastiklerin oranı % 20'ler civarındadır. Atık kumbaraları ile tesise getirilen atıklar dört ana gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar; cam, metal, kağıt ve plastikler'den oluşmaktadır. Cam kendi içinde; yeşil ve beyaz cam, kağıt; karton ve gazete, plastik; PE/ PP, PET, PVC, PS ve NAYLON olmak üzere ayrılmaktadır. Ayırma işleminden sonra hacim küçülme işlemi uygulanıp balyalanmaktadır. PE ve PP türünden ayrılmış atıklar Vatan Plastik' e, PET' ler

SASA' ya geri kazanılmak üzere gönderilmektedir. Elle ayırma işleminin yapıldığı Kadıköy Ayırma tesisi şekil 6.2'de yer almaktadır [57].



Kadıköy Belediyesi Çöp Toplama Aracı



Araçların Çöp Toplama Tesisine Atık Getirmesi



Çöp Toplama Konteynerlerinin Boşaltılması



Atık Ayırma Bantı



Atıkların Bantta Ayırılması



Ayrırma Tesisindeki Atık Yığınları



Türlerine Göre Ayrılan Plastikler



Ayrılan Plastiklerin Depolanması



Ayrılmış Plastik Konteynerleri



Ayrılmış Plastik Konteynerleri



Ayırma Bandında Ayrılmış Kağıtlar



Ayrılmış Kağıtların Depolanması



Hidrolik Malzeme sıkıştırma Makinesi



Malzemelerin Sıkıştırılması



Sıkıştırılan ve Balyalanan Malzemenin Geri Dönüşüme Gitmeden Önce Depolanması

Şekil 6.2 Kadıköy Ayırma Tesisi [59]

6.2.3. Geri Dönüşüm Sanayi

Özellikle son yıllarda ülkemizde geri kazanılabilir atıkların ekonomik değer kazanması ve bu konudaki yasal zorunlulukların yürürlüğe girmesi bu tür malzemeleri toplayan ve geri dönüşümünü yapan işletmeler ve sanayi kuruluşları oluşmaya başlamıştır.

Halen Türkiye’ de yılda 800.000 ton ile 1 milyon ton arasında kağıt- karton, cam, metal ve plastik toplanarak geri dönüştürülmektedir. Tablo 6.10.’da geri kazanılabilir malzemelerin kompozisyonları yer almaktadır [21].

Tablo 6.10. Geri kazanılabilir malzemelerin üretim ve geri kazanım kompozisyonları [21]

	Pazara Sürülen (ton/yıl)	Geri Kazanılan (ton/yıl)	Geri Kazanım %
Kağıt- Karton	1.800.000	590.000	33
Cam	330.000	75.000	23
Metal	550.000	180.000	33
Plastik	150.000	50.000	30
TOPLAM	2.830.000	895.000	32

Bu tablodaki rakamlar son yıllarda bu konuda yapılan yatırımlar ve de bunların kapasiteleri göz önüne alındığında mevcut geri dönüşüm endüstrisinin kapasitesinin Türkiye’de geri kazanılabilir atıkların %40-50’sinin değerlendirilebileceği anlaşılmaktadır. Bu oranlar özellikle Avrupa ülkelerindeki gelişmeler dikkate alındığında oldukça başarılıdır. Son yıllarda geri dönüşümle ilgili yapılan yatırımlar tablo 6.11.’de özetlenmiştir.

Tablo 6.11. Geri kazanım yatırımları [21]

Malzeme Cinsi	Yatırım Miktarı	Kuruluş Tarihi	Kapasite (ton/yıl)
Hurda PET	3 MİLYON \$	1994	12.000
Alüminyum	20 MİLYON \$	1996	50.000
Hurda Cam (5 adet tesis)	800 MİLYAR TL		120.000
HDPE	3 MİLYON \$	1995	7.000

Karton İçecek Kutusu	0,6 MİLYON \$	1995	4.000
Kağıt-Karton			1.500.000
TOPLAM			1.693.000

Tablo 6.11.'de görüldüğü gibi 1994 yılından sonra geri dönüşüm ile ilgili sanayi tesislerinin kurulması hızlanmış ve bu tesislerin yıllık kapasiteleri toplam 1,7 milyon tona ulaşmıştır. Bunların dışında özellikle plastik ile ilgili birçok küçük ve orta ölçekli işletmelerin olduğu da göz önüne alındığında ülkemizde geri kazanım sanayinin tam kapasite ile çalışabilmesi için daha fazla miktarda temiz malzemenin çöpten ayrı toplanması gerekmektedir [21].

7. METOD

7.1. Çalışmanın Metodu

Çalışmanın metodu aşağıdaki şekilde özetlenebilir:



Çalışmada öncelikle çevresel yaklaşımlar ve sürdürülebilirlik kavramları içerisinde geri dönüşüm konusunun önemi ve yeri belirlenmiştir. Geri dönüşüm kısaca malzemelerin kullanıldıkları ürünlerin yaşamı sonunda toplanması, malzeme türlerinin sınıflandırılması, temizleme ve arındırma işlemlerinden geçirildikten sonra geri kazanılmış hammadde elde etme çalışmaları olarak tanımlanmıştır. Günümüz

koşullarında geri kazanım büyük önem taşımaktadır. Çevre kirliliği ve hammadde tüketiminin artmış olması, tüketici, üretici ve yönetimleri geri kazanım konusunda bilinçli davranmaya zorlamaktadır. Sürdürülebilirlik kaynakların akıllı bir şekilde kullanımı ile sağlanabilmektedir. Bütün dünyada daha sağlıklı ve işleyen bir toplumun ancak sağlıklı bir çevre ile elde edilebileceği konusunda fikir birliği sağlanmaktadır.

Plastik Atıklar Konusunda Bilgilenme

“GE Plastics” de Kimya Mühendisi olan Kubilay Balcı’yla 2001 yılında yapılan görüşmede temel olarak tüm termoplastiklerin geri dönüşümünün söz konusu olduğunu, fakat bu işlemin ekonomik olması için çok miktarda geri dönüştürülmesi gerektiğinden, en çok plastik su şişeleri, alış-veriş torbaları ve halıların uygulama alanları olduğu bilgisine ulaşılmıştır. Geri dönüştürülebilir plastik malzeme çeşitlerinden ABS, PE, HDPE, LDPE, PS, PA, Naylon vb. plastiklerin kimyasal ve fiziksel özellikleri verilmiş uygulama alanları belirlenmiştir. Plastik atıkların yok edilme yöntemleri olan yakarak yok etmenin, toprak altında depolamanın ve piroliz yöntemlerinin çevre için zararlı etkileri vardır. İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Katı Atık Merkezi (İSTAÇ) ile yapılan görüşmede İSTAÇ’da katı atıkların toplanarak yakıldığı bilgisine ulaşılmıştır. Çevreye zararsız ve ekonomik bir yöntem olan geri dönüşüm yok etme yöntemleri içinde tavsiye edilmiştir. Geri kazanım sistemlerinde plastik atıkların kaynakları, ham plastik üreticileri, plastik ürün üreticileri ve tüketiciler olmak üzere üç ana kaynağa ayrılmıştır. Geri kazanım için önce plastik atıkların toplanması ve atık grubu içinde bulunan etiket, metal, kağıt, organik atık vb. farklı maddelerden arındırılması çalışmaları incelenmiştir. Geri dönüşüm öncesi yapılması gerekenlere son olarak plastik atıkların kendi içlerinde de türlerine göre sınıflandırılması eklenmiştir.

Malzemelerin Geri Kazanılması Hedefleri

Malzemelerin geri kazanılmasının temel hedefleri uzaklaştırılacak atık hacimlerinin azaltılması ve doğal kaynakların korunması olarak belirtilmiştir. Geri kazanım düzeyini yükseltmek için uygulanan tüketiciye yönelik faaliyetler, malzemelerin kaynağında ayrıldığı geri kazanım programları, malzeme geri kazanım tesisleri ve karışık atıkların işlenmesi çalışmaları açıklanmaktadır. Kaynağında ayırma işlemlerinde yerleşim birimlerinden geri kazanım, ticari geri kazanım, geri kazanılabilir atık kumbaraları ve geri satın alma merkezleri anlatılmış ve geri

kazanım tesisinde kaynağında ayrılmış malzemelerin tekrar ayırma işlemlerinden sonra depolandığı görülmüştür. Katı atıkların işlenme tesislerinde geri kazanılabilir maddelerin katı atıklardan ayırma işlemleri olan mekanik ya da manyetik teknikler özetlenmiştir. Kazanım seçeneklerinden kaynağında ayırım, geri kazanım tesisi ya da karışık atıkların işlenme tesisleri için bireysel katılımın ve kaynağında ayırma işleminin malzeme geri dönüşümünde önemi belirtilmiştir. Malzeme geri kazanım seçeneklerini her üçünde de kaynağında ayrılmış geri dönüştürülebilir atığın elde edilecek geri kazanılmış malzeme kalitesini yükselttiği görülmüştür.

Geri Kazanım Ön Koşulları ve Kriterleri

Geri kazanımın ön koşulunun toplama ve ayırma işlemlerinden oluştuğu belirtilmiştir. Toplam katı atık içindeki değerlendirilebilir bileşenler, hangi amaç ve yöntemle geri kazanılacak olursa olsun, atıkların düzenli ve ekonomik bir biçimde, belli bir yerde toplanması ve bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekil ve titizlikle ayrılmaları geri kazanımın ön koşullarını oluşturmaktadır. Toplama işlemi için kullanılan tüketiciye “getirme” ve tüketiciden “alma” yöntemleri açıklanmıştır. Toplama yapılan noktalarla toplama/ayırma yerleri arasındaki uzaklık, kişi başına düşen genel katı atık miktarı, kişilerin bilinçli olarak atık biriktirmeleri ve atık kumbaralarına ulaşımın yakın ve kolay olması toplama işleminin kriterleri olarak belirlenmiştir. Ayırma işlemi kaynakta ayırma, toplama sırasında ayırma ve merkezde ayırma maddeleri altında incelenmiştir. Ayırma işleminin dikkatli yapılmış olmasının geri dönüşüm süreci ve geri kazanılan hammaddeyi etkilediği görülmüştür. Geri kazanım kriterleri geri kazanım kapasitesi, toplama işlemine bağlı olarak maddenin kirliliğinin azaltılması, toplama ve ayırma yerleri arasındaki uzaklığın ekonomikliği ile ifade edilmiştir. Türkiye’deki geri dönüşüm uygulamaları konusunda bilgi verilmiştir. Türkiye’deki geri kazanım uygulamaları ve pilot bölgeleri konusunda ÇEVKO Vakfı genel sekreteri C. Neyim ile görüşülmüştür. Türkiye’de katı atıklara uygulanan işlemler anlatılmıştır. İstanbul’da yapılan gözlem ve incelemeler sonucunda, toplama işlemi kapıcı ya da el arabalı toplayıcılar ile yapılmakta, geri dönüştürülebilir atıklar çöp atık sahalarında diğer atıklar ile karışık olarak depolanmakta olduğu saptanmıştır. Çöp müteahhitleri belediyeden kiraladıkları alanlarda toplanan atıkları herhangi bir temizleme, sıkıştırma ya da kırma işlemi uygulamaksızın hurdacı, kırmacı ve granülcülere satmaktadır. Hurdacılar çöp müteahhitlerinden aldıkları

atıkları türlerine göre ayırıp, kırmacılara satmaktadırlar. Kırmacılar hurdacılardan aldıkları plastikleri granül haline getirip, ayırma havuzlarında yabancı maddelerden temizlemektedirler. Kırılmış plastikleri granülcülere satmaktadırlar. Granülcüler satın aldıkları plastikleri granül haline getirip plastik ürünler endüstrisine satmaktadırlar. Granülcüler, plastik üreticileri, plastik satış noktaları ve geri dönüştürücüler olmak üzere farklı sektörlerin Eminönü Küçükpazar’da oldukları saptanmıştır. Bu atölyelerin hemen hemen hepsi ilkel koşullarda üretim yaptıkları görülmüştür. Tüm bu incelemelerden Türkiye’deki geri dönüşüm çalışmalarının ilkel, düzensiz ve bilinçsiz olduğu görülmüştür.

Geri Kazanım Ekonomisinin Kriterleri

Geri kazanım ekonomisi kriterlerini endüstriyel alt yapının oluşturulması, geri kazanılmış ve tekrar işlenmiş ürünlerin pazarlanabilmeleri için araştırma ve geliştirme maliyetleri, üretici, tüketici ve yerel yönetimlerin katkılarının oluşturduğu görülmüştür. Ancak bu şekilde gerçekleşecek geri kazanımın ekonomik bir temele oturduğu belirtilmiştir. Türkiye’de plastik malzeme tüketiminin geri kazanım için yeterli miktarda olduğu, mevcut çalışmaların kayıt dışı olduğu ve plastik malzemelerin geri dönüşümü için sağlıklı alt yapı oluşturulması gerekliliği görülmüştür. Geri kazanılan malzemelerin İngiltere, Almanya, Fransa, İtalya, Japonya vb. ülkelerdeki uygulamaları ve kullanım alanları belirtilmiştir. Bu ülkelerde yapılan geri dönüşüm çalışmaları özetlenmiştir. Türkiye’deki geri dönüşüm çalışmaları, ayırma tesisleri ve geri dönüşümün ekonomik boyutu ifade edilmiş, geri dönüşüm sanayinin tam kapasiteli çalışabilmesi için daha fazla miktarda temiz malzemenin çöpten ayrı toplanması gerekliliği görülmüştür.

Bu çalışmada, her yıl 10 milyon otomobilin hurdaya çıkarıldığı ve Amerikan endüstrisinde otomobillerin geri dönüşüm konusunda en yüksek değer taşıyan ürünler olduğu gerçeği göz önüne alınarak otomotiv endüstrisindeki geri dönüşüm konusu üzerine yoğunlaşmıştır. Otomotiv endüstrisinde geri dönüşüm konusunun incelenmesinin bir diğer nedenini plastik malzemenin otomobillerde oldukça fazla ve gittikçe artan miktarlarda tüketilmesidir. Otomotiv endüstrisinde geri dönüşüm uygulamaları otomobillerde kullanılan plastik malzemeler ve bu malzemelerin geri dönüşüm sonrası kullanım alanlarıyla birlikte ele alınmıştır.

Otomotiv Endüstrisinden Örneklerinin Belirlenen Kriterlere Göre Analizi ve Değerlendirilmesi

Geri kazanımın ön koşulunun toplama ve ayırma işlemleri olduğu belirtilmiştir. Geri kazanım kriterleri geri kazanım kapasitesi, toplama işlemine bağlı olarak maddenin kirliliğinin aza indirgenmesi, toplama ve ayırma yerleri arasındaki uzaklığın ekonomikliği ile ifade edilmiştir. Geri kazanım ekonomisi kriterlerini endüstriyel alt yapının oluşturulması, geri kazanılmış ve tekrar işlenmiş ürünlerin pazarlanabilmelerinin oluşturduğu görülmüştür. Geri dönüşümden önce malzemelerin çeşitlerine göre ayrılması ve üzerindeki boya, etiket vb. maddelerden arındırılması gerekliliği gösterilmiştir. Ancak bu şekilde gerçekleşecek geri kazanımın ekonomik bir temele oturduğu belirtilmiştir.

Bilgi toplama safhalarından otomotiv endüstrisi ile ilgili olarak elde edilen bilgiler, geri dönüşümün tüm ön koşulları ve kriterleri dahilinde yapılan analiz çalışmasının bulguları dahilinde Tablo 8.4 ve Tablo 8.5 oluşturulmuştur. Tablo 8.4’de otomobilde kullanılan plastik malzemelerin sınıflandırılması yapılmış, kullanım alanları belirlenmiş ve geri dönüşüm sonrası kullanım alanları belirlenmiştir. Tablo 8.5’de otomobil firmaları geri dönüşüm organizasyonları karşılaştırması yapılmıştır. Bu analiz çalışması sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

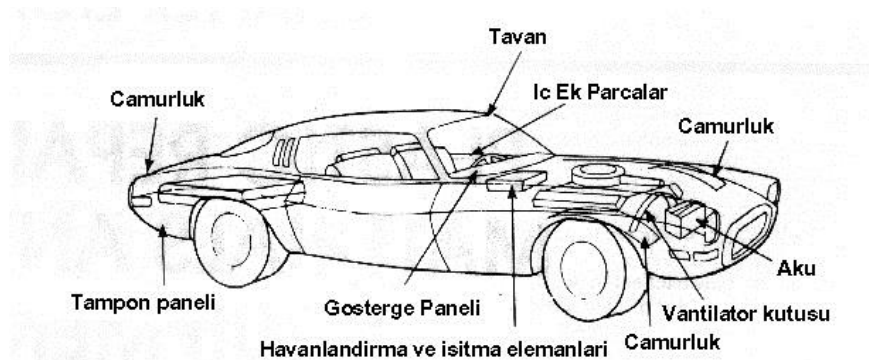
Otomotiv üreticilerinin otomobilde kullanılan plastik malzeme türlerini azaltma ve plastik malzeme kullanımını artırma yoluna gittikleri, otomotiv endüstrisinin birbirinden çok farklı özelliklere sahip elemanlarda ortak malzeme kullandığı, geri dönüşüm endüstrisi için en büyük sorunlardan biri olan yeterli malzeme bulunması sorunuyla otomotiv endüstrisinde karşılaşılmadığı ve otomotiv üreticilerinin tasarım kriterleri arasında geri dönüşüm, malzeme çeşitliliğini azaltma, parçaların kolay ayrılabilmesi, plastik malzeme kullanımının artması ve tekrar kullanım yer aldığı saptanmıştır. Plastik malzemelerin otomobil tasarımına olumlu yönde etkilerinin geri kazanılabilirlik, ekonomiklik, otomobilin toplam ağırlığında azalma, ses ve titreşim yalıtımı sağlaması, dayanıklılık ve paslanmazlık bulgularına ulaşılmıştır.

Otomobil üreticilerinin geri dönüşüm hedefleri, tasarım yaklaşımları, genel hedefleri ve geri dönüşüm uygulamaları karşılaştırılmıştır. Volkswagen, Ford, BMW ve Toyota firmaları arasında yapılan bu karşılaştırmada ortak uygulamalar görülmektedir. Firmaların tasarım yaklaşımlarında geri dönüştürülebilirlik, malzemelerin tekrar kullanımı, plastik malzemenin kullanımının artması, parçalara

ayırma analizleri ve otomobilin yaşam sonu iyileştirme çalışmaları yer almaktadır. Genel hedefleri arasında geri dönüşüm, malzeme seçimi, geri dönüşüm için aracın kolay parçalara ayrılması, geri kazanılmış malzeme kullanımı ve ürünlerin yaşam süresini uzatmak bulunmaktadır. Firmaların her birinin geri dönüşüm çalışmaları vardır.

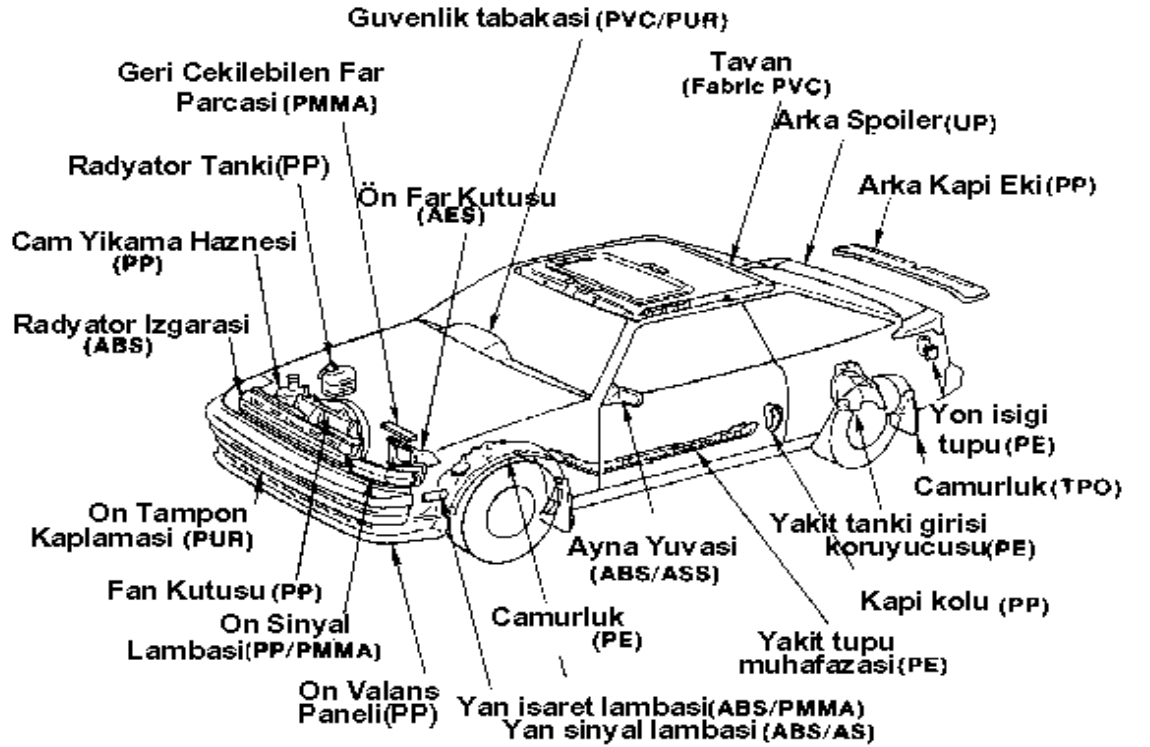
8. OTOMOTİVE ENDÜSTRİSİ'NDEN ÖRNEKLER

Günümüz otomobilleri eski otomobillere kıyasla, daha fazla plastik malzeme ve daha az metal malzeme içermektedir. Plastik malzemenin metal malzeme kadar geri dönüştürüldüğü gözönünde bulundurularak, yeni otomobil çağında daha fazla atık miktarının olduğu görülmektedir. Her yıl 10 milyon otomobil hurda olmakta ve parçalara ayrılıp (sökülüp) granül hale getirilmektedir [66]. Metal malzemeler tekrar kullanılmak üzere iyileştirme işlemine tabi tutulurlar. Arta kalan metal olmayan parçalar, Automobile Shredder Residue (ASR), otomobil artık parçaları olarak adlandırılmaktadır. Bunlar geri dönüştürülebilecek malzemeler içerdiği halde genellikle yok etmek için araziye gömme işlemi uygulanmaktadır [60]. Günümüzde İngiltere'de 27 milyon araç bulunmaktadır. Her yıl 2 milyondan fazla araç trafiğe eklenirken 2 milyondan daha az sayıda araç hurda olarak ayrılmaktadır [64]. 1998 yılında 1.8 milyon aracın kaza ve yaşlılık durumundan yaşamları sona ermiştir [65]. Araç miktarındaki artış bu şekilde devam ettiği sürece, her bir araç için "End of Life of Vehicle" (ELV)'nin geri dönüşümünün maksimum olması atık miktarının azalmasını sağlayacaktır. Yine her yıl İngiltere'de 3-5 milyon ton ASR üretilmektedir. Bunun 1milyon tonu Poliüretan ve 750 bin tonu termoplastik içermektedir [53,55,63]. Automotive Consortium on Recycling and Disposal (ACORD) 1998 raporu İngiltere'de hurda araçların % 74'ü (hurda malzemenin %64'ü geri dönüştürülmekte, % 10'u tekrar kullanılmakta) iyileştirildiğini göstermektedir [67].



Şekil 8.1 Bir Otomobilde Plastik Malzeme Kullanım Alanları [53]

Otomotiv ve plastik endüstrisindeki bir çok bilim adamı ve mühendis otomobillerde kullanılan plastik malzemenin artması, otomobillerin geri dönüşümü ve otomobilin ELV konuları üzerinde çalışmalar yapmaktadır. ABD’de American Plastics Council ve Vehicle Recycling Partnership (VRP) işbirliği yapmaktadırlar. Bu işbirliği otomobil üreticileri ve Amerikan hükümetince desteklenmektedir. 5 yıldan fazla süredir ELV için plastik geri dönüşüm teknolojisi araştırmaları desteklenmekte ve yürütülmektedir. Buradaki amaç ekonomik ve sürdürülebilir teknolojiler geliştirmektir. Amerikan endüstrisinde otomobiller geri dönüşüm konusunda en yüksek değer taşıyan ürünlerdir. Endüstri her bir yıl için, genellikle parçalara ayrılmış otomobillerden 18 milyon ton hurdayı geri kazanmaktadır [39]. Şekil 8.2’de bir otomobilde kullanılan plastik malzemeler görülmektedir.



Şekil 8.2 Bir Otomobilde Kullanılan Plastik Malzeme Çeşitleri ve Uygulama Alanları [53]

1980’lerin sonu 1990’ların başında Avrupa Komisyonu “Priority Waste Streams Programme’ı” başlatmıştır. Bu program altında, ELV’nin tekrar kullanım ve geri dönüşüm çalışmaları desteklenmiş ve 1995 yılında Avrupa Komisyonu tarafından zorunlu hale getirilmiştir. Direktifler, Avrupa Birliği Üyelerinden aşağıdakileri talep etmektedir:

- 1 Ocak 2007 tarihi itibariyle her bir araç için araç ağırlığının minimum %85'i tekrar kullanılacak ya da iyileştirilecek, 2015 tarihi için bu hedef %95 olacak.
- 1 Ocak 2006 tarihi itibariyle her bir araç için araç ağırlığının minimum %80'i tekrar kullanılacak ya da geri dönüştürülecek, 2015 tarihi için bu hedef %95 olacak.
- 1 Ocak 2006 tarihi itibariyle 1 Ocak 1980 tarihinden önce üretilmiş araçların minimum %75'i tekrar kullanılacak ya da iyileştirilecek ve %70'i tekrar kullanılacak ya da geri dönüştürülecek [39] .

Society of the Plastic Industry'nin , İngiltere, 1998 basımlı Gerçekler ve Değerler'ine göre Tablo 8.1.'de görülen miktarlarda plastik otomobil pazarına gitmektedir (değerler milyon pound cinsindendir) [62].

Tablo 8.1. Otomobil Pazarına Giden Plastik malzeme Miktarı (kg) [62]

Ana Pazar	1993	1994	1995	1996	1997
Ulaşım	3221	3795	3916	3964	4102
Toplam	63636	70799	71194	78748	82715
%	5.1	5.4	5.5	5.0	5.0

Market Search, Inc., Toledo,Ohio kurumunun Otomobil Plastik Raporu'na göre ne miktarda plastik malzemenin otomobilde yer aldığı Tablo 8.2'de belirtilmektedir [62].

Tablo 8.2. Otomobildeki Plastik Malzeme Miktarı (kg) [62]

Malzeme	1977	1987	1992	1997	1998
Plastik	168.0	221.5	243.0	242.0	243.5
Toplam Araç Ağırlığı	3665.5	3178.0	3135.5	3248.0	3261.5
%	4.6	7.0	7.7	7.5	7.5

1967-1988 yılları arasında araç ağırlığına oranla plastik kullanımı % 2'den % 10'lara yükselmiştir. Bu gelişmenin büyük bir kısmı özellikle güçlendirilmiş polimerler ile sağlanmıştır [44]. 1975'de plastik malzeme otomobil ağırlığının % 3'ünü oluşturmaktayken, geçen yıllar içerisinde plastik malzeme otomobilde bir çok yerde kullanılmaya başlanmıştır [46]. Tamponlar, çamurluklar, enstrüman panelleri, ek paneller vb. bölümler plastik malzemeden üretilmektedir. Bunun ana sebebini güçlendirilmiş plastik malzemenin çelik kadar güçlü olmasıdır. Bir çok plastik türü korozyona karşı dayanıklıdır. Yeni bir çalışma olan Market Search, Inc. of Toledo, Ohio son yıllardaki büyümenin sadece bir başlangıç olduğunu söylemektedir [52].

General Motors APV kamyonu fiber-glass ile güçlendirilmiş plastik gövdesi, poliüretan çamurlukları ile plastik kullanımı konusunda patlama yapmıştır. Popüler bir araç olan Pontiac Fiero tüm dış gövdesi değişik plastiklerden oluşmaktadır. Bu sektörde beklenen diğer gelişmeler yakıt tankları, yakıt alışı manifoldu, kompozit yaylar, tamponlar, enerji soğurma sistemleri ve en son olarak tüm otomobil kasasıdır [45].

Karbon fiber ya da grafit fiber'in yarış otomobillerinde popüler ve ilerlemiş modellerde (concept) özel olarak kullanılmalarından toplu üretime kadar uzun bir yol alınmıştır. McLaren Cars Limited karbon fiber gövde panelleri ve şasi parçalardan oluşan F1 yarış otomobilleri üretmektedir. Ettore Bugatti Company, EB110 "supercar" modeli şasisinde yine aynı malzemeyi kullanmaktadır [47].



Şekil 8.3 McLaren Roadster [47]



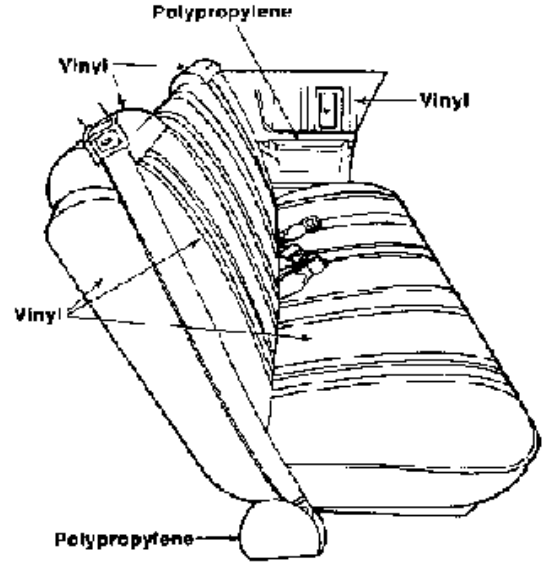
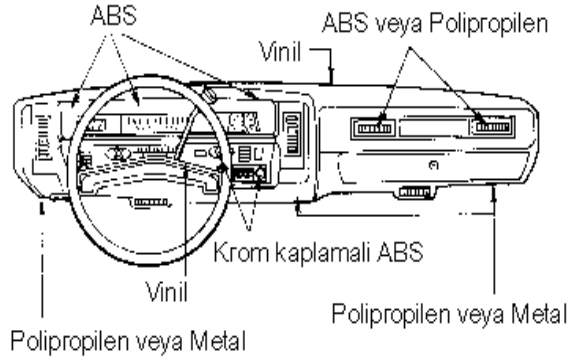
Şekil 8.4 McLaren F1GTR [47]



Şekil 8.5 Ettore Bugatti EB110 [47]

1992’de karbon fiberleri çelikten 115 kat daha pahalı iken, bu oran günümüzde 6 kat daha pahalıdır [48]. Yüksek dayanıklılığa sahip termoplastik malzemelerin kompozit olarak otomobillerde kullanımlarının artmasının ana nedeni geri dönüştürülebilir olmalarıdır.

Motor, vites ve fren sistemleri elemanları gittikçe artan miktarlarda plastik malzemeden üretilmektedir. Özellikle yarış otomobillerinde ve diğer otomobillerde manifold girişleri ve vites kutusu üretiminde plastik malzeme kullanımı günden güne artmaktadır [50,51]. Metal olmayan radyatör tankı ve yakıt tankı üretimi günümüzün önemli üretimlerinden olmuştur [44,52].



Şekil 8.6 ve Şekil 8.7 Plastik malzemenin otomobil iç mekanında kullanımından örnekler [53]

Plastik malzemenin metal malzemeye göre daha hafif oluşu Amerikan Otomobil Üreticileri'nin yakıt tasarrufu açısından, ağırlık azaltma programı dahilinde plastik malzemeyi tercih etmelerinin sebebidir. Bütün göstergeler plastik gövde parçalarının yeni uygulamalarla otomobillerde daha fazla yer alacağını göstermektedir [49]. Şekil 8.6 ve Şekil 8.7 otomobilde kullanılan plastik parçaları göstermektedir.

Otomobillerde plastik malzemelerin kullanımının atması çarpışma sonrası hasar tamiri konusunda yeni araştırmaların yapılmasına sebep olmaktadır. Bir çok hasarlı plastik parça ekonomik olarak tamir edilebilmekte ve tekrar kullanılabilir.

8.1. Otomobil Plastikleri Çeşitleri

Günümüz otomobil üretiminde iki çeşit plastik kullanılmaktadır:

Termoplastikler : Bu plastikler kimyasal özelliklerinde değişme olmaksızın ısıtma ve soğutma işlemleriyle hızlı bir şekilde yumuşamaya ve sertleşmeye yeteneklidirler. Isı uygulandığında yumuşarlar ve erirler, bu özellik plastik kaynak yapabilme imkanı verir.

Termosetler: Bu plastiklerin ısısal ve ultraviyole etmenler altında kimyasal özellikleri değişmektedir. Kalıcı bir şekil verildiklerinde oldukça dayanıklıdır. Termosetlere plastik kaynak uygulaması yapılamaz ancak yapıştırılabilirler.

Scharff ve Caruso “Complete Automotive Welding Metals and Plastics”de General Motors’un otomotiv endüstrisinde kullanılan 79 çeşit plastik malzeme olduğunu 1980’de yayınladığı bilgisini vermektedirler. Bu kadar çok çeşitli plastik malzemesinin kullanılması uygulanacak geri dönüşüm işlemleri açısından büyük önem taşımaktadır. Plastik malzemelerin her birine aynı bitirme işlemlerini uygulamak ve aynı sonuçları elde etmek mümkün olmayacaktır. Yanlış kullanılan plastik malzeme türü sonucu etkilemektedir. Bu konudaki en iyi yöntem plastik türlerinin otomobilde nerelerde kullanıldığını bilmekten geçmektedir. Bu şekilde aynı aileden olan plastik türlerinin nerelerde kullanılabileceği konusunda fikir sahibi olunabilir [53]. Tablo 8.3’de otomobilde kullanılan plastik parçaları göstermektedir. Plastik uygulama alanlarının bilgisini üretici firmaların rehber kitaplarında da bulmak mümkündür.

Tablo 8.3. En çok uygulanan plastiklerin standart sembol, kimyasal adı, marka adı ve tasarım uygulamaları [53]

Sembol	Kimyasal Adı	Genel Adı	Tasarım Uygulamaları	Termoset/ Termoplastik
ABS	Akrilonitril-butadien-sitren	ABS, Sikolak, Abson, Lustran, Kralastik, Dyle	Gövde panelleri, Kontrol paneli, Far yuvaları, Izgaralar	Termoplastik
ABS/MAT	Fiberglass ile güçlendirilmiş sert ABS	-	Gövde Panelleri	Termoset
ABS/PVC	ABS/Polivinil Klorid	ABS Vinil	kapı ekpanelleri	Termoplastik
EP	Epoksi	Epon, EPO, Epotuf, Araldit	Fiberglass Gövde Panelleri	Termoset
EPDM	Etilen-propilen-dien-monomer	EPDM, Nordel	Tampon iç destekleri, Gövde panelleri	Termoset
PA	Polyamid	Naylon, Capron, Zytel, Rilsan	Dış ek panelleri	Termoset
PC	Polikarbonat	Lexan, Merion	Izgaralar, Gösterge panelleri, Mercekler	Termoplastik
PRO	Polipilenoksit	Noryl, Olefo	Izgaralar, Far Yuvaları, Süslemeler	Termoset
PE	Polietilen	Dylan, Marlex,	İç çamurluk panelleri, iç ek	Termoplastik

		Fortiflex, Paxon	paneller	
PP	Polipropilen	Profax, Olemer, Aydel, Dypro	İç mekan şekilleri, İç ek parçalar, İç çamurluk, Radyatör örtüsü, Gösterge paneli, Tampon kaplamaları	Termoplastik
PS	Polistiren	Lustrex, Dylene, Styron, Fostacryl	-	Termoplastik
PUR	Poliüretan	Castethane, Bayflex	Tampon kaplamaları, Ön-arka gövde panelleri	Termoset
TPU	Poliüretan	Pellethane, Estane, Royle, Texin	Tampon kaplamaları, Çakıl yansıtıcıları, Dolgu panelleri	Termoplastik
PVC	Polivinil klorid	Geon, Vinylete, Pliovic	İç mekan ek parçaları, Yumuşak dolgu paneller	Termoplastik
RIM	Reaction Injection Molded Poliüretan	-	Tampon kaplamaları	Termoset
R RIM	Reinforced RIM- Poliüretan	-	Dış gövde panelleri	Termoset

8.2. Geri Dönüşüm Uygulamaları

Aracın uzun süreli yaşam döngüsü göz önüne alınarak otomobilin geri kazanımı düşünüldüğünde, kalite ve paslanmazlık en önemli özelliklerdir. Bu yaşam döngüsü içerisinde, termoplastik malzemeler geri kazanılma çalışmalarında önce çevrenin kimyasal etkileri, yapıştırıcı, boya, ultraviyole ışınlar, sıcaklık değişimleri ve kir vb. etkilere maruz kalmaktadır.

Üretim yöntemleri parçaların dağıtılması ve pazarda yerini alması sırasında değişmektedir. Üreticiler rekabetçi ve üretken kalmak yerine bugün daha çok araç parçaları birleştirmektedirler. Parçaların dağıtım sorumluluğu malzeme sağlayan kişilere teslim edilmiştir. Bu durum, termoplastikler için bütünleşme imkanı ve düşük yatırım maliyeti fırsatları sağlamış ve geleceğin araç geri kazanımcıları olan araç parça ayırıcılarına yardımcı olmuştur.

Parçaları ayırmak için yapılan tasarım, montaj tasarımı kadar önemli hale gelmiş, tamir sistemleri bu zincirin önemli bir halkası olmuştur. Genellikle modüller mekanik işlemlerle aracın üzerine yerleştirilmektedirler. Bu bütün bir modülün hızlı bir şekilde parçalara ayrılmasına imkan sağlamaktadır [30].

Modülün kendi içinde parçaları yapılmış ve monte edilmiştir. Bir birine uymayan malzemeler kullanıldığında, parçalara ayırma işlemi için farklı yöntemlerin kullanımı gerekli olmaktadır. Örneğin,

- Sıkı geçme
- Vidalama/ Cıvata (mekanik işlemler)
- Kaynak yöntemleri kullanılabilir.

Bununla birlikte birbirine uygun malzemedan parçaların montajı şu yöntemler uygulanarak yapılmaktadır:

- Sıkı geçme (tek yönlü)
- Kaynak (Ultrasonik, Ayna, Titreşim)
- Yapıştırıcı (uyumlu)
- Plastik Bağlayıcı (uyumlu).

Parçalarda, sık kullanılan malzemeler stratejisinin üreticiler tarafından kullanımı, özellikle belirli alanlarda artmaktadır. Örnek olarak, özellikle benzer çevrede bulundukları için iç mekan elemanları verilebilir. Bu stratejiler geri dönüşüm ve hurda malzemeyi kontrol ederek, bunu takip eden benzer uygulamalarla birlikte, geri dönüşümcülerin ve parça ayırıcılarının işini büyük ölçüde basitleştirecektir. Ana engel uyumlu olmayan plastiklerin kapak ve katmanlarda yoğun olarak kullanılmasından kaynaklanır. Otomobiller termoplastiklerin geri kazanımı için elverişli üç ayrı alan göstermektedirler. Bu alanlar otomobil iç mekanı, dış mekanı ve elektro-mekanik sistemleridir [30].

8.2.1. Otomobil İç Mekanı

Parçalar, benzer iç uygulamalara , çalışma alanlarına, performans gereksinimlerine ve geri dönüştürülmeye ihtiyaç duymaktadırlar. Parçaların ömürleri, tüm aracın ömrü gibi 15 yıla kadardır. İç mekanın aşırı kullanım ve kaza hasarlarının verdiği zararlara karşı dayanıklılığı garanti edilemez.

Geri kazanılmış malzemedan kaynaklanabilecek yüzey kalitesinin kaybı kaplama sistemleriyle birlikte giderilmektedir. Yumuşak dokulu boyama tekniklerinin kontrol panelinde kullanılması, uygun katmanların tekrar şekillendirilerek kapı panellerinin yapılması ve tekstil kaplamasının vites yüzeyinde yer alması gibi yapılan

uygulamalarla sağlanmaktadır [52]. Şekil 8.8’de iç mekan elemanının geri dönüşümü şeması verilmiştir.

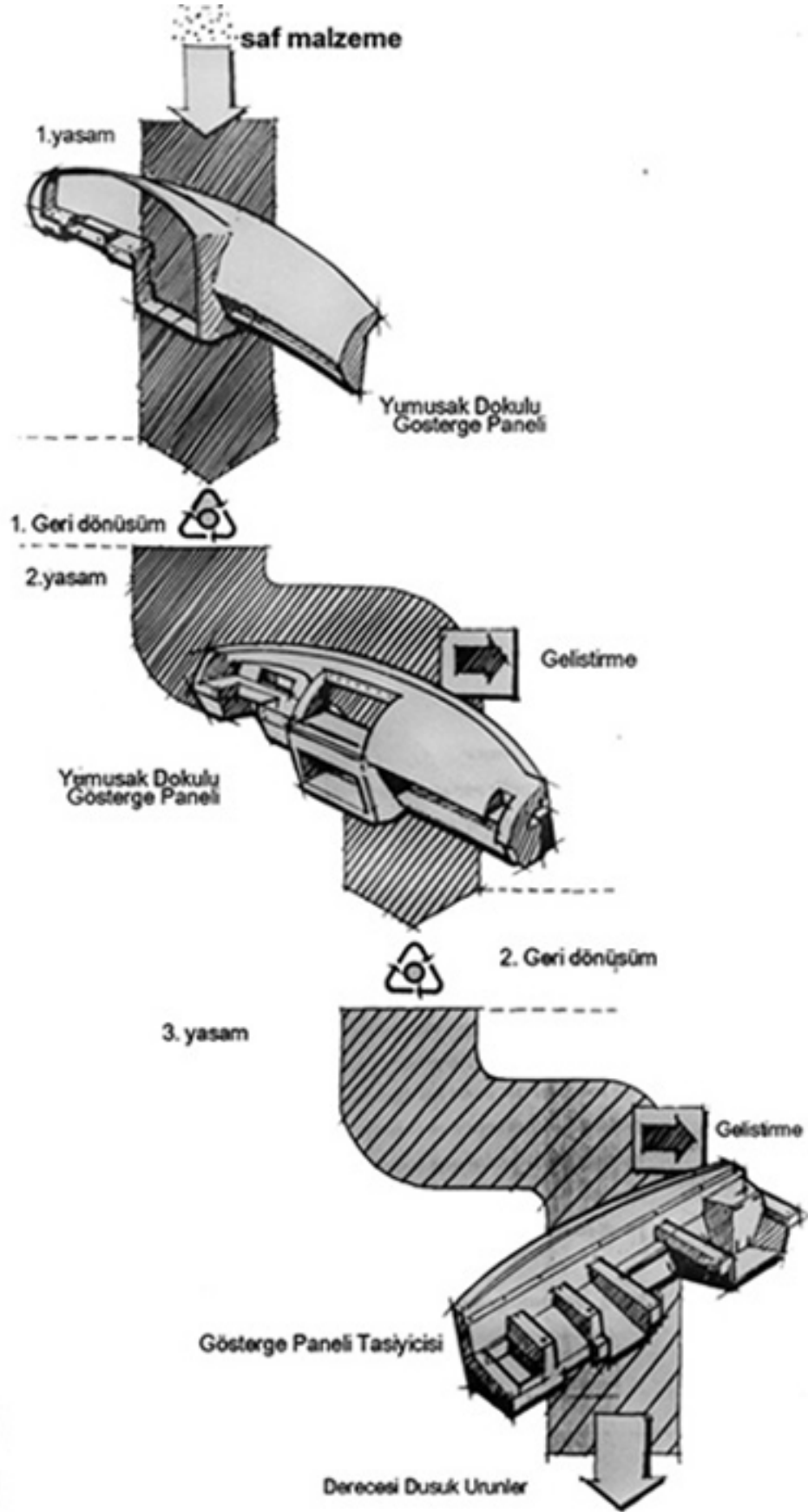
8.2.2. Otomobil Dış Mekanı

Uzun süreli çevre etkisine açık kalma, sıcaklık değişimleri, kirlilik doygunluğu vb. malzemenin özelliklerini ve bu nedenle geri kazanım kalitesini düşürmektedir. Boya ve astar uygulamalarının birlikteliğinin sonucu olarak boya kaldırma (kazıma) ya da uygun sistemlere gelişmiş teknolojiye paralel olarak termoplastik malzeme geliştirme mühendisliğine duyulduğu kadar ihtiyaç duyulmaktadır [22].

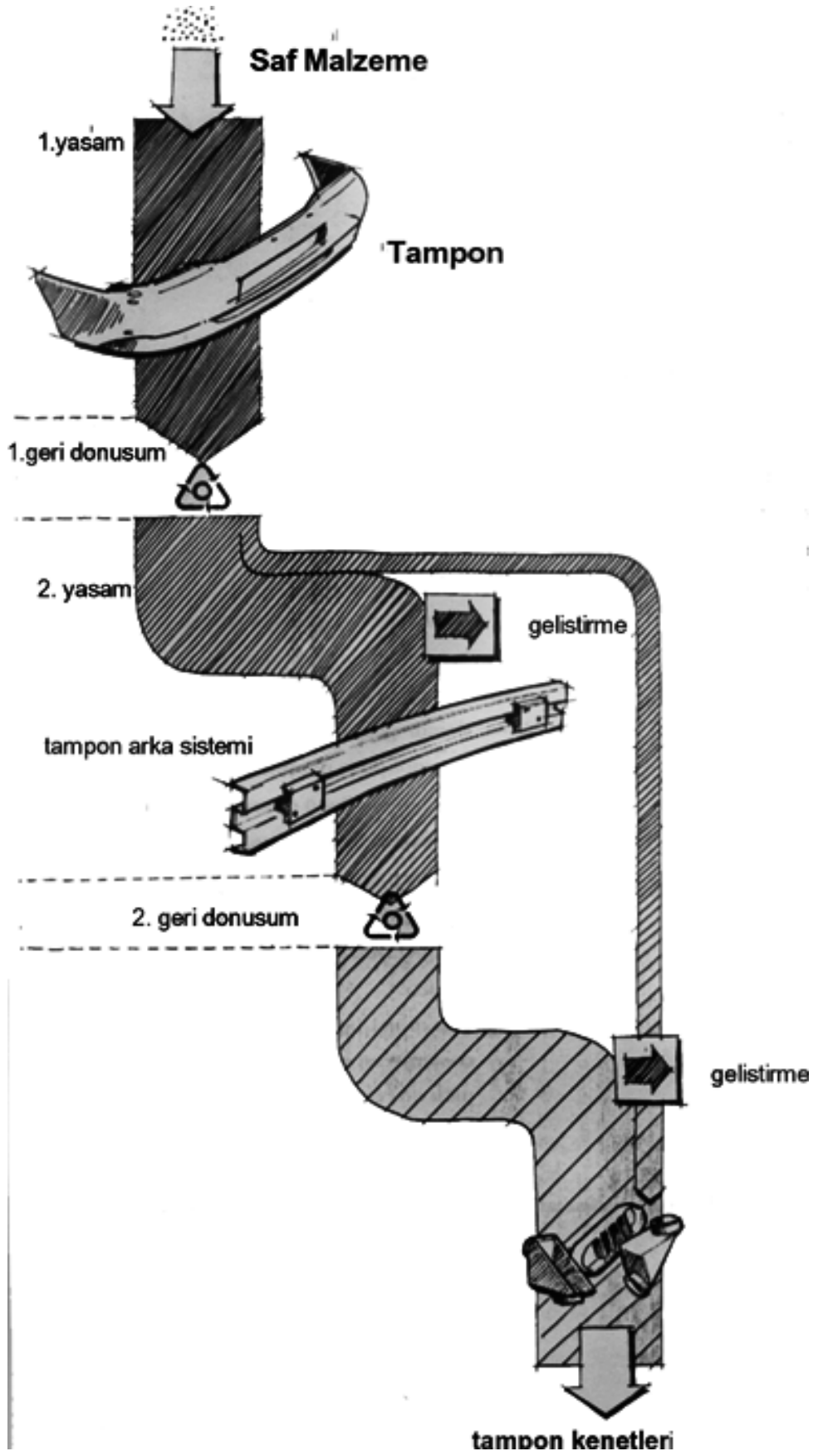
Geri kazanılmış elemanlardan elde edilmiş diğer malzemeler tampon yüzeyi ve yarı strüktürel elemanlar üretiminde kullanılmaktadırlar. Diğer kullanım alanlarına tampon arka plakası, akü tablası, ikincil destekler ve plastik eşyalar ile rekabet halinde olan kaplama şekillendirmeleri örnek olarak verilebilir [41]. Şekil 8.9’da dış mekan elemanının geri dönüşüm şeması yer almaktadır.

8.2.3. Otomobil Elektro-Mekanik Sistemleri

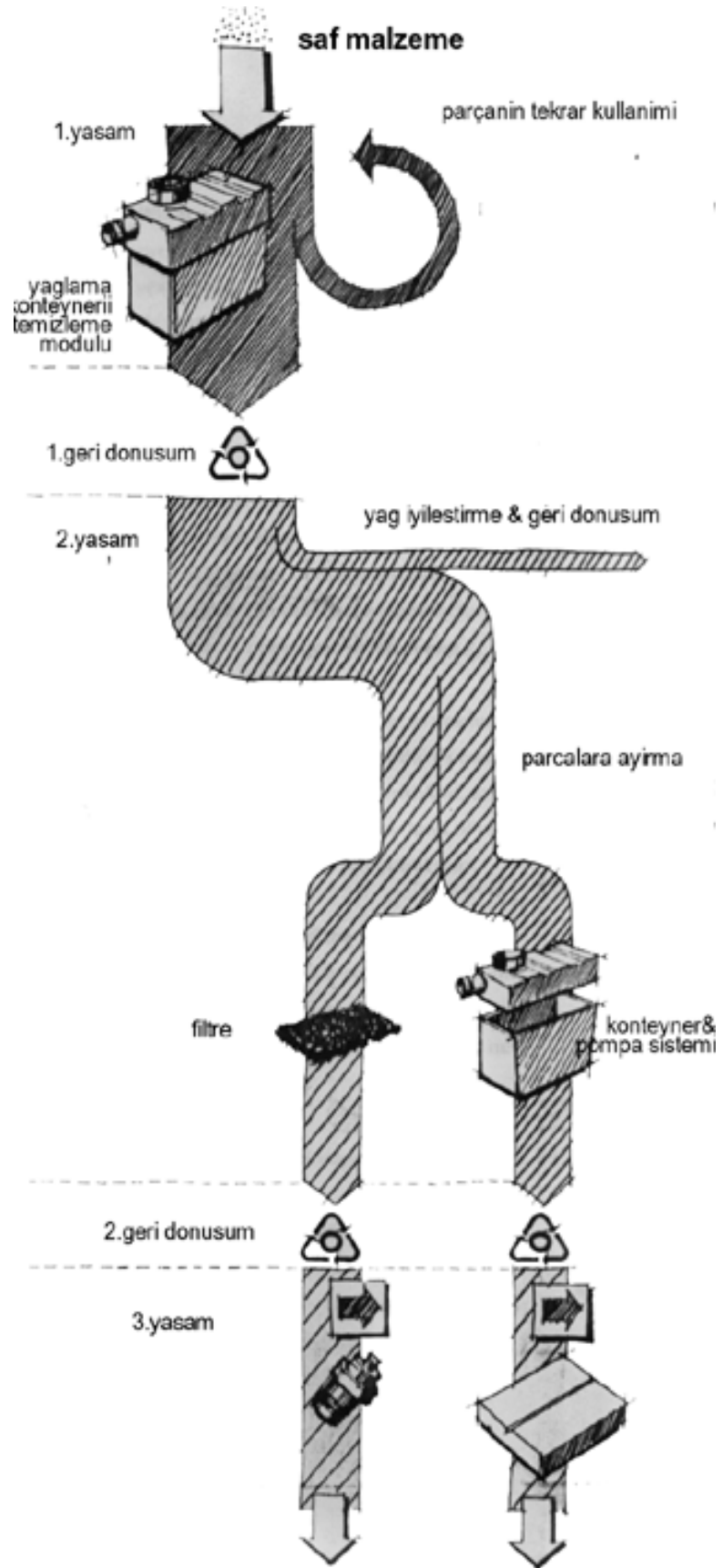
Aşırı kirlilik, yüksek değerlerde ısı ve basınç altında soğutma işleminin yok olması, yağ ve yakıt otomobil elektro-mekanik sistemleri ile birlikte akla gelen problemlerdir. Mühendislik termoplastiklerinden konteyner ve yenilenebilir akışkanlara filtre olarak yararlanılmaktadır. Yüksek kaliteli malzemeler daha iyi bir performansla birlikte geri dönüşümden önce tekrar kullanıma izin vermektedirler. Buna en iyi örnek olarak termoplastik modüler yağ deposu ve filtre sistemi verilebilir. Sızdırmazlık gibi özelliklerin önem kazandığı kimyasalların depolanmasında yüksek özellikli malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, akü, geri kazanılabilir ve tipik yenilenebilir (bir yıldan daha az bir sürede) bir elemandır [53]. Şekil 8.10’da elektro-mekanik sistem parçasının geri dönüşüm şeması bulunmaktadır.



Şekil 8.8 Otomobil gösterge paneli geri dönüşüm şeması [30]



Şekil 8.9 Otomobil tampon paneli geri dönüşüm şeması [30]



Şekil 8.10 Otomobil yağlama konteyneri geri dönüşüm şeması [30]

8.2.4. Otomobil Plastik Malzeme Uygulamaları

8.2.4.1. Otomotive Göstergeleri (Enstrüman Panel Modülü)

Göstergeler malzeme stratejisinin gelişimini, uygun malzemelerin bir arada kullanımı ile kanıtlamaktadır. Göstergeler şekli oluşturan bir modül içerisinde bir çok fonksiyonu kapsamakta ve minumum parçalara ayırma işlemi ile geri dönüştürülebilmektedir.

Göstergeler, panel üzerine yerleştirilen boyanmış çok sayıda parçanın, panel arkasındaki strüktürle bir araya gelmesinden oluşmaktadırlar. Gösterge panellerinde ABS, ABS/PC alaşımları, PC, PP ve PPE plastikleri kullanılmaktadır. Bu plastik malzemeler kompleks tasarımlara izin verir. Örnek olarak hava yastığı(air-bag) yuvası, gösterge yuvası, gösterge parçaları ve otomobil içinde kullanılan ek dekorasyon elemanları verilebilir. Bu plastikler, panel yapımında destek amaçlı kullanılan metal malzeme ihtiyacını ortadan kalmakta, maliyeti düşürmekte ve ağırlığı azaltmaktadır.

Gösterge paneline eklenen tek ünite parçaların her birinde TPU ve PP plastiklerin tüm çeşitleri kullanılabilir. Bu malzemelerin kullanımı ile, renklendirme işlemi üretim esnasında yapılmakta , bu sayede boyamaya ihtiyaç duyulmadığından üretim maliyeti düşük olmaktadır. TPU ve PP plastikler parçaları kolayca geri dönüştürülmektedir [44].

Gösterge panelinin strüktürü, cam elyafı takviyeli injeksiyon kalıplama ile şekillendirilen Noril reçinesinden yapılmaktadır. Bu uygulamada injeksiyon kalıplama tekniğinin kullanılması, modül içinde yer almasına ihtiyaç duyulan kablo, sürüş takımı, ve ısıtma sistemi vb. parçaların birleşimine izin vermektedir. Aynı zamanda bu malzeme parçalara sağlamlık kazandırmaktadır [42].

Bu tür uygulamalardaki yüksek maliyet aynı elemanın bir çok araçta kullanımı ile dengelenebilir.

Hava kanalları tek parça olarak, üfleme şekillendirme ile Noril malzemesinden montaj ve şekillendirme sürecinde ekonomik olarak üretilmektedir. Gösterge panelleri yüzeyi, sıcak olarak şekillendirilmiş yumuşak ve uyumlu bir tabaka ile kaplanmaktadır. Tüm bunlara ek olarak, örneğin torpido ve paneller gibi geri kazanıldıktan sonra taşıyıcı malzeme olan parçalar geri dönüşüm halkasını

tamamlamaktadırlar. Geri kazanımda büyük değeri olan bu sökülebilir elemanlar, bütün bir gösterge panelini değiştirmeksizin tamir imkanı yaratmaktadır.

Araçta bulunan modüllerin, performans ihtiyacı gereği, üretim süreci içerisinde montaj kadar, parçalara ayırma sürecinin de kolay ve kısa süreli olması gerekmektedir [41].

8.2.4.2. Otomotive Ön ve Arka Tampon

1925 yılından başlayarak ön ve arka tampon tasarımı otomobil elemanları arasında standart uygulama olmuştur. Otomobilin ön ve arkasında kullanılan basit metal tamponlar, daha sonraları düşük hızdaki çarpmalara karşı koruyucu, otomobilin ayrılmaz bir parçası olan karmaşık mühendislik elemanına dönüşmüştür. Çoğunlukla modern plastik tamponlar termoplastik olefinlerden (TPOs) PC, PP, TPU, PAI ya da bu plastiklerin karışımından oluşur. Cam lifi bu elemanlarda güç ve strüktür sağlamlığı için kullanılmaktadır [33].

Plastik malzemelerin doğayı koruma konusundaki davranışlar çerçevesinde geri dönüşümlerine ilgi artmıştır. Kaynakları kirletmemek ve hurda malzemeleri geri kazanmak, çevresel kaygılar geri dönüşüm için iki güçlü neden oluşturmaktadır [26]. Otomobil parçalarının geri kazanılabilirliği ambalaj atıkları kadar önem kazanmaya başlamıştır. Bir çok otomobil üreticisi için, geri dönüşüm, malzeme seçiminden önce yüzleşmeleri gereken bir konudur [35]. Otomobil üreticileri polimer malzeme kullanmaya gittikçe artan bir ilgi göstermektedirler. Araçlarda kullanılan plastik malzemeler arasında, PP tamponlar büyüklükleri nedeniyle geri dönüşüm için caziptir [36]. PP plastiklerin tamponlarda kullanımı üretim ve geri dönüşüm kabiliyetleri nedeniyle artmaktadır [37]. TPO bileşimlerinin, EPDM ve PP plastikleri karışımlarının, düşük maliyetleri ve geri dönüşüm kabiliyetleri nedeniyle kullanımları artmaktadır. Tamponların geri dönüştürülmesinden elde edilen plastik malzemeler birçok konuda ve hatta yeni tampon olarak uygulama alanları bulmaktadır [35].

Plastik malzemenin tamponlarda ve panel sistemlerinde kullanılması, tasarımcıya aracın prototipi tasarlanırken ve model geliştirilirken büyük özgürlük kazandırmaktadır. Plastik, estetik ve fonksiyonel amaçlar doğrultusunda üretim maliyetini göz ardı etmeksizin şekillenebilir. Plastik tamponlar, onu metal kadar darbeye kuvvetli kılan desteklere sahiptir. Aynı zamanda plastik tamponlar metal

tamponlara göre daha ucuzdurlar. Plastik tamponlar genellikle normal sıcaklık altında metal tamponlarla aynı oranda genişleme yetisine sahiptir ve montaj için özel elemanlara ve çözümlere ihtiyaç duyulmaz [38].

Geri kazanılan bazı plastikler tampon ve panel sistemlerinin yapımında kullanılır. Bu da üreticilere hurda plastikleri en iyi şekilde kullanma imkanı verir. Yeni geri dönüşüm programı tamponların üretiminde TPO hurdaları kullanılmaktadır. Yapılan araştırmalara göre geri dönüştürülmüş plastiklerden üretilen tamponlar saf plastiklerden üretilen tamponlarla aynı performansı göstermektedir. Bu uygulamayla yüzbinlerce pound değerindeki hurda plastik birinci sınıf plastik gibi değerlendirilebilmektedir ve bu da üreticilerin üretim maliyetini düşürmektedir.

Otomotive uygulamalarının geniş ihtiyaçlarına bakıldığında, ortak malzeme kullanma stratejisinin tüm sistem içerisinde pek uygun olmadığı görülmektedir. Ön ve arka tampon uygulamaları buna iyi birer örnektir.

Tamponlarda kullanılan yarı strüktürel parçanın, tampon modülü ve gövde arasında montajı ve tolerans değerleri çok önemlidir. Tampon modülü ve yarı strüktürel parça ve diğer elemanlar TPO plastiklerden üretilmektedirler. Tüm ön modül; tampon sistemi, farlar, radyatör ve ızgarayı içermektedir. Tampon sistemi ayrı modül şeklinde ele alınmakta ve istenen kriterlere bağlı olarak örneğin, boyama, performans ve aracın boyutu vb., bir çok plastik malzeme kullanımını mümkün kılmaktadır [34].

Tamponlarda geri dönüşüm için ayırma işlemi büyük bir başarı kazanmıştır. Bu işlem oldukça basit olup, hiçbir tamir işlemi gerektirmeksizin öğütme işlemi (granül haline getirme) uygulanmaktadır. Farlar, radyatör ve diğer ikincil parçalar ayrı üniteler oldukları için kolayca sökülmemektedirler. Aynı zamanda, bu özellik geri dönüşüm açısından önemli bir değer taşımaktadır.

Geri kazanım sürecinden sonra tampon yarı strüktürel elemanlara dönüştürülmektedir. Bateria kutusu, gürültü kalkanı ve yüzey bitirme ihtiyacı duymayan diğer parçalar geri kazanılmış tamponlardan üretilmektedirler [33].

8.2.4.3. Yüzey Panel

Plastik yüzey paneller çelik ve alüminyum strüktürlere göre çok avantajlıdır. Metal paneller dış etkilere karşı dayanıksızken plastik yüzey paneller bu zararlara karşı oldukça dayanıklıdır. Yüzey paneller için kullanılan bir çok çeşit plastik sistemleri vardır. Bunlardan en önemli üç tanesi SMC (Sheet Moulding Compound, termoset

polyester tabaka), RIM-Üretan (Reaction Injection Moulding, içerisinde üretan reçinesi enjekte edilmiş termoset dökümü) ve termoplastik sistemlerdir (diğerlerinin yanında termoplastik olefinleri içerir). Bu üç teknoloji içinde güçlü bir strüktürel yapı için cam lifi ile güçlendirilmiş plastikler kullanılır. Plastik yüzey panellerin (SMC) ilk kullanıldığı araç Chevrolet Corvette'dir. Daha sonra bunu Pontiac Fiero'da (RIM) kullanımı izlemiştir. General Motor'un Saturn line modeli termoplastiklerin ilk kullanıldığı modeldir [44].

Geçmişte plastik yüzey panelleri genellikle SMC den yapılmaktaydı. Üreticiler SMC yüzey panellerinin üretim maliyetini alüminyum ve çelik panellere kıyasla daha ekonomik olduğunu saptadılar. SMC'nin kullanılması, çelikten daha hafif olması ile otomobilin toplam ağırlığının azalmasına, yol ömrünün uzamasına ve çevreci bir yaklaşıma imkan sağlamıştır. Buna ek olarak, mevcut üretim bantlarından SMC ye geçişte çok fazla değişikliğe ihtiyaç olmadığı gibi, SMC yüzeyler çelik yüzeylerle karşılaştırıldığında korozyona karşı daha dayanıklı olduğu görülür. SMC torpido ve tamponların üretiminde verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

RIM tampon ve torpido üretiminde başarılı bir şekilde kullanıldığı gibi, yüzey panelleri üretiminde de kullanılır. RIM, SMC den daha hafif olmasına rağmen strüktürel sağlamlık açısından daha zayıf kalır(ılave edilen cam lifi miktarına bağlı olarak). Otomobil üreticileri arasında, gelişmekte olan RIM plastik yüzey panel uygulamaları oldukça günceldir [48].

10 yıl önce GM Satürn modeli termoplastik sistemin endüstriye birinci kalite, termoplastik kapı paneli olarak girişinde öncü olmuştur. Daimler Chrysler plastik yüzeylerden oluşan otomobili tasarlama ve üretim kararı almıştır. DaimlerChrysler Composite Concept Vehicle (CCV)'ı 94 yılında enjeksiyon döküm yöntemi ile üretilmiştir. Termoplastiklerin kullanımı parça sayısında % 50-70 azalma , ağırlıkta % 20-50 hafiflik sağlamıştır. Bir otomobil üretim bandında geleneksel bir aracın üretimi 5- 10 saat sürmekteyken, CCV'nin üretimi 1-2 saat sürmektedir [46].

Gelişmekte olan malzeme teknolojisi, termoplastikleri popüler ve avantajlı hale getirmektedir. Üretim zamanı ve maliyetindeki gözle görülür azalma sağladığı için panelleri döküm aşamasında boyama teknolojisi, mühendisler için oldukça çekici olmuştur. 2000 Dodge Neon iyonomer ve PAI reçine alaşımından oluşan parlak tamponu ile yeni bir başlangıç olmuştur [48].

Günümüzde termoplastik polyesterler dünyada en çok geri kazanılabilen malzemelerdir. Bu durum tüketiciye geri kazanılmış plastik içeren malzemeler kullanmasında ve geri kazanım için evlerden hurda malzeme toplamasında büyük olanaklar sağlar. Termoplastik sistemler aynı zamanda SMC ve RIM-üretan sistemlerindeki benzer avantajları taşır [42].

8.2.4.4. Aydınlatma Sistemleri

Otomobillerin farlarında kullanılan lensler uzun zamandır saydam PC plastikten yapılmaktadır. Bu plastikler yüksek ısıya dayanımlı, kırıldığında parçalanıp dağılmayan yapıda ve her türlü formda tasarlanabilirler. Bu özellikler mühendisler tasarımı, farların otomobil üzerine yerleştirilmesinde esneklikler sağlar. Plastik malzemenin uygunluğu, lenslerde yüksek-teknolojik odaklama tasarımına imkan vermektedir. Yol güvenliği için bu özellik büyük yararlar sağlamaktadır [41].

Stop lambaları, sinyaller, sis lambaları, fren lambaları'nın hepsi PC plastiktir ya da bazı uygulamalarda akrilik kullanılır. Bu lensler farlarla aynı tasarım ve mühendislik avantajlarını taşır, aynı zamanda yansıtıcı optik yüzeyler içerir.

Ön ve arka far sistemlerinde önemli değişiklikler çok yakında gerçekleşecektir. LDE (Light Emitting Diode) fren ışığı sistemi ve ışık-kutusu sistemi ve tek ışık kaynaklı dış aydınlatma sistemi plastik esaslı akrilik- fiber optik tellerle geliştirilmektedir. Işık kutusu ile otomobil aydınlatma sistemindeki yüksek ısıya dayanıklı plastik malzeme ihtiyacı ortadan kalkacak, daha hafif plastik lensler çarpmaya karşı daha dayanımlı olacaktır [42].

8.2.4.5. Ek Parçalar (Süs) Dekorasyonlar

Ek parçalar, otomobil dış yüzeyini etkin ve estetik bileşenleridir. Yan aynalardan, kapı kollarına, tekerlek jantlarından radyatör ızgarasına kadar her şey büyük oranla plastik malzemedan yapılmakta olup, fonksiyonel ve estetik olarak otomobilin dış yüzeyine eklenmiştir. Ek parçalarda çok çeşitli plastik malzeme kullanılır. Naylon, PS, PC, PVC, PP ve TPU uygulamalarda sıkça görülmektedir [44].

Birçok önemli yenilik, otomobil üreticilerinin dış yüzey ek parçalarında zaman ve maliyet açısından tasarruf yapmalarını sağlamıştır. Yan aynalar bugünün şartlarında kalıpta şekillendirilirken boyanmaktadır. Bu sayede, boyama masrafı azalmakta ve üretim bandı zamanlamasında aynaların boyama süresi kadar zamandan tasarruf edilmektedir. Diğer bir yenilik ise plastik jant kapaklarıdır. Jant kapaklarında plastik

malzeme metal malzeme yerine kullanılmaktadır. Üreticiler, metal görünümlü boya ile boyatarak metal gibi görünen plastik jant kapaklarında ekonomik fayda sağlamaktadırlar. Mühendisler ve tüketiciler, plastik kullanımı sayesinde sağlanan ağırlık azalmasının faydaları konusunda aynı fikri paylaşmaktadırlar. Plastik malzemenin getirdiği yeniliklere bir diğer örnek olarak pick-up kamyonlar verilebilir. Yeni pick-up kamyonların yatak bölümü HDPE plastiklerden üfleme yöntemi kullanılarak şekillendirilmektedirler. Yeni buluşlar ve tüketim trendleri, plastiğin geleneksel malzemeye kıyasla otomobillerin dış parça uygulamalarında mükemmelliği ve ekonomikliği nedeniyle parlak bir geleceği olduğunu göstermektedir [43].

8.2.4.6. Koltuklar(Döşemeler)

Koltuk döşeme malzemesi olarak TPU köpük kullanılmaktadır. Geri kazanılabilirlik, tüm tasarıma uygunluk, istenilen şeklin verilebilmesi ve ekonomik olması, TPU plastiklerin üreticiler için ideal döşeme malzemesi olmasını sağlar. Enjeksiyon yönteminde TPU köpüğe eklenen karbondioksit ile birlikte, değişik yoğunluklarda ve niceliklerde döşeme çeşitleri elde edilebilmektedir. TPU köpük kullanımı ile, konfor artışı, ses yalıtımı, titreşimden etkilenme azalması ve üretimde kolaylık sağlanan yararlarıdır. Kolçaklar, koltuk başlıkları ve döşeme panelleri TPU köpükten üretilmektedir. Geri kazanılmış TPU köpük otomobil, ev ve ofislerde karşımıza halı olarak çıkmaktadır [41].

8.2.4.7. Direksiyon

Direksiyon Vinil malzemesinin kalıpla şekillendirilmesiyle üretilir. Plastik malzeme, değişik termoplastikler ve metal elemanlardan üretilmiş direksiyon milinin yapımında yardımcı olmaktadır. Bobinlerin ve mıknatısların kullanıldığı modern direksiyon milinde, manyetik alanlarda sınırlı karışmayı sağlayabilen, tüm manyetik alanı kapayabilecek ve enjekte edilebilecek malzemeye ihtiyaç vardır. Örneğin Asetil, sürtünmesi az, yüksek yoğunluklu ve doğal pürüzsüz bitişi ile direksiyon milinin anahtar, gösterge ve yatağı için ideal bir malzemedir. Direksiyon milinin metal malzemelerden üretilmesi mümkün olup, genellikle daha ağır olmaktadır. Metal malzeme uygulamalarında pürüzsüz yüzey haline getirmek için parlatma ve cilalamaya ihtiyaç duyulur [52].

8.2.4.8. Hava Kanalları

Isıtma ve havalandırma kanalları ve konsolları ön ve arka koltuklarda eşit ısı düzenlemesi sağlamaktadır. Konsollar ABS ve PP plastikleri kullanılarak üretilmektedir. Üfleme ve enjeksiyon kalıplama yöntemlerinin her ikisinin de kullanılmasıyla PP plastiklerden üretilen hava kanalları, konsolların dışarı çıkışını (açılımı) desteklemektedir. Hava kanalları karmaşık şekilde olup, aynı zamanda dayanıklı ve hafiftirler. Başka malzemeler kullanılarak üretilmeleri oldukça güçtür [43].

8.2.4.9. Parça Yuvaları

Alternatörler, solenoidler (elektrik bobinleri), ateşleme parçaları, elektrik sigorta sistemleri ve akü kutusu plastik kabuk içerisine yerleştirilmektedirler. Naylon, Sitiren, polipropilen ve polyester en çok kullanılan malzemelerdir. Biraz cam fiberi eklenerek daha güçlü özellikler kazandırılmaktadır. Plastik elektrik elemanları için , manyetik alana karışması önemsiz sayılacak kadar az, güçlü, tutarlı, dayanıklı ve hafif yuva malzemesi sağlamaktadır. Bu özellikle solenoid yuvaları için çok önemlidir.

Plastik mıknatıslar, plastik ve manyetik parçacıklardan oluşan, yeni bir kavramdır. Daha hafif olan plastik mıknatısların metal mıknatısların yerine kullanılmasıyla, daha ucuz, hafif ve küçük elektrik motorları otomobillerde yer alacaktır [44].

8.2.4.10. Anahtarlar ve Soketler

Esas amacı araçların elektrik elemanlarının kontrolünü sağlamak olan anahtarlar, estetik ve pratik ürünlerdir. Genellikle naylon, polyester ve asetil reçinelerinden üretilmektedirler. Asetil, anahtar ve soketlerde plastik malzemenin uygulanmasına iyi bir örnek teşkil etmektedir. Yüksek dayanıklılık, az sürtünme ve doğal pürüzsüz yüzey özellikleri asetil malzemesini, örneğin direksiyon mili anahtarlarında kullanımını ideal hale getirmektedir.

Direksiyon mili anahtarları yapımında metal malzemeler de kullanılabilir. Ancak bu malzemeler genellikle daha ağır olmakla birlikte, pürüzsüz yüzey için yüzey operasyonlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Otomobillerin motor kapağının altında da bir anahtar bulunmaktadır. Elektronik anahtarlar otomobil çalıştığı anda vitesi sıcak motor yağından korumaktadır. Naylon bu koşullar altında en iyi sonuç veren ve en yüksek dayanım gösteren malzemedir.

Aydınlatma elemanlarında kullanılan anahtarlar, yüksek performanslı plastiklerden, örneğin PPA, PPS ve SPS' den üretilmektedirler. Bu malzemeler yüksek sıcaklıkta dahi herhangi bir bozulmaya maruz kalmamaktadırlar. Hafif oluşları ve aşınmaya karşı dirençleri, anahtar ve soket uygulamaları için ideal olmalarını sağlar [41,43].

8.2.4.11. Bağlantı Elemanları

Termoplastik polyester ailesinden, fiziksel özellikleri elektrik yakıt enjektör bağlantı elemanı için uygun olan PBT malzemesi kullanılmaktadır. PBT otomobillerde kaporta altında, iyi bir yalıtkan, güçlü, sert ve yüksek sıcaklık derecelerine dayanım özellikleri dolayısıyla kullanılmaktadır. Avrupa otomobil üreticileri, plastik su şişelerinden geri kazanılmış PET kullanmaya başlamışlardır. Avrupa otomobil üreticileri, geri kazanılmış PET malzemesini saf PET malzemesi kadar güçlü, sert ve ısıya karşı dayanımlı bulmaktadır. Her iki malzeme de yüksek akıcılıkta, eğilmeye karşı dirençli ve elektrik bağlantı uygulamaları için idealdir.

Elektrik bağlantı elemanları üretiminde kullanılan bir diğer malzeme de Naylon' dur. Son yeniliklerle naylon ürünlerin neme karşı dayanımı artırılmıştır. Bu şekilde elektrik bağlantı elemanlarında ihtiyaç duyulan yüksek hidroliz yalıtımı sağlanmıştır [41].

8.2.4.12. Devre Panelleri ve Elektrik Tel Kaplayıcıları

Akrilik fiberoptik kablolar, akü ile aydınlatılmış aksesuarlar arasında basit bağlantılar sağladığı gibi otomobil içinin aydınlatma ve ambiyans değerini yükseltmektedir. Plastik fiberoptik kabloların, otomobillerin stereo ses sistemi elemanlarında yüksek performans gösterdikleri ileri sürülmektedir. GPS yönlendirme elemanları ve ABS sensörleri gibi otomobillerin elektronik elemanlarında kullanılmaktadır. Plastik fiberoptik kabloların kullanımı ile daha az bakır tel kullanılmış, böylece otomobil ağırlığında azalma, sistemlerin verimliliğinde artış ve sistem kurulmasında güvenlik ve kolaylık sağlanmıştır.

Bundan 15 -20 yıl öncesinde otomobil kontrol panelinde ağır bakır teller kullanılmaktaydı. Otomobil üreticileri esnek plastik devre kullanımı ile kontrol paneli arkasında alan kazanmışlardır. Bu sayede otomobil iç mekanında ferahlık ve genişlik kazanılmış ve otomobil ağırlığı azaltılmıştır.

Elektrik elemanları otomobil kullanımında günden güne yaygın hale gelmektedirler. Plastikler, yakıt enjeksiyon'dan aydınlatma sistemine, elektrik anahtarlarından

devrelere kadar yuvalara, birleşimlere ve tüm bu karmaşık elemanları basitleştirmeye yardımcı olmaktadır. Plastik malzemeler sayesinde yapılan basitleştirmeler otomobil üreticilerinin ağırlık, zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır [53].

8.2.4.13. Diğer İç Mekan Uygulamaları

Plastik malzemenin otomobil iç mekanında diğer uygulamaları arasında koltuklar, kafalıklar glass mat plastik (GMP) kompozitten (polipropilen/fiberglass) yer döşemesi, ABS ve GMT kompozitten kapı ekanelleri ve Polikarbonat/ABS ya da GMT'kompozitten vites kutusu örnek olarak verilebilir.

Plastik malzeme otomobil iç tasarımında büyük değişimler gerçekleştirmiştir. Plastik, fiziksel özellikleri sayesinde sağladığı ses yalıtımı, titreşim yalıtımı ve yumuşaklığın yanı sıra, konforlu, dayanıklı ve estetik iç mekan elemanları tasarımı için ideal malzemedir. Plastik tasarımının esnekliği, otomobil üreticilerinin tek parça ve hafif elemanlar tasarlamasını sağlamaktadır. Böylece, zaman, para ve otomobil ağırlığında tasarruf sağlanırken, araçların yeniden tasarımında karşılaşılan problemler de en aza indirgenmektedir [41].

8.2.4.14. Şanzıman

Otomobilin en karmaşık parçası güç merkezidir. Mil yatağı, şaft ve motor gücünü aksa ileten vitesten oluşmaktadır. Plastik malzeme, bu karmaşık elemanların montajı için gerekli parça sayısını azalmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda yakıt verimliliği ve maliyet için önemli olan aracın ağırlığı plastik malzeme sayesinde azaltılmaktadır.

Şanzıman ve diferansiyel, motor enerjisini sürüş miline çeviren vites takımlarıdır. Cam fiber ile güçlendirilmiş fenolik reçine, döner rotorlu sabit şanzıman parçasının tek parça olarak üretilmesini sağlamaktadır. Bu tek parçalı tasarım, birkaç ayrı metal parçanın yerini almaktadır. Bu olay üretim bandında büyük bir azalmayı sağlamaktadır. Plastiklerin kullanılmasıyla tasarımda olağanüstü kolaylıklar ve yararlılıklar elde edilmiştir.

Plastik aynı zamanda şanzıman yağ göstergeleri ve sıcak şanzıman yağlarına maruz kalması gereken parçaların üretiminde de kullanılmaktadır. Plastik malzeme, yakıt tanklarında olduğu gibi, yer darlığı olan alanlardaki elemanların üretiminde tasarımcılara yardımcı olmaktadır. Yeni tasarım imkanları, şanzıman tasarımında tasarım mühendislerine daha küçük şanzıman parçaları tasarlamalarına izin

vermektedir. Bu özellikle önden çekişli araçlar için önemlidir. Önden çekişli araçların şanzımanlarında plastik malzemenin kullanımı aracın ön tarafının ağırlığının azaltılmasına yardımcı olmaktadır. Bu da aracın yol tutuşunu etkilemektedir. Polietermit reçine, sıcağa ve sürtünmeye dayanıklılığı nedeniyle şanzıman sensörlerinde ve valf bobinlerinde oldukça kullanılmaktadır.

Metal parçaların yerine plastik parçaların şanzımanda kullanımı kabul görmektedir. Plastiğin ısıya, yüksek basınca, darbeye ve kimyasallara dayanıklılığı ve kolay şekillendirilebilirliği gibi mükemmel fiziksel özellikleri, mühendislerin bir çok değişik parça tasarımlarına yol açmaktadır. Bu performans özellikleri, üreticilerin özel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik parça üretmelerini sağlamaktadır. Filtrelerin, katkılarının ve güçlendiricilerin kullanımı tüketicilerin özel ihtiyaçlarını karşılamak için plastiklerin özelliklerinin çeşitlenmesini sağlamaktadır. Örneğin tek bir parça polietermit naylon bir kaç çelik contanın yerini alabildiği için bu maddenin boyutsal, sıcaklık ve sürtünme dayanıklılık performansı sayesinde şanzımanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır.

Plastik malzemenin hafifliği, sağlamlığı, tasarımda esnekliği ve düzgün yüzeyliliği, güç kaynağında kullanılması açısından ideal malzeme ailesi haline getirmiştir. Maliyette ve ağırlıkta azalma, titreşim ve ses yalıtımı özellikleri sayesinde plastik malzeme debriyaj, vites kontrol kabloları, hava manifoldları, motor kapakları, gaz ve fren pedalları, yakıt ve soğutma sistemleri elemanları ve vites kutularında kullanılmaktadır.

Plastiklerin gelişmesinde ve kullanımının artmasındaki güçlü neden geri kazanım faktörüdür. Yüksek kalitede aynı ya da benzer malzemelerin kullanımı geri kazanım ekonomisini geliştirmektedir. Otomotiv sektöründe daha fazla plastik malzemenin kullanılması ile plastik malzemenin geri kazanım eğilimlerinde artış sağlanmaktadır [42].

8.2.4.15. Vites Kutusu

Vites kutusu, şanzımanla diferansiyeli birbirine bağlamaktadır. PS ya da Naylon malzemedan tek parça plastik malzemedan üretilmiş vites kutusu gürültü ve titreşimde azalmayı beraberinde getirmektedir. Daha iyi sürüş kalitesi sağlamanın yanında, bağlantılı parçalar arasında daha az stres görülmektedir. Bu özellik,

parçaların ömrünü artırmaktadır. Çarpışma sırasında enerji düzenlemesi ile, yolcu koruması yüksek değerlere ulaşmaktadır [53].

8.2.4.16. Mil Yatağı

Mil yatağı yuvasında genellikle naylon kullanılmaktadır. Naylon malzemenin esnekliği üretim esnasında sıkıştırılmasına, yerine yerleştirildikten sonra genişlemesine izin vermektedir. Yüksek ısı altında düşük sürtünme göstermesi, naylon malzemeyi şanzıman bilye yuvalarında, debriyaj sistemlerinde ve hız göstergelerinde kullanımı açısından ideal malzeme yapmaktadır [41].

8.2.4.17. CV Bağlantıları ve U Bağlantıları

Constant Velocity (CV) bağlantıları ve ‘Universal’ (U) bağlantıları iki mil arasında esneklik sağlamaktadırlar. Universal bağlantılar şanzıman ile sürüş şaftı ve diferansiyel arasında gerekli olan esnekliği sağlamaktadır. CV bağlantıları genellikle önden çekişli araçlarda kullanılmaktadır. Asetil malzemesi, yüksek dayanımı ve düşük sürtünme özellikleri sayesinde ‘U’ ve CV bağlantıları için uygun bir malzemedir [52].

8.2.4.18. Yakıt Tankları

Plastik yakıt tankları HDPE malzemesinden yapılmaktadır. Bu malzemenin güçlü ve hafif olması, üreticilerin daha hafif ve yakıt verimliliği olan araçlar üretmelerini sağlamaktadır. Hafif olmasının yanında, kullanımda birçok yararları vardır [41].

Plastik üfleme-şekillendirme yöntemi çok karmaşık şekillerin dahi üretimini kolaylaştırmaktadır. Bu karmaşık şekillerin plastik esaslı malzemeden üretim maliyeti metal malzeme ile karşılaştırıldığında oldukça düşüktür. Bu durum yakıt tanklarına yüksek yakıt kapasitesi vermektedir. Plastik malzeme hiç bir zorlama olmadan, şasiye uygun karmaşık yakıt sistemi tasarımına yardımcı olmaktadır. Plastik yakıt tanklarının şasi üzerinde en uygun yere yerleştirilebilme özelliği diğer elemanlara ek yer, yolcu için geniş iç mekan sağlamaktadır.

Plastik yakıt tankları üfleme yöntemiyle çok katmanlı olarak üretilmektedir. Bunun için saf HDPE ve geri kazanılmış HDPE birlikte kullanılmaktadır. Bariyer malzemesi olarak Etilen Vinil Alkol (EVOH) kullanılmakta olup, bu malzeme yakıt tankından hidrokarbon emisyonlarının azalmasını sağlamaktadır. Plastik malzeme güçlü

özellikleri sayesinde yakıt tanklarında yenilikler yaratmakta ve yeni teknolojileri desteklemektedir.

Plastik yakıt tankları paslanmaya dayanıklıdır; HDPE yakıt tankları paslanmaz ve tank içerisinde bulunan yakıtı kirletmezler. Yüksek ısıda eritilmiş yakıt tankları, ısı farklarına karşı yüksek dayanım göstermektedirler. Bu özellikler, yakıt tankındaki yakıtın ısını düşürerek emisyonda azalma, dolayısıyla güvenlik artışı ile güçlü bir ürün sağlamaktadır. Avrupa otomobil üreticileri, düşük maliyet ve diğer yararları sayesinde yakıt tankı üretiminde plastik malzemeyi diğer malzemelere tercih etmektedirler [41].

8.2.4.19. Yakıt Boruları

Naylon yakıt borularında kullanılan ana malzemedir. Naylon çeşitleri, genellikle yakıt tanklarında olduğu gibi, buhar emisyonu kirliliğini azaltmak üzere bariyer katmanı olarak kullanılmaktadırlar. Naylon bariyer katmanının kullanımındaki artışı, çok katmanlı ekstrüzyon tekniklerinin gelişimine borçluyuz. Esneklik, hafiflik, düşük maliyet ve az geçirimsizlik özellikleri otomobil üreticileri tarafından tercih edilmesini sağlamaktadır. Değişik renklerde yapılabilme özelliği kolay yerleştirme, birleştirme ve birbirini takip edebilme faydaları sağlamaktadır.

Plastik yakıt borularının en önemli özelliği, araç güvenliğine yaptığı yardımdır. Naylon malzemenin esnekliği ve dayanıklılığı çarpmalarda yüksek güvenlik sağlamaktadır. Naylon yakıt boruları paslanmaya, çarpmaya, aşınmaya ve çatlamaya dayanıklılık özellikleri sayesinde, titreşim ve harekete yüksek mukavemet göstermektedirler. Basınç ve bükülmeye karşı güçlü oluşları ve güvenlik, plastik yakıt borularının kullanılmasındaki sebeplerden en önemli olanlarıdır [42].

8.2.4.20. Buhar Geri-Alma Sistemi

1990 Temiz Hava Kanunu tasarısı tüm 2000 model araçların yakıt alma sırasında ısı ile genleşen benzinin kaybına engel olmak için buhar tutucu kullanımını içermektedir. Bu sistem her yakıt doldurma işleminde 6.00 gram ile 0.08 gram benzin kazancını sağlamaktadır. Emisyon kutuları genellikle cam-takviyeli Naylon ya da PP' den üretilmektedirler. Üzerindeki kapakçıklar Poliketon, PE ya da Asetilden yapılmaktadır [43].

8.2.4.21. Yakıt Dolum Boruları

Metal eşdeğerleriyle karşılaştırıldığında, plastik yakıt dolum boruları ağırlıkça daha hafiftirler. Naylon plastik malzemesi esneklik, hafiflik ve yakıt ile reaksiyona girmeme özellikleri nedeniyle yakıt dolum boruları üretiminde tercih edilmektedir. Plastik borularının kullanımı ile aracın tüm ağırlığında hafifleme elde edilmektedir. Plastik dolum borularının esnekliği, otomobil üreticilerine yakıt tankının yerleştirilmesinde güvenlik ve pratikliği açısından büyük özgürlükler vermektedir. Plastik yakıt dolum boruları esnekliği sayesinde çarpma anında metal borulara göre daha güvenli olmaktadır. Ezilebilir ve bükülebilir olmaları, yırtılma, kırılma ve benzin yayılması nedeniyle yangın ve patlama tehlikelerini en aza indirmektedir.

Plastik yakıt dolum boruları teknolojisindeki gelişmeler sayesinde, güvenlik, düşük maliyet, yüksek ısıda benzin ve buhara dayanıklılık elde edilir. Bu aynı zamanda araç ve yakıt performansını arttırmaktadır. Yakıt içerisine pas karışımı engellendiğinden performans artışı olmaktadır [42].

8.2.4.22. Yakıt Pompası

Plastik yakıt pompaları, içerisinde elektronik gürültü yok edici elemanlar ile birlikte entegre yakıt pompa sistemini oluşturmaktadırlar. Entegre ürünler, ağırlık, hacim, maliyet ve kullanılan parça sayısında tasarruf sağlamaktadır. Plastik malzeme entegre sistemlerin tasarımına uygun bir malzeme olup, parçaların birbirine sıkıca birleştirilmesiyle yakıt devresinin ve pompanın diğer parçalarına sızıntısını engellemektedir [42].

8.2.4.23. Yakıt Modülü

Plastik modül; pompa, filtre ve yakıt seviye ölçü elemanından oluşmaktadır. Plastik modül sayesinde, yakıtın bulunduğu yerden sürekli olarak, köşelerde ve eğimlerde basınç kaybetmeksizin yakıt sistemine gidişi sağlanmaktadır. Bu performans, tüketici mutluluğunu, küçük ölçekli üretici yatırımını ve garanti tasarruflarını arttırmaktadır [52].

8.2.4.24. Yakıt Yolu

Plastik malzeme yakıt yolu uygulamalarına da sayısız avantajlar sağlamaktadır. Yakıt yolu, yakıtı elektronik enjektörlere ve ateşleme sübabına taşıyan borunun adıdır. Kompozit yakıt yolu çok noktada enjeksiyon sağlamaktadır. Plastik yakıt yolu

düşük maliyetli olup, aynı zamanda hava indüksiyon modülüne kolayca entegre edilebilmektedir. Endüstri Naylon malzemedan yapılmış hava alış manifoldu ile birleştirme çalışmaları yapmaktadır [53].

8.2.4.25. Şasi

Şasi, otomobili destekleyen iskelettir. Otomobile güçlülük ve dayanıklılık sağlamakta, aynı zamanda çarpma sırasında enerji absorbe ederek çarpma direncini yükseltmektedir. Eğer otomobile insanmış gibi bakacak olursak, şasi insan vücudundaki iskelete karşılık gelmektedir. Şasi özellikle gürültü, titreşim ve sertlik, Noise,Vibration, Harshness (NVH) değerlerinin otomobilin her tarafında düşük olmasını gerçekleştirmektedir. Plastik malzeme kullanılması ile, şasinin hafif ve dayanıklı (özellikle çarpışma esnasında), ucuz, entegre parçalara uygun ve NVH değerlerinin düşük olmasını sağlanmaktadır. Carbon Fiber Reinforced Polimer (CFRP) iskelet ve şasi sistemlerinde kullanılmaktadır.

8.2.4.26. Hava-Alış Sistemi

Plastik malzeme modern otomobil motoru yapımında önemli bir rol almaktadır. Plastik, hava-alış sisteminden, soğutma sistemine ve motor parçalarına kadar, motorun tasarımını ve üretimini kolaylaştırmakta ve ağırlığının azalmasını sağlamaktadır [41,48].

Yakıt ile karıştırılan havanın niteliği ve niceliği hayati önem taşımaktadır. Naylon ya da PP' den yapılan hava-temizleme sistemi, motorun uzun ömürlü oluşunu belirlediği gibi, gücünü ve çalışma esnasındaki pürüzsüzlüğünü de belirlemektedir. Hava-temizleme sistemi, hava içindeki tozu ve maddeleri temizler. Aksi takdirde bu toz ve maddeler motorun ömrüne son verebilmektedirler [53].

8.2.4.27. Yakıt-Alış Sistemi

Alış sübap (manifold)'ı motorun içine içinde katı parçacıklar bulunmayan hava-yakıt karışımı almayı sağlamaktadır. Alış manifoldunun iyi tasarlanması motorun performansı için çok önemlidir. Plastik malzeme alış manifoldunun tasarımı ve yerleştirilmesi konusunda, tasarımcılara ve tasarım mühendislerine büyük özgürlükler vermektedir. Plastik alış manifoldu, Naylon plastiklerden enjeksiyon kalıplama ile sonik kaynak teknikleri kullanılmasıyla üretilmektedir. Naylon malzeme, pürüzsüz yüzey sağladığı gibi NVH değerlerini ve ağırlığı düşürmekte ve

otomobilin performansını artırma yönünde tasarımcılara büyük özgürlükler sağlamaktadır [41].

8.2.4.28. Motor Elemanları

Motor elemanlarının kapaklarını plastik malzemeden yapmak, üreticilerin zamandan, paradan ve malzemeden kazanç elde etmelerini sağlamaktadır. Plastik malzemenin hafif oluşu ve parça birleşme detaylarında sağladığı imkanlar sayesinde ağırlık ve NVH değerlerinde azalma elde edilmektedir. Aynı zamanda yüksek değerde enerji absorbe edilmekte ve daha da önemlisi çarpışma anında yolcu güvenliği artmaktadır [42].

8.2.4.29. Strüktür

Dünyanın tamamıyla plastik ikinci arabası olan Baja' nın plastik kompozit şasisi bulunmaktadır. Bu araç kompozit gövde ve şasisi sayesinde kuma ve deniz suyuna karşı dayanıklı olup, tropik çevrede off-road için ideal olmaktadır. Termoplastik ve termosetlerin birlikte kullanıldığı yüzeyler ve çerçeveler, Amerika ve daha ağır olan Avrupa çarpışma testlerinden başarıyla geçmiştir. Şasinin hafifliği üreticilere bir çok avantaj sağlamaktadır. Örneğin, hafiflik özelliği parçaların taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda yakıttan tasarruf yapmakta ve daha az yakıt dolayısıyla çevre korunmasına katkıda bulunmaktadır. Strüktür çerçevelerinde plastik malzemenin kullanılmasıyla elde edilen tecrübeler gelecek için yol gösterici olacaktır. Plastik malzeme daha geniş ölçekte metal malzemenin yerini alacaktır.

Çarpışma absorbe edici köpük iyi sonuç veren bir uygulamadır. Kapı panelleri, rijit ve enerji absorbe eden TPU esaslı köpük ile doldurulmaktadır. Bu malzeme yandan gelecek darbelere karşı dayanıklı olduğu gibi aracın strüktürünün rijitliğine de yardımcı olmaktadır. Bu hafif köpük, çarpışma sırasında mükemmel enerji yönetimi kapasitesi sağlamaktadır [41,46].

8.2.4.30. Destek

Entegre plastik-metal uygulamalarının gelişimi Naylon malzemeden injeksiyon kalıplama ile radyatör üretimini gerçekleştirmesini sağlamıştır. Kompleks naylon dış çerçeve ve merkezde basit metal parçadan oluşmaktadır. Metal olmayan kısımların sağlamlığı eklenen kaburgalı yapı ile yapılmaktadır. Plastik malzemenin esnekliği sayesinde, çok farklı şekillerde kaburga tasarımı gerçekleştirilebilmektedir [49].

8.2.4.31. Süspansiyon

Süspansiyon tüpü ve bağları birleşimlerinden oluşan süspansiyon sistemi, plastik malzemeden üretilmiş olmaları dolayısıyla güçlü ve pürüzsüz yüzeylidirler. Dolayısıyla üretimlerinde yüzey temizleme ve parlatma işlemlerine ihtiyaç duyulmamaktadır. Plastik malzemenin hafifliği, süspansiyon sisteminin rijit, dayanıklı ve tamamıyla fonksiyonel olmasını sağlamaktadır. Naylon ve Polipropilen plastikler enjeksiyon kalıplama tekniği ile süspansiyon sistemi parçalarının üretiminde kullanılmaktadırlar [41].

8.2.4.32. Frenler

Otomobildeki en önemli sistemlerden biri fren sistemidir. Fren sistemi olmaksızın kazayı önlemek mümkün değildir. Modern fren sistemi, her dört frene milyonlarca poundluk basınç yüklemektedir. Plastik malzeme günümüzün fren sistemine yardımcı olmaktadır. Otomatik Fren Sistemi yuvası ABS plastik malzemeden yapılmaktadır. Frenleri kontrol eden elektrik devreleri, esnek plastik malzemeden üretilmektedir. Plastik tabanlı fren pedleri Aramid fiber'den üretilmektedir [42].

8.2.4.33. Soğutma Sistemi

Otomobildeki en ağır parçalardan bir radyatördür. Günümüzde soğutma sistemindeki gelişmelere ve plastik malzeme kullanımıyla birlikte, radyatör eskisinden oldukça hafif duruma gelmiştir. Plastik malzeme kompleks şekillerin üretimine imkan vermesi sayesinde, tasarımcılara esneklik sağlamaktadır. Plastik malzemenin korozyona dayanıklı oluşu radyatör tankında sızıntı olmasına engel olmaktadır. En fazla Enjeksiyon kalıplama ile Naylon malzeme uygulamaları kullanılmaktadır.

Naylon ve PPS su pompalarında kullanılmaktadır. Su pompaları motor bloğunun soğutulmasına yardımcı olmaktadır. Korozyona ve yüksek basınca dayanıklı olmaları Naylon ve PPS malzemelerini su pompaları uygulamalarında ideal yapmaktadır.

Yüksek hızda, hava akışı radyatörün soğutulmasına yardımcı bir etmendir. Düşük hızlarda da radyatör fanları hava akışının istenen sıcaklığa düşürmektedir. Radyatör fanları, otomobil soğutma sisteminin en önemli parçalarından biridir. Radyatör fanları, motorun yüksek ısısına karşı ve aynı zamanda içerisinde bulunan kimyasal maddelerin aşındırıcı özelliğine karşı da dayanımlı olmalıdır. Naylon malzeme yüksek ısıya karşı dayanıklı olup, radyatör fanlarının, radyatöre hava akışında olabilecek ısı yükselmelerinde büyük eğilmeler olmaksızın bütünlüğünü

sürdürmesine izin vermektedir. Naylon ve PP esaslı malzemeler hafiflikleri sayesinde tasarıma esneklik kazandırmakta ve radyatör fanlarının çok az sayıda parçadan üretilmelerini sağlamaktadırlar.

Plastik malzemenin motor uygulamalarındaki artış daha hafif ve fonksiyonel otomobil trendlerini göstermektedir. Otomobil üreticileri üretimi daha ucuz olan ürünler yaratmak düşüncesinin farkına vardılar [52].

8.2.4.34. Lastikler

Lastik teknolojisinde ulaşım ve otomobil endüstrisi en büyük pazarı oluşturmaktadır. Lastik atıkları genellikle üretim sürecindeki ürünlerden ve tüketim sonrası ürünlerden, özellikle hurda lastiklerden oluşmaktadır.

Motorlu araçlar için bir çok lastik parçası aracın toplam ağırlığının%3'ünü ; titreşim yalıtımları, borular vb. oluşturmaktadır. Otomobilde kullanılan lastik ağırlığının yarısını Etilen-propilen-dien lastik (EPDM) teşkil etmektedir. Günümüz kauçuk geri dönüşüm teknolojisi hurda otomobil lastiklerine dayanmaktadır. % 10 geri kazanılmış lastik içeren kamyon lastiği ile yapılan sürüş testlerinde standart lastik ile aynı performans sergilediği görülmüştür [31].

Geçen bir kaç yıl içerisinde kamunun lastik atıklarının yok edilmesine karşı ilgisi artmıştır. Bugün büyük miktarda üretilen lastik miktarı gelecekte otomobil sayısının artması ile daha da büyük miktarlara ulaşacaktır. Her yıl Tayvan'da 20 milyon atık otomobil lastiği üretilmektedir. Bu da yaklaşık olarak yılda kişi başına bir lastik demektir. Lastik atıkları yok etmek geçmişten günümüze süregelen uygulanan yöntem yakma işlemidir. Bu şekilde yakarak yok etme eylemi sırasında çıkan gazlar sağlık açısından zarar teşkil etmekte ve aynı zamanda işlem sonucu oluşan küller çevreye zarar vermektedir. Aynı zamanda lastik atıkları virütik hastalıkların sivrisinekler aracılığıyla yayılmasına sebep olabilirler. Tüm bunlardan dolayı, kamunun ilgisi lastik atıklarının yakılması yada gömülmesi yerine geri dönüştürülmesine dönmüştür [33].

Tablo 8.4.'de plastik malzemelerin otomobil elemanlarında kullanımları sınıflandırılmış, plastik malzemelerin otomobil elemanları tasarımında tasarımcıya sağladığı yararlar belirtilmiştir.

8.3. Örnek Firma Üzerinde Yapılan Çalışmalar

8.3.1.Volkswagen

Volkswagen firmasının belirlediği Yedi Çevresel Hedef' in her biri Ürün Yaratma Süreci'nde Product Creation Process (PCP) tanımlanmış olan aşamalara uymakta, her proje için çizilmiş çevresel özellikleri içermektedir. Bunun için ISO 14001 uygulanmadan önce Hannover Technical Inspectorate TÜV CERT teknik gelişme strüktürü, prosedür ve metotları ve çevre politika ve hedefleri uygulanmaktaydı. Şubat 1999'da başarılı bir çevre koruma sertifikası Volkswagen'i çevre koruma konusunda uluslararası organizasyonlarda önemli bir marka haline getirmiştir.

Volkswagen firmasının Environmental Report 2002 çalışmaları aşağıda verilmiştir [68]. Volkswagen'in Teknik Gelişme Sektörü için Yedi Hedefi şunlardır:

Malzeme

Volkswagen 91191 standartına uygun olarak çevreye uygun malzeme kullanmak.

Üretim Yöntemi ve Süreci

Üretim planlama sırasında mühendis ekibiyle birlikte çevreye dost üretim yöntemini seçmek. (Alman Federal Politika kanunlarında belirlenmiş olan yöntemlere uygun)

Geri Dönüşüm

Araç ve elemanlarını Volkswagen 91102, 91103 ve 01155 standartlarına uygun olarak geliştirmek. ELV geri dönüşümüne uymak:

2002 yılında: %15 geri dönüştürülemeyen malzeme atığı

2015 yılında: %5 geri dönüştürülemeyen malzeme atığı

Yakıt Tüketimi

Her çeşit araçta 2005 yılında yakıt tüketiminde % 25 oranında azalma.

Egzos Emisyonu

Çevre kirliliği yaratan gazların çıkışının tamamen engellenmesi.

Toprak/Su Kirliliği

Yüksek kalitede ve gelişmiş teknoloji uygulayarak aracın servis ömründe ve geri dönüşümünde toprak ve su kirliliğine yol açmamasını sağlamak.

Gürültü

Optimum iç mekan gürültü düzeyi sağlanarak çevre için gürültü oluşturmayacak tedbirleri almak.

Çevreye uygun, yakıt tüketimi az olan araçların ağırlıkça hafiflemeleri konusunda ilerleme kaydetmeleri tasarım konseptlerini oluşturmaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak Volkswagen gelişmiş teknolojilerle birlikte malzeme sektöründe araştırma ve geliştirme yapmaktadır.

Hafif çelik konstrüksiyonları, hafif alaşımlar ve fiber ile güçlendirilmiş plastik kompozitler kullanılmaktadır. Laboratuvardaki araştırmalara örnek olarak kapılar verilebilir: karbon fiberden yapılma dış yüzeyli magnezyum kapı üretilmektedir. Bu yapım sistemi geleneksel çelik kapıdan % 40 daha hafiftir.

Doğal fiber takviyeli elemanlar motorun tüm yüzeyini kaplamak için kullanılmaktadır. Burada kullanılan malzeme polyester reçinesidir. Aynı malzeme küçük arabalarda yüzey altında korucu kalkan olarak kullanılmaktadır.

Volkswagen, araç için yaşam döngüsü analizi çevre kontrolü açısından ürün metodu olarak uygulayan tek otomobil üreticisidir.1992 yılında çevreyle ilgili Life-cycle envanteri ilk olarak Golf A3 için oluşturulmuştur. Bu yöntem Golf A3 ve Lupo 3-Litre’de uygulanarak , emisyon hedefleri, malzeme seçim süreci ve geri dönüştürülebilirlik ürün gelişim aşamalarını oluşturmuştur. Aynı zamanda Transporter Van’ında kullanılan tüm plastikler geri dönüştürülmektedir.

8.3.2. Ford

Amerika Birleşik Devletleri’nde otomobiller en çok geri dönüştürülen ürünlerdir. Yaklaşık bir değerle otomobil parçalarının %75’i geri dönüştürülmektedir. Bu otomobil ve kamyonetlerin tüm parçalarından sağlanan metal ve plastik malzemeleri içermektedir. Ford firmasının Environmental Report 2002 çalışmaları aşağıda açıklanmaktadır [61].

Ford, otomobillerin geri dönüşümü konusunda kendine liderlik görevi yüklemiştir. Geri dönüşüm konusunda tüm dünyada yürürlükte olan ana hatları belirlemiştir; Geri dönüşüm için aracın kolayca parçalara ayrılmasının tasarımı ve geri kazanılmış malzemeden üretilen parçaların otomobil tasarımında yeri.

Ford tüm dünyada geri dönüşüm ekipleri kurmuştur. Plastik, kauçuk ve otomotiv elemanlarını içeren aracın geri dönüşümü bu ekiplerin amacını oluşturmaktadır.

Ford tasarım sürecinde malzeme azaltma, tekrar kullanım ve geri dönüşüm konularına odaklanıp bunları aynı zamanda uygulamaktadır. Dünya’da ki tüm Ford fabrikalarında 4 milyar pound değerinde geri kazanılmış malzeme kullanılmaktadır. Ford’da:

- Plastik su şişeleri → ızgara destekleri
- Kullanılmış bilgisayar kasaları ve telefonlar → ızgara
- Kullanılmış tamponlar → yeni tampon destekleri
- Kullanılmış lastikler → yeni lastik, fren pedalı ve halı

Olarak geri kazanılmakta ve tasarımlarda yer almaktadır.

The European Recycling Action Team (E-RAT)’ın ve The American Recycling Action Team (A-RAT)’ın görevi geri dönüştürülmüş malzemeye olan isteği yükseltmektir. E-RAT ve A-RAT 1991 yılında kurulmuş olup, geri dönüştürülmüş malzeme sağlayan firma ile birlikte çalışarak geleceğin otomobili için malzeme seçiminin ve tasarım sürecinin parçası olur. E-RAT çalışmalarıyla İngiltere’de UK National Recycling Awards’a layık görülmüştür.

Ford Almanya, Temiz ve Güvenli Programı çerçevesinde otomobil kullanıcıları yaşlı araçlarının geri dönüşümü için ve yeni Ford satın alma ya da kiralama konusunda özendirilmektedir. Bu uygulama ile 300,000 araçtan 290,000 ton metal geri kazanılmıştır. Aynı zamanda yaşlı otomobillerin hava verdiği karbondioksit miktarı azalmıştır. Ford Temiz ve Güvenli Programı çerçevesinde geri kazanılan her bir araç için ağaç dikme eylemi gerçekleştirmektedir.

Ford malzeme azaltma, tekrar kullanım ve geri dönüşüm konularına sağladığı yeni yöntem tam bir çevre dostu olup geçici bir moda değildir. Ford’un esas amacı tamamen ekonomik araç tasarlamak, araçlarda kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilir malzemeler olmasını sağlamak ve ürünlerin yaşam ömrünü uzatmaktır. Günümüzde tipik bir Ford aracın yaklaşık %75’i geri dönüştürülebilmektedir.

Ford Think modeli elektrikli araçlar sınıfında örnek teşkil etmektedir. Bu araçta kullanılan plastik malzemenin tümü geri kazanılmış plastik malzemedir. Aracın tüm

yüzeyleri kaporta, kapılar ve tüm gösterge panelleri vb. tüm elemanlar geri kazanılmış plastik malzemeden üretilmektedir. Şekil 8.11’de Ford Th!nk modeli görülmektedir.



Şekil 8.11 Ford Th!nk modeli [61]

GE Plastics ve American Commodities ile Ford Milan işbirliği neticesinde, Michigan fabrikası geri dönüştürülmek üzere günde bir tondan fazla PP malzemesinden eski tampon sağlamaktadır.% 75 Xenoy ve %25 geri kazanılmış PP karışımıyla aydınlatma yuvaları üretilmektedir. Bu girişim Ford’a 1993 yılında Society of Plastics Engineers (SPE) ödülü getirmiştir. Mercury Mystique ve Ford Contour modellerinde geri kazanılmış tampon malzemesinden fren pedalları, aydınlatma yuvaları ve tampon destekleri kullanılmaktadır.

1996 yılında Ford, Wellman ve Bosch ile yaptığı işbirliğiyle kullanılmış halılardan geri kazanılan naylon malzemesini kullanarak havalandırma modülleri üretmeye başlamıştır. Aynı yıl yeniden SPE ödülüne hak kazanmıştır.

Ford Ohio, Dupont Firmasının endüstriyel halıdan sağladığı geri kazanılmış naylon malzemesini %25 oranında hava temizleme sistemi parçalarının üretiminde kullanmaktadır. Ford her yıl 27 milyon metrekare geri kazanılmış halıyı otomobil üretiminde kullanmaktadır. Jaguar X Serisi ve Ford Fiesta, Ka, Escort ve Focus modellerinde bu parçalar kullanılmaktadır.

National Rubber ile yapılan işbirliği sayesinde, her yıl 4 milyar pound değerinde 360,000 lastiğin geri dönüştürülmesiyle ısıtma-havalandırma sistemi elemanları üretilmektedir. Ford Fiesta, Ka, Escort ve Focus modellerinde bu parçalar kullanılmaktadır.

Meksika'daki Ford Monterrey Otomobil Plastikleri fabrikasında telefon ve bilgisayarlardan geri kazanılan malzemeler ile kamyonet ızgaraları üretilmektedir. Ford'un tüm kamyonetleri için her yıl 380,000 ızgara Otomobil Plastikleri fabrikasında üretilmektedir. Ford Ecoline Van ve F serisi Kamyonetlerde bu ızgaralar kullanılmaktadır. 1998 yılında 1,2 milyon geri dönüştürülmüş lastik kullanılmıştır. Bu çalışmalarından dolayı Ford'a National Recycling Coalition tarafından "Geri Dönüşüm Liderlik Ödülü" verilmiştir.

Geri Dönüşüm konusunda yaptığı tüm çalışmalar ile Ford Motor Company National Recycling Coalition tarafından iki kategoride sertifika ile ödüllendirilmiştir: "En İyi Sürdürülebilir Ürün Tasarımı" ve "Yılın En İyi Geri Kazanılmış Ürünü".

8.3.3. BMW

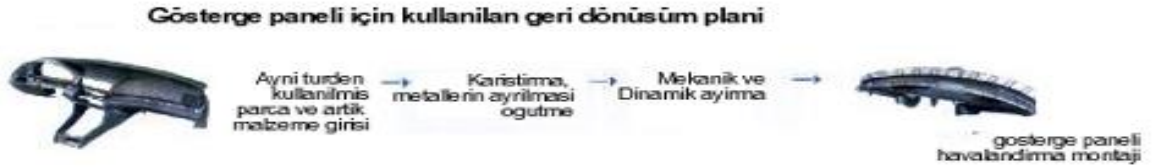
1999 ve 2000 yıllarında BMW Dow Jones Sustainability Group Index (DJSI)'de otomobil endüstrisinde en üstte yer almıştır. Dow Jones ve Swiss Investment Agency SAM Sustainability Grubu ve Pazar değeri 5 trilyon dolar olan 27 ülkeden 200'den fazla katılımcıya listelerinde yer vermektedir. Sadece hisse değerleri başarılı ve sürdürülebilir yönetim konseptine sahip firmalara yer verilmiştir.

2000 yılında SAM uzmanları BMW sustainable mobility concept ve hidrojen teknolojisindeki gelişime yüksek puan vermişlerdir. 1979'dan beri BMW yakıt verimliliği konusunda %30 gelişme sağlamıştır. BMW aynı zamanda zorunlu geri dönüşüm standartları ve geri dönüşüm merkezli ürün geliştirme ana hatlarını uygulayan ilk otomobil üreticisidir.

Otomobilin çevre üzerine etkileri düşünüldüğünde tüm yaşam döngüsü göz önünde bulundurulmalıdır. BMW ürün geliştirme safhasında sürekli optimizasyon süreci içerisinde elemanlar için karşılaştırmalı yaşam döngüsü analizi uygulamaktadır. Buradaki amaç çevre ile dost ürünler geliştirmektir. Elemanlar için hazırlanan Yaşam Döngüsü Analizi tasarım ve mühendislik uygulamalarını, üretim yöntemleri ve montajı, satış ve servis hizmetleri ve son olarak da yaşam sonunda araçların geri dönüşümünü kapsamaktadır. Aşağıda BMW firmasının Sustainable Value Report 2001-2002 açıklanmıştır [55].

Geri Dönüşüm İçin Tasarım

Bir BMW otomobili tasarımı için oluşturulan istek listesi çok geniştir. Bu, tipik bir BMW otomobilinin sahip olduğu aktif ve pasif güvenlik önlemlerini içermektedir. Aynı zamanda yolcu konforunun en üst düzeyde olması ve malzeme kalitesi listede yer alan diğer maddelerdir. Çevreye uygunluk ise buradaki anahtar etkindir. Bu etken özellikle yaşam sonu BMW otomobilin geri dönüşümü sırasında özellikle önem kazanmaktadır. Ürün geliştirme safhasının başlarında geri dönüşüm için tasarım araştırmaları mühendislik faaliyetlerini aracın çevreye zarar vermeksizin geri dönüştürülmesi konusuna odaklamaktadır. BMW Recycling and Disassembly Zenter (RDZ) Almanya Lohhof'da bulunan araştırma merkezi ve yenilik merkezleri arasında sürekli bir bilgi alış verişi yapılmaktadır. Buradaki amaç çevreye uygun ve ekonomik geri dönüşüm çözümleri geliştirmektir. Bu araştırmalar sonucunda, günümüzde BMW otomobilleri çevreye uygun ve ekonomik olarak neredeyse tüme yakını geri dönüştürülmektedir. Şekil 8.12'de BMW'de uygulanan gösterge paneli geri dönüşümü görülmektedir.

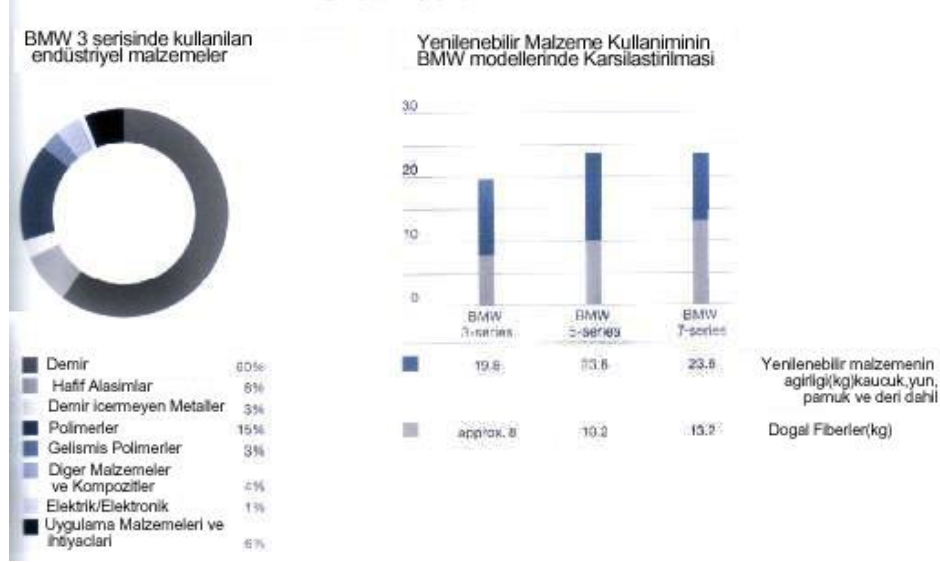


Şekil 8.12 BMW gösterge paneli geri dönüşüm planı [55]

Ana Amaç: Ekonomik Ve Çevreye Uygun Geri Dönüşüm

Yeni araç elemanlarının mühendisliği dikkatli enerji kullanımı ve ekolojik denge gerektirmektedir. BMW RDZ'de detaylı parçalara ayırma analizleri yönetilmektedir. Bu çalışma parçalara ayırma işleminin zaman ve alet ihtiyacını belirlemektedir. Buradan sağlanan bilgiler araç konstrüksiyonunu ve geri dönüşüm için uygun malzeme kullanımını oluşturur. İyi bir geri dönüşüm için anahtar etkenler malzeme seçimi, parçaları ayırmak ve birleştirme teknikleridir. Bu şekilde parçalar kolayca ayrılabilir ve iyileştirilebilir. Diğer bir önemli etken ise parçaların araca takma yöntemidir. Otomobillerde % 75 oranında kullanılan ve kolayca geri dönüştürülebilen metal malzeme yerine BMW uzmanları plastik malzeme kullanımına konsantre olmaktadır. Şekil 8.13'de bir BMW otomobilinde malzeme

kullanımı görülmektedir. Plastik malzeme kullanımı ile ağırlıkça azalma ve yakıt tasarrufu sağlamak hedeflenmektedir. BMW 3 serisindeki araçlarda yaklaşık olarak 162 kg plastik malzeme kullanılmaktadır. Bu miktar daha önceki modelden % 15 daha fazladır. Bu plastiklerin yaklaşık olarak 90 kilogramı BMW geri dönüşüm standartlarına uygun ve ekonomik geri dönüştürülmektedir.



Şekil 8.13 BMW malzeme kullanımı [55]

Ürün Geliştirme Sürecinde Geri Dönüşüm

BMW mühendisleri ürün geliştirme sürecinde otomobilin çevreyle ilgili özelliklerini dikkatlice düşünmektedirler. Buradaki amaç disiplinler arası ihtiyaçları eş zamanlı ve kesin olarak belirlemektir. Araç geri dönüşümünü yararlı bir şekilde sağlamak için, karar aşamalarında tüm kriterler dikkatlice değerlendirilmelidir. BMW grubu ürünleri geri dönüşüm için en iyi şekilde kullanmak amacıyla, ürün geliştirme sürecinde farklı metotlar kullanmaktadır. Yaşlı araçlar için özellikler listesinde, her bir parçanın malzeme kodu ve geri dönüşüm standartları yer almaktadır. Yürütülmekte olan parçalara ayırma analizi, otomobil parçalarının çevreye uygun-ekonomik geri dönüştürülmesi fikirleriyle sonuçlanmaktadır. Ürün geliştirme sürecinin tüm aşamalarında geri dönüştürülebilirlik kavramı üzerinde diğer teknik ihtiyaçlar ile fikir birliğine önem verilmektedir. Şekil 8.14'de bir BMW otomobilinde kullanılan plastik elemanlar yer almaktadır.



Şekil 8.14 Bir BMW otomobilinde kullanılan plastik elemanlar [55]

Geri Dönüştürülmüş Ürünlerin Kullanımında Artma

Sürdürülebilir ürün tasarımı düşüncesine bağlılık ile, malzeme seçiminde bir çok seçenek mevcut olmaktadır. Bu sıralama geri kazanılmış ürün kullanımından yenilenebilir hammaddeye kadar geniş bir çerçeve oluşturmaktadır.

Otomobil tasarımında plastik malzemenin kullanımının artışı ile, plastik malzemenin geri dönüşümü konusu önem kazanmıştır. Ortalama olarak bir BMW otomobilinde % 12 oranında plastik malzeme kullanılmaktadır. Modele göre değişen oranlarda kullanılan plastik malzemenin % 14-15'i geri kazanılmış malzemeden yapılmaktadır. Amaç, bu miktarın pazar koşulları ve teknik yapılabilirlik ile birlikte artmasıdır. BMW kalite standartlarında, geri kazanılmış plastik malzeme yeni malzeme kadar iyi performansla uygulanmaktadır. Geri kazanılmış malzemenin parçalarda yer almasının kordinasyonu son onaydan sorumlu olan tasarım mühendisleri tarafından yapılmalıdır. Arka raf bölümü, zemin panel kaplaması, kablo yuvaları, motor bölümü kapağı, yuvalar ve kenetler geri kazanılmış malzemenin kullanım alanlarına örnek olarak verilebilir.

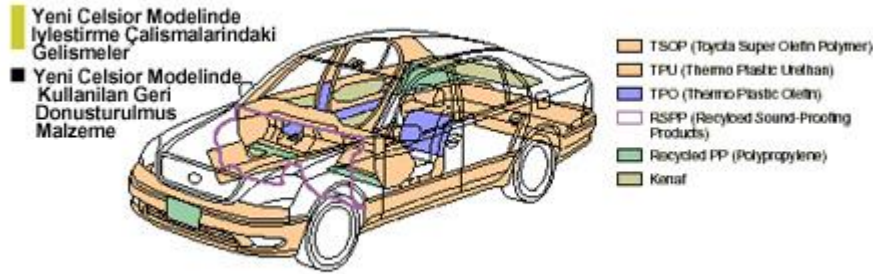
Yenilenebilir Hammadde

Doğal fiberler ve diğer yenilenebilir hammaddeler BMW otomobillerinde ses yalıtımı, iç kapı panelleri, bagaj bölümünün tümü ve yüzey ek elemanlarında kullanılmaktadırlar. Bu malzemelerin hafif , tercih edilir çevre dengesine sahip olmaları ve genellikle maliyeti düşürmeleri nedeniyle kullanımlarında artma olacağı BMW tarafından ön görülmektedir.

8.3.4. Toyota

Avrupa Birliği direktifleri doğrultusunda araç ömrünün sonunda geri dönüşümü destekleyen bir topluluk Japonya’da oluşturulmuştur. Bu oluşum içerisinde Toyota önemli bir yer almaktadır. Toyota, Automobile Recycle Technical Center’ı daha geniş araştırmalar ve geliştirmeler yapmak amacıyla kurmuştur. Satış ve satış sonrası hizmetleri Toyota Environmental Report 2001-2002’de yer almaktadır [69].

Nisan 2000’de yeni Toyota patenti ile geri dönüşüm toplumunda aktif rol almaya dayalı, geri dönüşüm teknolojisi gelişimi ve sistem kurulumu konulu Toyota Çevresel Uygulama Planı açıklanmıştır. Aynı zamanda bu plan, Toyota’nın Japon otomobil endüstrisi tarafından saptanan aracın %95’inin 2015 yılı itibariyle geri dönüştürülmesi uygulamalarını anlatmaktadır. Otomobilin yaşam sonu iyileştirme çalışmaları için Toyota somut adımlar atmaktadır. Örneğin; Toyota tekrar kullanımlarda kötüleşmeyen Super Olefin Polimer(TSOP1) termoplastik olefini geliştirmiş, Toyota Metal Co. işbirliği ile dünyanın ilk ASR2 geri dönüşüm alanını ve Toyota Metal bünyesinde Automobile Recycle Technical Center’ı kurmuştur. Şekil 8.15’de Toyota Celsior modelinde kullanılan plastik malzemeler görülmektedir.



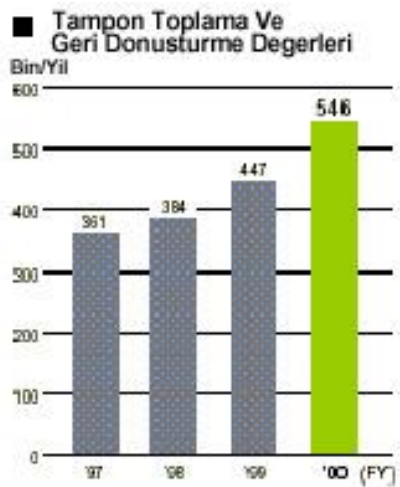
Şekil 8.15 Toyota Celsior modelinde kullanılan plastik malzemeler [69]

Automobile Recycle Technical Center, “araç strüktürünü kolayca parçalara ayırma” ve “uygun parçalara ayırma teknolojisi” konuları üzerinde çalışmaktadır. Bu merkezin araştırma sonuçları tasarım bölümüne gitmektedir. Automobile Recycle Technical Center Nisan 2001’den itibaren çalışmalarına devam etmekte olup, hükümetin belirlediği araç iyileştirme programına erken odaklanmış ve %85 geri dönüşüm hedefini 2015 yılı için %95’e yükseltmiştir.

Otomobil üretici için, en üst model çizgisi firmanın ürün felsefesinin ve teknik durumunun bir göstergesidir. Toyota aktif olarak geri dönüşüm teknolojisini yeni Celsior modelinde kullanmaktadır. Eski modellerde üreten malzemesi ile birlikte kullanılan TSOP, % 10 oranında ağırlıkta azalma sağlayarak ön ve arka tampon ve yan kavisli yüzeyler gibi geniş yüzeyli elemanlarda kullanılmaktadır. Eski tamponların geri kazanılmasından elde edilen malzeme ile bagaj ek parçası ve Recycled PP (RSSP)'den geri kazanılmasından elde edilen malzeme egzoz elemanı yapımında kullanılmaktadır. Kapı ekleri yapımında ana malzemeye ek olarak ahşap yongası kullanılmaktadır. Geri kazanılan tamponlara polipropilen fiber karıştırılarak hafif ve ses yalıtımı güçlü karakterde malzeme elde edilmektedir. Sonuç olarak kapı ekleri eskisi modellere oranla daha hafif ve ses yalıtımı daha güçlü olmaktadır.

Çevreye zarar verici maddelerin kullanımını azaltmak için Toyota radyatörler, ısıtıcı merkezi ve yakıt tankları vb. örneklerle yol göstermektedir. Bu indirgeme örneklerinde 1/6 oranında malzeme kullanımında azalma sağlanmaktadır. Otomobil endüstrisinin malzeme kullanımında azaltma amacı ise 1996 değerlerini 2005 yılında 1/3 oranında indirmektedir.

Yaklaşık olarak 546.000 tampon (yaklaşık olarak tüm üretimin %59'u) toplanmış ve geri dönüştürülmüştür. Şekil 8.16'da Toyota tampon geri dönüştürme değerleri verilmektedir. ASR geri dönüşüm alanı ve Toyota Metal işbirliği ile RCPP için 2,620 ton ham madde, 210 ton bakır ve 71 ton cam yaşam sonunda bulunan otomobillerden elde edilmiştir. Aynı zamanda gaz yağına alternatif yakıt olarak 5,100 ton iyileştirilmiş reçine ve kauçuk kullanılmıştır.



Şekil 8.16 Toyota tampon geri dönüştürme değerleri [69]

Toyota “Toyota Japanese Dealer Environmental Guidelines” ın ılerlemesini sağlamak içi çalışmaktadır. Ağustos 2000 tarihinde Toyota gazeteler verdiği ilan ile satıcılarının evre bilgilerini desteklemek için basın duyurusu yapmıştır. Aynı zamanda “Toyota Eco Communication News” ile satıcı girişimleri konusunda bilgi vermektedir.

8.4. Analiz alışması ve Bulguları

Geri kazanımın ön koşulunun toplama ve ayırma işlemleri olduğu belirtilmiştir. Geri kazanım kriterleri geri kazanım kapasitesi, toplama işlemine bağlı olarak maddenin kirliliğinin aza indirgenmesi, toplama ve ayırma yerleri arasındaki uzaklığın ekonomikliği ile ifade edilmiştir. Geri kazanım ekonomisi kriterlerini endüstriyel alt yapının oluşturulması, geri kazanılmış ve tekrar işlenmiş ürünlerin pazarlanabilmelerinin oluşturduğu görölmüştür. Geri dönüşümden önce malzemelerin çeşitlerine göre ayrılması ve üzerindeki boya, etiket vb. maddelerden arındırılması gerekliliği gösterilmiştir. Ancak bu şekilde gerçekleşecek geri kazanımın ekonomik bir temele oturduğu belirtilmiştir.

Bilgi toplama safhalarından elde edilen bilgiler, geri dönüşümün tüm ön koşulları ve kriterleri dahilinde otomobillerde kullanılan plastiklerin sınıflandırılması ve geri dönüşümüş malzemelerin hangi otomobil elemanlarında kullanıldığının saptanması amacıyla analiz çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın bulguları ile Tablo 8.4 ve Tablo 8.5 oluşturulmuştur. Tablo 8.4’de otomobilde kullanılan plastik malzemelerin sınıflandırılması yapılmış, kullanım alanları belirlenmiş ve geri dönüşüm sonrası kullanım alanları belirlenmiştir. Tablo 8.5’de otomobil firmaları geri dönüşüm yaklaşımları karşılaştırması yapılmıştır.

Çalışmanın bulguları tablo 8.4’de yer almaktadır. Tablo 8.4’den de göröleceği gibi, otomotiv üreticileri otomobilde kullanılan plastik malzeme türlerini azaltma yoluna gitmektedirler. PP , PE, Naylon, PC ve ABS plastikleri en çok kullanılan plastik türlerini oluşturmaktadır. Otomotiv endüstrisi birbirinden çok farklı özelliklere sahip elemanlarda ortak malzeme kullanmaktadır. Aynı plastik malzemeyi farklı parçalarda kullanmanın ana amacı geri dönüşümün ekonomik olma kriterini sağlamaktır. Geri dönüşüm endüstrisi için en büyük sorunlardan biri olan yeterli malzeme bulunması sorunuyla otomotiv endüstrisinde karşılaşılmamaktadır.

Otomotiv endüstrisinde kullanılan plastik malzemelerin geri dönüşümü, geri dönüşüm ön koşullarını sağlamaktadır. Tablo 8.5’de firmaların geri dönüşüm yaklaşımları analizinde görüldüğü üzere, otomotiv üreticilerinin tasarım kriterleri arasında geri dönüşüm, malzeme çeşitliliğini azaltma, parçaların kolay ayrılabilmesi, plastik malzeme kullanımının artması ve tekrar kullanım yer almaktadır. Otomobil elemanlarının geri dönüşümü, katı atıkların toplanması ve ayrılması işlemlerinden daha ekonomik ve daha hızlı olmaktadır. Bunun nedeni otomobil parçalarının farklı yerlerden ve karışık atıklar içerisinde toplanmayıp, firmaların kendi geri dönüşüm merkezleri içinde yaşam sonuna gelmiş ürünleri geri dönüştürebilmeleridir. Tasarım kriterleri içerisinde yer alan malzeme çeşitliliğini azaltma ve parçalara kolay ayrılma kriterleri otomotiv endüstrisinin geri dönüşüm çalışmalarında büyük avantajlar sağlamaktadır.

Otomobillerde kullanılan plastik elemanların % 60’ının geri dönüştürülebildiği görülmektedir. Geri dönüştürülmüş malzemenin otomobil elemanları üretiminde kullanıldığı görülmektedir. Geri kazanılmış malzemeden üretilen elemanlar tamponlar, aydınlatma sistemleri, göstergeler, soğutma ve havalandırma sistemleri vb. Tablo 8.4’de yer almaktadır. Geri kazanılmış malzemenin otomobil elemanları üretiminde kullanılması geri dönüşüm kriterleri arasında yer alan geri dönüştürülmüş malzemeye pazar bulma kriterini tam olarak sağlamaktadır. Bu şekilde otomotiv endüstrisi kendi geri dönüşüm sektörüne pazar teşkil etmektedir.

Otomotiv endüstrisinin kendi içinde yer alan geri dönüşüm merkezleri malzemelerin toplama-ayırma arasındaki uzaklığın ekonomik olmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda otomobil plastik elemanlarının üretim sırasında renklendirilebilme özelliği ile geri dönüşüm öncesi yapılması gereken boya temizlemesi işlemine ihtiyaç duyulmamaktadır.

Plastik malzemelerin otomobil tasarımına olumlu yönde etkileri olmaktadır. Plastik malzeme kullanımı, malzemenin sınırsız şekillendirilebilme özelliği ile tasarımcılara özgürlük kazandırmaktadır. Yakıt, havalandırma ve ısıtma sistemleri gibi karmaşık yapıların plastik malzemeden üretilebilmesi bu sistemleri daha az yer kaplamasına ve iç mekanda genişleme sağlamaktadır. Bu da yolcu konforunun yükselmesi anlamına gelmektedir. Plastik malzemenin otomobil tasarımındaki diğer yararlı etkileri geri kazanılabilirlik, ekonomiklik, otomobilin toplam ağırlığında azalma, ses ve titreşim yalıtımı sağlaması, dayanıklılık ve paslanmazlık olarak belirtilmektedir.

Otomobil firmaları geri dönüşüm yaklaşımları analizi Tablo 8.5’de görülmektedir. Otomobil üreticilerinin geri dönüşüm hedefleri, tasarım yaklaşımları, genel hedefleri ve geri dönüşüm uygulamaları karşılaştırılmıştır. Volkswagen, Ford, BMW ve Toyota firmaları arasında yapılan bu karşılaştırmada ortak uygulamalar görülmektedir. Firmaların geri dönüşüm hedefini Avrupa Komisyonu’nun belirlediği 2015 yılı için aracın %95’inin geri dönüştürülmesi oluşturmaktadır. Otomotiv sektöründe lider nitelikteki bu firmaların her birinin çevre uygulama raporları bulunmaktadır. Firmaların tasarım yaklaşımlarında geri dönüştürülebilirlik, malzemelerin tekrar kullanımı, plastik malzemenin kullanımının artması, parçalara ayırma analizleri ve otomobilin yaşam sonu iyileştirme çalışmaları yer almaktadır. Genel hedefleri arasında geri dönüşüm, malzeme seçimi, geri dönüşüm için aracın kolay parçalara ayrılması, geri kazanılmış malzeme kullanımı ve ürünlerin yaşam süresini uzatmak bulunmaktadır. Firmaların her birinin geri dönüşüm çalışmaları bulunmaktadır. Geri dönüşüm uygulamalarına bakıldığında farklı uygulamalarla karşılaşılmaktadır. Volkswagen’in Tranporter Van ve Ford’un Think modellerinin tamamında ve Ford Focus, Fiesta, Ka ve Escord modellerinde geri kazanılmış plastikler kullanılmaktadır. Ford otomobil fabrikalarında 4 milyar pound değerinde geri kazanılmış malzeme kullanılmaktadır. BMW 3 serisinde toplam olarak 162 kg. plastik kullanılmakta ve bunun 90 kg.’ı geri dönüştürülmektedir. Toyota firması ürettiği tüm tamponların %59’unu geri dönüştürmektedir. Toyota kendi laboratuvarlarında tekrar kullanımlara imkan veren termoplastik çeşidi geliştirmiştir. Bu plastik Toyota’nın yeni Celsior modelinde kullanılmaktadır.

Tablo 8.4. Otomobil Elemanlarında Plastik Malzeme Kullanımı, Plastik Malzeme Kullanımının Tasarıma Etkileri ve Geri Dönüşüm Sonrası Kullanım Alanları

Uygulama Alanları	Kullanılan Plastik Malzeme Cinsi	Plastik Malzeme Kullanımının Tasarıma Etkileri	Geri Dönüşüm Sonrası Kullanım Alanları
Tamponlar ve Panel Sistemleri	Polikarbonat, Polyester, Polipropilen, Poliüretan, Polyamid	Ucuzdur, tasarımcıya özgürlük kazandırmıştır.	Panel sistemleri üretiminde, yeni tampon, tampon taşıyıcı tablası, aktü yuvası, yarı strüktür elemanları, kenetler
Yüzey Panel	SMC (tabaka döküm bileşimi, termoset polyester tabaka), RİM-üretan (reaksiyon- enjeksiyon döküm, içerisinde üretan reçinesi enjekte edilmiş termoset dökümü) ve termoplastik sistem (diğerlerinin yanında termoplastik olefinleri içerir)	Otomobilin toplam ağırlığının azalmasına, yol ömrünün uzamasına ve çevreci bir yaklaşıma imkan sağlamıştır.	-
Aydınlatma Sistemleri	Polikarbonat	Yüksek ısıya dayanımlı, kırıldığında parçalanıp dağılmayan yapıda ve her türlü formda tasarlanabilirler.	Gösterge yuvaları, aydınlatma elemanı yuvaları
Ek Parçalar (Süs)Dekorasyonlar	Naylon, Polisteren, Polikarbonat, Polyvinilklorür, Polipropilen,Polyester ve Üretan	Dış yüzey ek parçalarında zaman ve para tasarrufu yapmasını sağlamıştır, boyama masrafı azalmıştır.	Kapı kolları, iç ek parçalar, dış ek parçalar
Koltuklar Döşemeler	Üretan köpük	Geri kazanılabilirlik, tüm tasarıma uygunluk, istenilen şeklin verilebilmesi ve ekonomik olma özellikleri taşımaktadır.	Hah alltlıkları
Gösterge Panelleri	ABS, ABS/ Polikarbonat alaşımları, Polikarbonat, Polipropilen, Polipropilen-Eter ile geliştirilmiş Polipropilen ve Sitren-Maleik-Anhidrid	Kompleks tasarımlara izin verir, maliyeti düşürür ve ağırlığı azaltır.	Gösterge paneli, gösterge paneli tablaları, parça yuvaları, taşıyıcı elemanlar, ızgaralar
Direksiyon	Vinil	Değişik termoplastikler ve metal elemanlardan üretilmiş direksiyon milinin yapımında yardımcı olmaktadır.	Elektrik devreleri tel kaplayıcısı

Hava Kanalları	ABS ve Polipropilen	Hava kanalları karmaşık şekilde olup, aynı zamanda dayanıklı ve hafiftirler. Başka malzemeler kullanılarak üretilmeleri oldukça güçtür.	Hava kanalları, ızgara sistemleri, havalandırma parça yuvaları
Parça Yuvaları	Naylon, Sitiren, Polipropilen ve Polyester	Manyetik alana karışması önemsiz sayılacak kadar az, güçlü, tutarlı, dayanıklı ve hafif yuva malzemesi sağlamaktadır.	Parça yuvaları, ek dekorasyon elemanları
Anahtarlar ve Soketler	Naylon, Polyester ve Acetil	Yüksek dayanıklılık, az sürtünme ve doğal pürüzsüz yüzey özellikleri taşımaktadır.	Elektrik sistem yuvaları, parça yuvaları, ızgaralar
Bağlantı Elemanları	Polibütilen Tetraplat ,Polietilen Tetraplat	İyi bir yalıtkan, güçlü, sert ve yüksek sıcaklık derecelerine dayanım özellikleri taşımaktadır.	Isıtma ve havalandırma sistemi kanalları, parça yuvaları
Devre Panelleri ve Elektrik Tel Kaplayıcıları	Akrilik fiberoptik kablolar	Otomobil ağırlığında azalma,sistemlerin verimliliğinde artış ve sistem kurulmasında güvenlik ve kolaylık sağlanmıştır.	-
Diğer İç Mekan Uygulamaları	koltuklar, kafalıklar glass mat plastik, kompozit Polipropilen/Fiberglas'tan yer döşemesi, Akrilanitril-Bütadien_Styrene ve GMT kompozitten kapı ekpanelleri ve Polikarbonat/ABS vites kutusu örnek olarak verilebilir	Ses yalıtımı, titreşim yalımı ve yumuşaklığın yanı sıra, konforlu, dayanıklı ve estetik iç mekan elemanları tasarımı için idealdir. Tasarımının esnekliği, otomobil üreticilerinin tek parça ve hafif elemanlar tasarlamasını sağlamaktadır. Böylece, zaman, para ve otomobil ağırlığında tasarruf sağlanırken, araçların yeniden tasarımında karşılaşılan problemler de aza indirgenmektedir.	
Şanzıman	Fiberglass ile güçlendirilmiş Fenolik reçine	Sabit şanzıman parçasının tek parça olarak üretilmesini sağlamaktadır. Isıya,yüksek basınca, darbeye, kimyasallara dayanıklılığı ve kolay şekillendirilebilme özellikleri taşımaktadır.	-
Vites Kutusu (Şaftı)	Tek parça plastik malzemeden üretilmiş	Gürültü ve titreşimde azalmayı beraberinde getirmektedir. Daha iyi sürüş kalitesi sağlamanın	Parça yuvaları

		yanında, bağlantılı parçalar arasında daha az stres görülmektedir.	
Mil Yatağı	Naylon	Yüksek ısı altında düşük sürtünme göstermektedir.	Parça yuvaları, ızgaralar, kanal sistemleri
C.V. Bağlantıları ve ‘U’ Bağlantıları	Acetil	Yüksek dayanımı ve düşük sürtünme özellikleri taşımaktadır.	Bağlantı elemanları, kenetler
Yakıt Tankları	High Density Polietilen	Güçlü ve hafif olması, üreticilerin daha hafif ve yakıt verimliliği olan araçlar üretmelerini sağlamaktadır. Plastik yakıt tanklarının şasi üzerinde en uygun yere yerleştirilebilme özelliği; diğer elemanlara ek yer, yolcu için geniş iç mekan sağlamaktadır	Yakıt tankları
Yakıt Boruları	Naylon	Esneklik, hafiflik, düşük maliyet ve az geçirimsizlik özellikleri, paslanmaya, çarpmaya, aşınmaya ve çatlamaya dayanıklılık özellikleri taşımaktadır.	Yakıt boruları, parça yuvaları
Buhar Geri-Alma Sistemi	Cam-takviyeli Naylon veya Polipropilen		-
Yakıt Dolum Boruları	Naylon	Ezilebilir ve bükülebilir olmaları, yırtılma, kırılma ve benzin yayılması sebebiyle yangın ve patlamaya dayanıklıdır. Güvenlik, düşük maliyet, yüksek ısıda benzin ve buhara dayanıklılık elde edilmiştir. Bu aynı zamanda araç ve yakıt performansını arttırmaktadır.	Yakıt boruları, parça yuvaları
Yakıt Pompası	-	Ağırlık, hacim, maliyet ve kullanılan parça sayısında tasarruf sağlamaktadır. Parçaların birbirine sıkıca birleştirilmesiyle yakıtın devre ve pompanın diğer parçalarına sızıntısını engellemektedir.	-

Yakıt Modülü	Plastik modül; pompa, filtre ve yakıt seviye ölçü elemanından oluşmaktadır	Plastik modül sayesinde, yakıtın bulunduğu yerden sürekli olarak, köşelerde ve eğimlerde basınç kaybetmeksizin yakıt sistemine gidişi sağlanmaktadır.	-
Yakıt Yolu	Kompozit	Plastik yakıt yolu düşük maliyetli olup, aynı zamanda hava indüksiyon modülüne kolayca birleştirilmektedir.	-
Hava-Alış Sistemi	Naylon ya da Polipropilen	Motorun uzun ömürlü oluşunu belirlediği gibi, gücünü ve çalışma esnasındaki pürüzsüzlüğünü de belirlemektedir.	Parça yuvaları, hava kanalları, ek dekorasyon parçaları
Yakıt-Alış Sistemi	Naylon	Pürüzsüz yüzey sağladığı gibi NVH değerlerini ve ağırlığı düşürmekte ve otomobilin performansını artırma yönünde tasarımcılara büyük özgürlükler sağlamaktadır.	-
Motor Elemanları	-	Motor elemanlarının kapaklarını plastik malzemeden yapmak, üreticilerin zamandan, paradan ve malzemeden kazanç elde etmelerini sağlamaktadır. Plastik malzemenin hafif oluşu ve parça birleşme detaylarında sağladığı imkanlar sayesinde ağırlık ve NVH değerlerinde azalma elde edilmektedir.	-
Strüktür	Carbon Fibers	Hafiflik özelliği parçaların taşınmasını kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda yakıttan tasarruf yapmakta ve daha az yakıt dolayısıyla çevre korunmasına katkıda bulunmaktadır.	-
Destek	Naylon	Esnekliği sayesinde, çok farklı şekillerde kaburga tasarımı gerçekleştirilebilmektedir.	Tampon, ızgaralar, havalandırma ve ısıtma sistemi kanalları, yakıt dolum sistemi

Süspansiyon	Naylon ve Polipropilen malzemeden Süspansiyon tüpü ve bağları birleşimlerinden oluşan süspansiyon sistemi	Plastik malzemenin hafifliği, süspansiyon sisteminin rijit, dayanıklı ve tamamıyla fonksiyonel olmasını sağlamaktadır.	Parça yuvaları
Frenler	Frenleri kontrol eden elektrik devreleri, plastik tabanlı fren pedleri Aramid Fiber	Plastik malzeme günümüzün fren sistemine yardımcı olmaktadır. Otomatik Fren Sistemi yuvası ABS plastik malzemeden yapılmaktadır.	-
Soğutma Sistemi	Naylon, Naylon ve Polipilen Sülfid su pompalarında kullanılmaktadır	Plastik malzeme kompleks şekillerin üretimine imkan vermesi sayesinde, tasarımcılara esneklik sağlamaktadır. Plastik malzemenin korozyona dayanıklı oluşu radyatör tankında sızıntı olmasına engel olmaktadır.	havalandırma ve soğutma sistemi kanalları, parça yuvaları, yakıt dolum sistemi

Tablo 8.5. Otomobil Firmaları Geri Dönüşüm Yaklaşımları Analizi

	Çevre Uygulama Planı	Geri Dönüşüm Hedefleri	Tasarım Yaklaşımları	Genel Hedefleri	Geri Dönüşüm Uygulamaları
Volkswagen	Environmental Report 2002	2002 yılında % 85 geri dönüşüm 2015 yılında %95 geri dönüşüm	Emisyon hedefleri, malzeme seçim süreci, geri dönüştürülebilirlik	Malzeme, üretim yöntemi ve süreci, geri dönüşüm, yakıt tüketimi, egzoz emisyonu, toprak/su kirliliği, gürültü	Transporter Van’da kullanılan plastiklerin tümü geri kazanılmış, Golf A3 ve Lupo için otomobil yaşam sonu analizi uygulanmaktadır.
Ford	Environmental Report 2001-2002	2002 yılı % 75 geri dönüşüm	Malzeme azaltma, tekrar kullanım ve geri dönüşüm	Geri dönüşüm için aracın kolayca parçalara ayrılmasının tasarımı, geri kazanılmış malzemeden üretilen parçaların otomobil tasarımında yeri, ekonomik araç tasarlamak, araçlarda kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilir malzemeler olmasını sağlamak, ürünlerin yaşam süresini uzatma	Ford fabrikalarında 4 milyar pound değerinde geri kazanılmış malzeme kullanılmaktadır. Her yıl 4 milyar pound değerinde 360,000 lastiğin geri dönüştürülmesiyle ısıtma-havalandırma sistemi elemanları üretilmektedir. Telefon ve bilgisayarlardan geri kazanılan malzemeler ile kamyonet ızgaraları üretilmektedir. Endüstriyel halıdan sağlanan geri kazanılmış naylon malzemesini %25 oranında hava temizleme sistemi parçalarının üretiminde kullanılmaktadır. Focus, Fiesta, Ka ve Escord’da geri kazanılmış malzemeden yapılan elemanlar kullanılmaktadır. Ford Th!nk modelinin tamamında geri kazanılmış plastik malzeme kullanılmaktadır.

BMW	Sustainable Value Report 2001-2002	Otomobillerde % 75 oranında kullanılan ve kolayca geri dönüştürülebilen metal malzeme yerine plastik malzeme kullanımını artırmak.	Plastik malzeme kullanımını artırmak, parçalara ayırma analizi, otomobil parçalarının çevreye uygun-ekonomik geri dönüştürülmesi fikirlerini içeren tasarım yaklaşımları.	Geri dönüşüm için tasarım, ekonomik ve çevreye uygun geri dönüşüm, ürün geliştirme sürecinde geri dönüşüm, geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanımında artma	BMW 3 serisindeki araçlarda yaklaşık olarak 162 kg plastik malzeme kullanılmaktadır. Bu plastiklerin yaklaşık olarak 90 kilogramı BMW geri dönüşüm standartlarına uygun ve ekonomik geri dönüştürülmektedir. Ortalama olarak bir BMW otomobilinde % 12 oranında plastik malzeme kullanılmaktadır. Modele göre değişen oranlarda kullanılan plastik malzemenin % 14-15'i geri kazanılmış malzemeden yapılmaktadır.
Toyota	Environmental Report 2002	2015 yılında aracın %95'inin geri dönüşümü	Otomobilin yaşam sonu iyileştirme çalışmaları, malzemelerin tekrar kullanımı	Geri dönüşüm teknolojisi gelişimi ve sistem kurulumu	Yaklaşık olarak 546.000 tampon (yaklaşık olarak tüm üretimin %59'u) toplanmış ve geri dönüştürülmüştür, eski tamponların geri kazanılmasından elde edilen malzeme ile bagaj ek parçası üretmektedir. Yeni Celsior modelinde tekrar kullanımlara imkan veren toyota tarafından geliştirilmiş plastik malzeme kullanılmaktadır.

9. SONUÇ

Malzemelerin, özellikle de plastik malzemelerin doğayı koruma davranışları çerçevesi içerisinde geri dönüşümü konusuna ilgi artmıştır. Kaynakları kirletmemek ve hurda malzemeleri geri kazanmak, çevresel kaygılar içerisinde geri dönüşüm için iki güçlü neden oluşturmaktadır.

Tüm dünyada her yıl 50 milyon ton plastik reçine üretilmektedir, ancak geri dönüşüm miktarını saptamak oldukça güçtür. Plastik malzemenin ağırlık yüzdesine göre % 10-30'u atık olarak araziye gitmektedir.

Türkiye'de ekonomik gelişmeye paralel olarak motorlu taşıt sayısı yıllar itibariyle artış göstermiştir. 1974 yılında, otomobil, minibüs, otobüs, kamyonet, motosiklet, özel amaçlı taşıtlar, yol ve iş makineleri dahil olmak üzere toplam 647 bin 947 adet olan motorlu kara taşıtı 11 kat artışla bugün 7 milyon 347 bine ulaşmıştır. 1974 yılında 647 bin 947 motorlu kara taşıtı tespit edilirken, bu rakam 1984 yılında yüzde 170 artışla 1 milyon 751 bin 834 adete yükselmiştir. 1994 yılında % 168 oranında bir artışla 4 milyon 711 bin 206 olan araç sayısı, 2002 yılının ilk 6 ayı itibariyle % 56'lık artış göstererek 7 milyon 347 bin 991 adete ulaşmıştır. 1974'den bugünü kadar geçen 28 yılda, motorlu kara taşıt sayısı 11 kat artış göstermiştir. Kara taşıtları içinde en önemli sırayı işgal eden otomobil verilerine bakıldığında da, 1974 yılında 313 bin 160 olan sayının geçen sürede 14 kat artış gösterdiği anlaşılmıştır. Buna göre, bu rakam 2002 yılında 4 milyon 537 bin 612'e ulaşmıştır. Bu rakamlar sonucunda 2002 yılı için Türkiye'de otomobil endüstrisinde ortalama olarak 640 bin ton plastik malzemenin kullanıldığı görülmektedir.

Çevko Vakfı ve Kadıköy, Küçükçekmece, Bahçelievler, Bakırköy, Beşiktaş, Mimarsinan ve Zeytinburnu Belediyeleri işbirliğinde bu pilot bölgelerde yapılan geri dönüştürülebilir atıkların ayrılması uygulaması sonuçlarından elde edilen verilerden İstanbul'da konut başına düşen atık miktarı 2001 yılı için 1.08 kg(konut-hafta) olarak saptanmaktadır. Türkiye'de 2001 yılı kişi başına düşen plastik malzeme tüketiminin yılda yaklaşık 29 kg olduğu düşünüldüğünde elde edilen rakam 2.350.001ton/yıl

olmaktadır. Bu plastik malzemelerin % 50-60'ının geri kazanılabileceği gerçeğinden uzaklaşmamak gerekmektedir.

Elektrikli ev aletlerinde, otomobil sektöründe, mutfak eşyası, park-bahçe alanlarında, plastiğe dayalı inşaat malzemesi, gıda maddesi ambalajı, kozmetik, temizlik malzemesi, narenciye, tarım ürünleri, tekstil, konfeksiyon ambalajı ve sağlık alanında plastiğe dayalı araç gereç kullanımı ile günlük yaşamın her alanında plastik ile karşılaşmaktadır. Kısacası, dünya plastik çağını yaşamaktadır.

Türkiye'de plastik tüketimi incelendiğinde, 1996-1998 yılları arasında genel olarak değişik plastik türleri toplamında % 5-25 arasında hızlı bir artış görülmektedir. Plastiğin doğada kendiliğinden kaybolmaması, buna karşılık kullanım kolaylığına sahip olması, önemli bir çevre sorununu da beraberinde getirmektedir. Çevre bilinci yeterince gelişmemiş olan Türkiye'de bu sorun yasalar çerçevesinde yetkili makamlar, ilgili birimler (Bakanlıklar, yerel yönetimler) ve gönüllü kuruluşlarla aşmaya çalışılmaktadır.

Tüm bu rakamlara göre günümüzde geri kazanım büyük önem taşımaktadır. Çevre kirliliği ve hammadde tüketiminin artmış olduğu gerçeği, tüketici, üretici ve yönetimleri geri kazanım konusunda bilinçli davranmaya zorlamaktadır. Bu konuda diğer ülkelerde yapılanlara, ekonomik açıdan önemine ve kullanılan yöntem ve tekniklere bölümler içinde değinilmiştir. Geri kazanım bir sistem bütünüdür ve bu sistem tüketiciden başlayıp, yerel yönetimlerce desteklenen, kanunlarla korunan ve üretici ile noktalanmış uzun bir süreçtir. Bu uzun süreç içinde asıl önemli olan tüketiciye geri kazanım bilincinin verilmesidir. Tüketicinin geri kazanıma katkıda bulunması için eğitim seminerleri verilmeli, kurallarla (ödüllendirme-cezalandırma yöntemleri) ile desteklenmelidir.

Yukarıda değinildiği üzere geri kazanım evde başlamaktadır. Kaynağında ayırma ile geri kazanılabilecek maddelerin ayrılması, geri dönüşüm sürecini hızlandırdığı gibi ekonomik açıdan da büyük önem taşımaktadır. Kaynağında ayrılmayan geri kazanılabilir maddelere organik çöplerden ayıklama yöntemi uygulanacağından, bu yöntem hem zaman hem de ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Yapılan araştırma sonucunda geri dönüşüm sistemi içerisinde en önemli rolü tüketicinin aldığı görülmektedir. Tüketicinin aktif rol aldığı geri dönüşüm senaryosu şu şekilde oluşmaktadır:

- Tüketim maddelerinin kaynağında (ev, apartman..) türlerine göre ayrılması (plastik, metal, cam, kağıt, organik atıklar)
- Atıkların apartman ya da müstakil ev içinde belli noktada konteynerlerde toplanması
- Sokak ve caddelerde belli noktalarda (tüketicinin kolaylıkla ulaşabileceği, uzak olmayan) toplama konteynerlerinin bulunması
- Okul ve benzeri kamu kuruluşlarında toplama konteynerlerinin bulunması
- Toplanan atıkların belli sürelerde toplayıcı (özel kuruluş ya da belediye) tarafından toplanması
- Toplanan atıkların katı atık merkezinde ayırma işlemlerinin yapılması
- Katı atık merkezinde depolanan geri kazanılabilir maddelerin geri dönüşüm tesislerine nakliyesi
- Geri dönüşüm tesislerine gelen atığın işlenmesi ve geri dönüşmüş madde olarak tekrar üretilmesi.

Bu senaryonun en önemli parçası olan tüketici katılımını desteklemek gerekmektedir. Buradaki hedef; kaynakta geri kazanılabilir maddeler olan metali, plastiği, kağıdı ve camı ayırmaktır. Bu şekilde geri dönüşüm sürecini azaltmak ve ekonomik hale getirmek hedeflenmelidir. Türkiye’de herhangi bir uygulama olmadığından ilk olarak yapılması gereken tüketiciye geri dönüşüm bilincinin verilmesidir. Bugün kullandığımız bir çok tüketim malzemesinin geri kazanılmış maddelerden olduğu gerçeği (örneğin metal içecek kutuları, cam şişeler, plastik deterjan ve şampuan kutuları, poşetler vb.) konunun önemini belirtmektedir.

Şehir Planlamasının istenildiği ölçüde gerçekleştirilmediği ülkemizde, çarpık kentleşme sonucu yerel yönetimler maddi imkansızlıklar içerisinde bulunmaktadır. Buna bağlı olarak mevcut alt yapı eksikliği kendini çöp toplama alanlarında da göstermektedir.

Ülke genelinde düzenli çöp toplama sahaları yaptırılmalı, geri kazanıma yönelik kurulacak işleme tesislerinde toplama bantları oluşturulmalı ve bu yolla katı atıklar niceliklerine göre ayrıştırılmalıdır. Kaynağında yapılacak ayrıştırma sonucunda plastiklerin geri kazanımı ya da enerjiye dönüşümü daha kolay gerçekleşeceğinden

öp depolama alanları çok çabuk dolmayacak, daha uzun süreli kullanılabilecek ve geri kazanımla ekonomiye olumlu katkıda bulunulacaktır .

Hane halkının bu konuda sorumluluk bilinci geliştirilerek, sorunun, belediyelerin sorunu olmadığı, ülke ekonomisini ilgilendiren bir sorun olduğu düşüncesi yerleştirilmelidir. Gelişmiş ülkelerdeki uygulamalar örnek verilerek, gelişmiş ülkelerde halk desteği ile geri kazanımın en az % 60 gerçekleştirildiği, böylece ülke ekonomisine büyük kazanç sağlandığı anlatılmalıdır.

Otomotiv endüstrisinde uygulanan plastik malzemenin geri dönüşüm çalışmaları, plastik malzemenin büyük miktarlarda tüketildiği otomotiv sektörü için yol gösterici niteliktedir. Bir otomobilde ortalama olarak 160 kg plastik malzeme kullanıldığı, otomotiv endüstrisi içerisinde plastik malzemenin geri dönüşümünün hem çevresel hem de ekonomik açıdan büyük önem taşıdığı sonucunu göstermektedir. Otomotiv endüstrisinin geri dönüşüm sanayini besleyecek miktarlarda malzeme ürettiği, geri dönüşüm konusunda asıl sorun olan geri dönüşüm merkezinin yeterli malzeme sağlama problemiyle burada karşılaşılmayacağı bulgular arasında yer almaktadır. Geri dönüştürölmüş plastik malzeme otomobil elemanlarının üretiminde hammadde olarak kullanılabildiği saptanmıştır. Otomotiv endüstrisinin birbirinden çok farklı özelliklere sahip elemanlarda ortak malzeme kullanmaktadır. Aynı plastik malzemeyi farklı parçalarda kullanmanın ana amacının geri dönüşümün ekonomik olma kriterini sağlamaktır. Otomotiv üreticilerinin tasarım kriterleri arasında geri dönüşüm, malzeme çeşitliliğini azaltma, parçaların kolay ayrılabilmesi, plastik malzeme kullanımının artması ve tekrar kullanım bulunmaktadır. Otomobil elemanlarının geri dönüşümü, katı atıkların toplanması ve ayrılması işlemlerinden daha ekonomik ve daha hızlı olduğu bulgular içinde yer almaktadır. Geri kazanılmış malzemenin otomobil elemanları üretiminde kullanılması geri dönüşüm kriterleri arasında yer alan geri dönüştürölmüş malzemeye pazar bulma kriterini tam olarak sağlamaktadır. Bu şekilde otomotiv endüstrisi kendi geri dönüşüm sektörüne pazar olmaktadır.

Analiz çalışmasından elde edilen diğer bir sonuç ise plastik malzemelerin otomobil tasarımına olumlu yönde etkileri olmaktadır. Plastik malzeme kullanımı, malzemenin sınırsız şekillendirilebilme özelliği ile tasarımcılara özgürlük kazandırmaktadır. Yakıt, havalandırma ve ısıtma sistemleri gibi karmaşık yapıların plastik malzemeden üretilebilmesi bu sistemlerin daha az yer kaplamasına ve iç mekanda genişleme

sağlamaktadır. Bu da yolcu konforunun yükselmesi anlamına gelmektedir. Plastik malzemenin otomobil tasarımındaki diğer yararlı etkileri geri kazanılabilirlik, ekonomiklik, otomobilin toplam ağırlığında azalma, ses ve titreşim yalıtımı sağlaması, dayanıklılık ve paslanmazlık olarak belirtilmektedir.

Otomotiv firmaları geri dönüşüm yaklaşımları analizi bulguları arasında Volkswagen, Ford, BMW ve Toyota firmaları arasında ortak uygulamalar görülmektedir. Firmaların geri dönüşüm hedefini Avrupa Komisyonu'nun belirlediği 2015 yılı için aracın %95'inin geri dönüştürülmesi oluşturmaktadır. Otomotiv sektöründe lider nitelikteki bu firmaların her birinin çevre uygulama raporları bulunmaktadır. Firmaların tasarım yaklaşımlarında geri dönüştürülebilirlik, malzemelerin tekrar kullanımı, plastik malzemenin kullanımının artması, parçalara ayırma analizleri ve otomobilin yaşam sonu iyileştirme çalışmaları yer almaktadır. Genel hedefleri arasında geri dönüşüm, malzeme seçimi, geri dönüşüm için aracın kolay parçalara ayrılması, geri kazanılmış malzeme kullanımı ve ürünlerin yaşam süresini uzatmak bulunmaktadır.

Ulaşılan bu bulgular, otomotiv endüstrisinin kendi içinde geri dönüşüm uygulamalarının sistemli bir şekilde yapılabildiğini göstermektedir. Geri dönüşüm konusu otomotiv endüstrisinde tasarım aşamasından başlayarak, ürünlerin malzeme seçimi, tekrar kullanımı ve geri kazanılmış malzeme olarak yeni otomobil parçaları üretimi aşamalarının her birinde yer almaktadır. Otomotiv endüstrisinde geri dönüşüm uygulamalarının ekonomik ve çevresel önem taşıdığı görülmektedir. Otomobillerde kullanılan plastik parçaların % 60'ının geri dönüştürülebilir olması geri dönüşüm için büyük avantajlar sağlamaktadır.

Türk otomotiv endüstrisinin geri dönüşüm konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Avrupa Birliği Komisyonu'nun otomobillerin geri dönüşümü konusuna gösterdiği ilgi ile 2015 yılı için otomobilin %95'inin geri dönüştürülmesi konusunda tüm Avrupa ülkeleri hem fikirdir. Avrupa Birliğine üye olmaya çalışan Türkiye'de bu konuyla ilgili hiçbir çalışma yapılmamaktadır.

Sade bireylerle birlikte tasarımcılara da görevler düşmektedir. Tasarım organizasyonu içerisinde malzeme tercihi, üretim yöntemi ve geri dönüşüm konuları önem kazanmaktadır. YDA ile birlikte, ürünlerin gelecek yaşamları dolayısıyla geri dönüşüm uygulamaları tasarım dünyasının gündeminde yer almaktadır. Sürdürülebilirlik kavramlarıyla birlikte konuya olan ilgi gittikçe artmaktadır. Tüm bu

kavramlar bir yana, doğal kaynakları koruma ve üretimde ekonomiklik geri dönüşümün uygulanması ve desteklenmesi için yeterli sebep oluşturmaktadır.

Dünya üzerindeki örneklerin de gösterdiği gibi, geri dönüşüm konusu tasarım dünyasında yerini almıştır. Burada tasarımcının eğitici kimliğine görevler düşmektedir. Tasarımcıların, tasarlama süreci içerisinde geri dönüşüm konusunu dikkate almaları ve toplum bütününe geri dönüşüm bilincini vermeleri gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Pearce, D., Barbier, E., Markandya, A.,** 1990. Sustainable Development, E. Elgar, England.
- [2] **World Commission on Environment and Development,** 1987. Our Common Future, Oxford Press, Oxford.
- [3] **International Institute for Sustainable Development,** 1992. Business Strategy for Sustainable Development: Leadership and Accountability for the '90 IISD, Winipeg, Canada.
- [4] **Repetto, R.,** 1986. World Enough and Time, New Heaven, Conn, Yale University Press, Connecticut.
- [5] **Papanek, V.,** 1984. Design For The Real World, Van Nostrand Reinhold Co., London.
- [6] **Brundtland Raporu,** 1983. Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Gelişim Komisyonu.
- [7] **TMMOB Kimya Mühendisleri Odası Ege Bölge Şubesi,** 1997. Ulusal Ambalaj Teknolojisi ve Yan Sanayi Kongresi ve Sergisi Tebliğleri, İzmir.
- [8] **Brown, L., Flavin, C., Postel, S.,** 1991. Saving The Planet, W.W. Norton, New York .
- [9] **Waite, R.,** 1995. Household Waste Recycling, Earthscan, London.
- [10] **Rubin, I.,** 1990. Handbook of Plastic Materials and Technology, Wiley, New York.
- [11] **Lesko, J.,** 1998. Industrial Design Materials and Manufacturing, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [12] **Harper, C.A.,** 1996. Handbook of Plastics, Elastomers and Composites. McGraw-Hill, New York.
- [13] **Ash, M., Ash, I.,** 1990. Polymers and Plastics, Edward Arnold, London.
- [14] **Scheirs, J.,** 1998. Polymer Recycling: Science, Technology and Applications, Wiley, Chichester.
- [15] **Akkurt, S.,** 1991. Plastik Malzeme Bilgisi, Birsen Yayınevi, İstanbul.

- [16] **Rhyner,C.R. ve Diğerleri**, 1998. Waste Management and Resource Recovery, Lewis Publishers, Boca Raton.
- [17] **Pavoni,J., Heer,J.E, Hagerty,D.J.**, 1975. Handbook of Solid Waste Disposal: Materials and Energy Recovery, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- [18] **Peer Consultants**, 1991. Handbook: Material Recovery Facilities for Municipal Solid Waste, US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington.
- [19] **Yüceil, K.**, 1997. Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Geri Kazanımı, *Yüksek Lisans Tezi* , İ.T.Ü. Fen Bilimleri, İstanbul.
- [20] **Kinlaw, D.**, 1993. Compative and Green: Sustainable Performance in the Environmental Age, Pfeiffer and Company, San Diego.
- [21] **Çevko Vakfı Raporu**, 2001. Evsel Atık Kompozisyonları, İstanbul, Türkiye.
- [22] **Anonim**, 1982. Reuse of Solidwaste, Thomas Telford, London.
- [23] **T.C. Çevre Bakanlığı**, 14.03.1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 20814.
- [24] **İnci, H. ve Şimşek ,A.**, 1995. Çevremiz, Ekonomimiz, Sanayimiz, Plastik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, **25**, 32-49.
- [25] **Diaz, L. F., Gouleke ,C. G.**, 1986. Resourse Recovery- Imparative for Developing Nations-Waste Management in Developing Countries-1, CRC Press Inc., Boca Raton.
- [26] **DPT Plastik Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, 1990. Plastik İmalat Sanayi, Ankara, Türkiye.
- [27] **Akkurt, S.**, 1992. Plastik Atıkların Yok Edilmesi ve Geri Kazanılması, Makine ve Metal Teknolojisi Dergisi, **Mayıs**, 40-46.
- [28] **Eröztürk, A.**, 1997. Türkiye’de Ambalaj Atıklarının Geri Kazanımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri, İstanbul.
- [29] **Serdaroğlu,N.**, 1986. Plastik Maddeler, İTÜ Makine, İstanbul.
- [30] **GE Plastics**,1998. Design For Recycling, USA.
- [31] **Fukumori, K., Matsushita, M., Okamoto, H., Sato, N., Suzuki, Y., Takeuchi K.**, 2002. Recycling technology of tire rubber, Elsevier and Society of Otomotive Engineers of Japan, 647.
- [32] **Chang, Y.**,1996. Illinois Department of Energy and Resources (IDER), Office Of Solid Waste Renewable Resources, İllinois Scrap Tire Management Study, Springfield ,IL. On pyrolysis of waste tire:

degradation rate and product yields, Elsevier resources, conservation and recycling ,**17**, 125-139.

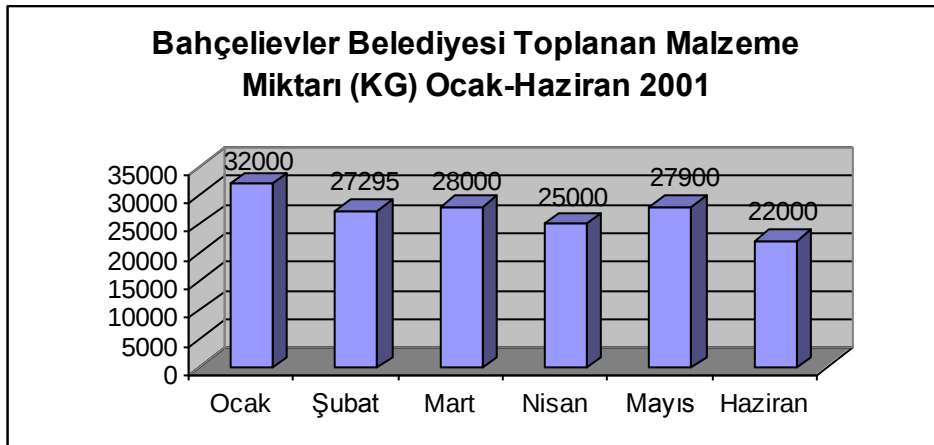
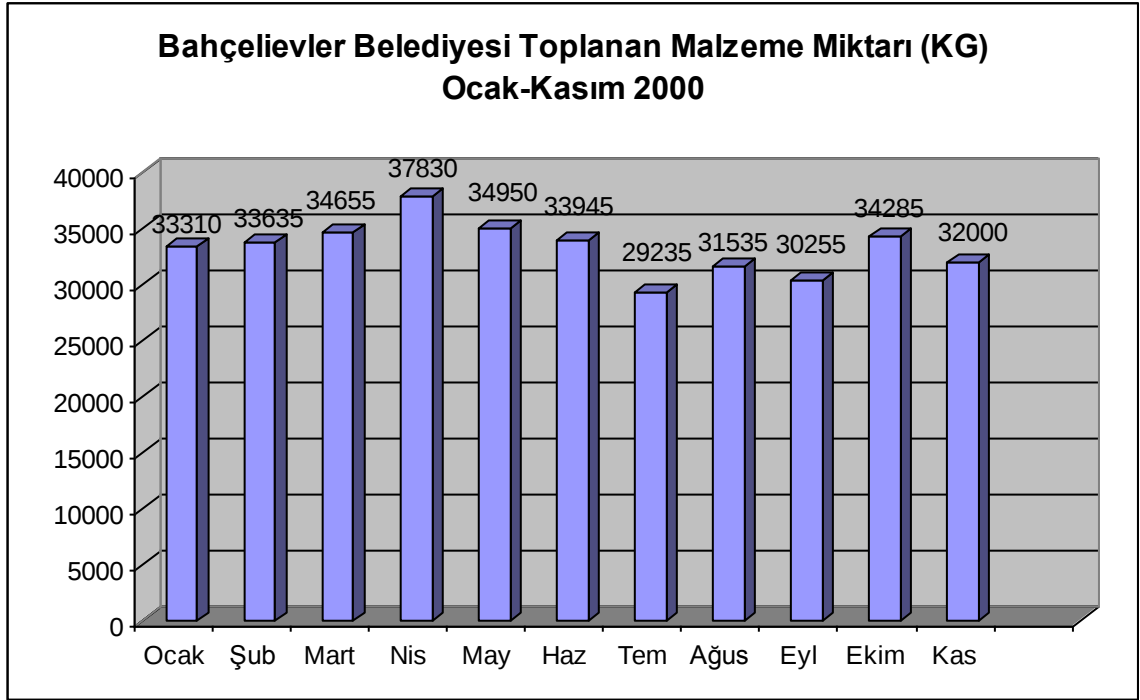
- [33] **Mano, E.B., Martins, A.F., Mendes, C.,** 2000. Thermal Analysis Applied To Discarded Car Bumpers, Journal of Thermal Analysis And Calorimetry, Akademiai Kiado, Budapest , **59**, 425-432.
- [34] **Poulakis, J.G., Varelidis, P.C., Papaspyrides, C.D.,** 1997. Advanced in Polimer Technology, **16**, 313.
- [35] **Kreisher, K.R., Mapleston, P.,** 1991. Modern Plastics International, **June**, 36.
- [36] **Long, Y.,** 1995. Journal Applied Polymer Science, **58**, 527.
- [37] **Ishii, I.,** 1994. Recycle'94, **10**, 7.
- [38] **Dharmarajan, N., Kaufman, L.G.,** 1994. ANTEC'94, 3402.
- [39] **Brenton, B.V., Fletcher, L., Mackay, M. E.,** 1996. A Model of Plastics Recycling: Does Recycling Reduce the Amount of Waste? Elsevier Science Resources, Conservation and Recycling **17**, 141-151.
- [40] **Brisson, I.,** 1993. Packaging Waste and the Environment: Economics and Policy. Conservation Recycling, **8**, 183-292.
- [41] **Jody, B.J., Daniels, E.J., Teotia, A.P.S.,** 1995. Conversion and Utilization of Waste Materials. Taylor and Frances, American Chemical Society, Chicago.
- [42] **Jody, B.J., Daniels, E.J., Bonsignore, P.V., Brockmeier, N.F.,** 1993. A Process to Recover Plastics from Obsolete Automobiles Using Solvents at Ambient Pressure. 206th American Chemical Society National Meeting, August 22-27, Chicago, Illinois.
- [43] **Pacific NW Pollution Prevention Resource Center Pollution Prevention Research Projects Database Second Annual Report,** Automotive Consortium on Recycling and Disposal, Summer 1999.
- [44] **Wood, R.,** 1991. Automotive Engineering Plastics, Pentech Press,London.
- [45] **Anonim,** 1991. Advanced in Plastics, OEM design, October, 61-67.
- [46] **Anonim,** 1991. Focus on Structers, Materials, Fittings and Trim in Body Construction” Automotive Engineer, August/September , 24-28.
- [47] **Anonim,** 1991. High Tech Bid for Grand Prix Glory” Professional Engineering, June, 23-25.
- [48] **Anonim,** 1988. Focus on Plastics in Vehicles, Automotive Engineer, December, 31-38.

- [49] **Hutton, R.**, 1992. Why Motown Keeps Moving the Metal, Daily Telgraph, London, January 12, 22.
- [50] **Anonim**, 1991. Maranly 'First' in Ford Engine Manifold, The Broadwater Press Ltd., *England*, Advance, **6**, 12.
- [51] **Anonim**, 1990. Formula 1 Aids Material Developments and Advance Notice-Radiator End Tanks Use Maranyl, Advance, No. 5, pp.8-13, The Broadwater Press Ltd., *England*, Advance, **5**, 8-13.
- [52] **Wright, D.H.**, 1993. Testing Automotive Materials and Components, Society of Automotive Engineers Inc., Pennsylvania.
- [53] **Scharff, R., Caruso, D.**, 1990. Complete Automotive Welding Metals and Plastics, Delmar Publisher Inc, New York.
- [54] **DPT Plastik Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, 2001. Plastik İmalat Sanayi, Ankara, Türkiye.
- [55] **BMW Sustainable Value Report**, 2001-2002. Munich, Germany.
- [56] **Akkurt, S.**, 1995. Plastik Malzeme Teknolojisi, İ.T.Ü. Makina Ofset Atölyesi, İstanbul.
- [57] **Özay, B.**, 2001. Kişisel Görüşme.
- [58] **Neyim, C.**, 2001. Kişisel görüşme.
- [59] **Vatan, C.**, Özel Fotoğraf Arşivi.
- [60] www.plastics-car.com
- [61] www.ford.com, Environmental Report 2002.
- [62] www.smmmt.co.uk/news/pressreleaseresults.asp?issue=2001, The Society of Motor Manufacturers and Traders Ltd.
- [63] www.bpf.co.uk , British Vehicle Salvage Federation.
- [64] www.caregroup.org.uk , CARE (Consortium for Automotive Recycling).
- [65] www.mvda.co.uk , Motor Vehicle Dismantlers Association of Great Britain.
- [66] www.apme.org/literature/htm/02.htm, Plastics: A material of choice for the automotive industry Association of Plastics Manufacturers in Europe (APME), Summer 1999.
- [67] www.trents.co.uk, The Disposal of End of Life Vehicles in the UK.
- [68] www.volkswagen.com, Environmental Report 2002.
- [69] www.toyota.com, Environmental Report 2001-2002.

EKLER

Ek A Çevko Vakfı ve Belediyeler Ortak Çalışması Toplanan Atık Miktarları

BAHÇELİEVLER ATIK MİKTARI



8850 konut 30.000 kişi ve 18 okul ve 16 işyeri katılımı ile Bahçelievler bölgesinden katı atık toplanmıştır.

1999 yılı toplanan malzeme miktarı: 336.261 KG (8850 konut)
(Ocak- Haziran 2000 Dönemi)

2000 yılı toplanan malzeme miktarı: 365.635 KG (8850 konut)

(Ocak- Haziran 2000 Dönemi)

2001 yılı toplanan malzeme miktarı: 162.195 KG (8850 konut)

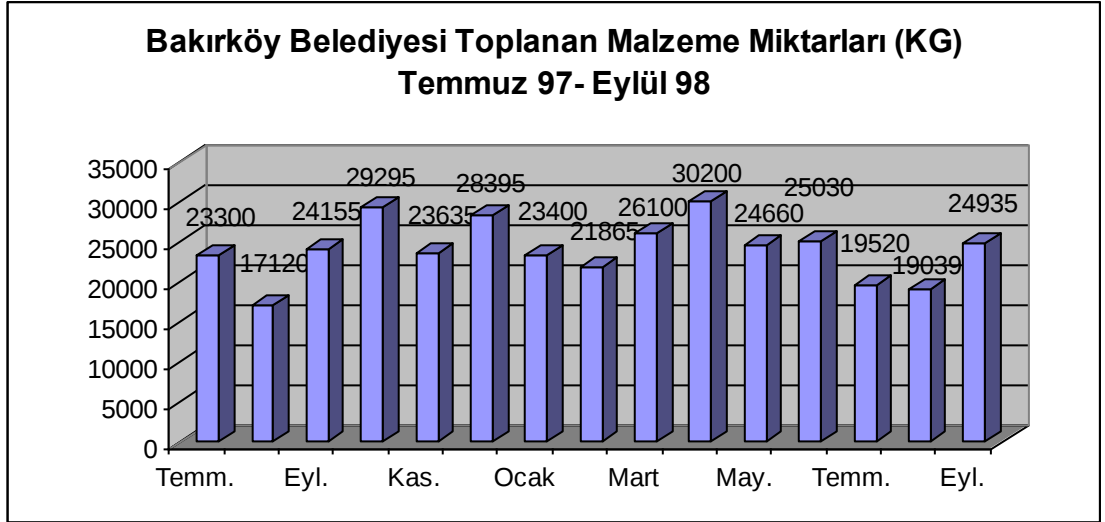
(Ocak- Haziran 2001 Dönemi)

Toplama verimliliği (1999 yılı ortalaması) : 0.864 kg / Konut-Hafta

Toplama verimliliği (2000 yılı ortalaması) : 0.940 kg/ Konut-Hafta

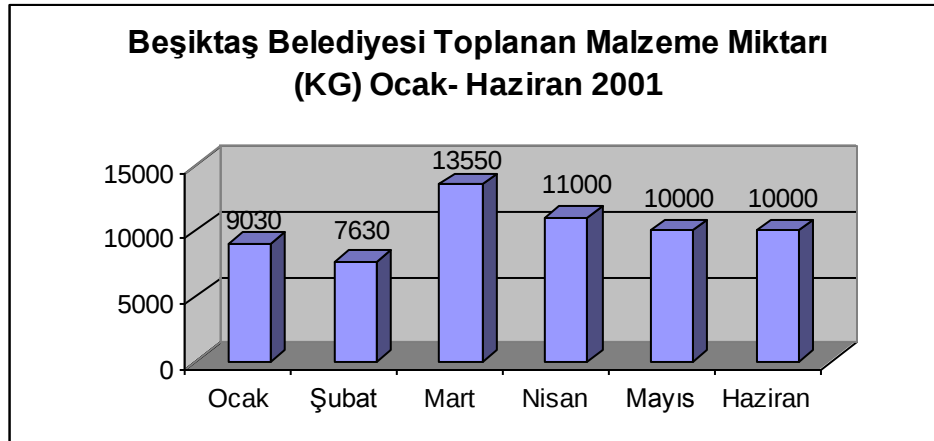
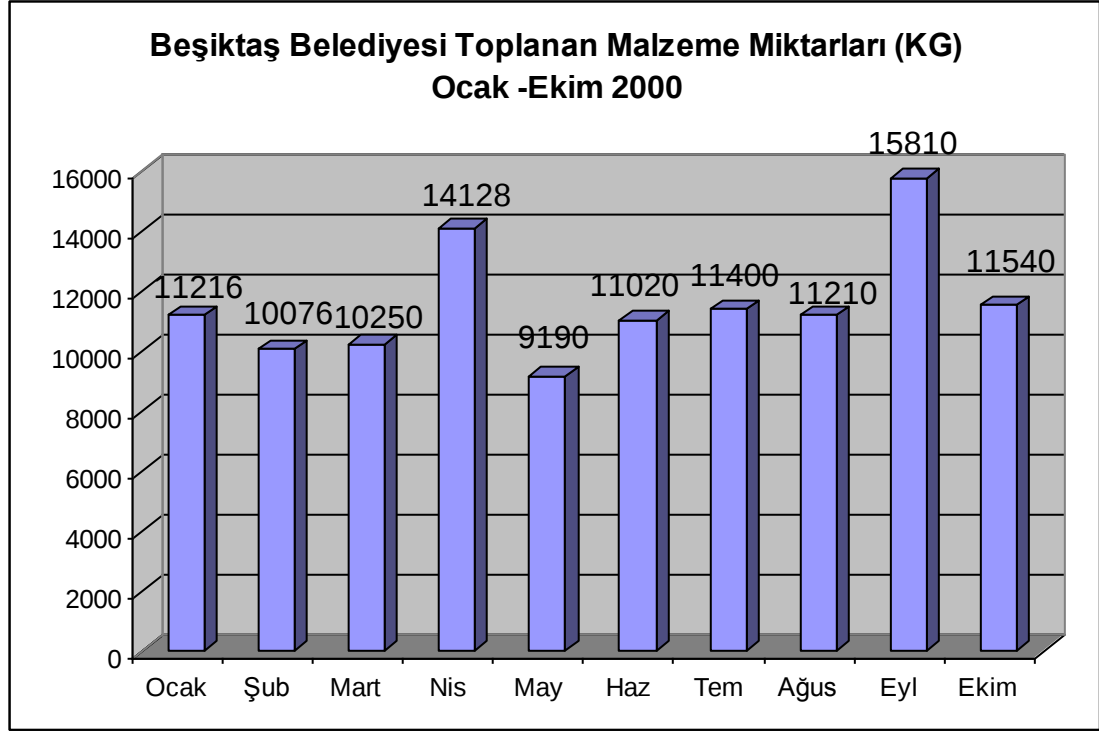
Toplama verimliliği (2001 yılı ortalaması) : 0.764 kg/ Konut-Hafta

BAKIRKÖY ATIK MİKTARI



23.000 konut 90.000 kişi ve 15 okulun katılımı ile Bakırköy bölgesinden 2.228 ton katı atık toplanmıştır.

BEŞİKTAŞ ATIK MİKTARI



2500 konut 10.000 kişi ve 16 okul katılımı ile katılımı ile Beşiktaş bölgesinden 490 ton katı atık toplanmıştır.

1999 yılı toplanan malzeme miktarı: 124.864 KG (2500 konut)
(Ocak- Ekim 1999 Dönemi)

2000 yılı toplanan malzeme miktarı: 115.840 KG (2500 konut)

(Ocak- Ekim 2000 Dönemi)

2001 yılı toplanan malzeme miktarı: 62.210KG (2500 konut)

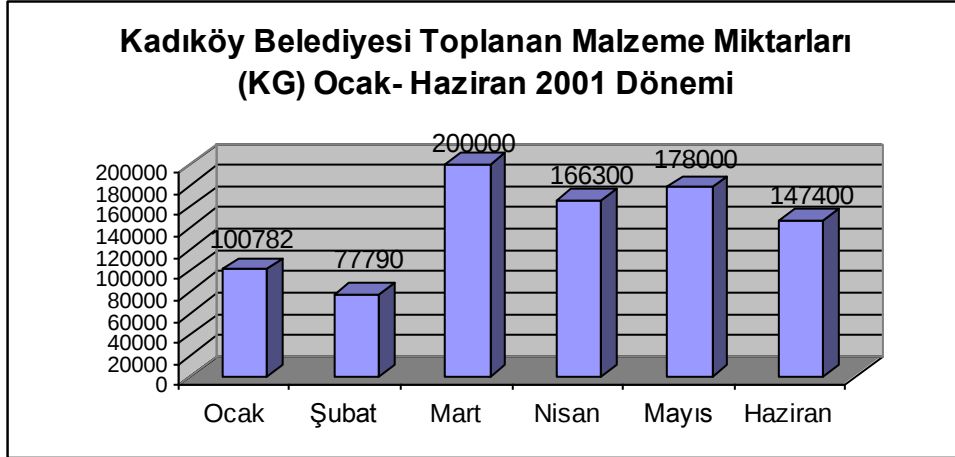
(Ocak- Haziran 2001 Dönemi)

Toplama verimliliği (1999 yılı ortalaması) : 1.257 kg/ Konut-Hafta

Toplama verimliliği (2000 yılı ortalaması) : 1.158 kg/ Konut-Hafta

Toplama verimliliği (2001 yılı ortalaması) : 1.020 kg/ Konut-Hafta

KADIKÖY ATIK MİKTARI



14.000 konut 56.000 kişi ve 55 okul katılımı ile Kadıköy bölgesi'nden katı atık toplanmıştır.

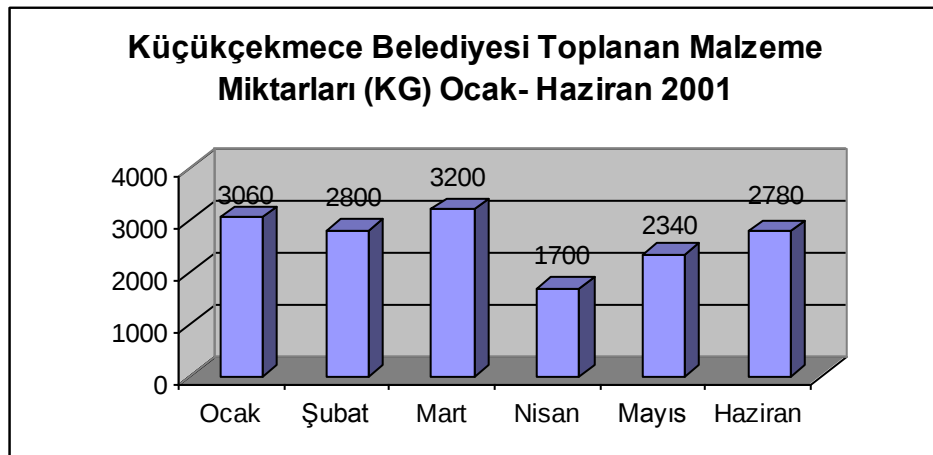
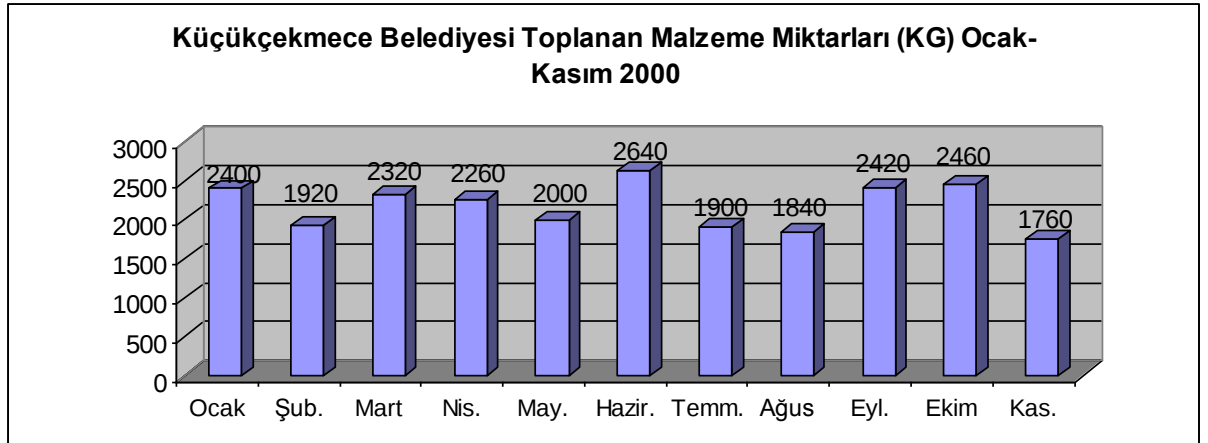
2000 yılı toplanan malzeme miktarı: 103.000 KG (14.000 konut)

(Temmuz-Aralık Dönemi)

2001 yılı toplanan malzeme miktarı: 870.272 KG (14.000 konut)

(Ocak- Haziran Dönemi)

KÜÇÜKÇEKMECE ATIK MİKTARI



1000 konut 4.000 kişi katılımı ile Küçükçekmece bölgesinden katı atık toplanmıştır.

1999 yılı toplanan malzeme miktarı: 31.930 KG (1000 konut)

(Temmuz 98'den itibaren 1000 konut)

2000 yılı toplanan malzeme miktarı: 23.900 KG (1000 konut)

(Kasım- Aralık Dönemi)

2001 yılı toplanan malzeme miktarı: 15.880 KG (1000 konut)

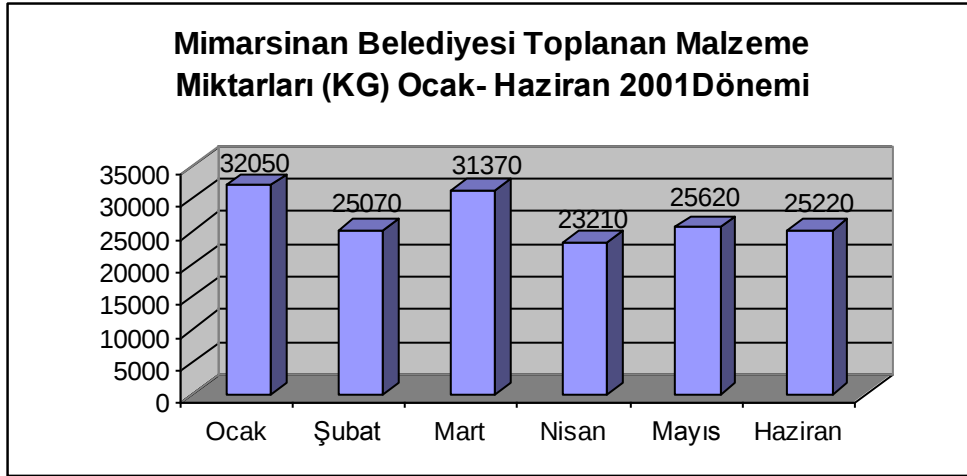
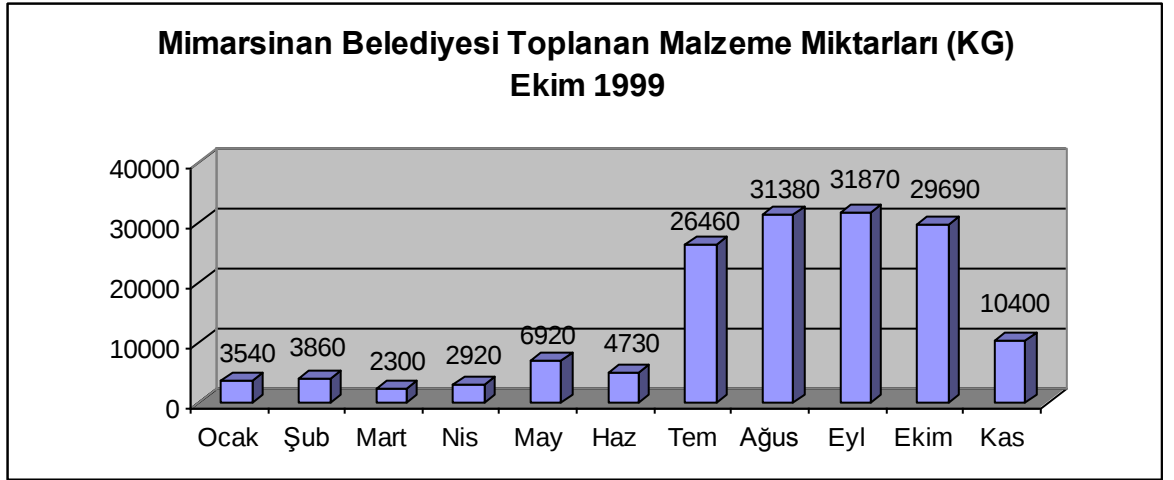
(Ocak- Haziran 2001 Dönemi)

Toplama verimliliği (1999 yılı ortalaması) : 0.727 kg / Konut-Hafta

Toplama verimliliği (2000 yılı ortalaması) : 0.544 kg/ Konut-Hafta

Toplama verimliliği (2001 yılı ortalaması) : 0.661 kg/ Konut-Hafta

MİMARŞİNAN ATIK MİKTARI



5000 konut 20.000 kişi katılımı ile katılımı ile Mimarsinan bölgesinden katı atık toplanmıştır.

2000 yılı toplanan malzeme miktarı: 23.270 KG (5000 konut)

(Ocak- Haziran 2000 Dönemi)

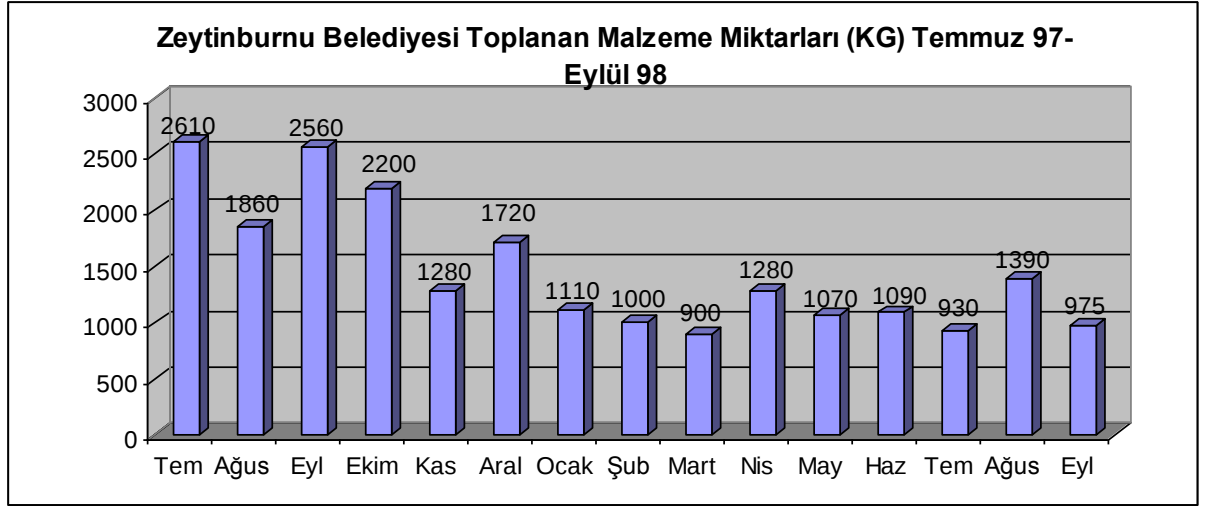
2001 yılı toplanan malzeme miktarı: 162.540 KG (5000 konut)

(Ocak- Haziran 2001 Dönemi)

Toplama verimliliği (2000 yılı ortalaması) : 0.310 kg / Konut-Hafta

Toplama verimliliği (2001 yılı ortalaması) : 1.355 kg/ Konut-Hafta

ZEYTİNBURNU ATIK MİKTARI



500 konut 2000 kişi ve 1 okul katılımı ile Zeytinburnu bölgesinden 26 ton katı atık toplanmıştır.