

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YERLEŞMELERİN KOMPOST GÜBRE POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ (SAKARYA SERDİVAN ÖRNEĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih KENAR

Enstitü Anabilim Dalı : Coğrafya

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Zerrin KARAKUZULU

TEMMUZ – 2020

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YERLEŞMELERİN KOMPOST GÜBRE POTANSİYELİNİN
BELİRLENMESİ (SAKARYA SERDİVAN ÖRNEĞİ)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatih KENAR

Enstitü Anabilim Dalı : Coğrafya

“Bu tez sınavı 28/07/2020 tarihinde online olarak yapılmış olup aşağıda isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATI
Doc.Dr. Zerrin KARAKUZULU	Başarılı
Prof.Dr. Çiğdem ÜNAL	Başarılı
Doc.Dr. Mehmet Fatih DÖKER	Başarılı

 SAKARYA ÜNİVERSİTESİ	T.C. SAKARYA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ TEZ SAVUNULABİLİRLİK VE ORJİNALLİK BEYAN FORMU	Sayfa : 1/1
Öğrencinin		
Adı Soyadı	:	Fatih KENAR
Öğrenci Numarası	:	y176027005
Enstitü Anabilim Dalı	:	Coğrafya
Enstitü Bilim Dalı	:	
Programı	:	☒ YÜKSEK LİSANS ☐ DOKTORA
Tezin Başlığı	:	YERLEŞMELERİN KOMPOST GÜBRE POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ (SAKARYA SERDİVAN ÖRNEĞİ)
Benzerlik Oranı	:	%14
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,		
☒ Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.		
 28 / 07 / 2020 İmza		
☒ Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Lisansüstü Tez Çalışması Benzerlik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim. Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen öğrenciye ait tez çalışması ile ilgili gerekli düzenleme tarafımda yapılmış olup, yeniden değerlendirilmek üzere sbtezler@sakarya.edu.tr adresine yüklenmiştir.		
Bilgilerinize arz ederim.		
/...../20..... İmza		
Uygundur		
Danışman Unvanı / Adı-Soyadı: Doç.Dr. Zerrin KARAKUZULU		
Tarih: 28 /07 / 2020		
İmza: 		
☒ KABUL EDİLMİŞTİR ☐ REDDEDİLMİŞTİR EYK Tarih ve No:	Enstitü Birim Sorumlusu Onayı	

ÖNSÖZ

“Yerleşmelerin Kompost Gübre Potansiyelinin Belirlenmesi: Sakarya Serdivan Örneği” konulu çalışmada Serdivan ilçesinin kompost gübre potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen veriler coğrafi bilgi sistemi ile haritalanmış ve bir model oluşturulmuştur. Bu model kurulması planlanan entegre katı atık bertaraf tesisine ve sonraki çalışmalara altlık veri oluşturacaktır.

Yüksek lisans tezimin hazırlanması sırasında bana yol gösteren, desteğini esirgemeyen değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Zerrin Karakuzulu’ya sonsuz teşekkür ederim. Tezin hazırlanmasında rahat bir çalışma ortamı sunan ve yardımlarını esirgemeyen bölüm başkanım Prof. Dr. Çiğdem Ünal ve bölüm hocalarım Doç. Dr. Serdar Vardar, Dr. Öğr. Üyesi Beycan Hocaoglu’na teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca Sakarya Üniversitesi Coğrafya Bölümü’ndeki değerli hocalarım, Prof. Dr. Fatma Tülay Kızıloğlu, Doç.Dr. Cercis İkiel, Doç.Dr. Mehmet Fatih Döker, Dr.Öğr.Üyesi Muhammet Kaçmaz, Arş.Gör.Dr. Fatih Arıcı ve Arş.Gör.Dr. Hatice Turut’a çok teşekkür ederim.

Ayrıca her zaman yanımda olan, maddi-manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen canım aileme minnettarım.

Fatih KENAR

28/07/2020

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
ÖZET.....	i
ABSTRACT	i
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 1: KATI ATIKLAR.....	7
1.1. Katı Atıklar İle İlgili Genel Bilgiler	7
1.1.1. Katı Atıkların Tanımı	7
1.1.2. Katı Atık Yönetimi	8
1.1.3. Katı Atıklarla İlgili Yasal Düzenlemeler.....	14
1.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması	15
1.2.1. Kentsel Katı Atıklar.....	15
1.2.1.1. Evsel Katı Atıklar	16
1.2.1.2. Ticari Katı Atıklar	16
1.2.1.3. İnşaat Hafriyat ve vb. Atıklar	16
1.2.1.4. Ambalaj atıkları	17
1.2.1.5. Arıtma Tesisi Atıkları.....	18
1.2.1.6. Endüstriyel Katı Atıklar.....	19
1.2.1.7. Tarımsal ve Hayvansal Atıklar	20
1.2.1.8. Tehlikeli Katı Atıklar.....	21
1.2.1.9. Tıbbi Katı Atıklar	24
1.3. Katı Atıkların Bertaraf Yöntemleri	26
1.3.1. Katı Atıkların Ayrıştırılması.....	29
1.3.2.1. Kompostlaştırma.....	29
1.3.2.2. Yakma.....	31

1.3.2.3. Depolama.....	34
1.3.2.4. Piroliz	36
BÖLÜM 2: KOMPOSTLAŞTIRMA.....	37
2.1. Kompostun Tarihçesi.....	37
2.2. Aerobik (Havalı) ve Anaerobik (Havasız) Kompostlama	38
2.3. Kompost Mekanizması	39
2.4. Kompost Üretiminde Kullanılan Teknolojiler ve Metodolojiler	40
2.4.1. Pasif /Açık Yığında Kompostlaştırma	41
2.4.2. Aktarmalı Yığında Kompostlaştırma	42
2.4.3. Havalandırılmalı Statik Yığınlarda Kompostlaştırma	43
2.4.4. Reaktörde Kompostlaştırma	44
2.4.5. Kaynağında Azaltmak İçin Kullanılan Kompostlaştırma Teknolojileri.....	45
2.5. Kompostlaştırmaya Etki Eden Faktörler	47
2.5.1. C:N Oranı	49
2.5.2. Oksijen.....	50
2.5.3. Nem İçeriği	50
2.5.4.Sıcaklık	51
2.5.5.pH Oranı	52
2.5.6. Porozite ve Serbest Hava Boşluğu.....	54
2.5.7. Partikül Boyutu.....	54
2.6. Kompostlaştırma İçin Kullanılan Malzemeler	55
2.7. Kompostlaştırmanın Yararları	55
2.7.1. Kompostun Avantaj ve Dezavantajları.....	57
2.8. Kompostun Kullanım Alanları	59
2.9. Kompost Kalitesi ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Mevzuatlar.....	60
2.10. Evde Kompost Üretimi.....	63

2.11. Kompost Kalite Kriterleri	64
2.12. Kompostun Tarımda Kullanılması	66
BÖLÜM 3: SERDİVAN İLÇESİNİN KOMPOST GÜBRE POTANSİYELİ.....	68
3.1. Araştırma Sahasının Coğrafi Özellikleri	68
3.1.1. Serdivan İlçesinin Fiziki Coğrafya Özellikleri.....	68
3.1.2. Serdivan İlçesinin Beşeri Coğrafya Özellikleri	72
3.1.3. Sakarya'nın Merkez İlçelerinin Kompost Gübre Potansiyeli.....	86
3.1.4. Serdivan İlçesinin Kompost Gübre Potansiyeli.....	93
SONUÇ	102
KAYNAKÇA.....	106
ÖZGEÇMİŞ.....	122

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
BKA	: Belediye Katı Atık
EKA	: Evsel Katı Atık
Yy.	: Yüz yıl
UN	: United Nations
OM	: Organik Madde
OSB	: Organize Sanayi Bölgesi
KA	: Kentsel Atık
KKA	: Kentsel Katı Atık
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
HSY	: Havalandırılmalı Statik Yığınlar

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: 2019 Yılı Hayvansal Atık Miktarları (Ton)	21
Tablo 2: Sektörlerin Faaliyet Alanlarına Göre Tehlikeli Atık Miktarları (Ton)	24
Tablo 3: Kompostlaştırma İçin Gerekli Olan Parametreler	48
Tablo 4: Çeşitli Atıkların Azot İçeriği ve C/N Oranları.	49
Tablo 5: Kompostlaştırma İçin Uygun Organik Katı Atıklar	55
Tablo 6: Topraktaki Ağır Metaller İçin Sınır Değerler	60
Tablo 7: Ağır Metaller İçin Sınır Değerleri, 10 Yıllık Ortalamaya Göre	61
Tablo 8: Bazı Ülkelerin Kompost Standartlarında Ağır Metal Limitleri (mg/kg).....	62
Tablo 9: Kompostun Sınıflandırılması ve İlgili Kullanım Alanları	65
Tablo 10: Serdivan da Eğitim Gruplarının Alan (ha) ve Oranları (%)	69
Tablo 11: Sakarya İli Ortalama Sıcaklık, En Yüksek ve En Düşük Ortalama Güneşli ve Yağışlı Gün Sayıları (1951-2019)	71
Tablo 12: Serdivan İlçesinin Yıllara Göre Nüfusu	75
Tablo 13: Serdivan İlçesinin 2019 Yılı Mahalle Nüfusları	80
Tablo 14: Serdivan İlçesinin Hayvansal Atık Miktarı (Ton/Yıl)	85
Tablo 15: Sakarya Merkez İlçelerinin Atık Karakterizasyonları.....	87
Tablo 16: Serdivan İlçesi Atık Karakterizasyonu (2018)	94

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Serdivan İlçesinin Lokasyon Haritası	4
Şekil 2: Atık Hiyerarşisi.....	9
Şekil 3: Belediye Atık Kompozisyonu.....	10
Şekil 4: Atık Yoğunluk Haritası ve Belediye Atığı Geri Kazanım ve Bertaraf Tesisleri (2016)	12
Şekil 5: Türkiye Atık Karakterizasyonu	13
Şekil 6: Ambalaj Atıkları	17
Şekil 7: Ambalaj Atığı Yönetim Planına Uygun Bulunan Belediye Sayısı.....	18
Şekil 8: Türkiye'deki Tehlikeli Atık Miktarı (ton).....	22
Şekil 9: İllere Göre Tehlikeli Atık Miktarı Dağılım Haritası.....	23
Şekil 10: İllerde Tıbbi Atık ve Yakma Tesisleri	25
Şekil 11: Türkiye Tıbbi Atık Miktarı	26
Şekil 12: Avrupa'daki Geri Dönüşüm Oranları	27
Şekil 13: Entegre Yönetim Yaklaşımı	28
Şekil 14: Kompostlaştırma İşlemi Basit Bir Şekilde Gösterimi.....	30
Şekil 15: Kompost Tesisine Gönderilen Belediye Atık Miktarları (Bin Ton) (2002-2018)	31
Şekil 16: Yakma Tesisi Akım Şeması.....	32
Şekil 17: Yakma İşlemi Uygulanan Belediye Atık Miktarı (Bin ton)	33
Şekil 18: Düzenli Depolama Tesisleri.....	34
Şekil 19: Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (Ton).....	35
Şekil 20: Kompostlama Prosesi	39
Şekil 21: Kompost Oluşum Şeması	40
Şekil 22: Pasif Yığın Yöntemi	41
Şekil 23: Pasif Yığında Kompostlaştırma	42
Şekil 24: Aktarmalı Statik Yığın Yöntemi.....	42
Şekil 25: Havalandırmalı Statik Yığın	43
Şekil 26: Havalandırmalı Statik Yığın Yöntemi	44
Şekil 27: Reaktörde Kompostlaştırma Yöntemi	45
Şekil 28: Organik Atıkların Yerinde Azaltılması İçin Kullanılan Kompostlaştırma Düzenekleri.....	46

Şekil 29: Ev Yapımı Kompostlaştırıcılar	47
Şekil 30: Kompostlaştırma Adımları	48
Şekil 31: Kompost Sürecinin Sıcaklık Eğrisi.....	51
Şekil 32: Sıcaklığa Bağlı Kompost Oluşum Hızı.....	52
Şekil 33: Evdeki Malzemelerin pH Değerleri	53
Şekil 34: Kompostlaşma Sürecinde pH Değeri Gidişatı	53
Şekil 35: Sakarya’da Yükselti Basamaklarının Dağılışı	68
Şekil 36: Serdivan İlçesinin Eğim Haritası	69
Şekil 37: Serdivan Köyü (1904).....	72
Şekil 38: Sakarya İli Nüfus Yoğunluk Haritası	74
Şekil 39: Serdivan İlçesinin Yıllara Göre Nüfusları	76
Şekil 40: Sakarya Merkez İlçelerinin Yıllara Göre Nüfusu (2008-2019)	77
Şekil 41: Serdivan İlçesinin Yıllara Göre Nüfus Artış Hızı.....	78
Şekil 42: Serdivan İlçesi'nin Nüfus Yoğunluk Haritası	79
Şekil 43: Serdivan İlçesi Kırsal ve Kentsel Mahalleleri	81
Şekil 44: Serdivan İlçesi Arazi Kullanım Haritası.....	82
Şekil 45: Serdivan İlçesi'nin Yıllara Göre Toplam Tarımsal Arazisi (Dekar).....	83
Şekil 46: Tarım Arazilerinin İmara Açılmış Hali	84
Şekil 47: Sakarya’nın Merkez İlçelerinin Kompost Potansiyeli Haritası	86
Şekil 48: Sakarya Merkez İlçelerinin Yıllık Kompost Gübre Potansiyelleri.....	87
Şekil 49: Adapazarı İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası	88
Şekil 50: Adapazarı İlçesi Kentsel Atık Durumu (2018).....	89
Şekil 51: Erenler İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası.....	90
Şekil 52: Erenler İlçesi Kentsel Atık Durumu (2018).....	91
Şekil 53: Arifiye İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası	92
Şekil 54: Arifiye İlçesi Kentsel Atık Durumu (2018).....	93
Şekil 55: Serdivan İlçesi Atık Karakterizasyonu	94
Şekil 56: Sakarya Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Fotoğrafı	95
Şekil 57: Serdivan İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası	96
Şekil 58: Serdivan İlçesinde Yemek Verilen Okullar	98
Şekil 59: Serdivan İlçesindeki Hastaneler	100

Sakarya Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Özeti

Yüksek Lisans	☒	Doktora	☐
Tezin Başlığı: Yerleşmelerin Kompost Gübre Potansiyelinin Belirlenmesi (Sakarya Serdivan Örneği)			
Tezin Yazarı: Fatih KENAR		Danışman: Doç.Dr. Zerrin Karakuzulu	
Kabul Tarihi: 28/07/2020		Sayfa Sayısı: 122	
Anabilim Dalı: Coğrafya		Bilim Dalı:	
Sanayileşme, dünya nüfusundaki hızlı artış ve kentleşme, kaynakların hızla tükenmesine ve katı atık miktarının da artmasına sebep olmaktadır. Katı atık miktarındaki artış, atık yönetimini de güçleştirmektedir. Buna ek olarak nüfusun hızlı bir şekilde artmaya devam etmesi, tarım topraklarının yoğun bir biçimde kullanılmasına bu da toprakların organik madde miktarı bakımından fakirleşmesine neden olmaktadır. Bu duruma çözüm olarak geliştirilen kimyasallar tarımın sürdürülebilirliğini ve insan sağlığını ciddi derecede tehdit etmektedir. Çevre ve insan sağlığını korumaya yönelik atılacak adımlardan biri de kentsel katı atıklar içerisinde büyük bir paya sahip olan organik atıkların kompost gübreye dönüştürülmesidir. Bu bağlamda katı atıklardan elde edilecek kompost, tarımda kullanılan suni gübreye alternatif oluşturacaktır. Bu şekilde hem katı atık yönetimi kolaylaşacak hem de tarım alanlarındaki organik madde miktarı artacaktır. Kompost, ayrıca şehirlerde açık yeşil alanlarda, site yerleşmelerinin peyzaj düzenlemelerinde, sebze ve çiçek üretilen seralarda vb. alanlarda kullanılabilecektir. Bu çalışmada da şehir nüfusunun yoğun olduğu, Sakarya ili merkez ilçelerinden biri olan Serdivan, örnek alan olarak seçilmiş ve kompost potansiyelinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu potansiyelin belirlenmesinde TÜİK'ten alınan veriler ile, sahanın kentsel atık verileri derlenerek, kompost üretim potansiyeli değerlendirilmiştir. Buna ek olarak organik atık miktarının yüksek olduğu toplu yemek yenilen okul ve hastane yemekhanelerinin kompost gübre potansiyeli belirlenmiştir. Bu çalışma çerçevesinde belirlenen Serdivan ilçesinin kompost gübre potansiyeli, ileride kurulması planlanan entegre katı atık bertaraf tesisine altlık veri oluşturacaktır.			
Anahtar Kelimeler: Kompost, Kompost Gübre, Katı Atık Yönetimi, Serdivan			

Sakarya University
Institute of Social Sciences Abstract of Thesis

Master Degree	×	Ph.D.	
Title of Thesis: Determination of Composite Fertilizer Potential of Settlements (Sakarya Serdivan Example)			
Author of Thesis: Fatih KENAR		Supervisor: Assoc. Prof. Zerrin Karakuzulu	
Accepted Date: 28/07/2020		Number of Pages: 122	
Department: Geography		Subfield:	
Industrialization, rapid increase in the world population and urbanization cause the resources to be exhausted rapidly and the amount of solid waste also increases. The increase in the amount of solid waste also makes waste management difficult. In addition, the rapid growth of the population leads to the intensive use of agricultural soils, which makes the soils poor in terms of organic matter. Chemicals developed as a solution to this situation seriously threaten the sustainability of agriculture and human health. One of the steps to be taken to protect the environment and human health is to convert organic wastes, which have a large share in urban solid wastes, to compost fertilizers. In this context, compost to be obtained from solid wastes will be an alternative to artificial fertilizer used in agriculture. In this way, both solid waste management will be easier and the amount of organic matter will increase in agricultural areas. Compost is also used in open green areas in cities, landscape arrangements of site settlements, greenhouses where vegetables and flowers are produced, etc. can be used in areas. In this study, Serdivan, one of the central districts of Sakarya, where the city population is dense, was chosen as a sample area and it was aimed to determine the compost potential. In determining this potential, the compost production potential was evaluated by compiling the data from the TUIK and urban waste data of the site. In addition, the compost fertilizer potential of the schools and hospital dining halls, where the organic waste amount is high, is determined. The compost fertilizer potential of the Serdivan district determined within the framework of this study will create base data for the integrated solid waste disposal facility planned to be established in the future.			
Keywords: Compost, Compost Fertilizer, Solid Waste Management, Serdivan			

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması, sanayileşme, kentleşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte kaynak tüketimi de artmıştır. Bu durum pek çok çevre problemini de beraberinde getirmiştir. Bu problemlerin çözüm yöntemlerinden birisi de atıkların geri dönüştürülmesidir. Atık, kullanıcısı tarafında istenmeyen ve çevreye bırakıldığında çevresel sorunlara sebep olan her türlü maddedir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015). Katı atıklar üretimlerinden bertaraf aşamalarına kadar insan ve çevre ile sürekli bir etkileşim halindedir. İçerdikleri bulaşıcı ve hastalık yapıcı maddelerle insan ve çevre sağlığını olumsuz şekilde etkilemektedir (Palabıyık, 2004, s. 105). Katı atıkların çevreye zarar vermeyecek bir yapıya dönüştürülmesi, kısaca ifade edilecek olursa doğada tekrar kullanımı katı atık yönetimini gerekli kılmıştır (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 1).

Dünya genelinde ve ülkemizde de olduğu gibi artan nüfusla birlikte katı atık miktarı da hızlı bir şekilde artmaktadır. Katı atıkların taşınması, depolanması ve geri kazanımı gün geçtikçe zorlaşmaktadır (Pathak, Singh, & Kumar, 2011, s. 339). Çevre ve insan sağlığı açısından katı atıkların geri dönüştürülmesi önemli bir husustur.

Atıkların geri dönüştürülmesi ile; enerji tasarrufu, atık miktarının azalması ve doğal kaynakların korunması sağlanacaktır. Geri dönüşüm uzun vadeli ekonomik bir yatırımdır. Dünya nüfusunun hızla artması doğal kaynakların ve hammaddelerin tükenmesine sebep olmaktadır. Bu durum da ciddi ekonomik sorunlar meydana getirmektedir. Geri dönüşüm ile birlikte hem iş olanağı oluşturacak hem de ekonomiye olumlu katkı sağlanacaktır. Atıkların geri kazanımı ile birlikte hava, su ve toprak kirliliğinin yanı sıra insan ve çevre sağlığı da korunmuş olacaktır (Bayram, 2017, s. 65).

Dünyada özellikle Doğu Asya ülkeleri ve Çin'de belediye atıklarında büyük bir artış görülmektedir. Bu artışı, Doğu Avrupa ve Orta Doğu ülkeleri takip etmektedir. 2000'li yılların başlarında kent nüfusu yaklaşık 2,9 milyar ve kişi başı günlük atık miktarı 0,64 kg ve yıllık ise 0,68 milyar tondur. Günümüzde ise kent nüfusu 3 milyarı aşmıştır ve günlük kişi başı atık miktarı 1,2 kg, yılda da 1,3 milyar tona ulaşmıştır. Nüfus artış hızı bu oranda artmaya devam ederse 2025 yılında 4,4 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Bu tahmin neticesinde, toplam atık miktarı, günlük kişi başı 1,42 kg yıllık ise 2,2 milyar ton

olacağı hesaplanmaktadır. Atık yönetimi, ülkelerin ve yerel yönetimlerin öncelikli ve hızlı çözüm bekleyen sorunlarından olacaktır (İSTAÇ, 2015, s. 81).

TÜİK 2018 yılı verilerine göre, ülkemizde yıllık 32.209.222 ton katı atık toplanmıştır. Kişi başına günlük atık üretimi 1.16 kg'dır. Bu atıkların %67,2'si düzenli depolama tesislerine, %20,2'si belediye çöplüklerine, %11,9'u diğer geri kazanım tesislerine gönderilirken, kompost tesisine gönderilen atık oranı sadece %0,38'dir (TÜİK, 2018).

Atıkların bertarafı için pek çok yöntem bulunmaktadır. Atıkların geri dönüşümünde kullanılan yöntemler; kaynak azaltma, toplama, geri dönüşüm, düzenli ve düzensiz depolama, yakma ve kompostlaştırmadır (Hoornweg & Bhada-Tata , 2012, s. 32). Bu yöntemlerden biri olan kompostlaştırma, bu çalışmanın da konusunu oluşturmaktadır.

Kompostlaştırma, organik atıklardan elde edilen son ürünün çevre kirliliğine sebep olmayacak şekilde en faydalı biçimde kullanılmasıyla sonuçlanan cazip bir bertaraf yöntemidir (Kim, Park, In, Kim, & Namkoong, 2008, s. 272). Karbon döngüsünün doğal bir süreci olan kompostlaştırma, atıkların içindeki organik maddelerin mikroorganizmalar yoluyla ayrıştırılarak evsel ve tarımsal atıkların geri kazanımını sağlar (Berger & Lorenz-Ladener, 2017, s. 39). Elde edilen kompost gübre toprağın humus miktarını artırmasının yanı sıra toprak ekosisteminin de yenilenmesine katkıda bulunur (Sagdeeva, Krusir, Tsykalo, Shpyrko, & Leuenberger, 2018, s. 46).

Çalışmanın birinci bölümünde, kentsel katı atıklarla ilgili genel bilgiler verilmiştir. Kentsel katı atıkların niteliklerine göre sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre kentsel katı atıklar, evsel, ticari, inşaat-hafriyat, ambalaj, arıtma tesisi, endüstriyel, tarımsal-hayvansal, tehlikeli ve tıbbi atıklar olmak üzere 9'a ayrılır. Bu atıkların insan ve çevreye zararını önlemek için atıkların bertarafı önemli bir husustur. Katı atıkların bertaraf yöntemleri, ayrıştırma, depolama, yakma, piroliz ve kompostlaştırmadır.

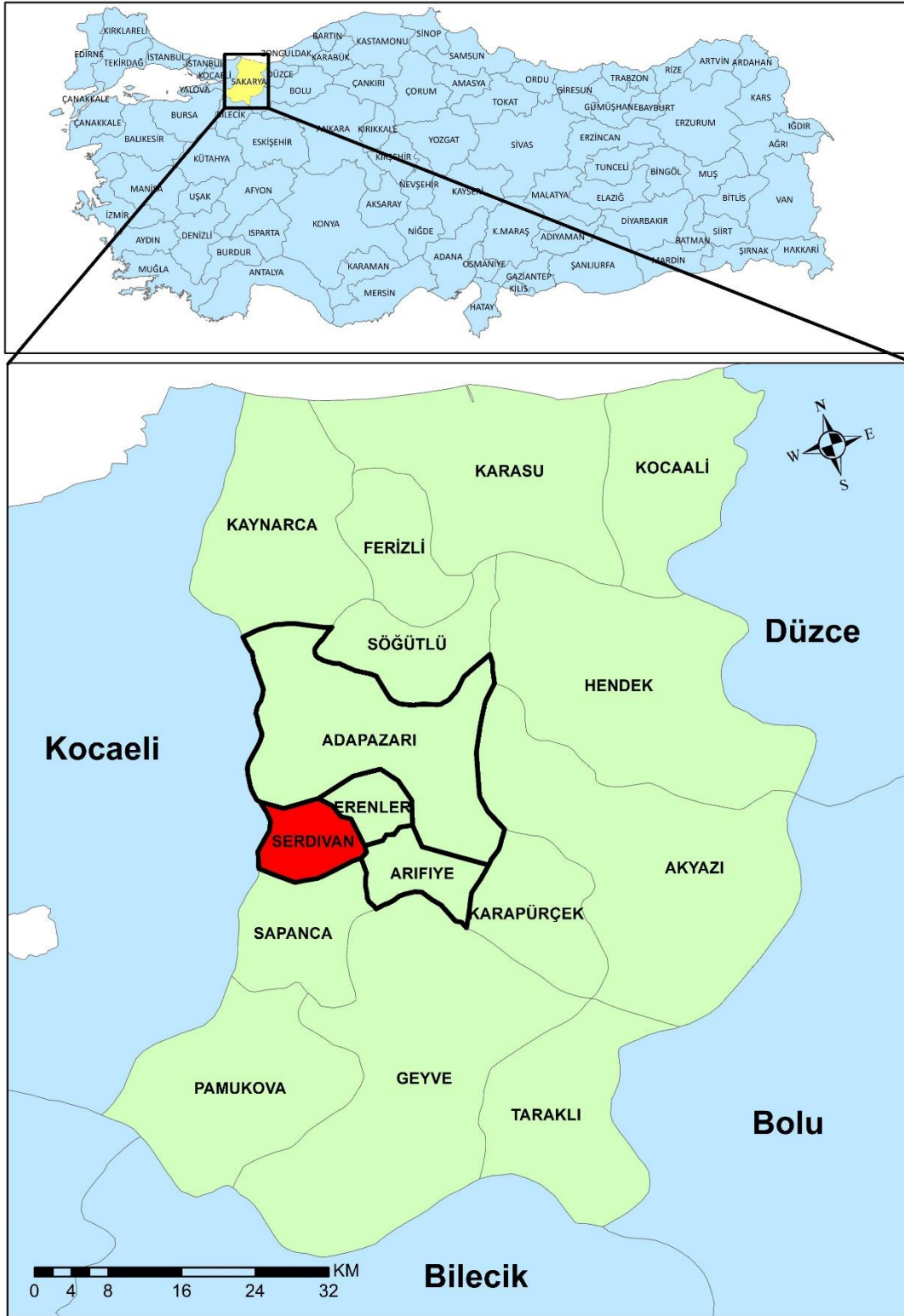
İkinci bölümde, kompostlaştırma ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Kompostun geçmişten günümüze kullanımındaki değişimden bahsedilerek kompostlaştırmada kullanılan yeni teknoloji ve metotlardan bahsedilmiştir. Günümüzde kompostlaştırma için kullanılan 5 farklı yöntem bulunmaktadır. Bunlar, pasif yığında, aktarmalı yığında, havalandırılmalı statik yığında, reaktörde ve kaynağında azaltmadır. Ayrıca kompostlaştırmaya etki eden faktörler, C/N oranı, oksijen, nem, sıcaklık, pH, porozite ve

partikül boyutudur. Bunun yanı sıra bu bölümde, kompostun kullanım alanları ve ilgili mevzuatlar ele alınmıştır. Çalışmanın genel çerçevesini de oluşturan kompostun tarımda kullanımına değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışmanın alanını oluşturan Sakarya ili Serdivan ilçesinin, kompost gübre potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. İlçenin fiziki ve beşeri özellikleri değerlendirilerek, kompostun ilçede üretimi ve değerlendirilebilecek alanlarından bahsedilmiştir. Serdivan ilçesinde kompost gübre potansiyeli belirlenirken TÜİK'ten elde edilen veriler ile organik atık hesaplaması yapılmıştır. Ayrıca Serdivan ilçesindeki yemek hizmeti verilen okullar ve hastanelerden elde edilebilecek organik atıkların oranı belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın Konusu

Serdivan ilçesinin de içinde bulunduğu, Sakarya ili, büyük tüketim merkezlerini birbirine bağlayan kavşak noktada olması, elverişli iklim şartlarına ve verimli alüvyal ovalara sahip olması gibi fiziki ve beşeri özelliklere sahiptir. Bu çerçevede sahanın tarım potansiyelinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Günümüzde tarım arazileri Sakarya ilinin %46,6'sını oluşturmaktadır. İl ekonomisinin %20,5'ini tarımsal faaliyetler oluşturmaktadır (Karakuzulu & Arıcı, 2018, s. 461-462). Sakarya'da istihdamın %51,9'unu tarım sektörü oluşturmaktadır. Meyve üretimi %35,6, tarla bitkileri üretimi %8,3 ve sebze üretimi ise %5,1'lik bir paya sahiptir (Sakarya İl Tarım Gıda ve Hayvancılık Müdürlüğü Yıllık Faaliyet Özeti, 2017, s. 4).



Şekil 1: Serdivan İlçesinin Lokasyon Haritası

Sakarya, büyükşehir belediyesi statüsünü 2000 yılında kazanmıştır. 2008 yılında dört semt ilçesi olan Adapazarı, Erenler, Arifiye ve Serdivan, Sakarya ilinin merkez ilçeleri olmuştur (Karakuzulu, 2018, s. 89). Merkez ilçe statüsü kazanan Serdivan ilçesinin nüfus artışında ve mekânsal gelişmesinde semt ilçesi olması etkili bir faktördür. Bunun yanında 1992 yılında kurulan Sakarya Üniversitesi, Serdivan ilçesinin gelişiminde önemli bir itici güç olmuştur (Döker, 2018, s. 366). Bütün bu faktörlerin etkisiyle büyüyen ilçede mekânsal gelişim, deprem sonrası getirilen kat sınırlamasından dolayı az katlı konutlar, site tarzı olan yerleşmeler ve bahçeli evler şeklinde bir görünümü ortaya çıkarmaktadır. Hiç şüphesiz bu yerleşmelerin çevresindeki yeşil alanlarda kullanılabilecek kompost ihtiyacı da her geçen yıl daha da artış göstermektedir. Ayrıca kültürel ve sosyal alanlara olan ihtiyacın giderek artması, yaşanabilir şehir anlayışının benimsenmesi ile de Serdivan'da insanların rekreasyonel faaliyetlerde bulunabileceği açık yeşil alan planlamalarını ön plana çıkarmaktadır. Bu durum kompost gübrenin sadece tarımsal alanlarda değil; şehir yerleşmelerindeki yeşil alanlarda da kullanılacağı sonucunu ortaya koyar. Şehir yerleşmelerindeki kompost gübrenin tespiti, toplanması, değerlendirilmesi ve öneminin Serdivan örneğinde incelenmesi bu araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışmanın Önemi

İnsan ve çevre sağlığı açısından atık yönetimi önemli bir husustur. Çevre sorunlarını önlemeye yönelik pek çok yöntemden biri olan kompostlaştırma, katı atıklar içerisinde büyük bir paya sahip olan organik atıkların geri kazanımında kullanılan bir yöntemdir. Organik atıkların kompostlaştırılmasıyla atık miktarının azaltılması ve çevre sorunlarının giderilmesi sağlanır. Elde edilen kompost gübre, tarım arazilerinin organik madde ihtiyacını karşılamak için doğal bir çözümdür. Kompost, tarım arazilerinde kullanılan suni gübreye alternatif olarak kullanılabilir. Ayrıca sürdürülebilir ve yaşanabilir şehir anlayışının giderek benimsenmesi, kültürel ve sosyal alanlara olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bu ihtiyacın karşılanmasında çalışma sahası olan Serdivan'da yerel yönetimler tarafından insanların rekreasyonel faaliyetler yapabilecekleri açık yeşil alan planlamaları yapılmıştır. Kompost gübre bu alanların peyzaj düzenlemelerinde kullanılabilir.

Serdivan ilçesi örneğinde oluşturulan model oluşturulmuş ve bu model ile diğer ilçelerinde kompost gübre potansiyeli belirlenebilmektedir. Kompost ile ilgili yapılan

alışmalar genellikle mühendislik alanlarında yapılmıştır. Yapılan çalışmalardan farklı olarak bu konunun coğrafı bakış açısıyla ele alınması çalışmayı önemli kılmaktadır.

Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı, evre sorunlarından biri olan katı atık probleminin çözümüne dair katı atık yönetiminin bir parçası olan kompost yönteminin Serdivan ilçesi düzeyinde potansiyelinin belirlenmesidir. Ayrıca ilçeye bağlı 24 mahallenin kompost gübre miktarının tespiti ve yoğunluk haritasının oluşturulması araştırmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır. Araştırmada sadece Serdivan'ın kompost gübre potansiyeli tespit edilmemiş; Sakarya'nın merkez semt ilçelerinin verilerine ulaşılarak ilçeler bazında karşılaştırma yapılmıştır. Daha öncede kompost gübrenin tarım alanlarının yanı sıra kentsel alanlardaki park-bahçe, yeşil alanlar ve peyzaj düzenlemelerinde de kullanılmasının önemine değinilmişti. Elde edilen gübre miktarının belirlenmesi, şehir yerleşmelerinin ihtiyaının ne kadarının buradan karşılanacağını ortaya koyacaktır. Bunun yanında elde edilen veriler kurulması planlanan Sakarya Büyükşehir Belediyesi entegre katı atık tesisine altlık veri oluşturacaktır.

Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada ilk olarak, araştırma konusu ve çalışma sahası ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Sonrasında rnek alan olarak seçilen Serdivan ilçesi mahalle bazlı nüfus verileri TK adrese dayalı nüfus kayıt sisteminden alınmıştır. Ardından, sahanın kentsel atık verileri derlenerek, kompost üretimi değerlendirilmiştir. Çalışma sahasının mahalle bazlı kişi başına ortalama günlük atık üretimi hesaplanıp, bu hesaplama üzerinden ArcMap 10.5 programı kullanılarak, Serdivan ilçesi düzeyinde yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Bu sayede kompost gübre potansiyelinin en yüksek olduğu mahalleler belirlenmiştir. Bunun yanı sıra çalışma sahası olan Serdivan'da yemek hizmeti veren okullar, hastaneler tespit edilmiş ve bunlardan yararlanan kişi sayıları, öğünler ve menüler göz önünde bulundurularak, elde edilebilecek kompost gübre potansiyeli belirlenmiştir. İlgili kurumların yetkili kişileriyle görüşmeler sağlanmış ve yemek atıklarının değerlendirilmesine dair bilgiler edinilmiştir. Buradan elde edilen veriler dahilinde kompost üretim potansiyeline ek olarak, kompost gübrenin kullanım alanları ile ilgili de değerlendirmeler yapılmıştır.

BÖLÜM 1: KATI ATIKLAR

1.1. Katı Atıklar İle İlgili Genel Bilgiler

1.1.1. Katı Atıkların Tanımı

Türk Dil Kurumu Sözlüklerinde atık, “üretimden tüketime kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan ve kullanıcının artık işine yaramayan maddelerin tamamı” olarak tanımlanır (TDK).

Atık, ülkemizde mevzuatta ilk olarak 1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu’nda “Herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeler” olarak tanımlanmıştır (Çevre Kanunu, 1983, s. 6.).

Atık yönetmeliğine göre atık, çevreye atılan ya da bırakılan üreten veya elinde bulunduran gerçek veya tüzel kişi tarafından atılması zorunlu olan her türlü madde ve materyali kapsar (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015).

Atık ve çöp birbirlerinin yerine kullanılmaması gereken kavramlardır. Bu sebeple bu iki kavramın tanımlarının bilinmesi önemlidir. Atık, kullanılamaz durumda olan ve kullanım süresini doldurmuş maddeler için kullanılır. Çöp ise içerisinden karton, kağıt, plastik, cam, metal ve kompostlanabilir organik malzemelerin çıkarılmasından sonra, geri dönüşümü mümkün olmayan malzemelere denmektedir. Çöp düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmesi gereken kısım iken, atıklar ayrıştırılması ve özelliklerine göre geri dönüştürülmesi gereken ve ekonomik olarak değerlendirilebilecek kısımdır (TÜRÇEV, 2019, s. 4).

Katı atık, üreticisi tarafından istenmeyen çevre ve insan sağlığı bakımından bertaraf edilmesi gereken katı maddelerdir (Read, 1999). Birleşmiş Milletler Çevre Programına göre (UNEP) katı atıklar, üreticisinin ihtiyaç duymadığı, kullanmadığı ve bertaraf edilmesi gereken maddeler” olarak tanımlanır. Kentsel katı atıklar, organik madde ve besin maddesi miktarı bakımından zengindir. Bu atıklar, gelişmekte olan ülkelerin atıklarının yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Kompostlaştırılan atıklar, organik madde miktarının fazla olmasından dolayı toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirir (Topçuoğlu, Önal, & Arı, 2001, s. 100).

Katı atıkların toplanması, taşınması, geri kazanımı ve bertarafına ilişkin görev ve yükümlülükler, belediye sınırları içerisinde 5393 sayılı Belediye Kanunu ile belediye başkanlıklarına, belediye sınırları dışında 5302 sayılı İl Özel İdaresi Kanunu ile il özel idarelerine verilmiştir (Barut & Özçelik, 2018, s. 94).

KKA'lar oldukça çeşitli ve biyolojik parçalanması zor olan atıklardır. Sıvı veya gaz atıklara kıyasla geri dönüştürülmesi oldukça zordur. KKA depolama ve yakma süreçleri birçok problem oluşturmaktadır (Bayram, 2017, s. 64). Kentsel katı atıkların büyük bir kısmını oluşturan evsel katı atıkların bertarafı kompostlaştırma ile önemli ölçüde çözüme kavuşmaktadır. Atıkların insan ve çevre sağlığı için önem arz eden bir konu olması sebebiyle atıkların yönetimi bu hususta üzerinde durulması gereken bir konudur.

1.1.2. Katı Atık Yönetimi

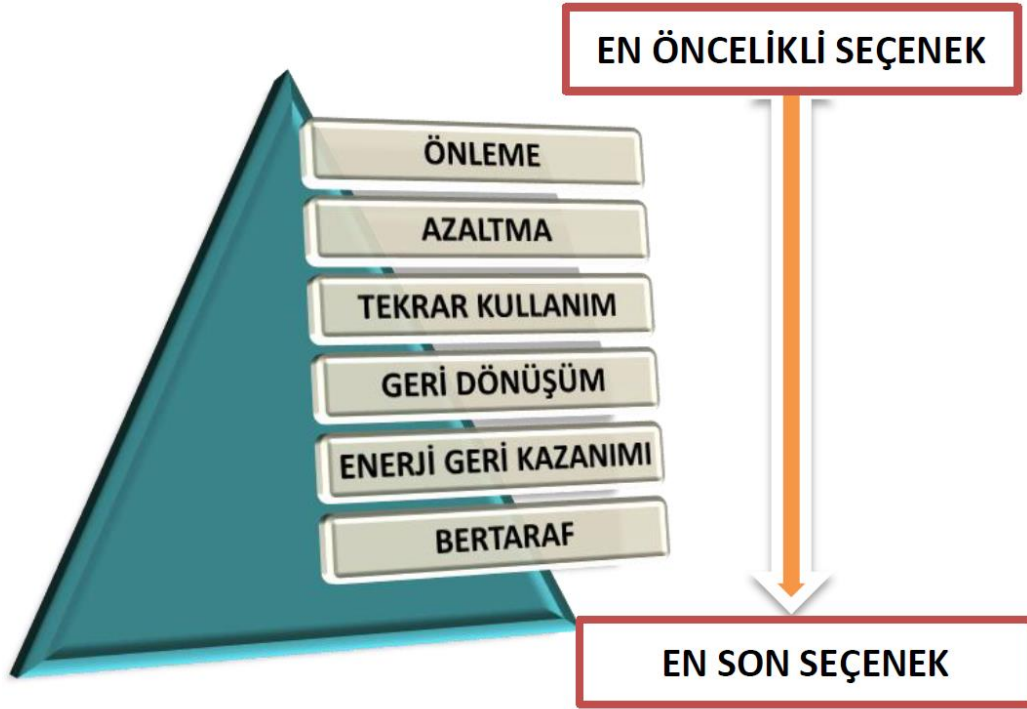
Günümüzde hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve teknolojik gelişmeler sonucunda oluşan atıkların, ekonomik ve sağlıklı bir şekilde bertaraf edilmesi, geçmişe göre çok daha önemli bir hal almıştır. İçerdiği tür ve miktar bakımından hızla artan atıklar en önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir (Fidan, 2009, s. 134).

Atıklar çevreye ve insan sağlığına zarar vermektedir. Bundan dolayı atık yönetimi sistemli bir şekilde uygulanmalıdır. Atık yönetiminde atıkların oluşumu, taşınması, toplanması, geri dönüşümü ve bertaraf edilmesi önemlidir. Bunun yanı sıra doğanın ve kaynakların korunması, enerji, verimlilik ve istihdam gibi faktörlerin bütün olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Atık yönetiminin amacı, atıkların sadece insan çevresinden uzaklaştırılması değil insan ve çevre sağlığının korunması ile ekonomik kalkınmanın da sağlanmasına katkı sağlamaktır (Agrawal, 1990, s. 2).

Atıkların geri dönüştürülmeden, kompostlaştırılmadan ve geri kazanılmadan bertaraf edilmesi hammadde ve enerji kaybına neden olmaktadır. Türkiye'de geçmişten günümüze atık üretimi hızla artmaktadır. Bu artış atıkların sürdürülebilir yönetimini zorunlu kılmaktadır (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017, s. 8).

KKA'ların çevreye duyarlı ve ekonomik bir şekilde bertaraf edilmesi gereği sürdürülebilir katı atık yönetimi kavramını ortaya çıkarmıştır. Atıkların geri kazanımı ve kaynakların etkin şekilde kullanımı sürdürülebilir bir unsurdur. Geri dönüştürme ile ürünlerin hammadde ve üretim maliyetlerinden tasarruf edilmektedir. Ayrıca atıkların yakılması ile enerji üretimi

ve kompost üretimi sürdürülebilirliğin temeli olan kaynakların en etkin şekilde kullanılmasını sağlayacaktır (Akdoğan & Güleç, 2007, s. 43).



Şekil 2: Atık Hiyerarşisi

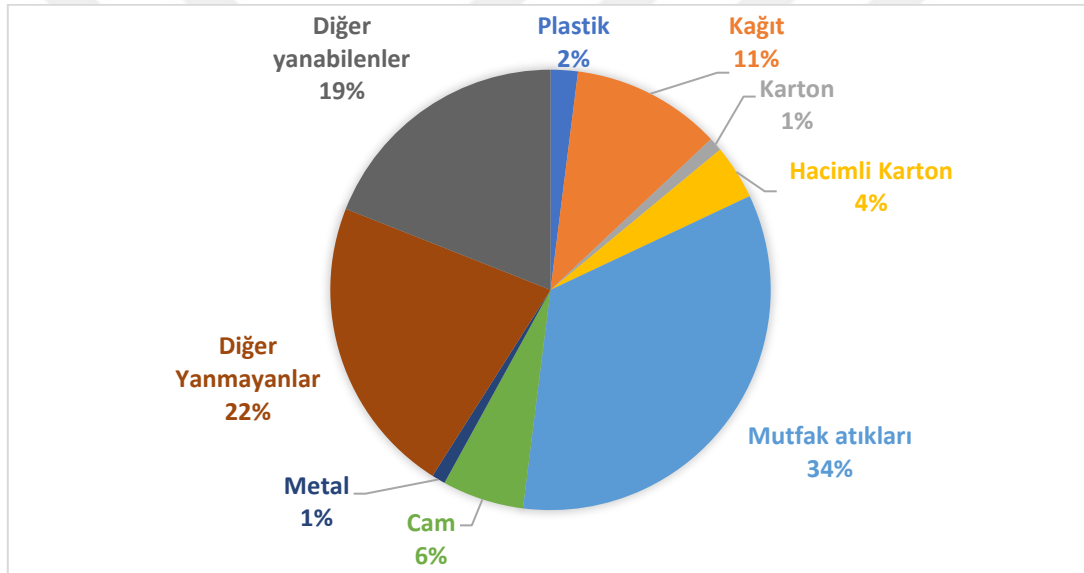
Kaynak: Ulutaş, F. (2011). Türkiye'de Sürdürülebilir Tüketim ve Üretim Politikaları ve Entegre Ürün Yönetimi, İstanbul: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı

Atık yönetimi, atıkların suya, toprağa ve havaya en az zarar vererek hijyenik ve en ekonomik şekilde toplanması, taşınması, biriktirilmesi ve bertaraf edilmesi olarak tanımlanabilir. Ülkemizde hala bazı belediyeler atıklarını vahşi depolama yöntemiyle depolamaktadır. Bunun sonucunda hava sıcaklığı ve gaz sıkışmaları sonucu patlamalar ve yangınlar oluşmaktadır (TBB, 2014, s. 9). Atıklar döküldükleri yerlerde yer altı suları ve toprakla karışmakta ve hava kirliliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle belediyelerin atık yönetiminde, düzenli depolama yöntemini kullanmaları önemli bir husustur. Geri dönüşüm tesisleri kurulmalı ve organik atıklar da komposta dönüştürülmelidir.

Atık yönetimi, atıkların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için gereklidir. Bu sebeple atıkların toplanması, taşınması, işlenmesi, arıtılması, geri dönüştürülmesi veya bertaraf edilmesi insan ve çevre sağlığı açısından önemlidir.

Türkiye’de atıkların geri kazanılması, atık yönetim stratejisinin en önemli ilkesidir. Çevre Kanunu ve çevre mevzuatını oluşturan hukuki düzenlemelerde atıkların tekrar kullanılması, materyal ve enerji olarak geri kazanılması öncelikli olarak hedeflenmektedir (Türkiye Çevre Durum Raporu, 2016, s. 143).

Literatürde atık yönetimi, “sürdürülebilir kalkınma” ve “sürdürülebilir atık yönetimi” kavramlarıyla sıkça kullanılmaktadır. Bu da çevre ve kalkınma konularının farklı bir bakış açısıyla değerlendirilmeye başlandığının göstergesidir. Çevre sorunlarının gittikçe artması ve dünyadaki kaynakların sınırlı olması sürdürülebilirlik ve yaşanabilirlik konularını gündeme getirmiştir. Bu da sürdürülebilir kalkınmanın çevre sorunlarına çözüm olarak görülmesine sebep olmuştur (Akdoğan & Güleç, 2007, s. 42).



Şekil 3: Belediye Atık Kompozisyonu

Kaynak: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, **Türkiye Çevre Durum Raporu**, (2016)

Katı atıklar, kentsel çevre sorunları içerisinde üzerinde durulması gereken önemli konulardan biridir. Bu sorunların çözümü hususunda kentsel katı atıkların geri kazanımı önemlidir. Belediye atık kompozisyonuna bakıldığında mutfak atıkları %34'lük bir kısmı kapsamaktadır. Kağıt ve karton atıklarının oranı %16'dır (Şekil 3). Bu bağlamda belediye atıklarının yarısından fazlası kompostlanabilir organik atıklardan oluşmaktadır. Bu atıkların komposta dönüştürülmesi çevre sorunlarının önlenmesine bir alternatiftir.

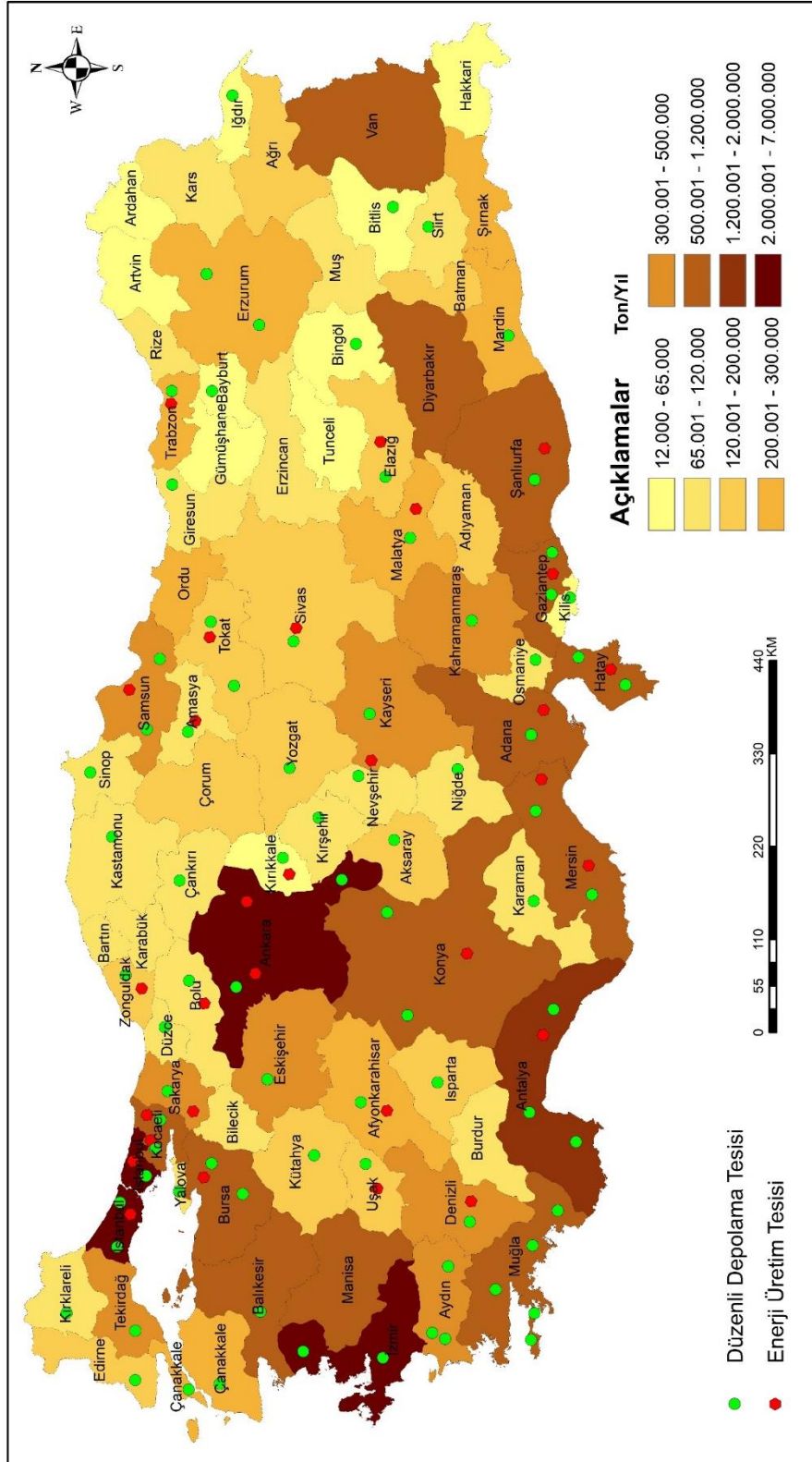
Atıkların toplanması, taşınması, geri dönüştürülmesi ve yeniden kullanılması, depolanması, yakılması ve kompostlanması süreçlerini bir bütün olarak düşünülmelidir

(Yerebakan, 2007, s. 33). Çünkü bu işlemlerin hepsi birbiriyle bağlantılı ve birbirini tamamlayan süreçlerdir.

Etkili bir atık yönetimi için atık üretiminin en aza indirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde atıkların büyük bir kısmı, ısınma amacının bir sonucu olarak kül ve cüruf atıklarından meydana gelmektedir. Geri kazanımın istenilen seviyelerde olmamasının en önemli nedenlerinden birisi de katı atıkların kaynağında ayrıştırılarak toplanmamasıdır. Vahşi depolama ülkemizde hala oldukça sık rastlanan bir bertaraf yöntemidir. Bu depolama yöntemi yüzünden atıklar potansiyelinin çok daha altında bir oranda geri dönüştürülmektedir (Akdoğan & Güleç, 2007, s. 46).

Ülkemizde atıkların toplanması, taşınması, depolanması, geri dönüştürülmesi ve bertaraf edilmesi Büyükşehir Belediye Kanunu'na göre belediyelerin sorumluluğundadır. Bunun yanında çevrenin korunması, KKA yönetimi için tesislerin yapılması merkezi yönetimlerin sorumluluğundadır (Yılmaz & Bozkurt, 2010, s. 19).

Atık yönetiminin başarılı bir şekilde yapılabilmesi için öncelikle atıkların kaynağında biriktirilerek toplanması gerekmektedir. Atık yönetimi mevzuatının amacı, geri dönüşümü yaygınlaştırmak ve atıkların kaynağında ayrıştırılarak toplanmasını sağlamaktır. Atıkların toplanmasında nüfus yoğunluğu ve yerleşim yerinin özellikleri (sık yapılanma, toplu konut vb.) gibi faktörler oldukça etkilidir (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017, s. 22).

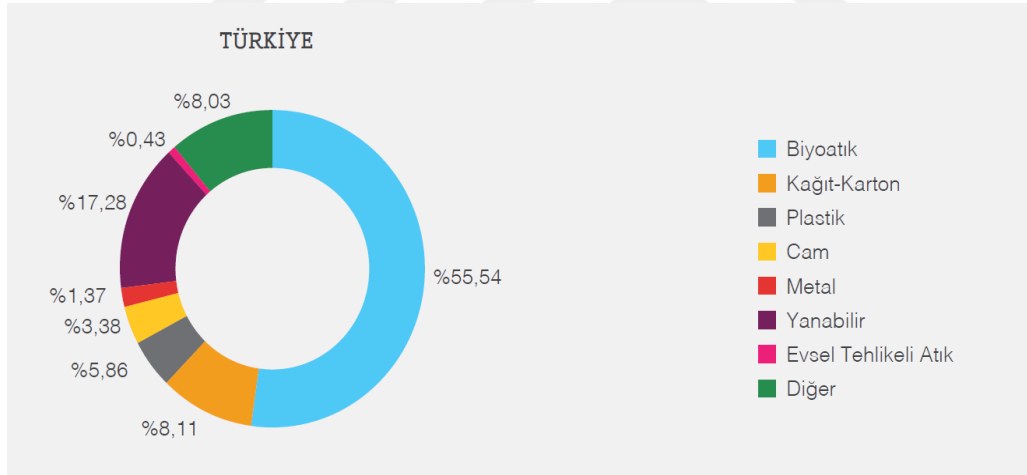


Şekil 4: Atık Yoğunluk Haritası ve Belediye Atığı Geri Kazanım ve Bertaraf Tesisleri (2016)

Kaynak: TÜİK

Ülkemizdeki atık yoğunluk haritası incelendiğinde atık yoğunluğu en fazla olan iller sırasıyla İstanbul, Ankara, İzmir ve Antalya'dır. Bu illerde atık miktarının fazla olması nüfus miktarıyla, atık miktarının doğru orantılı olmasıyla açıklanabilir. Atık yoğunluğunun en az olduğu iller ise sırasıyla Kırıkkale, Bayburt, Tunceli ve Ardahan'dır. Bu illerin atık miktarının az olması nüfuslarının da az olmasıyla açıklanabilir. Atık miktarının az olduğu iller genel olarak Karadeniz Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi'nin doğusu, Doğu Anadolu Bölgesi'nin batı ve kuzey kısmında dağılışı göstermektedir. Manisa, Diyarbakır ve Van illerinin atık miktarı nispeten fazla olmasına rağmen düzenli depolama tesisi ve enerji üretim tesisi bulunmamaktadır. Atık miktarının en fazla olduğu illerden biri olan İzmir'de 3 tane düzenli depolama tesisi olmasına rağmen enerji üretim tesisi bulunmamaktadır.

Atık yönetiminin etkili bir şekilde yapılabilmesi için gerekli olan en önemli unsurlar, atıklarla ilgili verilerin toplanması, düzenlenmesi ve analiz edilmesidir (Kaypak, 2018, s. 10).



Şekil 5: Türkiye Atık Karakterizasyonu

Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023

Türkiye atık karakterizasyonu grafiğine bakıldığında atıkların %55,54'ünün biyotatiklerden oluştuğu görülmektedir. Biyotatikler biyolojik olarak bozunabilir organik atıklardır. Bu atıklardan toprakların iyileştirilmesi ve gübrelenmesi için kullanılabilir kompost üretmek mümkündür. Biyotatiklerin depolama alanlarına gönderilmesi, organik atıkların biyolojik parçalanması sonucu metan ve karbondioksit gibi sera gazlarının oluşmasına neden olmaktadır. Bu atıklardan kompost üreterek küresel ısınmaya neden

olan sera gazı emisyonu azaltılabilir. Bunun yanı sıra atıkların yaklaşık %8,11’lik kısmı kağıt ve karton atıklarından oluşmaktadır. Bu atıkların içerdiği karbon miktarı kompost üretimine uygundur. Bu çerçevede Türkiye’deki atıkların %60’tan fazlası organik atıklardan oluşmaktadır (Şekil 5). Bu organik maddelerin komposta dönüştürülmesi hem çevre sağlığı hem de atık yönetimi açısından önemlidir. Bu sayede çöp miktarı kaynağında azaltılarak depolama alanlarının ömrü uzatılmış olur.

Atık yönetimi ile ilgili her ülkenin yasal düzenlemesi bulunmaktadır. Ülkemiz atık yönetim düzenlemelerinden aşağıda bahsedilecektir.

1.1.3. Katı Atıklarla İlgili Yasal Düzenlemeler

Ülkemizde katı atık hizmetleri genellikle belediyeler tarafından gerçekleştirilmektedir. Belediyelerin temizlik işleri tarafından sunduğu hizmetler ile ilgili ilk çalışmalar 1930’lu yıllarda hazırlanan 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu ve 1580 sayılı belediye kanunudur. Katı atıklarla ilgili yönetmelik 1991 yılında hazırlanmıştır. Kanun ve yönetmeliklerin bu kadar geç olması da ülkemizdeki çevre bilincinin bu kadar geç oluşmasının sonucudur (Akdoğan & Güleç, 2007, s. 41).

Ülkemizde katı atık yönetimine ilişkin kanun ve yönetmelikler şu şekildedir:

- 1982 Anayasası: Anayasamızın 56. maddesi gereğince; devletin ve vatandaşların çevre kirliliğini önleme ve çevreyi koruma görevleri bulunmaktadır.

Atıkların çevreyi kirletmemesi adına vatandaşların yükümlülüklerini yerine getirmesi ve atıkların toplanması, taşınması ve geri kazanımı belediyelerin gerekli sistemleri geliştirmesi gerektiği vurgulanır (Kanlı & Kavak, 2018, s. 25).

- 2872 Sayılı Çevre Kanunu: Çevrenin korunması ve iyileştirilmesine yönelik çıkarılan kanunun 8. Maddesinde, atıklar ile ilgili yasaklar ve ilgililerin yükümlülükleri ifadelerine yer verilmiştir.

- 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu: Çevrenin bilerek kirletilmesi ile ilgili 181. madde ve çevrenin kasten kirletilmesi ile ilgili olan 182.madde atıkların azaltılması yönelik uygulanan yaptırımlar, atık yönetimi kapsamındadır.

- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği: Resmi Gazete’de 14.03.1991 tarihinde yayımlanmıştır. Bu yönetmeliğin amacı; “*Oluşan her türlü atığın çevreye zararı olacak biçimde doğrudan veya dolaylı şekilde alıcı ortama verilmesi, bunlar için gerekli önlemlerin alınması, katı atık yönetim süreçlerinin gerçekleştirilmesi (toplanması, taşınması, bertarafı)*” dir (Kanlı & Kavak, 2018, s. 25).

1.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması

1.2.1. Kentsel Katı Atıklar

Kentsel nitelikli katı atıkların ayrıntılı bir tanımı, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’nin 2. maddesinde “*meskun bölgelerde evlerden atılan evsel katı atıkların, park, bahçe ve yeşil alanlardan atılan bitki atıklarının, iri katı atıkların, zararlı atık olmamakla birlikte evsel katı atık özelliklerine sahip sanayi ve ticarethane atıklarının, evsel atık su arıtma tesislerinden elde edilen (atılan) arıtma çamurlarının ve zararlı atık sınıfına girmeyen sanayi arıtma tesisi çamurlarının, toplanması, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi, bertaraf edilmesi ve zararsız hale getirilmesine ilişkin esasları kapsar*” bu şekilde yer almıştır.

Kentsel atıkların enerji kaynağı olarak kullanılması için çöp termik santralleri kurulması gerekir. ABD, Almanya, Belçika, Fransa, Danimarka, İtalya, İngiltere gibi gelişmiş ülkelerde çöp termik santralleri bulunmaktadır. Bu santraller, çok yönlü ekonomik yarar sağlamaktadır: Bunlar, elektrik, sıcak su, buhar üretimi ve çöplerin yakılması ya da çevreye saçılmasıyla oluşan, çevre ve hava kirliliğinin önlenmesidir. Artık pek çok gelişmiş ülke, kentsel atıkların depolanması sorununa özen göstermektedir. Düzenli çöp biriktirme tesislerinde çöpleri belirli bir süre bekleterek oluşan fermantasyon sonucunda gaz üretimi yapılmaktadır. Elde edilen gazın %60 ila %65’lik kısmı, metan gazından oluşmaktadır. Türkiye’de kentsel katı atıkların büyük kısmı organik kökenli atıklar olduğundan zengin bir potansiyele sahiptir (Doğanay & Çavuş, 2016, s. 373).

Kentsel katı atıkların düzgün bir biçimde depolanması ve geri dönüşüme kazandırılabilmesi için niteliklerine göre sınıflandırılarak ayrıştırılması gerekmektedir. Katı atıklar, niteliklerine göre; evsel, ticari, inşaat-hafriyat, ambalaj, arıtma tesisi, endüstriyel, tarımsal-hayvansal, tehlikeli ve tıbbi katı atıklar olarak 9’a ayrılır:

1.2.1.1. Evsel Katı Atıklar

Evsel katı atıklar, belediye hizmeti ile toplanıp taşınan, depolama sahalarında bertaraf edilen, ayrıştırma yolu ile geri dönüştürülen, kompostlanabilen ya da yakılabilen evsel kökenli atıklardır. Mutfak çöpleri, ambalaj atıkları, ofis çöpleri vb. atıklar evsel atık grubu içinde değerlendirilir (Sayar, 2012, s. 4). Evsel atıkların temel bileşenleri; organik atıklar ve ambalaj atıklarıdır. Ambalaj atıkları içerisinde kâğıt, karton, plastik, cam, metal ve türevleri bulunmaktadır (Kolukısaoğlu, Maçın, & Demir, 2018, s. 47).

Dünyada evsel katı atıkların %84'ü toplanmakta ve %15'i ise geri dönüştürülebilmektedir. Ancak toplanan evsel katı atıkların büyük çoğunluğu vahşi depolamaya veya düzenli depolamaya gönderilmektedir. Bu durum ile daha çok gelişmemiş ülkelerde ortaya çıkmaktadır. Gelişmiş ülkelerde geri dönüşüm oranı %22 iken, bu oran gelişmemiş ülkelerde %1 civarındadır. Evsel katı atıkların düzenli depolamadan ziyade geri kazanılması için en verimli yöntemlerden biri kompostlaştırmadır. Gelişmiş ülkelerde kompostlaştırma oranı ortalama %11 iken, gelişmemiş ülkelerde %2'de kalmaktadır (Zaman, 2016, s. 41). Avrupa Birliği'nde yılda 475 kg/kişi, Amerika Birleşik Devletleri'nde ise yıllık ortalama 730 kg/kişi atık üretilmektedir (Jouhara, ve diğerleri, 2017, s. 485).

1.2.1.2. Ticari Katı Atıklar

Ticari kurumlar ve işletmeler tarafından oluşan ve organik madde içeriğinin evsel atıklar kadar fazla olmadığı atıklardır (Kaypak, 2018, s. 6). Dükkân, lokanta, alışveriş yerleri, büfe, oteller, askeri yerleşimler, araba tamir servisleri, benzin istasyonları ve bürolardan elde edilen evsel nitelikli atıkları kapsar. Küçük büyük ölçekli tüm atölye gibi ticarethanelerden gelen atıklardır (Fettahoğlu, 2011, s. 5).

1.2.1.3. İnşaat Hafriyat ve vb. Atıklar

İnşaat atıkları, binaların inşası, yenileme ve yeniden inşa etme aşamasında ortaya çıkan moloz ve diğer atıklardan meydana gelir (Steiner & Wiegel, 2009, s. 5). Her türlü alt ve üst yapının; tamiri, yıkımı, yenilenmesi veya afet sebebiyle yıkılmasıyla oluşan atıklardır (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017, s. 8).

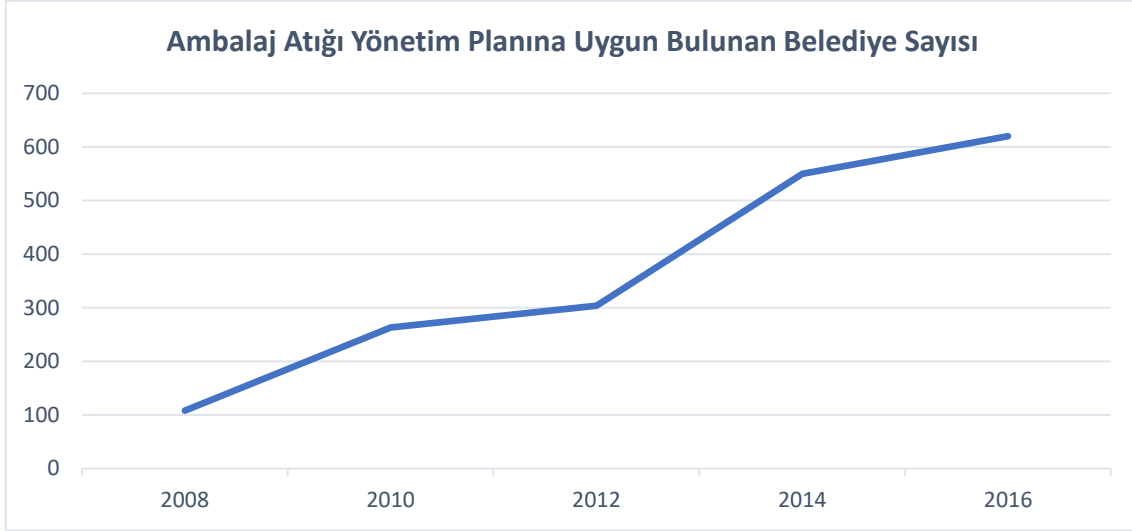
Hafriyat toprağı ve moloz döküm alanlarını belirlemek, 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu ile belediyelere bırakılmıştır. “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğı” ile hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının çevreye zarar vermeyecek şekilde geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesi ile ilgili işlemler ve uyulması gereken kurallar belirlenmiştir (Türkiye Çevre Durum Raporu, 2016).

1.2.1.4. Ambalaj atıkları

Ürünlerin tüketiciye ulaştırılırken ürünün sunumunda ve ürün kullanıldıktan sonra çevreye bırakılan atıklardır (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017, s. 7). Türkiye’de hayat standartlarının yükselmesi, artan nüfus ve yiyecek alışkanlıklarının değişmesi ambalajlı ürün satışının artmasına neden olmuştur. Satın alınan çoğı ürünün kağıt, cam, metal ve plastik ambalaj malzemesine sahip olduğı düşünöldüğünde, katı atıkların kaynağında ayrı toplanarak, ekonomiye tekrar kazandırılması katı atık yönetimi için önemlidir. Genelde atıkların hacminin %50’sini, ağırlığının da %30’unu ambalaj atıkları oluşturmaktadır. KKA’lar içerisinde önemli bir yer kaplayan ambalaj atıklarının yaratacağı çevre kirliliğinin azaltılması ve geri dönüştürölerek ekonomik değeri haline getirilmesi önemli bir husustur. Ambalaj atıklarının geri dönüşümü, 1994/62/EC sayılı Avrupa Birliğı’nin Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi ile 2005 yılında uygulanmaya başlamıştır (Türkiye Çevre Durum Raporu, 2016, s. 147).



Şekil 6: Ambalaj Atıkları



Şekil 7: Ambalaj Atığı Yönetim Planına Uygun Bulunan Belediye Sayısı

Kaynak: Türkiye Çevre ve Durum Raporu 2016

2005 yılında uygulanmaya başlanan ambalaj atık yönetimi ile, ambalaj üreticilerinden ve lisanslı işletmelerden ambalaj üretimi, satışı ve geri dönüşüm miktarları hakkındaki veriler Bakanlık tarafından kayıt altına alınmıştır. 2008 yılı itibariyle ambalaj atıklarına ait veriler yıllık raporlar halinde her yılın ikinci ayında resmi rakamlar halinde yayınlanmaktadır (Türkiye Çevre Durum Raporu, 2016, s. 150). Ambalaj Atığı Yönetim Planına uygun bulunan belediye sayısı, 2008 yılında 108 iken, 2012 yılında 304, 2016 yılında ise bu sayı 620 olmuştur.

1.2.1.5. Arıtma Tesisi Atıkları

Teknoloji ve nüfusun hızlı bir biçimde artışı pek çok çevre sorununu da beraberinde getirmektedir. İçme sularının kirliliği de bu sorunlardan biridir. İnsani ve endüstriyel kullanım sonucunda ortaya çıkan atık suların arıtılmasıyla oluşan arıtma çamurunun biriktirilmesi, taşınması ve bertaraf edilmesi, içme suları açısından önemli bir sorundur (Yıldız, Yılmaz, & Ölmez, 2009, s. 2). İçme sularının kalitesi, pek çok ülkede olduğu gibi ülkemizde de büyük bir sorun teşkil etmektedir (Çakır & Çimrin, 2018, s. 883). Atık su çamurlarının arıtılması sonucunda elde edilen besin ve mineraller, içerdikleri mikroorganizma ve su bakımından bitkilerin gelişimine yardımcı olmaktadır (Tabatabai & Frankenberger, 1979, s. 934).

Kentsel atık suların arıtılması sonucu arıtma çamurları oluşmaktadır. Bu çamurların oluşturulmasında kullanılan tekniğe göre elde edilen ürün, bulamaç ya da kuru şekilde olur. Atık su çamurlarının miktarı, nüfusun artması, sanayileşme ve atık su arıtma tesislerinin kurulmasıyla artmaktadır. Bu miktarın artması ve kimyasal madde çeşitliliğinin çoğalmasından dolayı çamurların bertaraf edilmesi sorun olmaktadır. Pek çok ülkede uzun süredir çamur bertaraf tekniklerine yasal sınırlamalar getirilmiştir. Bu yasal zorunluluklar, arıtma çamurunun tarımda kullanılmasını ekonomik bir bertaraf yöntemi haline getirmiştir (Topçuoğlu, Ünal, & Arı, 2003, s. 88).

Arıtma çamuru, kontrollü bir şekilde uygun miktar ve oranlarda kullanıldığında ticari gübrelere alternatif oluşturur (Çimrin, Bozkurt, & Erdal, 2000, s. 85). Ancak atık su çamurları çinko, bakır, krom, kobalt, nikel ve kurşun gibi ağır metaller, tuzlar ve hastalık yapıcı mikroorganizmalar içerebileceğinden dolayı kullanımı kontrolsüz yapılmamalıdır (Çakır & Çimrin, 2018, s. 883).

Ülkemizde arıtma çamurlarının ve evsel organik katı atıkların organik madde miktarı oldukça fazladır. İstanbul'da 2020 yılında katı atıkların yaklaşık %50'sinin organik maddelerden oluşacağı tahmin edilmektedir (Arıkan & Öztürk, 2005, s. 16).

1.2.1.6. Endüstriyel Katı Atıklar

Endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan cam, metal, plastik, kâğıt, elektronik ürünler, ambalaj ürünleri ve otomotiv ürünleri endüstriyel katı atıklardır (Güngör & Gupta, 1999, s. 817). Endüstriyel atıklar, içerdikleri kimyasal maddelerden dolayı çevre sorunlarına sebep olmaktadır. Bu atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesinde insan ve çevre sağlığı açısından ilave önlemler alınması gerekmektedir (Aydın, 2007, s. 9). Evsel atıklara oranla çevreyi kirletme potansiyeli yüksek olan atıklardır (Kırımhan & Ağdağ, 1999, s. 48).

Sanayi faaliyetleri sonucu oluşan atıkların işletmeler tarafından en aza indirilmesi önemlidir. Sanayi atıklarının toplanması, taşınması, depolanması ve ayrıştırılması işlemleri Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği dikkate alınarak yapılmalıdır (Gündüzalp & Güven, 2016, s. 3).

Organize Saniye Bölgelerinde endüstriyel KA'nın yanı sıra, bu sanayi bölgelerinde çalışan işçilerin de yemek atıkları oluşmaktadır. Organik yapıdaki bu atıkların ekonomik olarak

geri dönüştürülmesi için kompostlaştırma yöntemi akılcı bir yöntemdir. Kompostlaştırmaya elverişli yemek atıklarının uygun fiyat ile temin edilmesi atıkların bertaraf edilmesinin zorunlu olduğu durumlarda alternatif bir yöntemdir (Kırımhan & Ağdağ, 1999, s. 50).

1.2.1.7.Tarımsal ve Hayvansal Atıklar

Türkiye’de hayvancılık faaliyetleri genel olarak küçük ve orta ölçekli işletmelerden meydana gelmektedir. Tarımsal verimi arttırmak için organik gübre olarak hayvan gübresi kullanılması çevreyi korumanın yanı sıra doğal kaynakların etkili kullanılmasında oldukça önemli bir faktördür (Moral, ve diğerleri, 2005, s. 153). Ancak hayvansal atıkların toplanması oldukça zor bir işlemdir. Hayvansal atıklar genellikle tarlalara gübre olarak atılır ya da atık olarak boş alanları dökülür. Hayvan gübresi içerdiği yüksek organik madde sayesinde toprağın su tutma kapasitesini artırmakta, toprağın ihtiyaç duyduğu azot, fosfor gibi maddeleri içermektedir (Khalil, Hossain, & Schmidhalter, 2005, s. 1507). En önemlisi etkisi de erozyonun engellenmesidir (Dinçer, Korkmaz, & Çolak, 2003, s. 272).

Çiftlik gübresi tarımda kullanılan önemli organik malzemelerden biridir. Ancak çiftlik gübresi her zaman yeterli miktarda ve uygun olgunlukta olmaması sebebiyle çiftçileri başka arayışlara yöneltmiştir. Bu arayış, topraktaki organik madde ihtiyacını karşılayabilmek için organik atıkların kompost gübreye dönüştürülmesini gerektirmektedir. Üretilen kompost, tarımda kullanılan gübrelemeye alternatif bir yöntemdir. Bu organik atıkların kompostlanarak kullanılması ekonomik bir yöntem olmasının yanında çevre için de tercih edilen bir yöntemdir (Demirtaş, Öktüren, & Arı, 2013, s. 24).

Tarımsal ürün atıkları (sap, saman, yağlı tohum atıkları), şekerli bitkiler, ağıl veya hayvan barınağı atıkları, yosunlar, algler ile gıda endüstrisi atıkları, biokütle enerji kaynağı olarak tanımlanır. Fotosentez yapan her canlı, bir biokütle enerji kaynağıdır. Ülkemizde her yıl 70-80 milyon ton çiftlik gübresi üretilmektedir bunun büyük bir kısmı tezek olarak tüketilmektedir (Doğanay & Çavuş, 2016, s. 372). Hayvan gübresi ülkemizde tarımsal alanların gübrenmesi için yeterli olmamaktadır. Kompost gübre, hayvansal gübreye alternatif gübre olarak kullanılabilecek organik bir gübre çeşididir.

Tablo 1: 2019 Yılı Hayvansal Atık Miktarları (Ton)

	Hayvan Sayısı (Adet)	Elde Edilen Gübre Miktarı (Ton)
Büyükbaş	18.132.813	65.278.126
Küçükbaş	48.482.915	33.938.040
Kanatlı	348.784.885	7.673.267,47

Kaynak: TÜİK (2020), (<https://www.enerji.gov.tr>)

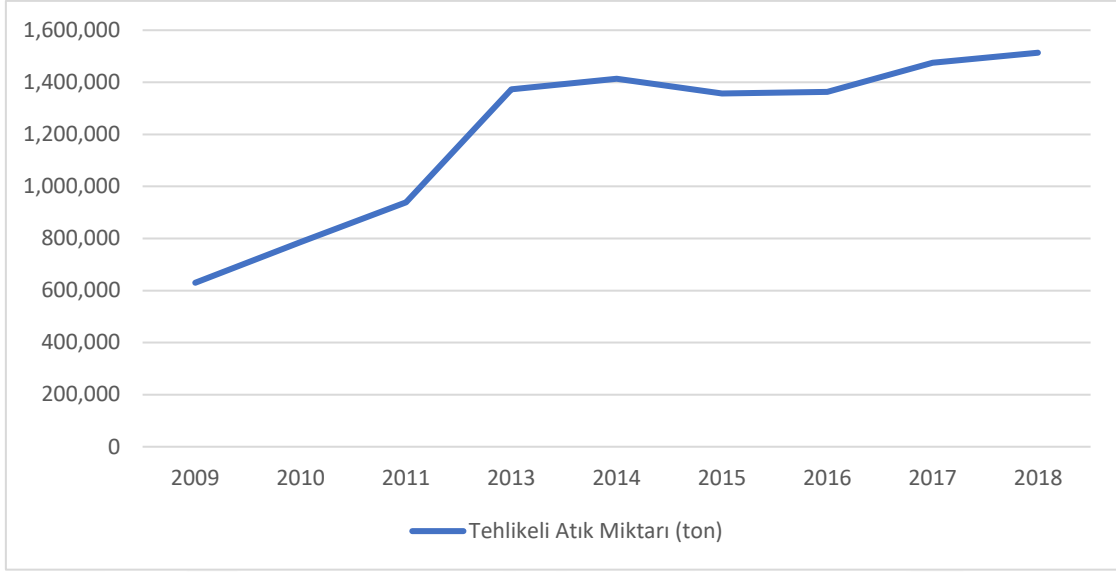
Yukarıdaki tabloda, TÜİK 2019 yılı hayvancılık istatistiklerinden elde edilen hayvan sayılarına göre hayvansal atık miktarları sunulmuştur. Hayvansal atık hesaplaması yapılırken hayvansal kaynaklardan elde edilebilecek ortalama gübre miktarları baz alınmıştır. Bu ortalamalar şu şekilde belirlenmiştir:

- 1 adet büyükbaş hayvan 3,6 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet küçükbaş hayvan 0,7 ton/yıl yaş gübre
- 1 adet kümes hayvanı 0,022 ton/yıl yaş gübre (<https://www.enerji.gov.tr>).

Hayvansal atık miktarlarının yıllık ton şeklindeki değerlendirilmesi yapıldığında elde edilecek gübrenin bitkisel üretim ve enerji üretimine katkısı bulunmaktadır. Bu üretim katkıları, aynı zamanda ülke ekonomisi açısından da önemlidir.

1.2.1.8. Tehlikeli Katı Atıklar

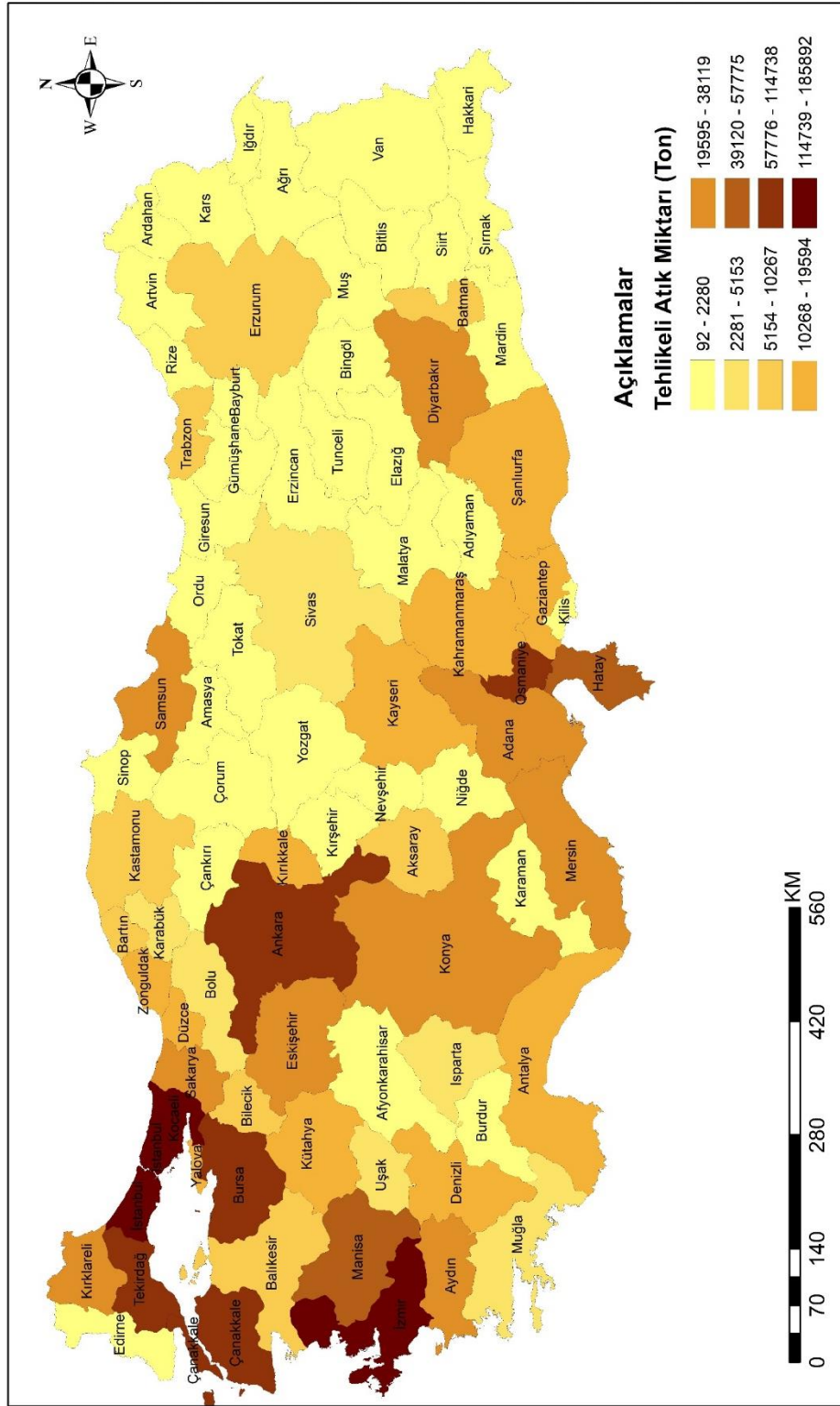
Tehlikeli atıklar, tarım ilaçlarının sebep olduğu zehirli atıklar ve sanayi tesislerinin neden olduğu atıklardır. Dünyada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sanayi tesisleri bu atıkları üretmektedir. Diğer taraftan gelişmemiş ülkelerde tarım ilaçlarının bilinçsizce kullanılması sonucu tehlikeli atıklar meydana gelmektedir (Özey, 2009, s. 217). Çevre Kanunu'na göre ise kimyasal, fiziksel veya biyolojik açıdan zararlı etki yaratan, canlı sağlığına zarar veren ve doğal yapının bozulmasına neden olan atıklar tehlikeli atık olarak sınıflandırılmaktadır (Türkiye Çevre Durum Raporu, 2016, s. 151). Tehlikeli katı atıklar, radyoaktif atıklar, piller, aküler, atık yağlar gibi bertaraf edilmesi gereken katı atıklardan oluşmaktadır. Bu atıklar bertaraf edilirken çevre ve insan sağlığına zarar gelmemesi için tedbirler alınmalıdır.



Şekil 8: Türkiye'deki Tehlikeli Atık Miktarı (ton)

Kaynak: Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni (2018)

Tehlikeli katı atık istatistikleri değerlendirildiğinde, 2009 yılında 629.933 ton atık üretilirken, 2018 yılında 1.513.624 ton atık üretilmiştir. Ülkemizde sanayinin yoğun olduğu ve tehlikeli atıkların en çok üretildiği bölgeler Trakya, Marmara, Ege, İç Anadolu ve Doğu Akdeniz bölgeleridir (Türkiye Çevre Durum Raporu, 2016).

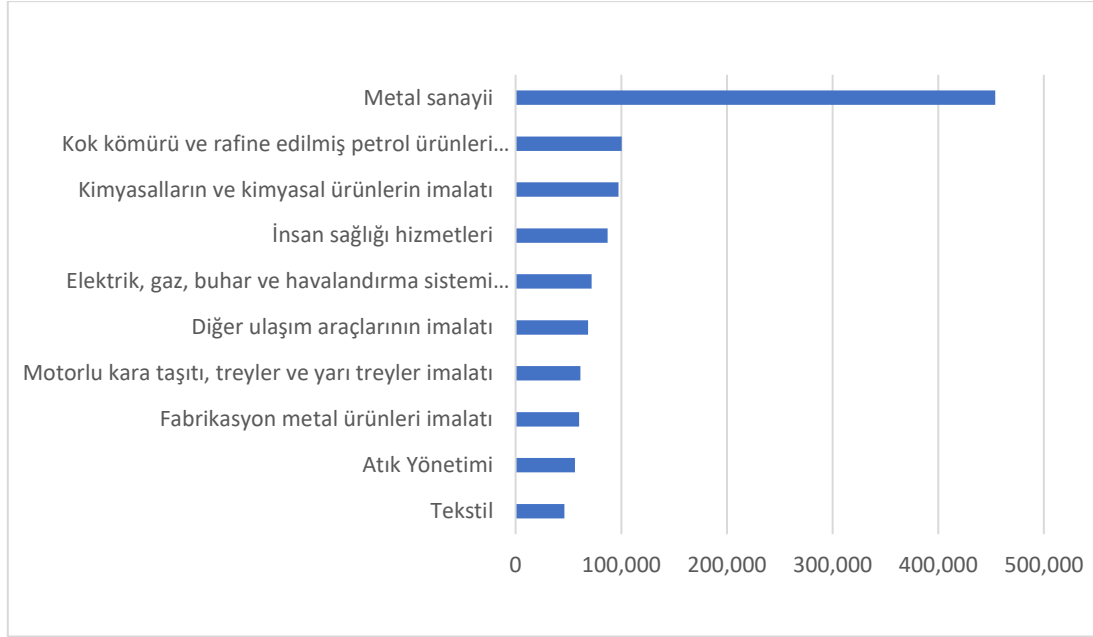


Şekil 9: İllere Göre Tehlikeli Atık Miktarı Dağılım Haritası

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020)

Tehlikeli katı atık miktarı dağılım haritası incelendiğinde, İstanbul ve Kocaeli en fazla tehlikeli atık üretiminin bulunduğu iller olduğu görülmektedir. Bu illeri İzmir, Ankara, Çanakkale, Bursa, Tekirdağ, Osmaniye izlemektedir. Tehlikeli katı atık miktarının en az olduğu iller sırasıyla Tunceli, Bayburt, Iğdır ve Ardahan'dır.

Tablo 2: Sektörlerin Faaliyet Alanlarına Göre Tehlikeli Atık Miktarları (Ton)



Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023

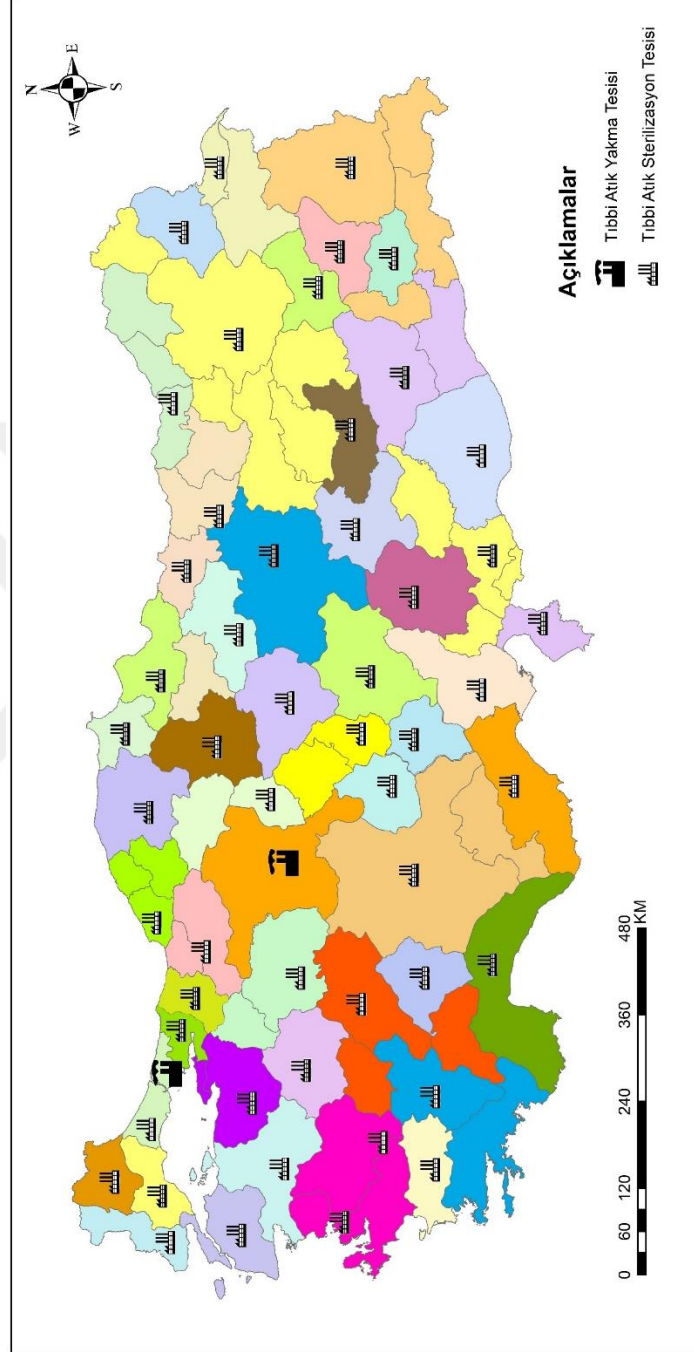
Sektörlerin faaliyet alanlarına göre tehlikeli atık miktarının toplamı yıllık yaklaşık 1 milyon 103 bin tondur. Tehlikeli atık miktarının en yüksek olduğu sektör yıllık 453 bin tonla metal sanayidir. En düşük olan sektör ise yıllık 46 bin tonla tekstil sektörüdür.

1.2.1.9. Tıbbi Katı Atıklar

Hastaneler, sağlık ocakları, poliklinikler, laboratuvarlar, eczaneler, kan merkezleri vb. sağlık kuruluşlarından kaynaklanan atıklara tıbbi katı atık denmektedir. Sağlık hizmetlerindeki tıbbi atıklar tehlike durumuna göre dört gruba ayrılır:

1. Tehlikeli olmayanlar: KKA, geri dönüştürülebilirler ve biyolojik atıklar gibi evsel atıklarla benzerlik gösterirler.
2. Atıkla temasta bulunanlar için tehlike oluşturan atıklar: Kan, idrar ya da diğer vücut sıvılarıyla kirletilmiş atıklardır.
3. Salgın tehlikesi olan atıklar.

4. Diğer atıklar, temizlik, dezenfekte araçları, ilaçlar, yağlar v.b atıklar (Steiner & Wiegel, 2009, s. 5).

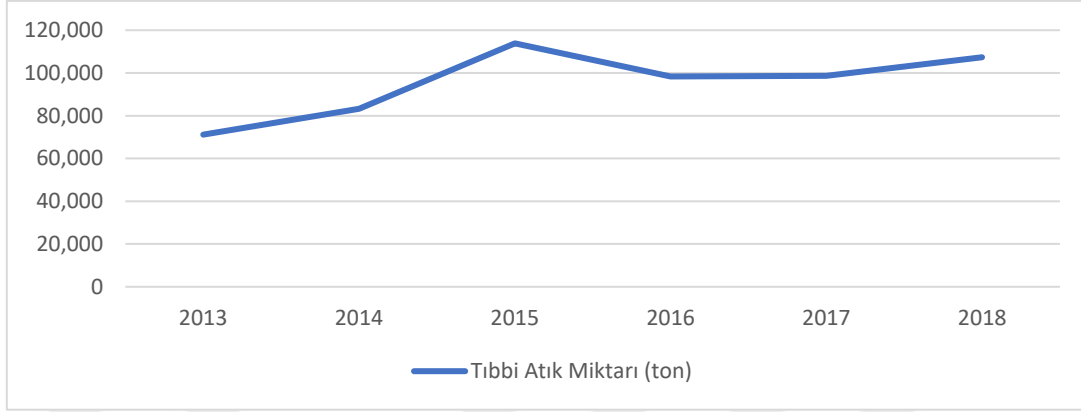


Şekil 10: İllerde Tıbbi Atık ve Yakma Tesisleri

Kaynak: Türkiye Çevre Durum Raporu (2016)

Tıbbi atıkların bertaraf işlemleri yakma ve sterilizasyon tesislerinde gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde 52 adet tıbbi atık sterilizasyon ve 2 adet tıbbi atık

yakma tesisi bulunmaktadır. Tıbbi atık ve yakma tesisi haritası incelendiğinde her ilde bu tesislerin olmadığı görülmektedir. Ortak bir noktada belirlenmiş tesise çevre illerden atıklar getirilmekte ve bu tesislerde bertaraf edilmektedir.



Şekil 11: Türkiye Tıbbi Atık Miktarı

Kaynak: (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020)

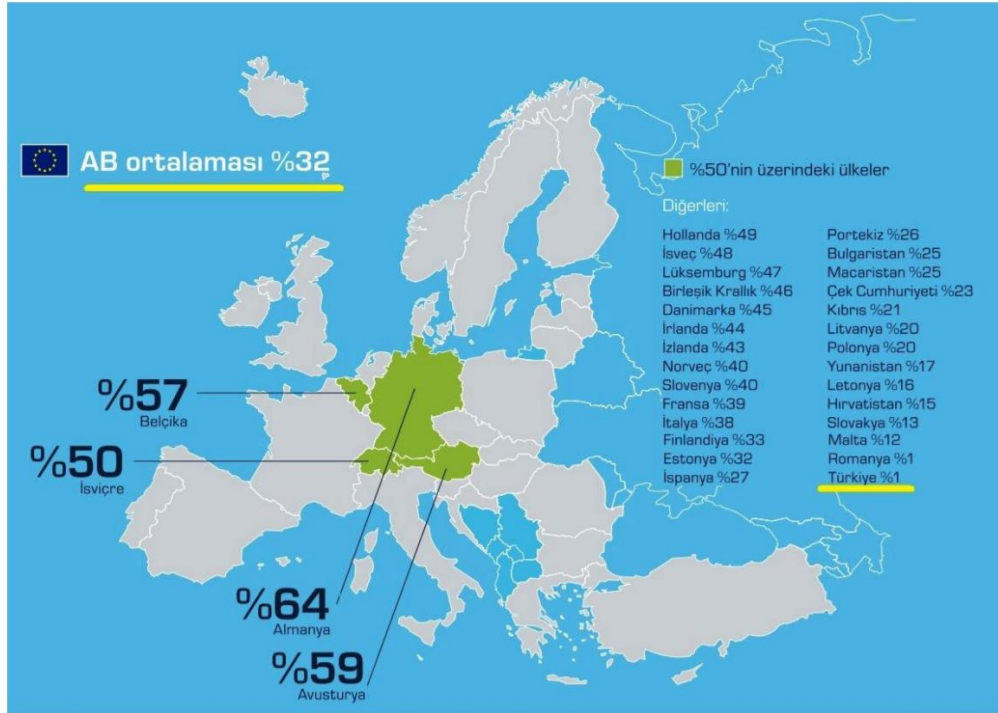
Türkiye’de tıbbi atık miktarı çizelgesi incelendiğinde, 2013 yılında 71.173 ton tıbbi atık toplanmışken 2018 yılında bu rakam 107.400 tona ulaşmıştır. 2015 yılında ise 113.857 ton tıbbi atık miktarı ile en yüksek değere sahiptir (Şekil 11). 2020 yılında Covid-19 pandemisi sebebiyle tıbbi atık miktarlarında artış olacağını söylemek mümkündür.

Niteliklerine göre farklı biçimlerde ayrıştırılan katı atıkların onlara uygun biçimde bertaraf edilmesi gerekmektedir. Bertaraf işlemlerinde nitelik ayrımının yapılması bu işlemi kolaylaştırır. Bertaraf yöntemleri, kompost, yakma ve depolama olmak üzere 3’e ayrılır. Bu yöntemlerin de kendi içlerinde alt yöntemleri vardır.

1.3.Katı Atıkların Bertaraf Yöntemleri

Nüfusun hızlı artışı ve kentleşme ile birlikte pek çok çevre problemi meydana gelmiştir. Bu çevre sorunlarının en önemlilerinden biri de antropojenik kaynaklı katı atıklardır (Demirarslan & Başak, 2018, s. 117). Katı atıkların, çevreye en az zararlı yok edilmesi için çeşitli teknolojiler ve yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin en sık kullanılanları düzenli depolama, yakma ve kompostlaştırma işlemleridir (Türerbaşkaya, 2009, s. 11). Atıkların geri dönüştürülmesi, depolanması gereken atık miktarını azaltmasının yanı sıra ekonomik katkı da sağlar. Geri kazanım, depolama sahalarının ömründe %40’lık bir artış meydana getirmektedir. Geri dönüşüm ayrıca yatırım ve işletme maliyetlerini

azaltmaktadır (Yeniçerioğlu, 2006, s. 5). Günümüzde, katı atıkların geri dönüşümü ve geri kazanımı tüm dünyada önemli bir çevre sorunudur (Glushkov, Paushkina, Shabardin, Strizhak, & Gutareva, 2019, s. 897).

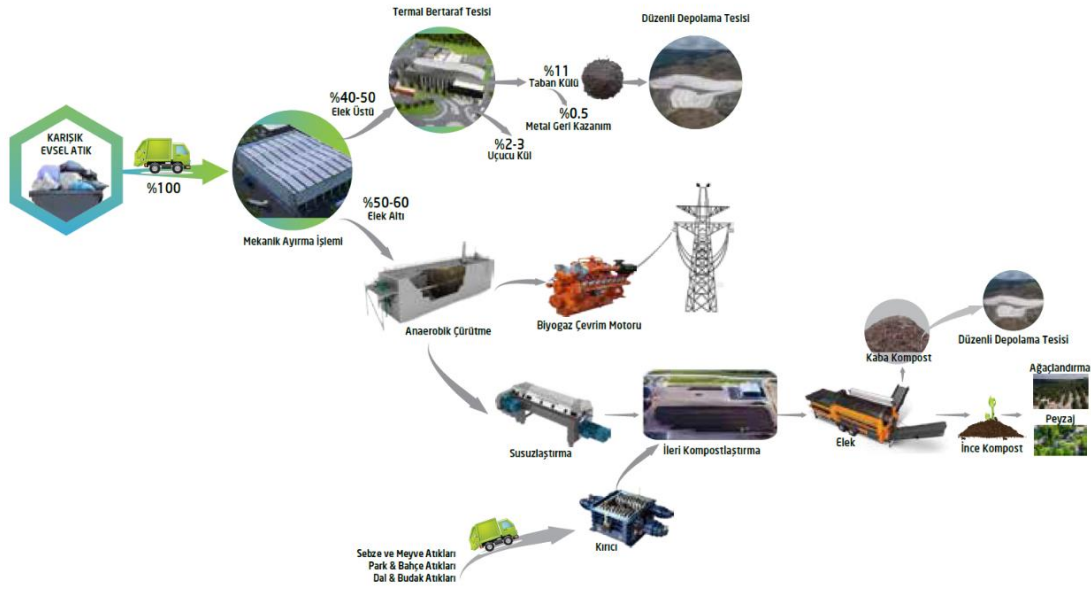


Şekil 12: Avrupa'daki Geri Dönüşüm Oranları

Kaynak: Avrupa Çevre Ajansı, 2014:30

Avrupa'daki geri dönüşüm oranlarına bakıldığında en yüksek oran %64 ile Almanya'ya aittir. Bunu %59 ile Avusturya, %57 ile Belçika, %50 ile İsviçre izlemektedir. Geri dönüşümde en düşük oran %1 ile Türkiye ve Romanya'ya aittir. Geri dönüşümde AB ortalaması ise %32'dir. Ülkemizde geri dönüşüm oranı Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında oldukça geridedir. Bu oranı yükseltmenin önemli bir yolu bertaraf yöntemlerinin etkili bir şekilde yönetilmesidir.

Uzun bir süre boyunca pek çok atık yönetimi incelenmiş ve geliştirilmiştir. Atık yönetiminde kilit önem taşıyan yöntemler; kaynak azaltma, toplama, geri dönüşüm, kompostlama, yakma, düzenli depolama, düzensiz depolamadır (Hoornweg & Bhada-Tata , 2012, s. 32). Bu yöntemlerin hiçbiri tek başına bir soruna çözüm değildir. Etkili bir atık yönetimi için entegre atık yönetimi yaklaşımı benimsenmelidir.



Şekil 13: Entegre Yönetim Yaklaşımı

Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023

Atık yönetimdeki yöntemlerden biri olan kaynak azaltma, kaynakların sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Gıda atıklarının azaltılması bu konunun ilk adımıdır. Bu atıkların azaltılmasında, ilk olarak gıda fazlasının önlenmesi gerekmektedir. İkinci adım, gıda fazlasının, gıda yoksulluğundan etkilenen gruplara dağıtılması ve ardından gıda atığının hayvan yemlerine dönüştürülmesidir (Papargyropoulou, Lozano, Steinberger, Wright, & Ujang, 2014, s. 106). Yemek atıklarının çoğu, genel belediye atıklarıyla birlikte toplanmakta ve çöp depolama alanlarına ya da yakma tesislerine gönderilmektedir. Bunun neden olabileceği çevresel zarar konusunda bir farkındalık oluşmuştur. 2005 yılında İsveç, organik atıklarla ilgili atık yasağı getirmiştir. Almanya'da da önceden işlenmemiş herhangi bir organik atığın toprağa dökülmesi yasaklanmıştır. İngiltere'de şu anda diğer atıklardan ayrı olarak toplanan yiyecek atıkları için arıtma yöntemi olarak kompostlamayı kullanmaktadır (Slorach, Jeswani, Cuéllar-Franca, & Azapagic, 2019, s. 799).

Geri dönüştürülemeyen evsel katı atıklarda yakma ve dökme işlemleri bireysel olarak kullanılmadığından bu atıkların bertarafında belediye atık yönetim sistemlerini kullanmak en uygun yoldur (Jouhara, ve diğerleri, 2017, s. 486).

Kentsel katı atıkların etkili bir şekilde geri dönüştürülmesindeki önemli hususlardan biri, atıkların ayrıştırılarak toplanmasıdır. Bu atıklar, ayrıştırılmadan toplandıklarında geri dönüştürülmeleri zorlaşmaktadır. Karışık bir biçimde toplanan atıklar hava, su ve toprak kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıştırılmadan toplanan atıklar, zaman, mekan ve maddi açıdan tasarrufa engel olmaktadır. Bu sebeple katı atıkların kaynağında ayrıştırılarak toplanması önemlidir.

1.3.1. Katı Atıkların Ayrıştırılması

Katı atıkların ayrıştırılması, geri dönüştürülebilen ve tekrar kullanılabilen malzemelerin türlerine göre ayrılarak biriktirilmesi işlemidir. Kullanılan ve geri dönüştürülebilir durumda olan cam, kağıt, metal, plastik ve organik atıkların sağlıklı ve ekonomik bir şekilde yerinde veya atık kaynağında ayrıştırılarak toplanması gerekmektedir. Bu atıkların yerinde ayrıştırılmış şekilde biriktirilmesi, belediyelerin buna uygun bir toplama sistemi kullanması, atıkların geri dönüştürülmesini sağlar (Karakaş, 2010, s. 45).

Katı atıkların ayrıştırılması hususunda organik atıklar ayrı bir öneme sahiptir. Organik atıkların ayrıştırılmadan toplanması, diğer atıkların geri dönüştürülmesini de zorlaştırmaktadır. Karışık bir şekilde toplanan atıklar, içerisindeki organik maddelerden dolayı koku yapmakta ve hava kirliliğine sebep olmaktadır. İçerisindeki sıvı, depolanan alanda toprağa ve yer altı sularına karışır. Bu durumda su ve toprak kirliliğine sebep olmaktadır. Organik atıkların tarımda kullanılabilecek bir kalitede kompostlaştırılabilmesi için kaynağında ayrıştırılması önemlidir. Kaynağında ayrıştırılmayan organik atıkların içerisinde ağır metal oranı yüksektir. Bu oran belirlenen sınırı aştığında organik atıkların tarımda gübre olarak kullanılabilmesi imkansız hale gelmektedir. Karışık toplanan organik atıklardan elde edilen kompost, dolgu malzemesi olarak ya da park ve bahçelerin yeşil alanlarının peyzajında kullanılabilir.

Katı atıkların ayrıştırılması kompostlaştırma, yakma ve depolama gibi bertaraf yöntemlerinin aktif bir şekilde kullanılmasını sağlar.

1.3.2.1. Kompostlaştırma

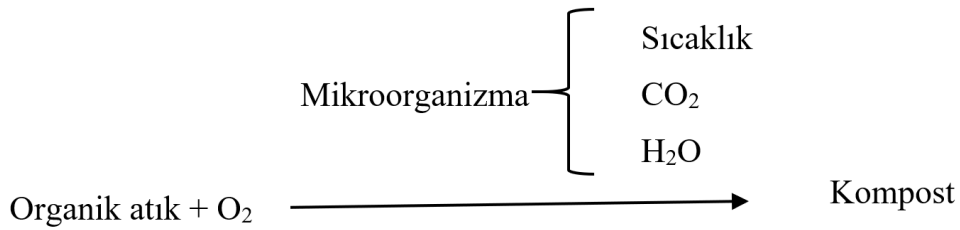
Katı atıkların ayrıştırılma yöntemlerinden biri olan kompostlaştırmayı açıklayabilmek için öncelikli olarak kompostun açıklaması yapılmalıdır. Kompost: organik kökenli atıkların oksijenli ya da oksijensiz ortamlarda ayrıştırılması ile üretilen ürünler olarak

tanımlanır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015, s. Madde 4). Kompostun kelime anlamı, karışım, tarımsal anlamı ise organik atıkların çürümesi (mikrobiyal parçalanma) sonucu organik madde içeriği zengin, sağlık açısından zararsız, bitki besin elementlerini içeren humus görünümünde son üründür (Bayram, 2017, s. 64).

Kompost, bir geri kazanım tekniğidir. Küçük çapta basit teknoloji kullanımında ekonomik bir yöntemdir. Ülkemizde katı atıklar yaklaşık %50-60 oranında organik madde içermektedir. Bu oran organik atıkların kompostlaştırılmasına uygundur. Elde edilen kompost erozyonu önlemede kullanılabildiği gibi depolama sahalarının ömrünün uzamasını da sağlar.

Kompostlaştırma; çöpteki organik atıkların tarımda kullanılabilecek gübreye dönüştürülmesidir. Katı atıklara, çeşitli işlemler uygulanarak kompost elde edilir. Elde edilen ürün tarımda, meyvecilikte, ormancılıkta, zemin iyileştirmede ve hobi bahçelerinde kullanılabilir (Güler, ve diğerleri, 2001, s. 75-76). Kompostlama, sürdürülebilir bir kaynak yönetimi stratejisinin bir parçası olarak tanımlanabilir (Pathak, Singh, & Kumar, 2011, s. 340).

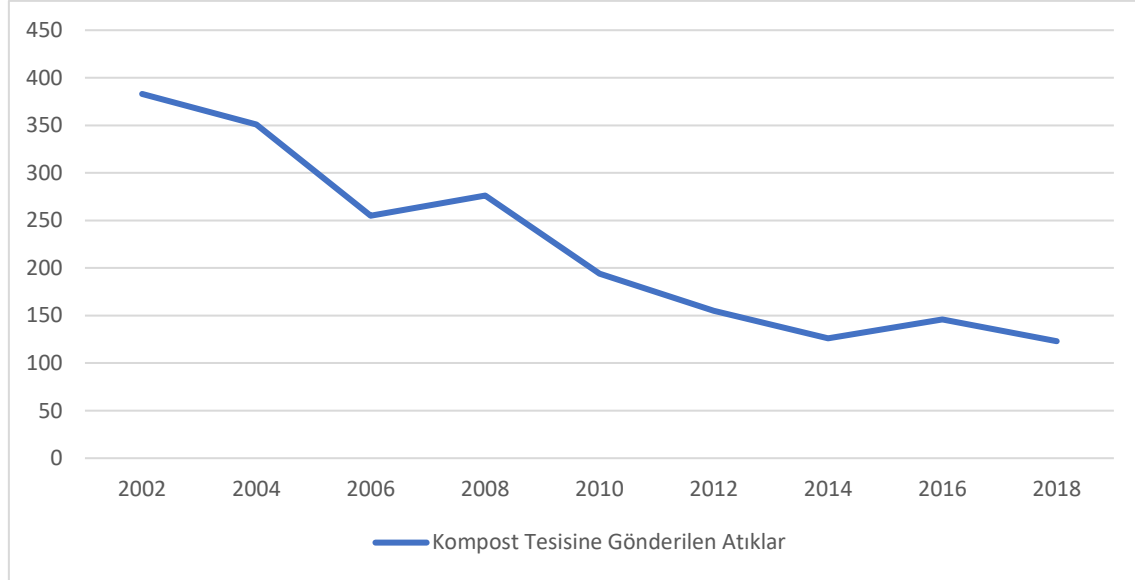
Genel olarak, kompostlaştırma, çevre kirliliğinin azaltılması ve nihai ürünlerin en faydalı şekilde kullanılması ile sonuçlanan organik atıklar için cazip bir arıtma yöntemidir (Kim, Park, In, Kim, & Namkoong, 2008, s. 272). Organik atıklardan kompost üretim süreci aşağıdaki şekilde formüle edilir:



Şekil 14: Kompostlaştırma İşlemi Basit Bir Şekilde Gösterimi

Kaynak: Jouhara, Hussam; Czajczyńska, Dina; Ghazal, Heba; Krzyzyska, Renata; Anguilano, Lorna; Reynolds, Alan; Spencer, Nik, “Municipal Waste Management Systems for Domestic Use” Energy Dergisi, Cilt 139, Sayı,15, 2017, s. 485-506.

Organik atıklar, kompostlama ve anaerobik çürütme ile artırılır. Anaerobik çürütme, gıda sanayisinde toplanan yaş atıkların biyogaz üretimi için kullanılabilir (Steiner & Wiegel, 2009, s. 52).



Şekil 15: Kompost Tesisine Gönderilen Belediye Atık Miktarları (Bin Ton) (2002-2018)

Kaynak: TÜİK (2020).

Kompost tesislerine gönderilen belediye atık miktarları incelendiğinde 2002 yılında 383 bin ton olan atık miktarı 2018 yılına gelindiğinde 123 bin tondur. 2002 yılında 383 bin ton olan atık miktarı 2006 yılına gelindiğinde 255 bin tona gerilemiştir. 2008 yılında kompost tesislerine gönderilen atık miktarı 276 bin tona ulaşmıştır. 2008 yılından itibaren 2014 yılına kadar kompost tesislerine gönderilen atık miktarlarında sürekli bir düşüş görülmektedir. 2014 yılında 126 bin ton olan atık miktarı 2016 yılında 146 bin tondur (Şekil 15).

1.3.2.2. Yakma

Katı atıkları bertaraf etme yöntemlerinden bir diğeri yakma işlemidir. Yakma işlemi atık içerisindeki yanabilir malzemelerin oksijen ile kimyasal bileşimleri sonucu ısı açığa çıkması olarak tanımlanabilir (Üçgül & Elibüyük, 2014, s. 41). Yakma işleminde, istenmeyen ve yanıcı özelliğe sahip olan katı atıklardan yüksek verimli fırınlarda buhar elde edilerek ısı ve elektrik enerjisi üretilebilir. Bu işlemle atık hacminde azalma sağlanır (Seo, Aramaki, Hwang, & Hanaki, 2004, s. 83). Yakma işlemi Almanya, Fransa,

Hollanda, Danimarka ve Japonya gibi ülkelerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu ülkelerin atıklarında; kâğıt, plastik ve yanabilir maddeler fazla olduğu için yakma işlemi uygulanır (Yeniçerioğlu, 2006, s. 24). Avrupa ülkelerinde yaşam tarzı ve tüketim alışkanlıkları sebebiyle ambalaj ve yanabilen atıklar daha fazladır. Bu sebeple bu atıkların geri dönüşümünde yakma işlemi yoğun bir biçimde kullanılır. Ülkemizde ise atıkların yarısından fazlasını organik atıklar oluşturmaktadır. Bu atıkların geri kazanımında kompostlaştırma işlemi uygun bir yöntemdir.



Şekil 16: Yakma Tesisi Akım Şeması

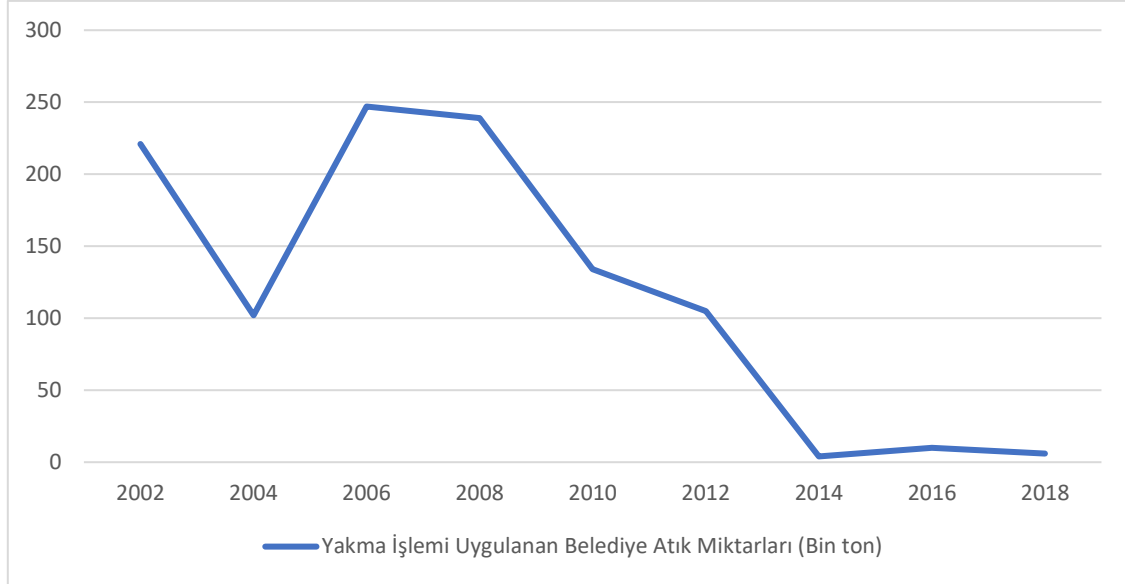
Kaynak: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023

Geri dönüştürülemeyen ve kompostlanamayan evsel atıklar, termal bertaraf tesislerinde yakma işlemi uygulanarak değerlendirilir. Bu atıklardan enerji üretimi sağlanır. Geriye kalan atıkların, %3-5'i uçucu kül, %1'i metal geri kazanım olur. %22'si ise taban külü olarak düzenli depolama tesislerine gönderilir. Bu sayede düzenli depolama tesislerine gönderilmesi gereken atıkların hacminde azalma sağlanmış olur.

Yakma işlemi, atıkların hijyenik olarak zararsız hale getirilmesini, hacimlerinin azaltılmasını ve enerjiye dönüştürülmesini sağlar. Bu yöntemin verimli olabilmesi için atıkların yanıcı madde miktarının fazla olması gerekir. Yakma işlemi sonucu ortaya çıkan zehirli gazlar ve atıklar ciddi sorunlar meydana getirebilir (Güler, ve diğerleri, 2001, s. 75-76). Bu yüzden yakma işlemini uygularken filtre kullanılmalı ve ortaya çıkan atıklar güvenli bir şekilde depolanmalıdır. Bu işlemler uygulanmazsa çevre sağlığı açısından zararlı sonuçlar meydana gelebilir.

Karışık belediye atıklarının termal bertarafında ızgara tipi yakma sistemleri en uygun ve yaygın olanıdır. Arıtma teknolojilerinin gelişmesiyle emisyon değerlerinin düşmesiyle bu tesislerin şehir merkezlerine yakın yerlere kurulabilme imkânı olmuştur. Bu da lojistik

maliyetlerinin düşmesine ve yakma işlemi sonucunda ortaya çıkan enerjinin sıcak su ve buhar olarak değerlendirilmesine alternatifler olmaktadır (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017, s. 94).



Şekil 17: Yakma İşlemi Uygulanan Belediye Atık Miktarı (Bin ton)

Kaynak: TÜİK (2020).

Yakma işlemi uygulanan belediye atık miktarları incelendiğinde, 2002 yılında 221 bin ton olan yakılan atık miktarı 2018 yılına gelindiğinde 6 bin tona düşmüştür. 2004 yılında 102 bin ton olan atık miktarı 2006 yılında 145 bin ton artarak 247 bin ton olmuştur. 2010 yılında yakma işlemi uygulanan belediye atık miktarı 134 bin tondur. 2012 yılında 105 bin ton olan yakılan atık miktarı, 2014 yılında ciddi bir düşüşle 4 bin tona gerilemiştir. 2018 yılında yakma işlemi uygulanan atık miktarı 6 bin tondur (Şekil 17).

Yakma işlemi, kompostlaştırmaya nazaran daha maliyetli bir işlemdir. Bunun yanında hava kirliliğine sebep olmaktadır. Amerika'daki bir araştırmaya göre yakma işleminde ton başına maliyet 527 dolarken kompostlaştırmada ton başına 351 dolarlık bir maliyet ortaya çıkmaktadır (Yüksel O. , 2012, s. 92). Görüldüğü üzere yakma işlemi kompostlaştırma işlemine göre neredeyse iki katı maliyete tekabül etmektedir. Yanıcılık özellikleri az olduğu için organik atıkların bertarafında yakma işlemi kullanmak ekonomik açıdan uygun bir yöntem değildir.

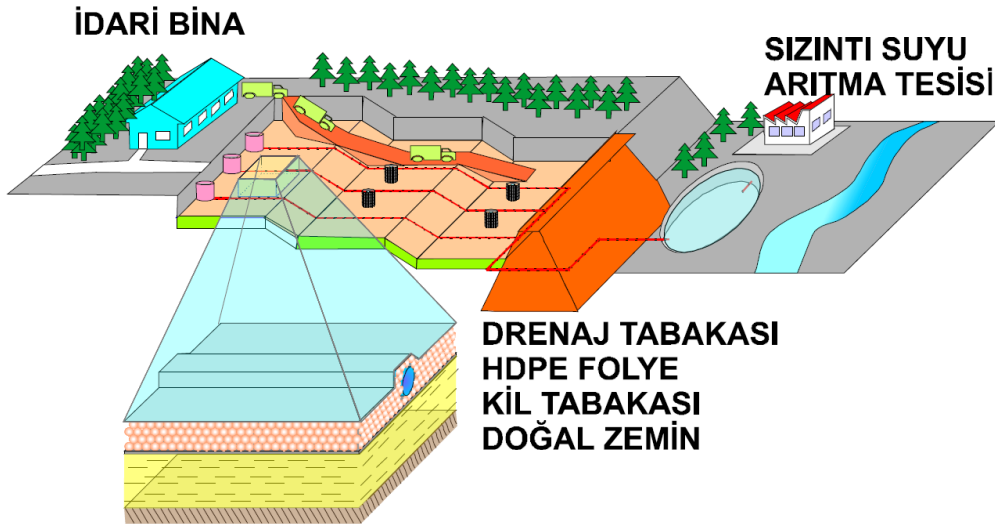
Geri dönüşüme ve kompostlaştırmaya uygun olmayan ve yakma işlemi sonucu ortaya çıkan atıklar depolama tesislerinde muhafaza edilir.

1.3.2.3. Depolama

Katı atıkları depolama alanları düzenli ve düzensiz (vahşi) olmak üzere iki gruba ayrılır. Düzensiz depolama, sistemsiz bir şekilde ve izolasyon yapılmadan atıkların araziye dökülmesi şeklinde olduğu için uygun bir yöntem değildir. Çevreye olan zararı düzenli depolamaya kıyasla çok daha fazladır. Düzenli depolama yöntemi, planlı bir şekilde atıkların mümkün olduğunca sağlıklı bir biçimde bertaraf edilmesi ve çevreye verilen zararın en aza indirilmesidir.

1.3.2.3.1. Düzenli Depolama

Düzenli depolama, toplanan katı atıkların çevre sağlığına uygun bir şekilde depolanmasıdır. Geri dönüşüm ile atık miktarındaki azaltma ne kadar iyi yapılırsa da belediye atıklarının belirli bir miktarı atık depolama tesislerine gönderilmek zorundadır (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017, s. 98). Atıkların deniz, akarsu, yer altı suları ve arazi kirliliğine neden olmadan, insan ve doğa sağlığına zarar vermeyecek şekilde belirli bir sistematik içerisinde düzenli ve sızdırmazlığı sağlanmış ortamlarda toplanması ve bertaraf edilmesine yönelik uygulamaların yapılması işlemidir (Karakaş, 2010, s. 50).

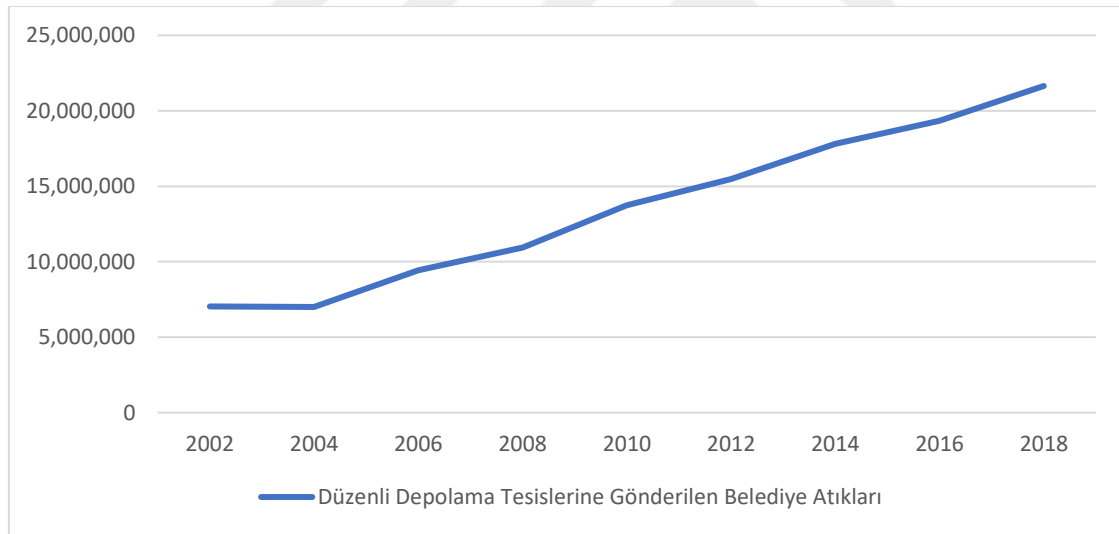


Şekil 18: Düzenli Depolama Tesisi

Kaynak: Katı Atık Yönetimi Yasal Düzenlemeler ve Sinop Örneği (2006)

Düzenli depolama alanları, atıkların kontrollü bir şekilde kabul edildiği, depolandıktan sonra atıklarda meydana gelen reaksiyonların kontrol edildiği yerlerdir (TBB, 2014, s. 2). Düzenli depolama, geri dönüştürülemeyen ve kullanılamayan yakma tesislerinde meydana gelen kül ve cüruf gibi maddeler için uygulanan bertaraf işlemidir. Diğer uygulamalara göre daha ucuz ve pratik olduğundan en fazla kullanılan yöntemdir (Öztürk, Arıkan, Baştürk, Tüylüoğlu, & Öztürk, 1997, s. 145).

Düzenli depolamanın yapılabilmesinde uygun yer seçimi çevre sağlığı açısından önemlidir. Yer seçimi alanın inşasından işlemesine kadar bütün süreçleri etkileyen başlıca unsurdur (TBB, 2014, s. 2). Düzenli depolama tesislerinde meydana gelebilecek olumsuz etkileri en aza indirmek için; kokunun çevreye yayılmasını, rüzgarın etkisiyle naylon, plastik ve kağıt gibi atıkların etrafa saçılmasını, kuşlar ve böcek gibi hayvanların o alanda çoğalmasını ve yangın ihtimalini azaltacak önlemler alınmalıdır (Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023, 2017, s. 98). 2018 yılında ülkemizdeki katı atıkların %67,2'si düzenli depolama tesislerine gönderilmiştir (TÜİK, 2018).



Şekil 19: Düzenli Depolama Tesislerine Gönderilen Atık Miktarı (Ton)

Kaynak: (TÜİK, 2020).

Düzenli depolama tesislerine gönderilen atık miktarları incelendiğinde, 2002 yılında 7.047.000 tondur. 2004 yılından itibaren düzenli depolanan atık miktarı akabindeki yıllarda düzenli bir artış göstermiştir. 2018 yılında düzenli depolanan atık miktarı 21.644.000 tondur (Şekil 19). Ülkemizde gelişen teknoloji ve ekonomik koşullar ile birlikte, düzenli depolama yöntemi, atıkların bertarafında kullanılan vahşi depolama ve

yakma işlemine bir alternatif olmuştur. Nihai bir imha metodu ve her türlü atık için uygulanabilir olması düzenli depolama yönteminin tercih edilmesinde etkili olmuştur.

1.3.2.3.2. Düzensiz (Vahşi) Depolama

Atıkların açık alanlara, denizlere ve akarsulara hiçbir tedbir alınmadan su, toprak ve hava kirliliğine sebep olacak şekilde dökülmesine düzensiz (vahşi) depolama denir (Bayram, 2017, s. 64). Daha çok gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde katı atıkların önlem alınmadan açık araziye dökülmesi vahşi depolama olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem hava kirliliği, çevre ve gürültü kirliliğinin yanında bu bölgelerde yaşayan hayvanların bulaşıcı hastalıklar taşımasına sebep olmaktadır (Yılmaz & Bozkurt, 2010, s. 13). İlkel bir şekilde depolanan çöpler, içerisinde bulunun metan gazı ve atıldığı araziye uygun olmamasından dolayı yanma, kayma ve patlamaya sebep olabilmektedir (Özey, 2009, s. 216).

1.3.2.4. Piroliz

Yunanca, gaz olmadan oluşan ısıl bozundurma anlamına gelen piroliz işlemi organik materyalin oksijensiz bir şekilde ısıtılarak katı, sıvı ve gaz halinde ayrılması işlemidir. Bu işlem sürecinde organik maddenin kimyasal yapısının bozulması ve yeni kimyasal maddelerin oluşabilmesi için ısı miktarının yeterli düzeyde olması gerekir. Bu işlem katı yakıtlar için “karbonizasyon” olarak değerlendirilirken, sıvı veya gaz yakıtlar için “piroliz” olarak adlandırılır (Üçgül & Elibüyük, 2014, s. 42).

Piroliz, oksijensiz bir ortamda atıkların termal ayrıştırılması işlemidir (Kanca , 2019, s. 44). İşlem sonucunda çöpte bulunan maddeler H_2O , CO , CO_2 ve hidrokarbonatlara ayrılır. Süreç sıcaklık, basınç ve reaksiyon zamanını belirleyerek kontrol edilir. Ortaya çıkan ürünler yağlı sıvı, yanabilir gaz, katran ve küldür (Atabarut, 2000, s. 123). Piroliz işleminde verim başlıca, piroliz sıcaklığı, ısıtma hızı, parçacık boyutuna bağlıdır (Onay & Koçkar, 1998, s. 73).

Atıkların doğrudan yakılması, düşük enerji yoğunluğu ve taşıma maliyetlerinin fazla olması piroliz yönteminde yüksek enerji üretilmesini sağlar. Depolama ve taşıma maliyetlerinin daha düşük olması gibi avantajlarından dolayı piroliz yönteminin kullanım alanı daha fazladır (Gürleyik, 2006, s. 67)

BÖLÜM 2: KOMPOSTLAŞTIRMA

2.1. Kompostun Tarihçesi

Kentsel atıkların üretim ve yönetim tarihi, insanların kentsel hayata geçişi ile başlar. İnsanlar Neolitik çağ ile birlikte avcı ve toplayıcı yaşam tarzını bırakarak kentlerde yaşamaya başladılar. Bu kentler kurulmaya başladığından beri atık çukurları yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandı. Yaklaşık 6000 yıl önce Sümer şehirlerinde kurulan atık çukurlarında tarımda kullanmak için kentsel organik atıklar toplanırdı (Diaz & de Bertoldi, 2007, s. 7).

Tarımla uğraşan insanlar 20. Yüzyıla gelinceye dek hayvansal atıkları tarımsal gübre olarak kullanırdı. Bu konu ile ilgili ilk yazılı kaynak Akad medeniyetine dayanır. M.Ö 2300 yılından kalma Odysseia destanında Homer hayvan atıklarının tarım için kullanıldığından bahsetmiştir. Ayrıca, Atinalıların organik atıklarını gübre olarak kullanılması için çiftçilere sattığı belirtilmiştir (Çatalbaş, 2013, s. 13).

Dünyanın diğer yerlerinde hayvansal atıkların ürün verimliliğini arttırdığı bilinmese de ilk medeniyetlerden biri olan Çin’de çok eski zamanlardan beri tarımsal ve hayvansal atıkların kompost olarak kullanıldığı bilinmektedir (Howard, 1944, s. 14). Hayvansal ve tarımsal atıklar kuyularda belirli süre bekletilerek kompostlaştırılmış ve toprakların veriminin artırılmasında kullanılmıştır.

En güçlü döneminde yaklaşık bir milyon insanın yaşadığı Roma şehrinde gelişmiş atık yönetim sistemi bulunmaktaydı. Şehrin temizliğini sağlamak için atıklar görevliler tarafından toplanır ve şehir dışındaki tarım alanlarına boşaltılırdı. Ancak kompostlaştırmanın en doğru ve teknik tanımlarından biri 13.yy. da tapınak şövalyeleri tarafından yazılmış el yazması kitaplarda yapılmıştır. (Diaz & de Bertoldi, 2007, s. 8).

Kompostlaştırma ile ilgili yapılan ilk çalışmalar ABD’de 1880’lerde başlamıştır. Geniş çaplı ilk kompostlaştırma çalışması 1924-1931 yıllarında Hindistan’ın Indore şehrinde Albert Howard’a aittir. Burada yapılan işlemde sebze, hayvan atıkları ve insan dışkısı alkali bir madde ile karıştırılmış ve su eklenerek havalanması sağlanmıştır. Daha sonra bu atıklar sığ çukurlar veya zemin üzerine yığın şeklinde bekletilerek işlem sürecine sokulmuştur. (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 6). Kompostlama işlemi doğada kendiliğinden nadiren gerçekleşmektedir (Kara, Saltalı, & Özdilek, 2011, s. 19).

1950'den 1955'e kadar, Golueke ve Berkeley'deki California Üniversitesinde karışık belediye çöplerinin ve gıda artıklarının kompostlaştırmanın en önemli yönlerinden bazıları hakkında temel ve uygulamalı araştırmalar yapmıştır. Araştırmaları, modern kompostlama ve modern kompostlaştırmanın gelişmesine önemli katkılar sağlamıştır (Diaz & de Bertoldi, 2007, s. 10).

Avrupa'da ilk kurulan kompost tesisi Hollanda'dadır. Tesiste atıklar kümeler halinde yığılmış ve vinçlerin yardımıyla birkaç ay boyunca karıştırılmıştır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra Avrupa şehirlerinde kompostlaştırma işlemi giderek yaygınlaşmıştır. Buralardan elde edilen kompost tarla ve bahçelerde kullanılmıştır. Bu yöntem gelişmekte olan ülkelerin de kullanabileceği bir yöntemdir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 7).

Kompostlaştırma genel olarak 3 aşamada meydana gelmektedir: (1) katı atıkların ön işleminden geçirilmesi, (2) organik kısımların biyolojik parçalanması, (3) nihai ürünün oluşması ve pazarlanmasıdır (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1993, s. 978).

Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nca (2018) yayınlanan yönetmeliğe göre organik gübre, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini düzenleyen ve bitki besin maddelerinin daha yararlı bir hale getiren bitkisel veya hayvansal kökenli atıklardan oluşan ürünlerdir (Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelerle Dair Yönetmelik, 2018).

Kompostlaştırma işlemi aerobik (havalı) ve anaerobik (havasız) kompostlaştırma olarak ikiye ayrılır.

2.2. Aerobik (Havalı) ve Anaerobik (Havasız) Kompostlama

Havalı kompostlaştırma organik atıkların oksijen ile mikroorganizmalar tarafından parçalanarak zararsız hale getirilmesidir (Yeniçerioğlu, 2006, s. 25). Havasız kompostlaştırma yöntemi genelde büyükşehirler için kullanılmaktadır. Havalı sistemlere nazaran oldukça karmaşık olan bu sistemde (%65-80) oranın da uygulanan nem ve komposta ilaveten enerji üretiminde kullanılabilecek biogaz elde edilir. Bu sistemle üretilen enerjinin bir kısmı sistemin çalışması için harcanırken geri kalan kısmı gaz olarak ya da elektrik enerjisine dönüştürülüp satılabilmektedir. Elektrik üretimi 150kw saat/ton organik atıktan sağlanmaktadır (Yeniçerioğlu, 2006, s. 26).

2.3. Kompost Mekanizması

Kompost işlemi iki temel aşamada gerçekleşmektedir:

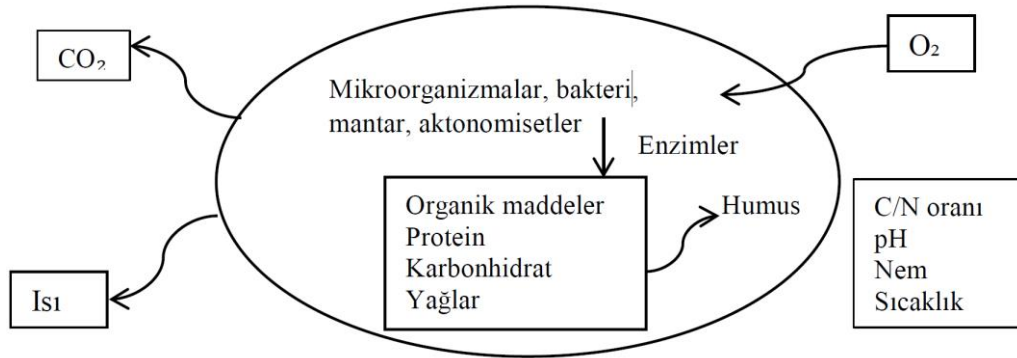
Aktif Kompost Süresi

- Yüksek sıcaklık ($>55^{\circ}\text{C}$)
- Yüksek O_2 tüketimi
- Su buharlaşması
- Fitotoksinite
- Kötü koku salımı
- Sızıntı suyu

Olgunlaşma

- Düşük sıcaklık ($<45^{\circ}\text{C}$)
- Düşük solunum faaliyeti
- Düşük kötü koku salımı
- Stabilité
- Olgunluk
- Humuslu maddeler

Kompostlaşma, uygun maddelerin karışımı ve yeterli havanın alınmasıyla başlar. Birkaç saat içerisinde mikrobiyal metabolik aktiviteler nedeni ile sıcaklık $50-65^{\circ}\text{C}$ 'a kadar yükselir. Fermantasyon yavaşladıkça, sıcaklık 40°C 'ye ve sonrasında çevre sıcaklığına kadar düşer. Olgunlaşma aşamasında maddelerin kompostlaşma hızı düşmektedir (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 3).

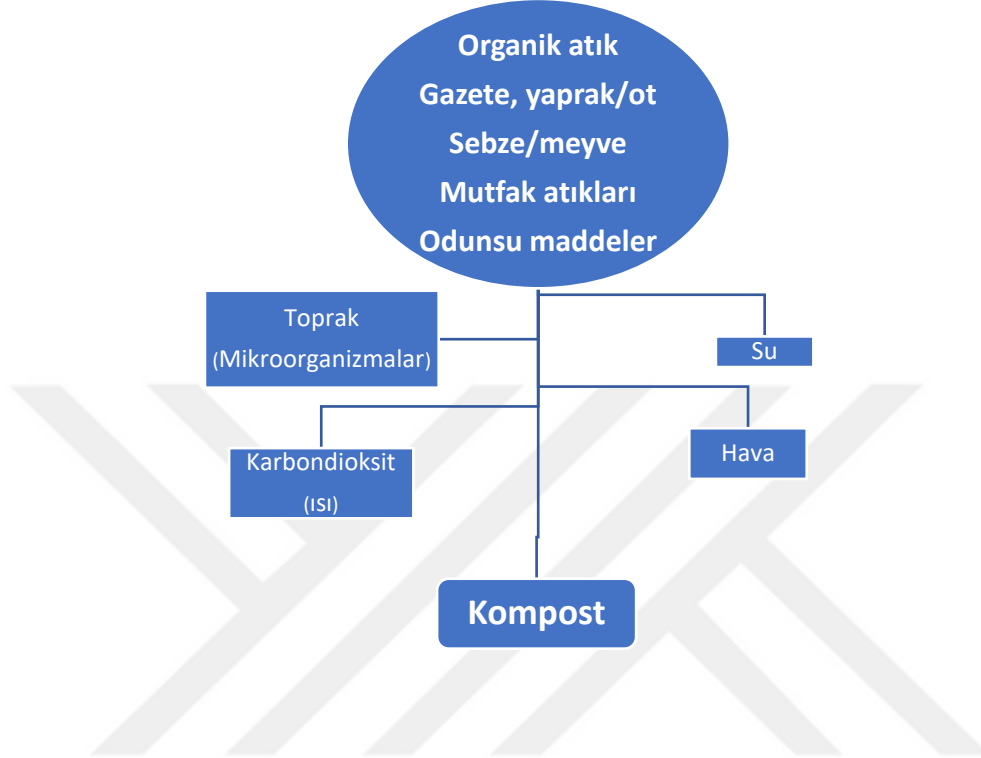


Şekil 20: Kompostlama Prosesi

Kaynak: Ümmügülsüm Günay ve Şükrü Dursun, "Arıtma Çamuru ve Zirai Atıkların Kompostlanarak Tarım Arazilerinde Kullanımı", *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Cilt 1, Sayı 1, 2018, s.15

Organik atıklar (çimen, bitkiler ve yapraklar gibi bahçe atıkları ile meyve sebze atıkları gibi mutfak atıkları) kentsel atıkların %30-50'sini yani büyük bir kısmını

oluşturmaktadır. Tarihsel olarak, atıkların organik kısımlarının ayrılarak tarımsal kullanım için komposta dönüştürülmesi öncelikli olarak ele alınmıştır (Steiner & Wiegel, 2009, s. 51).



Şekil 21: Kompost Oluşum Şeması

2.4. Kompost Üretiminde Kullanılan Teknolojiler ve Metodolojiler

Kompostlaştırma işlemi organik atıkların bertarafında iyi bir alternatiftir. Dünya genelinde farklı şekillerde uygulanmaktadır. İşletme şartları, kullanılan ekipmanlar ve makinelerle göre kendi içerisinde beş temel sistemde sınıflandırılmaktadır. Atığın fiziksel özellikleri ve işletmenin sahip olduğu özellikler kullanılacak metodu seçmede etkili olmaktadır. Bunların yanında maliyet, yerleşim yerine olan uzaklık, kompostlaştırmanın hızı ve süresi de bu seçimde önemli bir yer teşkil etmektedir (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 4).

Katı atık yönetimi uzmanlarının çoğu, katı atık sorunlarına yönelik tek ve basit bir çözüm olmadığını kabul etmektedir. Bunun yerine, verimi arttırmak için çok sayıda tekniğin öğelerini birleştiren bütünlük bir yaklaşım uygulamak en doğrusudur (Fromme, 1999 akt: (Pathak, Singh, & Kumar, 2011, s. 339).

Kompostlaştırma sisteminin verimli, uygun bir kalitede ve düşük maliyetlerle üretim potansiyelini arttırmak için uygulanacak bazı kurallar vardır. İlki başarılı bir üretim için sistemin basit ve etkili olmasıdır. İkincisi, kompostun kullanılacak bölge için elverişli olması gerekmektedir (Diaz, de Bertoldi, & Bidlingmaier, 2007, s. 69).

Kompost üretiminde kullanılan teknoloji ve metodolojiler beş sisteme ayrılır:

2.4.1. Pasif /Açık Yığında Kompostlaştırma

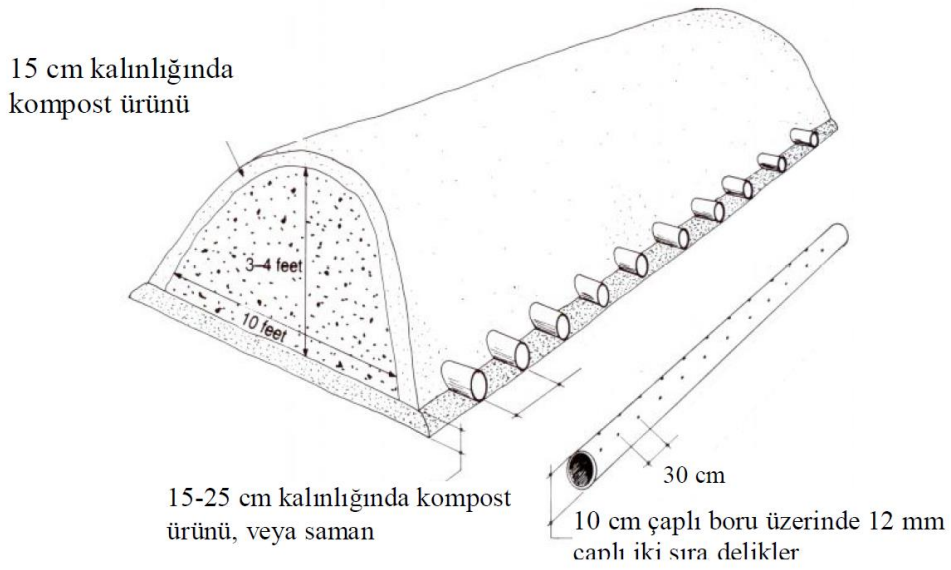
Pasif yığında kompostlaştırma yönteminde, organik maddeler yığın haline getirilir ve başka bir işlem uygulanmadan ürünün kompost haline gelmesi beklenir. Bu yöntem küçük ve orta büyüklükteki yerleşimlerde basit ve kullanışlı bir yöntemdir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 33). Organik atıkların açık tip sistemlerde kompostlaştırılmasında düşük teknoloji ve maliyete ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemlerin dezavantajı çevresel etkilere açık olması ve etkilenmesidir. Son yıllarda yapılan çalışmalar sayesinde koku problemi azalmıştır. Bu tip sistemler çoğunlukla tarımsal atıkların kompostlaştırılmasında kullanılmaktadır (Külcü & Yıldız, 2005, s. 190).



Şekil 22: Pasif Yığın Yöntemi

Kaynak: (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, Kompost Teknolojileri ve İstanbul'daki Uygulamaları, 2009)

Yönetimi oldukça kolay olan bu sistemde, organik malzemelerin küçük yığınlar halinde doğal hava hareketlerinden yararlanması ve kompost sürecinde meydana gelen yüksek sıcaklıklardan korunması sağlanır (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 4-5).



Şekil 23: Pasif Yığında Kompostlaştırma

Kaynak: (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, Kompost Teknolojileri ve İstanbul'daki Uygulamaları, 2009)

2.4.2. Aktarmalı Yığında Kompostlaştırma

Bu sistem, yığınların çevrilerek karıştırıldığı bir sistemdir. Kompostlamanın aktif ve verimli bir şekilde yapılabilmesi için yığınların çevrilerek karıştırılması önemlidir. Avantajları sebebiyle en fazla kullanılan kompostlaştırma sistemidir. Karıştırma yöntemi yığının her tarafının eşit şekilde kompostlaşmasını sağlar. Bu işlem, sırasında materyalin boyutu ufalanarak malzemenin daha homojen bir hale gelmesine yardımcı olur. Ancak çok fazla karıştırılması yığının içerisindeki maddelerin partikül boyutunun çok fazla küçülmesine sebep olabilir (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 6).



Şekil 24: Aktarmalı Statik Yığın Yöntemi

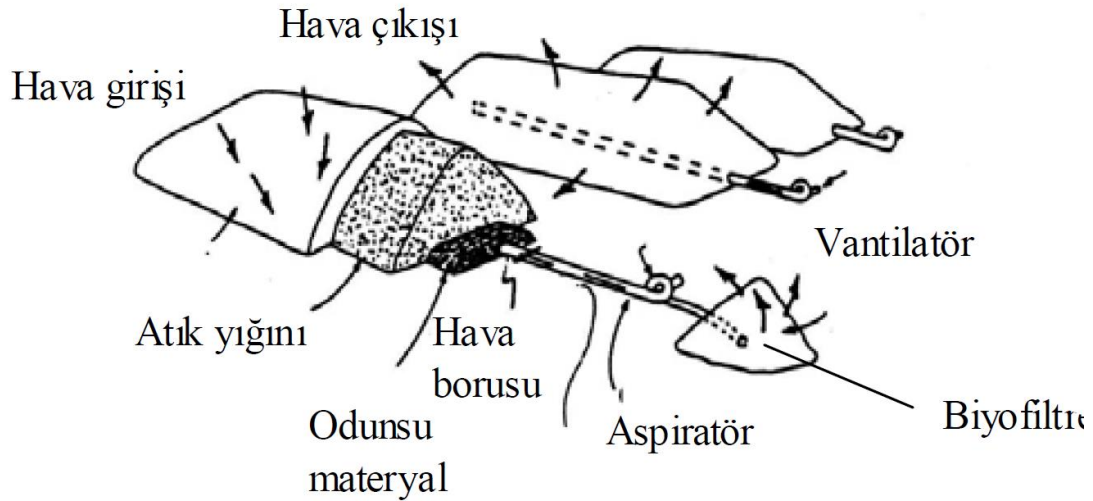
Kaynak: (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, Kompost Teknolojileri ve İstanbul'daki Uygulamaları, 2009)

Karıştırma yönteminin en önemli katkısı atığın gözenekliliğini arttırarak içerisine hava girmesini sağlamasıdır. Ayrıca yabancı atlar ve sinek larvaları oluşan sıcaklıkla yok edilebilir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 35). Materyalin özelliği, karıştırma işleminin zaman aralığını etkilemektedir. Yapılan araştırmalar, karıştırma periyodunun 4-5 günde bir olması gerektiğini göstermektedir (Külcü & Çaylak, 2014, s. 191).

Kompostlaştırma işlemi sırasında atıklar karıştırılarak kontrol edilmezse mikrobiyal aktiviteler sıcaklığı 70°C civarına çıkabilir. Artan sıcaklıklar, mikrobiyal aktiviteyi azaltarak ayrışmayı önler ve kompostlaştırma hızını yavaşlatır (Dinçer, Korkmaz, & Çolak, 2003, s. 268).

2.4.3. Havalandırılmalı Statik Yığınlar da Kompostlaştırma

Havalandırılmalı statik yığınlar (HSY), üzeri bir yapıyla kapalı ya da açık kontrollü yığınlardan oluşur. Pasif HSY’ da bir ucu açık delikli borular yığının içerisinde yer almaktadır. Yığının içerisindeki sıcak gazlar yükselirken borulardan gelen taze hava yığını besler. Basınçlı havalandırmada ise yığının tabanından hava üfleyiciler ile taze hava girişi sağlanmaktadır. Bu yöntem kompost işleminin kontrolünü sağladığı için daha büyük yığınlar oluşturulmasına imkân verir (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 6).



Şekil 25: Havalandırılmalı Statik Yığın

Kaynak: (Külcü & Yıldız, Kompostlaştırma Tesislerinde Farklı Mekanizasyon Uygulamalarının Yatırım ve Üretim Maaliyetlerine Etkilerinin Belirlenmesi, 2005, s. 191)



Şekil 26: Havalandırmalı Statik Yığın Yöntemi

Kaynak: (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, Kompost Teknolojileri ve İstanbul'daki Uygulamaları, 2009)

HSY'da tabana genellikle talaş, saman gibi gözenekli malzemeler konulmaktadır. Bu yığınların başlangıçtaki yükseklikleri genellikle 1,5-2,5 metreden oluşmaktadır. Kış aylarında da büyük yığınlar sayesinde yığının sıcaklığının korunması sağlanır. Yığının üst kısmına kompost serilerek yığının izole edilir ve oluşacak kötü kokulara karşı filtre görevi görür (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 37).

2.4.4. Reaktörde Kompostlaştırma

Bu sistem organik maddelerin bir kanal, bina ya da reaktör gibi kapalı bir ortamda ayrıştırmaya tabi tutularak kompostlaştırılmasını sağlar. Kompostlaştırma sistemleri arasında maliyetin en yüksek olduğu sistemdir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 38).

Kapalı tip biyoreaktörler, kompostlama işlemini hızlandırmak ve işlemin optimum ilerlemesini sağlamak için kullanılır. Biyoreaktörlerde, ayrışma işlemlerini hızlandırmak için atık karıştırılır ve hava verilir. Geri dönüşüm sürecinde optimum ayrışmayı sağlayabilmek için: nem, sıcaklık, oksijen içeriği, pH, fosfor ve azot ve C/N oranı düzenlenerek çok kısa sürede yüksek kaliteli kompost elde edilmesini mümkün olur ve kompostlama işlemini birkaç haftada meydana gelir. Kompostlama işlemini etkileyen ana faktörler ortamın sıcaklık, havalandırma, nem ve pH oranıdır (Sagdeeva, Krusir, Tsykalo, Shpyrko, & Leuenberger, 2018, s. 46).



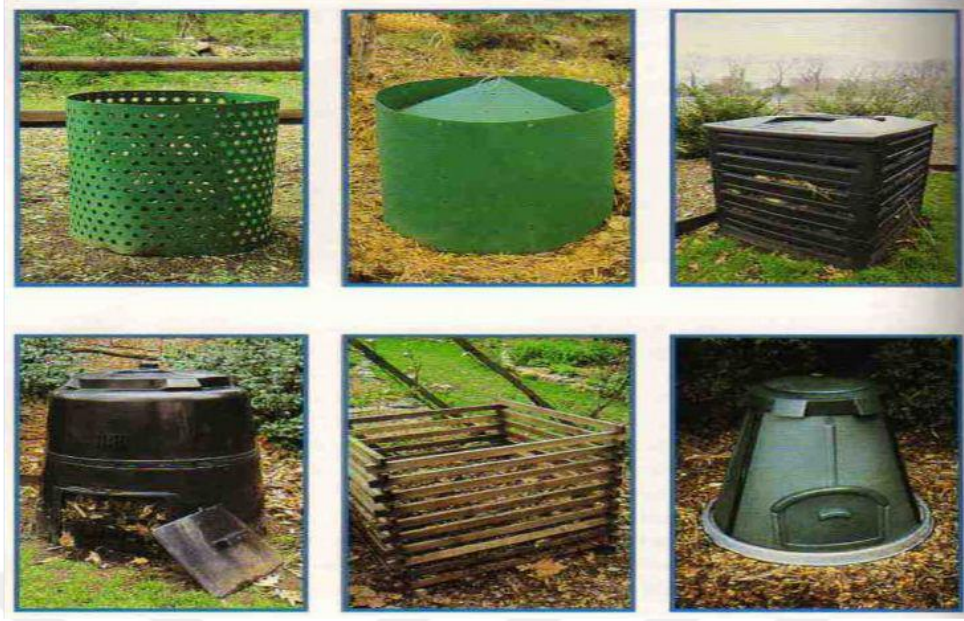
Şekil 27: Reaktörde Kompostlaştırma Yöntemi

Kaynak: (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, Kompost Teknolojileri ve İstanbul'daki Uygulamaları, 2009)

Kapalı sistemde atıklar dış ortamdan izole edilerek fiziksel ve kimyasal işleme tabi tutulur. İşlemler genellikle bilgisayar ile kontrol edilerek en uygun şartlar sağlanır. Bu tip sistemlerde çevresel etkiler düşük ve daha temiz olurken sistemin kurulma ve işletme maliyetlerinin yüksek olması dezavantajdır. Bu nedenle KKA kompostlaştırılmasında kapalı sistemler daha uygun bir yöntemdir (Külcü & Yıldız, 2005, s. 190).

2.4.5. Kaynağında Azaltmak İçin Kullanılan Kompostlaştırma Teknolojileri

Dünya genelinde yaygın bir şekilde kullanılan bu yöntemde, bahçe ve evsel organik atıkları azaltmak için yerinde kompostlaştırılmanın pek çok farklı modeli kullanılır (Yıldız, Yılmaz, & Ölmez, 2009, s. 8). Yerinde kompostlaştırmanın en verimli şekilde yapılabilmesi için atıkların doğru şekilde sınıflandırılması önemlidir. Otlar, yapraklar ve çimen gibi atıklar yerinde bırakılarak ya da yığın halinde biriktirilerek pasif bir şekilde kompostlaştırılabilir. Ancak bu işlem birkaç ay sürebilir. Aktif kompostlaştırma için daha fazla enerji ve dikkat gerekir. Pasif kompostlaştırmaya göre aktif kompostlaştırmada çok daha fazla emek harcamak gerekir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 46).



Şekil 28: Organik Atıkların Yerinde Azaltılması İçin Kullanılan Kompostlaştırma Düzenekleri

Kaynak: İzzet Öztürk ve ark, “*Kompost El Kitabı*” İSTAC A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 1,2015, s.47

Doğada organik maddeler binlerce yıldır canlılar tarafından parçalanarak besin içeriği zengin toprağa dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm bazen birkaç yıl sürmektedir. Bu sürenin bu kadar uzun olmasının sebebi soğuk mevsimlerde gerekli ısının sağlanamaması, kuraklık ve fazla nem arasındaki iklimsel dalgalanmalardır (Berger & Lorenz-Ladener, 2017, s. 47).

Ev mutfakları için tasarlanan bazı kompost makinalarında geri dönüşüm işlemi 24 saat gibi kısa sürelerde gerçekleşebilmektedir. Bu işlemde gübre yapım sürecini hızlandırmak için oksijen, nem, ısı, bitki bazlı katkı ve karıştırıcılar kullanılabilir. Bu tip ev kompostlaştırma makinaları, hava koşullarından bağımsız bütün yıl kompostlaştırma işlemi gerçekleştirilebilmektedir (Bigumigu.com, 2020). İnsanlar elde edilen gübreyi bahçelerinde ya da saksılarında yetiştirdikleri bitkiler için kullanabilir.



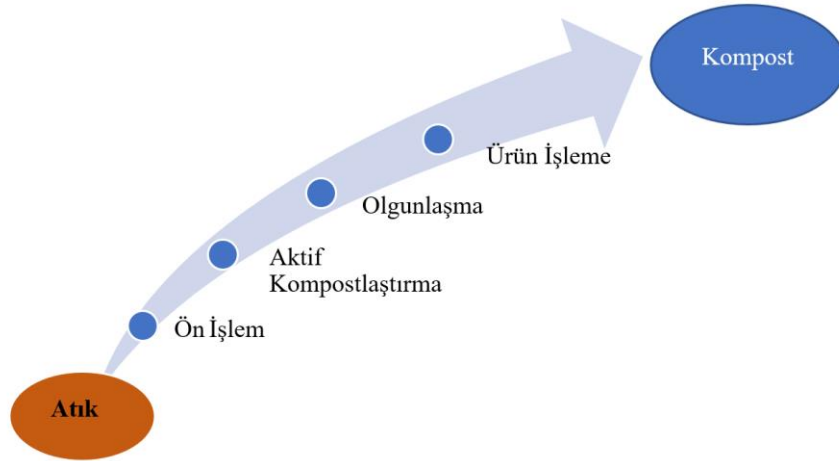
Şekil 29: Ev Yapımı Kompostlaştırıcılar

Kaynak: <https://bigumigu.com/haber/zera-food-recycler-gida-atiklarini-ev-yapimi-gubreye-donusturuyor>

Kompostlaştırma sürecine pek çok faktör etki etmektedir. Etkili ve verimli bir kompostlaştırmanın sağlanması için bu sürece etki eden faktörlerden optimum yarar sağlamak önemlidir.

2.5. Kompostlaştırmaya Etki Eden Faktörler

Kompostlaşma, karbon döngüsünün doğal bir sürecidir (Berger & Lorenz-Ladener, 2017, s. 39). Kompostlaştırma işleminde dört önemli adım bulunmaktadır: 1. Hammaddelerin karıştırılarak ve işlenerek hazırlandığı ön işlem; 2. Patojen gideriminin önemli olduğu aktif kompostlaştırma, 3. Olgun ve sabit ürün elde edilecek olan olgunlaşma, 4. Ürünün dağıtımını ve satışı için kriterlerin uygulandığı işlemler (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 12).



Şekil 30: Kompostlaştırma Adımları

Kompostlaştırmaya etki eden en önemli çevresel şartlar, su içeriği, dane boyutu, C/N oranı, hava, pH değeri ve sıcaklıktır (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 3).

Tablo 3: Kompostlaştırma İçin Gerekli Olan Parametreler

Parametre	Aralık	Tavsiye edilen
Karbon/Azot (C/N) oranı	25:1-50:1	25:1-30:1
Nem muhtevası	%30-75	%50-60
Oksijen konsantrasyonu	%5	>>%5
Partikül boyutu (cm çap)	0,32-1,27	Değişebilir
pH	5.5-9	6.5-8
Sıcaklık (°C)	44-66	55-60

Kaynak: Ümmügülsüm Günay ve Şükrü Dursun, “Arıtma Çamuru ve Zirai Atıkların Kompostlanarak Tarım Arazilerinde Kullanımı”, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, Cilt 1, Sayı 1, 2018, s.15

Kompostlaştırma için gerekli parametrelere bakıldığında C/N 25:1-50:1 oran aralığında, tavsiye edilen ise 25:1-30:1 oran aralığında olmalıdır. Nem %30-75 arasında, tavsiye edilen oran %50-60 arasında olmalıdır. Oksijen içeriği %5’in üstünde olmalıdır. Partikül boyutu değişmekle birlikte 0,32-1,27 (cm çap) aralığında, ph değeri 5.5-9 aralığında, tavsiye edilen pH aralığı ise 6.5-8 değerler arasında olmalıdır. 44-66 °C aralığında kompostlaşma işlemi meydana gelirken, sıcaklığın 55-60 °C civarında olması tavsiye edilmektedir.

2.5.1. C:N Oranı

Mikroorganizmalar enerji ihtiyaçlarını karşılamak için karbona (C) ve çoğala bilmek için azota (N) ihtiyaç duyarlar. Kompostun besin dengesi, C/N oranına bakılarak belirlenir. Kompostlama için en uygun değer aralığı 25- 30 arasındadır (Günay & Dursun, 2018, s. 104). Bu oran en fazla 50 olabilir. Kompostun C/N oranı yükseldiğinde, topraktaki azotu bünyesine aldığı için topraktaki azot değerleri düşer. C/N oranı düştüğünde, azot fazlalığından amonyak gazı oluşur ve bu yüzden yine toprağın azot miktarı düşer (Günay & Dursun, 2018, s. 16). Bu yüzden kompostun C/N oranı kontrol edilerek kullanılmalıdır.

Organizmalar temelde karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), fosfor (F), sülfür (S) olmak üzere altı bileşenden oluşur. Bu elementler tüm organik atıklarda bulunmaktadır. Atıkları ayrıştıran mikroorganizmalar da bu elementlere ihtiyaç duyar (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 28). Eğer yığındaki karbon miktarı fazla olursa biyolojik aktivite azalır. İyi yönetilmiş bir sistemde C/N oranı gittikçe azalır.

Karbon/azot oranı, kompostlaştırmayı etkileyen en önemli unsurlardan biridir. Bir azota karşılık gelen karbon miktarına C/N oranı denir. Karbon, mikroorganizmaların enerji ihtiyacını karşılaması ve büyümeleri için kullanılır. Azot, mikroorganizmaların protein sentezi için kullanılır. En verimli kompost üretimi için başlangıçta C/N oranının 20-30 aralığında olması gerekir. (Bıtrak, 2013, s. 8).

Tablo 4: Çeşitli Atıkların Azot İçeriği ve C/N Oranları.

Atık Türü	Azot (%)	C/N Oranı
Meyve atıkları	0.9–2.6	20–49
Sebze atıkları	2.5–4.0	11–13
Kümes hayvanı atıkları	1.6–3.9	12–15
Büyükbaş hayvan atıkları	1.5–4.2	11–30
Yemek atıkları	1.9–2.9	14–16
Evsel katı atık	0.2–0.25	127–178
Kanalizasyon atıkları	2.0–6.9	5–16
Çim	2.0–6.0	9–25
Dökülmüş yaprak	0.5–1.3	40–80
Talaş	0.06–0.8	200–750

Kaynak: (Luis, Savage, & Golueke, 2002, s. 429)

2.5.2. Oksijen

Oksijen miktarı, kompost üretimini etkileyen faktörlerden biridir. Oksijen miktarı arttıkça kompost oluşum süresi kısalır. Kompostlaştırma işleminde, malzemenin sıklıkla karıştırılarak havalandırılması sağlanmalıdır. Elde edilen ürünün rahatsız edici koku yapmaması için havalandırılması önemlidir (Luis, Savage, & Golueke, 2002, s. 431).

Kompost yığınının oksijen kazandırmak, malzemenin nem içeriği, porozitesi (boşluk oranı) ve kompostlaştırma tekniği gibi faktörlere göre değişmektedir. Yığın içerisindeki oksijen miktarını arttırmak için malzemeler sık sık karıştırılmalıdır (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 19).

Aerobik kompostlaştırmayı etkileyen parametrelerin en önemlilerinden birisi havadır. Anaerobik şartların oluşumunun engellenmesi ve sıcaklığın kontrol altında tutulabilmesi için yığında %12-20 arasında hava bulunması gerekmektedir (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 3).

2.5.3. Nem İçeriği

Nem içeriği, kompost yığnında bulunan nem miktarının ölçüsüdür ve taze ağırlığın yüzdesi olarak tanımlanır. Kompost ünitesindeki mikroorganizmaların büyümesi ve çoğalması için belirli miktarda nem gerekmektedir (Işık, 2009, s. 5).

Su güçlü bir çözücüdür. Ayrıca kompostlaştırma sürecinde yığının sıcaklığını düzenler (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 25). Elde edilen değerler oldukça esnek olsa da araştırmaların çoğu suyun %70 i geçtiğinde çürümenin mümkün olmadığını %25 in altına düştüğünde de çürümenin durduğunu göstermektedir (Berger & Lorenz-Ladener, 2017, s. 40). Farklı malzemeler farklı su tutma kapasitelerine sahip olduğundan en uygun başlangıç için nem içeriği hakkında kesin bir genelleme yapmak mümkün değildir (Diaz & Savage, 2007, s. 56).

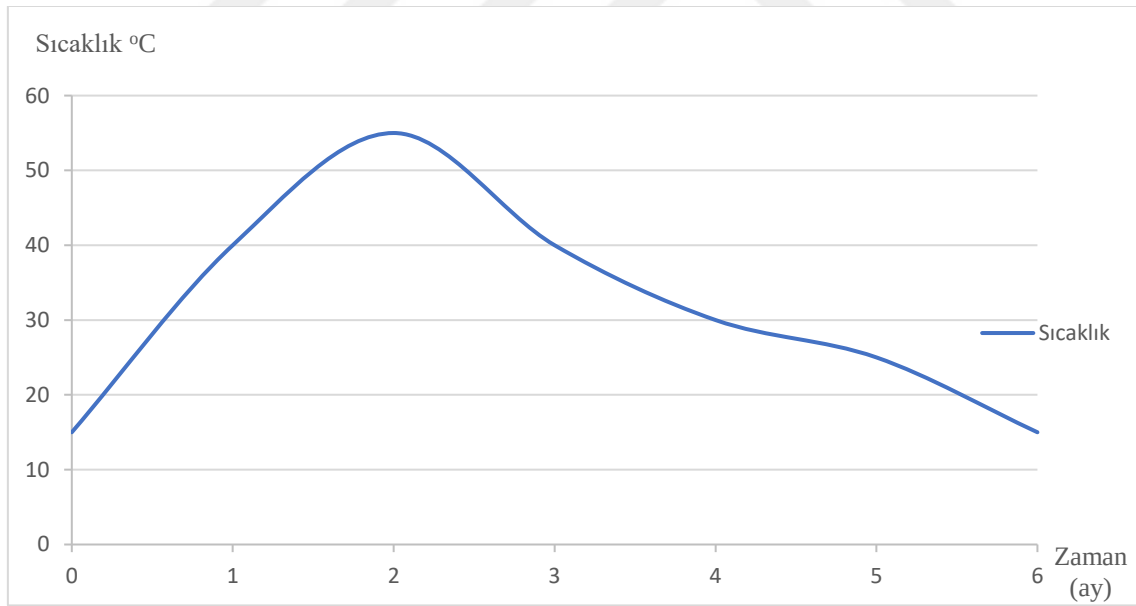
Nem, mikroorganizmaların metabolik ve fizyolojik aktiviteleri için gerekli olan çözünmüş besinlerin taşınması için bir ortam sağladığından, kompostlaşmada önemli bir faktördür. Kompostlaştırma sürecinin başlangıcında %60-70 nem içeriği en uygun orandır. Daha sonraki aşamalarda nem içeriği %50-60 olabilir (Gajalakshmi & Abbasi, 2008, s. 333). Nem içeriği %30'dan az ve %70'den fazla olursa kompostlaştırma işlemi

durur (Vanlalmawii & Awasthi, 2016, s. 15). Yığındaki nem miktarı azaldığında kompostlaşmanın devam edebilmesi için yığına sık sık nem ilave edilmelidir (Işık, 2009, s. 5). Nemin tavsiye edilen orandan düşük olması, yığının erken susuz kalması anlamına gelir ve biyolojik süreci durdurur. Aşırı nem gözeneklerin tıkanmasına sebep olur ve yığının havalandırması engeller (Diaz & Savage, 2007, s. 56).

2.5.4.Sıcaklık

Kompost sürecine etki eden bir diğer faktör sıcaklıktır. Mikroorganizmaların yaşayabilecekleri sıcaklık sınırları aşıldığında çoğalmaları durmaktadır. Kompost yığınlarında oksijen izleme aletlerinin pahalı olmasından dolayı sıcaklıkları termometre ile takip etmek daha ucuz ve pratiktir. Sıcaklık biyobozunumun ve yeterli havalandırmanın bir göstergesidir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 23).

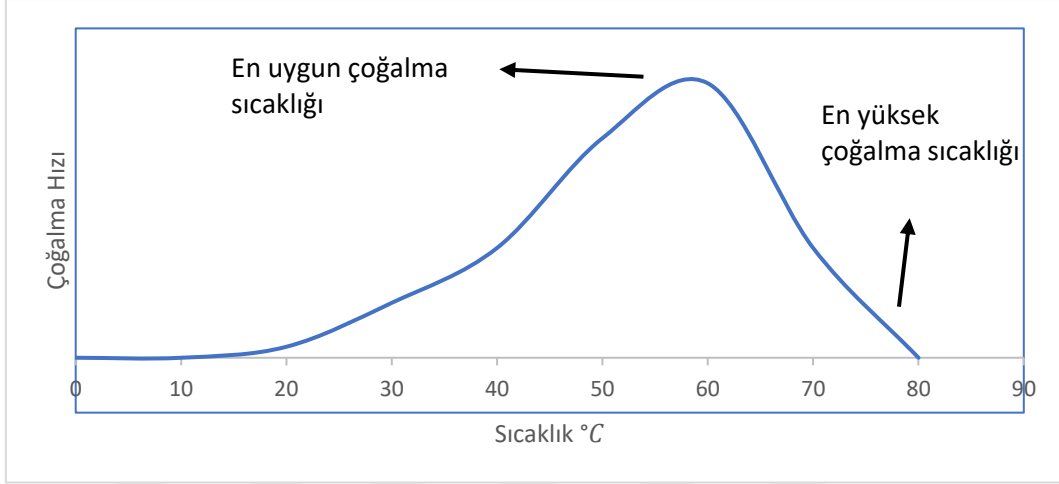
Kompost gübre üretebilmek için en uygun iklim tipi ılıman iklimdir. Aynı zamanda çok soğuk alanlar dışında neredeyse tüm koşullarda kompost üretmek mümkündür (Rona & Labriga, 2016, s. 70).



Şekil 31: Kompost Sürecinin Sıcaklık Eğrisi

Kaynak: Emre Rona ve Lisa Labriga, “Belediyeler İçin Kompost Rehberi” Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği, 2016, s.64

Organik malzemelerin biyobozunumu sayesinde 70-90°C sıcaklıklar ortaya çıkabilir. Sıcaklık 70°C üzerine çıktığında mikroorganizmalar çoğalamaz (Diaz & Savage, 2007, s. 53).



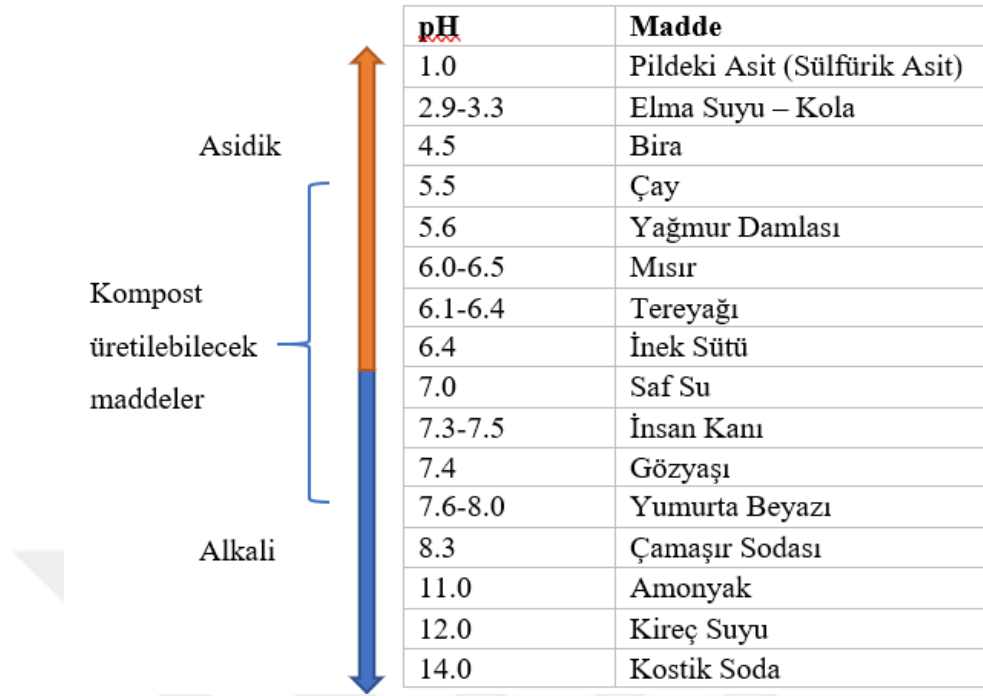
Şekil 32: Sıcaklığa Bağlı Kompost Oluşum Hızı

Kaynak: İzzet Öztürk ve ark, “*Kompost El Kitabı*” İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 1,2015, s.9.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi 20 °C den daha düşük sıcaklıklarda kompost oluşumu meydana gelmez. Kompost yığnında düşük sıcaklıklarda biyobozunma yavaş olur. Kompost oluşumu için en uygun sıcaklık değerleri 55-60°C arasındadır (Şekil 32). Yüksek sıcaklıklar organik malzemenin biyolojik bozulmasını yavaşlatır. Sadece birkaç bakteri türü 70°C üzerinde metabolik aktivite göstermektedir (Işık, 2009, s. 5). Kompostlama sırasında meydana gelen ısının bir kısmı, evsel ısıtma için ya da sıcak su üretmek için kullanılabilir (Jaccard, Lehmann, Civilini, & Bertold, 2013, s. 10).

2.5.5.pH Oranı

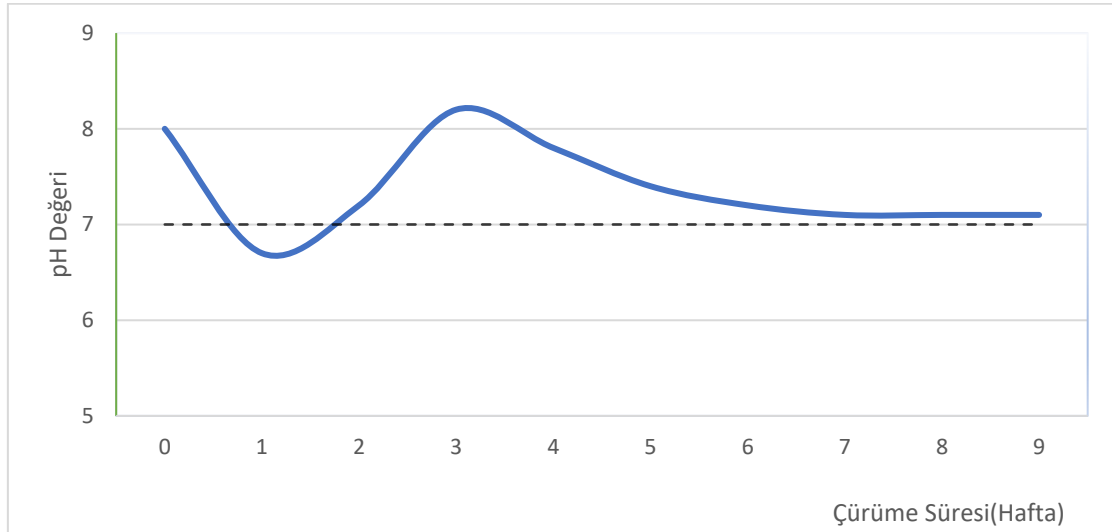
Hidrojen iyonlarının konsantrasyonu 0'dan 14'e kadar olan bir logaritmik ölçekle hesaplanır. Çözeltinin asit oranının yüksek olması pH değerinin düşük olduğu anlamına gelirken, çözeltinin alkali olması da pH değerinin yüksek olduğu anlamına gelir. Bir çözeltinin pH değeri, pH kağıdı yada elektronik pH ölçerle ölçülebilir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 30).



Şekil 33: Evdeki Malzemelerin pH Değerleri

Kaynak: <https://kimyaca.com>

Genel olarak, 3 ila 11pH aralığında organik maddelerden kompost oluşturulabilir (Bertoldi, Vallini, & Pera, 1985, s. 37). Ancak, kompost oluşumu için en verimli pH aralığı 5.5 ile 8.0 arasındadır. Bakteriler neredeyse nötr bir pH derecesinde gelişirken, mantarlar oldukça asidik bir ortamda daha iyi gelişir (Diaz & Savage, 2007, s. 54).



Şekil 34: Kompostlaşma Sürecinde pH Değeri Gidişatı

Kaynak: (Berger & Lorenz-Ladener, 2017)

Kompostlaşma işlemi esnasında başlangıçta alkali olan pH değeri gittikçe azalır ve sonunda tekrar yükselerek çürümenin devamında 7 değerinde sabit kalır (Berger & Lorenz-Ladener, 2017, s. 41). Kompostlaştırma işleminde bakteriler için optimum pH aralığı 6.0 ile 7.5 arasında iken, mantarlar için optimum miktar 5.5 ile 8.0 arasındadır (Luis, Savage, & Golueke, 2002, s. 432). pH'ın 7.5 den büyük olması ortamı alkali hale getireceğinden azot kaybı görülür. Genel olarak çoğu mikroorganizma için $6.5 < \text{pH} < 7.5$ aralığında kompostlaşma uygundur. pH'ın 5'in altında olması biyo-kontrolü engellemektedir. İyi havalandırılmış kompost yığınları genellikle iyi bir pH değerine sahipken, anaerobik koşulları olan yığınlar düşük pH değerlerine sahiptir (Vanlalawmawii & Awasthi, 2016, s. 15).

2.5.6. Porozite ve Serbest Hava Boşluğu

Bazı kompost yöntemleri havalanmayı sağlayabilmek için kompostu döndürür. Döndürme işlemi malzemenin gözenekliliğini artırır, bu işlem sayesinde soğuk taze hava, yığının üst tarafından çıkan sıcak karbon dioksit ve su buharının yerini alır (Hartin & Crohn, 2007, s. 9).

Aerobik ayrışma sırasında yeterli oksijen sağlanmalıdır. Aerobik mikrobiyal aktivite, %5 ile 15 arasında oksijen konsantrasyonu ile gerçekleşmektedir. Kompostlaştırma işleminde verimi en yüksek seviyeye çıkarabilmek için havalandırmanın yeterli olması gerekir. Bunu sağlamak için birçok parametre mevcuttur. Malzemenin parçacık boyutu çok ince olursa hava yığının içerisine yeterince giremez ve kötü bir koku açığa çıkar (Işık, 2009, s. 8).

2.5.7. Partikül Boyutu

Kompostun gözenekliliği bakımından dane boyutu önemlidir. Mikro organizmaların daha geniş bir alanda faaliyet gösterebilmesi için dane boyutunun küçük olması gerekir (Yıldız, Ölmez, & Kiriş, 2009, s. 3). Bu nedenle partikül boyutunun küçültülmesi, işlemin hızını arttıracaktır. Bu küçülme yığın hacminin azalmasının yanında yer tasarrufunu da sağlayacaktır (IFOAM, 2019, s. 12).

2.6. Kompostlaştırma İçin Kullanılan Malzemeler

Tablo 5: Kompostlaştırma İçin Uygun Organik Katı Atıklar

Atık Kategorisi	Özel Malzemeler
Yemek Atıkları	Süt, ekmek ve diğer unlu mamuller, kahve, bozulmuş kuru yemekler, meyve ve sebze parçaları, yumurta kabukları, hazır yemek atıkları, çürümüş meyve ve sebzeler, deniz ürünü atıkları, çay atıkları ve poşetleri, kalan ve dökülen yemekler
Kağıt	Buruşturulmuş kutular, hazır yemek paketleri, kâğıt mendil, ilaç kutuları, ofis kâğıtları, meyve suyu ve süt kutuları, kâğıt havlu ve peçete, kâğıt bardak ve tabaklar, kirli yemek kâğıtları, gazete ve diğer kâğıt türleri
Kalın Karton/Mukavva	Karton yemek paketleri (pizza kutuları), giyim ve ticari mal kartonları
Park/Bahçe Atıkları	Su bitkileri, çalılar, çamların iğne yaprakları, bahçe atıkları, çim kırpıntıları, yapraklar, küçük dallar, budama atıkları, yabancı otlar
Odun	Kereste parçaları, talaş, yonga ve odun parçaları
Çeşitli Organikler	Biyolojik olarak parçalanabilen zemin süprüntüleri, mısır kabukları ve mısır koçanı, pamuk yumakları, kesilmiş çiçekler, ev bitkileri, hayvanların altına konulan saman ve ot atıkları, hayvan atıkları, çimen parçaları, saman, tekstil ürünleri (pamuklu)

Kaynak: Şenol YILDIZ, Esra ÖLMEZ, Alpaslan KİRİŞ, “Kompost Teknolojileri ve İstanbul’daki Uygulamaları” 2009, s.3

Kompostlaştırma için uygun olan organik atıklar, yemek atıkları, kâğıt, karton, park/bahçe atıkları, odun ve çeşitli bitkilerdir. Kompostlaştırmaya uygun olmayan malzemeler; metal, cam veya plastik gibi organik olmayan malzemelerin yanı sıra kalıcı çok yıllık otlar ve sıvı atıklardır.

2.7. Kompostlaştırmanın Yararları

Her yıl bir milyar tondan fazla gıda atığı üretilmektedir. Bu gıda atıkları ya arıtılmakta ya da çöp depolama alanlarına gönderilmektedir (Chew, ve diğerleri, 2018, s. 356). Gıda atıklarının kompostlaştırma ile katma değerli ürüne dönüştürülmesi, katı atık yönetim sistemlerinden birisidir.

Gıda atıklarından elde edilecek kompost, gübre olarak kullanılabilir. Yapılan çalışmalarla KKA'lardan üretilen kompost gübrenin tarımda kullanmaya uygun standartlarda olduğu belirlenmiştir (Demirtaş, Öktüren, & Arı, 2013, s. 23). Fakat kentsel katı atıkların ayrıştırılmadan toplanması durumunda içerisindeki ağır metal oranı insan sağlığını tehdit edecek ve toprak verimliliğini olumsuz etkileyecektir.

Toprak verimliliğinin artırılması hususunda kompost bir alternatiftir. Toprağı tehdit eden kuraklık, iklim değişikliklerinden dolayı meydana gelir ve su kaynaklarının yok olmasına neden olur. Bu nedenle toprağın su tutma kapasitesini arttıracak materyallerin kullanılması gerekmektedir. Kompost toprağın organik madde miktarını arttırmasının yanı sıra su tutma kapasitesini de büyük ölçüde yükseltecektir (Sezer & Özenç, 2018, s. 53). Daha net ifade etmek gerekirse, kompost kullanımı, toprağın su tutma kapasitesini arttıracığından toprağın kuraklık sebepli çölleşmelerinin de önüne geçebilecektir. Tarımda kullanılan kompost gübre toprağın verimliliğini arttıracaktır.

Kompost gübrenin en önemli fiziksel özelliklerinden birisi de toprağın gözenek (prozite) ve tane boyutunun artmasını sağlamasıdır. Bitkilerin gelişimini hızlandırır, ekonomik ve kullanımı kolaydır. Bunların yanında hammaddesinin doğal malzemelerden oluşması sebebiyle üretilen ürünlerde yapay tat sorununu önlemektedir (Demirtaş, Arı, Özkan, & Asri, 2016, s. 145).

Kompost kaba dokulu (kum bazlı) toprakların besin ve su tutma kabiliyetini artırır ve ağır dokulu (kil bazlı) toprakların toprak yapısını ve drenajını iyileştirir. Bunların yanında topraktaki organik madde miktarını ve biyolojik etkinliğinin artmasını sağlar. Kompost, toprakları iyileştirir ve bitki sağlığını, düşük kaliteli, problemlili veya hasarlı toprakları destekler. Toprakta kompost şu amaçlarla kullanılır:

- Toprağın yapısını iyileştirmek; su tutma kapasitesi, besin tutma kapasitesi, toprakların havalandırılması ve drenajı arttırmak,
- Erozyonu önlemek veya azaltmak,
- Hasar görmüş toprakları düzeltmek,
- Kimyasal gübre ihtiyacını azaltmak,

- Toprak mikroorganizmalarının aktivitesini ve çeşitliliğini artırmak (Hartin & Crohn, 2007, s. 8).

Organik atık kompostunun toprakta kullanılması sebze yetiştiriciliğinde, bitkilerin gelişiminde olumlu etkilere sahip olduğu yapılan araştırmalar sonucunda gözlenmiştir (Özenç & Şenlikoğlu, 2017, s. 232). Topraktaki kompost miktarının artmasıyla mikrobiyal aktivitelerinde arttığı görülmüştür (Cenkseven, Darıcı, & Sağlıker, 2011, s. 176). Bu artış sebze meyve üretimine katkı sağlamaktadır.

Kompost üretimi organik atıkların arıtılması ve bertaraf edilmesini sağladığı için etkili bir çözüm olmaktadır. (Nahu, Hadar, & Chen, 2007, s. 1263). Ancak farklı kompost çeşitleri farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu nedenle üretilen kompostların içeriğinin laboratuvarlarda analiz edilerek tarımda kullanılmaya uygunluğu belirlenmelidir. Evsel organik atıkların kompostlaştırılması sadece oluşan atıkların hacmini azaltmakla kalmaz aynı zamanda komposta dönüştürüldüğünde tarımsal verimliliğin artmasını da sağlayabilir. Evsel organik atıkların ayrıştırılarak kompost içeriğinin belirlenmesi tarımdaki etkili kullanıma da katkı sağlar.

2.7.1. Kompostun Avantaj ve Dezavantajları

Kompost, toprağın verimliliğini artırır, dokusunu iyileştirir, besin içeriğini ve su tutma kapasitesini büyük oranda arttırabilir (Eggerth, Diaz, Chang, & Iseppi, 2007). Kompostlama, organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılarak, evsel, tarımsal ve bazı endüstriyel katı atıkların dezenfekte edilmesinin bir yoludur.

Kompostun avantajlarından bahsedilecek olursa; ayrıştırılmanın sonucunda çıkan ürün öncelikle toprak ekosistemlerinin yenilenmesini ve organik gübre olarak toprağın humus miktarının artmasını sağlamaktadır (Sagdeeva, Krusir, Tsykalo, Shpyrko, & Leuenberger, 2018, s. 46). Atıkların organik gübreye dönüştürülmesi ile kompostlama sürdürülebilir tarımı tamamlar (Cathcart, Wheaton, & Brinsfield, 1986, s. 270). Sürdürülebilir tarım ve kompost kullanımı, sürdürülebilir bir toplum için temel faaliyetler olarak kabul edilebilir (Sinha & Herat, 2002, s. 11). Kompost teknolojilerindeki gelişmeler verimliliği ve ekonomik uygulanabilirliği arttıracak bu sayede tarımsal ve toplumsal sürdürülebilirlik artacaktır (Molla, Fakhru'l-Razi, Hanafi, & Alam, 2005, s. 1437).

Kentsel katı atık kompostu içerdği organik madde miktarının ve strüktür iyileştirici maddelerin fazla olması nedeniyle bağlarda ve eğimli bölgelerde erozyonun önlenmesi için toprak ıslahında etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Demirtaş E. I., 2004, s. 29). Belirli oranda arıtma çamuru ve kompost kullanıldığında toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştiği ve bitki gelişimin arttırdığı görülmüştür (Özyazıcı, Özyazıcı, & Bayraklı, 2012, s. 110). Ayrıca erozyona uğramış alanlarda kullanıldığında mikro element miktarını arttırdığı gözlemlenmiştir (Yakupoğlu & Özdemir, 2007, s. 210).

Hayvan gübresine kıyasla kompost toprakta farklı bir etkiye sahiptir. Hayvan gübresi yüksek miktarlarda kullanıldığında çok fazla sera gazı üretmekte ve hayvanın vücudundan çıktıktan sonra mikrobiyolojik faaliyetlerini ve besleyiciliğini yitirmeye başlamaktadır. Kompost, toprağın ihtiyacı olan minerallerle zenginleştirildiğinde oldukça etkili bir gübre haline gelmektedir. Zengin bir biyolojik ortam sağlamasının yanı sıra toprağın organik madde miktarını yükseltir ve su tutma kapasitesini de artırır (Rona & Labriga, 2016, s. 28). Kompostun tarımda kullanılması; toprağın humus miktarını, porozitesini ve su tutma kapasitesini artırır, işlenmesini ve havalandırılmasını kolaylaştırır (Öztürk İ. , 1999, s. 249).

Kompostun avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Kullanım esnasında bu dezavantajlar göz önünde bulundurulmalıdır. Saf organik atıklardan elde edilen kompost karışık evsel atıklardan elde edilenlere göre 5- 10 kat daha az ağır metal içermektedir. Uzun vadede karışık atıklardan elde edilen kompostun kullanıldığı alanlarda ağır metal birikimi meydana gelebilir. Organik maddelerin ayrı olarak toplanması ile bu sorunun önüne geçilirken daha kaliteli ve verimli kompost elde edilebilir (Steiner & Wiegel, 2009, s. 51). Ağır metallerden bazıları canlıları zehirleyebileceğinden katı atık kompostu tarım alanlarında dikkatli bir şekilde kullanılmalıdır. Kompostun ve kullanılacak alandaki toprağın ağır metal içeriği belirlenmelidir. Topraktaki ağır metal miktarı sınır değerleri aşmış ise bu alanda kompost kullanılmamalıdır (Demirtaş E. I., 2004, s. 30). Besinler yoluyla alınan ağır metaller hormonal faaliyetleri, nörolojik fonksiyonları, kan dolaşım sistemini, mide ve bağırsak sistemini olumsuz etkilediği yapılan çalışmalar sonucunda belirlenmektedir. Bunun yanında ağır metaller alerjik reaksiyonlara, doku hasarına, kandaki asit oranının artmasıyla osteoporozu arttırdığı da bilinmektedir (Demirtaş, Öktüren, & Arı, 2013, s. 29).

Kompost uzun üretim döngüsü ve bazen de üretilen ürünün kalitesinin tarımda gübre olarak kullanmaya yetersiz olması gibi dezavantajlardan dolayı diğer atık kullanım yöntemlerine kıyasla tercih edilmeyebilir. Aynı zamanda diğer atık yöntemlerine göre düşük popüleriteye sahip olmasından dolayı gereken önem verilmemektedir (Sagdeeva, Krusir, Tsykalo, Shpyrko, & Leuenberger, 2018, s. 45).

2.8. Kompostun Kullanım Alanları

Kompost, tarım alanlarının organik madde miktarının korunmasında (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 7), ve genellikle ağır metallerle kirlenmiş alanlarda toprak ıslahı için kullanılır (Rosen & Chen, 2018, s. 35221).

Kompostun çeşitli faydalarından dolayı birçok kullanım alanı bulunmaktadır:

- Tarımsal toprakların ıslahında
- Çevre düzenlemelerinde
- Seracılık faaliyetlerinde
- Fidan yetiştiriciliğinde
- Bahçe işlerinde
- Erozyon kontrolünde
- Ormancılıkta
- Parklar, bahçeler, dere ve yol kenarının iyileştirilmesinde kullanılır.

Kompost bu kullanım alanlarının yanında çiftliklerde hayvan altlığı olarak ve biyofiltrelerde kullanılmaktadır. Tahrip olmuş veya yanmış orman alanlarında, toprak kayması yaşanmış bölgelerde yeni bitki oluşmasına yardımcı olmak ve erozyonu azaltmak için de kompost kullanılmaktadır (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 8).

Tarımsal üretimin sürdürülebilmesi için toprak verimliliğinin korunması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Ülkemizde yıllardır yapılan bilinçsiz işleme, kimyasal gübreler ve tek ürün kültürü gibi nedenlerden dolayı topraktaki organik madde miktarı %1'lere kadar gerilemiştir (Yağmur & Okur, 2017, s. 13).

2.9. Kompost Kalitesi ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Mevzuatlar

Kompostun bazı özellikleri, arazide kullanılmadan önce yönetmeliklere uygun olmalıdır. Türkiye'de toprak kirliliği kontrol yönetmeliği (SPCR) kompostun özelliklerini kontrol etmek için kullanılmaktadır. Kompost, aşağıdaki kriterleri sağlamalıdır:

- C/N oranı 35'ten yüksekse, kompost reaktörüne azot ekleyerek elverişli şartlar sağlanmalıdır.
- Yığındaki kompostun organik madde içeriği en az %35 olmalıdır.
- Bitmiş ürünün nem içeriği %50 den az olmalıdır.
- Satılacak kompostta cam, kül, metal, plastik, kauçuk ve deri gibi malzemeler, toplam ağırlığın %2'sini geçmemelidir.
- Üretilen kompostun ağır metal içeriği 3 aylık aralıklarla kurşun, kadmiyum, krom, bakır, nikel, cıva ve çinko yoğunlukları analiz edilmelidir.
- Kompostun kullanılacağı arazide toprağın pH değeri, kurşun, kadmiyum, krom, nikel, cıva ve çinko içeriği analiz edilmelidir.
- Toprak ve komposttan alınan numuneler örnekleme tekniklerine uygun olarak alınmalı ve tüm kompost kütlesini temsil etmelidir.
- Her yıl tarım arazisine kompost eklenmesi durumunda, ağır metal miktarları için sınır değerler, 10 yıllık ortalamaya dayanan değerleri aşmamalıdır (SPCR, 2001, s. 5).

Tablo 6: Topraktaki Ağır Metaller İçin Sınır Değerler

Parametre (fırında kuru toprakta mg / kg)	pH 5-6	pH>6
Kurşun	50	300
Kadmiyum	1	3
Krom	100	100
Bakır	50	140
Cıva	1	1.5
Nikel	30	75
Çinko	150	300

Kaynak: SPCR, 2005: Soil Pollution and Control Regulation, Ministry of Environment and Forestry, Official Gazette, Date: 10.12.2001, No: 24609.

Eğer pH değeri 7'den büyükse değerler %50 artırılabilir. Yem bitkilerinin yetiştirildiği bölgelerde, bilimsel raporlarla çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyeceği kanıtlanması durumunda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir (SPCR, 2001, s. 8).

Tablo 7: Ağır Metaller İçin Sınır Değerleri, 10 Yıllık Ortalamaya Göre

Parametre (kg / da / yıl, kuru maddede)	Limit Değerleri
Kurşun	1500
Kadmiyum	0.15
Krom	1500
Bakır	1200
Civa	10
Nikel	300
Çinko	3000

Kaynak: SPCR, 2005: Soil Pollution and Control Regulation, Ministry of Environment and Forestry, Official Gazette, Date: 10.12.2001, No: 24609 (in Turkish).

Birleşmiş Milletler, 2030 yılına kadar kişi başına düşen gıda atıklarını yarıya indirmeyi hedeflemektedir (UN, 2015, s. 22). Avrupa Birliği'nin Düzenli Depolama Direktifi'ne göre Avrupa'da olduğu gibi organik atıkların alternatif yöntemler ile bertaraf edilmesi ülkemizde de gün geçtikçe önem kazanacağının bir göstergesidir (Sezer, Arıkan, & Yıldız, 2011, s. 186).

Ülkemizde 1991 yılında yürürlüğe giren katı atıkların kontrolü yönetmeliğinde; katı atıkların kompostlaştırılması ile ilgili bahçe ve mutfak artıklarının, bu iş için kurulmuş tesislerde kompostlaştırılması ve kompost üretimini kolaylaştırmak için, komposta elverişli organik atıkların ayrı toplanması gerektiği belirtilmiştir (Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 1991). Ülkemizde yasal mevzuatta biyoatıkların ayrı toplanması ve taşınması ile ilgili yasalar olsa da yönetmelikler henüz yeteri kadar uygulanmamaktadır. Yönetmeliğe göre, tüm belediyeler katı atık yönetim planı hazırlayarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na (ÇŞB) sunmalı ve gerekli tesisler buna uygun kurulmalıdır. Ancak, teknik bilgi eksikliği ve mali kaynak yetersizliği nedeni ile pek çok belediye bu adımları atamamış durumdadır (Rona & Labriga, 2016, s. 30).

Tablo 8: Bazı Ülkelerin Kompost Standartlarında Ağır Metal Limitleri (mg/kg)

Ülke	Düzenleme	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
Avusturya	Kalite sınıfı : A+	0,7	70	70	0,4	25	45	200	-
	Kalite sınıfı : A	1	70	150	0,7	60	120	500	-
	Kalite sınıfı : B	3	250	500	3	100	200	1800	-
Finlandiya	Verimi Artan Madde	3	-	600	2	100	150	1500	50
Yunanistan	Katı atık yönetmeliği	10	510	500	5	200	500	2000	15
Almanya	Biyoatık Yönetmeliği (I)	1	70	70	0,7	35	100	300	-
	Biyoatık Yönetmeliği (II)	1,5	100	100	1	50	150	400	-
Hollanda	Kompost	1	50	60	0,3	20	100	200	15
	Kompost (Çok temiz)	0,7	50	25	0,2	10	65	75	5
Avrupa Komisy.	2001/688/ EC	1	100	100	1	50	100	300	10
	2092/91 EC- 1488/98 EC	0.7	70	70	0.4	25	45	200	-
Birleşik Krallık	UKROFS “Kompostlanmış evsel atık”	0,7	70	70	0,4	25	45	200	-
	Kompost Birliği Kalite Etiket	1,5	150	200	1	50	150	400	-
A.B.D.	Texas TNRCC Sınıf 1	16	180	1020	11	160	300	2190	10
	Texas TNRCC Sınıf 2	39	1200	1500	17	420	300	2800	41
Türkiye		3	350	450	5	120	150	1100	-

Kaynak: (Hogg, ve diğerleri, 2002, s. 48-49); (Andersen, Boldrin, Christensen, & Scheutz, 2011, s. 1938)
(Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik, 2018)

Kentsel katı atık kompostu kullanılmadan önce, nem, organik madde, besin madde miktarı, ağır metal ve hijyen koşullarının uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir (Demirtaş E. I., 2004, s. 30).

2.10. Evde Kompost Üretimi

Bireysel olarak kompost üretiminde ortalama 50-162 kg/kap/yıl üretim sağlanırken, ortak kompost üretiminde 22-73 kg/kap/yıl kompost üretilmektedir (Rona & Labriga, 2016, s. 46).

Evde kompostlama (veya bahçede kompostlama), bahçecilik amaçlı bir dinlenme etkinliği olarak kabul edilmekteydi. Son zamanlarda evlerdeki biyolojik parçalanabilir organik atıkların kompostlanması, atık yönetimine ciddi bir katkı yapacak bir yöntem olarak tanımlanmıştır (Jasim, 2003, s. 1). Evde kompostlama pek çok ülkede organik evsel atık sorunu için ek bir çözüm olarak görülmektedir (Andersen, Boldrin, Christensen, & Scheutz, 2011, s. 1934).

Kompostlama evsel organik atıkların azaltılmasında en etkili yollardan biridir. Evde kompostlama işleminin yaygınlaşması atık yönetim maliyetlerini azaltmanın yanı sıra organik atıkların kompostlanarak gübre haline getirilmesini ve elde edilen gübrenin bitki yetiştiriciliğinde, balkon ve bahçe tarımında, suni gübrelere gerek olmadan kullanılmasını sağlayacaktır. Kompost her evde düşük maliyetlerle yapılarak bahçelerde doğal gübre olarak kullanılabilir.

Evde küçük ölçekli düşük teknoloji ile kompostlaştırma yapılabilir (Colón, ve diğerleri, 2010, s. 893). Elde edilen ürün şahsi bahçelerde kullanılabilir. Bu yöntem, oluşacak atık miktarını azaltacaktır. Ancak evde kompostlaştırma işleminde bazı rahatsız edici kokular ortaya çıkabilir (Blanco, ve diğerleri, 2010, s. 984). Bunu önleyebilmenin yolu, kompost makinasını dışarıda bir alanda kurmaktır. Evde kompostlama bu şekilde daha kolay yapılabilir (Jouhara, ve diğerleri, 2017, s. 489).

Kentsel tarım kavramı, kentlerde nüfusun aşırı artmasından dolayı önem kazanmaktadır. Gıda tedariki, güvenliği ve çevre kirliliği hakkındaki bilinçlenme, şehirlerdeki tarımsal üretimi önemli hale getirmiştir. Kentsel tarım, ev bahçeleri, kurumsal bahçeler (okullar, hastaneler, fabrikalar), fidanlıklar, çatı üzeri bahçeler ve balkonlarda yapılabilmektedir.

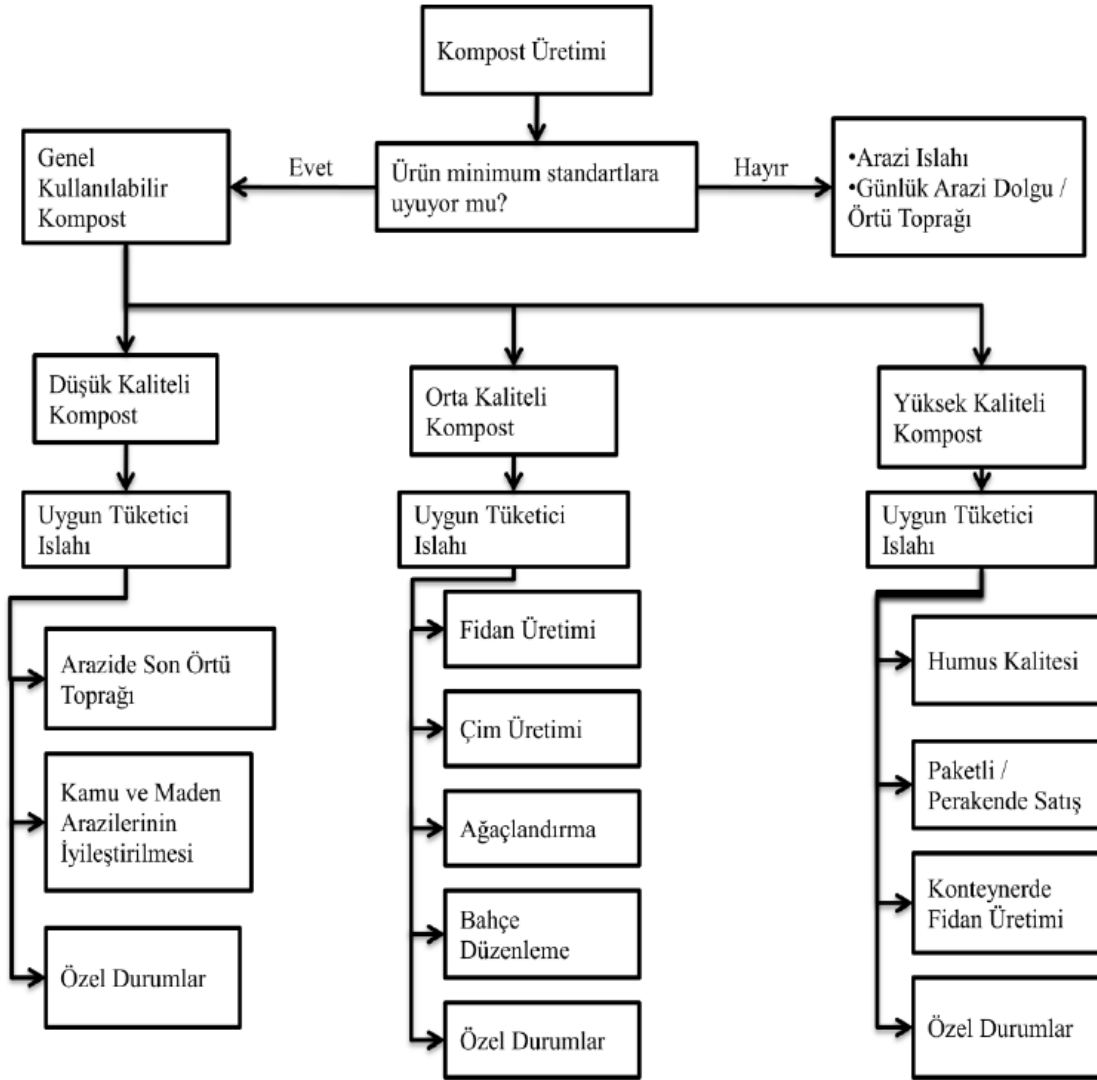
Bu sayede kentlerde yaşıyan insanlar, kendi gıda ürünlerini yetiştirerek kendilerine yetecek şekilde yerel tohumlarla üretim yapabilirler (Ekşi & Rowe, 2014, s. 2).

Evde kompost üretiminin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu yöntem, endüstriyel kompostlaştırma işlemine alternatif olarak kullanılabilir. Evde kompostlaştırma atık miktarının azalmasını sağladığından, belediyelerin alt yapı ve toplama maliyetlerin büyük ölçüde azaltır (Blanco, ve diğerleri, 2010, s. 984). Evde organik atıkların kaynağında kompostlaştırılması hem atık miktarını azaltılması hem de atıkların en verimli şekilde kullanılmasını sağlar (Tatàno, Pagliaro, Giovanni, Floriani, & Mangani, 2015, s. 72).

2.11. Kompost Kalite Kriterleri

Kompostun kullanılabilir olarak tanımlanması için mevcut yönetmelik ve standartları sağlaması gerekir. Gerekli standartları sağlamayan kompost, arazi ıslahı ve dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Genellikle kullanılabilir kompost düşük, orta ve yüksek kaliteli olmak üzere üç gruba ayrılır (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 8). Kullanım alanları aşağıdaki şekilde gibidir.

Tablo 9: Kompostun Sınıflandırılması ve İlgili Kullanım Alanları



Kaynak: İzzet Öztürk ve ark, “*Kompost El Kitabı*” İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 1,2015, s.9.

Kompost kalitesi için istenen fiziksel özelliklerin bazıları renk, standart tane boyutu, toprak kokusu, atık madde miktarının düşük olması, yeterli nem oranı, besin yoğunluğu ve organik madde miktarının yüksek olmasıdır (Eggerth, Diaz, Chang, & Iseppi, 2007, s. 326).

Kompost kalitesi için istenen fiziksel özelliklerden ilki renktir. Kompostlaştırma işlemi ilerledikçe kompostun rengi koyulaşır. Diğer bir fiziksel özellik toprak tipini oluşturan parçacıkların boyutlarıdır. Bu boyutlar, toprağın dokusunu ve verimliliğini belirler. Üçüncü özellik, kompostlama işleminin durumunu belirlemek için kullanılan kokudur.

Güçlü bir toprak kokusunun olması, kesin olmamakla birlikte kompost işleminin tamamlandığının bir belirtisidir. Kompost, cam, metal ve plastik parçalar gibi atık maddeleri içermemelidir. Ayrıca zararlı ot tohumları, ağır metaller ve zehirli bileşikler içermemelidir. Kompostun nem oranı %50 den az olmalıdır. Nem oranı %30 dan az olması tercih edilmemektedir. Kompostun en önemli faydalarından biri, topraktaki humus yoğunluğunu artırma kabiliyetidir. Humus, toprağın su tutma kapasitesini artırır (Eggerth, Diaz, Chang, & Iseppi, 2007, s. 327-328).

Türkiye’de WoS veri tabanında yapılan inceleme sonucunda kompost ile ilgili 1970-2016 yıllarına ait 334 yayın bulunmaktadır. Bu tarihler arasında ABD de 4518, İspanya da 1762, Çin de 1673 ve Kanada da 1223 yayın yapılmıştır (Aktaş & Erdem, 2017, s. 647). Türkiye’de kompost ile ilgili yapılan yayın sayısı dünyadaki ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşük kalmaktadır.

2.12. Kompostun Tarımda Kullanılması

Kompost, suni gübrelere alternatif olarak kullanılabilir. Suni gübreler bitkiler için besin sağlasa da toprağın yapısı veya kalitesine etkisi olmaz. Sadece uygulandığı sezonda verimi artırır. Kompost, toprağın içerisinde kimyasal gübreler gibi yıkanmaz, bu nedenle yararlı etkileri çok daha uzun süre devam eder (IFOAM, 2019, s. 1).

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artmasından dolayı dengeli ve yeterli beslenmeyi sağlayabilmek için tarım alanlarının üretim potansiyelinin artırılması gerekmektedir. Bu artışı sağlamanın en önemli yollarından birisi de tarım alanlarının bilinçli kullanımıyla mümkündür. Tarımda bilinçsizce uygulanan gübreleme, sulama ve ilaçlama toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine zarar vererek verimi ve üretkenliği düşürmektedir. Bitkisel üretimde verimin, kalitenin ve ekonomik kazancın artırılması çevre kirliliğinin önlenmesi ve toprağın sürdürülebilirliğinin sağlanması için ahır ve kompost gübresi kullanımı oldukça önemlidir (Yağmur & Okur, 2017, s. 14).

Tarımsal üretimde birim alandan alınan verimi arttırmak için aşırı ve bilinçsiz kimyasal gübre kullanımı, tuzluluğa, toprağın yorulmasına ve topraktaki organik madde miktarının azalmasına neden olmaktadır. Ülkemizdeki en önemli organik madde kaynağı ahır gübresidir. Ancak ahır gübresinin tarım alanlarının gübrenmesine yetmemesi, her

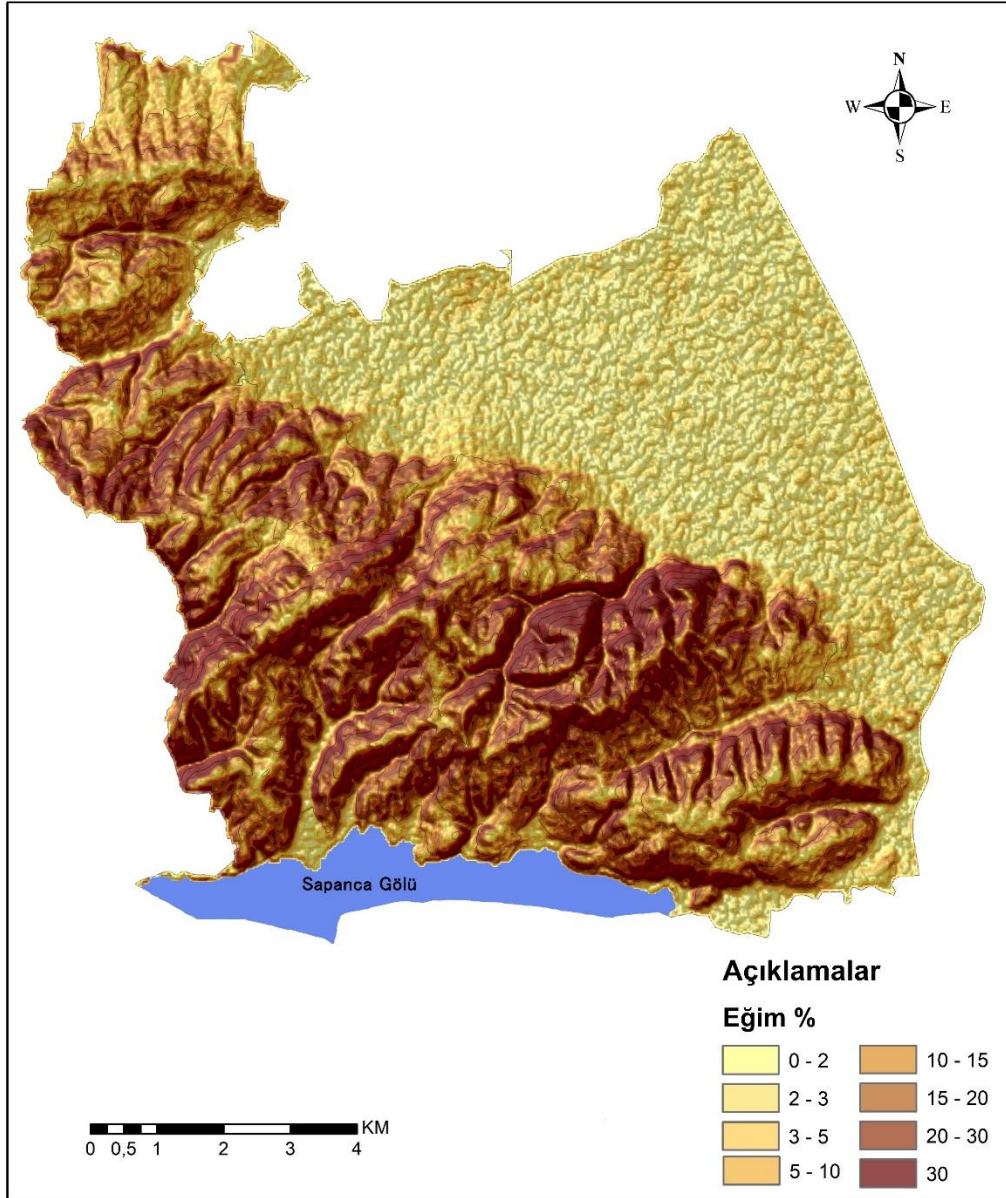
zaman bulunmaması ve temin etmenin maliyetli olmasından dolayı çeşitli alternatifler oluşturulmalıdır (Çerçioğlu, Yağmur, Kara, & Okur, 2017, s. 71-72).

Toprağın verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilirliğin sağlanması için fiziksel, biyolojik ve kimyasal iyileştirmeler yapılması gerekir. Geleneksel tarımda kullanılan kimyasal gübreler toprağın veriminin düşmesine ve kirlenmesine neden olmaktadır. Bu olumsuz şartların engellenmesi için organik gübre kullanımının artırılması gerekmektedir (Yağmur & Okur, 2018, s. 472).

Çok hızlı bir şekilde artan dünya nüfusunun yeterli beslenebilmesini sağlamak tarım alanlarının verimini ve üretkenliğini arttırmakla mümkündür. Tarımsal üretimi arttırmak için de organik gübre kullanımını arttırmak ve tarım alanlarını bilinçli bir şekilde kullanmak gerekir. Tarımda bilinçsizce yapılan gübreleme, sulama ve ilaçlama toprağın verimini ve üretkenliğini azaltır. Bu yüzden tarımsal üretimde en yüksek verim, ekonomik kazanç ve kalitenin sağlanması, çevre kirliliğinin engellenmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için kompost ve ahır gübresi gibi organik madde miktarı yüksek gübrelerin kullanılması oldukça önemlidir (Yağmur & Okur, 2018, s. 476).

Çalışma sahası olarak seçilen Serdivan ilçesinin kompost potansiyelinin belirlenip, bu potansiyelin en uygun şekilde değerlendirilmesi için ilçenin fiziki ve beşeri koşulları da dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda diğer bölümde üçüncü bölümde bu bilgilere de yer verilmiştir.

Serdivan ilçesinin yükselti haritasına bakıldığında yükseltinin fazla olduğu alanların ilçenin batı ve güney kısmında toplandığını, ilçenin kuzey batı kısmında daha çok düz ve düze yakın kısımlarda toplandığı görülmektedir (Şekil 35).



Şekil 36: Serdivan İlçesinin Eğim Haritası

Serdivan'ın yüzölçümünün %11'i tam düzlük, %10'u düzlük, %19'u dalgalı düzlük, %11'i az eğimli yamaç, %21'i eğimli yamaç, %24'ü dik yamaç, %4'ü çok dik yamaçlardan oluşmaktadır. Serdivan da eğim grupları açısından en geniş alanı %24 ile dik yamaçlar (2805 ha) kaplar. Dik yamaçları %21 ile eğimli yamaçlar (2518 ha) takip etmektedir (Tablo 10).

Tablo 10: Serdivan da Eğim Gruplarının Alan (ha) ve Oranları (%)

<i>Eğim grupları</i>	<i>Birim</i>	<i>0-1</i>	<i>1-2</i>	<i>2-5</i>	<i>5-10</i>	<i>10-20</i>	<i>20-40</i>	<i>+40</i>	<i>Toplam</i>
<i>Serdivan</i>	ha	1259	1171	2317	1349	2518	2805	498	11917
	%	11	10	19	11	21	24	4	100

Kaynak: (İkiel, Sakarya'nın Yükselti Basamakları ve Eğim Grupları, 2018, s. 160)

Serdivan ilçesinde yağış ve sıcaklığın elverişli, etkili bir kurak devrenin olmamasından dolayı gür ormanlarla örtülüdür. Bu nedenle nemli orman vejetasyonunun gelişebilmesi için elverişli ekolojik şartlara sahiptir. Bitki örtüsü kısa mesafelerde çeşitlilik göstermektedir (Koç, 2018, s. 289). Sakaya ilinin genel olarak bitki örtüsü ormandır. Çoğunlukla esmer orman toprakları görülmektedir. Başlıca ağaç türleri; kayın, meşe, kestane, gürgen, kavak, çınar, ıhlamur, dişbudak, akçaağaç, kızılbaş ve çam türleridir (Çevre Durum Raporu, 2019, s. 2).

Sakarya ilinin iklim özelliklerinin belirlenmesinde; karasallık, denizellik, coğrafi konumu ve yer şekilleri etkili olmuştur. İlin kuzeyinde Karadeniz, batısında da Marmara denizi bulunması sebebiyle nemli hava koşulları etkiliyken, güney ve doğusunu çevreleyen Samanlı Dağları karasal iklim koşullarının oluşmasına neden olmaktadır (Ustaoglu, 2018, s. 165). Sakarya ilinde çeşitli iklim tipleri görülmektedir. İlin kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Akdeniz iklim tipi ile geçiş sahası durumundadır (Tuncel, 2005, s. 4). Marmara bölgesinin diğer kısımlarına nazaran Sakarya ilinin yağış miktarı ve yağışlı gün sayısı oldukça fazladır (Zorlu, 2010, s. 15). Ortalama yıllık yağış miktarı 844,6 mm'dir (İkiel & Kaymaz, Adapazarı'nda İklim Koşullarının Mısır Yetiştiriciliğine Etkisi, 2005, s. 245). Donlu gün sayısının düşük olması tarıma elverişli koşullar oluşturmaktadır (Karakuzulu & Arıcı, 2018, s. 462).

Tablo 11: Sakarya İli Ortalama Sıcaklık, En Yüksek ve En Düşük Ortalama Güneşli ve Yağışlı Gün Sayıları (1951-2019)

SAKARYA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1951-2019)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.0	6.7	8.6	12.9	17.3	21.3	23.3	23.2	19.7	15.4	11.6	8.1	14.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.7	11.0	13.8	18.9	23.5	27.5	29.3	29.4	26.3	21.3	16.7	11.8	19.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	2.9	3.2	4.6	8.1	12.3	15.8	17.9	17.9	14.4	11.0	7.5	4.9	10.0
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.1	3.9	5.2	6.5	8.1	8.8	8.3	6.9	4.6	3.3	2.4	63.5
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.5	14.0	13.6	11.4	10.2	8.5	5.9	5.8	7.5	10.9	11.7	15.5	130.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	93.4	75.2	75.4	59.0	52.7	71.3	50.1	50.1	52.6	79.1	76.5	109.2	844.6
Ölçüm Periyodu (1951-2019)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	25.8	28.7	31.9	35.8	38.0	40.4	44.0	41.8	40.7	38.6	30.2	28.5	44.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-14.5	-13.5	-7.3	-2.4	2.0	6.1	8.7	7.8	5.4	-0.2	-6.6	-9.1	-14.5

Kaynak: T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü

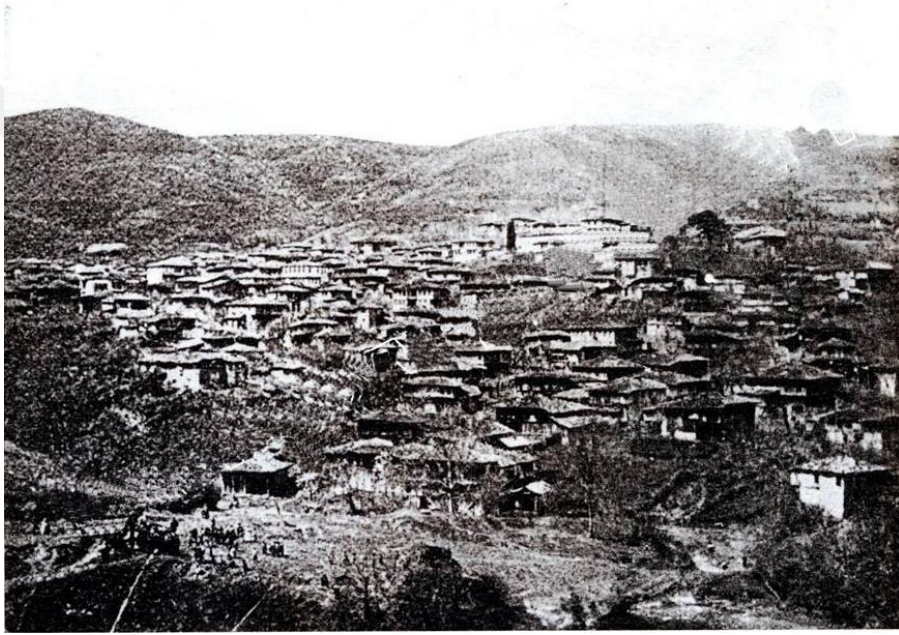
Sakarya ilinin iklim verilerine bakıldığında, 1951-2019 yılları arasında yıllık ortalama sıcaklık 14,5°C'dir. Yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 19,9 °C ve en düşük sıcaklık 10 °C'dir. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı ise 130,5'tir. 109,2 mm ile Aralık ayı en yağışlı ay olarak görülmektedir. Ortalama sıcaklığın en yüksek olduğu ay 23,3 °C ile Temmuz ayı, en düşük olduğu ay ise 6 °C ile Ocak ayıdır. Merkezde ölçülen en yüksek hava sıcaklığı 44 °C, en düşük hava sıcaklığı -14,5°C, yıllık ortalama sıcaklık 14,3°C'dir (Tablo 11). Kompost gübre aşırı sıcak ve soğuk ilimler haricinde hemen hemen dünyanın her yerinde üretilebilmektedir. İlin iklim verileri bu açıdan ele alındığında bakıldığında kompost gübre üretebilmesine oldukça uygun olduğu görülmektedir.

Serdivan ilçesinin fiziki coğrafya özellikleri tarıma oldukça uygundur. İklimi, bitki örtüsü, toprak türü ve hidrografik özellikleri geniş bir ürün çeşitliliği sunmaktadır. Kentsel katı atıklardan elde edilecek kompost gübre, tarım arazilerinin organik madde ihtiyacının karşılanması ve verimin artırılmasını sağlayabilir. İlçenin kompost gübre potansiyelinin belirlenmesinde fiziki coğrafya özelliklerinin yanı sıra beşeri coğrafya özellikleri de oldukça etkilidir.

3.1.2. Serdivan İlçesinin Beşeri Coğrafya Özellikleri

Serdivan ilçesinin de içerisinde bulunduğu Sakarya ili verimli toprakları, akarsuları ve göllerinin yanında göç yollarının üzerinde olması nedeniyle eski dönemlerden beri sırasıyla Frigler, Bithinyalılar, Kimmerler, Lidyalılar, Persler, Romalılar ve Bizanslıların hakimiyetinde olmuştur (Öztürk Y. , 2018).

Serdivan, bu köyün çevresinde bulunan Divanlık şeklindeki yerleşim yerlerinin merkezinde bulunmasından dolayı (Başdivan) Serdivan olarak adlandırılmıştır (Hayır & Akyol, 2007, s. 179)



Şekil 37: Serdivan Köyü (1904)

Kaynak: [https:// serdivan-koyu-sakarya-1904-yili-fotograflari](https://serdivan-koyu-sakarya-1904-yili-fotograflari)

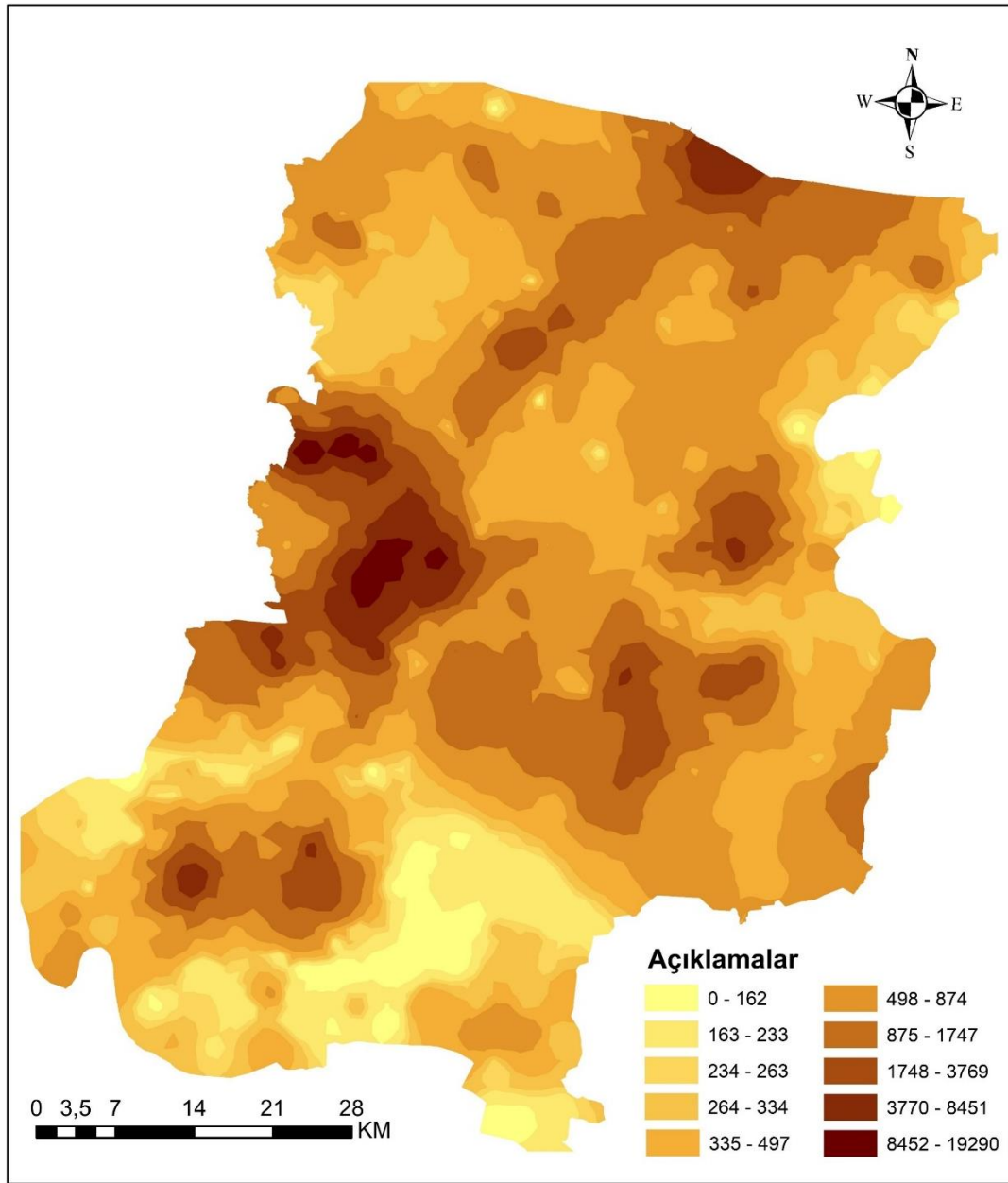
1831 tarihlerinde Kaymas Kazası'na tabi idi. Kaymas Kazası'na bağlı köyler büyük oranda Rum ve Ermenilerden oluşuyordu. Serdivan'ın kurulması Lozan Anlaşmasıyla yapılan nüfus mübadelesi ile bölgede yaşayan Rum nüfusun yerine Müslüman nüfusun getirilmesiyle olmuştur. Bölgeye gelen Müslümanlar Rumların boşalttığı alanlara değil bugünkü Serdivan'ın bulunduğu bölgeye yerleşmiştir. 1923 yılında mübadele ile gelen 400 hane ile kurulan Serdivan köyü sonraki yıllarda da göç almaya devam etmiştir. Bölgeye 1928 yılında Arnavutluk'tan, 1934-1951 yılları arasında Bulgaristan ve Yugoslavya'dan, 1948 yılında Karadeniz Bölgesi'nden yapılan göçlerle nüfusu artmıştır. Serdivan'a yapılan göçlerle birlikte nüfusun artmasıyla 2 Şubat 1956 yılında Belediye

teşkilatı kurulmuştur. 2008 yılında, 5747 sayılı Kanun ile Serdivan, ilçe statüsü kazanmıştır (Konukçu & Narin, 2013, s. 90-91).

Sakarya ili, büyükşehir belediyesi statüsünü 2000 yılında kazanmasıyla, 2008 yılında, merkez ilçeyi oluşturan dört semt ilçesi, Adapazarı, Serdivan, Arifiye ve Erenler ilçeleri oluşturulmuştur (Karakuzulu, 2018, s. 89). Çalışma alanımızı oluşturan Serdivan ilçesi, Sakarya ilinin merkez ilçelerinden biridir. Serdivan ilçesinin, kuzeyinde Adapazarı, doğusunda Arifiye ve Erenler, güneyinde Sapanca ilçeleri ve Sapanca gölü, batısında ise Kocaeli ili bulunmaktadır.

Serdivan 1954 yılında kurulan vagon fabrikasıyla ve sonrasında kurulan sanayi tesisleri ile büyümeye başlamıştır. 1992 yılında kurulan Sakarya Üniversitesi ile gelişimi daha da artmıştır (Hayır & Akyol, 2007, s. 179). Serdivan ilçe statüsü kazanması sonrasında Kazımpaşa ve Yazlık alt kademe belediyeleri ile Adapazarı Belediyesine bağlı Böşköprü mahallesinin katılımıyla Belediyenin'nin görev ve yetki alanı genişlemiştir (T.C. Serdivan Belediyesi, 2019). Bu düzenleme ile birlikte ilçeye, toplam 14 mahalle ve 10 orman köyü bağlanmıştır. Orman köyleri ile Serdivan Belediyesi'nin hizmet ilişkisi imar faaliyetleriyle ilgili olarak sürmektedir. Serdivan ilçe statüsü kazanmadan önce yüzölçümü 2.500 ha iken ilçe statüsü kazandıktan sonra yeni bağlanan yerleşim birimleriyle 11.331 ha olmuştur. Yeni bağlanan yerleşim birimlerinin toplam yüzölçümü 8.796 ha'dır (Karakuzulu, 2018).

Serdivan 1999 depreminde diğer bölgelere göre daha az hasar görmüştür. Bu durum da ilçeyi, yerleşmeye uygun tepelerin de bulunması nedeniyle yerleşme için tercih edilir bir alan kılmıştır (Döker, 2018, s. 332).



Şekil 38: Sakarya İli Nüfus Yoğunluk Haritası

Sakarya ($211/\text{km}^2$) ilinin nüfus yoğunluk haritası incelendiğinde, Adapazarı ($853/\text{km}^2$), Erenler ($333/\text{km}^2$), Serdivan ($1134/\text{km}^2$) ve Arifiye ($1188/\text{km}^2$) gibi merkez ilçelerin en yoğun nüfuslu alanlar olduğunu söylemek mümkündür (Şekil 38). Sakarya ilinde km^2 ye düşen kişi sayısı 211 iken merkez ilçelerde bu sayı çok daha yüksektir. Bunun yanı sıra nüfus toplanma merkezleri bulunan ilçeler Karasu (157 km^2) ve Hendek (132 km^2)'tir. Nüfusun en seyrek olduğu alanlar ise Gevye (75 km^2) ve Taraklı (23 km^2) ilçeleridir.

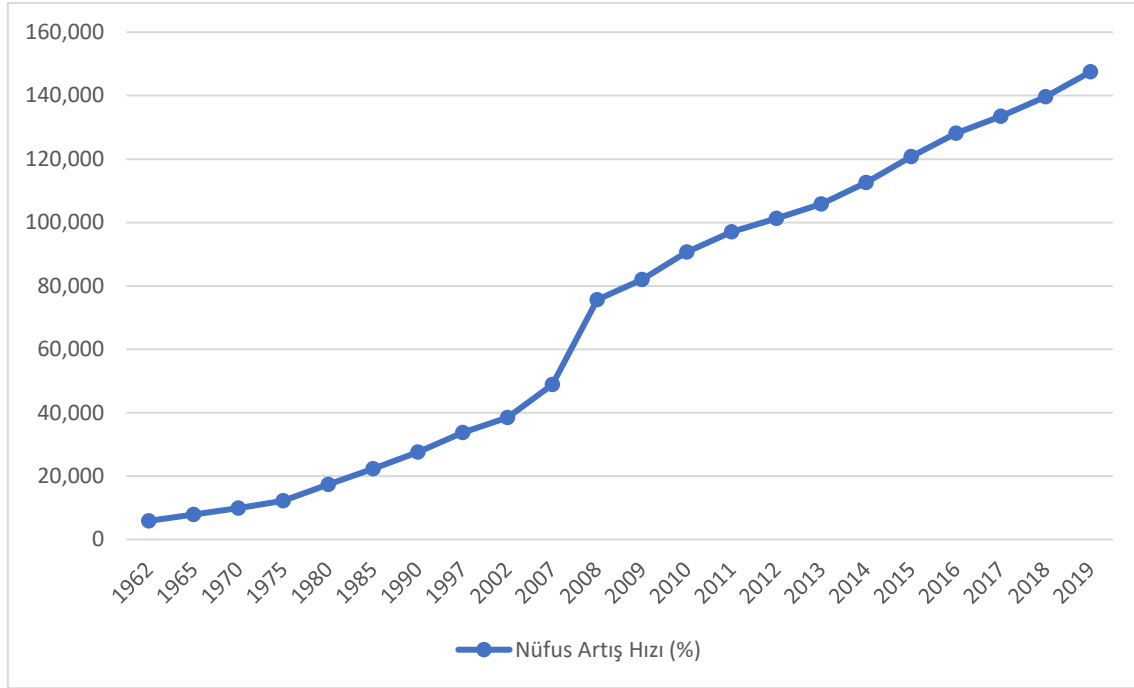
Sakarya il nüfusu, 2008- 2019 yılları arasında Serdivan, Adapazarı, Erenler ve Arifiye ilçelerinde yoğunlaşmıştır. Son 10 yılda şehir merkezindeki ilçelere rağbetin arttığı görülmektedir (Döker, 2018, s. 334). Geçmişten günümüze Serdivan ilçesinin nüfusunda kademeli bir artış yaşandığı bunun yanı sıra belirli dönemlerde nüfusun yaklaşık iki katı artış yaşadığını söylemek mümkündür. İlçeye çeşitli sebeplerle göçler yaşanmış ve bu da nüfusun artmasına sebep olmuştur. Deprem sonrası arazi yapısı ve üniversitenin varlığı da ilçeyi cazibe merkezi haline getirmiştir.

Tablo 12: Serdivan İlçesinin Yıllara Göre Nüfusu

Yıl	Serdivan Nüfusu	Nüfus Artış Oranı %
1962	5.873	-
1965	7.871	34,02
1970	9.855	25,20
1975	12.257	24,37
1980	17.320	41,30
1985	22.357	29,08
1990	27.598	23,44
1997	33.678	22,06
2002	38.500	14,31
2007	48.842	26,86
2008	75.602	54,78
2009	81.943	8,39
2010	90.680	10,66
2011	97.044	7,02
2012	101.248	4,43
2013	105.775	4,47
2014	112.611	6,46
2015	120.731	7,21
2016	128.121	6,12
2017	133.477	4,18
2018	139.595	4,58
2019	147.500	5,66

Kaynak: TÜİK ve <http://www.serdivan.bel.tr/nufus-hareketleri>

Serdivan ilçesinin yıllara göre nüfusu incelendiğinde, 1962 yılında Serdivan'ın nüfusu, 5.873, 1990 yılında ise nüfus 27.598'dir. 2008 yılında yaklaşık iki katı bir artış ile nüfusu 75.602 olmuştur. İlerleyen yıllarda da nüfusun kademeli olarak arttığını söylemek mümkündür. 2019 yılında 2008 yılına göre yaklaşık iki katı bir artış ile ilçenin nüfusu 147.500'e ulaşmıştır.



Şekil 39: Serdivan İlçesinin Yıllara Göre Nüfusları

Kaynak: TÜİK ve <http://www.serdivan.bel.tr/nufus-hareketleri>

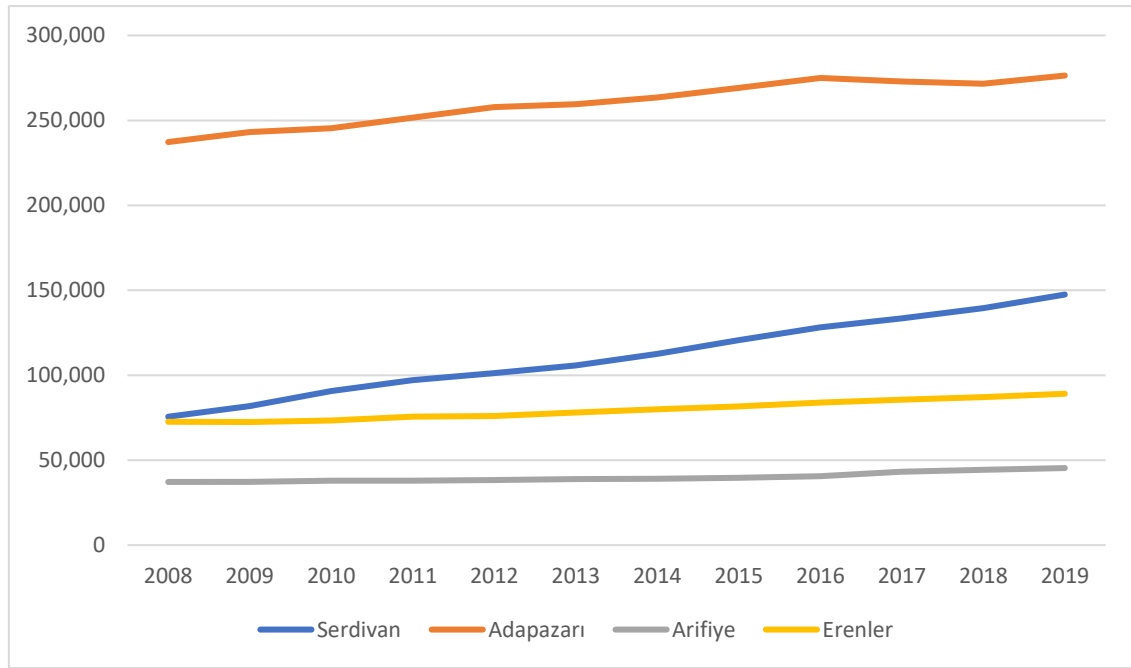
2008 yılında Serdivan'ın ilçe statüsü kazanmasıyla, ilçeye pek çok mahalle ve orman köyü bağlanmıştır. Bu da 2007 yılında 48.842 olan nüfusun, 2008 yılında 75.602'ye yükselmesine neden olmuştur. İlçe nüfusu aynı zamanda 1962 yılından bu yana aldığı göçlerinde etkisiyle sürekli bir şekilde artmaktadır (Şekil 39). 1992 yılında Sakarya üniversitesinin kurulması bölgenin gelişmesine olumlu katkıda bulunmuştur.

Deprem sonrasında şehir merkezlerinin nüfusların artması Serdivan'ın merkezi gelişimini de olumlu yönde etkilemiştir. Merkezdeki binaların yeniden inşası şehir merkezlerine olan cazibeyi arttıran önemli faktörlerden biridir (Döker, 2018, s. 351). 1999 depreminden sonra Serdivan'ın ilçesi çevresindeki yerleşim yerlerine göre daha sağlam zemin yapısına sahip olmasından dolayı hızlı bir şekilde göç almış, çekici bir merkez olmuş ve gelişmeye devam etmiştir.

2019 yılında Sakarya il nüfus yoğunluğunun en yüksek olduğu ilçelerden biri olan Serdivan'ın bu yoğunluğa bağlı olarak çevresel ve şehirselleşme sorunları yaşayabileceği söylenebilir (Döker, 2018, s. 338). Bu anlamda atık sorunu ile baş edebilmek için çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir. Nüfusunun hızlı bir şekilde arttığı ve tarım

potansiyelinin yüksek olduğu bir bölgede organik atıkların komposta dönüştürülerek tarımda kullanılması bu sorun için en uygun çözümdür.

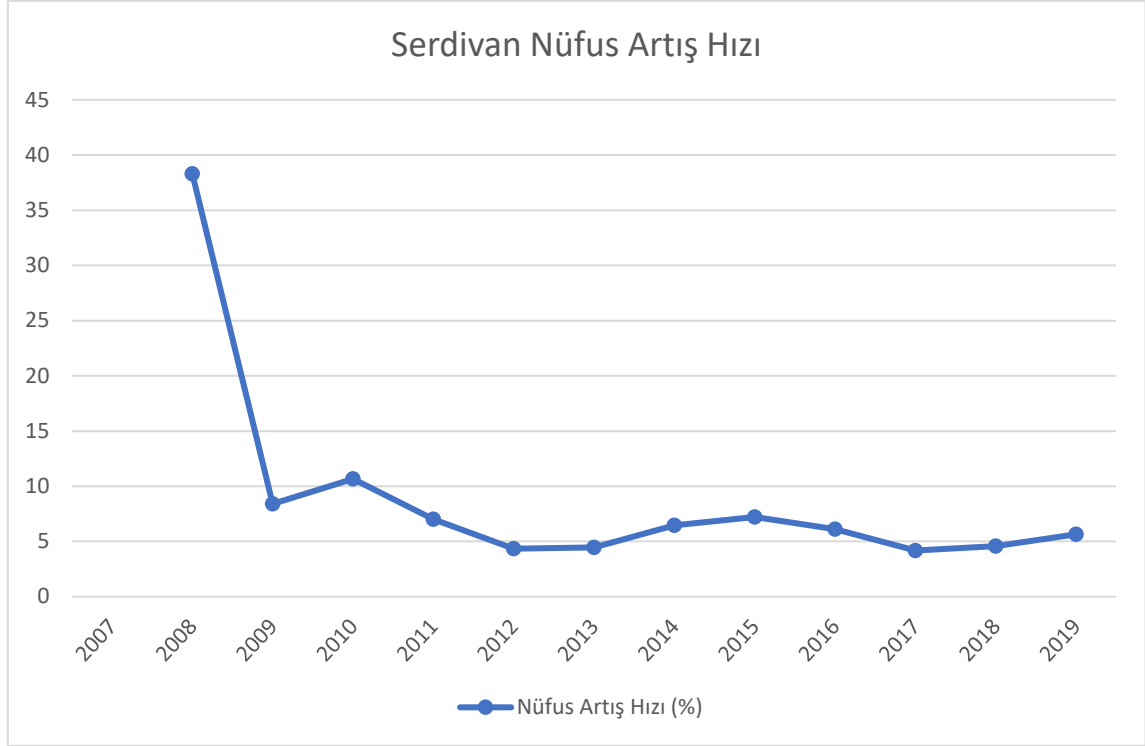
Nüfus artış hızının, bu şekilde artmaya devam etmesi gelecekte büyük miktarda kentsel atığın ortaya çıkmasına ve hiç şüphesiz ciddi çevresel sorunların artışına neden olacaktır. Atık sorunu ile baş edebilmek için çeşitli önlemlerin alınması gerekmektedir. Nüfusun hızla arttığı ve organik atık potansiyelinin yüksek olduğu bir bölgede organik atıkların komposta dönüştürülmesi ve kullanılması bu sorun için en uygun çözümdür.



Şekil 40: Sakarya Merkez İlçelerinin Yıllara Göre Nüfusu (2008-2019)

Kaynak: TÜİK Nüfus Verileri

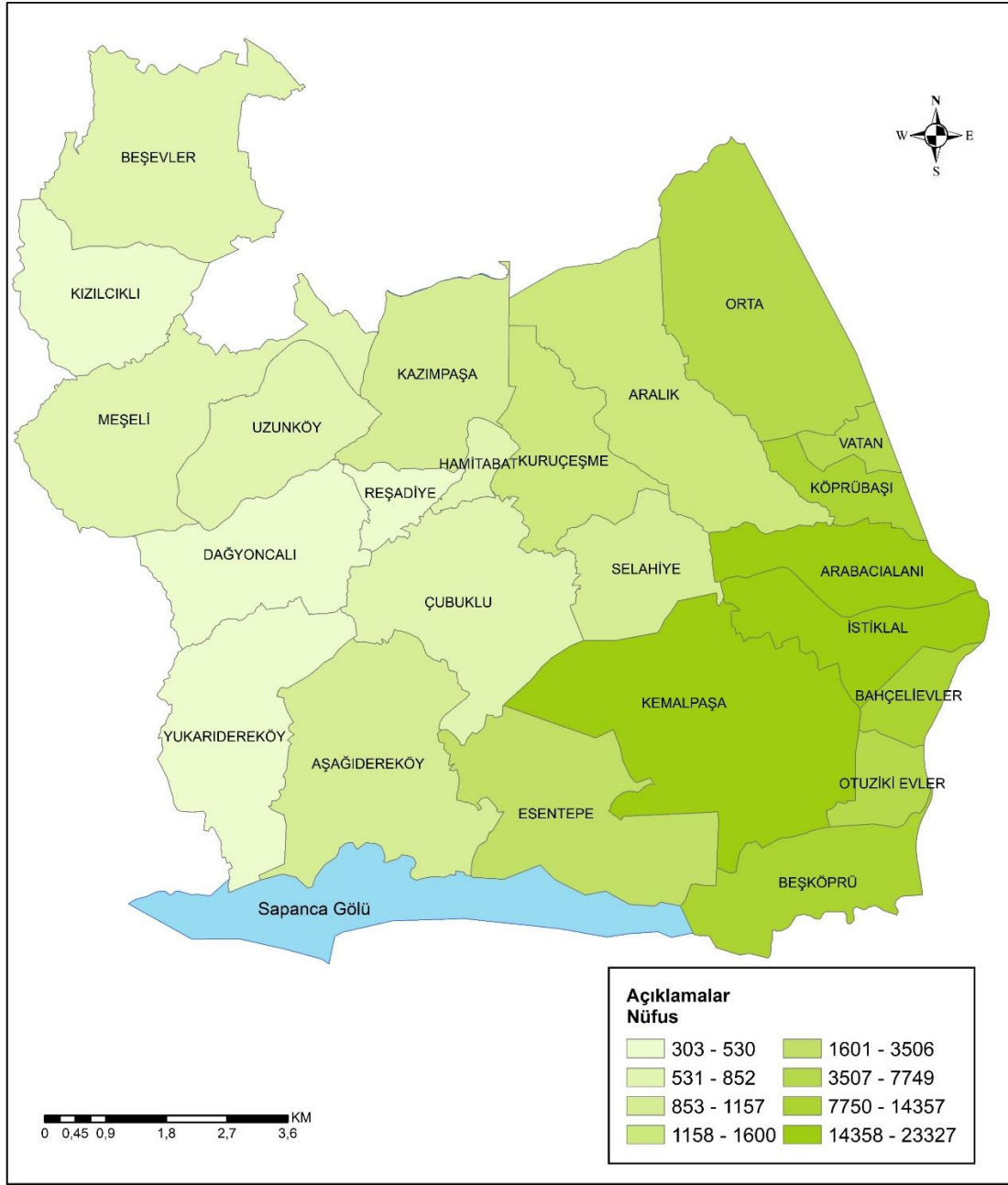
Serdivan'ın diğer merkez ilçeleriyle nüfus miktarları ve nüfus artış hızları karşılaştırıldığında en yüksek nüfusa Sakarya il merkezi olan Adapazarı'nın sahip olduğu görülmektedir. 2008 yılında 237.259 olan Adapazarı nüfusu 2019 yılına gelindiğinde 276.385 kişiye ulaşmıştır. Merkez ilçeler arasında nüfusu en hızlı artan ilçe Serdivan ilçesidir. 2008 yılında 75.602 olan ilçe nüfusu, 2019 yılına gelindiğinde 147.500'e ulaşmıştır. Yaklaşık on yıl da ilçe nüfusu neredeyse iki katına çıkmıştır. Merkez ilçeler arasında nüfusu en düşük olan ilçe Arifiye'dir. 2008 yılında 37.290 olan ilçe nüfusu, 2019 yılına gelindiğinde 45.375'e ulaşmıştır. Bir diğer merkez ilçe olan Erenler'in 2008 yılındaki nüfusu 72.621 iken 2019 yılında 89.128'e ulaşmıştır (Şekil 40).



Şekil 41: Serdivan İlçesinin Yıllara Göre Nüfus Artış Hızı

Kaynak: TÜİK Nüfus Verileri

Serdivan'ın nüfus artış hızı grafiği incelendiğinde (Şekil 41) en yüksek seviyesine %38,3 ile ulaştığı görülmektedir. Bu durumun sebebi doğal nüfus artışı değildir. Zira 2008 yılında Serdivan'ın ilçe statüsü kazanmasıdır. Serdivan ilçe statüsü kazandıktan sonra 14 mahalle ve 10 orman köyü bağlanmış ve nüfusu 48.842'den 75.602 ye çıkmıştır. Serdivan, 2019 yılında %5,66 nüfus artış hızı ile Sakarya'nın ilçeleri arasında en yüksek nüfus artış hızına sahiptir. Bu artış hızı hem Sakarya'nın (%1,86) hem de Türkiye'nin (%1,39) nüfus artış hızının çok üzerindedir.



Şekil 42: Serdivan İlçesi'nin Nüfus Yoğunluk Haritası

Serdivan ilçesinin nüfus yoğunluk haritasına bakıldığında, ilçede nüfusun dengeli bir şekilde dağılmadığı görülmektedir. Nüfusun büyük kısmı, ilçenin doğu ve güneydoğu bölümünde toplanmıştır. İlçenin batı kısmında genel olarak nüfusun az olduğu mahalleler bulunmaktadır (Şekil 42). Batı kısmındaki nüfusun az olduğu mahalleler, kırsal yapı özelliklerini taşımaktadır. Doğu kısmındaki yoğun nüfuslu mahallelerde kentleşme oranı daha yüksektir.

Tablo 13: Serdivan İlçesinin 2019 Yılı Mahalle Nüfusları

	Kentsel Mahalleler	Mahalle Nüfusu		Kırsal Mahalleler	Mahalle Nüfusu
1	Kemalpaşa Mah.	23.327	15	Kuruçeşme Mah.	1.421
2	Arabacıalanı Mah.	22.187	16	Aşağıdereköy Mah.	1.157
3	İstiklal Mah.	21.553	17	Selahiye Mah.	1.151
4	Bahçelievler Mah.	14.357	18	Meşeli Mah.	852
5	Köprübaşı Mah.	10.903	19	Çubuklu Mah.	808
6	Beşköprü Mah.	10.380	20	Uzunköy Mah.	740
7	Otuziki Evler Mah.	7.749	21	Beşevler Mah.	676
8	Orta Mah.	7.519	22	Yukarıdereköy Mah.	501
9	Vatan Mah.	6.175	23	Dağyoncalı Mah.	445
10	Esentepe Mah.	3.506	24	Kızılcıklı Mah.	303
11	Aralık Mah.	1.600			
12	Kazımpaşa Mah.	1.061			
13	Hamitabat Mah.	694			
14	Reşadiye Mah.	530			

Kaynak: TÜİK (2019)

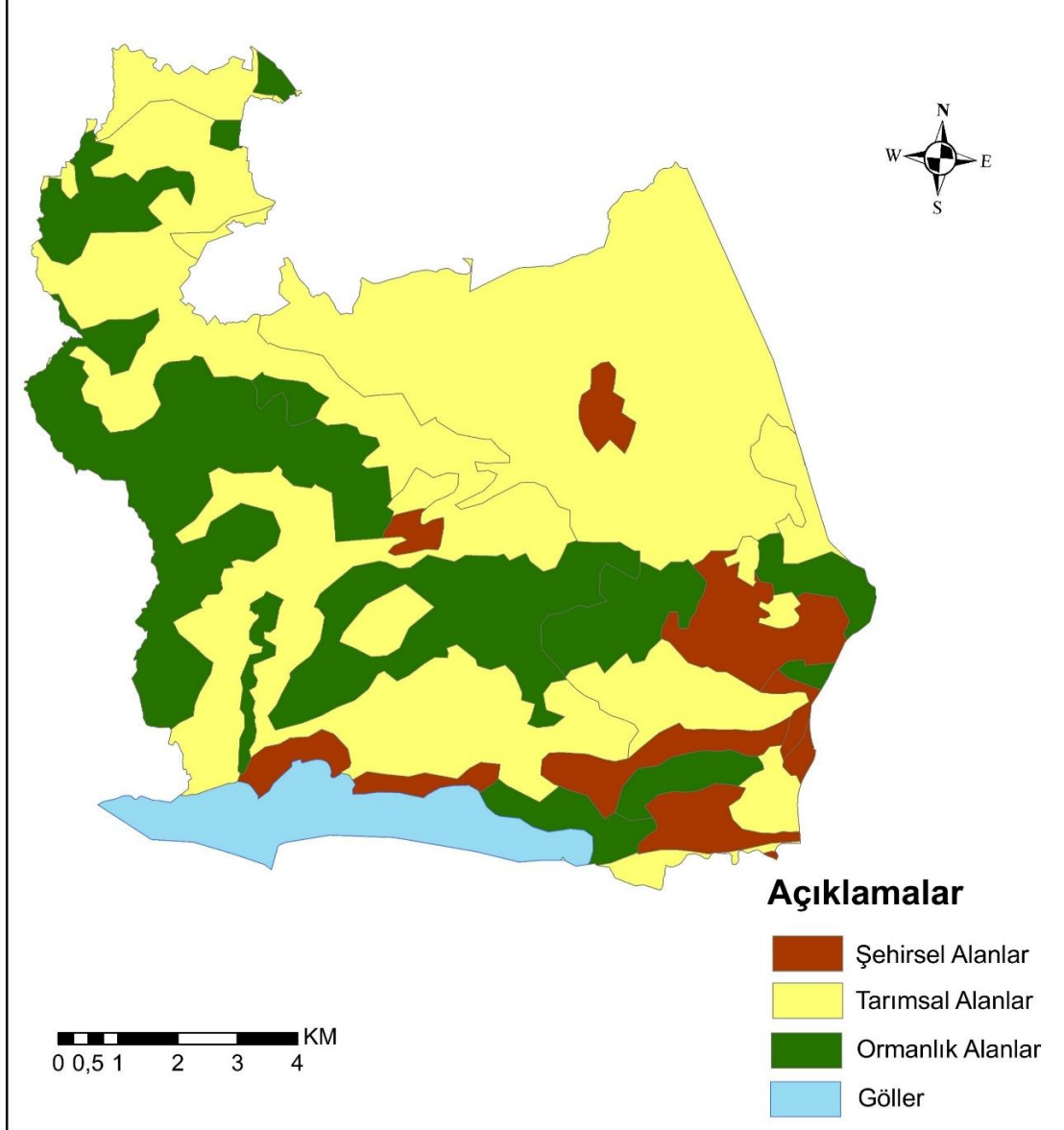
Serdivan ilçesinin en fazla nüfusa sahip mahalleri; Kemalpaşa, Arabacıalanı ve İstiklal mahalleleridir. Bunları Bahçelievler, Köprübaşı ve Beşköprü mahalleri takip etmektedir. Yukarıdereköy, Dağyoncalı, Kızılcıklı mahalleri ilçenin en az nüfuslu mahallerini oluşturmaktadır. Genel olarak nüfusun yüksek olduğu mahalleler ilçenin doğu kısmında, Adapazarı merkezine yakın alanlarda toplanmıştır (Şekil 42), (Tablo 13).



Şekil 43: Serdivan İlçesi Kırsal ve Kentsel Mahalleleri

Hali hazırda Sakarya İli'nde il arazisinin tamamı kentsel idari alan olarak kabul edilmektedir. İl sınırları içinde kalan köy yerleşmeleri de kırsal mahalle statüsüne alınmıştır (Karakuzulu, 2018, s. 91). Serdivan ilçesinde Aşağıdereköy, Selahiye, Kuruçeşme, Meşeli, Çubuklu, Uzunköy, Beşevler, Yukarıdereköy, Dağyoncalı, Kızılcıklı mahalleleri kırsal mahalleler olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 43). Bu mahallelerde genel olarak hayvancılık ve tarım faaliyetleri yapılmaktadır. Serdivan ilçesinden elde edilen kompost bu bölgelerin gübrelenmesinde oldukça etkili bir çözüm olacaktır. Kırsal alanlarda atıkların içerisindeki organik miktarı kentsel alanlara göre genellikle daha

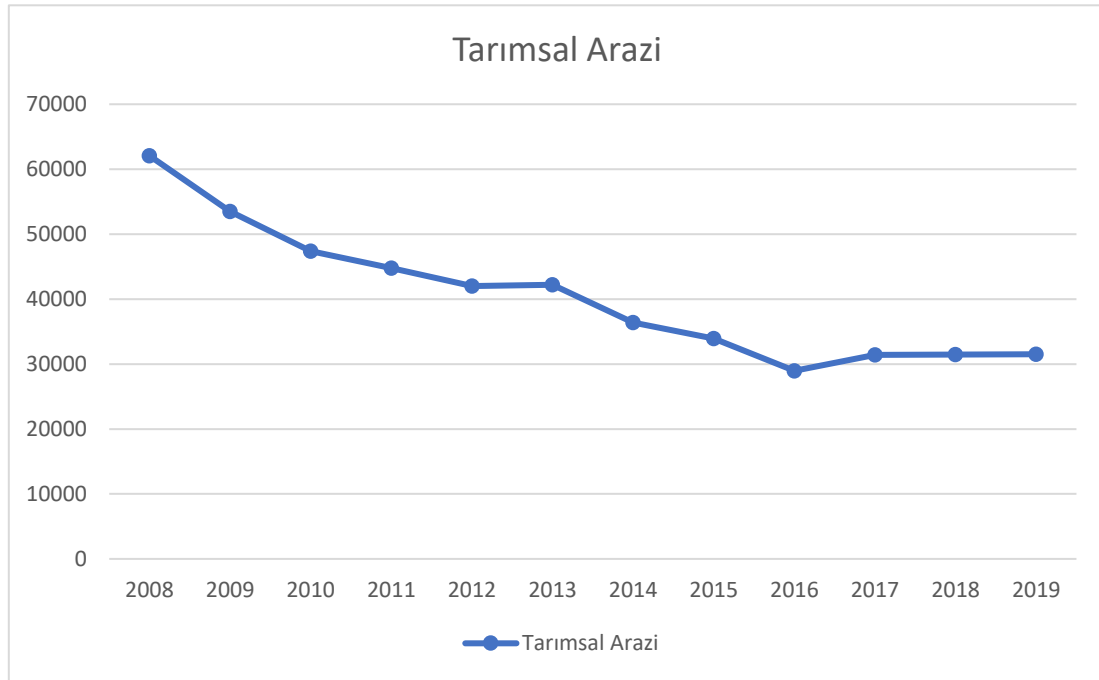
yüksek olsa da bu bölgelerde organik atıklar hayvan yemi olarak kullanılabildiğinden ve bu bölgelerin nüfusunun düşük olmasından dolayı kentsel alanlara göre daha düşük bir potansiyele sahiptir. Kentsel alanlarda organik atıklar için kullanılabilecek alternatifin olmaması bu alanlarda kompostlaştırma işlemini daha önemli kılmaktadır.



Şekil 44: Serdivan İlçesi Arazi Kullanım Haritası

Sakarya ilinin %34'ü dağlar, %44'ü platolar ve %22'si ovalardan meydana gelmektedir (Çevre Durum Raporu, 2019, s. 2). Serdivan ilçesinin arazi kullanım haritasına bakıldığında şehirselsel alanların ilçenin güney ve güneydoğu ve doğu kesimlerinde toplandığı görülmektedir (Şekil 44). 2019 yılında 14.500 olan Serdivan nüfusu ilçeye eşit

şekilde dağılmamıştır. İlçede ormanlık alanların dağılımına bakıldığında genel olarak batı ve orta kısımlarda yoğunlaştığı görülmektedir. İlçedeki ormanlık alanlarda genellikle kayın, meşe, kestane, gürgen ve çam türleri bulunmaktadır. Bunların yanı sıra ilçe arazisinin büyük kısmı tarımsal alanlardan oluşmaktadır. Bu alanlar daha çok ilçenin kuzey batı ve güney kısmında bulunmaktadır. TÜİK verilerine göre ilçenin tarım arazisi 2019 yılında 31.533 hektardır. Organik atıklardan elde edilecek kompost bu tarım alanlarının yanı sıra ormanlık ve şehirsal alanlardaki park, bahçe ve yeşil alanların ıslahında kullanılabilir.



Şekil 45: Serdivan İlçesi'nin Yıllara Göre Toplam Tarımsal Arazisi (Dekar)

Kaynak: TÜİK (2019)

Serdivan ilçesinin tarımsal arazi kullanım verilerine bakıldığında 2008 yılında 62059 dekar olan tarımsal arazisi 2012 (42030 de) yılına kadar kademeli bir şekilde düşüş yaşamıştır. 2013 yılı verilerine bakıldığında tarımsal arazi kullanımı 42221 dekardır. 2013 yılından 2016 yılına kadar tekrar kademeli olarak bir düşüş görülmektedir. 2019 yılına kadar da stabil bir şekilde ilerlemiştir. 2019 yılında tarımsal arazi kullanımı yaklaşık 31553 dekardır. Serdivan ilçesinin tarımsal arazi kullanımında 2008 yılından 2019 yılına kadar yaklaşık yarı yarıya bir düşüş olduğu görülmektedir (Şekil 45). İlçenin tarımsal arazisinin azalmasının en önemli nedenlerinden birisi, tarım alanlarının imara açılmasıdır.



Şekil 46: Tarım Arazilerinin İmara Açılmış Hali

Serdivan'ın ekonomisi tarım, hayvancılık, ticaret, sanayi ve hizmet sektörüne dayanmaktadır. İlçede, 8 adet banka şubesi vardır. Serdivan AVM ve Agora AVM ilçe sakinlerine ekonomik ve sosyal yönden zaman geçirecekleri alan sunmaktadır (T.C. Serdivan Kaymakamlığı, 2020). Sakarya ilinde istihdamın %51,9'u tarım sektöründe çalışmaktadır. Tarım sektörü içerisinde ilk sırada olan hayvansal üretim %50,9'luk bir paya sahiptir. Meyve üretiminin payı %35,6, tarla bitkileri üretiminin payı %8,3 ve sebze üretiminin payı ise %5,1'dir (Sakarya İl Tarım Gıda ve Hayvancılık Müdürlüğü Yıllık Faaliyet Özeti, 2017, s. 4). Serdivan sınırları içerisinde bulunan Adapazarı Serdivan Mobilyacılar Küçük Sanayi Sitesi Yapı Kooperatifi (ASEM), sayesinde mobilyacılık sektör haline gelmiştir. Adapazarı Serdivan Mobilyacılar Küçük Sanayi Sitesi Yapı Kooperatifi, bünyesinde 100 mağaza, 78 imalathane, 20 imalat-mağaza olmak üzere toplamda 198 işyeri ve 1.500 çalışanı bulunmaktadır. İlçede gıda, mobilya, makine, otomotiv, tekstil, plastik, lastik, inşaat ve döküm imalatı yapan Sanayi Sicil Belgeli 381 firma faaliyet göstermektedir (T.C. Serdivan Kaymakamlığı, 2020).

İklim ve arazi yapısına bağlı olarak Sapanca gölü civarında meyve, sebze ve süs bitkisi yetiştiriciliği yapılmaktadır. Yine iklimin uygun olduğu mikro klima özelliği gösteren alanlarda ise ikinci üretim de yapılabilmektedir. Sebze ekilen alan dışında silajlık mısır ve dane mısır ekimi yapılmaktadır. İlçe sınırları içinde 8.360 da. alan da 2018 yılında

1.344 ton fındık üretimi gerçekleşmiş, fındık hasadı il dışından gelen mevsimlik işçiler tarafından ve bahçe sahipleri tarafından yapılmaktadır. Serdivan'a bağlı Kazımpaşa, Aralık, Selahiye, Kuruçeşme, Hamitabat, Uzunköy ve Meşeli Mahallelerinde; 11,680 dekarlık, Kazımpaşa Göl Havzasında 82 da. alan da göl karpuzu, 11.000 da. alan da silajlık ve dane mısırı yetiştirilmektedir. Bunun yanında kavun, kabak, domates, fasulye, biber, marul gibi ürünlerin de üretimi yapılmaktadır (T.C. Serdivan Kaymakamlığı, 2020). Genel olarak bakıldığında Serdivan ilçesinin iklim özellikleri kompost üretimi için oldukça uygundur. İlçede tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan organik atıkların değerlendirilmesi için kompostlama etkili bir yöntem olarak kullanılabilir. Tarımsal atıkların kompostlaştırılması sonucunda elde edilen kompost gübre ilçedeki tarım alanlarının gübrelenmesi için kullanılabilir. Bu işlem tarımsal verimi artırmasının yanı sıra bitkilerin büyüme ve güçlenmesine de katkı sağlayabilir.

Tablo 14: Serdivan İlçesinin Hayvansal Atık Miktarı (Ton/Yıl)

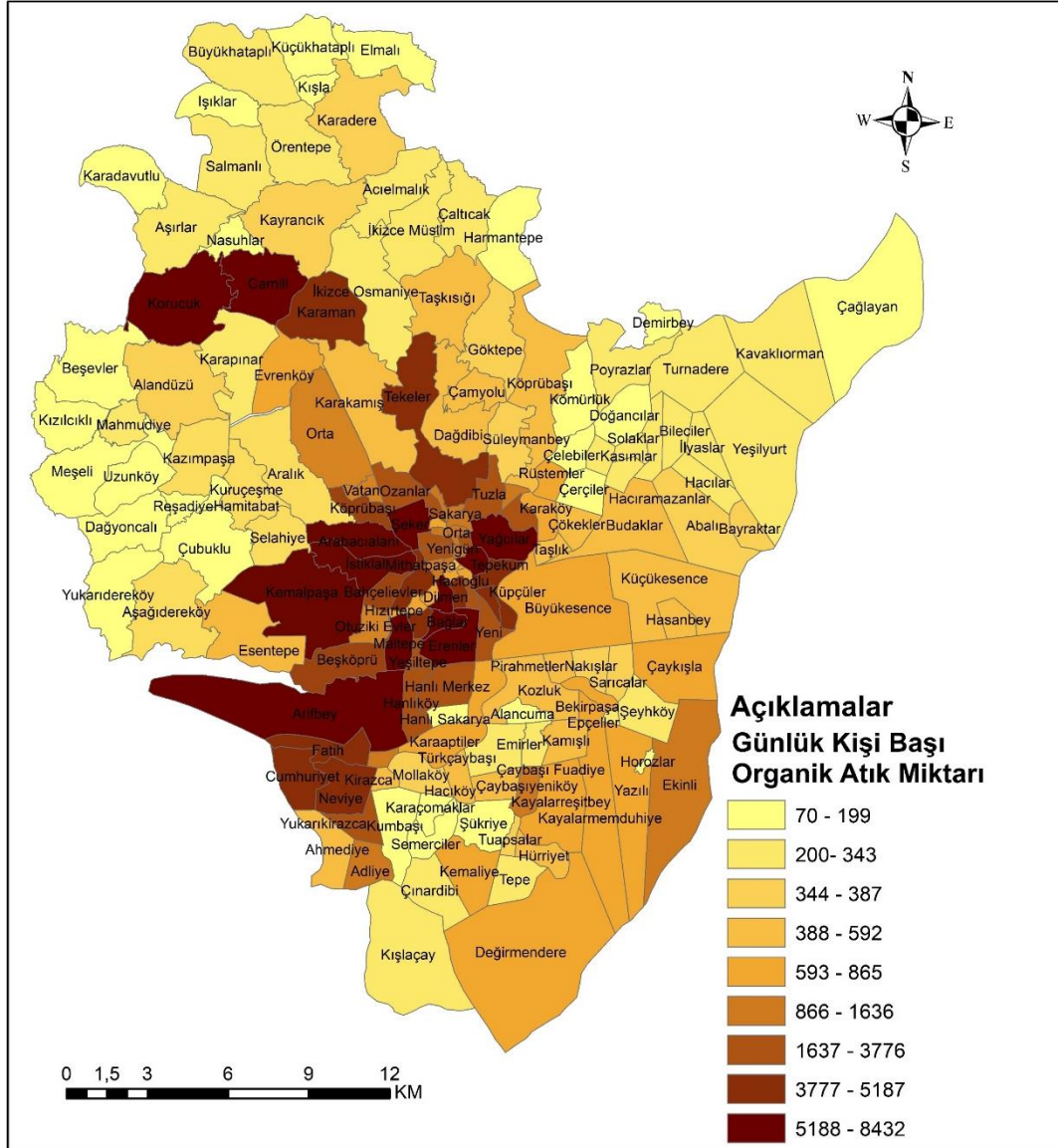
	Hayvan Sayısı (Adet)	Elde Edilen Gübre Miktarı (Ton/Yıl)
Büyükbaş	7.114	25.610
Küçükbaş	2.557	1.789
Kanatlı	18.510	407

Kaynak: TÜİK (2020)

Serdivan ilçesinin hayvansal atık miktarı belirlenirken, TÜİK 2019 yılı hayvan sayılarına baz alınarak atık miktarları hesaplanmıştır. 7.114 büyükbaş hayvandan yıllık ortalama 25.610 ton yaş gübre elde edilmektedir. 2.557 küçükbaş hayvandan elde edilen atık miktarı yıllık ortalama 1.789 ton yaş gübre iken 18.510 kanatlı hayvandan yıllık ortalama 407 ton yaş gübre elde edilmektedir (Tablo 13). Elde edilen gübre tarım alanlarında suni gübre yerine kullanılabilir.

3.1.3. Sakarya'nın Merkez İlçelerinin Kompost Gübre Potansiyeli

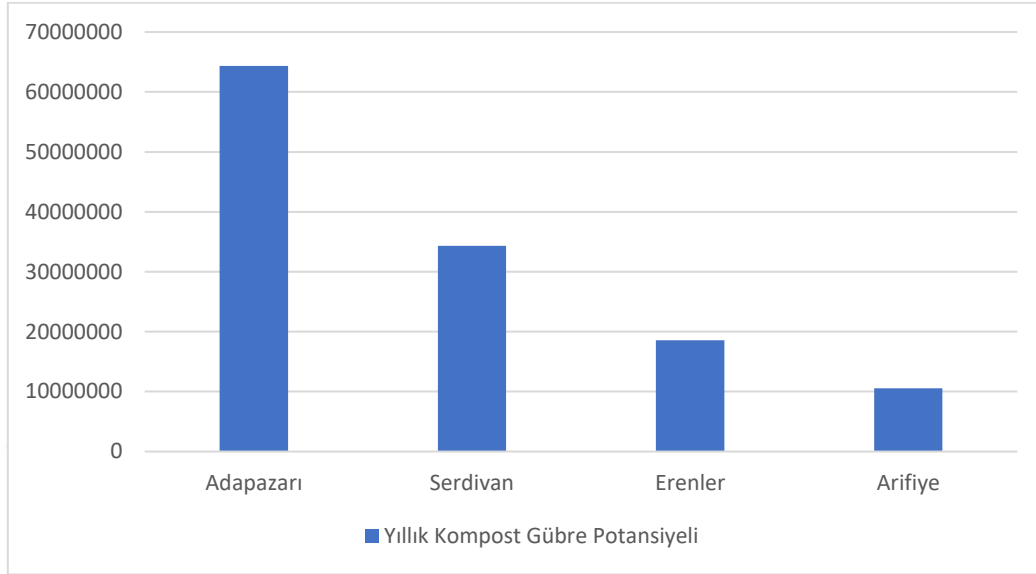
Sakarya'nın merkez semt ilçeleri olan Adapazarı, Arifiye, Erenler ve Serdivan'ın kompost gübre potansiyelleri çalışmanın bu bölümünde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 47: Sakarya'nın Merkez İlçelerinin Kompost Potansiyeli Haritası

Merkez semt ilçeleri arasında kompost gübre potansiyelinin en yüksek olduğu mahalleler; Adapazarı ilçesinde, Korucuk, Camili, Şeker, Yağcılar, Yenigün ve Maltepe, Arifiye ilçesinde Arıfbey, Erenler ilçesinde Dilmen, Bağlar, Erenler, Serdivan ilçesinde Kemalpaşa, İstiklal ve Arabacıalanı'dır (Şekil 47). Bu merkez ilçelere bağlı mahallelerin

kompost gübre potansiyelleri günlük 5.187-8.432 ton aralığındadır. Genel olarak kompost potansiyelinin yoğun olduğu alanlar, merkez ilçelerin kesişim noktalarında toplanmıştır.



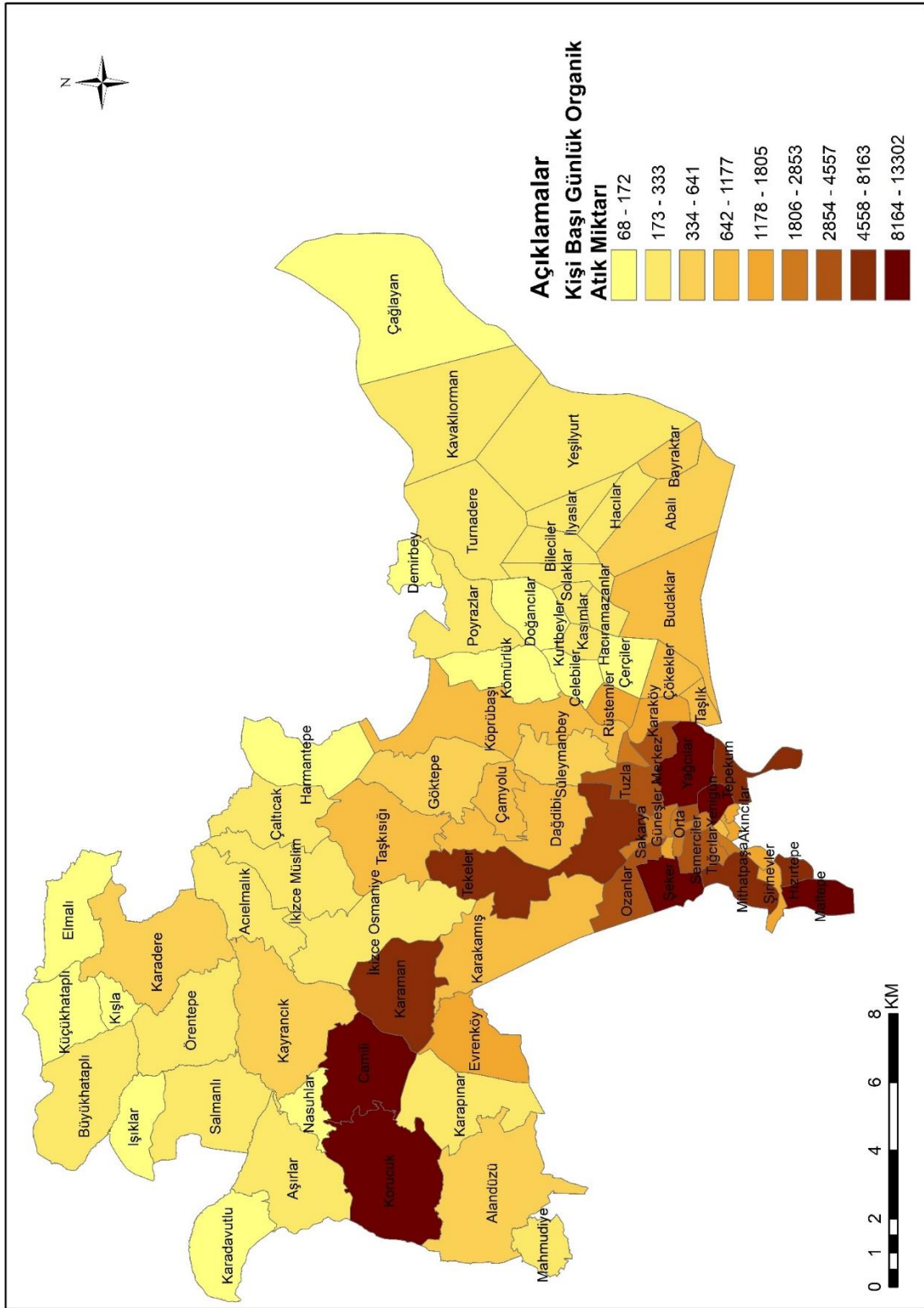
Şekil 48: Sakarya Merkez İlçelerinin Yıllık Kompost Gübre Potansiyelleri

Merkez semt ilçelerinden biri olan Adapazarı, şehrin en eski yerleşim alanlarından biri olmakla birlikte en fazla nüfusa sahip olan ilçedir. Şehrin ticaret alanlarının büyük bir kısmı da bu ilçede bulunmaktadır. 1999 Marmara depremi sonrası Camili, Korucuk ve Karaman mahalleleri, güvenli zemin özelliklerine sahip olması sebebiyle toplu konut projelerinde tercih edilen alanlar olmuştur. Valilik ve pek çok kurumu da bu mahallelerdedir. 276.385 nüfusa sahip olan Adapazarı'nda organik atık miktarı günlük yaklaşık 176.289 tondur. İlçenin yıllık organik atık miktarı da 64.345.485 tona karşılık gelmektedir.

Tablo 15: Sakarya Merkez İlçelerinin Atık Karakterizasyonları

	Mutfak Atıkları	Kağıt ve Karton	Plastik	Cam	Metal	Tehlikeli Atık	Park ve Bahçe atıkları	Diğer
Adapazarı	37	8	22	5	1	1	7	19
Serdivan	37	9	21	5	2	1	8	17
Erenler	42	12	20	4	1	1	1	19
Arifiye	36	10	21	4	2	1	5	21

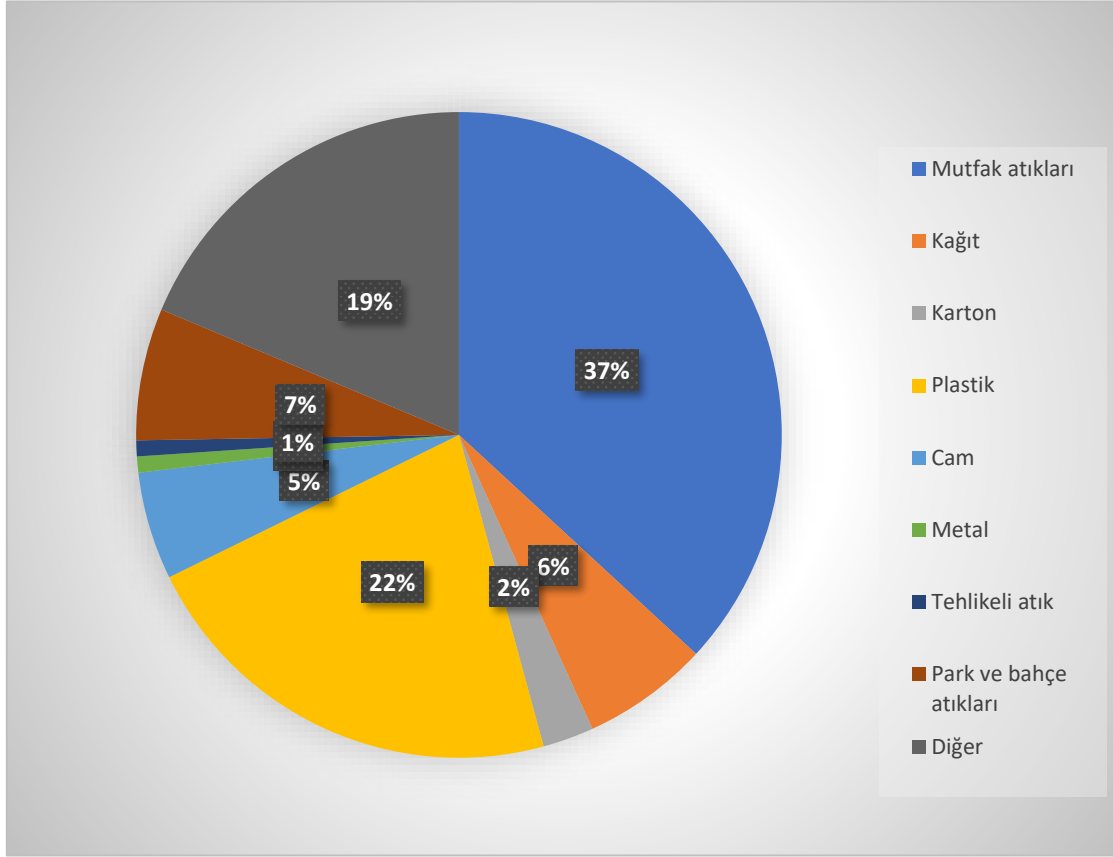
Kaynak: TÜİK



Şekil 49: Adapazarı İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası

Adapazarı, kentsel katı atık dağılımı incelendiğinde atıkların %37'lik kısmı mutfak atıklarından oluşmaktadır. Kompostlaştırma için önem arz eden karbon içeren atıklar

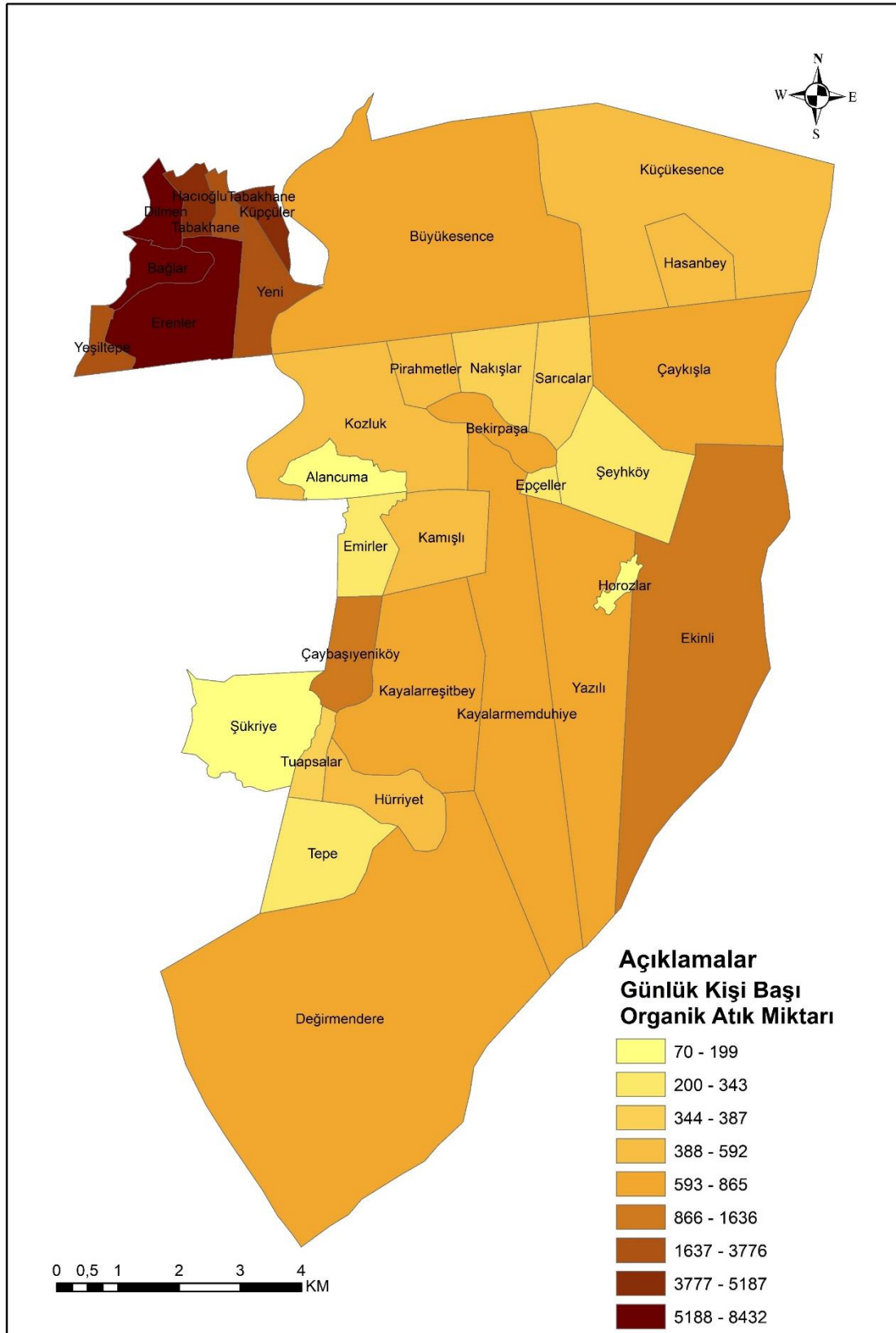
değerlendirildiğinde park ve bahçe atıklarının %7, karton ve kağıt atıklarının %8 olduğu görülmektedir (Şekil 49). Adapazarı ilçesinin kentsel atıklarının %52'lik kısmının kompostlaştırmaya uygun atıklardan oluştuğu söylenebilmektedir. Dolayısıyla ilçenin kentsel atık miktarının yarısından fazlası kompost üretimine uygundur.



Şekil 50: Adapazarı İlçesi Kentsel Atık Durumu (2018)

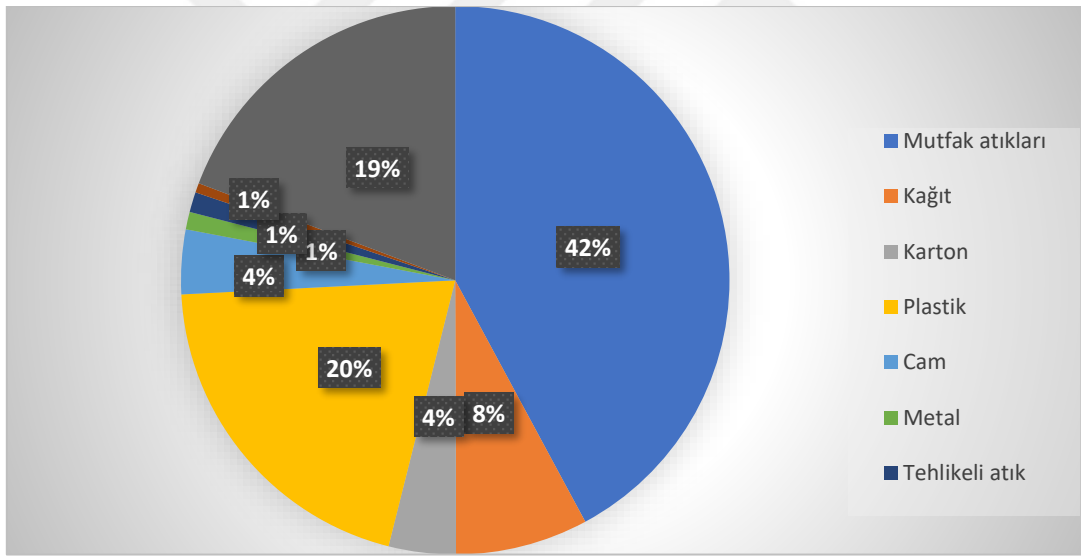
Kaynak: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Şube Müdürlüğü

Erenler ilçesinde, kompost gübre potansiyelinin en yüksek olduğu mahalleler, Erenler, Bağlar ve Dilmen'dir. Bu mahalleleri Tabakhane, Hacıoğlu, Küpçüler, Yeni mahalle ve Yeşiltepe mahalleleri izlemektedir. Erenler ilçesinin nüfusu 89.128 olup organik atık miktarı günlük yaklaşık 50.845 tondur. İlçenin yıllık organik atık miktarı 18.558.425 tona karşılık gelmektedir (Şekil 51).



Şekil 51: Erenler İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası

Erenler ilçesinin kentsel katı atık durumu değerlendirildiğinde %42'lik oranı mutfak atıkları oluşturmaktadır. Bu oran diğer ilçelere nazaran daha yüksektir. %12'lik oranı oluşturan kağıt ve karton atıkları da diğer ilçelere göre daha fazladır. Park ve bahçe atıkları %1'lik bir oranla son derece düşüktür. Kompostlaştırmaya uygun atık miktarı tüm atıkların %55'ini oluşturmaktadır. Erenler ilçesi semt ilçeleri içerisinde en yüksek organik atık oranına sahip ilçedir. Erenler ilçesi semt ilçe statüsünde olmasına rağmen şehirleşme süreci daha yavaştır. Bu sebeple park, bahçe ve yeşil alan düzenlemeleri istenilen seviyede değildir. İlçe nüfusunun büyük bir kısmı köylerde yaşarken 6360 sayılı yasa ile köyler, mahalle statüsü kazanmıştır. Ancak bu alanlar kırsal karakterini devam ettirmektedir. Kırsal alanlardaki beslenme alışkanlıkları, kentsel alanlara kıyasla farklılık gösterdiği için mutfak atık oranlarının yüksek olduğu söylenilebilir. Erenler, organik atık oranının en yüksek olduğu ilçe olması sebebiyle atık planlamasında öncelik verilmesi gereken ilçelerdendir.

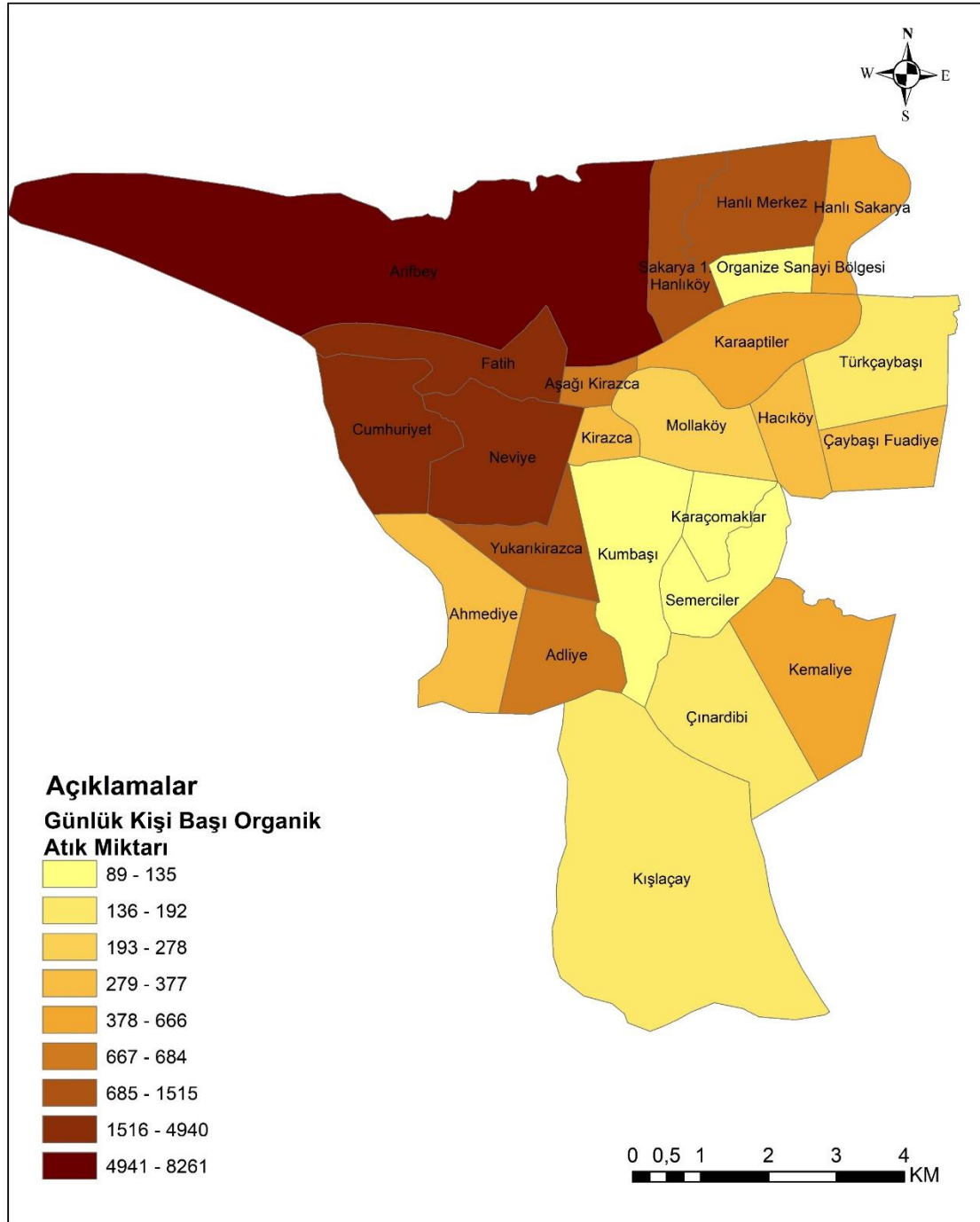


Şekil 52: Erenler İlçesi Kentsel Atık Durumu (2018)

Kaynak: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Şube Müdürlüğü

Arifiye ilçesinde kompost gübre potansiyelinin en yüksek olduğu mahalle Arifbey mahallesidir. Bunun yanı sıra Neviye, Cumhuriyet, Fatih, Yukarı Kirazca ve Hanlı Merkez mahallelerinin de kompost gübre potansiyeli yüksektir. Pek çok sayıda sanayi sitesine sahip olan ilçenin kompost potansiyeli ayrıca değerlendirilebilir. Arifiye ilçesinin

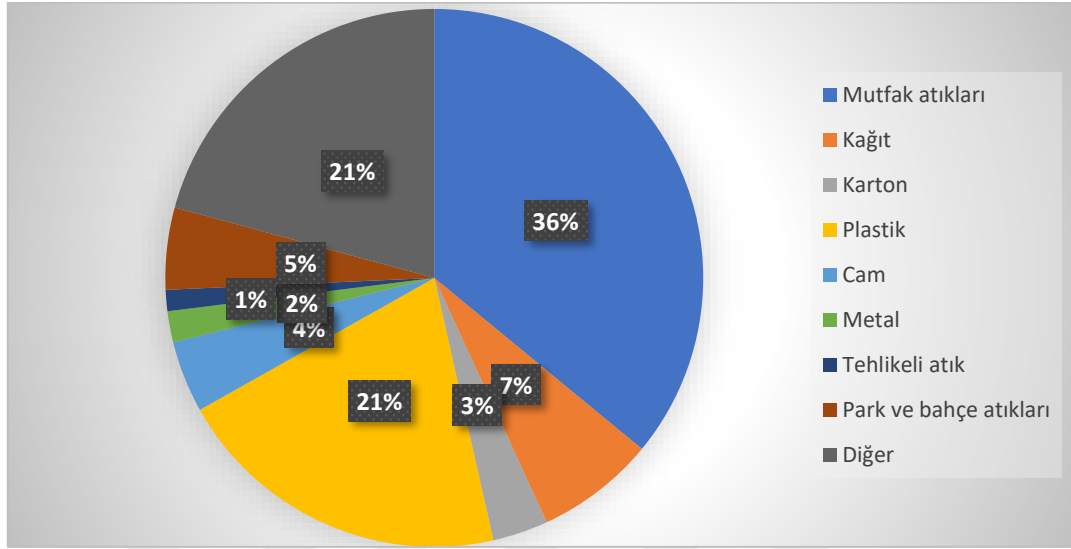
nüfusu 45.375 olup organik atık miktarı günlük yaklaşık 28.936 tondur. İlçenin yıllık organik atık miktarı 10.561.640 tona karşılık gelmektedir (Şekil 53).



Şekil 53: Arifiye İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası

Arifiye, semt ilçeleri arasında nüfusu en az olan ilçe olmasına rağmen nüfusu hızlı bir artış göstermektedir. Nüfus artış hızı %23,6 ile il ortalamasının üzerinde bir seyirdedir. Arifiye de kentsel katı atık durumu değerlendirildiğinde mutfak atık oranı %38, kağıt ve

karton atık oranı %10, park ve bahçe atık oranı %5'tir. Kompost üretiminde kullanılabilecek atık oranı %51'dir (Şekil 54).



Şekil 54: Arifiye İlçesi Kentsel Atık Durumu (2018)

Kaynak: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Şube Müdürlüğü

Merkez semt ilçelerinin kompost potansiyeli belirlendikten sonra, bu çalışmanın da alanını oluşturan Serdivan ilçesinin örnek alan seçilme sebebi, nüfus artış hızının en yüksek olduğu ilçe olmasıdır. Nüfus artış hızına bağlı olarak kompost potansiyelinin de artış göstereceğini söylemek mümkündür. İlçe sınırları içerisinde bulunan üniversitenin varlığı ve yemekhanesi bulunan kamu kurum ve kuruluşlarından elde edilebilecek kompost potansiyeli de yüksektir.

3.1.4. Serdivan İlçesinin Kompost Gübre Potansiyeli

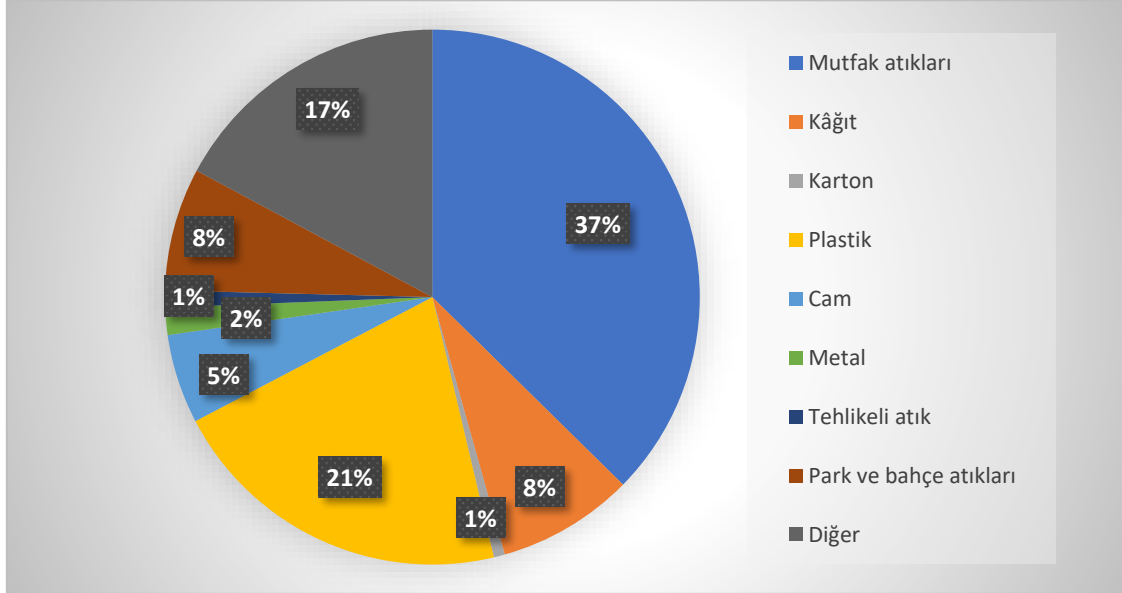
Serdivan ilçesinin kompost gübre potansiyeli belirlenirken önemli bir nokta katı atık karakterizasyonudur. İlçenin katı atık karakterizasyonuna bakıldığında; mutfak atıkları toplam atıkların %37'sini oluşturmaktadır. %9'unu karton ve kağıt atıkları, %8'ini park ve bahçe atıkları oluşturduğu görülmektedir (Şekil 55). Dolayısıyla kentsel atıkların %54'lük kısmı kompost üretebilecek malzemelerden oluşmaktadır. Yukarıda da bahsedilen diğer merkez ilçelerin organik atık potansiyelleri değerlendirildiğinde Adapazarı %52, Arifiye %51 ve Erenler %55'lik bir orana sahiptir. Erenler ilçesinin organik atık potansiyelinin diğer ilçelere kıyasla nispeten yüksek olmasının sebebi, kırsal mahalle karakterini koruması ve beslenme alışkanlıklarının kentsel alanlara göre farklı

olmasıdır. Serdivan ilçesi, nüfusunun %92’lik kısmının kentsel alanlarda yaşamasına rağmen Erenler’den sonra en yüksek organik atık potansiyeline sahiptir. Bu durum ilçenin kompost üretimi için ciddi bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 16: Serdivan İlçesi Atık Karakterizasyonu (2018)

Atık türü	Atık Miktarı (ton/yıl)
Mutfak atıkları	16.525
Kağıt	3.658
Karton	293
Plastik	9.296
Cam	2.391
Metal	731
Atık elektrik ve elektronik ekipman	43
Tehlikeli atık	448
Park ve bahçe atıkları	3.290
Diğer yanabilenler	5.857
Diğer yanmayan hacimli atıklar	515
Kül (toz, kum, taş dahil)	1.218
Toplam	44.266

Kaynak: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Şube Müdürlüğü’nden talep edilen belgelerden derlenerek hazırlanmıştır. (2019)



Şekil 55: Serdivan İlçesi Atık Karakterizasyonu

Kaynak: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Atık Yönetimi Şube Müdürlüğü’nden talep edilen belgelerden derlenerek hazırlanmıştır. (2019)

Sakarya'nın diğer ilçeleriyle kıyaslandığında Serdivan'ın kağıt atık oranı daha yüksektir. Bu durum ilçede öğrenci nüfusunun fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun nedeni üniversite öğrencilerinin büyük kısmının bu ilçede yaşamasıdır. Aynı zamanda Serdivan son yıllarda hızla şehirleşmektedir. Buna bağlı olarak açık yeşil alan ihtiyacının ortaya çıktığı ve park-bahçe sayısının giderek arttığı bir ilçedir. Park ve bahçe atıkları diğer ilçelere göre az da olsa farklılık göstermektedir. 1999 depreminden sonra, özellikle Serdivan ilçesinde yeni gelişen yerleşim alanları en fazla üç katlı site veya müstakil villalardan oluşmaktadır. Bu sitelerde organik atıkların kompost üretmesi ve elde edilen ürünün site yerleşmesinin bahçe peyzaj düzenlemesinde kullanılmasına yönelik planlamalar yapılabilir.

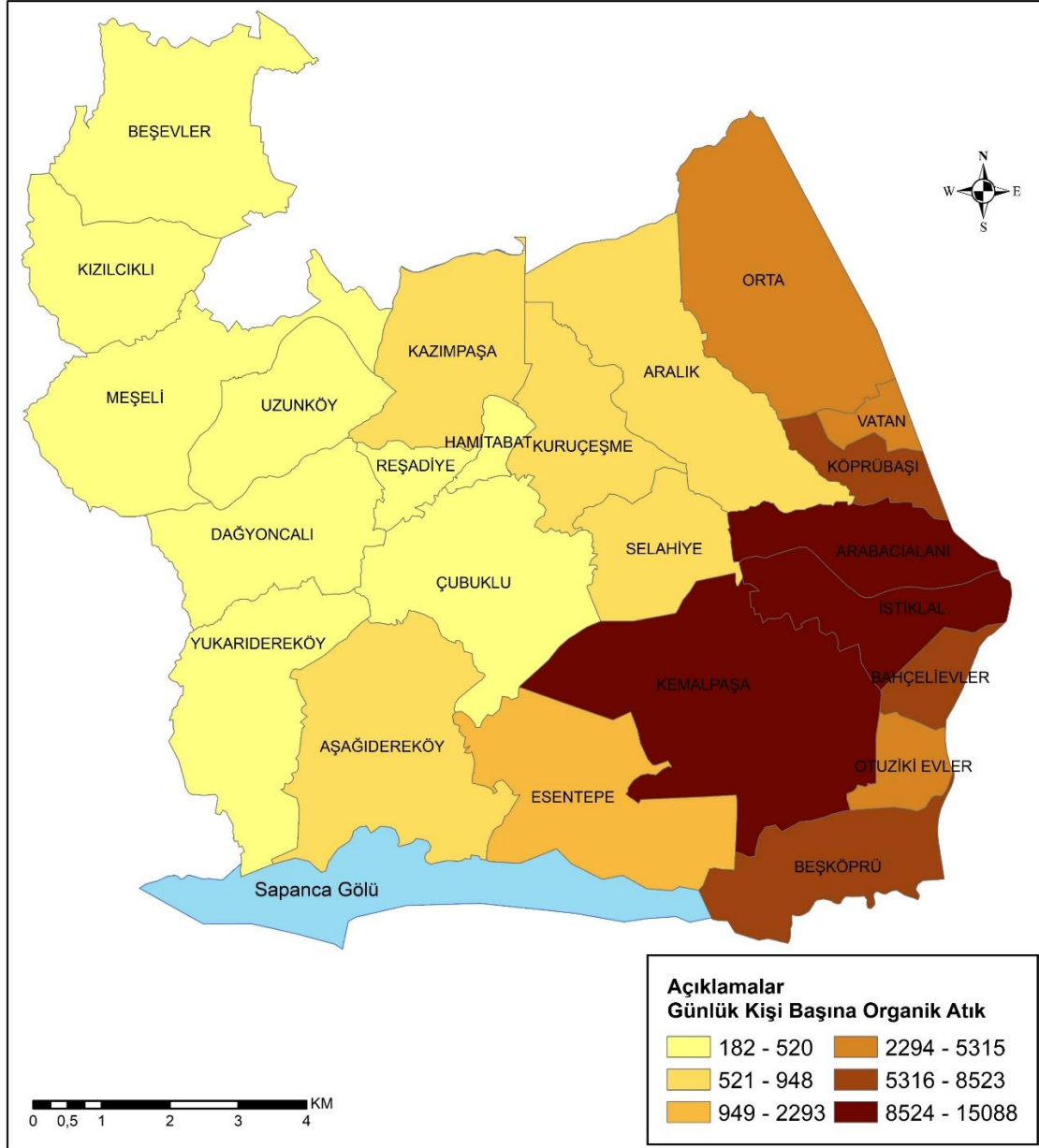
Bu çalışmada merkez semt ilçelerinden biri olan Serdivan ilçesinin mahalleler düzeyindeki atık potansiyeli değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede günlük kişi başı atık miktarları kullanılmıştır. Günlük kişi başı atık miktarı, kompost gübre potansiyelinin belirlenmesinde çıkarım yapılmasına olanak sağlamaktadır. Mahalle düzeyi potansiyeli belirlerken, Türkiye'de ortalama organik atık ortalaması kullanılmıştır. Ülkemizde kentsel atıkların %55'i organik atıklardan meydana gelmektedir. Serdivan ilçesi de Türkiye ortalamasına yakın olduğu için bu ortalama değer kullanılmıştır. TÜİK'ten alınan kişi başına günlük ortalama 1,16 kg olan atık üretiminin, %55'i üzerinden yapılan hesaplama ile organik atık miktarı belirlenmiştir. Yoğunluk haritası bu hesaplama dayalı olarak oluşturulmuştur. Bu çalışmada Türkiye'deki ortalama değerlerin kullanılmasının nedeni, Serdivan ilçesi özelinde bir model oluşturmak ve bu modeli Türkiye'nin her ilçesinde kullanılabilecek bir altlık çalışma haline getirmektir.



Şekil 56: Sakarya Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Fotoğrafı

Kaynak: www.sakarya.bel.tr

Sakarya’da 2008 yılına kadar kentsel katı atıklar vahşi depolama yöntemi ile Alancuma-Erenler mevkiinde depolanmıştır. 2009 yılında Büyükşehir Belediyesi’nin Düzenli Katı Atık Depolama Tesisi faaliyete geçmiştir. Bu tesis 2.895.770 m³ kapasiteye ve 17,6 hektarlık yüzey alanına sahiptir (Sayar, 2012, s. 58).



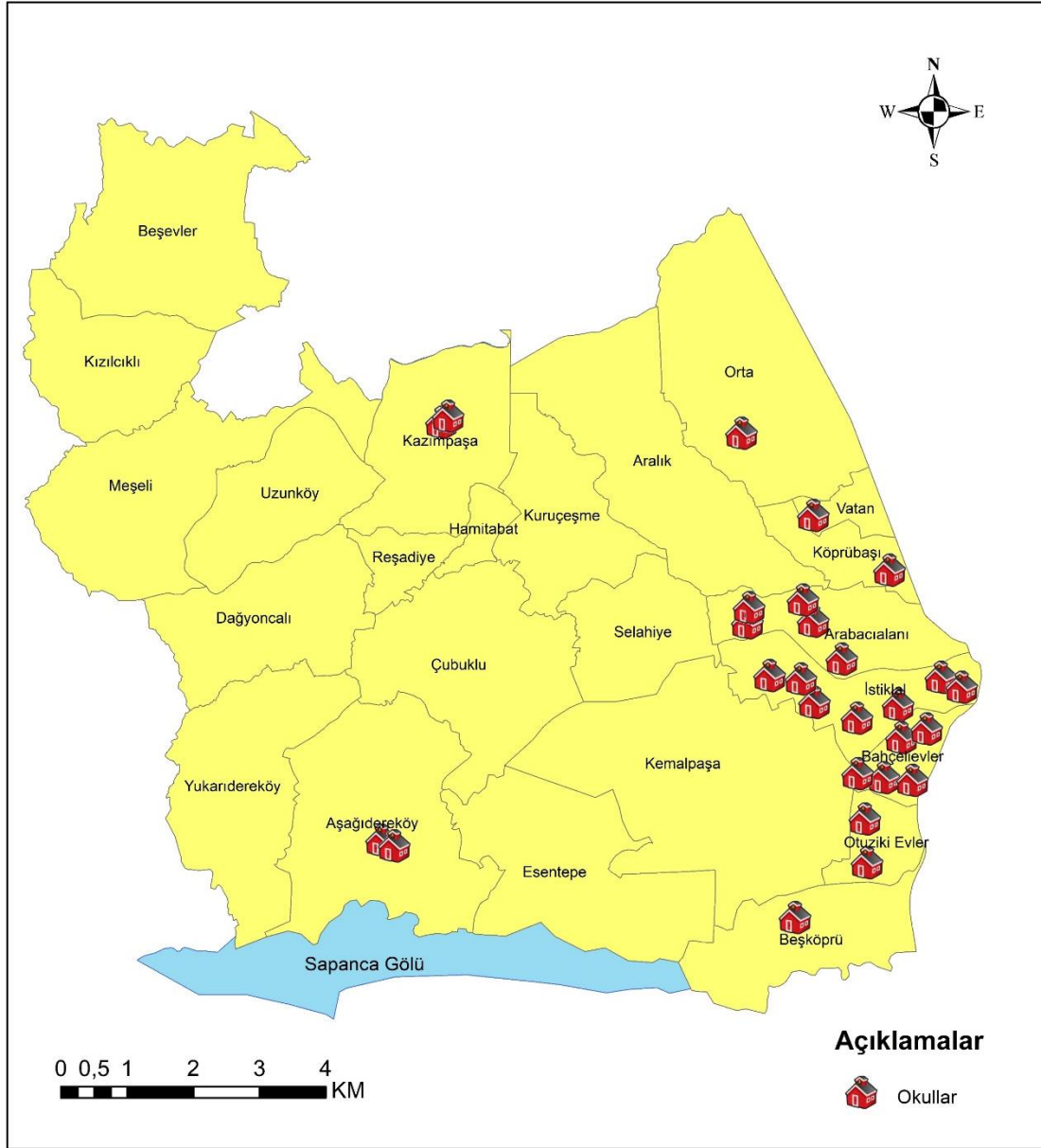
Şekil 57: Serdivan İlçesi Kompost Gübre Potansiyeli Yoğunluk Haritası

Kemalpaşa, Arabacıalanı ve İstiklal mahalleleri Serdivan ilçesinde kompost gübre potansiyelinin en yüksek olduğu mahallelerdir. Bu mahalleleri Köprübaşı, Bahçelievler ve Beşköprü mahalleleri takip etmektedir(Şekil 57). Kompost potansiyelinin bu alanlarda

yüksek olmasının sebebi, nüfuslarının diğer mahallelere göre yüksek olmasıdır. Bu potansiyeli belirlerken Türkiye’de ortalama atıkların %55’inin organik atıklardan oluştuğu kabul edilmiştir. TÜİK’ ten alınan kişi başına günlük ortalama 1,16 kg olan atık üretiminin %55’i alınarak organik atık miktarı belirlenmiş ve yoğunluk haritası oluşturulmuştur. Nüfusu 147.500 olan Serdivan ilçesinde, günlük yaklaşık 94.000 ton organik atık üretilmektedir. Bu da yıllık 34.310.000 ton kompost gübreye tekabül etmektedir.

Gelecekte nüfus artış oranının bu hızla devam etmesi durumunda, ilçede büyük miktarda kentsel katı atık oluşacaktır. Buda ileriki dönemlerde katı atık sorunun ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Bu bağlamda atık sorununa karşı çeşitli çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Serdivan’ın kentsel katı atık karakterizasyonuna bakıldığında atıkların büyük kısmının organik atıklardan meydana geldiği görülmektedir. Bu sebeple ortaya çıkan organik atıkların geri dönüştürülmesinde kullanılan en ekonomik ve pratik çözüm olan kompostlaştırma, bölgedeki atık sorununa çözüm getirecektir.

Serdivan ilçesinin kompost gübre potansiyelinin daha etkili bir şekilde kullanılabilmesi için ilçede, yemekhanesi olan kamu kurum ve kuruluşlarının etkisi büyüktür. Bu kuruluşlarda oluşacak organik atıkların kaynağında ayrıştırılarak komposta dönüştürülmesi hızlı ve etkili bir çözümdür. Bu duruma yönelik, kurumların çevresinde organik atıkların toplanabilmesi için konteynırlar ya da kompost üretilmesi için kompost makinalarının konulması etkili bir çözümdür. Bu alanlardan elde edilecek kompost, kurumların çevresinin peyzaj düzenlemelerinde kullanılabilir.



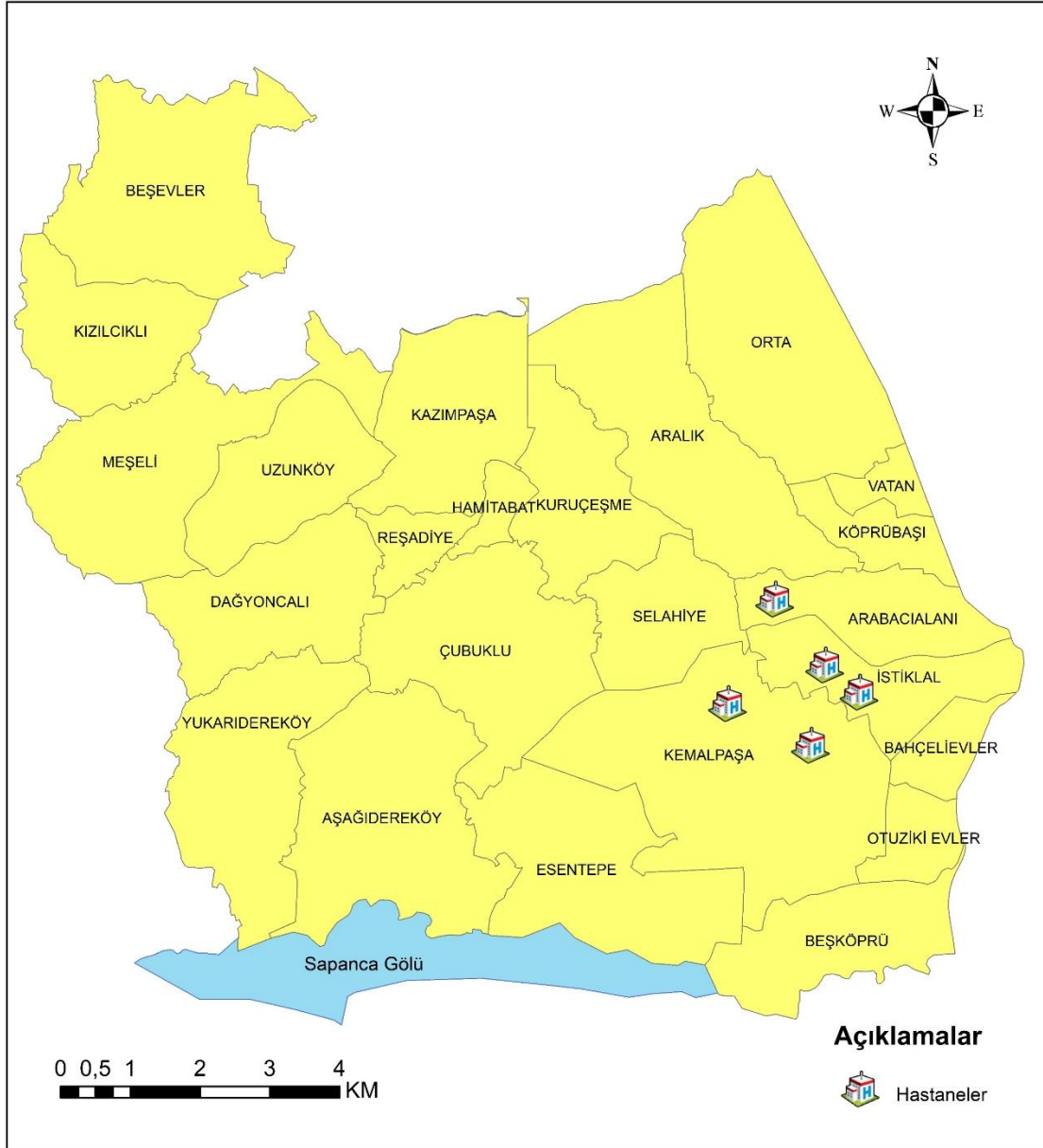
Şekil 58: Serdivan İlçesinde Yemek Verilen Okullar

Serdivan ilçesinde toplam 45 okul ve diğer eğitim kurumları faaliyet göstermektedir. Bu eğitim kurumlarından 12'si lise, 1'i halk eğitim merkezi, 1'i rehberlik ve araştırma merkezidir. İlkokul, ortaokul, özel eğitim okulları ve anaokulu da toplamda 31 tanedir. Bu okullardan 16 özel eğitim okulunda ve 3 ortaokulda taşınmalı sistem uygulanmaktadır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2020). Taşınmalı sistem uygulanan okullarda taşınmalı gelen öğrencilere devlet tarafından yemek verilmektedir. Taşınmalı sistem uygulanan 2 ortaokulda toplam 148, 16 özel eğitim okulunda da toplam 327 öğrenciye, toplamda 475

öğrenciye yemek verilmektedir. Bu okulların yanı sıra ilçede 9 özel ilk, orta ve lise düzeyinde okul bulunmaktadır.

Serdivan İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü ile yapılan görüşmeler sonucunda, yemek hizmeti “2018-2019 Eğitim Öğretim Yılı Serdivan İlçesi Taşımalı Eğitim Uygulaması İlkokul ve Ortaokul Yemek Hizmeti Alım Sözleşmesi” ne göre yapılmaktadır. Bu sözleşmeye göre okullara yemek firmalarından 180 iş günü üzerinden öğün hesaplaması yapılmıştır. Serdivan ilçesinde taşımalı eğitim alan 475 öğrenciye 85.500 öğün yemek verilmektedir. Bu okullara yemek dağıtımını yapan firmalar ile yapılan görüşmeler neticesinde, yemek atıklarının menüye ve öğrenci yaş gruplarına göre değişkenlik gösterdiği söylenebilir. Söz konusu menülerde et ve türevlerinde 100 gr’lık et için %5-10 arası bir atık, 60 gr’lık kuru baklagillerde %25-30, 50 gr ekmekte %35-40’lık bir atık olduğunu belirtmiştir. Bu çerçevede yemek firmalarının yetkilileri, genel olarak yemeklerin %25’lik kısmının atıldığını söylemektedir. Bu yemek atıklarının da bir kısmı çöp depolarına bir kısmı da hayvan barınaklarına gönderilmektedir.

Bu bağlamda, Serdivan ilçesinde taşımalı eğitim veren okulların yemekhanesinde 180 iş gününde 5.000 kg’dan fazla organik atık oluşabileceği hesaplanmıştır. Bu organik atıkların kompost gübreye dönüştürüldüğü düşünüldüğünde yaklaşık 1.800 kg kompost gübre potansiyeli olduğu söylenilebilir. Sıfır atık kapsamında okullarda atıkların ayrıştırılması önem taşımaktadır. Yemekhanelerden elde edilecek organik atıkların çöp depolarına gönderilmesi yerine komposta dönüştürülmesi insan ve çevre sağlığı açısından önemlidir. Aynı zamanda elde edilecek kompost gübre okulların çevre düzenlemelerinde kullanılabilir.



Şekil 59: Serdivan İlçesindeki Hastaneler

Serdivan ilçesinin hastanelerinin dağılımına bakıldığında hastanelerin Kemalpaşa, İstiklal ve Arabacıalanı gibi nüfusun fazla olduğu mahallelerde toplandığı görülmektedir. Bu hastanelerin yaklaşık 300'e yakın yatak kapasiteleri bulunmaktadır. “*Bir Hastane Mutfağında Oluşan Katı Atık Çeşit ve Miktarlarının Saptanıp Değerlendirilmesi*” adlı çalışmada, hastanelerdeki yatak kapasitesi başına günlük ortalama 0,51 kg geri kazanılabilir katı atık oluştuğu hesaplanmıştır. Bu miktarın günlük yaklaşık 0,27 kg'ı geri kazanılabilir ambalaj atığı, 0,24 kg'ı organik atıklardan oluşmaktadır (Yüksel A. , 2015, s. 50). Bu miktar günden güne ve menüye göre değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda

Serdivan ilçesinin hastanelerinde oluşan organik atık ile ilgili bir hesaplama yapıldığında, toplamda günlük ortalama 153 kg geri kazanılabilir katı atık ve bu atıkların da yaklaşık 36,72 kg organik atıklardan oluştuğunu söylemek mümkündür. Bu bağlamda ilçe hastanelerinden elde edilen yıllık organik atık miktarı da yaklaşık 13.402 kg'dır. Bu atıkların komposta dönüştürülmesi işleminde ülkemizde genel olarak organik atıkların 1/3'ünün kompost gübreye dönüştürüldüğü düşünüldüğünde, hastane yemekhanesinden elde edilecek kompost potansiyeli yıllık yaklaşık 4.467 kg'dır. Aynı zamanda Serdivan ilçesindeki hastanelerin yemek sorumlularıyla yapılan görüşmeler neticesinde, yemek hizmetleri taşeron firmalar tarafından karşılandığı belirlenmiştir. Bu firmalar, yemek yapım, dağıtım ve toplama işlemlerini üstlenmektedirler. Firmalar yemek atıklarının, yağ ve kemik kısımlarını çöpe atamadıkları için ayırıp geri dönüşüme gönderirken, geri kalan atıklar çöp depolarına veya hayvan barınaklarına gönderilmektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere bu yemekhanelerin kompost gübre potansiyelleri azımsanamayacak bir düzeydedir. Bu potansiyeli en etkili biçimde kullanabilmek için hastaneler gibi toplu yemek hizmeti verilen kurumlara kompost konteynırlarının yerleştirilmesi organik atıkların çöpe atılmasına bir çözüm olacaktır. Sıfır atık kapsamında kamu kurumlarında atıkların ayrıştırılarak geri dönüştürülmesi önemli bir husustur. Yemekhane atıkları ve kantinlerden elde edilecek organik atıkların kompostlaştırılması geri dönüşüme katkı sağlayacaktır.

SONUÇ

1850’lerde 1 milyar olan dünya nüfusu günümüzde 7 milyarı aşkın bir değerdedir. Sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve kentleşme beraberinde kaynakların hızla tükenmesinin yanı sıra pek çok çevre sorununu da beraberinde getirmektedir. Doğal kaynaklar hızla tüketilirken, bu kaynakların sınırlı olduğu unutulmaması gereken bir durumdur. Bu sebeple kaynakların etkili ve verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir.

Nüfusun hızla artması çevre sorunlarından biri olan atık problemini ortaya çıkarmıştır. Son yıllarda yaşanan hızlı şehirleşme ile birlikte kentsel katı atık sorunu meydana gelmiştir. Kaynakların verimli ve etkili bir şekilde kullanılabilmesi için kentlerden çıkan katı atıkların geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Hızlı şehirleşme beraberinde sürdürülebilir kentleşmeyi gerekli kılmaktadır. Bu atıkların geri dönüştürülmesi de sürdürülebilir kentleşmeye katkı sağlayacaktır.

Kentsel katı atık, üreticisinin kullanmadığı bu sebeple çevre ve insan sağlığı için geri dönüştürülmesi zorunlu olan atıkların, biyolojik parçalanması oldukça zordur. Kentsel katı atıklar, evsel katı atık, ticari katık, inşaat-hafriyat atıkları, ambalaj atıkları, arıtma tesisi atıkları, endüstriyel katı atıklar, tarımsal ve hayvansal atıklar, tehlikeli katı atıklar ve tıbbi katı atıklar olarak olmak üzere 9 kategoride sınıflandırılmaktadır. Katı atıkların çevreye en zararla yok edilebilmesi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin en sık kullanılanları düzenli depolama, yakma ve kompostlaştırma işlemleridir. Bu atıkların depolanma işlemi yerel yönetimler için problem olmaktadır. Yakma işlemi sonucu ortaya çıkan zehirli gazlar ve atıklar ciddi sorunlar meydana getirmektedir. Atıkların geri dönüştürülmesi, depolanması gereken atık miktarını azaltmasının yanı sıra ekonomik katkı da sağlar. Atıkların geri dönüştürme yöntemlerinden biri olan kompostlaştırma, çevre kirliliğinin azaltılması ve organik atıkların geri dönüşümü için cazip bir alternatiftir.

Geri kazanım tekniği olan kompostlaştırma, küçük çapta basit teknoloji kullanımında ekonomik bir yöntemdir. Ülkemizde katı atıklar yaklaşık %50-60 oranında organik madde içermektedir. Bu organik maddelerin geri dönüşümü de kompostlaştırma ile sağlanabilir. Kompostlaştırma yöntemleri, pasif yığında, aktarmalı yığında, havalandırılmalı statik yığınlar, reaktörde ve kaynağında olmak üzere 5 grupta

sınıflandırılır. Kompostlaştırmada kullanılabilecek malzemeler, yemek artıkları, kağıt-karton, park bahçe atıkları, odun parçaları ve çeşitli organik atıklardır. Bu gibi organik atıkların geri dönüştürülmesi için en uygun yöntem kompostlaştırmadır. Geri dönüşümden elde edilen ürünler tarımda, meyvecilikte, ormancılıkta, zemin iyileştirmede ve hobi bahçelerinde kullanılabilir.

Tarımsal faaliyetler uzun vadede toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını bozmaktadır. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini ve verimin artmasını sağlayabilmek için topraktaki organik madde miktarının artırılması gerekmektedir. Genel olarak Türkiye’de toprakların organik madde miktarı düşüktür. Organik madde miktarının artırılması için kullanılan hayvansal gübre her zaman ve yeterli miktarda temin edilememektedir. Toprakların iyileştirilmesinde kompost gübre alternatif organik madde kaynağı olarak kullanılabilir.

Ülkemizdeki kentsel katı atıkların yaklaşık %50-60’ı organik atıklardan oluşmaktadır. Bu organik atıklardan elde edilecek kompost gübre organik madde miktarı açısından fakir olan toprakların ıslahında kullanılabilir. Nüfusun artmasıyla ortaya çıkacak katı atıkların çevreye zarar vermeden geri dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu bağlamda organik atıkların bertaraf edilmesi için en ekonomik ve çevreci yöntem olan kompostlaştırma kullanılabilir. Kompost gübre, toprağın su tutma kabiliyetini artırmasının yanı sıra kimyasal gübrelere olan bağımlılığın da azalmasını sağlayacaktır. Kentsel katı atık kompostu dikkatli kullanıldığı takdirde çiftlik gübresine alternatif olarak kullanılabilir.

Bu çalışmada Serdivan ilçesinin kompost potansiyeli belirlenmeye çalışılmıştır. Yaklaşık 147 bin olan Serdivan ilçesinin nüfusunun %92’si kentsel alanlarda yaşamaktadır. Üniversitenin bu bölgede bulunması ilçe için itici bir güç olmuştur. Ancak nüfusun artmasıyla birlikte yakın gelecekte ciddi katı atık sorunları yaşanması beklenmektedir. Organik atıkların kompostlaştırılması sadece şehrin atık sorununu azaltmakla kalmayacak; çevredeki tarım alanlarının, park-bahçe ve yeşil alanların organik gübre ihtiyacının da karşılanmasını sağlayacaktır. Ancak kompostun içerisindeki ağır metal miktarı dikkat edilmesi gereken en önemli konulardan birisidir. İçerdiği ağır metal miktarını azaltmak için organik atıklar kaynağında ayrıştırılarak toplanmalıdır. Zira bu şekilde oluşturulan kompost, tarım alanlarının gübrenmesinde kullanılabilir.

Tarımsal üretimde kompostun kullanılması kimyasal gübre ihtiyacını azaltmanın yanı sıra uzun vadede toprakların ve yer altı sularının kirlenmesini engelleyecektir. Bunun yanında kompost toprağın su tutma kabiliyetini arttırmaktadır. Bu durum tarımsal alanların sulama maliyetinin düşmesine ve su tasarrufuna katkı sağlayacaktır. Aynı zamanda tarımın gider kalemlerinden biri olan suni gübre maliyetlerini de azaltacağından kompostun daha ekonomik bir yöntem olduğunu söylemek mümkündür. Sakarya ilinin coğrafi konumu, fiziki ve beşeri özellikleri tarıma oldukça elverişlidir. Serdivan ilçesinden elde edilecek organik atıkların kompostlaştırılması ve tarımda kullanılması şehir için oldukça önemlidir.

Serdivan, 31.533 dekar tarımsal araziye sahiptir. İlçede yıllık yaklaşık 34 milyon ton organik atık üretilmektedir. Elde edilecek kompostun miktarına ve kalitesine etki eden hususlar, hammadde, toplanma yöntemi, çevresel koşullar ve kullanılan kompostlaştırma yöntemidir. Kompostun kalitesini ve verimini artırmak için atıkların kaynağında ayrıştırılması önemlidir. Ülkemizde kompost tesislerindeki organik atıkların yaklaşık 1/3'ü kompost gübreye dönüştürülmektedir. Bu orana göre Serdivan' da yıllık yaklaşık 10 milyon ton kompost üretim potansiyeli olduğunu söylemek mümkündür. Bu potansiyelin kullanım miktarını, kullanılan bertaraf yöntemi, malzeme ve katık atık yönetimi gibi faktörlere bağlıdır. Sakarya Büyük Şehir Belediyesi tarafından kurulması planlanan entegre katı atık bertaraf tesisinde elde edilen organik atıklardan biyogaz ve kompost üretimi yapılabilecektir.

Tarımsal arazilerde yıllık yaklaşık 1-3 ton/dekar kompost uygulanması önerilmektedir. Ancak bu uygulamanın verimliliği, toprak ve bitki yapısına göre değişmektedir. Bu oranın yıllık yaklaşık 5-6 tona kadar çıkarılabilmesi toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirecektir (Öztürk, ve diğerleri, 2015, s. 219). 31.533 dekar tarımsal arazisi bulunan Serdivan ilçesinin yıllık ortalama kompost gübre ihtiyacı belirlenirken bir dekar için 3 ton kompost kullanımı baz alınmıştır. Bu da ilçenin yıllık yaklaşık 62 bin ton kompost gübre ihtiyacı olduğunu göstermektedir. Bu hesaplama neticesinde Serdivan'ın kompost potansiyeli, ilçenin tarım alanlarının tamamını gübrelemeye yeteceği görülmektedir. Tarımsal gübre ihtiyacının karşılanması haricinde bu kompost, ilçenin peyzaj düzenlemesinde kullanılabilecektir.

Organik atıkların kompostlaştırılmasında, kaynağında ayrıştırma önemli olduğu daha önce de ifade edilmiştir. Serdivan ilçesinde kaynağında ayrıştırma yönteminin etkin bir şekilde uygulanabileceği kamu kurum ve kuruluşları, bu çalışmada hastaneler ve eğitim kurumları olarak belirlenmiştir. İlçede, 5 hastanede 300'e yakın yatak kapasitesi bulunmaktadır. Bu hastanelerden elde edilecek organik atıkların kompost potansiyeli yıllık yaklaşık 4.467 kg'dır. Bunun yanı sıra 45 eğitim kurumu vardır. Bu kurumlarda 475 öğrenciye yemek verilmektedir. Eğitim kurumlarından elde edilecek organik atıkların kompost potansiyeli yaklaşık 1.800 kg'dır. Bu kurumların yemekhane ve kantinlerinin bulunması, bu alanlardan elde edilecek organik atık potansiyelinin yüksek olduğunu söylemek mümkündür. Bu kurumlardaki yemekhane ve kantinlerin yakın mesafelerine koyulabilecek kompost konteynırları ve kompost makineleri sayesinde katı atıklar kaynağında ayrıştırılarak geri dönüştürülebilecektir. Bu dönüşümden elde edilen kompost gübre, kurumların park bahçe ve yeşil alanlarının düzenlenmesinde kullanılabilir.

Serdivan'da olduğu gibi ülkemizde de pek çok kentsel alan kompost gübre açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Yaptığımız bu araştırmayla kompost gübre üretiminin maddi açıdan yerleşmelere büyük katkı oluşturacağının tespiti yanında; çevresel sorunlarında bu kapsamda önleneyeği ortaya konulmuştur. Ayrıca CBS yardımıyla söz konusu potansiyelin haritalanması, kurulan entegre katı atık tesislerinin kullanılabileceği önemli verilerin elde edilmesi sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

2015-2019 Serdivan Belediyesi Stratejik Planı. (2017).

(2019, Mayıs 10). 2019 tarihinde T.C. Serdivan Belediyesi: <https://www.serdivan.bel.tr/serdivan-tarihi-3> adresinden alındı

(2020, Şubat 10). T.C. Serdivan Kaymakamlığı: <http://www.serdivan.gov.tr/tarihi> adresinden alındı

(2020, Nisan 1). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı: <http://serdivan.meb.gov.tr/> adresinden alındı

(2020, Nisan 3). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi: <https://www.subu.edu.tr> adresinden alındı

(2020, Haziran 2). Sakarya Üniversitesi: <https://www.sakarya.edu.tr/sayilarla-sau.html> adresinden alındı

Agrawal, S. K. (1990). Waste Management: A Systems Perspective. *Industrial Management & Data Systems*, 90(5), 1-67. doi:10.1108/02635579010140584

Akdoğan, A., & Güleç, S. (2007). Sürdürülebilir Katı Atık Yönetimi ve Belediyelerdeki Yöneticilerin Katı Atık Yönetimiyle İlgili Tutum ve Düşüncelerin Analizine Yönelik Bir Araştırma. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(1), 39-69. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/huniibf/issue/7874/103457> adresinden alındı

Aktaş, K., & Erdem, A. (2017). Türkiye Adresli “Kompost” Yayınlarının Science Citation Index (SCI) Veri Tabanındaki Etkinliğinin Analizi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(4), 646-650. doi:10.29133/yyutbd.326965

Andersen, J. K., Boldrin, A., Christensen, T., & Scheutz, C. (2011, September–October). Mass Balances and Life Cycle Inventory of Home Composting of Organic Waste. *Waste Management*, 31(9-10), 1934–1942. doi:10.1016/j.wasman.2011.05.004

- Ardos, M. (1995). *Türkiye Ovalarının Jeomorfolojisi* (2. b., Cilt 2). İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Arıkan, O. A., & Öztürk, İ. (2005, Şubat 25). Arıtma Çamuru Kompostlaştırılmasında Organik Evsel Katı Atık İlavesinin Etkisi. *İtü Dergisi/d Mühendislik*, 4(1), 15-24.
- Atabarut, T. (2000). Türkiye'de Katı Atık Yönetiminin Gelişimi. *Türkiye'de Çevrenin ve Çevre Korumanın Tarihi Sempozyumu* (s. 119-129). İstanbul: Türkiye Ekonomik ve Toplumsal Tarih Vakfı Yayınları.
- Aydın, N. (2007). Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama için Bulanık Doğrusal Planlama Yaklaşımı. İstanbul: Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Barut, A., & Özçelik, Ö. (2018, Ocak). Kütahya İlinde Katı Atık Yönetiminin Maliyet ve Mekansal Analizi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(1), 93-110.
- Bayram, S. E. (2017). Katı Atıkların Geriye Kazanımı ve Tarımsal Kullanım Olanakları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(2), 62-65. www.nobel.gen.tr adresinden alındı
- Berger, W., & Lorenz-Ladener, C. (2017). *Kompost Tuvaletler*. (B. Yılmaz, Çev.) İstanbul: Yeni İnsan Yayın Evi.
- Bertoldi, M. d., Vallini, G., & Pera, A. (1985, January). Technological Aspects of Composting Including Modelling and Microbiology. J. Gasser (Dü.) içinde, *Composting of Agricultural and Other Wastes*. Elsevier Applied Science Publishers.
https://www.researchgate.net/publication/307878114_Technological_aspects_of_composting_including_modelling_and_microbiology adresinden alındı
- Bigumigu.com*. (2020, Ocak). <https://bigumigu.com/haber/zera-food-recycler-gida-atiklarini-ev-yapimi-gubre-ye-donusturuyor/> adresinden alındı
- Bitrak, N. B. (2013). Evsel Kullanıma Yönelik Kompostlaştırıcıların Performanslarının Araştırılması. 8. Isparta.

- Blanco, J. M., Colón, J., Gabarrell, X., Font, X., Sánchez, A., Artola, A., & Rieradevall, J. (2010, June). The Use of Life Cycle Assessment for the Comparison of Biowaste Composting at Home and Full Scale. *Waste Management*, 30(6), 983-994. doi:10.1016/j.wasman.2010.02.023
- Cathcart, T. P., Wheaton, F., & Brinsfield, R. (1986). Optimizing Variables Affecting Composting of Blue Crab Scrap. *Agricultural Wastes*, 15(4), 269-287. doi:10.1016/0141-4607(86)90024-7
- Cenkseven, Ş., Darıcı, C., & Sağlıker, H. A. (2011). Farklı Kompost Oranları İlave Edilmiş Kermes Meşesi Topraklarının Karbon Mineralizasyonu. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 4(3), 172-178. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tubav/issue/21524/230943> adresinden alındı
- Chew, K. W., Chia, S. R., Show, P. L., Ling, T. C., Arya, S., & Chang, J.-S. (2018, November). Food Waste Compost as an Organic Nutrient Source for the Cultivation of *Chlorella Vulgaris*. *Bioresource Technology*, 267, 356–362. doi:10.1016/j.biortech.2018.07.069
- Colón, J., Blanco, J. M., Gabarrell, X., Artola, A., Sánchez, A., Rieradevall, J., & Font, X. (2010, September). Environmental Assessment of Home Composting. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(11), 893-904. doi:10.1016/j.resconrec.2010.01.008
- Çakır, H. N., & Çimrin, K. M. (2018, Mayıs 28). Kentsel Arıtma Çamur Uygulamalarının Etkisi : I. Mısır Bitkisi ve Topraktaki Bazı Besin Maddesi (N, P, K, Ca, Mg) İçerikleri Üzerine Etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(6), 882-890. doi:10.18016/ksutarimdog.vi.452930
- Çatalbaş, A. (2013). Hayvansal Atıkların Kompostlaştırılması. 13. Bursa.
- Çelikcan, S. (2010). Yerel Siyasetin Dinamikleri: Mersin Örneğinde Katı Atık Sorunu. Mersin .
- Çerçioğlu, M., Yağmur, B., Kara, R. S., & Okur, B. (2017). Agro-Endüstriyel Kompost ve Ahır Gübresinin Biber (*Capsicum annuum* L.) Yetiştiriciliğinde Toprağın Bazı

Kimyasal Özellikleri ile Verim Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54(1), 71-77.

Çevre Kanunu. (1983, Ağustos 11).

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2015). Atık Yönetimi ve Yönetmeliği. (29314). Resmi Gazete.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2020). Tehlikeli Atık İstatistikleri Bülteni (2018). (9).

Çimrin, K. M., Bozkurt, M. A., & Erdal, İ. (2000). Kentsel Arıtma Çamurunun Tarımda Fosfor Kaynağı Olarak Kullanılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(1), 85-90. <http://dergipark.gov.tr/yyutbd/issue/22003/236249> adresinden alındı

Demirarslan, K. O., & Başak, S. (2018). Doğu Karadeniz Bölgesi İlleri Katı Atık Yönetimi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(3), 117-132.

Demirtaş, E. I. (2004, Haziran 1). Kentsel Katı Atık Kompostunun Tarımda Kullanımı. *Derim*, 21(2), 27 - 34. <http://www.derim.com.tr/issue/4557/62561> adresinden alındı

Demirtaş, E. I., Arı, N., Özkan, C. F., & Asri, F. Ö. (2016). Domates Yetiştiriciliğinde Kentsel Katı Atık Kompost Kullanımının Verim Kalite ve Ağır Metal Kirliliği Üzerine Etkileri. *Derim*, 33(1), 144-158. doi:10.16882/derim.2016.41821

Demirtaş, E. I., Öktüren, F., & Arı, A. N. (2013). Örtüaltı Domates Yetiştiriciliğinde Kentsel Katı Atık Kompostu Kullanımının Bakiye Etkilerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(2), 23-35.

Diaz, L., & de Bertoldi, M. (2007). History of Composting. L. Díaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier, & E. Ian Stentiford içinde, *Compost Science and Technology* (Cilt 8, s. 7-24). Boston: Elsevier Science. doi:10.1016/S1478-7482(07)80005-4

Diaz, L., & Savage, G. (2007). Factors that Affect the Process. L. Díaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier, & E. Ian Stentiford içinde, *Compost Science and Technology* (Cilt 8, s. 49-65). Boston: Elsevier Science.

<https://www.sciencedirect.com/bookseries/waste-management-series/vol/8/suppl/C> adresinden alındı

- Diaz, L., de Bertoldi, M., & Bidlingmaier, W. (2007). *Compost Science and Technology*. Boston: Elsevier.
- Diğer, S., Korkmaz, H., & Çolak, O. (2003, Ocak). Mesophilic Composting of Food Waste and Bacterial Pathogen Reduction. *Annals of Microbiology*, 53(3), 267-274.
- Doğanay, H., & Çavuş, A. (2016). *Türkiye Ekonomik Coğrafyası* (7 b.). Ankara: Pegem Akademi.
- Döker, M. F. (2018). Sakarya'nın Yerleşme Coğrafyası. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri* (s. 355-418). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- Eggerth, L., Diaz, L., Chang, T. M., & Iseppi, L. (2007). Marketing of Composts. L. Díaz, M. de Bertoldi, W. Bidlingmaier, & E. Ian Stentford içinde, *Compost Science and Technology* (Cilt 8, s. 325-355). Boston: Elsevier Science. February 2019 tarihinde <https://www.sciencedirect.com> adresinden alındı
- Ekşi, M., & Rowe, B. D. (2014). Bitkilendirilmiş Çatı Sistemleri ve Kentsel Tarım Olanakları. 7. *Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 3– 4 Nisan*. İstanbul.
- Erturaç, M. K. (2018). Sakarya'nın Jeolojik Özellikleri. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- Fettahoğlu, F. (2011). İstanbul Başakşehir Bölgesi Kentsel Katı Atıklarının Geri Kazanım Olanaklarının İncelenmesi. 5. Samsun.
- Fidan, M. E. (2009, Eylül). Atık Yönetimi ve Muhasebesi: Sakarya İlindeki İşletmeler Üzerinde Bir Araştırma.
- Gajalakshmi, S., & Abbasi, S. A. (2008, July 15). Solid Waste Management by Composting: State of the Art. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 38(5), 311-400. doi:10.1080/10643380701413633

- Glushkov, D., Paushkina, K., Shabardin, D., Strizhak, P., & Gutareva, N. (2019, February 1). Municipal Solid Waste Recycling by Burning it as Part of Composite Fuel With Energy Generation. *Journal of Environmental Management*, 231, 896-904. doi:10.1016/j.jenvman.2018.10.067
- Güler, B. A., Atlı, A., Alıca, S., Güzel, G., Dalgıç, D., Göktürk, A., . . . Doğan, A. E. (2001). *Çöp Hizmetleri Yönetimi* (1. b.). (B. A. Güler, Dü.) Ankara: Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü Yayını.
- Günay, U., & Dursun, S. (2018). Utilization of Wastewater Treatment Sludge and Agricultural Wastes Together as A Compost. *International Journal of Environmental Pollution and Environmental Modelling*, 1(4), 103-109. <http://dergipark.gov.tr/ijepem/issue/41449/501000> adresinden alındı
- Günay, Ü., & Dursun, Ş. (2018). Arıtma Çamuru ve Zirai Atıkların Kompostlanarak Tarım Arazilerinde Kullanımı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 14-19. <http://dergipark.gov.tr/ucbad/issue/38456/446051> adresinden alındı
- Gündüzalp, A. A., & Güven, S. (2016, Şubat). Atık, Çeşitleri, Atık Yönetimi, Geri Dönüşüm ve Tüketici: Çankaya Belediyesi ve Semt Tüketicileri Örneği. *Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi*, 1-19. <http://www.sdergi.hacettepe.edu.tr/?page=makaleler> adresinden alındı
- Güngör, A., & Gupta, S. (1999, Eylül). Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: a Survey. *Computers & Industrial Engineering*, 36(4), 811-853. doi:10.1016/S0360-8352(99)00167-9
- Gürleyik, E. (2006, Şubat). Fosil Yakıtların Yağlı Tohumları ile Birlikte Pirolyz ve Ürünlerin İncelenmesi.
- Hartin, J., & Crohn, D. (2007). *Compost Use for Landscape and Environmental Enhancement*. California: California Integrated Waste.
- Hayır, M., & Akyol, M. (2007). 17 Ağustos 1999 Depremi Sonrasında Serdivan'ın Şehirselleşimi. *Akademik İncelemeler Dergisi*, 2(2), 175 - 186. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/akademikincelemeler/issue/1556/19136> adresinden alındı

- Herity, L. (2003). *A Study of the Quality of Waste Derived Compost in Ireland*. Composting Association of Ireland Teo.
- Hogg, D., Barth, J., Favoino, E., Centemero, M., Caimi, V., Amlinger, F., . . . Antler, S. (2002). *Comparison of compost standards within the EU, North America and Australasia*. The Waste and Resources Action Programme. Mayıs 13, 2019 tarihinde http://www.compost.org/CCC_Science_Web_Site/pdf/Regulations/Compost_Standards_2002%20USE.pdf adresinden alındı
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata , P. (2012, March). What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management. (15). Washington, DC: Urban Development & Local Government Unit. <http://hdl.handle.net/10986/17388> adresinden alındı
- Howard, S. A. (1944). *An Agricultural Testament* (4. b.). London: Oxford University Press.
- IFOAM. (2019, Ekim 21). *Compost Making Made Easy*. <https://www.ifoam.bio> adresinden alındı
- İkiel, C. (2018). Sakarya'nın Yükselti Basamakları ve Eğitim Grupları. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri* (s. 151-162). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- İkiel, C., & Kaymaz, B. (2005). Adapazarı'nda İklim Koşullarının Mısır Yetiştiriciliğine Etkisi. 243-250. İstanbul.
- (2015). *İSTAÇ Stratejik Plan 2015-2019*. İstanbul: İstanbul Çevre Yönetimi San. ve Tic. A.Ş.
- Işık, T. (2009, Ocak). Comparative Evaluation of Different Composting Technologies for Municipal Solid Wastes in Istanbul.
- Jaccard, L., Lehmann, P., Civilini, M., & Bertold, M. d. (2013, December 2). Yard Waste Composting With Heat Recovery. *Compost Science & Utilization*, 1(3), 10-14. doi:10.1080/1065657X.1993.10757882

- Jasim, S. (2003). The Practicability of Home Composting for the Management of Biodegradable Domestic Solid Waste. 1. London.
- Jouhara, H., Czajczynska, D., Ghazal, H., Krzyzyska, R., Anguilano, L., Reynolds, A., & Spencer, N. (2017, November). Municipal Waste Management Systems For Domestic Use. *Energy*, 139, 485-506. doi:10.1016/j.energy.2017.07.162
- Kanca , A. (2019). Pamuk Atığı, Fındık Kabuğu ve Ceviz Kabuğu'nun Piroliz ve Oksidasyon Davranışlarının Kıyaslanması. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 43 - 54. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/koufbd/issue/49434/522078> adresinden alındı
- Kanlı, İ. B., & Kavak, F. F. (2018). *Metropolitan Şehirlerde Katı Atık Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar ve Karşılaştırmalı Bir Analiz: İstanbul ve Berlin Örneği* (Cilt 1). Sakarya: PESA Yayınları.
- Kara, E. E., Saltalı, K., & Özdilek, H. G. (2011). Potentiality of Some Agricultural Residues and Industrial Wastes As Manure. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 14(4), 18-27. doi:10.18016/ksujns.25855
- Karakaş, A. (2010, Eylül). Katı Atıkların Ekonomik Analizi (Sakarya Büyük Şehir Belediyesi Örneği). 50. Sakarya.
- Karakuzulu, Z. (2018). Sakarya'nın İdari Coğrafya Özellikleri. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri* (s. 87-94). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- Karakuzulu, Z., & Arıcı, F. (2018). Sakarya'nın Tarım ve Hayvancılık Özellikleri. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri* (s. 459-514). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- Karakuzulu, Z., & Arıcı, F. (2018). Sakarya'nın Tarım ve Hayvancılık Özellikleri. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri* (s. 459-514). Sakarya: SAKarya Üniversitesi Yayınları.
- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. (1991). 20814 sayılı Resmi Gazete. Mart 10, 2019 tarihinde www.cyg.gov.tr/cyg/files/mevzuat/yonetmelik/kaky.doc adresinden alındı

- Kaypak, Ş. (2018). Kentsel Çevrenin Sorunu Olarak Atık ve Yönetimi: Antakya Örneğinde. 2. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi* (s. 72-90). Ankara: Akademisyen Kitabevi.
- Khalil, M., Hossain, M., & Schmidhalter, U. (2005, Ağustos). Carbon and Nitrogen Mineralization in Different Upland Soils of the Subtropics Treated With Organic Materials. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(8), 1507-1518. doi:10.1016/j.soilbio.2005.01.014
- Kim, J.-d., Park, J.-S., In, B.-H., Kim, D., & Namkoong, W. (2008, Haziran). Evaluation of Pilot-Scale in-Vessel Composting for Food Waste Treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 154(1-3), 272-277. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.10.023
- Kırımhan, S., & Ağdağ, O. N. (1999, Mayıs). Denizli Organize Sanayi Bölgesi'nde Endüstriyel Katı Atık Durumu ve Geri Kazanımı. *DEÜ Fen Bilimleri ve Mühendislik Dergisi*, 1(2), 47-58.
- Koç, D. E. (2018). Sakarya'nın Bitki Örtüsü Özellikleri. *Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri* (s. 287-316). içinde Sakarya: Sakarya üniversitesi Yayınları.
- Kolukısaoğlu, M., Maçın, K. E., & Demir, İ. (2018, Ocak). Katı Atık Toplama Sıklığının Toplama-Taşıma Maliyetine Etkisi. *Artıbilim: Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, Cilt 1(1), 46-56.
- Külcü, R., & Çaylak, R. (2014). Kompostlaştırma Prosesinde Sıcaklık ve Havalandırma Oranı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi. *SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(1), 118-126. <http://dergipark.gov.tr/sduzfd/issue/29590/317466> adresinden alındı
- Külcü, R., & Yıldız, O. (2005). Kompostlaştırma Tesislerinde Farklı Mekanizasyon Uygulamalarının Yatırım ve Üretim Maliyetlerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 1(3), 189-196.
- Luis, D., Savage, G., & Golueke, C. (2002). Composting of Municipal Solid Wastes. F. Kreith, & G. Tchobanoglous içinde, *Handbook of Solid Waste Management* (2. b., s. 425-492). McGraw-Hill Education. doi:10.1036/0071356231

- Molla, A. H., Fakhru'l-Razi, A., Hanafi, M. M., & Alam, Z. (2005, Şubat). Compost Produced by Solid State Bioconversion of Biosolids: A Potential Resource for Plant Growth and Environmental Friendly Disposal. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1435-1447. doi:10.1081/css-200058487
- Moral, R., Moreno-Caselles's, J., Pérez-Murcia, M. D., Perez-Espinosa, A., Rufete, B., & Paredes, C. (2005, Ocak). Characterisation of the Organic Matter Pool in Manures. *Bioresource Technology*, 96(2), 153-158. doi:10.1016/j.biortech.2004.05.003
- Nahu, S. Z., Hadar, Y., & Chen, Y. (2007, June). Physico-Chemical Properties of Commercial Composts Varying in Their Source Materials and Country of Origin. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(6), 1263-1276. doi:10.1016/j.soilbio.2006.12.017
- Onay, Ö., & Koçkar, M. (1998). Fındık Kabuklarından Hızlı Piroliz Yöntemiyle Sentetik Sıvı Yakıt Eldesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1), 72 - 81. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ogummf/issue/30463/32943> adresinden alındı
- Özenç, D. B., & Şenlikoğlu, G. (2017). Kompost ve Azotlu Gübre Uygulamasının Ispanak Bitkisinin (*Spinacia Oleracea* L.) Gelişimi Üzerine Etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1), 227 - 234. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/azd/issue/32275/363582> adresinden alındı
- Özey, R. (2009). *Çevre Sorunları* (3. b.). İstanbul: Akit Yayınevi.
- Özgen, I. (2005). Büyük Ölçekli Otel İşletmelerinde Atık Yönetimi ve İber Otel Sarıgerme Park Örneği.
- Öztürk, İ. (1999). *Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Öztürk, İ., Arıkan, O. A., Baştürk, A., Tüylüoğlu, B. S., & Öztürk, M. (1997). *İstanbul'un Katı Atık Yönetimi*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kültür İşleri Daire Başkanlığı Yayınları.

- Öztürk, İ., Demir, İ., Altınbaş, M., Arıkan, O. A., Çifçi, T., Çakmak, İ., . . . Kiriş, A. (2015). *Kompost El Kitabı* (2. b.). İstanbul: İSTAÇ A.Ş. Teknik Kitaplar Serisi 1.
- Öztürk, Y. (2018). Osmanlı Tarihinde Ada Kazası. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki, Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri* (Cilt 1.). Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- Özyazıcı, M. A., Özyazıcı, G., & Bayraklı, B. (2012). Arıtma Çamuru Uygulamalarının Toprağın Ekstrakte Edilebilir Demir, Bakır, Çinko ve Mangan Kapsamı Üzerine Etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 1(2), 110-118. <https://topraksudergisi.gov.tr/index.php/toprak/article/view/1416/27> adresinden alındı
- Palabıyık, H. D. (2004). Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi. U. Y. C. Marin (Dü.) içinde, *Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler* (s. 103-124). İstanbul: BETA.
- Papargyropoulou, E., Lozano, R., Steinberger, J., Wright, N., & Ujang, Z. B. (2014, August 1). The Food Waste Hierarchy as a Framework for the Management of Food Surplus and Food Waste. *Journal of Cleaner Production*, 76, 106-115. doi:10.1016/j.jclepro.2014.04.020
- Pathak, A. K., Singh, M., & Kumar, V. (2011, Aralık). Composting of Municipal Solid Waste: A Sustainable Waste Management Technique in Indian Cities – A Review. *International Journal of Current Research*, 3(12), 339-346. <https://www.researchgate.net/publication/270448640> adresinden alındı
- Pathak, A. K., Singh, M., & Kumar, V. (2011). Composting of Municipal Solid Waste: A Sustainable Waste Management Technique in Indian Cities – A Review. *International Journal of Current Research*, 3(12), 339-346. <https://www.researchgate.net/publication/270448640> adresinden alındı
- Rona, E., & Labriga, L. (2016, Aralık). Türkiye Çöpünü Dönüştürüyor! Belediyeler İçin Kompost Rehberi. İstanbul: Buğday Ekolojik Yaşamı Destekleme Derneği.

- Rosen, V., & Chen, Y. (2018, December). Effects of Compost Application on Soil Vulnerability to Heavy Metal Pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(35), 35221–35231. doi:10.1007/s11356-018-3394-z
- Sagdeeva, O., Krusir, G., Tsykalo, A., Shpyrko, T., & Leuenberger, H. (2018). Composting of Organic Waste With The Use of Mineral Additives. *Chemistry of Food Products and Materials*, 12(1), 45-53. doi:10.15673/fst.v12i1.842
- (2017). *Sakarya İl Tarım Gıda ve Hayvancılık Müdürlüğü Yılık Faaliyet Özeti*. Sakarya.
- (2019). *Sakarya İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu*. Sakarya: Sakarya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü.
- Sayar, Ş. (2012). Sakarya İli Entegre Atık Yönetimi ve Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Seo, S., Aramaki, T., Hwang, Y., & Hanaki, K. (2004, Ocak). Environmental Impact of Solid Waste Treatment Methods in Korea. *Journal of Environmental Engineering*, 130(1), 81-89. doi:10.1061/(ASCE)0733-9372(2004)130:1(81)
- Sezer, E. K., & Özenç, D. B. (2018). Su Stresi Koşulları Altında Fındık Zuruf Kompostu Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gelişim Parametreleri Üzerine Etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(1), 52-60. <http://dergipark.gov.tr/tbbbd/issue/37780/436751> adresinden alındı
- Sezer, K., Arıkan, O. A., & Yıldız, Ş. (2011). Karışık Kentsel Atık Kompostlaştırma Tesisi Ünitelerinde Atık Profilinin İncelenmesi. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 185-192.
- Sinha, R., & Herat, S. (2002). A Cost-Effective Microbial Slurry Technology for Rapid Composting of Municipal Solid Wastes in Waste Dump Sites in India and its Feasibility for Use in Australia. *The Environmentalist*, 12(1), 9-12. doi:10.1023/a:1014559723128
- Slorach, P., Jeswani, H., Cuéllar-Franca, R., & Azapagic, A. (2019, April 15). Environmental Sustainability of Anaerobic Digestion of Household Food Waste. *Journal of Environmental Management*, 236, 798-814. doi:10.1016/j.jenvman.2019.02.001

- SPCR. (2001, Aralık 10). Soil Pollution and Control Regulation, Ministry of Environment and Forestry. (24609). Official Gazette.
- Steiner, M., & Wiegel, U. (2009). *Katı Atık Yönetimi* (1. b.). Ankara: Eflatun Yayınevi.
- Şahin, S. (2013). Justinianus'un Bithynia'da Sakarya Nehri Üzerinde İnşa Ettirdiği Köprü ve Kanal Tesisleri. *Eskiçağ Yazıları* 4 (s. 1-30). içinde İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- Tabatabai, M. A., & Frankenberger, W. T. (1979, May). Chemical Composition of Sewage Sludges in Iowa. *Research Bulletin*, 36(586), 933-944. <https://lib.dr.iastate.edu/researchbulletin/vol36/iss586/1> adresinden alındı
- Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik. (2018, Şubat 23). (30341). Ankara: Resmi Gazete. Mayıs 13, 2019 tarihinde <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180223-4.htm> adresinden alındı
- Tatàno, F., Pagliaro, G., Giovanni, P. D., Floriani, E., & Mangani, F. (2015, Nisan). Biowaste Home Composting: Experimental Process Monitoring and Quality Control. *Waste Management*, 38, 72-85. doi:10.1016/j.wasman.2014.12.011
- TBB. (2014). *Düzenli Depolama Sahalarının Tasarımı, Yer Seçimi ve Vahşi Depolama Alanlarının Islahı*. Ankara: Türkiye Belediyeler Birliği Atık Komisyonu.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. New Jersey: McGraw-Hill.
- Tilman, C., & Sandhu, R. (1998, December). A model recycling program for Alabama. *Resources, Conservation and Recycling*, 24(3), 183-190. doi:10.1016/S0921-3449(98)00042-1
- Topçuoğlu, B., Önal, K. M., & Arı, N. (2001). Toprağa kentsel katı atık kompostu ve kentsel atıksu arıtma çamuru uygulamalarının sera domatesinde kuru madde miktarı ve bazı bitki besin içerikleri üzerine etkisi. *GAP II. Tarım Konferansı. Cilt 1*, s. 99-106. Şanlıurfa: Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

- Topçuoğlu, B., Ünal, M. K., & Arı, N. (2003). Toprağa Uygulanan Kentsel Artıma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi. 1. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 87-96.
- Tuncel, M. (2005). Adapazarı Yöresinin Coğrafyası. *Sakarya İli Tarihi* (s. 1-10). içinde Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- TÜİK. (2018). Atık bertaraf yöntemine göre atık miktar (ton/yıl). http://www.tuik.gov.tr/adresinden_alindi
- TÜRÇEV. (2019). *Çöp-Atık El Kitabı*. Türkiye Çevre Eğitim Vakfı. http://www.ekookullar.org.tr/ckfinder/userfiles/files/cop_atik_kitabi_net.pdf adresinden alındı
- Türerbaşkaya, F. A. (2009, Aralık). İstanbul Kenti Katı Atık Alanlarının Peyzaj Planlaması Açısından Değerlendirilmesi. İstanbul.
- Türk Dil Kurumu Sözlükleri. (tarih yok). Atık. <https://sozluk.gov.tr/> adresinden alındı
- (2016). *Türkiye Çevre Durum Raporu*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2023. (2017, Aralık). T.C. Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik.
- Uluslararası Eko-Okullar Programı Çöp-Atık El Kitabı*. (2019). Türkiye Çevre Eğitim Vakfı.
- UN. (2015). *Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Transforming Our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Şubat 2019 tarihinde <http://wedocs.unep.org> adresinden alındı
- UNEP. (2020). <https://www.unenvironment.org> adresinden alındı
- Ustaoglu, B. (2018). Sakarya'nın İklim Özellikleri. C. İkiel (Dü.) içinde, *Sakarya'nın Fiziki Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri*. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Yayınları.
- Üçgül, İ., & Elibüyük, U. (2014). Tekstil Atıklarının Piroliz ile Değerlendirilmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 4(2), 40 - 46. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbed/issue/20934/225062> adresinden alındı

- Vanlalmawii, E., & Awasthi, M. (2016, April). Municipal Solid Waste Composting - a Review. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 8(2), 13-16.
- Vardar, S., İlhan, R., Öner, E., & Kenar, F. (2019). Justinianus Köprüsü Çevresinde Delgi Sondaj Yöntemli Paleocoğrafya-Jeoarkeoloji Araştırmalarının Ön Sonuçları. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(33), 756 - 796.
- www.atiksahasi.com. (2019, Kasım). <http://atiksahasi.com/At%C4%B1k> adresinden alındı
- Yağmur, B., & Okur, B. (2017). Kompost Ahır Gübresi ve Kükürt Uygulamalarının Kireçli Alkalın Toprakta Yetiştirilen Fasulye Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkisi. *Toprak Su Dergisi*, 13-25. doi:10.21657/topraksu.338302
- Yağmur, B., & Okur, B. (2018). Bazı Doğal Toprak Düzenleyicilerin Mısır (Zea Mays L.) Bitkisinin Verim Parametreleri Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(4), 471-477. doi:10.20289/zfdergi.419225
- Yakupoğlu, T., & Özdemir, N. (2007, Nisan 27). Erozyona Uğramış Topraklara Uygulanan Arıtma Çamuru ve Çay Endüstrisi Atığının Toprakların Mikro Element İçeriklerine Etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(2), 207 - 213. <http://dergipark.gov.tr/omuanajas/issue/20227/214341> adresinden alındı
- Yeniçerioğlu, M. (2006). Katı Atık Yönetimi Yasal Düzenlemeler ve Sinop Örneği. <https://tr.scribd.com/document/32970514/Kat%C4%B1-at%C4%B1k-sinop> adresinden alındı
- Yerebakan, M. (2007). *İstanbul Tehlikeli Atık Bertaraf (İTAB) Projesi Fizibilite Etüdü*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- Yıldız, Ş., Ölmez, E., & Kiriş, A. (2009). Kompost Teknolojileri ve İstanbul'daki Uygulamaları., (s. 1-12). İstanbul.
- Yıldız, Ş., Yılmaz, E., & Ölmez, E. (2009). Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri: İstanbul Örneği. *Türkiyede Katı Atık Yönetim Sempozyumu:15-17 Haziran 2009*, (s. 1-8). İstanbul.

- Yılmaz, A., & Bozkurt, Y. (2010). Türkiye'de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 11-28.
- Yüksel, A. (2015). Bir Hastane Mutfağında Oluşan Katı Atık Çeşit ve Miktarlarının Saptanıp Değerlendirilmesi. Ankara: Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı.
- Yüksel, O. (2012). Çöp Kompostunun Xerofluvent Topraklarda Fiziksel Özelliklere Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 92-97.
- Zaman, A. U. (2016, June 15). A Comprehensive Study Of The Environmental And Economic Benefits Of Resource Recovery From Global Waste Management Systems. *Journal of Cleaner Production*, 41-50. doi:10.1016/j.jclepro.2016.02.086
- Zorlu, K. (2010). Adapazarı Ovası ve Aşağı Sakarya Platosu'nda Tarımsal Değişim. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi).

ÖZGEÇMİŞ

01.04.1995’de Sakarya’nın Söğütli ilçesinde doğdu. İlköğretim ve lise eğitiminin Sakarya’da tamamladı. 2013-2017 yılları arasında Sakarya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü’nde lisans eğitimini aldı. 2010 yılında Sakarya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı’nda yüksek lisansa başladı. Mart 2019’da İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Coğrafya Bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı. Halen bu görevini sürdürmektedir.

