

**GAZİANTEP İLİ İÇİN ENTEGRE
KATI ATIK YÖNETİMİNDE
YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ
UYGULANMASI**

Öznur ALPAYDIN

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. E. Işıl ARSLAN TOPAL
HAZİRAN-2014**

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GAZİANTEP İLİ İÇİN ENTEGRE KATI ATIK YÖNETİMİNDE
YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öznur ALPAYDIN

(111112105)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 Mayıs 2014

Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2014

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. E.İşıl ARSLAN TOPAL (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Sibel ASLAN (F.Ü)

Doç. Dr. Leyla KALENDER (F.Ü)

HAZİRAN-2014

ÖNSÖZ

Tezimin yürütölüp sonuçlandırılmasında, büyük desteğini gördüğüm, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. E. Işıl ARSLAN'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım süresince, bilgi, hoşgörü, anlayış ve deneyimlerinden yararlandığım, tüm yaşamımda olduğu gibi hayatımın bu evresinde de maddi, manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme de sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Öznur ALPAYDIN
ELAZIĞ-2014

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Çevre ve İnsan Sağlığı Sorunu Olarak Katı Atıklar.....	2
2.2. Yönetim Sorunu Olarak Katı Atıklar.....	2
2.2.1. Katı Atık Tanımı, Çeşitleri, Özellikleri ve Uzaklaştırma Yöntemleri.....	3
2.2.1.1. Katı Atık Tanımı, Çeşitleri ve Özellikleri.....	3
2.3. Katı Atık Yönetimi Kavramsal Çerçeve.....	6
2.4. Entegre Katı Atık Yönetimi ve Sürdürülebilir Atık Yönetimi.....	7
2.4.1. Sürdürülebilir Kalkınma Kapsamında Ekonomi ve Çevre.....	8
2.4.1.1. Sürdürülebilir Kalkınmanın Ekonomi ve Çevre Boyutlarında Atık Yönetimi....	9
2.5. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	12
2.5.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Nedir?.....	13
2.5.1.1. Gelişimi.....	15
2.5.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi'nin Potansiyel Kullanıcı Grupları ve Uygulama Alanları.....	19
2.5.2.1. Ürün Geliştirilmesi.....	19
2.5.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Gelişimine Uluslararası Yaklaşımlar.....	20
2.5.3.1. Endüstride Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi.....	21

2.5.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Gelişiminde Gelecek.....	22
2.6.Yaşam Döngüsü Değerlendirmesiyle İlgili Uygulamalar.....	23
2.6.1. Konuyla İlgili Literatürde Yer Alan Çalışmalar.....	23
3. MATERYAL ve METOD.....	29
3.1. Gaziantep Katı Atık Yönetimi.....	29
3.2. Atık Sorununun Boyutları.....	29
3.2.1. Ambalaj Atıklarının Yönetimi.....	29
3.2.2. Tıbbi Atıklar.....	31
3.2.2.1. Tıbbi Atık Bertaraf Metotları ve Buharla Sterilizasyon Yöntemi.....	34
3.2.3. Atık Lastikler.....	37
3.2.3.1. Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri.....	38
3.2.3.2. Geri Kazanım Yöntemlerinden Piroлиз.....	39
3.2.3.3. Gaziantep Atık Lastiklerin Yönetimi.....	40
3.2.4. Katı Atıklar.....	43
3.2.4.1. Günlük Oluşan Atık Miktarları.....	43
3.2.4.2. Katı Atık Düzenli Depolama Alanının İşletilmesi.....	44
3.2.4.2.1. Atık Verileri.....	44
3.2.4.2.2. Sızıntı Suyu Kontrolü.....	44
3.2.4.2.3. Gaz Kontrolü.....	45
3.2.4.2.4. Enerji Üretim Tesisi Üretim Bölümü.....	45
3.2.4.3. Atık Kompozisyonu.....	46
3.2.4.3.1. Madde Grubu Analizi.....	46
3.2.5. Katı Atıkların Biyolojik Arıtımı.....	48
3.2.5.1. Organik Katı Atıkların Arıtımında Kullanılan Sistemler.....	48
3.2.5.1.1. Tek Kademeli Sistemler.....	49
3.2.5.1.2. VALORGA Prosesi.....	49
4. BULGULAR.....	52
4.1. Atık Yönetim Stratejileri.....	52
4.1.1. Model Bölgelerini Temsil Eden İller.....	52
4.2. Katı Atık Üretim Tahminleri.....	53
4.2.1. Kişi Başına KA Üretimi.....	53
5. TARTIŞMA.....	62
5.1. Senaryo 1 Türk Mevzuatıyla Uyum Senaryosu.....	62

5.2. Senaryo 2 Sürdürülebilir Uyum Senaryosu.....	66
6. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME.....	71
7. KAYNAKLAR.....	78

ÖZET

Bu çalışma ile yeni bir atık yönetim planının hazırlanmasında stratejik bir karar destek aracı olarak Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi seçilmiştir. Amaç mevcut bölgesel durumu değerlendirmek ve böylece gelecekteki atık yönetimi için yararlı stratejik göstergeleri vermek ve yaşam döngüsü düşünce yaklaşımını kullanmak olmuştur. Özellikle Gaziantep ili belediye atıklarının yönetimi konusunda tıbbi atıklar, organik atıklar, ambalaj atıkları, atık lastikler ve diğer atıklara odaklanılmıştır. İlk aşamada Gaziantep ilinde günümüz yönetiminde atıkların analizinden oluşan bir çalışma yapılmıştır. Atıkların karakterizasyonuna bağlı olarak geri kazanılabilir atıklar, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından hazırlanan Katı Atık Ana Planı ve geri kazanım hedefleri doğrultusunda geri kazanıldığı varsayılararak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Entegre Atık Yönetimi, Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi, Düzenli Depolama, Geri Kazanım

SUMMARY

Life Cycle Assessment

In this study, a new waste management plan in preparation of a strategic decision support tool has been selected as a Life Cycle Assessment. The main purpose on this study is, assessing the condition of the existing regional, thus to give strategic indicators useful for future waste management and life-cycle thinking approach has been to use. Especially municipalities are focused on medical waste, organic waste, packaging waste, scrap tires and other wastes about the waste management. At the first stage, a study was conducted of a waste management at present day analysis in Gaziantep Depending on the waste characterization, Solid Waste Master Plan is prepared by the Ministry of Environment and Planning and recycling targets are evaluated in accordance with the assumption recovered.

Keywords: Integrated Waste Management, Waste Life Cycle, Landfill, Recovery

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Modern atık yönetim politikalarının gelişim evreleri.....	10
Şekil 2.2. Atık yönetimi hiyerarşisi.....	11
Şekil 2.3. Ürün yaşam döngüsü.....	11
Şekil 2.4. Yaşam döngü değerlendirmesinin yapısı ve bölümleri.....	17

TABLolar LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Ayrı toplanan ambalaj atıkları.....	30
Tablo 3.2. Gaziantep’te yıllara göre ayrı toplanan ambalaj atıkları miktarı.....	31
Tablo 3.3. Yıllık tıbbi atık miktarları.....	32
Tablo 3.4. Gaziantep’te tıbbi atık oluşturan kaynaklar.....	33
Tablo 3.5. Atık lastiklerden elde edilen ürünlerin yüzdesel değerleri.....	39
Tablo 3.6. Atık lastiklerin pirolizinden oluşacak son ürünler.....	42
Tablo 3.7. Piroliz tesisinde oluşacak ürünler.....	43
Tablo 3.8. Yıllara göre depolanan atık miktarı ve günlük ortalama.....	44
Tablo 3.9. Yıllara göre toplanan gaz ve üretilen elektrik miktarı.....	46
Tablo 3.10. Elektrik üretim değerleri.....	46
Tablo 3.11. Madde grubu analizi sonuçları.....	47
Tablo 3.12. Deneysel sonuçlar.....	48
Tablo 3.13. Mezofilik ve termofilik koşullar için havasız kompostlaştırma reaktörü karakteristikleri.....	50
Tablo 4.1. Güneydoğu Anadolu bölgesi anket gönderilen iller.....	53
Tablo 4.2. Gaziantep bölgesi nüfus verilerine göre birim atık oluşumu.....	54
Tablo 4.3. Gaziantep ili birim atık oluşum projeksiyonu.....	54
Tablo 4.4. Bölgelere göre EHCIP Projesi’nde öngörülen Gaziantep katı atık karakterizasyonu değişim tahminleri.....	55
Tablo 4.5. Gaziantep ili katı atık karakterizasyonunun yıllara göre artış yüzdeleri..	56
Tablo 4.6. Gaziantep ili yıllara göre kişi başına atık miktarı ve artış yüzdesi.....	57
Tablo 4.7. Gaziantep nüfus verileri.....	58
Tablo 4.8. Gaziantep mücavir alan nüfus projeksiyonu.....	59
Tablo 4.9. Gaziantep ili kişi başına üretilecek atık miktarı (Günlük/Yıllık).....	60
Tablo 4.10. Mücavir alan sınırlarında oluşan ve depolama alanına taşınan atık miktarları.....	61
Tablo 5.1. Katı atık yönetim sistemleri: Senaryo 1.....	66
Tablo 5.2. EHCIP Projesi kapsamında geri kazanıma uygun atık miktarı.....	67
Tablo 5.3. Geri kazanıma uygun atıkların (%12) hedefle uyumlu miktarı.....	68

Tablo 5.4. EHCIP Projesi kapsamında geri kazanılabilir atıkların % 12'sinin geri kazanılması sonucu sahaya depolanacak atık miktarı.....	69
Tablo 5.5. Ambalaj atıkları direktifi geri kazanım hedefleri.....	70
Tablo 5.6. EHCIP Projesi kapsamında 3a bölgesi için geri kazanım hedefleri.....	70
Tablo 5.7. Katı atık yönetim sisteminin bileşenleri: Senaryo 2.....	71
Tablo 5.8. EHCIP Projesi kapsamında geri kazanılabilir atık miktarı.....	72
Tablo 5.9. EHCIP Projesi kapsamında geri kazanılabilir biyobozunur atık miktarı...	73
Tablo 5.10. Geri kazanılabilir atık ve biyobozunur atıkların hedefler oranında uzaklaştırılması halinde depolanacak atık miktarı.....	74
Tablo 5.11. Türk Mevzuatıyla uyumlu olarak atıkların azaltılması halinde depolanacak atık miktarı.....	75
Tablo 5.12. Senaryo 2'nin uygulanması halinde düzenli depolama alanında yüzdesel kazanım.....	77
Tablo 5.13. Senaryo 2'nin uygulanması halinde üretilecek elektrik miktarı.....	78

KISALTMALAR

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
EHCIIP	: Enviromental Heavy-Cost İinvestment Planning
EOKA	: Evsel Organik Katı Atıklar
EPS	: Environmental Priority System
HCFC	: Hidroklorofloro Karbonlar
LCA	: Life Cycle Assessment
LCCA	: Life Cycle Cost Assessment
LCIA	: Life Cycle İimpact Assessment
QFD	: Quality Function Deployment
Ö.T.L.	: Ömrünü Tamamlamış Atık Lastik
SETAC	: Society of Enviromental Toxicology and Chemistry
SPOLD	: Society for Promotion of Life Cycle Assessment
USEPA	: United States Environment Protection Agency
YDA	: Yaşam Döngüsü Analizi

1. GİRİŞ

[1]Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment-LCA) ürün ve hizmetlerin çevresel etkilerini detaylı olarak ortaya çıkarmaya çalışan bir yaklaşımdır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi uygulamasının Avrupa’da uygulama alanları ve uygulanma amacı incelendiğinde bu tezin incelenmesinde yol gösterici olacaktır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Avrupa Birliği’nde temizlik malzemelerinden, tekstil ürünlerine, ev ve bahçe malzemelerinden turizm-konaklama hizmetlerine kadar uygulama alanı bulmaktadır. Ülkemizde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi alanında yapılmış çalışmalar oldukça sınırlı düzeydedir. Konuyla ilgili çalışmalar 1990’lı yılların sonunda yapılmaya başlanmasına karşın dünyadaki eğilimin aksine geçen yıllar içerisinde Türkiye’de daha yavaş bir gelişme yaşanmıştır. 2000’li yıllarda daha çok akademik çalışmalar şeklinde sürmüştür. Ülkemizde henüz gündeme gelmeye başlayan bir konu olmasına karşın bazı ülkelerde Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi geniş bir alana yayılmış ve yapılan çalışma sonuçları pek çok direktifin yeniden gözden geçirilmesine ve yeni stratejik hedeflerin koyulmasına sebep olmuştur. Örneğin Hollanda’da konutlarda yer döşemesi amaçlı kullanılan dört farklı malzemenin çevresel etkileri araştırılmıştır. Hammadde ve enerji tüketimi, sera gazı salınımı, ötrofikasyon gibi çevre sorunları bazında incelenmiştir. Üretim süreçleri esnasında tüketilen enerji miktarları, elde edilen verilerin yeterliliği ve güvenilirliği açısından çalışmanın önemli bir bölümünü oluşturmuştur. Çalışma sonucunda ele alınan dört malzemeden linoleum en çevreci malzeme olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında Gaziantep ilinde Büyükşehir Belediyesi sorumluluğunda yürütülen atık yönetimi faaliyetleri Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi yaklaşımı ile irdelenmiştir. Özellikle katı atık düzenli depolama alanında bertaraf edilen atıkların gruplandırılarak geri dönüşüm ve geri kazanım yapılması halinde düzenli depolama alanından yapılacak tasarruf ve üretilecek elektrik miktarları hesaplanmıştır. Sonuç olarak Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesinin atık yönetiminde uygulanması halinde katı atıkların sadece insan çevresinden uzaklaştırılmasını değil; çevre ve insan sağlığının korunarak geliştirilmesiyle birlikte ekonomik kalkınmanın sağlanmasına da olumlu katkılar sağlayacaktır [2].

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Çevre ve İnsan Sağlığı Sorunu Olarak Katı Atıklar

Dünya Sağlık Örgütü sağlık kavramını sadece hastalıklardan uzak olma anlamında değil insanın fiziksel, zihinsel ve sosyal iyilik hali olarak tanımlamaktadır[3]. Sağlıklı olmanın temel koşullarından birisi sağlıklı çevredir. Katı atıklar, atık döngüsü içinde, üretildikleri andan son uzaklaştırma aşamasına kadar çevre ve insanla doğrudan ya da dolaylı etkileşim içindedir. Katı atıklar, gerek içeriklerindeki hastalık yapıcı veya bulaştırıcı maddelerle doğrudan; gerekse fare, sinek vb. diğer canlılar için beslenme ve üreme kaynağı olması nedeniyle dolaylı olarak çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir [4]. Katı atıkların çevreye etkileri biyolojik, kimyasal ve fiziksel nitelikte olabilmektedir. Doğrudan veya ara hayvanlarla bulaşabilen cüzzam, veba, kolera, dizanteri, tüberküloz, kuduz, sıtma gibi hastalıklar biyolojik olumsuzluklara örnek olurken; çöp depolama alanlarında oluşan sızıntı suları ve gazlar, kimyasal ve biyolojik olumsuzluklara neden olmakta; çevreye sorumsuzca bırakılan atıklar insanlara fiziksel zararlar verebilmektedir. Yetersiz temizlik ve atık yönetimi uygulamaları ile çevre ve insan sağlığı arasındaki ilişki kalkınamamış ve/veya kalkınmakta olan ülkelerde açıkça gözlemlenmektedir [5].

2.2. Yönetim Sorunu Olarak Katı Atıklar

Kentsel çevre yönetiminin önemli parçası olan katı atık yönetim hizmetlerine özellikle kalkınamamış ve/veya kalkınmakta olan ülkelerde yerel yönetim bütçelerinin %10-40'ının ayrılmasına rağmen, hizmetler istenen düzeyde sunulamamakta [6]; kalkınmakta olan ülkelerdeki büyük kentsel alan nüfusunun ancak yarısına katı atık yönetimi hizmetleri sunulabilmektedir [7]. Katı atıkların çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri ile birlikte yönetim sorunu olarak ele alınması; atıkların toplanması, taşınması ve uzaklaştırılması hizmetlerinin yaşanan hızlı kentleşme ve endüstrileşme ile birlikte geliştirilmesine; sorumlu aktör, kurum ve kuruluşların bilinçlendirilerek güçlendirilmesine; yeni yönetsel yaklaşım ve modellerin uygulanmasına bağlıdır. Katı atık hizmetlerinin

görülmesini hedefleyen yönetsel yapılanmalarda temel amaç; toplum tarafından üretilen atıkların en uygun ekonomik şartlarda çevresel, teknik ve sosyal anlamda etkin ve verimli biçimde toplanması ve uzaklaştırılmasıdır.

2.2.1. Katı Atık Tanımı, Çeşitleri ve Özellikleri

Yerel, bölgesel, ulusal hatta uluslararası düzeyde katı atık yönetiminin her aşamasında başarı, katı atık yönetiminin temel konusu olan atıklar hakkında tam bilgi sahibi olmaya bağlıdır. Çalışmanın bu bölümünde katı atık tanımları, çeşitleri ve özellikleri ile başlıca katı atık uzaklaştırma yöntemleri incelenmiştir.

Katı atık, en yalın anlatımıyla evsel, ticari ve endüstriyel işlevler sonucu oluşan ve tüketicisi tarafından artık işe yaramadığı gerekçesiyle atılan ancak çevre ve insan sağlığı yanında diğer toplumsal faydalar nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken maddeler olarak tanımlanabilir [8]. Kavramın belirleyici özelliği, kullanıcısının ya da üreticisinin maddeyi gözden çıkartması veya bu amaca sahip olmasıdır. Atık yönetimi literatüründe katı atık kavramı sıvı, gaz veya radyoaktif atıklar dışında kalan atıklar için kullanılsa da, söz konusu katı atıkların yeniden üretim ve işleme sürecine sokulması nedeniyle artık daha fazla atık anlamı taşımayan katı ya da yarı katı maddeler için de kullanılmaktadır [9,10]. Katı atıkları, yok edilmesi gereken maddelerden çok geri kazanılması gereken zenginlik olarak gören anlayışla çöp, arzu edilmeyen yerlerde bulunan kıymetli maddeler; [11] benzer bir anlatımla yanlış zamanda yanlış yerde bulunan kaynaklar biçiminde tanımlanabilir. Kentsel katı atık kavramı özellikle zararlı ve tehlikeli katı atık kapsamına girmeyen atıklar için kullanılmaktadır. Kavram, başta evsel nitelikli atıklar olmak üzere bu nitelikteki endüstriyel, ticari, kurumsal ve kentsel işlevler sonucu ortaya çıkan atıkları kapsamaktadır [12]. Kentsel katı atık kavramı, literatürde, yerel yönetimlerce ya da onlar adına yürütülen hizmetlerle toplanıp uzaklaştırılan atıklar için sıkça kullanılmaktadır. Katı atıklar, genel olarak, insan ve çevre sağlığına etkileri bakımından zararlı ve tehlikeli atıklar ile zararsız atıklar biçiminde iki grupta incelenmektedir.

Zararlı ve Tehlikeli Atıklar: Atıkların çevre ve insan sağlığına yönelik potansiyel ve/veya olası olumsuz etkilerini önlemek amacıyla uzaklaştırma sürecinde özel işlemler gerektiren, biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikte yanıcı-yakıcı, zehirleyici, yok edici veya diğer bir madde ile etkileşimi sonucu zararlı ve tehlikeli olabilen asit, kurşun, civa,

arsenik bileşikleri, kendiliğinden tepkimeye yatkın reaktif atıklar, tarım ilaçları, kadmiyum bileşikleri ve radyoaktif maddelerdir[5].

Zararsız Atıklar: Zararlı ve tehlikeli atık kapsamına girmeyen organik ve inorganik maddelerdir. Mutfak ve yemek atıkları, karton, kâğıt, kül, metal, cam, plastik, inşaat ve hafriyat atıkları ile diğer sentetik maddeler bu gruptan sayılabilir[5].

Katı atıklar, kaynaklarına göre değişik gruplar altında incelenebilir.

Evsel Atıklar: Evsel faaliyetlerden oluşan atık ve artıklardır. Genellikle çöp olarak bilinen ve çoğunlukla zararsız atık grubuna ait atıklar olmakla birlikte evsel atıklar pil, boya vb. zararlı ve tehlikeli atıkları da içerebilmektedir[5].

Endüstriyel Atıklar: Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıklardır. Endüstriyel işlemler sırasında ve/veya endüstriyel işlemler sonucunda oluşan atıkları kapsamaktadır. Endüstriyel katı atık yönetimi konusunda doğal kaynakların ve çevrenin korunması anlamında geri kazanım ve arıtma tesisi uygulamaları önem taşımaktadır[5].

Ticari ve Kurumsal Atıklar: Ticari işletmelerden ve kurumlardan ortaya çıkan atıklardır. Genel olarak evsel atıklar kadar organik madde içermeyen atıklardır. Lokanta, büfe, mağaza, okul, askeri yerleşim, liman, ofis, stadyum vb. ortak kullanım alanlarından toplanan atıklar bu kapsamda değerlendirilmektedir[5].

Belediyesel İşlevler ile İlgili Atıklar: Sokak süprüntüleri, park bahçe, toptancı halleri, plaj ve mesire yerlerinden toplanan atıklar, araba hurdaları, hayvan ölüleri, su arıtma tesislerinden ortaya çıkan çamurlar bu özelliktedir[5].

Özel Atıklar: Uzaklaştırılması özel önem taşıyan atıklardır. Radyoaktif atıklar, tehlikeli ve zararlı endüstriyel atıklar, evsel atıklar içerisindeki boya, inceltici, temizlik maddeleri, piller vb. lastik tekerlekler, atık su çamurları, inşaat ve yıkıntı atıkları ile hastane atıkları bu gruptandır[5].

Tarımsal Atıklar: Bitkisel ve hayvansal ürün elde edilmesi ve işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atık ve artıklardır. Üretilen katı atıkların miktarı ve içerik özellikleri topluluk ya da toplumların sosyo ekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, gelenekler, coğrafya, meslekler ve iklim gibi değişik şartlardan etkilenmektedir.

Katı atıkların miktar-hacim ve içerik olarak özelliklerinin bilinmesi, gerekli verilerin uygun yöntemlerle toplanması katı atık yönetim sistemi planlaması ve uygulamalarında etkinliğin sağlanmasında son derece önem taşımaktadır. Katı atıkların özellikleri hakkındaki bilgi ve verilerle ilgili olarak istatistiksel güvenilirlik, standart

sapma, mevsimsel özellikler, yaşam standartları gibi konuların da araştırmacılar tarafından dikkate alınması gerekmektedir.

2.4. Katı Atık Uzaklaştırma Yöntemleri

İlk çağlarda yiyecek artıkları, ağaç-taş yontuklarından günümüzde uzayda başıboş dolaşan atıklar ve uydu parçalarına kadar her türlü insan faaliyeti sonucunda oluşan katı atıkların uzaklaştırılmasında binlerce yıldır uygulanan başlıca yöntemler kısaca; düzensiz depolama, düzenli-sıhhi depolama, kompostlama, geri kazanım ve yakmadır [5].

2.4.1. Düzensiz Depolama: Katı atıkların, yerleşim alanı dışında açık alan ve/veya deniz ve ırmaklara hiçbir önlem alınmadan gelişigüzel biçimde atılarak insan çevresinden uzaklaştırılmasıdır. Düzensiz depolama, katı atıkların çevresel ve ekonomik uygun koşullarda kabul edilebilir uzaklaştırılması yönteminden çok, toplumların katı atıkları algılamasında ilk evreyi oluşturan gözden uzak olsun anlayışıyla davrandıkları eski ve orta çağlarda kullanılmış, günümüzde ise kalkınmamış ve/veya kalkınmakta olan ülkelerde uygulanan, ancak insan ve çevre sağlığı ile diğer ekonomik sosyal olumsuzlukları nedeniyle terk edilmesi gereken uygulama olarak değerlendirilmelidir[5].

2.4.2. Düzenli-Sıhhi Depolama: Katı atıkların depolama yöntemiyle uzaklaştırılması, atıkların çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin anlaşılması ve bu alanda teknik uygulamaların gelişmesi sonucunda depolama merdiveni biçiminde adlandırılan düzensiz depolama -kontrollü depolama-mühendisli depolama-düzenli sıhhi depolama gelişme çizgisini takip etmiştir [13]. Uygun arazi olduğunda ekonomik ve maliyeti görece düşük olan düzenli depolama yönteminde alanın kapasitesi arttırılabilir, kullanım ömrü dolan alanlardan ise rekreasyon amacıyla yararlanılabilir. Atıkların uzaklaştırılmasında hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın belli atık çeşitleri için depolama yöntemine ihtiyaç duyulacaktır.

2.4.3. Kompostlaştırma, Tekrar Kullanım, Geri Dönüşüm ve Geri Kazanım: Kompostlaştırma, organik esaslı katı atıkların oksijenli ortamda ayrıştırılmasıyla yüksek verimli toprak düzenleyicisinin ortaya çıkarılması işlemidir. Kompostlama, atıklar içerisindeki organik maddelerin ayıklanması, ebat küçültme, nemlendirme, havalı şartlarda kararlı hale getirme ve kullanıma hazırlama işlemlerinden oluşur. Dünya tarihi kadar eski geçmişe sahip ve görece az teknoloji gerektiren kompostlaştırma yöntemi özellikle park, bahçe ve mutfak atıklarının uzaklaştırılmasını tarımsal olarak verimli kılmaktadır[14].

2.4.4. Tekrar kullanım; atıkların temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı şekliyle defalarca kullanılmasıdır. Atığın kendi ilk şekliyle amacı ya da değişik

amaçlar doğrultusunda yeniden kullanımı yöntemi, geri kazanım yöntemine yeğlenmektedir. Çünkü atığın tekrar kullanımı için toplama ve temizleme dışında hiçbir özel işleme gerek bulunmamaktadır[14].

2.4.5. Geri dönüşüm; atıkların fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra ikinci hammadde olarak üretim sürecine sokulmasıdır.

2.4.6. Geri kazanım; tekrar kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsayan, atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenleri fiziksel, kimyasal ya da biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesidir. Diğer bir deyişle geri kazanım süreci; katı atık yönetimi içinde toplama, taşıma, aktarma, ayırma ve pazarlama fonksiyonlarının da yer aldığı, artık kullanım dışı kalmış geri kazanılabilir maddelerin yeni bir ürün olarak geri kazanılmasıdır. Kısaca, kullanım dışı kalmış atığın yeni bir ürün olarak geri kazanılmasıdır[14].

2.4.7. Yakma: Toplumların, uzun yıllardır, düzensiz depolama alanlarında atıkları hacimce azaltma amacıyla kontrolsüz yakmaları dışında modern anlamda katı atık uzaklaştırma yöntemi olarak yakma; katı atıkların özel olarak projelendirilmiş tesislerde hacim olarak azaltma ve/veya enerji elde etmek amacıyla yakılarak uzaklaştırma ve enerji kazanım yöntemidir. Başlıca amacı depolama ile uzaklaştırılacak atık miktarının azaltılması olan yakma yöntemi ile katı atıklar hacimce %80-90, ağırlık bakımından %75-80 oranında azaltılabilir [14].

2.5. Katı Atık Yönetimi Kavramsal Çerçeve

Katı atık yönetimi kavramı, katı atıkların insan ve çevre sağlığı, ekonomi, mühendislik, kaynakların korunması, estetik ve diğer çevresel konularla ilgili biçimde toplumun üretim ve tüketim alışkanlıklarını da dikkate alarak atık miktarının kontrolü, toplama, biriktirme, taşıma-aktarma, işleme ve son uzaklaştırma aşamalarını kapsayan disiplin olarak tanımlanabilir [15]. Kentsel katı atık yönetimi kavramı; evlerden, endüstri kuruluşlarından, ticari ve diğer kurumlardan, belediyesel işlevlerden kaynaklanan evsel nitelikli ve yönetiminden yerel yönetimlerin sorumlu olduğu kentsel katı atıkların toplanması, biriktirilmesi, aktarılması-taşınması, işlenmesi, geri dönüşüm ve geri kazanımı ile son uzaklaştırmayı anlatmaktadır. Kentsel katı atık yönetimi sistem içeriği ve aktörleri, içinde yer aldıkları kent ve/veya ülkenin siyasal, ekonomik, sosyo-kültürel, teknik, mali ve çevresel özelliklerinden etkilenmekte aynı zamanda etkileyebilmektedirler. Kentsel katı atık yönetim sisteminin etkinliği ve sürdürülebilirliği kent ve/veya ülke sistemiyle

bütünleşmesine bağlıdır; diğer bir deyişle katı atık sorununa yönelik geliştirilen çözümler kent ya da ülkenin özelliklerine ne kadar uygun olursa o kadar başarılı yönetim gerçekleştirilebilir.

Klasik anlamda atık oluşumu, toplama, işleme-geri kazanım ve son uzaklaştırma aşamalarını kapsayan sistem bileşenlerinden oluşmaktadır. Günümüzde atık yönetimi üretim aşamasından başlamakta, tüketim ve son uzaklaştırmaya kadarki aşamalarda en az atık oluşturan teknolojiler geliştirilerek entegre yönetim uygulanmaktadır. Katı atık yönetim hizmetlerinin kalkınmakta olan ülkelerde gerektiği gibi verimli ve etkin yerine getirilip getirilmediği tartışmaları sürmektedir. Kamu ve özel sektör işbirliği, katı atık hizmetlerinin daha etkin ve verimli görülmesinde önem kazanmaktadır. Bunun sağlanmasında rekabet, verimlilik, denetim, açıklık ve sorumluluk anahtar kavramlardır. Katı atık hizmetlerinde ulusal ve yerel anlamda kurumsal ve örgütsel yeniden yapılanma, genel anlamda hizmetlerde etkinlik, verimlilik, açıklık ve sorumluluğu sağlamada gerekliliktir[16].

2.6. Entegre Katı Atık Yönetimi ve Sürdürülebilir Atık Yönetimi

Kentsel katı atık yönetiminin günümüzde kazandığı çağdaş anlam bağlamında, entegre katı atık yönetimi ve sürdürülebilir atık yönetimi kavramlarının incelenmesi gerekmektedir. Entegre katı atık yönetimi kavramı; kentsel katı atık yönetiminde etkinlik ve güvenliğin sağlanması amacıyla, insan ve çevre sağlığı üzerinde en az etkili olabilecek katı atıkların azaltımı, kaynağında azaltım, geri kazanım, tekrar kullanım, kompostlaştırma, enerji kazanımı için yakma ve depolama gibi katı atık yönetimi uygulamalarının birlikte kullanılmasını anlatmaktadır. Entegre katı atık yönetimi planlaması ise katı atıkların miktar ve içeriği, yerel-bölgesel hatta ulusal ekonomik sosyal ve çevresel özellikler dikkate alınarak mevcut olanaklarla atıkların üretildiği kaynakta biriktirilmesinden başlayarak toplama, taşıma, işleme ve son uzaklaştırma süreçlerini kapsayan entegre planlama biçimidir [12]. Entegre katı atık yönetiminin temel amacı, birden fazla program ve teknolojinin rasyonel ve eşgüdüm içerisinde kullanımının katı atık yönetiminde çevresel ve ekonomik anlamda başarıyı sağlayacağıdır. Her topluluk/toplum, kendi koşullarında üretilen atık özelliklerini, teknik ve mali olanakları da göz önünde tutarak entegre katı atık yönetimi kavramı içinde belli uygulamalara önem vermelidir. Entegre katı atık yönetiminde örgütsel ve bireysel sorumluluk, kentsel katı atık yönetim sistemi

aktörlerindir. Başta yerel yönetimler olmak üzere, merkezi yönetim kurum ve kuruluşları, özel sektör, gönüllü kuruluşlar ve bireyler birlikte sorumluluk sahibidir [5].

Sürdürülebilir atık yönetimi; çevresel, ekonomik ve sosyal yönleriyle gerçekleştirilmek istenen sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir parçasıdır. Atıklar, sürdürülebilirlik bakımından iki önemli etkiye sahiptir. İlk olarak, oluşan atıklar kaynakların ne derece etkin ya da verimli kullanıldığının bir göstergesidir; ikinci olarak ise, atıkların çevreye duyarlı ve ekonomik biçimde uzaklaştırılması gereğidir. Atık yönetiminin ilk kuralı; atık üretilmesinin engellenmesi, aynı zamanda kaynakların korunması anlamına gelmektedir. Atık, yok edilmesi gereken bir madde değil geri kazanılması gereken kaynak olarak görülmektedir. Sürdürülebilir atık yönetiminin hedefi, kaynakların kullanımında döngüsel sürece geçerek nihai tüketim sonucunda oluşan atıkların faydalı amaçlar doğrultusunda tekrar kullanılmasıdır. Bu nedenle sürdürülebilir atık yönetimi kavramı; toplumsal yaşamda değişik sektörlerce üretilen atıkların yönetiminde, depolama alanlarında ve yakma tesislerinde kaybolan atıkların/kaynakların en aza indirilmesi ve engellenmesi, geri kazanım oranlarında en yükseğe ulaşılması, geri kazanımı ve tekrar kullanımı mümkün olmayan materyallerin ise tekrar kullanımı ve geri kazanımı mümkün olanlarla değiştirilmesini amaçlamaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi, önem sırasına göre dört aşamalı karar sürecini gerektirmektedir: Atık üretiminden olabildiğince kaçınılması; atık üretiminin kaçınılmaz olduğunda atıkların geri kazanılması; geri kazanımın mümkün olmadığı durumlarda, atıkların enerji üretiminde kullanılması; tüm bu aşamalar geçildiğinde, atıkların son uzaklaştırma için en uygun çevresel seçeneğin geliştirilerek uygulanmasıdır. Karar sürecinin her aşamasında eğitim, açık ve net düzenlemeler, yeterli teknik donanım, halkın aktif katılımı ve mali destekler önem taşımaktadır. Süreçte yer alan katı atık yönetim sistemi aktörlerine, yerel yönetimlere, merkezi yönetime, özel sektöre, gönüllü kuruluşlara ve tek tek bireylere önemli sorumluluklar düşmektedir[5].

2.6.1. Sürdürülebilir Kalkınma Kapsamında Ekonomi ve Çevre

İnsan refahında sağlanan artış olarak tanımlanan ekonomik kalkınma için bugünün gelişmiş toplumları, uzun yıllar çevreye verdikleri zararı ve doğal kaynakların sınırlılığını görmezden gelmişlerdir[17]. Ancak, çevre kirliliğinin insan sağlığına zarar vermeye ve yaşam koşullarını olumsuz etkilemeye başlaması ve yakın gelecekteki ekonomik faaliyetlerin kaynak yetersizliği sebebiyle bir darboğaza girebileceğinin öngörülmesi ile

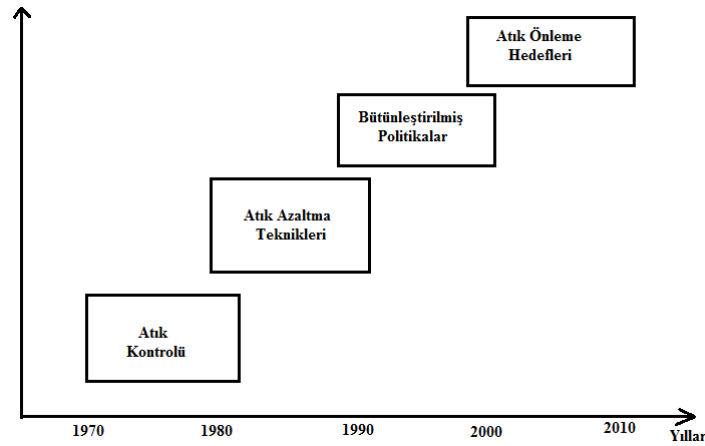
birlikte sürdürülebilir kalkınma önem kazanmıştır. Sürdürülebilir kalkınmada esas olan, ekonomik kalkınmanın çevreyi koruyarak sağlanabilmesi, böylece gelecek nesillerin hakkının da korunmasıdır. Bu kapsamda, 1987 yılında, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunca hazırlanan Our Common Future (Ortak Geleceğimiz) isimli kitaptaki: “Çoğu kez kişi ve grupların çıkarları uğruna, başkalarını nasıl etkileyeceğine bakılmaksızın, bilimin her şeye çözüm bulma yeteneğine inanarak ve bugün alınan kararların gelecekte ne gibi sonuçlar doğuracağına bakılmaksızın, çevrenin korunması ile ekonomik gelişme arasındaki bağdaşabilirlik gözden uzak tutulmaktadır” ifadesi ilgi çekicidir [18]. Aslında bu uzak tutmanın temel sebebi, tüketimin olabildiğince teşvik edildiği, ağır rekabet koşullarından dolayı üreticileri ne olursa olsun düşük maliyetli üretim yapmaya zorlayan bugünün ekonomik ortamı olarak görülebilir. Bu ortamda, yanlış bir kurgulamayla, çevresel hedefler ile endüstriyel rekabetçilik arasındaki ilişkinin çoğunlukla sosyal faydaların ve maliyetin değiş tokuşunu içerdiği; çevresel hedeflere ulaşmanın yüksek maliyeti sebebiyle rekabetçilikten ödün verilmesi gerektiği düşünülmekte [19], çevre koruma politikalarının ülkelerin ekonomik gelişmelerini yavaşlatacağına inanılmaktadır. Oysa çevreyi gözetmeyen politikaların etkisi ile yakın gelecekte kaynakların tükenmesi ve insan sağlığı ve çevrenin bozulması ile ekonomik gelişmelerin yavaşlaması söz konusu olacaktır. Dolayısıyla toplumlar sürdürülebilir kalkınma yaklaşımıyla, çevre ve ekonomi arasında bir denge noktası bulmayı amaçlamalıdır. Bu kapsamda, ürünler ve özellikle de üretim ve tüketim sistemleri sürdürülebilir kalkınma perspektifinden incelenmelidir [20].

2.6.1.1. Sürdürülebilir Kalkınmanın Ekonomi ve Çevre Boyutlarında Atık Yönetimi

Ekonomik faaliyetlere tüketilen kaynaklar ve oluşan atıklar yönünden bakıldığında, çevre bünyesindeki kıt kaynaklarını ekonomiye hammadde olarak sunmakta ve bu hammadde üretim sürecinden geçerek tüketim mallarına dönüştürülmektedir. Müşterideki kullanım ömrünü tamamlayan ürünler de atık olarak çevreye bırakılmaktadır. Herhangi bir işlem – yeniden kullanım, geri dönüşüm, arıtım vb. - görmeden doğaya bırakılan bu atıklarla doğada hem niteliksel kayıplar hem de kaynakların azalımı şeklinde niceliksel kayıplar oluşturmaktadır. Çevrenin korunması ile ekonomik gelişmenin birlikte sağlanabileceğini gösteren bir konu da ürün atıklarının değerlendirilmesi ve geri kazanım teknolojileri ile ekonomiye yeniden kazandırılmasıdır [21]. Bu sayede atıklar birer kaynağa

dönüştürülmekte, kaynak verimliliği artırılmaktadır. Atık yönetimi iyi planlandığı ve etkili yöntemlerle desteklendiği takdirde, sürdürülebilir kalkınmanın ekonomik ve çevre boyutunun gerçekleştirilmesinde önemli bir konu haline gelmektedir. Atık yönetiminin yakın dönemlerden itibaren değişimine bakıldığında (Şekil 1) bu durum daha iyi anlaşılmaktadır. 1970’lerde atıkların sıkıştırılması ve yakılması gibi kontrol yaklaşımları kullanılmış, 1980’lerde bu yaklaşımlar zararlı maddelerin ortaya çıkmasını azaltacak şekilde teknik olarak geliştirilmiştir. 1990’larla birlikte atıkların azaltılması, yeniden kullanım, geri dönüşüm ve enerji geri kazanımı gibi farklı yaklaşımlar atık yönetimi ile bütünleştirilmiştir. 2000’li yıllarda ise atık oluşumunu önlemeye yönelik hedefler oluşturulmaya başlanmıştır. Bu tarihsel gelişimle birlikte, atık yönetiminin sürdürülebilir kalkınmaya katkısı da artmıştır.

Sürdürülebilirlik, çevre ve ekonomi arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması ile atık yönetimi günümüzde kaynak yönetimi ile eş anlamlı görülmektedir [22]. Müşteride kullanımı sonlanmış ürünleri birer kaynak olarak gören bu yaklaşım, düşük maliyetli ve etkin geri kazanım yöntemleri ile kaynakları ekonomiye yeniden kazandırmakta, kazanılamayan kısımları da doğaya en az zararla bertaraf etmektedir. Böylece, hem hammadde maliyetleri ve üretim maliyetlerinde önemli tasarruflar elde edilmekte hem de kaynakların sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir.



Şekil 2.1. Modern atık yönetim politikalarının gelişim evreleri [23]

Sürdürülebilirlik yaklaşımıyla bakıldığında, atık yönetiminin üç temel ilkesi

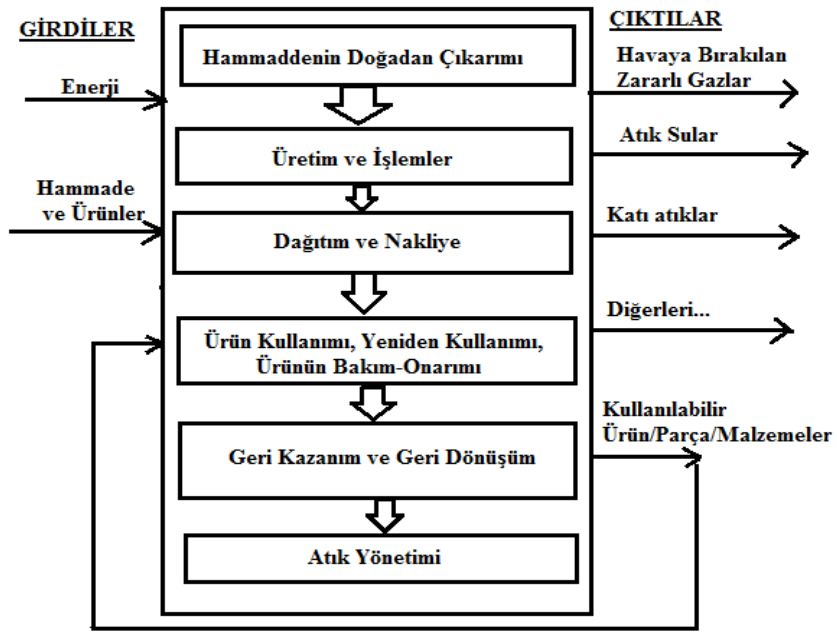
- i. Mümkün olan en az seviyede atık üretmek,
- ii. Oluşan atıkları geri kazanmak,
- iii. Atıkları çevreye zarar vermeden bertaraf etmektir [24].

Bu yaklaşımla atık yönetimi değerlendirildiğinde, hiyerarşik olarak en çok tercih edilen atığın ortaya çıkışının önlenmesi iken, en son tercih edilen seçenek herhangi bir ekonomik kazanım elde etmeden ve çevresel etkisini azaltmadan doğrudan çöpe atmak olmaktadır (Şekil 2.2).

En çok tercih edilen	Önleme
	Azaltma
	Yeniden Kullanım
	Geri Dönüşüm
	Enerji için Geri Kazanım
En az tercih edilen	Çöpe Atma

Şekil 2.2. Atık yönetimi hiyerarşisi (25).

Uygun, kolay/ucuz yöntemlerle ayrıştırılabilir/demonte edilebilir özelliklerde ve geri dönüşüm oranı yüksek malzemelerin kullanımıyla yapılan ürün tasarımları, ürün kullanım ömrü sonrasındaki atık yönetimi maliyetlerini düşürecektir. Ürün yaşam döngüsü Şekil 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Ürün yaşam döngüsü (19)

Ürün tasarım aşamasındaki çabalarla birlikte, üretim ve tüketim süreçlerinde de oluşabilecek atık miktarını minimize edecek gelişmeler sağlanmalıdır. Eğer bu süreçlerde

atıkların oluşumu engellenemiyorsa, oluştuğu yere göre, ya doğrudan geri dönüştürme işlemlerine ya da tekrar kullanım ve yeniden üretim sonrasında geri dönüşüm işlemine tabi tutularak; malzemesi veya enerjisi için ekonomiye yeniden kazandırılmalıdır. Oluşan atıkların geri kazanımı yoluyla, ürünlerin bir hammadde gibi kullanılıp, aynı ya da değişik bir ürüne dönüştürülerek birden fazla kullanımı sağlanmakta, bu sayede kaynakların verimli kullanımı ve sürdürülebilirliği de söz konusu olmaktadır. Geri kazanılamayan atıkların bertarafında da çevreye en az zarar verecek depolama veya yakma yöntemleri seçilmelidir.

Üretici işletmelerin atık yönetimi uygulamaları ile ilgili gelişmiş ülkelerde farklı uygulamalar bulunmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği tarafından uygulamaya geçirilen “Genişletilmiş Üretici Sorumluluğu (Extended Producer Responsibility, EPR)” kapsamında üretici işletmeler, üretim süreçlerinin başından ürünlerin ömrünü tamamlamasına kadar ürünlerin çevresel etkilerinden sorumlu tutulmaktadır [23]. Buna göre, kendi ürünleri ile ilgili atıkların toplanması, geri kazanımı ve güvenli bertarafının finansal sorumluluğunu üstlenmek zorundadırlar. Böylece, hem çevresel zararlar azaltılmakta hem de malzemelerin en uygun tekniklerle değer kaybetmeden işlenmesi mümkün olmaktadır. Avrupa Birliği çevreye dost uygulamalar sebebiyle üretici işletmelerin yükselen maliyetlerini bertaraf edici çeşitli destekler de sunmaktadır [26]. OECD ülkeleri, Kanada ve Avustralya’da da benzer uygulamalar bulunurken; Amerika’da üretici işletmelerin atık yönetimi uygulamaları ile ilgili serbest pazar koşullarının ve kar beklentilerinin hâkim olduğu uygulamalar bulunmaktadır [23]. Hindistan, Çin ve Güney Afrika gibi yükselen ekonomilerde ise kurumsal anlamda atık yönetimi yavaş yavaş gelişmektedir [27]. Bu durumun temel sebebi, atıkların geri kazanım işlemlerinde ulusal çevre standartlarına, iş güvenliği yasalarına ve mesleki şartlara uyma zorunluluğunun getirdiği ek maliyetlerdir. Bu ülkelerde geliştirilecek çeşitli teşvik politikaları veya Amerika’daki gibi kâr beklentilerinin yükseltilmesi ile zaman içerisinde ilerleme sağlanabilecektir. Türkiye için de benzer durum söz konusudur. Avrupa Birliği uyum süreci ile birlikte atık yönetimi ile ilgili T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı’nın çalışmaları da hız kazanmıştır. Atık yönetiminde çevre odaklı ileri teknolojilerin geliştirilmesi ve üretim faaliyetlerinde ikincil hammaddelerin kullanımına yönelik teknolojilere ilişkin Ar-Ge çalışmaları Avrupa Birliği’nin maddi katkıları ile desteklenmeye başlanmıştır.

2.7. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Uygulama süreçlerinde verilen tüm kararların çevresel boyutu daha da önem kazanmıştır. Yükselen çevre duyarlılığına paralel olarak teknoloji ve yaşam düzeylerindeki gelişmeler sonucunda her tür projenin topluma maliyeti, performansı gibi geleneksel parametrelerin yanı sıra doğal kaynakların kullanımı ve küresel çevre sorunlarına yol açma olasılığı gibi bileşenler de karar verme süreçlerinde gittikçe daha sık göz önünde bulundurulmaya başlanmıştır. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD), 90'lı yılların başından bu yana karmaşık karar verme süreçlerinde gittikçe daha sık başvuru alan ve sürekli geliştirilen bir yöntemdir. YDD yöntemi bir ürün ya da hizmet üretiminde kullanılan hammaddelerin elde edilmesinden başlayarak, ilgili tüm üretim, sevkiyat, tüketici tarafından kullanım ve kullanım sonrası atık olarak bertarafı da kapsayan yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki çevresel etkilerini belirlemek, raporlamak ve yönetmek için kullanılır. Söz konusu çevresel etkiler; iklim değişikliği, stratosferik ozon tabakasındaki incelme, ötrofikasyon, asidifikasyon, toksik emisyonlar gibi doğal kaynak tüketimi bazlarında değerlendirilir. YDD bir ürün ya da hizmetin tüm yaşam döngülerini ve bunların birbiriyle bağlantılarını bütünsel olarak değerlendirir. Bunun sonucunda değerlendirilmekte olan ürün ya da hizmetin “beşikten mezara” tüm süreçlerinde ortaya çıkabilecek her tür çevresel etki kümülatif olarak ortaya konmuş olur. Geleneksel çevresel etki değerlendirme araçlarında çoğunlukla göz önünde bulundurulmayan hammadde eldesi, sevkiyat ve nihai bertaraf gibi aşamalar da YDD yönteminde değerlendirmeye alınan aşamalar arasında bulunmaktadır.

2.7.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD)

1980'lerin sonlarında kaynak ve enerji kullanımının çevresel anlamları, özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'daki asit yağmurları problemi ve potansiyel küresel sera etkisinin büyüyen farkındalığı şeklinde ciddi bir sebep olarak ortaya çıkmıştır. Bu iki problem, atıkların yok edilmesinden ortaya çıkan çevresel problemlerin büyüyen listesine katılmışlardır. Kuşkuyla, dünyanın doğal sistemlerinin mükemmel yeteneğinin bu atıklarla baş edebilmesi hakkında ortaya çıkar ve baskı, ürünlerinin çevresel sorumluluklarını azaltmaları için üreticiler üzerine farklı yönlerden yapılır. Soru, bir ürünün üretim boyunca ham materyalden son yok etmeye kadar süren yolculuğu içinde geçirdiği evreler olarak ortaya çıkar. Bu, bir üründen veya servisten çıkan çevresel etkilerin, ürünün elde

edilmesinden yok edilmesine kadar süren tüm işlem basamakları boyunca değerlendirmesinin karşılaştırılması ve değerlendirmesinden sonra tam olarak anlaşılır olacağı gerçeğine önderlik eder.

Proje veya proje özellikli etkilerden tamamen sistem kümülatif etki değerlendirmesi yaklaşımına olan değişim, bir ürünün veya servisin çevresel etkilerini beşikten mezara kadar değerlendiren değerlendirme tekniği YDD kullanımına ilgiyi artırmak için bir katalizör olmuştur. YDD tarafından benimsenen felsefe, çevresel sorumluluğun gerçek kapsamı sadece ürün veya servisin teslimatı, kullanımı ve nihai yok olmadaki tüm basamaklar son analiz içinde hesaplanmışsa anlaşılabilir olarak ortaya çıkmaktadır. Ekonomi içinde yapılan kararların doğal çevre üzerindeki etkilerinin anlaşılması için hayat döngüsü yaklaşımı içindeki büyüyen bu ilgi sonucunda, ISO tutarlı bir metodoloji tanımlamak için uluslararası standartların gelişimine destek olmuştur. Çevresel yönetim üzerine ISO 14000 serilerinin bir parçası olan ISO 14040 standart serileri sonuç olarak ortaya çıkmıştır. ISO 14040 – Yaşam Döngü Değerlendirmesi, Prensipler ve İskelet (ISO 1998a)'dır. YDD'nin amacını aşağıdaki şekilde özetler:

YDD çevresel durumları ve bir ürünle ilişkili potansiyel etkileri değerlendirmek için bir tekniktir ve bunu şu şekilde gerçekleştirir;

- Bir ürün sisteminin ilgili girdileri ve çıktılarının envanterini derleyerek;
- Bu girdilerle ve çıktılarla ilişkili potansiyelleri değerlendirerek;
- Çalışmanın amaçlarıyla ilişkili envanter analiz ve etki değerlendirme safhalarının sonuçlarını yorumlayarak.

YDD işlemi içinde bu aşamaları icra etmenin arkasındaki ayrıntı şu standartlarla tarif edilmiştir:

- ISO 14041 Yaşam Döngü Değerlendirmesi
- Amaç ve Hareket Serbestliği Tanımı ve Envanter Analizi (ISO 1999), ISO 14042 Yaşam Döngü Değerlendirmesi
- Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (ISO 1998b) ve ISO 14043 Yaşam Döngü Değerlendirmesi
- Yaşam Döngüsü Açıklaması (ISO 1998c). ISO 14040 ve 4041 1997

Bu standartların ilki analizcinin, ürünün veya servisin üretimini ve kullanımını içeren tüm işlemleri tanımlamasını talep eder. Daha sonra, tüm girdilerin ve çıktıların (materyallerin akışı ve enerji) envanterinin her bir işlemin içine ve dışına nasıl yapılacağını göstermek için devam eder. Bu, seçilen güncel teknolojiye özgüdür. Örneğin, her bir

partikül fosil yakıtın yanmasında bilinen miktarda karbondioksit, ortaya çıkan enerjinin joule oranında yayılacaktır. Bu standartların ikincisi bu girdilerin ve çıktılarının çevresel etki kategorilerine atanmasını talep eder. Örneğin, 1 kg. metan küresel ısınmada 21,5 kg. karbondioksitle aynı etkiyi yapar. YDD'nin üçüncü ve en son aşaması iki önemli amaca sahiptir. Birincisi, önceki aşamaların çalışmalarının kalitesini garanti etmek ve ikincisi de farklı tipteki etkilerden toplam çevresel sorumluluk değerlendirmesi yapmak. Örneğin; küresel ısınma, asit yağmuru, su yollarının yok olması [28].

TS-ISO 14040/Eylül 1995'de yayınlanan Türk Standardı'nda verilen tariflere göre Yaşam Döngü Değerlendirmesi; bir mal ve hizmet sisteminde belirli bir malzeme ve enerjiden elde edilen mal ve hizmetlerle, bu sistemin yaşam döneminde ortaya çıkan ve doğrudan doğruya sisteme atfedilebilen çevre etkilerine ait bilgilerin toplanması ve gözden geçirilmesiyle ilgili bir usuller dizisidir.

Konuyla ilgili yurtdışındaki bazı kuruluşlar Yaşam Döngü Değerlendirmesini (YDD); çevre dostu ve ekonomik ürün ve üretim sistemleri tasarımı ve geliştirilmesinde kullanılan sistematik bir yaklaşım olarak tanımlamaktadırlar. Tasarım ve geliştirme sırasında irdelenmesi gereken hususlar, ürün ve üretim sisteminin veya bir prosesin beşikten mezara yani bir ürünün hammaddesinin elde edilmesinden, üretim, kullanım ve bertaraf edilmesine kadar geçen süreç içerisinde çevreye ve doğal kaynakların kullanımına olan etkileridir[29].

2.7.1.1. Gelişimi

Temel düşünce, 1960'larda enerji ve hammadde kullanımındaki sınırlamaların artmasıyla başlamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar enerji tüketimi ve gelecekte kaynak elde edilmesi ve kullanımına yönelik yaklaşımlar ile ilgili olmuştur. Bu konuda yapılan ilk yayınlardan biri Harold Smith tarafından 1963 Dünya Enerji Konferansı'nda aktarılan kimyasal ürün ve ara ürünlerin üretimi sırasında gereken toplam enerjinin hesaplanmasıdır.

1960'ların sonlarına doğru yapılan modelleme çalışmalarında, değişen dünya nüfusundan ve artan endüstriyel tüketimden kaynaklanan hızlı kaynak kullanımı ve çevresel etkileri ile ilgili tahminler yürütülmüş ve bu çalışmalar "The Limits To Growth" ve "A Blue Print For Survival" da yayımlanmıştır.

1969 yılında Coca-Cola Şirketinin uyguladığı bir YDD çalışmasında, farklı içecek kapları karşılaştırılarak, hangisinin çevreye ve doğal kaynaklara daha az zarar verdiğinin bulunması amaçlanmıştır.

Etkin olarak YDD metodolojisi geliştirme çabaları 1970’lerde Amerika Birleşik Devletlerinde başlamıştır. Çok yakın geçmişte, Kuzey Amerika Çevresel Toksoloji ve Kimya Derneği (SETAC) ve Amerika Birleşik Devletleri Çevresel Koruma Ajansı (USEPA), Yaşam döngüsü envanter analizi ve etkili değerlendirmesini idare etmek için, bir iskelet üzerindeki konsensüsü geliştirmek ve desteklemek için tasarlanmış çalışmalara ve diğer projelere destek olmuşlardır.

Benzer çabalar SETAC – Avrupa, diğer uluslararası örgütler (Uluslararası Standartlar Organizasyonu – ISO gibi) ve dünya genelindeki YDD pratisyenleri tarafından üstlenilmiştir. Bu çabalar sonucunda, uzlaşma, kapsamlı YDD iskeleti ve iyi tanımlanmış envanter metodolojisinde başarılı olmuştur [30].

1979 yılında yayımlanan “Handbook of Industrial Energy Analysis” kitabı Dr. Ian Boustead’in cam, plastik, çelik ve alüminyum gibi çeşitli içecek kaplarının üretiminde kullanılan toplam enerjinin hesaplanmasıyla ilgilidir.

1985 yılında Avrupa Komisyonu Çevre Grubu tarafından yayımlanan yönerge ile üye şirketlerin sıvı besin kaplarından kaynaklanan enerji ve ham madde kullanımları ile katı atık üretim ve bertarafını izleme zorunluluğu getirilmiştir.

1988 yılında katı atık üretimi ve bertarafı gibi konuların analizi için YDD, teknik bir yöntem olarak yeniden Kuzey Amerika ve Avrupa’da gündeme gelmiştir. Ürün ve prosesin yaşam boyu değerlendirilmesinde geri kazanım ve kompostlaştırma yaklaşımları da yer almıştır. Bu kez, Procter &Gamble’ın finanse ettiği bir YDD çalışması Arthur D. Little tarafından 1990 yılında tek kullanımlık çocuk bezleri için gerçekleştirilmiştir. 1992’de gerçekleştirilen BM Dünya toplantısında, YDD “çevre yönetim sistemlerinde kullanılmakta olan yöntemlerden en yaygın olanı” olarak nitelendirmiştir.

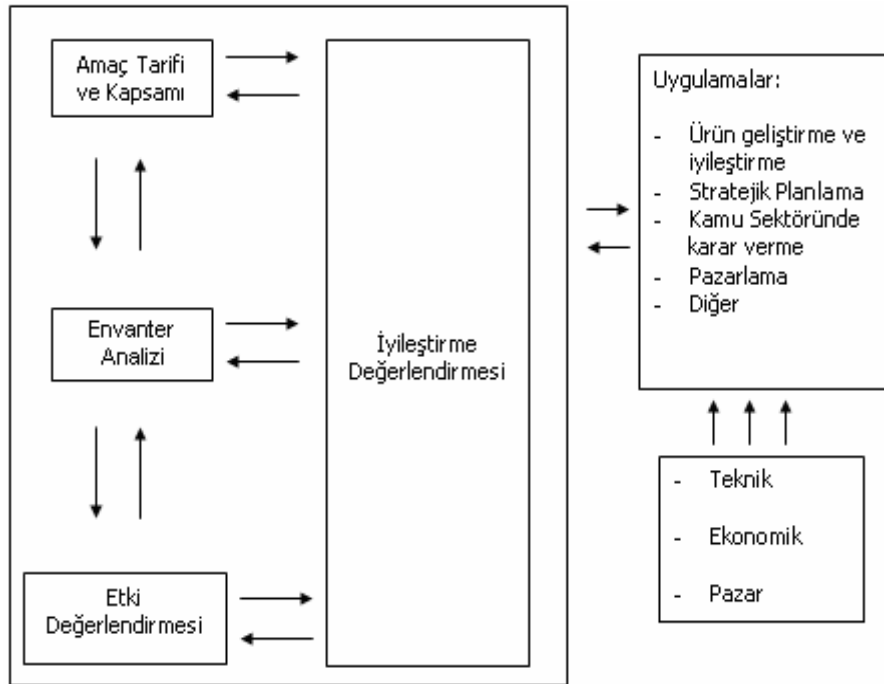
Uluslararası YDD çalışmalarından en anlaşılır tarzda olanı, The LCA Source book: A European Guide to Life Cycle Assessment, 1993 senesinde yayımlanmıştır. Bu alandaki teknik gelişmelerin arttırılması ve geliştirilmesi için son yıllarda, the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), grup çalışmaları ve toplantılar düzenlemektedir.

Bu konuda yapılan çalışmaları kolaylaştırmaya yönelik veri tabanı oluşturma, mevcut bilgisayar yazılımların iyileştirilmesi ve yenilerinin geliştirilmesi gibi çalışmalar devam etmektedir [29]. Metodoloji YDD, kaynak kullanımının ve çevresel izlerin kapsamlı çevresel sonuçlarını en aza indirmek için fırsatları sistematik olarak tanımlar ve

değerlendirir. SETAC'ın çabaları yanında USEPA'nın YDD metodolojisinde yol gösteren erken araştırması, bugün şiddetle kabul edilen dört bölümlü yaklaşıma öncülük eder:

1. Özellikle çalışmanın amacını belirtme ve uygun bir şekilde çalışmanın sınırlarını tanımlama (Amaç ve Hareket Serbestliği Tanımı);
2. Enerji kullanımını, işlenmemiş materyal girdilerini ve hayat döngüsünün her seviyesiyle ilişkili çevresel izleri ölçmek (Yaşam Döngüsü Envanteri – YDE);
3. İnsan sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri değerlendirmek için envanter sonuçlarını yorumlamak (Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi – YDED);
4. Hayat döngüsü yanında enerjiyi, materyal girdilerini veya çevresel etkileri azaltmak için fırsatları değerlendirmek (İlerleme Analizi veya Yorum) (30).

YDD, birbiriyle ilgili dört bölümden oluşmaktadır. Şekil 2.4'te özetlendiği şekilde her bölüm kendinden bir önceki bölümü izlemekte ve gerektiği durumlarda çalışılan bölümde yapılan eklemeler ve sonuçlar doğrultusunda geçmiş bölümlerde düzeltmeler yapılabilmektedir. Şekilde verilen çift yönlü oklar bu durumu göstermektedir.



Şekil 2.4. Yaşam döngü değerlendirmesinin yapısı ve bölümleri

YDD dört ana bölümden oluşmaktadır;

1. Amaç Tarif ve Kapsam

Bu aşamada Yaşam Döngü Değerlendirme çalışmasının amacı, kapsamı ve detay derecesi açık bir ifadeyle tanımlanmalıdır. İzlenmesi gereken aşamalar:

1. Amaç
2. Kapsam
3. Fonksiyonel birim
4. Veri kalite değerlendirmesi

2. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi

Envanter analizi, çalışmanın amacını ve kapsamını karşılayacak nitelikte olmalıdır, bu nedenle gerektiğinde başa dönüp yapılan işlemlerin tekrar gözden geçirilmesi gerekebilir. Bu bölümde izlenen aşamalar şöyledir:

1. Sistem ve sistemin sınırları
2. Sistemlerin karşılaştırılması
3. Veri toplanması ve hesaplama usulü
4. Envanter analiz sonuçlarının yorumlanması ve kullanılması

3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi

Etki değerlendirme bölümünde, çalışmanın amacı ve kapsamı doğrultusunda, envanter analizinde elde edilen verilere dayanarak çevre etkilerinin sınıflandırılması, nicel ve nitel olarak vasıflandırılması ve eldeki tüm bu bulgulara dayanarak yapılan çalışmaların değerlendirilmesi gereken bir aşamadır. Bu aşamada gerçekleştirilen çalışma safhaları şöyledir:

1. Sınıflandırma
2. Vasıflandırma
3. Değerlendirme

Sınıflandırma aşamasında çoğunlukla göz önüne alınan kategoriler şunlardır;

- Küresel ısınma,
- Asitleşme,
- Besin birikiminden kaynaklanan aşırı bitki büyümesi ve bundan kaynaklanan oksijen azalması,
- Canlı ve cansız doğal kaynakların kullanımı,
- Ekotoksik etkiler,

- İnsanlar üzerinde toksik etkiler,
- İş ortamının durumu,
- Alan kullanımı

4. İyileştirme Değerlendirmesi

Bu bölüm, YDD çalışmasının sonuçlarına dayanarak çevreye olan etkilerin azaltılmasına ve iyileştirilmesine yönelik yapılması gereken çalışmaları ve verilmesi gereken kararları kapsar. Bu;

- Çalışmaya konu olan sistemde çevrenin iyileştirilmesine olanak veren en iyi olanakların belirlenmesi,
- Çevresel etkileri bir alt sistemden diğerine aktaran kararlardan kaçınılması,
- Aynı fonksiyonel birimle ilgili olarak sistemler arasında gerçeklere dayanan karşılaştırmalar yapılması ile gerçekleştirilebilir [29].

2.7.2. YDD'nın Potansiyel Kullanıcı Grupları ve Uygulama Alanları

YDD uygulamaları ve sonuçları ile ilgilenebilecek çeşitli kullanıcı grupları; firmalar, ticari birlikler, kamu kuruluşları, çevreciler ve tüketici kuruluşları gibi diğer kamu dışı kuruluşlar olabilir. Bu gruplar YDD aracını, dahili çevre yönetimi ve harici amaçlar için kullanabilirler. Harici amaçlar için kullanımı, çalışmanın ayrıntı düzeyine, kullanılan veri ve metotların şeffaflık derecesine ve çalışmanın bütünlüğüne bağlıdır. Çalışmanın uygulama ve sınırlamalarına karar verirken göz önünde bulundurulması gereken konular; ele alınması düşünülen çalışmanın amaç ve kapsamının belirlenmesi, sonuçların kamuoyuna sunumu, sonuçlara dikkati çekilmesi istenen kitlenin eğitim düzeyi gibi birçok faktöre bağlıdır.

Konuyla ilgili bazı uygulamalar şöyle sıralanabilir;

- Sanayide; stratejik planlama, ürün tasarımı veya bunların yenilenmesi ve geliştirilmesi.
- Kamu Sektöründe; idari düzenlemeler, araştırma projeleri ve kalkınma finansmanı gibi konularda karar verme.
- Bir ürünün ekolojik yönüyle ilgili bir etiketlendirme programının hazırlanması.

2.7.2.1. Ürün Geliştirilmesi

Uygulamada farklılıklar görülebilmekle beraber, Dünya Çevre Endüstrisi Konseyi'nin (World Industry Council for the Environment) tanımladığı bazı ortak noktalar bulunmaktadır:

1. Malzeme seçimi

- Toksik kimyasal içeriğin en aza indirilmesi
- Geri kazanılmış ve kazanılabilir malzemelerin sisteme dâhil edilmesi
- Daha dayanıklı malzemelerin kullanılması
- Hammadde kullanımının azaltılması

2. Üretimin etkileri

- Prosesten kaynaklanan atığın azaltılması
- Enerji tüketiminin azaltılması
- Toksik kimyasalların kullanımının azaltılması

3. Ürün Kullanımı

- Enerjinin verimi
- Üründen kaynaklanan emisyonların ve atığın azaltılması
- Ambalajlamanın en aza indirgenmesi

4. Geri kazanım ve yeniden kullanım için tasarım

- Geri kazanılabilir malzemelerin sisteme dâhil edilmesi
- Kolay geri montajının sağlanması
- Malzeme çeşitliliğinin azaltılması
- Parçaların etiketlenmesi
- Ürünlerin basitleştirilmesi (örneğin, parça sayısı)
- Malzeme tipinin standardize edilmesi

5. Ürün ve bileşenlerinin ömrünün uzatılması

- Yeniden üretim için tasarım
- Kalitesini yükseltebilecek şekilde tasarım
- Kolay bakım ve onarımı sağlayacak şekilde parçaların yapılması
- Tamir edilip yenilenmiş parçaların veya alt montajın sisteme dâhil edilmesi

6. Ürün ömrünün bittiği zamana yönelik tasarım

- Güvenli bertaraf [29].

2.7.3. YDD Gelişimine Uluslararası Yaklaşımlar

Yaşam döngüsü kavramının planlayıcılar çevresi tarafından kabul görmesinin en büyük nedeni sistem mantığının akla yatkınlığı, çok çekici ve tartışılması zor olmasıdır. Bu, Çevresel Yönetim üzerinde Uluslararası Standartlar Organizasyonu 14000 altında yapılmış YDD çalışmayla beraber, bu kavram hakkında daha fazla şey öğrenme ve bir değerlendirmenin nasıl yapılacağını gösteren, insan çabasıyla büyüyen bir haberdar olmadır. YDD çevresel yönetimin önemli bir parçası olarak görülmeye başlanmaktadır. Gelişmekte olan yaşam döngü değerlendirmesi ve bazı değerlendirmeleri temel alan hareketler doğaldır ve çevresel yönetimde gerekli adımlardır. Yaşam döngü değerlendirmesi, endüstriyel çevresel gelişmeleri tanımlamaya öncülük eder ve içeride önemli ekonomik ve kaynak tasarrufu fırsatlarını ortaya çıkarır. Ürün yaşam döngüsü boyunca zararlı maddeleri kontrol etmek için geleneksel yönetici işlemlerini kullanmayı denemek, ekonomilere boğucu ve muhtemelen çevresel olarak etkisiz olduğu kabul edilen bir gerçektir. Böylece gelişen davranış, özel var oluşların çevresel yönetim sistemlerini kabul etmelerini cesaretlendirmek ve şahsi analizleri sağlamaktır.

Ürünlerin çevresel mükemmelliklerini karşılaştırmaya ek olarak YDD, kirliliği engelleyici aktiviteleri eklemek gibi endüstriyel işlemler içindeki uygulamalara değer biçmek için ayrıca kullanılır [30].

2.7.3.1. Endüstride Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

ISO 14000, YDD'nin gelişimine hem yardımcı hem de engel olmuştur. Varlığı, çevresel yapı içerisinde hayat döngüsü kavramının duyulmasının artmasında çok yararlı olmuştur. YDD üzerine dokümanların gelişimi, YDD metodolojisinin şu andaki düşüncesini birlikte tutmak ve topluma açık bir şekle getirmede çok yardımcı olmuştur. ISO 14000 doğru yöndeki bir adımdır fakat hala açıklanması gereken terimler vardır ve her bir çalışmanın amaçlarını başarıyla yerine getirmek için uygulanabilen iyi bir metodoloji ve doğru veri sağlanmalıdır [30].

Endüstri içinde, YDD'ya olan ilgi çok uluslu büyük şirketler tarafından teşvik edilmektedir. Bu şirketler genelde çevresel gelişime alanlar tanımlamak için ürünlerinde

YDD'yı kabul ederler. Tercih edilen materyallerin devamlı teminini garanti etmek için tedarikçilerle sıkı bir şekilde çalışırlar.

Çoğu alanda, Amerikan şirketleri metodolojinin envanter seviyesinde kalırlar ve yaşam döngüsünün girdi ve çıktılarını ölçmeye odaklanırlar. Bu şekilde, eylem temelde hala “az olan en iyisidir” seviyesindedir. Genelde, Amerikan endüstrisinde YDD'yı yapmak isteyen ama kesin, basit, nispeten ucuzu arayan ve uygulamak için zamanla yaklaşan engelleyici bir his vardır. Buna ilaveten, YDD'nın, çalışma sponsorlarının istediği her soruya cevap verebileceği altı çizilmesi gereken inanışı hala vardır. Çünkü kabul edilen ve çalışmayı kim yaparsa yapsın çoğaltılabilir sonuçlar verecek tek bir araç gözükmemektedir. Bu açıdan YDD'nın faydası hakkında kuşkular devam etmektedir.

Amerikan endüstrileri üzerinde kabul ettirilen birçok kirlilik kontrol yönetmelikleri, birkaç şirketin, ihtiyaç veya yönetmeliklere itaat etmenin ötesine gitmenin fayda olduğunu görebilmelerini sağlamıştır. Küçük şirketler için genelde ihtiyacın sorun olmadığı fakat kaynakların nerede sınırlandığı ve geçerli olan yönetmeliklere razı olarak ne kullanmaları gerektiği önem teşkil etmektedir. Onlara göre YDD, kabul edilmiş bir şirket imajından fayda sağlamaya ek olarak, potansiyel problemleri kullanarak çevresel yönetimde proaktif olmanın bir yoludur.

Avrupa'da çoğunluk YDD'yı karar vermek için destekleyici bir araç olarak görür. Kuralcı öğeler, iyi yönetmeliklerde açıkça tanımlanmış girdi ile takip edildiği ve sonuçların şeffaf yoldan sunulduğu sürece sorun teşkil etmemektedir [30].

2.7.4. YDD Gelişiminde Gelecek

YDD kullanımı ve aktivitesi sürekli arttığı sürece, genişçe yayılan adaptasyonuna mani olacak çok sayıda engel olacaktır. Başlıca üç engel;

1. Yaşam döngüsü kavramının kullanım öneminin farkındalığının eksikliği,
2. Yaşam döngüsü envanter verisine ve verinin kalitesinin ölçümüne erişememe,
3. Etki değerlendirmesi metodolojisini anlamamanın ve spesifik uygulama için ne tipte modellemenin uygun olduğunu tanımlamanın eksikliğidir.

1. Yaşam döngüsü kavramının kullanım öneminin farkındalığının eksikliği: Yapımcılar ve karar vericiler, üretim ötesine geçmenin önemini ve aktivitelerinin taşıdığı yaşam döngüsü etkilerinden haberdar olmaya ihtiyaç duyarlar. Daha da önemlisi, medya tabanlı veya endüstri odaklı düzenlemeler ve politikalarla uğraşan yönetim ofisleri yaşam döngüsü düşüncesini kullanmaya başlamaya ihtiyaç duyarlar. Yaşam döngüsü

düşüncesinin, kamusal politika yapmada potansiyel olarak faydalı olduğu çok sayıda örnek bulunmaktadır.

2. Güvenilir YDD verisine erişememe: Oluşan veri eksikliği muhtemelen çoğu uygulamaları önlemiştir. Kuzey Amerika ve Avrupa’da veri kolay erişilir hale getirilmiştir. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesinin Gelişimi Kurumu (SPOLD), YDD verisi için mantıksal bir yapı tanımlayan bir veri değişim formatı geliştirmiştir. Veri Erişilebilirliği ve Veri Kalitesi üzerine SETAC – Avrupa çalışma grubu, YDD verisinin erişilebilirliğini ve serbest değişimini geliştirmek, veri kalitesini değerlendirmek ve geliştirmek, kesin olmayan ölçümleri değerlendirmek ve sağlamlık kontrollerini yayınlamak adına metodları araştırmak için STEAC Avrupa yıllık toplantısında, Fransa’nın Bordeaux kentinde 1998 yılında şekillenmiştir. Üç yıllık döneminde çalışma grubu, YDD’nin kullanışlılığını ve güvenilirliğini artırmaya yardımcı kılavuz doküman hazırlamayı tasarlamıştır. Çalışma grubu ayrıca ISO 14000 serileri altında kılavuz gelişimini teklif etmek için ISO işlemleri boyunca çalışmıştır.

3. Etki değerlendirme metodunun zayıflığı: Bu, Yaşam Döngüsü Etki Analizi (LCIA-Life Cycle Impact Assessment) üzerinde çokça girişimin yayınlandığı Amerika Birleşik Devletlerinde, Avrupa’dan daha fazla engel olarak görülmüştür. Ama takip edilmesi gerek metodolojinin ne olduğu hakkında bir uzlaşma yoktur [31].

YDED metodolojisindeki gelişmenin başlangıç seviyelerinde olmasına rağmen, çalışma amacı şeklinde tanımlanan tenkit edilen etki değerlendirme yaklaşımlarının, hepsine uygun tek ölçü yaklaşımını geliştirme girişiminden daha uygun olabildiğini geliştiriciler onaylamaya başlamışlardır.

2.8. Yaşam Döngüsü Analiziyle İlgili Uygulamalar

2.8.1. Literatür özeti

Malzemelerin yeniden kullanım olasılıkları ve yüksek bir geri dönüşüm seviyesinde dayanıklı tüketim malzemelerinin fonksiyonel parçalarıyla ilgili olarak Schwarz (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, uygulama sahası olarak buzdolabı üretimi seçilmiş, malzeme envanteri, üretim ve kullanım ile bağlantılı çevresel etkileri tanımlamak için Sima Pro 4 yazılımı kullanılmıştır. Mevcut geri dönüşüm koşulları farklı tasarım ve maksimum geri dönüşüm senaryolarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlara göre, kompresör gibi fonksiyonel parçaların, metal levhalar gibi malzemelerin ve poliüretan köpüğün yeniden kullanımı ile yaklaşık % 25 oranında çevresel gelişimin başarılabileceği belirlenmiştir[32].

Klima sistemlerinde hidroklorofloro karbonlar (HCFC) yerine kullanılan başta hidrofloro karbonlar (HFC)'lar gibi soğutma gazlarının, atmosfere verilmeleri durumunda büyük ölçüde küresel ısınma potansiyeli oluşturdıkları bilinmektedir. Barnabe (1999) tarafından yapılan bu çalışmada da HFC'lerin kullanımını azaltmaya yönelik olarak, Sima Pro yazılımı kullanılmış, iki ürünün (CAC ve RAC) YDD çalışması yapılmıştır[32].

Yoshida ve ark. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada da, yapım aşamasında olan yeni bir geri dönüşüm tesisinde gerçekleştirilecek olan geri dönüşüm senaryosunun çevresel performansı, konvansiyonel geri dönüşüm /bertaraf senaryoları ile karşılaştırılmıştır. Konvansiyonel senaryolar olarak, demir geri kazanımlı parçalama sistemi ve geri kazanımsız depolama seçilmiştir. Konvansiyonel sistemlerle karşılaştırıldığında, yeni geri dönüşüm tesisinin kullanılmasını öngören senaryonun, çevresel yükleri önemli derecede azalttığı sonucuna varılmıştır[32].

Zabaniotou ve Kassidi (2003) tarafından yapılan ayrı bir çalışmada ise, polistrenden ve geri dönüşümlü kâğıttan üretilen iki yumurta viyolü ambalajının karşılaştırılması amacıyla bir YDD uygulaması yapılmış, kütle ve enerji denklilikleri kurulmuş, iki sistemin çevresel etkileri analiz edilmiştir. Bu çalışmada, Eco-Indicator 95 yöntemi kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmış, geri dönüşümlü kâğıt ambalajların daha çok ağır metal ve kanserojen madde yaydığı, polistren ambalajın ise daha çok asidik potansiyele sahip olması nedeniyle, kış ve yaz aylarında sise yol açtığı belirlenmiştir[32].

Ross ve Evans (2003) depolama alanlarına giden atık miktarını ve aynı zamanda çevresel zararı da azaltmaya yönelik olarak, plastik bazlı ambalajlamanın yeniden kullanım veya geri dönüşüm stratejilerini, YDD yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Kaynaklar ve çevresel etkiler, fosil yakıt tüketimi, sera gazı emisyonları, fotokimyasal oksidant belirtilerini içeren durumlar, her iki ambalaj maddesinin de ömrünü belirleyici etkenler olarak sınıflandırılmıştır. Sonuçlara göre, plastik bazlı ürünler için hem geri dönüşüm hem de yeniden kullanım stratejileri önemli çevresel yararlar sağlamaktadır[32].

Huang ve Ma (2004) tarafından yapılan çalışmada, ambalaj malzemelerinin çok boyutlu çevresel değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışmada, çevresel etkileri, kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirerek yeni bir yaklaşımda bulunulmuştur. Kantitatif bir yöntem olan YDD ve kalitatif bir yöntem olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) bu yeni yaklaşımı oluşturan metodlar olarak ele alınmış, bu iki metodun bulguları bir küme analizinde birleştirilmiştir. Finnveden ve Ekvall (1998) tarafından kâğıt ambalaj malzemelerinin geri dönüşüm ve enerji geri kazanımlı insinerasyonunun, YDD'nin yararlarını belirtme

açısından incelendiği bir çalışmada, YDD'nin tekrarlanabilirliği de değerlendirilmiş ve farklı gruplar tarafından yapılan YDD'ler arasında olabilecek farklılıkların nedenleri tartışılmıştır. Aynı zamanda kâğıt ambalaj malzemelerinin geri dönüşümüne karşılık, insinerasyonunun çevresel avantajları üzerine bir sonuca varmak için bir yaklaşımda bulunulmuştur[32].

Plastiklerin farklı toplama yöntemlerinin ekonomik uygunluğu ve çevresel etkileri, Quintavalla ve diğ. (2004) tarafından YDD analizleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında, geri kazanım/geri dönüşüm, yakma ve depolamadan oluşan ve şu anda geçerli olan bir senaryo ele alınmış; ikinci kısmında ise gerçek veriler kullanılarak plastiklerin toplama ve taşıma sistemlerinin, geri kazanım ve bertarafının YDD yöntemi kullanılarak bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Olası alternatif senaryoların karşılaştırılmaları, Eko indikatör 99 metoduyla yapılmıştır. Ele alınan proseslerde, PET geri dönüşümü -0.00172 puan (Pt), PE geri dönüşümü -0.00259 Pt ve PVC VINYLOOP geri dönüşümü ise -0.000639 Pt ile önlenen en büyük hasarlar olmuştur. İnsinerasyon ise, toplam önlenen hasar $-8.12E-5$ Pt olarak verilmiştir. Yukarıda verilen değerlerin aksine, sahada bertarafın $7.78E-5$ Pt değerinde bir hasara neden olduğu belirlenmiştir[32].

Camobreco ve diğ. (1999) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, modern bir evsel kati atık düzenli depolama alanının yaşam döngüsü envanteri yapılmıştır. 2 yıl süren bu çalışmada 100'den fazla düzenli depolama alanını temsil eden veriler kullanılmış ve ayrıca bir yazılım geliştirilmiştir. Mendes ve diğ. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada ise, Brezilya'nın São Paulo kentinin evsel kati atıklarının insinerasyonunun ve düzenli depolanmasının çevresel etkileri, YDD kullanılarak karşılaştırılmıştır. Enerji geri kazanımlı insinerasyon ve düzenli depolama beş ayrı senaryoda ele alınmıştır. İnsinerasyon senaryosu kendi içinde, kül arıtma sistemli, kül eritmeli ve külün yeniden kullanıldığı (tuğla yapımı) olmak üzere üç farklı senaryoya ayrılırken; düzenli depolama ise enerji geri kazanımlı ve enerji geri kazanımsız olmak üzere iki farklı senaryoya ayrılmıştır. Enerji tüketimi, kaynakların geri kazanılması, hava emisyonları ve atık su, alternatiflerin etki potansiyelleri olarak analiz edilmiştir. Bu çalışma; artan enerji tüketimi nedeniyle külün tuğla üretiminde kullanıldığı insinerasyon senaryosunun, diğer senaryolar arasında en yüksek çevresel etkiye sahip olduğu; düzenli depolamanın insinerasyondan daha fazla çevresel etkiye sahip olduğu; enerji geri kazanımlı düzenli depolamanın diğerine göre daha az çevresel etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ayalon ve diğ. (2000) tarafından yapılan çalışmada, İsrail'de içecek ambalajlarının çok yönlü Yaşam Döngüsü

Değerlendirmesi uygulaması yapılmıştır. Ele alınan yaklaşım, ticari bir ürün YDD'si ile ürün zincirindeki tüm çevresel yükümlülüklerin dikey toplamını, kullanım ve bertaraf aktivitelerini, farklı ürünlerin ve geri dönüşüm, insinerasyon ve düzenli depolama gibi bertaraf senaryolarının yatay karşılaştırmasını birleştirmektedir. Bu çalışma, ambalaj alternatiflerini karşılaştırmanın en etkin ve açık yolunun, alternatifleri maliyet gibi bir temelde uygun olarak yerleştirmek olduğunu savunmaktadır. Çevresel varlıkların mali değerlerinin sınırlarını ve zorluklarını dikkate alarak yürütülen bu çalışmada her bir alternatifle ilgili çevresel yarar ve zararlar tahmin edilmiştir. Aprili ve diğ. (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, YDD metodolojisi evsel katı atık için düzenli depolama alanına uygulanmıştır. HELP 3.07 ve Land GEM modelleri depolama alanının ilk 30 yılı boyunca 1 ton atık tarafından oluşturulan sızıntı suyu ve biyogaz miktarlarının tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Daha sonra atık toplamadan başlayıp, arıtılmış sızıntı suyunun yüzeysel suya karışmasıyla biten yaşam döngüsüne dair envanter verisi belirlenmiş ve SimaPro3.1 kullanılarak bir YDD sistemi oluşturulmuştur. Eco- indikatör değerlendirme metodundan elde edilen sonuçlardan toplam çevresel hasarın %30'unun taşımadan kaynaklandığı, küresel ısınma ve fotokimyasal smog gibi hasar kategorilerine biogazın katılımının toplam hasarın % 46'si, ağır metal ve ötrofikasyon gibi hasar kategorilerine sızıntı suyunun katılımının ise toplam hasarın % 14'ü olduğu saptanmıştır[32].

Song ve Hyun (1999) tarafından yapılan bir çalışmada, PET için çeşitli atık yönetim senaryolarının YDD metodolojisi yardımıyla karşılaştırılması yapılmıştır. PET şişelerin yaşam döngüsünde yer alan üretim ve atık senaryolarının tüm aşamalarında tüketilen enerji ve oluşan emisyonları dikkate almak üzere enerji ve kütle dengeleri kurulmuş ve daha sonra bu çeşitli atık senaryolarının gidiş yolunu göstermek üzere bir matematik model oluşturulmuştur. Şişelerin toplama modeli için, lineer olmayan fonksiyonel ilişki seçilmiş ve değerler modele uygulanmıştır. Bu geliştirilmiş modeli kullanarak, çeşitli atık yönetim alternatiflerinin çevresel yükleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmaların yanı sıra özel sektör açısından önem taşıyan, ürün geliştirmeye ilgili olarak da çeşitli uygulamalar vardır. Ürün geliştirmeye çevresel amaçların birleştirilmesine dair yürütülen projelerden bazı örnekler aşağıda verilmiştir:

Ekolojik Ürün Projesi (İsveç): Ekolojik Ürün Projesi 1992 yılında İsveç'te İsveç Sanayi Federasyonu'nun bir girişimiyle başlatılmıştır. Projenin ana fikri, ürün geliştiricilerin, alıcıların ve diğer karar verici mekanizmaların, proseslerden ve ürünlerden kaynaklanan çevresel etkileri dikkate almalarına yardımcı olmak için YDD tabanlı bir

hesaplama sistemi geliştirmektedir. Daha sonra, şirket içi araç olarak kullanılabilecek bir bilgisayar tabanlı yazılım versiyonu olan çevresel ncelik Sistemi (EPS) ve çevreci ürün geliştirme eğitim paketleri de geliştirilmiştir [32].

NEP Projesi (İşkandinavya): Çevresel rn geliştirmeye yönelik olan bu proje İsveç, Norveç ve Finlandiya gibi kuzey ülkelerini içermekte ve öncelikle İsveç ve Norveç endstirileri tarafından uygulanan, YDD veri tabanının genel yapısının geliştirilmesinden ve birçok vaka çalışmasından oluşan iki bölüm içermektedir. Bu projede, YDD, Kalite Fonksiyon Açılımlı (QFD) ve Yaşam Döngüsü Maliyet Analizi (Life Cycle Cost Assessment) gibi ürün geliştirme araçlarıyla birleştirilmiştir.

Eko-Dizayn Programı (Hollanda): Bu Alman Eko-Dizayn programı, sekiz firmanın, gelişmiş bir ürüne ulaşma amacıyla çevresel bakış açılarını birleştirmeye çalıştıkları deneysel bir projedir. Projedeki ana fikirlerden birisi, şirket içinde çevresel açıdan uzmanlardan ve ürün geliştiricilerden oluşan bir takım oluşturmaadır. Bu projede, nicel YDD'yla birlikte daha kavramsal bir yasam döngüsü yaklaşımı kullanılmıştır [32].

Eko-İndikatör Programı (Hollanda): Eko-İndikatör programı, tasarımı amaçlı bir YDD prosedürünün oluşturulmasıyla sonuçlandırılmıştır. Programın ana fikri, her bir proses ve malzeme için beşikten mezara etkileri tanımlayan tek bir sayının olmasıdır. Her bir proses ve malzeme için tek sayının olması durumunda proses ağacının oluşturulmasına, emisyon verilerinin toplanmasına ve denek kurallarının belirlenmesine gerek yoktur [32].

Malzeme Teknolojisi Programı (Danimarka): Danimarka Malzeme Teknolojisi Programı'nda, malzemelerin ve proseslerin gelişim sürecinde meydana gelen potansiyel yasam döngüsü etkilerini açığa çıkarmak için bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem ve beraberindeki veri tabanı, küresel ve çevresel etkilere katılımın başlangıç hesaplamalarının yanı sıra, potansiyel sağlık ve ekolojik etkilerin ve atık yönetimi seçeneklerinin nicel olarak gösterimi için de kullanılabilmektedir. Bu yöntem, yasam döngüsündeki potansiyel sıcak noktaları belirlemekte ve mevcut teknolojilerle karşılaştırmalar için esaslar vermektedir[32].

EDIP Projesi (Danimarka): Danimarka EDIP Projesi 1991'den1996'ya kadar, Danimarka Teknik niversitesi rn Geliştirme Enstitüsü'yle ve diğer ilgili merkezlerle işbirliği içinde olan beş Danimarka şirketini kapsar. Bu projenin amacı, bu şirketlerdeki tasarımı takımlarına, ürün geliştirmede çevresel kriterleri ele almayı destekleyen yöntemler ve araçlar sunmaadır. YDD yöntemine dayalı bu araçların ürün geliştiriciler ve evre uzmanları arasında interaktif olarak kullanılması düşünülmüştür. Çevresel etkilerin

değerlendirilmesi için detaylı kriterler ve yöntemler geniş kapsamlı olarak raporlanmış ve Danimarka Çevre Koruma Ajansı tarafından projeyi destekleyici bir veri tabanı oluşturulmuştur [32].

Yaşam Döngüsü Tasarım Projesi (A.B.D.): ABD Yaşam Döngüsü Tasarım Projesi, bir Yaşam Döngüsü Tasarım Kılavuzu (Life Cycle Design Guidance Manual) ile sonuçlanmıştır. Projenin çıkış noktası, bir tasarım prosesinin tüm yaşam döngüsüyle ilişkili çevre, performans, maliyet, yasal ve kültürel bakış açılarından oluşan beş kavramsal matrisi formüle edici bir yapı kurmaktır. Çeşitli tasarım gereksinimlerinin formüllendirilmesi, belirlenmesi ve ağırlıklandırılması, iyi organize edilmiş bir çevre yönetim sistemiyle birlikte, başarılı bir projenin kritik noktası olarak vurgulanmıştır. Projenin ikinci aşaması, sonuçları raporlanmış olan projelerin sunulmasıdır.

21. yy. ‘da Endüstriyel Üretim Stratejileri (Almanya): Bu Alman araştırma programının bir parçası olarak, tekrarlamalı bir YDD yöntemi geliştirilmiş ve ürün geliştirmede kullanılmıştır. Bu yöntemin amacı, ürün geliştirme aşamasında yararlı olabilecek sonuçlar üretmek ve YDD uygulayıcısı ve ürün tasarım ekibi arasında bir iletişim kurmaktır. Projenin çıkış noktası, ana amaçlara yönelik nitel (ya da yarı nicel) bilgi tabanı oluşturmaktır [32].

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Gaziantep Katı Atık Yönetimi

Gaziantep sürekli artan nüfusu, hızla gelişen sanayisi ile dünyada en hızlı gelişen iller arasında yer almaktadır. Gaziantep için dış göçü önlemeye çalışmak ve nüfusu kontrol altında tutmak yerine, dış göçü kabullenerek, gelişim odağında hizmetleri kaliteli ve yeterli hale getirmek daha akılcı bir yaklaşım olarak benimsenmiştir. Bu durum hedef odaklı, çok aktörlü ve toplumdaki aktörleri yapabilir kılan ve kaynakların yönlendirilmesini kolaylaştıran yönetim anlayışının hayata geçirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. İl genelinde kamu ve özel sektör birlikteliğinin pek çok örneğine rastlanması mümkün olmasına rağmen Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından yapılan uygulamalar, yöntem olarak Türkiye’de ilk ve örnek olması açısından önemlidir. Verilen hizmetler sektör bazlı incelendiğinde, ulaşım, çevre, inşaat ve enerji sayılabilir. Çevre sektöründe Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülmesi gereken veya Büyükşehir Belediyesi’nin de sorumluluğunun olduğu mevzuata göz attığımızda 20’den fazla yönetmelik olduğu görülür. Bu çalışmada atık yönetimine dair yürütülen faaliyetler ile gelecek senaryolarının sürdürülebilir çevre perspektifinde yapılabilecek senaryolar karşılaştırılmıştır. Öncelikli olarak Gaziantep ilinde mevcut atık yönetimi ve atık sorununun boyutlarını incelemek yaşam döngüsü değerlendirmesi incelemesine esas alınması bakımından önemlidir.

3.2. Atık Sorununun Boyutları

3.2.1. Ambalaj Atıklarının Yönetimi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayımlanan ve 24.08.2011 tarih ve 28035 Sayılı Resmi Gazete ile yürürlüğe giren Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği kapsamında Gaziantep’te ambalaj atıklarının büyük çoğunluğu ayrıştırılmaktadır. Ayrıştırma işlemi kaynağında ve geçici depolama alanı olan konteynerlerde gerçekleştirilmektedir. İl genelinde özellikle resmi daireler, hastaneler, okullar, üniversite, alışveriş merkezleri, bankalar vb. gibi kuruluşlarda atık kâğıtlar lisanslı firmalar aracılığı ile toplanmaktadır. Katı atık düzenli depolama alanına atık taşıyan merkez ilçelerinden Şahinbey belediyesi henüz evlerden ayrı toplama yapmamaktadır. Şehitkâmil Belediyesi Ağustos 2012 tarihinden itibaren kaynağında ayrı toplama faaliyetlerine başlamıştır. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi atıkların ayrıştırılmasına yönelik gelen talepleri ilçe

Belediyelerine yönlendirmekte, ayrıştırılmış atıklar veya düzenli olarak atıklarının alınmasını talep eden kuruluşlar, lisanslı firmalara yönlendirilmektedir. Buna rağmen ayrı toplanmanın yapılmadığı ve evlerden kaynaklanan ambalaj atıkları karışık olarak toplanmakta ve düzenli depolama alanında bertaraf edilmektedir. İl genelinde toplama, taşıma ve geri dönüşüm lisansına sahip 14 adet firma bulunmaktadır. Toplama faaliyetlerinin yürütüldüğü ilçelerde ayrı toplanan atıklar Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Ayrı toplanan ambalaj atıkları

Plastik malzeme ve türevleri	Metaller	Camlar (renkli ve renksiz olmak üzere)	Kağıt ve karton
Su ve meşrubat şişeleri	Teneke	Su ve meşrubat şişeleri	Gazete ve dergiler
Bulaşık ve çamaşır deterjan kutuları,	Alüminyum	Reçel, konserve ve sos kavanozları	Kağıt ve karton ambalajlar
Şampuan şişeleri,	Yağ tenekeleri	Bardak, sürahi vs	Karton ve mukavva kutular
Sıvı yağ şişeleri,	Konserve kutuları	Kırık camlar	Kullanılmış defterler malzemeler
Yoğurt ve margarin kapları,	Meşrubat kutuları	Cam Kumbaralarına Atılmayacak Malzemeler	
Kullanılmış plastik ev eşyaları (leğen, çamaşır sepeti vb.),		Pencere, ayna	
		Kristal cam	
		Porselen, seramik	
		Ampul	

Ayrı toplamaya dair yürütülen faaliyetler tanıtım ve bilgilendirme faaliyetleri ve ayırma esnasında kontrol ile desteklenmiştir. Özellikle ayırma faaliyetlerinde geri dönüşüm malzemelerinin içinde organik içerikli atıklara rastlanması, evsel nitelikli atıkların toplanması esnasında geri dönüşümlü atıklara rastlanması, denetim ve bilgilendirme faaliyetlerinin sürekli olmasını gerektirmiştir.

2008 yılından itibaren başlayan ve hala devam eden toplama faaliyetlerine göre, lisanslı firmalar tarafından toplanan ve kayıtlara geçen ambalaj atıkları miktarı Tablo 3.2’de verildiği gibidir.

Tablo 3.2. Gaziantep’te yıllara göre ayrı toplanan ambalaj atıkları miktarı

	Kızılırmak	Çevkasan	Çelikler Plastik	Yaşar Ambalaj	Kıratlı Plastik	Petsa Plastik
2009	20.808.549	2.832.309	414.193	11.480.026	-	-
2010	23.161.569	12.012.735	1.285.855	26.590.881	4.837.766	309.490
2011	43.970.118	14.845.044	1.331.080	38.070.907	6.011.499	486.470

Toplam(kg)	87.940.236	29.690.088	3.031.128	76.141.814	10.849.265	795.960
Ambalaj Tüm Firmalar Toplam(kg)						208.448.491

Geri dönüşüm faaliyetleri devam etmesine rağmen, yeterli miktarda veya hedeflenen miktarda olup olmadığını kıyaslamak önemlidir. Bu amaçla geri kazanılan atık miktarının geri kazanılabilir atık miktarı ile kıyaslanması yaşam döngüsü değerlendirmesi senaryolar bölümünde irdelenecektir.

3.2.2. Tıbbi Atıklar

22.07.2005 tarih ve 25883 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile 31 Mart 2006 (2006/7) genelge ile tıbbi atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili esas ve kriterler yeniden belirlenmiş, aynı zamanda bu atıkların alternatif bertaraf teknolojileri ile bertarafı konusunda düzenlemeler yapılmıştır. Buna göre tıbbi atıklar yakılarak veya düzenli depolanarak bertaraf edilebilmekte veya sterilize edilerek zararsız hale getirilmektedir.

Bununla birlikte, Avrupa Birliği’nin 99/31/EC sayılı “Atıkların Düzenli Depolanması Direktifi”nin 5. maddesi enfekte atıkların doğrudan düzenli depolama sahalarına gömülmesini yasaklamaktadır. Ülkemizde ise Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ndeki teknik kriterlere uymak kaydıyla tıbbi atıkların düzenli depolanarak bertarafı mümkün olmakla birlikte, AB mevzuatına uyum çalışmaları kapsamında düzenli depolama ile ilgili mevzuatın yürürlüğe girmesine paralel olarak yapılan bir düzenleme ile tıbbi atıkların doğrudan depolanması yasaklanmıştır.

Gaziantep ilinde tıbbi atıkların kaynağında toplanarak düzenli depolanması faaliyetlerine 2005 yılında başlanmıştır. 2005 yılında Şahinbey ilçe belediyesi tarafından 2 araç ve 7 personel ile toplanan tıbbi atıklar 2006 yılından itibaren Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından toplanmaya başlanmış 2007 yılından itibaren düzenli depolama ile birlikte bertaraf yönteminde yapılan değişiklikte sterilizasyon tesisi kurulması hazırlıklarına başlanmıştır. 2008 yılında 10 yıllığına ihale edilen “Tıbbi Atıkların Toplanması, Taşınması, Sterilizasyon Tesisi Kuruluncaya Kadar Düzenli Depolanması, Tesis Kurulduktan Sonra Sterilize Edilen Tıbbi Atıkların Evsel Atıklarla Bertaraf Edilmesi” işi 9 araç ve 40 personel ile yürütülmektedir. Tablo 3’de Gaziantep’te 2005-2013 yılları arasında toplanan ve bertarafı sağlanan tıbbi atık miktarları verilmiştir [33].

Tablo 3.3’de görüldüğü gibi tıbbi atıkların yönetmeliğe uygun olarak toplanıp düzenli depo sahasında bertarafına başlandığı 2005 yılından itibaren her geçen yıl miktarlarda önemli artışlar olmuştur. Şehrin sanayi potansiyelinin yüksek olması, iş potansiyeli ile beraber Doğu ve Güney Doğu Anadolu bölgesinin endüstriyel merkezi konumunda olması göçün ve nüfusun başlıca artma nedenleri arasında sayılabilir. Belirtildiği üzere ilk aşamada 2 ilçe belediyesi sınırlarında toplanan tıbbi atıklar 2008 yılında yapılan ihale ile il genelindeki tüm ilçelerden toplanmaya başlamıştır. Bunun yanı sıra ülkemizde nüfus artışına ve hizmetin yerinde sunulmasına bağlı olarak hastane atıklarının miktarı her geçen yıl hızla artmaktadır. Ayrıca son yıllarda tehlikeli bulaşıcı hastalıkların (AİDS, Viral hepatit vb.) artış göstermesi, plastik enjektörler ve kan setleri gibi tek kullanımlık malzemelerinde kullanımını arttırmış olup, yeni uygulamalar doğrudan tıbbi atık üretim miktarına yansımıştır.

Tablo 3.3. 1 Yıllık tıbbi atık miktarları(33)

Yıllar	Tıbbi atık miktarı
2005	795.462 Kg/Yıl
2006	947.571 Kg/Yıl
2007	1.045.253 Kg/Yıl
2008	1.374.568 Kg/Yıl
2009	1.490.591 Kg/Yıl
2010	1.715.858 Kg/Yıl
2011	3.593.911 Kg/Yıl

Gaziantep ilinde büyük miktarda atık üreten kaynaklar ve bu kaynaklara ait bilgiler Tablo 3.4’de verilmiştir (42). Gaziantep ilinde tıbbi atık oluşturan kaynakların en önemlileri Tablo 3.4’de verildiği gibi 1 adet üniversite hastanesi, 6 devlet hastanesi ve 8 özel sağlık kuruluşundan meydana gelmektedir. Bu sağlık kuruluşlarının toplam yatak kapasitesi 3661 olup bu tesislerden toplanan tıbbi atık miktarı yaklaşık 3000 kg olarak belirlenmiştir. Buna göre Gaziantep ilinde toplanan toplam tıbbi atık miktarı olan 4000 kg’ın büyük bir bölümünün Tablo 3.4’de verilen 15 sağlık kuruluşundan toplandığı görülmektedir [34].

Tablo 3.4. Gaziantep’te tıbbi atık oluşturan kaynaklar

Sıra	Hastane adı	Yatak sayısı	Günlük ortalama (kg)	Yatak başına atık miktarı (kg)	Dağılım (%)
1	Gaziantep Üniversitesi	850	1236,932	1,46	30,28
2	Av. Cengiz Gökçek Devlet Hastanesi	634	413,87	0,65	10,13
3	Gaziantep 25 Aralık Devlet Hastanesi	600	236,9	0,39	5,80
4	Gaziantep Çocuk Hastanesi	395	120,89	0,31	2,96
5	75.Yıl Kadın Hastalıkları Ve Doğum Hastanesi	188	188,1	1,00	4,60
6	Oğuzeli İlçe Devlet Hastanesi	30	9,43	0,31	0,23
7	Şehitkâmil Devlet Hastanesi	400	266,6	0,67	6,53
8	Gaziantep Özel Sağlık Hizmetleri A.Ş.	165	112,3	0,68	2,75
9	Sentez Sağ. Hiz. Aş. Özel Medical Park Hastanesi	157	73	0,46	1,79
10	Set Endoskopi Ltd. Şti Özel Hatem Hastanesi	20	52	2,60	1,27
11	Özel Hayat Sağlık Hastanesi San Ve Tic A.Ş	44	50	1,14	1,22
12	Primer Tıp Merkezi Özel Sağlık Hiz. San. ve Tic.Aş	51	110	2,16	2,69
13	Sev Amerikan Hastanesi	50	68	1,36	1,66
14	Tam-Med Özel Hastane Teşhis ve Tedavi Hiz.	50	51	1,02	1,25
15	Yılmaz Özel Hastane Sağ Hiz. Ltd. Şti.	27	13	0,48	0,32
	TOPLAM	3661	3002,022	0,82	73,49

Sağlık kuruluşlarında oluşan atıklar yatak kapasitesine ve yıl boyunca toplanan atık miktarları ile ilişkilendirildiğinde yatak başına her hastanenin oluşturduğu atık miktarı tespit edilebilir. Buna göre Gaziantep ilinde oluşan atık miktarının ortalama olarak 0,82 kg/yatak/gün olduğu belirlenmiştir. Atık oluşum miktarları sağlık kuruluşu çeşidine göre sınıflandırıldığında üniversite hastanesinde oluşan atık miktarının 1,46 kg/yatak/gün olduğu görülmekte ve % 30,3 ile bu kuruluşun en büyük atık üreticisi olduğu görülmektedir. Bu durum, Tıp fakültesinin çeşitli dal merkezlerini bir arada bulundurması ve bir araştırma hastanesi olması ile birlikte yalnız Gaziantep halkına değil, çevre illerden gelen hastalara da hizmet vermesinden kaynaklanmaktadır. Devlet hastanelerinde oluşan ortalama atık miktarı 0,51 kg/yatak/gün olup bu kuruluşların atık üretim miktarlarındaki payı % 23 olarak belirlenmiştir. Özel sağlık kuruluşlarında oluşan tıbbi atık miktarları ise ortalama

olarak 1,15 kg/yatak/gün olarak belirlenmiştir. Bu kuruluşların toplam atık üretimi içerisindeki payı ise % 50,8 olarak belirlenmiştir. Özel sağlık kuruluşlarında oluşan atık miktarının daha yüksek olmasının temel sebebi bu kuruluşlarında daha çok enjeksiyon, pansuman gibi yüksek miktarlarda tıbbi atık oluşumuna sebep olan işlemlerin gerçekleştirilmesidir. Elde edilen bu veriler atık yönetimi konularında yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır. Yapılan denetimlerde özellikle tespit edilen husus, atıkların sınıflandırılmasında yapılan hatalar ve özellikle tıbbi atıkların evsel atıklarla karıştırılması durumudur. Bu konuda hastanelerde atık yönetimi konulu eğitimlerin yapılması, evsel atık depolarının veya konteynerlerinin de izlenmesi ile sistemin sürdürülebilirliğine olumlu katkı sağlanacaktır. Verilerin düzenli olarak kayıt altına alınması, aylık değişimlerinin takip edilmesi, sürece olumlu katkı sağlayacaktır.

3.2.2.1. Tıbbi Atık Bertaraf Metotları ve Buharla Sterilizasyon Yöntemi

Tıbbi atıkların en etkili ve güvenli bertaraf yöntemi yakma olmakla birlikte, gerçek anlamda bir yakma tesisinin yatırım ve işletme maliyetinin yüksekliği, başta dioksin ve furan olmak üzere yanma sonucu oluşacak baca gazlarının arıtılmasında yaşanacak zorluklar, bu gazların ölçümü, analizi ve arıtılmasının ileri teknoloji ve yüksek maliyet gerektirmesi, procesten çıkan ve tehlikeli atık olarak kabul edilen küllerin de uygun bir depolama alanında bertaraf edilmesi zorunluluğu gibi etkenler nedeniyle, tıbbi atıkların yakılarak bertarafının hâlihazırda ülkemiz şartlarına uygun olmayacağı düşünülmektedir.

Tıbbi atıkların yakılarak bertarafında yaşanan zorluklar ve düzenli depolamanın yasaklanması nedeniyle özellikle gelişmiş ülkelerde çözüm arayışlarına gidilerek alternatif bertaraf teknolojileri geliştirilmiş ve bu şekilde çevreye duyarlı teknolojiler ile daha ekonomik ve güvenli bir tıbbi atık bertaraf modeli uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde Amerika Birleşik Devletlerinin hemen hemen tüm eyaletleri, Afrika'daki bazı ülkeler, Avrupa Birliğine dâhil tüm ülkeler başta olmak üzere pek çok ülkede yakma teknolojisi, yerini daha çevre dostu ve daha az zararlı diğer teknolojilere bırakmaktadır. Buna bağlı olarak ülkemizde de alternatif bertaraf yöntemleri uygulanmaya başlamıştır.

Diğer bertaraf yöntemlerine göre kullanımda kolaylık, daha düşük yatırım ve işletme maliyeti, etkinlik, güvenlik ve çevreye duyarlılık gibi avantajları bulunan bu teknolojilerin ülkemizde de kullanılabilmesi için Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde gerekli düzenlemeler yapılarak tıbbi atıkların sterilizasyon yoluyla zararsız hale getirilmesi

ve işleme tabi tutulan bu atıkların evsel atık düzenli depolama sahalarında depolanarak bertarafının önü açılmıştır [35].

Sterilizasyon terimi, bakteri sporları dâhil her türlü mikrobiyal yaşamın uygulanan yöntemlerle tamamen yok edilmesini veya bu mikroorganizmaların seviyesinin % 99,9999 oranında azaltılmasını, hedef almaktadır. Sterilizasyon tesisleri, tıbbî atık düzenli depolama tesisi ile tıbbî atık yakma tesisine kıyasla kullanılması kolay, çalıştırıcı personelin eğitiminin daha kolay olduğu, daha ucuz tesislerdir [36].

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülen tıbbi atık yönetiminde bertaraf metodu basınç ve buhar yardımıyla sterilizasyondur. Sterilizasyon işleminin öğütmeden sonra yapıldığı durumlarda öğütücünün de sterilize edilmesi zorunluluğu çeşitli riskler oluşturacağından sistem sondan parçalamalı olarak belirlenmiştir. Sterilizasyon işlemi otoklav yardımıyla yapılmaktadır.

Sterilizasyon işleminden çıkan atıklar öğütücü yardımıyla küçük parçalara bölünür, öğütme işleminin sonlanması ile atıklar evsel atıklarla birlikte depolanacağı alana taşınır [37].

Sterilizasyon işlemi sırasında ve sonrasında hava ve su ortamında hiçbir bulaşma ve zehirlilik olmayacak şekilde tedbir alınmış olup; atık su ve hava arıtılarak/sterilize edilerek alıcı ortama verilmektedir. İşlem esnasında “atıkların miktarı, uygulanan basınç ve sıcaklık ile atığın işleme maruz kalma süresi” olmak üzere bütün işlemler elektronik olarak kayıt altına alınır ve talep edildiği durumda bütün bilgiler Bakanlığa gönderilir.

Sterilizasyon işlemine tabi tutulan enfeksiyöz atıkların zararsız hale getirilip getirilmediği kimyasal ve biyolojik indikatörler kullanılarak test edilir. Sterilizasyon işleminden çıkan atıkta potansiyel enfeksiyöz tüm mikroorganizmaların yok edildiğini saptamak için, atıkla beraber işleme konan biyolojik göstergenin canlı kalıp kalmadığını inceleme yönteminden yararlanılır. Sterilizasyon işleminin geçerli kabul edilmesi için *Bacillusstearothermophilus* veya *Bacillussubtilis* bakteri sporlarında minimum 4 log10 - 6 log10 azalma sağlanması zorunludur [37].

Biyolojik indikatörler kullanılarak uygulanan sterilizasyon geçerlilik testleri, o gün sterilize edilen atık ile birlikte sterilizatöre konulan biyolojik indikatörlerin incelenmesi suretiyle haftalık olarak yapılır. Sterilizasyondan çıkan sterilize edilmiş ve evsel atık niteliklerini kazanmış atıklar, atık bertaraf sahasında depolanmadan önce sterilizasyon tesisinin bulunduğu sahanın uygun bir yerinde küçük parçalara bölünmüş olarak çevreye zarar vermeyecek şekilde kapalı konteynerler içinde biyolojik indikatör testleri

sonuçlanıncaya kadar muhafaza edilir ve bekletilir. Test sonucu olumlu ise atık depolanmak üzere düzenli depolama sahasına gönderilir. Test sonucu olumsuz ise sistem kontrol edilir ve sterilizasyon işlemi tekrarlanır.

Kimyasal göstergeler enfeksiyöz atığın otoklavla sterilizasyonunda kullanılır. Sterilizasyon tamamlandığında, atık ile birlikte otoklava konulmuş kimyasal gösterge taşıyıcısında renk değişikliği belirlenmelidir.

Sterilizasyon tesisinin kurulması ve sterilizasyon cihazının montajı 28.11.2008 tarihi itibarı ile tamamlanmıştır. Sterilizasyon tesisinin aktif olarak faaliyete başlaması için gerekli izin işlemleri 2009 yılında tamamlanarak, 07.05.2009 tarihinde tesis için 6 aylık geçici çalışma izni alınmıştır. Bu süreçte lisans hazırlıkları yapılmış, 25.09.2009 tarihi itibarı ile Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan 3 yıl süre ile lisans alınmıştır. Türkiye Suriye Bölgeler Arası İşbirliği kapsamında hazırlanmış olan projede, tesisin yaklaşık maliyeti 200.000 dolar olup, sistemdeki maliyetin önemli kısmını sterilizasyon cihazı oluşturmaktadır. Sistemin kurulması yaklaşık 1,5 milyon dolar olup; maliyetin %32 sine tekabül eden 350.000 dolarlık kısmı Devlet Planlama Teşkilatı tarafından karşılanmıştır. Kalan maliyet ise Büyükşehir Belediyesinin kendi öz kaynaklarından karşılanmıştır.

Tıbbi atıkların sağlık kuruluşlarından toplanması işi, 2008- 2009 yılı Gaziantep il geneline yaygınlaştırılmıştır. Ancak sterilizasyon tesisinin kurulum maliyetinin fazla olması, kurulan tesisin kapasitesinin civar illerin atığını alabilecek büyüklükte olması nedenleri ile Tıbbi atıkların civar illerden toplanmasına yönelik, çalışmalar başlatılmıştır. Alınan karar doğrultusunda Osmaniye Belediyesi ile protokol yapılarak, 18.02.2010 tarihinden itibaren Osmaniye Belediyesi sınırlarında bulunan 40 kurumdan tıbbi atıklar toplanmaya başlamıştır. Osmaniye ilini, Hatay, İskenderun, Kilis, Kahramanmaraş illeri takip etmiştir. Kasım 2010'da Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayımlanan genelge ile tıbbi atıkların, sterilizasyon veya yakma yöntemlerinden birinin kurularak bertaraf edilmesi zorunluluğu getirilmiş, tıbbi atıkların depolama yöntemi ile bertarafı tamamen kaldırılmıştır. Buna ek olarak tıbbi atık sterilizasyon tesisine sahip illerin civar illerde de hizmet vermesi öngörülmüştür. Genelgenin ardından son olarak 2011 Mart ayında Adıyaman ili ve Mardin illeri de toplama ağına dâhil edilmiştir. Böylelikle 2008 yılında sadece Şehitkâmil, Şahinbey ve Oğuzeli ilçelerine hizmet veren sterilizasyon tesisi hizmet ağını Gaziantep ili ile beraber 7 il, tıbbi atık aldığı kurum sayısını, 250 kurumdan 1000 kuruma çıkarmıştır.

2008 yılında 3 araç ve 12 personel ile yürütölmekte olan toplama faaliyeti 2013 yılı itibarı ile 9 araç ve 40 personel ile yürütölmektedir. Sterilizasyon tesisinin kapasitesi günlük 3 vardiya ile 21.600 kg olup, tesis günde 12 saat çalışmaktadır. Sterilize edilen günlük tıbbi atık miktarı yaklaşık 11 ton/gündür. İşlem süresi yaklaşık 45 dakikadır. Bu çalışmada sterilizasyondan çıkan tıbbi atıkların parçalandıktan sonra piroliz yöntemi ile bertaraf edilerek geri dönüşöme kazandırılması planlanmıştır. Piroliz ile her 10 ton plastik atıktan 6 MgW/h elektrik üretilmesi planlanmaktadır. Sterilizasyon tesisine taşınan tıbbi atığın % 90'a yakın bölümü plastik içerikli atıklardan oluşmaktadır. Atık içerisindeki plastik yoğunluğu sterilizasyonun nihai bir bertaraf yöntemi olmadığını özellikle plastik atıkların piroliz yöntemi ile daha az hacme indirilmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Günlük 9,9 ton plastik içerikli sterilize edilmiş tıbbi atığın pirolizi ile günlük yaklaşık 6 MgW/h elektrik üretilmesi planlanmaktadır.

3.2.3. Atık Lastikler

Lastikler oldukça dayanıklı yüksek molekül yapılı polimerlerden ibaret doğal ve sentetik kauçuklardan üretilmektedir. Kullanım ömrünü tamamlamasından sonra çevre ve insan sağlığına zarar vermeden bertaraf edilmesi için yasal alt yapı oluşturmak adına Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından hazırlanan “Ömrünü Tamamlamış Atık Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliğı” 25 Kasım 2006 tarih ve 26357 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanmış olup, 1 Ocak 2007 tarihinden itibaren yürürlöğe girmiştir. Yönetmelik ile ömrünü tamamlamış atık lastiklerin toplanması, taşınması, geri dönüşümü, geri kazanımı ve çevre dostu bertarafı hedeflenmiştir [38].

Söz konusu yönetmelik, bisiklet ve dolgu lastikleri hariç, ömrünü tamamlamış diğör tüm lastiklerin atıklardan ayrı olarak toplanması, taşınması, geçici depolanması, geri kazanılması ve bertarafını kapsamaktadır. Üretici ve ithalatçı sorumluluğı çerçevesinde yönetmelik kota yükümlölüğü getirmiştir. Bu kapsamda, üretici ve ithalatçılar her yıl bir önceki yıl iç piyasaya sürölen lastik tonajını hesaba alarak yönetmeliğın yürürlöğe girdiğı ile yıl % 30, ikinci yıl % 35, üçüncü yıl % 40, dördüncü yıl % 45 ve beşinci yıl % 50, devamı yıllarda ise Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın ortalama lastik aşınma oranını dikkate alarak belirleyeceğı oranlarda ÖTL’leri toplamak, toplatmak, toplanan miktarın geri kazanımını veya bertarafını sağlamak ve bu işlemleri ilgili Bakanlığına belgelemek ile yükümlüdürler[39].

Ömrünü tamamlamış lastiklerin yönetimi şu şekilde sıralanabilir:

- Tüketiciler, lastiklerini küçük tamirhane, yetkili bayi vb. yerlerde değiştirmektedirler ve buralarda oluşan ömrünü tamamlamış lastikler diğer atıklardan ayrı toplanarak geçici olarak depolanmalıdır.
- Bakanlıktan lisans, geçici faaliyet izni veya çevre lisansı almış tesislere yetkili taşıyıcılar ile taşınmalıdır.
- Bu işlemlerde ulusal atık taşıma formunun kullanılması zorunludur.
- Geri kazanım tesisleri aylık olarak faaliyetlerine ilişkin bilgileri bakanlığa ulaştırmalıdır.

3.2.3.1. Çevre ve İnsan Sağlığına Etkileri

Lastikler, oldukça dayanıklı yüksek molekül yapıları polimerlerden ibaret doğal ve sentetik kauçuklardan üretilmektedir. Oksijen oranı oldukça yüksek olan lastiğin petrokimyasal eşdeğeri yaklaşık olarak 9,5 litre yağdır. Bu sebeple; kontrolsüz olarak yakma sistemleri dışında lastiklerin yakılması sonucunda yüksek ısı ve yoğun duman oluşumu ile atmosfere siyah bir bulut halinde yayılan ve içeriğinde karbon siyahı, uçucu organikler, yarı-uçucu organikler, çok halkalı hidrokarbonlar, yağlar, kükürt oksitleri, azot oksitleri, nitrosaminler, karbon oksitleri, uçucu partiküller ve As, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe vb. gibi metaller sonucunda hava kirliliği, toksik yağların toprağa ve oradan da yer altı suyuna geçmesi sonucunda su ve toprak kirliliği yaşanmaktadır [24].

Lastik yığınlarında olabilecek yangın durumunda, lastik yığınları aylarca sürebilecek yanmaya, toksik yağların toprağa ve oradan da yer altı suyuna geçmesine neden olur. Açığa çıkan yüksek ısı ve yoğun dumandan dolayı kontrol altına almak ve söndürmek son derece güçtür. Su ile söndürülmeye çalışıldığında çok daha büyük hava, toprak ve su kirliliği yaratmaktadır. Bir diğer tehlike, atık lastiklerin sivrisineklerin yaşamasına ve çoğalmasına uygun bir ortam yaratması ve dolayısı ile sivrisineklerden bulaşan salgın hastalıkların yayılmasına neden olmasıdır. Bu vakalara 1999 ve 2000’li yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde rastlanmış ve ölüme neden olmaları yerel idareleri ve belediyeleri atık lastiklerin geri dönüşümü konusunda ciddi adımlar atmaya zorlamıştır [24].

3.2.3.2. Geri Kazanım Yöntemlerinden Piroliz

Genel olarak ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanım yöntemleri; atık lastiklerin maddesel geri kazanımında iki temel başlıkta incelemek mümkün olup, bunlar mekanik parçalama yöntemi ve nitrojenle parçalama yöntemidir. Diğer bir yöntem ise ömrünü tamamlamış atık lastiklerin pirolizidir. Atık lastiklerin piroliz işlemi ile bertaraf edilmesi halinde araç cinslerine göre geri kazanılabilecek temel ürünlerin yüzdesel değerleri tablo 3.5’de verildiği gibidir.

Tablo 3.5. Atık lastiklerden elde edilen ürünlerin yüzdesel değerleri

Ürün	Kamyon	Endüstriyel araç	Otomobil
Kırpıntı kauçuk	% 70	% 78	% 70
Çelik	% 27	% 15	% 15
Elyaf ve diğer atıklar	% 3	% 7	% 15

Piroliz çok farklı kaynaklardan gelen ve çok değişken miktarlarda, özelliklerde olan atıklar ve katı atıklar için uygulanabilecek, katı atık teknolojilerinden biridir. Oksijenin bulunmadığı koşullarda atığın (organik maddelerin) sıcaklık etkisi ile bozunmasıdır. Yakma gibi çok yaygın bir uygulama alanı yoktur, ama yanma olayı sıvı ve katı yakıtlar şeklinde yakıtlar olmakta ve her bir yanabilir ara ürün anında havalı (oksijenli) ortamda termik olarak parçalanmaktadır. Organik maddeler oksijensiz ortamda ısıtılırsa ortaya çıkan termal parçalanma sürecine piroliz adı verilir. Oksijensiz ortamda 500-600 °C’ye kadar yapılan ısıtmada; gaz bileşenleri, uçucu yoğuşabilir maddeler, mangal kömürü ve kül açığa çıkar. Yüksek sıcaklığa çıktığında ise gaz bileşenleri ve odun gazı açığa çıkar. Ömrünü tamamlamış lastiklerin pirolizinde ısıl bozunma yaklaşık 230-530 °C arasında gerçekleşmekte maksimum bozunma 450 °C civarlarında oluşmaktadır. Bu durumda karbon siyahı, pirolitik yağ, pirolitik gaz ve hurda tel elde edilir. Prosese girecek miktardaki atık lastikler, forklift ile kırıcıların bulunduğu bölüme taşındıktan sonra burada istenilen ebatlarda kırılır. Parçalara ayrılan lastikler konveyör bantlar vasıtasıyla kazanlara taşınır. Brülörler vasıtasıyla reaktörler ısıtılır. Reaktör içerisinde oluşan buhar borular vasıtasıyla çekilerek yoğunlaştırılarak yağa dönüştürülür. Yoğunlaşamayan kısım ise pirolitik gaz olarak sistem içerisine tekrar yakıt olarak gönderilir. Piroliz işlemi bittikten sonra kazanların içerisinde bulunan karbon siyahı ve çelik tel karışımı konveyör bantlar vasıtasıyla elektromıknatısa gönderilir. Elektro mıknatısta çelik tel karbon siyahından

ayrılarak tel depolama alanına sevk edilir. Karbon siyahı ise karbon kırıcılarda kırıldıktan sonra paketleme ünitesine taşınır [24].

Piroliz işlemi sonucunda;

- % 33-35 Karbon Siyahı
- % 43-45 Pirolitik yağ
- % 10 Hurda tel
- % 8-10 Pirolitik gaz elde edilir.

Piroliz yöntemi gerek katı atıklarda gerek sıvı atıklarda gerekli ve zorunlu yöntemlerden biri olup, değerli ürünler elde edilmektedir.

Piroliz yönteminde;

- Düşük sıcaklık katı ve sıvı ürünün,
- Yüksek sıcaklık gaz ürünün,
- Düşük ısıtma oranı katı ve gaz ürünün,
- Yüksek ısıtma oranı, sıvı ürünün,
- Kısa alıkonma süresi sıvı ürünün,
- Uzun alıkonma süresi, gaz ürünün verimini artırmaktadır.
- Vakum altında gerçekleştirilen pirolizde ise ısıl bozunma sonucunda oluşan hidrokarbonların tepkimede kalma süresi çok düşük olduğu için istenmeyen ikincil reaksiyonların oluşma ihtimalleri azalmaktadır.

Ancak sistemin yüksek sıcaklıklarda çalışması nedeniyle;

- Süreklilik sağlanması,
- Sistemin sızdırmazlığının sağlanması,
- Karbon siyahı kalitesinin artırılması,
- Pirolitik yağın kullanımı için standartların oluşturulması,
- Pirolitik gaz içinde yer alan kirletici parametrelerden arıtılması için sistem oluşturulması gerekmektedir.

3.2.3.3. Gaziantep Atık Lastiklerin Yönetimi

Gaziantep ilinde ömrünü tamamlamış atık lastikler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından lisanslandırılan üç adet firma tarafından toplanmaktadır. Toplanan atık lastikler lisanslı geri dönüşüm merkezlerine ve çimento fabrikalarına yönlendirilmektedir. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından 2012 yılında yapılan ihale ile atık lastiklerin

piroliz yöntemi ile geri kazanımı yapılacaktır. Piroliz sisteminin 2014 yılından itibaren faaliyete başlaması planlanmaktadır. Atık lastiklerin piroliz yöntemi ile bertarafı ile lastiklerin piyasada hammadde olarak kullanılan karbon siyahı, hurda çelik ve pirolitik yağ üretilmesi planlanmaktadır. Tesiste bulunması planlanan bölümler giriş bölümü, kabul ünitesi, geçici depolama alanı ve diğer bölümlerden oluşmaktadır.

Giriş Bölümü: Ömrünü tamamlamış lastiklerin tesiste işlenmek üzere giriş yapacağı ana bölüm olarak planlanmıştır.

Kabul Ünitesi: Yetkili taşıyıcılar ve ulusal atık taşıma formu ile getirilen hammaddenin tesiste işlenmek üzere, her türlü giriş ve çıkış kayıtlarının yapılacağı ünite olarak planlanmıştır.

Geçici Depolama Alanı: Yetkili taşıyıcılar ve ulusal atık taşıma formu ile getirilen hammaddenin üretim ünitesinde işlenmesinden önce geçici depolamasının yapılacağı alan olarak planlanmıştır. Geçici depolama alanı kabul ünitesi gibi üretim ünitesinden ayrı, yarı kapalı, zemini beton ile kaplanmış bir alan olarak planlanmıştır. Alanda yağmur suyu birikintilerinin oluşmasını önleyecek şekilde zemine eğim verilecek ve depo çevresinde yağmur suyu drenaj kanalları bulundurulacaktır. Alan idari binaya ve araç park alanlarına 60 metre mesafede, etrafı 1,5 metre yüksekliğinde yapı malzemeleri ile çevrilecektir.

Üretim Ünitesi: Ömrünü tamamlamış lastiklerin işlenmesi planlanan bölümdür.

Lastik Kırma Ünitesi: Ömrünü tamamlamış lastikler öncelikli olarak forklift vasıtasıyla lastik kırma ünitesine taşınarak kırma makinesine girecek ve burada yaklaşık 6x15cm boyutlarına kadar küçültülerek reaktörde işlem görecektir. Bu bölümde konveyör bant ve Ö.T.L kırıcı makine bulunacaktır.

Reaktör (Piroliz) Ünitesi: Parçalanmış Ö.T.L'lerin ısıtılı işleme tabi tutularak ikincil hammadde haline getirilmesi planlanan bölümdür. Reaktör 20 saatte 20 ton parçalanmış lastik işleme kapasitesine sahip olacaktır. Hammadde kabul bölümünde küçük parçalara bölünmüş olan lastikler taşıyıcı bantlarla piroliz ünitesinde mevcut olan reaktörlere aktararak doldurulacaktır. Proje kapsamında 350–400°C arasında piroliz işleminin gerçekleştirileceği kapalı devre çalışacak piroliz ünitesi ürünleri karbon siyahı, pirolitik yağ ve pirolitik gazlardır.

Soğutma Ünitesi: Isıl işleme tabi tutulmuş olan Ö.T.L'lerden çıkacak olan buhar 2 ayrı kolonda soğutulmuş olarak yoğunlaştırma işlemine tabi tutulacaktır.

Ayrıştırma Ünitesi: Isıl işleme tabi tutulan Ö.T.L'lerden arta kalan karbon siyahı ve çelik tel bu üniteye manyetik bir ayırıcı yardımıyla birbirinden ayrılacaktır.

Pirolitik yağ ünitesi: Piroliz reaktöründen elde edilen pirolitik yağlar içerisinde karbon siyahı ve absorbe olmuş gazlar yer almaktadır. Bu ünite de pirolitik yağ içerisindeki karbon siyahı kimyasal yöntemle (çöktürme yöntemi) sıvı fazdan ayrıştırılacaktır. Dip ürün şeklindeki karbon siyahı tekrar piroliz reaktörüne gönderilerek piroliz işlemine tekrar tabi tutulacaktır.

Elektrik üretim ünitesi: Pirolitik yağlar ve depolanan proses gazlarının bir kısmı elektrik üretiminde kullanılacaktır. Pirolitik yağlar ve proses gazlarına göre dizayn edilmiş yakma ünitelerine sahip elektrik jeneratörleri ile elektrik üretimi gerçekleştirilecektir. Tesisin günlük kapasitesi 20 ton/gün olması planlanmaktadır. Literatürde 100 ton atık lastiğin piroliz tesisinde işlem görmesi ile oluşacak son ürünler Tablo 3.6’da verilmiştir.

Tablo 3.6. Atık lastiklerin pirolizinden oluşacak son ürünler

Son Ürünler	Miktar	20 ton/gün kapasiteli tesis
Gaz	15 m ³	3 m ³
Hurda Çelik	15 ton	3 ton
Pirolitik Yağ	35 ton	7 ton (1MgW/h)
Karbon Siyahı	30 ton	6 ton
Tekstil Telefi	1 ton	200 kg

Oluşan ürünlerden hurda çelik ve karbon siyahı piyasada hammadde olarak kullanılabilir olup, satışa hazır hale getirildikten sonra satış işlemleri yapılacaktır. Piroliz esnasında oluşan gaz ve pirolitik yağ ise elektrik üretiminde kullanılacaktır. Piroliz tesislerinde üretilecek elektriğe dair yapılan çalışmalara göre 10 ton atık lastiğin işlenmesi sonucu oluşacak elektrik miktarı yaklaşık 6 MGW olup, 6 ton pirolitik yağın elektrik üretiminde kullanılması halinde 1 MGW elektrik üretileceği planlanmaktadır. Piroliz tesisinde atık lastiklerin yanında sterilizasyon işleminden çıkan ve plastik yoğunluğu %90 seviyesinde olan tıbbi atıkların da bertaraf edilmesi planlanmaktadır. İl genelinde atık lastiklerin toplanması işlemini yapan firmalardan alınan verilere göre 2011 yılında toplanan ve bertaraf firmalarına taşınan atık lastik miktarı 320.580 kg civarındadır. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından alınacak lisanslar doğrultusunda toplama faaliyeti yüklenici firmaya yaptırılacak olup, tespit edilen kapasite 20 ton/gün olacaktır. Bu durumda 20 ton atık lastiğin bertarafı ile atık lastiklerin bertarafından 12 MgW/h elektrik üretimi, oluşacak pirolitik yağın kullanılması ile 1 MgW/h elektrik üretilmesi

planlanmaktadır. Piroliz işleminden çıkan ve hammadde olarak kullanılabilecek ürün miktarları tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7. Piroliz tesisinde oluşacak ürünler

Son Ürünler	20 ton/gün kapasiteli tesis
Gaz	3 m ³
Hurda Çelik	3 ton
Pirolitik Yağ	7 ton (1MgW/h)
Karbon Siyahı	6 ton
Tekstil Telefi	200 kg
Elektrik Üretimi	12 MgW/h

3.2.4. Katı atıklar

Gaziantep Katı atık düzenli depolama alanı 1992 yılında GAP idaresi tarafından projelendirilmiş, 1996 yılında atık kabulüne başlamıştır. 1996 yılına kadar evlerden toplanan katı atıklar Gazikent bölgesinde bulunan boş arazide biriktirilmiştir. Mazmahor düzenli depolama alanının faaliyete geçmesi ile eski depolama alanı rehabilite edilmiştir. Düzenli depolama alanı, konum olarak Akbulut köyünün 1 km güney batısında, Bağlarbaşı (Mazmahor) köyünün 2 km güneydoğusunda bulunmaktadır. Gaziantep’in en yakın yerleşim yerine 7 km mesafededir. Düzenli depolama alanının bulunduğu vadide ortalama 50-70 metre dolgu yapma imkânı bulunmaktadır. Vadinin başlangıç kısmı olan 500 metre genişlik ve 1000 metre uzunluktaki üst kısmı kullanıldığında 30 milyon metreküp civarında dolgu yapma olanağı sağlanmaktadır. Vadinin tamamı Gaziantep şehrine 50 yıldan daha uzun bir süre hizmet verebilecek kapasiteye sahiptir.

3.2.4.1. Günlük oluşan atık miktarları

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi tarafından yürütülmekte olan Katı Atık Düzenli Depolama Alanının İşletilmesi işi kapsamında; ilçe belediyeleri tarafından taşınan atık miktarlarına dair bilgiler tabloda sunulduğu gibidir. Tablo 3.8’de ortalama günlük atık miktarını belirtmektedir.

Tablo 3.8. Yıllara göre depolanan atık miktarı ve günlük ortalama

Yıllar	Toplam	Ortalama (ton/gün)
1997	158.903	435
1998	179.478	492
1999	196.678	539
2000	211.538	580
2001	199.388	546
2002	224.421	615
2003	240.910	660
2004	275.233	754
2005	295.397	809
2006	364.991	1000
2007	381.871	1046
2008	358.377	982
2009	351.488	963
2010	385.555	1056
2011	262.093	1236
2012	488.784	1.339

3.2.4.2. Katı Atık Düzenli Depolama Alanının İşletilmesi

3.2.4.2.1. Atık verileri

Katı atık düzenli depolama alanına Şehitkâmil, Şahinbey, Oğuzeli ilçe belediyeleri ile Gaziantep Su Kanal İdaresi tarafından yürütülen atık su arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurları ile Organize Sanayi Bölgesinden gelen ve tehlikeli olmayan, miadını doldurmuş ürünler depolanmaktadır. Depolama alanında günlük ortalama 1300 ton katı atık taşınmakta ve depolanmaktadır. 3 etap halinde projelendirilen depolama alanında çalışma alanı olarak kullanılan ve atık kabulünün devam ettiği, 1. Etap 3.900.000 metreküp kapasiteli olup, 1996 yılları ile 2013 yılları arasında yaklaşık 5.000.000 ton katı atık düzenli olarak depolanmıştır.

3.2.4.2.2. Sızıntı suyu kontrolü

Katı atık düzenli depolama alanında atıkların toprakla örtülmesi ve bozuşma sonucu oluşan sızıntı suyu 100*40*5 metre boyutlarında lagünde birikmektedir. Yaz ve kış dönemlerinde farklılık göstermekle birlikte günlük yaklaşık 200-300 ton sızıntı suyu

depolama alanından vidanjörler ile çekilerek atık su arıtma tesisine taşınmıştır. Sızıntı suyunun atık su arıtma tesisine taşınması işleminin mali yükü, arıtma tesisine getirdiği ek yük ve çevresel nedenlerle geçici bir bertaraf yöntemi olarak görülmüştür. Bu amaçla sızıntı suyunun yerinde arıtımı ve arıtılmış suyun saha içinde kullanımı öngörülerek elektrokoagülasyon ve ters osmoz yöntemleri kullanılarak sızıntı suyu arıtılmaktadır.

3.2.4.2.3. Gaz kontrolü

Katı atık depolama sahaları, tıpkı bir arıtma tesisindeki anaerobik çürütücü gibi bir biyokimyasal reaktör olarak çalışmaktadır. Depo alanına katı atığın depolanmasıyla birlikte depo içerisinde ayrışma başlamakta, oluşan anaerobik ortamda organik maddelerin bozunması sonucunda depo gazı oluşmaktadır.

Depo gazının büyük bir kısmını, metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) gazları oluşturmaktadır. Metanın hiçbir işleme tabi tutulmadan atmosfere verilmesi halinde sera gazı oluşumuna sebep olmaktadır. Katı atığın depolanmaya başladığı 1996 yılı ile 2008 yılları arasında gaz toplama sistemi, gazın doğrudan atmosfere verilmesi şeklinde yapılmış, 2008 yılı itibarı ile enerji üretim kapasitesinin araştırılmasına yönelik araştırmalar başlamıştır. Bu amaçla depolama alanında 5 adet gözlem bacası açılarak metan gazı miktarı ve üretilen elektrik miktarı tespit edilmiştir.

Katı atık düzenli depolama alanında mevcut atıklardan çıkan metan gazının üreteceği elektrik miktarı 0,7 MGW/h olarak tespit edilmiş ve projelendirme çalışmaları yapılmıştır.

3.2.4.2.4. Enerji üretim tesisi üretim bölümü

Yapılan analiz ve ölçümlere dayanarak hazırlanan rapora göre depolama alanında 3,93 MGW/h kurulu güce sahip tesisin kurulabileceği belirlenmiştir. 13.03.2009-15.04.2009 tarihleri arasında derinliği 8 m ile 41 m arasında değişen 38 adet dikey gaz toplama bacası açılmıştır. 2010 yılında Enerji Piyasası Düzenleme Kuruluna yapılan müracaat ile kapasite 3,93 MGW/h'dan 5,65 MGW/h' e çıkarılmıştır. Bu kapsamda sahada mevcut 38 adet bacaya 42 ilave baca yapılarak 80 adet baca ile gaz toplama çalışmaları başlamıştır. Elektrik üretiminin başladığı 2010 yılından itibaren sahadan toplanan gaz ve üretilen elektrik miktarı Tablo 3.9'da verildiği gibidir.

Tablo 3.9. Yıllara göre toplanan gaz ve üretilen elektrik miktarı

Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Alanı Metan Gazından Elektrik Üretim Projesi			
YIL	Üretilen elektrik (MWh)	Geri kazanılan metan (m³)	Geri kazanılan metanın elde edildiği çöp gazı (m³)
2010	2834,352	878.649,12	1.587.237,12
2011	1748,42	542.010,20	979.115,20
2012	2804,3	869.333,00	1.570.408
TOPLAM	7387,072	2.289.992,32	4.136.760,32

03.02.2010 tarihi ile 30.06.2013 tarihleri arasında 10.029,03 MGW elektrik üretimi yapılmıştır. 1 hanenin aylık elektrik tüketiminin 150 KW olduğu kabulü ile elektrik üretimin başladığı günden itibaren her ay 2000 hanenin elektrik tüketim ihtiyacı çöp depolama alanından çıkan metan gazı kullanılarak elde edilmiştir.

Elektrik üretim miktarının önümüzdeki dönemlerde 5000 hanenin ihtiyacını karşılayacak şekilde artırılmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Yıllık üretim miktarları Tablo 3.10'daki gibidir. Metan gazından elektrik üretimi Projesi ile çöp depolama alanlarından çıkan metan gazının çevreye vereceği koku, patlama tehlikesi gibi olumsuz etkilerinin önüne geçildiği gibi, 1 yılda yaklaşık 100.000 ton karbondioksitin doğaya verilmesinin de önüne geçilmiş olacaktır.

Tablo 3.10. Elektrik üretim değerleri

Yıllar	2010	2011	2012	2013
TOPLAM	2253,67	1722,35	2827,58	9555

3.2.4.3. Atık Kompozisyonu

Katı atık düzenli depolama alanına taşınan atıklara dair 2008 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından yapılan analiz sonuçları aşağıdaki gibidir.

3.2.4.3.1. Madde Grubu Analizi

Gaziantep ili düzenli depolama sahasına gelen evsel katı atıkların fiziksel bileşiminin belirlenmesi amacıyla sahada madde grubu analizi gerçekleştirilmiştir. Homojen bir katı atık numunesi elde edebilmek için Gaziantep'in farklı bölgelerinden gelen katı atıklar karıştırılmış ve bu karışımdan 1 m³'lük kısım alınarak Madde Grubu Analizi gerçekleştirilmiştir. Madde grup analizi, örneğin 1 cm'lik elek üzerinde kalan kısmında maddelerin cinslerine göre ayrılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Elek altında kalan kısım kül olarak sınıflandırılmış, elek üzerinde kalan kısım ise kâğıt ve karton, metal, cam, plastik (PVC, lastik, naylon torba vs.), tekstil, bitki ve yemek artıkları ve diğer atıklar gibi kısımlara ayrılarak bu grupların her biri ayrı ayrı tartılmış ve toplam katı atık kütlesi içerisindeki oranları belirlenmiştir. Madde Grubu Analizi çalışmasından elde edilen sonuçlar Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.11. Madde grubu analizi sonuçları

<i>Atık bileşeni</i>	<i>Ağırlık (kg)</i>	<i>Oran (%)</i>
Yiyecek ATIKLARI	128	48
Kâğıt-karton	23	9
Tekstil	5	2
Ahşap	5	2
Bahçe atıkları	4	2
Çocuk bezi	18	7
Lastik-deri	2	1
Plastik	8	3
Poşet	22	8
Metal	2	1
Cam-seramik	12	5
Taş-toprak (Kül)	35	13
TOPLAM	264	100
<i>Atığın birim hacim ağırlığı = 528 kg/m³</i>		

Laboratuar ortamında nem muhtevası, organik madde muhtevası, karbon ve azot miktarlarının belirlenebilmesi için yaklaşık 20 kg numune alınmıştır. Bu numune nem muhtevası tayini için etüvde 101-104 °C'de 24 saat bekletilerek kütle kaybından nem muhtevası hesaplanmıştır. Organik madde muhtevası tayini için kurutulmuş numune önce kaba öğütücü, daha sonra ince öğütücü ile öğütülmüş ve 1 mm göz açıklığına sahip elekte elenmiştir. Öğütücü özelliklerinden dolayı katı atık içerisindeki metal, cam, taş gibi sert malzemeler ayıklanarak öğütücüden geçirilmemiştir. Deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 3.12'de verilmiştir.

Tablo 3.12. Deneyisel sonuçlar

<i>Parametre</i>	<i>Değer</i>
Nem muhtevası (%)	48
Organik madde muhtevası (yanabilen, %)	76
Kül muhtevası (yanamayan, %)	24
Toplam organik karbon (%)	27,8
Azot (%)	1,2
C/N oranı	23,2

3.2.5. Katı Atıkların Biyolojik Arıtımı

Katı atıkların biyolojik arıtımında kullanılan aerobik ve anaerobik arıtma teknolojileri (kompostlaştırma, biyometanizasyon), hacim azaltmak, stabilizasyon ve patojen gidermek gayesiyle uygulanan katı atık dönüştürme ve uzaklaştırma teknolojileridir. Proses stabilitesi, oldukça az miktarda oluşan biyokütlenin (fazla çamur) düşük uzaklaştırma maliyeti, aerobik sistemlere göre daha az Nütrient gereksinimi, yüksek organik yükleme hızları, net enerji üretimi, düşük sera gazı emisyonları gibi anaerobik arıtımın sağladığı bir çok üstünlük, katı atıkların organik kısmının anaerobik arıtımını ekonomik ve ekolojik olarak oldukça cazip hale getirmektedir.

Yaş organik katı atıklardan aerobik kompost üretimi sonucu genelde %50 civarında bir ağırlık kaybı olur. Aerobik ve anaerobik kompost proseslerindeki komposta dönüşüm oranları sırası ile takriben %42 ve %33 alınabilir. Anaerobik kompost prosesinde, yaş ağırlık bazında reaktöre alınan organik katı atığın takriben %12'lik kısmı %55-60 CH₄ ihtiva eden biyogaza dönüşür. Biyometanizasyon tesislerinde ayrı toplanmış organik katı atıkların ton başına 130-160 m³ biyogaz üretilebilmektedir. Katı atıklardan üretilen kompost zirai gübre, zemin ıslah malzemesi veya düzenli depo tesislerinde günlük örtü olarak kullanılabilir.

3.2.5.1. Organik katı atıkların arıtımında kullanılan sistemler

Katı atıkların anaerobik arıtımı için bazı ön ve son arıtma prosesleri gereklidir. Ön arıtma prosesleri manyetik ayırım, döner tambur, parçalama, eleme, hamurlaştırma, çöktürme ve pastörizasyon olarak sayılabilir. Bunların yanında susuzlaştırma veya ıslak mekanik ayırım da birçok ürünün geri kazanabileceği son arıtma prosesleri olarak sayılabilir.

Evsel katı atıkların anaerobik olarak arıtıldığı tesisler birçok prosesin birleşiminden oluşur. Atıktan elde edilebilecek ürünlerin miktar ve kalitesini çoğu kez atığın bileşimi ve

yapısı belirlese de, anaerobik reaktörün tasarımı da ürünlerin miktar ve kalitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Ayrıca, anaerobik reaktör tasarımı gerekli ön ve son arıtma ihtiyaçlarını da belirler. Evsel organik katı atığın anaerobik şartlarda arıtıldığı reaktörler içlerinde barındırdıkları katı madde yüzdesine (ıslak ve kuru sistemler), kademe sayısına (tek ve çift kademeli sistemler) ve prosesin yürütüldüğü işletme sıcaklığına (mezofilik ve termofilik sistemler) göre sınıflandırılmaktadır.

3.2.5.1.1. Tek kademeli sistemler

Tek kademeli sistemlerde bütün biyokimyasal reaksiyonlar (hidroliz, asit ve metan oluşumu) tek bir reaktörde gerçekleştirilirken, iki kademeli sistemlerde reaksiyonlar iki reaktörde gerçekleşir.

Avrupa’da evsel organik katı atıkların (EOKA) ve biyo atıkların anaerobik arıtımında kullanılan gerçek ölçekli tesislerin %90’ı tek kademeli sistemlerdir [40].

3.2.5.1.2. VALORGA Prosesi

Valorga sisteminde, piston akım silindirik reaktörün içinde yatay düzlemde dairesel olarak gerçekleşir ve karıştırma işlemi 15 dakika aralıklarda reaktöre yüksek basınçla enjekte edilen biyogazla sağlanır [41]. Bu pnömatik karıştırma metodu oldukça etkilidir ve bu sayede arıtılan atığın tekrar reaktöre geri devrettirilmesine gerek kalmaz. Bu tip karıştırma sisteminin en önemli mahzuru gaz enjeksiyon deliklerinin sık sık tıkanması ve bunların bakımının zor olmasıdır. Reaktör muhtevasını %30 KM’de tutabilmek için proses suyu reaktöre geri devrettirilir. Valorga sistemi KM oranının % 20’nin altında olduğu ıslak atıklar için uygun değildir zira bu durumda ağır partiküller çökerek reaktörde birikim yapabilir.

VALORGA prosesi başlıca 3 kısımdan oluşmuştur.

- Katı atık hazırlama birimi
- Havasız kompostlaştırma birimi
- Kompost iyileştirme birimi

Bu kısımlara ilaveten 2 tane de alt birim mevcuttur.

- Geri kazanma için yarı otomatik sistem
- Yakma birimi

Katı Atık Hazırlama Birimi

Tesise gelen atıklar tartılır ve sistemi beslemek için siloya alınır. Silodaki atık önce kırma-parçalama ünitesine gönderilir. Demir ve benzeri metaller manyetik olarak ayrıldıktan sonra atık döner tamturlu elekte eleme işlemine tabi tutulur. Elek altına geçen organik kısım reaktöre beslenmek üzere karıştırma ünitesine gönderilir. Elek üstünde kalan inert maddeler ise düzenli depolama alanına gönderilir.

Havasız Kompostlaştırma Birimi

Havasız kompostlaştırma birimi başlıca karıştırma ve pompalama, kompostlaştırma ve presleme kademelerinden oluşur. Katı atık hazırlama biriminden gelen atıklar optimum çürütme için gerekli katı madde konsantrasyonunu elde etmek maksadıyla sürekli olarak karıştırılır ve reaktöre verilir.

Reaktör mezofilik şartlarda 3 haftalık bekleme süresinde, termofilik şartlarda ise 2 hafta bekletme süresinde çalıştırılabilir. Havasız kompostlaştırma reaktörü karakteristikleri mezofilik ve termofilik koşullar için Tablo 3.13’de verilmiştir.

Tablo 3.13. Mezofilik ve termofilik koşullar için havasız kompostlaştırma reaktörü karakteristikleri

Parametreler	Birim	Mezofilik şartlar	Termofilik şartlar
Sıcaklık	°C	37-40	55-60
pH	-	7-7,2	7-7,2
Bekleme Süresi	Gün	17-25	12-18
Organik Yük	Kg Uçucu katı/m ³ -gün	7,5-9	10-13
Metan İçeriği	%	54	55-60
Metan Üretimi	m ³ CH ₄ /t-Uçucu Katı	210-240	220-260

Reaktör içindeki atıkları yeterince karıştırmak için, üretilen biyogazın bir kısmı basınç altında reaktörün altından verilir. Reaktörden çıkan maddenin katı madde içeriği %24-28’dir ve daha sonra yaklaşık olarak % 50 katı maddeye ulaşması için presten geçirilir. Pres sıvısı ilave işlemlere (santrifüj) tabi tutulup, atığı seyreltmek için karıştırma ekipmanına pompalanır. Üretilen biyogaz depolanır daha sonra değerlendirme ünitesine (buhar, elektrik üretimi vb.) transfer edilir, gazın bir kısmı da sıkıştırılır ve atığın karıştırılması için reaktöre geri gönderilir.

Kompost İyileştirme Birimi

Havasız reaktörden alınan atık, ayırma işlemini daha verimli hale getirmek için parçalanır. Yanabilir madde döner ince elek yardımıyla ayrılır. Bu şekilde elde edilen

kompost kontrollü pastörizasyonu sağlamak için depolanır, ambalajlı veya ambalajsız olarak satışa hazır hale getirilir.

Üretilen kompost ortalama solunum hızı 40 mg O₂/kg KM-sa olan yüksek derecede kararlı organik bir maddedir. Daha fazla olgunlaştırma için, 6 ay ilave süreyle havalı kompostlaştırma (yığın metodu) gerekmektedir.

Biyolojik Arıtma Verimi

Yüksek katılı (kuru) sistemlerde atık seyreltilmeden reaktöre beslendiği için mikroorganizmaların ıslak sistemlerden daha fazla inhibisyona maruz kalacağı düşünülebilir. Ancak pilot ve tam ölçekli çalışmalarda elde edilen yüksek organik yükleme değerleri, kuru sistemlerin ıslak sistemlere göre inhibisyondan daha az etkilendiğini göstermiştir. Kuru sistemlerde, ıslak sistemlerden daha yüksek organik yükleme değerlerine çıkılabilmektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde, 40 °C’de işletilen bir Valorga prosesinin (Tilsburg) 3 g/l’ye kadar olan amonyum konsantrasyonlarında bile yüksek organik yüklemelere dayanabildiği görülmüştür [41]. Buna karşın 52 °C’de işletilen bir Dranco prosesi maksimum 2,5 g/l amonyum konsantrasyonuna kadar kararlılığını koruyabilmiştir. Bu sınır değerler “ıslak” sistemler için bildirilen değerlerden fazla yüksek değildir. Bunun nedeni kuru sistemlerde amonifikasyon miktarının ıslak sistemlere göre daha toksik maddelere ve organik şoklara karşı daha iyi korunabiliyor olması ile açıklanabilir.

Uçucu katı madde giderimi bakımından yukarıda bahsedilen reaktör yaklaşık aynı performansı göstermektedir ve park bahçe atıklarından standart şartlarda 90 m³/ton, mutfak atıklarından 150 m³/ton atık biyogaz üretilebilmektedir[40,41]. Bu değerler yaklaşık 210-300 m³/ CH₄/ton UKM ve % 50-70 UKM giderimine karşı gelmekte olup, %40-70 UKM giderimi görülen “ıslak” sistemlere oldukça yakındır [43,44,45]. Kuru tip sistemlerde ağır parçacıklar ve köpük tabakası tahliye edilmediğinden ıslak tip sistemlere göre daha yüksek bir biyogaz üretim verimi beklenir.

Gaziantep mücavir alan sınırlarında oluşan ve katı atık düzenli depolama alanına bertaraf edilmek üzere taşınan atıkların karakterizasyonu incelendiğinde, biyobozunur 1 ton atığın %55’inin metan içermek koşulu ile 1 ton atıktan 150 m³ biyogaz üretileceği kabulü ile üretilecek elektrik miktarı hesaplanabilir. Hesaplamalar senaryolar bölümünde irdelenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Atık Yönetim Stratejileri

Atık yönetim stratejilerinin oluşturulmasında Türkiye için hazırlanan ve EHCIP projesi için yapılan çalışma irdelendiğinde, hazırlanan Katı atık oluşumu ve karakterizasyonu raporunun incelenmesi önemlidir. Rapor ile birim kişi başına kentsel katı atık üretimi ve karakterizasyonu belirlenerek sürdürülebilir Katı Atık Yönetim Sistemlerinin oluşturulmasına esas veriler temin edilmiştir. Raporda çalışma için gerekli ham verilerin elde edilmesinde, seçilmiş bir grup Belediyelere anket uygulanması ile sınırlı sayıda diğer illerde tartım ve karakterizasyon yapılması yolu izlenmiştir. Belediye Anketleri Çevre ve Orman Bakanlığı üzerinden 30 ile gönderilmiştir. Bu iller, sosyo-ekonomik durum, iklim ve coğrafi durum, bölgelere göre dağılım vb. parametreler göz önünde bulundurularak Türkiye'nin genelini temsil edecek şekilde belirlenmiştir. Anketlerle Belediyelerin; nüfus, toplama-taşıma, kentsel atık dışındaki diğer atıklar, mevcut depolama alanları ve katı atık miktarları ile ilgili bilgileri elde edilmiştir. Belediye Anketleri ile paralel olarak illerde tartım ve karakterizasyon çalışması da yürütülmüştür. Bu çalışmanın gerçekleştirileceği 7 ilde önceki 30 ildekine benzer seçme kriterlerine dayanarak belirlenmiştir. Tartıma dayalı atık üretimi ve karakterizasyonu çalışması sonunda Türkiye genelini temsil eden 2006 yılı tipik verileri için bugüne kadar ki mevcut verilere göre daha gerçekçi bir veri tabanı oluşturulması sağlanmıştır. Oluşturulan bu veri tabanı, EHCIP Projesi ile uyumlu Katı Atık Ana Planı'nda öngörülen Bölgesel Atık Yönetim Tesisleri'nin tasarımında başlangıç verileri olarak kullanılabilecektir.

4.1.1. Model Bölgelerini Temsil Eden İller

Anket gönderilecek illerin belirlenmesine son olarak Türkiye'yi gerçekçi olarak temsil eden nitelik ve sayıda ilin seçilmiş olmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla Türkiye'de yer alan toplam 81 il, öncelikle 7 coğrafi bölge altında, ardından Katı Atık Ana Planı Projesi kapsamında belirlenmiş olan model bölgeleri 11 bölge altında gruplanmıştır. Toplam 11 adet model bölgesinin her birinden büyüklüğüne göre en az 1, en fazla 3 ilin seçilerek anket gönderilecek illerin nihai profili ortaya çıkmıştır. Yapılan bu çalışmalar Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Anket Gönderilen İller

Güneydoğu Anadolu Bölgesi	
3a	<i>Gaziantep</i>
3b	Diyarbakır
3c	Şırnak
3 c	Adıyaman*
3c	Batman
3c	Kilis
3c	Mardin
3c	Siirt
<u>3c</u>	<u>Şanlıurfa</u>

Kalın: Büyükşehir Belediyeleri

İtalik: Düzenli depolama tesisi olan iller

Altı çizili: Tartım için seçilen iller

* : Model bölgelerine göre yeni seçilen iller

4.2. Katı Atık Üretim Tahminleri

4.2.1. Kişi Başına KA Üretimi

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, katı atık bertarafı için Türkiye genelinde Belediyeler Arası Bölgesel Yönetim Birliklerinin oluşturulması, ekonomik olarak sürdürülebilir kapasitede Bölgesel Katı Atık Tesisi Projeleri geliştirilmesi ve projelerin bir plan dâhilinde uygulanmasına karar vermiştir. Söz konusu projenin kapsamı, Türkiye genelinde ilgili mevzuatta öngörülen şekilde, düzenli depolama tesislerinin kurulması, katı atık miktarının azaltılması, geri kazanımın sağlanması, katı atık taşıma giderlerinin düşürülmesi ve gerektiğinde uygun teknolojiyle donatılmış transfer istasyonlarının kurulmasına yönelik planlar oluşturulması ve düzenli depolamaya yönelik Standart Tasarım Projelerinin geliştirilmesidir [38].

Rapora esas olmak üzere Gaziantep, Güneydoğu Anadolu bölgesinde model olarak seçilmiştir (Güneydoğu Anadolu Bölgesi, 3a- Gaziantep).

Çalışmanın yapılacağı belediyelerin tespitinin ardından; Katı Atık Ana Planı Projesi kapsamında illere Belediye Katı Atık anketi gönderilmiştir. Katı atık hizmetleri verilen nüfusun oluşan atık miktarına bölünmesi ile birim atık üretim değerleri hesaplanmış olur. Tablo 4.2’te Belediye katı atık anketi atık oluşumu sonuçlarına göre verilmiştir.

Tablo 4.2. Gaziantep bölgesi nüfus verilerine göre birim atık oluşumu

3a	Nüfus 2006			Birim Atık Oluşumu (kg/kişi-gün)			
	Kış	Yaz	Hesaplanan	Kış nüfusuna göre	Yaz nüfusuna göre	Yıllık ortalama	Hesaplanan nüfusa göre
Gaziantep	1.162.660	1.164.660	1.077.334	0,53	0,53	0,53	0,57
Toplam	1.162.660	1.164.660	1.077.334	0,53	0,53	0,53	0,57

Anket sonuçlarının değerlendirilmesinin ardından, 2005, 2010, 2015, 2020 yıllarına dair projeksiyon yapılmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Gaziantep ili birim atık oluşum projeksiyonu

Model bölgeleri	2005	2010	2015	2020
3a	1,1	1,13	1,15	1,17

Sonuç olarak 2020 yılında Gaziantep’te kişi başına üretilecek atık miktarı yaklaşık 1, 17 kg/kişi-gün olarak tespit edilmiştir.

Gaziantep genelinde sokak toplayıcıları ve/veya kurumlarca gerçekleştirilen mevcut geri dönüşüm faaliyetleri sonucu, Büyükşehirlerde toplam kentsel katı atığın %10’u, diğer yerlerde ise % 5’i seviyesinde ambalaj atığı geri dönüşüm etkisinin yansıtılması sonucu elde edilen değerleri temsil etmektedir.

Tablo 4.4. Bölgelere göre EHCIP projesi’nde öngörülen gaziantep katı atık karakterizasyonu değişim tahminleri

EHCIP projesinde öngörülen katı atık karakterizasyonu değişim tahminleri				
GAZİANTEP	3A			
Katı Atık Bileşenleri %	2005	2010	2015	2020
Mutfak Atıkları	39,1	35,2	31,5	27,5
Kağıt	10,5	11,4	12,3	13,4
Karton	7,2	7,8	8,4	9,1
Hacimli Karton	0,3	0,3	0,3	0,3
Plastik	7,5	8,1	8,7	9,2
Cam	1,3	1,4	1,5	1,6
Metal	2,1	2,2	2,3	2,4
Hacimli metal	0,3	0,3	0,3	0,3
Park ve Bahçe Atıkları	2,1	2,1	2,1	2
Diğer Yanmayanlar	22	23,3	24,3	25,6
Diğer Yanabilenler	4,7	5,1	5,6	6,2
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	0,6	0,6	0,6	0,6
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	1,2	1,3	1,2	1,1
Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları	0,6	0,4	0,6	0,5
Tehlikeli Atıklar	0,3	0,4	0,3	0,3
Toplam	100	100	100	100
Katı Atık Bileşenleri(%)	2005	2010	2015	2020
Biyolojik olarak ayrışabilir atık	64,6	62,6	60,8	59
Geri dönüştürülebilir atık	29,3	31,7	33,8	36,2
Ambalaj atığı	15	16,2	17,3	18,6
Diğer	23,8	24,9	26,1	27,3

Türkiye’nin AB üyelik sürecinde, milli gelir artışına paralel olarak mutfak atıklarında artma ve birim atık üretiminde de AB ortalamasına doğru bir artışın gerçekleşeceği beklenmektedir[46].

Projede 3A bölgesi olarak tanımlanan Gaziantep ilinin katı atık karakterizasyonu ve yıllara göre artış yüzdeleri Tablo 4.5.’de belirtilmiştir.

Tablo 4.5. Gaziantep ili katı atık karakterizasyonunun yıllara göre artış yüzdeleri

KATI ATIK BİLEŞENLERİ (%)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mutfak Atıkları	40,7	39,9	39,1	38,4	37,6	36,8	36	35,2	34,5	33,7	33	32,3	31,5	30,6	29,8	29,1	28,4	27,5	26,9	26,2	25,5
Kağıt	10,2	10,3	10,5	10,7	10,9	11,1	11,2	11,4	11,6	11,7	12	12,1	12,3	12,2	12,8	13	13,1	13,4	13,5	13,7	13,9
Karton	7	7,1	7,2	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,1	8,2	8,3	8,4	8,3	8,7	8,8	8,9	9,1	9,2	9,3	9,4
Hacimli Karton	0,3	0,3	0,3	7,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Plastik	7,3	7,5	7,5	1,4	7,8	7,9	8	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,7	8,7	8,9	9	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5
Cam	1,3	1,3	1,3	2,1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Metal	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5
Hacimli metal	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Park ve Bahçe Atıkları	2,1	2,1	2,1	2,1	2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2	1,9	2	2	2	2	2	2
Diğer Yanmayanlar	21,6	21,8	22	22,3	22,6	22,8	23	23,3	23,5	23,7	23,9	24,1	24,3	25,2	25,1	25,3	25,5	25,6	25,8	26	26,1
Diğer Yanabilenler	4,6	4,7	4,7	4,9	4,9	5	5,1	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,8	5,9	6	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4
Diğer Yanabilir Hacimli Atıklar	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
Diğer Yanmayan Hacimli Atıklar	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Elektrikli ve elektronik ekipman atıkları	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	1,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
Tehlikeli Atıklar	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Toplam	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Katı Atık Bileşenleri(%)	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Biyolojik olarak ayırışabilir	65,4	65	64,6	64,3	63,8	63,4	63	62,6	62,2	61,9	61,5	61,2	60,8	59,8	59,9	59,6	59,3	59	58,7	58,4	58,2
Geri dönüştürülebilir	28,5	28,9	29,3	29,9	30,3	30,7	31,2	31,7	32,1	32,6	33	33,4	33,8	33,7	34,8	35,3	35,6	36,2	36,6	37	37,5
Ambalaj atığı	14,6	14,8	15	15,3	15,5	15,8	16	16,2	16,5	16,7	16,9	17,1	17,3	17,2	17,9	18,1	18,3	18,6	18,8	19	19,2
Diğer	23,2	23,5	23,8	23,9	24,3	24,6	24,7	24,9	25,2	25,3	25,6	25,8	26,1	26,9	26,7	26,9	27,1	27,3	27,5	27,6	27,8

Tablo 4.6. Gaziantep ili yıllara göre kişi başına atık miktarı ve artış yüzdesi

BÖLGE 3 A	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
KKA (kg/kişi-gün)	1,07	1,09	1,1	1,13	1,15	1,17	1,19	1,22	1,24	1,27	1,29	1,32	1,35	1,42	1,52	1,55	1,59	1,62	1,66	1,7	1,74
% Artış		1,76	1,81	1,92	1,91	1,95	1,97	2,01	1,98	2	2,04	2,07	2,23	5,49	6,87	2,24	2,3	1,76	2,42	2,44	2,47

EHCIP projesi kapsamında elde edilen veriler ve hazırlanan nüfus projeksiyonu esas alınarak Gaziantep ilinde oluşması muhtemel atık miktarları, atığın karakterizasyonu, kişi başına oluşacak atık miktarı ile atıkların ilçe belediyelerine dağılım yüzdesi incelenmiştir. Öncelikli olarak 2000, 2007, 2008, 2009, 2010 yıllarında Gaziantep ili merkez ve mücavir alan sınırlarında kalan ilçe belediyelerinin nüfus verileri incelenmiştir. Şahinbey, Şehitkamil ve Oğuzeli belediyelerinin nüfusunun yıllara göre değişimi incelenerek, oluşturulan nüfus projeksiyonuna entegre edilmiştir. Nüfus projeksiyonunda ilçe belediyelerinin nüfus yüzdeleri ve buna bağlı olarak atık miktarları tespit edilmiştir [47]. (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Gaziantep nüfus verileri

YILLAR	ŞAHİNBEY	ŞEHİTKÂMİL	OĞUZELİ	MERKEZ	GENEL
2000	538.373	411.186	33.162	982.721	1.285.249
2007	658.322	516.520	11.311	1.186.153	1.560.023
2008	686.102	549.713	16.514	1.252.329	1.612.223
2009	708.602	570.074	16.374	1.295.050	1.653.670
2010	730.562	593.958	16.534	1.341.054	1.700.763

Tablo 4.8. Gaziantep mücavir alan nüfus projeksiyonu

Yıl	İLLER BANKASI METODU				
	Ngelecek(Çhesaplanan)				
	Ngelecek(Çhesaplanan)	ŞAHİNBEY Ngelecek(Çhesaplanan)	ŞEHİTKAMİL Ngelecek(Çhesaplanan)	OĞUZELİ Ngelecek(Çhesaplanan)	MÜCAVİR ALAN Ngelecek(Çhesaplanan)
2011	1.740.778	749509,38	612.980	16.851	1379340,38
2012	1.786.038	770889,72	634.151	17.253	1422293,72
2013	1.832.475	792875,28	656.008	17.665	1466548,28
2014	1.880.120	815483,25	678.573	18.087	1512143,25
2015	1.929.003	838730,50	701.868	18.518	1559116,50
2016	1.979.157	862635,37	725.915	18.960	1607510,37
2017	2.030.615	887216,31	750.739	19.413	1657368,31
2018	2.083.411	912492,35	776.362	19.876	1708730,35
2019	2.137.579	938482,68	802.811	20.350	1761643,68
2020	2.193.157	965208,40	830.110	20.835	1816153,40
2021	2.231.826	984592,36	851.285	21.158	1857035,36
2022	2.288.291	1011928,05	879.528	21.647	1913103,05
2023	2.346.184	1040016,44	908.654	22.148	1970818,44
2024	2.405.499	1068859,43	938.674	22.660	2030193,43
2025	2.466.358	1098515,85	969.649	23.184	2091348,85
2026	2.528.803	1129009,39	1.001.608	23.720	2154337,39
2027	2.592.782	1160321,80	1.034.546	24.268	2219135,80
2028	2.658.379	1192495,65	1.068.509	24.829	2285833,65
2029	2.725.636	1225554,97	1.103.528	25.403	2354485,97
2030	2.794.595	1259523,97	1.139.636	25.990	2425149,97
2031	2.865.298	1294427,02	1.176.864	26.590	2497881,02

Tablo 4.9. Gaziantep ili kişi başına üretilecek atık miktarı (günlük/yıllık)

1 YILDA Kİşİ BAşINA ÜRETİLECEK ATIK MİKTARI		
Yıl	KKA(kg/gün)	KKA(KG/YIL)
2011	1,24	452,6
2012	1,27	463,55
2013	1,29	470,85
2014	1,32	481,8
2015	1,35	492,75
2016	1,42	518,3
2017	1,52	554,8
2018	1,55	565,75
2019	1,59	580,35
2020	1,62	591,3
2021	1,66	605,9
2022	1,7	620,5
2023	1,74	635,1
2024	1,77	646,05
2025	1,8	657
2026	1,83	667,95
2027	1,86	678,9
2028	1,89	689,85
2029	1,92	700,8
2030	1,95	711,75
2031	1,98	722,7

Tablo 4.10 Mücavir alan sınırlarında oluşan ve depolama alanına taşınan atık miktarları

Yıl	Depolama alanına taşınan miktar (ton/gün)	Depolama alanına taşınan miktar (ton/yıl)
2011	1.235	450775
2012	1.305	476325
2013	1.367	498955
2014	1.442	526330
2015	1.521	555165
2016	1.649	601885
2017	1.820	664300
2018	1.914	698610
2019	2.024	738760
2020	2.126	775990
2021	2.227	812855
2022	2.350	857750
2023	2.477	904105
2024	2.596	947540
2025	2.719	992435
2026	2.848	1039520
2027	2.982	1088430
2028	3.121	1139165
2029	3.266	1192090
2030	3.417	1247205
2031	3.573	1304145

5. TARTIŞMA

5.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Uygulamalar

Atık yönetiminde yaşam döngüsü değerlendirmesinin uygulanması genel olarak atığın oluşumundan bertarafına kadar olan tüm süreçleri değerlendiren bir yaklaşımdır. Atık olacak hammaddenin üretim aşamasından bertaraf sistemine alınmasına kadar yaşanan süreçte oluşan çevresel etkilerin incelenmesi konuyla ilgili çalışmaların çeşitlenmesine sebep olmuştur.

Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi uygulanarak atık yönetim stratejilerinin değerlendirildiği çalışmaları incelediğimizde, yaşam döngüsü değerlendirmesinin geniş çalışma alanına dair fikir sahibi olabiliriz. Bu çalışmada ele alınan “Gaziantep İli Entegre Atık Yönetiminin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesiyle İncelenmesi” senaryolar değerlendirme bölümüne geçmeden önce Türkiye dışında yapılan uygulamaları incelemek faydalı olacaktır.

Güney Kore’nin J şehrinde yapılan bir çalışmada, yaşam döngüsü maliyeti ve yaşam döngüsü değerlendirmesi kullanılarak atık arıtma sürecinin nicel çevresel ve ekonomik performansları değerlendirilmiş, yeşil büyüme ve küresel ısınmaya karşı alınacak tedbirler için en çevre dostu ve ekonomik sürecin önerilmesi amaçlanmıştır(48).

Yaşam döngüsü maliyet değerlendirmesi ve yaşam döngüsü değerlendirmesi araçları kullanılarak atık arıtma süreçlerinin çevresel etkisi, özellikle CO₂ emisyonu kullanılarak bertaraf edilen atık miktarı ve maliyetler birlikte değerlendirilmiştir. J şehrinde atıkların büyük çoğunluğu düzenli depolanmakta olup; çok az miktarda atığın yakıldığı tespit edilmiştir. Atık bertarafı için alternatif olarak 5 senaryo kabul edilmiştir[49].

1. Düzenli depolama
2. Yakma ve elektrik enerjisi üretimi
3. Yakma, elektrik enerjisi üretimi, yanmış kül
4. Gazlaştırma ve erime
5. RDF

SENARYO 1. Doğrudan Depolama ile atıklar mevcut bertaraf yöntemi ile yani doğrudan düzenli depolanarak bertaraf edilir.

SENARYO 2: Yakma+Enerji Üretimi

Atıkların yakılmasıyla oluşan güç ile elektrik üretilir, üretilen elektrik yakma tesisi için kullanılır, fazlası satılmaktadır. Yakma kalıntısı (taban külü ve uçucu kül) depolanmaktadır.

SENARYO 3: Yakma+Güç Üretimi+Güç Üretimi ile Külün Eritilmesi:

Atık yakma işlemini külün eritilmesi işlemleri takip eder. Cüruf bir inşaat malzemesi olarak kullanılır. Eritme tesisinden çıkan uçucu kül katılaştırma ve stabilizasyon işlemleri sonunda depolama alanında kullanılmaktadır.

SENARYO 4: Gazlaştırma ve Eritme:

Atık gazlaştırma ve erime sırasında üretilen güç, gazlaştırma ve erime tesisinde kullanılmaktadır. Elektrik fazlası satılmaktadır. Çıkan kül inşaat malzemesi olarak doğal bir malzeme gibi kullanılmaktadır. Uçucu kül katılaştırma ve stabilizasyon işlemlerinden sonra depolanmaktadır.

SENARYO 5: RDF Üretim+RDF Yanma ve Enerji Üretimi

İki RDF üretim tesisinden üretilen elektrik, yakma tesisinde enerji ihtiyacı için kullanılır, ihtiyaç fazlası elektrik satılır. RDF üretim ve yakma tesisinde çıkan yanma atıkları düzenli depolanarak bertaraf edilir.

YDD Sonuçları

CO₂ emisyonu ve düzenli depolanacak atık miktarına bağlı olarak atık bertarafının maliyeti değişkendir. Burada yakma gibi bertaraf proseslerinde CO₂ emisyonları, gazlaştırma & erime ve RDF tesisleri için malzeme temininin yanı sıra üretiminde de dolaylı emisyon olarak sayılmıştır[50].

Senaryo 1: Direkt Depolama

Düşük maliyetlidir, CO₂ emisyonu vardır, hiçbir geri dönüşüm olmaması depolanacak atık miktarının artması ve hiçbir güç üretiminin olmaması dezavantajıdır.

Senaryo 2: (Yakma+Enerji Üretimi),

Senaryo 3: (Yakma+Elektrik Üretimi+Kül Erime)

Senaryo 4: (Gazlaştırma Ve Erime),

Atık yakma sırasında üretilen elektrik, santralin işletme ve bakımında kullanılmaktadır ve elektrik fazlası satılmaktadır. Senaryo 2’de CO₂ emisyonu ve bertaraf maliyetinin diğer senaryolara göre çok daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak senaryo 2’de depolanacak atık miktarı diğer senaryolara göre biraz daha yüksektir. Çünkü yakma kalıntıları ve (dip külü ve uçucu kül) herhangi bir geri kazanım olmadan depolanır. Diğer

tarafından 3. ve 4. Senaryoda cüruf atıklarının inşaat malzemesi olarak kullanımı düzenli depolanacak atık miktarını büyük ölçüde azaltır. Senaryo 5'te CO₂ emisyonu ve depolanacak atık miktarını azaltması bakımından iyi bir performans gösteriyor olsa da 2,3 ve 4. senaryolara göre birim bertaraf maliyeti diğerlerine göre yüksektir. Sonuç olarak senaryo 2 (yakma + enerji üretimi), CO₂ emisyonu ve bertaraf maliyeti bakımından en iyi sistem olduğu ortaya çıkmıştır[50].

Bir diğer çalışmada İtalyanın Prato şehrinde üretilen organik atık akışlarının çevresel performans açısından farklı yönetim stratejileri araştırılmıştır. Atık toplama sistemi ve işleme teknolojilerinde kabul edilen senaryolar birbirinden farklılık göstermektedir:

Birinci senaryo; Drop-off sistemi ile evsel katı atıkların organik bölümlerinin ayrı ayrı toplanması ve Prato şehri dışındaki yerleşim yerlerinde oluşan bahçe atıklarının kompostlama fabrikalarında aerobik olarak stabilize edilmesi[51].

İkinci senaryo; kapıdan kapıya toplama sistemi ile ayrı ayrı toplanmış evsel katı atıkların organik bölümlerinin birinci senaryodaki gibi bahçe atıkları karışımlarının aerobik olarak işlenmesi[51].

Üçüncü senaryo; aynı organik atık akışlarının ikinci senaryo göz önünde tutularak anaerobik olarak stabilize edilmesi ve anaerobik kompostlama fabrikalarında gerçekleştirilir. Üçüncü senaryonun her iki yararı da Prato şehrinin içinde yerleşmiş olmasıdır. Ayrıntılı bir organik atık yönetim sistemi geliştirmek için yerinde toplanan, literatür ve model datalar arasında entegrasyon yapılmıştır. Organik atık akışlarının nicel/nitel tanımlaması, nihai hedef hakkında bilgilerin yanı sıra ulaşım(nakliye) / toplama sistemlerine ait veriler, Atık yönetim merkezi tarafından sağlanan ölçülmüş verilere dayanmaktadır[51].

Prato bölgesinde organik atık akışlarında uygun bir entegre yönetim uygulanmasını değerlendirmek için üç senaryo YDD yaklaşımı ile incelenmiştir. Kabul edilen senaryolar organik atık toplama sistemi ve uygulanan bertaraf teknolojileri açısından birbirlerinden farklılık göstermektedir. Organik atık akışlarında anaerobik / aerobik bertaraf sürecinin uygulanması, aerobik bozunma süreçlerini temel alan bir organik atık yönetimi stratejisine göre daha büyük çevresel etkilerin kaçınılmaz olduğu sonucuna varılmıştır. Sonuçlar sürdürülebilir bir organik atık yönetimi başarısı için bütünsel bir yaklaşımın önemini vurgulamaktadır[52].

Ülkemizde atık yönetiminde mevcut mevzuat farklı kurumlara farklı sorumluluklar yüklediğinden çoğunlukla süreç kısıtlanmakta ve maliyet gerekçeleri ile kesintilere uğramaktadır. Bu durum atık yönetiminin sorumluluklara göre bölünmesine ve yaşam döngüsü değerlendirmesinin bölünen sorumluluklara göre uygulanması gibi farklı bir yaklaşıma sebep olmaktadır. Bu nedenle 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu gereğince Gaziantep Büyükşehir Belediyesi’nde yürütülen atık bertaraf sisteminin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi yapılmıştır.

5.2. Senaryo 1 Türk Mevzuatıyla Uyum Senaryosu

Bu senaryoda, mevcut atık yönetimine ilaveten, EHCIP projesi kapsamında 3 A bölgesi olarak tanımlanan Gaziantep ilinde atık karakterizasyonu ve yıllara göre artış yüzdesiyle uyumlu olarak geri dönüşümlü atıkların % 12 sinin geri kazanılacağı kabulü ile uyumlu yaklaşımı esas alınmıştır. Atık yönetimi özeti Tablo 5.1’de verildiği gibi olup, EHCIP projesi kapsamında oluşacak evsel ve geri dönüşümlü atık miktarları Tablo 5.2’de verilmiştir. Hedeflerle uyumlu atık projeksiyonu Tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.1. Katı atık yönetim sistemleri: Senaryo 1

Katı atık yönetim sisteminin bileşenleri	Bileşen özellikleri
Kaynağında Ayrıştırma	Merkez ilçelerden Oğuzeli’nde ayrı toplamanın devamı, Şehitkâmil Belediyesi tarafından yürütülen kaynağında ayrı toplama faaliyetinin pilot bölge uygulamalarının genişletilerek ilçe geneline yaygınlaştırılması Kaynağında ayrıştırma ve ayrı toplamanın Şahinbey belediyesi tarafından uygulanması Katı atık düzenli depolama alanına gelen geri dönüşümlü atıkların %12 sinin geri kazanıma kazandırılması,
Toplama	Mevcut katı atık toplama hizmetlerinin yanında, şehrin uygun bölgelerine geri dönüşümlü atık toplama kutularının yerleştirilmesi,
Aritma/ Depolama	Katı atık düzenli depolama alanında atıkların bertarafının devamı

Tablo 5.2. EHCIP projesi kapsamında geri kazanıma uygun atık miktarı

Yıl	Depolanan atık miktarı (ton/gün)	Depolanan atık miktarı (ton/yıl)	EHCIP projesi kapsamında 3 A bölgesinin geri kazanıma uygun atık oranı	EHCIP projesi kapsamında 3 A bölgesinin geri kazanıma uygun atık miktarı (ton/gün)	EHCIP projesi kapsamında 3 A bölgesinin geri kazanıma uygun atık miktarı (ton/yıl)
2011	1.235	450775	31,7	391,50	150995,03
2012	1.305	476325	31,7	413,69	158168,74
2013	1.367	498955	31,7	433,34	166846,61
2014	1.442	526330	31,7	457,11	187645,77
2015	1.521	555165	33,8	514,10	203437,13
2016	1.649	601885	33,8	557,36	224533,40
2017	1.820	664300	33,8	615,16	236130,18
2018	1.914	698610	33,8	646,93	249700,88
2019	2.024	738760	33,8	684,11	280908,38
2020	2.126	775990	36,2	769,61	294253,51
2021	2.227	812855	36,2	806,17	310505,50
2022	2.350	857750	36,2	850,70	327286,01
2023	2.477	904105	36,2	896,67	343009,48
2024	2.596	947540	36,2	939,75	359261,47
2025	2.719	992435	36,2	984,28	376306,24
2026	2.848	1039520	36,2	1030,98	394011,66
2027	2.982	1088430	36,2	1079,48	412377,73
2028	3.121	1139165	36,2	1129,80	431536,58
2029	3.266	1192090	36,2	1182,29	451488,21
2030	3.417	1247205	36,2	1236,95	472100,49
2031	3.573	1304145	36,2	1293,43	472100,49

Tablo 5.3. Geri kazanıma uygun atıkların (%12) hedefle uyumlu miktarı

Yıl	Depolama alanına taşınan miktar (ton/gün)	Depolama alanına taşınan miktar (ton/yıl)	Türk mevzuatı ile uyum senaryosu için geri dönüşümlü atık miktarı (ton/gün)	Türk mevzuatı ile uyum senaryosu için geri dönüşümlü atık miktarı (ton/yıl)
2011	1.235	450775	0,00	0,00
2012	1.305	476325	49,64	57159,00
2013	1.367	498955	52,00	59874,60
2014	1.442	526330	54,85	63159,60
2015	1.521	555165	61,69	66619,80
2016	1.649	601885	66,88	72226,20
2017	1.820	664300	73,82	79716,00
2018	1.914	698610	77,63	83833,20
2019	2.024	738760	82,09	88651,20
2020	2.126	775990	92,35	93118,80
2021	2.227	812855	96,74	97542,60
2022	2.350	857750	102,08	102930,00
2023	2.477	904105	107,60	108492,60
2024	2.596	947540	112,77	113704,80
2025	2.719	992435	118,11	119092,20
2026	2.848	1039520	123,72	124742,40
2027	2.982	1088430	129,54	130611,60
2028	3.121	1139165	135,58	136699,80
2029	3.266	1192090	141,88	143050,80
2030	3.417	1247205	148,43	149664,60
2031	3.573	1304145	155,21	156497,40

Mücadir alan sınırlarında oluşan atıkların düzenli depolama alanında bertarafına dair 1 nolu senaryoda, EHCIP projesi kapsamında temel olarak;

- Mücadir alan sınırlarındaki ilçelerin nüfus verileri ve gelecekteki nüfusları belirlenmiştir. Proje kapsamında 2031 yılına kadar nüfus projeksiyonu yapılmıştır.
- Katı atık ana planı raporuna esas olmak üzere Türkiye genelinde yapılan tartım ve incelemelere göre kişi başına oluşan atık miktarı ve nüfusla değişimi incelenmiştir.
- Son yıllarda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Türkiye genelinde uygulamaya koyduğu Atık karakterizasyonu hazırlama ve raporlama zorunluluğuna bağlı olarak Türkiye genelinde ve bölgesel olarak oluşan atıkların karakterizasyonu tespit edilmiştir.

- Tespit edilen atık karakterizasyonu Türk mevzuatında öngörülen oranlarda azaltılması halinde bertaraf edilmesi gereken atık miktarı belirlenmiştir.
- Senaryo 1’de Gaziantep ilinin nüfus projeksiyonu göz önüne alınarak depolama alanında bertaraf edilecek atık miktarları tespit edilmiş, AB direktiflerine bağlı olarak geri kazanılabilir atıkların % 12’sinin geri kazanıldığı kabulü ile düzenli depolama alanında bertaraf edilecek atık miktarı Tablo 5.4’te verildiği gibidir.

Tablo 5.4. EHCIP projesi kapsamında geri kazanılabilir atıkların % 12’sinin geri kazanılması sonucu sahaya depolanacak atık miktarı

Yıl	Depolanacak atık miktarı (ton/yıl)	Türk mevzuatı ile uyum senaryosu geri dönüşümlü atık miktarı (ton/yıl)	Senaryo 1 depolama yöntemi ile bertaraf
2011	450775	0	450775
2012	476325	57159	419166
2013	498955	59874,6	439080,4
2014	526330	63159,6	463170,4
2015	555165	66619,8	488545,2
2016	601885	72226,2	529658,8
2017	664300	79716	584584
2018	698610	83833,2	614776,8
2019	738760	88651,2	650108,8
2020	775990	93118,8	682871,2
2021	812855	97542,6	715312,4
2022	857750	102930	754820
2023	904105	108492,6	795612,4
2024	947540	113704,8	833835,2
2025	992435	119092,2	873342,8
2026	1039520	124742,4	914777,6
2027	1088430	130611,6	957818,4
2028	1139165	136699,8	1002465,2
2029	1192090	143050,8	1049039,2
2030	1247205	149664,6	1097540,4
2031	1304145	156497,4	1147647,6

5.3. Senaryo 2 Sürdürülebilir Uyum Senaryosu

Sürdürülebilir uyum senaryosunda biyolojik olarak ayrışabilir atıklar için hedef yıllar 2015-2020 ve 2025 olarak seçilmiştir. Bu tarihlerde üretilen biyolojik olarak ayrışabilir atıkların sırasıyla %75, % 50 ve % 35'inin düzenli depolama alanına kabul edileceği varsayılmıştır (46). Azaltım hedefi olarak 1995 yılı esas alınmasına rağmen sağlıklı verinin olmaması sebebi ile EHCIP projesi kapsamında 2003 yılından başlamak üzere, 2003-2031 yılları arasında katı atık karakterizasyonundaki değişime göre hesaplama yapılacaktır. Ambalaj atıkları direktifi kapsamında katı atık düzenli depolama alanlarına gelen atıkların geri kazanılabilir atık miktarı esas alınarak hedefler doğrultusunda azaltım tespit edilecektir. Direktif doğrultusunda geri kazanım hedefleri 2005-2006-2007-2010-2014 yıllarında her atık grubu için belirlenmiş olmasına rağmen, bu senaryoda 2005 yılı hedefleri 2012 hedefleri olarak alınmak şartıyla, 2012, 2013, 2014, 2017, 2021 yılları hedefleri olarak kabul edilecektir [53].

Tablo 5.5. Ambalaj atıkları direktifi geri kazanım hedefleri

Ambalajın cinsi	Geri kazanma oranı(%)				
	2005	2006	2007	2010	2014
Cam	32	35	37	45	60
Plastik	32	35	37	45	60
Metal	30	33	35	45	60
Kağıt/karton	20	30	35	45	60

Tablo 5.6. EHCIP projesi kapsamında 3a bölgesi için geri kazanım hedefleri (54).

Ambalajın cinsi	Geri kazanma oranı(%)				
	2012	2013	2014	2017	2021
Cam	32	35	37	45	60
Plastik	32	35	37	45	60
Metal	30	33	35	45	60
Kağıt/karton	20	30	35	45	60
ORTALAMA	28	33	36	45	60

Tablo 5.7. Katı atık yönetim sisteminin bileşenleri: Senaryo 2

Katı Atık Yönetim Sisteminin Bileşenleri	Bileşen Özellikleri
Kaynağında Ayırıştırma	Merkez ilçelerden Oğuzeli’nde ayrı toplamanın devamı, Şehitkâmil Belediyesi tarafından yürütülen kaynağında ayrı toplama faaliyetinin pilot bölge uygulamalarının genişletilerek ilçe geneline yaygınlaştırılması Kaynağında ayırıştırma ve ayrı toplamanın Şahinbey belediyesi tarafından uygulanması Katı atık düzenli depolama alanına gelen geri dönüşümlü atıkların geri kazanım hedefleriyle uyumlu olarak azaltılması ve geri kazanım yapılması,
Toplama	Mevcut katı atık toplama hizmetlerinin yanında, şehrin uygun bölgelerine geri dönüşümlü atık toplama kutularının yerleştirilmesi,
Arıtma/ Depolama	Katı atık düzenli depolama alanında atıkların bertarafının devamı, Biyobozunur atıkların sürdürülebilir atık yönetimi ilkelerine uyumlu olarak azaltılması,

Senaryoda, sırasıyla, yıllara göre atık miktarı, EHCIP Projesi kapsamında geri kazanıma uygun atık miktarı ve ambalaj atıkları direktifi geri kazanım hedefleri doğrultusunda geri kazanılacak atık miktarları günlük ve yıllık tonajlar olarak hesaplanmıştır.

Bir sonraki aşamada ise geri kazanılabilir atıklar depolama alanına gelen atıklardan çıkarılacak geri kalan organik içeriğin düzenli depolama direktifindeki hedefler doğrultusunda azaltılması sağlanacaktır. Sonuç olarak depolama alanına taşınan atıklardan atık projeksiyonuna göre geri kazanılan tüm atıklar çıkarılarak geri kalan atık miktarı ve gerekli olan depolama alanı ihtiyacı hesaplanacaktır.

- EHCIP projesi kapsamında 3a bölgesinden geri kazanıma uygun atık miktarları ambalaj atıkları direktifinde belirtilen hedefler doğrultusunda azaltılması durumunda geri kazanılacak atık miktarları günlük ve yıllık olarak hesaplanmıştır. (Tablo 5.8).
- Öncelikle depolama alanına taşınan atıklardan EHCIP projesi kapsamında biyobozunur atık miktarı hesaplanmıştır. Oluşan günlük ve yıllık biyobozunur atık miktarlarından geri kazanım hedefleri doğrultusunda değerlendirilebilir günlük ve yıllık atık miktarları hesaplanmıştır (Tablo 5.9).
- Biyobozunur atık miktarları ve geri kazanılabilir ambalaj atıklarının hedefler oranında uzaklaştırılması halinde düzenli depolama alanında bertaraf edilecek atık miktarı ise Tablo 5.10’da verilmiştir.

Tablo 5.8. EHCIP projesi kapsamında geri kazanılabilir atık miktarı

Yıl	Depolama alanına taşınan miktar (ton/gün)	Depolama alanına taşınan miktar (ton/yıl)	EHCIP projesi kapsamında 3 A bölgesinin geri kazanıma uygun atık oranı	EHCIP projesi kapsamında 3 A bölgesinin geri kazanıma uygun atık miktarı (ton/gün)	EHCIP projesi kapsamında 3 A bölgesinin geri kazanıma uygun atık miktarı (ton/yıl)	Ambalaj atıkları direktifine göre hedefler	Direktif hedeflerine göre günlük geri kazanılacak atık miktarı (günlük)	Direktif hedeflerine göre günlük geri kazanılacak atık miktarı (yıllık)
2011	1.235	450775	31,7	391,50	150995,03	0,00	0,00	0,00
2012	1.305	476325	31,7	413,69	158168,74	0,28	115,83	44287,25
2013	1.367	498955	31,7	433,34	166846,61	0,33	143,00	55059,38
2014	1.442	526330	31,7	457,11	187645,77	0,36	164,56	67552,48
2015	1.521	555165	33,8	514,10	203437,13	0,36	185,08	73237,37
2016	1.649	601885	33,8	557,36	224533,40	0,36	200,65	80832,02
2017	1.820	664300	33,8	615,16	236130,18	0,45	276,82	106258,58
2018	1.914	698610	33,8	646,93	249700,88	0,45	291,12	112365,40
2019	2.024	738760	33,8	684,11	280908,38	0,45	307,85	126408,77
2020	2.126	775990	36,2	769,61	294253,51	0,45	346,33	132414,08
2021	2.227	812855	36,2	806,17	310505,50	0,60	483,70	186303,30
2022	2.350	857750	36,2	850,70	327286,01	0,60	510,42	196371,61
2023	2.477	904105	36,2	896,67	343009,48	0,60	538,00	205805,69
2024	2.596	947540	36,2	939,75	359261,47	0,60	563,85	215556,88
2025	2.719	992435	36,2	984,28	376306,24	0,60	590,57	225783,74
2026	2.848	1039520	36,2	1030,98	394011,66	0,60	618,59	236407,00
2027	2.982	1088430	36,2	1079,48	412377,73	0,60	647,69	247426,64
2028	3.121	1139165	36,2	1129,80	431536,58	0,60	677,88	258921,95
2029	3.266	1192090	36,2	1182,29	451488,21	0,60	709,38	270892,93
2030	3.417	1247205	36,2	1236,95	472100,49	0,60	742,17	283260,29
2031	3.573	1304145	36,2	1293,43	472100,49	0,60	776,06	283260,29

Tablo 5.9. EHCIP projesi kapsamında geri kazanılabilir biyobozunur atık miktarı

Yıl	Depolama alanına taşınan miktar (ton/gün)	Depolama alanına taşınan miktar (ton/yıl)	EHCIP kapsamında biyobozunur atık oranı (%)	EHCIP kapsamında biyobozunur atık miktarı (günlük)	EHCIP kapsamında biyobozunur atık miktarı (yıllık)	Biyobozunur atık geri kazanım hedefleri	Biyobozunur atık geri kazanım günlük	Biyobozunur atık geri kazanım yıllık
2011	1.235	450775	0, 62	765,70	279480,00	0,00	0,00	0
2012	1.305	476325	0,619	807,80	294845,18	0,00	0,00	0
2013	1.367	498955	0,615	840,71	306857,33	0,00	0,00	0
2014	1.442	526330	0,612	882,50	322113,96	0,00	0,00	0
2015	1.521	555165	0,608	924,77	337540,32	0,25	231,19	84385,08
2016	1.649	601885	0,598	986,10	359927,23	0,25	246,53	89981,8075
2017	1.820	664300	0,599	1090,18	397915,70	0,25	272,55	99478,925
2018	1.914	698610	0,596	1140,74	416371,56	0,25	285,19	104092,89
2019	2.024	738760	0,593	1200,23	438084,68	0,25	300,06	109521,17
2020	2.126	775990	0,59	1254,34	457834,10	0,5	627,17	228917,05
2021	2.227	812855	0,587	1307,25	477145,89	0,5	653,62	238572,9425
2022	2.350	857750	0,584	1372,40	500926,00	0,5	686,20	250463
2023	2.477	904105	0,582	1441,61	526189,11	0,5	720,81	263094,555
2024	2.596	947540	0,582	1510,87	551468,28	0,5	755,44	275734,14
2025	2.719	992435	0,582	1582,46	577597,17	0,65	1028,60	375438,1605
2026	2.848	1039520	0,582	1657,54	605000,64	0,65	1077,40	393250,416
2027	2.982	1088430	0,582	1735,52	633466,26	0,65	1128,09	411753,069
2028	3.121	1139165	0,582	1816,42	662994,03	0,65	1180,67	430946,1195
2029	3.266	1192090	0,582	1900,81	693796,38	0,65	1235,53	450967,647
2030	3.417	1247205	0,582	1988,69	725873,31	0,65	1292,65	471817,6515
2031	3.573	1304145	0,582	2079,49	759012,39	0,65	1351,67	493358,0535

Tablo 5.10. Geri kazanılabilir atık ve biyobozunur atıkların hedefler oranında uzaklaştırılması halinde depolanacak atık miktarı

Yıl	Depolama alanına taşınan miktar (ton/gün)	Depolama alanına taşınan miktar (ton/yıl)	EHCIP projesi kapsamında geri kazanılabilecek atık miktarı (ambalaj ve biyobozunur) (günlük)	EHCIP projesi kapsamında geri kazanılabilecek atık miktarı (ambalaj ve biyobozunur) (yıllık)	Düzenli depolanacak atık miktarı (günlük)	Düzenli depolanacak atık miktarı (yıllık)
2011	1235	450775	0	0	1235	450775
2012	1305	476325	115,83	44287,25	1189,17	432037,75
2013	1367	498955	143	55059,38	1224	443895,62
2014	1442	526330	164,56	67552,48	1277,44	458777,52
2015	1521	555165	416,27	157622,45	1104,73	397542,55
2016	1649	601885	447,18	170813,8275	1201,82	431071,1725
2017	1820	664300	549,37	205737,505	1270,63	458562,495
2018	1914	698610	576,31	216458,29	1337,69	482151,71
2019	2024	738760	607,91	235929,94	1416,09	502830,06
2020	2126	775990	973,5	361331,13	1152,5	414658,87
2021	2227	812855	1137,32	424876,2425	1089,68	387978,7575
2022	2350	857750	1196,62	446834,61	1153,38	410915,39
2023	2477	904105	1258,81	468900,245	1218,19	435204,755
2024	2596	947540	1319,29	491291,02	1276,71	456248,98
2025	2719	992435	1619,17	601221,9005	1099,83	391213,0995
2026	2848	1039520	1695,99	629657,416	1152,01	409862,584
2027	2982	1088430	1775,78	659179,709	1206,22	429250,291
2028	3121	1139165	1858,55	689868,0695	1262,45	449296,9305
2029	3266	1192090	1944,91	721860,577	1321,09	470229,423
2030	3417	1247205	2034,82	755077,9415	1382,18	492127,0585
2031	3573	1304145	2127,73	776618,3435	1445,27	527526,6565

Ambalaj Atıklarının Türk mevzuatıyla uyumlu olarak kaynağında ayrıştırılması, halinde düzenli depolama alanında bertaraf edilecek atık miktarı % 12 oranında azalacaktır. Her yıl % 12 oranında az atığın sahaya alınması halinde 2031 yılında sahada depolanacak atık miktarı 2.047.387 ton daha az olacaktır.

Tablo 5.11. Türk mevzuatıyla uyumlu olarak atıkların azaltılması halinde depolanacak atık miktarı

Yıl	Depolanacak atık miktarı (ton/yıl)	Türk mevzuatı ile uyum senaryosu geri dönüşümlü atık miktarı (ton/yıl)	Senaryo 1 depolama yöntemi ile bertaraf
2011	450775	0	450775
2012	476325	57159	419166
2013	498955	59874,6	439080,4
2014	526330	63159,6	463170,4
2015	555165	66619,8	488545,2
2016	601885	72226,2	529658,8
2017	664300	79716	584584
2018	698610	83833,2	614776,8
2019	738760	88651,2	650108,8
2020	775990	93118,8	682871,2
2021	812855	97542,6	715312,4
2022	857750	102930	754820
2023	904105	108492,6	795612,4
2024	947540	113704,8	833835,2
2025	992435	119092,2	873342,8
2026	1039520	124742,4	914777,6
2027	1088430	130611,6	957818,4
2028	1139165	136699,8	1002465,2
2029	1192090	143050,8	1049039,2
2030	1247205	149664,6	1097540,4
2031	1304145	156497,4	1147647,6
EHCIP projesi kapsamında geri kazanılabilir atıkların % 12 sinin geri kazanılması sonucu sahaya depolanacak atık miktarı			

Sürdürülebilir uyum senaryo 2’de hesaplandığı üzere geri kazanımlı atıkların ambalaj atıkları direktif hedeflerinde belirtilen oranlarda azaltılması ve biyobozunur

atıkların enerji üretimi amacıyla anaerobik reaktöre alınması halinde düzenli depolama alanında bertaraf edilecek atık miktarı hesaplandığında oluşan durum Tablo 5.12’de üretilecek elektrik miktarına dair veriler Tablo 5.13’te belirtildiği gibidir.

Tablo 5.12. Senaryo 2'nin uygulanması halinde düzenli depolama alanında yüzdesel kazanım

Yıl	Depolama alanına taşınan miktar (ton/gün)	Depolama alanına taşınan miktar (ton/yıl)	(Ambalaj ve biyobozunur) (günlük)	(Ambalaj ve biyobozunur) (yıllık)	Düzenli depolanacak atık miktarı (günlük)	Düzenli depolanacak atık miktarı (yıllık)	Yüzdesel kazanım
2011	1235	450775	0	0	1235	450775	0
2012	1305	476325	115,83	44287,25	1189,17	432037,75	9,297696
2013	1367	498955	143	55059,38	1224	443895,62	11,03494
2014	1442	526330	164,56	67552,48	1277,44	458777,52	12,83462
2015	1521	555165	416,27	157622,45	1104,73	397542,55	28,392
2016	1649	601885	447,18	170813,8275	1201,82	431071,1725	28,37981
2017	1820	664300	549,37	205737,505	1270,63	458562,495	30,97057
2018	1914	698610	576,31	216458,29	1337,69	482151,71	30,98414
2019	2024	738760	607,91	235929,94	1416,09	502830,06	31,93594
2020	2126	775990	973,5	361331,13	1152,5	414658,87	46,56389
2021	2227	812855	1137,32	424876,2425	1089,68	387978,7575	52,26962
2022	2350	857750	1196,62	446834,61	1153,38	410915,39	52,0938
2023	2477	904105	1258,81	468900,245	1218,19	435204,755	51,86347
2024	2596	947540	1319,29	491291,02	1276,71	456248,98	51,84911
2025	2719	992435	1619,17	601221,9005	1099,83	391213,0995	60,58048
2026	2848	1039520	1695,99	629657,416	1152,01	409862,584	60,57194
2027	2982	1088430	1775,78	659179,709	1206,22	429250,291	60,56243
2028	3121	1139165	1858,55	689868,0695	1262,45	449296,9305	60,5591
2029	3266	1192090	1944,91	721860,577	1321,09	470229,423	60,5542
2030	3417	1247205	2034,82	755077,9415	1382,18	492127,0585	60,54161
2031	3573	1304145	2127,73	776618,3435	1445,27	527526,6565	59,55
		17512335		8180178,327		9332156,673	

Tablo 5.13. Senaryo 2'nin uygulanması halinde üretilecek elektrik miktarı

Yıl	Depolama alanına taşınan miktar (ton/gün)	Depolama alanına taşınan miktar (ton/yıl)	EHCIP kapsamında biyobozunur atık oranı (%)	EHCIP kapsamında biyobozunur atık miktarı (günlük)	EHCIP kapsamında biyobozunur atık miktarı (yıllık)	Biyobozunur atık geri kazanım hedefleri	Biyobozunur atık geri kazanım günlük	Biyobozunur atık geri kazanım yıllık	Oluşacak biyogaz miktarı (m3)	Oluşacak metan gazı miktarı (m3)	Üretilecek elektrik miktarı (MGW)
2011	1235	450775	0,62	765,7	279480	0	0	0	0	0	0
2012	1305	476325	0,619	807,8	294845,18	0	0	0	0	0	0
2013	1367	498955	0,615	840,71	306857,33	0	0	0	0	0	0
2014	1442	526330	0,612	882,5	322113,96	0	0	0	0	0	0
2015	1521	555165	0,608	924,77	337540,32	0,25	231,19	84385,08	12657762	6961769,1	23205,897
2016	1649	601885	0,598	986,1	359927,23	0,25	246,53	89981,8075	13497271,13	7423499,119	24744,99706
2017	1820	664300	0,599	1090,18	397915,7	0,25	272,55	99478,925	14921838,75	8207011,313	27356,70438
2018	1914	698610	0,596	1140,74	416371,56	0,25	285,19	104092,89	15613933,5	8587663,425	28625,54475
2019	2024	738760	0,593	1200,23	438084,68	0,25	300,06	109521,17	16428175,5	9035496,525	30118,32175
2020	2126	775990	0,59	1254,34	457834,1	0,5	627,17	228917,05	34337557,5	18885656,63	62952,18875
2021	2227	812855	0,587	1307,25	477145,89	0,5	653,62	238572,9425	35785941,38	19682267,76	65607,55919
2022	2350	857750	0,584	1372,4	500926	0,5	686,2	250463	37569450	20663197,5	68877,325
2023	2477	904105	0,582	1441,61	526189,11	0,5	720,81	263094,555	39464183,25	21705300,79	72351,00263
2024	2596	947540	0,582	1510,87	551468,28	0,5	755,44	275734,14	41360121	22748066,55	75826,8885
2025	2719	992435	0,582	1582,46	577597,17	0,65	1028,6	375438,1605	56315724,08	30973648,24	103245,4941
2026	2848	1039520	0,582	1657,54	605000,64	0,65	1077,4	393250,416	58987562,4	32443159,32	108143,8644
2027	2982	1088430	0,582	1735,52	633466,26	0,65	1128,09	411753,069	61762960,35	33969628,19	113232,094
2028	3121	1139165	0,582	1816,42	662994,03	0,65	1180,67	430946,1195	64641917,93	35553054,86	118510,1829
2029	3266	1192090	0,582	1900,81	693796,38	0,65	1235,53	450967,647	67645147,05	37204830,88	124016,1029
2030	3417	1247205	0,582	1988,69	725873,31	0,65	1292,65	471817,6515	70772647,73	38924956,25	129749,8542
2031	3573	1304145	0,582	2079,49	759012,39	0,65	1351,67	493358,0535	74003708,03	40702039,41	135673,4647
Toplam		17512335			10324439,52			4771772,677	715765901,6	393671245,9	1312237,486

1. 2031 yılı sonunda herhangi bir ayrıştırma işlemi yapılmadan düzenli depolama alanında bertaraf edilecek atık miktarı 17.512.335 ton iken geri kazanılabilir ambalaj atıkları ve biyobozunur atıkların hedefler doğrultusunda azaltılması ile geri kazanılacak atık miktarı 8.180.178 ton olacaktır. Bu durumda düzenli depolama alanına alınan atık miktarı 9.332.156 ton olacak toplamda ise %46,7 oranında depolama alanından tasarruf edilmiş olacaktır.
2. Düzenli depolama alanına taşınan biyobozunur nitelikli atıkların Anaerobik reaktöre alınarak enerji üretimi amacıyla kullanılması halinde 2031 yılı sonunda 4.771.772 ton biyobozunur atık değerlendirilecektir. Oluşacak 715.765.901 m³ biyogazdan 393.671.245 m³ CH₄ değerlendirilerek 1.312.237 MGW elektrik üretimi gerçekleşecektir.
3. Üretilen elektrik 2015-2031 yılları arasında aylık tüketimi yaklaşık 200 kW olan 34.000 hanenin 16 yıl boyunca elektrik tüketim ihtiyacını karşılayacak düzeydedir.
4. Ülkemizde elektrik üretiminin doğalgaz, kömür, termik santraller, hidro elektrik santraller yolu ile üretildiği düşünüldüğünde, düzenli depolama ve geri kazanılabilir atıkların değerlendirilmesi ile elde edilen elektriğin kullanılması halinde kaynakların korunması da sağlanacaktır.
5. Elektrik üretimi ve düzenli depolama alanında yapılacak yer tasarrufunun yanında anaerobik reaktörden çıkan kompost toprak düzenleyici olarak kullanılabileceği gibi düzenli depolama alanında örtü malzemesi olarak da kullanılabilecektir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada Gaziantep ilinde atık yönetimine dair mevcut durumda yapılan çalışmalar ile AB direktif hedefleri doğrultusunda yapılabilecek uygulamaların kıyaslaması yapılmıştır.

Gaziantep mücavir alan sınırlarında oluşan evsel nitelikli atıklar düzenli depolama yöntemi ile bertaraf edilmektedir. Düzenli depolama alanı 1996 yılından günümüze faaliyetlerine devam etmekte olup, sahaya taşınan atıklar herhangi bir ayrıştırma işlemine tabi tutulmamaktadır. Gaziantep ilinde nüfusun sürekli artış eğiliminde olması, atıkların herhangi bir ön işlem yapılmadan depolanması, düzenli depolama alanının ömrünün projelendirildiği süreden daha önce dolması anlamına gelmektedir. Senaryolar bölümünde değerlendirildiği üzere ambalaj atıklarının kaynağında ayrı toplanması ve biyobozunur atıkların anaerobik ortamda bozunması ile düzenli depolama yöntemi ile bertaraf edilecek atık miktarının önemli bir miktarda azaltılması mümkündür.

Düzenli depolama alanları, kurulum aşamasından işletme aşamasına ve kapatma süreci de dahil pek çok prosedürün yerine getirilmesini gerektirirken, düzenli depolama alanlarının işletilmesi de başlı başına bir yönetim gerektirmektedir. Bu nedenle sahaya alınan atıkların doğal süreçlerinde gaz oluşturmalarını beklemek yerine daha planlama aşamasında bertaraf maliyetlerini en az indirecek bunun yanında geri kazanımı en yüksek oranda uygulamaya çalışacak stratejilerin belirlenmesi çok önemlidir. Karar vericilerin bu hususları gözönünde bulundurarak Yaşam Döngüsü Değerlendirmesini uygulaması halinde kaynakların verimli kullanımı mümkün olacaktır.

7. KAYNAKLAR

1. HAGERTY, D. J., PAVONI, J. L. ve HEER, J. E., 1973, Solid Waste Management, Van Nostrand Reinhold Company, USA.
2. AGRAWAL, S. K., 1990, "Waste Management: A Systems Perspective", Industrial Management & Data Systems, 90 (5).
3. WHO, 1946, Constitution of the World Health Organization, Geneva.
4. WHO, 1997, "Executive Summary, Chapter 4: From Environmental Quality to Exposures and Risks, Health and Environment in Sustainable Development: Five Years After the Earth Summit".
5. PALABIYIK, H., 2001, Belediyelerde Kentsel Katı Atık Yönetimi: İzmir Büyükşehir Belediyesi Örneği, Doktora Tezi, DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
6. BARTONE, C. R., 1997, "Strategies for Improving Urban Waste Management: A View from the World Bank", International Conference on Development and Environmental Impact, Riyadh, 21-23 September.
7. BARTONE, C. R., 1991, "Institutional and Management Approaches to Solid Waste Disposal in Large Metropolitan Areas", Waste Management & Research, Issue
8. CLAYTON, K. C. ve HUIE, J. M., 1973, Solid Wastes Management The Ragional Approach, Ballinger Publisher Company, Cambridge.
9. CURI, K., 1997, "Türkiye’de Katı Atıkların Geri Kazanılması ve Uzaklaştırılması Sorunları", Katı Atık ve Çevre, S. 28, Ekim.

10. ZACHARY, A. S., 1995, The Environmental Policy Paradox, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
11. BARTONE, C., 1990, "Economic and Policy Issues in Resource Recovery From Municipal Solid Wastes", Resources, Conservation and Recycling, 4, 1990.
12. EPA, Environmental Protection Agency, 1989, The Solid Waste Dilemma: An Agenda for Action, EPA, 330-SW-89-019, February
13. RUSHBROOK, P., 1998, "Guidelines for Landfilling-Decision Makers' Guide and Guidance Notes", Workshop Report Waste Disposal Workshop '98, Collaborative Programme on MSWM in Low-and Middle-Income Countries, 8-11 September, Brasil.
14. O'REILLY, J. T., 1991, State&Local Government Solid Waste Management, Clark Broadman Callaghan, USA.
15. TCHOBANOGLOUS, G., THEISEN, H. ve ELIOSSEN, R., 1977, Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill.
16. COINTREAU Levine, S. ve COAD, A., 2000, "Guidance Pack Executive Overview", Private Sector Participation in Solid Waste Management.
17. AKDOĞAN, Asuman ve Sevcan GÜLEÇ (2007), "Sürdürülebilir Katı Atık Yönetimi ve Belediyelerde Yöneticilerin Katı Atık Yönetimi ile İlgili Tutum ve Düşüncelerinin Analizine Yönelik Bir Araştırma", Hacettepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 25(1):39-69
18. KELEŞ, Ruşen ve Can HAMAMCI (2005), Çevre Politikası, 5. Baskı, İmge Kitapevi, Ankara.
19. PORTER, Michael E. and Claus van der LINDE (1995), "Toward a New Conception of the Environment - Competitiveness Relationship", Journal of Economic Perspectives, 9(4):97-118.

20. FISHER, Michael M. (2006), “Feedstock Recycling Technologies in the Sustainable Recycling of Plastics from End-of-Life Electrical and Electronic Products”, IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, Conference Record, pp.292-297.
21. YÜCEL, Fatih (2003), “Sürdürülebilir Kalkınmanın Sağlanmasında Çevre Korumanın ve Ekonomik Kalkınmanın Karşıtlığı ve Birlikteliği”, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 11 (11):100–120.
22. ENGLANDE, Andrew J. and Guang JIN (2006), “Application of Biotechnology in Waste Management for Sustainable Development an Overview”, Management of Environmental Quality: An International Journal,17(4):467-477.
23. WILSON, David C. (2007), “Development Drivers for Waste Management”, Waste Management & Research, 25:198-207.
24. 2011 Atık Yönetimi Sempozyumu Sonuç Bildirgesi.
25. MOHAN, Rama; Jackie SPIBY; Silvio G. LEONARDI; Alan ROBINS and Stephan JEFFERIS, (2006), “Sustainable Waste Management in The UK: The Public Health Role”, Public Health, 120:908–914.
26. ÇOKGEZEN, Jale (2007), “Avrupa Birliği Çevre Politikası ve Türkiye”, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, XXIII(2):91-115.
27. PORTE, Martin S. and Jianxin YANG (2007), “WEEE Recycling in Chine Present Situation and Main Obstacles for Improvement”, IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, pp. 40-45.
28. Ross S., Evans D., (2002), “Use of Life Cycle Assessment in Enviromental Management”, Springer-Verlag New York Inc.,Vol. 29, No. 1, pp. 132-142, Australia.
29. Özeler D., Demirer G.N., (2000), “Önleyici Çevre Yönetiminde Ürün ve Proses Optimizasyonu için Yeni Bir Yöntem Hayat Boyu Değerlendirme (Life Cycle Assessment)”, Endüstri ve Otomasyon, No: 41, 66-69

30. Curran M.A., (2004), “Life Cycle Assessment: Why LCA”, U.S. Environmental Protection Agency National Risk Management Research Laboratory, Cincinnati.
31. Barnthouse, L., (1997), “Life Cycle Impact Assessment: The State of the Art. SETAC Pres”, Pensacola, USA
32. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, Life Cycle Assessment (LCA) A guide to approaches, experiences and information sources, Environmental Issues Series, 6, United Kingdom (1997).
33. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı “Faaliyetler” Gaziantep,2011.
34. İl Sağlık Müdürlüğü, Gaziantep, 2008.
35. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” 22.07.2005 Tarih ve 25883 Sayılı Resmi Gazete
36. Prof. Dr. Mehmet BORAT, Tıbbi Atık Yönetimi Seminer Notları, 2008
37. “Diş Hekimliği Makineleri Sanayi”, <http://www.dmsorg.com>
38. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Atık Yönetimi Daire Başkanlığı Envanteri.
39. Ömrünü Tamamlamış Atık Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği
40. Anaerobic Digestion of Solid Waste: State- of- The-Art. Wat.Sci.Tech., 41(3),283-290 De Baere,2000;
41. Anaerobic Digestion of Municipal Solid Organic Waste: Valorga Full-Scale Plant in Tilburg, Holland. In Proc. 8th Int. Conf. On AnaerobicDig.,Sendai, 25-29 May, 2, 232-238
42. Tıbbi Atıkların Sterilizasyonu Tesisi Projesi Ek-B Bütçe Gaziantep,2007.

43. One and Two-Step Anaerobic Digestion of Solid Agro industrial Residues. In Proc. Int. Symp. on Anaerobic Digestion of Solid Waste, Venice, 14-17 April, 193-199 Weiland, 1992;
44. The Waasa Process Integrated in the Eco-Cycling Society. In Proc. II Int. Symp. Anaerobic Dig. Solid. Waste, Barcelona, June 15-17, 2,310-313 Westergard and Teir, 1999;
45. Two Phase Anaerobic Digestion of Source Sorted, OFMSW: Performance and Kinetic Study. In Proc. II Int. Symp. Anaerobic Dig. Solid Waste, Barcelona, 15-17 June, 1,91-98 Pavan vd. 1999a;
46. AB, 1999. Avrupa Birliği Komisyonu. (1999). Düzenli Depolama Direktifi, 99/31/EC.
47. DPT, 2003. Devlet Planlama Teşkilatı. (2003). İl Nüfus Tahminleri.
48. National Institute for Environmental Studies (2002), *Embodied Energy and Emission Intensity Data for Japan Using Input-Output Tables (3EID), Inventory Data for LCA*
49. Toshihiko Matsuto (2005): *Analysis, planning, and evaluation of municipal solid waste treatment system – Material flow & LCA evaluation program*. Gihodoshuppan Publication
50. C.P.J. Dijkema, M.A. Reuter, E.V. Verhoef (2000): *A new paradigm for waste management*. Waste Management 20. 633-638
51. Bernstad, A., Jansen, J.L.C. (2011): *A life cycle approach to the management of household food waste – A Swedish full-scale case study*. Waste Management 31, pp. 1879-1896.
52. Zhang, H., Matsuto, T. (2010): *Mass balance and cost of composting facilities for different types of organic waste*. Proceedings Venice 2010, Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste, Venice (Italy), 8-11 November 2010.
53. AB, 1994. Avrupa Birliği Komisyonu. (1994). Ambalaj Atıkları Direktifi, 94/62/EC.

54. ENVEST, 2005. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Türkiye için Yüksek Maliyetli Çevresel Yatırımların Planlaması. Düzenli Depolama Direktifi Direktife Özgü Yatırım Planı.

ÖZGEÇMİŞ

22/10/1977 tarihinde Malatya’da doğdum. İlköğretim ve lise öğrenimimi Malatya’da tamamladım. 2003 yılında Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünden mezun oldum. 2007 yılından itibaren Gaziantep Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı’nda Atıklar Şube Müdürü olarak görev yapmaktayım. Tıbbi Atıkların Sterilizasyonu, Katı atık Düzenli Depolama Alanının İşletilmesi, Düzenli Depolama Alanlarında Oluşan Metan Gazı Kullanılarak Elektrik üretimi, Atık Lastiklerin Toplanması Taşınması ve Piroliz Yöntemi ile bertarafı ve Sızıntı Suyu Arıtım projelerinde yer aldım.