

**KATI ATIK TOPLAMA AYIRMA SİSTEMLERİNİN PERFORMANS
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE OPTİMİZASYONU**

Esra MUTLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojisi Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Müfide BANAR

İkinci Danışman: Öğr. Gör. Dr. Aysel ULUKAN KORUL

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos 2023

JÜRİ ENSTİTÜ ONAYI

Esra MUTLU'nun "KATI ATIK TOPLAMA AYIRMA SİSTEMLERİNİN PERFORMANS KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE OPTİMİZASYONU" başlıklı çalışması 17/08/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim- Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca, Çevre Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Üye :

Üye :

Üye :

Unvan Adı Soyadı

Prof. Dr. Müfide BANAR

Prof. Dr. Nurdan BÜYÜKKAMACI

Prof. Dr. Aysun ÖZKAN

İmza

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

17/08/2023

DANIŞMAN ONAYI

DaniŐmanlıđını yürüttüğümüz Yüksek Lisans ğrencisi Esra MUTLU, KATI ATIK TOPLAMA AYIRMA SİSTEMLERİNİN PERFORMANS KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE OPTİMİZASYONU başlıklı tez çalıŐmasını tamamlamıŐtır. HazırlamıŐ olduğu tez tarafımızca incelenmiŐ ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez DaniŐmanı

Prof. Dr. Müfide BANAR

İkinci DaniŐman

Öğr. Gör. Dr. Aysel ULUKAN KORUL

ÖZET

KATI ATIK TOPLAMA AYIRMA SİSTEMLERİNİN PERFORMANS KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE OPTİMİZASYONU

Esra MUTLU

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Teknolojisi Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2023

Danışman: Prof. Dr. Müfide BANAR

İkinci Danışman: Öğr. Gör. Dr. Aysel ULUKAN KORUL

Bu çalışmada, optimum kentsel ambalaj atığı toplama sisteminin belirlenmesi amacıyla oluşturulan dokuz farklı senaryo Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri (MCDM) kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanı olarak Eskişehir ili Odunpazarı ve Tepebaşı Belediyeleri seçilmiş, senaryoları birbiri ile karşılaştırmak için sekiz kriter belirlenmiştir. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi olarak Fuzzy TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

Sonuç olarak, en uygun senaryonun, hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması şeklindeki Senaryo 1a olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Ölçütlü Karar Verme Teknikleri, Fuzzy TOPSIS, Katı Atık Yönetimi, Toplama- Ayırma Tesisleri

ABSTRACT

DETERMINATION AND OPTIMIZATION OF PERFORMANCE CRITERIA OF SOLID WASTE COLLECTION SEPARATION SYSTEMS

Esra MUTLU

Department of Environmental Engineering

Programme in Environmental Technology

Eskisehir Technical University, Institute of Graduate Programs, August 2023

Supervisor: Prof. Dr. Müfide BANAR

Second Supervisor: Dr. Aysel ULUKAN KORUL

In this study, nine different scenarios created to determine the optimum municipal packaging waste collection system were evaluated using Multi-Criteria Decision Making Methods (MCDM). Eskişehir province Odunpazarı and Tepebaşı Municipalities were chosen as the study area, and eight criteria were determined to compare the scenarios with each other. Fuzzy TOPSIS method was used as Multi-Criteria Decision Making Method.

As a result, it has been determined that the most appropriate scenario is Scenario 1a, in which the waste collection boxes are left in the common use area of the households and they are collected by a compressed vehicle from the door once a week.

Keywords: Multi- Criteria Decision Making Techniques, Fuzzy TOPSIS, Solid Waste Management, Collection-Separation Facilities

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın her adımında her tŒrlŒ yardım ve fedakârlığı sağlayan, lisans eğitimimden beri akademik bilgi ve tecrŒbelerini paylaőan değerli danışman hocam Prof. Dr. MŒfide BANAR'a,

Tez çalıőmamda desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Prof. Dr. Aysun ÖZKAN ve Őęr. Gör. Dr. Aysel ULUKAN KORUL'a,

Çalışma hayatımda ve tezimde bulunduğu katkılarından dolayı her zaman yanımda olan Muhsin AKBAŐ'a,

Tez çalıőmamda desteklerini sunan Osman Fatih OTU ve Vildan AKYILDIZ'a
Őęrenim yaőamım ve çalışma hayatım boyunca birlikte mŒcadeleler ettiğim kıymetli dostum Berke BATMAZ'a,

Hayatım boyunca bana her tŒrlŒ desteği veren, her zaman bana gŒvenen, sonsuz fedakarlığa sahip sevgili ailem Akın MUTLU, Meryem MUTLU ve Eren MUTLU'ya,

Sonsuz sevgi ve teőekkŒrlerimi sunarım.

Esra MUTLU

17/08/2023

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmamın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programıyla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Esra MUTLU

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI.....	I
JÜRİ ENSTİTÜ ONAYI	II
DANIŞMAN ONAYI	III
ÖZET	III
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR	VI
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	VII
TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİNİN ESASLARI.....	3
2.1. Atık Yönetimi Hiyerarşisi.....	4
2.2. Atık Yönetiminde Sıfır Atık	6
2.3. Ambalaj Atıkları ve Geri Dönüşüm	7
2.3.1. Kağıt-Karton Ambalaj Atıkları	9
2.3.2. Plastik Ambalaj Atıkları.....	10
2.3.3. Cam Ambalaj Atıkları	12
2.3.4. Metal Ambalaj Atıkları.....	12
2.3.5. Kompozit Ambalaj Atıkları.....	13
3. KATI ATIK TOPLAMA AYIRMA SİSTEMLERİ.....	15
3.1. Toplama	15
3.1.1. Tüketiciye Getirtme.....	15
3.1.2. Tüketiciden Alma	15
3.2. Ayırma.....	16
3.2.1. Kaynakta ayırma	16
3.2.2. Toplama sırasında ayırma	16
3.2.3. Merkezde ayırma.....	17
3.3. Ambalaj Atığı Toplama ve Biriktirme Ekipmanları	18
3.3.1. İç Mekân Kutuları.....	18
3.3.2. Ambalaj Atığı Toplama Poşetleri.....	18
3.3.3. Plastik ve Metal Konteynerler.....	19

3.3.4. Kumbaralar ve Mobil Atık Getirme Merkezleri.....	20
3.3.5. Tel Kafesler	20
3.3.6. Sanayi Tipi Konteynerler.....	21
3.3.7. Akıllı Toplama Kumbaraları.....	22
3.4. Diğer Ülkelerdeki Uygulamalar.....	22
3.4.1. Teknik Uygulamalar	22
3.4.2. Yasal Uygulamalar	24
3.5. Türkiye'deki Uygulamalar.....	28
3.5.1. Teknik Uygulamalar	28
3.5.2. Yasal Uygulamalar	29
4. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR	33
5. MATERYAL VE METOT	48
5.1. Eskişehir Kenti Mevcut Ambalaj Atıkları Yönetimi	48
5.1.1. Odunpazarı Belediyesi Bölgesi Mevcut Ambalaj Atıkları Yönetimi	49
5.1.2. Tepebaşı Belediyesi Bölgesi Mevcut Ambalaj Atıkları Yönetimi	55
5.2. Senaryolar ve Kriterler.....	58
5.3. Fuzzy TOPSIS Yöntemi.....	60
5.4. Fuzzy TOPSIS Yöntemiyle Optimum Senaryonun Belirlenmesi	65
5.5. Duyarlılık Analizi	76
5.6. Bulgular ve Değerlendirme	81
6. SONUÇ	82
KAYNAKÇA.....	84
ÖZGEÇMİŞ	

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Plastiklerin tanımlanmasında kullanılan kodlar (http-3)	11
Tablo 5.1. Odunpazarı Belediyesi toplama sistemi mahalle etapları.....	51
Tablo 5.2. Oluşturulan senaryolar	59
Tablo 5.3. Kriterler.....	60
Tablo 5.4. Her bir kriterin önem ağırlığı için dilsel değişkenler.....	62
Tablo 5.5. Kriter değerleri için dilsel değişkenler.....	62
Tablo 5.6. Kriterlerin önem ağırlıkları	66
Tablo 5.7. Senaryoların KV'ler tarafından değerlendirilmesi	66
Tablo 5.8. Kriterlerin önem ağırlıklarının üçgen fuzzy sayılara dönüştürülmesi	68
Tablo 5.9. KV'ler tarafından yapılan değerlendirmelerin üçgen fuzzy sayılara dönüştürülmesi	69
Tablo 5.10. Fuzzy Karar Matrisi	71
Tablo 5.11. Karar Kriterlerinin Fuzzy Ağırlıkları.....	71
Tablo 5.12. Normalize edilmiş fuzzy karar matrisi	71
Tablo 5.13. Ağırlıklı normalize edilmiş fuzzy karar matrisi.....	72
Tablo 5.14. FPIÇ ve FNIÇ değerleri.....	73
Tablo 5.15. Fuzzy pozitif çözüme olan uzaklıklar	74
Tablo 5.16. Fuzzy negatif çözüme olan uzaklıklar	74
Tablo 5.17. Kriterlere göre yapılan sıralama	75
Tablo 5.18. Yatırım maliyeti kriterine göre hesaplanan yeni kriter ağırlıkları	76
Tablo 5.19. Yatırım maliyeti kriterine göre oluşturulan yeni sıralama.....	77
Tablo 5.20. İşletme maliyeti kriterlerine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları ..	77
Tablo 5.21. İşletme maliyeti kriterine göre oluşturulan yeni sıralama	78
Tablo 5.22. Sokak toplayıcı riski kriterlerine göre hesaplanan yeni kriter ağırlıkları ...	79
Tablo 5.23. Sokak toplayıcı riski kriterine göre oluşturulan yeni sıralama	79
Tablo 5.24. Halkın katılımı kriterine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları.....	80
Tablo 5.25. Halkın katılımı kriterine göre oluşturulan yeni sıralama	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Atık yönetimi hiyerarşisi	5
Şekil 2.2. Belediye atığı işleme yöntemlerinin dağılımı	6
Şekil 2.3. Geri kazanılabilir ambalaj sembolü	9
Şekil 2.4. Kâğıt karton atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.).....	10
Şekil 2.5. Plastik ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	11
Şekil 2.6. Cam ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.).....	12
Şekil 2.7. Metal ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.).....	13
Şekil 2.8. Kompozit ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	14
Şekil 3.1. Kaynağında ayrı toplama süreci (Arsu, 2018).....	16
Şekil 3.2. Ambalaj atığı toplama ayırma tesisi akış diyagramı (Demir, 2018)	17
Şekil 3.3. İç mekân kutuları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.).....	18
Şekil 3.4. Ambalaj atığı toplama poşetleri (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	19
Şekil 3.5. Plastik ve metal konteynerler (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.) 19	
Şekil 3.6. Mobil atık getirme merkezleri (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	20
Şekil 3.7. Tel kafesler (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	21
Şekil 3.8. Sanayi tipi konteynerler (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.).....	21
Şekil 3.9. Akıllı toplama kumbaraları (http-5)	22
Şekil 3.10. Ambalaj atığı karakteristiği (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023) .	29
Şekil 5.1. Odunpazarı Belediyesi eski sistem toplama ekipmanı (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.).....	50
Şekil 5.2. Ambalaj atığı poşet ve broşür dağıtım ve bilgilendirme çalışmaları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	52
Şekil 5.3. Mahallelerde ambalaj atığı toplama işlemi (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	53
Şekil 5.4. Market ve karton ambalaj atığı toplama işlemi (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	54
Şekil 5.5. Çarşı bölgesinde çıkan ambalaj atıkları ve toplanması (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	54

Şekil 5.6. Odunpazarı Belediyesi mobil atık getirme merkezi (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	55
Şekil 5.7. Tepebaşı Belediyesi ambalaj atıkları toplama kumbaraları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	56
Şekil 5.8. Tepebaşı Belediyesi bölgesinde bulunan iç mekân kutusu (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	56
Şekil 5.9. Tepebaşı Belediyesi bölgesinde bulunan demir aparatlar (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	57
Şekil 5.10. Cam şişe kumbarası (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)	58
Şekil 5.11. n Üçgen Fuzzy (Dündar, 2007)	61



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)
CAM	: Consensus Analysis Model (Konsensüs Analiz Modeli)
CBA	: Choice Based on Advantages (Avantajlara Göre Seçim)
ÇADP	: Çok Amaçlı Doğrusal Programlama
ÇKVZA	: Çok Kriterli Veri Zarflama Analizi
ÇEP	: Çevre Eylem Planı
ÇEVKO	: Çevre Koruma ve Ambalaj Atıklarını Değerlendirme Vakfı
DEMATEL	: Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı
DOOR	: Kapıdan Kapıya Toplama Yöntemi
ECOFIL	: Akıllı Çöp Toplama Yöntemi
EW	: Entropi Weigt (Entropi Ağırlığı)
FE	: Fixed Effects (Sabit Etkiler)
G-ÇKVZA	: Global Çok Kriterli Veri Zarflama Analizi
GIS	: Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
GDT	: Geri Dönüşüm Tesisi
HDPE	: High Density Polyethylene (Yüksek Yoğunluklu Polietilen)
KV	: Karar Verici
LCA	: Life Cycle Assesment (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi)
LDPE	: Low Density Polyethylene (Düşük Yoğunluklu Polietilen)
MAUT	: Multi Attribute Utility Theory (Çok Nitelikli Fayda Teorisi)
MCDM	: Multi Criteria Decision Making (Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri)
MFA	: Material Flow Analysis (Malzeme Akış Analizi)
MSW	: Municipal Solid Waste (Kentsel Katı Atık)
PAGÇEV	: Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı
PE	: Polyethylene (Polietilen)
PET	: Polyethylene Terephthalate (Polietilen Tereftalat)
PP	: Poly Propylene (Polipropilen)
PROMETHEE	: The Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation (Değerlendirmelerin Zenginleştirilmesi için Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi)

PS	: Polystyrene (Polistiren)
PVC	: Polyvinyl Chloride (Polivinil klorür)
RE	: Random Effects (Rastgele Etkiler)
RWTVPC	: En Uygun Atık Taşıma Park Merkezlerinin Yerinin Seçimi
STREET	: Street Garbage Collection Method (Sokak Çöp Toplama Yöntemi)
TAT	: Toplama Ayırma Tesisi
TOPSİS	: Technique For Order Preference By Similarity To An Ideal Solution (Sıralama Prosedürleri ve Teknik Sıralama Yöntemi)
TUİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
VIKOR	: Vlse Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje (Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm)
WASPAS	: Weighted Total Product Evaluation (Ağırlıklandırılmış Bütünleşik Toplam Çarpım Değerlendirmesi)

1. GİRİŞ

Kentsel katı atık yönetimi ve sıfır atık konuları son yıllarda ülkemizdeki tüm belediyelerin sorumlulukları arasında daha fazla yer almaya başlamıştır. Nüfus artışı, sanayileşme ve konutlaşma üretim ve tüketimin yanı sıra atık miktarının artmasına da yol açmıştır. Bu gelişmelerle birlikte çevre kirliliği, ekonomik kayıplar ve hammadde sınırlılığı oluşmaya başlamıştır.

Çevre kirliliğinin en önemli sebeplerinden biri olan katı atıkların toplanması, ayrıştırılması, geri kazanımı büyük öneme sahiptir. Depolama alanlarının daha verimli kullanılması, çevre kirliliğinin azaltılması, doğal kaynakların korunması için atık yönetiminin iyi organize edilmesi gerekmektedir. Etkin bir katı atık yönetim sisteminin ilk aşaması olan toplama-ayırma işleminin yapıldığı Toplama Ayırma Tesisleri (TAT) geri dönüşüm sürecinin de ilk basamağı olduğundan, bu tesislerin etkin bir şekilde faaliyet göstermesi geri dönüşüm sürecinin başarısını doğrudan etkileyebilmektedir (Güneş, 2019).

Toplama, ayırma, geri dönüşüm, geri kazanım ve bertaraf etme işlemlerinin ekonomik anlamda maliyetli olması ve katı atık yönetimindeki hizmetlerin belediyeler tarafından gerçekleştirilmesinden dolayı yerel yönetimlerin özel sektör ile iş birliği içinde olması gerekir. Katı atık yönetiminin sürdürülebilir olması için ambalaj atıklarının kaynağında diğer atıklardan ayrı şekilde toplanması ve sisteme kazandırılması ile mümkün olmaktadır.

Farklı ülkelerde farklı toplama sistemleri geliştirilmiş olmasına rağmen Türkiye’de toplama işlemini belediyeler veya Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yetkilendirilen TAT tesisleri üstlenmektedir. Bu tesisler, kaynağında ayrı toplama sistemi ile atık toplama işlemi yapmaktadır. Kaynağında ayrı toplama sisteminde tüketiciler kullandıkları ürünlerin ambalaj atıklarını organik atıklarından ayırarak biriktirmekte, daha sonra ise tesislere ait araçlar ile kaynağında ayrı biriktirilen ambalaj atıkları toplanmaktadır. Kaynağında ayrı toplanan bu atıklar tesislere getirildikten sonra türlerine göre kâğıt, plastik, cam, metal vb. ayrılarak tekrar işlenmek üzere Geri Dönüşüm Tesislerine (GDT) yollanmaktadır (Arsu, 2018).

Son yıllarda tüm dünyada en dikkat çeken atık yönetim stratejisi 'Sıfır Atık Yönetimi'dir. Uluslararası anlamda Sıfır Atık kavramının güncel tanımını ilk kez 2004 senesinde Sıfır Atık Uluslararası Birliği (Zero Waste International Alliance) yapmıştır.

Sıfır Atık Uluslararası Birliği'nin tanımına göre, Sıfır Atık; etik kurallara, ekonomik yapıya uygun, verimli bir biçimde iŖleyebilecek ve vizyonlu amaç ile insanoğlunu sürdürülebilir bir doğal yaŖam döngüsüne ve hayat biçimini bu yönde deđiŖtirmeye özendirerek, tüm iŖe yaramaz malzemelerin, diğer ürünler için kaynak olarak kullanabilecek biçimde dizayn edilmesine yol göstermektedir. Sıfır Atık kavramı; atıkların ve ürünlerin yapısındaki toksisitesinin azaltılması ve önlenmesi, tüm kaynakların korunması ve muhafaza edilmesi, atıkların yakılması ve gömülmesini engellemek için sistemli ve verimli bir biçimde ürün ve proseslerin dizaynı ve yönetilmesi Ŗeklinde açıklanmaktadır (Demir, 2018).

Bu alıŖmada, optimum kentsel katı atık toplama sisteminin belirlenmesi amacıyla oluŖturulan dokuz farklı senaryo çok ltl Karar Verme Yöntemleri (MCDM) kullanılarak deđerlendirilmiŖtir. alıŖma alanı olarak EskiŖehir ili Odunpazarı ve TepebaŖı Belediyeleri seilmiŖ, senaryoları birbiri ile karŖılaŖtırmak için sekiz kriter belirlenmiŖtir. Çok ltl Karar Verme Yöntemi olarak Fuzzy TOPSIS yöntemi kullanılmıŖtır. Fuzzy TOPSIS yöntemi, birden fazla karar vericinin çok sayıda kritere göre belirsizlik altında alternatifleri değerlendirerek alternatifleri sıralamasına dolayısıyla da seçime yönelik kararını doğru vermesine yardımcı olan bir yöntemdir. alıŖmada, EskiŖehir İli Odunpazarı ve TepebaŖı Belediyeleri'nin mevcut toplama sisteminin iyileŖtirilmesi amalanmıŖtır.

2. KENTSEL KATI ATIK YÖNETİMİNİN ESASLARI

Atık, belirli bir yerde ve zamanda bizim için yararsız olduğunu düşündüğümüz bir madde veya materyal olarak tanımlanabilir. Türk Dil Kurumu tanımına göre, ev, hastane, fabrika vb. ortamlarda kullanılmış, artık çevre için zararlı ve işe yaramayan her tür madde; üretim ile tüketim arasında geçen bütün aşamalarda oluşan ve kullanıcıların artık işine yaramayan maddelerin tümü şeklinde tanımlanmaktadır (Çınar, 2019).

Atık yönetimi, yaşam aktiviteleri sonucunda insanlar tarafından oluşturulan atıkların toplanması, nakliye edilmesi, yeniden kullanımı ve yok edilmesi konularını kapsamaktadır. Amaç bu atık malzemelerin (katı, sıvı ya da gaz formunda) insan sağlığına zarar vermeden ve yaşam standartlarını kötü yönde etkilemeden bertaraf edilmesidir.

Dünya nüfusunun artması ile tüketim miktarının ve oluşan atık miktarının da artması farklı bertaraf yöntemlerini ve farklı kullanım alanlarını ortaya çıkarmıştır. Doğal kaynakların hızla tüketilmesi ikincil kullanım ürünlerini ortaya çıkarmış, atıkların bertarafından öte ikincil kullanım ürünlerine dönüştürülmesi ve kaynakların tasarruflu kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gereklilik yeni üretim ve ticari alanları ve bunun sonucunda da yeni düzenlemeleri beraberinde getirmiştir.

Atık kavramı ülkemiz mevzuatında ilk olarak 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu'nda "*herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan ya da bırakılan zararlı maddeler*" şeklinde tanımlanmış olup, atık genel olarak üretim işlemleri, ürünlerin tüketilmesi ve diğer insan faaliyetleri sonucunda oluşan ve artık ihtiyaç duyulmayan ve uzaklaştırılmak istenen her türlü madde olarak da ifade edilebilir" (Ulaşlı, 2018).

Kentleşme, ekonomik gelişme ve nüfus artışının doğal bir sonucu olarak görülen toplam atık miktarı içerisinde katı atıklar önemli bir paya sahiptir. Dünya genelinde, günlük kişi başı ortalama 0,74 kilogram atık üretilmekte ve 2050 yılında ise sadece kentsel katı atık miktarının 3,40 milyar ton olacağı tahmin edilmektedir. Bu bağlamda, yüzyıllar boyunca döngüsel ekonomi aracılığıyla üretilen atık miktarının azlığı, sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı ve tüketim kültürüyle birlikte doğrusal (lineer) bir ekonomiye yönelmiş ve atıkların yönetimi ciddi bir gündem maddesi haline gelmiştir. Büyük miktarlarda atık üretilmesi aynı zamanda, doğal kaynakların yoğun bir şekilde kullanılması ve yok olması tehdidini gündeme getirmiştir. İnsani etkinlikler sonucu ortaya çıkan atıkların yönetilmesi iki açıdan önem taşımaktadır. Birincisi, atıklara ilişkin boşaltma, depolama, arıtma ve bertaraf gibi süreçlerin çevre ve insan sağlığı üzerinde yarattığı etkilerin ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesi; ikincisi ise kıt ve değerli

kaynakların atık olarak görülmesi sonucu oluşan çevresel kayıpların azaltılması gerekliliğidir (Bilgili, 2021).

Türkiye’de atık yönetimine yönelik hazırlanan tüm politika ve mevzuat Avrupa Birliği uyum süreci göz önüne alınarak oluşturulmuştur. 2872 sayılı Çevre Kanunu ile oluşturulan atık yönetim politikaları ve mevzuatı, uluslararası ölçekte ülke şartlarına uyumlaştırılarak geliştirilmekte ve uygulanmaktadır.

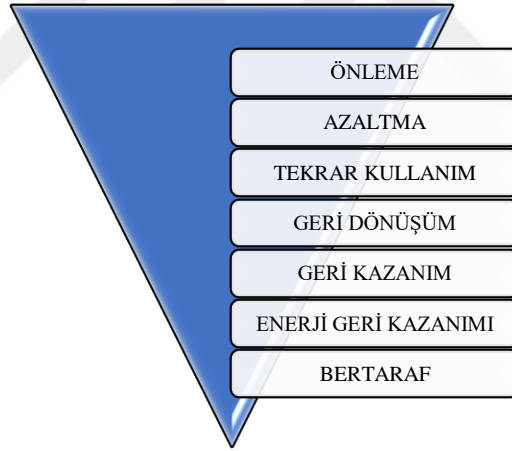
02.04.2015 tarihli ve 29314 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Atık Yönetimi Yönetmeliği’nin amacı; (i) Atıkların oluşumundan bertarafına kadar çevre ve insan sağlığına zarar vermeden yönetiminin sağlanması, (ii) Atık oluşumunun azaltılması, atıkların yeniden kullanımı, geri dönüşümü, geri kazanımı gibi yollar ile doğal kaynak kullanımının azaltılması ve atık yönetiminin sağlanması, (iii)) Çevre ve insan sağlığı açısından belirli ölçütlere, temel şart ve özelliklere sahip, bu yönetmeliğin kapsamındaki ürünlerin üretimi ile piyasa gözetimi ve denetimine ilişkin genel usul ve esasların belirlenmesidir (Ulusal Atık Yönetimi Ve Eylem Planı, 2023).

2.1. Atık Yönetimi Hiyerarşisi

Atık üretiminin kaçınılmaz olduğu durumlarda atıkların; tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve ikincil hammadde oluşturma amaçlı diğer işlemlere tabii tutularak geri kazanılması, enerji kaynağı olarak kullanılması veya bertaraf edilmesi gerekmektedir. Atıkların kaynağında ayrı toplanması, geçici depolanması, taşınması ve işlenmesi sırasında hava, su, toprak, bitki, hayvan ve insanlar için tehlike oluşturmayacak, gürültü, titreşim ve koku yoluyla rahatsızlığa sebebiyet vermeyecek, doğal çevrenin olumsuz etkilenmesini engelleyecek ve böylece çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek yöntem ve işlemler kullanılmalıdır (Ulaşlı, 2018).

Katı atık yönetiminde, etkinlik ve güvenliğin sağlanabilmesi için, çevre ve insan sağlığını etkileyebilecek katı atıkların kaynağında azaltılması, geri kazanımı, tekrar kullanımı, kompostlanması, enerji üretimi için yakılması ve depolanması gibi uygulamalar birlikte ele alınmalıdır. Başka bir ifadeyle, bütünsel katı atık yönetimi, belirli bir yerleşim bölgesinde, atık üreten tüm sektörleri ve atık yönetim zincirinin tüm halkalarını kapsayan, atıkların yeniden kullanım ve geri dönüşüm için kaynağa ayrıştırılması ve azaltılması, toplanması ve taşınması, işlenmesi (materyal geri kazanımı, yakma ve kompostlama) ve nihai bertarafının sağlanmasıdır (Bilgili, 2020).

Atık yönetimine dair öncelik sırasının belirlenmesinde, atıkların değerli bir kaynak olarak görülmesinde, çevreyi en uygun olan yöntemden en az uygun olana doğru koruyan süreçlerin değerlendirilmesinde, atık yönetimi hiyerarşisi araç olarak kullanılmaktadır. İsrافی azaltmak, kaynakları korumak ve yönetmek için piramit şeklinde bir şematik oluşturarak seçilecek eylemlerde bir tercih sıralaması gösterilmektedir. İdeal atık yönetimi hiyerarşisine göre atıkların oluştuğu yerde önlenmesi ve azaltılması, oluşumunun önlenemediği durumda yeniden kullanımı atık yönetimi hiyerarşisinin öncelikli basamaklarıdır. Yeniden kullanım imkânı olmayan atıkların ise ekonomiye kazandırılması amacıyla geri dönüştürülmesi, maddesel geri kazanımının sağlanması veya enerji olarak geri kazanılması gerekmektedir. Ancak uygun bir geri kazanım yöntemi olmaması veya bulunmaması halinde atıkların nihai bertarafı tercih edilmelidir. Dolayısıyla, kaynağında önleme ve azaltma, yeniden kullanma, en yakın ve en uygun tesiste atığın işlenmesi yoluyla geri kazanımı ile atık yönetimi hiyerarşisinin etkin bir şekilde uygulanması çevre kirliliğinin minimize edilmesini sağlamaktadır. Atık yönetimi hiyerarşisi Şekil 2.1’de verilmiştir.

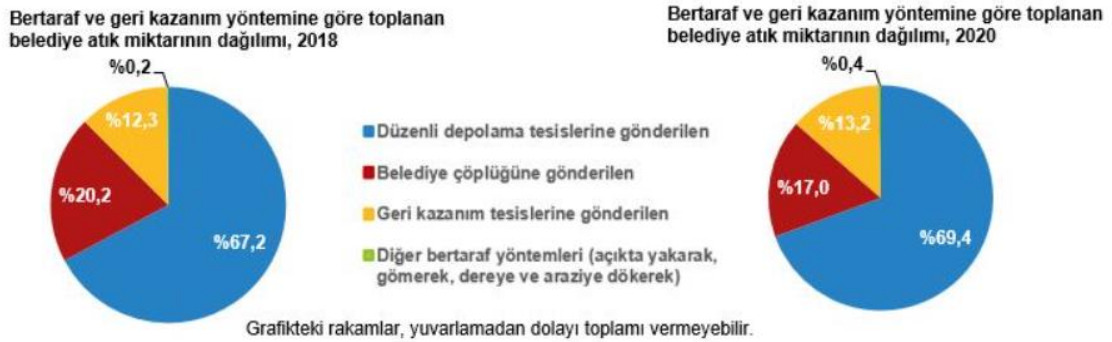


Şekil 2.1. Atık yönetimi hiyerarşisi

Atıkların, geri dönüşüm ve geri kazanım süreci içerisinde değerlendirilmeden bertarafı, hem maddesel, hem de enerji olarak ciddi kaynak kayıplarına neden olmaktadır. Geçmiş yıllardan günümüze Türkiye genelinde atık üretimi artmaya devam etmekte ve bu artış atıkların sürdürülebilir yönetiminin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Sürdürülebilir atık yönetimi; atık önleme, tekrar kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanıma odaklanmayı, atık hiyerarşisini yukarı taşımayı gerektirmektedir. (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı, 2023).

Türkiye’de TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) verilerine göre toplam 1.389 belediyenin 1.387’sinde atık hizmeti verildiği tespit edilmiştir. Atık hizmeti verilen belediyelerde toplanan 32,3 milyon ton atığın %69,4’ü düzenli depolama tesislerine, %17’si belediye çöplüklerine ve %13,2’si geri kazanım tesislerine gönderilirken, %0,4’ü ise açıkta yakılarak, gömülerek, dereye veya araziye dökülerek bertaraf edilmiştir (Şekil 2.2). Belediyelerde toplanan kişi başı günlük ortalama atık miktarı 1,13 kg olarak hesaplanmıştır. Atık bertaraf ve geri kazanım tesislerinde işlenen 127,4 milyon ton atığın 78,3 milyon tonu bertaraf edilmiş, 49,1 milyon tonu ise geri kazanılmıştır. Toplam işlenen atık miktarı 2018'e göre %22 artmıştır (http-1).



Şekil 2.2. Belediye atığı işleme yöntemlerinin dağılımı (http-1)

2.2. Atık Yönetiminde Sıfır Atık

Günümüzdeki anlamıyla sıfır atık teriminin ilk kez nerede kullanıldığına ilişkin kesin bir bilgi olmamakla beraber, kavramın ilk defa 1970’lerde Amerikalı kimyager Paul Palmer tarafından kullanıldığı kabul edilmektedir. P. Palmer, Silikon Vadisindeki işletmelerin yeniden kullanılabilir temiz ve değerli kimyasalları attıklarını fark etmiş, bunun üzerine bu maddelerin ticaretini yapan Sıfır Atık Sistemleri Anonim Şirketini 1973’te kurmuş ve kavramın herkes tarafından duyulmasını sağlamıştır (Bilgili, 2021).

“Sıfır Atık”; israfın önlenmesini, kaynakların daha verimli kullanılmasını, atık oluşumunun engellenmesi veya azaltılması, atığın oluşması durumunda ise kaynağında ayrı toplanması ve geri kazanılmasını kapsayan atık yönetim felsefesi; kültürel, ekonomik ve sosyal gelişimin elde edilmesi için atıkların yaşam döngüsünü dikkate alan bir yaklaşım biçimidir (http-2).

Bu yaklaşımda ürünlerin yeniden kullanılması, kullanım ömürlerinin uzatılması, ürünlerin üretiminde zararlı maddelerin kullanılmaması veya azaltılması, geri dönüşümü mümkün ürünlerin üretilmesi esastır. Bu esaslar dikkate alındığında üretim faaliyetleri

gösteren endüstrilerin simbiyotik süreçleri benimseyerek hem ekonomilerine kazanç hem de kaynak tasarrufu sağlamaları mümkün olabilmektedir. Endüstriyel simbiyoz olarak da bilinen bu süreçte işletmeler arası anlaşmalar sağlanarak birinin atığı diğerinin hammaddesi olarak kullanılabilir. Böylece atık yönetim hiyerarşisinde en önemli basamak olan kaynağında önleme ve azaltma sürecine destek olunmaktadır (Akıllı Toplama Sistemleri Teknoloji İnceleme Raporu, 2021).

Geleneksel atık yönetimi sistemlerinde, atıklar, ürün tüketim sürecinin son aşamasında üretilen “yaşam sonu” bir ürün olarak kabul edilir. Sıfır atık, atığın kaynak tüketim sürecinin orta aşamasında olan kaynakların bir dönüşümü olduğunu kabul ederek geleneksel atık tanımına meydan okumaktadır. Dolayısıyla, sıfır atık yönetimi, entegre tasarım ve atık yönetimi felsefelerinin bir birleşimidir.

Sıfır atık yaklaşımının esas alınması ile sağlanacak avantajlar ise;

- Verimliliğin artması,
- Temiz ortam kaynaklı olarak performansın artması,
- İsrafın önüne geçildiğinden maliyetlerin azaltılması,
- Çevresel risklerin azalmasının sağlanması,
- Çevre koruma bilincinin kurum bünyesinde gelişmesine katkı sağlandığından çalışanların “duyarlı tüketici” duygusuna sahip olmasının sağlanması,
- Ulusal ve uluslararası pazarlarda kurumun “Çevreci” sıfatına sahip olmasının sağlanması, bu sayede saygınlığının artırılmasıdır.

2.3. Ambalaj Atıkları ve Geri Dönüşüm

26 Haziran 2021 tarihli 31523 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Ambalaj Atıkları Kontrol Yönetmeliği’ne göre Ambalaj: *Hammaddeden işlenmiş ürüne kadar, herhangi bir ürünün üreticiden kullanıcıya veya tüketiciye ulaştırılması aşamasında, taşınması, korunması, saklanması ve satışa sunulması için kullanılan herhangi bir malzemeden yapılmış iadesi olmayanlar da dâhil tüm ürünleri*, ifade eder. Yönetmelik, kullanım sonrası oluşacak atıkların önlenmesi, önlemenin mümkün olmaması durumunda, yeniden kullanım, geri dönüşüm veya geri kazanım yöntemleri ile bertaraf edilmesi sürecinde izlenecek yol ve yöntemleri kapsamaktadır (http-3).

Sıfır atık yaklaşımı temelinde doğal kaynakların korunması ve verimli kullanımı ile sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarına uyumlu üretimin sağlanması ve atık miktarının azaltılması amacıyla ambalaj atıklarının oluşumunun önlenmesi, atık

oluşumunun kaçınılmaz olduğu durumlarda ise öncelikle yeniden kullanılması, geri kazanılması ve/veya enerji kaynağı olarak kullanılması sureti ile bertaraf edilecek atık miktarının azaltılması esastır. Ambalaj atıklarının öncelikle maddesel geri dönüşümün sağlanması esas olup maddesel geri dönüşümün ekonomik ve/veya teknik nedenlerle mümkün olmaması durumunda enerji kaynağı olarak kullanımı son tercih olmak üzere diğer geri kazanım işlemleri uygulanır. Şekil 2.4'te geri kazanılabilir ambalaj sembolü verilmiştir. Geri kazanımı mümkün olmayan ambalaj atıkları ilgili mevzuat hükümlerine göre bertaraf edilir. Ambalajların üretimi ve kullanımında öncelikle yeniden kullanıma uygun, geri dönüştürülebilir ambalajların tercih edilmesi esastır. Ambalajların tüketimi/kullanılması sonrasında oluşan atıkların sıfır atık yönetim sisteminin genel ilkeleri doğrultusunda yeniden kullanıma veya geri kazanım sürecine dâhil edilmesi ve geri kazanılmış malzemelerin kullanımlarının sağlanarak ülke ekonomisine kazandırılması esastır (http-3).

Hızla artan nüfus ile tüketim ihtiyaçlarının artması ve doğal kaynakların tüketiminin de hızla artmasından dolayı, oluşan atıkların en uygun bertaraf yöntemlerinden olan geri dönüşümünde önemi artmıştır. Geri dönüşüm, potansiyel olarak yararlı malzemelerin israfını önlemek, taze hammadde tüketimini azaltmak, enerji kullanımını azaltmak, hava kirliliğini azaltmak için atıkları yeni ürünlere dönüştürme sürecidir.

Geri dönüşüm ekonomik imkânlar oluştururken kaynak verimliliğine de katkı sağlamaktadır. Dünyanın çeşitli yerlerinde geri dönüşüme yönelik birbirinden farklı politika, proje, teknoloji, program ve strateji geliştirilmekte ve uygulanmaktadır. Ayrıca ülkelerde geliştirilen atık politikaları, ikincil hammaddeler için yeni pazarların oluşmasına da neden olmaktadır.” “Gelişmiş ülke uygulamaları incelendiğinde, atıkların %35-45 oranındaki bölümü hariç, kalan parçanın tamamının geri kazanılarak ekonomiye kazandırıldığı görülmektedir (Ulaşlı, 2018)



Şekil 2.3. Geri kazanılabilir ambalaj sembolü (<http-3>)

2.3.1. Kâğıt-Karton Ambalaj Atıkları

Kâğıt, dünya tarihinde tahmini olarak M.Ö 2. ve 3. yüzyılda ilk kez Çin'de üretilmiştir. Daha sonra Çin'den Ortadoğu'ya, oradan Avrupa ve Amerika'ya aktararak 17. yüzyılda kâğıt sanayisi gelişim göstermiştir. İlk ticari karton ve kutu 19. yüzyılda üretilmiştir. 20. yüzyılda ise kâğıt sanayi endüstrisi en parlak dönemini yaşamıştır.

Kâğıt ve karton ambalajının hammaddesi selülozdur. Çok değerli bir madde olan selüloz, özel yetiştirilen bitki ve ağaçlardan elde edilmektedir. Kâğıt ambalajlar genel olarak odun, yıllık bitki ve atık kâğıt gibi hammaddelerden kimyasal ve mekanik yollarla elde edilen hamurların (elyaf karışımı) dövme, saçaklandırma ve temizleme gibi işlemler uygulanarak dolgu ve şartlandırma maddelerinin eklenmesi, eleği üzerinde kurutulması ve uygun boyutta kesilmesi işlemleri sonucunda üretilirler (Demir, 2019).

Atık kâğıtlar geri dönüştürülebilir ve birçok kâğıt türünün imalinde kullanılabilir tarzda ekonomik değere sahip, kendi çapında alım-satım pazarı olan bir hammaddedir. Türkiye’de ambalaj atıkları toplayan tesisler ağırlıklı olarak kâğıt karton üzerine çalışmaktadır. Kâğıt karton ambalaj atıklarının döngüsü Şekil 2.4’te gösterilmektedir. Sokak toplayıcıları da ağırlıklı olarak kâğıt karton toplamaktadır (Maden, 2014).



Şekil 2.4. Kâğıt karton atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

2.3.2. Plastik Ambalaj Atıkları

Plastik, pek çok tüketici ürününün bir bileşeni olup, imalat sanayinin çıktı ve nihai ürünlerinin çoğunu oluşturur. Bununla birlikte, bütün plastikler aynı değildir ve bu, hepsinin aynı şekilde bertaraf edilip geri dönüştürülemeyeceği anlamına gelir (Şekil 2.5.) (http-4).

Plastikler yüksek molekül ağırlıklı organik moleküllerden ya da polimerlerden oluşmaktadır. Organik moleküller ve polimerler, birbirine kimyasal olarak bağlı birimlerin yinelenmesiyle ortaya çıkan zincir yapılarıdır. Plastiklerin kaynağı, ham petrol, gaz ve kömürdür (Güneş, 2019).



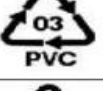

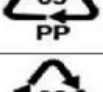
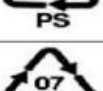

Plastik ambalaj, petrol rafinelerinden çıkan çeşitli ürünlerin petrokimya tesislerinde işlenmesi ile elde edilir. Dünyada üretilen toplam petrolün sadece % 4'ü plastik üretimi için kullanılmaktadır. Plastik üretiminde kullanılan bu % 4 oranının ise sadece % 3'ü plastik ambalaj üretiminde kullanılmaktadır. Plastikler hem daha az malzeme ile daha çok ambalaj üretilebileceği için, hem de şekil verme kolaylığından dolayı sektörde daha da tercih edilebilir bir hale gelmiştir (Sayar, 2012).

Plastik ürünlerin kullanımının artmasıyla 1987 yılında Plastik Endüstrisi Birliği tarafından plastikleri tanımlayıcı kodlar geliştirilmiştir. Buna göre; 7 tür plastik teşhis etme kodu vardır. Bunlar, polietilen terftalat (PET veya PE), yüksek yoğunluklu polietilen

(HDPE), polivinil klorür (PVC), düşük yoğunluklu polietilen (LDPE), polipropilen (PP), polistiren (PS) ve diğerleridir (Güneş, 2019).

Tablo 2.1’ de plastiklerin tanımlanmasında kullanılan kodlar verilmiştir.

Tablo 2.1. Plastiklerin tanımlanmasında kullanılan kodlar (<http-3>)

Dönüşüm no	Kısaltma	Polimer ismi	Kullanımı
	PETE ya da PET	Polietilen tereftalat	Poliester fiberler, film, elyaf, köpük, şişe, katı cisim
	HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen	Taşınmaya elverişli kapların yapımı, çeşitli şişeler, çantalar, oyun alanı malzemeleri
	PVC ya da V	Polivinilklorür	Çit ve parmaklık malzemeleri, yiyecek dışı şişeler
	LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen	Sera örtüsü, film, ambalaj, elektrik sanayi
	PP	Polipropilen	Plastik şişe, elektrik sanayi, mutfak eşyası
	PS	Polistiren	Oyuncak, video kaset, tepsiler, yalıtım malzemeleri
	Diğer	Akrilik, polikarbonat, naylon dahil diğer plastikler	



Şekil 2.5. Plastik ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

2.3.3. Cam Ambalaj Atıkları

Cam, insanoğlunun keşfettiği ve ürettiği en eski suni maddelerden biridir. Şimdiye kadar arkeolojik kazılarda bulunan en eski cam ürün M.Ö. 5500 yıllarına ait olup, Mısır'da bulunmuştur. Camın ana maddesi kumdur. Kumun eritilmesinden oluşan madde, soda, çeşitli mineraller ve cam kırıkları karıştırılarak fırınlanır. Fırında eritilmiş bu karışım kesilip kalıplanarak Şekil 2.6'da görülen cam ambalajlar oluşturulur (Güneş, 2019).



Şekil 2.6. Cam ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Cam ambalaj kâğıttan sonra en çok kullanılan ikinci ambalaj çeşididir. Özellikle gıda sektöründe önemi artan bir üründür. Diğer maddelerle karışmaması, içinin görülebilmesi, katılığı, tekrar temizlenip kullanılabilmesi nedeniyle diğer ambalajlarla ikame edilememektedir. Cam ambalajlarda, bozulabilecek maddeler taşınmaktadır. Cam ambalajın ağırlığının azaltılması, iç hacminin genişletilmesi ve renklendirilmesine yönelik çalışmalar ileri teknolojiler kullanılarak yapılmaktadır (Demir, 2019).

2.3.4. Metal Ambalaj Atıkları

Metal yeryüzünde oluşan çeşitli minerallerin saflaştırılmasıyla üretilmektedir. Metaller, elementler ve element alaşımlarından oluşur ve bu elementin adı ile anılırlar. Şekil 2.7' de gösterildiği gibi metal ambalajlar, alüminyum ve teneke olarak da adlandırılan ince çelik saclar olmak üzere başlıca iki çeşit malzemeden yapılır. Çelik

sacların yüzeyleri kalay ve organik laklar ile kaplanarak çeliğin doğrudan gıda ile temas etmesi engellenir. Böylelikle korozyona dayanıklı metal ambalajlar olarak üretilir (Sayar, 2012).



Şekil 2.7. Metal ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

2.3.5. Kompozit Ambalaj Atıkları

Kompozit ambalajlar, en az iki farklı malzemenin tam yüzeylerinin birleştirilmesi ile elde edilen ambalaj çeşididir (Şekil 2.8). Farklı malzemelerin birlikte kullanılmasındaki amaç, dayanıklılığı ve esnekliği arttırmak ve malzemelerin kendine özgü özelliklerini birleştirmektir. Kompozit ambalajlara, süt ve meşrubat kutuları, çorba ambalajları ve kahve ambalajları örnek verilebilir. Kompozit kutularda gövdeyi oluşturan ana malzeme kartondur, az bir oranla plastik veya alüminyum da kullanılmaktadır. Kompozit kutuya bariyer özelliği kazandırmak için karton gövde, alüminyum folyo ya da plastik film ile kaplanmaktadır. Kapaklar kâğıt, metal, plastik ya da bu malzemelerin kombinasyonu olabilir. Kompozit ambalajlar plastik ağırlıklı, kâğıt-karton ağırlıklı ve metal ağırlıklı kompozit ambalajlar olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır (Demir, 2019).



Şekil 2.8. *Kompozit ambalaj atıkları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)*

3. KATI ATIK TOPLAMA AYIRMA SİSTEMLERİ

Kaynağında ayrı toplama uygulamaları kapsamında, tüketicilerin evlerinde ya da işyerlerinde organik atıklardan ayrı olarak biriktirdikleri ambalaj atıklarının düzenli olarak belediyeler ya da anlaşmalı oldukları Toplama Ayırma Tesisi (TAT)'lar tarafından toplanması gerekmektedir (Arsu, 2018).

Ürünlerin tüketimine başlandığı andan itibaren atıkların geri kazanım süreci de başlar. Katı atıkların geri kazanımında düzenli ve ekonomik bir toplamanın yanı sıra uygun ayırma işleminin seçimi gerekir. Geri kazanım sisteminin doğru işlemesi iyi ve detaylı planlama gerektirir.

3.1. Toplama

Geri kazanılabilir atıkların toplanmasında iki temel yöntem kullanılır. Bu yöntemler;

- Tüketicilere getirtme
 - Tüketiciden alma
- şeklinde dir.

3.1.1. Tüketicilere Getirtme

Bu yöntem toplayıcının pasif, tüketicinin etkin olduğu yöntemdir. Tüketicinin yeterli katılımına ve etkinlik derecesine bağlı olarak başarıya ulaşır. Vatandaşlar atıklarını belirli bir mesafe kat ederek toplama kumbaralarına, geri alım (buy-back) noktalarına ya da ayırma işleme merkezlerine getirirler. Tüketicilerin bu eylemi gönüllü olabileceği gibi para karşılığı da olabilir.

3.1.2. Tüketiciden Alma

Bu yöntemde ise toplayıcı kurum etkin, tüketici daha pasif konumdadır. Tüketiciden alma yönteminin belirleyici özelliği, bu iş için tahsis edilmiş özel araçlar ve personel gerektirmesidir. Özel kaplarda tüketici tarafından ayrı olarak biriktirilmiş olan geri kazanılacak atıklar evlerden ya da kaldırımlardan toplanır ve toplama merkezlerine taşınır. Toplama işlemi, genel çöpün toplanması sırasında, araçlarda geri kazanılacak maddeye ayrılmış özel bölmelerde de gerçekleştirilebilir. Genel çöp içerisinde karışık olarak bulunan geri kazanılabilir potansiyeline sahip atıkların nihai bertarafından önce

içinden geri kazanılabilir bileşenlerin geri kazanılması yeterince gelişmemiş aktif bir yöntemdir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kaynağında ayrı toplama süreci (Arsu, 2018)

3.2. Ayırma

Ger kazanım amacıyla toplanan malzemelerin bu amaca hizmet edebilmeleri için, seçilen değerlendirme yönteminin gerektirdiği şekilde ve titizlikte ayrılmaları gerekir. Toplanan madde içindeki istenmeyen maddeler ayrılmalıdır. Katı atıklardan atık maddeler üç yoldan kazanılabilir:

- Kaynakta ayırma
- Toplama sırasında ayırma
- Merkezde ayırma

3.2.1. Kaynakta ayırma

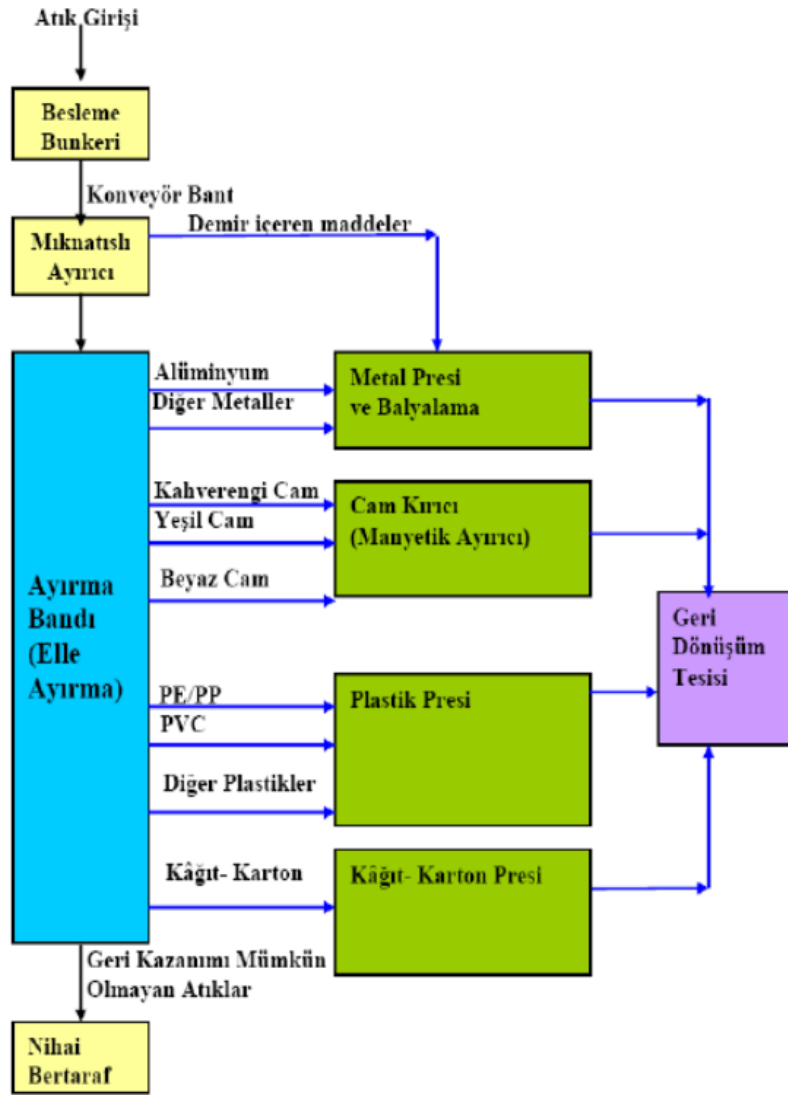
Ger kazanılabilir atıkların tüketici tarafından daha kaynakta iken, ayrılarak biriktirilmesi. Bu yöntemin geri kazanımda başarıya ulaşması eğitim düzeyinin yüksek olmasına ve tüketicinin motivasyonuna bağlıdır. Bu ayırma yönteminde kirlenme diğer yöntemdekilere göre en düşük seviyededir.

3.2.2. Toplama sırasında ayırma

Evlerde özel kaplarda bir arada toplanan çeşitli malzemeler toplama araçlarının özel bölmelerine boşaltılırken işçiler tarafından ayrılabilir. Toplama hızını düşüren bu yöntem, araçların özel olarak bu işe uygun projelendirilmesini gerektirir. Sınıflandırılmış malzemeler araçlarda sıkıştırılırlar, böylece taşıma giderleri azaltılır.

3.2.3. Merkezde ayırma

Bu sistemde atıklar geri kazanılabilecek maddeler ayrılmaksızın toplanır ve getirildikleri merkezde bileşenlerine ayrılır (Şekil 3.2). Bu işlem ile birçok madde geri kazanılabildiği gibi katı atık düzenli depolama tesisinin hacmi azaltılmış olur. Kazanılan malzemelerin kalitesinin düşük olması, yeterince temiz olmaması, tesiste çalışanlar için sağlık açısından riskler taşıması bu sistemin sakıncalı yanlarıdır. Merkezde ayırma işlemi iki şekilde yapılabilir. Bunlar da elle ayırma ve mekanik ayırmadır (Bilici, 2012).



Şekil 3.2. Ambalaj atığı toplama ayırma tesisi akış diyagramı (Demir, 2018)

3.3. Ambalaj Atığı Toplama ve Biriktirme Ekipmanları

3.3.1. İç Mekân Kutuları

Ambalaj atıklarının toplanması için yaygın olarak kullanılan iç mekân kutuları polipropilen ve karton ve metal malzemelerden yapılmaktadır. Genellikle kullanım ömrü uzun olduğu için polipropilen malzemeden yapılan iç mekân kutuları tercih edilmektedir.

Karton malzemeden yapılanlar daha düşük maliyetli olmasına rağmen kullanım ömürleri kısadır. İç mekân kutuları genellikle konutların ve kurumların giriş kısımlarına konumlandırılarak toplayıcı ekip tarafından düzenli aralıklarla toplanması gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. İç mekân kutuları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

3.3.2. Ambalaj Atığı Toplama Poşetleri

Ambalaj atıklarının toplanması için şekil 3.4'te gösterilen mavi renkli toplama poşetleri, yetkili firma veya belediyeler tarafından konutlara ve kurumlara bırakılarak atıkların tüketiciler tarafından ayrıştırılarak belirli periyotlar arasında toplanmasını sağlamaktadır. Bu ekipmanda amaç tüketicilerin ikili toplama sistemi ile çöplerden ayrı olarak biriktirmesini sağlamaktır.



Şekil 3.4. Ambalaj atığı toplama poşetleri (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

3.3.3. Plastik ve Metal Konteynerler

Genellikle ambalaj atıklarının toplanması amacı ile mavi renkli plastik konteynerler, dış mekânlarda gri renkli çöp konteynerlerinin yanına konumlandırılarak ikili toplama sisteminin kurulmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Genellikle sitelerde, okullarda ve kurumlarda tercih edilmektedir. Ambalaj atıkları çöplerden ayrı olarak bu konteynerlere atılır ve ekipler tarafından toplama gerçekleştirilir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Plastik ve metal konteynerler (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

3.3.4. Kumbaralar ve Mobil Atık Getirme Merkezleri

Kumbaralar genellikle cam şişe biriktirme ekipmanları olarak işlek ve merkezi yerlerde toplama yapma amacı ile konumlandırılmış toplama ekipmanlarıdır. Mobil atık getirme merkezleri ise aynı şekilde merkezi yerlere konumlandırılmış ve atıkların sınıflarına ayrılarak ayrı ayrı biriktirmeyi amaçlamış sistemlerdir. Ayrı biriktirilen atıklar toplama araçları ile belirli periyotlar ile toplanmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Mobil atık getirme merkezleri (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

3.3.5. Tel Kafesler

Tel kafes biriktirme ekipmanları içine çöp atılmasını engellemek amacıyla atılan atığın gözle görülür şekilde biriktirilmesi amacıyla tasarlanmıştır. Genellikle alışveriş merkezleri, satış noktaları ve kamu kurumlarında kullanılmaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Tel kafesler (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

3.3.6. Sanayi Tipi Konteynerler

Genellikle atığın yoğun olduğu fabrikalarda ve alışveriş merkezlerinde transferi kolaylaştırmak amacıyla kullanılan biriktirme ekipmanları arasındadır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Sanayi tipi konteynerler (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

3.3.7. Akıllı Toplama Kumbaraları

Akıllı toplama kumbaraları teknoloji odaklı zaman israfını önleyen bir sistemdir. Genellikle bu sistemde ayrı olarak tüketici tarafından getirilen atık karşısında tüketiciye ödül veya bedel temin edilir. Fakat maliyetlerinin yüksekliği bakımından yaygınlaşmada eksik kalmıştır.

Akıllı atık toplama sistemi sayesinde uçtan uca sistem kontrolü ve vatandaş memnuniyeti sağlanırken atık toplama optimizasyonu ile trafik tıkanıklığı, çalışma saatleri, yakıt tüketimi ve karbon salınımı gibi faktörler azaltılabilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Akıllı toplama kumbaraları (<http-5>)

3.4. Diğer Ülkelerdeki Uygulamalar

3.4.1. Teknik Uygulamalar

Atık ayrıştırma konusunda öncü ülkelerden olan Almanya’da, evlerde, yemeklerden kalan artıkların ve benzeri atıkların konulduğu bir kutu, kağıtlar için ayrı bir kutu ve geri kalan çöplerin konulduğu bir diğer atık kutusu olmak üzere üç ayrı kutu bulunmaktadır. Bunlara ek olarak plastikler ayrıca biriktirilmektedir. Genelde evlerin önünde hanelere ait, kilitli çöp kutularının olduğu Almanya’da cam toplama konusunda ise ayrı bir süreç işlemektedir. Cam şişelerin dönüşümü için genel kullanıma açık, ortak konteynerlerin bulunduğu ülkede şişeler renklerine göre de ayrı konteynerlere atılmaktadır.

Plastik şişelerde depozito sisteminin uzun yıllardır uygulandığı ülkede, vatandaşlar pet şişelerini aldıkları markete geri götürüp, otomatlara geri yükleyerek karşılığında markette kullanabilecekleri bir bakiye elde etmektedirler (http-6).

Hollanda'da atıklar temelde, "plastik", "kâğıt", "şişe" ve "geri kalan" olmak üzere dört ayrı kategoride ayrıştırılmaktadır. Bunun yanı sıra tekstil atıkları için de ayrı bir ayrıştırma yapılmakta ve bunun için belediyenin gönderdiği ayrı poşetler kullanılmaktadır. Müstakil evlerin bahçelerinden çıkan ağaç yapraklarının dahi doğal atık kategorisinde ayrıştırıldığı ülkede belediyeler farklı türlerdeki atığı farklı zamanlarda toplamaktadırlar. Haftada bir gün gıda atığı, iki haftada bir plastik atığı, üç haftada bir de "geri kalan" kategorisindeki atıklar alınmaktadır. Atıkların ayrıştırılmaması halinde bir yaptırım olmamasına karşın "geri kalan" kategorisindeki konteynerlerin çok dolması sebebiyle insanlar sisteme ayak uydurmak zorunda kalmaktadırlar (http-6).

Japonya'da atık ayrıştırma sistemi bölgeden bölgeye farklılık gösterse de çöpler genel olarak "yanan atıklar", "yanmayan atıklar", "geri dönüştürülebilir pet şişeler", "cam şişeler" ve "konserve atıkları" gibi kategorilere ayrılmaktadır. Her kategori için belediyeler haftada bir gün ya da ayda bir gün olacak şekilde belirli günlerde atık toplamaktadırlar. Atıkların ayrıştırılmadan bırakılması ya da yanlış ayrıştırılması halinde temizlik görevlileri poşetlerin üzerine uyarı etiketi yapıştırarak atıkları almadan gitmektedirler (http-6).

İsviçre'de atıklar "evsel atıklar", "kâğıt atıkları", "plastik ve şişeler", "pil ve elektronik atıklar" olmak üzere dört ayrı kategoride ayrıştırılmaktadırlar. Renklerinin belediyeden belediye göre değiştiği atık poşetleri yine o belediyenin sınırları içerisinde temin edilirken atıklar türlerine göre farklı günlerde toplanmaktadır. Plastik atıkların ve cam şişelerin hem marketlerde hem de belediyenin belirlediği noktalardaki konteynerlere atılabildiği ülkede cam şişeler ayrıca renklerine göre de farklı konteynerlere atılmaktadır. Alüminyum içeren tencere ya da deodorant gibi atıklar ise başka bir konteynerde toplanmaktadır. Yüksek dozda kimyasal maddeleri içeren atıkların, tarihi geçmiş ilaçların ve yanıcı, patlayıcı özellikteki atıkların çöpe atılmasının yasak olduğu ülkede bu gibi ürünler, kullanım ömrünü tamamladıktan sonra satın alındığı yere götürülmektedir (http-6).

İngiltere'de atıklar "kâğıt", "teneke", "cam", "plastik" ve "diğer atıklar" olmak üzere beş ana kategoride ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırılan atıklar yine binaların belirli yerlerine

konulmuş büyük konteynerlere atılmakta ve görevliler tarafından teslim alınarak atık ayrıştırma merkezlerine götürülmektedir (http-6).

İtalya’da ise atıklar "kâğıt", "plastik ve alüminyum", "cam", "demir", yiyecek artıkları gibi "nemli atıklar" ve "karışık kuru atıklar" olmak üzere çeşitli kategorilerde ayrıştırılmaktadır. Ülkede ayrıştırmaya yönelik bölgeden bölgeye değişen yasal düzenlemeler bulunmaktadır. Bunun yanı sıra atık toplama poşetlerinin şeffaf olması sebebi ile doğru ayrıştırılmayan atıklar hemen anlaşılmaktadır. Bu sebeple temizlik görevlileri ayrıştırılmayan atıkları almayıp yerinde bırakılmaktadır (http-6).

3.4.2. Yasal Uygulamalar

AB’de geri dönüşüm birçok politika belgesinde önemli bir yer tutmaktadır. “AB Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi’nin genel hedefi *“yenilenebilir olmayan doğal kaynakların ve hammaddelerin; çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik olarak kaynak verimliliğinin artırılmasıyla yenilenebilir doğal kaynakların yeniden oluşma kapasitelerini geçmeyecek bir hızda kullanılmasıdır”*. Bu stratejinin hedeflerinden biri ise *“yaşam döngüsü kavramını uygulayarak ve yeniden kullanım ve geri dönüşümü teşvik ederek doğal kaynakların verimli kullanımını artırmak ve atık üretimini önlemektir”* (EC, 2011).

Ambalaj ve ambalaj atığına ilişkin AB kuralları, hem ambalaj tasarımını hem de ambalaj atığı yönetimini kapsamaktadır. Çevre sorunlarının giderek artmasına neden olan ambalaj atıkları ile başa çıkmayı hedeflemektedirler. Ayrıca, AB ülkelerinin ambalaj tasarımını konusunda farklı kurallar benimsemesinden kaynaklanan iç pazardaki engelleri de kaldırmayı amaçlamaktadırlar.

Bu kuralların uygulanması bir başarı olarak görülse de, AB’de ambalaj atığı miktarı hala artmakta ve sınırlı kaynakların çok büyük bir kısmı ekonomiye geri döndürülemeden israf edilmektedir.

Ambalajla ilgili AB kuralları, Avrupa pazarına sunulan her türlü ambalaj ve ambalaj atığını kapsamaktadır. Bu, endüstriyel, ticari, ev ve diğer sektörler dahil olmak üzere tüm malzemeler ve paketleme anlamına gelmektedir.

Bu kurallar, AB pazarına ne tür ambalajların konulabileceğinin yanı sıra ambalaj atığı yönetimi ve ambalaj atığını önleme tedbirlerini düzenlemektedir. AB pazarına sunulan tüm ambalajlar, üretimi, bileşimi ve yeniden kullanılabilir veya geri kazanılabilir olması ile ilgili temel gerekliliklere uymak zorundadır (http-7).

94/62/EC sayılı Direktif, AB'nin ambalaj ve ambalaj atıklarının yönetimine ilişkin kurallarını belirlemektedir. 94/62/EC sayılı Direktif aşağıdakileri amaçlamaktadır:

- Ambalaj ve ambalaj atıklarının yönetimine ilişkin ulusal önlemleri uyumlu hale getirmek;
- Ambalaj ve ambalaj atıklarının çevre üzerindeki etkisini önleyerek ve azaltarak çevre kalitesini iyileştirmek.

Direktif (AB) 2018/852 , Direktif 94/62/EC için uygulanan değişikliktir ve aşağıdaki maddeler için güncellenmiş önlemleri içermektedir:

- Ambalaj atıklarının oluşumunu önlemek ve
- Ambalaj atıklarının nihai bertarafı yerine yeniden kullanımını, geri dönüşümünü ve diğer geri kazanım biçimlerini teşvik ederek dögüsel ekonomiye geçişe katkıda bulunmaktır (http-8).

AB ülkeleri, her yıl veya iki yılda bir atık toplama, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanım hedeflerine ulaşılması da dahil olmak üzere AB atık yasalarının uygulanması hakkında Avrupa Komisyonu'na rapor vermektedirler.

2023'te Komisyon, belediye ve ambalaj atığı geri dönüşüm hedeflerini 2025 ve 2035 depolama hedefini karşılamama riski taşıyan Üye Devletleri belirleyen bir rapor yayınlamıştır. Bu rapor Avrupa Çevre Ajansı tarafından yürütölen Üye Ülkelerin değerlendirilmesine dayanmaktadır.

Dokuz üye devlet, belediye atıkları (evlerden ve işyerlerinden gelen) ve ambalaj atıkları için geri dönüşüm hedeflerini 2025 yılı için karşılama yolunda ilerlemektedir: Avusturya, Belçika, Çekya, Danimarka, Almanya, İtalya, Lüksemburg, Hollanda ve Slovenya.

On sekiz Üye Devlet bir veya daha fazla hedefi kaçırma riskiyle karşı karşıyadır: Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Estonya, Finlandiya, Fransa, Yunanistan, Macaristan, İrlanda, Litvanya, Letonya, Malta, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, İspanya ve İsveç. Komisyon bu üye devletlere mali ve teknik destek sağlamıştır (http-9).

AB ülkeleri ambalaj malzemesine göre değişen geri dönüşüm hedeflerini karşılamak için gerekli önlemleri almalıdır. Bu amaçla, 2025 ve 2030 yılına kadar ulaşılacak yeni geri dönüşüm hedeflerinin raporlanması için aşağıdaki hesaplama kurallarını uygulamayı amaçlamışlardır;

31 Aralık 2025'e kadar, tüm ambalaj atıklarının ağırlıkça en az %65'inin geri dönüştürölmesi gerekmektedir. Malzeme başına geri dönüşüm hedefleri şunlardır:

- %50 plastik
- %25 odun
- Demir içeren metallerin %70'i
- %50 alüminyum
- %70 cam ve
- Kâğıt ve kartonun %75'i.

31 Aralık 2030'a kadar, tüm ambalaj atıklarının ağırlıkça en az %70'inin geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu hedefler:

- %55 plastik
- %30 odun
- Demir içeren metallerin %80'i
- %60 alüminyum
- %75 cam ve
- Kâğıt ve kartonun %85'i (http-8).

Atık Çerçeve Direktifi Madde 6 (1) ve (2)'ye göre, belirli belirli atıklar, bir geri kazanım işleminden (geri dönüşüm dahil) geçtiğinde ve belirli kriterlere uygun olduğunda, özellikle aşağıdaki durumlarda atık olmaktan çıkmaktadır:

- Madde veya nesne genellikle belirli amaçlar için kullanılır,
- Madde veya nesne için mevcut bir pazar veya talep vardır,
- Kullanımı yasaldır (madde veya nesne, belirli amaçlar için teknik gereklilikleri karşılar ve ürünler için geçerli olan mevcut mevzuat ve standartları karşılar),
- Kullanım genel olarak olumsuz çevresel veya insan sağlığı etkilerine yol açmayacaktır.

Spesifik malzemeler için bu kriter, Komisyon tarafından "komitoloji" prosedürü aracılığıyla belirlenmektedir (http-9).

AB ülkeleri, kullanılmış ambalaj ve/veya ambalaj atıklarının iadesi ve/veya toplanmasının yanı sıra toplanan ambalaj ve/veya ambalaj atıklarının geri dönüşümü de dahil olmak üzere yeniden kullanımı veya geri kazanımını sağlayacak sistemlerin kurulmasını sağlamalıdır.

Üretici sorumluluğu

- 2024'ün sonuna kadar AB ülkeleri, tüm ambalajlar için üretici sorumluluk planlarının oluşturulmasını sağlamalıdır. Üretici sorumluluğu programları, kullanılmış

ambalaj ve/veya ambalaj atıklarının iadesi ve/veya toplanmasının finansmanını veya organizasyonunu ve bunların en uygun atık yönetimi seçeneğine yönlendirilmesinin yanı sıra toplanan ambalaj ve ambalajların yeniden kullanımı veya atıkların geri dönüştürülmesini sağlar.

- Bu planların, Atık Çerçeve Direktifi 2008/98/EC kapsamında belirlenen minimum gerekliliklere uyması gerekmektedir. Planlar, ambalajın yeniden kullanımını veya yüksek kalitede geri dönüşümü teşvik edecek ve ambalaj ve ambalaj atıklarının çevre üzerindeki etkisini en aza indirecek şekilde tasarlanan, üretilen ve ticarileştirilen ambalajların teşvik edilmesine yardımcı olmalıdır.

Bilgi sistemleri ve raporlama

- Bir uygulama kanunu olan 2005/270/EC Kararı, 94/62 sayılı Direktifin uygulanmasını izlemek için AB ülkeleri tarafından her yıl Komisyona sağlanması gereken verilerin hesaplanması, doğrulanması ve raporlanması için formatları ve kuralları belirler.
- (AB) 2019/665 sayılı Karar, 2005/270/EC sayılı Kararı, aşağıdakilerle ilgili geri dönüşüm hedeflerine ulaşmanın hesaplanmasına ilişkin 94/62/EC sayılı Direktifteki yeni kurallara uygun hale getirmek için yeni kurallar getirerek değiştirmiştir:
- Geri dönüşüm hedefinin maksimum %5'ine kadar- yeniden kullanılabilir satış ambalajlarını dikkate alma olasılığı (Madde 5(2)),
- Yeniden kullanım için onarılan ahşap ambalajın dikkate alınması olasılığı (Madde 5(3)'te),
- Yakıldıktan sonra yakma dip külünden ayrılan ambalaj atığı içindeki metal miktarının hesaplanması (Madde 6a),
- Artık baskın malzeme başına değil, paketleme biriminin toplam kütlelerinin %5'inden daha azını oluşturan malzemeler için olası istisnalarla birlikte, ambalajda bulunan malzeme başına rapor edilmesi gereken kompozit ambalaj.

Yeni hesaplama kuralları, geri dönüşüm hedefinin hesaplanmasında yalnızca geri dönüşüm işlemine giren atıkların veya atık sonu statüsüne ulaşan atıkların kullanılmasını sağlamayı amaçlamaktadır. Bildirilen veriler (doğrudan ekonomik operatörlerden ve elektronik kayıtların kullanımından gelen veriler) üzerinde gelişmiş bir kalite kontrol sistemi sağlamak ve böylece AB dışı üçüncü ülkelere geri dönüşüm için ihraç edilen atıklar da dahil olmak üzere raporlanan verilerin daha iyi izlenebilirliğini sağlamaktadır.

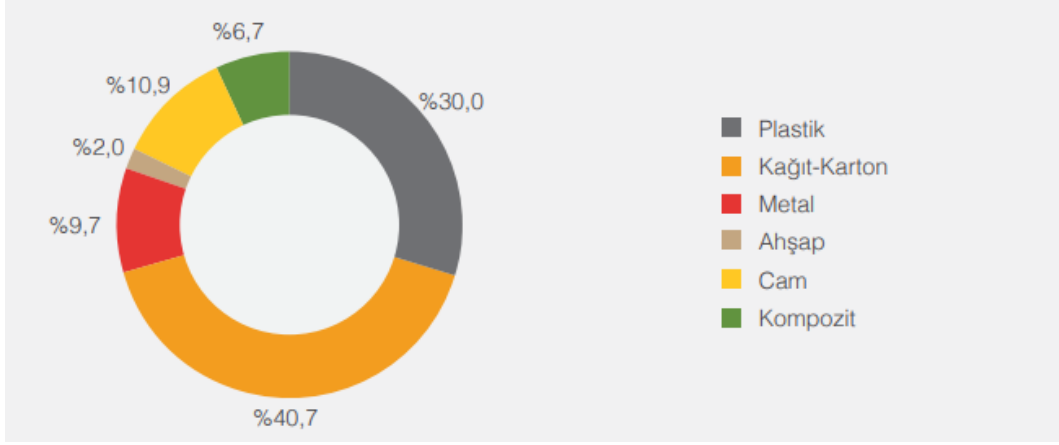
(AB) 2019/665 sayılı Karar ayrıca, 94/62/EC sayılı Direktifin 12. Maddesi uyarınca veri raporlama formatlarında değişiklikler getirmektedir. Formatlar, piyasaya ilk kez sürülen yeniden kullanılabilir ambalajlara ve ambalajın yılda gerçekleştirdiği rotasyon sayısına ilişkin bilgileri dikkate almalıdır. Bu tek kullanımlık ambalajlara kıyasla yeniden kullanılabilir ambalajların payını belirlemek için gereklidir. Yeniden kullanılabilir satış ambalajları geri dönüşüm hedefleri kapsamında dikkate alınabileceğinden, yeniden kullanılabilir satış ambalajları ile diğer yeniden kullanılabilir ambalajlar arasında bir ayırım yapılmalıdır (http-8).

3.5. Türkiye'deki Uygulamalar

3.5.1. Teknik Uygulamalar

Ambalaj atığı yönetim planı; uygulamaya geçilmesi kararlaştırılan bölgede; halkın farkındalık düzeyi, konut yapıları ve gelir düzeyi gibi birçok farklı parametrenin değerlendirilmesi göz önüne alınarak yapılmaktadır. Kullanılması düşünölen biriktirme ekipmanlarının türü ise; hedef kitlenin atık kültürü ve çevre bilinci, toplama alanının yapısı, toplama araçlarının teknik özellikleri ve toplama ayırma tesisinin tasarım kriterlerine bağlı olarak değişmektedir. Genel itibari ile ambalaj atıklarının biriktirilmesi uygulamalarında doğrudan kaldırım kenarında poşetlerden toplama yapılabileceği gibi, cadde üstü konteynerler, atık kumbaraları ve atık getirme merkezleri gibi atığı üreticisinin toplama ünitesine taşımamasını sağlayan atık getirme sistemleri de kullanılabilir.

Bu seçimler tamamen bölgenin fiziksel şartları dikkate alınarak yapılmaktadır. 64 il ve yaklaşık 500 ilçe ve beldede ambalaj atıkları kaynağında ayrı toplanmaktadır. Kaynağında ayrı toplanan ambalaj atıklarının yoğunluk haritası Şekil 3.3'te verilmiştir. Mevcut durumda 4.200.000 ton ambalaj atığı piyasaya sürölmüştür. Belediyeler tarafından kaynağında ayrı toplanan ambalaj atığı miktarı 1.527.960 ton, sanayiden toplanan ambalaj atığı miktarı 586.690 ton, havaalanlarından toplanan ambalaj atığı miktarı 14.362 ton ve mücavir alan dışından toplanan ambalaj atığı miktarı 263.361 ton'dur. Toplam kaynağında ayrı toplanan ambalaj atığı miktarı 2.392.374 ton/yıldır.



Şekil 3.10. Ambalaj atığı karakteristiği (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023)

Biriktirme ekipmanları ve tanıtım materyallerinde renk skalası uygulanır. Renklerin insanların algısı üzerinde büyük etkisi olduğundan ve uygulamada standarda erişmek adına renk skalası oluşturulmuştur. Oluşturulan renk skalasına göre;

- Kâğıt-karton atıkları için mavi,
- Plastik atıklar için sarı,
- Cam atıklar için yeşil,
- Metal atıklar için gri,
- Organik atıklar için kahverengi,
- Geri dönüşemeyen atıklar için siyah,
- Tıbbi atıklar için poşetlerde kırmızı, kova konteynerlerde turuncu,
- Tehlikeli atıklar ve elektronik atıklar için şeffaf,
- Tekstil atıkları için pembe;
- Ahşap atıklar için turuncu,
- İri hacimli atıklar için lila,
- Ekmek artıkları için mor,
- Yemek artıkları için beyaz rengin kullanılması tercih edilmiştir.

3.5.2. Yasal Uygulamalar

Türkiye’de ambalaj atıklarının toplanması, taşınması, depolanması, geri kazanılması işlemleri 26 Haziran 2021 tarihli 31253 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği ve 12 Temmuz 2019 tarihli 30829 sayılı Sıfır Atık Yönetmeliği (9 Ekim 2021 tarihli 31623 sayılı resmî gazetede yayımlanan Sıfır Atık Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına dair Yönetmelik) çerçevesinde yürütülmektedir.

Sıfır Atık Projesi, Türkiye’de 2018-2023 yılları arasını kapsamaktadır. Sıfır Atık Projesi’nin 2018 yılı itibarıyla kademeli olarak kamusal kurumlarda, terminal gibi işletmelerde (havaalanı, otogar, tren istasyonu gibi), eğitim tesislerinde (üniversite, okul gibi), alışveriş merkezlerinde, hastanelerde, eğlenme ve dinlenme tesislerinde (otel, restoran gibi), büyük işletmelerde uygulanması ve 2023 yılının sonunda ülkemizin tamamında uygulanması amaçlanmaktadır.

Sıfır Atık Yönetmeliği’nin amacı, hammadde ve doğal kaynakların etkin yönetimi ile sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda atık yönetimi süreçlerinde çevre ve insan sağlığının ve tüm kaynakların korunmasını hedefleyen sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasına, yaygınlaştırılmasına, geliştirilmesine, izlenmesine, finansmanına, kayıt altına alınarak belgelendirilmesine ilişkin genel ilke ve esasların belirlenmesidir ([http-10](http://10)).

Sıfır atık yönetim sisteminin kurulmasına ve uygulanmasına katkı sağlamak ve depozito yönetim sisteminin uygulanmasını sağlamak amacıyla Türkiye Çevre Ajansı, 24 Aralık 2020 tarihinde TBMM’de kabul edilen ve 31350 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 7261 sayılı kanunla kurulmuştur.

Sıfır Atık Yönetim sisteminde;

-Oluşan atıkların türlerine göre en az ikili olarak biriktirilmesi ve geçici depolanması sırasında çevre ve insan sağlığına zarar vermeyecek şekilde gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır.

-Ayrı olarak biriktirilen atıkların karıştırılmadan toplanması ve öncelikle geri dönüşüm/geri kazanımlarının sağlanması, mümkün olmaması halinde ise çevre kirliliğine yol açmayacak şekilde nihai bertarafı sağlanmalıdır.

-Atıkların maddesel veya enerji geri kazanımı amacıyla kullanılarak ekonomiye kazandırılması yaklaşımının öncelikli tercih edilmesi ve düzenli depolamaya gönderilen atık miktarının azaltılmasının sağlanması amaçlanmaktadır.

Bu kapsam biriktirilen atıklar, Bakanlıktan geçici faaliyet belgesi/çevre lisansı almış atık işleme tesislerinde işlenir.

-Sıfır atık yönetim sistemi kapsamında yerleştirilen biriktirme ekipmanlarında, atık getirme merkezlerinde ve toplama/taşıma araçlarında sıfır atık logosu kullanılmalıdır. Ayrıca toplama/taşıma araçlarında “Sıfır Atık Toplama Aracı” ibaresi bulunmalıdır.

-Zincir marketler ile 400 m2 ve üzeri kapalı satış alanına sahip satış noktaları, tüketiciler tarafından getirilen tehlikesiz nitelikteki kâğıt, cam, metal, plastik atıklar ile satışı

yapılması durumunda pil, elektrikli küçük ev aletleri veya tekstil atıklarının ayrı olarak biriktirilmesi için rahatlıkla görülebilecek ve erişilebilecek yerlerde toplama noktaları oluşturmakla, çevre ve insan sağlığına yönelik tedbirleri almakla yükümlüdür.

-Mahalli idareler, mavi biriktirme ekipmanında karışık olarak biriktirilen ve bu şekilde toplanan kâğıt/karton, cam, metal ve plastik türlerindeki atıkların geri kazanıma hazırlanması amacı ile nüfusuna hizmet verebilecek tipteki tesisler ile çalışır. 1. Tip Toplama Ayırma Tesisi 400.000 ve üzeri olan nüfusa, 2. Tip Toplama Ayırma Tesisi 100.000-400.000 arası nüfusa, 3. Tip Toplama Ayırma Tesisi 100.000'e kadar nüfusa hizmet eder. Mahalli idareler belirleyecekleri toplama ayırma tesisi ihtiyaçlarını toplam nüfusuna hizmet edebilecek tek bir tesisten veya birden fazla sayıda toplama ayırma tesisinden ayrı ayrı karşılayabilir. Birden fazla toplama-ayırma tesisinin tercih edilmesi halinde; bu tesisler için belirlenen sorumluluk alanlarında hizmet edilecek nüfus kapasitelerinin aşılması sağlanır.

-Alışveriş merkezleri, vatandaşlar tarafından atıkların getirilip bırakılabileceği toplama noktaları oluşturmak üzere, teknik ve idari hususları Bakanlıkça belirlenen kriterlere uygun olarak mobil atık getirme merkezi kurarlar.

Sıfır Atık Yönetmeliğinde yapılan en önemli değişikliklerden bir tanesi;

Sıfır Atık Yönetmeliği Madde 10- (4) bendinde;

‘‘Bu Yönetmelik kapsamında sıfır atık yönetim sistemini kurarak belge alanlar, türlerine göre kaynağında ayrı biriktirdikleri atıklarını, sıfır atık belgesini alan mahalli idarelerin toplama sistemine veya Bakanlıktan geçici faaliyet belgesi/çevre lisansı almış atık işleme tesislerine geri kazanımı sağlanmak üzere verirler’’ denilmektedir. Bu doğrultuda Sıfır Atık Belgesi almış Zincir Marketler, Alışveriş Merkezleri çevre lisanslı firmalara atıklarını bedelli/bedelsiz verebilecektir (http-10). Daha önceleri satış noktaları, alışveriş merkezleri gibi işletmeler oluşturdukları atıkları mahalli idarelerin kurmuş oldukları sisteme bedelsiz vermekle yükümlüydüler.

28.03.2022 tarihli ve 66745475-145.99 sayılı Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından ‘‘Atık Toplayıcıları’’ konulu yayınlanan genelgede;

Sıfır atık yaklaşımı doğrultusunda; belediyelerin kaynağında ayrı toplama faaliyetlerine öncelik vermesi, Sıfır Atık Yönetmeliği kapsamında mülki idare amirlerinin koordinasyonunda her belediyenin hizmet alanında geri kazanılabilir atık ve diğer atık olmak üzere kaynağında ayrı biriktirilen atıkların birbirleriyle karıştırılmadan

toplanmasına yönelik alt yapının oluşturulması, geliştirilip yaygınlaştırılması gerekmektedir (http-11).

Bu doğrultuda, plastik, kâğıt ve metal gibi değerlendirilebilir atıkların toplanması konusunda herhangi bir işletmeye bağlı olmaksızın atık toplayıcılığı yapanlar ile ilgili tedbir ve kararlar doğrultusunda düzenlemelerin yapılarak uygulamalarda bulunulması öngörülmektedir.



4. KONUYLA İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR

Hung vd. (2007) yaptıkları çalışmalarında, belediye katı atık yönetimi için sürdürülebilir bir karar verme modeli önermektedir. Çalışmada, belediyelerin atık yönetimi sürecinde karşılaştıkları artan atık hacmi, kısıtlı kaynaklar, çevresel etkiler ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi zorluklar ele alınmış, bu zorlukların nedenleri ve çözüm yolları detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Atık toplama, taşıma, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve bertaraf yöntemleri gibi birçok farklı faktörü hesaba katarak tasarlanan modelde bu faktörlerin tümü, sürdürülebilirliği ve ekonomik etkinliği sağlamak için bir bütün olarak ele alınmaktadır. Ortaya konan model, bu faktörleri dikkate alarak belediyelerin atık yönetimi sürecinde karşılaştıkları zorlukları çözmelerine yardımcı olabilecek bir çözüm sunmaktadır. Çalışmada, MCDM yöntemlerinde karar vermeye yardımcı olan ve belirli alternatifler için paydaşlar arasındaki fikir birliği derecesini değerlendirmek üzere oluşturulan Konsensüs Analiz Modeli (CAM), ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. “Uzlaşma derecesi”, paydaşlar arasındaki tercih benzerliğinin derecesini, “uzlaşma sonuçları” ise tüm paydaşların ortalama tercihini ifade etmektedir. CAM'daki dilsel değişkenlerle ilgilenmek için bulanık küme teorisi tanıtılmıştır. Her bir paydaşın görüşleri bir anket kullanılarak araştırılmıştır. Bu çalışmada sunulan yeni sürdürülebilir karar alma modeli şu hedeflere sahiptir: (1) politikacılara sosyal yönleri dikkate almaları için yardımcı olmak; (2) belirli alternatiflere ilişkin paydaşlar arasındaki fikir birliğinin derecesini anlamak; ve (3) karar vericilere karar verme aşamasında olası çatışmaları çözmeye yardımcı olmak. Bu modelin uygulanabilirliğini göstermek amacıyla Tayvan'daki gıda atıklarının yönetimine yönelik bir örnek olay çalışması sunulmuştur. Önerilen model gerçek dünyadaki atık yönetimi sorunları için karar vermeye yardımcı olacak etkili bir araç sağlarken ayrıca, atık yönetimi sürecinde farklı paydaşların rolleri ve sorumlulukları hakkında bilgi vermektedir. Sürdürülebilir karar alma modeli, ekonomik, çevresel ve sosyal faktörleri aynı anda barındırmanın yanı sıra, karar alma sürecine halkın katılımını da içermektedir. Bu model, paydaşlar için uzlaşma alternatifini arayabilir ve bilimsel karar verme modeli ile paydaş değeri arasında bir denge aramaya çalışabilir ve bu model kullanılarak sürdürülebilir atık yönetimi sağlanabilir. Önerilen model aynı zamanda çevre etki değerlendirmesine (ÇED) ve su yönetimi veya hava emisyon kontrolü sorunları gibi diğer çevresel sorunlara da uygulanabilmektedir.

Maden (2014) çalışmasında; ambalaj atığı toplama ayırma tesislerinin kurulma aşamasında yapılması gereken fizibilite çalışmalarının incelenmesi amacıyla, mevcut tesislerden seçilen orta ve büyük ölçekli örnekleri karşılaştırılmıştır. Mevcut tesislere ve yeni kurulacak olan tesislere kurulum, maliyet ve işletme konularında yol göstermek amaçlanmaktadır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda, ilçeler düzeyinde yapılan çalışmalarda sistematik değişimlerin atık miktarında artışı ve istikrarı getirdiği görülmüştür. Ayırma sonucu elde edilen geri dönüşüm materyallerinin satış fiyatları sürekli değişiklik göstermektedir. Bu sebeple atık stok alanlarının geniş olarak tasarlanması tavsiye edilmiştir. Kurulum maliyetleri yüksek olan bu tesislerin işçilik, mazot, vergi giderleri ve yönetmelik değişiklikleri ile karlılık oranları düşüşe geçmiştir. Bu sonuç hem tesis yatırımlarının azalmasına hem de ilerleyen süreçte toplanacak ambalaj atığı miktarında azalmaya sebep olmaktadır. Yasal düzenlemelerin ve vergilerin bu sektör için tekrar gözden geçirilmesi ve teşvik edici unsurların oluşturulması gerektiği vurgulanmaktadır.

Arsu (2018) çalışmasında, Toplama Ayırma Tesislerinin (TAT) faaliyette buldukları bölgenin, bu bölgedeki demografik yapının, tesisin gelir-gider dengesinin ve tesis süreçlerinin nicel verilerini kullanarak tesislerin etkinliğini belirlemeyi amaçlamaktadır. Geri dönüşüm işleminin başarısında anahtar rol üstlenen toplama/ayırma sürecinin daha etkin yönetilmesi gerekliliği düşünülerek yapılan bu çalışma sonucunda, elde edilen bulgular kullanılarak belediyelere, tesislere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na öneriler sunulmuştur. TAT'larda faaliyetler gerçekleştirilirken ve kararlar alınırken geri dönen kullanılmış ambalaj atığı miktarı, toplama ve ayırma işlemi için gerekli personel sayısı, toplama ve ayırmada kullanılan araç-gereç miktarı gibi birçok kriter dikkate alınmaktadır. Bu durum TAT'lar hakkında yapılan çalışmalarda Çok Kriterli Karar Verme (MCDM) yöntemlerinin kullanılmasını gerektirmektedir. Çalışmada, Çok Amaçlı Karar Verme (MCDM) yöntemlerinden Çok Amaçlı Doğrusal Programlama (ÇADP) ile modellenen Çok Kriterli Veri Zarflama Analizi (ÇKVZA) Global Kriter Yöntem kullanılarak çözülmüştür. Uygulama için verilerin toplandığı 2015 yılında İç Anadolu Bölgesinde faaliyet gösteren 85 adet TAT'ın 67'si çalışmaya gönüllü katılmıştır. Uygulama verilerinin toplandığı TAT'ların 29'u Ankara, 14'ü Kayseri, 6'sı Eskişehir, 5'i Aksaray, 4'ü Konya, 2'si Karaman, 2'si Kırıkkale, 2'si Nevşehir, 1'i Niğde, 1'i de Sivas'ta faaliyetlerine devam etmektedir. Uzman görüş formu kullanılarak akademisyenlerden alınan uzman görüşleri doğrultusunda değişken havuzundaki 33

değişkenin 26'sı girdi, 7'si çıktı olarak belirlenmiştir. İç Anadolu bölgesinde faaliyet gösteren 67 TAT'ın verileri ile G-ÇKVZA modeli kullanılarak gerçekleştirilen etkinlik analizi sonucunda 6 TAT etkin tesis olarak bulunmuştur. Etkin tesislerin 4'ü lisanslı tesislerden, 2'si ise geçici faaliyet belgeli tesislerden oluşmaktadır. Etkin tesislerin 4'ü Ankara'da, 2'si ise Eskişehir'de faaliyetlerini sürdürmektedir. Yani 6 küçük şehrin (nüfusu 750 000'den az olan Aksaray, Karaman, Kırıkkale, Nevşehir, Niğde, Sivas), 4 büyük şehrin (nüfusu 750 000'den fazla olan Ankara, Eskişehir, Konya, Kayseri) tesislerinin yer aldığı örnekleme, tüm etkin tesisler büyükşehirlerden çıkmıştır. Bunun sebebi, büyükşehirlerde faaliyet gösteren tesislerin belediyeler ile anlaşma yapma fırsatlarının (birden fazla belediye olduğundan) daha fazla olması, bunun sonucunda da daha büyük miktarlarda ambalaj atığına erişebilmesi olarak değerlendirilmektedir. G-ÇKVZA ve ÇKVZA modellerinin çözümü sonucunda 2 tesis tüm modeller için etkin tesisler olarak bulunmuştur. Bu iki tesisin ortak özellikleri tesis kapasitesi, dağıtılan konteyner sayısı, yönetim ve malzeme maliyeti, makine ve teçhizat maliyeti, atık toplama maliyeti, tesis başına düşen nüfus, yaşam indeksi, kişi başı ortalama atık miktarı girdileri ve ayrıştırılan kağıt ve plastik miktarları ile elde edilen gelir çıktılarının araştırmaya katılan tesislerin ortalamalarından daha yüksek değere sahip olmasıdır.

Gürbüz vd. (2018) tarafından yapılan bu çalışma kapsamında T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının geri dönüşüm sektörüne ilişkin belirlediği sorun alanları DEMATEL, GRİ DEMATEL yöntemleri ile incelenip uygulanması öngörülen politikalar değerlendirilmiştir. Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planında (2014-2017) çalıştay katılımcılarının oyları ile geri dönüşüm sektörünün bilinç düzeyi ve farkındalık sorunu, idari ve hukuki düzenleme aksaklıkları, altyapı eksiklikleri, finansman ve destekler hakkındaki sorunları, atık yönetimi hakkında uygulama eksiklikleri çalışmanın 5 kriteri olarak belirlenmiştir. Çevre mühendislerinden oluşan uzman bir grup ile 5 kriterin birbirleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada geri dönüşümün zayıf yönleri olarak belirlenen 5 kriter arasından atık yönetimi hakkında uygulama eksiklikleri konusunun sıralamada birinci sırada yer aldığı Dematel ve Gri Dematel metotları ile görülmüştür. Sonuncu sırada yer alan bilinç düzeyi ve farkındalık sorunu iki yöntemde de aynı sırada belirlenmiştir. Gri Dematel ile Dematel yönteminin sonuçlarındaki farklılık ara sıralamalarda değişkenlik göstermiştir.

Oruç (2021) çalışmasında Sıfır Atık uygulaması ve uygulamada karşılaşılan engelleri “Pisagor Bulanık AHP Yöntemi” ile değerlendirmiştir. Literatür taraması sonucunda belirlenen ana ve alt etkenler(kriterler), alanında uzman kişilerce karşılaştırılmıştır. Sıfır Atık uygulamasında karşılaşılan fiziksel ve teknik, organizasyonel, sosyal-kültürel, finansal, yasal ve siyasi engeller olmak üzere beş ana engel ve yirmi dokuz alt engel belirlenmiştir. Teknik ve Fiziksel Engeller: *atık toplama noktaları eksikliği, atık kutusu eksikliği, atık toplama düzensizliği, uygunsuz atık ayrıştırıcılar (kâğıt, plastik vb. toplayıcılar), alan sınırlamaları (yolların dar olması, trafik vs.), teknolojik gelişmemişlik, yakma ve yasadışı boşaltma, yetersiz atık veri tabanı*, -Organizasyonel Engeller: *yetersiz kurumsal koordinasyon, sistematik izleme eksikliği, teknik bilgi, proaktiflik ve liderlik eksikliği, geri dönüşüm fizibilitesinin yapılmaması, etkin olmayan paydaş yönetimi, pazarın eksikliği*, -Sosyal- Kültürel Engeller: *tüketim alışkanlıkları, iletişim ve eğitim eksikliği, farkındalık eksikliği, israfa sosyal ilgisizlik, katılımsızlık, sektör paydaşları arasındaki iletişim eksikliği*, -Finansal Engeller: *yüksek atık taşıma ve bertaraf maliyeti, ürün geri dönüşüm değerinin düşük olması, yetersiz vergilendirme ve teşvik, malzeme verimliliğine yönelik araştırma ve yatırım eksikliği* -Yasal ve Siyasi Engeller: *yetersiz ve zayıf mevzuat, sosyopolitik kısıtlamalar, çıkar çatışmaları, politika yapıcılarının yaklaşımları, denetim ve izleme eksikliği*. Çalışma sonucunda ana engel sıralamasının Finansal Engeller>Yasal ve Siyasi Engeller>Sosyal-Kültürel Engeller> Organizasyonel Engeller>Teknik ve Fiziksel Engeller şeklinde olduğu görülmektedir. Global verilere göre: Sıfır Atık uygulamasında birincil engelin “Yetersiz vergilendirme ve teşvik” olduğu tespit edilmiştir.

Yadav vd. (2020) çalışmalarında, dünyada farklı katı atık toplama ve taşıma yöntemlerini açıklarken, aynı zamanda verimli bir toplama ve taşıma sistemi oluşturmak için kullanılan farklı matematiksel modelleme tekniklerini özetlemiştir. Şehirler için etkili bir katı atık toplama ve taşıma yönteminin belirlemede uygulanan matematiksel modelleri araç rotalama, tesis konumu ve akış tahsisi olarak üç alanda sınıflandıran çalışmada, uygulanacak yöntemlerin matematiksel modellemeler yardımı ile değerlendirilmesini önermişlerdir. Böylece, belediyelere şehir merkezlerinde ekonomik, çevresel, sosyal ve teknolojik olarak uygulanabilir ve sürdürülebilir bir katı atık toplama ve taşıma yöntemi için karar vermelerini kolaylaştıracak farklı yaklaşımlar ortaya koymuşlardır.

Darmian vd. (2020) yaptıkları çalışmada, yerel yönetimlerin katı atık toplama hizmetlerini optimize etmeleri için bir model önerilmektedir. İran'daki stratejik atık yönetimi kararları ile yönetilen belediye katı atıklarının sürdürülebilir şekilde toplanması için çok amaçlı bir konum-bölüm belirleme optimizasyonu modeli sunmaktadır. Bu model, çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik kriterlerini göz önünde bulundurarak, katı atık toplama noktalarının ve bölge sınırlarının belirlenmesini içeren bir bölge belirleme ve yerleştirme problemini ele almaktadır. Ardından, önerilen model, çevresel, sosyal ve ekonomik kriterlerin her biri için farklı bir hedef fonksiyonu kullanarak, çok amaçlı bir optimizasyon modeli olarak tanımlanmıştır. Model, bölge sınırlarını ve katı atık toplama noktalarının yerleştirilmesini aynı anda optimize etmektedir. Bölge sınırları belirlenirken, nüfus yoğunluğu, toplam toplanan atık miktarı, arazi kullanımı ve coğrafi kısıtlamalar gibi faktörler dikkate alınmaktadır. Atık toplama noktalarının yerleştirilmesi sırasında, atık miktarı, toplama araçlarının mesafesi, toplama maliyetleri ve trafik yoğunluğu gibi faktörler göz önünde bulundurulmaktadır. Her iki uygulamada, belirlenen sürdürülebilirlik kriterlerini karşılayan, daha verimli bir atık toplama sistemi oluşturulmasını sağlamıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada, yerel yönetimlerin sürdürülebilir bir atık toplama sistemi oluşturmak için çok amaçlı optimizasyon modellerini kullanabilecekleri gösterilmiştir. Model, çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik kriterlerinin dikkate alınmasını sağlayarak, atık toplama hizmetlerinin optimize edilmesinde etkili bir araçtır. Bu nedenle, yerel yönetimlerin, atık toplama hizmetlerinin sürdürülebilirliğini artırmak için bu tür modelleri kullanmaları önerilmektedir.

Perez vd. (2021) çalışmalarında, Avantajlara Göre Seçim (CBA) karar sisteminin çevresel kamu politikaları oluşturmak ve Kanada'daki bir şehir için bir atık toplama programı tasarlamak için uygulanabilirliğine dair kanıt sağlamaktadırlar. Evsel atık toplama programlarının tasarımı için kullanılan Avantajlara Göre Seçim (CBA) yöntemi ayrıntılı olarak ele alınmaktadır. Makalede, CBA yönteminin nasıl kullanılabileceği, hangi faktörlerin dikkate alınması gerektiği ve farklı paydaşların rolleri hakkında ayrıntılı bir açıklama sunulmaktadır. Ayrıca, katılımcı yaklaşımın önemi ve bu yaklaşımın nasıl uygulanabileceği de makalede ele alınmaktadır. Atık yönetimi sürecinde, paydaşların görüşleri ve katılımı, sürdürülebilir bir çözümün başarısı için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, katılımcı yaklaşım, belediyelerin, sivil toplum kuruluşlarının, özel sektörün ve yerel halkın katılımını sağlayarak, atık yönetimi sürecinde daha sürdürülebilir ve etkili

bir yaklaşım benimsemelerine yardımcı olabilir. Metodoloji, programın geri dönüşüm, organikler ve atığın kadar öde yardımcı bileşenlerini seçmek için CBA'nın kullanıldığı bir vaka çalışmasına dayanmaktadır. Süreci analiz etmek için araştırmacılar, program tasarlama sürecinin farklı aşamalarında karar vericilerle anketler yürüterek karar vericilerin memnuniyet veya hayal kırıklığı seviyelerine ilişkin algılarını ölçtüler. Araştırma aynı zamanda, karar vericilerin, (1) fikir birliğine varma ve şeffaflık, (2) daha hızlı karar verme ve (3) karar verme açısından resmi bir karar verme yönteminin kullanılmadığı geleneksel uygulamalar yerine CBA'yı uygulama tercihini ölçmüştür. Sonuçlara göre, CBA süreç ilerledikçe memnuniyet düzeylerinin artmasına ve kararların sonuçlarından yüksek düzeyde memnuniyet düzeyine ulaşılmasına yardımcı olmuştur. Sonuçlar ayrıca, karar vericilerin %75'inin fikir birliğine varma ve şeffaflık konusunda CBA'yı tercih ettiğini bildirirken, bu tercihin karmaşık kararlar alma konusunda daha ılımlı olduğunu (%55) ve daha hızlı kararlar alma konusunda ise tam tersinin (%27) olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, atık yönetimi sürecinde çok kriterli ve katılımcı bir yaklaşımın kullanımının önemini vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği sağlamak için farklı paydaşların görüşlerini dikkate alan bir çözüm sunmaktadır. Bu yaklaşımın uygulanması, belediyelerin ve diğer paydaşların atık yönetimi sürecinde daha etkili bir şekilde çalışmalarına yardımcı olabilir ve daha sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir adım olabilir.

Zeimi vd. (2021) yaptıkları çalışmada, belediye atıklarının işlenmesi için tesislerin yeri ve kurulması, gerekli araç sayısı, tesisler arasındaki toplam taşıma maliyetleri, tesislerin işletme maliyetlerinin belirlenmesinin yanı sıra başta sera gazı emisyonları olmak üzere kirletici emisyonları en aza indirmek için bir Belediye Katı Atığı (MSW) yönetim ağı tasarlamıştır. Atık yönetim sistemini optimize etmek için önerdikleri model toplama, geri dönüşüm ve bertaraf tesislerinin konumlarını, atık akış kontrolünü ve tesisler arasında ulaşım planlamaları gibi bir dizi kararın belirlenmesini içermektedir. Geliştirilmesinde bulanık şans kısıtlı programlama tekniğinin, çözümünde ise ağırlık hedef programlama yönteminin kullanıldığı model İran'ın Kazvin bölgesinde uygulanarak doğrulanmıştır.

Garcia (2022), yaptığı çalışmada; çok kriterli karar verme yöntemlerinin atık yönetimi sistemlerinin optimizasyonu için kullanılabilirliğini ve uygulanabilirliğini tartışmaktadır. MCDM yöntemlerinin kullanımının birbirinden çok farklı olan birden fazla kriterin olduğu durumlarda faydalı olacağını belirttiği çalışmada, en uygun

çözümüne ulaşmak için farklı ve çoğu zaman birbiri ile çelişkili hedefler de olabileceğine dikkat çekilmektedir. Hedeflerin çevresel, sosyal ve ekonomik kategorilere ayrılabilmesi gibi, bu kategorilere ek olarak atıkları arıtmak için gerekli olan teknolojilerin teknik olgunluğunun da dikkate alınması gereken önemli bir ölçüt olduğu belirtilmektedir. Çalışmaya göre çevresel hedefler arasında sera gazı emisyonlarının azaltılması, kirliliğin en aza indirilmesi yer alabilir. Ekonomik hedefler maliyetleri düşürmeye, geliri ve verimi artırmaya yönelik olabilir. Sosyal hedefler arasında halk sağlığının iyileştirilmesi, toplum katılımının artırılması, eşitliğin teşvik edilmesi yer alabilir. Karar vericiler tüm bu kriterler altında farklı katı atık yöntemlerini değerlendirebilir ve karşılaştırma yapabilir. Ancak MCDM uygulamalarında karar vericiler tarafından her bir kriter veya metriğe verilen ağırlığın genellikle subjektif olarak belirlenmesinin yöntemlerin bir zayıflığı olduğu belirtilen çalışmada, mümkün olduğunca çok sayıda farklı uzmanın MCDM çalışmasına katılmasının önemli olduğu vurgulanmaktadır. Buna ek olarak, bu tür çalışmalarda en çok kullanılan MCDM yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Çok Nitelikli Fayda Teorisi (MAUT), Sıralama prosedürleri ve Teknik Sıralama Yöntemi (TOPSIS) gibi yöntemlerin farklı yöntemlerle entegrasyonun da bu zayıf durumun iyileştirilmesinde etkili olacağı belirtilmektedir. Örneğin katı atık çalışmalarında en çok kullanılan AHP yönteminin VIKOR veya LCA yöntemleri ile entegrasyonunun başarılı sonuçlar verdiği ifade edilmektedir. Yine TOPSIS-VIKOR, TOPSIS-PROMETHEE veya AHP-TOPSIS entegrasyonlarının da başarı ile uygulandığı çalışmalara yer verilmiştir.

Gadaleta vd. (2022) Çalışmalarında; farklı atık yönetimi senaryolarının sürdürülebilirliğini değerlendirmeyi ve karşılaştırmayı amaçlayan Çok Kriterli Karar Analizine (MCDM) dayalı bir yöntem geliştirmiş ve uygulamışlardır. Atıkların ayrı toplanması ve karışık gelen kalıntı /ayrılmamış atıkların yönetimi için üç senaryo tanımlanmış, çevresel, ekonomik ve sosyal yönler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Ayırıştırma ve işleme sistemlerinin performansını değerlendirmek için beş farklı sürdürülebilirlik göstergesi kullanılmıştır: karbon ayak izi, enerji verimliliği, geri dönüşüm oranı, işletme maliyetleri ve istihdam yaratma potansiyeli. Bu göstergeler, atık ayırıştırma ve işleme sistemlerinin çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini kapsamaktadır. Ayırıştırma ve işleme sisteminin performansını değerlendirmek için bir senaryo analizi yapılmıştır. Senaryolar, atık toplama sistemleri ve ayırıştırma ve işleme tesisleri için farklı senaryolara dayanarak geliştirilmiştir. Bu senaryolar, atıkların toplanma sıklığı, toplama

araçları, ayrıştırma ve işleme tesislerinin kapasitesi gibi faktörlere dayanmaktadır. (S1) şehirde %65 lik oranla atıkların toplanmasının yasal sınırının altında tutularak %39 oranıyla tanımlanmıştır. İkinci senaryo (S2), yerel makamların da ayrı toplama yüzdesini maksimize eden (%87) ve kapıdan kapıya sistemi bölgedeki tüm mahallelere yayma eğilimini varsayarak oluşturulmuştur. Her iki senaryo için de atık geleneksel Mekanik ve Biyolojik Arıtma tesislerinde yönetilmektedir. Üçüncü senaryo (S3) daha gerçekçi bir vizyona dayanmaktadır: mahalleler için kapıdan kapıya toplama sistemi yerine atıkların merkezi bir noktaya getirilmesi için getirme noktası sistemi kurulmasıdır. S1 ve S2'den farklı olarak, atık/ayrılmamış atık, bir İkincil Hammadde Geri Kazanım tesisine gönderilir. Toplama maliyeti S1, S2 ve S3 için sırasıyla % 61, % 77 ve % 67'sidir. Atık yönetimi hizmetinin kişi başına maliyeti değerlendirilmiş ve MCDM 'da kullanılmış, S1, S2 ve S3 için sırasıyla 65.756 €/kişi, 62.625 €/kişi ve 59.286 €/kişi değerleri elde edilmiştir. Değerlendirmeler sonucunda, S2 en iyi senaryo olarak belirlenmiştir. S3'ün maliyetleri de, S2 için 62,63€/kişi olan değerden daha düşük olan 58,29 €/kişi değeri ile umut vericidir. Böylelikle bu çalışma hem S2 hem de S3 senaryolarının sürdürülebilirliğine işaret etmiş ve kapıdan kapıya ayrı toplama sisteminin sürdürülebilir olmadığını bir kez daha vurgulanmıştır.

Feng vd. (2022)'nin bu çalışmaları, Çin'deki bir şehirde belediye yönetimi için geri dönüştürülebilir atıkların taşınmasını ve toplanmasını gerçekleştiren bir firma tarafından en uygun atık taşıma park merkezlerinin (RWTVPC) yerlerinin seçimini belirlemek için yapılmıştır. Çalışma geri dönüştürülebilir atıkları taşımak için kullanılan araçların park etme sorununa odaklanmaktadır. Şirket, birden fazla atık üretim bölgesinden çeşitli geri dönüştürülebilir atıkları toplamak için bir veya daha fazla atık taşıma aracı kullanmaktadır. Şirketin karşı karşıya olduğu temel zorluk, bölgede geri dönüştürülebilir atıkları verimli bir şekilde taşımak için RWTVPC'lerin en uygun konumunu seçmektir. Bu çalışma, karar vermede deneme ve değerlendirme laboratuvarı (DEMATEL), entropi ağırlığı (EW) ve ağırlıklı toplam ürün değerlendirmesi (WASPAS) yaklaşımlarının entegre edildiği bir MCDM yöntemi geliştirilmiştir. RWTVPC'nin uygun yer seçimi için çevresel, ekonomik, sosyal ve teknik kriterler belirlenmiş ve 3 senaryo ile sistem oluşturulmuştur. Senaryo 1'de, taşıma maliyetini düşük tutmak için atıkları toplayan ve taşıyan araçların sayısı minimumda tutulmuştur, bu durum çevredeki sakinlerin/işletmelerin atıkların bir an önce toplanması taleplerinden ötürü halkın katılımının artmadığı görülmüştür. Senaryo 2'de, geri dönüştürülebilir atıkları taşımak

için kullanılan araçlar tam gerektiği sayıda kullanılmaktadır ancak taşıma maliyeti daha yüksektir. Bu nedenle, ne senaryo 1 ne de senaryo 2, nakliye süresi ve maliyeti açısından en iyi seçimin olmadığı anlaşılmıştır. Senaryo 3'te, geri dönüştürülebilir atık taşıyan araçları park etmek için şehrin belirli yerinde RWTVPC'nin uygun yerini seçmek olarak belirlenmiştir. Bu, yalnızca atığın belirli bir zaman aralığında toplanmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda her aracın tamamen dolu olmasını da sağlamaktadır. Bu nedenle, senaryo 3, RWTVPC'nin uygun bir konumunun geri dönüştürülebilir atıkların nakliye verimliliğini artırabileceğini ve nakliye maliyetini azaltabileceğini göstermektedir. Süreçte ilk adım olarak şirketin yönetim departmanı, RWTVPC yer seçimi için karar verme komitesini oluşturmak üzere farklı şirketlerden beş uzmanı davet etmiştir; ikinci adımda şirket, akademik literatürden ve proje fizibilite analiz raporlarından potansiyel değerlendirme kriterlerini taramıştır. Beş uzman, deneyimlerine ve mesleki bilgilerine dayalı olarak ilk değerlendirme endeks sistemini gözden geçirmişler ve önem sırasına göre sıralamışlardır. Son adımda da uzmanlar bir fikir birliğine varmak için bilgi akışını yürütmüşler ve RWTVPC yer seçimini değerlendirmek için verilerini oluşturmuşlardır. Bu doğrultuda çevresel, ekonomik, sosyal ve teknik kriterleri içeren RWTVPC yer seçimi için kullanılan endeksleri değerlendirmek için kapsamlı bir sistem oluşturulmuştur. Buradaki sonuçlar, önerilen yöntemin uygulanabilir ve etkili olduğunu doğrulasa da, bazı sınırlamaları vardır. İlk olarak, burada kullanılan karar verme için tercih parametreleri doğrudan karar vericiler tarafından verilmektedir. Dolayısıyla, karar vericinin yargısının öznelliğini azaltacak hiçbir bilimsel yöntem mevcut değildir. İkincisi, kriter ağırlıkları esnek olmalı ve karar verme ortamı değiştikçe dinamik olarak ayarlanmalıdır. Üçüncüsü, her bir atık toplama noktasındaki atık miktarının dikkate alınması, atık taşıma yönetiminin iyileştirilmesi için faydalıdır. Önerilen DEMATEL-EW-WASPAS yönteminin etkinliğini vurgulamak için diğer üç MCDM yöntemiyle karşılaştırılmıştır: Teknik Optimal Seçim İçin Benzerlik İdeal Çözüm Sıralaması (TOPSIS) ve Teknik Sıralama Yöntemi (VIKOR). Önerilen yöntemin bazı avantajları şu şekilde özetlenmiştir: WASPAS, karar verme sonuçlarının doğruluğunu artıran hibrit bir MCDM yöntemidir. WASPAS değerlendirme için doğrusal ağırlıklandırma kullanır. Böylece karar vericiler, yer seçiminin başarısız olma riskini azaltmaktadırlar. Bu nedenle WASPAS yöntemi, sonuçların doğruluğu açısından diğer üç MCDM yöntemine göre avantajlıdır. Geri dönüştürülebilir atıkların taşınması için uygun park yerleri oluşturulan kriterlere göre

bulunmuştur ve burada önerilen geri dönüştürülebilir atık yönetimi için gelişmiş ulaşım ağının, nakliye maliyetini azaltabileceği öngörülmüştür.

Saldivia- Gonzatti vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, geri dönüştürülebilir atık toplama hızını etkileyen faktörler incelenerek, Katalonya'daki yerel yönetimlerin atık yönetimi hizmetlerinin performansının artırılması hedeflenmiştir. Belediye düzeyinde Ayırıştırılmış Belediye Katı Atık Toplama oranlarının coğrafi, demografik, sosyoekonomik ve politika belirleyicileri gösterilmiş ve nicelleştirilmiştir. Bu çalışmanın ikinci amacı, kamu politikası ve kentsel atık yönetimi stratejilerinin ilgili faktörleri nasıl etkilediğini ve özellikle aktif bir kamu politikasının diğer tüm değişken kategoriler üzerinde baskın olmasının tahmin edilip edilemeyeceğini belirlemektir. Bu amaçla, araştırmacılar, 56 Katalonya belediyesinin geri dönüştürülebilir atık toplama verilerini analiz etmişlerdir. Analiz sonuçları, geri dönüştürülebilir atık toplama hızını etkileyen faktörleri ortaya koymuştur. Bu faktörler arasında, belediye nüfusu, geri dönüşümlü atık toplama programı türü, atık vergisi, atık yönetimi şirketleriyle yapılan sözleşme süresi, yerel yönetimlerin atık toplama hizmetlerine harcadığı bütçe, belediye çalışanlarının eğitimi ve yerel yönetimlerin geri dönüşümlü atık toplama hizmetlerinin denetlenmesi yer almaktadır. Nicel olarak analiz etmek için, bölgedeki farklı atık yönetimi uygulamalarını ve sonuçlarını değerlendirebilen kapsamlı bir analiz gereklidir. Metodolojik bir bakış açısından, böylesine kapsamlı ve ayrıntılı bir analiz için mükemmel olan teknik, ekonometrik modellerden oluşmaktadır. Analiz özellikle Katalonya'da belediye düzeyinde yirmi yılı kapsayan (2000–2019) veriler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu analizler arasında, korelasyon analizi, faktör analizi ve regresyon analizi yer almaktadır. Analiz için özellikle sabit etkilere (FE) ve rastgele etkilere (RE) sahip veriler kullanılmış ve fonksiyonlar oluşturulmuştur. Sonuçlar için tutarlılık kontrolü olarak bir OLS (POLS) modeli de hesaplanmıştır. Modelde açıklayıcı değişkenler coğrafi, demografik, sosyo-ekonomik, politik ve siyasi tercihler olmak üzere beş kategoriye ayrılmıştır. Yapılan regresyon çalışmasının sonucunda, kıyıya yakınlık, nüfus yoğunluğu, işsizlik oranı ve hanede çocuk bulunmamasının, ayırıştırılmış Belediye Katı Atığı toplama oranına olumsuz katkı yaptığı görülmüştür. Tam tersi, kadınların nüfusa oranı, ortalama gelir, yabancıların yüzdesi, kapı kapı toplama hizmetleri ve sol partilere oy oranı, sınıflandırılmış MSW toplama oranıyla pozitif ilişkilidir. Çalışmada, yabancıların nüfus içindeki payının geri dönüşüm davranışını olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir. Sonuçlar, belediye nüfusunun, geri dönüştürülebilir atık toplama programı türünün ve

atık vergisinin geri dönüştürülebilir atık toplama hızı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir.

Adib vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, Dhaka şehrindeki atık yönetimi sorunlarına odaklanılmaktadır. Çalışmada, özel sektörün atık yönetimine katılımının önemi vurgulanmaktadır. Özel sektör, atık toplama, taşıma, geri dönüşüm ve bertaraf gibi farklı alanlarda rol oynayabilir. Ancak, Dhaka'da özel sektörün atık yönetimine katılımı henüz yeterli düzeyde değildir. Makale, bu sorunu çözmek için çeşitli öneriler sunmaktadır. Bunlar arasında, hükümetin özel sektöre yönelik uygun politikaları oluşturması ve özel sektöre teşvikler sağlaması yer almaktadır. Örneğin, özel sektöre atık yönetimi konusunda eğitimler verilmesi, özel sektöre atık yönetimi sözleşmelerinin iyileştirilmesi, özel sektörün kapasitesinin artırılması ve atık yönetimi için yeni teknolojilerin geliştirilmesi gibi konularda teşvikler sağlanabileceği öngörülmüştür. Ayrıca, özel sektörün atık yönetimine katılımına ilişkin bir anket çalışmasından elde edilen veriler sunulmaktadır. Bu veriler, özel sektörün atık yönetimi sürecindeki rolünün sınırlı olduğunu ve özel sektörün bu alanda daha fazla yatırım yapması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, atık yönetimi işinde faaliyet gösteren küçük ve orta ölçekli işletmelerin de desteğe ihtiyacı olduğu belirtilmiştir.. Çalışmada özellikle, özel sektörün atık yönetimine daha fazla katılımının sağlanması ve bu alanda faaliyet gösteren işletmelerin kapasitelerinin artırılması gerektiği vurgulanmıştır. Belirtilen çözüm önerileri arasında, özel sektöre yönelik uygun politikaların geliştirilmesi, özel sektöre atık yönetimi konusunda eğitimler verilmesi, atık yönetimi sözleşmelerinin iyileştirilmesi, atık yönetimi için yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve küçük ve orta ölçekli işletmelerin desteklenmesi gibi konular yer almaktadır. Ayrıca, özel sektörün atık yönetimi sürecindeki rolü arttıkça, atık yönetimine ilişkin maliyetler de düşecektir. Bu da, özel sektörün atık yönetimine daha fazla yatırım yapmasını teşvik edecektir. Sonuç olarak, atık yönetimi sorunlarının çözümü için, özel sektörün atık yönetimine daha fazla katılımının sağlanması gerekmektedir. Bu amaçla, hükümetlerin uygun politikalar geliştirmesi ve özel sektöre teşvikler sağlaması gerekmektedir.

Torkayesh vd.,'nin (2022) yapmış oldukları bu çalışma, atık yönetiminin sürdürülebilirliğini sağlamak için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) ve çok kriterli karar verme (MCDM) yaklaşımlarının entegrasyonu için bir çerçeve sunarken, entegre LCA-MCDM yaklaşımın avantaj ve dezavantajlarını tartışmaktadır. LCA, bir atığın üretiminden son kullanımına kadar tüm yaşam döngüsünü değerlendirirken, MCDM

yöntemleri, farklı kriterlerin değerlendirilmesini içeren karar verme süreçlerini ele almaktadır. Çalışma MCDM, LCA ve entegre LCA-MCDM yöntemleri ile ilgili ayrıntılı bir literatür çalışması sunarken, atık yönetiminde doğru ve güvenilir bir entegre LCA-MCDM çalışması yapmak için gelecekteki araştırmalara bir dizi öneride bulunmaktadır. Literatürde atık yönetimine ilişkin entegre LCA-MCDM çalışmalarının sayısının azlığına değinilen araştırmada, bu yaklaşımı kullanan çalışmaların yarısından fazlasında sürdürülebilirliğin üç boyutunun da dikkate alınmadığı belirtilmiştir. Ek olarak çalışma, ilgili literatürde pek çok çalışmanın ağırlık belirleme sürecinde uzman görüşlerini almadaki prosedüre yer verilmediğini ortaya koymaktadır. Sadece birkaç çalışmanın geleneksel bulanık küme yaklaşımını kullanarak ağırlıklandırma ve değerlendirme süreçlerinde belirsizliği dâhil ettiğini ifade eden çalışma, gelecekteki araştırmaların uzmanların görüşlerinin süreçte daha doğru bir şekilde kullanılması için gelişmiş bulanık küme biçimlerini kullanarak güvenilir karar verme yöntemleri ortaya konması gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışmanın bulguları, LCA ve MCDM'in ortak bir yaklaşımla ele alınmasının çok sayıda alternatif senaryo ile başa çıkmak, güvenilir ve yorumlanması kolay sonuçlar ortaya koymak, farklı bakış açılarına dayalı planlar geliştirmek gibi konularda kolaylık sağlayacağını ortaya koymuştur. Kısaca, Torkayesh vd. atık yönetimi kararlarında çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerin tümünün değerlendirilmesini, belirsizliklerin hesaba katılmasını ve sonuçların paydaşlarla etkileşime açık bir şekilde iletilmesini önermektedir.

Rossi vd. (2022) yaptıkları çalışmada, akıllı teknolojilerin kentsel atık yönetimine dahil edilmesinin çevresel açıdan fayda elde edilmesine ve aynı zamanda operatörlerin sağlık durumunun korunmasına izin verip vermediğini araştırmışlardır. Bu amaçla, Belediye Atık Yönetim Sistemi için üç farklı yöntemin çevresel etkisi ve mesleki riskleri analiz edilmekte ve karşılaştırılmaktadır: geleneksel sokak çöp kutuları, kapıdan kapıya sistem ve akıllı çöp kutuları (merkezi ünite, elektronik bileşenler, video kamera, vb.). Çevresel etkiyi değerlendirmek için yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) metodolojisi kullanılmış ve malzeme akış analizi (MFA) ile entegre edilmiştir. Sokak çöp kutuları yöntemi (STREET), kullanıcıların çeşitli türde farklılaştırılmış atıkları bertaraf ettiği, farklı şekil ve hacimlerde konteynerlerin varlığını içeren bir atık yönetim sistemidir. Kapıdan kapıya toplama yöntemi (DOOR), farklı atıkların kullanıcının evinde toplanmasını içeren bir atık yönetim sistemidir. Akıllı çöp toplama yöntemi (ECOFIL) ile barkodlu sistem oluşturulmuştur, atık torbasında bulunan barkodlu etiketin hangi atık

türüne ait olduğunu okur ve o atık türüne uygun atık kutusunun açılmasına izin vermektedir. Bu çalışmada, üç Belediye Atık Yönetim Sistemi için MFA ve LCA uygulanmıştır; toplanan atık akışları hem MFA'da hem de LCA'nın Yaşam Döngüsü envanter aşaması için temel olarak kullanılmıştır. Karşılaştırma, aynı işlevi (ne), aynı süre için (ne zaman) ve aynı miktarda atığı (ne kadar) gerçekleştirebilen üç sistem üzerinden yapılmıştır. Atık toplama sistemini akıllı hale getirmenin çevresel etkiyi azaltmanın başarılı bir yolu olduğu kanıtlanmıştır. Sonuçlar, toplanan atığın daha kaliteli olması sayesinde, ECOFIL yönteminin dikkate alınan tüm etki kategorilerinde çevresel olarak daha etkili olduğunu göstermektedir. Düzenli depolama alanlarına yönlendirilen atık akışı, kapıdan kapıya (%52,90) ve sokak çöp kutularına (%89,56) oranla akıllı çöp kutularında (%36,63) daha düşük bir değere sahiptir. ECOFIL'in İklim Değişikliği kategorisi üzerindeki etkileri, STREET sistemi ile karşılaştırıldığında yarısından fazlasını etkilediği gösterilmiştir. Akıllı çöp kutularına kurulan kontrol ve tanımlama IoT/ICT sistemi, vatandaşları atıkların ayrıştırılmasına daha fazla dikkat etmeye teşvik etmektedir. Atık toplama sistemini akıllı hale getirmenin çevresel etkiyi azaltmanın başarılı bir yolu olduğu kanıtlanmıştır.

Glaser'in (2022) yaptığı çalışmada, atık toplama şirketlerinin, müşterilerine farklı hizmet seçenekleri sunabileceği ve bu seçeneklerin maliyetlerinin değişebileceği gerçeği dikkate alınmıştır. Bu nedenle, problem, bir hizmet türü seçimi yapılması ve atıkların belirli noktalardan toplanması ile ilgilidir. Problemin çözümü için oluşturulan matematiksel model, bir kapsam seti, bir hizmet seti ve bir maliyet matrisi içermektedir. Kapsam seti, toplanacak atık noktalarını temsil ederken, hizmet seti, sunulan hizmet türlerini temsil eder. Maliyet matrisi ise, her bir kapsam noktasının her bir hizmet türü için toplama maliyetlerini içermektedir. Verimli katı atık yönetimi, kentsel topluluklar için en ilgili konulardan biridir. Evsel atık toplama hizmetinin türü ile ilgili olarak, pratikte iki yaklaşım vardır: evsel atıkların kapıdan kapıya toplanması sırasında, toplama araçları kaldırımdaki çöp kutularını boşaltmak için tüm sokaklardan geçer. Getir sistemi kullanılarak, atıklar daha büyük kapasiteli merkezi toplama alanlarında biriktirilir. Konut sakinleri, bu merkezi toplama alanlarında atıklarını atmak için ek bir mesafe kat etmek zorunda kalırken, bir getirme sistemi toplama araçlarının kat edeceği mesafeyi azaltabilir çünkü artık tüm caddeleri geçmek zorunda kalmazlar. Her iki sistemin avantajlarını birleştirmek için bu makalede hizmet tipi kararı tanıtılmaktadır. Hizmet türü seçeneği (WCPSTO) ile karşılık gelen atık toplama problemi, periyodik konum yönlendirme

probleminin yeni bir çeşidi olarak modellenmiş ve uyarlanabilir bir geniş komşuluk arama tabanlı çözüm yaklaşımı önerilmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlara göre, halkın atıklarını merkezi toplama yerlerinde bertaraf etmek için daha uzun mesafeler kat etmeye istekli olmaları durumunda, atık toplama maliyetinin önemli ölçüde azaltılabileceğini gösterilmiştir. Bu nedenle, şehirlere ve belediyelere, atık toplama maliyetlerini düşürmek için, müşterileri biraz yürümeyi kabul etmeleri gerektiğine ikna etmeleri tavsiye edilmiştir. Toplama araçlarının kat etmesi gereken mesafeler önemli ölçüde azaldığından, bu özellikle sürdürülebilirlik açısından avantajlı olabilir. Getirme sisteminin getirilmesi, yüksek gelirli ülkelerdeki belediyeler için de bir seçenek olabilir çünkü bu ülkeler toplama işçilerinin yaşlanma sorunuyla karşı karşıyadır.

Demircan vd. (2023) atık yönetimine akıllı şehirler çerçevesinden bakarak, akıllı şehir teknolojilerinin atık yönetimine entegrasyonuna odaklanmış, akıllı sürdürülebilir atık yönetimi stratejilerini hibrit bulanık AHP-TOPSIS yaklaşımı ile belirlemeye çalışmışlardır.

Alsobky (2023) yaptığı çalışmada, Mısır'ın Büyük Kahire Bölgesi'nde belediye katı atık toplama yönetiminde kullanılmak üzere akıllı bir çerçeve sunmaktadır. Bu çerçeve, çeşitli teknolojiler ve veri analizi araçları kullanarak MSW toplama sürecini optimize etmeyi amaçlamaktadır. Öncelikle bölgedeki mevcut MSW toplama sisteminin analizi yapılmış ve verimsiz toplama rotaları ve gerçek zamanlı izleme eksikliği gibi hususlar belirlenmiştir. Daha sonra akıllı çöp kutuları, GPS izleme ve web tabanlı bir gösterge panelini içeren akıllı bir çerçeve önerilmiştir. Akıllı çöp kutuları, kutunun doluluk seviyesini algılayan sensörlerle donatılmış ve bu veriler merkezi bir sunucuya iletilmiştir. Bu veriler, sadece boşaltılması gereken kutuları ziyaret eden toplama kamyonlarının rotalarını optimize etmek için kullanılmaktadır. GPS izleme sistemi, toplama kamyonlarının gerçek zamanlı izlenmesine izin veren, böylece optimize edilmiş rotaları izleyen ve daha fazla analiz için veri sağlayan sistemlerdir. Web tabanlı gösterge paneli, MSW yönetim ekibinin toplanan verileri izlemesine ve analiz etmesine olanak tanıyan kullanıcı dostu bir arayüz sağlamaktadır. Gösterge paneli, kutuların doluluk seviyeleri, toplama kamyonlarının konumu ve toplama sürecinin durumu gibi gerçek zamanlı bilgileri göstermektedir. Bu araştırmanın temel amacı, çevresel, sosyal ve ekonomik perspektifleri göz önünde bulundurarak sürdürülebilir ve akıllı MSW toplama yönetimi için bir çerçeve geliştirmektir. Bu çerçeveyi belirli ilçe/bölgede uygulamak için aşağıdaki veriler mevcut olmalıdır: Toplama filosu boyutu, tipi ve kapasitesi, toplama zaman planı

(örn. günün saatleri ve haftanın günleri) ara ve son duraklar (örn. bertaraf istasyonları) açısından mevcut MSW toplama sürecinin detayları. Yol hizalaması ve hiyerarşi, genişlik, hız, yön, kaldırımlar ve varsa kamyon güzergahı kısıtlamaları açısından yol ağı özellikleri. Arazi kullanım türü ve yoğunluğu, en küçük düzeyde mesken arazi kullanımı için nüfus ve gelir düzeyi (örn. bina) ve konut dışı arazi kullanımı için çalışma süresi dahil olmak üzere sosyo-ekonomik özellikler. Bu kapsamda 6 farklı senaryo tanımlanmıştır. Çeşitli iyileştirme senaryolarını değerlendirmek ve çeşitli şemalar için etkili olanı önermek için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Büyük Kahire Bölgesi'nde bir vaka çalışması yürütülerek akıllı çerçevenin etkililiği test edilmiştir. Sonuçlar, çerçevenin toplama için gereken seyahat sayısında %40, toplam toplama süresinde %25 ve toplama kamyonlarının toplam seyahat mesafesinde %33 azalma sağladığını göstermiştir. Genel olarak, çalışmada, daha verimli ve sürdürülebilir atık yönetimi uygulamalarına yol açabilen MSW toplama yönetimi için akıllı bir çerçevenin uygulanmasının potansiyel faydaları gösterilmiştir.

5. MATERYAL VE METOT

Bu tezde, gerçek verilerle çalışarak, uygulamaya dönük bulguların elde edilebilmesi amacıyla, Eskişehir Odunpazarı ve Tepebaşı Belediyesi'ne yönelik bir vaka çalışması yapılmıştır. Bu doğrultuda öncelikle mevcut ambalaj atıkları yönetiminin nasıl yürütüldüğü ortaya konulmuş, daha sonra bu sistemin iyileştirilmesi için 9 farklı senaryo oluşturulmuş ve bu senaryolar Fuzzy TOPSIS MCDM yöntemi ile karşılaştırılarak optimum senaryo belirlenmeye çalışılmıştır.

5.1. Eskişehir Kenti Mevcut Ambalaj Atıkları Yönetimi

Eskişehir kentindeki ambalaj atıkları, iki alt belediye (Tepebaşı ve Odunpazarı) ile lisanslı özel bir firma ile sözleşme imzalanmış olup bu bölgelerin mücavir alanları içinde (haneler, marketler, satış noktaları, kamu kurumları, alışveriş merkezleri, yurtlar, hastaneler, eğitim kurumları v.b.) çıkan tüm ambalaj atıkları bu firma tarafından toplanmaktadır.

Odunpazarı Belediyesi ile firma arasında 15.01.2021 tarihinde '*Odunpazarı Belediyesi Sınırları İçinde Ambalaj Atıklarının Kaynağında Ayrı Toplanması, Taşınması ve Ayrıştırılması Protokolü*' imza altına alınmıştır. Protokolün bitiş tarihi 15.01.2026'dır. Fakat ambalaj atığı toplama maliyetlerinin yüksek olmasından dolayı firma ile Odunpazarı belediyesi arasındaki protokol 2023 yılında sona ermiştir.

Tepebaşı Belediyesi ile firma arasında 31.12.2013 tarihinde '*Tepebaşı Belediyesi Sınırları İçinde Ambalaj Atıklarının Kaynağında Ayrı Toplanması, Taşınması ve Ayrıştırılması Sözleşmesi*' imza altına alınmıştır. Sözleşmenin bitiş tarihi 31.12.2024'dür.

Odunpazarı Belediyesi sınırları içerisinde evsel ambalaj atığı içinde %25-30 civarında, Tepebaşı Belediyesi sınırları içerisinde ise %35-40 oranında geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar bulunmaktadır. Daha önceki uygulamada evsel ambalaj atıklarının toplama maliyeti, zincir marketler ve alışveriş merkezlerinden çıkan atıklardan karşılanmakta iken yeni çıkan Sıfır Atık Yönetmeliği'ne göre sistemde bulunan zincir marketler ve alışveriş merkezleri Sıfır Atık Belgelerini temin ettikleri için atıklarını bedelli olarak vermeye başlamışlardır. Bu durum toplama sisteminin devam etmesini finansal olarak zorlaştırmıştır. Yetkilendirilmiş kuruluşlardan (ÇEVKO, PAGÇEV v.b) 31.12.2020 tarihi itibarıyla destek alınamamaktadır. Aynı zamanda yetkisiz toplayıcıların sayısının giderek artması, belediye sınırları içerisinde bulunan bölgede firmaya ait

poşetlerin ve ekipmanların yetkisiz toplayıcılar tarafından boşaltılması, toplama sisteminin yürütülmesinde ciddi aksaklıklar meydana getirmektedir.

5.1.1. Odunpazarı Belediyesi Bölgesi Mevcut Ambalaj Atıkları Yönetimi

Sosyo-ekonomik gelişmişlik açısından Türkiye'nin önemli şehirlerinden birisi olan Eskişehir'de ekonominin %54'ünü hizmet sektörü, %39'unu sanayi sektörü ve %7'sini tarım sektörü oluşturmaktadır.

Odunpazarı Belediyesi nüfusu 2022 yılı 422.423 kişidir ve 85 adet mahalle bulunmaktadır. Odunpazarı bölgesinde 29 mahallede ambalaj atıkları toplama işlemi gerçekleştirilmektedir (http-12).

Odunpazarı Belediyesi bölgesinde önceki uygulamalarda aparatlı sistem toplama sistemi olarak kullanılmıştır. Her hane önünde ambalaj atığı toplama ekipmanı olarak Şekil 5.1.'de görüldüğü gibi demir aparat kullanılmaktaydı ve haftada iki gün toplama yapılmaktaydı. Tüm atıkların karışık ambalaj atıkları olarak toplandığı sistemde; çarşı ve satış noktaları, hastaneler, kamu kurumları ve hanelerde oluşan ambalaj atıklarının toplanması için toplamda 13 araç ve 40 personel çalışmaktaydı. Fakat atıkların her gün her saat sürekli dışarda bulunmasından dolayı yetkisiz sokak toplayıcılarının değerli atıkları toplamasının önüne geçilememiştir. Ayrıca toplama aparatlarının yol üzerinde olmasından dolayı çöp miktarı son zamanlarda %50'ye ulaşmış ve uygulanan sistemde ciddi şekilde kayıplar meydana getirmiştir. Bu sebeple Belediye ile anlaşmalı olan firma sözleşmeyi 2019 yılında feshetmek zorunda kalmıştır.



Şekil 5.1. Odunpazarı Belediyesi eski sistem toplama ekipmanı (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Daha sonra Odunpazarı Belediyesinde yeni sistem olarak hanelerden poşetle toplama sistemine geçiş yapılmıştır. Karışık olarak toplanan ambalaj atıkları ayrı olarak toplanmaya başlanmıştır. Evlerden ve marketlerden olmak üzere karton ağırlıklı ve karışık ambalaj atıkları olarak toplama sistemine geçilmiştir. Ambalaj atıklarının toplanması için, uygulamaya başlanılan yeni sistem ile Odunpazarı Bölgesi'nde bulunan mahalleler 4 bölüme ayrılmış olup, ambalaj atıkları toplama çalışmaları öncelikle pilot mahalleler olarak belirlenen Tablo 5.1'de verilen 1. Etap mahallelerden başlanmıştır. Daha sonra bütün mahallelerde aynı sisteme geçiş yapılmıştır. Yeni sistemde geri kazanılabilir atıklar, Odunpazarı Belediyesi logolu mavi poşetlerde biriktirilerek, mahallenin toplama gününde 08.00 – 10.00 saatleri arasında dışarı çıkarılmakta, belirtilen günlerde mavi renkli olan poşetler Odunpazarı Belediyesi Ambalaj Atığı Toplama Aracı ile alınarak, dolu poşet sayısı kadar boş poşet bırakılmaktadır. Böylelikle atık sürekli dışarda kontrolsüz olarak beklememekte sadece toplama gününde kapıya çıkarılıp aynı gün içinde toplanmakta ve yetkisiz toplayıcıların atıkları toplamasının bir miktar önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Toplamda 4 araç gündüz, 1 araç gece çarşı bölgesinde çalışmaktadır. Yeni sistemde, ayırma maliyetini minimuma indirmek için ambalaj atıkları ayrı toplanmaktadır. Kağıt karton ve naylon içeriği fazla olan market atıkları 2 araç ile, evlerden karışık olarak adlandırılan ambalaj atıkları 2 araç ile, çarşı bölgesinde gece ve gündüz olarak yoğunluklu karton naylon içeren ambalaj atıkları 1 araç ile ve

hastanelerden kurumlardan ve yemekhanelerden çıkan teneke, bidon vb. atıkları aynı şekilde karton ağırlıklı toplama araçlar ile toplanmaktadır. Toplama personeli sayısı, sahada kontrol görevi yapan çevre mühendisi ile birlikte toplam 15 kişiden oluşmaktadır.

Tablo 5.1. *Odunpazarı Belediyesi toplama sistemi mahalle etapları*

1. Etap Mahalleler	2. Etap Mahalleler
Arfiye Mahallesi	Yenikent Mahallesi
İstiklal Mahallesi	Vadişehir Mahallesi
Deliklitaş Mahallesi	Ihlamurkent Mahallesi
Vişnelik Mahallesi	Çankaya Mahallesi
Kırmızıtoprak Mahallesi	Yenidoğan
Osmangazi Mahallesi	Orhangazi
Akarbaşı Mahallesi	Emek
Sümer Mahallesi	Gündoğdu
Gökmeydan Mahallesi	Cunudiye
Kurtuluş Mahallesi	71. Evler
Büyükdere Mahallesi	Karapınar TOKİ
Gültepe Mahallesi	75. Yıl Mahallesi
Göztepe Mahallesi	Alanönü
Yıldıztepe Mahallesi	

Yeni sistemi uygulamaya başlamadan önce, hem vatandaşa sistemi duyurmak için kapı kapı dolaşarak poşet ve broşür dağıtımını gerçekleştirilmiş, hem de fazladan alınan her poşet, diğer ambalaj atıklarının toplanmasına engel olacağı için geri dönüşüm poşetlerinden 1 adetten fazla alınmaması için bilgilendirme çalışmaları yapılmıştır. (Şekil 5.2.)



Şekil 5.2. Ambalaj atığı poşet ve broşür dağıtımı ve bilgilendirme çalışmaları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Mahallelere bilgilendirme çalışmaları yapıldıktan sonra mahallelerin toplama günlerinde 2 adet araç ile kapıların önüne çıkarılan mavi poşetlerin toplanmasına başlanılmıştır. Kapı önüne çıkarılan poşet sayısından birkaç tane fazla ambalaj atığı toplama poşeti, apartmanların girişine veya kapısına bırakılmaktadır. Şekil 5.3'te mahallelerdeki ambalaj atıklarının toplanması ile ilgili görseller verilmiştir.



Şekil 5.3. Mahallelerde ambalaj atığı toplama işlemi (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Marketlerde toplama işlemine başlarken öncelikle üst kurumlarına ve her bir markete resmi yazı verilerek bilgilendirme işlemi yapılmaktadır. Vatandaşların atıklarını yetkisiz toplayıcılara vermemeleri için uyarılar yapılmakta olup, süreç dikkatli şekilde takip edilmektedir. Market atıkları için toplama ekipmanı ve yeterli depolama alanı bulunmayan yerlere poşet ve big bag tarzında çuval temini yapılmaktadır. Kafesle toplama sisteminde yetkisiz toplayıcıların, kafeslerin kilitlerini kırması ve hatta yakmalarından dolayı başarısız olduğundan, kafesler kaldırılmıştır. Ayrıca marketlerdeki ambalaj atıklarını toplayan araçlar, kartonların yoğun olduğu bölgeleri de düzenli olarak almaktadır. Şekil 5.4'te market atıkları toplama işleminin görselleri verilmiştir.



Şekil 5.4. Market ve karton ambalaj atığı toplama işlemi (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Çarşı bölgesindeki esnafların atıklarını düzensiz saatlerde çıkarmasından dolayı, belirlenen saatlerde çıkarmaları için uyarı ve resmi yazı ile bilgilendirme çalışmaları yapılmaktadır. Yetkisiz toplayıcıları çarşıdan uzaklaştırmak için gece ve gündüz bölgenin takibi yapılmaktadır. Şekil 5.5'te çarşı bölgesinde çıkan atıklar ile ilgili görseller verilmiştir.



Şekil 5.5. Çarşı bölgesinde çıkan ambalaj atıkları ve toplanması (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Ayrıca bölgede bulunan merkezi konumda olan belirli noktalara mobil atık toplama noktaları kurulmuştur. Haftanın bir gününde dolan kumbaralardaki atıklar araçlar ile toplanmaktadır. (Şekil 5.6.)



Şekil 5.6. Odunpazarı Belediyesi mobil atık getirme merkezi (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

5.1.2. Tepebaşı Belediyesi Bölgesi Mevcut Ambalaj Atıkları Yönetimi

Tepebaşı Belediyesi nüfusu 2022 yılı itibarı ile 384.645 kişidir ve 91 adet mahalleden oluşmaktadır (http-12). Geri kazanılabilir atıkların kaynağında ayrı toplanması uygulaması ilk aşamada pilot mahalle olarak belirlenen; toplam 25.336 kişi nüfus ve 7.239 adet konuta sahip olan Batıkent ve Uluönder Mahallelerinde başlanmış ve halen devam etmektedir. Proje bölgesinde “Kumbaralı Sistem” uygulaması seçilmiştir. Site önleri, marketler ve okullar v.b. olmak üzere uygun yerlere geri kazanım kumbaraları yerleştirilmiştir (Şekil 5.7.)

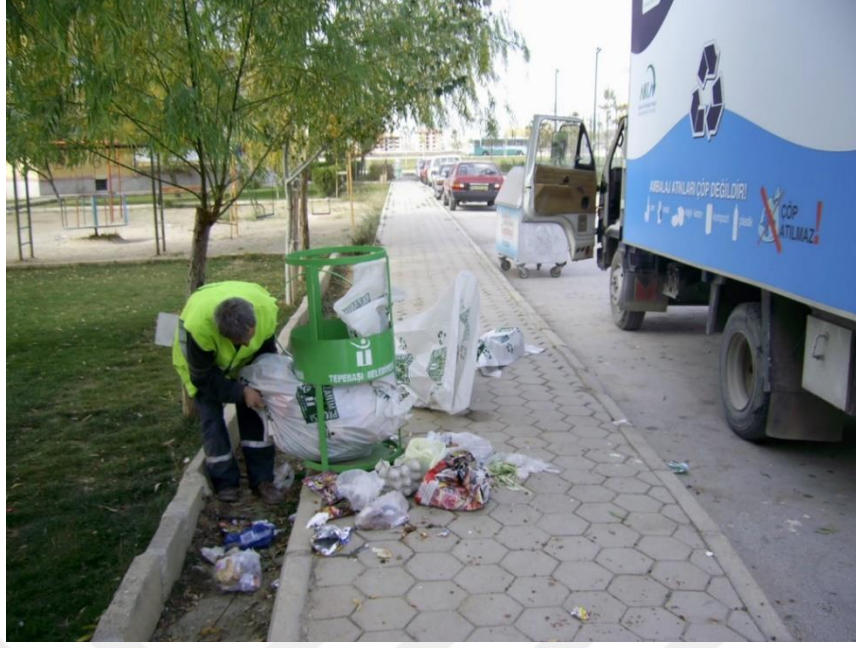


Şekil 5.7. Tepebaşı Belediyesi ambalaj atıkları toplama kumbaraları (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Daha sonra Tepebaşı Belediyesi bölgesinde bulunan diğer mahallelerde yapılan araştırmalara göre bazı mahallelerde Şekil 5.8’ de gösterildiği gibi iç mekân kutusu ile bazı mahallelerde apartmanların önüne demir toplama aparatları ve kumbaralar konumlandırılarak ambalaj atıklarının toplanması haftada iki gün olarak yapılmaktadır (Şekil 5.9).



Şekil 5.8. Tepebaşı Belediyesi bölgesinde bulunan iç mekân kutusu (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)



Şekil 5.9. Tepebaşı Belediyesi bölgesinde bulunan demir aparatlar (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

Ayrıca işyerlerinin yoğunlukla bulunduğu ana caddelerde haftanın her günü akşam 19:00-21:00 arasında ring programı düzenlenmekte; bir araç caddeleri dolaşarak, cadde üzerindeki işyerleri, mağazalar ve marketlerden ambalaj atıklarını toplamaktadır. Ana caddelerde çok sayıda işyerinin bulunması buralarda yoğun bir atık trafiğine neden olduğundan dolayı bu çalışmaya ilave olarak, her gün saat 10:00-22:00 arasında ambalaj atıkları toplanmaya başlanmıştır.

2022 yılında sıfır atık yönetim planında Tepebaşı Belediyesi mücavir alanında bulunan Anadolu Üniversitesinin sıfır atık belgesini almasıyla, oluşan atıkları bedelli verme amacıyla ihaleye çıkarak atık yönetim sistemleri kampüs bünyesinde kurulmuştur. Kampüste Kumbaralı Toplama Sistemi seçilmiş ve uygun yerlere 64 adet geri kazanım kumbarası yerleştirilmiştir. Haftada 3 gün olarak (Salı, Perşembe ve Cumartesi günleri) toplama sürdürülmektedir.

Tepebaşı Belediyesi bölgesi içerisinde merkezi konumda bulunan yerlere mobil atık getirme merkezleri ve cam toplama kumbaraları yerleştirilmiş olup haftada bir gün düzenli toplama işlemi gerçekleştirilmektedir (Şekil 5.10.)



Şekil 5.10. Cam şişe kumbarası (Fotoğraf, Esra Mutlu tarafından çekilmiştir.)

2007 yılından beri aynı firma ile anlaşmalı olarak çalışılmaktadır. Günün şartlarına ve koşullara göre sistemde değişiklikler yapılmaktadır. Marketlerde oluşan kağıt- karton ağırlıklı ambalaj atıkları evlerden toplanan karışık ambalaj atıkları ile birlikte toplanırken son yıllarda ayırma maliyetini düşürme amacıyla bu bölgede de ayrı toplama sistemine geçilmiştir. Artan mazot ve personel maliyetleri, ayrıca kapı önünde bulunan ambalaj atığı biriktirme ekipmanlarından fazla miktarda çöp çıkmasından dolayı Tepebaşı Belediyesi aynı Odunpazarı Belediyesi gibi poşetli toplama sistemine geçmeyi amaçlamaktadır. Hem atıkların haftada bir gün toplanması amacı ile hem de kişilerin evlerinde çöp atma oranlarının daha düşük olduğu gözlemlendiği için bu sistem maliyet açısından daha uygun bulunmuştur.

5.2. Senaryolar ve Kriterler

Eskişehir İli Odunpazarı ve Tepebaşı bölgeleri için hem toplama hem de ayırma işlemleri için en uygun yöntemi bulmak amacıyla Tablo 5.2’de gösterilen 9 farklı senaryo oluşturulmuştur.

Tablo 5.2. Oluşturulan senaryolar

Senaryo Adı		Açıklama
SENARYO 1a	Ambalaj atıklarının ortak kullanım alanlarından haftada bir gün toplanması	Hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması.
SENARYO 1b	Ambalaj atıklarının ortak kullanım alanlarından haftada iki gün toplanması	Hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada iki gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması.
SENARYO 2a	İkili toplama sistemi (haftada bir gün)	İkili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada bir gün toplanması
SENARYO 2b	İkili toplama sistemi (haftada iki gün)	İkili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada iki gün toplanması
SENARYO 3a	Mahalle mobil atık toplama kumbaraları (haftada bir kez)	Her mahalleye mobil atık toplama kumbaralarının yerleştirilmesi ve haftada bir kez toplanması
SENARYO 3b	Mahalle mobil atık toplama kumbaraları (haftada iki kez)	Her mahalleye mobil atık toplama kumbaralarının yerleştirilmesi ve haftada iki kez toplanması
SENARYO 4a	Mahallelerde atık aktarma istasyonlarının kurulması (bedelli getirme)	Mahallelerde atık aktarma istasyonlarının kurulması ve vatandaşların geri dönüştürülebilir atıklarını bedelli atık getirme istasyonlarına kendi imkanları ile getirmesi
SENARYO 4b	Mahallelerde atık aktarma istasyonlarının kurulması (bedelsiz getirme)	Mahallelerde atık aktarma istasyonlarının kurulması ve vatandaşların geri dönüştürülebilir atıklarını bedelsiz atık getirme istasyonlarına kendi imkanları ile getirmesi
SENARYO 5	Ambalaj atıklarının SMART BIN'lerde toplanması	Ambalaj atıklarının mahallelere konulacak SMART BIN'lerde toplanması

Çalışmada, her iki belediye için de optimum ambalaj atıkları toplama sisteminin oluşturulması amacıyla oluşturulan bu senaryoların çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden birisi olan Fuzzy TOPSIS MCDM yöntemi ile karşılaştırılmalarının yapılması için belirlenen kriterler; yatırım maliyeti, işletme maliyeti, atık kalitesi, sokak

toplayıcı riski, alan sınırlamaları, toplama süresi, halkın katılımı ve yangın riski olmak üzere toplam 8 kriter olarak belirlenmiştir (Tablo 5.3).

Tablo 5.3. Kriterler

Kriterler	Açıklama	Birim
Yatırım maliyeti	Bina, konteyner, kumbara, kutu, vb.	Euro
İşletme maliyeti	Yakıt, personel, bakım vb.	Euro
Atık kalitesi	Toplanılan ambalaj atıkları içinde oluşan çöp miktarı.	1-9
Sokak toplayıcı riski	Yetkisiz toplayıcıların, toplanılan atıkların içinden değerli atıkları seçerek almaları.	1-9
Alan Sınırlamaları (Yolların Dar Olması, Trafik vs.)	Evlerden, marketlerden, kurumlardan vs. atık toplama hizmeti sırasında oluşan trafik durumu.	1-9
Toplama süresi	Günlük atık toplama süresi.	saat/gün
Halkın katılımı	Halkın bilinç düzeyi ve toplama sistemine duyarlılığı.	1-9
Yangın, kaza, patlama vb. riskleri		1-9

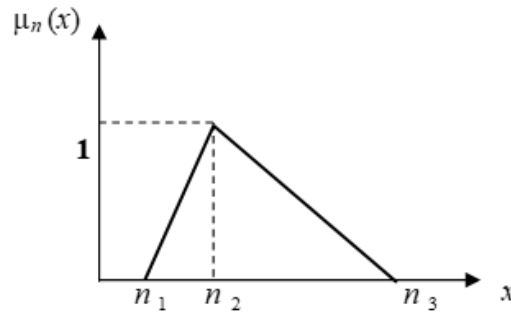
5.3. Fuzzy TOPSIS Yöntemi

Tezde, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden birisi olan TOPSIS (Technique for Order Preference by Smilarity to Ideal Solution) yöntemi kullanılmıştır. İnsan yargıları genelde belirsizdir ve sayısal değerlerle ifade etmek mümkün olamayabilir. Daha gerçekçi bir yaklaşım, sayısal değerler yerine dilsel değerlerin kullanılması olabilir. Diğer bir ifadeyle problemdeki karar kriterlerinin önem düzeyleri dilsel değişkenlerle ifade edilebilir. Fuzzy TOPSIS yöntemi, bulanık ortamlarda grup kararı vermeye yardımcı olan bir yöntemdir. Yöntemin uygulanabilmesi için karar vericilere, karar kriterlerine ve alternatiflere ihtiyaç duyulur. Karar vericiler, karar kriterleri ve alternatiflerle ilgili düşüncelerini sözel olarak ifade ederler. Fuzzy TOPSIS yönteminin temelinde karar vericilerin alternatifleri değerlendirirken kullandıkları karar kriterlerinin farklı ağırlıklara sahip olabilmesi yatar. Fuzzy TOPSIS yöntemi yardımıyla karar vericilerin karar

kriterleri ve alternatifler hakkındaki değerlendirmeleri üçgen veya yamuk bulanık sayılara dönüştürülerek her bir alternatifin yakınlık katsayısı hesaplanır. Hesaplanan yakınlık katsayıları yardımıyla alternatifler sıralanır. Yöntem, alternatiflerin değerlemesinde ortaya çıkan subjektifliğin grup kararı vermede ortaya çıkardığı sorunları ortadan kaldırmakta ve daha doğru kararlar verme imkânı sağlamaktadır (Ecer, 2007).

Bir üçgen fuzzy sayı “n” (n_1, n_2, n_3) şeklinde gösterilir ve $\mu_n(x)$ üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir ve Şekil 5.11’deki gibi gösterilir (Dündar, 2007).

$$\mu_n(x) = \begin{cases} 0, & x < n_1 \\ \frac{x - n_1}{n_2 - n_1}, & n_1 \leq x \leq n_2 \\ \frac{x - n_3}{n_2 - n_3}, & n_2 \leq x \leq n_3 \\ 0, & x > n_3 \end{cases} \quad (5.1)$$



Şekil 5.11. n Üçgen Fuzzy (Dündar, 2007)

$m = m_1, m_2, m_3$ ve $n = n_1, n_2, n_3$ iki üçgen fuzzy sayı olsun (Dündar, 2007). Aralarındaki uzaklığı hesaplamak için kullanılan vertex metodu şöyle tanımlanır:

$$d(m, n) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (5.2)$$

Dilsel değişken, değerleri anadildeki cümleler olan değişkendir. Örneğin; “güzellik” dilsel bir değişkendir. Çünkü değerleri çok çirkin, çirkin, orta, güzel, çok güzel gibi değerler olabilir. Dilsel değerler fuzzy sayılarla ifade edilebilir.

Fuzzy TOPSIS yöntemi ile hem nitel hem de nicel kriterler dikkate alınarak değerlendirme yapılabilir. Fuzzy TOPSIS, çok esnek bir yapıya sahiptir. Yöntem, karar vericilerin kararlarının değişkenlik gösterdiği durumlarda grup kararı vermeyi gerektiren problemlerin çözümüne çok uygundur. Farklı kriterlerin önem ağırlıkları ve kriterlerin değerleri dilsel değişkenler olarak düşünülür. Kriterin önemini ve farklı kriterlere göre alternatiflerin kriter değerlerini hesaplamak için karar vericiler dilsel değişkenler kullanırlar. Bu dilsel değişkenler pozitif üçgen fuzzy sayılar olarak Tablo 5.4 ve 5.5'deki gibi ifade edilebilir (Dündar, 2007).

Tablo 5.4. Her bir kriterin önem ağırlığı için dilsel değişkenler

Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.1)
Düşük (D)	(0,0.1,0.3)
Orta Düşük (OD)	(0.1,0.5,0.7)
Orta O)	(0.3,0.5,0.7)
Orta Yüksek (OY)	(0.5,0.7,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,1)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9,1,1)

Tablo 5.5. Kriter değerleri için dilsel değişkenler

Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta Kötü (OK)	(1,3,5)
Epeyce (E)	(3,5,7)
Orta İyi (Oİ)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

K tane karar vericiden oluşan x_{ij}^k ve w_j^k 'nın kriter değerini ve önem ağırlığını gösterdiği bir grupta, her bir kritere göre alternatiflerin kriter değerleri ve kriterlerin önem ağırlıkları sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$x_{ij} = \frac{1}{K} [x_{ij}^1 (+) x_{ij}^2 (+) \dots (+) x_{ij}^K] \quad (5.3)$$

$$w_j = \frac{1}{K} [w_j^1 (+) w_j^2 (+) \dots (+) w_j^K] \quad (5.4)$$

Bir fuzzy çok kriterli karar verme problemi matrisi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad W = [w_1 \quad w_2 \quad \dots \quad w_n]$$

Burada x_{ij} (i, j) ve w_j $j=(1,2,\dots, n)$ dilsel değişkenlerdir. Bu dilsel değişkenler üçgen fuzzy sayılarla $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $w_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ şeklinde tanımlanabilir. Normalize edilmiş fuzzy karar matrisi R ile gösterilir ve

$$R = [r_{ij}]_{m \times n} \quad (5.5)$$

ile ifade edilir. Burada B “fayda kriteri” kümesi olup şu şekilde hesaplanır:

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), \quad j \in B;$$

$$c_j^* = \max_i c_{ij}, \quad j \in B \quad (5.6)$$

Yukarıdaki normalizasyon metodu, normalize edilmiş üçgen fuzzy sayılarının $[0,1]$ aralığında olması özelliğini korur (Dündar, 2007).

Her bir kriterin farklı önemini göz önünde bulunduran ağırlıklı normalize edilmiş fuzzy karar matrisi;

$$V = [v_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (5.7)$$

şeklinde oluşturulur. Burada

$$v_{ij} = r_{ij}(\cdot)w_j \quad (5.8)$$

formülüyle hesaplanır.

Ağırlıklı normalize edilmiş fuzzy karar matrisine göre i, j için v_{ij} elemanları normalize edilmiş pozitif üçgen fuzzy sayıdır ve 0,1 aralığında yer alırlar (Dündar, 2007).

Fuzzy pozitif ideal çözüm (FPİÇ, A^*) ve fuzzy negatif ideal çözüm (FNİÇ, A^-)

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*)$$

$$A^- = (v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-)$$

ile tanımlanır.

Her bir alternatifin A^* ve A^- 'den uzaklığı sırasıyla

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^*) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.9)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(v_{ij}, v_j^-) \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.10)$$

ile hesaplanır. Burada $d(.,.)$ iki fuzzy sayı arasındaki uzaklığı göstermektedir. Yakınlık katsayısı ile tüm alternatiflerin sıralaması belirlenir. Yakınlık katsayısı;

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (5.11)$$

ile hesaplanır.

CC_i değeri, 1'e yaklaşırsa alternatif A_i , FPİÇ (A^*)'e, uzaklaşırsa alternatif A_i FNİÇ (A^-)'ye yaklaşır.

Fuzzy TOPSİS yönteminin algoritması aşağıdaki biçimde özetlenebilir:

Adım 1: Karar vericilerden oluşan bir komite kurulur ve değerlendirme kriterleri belirlenir.

Adım 2: Karar vericiler, karar kriterlerinin önem ağırlıklarını belirlerler ve belirlenen kriterlere göre alternatifleri dilsel değişkenlerle değerlendirirler.

Adım 3: C_j kriterinin toplam fuzzy ağırlığı w_j 'yi elde etmek için kriter ağırlığı toplanır. C_j kriteri altında A_i alternatifinin toplam fuzzy kriter değerleri x_{ij} 'yi elde etmek için de karar vericilerin değerlendirmeleri bir araya getirilir.

Adım 4: Fuzzy karar matrisi ve normalize edilmiş fuzzy karar matrisi oluşturulur.

Adım 5: Ağırlıklı normalize edilmiş fuzzy karar matrisi oluşturulur.

Adım 6: FPİÇ ve FNİÇ belirlenir.

Adım 7: Her bir alternatifin FPIÇ ve FNİÇ'ten olan toplam uzaklıkları hesaplanır.

Adım 8: Her bir alternatifin yakınlık katsayısı bulunur.

Adım 9: Yakınlık katsayısına göre alternatiflerin sıralaması yapılır (Dündar, 2007).

5.4. Fuzzy TOPSIS Yöntemiyle Optimum Senaryonun Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde belirlenmiş olan 9 senaryo ve 8 kriterin değerlendirilmesi amacıyla 5 farklı Karar Vericiden oluşan bir Değerlendirme Komitesi oluşturulmuş (KV₁ ve KV₂, KV₃, KV₄ ve KV₅) ve aşağıda belirtilmiş olan aşamalara göre değerlendirme yapmışlardır. Değerlendirme komitesinden KV₁, belediyelerin ambalaj atığı toplama sisteminde yıllardır sahada çalışan toplama ekiplerin yönlendirilmesini ve sistemin takibini sağlayan çevre mühendisidir. KV₂, Eskişehir Teknik Üniversitesi'nde Çevre Mühendisliği bölümünde katı atık sektöründe uzmanlaşmış akademik görev yapan profesördür. KV₃, belediyede yıllardır ambalaj atıkları toplama işleminin takibinden, uygulanmasından sorumlu olarak görev yapan çevre mühendisidir. KV₄, toplama ayırma tesisinde işletme müdürü olarak görev yapan makine mühendisidir. KV₅, uzun yıllardır başka illerde dahil olmak üzere belediyelerle çalışma yürüten toplama ayırma tesisi işletme sahibidir.

Adım 1: Karar vericiler Tablo 5.3'te gösterilen dilsel ağırlık değerlerini kriterlerin C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8 önemini belirlemek için kullanmışlardır. Bu ifadeler Tablo 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6. Kriterlerin önem ağırlıkları

Kriterler	KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
C1	ÇY	OY	ÇY	ÇY	ÇY
C2	ÇY	Y	Y	ÇY	ÇY
C3	Y	Y	Y	Y	Y
C4	OY	Y	OD	OD	OY
C5	O	O	O	OD	O
C6	O	O	Y	O	O
C7	O	OY	Y	Y	Y
C8	O	O	D	Y	ÇY

(C1) yatırım maliyeti, (C2) işletme maliyeti, (C3) atık kalitesi, (C4) sokak toplayıcı riski, (C5) alan sınırlamaları, (C6) toplama süresi, (C7) halkın katılımı, (C8) yangın patlama riski
ÇD: Çok Düşük, D: Düşük, OD: Orta Düşük, O: Orta, OY: Orta Yüksek, Y: Yüksek, ÇY: Çok Yüksek

Adım2: Senaryoların her bir kritere göre *1a, 1b, 2a, 2b, 3a, 3b, 4a, 4b, 5* optimum değerini hesaplamak için *KV* 'ler Tablo 5.5'de verilen dilsel değişkenleri kullanmışlardır. Değerlendirmeler Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Senaryoların *KV*'ler tarafından değerlendirilmesi

Kriter	Alternatif	KARAR VERİCİ				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
C1	1a	İ	İ	İ	Çİ	İ
	1b	İ	İ	İ	Oİ	Çİ
	2a	ÇK	Oİ	Oİ	Oİ	Oİ
	2b	ÇK	Oİ	Oİ	OK	İ
	3a	Çİ	E	E	Oİ	K
	3b	Çİ	E	E	İ	ÇK
	4a	Oİ	OK	OK	Oİ	K
	4b	Oİ	OK	OK	İ	K
	5	ÇK	K	K	K	ÇK
C2	1a	E	K	K	İ	Çİ
	1b	ÇK	ÇK	K	Oİ	İ
	2a	E	OK	K	İ	E
	2b	ÇK	K	K	Oİ	Oİ
	3a	İ	E	E	İ	OK
	3b	Oİ	OK	E	Oİ	E

Tablo 5.7. (Devamı) Senaryoların KV'ler tarafından değerlendirilmesi

	4a	K	Oİ	Oİ	İ	OK	
	4b	E	E	E	Çİ	E	
	5	İ	İ	İ	Çİ	Oİ	
	1a	Oİ	E	E	Çİ	İ	
	1b	OK	E	E	Oİ	İ	
C3	2a	K	Oİ	E	Çİ	K	
	2b	K	Oİ	E	Oİ	K	
	3a	E	İ	İ	Çİ	İ	
	3b	E	İ	İ	İ	İ	
	4a	İ	İ	İ	Çİ	İ	
	4b	İ	İ	İ	Çİ	E	
	5	Oİ	İ	İ	Oİ	İ	
	1a	OK	ÇK	OK	OK	Oİ	
	1b	K	K	OK	OK	Çİ	
	2a	ÇK	ÇK	OK	OK	ÇK	
C4	2b	K	K	OK	Oİ	ÇK	
	3a	OK	E	OK	OK	Çİ	
	3b	E	OK	OK	Oİ	Çİ	
	4a	Çİ	İ	OK	Çİ	İ	
	4b	Çİ	OK	OK	Çİ	E	
	5	Çİ	Oİ	Oİ	Çİ	İ	
	1a	K	İ	İ	K	Oİ	
	1b	K	İ	İ	ÇK	Oİ	
C5	2a	ÇK	Oİ	Oİ	K	Oİ	
	2b	ÇK	Oİ	Oİ	ÇK	Oİ	
	3a	OK	E	İ	K	Oİ	
	3b	OK	E	İ	ÇK	Oİ	
	4a	İ	OK	İ	Çİ	Çİ	
	4b	İ	OK	İ	İ	Çİ	
	5	OK	Oİ	İ	İ	Çİ	
	C6	1a	Oİ	K	Oİ	İ	Oİ
		1b	K	ÇK	İ	Oİ	OK
2a		OK	OK	İ	İ	Oİ	
2b		K	K	İ	Oİ	OK	
3a		Oİ	Oİ	Oİ	İ	İ	
3b		E	E	Oİ	Oİ	İ	
4a		OK	Oİ	OK	İ	Çİ	
4b		OK	Oİ	OK	Çİ	Çİ	

Tablo 5.7. (Devamı) Senaryoların KV'ler tarafından değerlendirilmesi

	5	Oİ	İ	İ	İ	ÇK
C7	1a	İ	Oİ	Oİ	Oİ	E
	1b	Çİ	Oİ	İ	İ	İ
	2a	Oİ	Oİ	İ	Oİ	K
	2b	İ	Oİ	İ	İ	OK
	3a	İ	E	Oİ	Oİ	İ
	3b	E	E	Oİ	İ	İ
	4a	Oİ	Çİ	İ	Çİ	OK
	4b	OK	Oİ	Oİ	İ	İ
	5	Oİ	İ	İ	Çİ	Oİ
C8	1a	Oİ	İ	E	Oİ	Oİ
	1b	E	İ	E	İ	İ
	2a	Oİ	Oİ	E	Oİ	K
	2b	İ	Oİ	E	İ	K
	3a	Oİ	E	E	E	İ
	3b	İ	E	E	İ	Çİ
	4a	E	OK	Oİ	İ	K
	4b	E	OK	Oİ	Çİ	K
	5	Oİ	E	E	Oİ	K

ÇK: Çok Kötü, K: Kötü, OK: Orta Kötü, E: Epeyce, Oİ: Orta İyi, İ: İyi, Çİ: Çok İyi

Adım3: Tablo 5.6 ve 5.7'deki dilsel değişkenler fuzzy karar matrisi oluşturmak ve her bir kriterin fuzzy ağırlığını hesaplamak için Tablo 5.3 ve 5.4'ten yararlanılarak dilsel değişkenler üçgen fuzzy sayılara dönüştürülmüştür. Üçgen fuzzy sayılar Tablo 5.8 ve 5.9'da gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Kriterlerin önem ağırlıklarının üçgen fuzzy sayılara dönüştürülmesi

	KV1			KV2			KV3			KV4			KV5		
C1	0,9	1	1	0,5	0,7	0,9	0,9	1	1	0,9	1	1	0,9	1	1
C2	0,9	1	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,9	1	1	0,9	1	1
C3	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1
C4	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0,5	0,7	0,9
C5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7
C6	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
C7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1	0,7	0,9	1
C8	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0	0,1	0,3	0,7	0,9	1	0,9	1	1

Tablo 5.9. KV'ler tarafından yapılan değerlendirmelerin üçgen fuzzy sayılara dönüştürülmesi

Kriter	Alternatif	KARAR VERİCİ				
		KV1	KV2	KV3	KV4	KV5
C1	1a	7,9,10	7,9,10	7,9,10	9,10,10	7,9,10
	1b	7,9,10	7,9,10	7,9,10	5,7,9	9,10,10
	2a	0,0,1	5,7,9	5,7,9	5,7,9	5,7,9
	2b	0,0,1	5,7,9	5,7,9	1,3,5	7,9,10
	3a	9,10,10	3,5,7	3,5,7	5,7,9	0,1,3
	3b	9,10,10	3,5,7	3,5,7	7,9,10	0,0,1
	4a	5,7,9	1,3,5	1,3,5	5,7,9	0,1,3
	4b	5,7,9	1,3,5	1,3,5	7,9,10	0,1,3
	5	0,0,1	0,1,3	0,1,3	0,1,3	0,0,1
C2	1a	3,5,7	0,1,3	0,1,3	7,9,10	9,10,10
	1b	0,0,1	0,0,1	0,1,3	5,7,9	7,9,10
	2a	3,5,7	1,3,5	0,1,3	7,9,10	3,5,7
	2b	0,0,1	0,1,3	0,1,3	5,7,9	5,7,9
	3a	7,9,10	3,5,7	3,5,7	7,9,10	1,3,5
	3b	5,7,9	1,3,5	3,5,7	5,7,9	3,5,7
	4a	0,1,3	5,7,9	5,7,9	7,9,10	1,3,5
	4b	3,5,7	3,5,7	3,5,7	9,10,10	3,5,7
	5	7,9,10	7,9,10	7,9,10	9,10,10	5,7,9
C3	1a	5,7,9	3,5,7	3,5,7	9,10,10	7,9,10
	1b	1,3,5	3,5,7	3,5,7	5,7,9	7,9,10
	2a	0,1,3	5,7,9	3,5,7	9,10,10	0,1,3
	2b	0,1,3	5,7,9	3,5,7	5,7,9	0,1,3
	3a	3,5,7	7,9,10	7,9,10	9,10,10	7,9,10
	3b	3,5,7	7,9,10	7,9,10	7,9,10	7,9,10
	4a	7,9,10	7,9,10	7,9,10	9,10,10	7,9,10
	4b	7,9,10	7,9,10	7,9,10	9,10,10	3,5,7
	5	5,7,9	7,9,10	7,9,10	5,7,9	7,9,10
C4	1a	1,3,5	0,0,1	1,3,5	1,3,5	5,7,9
	1b	0,1,3	0,1,3	1,3,5	1,3,5	9,10,10
	2a	0,0,1	0,0,1	1,3,5	1,3,5	0,0,1
	2b	0,1,3	0,1,3	1,3,5	5,7,9	0,0,1
	3a	1,3,5	3,5,7	1,3,5	1,3,5	9,10,10
	3b	3,5,7	1,3,5	1,3,5	5,7,9	9,10,10

Tablo 5.9. (Devamı) KV'ler tarafından yapılan değerlendirmelerin üçgen fuzzy sayılara dönüştürülmesi

	4a	9,10,10	7,9,10	1,3,5	9,10,10	7,9,10
	4b	9,10,10	1,3,5	1,3,5	9,10,10	3,5,7
	5	9,10,10	5,7,9	5,7,9	9,10,10	7,9,10
C5	1a	0,1,3	7,9,10	7,9,10	0,1,3	5,7,9
	1b	0,1,3	7,9,10	7,9,10	0,0,1	5,7,9
	2a	0,0,1	5,7,9	5,7,9	0,1,3	5,7,9
	2b	0,0,1	5,7,9	5,7,9	0,0,1	5,7,9
	3a	1,3,5	3,5,7	7,9,10	0,1,3	5,7,9
	3b	1,3,5	3,5,7	7,9,10	0,0,1	5,7,9
	4a	7,9,10	1,3,5	7,9,10	9,10,10	9,10,10
	4b	7,9,10	1,3,5	7,9,10	7,9,10	9,10,10
	5	1,3,5	5,7,9	7,9,10	7,9,10	9,10,10
C6	1a	5,7,9	0,1,3	5,7,9	7,9,10	5,7,9
	1b	0,1,3	0,0,1	7,9,10	5,7,9	1,3,5
	2a	1,3,5	1,3,5	7,9,10	7,9,10	5,7,9
	2b	0,1,3	0,1,3	7,9,10	5,7,9	1,3,5
	3a	5,7,9	5,7,9	5,7,9	7,9,10	7,9,10
	3b	3,5,7	3,5,7	5,7,9	5,7,9	7,9,10
	4a	1,3,5	5,7,9	1,3,5	7,9,10	9,10,10
	4b	1,3,5	5,7,9	1,3,5	9,10,10	9,10,10
	5	5,7,9	7,9,10	7,9,10	7,9,10	0,0,1
C7	1a	7,9,10	5,7,9	5,7,9	5,7,9	3,5,7
	1b	9,10,10	5,7,9	7,9,10	7,9,10	7,9,10
	2a	5,7,9	5,7,9	7,9,10	5,7,9	0,1,3
	2b	7,9,10	5,7,9	7,9,10	7,9,10	1,3,5
	3a	3,5,7	3,5,7	5,7,9	5,7,9	7,9,10
	3b	3,5,7	3,5,7	5,7,9	7,9,10	7,9,10
	4a	5,7,9	9,10,10	7,9,10	9,10,10	1,3,5
	4b	1,3,5	5,7,9	5,7,9	7,9,10	7,9,10
	5	5,7,9	7,9,10	7,9,10	9,10,10	5,7,9
C8	1a	5,7,9	7,9,10	3,5,7	5,7,9	5,7,9
	1b	3,5,7	7,9,10	3,5,7	7,9,10	7,9,10
	2a	5,7,9	5,7,9	3,5,7	5,7,9	0,1,3
	2b	7,9,10	5,7,9	3,5,7	7,9,10	0,1,3
	3a	5,7,9	3,5,7	3,5,7	3,5,7	7,9,10
	3b	7,9,10	3,5,7	3,5,7	7,9,10	9,10,10

Tablo 5.9. (Devamı) KV'ler tarafından yapılan değerlendirmelerin üçgen fuzzy sayılara dönüştürülmesi

	4a	3,5,7	1,3,5	5,7,9	7,9,10	0,1,3
	4b	3,5,7	1,3,5	5,7,9	9,10,10	0,1,3
	5	5,7,9	3,5,7	3,5,7	5,7,9	0,1,3

Fuzzy karar matrisini oluşturmak ve fuzzy ağırlıklarını belirlemek için sırasıyla (3) ve (4) no'lu formüller kullanılır. Fuzzy karar matrisi ve karar kriterlerinin fuzzy ağırlıkları Tablo 5.10 ve 5.11'de verilmiştir.

Tablo 5.10. Fuzzy Karar Matrisi

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7			C8		
1a	7,4	9,2	10	3,8	5,2	6,6	5,4	7,2	8,6	1,6	3,2	5	3,8	5,4	7	4,4	6,2	8	5	7	8,8	5	7	8,8
1b	7	8,8	9,8	2,4	3,4	4,8	3,8	5,8	7,6	2,2	3,6	5,2	3,8	5,2	6,6	2,6	4	5,6	7	8,8	9,8	5,4	7,4	8,8
2a	4	5,6	7,4	2,8	4,6	6,4	3,4	4,8	6,4	0,4	1,2	2,6	3	4,4	6,2	4,2	6,2	7,8	4,4	6,2	8	3,6	5,4	7,4
2b	3,6	5,2	6,8	2	3,2	5	2,6	4,2	6,2	1,2	2,4	4,2	3	4,2	5,8	2,6	4,2	6	5,4	7,4	8,8	4,4	6,2	7,8
3a	4	5,6	7,2	4,2	6,2	7,8	6,6	8,4	9,4	3	4,8	6,4	3,2	5	6,8	5,8	7,8	9,4	4,6	6,6	8,4	4,2	6,2	8
3b	4,4	5,8	7	3,4	5,4	7,4	6,2	8,2	9,4	3,8	5,6	7,2	3,2	4,8	6,4	4,6	6,6	8,4	5	7	8,6	5,8	7,6	8,8
4a	2,4	4,2	6,2	3,6	5,4	7,2	7,4	9,2	10	6,6	8,2	9	6,6	8,2	9	4,6	6,4	7,8	6,2	7,8	8,8	3,2	5	6,8
4b	2,8	4,6	6,4	4,2	6	7,6	6,6	8,4	9,4	4,6	6,2	7,4	6,2	8	9	5	6,6	7,8	5	7	8,6	3,6	5,2	6,8
5	0	0,6	2,2	7	8,8	9,8	6,2	8,2	9,6	7	8,6	9,6	5,8	7,6	8,8	5,2	6,8	8	6,6	8,4	9,6	3,2	5	7

Tablo 5.11. Karar Kriterlerinin Fuzzy Ağırlıkları

	C1			C2			C3			C4			C5			C6			C7			C8		
Ağırlık	0,82	0,94	0,98	0,82	0,96	1	0,7	0,9	1	0,38	0,58	0,76	0,26	0,46	0,66	0,38	0,58	0,76	0,58	0,78	0,92	0,44	0,6	0,74
Cj+	0,98			1			1			0,76			0,66			0,76			0,92			0,74		
Cj-	0,82			0,82			0,7			0,38			0,26			0,38			0,58			0,44		

Adım4: Bu aşamada (5) ve (6) nolu formüller kullanılarak Tablo 5.12'de verilen normalize edilmiş fuzzy karar matrisi oluşturulur.

Tablo 5.12. Normalize edilmiş fuzzy karar matrisi

	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5
C1	0,74	0,7	0,4	0,36	0,4	0,44	0,24	0,28	0

Tablo 5.12. (Devamı) *Normalize edilmiş fuzzy karar matrisi*

	0,92	0,88	0,56	0,52	0,56	0,58	0,42	0,46	0,06
	1	0,98	0,74	0,68	0,72	0,7	0,62	0,64	0,22
C2	0,38776	0,2449	0,28571	0,20408	0,42857	0,34694	0,36735	0,42857	0,71429
	0,53061	0,34694	0,46939	0,32653	0,63265	0,55102	0,55102	0,61224	0,89796
	0,67347	0,4898	0,65306	0,5102	0,79592	0,7551	0,73469	0,77551	1
C3	0,54	0,38	0,34	0,26	0,66	0,62	0,74	0,66	0,62
	0,72	0,58	0,48	0,42	0,84	0,82	0,92	0,84	0,82
	0,86	0,76	0,64	0,62	0,94	0,94	1	0,94	0,96
C4	0,16667	0,22917	0,04167	0,125	0,3125	0,39583	0,6875	0,47917	0,72917
	0,33333	0,375	0,125	0,25	0,5	0,58333	0,85417	0,64583	0,89583
	0,52083	0,54167	0,27083	0,4375	0,66667	0,75	0,9375	0,77083	1
C5	0,42222	0,42222	0,33333	0,33333	0,35556	0,35556	0,73333	0,68889	0,64444
	0,6	0,57778	0,48889	0,46667	0,55556	0,53333	0,91111	0,88889	0,84444
	0,77778	0,73333	0,68889	0,64444	0,75556	0,71111	1	1	0,97778
C6	0,46809	0,2766	0,44681	0,2766	0,61702	0,48936	0,48936	0,53191	0,55319
	0,65957	0,42553	0,65957	0,44681	0,82979	0,70213	0,68085	0,70213	0,7234
	0,85106	0,59574	0,82979	0,6383	1	0,89362	0,82979	0,82979	0,85106
C7	0,5102	0,71429	0,44898	0,55102	0,46939	0,5102	0,63265	0,5102	0,67347
	0,71429	0,89796	0,63265	0,7551	0,67347	0,71429	0,79592	0,71429	0,85714
	0,89796	1	0,81633	0,89796	0,85714	0,87755	0,89796	0,87755	0,97959
C8	0,56818	0,61364	0,40909	0,5	0,47727	0,65909	0,36364	0,40909	0,36364
	0,79545	0,84091	0,61364	0,70455	0,70455	0,86364	0,56818	0,59091	0,56818
	1	1	0,84091	0,88636	0,90909	1	0,77273	0,77273	0,79545

Adım5: (7) ve (8) nolu formüller kullanılarak Tablo 5.13'te gösterilen ağırlıklı normalize edilmiş fuzzy karar matrisi oluşturulur.

Tablo 5.13. *Ağırlıklı normalize edilmiş fuzzy karar matrisi*

	1a	1b	2a	2b	3a	3b	4a	4b	5
C1	0,6068	0,574	0,328	0,2952	0,328	0,3608	0,1968	0,2296	0
	0,8648	0,8272	0,5264	0,4888	0,5264	0,5452	0,3948	0,4324	0,0564
	0,98	0,9604	0,7252	0,6664	0,7056	0,686	0,6076	0,6272	0,2156
C2	0,317959	0,200816	0,234286	0,167347	0,351429	0,28449	0,301224	0,351429	0,585714
	0,509388	0,333061	0,450612	0,313469	0,607347	0,52898	0,52898	0,587755	0,862041

Tablo 5.13. (Devamı) Ağırlıklı Normalize edilmiş fuzzy karar matrisi

	0,673469	0,489796	0,653061	0,510204	0,795918	0,755102	0,734694	0,77551	1
C3	0,378	0,266	0,238	0,182	0,462	0,434	0,518	0,462	0,434
	0,648	0,522	0,432	0,378	0,756	0,738	0,828	0,756	0,738
	0,86	0,76	0,64	0,62	0,94	0,94	1	0,94	0,96
C4	0,063333	0,087083	0,015833	0,0475	0,11875	0,150417	0,26125	0,182083	0,277083
	0,193333	0,2175	0,0725	0,145	0,29	0,338333	0,495417	0,374583	0,519583
	0,395833	0,411667	0,205833	0,3325	0,506667	0,57	0,7125	0,585833	0,76
C5	0,109778	0,109778	0,086667	0,086667	0,092444	0,092444	0,190667	0,179111	0,167556
	0,276	0,265778	0,224889	0,214667	0,255556	0,245333	0,419111	0,408889	0,388444
	0,513333	0,484	0,454667	0,425333	0,498667	0,469333	0,66	0,66	0,645333
C6	0,177872	0,105106	0,169787	0,105106	0,234468	0,185957	0,185957	0,202128	0,210213
	0,382553	0,246809	0,382553	0,259149	0,481277	0,407234	0,394894	0,407234	0,419574
	0,646809	0,452766	0,630638	0,485106	0,76	0,679149	0,630638	0,630638	0,646809
C7	0,295918	0,414286	0,260408	0,319592	0,272245	0,295918	0,366939	0,295918	0,390612
	0,557143	0,700408	0,493469	0,58898	0,525306	0,557143	0,620816	0,557143	0,668571
	0,826122	0,92	0,75102	0,826122	0,788571	0,807347	0,826122	0,807347	0,901224
C8	0,25	0,27	0,18	0,22	0,21	0,29	0,16	0,18	0,16
	0,477273	0,504545	0,368182	0,422727	0,422727	0,518182	0,340909	0,354545	0,340909
	0,74	0,74	0,622273	0,655909	0,672727	0,74	0,571818	0,571818	0,588636

Adım6: FPİÇ ve FNİÇ değerleri Tablo 5.14'te verilmiştir.

Tablo 5.14. FPİÇ ve FNİÇ değerleri

	FPİÇ	PNİÇ
C1	0	0,6068
	0,0564	0,8648
	0,2156	0,98
C2	0,16735	0,58571
	0,31347	0,86204
	0,4898	1
C3	0,518	0,182
	0,828	0,378
	1	0,62
C4	0,01583	0,27708
	0,0725	0,51958
	0,20583	0,76
C5	0,08667	0,19067
	0,21467	0,41911
	0,42533	0,66
C6	0,10511	0,23447
	0,24681	0,48128

Tablo 5.14. (Devamı) FPIÇ ve FNIÇ değerleri

	0,45277	0,76
C7	0,41429	0,26041
	0,70041	0,49347
	0,92	0,75102
C8	0,16	0,29
	0,34091	0,51818
	0,57182	0,74

Adım7: Her alternatifin FPIÇ ve FNIÇ'e olan uzaklığının elde edilmesi için (9) ve (10) no'lu formüller kullanılır. Tablo 5.15 ve 5.16'da fuzzy pozitif ve negatif çözüme olan uzaklıklar verilmiştir.

Tablo 5.15. Fuzzy pozitif çözüme olan uzaklıklar

										di+
1a	0,73167	0,177768	0,154488	0,132862	0,063351	0,143031	0,120206	0,135376	1,658753	
1b	0,701982	0,022391	0,267544	0,151073	0,046862	0	0	0,149624	1,339476	
2a	0,442785	0,129028	0,34872	0	0,017934	0,134473	0,178004	0,035069	1,286012	
2b	0,398887	0,011783	0,391491	0,086223	0	0,019985	0,100327	0,076082	1,084778	
3a	0,435348	0,267059	0,063034	0,22241	0,04859	0,235303	0,150676	0,080368	1,502788	
3b	0,443613	0,20861	0,07907	0,27166	0,031144	0,166856	0,125468	0,159803	1,486223	
4a	0,319848	0,203587	0	0,40653	0,189457	0,141545	0,076135	0	1,337101	
4b	0,348093	0,252158	0,063034	0,296251	0,18379	0,149207	0,125468	0,013976	1,431977	
5	0	0,495402	0,074735	0,437887	0,168465	0,161811	0,025341	0,00971	1,373352	

Tablo 5.16. Fuzzy negatif çözüme olan uzaklıklar

										di-
1a	0	0,317637	0,237287	0,308083	0,127194	0,092667	0,060431	0,033033	1,176332	
1b	0,03095	0,478983	0,125687	0,287918	0,14263	0,235303	0,178004	0,013976	1,493451	
2a	0,292784	0,371098	0,046375	0,437887	0,173877	0,101101	0	0,127095	1,550219	
2b	0,33507	0,488488	0	0,35392	0,189457	0,217288	0,078028	0,083831	1,746081	
3a	0,29863	0,231954	0,328473	0,217528	0,144253	0	0,029233	0,081726	1,331797	
3b	0,288153	0,29532	0,313849	0,168321	0,159374	0,069216	0,053191	0	1,347424	
4a	0,419397	0,295664	0,391491	0,032099	0	0,094074	0,105208	0,159803	1,497736	
4b	0,388895	0,245301	0,328473	0,141873	0,008907	0,088058	0,053191	0,149624	1,404323	
5	0,73167	0	0,320782	0	0,023732	0,075736	0,152943	0,154096	1,45896	

Böylece 9 farklı toplama senaryosunun kriterlere göre beş karar verici tarafından yapılan değerlendirmeye göre beğenilirlik sıralaması Tablo 5.17'de verilmiştir.

Tablo 5.17. Kriterlere göre yapılan sıralama

Senaryo		Değer	Sıralama
1a	Hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması.	0,58508	1
1b	Hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada iki gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması	0,47282	6
2a	İkili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada bir gün toplanması	0,45342	8
2b	İkili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada iki gün toplanması	0,3832	9
3a	Her mahalleye mobil atık toplama kumbaralarının yerleştirilmesi ve haftada bir kez toplanması	0,53016	2
3b	Her mahalleye mobil atık toplama kumbaralarının yerleştirilmesi ve haftada iki kez toplanması	0,52449	3
4a	Mahallelerde atık aktarma istasyonlarının kurulması ve vatandaşların geri dönüştürülebilir atıklarını bedelli atık getirme istasyonlarına kendi imkanları ile getirmesi	0,47167	7
4b	Mahallelerde atık aktarma istasyonlarının kurulması ve vatandaşların geri dönüştürülebilir atıklarını bedelsiz atık getirme istasyonlarına kendi imkanları ile getirmesi	0,50487	4
5	Ambalaj atıklarının mahallelere konulacak SMART BIN'lerde toplanması	0,48489	5

5.5. Duyarluluk Analizi

MCDM çalışmalarında son yıllarda karar problemini oluşturan kriterlerin ağırlıklandırılmasında ve alternatiflerin sıralamasında farklı yöntemler bir araya getirilerek birçok karma model geliştirilmiş ve çok kriterli karar verme yöntemleri çeşitlenmiştir. Literatürde bu yöntemlerin sonuçlarının güvenilirliğini test etmek için belirli bir model uygulanması konusunda fikir birliği yoktur. Bununla birlikte, çalışmalar yöntemin etkin bir şekilde uygulanmasında parametrelerdeki değişiklikler altında en iyi seçeneğin kararlılığını veya davranışını değerlendirmek için duyarlılık analizinin kullanılmasını önermektedir. Duyarluluk analizi, ortaya konan modelin girdilerinde yapılan değişikliklerin modelin ıktıları üzerindeki etkilerini araştırmak amacı ile yapılır. Bu sayede, MCDM analiz sonuçlarının sağlamlığı ve güvenilirliği değerlendirilmiş olur.

Değerşen zaman koşullarına göre değerlendirilen kriterlerde değeriklikler olabilir. Kriter ağırlıklarına bağlı olarak alternatiflerin sıralaması da değerşebilir. Önerilen modelin güvenilirliğini test edebilmek için, kriter ağılıklarında oluşabilecek küçük değerikliklerin, alternatiflerin sıralamasını nasıl etkilediğini belirlemek gerekir. Bu bölümde, dört farklı durum altında çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlık değerleri değerştirilmiş ve alternatiflerin sıralaması yeniden ortaya konarak Fuzzy TOPSIS yönteminin duyarlılık analizi yapılmıştır.

Durum 1: Yatırım maliyeti oluşturulan senaryoları önemli ölçüde etkilediği için ilk durumda yatırım maliyetinin önem ağırlığı orta seçilmiştir. Tablo 5.18'de yatırım maliyeti kriterlerine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 5.18. Yatırım maliyeti kriterine göre hesaplanan yeni kriter ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Eski değerler	0,82;0,94;0,98	0,82;0,96;1	0,7;0,9;1	0,38;0,58;0,76	0,26;0,46;0,66	0,38;0,58;0,76	0,58;0,78;0,92	0,44;0,6;0,74
Yeni değerler	0,3;0,5;0,7	0,82;0,96;1	0,7;0,9;1	0,38;0,58;0,76	0,26;0,46;0,66	0,38;0,58;0,76	0,58;0,78;0,92	0,44;0,6;0,74

Tablo 5.18 incelendiğinde yeni değerlere göre yatırım maliyetinin ağırlıklandırılması orta verilmiştir ve oluşan yeni sıralama tablo 5.19 da verilmiştir.

Tablo 5.19. Yatırım maliyeti kriterine göre oluşturulan yeni sıralama

Senaryo	Değer	Sıralama
1a	0,534060045	2
1b	0,413874002	8
2a	0,438766041	7
2b	0,366275262	9
3a	0,525276777	3
3b	0,515015611	4
4a	0,481683581	6
4b	0,513262489	5
5	0,544576708	1

Oluşturulan yeni sıralamaya göre yatırım maliyetinin önemli bir kriter olduğu belirlenmiştir ve en yüksek oran senaryo 5, ambalaj atıklarının mahallelere konulacak SMART BIN’lerde toplanması olarak çıkmıştır. Çünkü SMART BIN’ler ile toplam atık kalitesini yükseltecek, halkın katılımı yüksek olacak ve sokak toplayıcı riskini düşürecek fakat normal koşullarda yatırım maliyeti çok yüksek bir toplama sistemidir. Yatırım maliyetinin kriter ağırlıklandırmasını orta olarak değerlendirdiğimizde; SMART BIN’ler için yüksek yatırım maliyeti gerektiğinden bu analizde optimum senaryo olarak belirlenmiştir. İkinci sırada ise çalışmamızda belirlediğimiz optimum senaryo olan senaryo 1a, hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması olarak belirlenmiştir.

Durum 2: Yatırım maliyeti kadar işletme maliyeti de oluşturulan senaryoları önemli ölçüde etkilediği için bu durumda işletme maliyeti orta olarak seçilerek duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 5.20’de işletme maliyeti kriterlerine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları verilmiştir

Tablo 5.20. İşletme maliyeti kriterlerine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Eski değerler	0,82;0,94 ;0,98	0,3;0,5 ;0,7	0,7;0 ;9;1	0,38;0,58 ;0,76	0,26;0,46 ;0,66	0,38;0,58 ;0,76	0,58;0,78 ;0,92	0,44;0,6; 0,74
Yeni değerler	0,3;0,5;0, 7	0,82;0, 96;1	0,7;0 ;9;1	0,38;0,58 ;0,76	0,26;0,46 ;0,66	0,38;0,58 ;0,76	0,58;0,78 ;0,92	0,44;0,6; 0,74

Tablo 5.20' de görüldüğü gibi işletme maliyeti kriteri orta olarak ağırlıklandırıldığında oluşan yeni sıralama tablo 5.21'de verilmiştir.

Tablo 5.21. *İşletme maliyeti kriterine göre oluşturulan yeni sıralama*

Senaryo	Değer	Sıralama
1a	0,60385	1
1b	0,50746	4
2a	0,47244	7
2b	0,41407	9
3a	0,53247	3
3b	0,53804	2
4a	0,47984	6
4b	0,50682	5
5	0,44216	8

İşletme maliyetine göre yapılan duyarlılık analizi sonucu en iyi senaryonun çalışmamızla aynı sonucu verdiği görülmüştür. Senaryo 1a, hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması optimum senaryo olarak belirlenmiştir ve sıralamada senaryo 3b, her mahalleye mobil atık toplama kumbaralarının yerleştirilmesi ve haftada bir kez toplanması takip etmiştir. Oluşturulan yeni ağırlıklandırmaya göre en sonuncu senaryo 2b, ikili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada iki gün toplanması olarak belirlenmiştir. Her ne kadar işletme maliyeti orta olarak seçilse de diğer kriterler atık kalitesi sokak toplayıcı riskinin önemini bu ağırlıklandırma ile ne kadar önemli olduğu ortaya konulmuştur. İşletme maliyeti toplama sistemini etkileyen önemli kriterlerden bir tanesidir. Araç, yakıt, personel masrafları gibi etkenler toplama sistemini önemli ölçüde etkilemektedir. Duyarlılık analizinde işletme maliyeti orta olarak ağırlıklandırıldığında diğer kriterlerde göz önüne alındığında çalışmamızla yaklaşık sonuçlar elde edilmiştir.

Durum 3: Son zamanlarda ülkemizde giderek artan yetkisiz sokak toplayıcılarının siteme etkisi bilinmektedir. Bu durumda sokak toplayıcı riskini orta olarak ağırlıklandırılarak duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 5.22'de sokak toplayıcı riski kriterlerine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 5.22. Sokak toplayıcı riski kriterlerine göre hesaplanan yeni kriter ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Eski değerler	0,82;0,94 ;0,98	0,3;0,5; 0,7	0,7;0, 9;1	0,38;0,58 ;0,76	0,26;0,46 ;0,66	0,38;0,58 ;0,76	0,58;0,78 ;0,92	0,44;0,6; 0,74
Yeni değerler	0,82;0,94 ;0,98	0,82;0, 96;1	0,7;0, 9;1	0,3;0,5;0, 7	0,26;0,46 ;0,66	0,38;0,58 ;0,76	0,58;0,78 ;0,92	0,44;0,6; 0,74

Tablo 5.22’de oluşturulan yeni ağırlıklandırmalara göre oluşan sıralama tablo 5.23’te verilmiştir.

Tablo 5.23. Sokak toplayıcı riski kriterine göre oluşturulan yeni sıralama

Senaryo	Değer	Sıralama
1a	0,59092	1
1b	0,47559	6
2a	0,46154	7
2b	0,38709	9
3a	0,53126	2
3b	0,52347	3
4a	0,46333	8
4b	0,502	4
5	0,47565	5

Oluşan yeni sıralamada karar vericilere göre yapmış olduğumuz fuzzy topsise yakın sonuçlar çıkmıştır. En optimum senaryo 1a, hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması olarak belirlenmiştir. Bu sıralamayı senaryo 3a takip etmektedir. Yatırım, işletme maliyetleri ve atık kalitesinin öneminden ötürü en kötü senaryo 2b, ikili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada iki gün toplanması olarak belirlenmiştir.

Durum 4: Halkın katılımı senaryoları etkileyen önemli kriter olmasından dolayı yüksek kriter ağırlıklandırmaları yaparak duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Tablo 5.24’de halkın katılımı kriterine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 5.24. *Halkın katılımı kriterine göre hesaplanan yeni kriter genel ağırlıkları*

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Eski değerler	0,82;0,94 ;0,98	0,3;0,5 ;0,7	0,7;0 ;9;1	0,38;0,58 ;0,76	0,26;0,46 ;0,66	0,38;0,58 ;0,76	0,58;0,78 ;0,92	0,44;0,6; 0,74
Yeni değerler	0,82;0,94 ;0,98	0,3;0,5 ;0,7	0,7;0 ;9;1	0,38;0,58 ;0,76	0,26;0,46 ;0,66	0,38;0,58 ;0,76	0,9;1;1	0,44;0,6; 0,74

Tablo 5.24’de oluşturulan yeni kriter ağırlıklarına göre hesaplanan sıralama tablo 5.25’te verilmiştir.

Tablo 5.25. *Halkın katılımı kriterine göre oluşturulan yeni sıralama*

Senaryo	Değer	Sıralama
1a	0,58824	1
1b	0,46402	7
2a	0,46359	8
2b	0,38707	9
3a	0,53705	2
3b	0,52863	3
4a	0,46881	6
4b	0,50938	4
5	0,47879	5

Halkın katılımının yüksek ağırlıklandırılması ile oluşan yeni sıralamada en optimum senaryo çalışmamızla aynı olan senaryo 1a, hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması olarak belirlenmiştir. Daha sonra sıralamayı senaryo 3a ve 3b takip etmiştir. Mobil atık kumbaraları ile ambalaj atıklarının toplanması halkın katılımı açısından uygun yöntemlerdir. Aynı zamanda bu tarz toplama sistemlerinde sokak toplayıcı riski oldukça düşüktür. Fakat bu sistemlerin kurulması oldukça yüksek yatırım maliyeti gerektirmektedir. Yapılan bu son durumda en kötü senaryo 2b, ikili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada iki gün toplanması olarak belirlenmiştir. Her ne kadar halkın katılımı önemli bir etken olsa da ikili toplama sistemi hem sokak toplayıcı bakımından hem de atık kalitesini önemli derecede düşüreceğinden ülkemizde uygun bir toplama sistemi değildir

5.6. Bulgular ve Değerlendirme

Yapılan çalışmaya göre 9 farklı toplama sistemi senaryosundan en uygun sonucun **Senaryo 1a, hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması**, olduğu, en olumsuz durumun ise **Senaryo 2b, İkili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada iki gün toplanması** olduğu belirlenmiştir. İkili toplama sistemi hem yatırım hem de işletme maliyeti açısından oldukça problem teşkil etmektedir. Kumbaraların çöp konteynerlerinin yanına konumlandırılması sokak toplayıcılarının değerlendirilebilir atıklara kolaylıkla erişebilmesine olanak sağlamasından ve halkın çöp konteynerleri yerine ambalaj atığı biriktirme ekipmanlarına çöp atmaları nedeniyle atığın kalitesini düşüren bir sistemdir. Hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının konulması, halkın katılımı açısından oldukça önemlidir. Çünkü katılımcılar biriktirdikleri ambalaj atıklarını kendilerine en yakın bölgeye atmaya daha yatkındırlar. Aynı zamanda atıklar kapalı alanda biriktirildiği için, koku problemi oluşmaması açısından değerlendirilemeyen atıkların atılması oldukça düşük olmaktadır. Atıkların mahallelerden haftada bir gün toplanması işletme maliyeti (mazot, personel) açısından çok önemlidir ve haftada bir gün toplama yapılmasıyla toplama süresinde önemli kazançlar elde edilebilir. Atıklar yetkisiz toplayıcıların ulaşamayacağı yerde biriktirildiği için hem atık hacminde hem de değerli atıkların kaybında önemli kazançlar elde edilebilmektedir.

6. SONUÇ

Kentsel katı atık yönetiminin sağlıklı ve sürdürülebilir bir şekilde kurulmasında ilk aşama olan toplama-ayırma sisteminin doğru kurgulanması oldukça büyük bir öneme sahiptir. O nedenle ana motivasyon kaynağı hem yerel yönetimlerin hem de lisanslı firmaların toplama sistemlerini kurmalarında yardımcı olmak amacıyla yapılan bu çalışmada 9 farklı senaryo oluşturulmuş ve 8 kriter belirlenmiştir.

Karar verme süreci genellikle zor bir süreç olarak görülmektedir. Özellikle belirsiz ortamlarda, pek çok kriterin varlığı altında, birden fazla karar vericinin yer aldığı ve çok sayıda alternatifin içinden seçim yapılmasının gerekli olduğu durumlarda karar vermek güçleşmektedir. Belirsizlik altında MCDM yöntemlerinden biri olan Fuzzy TOPSIS, bu güçlüğü ortadan kaldırmak için geliştirilmiş olan bir yöntemdir. Yöntem sayesinde karar verme sürecinin daha kolay bir hale geldiği, belirsizliğin ortadan kaldırıldığı, karar vericiler arasında doğabilecek olası çatışmaların önüne geçildiği ve daha doğru kararlar verilebildiğini söylemek mümkündür.

Son yıllarda ambalaj atıkların toplanması işleminde giderek artan maliyetler (araç, yakıt, personel, işletme ve yatırım) göz önüne alındığında sistemlerin sürdürülebilirliği gittikçe zorlaşmaktadır. Kentsel katı atıklar içinde %25-30 civarında geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar bulunmakta ve evsel ambalaj atıklarının toplama maliyeti, zincir marketler ve alışveriş merkezlerinden çıkan atıklardan karşılanmaktadır. Yeni çıkan Sıfır Atık Yönetmeliği'ne göre sistemde bulunan zincir marketler ve alışveriş merkezleri Sıfır Atık Belgelerini temin ettikleri için atıklarını bedelli vermeye başlamışlardır. Bu durum toplama sisteminin devam etmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Mevcut durumda daha önce de belirtildiği üzere, 31.12.2020 tarihi itibarıyla yetkilendirilmiş kuruluşlardan (ÇEVKO, PAGÇEV v.b) destek alınamamaktadır.

Aynı zamanda yetkisiz toplayıcıların sayısının giderek artması, belediye sınırları içerisinde bulunan ekipmanların yetkisiz toplayıcılar tarafından boşaltılması, toplama sisteminin yürütülmesinde ciddi aksaklıklar meydana getirmektedir. Atık Toplayıcıları ile ilgili genelgeye göre yetkisiz toplayıcıların yasal hale getirilmesi uygulamasının da toplama sistemine büyük zarar vereceği düşünülmektedir.

Yapılan çalışmaya göre toplama- ayırma tesisleri için en optimum senaryo hanelerin ortak kullanım alanına atık biriktirme kutularının bırakılıp haftada bir gün kapıdan sıkıştırılmalı araç ile toplanması olarak belirlenmiştir. Her ne kadar yatırım maliyeti

yüksek olsa da, hanelerin ortak kullanım alanlarında bulunan atık biriktirme kutuları dışarıda bulunmadığı için atık kalitesinin yüksek olması ve sokak toplayıcıların ulaşamayacakları yerde olduğundan oldukça önemli bir toplama sistemidir. Atık biriktirme kutuları hanelere yakın yerde bulunduğundan halkın katılımı da bu noktada çok yüksektir. Biriken atıkların haftada bir gün toplanması, işletme maliyeti açısından büyük bir kazanca sebep olmaktadır. Atık biriktirme kutuları genellikle apartman içlerinde veya kapalı site içlerinde bulunduğundan sokak toplayıcılarının bu atıklara erişmesi pek mümkün olmamaktadır. Yapılan çalışmaya göre en götü senaryo 2b, İkili toplama sistemi doğrultusunda çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması ve haftada iki gün toplanması olarak belirlenmiştir. Burada çöp konteynerlerinin yanına ambalaj atığı ekipmanlarının konulması hem yüksek yatırımlar gerektirmektedir hem de işletme maliyeti çok yüksektir. Vatandaşların çöp konteynerleri yanında bulunduğu için bu ekipmanlara çöp atma oranı çok yüksek olmaktadır. Aynı zamanda bu sistemde, sokak toplayıcıları biriktirilen atıklara çok rahatlıkla ulaşmış olup, içlerinden değerli atıkları seçme riski çok yüksektir.

Çalışmanın sonuçlarında da görüldüğü gibi, halkın katılımı, atık kalitesi, sokak toplayıcısı riski, alan sınırlamaları ve maliyetler toplama sistemleri konusunda önemli kriterlerdir. Bundan dolayı, halkın özellikle de kaynağında atık ayrıştırılması konusunda bilinçlendirilmesi, geri dönüştürülecek her atığın faydaları ve kazanımlarının neler olabileceği konusunda, her kesimden insanı kapsayacak farkındalık çalışmalarının yapılması gerekliliği görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Adib, A. Mahapatro, M. (2022). Private sector involvement in waste management of metropolises: Insights from Dhaka city, *Waste Management*, 143-151
- (2021). *Akıllı Toplama Sistemleri Teknoloji İnceleme Raporu*. Ankara. T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.
- Alsobky, A. Ahmed, M. Agrody, S. Araby, K. (2023). A smart framework for municipal solid waste collection management: A case study in Greater Cairo Region, *Ain Shams Engineering Journal*,
- Arsu, T., (2018). *Geri Dönüştürülebilir Ambalaj Atıklarının Toplama Ayırma Tesisleri Etkinliklerinin Hibrid Bir Model Önerisi İle İncelenmesi*. Doktora Tezi. Aksaray: Aksaray Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bilgili, M. Y. (2021). Sıfır atık yaklaşımının kökenleri ve günümüzdeki anlamı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(40), 683-703.
- Bilgili, M. Y., (2020). Katı Atık Yönetiminde Kullanılan Bazı Kavramlar ve Açıklamaları, *Avrasya Terim Dergisi*, 8 (2): 88-97
- Bilici, İ., (2012) *Atık Plastiklerden Kompozit Malzeme Üretimi Ve Karakterizasyonu*.Doktora Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- (2017). *Sıfır Atık El Kitapçığı*. Ankara. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Çınar, S., (2019). *Ekonomik Değere Dönüşümü ve Atık Toplayıcılarının Bu Dönüşümdeki Rolü*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Darmian, S. M. Moazzeni, S. (2020). Multi-objective sustainable location-districting for the collection of municipal solid waste: Two case studies, *Computers & Industrial Engineering*
- Demir, K., (2019). *Adana İlinde Sıfır Atık Projesinin Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi. Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Demircan, G. B. Yetilmezsoy K. (2023). A Hybrid Fuzzy AHP-TOPSIS Approach for Implementation of Smart Sustainable Waste Management Strategies, *Sustainability* 2023, 15, 6526.
- Dündar, S., Ecer, F., Özdemir, S.i.,(2007). Fuzzy Topsis Yöntemi İle Sanal Mağazaların Web Sitelerinin Değerlendirilmesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21/1

- Ecer, F., (2007). *FuzzyTopsis Yöntemiyle İnsan Kaynağı Seçiminde Adayların Değerlendirilmesi*. Doktora Tezi. Afyonkarahisar: Afyon Kocatepe Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü
- European Commission (EC), (2011). *A Resource-Efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy*.
- Feng, J. Xu, X. S. Xu, G. Çeng, H. (2022). An integrated decision-making method for locating parking centers of recyclable waste transportation vehicles, *Transportation Research Part E*, 157
- Gadaleta, G. Gisi, D.S. Todaro, F. Camparo, V. Teodosiu, C. Notarnicola, M. (2022). Sustainability assessment of municipal solid waste separate collection and treatment systems in a large metropolitan area, *Sustainable Production and Consumption*, 328-340
- Garcia,G. (2022). Using Multi-Criteria Decision-Making to optimise solid waste management, *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, Metrics for Sustainable Chemistry
- Glaser S., (2022). A waste collection problem with service type option. *European Journal of Operational Research*, 1216-1230
- Güneş, H., (2019). *Ambalaj Atıklarının Toplanması Karşılaşılan Sorunlar Ve Çözüm Önerileri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ: Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Gürbüz, F. Çavdarıcı, S. (2018). Geri dönüşüm sektörüne ilişkin sorun alanlarının dematel ve gri dematel yöntemiyle değerlendirilmesi. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 285-301
- Hung, M. Ma, H. Yang, W. (2007). A novel sustainable decision making model for municipal solid waste management, *Waste Management*.
- Maden, S., (2014). *Ambalaj Atıkları Toplama Ayırma Tesislerinin Kurulması, Maliyet Analizleri*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Oruç, K.Ş. (2021). *Uygulamada Karşılaşılan Engellerin Pisagor Bulanık Ahp Yöntemi İle Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Özkan, A., (2008). *Kentsel Katı Atık Yönetim Sistemlerinin Oluşturulmasında Farklı Karar Verme Tekniklerinin Kullanımı*. Doktora Tezi. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Perez, C. Arroyo, P. Richards, C. Mourgues C. (2021). Residential curbside waste collection programs design: A multicriteria and participatory approach using choosing by advantages, *Waste Management*, 267-274
- Rossi, M. Papetti, A. Germani, M. (2022). A comparison of different waste collection methods: Environmental impacts and occupational risks, *Journal of Cleaner Production*
- Saldivia- Gonzatti, I. L. Jannes, G. Barreal, J. (2022). Factors influencing the rate of sorted solid waste collection: An empirical analysis towards local management in Catalonia (NE Spain), *Cities* 131
- Sayar. Ş., (2012). *Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi Ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Torkyesh, A. E, Rajaeifar, A. M. Rostom, M. Malmir, B. Yazdani, M. Suh, S. Heidrich, O. (2022). Integrating life cycle assessment and multi criteria decision making for sustainable waste management: Key issues and recommendations for future studies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
- Ulaşlı K. (2018). *Gerı Kazanılabilir Atıkların Yönetimi Ve Sıfır Atık Projesi Uygulamalar: Kadıköy Belediyesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gaziantep: Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- (2023). *Ulusal Atık Yönetim ve Eylem Planı*. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Yadav, V. Karmakar, S. (2020). Sustainable collection and transportation of municipal solid waste in urban centers, *Sustainable Cities and Society*,53
- Zeimi, M. B. Rasaffi, A. A. (2021). Designing an integrated municipal solid waste management system using a fuzzy chance-constrained programming model considering economic and environmental aspects under uncertainty, *Waste Management*, 268-279
- http-1:**<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Atik-Istatistikleri-2020-37198> (Erişim tarihi: 29 Temmuz 2023)
- http-2:**<https://sifiratik.gov.tr/content/files/uploads/24/MAV%C4%B0.pdf> (Erişim tarihi:30 Temmuz 2023)

- http-3:**<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/06/20210626-18.htm> (Erişim tarihi: 08 Ağustos 2023)
- http-4:** <https://sifiratik.gov.tr/plastik-atik> (Erişim:31 Temmuz 2023.
- http-5:**<https://www.waste360.com/recycling/bin-e-creates-contactless-smart-bin> (Erişim tarihi: 9 Ağustos 2023)
- http-6:**<https://www.aa.com.tr/tr/yesilhat/sifir-atik/hangi-ulke-copunu-nasil-ayristiriyor/1819504#:~:text=%C4%B0talya%E2%80%99da%20ise%20%C3%A7%C3%B6pler,almay%C4%B1p%20yerinde%20b%C4%B1rak%C4%B1yor.> (Erişim tarihi: 30 Temmuz 2023)
- http-7:**https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/packaging-waste_en (Erişim tarihi: 6 Ağustos 2023)
- http-8:**<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:121207> (Erişim tarihi: 6 Ağustos 2023)
- http-9:**https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/implementation-waste-framework-directive_en (Erişim tarihi: 6 Ağustos 2023)
- http-10:**<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/07/20190712-9.htm> (Erişim tarihi: 29 Temmuz 2023)
- http-11:**<https://webdosya.csb.gov.tr/db/cygm/icerikler/gng20022-6at-ktoplay-c-lar--20220622132541.pdf> (Erişim tarihi: 29 Temmuz 2023)
- http-12:** <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr> (Erişim tarihi: 10 Ağustos 2023)

ÖZGEÇMİŞ

ORCID ID : 0009-0005-9595-4708

Adı Soyadı : Esra MUTLU

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2017, Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü
- 2018, Benli Geri Dönüşüm, Çevre Mühendisi
- 2018, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Teknolojileri Tezli YL
- 2019, ABD Yatırım Hizmetleri ve Danışmanlık, Çevre Mühendisi
- 2020, Odunpazarı Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü, Çevre Mühendisi
- 2021, Akka Çevre Atık Yönetimi San. ve Tic. A.Ş., Çevre Mühendisi, Yönetici

