

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOCAELİ İLİ EVSEL KATI ATIKLARIN
TOPLANMASI VE TAŞINMASINDA ORTAYA ÇIKAN
SERA GAZLARININ HESAPLANMASI VE MODELLENMESİ

AYŞE BURCU YAMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KOCAELİ İLİ EVSEL KATI ATIKLARIN
TOPLANMASI VE TAŞINMASINDA
ORTAYA ÇIKAN SERA GAZLARININ
HESAPLANMASI VE MODELLENMESİ

AYŞE BURCU YAMAN
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ ORHAN SEVİMOĞLU

GEBZE

2019

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**COMPUTING AND MODELLING OF
GREENHOUSE GASES ARISING FROM
THE COLLECTION AND TRANSPORT OF
MUNICIPAL SOLID WASTES IN KOCAELI**

AYŞE BURCU YAMAN
**A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE DEPARTMENT OF
ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

THESIS SUPERVISOR
ASST. PROF. DR. ORHAN SEVİMOĞLU

GEBZE

2019

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/12/2018 tarih ve 2018/63 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 16/01/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ayşe Burcu Yaman'ın tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi ORHAN SEVİMOĞLU

ÜYE

: Prof. Dr. M. SALİM ÖNCEL

ÜYE

: Prof. Dr. İBRAHİM DEMİR

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

ÖZET

Sera gazları, dünyaya gelen güneş ışınlarının hapsolması ve atmosfer tabakasında birikmesi sonucu dünyanın ısı tutma kapasitesinin artmasına neden olan bileşiklerdir. Bu gazlar, konutlarda, sanayi kuruluşlarında tüketilen elektrik, ulaşım sektörü, atık yönetimi, tarım sektörü ve arazi kullanım faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Atıkların yanlış yönetimi çevreyi doğrudan etkilemekte olup, dünya çapında bir endişe kaynağı oluşturmaktadır. Evsel katı atıkların toplanması ve taşınması sırasında tüketilen yakıt ile sera gazı emisyonları oluşmakta ve küresel ısınmaya doğrudan neden olmaktadır.

Bu çalışmada Kocaeli iline ait 12 ilçenin evsel katı atıklarının toplanması ve taşınması sırasında kullanılan yakıt tüketimine bağlı olarak oluşan sera gazı salınımları ve bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörleri de CO₂-e cinsinden hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmalarda, araçlarda dizel yakıt kullanımı sonucu, Senaryo 1 olarak değerlendirilmiş ve mevcut durumu ortaya koymuştur. Farklı yakıt türlerinin kullanıldığı varsayılarak toplam 4 senaryo irdelenmiş ve oluşacak olan sera gazı emisyon miktarları ve küresel ısınma faktörleri karşılaştırılması yapılmıştır.

Ayrıca ilçelere ait atık verilerinden evsel katı atıkların toplanması ve aktarmasız taşınmasında esnasında oluşan sera gazı emisyonunu tespit eden bir model kullanılmıştır. Model gibi sadece atıkların toplanması ve aktarmasız taşınması kısmını içeren manüel hesap ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalar ve karşılaştırmalar sonucunda, araçların sefer sayılarını ve aldıkları mesafeler azaltılarak, uygun şartlarda mesafelere bağlı olarak aktarma istasyon sayıları artırılarak, toplama araçlarının tam dolu çalışması sağlanarak ve alternatif yakıt olarak elektrikli araçların kullanımı ile sera gazı azaltım hedeflerine ulaşılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Evsel Katı Atıkların Toplanması, Sera Gazı Emisyonu, Küresel Isınma Faktörü, Toplama Araçları, Katı Atık Yönetimi, Alternatif Yakıtlar.

SUMMARY

Greenhouse gasses (GHG) are those which trap solar radiation and accumulate in the atmospheric layers, and as a result of this, they increase the earth's heat adsorption capacity. These GHGs originate from the use of electricity in industrial facilities, and from the activities of transport services, waste management, agricultural and land use. Mismanagement of wastes can affect the environment directly, which causes great concern in the world. From the consumption of fuels during the collection and transport of municipal solid waste, greenhouse gasses are generated, thus causing global warming.

In this study, greenhouse gasses resulting from the use of fuels in the collection and transportation activities of municipal solid waste, and global warming factors resulting from transporting 1 ton of waste, were determined in terms of CO₂-e.

In this study, use of diesel fuel in the waste trucks was named as scenario 1, which resembles the current situation in the study area. Assuming that different fuels were used, GHG amounts and global warming factors were determined based on four different scenarios.

Furthermore, a numeric model was run by using the waste data from provinces to calculate the GHG emissions resulting from the collection and transport of municipal solid waste (with no transfer). This model was only applied to the collection and transport of the wastes (with no transfer) and compared to the results of Manuel calculations. Based on the studies and comparisons, it was concluded that the target for GHG reductions can be reached by; reducing the trip numbers and distances, increasing the numbers of transfer stations under the optimum distances, providing that the collection trucks are running at full capacity, and using electric powered trucks as an alternative to diesel fuel.

Key Words: Collection of Municipal Solid Waste, Greenhouse Gas Emissions, Global Warming Factor, Waste Collection Vehicles, Solid Waste Management Alternative Fuels

TEŞEKKÜR

Öncelikle yüksek lisans eğitim dönemimde önerileriyle bu tezin oluşmasını sağlayan ve mesleki gelişimimdeki büyük katkılarından dolayı danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Orhan SEVİMOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez jüri üyelerimden Prof. Dr. İbrahim DEMİR ve Prof. Dr. Mehmet Salim ÖNCEL'e katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Veri temini konusunda Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Müdürlüğü'ne ve İlçe Belediyeleri'ne teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmam boyunca pozitif desteklerini esirgemeyen sevgili arkadaşlarıma emeklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Bugüne kadar her zaman yanımda olan ve bana güç katan annem, babam ve kardeşlerim Hami ve Lemi KARACA'ya sonsuz minnetlerimi sunarım.

Hayatımın her anında bilgisi ve tecrübeleriyle fikirlerinden yararlandığım ve her zaman varlığıyla bana destek veren canım eşim Doç. Dr. Cevat YAMAN'a sonsuz saygı ve sevgimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
TABLolar DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	2
2. LİTERATÜR	3
2.1. Evsel Katı Atıkların Yönetimi	4
2.2. Evsel Katı Atıkların Özellikleri	8
2.3. Evsel Katı Atıkların Toplanması ve Taşınması	9
2.3.1. Evsel Katı Atık Toplama Araçları	13
2.3.2. Atık Toplama İçin En Uygun Rotanın Belirlenmesi	14
2.4. Katı Atık Aktarma İstasyonları	15
2.5. İklim Değişikliği ve Küresel Isınma	17
3. MATERYAL VE METOD	21
3.1. Sistem Sınırları	21
3.1.1. Kocaeli'nde Atık Yönetimi	21
3.1.2. Nüfus ve Atık Miktarı Hesaplama Yöntemleri	23
3.1.2.1. Nüfus Projeksiyonları	23
3.1.2.2. Atık Projeksiyonu	29
3.1.3. Mevcut Atık Toplama ve Taşıma Sistemleri	31
3.1.4. Oluşacak Sera Gazı İçin Hesaplama Yöntemleri	42
3.1.5. Kullanılacak Model	45
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	50
4.1. Senaryo 1: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Dizel Yakıt Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri (Mevcut Durum)	50

4.1.1. Başiskele	50
4.1.2. Çayırova	51
4.1.3. Darıca	52
4.1.4. Derince	54
4.1.5. Dilovası	55
4.1.6. Gebze	56
4.1.7. Gölcük	57
4.1.8. İzmit	58
4.1.9. Kandıra	59
4.1.10. Karamürsel	61
4.1.11. Kartepe	62
4.1.12. Körfez	63
4.2. Senaryo 2: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Yakıt Olarak Benzin Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri	66
4.2.1. Başiskele	66
4.2.2. Çayırova	67
4.2.3. Darıca	68
4.2.4. Derince	69
4.2.5. Dilovası	69
4.2.6. Gebze	71
4.2.7. Gölcük	72
4.2.8. İzmit	73
4.2.9. Kandıra	74
4.2.10. Karamürsel	75
4.2.11. Kartepe	75
4.2.12. Körfez	76
4.3. Senaryo 3: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Yakıt Olarak CNG Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri	79
4.3.1. Başiskele	79
4.3.2. Çayırova	80
4.3.3. Darıca	81
4.3.4. Derince	82
4.3.5. Dilovası	82

4.3.6. Gebze	84
4.3.7. Gölçük	85
4.3.8. İzmit	86
4.3.9. Kandıra	87
4.3.10. Karamürsel	88
4.3.11. Kartepe	89
4.3.12. Körfez	89
4.4. Senaryo 4: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Elektrikli Araç Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri	92
4.4.1. Başiskele	92
4.4.2. Çayırova	93
4.4.3. Darıca	94
4.4.4. Derince	95
4.4.5. Dilovası	95
4.4.6. Gebze	97
4.4.7. Gölçük	98
4.4.8. İzmit	99
4.4.9. Kandıra	100
4.4.10. Karamürsel	101
4.4.11. Kartepe	102
4.4.12. Körfez	102
4.5. İlçelere Göre Her Bir Senaryoda Oluşan Küresel Isınma Faktörü Değerlerinin Karşılaştırılması	105
4.5.1. Başiskele	105
4.5.2. Çayırova	105
4.5.3. Darıca	106
4.5.4. Derince	107
4.5.5. Dilovası	107
4.5.6. Gebze	108
4.5.7. Gölçük	109
4.5.8. İzmit	110
4.5.9. Kandıra	110
4.5.10. Karamürsel	111

4.5.11. Kartepe	111
4.5.12. Körfez	112
4.6. Model	118
4.6.1. Toplama ve Taşımada Modelleme	118
5. YORUM VE DEĞERLENDİRME	125
KAYNAKLAR	128
ÖZGEÇMİŞ	136

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u>	<u>Açıklamalar</u>
<u>Kısaltmalar</u>	
%	: Yüzde İfadesi
CO ₂ -e	: Karbondioksit Eşdeğeri
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
kWh	: Kilowattsaat
L	: Litre
m ³	: Metreküp
Mg	: Megagram
ppb	: Milyarda Bir Birime Verilen İsim
ppm	: Milyonda Bir Birime Verilen İsim
ppt	: Trilyonda Bir Birime Verilen İsim
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADNKS	: Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
BMİDÇS	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
CNG	: Sıkıştırılmış Doğal Gaz
DDS	: Düzenli Depolama Sahası
GHG	: Sera Gazı
GWP	: Küresel Isınma Potansiyeli
HFC	: Hidroflorokarbon
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IPCC	: Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli
İSTAÇ	: İstanbul Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme San.Tic.A.Ş.
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
MRF	: Atık Geri Kazanım Tesisi
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PFC	: Perflorokarbon
REC	: Bölgesel Çevre Merkezi
TSP	: Travelling Salesman Problem

TUİK : Türkiye İstatistik Kurumu
UNDP : Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
USEPA : Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Dünya bölgelerine göre oluşan evsel katı atık oranları	5
2.2: Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisi	8
2.3: Dünyada oluşan evsel katı atıkların türüne göre oranları	9
2.4: TSP yöntemine göre optimum ulaşım sistemi	10
2.5: Sokak konteynırından atık toplama	11
2.6: Evin önünden atık toplama	11
2.7: Kocaeli Körfez atık getirme merkezi	12
2.8: Atık geri kazanım tesisi (MRF)	12
2.9: Farklı malzemeler için geri dönüşüm kutuları	12
a) Hidrolik sıkıştırılmalı atık toplama aracı b) Kağıt ve benzeri ambalaj	
2.10: atık toplama aracı c) Mini tip atık toplama aracı d) Hidrolik tipli vinç	14
atık toplama aracı	
2.11: Evsel katı atık aktarma istasyonu	17
2.12: Sera gazı salınımları 1970-2010	19
3.1: Nüfus tahminleri	29
Kocaeli'nde bulunan aktarma istasyonları ve düzenli depolama	
3.2: sahalarının konumları	32
3.3: Dilovası düzenli depolama sahası	33
3.4: İzmit düzenli depolama sahası	34
3.5: Kandıra katı atık aktarma istasyonu	35
3.6: Karamürsel katı atık aktarma istasyonu	35
3.7: Kocaeli ilçelerinde evsel katı atık taşıma sistemi	36
3.8: Başiskele ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi	36
3.9: Çayırova ilçesine atık toplama taşıma ve transfer sistemi	37
3.10: Darıca ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi	37
3.11: Derince ilçesi atık toplama ve taşıma sistemi	38
3.12: Dilovası ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi	38
3.13: Gebze ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi	39
3.14: Gölcük ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi	39

3.15:	İzmit ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi	40
3.16:	Kandıra ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi	40
3.17:	Karamürsel ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi	41
3.18:	Kartepe ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi	41
3.19:	Körfez ilçesine ait atık toplama taşıma ve transfer sistemi	41
4.1:	Başiskele ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	105
4.2:	Çayırova ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	106
4.3:	Darica ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	106
4.4:	Derince ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	107
4.5:	Dilovası ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	108
4.6:	Gebze ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	108
4.7:	Gölcük ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	109
4.8:	İzmit ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	110
4.9:	Kandıra ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	110
4.10:	Karamürsel ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	111
4.11:	Kartepe ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	112
4.12:	Körfez ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	112
4.13:	Tüm ilçelere ait farklı yakıt türlerine göre sera gazı emisyon değerleri	113
4.14:	Farklı yakıt türlerinde sera gazı oluşum oranları	115
4.15:	Tüm ilçelere ait farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri	116
4.16:	Evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında dizel yakıt kullanımı sonucu oluşan küresel ısınma faktörünün karşılaştırması	120
4.17:	Toplama ve taşımada dizel kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	121
4.18:	Toplama ve taşımada araçlarda benzin kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	122
4.19:	Toplama ve taşımada araçlarda CNG kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	122
4.20:	Toplama ve taşımada elektrikli araç kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	123

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Dünya bölgelerine göre oluşan kişi başı atık miktarı	5
2.2: Ülkelere göre 2025 yılı evsel katı atık miktarları projeksiyonu	6
2.3: Evsel katı atık çeşitleri ve kaynakları	8
3.1: Atık karakterizasyonu	23
3.2: Nüfus verileri	23
3.3: UNDP Türkiye nüfus artış hızı	24
3.4: Birleşmiş Milletler (UNDP) nüfus projeksiyonu	24
3.5: İller bankası nüfus projeksiyonu	26
3.6: Geometrik artış ile nüfus projeksiyonu	27
3.7: Aritmetik artış ile nüfus projeksiyonu	28
3.8: Evsel katı atık artış oranı	30
3.9: Evsel katı atık projeksiyonu	30
3.10: Kocaeli ilçe bilgileri	31
3.11: Toplama ve taşımada kullanılan araç hacimleri	35
4.1: Başiskele ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	50
4.2: Çayıröva ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	51
4.3: Darıca ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	53
4.4: Derince ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	54
4.5: Dilovası ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	55
4.6: Gebze ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	56
4.7: Gölcük ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	58
4.8: İzmit ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	59
4.9: Kandıra ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	60
4.10: Karamürsel ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	61
4.11: Kartepe ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	62
4.12: Körfez ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları	63
4.13: Dizel yakıt tüketim sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	64
4.14: Başiskele ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	66
4.15: Çayıröva ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	67
4.16: Darıca ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	68

4.17:	Derince ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	69
4.18:	Dilovası ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	70
4.19:	Gebze ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	71
4.20:	Gölcük ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	72
4.21:	İzmit ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	73
4.22:	Kandıra ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	74
4.23:	Karamürsel ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	75
4.24:	Kartepe ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	76
4.25:	Körfez ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları	77
4.26:	Benzin tüketimi sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	78
4.27:	Başiskele ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	79
4.28:	Çayırova ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	80
4.29:	Darıca ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	81
4.30:	Derince ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	82
4.31:	Dilovası ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	83
4.32:	Gebze ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	84
4.33:	Gölcük ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	85
4.34:	İzmit ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	86
4.35:	Kandıra ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	87
4.36:	Karamürsel ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	88
4.37:	Kartepe ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	89
4.38:	Körfez ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları	90
4.39:	CNG tüketimi sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	91
4.40:	Başiskele ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	92
4.41:	Çayırova ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	93
4.42:	Darıca ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	94
4.43:	Derince ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	95
4.44:	Dilovası ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	96
4.45:	Gebze ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	97
4.46:	Gölcük ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	98
4.47:	İzmit ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	99
4.48:	Kandıra ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	100

4.49: Karamürsel ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	101
4.50: Kartepe ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	102
4.51: Körfez ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımıyla hesap sonuçları	103
4.52: Elektrikli araç kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri	104
4.53: Modelde kullanılan parametreler	119

1. GİRİŞ

Teknolojik ve ekonomik gelişmeler ile nüfusun artışına paralel olarak katı atık miktarı da her geçen gün artmaktadır. Bu durumun ciddi çevresel sorunlara neden olmaması için katı atıkların yönetimi önem arz etmektedir. Geçmiş yıllarda katı atıkların vahşi depolanması çevre ve insan sağlığını tehdit etmiştir. Atık yönetimi; nüfus değişimine, atık üretim hız ve miktarına, teknoloji, tüketici davranışları ve ülke ekonomisine bağlıdır.

Evsel katı atıklar konutlarda, hastanelerde, okul işletmelerinde ve sanayilerde günlük faaliyetlerle oluşmakta ve içlerinde tehlikeli madde içermemesi gereken atıklardır. Öncelikli olarak iki ana kaynağa ayıracak olursak, konutlarda % 55-65 oranında, ticari alanlarda % 35-45 oranlarında katı atık oluşmaktadır.

Genel olarak atık yönetimi insan faaliyetleri ve diğer faaliyetler sonucu oluşan atıkların minimizasyonu, işlenmesi, depolanması, taşınması ve nihai bertarafını kapsamaktadır. Avrupa Birliği Atık Çerçeve Direktifine göre ise atık yönetimi; toplama, taşıma, geri kazanım, nihai bertaraf ve tüm bu proseslerin izlenmesi sürecini ifade etmektedir.

Atık yönetimi uygun şartlarda yapılmadığında çevreye doğrudan olumsuz etkiler oluşturacağı için global manada bir öneme sahiptir. Hızlı şehirleşme, günlük insan aktiviteleri, dünyanın dört bir yanındaki konut, ticari ve endüstriyel alanlardan büyük bir miktarda atık üretilmesine neden olmaktadır. Tüm bu faaliyetler sera gazı emisyon değerlerini artırarak iklimi de olumsuz yönde etkilemektedir. Katı atıkların ortaya çıkması ile çevre kalitesinin hızlı bir şekilde bozulduğu literatürde bir çok bilim insani tarafından vurgulanmıştır [1], [2].

Yüksek gelir ve şehirleşmenin artması oluşan evsel atık miktarının da artmasına sebep olmuştur. Örneğin, OECD ülkeleri yaklaşık olarak dünyadaki oluşan atığın yarısını üretirken, Afrika ve Güney Asya ülkeleri daha düşük oranlarda atık üretmektedirler. Dünyada yıllık oluşan evsel atık miktarının 2025 yılı itibari ile 2,2 milyar tona ulaşması beklenmektedir. Bu da kişi başına oluşan evsel atık miktarının 1,42 kg/kişi'ye çıkması anlamına gelmektedir [3].

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Sera gazı salınımının artışı, büyük çevresel problemlerin başında gelmektedir. Özellikle de ulaşım sektörü, nüfusun artışı ve teknolojilerin ilerlemesi ile bu durumda en büyük rolü oynamaktadır. Hava kirliliğine neden olan trafik kaynaklı kirlleticilerin başında ise motorlu taşıtlar gelmektedir. Sera gazlarının salınımını azaltacak politikaların izlenmesi ve alternatif çözümlerin yeni teknolojiler ile geliştirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı, Kocaeli'nin 12 ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve düzenli depolama sahasına transferi esnasında araçlarda kullanılan yakıt sonucu oluşan ve atmosfere salınacak olan sera gazlarının CO₂-e cinsinden hesaplanması ve küresel ısınmaya olan etkisini belirlemektir. Kullanılacak nümerik model ile de evsel katı atıkların toplanması ve aktarmasız taşınması daha optimum ve ekonomik olarak nasıl gerçekleştiği ortaya konularak ilerideki nüfus artışına paralel olarak sera gazı hesabı daha hızlı ve kolay bir şekilde hesaplanmış olacaktır.

Bu çalışmada yakıt türüne bağlı olarak 4 farklı senaryo değerlendirilmiştir. Birinci senaryoda ki bu mevcut durumu yansıtmaktadır, dizel yakıt kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan sera gazı miktarları hesaplanmıştır. Buna göre, ikinci senaryoda benzin, üçüncü senaryoda sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) ve dördüncü senaryoda ise elektrikli araçlar ile atık toplama, taşıma ve transferin gerçekleştirildiği varsayılarak sera gazı emisyon değerleri hesaplanmıştır.

Bu tez kapsamında, birinci bölümde tezin amacı, katkısı ve içeriğinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde evsel katı atıkların ülkemizde ve dünyada yönetimi hakkında mevcut literatür bilgileri verilmiştir. Üçüncü bölümde, sera gazı emisyon değerlerinin hesaplanmasına esas teşkil edecek yöntemler için metodoloji anlatılmıştır. Dördüncü bölümde hem manüel hem de nümerik model ile yapılan sera gazı emisyon değerleri hesaplanmış, ve ayrıca da yakıt türüne göre 4 farklı senaryo irdelenmiştir. Beşinci ve son bölümde ise elde edilen sonuçlar ile ilgili yorumlar ve değerlendirmeler kapsamlı bir şekilde anlatılmıştır.

2. LİTERATÜR

Büyüyen küresel nüfus, hızla artan şehirleşme ve aynı zamanda geniş endüstriyel ve ekonomik gelişmeler toplu olarak gıda, mineral, metal, plastik, ağaç ürünleri vb. gibi çeşitli ürünlerin tüketimini artırmıştır. Tüketimdeki bu artan eğilimin, aynı zamanda, yenilenebilir enerji kaynaklarından yenilenemeyen kaynaklara doğru kaymasının da hızlanarak devam edeceği öngörülmektedir [4]. Ayrıca, bu kaynakların tedarik zincirinde yer alan ekstraksiyon, hasat, işleme, nakliye ve atık bertarafı gibi çeşitli uygulamalar özellikle sera gazı (GHG) emisyonları artışına ilave olarak çevre kirliliğine de neden olmuştur [5].

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)'e göre sera gazları doğal ve antropojenik kaynaklardan oluşan ve spesifik dalga boylarında güneş ışınlarını absorbe eden ve atmosferde ısı tutan gazlardır [6]. Kısaca atmosferde ısıyı tutan gazlar sera gazı olarak tarif edilmektedir. İklim değişikliği açısından büyük öneme sahip olan gazlar karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azot oksit (N_2O) ve florinli gazlardır. Fosil yakıt (kömür, doğal gaz ve petrol), katı atık, ağaç ve odun gibi maddelerin yanması ve bazı kimyasalların reaksiyonları (çimento üretimi gibi) sonucu atmosfere CO_2 salınmaktadır. CO_2 bazı ağaç ve bitkilerin biyolojik karbon döngüsü sonucu absorbe etmesi (sequester) ile atmosferden uzaklaştırılabilmektedir. Metan gazı ise kömür, doğal gaz ve petrol üretimi ve taşınması esnasında ortaya çıkmaktadır. Metan ayrıca hayvansal atıklar ve tarım atıklarının ve evsel atıklarda bulunan organik atıkların ayrışması sonucu da oluşmaktadır. Azot oksit tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu, evsel katı atık ve fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkmaktadır. Florinli gazlar ise hidroflorokarbon, perflorokarbon, sülfürhegzaflorid ve nitrojen florid gazlarından oluşmaktadır. Bu gazlar ozon tabakasını incelten gazlardır ve sera gazı potansiyelleri CO_2 ve CH_4 'a göre oldukça fazladır [7].

Sera gazlarının iklim değişikliği üzerine etkileri 3 ana faktöre bağlıdır: Birincisi bu gazların hangi konsantrasyonlarda atmosferde bulunduklarıdır. Sera gazları atmosferde ppm, ppb veya ppt olarak ölçülür. İkincisi bu gazların atmosferde ne kadar süre ile kaldıklarıdır. Bu süre birkaç yıldan binlerce yıla kadar değişiklik göstermektedir. Üçüncüsü ise bu gazların atmosferi hangi düzeyde etkileyeceğidir. Bazı sera gazları diğerlerine göre gezegenimizin daha büyük oranlarda ısınmasına

neden olabilmektedir. Her bir sera gazı atmosferde ne kadar süre kalacağı ve hangi düzeyde güneş enerjisini absorbe edeceğine bağlı olarak Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential, GWP) değerine sahiptir [7].

Küresel nüfusun artması, şehir merkezlerine olan göçler, bu göçlerin getirdiği tüketim eğilimleri ve doğal kaynakların kontrolsüz bir şekilde kullanımı sonucu türlerin yok olması, katı atık üretiminin artması sağlık için zararlı bir takım gaz salınımlarının arttırarak iklim değişikliklerine neden olmaktadır [8], [9], [10]. Küresel kalkınmanın neden olduğu çevresel, sosyal ve ekonomik sorunların artması yaşayan toplumların temel sorunlarından [11].

2.1. Evsel Katı Atıkların Yönetimi

Hızlı ve çarpık kentleşme, sosyoekonomik ve çevresel etki ile birleşerek evsel katı atıkların oluşumunda dramatik bir artışa neden olmuştur [12]. Atık yönetimi, atığın oluşumu, kaynağında ayırma, toplama, aktarma, taşıma, işleme geri dönüştürme ve son olarak da bertarafını içeren multidisiplinler arası bir işlemdir [13], [14], [15], [16], [17], [18]. Şehirleşme ve nüfusun hızlı bir şekilde artması atık yönetimi için kritik bir durum meydana getirmektedir [19], [20], [21], [22], [23].

Atık yönetimi;

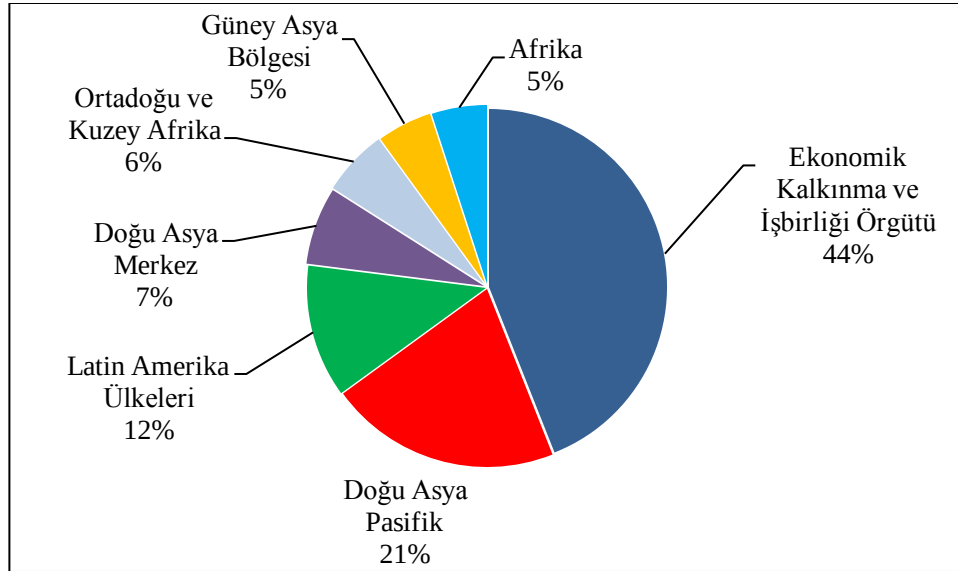
- Nüfus değişimi
- Atık üretim hız ve miktarı
- Teknoloji
- Tüketici davranışları ve
- Ülke ekonomisine bağlıdır.

Dünyada evsel katı atık miktarı 2025 yılı itibari ile yaklaşık olarak 2,2 milyar tona ulaşacağı tahmin edilmektedir [3]. Bu da günlük kişi başına oluşan evsel katı atık miktarının ortalama 1,42 kg'a çıkacağını göstermektedir. Evsel katı atık miktarı oluşum hızı ekonomik gelişmeye, endüstrileşmeye, insanların davranışlarına ve yöresel iklime bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genel olarak, ekonomik gelişmişlik düzeyinin ve gelirin yüksek olduğu yerlerde oluşan evsel atık miktarı da fazladır. Artan yaşam standardı tüketimin artmasına bu da oluşan evsel katı atık

miktarının artmasına neden olmaktadır. Tablo 2.1’de Dünyanın farklı bölgelerine göre kişi başı oluşan evsel katı atık miktarları verilmiştir. Şekil 2.1’de ise Dünyanın her bir bölgesinde oluşan evsel katı atık yüzdeleri verilmiştir.

Tablo 2. 1: Dünya bölgelerine göre oluşan kişi başı atık miktarı.

Bölge	Kişi başı atık miktarı (kg/kişi.gün)		
	Alt değer	Üst değer	Ortalama değer
Afrika	0.09	3	0.65
Doğu Asya Pasifik	0.44	4.3	0.95
Avrupa ve Asya Merkez	0.29	2.1	1.1
Latin Amerika ve Karayipler	0.11	5.5	1.1
Orta Doğu ve Kuzey Afrika	0.16	5.7	1.1
OECD Ülkeleri	1.1	3.7	2.2
Güney Asya Bölgesi	0.12	5.1	0.45



Şekil 2.1: Dünya bölgelerine göre oluşan evsel katı atık oranları.

Tablo 2.2’de ülkelerin gelir durumuna, bulunduğu kıtaya, ve nüfusuna bağlı olarak güncel ve 2025 yılı tahmini evsel katı atık miktarları verilmiştir [3]. 2025 yılı öngörüşüne göre günlük 1.397.755 ton evsel atık miktarı ile Çin dünyada en çok evsel katı atık üreten ülkesi olacaktır. İkinci sırada ise günlük 701.709 ton evsel katı

atık miktarı ile Amerika Birleşik Devletleri yer alacaktır. Türkiye’de ise yıllık üretilen evsel katı atık miktarı 2025 yılı itibari ile 135.962 ton ve kişi başına düşen günlük evsel katı atık miktarı ise 2 kg olarak gerçekleşeceği öngörülmüştür.

Tablo 2.2: Ülkelere göre 2025 yılı evsel katı atık miktarları projeksiyonu.

Ülke	Gelir seviyesi	Bölgesi	Nüfusu	Kişi başı atık miktarı (kg/kişi yıl)	Toplam atık miktarı (t/yıl)
Türkiye	¹ UMI	⁴ ECA	89.557.000	2	135.962
ABD	² HIC	⁵ OECD	354.930.000	2,3	701.709
Çin	³ LMI	⁶ EAP	1.445.782.000	1,7	1.397.755
İngiltere	² HIC	⁵ OECD	65.190.000	1,85	110.515
Brezilya	¹ UMI	⁷ LCR	228.833.000	1,6	330.960
Suudi Arabistan	² HIC	⁸ MENA	34.797.000	1,7	50.424
Rusya	¹ UMI	⁴ ECA	128.193.000	1,25	120.076

¹UMI= Ortalamanın üstü gelir seviyesi

²HIC = Yüksek gelir ülkesi

³LMI = Ortalamanın altı gelir seviyesi

⁴ECA = Doğu Asya Merkez

⁵OECD = Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü

⁶EAP = Doğu Asya Pasifik

⁷LCR = Latin Merkez Bölgesi

⁸MENA = Ortadoğu ve Kuzey Afrika

Atıkların toplama yöntemleri ve sıklıkları atık üretim miktarına göre değişmektedir. Atıkları şu şekilde sınıflandırabiliriz:

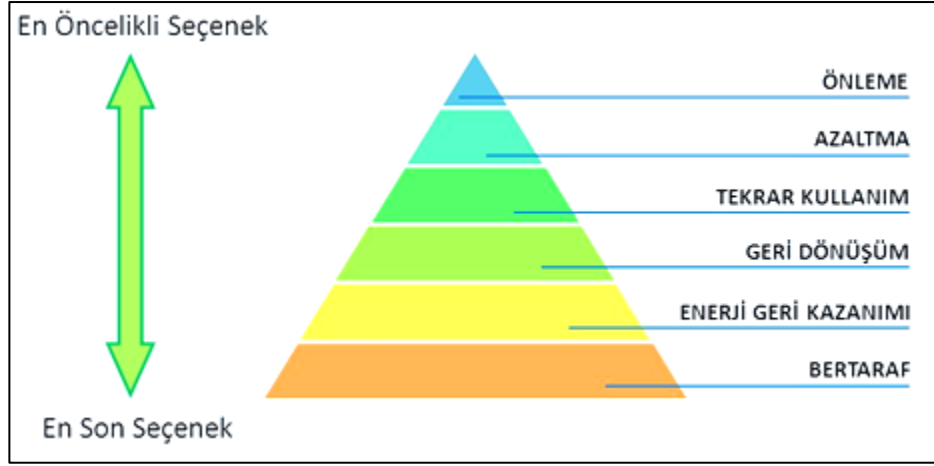
- Evsel Atıklar
 - Geri dönüştürülebilir atıklar
 - Diğer atıklar
 - Park ve bahçe atıkları
- Ticari Atıklar
 - Geri dönüştürülebilir atıklar
 - Diğer atıklar

Toplama sıklığı ticari atıklar için müşterilerin talebine bağlı olarak değişmektedir. Evsel atıkların toplama sıklığı, iklim, coğrafya, rekabet ve maliyete bağlı olarak değişiklik göstermektedir [24], [25]. Kuzey Amerika'da evsel katı atıklar haftada 1 gün toplanırken, Güney Amerika'da evsel katı atıklar haftada 2 gün toplanmaktadır [25]. Amerika'da park ve bahçe atıkları ile geri dönüşebilir atıklar haftada 1 gün ve evsel atıklardan ayrı olarak toplanmaktadır.

Belediyeler tarafından entegre atık yönetim sistemi oluşturularak, geri dönüşümü destekleyen toplumları desteklemek gerekmektedir [26], [27], [28], [29], [30].

Atık yönetim sistemlerinde en büyük harcama kalemi atıkların toplanmasıdır [31]. Genellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde, evsel katı atıkların yönetiminde atık toplama bütçesi % 80-90 ile % 50-80 civarındadır [32]. Bu nedenle entegre atık yönetim sistemi geliştirmede atıkların toplanması ve taşınması büyük bir öneme sahiptir [33].

Entegre katı atık yönetim hiyerarşisi 6 ana temadan oluşmaktadır (Şekil 2.2). Bunlar sırası ile önleme, azaltma, tekrar kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı, ve bertaraf şeklindedir. 3R olarak da bilinen kaynağında azaltım (reduce), tekrar kullanım (reuse) ve geri dönüşüm (recycle) entegre katı atık yönetim hiyerarşisinin ilk 3 adımını ifade etmektedir. Kaynağında azaltım atık sahasına giden atığın miktarını kaynağında azaltmak olarak tarif edilebilir. Örneğin evimizde bulunan gereksiz ışıklar söndürerek depo sahasına gidecek olan ampulleri azaltmış oluruz veya elektrik, doğal gaz, telefon ve internet faturalarını internetten ödemek suretiyle evimize kağıt fatura gelmesini engellemiş oluruz. Böylece atık kağıt miktarının azaltılmasına yardımcı olunacaktır. Tekrar kullanım ise günlük olarak kullandığımız örneğin su şişesi gibi ürünleri çöpe atmayarak mümkün olduğu kadar tekrar kullanılmasıdır. Örneğin, yüzümüzü kağıt havlu ile değil de normal yüz havlusu ile silmek, eskimiş giysilerimizi çöpe atmayarak ihtiyacı olan birisine vermek veya büyüyen çocuğumuzun oyuncaklarını ve diğer kullanılabilir eşyalarını başka birilerine vermek tekrar kullanıma örnek olarak gösterilebilir. Geri dönüşüm ise çöpe atılmayarak toplandığında tekrar hammadde olarak kullanılması mümkün olan atıklardır. Örneğin kağıt, plastik ve cam atıkları tekrar bu ürünlerin üretiminde kolaylıkla hammadde olarak kullanılabilirler.



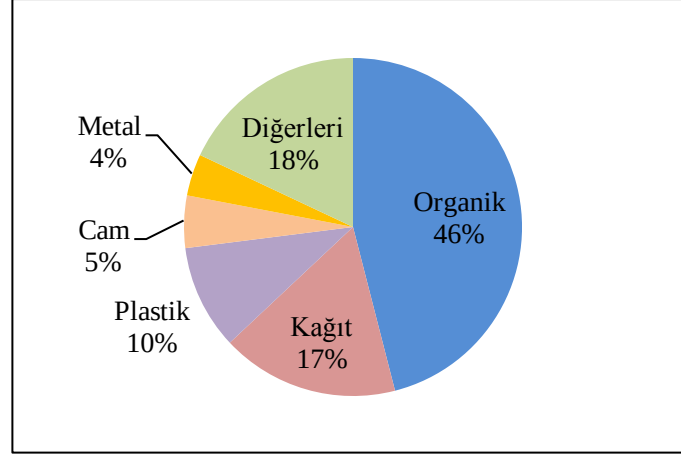
Şekil 2.2: Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisi.

2.2 Evsel Katı Atıkların Özellikleri

Evsel katı atıkların bileşeni kültüre, ekonomik gelişmeye, iklime ve enerji kaynaklarına bağlı olarak değişmektedir. Düşük gelire sahip ülkeler genellikle daha yüksek oranda mutfak atığı üretirken yüksek gelire sahip ülkelerde kağıt, plastik ve diğer inorganik atıklar daha fazladır. Doğu Asya Pasifik ülkeleri % 62 ile dünyada en çok mutfak atığı üreten ülkelerdir. Buna karşılık OECD ülkelerinde bu oran % 27 oranındadır. Bu örnekler sadece yüzdeleri ifade etmektedir kütleleri değil. Gerçekte OECD ülkeleri miktar olarak en fazla yiyecek atığı oluşturan ülkelerdir. Evsel katı atıklar genel olarak organik ve inorganik olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Tablo 2.3'te evsel katı atıkların çeşitleri ve kaynakları gösterilmiştir. Şekil 2.3'te Dünya'da üretilen evsel atıkların türüne göre oranları gösterilmiştir.

Tablo 2.3: Evsel katı atık çeşitleri ve kaynakları.

Atık Çeşidi	Atık Kaynağı
Organik	Yemek artıkları, park ve bahçe atıkları, ahşap, ve proses artıkları
Kağıt	Atık kağıtlar, karton, gazete, dergi, kağıt poşetler ve karton bardak
Plastik	Şişe, ambalaj, konteynır, poşet ve bardak
Cam	Şişe, kırık cam eşya, ampul, renkli cam
Metal	İçecek kutusu, beyaz eşya
Diğerleri	Tekstil, deri, kauçuk, elektronik atık, ev eşyaları, kul ve diğer inert malzemeler



Şekil 2.3: Dünyada oluşan evsel katı atıkların türüne göre oranları.

Atık üretiminin artması Çin, ABD, Kanada, Filipinler, Malezya ve birçok Avrupa ülkesi tarafından çözülmesi gereken bir problem olarak görülmektedir [34], [35], [36]. Örneğin Kanada'da 2002-2006 yılları arasında 5 milyon tonluk bir artış gözlenirken, Amerika'da 1990-2006 yılları arasında 31 milyon tonluk bir artış olmuştur. Birçok ülke, bu sorunu en iyi şekilde anlayıp, artmasını yavaşlatmak ve uygun bertaraf yöntemi önermek amacıyla atık üretim miktarlarını tahmin etmek için simülasyonlar yapmaktadır [37], [38]. Örneğin Brezilya'da kentsel katı atık üretimi 2012'de % 1,3 artmış ve 6,2 milyon ton olmuştur [39]. Ayrıca Filipinlerde'de 2006 yılında günde 300 ton atık üretilmiştir ve bunun sadece 220 tonu toplanmıştır [40].

2.3 Evsel Katı Atıkların Toplanması ve Taşınması

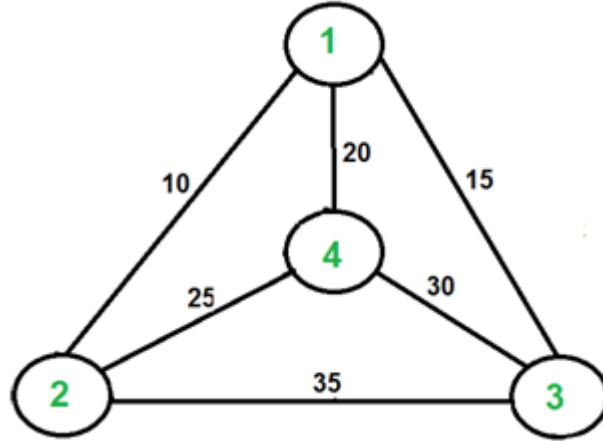
Toplama ve taşıma maliyetlerini azaltmak için belediyeler yeni stratejiler geliştirme ihtiyacı duymaktadırlar [41], [42].

Evsel katı atıkların toplanmasını ve taşınmasını etkileyen faktörler;

- Evsel katı atıkların üretim miktarları
- Katı atık toplama araç ve sayısı
- Araçların aktarma istasyonlarına ve bertaraf tesislerine gidip gelmeleri

Örneğin Transport Salesman Problem (TSP) yöntemi sistemler kullanmak suretiyle, evsel katı atıkların toplama ve ulaşım yollarını optimize etmek mümkündür

(Şekil 2.4). Bu tür yöntemler ile mümkün olan en kısa ve en ucuz rota tespit edilmektedir [43].



Şekil 2.4: TSP yöntemine göre optimum ulaşım sistemi.

Evsel katı atıkların düzenli aralıklarla toplanması halk sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir. Evsel katı atıklar üretildiği noktadan (evler, ticari binalar ve kamu/özel kurumlar) nihai bertaraf noktasına götürülmek üzere toplanır. Bu toplama işlemi birçok farklı yöntemlerle yapılabilmektedir. Örneğin:

- Evden eve, atık toplayan araçlar her bir eve özel olarak gider ve evin atığını alır. Bu durumda genel olarak atık üreticisi bu hizmetin karşılığında bir ücret ödemek durumundadır.
- Sokak konteynirından, atık üreticisi atığını sokaktaki konteynıra boşaltır ve bu atıklar belirli aralıklarla yerel belediye tarafından toplanır ve bertaraf alanına götürülür. (Şekil 2.5).
- Evin önünden, atık üreticisi atığın toplanacağı günde atıklarını poşet veya küçük konteynır içerisinde evinin önüne bırakır ve yerel belediye atığı toplar (Şekil 2.6).
- Kendi taşıma, atık üreticisi atığını kendisi bertaraf sahasına götürür.
- Özel toplama, işyerleri özel atık toplayıcı bir şirketle anlaşarak atıklarını toplattırır.



Şekil 2.5: Sokak konteynırından atık toplama.



Şekil 2.6: Evin önünden atık toplama.

Toplanan atıklar ya kaynağında ayrıştırılabilir ya da toplandıktan sonra atık getirme merkezlerinde (Şekil 2.7) veya atık geri kazanım tesislerinde (Material Recovery Facility, MRF) (Şekil 2.8) geri kazanılabilir. Kaynağında ayrıştırma yaparken atıklar mutlaka ıslak (yiyecek ve organik madde gibi), kuru (geri dönüşebilir atıklar gibi) ve diğer kalan atıklar olmak üzere en az 3 guruba ayrılarak toplanmalıdır. Atık getirme ve atık geri kazanım tesislerinde ise atıklar organik ve geri dönüştürülebilir atıklar olmak üzere ayrıştırılmaktadırlar. Şekil 2.9’da farklı malzemeler için farklı renklerde atık geri dönüşüm kutuları görülmektedir.



Şekil 2.7: Kocaeli Körfez atık getirme merkezi.



Şekil 2.8: Atık geri kazanım tesisi (MRF).



Şekil 2.9: Farklı malzemeler için geri dönüşüm kutuları.

Katı atıkların toplama yöntemleri ve sıklıkları kişi başına üretilen atık miktarına göre değişiklik göstermektedir. Ticari atıklardaki toplama sıklığı talebe göre belirlenirken, evsel katı atıkların toplama sıklığı iklim, coğrafya, rekabet ve maliyete bağlıdır [24], [25]. Kuzey Amerika'da evsel atıklar yaygın olarak haftada bir toplanırken, Güney Amerika'da haftada iki defa toplanmaktadır [25]. Amerika'da park bahçe atıkları ve geri dönüşebilir atıklar, haftada bir defa ve evsel katı atıklardan ayrı bir şekilde toplanmaktadır. Atık toplamada kullanılan yakıt atık

yönetiminde en çok maliyet kalemine sahiptir. Buda atık yönetiminde toplam maliyetin % 40-60 'ına denk gelmektedir [44].

Atık toplama araçları yakıt olarak tüm dünyada en çok dizel yakıt kullanmaktadır ve bu da sera gazı emisyonlarını artırmaktadır. Amerika'da 2003 yılında 136 bin atık toplama aracının % 91'i dizel yakıt ile çalıştığı tespit edilmiştir [45]. Bu araçların % 60'ından fazla 10 yaşından büyüktür [46]. Yapılan bir çalışmada her bir kamyon yıllık ortalama 40 bin km yol kat etmiş olup, 1 L yakıt ile 1,3 km yol almıştır [45]. Diğer ağır iş makinelerine göre bu düşük bir tüketimdir. Ağır iş makineleri ortalama 1 L yakıt ile 3 km yol kat etmektedirler [47]. 2009 yılında Amerika'daki atık toplama araçlarının sadece %1'lik kısmı alternatif yakıtlara yönelmiştir [48]. Ticari olarak piyasada alternatif yakıtlar olarak Biodizel, CNG ve hibrit dizel vardır.

2012 yılında endüstri gelirinin % 7,5'u dizel yakıtı harcanmıştır [49]. Dizel yakıtı göre doğalgaz daha ucuz olduğu için endüstri doğal gaza yönelmiştir. Kuzey Amerika'nın en büyük atık yönetim şirketi olan Waste Management yeni aldığı araçların doğalgaz ile çalışıyor olmasını şart koşmaktadır [50]. Amerika'da doğalgaz ile çalışan araçların %11'i atık toplama ve taşıma araçlarıdır [51]. Anlaşılabacağı üzere atık toplama endüstrisi çok önemli bir karbon kaynağıdır. Daha sert emisyon standartları, dizelin daha pahalı olması, ülkelerin enerji politikaları, çevre kirliliği insanları alternatif yakıtlara yönlendirmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri karbon fiyatlandırılmasını yeniden düzenleyerek, yüksek karbon vergisi ile araçların motor güçlerine göre yüksek vergiler getirmiş ve sera gazı emisyon değerlerini azaltmayı hedeflemiştir. Bu durum atık toplama şirketleri için itici bir güç oluşturmuştur.

2.3.1. Evsel Katı Atık Toplama Araçları

Evsel katı atık toplama araçları atıkları toplayıp aktarma istasyonuna veya nihai bertaraf tesisine götüren araçlardır. Genel olarak 4 çeşit atık toplama araçları vardır (Şekil 2.10).

- Hidrolik sıkıştırılabilir atık toplama araçları (6-22 m³)
- Kağıt ve benzeri ambalaj atık toplama araçları (8-13 m³)

- Mini tip atık toplama araçları (2-5 m³)
- Hidrolik tipli vinç atık toplama araçları (13-22 m³)



a)



b)



c)



d)

Şekil 2.10: a) Hidrolik sıkıştırılmalı atık toplama aracı, b) Kağıt ve benzeri ambalaj atık toplama aracı, c) Mini tip atık toplama aracı, d) Hidrolik tipli vinç atık toplama aracı.

2.3.2. Atık Toplama İçin En Uygun Rotanın Belirlenmesi

Katı atıkların yönetiminde, toplama ve taşıma çevresel ve ekonomik anlamda büyük anlam ifade etmektedir [52]. Çevresel emisyonları ve yatırım maliyetlerini azaltmak için katı atıkların toplanmasında etkin bir araç rotası belirlemek gerekmektedir [53]. Araç rotası, atıkların toplama araçlarına yüklenmesi ve atıkların aktarma istasyonları ve/veya bertaraf sahalarına götürülmesini kapsayan bir süreçtir [54]. Araç rotasını belirlerken yakıt tüketimi ve minimum hareket mesafeleri ile çevresel emisyonlar dikkate alınması hedeflenmelidir. Apaydın ve Gönüllü [55] bir araç rotası belirlemede araçların egzoz emisyonlarının dikkate alınması gerektiğini ve araç mesafelerine ek olarak emisyon miktarına da bakılması gerektiğini belirtmiştir.

Taraves ve ark. [56] kısa yolların araçların asgari yakıt tüketimini garanti etmediğini, başka yol geçişlerine sahip uzun yolların araçların çekiş direncinin azalmasına bağlı olarak, daha az yakıt gerektirebileceğini belirtmiştir. Taşıma için atık toplama rotası belirlenirken, üç boyutlu coğrafi bilgi sistemi modellemesini önermiştir. Sürüş koşulları, araç yükü, yolun eğimi gibi bazı faktörler araç rotasına entegre edilip, minimum yakıt tüketimi için en uygun rotalar belirlenmelidir.

Arribas ve ark. [57] katı atık toplama sistemi geliştirilirken toplama süresini ve taşıma maliyetlerini en aza indiren kentsel katı atık toplama sistemi tasarlanması için uygun bir metodoloji önermiştir. Apaydın ve Gönüllü [53] toplama ve taşıma sürelerinin tahmini için araç rotasına 100 m'ye düşen insan sayısı ve atık almak için aracın durup kalkmasında geçen süreyi yani bekleme süresini parametre olarak ilave edilmesini önermiştir. Verimli bir atık toplama için belirlenen tüm senaryolar dikkate alınarak atık toplama rotasının optimize edilmesi gerekmektedir. Atık toplama maliyeti, atık miktarı biliniyorsa azaltılabilir. Önceden belirlenmiş bir rotada atık toplamak yerine, optimize edilmiş bir atık toplama rotasının kararı için algoritmalara ihtiyaç vardır [58]. Rota optimizasyon yöntemleri ile güzergah için mesafeler azaltılabilir ve araç sayısı en aza indirilebilir. Bunun sonucunda, hem işçilik maliyetleri hem de yakıt maliyetleri, çalışma süreleri ve oluşacak olan sera gazı emisyon değerleri azaltılır [59], [60], [61], [62]. Atık toplama prosesi için rota optimizasyonu ve atık konteynırlarının durumları hakkında gerçek zamanlı bilgiler ancak akıllı konteynırlar ile mümkün olabilmektedir [63].

2.4. Katı Atık Aktarma İstasyonları

Charzouridis ve Komilis [64]'e göre toplama maliyetlerini en aza indirebilmek için oluşturulacak araç rotası, atık aktarma istasyonları ve atık toplama araçlarının maliyetlerini içermektedir. Buna ilave olarak toplama ve taşıma maliyetlerini de içermektedir. Bu maliyet kalemleri içerisinde aktarma istasyonlarının inşa edilip edilmeyeceğini belirlemek için ikili değişkenler kullanılır.

Aktarma istasyonları evsel katı atıkların düzenli depolama sahalarına daha büyük kapasiteli araçlar ile aktarılmasını sağlamak için, atıkların boşaltıldığı ve/veya bir süre tutulduğu tesislerdir [65]. Böylece depolama sahalarına gelen ve giden yük azaltılmış olur. Ancak aktarma istasyonları depolama sahalarına giden araçların etkilerini azaltmaya yardımcı olurken, bulundukları bölgede trafik artışına neden

olabilirler. Bir aktarma istasyonunun tasarlanması, yapımı ve işletilmesi uygun yapılmadığı durumlarda istasyon yakınlarında yaşayan kişiler için sorunlara neden olabilir. Bovea ve ark. [66]'a göre katı atık aktarma istasyonlarını atık yönetiminin ayrılmaz bir parçası olarak tanımlamıştır. Aktarma istasyonunun konumuna karar verirken nakliye maliyetlerini azaltmak ana hedeftir. Daha büyük araçlar ile daha verimli taşıma için aktarma istasyonları kullanılmalıdır.

Aktarma istasyonlarının kullanım amacı evsel katı atıkların nihai bertaraf sahasına daha ekonomik ve çevreye en az zarar verecek şekilde götürmektir. Ülkemizde büyük şehirlerde ilçe belediyeleri tarafından toplanan atıklar aktarma istasyonlarına taşınmaktadır. Genel olarak küçük hacimlere sahip olan bu atık toplama araçları ile atıkları uzun mesafeli nihai bertaraf tesislerine götürmek ciddi oranda maliyet artışına sebep olmaktadır. Bu sebepten dolayı aktarma istasyonları bu problemi ortadan kaldırmak için kullanılmaktadır. Aktarma istasyonları nüfusun yoğun olduğu ve bertaraf sahasının şehre uzak olduğu durumlarda mutlaka tercih edilmelidir. Bu şekilde hem şehir trafiği rahatlayacak, hem maliyet düşecek hem de salınan sera gazı miktarı azaltılmış olacaktır.

Aktarma istasyonlarında atık toplama araçları üst katta bulunan bir bunker vasıtasıyla atıkları daha büyük bir hacme sahip olan semi-treyler-silo tipinde bir araca boşaltırlar. Bu araçların iç kısımlarında boşaltılan atığı sıkıştırmak için bir sistem mevcuttur ve sıkıştırma sonucu ortaya çıkan sızıntı suyu araçtaki özel bir bölmede biriktirilir ve daha sonra bertaraf edilmek üzere uzaklaştırılır. Başka bir aktarma yöntemi olarak, atık toplama araçları getirdikleri atıkları sızdırmaz düz bir zemine boşaltır. Bu zeminden bir vinç vasıtası ile atıklar alınıp semitreyler'lara yüklenir.

Aktarma istasyonları için yer seçimi özellikle büyük metropollerde uygun bir yer bulunamaması sebebiyle çok uzun ve zor bir süreçtir. Yer seçimi yapılırken hem çevresel açıdan (örneğin koku ve gürültü gibi) hem de maliyet açısından (atık toplama güzergahına yakınlık gibi) seçilen yer detaylıca incelenmelidir. Ayrıca aktarma istasyonu artan nüfusa bağlı olarak oluşacak olan atığın transferine imkân sağlayacak şekilde yeterli bir kapasiteye sahip olması da gerekir. Aktarma istasyonları aktarılabilecek olan atığın miktarına, kullanılan semi-treyler'in özelliklerine ve erişim kolaylığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Genel olarak aktarma istasyonları 3 gruba ayrılmaktadır [67].

- Küçük kapasiteli aktarma istasyonları (<100 ton/gün)
- Orta kapasiteli aktarma istasyonları (100 - 500 ton/gün)
- Büyük kapasiteli aktarma istasyonları (>500 ton/gün)

Küçük ve orta kapasiteli aktarma istasyonlarında atıklar geçici depolanmadan direkt büyük araçlara boşaltılır (Şekil 2.11). Bu tür tesislerde aktarma işlemi kapalı veya açık alanda yapılabilir. Bazı küçük kapasiteli aktarma istasyonlarında atık işleme sistemleri de mevcuttur [67]. Büyük kapasiteli aktarma istasyonlarında atıklar genellikle geçici olarak düz ve geçirimsiz bir zemine boşaltılır ve buldozerler yardımı ile semi-treyler'lere aktarılır. Bu tür tesisler gürültü ve koku gibi olumsuz çevresel şartları daha fazla oluşturacağı için ya yerleşim yerlerinden uzak bir yerde ya da endüstri veya ticari alanlarda inşa edilmelidir. İnşa edilecek aktarma istasyonu sayısının kararı verilirken atığın toplandığı alanın büyüklüğü, toplama araçlarının türü ve istasyona olan mesafe dikkate alınmalıdır [68].



Şekil 2.11: Evsel katı atık aktarma istasyonu.

2.5. İklim Değişikliği ve Küresel Isınma

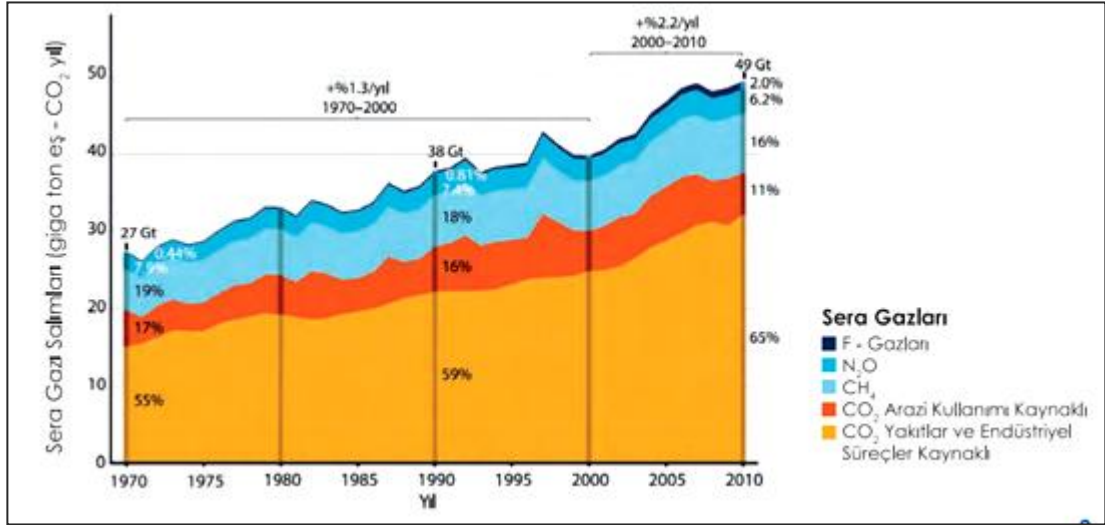
İklim değişikliği, hem doğal süreçler hem de insan faaliyetleri sonucu oluşan sera gazı emisyon miktarlarının artması sonucu Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) 21 Mart 1924 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Sözleşmenin amacı, insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan sera gazı birikimlerini durdurmaktır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında 16 Şubat 2005'te Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Toplamda 169 ülkenin imzaladığı Kyoto Protokolü ile amaç, iklim değişikliğine sebep olan sera gazlarından

karbondioksit, metan, azot oksit, kükürt hekzaflorür, HFC'lar ve PFC'ların salım değerlerini azaltmaktır. 20 yıllık bir zaman aralığı içerisinde tahmin edilen sıcaklık artışı miktarı da Kyoto Protokolü'nün tam uygulanması ile sıcaklık artışının düşürülebileceği ve oluşacak olan sera gazını da dengede tutulacağı öngörülmüştür. Ükelere gelişmişlik seviyelerine göre sorumluluklar yüklenmiştir. Gelişmiş ülkeler sera gazı emisyon değerlerini azaltmayı, gelişmekte olan ülkeler ise sera gazı emisyon değerlerini bildirmek ve çevre iklim değışikliklerine yönelik çözümler geliştirmeyi taahhüt etmişlerdir.

Kyoto Protokolü, yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi, enerji tasarrufu ve veriminin artırılması, sürdürülebilir ve yenilikçi tarımın desteklenmesi, sera gazı emisyon değerlerinin azaltılması ve sera gazı yutaklarının artırılması gibi yaklaşımları içeren önemli politikaların hayata geçirilmesi alınacak önlemlerin başında gelmektedir. Teknolojik olarak ilerlemeler bu anlaşmalar için herhangi bir bağlayıcılık getirmemiş olup, sera gazı salınımları artmış ve yıllar geçtikçe sıcaklık artmaya devam etmiştir. Oluşan sera gazlarının azaltılmasını hedefleyen Paris Anlaşması 2015 yılında 196 taraf ile Paris'te düzenlenen müzakereler sonucunda kabul edilmiştir. Sera gazı emisyonlarının yaklaşık olarak % 40 oranında sorumlu Çin ve ABD'nin Paris Anlaşmasını imzalaması sonucu toplamda 77 ülkenin imzalayıp onaylaması ile 4 Kasım 2016'da yürürlüğe girmesi sağlanmıştır.

Sera gazı salınım hesabı yapılırken, sera gazı oluşumunda rol oynayan her bir gaz karbondioksit eşdeğerine çevrilmektedir. Karbondioksit eşdeğeri (CO₂-e) sera gazı etkisine sebep olan diğer gazların karbondioksit cinsine dönüştürülerek etkilerinin toplu olarak birlikte değerlendirilmesini sağlamaktadır. 2010 yılına kadar sera gazı salınımları % 30 artmış ve 49 milyar ton CO₂-e seviyelerine çıkmıştır. Sera gazı emisyonları 1970-2000 yılları arasındaki yıllık artışı % 1,3 iken, 2000-2010 yılları arasında bu oran % 2,2'ye ulaşmıştır. Bu durumda insan faaliyetleri iklim değışikliğinde en büyük etkiye sahiptir. Sera gazı emisyonlarının en büyük kaynağı, endüstriyel prosesler ve fosil yakıt kullanımı sonucu oluşmaktadır. Şekil 2.12'de görüldüğü üzere arazi kullanımı da sera gazı salınımlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Tarım alanlarına dönüştürmek için ormanlık alanlar tahrip edilmekte ve yutak alanları azalmaktadır. Şehirleşmenin yoğun olduğu yerlerde iklim değışikliği ısı adalarının oluşmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı kentsel bölgelerde sıcaklıklar kırsal bölgelere kıyasla daha yüksektir. Bu konuda yapılan çalışmalar sera gazı salınım miktarının artmaya devam edeceğini açık bir şekilde

göstermektedir. Küresel salınımların artmaya devam etmesi bu konuyu gündemde tutmuştur.



Şekil 2.12: Sera gazı salınımları 1970-2010.

İklim değişikliği boyunca, yağış ortalamalarında ve sıcaklık ortalamalarında ciddi değişimler gözlenmektedir. Bu değişimler ile sıcaklık ortalama değerleri gittikçe artmakta, buzullar erimekte ve deniz seviyeleri yükselmektedir. Yıkıcı aşırı hava olaylarının oluşumunda ve sayısında belirgin bir şekilde artışlar gözlenmektedir. Bu durumda dünyanın enerji dengesi de sarsılmaktadır. Dünyada ortalama sıcaklıklarda 2015, 2016 ve 2017 yılları en sıcak üç yıl olarak belirlenmiş ve ortalama sıcaklık 1°C artmıştır. Bu durum kara ve denizlerde yaşayan pek çok canlı türü için kalıcı olumsuz etkilere neden olmaktadır.

Türkiye'de son 32 yılda yaz aylarında daha fazla olmak üzere sıcaklıklar mevsim normallerinin 0,9°C üzerinde seyretmiştir [69]. Okyanus yüzeyinde buharlaşmanın da artmasıyla tuzluluk oranı artmış, yağışın yoğun olduğu bölgelerde ise tuzluluk oranında azalma gözlenmiştir. 1992-2011 yılları arasında kuzey kutup bölgesinde bulunan buz katmanlarındaki erimeye bağlı kütle kaybı gözlenmiştir. Bu durumda deniz seviye yükselmelerinde ortalama 0,19 m artış gözlenmiştir [69]. Deniz seviyesi yükselmesi ile fırtınaların artmasına ve dalgaların ve rüzgârların yönlerinin değişmesiyle kıyılar erozyonlara neden olmaktadır. Bu durum ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Dünyada karbon ihtiyacı sonucu iklim değişikliği sorunu oluşmaktadır. Karbon döngüsü yeryüzü, su, canlı ve atmosferin birbirleri ile karbon alışverişi sayesinde gerçekleşir. Fosil yakıtların oluşumu da bir karbon döngüsüdür ve uzun yıllar

sürmektedir. Bir kaynaktaki karbonun kullanımı sonucu oluşan azalma başka bir tarafta artışa neden olmaktadır. Bu durumda, fosil yakıtların kullanılması sonucu CO₂ artışı olur. Bu durum sıcaklıkların, buharlaşmanın artmasına ve buna bağlı olarak da daha fazla yağışın gerçekleşmesine neden olur. Yağışlar, kayaların çözülmesiyle okyanus diplerinde karbon tutan iyonları açığa çıkarır. Karbon döngüsünün dengeye erişmesini sağlar. 18. yy sonlarında sanayi devrimi ile atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu 280 ppm iken, 2014 yılında 400 ppm olarak ölçülmüştür. Nüfusun artması ile sera gazı emisyonlarına sebep olacak aktiviteler de artmıştır.

Alman Sivil Toplum Örgütü Germanwatch, ülkelerin iklim değişiklik performanslarını değerlendirerek sıralamıştır. Bu yapılan sıralamalarda 2018 yılına ait raporda Türkiye 41,02 puan ile 47. sırada yer alırken, İsveç Litvanya ve Fas sırasıyla, 74,32 69,20 ve 68,20 puan alarak ilk sıralarda Suudi Arabistan ise 11,20 puan alarak 60. ve sonuncu sırada yer almıştır [70].

İstanbul ili için, 2010 yılı için hesaplanan toplam sera gazı miktarı, yaklaşık olarak 40,6 milyon ton CO₂-e iken 2015 yılı için yapılan hesaplama sonucunda 47,3 milyon ton CO₂-e bulunmuştur. Sektör bazında kırılımları değerlendirdiğimiz zaman dizel yakıt tüketiminin % 50'nin üzerindeki artışı, kara ulaşımından kaynaklanan sera gazı salınımlarını yaklaşık % 30 oranında arttırdığı tespit edilmiştir [71].

Kocaeli ili için 2016 yılına ait toplam karbon ayak izi yaklaşık 25,1 milyon ton CO₂-e olarak hesaplanmıştır. Türkiye'nin toplam sera gazı salınımlarında Kocaeli, % 5'lik bir paya sahiptir Kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 13,7 ton CO₂/kişidir. 2016 yılı Türkiye genel değerlendirmesi için bu değer 6,3 ton CO₂/kişidir [72].

3. MATERİYAL VE METOD

3.1. Sistem Sınırları

Kocaeli, Marmara Bölgesi'nin Çatalca-Kocaeli Bölümü'nde, 29° 22'—30° 21' boylam ve 40° 31'- 42° 42' enlemi arasında yer almaktadır. Türkiye'nin en büyük sanayi ve ticaret şehri olmakla beraber en büyük üçüncü ilidir. Kocaeli'nin yüzölçümü 3.505 km² ve 2017 yılına ait nüfusu 1.883.270'tir. İlde km²'ye 534 kişi düşmektedir. Kocaeli ili coğrafik yapı olarak genellikle düz ve hafif engebelerdir. En yüksek dağı 1601 rakımlı Kartepe'dir. İlin Karadeniz ve Marmara Denizine kıyısı bulunmakla beraber, Sapanca Gölü'nün de bir bölümü il içerisinde [72].

Kocaeli dağlık kesimlerde daha sert bir iklime sahipken, kıyı kesimlerinde nispeten daha ılıman bir iklimi vardır. Genellikle yazları sıcak ve az yağışlı, kışlar yağışlı ve soğuk geçer. Karadeniz kıyıları güney kıyılarına göre nispeten daha serindir. Karadeniz kıyılarında yıllık ortalama yağış miktarı 1000 mm'yi bulurken, güney kıyılarında 800 mm'nin altına düşmektedir. Rüzgârlar yazın kuzeydoğudan eserken kışları kuzey ve kuzeydoğudan esmektedir.

Kocaeli kişi başı gayrisafi milli hâsıla 43.521 TL ile ilk sıralarda yer almıştır ve en gelişmiş şehirlerden biridir [73]. Kilometrekareye düşen kişi sayısı 398 ve nüfus artış hızı % 27'ye ulaşmıştır. Kocaeli ili birçok ulaşım imkanlarına sahip olmasından dolayı önemli sanayi merkezi haline gelmiştir [72].

Nüfusun artması, hızlı şehirleşme ve sanayileşme Kocaeli'nde karbon salınımlarını artmasına neden olmuştur. 2017 yılı için Kocaeli ilinde toplam taşıt sayısı 377.994 olarak belirlenmiştir [74]. Kocaeli'nde 2017 yılı içerisinde toplam tüketilen dizel yakıt miktarı 899.061 tondur.

3.1.1. Kocaeli'nde Atık Yönetimi

Kocaeli'nde oluşan evsel katı atıklar, İlçe Belediyeleri tarafından toplanmakta ve ya aktarma istasyonları vasıtasıyla ya da doğrudan düzenli depolama sahalarına götürülmektedir. Belediye atıklarının aktarma istasyonlarından bertaraf tesislerine

(düzenli depolama) taşınması, aktarma istasyonlarının ve bertaraf tesislerinin yapımı ile işletilmesi Büyükşehir Belediyesinin sorumluluğundadır.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi tarafından Entegre Katı Atık Yönetim planı 2009 yılında hazırlanmıştır. Böylece atık yönetiminde Kocaeli hedef ve stratejisini belirlemiştir. Atığı kaynağında önleme ve azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve nihai olarak da bertarafı olarak hedefler belirlenmiştir.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi atık yönetimi faaliyetleri kapsamında;

- Düzenli depolama sahalarının ve katı atık aktarma istasyonlarının kurulumu ve işletilmesi,
- Tehlikeli atık depolama/yakma tesislerinin kurulumu ve işletilmesi,
- Gemi atıklarının toplanması, taşınması ve bertarafı,
- Tıbbi atıkların toplanması ve sterilizasyonu,
- Ambalaj atıklarının yönetimi,
- Şehir temizliği hizmetleri,
- Özel atıkların bertarafı,
- Atık gazından elektrik üretimi,
- Atık sızıntı suyu arıtılması,
- Hafriyat toprağı depolama alanlarının işletilmesi
- Biyogaz ve Enerji Üretim Tesisinin kurulması ve işletilmesi,
- Atık getirme merkezlerinin kurulması ve işletilmesi,
- Atık yönetimi ile alakalı çevre ve insan sağlığının korunmasına dair bilinçlendirme faaliyetlerini yürütmektedir.

Kocaeli'nde atık yönetimi katı atıklar, ambalaj atıkları, tehlikeli atıklar, tehlikesiz atıklar ve özel atıklar olmak üzere beş ana başlık altında toplanmıştır. Bu atıklardan, katı atıklar ile tıbbi atıkların yönetimiyle ilgili yükümlülükler belediyeler tarafından yerine getirilirken, ambalaj atıkları, atık pil ve aküler ile kullanım ömrü dolmuş lastiklerin bulunduğu atık gruplarının toplanması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesi ile ilgili yükümlülüklerin üretici veya yetkilendirilmiş kuruluşlar tarafından yerine getirilmesi gerekmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve il müdürlükleri tarafından bu uygulamanın denetimi ve aykırı davranışlara karşı yaptırım uygulanması il müdürlüklerinin görev ve sorumluluğundadır. Çevre ve

Şehircilik İl Müdürlüğü ayrıca atıklarla ilgili tesislere ruhsat ya da lisans verilmesi, kurum/kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması, envanter derleme ve bilgilendirme çalışmalarının yapılması gibi işler ile de ilgilenmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın prosedürüne uygun olarak 12 ilçe belediyesine ait evsel katı atıkların karakterizasyonu yaz ve kış aylarında çalışılmıştır. 2017 yılı için ortalama olarak atık kompozisyonu Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Atık karakterizasyonu.

Atık	%
Mutfak atıkları	55,29
Kâğıt ve kâğıt ürünleri	8,81
Plastik	17,16
Cam	4,57
Metal	1,39
Park bahçe atıkları	0,75
Tekstil	10,38
Diğer atıklar	1,65
Nem muhtevası	49,9

3.1.2. Nüfus ve Atık Miktarı Hesaplama Yöntemleri

3.1.2.1. Nüfus Projeksiyonları

Kocaeli 2010- 2017 yılları arasına ait nüfus verileri Tablo 3.2'de verilmiştir [74].

Tablo 3.2: Nüfus verileri.

Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus
2010	1.560.138	2014	1.722.795
2011	1.601.720	2015	1.780.055
2012	1.634.691	2016	1.830.772
2013	1.676.202	2017	1.883.270

Kocaeli ili için yapılan nüfus projeksiyonları ile Birleşmiş Milletler (UNDP), İller Bankası, Aritmetik Artış, Üssel Geometrik Artış metodları kullanılarak tahminlerde bulunulmuştur.

- Birleşmiş Milletler (UNDP) Metodu

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı çerçevesinde Türkiye'nin 2010-2100 yılları arasında genel nüfus artış hızlarını gösteren Tablo 3.3'te verilmiştir.

Tablo 3.3: UNDP Türkiye nüfus artış hızı.

Yıllar	Yüksek	Orta	Düşük
2010-2015	1,421	1,224	1,025
2015-2020	1,214	0,922	0,62
2020-2025	1,166	0,83	0,471
2025-2030	1,041	0,73	0,388
2030-2035	0,926	0,616	0,275
2035-2040	0,842	0,493	0,123
2040-2045	0,783	0,366	-0,058
2045-2050	0,721	0,241	-0,241

Tablo 3.2'de verilen yüksek orta ve düşük olmak üzere farklı senaryolar ile nüfus artış hızları kullanılarak 2050 yılına kadar hesaplamalar yapılmış olup, Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Birleşmiş Milletler (UNDP) nüfus projeksiyonu.

Yıllar	Nüfus		
	Yüksek	Orta	Düşük
2018	1.906.133	1.900.634	1.894.946
2019	1.929.273	1.917.997	1.906.623
2020	1.952.695	1.935.361	1.918.299
2021	1.975.463	1.950.992	1.927.169
2022	1.998.497	1.966.624	1.936.039
2023	2.021.800	1.982.255	1.944.909
2024	2.045.374	1.997.886	1.953.780
2025	2.069.223	2.013.517	1.962.650
2026	2.090.763	2.027.265	1.969.957
2027	2.112.528	2.041.013	1.977.264
2028	2.134.520	2.054.761	1.984.571
2029	2.156.740	2.068.508	1.991.878
2030	2.179.192	2.082.256	1.999.185
2031	2.199.371	2.093.857	2.004.364
2032	2.219.737	2.105.458	2.009.543
2033	2.240.292	2.117.059	2.014.722
2034	2.261.037	2.128.660	2.019.901

Tablo 3.4: Devam.

Yıllar	Nüfus		
	Yüksek	Orta	Düşük
2035	2.281.974	2.140.261	2.025.080
2036	2.301.188	2.149.546	2.027.397
2037	2.320.564	2.158.830	2.029.713
2038	2.340.104	2.168.115	2.032.029
2039	2.359.807	2.177.399	2.034.346
2040	2.379.677	2.186.684	2.036.662
2041	2.398.310	2.193.576	2.035.570
2042	2.417.088	2.200.469	2.034.478
2043	2.436.014	2.207.362	2.033.385
2044	2.455.088	2.214.255	2.032.293
2045	2.474.312	2.221.147	2.031.201
2046	2.492.151	2.228.040	2.026.662
2047	2.510.120	2.232.579	2.022.123
2048	2.528.218	2.237.118	2.017.585
2049	2.546.446	2.241.656	2.013.046
2050	2.564.806	2.246.195	2.008.507

- İller Bankası Metodu

İller Bankası yönteminde, yıllık nüfus artış hızı (P) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır (Denklem 3.1).

$$P = \left[\left(\frac{Ns}{Ni} \right)^{\frac{1}{a}} - 1 \right] \times 100 \quad (3.1)$$

Burada;

- P: Nüfus artış hızı,
- Ns: Son nüfus sayım sonucu
- Ni: İlk nüfus sayım sonucu
- a: İki nüfus sayımı arasındaki yıl fark

Bu formüle göre hesaplanan nüfus artış hız katsayısı

- $P \geq 3$ ise $P=3$
- $P \leq 1$ ise $P=1$
- $1 < P < 3$ ise P kendi değeri alınır.

Belirlenen nüfus artış hızı ile gelecek yıllara ait nüfus projeksiyonu aşağıdaki formül ile hesaplanır (Denklem 3.2).

$$N = N_s \times \left(1 + \frac{p^*}{100}\right)^n \quad (3.1)$$

Burada;

- N: Gelecekteki nüfus,
- N_s: Son nüfus sayım sonucu,
- p*: Nüfus artış hızı,
- n: Hesaplanması istenen yıla kadar geçecek süre

İller Bankası yöntemi ile 2050 yılına kadar hesaplanan nüfus projeksiyonları Tablo 3.5’te verilmiştir.

Tablo 3.5: İller bankası nüfus projeksiyonu.

Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus
2018	1.934.017	2029	2.591.104	2040	3.471.439
2019	1.986.131	2030	2.660.925	2041	3.564.981
2020	2.039.650	2031	2.732.626	2042	3.661.043
2021	2.094.610	2032	2.806.260	2043	3.759.695
2022	2.151.052	2033	2.881.878	2044	3.861.004
2023	2.209.015	2034	2.959.534	2045	3.965.043
2024	2.268.539	2035	3.039.282	2046	4.071.886
2025	2.329.668	2036	3.121.179	2047	4.181.608
2026	2.392.444	2037	3.205.283	2048	4.294.287
2027	2.456.911	2038	3.291.653	2049	4.410.001
2028	2.523.116	2039	3.380.351	2050	4.528.834

- Üssel Geometrik Artış Metodu

Üssel Geometrik Artış yönteminde, yıllık nüfus artış hızı (r) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır (Denklem 3.3).

$$r = \left(\frac{\ln N_s - \ln N_i}{a} \right) \quad (3.2)$$

Burada;

- r: Nüfus artış hızı,

- Ns: Son nüfus sayım sonucu
- Ni: İlk nüfus sayım sonucu
- a: İki nüfus sayımı arasındaki yıl fark

Belirlenen nüfus artış hızı ile gelecek yıllara ait nüfus projeksiyonu aşağıdaki formül ile hesaplanır (Denklem 3.4).

$$N = N_i \times e^{-r(tg-ti)} \quad (3.3)$$

Burada;

- N: Gelecekteki nüfus,
- Ni: İlk nüfus sayım sonucu,
- r: Nüfus artış hızı,
- tg: Gelecekteki yıl
- ti: İlk nüfus sayımının yapıldığı yıl

Üssel Geometrik Artış Metodu kullanılarak 2050 yılına kadar hesaplanan nüfus projeksiyonları Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6: Geometrik artış ile nüfus projeksiyonu.

Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus
2018	1.934.017	2029	2.591.104	2040	3.471.439
2019	1.986.131	2030	2.660.925	2041	3.564.981
2020	2.039.650	2031	2.732.626	2042	3.661.043
2021	2.094.611	2032	2.806.260	2043	3.759.695
2022	2.151.053	2033	2.881.878	2044	3.861.004
2023	2.209.015	2034	2.959.534	2045	3.965.043
2024	2.268.540	2035	3.039.282	2046	4.071.886
2025	2.329.668	2036	3.121.179	2047	4.181.608
2026	2.392.444	2037	3.205.283	2048	4.294.287
2027	2.456.911	2038	3.291.653	2049	4.410.001
2028	2.523.116	2039	3.380.351	2050	4.528.834

- Aritmetik Artış Metodu

Aritmetik Artış yönteminde, yıllık nüfus artış hızı (ka) aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır (Denklem 3.5).

$$ka = \frac{Ns - Ni}{a} \quad (3.4)$$

Burada;

- ka: Nüfus artış hızı,
- Ns: Son nüfus sayım sonucu
- Ni: İlk nüfus sayım sonucu
- a: İki nüfus sayımı arasındaki yıl farkı

Belirlenen nüfus artış hızı ile gelecek yıllara ait nüfus projeksiyonu aşağıdaki formül ile hesaplanır (Denklem 3.6).

$$N = Ns \times [ka(tg - ti)] \quad (3.5)$$

Burada;

- N: Gelecekteki nüfus,
- Ns: Son nüfus sayım sonucu,
- ka: Nüfus artış hızı,
- tg: Gelecekteki yıl
- ti: İlk nüfus sayımının yapıldığı yıl

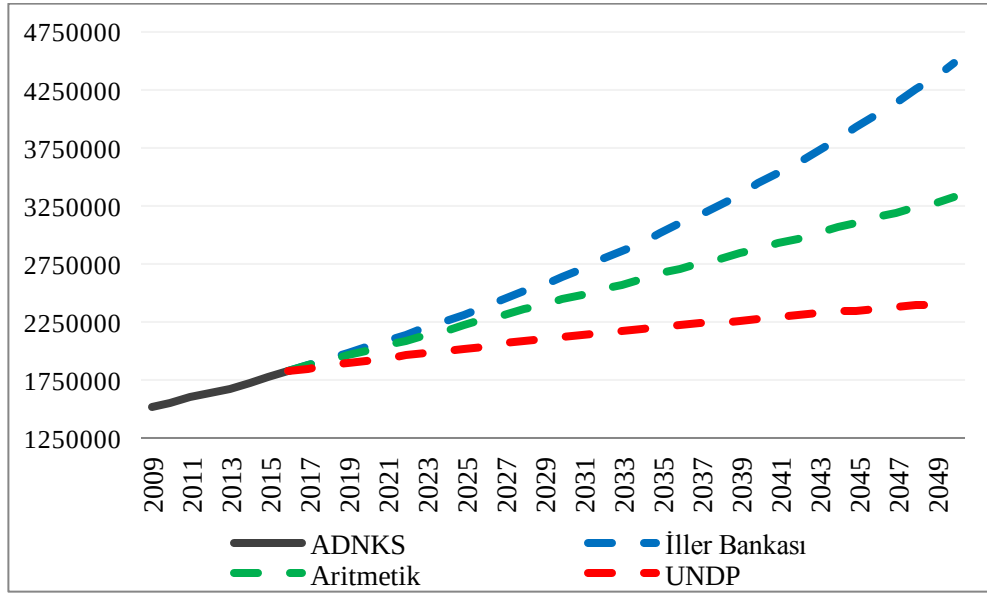
Aritmetik Artış Metodu kullanılarak 2050 yılına kadar hesaplanan nüfus projeksiyonları Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7: Aritmetik artış ile nüfus projeksiyonu.

Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus
2018	1.928.378	2029	2.424.563	2040	2.920.748
2019	1.973.486	2030	2.469.671	2041	2.965.856
2020	2.018.593	2031	2.514.779	2042	3.010.964
2021	2.063.701	2032	2.559.886	2043	3.056.072
2022	2.108.809	2033	2.604.994	2044	3.101.179
2023	2.153.917	2034	2.650.102	2045	3.146.287
2024	2.199.024	2035	2.695.210	2046	3.191.395

Tablo 3.7: Devamı.

Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus
2025	2.244.132	2036	2.740.317	2047	3.236.503
2026	2.289.240	2037	2.785.425	2048	3.281.610
2027	2.334.348	2038	2.830.533	2049	3.326.718
2028	2.379.455	2039	2.875.641	2050	3.371.826



Şekil 3.1: Nüfus tahminleri.

Yapılan hesaplamalarda, İller Bankası metodu ile Geometrik Artış metodu aynı sonuçları verdiği için, nüfus tahminleri karşılaştırılırken sadece İller Bankası metodu gösterilmiştir. Şekil 3-1’de yapılan karşılaştırmalar neticesinde adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarına yakın değerler vermesi nedeni ile Aritmetik Artış yaklaşımı kabul edilmiştir.

3.1.2.2. Atık Projeksiyonu

Kocaeli ili için 2007-2017 yılları arasındaki evsel katı atık miktarları kullanılarak, kişi başı atık artış oranı yaklaşık olarak %1,002 olarak hesaplanmış ve Tablo 3.8’de gösterilmiştir.

Tablo 3.8: Evsel katı atık artış oranı.

Yıl	Evsel Katı Atık Miktarı kg.yıl ⁻¹	Kişi Başı Atık Oluşum Miktarı kg/kişi.gün	Artış Oranı %
2007	454.683.765		
2008	472.485.790	0,88	0,986
2009	476.064.230	0,87	1,027
2010	501.129.180	0,89	1,005
2011	517.019.210	0,90	1,038
2012	547.543.520	0,93	0,983
2013	551.745.300	0,91	1,038
2014	572.932.820	0,95	1,035
2015	592.992.190	0,98	0,941
2016	609.582.020	0,92	0,961
2017	602.788.150	0,89	
Ortalama		0,91	1,002

Kocaeli ili için hesaplanan atık artış oranı kullanılarak 2018-2050 yılları arasında hesaplanan evsel katı atık projeksiyonu Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9: Evsel katı atık projeksiyonu.

Yıl	Nüfus	Evsel Atık Miktarı ton/yıl	Evsel Atık Miktarı ton/gün	Kişi Başı Atık Miktarı kg.kişi/gün
2017	1.883.270	602.788	1.674	0,89
2018	1.928.378	617.226	1.715	0,89
2019	1.973.486	632.700	1.758	0,89
2020	2.018.593	648.223	1.801	0,89
2021	2.063.701	663.796	1.844	0,89
2022	2.108.809	679.418	1.887	0,90
2023	2.153.917	695.089	1.931	0,90
2024	2.199.024	710.810	1.974	0,90
2025	2.244.132	726.581	2.018	0,90
2026	2.289.240	742.401	2.062	0,90
2027	2.334.348	758.272	2.106	0,90
2028	2.379.455	774.192	2.151	0,91
2029	2.424.563	790.163	2.195	0,91
2030	2.469.671	806.184	2.239	0,91
2031	2.514.779	822.255	2.284	0,91
2032	2.559.886	838.377	2.329	0,91

Tablo 3.9: Devamı.

Yıl	Nüfus	Evsel Atık Miktarı ton/yıl	Evsel Atık Miktarı ton/gün	Kişi Başı Atık Miktarı kg.kişi/gün
2033	2.604.994	854.550	2.374	0,91
2034	2.650.102	870.773	2.419	0,91
2035	2.695.210	887.048	2.464	0,92
2036	2.740.317	903.373	2.509	0,92
2037	2.785.425	919.750	2.555	0,92
2038	2.830.533	936.178	2.600	0,92
2039	2.875.641	952.657	2.646	0,92
2040	2.920.748	969.188	2.692	0,92
2041	2.965.856	985.771	2.738	0,92
2042	3.010.964	1.002.405	2.784	0,93
2043	3.056.072	1.019.092	2.831	0,93
2044	3.101.179	1.035.830	2.877	0,93
2045	3.146.287	1.052.621	2.924	0,93
2046	3.191.395	1.069.464	2.971	0,93
2047	3.236.503	1.086.359	3.018	0,93
2048	3.281.610	1.103.307	3.065	0,94
2049	3.326.718	1.120.308	3.112	0,94
2050	3.371.826	1.137.361	3.159	0,94

3.1.3. Mevcut Atık Toplama ve Taşıma Sistemleri

Kocaeli'ne ait 12 ilçe nüfus verileri ve buna bağlı oluşan atık miktarı Tablo 3.10'da verilmiştir.

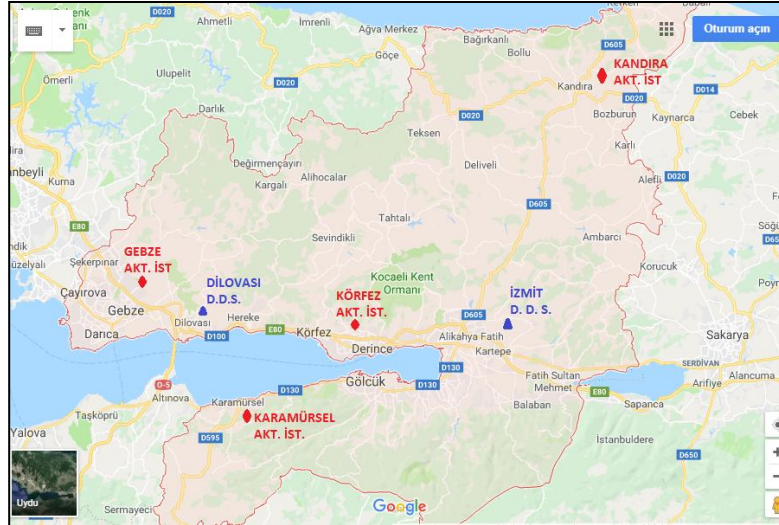
Tablo 3.10: Kocaeli ilçe bilgileri.

No	Belediyeler	Nüfus	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı
		kişi	ton/yıl	kg/kişi.gün
1	BAŞİSKELE	93.988	33.678	0,98
2	ÇAYIROVA	128.135	38.657	0,83
3	DARICA	198.153	53.933	0,75
4	DERİNCE	140.800	42.208	0,82
5	DİLOVASI	47.663	16.036	0,92
6	GEBZE	368.278	116.697	0,87
7	GÖLCÜK	161.117	48.479	0,82

Tablo 3.10: Devamı.

No	Belediyeler	Nüfus	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı
		kişi	ton/yıl	kg/kişi.gün
8	İZMİT	360.409	130.574	0,99
9	KANDIRA	50.413	17.304	0,94
10	KARAMÜRSEL	56.404	17.268	0,84
11	KARTEPE	115.680	40.204	0,95
12	KÖRFEZ	162.230	47.751	0,81
Toplam		1.883.270	602.788	

Kocaeli ilinde günde ortalama 1674 ton evsel katı atıklar, ilçe belediyeleri tarafından toplanmakta ya doğrudan düzenli depolama sahalarına ya da şehrin farklı bölgelerinde bulunan 4 adet aktarma istasyonlarından birine götürülmektedir. Şekil 3.2'de Kocaeli'nde bulunan aktarma istasyonları ve düzenli depolama sahalarının konumları gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Kocaeli'nde bulunan aktarma istasyonları ve düzenli depolama sahalarının konumları.

Dilovası Düzenli Depolama Sahası Çiçektepe mevkiinde kurulmuş olup, 2007 yılında işletmeye alınmıştır (Şekil 3.3). Çayırova, Darıca, Dilovası ve Gebze ilçelerinin atıkları bertaraf için, doğrudan ya da Gebze Aktarma İstasyonu vasıtasıyla Dilovası Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmiştir. Ancak 3 Haziran 2017 itibari ile saha atık alımına kapatılmıştır. Çalışmada kullanılan 2017 yılına ait

verilerde bu durum ilgili ilçeler için göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır.

Çayırova, Darıca, Gebze ve Dilovası'na ait son 7 aylık atık verileri KBB tarafından toplu olarak verilmiş olup, geçmiş senelerin atık miktarı artış oranlarına göre 4 ilçe için atık miktarları bu oranlara bağlı olarak kabulde bulunulmuştur.



Şekil 3.3: Dilovası düzenli depolama sahası.

İzmit Düzenli Depolama Sahası, Solaklar mevkiinde, İzmit ilçe sınırları içerisinde olup, 1997 yılında işletmeye alınmıştır (Şekil 3.4). Saha toplam 7 lottan oluşmaktadır. Evsel katı atıklar için 6 lot, tehlikeli atıklar içinse 1 lot kullanılmaktadır. Körfez, Derince ilçeleri Körfez Aktarma İstasyonu, Karamürsel İlçesi Karamürsel Aktarma İstasyonu, Kandıra ilçesi Kandıra Aktarma İstasyonu vasıtasıyla toplanan evsel katı atıklar sahaya transfer edilmektedir. Bunların dışında, Başiskele, Gölcük, İzmit ve Kartepe ilçelerinden toplanan evsel katı atıklar, depolama sahasının aktarma istasyonlarından daha yakın olmasından dolayı, doğrudan İzmit Düzenli Depolama Sahasına götürülmektedir. Dilovası Düzenli Depolama Sahasının 3 Haziran 2017 tarihi itibarıyla atık alımına kapatılmasına istinaden, Çayırova, Darıca, Dilovası ve Gebze ilçelerine ait atıklar Gebze Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir.



Şekil 3.4: İzmit düzenli depolama sahası.

Kocaeli'nde insanlar genellikle apartman dairelerinde yaşamakta olup, atıklarını plastik poşetlerde toplayarak sokaklarda bulunan büyük hacimli atık toplama konteynırlarına bırakmaktadırlar. İlçe belediyeler tarafından 400 L-800 L kapasiteli atık toplamada kullanılan konteynırlar yollara, sokaklara ve alışveriş merkezlerine yerleştirilmişlerdir. Bu konteynırlar, atık toplama araçlarının arka kısmına yerleştirilmiş olan mekanik kollar vasıtasıyla kaldırılır ve araca boşaltılır. Evsel katı atıkların toplama sıklığı ve konteynırların yerleştirilme mesafeleri, ilçelerin nüfuslarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Kocaeli ilçe belediyeleri tarafından toplanan atıklar, şehrin farklı bölgelerinde bulunan 4 adet evsel katı atık aktarma istasyonlarından birine götürülmektedir (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6).

- Gebze Katı Atık Aktarma İstasyonu
- Kandıra Katı Atık Aktarma İstasyonu
- Karamürsel Katı Atık Aktarma İstasyonu
- Körfez Katı Atık Aktarma İstasyonu

Günlük yaklaşık olarak 1.674 ton atık düzenli depolama sahalarına taşınmaktadır.



Şekil 3.5: Kandıra katı atık aktarma istasyonu.



Şekil 3.6: Karamürsel katı atık aktarma istasyonu.

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve ilçe belediyelerden 2017 yılına ait evsel katı atıkların toplanması ile ilgili veriler temin edilmiştir. Bu verilere araçların sefer sayıları, her bir güzergâh ile kat edilen yol mesafeleri ve toplanıp taşınan atık miktarları dâhil edilmiştir. İlçe belediyelere ait toplama ve taşıma da kullanılan araçların hacimleri Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11: Toplama ve taşımada kullanılan araç hacimleri

İlçeler	Toplama	Transfer	İlçeler	Toplama	Transfer
Başiskele	13-15m ³	13-15m ³	Gölcük	13-15m ³	13-15m ³
Çayırova	13-15m ³	27m ³	İzmit	13-15m ³	13-15m ³
Darica	7-10m ³	27m ³	Kandıra	13m ³	42m ³
Derince	13m ³	27m ³	Karamürsel	13m ³	33m ³
Dilovası	13m ³	27m ³	Kartepe	13m ³	13m ³
Gebze	13m ³	27m ³	Körfez	13-15m ³	27m ³

Bu çalışmada toplama ve taşıma; garajdan çıkan bir atık toplama aracının ilk konteynır ile başlayıp kapasitesine göre dolana kadar, evsel katı atıkların mekanik

kollar vasıtasıyla toplama araçlarına boşaltılması, ya aktarma istasyonuna ya da doğrudan düzenli depolama sahasına taşınmasından sonra yeni rota oluşturması veya garaja geri dönmesini kapsamaktadır.

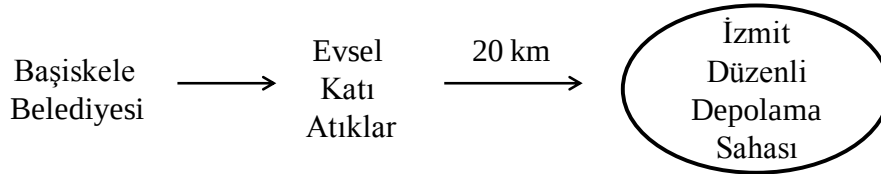
Transfer; atıkların aktarma istasyonuna gelmesiyle büyük bir huni ya da bunker vasıtasıyla daha büyük hacimli araçlara aktarılması ve bu büyük hacimli araçlar ile düzenli depolama sahasına götürülüp boşaltılmasını kapsamaktadır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: Kocaeli ilçelerinde evsel katı atık taşıma sistemi.

- Başiskele

Başiskele ilçesinin nüfusu 93.988 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 33.678 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,98 kg'dır. Başiskele ilçesine ait evsel katı atık verileri atık toplama araçları ile toplanıp, doğrudan İzmit Düzenli Depolama Sahasına götürülmektedir (Şekil 3.8).

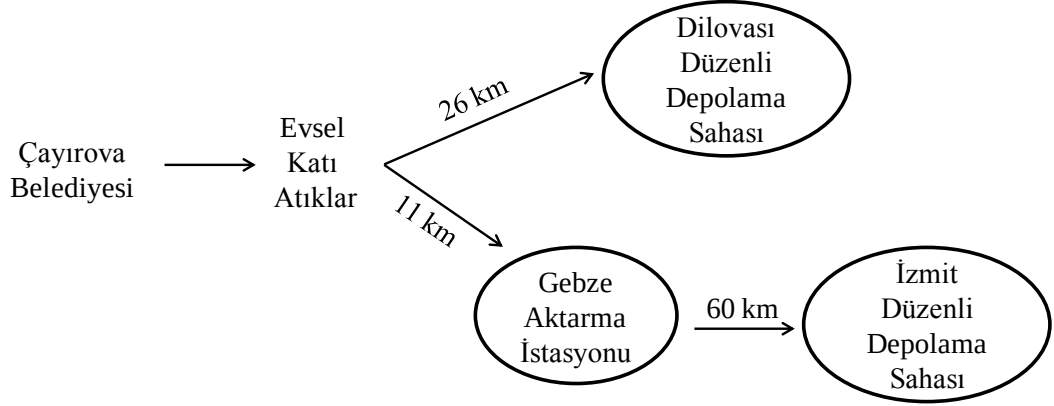


Şekil 3.8: Başiskele ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi

- Çayırova

Çayırova ilçesinin nüfusu 128.135 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 38.657 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,83 kg'dır. Çayırova ilçesine ait evsel katı atıkları, 2017 yılının ilk 5 ayında, doğrudan Dilovası Düzenli Depolama Sahasına götürülmekteydi. Sahanın atık alımına kapatılmasıyla, yılın kalan 7 ayında

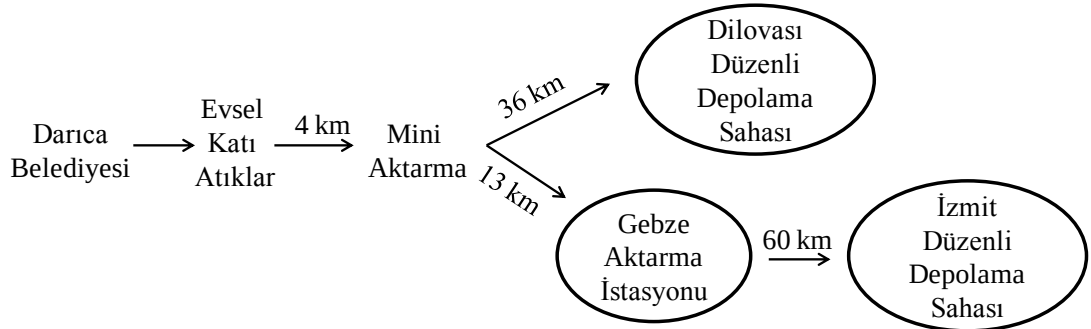
Çayırova ilçesine ait evsel katı atıklar, Gebze Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9: Çayırova ilçesine atık toplama taşıma ve transfer sistemi

- Darıca

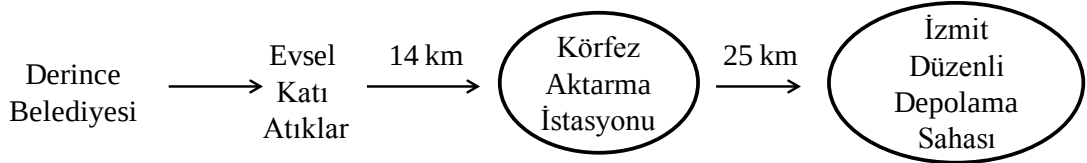
Darıca ilçesinin nüfusu 198.153 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 53.933 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,75 kg'dır. Darıca ilçesine ait evsel katı atıkları, ilçe içerisinde bulunan mini bir aktarma istasyonu vasıtasıyla 2017 yılının ilk 5 ayında Dilovası Düzenli Depolama Sahasına götürülmekteydi. Sahanın atık alımına kapatılmasıyla, yani 2017 yılının son 7 ayında, Darıca ilçesine ait evsel katı atıklar ilk olarak küçük hacimli atık toplama araçları ile ilçe içerisinde bulunan mini aktarma istasyonuna ve oradan daha büyük hacimli araçlar ile Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmaktadır. Aktarmadan da İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir. Bu durum, Darıca ilçesi için yapılan tüm güzergâh çalışmaları ve hesaplamalarda dikkate alınmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10: Darıca ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi

- Derince

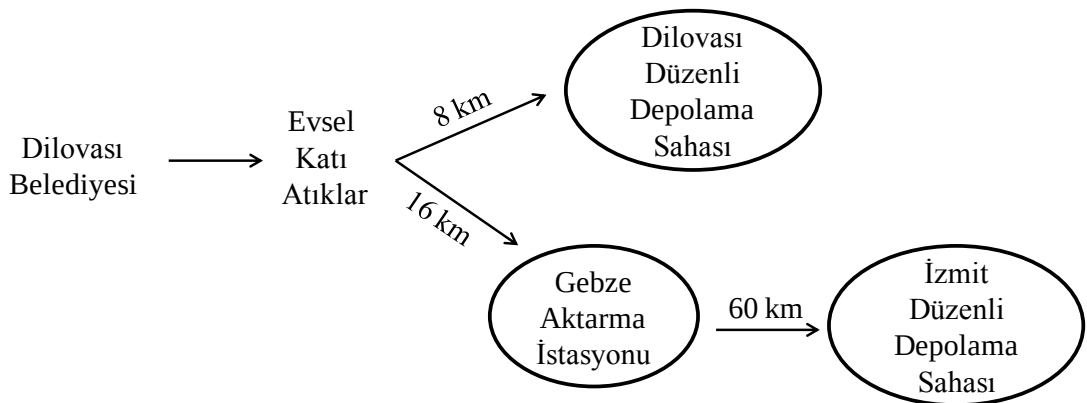
Derince ilçesinin nüfusu 140.800 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 42.208 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,82 kg'dır. Derince ilçesine ait evsel katı atıklar, Körfez Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11: Derince ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi

- Dilovası

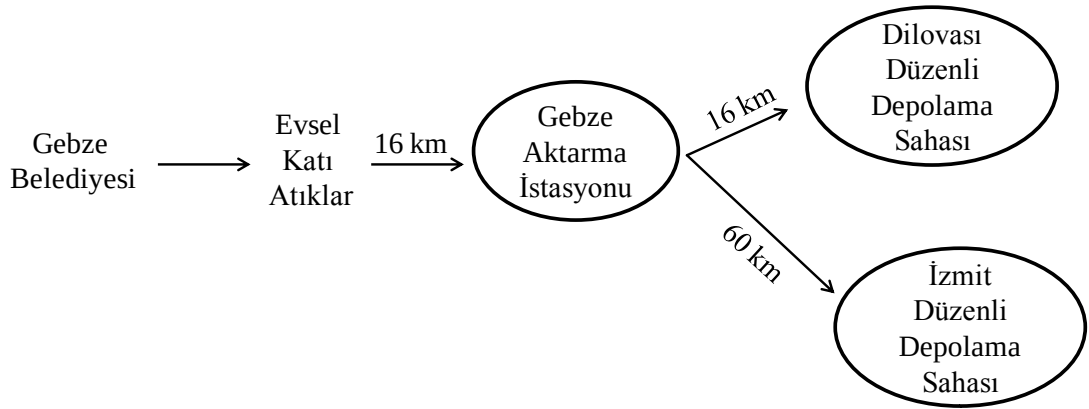
Dilovası ilçesinin nüfusu 47.663 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 16.036 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,92 kg'dır. Dilovası ilçesine ait evsel katı atıklar, 2017 yılının ilk 5 ayında, doğrudan Dilovası Düzenli Depolama Sahasına götürülmekteydi. Sahanın atık alımına kapatılmasıyla, yılın kalan 7 ayında Dilovası ilçesine ait evsel katı atıklar Gebze Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12: Dilovası ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi

- Gebze

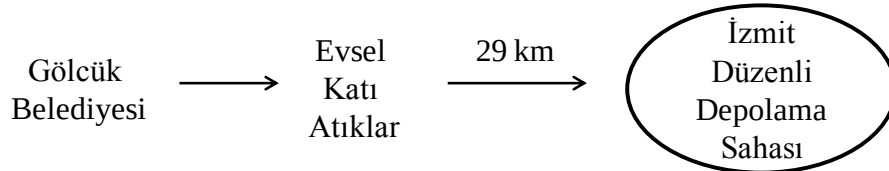
Gebze ilçesinin nüfusu 368.278 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 116.697 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,87 kg'dır. Gebze ilçesine ait evsel katı atıklar, 2017 yılının ilk 5 ayında, Gebze Aktarma İstasyonu ile Dilovası Düzenli Depolama Sahasına götürülmekteydi. Sahanın atık alımına kapatılmasıyla, atıklar yine Gebze Aktarma İstasyonundan sonra İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13: Gebze ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi

- Gölcük

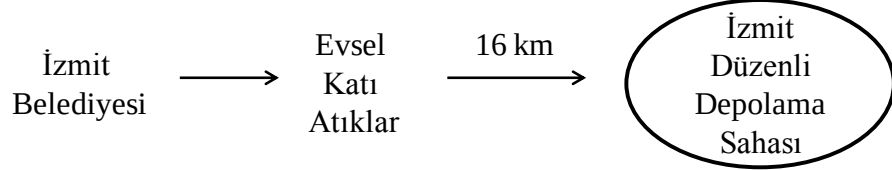
Gölcük ilçesinin nüfusu 161.117 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 48.479 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,82 kg'dır. Gölcük ilçesine ait evsel katı atıklar atık toplama araçları ile konteynırlardan toplanıp, doğrudan İzmit Düzenli Depolama Sahasına götürülmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14: Gölcük ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi

- İzmit

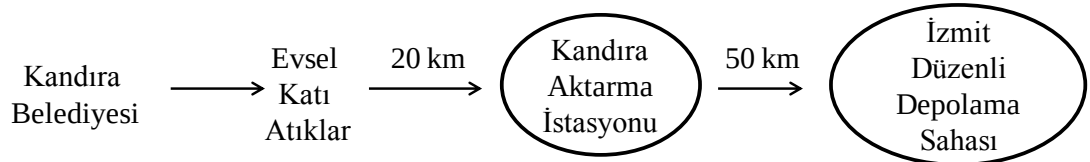
İzmit ilçesinin nüfusu 360.409 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 130.574 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,99 kg'dır. İzmit ilçesine ait evsel katı atıklar, atık toplama araçları ile toplanıp, doğrudan İzmit Düzenli Depolama Sahasına götürülmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15: İzmit ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi

- Kandıra

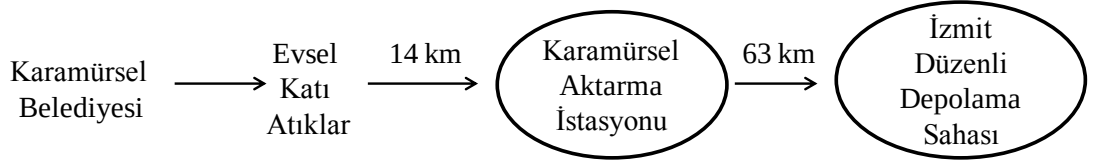
Kandıra ilçesinin nüfusu 50.413 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 17.304 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,94 kg'dır. Kandıra ilçesine ait evsel katı atıkları, Kandıra Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16: Kandıra ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi

- Karamürsel

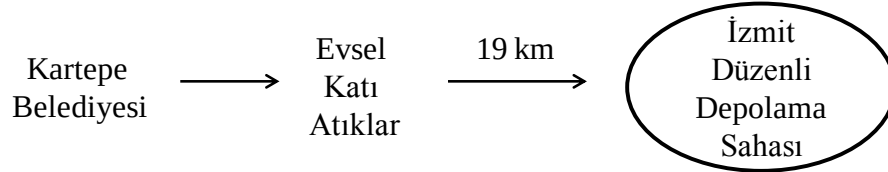
Karamürsel ilçesinin nüfusu 56.404 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 17.268 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,84 kg'dır. Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıkları, Karamürsel Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit Düzenli Depolama Sahasına transfer edilmektedir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17: Karamürsel ilçesi atık toplama taşıma ve transfer sistemi

- Kartepe

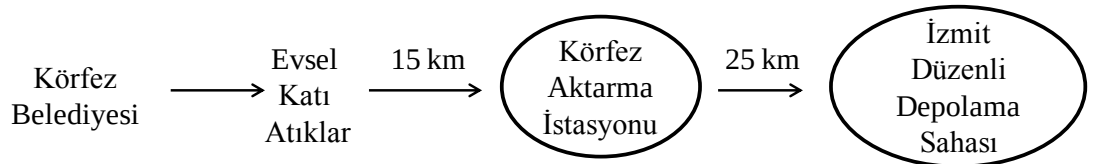
Kartepe ilçesinin nüfusu 162.230 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 47.751 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,81 kg'dır. Kartepe ilçesine ait evsel katı atıklar atık toplama araçları ile toplanıp, doğrudan İzmit Düzenli Depolama Sahasına götürülmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18: Kartepe ilçesine ait atık toplama ve taşıma sistemi

- Körfez

Körfez ilçesinin nüfusu 161.117 kişi olup, yıllık toplam atık miktarı 48.479 tondur. Günlük kişi başı düşen atık miktarı 0,82 kg'dır. Körfez ilçesine ait evsel katı atıklar atık toplama araçları ile toplanıp Körfez Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit Düzenli Depolama Sahasına götürülmektedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19: Körfez ilçesine ait atık toplama taşıma ve transfer sistemi

3.1.4. Oluşacak Sera Gazı İçin Hesaplama Yöntemleri

Atık toplama ve taşıma esnasından kullanılan yakıttan dolayı oluşacak olan sera gazları toplam kat edilen mesafeye göre hesaplanmaktadır. Sera gazı emisyonlarının hesabı için çalışma yapılan her bir şehrin atık toplama sefer sayısı, her bir sefer için kat edilen güzergah mesafesi, toplanan atık miktarı, nüfus ve yüzey alanı gibi bilgiler önemli rol oynamaktadır. Örneğin km başına atık toplama araçlarının tükettiği yakıt miktarı sera gazı emisyon değerlerinin hesabında kullanılan en önemli parametrelerden birisidir. Bu tüketilen yakıt değerinin tespiti oldukça zordur. Çünkü bu değer araç türü ve yılına, yakıt türüne, yol güzergahının düzgünlüğüne ve eğimine, şoför kabiliyetine, iklime ve kat edilen yolun şehir içi yolu veya otoban olmasına bağlı olarak oldukça değişkenlik göstermektedir.

Atık toplama ve taşıma esnasında oluşacak olan sera gazı miktarının hesabı için gerekli olan diğer bir veri ise kullanılan yakıtın litre başına yanma sonucu ortaya çıkaracağı CO₂-e biriminde sera gazı miktarıdır. Bu şekilde yapılan hesap sadece toplam oluşan sera gazı miktarını seçilen zaman aralığı için (yıl) hesaplayacaktır. Sera gazı oluşumunun daha anlamlı bir şekilde ifade edilebilmesi için toplanan ve taşınan atığın her 1 tonu için ne kadar sera gazı (ton CO₂-e/ton atık) oluştuğunun tespiti gerekmektedir ki bu küresel ısınma faktörü olarak adlandırılmaktadır. Diğer bir sera gazı ifade şekli ise toplanan ve taşınan atık miktarından ziyade sera gazı miktarının toplam nüfusa bölünmesi ile elde edilen kişi başı sera gazı miktarıdır (ton CO₂-e/kişi).

Bu çalışmada, toplam yıllık atık miktarı, toplama mesafeleri, ortalama yakıt tüketim verileri kullanılarak, sera gazı emisyonları, küresel ısınma faktörü ve kişi başı oluşan sera gazı emisyon değerleri dizel, benzin, CNG ve elektrikli araç gibi farklı yakıt türleri kullanılarak manüel olarak hesaplanmıştır. Emisyonları hesaplamada her ilçe için, nüfus verileri, güzergah başına ortalama mesafeler, atık miktarları, sefer sayıları ve emisyon faktörleri kullanılmıştır.

Yakıt tüketim miktarı ve buna bağlı sera gazı emisyon değerleri Kocaeli ilçe verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Her ilçe için nüfus verileri Türkiye İstatistik Kurumu'ndan alınmıştır.

Toplam mesafe belirlenirken, her ilçe için rota hem gidiş hem geliş olduğu için toplam kat edilen mesafe 2 ile çarpılmıştır. Bir ilçeye ait tüm mahallelerin, taşıma

güzergahlarına bağlı olarak mesafeleri hesaplanmış ve ortalama değerleri o ilçeye ait sefer başına kat edilen mesafe olarak belirlenmiştir. Ayrıca sefer başına kat edilen mesafe belirlenirken bir toplama aracının ilçeye ait atıkları mahallelerden toplaması esnasında kat edilen mesafeye aracın dur kalk hareketi için 2,5 km ilave edilmiştir (Denklem 3.7).

$$TM = M \times N \times 2 \quad (3.6)$$

Burada;

- TM: Toplam mesafe (km)
- M: Sefer başına kat edilen mesafe (km)
- N: Yıllık sefer sayısı

Aracın yakıt kullanımı ile alakalı olarak topografya, araç tipi-yaşı, aracın sürülüş şekli, trafik sıkışıklığı, gibi durumlara bağlı olarak her ilçe için farklılıklar söz konusu olmaktadır. Kat edilen her 1 km için; dizel yakıt için 0,83 L/km, benzin için 0,78 L/km, CNG için 0,75 L/km ve elektrikli araç için ise 0,85 kWh/km değerleri kullanılmıştır. [75]. Belirlenen toplam mesafeler ile toplam yakıt tüketimi aşağıdaki gibi hesaplanır (Denklem 3.8).

$$TY = TM \times Y \quad (3.7)$$

Burada;

- TY: Yakıt tüketim miktarı (L)
- TM: Toplam mesafe (km)
- Y: km başına harcanan yakıt miktarı (L)

1 L dizel, benzin ve CNG yakıt üretilirken 0,5 kg CO₂-e oluşmaktadır [76]. Her 1 L yakıtın araçlarda yanması sonucu; dizel için 2,65 kg CO₂-e, benzin için 2,12 kg CO₂-e, ve CNG için 1,54 kg CO₂-e sera gazı oluşturmaktadır [77]. Yani sera gazı emisyonu hesabında tüketilen her bir L dizel yakıt için 3,15 (2,65+0.5) kg CO₂-e sera gazı emisyonu oluşmaktadır. Elektrikli araçlarda ise harcanan her 1kWh için 0,48 kg CO₂-e sera gazı oluşmaktadır [78], [79]. Bu emisyon değeri araç kullanımda değil de

elektriğin üretilmesi esnasında kullanılan fosil yakıtın türüne bağlı olarak ortaya çıkan sera gazı miktarıdır. Kat edilen her 1 km için ise; dizel yakıt için 0,83 L/km, benzin için 0,78 L/km, CNG için 0,75 L/km ve elektrikli araç için ise 0,85 kWh/km değerleri kullanılmıştır [75], [79]. Her bir yakıt türünün kullanılması sonucu oluşan sera gazı miktarı aşağıdaki verilen formüle göre hesaplanmıştır (Denklem 3.9).

$$SGE = TY \times EF \quad (3.8)$$

Burada;

- SGE: Sera gazı emisyon değerleri (ton CO₂-e)
- TY: Yakıt tüketim miktarı (L)
- EF: Emisyon faktörüdür (kg CO₂-e/L)

Elektrikli araçlar için, İsviçre'de 18 tonluk bir atık toplama aracı şehir içinde ortalama 75 kWh, otoyolda ise ortalama 95 kWh harcayarak 100 km yol almaktadır [79]. Bu durumda elektrik ile çalışan atık toplama aracı için ortalama 0,85 kWh/km elektrik harcadığı kabul edilmiştir. Türkiye için elektrik üretilirken oluşan sera gazı emisyon değeri 0,48 kg CO₂/kWh olarak belirlenmiştir [78].

Her bir ilçe için 1 ton atık taşınırken oluşan sera gazı emisyon değeri (kg) aşağıdaki denklemdeki gibi hesaplanır (Denklem 3.10).

$$KIF = SGE / A \quad (3.9)$$

Burada;

- KIF: Küresel ısınma faktörü (kg CO₂-e/ton atık)
- SGE: Sera gazı emisyon değerleri (ton CO₂-e)
- A: Atık miktarıdır (ton)

Her ilçeye ait kişi başı sera gazı miktarı hesabı için (Denklem 3.11).

$$SGE - k = SGE / N \quad (3.10)$$

Burada;

- SGE-k: Kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri (kg CO₂-e/kişi)
- SGE: Sera gazı emisyon değerleri (ton CO₂-e)
- N: Nüfus değerleri

3.1.5. Kullanılacak Model

Evsel katı atıkların toplanması ve taşınması hayat döngüsü çerçevesinde bir çok çalışmada incelenmiştir [80], [81]. Bu çalışmalar ayrıca yakıt tüketimi ve toplama sürelerini de detaylıca modellere dahil etmişlerdir [82], [83], [84]. Tüketilen yakıt miktarını azaltmak için atık toplama rotalarında detaylı bir optimizasyon yapmak gerekmektedir. Yapılacak olan bu rota optimizasyonu iş programı, rota karakteristikleri ve aktarma istasyonu lokasyonu gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir [85], [64], [56]. Atık toplama ve taşıma modelleri ayrıca sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) ve dizel gibi farklı türde yakıtların birbiri ile karşılaştırarak, sera gazı miktarları ve çevresel maliyetleri de hesaplayabilmektedir [86], [87].

Bu çalışmada kullanılan model aşağıdaki parametrelere bağlı olarak toplam yakıt tüketimi ve sera gazı miktarlarını hesaplamaktadır [88].

- atık konteynır hacimleri
- haftalık atık toplama sıklığı
- her bir duruşta geçen atık yükleme zamanı
- konteynırlar arası seyahat süresi
- toplanan atığın aktarma istasyonunda boşaltım süresi
- öğle yemeği ve dinlenme süreleri
- garajdan ilk atık toplama noktasına varış zamanı
- atık toplama rotasından aktarma istasyonuna olan mesafe
- aktarma istasyonu ve garaj arası mesafe
- konteynırlar arası yaklaşık mesafe
- araçtaki atık yoğunluğu
- konteynırdaki atık yoğunluğu
- atık toplarken, rölantide, şehir içinde ve otobanda tüketilen km başı yaklaşık yakıt miktarı.

Atık toplamak için gerekli araç sayısı (Nt) aşağıdaki denkleme göre hesaplanmaktadır (Denklem 3.11).

$$Nt = stops \frac{Fr}{Cd.Ht.Rd} \quad (3.11)$$

Burada;

- Nt=Atık toplama araç sayısı
- Fr=Haftalık atık toplama sıklığı (1/hafta)
- Cd=Haftalık çalışma gün sayısı (gün)
- Ht=Her bir seferde atığı toplanan hane sayısı
- Rd=Her bir aracın günlük yaptığı sefer sayısı

Bu modelde kullanıcı araca yüklenen atığın yoğunluğunu manüel olarak girer. Örneğin evsel katı atık için bu değer 410-470 kg/m³ olarak kabul edilebilir. Bu yoğunluk değerine bağlı olarak model atığın hacmini hesaplamaktadır. Atık toplama aracı tamamen dolana kadar kaç tane hanenin atığını topladığı ise aşağıdaki formül ile hesaplanır (Denklem 3.12).

$$Ht = \frac{1}{gen_{stop}} . \min (cap_v . Ut . den . cap_m) \quad (3.12)$$

Burada;

- Ht= Her bir seferde atığı toplanan hane sayısı
- gen_{stop}= Aracın atık toplamak için her bir durmasında haftalık topladığı atık miktarı (Mg/durma-hafta)
- cap_v= Araçta kullanılabilecek maksimum hacim (m³)
- cap_m= Araca yüklenebilecek maksimum atık miktarı (Mg)
- Ut= Kullanım faktörü (her bir seferde aracın kullanılacak hacmi) (%)
- den= Atığın yoğunluğu (Mg/m³)

Her bir seferde kaç hanenin atığının toplandığı her bir sefer için gerekli süreyi vermektedir (Denklem 3.13)

$$T_c = H_t \cdot t_s + (H_t - 1) \cdot t_b + T_{rf} \quad (3.13)$$

Burada;

- T_c =Her bir seferde bir aracın dolması için geçen süre (dk)
- H_t = Her bir seferde atıldığı toplanan hane sayısı
- t_s =Her bir durmada geçen süre (dk)
- t_b =Duruşlar arası geçen süre (dk)
- T_{rf} =Atık toplama noktasından aktarma istasyonu veya depo sahasına gidiş süresi (dk)

Her bir atık toplama aracının bir günde yapacağı toplam sefer sayısı ise aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Denklem 3.14)

$$R_d = \frac{WV \cdot 60 - (F + T_{gr} + T_{fg}) - 0,5 \cdot (T_{rf} + S)}{T_c} \quad (3.14)$$

Burada;

- R_d = Her bir aracın günlük yaptığı sefer sayısı
- WV = Günlük çalışma saati (saat)
- F = Günlük toplam dinlenme zamanı (dk)
- T_{gr} = Garajdan ilk atık toplama noktasına varış süresi (dk)
- T_{fg} = Aktarma istasyonu veya depo sahasından garaja varış süresi (dk)
- S =Aktarma istasyonu veya depo sahasında atığın boşaltılması için geçen süre (dk)
- T_c = Her bir seferde bir aracın dolması için geçen süre (dk)

Her bir aracın günlük kat edeceği mesafe ise aşağıdaki denklem ile hesaplanır (Denklem 3.15).

$$dist_d = D_{rf} + D_{gr} + D_{fg} + D_b \quad (3.15)$$

Burada;

- $dist_d$ = Her bir aracın günlük kat edeceği mesafe (km)
- Dr_f = Atık toplama noktasından aktarma istasyonu veya depo sahasına olan mesafe (km)
- Dgr = Garajdan ilk atık toplama noktasına olan mesafe (km)
- Dfg = Aktarma istasyonu veya depo sahasından garaja olan mesafe (km)
- Db = Duruşlar arası mesafelerin toplamı (km)

Atık toplama ve taşıma esnasında günlük araç başına tüketilen yakıt ise şu şekilde hesaplanır (Denklem 3.16).

$$Fuel_D = \frac{Dr_f}{ef_{rf}} + \frac{Dgr}{ef_{gr}} + \frac{Dfg}{ef_{fg}} + \frac{Db}{ef_b} + Ti \cdot ef_i \quad (3.16)$$

Burada;

- $Fuel_D$ = Her bir aracın günlük tükettiği yakıt (L/araç-gün)
- Dr_f = Atık toplama noktasından aktarma istasyonu veya depo sahasına olan mesafe (km)
- Dgr = Garajdan ilk atık toplama noktasına olan mesafe (km)
- Dfg = Aktarma istasyonu veya depo sahasından garaja olan mesafe (km)
- Db = Duruşlar arası mesafelerin toplamı (km)
- Ti = Rölantide geçen süre (dk)
- ef_i = Rölantide iken araç yakıt tüketimi
- ef_{rf} = Atık toplama noktasından aktarma istasyonu veya depo sahasına giderkenki araç yakıt tüketimi
- ef_{gr} = Garajdan ilk atık toplama noktasına giderkenki araç yakıt tüketimi
- ef_{fg} = Aktarma istasyonu veya depo sahasından garaja giderkenki araç yakıt tüketimi
- ef_b = Her bir durmada araç yakıt tüketimi

Toplama aracına yüklenmiş atık için ton başına tüketilen yakıt ise şu şekilde hesaplanır (Denklem 3.17).

$$Fuel_D = \frac{Fuel_D}{Ref_D} \quad (3.17)$$

Burada;

- Fuel= Toplama aracına yüklenmiş atık için ton başına tüketilen yakıt
- Fuel_D= Her bir aracın günlük tükettiği yakıt (L/araç-gün)
- Ref_D=Her bir aracın günlük topladığı atık miktarı (Mg veya m³/araç-gün)

Model ayrıca tüketilen yakıt miktarına ve kat edilen mesafeye bağlı olarak oluşan sera gazı miktarını da hesaplamaktadır (Denklem 3.18).

$$\text{Sera gazı} \left(\frac{\text{ton CO}_2 - e}{\text{yıl}} \right) = L.EF.YV \quad (3.18)$$

Burada;

- L=Yıllık toplam kat edilen mesafe (km/yıl)
- EF=Kullanılan yakıtın sera gazı emisyon faktörü (kg CO₂-e/L yakıt)
- YV=Kullanılan yakıtın km başına tüketimi (L yakıt/km)

Bu çalışmada kullanılan model evsel atık toplama ve aktarmasız taşıma kapsamında dizel, benzin, CNG yakıtları ve elektrik ile çalışan araçlar için sera gazı emisyon değerlerini hesaplamak için kullanılmıştır. Model ile elde edilen sera gazı emisyon miktarları kullanılarak her bir ilçe için bir ton atığın taşınmasında oluşacak olan küresel ısınma faktörü değerleri hesaplanmıştır.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Senaryo 1: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Dizel Yakıt Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri (Mevcut Durum)

4.1.1. Başiskele

Başiskele ilçesinin yüzölçümü 209 km² olup, kilometrekareye düşen nüfus 450 kişidir. Tablo 4.1'de görüldüğü üzere 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması ve taşınmasında atık toplama araçları tarafından toplam 3.742 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, sera gazı emisyon faktörü gibi veri ve bilgiler ışığında, Başiskele ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.1: Başiskele ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başına Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
93.988	209	33.678	0,98	3.742	442	13,1	4,70

Senaryo 1'de Başiskele ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 442 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalaması 778 ton CO₂-e'dir. Başiskele ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 20 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına aktarmasız olarak taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,70 kg CO₂'dir.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 21,4 kg CO₂/ton-atık'dır. Başiskele'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 13,1 kg CO₂-e'dir. Başiskele ilçesinde sera gazı emisyon değeri ve küresel ısınma faktörünün ortalamanın altında olmasının nedeni nihai bertaraf sahasının diğer ilçelere nispeten daha yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.2. Çayırova

Çayırova ilçesinin yüzölçümü 23 km²'dir. İlçede km²'ye 5.571 kişi düşmekte olup, km²'ye düşen kişi sayısı olarak ikinci yoğun ilçedir. Tablo 4.2'de görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde 5.228 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, sera gazı emisyon faktörü gibi veri ve bilgiler ışığında, Çayırova ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.2: Çayırova ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
128.135	23	38.657	0,83	5.228	731	37,2	5,70

Senaryo 1'de Çayırova ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 731 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalaması 778 ton CO₂-e'dir. Çayırova ilçesine ait sera gazı emisyon değeri hesabı 3 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlar toplanması ile değerlendirilmiştir. İlk adım olarak, Çayırova ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra 26 km mesafede olan Dilovası DDS'na aktarmasız olarak taşınmıştır. İkinci adımda, atıklar yılın son 7 ayında toplandıktan sonra 11 km

mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Üçüncü adım olarak ise buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Dilovası DDS'na taşınan atıklar toplam sera gazının % 37'sini oluştururken, İzmit DDS'na taşınan atıklar % 63'ünü oluşturmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 5,70 kg CO₂'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 21,4 kg CO₂/ton-atık'dır. Çayırova'da bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 37,2 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü en büyük olan ilçe Çayırova'dır. Çayırova ilçesi bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedenlerinden biri, ilçeye ait küresel ısınma faktörü 3 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta olarak ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlar toplanması ile değerlendirilmiş olup, atıkların toplama ve transferden dolayı aldıkları yolun uzun olmasından dolayı yüksek çıkmıştır. Bir diğeri ise Dilovası DDS kapatılana kadar atıkların 13-15 m³'lük araçlar ile aktarmasız bir şekilde doğrudan taşınması sonucu küresel ısınma faktörü yüksek çıkmıştır.

4.1.3. Darıca

Darıca ilçesinin yüzölçümü 23 km² olup, kilometrekare başına 8.615 kişi düşen en yoğun ilçedir. Tablo 4.3'te görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde toplam 11.460 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Darıca ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.3: Darıca ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
198.153	23	53.933	0,75	11.460	929	27,9	4,69

Senaryo 1'de Darıca ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 929 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778 ton CO₂-e'dir. Darıca ilçesine ait sera gazı emisyon değeri hesabı 4 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlar toplanması ile değerlendirilmiştir. İlk adım Darıca ilçesine ait evsel katı atıklar hacimce küçük araçlar ile ilçe içerisinde 4 km mesafede olan mini aktarma istasyonuna getirmektedir. İkinci adım olarak bu mini aktarma istasyonundan atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında 36 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Üçüncü adımda yılın son 7 ayında toplanıp mini istasyona getirilen atıklar 13 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Son adımda ise atıklar 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. 2017 yılı değerlendirildiğinde Dilovası DDS'na taşınan atıklar toplam sera gazının % 30'unu oluştururken, İzmit DDS'na taşınan atıklar % 70'ini oluşturmaktadır.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,69 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 21,4 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Darıca'da bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 27,9 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü değerinde sıralamada dördüncü ilçe Darıca'dır. İlçede küresel ısınma faktörü 4 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta olarak ayrı ayrı hesaplanarak sonuçların toplanması ile elde edilmiştir. Darıca ilçesi bu ortalamanın üstünde olmasının nedenleri, atıkların İzmit DDS'na çok uzun mesafelerde transfer edilmesinden ve ilçe içerisinde bulunan mini aktarma istasyonuna atık taşıyan araçların hacimce çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.4. Derince

Derince ilçesinin yüzölçümü 198 km² olup, kilometrekare başına 711 kişi düşmektedir. Tablo 4.4'te görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde toplam 6.964 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Derince ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.4: Derince ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
140.800	198	42.208	0,82	6.964	696	16,5	4,94

Senaryo 1'de Derince ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 696 ton CO₂-e'dir. Bu değer tüm ilçelerin ortalaması olan 778 ton CO₂-e'nin altındadır. Derince ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmaktadır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. İlçe için evsel katı atıkların toplanıp aktarma istasyonuna taşınması toplam sera gazının % 66'sını oluştururken, düzenli depolamaya transferi % 34'ünü oluşturmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,94 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 21,4 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Derince'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü değeri 16,5 kg CO₂-e'dir ve ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun düşük çıkmasının nedeni aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.5. Dilovası

Dilovası ilçesinin yüzölçümü 125 km² olup, kilometrekare başına 381 kişi düşmektedir. Tablo 4.5'te görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde, oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 2.366 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Dilovası ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.5: Dilovası ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
47.663	125	16.036	0,92	2.366	272	31,6	5,70

Senaryo 1'de Dilovası ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 272 ton CO₂-e'dir. Bu değer tüm ilçelerin ortalaması olan 778 ton CO₂-e'nin altındadır. Dilovası ilçesine ait sera gazı emisyon hesabı 3 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlar toplanması ile elde edilmiştir. İlk adım, Dilovası ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra ilçe içerisinde bulunan ve 8 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. İkinci adım, atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Üçüncü adım olarak da aktarma istasyonundan atıklar 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transfer edilmiştir. 2017 yılı için değerlendirildiğinde Dilovası DDS'na taşınan atıklar toplam sera gazının % 18'ini oluştururken, İzmit DDS'na taşınan atıklar % 82'sini oluşturmaktadır. Yani atıkların transferinde kat edilen mesafeler, sera gazı oluşumunu doğrudan etkilemektedir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı

atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 5,70 kg CO₂-e'dir.

İlçede bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 31,6 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü sıralamasında ikinci en büyük ilçe Dilovası'dır. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 21,4 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede küresel ısınma faktörü 3 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta olarak ayrı ayrı hesaplanarak sonuçların toplanması ile elde edilmiştir. Dilovası ilçesinin bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'nın tam tersi istikametinde olan Gebze Aktarma İstasyonuna götürülmesi ve oradan da 60 km mesafedeki İzmit DDS'na götürmesinden dolayıdır. Oysa ki Gebze Aktarma İstasyonu yerine atıklar İzmit DDS'na daha yakın olan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmalıdır.

4.1.6. Gebze

Gebze ilçesi 418 km²'lik alana sahip olup, kilometrekare başına 881 kişi düşmektedir. Tablo 4.6'da görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde, oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 13.366 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Gebze ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.6: Gebze ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
368.278	418	116.697	0,87	13.336	1.898	28,6	5,15

Senaryo 1'de Gebze ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 1.878 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778

ton CO₂-e'dir. Kocaeli ilçelerinde toplama taşıma ve transferden dolayı en fazla sera gazı emisyonu Gebze ilçesinde oluşmuştur ve ortalamanın çok üzerindedir. Gebze ilçesine ait sera gazı emisyon değeri hesabı 3 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta ayrı ayrı hesaplanarak sonuçlar toplanması ile elde edilmiştir. İlk adımda, Gebze ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplanıp önce 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna sonra 16 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. İkinci adımda atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Son adımda ise atıklar 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transfer edilmiştir. 2017 yılı için değerlendirildiğinde Dilovası DDS'na taşınan atıklar toplam sera gazının % 28'ini oluştururken, İzmit DDS'na taşınan atıklar % 72'sini oluşturmaktadır. İzmit DDS'na transferde sera gazının yüksek çıkmasının nedeni kat edilen mesafenin uzun olmasından kaynaklanmaktadır.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 5,15 kg CO₂-e'dir.

Gebze'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 28,6 kg CO₂-e'dir. Bu değer tüm ilçelerde ortalama 21,4 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Küresel ısınma faktörü sıralamasında en büyük üçüncü ilçe Gebze'dir. İlçede küresel ısınma faktörü 3 adımda her güzergahın vardığı nihai nokta olarak ayrı ayrı hesaplanarak sonuçların toplanması ile elde edilmiştir. Gebze ilçesinin bu ortalamanın üstünde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'na olan transferinde kat edilen yolun çok uzun olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.7. Gölcük

Gölcük ilçesi 217 km²'lik alana sahip olup, kilometrekare başına 742 kişi düşmektedir. Tablo 4.7'de görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması ve taşınmasında oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 5.387 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında,

Gölcük ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır

Tablo 4.7: Gölcük ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
161.117	217	48.479	0,82	5.387	890	18,4	5,52

Senaryo 1'de Gölcük ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 890 ton CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778 ton CO₂-e'dir. Gölcük ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 29 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına aktarmasız olarak doğrudan taşımaktadır. Gölcük ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, atık toplama ve taşımının aynı araçlar ile yapılıp, araç hacimlerinin küçük (13m³-15m³) olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 5,52 kg CO₂-e'dir.

Gölcük'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü değeri ortalamanın altında olup 18,4 kg CO₂-e'dir. Gölcük'de komşusu olan Başiskele ilçesi gibi oluşan atık miktarları da birbirine yakındır.

4.1.8. İzmit

İzmit ilçesi 480 km²'lik alana sahip olup, kilometrekare başına 751 kişi düşmektedir. Tablo 4.8'de görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde, oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 14.508 sefer yapılmıştır. İlçeden toplanan atıklar doğrudan düzenli depolama sahasına taşınmaktadır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler

ışığında, İzmit ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.8: İzmit ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
360.409	480	130.574	0,99	14.508	1.408	10,8	3,91

Senaryo 1'de İzmit ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 1408 ton CO₂-e olup, sera gazı emisyon sıralamasında Gebze'den sonra ikinci büyük ilçedir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778 ton CO₂-e'dir. İzmit ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra yine ilçe içerisinde bulunan ve ortalama 16 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına aktarmasız bir şekilde doğrudan taşımaktadır. İzmit ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, hem atık toplamanın hem de taşımanın aynı araçlar ile yapılması ve araçların küçük hacimli (13m³-15m³) olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,91 kg CO₂-e'dir.

İzmit'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 10,8 kg CO₂-e'dir. İzmit ilçesinde küresel ısınma faktörü atıkların taşınması için kat edilen mesafe olarak en kısa mesafeye sahip ilçedir. Bundan dolayı bir ton atığın taşınmasında oluşan küresel ısınma faktörü en düşük olan değer İzmit'tir. İzmit ilçe nüfusu Gebze ilçesinden sonra en fazla nüfusa sahip olmasından dolayı, Gebze'ye nispeten taşımada kat edilen yolun yakın olması dolayısıyla sera gazı emisyon değeri düşüktür.

4.1.9. Kandıra

Kandıra ilçesi 840 km²'lik alana sahip olup yüzölçümü olarak Kocaeli'nin en büyük ilçesidir. İlçede kilometrekare başına 60 kişi düşmektedir. Tablo 4.9'da

görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde, oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 2.596 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Kandıra ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.9: Kandıra ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başına Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
50.413	840	17.304	0,94	2.596	369	21,3	7,31

Senaryo 1'de Kandıra ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 369 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778 ton CO₂-e'dir. Kandıra ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 20 km mesafede bulunan Kandıra Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 50 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. İlçe için evsel katı atıkların toplanıp aktarma istasyonuna taşınması toplam sera gazının % 69'unu oluştururken, düzenli depolamaya transferi % 31'ini oluşturmaktadır.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 7,31 kg CO₂-e'dir.

Kandıra'da bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 21,3 kg CO₂-e'dir. Bu değer tüm ilçelerde ortalama olarak 21,4 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Bu değer ortalamaya çok yakın olmasının nedeni, ilçede atık toplanan yüzey alanının çok geniş olması ve atıkların aktarma istasyonundan DDS'na transferindeki mesafenin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.10. Karamürsel

Karamürsel ilçesi 262 km²'lik alana sahip olup, kilometrekare başına 215 kişi düşmektedir. Tablo 4.10'da görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde, oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 2.734 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Karamürsel ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.10: Karamürsel ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
56.404	262	17.268	0,84	2.734	377	21,8	6,68

Senaryo 1'de Karamürsel ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 377 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778 ton CO₂-e'dir. Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Karamürsel Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 63 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. İlçe için evsel katı atıkların toplanıp aktarma istasyonuna taşınması toplam sera gazının % 50'sini ve düzenli depolamaya transferi de % 50'sini oluşturmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 6,68 kg CO₂-e'dir.

Karamürsel'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 21,8 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 21,4 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Karamürsel ilçesinde oluşan atık miktarı en az ilçelerden biri olmasına

rağmen, İzmit DDS'na olan uzaklığından dolayı atıkların taşıma ve transferi ile oluşan küresel ısınma faktörü ortalama değere yakındır.

4.1.11. Kartepe

Kartepe ilçesi 301 km²'lik alana sahip olup, kilometrekare başına 384 kişi düşmektedir. Tablo 4.11'de görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde, oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 5.026 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Kartepe ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.11: Kartepe ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton/yıl	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
115.680	301	40.204	0,95	5.026	567	14,1	4,90

Senaryo 1'de Kartepe ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 567 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778 ton CO₂-e'dir. Kartepe ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 19 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına aktarmasız olarak taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,90 kg CO₂-e'dir.

Kartepe'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan sera gazı emisyon değeri ortalamanın altında olup 14,1 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 21,4 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Kartepe ilçesinde sera gazı emisyon değeri ve küresel ısınma faktörünün ortalamanın altında olmasının

nedeni nihai bertaraf sahasının diğer ilçelere kıyasla en yakın ilçe olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.12. Körfez

Körfez ilçesi 301 km²'lik alana sahip olup, kilometrekare başına 539 kişi düşmektedir. Tablo 4.12'de görüldüğü gibi atık toplama araçları tarafından 2017 yılı içerisinde evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferinde, oluşan atık miktarına bağlı olarak toplam 7.216 sefer yapılmıştır. Mevcut durumda atık toplama araçları için yakıt olarak dizel kullanılmaktadır. Atık miktarı, sefer sayısı, araç rotası, güzergahlar arası mesafeler, yakıt tüketimi, emisyon faktörleri gibi veri ve bilgiler ışığında, Körfez ilçesi için manüel olarak yapılan çalışmalar ile sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır.

Tablo 4.12: Körfez ilçe bilgileri ve manüel hesap sonuçları.

Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
kişi	km ²	ton.yıl ⁻¹	kg/kişi.gün	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ .kişi ⁻¹
162.230	301	47.751	0,81	7.216	757	15,9	4,67

Senaryo 1'de Körfez ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde kullanılan dizel yakıtlı araçların oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 757 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 778 ton CO₂-e'dir. Körfez ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 15 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. İlçe için evsel katı atıkların toplanıp aktarma istasyonuna taşınması toplam sera gazının % 64'ünü oluştururken, düzenli depolamaya transferi % 36'sını oluşturmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 5,3 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,67 kg CO₂-e'dir.

Körfez'de bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 15,9 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 21,4 kg CO₂-e/ton-

atık'dır. Körfez ilçesi ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun nedeni, Körfez ilçesine ait atıkların aktarma istasyonu kullanılarak optimum mesafede bulunan DDS'na taşınmasından dolayıdır.

Senaryo 1'de Kocaeli ili evsel katı atıkların toplama taşıma ve transferinde dizel yakıt kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri Tablo 4.13'te verilmiştir. Bu senaryo çalışmasında dizel yakıt tüketimi ile mevcut durum ortaya konulmuştur.

Tablo 4.13: Dizel tüketim sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri.

No	Belediye	Nüfus	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonu	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
		kişi	ton.yıl ⁻¹	kg. kişiğün ⁻¹	sefer. yıl ⁻¹	ton (CO ₂ -e)	kg.CO ₂ -e ton atık ⁻¹	kg.CO ₂ -e kişi ⁻¹
1	BAŞİSKELE	93.988	33.678	0,98	3.742	442	13,1	4,70
2	ÇAYIROVA	128.135	38.657	0,83	5.228	731	37,2	5,70
3	DARICA	198.153	53.933	0,75	11.460	929	27,9	4,69
4	DERİNCE	140.800	42.208	0,82	6.964	696	16,5	4,94
5	DİLOVASI	47.663	16.036	0,92	2.366	272	31,6	5,70
6	GEBZE	368.278	116.697	0,87	13.336	1.898	28,6	5,15
7	GÖLCÜK	161.117	48.479	0,82	5.387	890	18,4	5,52
8	İZMİT	360.409	130.574	0,99	14.508	1.408	10,8	3,91
9	KANDIRA	50.413	17.304	0,94	2.596	369	21,3	7,31
10	KARAMÜRSEL	56.404	17.268	0,84	2.734	377	21,8	6,68
11	KARTEPE	115.680	40.204	0,95	5.026	567	14,1	4,90
12	KÖRFEZ	162.230	47.751	0,81	7.216	757	15,9	4,67
Toplam		1.883.270	602.788		80.562	9.334		
Ortalama				0,88		778	21,4	5,3

Tablo 4.13'te de görüldüğü üzere toplam sera gazı miktarı en yüksek olan ilçe Gebze iken (1.898 ton CO₂-e) en düşük sera gazı miktarı Dilovası ilçesinde hesaplanmıştır (272 ton CO₂-e). Buna karşılık küresel ısınma faktörü en yüksek Çayırova ilçesinde hesaplanmıştır (37,2 kg. CO₂-e ton atık⁻¹). Çayırova ilçesi toplam sera gazı miktarında 12 ilçe arasında altıncı sırada yer almasına rağmen küresel ısınma faktörü sıralamasında ilk sırada yer almıştır. Bunu muhtemel sebepleri Çayırova ilçesi ile İzmit DDS arası mesafenin fazla olması ve m²'ye düşen kişi

sayısının ilçeler arasında ikinci sırada olması olarak özetlenebilir. Buna karşılık küresel ısınma faktörü en düşük olan ilçe 10,8 kg. CO₂-e ton atık⁻¹ ile İzmit ilçesidir ki bunun sebebi olarak da İzmit DDS'nin bu ilçenin sınırları içerisinde yer almasıdır.

Çayırova, Darıca, Dilovası ve Gebze ilçelerinin 2017 yılının ilk 5 ayında atıkları Dilovası DDS'na, son 7 ayında ise Gebze Aktarma İstasyonu vasıtasıyla İzmit DDS'na transferi sağlanmakta olup, oluşturduğu toplam sera gazı emisyon değeri 3830 ton CO₂-e'dir. İlgili 4 ilçe için, 2017 yılı için atıkların 12 ay boyunca Dilovası DDS'na taşındığı kabul edilip, dizel yakıt kullanıldığında oluşabilecek olan sera gazı emisyon değeri 3010 ton CO₂-e olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışma neticesinde 4 ilçenin atıklarını İzmit DDS'na uzun mesafelerde transferi esnasında 820 ton CO₂-e daha fazla sera gazı oluşmasına neden olduğu görülmüştür.

4.2. Senaryo 2: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Yakıt Olarak Benzin Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri

4.2.1. Başiskele

Başiskele ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.14). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.14: Başiskele ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer/yıl	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	93.988	33.678	3.742	344	10,2	3,66

Senaryo 2'de Başiskele ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 344 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Başiskele ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 20 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına aktarmasız taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,66 kg CO₂-e'dir.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 10,2 kg CO₂-e'dir. Bunun nedeni İzmit DDS'nin diğer ilçelere nispeten daha yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.2. Çayirova

Çayirova ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.15). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.15: Çayirova ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Yüzey Alanı	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	km ²	ton/yıl	sefer/yıl	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	128.135	23	38.657	5.228	569	29,0	4,4

Senaryo 2'de Çayirova ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılması sonucu oluşan toplam sera gazı emisyon değeri 569 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Çayirova ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra 26 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 11 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 4,4 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 29,0 kg CO₂-e'dir. Yakıt olarak benzin kullanılan araçlarda da küresel ısınma faktörü en büyük olan ilçe Çayirova'dır. Çayirova ilçesi bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedenlerinden biri, atıkların toplama ve transferden dolayı kat edilen yolun uzun olması ve bir diğeri ise Dilovası DDS kapatılana kadar atıkların doğrudan 13-15 m³'lük araçlar ile doğrudan taşınması sonucu küresel ısınma faktörü yüksek çıkmıştır.

4.2.3. Darıca

Darıca ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.16). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.16: Darıca ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	198.153	53.933	11.460	724	21,8	3,65

Senaryo 2'de Darıca ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 724 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Darıca ilçesinin evsel katı atıkları hacimce küçük araçlar ile ilçe içerisinde 4 km mesafede olan mini aktarma istasyonuna getirilmektedir. Bu mini aktarma istasyonundan atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında 36 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Son 7 ayda toplanıp mini istasyona getirilen atıklar 13 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,65 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 21,8 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü değerinde sıralamada 4. ilçe Darıca'dır. Darıca ilçesi bu ortalamanın üstünde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'na olan mesafesinin çok uzun olmasından ve ilçe içerisinde bulunan mini aktarma istasyonuna atık taşıyan araçların hacimce çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.4. Derince

Derince ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.17). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.17: Derince ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	140.800	42.208	6.964	542	12,8	3,85

Senaryo 2'de Derince ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 542 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Derince ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,85 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan sera gazı emisyon değeri 12,8 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Derince ilçesi ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun düşük çıkmasının nedeni aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.5. Dilovası

Dilovası ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri,

küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.18). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.18: Dilovası ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	47.663	16.036	2.366	212	24,6	4,44

Senaryo 2'de Dilovası ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 212 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Dilovası için oluşan sera gazı emisyonu ortalamanın altındadır. Bunun nedeni Dilovası ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra ilçe içerisinde bulunan ve 8 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 4,44 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 24,6 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü sıralamasında 2. en büyük olan ilçe Dilovası'dır. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Dilovası ilçesinin bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'nın tam tersi istikametinde olan Gebze Aktarma İstasyonuna götürülmesi ve oradan da 60 km mesafedeki İzmit DDS'na götürmesinden dolayıdır. Oysa ki Gebze Aktarma İstasyonu yerine atıklar İzmit DDS'na daha yakın olan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmalıdır.

4.2.6. Gebze

Gebze ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.19). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.19: Gebze ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	368.278	116.697	13.336	1.478	22,3	4,01

Senaryo 2'de Gebze ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 1.478 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Kocaeli ilçelerinde toplama taşıma ve transferden dolayı en fazla sera gazı emisyonu Gebze ilçesinde oluşmuştur ve ortalamanın çok üzerindedir. Gebze ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplanıp önce 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna sonra 16 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. İzmit ilçesinde sera gazının yüksek çıkmasının nedeni kat edilen mesafenin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kaynaklanan ve kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,01 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 22,3 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü sıralamasında en büyük 3. ilçe Gebze'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Gebze ilçesinin bu ortalamanın üstünde

olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'na olan transferinde kat edilen yolun çok uzun olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.7. Gölcük

Gölcük ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.20). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.20: Gölcük ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	161.117	48.479	5.387	693	14,3	4,30

Senaryo 2'de Gölcük ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 693 ton CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Gölcük ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 29 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Gölcük ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, atık toplama ve taşımanın aynı araçlar ile yapıp araç hacimlerinin küçük (13m³-15m³) olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,30 kg CO₂-e'dir.

İlçede yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 14,3 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır.

4.2.8. İzmit

İzmit ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.21). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.21: İzmit ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	360.409	130.574	14.508	1.097	8,4	3,04

Senaryo 2'de İzmit ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılmış olup yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 1097 ton CO₂-e'dir. İzmit ilçesi, sera gazı emisyon değeri sıralamasında Gebze'den sonra ikinci büyük ilçedir. Tüm ilçeler için bu değer ortalama 606 ton CO₂-e'dir. İzmit ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra yine ilçe içerisinde bulunan ve 16 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. İzmit ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, hem atık toplamanın hem de taşımanın aynı araçlar ile yapılması ve araçların 13m³-15m³'lük hacme sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,04 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 8,4 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İzmit ilçesinde küresel ısınma faktörü atıkların taşınması için kat edilen mesafe olarak en kısa mesafeye sahip ilçedir. Bundan dolayı bir ton atığın taşınmasında oluşan sera gazı emisyon faktörü en düşük olan değer İzmit'tir. İzmit ilçe nüfusu Gebze ilçesinden sonra en fazla nüfusa sahip olmasından dolayı,

Gebze'ye nispeten taşımada kat edilen yolun yakın olması dolayısıyla sera gazı emisyon değeri düşüktür.

4.2.9. Kandıra

Kandıra ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.22). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.22: Kandıra ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	50.413	17.304	2.596	287	16,6	5,70

Senaryo 2'de Kandıra ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 287 ton CO₂'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan bu değer ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Kandıra ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 20 km mesafede bulunan Kandıra Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 50 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 5,70 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 16,6 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Bu değer ortalamaya çok yakın olmasının nedeni, ilçede atık toplanan yüzey alanının çok geniş olması ve atıkların aktarma istasyonundan DDS'na transferindeki mesafenin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.10. Karamürsel

Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.23). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.23: Karamürsel ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	56.404	17.268	2.734	294	17,0	5,21

Senaryo 2'de Karamürsel ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar neticesinde toplam sera gazı emisyon değeri 294 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan bu değer ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Karamürsel Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 63 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 5,21 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 17,0 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır.

4.2.11. Kartepe

Kartepe ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo

4.24). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.24: Kartepe ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	115.680	40.204	5.026	442	11,0	3,82

Senaryo 2'de Kartepe ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 442 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Kartepe ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 19 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,82 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 11,0 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Kartepe ilçesinde sera gazı emisyon değeri ve küresel ısınma faktörünün ortalamanın altında olmasının nedeni İzmit DDS'nin diğer ilçelere kıyasla en yakın ilçe olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2.12. Körfez

Körfez ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.25). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.25: Körfez ilçe bilgileri ve benzin kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton.yıl ⁻¹	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Benzin	162.230	47.751	7.216	590	12,4	3,64

Senaryo 2'de Körfez ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar neticesinde toplam sera gazı emisyon değeri 590 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 606 ton CO₂-e'dir. Körfez ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 15 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 4,1 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,64 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 12,4 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 16,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Körfez ilçesi ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun nedeni, Körfez ilçesine ait atıkların aktarma istasyonu kullanılarak optimum mesafede bulunan DDS'na taşınmasından dolayıdır.

Senaryo 2'de Kocaeli ili evsel katı atıkların toplama taşıma ve transferinde yakıt olarak benzin kullanıldığı varsayılarak hesaplanan sera gazı emisyon değerleri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı oluşan sera gazı miktarı Tablo 4.26'da verilmiştir.

Tablo 4.26: Benzin tüketimi sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri

No	Belediye	Nüfus	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonu	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
		kişi	ton.yıl ⁻¹	kg. kişigün ⁻¹	sefer. yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ . ton atık ⁻¹	kg.CO ₂ . kişi ⁻¹
1	BAŞİSKELE	93.988	33.678	0,98	3.742	344	10,2	3,66
2	ÇAYIROVA	128.135	38.657	0,83	5.228	569	29,0	4,44
3	DARICA	198.153	53.933	0,75	11.460	724	21,8	3,65
4	DERİNCE	140.800	42.208	0,82	6.964	542	12,8	3,85
5	DİLOVASI	47.663	16.036	0,92	2.366	212	24,6	4,44
6	GEBZE	368.278	116.697	0,87	13.336	1.478	22,3	4,01
7	GÖLCÜK	161.117	48.479	0,82	5.387	693	14,3	4,30
8	İZMİT	360.409	130.574	0,99	14.508	1.097	8,4	3,04
9	KANDIRA	50.413	17.304	0,94	2.596	287	16,6	5,70
10	KARAMÜRSEL	56.404	17.268	0,84	2.734	294	17,0	5,21
11	KARTEPE	115.680	40.204	0,95	5.026	442	11,0	3,82
12	KÖRFEZ	162.230	47.751	0,81	7.216	590	12,4	3,64
Toplam		1.883.270	602.788		80.562	7.272		
Ortalama				0,88		606	16,7	4,1

Tablo 4.26’da da görüldüğü üzere yakıt olarak benzin kullanılması durumunda toplam sera gazı miktarı en yüksek olan ilçe Gebze iken (1.478 ton CO₂-e) en düşük sera gazı miktarı Dilovası ilçesinde hesaplanmıştır (212 ton CO₂-e). Buna karşılık küresel ısınma faktörü en yüksek Çayırova ilçesinde hesaplanmıştır (29 kg. CO₂-e ton atık-1). Çayırova ilçesi toplam sera gazı miktarında 12 ilçe arasında altıncı sırada yer almasına rağmen küresel ısınma faktörü sıralamasında ilk sırada yer almıştır. Bunun muhtemel sebepleri Çayırova ilçesi ile İzmit DDS arası mesafenin fazla olması ve m²’ye düşen kişi sayısının ilçeler arasında ikinci sırada olması olarak özetlenebilir. Buna karşılık küresel ısınma faktörü en düşük olan ilçe 10,8 kg. CO₂-e ton atık ile İzmit ilçesidir ki bunun sebebi olarak da İzmit DDS’nin bu ilçenin sınırları içerisinde yer almasıdır.

4.3. Senaryo 3: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Yakıt Olarak CNG Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri

4.3.1. Başiskele

Başiskele ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.27). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.27: Başiskele ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer/yıl	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	93.988	33.678	3.742	258	7,7	2,75

Senaryo 3'te Başiskele ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 258 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Başiskele ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 20 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 2,75 kg CO₂-e'dir.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 7,7 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede araçlarda yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 12,5 kg CO₂-e'dir. Bunun nedeni Başiskele ilçesinin diğer ilçelere nispeten İzmit DDS'na daha yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.2. Çayırova

Çayırova ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.28). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.28: Çayırova ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer/yıl	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	128.135	38.657	5.228	427	21,7	3,33

Senaryo 3'te Çayırova ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılması sonucu oluşan toplam sera gazı emisyon değeri 427 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Çayırova ilçesine ait atıklar, 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra 26 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 11 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 3,33 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 21,7 kg CO₂-e'dir. Yakıt olarak CNG kullanılan araçlarda da küresel ısınma faktörü en büyük olan ilçe Çayırova'dır. Çayırova ilçesi bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedenlerinden biri, atıkların toplama ve transferden dolayı aldıkları yolun uzun olması ve bir diğeri ise Dilovası DDS kapatılana kadar atıkların doğrudan 13-15 m³'lük araçlar ile doğrudan taşınmasıdır.

4.3.3. Darıca

Darıca ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.29). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.29: Darıca ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	198.153	53.933	11.460	543	16,3	2,74

Senaryo 3'te Darıca ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 543 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Darıca ilçesinin evsel katı atıkları hacimce küçük araçlar ile ilçe içerisinde 4 km mesafede olan mini aktarma istasyonuna getirilmektedir. Bu mini aktarma istasyonundan atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında 36 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Son 7 ayda toplanıp mini istasyona getirilen atıklar 13 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 2,74 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 16,3 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü değerinde sıralamada 4. ilçe Darıca'dır. Darıca ilçesi bu ortalamanın üzerinde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'na olan mesafesinin çok uzun olmasından ve ilçe içerisinde bulunan mini aktarma istasyonuna atık taşıyan araçların hacimce çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.4. Derince

Derince ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.30). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.30: Derince ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	140.800	42.208	6.964	406	9,6	2,89

Senaryo 3'te Derince ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 406 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Derince ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 2,89 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 9,6 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Derince ilçesi ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun düşük çıkmasının nedeni aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.5. Dilovası

Dilovası ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri,

küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.31). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.31: Dilovası ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	47.663	16.036	2.366	159	18,5	3,33

Senaryo 3'te Dilovası ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 159 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Dilovası için oluşan sera gazı emisyonu ortalamanın altındadır. Bunun nedeni Dilovası ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra ilçe içerisinde bulunan ve 8 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 3,33 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 18,5 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü sıralamasında 2. en büyük olan ilçe Dilovası'dır. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Dilovası ilçesinin bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'nın tam tersi istikametinde olan Gebze Aktarma İstasyonuna götürülmesi ve oradan da 60 km mesafedeki İzmit DDS'na götürmesinden dolayıdır. Oysa ki Gebze Aktarma İstasyonu yerine atıklar İzmit DDS'na daha yakın olan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmalıdır.

4.3.6. Gebze

Gebze ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.32). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.32: Gebze ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	368.278	116.697	13.336	1.109	16,7	3,01

Senaryo 3'te Gebze ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılması sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 1.109 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Kocaeli ilçelerinde toplama taşıma ve transferden dolayı en fazla sera gazı emisyonu Gebze ilçesinde oluşmuştur ve ortalamanın çok üzerindedir. Gebze ilçesine ait atıklar, 2017 yılının ilk 5 ayında toplanıp önce 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna sonra 16 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. İzmit ilçesinde sera gazının yüksek çıkmasının nedeni kat edilen mesafenin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kaynaklanan ve kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,01 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda benzin kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan sera gazı emisyon değeri 16,7 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü sıralamasında en büyük 3. ilçe Gebze'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Gebze ilçesinin bu ortalamanın üstünde

olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'na olan transferinde kat edilen yolun çok uzun olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.7. Gölcük

Gölcük ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.33). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.33: Gölcük ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	161.117	48.479	5.387	520	10,7	3,23

Senaryo 3'te Gölcük ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucu toplam sera gazı emisyon değeri 520 ton CO₂-e'dir. Gölcük ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 29 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Gölcük ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, atık toplama ve taşımanın aynı araçlar ile yapıp araç hacimlerinin 13m³-15m³ olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,23 kg CO₂-e'dir.

İlçede yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 10,7 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır.

4.3.8. İzmit

İzmit ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.34). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.34: İzmit ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	360.409	130.574	14.508	823	6,3	2,28

Senaryo 3'te İzmit ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılmış olup yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 823 ton CO₂-e'dir. İzmit ilçesi, sera gazı emisyon değeri sıralamasında Gebze'den sonra ikinci büyük ilçedir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. İzmit ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra yine ilçe içerisinde bulunan ve 16 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. İzmit ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, hem atık toplamının hem de taşımanın aynı araçlar ile yapılması ve araçların 13m³-15m³'lük hacme sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 2,28 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 6,3 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İzmit ilçesinde küresel ısınma faktörü atıkların taşınması için kat edilen mesafe olarak en kısa mesafeye sahip ilçedir. Bundan dolayı bir ton atığın taşınmasında oluşan sera gazı emisyon faktörü en düşük olan ilçe İzmit'tir. İzmit ilçe nüfusu Gebze ilçesinden sonra en fazla nüfusa sahip olmasından dolayı, Gebze'ye

nispeten taşımada kat edilen yolun yakın olması dolayısıyla sera gazı emisyon değeri düşüktür.

4.3.9. Kandıra

Kandıra ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.35). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.35: Kandıra ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	50.413	17.304	2.596	215	12,4	4,27

Senaryo 3'te Kandıra ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 215 ton CO₂'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Kandıra ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 20 km mesafede bulunan Kandıra Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 50 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 4,27 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 12,4 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Bu değer ortalamaya çok yakın olmasının nedeni, ilçede atık toplanan yüzey alanının çok geniş olması ve atıkların aktarma istasyonundan DDS'na transferindeki mesafenin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.10. Karamürsel

Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.36). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.36: Karamürsel ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	56.404	17.268	2.734	220	12,8	3,91

Senaryo 3'te Karamürsel ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar neticesinde toplam sera gazı emisyon değeri 220 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Karamürsel Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 63 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,91 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 12,8 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Karamürsel ilçesinde oluşan atık miktarı en az ilçelerden biri olmasına rağmen, İzmit DDS'na olan uzaklığından dolayı atıkların taşıma ve transferi ile oluşan küresel ısınma faktörü ortalama değere çok yakındır.

4.3.11. Kartepe

Kartepe ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.37). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.37: Kartepe ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
CNG	115.680	40.204	5.026	331	8,2	2,86

Senaryo 3'te Kartepe ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 331 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Kartepe ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 19 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 2,86 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 8,2 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Kartepe ilçesinde sera gazı emisyon değeri ve küresel ısınma faktörünün ortalamanın altında olmasının nedeni İzmit DDS'nın diğer ilçelere kıyasla en yakın ilçe olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3.12. Körfez

Körfez ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri,

küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.38). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.38: Körfez ilçe bilgileri ve CNG kullanımı ile manüel hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton.yıl ⁻¹	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ .kişi ⁻¹
CNG	162.230	47.751	7.216	443	9,3	2,73

Senaryo 3'te Körfez ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar neticesinde toplam sera gazı emisyon değeri 443 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 454 ton CO₂-e'dir. Körfez ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 15 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 3,1 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 2,73 kg CO₂-e'dir.

İlçede araçlarda CNG kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 9,3 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 12,5 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Körfez ilçesi ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun nedeni, Körfez ilçesine ait atıkların aktarma istasyonu kullanılarak optimum mesafede bulunan DDS'na taşınmasından dolayıdır.

Senaryo 3'te Kocaeli ili evsel katı atıkların toplama taşıma ve transferinde yakıt olarak CNG kullanıldığı varsayılarak hesaplanan sera gazı emisyon değerleri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı oluşan sera gazı miktarı Tablo 4.39'da verilmiştir.

Tablo 4.39: CNG tüketimi sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri

No	Belediye	Nüfus	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonu	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
		kişi	ton.yıl ⁻¹	kg. kişigün ⁻¹	sefer. yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ . ton atık ⁻¹	kg.CO ₂ . kişi ⁻¹
1	BAŞİSKELE	93.988	33.678	0,98	3.742	258	7,7	2,75
2	ÇAYIROVA	128.135	38.657	0,83	5.228	427	21,7	3,33
3	DARICA	198.153	53.933	0,75	11.460	543	16,3	2,74
4	DERİNCE	140.800	42.208	0,82	6.964	406	9,6	2,89
5	DİLOVASI	47.663	16.036	0,92	2.366	159	18,5	3,33
6	GEBZE	368.278	116.697	0,87	13.336	1.109	16,7	3,01
7	GÖLCÜK	161.117	48.479	0,82	5.387	520	10,7	3,23
8	İZMİT	360.409	130.574	0,99	14.508	823	6,3	2,28
9	KANDIRA	50.413	17.304	0,94	2.596	215	12,4	4,27
10	KARAMÜRSEL	56.404	17.268	0,84	2.734	220	12,8	3,91
11	KARTEPE	115.680	40.204	0,95	5.026	331	8,2	2,86
12	KÖRFEZ	162.230	47.751	0,81	7.216	443	9,3	2,73
Toplam		1.883.270	602.788		80.562	5.454		
Ortalama				0,88		454	12,5	3,1

Tablo 4.39’da da görüldüğü üzere yakıt olarak CNG kullanılması durumunda toplam sera gazı miktarı en yüksek olan ilçe Gebze iken (1.109 ton CO₂-e) en düşük sera gazı miktarı Dilovası ilçesinde hesaplanmıştır (159 ton CO₂-e). Buna karşılık küresel ısınma faktörü en yüksek Çayirova ilçesinde hesaplanmıştır (21,7 kg. CO₂-e ton atık-1). Çayirova ilçesi toplam sera gazı miktarında 12 ilçe arasında altıncı sırada yer almasına rağmen küresel ısınma faktörü sıralamasında ilk sırada yer almıştır. Bunun muhtemel sebepleri Çayirova ilçesi ile İzmit DDS arası mesafenin fazla olması ve m²’ye düşen kişi sayısının ilçeler arasında ikinci sırada olması olarak özetlenebilir. Buna karşılık küresel ısınma faktörü en düşük olan ilçe 6,3 kg. CO₂-e ton atık ile İzmit ilçesidir ki bunun sebebi olarak da İzmit DDS’nin bu ilçenin sınırları içerisinde yer almasıdır.

4.4. Senaryo 4: Atıkların Toplama Taşıma ve Transferinde Elektrikli Araç Kullanımı Sonucu Oluşan Sera Gazı Emisyon Değerleri

4.4.1. Başiskele

Başiskele ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.40). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.40: Başiskele ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer/yıl	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	93.988	33.678	3.742	69	2,0	0,73

Senaryo 4'te Başiskele ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 69 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Başiskele ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 20 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 0,73 kg CO₂-e'dir.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede elektrikli araçlar kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 2,0 kg CO₂-e'dir. Bunun nedeni Başiskele ilçesinin diğer ilçelere nispeten İzmit DDS'na daha yakın olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.2. Çayırova

Çayırova ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.41). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.41: Çayırova ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer/yıl	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	128.135	38.657	5.228	114	5,8	0,89

Senaryo 4'te Çayırova ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda oluşan toplam sera gazı emisyon değeri 114 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Çayırova ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra 26 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 11 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 0,89 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 5,8 kg CO₂-e'dir. Elektrikli araç kullanımında küresel ısınma faktörü en büyük olan ilçe Çayırova'dır. Çayırova ilçesi bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedenlerinden biri, atıkların toplama taşıma ve transferden dolayı aldıkları yolun uzun olması ve bir diğeri ise Dilovası DDS kapatılana kadar atıkların doğrudan 13-15 m³'lük araçlar ile doğrudan taşınmasıdır.

4.4.3. Darıca

Darıca ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.42). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.42: Darıca ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	198.153	53.933	11.460	145	4,3	0,73

Senaryo 4'te Darıca ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 145 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Darıca ilçesinin evsel katı atıkları hacimce küçük araçlar ile ilçe içerisinde 4 km mesafede olan mini aktarma istasyonuna getirilmektedir. Bu mini aktarma istasyonundan atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında 36 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Son 7 ayda toplanıp mini istasyona getirilen atıklar 13 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 3,65 kg CO₂-e'dir.

Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan sera gazı emisyon değeri 4,3 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü değerinde sıralamada 4. ilçe Darıca'dır. Darıca ilçesi bu ortalamanın üstünde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'na olan mesafesinin çok olmasından ve ilçe içerisinde bulunan mini aktarma istasyonuna atık taşıyan araçların hacimce çok küçük olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.4. Derince

Derince ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.43). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.43: Derince ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	140.800	42.208	6.964	108	2,6	0,77

Senaryo 4'te Derince ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam küresel ısınma faktörü 108 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Derince ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 0,77 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 2,6 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Derince ilçesi ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun düşük çıkmasının nedeni aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre optimum mesafede olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.5. Dilovası

Dilovası ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel

ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.44). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.44: Dilovası ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	47.663	16.036	2.366	42	4,9	0,89

Senaryo 4'te Dilovası ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 42 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Dilovası için oluşan sera gazı emisyonu ortalamanın altındadır. Bunun nedeni Dilovası ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplandıktan sonra ilçe içerisinde bulunan ve 8 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kişi başına düşen sera gazı emisyon değeri 0,89 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 4,9 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü sıralamasında 2. en büyük olan ilçe Dilovası'dır. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Dilovası ilçesinin bu ortalamanın çok üstünde olmasının nedeni, atıkların İzmit DDS'nın tam tersi istikametinde olan Gebze Aktarma İstasyonuna götürülmesi ve oradan da 60 km mesafedeki İzmit DDS'na götürmesinden dolayıdır. Oysa ki Gebze Aktarma İstasyonu yerine atıklar İzmit DDS'na daha yakın olan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmalıdır.

4.4.6. Gebze

Gebze ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.45). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.45: Gebze ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	368.278	116.697	13.336	295	4,4	0,80

Senaryo 4'te Gebze ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 295 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Kocaeli ilçelerinde toplama taşıma ve transferden dolayı en fazla sera gazı emisyonu Gebze ilçesinde oluşmuştur ve ortalamanın çok üzerindedir. Gebze ilçesine ait atıklar 2017 yılının ilk 5 ayında toplanıp önce 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna sonra 16 km mesafede olan Dilovası DDS'na taşınmıştır. Atıklar son 7 ayda toplandıktan sonra 16 km mesafede bulunan Gebze Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 60 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. İzmit ilçesinde Gebze'ye kıyasla sera gazının yüksek çıkmasının nedeni kat edilen mesafenin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinden kaynaklanan ve kişi başı sera gazı emisyon değeri 0,80 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 4,4 kg CO₂-e'dir. Küresel ısınma faktörü sıralamasında en büyük 3. ilçe Gebze'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Gebze ilçesinin bu ortalamanın üstünde olmasının nedeni, atıkların

İzmit DDS'na olan transferinde kat edilen yolun çok uzun olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.7. Gölcük

Gölcük ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında yakıt olarak elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.46). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.46: Gölcük ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	161.117	48.479	5.387	138	2,9	0,86

Senaryo 4'te Gölcük ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 138 ton CO₂-e'dir. Gölcük ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 29 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Gölcük ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, atık toplama ve taşımanın aynı araçlar ile yapılıp araç hacimlerinin 13m³-15m³ olmasından kaynaklanmaktadır.

Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 0,86 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 2,9 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır.

4.4.8. İzmit

İzmit ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.47). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.47: İzmit ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	360.409	130.574	14.508	219	1,7	0,61

Senaryo 4'te İzmit ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılmış olup yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 219 ton CO₂-e'dir. İzmit ilçesi, sera gazı emisyon değeri sıralamasında Gebze'den sonra ikinci büyük ilçedir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. İzmit ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra yine ilçe içerisinde bulunan ve 16 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. İzmit ilçesinde sera gazı emisyonlarının ortalamanın üzerinde çıkmasının nedeni, hem atık toplamının hem de taşımanın aynı araçlar ile yapılması ve araçların 13m³-15m³'lük hacme sahip araçlar olmasından kaynaklanmaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 0,61 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 1,7 kg CO₂-e'dir. İzmit ilçesinde küresel ısınma faktörü atıkların taşınması için kat edilen mesafe olarak en kısa mesafeye sahip ilçedir. Bundan dolayı bir ton atığın taşınmasında oluşan sera gazı emisyon faktörü en düşük olan değer İzmit'tir. İzmit ilçe nüfusu Gebze ilçesinden sonra en fazla nüfusa sahip olmasından dolayı, Gebze'ye nispeten

taşımada kat edilen yolun yakın olması dolayısıyla sera gazı emisyon değeri de düşüktür.

4.4.9. Kandıra

Kandıra ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.48). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.48: Kandıra ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	50.413	17.304	2.596	57	3,3	1,14

Senaryo 4'te Kandıra ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 57 ton CO₂'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Kandıra ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 20 km mesafede bulunan Kandıra Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 50 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişidir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 1,14 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 3,3 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Bu değer ortalamaya çok yakın olmasının nedeni, ilçede atık toplanan yüzey alanının çok geniş olması ve atıkların aktarma istasyonundan DDS'na transferindeki mesafenin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.10. Karamürsel

Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.49). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.49: Karamürsel ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	56.404	17.268	2.734	59	3,4	1,04

Senaryo 4'te Karamürsel ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşınma ve transferinde elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar neticesinde toplam sera gazı emisyon değeri 59 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 14 km mesafede bulunan Karamürsel Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 63 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 1,04 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 3,4 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Karamürsel ilçesinde oluşan atık miktarı en az ilçelerden biri olmasına rağmen, İzmit DDS'na olan uzaklığından dolayı atıkların taşıma ve transferi ile oluşan küresel ısınma faktörü ortalama değere çok yakındır.

4.4.11. Kartepe

Kartepe ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.50). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafe, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.50: Kartepe ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton/yıl	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	115.680	40.204	5.026	88	2,2	0,76

Senaryo 4'te Kartepe ilçesi evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar sonucunda toplam sera gazı emisyon değeri 88 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeler için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Kartepe ilçesi evsel katı atıklarını topladıktan sonra 19 km mesafede olan İzmit Düzenli Depolama Sahasına doğrudan taşımaktadır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 0,76 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü ortalamanın altında olup 2,2 kg CO₂-e'dir. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan küresel ısınma faktörü ortalama 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Kartepe ilçesinde sera gazı emisyon değeri ve küresel ısınma faktörünün ortalamanın altında olmasının nedeni İzmit DDS'nın diğer ilçelere kıyasla en yakın ilçe olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.12. Körfez

Körfez ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması, taşınması ve transferi esnasında elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak sera gazı emisyon değeri, küresel

ısınma faktörü ve kişi başı sera gazı emisyon değeri hesaplanmıştır (Tablo 4.51). Manüel olarak yapılan bu çalışmalarda 2017 yılı atık miktarları, sefer sayıları, mesafeler, kat edilen yol verileri kullanılmıştır.

Tablo 4.51: Körfez ilçe bilgileri ve elektrikli araç kullanımı ile hesap sonuçları.

Yakıt Türü	Nüfus	Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonları	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başına Sera Gazı Miktarı
	kişi	ton.yıl ⁻¹	sefer.yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ /ton atık	kg.CO ₂ /kişi
Elektrik	162.230	47.751	7.216	118	2,5	0,73

Senaryo 4'te Körfez ilçesi evsel katı atıkların toplama, taşıma ve transferinde elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak yapılan hesaplamalar neticesinde toplam sera gazı emisyon değeri 118 ton CO₂-e'dir. Tüm ilçeleri için hesaplanan sera gazı emisyon değeri ortalama 121 ton CO₂-e'dir. Körfez ilçesine ait evsel katı atıklar toplanıp, 15 km mesafede bulunan Körfez Aktarma İstasyonuna taşınmıştır. Buradan da atıkların 25 km mesafede olan İzmit DDS'na transferi sağlanmıştır. Kocaeli'nin tüm ilçeleri için hesaplanan kişi başı sera gazı emisyon değeri ortalama 0,8 kg CO₂/kişi'dir. Oluşan sera gazı miktarının nüfusa bölünmesiyle ilçeye ait kişi başı sera gazı emisyon değeri 0,73 kg CO₂-e'dir.

İlçede elektrikli araç kullanıldığı varsayıldığında bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü 2,5 kg CO₂-e'dir. Tüm ilçelere ait küresel ısınma faktörü ortalama olarak 3,3 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Körfez ilçesi ortalamanın altında kalmaktadır. Bunun nedeni, Körfez ilçesine ait atıkların aktarma istasyonu kullanılarak optimum mesafede bulunan DDS'na taşınmasından dolayıdır.

Senaryo 4'te Kocaeli ili evsel katı atıkların toplama taşıma ve transferinde elektrikli araç kullanıldığı varsayılarak hesaplanan sera gazı emisyon değerleri, küresel ısınma faktörü ve kişi başı oluşan sera gazı miktarı Tablo 4.52'de verilmiştir.

Tablo 4.52: Elektrikli araç kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri

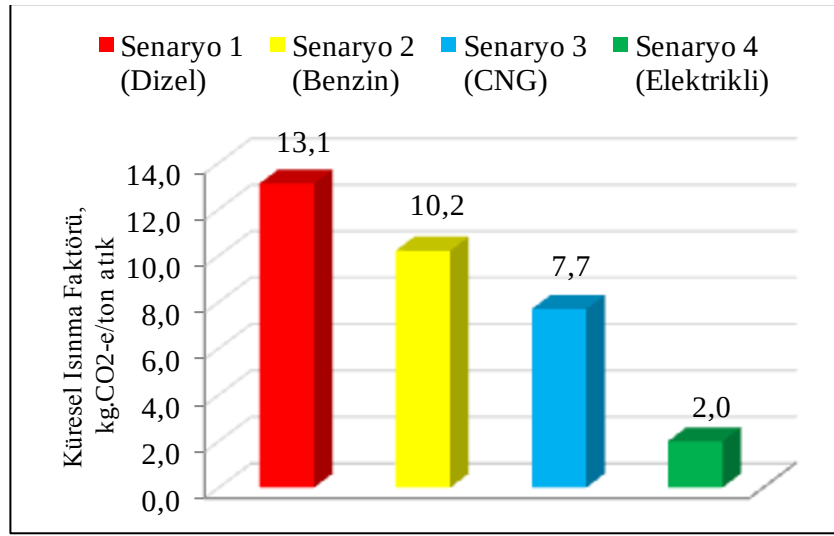
No	Belediye	Nüfus	Atık Miktarı	Kişi Başı Atık Miktarı	Toplam Sefer	Sera Gazı Emisyonu	Küresel Isınma Faktörü	Kişi Başı Sera Gazı Miktarı
		kişi	ton.yıl ⁻¹	kg. kişi.gün ⁻¹	sefer. yıl ⁻¹	ton (CO ₂)	kg.CO ₂ . ton atık ⁻¹	kg.CO ₂ . kişi ⁻¹
1	BAŞİSKELE	93.988	33.678	0,98	3.742	69	2,0	0,73
2	ÇAYIROVA	128.135	38.657	0,83	5.228	114	5,8	0,89
3	DARICA	198.153	53.933	0,75	11.460	145	4,3	0,73
4	DERİNCE	140.800	42.208	0,82	6.964	108	2,6	0,77
5	DİLOVA SI	47.663	16.036	0,92	2.366	42	4,9	0,89
6	GEBZE	368.278	116.697	0,87	13.336	295	4,4	0,80
7	GÖLCÜK	161.117	48.479	0,82	5.387	138	2,9	0,86
8	İZMİT	360.409	130.574	0,99	14.508	219	1,7	0,61
9	KANDIRA	50.413	17.304	0,94	2.596	57	3,3	1,14
10	KARAMÜRSEL	56.404	17.268	0,84	2.734	59	3,4	1,04
11	KARTEPE	115.680	40.204	0,95	5.026	88	2,2	0,76
12	KÖRFEZ	162.230	47.751	0,81	7.216	118	2,5	0,73
Toplam		1.883.270	602.788		80.562	1.452		
Ortalama				0,88		121	3,3	0,8

Tablo 4.52'de de görüldüğü üzere elektrikli araç kullanılması durumunda toplam sera gazı miktarı (sadece elektrik üretim aşamasında ortaya çıkan sera gazı) en yüksek olan ilçe Gebze iken (295 ton CO₂-e) en düşük sera gazı miktarı Dilovası ilçesinde hesaplanmıştır (42 ton CO₂-e). Buna karşılık küresel ısınma faktörü en yüksek Çayırova ilçesinde hesaplanmıştır (5,8 kg. CO₂-e ton atık). Çayırova ilçesi toplam sera gazı miktarında 12 ilçe arasında altıncı sırada yer almasına rağmen küresel ısınma faktörü sıralamasında ilk sırada yer almıştır. Bunun muhtemel sebepleri Çayırova ilçesi ile İzmit DDS arası mesafenin fazla olması ve m²'ye düşen kişi sayısının ilçeler arasında ikinci sırada olması olarak özetlenebilir. Buna karşılık küresel ısınma faktörü en düşük olan ilçe 1,7 kg. CO₂-e ton atık ile İzmit ilçesidir ki bunun sebebi olarak da İzmit DDS'nin bu ilçenin sınırları içerisinde yer almasıdır.

4.5. İlçelere Göre Her Bir Senaryoda Oluşan Küresel Isınma Faktörü Değerlerinin Karşılaştırılması

4.5.1. Başiskele

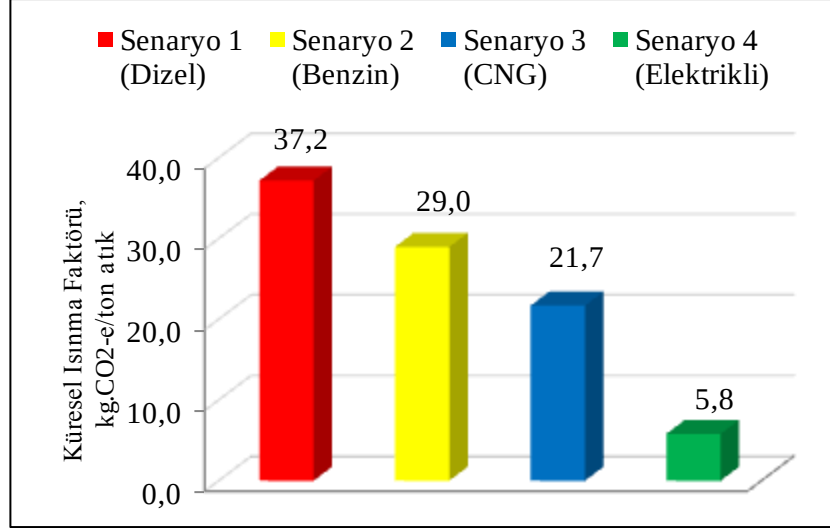
Başiskele ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşturulan senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1: Başiskele ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.2. Çayırova

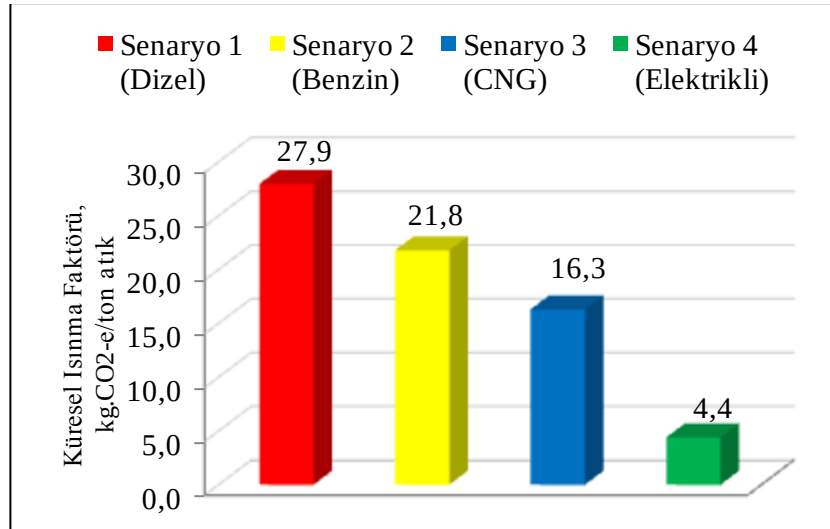
Çayırova ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2: Çayırova ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.3. Darıca

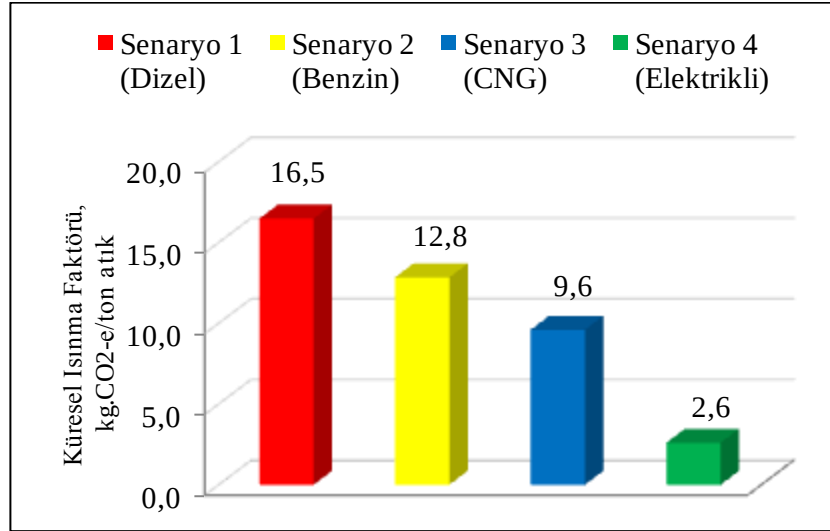
Darıca ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.3'te verilmiştir.



Şekil 4.3: Darıca ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.4. Derince

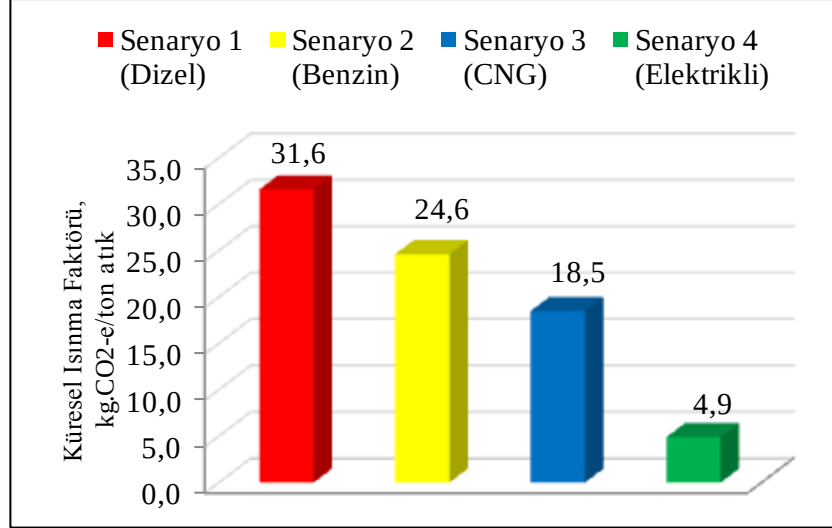
Derince ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.4: Derince ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.5. Dilovası

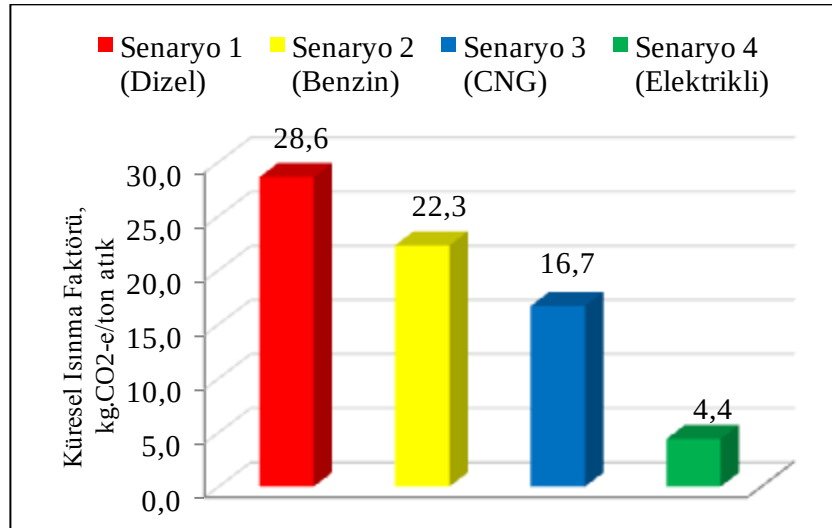
Dilovası ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.5: Dilovası ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.6. Gebze

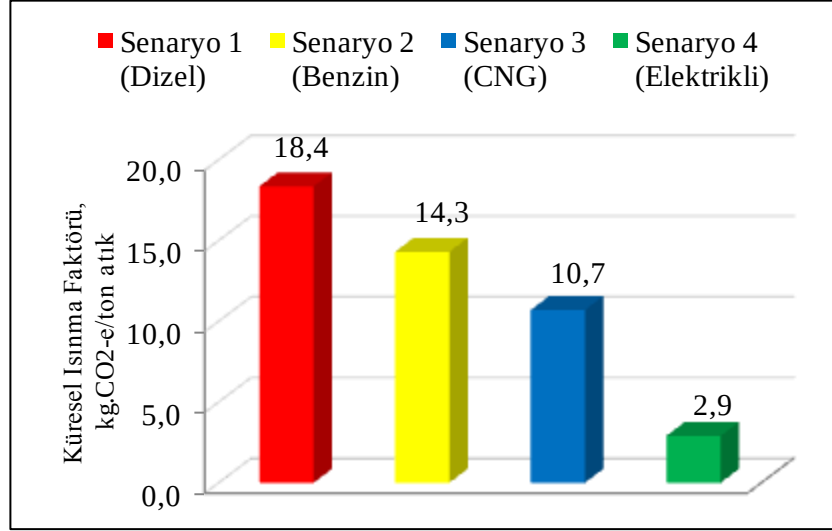
Gebze ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6: Gebze ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.7. Gölcük

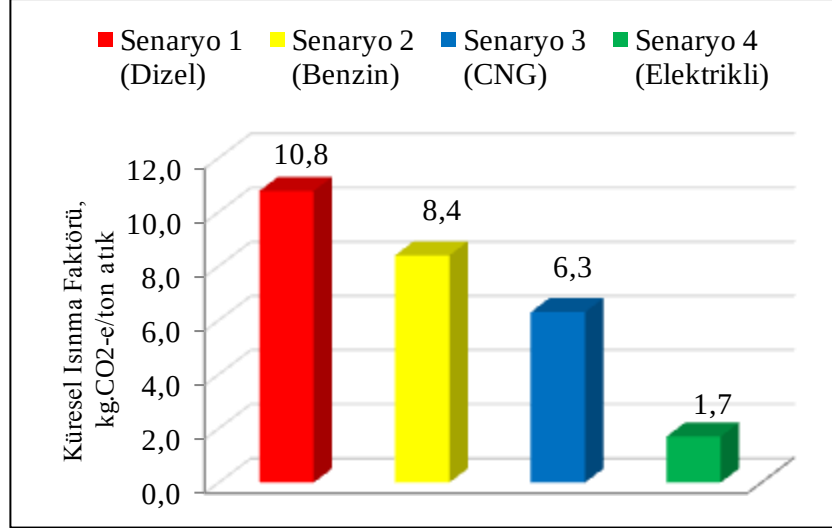
Gölcük ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7: Gölcük ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.8. İzmit

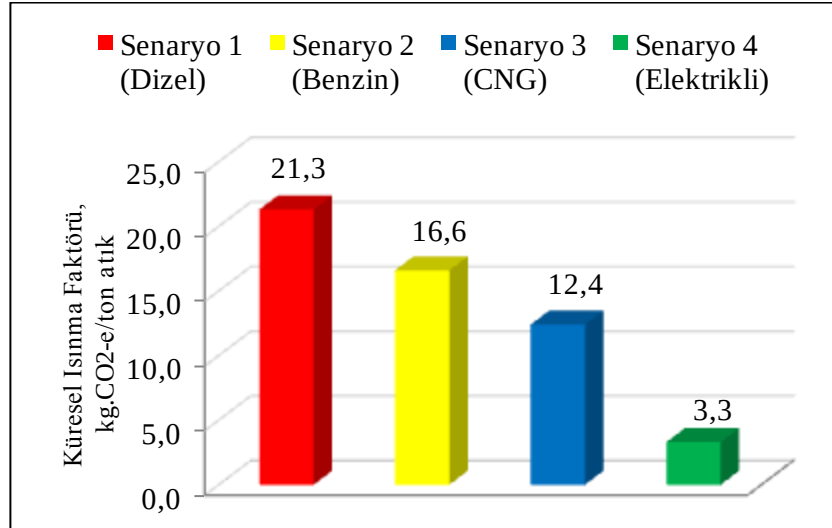
İzmit ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8: İzmit ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.9. Kandıra

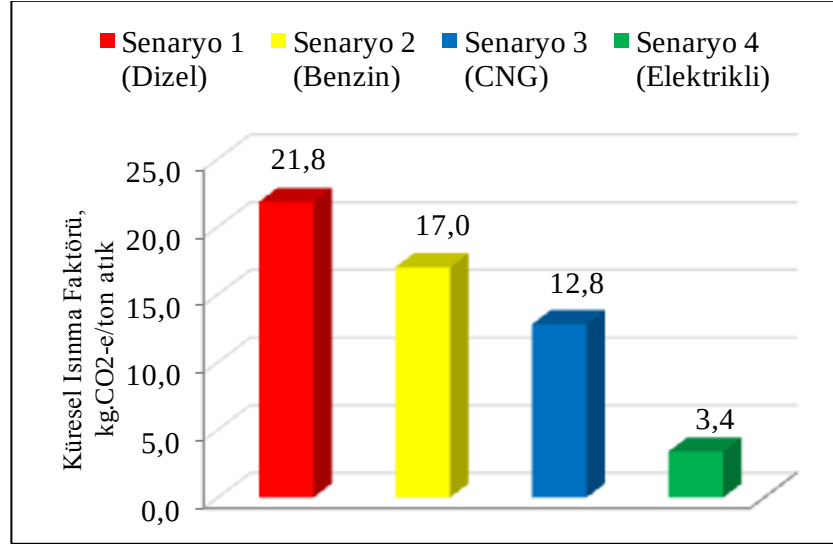
Kandıra ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.9: Kandıra ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.10. Karamürsel

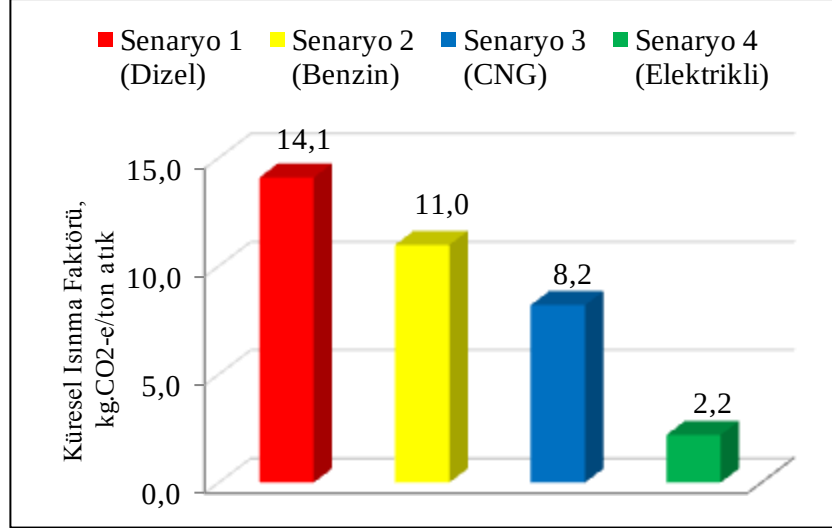
Karamürsel ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.10: Karamürsel ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

4.5.11. Kartepe

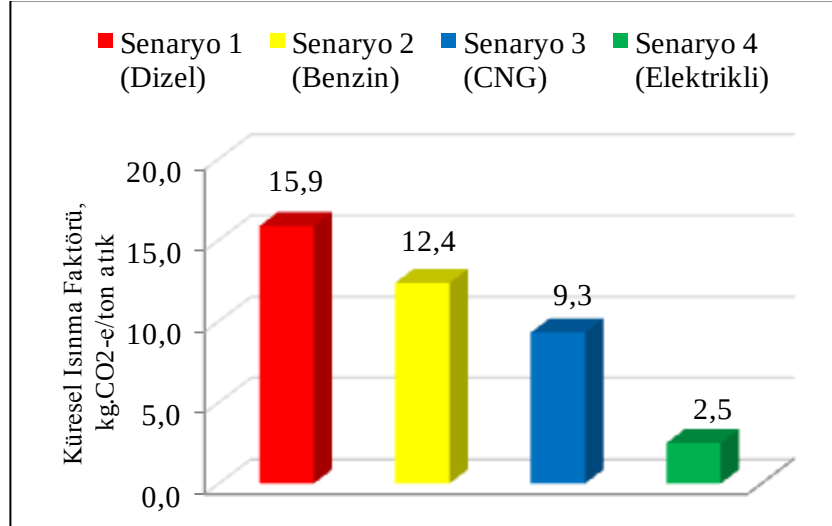
Kartepe ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.11: Kartepe ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

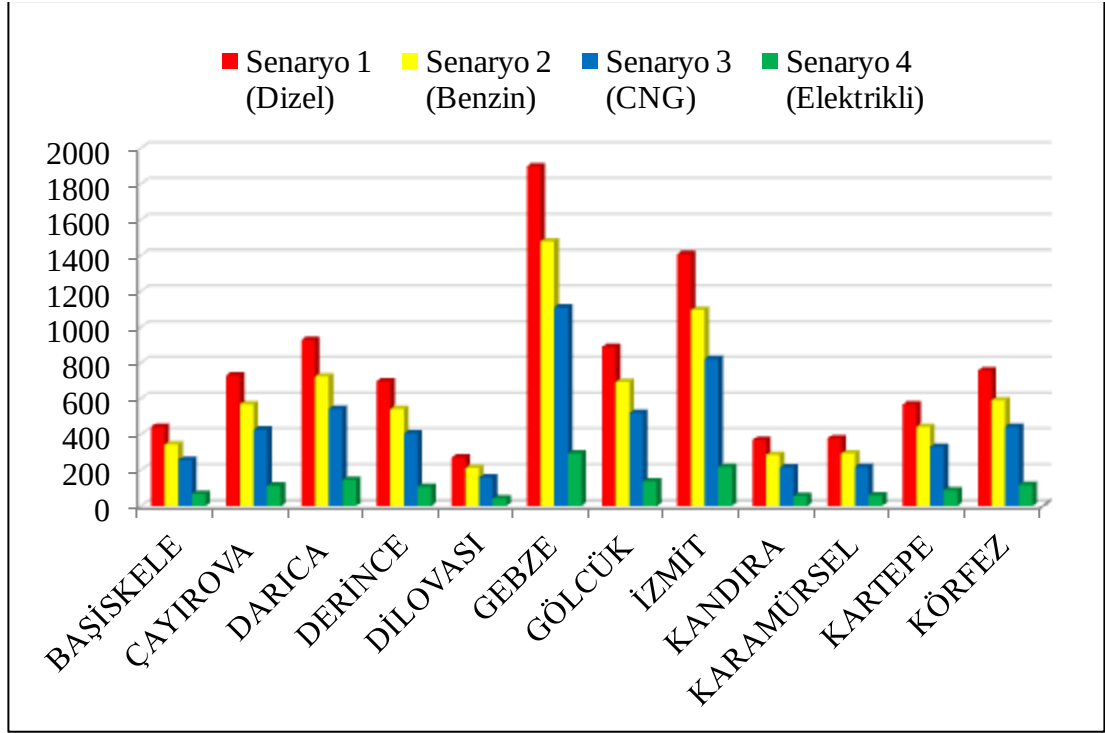
4.5.12. Körfez

Körfez ilçesine ait evsel katı atıkların toplanması taşınması ve transferinde kullanılan araçlarda 4 farklı yakıt türü için oluşacak senaryolara göre hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre küresel ısınma faktörü sonuçları Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12: Körfez ilçesi farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

Kocaeli ilçelerine ait toplam sera gazı emisyon değerleri oluşturulan senaryolar ile Şekil 4.13'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.13: Tüm ilçelere ait farklı yakıt türlerine göre sera gazı emisyon değerleri.

Başiskele ilçesi farklı yakıt türü senaryoları için taşıma esnasında İzmit DDS'na olan mesafesinin diğer ilçelere kıyasla yakın olmasından dolayı ortalama sera gazı emisyon değeri düşük çıkmıştır.

Çayırova ilçesi farklı yakıt türü senaryoları için yılın ilk beş ayında Dilovası DDS'na, son yedi ayında İzmit DDS'na taşınmaktadır. Çayırova ilçesinde sera gazı emisyon değerine en büyük etkisi olan parametre atıkların aktarma istasyonundan sonra İzmit DDS'na transferindeki mesafenin uzak olmasından kaynaklanmaktadır.

Darica ilçesi farklı yakıt türü senaryoları için atıklarını ilk olarak ilçe içersinde bulunan mini bir aktarma istasyonu ile sonra yılın ilk beş ayında Dilovası DDS'na, son yedi ayında İzmit DDS'na taşınmaktadır. Çayırova ve Darica ilçelerinin konum olarak birbirine yakın olmalarına rağmen, oluşan sera gazı miktarı Çayırova'dan fazladır. Bunun nedeni ilçe içerisinde oluşan atıkların nüfusa bağlı olarak Darica'da daha fazla olması ve atıkların toplanmasında kullanılan araçların küçük hacimli olmasından kaynaklanmaktadır.

Derince ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Derince ilçesinde sera gazı emisyon değerinin düşük çıkması aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

Dilovası ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları yılın ilk beş ayında toplama, aktarmasız Dilovası DDS'na taşıma şeklinde son yedi ayda ise toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Dilovası'nda sera gazı emisyon değerinin en az çıkmasının nedeni, nüfusun en az olduğu ilçe olmasıyla oluşan atık miktarının da az olmasıdır. Bu durumda toplanan ve taşınan atık miktarı da daha az sera gazı oluşumuna neden olmaktadır.

Gebze ve İzmit ilçeleri en fazla nüfusa sahip iki ilçedir. Buna bağlı olarak oluşan atık miktarları da fazladır. Oluşan atık miktarının fazla olması nedeniyle İzmit ilçesinde atıkların toplanması ve aktarmasız taşınması sonucu araçların sefer sayıları buna bağlı yakıt tüketim miktarları ve sera gazı oluşumları fazla çıkmaktadır. Gebze ilçesi için, atıkların toplanması aktarma istasyonuna taşınması araçların sefer sayısını artırmaktadır. Aktarma istasyonundan DDS'ına transfer edilmesi esnasında araçların kat ettiği yol çok uzundur. Tüm bu nedenlerden dolayı, Gebze ilçesine ait atıklardan dolayı oluşan sera gazı emisyon değeri çok fazladır.

Gölcük ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama ve aktarmasız İzmit DDS'na taşıma şeklinde yapılmaktadır. Gölcük ilçesinde sera gazı emisyonlarının komşu ilçesi Başiskele'den fazla çıkmasının nedeni, oluşan atık miktarının Başiskele'ye kıyasla fazla çıkması ve İzmit DDS'na olan mesafesinin biraz daha uzak olmasından kaynaklanmaktadır.

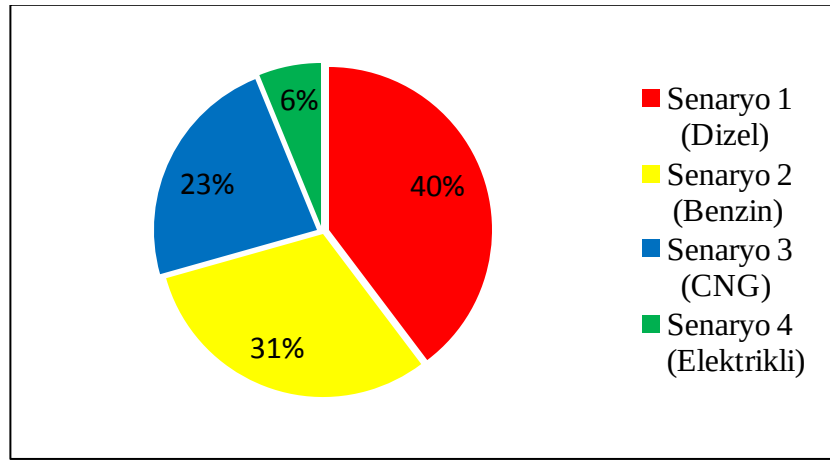
Kandıra ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Kandıra ilçesi nüfusun en düşük olduğu ilçe olması sebebiyle oluşan atık miktarı da düşüktür. Bundan dolayı oluşan sera gazı emisyon değeri de diğer ilçelere kıyasla düşüktür.

Karamürsel ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Karamürsel ilçesi de Kandıra ilçesi gibi nüfusun en düşük olduğu ilçelerden biridir. Bundan dolayı oluşan sera gazı emisyon değeri de diğer ilçelere kıyasla düşüktür.

Kartepe ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için taşıma esnasında İzmit DDS'na olan mesafesinin diğer ilçelere kıyasla en yakın ilçedir. Kartepe ilçesinde nüfusun ve buna bağlı oluşan atığın fazla olması sebebiyle Başiskele ilçesine kıyasla sera gazı emisyon değeri biraz daha fazla çıkmaktadır.

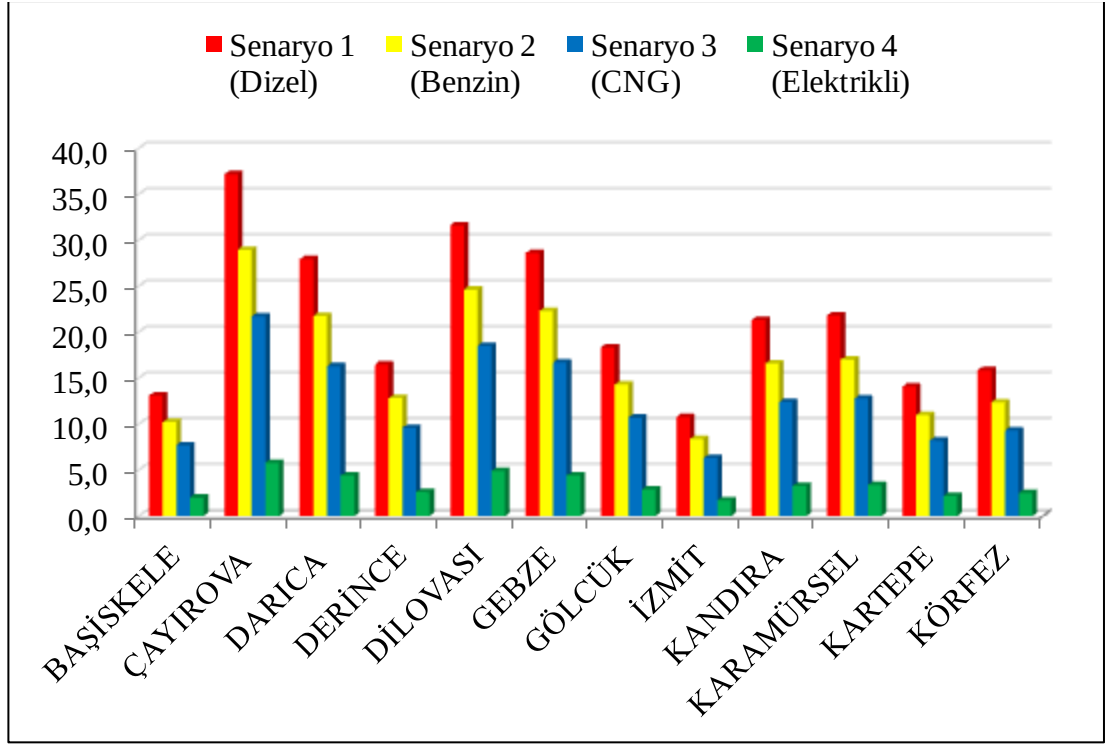
Körfez ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Körfez ilçesinde sera gazı emisyon değerinin düşük çıkması aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

Araçlarda farklı yakıt türleri kullanımı sonucunda oluşan sera gazı miktarlarını kendi içerisinde kıyasladığımızda Şekil 4.14'te görüldüğü gibi en fazla sera gazı salınımına dizel yakıt kullanımı neden olmaktadır.



Şekil 4.14: Farklı yakıt türlerinde sera gazı oluşum oranları.

Kocaeli ilçelerine ait toplam küresel ısınma faktörleri, farklı yakıt türleri için oluşturulan senaryolar ile Şekil 4.15'te karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.15: Tüm ilçelere ait farklı yakıt türlerine göre küresel ısınma faktörleri.

Başiskele ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için taşıma esnasında İzmit DDS'na olan mesafesinin diğer ilçelere kıyasla yakın olmasından dolayı ortalama küresel ısınma faktörü düşük çıkmaktadır.

Çayirova ilçesinde oluşturulan dört farklı yakıt türü senaryoları için küresel ısınma faktörü en büyük olan ilçedir. Bunun en büyük nedeni, taşıma esnasında İzmit DDS'na olan mesafesinin çok uzak olmasıdır. Ayrıca Çayirova ilçesine ait atıklar yılın ilk beş ayında Dilovası DDS'na hacimce küçük olan atık toplama araçları ile taşındığından dolayı Çayirova ilçesi için toplam küresel ısınma faktörü yüksek çıkmaktadır.

Darica ilçesi farklı yakıt türü senaryoları için atıklarını ilk olarak ilçe içersinde bulunan mini bir aktarma istasyonu ile sonra yılın ilk beş ayında Dilovası DDS'na, son yedi ayda İzmit DDS'na taşınmaktadır. Darica ve Çayirova ilçelerinin konum olarak birbirine yakın olmalarına rağmen, Çayirova'nın küresel ısınma faktörü daha fazladır. Bunun nedeni Darica ilçesine ait atık miktarının Çayirova'ya göre fazla olması ve bir ton atığın taşınmasında oluşan küresel ısınma faktörünün daha az çıkmasına neden olmaktadır.

Derince ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır.

Derince ilçesinde küresel ısınma faktörünün düşük çıkması aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

Dilovası ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları yılın ilk beş ayında toplama, aktarmasız Dilovası DDS'na taşıma şeklinde son yedi ayda ise toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Dilovası ilçesi için küresel ısınma faktörünün yüksek çıkmasının nedeni, atıkların toplandıktan sonra İzmit DDS'nın tam tersi istikametinde olan Gebze Aktarma İstasyonuna götürülmesi ve oradan da 60 km mesafedeki İzmit DDS'na götürmesidir. Gebze Aktarma İstasyonu yerine atıklar İzmit DDS'na daha yakın olan Körfez Aktarma İstasyonu vasıtasıyla taşınabilir.

Gebze ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Gebze ilçesinin küresel ısınma faktörünün yüksek olmasının nedeni, Gebze'nin kalabalık bir ilçe olmasından dolayı oluşan atık miktarının fazla olması ve atıkların İzmit DDS'na olan transferinde kat edilen yolun çok uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Gebze ilçesi ile İzmit ilçesinin nüfus ve oluşan atık miktarları birbirine çok yakın olmasına rağmen oluşan küresel ısınma faktörleri arasındaki bu fark, nihai bertaraf sahasının İzmit ilçe sınırları içerisinde olmasından kaynaklanmaktadır.

Gölcük ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama ve aktarmasız İzmit DDS'na taşıma şeklinde yapılmaktadır. Gölcük ilçesinde küresel ısınma faktörünün komşu ilçesi Başiskele'den fazla çıkmasının nedeni, oluşan atık miktarının Başiskele'ye kıyasla fazla çıkması ve İzmit DDS'na olan mesafesinin biraz daha uzak olmasından kaynaklanmaktadır.

İzmit ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama ve ilçe içerisinde bulunan DDS'na aktarmasız taşıma şeklinde yapılmaktadır. İzmit ilçesi nüfus ve atık oluşum miktarı bakımından Gebze ile birbirlerine benzemektedirler. Ancak, Gebze ilçesinin atıklarını uzun mesafelerce taşıması sonucu Gebze'de bir to atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü yüksek çıkarken İzmit taşıma mesafesinin kısa olması sebebiyle oluşan küresel ısınma faktörü en düşük ilçedir.

Kandıra ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Kandıra ilçesi nüfusun en düşük olduğu fakat yüzölçümünün en yüksek olduğu ilçedir. Kandıra ilçesi için küresel ısınma faktörü ilçede atık toplanan

yüzey alanının çok geniş olması ve atıkların aktarma istasyonundan DDS'na transferindeki mesafenin fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Karamürsel ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Karamürsel ilçesi de Kandıra ilçesi gibi nüfusun en düşük olduğu ilçelerden biridir. Karamürsel ilçesinde atıkların aktarma istasyonundan DDS'na transferindeki mesafenin fazla olmasından dolayı oluşan küresel ısınma faktörü yüksek çıkmaktadır.

Kartepe ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için taşıma esnasında İzmit DDS'na olan mesafesinin diğer ilçelere kıyasla en yakın ilçedir. Kartepe ilçesinde nüfusun ve buna bağlı oluşan atığın fazla olması sebebiyle Başiskele ilçesine kıyasla küresel ısınma faktörü biraz daha fazla çıkmaktadır.

Körfez ilçesinde oluşturulan farklı yakıt türü senaryoları için toplama, aktarma istasyonuna taşıma ve oradan da İzmit DDS'na transferi şeklinde yapılmaktadır. Körfez ilçesinde küresel ısınma faktörünün düşük çıkması aktarma istasyonu ile DDS arası mesafenin diğer ilçelere göre daha kısa olmasından kaynaklanmaktadır.

Tüm ilçelere ait yapılan karşılaştırmalarda, kullanılan yakıt türü ile bir kıyaslama yapıldığında da en fazla değerleri mevcut durum olan Senaryo 1'de dizel yakıt tüketimi sonucunda oluşturmaktadır.

4.6. Model

4.6.1. Toplama ve Taşımada Modelleme

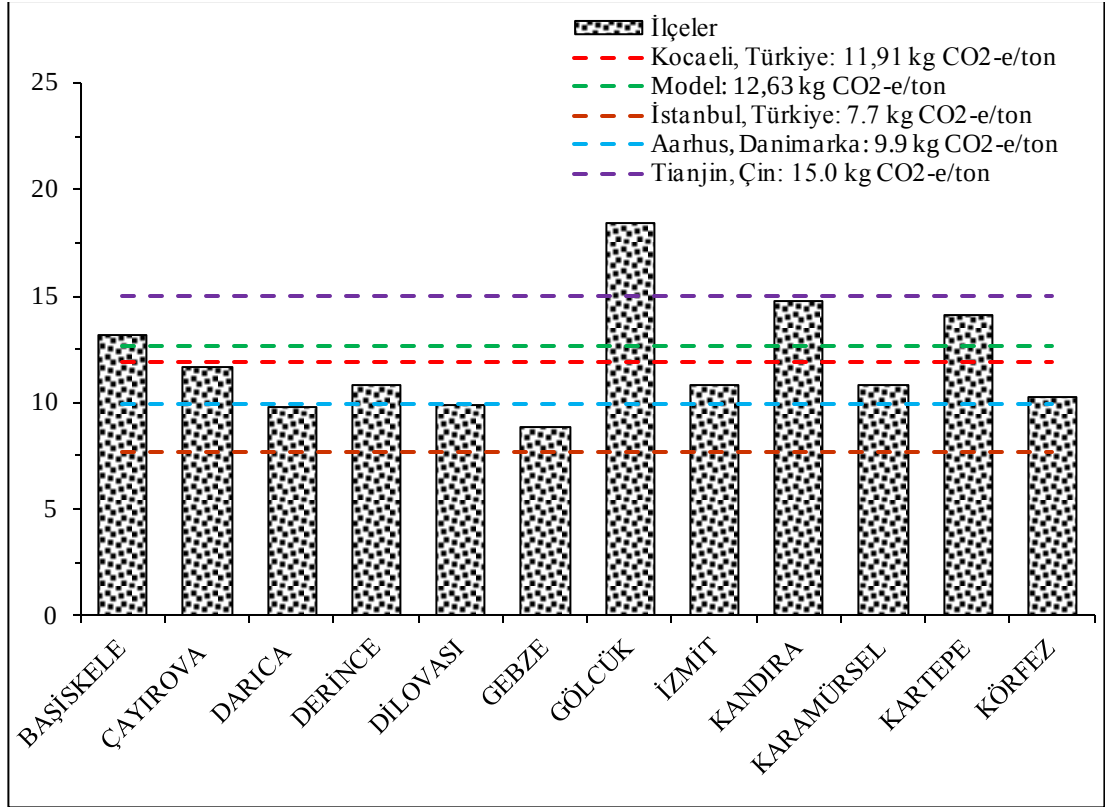
Kullanılan model, evsel katı atıkların toplanması, aktarma istasyonlarına taşınması veya toplanıp doğrudan düzenli depolama sahasına taşınmasında oluşan sera gazı emisyonlarını hesaplamaktadır. Bu nedenle model ile yapılan karşılaştırmalarda manüel hesaplamalar içinde sadece toplama ve taşıma için elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. Modelde kullanılan parametreler Tablo 4.53'te verilmiştir. Yakıt sınıfına göre değerlendirildiğinde dizel, benzin, CNG ve elektrik için model kullanılmıştır.

Tablo 4.53: Modelde kullanılan parametreler.

Tanımlar	Birim	Değer
Ortalama konteynır hacmi	L	1.800
Konteynırdaki atık yoğunluğu	kg.m ⁻³	250
Nüfus	kişi	1.883.270
Hanehalkı	hane sayısı	526.413
Toplam atık miktarı	ton.yıl ⁻¹	602.788
Atık toplama sıklığı	gün/hafta	7
Günlük çalışma saati	saat	24
Her bir duruş için geçen süre	dakika/duruş	1,5
Konteynırlar arası seyahat süresi	dakika	5
Güzergah ile depo sahası arasında geçen süre	dakika	20
Atığın boşaltılması için geçen süre	dakika	7

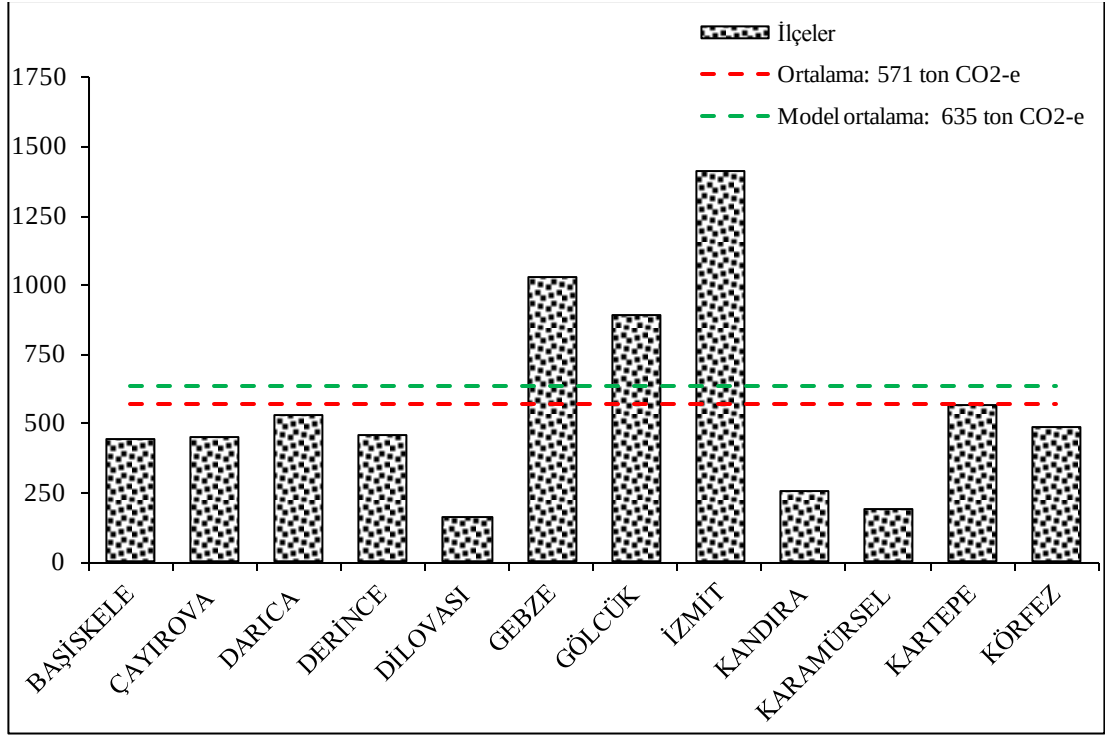
Modelde, işin fonksiyonelliği, gözlem ve belediye uygulamaları olarak değerlendirildiğinde konteynırlar 3'lü gruplar olarak düşünülmüştür. Tek bir konteynırın hacmi ortalama 600 L olarak kabul edilip, atıkları toplamak için duran her aracın 3 konteynırı toplama aracına boşalttığı varsayılması üzerine ortalama konteynır hacmi 1.800 L olarak kabul edilmiştir.

Danimarka'nın Aarhus şehrinde ortalama küresel ısınma faktörü değeri 9,3 ile 9,9 kg CO₂-e olarak hesaplanmıştır [84]. Bazı Avrupa ülkeleri için yapılan çalışmalarda küresel ısınma faktörü 5 ile 17 kg CO₂-e aralığında bulunmuştur [89] [90], [91]. Çin'in Tianjin şehri için küresel ısınma faktörü 15 kg CO₂-e olarak hesaplanmıştır [92] ve İstanbul için yapılan çalışmada hesaplanan küresel ısınma faktörü 7,7 kg CO₂-e'dir [93]. Dizel yakıt için literatürde bulunan değerler ile Kocaeli için yapılan çalışma sonuçları ve model sonuçları Şekil 4.16 ve Şekil 4.17'de verilmiştir.



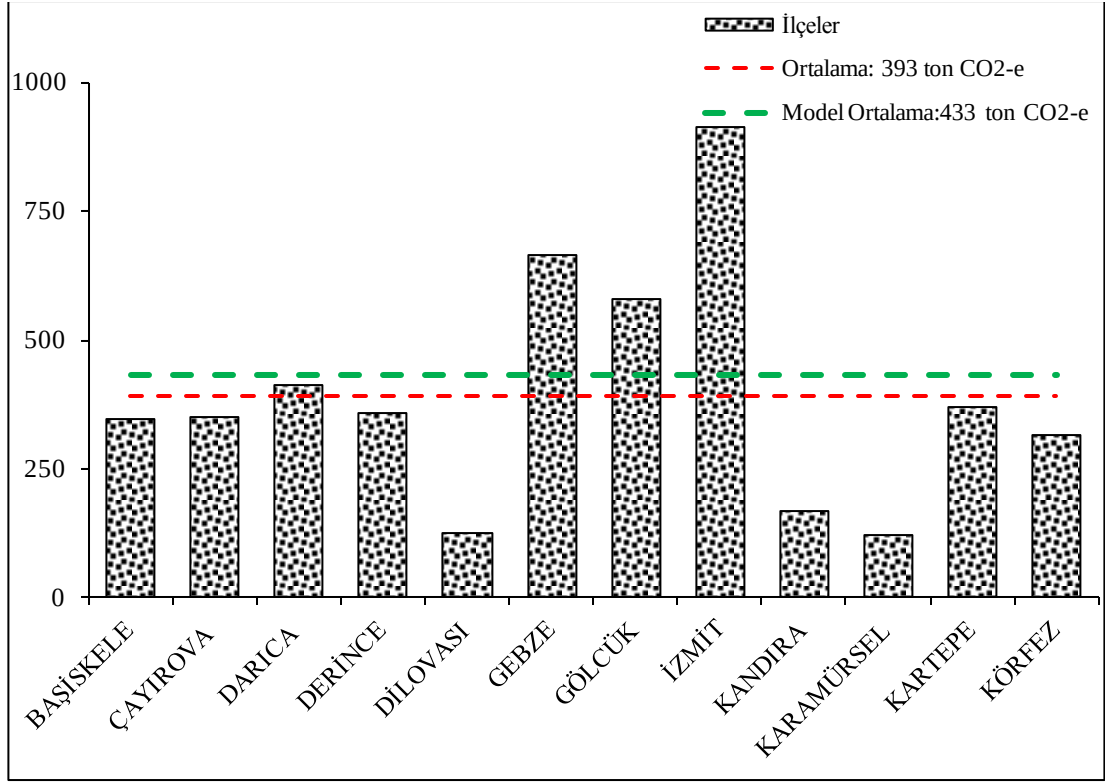
Şekil 4.16: Evsel katı atıkların toplama ve taşınmasında dizel yakıt kullanımı sonucu oluşan küresel ısınma faktörünün karşılaştırması

Dizel yakıt kullanan araçlar ile atıkların toplanması ve taşınmasında, Kocaeli ili için 1 ton atığın taşınmasında oluşan küresel ısınma faktörü manüel hesaplamada ortalama 11,9 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Nümerik model ile yapılan hesaplamada ortalama 12,6 kg CO₂-e/ton-atık'dır. Bu ortalama değerlerin üzerinde bir küresel ısınma faktörlerine sahip olan Başiskele, Gölcük ve Kartepe ilçeleri atıklarını toplayıp aktarmasız bir şekilde DDS'na taşımaktadırlar. Bu sebeptendir ki atıkların mahallelerdeki konteynırlardan toplanması ve yine aynı araçlar ile taşınması ile küresel ısınma faktörleri yüksek çıkmıştır. Kandıra ilçesi yüzölçümü olarak en geniş fakat nüfus ve oluşan atık miktarı bakımından da en küçük ilçelerden biridir. Evsel katı atıklarını aktarma istasyonu vasıtasıyla DDS'na transfer etmektedir. Yüzölçümünün geniş olması sebebiyle evsel katı atıkları aktarma istasyonuna taşınması esnasında oluşan sera gazı emisyon değeri yüksek çıkmaktadır. Oluşan atık miktarının da az olması sebebiyle, Kandıra ilçesinde bir ton atığın taşınmasıyla oluşan küresel ısınma faktörü yüksek değerlerde sonuçlar vermiştir.

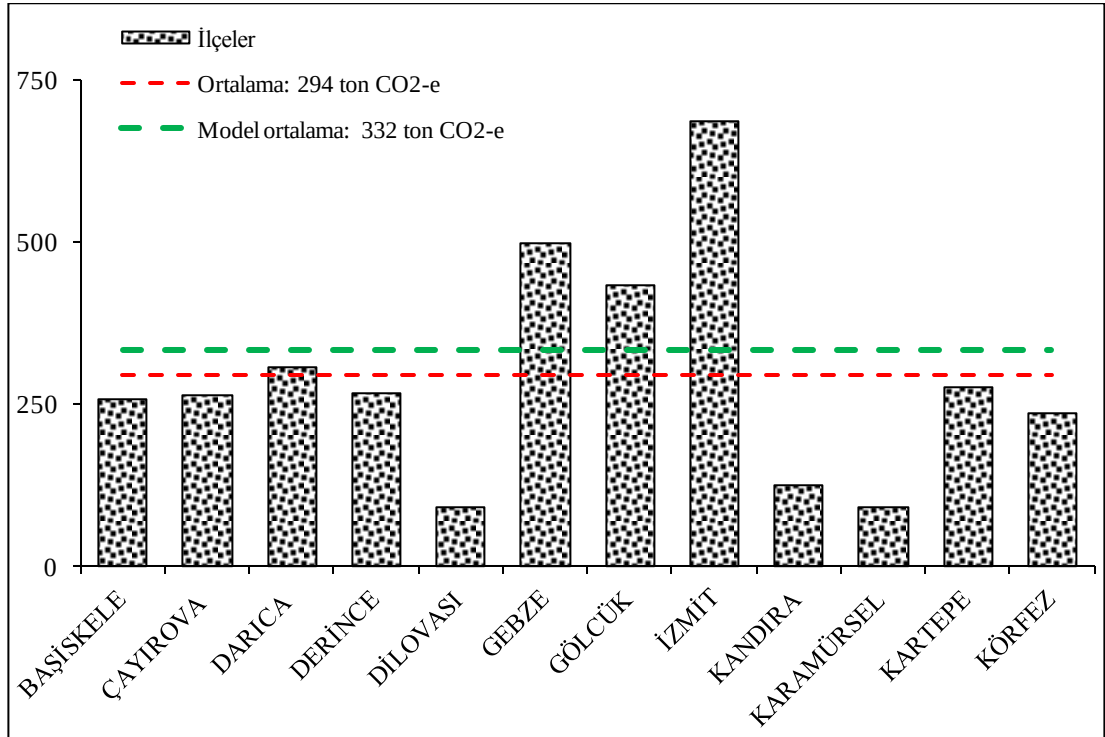


Şekil 4.17: Toplama ve taşımada dizel kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri

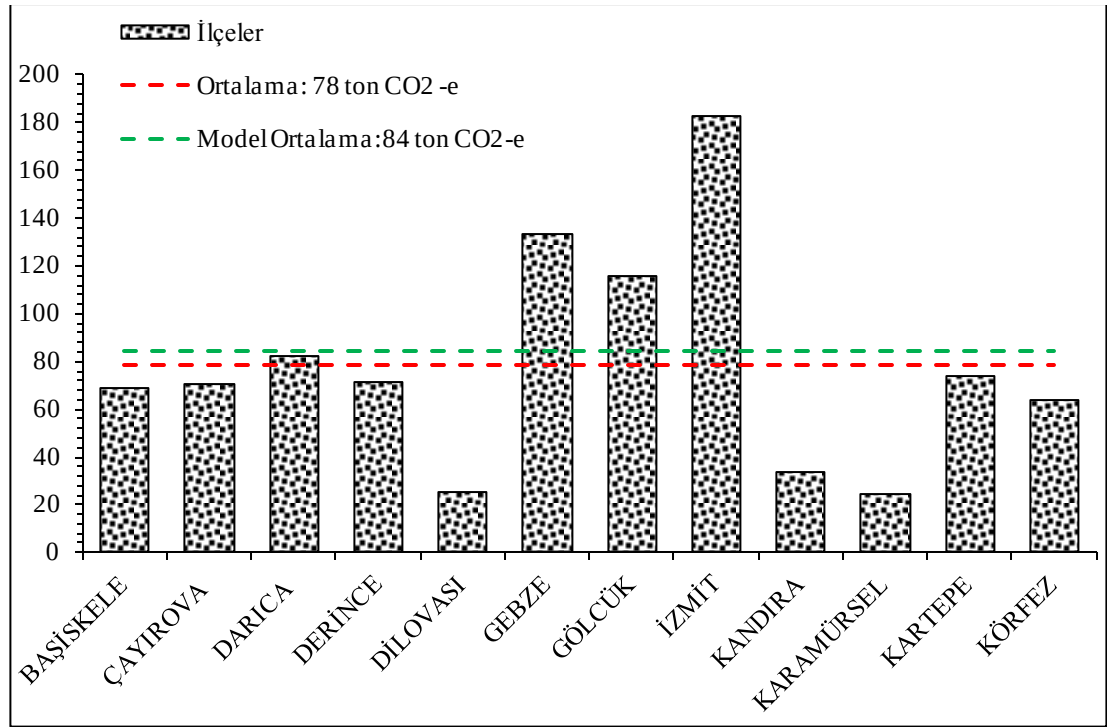
Yakıt olarak benzin, CNG ve elektrik kullanılması durumunda ortaya çıkan sera gazı emisyon değerleri ve model sonuçları sırası ile Şekil 4.18, Şekil 4.19 ve Şekil 4.20’de verilmiştir. Manüel hesaplamalarda olduğu gibi model hesaplamalarında da elektrikli araçlar hem sera gazı hem de küresel ısınma faktörü miktarı açısından daha en düşük değerlerde hesaplanmıştır.



Şekil 4.18: Toplama ve taşımada araçlarda benzin kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri



Şekil 4.19: Toplama ve taşımada araçlarda CNG kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri



Şekil 4.20: Toplama ve taşımada elektrikli araç kullanımı sonucu oluşan sera gazı emisyon değerleri

Manüel hesaplama çıktıları ile nümerik model çıktıları karşılaştırıldığında, model çıktılarının biraz yüksek olduğu görülmektedir. Örneğin dizel yakıt kullanılması sonucu ortaya çıkan sera gazı miktarına baktığımızda manüel olarak yapılan hesaplamada 571 ton CO₂-e olarak hesaplanmasına karşın bu değer nümerik model ile yapılan hesaplamada 635 ton CO₂-e olarak hesaplanmıştır. Yani nümerik model dizel yakıt için sera gazı miktarını manüel hesaplama göre 64 ton CO₂-e daha fazla hesaplamıştır. Küresel ısınma faktörü değerine baktığımızda ise, manüel hesaplamada bu değer 11,91 kg CO₂-e/ton iken nümerik model ile yapılan hesaplamada küresel ısınma faktörü 12,63 kg CO₂-e/ton, yani taşınan 1 ton atık başına 0,72 kg daha fazla CO₂-e hesaplanmıştır. Nümerik model ile yapılan hesaplamalarda manüel yapılan hesaplama göre hem sera gazı miktarının hem de küresel ısınma faktörü değerinin biraz yüksek çıkmasının sebebi, modelde kullanılan parametrelerde öncelikli atık yoğunluğu olmakla beraber, aracın atık toplama ve taşıma esnasındaki durma ve kalkmaları, atık alırken ki geçen zaman, iki konteynır arası gidilen mesafe, işçinin öğle yemeği ve dinlenme süreleri, atığın aktarma istasyonu veya düzenli depolama sahalarında boşaltım süreleri gibi parametreler etkilemektedir. Tüm bu parametreler model kullanılarak yapılan hesaplamalarda manüel hesaba göre % 10 oranında daha fazla yakıt tüketilmesine neden olmakta ve

ortaya çıkan toplam sera gazı miktarı hem de küresel ısınma faktörü değeri daha yüksek çıkmaktadır. Bu durum sadece dizel yakıt için değil, diğer yakıtlar olan benzin, CNG ve elektrik için de geçerlidir.

Nümerik model ile yapılan hesaplamalar gerçeğe daha yakın değerleri göstermektedir. Bu sebeple ilerideki nüfus artışına paralel olarak atık miktarı da artacağı için nümerik model yardımı ile gerek her bir ilçe için gerekse de tüm Kocaeli ili için atık toplama ve taşıma esnasında oluşacak olan sera gazı miktarı ve küresel ısınma faktörleri modelin güncellenmesi ile çok daha hızlı ve kolayca hesaplanacaktır.

5. YORUM VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada Kocaeli ili evsel katı atık toplama ve taşıma esnasında kullanılan araçlardan farklı yakıt türlerine göre oluşacak olan sera gazı miktarları ve küresel ısınma değerleri hem manüel olarak hem de nümerik bir model yardımı ile hesaplanmıştır. Çıkan değerler İstanbul da dahil olmak üzere literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Kocaeli için hesaplanan küresel ısınma faktörü (11,91 kg CO₂-e/ton-atık) İstanbul ve Danimarka için yapılan çalışmalardan yüksek çıkarken Çin'de yapılan bir çalışmadan daha düşük çıkmıştır. Küresel ısınma faktörünün İstanbul'a (7,7 kg CO₂-e/ton-atık) göre daha yüksek çıkması irdelenmesi gereken bir husustur çünkü iki değer arasında ciddi bir fark vardır. Bu hususun sebebi olarak Kocaeli ilinin batısında yer alan Gebze, Çayırova, Dilovası ve Darıca ilçelerinin toplam atık üretimine etkisinin fazla oluşu ve buna karşılık düzenli depo sahasının oldukça uzak olması olarak gösterilebilir. Şayet Dilovası DDS faaliyette olsa idi Kocaeli ili sera gazı miktarı ve küresel ısınma faktörü daha düşük çıkması mümkün olabilirdi.

Gebze, Çayırova, Dilovası ve Darıca ilçeleri 2017 yılının ilk beş ayında atıklarını aktarmalı veya aktarmasız bir şekilde Dilovası DDS'na taşımışlardır. Dilovası DDS kapatılınca, son 7 ayda bu ilçelerin atıkları aktarmalı olarak İzmit DDS taşınmıştır. Aktarma istasyonundan İzmit DDS'na kat edilen yol çok uzun olduğu için, sera gazı miktarları da fazla çıkmıştır. 2018 yılı için Kocaeli ili katı atık toplanma ve taşımadan oluşan sera gazı miktarı 2017 yılı için yapılan hesaplamalara göre daha yüksek bir değerlerde çıkacağı öngörülmektedir. Bunun nedeni ise bu dört ilçeye ait toplanan katı atıkların Dilovası DDS'ye depolanması yerine İzmit DDS'na götürülmesidir.

Kocaeli ili için mevcut olan İzmit DDS'na ilave olarak hizmete açılacak ikinci bir DDS Gebze, Çayırova, Dilovası ve Darıca ilçelerine hizmet vermek üzere entegre bir katı atık yönetim sistemi faaliyete geçirilmelidir. Bu şekilde batıda yer alan bu ilçelerden kaynaklanan sera gazı emisyon değerleri ve küresel ısınma faktörleri ciddi oranlarda azaltılmış olur.

Yapılan karşılaştırma çalışması neticesinde mevcut durumu ortaya koyan Senaryo 1'de dizel yakıt kullanımı sonucu en fazla sera gazı salınımına ve küresel ısınma faktörüne neden olduğu görülmektedir. Yakıt olarak benzin kullanıldığında

oluşabilecek olan sera gazı emisyonlarını ve buna bağlı küresel ısınma faktörünü % 22 oranında, CNG kullanıldığında % 42 oranında ve elektrikli araç kullanıldığında ise % 80 oranında azaltıldığı hesaplanmıştır.

Tüm senaryolar yani yakıt türleri göz önüne alındığında Senaryo 4'te elektrikli araçların kullanımı hem toplam sera gazı miktarı açısından hem de küresel ısınma faktörü değeri açısından daha çevreci bir seçenek olarak gözükmektedir.

Atık toplama ve taşımada oluşacak olan sera gazı miktarlarını azaltmak için yapılması gerekenler şu şekilde sıralanabilir;

- Güzergah optimizasyonu: Şehirlerde yoğun trafik atık toplama araçlarında olduğu gibi sık dur kalk hareketleri ortalama olarak % 30 daha fazla yakıt tüketilmesine neden olmaktadır.
- Maksimum konteynır doluluğu: Konteynırların optimum doluluğa ulaşması için şehir içi konumlarının ve grup sayılarının optimum olacak şekilde belirlenmesi sayesinde araçların gereksiz dur-kalk yapma ve bekleyerek fazla zaman harcamasını azaltarak sera gazı emisyonunda azaltım sağlanır.
- Maksimum araç doluluğu: Atık toplama araçları tamamen dolmadan aktarma istasyonuna veya bertaraf sahasına gitmemelidir. Bunun için varış noktalarında aracın hacmine bağlı olarak atık yoğunluğunu belirlemek ve aracın taşıma kapasitesini belirlemek için mutlaka hem tartım alınmalı ve hem de göz ile kontrol yapılmalıdır.
- Uygun yakıt kullanımı (CNG, hibrit veya elektrik): Daha çevreci ve sera gazı salınımı daha az olan yakıtlar tercih edilmelidir. Örneğin elektrikli atık toplama araçları Kuzey Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Eğer elektrikli araçlar tercih edilemiyorsa CNG veya hibrit araçlar tercih edilmelidir, dizel araç kullanımından sakınılmalıdır.
- Yeraltı konteynırları: Cadde üstüne konteynır koyma imkanı olmayan yerlere yeraltı konteynırları kullanarak atık toplamada gerekli olan uygun mesafeli konteynır aralığı sağlanarak toplama optimizasyonu sağlanarak sera gazı emisyonunun azalması sağlanır.
- Akıllı sıkıştırma: Atık toplayan araçlarda toplanan atıklar için sıkıştırma işlemini daha verimli yapabilecek akıllı sıkıştırma sistemleri kullanılarak taşınan atık miktarının artırılması sağlanmalıdır.

- Aktarma istasyonları: Yeterli sayıda ve uygun lokasyonlarda aktarma istasyonlarının bulunması yakıt tasarrufu sağlayacaktır.
- 3R: Geri kazanım, geri dönüşüm ve tekrar kullanım ile oluşacak atıkların miktarlarının kaynağında azaltılması sağlanmalıdır.
- Araç bakım ve onarımı: Atık toplama araçları yeni ve bakımlı olmalıdır. Eski araçlar daha çok yakıt tüketir ve daha fazla sera gazı salar.
- Karbon yutak alanları: Yeşil alanların arttırılması ile oluşan sera gazlarının miktarlarını nispeten azaltılması sağlanır.
- Optimum konteynır ve araç hacmi: Yerleşim yerlerinin atık miktarına göre konteynır ve atık toplama araç hacmi belirleyerek optimizasyon yapılarak yakıt tasarrufu sağlanması ile sera gazı emisyonunun azaltımı sağlanabilir.

Yukarıda sıralanan tedbirlerin alınması sonucu daha az yakıt tüketilerek daha fazla miktarda atığın toplanması sonucu sera gazı emisyon miktarı da azaltılmış olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Manaf H., A.E. Rabie K., Abd El-Aal M., (2009), "In Vitro Callus Formation And Plant Regeneration Of Silybum Marianum (L.) Gaertn", ResearchGate 54(2), 283-289.
- [2] Moh Y.C., Abd Manaf L., (2014), "Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia" Resources, Conservation and Recycling, 82, 50-61.
- [3] Web 1, (2010), https://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_waste2012_Final.pdf, (Accessed: 25/11/2018)
- [4] Web 2, (2009), <http://www.epa.gov/smm/pdf/vision2.pdf>, (Accessed: 10/12/2018)
- [5] Rajaeifar M.A., Tabatabaei M., Ghanavati H., Khoshnevisan B., Rafiee S., (2015), "Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran", Renewable and Sustainable Energy Reviews 51, 886-898.
- [6] Web 3, (2018), http://www.ipccdata.org/guidelines/pages/glossary/glossary_fg.html, (Accessed: 14/10/2018)
- [7] Web 4, (2016), <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks-1990-2016>, (Accessed: 13/10/2018)
- [8] Phillis Y.A., Grigoroudis E., Kouikoglou V.S., (2011), "Sustainability ranking and improvement of countries", Ecological Economics 70 (3), 542-553.
- [9] Web 5, (2012), http://funag.gov.br/loja/download/RIO_+_20_O_MODELO_BR_A_SI_LEIRO_-_PORTUGUES.pdf, (Accessed: 22/10/2018)
- [10] Web 6, (2005), http://www.un.org/millenniumgoals/2015_MDG_Report/pdf/MDG%202015%20rev%20%28July%201%29.pdf, (Accessed: 27/10/2018)
- [11] Seok H., Nof S.Y., Filip F.G., (2012), "Sustainability decision support system based on collaborative control theory", Annual Reviews in Control 36 (1), 85-100.
- [12] Das S., Bhattacharyya B.K., (2015), "Optimization of municipal solid waste collection and transportation routes", Waste Management 43, 9-18.
- [13] Wagner J., Bilitewski B., (2009), "The temporary storage of municipal solid waste – Recommendations for a safe operation of interim storage facilities", Waste Management 29 (5), 1693-1701.

- [14] Bovea M.D., Ibáñez-Forés V., Gallardo A., Colomer-Mendoza F.J., (2010), "Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study", *Waste Management* 30 (11), 2383-2395.
- [15] Rada E.C., Ragazzi M., Fedrizzi P., (2013), "Web-GIS oriented systems viability for municipal solid waste selective collection optimization in developed and transient economies", *Waste Management* 33 (4), 785-792.
- [16] Minoglou M., Komilis D., (2013), "Optimizing the treatment and disposal of municipal solid wastes using mathematical programming - A case study in a Greek region" *Resources, Conservation and Recycling* 80, 46-57.
- [17] Rada E.C., (2014), "Energy from municipal solid waste", *WIT Trans. Ecol. Environ.* 190, 945–958.
- [18] Gallardo A., Carlos M., Peris M., Colomer F.J., (2015), "Methodology to design a municipal solid waste pre-collection system. A case study", *Waste Management* 36, 1-11.
- [19] Poser I.V., Awad A.R., (2006), "Optimal routing for solid waste collection in cities by using real genetic algorithm", In: *2nd Int. Conf. Inf. Communication Technology 2006*, 221–226.
- [20] Zhang X., Liu W., Yang H., Tan L., Ao L., Liu J., Cao J., Cui Z., (2014), "Inhibition of PPAR α attenuates vimentin phosphorylation on Ser-83 and collapse of vimentin filaments during exposure of rat Sertoli cells in vitro to DBP", *Reproductive Toxicology* 50, 11-18.
- [21] Cioca L.-I., Ivascu L., Rada E.C., Torretta V., Ionescu G., (2015), "Sustainable Development and Technological Impact on CO₂ Reducing Conditions in Romania", *Sustainability* 7, 1637-1650.
- [22] Pérez J., Lumbreras J., López J.M., García J.A., Vedrenne M., de Andrés J.M., de la Paz D., (2012), "Comparison of greenhouse gas emissions from different vehicles covering the entire life cycle", *WIT Trans. Built Environ.* 128, 85–95.
- [23] Hua L., Shao G., Zhao J., (2017), "A concise review of ecological risk assessment for urban ecosystem application associated with rapid urbanization processes", *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 24 (3), 248-261.
- [24] Sahoo S., Kim S., Kim B.I., (2005), "Routing optimization for waste management", *Interfaces* 35 (1), 24-36.
- [25] Kim B.I., Kim S., Sahoo S., (2006), "Waste collection vehicle routing problem with time windows", *Computers & Operations Research* 33 (12), 3624-3642.
- [26] Weng Y.-C., Fujiwara T., (2011), "Examining the effectiveness of municipal solid waste management systems: An integrated cost–benefit analysis

- perspective with a financial cost modeling in Taiwan", *Waste Management* 31 (6), 1393-1406.
- [27] Consonni S., Giugliano M., Massarutto A., Ragazzi M., Saccani C., (2011), "Material and energy recovery in integrated waste management systems: Project overview and main results", *Waste Management* 31 (9), 2057-2065.
- [28] Massarutto A., Carli A.D., Graffi M., (2011), "Material and energy recovery in integrated waste management systems: A life-cycle costing approach", *Waste Management* 31 (9), 2102-2111.
- [29] Ionescu G., Rada E.C., Ragazzi M., Mărculescu C., Badea A., Apostol T., (2013), "Integrated municipal solid waste scenario model using advanced pretreatment and waste to energy processes", *Energy Conversion and Management* 76, 1083-1092.
- [30] Eriksson O., Bisailon M., Haraldsson M., Sundberg J., (2014), "Integrated waste management as a mean to promote renewable energy", *Renewable Energy* 61, 38-42.
- [31]. Jacobsen R., Buysse J., Gellynck X., (2013), "Cost comparison between private and public collection of residual household waste: Multiple case studies in the Flemish region of Belgium", *Waste Management* 33 (1), 3-11.
- [32] Aremu A., (2013), "In-Town Tour Optimization of Conventional Mode for Municipal Solid Waste Collection", *Nigerian Journal of Technology* 32 (3), 443-449.
- [33] Nuortio T., Kytöjoki J., Niska H., Bräysy O., (2006), "Improved route planning and scheduling of waste collection and transport", *Expert Systems with Applications* 30 (2), 223-232.
- [34] House B.W., Capson D.W., Schuurman D.C., (2011) "Towards real-time sorting of recyclable goods using support vector machines", In: *IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology (ISSST)* 1-6.
- [35] Islam R., Rahman M.S., (2012), "An ant colony optimization algorithm for waste collection vehicle routing with time windows, driver rest period and multiple disposal facilities", In: *International Conference on Informatics, Electronics Vision (ICIEV)*, 774–779.
- [36] Fan X., Zhu M., Zhang X., He Q., Rovetta, A., (2010), "Solid waste collection optimization considering energy utilization for large city area", In: *International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management* 1905–1909.
- [37] Hannan M.A., Arebey M., Begum R.A., Mustafa, A., Basri, H., (2013), "An automated solid waste bin level detection system using Gabor wavelet filters and multi-layer perception", *Resources, Conservation and Recycling* 72, 33-42.

- [38] Malakahmad A., Khalil N.D., (2011), "Solid waste collection system in Ipoh city", In: International Conference on Business, Engineering and Industrial Applications (ICBEIA) 174–179.
- [39] Web 7, (2012), https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/119486/jor_dao_aa_tcc_arafcl.pdf?sequence=1&isAllowed=y, (Accessed: 18/09/2018)
- [40] Valderrama A., (2013), "10-Year Solid Waste Management Plan for the Municipality of Rizal Laguna", Technical Report No: ChE 284, Solid Waste Management, University Of The Philippines, Los Baños.
- [41] Khan D., Samadder S.R., (2014), "Municipal Solid Waste Management using Geographical Information System aided methods: a mini review", Waste Manag Res 32 (11), 1049-1062.
- [42] Kanchanabhan T., Abbas Mohaideen J., Srinivasan S., Kalyana Sundaram V.L., (2011), "Optimum municipal solid waste collection using geographical information system (GIS) and vehicle tracking for Pallavapuram municipality", Waste Management & Research 29 (3), 323-339.
- [43] Dumitrescu I., Ropke S., Cordeau J.-F., Laporte G., (2008), "The traveling salesman problem with pickup and delivery: polyhedral results and a branch-and-cut algorithm", Mathematical Programming 121 (2), 269.
- [44] Bueno B., (2011), "Waste Collection Services in the US", In: Industry Market Research Report.
- [45] Web 8, (2003), <https://informinc.org/facts-greening-garbage-trucks-newtechnologies-cleaner-air/>, (Accessed: 13.10.2018)
- [46] Web 9, (2011), <https://www.epa.gov/moves>, (Accessed: 25.10.2018)
- [47] Huai T., D. Shah S., Wayne Miller J., Younglove T., Chernich D., Ayala A., (2006), "Analysis of heavy-duty diesel truck activity and emissions data", Atmospheric Environment 40 (13), 2333-2344.
- [48] Rogoff M., Trulock A., Clark B., (2009), "Solid Waste Collection Programs", Municipal Solid Waste Management Elements, 16-25.
- [49] Web 10, (2012), <https://www.dssmith.com/>, (Accessed: 18.11.2018)
- [50] Web 11, (2012), https://www.wm.com/about/pressroom/2012/20120801_CNG.jsp, (Accessed: 11.11.2018)
- [51] Web 12, (2012), <https://www.ngvamerica.org/>, (Accessed: 8.11.2018)
- [52] Mora C., Manzini R., Gamberi M., Cascini A., (2014), "Environmental and economic assessment for the optimal configuration of a sustainable solid waste collection system: a 'kerbside' case study", Production Planning & Control 25 (9), 737-761.

- [53] Apaydın O., Gönüllü M., (2011), "Route time estimation of solid waste collection vehicles based on population density", *Global Nest Journal* 13 (2), 162-169
- [54] Tung D.V., Pinnoi A., (2000), "Vehicle routing–scheduling for waste collection in Hanoi", *European Journal of Operational Research* 125 (3), 449-468.
- [55] Apaydin O., Gönüllü M.T., (2008), "Emission control with route optimization in solid waste collection process: A case study", *Sadhana* 33 (2), 71-82.
- [56] Tavares G., Zsigraiova Z., Semiao V., Carvalho M.G., (2009), "Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling", *Waste Management* 29 (3), 1176-1185.
- [57] Arribas C.A., Blazquez C.A., Lamas A., (2010), "Urban solid waste collection system using mathematical modelling and tools of geographic information systems", *Waste Manag Res* 28 (4), 355-363.
- [58] Kuo R.J., Zulvia F.E., Suryadi K., (2012), "Hybrid particle swarm optimization with genetic algorithm for solving capacitated vehicle routing problem with fuzzy demand – A case study on garbage collection system", *Applied Mathematics and Computation* 219 (5), 2574-2588.
- [59] Son le H., Louati A., (2016), "Modeling municipal solid waste collection: A generalized vehicle routing model with multiple transfer stations, gather sites and inhomogeneous vehicles in time windows", *Waste Manag* 52, 34-49.
- [60] Gilardino A., Rojas J., Mattos H., Larrea-Gallegos G., Vázquez-Rowe I., (2017), "Combining operational research and Life Cycle Assessment to optimize municipal solid waste collection in a district in Lima (Peru)", *Journal of Cleaner Production* 156, 589-603.
- [61] Akhtar M., Hannan M.A., Begum R.A., Basri H, Scavino E., (2017), "Backtracking search algorithm in CVRP models for efficient solid waste collection and route optimization", *Waste Management* 61, 117-128.
- [62] Nowakowski P., (2017), "A proposal to improve e-waste collection efficiency in urban mining: Container loading and vehicle routing problems – A case study of Poland", *Waste Management* 60, 494-504.
- [63] Hannan M.A., Akhtar M., Begum R.A., Basri H., Hussain A., Scavino E., (2018), "Capacitated vehicle-routing problem model for scheduled solid waste collection and route optimization using PSO algorithm" *Waste Management* 71, 31-41.
- [64] Chatzouridis C., Komilis D., (2012), "A methodology to optimally site and design municipal solid waste transfer stations using binary programming", *Resources, Conservation and Recycling* 60, 89-98

- [65] Web 13, (2012), <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/transfer.htm>, (Accessed: 10/10/2018)
- [66] Bovea M.D., Powell J.C., Gallardo A., Capuz-Rizo S.F., (2007), "The role played by environmental factors in the integration of a transfer station in a municipal solid waste management system", *Waste Management* 27 (4), 545-553.
- [67] Web 14, (1995), <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/10000VWJ.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&DocsL>, (Accessed: 5/10/2018).
- [68] Web 15, (2013), https://issuu.com/unep/docs/unep_ar_2013-hr, (Accessed: 3/10/2018).
- [69] Web 16, (2014), <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr>, (Accessed: 23/10/2018)
- [70] Web 17, (2018), <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=istendeks>, (Erişim Tarihi: 28/11/2018).
- [71] İSTAÇ, (2015), "İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı - Sera Gazı Envanteri", (İstanbul Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme San. Tic. A.Ş.) İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, Türkiye.
- [72] REC, (2018), "Kocaeli Sera Gazı Envanteri ve İklim Değişikliği Eylem Planı", (Çevre Koruma Merkezi) Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli Türkiye.
- [73] Web 18, (2014), <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24920>, (Erişim Tarihi: 10/11/2018)
- [74] Web 19, (2017), <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27639>, (Erişim Tarihi: 20/11/2018)
- [75] Maimoun M.A., Reinhart D.R., Gammoh F.T., Mc Cauley Bush P., (2013), "Emissions from U.S. waste collection vehicles", *Waste Management* 33 (5), 1079-1089.
- [76] Fruergaard T., Astrup T., Ekvall T., (2009), "Energy use and recovery in waste management and implications for accounting of greenhouse gases and global warming contributions", *Waste Manag Res* 27 (8), 724-737.
- [77] Web 20, (2016), <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>, (Accessed: 18/11/2018)
- [78] Web 21, (2016), <https://webstore.iea.org/energy-policies-of-iea-countries-turkey-2016-review>, (Accessed: 28/11/2018)
- [79] Web 22, (2018), <https://cleantechnica.com>, (Accessed: 15/11/2018)

- [80] Harrison Kenneth W., Dumas Robert D., Solano E., Barlaz Morton A., Brill E.D., Ranjithan S.R., (2001), "Decision Support Tool for Life-Cycle-Based Solid Waste Management", *Journal of Computing in Civil Engineering* 15 (1), 44-58.
- [81] Solano E., Dumas Robert D., Harrison Kenneth W., Ranjithan S.R., Barlaz Morton A., Downey Brill E., (2002), "Life-Cycle-based Solid Waste Management II: Illustrative Applications", *Journal of Environmental Engineering* 128 (10), 993-1005.
- [82] Sonesson U., (2000), "Modelling of waste collection - a general approach to calculate fuel consumption and time", *Waste Management & Research* 18 (2), 115-123.
- [83] Everett J.W., Maratha S., Dorairaj R., Riley P., (1998), "Curbside collection of recyclables I: route time estimation model", *Resources, Conservation and Recycling* 22 (3), 177-192.
- [84] Larsen A.W., Vrgoc M., Christensen T.H., Lieberknecht P., (2009), "Diesel consumption in waste collection and transport and its environmental significance", *Waste Management & Research* 27 (7), 652-659.
- [85] Komilis D.P., (2008), "Conceptual modeling to optimize the haul and transfer of municipal solid waste", *Waste Management* 28 (11), 2355-2365.
- [86] Rose L., Hussain M., Ahmed S., Malek K., Costanzo R., Kjeang E., (2013), "A comparative life cycle assessment of diesel and compressed natural gas powered refuse collection vehicles in a Canadian city", *Energy Policy* 52, 453-461.
- [87] Brogaard L.K., Christensen T.H., (2012) "Quantifying capital goods for collection and transport of waste", *Waste Management & Research* 30 (12), 1243-1250
- [88] Jaunich M., Levis J., Barlaz M., DeCarolis J., (2016), "Lifecycle Process Model for Municipal Solid Waste Collection", *Resourc. Conserv. Recyc.* 114, 92-102
- [89] Web 23, (2001), http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/climate_change.pdf, (Accessed: 12/10/2018))
- [90] Web 24, (2006), <http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=WR06095737>, (Accessed: 10/10/2018)
- [91] Web 25, (2008), <http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:80479/datastreams/file3309363/content>, (Accessed: 24/11/2018)
- [92] Zhao W., Van Der Voet E., Zhang Y., Huppes G., (2009), "Life cycle assessment of municipal solid waste management with regard to greenhouse gas emissions: Case study of Tianjin, China", *Science of the Total Environment* 407, 1517-1526 .

- [93] Korkut, N.E., Yaman, C., Kucukaga, Y., Jaunich, M.K., Demir, I., (2018), "Greenhouse gas contribution of municipal solid waste collection: A case study in the city of Istanbul, Turkey", *Waste Manag Res* 36 (2), 131-139.

ÖZGEÇMİŞ

Ayşe Burcu Yaman Amasya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Amasya'da tamamladı. 2004 yılında başladığı Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünü 2009 yılında başarıyla tamamlayarak 2016 yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında başladı. 2010-2015 yılları arasında İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Müdürlüğünde Çevre Mühendisi olarak çalışmıştır.