



**ERZURUM İLİ PALANDÖKEN İLÇESİ KATI ATIK
TOPLAMA TAŞIMA SİSTEMİNİN COĞRAFİ BİLGİ
SİSTEMİ DESTEKLİ OPTİMİZASYONU**

Muhammet Nuri YILDIRIM

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı
Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ
2019
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ERZURUM İLİ PALANDÖKEN İLÇESİ KATI ATIK TOPLAMA
TAŞIMA SİSTEMİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ
DESTEKLİ OPTİMİZASYONU**

Muhammet Nuri YILDIRIM

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
Çevre Bilimleri Bilim Dalı**

**ERZURUM
2019**

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ ONAY FORMU



ERZURUM İLİ PALANDÖKEN İLÇESİ KATI ATIK TOPLAMA TAŞIMA SİSTEMİNİN
COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ DESTEKLİ OPTİMİZASYONU

Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ danışmanlığında, Muhammet Nuri YILDIRIM tarafından hazırlanan bu çalışma, 18/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Bilimleri Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Doç. Dr. Beyhan KOCADAĞISTAN

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ

İmza :

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Sinan KUL

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun 01.08/2019 tarih ve ..31.../..60..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM İLİ PALANDÖKEN İLÇESİ KATI ATIK TOPLAMA TAŞIMA SİSTEMİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ DESTEKLİ OPTİMİZASYONU

Muhammet Nuri YILDIRIM

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ

Gerek nüfusun hızla artması, gerekse köylerden kente göç hareketliliğinin bir sonucu olarak kentleşme ve sanayileşme ile birlikte her geçen gün miktarı ve çeşitliliği artan katı atıkların uzaklaştırılması önemli çevre problemlerinden biri haline gelmiştir. Bu tür sorunlar ise kentlerde atık yönetiminde yaygın bir şekilde uygulanan toplama, taşıma ve depolamadan oluşan sistemin önemini ortaya koymaktadır.

Katı atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi ülkemizdeki yasalar doğrultusunda yerel yönetimlerin sorumluluğundadır. Yüksek maliyetler ile birlikte halk sağlığında göz önünde bulundurularak bu sürecin iyi planlanması gerekmektedir.

Bu çalışmada Erzurum İli Merkez Palandöken ilçesi sınırları içerisinde üretilen evsel katı atıkların mevcut toplama/taşıma sistemi irdelenmiş; katı atık toplama araçlarına eşlik edilmiş, konteyner konumları numaralandırılmış, toplama rotaları uydu haritasında belirlenmiş ve üzerinde analiz yapılabilecek bir veri oluşturulmuştur.

Mevcut sistemde rota optimizasyonları yapılarak ergonomik çözüm önerileri geliştirilmiştir. Üretilen evsel katı atıkların miktarları, karakterizasyonları ve projeksiyonları değerlendirilerek etkin, verimli ve düzenli bir şekilde toplanması, taşınması için minimum maliyetli sistemler üzerine çalışılmıştır.

Yürütülen optimizasyon çalışmaları ile kat edilen yol miktarında, iş gücünde ve harcanan zamanda tasarruflar sağlanmış, yıllık maliyetlerde %18,56 oranında düşüş kaydedilmiştir.

2019, 65 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kentsel katı atık yönetimi, toplama/taşıma sistemi

ABSTRACT

Master's Thesis

PALANDÖKEN DISTRICT SOLID WASTE COLLECTION FOR ERZURUM GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM OF TRANSPORTATION SYSTEM SUPPORTED INVESTIGATION

Muhammet Nuri YILDIRIM

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering
Department of Environmental Sciences

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Şahset İRDEMEZ

Due to the rapid increase of the population and the migration mobility from village to city resulting with urbanization and industrialization, the removal of the solid wastes which increases the amount and the diversity every day has become one of the most important environmental problems. These kind of show us the importance of the system of transportation and storage which is used mostly in the city waste management.

The collection, transportation and disposing of the solid wastes belongs to the local governments, because of the laws of our country. Despite the high costs, it is important to plan this process with considering the public health.

In this study, the current collection/transportation system of domestic solid wastes which has produced within the borders of Palandöken District of Erzurum Province is investigated, solid waste collection vehicles were accompanied, container positions were numbered, collection routes were determined on the satellite map and the data were created for analyzing.

In the current system, route optimizations were made and the ergonomic solution proposals were developed. The domestic solid wastes' amounts, characterizations and the projections are evaluated and the systems with minimum costs are studied for effective, efficient and regular collection /transportation.

With executive optimization studies; savings were achieved in the amount of way, labor and time spent and annual costs decreased by %18,56

2019, 65 pages

Keywords: Urban solid waste management, collection/transport system

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın hazırlanma sürecinde bilgi, tecrübe ve zamanını paylaşan danışmanım, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şahset İRDEMEZ'e teşekkür ederim.

Lisans ve yüksek lisans öğrenim sürecinde bilgi ve deneyimlerini paylaşarak gösterdikleri sabırla bizleri bu günlere hazırlayan Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Ergün YILDIZ'a ve tüm bölüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Görev yapmakta olduğum Kurumda eğitime verdiği önemi sürekli dile getiren ve biz çalışanlara bu konuda her türlü imkânı tanıyan Erzurum Büyükşehir Belediye Başkanı Sayın Mehmet SEKMEN'e ve çalışmalarım esnasında gerekli anlayışı esirgemeyen Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı yöneticilerine teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım kapsamında her türlü yardımı ve bilgiyi esirgemeyen Palandöken Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü personeline teşekkür ederim.

Ayrıca manevi destek ve teşviklerinden dolayı eşime teşekkür ederim.

Muhammet Nuri YILDIRIM

Temmuz, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	3
2.1. Atık Çeşitleri	5
2.1.1. Evsel atıklar.....	5
2.1.2. Endüstriyel atıklar	6
2.1.3. Tehlikeli atıklar	7
2.1.4. Tıbbi atıklar	8
2.1.5. Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları	9
2.2. Katı Atıkların Özellikleri.....	10
2.2.1. Fiziksel özellikleri	10
2.2.1.a. Katı atık miktarı ve üretim hızı.....	10
2.2.1.b. Katı atık bileşenleri	10
2.2.1.c. Nem içeriğı	10
2.2.1.d. Yoğunluğu	11
2.2.1.e. Partikül büyüklüğü	11
2.2.2. Kimyasal özellikleri	11
2.2.3. Biyolojik özellikleri.....	14
2.3. Katı Atık Toplama/Taşıma Sistemleri.....	14
2.3.1. Taşınır konteyner sistemi	15
2.3.2. Sabit konteyner sistemi	17
2.3.3. Borularla toplama sistemi.....	20
2.3.4. Sistemsiz toplama/taşıma	20
2.4. Literatür Özeti	22

3. MATERYAL ve METOD	25
3.1. Çalışma Bölgesinin Tanımı	25
3.1.1. Coğrafi durum	26
3.1.2. İklim ve bitki örtüsü	26
3.1.3. Ekonomi	27
3.1.4. Nüfus	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	29
4.1. Mevcut Atık Toplama Taşıma Sistemi	29
4.1.1. Atık karakterizasyonu	31
4.1.2. Atık miktarı ve projeksiyonu	32
4.1.3. Konteynerlerin numaralandırılması	37
4.1.4. Atık toplama rotasyonu ve sıklığı	37
4.1.5. Atık toplama maliyeti	39
4.2. Atık Toplama Rotasyon Optimizasyonu	42
4.3. Maliyet Minimizasyonu	45
5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	48
KAYNAKLAR	50
EKLER	53
EK 1.	53
EK 2.	54
EK 3.	55
EK 4.	56
EK 5.	57
EK 6.	58
EK 7.	59
EK 8.	60
EK 9.	61
EK 10.	62
EK 11.	63
EK 12.	64
EK 13.	65
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

\$	Dolar
°C	Santigrat Derece
AB	Avrupa Birliği
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
cm	Santimetre
dk	Dakika
EHCIP	Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlanması
EKAP	Elektronik Kamu Alımları Platformu
kg	Kilogram
kJ	Kilojoule
km	Kilometre
L	Litre
m	Metre
mm	Milimetre
sa	Saat
sn	Saniye
TL	Türk Lirası
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ülkemizde 2014 yılında üretilen evsel katı atık bileşenlerinin yüzdesi	4
Şekil 2.2. Evsel atıklar	5
Şekil 2.3. Endüstriyel atıklar.....	6
Şekil 2.4. Tehlikeli atıklar.....	7
Şekil 2.5. Tıbbi atıklar	8
Şekil 2.6. Yıkıntı atıkları.....	9
Şekil 2.7. Taşınır konteyner sistemi çalışma prensibi	16
Şekil 2.8. Taşınır konteyner sisteminde kullanılan araç örneği	17
Şekil 2.9. Sabit konteyner sistemi çalışma prensibi.....	18
Şekil 2.10. Sabit konteyner sisteminde kullanılan araç örneği	19
Şekil 2.11. Sistemsiz toplama taşıma örneği	21
Şekil 3.1. Palandöken ilçe haritası	25
Şekil 4.1. 770 L sıcak daldırma galvanizli çöp konteyneri.....	29
Şekil 4.2. 770 L sıcak daldırma galvanizli çöp konteyneri teknik çizimi.....	30
Şekil 4.3. Arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı evsel atık toplama aracı.....	30
Şekil 4.4. Erzurum merkez ilçelerinde üretilen evsel katı atık bileşenlerinin yüzdesi	32
Şekil 4.5. 2018 yılında Palandöken ilçesinde üretilen evsel katı atık miktarları	33
Şekil 4.6. Palandöken ilçesi nüfus projeksiyonu	35

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Ülkemizde üretilen günlük kişi başı evsel katı atık miktarları	3
Çizelge 2.2. Kentsel katı atıkların tahmini ve nihai kimyasal analizleri	12
Çizelge 2.3. Kentsel katı atıkların enerji içeriği ve inert artıklarına ait tipik değerler	13
Çizelge 3.1. Palandöken ilçesi 2018 yılı nüfus verileri	28
Çizelge 4.1. Palandöken ilçesi geçmiş yıllara ait nüfusu ve artış hızları.....	34
Çizelge 4.2. Palandöken ilçesi evsel katı atık projeksiyonu	36
Çizelge 4.3. Günlük atık toplama rotalarına ait veriler.....	38
Çizelge 4.4. Mevcut sistemin atık toplama verimi analizi.....	39
Çizelge 4.5. 2018 yılı personel maliyeti	40
Çizelge 4.6. 2018 yılı akaryakıt kullanım miktarı	41
Çizelge 4.7. 2018 yılı araç maliyeti	41
Çizelge 4.8. 2018 yılı atık toplama taşıma maliyet analizi	42
Çizelge 4.9. Optimize haftalık çalışma planı	43
Çizelge 4.10. Optimize atık toplama rotalarına ait veriler.....	44
Çizelge 4.11. Optimize atık toplama verimi analizi	45
Çizelge 4.12. Optimize sistem personel maliyeti.....	46
Çizelge 4.13. Optimize sistem araç maliyeti	47
Çizelge 4.14. Toplama taşıma sistemleri maliyet analizi	47

1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz doğal çevreyi kirleten unsurlardan birisi de kentsel katı atıklardır. Hızlı ve çarpık kentleşmenin doğal bir sonucu olarak, özellikle büyük kentlerde, katı atık sorunu her geçen gün artmakta, bu nedenle katı atıkların etkin, verimli ve düzenli bir şekilde toplanması, taşınması, depolanması ve değerlendirilip zararsız hale getirilmesi zorunlu bir hal almaktadır (Karakol 1999).

Kentsel katı atıkların üretiminden bertarafına kadar geçen süreçte atık oluşumunun önlenmesi, atık minimizasyonu, atıkların yeniden kullanımı, olabildiğince yüksek oranda geri dönüşüm ve çevreye verilen zararın en aza indirgenerek atıkların bertaraf edilmesi için etkin, verimli ve minimum maliyetli kentsel atık yönetimi planlarının oluşturulması ve uygulamaya konulması önem arz etmektedir.

Kentsel katı atıkların büyük bir bölümü evsel katı atıklardan oluşmaktadır. Evsel katı atık yönetim sistemi maliyetlerinin %65 ila %80'i toplama ve taşıma operasyonlarına ayrılmaktadır (Korkut ve Bayer 2008). Oldukça büyük miktarda maliyet gerektiren toplama taşıma operasyonlarında daha sistematik çalışma düzeni ve ergonomik çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülkemizde yerel yönetimlerin sorumluluk alanlarından biri olan evsel katı atık toplama taşıma işlemlerinin verimli ve ekonomik olarak gerçekleştirilebilmesi adına birim kilometre ve birim süre içerisinde maksimum miktarda atık toplanması ve taşınmasını sağlayacak planlama ve rotalama çalışmaları yapılması gerekmektedir. Günümüzde birçok belediye ve temizlik şirketleri bu tür çalışmaları göz ardı ederek bilimsellikten uzak personelin inisiyatifinde tamamen sezgisel davranarak toplama taşıma çalışmalarını yürütmektedir (Aydın 2015).

Bu çalışma kapsamında Erzurum İli Merkez Palandöken İlçesi sınırları içerisinde üretilen evsel katı atıkların mevcut toplama taşıma sistemi irdelenmiş olup, ergonomik çözüm önerileri sunulmaya çalışılmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER

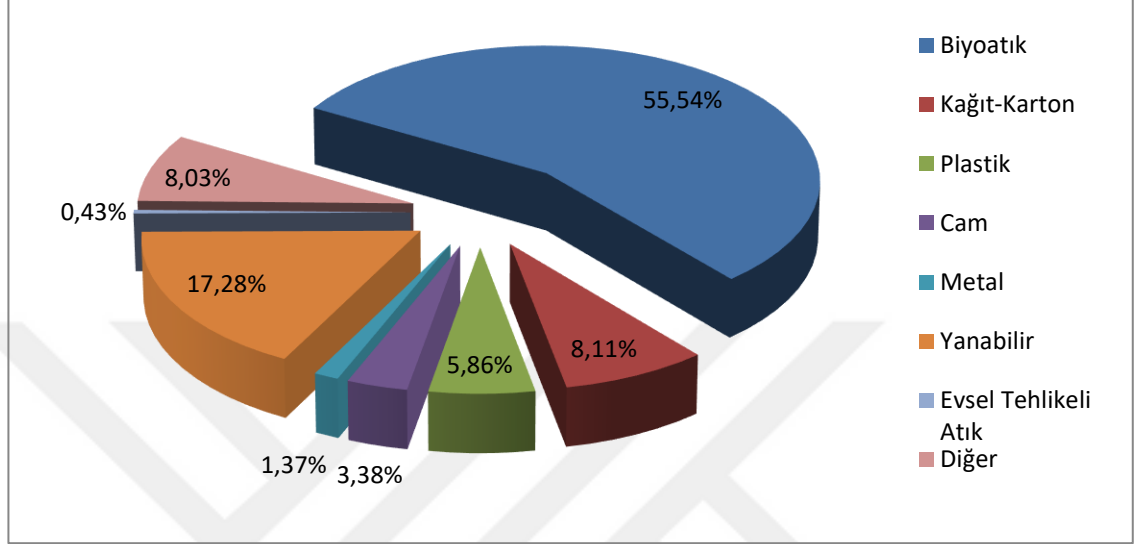
Evlerden, bahçe, park ve piknik alanları gibi halka açık yerlerden, endüstriyel içeriklere sahip atık oluşturmeyen işyerlerinden atılan tehlikeli ve zararlı atık kavramına girmeyen atıklara genel olarak evsel katı atık denmektedir. Ülkemizde günlük kişi başına ortalama 1 kg evsel nitelikli katı atık üretilmektedir. Günlük kişi başı evsel nitelikli katı atık üretim miktarı nüfus karakteristikleri, coğrafik yerleşim, mevsimler, halkın alışkanlıkları ve gelir düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. TÜİK verilerine dayanılarak ülkemizde geçmiş yıllarda üretilen günlük kişi başı evsel nitelikli katı atık miktarları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Ülkemizde üretilen günlük kişi başı evsel katı atık miktarları (TÜİK 2018)

Yıl	2002	2004	2008	2012	2016
Nüfus (kişi)	66 401 851	68 010 215	71 517 100	75 627 384	79 814 871
Atık Miktarı (ton)	25 373 000	25 014 000	24 361 000	25 845 000	31 584 000
Günlük Kişi Başı Üretilen Atık Miktarı (kg/kişi-gün)	1,04	1,00	0,93	0,93	1,08

Atık yönetim planlarının oluşturulmasında doğrudan etkili iki parametre atık miktarı ve atığın karakterizasyon bilgisidir. Bu iki parametre, atığın toplanmasından taşınmasına, geri kazanımından bertarafına kadar tüm planlama süreçlerinde yol gösterici öneme sahiptir. Özellikle toplama taşıma operasyonlarının verimi atık bileşenleri ile doğrudan etkilidir. Şekil 2.1’de belirtildiği üzere ülkemizde geri dönüştürülebilir atıkların oranı oldukça fazladır. Geri dönüştürülebilir atıklar kaynağında ayrı toplanarak ekonomiye

yeniden kazandırılacağı gibi atık yönetim planlarına ayrılan bütçenin büyük bir payına sahip olan toplama taşıma organizasyonlarının da maliyeti önemli oranda düşürülebilir.



Şekil 2.1. Ülkemizde 2014 yılında üretilen evsel katı atık bileşenlerinin yüzdesi (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2019)

Dünya çapında sürekli artan nüfus, teknoloji ve ekonomik özgürlük sebebiyle kentsel katı atık bileşenleri çeşitlilik gösterirken miktarları da artmaktadır. Bu tür nedenlere bağlı olarak katı atık toplama ve taşıma maliyetlerinde her geçen gün artış yaşanmaktadır. Ayrıca toplama taşıma operasyonlarında kullanılan araç ve gereçlerin yüksek ekonomik değere sahip oluşu maliyetlerin düşürülmesini zaruri kılmaktadır (Aydın 2015).

Evsel katı atıkların toplanma taşınma operasyonlarının modelleme ve optimizasyon çalışmaları ilk olarak 1960'lı yıllarda gerçekleştirilmiştir (Quon *et al.* 1965). Daha sonraki süreçte günümüze kadar yerli ve yabancı birçok bilimsel çalışma gerçekleştirilmiş olup, ülkemizde ise kayıtlara geçen ilk çalışma Kınacı ve arkadaşları tarafından İstanbul genelinde yürütülen çalışmadır. Bu çalışma kapsamında katı atık toplama taşıma sistemlerine ayrılan bütçeden optimizasyon çalışmaları ile yarı oranında tasarruf edilebileceğini ortaya koymuşlardır (Kınacı vd 2000).

2.1. Atık Çeşitleri

Atık terimi ülkemiz mevzuatında ilk olarak 1983 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu’nda yer almış ve “Herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan ya da bırakılan zararlı maddeler” olarak tanımlanmıştır. Sözlük anlamı ile kullanım dışı, düşük değerde ya da faydasız kalıntı olarak ifade edilmekle beraber, “Üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı atık maddelerdir” olarak ta tanımlanabilir. Atıkları birçok parametreye göre sınıflandırmak mümkündür. Üretim, tüketim, tehlike oranı, oluştuğu alan, yapısal özellikleri gibi benzer kıstaslar sıralanabilir (Sayar 2012).

2.1.1. Evsel atıklar

Şekil 2.2’de bir örneği verilen evsel atıklar, yerel yönetimler tarafından toplanıp taşınan, düzenli depolama ve/veya vahşi depolama alanlarında bertaraf edilebilen, kompost yapılarak veya çeşitli yakma yöntemleri kullanılarak enerji elde edilebilen, kaynağında ayırma yöntemi ile geri kazanılabilir kısımlarından ekonomik kazanç sağlanabilen atıklardır.



Şekil 2.2. Evsel atıklar (Anonim 2019a)

Evsel nitelikli atıklar genellikle insanların günlük faaliyetleri sonucu üretilen mutfaklardan, pazarlardan, sokaklardan kaynaklı atıklardır. Mutfak atıkları, ambalaj atıkları, eskiyen mobilyalar, sokak süprüntüleri, kum, kil, silt, pazar yerlerindeki kalıntılar gibi birçok örnek sıralanabilir (Akçay Han 2008).

2.1.2. Endüstriyel atıklar

Endüstriyel üretimlerden kaynaklı oluşan atıklar olarak tanımlanabilir. Endüstriyel prosesler esnasında ve bu işlemler sonucunda üretilen atıklardan oluşmaktadır. Endüstriyel nitelikli katı atıkların uygun bir yönetim sistemine tabi tutulması, yer altı ve yer üstü kaynaklarının korunması, çevre kirliliğinin önüne geçilmesi ve yeniden kullanım, geri dönüşüm işlemlerinin sürdürülebilirliği açısından önemli olup Şekil 2.3'te bir örneği gösterilmektedir (Güler 2008).



Şekil 2.3. Endüstriyel atıklar (Anonim 2019b)

2.1.3. Tehlikeli atıklar

Genellikle türü, doğası ve miktarı gereği insan sağlığı, hava veya su kalitesi üzerinde risk teşkil eden, patlayıcı veya yanıcı özellikli, bulaşıcı hastalık taşıyan patojenlerin gelişmesine elverişli atıklardır (Aydın 2015). Tehlikeli atıklar genelde sağlık, maden ve petrol sektöründen, endüstriden, arıtılmış veya arıtılmamış çamurlardan, tarımdan, evsel faaliyetlerden kaynaklı atıklar olarak karşımıza çıkmaktadır. Şekil 2.4’te verildiği üzere farklı ve özel giderim yöntemleri gerektiren bu atıklar diğer atıklar ile birlikte bertaraf edilemezler. Tehlikeli atıklar toksik, korozyif, yanıcı-parlayıcı ve reaktif atıklar olmak üzere 4 ayrı grupta incelenmektedir.



Şekil 2.4. Tehlikeli atıklar (Anonim 2019c)

a) Toksik atıklar

Oldukça az miktarları dahi tedavisi olmayan hastalıklara sebep olabilen ya da belirgin bir katkı sağlayan, iyileşebilecek hastalıkları olumsuz yönde etkileyen ve hatta insanlar için ölümcül düzeyde olabilen kimyasalları barındıran atıkların genelidir.

Şekil 2.5'te bir örneği gösterilen ve sağlık ünitelerindeki işlemler sırasında ortaya çıkan enfeksiyöz, patolojik ve kesici-delici atıkların genel adıdır. Sağlık kuruluşlarında (hastane, sağlık ocakları, aile sağlığı merkezleri, kan merkezleri vb.), araştırma merkezleri ve laboratuvarlarda oluşan tüm atıkları içermektedir. Bunlara ek olarak ev ve diğer ortamlardaki tıbbi faaliyetler sonrasında oluşan atıkları da içine almaktadır. Sağlık kuruluşlarında üretilen tıbbi atıkların %75 - %90 kadarı tehlikeli olmayan genel tıbbi atıklardır. Kalan kısmı ise tehlikeli özelliklere sahip atıklardır (WHO 1999).

2.1.5. Hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları

Konut, bina, köprü, yol ve benzeri inşaat alanlarında, alt ve üst yapı çalışmaları esnasında veya tamirat, tadilat çalışmaları sonucunda ortaya çıkan atıklar ile inşaat öncesinde arazinin hazırlanması aşamasında yapılan kazı ve benzeri faaliyetler sonucunda oluşan toprağı ifade etmektedir. Şekil 2.6'da görüldüğü üzere, bu tür atıkların yeniden kullanım ve geri dönüşüm oranları yüksek olduğu gibi, içeriklerinde tehlikeli sınıfa giren atıkları da barındırabilmektedirler.



Şekil 2.6. Yıkıntı atıkları (Anonim 2019e)

2.2. Katı Atıkların Özellikleri

Katı atıkların özellikleri birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Katı atıkların özellikleri genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç başlık altında irdelenebilir. Atıkların özelliklerinin bilinmesi alternatif ekipman sistemlerinin oluşturulması, atık yönetim sistemi ve planlarının geliştirilmesi, tekrar kullanım ve enerji geri kazanım proseslerinin uygulanması ve atık bertaraf sistemlerinin seçimi hususlarında büyük önem arz etmektedir.

2.2.1. Fiziksel özellikleri

2.2.1.a. Katı atık miktarı ve üretim hızı

Katı atık üretim hızı veya oranı, kişi başına bir günde oluşan katı atık miktarıdır. Bu değer nüfus karakteristikleri, coğrafik yerleşim, gelir düzeyi, halkın alışkanlıkları, mevsimler gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Katı atık üretim hızı kentsel ve kırsal kesimlerde, düşük ve yüksek gelir düzeyi olan bölgelerde genellikle farklılık teşkil etmektedir.

2.2.1.b. Katı atık bileşenleri

Katı atık bileşenleri, katı atık cinsi, mevsimler, gelir düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Tipik evsel katı atıklar yiyecek atıkları, kâğıt, plastik, tekstil, kauçuk, deri, bahçe süprüntüleri, cam, metal, kül vb. gibi bileşenlerden oluşmaktadır.

2.2.1.c. Nem içeriği

Katı atıklarda nem muhtevası genellikle birim kuru veya yaş madde kütlesi içerisindeki nem kütlesi olarak ifade edilir. Katı atıkların nem içeriği, katı atık bileşenleri ile ilişkilidir, yiyecek atıkları arttıkça nem oranı artar. Evsel katı atıklar ortalama %15 -

%40 arasında, endüstriyel katı atıklar ise %10 - %35 oranında nem içerir (Anonim 2018d).

2.2.1.d. Yoğunluğu

Katı atıkların yoğunluğu yerleşim yerlerinin coğrafik konumuna, mevsimlere, depolama zamanının uzunluğuna vb. faktörlere bağlıdır. Katı atık yoğunluğu değerleri ülkeden ülkeye ve hatta aynı ülkede kentten kente değişiklikler gösterir. Katı atık üretimi yüksek olan ülkelerde yoğunluk düşüktür. Üretimin düşük olduğu ülkelerde ise yoğunluk yüksektir. Bunun nedeni katı atık üretimi yüksek olan endüstrileşmiş ülkelerde kâğıt, cam, plastik, metal gibi geri kazanılabilir maddelerin daha fazla olması ve bunlarında fazla hacim işgal etmiş olmasındandır.

2.2.1.e. Partikül büyüklüğü

Katı atık bileşenlerinin boyutları geri dönüştürülebilir maddelerin geri kazanımında (özellikle döner tambur ve manyetik ayırıcı gibi mekanik ayırıcılarda) oldukça önemlidir.

2.2.2. Kimyasal özellikleri

Kentsel katı atıkların kimyasal özellikleri, barındırdıkları enerjinin geri kazanımı ve atıkların işlenmesinde alternatif yöntemlerin değerlendirilmesi açısından önem arz etmekte olup Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Kentsel katı atıkların tahmini ve nihai kimyasal analizleri (Peavy *et al.* 1985)

	% Değer*	
	Değer Aralığı	Tipik Değer
Tahmini Analizler		
Nem	15 - 40	20
Uçucu Madde	40 - 60	53
Bağlı Karbon	5 - 12	7
Yanamayan Maddeler	15 - 30	20
Nihai Analizler		
Karbon	40 - 60	47,0
Hidrojen	4 - 8	6,0
Oksijen	30 - 50	40,0
Azot	0,2 - 1,0	0,8
Kükürt	0,05 - 0,3	0,2
Kül	1 - 10	6,0
Isıl Değer •		
Organik Kısım, kJ/kg	12 000 - 16 000	14 000
Toplam, kJ/kg	8 000 - 12 000	10 500

(Ø) Ağırlık olarak, (•) Kaybolan kısım olarak

Kentsel katı atıkların barındırdıkları enerjiyi değerlendirme yöntemlerinden biride yakma işlemidir. Katı atıkların yanması sonucu oluşan külün ergime ve topaklanması sonucu katılaştığı (cüruf) sıcaklık ergime noktası olarak tanımlanmaktadır. Katı atıklardan klinker oluşumu için ergime noktası genel olarak 1100 - 1200 °C civarındadır (Ersesay 2011). Kentsel katı atıkların muhtevasında çoğunlukla yer alan atık çeşitlerinin enerji Çizelge 2.3'te verilmiştir.

Çizelge 2.3. Kentsel katı atıkların enerji içeriği ve inert artıklarına ait tipik değerler (Peavy *et al.* 1985)

Madde Grupları	İnert Artık*, %		Enerji, kJ/kg	
	Değer Aralığı	Tipik Değer	Değer Aralığı	Tipik Değer
Yiyecek Atıkları	2 - 8	5	3 500 - 7 000	4 650
Kâğıt	4 - 8	6	11 600 - 18 600	16 750
Karton	3 - 6	5	13 950 - 17 450	16 300
Plastik	6 - 20	10	27 900 - 37 200	32 600
Tekstil	2 - 4	2,5	15 100 - 18 600	17 450
Lastik	8 - 20	10	20 900 - 27 900	23 250
Deri	8 - 20	10	15 100 - 19 800	17 450
Bahçe Atıkları	2 - 6	4,5	2 300 - 18 600	6 500
Odun	0,6 - 2	1,5	17 450 - 19 800	18 600
Çeşitli Organikler	2 - 8	6	11 000 - 26 000	18 000
Cam	96 - 99•	98	100 - 250	150
Teneke	96 - 99•	98	250 - 1 200	700
Demirsiz Metaller	90 - 99•	96		
Demirli Metaller	94 - 99•	98	250 - 1 200	700
Toz, Kül, Tuğla vb.	60 - 80	70	2 300 - 11 650	7 000
Kentsel Katı Atıklar			9 300 - 12 800	10 500

Ø Kayıp kısım olarak, (•) Yanmadan sonra

2.2.3. Biyolojik özellikleri

Atığın içerisinde yer alan organik kısmın aerobik veya anaerobik ortamlarda parçalanabilme özelliğidir. Aerobik kompostlaştırma ile karbondioksit, su, amonyak, sülfatlar, kalıntı organik madde ve ısı açığa çıkar. Anaerobik dekompozisyonda ise; metan, karbondioksit, kalıntı organik madde, ısı, sülfatlar, hidrojen sülfür ve amonyak son ürün olarak meydana gelir. Kompostlaştırma yöntemi uygulanarak veya deponi gazı miktarına bağlı olarak enerji geri kazanım potansiyeli ve koku oluşturma miktarı açısından kentsel katı atıkların biyolojik özellikleri önemli bir parametredir (Anonim 2018d).

2.3. Katı Atık Toplama/Taşıma Sistemleri

Bir entegre katı atık yönetim sisteminin sürdürülebilir olması ve etkin bir şekilde yönetilmesi, atıkların toplanması ve taşınması sürecinin verimli ve düzenli yürütülmesi ile doğrudan ilişkilidir. İl geneli düzeyinde planlanan bir entegre katı atık yönetim sisteminin en önemli parçası olan toplama taşıma operasyonları ülkemizde yürürlükte olan yasal mevzuatlar kapsamında büyükşehirlerde ilçe belediyelerinin sorumluluğundadır. Son yıllarda yakıt ve işçi ücretlerindeki sürekli artıştan dolayı katı atıkların toplanması ve taşınması yerel yönetimlere oldukça büyük yük getirmektedir.

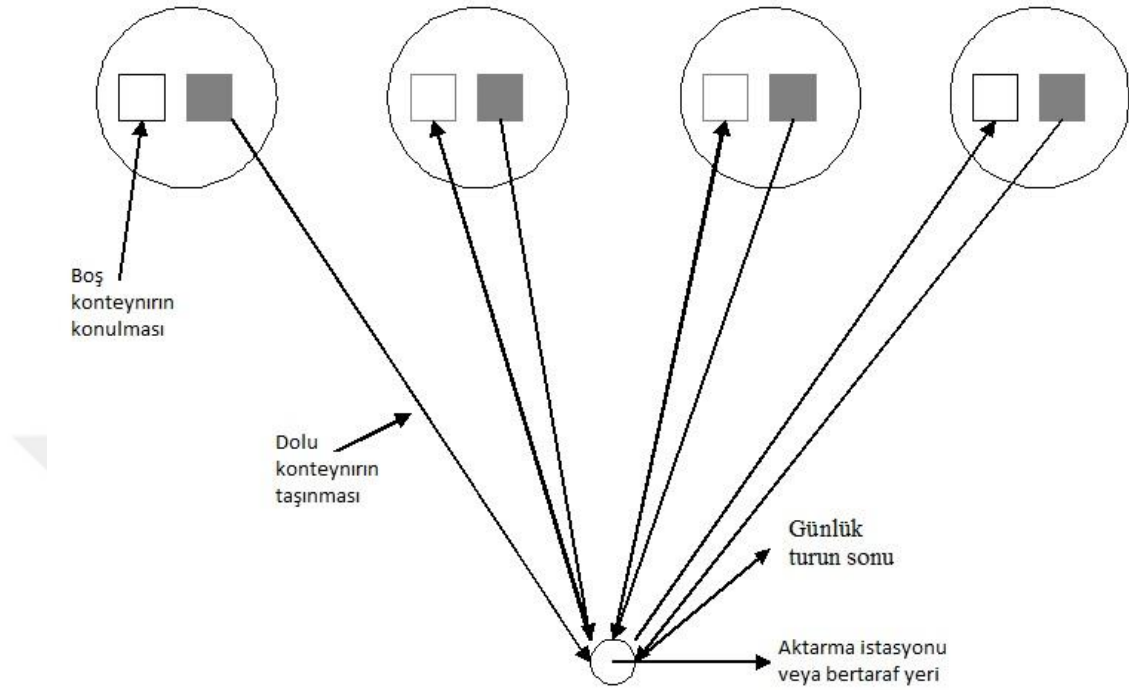
Toplama taşıma operasyonlarının ekonomik boyutu, atığın özellik ve miktarı ile iklim koşulları gibi nedenlere bağlı olarak atıkların toplanması ve uzaklaştırılması aşamasında kullanılabilecek birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar arasında ülkemizde en sık kullanılan yöntem sabit konteyner sistemidir.

Katı atık yönetiminde toplama sıklığı maliyet ve hijyen açısından oldukça önemlidir. Toplama sıklığı arttıkça maliyet yükselmekte olup, toplama sıklığının belirlenmesinde aşağıdaki etkenler göz önünde bulundurulmalıdır;

- ✓ Atık Özelliği: Yiyecek atıkları sık aralıklarla (haftada en az üç defa) toplanmalıdır. Diğer atıkların (çürümez maddeler) haftada bir toplanması yeterlidir.
- ✓ İklim: Sıcak ve nemli ortamlarda biyolojik bozunma hızlandığı için böyle bölgelerde çöpler her gün toplanmalıdır. Ancak kapalı konteyner kullanımı toplama sıklığının haftada üç gün olmasına olanak sağlamaktadır. Soğuk iklimlerde ise toplama sıklığı haftada bir güne kadar indirilebilir.
- ✓ İnsan Aktiviteleri: İnsan aktiviteleri sonucu genelde katı atık üretiminde artış meydana gelmektedir. Özellikle tatil günleri üretilen katı atık miktarı genellikle artış göstereceğinden toplama sıklığının da artırılması gerekebilir.
- ✓ Konteyner Kapasitesi: Kullanılacak konteynerlerin kapasiteleri ile toplama sıklığı ters orantılıdır. Bu oranın doğru tespit edilmediği takdirde hijyen veya maliyet açısından problemlere yol açacaktır. Ayrıca konteyner kapasitelerinin seçiminde toplanacak atığın yoğunluğu da önemli rol oynamaktadır.

2.3.1. Taşınır konteyner sistemi

Taşınır konteyner sistemi yaygın olmayan bir yöntem olup genellikle ticari atıkların toplanmasında kullanılır. Bu yöntemle 3 - 40 m³ arasında büyük hacimli çöp kapları dolu çöp kaplarının yanına getirilir. Şekil 2.7’de çalışma prensibi gösterildiği üzere kamyon boş kabı bırakıp dolusunu üzerine alır ve oradan ayrılır. Atıkların geçici depolanmasında kullanılan konteynerler bertaraf yerlerine taşınır, boşaltılır ve tekrar ya kendi yerine veya başka bir noktaya konulur. Taşınır konteyner sisteminde kullanılan araç örneği Şekil 2.8’de yer almaktadır.



Şekil 2.7. Taşınır konteyner sistemi çalışma prensibi

Taşınır konteyner sisteminin avantajları;

- Katı atık üretim hızının yüksek olduğu yerlerde kullanımı uygundur.
- Yüksek hacimli ve ağırlıklı atıklar için uygundur.
- Çok farklı hacim ve büyüklükte olabilecek bu konteynerler, birçok katı atık tipi için uygundur.
- Boşaltma zamanı kısaldır, hijyenik olmayan şartlar ve hoş olmayan birikimler ortadan kalkar.

Taşınır konteyner sisteminin dezavantajları;

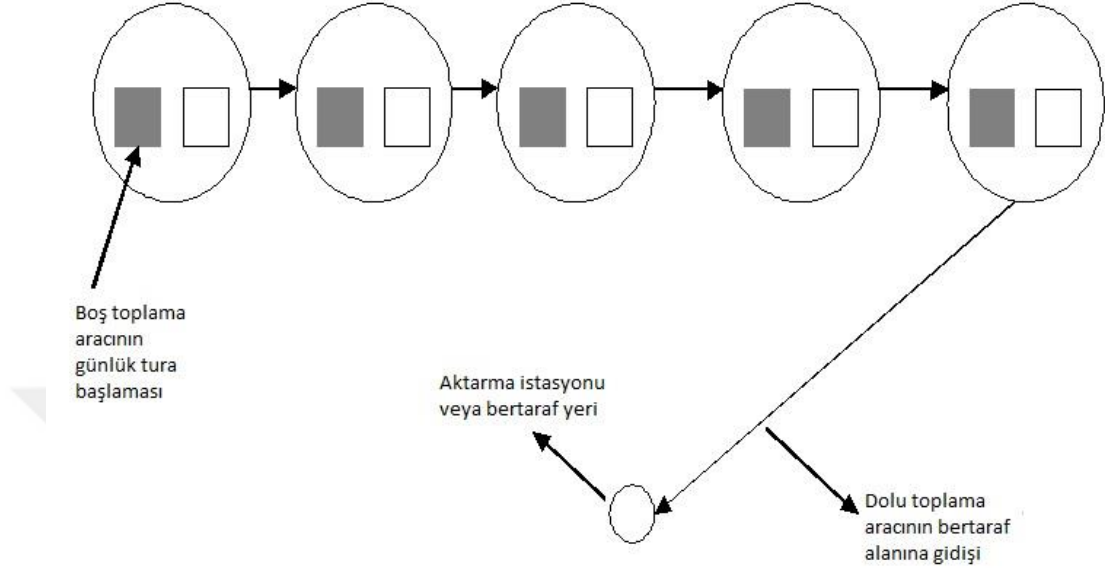
- Yüksek taşıma maliyeti oluşturur.
- Hacimli atıklardan dolayı konteyner hacmi verimli kullanılamayabilir.



Şekil 2.8. Taşınır konteyner sisteminde kullanılan araç örneği (Anonim 2019f)

2.3.2. Sabit konteyner sistemi

Sabit konteyner sistemi en yaygın kullanılan evsel katı atık toplama yöntemidir. Şekil 2.9'da çalışma prensibi gösterilen sabit konteyner sisteminde atık konteynerleri toplayıcılar tarafından elle veya hidrolik sistemli kollarla kaldırılıp atık toplama aracının yükleme sahanlığına boşaltılır. Daha sonra aracın sıyırma ve sıkıştırma levhası çöpleri buradan sıyrarak alır ve içeriye doğru sıkıştırır. Kapasitesi dolan araç atıkları boşaltmak üzere bertaraf alanına ulaşır.



Şekil 2.9. Sabit konteyner sistemi çalışma prensibi

Sabit konteyner sisteminin mekanik yüklemeli ve elle yüklemeli olmak üzere iki çeşidi vardır. Mekanik yüklemeli sistemlerde insan gücünden ve yükleme süresinden sağladığı tasarrufun yanı sıra elle yüklemeli sistemler toplama araçlarının erişemediği noktalardan atık toplama avantajı sağlar. Sabit konteyner sisteminde çoğunlukla kullanılan araç örneği Şekil 2.10’da gösterilmektedir.

Sabit konteyner sisteminin avantajları;

- Olumlu hijyenik koşullar sağlanır.
- Toplama aracının hacmini verimli olarak kullanma imkânı sağlar.
- Çeşitli özelliklerde çöp konteyneri kullanma imkânı sağlar.

Sabit konteyner sisteminin dezavantajları;

- Yatırım maliyetinin diğer sistemlere kıyasla yüksek olması.



Şekil 2.10. Sabit konteyner sisteminde kullanılan araç örneği (Anonim 2019g)

Sabit konteyner sisteminde kullanılan konteynerlerin toplama taşıma operasyonları verimi üzerinde önemli bir yere sahiptir. Konteynerlerin seçiminde aşağıdaki özelliklerin bulunmasına dikkat edilmelidir;

- ✓ Fiziksel ve kimyasal yönden dirençli olmalı, yanıcı olmamalı ve paslanmamalıdır.
- ✓ Depolanacak katı atık konteyner içerisine kolayca konulabilmeli ve boşaltılabilmelidir.
- ✓ Konteynerler kolayca taşınabilmesi için uygun boyutlarda, hafif ve taşıma kolaylığı olması gerekir.
- ✓ Mutlaka kapaklı olmalı, kapak sıkıca kapanmalı ve hafif olmalıdır. Hacmi 800 L'den büyük kaplarda kapak ayakla kolayca açılıp kapanabilmelidir.
- ✓ Çöp kapları sinek ve kemirgenlerden korunabilir özellikte, koku sızdırmaz olmalıdır.
- ✓ Kolayca temizlenebilir ve ucuz olmalıdır.

2.3.3. Borularla toplama sistemi

1950’li yıllardan sonra başlayan bu yöntemde katı atık iletiminde su kullanılmaz. Bacaya atılan çöpler vakumla veya basınçlı hava ile merkezi bir toplama sistemine veya katı atık bertaraf tesisine iletilmektedir.

Çöpler polietilen torba içine konmuş olarak, konutların mutfağına, binalarda uygun yerlere veya bahçelere konulmuş çöp atma kapaklarından çöp bacasına atılmaktadır. Bütün sistem 5 km çapındaki bir bölgeye hizmet edebilmektedir. Katı atıkların toplanması tümüyle otomatik olan, izleme ve kontrolü bilgisayarla yapılan bir uygulamadır.

Ayrıca çöp bacası ile toplama yöntemi büyük apartmanlarda, iş merkezlerinde ve otellerde kullanılır. Bu sistemde her daireye bir kapakla bağlı bulunan çöp bacasının altında binaya ait yeterli hacimde konteynerler bulunur.

2.3.4. Sistemsiz toplama/taşıma

Sistemsiz toplama, atıkların yerden elle veya yükleyici araçlar yardımıyla alınarak toplama aracına düzensiz yerleştirilip bertaraf noktasına taşıma şeklinde gerçekleştirilen yöntem olup, Şekil 2.11’de örneği görülmektedir. Bu yöntem genellikle geri dönüştürülebilir atıkların, hacimli atıkların, inşaat moloz atıklarının vb. toplanmasında ve bölgesel kirliliğin meydana geldiği alanlarda kullanılır.



Şekil 2.11. Sistemsiz toplama taşıma örneği (Anonim 2019h)

Evsel katı atıkların toplanmasında nadiren de olsa bu sistem kullanılmaktadır. Genelde büyük toplama araçlarının erişemediği bölgelerde torbalanmış evsel katı atıkların toplama işlemi sistemsiz olarak elle gerçekleştirilir.

Sistemsiz toplama taşımanın avantajları;

- Atık toplama konteynerlerine ihtiyaç duyulmaz, yatırım maliyeti düşüktür.
- Özel toplama araçlarına gerek yoktur.

Sistemsiz toplama taşımanın dezavantajları;

- Elle toplamalarda hurda, biyo-atık ve kesici delici atıkların oluşturduğu tehditler oldukça fazladır.
- İnsan gücüne ihtiyaç vardır, ergonomik olmayan koşullar meydana gelir.
- Toplama taşıma operasyonları düşük verimlilikte gerçekleştirilir.

2.4. Literatür Özeti

Aydın (2015), yapmış olduğu çalışma kapsamında Samsun ili 19 Mayıs ilçesi genelinde evsel katı atık toplama taşıma organizasyonlarında kullanılan güzergâhlar transport modeli ile en uygun hale getirilerek maliyetlerin düşürülmesi planlanmıştır. CBS üzerindeki veriler, atık miktarları, demografik yapı, atık toplama süreleri ve konteyner bilgileri kullanılarak durum çalışması yapılmış, çalışma bölgesinde yer alan büyük konteyner, küçük konteyner ve varillerden oluşan 1500 toplama konteynerli mevcut sistemin ekonomik boyutu analiz edilmiştir.

Erzurum il merkezinde mevcut katı atık verileri kullanılarak atıkların toplama, taşıma, değerlendirme ve bertarafı noktasında sistem belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada; Erzurum Belediyesi'nde gerçekleştirilen mevcut uygulama kapsamında katı atıkların toplanması ve taşınmasında verimin düşük, maliyetin yüksek olduğu bildirilmiştir (Büyüksoy 1994).

Apaydın (2004), çalışmada, Trabzon kenti katı atık yol ağları ve atık miktarları ile ilgili coğrafi bilgi sistemi destekli veri tabanı oluşturularak, toplama ve taşıma sürelerinin birim yol uzunluğuna düşen nüfusa bağlı olarak modellenmesi yapılmıştır. Çalışma sonunda birim katı atık toplama süreleri ile ilgili olarak, yerleşim yerlerinde bulunan nüfus yoğunluğuna bağlı geliştirilen istatistiksel veriler ile anlamlı sonuçlar ortaya konulduğu bildirilmiştir.

Kaya (2013), yapmış olduğu çalışmada; İstanbul ilçe belediyeleri tarafından 2001 ile 2010 yılları arasında gerçekleştirilen kentsel atık yönetimi için ayrılan bütçeyi etkileyen faktörler hakkında panel veri analizi yöntemi kullanılarak öngöründe bulunulmuştur. Sonraki süreçte İstanbul ilçe belediyelerinin 2011 yılına ait atık yönetim maliyet fonksiyonu sentezlenerek ölçek ekonomileri üzerine araştırma yapılmıştır. Ülke çapında yürütülen analiz çalışmaları neticesinde, atık yönetimi açısından belediyelerin olması gereken en uygun ölçek büyüklükleri tespit edilmiştir. Son bölümde ise ekonometrik analiz sonuçları yorumlanarak etkin bir atık yönetim süreci için öneriler sıralanmıştır.

Koç (2015), çalışmasında; birinci aşamada, Konya ili Meram ilçesi sınırları içerisinde geri dönüştürülebilen katı atıkların toplama, taşıma ve ayırma sistemlerini içeren mevcut yönetim uygulamaları incelenmiştir. Geri dönüştürülebilen katı atıklara ait harita oluşturulmuş ve bölgenin sosyoekonomik yapısı ile ilişkilendirilmiştir. İkinci aşamada, Meram ilçesinde gerçekleştirilen toplama, taşıma ve ayırma işlemlerinin giderleri tespit edilmiştir. Personel ve araç akaryakıt giderleri toplam geri dönüştürülebilir katı atık yönetimi bütçesinin sırasıyla %37 ve %36'sını oluşturduğu ortaya konulmuştur. Akaryakıt giderlerini en aza indirmek için, Meram ilçesinde GIS-destekli rota optimizasyonu çalışmaları yapılmıştır.

Şahin (2014), çalışmasında; Sinop il merkezinde üretilen kentsel katı atıkların toplama ve taşıma organizasyonları araştırılmıştır. Çalışmada son yıllarda geliştirilen “En Küçük Kapsayan Ağaç” yönteminin katı atıkların toplama-taşıma problemine uyarlanması gerçekleştirilmiştir. Sinop il merkezinde yürütülen kentsel katı atık toplama taşıma sistemi üzerine gerçekleştirilen optimizasyon çalışması ile mevcut sistem karşılaştırılmış ve önemli oranda maliyet tasarrufu yapıldığı rapor edilmiştir.

Yener (2012), İstanbul'un Fatih ilçesinde katı atık toplama-taşıma operasyonlarının maliyet ve güzergâhını CBS tabanlı sistem ile optimize etmek için yapılan çalışmada; katı atık toplama-taşıma işlemlerinde güzergâh optimizasyonu yapılması durumunda, Türkiye’de bulunan bütün kent belediyelerinin katı atık toplama işlemi maliyetlerinde ciddi anlamda bir azalma olacağı tespit edilmiştir.

Armağan ve Demir (2005), evsel katı atıkların toplama taşıma organizasyonlarında verimi artırmak maksadıyla en uygun güzergâhların tespit edilmesi için gerçekleştirilen çalışmada, tüm sayısal ve sözel verileri barındıran, atık toplama ve taşıma işlemlerinin yoğun olarak yürütüldüğü, ortalama 220 km atık toplama güzergâhına sahip bir alan çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. Çalışma bölgesi İstanbul ilçelerinden Şişli, Beşiktaş, Eminönü ve Beyoğlu sınırları içerisinde kalan bölümlerden parçalar birleştirilerek oluşturulmuştur.

Ghose *et al.* (2006). Yaptıkları çalışmada; Hindistan'ın Asansol kentinde Asansol Belediyesi Şirketi (AMC) için kentsel katı atıkları uygun toplama, elden çıkarma ve depolama işlemini tasarlamak için CBS veri tabanlı sistemin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonunda oluşturulan sistemin katı atık toplama taşıma işlemlerindeki maliyetlerde ciddi anlamda bir azalma olduğu bildirilmiştir.

Güney Afrika'nın katı atık toplama taşıma sistemlerinin tasarlanması ve planlanması ile ilgili bir çalışmadır. Çalışma sonucunda, katı atık toplama taşıma sistemlerinin uygulanacağı bölgede yaşayan topluluğun belirli koşullarına uyum sağlayacak şekilde tasarlanması gerektiğini, aynı ülke sınırları içerisinde bile katı atık toplama taşıma sistemlerinin bir topluluktan diğerine otomatik olarak aktarılamayacağını rapor etmişlerdir (Korfmaier and Katrina Smith 1996).

Yapmış oldukları çalışmada; Avrupa kentlerinde evsel katı atıkların, ikincil malzemelerin ve evsel tehlikeli atıkların toplanmasına yönelik kavramsal ve teknik yaklaşımlar karşılaştırılmaktadır. Gerçekleştirilen çalışma sonucunda atık toplama taşıma sistemleri, belediyelerde atık yönetiminin farklı siyasi görevlerini ve yerel yapısal koşulları yansıttığını belirlemişlerdir (Scharff, Christoph and Vogel, Gerhard 1993).

İzmir ilinde gelişmiş katı atık toplama ve taşıma sistemlerinin planlanması ve tasarlanması üzerine bir çalışma ele alınmıştır. Bu çalışma katı atık toplama taşıma maliyetlerinin optimizasyonuna odaklanan ve çeşitli transfer sahaları, bertaraf alanları, ulaşım seçenekleri göz önünde bulundurularak hazırlanan karma bir tamsayıli programlama modeline dayanmaktadır. Çalışma sonucunda ise elde edilen tüm sonuçlar tartışılarak etkin bir katı atık planlama ve tasarlama yönetimi için öneriler rapor edilmiştir (Or, İlhan and Curi, Kriton 1992).

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| - Kümbet Mahallesi | - Tepeköy Mahallesi |
| - Müftü Solakzade Mahallesi | - Toparlak Mahallesi |
| - Nene Hatun Mahallesi | - Uzun Ahmet Mahallesi |
| - Sığırlı Mahallesi | - Yağmurcuk Mahallesi |
| - Şehitler Mahallesi | - Yıkılğan Mahallesi |
| - Taşlıgüney Mahallesi | - Yukarı Yenice Mahallesi |
| - Tekederesi Mahallesi | - Yunus Emre Mahallesi |

Bunlardan Abdurrahman Gazi Mahallesi, Adnan Menderes Mahallesi, Hüseyin Avni Ulaş Mahallesi, Müftü Solakzade Mahallesi ve Yunus Emre Mahallesi olmak üzere 5 mahalle ilçe merkezinde yer almaktadır.

3.1.1. Coğrafi durum

Palandöken ilçesi, Erzurum ilinin 3 merkez ilçesinden biridir. Güneyinde Tekman, kuzeyinde Yakutiye, doğusunda Pasinler, batısında Çat, kuzeybatısında Aziziye ve Aşkale ilçeleri ile ortak sınırları mevcuttur. İlçe doğu-batı istikametinde 70 km, kuzey-güney istikametinde 10 km uzunluğu olan sınırları içerisinde yaklaşık 700 km² yüz ölçümüne sahip arazi barındırmaktadır (Anonim 2018b).

Palandöken ilçesi doğu-batı istikametinde uzanan iki fay hattı arasında kalmakta ve birinci derece deprem kuşağında bulunmaktadır. Ancak günümüze kadar gerçekleşen sarsıntılar ile önemli boyutta bir hasar oluşmamıştır (Anonim 2018b).

İlçe, volkanik yapılı dağlık bir araziye sahiptir. Arazisi içerisinde fazlasıyla yer alan meralar hayvancılığa cazip bir ortam sunmaktadır (Anonim 2018b).

3.1.2. İklim ve bitki örtüsü

Palandöken ilçesi, Erzurum'un şiddetli karasal iklime sahip ilçeleri arasında yer almaktadır. Kış ayları soğuk ve kar yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kurak geçmektedir.

Yaz mevsimi kısa sürelidir. Karasal iklime bağlı olarak, ilçede yaz ve kış mevsimleri arasında yüksek sıcaklık farkı görölmektedir. Yazın ortalama 34,1°C'ye kadar çıkabilen sıcaklıkların, kışın ortalama -28°C'ye kadar düştüğü gözlenmektedir. Yine karasal iklime bağlı olarak gece ve gündüz arasındaki günlük sıcaklık farkı da oldukça yüksektir (Anonim 2018b).

3.1.3. Ekonomi

İlçede olumsuz iklim şartlarının egemen olduğu gün sayısı oldukça fazladır. Bu tür olumsuz koşullar başta inşaat olmak üzere birçok sektörde ihtiyaç duyulan çalışma sezonunun oldukça kısa olmasına yol açmaktadır. Gerek iklimsel koşullara gerekse lojistik konumuna bağlı olarak ilçede sanayi yok denecek kadar azdır.

İlçede bulunan Palandöken dağı dünyanın önemli kayak merkezleri arasında yer almaktadır. Bu durum özellikle kış aylarında ilçede ve hatta il merkezinde turizm sektörüne oldukça büyük katkı sağlamaktadır.

İlçenin merkez mahallelerinde daha çok memuriyet ile ticarete bağlı bir ekonomi hüküm sürerken kırsal mahallelerde tarım ve hayvancılık başlıca geçim kaynaklarındandır. Kırsal kesimlerde bulunan oldukça geniş otlak alanları hayvancılığı cazip hale getirmektedir.

3.1.4. Nüfus

Toplam nüfusun %96,7'si merkez mahallelerde yaşarken %3,3'lük kısım kırsal bölgelerde ikamet etmektedir. İlçe nüfusunu %49,2'si erkek, %50,8'i ise kadın bireylerin oluşturduğu Çizelge 3.1'de yer alan verilerden elde edilmektedir.

İlçede geçmiş yıllara ait veriler değerlendirildiğinde zamana bağlı olarak nüfusun genellikle artış gösterdiği anlaşılmakta olup, 2011 yılında gerçekteşen dünya

üniversiteler arası kış oyunları nedeni ile nüfus artış hızında olağanüstü büyüme kaydedilmiştir.

Çizelge 3.1. Palandöken ilçesi 2018 yılı nüfus verileri (Anonim 2018c)

Mahalle	Erkek	Kadın	Toplam
Abdurrahman Gazi Mahallesi	13 040	12 454	25 494
Adnan Menderes Mahallesi	14 167	16 370	30 537
Ali Bezirgân Mahallesi	43	50	93
Aziziye Mahallesi	42	34	76
Börekli Mahallesi	158	187	345
Çeperli Mahallesi	85	80	165
Dereboğazı Mahallesi	498	491	989
Güllü Mahallesi	82	79	161
Güzelyurt Mahallesi	186	163	349
Hancıgaz Mahallesi	26	37	63
Hüseyin Avni Ulaş Mahallesi	17 065	17 637	34 702
Konaklı Mahallesi	140	132	272
Kümbet Mahallesi	178	210	388
Müftü Solakzade Mahallesi	13 456	13 750	27 206
Nene Hatun Mahallesi	152	150	302
Sığırlı Mahallesi	75	77	152
Şehitler Mahallesi	78	70	148
Taşlıgüney Mahallesi	146	148	294
Tekederesi Mahallesi	111	110	221
Tepeköy Mahallesi	130	120	250
Toparlık Mahallesi	180	150	330
Uzun Ahmet Mahallesi	82	88	170
Yağmurcuk Mahallesi	278	258	536
Yıkılğan Mahallesi	30	33	63
Yukarı Yenice Mahallesi	72	68	140
Yunus Emre Mahallesi	22 550	22 655	45 205
Toplam	83 050	85 601	168 651

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

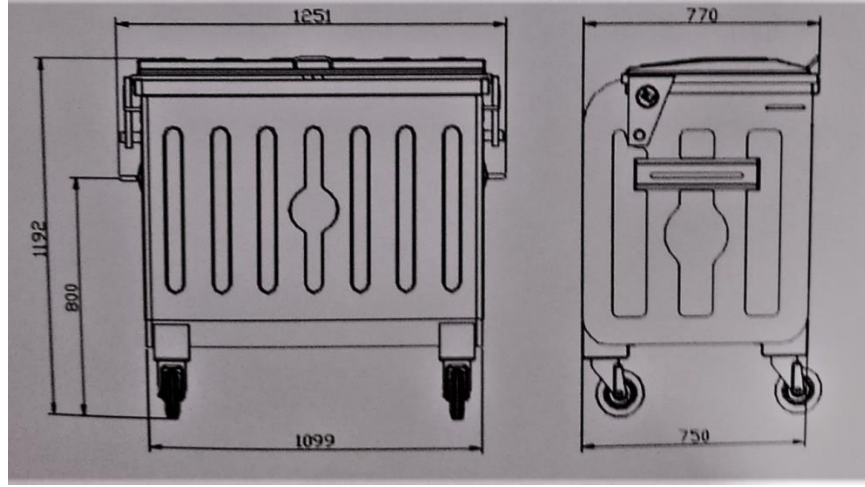
4.1. Mevcut Atık Toplama Taşıma Sistemi

Palandöken ilçesinde evsel katı atık toplama, taşıma işlemleri sabit konteyner sistemi kullanılarak yürütülmektedir. İlçe genelinde yaklaşık 2000 civarında bulunan konteynerlerin tümü 770 L sıcak daldırma galvanizli çöp konteynerlerinden oluşmakta olup bir örneği Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Ancak yeni konteyner ihtiyacı veya ekonomik ömürlerini dolduran konteynerlerin yenileri ile değiştirilmesi gibi nedenlere bağlı olarak ilçe genelindeki toplam konteyner sayısı sürekli değişkenlik göstermektedir.



Şekil 4.1. 770 L sıcak daldırma galvanizli çöp konteyneri

Şekil 4.2’de görüldüğü üzere 1192 cm yüksekliğe, 1251 cm genişliğe ve 770 cm derinliğe sahip konteynerler imal edildikleri malzeme cinsine bağlı olarak uzun ömürlü oldukları gibi, tabanlarında yer alan tekerlekleri ile hareket kabiliyeti kazandırılmış olarak kullanım kolaylığı sunmaktadırlar.



Şekil 4.2. 770 L sıcak daldırma galvanizli çöp konteyneri teknik çizimi

Palandöken Belediyesi bünyesinde 9 adet evsel katı atık toplama taşıma aracı kullanılmaktadır. Araçların tümü Ford Cargo markasına ait 2014 modeldir. Arkadan yüklemeli, sıkıştırırmalı sistemle çalışan araçlar 13 m³ depolama, 1,5 m³ yükleme haznesine sahiptirler. 7 araç sistemde aktif kullanılırken, arıza, bakım, onarım, kaza vb. nedenlere bağlı olarak sistemin sürekliliğinin aksatılmaması amacı ile 2 adet araç yedekte tutulmaktadır. Sistemde aktif olarak kullanılan araçların bir örneği Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.3. Arkadan yüklemeli sıkıştırırmalı evsel atık toplama aracı

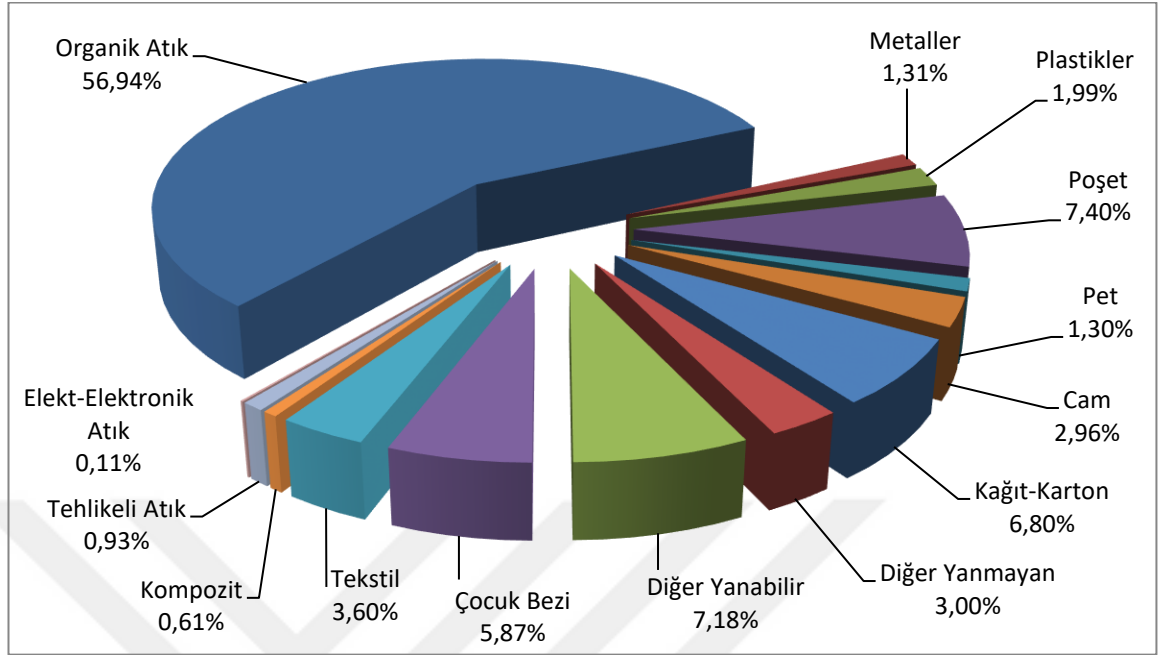
Haftanın her günü 7 araçla gece ve gündüz olmak üzere vardiya sistemi ile evsel katı atık toplama taşıma organizasyonu yürütülmektedir. Toplam 14 ayrı rota ile her gün toplama işlemi tekrarlanmaktadır. Araç şoförleri tamamen kendi inisiyatiflerini kullanarak belirlemiş oldukları güzergâhlarda ilerlemek sureti ile tüm konteynerler gün içerisinde en az bir kez boşaltılmaktadır. Ana arterlerde ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde konteynerler gün içerisinde iki kez boşaltılmaktadır. Genelde her rota sonunda katı atık düzenli depolama sahasında araç boşaltılarak bir sonraki çıkacağı vardiyayı beklemek üzere şantiye alanında parka çekilmektedir.

Gece ve gündüz vardiyalarında 28 tane işçi, 14 tane şoför görev yapmaktadır. Sistemin sürekliliğini sağlamak amacı ile 2 tane işçi ve 2 tane şoför vasıflarına sahip 4 personel yedek olarak görev yapmaktadır. Toplam 46 personel ile toplama taşıma operasyonları yürütülmektedir.

4.1.1. Atık karakterizasyonu

Katı atık yönetiminde, etkin ve uygulanabilir çalışma sisteminin kurulması için ilk olarak atık içeriğinin tespit edilmesi gerekmektedir. Atık karakterizasyonu toplama taşıma operasyonlarından bertaraf işlemine kadar birçok süreçte uygulanacak metodun karar aşamasında önemli rol oynamaktadır.

Erzurum merkez ilçelerinde üretilen evsel katı atıkların muhtevasını belirlemeye dair çalışma Erzurum Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında geçtiğimiz yıllarda gerçekleştirilmiştir. Tesiste yapılan karakterizasyon çalışmaları kapsamında Şekil 4.4'te yer alan grafik elde edilmiştir. Grafik üzerinden de okunabileceği üzere il merkezinde toplanan evsel katı atıkların büyük bir bölümü biyo bozunur atıklardan oluştuğu anlaşılmaktadır.



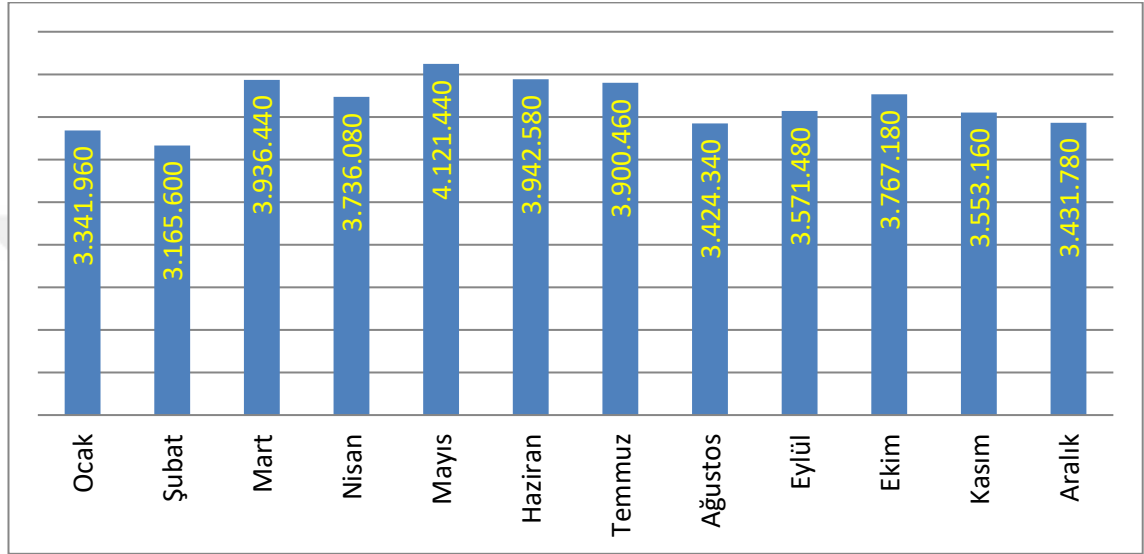
Şekil 4.4. Erzurum merkez ilçelerinde üretilen evsel katı atık bileşenlerinin yüzdesi (Erzurum Büyükşehir Belediyesi 2018)

Erzurum ilinin merkez ilçelerinden birisi olan Palandöken ilçesinin nüfus yapısı il merkezinin geneli ile benzerlik göstermektedir. Palandöken ilçesinde sanayi ve üretim gelişmemiş olmakla birlikte il geneline benzer olarak kırsal mahalleleri çoğunluktadır. Bu ve benzer nedenlere bağlı olarak Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında yapılmış olan karakterizasyon çalışması sonucu ortaya çıkan evsel katı atık bileşenleri Palandöken ilçesinde üretilen evsel katı atık bileşenleri ile benzer özellikler göstereceği tahmin edilmektedir.

4.1.2. Atık miktarı ve projeksiyonu

Evsel katı atıkların miktarı ile muhteviyatları toplama taşıma organizasyonlarını doğrudan etkileyen önemli iki parametredir. Bu nedenle organizasyonların sürdürülebilirlikleri için gelecekte üretilecek olan atık miktarları en doğru şekilde tahmin edilmelidir.

Palandöken ilçesi sınırları içerisinde üretilen 2018 yılına ait evsel katı atık miktarları Şekil 4.5’de yer almaktadır. İlçedeki katı atık miktarı yaz aylarında insan aktivitelerine ve atık muhtevastaki nem oranına bağılı olarak artış gösterdiği anlaşılmakta olup 2018 yılı içerisinde toplam 43 892 500 kg evsel katı atık üretildiği görülmektedir.



Şekil 4.5. 2018 yılında Palandöken ilçesinde üretilen evsel katı atık miktarları (Palandöken Belediyesi 2018)

Palandöken ilçesinde önümüzdeki yıllarda üretilecek olan evsel katı atık miktarları üzerine bir öngörü yapılabilmesi için atık miktarı ile doğrudan ilişkili olan nüfus gelişiminin olabildiğince gerçekçi bir tarzda tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, Palandöken ilçesine ait TÜİK nüfus verileri kullanılarak iller bankası metodu uygulanmak suretiyle nüfus projeksiyonu analiz edilmiştir.

İller bankası metodunda öncelikle ortalama yıllık nüfus artış hızı (p_{ort}) bulunur. Buradaki (p_{ort}) değeri 1 ile 3 arasında ise olduğu gibi kullanılır. 1’in altında kalması halinde (p_{ort}) değeri 1 alınırken 3’ten büyük olması durumunda 3 olarak alınır.

Artış hızı;

$$p = \left[\sqrt[t_{son}-t_{ilk}]{\frac{N_{son}}{N_{ilk}}} - 1 \right] * 100$$

Gelecekteki nüfus;

$$N_{gelecek} = N_{son} * \left[1 + \frac{p_{ort}}{100} \right]^{t_{gelecek}-t_{son}}$$

p = Nüfus artış hızı

p_{ort} = Ortalama nüfus artış hızı

N_{son} = Son nüfusun sayım değeri

N_{ilk} = İlk nüfusun sayım değeri

t_{son} = N_{son} nüfusunun belirlendiği yıl

t_{ilk} = N_{ilk} nüfusunun belirlendiği yıl

$t_{gelecek}$ = $N_{gelecek}$ nüfusunun belirleneceği yıl

$N_{gelecek}$ = Hesaplanacak olan nüfus değeri

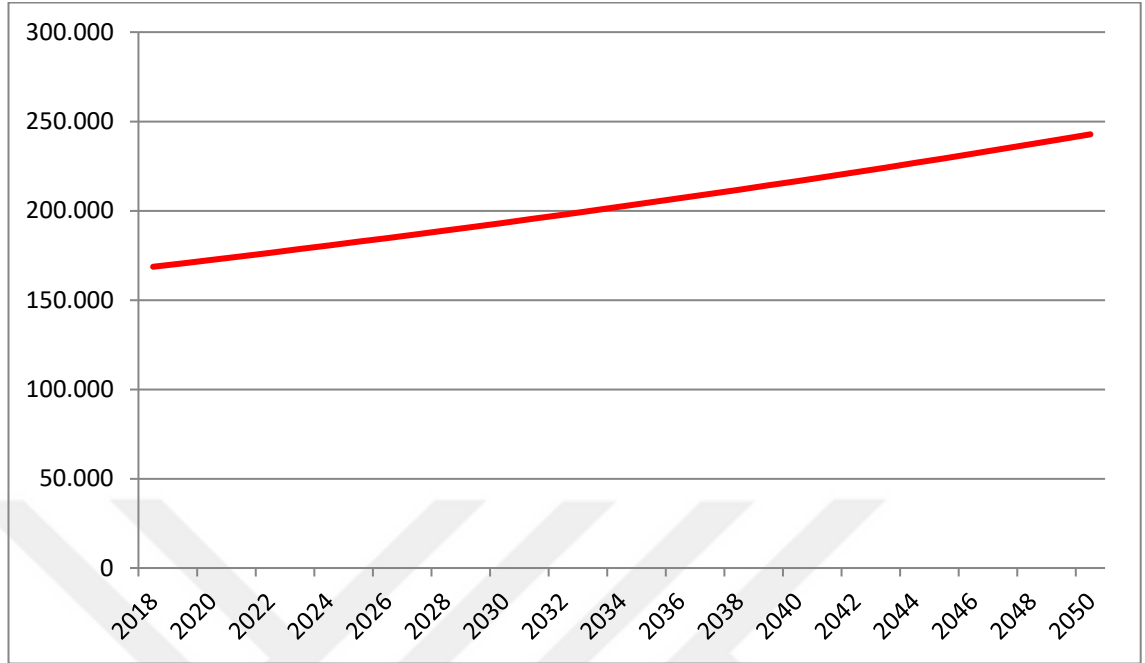
Çizelge 4.1. Palandöken ilçesi geçmiş yıllara ait nüfusu ve artış hızları

Yıl	Nüfus (kişi)	Nüfus Artış Hızı
2018	168 651	$p_{10} = -0,478$
2017	169 478	$p_9 = 0,622$
2016	168 430	$p_8 = 0,320$
2015	167 892	$p_7 = 2,282$
2014	164 146	$p_6 = 1,649$
2013	161 482	$p_5 = -0,419$
2012	162 162	$p_4 = 0,624$
2011	161 155	$p_3 = 4,231$
2010	154 612	$p_2 = 1,265$
2009	152 680	$p_1 = 1,355$
2008	150 638	

$$p_{ort} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5 + p_6 + p_7 + p_8 + p_9 + p_{10}}{10} \quad p_{ort} = 1,1451$$

$$N_{2019} = 168 651 * \left[1 + \frac{1,1451}{100} \right]^{2019-2018} = 170 582 \text{ kişi}$$

Formülü doğrultusunda işlemler tekrar edilerek ilerleyen yıllara ait nüfus tahminleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Palandöken ilçesi nüfus projeksiyonu

Palandöken ilçesinde 2018 yılına ait evsel katı atık miktarı ile nüfus verileri kullanılarak kişi başı üretilen günlük atık miktarı 0,71303 kg/kişi-gün olarak tespit edilmiştir.

Türkiye’de katı atık yönetiminin mevcut durumunu belirlemek ve AB mevzuatı ile uyumlu şekilde planlamak üzere 2003-2005 yılları arasında o dönemdeki adı ile Çevre ve Orman Bakanlığı koordinasyonunda uluslararası bir konsorsiyum tarafından EHCIP Projesi (2005) gerçekleştirilmiştir (Türkiye Belediyeler Birliği, 2016). Proje kapsamında Türkiye’deki kişi başı evsel atık üretim oranının %2 ile %3 arasında geometrik artacağı öngörülmüştür. Bu öngörü doğrultusunda Palandöken ilçesinde kişi başı günlük atık miktarının %2,2 oranında geometrik olarak artacağı kabulü yapılmış ve evsel katı atık projeksiyonu hesaplanarak Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Palandöken ilçesi evsel katı atık projeksiyonu

Yıl	Nüfus (kişi)	Kişi Başı Günlük Atık Miktarı (kg/kişi-gün)	Üretilen Atık Miktarı (ton)
2018	168 651	0,71303	43 893
2019	170 582	0,72872	45 372
2020	172 536	0,74475	46 901
2021	174 511	0,76113	48 481
2022	176 510	0,77788	50 116
2023	178 531	0,79499	51 805
2024	180 575	0,81248	53 550
2025	182 643	0,83036	55 356
2026	184 734	0,84862	57 221
2027	186 850	0,86729	59 149
2028	188 989	0,88637	61 143
2029	191 153	0,90587	63 203
2030	193 342	0,92580	65 334
2031	195 556	0,94617	67 536
2032	197 796	0,96699	69 812
2033	200 061	0,98826	72 165
2034	202 352	1,01000	74 597
2035	204 669	1,03222	77 111
2036	207 012	1,05493	79 710
2037	209 383	1,07814	82 397
2038	211 780	1,10186	85 173
2039	214 206	1,12610	88 044
2040	216 658	1,15087	91 011
2041	219 139	1,17619	94 078
2042	221 649	1,20207	97 250
2043	224 187	1,22851	100 527
2044	226 754	1,25554	103 915
2045	229 351	1,28316	107 417
2046	231 977	1,31139	111 037
2047	234 633	1,34024	114 780
2048	237 320	1,36973	118 648
2049	240 038	1,39986	122 647
2050	242 786	1,43066	126 781

Yapılan analizler neticesinde Palandöken ilçesi sınırları içerisinde 2050 yılında 126 781 ton evsel katı atık üretileceği öngörülmüş olup, ilerleyen yıllarda mevcut atık toplama taşıma sisteminin yetersiz kalacağı anlaşılmaktadır. Üretilcek olan atığın özellikleri

doğrultusunda ihtiyaca cevap verecek şekilde en uygun maliyetli sürdürülebilir atık toplama taşıma sistemlerinin planlanması gerekmektedir.

4.1.3. Konteynerlerin numaralandırılması

Gerçekleştirilen saha çalışmaları kapsamında gerek atık toplama araçlarına eşlik edilerek, gerekse binek araçlar ile gezilerek ilçe sınırları içerisinde yer alan konteynerlerin konumları ve sayıları tespit edilmiştir. Tespit edilen konteynerlerin konumları google earth programı üzerinde işaretlenerek numaralandırma işlemi yapılmıştır. İşaretlenen noktalarda çoğunlukla bir veya iki konteyner yer alırken ihtiyaca bağlı olarak bu sayının 10'a kadar çıktığı gözlemlenmiştir. 714 noktada birer, 423 noktada ikişer, 79 noktada üçer, 27 noktada dörder, 3 noktada beşer, 1 noktada altı, 2 noktada yedişer ve 1 noktada on adet konteyner yerleştirildiği belirlenmiştir. Toplam 1250 noktada 1950 adet çöp konteyneri tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinde yer alan konteynerlerin konumlarını gösterir harita EK 2'de yer almaktadır.

4.1.4. Atık toplama rotasyonu ve sıklığı

Toplama taşıma organizasyonlarında aktif görev alan 7 araç gündüz ve gece olmak üzere iki farklı rotayı takip ederek günlük çalışmalarını tamamlamaktadır. Günlük toplam 14 ayrı rotada ilerleyen 7 araç, şoförlerin kendi inisiyatifleri doğrultusunda tamamen alışagelmış güzergâhlarda hareket etmektedir. Toplama taşıma rotalarının bilimsel bir çalışmaya dayanmadığı, zaman zaman aynı güzergâhın tekrar kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Mevcut atık toplama ve taşıma sisteminde aralarındaki mesafe yakın olan birçok konteynerin dolmadığı ve boşaltma işlemi gerçekleştirilmeden güzergâha devam edildiği gözlemlenmiştir. Kırsal bölgelerde yer alan konteynerler 2 veya 3 günde bir kez boşaltılmakta, kentsel bölgelerde ise özellikle nüfus yoğunluğunun ve ticari yaşamın yoğunlukta olduğu ana arterlerdeki konteynerler gündüz ve gece rotalarında olmak üzere günde 2 kez boşaltılmaktadır.

İlçe genelinde üretilen evsel katı atıkların muhtevası kırsal ve kentsel bölgelerde değişkenlik göstermektedir. Kırsal bölgelerde düşük hacimli ve yüksek yoğunluğa sahip atıklar üretilirken, kentsel bölgelerdeki atıkların içeriğinde kâğıt, cam, plastik ve metal gibi geri kazanılabilir maddelerin yüksek oranlarda bulunması hacimlerinin fazla yoğunluklarının düşük olmasına sebebiyet vermektedir. Hacim ve yoğunluk gibi fiziksel parametreler ile doğrudan bağlantılı olarak kentsel bölgelerdeki atıkların sıkıştırma oranı yüksek iken kırsal bölgelerde bu oran düşüktür. Bu duruma bağlı olarak kentsel bölgelerde arkadan yüklemeli, sıkıştırılmalı atık toplama işlemini yürüten araçlar ortalama 200 civarında konteyner ile kapasitelerini doldururken, kırsal bölgelerde ortalama 160 tane konteyner ile araçların kapasitesi dolmaktadır.

2019 yılının nisan ayı içerisinde gerçekleştirilen saha çalışmaları neticesinde mevcut sistemde aktif olarak kullanılan tüm atık toplama araçlarına eşlik edilmiş ve toplama rotalarına ait veriler Çizelge 4.3'te verilmiştir. Atık toplama araçlarının geçmiş dönemlere ait istatistik verileri değerlendirildiğinde, her 100 km'de ortalama 64 L yakıt tükettikleri sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.3. Günlük atık toplama rotalarına ait veriler (Palandöken Belediyesi, 2019)

Toplama Rotası	Yapılan Yol Miktarı (km)	Çalışan Personel Sayısı	Kullanılan Yakıt Miktarı (L)	Toplam Geçen Süre (dk)	Toplanan Atık Miktarı (kg)
1 Gündüz	49	3	31,36	199	7 800
2 Gündüz	53	3	33,92	200	9 340
3 Gündüz	50	3	32	214	6 880
4 Gündüz	47	3	30,08	218	8 060
5 Gündüz	49	3	31,36	207	8 960
6 Gündüz	45	3	28,80	208	8 400
7 Gündüz	48	3	30,72	199	7 860
1 Gece	51	3	32,64	301	8 880
2 Gece	79	3	50,56	290	10 060
3 Gece	54	3	34,56	265	6 340
4 Gece	57	3	36,48	289	7 260
5 Gece	57	3	36,48	198	8 520
6 Gece	79	3	50,56	329	10 140
7 Gece	49	3	31,36	272	7 740
Toplam	767	42	490,88	3 389	116 240

Her araç tamamladığı güzergâh sonunda Erzurum Büyükşehir Belediyesi bünyesinde işletilen ve Adaçay mevkiinde bulunan Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında atık boşaltımı yapmaktadır. (1 Gündüz) ismi ile adlandırılan rota güzergâhı EK 1’de örnek olarak yer almaktadır.

Günlük tekrar edilen 14 rotanın ortalaması incelendiğinde; 54,78 km’de 35,06 L yakıt kullanılarak 242,07 dk’lık süre zarfında 8303 kg atık toplandığı sonucuna ulaşılmaktadır. Aynı zamanda 1 km’de 0,64 L yakıt kullanılarak 4,42 dk’lık süre zarfında 151,55 kg atık toplandığı görülmekte olup mevcut sistemin atık toplama verimi analizi Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Mevcut sistemin atık toplama verimi analizi

	Yol Miktarı (km)	Yakıt Miktarı (L)	Süre (dk)	Atık Miktarı (kg)
Toplam (Günlük) Değer	767	490,88	3 389	116 240
Ortalama (Rota) Değer	54,78	35,06	242,07	8 303
Birim Değer	1	0,64	4,42	151,55

4.1.5. Atık toplama maliyeti

Palandöken ilçe sınırları içerisinde sabit konteyner sistemi ile gerçekleştirilen evsel katı atık toplama ve taşıma organizasyonları için 2018 yılına ait maliyet analizi yapılmıştır.

a) Konteyner bakım-onarım maliyeti

Palandöken İlçe Belediyesi sorumluluğunda olan ortalama 2000 konteyner arasında ekonomik ömürlerini dolduranların yenisi ile değişimi, tamirâtı ve benzer bakım onarım

maliyetleri aylık ortalama 6 250,00 TL olarak kabul edilmiştir. Bu doğrultuda yıllık konteyner bakım-onarım maliyeti 75 000,00 TL tutarında olacaktır.

b) Personel maliyeti

Palandöken İlçe Belediyesi bünyesinde evsel katı atık toplama taşıma organizasyonlarında aktif görev yapan toplam 30 tane işçi ve 16 tane şoför bulunmaktadır. Çizelge 4.5'te görüleceği üzere Palandöken Belediyesi'nden alınan veriler doğrultusunda EKAP üzerinden personel maliyetleri hesaplanmıştır (Anonim 2018a).

Çizelge 4.5. 2018 yılı personel maliyeti (Palandöken Belediyesi 2018)

İşçilik Giderleri	Personel Sayısı	Birim Maliyet	Aylık Maliyet	Yıllık Maliyet
Maaş (Şoför)	16	3 361,27 TL	53 780,32 TL	645 363,84 TL
Maaş (İşçi)	30	2 973,42 TL	89 202,60 TL	1 070 431,20 TL
İş Güvenliği Eğitim Gideri	46	108,70 TL	5 000,00 TL	60 000,00 TL
Diğer (Elbise, Ayakkabı vb.)	46	63,41 TL	2 916,66 TL	35 000,00 TL
Toplam	46	3 280,42 TL	150 899,58 TL	1 810 795,04 TL

c) Araç maliyeti

Evsel katı atık toplama taşıma organizasyonlarında görev yapan toplam 9 tane atık toplama aracı kullanılmaktadır. Palandöken Belediyesi atık toplama araçlarını hizmet alımı yöntemi ile çalıştırmakta ve amortisman ile kira giderleri adı altında her bir araç için günlük 754,00 TL maliyeti karşılamaktadır. Ayrıca araçların yakıt, sigorta ve

muayene giderleri Kurum tarafından karşılanmakta olup 2018 yılı içerisinde kullanılan 210 721 L yakıtın aylık miktarları Çizelge 4.6’da verilmektedir.

Çizelge 4.6. 2018 yılı akaryakıt kullanım miktarı (Palandöken Belediyesi 2018)

Ay	Miktar (L)
Ocak	19 083
Şubat	16 796
Mart	18 446
Nisan	18 090
Mayıs	17 688
Haziran	16 467
Temmuz	17 309
Ağustos	18 015
Eylül	16 048
Ekim	17 990
Kasım	17 207
Aralık	17 582
Toplam	210 721

2018 yılı içerisinde araçların kullandığı akaryakıt fiyatları değişkenlik gösterdiğinden ortalama litre fiyatı 6,00 TL olarak kabul edilmiş olup mevcut atık toplama taşıma sisteminde kullanılan 9 aracın 2018 yılına ait maliyeti Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. 2018 yılı araç maliyeti (Palandöken Belediyesi 2018)

Araç Giderleri	Günlük Maliyet (9 araç)	Aylık Maliyet (9 araç)	Yıllık Maliyet (9 araç)
Yakıt	3 463,91 TL	105 360,50 TL	1 264 326,00 TL
Bakım-Onarım	1 000,00 TL	30 000,00 TL	360 000,00 TL
Sigorta	45,00 TL	1 350,00 TL	16 200,00 TL
Muayene	10,00 TL	300,00 TL	3 600,00 TL
Kiralama-Amortisman	6 786,00 TL	203 580,00 TL	2 476 890,00 TL
Toplam	11 304,91 TL	340 590,50 TL	4 121 016,00 TL

Palandöken İlçe Belediyesi tarafından 2018 yılında gerçekleştirilen evsel katı atık toplama taşıma organizasyonları için işçilik giderlerine 1 810 795,04 TL, araç giderlerine 4 121 016,00 TL ve konteyner bakım onarım giderlerine 75 000,00 TL olmak üzere toplam 6 006 811,04 TL bütçe ayrıldığı tespit edilmiştir. Mevcut toplama taşıma sisteminin 2018 yılına ait maliyet analizi Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. 2018 yılı atık toplama taşıma maliyet analizi

Konteyner bakım-onarım gideri	75 000,00 TL
İşçilik gideri	1 810 795,04 TL
Araç gideri	4 121 016,00 TL
2018 yılı toplam maliyet	6 006 811,04 TL
2018 yılı üretilen katı atık miktarı	43 892 500 kg
Ton atık başına maliyet	136,85 TL/ton
2018 yılı ilçe nüfusu	168 651 kişi
Kişi başı yıllık atık toplama taşıma maliyeti	35,62 TL/kişi-yıl

2018 yılı içerisinde Palandöken İlçe Belediyesi tarafından evsel katı atıkların toplanıp, bertaraf noktasına kadar taşınması için; ilçe sınırları içerisinde ikamet eden her bir birey adına yıllık 35,62 TL veya ton atık başına 136,85 TL kadar maddi kaynak kullanıldığı tespit edilmiştir.

4.2. Atık Toplama Rotasyon Optimizasyonu

Konteynerleri numaralandırma çalışması kapsamında ilçe genelinde toplam 1250 noktada 1950 adet konteyner varlığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda çalışma bölgesinde üretilen katı atıkların miktarı, üretim hızı, yoğunluğu ve bileşenleri bölgelere göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Katı atıkların bu tür özellikleri toplama taşıma

operasyonlarının verimi ve sürekliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu amaçla çalışma bölgesi sınırları içerisinde üretilen evsel katı atıkların fiziksel özelliklerinin farklılık gösterdiği iki ayrı bölgeye ayrılmıştır. Kentsel ve kırsal olarak iki bölgeye ayrılan Palandöken ilçesinde evsel katı atık toplama taşıma sistemlerinde optimizasyon çalışması yapılmıştır.

Mevcut sistemde olduğu üzere sabah akşam vardiya şeklinde çalışılacak olup, sabah vardiyasında 8 araç kentsel bölgede toplama taşıma çalışmalarını yürütürken akşam vardiyasında 2 araç ile kırsal bölgenin atığı toplanacaktır. Sabah vardiyasındaki 8 araç her gün aynı çalışmaları tekrar ederken akşam vardiyasında 2 araç iki günde 1 kez çalışma yapacaklardır. Kırsal bölgelerde evsel katı atık üretim hızı düşük olduğundan iki günde 1 kez toplama yeterli olacaktır. Mevcut sistemde yer alan ana arterlerdeki konteynerlerin günde iki kez toplanması ihtiyacı doğması durumunda ana arterlere ilave konteynerler yerleştirilerek sistemin sürekliliği sağlanacaktır. Bu sistem ile kentsel bölgede 8 rota (a, b, c, d, e, f, g, h) kırsal bölgede 2 rota (k, m) olmak üzere toplamda 10 ayrı rota takip edilecek, ancak Çizelge 4.9'da yer alan haftalık çalışma planında görüleceği üzere gün içerisinde 9 rota ile çalışmalar yürütülecektir. Mevcut sistemde günlük tekrar edilen 14 rota 9'a indirilecektir.

Çizelge 4.9. Optimize haftalık çalışma planı

	Pazartesi	Salı	Çarşamba	Perşembe	Cuma	Cumartesi	Pazar
Sabah	a-b-c-d-e-f-g-h	a-b-c-d-e-f-g-h	a-b-c-d-e-f-g-h	a-b-c-d-e-f-g-h	a-b-c-d-e-f-g-h	a-b-c-d-e-f-g-h	a-b-c-d-e-f-g-h
Akşam	k	m	k	m	k	m	k
Günlük rota sayısı	9	9	9	9	9	9	9

Kentsel bölgede 1030 ayrı noktada 1624 konteyner yer alırken, kırsal bölge sınırları içerisinde 220 ayrı noktada 326 konteyner kalmaktadır. İlçe genelinde tüm

konteynerlerin toplanmasını sağlayacak şekilde google earth programı kullanılarak deneme yanılma yöntemi ile en kısa 10 rota çizimi gerçekleştirilmiştir. Kentsel bölgedeki rotalar a, b, c, d, e, f, g, h, kırsal bölgedeki rotalar k, m harfleri ile adlandırılmıştır. Çizilen rotalara ait veriler Çizelge 4.10'da yer almaktadır.

Çizelge 4.10. Optimize atık toplama rotalarına ait veriler

Toplama Rotası	Yapılan Yol Miktarı (km)	Konteyner Olan Nokta Sayısı (adet)	Toplanan Konteyner Sayısı (adet)	Çalışan Personel Sayısı	Kullanılan Yakıt Miktarı (L)
a	46	124	211	3	29,44
b	48	145	215	3	30,72
c	46	157	205	3	29,44
d	49	157	219	3	31,36
e	55	100	197	3	35,20
f	55	138	197	3	35,20
g	51	94	187	3	32,64
h	50	115	193	3	32
k	103	119	159	3	65,92
m	107	101	167	3	68,48
Toplam	610	1 250	1 950	30	390,40

Palandöken ilçesinde optimize edilen toplama taşıma organizasyonlarına ait tüm güzergâhların görseli EK 3'te, (a) rotası EK 4'te, (b) rotası EK 5'te, (c) rotası EK 6'da, (d) rotası EK 7'de, (e) rotası EK 8'de, (f) rotası EK 9'da, (g) rotası EK 10'da, (h) rotası EK 11'de, (k) rotası EK 12'de ve (m) rotası EK 13'te yer almaktadır.

Takip edilecek olan 10 ayrı rotanın toplam yol miktarı 610 km'dir. Ancak kırsal bölgelere hizmet edecek olan k ve m rotaları iki günde bir kez kullanılacak olduğundan gün içerisinde kat edilecek yol miktarı 505 km'ye düşmektedir. Bu doğrultuda

gerçekleştirilecek çalışmalar ile atık toplama taşıma sisteminin verimi Çizelge 4.11’de yer almaktadır.

$$\text{Günlük yol miktarı} = a + b + c + d + e + f + g + h + \left[\frac{k + m}{2} \right] = 505 \text{ km}$$

Çizelge 4.11. Optimize atık toplama verimi analizi

	Yol Miktarı (km)	Yakıt Miktarı (L)	Atık Miktarı (kg)
Toplam (Günlük) Değer	505	323,20	116 240
Ortalama (Rota) Değer	56,11	35,91	12 915
Birim Değer	1	0,64	230,18

Çizelge 4.4’de görülebileceği üzere mevcut evsel katı atık toplama taşıma sisteminde 1 km yol kat edilerek 151,55 kg atık toplanmaktadır. Optimize edilen evsel katı atık toplama taşıma sisteminde ise 1 km yol kat edilerek 230,18 kg atık toplanabileceği göze çarpmaktadır. Bir başka açıdan bakılacak olursa 1 ton evsel katı atığı toplayabilmek için aracın mevcut sistemde 6600 metre yol alması gerekirken, optimize sistemde 4350 metre yeterli olacaktır.

4.3. Maliyet Minimizasyonu

Palandöken ilçesinde optimize edilen evsel katı atık toplama taşıma organizasyonu kapsamında ilçede yer alan konteynerlerin sayısında ve yerlerinde küçük çaplı değişiklikler yapılabileceği ihtimali öngörülerek mevcut durumda 75 000,00 TL olan konteyner bakım onarım yıllık maliyeti 80 000,00 TL olarak kabul edilmiştir.

Optimize sistemde gün içerisinde gerçekleştirilecek rota sayısı 9'a düşürülmüştür. Bu kapsamda ihtiyaç duyulan personel sayısı 18 tane işçi, 9 tane şoför ve 2 tane yedek işçi ile 2 tane yedek şoför olmak üzere toplam 31 olarak belirlenmiştir. 31 personelin oluşturacağı maliyet Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Optimize sistem personel maliyeti

İşçilik Giderleri	Personel Sayısı	Birim Maliyet	Aylık Maliyet	Yıllık Maliyet
Maaş (Şoför)	11	3 361,27 TL	36 973,97 TL	443 687,64 TL
Maaş (İşçi)	20	2 973,42 TL	59 468,40 TL	713 620,80 TL
İş Güvenliği Eğitim Gideri	31	108,70 TL	3 369,70 TL	40 436,40 TL
Diğer (Elbise, Ayakkabı vb.)	31	63,41 TL	1 965,71 TL	23 588,52 TL
Toplam	31	3 280,42 TL	101 777,78 TL	1 221 333,36 TL

Çizelge 4.5'de yer alan mevcut sistemde ki personel birim maliyetlerin değişmeyeceği kabulü yapılmış olup, sadece personel sayısına bağlı olarak yıllık maliyetlerde düşüş sağlanmıştır. Mevcut sisteme kıyasla yıllık 589 461,68 TL tutarında tasarruf elde edilebileceği belirlenmiştir.

Optimize sistemde araç sayısı ile araçların bakım onarım maliyetinde değişiklik olmayacağı öngörülmüş, sadece günlük yapılan yol miktarına bağlı olarak yakıt maliyeti hesaplanmıştır. Çizelge 4.11'de günlük 323,20 L yakıt kullanılacağı belirlenmiş olup akaryakıt litre fiyatı ortalama 6,00 TL olarak kabul edilmiştir. Optimize atık toplama taşıma sisteminde kullanılacak olan 9 aracın yıllık maliyeti Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. Optimize sistem araç maliyeti

Araç Giderleri	Günlük Maliyet (9 araç)	Aylık Maliyet (9 araç)	Yıllık Maliyet (9 araç)
Yakıt	1 939,20 TL	58 176,00 TL	707 808,00 TL
Bakım-Onarım	1 000,00 TL	30 000,00 TL	360 000,00 TL
Sigorta	45,00 TL	1 350,00 TL	16 200,00 TL
Muayene	10,00 TL	300,00 TL	3 600,00 TL
Kiralama-Amortisman	6 786,00 TL	203 580,00 TL	2 476 890,00 TL
Toplam	9 780,20 TL	293 406,00 TL	3 564 498,00 TL

Bu çalışma kapsamında uygulanan optimize güzergâhların çizimi ile sistematik çalışma programının mevcut sisteme oranla yıllık maliyetlerde düşüş sağladığı Çizelge 4.14’de görülmektedir. Ayrıca bu çalışma ile optimize edilmiş olan evsel katı atık toplama taşıma sisteminde konteynerlerin unutulma veya benzer sebeplere bağlı olarak boşaltılmaması riskide ortadan kalkmaktadır.

Çizelge 4.14. Toplama taşıma sistemleri maliyet analizi

	Mevcut Sistem	Optimize Sistem	Değişim Oranı (%)
Konteyner Bakım-Onarım Gideri	75 000,00 TL	80 000,00 TL	+ 6,67
İşçilik Gideri	1 810 795,04 TL	1 221 333,36 TL	- 32,55
Araç Gideri	4 121 016,00 TL	3 564 498,00 TL	- 13,50
Yıllık Toplam Maliyet	6 006 811,04 TL	4 865 831,36 TL	- 18,99

5. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışması kapsamında Erzurum ili Palandöken ilçesi özelinde gerçekleştirilen evsel katı atık toplama ve taşıma sistemlerine ait süreç her yönü ile incelenmiştir. Evsel katı atıkların karakterizasyonu, miktarı ve projeksiyonuna dair çalışmalar yürütülmüş, google earth programı kullanılarak deneme yanılma yöntemi ile en uygun güzergâhların belirlendiği rota optimizasyon çalışması yapılmıştır. Atıkların etkin, verimli ve düzenli bir şekilde toplanması ve taşınması amacı ile minimum maliyetli sistemler geliştirilmiştir. Bu çalışmalar doğrultusunda aşağıda yer alan sonuçlara ulaşılmıştır;

- Palandöken ilçesinde günlük üretilen ortalama 120 ton evsel katı atık sabit konteyner sistemi kullanılarak gerçekleştirilen toplama taşıma işlemleri sonunda bertaraf noktasına ulaştırılmaktadır. Bu süreç 9 adet 13 m³ depolama, 1,5 m³ yükleme haznesine sahip arkadan yüklemeli sıkıştırılmalı atık toplama aracı ve 30 tane işçi, 16 tane şoför olmak üzere toplam 46 tane personel vasıtası ile yürütülmektedir.
- Palandöken ilçesi özeline ait evsel katı atık karakterizasyon çalışması yapılmamış olup, Katı Atık Düzenli Depolama Tesisinde gerçekleştirilen çalışmanın Palandöken ilçesinde üretilen atıkların özelliklerini de yansıtacağı düşünülmektedir. Bu varsayım doğrultusunda evsel katı atıkların içeriğindeki geri kazanılabilir atık oranının oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. İlçe genelinde kurulacak olan etkin, verimli ve sürdürülebilir kaynağında ayrı toplama sistemi geri kazanılabilir ham maddenin kalitesini artıracak gibi evsel katı atık toplama taşıma sistemlerine harcanan bütçeden de önemli bir oranda tasarruf sağlayacaktır.
- Palandöken ilçesinde 2018 yılı içerisinde toplam 43 893 ton evsel katı atık üretilmiş olup, ilerleyen yıllarda atık miktarının %2,2 oranında geometrik olarak artacağı kabulü yapılarak 2050 yılında 126 781 ton evsel katı atık üretileceği öngörülmüştür. Ayrıca 2018 yılına ait veriler kullanılarak kişi başı günlük atık miktarının 0,71303 kg olduğu sonucuna varılmıştır.
- İlçe genelinde yürütülen saha çalışmaları kapsamında 1950 adet atık toplama konteynerinin varlığı belirlenmiş olup, bunlardan 1624 adet kentsel bölgede, 326 adet kırsal bölgede olmak üzere toplam 1250 ayrı noktaya yerleştirilmiştir.

- Mevcut sistemin 2018 yılına ait maliyeti 6 006 811,04 TL olarak hesaplanmış, bu tutarın %68,60'ını araç giderleri, %30,15'ini işçilik giderleri ve %1,25'ini konteyner bakım onarım masraflarının oluşturduğu tespit edilmiştir.
- Kişi başına yıllık atık toplama maliyeti düşük gelirli ülkelerde 3-6 \$ arasında, orta gelirli ülkelerde 9-21 \$ arasında ve yüksek gelirli ülkelerde 42-70 \$ arasında değiştiği, ton atık başına maliyetin ise düşük gelirli ülkelerde 15-30 \$ arasında, orta gelirli ülkelerde 30-70 \$ arasında ve yüksek gelirli ülkelerde 70-120 \$ arasında değiştiği uluslararası çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur (Cointreau and Levine 1994). Palandöken ilçesinde kişi başı yıllık atık toplama maliyeti 36,62 TL = 6,10 \$ ton atık başına maliyet 136,85 TL = 22,80 \$ olduğu tespit edilmiş olup, bu veriler ışığında düşük gelirli ülkeler sınıfında yer alındığı sonucuna ulaşılmıştır. Ülkemizde son zamanlardaki \$-TL kurundaki olağandışı artışın elde edilen sonuca önemli bir oranda etkisi olduğu düşünülmektedir.
- Bu çalışma kapsamında fiziki şartlar (çıkamaz sokak, trafik durumu vb.) dikkate alınarak en uygun güzergâhlar takip edilip, google earth programı vasıtası ile 10 ayrı atık toplama rotası oluşturulmuştur. Gün içerisinde 9 ayrı rota takip edilecek şekilde çalışma programı hazırlanmıştır. Sisteme daha kolay uyum sağlanması ve rotaların dışına çıkılmaması için her bir araca yerleştirilecek olan tabletlerde kullanılacak navigasyon cihazlarına benzer şekilde araçları takip etmeleri gereken güzergâhlarda yönlendirecek program geliştirilebilir. Ayrıca program içerisine numaralandırılmış konteynerlerin konumları da eklenerek personel arasındaki iletişim ve çalışma şartları iyileştirilebilir.
- Mevcut sistemde 1 km'de 0,64 L yakıt kullanılarak 4,42 dk'lık süre zarfında 151,55 kg atık toplandığı hesaplanmış, optimize sistem ise 1 km'de 0,64 L yakıt kullanılarak 230,18 kg atık toplanacak şekilde organize edilmiştir. Mevcut sistemdeki atık toplama verimi yaklaşık %50 oranında arttığı göze çarpmaktadır.
- İlçe sınırları içerisinde gerçekleştirilen evsel katı atık toplama taşıma sistemindeki optimize çalışmaları ile kat edilen yol miktarında, iş gücünde ve harcanan zamanda tasarruflar sağlanmış, yıllık maliyetlerde düşüş kaydedilmiştir. Mevcut sistemde kullanılan yıllık bütçede %18,99 oranında tasarruf yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akçay Han, G., (2008), Ambalaj atıklarının yeniden değerlendirilebilirliği ve küçükçekmece örneği, Yüksek lisans tezi, Gebze Yüksek teknoloji Enstitüsü,Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Anonim, 2018a. <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Default.aspx> (20.12.2018).
- Anonim, 2018b. <http://www.palandoken.gov.tr/cografi-durum> (20.12.2018).
- Anonim, 2018c. <http://www.nufusune.com/palandoken-ilce-nufusu-erzurum> (28.12.2018).
- Anonim, 2018d. <https://cevrecimuhendisler.wordpress.com/2017/01/30/kati-atiklarin-ozellikleri/> (06.12.2018).
- Anonim, 2019a. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/plastic-scrap-in-recycling-center-gm517846958-89689521> (14.03.2019).
- Anonim, 2019b. <https://www.google.com.tr/search?q=end%C3%BCstriyel+at%C4%B1klar&tbm=isch&source=hp&sa=X&ved=2ahUKEwjacob36ss3jAhVj7aYKHQR4AV0QsAR6BAgJEA#imgsrc=XxkMhlAWq7ypNM>: (14.03.2019).
- Anonim, 2019c. https://www.google.com.tr/search?q=tehlikeli+at%C4%B1klar&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjA6r6-tM3jAhUrWMBHW0iA9AQ_AUIESgB&biw=1920&bih=937#imgsrc=7ykYZjLAoXNl_M: (14.03.2019).
- Anonim, 2019d. <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/hazardous-medical-waste-gm544451888-97842351> (14.03.2019).
- Anonim, 2019e. https://www.google.com.tr/search?q=hafriyat+at%C4%B1klar%C4%B1&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwio8rufuM3jAhWswMQBH ZzIBcgQ_AUIESgB&biw=1920&bih=937#imgsrc=epsTTdT1lvIq0M: (14.03.2019).
- Anonim, 2019f. http://www.hidromak.com/en/p/menu_product/10/skip-loader (14.03.2019).
- Anonim, 2019g. https://www.google.com.tr/search?q=arkadan+s%C4%B1k%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1rmal%C4%B1+%C3%A7%C3%B6p+kamyonu&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiQu-Okwc3jAhVioFwKHQPnDyUQ_AUIESgB&biw=1920&bih=937#imgsrc=u-iBXZvZfdXduM: (14.03.2019).
- Anonim, 2019h. <http://trabzonortahisar.bel.tr/haber-detay.aspx?id=582> (14.03.2019).
- Anonim, 2019k. <http://www.harita.net.tr/ilce/333-palandoken-erzurum/> (22.03.2019).
- Apaydın, Ö., (2004). Trabzon Şehri İçin Katı Atık Yönetim Alternatiflerin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Destekli Optimizasyonu. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Armağan B., Demir İ., (2005).“Evsel Katı Atık Toplama Sisteminin CBS Tabanlı Modellemesi”, İtüdergisi/D Mühendislik, 4(3), 119-125, İstanbul.
- Aydın, T., (2015). Samsun 19 Mayıs İlçesi Katı Atık Toplama Taşıma Sisteminin Coğrafi Bilgi Sistemi Destekli İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Büyüksoy, F., (1994). Erzurum İl Merkezinde Katı Atık Verilerinin Değerlendirilmesi, Katı Atık Toplama ve Taşıma Optimizasyonu. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

- Cointreau-Levine, S.C., Private Sector Participation in MSW Services in Developing Countries, Volume 1: The Formal Sector, The World Bank, 1994, Washington D.C.
- Ersesay, A.S., (2011). Katı Atıklar ve Kontrolü. Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Sakarya.
- Erzurum Büyükşehir Belediyesi (2018). Erzurum Merkez İlçelerinde Üretilen Evsel Katı Atık Bileşenlerinin Yüzdesi. Erzurum: Erzurum Büyükşehir Belediyesi.
- Ghose M.K., Dikshit A.K., Sharma S.K., (2006). A GIS based transportation model for solid waste disposal – A case study on Asansol municipality, 26, 1287-1293.
- Güler N., (2008). Kentleşme Sürecinde Katı Atık Yönetimi ve Kocaeli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Karakol, S., (1999). Optimization of solid waste collection system of Antalya. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kaya, P., (2013). Yerel Yönetimlerde Katı Atık Yönetiminin Maliyet Analizi: Türkiye Geneli ve İstanbul İl Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Kınacı C., Görgün E., Arslan M., Armağan B., Private Sector Participation in Municipal Waste Management, (2015). Geri Dönüştürülebilir Katı Atıkların Yönetimi ve Rota Optimizasyonu: Konya İli Meram İlçesi Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Korfmacher, Katrina Smith (1996). Solid Waste Collection Systems In Developing Urban Areas Of South Africa: An Overview And Case Study. Granville: Denison University.
- Korkut E., Bayer Y., (2008). Katı Atıkların Toplanması ve Transferi İstanbul Büyükşehir Belediyesinin Katı Atık Transfer ve Taşıma Yönetimine Bakışı
- Or, İlhan & Curi, Kriton (1992). Improving The Efficiency Of The Solid Waste Collection System In İzmir. Turkey. Through Mathematical Programming. İstanbul: Boğaziçi University.
- Palandöken Belediyesi (2018). Akaryakıt Kullanım Miktarı. Erzurum: Palandöken Belediyesi.
- Palandöken Belediyesi (2018). Araç Maliyeti. Erzurum: Palandöken Belediyesi.
- Palandöken Belediyesi (2018). Personel Maliyeti. Erzurum: Palandöken Belediyesi.
- Palandöken Belediyesi (2018). Palandöken İlçesinde Üretilen Evsel Katı Atık Miktarları. Erzurum: Palandöken Belediyesi.
- Palandöken Belediyesi (2019). Günlük Atık Toplama Rotalarına Ait Veriler. Erzurum: Palandöken Belediyesi.
- Peavy H.S., Rowe D.R., and Tchobanoglous G., (1985). Environmental Engineering. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Quon J.E., Tanaka M., Charnes A., (1965). Simulation and Analyses Of A Refuse Collection System, ASCE Journal of Sanitary Engineering Division, 1965.
- Sayar Ş., 2012. Kentleşme Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Scharff, Christoph & Vogel, Gerhard (1993). A Comparison Of Collection Systems In European Cities. Austria.

- Solid Waset Services-A Case Studyfor Kadıköy of İstanbul in Türkiye, Bienal Conferance and Exhibition on Integrated Waste Management in The Milenium, 2000. Wastecon.
- Şahin, C., (2014). Sinop İli Kentsel Katı Atık Toplama ve Taşıma Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2016-2023). Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı. Ankara: T.C. Çevre Bakanlığı.
- Türkiye Belediyeler Birliği (2016). Katı Atık Geri Dönüşüm ve Arıtma Teknolojileri El Kitabı. Ankara.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2018). Resmi İnternet Sitesi, <http://www.tuik.gov.tr> (15.11.2018).
- WHO (1999). Safe Management of Wastes From Healt-Careactivities, Dünya Sağlık Örgütü, Ceneve.
- Yener, B., (2012). CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Tabanlı Katı Atık Toplama Güzergâh Optimizasyonu İçin Örnek Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

1990 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 2014 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden mühendis unvanı ile mezun oldu. 2015 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans öğrenimine başladı. Aynı zamanda Erzurum Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı’nda mühendis olarak görevine devam etmektedir.

