

**KÜÇÜK YERLEŞİM BİRİMLERİNDE ENTEGRE KATI ATIK  
YÖNETİMİ: BURSA İLİ, YENİŞEHİR İLÇESİ, YOLÖREN  
BELDESİ ÖRNEK ÇALIŞMASI**

**Buşra DEMİRCİ**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KÜÇÜK YERLEŞİM BİRİMLERİNDE ENTEGRE KATI ATIK YÖNETİMİ:  
BURSA İLİ, YENİŞEHİR İLÇESİ, YOLÖREN BELDESİ ÖRNEK  
ÇALIŞMASI**

**Buşra DEMİRCİ**

Orcid No: 0000-0003  
3499-7956

Prof. Dr. Taner YONAR  
(Danışman)

Orcid No: 0000-0002-  
0387-056

YÜKSEK LİSANS  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2020

## TEZ ONAYI

Buşra DEMİRCİ tarafından hazırlanan “Küçük Yerleşim Birimlerinde Entegre Katı Atık Yönetimi: Bursa İli, Yenişehir İlçesi, Yolören Beldesi Örnek Çalışması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Taner YONAR

**Başkan** : Prof. Dr. Taner YONAR  
Orcid No: 0000-0002-0387-056

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Feza KARAER  
Orcid No: 0000-0002-2986-0114

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Nurtaç ÖZ  
Orcid No:0000-0003-2204-6993

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

28/12/2020

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başkibir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

28.02.2020

**Buşra DEMİRCİ**

*B. Demirci*

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KÜÇÜK YERLEŞİM BİRİMLERİNDE ENTEGRE KATI ATIK YÖNETİMİ: BURSA İLİ,  
YENİŞEHİR İLÇESİ, YOLÖREN BELDESİ ÖRNEK ÇALIŞMASI

**Buşra DEMİRCİ**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Taner YONAR

Bu çalışmada entegre katı atık yönetiminin küçük yerleşim birimlerinde uygulanabilirliği değerlendirilmektedir. Bu amaçla çalışma beş bölümde tamamlanmıştır. Birinci bölüm, giriştir. İkinci bölümde, kavramsal ve kuramsal çerçeveye yer verilmiştir. Burada katı atık kavramı ve sınıflandırılması, entegre katı atık yönetimine duyulan ihtiyaç, entegre katı atık yönetiminin faydaları, özellikleri ve adımları ele alınmıştır. Üçüncü bölüm, çalışmanın metodolojisini oluşturmaktadır. Burada öncelikle çalışma alanı hakkında bilgiler verilmiştir. Ardından çalışmada izlenecek adımlar açıklanmıştır. Dördüncü bölüm, bulguların sunulduğu ve tartışıldığı bölümdür. Burada öncelikle çalışma alanı olan Bursa Yenişehir ilçesi Yolören Mahallesi'nde mevcut katı atık yönetimi sunulmuştur. Ardından entegre katı atık yönetimi için nüfus ve katı atık projeksiyon çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen projeksiyon doğrultusunda entegre katı atık yönetimi adımları oluşturulmuştur. Beşinci bölüm ise çalışmada yapılan uygulamaların genel bir değerlendirmesinin sunulduğu sonuç bölümüdür.

**Anahtar Kelimeler:** Entegre katı atık yönetimi, Katı atık, Katı atık projeksiyonu, Katı atık yönetimi, Küçük yerleşim birimleri, Yolören Mahallesi

**2020, viii + 55 sayfa.**

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **INTEGRATED SOLID WASTE MANAGEMENT IN SMALL SETTLEMENT UNITS: CASE STUDY OF BURSA PROVINCE, YENİŞEHİR DISTRICT, YOLÖREN NEIGHBORHOOD**

**Buşra DEMİRCİ**

Bursa Uludag University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Taner YONAR

In this study, the applicability of integrated solid waste management in small settlements is evaluated. For this purpose, the study has been completed in five sections. The first section is the introduction. In the second section, the conceptual and theoretical framework is given. Here, the concept and classification of solid waste, the need for integrated solid waste management, the benefits, features and steps of integrated solid waste management are discussed. The third section is the methodology of the study. Here, information is given about the study area firstly. Then the steps to be followed in the study are explained. The fourth section is designated for the presentation and discussion of the findings. Here, primarily the solid waste management is presented which exists in the Yolören Neighborhood of Yenişehir District of Bursa Province, the study area. Then, the population and solid waste projection studies are conducted for integrated solid waste management. In line with the projection obtained, integrated solid waste management steps are formed. The fifth section is the conclusion where a general evaluation of the practices performed in the study is presented.

**Keywords:** Integrated solid waste management, Solid waste, Solid waste projection, Solid waste management, Small settlement units, Yolören Neighborhood

**2020, viii + 55 pages.**

## TEŞEKKÜR

Tez alıőmam esnasında değerli bilgi ve tecrübeleri ile bana yol gösterici olan ve önerilerini göstermekten kaçınmayan, benden desteğini hiçbir zaman esirgememiő olan kıymetli danışman hocam sayın Prof. Dr. Taner YONAR'a,

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim süresince maddi manevi katkıları ile benim her zaman destekçim olan annem Züleyha DEMİRCİ, babam Cihan DEMİRCİ, kız kardeşim Neslihan DEMİRCİ ve sevgili eşim Mustafa AKKOYUN'a,

Tez yazım sürecim boyunca yardımını hiç esirgemeyen kıymetli arkadaşım Fanar SHAKIR'e sonsuz teşekkürler ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI .....	3
2.1. Katı Atık Kavramı ve Sınıflandırılması.....	3
2.1.1. Kentsel Katı Atıklar .....	4
2.1.2. Tehlikeli Katı Atıklar.....	5
2.2. Entegre Katı Atık Yönetimine Olan İhtiyaç .....	6
2.3. Entegre Katı Atık Yönetiminin Tanımı ve Faydaları .....	8
2.4. Entegre Katı Atık Yönetiminin Özellikleri.....	9
2.5. Entegre Katı Atık Yönetiminin Temel Bileşenleri .....	10
2.5.1. Atık Miktarını Azaltma .....	11
2.5.2. Geri Dönüşüm .....	13
2.5.3. Atık Dönüşümü.....	13
2.5.4. Atıktan Enerji Eldesi İçin Yakma .....	17
2.5.5. Düzenli Depolama .....	19
2.6. Entegre Katı Atık Yönetiminin Adımları .....	20



2.6.1. Yasal Mevzuatların İncelenmesi .....	20
2.6.2. Mevcut Atık Yönetiminin İncelenmesi .....	21
2.6.3. Atık Karakterizasyonu .....	21
2.6.4. Gelecek Nüfusun Belirlenmesi ve Oluşabilecek Atık Miktarının Tespiti .....	21
2.6.5. Atıkların Toplanması ve Taşınması.....	22
2.6.6. Geri Kazanılabılır Atıkların Toplanması ve Geri Dönüşüm Hedefleri .....	22
2.6.7. Organik Atıkların Ayrı Toplanması .....	24
2.6.8. Atıkların Transferi .....	24
2.6.9. Katı Atıkların Bertarafı.....	25
2.6.10. Özel Atıkların Ayrı Toplanması .....	25
2.6.11. Eğitim ve Bilinçlendirme Çalışmaları .....	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	28
3.1. Araştırma Alanı .....	28
3.1.1. Coğrafi Yapı.....	28
3.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü.....	30
3.1.3. Nüfus.....	31
3.2. Bursa Entegre Katı Atık Yönetimi Planı .....	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	33
4.1. Yolören Mahallesi Mevcut Katı Atık Yönetimi .....	35
4.1.1. Evsel Nitelikli Katı Atık Miktarı.....	35
4.1.2. Mevcut Ambalaj Atıkları Miktarı .....	35
4.2. Biriktirme, Toplama, Taşıma ve Bertaraf İşlemleri .....	36
4.3. Yolören Mahallesi Entegre Katı Atık Yönetimi .....	38
4.3.1. Nüfus Projeksiyonu .....	38
4.3.2. Katı Atık Projeksiyonu .....	40

4.3.3. Katı Atık Karakterizasyonu .....	44
4.4. Biriktirme, Toplama, Taşıma ve Bertaraf Yöntemleri .....	47
5. SONUÇ .....	52
KAYNAKLAR .....	54
ÖZGEÇMİŞ .....	56

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ADNKS	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
EKAY	Entegre Katı Atık Yönetimi
KAKY	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
RDF	Atık Kaynaklı Yakıt Üretimi (Refuse Derived Fuel)
SKS	Bölgede Sabit Konteynır Sistemi
TAKY	Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
UNEP	Birleşmiş Milletler Çevre Programı

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
CH <sub>4</sub>	Metan
CO <sub>2</sub>	Karbondiyoksit
H <sub>2</sub> S	Hidrojen Sülfür
NH <sub>3</sub>	Amonyak

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Temel atık üretim şeması .....	7
Şekil 2.2. Entegre katı atık yönetiminin bileşenleri önem sıralaması .....	11
Şekil 2.3. Atık azaltmanın proses bazında yapılması .....	12
Şekil 2. 4. Kompostlaştırma işlemi.....	14
Şekil 3.1. Bursail haritası .....	28
Şekil 3.2. Bursa ili yağış-sıcaklık grafiği.....	30
Şekil 3.3. Yenişehir ilçesi Yolören beldesi .....	33
Şekil 4.1. Entegre katı atık yönetim sisteminin unsurları .....	34
Şekil 4.2. Bursa'da ambalaj atıkları yönetimi .....	36
Şekil 4.3. Yenişehir evsel atık aktarma İstasyonu .....	36
Şekil 4.4. Yolören nüfus projeksiyongrafiği (2019-2051) .....	40
Şekil 4.5. Katı atık miktarlarının aylık dağılımı (2015-2018) .....	41
Şekil 4.6. Yolören katı atıkprojeksiyonu (2019-2051).....	44
Şekil 4.7. Yolören Katı Atık Karakterizasyon İçeriği Oranları .....	46
Şekil 4.8. 400 litrelik galvaniz çöp konteynırı .....	49
Şekil 4.9. Hidrolik Sıkıştırılmalı Çöp Kamyonu .....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Hızlı kompostlama için tavsiye edilen koşullar .....	15
Çizelge 2.2. Geri dönüşüm/kazanım hedefleri .....	23
Çizelge 3.1. İlçe isimleri, mahalle sayıları ve alan bilgileri .....	29
Çizelge 3.2. Bursa ilçelerininin 1965-2014 yılları arasındaki nüfus verileri.....	31
Çizelge 3.3. Bursa ilinin aldığı göç ve verdiği göç (2008-2018) .....	32
Çizelge 4.1. Yenişehir Yolören nüfusu (2013-2018).....	38
Çizelge 4.2. Yolören ilçesi nüfus projeksiyonu (2019-2051) .....	39
Çizelge 4.3. Yolören aylık ve yıllık net katı atık miktarları (2015-2017) .....	41
Çizelge 4.4. Yolören üretilen katı atık projeksiyonu.....	43
Çizelge 4.5. Yolören katı atık karakterizasyonu .....	45
Çizelge 4.6. 2017 yılı maliyet hesabı .....	46
Çizelge 4.7. Evsel katı atıklar için referans birim hacim ağırlık değerleri .....	48
Çizelge 4.8. Yolören gerekli konteyner projeksiyonu (2019-2051).....	49

## 1. GİRİŞ

İnsanların bilinçsiz bir şekilde tüketim yapmaları ve çevre problemlerinin yaşanması, doğal kaynakların hızlı bir şekilde azalmasına yol açmaktadır. Doğal kaynaklarda meydana gelen azalma ise ekonomik olarak endişe yaratmanın yanı sıra sürdürülebilir kalkınmayı da tehdit etmektedir. Sürdürülebilir kalkınma, bir sorunu çözerken çevresel ve sosyal-ekonomik durumların birlikte değerlendirilerek sonuca bağlanmasını ifade etmektedir. Bu durum sürdürülebilir bir kalkınma için çevresel problemleri mevcut ekonomik ve sosyal yapıyı göz önünde bulundurarak çözümlenmeyi zorunlu kılmaktadır (Battal 2011). Sürdürülebilir kalkınmanın temel öğelerinden biri de sürdürülebilir atık yönetimidir.

Sanayinin hızlı bir şekilde gelişmesi, kentleşme ve nüfus oranlarının artmasıyla birlikte atık türlerinin ve atık miktarlarının da ciddi oranda artmasına yol açmıştır. Atık kompozisyonunun değişikliğe uğraması sonucunda atık yönetimi de güçleşmiştir. Atığın oluşumundan bertaraf edilmesine kadar geçen süreçlerin bir bütün olarak birbiriyle uyumlu bir şekilde yürütülmesi son derece önemlidir. Bunun yanı sıra atık miktarının minimuma düşürülerek en az atık oluşumunun sağlanması atık yönetiminin en önemli basamağıdır. Atık yönetiminin amacı ise oluşan atıkların bertaraf edilerek ekonomiye ve çevreye olan etkilerinin minimuma indirilmesidir. Entegre atık yönetimi, belirlenen bir atık yönetimi hedefi çerçevesinde uygun yöntem, uygun işletme yöntemi ve uygun teknolojinin tespit edilmesi ve uygulanmasıdır. Entegre atık yönetimi, atıklar konusunu kapsayan bütün mevzuatlar çerçevesinde meydana getirilen bir yönetim şeklidir (Aras 2016).

Entegre Katı Atık Yönetimi (EKAY), atıkların çevreye verdikleri zararlı etkilerin farkına varılması, hızlı nüfus artışına paralel olarak oluşan atıkların depolanması için gereken alan sıkıntısı ve bilinçsiz tüketim sonucunda atık miktarının artmasıyla birlikte oluşan kaygılar sebebiyle ortaya çıkan ve geliştirilen bir sistem olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla Entegre Katı Atık Yönetimi, sürdürülebilir bir atık yönetimi için temel araç olarak nitelendirilmektedir. Çevresel konular Türkiye'nin Avrupa Birliği adaylığı sürecinde en çok zorlandığı hususlar arasında yer almaktadır. Türkiye'nin bu süreçte AB'nin katı atık ile ilgili direktiflerine kanunlar ve uygulama çerçevesinde uyum sağlaması gerekmektedir.

Dolayısıyla geçmiş yillarda öncelikli olmayan katı atık ve yönetimine yönelik problemler büyük ölçüde önem kazanmıştır. AB'nin sürdürülebilir atık yönetimi kapsamında oluşturduğu direktifleri yerine getirmek için etkili ve sağlam bir uygulamanın gerektiği bilinmektedir. Bu bağlamda oluşturulacak olan yapı kapsamında, atıkların kısa vadede ve uzun vadede çevreye vereceği zararları en aza indirmek amacıyla yeni bertaraf yöntemlerinin ve atık toplama-taşıma yöntemlerinin yer alması gerekmektedir (Battal 2011).

Bu çalışmada amaçlanan entegre katı atık yönetiminin kk yerleşim birimlerindeki uygulanabilirliğini belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda Bursa ili Yenişehir ilçesinde yer alan Yolören Mahallesi, alışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışmada öncelikle kavramsal ve kuramsal çerçeveye yer verilmiş, ardından Yolören Mahallesi katı atık verileri kullanılarak nüfus ve katı atık projeksiyonu yapılmıştır. Bunun yanında maliyet analizi ve katı atık karakterizasyonu ile Yolören Mahallesi'nde entegre katı atık yönetiminin sağlayacağı yararlar, mevcut durum da değerlendirilerek ortaya konulmuştur.

## **2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Katı Atık Kavramı ve Sınıflandırılması**

Katı maddelerin genel tanımı insanların veya hayvanların aktivitelerinden dolayı ortaya çıkan, herhangi bir işlevi olmayan ve kimsenin istemediği katı maddeler şeklindedir. Gündelik hayattan, sanayiden, ticaretten, madencilikten ve tarımdan dolayı katı atıklar oluşabilmektedir. Çöpler, yapı malzemelerinin atıkları, ticari işletmelerin atıkları, tıbbi atıklar ve atık suların işlenmesiyle oluşan çamurlar katı atıkların bazılarıdır.

1999 tarihli Dünya Bankası raporuna göre katı atıklar yedi kategoride toplanmaktadır (Pradhan 2008):

**Evsel atıklar:** Yerleşim yerlerinde gündelik hayatta oluşan gıda atıkları, kül ve diğer katı atıklardır.

**Endüstriyel atıklar:** Bu atıklar tehlikeli veya tehlikesiz olabilirler. Eğer atık toksik, yanabilir, paslı veya insan sağlığına potansiyel olarak tehlikeli ise bunlar tehlikeli atıklardır. Bu özellikleri göstermeyen tehlikesiz atıklar ise genellikle taşlar, mineraller, plastikler gibi atıklardır.

**Ticari atıklar:** Bu atıkları toptan yahut perakende satış yapan işletmeler, restoranlar, marketler, oteller ve benzeri işletmeler üretir.

**Kurumsal yerlerden gelen atıklar:** Bu tip atıklar okullardan, hastanelerden ve benzeri devlet kurumlarından gelmektedir.

**Belediye hizmetleri atıkları:** Kanalizasyonlardan veya arıtma tesislerinden çıkan çamurlar bu sınıftadır.

**Proses atıkları:** Genellikle arıtma proseslerinin sonucu olan atıklardır.

**Tarımsal atıklar:** Bunlar tarımsal etkinliklerden ileri gelen, çürümüş gıda ve benzeri atıklardır.



Endüstriyel atıkların geri kazanılması ve arıtma tesislerinde atıkların muamelesi günümüzde oldukça önemli hale gelmiştir. Evsel atıklar ise genellikle zararlı görülmemekle beraber bunların içerisinde de piller, boyalar gibi tehlikeli atıklar bulunabilmektedir.

Belediye atıkları şehirden şehre değişebilen atıklardır. Kimi şehirlerde bol bol bahçe ve gıda atıkları gibi nemli atıklar beklenebilirken kimi şehirlerde bunlardan çok kağıt, cam, deri veya plastik gibi kuru atıklar daha yaygın olmaktadır. Özel atıklar çoğunlukla tıbbi atıklardır. Temizlik malzemeleri ve piller gibi tehlikeli atıklar da özel atıklar olmaktadır.

Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği 14 Mart 1991 tarihinde Resmi gazetede yayınlanmıştır. 2005 tarihli tanıma göre katı atıklar kendisini üretenlerin almak istediği, toplumun huzurunun tesisi ve çevrenin korunması açısından düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gerekli olan katı maddeler ve arıtma çamurudur (ÇOB 2008).

Katı atık toplama, taşıma ve bertaraf süreçleri hem çevre için hem de halkın genel sağlığı için büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda katı atıkların kentsel katı atıklar, Endüstriyel Atıklar, Tarımsal ve Hayvansal Atıklar ile Tehlikeli Atıklar şeklinde dört kategoriye ayrılması uygundur. Bu çalışma daha çok kentsel katı atıklara yoğunlaşmaktadır (Toprak 1998).

### **2.1.1. Kentsel Katı Atıklar**

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY)'nin 20814 sayılı Resmi Gazete'de yayımlandıktan sonra yürürlüğe girmiş olduğu tarih 14.03.1991'dir. Evsel katı atığın tanımı "Konutlarda üretilen, tehlikeli veya zararlı özellik göstermeyen, kaynağı bahçeler, parklar, piknik alanları gibi yerler olan katı atıklar" olarak yapılmıştır (ÇOB 2005).

Evsel Katı Atıklar: Genel bir tanımlamayla mutfak atıkları, süprüntüler, pazar yerlerindeki çöpler, evsel atıksu arıtma tesislerinden çıkan çamurlar, ticari ve kurumsal atıklar bu kategoriye girmektedir. Evsel atıkların kaynağı yerleşim alanlarıdır ve gıda veya pet şişe, plastik, kağıt ve karton atıkları evsel atıklardır. Gıda atıkları yemeklerin pişirme hazırlanması, pişirilmesi ve yenmesi sırasında ortaya çıkan sebzeler, meyveler, artık yemekler, ekmekler gibi atık malzemelerdir (ÇOB 2005).

Ancak ayrışan bu atıklar hemen koku yaratır, dolayısıyla atık toplama sistemi bu durumu göz önünde bulundurarak tasarlanmalıdır. Bilhassa kış mevsiminde katı atıklar kül ve cüruf gibi ısınmadan kaynaklanan atıklar içerebilirler. Isınmada kömür ve odun gibi malzemelerin kullanımı ince pudralı yapıları olan külleri ve klinkerleri ortaya çıkarır (Toprak 1998).

**Ticari ve Kurumsal Atıklar:** Bu atıklar atölyeler, satış mağazaları, gıda satış noktaları, oteller, restoranlar, kafeteryalar, akaryakıt istasyonları, küçük ölçekli sanayi tesisleri, esnaf dükentsel katı atınları, bankalar ve ofislerden atılan atıklardır (Buenrosto ve ark. 2001).

**Park, Bahçe ve Pazaryeri Atıkları:** Bu tipteki atıklar ağırlıklı olarak organik atıklar olmaktadır. Bahçe ve park alanlarının bakımı sırasında sökülen bitkiler, kesilen ve toplanan yaprak ve dallar ile sebze-meyve atıkları bu kategoriye girerler. Bu atıkların bertaraf yöntemi yakma ya da kompostlaştırmadır (Buenrosto, Bocco, & Cram, 2001, s. 29).

**İnşaat, Yıkım ve Hafriyat Atıkları:** Yapılan yeni inşaatlar, eski yapıların yıkımı, yeni cadde açılması, restorasyon ve tamiratlar, yeni cadde inşası veya cadde genişletilmeleri gibi faaliyetler bu tip atıkları yaratmaktadır. Katı atık kategorisinde değerlendirilen bu atıklar yapılan işin maiyetine göre hurda olarak da görülebilmektedirler, dolayısıyla belli bir ekonomik değerleri olabilir.

**Arıtma Tesisi Atıkları:** Her türlü arıtma tesisinden elde edilen atıklardır ve yarı katı olarak elde edilmektedirler. Atık arıtma tesislerinden çıkan çamurların bazıları tehlikeli atık niteliği taşıyabilmektedir (Atmaca 2004).

**Tarımsal ve Hayvansal Atıklar:** Çiftlik, tarla ve benzeri tarımsal alanlarda ortaya çıkan atıklardır. Çeşitli hayvan çiftliklerinden hayvan dışkılarını ve kullanılmamış samanları içeren atıklar elde edilmektedir (Buenrosto ve ark. 2001).

### **2.1.2. Tehlikeli Katı Atıklar**

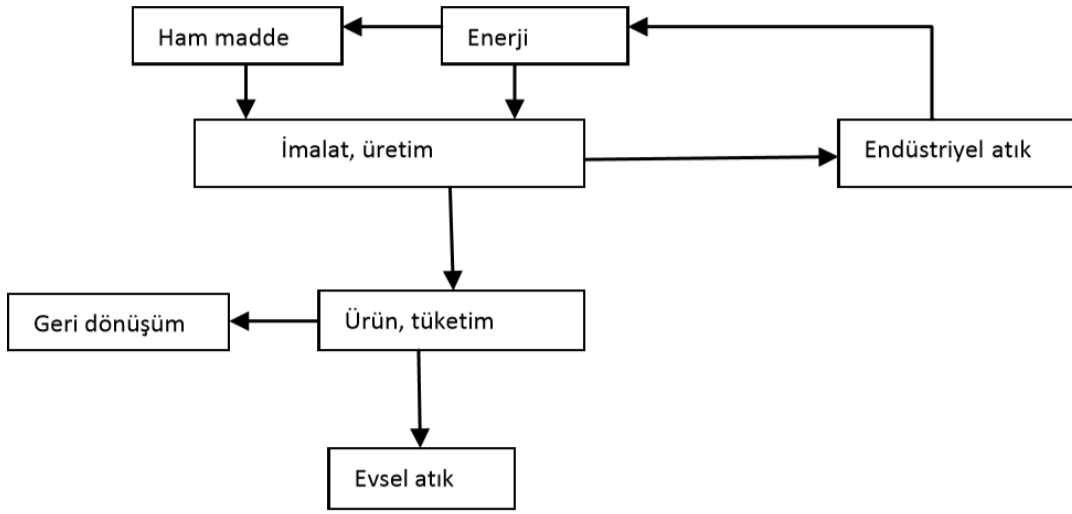
Ülkemizde yürürlükte olan KAKY uyarınca tehlikeli atıkların olası özellikleri şu şekilde sıralanır: patlayıcı, parlayıcı, kendiliğinden yanıcı, su ile reaksiyonundan parlayıcı gaz oluşturan, oksitleyici, peroksit içeren, toksik (zehirli), aşındırıcı ve hava veya suya

katılması ile zehirli olabilen. Atığın tehlikeli olması için bu niteliklerden bir veya daha fazlasını taşınması gerekir (ÇOB 2005). 20-22 Mart 1989 tarihinde Türkiye Basel sözleşmesini imzalayarak tehlikeli atıkların üretilmesini ve sınırları aşmasını minimize etme taahhüdü vermiştir. “Tehlikeli Atık Kontrolü Yönetmeliği (TAKY)” 22387 sayılı resmi gazetede 27 Ağustos 1989’da yayınlanmıştır ve tehlikeli atıkların açık bir listesini içeren bu yönetmelik Basel sözleşmesi temelinde oluşturulmuştur.

## **2.2. Entegre Katı Atık Yönetimine Olan İhtiyaç**

Birleşmiş Milletler Çevre Programı’nın (UNEP) 1996 yılındaki bildirisi uyarınca entegre katı atık yönetimi (EKAY) halihazırda var olan katı atık durumunun analiz edilmesi, iyileştirmeler yapılması ve yeni bir katı atık yönetimi geliştirilmeye ve bunun uygulamaya konması için çalışılması şeklinde nitelendirilmiştir (Seadon, 2006, s. 1327). Bu bağlamda eski yaklaşım karşılaşılan sorunun çözümü için tek bir alana yoğunlaşılması olmuştur. Örneğin sadece aktarma istasyonları veya taşıt güzergahları irdelenmiştir. Ancak daha sonradan bu yaklaşım ile sürdürülebilir atık yönetimine erişilemeyeceği açığa çıkmıştır (Morrissey ve Browne 2004). bunun yanı sıra, eski yaklaşıma göre odak noktası evsel atıkların düzenli depolanması ve yakılması olmuştur. Sanayi atıkları ise gözden kaçırılmıştır. Atıklar üzerine yapılan araştırmalar sağlık üzerinde olan olumsuz etkilerini ortaya sermiştir. Bu durum katı atıkların daha kentsel katı atık bir şekilde yönetilmesinin gerekliliğini göstermiştir. Ayrıca doğal kaynakların azalması da başka bir problem olmuştur; zira atıklar kullanılmayan hammadde anlamına gelmektedir. Eski sistem olan düzenli depolama ve atık yakma proseslerinin çevreye zararlar verdiği gösterilmiştir. Bu durum atık azaltma ve geri dönüşüme popülerlik kazandırmıştır (Bagchi ve Bagchi 2004). Açıklanan bu gelişmeler katı atık yönetimine olan gereksinimi ortaya çıkarmıştır.

Sürdürülebilir atık yönetiminin gerçekleştirilmesi ile değerli hammaddeler atıklardan geri kazanılabilir, enerji kullanımı azaltılabilir ve çevreye verilecek zararlar en aza indirilebilir (McDougall 2001). Katı atık yönetimi şehirlerin göçler sonucu kalabalıklaşması ile daha da önemli hale gelmiştir. Nüfus yoğunluğu artan şehirler daha fazla atık üretmektedir. Bu durum atıkların depolandığı alanlar üzerindeki baskıyı arttırmıştır. Bir hammaddenin atığa dönüşümü Şekil 1’de basitçe gösterilmiştir (Bagchi ve Bagchi 2004).



**Şekil 2.1.** Temel atık üretim şeması (Bagchi ve Bagchi 2004)

Katı atık yönetimi bu atıkların kontrol edilmesi, toplanması, biriktirilmesi, başka bir yere taşınması, işlenmesi ve bertaraf basamaklarından müteşekkildir. Bu süreçler yaşanırken insanların sağlığı, çevre, ekonomi, mühendislik yaklaşımları, kaynak kullanımının minimize edilmesi ve toplumun üretim ve tüketimine radikal değişikliklerle yaklaşılmaması kentsel katı atıkt edilmesi gereken önemli konulardır (Tchobanoglous ve ark. 1977).

EKAY'ın bir diğer adı atık hiyerarşisi olarak görülebilir; ancak esas prensip azaltma, tekrar kullanım ve geri dönüşüm üçlüsüdür. Zaman zaman atık hiyerarşisinden daha uygun seçenekler olabilmektedir. Entegre atık sisteminin sürdürülebilir olabilmesi için çevreye olan etkilerin minimize edilmesi önemlidir; bunun için de maliyetin düşük olması ve toplumun destek vermesi istenir (McDougall ve White 2001). Entegre katı atık sisteminin planlanmasında düzenli depolamanın en az olması, enerji ihtiyacının olabildiğinde düşürülmesi ve düzenli depolamanın olabildiğince bertaraf edilmesi amaçlanmaktadır.

Katı atık yönetimi tasarımında şehirdeki sosyo-kültürel yapı, ekonomik seviye ile teknik ve mali imkanlar değerlendirilmelidir. Bu sayede sistem daha başarılı ve uzun vadeli olacaktır. Bu bağlamda bölgenin coğrafi özellikleri, ekonomik durumu, ulaşım imkanları ve ülkelerin kanunları atık yönetimi kapsamında kentsel katı atıkt alınması gereken faktörlerdir (Sakai, ve diğerleri 1996).

### 2.3. Entegre Katı Atık Yönetiminin Tanımı ve Faydaları

Yerel ya da genel bir EKAY'da beş basamak bulunmaktadır (Bagchi 2004);

- Kaynakta atığın tanımlanması,
- Verimli bir şekilde atığın toplanması,
- Atığın hacimce azaltılması ve daha az zehirli hale getirilmesi,
- Atığın yakılması veya arazide bertaraf edilmesi; bu hedef geçmiş yaklaşımdan kalmadır,
- İlk dört adımın bir araya optimal bir şekilde getirilerek sürecin düşük maliyet ve çevre etkisi ile tasarımı.

İlk dört adımda öngörülen eylemler bir bütün olarak ele alınmaktadır. Örneğin atığın nasıl toplanacağı bertaraf için seçilen yöntemle göre şekillenmektedir. EKAY süreci farklı yöntemler ile optimize edilebilmektedir. Toplumun düşünceleri de kentsel katı atıkta alınmaktadır. Ancak EKAY planlarında değişmeyen birtakım kaideler bulunmaktadır. Bu kuralların uygulanması ve gereken izinlerin alınması için planlamacının bilgili olması gerekmektedir. EKAY programları için toplam maliyet 3. adımda uygulanması öngörülen atık azaltmanın ne seviyede bir hedef koyduğuna bağlı olmaktadır. Bu adıma ulaşılabilmesi veya engelleyici durumların oluşması birtakım değişimleri meydana getirebilir. Dolayısıyla bu adımda esneklik önemlidir. Atık akımının değişimi atık profilini değiştirerek kentsel atık depolama alanının üzerindeki yükü farklılaştırır ve ileride farklı gereksinimlerin ortaya çıkmasına neden olur. Bir EKAY programından plana konu olan insan grubunun gereksinimlerini her zaman karşılayabilecek esneklik beklenmektedir (Bagchi 2004).

EKAY sistemin hedefine en iyi şekilde ulaşmasını sağlar. Bu da programın en önemli yararlarından biridir. Ancak kısa vadede büyük katkılar yapan bu sistem için başlangıçta büyük maliyetler öngörülmektedir. Bu programların geçmişteki uygulamalarında hem evsel hem ticari katı atıkların bertarafına yoğunlaşmıştır. Daha sonraki aşamada bu bertarafın yapıldığı alanlarda ortaya çıkan estetik sorunlar değerlendirilmiştir. İlerleyen

süreçte ise çevresel etkiler düşünölmeye başlamıştır. KAY programlarına dahil edilen tehlikesiz sanayi atıkları sistemi oldukça karmaşıklaştırmıştır. Ancak diğer yandan da bu sayede atık azaltma konusuna daha fazla önem verilmeye başlamıştır. Sanayiciler bertaraf yerine atık azaltmayı daha karlı bulmaya başlamışlardır. Bu da araştırmaları hızlandırmıştır. Katı atık yönetiminde atık hacminin yakma veya tarımda yararlanma gibi yöntemler ile en aza indirilmesi çok eski bir yöntemdir. Ancak katı atık yönetiminde bütönsel olarak uygulanan derli toplu bir organizasyon yaklaşımı yeni yeni oturmaktadır. EKAY'ın şö anki yaklaşımının yeni şiddetlenen çevresel sorunlar ve ortaya yeni çıkan ihtiyaçlar sonucu ortaya çıktığı ve tarihinin yalnızca yirmi yıl eskiye dayandığı söylenebilir. Geri dönöştürülebilirler alanında dalgalı bir piyasa söz konusudur. Ancak EKAY yaklaşımıyla programın uzun vadeli çalışabilmesi için gereken finansman sağlanabilir. EKAY geri dönöşümde de yenilik amaçlamaktadır; yeniden kullanmayı ve yeni geri dönöşüm fikirlerine önayak olmaktadır (Bagchi 2004).

#### **2.4. Entegre Katı Atık Yönetiminin Özellikleri**

Atık sorunu çevre üzerinde oldukça büyük bir baskı oluşturmakta ve her geçen gün de büyümektedir. Bu kadar komplike bir sorun yalnızca tek bir yaklaşım ile çözülememektedir. Çözüm için birçok yöntemin harmanlanmasına ihtiyaç vardır. Bu argüman uluslararası düzeyde kabul edilmiş bir yaklaşımdır ve “Entegre Katı Atık Yönetimi (EKAY) yaklaşımı bu sayede yayılmıştır. EKAY anlayışı atık yönetiminin her ögesini bir bütün olarak alır ve çevresel ve iktisadi sürdürülebilirliği hedefler. Bu sebepten dolaydır ki EKAY yalnızca tek tipte bir atığa veya tek bir atık kaynağına odaklanabilecek bir4 sistem değildir (ÇOB 2008). Bir entegre atık yönetiminde verimliliğin sağlanabilmesi için şö nitelikler olmalıdır:

Entegre (Bütöncöl) Bir Sistem Olmalıdır: Katı atık yönetiminde konu edilen yerleşim biriminin ürettiği atığın bütün bileşenleri ve kaynakları göz önünde bulundurulmalıdır. Uygulanacak yönetim sistemi atığın ilk oluştuğı noktadan bertaraf edildiği ana kadar her türlü adımı sistem dahilinde analiz edebilmek, yönetebilmek ve planlama yapabilmek durumundadır. Yönetim sisteminin ilk adımı o anki durum, bölge nüfusu, atık miktarı ve muhteviyatı tespiti ile bertaraf metoduna karar verilmesidir.

Sayılan bu ögeler değiştiğinde kurulan sistemin de esnek olup bu duruma uyabilmesi önem taşımaktadır (White ve ark. 1995).

**Ekonomik Bir Değer Oluşturabilmeli:** Katı atık sistemi doğrudan ekonomik getiriler yapabilir. Örneğin geri dönüştürülen maddeler, kompost veya biyogaz elde edilebilir. Bu da sistemin belli bir gelir getirmesi anlamına gelmektedir. Piyasanın durumu ve sistemin yatırım maliyeti bu gelirin önemini belirler. Dolayısıyla planlama safhasındaki ekonomik analiz doğru yapılmalıdır. KAY sisteminin toplam faydası harcanacak kaynakları geçmelidir. Bu sebeple sistemin uygulanmasından önce piyasanın koşulları ve yapılacak yatırımın maliyeti tahmin edilmelidir (White ve ark. 1995).

**Esnek Olmalıdır:** Çevrede, yerleşim yerinin özelliklerinde ve atık muhteviyatında zaman içerisinde değişimler olacaktır. KAY sisteminin bu değişimlere belli bir ölçüde uyum sağlayabilecek olması önem taşımaktadır (White ve ark. 1995).

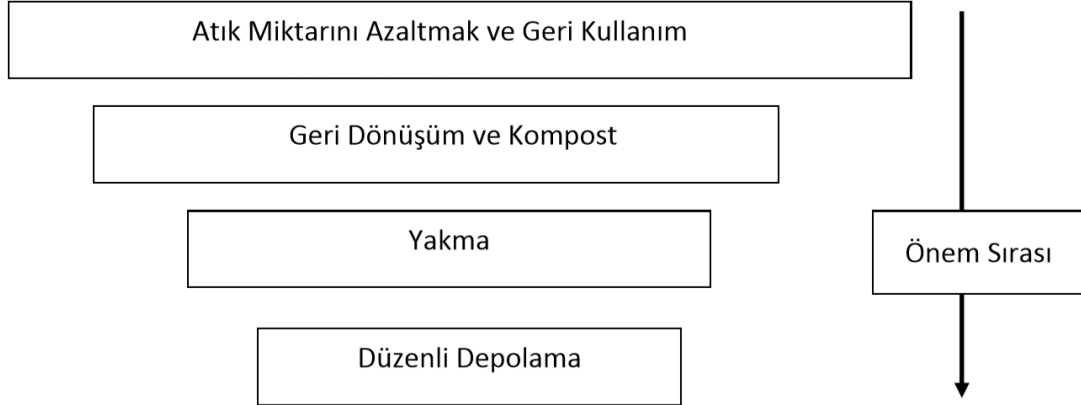
**Bölgesel Planlama Yapılmalıdır:** Atığın miktarını belirleyen en önemli faktör nüfus olmaktadır. Dolayısıyla şehirleri aşan ölçekte kurulacak sistemler çok daha büyük çaplı olacaktır. Bir atık yönetim sistemi ne denli büyük ölçekli ise sistem o kadar verimli olmaktadır. Bazı çalışmalara göre entegre bir yönetim en az 500,000 kişinin atığını muamele etmelidir (White ve ark. 1995).

**Ulusal Çevre Sektörü Oluşturmalıdır:** Ortaya konan sürece yerel yönetimler, kamu kurumları ve özel sektördeki aktörler de katılmalı ve bir sinerji yaratılmalıdır. Bu sayede hızla büyüyen bir çevre sektörü yaratılabilecektir. Çevre koruma alanında gereken makine ve araç gereçler ile mühendislik, müşavirlik ve taahhüt gibi hizmetler kurumsal nitelik kazanmalıdır. Bu bağlamda ilerleyen süreçte bir uluslararası kurumsallaşma olacağı tahmin edilmektedir (Demir ve ark. 1999).

## **2.5. Entegre Katı Atık Yönetiminin Temel Bileşenleri**

Entegre sistemlerin ana hedefi totalde kalite hedeflerine ulaşılmasını sağlamaktır. Gerçek dünyadaki uygulamalarda hedeflerin tam olarak tutturulması nadirdir. Ancak olabildiğince yaklaşılmaya çalışılır ve sürekli gelişim sağlanır.

Bu sayede çevreye olan etkiler en aza indirilir (EPA 2013). EPA'nın entegre katı atık yönetimindeki bileşenlerin önem sıralarını belirttiği sıralama Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



**Şekil 2.2.** Entegre katı atık yönetiminin bileşenleri önem sıralaması (White ve ark. 1995)

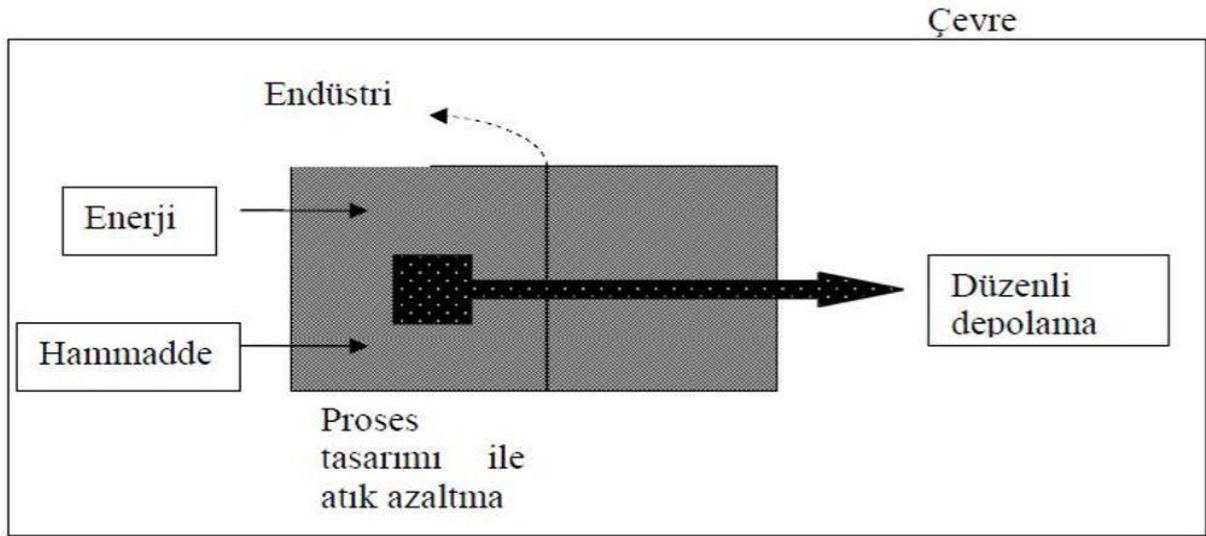
Tchobanoglous vd.'nin (1977) EPA'dan uyarlamasını yaptıkları sıralama kaynakta azaltma, geri dönüşüm, atık dönüşümü ve düzenli depolamayı içermektedir. Tchobanoglous vd.'nin atık dönüşümü kullanmasının sebebi EPA'nın yakma başlığının kapsamının dar kalmasıdır. EPA yaklaşımında yakma, yani atık dönüşümü, ile düzenli depolama da birbirlerinden ayrılmamışlardır. Bu sebepten dolayı iki kavram eş anlamlı olarak kullanılabilir. Ancak ülkelerin bazıları entegre katı atık yönetimini daha sınırlayıcı bir yaklaşım ile ele almışlardır. Geri dönüşüm basamağı sadece kaynakta azaltılma sonrası uygulanabilir bir yöntem olarak kabul edilmiştir. Atık dönüşüm basamağı ise en yüksek oranda yapılacak geri dönüşümü takiben yapılacak şekilde kabul edilmiştir. EKAY'a uygulanan kısıtlamalar her ülkede farklı olmaktadır (Tchobanoglous ve ark. 1977).

### 2.5.1. Atık Miktarını Azaltma

Entegre atık yönetimi planlama aşamasında en etkili yaklaşım atık miktarının azaltılması ve bu sayede doğal kaynakların ve enerji rezervlerinin korunmasıdır (Tchobanoglous ve ark. 1977). Atık miktarının azaltılması için ürünler veya üretim süreçleri değiştirilebilir.



Örneğin ürün bazında bir uygulama olarak şişelerin iade alınarak tekrar kullanımı görülebilmektedir. Şekil 3'te proses tasarımındaki uygulamaları örneklemektedir.



**Şekil 2.3.** Atık azaltmanın proses bazında yapılması (White ve ark. 1995)

Bu bakış açısına göre atıkların azaltılmasında sorumluluk hem üreticiye hem de tüketiciye düşmektedir. Tüketiciden tüketim alışkanlıklarını farklılaştırması beklenmektedir. Tüketici daha verimli tüketim yapmalı ve tüketimini düşürmelidir. Hem kamuda hem özel sektörde tüketim bilinçli olmalıdır. Ürünler daha uzun ömürlü olan ve kullanımı süresince ve sonrasında daha az atığa sebebiyet veren ürünler olmalıdırlar. Özel sektör üretim süreçleri en az atık üretecek şekilde dizayn edilebilir. Kapalı döngü bir sistemde sürecin daha az atık üretmesi için hammadde veya sürecin kendisi değiştirilebilmektedir. Özel sektör üretmekte olduğu ürünlerin dayanıklılığını ve verimliliğini arttırabilir, tehlikeli özelliklerini ortadan kaldırabilir. Ayrıca atık azaltımına teşvikler verilmesinin yanında atık azaltımına gönüllü katılım da sağlanabilir. Atık yönetimi için maliyetlerin içselleştirilmesi önemli faydalar sağlayacaktır. Diğer bir deyişle firmalar atık toplama, taşıma, izleme, personel maaşı gibi atık kaynaklı maliyetleri ürün için talep ettiği ücrete yansıtmalıdır. Ürünün yarattığı atığın tam olarak bertaraf edilmesine kadar geçen süreçte harcanan para müşteriye yansıtılmalıdır. Yararlı olabilecek bir yöntem yönetmelikler ile maliyetlerin tüketiciye bildirisinin zorunlu tutulması olarak gösterilebilir. Bu sayede maliyetler içselleştirilecektir (Tchobanoglous ve Kreith 2002).

### 2.5.2. Geri Dönüşüm

Hiyerarşinin ikinci sırasında geri dönüşüm bulunmaktadır. Geri dönüşüm kapsamında atık toplanır ve ayrılır, bunun ardından ise geri kullanım, yeniden işleme veya yeni bir şekle sokma gibi işlemlere hazırlanır ve bu işlemler uygulanır (Tchobanoglous ve ark. 1977). Geri dönüşüm işlemleri yapılırken atıklara birtakım fiziksel ve kimyasal işlemler uygulanır; ardından ise atıklar hammaddeye dönüşmüş olur. Atıkların üretildikleri yerde gruplara ayrılması geri dönüşümü oldukça kolaylaştıracaktır. Geri dönüşüm ile hem hammadde kaynakları hem de enerji kaynakları korunmaktadır. Örneğin metallerin veya plastiklerin geri dönüştürülmesi önemli ölçüde bir enerji tasarrufu anlamına gelmektedir (Wilson ve ark. 2001).

### 2.5.3. Atık Dönüşümü

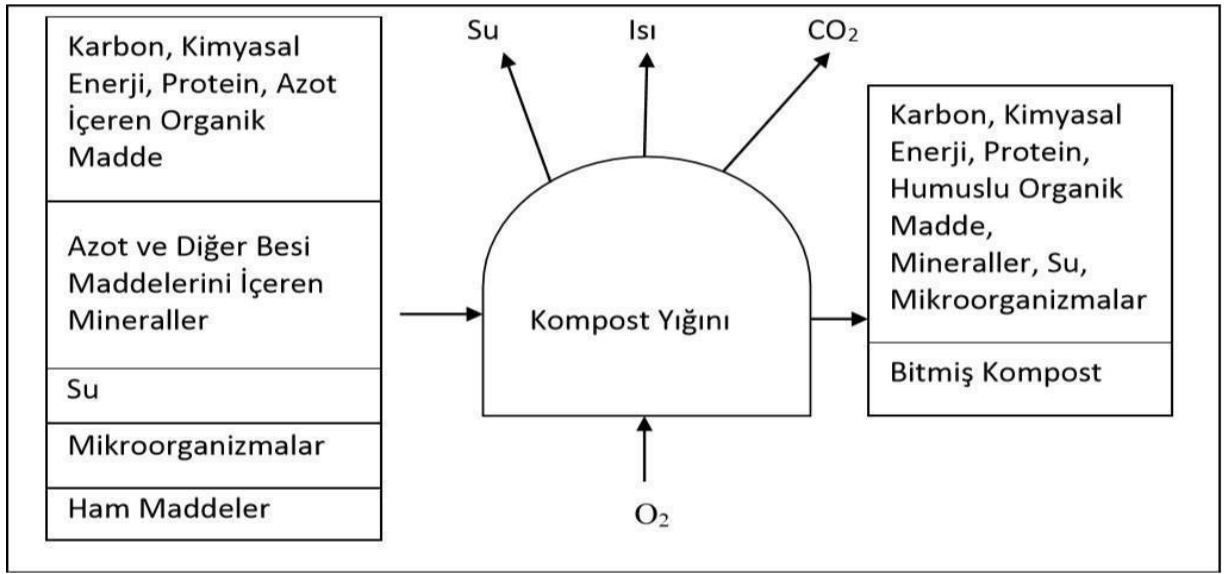
Atık dönüşümü entegre atık yönetim sisteminin üçüncü aşamasını oluşturmaktadır. Bu safhada atık fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak dönüşür. Kentsel katı atık (KKA) bu dönüşümlere tabi tutulur ve şu faydalar sağlanır;

- Kentsel katı atık yönetimi kapsamındaki sistem ve süreçler daha verimli hale gelir.
- Tekrar kullanılabilir ve geri dönüşümü yapılabilecek maddeler elde edilebilir,
- Kompost veya ısı veya yakıt şeklindeki enerji olmak üzere dönüşüm ürünleri üretilir.
- Atık farklı biçimlerde elde edilerek düzenli depolamada hacim azalması sayesinde avantaj sağlanır (Tchobanoglous ve ark. 1977).

Kompostlaştırma atık dönüşümleri arasındaki en sık kullanılan proseslerdir. Atıktan türetilen yakıt anlamındaki “Refuse-Derived Fuel – RDF” sistemleri de giderek yaygınlaşmaktadır.

– Kompostlaştırma

Entegre katı atık yönetim sistemleri için kompostlaştırma oldukça önemli bir konumdadır. Kompostlaştırma kısaca katı atıkların sebze, meyve, selüloz, gıda atığı, bahçe atığı gibi organik muhteviyatının biyokimyasal bir sürece tabi tutularak mineralize bir malzemeye çevrilmesidir. Bu malzeme komposttur. Kompostlamada organik maddeler aerobik veya anaerobik mikroorganizmalar kullanılır ve bu maddeler kararlı duruma geçirilir. Sağlıklı bir kompostlaştırma süreci için gereken malzemeler, etkenler ve kompostlaştırmanın çıktıları Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Kompostlaştırma işlemi (Kaçar 1995)

Şartlar optimal olarak sağlandığı takdirde kompostlama prosesinde mezofilik ve termofilik faz ile olgunlaşma fazı olmak üzere üç faz bulunur (Yahşi ve ark. 1987).

**Mezofilik Faz:** İlk aşamada organizmaların çözmüş olduğu ve parçalanması kolay olan bileşikler ayrıştırılmaktadır. Parçalanma süresince ısı açığa çıkar ve kompostun sıcaklığı yükselir. Bu aşamanın tamamlanması birkaç gün almaktadır. Eğer sıcaklık 40°C'yi aşarsa mezofilik organizmalar artık yaşayamamaya başlayacaktır. Bu safhada onların yerini yüksek sıcaklıkta yaşayan termofilik mikroorganizmalar alır.

Termofilik Faz: 55 °C'yi aşan sıcaklıklar insanlara ve bitkilere zarar verebilecek patojenleri bertaraf etmektedir. 65°C'ye ulaşan sıcaklıklarda ise çoğu mikroorganizma yaşayamaz ve bu durum kompostlaşmayı oldukça yavaşlatır. Dolayısıyla kompostlaştırma ünitelerinde bu sıcaklığın aşılması amacıyla havalandırma ve karıştırma uygulanmaktadır. Termofilik fazın süresi birkaç gün ile birkaç ay arasında değişmektedir. Yüksek sıcaklıklar sayesinde protein, selüloz ve yağ gibi büyük moleküllerin parçalanması sağlanır.

Olgunlaşma Fazı: Yüksek enerji ihtiva eden bileşiklerin parçalanması ortam sıcaklığını arttırmaktadır. Ancak zaman içerisinde bu bileşiklerin miktarı azalır ve kompostun sıcaklığı düşer. Bu aşamada mezofilik bakteriler tekrar çalışmaya başlar. Kalan organik maddeyi mezofilik bakteriler işler ve sonucunda olgun kompost elde edilir (Yahşi ve ark. 1987). Çizelge 2.1 de bu süreçte rol alan mikroorganizmaların ihtiyaç duydukları şartları göstermektedir. Süreç oldukça hızlı bir şekilde sonuca ulaştırılabilir.

**Çizelge 2.1.** Hızlı kompostlama için tavsiye edilen koşullar

<b>Parametre</b>	<b>Makul Aralık</b>	<b>Tavsiye Edilen Aralık</b>
Karbon azot oranı (C:N)	20/1-40/1	25/1-30/1
Nem muhtevası	%40-65	%50-60
Oksijen konsantrasyonu	>%5	>%5
Partikül boyutu (cm çap)	0,32-1,27	Değişir
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Sıcaklık (°C)	43-65	54-60

Kompostlaştırma sistemleri farklı tarzlarda olabilmektedir. Nasıl bir sistem kullanılacağını kompostlanacak maddenin ne olduğu, nihai ürün olarak ne istendiği, ara madde olarak ne kullanılacağı ve maddi olanakların düzeyi belirlemektedir. Ticari kullanım gören bazı kompostlaştırma teknikleri Aktarmalı Yığın, Havalandırılmalı Statik Yığın ve Reaktörde Kompost teknikleridir (CH2M-Hill/Antel 1992). Bu çalışma aktarmalı yığın tekniği ile reaktörde kompost tekniğini uygulayacaktır. Aktarmalı yığın ile genelde hedef alınan atıklar kâğıt, park-bahçe atıkları, karışık evsel atıklar ve çamurdur. Reaktörde kompost yöntemi ise daha çok evsel katı atık için kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca arıtma çamurlarına da uygulanabilmektedir (CH2M-Hill/Antel 1992).

Kompostlaştırmanın hedeflediği en önemli hususlar ayrışabilir organik maddeleri biyolojik açıdan stabil maddeye çevirmek, katı atıkların içerdiği zararlı madde ve organizmaları bertaraf etmek, azot, fosfor ve potasyum gibi yararlı maddelerin miktarını maksimize etmek, bitki gelişimi için uygun bir maddeye sahip olmak ve toprak iyileştirici bir çıktıya ulaşmaktır (Tosun 2003).

Kompostun kullanım alanları tarım, ormancılık, park ve bahçe bakımı, peyzaj, sanayide hava arıtılması için yapılan kompost filtreler gibi birçok uygulamada kullanım alanı bulmaktadır. Ayrıca gübre ve humuslu toprak olarak kullanılmaktadır. Komposttan üretilen biyofiltreleri gıda, kimya, atıksu arıtma, kompostlaştırma, hayvancılık ve deri gibi birçok sektörde kullanılmaktadır (Akpınar 2006).

– Biyogazifikasyon (Biyometanizasyon)

Kentsel katı atıklarda organik kısmın havasız koşullarda ayrıştırılması üç basamağı takip ederek gerçekleşir. İlk basamakta daha büyük organik moleküller enzimler ile daha küçük moleküllere çevrilmektedir. Bu işleme hidroliz denmektedir. İkinci basamakta hidrolizin çıktıları daha küçük olan fermantasyon ürünlerine çevrilmektedir. Son aşamada ise nihai ürünler oluşur. Bu ürünler metan ve karbondioksittir (Leblebici ve ark. 1998).

Organik Madde + Mikroorganizma → CH<sub>4</sub> + CO<sub>2</sub> + NH<sub>3</sub> + H<sub>2</sub>S + Nihai Ürünler + Isı

Biyometanizasyon sürecinde metan gazı anaerobik parçalanma ile üretilmektedir. Kompost dönüşüm oranı bu prosedür için yaklaşık %33'tür. Biyometanizasyonda reaktördeki organik katı atığın yaş ağırlık bazında %12'si çevrilir ve %55-60 arasımethan içeren bir biyogaz elde edilir. Organik atıklar eğer ayrı toplanmışlarsa her bir ton katı organik atık 130 ila 160 m<sup>3</sup> arası biyogaz üretebilir. Biyometanizasyon proseslerinin birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Bunlar sürecin uzun sürmesi, patojenlerin düşük ısıdan dolayı tam olarak bertaraf edilememesi ve koku sorunları gibi problemlerdir. Anaerobik proseslerde üretilen metan gazından enerji elde edilmektedir. Anaerobik arıtma sonucunda aerobik arıtmaya kıyasla daha az karbondioksit üretilirken daha fazla metan üretilmektedir (Leblebici ve ark. 1998). Katı atık yönetimi kapsamında hem aerobik hem anaerobik arıtma oldukça yaygındır. İki tür proses de avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Anaerobik yöntemler aerobik yöntemlere kıyasla daha

karmaşık olurlar. Ancak anaerobik yöntemler ürettikleri metan gazı ile enerji üretimi sağlarlar. Öte yandan aerobik proseslerde enerji tüketimi olmaktadır. Yine de aerobik sistemler kolay işletilebildikleri için yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Uygun koşullarda işletilen aerobik sistemler katı atık hacminde önemli azalmalar sağlarlar (Leblebic ve ark. 1998).

#### **2.5.4. Atıktan Enerji Eldesi İçin Yakma**

Kütlesel yakma oluşan kentsel katı atıkların başka hiçbir işlem uygulanmaksızın yakılmasıdır. Yakılma ile hacim düşürülür ve stabilizasyon sağlanır. Ayrıca yakma işlemi elektrik, ısı ve buhar elde edilmesini sağlayabilir. Gelişmekte olan ülkelerin evsel katı atıkları daha yoğun olmaktadır. Dolayısıyla bu katı atıklar yakmaya pek müsait olmamaktadırlar. Bu atıklar düşük kalorili ve yüksek nemli olmaktadır. Yakılmaya uygun atıklar endüstriyel, evsel ve tehlikeli atıkların yanı sıra arıtma çamurlarıdır. Ancak yakılma uygulansa da bertaraf için tek başına yetmemektedir. Yüksek nemli yakıtlar kendi kendilerine yanamayacakları için bunların yakılmasında başka bir yakıt kullanılır. Bu da fazladan maliyet demek olmaktadır. Organik atıklar, çok zehirli atıkları gibi bazı atıklarda yakma işlemi mecburidir. Bunların dışındaki atıklara yakma işleminin uygulanmasının sebebi depolama regülasyonlarının sıklığıdır. Evsel atıklar yakıldıktan sonra üretilen enerji sayesinde yakma maliyeti azaltılabilir (Caputo ve Pelagagge 2002).

Entegre katı atık yönetiminde üç basamak ile özetlenebilecek bir termal arıtma uygulanmaktadır. Katı atığın ayrıştırılmadan yakılmasına kütlesel yakma denmektedir. Ayrıca seçimli yakma adı verilen iki sistem bulunmaktadır. Bu sayede atığın yakılabilir kısmına odaklanılabilmektedir. Yakılabilir kısım atığın içeriğindeki kağıt plastik gibi malzemelerdir. Bu işlem ile atıktan enerji üretilebilir; ayrıca depolama öncesi bir ön arıtma adımıdır (Caputo ve Pelagagge 2002).

Katı atıklar dört nedenden ötürü yakılmaktadır:

Hacim azaltma: Atığın içeriğine bağlı olarak, yakma süreci atık hacmini %90, kütlesini %70 azaltır. Bu sayede düzenli depolama maliyetleri ve düzenli depolamanın çevresel etkileri büyük oranda düşer.

Atığın stabilizasyonu: Kentsel atık oldukça aktif bileşenlerden oluşabilir. Yakma sonucu oluşan kül ise oldukça inaktif bir maddedir. Bu da depolamada sızıntı, gaz yayılması gibi durumların önüne geçer.

Atıktan enerji eldesi: Yakılmadan açığa çıkan enerji buhar vasıtasıyla taşınabilir ve gerektiği yerde kullanılabilir. Bunun yanı sıra entegre ısı ve güç tesisleri sayesinde elektrik üretimi yapılarak daha verimli bir enerji üretimi yapılması da mümkündür. Enerji üretiminde fosil atık kullanımı atıktan enerji elde edilmesi sayesinde azaltılabilmektedir. Kentsel katı atık çok büyük oranda biyokütle içerir ve biyokütleden enerji eldesinde fosil yakıtlardan enerji eldesine kıyasla daha az karbon emisyonu gerçekleşmektedir.

Atığın sterilizasyonu: Tıbbi atıklar muamele edilirken yakma büyük önem taşıyan bir prosestir. Ancak kentsel atıklar da birtakım patojenler içerir. Yakma ile sterilize edilen bu atıklar daha güvenli bir şekilde depolanmaktadır (White ve ark. 1995).

Termal arıtmada yakma prosesi, enerji kazanımı, emisyon kontrolü ve katı atık ürünlerinin arıtılması gibi birçok adım bulunmaktadır.

Atık Kaynaklı Yakıt Üretimi (Refuse Derived Fuel/RDF): Atık Kaynaklı veya Atıktan Türetilme Yakıt (Refuse-Derived Fuel/RDF) katı atığın dönüştürülmesi ile üretilen yakıttır. Karışık kentsel katı atığın yanabilen ve yanamayan kısımları ayrılır ve RDF üretilir. Katı atığın kağıt ve plastik gibi hafif kısımları ayrılır ve parçalanır. RDF'ler kaba ve yoğunlaştırılmış olmak üzere iki çeşittir. Yoğunlaştırılmış RDF üretimi için parçalanmış atık briketleştirilmektedir ve bu tip RDF yüksek maliyetlidir. Bilhassa çimento sanayii kömürün yanı sıra RDF'yi de yakıt olarak kullanmaktadır. RDF kentsel katı atığa göre daha yüksek kalorili ve daha düşük ağır metal içeriklidir. Bunun yanı sıra yanmaz maddeler bertaraf edilmiştir. Bu durum yandığında ürettiği kül miktarını azaltır (White ve ark. 1995). Karışık durumdaki kentsel katı atık bazı ön işlemlerden geçirilmekte ve sonucunda RDF elde edilir; yani çöpten yakıt elde edilir. Chang Y. ve ark. (1998) çalışmasında kentsel katı atık ile RDF ısı değeri, kül miktarı ve baca gazından oluşan yakma verimi kriterleri ve geri dönüşüme yaptıkları katkı açısından kıyaslanmıştır. Tayvan'da kentsel katı atık kullanılan uygulamalarda ön işlemlerin yakma prosesine olan etkileri belirsiz olarak bulunmuştur. Etkiler atıktaki nem oranına ve plastik muhteviyatına göre farklılaşmaktadır.

### 2.5.5. Düzenli Depolama

Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisinin son adımı düzenli depolamadır. Bu adımda daha önceki adımlarda bertaraf edilemeyen tüm atıklar bertaraf edilir (Tchobanoglous ve ark. 1977).

Düzenli depolama nihai bertaraf noktasıdır. Dolayısıyla atık yükü ağır olmaktadır. Düzenli depolamada arazi gereksinimi yüksektir. Atık yönetiminde düzenli depolanması gereken atık miktarının azaltılması için çalışılmaktadır. Düzenli depolama zaten yasalarca sınırlanan, arazi maliyeti yüksek, çevresel etkileri olan bir yöntemdir. Ancak düzenli depolamanın nihai depolama yöntemi olmaktan başka işlevleri de olabilmektedir. Düzenli depolanmış atıkların saldığı gazlara depo gazları denir ve bunlar enerji eldesinde kullanılabilir. Düzenli depolaması yapılacak atıklar arazi ıslahında da yararlı olabilirler. Eski taşocaklarının doldurulmasında veya yapay adalar yaratılmasında kullanılabilirler (White ve ark. 1995).

Günümüzde kullanılan Alan Metodu ve Hendek Metodu olmak üzere iki düzenli depolama sistemi mevcuttur.

Alan Metodu: Alan metodunda katı atıklar belirlenen arazinin üzerine serilir. Buldozer gibi bir araç getirilerek atıkların üzeri bastırılır. Daha sonra üstlerine toprak örtülür ve tekrar baskılanır. Düz veya hafif eğimli araziler veya doğal boşluklu vadiler alan metoduna uygundur. Çöpün üzerine örtülecek toprak başka bir yerden getirilir.

Hendek Yöntemi: Hendek yönteminde su hendeğine benzer hendekler kazılmaktadır. Daha sonra bunlar çöple doldurulur. Çöpler ince tabakalar halinde yayılır, baskılanır ve hendekten çıkan toprakla bunlar örtülür. Hendek yöntemi için düz araziler uygundur. Ayrıca yer altı seviyesinin yüzeye çok yakın olmaması gerekmektedir. Düzenli depolamada yayma, baskılama ve örtme şeklinde üç işlem bulunmaktadır.

Baskılama İşlemi: Çalışma yüzeyine serilen veya yanına dökülen çöpler 60 cm'lik tabaka ile örtülür ve üzerlerine bastırılır. Baskılama ile çöp hacmi azaltılır ve tasarruf sağlanır. İyi bir baskılama için katı atıkların karakterinin bilinmesi, baskılayan aracın uygun olması ve aracın yeterince süre atıklar üzerinde gidip gelmesigerekmemektedir.



Örtme İşlemi: Baskılanma sürecinin tamamlanmasının ardından atıkların en az 15 cm'lik bir toprak şeridi ile örtülmesi gerekmektedir. Bu toprağın bastırılma özelliklerinin iyi olması beklenir. Toprak örtümü ile böceklerin ve benzeri canlıların çoğalması, atıktaki maddelerin ortalığa yayılması, yabani hayvanların gömme sahasına çekilmeleri ve gazların veya kokuların yayılması engellenmek istenmektedir. Her günlük örtme en az 15 cm'lik toprak ile yapılmalıdır. Son örtme için ise 60 cm'lik tabaka kullanılmalıdır.

Çöp tabakaları için derinlik çalışma yüzeyinin taban ile arasındaki uzaklık olmaktadır. Derinlik ne kadar geniş çaplı bir işlem gerçekleştirildiğine, gömülmüş olan çöpyığınının ne kadar yüksek olduğuna, kazılmış olan çukur veya hendeğin ne kadar derin olduğuna ve bazen de örtme toprağının miktarına bağlı olmaktadır. Ortalama derinlik olarak 2,5 metre denilebilir. Daha yüksek bir derinlik yüzeyde çatlama ve çökmelere neden olabilir. Ancak 5 metreyi bulan çöp hücreleri de görülmektedir.

## **2.6. Entegre Katı Atık Yönetiminin Adımları**

### **2.6.1. Yasal Mevzuatların İncelenmesi**

Nüfus sürekli artmakta, doğal kaynaklar kontrolsüzce ve bilinçsizce tüketilmekte, üretim sonucu kaçınılmaz şekilde ortaya çıkan atıklar uygunsuzca muamele edilmekte ve hem çevre hem de toplum sağlığı tehdit altında kalmaktadır. Avrupa Birliği Çevre Mevzuatı bu tehditlerin giderilmesi ve sürdürülebilir çevre yönetiminin sağlanması için bu konuyu sekiz alt başlığa ayırmıştır (Kemirtlek 2019).

- Hava Kalitesi Yönetimi
- Atık Yönetimi
- Su Kalitesi Yönetimi
- Endüstriyel Kirlilik ve Risk Yönetimi
- Kimyasallar Yönetimi
- Gürültü Kirliliği Yönetimi

- Yatay Mevzuat ve Doğa Koruma

### **2.6.2. Mevcut Atık Yönetiminin İncelenmesi**

Katı atıklar için entegre sistem oluşturulmasından önce o anki durumun analizi önemlidir. Atıkların nitelikleri, miktarları, nasıl toplanacakları, nasıl taşınacakları, bertarafı kullanılacak metot, bölgenin sosyo-ekonomik yapısı, kalkınmışlık durumu gibi birçok husus sistem planlamasında önem taşımaktadır. Halihazırda kullanılmakta olan atık yönetimi irdelenmeli ve ne kadar başarılı olduğu görülmelidir. Bu sayede gelecekte ne gibi yenilikler yapılmasının gerektiği ortaya çıkacaktır (Kemirtlek 2019).

### **2.6.3. Atık Karakterizasyonu**

Atık içeriğinin bilinmesi sürdürülebilir ve efektif bir atık yönetimi için ilk adımdır. İçeriğinin tespiti yapılan atıkların uygun maliyetle ve sürdürülebilir bir şekilde bertarafı planlanabilir. Literatürdeki çalışmalar atıkların içeriğinin atığın olduğu bölgedeki hayat standartları ile orantılı olarak değiştiğine işaret etmektedir. İçeriği bilinen atığın nasıl muamele edileceği daha kolay bir şekilde belirlenebilir. Örneğin İstanbul'a bakıldığında günlük 14,000 ton atık olduğu ve bu atıkların 9,000 tonunun Avrupa yakasında, 5,000 tonunun ise Anadolu yakasında olduğu görülmektedir. İstanbul atıklarının incelenmesi Avrupa ve Anadolu yakasının atıklarının bileşenler açısından farklı karakterde olduklarını göstermiştir (Kemirtlek 2019).

### **2.6.4. Gelecek Nüfusun Belirlenmesi ve Oluşabilecek Atık Miktarının Tespiti**

Katı atık yönetim sisteminde bölgenin gelecek 20 yıldaki nüfus değişimi önem taşımaktadır. Bu değişimin olabildiğince yakın bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu tahminler kapsamında hesaplamalar yapılmasının yanı sıra kentin ilerleyen süreçteki göç durumu ve gelişim hızı da göz önüne alınmalıdır. Mevcut durumda tespit edilen kişi başına atık miktarı tahmin edilen nüfus ile çarpılırsa gelecekteki atık miktarı bulunabilir. İnsan başına atık miktarı insanların hayat standardına, gelir seviyesine ve birçok diğer faktöre göre değişmektedir. Örneğin İstanbullular 2004 yılında günlük kişi başı 1 kg atık üretmişlerken Washingtonlular için bu rakam 3,83 kg, Hindistan için ise 0,4 kg olmuştur (Kemirtlek 2019).

### **2.6.5. Atıkların Toplanması ve Taşınması**

Katı atık yönetim sisteminin en büyük maliyeti oluşturan safhası atık toplama dır. Entegre katı atık yönetim sistemlerinin sürdürülebilirliği ve etkinliği verimli ve düzenli atık toplamaya yakinen bağlıdır. Atıklar kaynağında düzenli ve verimli bir şekilde toplanmazsa istemin başarısı sınırlı olacaktır. Avrupa Birliği direktifleri ile Ulusal direktifler uyarınca geri kazanım uygulamalarına yaygınlık kazandırılmalıdır, verimlilikleri artırılmalıdır ve düzenli depolamada organik maddeler ayrı biriktirme ile olabildiğince en aza indirilmelidir. Ülkemizde katı atık toplama işleri büyükşehirlerde ilçe belediyelerinin yükümlülüğüdür. İlçe belediyeleri için bu işlem önemli bir mali külfettir. Kaynağında ayrı toplama ilkelerinin efektif ve ekonomik bir biçimde uygulanması ilçe belediyelerinin katı atıklara ayırmaları gereken kaynaklardan önemli ölçüde tasarruf etmelerini sağlayacaktır. Katı atıkların geri kazanımının verimli bir şekilde gerçekleşmesi öncelikle ayrı toplamaya bağlıdır. Kaynağında ayrı toplamada geri kazanılabilir olan atıklar geri kazanılamaz atıklardan ayrı toplanır. Ülkemizde büyük şehirler başta olmak üzere çoğu şehirde katı atık sistemleri genellikle aynı olmaktadır (Kemirtlek 2019).

### **2.6.6. Geri Kazanılabilir Atıkların Toplanması ve Geri Dönüşüm Hedefleri**

Entegre katı atık yönetim sistemlerinde geri dönüşüm ve geri kazanımın miktarları sistemin başarısına işaret eden en önemli kriterlerdendir. Geri kazanımda hedeflerin doğru koyulması ve bu hedefler için uygun olan bir sistemin kurulması sayesinde katı atıklarda geri kazanım oranı artacaktır. Dolayısıyla hedeflerin doğru koyulması oldukça önemlidir. Hedefler gerçekçi ve uygulanabilir olmalıdır. Geri kazanımın amaçları şunlardır:

- Doğal kaynakların korunması
- Çevrenin korunması
- Enerjinin geri kazanılması,
- Alandan tasarruf

Ambalaj atıkları evsel atıkların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu atıkların geri kazanılması için hem AB direktifleri hem de Ambalaj atığı kontrol direktifi birtakım hedefler koymaktadır. Avrupa Birliği Ambalaj Atıkları Direktifi'nin geri dönüşüm ve geri kazanım hedeflerini Çizelge 2.2'de göstermektedir.

**Çizelge 2.2.** Geri dönüşüm/kazanım hedefleri (Kemirtlek 2019)

<b>Geri Kazanılabilir Atıklar</b>	<b>Geri Kazanım Hedefleri %</b>
Cam	%60
Kağıt ve mukavva	%60
Metaller	%50
Plastikler	%22,5
Ahşap	%15
Genel geri dönüşüm	%55-80
Genel geri kazanım	>60

Katı atıkların geri kazanılabilir muhteviyatının kazanılması için hangi yöntemin kullanılacağından bağımsız olarak düzenli ve ekonomik toplama işlemi büyük önem taşımaktadır. Geri kazanılabilecek nitelikte olan atıkların toplanması iki metottan biri uygulanarak yapılabilir. Bunlar tüketiciye getirtme ile tüketiciden alma metotlarıdır. Atığın toplanmasıyla yükümlü kişi veya kurum için getirtme metodu pasif bir yaklaşımdır. Bu metodun başarılı olabilmesi için tüketicilerin duyarlı ve ilgili olması gerekmektedir. Getirtme metodu kapsamında tüketiciler atıkları kumbaralara veya ayırma/işleme merkezlerine getirirler. Tüketicilere atıklar karşılığında belli bir ödeme yapılabilir. Getirmenin verimli olabilmesi için bireylerin duyarlı olmaları şarttır. Yaygın bir getirtme metodu ise depozito sistemidir. Depozito ücretini malı alırken ödeyen tüketici eğer atığı geri götürmezse parasını geri alamayacaktır; dolayısıyla cezalandırılmış olacaktır.

Atığın kaynağından alınması veya toplanması metodunda ise atık kaynaktan ayrı biriktirilir. Bir süre sonra yerel yönetim veya yetki sahibi bir kurum çöpleri toplar. Toplayıcı yine pasif konumdadır. Ayrı toplamada pressiz ve çok gözlü bir araç kullanılır. Özel bir araca ve nitelikli personele ihtiyaç vardır. Kaynaktan ayrı toplanma getirtme metodundan daha sık görülen bir metottur.

Atık toplama işleri yerel yönetimlerin sorumluluğundadır ve yönetimler bazen başka kuruluşlar bu işler için yetkilendirirler. Kaynakta ayrı biriktirme için çoğu zaman üç farklı biriktirme kutusu kullanılır. Geri kazanılabilir atıklar iki kutu ile toplanır. İlk kutu kağıt veya karton tarzı atıkları biriktirir. İkinci kutu ise diğer ambalaj atıkları içindir. Ayrı kutularda biriktirilen geri kazanılabilir atıklar periyodik olarak, özel araçlar ve gerekli ekipmanlar kullanılarak toplanmaktadır (Kemirtlek 2019).

### **2.6.7. Organik Atıkların Ayrı Toplanması**

Katı atıkların en yüksek miktardaki bileşeni organik atıklardır. Organik atıkların ayrı toplanması kompost ve biyometanizasyon tesislerinin verimi açısından çok önemlidir. Dünyada çok fazla sayıda kompost tesisi mevcuttur. Kompost çıktısının kullanışlı olabilmesi için tesisin şartları ve verimliliğinin yanı sıra girdi olan atığın bileşimi de oldukça önemlidir. Kompost tesisine geri dönüşebilir plastik, cam, metal gibi materyalleri içeren atıkların alınması kompostu daha düşük kaliteli kılmaktadır. Gelişmiş ülkeler kompost tesislerinde organik maddeleri diğerlerinden ayırırlar. Ayrıca gıda atıkları ile bahçe atıklarının da ayrı kompostlar oluşturmak amacıyla ayrı ayrı işlenmeleri için çalışmalar devam etmektedir. Biyometanizasyon tesisleri için de organik materyallerin diğerlerinden ayrı toplanması veya ayrıştırılması oldukça önemlidir. Bu tesisler biyogaz üretirken yalnızca organik maddeleri kullanırlar. Ham madde içeriğinde olabilecek bazı yabancı maddeler mikrobiyolojik parçalanmayı engelleyebilir; dolayısıyla sistemin verimi açısından bunların sisteme sokulmaması önem taşımaktadır (Kemirtlek 2019).

### **2.6.8. Atıkların Transferi**

Katı atık yönetim sistemleri için transfer istasyonları büyük önem taşımaktadır. Transfer istasyonları sayesinde katı atık taşınmasında verim ve etkinlik artar. Transfer istasyonları katı atıkların toplanması ve onları muamele edecek tesise taşınmaları sürecinde bir bağlantı sağlarlar. Katı atıkları transfer istasyonlarına taşıyan araçlar toplama araçlarıdır. Evsel atıklar ile belli endüstriyel atıklar bu istasyonlarda daha büyük araçlara aktarılarak bertaraf tesislerine taşınırlar. Transfer istasyonları sayesinde bertaraf tesislerine atıkların taşınması daha ucuz bir şekilde gerçekleşmektedir. Transfer istasyonları farklı şekillerde dizayn edilebilirler ancak genellikle bu tesislerde atıkların sıkıştırılması ile hacimlerinin azaltılması esastır.

Bu sayede büyük maddi tasarruf sağlanarak en yüksek maliyetli katı atık yönetim safhası daha ekonomik bir duruma getirilir. Transfer istasyonları sayesinde uzak bölgelerden taşıma işlemlerinden tasarruf edilerek toplama işlemlerine yoğunlaşılabilir. Bu durum süreç içerisinde daha az yakıt kullanılmasını, daha az emisyon yaratılmasını ve yollara daha az yük binmesini sağlayarak birçok yarar sağlar. Şehirdeki genel trafik yoğunluğunu da hafifletici etkileri vardır (Kemirtlek 2019).

### **2.6.9. Katı Atıkların Bertarafı**

Katı atıkların bertaraf edilmesi için ısıl teknolojiler, kompostlaştırma veya biyometanizasyon ile atığın bozundurulması veya düzenli depolama kullanılmaktadır. Düzenli depolama atık bertarafında son çare olsa da halen oldukça yaygın kullanılan bir metottur. Bertaraf metodunun seçilmesinde maliyet en önemli değerlendirme ölçütüdür. Gelişmiş ülkeler gazifikasyon ve piroliz gibi pahalı yöntemleri uygulayabilirlerken diğer ülkeler düzenli depolamaya mecbur kalmaktadırlar. Bertaraf yöntemi seçimini etkileyen bir diğer faktör ise depolama alanının yeterli olup olmamasıdır. Örneğin Avrupa ülkelerinde alan kısıtlı olabilmektedir. Bu durum Avrupa ülkelerinde düzenli depolama yerine diğer yöntemlere yönelmesini doğurmaktadır (Kemirtlek 2019).

### **2.6.10. Özel Atıkların Ayrı Toplanması**

Atık toplanması ve toplanma sonrası yönetilmesinde özel atıklar ile evsel atıkların ayrı tutulması önem taşımaktadır. Özel atıklar ağır metaller gibi tehlikeli öğeler içerirler. Dolayısıyla bunların evsel atıklar ile karıştırılmamaları gerekmektedir (Kemirtlek 2019).

Bu atıklar cıva, kurşun ve kadmiyum gibi ağır metalleri içerirler. Bu sebepten ötürü bu atıklar yeniden kullanılmaktadırlar. Tehlikeli ağır metalleri içeren bu malzemelerin kontrollü depolanmaları önemlidir. Evsel atıklardan ayrı toplanan ve depolanan bu atıklar evsel atıklar ile karışırlarsa depolama ve yakma tesislerindeki ağır metal oranı artacaktır. Akümülatörlerin ve pillerin yönetimlerinin kontrollü yapılması için Avrupa Birliği Komisyonu 18.03.1991'de Akümülatör ve Piller Direktifini (91/157/EEC) yayımlamıştır. Ülkemizde ise Türkiye'de ise Atık Pil ve Akümülatörlerin Kontrolü Yönetmeliği ile bu atıklar düzenlenmektedir. Yönetmelik 31.08.2004 tarihli'dir (Kemirtlek 2019).

Tıbbi atıklar; sağlık kuruluşlarının atıklarıdır ve bunların toplum sağlığına ve çevreye önemli zararları olabilir. Dolayısıyla tıbbi atıkları ayrı toplanır, depolanır ve bertaraf edilirler. Tıbbi atıklar bulaşıcı hastalıkları yayabilecekleri için akut tehlike gösterirler. Hastane ve klinik gibi tıbbi kurumlarda tıbbi atıklar özel torbalarda toplanır ve ayrı biriktirilir. Bu kuruluşlar atıklarını standartlara aykırı torbalar ile toplarlarsa veya başka atıklar ile karıştırırlarsa idari yaptırımlar ile yzleşmelidirler. Tıbbi atıkların kontrollü yönetilmesi 20.05.1993 tarihli ve 21586 sayılı Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği uyarınca yapılmaktadır (Kemirtlek 2019).

Tehlikeli atıklar; içeriklerinde hem topluma hem de çevreye zararlı, tehlikeli bileşenler bulunmaktadır. Bu atıklar evsel veya endüstriyel olabilir. Tehlikeli atıklar zehirli, yanıcı, yakıcı veya patlayıcı gibi niteliklere sahiplerdir. Evsel atıklar ile karıştırılmamaları çok önemlidir. Tehlikeli atıklar 27.08.1995'te 22387 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" uyarınca kontrol edilirler (Kemirtlek 2019).

Konutların, köprülerin, yolların ve benzeri yapıların inşası, restorasyonu veya herhangi bir sebeple yıkılması sonucunda inşaat ve yıkıntı atıkları oluşur. Bu atıkların yüzdesi katı atıklar içerisinde önemli yer tutar. Bu tip atıklar kontrolsüz bertaraf edilirse ekosistemi olumsuz etkileyebilirler. Ülkemizde 18.03.2004 tarih ve 25406 sayılı "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" ile inşaat ve yıkıntı atıklarının çevreye zararlı olabilecek bir şekilde bertaraf edilmesinin kanunen önüne geçilmiştir ve bunların tekrar kullanımı, geri dönüşümü ve bertarafına yasal zemin sağlanmıştır. Bütün atıklar gibi inşaat-yıkıntı atıkları da atık yönetimi hiyerarşisine tabidir. Bu hiyerarşi kaynağı koruma, atığı azaltma, yeniden kullanma, geri dönüştürme, geri kazanma, nihai bertaraf olarak ilerlemektedir. Çoğu gelişmiş ülkelerde bu atıkların minimize edilmesi, tekrar kullanılması ve geri dönüştürülmesi yönünde önemli atılımlar yapılmıştır. Bu atıkların oluşumlarının azaltılması, tekrar kullanımları ve geri dönüştürülmesi ile nihai bertarafın olabildiğince azaltılması amaçlanmaktadır (Kemirtlek, 2019).

#### **2.6.11. Eğitim ve Bilinçlendirme alışmaları**

Gelişmiş lkeler atıkların geri kazanımında, atık miktarı minimizeyasyonunda önemli aşamalar kaydetmişlerdir. Uygulanan plan, program ve politikalarda belli hedeflere ulaşılma amacı gdlmştir ve bu doğrultuda sonuçlar alınmıştır.

Katı atıkların kontrol edilmesi alanında bir program hazırlanacaksa öncelikle atığı üretenlerin ve yerel yönetimlerin atık kontrolünde çevresel etkileri göz ardı etmemelerini ve sorumluluk almalarını sağlamak amaçlanmalıdır. Geri kazanım alanında halka bilinç ve ilgi kazandırılmadığı takdirde çabalar verimsiz kalmaya mahkumdur. Bu noktada eğitimin önemi devreye girmektedir. Katı atık yönetim planı uygulanırken halka her adımda bilgi verilmesi ve eğitim sağlanmasına ihtiyaç vardır. Eğitimde ve uygulamada güdülecek politikaların içeriğinde şu eğitimsel unsurlar bulunabilir:

- Yazılı ve görsel unsurlar
- Seminer programları
- Uygulamalara teknik destek verilmesi

Eğitimde ilk ulaşılabilecek gruplar kadınlar ve öğrencilerdir. Görsel materyallere gereken önem gösterilmelidir. Ayrı toplama düzenine ne zaman geçileceği halka yeterince önceden duyurulmalıdır. Dağıtılan materyallerde ayrı toplamanın nasıl yapılacağı ve neden önemli olduğu açıklanmalı, halktan beklenenler belirtilmelidir. Su, elektrik ve doğalgaz faturaları gibi mecralarda da halkı eğitecek ve atık toplama konusunda hatırlatmalar yapacak notlara yer verilebilir (Kemirtlek 2019).



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Araştırma Alanı

##### 3.1.1. Coğrafi Yapı

Marmara Denizi'nin güneydoğusunda bulunan 135 kilometre uzunluğunda kıyı şeridinde sahip olan Bursa ili kuzeyde Kocaeli, Yalova, İstanbul ve Marmara Denizi, güneyde Kütahya, doğuda Bilecik, Adapazarı ve batıda Balıkesir illeri ile komşudur. Bursa ilinin %40'ını dağlar, %30'unu platolar ve %26'sını da ovalar oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra Bursa ilinin toplam alanının %40'lık kısmının ormanlardan oluştuğu bilinmektedir. Bursa'nın %40'ını oluşturan dağlar, genel olarak doğu-batı yönünde uzanan sıra dağlar biçimindedir. Başlıca dağlar ise Uludağ, Samanlı, Domaniç, Ahı ve Katırlı dağları olarak sıralanmaktadır. Kayak merkezi ve aynı zamanda milli park olan Uludağ ise Bursa'nın en önemli yükseltisidir. Bursa'da yer alan başlıca büyük ovalar ise; Bursa, Yenişehir, Karacabey, İnegöl ve Kemalpaşa ovaları olarak ifade edilmektedir. Başlıca göller ise İznik (%2,8) ve Ulubat Gölleri (%1,2) olarak sıralanmaktadır. Yoğun olarak bitkisel üretimin yapıldığı ovalar ise İnegöl, Yenişehir, Karacabey, Mustafakemalpaşa ve İznik ovaları olarak ifade edilmektedir (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015).



Şekil 3.1. Bursa il haritası (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015).

2012 yılında yayınlanmış olan “6360 sayılı On Üç İLde Büyükşehir Belediyesi ve Yirmi Altı İlçe Kurulması İle Bazı Kanun ve Kanun Hükmünde Kararnelerde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” ile Bursa Büyükşehir Belediyesi’nin sınırları il mülki sınırları olmuştur. Buna ek olarak Bursa Büyükşehir Belediyesi ilçe sayısı 7’den 17’ye yükselmiştir. Mahalle sayısının ise 1057 olduğu bilinmektedir. Çizelge 3.1’de ilçe isimleri, alanları ve mahalle sayıları ile ilgili özet bilgilere yer verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** İlçe isimleri, mahalle sayıları ve alan bilgileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015).

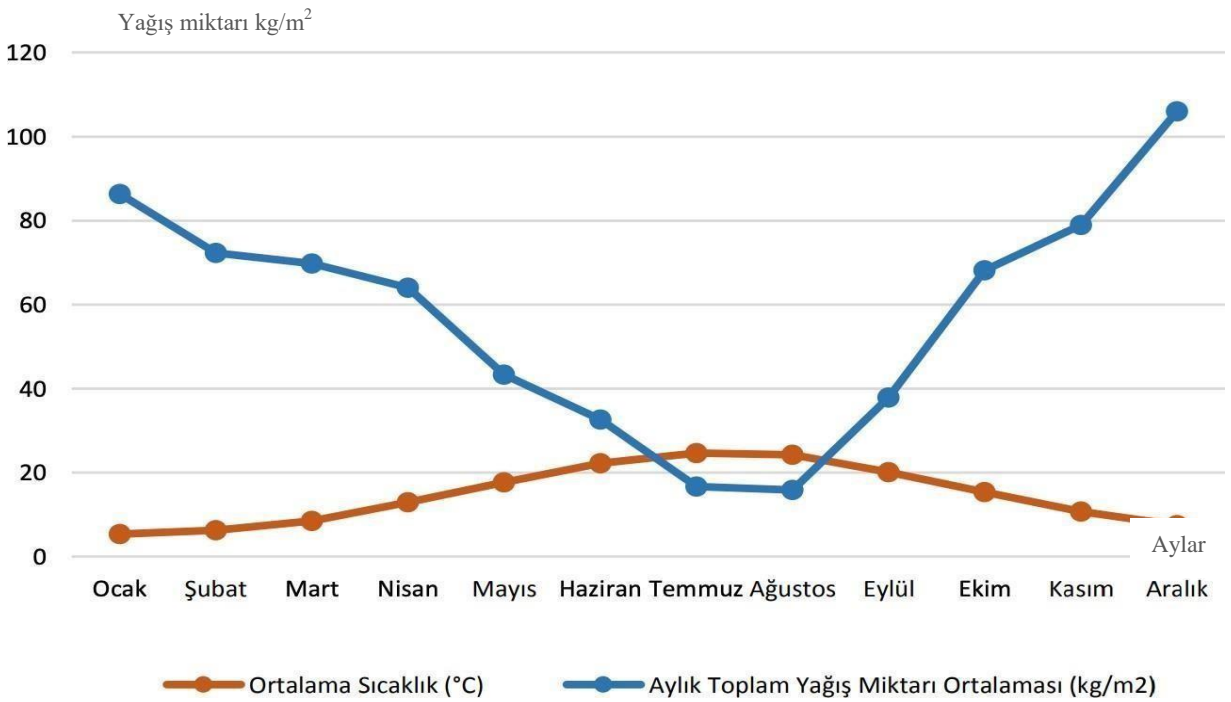
İLÇE	MAHALLE SAYISI <sup>5</sup>	ALAN (KM <sup>2</sup> ) <sup>5</sup>
NİLÜFER	64	507,55
BÜYÜKORHAN	43	511,6
GEMLİK	35	404,09
GÜRSU	14	118,45
HARMANCIK	31	373,29
İNEGÖL	116	1055,68
İZNİK	46	589,95
KARACABEY	85	1126,05
YILDIRIM	69	127,12
KELES	42	630,68
KESTEL	35	391,81
MUDANYA	47	366,49
MUSTAFAKEMALPAŞA	131	1507,41
ORHANELİ	61	873,85
ORHANGAZİ	31	351,45
OSMANGAZİ	136	628,79
YENİŞEHİR	71	732,7
<b>TOPLAM</b>	<b>1057</b>	<b>10296,96</b>

Yenişehir 40-41 derece kuzey paralelleri ile 29-30 derece doğu meridyenleri arasında Marmara Bölgesi'nin güneyinde yer almaktadır. Buna ek olarak Bursa'nın 55 km. doğusunda kendi adını taşıyan ovanın doğuya yakın orta kısmında kurulan bir ilçedir. Yenişehir köyleri ile birlikte toplam 740 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahiptir. İlçe doğuda Bilecik, batıda Bursa, güneyde İnegöl, kuzeyde İznik, kuzey batıda Orhangazi ve Gemlik illeri ile çevrilidir. Yenişehir Bursa, Bilecik, İznik, Orhangazi, Gemlik ve İnegöl' e karayolu ile bağlıdır. Yenişehir' in denizden yüksekliği ise 250 m olarak bilinmektedir.

İlçenin kuzeyinde yükseklikleri 940 m olan Katırlı ve Samanlı Dağları yer almaktadır. Katırlı ve Samanlı Dağları 4. zamanda oluşmuş genç dağlardır. Güneyinde Okuf, Ayaz, Subaşı, Batısında Dinboz ve Kazancı ve Doğusunda Köprühisar, Hayriye ve İncirli tepeleri yer almaktadır (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015).

### 3.1.2. İklim ve Bitki Örtüsü

Bursa doğal bitki örtüsü bakımından son derece zenginliğe sahip bir şehirdir. İlin deniz seviyesinden yüksekliği 155 m'dir. Bursa genel olarak Akdeniz ikliminden Karadeniz iklimine geçişözelliklerini yansıtır. Bu ilin en sıcak ayları Temmuz –Ağustos olurken, en soğuk ayları ise Ocak– Şubat –Aralık aylarıdır. Ortalama nispi nem ise yaklaşık olarak %69 oranında olurken, ortalama yağış miktarı ise 700,3 mm'dir (Şekil 3.2).



**Şekil 3.2.** Bursa ili yağış-sıcaklık grafiği (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015)

Yenişehir Ova, doğudan batıya uzanan bir elips biçimindedir. En büyük akarsuyu ise Sakarya'ya dökülen Göksu'dur. Göksu 80 km uzunluğuna sahiptir. Yenişehir, Marmara Bölgesi'nin doğusunda olması sebebiyle ülkemizin dört ana iklim bölgesinden biri olan Akdeniz iklimler bölgesinin Marmara iklimi altındadır. İlçenin Marmara ile Batı Karadeniz iklimi arasında bir geçiş özelliği taşımakta olduğu da bilinmektedir.

### 3.1.3. Nüfus

Bursa ilinin yıllık nüfus artış oranı Türkiye ortalamasının üzerindedir. Bursa 2014 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt S(ADNKS) verileri çerçevesinde Türkiye'nin en büyük 4. ilidir. Çizelge 3.2'de Bursa'nın 1965 -2014 yıllarını kapsayan dönemdeki nüfus sayımlarına bakıldığında 1990 yılından sonra Büyükorhan, Harmancık, Orhaneli ve Keles gibi dağlık bölgelerde yer alan ilçelerde şehir merkezlerine göç verildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra söz konusu ilçelerin 2014 yılı nüfuslarında bir azalma yaşandığı da görülmektedir.

**Çizelge 3.2.** Bursa ilçelerinin 1965-2014 yılları arasındaki nüfus verileri (Bursa Büyükşehir Belediyesi, 2015)

İLÇELER	1965	1970	1975	1980	1985	1990	2000	2014
MERKEZ (NİLÜFER, OSMANGAZI, YILDIRIM)	306.753	379.484	465.657	607.221	748.358	901.860	1.301.285	1.829.482
BÜYÜKORHAN						19.591	16.667	11.396
GEMLİK	33.886	34.796	39.679	48.106	57.308	78.193	88.472	103.390
GÜRSU						18.681	28.087	74.827
HARMANCIK						12.149	10.017	6.873
İNEGÖL	76.908	80.778	88.005	97.812	106.372	126.214	186.558	242.232
İZNİK	31.105	34.104	35.959	37.479	39.873	41.942	44.770	42.727
KARACABEY	57.455	58.466	61.334	65.915	65.509	72.898	76.887	80.594
KESTEL						31.710	44.102	52.938
KELES	20.218	20.956	22.296	22.453	22.125	21.675	18.613	13.123
MUDANYA	25.247	25.481	26.938	31.029	32.042	38.656	53.965	80.385
MUSTAFAKEMALPAŞA	81.268	84.216	88.234	92.586	96.830	100.410	101.531	99.651
ORHANELİ	47.681	51.687	53.122	55.905	59.005	30.015	30.449	21.563
ORHANGAZI	30.575	31.632	34.041	41.465	46.482	56.426	68.902	76.143
YENİŞEHİR	44.408	46.284	46.374	48.521	50.111	52.717	54.835	52.215
<b>TOPLAM</b>	<b>755.504</b>	<b>847.884</b>	<b>961.639</b>	<b>1.148.492</b>	<b>1.324.015</b>	<b>1.603.137</b>	<b>2.125.140</b>	<b>2.787.539</b>

Bursa, zamanla kazanmış olduğu megakent karakteri sayesinde kısa mesafeli ve uzun mesafeli olmak üzere ülke genelinde bulunan pek çok yerleşkelerden göç alan bir ildir. Bursa' da faaliyet gösteren tarım kesiminin işgücü talebi genel olarak çevre illerden göç almasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra sanayi ve hizmetler sektörü sayesinde artış gösteren iş imkanları da şehrin uzak şehirlerden göç almasına sebep olmaktadır. Çizelge 3.3'te Bursa ilinin 2013-2014 yıllarını kapsayan dönemde aldığı göç, verdiği göç istatistikleri gösterilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Bursa ilinin aldığı göç ve verdiği göç (2008-2018) (TÜİK, 2020)

<b>Yıllar</b>	<b>Bursa'nın Aldığı Göç (kişi)</b>	<b>Bursa'nın Verdiği Göç (kişi)</b>
2008	82964	47370
2009	66615	56368
2010	72640	57220
2011	74243	58258
2012	67736	61520
2013	75518	61744
2014	80717	65027
2015	84253	64558
2016	84458	63812
2017	86119	64905
2018	80940	80086

Çalışmanın alanı, Bursa ili Yenişehir ilçesi Yolören Mahallesi'dir. Seçilen alana ilişkin bilgiler, nüfus projeksiyonu bölümünde detaylı biçimde ele alınacağı için, tekrara düşülmemesi amacıyla burada sunulmamaktadır.

### 3.2. Araştırma Yöntemi

Bu araştırmada entegre katı atık yönetiminin Bursa ili Yenişehir ilçesi Yolören Mahallesi'ne uygulanması için projeksiyon çalışmaları yapılmıştır.

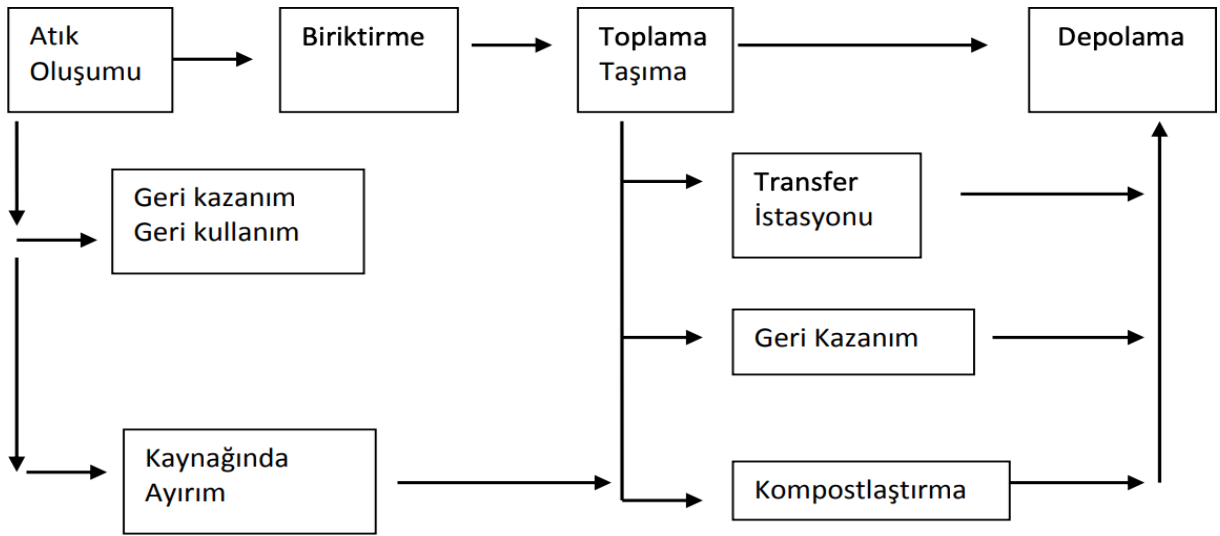


Şekil 3.3. Yenişehir ilçesi Yolören Mahallesi (Anonim 2018)

Öncelikle Yolören'in mevcut nüfus verilerinden hareketle 33 yıllık nüfus projeksiyonu hazırlanmıştır. Sonrasında bu projeksiyon kullanılarak üretilen katı atık projeksiyonu oluşturulmuştur. Katı atık karakterizasyonu ve maliyet analizi ile gerekli konteyner sayıları hesaplanmıştır.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Entegre katı atık yönetimi, belirli amaçları gerçekleştirebilecek teknoloji, teknik uygulama biçimlerinin saptanması ve uygulanması olarak ifade edilmektedir. Katı atık yönetiminin etkin bir şekilde yapılabilmesi için oluşan atığın, toplanması, biriktirilmesi, taşınması, ayrılması, işlenmesi, dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi gibi aşamaların bir bütün olarak düşünülmesi gerekmektedir (Tchobanoglous ve ark. 1993). Entegre katı atık yönetim sisteminin, katı atıkların insan sağlığını ve güvenliğini tehdit eden etkilerini bertaraf edebilmesi son derece önemlidir. Etkili bir sistemin ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilir olmalıdır. Bunun yanı sıra katı atıkların insan sağlığı ve çevre üzerinde yaratabileceği olumsuz etkileri, hava kirliliği, su kirliliği ve enerji tüketimi gibi negatif yönlü etkileri bertaraf edebilmesi gerekmektedir. Bahsi geçen bütün bu unsurlara ve aralarındaki ilişkilere Şekil 4.1’de yer verilmektedir.



Şekil 4.1. Entegre katı atık yönetim sisteminin unsurları (Tchobanoglous ve ark. 1993)

## **4.1. Yolören Mahallesi Mevcut Katı Atık Yönetimi**

### **4.1.1. Mevcut Eysel Nitelikli Katı Atık Miktarı**

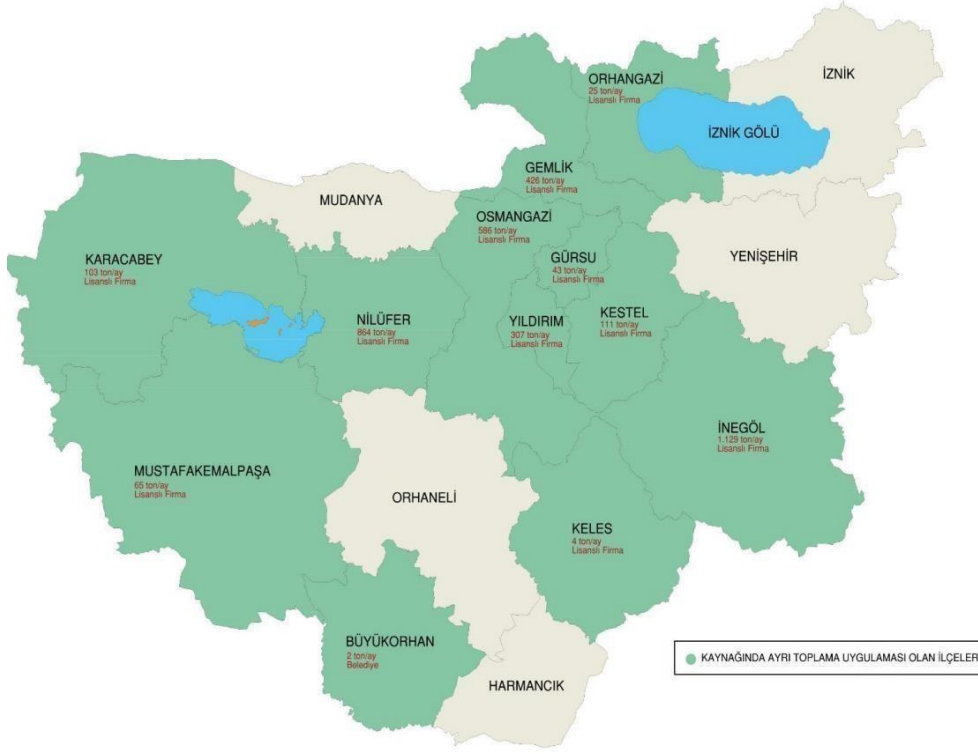
Kantar ölçüm sonuçlarına göre İnegöl düzenli depolama alanına 242,232 nüfuslu İnegöl İlçesinden günlük 143,000 kg evsel atık, 52,215 nüfuslu Yenişehir ilçesinden de günlük 25,000 kg evsel atık kabulü gerçekleştirilmektedir. Bu 25 tonluk evsel atığın 5 tonunun Yolören'den geldiği düşünülmektedir. 2015 yılı anket sonuçlarına göre ilçelerden toplanan atık miktarları İnegöl için 230,000 kg/gün, Yenişehir için 60,000 kg/gün olduğu bilgisi elde edilmiştir. Dolayısıyla, düzenli depolamaya ulaştırılan evsel atıklar dışındaki miktar kontrolsüz şekilde bertaraf edilmektedir (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015).

Mevcut Tıbbi Atık Miktarı : Bursa'da günlük 10 ton tıbbi atık üretilmektedir. Yenişehir'de ise 2014 verilerine göre yıllık tıbbi atık üretim miktarı 12 tondur.

### **4.1.2. Mevcut Ambalaj Atıkları Miktarı**

Yenişehir'de ambalaj atığı toplaması yapılmadığından ilgili veriler bulunmamaktadır (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015). Bu nedenle projeksiyon çalışmalarına ambalaj atığı dahil edilmemiştir.





Şekil 4.2. Bursa'da ambalaj atıkları yönetimi

#### 4.2. Biriktirme, Toplama, Taşıma ve Bertaraf İşlemleri



Şekil 4.3. Yenişehir Evsel Atık Aktarma İstasyonu

Şekil 4.3'te görüldüğü üzere Yenişehir'in düzenli depolama tesisi İnegöl'de bulunmaktadır. Mahallenin istasyona uzaklığı 25 km'dir. 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanununa göre evsel nitelikli atıkların kaynağa toplanması ve düzenli depolama tesisine kadar taşınması ilçe belediyelerinin uhdesinde olup, düzenli depolama tesislerinden itibaren bu atığın değerlendirilmesi ve bertarafı Bursa Büyükşehir Belediyesi bünyesinde yürütülmektedir. AB'ye uyum çerçevesinde mevzuatta yapılan ve yapılacak değişiklikler; verimli hale getirmeyi, geri kazanımı yaygınlaştırmayı, düzenli depolama sahalarına organik madde girişini minimize etmek için kaynağında ayrı toplama ve ikili toplama sistemini zorunlu kılmaktadır. Ancak Yolören beldesinde kaynağa ayrı toplama işlemi henüz hayata geçirilememiştir. Geri kazanılabilir atıklar organik katı atıklar ile birlikte İnegöl'de bulunan düzenli depo sahasına gönderilmektedir. İnegöl Düzenli Depolama Sahasına Yenişehir ve İnegöl ilçelerinden atık girişi olmaktadır. İnegöl Katı Atık Düzenli Depolama sahasına toplam 168 ton/gün atık gönderilmektedir.

İnegöl ve Yenişehir belediyeleri atıklarını İnegöl'deki düzenli depolama sahasına göndermektedir. İnegöl düzenli depolama sahası; 2011 yılında katı atık kabulüne başlanmış olup 2037 yılına kadar kullanılması öngörülmektedir. Düzenli depolama sahası işletimi 2017 yılı ocak ayı sonuna kadar YİS İnşaat Tic. Ltd. Şti. tarafından yapılacaktır. 242,6 ha alana sahip olan saha üç etap halinde projelendirilmiştir. Depolama sahasının hacmi 4,065,000 m<sup>3</sup> olduğu bilinmektedir. Tesis 3 vardiya şeklinde çalışmakta olup çalışan personel sayısı 9'dur. Saha işletiminde kullanılmak üzere, kamyon (1 adet), dozer (1 adet), tanker (1 adet) ve ekskavatör (1 adet) bulunmaktadır. Tesiste; idari bina, atölye binası, güvenlik binası ve girişte kantar binası bulunmaktadır. Sahadaki sızıntı suyu 2,500 m<sup>3</sup> hacimli lagünde toplanmaktadır. Pasif olarak da çöp gazı yönetimi yapılmaktadır. Düzenli depolama sahasının Yenişehir ve İnegöl ilçelerine mesafeleri sırasıyla 16 km ve 13km'dir. Yenişehir'de çöp toplama araç sayısı 16, toplama sıklığı merkezde her gün ve mahallelerde haftada 2 gündür (Bursa Büyükşehir Belediyesi 2015).

### 4.3. Yolören Mahallesi Entegre Katı Atık Yönetimi

#### 4.3.1. Nüfus Projeksiyonu

Herhangi bir yerleşim yerinde oluşan katı atık miktarının, ilgili yerleşim yerinin nüfusuna bağlı olarak değişiklik göstermesi sebebiyle öngörülen katı atık yönetiminin sağlıklı bir biçimde uygulanabilirliğinin sürdürülebilmesi için geleceğe dönük nüfus projeksiyonu hesaplamaları son derece iyi bir şekilde yapılmalıdır. Gelecek yıllarda oluşacak olan katı atık üretim miktarının tespit edilmesi hususunda ise temel oluşturacak nüfus değerlerinin saptanabilmesi için uygulanabilecek metotlar arasında geometrik artış metodu, aritmetik artış metodu ve iller bankası metodu gibi pek çok metot yer almaktadır. Yolören'in nüfus projeksiyonu ise İller Bankası Şartnamesinde yer alan formüle göre hesaplanmıştır. Bahsi geçen metot İller Bankası tarafından projelerin tamamında sıklıkla kullanılan bir metottur. Bu metot aynı zamanda geometrik artış metodu esasına göre artışın sınırlandırıldığı bir metottur. Bu metoda göre artış hızı çoğalma katsayısıyla ifade edilmektedir (Samsunlu, 1997).

Yıllık nüfus artış oranı formülü şu şekildedir:

$$P = [(N_y/N_e)^{1/a}] - 1 \times 100 \quad (1.1)$$

P: Nüfus artış katsayısı,  $N_y$  = Son nüfus sayımı sonucu,  $N_e$  = Nüfus artışına baz alınan önceki nüfus sayım sonucu, a = iki nüfus sayımı arasındaki yıl farkı.

**Çizelge 4.1.** Yenişehir Yolören Nüfusu (2013-2018) (TÜİK, 2020)

2013 yılı	2014 yılı	2015 yılı	2016 yılı	2017 yılı	2018 yılı
1477 kişi	1400 kişi	1352 kişi	1275 kişi	1322 kişi	1382 kişi

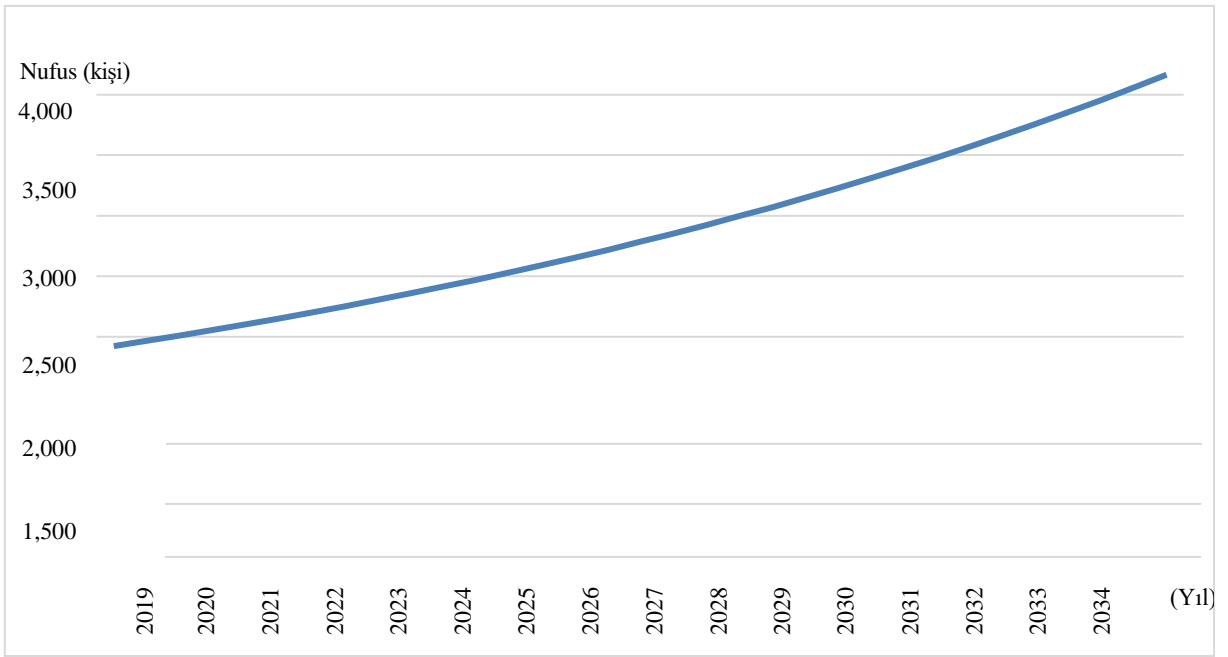
$P = [(53,704/51,227)^{1/11}] - 1 \times 100$  formülü ile Yolören nüfus artış oranı yüzde 4,5 olarak hesaplanmıştır. P değerinin eksi değer ya da 1'den küçük olması halinde, P=1 alınmaktadır. 3'ten büyük çıkması halinde ise 3 kabul edilmektedir (Samsunlu, 1997). Dolayısıyla çalışmamızda Yolören nüfus artış katsayısı (P), 3 olarak alınmıştır. Yolören nüfus projeksiyonu için proje hazırlanma aşaması 3 yıl, uygulama aşaması 30 yıl olarak

ön görülmüştür. Projenin 33 yıllık ömrü ön kabulü ile 2019-2051 yılları için hesaplamalar yapılmıştır.

$$N = N_y \times (1 + P/100)^n, N: \text{Hesaplanması istenen yıla ait nüfus, } n: \text{hesaplanması istenen yıla kadar geçecek süre (} t_{\text{gelecek}} - t_{\text{son}} \text{).} \quad (1.2)$$

**Çizelge 4.2.** Yolören İlçesi Nüfus Projeksiyonu (2019-2051)

<b>Yıl Projeksiyonu (yıl)</b>	<b>Toplam Nüfus (kişi)</b>
2019	1423
2020	1466
2021	1510
2022	1555
2023	1602
2024	1650
2025	1699
2026	1750
2027	1803
2028	1857
2029	1913
2030	1970
2031	2029
2032	2090
2033	2153
2034	2217
2035	2284
2036	2352
2037	2423
2038	2496
2039	2570
2040	2648
2041	2727
2042	2809
2043	2893
2044	2980
2045	3069
2046	3161
2047	3256
2048	3354
2049	3455
2050	3558
2051	3665



**Şekil 4.4.** Yolören Nüfus Projeksiyon Grafiği (2019-2051)

#### 4.3.2 Katı Atık Projeksiyonu

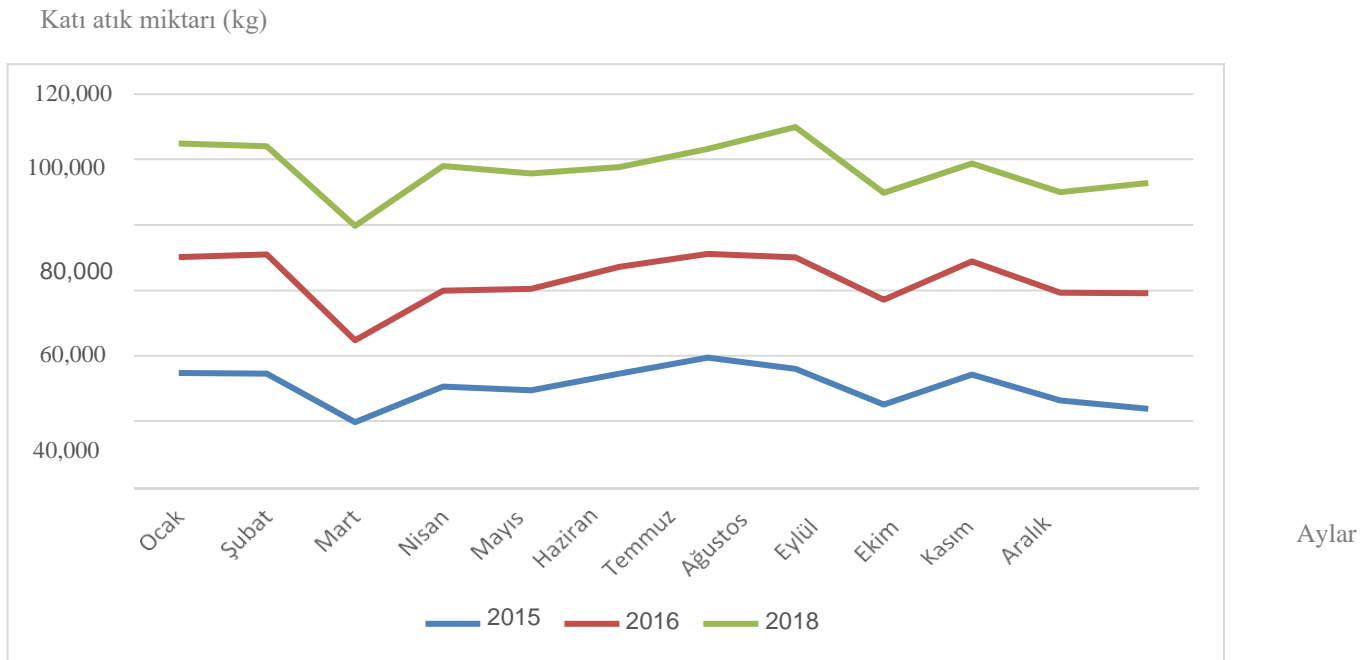
Katı atıkların miktarı ve ileriye dönük katı atık üretimleri ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Bunun yanı sıra aynı ülkede bölgeden bölgeye ve hatta aynı şehirde semtten semte de değişiklik gösterebilmektedir. Söz konusu değişim insanların sosyoekonomik yapısıyla ilgili olmakla birlikte en çok gelir seviyesiyle tüketim ve kullanım alışkanlıklarına bağlanabilmektedir. Nüfus, katı atıkların projeksiyon hesaplamalarındaki en önemli etkidir. Eğer çalışmanın yürütüldüğü bölgede nüfus projeksiyonu doğru bir şekilde hesaplanırsa ilgili bölgede üretilen katı atık miktarı ve depolama sahası alanı da doğru bir şekilde hesaplanabilecektir.

Yolören'in katı atık projeksiyon hesaplama çalışmalarına yönelik parametreler göz önünde bulundurularak proje hazırlanma aşaması üç yıl, proje uygulama aşaması ise otuz yıl öngörülerek proje ömrü otuz üç yıl boyunca üretilen katı atık miktarı hesaplamaları Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Bu aşamadan önce, Yolören'in mevcut aylık ve yıllık katı atık üretim miktarları Çizelge 4.3'te verilmektedir.

**Çizelge 4.3.** Yolören Aylık ve Yıllık Net Katı Atık Miktarları (2015-2017)

Aylar	2015 (yıl)	2016 (yıl)	2017 (yıl)
Ocak	34,775 kg	35,285 kg	34,748 kg
Şubat	34,539 kg	36,398 kg	33,020 kg
Mart	19,742 kg	24,956 kg	34,964 kg
Nisan	30,563 kg	29,228 kg	38,144 kg
Mayıs	29,436 kg	31,032 kg	35,188 kg
Haziran	34,529 kg	32,624 kg	30,448 kg
Temmuz	39,420 kg	31,664 kg	32,072 kg
Ağustos	36,060 kg	33,952 kg	39,844 kg
Eylül	25,116 kg	31,992 kg	32,632 kg
Ekim	34,264 kg	34,576 kg	29,856 kg
Kasım	26,320 kg	32,968 kg	30,692 kg
Aralık	23,812 kg	35,204 kg	33,782 kg
<b>TOPLAM</b>	<b>368,576 kg</b>	<b>389,879 kg</b>	<b>405,390 kg</b>

Yukarıdaki çizelgede görüldüğü üzere 2015 yılı toplam katı atık miktarı 368,576 kg 2016 yılı 389,879 kg 2017 yılı 405,390 kg'dır. Aşağıda, katı atık miktarlarının aylık dağılımı gösterilmektedir.



**Şekil 4.5.** Katı atık miktarlarının aylık dağılımı (2015-2018)

2015 yılı Yolören Mahallesi toplam katı atık miktarı 368,576 kg'dır. Aylık atık miktarı ortalaması 30,714 kg'dır. Ortalama günlük atık miktarı ise 1009 kg'dır. Kişi başına günlük katı atık miktarı, 2015 yılı için 0,74 kg'dır.

2016 yılı Yolören Mahallesi toplam katı atık miktarı 389,879 kg'dır. Aylık atık miktarı ortalaması 32,489 kg'dır. Ortalama günlük atık miktarı ise 1068 kg'dır. Kişi başına günlük katı atık miktarı, 2016 yılı için 0,83 kg'dır.

2017 yılı Yolören Mahallesi toplam katı atık miktarı 405,390 kg'dır. Aylık atık miktarı ortalaması 33,782 kg'dır. Ortalama günlük atık miktarı ise 1110 kg'dır. Kişi başına günlük katı atık miktarı, 2017 yılı için yaklaşık 0,85 kg'dır.

Yukarıdaki üç yıllık veriler baz alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen bilgilerle, aşağıda Yolören Mahallesi için üretilen katı atık projeksiyonu sunulmaktadır.

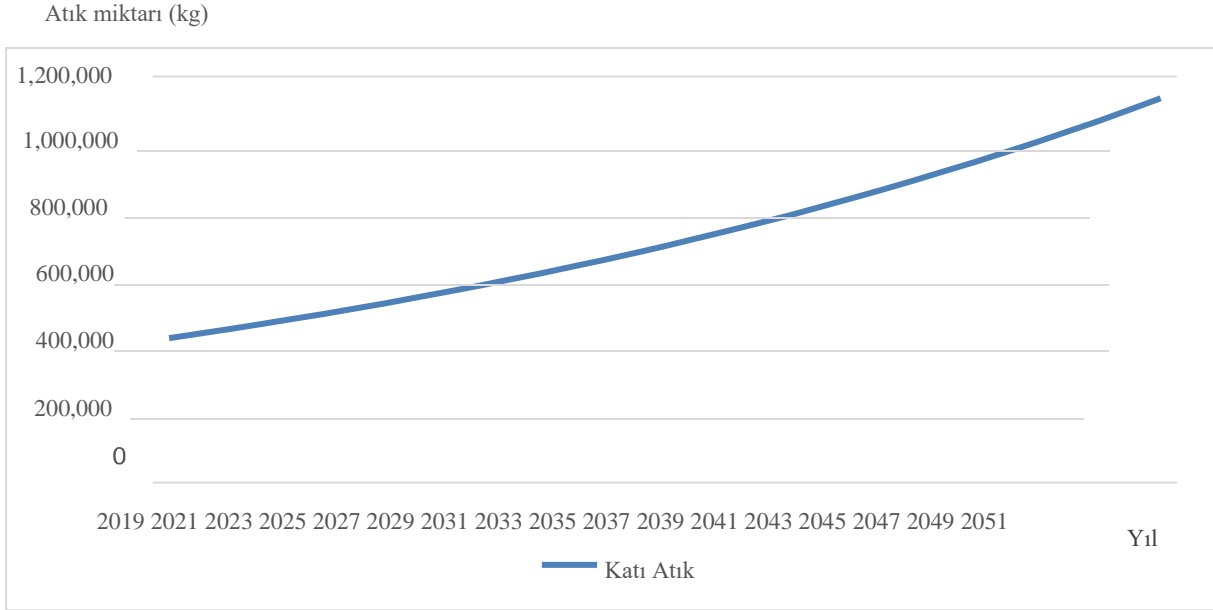
**Çizelge 4.4. Yolören Üretilen Katı Atık Projeksiyonu**

<b>Yıl Projeksiyonu</b>	<b>Katı Atık (kg)</b>
2019	441,485
2020	454,826
2021	468,477
2022	482,438
2023	497,020
2024	511,912
2025	527,114
2026	542,937
2027	559,380
2028	576,134
2029	593,508
2030	611,192
2031	629,497
2032	648,422
2033	667,968
2034	687,824
2035	708,611
2036	729,708
2037	751,735
2038	774,384
2039	797,342
2040	821,542
2041	846,051
2042	871,492
2043	897,553
2044	924,545
2045	952,157
2046	980,700
2047	1,010,174
2048	1,040,578
2049	1,07,913
2050	1,103,869
2051	1,137,066

Çizelge 4.4'te katı atık projeksiyonu sunulmaktadır. Hesaplamalar, nüfus projeksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneğin, nüfus projeksiyonu hesaplamalarına göre Yolören'in 2047 yılında nüfusu 3256 kişi olacaktır. Kişi başına günlük katı atık miktarı 0,85 kg olarak alındığında, 1 yıllık kişi başı katı atık miktarı 310,25 kg'dır. Bu, Yolören'de kişi başına düşen yıllık katı atık üretimidir. 310,25 değerinin 2047 nüfusu olarak öngörülen 3256 kişi ile çarpılmasıyla 1,010,174 kg değeri elde edilmektedir.



Aşağıda Şekil 4.6 ile Yolören'de katı atık projeksiyonunun 2051 yılına kadar durumu gösterilmektedir. Çizelge 4.4'te de görüldüğü gibi katı atık projeksiyonuna göre 2047'de Yolören Mahallesi yıllık katı atık miktarı 1 tonu geçmektedir. Bu durum entegre katı atık yönetiminin uygulanması için ayrıca tetikleyici bir öngörü olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4.6. Yolören Katı Atık Projeksiyonu (2019-2051)

### 4.3.3. Katı Atık Karakterizasyonu

Katı atık karakterizasyonu, entegre katı atık yönetiminin temelidir. Katı atık yönetim sisteminin belirlenmesi, planlanması ve planlanan sistemin uygulanması için katı atık kompozisyonunun içeriğinin bilinmesi önemlidir. Katı atık analizi ve test çalışması için temsil edici miktarda numuneye ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılacak analizler için katı atıklar farklı ortamlarda ve fiziksel şartlarda bulunmaktadır. Bununla birlikte toplanan her bir numunenin, fiziksel şartlar ve karakterizasyon özellikleri atık ile uyum sağlamalıdır. Katı atıklar genellikle homojen olmayan karışımlar olup farklı şekillerde bulunmaktadır. Temsil edici numuneyi almak için kentsel katı atık gerektiren ve iyi planlanmış bir çalışma yapılmalıdır. Bu çalışmada, Yolören Mahallesi için Aralık 2017 tarihinde kentsel katı atık sınıflandırma çalışması yapılmış, kış mevsiminin katı atık karakterizasyon çalışması yapılmıştır. Yolören Mahallesi katı atık karakterizasyon çalışması kapsamında saha incelemeleri yapılarak 15- 17 Aralık 2017 tarihleri arasında kış mevsimi (yağışsız hava koşulları) karakterizasyon çalışması yapılmıştır

Bölgenin toplama işlemleri Yenişehir Belediyesinin sıkıştırılmalı çöp araçları ile yapılmaktadır. Toplanan tüm atığın boş bir arazide numune alımı yapılmıştır. Toplamda 200 kg atık numunesi alınmıştır. Temsil edici şekilde numune alımı, karıştırılarak homojen hale getirilen atığın farklı yerlerinden kürek kullanmak suretiyle yapılmıştır. Karakterizasyon numunesi alımında darası belli olan 20 kg'lık plastik kovalar kullanılmıştır. Karakterizasyon çalışmasında, atık 10 kategoride değerlendirilmiş ve çalışma çöp araçlarının parkında kullanılan boş arazi sahasında gerçekleştirilmiştir.

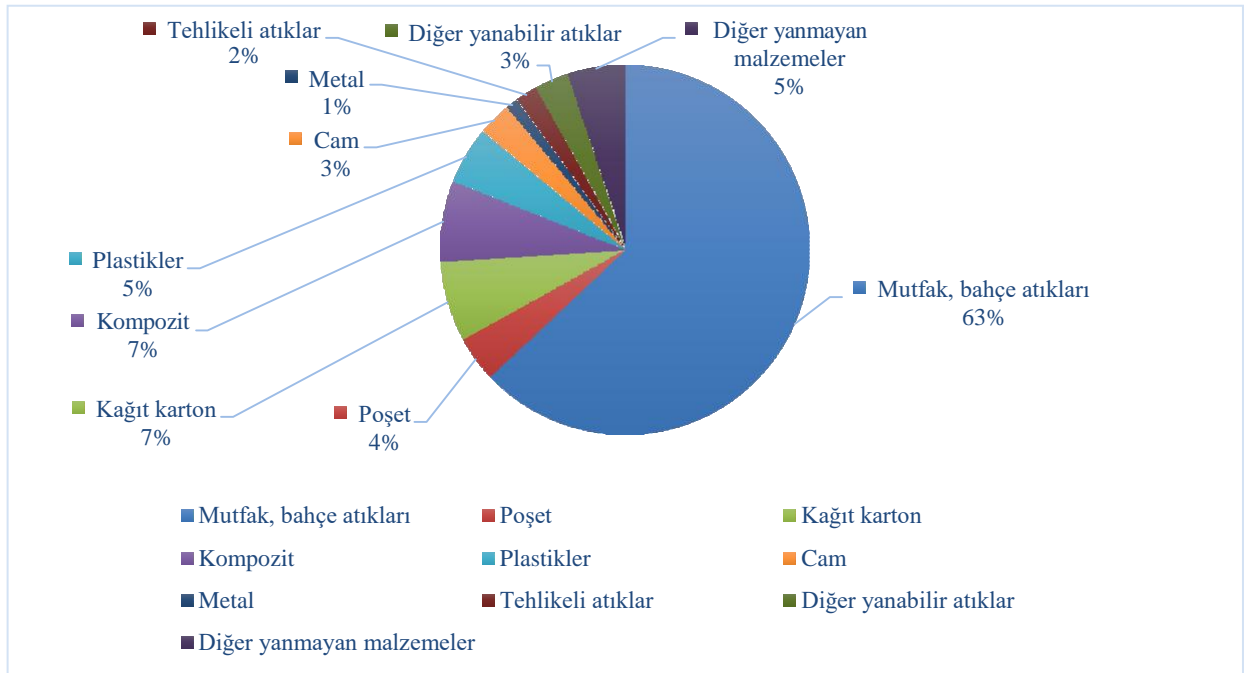
**Çizelge 4.5. Yolören Katı Atık Karakterizasyon İçeriği**

ATIK CİNSİ	AÇIKLAMA
Mutfak, bahçe atıkları	Yemek artıkları, yaprak ağaç dalları
Poşet	Market, alışveriş poşetleri
Kağıt karton	Her türlü karton, kağıt
Kompozit	Meyve suyu, süt kutusu
Plastikler	Pet harici her türlü plastik
Cam	Her türlü cam
Metal	Her türlü metal
Tehlikeli atıklar	Pil, boya kutusu, deterjan kutusu
Diğer yanabilir atıklar	Tahta, çanta, ayakentsel katı atık, köpük
Diğer yanmayan malzemeler	Taş, toz, kül, toprak

Karakterizasyon numunesi alımında darası belli olan 20 kg'lık plastik kovalar kullanılmıştır. Karakterizasyon çalışmaları sonucunda atıkların içerisinde bulunan atıkların oranı Mutfak, bahçe atıkları %63 olarak belirlenmiştir. Katı atıklar arasında poşet oranı %4, kağıt karton %7, kompozit %7, plastikler %5, cam %3 metal %1, tehlikeli atıklar %2 diğer yanabilir atıklar %3, diğer yanmayan malzemeler %5'tir.

**Çizelge 4.6.** Yolören Katı Atık Karakterizasyon İçeriği Oranları

ATIK CİNSİ	ATIK ATIK KARAKTERİZASYON ORANLARI
Mutfak, bahçe atıkları	%63
Poşet	%4
Kağıt karton	%7
Kompozit	%7
Plastikler	%5
Cam	%3
Metal	%1
Tehlikeli atıklar	%2
Diğer yanabilir atıklar	%3,
Diğer yanmayan malzemeler	%5



**Şekil 4.7.** Yolören Katı Atık Karakterizasyon İçeriği Oranları

#### **4.4. Biriktirme, Toplama, Taşıma ve Bertaraf Yöntemleri**

Yerleşim merkezlerinin nüfus ve tüketim oranlarının hızla artması sonucunda ortaya çıkan evsel katı atıkların yönetimi, 5393 Sayılı Belediye Kanunu'nun 14. ve 15. maddeleri ile 5216 Sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'nun 7. maddesi ile katı atıkların toplanması, taşınması ve geri kazanılması ile insan ve çevre sağlığını negatif yönde etkilemeden nihai bertaraf edilmesine yönelik yükümlülük, sorumluluk ve yetkileri Belediyeler ve Büyükşehir Belediyelerine veren kanun maddeleri sonucunda yerel yönetimler büyük sorumluluk yüklenmektedir. Bu çerçevede belediye harcamalarında katı atıkların biriktirilmesi, toplanması ve taşınması ciddi bir bütçe oluşturan hizmetler arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra evsel atıkların biriktirilme, toplanma ve taşınma hizmetleri, yüksek yatırım ve işletme maliyetlerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Yerel yönetimlerin bütçelerinde katı atıkların toplanması ve bertaraf edilmesi için harcadıkları ödenek önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle katı atıkların toplanma ve bertaraf edilme gibi hizmetlerin sağlıklı ve çağdaş bir biçimde yürütülmesi gerekliliğinin önemli olduğu kadar bu hizmetlerin en düşük maliyetle gerçekleştirilmesi de önem taşımaktadır. Geçmiş dönemlerde belediye bütçeleri kısıtlı olması sebebiyle, alanlarda yeterli istihdam sağlanmamakta ve evsel katı atıkların biriktirilme, toplanma ve taşınma gibi hizmetler basit metotlarla yapılmaktaydı. Bu durum işçi ve şehir sağlığı açısından olduğu kadar belediyeler tarafından sunulan hizmetin verimliliği açısından da uygun görülmemekteydi. Katı atıkların içindeki geri kazanılabilir nitelikteki atıkların geri kazanılmasının sağlanması için ilk olarak atıkların tamamının ayrılması gerekir. Karışık bir şekilde biriktirilen atıkların içinde yer alan geri kazanılabilir nitelikteki materyallerin ayrılma işlemi, atıkların oluşum evresinde madde gruplarına göre ayrı ayrı toplanmasından çok zor olmakta ve yüksek bir maliyet gerektirmektedir. Dolayısıyla karton, kâğıt, metal, cam, PET ve PVC gibi maddelerin ayrı kaplarda biriktirilmesi son derece önemlidir. Söz konusu amaç doğrultusunda biriktirme işlemi için standart büyüklükte kapaklı kapların kullanılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra taşıma araçlarının da hidrolik özellikleri ile donatılması gerekmektedir. Bu maddeler hidrolik mekanizma aracılığıyla biriktirme kaplarından toplama aracına ve daha sonra toplama aracından katı atık tesisine boşaltabilen sistemlerin kullanılması gerekmektedir.

Evsel nitelikteki katı atıklar biriktirilirken mevcut 400 – 800 litrelik galvaniz kapaklı atık konteynerlerinin kullanılması gerekmektedir. Söz konusu biriktirme kaplarının boyutları ise yol kaplamasının durumu, sokak genişliği ve kullanılan standart hidrolik yüklemeli toplama araçlarının kapasitesine göre belirlenmiştir. İşletme giderlerinin düşürülmesi amacıyla biriktirme kaplarının hacimleri büyük tutulmaktadır. Bu konteynerler yaklaşık olarak 200 metrelik mesafeler biçiminde yerleştirilecektir. Buna ek olarak konteynerler parklara yakın, market, büfe yakınlarında ise bahsi geçen 200 metrelik mesafeler kısaltılarak yerleştirilecektir. Biriktirme işleminde kullanılan konteynerlerin sayısı ve yoğunlukları da sokaklara göre arttırılacaktır.

Yolören Mahallesi’nde toplanacak bütün ambalaj atıkları (plastik, metal, kağıt, cam, kompozit) için biriktirme yöntemi olarak, kumbara ile biriktirme ve iç mekan kutusunda biriktirme yöntemlerinden yararlanılacaktır. İç mekân kutularından sadece resmi kurumlarda yararlanılacaktır. Konut bölgelerinde yararlanılacak olan kumbaralar yerleşim planları, toplu konut bölgeleri, nüfus ve atığın miktarı göz önünde bulundurularak yerleştirilecektir.

Burada katı atık toplama ve transfer işlemlerinin maliyet hesabı yapılmaktadır.

#### Çizelge 4.7. 2017 Yılı Maliyet Hesabı

<b>Haftalık Toplama süresi (saat)</b>	<b>Haftalık Yakıt masrafı (TL)</b>	<b>Haftalık personel gideri (TL)</b>	<b>Haftalık araç bakım ve tamir gideri (TL)</b>	<b>Haftalık maliyet (TL)</b>	<b>Yıllık maliyet (TL)</b>
6	300	1,950	250	2,500	130,000

Yukarıda görülen kalemlerin yanında Yolören’in merkeze ve depolama sahasına uzaklığı da önem taşımaktadır. Yolören’in depolama sahasına uzaklığı 25 km’dir. Mevcut durumda katı atık toplama maliyeti yıllık 130,000 TL’dir. Entegre katı atık yönetimi çalışmaları ile bu maliyetin düşürülmesi hedeflenmektedir. Projeksiyon çalışması biriktirmeden başlamaktadır. Çalışmanın bu kısmında Yolören Mahallesi entegre katı atık yönetimi için gerekli konteynır projeksiyonu hesaplanmaktadır.

**Çizelge 4.8.** Evsel katı atıklar için referans birim hacim ağırlık değerleri

<b>Katı Atığın Evsafı</b>	<b>Birim Hacim Ağırlık (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Sıkıştırılmamış	90-200
Kamyonda sıkıştırılmış	180-450
Dolgu alanında sıkıştırılmış	360-510
Dolgu alanında iyi sıkıştırılmış	600-750
Parçalanıp sıkıştırılmamış	120-270
Parçalanıp sıkıştırılmış	660-1080

Yenişehir’de konteyner sayısı 1800’dür. Yolören’deki konteyner sayısının ise 360 olduğu bilinmektedir. Yenişehir ilçesinden ise günlük 25 ton evsel atık kabulü yapılmaktadır. Bunun 5 tonunun Yolören’den olduğu tahmin edilmektedir. Mahallede ortalama katıatık birim hacim ağırlığı 95 kg/m<sup>3</sup> olarak alınmıştır.

$$V_{KA}(\text{Hacim}) = M_{KA}(\text{Kütle}) / p_{KA}(\text{Birim Hacim Ağırlık}) \quad (1.2)$$

2017 yılı üretilen evsel nitelikli katı atık miktarı 5000/95= 52,6 m<sup>3</sup>/gün’dür. Mevcut konteynerlerin ortalama hacmi 400-800 litreliktir. Konteynerlerin genelinin 400 litrelik olması nedeniyle konteyner temininin de 400 litrelik olacağı kabulüyle hesaplamalar yapılmıştır. Gerekli konteyner sayısı 52,6 x 0,4 = 21 olduğu tahmin edilmektedir.



**Şekil 4.8.** 400 litrelik galvaniz çöp konteynırı (Anonim 2003)

**Çizelge 4.9. Yolören Gerekli Konteyner Projeksiyonu (2019-2051)**

<b>Yıl Projeksiyonu</b>	<b>Gerekli Konteyner Projeksiyonu (Adet)</b>
2019	402
2020	423
2021	444
2022	465
2023	486
2024	507
2025	528
2026	549
2027	570
2028	591
2029	612
2030	633
2031	654
2032	675
2033	696
2034	717
2035	738
2036	759
2037	780
2038	801
2039	822
2040	843
2041	864
2042	885
2043	906
2044	927
2045	948
2046	969
2047	990
2048	1011
2049	1032
2050	1053
2051	1074

Bölgede Sabit Konteyner Sistemi (SKS), yani evsel nitelikli katı atıkları biriktirme sistemi kapsamında faydalanılan konteynerlerin hidrolik mekanizmaya sahip olan sıkıştırılmalı araçlara yükleme işlemi yapılacak ve konteynerlerin konumunda değişiklik yapılmadan evsel nitelikli katı atıkların toplanması yöntemi uygulamaya konulacaktır.

Bölgede Sabit Konteyner Sistemi (SKS) çerçevesinde faydalanacak olan araçlar arasında evsel katı atık toplama araçları ve yerel yönetimlerin mevcut araçları kullanılacaktır. Bununla birlikte ihtiyaç duyulduğunda standart katı atık toplama aracı olarak sıkıştırmasız 3 m<sup>3</sup> kapasiteli mini damperli çöp kamyonu ve 7+1 m<sup>3</sup> kapasiteli hidrolik sıkıştırırmalı çöp toplama araçları da tercih edilebilecektir. Çöp kamyonlarının küçük boyutlularının tercih edilmesinin nedeni ise caddelerin dar olması ve bu caddelerden büyük toplama araçlarının geçmesinin son derece zor olmasıdır. Günümüzde Elektrikli Akıllı Çöp Kamyonları gelişen teknolojiyle birlikte önemli bir yere sahip olmaktadır. Çünkü Elektrikli Akıllı Çöp Kamyonları çevre duyarlılığı ve toplumsal sağlık açısından CO<sub>2</sub> salınımı, gürültü kirliliği ve yakıt maliyeti gibi tasarruflar sağlamaktadır.



**Şekil 4.9.** Hidrolik Sıkıştırırmalı Çöp Kamyonu (7+1 m<sup>3</sup>)

Dünyada ve Türkiye’de çeşitlilik gösteren bu araçlar çoğunlukla çöp kasası ve nakil aracı olmak üzere iki temel kısımdan oluşur. Bahsi geçen iki temel kısmın uyumlu olması aracın verimliliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu çerçevede uyumlu araç ve kasa kombinasyonları arasında bölgesel ihtiyaçlara iyi bir şekilde yanıt verebilecek en uygun seçimin yapılabilmesi için aracın kullanıldığı yörenin topografyası, iklim koşulları, biriktirilen çöplerin nitelikleri, yolların genişliği, çöp için konteynerlerin bulunup bulunmaması ve personellerin çöp toplama alışkanlıkları gibi pek çok etkenin kentsel katı atık miktarlarının ve karakterizasyonun dikkate alınması gerekmektedir. Transfer istasyon yerlerinin park-bahçe atıklarını ve diğer biyolojik olarak ayrışabilen nitelikteki atıkları da toplayabilen en az bir kompostlama tesisi içerecek kadar büyük olması gerekmektedir.



## 5. SONUÇ

Araştırmada küçük yerleşim yerlerinde entegre katı atık yönetiminin uygulanabilirliği Bursa ili Yenişehir ilçesi Yolören Mahallesi kapsamında ele alınmıştır. Yolören Mahallesi nüfus verileri kullanılarak 2051 yılına kadar nüfus projeksiyonu oluşturulmuş, bu projeksiyon yardımıyla da üretilen katı atık projeksiyonu elde edilmiştir. Bu hesaplamalar doğrultusunda 33 yıllık süreçte Yolören'de üretilen katı atık miktarı tahmin edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda entegre katı atık yönetimi uygulanmasının önemi ortaya konulmuştur.

Yapılan çalışmada, Yolören beldesi mevcut atık yönetim sistemi sonuçları, karşılaşılan sorunlar ve toplama sisteminin iyileştirilmesine yönelik çözümler özet olarak aşağıda verilmiştir:

- Yolören Mahallesi evsel katı atık toplama hizmetleri düzgün ve verimli şekilde yürütülmekte ve 2011 yılından itibaren evsel atıklar İnegöl evsel atık düzenli depolama sahasına gönderilmektedir.
- Mahallenin bazı sokaklarının dar ve yüksek eğimli olması atık toplama ve taşıma faaliyetlerini zorlaştırmakta, toplama yapan araçlarda araç ekipman giderlerinin artmasına neden olmaktadır.
- Depolama sahalarına uzak olan Yolören Mahallesi'nde atık toplama ve taşıma konusunda sıkıntılar yaşanmaktadır. Depolama sahalar uzak olan beldenin atıklarının aktarma istasyonu vasıtasıyla taşınması çevresel ve ekonomik açıdan tercih edilen bir yöntem olacaktır.
- Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıklarının boş arazilere kontrolsüz dökümün önlenmesine yönelik çalışmalar artarak devam ettirilmelidir.
- Yolören beldesinde verimli entegre atık yönetimi için; beldenin farklı alanlarına atığın 1 hafta bekletilebileceği aktarma istasyonu yapılması, halkın bilinçlendirilmesi, özel sektör ile birlikte çalışmaların yürütülmesi, denetim ve izleme sisteminin oluşturulması gerekmektedir. Belde genelinde özel atıklar ve ambalaj atıkları ile ilgili broşürler basılarak halk için eğitim bilgilendirme çalışmaları yapılmalıdır.

- Belde genelinde yerleşimin dağınık olması atık toplama maliyetlerinin artmasına sebebiyet vermektedir.

## KAYNAKLAR

**Akpınar, N. 2006.** Kentsel Katı Atıklardan Enerji Üretimi . *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

**Anonim, 2003.** <http://www.yenibalkanmakina.com/copkamyonu-kamyon.html>- (Erişim Tarihi : 12.01.2019).

**Anonim, 2018.** <https://www.tamaproje.com/urun/770-litre-metal-galvaniz-cop-konteyneri/>- (Erişim Tarihi : 15.12.2019).

**Aras, P. 2016.** Artvin (merkez) entegre katı atık yönetimi. *Yüksek Lisans Tezi*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

**Atmaca, E. 2004.** Sivas İl Merkezi Katı Atık Yönetiminin İrdelenmesi ve Yeniden Planlanması. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

**Bagchi, A. 2004.** Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management. John Willey & Sons, Inc.

**Bagchi, A., & Bagchi, A. 2004.** Design of landfills and integrated solid waste management. Hoboken, N.J: J. Wiley.

**Battal, E. R. 2011.** Entegre katı atık yönetimi Türkiye uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü.

**Buenrostro, O., Bocco, G., & Cram, S. 2001.** Classification of Sources of Municipal Solid Waste in Developing Countries, Resources. *Conservation and Recycling* (32), 29- 41.

**Bursa Büyükşehir Belediyesi. 2015.** Bursa Entegre Katı Atık Yönetim Planı. İSTAÇ. Caputo, A. C., & Pelagagge, P. M. (2002). RDF Production Plants: I Design and Cost. **CH2M-Hill/Antel. 1992.** İstanbul Anketi için Hazırlanan Katı Atık Yönetim Etüdü.

İstanbul.

**ÇOB. 2005.** Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. 05.04.2005 Tarih ve 25777 Sayılı Resmi Gazete. Ankara: Çevre Orman Bakanlığı .

**ÇOB. 2005.** Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY). 14.03.2005 Tarih, 25755 Sayılı Resmi Gazete. Ankara: Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.

**ÇOB. 2008.** Atık yönetimi eylem planı (2008-2012). Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.

**Demir, İ., Altınbaş, M., & Arıkan, O. 1999.** Katı Atıklar İçin Entegre Katı Atık Yönetimi Yaklaşımı. Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu 17-19 Şubat 99 (s. 252-262). İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi.

**EPA. 2013.** Amerika Çevre Ajansı.

**Kaçar, B. 1995.** Bitki ve Toprağın Kimyasal, Analizleri III. Toprak Analizleri (Cilt 8). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma Geliştirme Yayınları.

- Kemirtlek, A. 2019.** Entegre Katı Atık Yönetimi. İstanbul: İstaç A.Ş.
- Leblebici, Z., Dölek, A., Hacıhasanoğlu, S., Doğan, A. İ., Ofluz, Ü., Değirmencioğlu, S., & Bilgili, S. 1998.** Katı atıklar, Belediyeler İçin Çevre El Kitabı. Ankara: T.C. Çevre Bakanlığı Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrol Genel Müdürlüğü.
- McDougall, F. 2001.** Life Cycle Inventory Tools: Supporting the Development of Sustainable Solid Waste Management Systems. *Corporate Environmental Strategy*, 8(2), 142-147.
- McDougall, F. R., & White, P. 2001.** Integrated solid waste management: A life cycle inventory. Oxford, UK: Blackwell Science.
- Morrissey, A. J., & Browne, J. 2004.** Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Management -Pergamon Press*, 24(3), 297-308.
- Pradhan, U. P. (2008).** Sustainable solid waste management in a mountain ecosystem: Darjeeling, West Bengal, India. Unpublished Master Thesis.
- Sakai, S., Sawell, S. E., Chandler, A. J., Eighmy, T. T., Kosson, D. S., Vehlow, J., Hjelm, O. (1996).** World Trends in Municipal Solid Waste Management. *Waste Management* (16), 332-345.
- Samsunlu, A. (1997).** Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi. İstanbul: Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi.
- Seadon, J. K. (2006).** Integrated waste management - Looking beyond the solid waste horizon. *Waste Management Pergamon Press*, 26(12), 1327-1336.
- T.C. Bursa Valiliği. (2019).** Bursa İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu. Bursa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.
- Tchobanoglous, G., & Kreith, F. (2002).** Handbook of Solid Waste Management. McGraw-Hill.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Eliassen, R. (1977).** Solid wastes: Engineering principles and management issues. New York: McGraw-Hill.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. A. (1993).** Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issues. McGraw-Hill.
- Toprak, H. (1998).** Katı Atıkların Toplama, Taşıma ve Bertaraf Sistemlerinin Eniyilenmesi ve Ekonomisi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları.
- Tosun, İ. G. (2003).** İşleme Posasının Evsel Atıklarla Birlikte Kompostlaşabilirliği. *Yayımlanmamış Doktora Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- White, P., Franke, M., & Hindle, P. (1995).** Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory. Chapman & Hall.
- Wilson, E. J., Mcdougall, F. R., & Willmore, J. (2001).** Euro-trash: searching Europe for a more sustainable approach to waste management. *Resources, Conservation, and Recycling*, 31(4), 320-332.
- Yahşi, S., Arıkan, S., & Kaftanoğlu, B. (1987).** Şehirlerin Katı Atıklarının Çağdaş Bir Toplanması ve Değerlendirilmesi Üzerine. Çevre'87 Sempozyumu 26-28 Ekim. İzmir.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Buşra Demirci  
Doğum Yeri : Kırşehir  
Yabancı Dil : İngilizce  
Eğitim Durumu :  
Lise : Cumhuriyet Lisesi  
Lisans : Bartın Üniversitesi Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans :  
Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Orta Karadeniz Kauçuk / Sistem Atık Yönetimi / Reis  
Temizlik İletişim (e-posta) : demircibusra16@gmail.com  
Yayımları : V. Ulusal Çevre Kongresi  
29 Ekim-01 Kasım 2018