ANKARA İLİNDEKİ EVSEL VE İŞYERİ ATIKLARININ ENERJİYE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ VE BERTARAF EDİLMESİ YÖNÜNDEKİ STRATEJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mehmet Ali ÖNER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TEKNOLOJİ EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ARALIK 2005
ANKARA

Mehmet Ali ÖNER tarafından hazırlanan "ANKARA İLİNDEKİ EVSEL ve İŞYERİ ATIKLARININ ENERJİYE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ ve BERTARAF EDİLMESİ YÖNÜNDEKİ STRATEJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ" adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN .....

Üye : Doç. Dr. Mahmut İZCİLER .....

Üye : Doç. Dr. Serdar YÜCESU .....

Üye : Doç. Dr. Adnan SÖZEN .....

Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ERTÜRK .....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

ANKARA İLİNDEKİ EVSEL VE İŞYERİ ATIKLARININ ENERJİYE DÖNÜŞTÜRÜLMESİ VE BERTARAF EDİLMESİ YÖNÜNDEKİ STRATEJİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet Ali ÖNER

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Aralık 2005

ÖZET

Günümüz modern toplumlarında enerjiye olan ihtiyaç, özellikle teknoloji ve endüstriyel üretim süreçlerinde yaşanan gelişme, hızlı nüfus artışı ve bunlara bağlı olarak artan yaşam standartlarının sonucu olarak, son 20 – 30 yıl içinde büyük bir artış göstermiştir. Türkiye'nin de enerji ihtiyacını karşılamak ve dışa olan bağını azaltmak için alternatif enerji kaynaklarının arttırılması gereklidir. Çöplükler yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak enerji ihtiyacının bir kısmını karşılayabilecek kapasitededir. Ayrıca, kontrol altına alınmayan, gelişi güzel çöplerin depolandığı ıslah edilmeden terk edilen çöplükler (eski deponiler) büyük tehlike arz etmektedir. Hem çöpün doğaya olan kötü etkilerinden kurtulmak, hem de enerji elde etmek açısından büyük değeri olan çöplerin geri kazanımı ülkemiz için önemlidir.

Bu çalışmada Ankara ilindeki atıkların bertaraf edilmesi, geri dönüştürülmesi ve yakıt olarak kullanılmasına yönelik stratejiler Türkiye'de ve Dünya'daki uygulamalar ışığı altında değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 705.1.038
Anahtar kelimeler : Yenilenebilir Enerji Kaynağı, Deponi, Atık, Geri Dönüşüm
Sayfa adedi : 133
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

EVALUATION OF STRATEGIES WHICH ARE ORIENTED TOWARDS THE DISPOSAL AND RECYCLING OF DOMESTIC AND JOBSITE WASTES INTO THE ENERGY IN THE PROVINCE OF ANKARA

(M.Sc. Thesis)

Mehmet Ali ÖNER

GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
December 2005

ABSTRACT

The energy need which is prevailing in the modern societies of our present age, as a result of the rapid development especially experienced during the technological and industrial processes and the rapid increase of population, and finally the increased living standards due to such factors, has shown an enormous increase during the last, two decades. In order to meet the energy demands of Turkey and reduce her dependence on the foreign energy sources it is necessary to increase the number of alternative energy sources Garbage dumps (deponis), being a source of renewable energy, have a sufficient capacity to meet a certain portion of needed energy, furthermore, those garbage dumps (old debonis) wherein the uncontrolled garbage's are heaped in a random manner, after being a burdened without going under any betterment process, are presenting a great risk. Therefore, in order to eliminate the adverse affects of the garbage's on the nature and also produce energy, the recycling of wastes which display a great value in respect with these facts, is considered highly important for our country.

Within the course of this study, the strategies which are oriented towards the disposal, recycling and using as a fuel of the wastes in Ankara Province, have been evaluated under the light of applications prevalent in Turkey and the world.

Scientific Code : 705.1.038
Key Words : Renewable Energy Source, Deponi, Recycling of Wastes, Recycling
Page number : 133
Adviser : Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. H. Güçlü YAVUZCAN'a manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan annem Sebahat ÖNER'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iii

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vii

İÇİNDEKİLER viii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ xi

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xiii

RESİMLERİN LİSTESİ xiv

SİMGELER VE KISALTMALAR xv

1. GİRİŞ 1

2. ATIK TÜRLERİ 4

2.1. Atık Türleri 4

2.1.1. Evsel nitelikli atıklar 4

2.1.2. Özel atıklar 5

2.1.3. Tıbbi atıklar 5

2.1.4. Tehlikeli atıklar 6

2.1.5. Tesislere kabul edilmeyen atıklar 6

2.2. Atık miktarları ve içindeki bileşenler 7

2.2.1. Dünya'daki atıkların kompozisyonu 7

2.2.2. Türkiye'deki atıkların kompozisyonu 7

2.3. Belediyelerdeki çöp toplama hizmetleri 9

3. ATIKLARIN DEĞERLENDİRİLME ŞEKİLLERİ 14

3.1. Katı Atık Yakma 15

Sayfa

3.1.1. Yakma teknolojileri 18

3.1.2. Enerji kazanma..... 24

3.1.3. Bazı ülkelerdeki katı atık yakma teknolojileri ve yaklaşımlar 29

3.1.4. Yakma tesislerinde emisyon azaltma 35

3.1.5. Yer seçimi 41

3.1.6. Ekonomi 42

3.2. Kompost Oluşturma 47

3.2.1. Kompostlama 48

3.2.2. Kompostlama metotları 58

3.3. Geri Dönüşüm 59

3.3.1. Türkiye'deki durum 59

3.3.2. Kazanım miktarları 62

3.3.3. Geri kazanımın yapılacağı bölgenin incelenmesi 65

3.4. Katı Atık Depolama 73

3.4.1. Depolama için yer seçiminde dikkat edilmesi gereken kriterler 75

3.4.2. Düzenli depolama alanı inşaatı 87

4. ANKARA'NIN ÇÖP SORUNUNA ÇÖZÜM ÖNERİLERİ..... 92

4.1. Çöp Miktarları 92

4.2. Mevcut Çöp Toplama ve Depolama Hizmetleri..... 95

4.3. Yöntem 97

4.3.1. Mevcut deponinin iyileştirilmesi 98

4.3.2. Yapılması gereken tesisler ve özellikleri…….....102

Sayfa

4.3.3. Tesislerin İşletilmesi 115

4.3.4. Yatırım ve işletme masrafı..... 121

5. SONUÇ VE ÖNERİLER..... 122

KAYNAKLAR 126
EKLER..... 130
ÖZGEÇMİŞ..... 133

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 1.1. Ülke grupları bazında dünya enerji tüketimi 1

Çizelge 1.2. Dünya, OECD ve Türkiye enerji göstergelerinin karşılaştırılması 2

Çizelge 2.1. Çeşitli ülkelerdeki evsel nitelikli katı atık kompozisyonları 7

Çizelge 2.2. Evsel atıkların kompozisyonu 8

Çizelge 2.3. Bölgelere göre evsel nitelikli katı atık kompozisyonu 8

Çizelge 2.4. Belediyeler tarafından devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan atıkların ortalama kompozisyonları 9

Çizelge 3.1. Baca gazı arıtma sistemlerinin avantaj ve sakıncaları 40

Çizelge 3.2. Katı atık yakma tesisleri için yatırım maliyetleri 43

Çizelge 3.3. Katı atık yakma tesislerinin işletme maliyetleri 45

Çizelge 3.4. İzmit katı atık yakma tesisinin işletme giderleri 46

Çizelge 3.5. Çeşitli ülkeler için yakma ve depolama bedelleri 46

Çizelge 3.6. Hızlı kompostlama için tavsiye edilen koşullar 52

Çizelge 3.7. Değişik bölgelerde devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan malzemelerin kompozisyonu 61

Çizelge 3.8. Onbeş belediye tarafından devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan atıkların ortalama kompozisyonları 61

Çizelge 3.9. Geri dönüşüm maddelerinin geri kazanım oranı 62

Çizelge 3.10. Yıllar itibari ile kullanılan atık kağıt miktarları 63

Çizelge 3.11. Yıllar itibari ile Türkiye'de kâğıdın geri dönüşüm oranı 64

Çizelge 3.12. Türkiye'de kağıt üretimi 64

Çizelge 4.1. Mamak çöplüğüne dökülen çöpün fiziksel özellikleri 93

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.2. Kişi başına düşen günlük ortalama çöp miktarlarının ilçelere göre mevsimsel dağılımı 93

Çizelge 4.3. İlçelere göre ortalama günlük çöp miktarları 94

Çizelge 4.4. İlçelere göre çöpün içindeki evsel ve işyeri atık oranı 94

Çizelge 4.5. Geri dönüşüm bant sisteminin yaklaşım maliyeti 114

Çizelge 4.6. Geri dönüşüm bant sisteminin yıllık işletme giderleri..... 115

Çizelge 4.7. Virgoil yakıtının normal yakıt ile karşılaştırılması..... 120

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 1.1. 1990–2003 Yılları arasında enerji üretiminin tüketimi karşılama oranı 3

Şekil 2.1. Bertaraf yöntemine göre katı atık yüzdesi 10

Şekil 2.2. Nüfus gruplarına göre toplanan belediye katı atık durumu 11

Şekil 3.1. Doğrudan buhar kullanımı 25

Şekil 3.2. Elektrik üretimi 26

Şekil 3.3. Kuru baca gazı arıtma yöntemi 37

Şekil 3.4. Yarı kuru baca gazı arıtma yöntemi 38

Şekil 3.5. Yıkayıcılar 39

Şekil 3.6. Kompostlama işlemi 49

Şekil 3.7. Bir kompost sıralı yığınında veya yığında doğal (pasif) hava hareketi 50

Şekil 3.8. Kompostlamada sıcaklık-zaman ilişkisi 51

Şekil 3.9. Geri kazanılabilir atık toplama torbası 72

Şekil 3.10. Tehlikeli atık lotu üst örtü tabakası kesiti 91

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1. Döner silindirli fırın 22

Resim 3.2. Depolama alanı inşaatı 88

Resim 3.3. Deponi evsel atık lotu taban kesiti 89

Resim 3.4. Deponi tehlikeli atık lotu taban kesiti 90

Resim 4.1. İzmit İzaydaş klinik ve tehlikeli atık yakma ve enerji üretim tesisi..... 106

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
C	Karbon
$CaCO_3$	Toz Kireç Taşı
CH_4	Metan
CO_2	Karbon Dioksit
EJ	Exa Joule
H_2S	Hidrojen Sülfür
kJ	Kilo Joule
kWh	Kilowatt saat
N	Azot
N_2O	Nitröz Oksit
NaOH	Sodyum Hidroksit
NH_3	Amonyak
Nm	Newtonmetre
NO_x	Azotoksit
pH	Potansiyel Hidrojen
SO_2	Sodyum Dioksit
TWh	Terrawatt saat
MW	Megawatt
MVA	Milyon Voltamper
ha	Hektar
HCl	Hidroklirik asit
hf	Hafnium

Kısaltmalar	Açıklama
AB	Avrupa Birliği
ÇED	Çevre Etki Değerlendirmesi
ÇEVKO	Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı
DİE	Devlet İstatistik Enstitüsü
DPT	Devlet Planlama Teşkilatı
EGO	Ankara Elektrik Gaz Otobüs İşletmesi
İSTAÇ	İstanbul Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Sanayi ve Ticaret A.Ş.
İZAYDAŞ	İzmit Atık ve Artıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme A. Ş.
KAKY	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
KAY	Katı Atık Yakma
LPG	Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
OECD	İktisadi Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
TEAŞ	Türkiye Elektrik Üretim-İletim Anonim Şirketi
DM	Alman Markı
$	Amerikan Doları
€	Euro - Avrupa Birliği Ortak Para Birimi
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
YDKA	Yakıta Dönüştürülmüş Katı Atık
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen

1. GİRİŞ

2001 yılında küresel anlamda enerji tüketimi (Çizelge 1.1) 426,1 EJ olarak hesaplanmıştır. 2025 yılında bunun %58'lik bir artışla, 675,3 EJ dolaylarında olması beklenmektedir (1).

Çizelge 1.1. Ülke grupları bazında dünya enerji tüketimi (1)

BÖLGE	1990 (EJ)	2001 (EJ)	2010 (EJ)	2025 (EJ)
Endüstrileşmiş ülkeler	192,8	2231	253,3	304,1
Doğu Avrupa – Eski Sovyet Cumhuriyetleri	80,5	56,2	73,3	86,8
Gelişmekte olan ülkeler	94,2	146,8	184,3	284,4
Asya	55,4	89,6	116,2	184,2
Orta Doğu	13,8	21,9	26,4	37,9
Afrika	9,8	13,1	15,2	21,1
Orta ve Güney Amerika	15,2	22.0	26,6	41,1
Dünya Toplamı	368,0	426,1	507,0	675,3

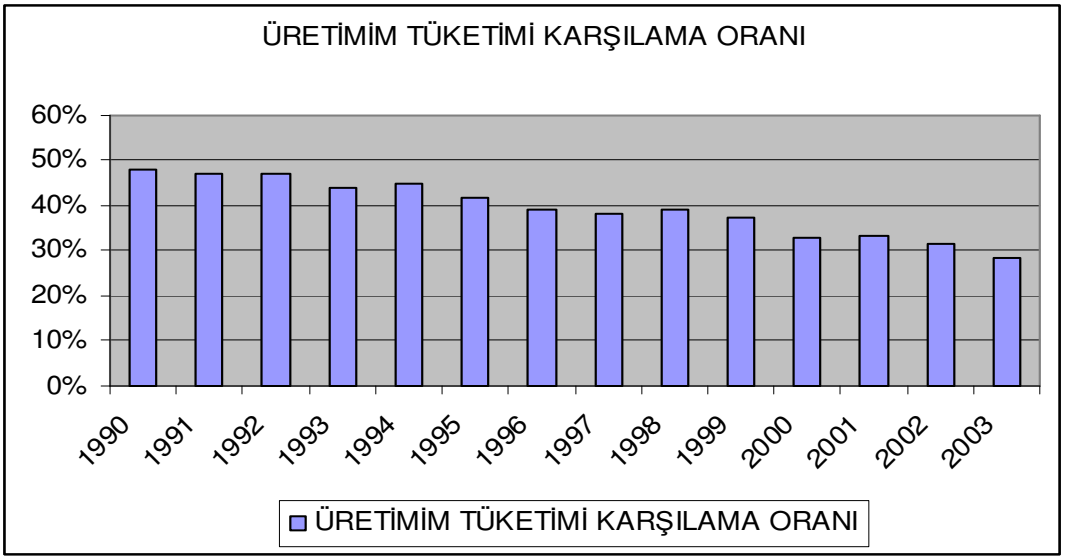
Günümüz modern toplumlarında enerjiye olan ihtiyaç, özellikle teknoloji ve endüstriyel üretim süreçlerinde yaşanan hızlı gelişme, hızlı nüfus artışı ve bunlara bağlı olarak değişen yaşam standartlarının bir sonucu olarak, son 20 – 30 yıl içinde büyük bir artış göstermiştir. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı kapsamında Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu tarafından hazırlanan raporda, 2001 yılında 77 044 000 TEP olan enerji tüketiminin 2020 yılında 217 000 000 TEP değerine ulaşacağı tahmin edilmektedir (2). İyimser tahminlere dayanılarak, 2020 senesinde birincil enerji kaynaklarımıza dayanan toplam enerji üretiminin 70 238 000 TEP, enerji tüketiminin ise 298 448 000 TEP olacağı değerlendirilmektedir. Bu durumda 2020 yılında ülkemiz, üreteceği birincil enerji kaynaklarından % 325 mislini ithal etmek mecburiyetinde ve dolayısıyla üretimimizin tüketimimize oranı % 40'tan % 23,5'e kadar düşecektir (3).

Kişi başına düşen toplam birincil enerji arzı açısından, 1,07 TEP/kişi olan Türkiye değerinin, dünya ve OECD değerlerinin altında olduğu Çizelge 1.2'de görülmektedir. Elektrik enerjisi tüketimi dikkate alındığında, bu farkın daha da açıldığı görülmektedir. Kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi, dünya ortalaması kişi başına 2,280 kWh ve OECD ortalaması 7,841 kWh iken, bu değer Türkiye'de 1,473 kWh'dır (1).

Çizelge 1.2. Dünya, OECD ve Türkiye enerji göstergelerinin karşılaştırılması (1)

	Kişi başına toplam birincil enerji arzı (TEP/kişi)	Elektrik Tüketimi (TWh)	Kişi başına elektrik tüketimi (kWh/kişi)
Dünya	1,65	13 502,41	2 280
OECD	4,68	8 753,51	7 841
Türkiye	1,07	96,94	1 473

Tüm dünyada bugün halen enerji ihtiyacının büyük bir kısmı, petrol ve kömür gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarından sağlanmaktadır. Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) istatistiklerine göre (Şekil 1.1), ülkemizde 2002 yılının Temmuz-Eylül dönemi içinde toplam enerji üretiminin %31,8'i kömür, fueloil, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) ve motorinden; %39,7'si doğalgazdan; %28,3'ü hidroelektrik santrallerinde sudan ve yalnızca %0,11'i rüzgar ve jeotermal enerji ve diğer enerji türlerinden sağlanmıştır. 1990 yılında yeterli kaynaklara dayalı enerji üretimi, toplam birincil enerji talebinin % 48'ini karşılamış olup, giderek azalan eğilim içerisinde, 1997 yılında % 38'ini, 2003 yılında % 28'ini karşılayabilmiştir (4).



Şekil 1.1. 1990–2003 yılları arasında enerji üretiminin tüketimi karşılama oranı (4)

Dünya ve özellikle gelişmekte olan ülkemizin enerji açığı büyük bir hızla büyümekte, dışa bağımlılığı artmaktadır. Fosil yakıtları açısından özellikle petrol ve türevleri bakımından yerli kaynaklarımız yeterli değildir. Fosil yakıtları da kademeli olarak tükenmektedir. Bu sebeple fosil yakıtlarına olan bağımlılığımızı azaltarak yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelen stratejiler belirlemek gereklidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından katı ve sıvı atıkları yakarak, metan gazı oluşturarak, kompostlaştırarak ve geri dönüştürerek yararlanmak mümkündür.

2. ATIK TÜRLERİ

Üretim ve kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan sağlığı ve çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan her türlü maddeye atık denilmektedir.

Tüm işletmelerde yapılan her işlemde atık üretilebilir. Fakat üretilen her atığı, atık olarak değil, türlerine göre ayırmak gerekir. Oluşan bu atıklar, hammadde ve ürün kaybına yol açarken aynı zamanda atıkların depolanması, taşınması ve bertarafı için de ilave maliyetler gerektirdiğinden, atık tanımlamalarının doğru yapılması ve atıklar için doğru bir atık yönetimi programı uygulanması gerekir. Dolayısı ile çöp, artık sadece gözden uzak bir yerde bertaraf edilmesi gereken bir atık türü olmaktan çok toplama, taşıma, geri kazanım ve bertaraf gibi birçok farklı unsuru içine alan bir yönetim sistemini gerekli kılmaktadır (5).

2.1. Atık Türleri

2.1.1. Evsel nitelikli atıklar

Yasal olarak tehlikeli atık sayılmayıp, normal belediye hizmeti ile toplanıp taşınan, evsel çöp depolama sahalarında bertaraf edilebilen, ayırma yolu ile geri kazanılabilen, kompost yapılabilen veya yakılabilen evsel veya endüstri kökenli atıklardır. Mutfak çöpleri, ofis çöpleri vb. gibi atıklar, bu kapsama girmektedir.

Evsel nitelikli atıkları organik ve inorganik olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Organik atıklar yaş meyve, sebze ve yiyecek artıklarıdır.

Evsel katı atıkların % 68 'ini organik atıklar, kalan kısmını ise kâğıt, karton, tekstil, plastik, deri, metal, ağaç, cam ve kül gibi maddeler oluşturmaktadır (6).

İnorganik atıkların evsel nitelikli atıklar içindeki oranı yaklaşık olarak % 15'dir.

- Plastik Mutfak Kapları
- Naylon Poşetler
- Sıvı Temizlik Malzemelerinin Konulduğu Plastik Kaplar
- Çocuk bezleri ve Kadın Temizlik Bezleri
- Yapay Gübrelerin Konulduğu naylon Torbalar
- İçeceklerin Konulduğu Plastik Kaplar veya Bardaklar,

inorganik kökenli atıklara örnek olarak verilebilir (6).

2.1.2. Özel atıklar

Yasal olarak evsel katı atık sınıfı dışında kalan ancak evsel atıklara göre farklı yöntemlerle toplanması, taşınması, işlenmesi ve bertaraf edilmesi gereken atıklardır. Bu atıklar atık yağlar, tarama çamurları, jips ve yakma fırını külleri vb.dir (7).

2.1.3. Tıbbi atıklar

Hastane, sağlık kuruluşları, veteriner klinikleri ve laboratuarlardan kaynaklanan patolojik ve patolojik olmayan, enfekte kimyasal ve farmosotik atıklar, kesici ve delici malzemeler ve sıkıştırma kaplarıdır (7).

2.1.4. Tehlikeli atıklar

Evsel ya da sanayi kökenli olabilen ve de yasal olarak tehlikeli atık sınıfına giren, toplanmaları, taşınmaları ve bertarafları için ilave insan sağlığı ve çevre koruma önlemleri alınan atıklardır. Tehlikeli atıklar;

- Boya ve vernik kalıntıları
- Motor, makine ve türbin yağları
- Organik solventler
- Yağlı bez ve eldivenler
- Eski piller ve aküler
- Flüoresan lambalar
- Pestisitler
- Asbest içeren maddeler
- Filtre tozları
- Siyanür içeren sertleştirme tuzları
- Tehlikeli madde kalıntıları içeren ambalaj malzemesi atıkları
- Metal içeren boya ve fosfat çamuru gibi maddelerdir (8).

2.1.5. Tesislere kabul edilmeyen atıklar

Geri dönüştürülmesi mümkün olmayan veya tehlikeli olduğu için hiçbir şekilde tesise kabul edilmeyen maddelerdir.

- Patlayıcı Maddeler
- Radyoaktif Atıklar
- Mezbaha Atıkları
- Dışkı
- Kadavra (7).

2.2. Atık Miktarları ve İçindeki Bileşenler

Artan nüfus, gelişen sanayileşme ve yükselen hayat standardı sonucunda üretilen katı atıkların miktarlarında da artış gözlenmiş ve kompozisyonları değişmiştir. Nüfus artışı tüketimin artmasına, yaşam standartlarının yükselmesi de tüketim alışkanlıklarının değişmesine neden olmaktadır. Atık kompozisyonlarındaki değişim daha çok kağıt, karton, cam, metal ve plastik gibi değerlendirilebilen atıkların çöp içindeki oranının artışı; organik atıklar ile kül ve cüruf oranlarının ise azalışı şeklinde olmuştur. Sonuçta miktarları gittikçe artan katı atıklar, önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir (9).

2.2.1. Dünya'daki atıkların kompozisyonu

Çizelge 2.1'de bazı ülkelerin atıklarının içindeki organik atık, geri kazanılabilir atık ve diğer atıkların oranı verilmiştir.

Çizelge 2.1. Çeşitli ülkelerdeki evsel nitelikli katı atık kompozisyonları (10)

	YUNANİSTAN	İNGİLTERE	UKRAYNA	FİNLANDİYA
Organik %	50	19	27	41
Geri Kazanılabilir %	42	65	38	47
Diğer %	8	16	35	12

2.2.2. Türkiye'deki atıkların kompozisyonu

DİE tarafından 1993 yılında yapılan araştırmayla Türkiye'de yıllık evsel ve endüstriyel katı atık miktarları ile bu katı atıkların kompozisyonu belirlenmiştir. Bu araştırmaya göre günlük evsel atık miktarının mevsimlere, ülkenin bölgesel ve sosyo-ekonomik özelliklerine göre farklılıklar gösterdiği ortaya

çıkmıştır. Çizelge 2.1'deki değerlere göre ülkemizde yaz mevsiminde kişi başına günlük evsel atık miktarını 0,2 – 0,9 kg, kışın ise 0,18 – 0,8 kg arasında değişmektedir (10).

Çizelge 2.2. Evsel atıkların kompozisyonu (10)

Dönem	Kişi Başı Çöp Kg/gün	Organik Atık %	Kül, Cüruf %	Geri Kazanılabilir Atık %
Yaz	0,6	80,25	3,9	15,84
Kış	0,47	50,31	41,06	8,64
Ortalama	0,53	64,28	22,48	12,24

Kişi başına düşen günlük katı atık miktarı 1994 de 1,10 kg/kişi, 1995'de 1,27 kg/kişi, 1996'da 1,37 kg/kişi, 1997'de 1,48 kg/kişi, 1998'de 1,51 kg/kişi'dür. 1960–1990 arası bu değer 0,5 kg/kişi olarak belirlenmiştir. Buna göre ülkemizde günlük çöp üretimi 65 000 ton'dur.

Toplam atık içindeki organik atık, geri kazanılabilir atık ve kül, cüruf miktarları gösterilmiştir (Çizelge 2.2). Kül ve cüruf oranının kış aylarındaki artması, ısınmada hala çoğunlukla kömür kullanıldığını göstermektedir. Organik atık miktarının yazın artma sebebi ise, yazın genellikle yaş sebze ve meyve tüketilmesidir (10).

Çizelge 2.3. Bölgelere göre evsel nitelikli katı atık kompozisyonu (10)

	Büyük Şehirler	Orta Büyüklükteki Şehirler	Kasaba ve Köyler
Organik%	45-50	50-55	60
Geri Kazanılabilir %	30-35	20-25	15
Diğer %	20-25	25	25

Atık kompozisyonları belirli bir bölge için zaman zaman değişebilmektedir. Ülkemizin bugün itibari ile farklı büyüklüklerdeki yerleşim birimleri için yaklaşık atık kompozisyonları Çizelge 2.3'de gösterilmiştir. Organik atıklar kasaba ve köylerde fazladır. Geri kazanılabilir atıklar ise büyük şehirlerde daha yüksektir.

Bu farklar o bölgedeki sosyo–ekonomik durum ve tüketim alışkanlıklarının farklılıklarından oluşmaktadır. Halen devam eden belediye geri kazanım projelerinde toplanan atıkların kompozisyonun ortalaması yaklaşık olarak Çizelge 2.4'de gösterilmiştir (11).

Çizelge 2.4. Belediyeler tarafından devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan atıkların ortalama kompozisyonları (11)

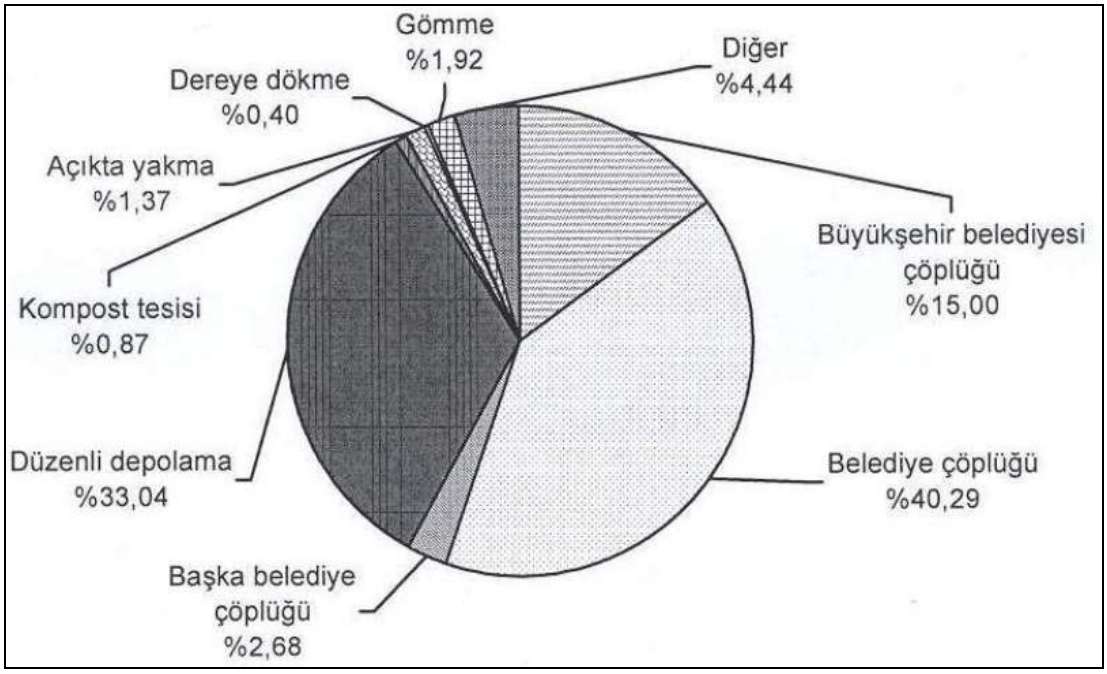
MALZEME CİNSİ	YÜZDESİ
Kağıt-Karton	42%
Cam	28%
Metal	7%
Plastik	23%

2.3. Belediyelerdeki Çöp Toplama Hizmetleri

Devlet İstatistik Enstitüsü'nün 2001 yılında yaptığı Belediye Katı Atık İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre 3215 Belediyeden 2915 Belediyede katı atık toplama hizmeti verildiği anlaşılmaktadır.

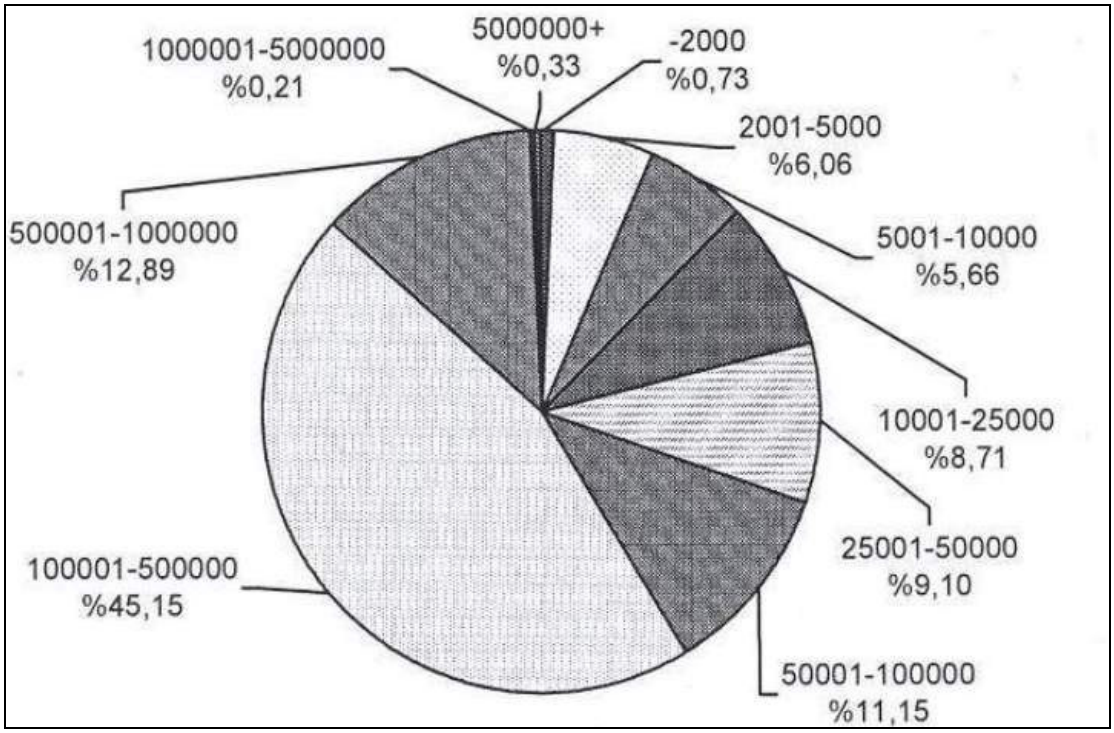
Katı atık hizmeti verilen belediyelerden 2001 yılı yaz mevsiminde ortalama 12,5 milyon ton, kış mevsiminde ortalama 12,6 milyon ton ve yıllık ortalama 25,1 milyon ton katı atık toplanmıştır. Şekil 2.1'e göre kişi başı günlük

ortalama katı atık miktarı, yaz mevsimi için 1,28 kg/kişi, kış mevsimi için 1,32 kg/kişi ve yıllık ortalama ise 1,31 kg/kişi'dir. 2001 yılında katı atık hizmeti verilen 2915 belediyeden toplanan 25,1 milyon ton katı atığın %40'ı (10,1 milyon ton) belediye çöplüğünde, %33'ü (8,3 milyon ton) düzenli depolama alanlarında, %15'i (3,7 milyon ton) büyükşehir belediyesi çöplüklerinde, %2'si (482 bin ton) gömülerek, %1'i (344 bin ton) açıkta yakılarak, %1'i (218 bin ton) kompost tesislerinde, %0,4'ü (101 bin ton) ise dereye dökülerek bertaraf edilmiştir (10).



Şekil 2.1. Bertaraf yöntemine göre katı atık yüzdesi (10)

Türkiye'de, belediyelerin 2001 yılında kullandığı çöp dökme alanı sayısı 2247'dir. Kullanılan çöp dökme alanları, en fazla 1000 metre uzağında olan yerlere göre incelendiğinde çöp alanlarının 1105'inde tarımsal alan, 629'unda orman, 614'ünde çayır-mera, 351'inde yerleşim yeri, 137'sinde su kaynağı ve 23'ünde turistik tesis bulunduğu belirlenmiştir. Belediyelerin nüfus miktarlarına bağlı olarak atık miktarları da artış göstermektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Nüfus gruplarına göre toplanan belediye katı atık durumu (10)

Aynı dönemde, tıbbi atıkları ayrı toplayıp, taşıyarak bertaraf eden belediye sayısı 432; toplanan tıbbi atık miktarı ise 71 bin tondur. Toplanan tıbbi atıkların %18'i düzenli depolama alanlarında, %15'i yakma tesislerinde bertaraf edilmiştir. Ülkemizde yılda 2,5 milyon tonun üzerinde tehlikeli atık üretilmektedir. Genel olarak sanayi atıklarını bertaraf ve geri kazanım tesislerinin kapasiteleri yeterli değildir. Ancak mevcut tesislerin bile, atık gönderilmemesi nedeniyle, tam kapasiteyle çalıştırılamadığı görülmektedir. Bunun başlıca nedenleri arasında denetim yetersizliği ve sanayicilerin atık bertaraf maliyetleri için hazırlıklı olmamaları sayılabilir (10).

Ülkemizde, özellikle İstanbul, Bursa, İzmit gibi Büyükşehir belediyelerinin yaklaşımları ile atık yönetimi konusunda önemli bazı adımlar atılmıştır. Atıkların düzensiz ve kontrolsüz olarak depolandığı döküm sahalarının kapatılmıştır (14).

Bu kapsamda ülkemizdeki katı atık bertaraf tesislerinin son durumu aşağıda özetlenmektedir:

- Düzenli Depolama Yapan Belediyeler: Antalya-Patara, Balıkesir, Bursa, Gaziantep, İstanbul, İzmir, İzmit, Mersin.

- İnşaat Aşamasında Olan Belediyeler: Ankara, Aydın-Didim, İzmir-Foça, Muğla-Göcek.

- Çevre ve Orman Bakanlığı'ndan ÇED Olumlu Belgesi Almış Olan Belediyeler: Adapazarı, Antalya, Muğla-Fethiye, Isparta, İzmir-Çeşme, Konya, Nevşehir, Rize, Trabzon.

- Düzenli Depolama Tesisi İçin Ön ÇED ve ÇED Raporu Hazırlayan Belediyeler: Adıyaman, Afyon, Antalya-Belek, Muğla-Fethiye, Antalya-Kekova, Aydın-Datça, Batman, Diyarbakır-Bismil, Diyarbakır-Silvan, Gaziantep-Nizip, Kilis, Mardin-Kızıltepe, Mersin-Göksu, Muğla-Göcek, Muğla Gökova, Nevşehir-Ihlara, Siirt, Şırnak, Ş.Urfa-Viranşehir.

- Kompost Tesisi Olan Belediyeler: Antalya-Kemer, İçel, İzmir.

- Kompost Tesisi ÇED Raporu Hazırlayan Belediyeler: Antalya-Serik, İstanbul.

- Rehabilitesi Biten ve Halen Devam Eden Eski Çöp Alanları: Adana, Bursa, İstanbul (15).

Görüldüğü gibi son yıllarda düzenli depolama yapan belediye sayısı sadece 8 olup, bu sayının hızla artırılarak yeni düzenli depolama sahalarının işletmeye

açılması ve düzensiz çöp depolama sahalarının da rehabilite edilmesi gerekmektedir.

Günümüzde ihale yöntemi belediye hizmetlerinin sunumunda en çok başvurulan yöntemlerden biridir. Bununla beraber ihale yönteminin belediyeler tarafından kullanılması 1990 yılından sonra hız kazanmıştır. Dünya genelinde 1987 yılında bina hizmetlerinin %52'si, çöp toplama hizmetlerinin ise sadece %30'u ihale yöntemi ile özelleştirilmiştir.

3. ATIKLARIN DEĞERLENDİRİLME ŞEKİLLERİ

Belediyelerde atık yönetimi hizmetleri sadece şehrin temizliği ve atıkların toplanması olarak algılanmakta, bu sebeple geri kazanım ve bertaraf gibi konularda yeterli çalışma ve yatırım yapılmamaktadır. Oysa entegre atık yönetimi atıkların minimize edilmesi, geri kazanılması, kompost veya enerji üretilmesi veya atıkların yakılması suretiyle nihai bertaraf edilecek atığın azaltılması işlemleri ile eski depolama sahalarının rehabilitasyonlarını da içeren bir dizi faaliyeti kapsamaktadır (10).

Evsel katı atıklar; yakma, düzenli depolama, kompost yapma ve geri kazanım gibi işlemlere tabi tutularak bertaraf edilirler. Atıklar hiçbir işleme tabi tutulmadan doğrudan veya diğer ara işlemlerin yan ürünleri (kül, kompost artığı vs) olarak depolanmakta veya gömülmektedir.

Bir bertaraf yöntemi olarak yakma, ülkemiz atık kompozisyonu içindeki organik madde yüzdesinin yüksekliği, kışın artan kül oranı, buna bağlı olarak çöp kalorifik değerinin düşük olması ve ayrıca yüksek yatırım ve işletme maliyetleri nedeniyle ülkemiz için uygun bir bertaraf yöntemi değildir.

Çöplerin kontrolsüzce dökülmesi anlamına gelen “vahşi depolama” alanlarında çöpler geniş sahaları kaplamakta ve çevre kirliliğine neden olmaktadır. Çöplüklerde oluşan metan gazı yangın ve patlama riski taşımaktadır. Çöplerden sızan sular, çevredeki kullanılabilir su kaynaklarını kirletmektedir. Yine bu alanlarda zararlı varlıkların üreme merkezleri oluşmaktadır. Aynı zararlılar çöplüklerden şehre mikrop ve hastalık taşımaktadırlar (17). Katı atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi için uygulanan en ekonomik metot olan düzenli depolama sistemi modern şehircilik anlayışında gelinen son noktadır. Bu sistemde depolama yerlerinin

seçimi, alanların hazırlanması, atıkların bertarafı aşamaları iklim, çevre, kentsel gelişim ve ulaşım şartları vb. etkenler göz önünde tutulmaktadır.

Bütün dünyada geçmişten gelen (rasgele atma) vahşi depolama usulü zamanla yerini modern tekniklere bırakmıştır. Modern yöntemlerde atıklar bertaraf edilirken oluşan gaz ve süzüntü suları toprağa ve havaya karışarak insan sağlığını tehdit etmesinin önlenmesi amaçlanmaktadır.

Dünyanın birçok yerinde bu açıdan hem kesin çözüm hem de ekonomik olması sebebiyle en yaygın yöntem atıkların düzenli depolama yoluyla bertaraf edilmesidir. Düzenli depolama %75'lik bir kullanım alanına sahiptir. Katı atık yakma %22,3 ve kompostlama ise %2,7'dir. Düzenli depolama katı atık yakma ve kompostlamaya göre yaklaşık 5 kat daha ucuzdur. (18).

Genel olarak atıklar özelliklerine göre dört şekilde değerlendirilir.

- Katı Atık Yakma
- Kompost Oluşturma
- Geri Dönüşüm
- Katı Atık Depolama

3.1. Katı Atık Yakma

Katı atık yakmada amaç, her türlü atık ve artığın çevreye zarar verecek şekilde, doğrudan veya dolaylı bir biçimde alıcı ortama verilmesi, depolanması, taşınması, uzaklaştırılması ve benzeri faaliyetlerin yasaklanması, çevreyi olumsuz yönde etkileyebilecek olan tüketim maddelerinin idaresini belli bir disiplin altına alarak, havada, suda ve toprakta kalıcı etki gösteren kirleticilerin hayvan ve bitki nesillerini, doğal zenginlikleri

ve ekolojik dengeyi bozmasının önlenmesi ile buna yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi, uygulanması ve geliştirilmesidir (19).

Evsel katı atık yönetiminde, yakma tek yöntem olarak kullanılmamalı, öncelikle başka değerlendirme yöntemlerine başvurulmalıdır. Birçok atık fraksiyonu, niteliklerinden dolayı yakma için elverişli değildir. Yakma teknolojisi, düzenli depolama gibi nihai bertaraf yöntemi olmayıp, kalorifik (ısıl) değeri yüksek olan atıklar için bir değerlendirme yöntemidir. Bu nedenle yakma süreci sonucunda kalan artıklar tehlikesiz (evsel) ve/veya inert (başka maddelerle kimyasal reaksiyona girmeyen) özellik taşıyorsa, bunların taşıdıkları özelliklere uygun olan düzenli depolama alanlarında bertarafları gerekir. Atığın cinsine göre, yakılan atıkların tehlikeli ve/veya tıbbi atık olmaları durumunda yakma sonunda ortaya çıkan artıklar tehlikeli atık olarak bertaraf edilmek zorundadır. Tıbbi atıklar ayrı olarak toplanıp imha edilmedikleri takdirde, başta Hepatit olmak üzere tehlikeli hastalıkların insanlara bulaşma riskinin önüne geçilemeyeceği gibi, birçok sağlık, çevre ve maliyet probleminin ortaya çıkması da kaçınılmaz olur.

Katı atıkların yakılmasıyla düzenli depolamaya gidecek atıkların miktarı önemli derecede azalmaktadır. Böylelikle atıkların nihai bertarafı için gerekli alan ihtiyacı da azalır. Bu yöntem özellikle, Japonya gibi düzenli depolama alanı kurmak için uygun alanı bulunmayan ülkelerde tercih edilmektedir. Bu yöntem özellikle kompostlaştırılması ve geri dönüşümü mümkün olmayan atıklar için kullanılmaktadır. Enerji kazanımı atık yakma teknolojisinde çok önemlidir.

Çöpün yanma açısından en önemli kimyasal özelliği ise ısıl değeridir. Isıl değer katı atığın vereceği kimyasal bağımlı ısı enerjisini belirlediği gibi oluşacak gaz miktarı, hava ve atık ısı değeri 6 300–10 500 kJ/kg arasında değişmektedir. Bu değer daha çok ısıl değeri 14 000–40 000 kJ/kg arasında

değişen kâğıt, yağ ve plastik tarafından sağlanmaktadır. Evsel çöpün ısıl değerinin yakacak odun (16 000 kJ/kg) ve linyite (18 000 kJ/kg) göre bu kadar düşük olmasının nedeni kül, cüruf miktarının ve su muhtevasının olmasıdır.

Isıl değer, bilhassa yakma sırasında açığa çıkacak ısının ısı enerjisi ve elektrik enerjisi olarak kullanılması durumunda önem taşımaktadır. Analizler sonucu evsel çöpün ısıl değerinin düşük bulunması durumunda ısıl değeri yüksek bazı atıkların eklenmesi ile daha iyi bir sonuç elde edilmektedir. Mesela ısıl değeri yüksek, zararsız (evsel atık niteliğinde) sanayi çöpünün yakılması da mümkündür. Bunun dışında ısıl değeri yaklaşık 12 000 kJ/kg olan arıtma çamurunun evsel çöp ile yakılması değişik varyasyonlarla denenmiştir. Arıtma çamuru ile evsel çöpün beraber yakılması durumunda yanmanın daha iyi gerçekleşmesi için bazı işlemlerle iyice karıştırılmasında fayda vardır. Mesela atıkların parçalanması bunların ızgara üzerinde daha iyi dağıtılmasını sağlayacağından daha iyi bir havalanma ve buna bağlı olarak da daha iyi bir yanmanın oluşmasını sağlayacaktır. Bununla birlikte oluşacak duman gazı debisi azalma göstereceğinden gazın soğumasını ve arıtımını yapacak tesislerin de sabit beslenmesini sağlayacaktır. Yanma ile deponide bertaraf edilecek atıkların miktarı oldukça büyük bir oranda azaltıldığından deponi ömrünün uzatılmasında etkili bir alternatiftir. Çevresel etkiler en aza indirgendiğinde uygulanması tavsiye edilir.

Baca gazı emisyonları ve değerlendirilebilir atıkların malzeme olarak geri kazanılmasının mümkün olduğu durumlarda atıkların yakılarak bertarafı kamuoyu tarafından yakın geçmişte çevre bilinci gelişmiş birçok ülkede, özellikle planlanan yakma tesislerinin çevresinde yaşayanlar tarafından protesto edilmiştir. Ancak günümüzde gelişen baca gazı arıtma teknolojileri (özellikle dioksin ve furan türevlerinin azaltılması), artan bilinç ve yaygınlaşan

entegre katı atık yönetimlerinin devreye girmesi ile kamuoyunun bu konulardaki muhalefeti giderek azalmıştır.

3.1.1. Yakma teknolojileri

Standart Yakma Prosesleri

Modern atık yakma tesislerinde, bir enerji kazanma birimi ve ileri teknoloji ile donanmış bir baca gazı temizleme sistemi bulunmaktadır. Evsel, tehlikeli ve tıbbî atık için yakma prosesi ve baca arıtma prosesi farklıdır. Bu sebepten dolayı, bu atıkların ayrı hatlarda yada ayrı tesislerde yakılması gerekmektedir.

Bir yakma tesisinin temel birimleri aşağıda sıralanmıştır:

- Atık kabulü
- Atık ön şartlandırma (ayırma, parçalama)
- Temiz hava ilâvesi ile kurutma ve fırında yakma, enerji üretimi
- Cürufların uzaklaştırılması, gerektiğinde cüruf yıkama
- Cüruf şartlandırma: Metal giderme, elek ile sınıflandırma, kaba fraksiyonun parçalanması
- Yakma fırınının üst kısmında kullanılmış (ikincil) hava ilâvesi ile baca gazlarının ve tozların yakılması
- Gaz soğutma
- Baca gazının arıtılması
- İleri gaz temizleme
- Temizlenmiş baca gazının alıcı ortama (havaya) deşarj edilmesi
- Atık su arıtma
- Enerji değerlendirme (elektrik üretimi, buhar kullanımı)

Genel olarak yakma fırınlarının üç standart sistemi (ızgara fırınları, akışkan yatağı fırınlar, döner silindir fırını) vardır. Son yıllarda pirolitik fırınlar da özellikle tıbbi ve özel atıkların yakılması için kullanılmaya başlanmıştır (20).

Izgara Fırınları

Izgara fırınlarında, yakma prosesi için gerekli olan havanın girişi, yakılacak atığın yanma özellikleri kalorifik değerine göre belirlenen bir ızgara ile ayarlanmaktadır. Atık yükleme ve cüruf uzaklaştırma, ızgarada aynı doğrultuda yapılır. Bu da yakma havasının tüm atık parçalarına ulaşmasını sağlar. Yakma yeterli olduğu takdirde, baca gazındaki fazla hava oranı yüksek olacaktır. Baca gazlarının fırında kalma süresi en az 2 saniye, fırın çıkışındaki sıcaklığı ise 850 °C'dir.

Izgaranın mekanik hareketi ile atık karıştırılarak ızgarada ilerlemesi sağlanır. Bu da havalandırmanın iyileştirilmesine yardımcı olur. Doğru akışlı yatay ızgarada, ızgara atıkların gideceği istikamete doğru hareket eder. Ters akışlı ızgaralarda ise ızgara, atık hareketine ters şekilde hareket eder. Bu durumda atıklar ızgara eğiminden dolayı yer çekimiyle hareket ederler. Silindirik ızgaralarda, ızgara döner çubuklardan ibaret olup; bunların her birinin dönme hızı proses ihtiyaçlarına göre ayarlanabilmektedir. Yakma hücresindeki yüksek ısıdan dolayı, atık fırının girişinde derhal kurutulur ve kendiliğinden yanar. Yakma prosesi, herhangi bir enerji ilâvesi gerektirmeden, yaklaşık 1000 °C'de gerçekleşir. Yakma ısısı daha sonra bir buhar kazanı vasıtasıyla değerlendirilir.

Izgara fırınları, evsel atık için en yaygın fırın tipidir. Bunların uygulama alanları oldukça geniştir. Hem kapasitesi 1 t/h'den daha düşük olan tesislerde, hem de 50 t/h'den daha büyük tesislerde ızgara fırınları kullanılmaktadır. Izgara fırınlarında, birincil hava ızgaranın altından ve

yanından, ikincil hava ise baca gazlarında türbülans yaratmak amacıyla son yakma bölümüne verilmektedir. Ateşlemenin yerleri, yakma fırını tasarım ve konstrüksiyonuna göre değişebilir. Tesis, yanma hücresine bağlı bir son yanma bölümüne sahip olmalıdır. Burada en az % 6 oksijen ihtiva eden baca gazı ve en az 2 saniye kalma süresi durumunda sıcaklık evsel atık için en az 850 ℃'de, tehlikeli ve tıbbî atık için ise en az 1200 ℃'de tutulmalıdır. Sıcaklık sürekli kaydedilerek kontrol edilmelidir. Atıklar, tam yanma sağlanıncaya kadar yakma hücresinde kalmalıdır. Bu süre, ızgara hareket hızıyla ayarlanabilir ve kullanılan teknolojiye ile diğer işletme koşullarına göre değişiklik gösterir. Bu nedenle fırında kalma süresi işletmeci grubun tecrübesi ile netlik kazanır (20).

Akışkanlar Yatağı Fırınları

Akışkanlar yatağı teknolojisiyle çalışan yakma fırınları genellikle sabit üniteler olarak teşkil edilir.

Sabit akışkanlar yatağı fırınlarının ortasında genellikle huni veya silindirik şekilde düzenlenmiş bir reaktör bulunur. Atıklar, akışkanlar yatağında yakılabilmesi için, standart parçalayıcı ekipman ile yaklaşık 100 mm tane çapına kadar parçalanmalıdır. İnce taneli inert malzemelerden oluşan akışkan yatak yüklenen atıklarla birlikte aşağıdan verilen yakma havası tarafından uçurularak homojenize edilir ve hareket halinde tutulur (akışkan haline getirilir).

Döner akışkanlar yatağı fırınları, sabit olanların geliştirilmiş şekilleridir. Burada, yakma sonucu oluşan küller, yakma hücresine geri aktarılır. Akışkanlar yatağı malzemesinin geri dönüşümüyle, sıcaklık ve yakılacak malzemelerin homojenizasyonu sağlanır. Islak atıklardaki su, akışkanlar

yatağı malzemesi vasıtasıyla ısıtılıp buharlaştırılır. Yakılan atıklar, yanma noktasına kadar ısıtılır, sonra herhangi bir enerji ilâvesi gerektirmeden yanar.

Genel olarak, akışkanlar yatağı fırınları her kapasitede inşa edilebilir. Yine de bugüne kadar katı atık yakmak için yapılan en büyük akışkanlar yatağı fırınının kapasitesi 6 t/h'dir. Başka malzemelerin Atıklar, tam yanma sağlanıncaya kadar yakma hücresinde kalmalıdır. Bu süreler atık tiplerine, kullanılan teknolojiye ve diğer işletme koşullarına göre değişiklik gösterirler ve işletmeci grubun tecrübesi ile netlik kazanır. Akışkan yataklı fırınlarda, 1000 – 1200 ℃'ye varan ve homojen sıcaklıklar elde edilebilir (20).

Döner Silindir Fırını

Bu teknoloji, özellikle tehlikeli atıklar için uygulanmaktadır. Evsel atıklar için kullanıldığında; sınıflandırma, ayırma gibi ön işlemlere gerek yoktur. Yakma prosesi, alevle ya da yanan atıklara başlatılır. Proses kontrolü, dönme hızı ve dolma derecesi üzerine yapılır. İlâve edilen hava, ızgara ya da akışkanlar yatağı fırınlarındaki gibi atıktan geçmek yerine, atıkla birlikte doğru akımla fırından geçer (Resim 3.1).

Döner silindirli fırınların dönme hızları, proses ihtiyaçlarına göre ayarlanabilir ve bu değerler üreticiden üreticiye göre değişebilir. Atıkların dönme silindirli fırında, tam yanma sağlayıncaya kadar kalmalıdır. Bu kalma süresi atık cinslerine, kullanılan teknolojiye ve işletme şartlarına bağlı olmakla birlikte yaklaşık 1 saat kadar olmaktadır. Tehlikeli atıklarda, bu durum atık özelliklerine göre daha da fazla değişkenlik gösterebilmektedir. Yanma sıcaklıkları da yine atıkların özelliklerine ve özellikle kalorifik değerlerine bağlıdır. Döner silindirli fırınlar, genellikle tehlikeli atık için geçerli şartları (son yanma sıcaklığı ve baca gazı kalma süresi) sağlayacak şekilde tasarlanır. Tesis, yanma hücresine bağlı bir son yanma bölümüne sahip olmalıdır.

Burada en az % 6 oksijen ihtiva eden baca gazı ve en az 2 saniye kalma süresi durumunda sıcaklık evsel atık için en az 850 ℃'de, tehlikeli ve tıbbî atık için ise en az 1200 ℃'de tutulmalıdır. Sıcaklık sürekli kaydedilerek kontrol edilmelidir (20).



Resim 3.1. Döner silindirli fırın (42)

Alternatif Prosesler

Son yıllarda, birtakım alternatif prosesler geliştirilmiştir. Bunlar arasındaki en önemliler şunlardır:

- Piroliz
- Thermoselect (Termal buharlaştırma)

Pirolitik yakma sistemleri halen standart ve yaygın sistemler olmayıp, bunlar tıbbi ve özel atıklar için kullanılan alternatif sistemlerdir. Standart sistemlerle karşılaştırılınca, birtakım önemli mahzurları vardır. Bu mahzurlar, daha düşük enerji verimine sahip olmaları, henüz yeterince tecrübelerin yapılmamış olması ve yakma sonucu oluşan katı maddelerin daha zor pazarlanmasından ibarettir. Yakmadan sonra giren atık kütlesinin yaklaşık % 40'ının katı artık olarak kaldığı göz önüne getirilirse, bunların pazarlanabilirliliği önemli bir husustur.

Maliyet açısından, alternatif ve standart sistemler arasında önemli farklar yoktur. Thermoselect ve piroliz yöntemlerinin ağır metal emisyonları, konvansiyonel yakma sistemlerine göre daha yüksektir; diğer emisyonlar oldukça düşüktür.

- Piroliz: Oksijen yokluğunda ya da kısıtlı miktarda oksijen bulunduğu zamanlarda maddelerin termal yollarla ayrıştırılmasıdır. Bir piroliz ünitesinde, maddeler, 800–1400 Fahrenheit dereceye (427-706^{o}C) ısıtılır. Oksijen kullanılmamasının sebebi yanmayı önlemektir. Ancak ortam tamamen oksijenden arındırılamayacağından, oksitlenmeler meydana gelir ve dioksinlerin ve diğer tehlikeli bileşenlerin oluşmasına neden olurlar. Piroliz sonucunda gaz, yakıt ve ağır metaller içeren char adlı katı atık ortaya çıkmaktadır.

- Thermoselect (Termal buharlaştırma): Termal buharlaştırmadaki süreç pirolize benzemektedir ancak katı atıkların termal dönüştürülmesi, az miktarda hava veya oksijenin olduğu ortamda yapılmakta ve böylece yanabilen bir gaz ortaya çıkmaktadır. Bu gaz daha sonra kazanlarda ya da yanma jeneratörlerinde kullanılmaktadır. Bu süreç sonunda, yüksek seviyede toksik kirletici içeren katı ve sıvı yan ürünler ortaya çıkmaktadır (20).

3.1.2. Enerji kazanma

Atıkların yakılması sırasında ısı üretilir. Bu ısı, termal veya elektrik enerjisi olarak değerlendirilebilir. Ancak, yakma prosesinin ana hedefinin atık bertarafı olduğu ve proses ayarlarının, zamanlama ve baca gazı soğutma prosesinin emisyon sınır değerlerine ve atık geri kazanma ilkelerine göre yapılması gerektiği göz ardı edilmemelidir. Enerji kazanma sistemi, atıkların tam yakılmasını ve baca gazlarının en iyi şekilde temizlenebilmesini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.

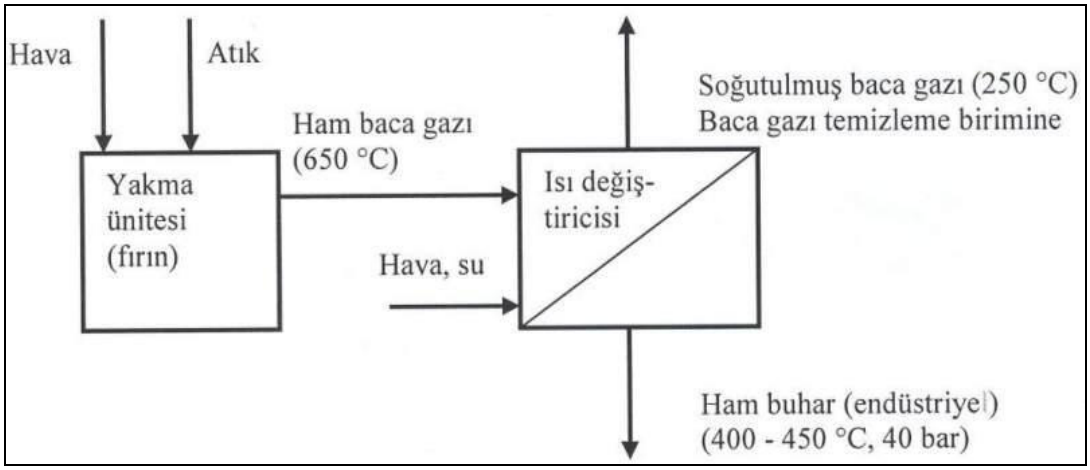
Giren atıkların kalorifik değerinin % 70-80'i enerji olarak değerlendirilebilir. Geri kalanı, fırının termik ışınları, cüruf ısısı, yakılmayan malzeme ve baca gazının ısı kaybı olarak kaybedilmektedir. Giren atıkların kalorifik değeri ortalama 8000 kJ/kg (ham atık) olarak kabul edildiğinde, 1,67 kWh/kg (giren atık) mertebesinde enerji kazanılabilmektedir (20).

Enerji kazanmak için aşağıdaki yöntemlere başvurulabilir:

<u>Doğrudan buhar kullanımı</u>

Bu teknoloji, buhar ihtiyacı yüksek olan endüstriyel tesisleri yada termik santrallere yakın atık yakma tesisleri için idealdir. Kazanlar, istenilen buhar parametrelerine ve atık yakma prosesinin özel ihtiyaçlarına göre tasarlanır. Üretilen buhar, doğrudan endüstriyel tesisin veya termik santralin buhar temin şebekesine verilir; damıtılan sular geri kazanılabilir. Bu yöntemin teknolojisi oldukça basit olup, maliyeti düşüktür. Enerji verimi maksimum geri kazanılabilir enerjiye yakın olup, giren atıkların kalorifik değerinin % 70-80'ini oluşturmaktadır (20).

Doğrudan buhar kullanarak enerji değerlendirme yönteminin şematik bir diyagramı, Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Doğrudan buhar kullanımı (20)

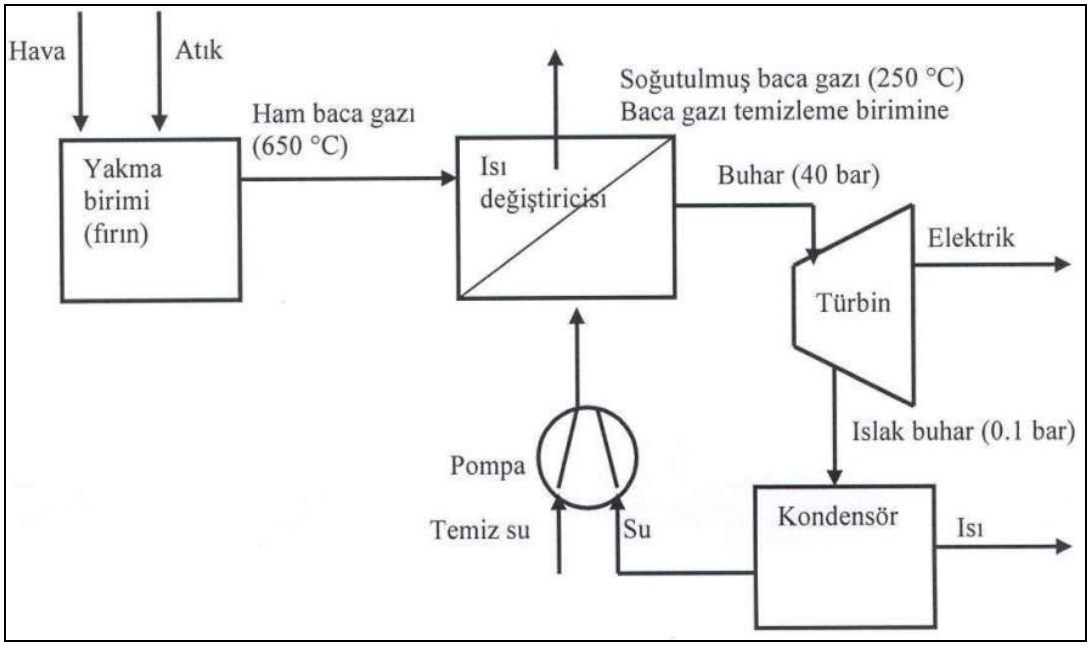
Elektrik üretimi

Yakma tesisinin yakınında buhar kullanabilecek tesisler bulunmadığı takdirde bu çözüme başvurulabilir. Yakma tesisinde üretilen elektrik miktarı, genellikle tesisin kendi elektrik ihtiyacından daha yüksek olduğu için, elektrik fazlası yerel elektrik şirketlerinin şebekelerine verilebilir. Ancak, Türkiye'deki mevzuat, TEAŞ'ın menfaatlerini koruyup, başka kuruluşlarının ticarî boyutta elektrik üretmesine imkân tanımaması, bu uygulama için ciddî bir engel teşkil etmektedir.

Bakanlar Kurulu Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın önerisi üzerine ve DPT'nin onayı ile elektrik üretimini, nakliye ve dağıtım imtiyazını şirketlere de verebilir. Maksimum işletme süresi bu durumda 99 yıl olur. Tesisin ürettiği elektrik, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın belirlediği ve 85/9799 nolu Kararnameye uygun olan tarifeye göre satılabilir.

Bu uygulama, ilerleyen özelleştirme çalışmalarıyla bir değişime uğrayabilir. Yine de atık yakma tesisini planlayan bir belediye, bu koşulları göz önünde bulundurmalıdır. Diğer bir çözüm, katı atık yakma tesisinin belediye'ye ait ve elektrik ihtiyacı yüksek tesislere yakın olup, doğrudan bunların elektrik ihtiyacını karşılamasıdır.

Elektrik üreten yakma tesisinin enerji verimi, doğrudan buhar kullanımı teknolojisine göre daha düşüktür. Giren atığın kalorifik değeri yine 8000 kJ/kg (ham atık) olarak kabul edildiğinde, enerji verimi 500 – 600 kWh/kg arasında değişmektedir. Elektrik üreten bir yakma tesisinin şematik çizimi Şekil 3.2'de verilmiştir (20).



Şekil 3.2. Elektrik üretimi (20)

Hem elektrik, hem buhar üretimi (Kojenerasyon)

Kojenerasyon tesislerindeki enerji verimi, yalnız elektrik üreten tesislere nazaran daha yüksektir. Kojenerasyon tesislerinde, yüksek basınçlı ham

buharın basıncı belli bir değere kadar düşürüldükten sonra, türbindeki buharın bir kısmı proses ihtiyaçlarını karşılamak yada sıcak su şebekesine ısı sağlamak için kullanılır.

Türbinin düşük basınçlı bölümünde kalan buhar, elektrik üretimi için kullanılır. Enerji verimi, buhar kullanımına bağlıdır. % 100 kojenerasyon yapılması durumunda, türbinin toplam veriminin % 40'ı elektrik üretimi için kullanılabilir. Çalışma prensibi, Şekil 3.2'deki şematik çizime benzerdir.

Kojenerasyon sistemiyle çalışan tesisler, esnek bir şekilde tasarlanmalıdır. Merkezî ısıtma ihtiyacının düşük olduğu yaz aylarında, enerjinin tümü elektrik olarak kullanılabilmelidir (20).

Türkiye'de merkezî ısınma henüz çok yaygın bir sistem değildir. Yine de, yakma tesisine yakın olan toplu konutlar için bu teknoloji düşünülebilir (meselâ, belediyenin büyük kapsamlı yerleşim projeleri için). Bu durumda, toplu konutların tasarım aşamasında merkezî ısı temini planlamaya dahil edilmelidir.

Yakıt üretimi

Ülkemizde çöpleri ve kentsel katı artıları büyük oranda yakmaya elverişli değildir. Bunun nedeni de yiyecek, sebze ve meyve artık oranının fazla olmasıdır. 1970'li yıllarda İsviçre'nin von Roll Firması, Kutlutaş Firması ve Üniversite işbirliği ülkemizin büyük kentlerinin çöplerinin yakma tesisine uygun olup olmadığını saptamak amacı ile Avrupa Yatırım Bankasından araştırma kredisi alarak yürütmüşlerdir. Yılın çeşitli zamanlarında ve kentlerin farklı yaşam düzeylerini temsil eden semtlerinden alınan örnekler analiz edilmiş ve genelde çöplerin yaş ve organik madde içeriği (yiyecek, sebze ve meyve vs.) yüksek olduğu saptanmıştır.

Ülkemizde oluşan tarımsal, orman ve hayvancılık sahalarında oluşan hatta tarıma, ormana dayalı sanayi sahalarında oluşan katı artıklar ya yöredeki tesisler tarafından işlendikten sonra çöpyakıt haline getirilmekte ve sonra ya sobada yakılmakta ya da tarladan, bağ, bahçeden, ormandan toplanan biyomas artıklarının doğrudan yakılması veya kömürü ateşleyici olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde yakılacak odun sorunu biyomas durumu alternatif yakıt, özellikle artıklardan yakıt konusunda istatiksel veriler toplamaya zorlanmıştır.

Kentlerimizin çöp ve katı artıklarının bertarafı için uygulanan sistemlerde, başka türlü değerlendirilmemiş kalıntılardan çöp yakıt elde edip yakıt olarak yararlanmak ve kullanmak mümkündür. Ev tipi sobalarda yakılması halinde koku sorunu ortaya çıkabilmektedir. Bu durumda bunun yerine, kalorifer kazanlarında veya fabrikaların fırınlarında veya kazanlarında yakılması daha uygun olmaktadır.

Artıklardan yakıt olarak yararlanmada etkin olan parametreler; su miktarları, kül içeriği ve ısıl değeridir. Su içeriğine bağımlı olarak yakıtın ısıl değerinin değişimi tayin edilmektedir.

Yakıt elde edilmesinde uygulanan teknolojiler özellikle çöp ve katı atıklara yönelik olarak, Fransız, Alman, İngiliz, Avusturya ve Amerikan firmaları ya kömür teknolojisinden ya da yem teknolojisinden yararlanarak modifikasyonlar yaparak briketleme, balyalama veya peletleme yöntemleri ile bu konuda teknoloji geliştirmektedirler.

Çöplerin içindeki kâğıt karton, plastik, naylon gibi maddelerin değirmende parçalandıktan ve tane boyutu küçültüldükten sonra ev tipi sobada yakılması için peletleme makinesi kullanılmaktadır.

Briketleme makineleri genelde ya bildiğimiz dolu tuğla şeklinde çeşitli boyutlarda yakıt ya da çeşitli çaplarda silindirik şekilde normal kesilmiş sobalık odun büyüklüğünde yakacak üretmektedirler.

Bafra'da tarımsal katı artıklardan 6 cm çapında 30 cm boyunda sobalık yakıt üreten bir tesis birkaç yıl çalışmış, sonra hammadde akışı yeterli olmadığı için fabrika Ünye'ye taşınmıştır ve orada çalışmaktadır.

3.1.3. Bazı ülkelerdeki katı atık yakma teknolojileri ve yaklaşımlar

Danimarka

Katı atık yakma teknolojisi, Danimarka'da 30 yıldan beri uygulanmakta ve geliştirilmektedir. Ülkede bulunan toplam 32 yakma tesisinin hepsinde yakmadan kaynaklanan ısı enerjisi değerlendirilmektedir. 1995 yılında, üretilen cürufun yaklaşık % 65'i inşaat işlerinde kullanılmak üzere geri kazanılmıştır.

Yakma kapasiteleri, oluşan yakılabilir atık miktarı (toplam üretilen atıkların % 25'i) için yeterlidir. Yakma kapasitelerinin daha iyi değerlendirilmesi için düzenli depolamaya yüksek vergiler konmuştur (20).

Belçika (Felemenk Bölgesi)

Belçika'daki yakma kapasitesi, toplam yakılabilir atık miktarını göz önünde bulundurularak planlanmaktadır. Yerel halk genellikle, yeni yakma tesislerin kurulmasına karşı çıkmaktadır. Atıkların ayrı toplanması, azaltılması ve geri kazanılması sonucunda, yakılacak atık miktarı önemli mertebede azalmaktadır. Bundan dolayı, Drogenbos'ta planlanan bir yakma tesisi iptal edilmiştir. Yakma fiyatları yaklaşık 120 €/t ham atıktır. Düzenli depolamanın

yasaklanması öngörülmektedir. Yeni atık strateji planı, tüm yakma tesisleri için aynı emisyon standartlarını öngörmektedir (20).

Almanya

Yakılabilir evsel katı atık için bir kapasite fazlası vardır. İlgili yönetmeliğe (TA Siedlungsabfall) göre, 2005 yılından itibaren, tüm belediyeler ve belediye birlikleri, geri kazanılamayan atıkları yakmak zorunda olacaktır.
Ülkede 51 yakma tesisi bulunmaktadır. Bunların hepsi enerji değerlendirerek çalışmaktadır. Kapasitenin tümü değerlendirilmemektedir. Almanya'daki toplam kapasite 12 milyon t/yıl iken, yılda yaklaşık 7 – 8 milyon ton atık yakılmaktadır (20).

Hollanda

Yakın geçmişte birkaç büyük kapasiteli yakma tesisi işletmeye alınmasına rağmen, hâlâ bir kapasite eksiği var. Bunun sebebi, geri dönüşüm oranındaki düşüştür. Yakılabilir atıkların bir kısmı, düzenli depolama sahalarına gitmektedir. Buna rağmen, bazı yakma tesisleri tam kapasite ile çalışmayıp, atık ithal etmek zorundadır. Yakın gelecekte bu durumun dengelenmesi beklenmektedir. Yakma bedelleri 120 – 160 €/t arasında değişmektedir. Tüm yakma tesisleri, enerji değerlendirerek çalışmaktadır. 1996 yılında, hükümet değerlendirilebilir veya yakılabilir bazı atıklar için depolamayı yasaklamıştır. Bu yasağın tüm yakılabilir atıklara uygulanması planlanmaktadır (20).

Avusturya

Ülkede üç adet evsel katı atık yakma tesisi bulunmakta, bunların hepsi enerji değerlendirerek çalışmaktadırlar. Tesislerin toplam kapasitesi, 520 000 t/yıl olup, toplam üretilen evsel atıkların % 21'isi kadardır. Mevcut kapasite,

yakılabilir tüm atıklar için yeterli değildir. Umweltbundesamt (Avusturya Çevre Kurumu), gerekli kapasiteyi 1 milyon t/yıl olarak tespit etmiştir. Ancak, bu rakama kompostlaştırma tesisleri de dahildir. Yakın gelecekte, toplam kapasitesi 800 000 t/yıl olan 6 adet tesis inşa edilecektir. Bu tesisler, hem evsel, hem de endüstriyel atık yakacaktır. Avusturya'daki düzenli depolama bedelleri oldukça yüksektir (85-220 €/t), özellikle yakma artıkları için (130 €/t). 2004 yılından itibaren, önceden yakma, kompostlaştırma veya geri dönüşüme uğramayan atıkların düzenli depolamaya gönderilmesi yasaklanmıştır (20).

Fransa

Evsel atıklar için 228 yakma tesisi bulunmaktadır. Yılda üretilen evsel katı atık miktarı yaklaşık 20 milyon ton olup, bunun 8 milyon tonu yakılmaktadır. Yakılan atıkların üçte biri değerlendirmeden yakılmaktadır. Bölgesel planların çoğunda, 2002 yılından sonra katı atık yönetim payındaki yakma oranının % 57'ye kadar yükseltilmesi öngörülmektedir. Mevcut tesislerden 77'si teknoloji eskiliğinden ve yönetmelikteki standartlara göre uyarlanamamalarından dolayı kapatılacaktır. 55 tesis, geliştirilecek ve kapasiteleri arttırılacaktır. 2002 yılında, tesislerden 134 tanesinin kapasitesi 3 t/h'den fazla olmuştur. Ancak, kamu direnişinden dolayı, modernizasyon ve genişletme çalışmaları beklendiği kadar hızlı ilerlememektedir.

Yakma (60-100 €/t) ve depolama (40-60 €/t) bedelleri, diğer AB ülkelerine göre biraz daha düşüktür. Özellikle yakma artıkları için uygulanan depolama bedelleri (25 - 40 €/t) diğer AB üyelerine göre çok daha aşağı seviyede seyreder.

Ruhsatsız işletilen birçok çöplük kapatılmıştır; ruhsatlı çalıştırılanlar arasında ise önemli bir kısmının kapasitesi dolmuş veya dolmaktadır. Depolama oranını % 58'den % 10'a indirilmesi öngörülmektedir.

Ulusal stratejinin diğer önemli bir hedefi ise, her ilin özerkliğini sağlayacak kapasitede uygun KAY tesislerinin bulundurulmasıdır. Bu şekilde aynı zamanda nakliye giderlerinin de azaltılabileceği düşünülmektedir (20).

İtalya

Toplam 52 katı atık yakma tesisinin yarısı enerjiyi değerlendirerek çalışmaktadır. Evsel atıkların sadece % 7'si (1,8 milyon t/yıl) yakılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda, yakma tesisi sayısının artması beklenmektedir. Şu an inşaat aşamasında olan yakma tesislerinin kapasitesi yaklaşık 1.5 milyon t/yıl'dır. Yakma bedeli, Fransa'ya göre biraz daha yüksektir (75-120 €/t). Enerji satış fiyatları oldukça yüksek (0,14 €/kWh) olmasının bir sebebi, enerji değerlendirmeyi teşvik etmek amacıyla sübvanse edilmesidir. Hâlâ KAY'nın % 90'ını oluşturan düzenli depolama oranını azaltıp, katı atık yakma ve enerji kazanma teknolojisine daha fazla ağırlık verilmesi hedeflenmektedir. Bundan dolayı, hâlâ oldukça düşük olan düzenli depolama fiyatlarının (yaklaşık 21 €/t) artması beklenmektedir.

Atık nakliyatını azaltmak amacıyla, 1 Ocak 1999'dan beri atıkların en yakın tesiste işlenmesi zorunludur. Çimento fabrikaları, termik santraller, mevcut ve planlanan katı atık yakma tesislerindeki toplam kapasitenin yakın gelecekte ikiye katlanması beklenmektedir (20).

Portekiz

Portekiz'de henüz bir evsel katı atık yakma tesisi bulunmamaktadır. Ülkede üretilen toplam evsel katı atık miktarı, 3.6 milyon ton/yıl'dır. Bunun % 34'i düzenli depolamaya, % 51'i vahşî çöplüklere, % 15'i ise kompostlaştırma tesislerine gönderilmektedir.

Biri Lizbon'da, diğeri ise Oporto bölgesinde bulunan iki yakma tesisi inşaat halinde ve bu yıl işletmeye alınması beklenmektedir. Bunlar, Portekiz'de üretilen katı atıkların % 26'sını işletecektir. Ton bazındaki işletme bedelinin yaklaşık 20 €/t olacağı hesaplanmıştır. Belediyelerin çoğu hâlâ vahşî çöplükleri kullandığı için, depolama bedeli aşırı düşüktür (20).

İspanya

9'u enerji kazanma ile çalışan toplam 13 katı atık yakma tesisi mevcuttur. Enerji kazanma ile çalışan tesislerin toplam kapasitesi 1,43 milyon t/yıl, yani toplam üretilen çöpün % 10'udur.

Katı atık yakma bedelleri 30-35 €/t düzeyindedir. Depolama bedeli, 6-15 €/t ile Avrupa'da en düşüklerden biridir. Belediye ve diğer kamu kurumları, vahşî çöplükleri kapatıp yeni yönetmeliğin standartlarına uyan düzenli depolama alanlarını inşa etmektedir. Bundan dolayı, depolama fiyatlarının artması beklenmektedir. AB politikasına karşın, düzenli depolamaya hâlâ öncelik verilmektedir (20).

İsveç

Bugün, 17'i evsel atık yakan toplam 21 katı atık yakma tesisi çalışmaktadır. 1980 yılından bu yana, yakma kapasitesi ikiye, üretilen enerji miktarı ise

dörde katlanmıştır. Toplam üretilen evsel atık miktarı, 3,2 milyon t/yıldır. Bunun 1,21 milyon tonu, yani % 38'i yakılmaktadır. Yakma tesislerinin hepsi enerji değerlendirerek çalışmaktadır.

Belediyeler, katı atıklarını (ahşap, inşaat atıkları gibi) termik santrallerde yakmayı tercih ederler. Bazıları, eski tesisleri genişletmek veya modernize etmek yerine başka yerde yeni tesis inşa etmeyi tercih etmektedir. Bunun sebebi, yerel halkın aşırı direnişinde aranmalıdır. Son üç yılda, bundan dolayı yakma tesisi inşa edilememiştir. Önümüzdeki on yıl içinde, önemli bir kapasite artışı beklenmemektedir.
Evsel katı atık yakma bedelleri 25 – 50 €/t ile oldukça düşüktür. Geri kazanımı teşvik etmek için, bir depolama vergisi öngörülmektedir. Bu vergi yaklaşık 30 €/t olup, şu anki depolama bedelini % 100 arttıracaktır.

Katı Atık Yakma (KAY) stratejisinin amaçları şunlardır:

- Evsel atıkların depolama oranı 2005 yılına kadar % 70 kadar azaltılmalıdır.
- 2005 yılına kadar, organik atıklar depolamaya gönderilmeyecektir.
- Belediyeler, 2002 yılına kadar, yakılabilir atıkları ayrılacaktır.

İsveç'te, merkezî ısıtma yaygın olduğu için, atıkların yakılması özellikle avantajlıdır (20).

Türkiye

Ülkemizde iki adet katı atık yakma tesisi vardır. Bunlardan ilki İzmit Solaklar Köyü Mevkiinde bulunan İZAYDAŞ firmasına ait yakma tesisidir. Yakma kapasitesi, 4 100 kg/h'dir. Katı atıklar için 2 500 kg/h ve sıvı atıklar için 1 600 kg/h'dir (42).

Diğeri İstanbul Büyükşehir Belediyesinin bir kuruluşu olan İSTAÇ A.Ş tarafından Tıbbi Atık Yakma Tesisi, Odayeri/Göktürk'teki Düzenli Depolama Alanı yanında 1995 yılında kurulmuştur. İstanbul'un 195 sağlık kuruluşunun günlük 24 ton tıbbi atığını toplayarak, 900–12 000 °C yakmaktadır. Kullanılan fırın döner silindirlidir. Yakma kapasitesi 1 000 kg/h'dir.

3.1.4. Yakma tesislerinde emisyon azaltma

Evsel atık yakma tesislerinde, yakılan atıklardan baca gazı üretilir. Tehlikeli atık yakan tesislerde bu rakamlar atıkların özelliklerine göre daha geniş bir yelpaze içinde değişebilir. Yakma prosesi sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyonlar sonucunda ve atıkların kompozisyonuna bağlı olarak, baca gazlarında birçok kirletici oluşur. Bunların bir kısmı, insan sağlığına ve çevreye aşırı zararlıdır. Gazların alıcı ortama deşarj edilmesinden önce bu kirleticiler giderilmelidir. En önemli kirleticiler, toz, kükürt ve azot bileşenleri, halojen bileşenleri, ağır metaller ve bileşenleri ile organik bileşenlerdir.

Hava kirliliğinin mevzuata uygun değerlere düşürülmesini sağlamak için, aşağıdaki ölçümlerin yapılması gerekir:

- Baca gazlarındaki toz, CO, oksijen ve hidroklorür sürekli ölçülmelidir.
- Ağır metal, kükürtdioksit, ve hidroflorür periyodik şekilde ölçülmelidir.
- Yakma sonucu gaz sıcaklığı sürekli ölçülmelidir (32).

Yakma sonucu gaz sıcaklığının 850 °C altına düştüğü durumlarda, dioksin ve furan oluşumunu önlemek için, derhal yardımcı yakma ünitelerinin çalışıp sıcaklığı tekrar gereken seviyeye getirmesi gerekir. Bu yardımcı yakma üniteleri ayrıca sistemin açılması ve kapatılması sırasında da çalıştırılmalıdır (23).

Ölçüm periyotları ve yöntemleri, evsel atık yakma tesisleri için Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne, tıbbî atıklar için Tıbbî Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne, tehlikeli atıklar için ise Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun şekilde düzenlenmelidir. Katı atıkların yakılarak bertarafında, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nde yer alan kriter ve esaslara uyulur.

Hava temizleme teknolojileri

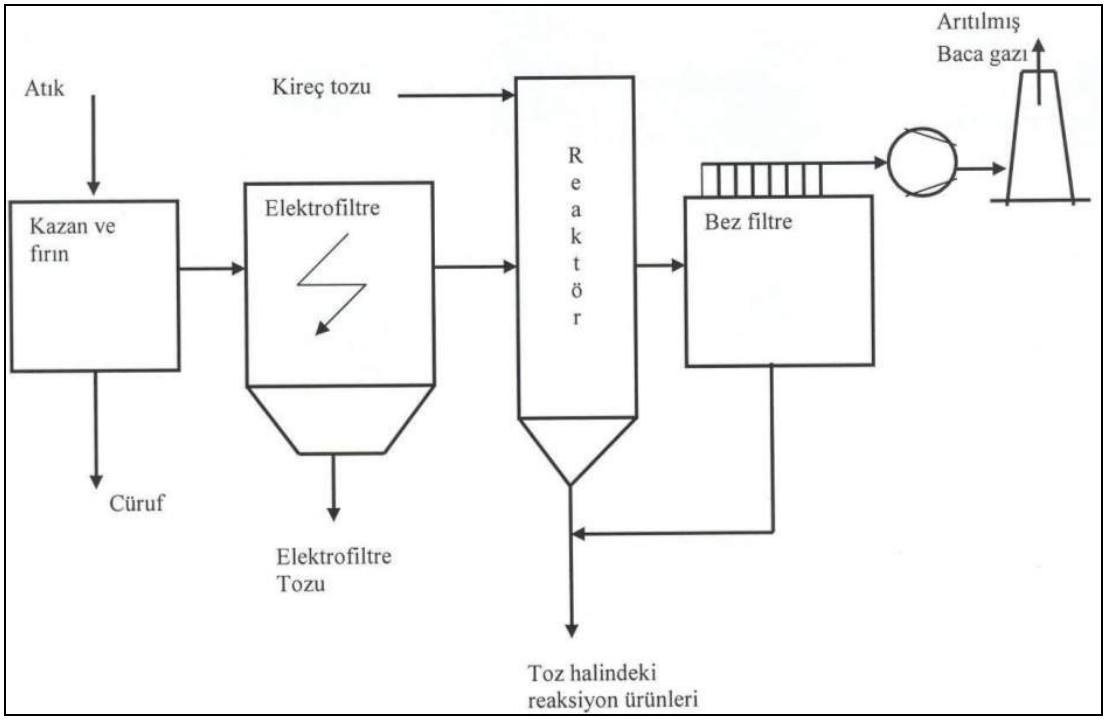
Baca gazlarının arıtılması için dört ana yaklaşım vardır.
- Kuru hava temizleme sistemleri
- Yarı kuru hava temizleme sistemleri
- Yıkayıcılar
- İleri baca gazı temizleme

Hava temizleme sistemleri aşağıda açıklanmıştır. Kuru ve yarı kuru sistemlerde, atık su oluşmaz. Yıkayıcılarda oluşan atık suyun alıcı ortama deşarjını önlemek için, buharlaştırmaya başvurulabilir.

Kuru Sistemler

Toz halinde kireçtaşı baca gazlarının bulunduğu bir reaktöre verilir. Bu reaktörde $CaCO_3$, baca gazındaki ($HCl + HF + SO_2$) ile reaksiyona girer ve sonuçta $CaCl_2$, CaF_2 ve $CaSO_3$, gibi nötr tuzlar oluşur. Bu nötr tuzlar (katı maddeler), bez filtreler yada elektrofiltre vasıtasıyla baca gazından ayrılır. Bunlar evsel atıkların yakıldığı tesislerden çıkıyorsa diğer evsel atıklarla birlikte düzenli depolama sahalarına gömülerek bertaraf edilir veya cüruf ile birlikte yol yapımlarında dolgu malzemesi olarak kullanılır.

Kuru baca gazı arıtma sisteminin şematik çizimi Şekil 3.3'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Kuru baca gazı arıtma yöntemi (30)

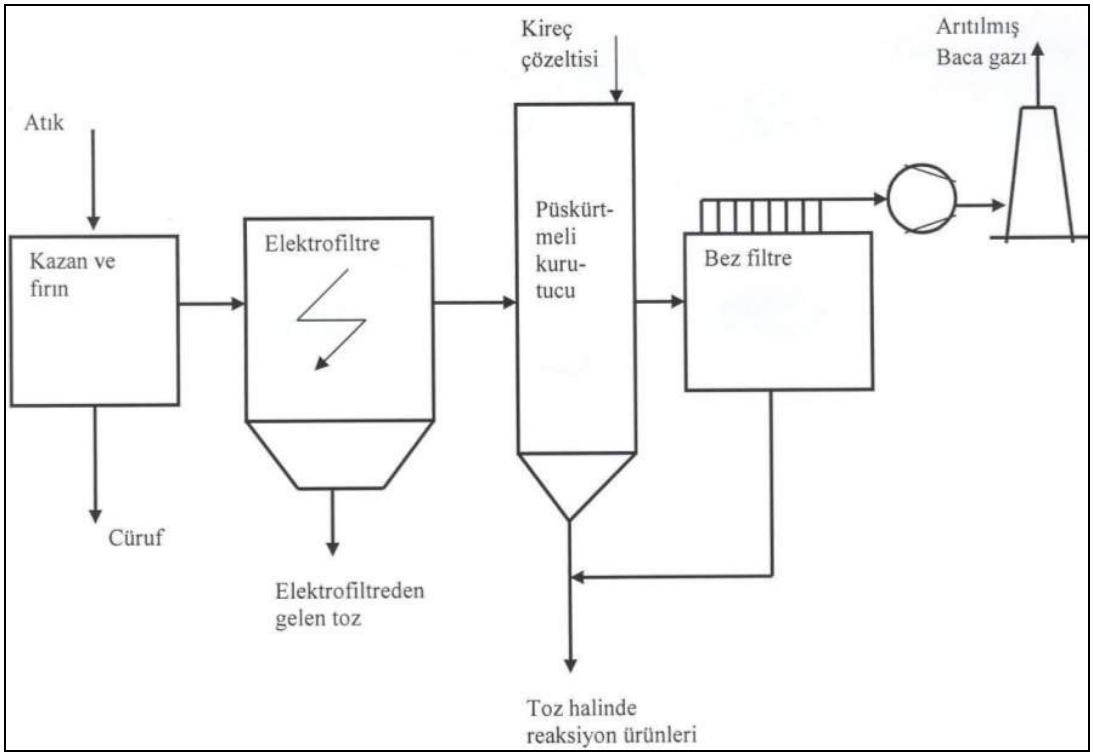
Kuru sistemlerden çıkan baca gazlarının sıcaklığı, 140 – 150 ℃ civarındadır (30).

Yarı Kuru Baca Gazı Arıtma Yöntemi

Yarı kuru sistemde, reaktif olarak kireç çözeltisi kullanılır. Reaksiyon, püskürtmeli kurutucuda meydana gelir. Nötr hale getirilen kirleticiler bundan sonra elektrofiltre ya da bez filtrede baca gazından ayrılır.

Yarı kuru baca gazı arıtma sisteminden çıkan baca gazının sıcaklığı, 100 – 110 ℃ mertebesindedir (30).

Yarı kuru baca gazı arıtma sisteminin şematik çizimi Şekil 3.4'de verilmiştir.



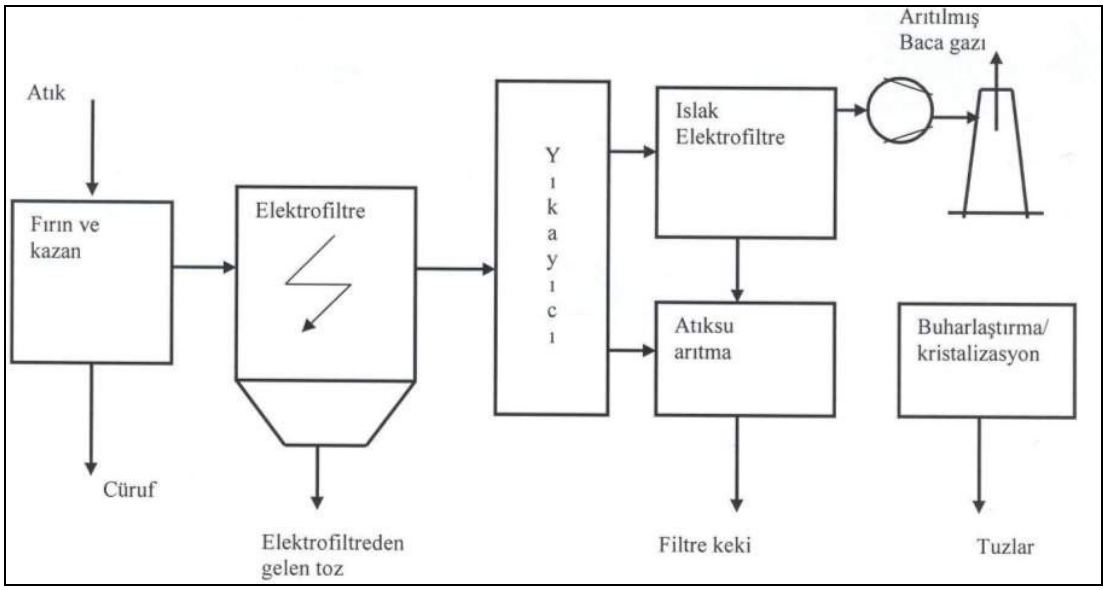
Şekil 3.4. Yarı kuru baca gazı arıtma yöntemi (30)

Yıkayıcılar

İlk adım olarak, elektrofiltrede bir ön ayırma yapılarak, tozların büyük bir kısmı giderilir. Bundan sonra, kirleticiler bir yıkayıcı sistemde absorbe edilerek baca gazından ayrılır. Yıkayıcı aynı zamanda, baca gazlarını soğutma işlevini de görür. SO_2 giderimi için NaOH ilâve edilir ve böylelikle nötr bir tuz (Na_2SO_3) elde edilir. Sıvıların giderilmesi için, damla ayrıcısı veya elektrofiltre kullanılır.

Yıkayıcı girişindeki gaz sıcaklığı yaklaşık 250 ℃ olmalı, çıkışındaki gaz sıcaklığı ise 60 – 65 ℃ civarındadır. Yıkayıcılardan kaynaklanan atık sularda, ağır metaller, kükürt, klor ve fluor bileşenleri ihtiva eden nötr tuzlar bulunur (30).

Yıkayıcı sisteminin şematik bir çizimi Şekil 3.5'de verilmiştir:



Şekil 3.5. Yıkayıcılar (30)

İleri Baca Gazı Temizleme

Azot oksitlerinin ve kanserojen maddelerin (özellikle dioksin, furan ve uçucu ağır metaller) yeterli derecede giderilmesi için, yukarıdaki yöntemlere ilâve ileri arıtma teknolojileri gerekebilir.

Dioksin ve furan giderme işlemleri genellikle aktif karbon filtreleriyle yapılır. Arıtılmış baca gazı, alıcı ortama verilmeden bu filtrelerden geçer. Azot oksitler, son yakma (afterburning) aşamasında yapılan amonyak ilâvesi (katalitik olmayan seçmeli indirgeme) ya da katalizör kullanarak (seçmeli katalitik indirgeme) giderilebilir. Katalizörler, ya elektrofiltreden sonra ya da yıkayıcıdan sonra kullanılabilir.

Aktif karbon temizleme yöntemlerinde, üç ana filtre tipi vardır:

- Sabit yataklı reaktör
- İstiflenmiş filtre reaktörü
- Akışkanlar yatağı reaktörü (31).

Hava Temizleme Teknolojilerinin Karşılaştırılması

Çizelge 3.1. Baca gazı arıtma sistemlerinin avantaj ve sakıncaları (20)

Sistem	Avantajları	Sakıncaları
Kuru sistem	· Basit yapı	· Yüksek kimyasal sarfiyatı · Yetersiz verim · Ayrılan katı maddeler düzenli depolamaya gidemez; özel bertaraf tesisi lâzım
Yarı kuru sistem	· Kuru sisteme göre daha iyi verim · Kuru sisteme göre daha düşük kimyasal sarfiyatı	· Ayrılan katı maddeler düzenli depolamaya gidemez; özel bertaraf tesisi lâzım
Yıkayıcı sistemi	· Yüksek verim · Kimyasal ilâvesi, stökiyometrik orana yakın bir oranla yapılabilir · Ayrılan katı maddeler endüstride kullanılabilir · Katı atık yakma tesislerinde geniş ve olumlu tecrübeler yapılmıştır.	· Karmaşık teknoloji

Yukarıda açıklanan sistemlerin avantaj ve mahzurları Çizelge 3.2'de karşılaştırılmıştır.

Katı atık yakma tesislerinde AB veya Alman standardlarına uyulmak istendiğinde, yıkayıcı sistemi seçilmeli, ayrıca da dioksin/furan ve NO_x giderimi için de ileri baca gazı arıtma teknolojileri kullanılmalıdır (30).

3.1.5. Yer seçimi

Yakma tesisi için olası yer alternatiflerini değerlendirirken, aşağıdaki kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:

Mevzuat hükümleri: Yakma tesisin yer seçimi mevcut geçerli yasa ve yönetmeliklere uymalıdır.

Belediyenin onayı: Yakma tesisinin yer seçimi, Belediyenin ihtiyaçlarına göre yapılmalıdır.

Kamunun kabulü: Kamuoyu, katı atık yönetim tesisleri konusunda çok hassastır. Tesisin direkt yakınında meskûn yerlerin bulunmaması tercih sebebidir. Yakma tesisi, tercihen ticarî yada sanayi bölgelerde veya başka katı atık yönetim tesislerinin komşuluğunda bulundurulmalıdır.

Arazi mülkiyeti: Belediyeye ait saha tercih edilmelidir; böyle bir saha müsait olmadığı durumda şahıs veya hazine arazisi istimlâk edilmelidir.

Kaynaktan tesise taşıma mesafesi: Taşıma mesafesi, işletme maliyetini önemli derecede etkiler.

Artıkların depolandığı alandan uzaklık: Değerlendirilemeyen artıkların nihaî bertaraf yerinin tesisten uzaklığı da işletme maliyetini etkiler.

Tesis ulaşım: İstanbul, Ankara ya da İzmir gibi çok büyük şehirlerde, tesisin ana ulaşım arterlerine yakın olması, coğrafi merkezde olmasından daha avantajlı olabilir.

Soğutma suyu mevcudiyeti: Yakma biriminde soğutma suyu gereklidir. Bunun miktarı, tesisin kapasitesine, atığın kalorifik değerine ve kullanılan soğutma sistemine bağlıdır.

Elektrik müşterilerine bağlantı: Tesiste üretilen elektrik enerjisinin satılması için, elektrik şebekesine bağlanması gerekir. Tesisten şebekeye kurulacak bağlantı hattı ne kadar kısaysa, enerji kaybı, inşaat maliyeti ve olumsuz görsel etkiler o kadar düşük olacaktır.

Isı enerjisi veya buhar kullanan müşterilere yakınlık: Katı atık yakma tesisinin buhar ya da ısı enerjisini kullanan müşterilere yakın olması, yer seçiminde tercih sebebidir.

Mevcut altyapı: Katı atık yakma tesisinin yerinde, kanalizasyon bağlantısı, içme suyu şebekesine bağlantı, telefon vb. altyapının mevcut olması tercih sebebidir (23,37).

3.1.6. Ekonomi

Yatırım maliyeti

Katı atık yakma tesisinin yatırım maliyeti, kredi koşulları, seçilen teknoloji, yerel kısıtlamalar, enerji kazanma teknolojisi ve baca gazı temizleme teknolojisine bağlıdır. Ayrıca, tesisin bir, iki veya üç hat ile çalıştırılması da önemlidir. Ne kadar çok hat çalıştırılırsa, işletme o kadar esneklik kazanır. Ancak, yatırım maliyeti de buna bağlı artar. Bundan dolayı, işletme esnekliği ve yatırım maliyetinin önemini tartarak, söz konusu belediyenin ihtiyacına en iyi cevap veren çözümü bulmak gerekir.

Çizelge 3.3'de Almanya'da bulunan iki standart katı atık yakma tesisinin yatırım maliyetleri gösterilmektedir. Bunların biri, evsel atık, diğeri ise tehlikeli atık yakmaktadır. "Standart tesis" ibaresi, emisyon standartlara uyulması, çağdaş teknoloji ve kendi ihtiyaçları ile satış amacıyla enerji üretimi anlamına gelmektedir. Maliyetlerin Türkiye'de benzer düzeyde olacağı düşünülmektedir. İnşaat maliyeti Türkiye'de daha düşük olabilir. Ekipman maliyeti Almanya'dakinden değişik olmayacak, ancak Türkiye'deki baca gazı arıtma standartları Almanya kadar sıkı olmadığı için baca gazı arıtma biriminin maliyeti daha düşük olabilir (37).

Çizelge 3.2. Katı atık yakma tesisleri için yatırım maliyetleri (milyon DM) (37)

Birim	Evsel katı atık yakma tesisi	Tehlikeli atık yakma tesisi
Kapasite	30 t/h(720 t/gün)	10 t/h (240 t/gün)
Bina ve altyapı inşaatı	65 – 75	70 – 85
Yakma ve enerji kazanma birimleri	115 – 130	70 – 80
Baca gazı, atık su ve katı artık arıtma/ işleme	110 – 120	80 – 90
Tehlikeli atık için ara depolama		30 – 40
Elektroteknik ekipman	30 – 35	30 – 35
Enerji nakil teknolojisi	30 – 35	30 – 35
Yardımcı tesisler	6–8	6–8
Toplam	356 – 403	316 – 373

<u>İşletme maliyeti</u>

Katı atık yakma tesislerinin işletme maliyetleri, Çizelge 3.4'de gösterilen kalemlerden ibarettir.

Almanya'daki maliyetler, genellikle 250 – 300 DM/t ham atık düzeydedir. İşletme maliyeti aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

- Yakma tesisinin kapasitesi
- Baca gazı arıtma teknolojisi ve emisyon limitleri
- Isı ve buhar satış imkânının mevcudiyeti, varsa, satış fiyatları
- Tam kapasiteli işletme/ ihtiyacından daha yüksek kapasite
- Yatırım maliyeti ve amortisman koşulları
- İnsan gücü
- Bakım ve onarım
- Atık su arıtımı

Türkiye'deki baca gazı emisyon limitleri, Almanya ve AB limitlerinden çok değişik değildir. Elektrik satışlarından elde edilebilecek gelirler, belediyelerin yerel elektrik şirketleriyle yaptıkları pazarlığa bağlıdır. Aynısı, buhar satışları için geçerlidir. Türkiye için yatırım maliyetlerinin, diğer ülkelerinden çok farklı olmaması beklenmektedir (inşaat maliyeti biraz daha düşük olacak, ekipman maliyeti ise aynı seviyede olacaktır). Türkiye'de diğer Avrupa ülkelerine göre çok daha düşük olan personel giderleri, toplam giderlerin sadece çok düşük bir oranını oluşturmaktadır (37).

Çizelge 3.3. Katı atık yakma tesislerinin işletme maliyetleri (37)

Konu	Açıklama	Maliyet
Amortisman	Yüksek yatırım maliyetinden dolayı, amortisman giderleri işletme giderlerinin % 80 kadarını oluşturabilir.	Kredi koşulları ve yatırım maliyetine bağlıdır.
	Amortisman giderlerinin hesabı için aşağıdaki parametreler kabul edilebilir:	
	Tesisin toplam ömrü: 25 yıl veya:	
	İnşaat kısmı: 40 yıl	
	Mekanik/ elektrik ekipman: 15 - 25 yıl	
Bakım ve tamirat giderleri		Yıllık maliyet aşağıdaki kabuller üzere hesaplanabilir:
		İnşaat yatırım maliyetinin % 1'i
		+ Elektroteknik yatırım maliyetinin % 1.5 - % 2'si
		+ Mekanik ekipmanın yatırım maliyetinin % 3 - % 4'ü
Personel	Haftada 7 gün ve üç vardiyalık işletme ile çalışan katı atık yakma tesisinin ana birimi için aşağıdaki personel ihtiyacı kabul edilebilir:	Belediyenin personel anlaşmalarına bağlıdır.
	2 yakma hattı (küçük - orta): 35 - 40	
	2 yakma hattı (orta - büyük): 40 - 45	
	3 yakma hattı (küçük - orta): 45 - 50	
	3 yakma hattı (orta - büyük): 50 - 55	
	4 yakma hattı (küçük - orta): 55 - 60	
	4 yakma hattı (orta - büyük): 60 - 65	
	Yardımcı birimler için, yaklaşık 10 - 20 kişilik bir ekip gereklidir.	
Su tüketimi	2 - 4 m^3/t ham atık	Belediyenin su teminine bağlıdır (kuyu, Belediye su işleri, özel şirket, başka)
Kimyasal sarfiyatı	Baca gazı temizleme için gereklidir	1 - 2 DM/ t ham atık
Satış gelirleri	Elektrik, buhar, veya ısı enerjisi, cüruf ve tuz satışlarından kaynaklanan gelirler	Elektrik şirketleri ve buhar/ ısı müşterileri ile yapılan anlaşmalara bağlı; cüruf ve tuz satışları için ayrıca yöresel doğal kaynakları belirleyici olur.
Elektrik tüketimi	Yakma tesisi ve yardımcı tesislerin elektrik ihtiyacı, satılabilecek elektrik miktarından düşürülmelidir. Elektrik ihtiyacı, 30 - 100 kWh/t ham atık arasındadır.	

Tehlikeli atık yakma tesisleri için, Çizelge 3.5'de İzmit yakma tesisinin işletme maliyetinden bir örnek verilmiştir. Bu tesisin atık kapasitesi, 30 000 t/yıl'dır.

Çizelge 3.4. İzmit Katı Atık Yakma Tesisinin işletme giderleri (20)

Konu	Miktar ($ / yıl)
Teknik Personel	1 658 125
Büro Personeli	331 250
İdari Personel	423 750
Büro Giderleri	85 000
Kimyasal Sarfiyat	207 500
Bakım - Tamirat	64 375
Amortisman Giderleri	11 456 250
Toplam	14 226 250

Bu rakamlar, Türkiye'de inşa edilecek bir tehlikeli atık yakma tesisi için referans olarak kabul edilebilir. Birim maliyetleri, yatırım yapacak belediyenin özel koşullarına göre değiştirilebilir. Evsel atıklar bazında çeşitli ülkelere ait yakma ve depolama bedelleri Çizelge 3.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Çeşitli ülkeler için yakma ve depolama bedelleri (20)

	Avusturya	Fransa	İtalya	Portekiz	İspanya	İsveç
Yakma bedeli (€/t)	103-168	60-98	78-120	20	30-36	23-46
Düzenli depolama bedeli (€/t)	87-219	38-60	21-183	0	6-15	29-40
Beklenen gelişme	>87	>60	>21	20-56	>15	86
Elektrik satış bedeli (€/kWh)	-	0.033	0.14	0.045	0.06	0.023

3.2. Kompost Oluşturma

Kompostlama gübre, biyolojik arıtma tesisi çamuru, yaprak, kağıt ve yiyecek atıkları gibi organik maddelerin mikroorganizmalar vasıtasıyla kompost adı verilen toprağımsı bir yapıya dönüştürüldüğü biyolojik bir işlemdir. Katı atık içerisindeki organik maddelerin, fermantasyon alanlarında mikroorganizmalar vasıtasıyla yeterli oksijenle reaksiyona girerek çözülmesi ve bu esnada karbondioksit, su ve ısının oluşturulması suretiyle oluşur. Bu işlem yaprak ve diğer organik atıkların doğal olarak çürütüldüğü işlemle aynıdır. Kompostlamada sadece şartlar kontrol altına alınarak organik maddelerin daha hızlı çürümesi sağlanır. Kompostlama organik maddeleri kararlı hale getirme işlemidir.

Kompost ve Geri Kazanım Tesisi'nde üretilen kompost; gübreden farklı olarak, toprağı ıslah edici organik değeri ve su tutma kabiliyeti yüksek malzemedir. İçerisine azot ve fosfor verilerek istenilen şekilde gübre elde edilebilir. Kompost tarımda tıpkı hayvan gübresi gibi zemini iyileştirmek için bahçelerde, spor alanlarında ve parklarda kullanılır.

Kompostlama yeni bir teknoloji değildir. Amerika'da 18. ve 19. yy'dan beri kullanılmaktadır. 20. yy'da maddelerin ve mekanik teçhizatların seçiminin nasıl yapılması gerektiği ve farklı kompostlama metotları (sıralı yığın, yığınlar, kapalı reaktörde vs.) hakkında bilimsel ilkeler belirlenmiştir. Böylelikle çiftçilik daha bilimsel bir hal almıştır. Sanayileşme, kimyasal gübreler ve özelleştirme çiftçiliği değiştirmiştir. Kompostlama önemini yitirmiş ve atık bertarafı esas sorun olmaktan çıkmıştır. Şimdi ise çevre bilinci arttığı için kompostlama tekrar popüler olmaya başlamıştır (24).

Kompost, elde edildiği ham maddelerden farklı özelliktedir. Koku oluşturmaz, işlenmesi kolaydır ve uzun süre depolanabilir. Ayrıca kompost çeşitli şekilde kullanılır.

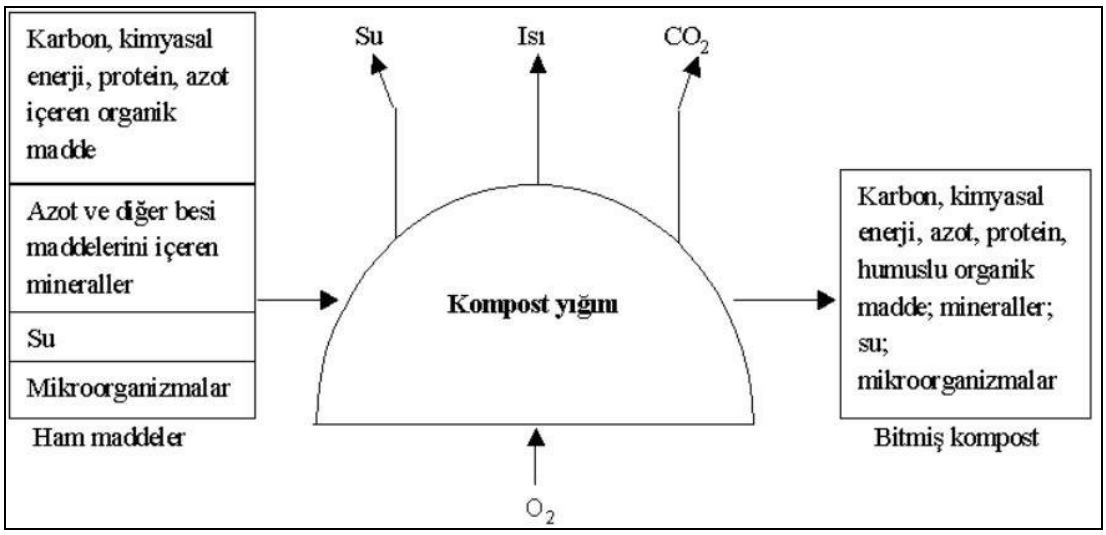
3.2.1. Kompostlama

Kompostlama organik maddelerin aerobik (oksijen olan ortam) veya anaerobik (oksijensiz ortam) koşullarda mikroorganizmalar vasıtası ile kararlı hale getirildiği bir işlemdir. Kompostlamada organik maddeler harcanırken, mikroorganizmalar oksijeni tüketirler (Şekil 3.6). Aktif kompostlama esnasında fazla miktarda ısı ve karbon dioksit (CO_2) üretilir ve su buharı havaya karışır.

CO_2 ve su kayıpları birincil maddelerin ağırlığının yaklaşık yarısına eşittir. Kompostlama böylece ham maddeleri değerli toprak şartlandırıcısına dönüştürürken onların hem hacmini hem de ağırlığını azaltır (25).

Kompostlama mikroorganizmaların büyümesi için uygun koşullar sağlandığında ve bu koşullar muhafaza edildiğinde çok hızlı gerçekleşir. Kompostlama için en önemli şartlar;

- Uygun karbon ve azot (C:N) oranı da dahil olmak üzere, mikrobiyal aktivite ve büyüme için gereken besi maddelerini sağlamak için organik maddelerin karıştırılması,
- Aerobik mikroorganizmalar için yeterli oksijen,
- Havalandırmayı engellemeden biyolojik aktiviteyi sağlayan yeterli nem içeriği,
- Kuvvetli mikrobiyal aktiviteyi sağlayan termofilik sıcaklıklar,



Şekil 3.6. Kompostlama işlemi (25)

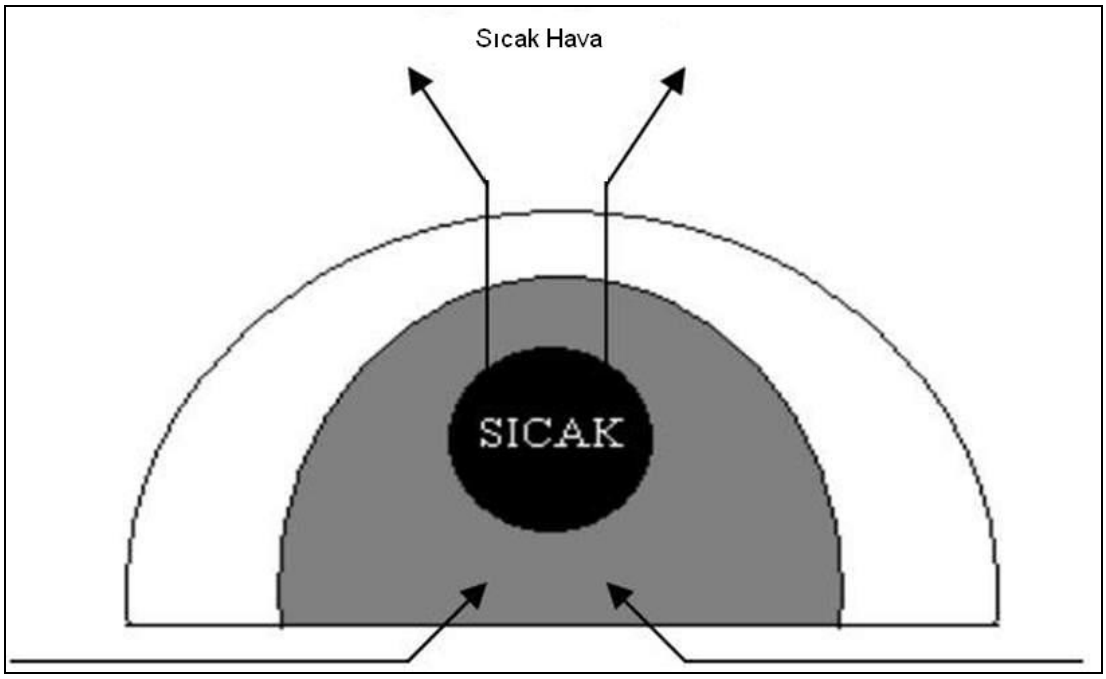
Bitmiş kompostta ki karbon, kimyasal enerji, protein ve su ham maddedekinden daha azdır. Bitmiş kompostta ki humus oranı daha fazladır. Bitmiş kompostun hacmi ham maddenin %50'sine veya daha azına eşittir.

Kompostlama işlemi değişik koşullarda ve birçok madde ile gerçekleşir. Kompostlama hızı ve bitmiş kompostun kalitesi ham maddelerin seçimi ve karışımına bağlıdır (25).

Aerobik şartlarda kompostlama işlemi

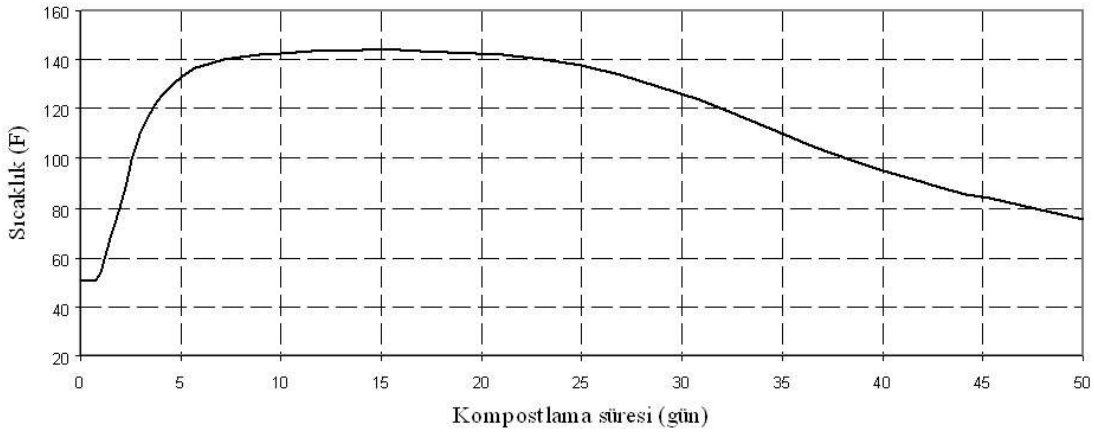
Kompostlama; uygun organik maddeler bir araya getirildiğinde başlar. Ham maddeler önce karıştırılarak işlemin başlaması için yeterli miktarda ortama hava verilir. Mikroorganizmalar oksijeni çabucak harcarlar ve çökelmiş maddeler havayı gözenek boşluklarından dışarı atarlar. Ortamda ki oksijen azaldıkça aerobik bozunma yavaşlar ve eğer oksijen sağlanmazsa işlem durur. Ortama oksijen vermek için havalandırmanın sürekli yapılması gerekir. Havalandırma pasif hava değişimi (doğal ısı yayılımı ve difüzyon), veya basınçlı havalandırma (üfleyici/fan) ile yapılabilir. Komposta mekanik

karıştırma veya döndürme ile oksijen sağlanır ama bu oksijen hemen tüketildiğinden pasif veya basınçlı hava hareketi ile yeniden oksijen sağlanmalıdır. İyi bir havalandırma için döndürme gereklidir. Bu işlem ile yığında ki gözenek boşlukları onarılır ve böylece hava yığının içinde kolayca hareket eder (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Bir kompost sıralı yığınında veya yığında doğal (pasif) hava hareketi (25)

Isı yayılımı mikrobiyal aktiviteye doğrudan bağlı olduğundan, sıcaklık işlemi izlemeyi sağlayan iyi bir göstergedir. Mikroorganizmaların neden olduğu sıcaklık yükselmesi yığın oluşumundan birkaç saat sonra belirginleşir. Kompostun sıcaklığı genellikle 48–60 ºC'ye kadar yükselir ve birkaç hafta bu seviyelerde kalır. Sıcaklık aktif kompostlama yavaşladığı için yavaşça 38 ºC'ye düşer ve daha sonra atmosfer sıcaklığına gelir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kompostlamada sıcaklık-zaman ilişkisi (24)

Aktif kompostlama esnasında, eğer ortamdaki oksijende azalırsa, mikrobiyal aktivite azalır ve sıcaklık düşer. Sıcaklık, karıştırma, döndürme veya basınçlı havalandırma ile tekrar yükseltilir. Eğer ortamda yeterli oksijen varsa ve mikrobiyal aktivite fazlaysa sıcaklık 60 ºC'nin üstüne kolaylıkla yükselir. Bu sıcaklıkta birçok mikroorganizmayı tahrip eder veya hareketsiz kalır. Mikrobiyal aktivitenin azalmasıyla sıcaklık sabit kalır veya düşer. Döndürme veya basınçlı havalandırma ile yığını soğutarak sıcaklığın böylesine tehlikeli seviyelere gelmesi önlenir ve sıcaklık sabit tutulur.

Aktif kompostlamadan sonra genellikle olgunlaştırma işlemi başlar. Olgunlaşmada organik maddeler kompostlanmaya devam ederler ama daha yavaş seviyede gerçekleşir.

Kompostlama işlemi belirli bir noktada durmaz. Bozunma, son kalan besi maddesi, son kalan mikroorganizma tarafında tüketilene ve karbonun tümü su buharı ve CO_2'ye dönüşene kadar devam eder. Ama kompost bu noktadan önce uzun süre nispeten kararlı ve kullanılabilir bir ürünüdür. Kompostlamanın bittiğine C:N oranı, O_2 ihtiyacı, sıcaklık ve koku gibi kullanım ve yönetimi ile ilgili karakteristiklere bakılarak karar verilir (38).

Kompostlama işlemine etki eden parametreler

Kompostlamaya etki eden parametreler; (Çizelge 3.6) oksijen ve havalandırma, besi maddeleri (C:N oranı), nem, porozite, yapı, kıvam ve partikül boyutu, pH, sıcaklık ve süre'dir.

- Oksijen ve havalandırma
- Besi maddeleri
- Nem
- Yapı, kıvam ve partikül boyutu
- Sıcaklık
- Süre (33).

Çizelge 3.6. Hızlı kompostlama için tavsiye edilen koşullar (39)

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

Kompostlama esnasında maddelerdeki değişimler

Kompostlama esnasında ham maddelerin basit yapılı bileşiklere parçalanması ve yeni kompleks bileşiklerin oluşması ile organik maddeler komposta dönüşür. Bu dönüşüm maddelerin yapısını değiştirir. Ham maddeler işleme, kolaylıkla çözülebilen ve koku potansiyeline sahip partikül ve bileşiklerin farklı karışımları olarak başlarlar. Kompostlama tamamlandığı an bileşiklerin karışımı daha üniform ve biyolojik aktifliği daha azdır. Madde

koyu kahve-siyahımsı bir renk alır. Partiküllerin boyutları küçülür, koyulaşır ve toprağa benzer bir yapı oluşur.

Bu işlemle humus miktarı artar, C:N oranı azalır, pH nötrale yaklaşır ve toprağın nütrient tutma kapasitesini arttırır.

Zirai kökenli maddelerde hacimce büyük miktarda azalma görülür. Bu hacim azalmasının nedeni atmosferik karbondioksit ve su kaybıdır. Su kaybından dolayı kompost maddelerinin ağırlığı %40-80 oranında azalır.

Azot kaybının bir kısmı azotun amonyak şeklinde yığından bırakılmasıyla gerçekleşir. Yine de kompost, ham maddelerin nütrientlerini yapısında tutar ve stabil organik bileşikler içinde depolar. Bu, bitkiler için gereken acil besi maddesi ihtiyacını azaltır.

Başlangıçtaki maddenin karbondioksit kaybı yüzünden C:N oranı kompostlama esnasında yavaşça düşer. Kompostlama esnasında karbon kaybı genellikle azot kaybından fazladır. Bununla beraber eğer başlangıçtaki C:N oranı düşükse(<15/1), azot kayıpları C:N oranını çok az etkiler.

Kompostlama sırasındaki dönüşümler için enerji gerekir. Kompostlama esnasında kullanılan organik maddeler büyük miktarda depolanmış enerji içerirler. Bu depo edilmiş enerji fotosentez sırasında güneş enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşmesi ile oluşur. Mikroorganizmalar organik maddelerin yapısındaki kimyasal bağları kırarak büyüme için gereken enerjiyi sağlarlar. Bu işlem esnasında enerjinin bir kısmı ısıya dönüşür, yığının sıcaklığını arttırır ve çevreye yayılır (39).

Mikroorganizmalar, kompleks yapılı organik maddeleri parçalayarak daha basit yapılı bileşiklere dönüştürürler. Bu bozunma sırasında besi maddeleri humus şeklinde kompostta ki yeni mikroorganizmaların yapısında kalır.

Ham maddelerin yapısındaki organik bileşiklerin bazıları kompostlamada çok az değişirler veya değişmeden kalırlar. Odunsu maddelerin yapısındaki lignin (selüloz) maddesinin bozunması zordur. Ligninler ve biyolojik olarak dirençli diğer maddeler kompostta yoğun olarak bulunur. Bunlar kompost kalitesini kısmen etkilerler (40).

Kompostlamanın avantaj ve dezavantajları

Avantajlar

Kompostlama mükemmel bir toprak şartlandırıcısıdır, satılabilir üründür, gübre işlemeyi iyileştirir, arazi uygulamalarını geliştirir, kirlilik riski düşüktür, bitki otu tohumlarını ve patojenleri tahrip eder, alt malzemesi olarak kullanabilir, virüslerin toprak yoluyla taşınarak bitkilere zarar vermesini önler, karlıdır.

Toprak Şartlandırıcısıdır: Kompost çok iyi bir toprak şartlandırıcısıdır. Kompost tarlaya uygulandığında toprağa organik madde ekler, toprağın yapısını iyileştirir, gübre ihtiyacını azaltır ve yağmur ile toprak yüzeyine ulaşan suyun yüzey akışına geçmek yerine yeraltına daha kolay süzülmesin sağlayarak toprak erozyonu riskini azaltır.

Satılabilir Bir Üründür: Kompostlamanın en cazip özelliklerinden biri de ürünü satabilecek bir pazarın olmasıdır. Potansiyel alıcılar, bahçıvanlar, peyzajcılar, sebze ve meyve çiftçileri, çimen yetiştiricileri, golf sahaları ve süs bitkisi yetiştiricileridir. Kompost bir atık olarak görüldüğünden fiyatı çok değişkendir.

ABD'de yığın (açık) kompostun 1 m^3'ünün fiyatı yaklaşık 7–13$ arasında değişmektedir. Çiftlik kompostunun 1 m^3'ünün fiyatı ise 65$'dır. Fiyat pazarın durumuna, kompostun kalitesine ve kullanılan ham maddeye bağlı olarak değişir.

Gübreyi İşlemeyi İyileştirir: Kompostlama gübrenin ağırlığını, nem muhtevasını ve aktivitesini azaltır. Kompostun işlenmesi gübre işlenmeye göre daha basittir, koku veya sinek problemi yaratmaksızın depolanabilir. Depolanabilme kalitesinden dolayı kompost yılın uygun zamanlarında toprağa uygulanabilir. Bu sayede arazideki sızıntı suyu ve azot kayıpları azaltılır. Kompostlama gübrenin hacmini azaltmasına rağmen kompost karışımına düzenleyici ilavesi bu hacim kaybını telafi eder.

Arazi Uygulamalarını İyileştirir: Gerek kompost gerekse gübre iyi birer toprak şartlandırıcısıdır. Gübre genellikle araziye direkt uygulanır ve gübre içindeki bitki tohumları ölmediği için yaban otu ile mücadele gereklidir. Bu yüzden toprak şartlandırma genellikle gübreden kompost yaparak doğrulanamaz. Bununla beraber kompost gübresi ile kazanılan faydalar vardır. Bunlar;

Kompostlama ile gübredeki azot daha stabil olan organik forma dönüştürülür. Hayvanlarda altlık olarak kullanılan gübrenin C:N oranı yüksektir. Araziye direkt uygulandığında gübredeki fazla karbon topraktaki azotun geçici olarak kaybolmasına neden olur. Yüksek karbon muhtevalı gübre/yatak karışımlarının kompostlanması C:N oranını arazi uygulamaları için kabul edilebilir seviyeye düşürür.

Kompostlamayla üretilen enerji gübredeki zararlı ot kaynaklarını minimize eder.

Düşük Kirlilik Riski: Besi maddesinin çiftlikte yetişmemesi ve çiftlikteki hayvan sayısının kapasiteyi aşması gübre bertarafını zorlaştırır. Koku şikayetleri genelde insanların yaşadığı arazilere yakın yerlerde olur. Diğer şikayetler donan arazi üzerine yayılan gübreden kaynaklanan sızıntı suları ve kuyulara azot bulaşmasından kaynaklanır.

Kompostlama bu problemleri azaltır. Kompostun depolama ve işleme kalitesinin yüksek olması gübre ve diğer ham maddelere göre daha uzağa taşınabilmesine olanak tanır. İyi işleyen bir kompost operasyonunun koku ve sinek oluşumu azdır. Kompostlama ayrıca topraktaki nütrientleri yıkanarak yeraltı suyuna geçmesini önleyen formuna dönüştürür veya yüzey akışıyla uzaklara taşır.

Hastalık Önleyici: Uygun üretilmiş kompost kimyasal kontrol olmaksızın virüslerin toprak yoluyla taşınmasını önler.

Bazı evsel ve evsel karakterli sanayi atıkları çiftlik kompost karışımlarını iyileştirir. Gübrelerin karbon içeren kuru maddelerle karıştırılması gerekebilir. Yapraklar, bitki atıkları, gazeteler, kartonlar, testere talaşı, ağaç kabukları ve yongalar bu amaca uygun maddelerdir. Üretim ve yiyecek üretiminde oluşan atıklar gibi nemli maddeler, saman gibi çiftliklerden gelen kuru maddeler ile kompostlaşabilir. Yaprak ve bahçe atıkları gibi çiftlik dışından gelen bazı maddeler tek başına kompostlaşabilir.

Çiftlik dışından gelen atıkları kompostlama, dikkatlice üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. İlk olarak çöp ücretlerini kontrol altına almak güç olabilir. Çiftlik dışından kaynaklanan atıklar için alternatif kullanımlar daima vardır. İkinci olarak ise atık maddeleri işlemek zor olabilir veya çevreye rahatsızlık verebilirler.

Çiftlik dışından gelen atıklar kompostlama arazisinde fazladan işleme, koku problemlerine ve koku kontrol ölçümlerine, şikayetlere ve daha sınırlayıcı düzenlemelerin yapılmasına neden olabilir. Kompostun değeri kullanılan ham maddeye göre belirlendiğinden ve bileşenlerin konsantrasyonu (örn. ağır metaller) kompostun kullanımını etkilediğinden kompost ürününün kalitesi ve değeri üzerine bunların etkisinin düşünülmesi gerekir (41).

Dezavantajlar

Kompostlamanın dezavantajları; zaman ve para, koku, hava koşulları, pazarlama, ekin alanlarından gelen mahsul atıkları, azot kaybı, besi maddelerinin yavaş ayrışmasıdır.

Zaman ve Para: Diğer tüm operasyonlar gibi kompostlama işlemi; ekipman, emek ve yönetim gerektirir. Eğer eldeki ekipman ve arazi kullanılıyorsa kompostlama işleminin yatırımı çok düşük olur. Bu yaklaşım madde hacminin nispeten küçük olduğu durumlarda iyidir.

Arazi: Ham madde deposu, bitmiş kompost deposu ve olgunlaşma alanı ihtiyacından dolayı kompostlama için çok büyük alan gerekir.

Koku: Kompostlama işleminin koku oluşturmadığını söylemek yanlış olur. İşlemin son ürünü koku oluşturmamasına rağmen, kompostlanan maddeler bazen çok keskin kokuya neden olabilir. Kompostlamaya başlayana kadar, gübre, kanalizasyon çamuru ve yiyecek atıkları gibi aktif maddeler özellikle uzun süre depolanıyorsa kokuya neden olabilir. Ayrıca yanlış işlem yönetimi de koku oluşturur.

Kompostlama arazisinde kokuya karşı duyarlı olmak gerekir. Konumu yüzünden bazı yerlerde koku kontrolü için ölçümler yapılması gereklidir.

Çoğu ham maddeler ile iyi yönetilmiş kompostlama işleminden gelen koku kısa sürelidir. Çoğu durumda kompostlama geleneksel gübre işleme metotlarına göre daha ileridir.

Hava Koşulları: Soğuk hava kompost maddelerinin sıcaklığını düşürerek kompostlama işlemini yavaşlatır. Ayrıca maddelerin ve ekipmanların donması gibi diğer problemlere de sebep olur. Kompostlama işleminin üzerine yağmur ve karın etkisi çok büyüktür. Şiddetli yağışlar komposta su karışmasına neden olurken; kar ve çamur sıralı yığınlara ulaşımı sınırlar. Şiddetli kar yağışları, operasyonun bahara erteletmesine de neden olabilir. Eğer bu olursa depolama ve atıkların bertarafı için alternatif metotlar bulmak gerekir.

Pazarlama: Kompostun satışı pazarlama ile olur. Pazarlama ise potansiyel alıcıların saptanmasını, reklam, paketleme, envanter yönetimini, ürünü müşterinin ihtiyaçlarına göre yapmayı ve ürün kalitesinde tutarlılık sağlamayı gerektirir.

Azot Kaybı Riski: Kompostlanmış gübredeki azot muhtevası taze gübrenin azot içeriğinin yarısından azdır. Kompostlama azot kaybına neden olduğundan iyi bir gübre işleme sistemi ile azotun büyük bir kısmı tutulur. Toprak içermeyen ve uygun depolanmayan gübre, yapısındaki azotu atmosfere bırakır ve komposttan daha az azot tutar (41).

3.2.2. Kompostlama metotları

Gübreler ve diğer organik atıklar yapılarında aerobik ve anaerobik koşullarda maddeleri çürütebilen mikroorganizmaları barındırırlar. Kompostlama maddesi içinde oksijenin bulunması yalnızca istenen bir durum değil aynı zamanda hızlı kompostlama için bir zorunluluktur.

Çiftliklerde dört çeşit kompostlama metodu kullanılır. Bunlar;

- Pasif kompostlama,
- Sıralı yığın oluşturarak kompostlama,
- Havalandırmalı yığınlarda kompostlama,
- Kapalı reaktörde kompostlama.

Pasif kompostlama yığın içindeki maddelerin seyrek karıştırılarak uzun bir süre boyunca basitçe yığılmasıdır. Sıralı yığın metodunda ise maddeler uzun ince yığınlar (yığın-sıraları) halinde istiflenir. Yığınlar kepçeli bir yükleyici veya özel döndürme makineleri kullanılarak periyodik olarak döndürülür. Döndürme işlemi kompost yığınlarını karıştırarak havalandırmayı arttırır.

Diğer metotlar; hava kanalları gibi görev yapan borular yardımıyla, havanın yığın içine girmesini sağlayarak döndürmeye olan ihtiyacı azaltır. Havalandırmalı statik yığınlarda, havanın borulardan geçip yığın içine girmesi için üfleyicilerin kullanılması daha yaygındır (40).

3.3. Geri Dönüşüm

3.3.1. Türkiye'deki durum

DİE tarafından yapılan araştırmalara göre ülkemizde evsel atıkların ağırlık olarak % 12'sini cam, metal, plastik, kağıt ve karton gibi geri kazanılabilir atıklar oluşturmaktadır. Buna göre yıllık geri kazanılabilir atık miktarının 2 – 2,5 milyon ton olduğunu söylemek mümkündür. Hacim olarak ise ülkemiz çöpünün yaklaşık % 30–35 'ini geri kazanılabilir atıklar oluşturmaktadır (10).

Ülkemizde yılda yaklaşık 800 bin ile 1 milyon ton atık geri kazanılmaktadır. Bu miktarın büyük bir kısmı çöp dökme sahalarından ve sokaklardan ilkel ve

sağlıksız koşullarda toplanmaktadır. Ancak bu şekilde toplanan atıkların bir kısmı yaş çöple karıştığı için değerlendirilememektedir. Daha sağlıklı ve verimli bir geri kazanım sistemi oluşturmanın temel koşulu geri kazanılabilir atıkların kaynağında yani konutlarda, işyerlerinde, okullarda, otel ve tatil köylerinde çöpten ayrı toplanmasıdır. Bu şekilde daha temiz ve fazla miktarda atık daha ekonomik bir şekilde toplanabilir. Bu sistemin oluşturulabilmesinin temel koşulu Belediye – Tüketici – Geri Dönüşüm Sanayinin aktif bir şekilde sistemin içinde yer alması ve sorumluluk üstlenmesidir. Doğru bir geri kazanım sisteminde tüketicinin sorumluluğu geri kazanılabilir atıkları kaynağında çöpten ayrı biriktirmektir. Belediye ise tüketicinin ayırdığı bu atıkları çöpten ayrı temiz bir şekilde toplamak ve cinslerine göre ayırmakla sorumludur. Sanayi sorumluluğu ise belediyenin topladığı ve cinslerine göre ayırdığı bu atıkları alıp geri dönüştürmektir (10).

Çevko Vakfı – Belediye işbirliği ile çok sayıda proje uygulanmakta ve bu proje bilgileri düzenli olarak takip edilmektedir. Örneğin Bursa-Osmangazi bölgesinde bu değer haftada 0,465 kg/konut iken İstanbul-Beşiktaş bölgesinde haftada 1,570 kg/konut'tur. Halen devam eden belediyeler geri kazanım uygulamalarında ortalama haftada 0,600 kg/konut'tur (11).

Toplanan atıkların kompozisyonlarına bakıldığında ağırlıklı olarak cam, kâğıt ve karton türü atıkların yer aldığı görülmektedir. Aşağıdaki tabloda geri kazanım uygulamalarını sürdüren bazı belediyelerin topladığı atıkların kompozisyonları verilmiştir.

Çizelge 3.7'de görülebileceği gibi toplanan malzemelerin kompozisyonunda bölgesel farklılıklar olabilmektedir. Bu farklar o bölgedeki sosyo–ekonomik durum ve tüketim alışkanlıklarının farklılıklarından kaynaklanmaktadır. Halen devam eden belediye geri kazanım projelerinde toplanan atıkların kompozisyonun ortalaması yaklaşık olarak Şekil 3.8'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. Değişik bölgelerde devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan malzemelerin kompozisyonu (11)

Malzeme Cinsi	Bakırköy Bahçelievler	Beşiktaş	Eskişehir	Marmaris
Kağıt-Karton	% 38	% 52	% 38	% 37
Cam	% 32	% 24	% 33	% 25
Metal	% 9	% 6	% 12	% 5
Plastik	% 21	% 18	% 17	% 33

Çizelge 3.8. Onbeş Belediye tarafından devam eden geri kazanım uygulamalarında toplanan atıkların ortalama kompozisyonları (11)

MALZEME CİNSİ	YÜZDESİ
Kağıt-Karton	% 42
Cam	% 28
Metal	% 7
Plastik	% 23

Özellikle son yıllarda ülkemizde geri kazanılabilir atıkların ekonomik değer kazanması ve bu konudaki yasal zorunlulukların yürürlüğe girmesi bu tür malzemeleri toplayan veya geri dönüşümünü yapan işletmeler ve sanayi kuruluşları oluşmaya başlamıştır.

Halen Türkiye'de yılda yaklaşık 1 milyon ton civarında kağıt-karton, cam, metal ve plastik toplanarak geri dönüştürülmektedir. Şekil 3.9'de geri kazanılabilir atıkların yüzdeleri verilmiştir.

Çizelge 2.10'daki değerler ve özellikle son yıllarda bu konuda yapılan yatırımlar ve de bunların kapasiteleri göz önüne alındığında mevcut geri dönüşüm endüstrisinin kapasitesinin Türkiye'de geri kazanılabilir atıkların %

40 – 50'sinin değerlendirilebileceği anlaşılmaktadır. Bu oranlar özellikle Avrupa ülkelerindeki gelişmeler dikkate alındığında oldukça başarılıdır (26).

Çizelge 3.9. Geri dönüşüm maddelerinin geri kazanım oranı (26)

	Pazara Sürülen (t/yıl)	Geri Kazanılan (t/yıl)	Geri Kazanım (%)
Kağıt-Karton	1 800 000	590 000	33
Cam	330 000	75 000	23
Metal	550 000	180 000	33
Plastik	150 000	50 000	30
TOPLAM	2 830 000	895 000	32

3.3.2. Kazanım miktarları

Kâğıt-Karton

Ülkemizde atık kağıt geri kazanımı ve geri dönüşümü için çalışan, orta ve büyük ölçekli 30'un üzerinde işletme mevcut. Türkiye'deki kağıt-karton tüketim miktarı 2003 yılı için 2 846 ton olup, bu miktar 2002 yılındaki tüketim miktarımız olan 2 486 tona göre %14 artmıştır. Aynı dönem ile ilgili mamul kağıt karton ithalat miktarı 369 ton artış göstererek 1 031 tondan 1 400 tona ulaşmıştır. İhracat miktarımıza bakıldığında ise; 2002 yılında 188 ton iken, 2003 yılında 173 tona gerilediği görülmektedir (28).

Türkiye'de kullanılan atık kâğıt miktarına baktığımızda (Çizelge 3.10) kriz yılı olan 2001 yılı hariç, atık kağıt tüketiminin genel olarak arttığını görmekteyiz.

Çizelge 3.10. Yıllar itibari ile kullanılan atık kağıt miktarları (t) (28)

1999	2000	2001	2002	2003
847	1 050	978	1 222	1 289

Kullanım miktarı her geçen gün artan atık kâğıdın yurt içerisinde toplanan miktarı 2002 yılında 1 036 ton iken, 2003 yılında 190 ton artış göstererek 1 226 tona yükselmiştir. Bu da 2003 yılı için % 43'lük bir geri dönüş oranına tekabül etmektedir. İthalat yönünden baktığımızda ise; 2002 yılında toplam 186 000 ton olan rakam 2003 yılında 123 ton azalarak 63 tona düşmüştür.
Görüldüğü gibi, atık kağıt ülkemiz için çok değerli bir hammadde kaynağı olup, toplama oranının da ihtiyaca paralel olarak ilk aşamada en azından %50 seviyelerine yükselmesi gerekmektedir. Üretilen kağıt-karton'un bir kısmının geri kazanılması mümkün olmadığı göz önüne alınırsa 2/3' lük geri dönüş oranı (%65) en yüksek verim olarak kabul edilmelidir. Genellikle % 50–65 oranı oldukça iyi bir değerlendirme sayılmaktadır. Örnek vermek gerekirse, Avrupa Birliği ülkeleri içersinde Almanya %72, Avusturya %69, Hollanda %64, İsviçre %63, İsveç'te ise %55 ortalama ile en yüksek geri dönüş oranına sahip ülkelerdir. Ancak, atık kağıt toplama oranının yüksekliği ile birlikte asıl önemli olan toplanan kağıdın kaliteli olmasıdır. Atık kağıt kalitesinin iyileştirilmesi ve kullanım alanlarının arttırılması, ülke ekonomisi bakımından kaçınılmazdır.

Yıllar itibarı ile baktığımızda kullanılan kağıdın geri dönüşüm oranları (Çizelge 3.11) her yıl belirli bir miktarda artmakta olup, son dört yılın istatistik rakamı aşağıdaki gibidir (28).

Çizelge 3.11. Yıllar itibari ile Türkiye'de kâğıdın geri dönüşüm oranı (28)

2000	2001	2002	2003
%36	%44	%42	%43

Çizelge 3.12. Türkiye'de kağıt üretimi (28)

	2002	2003
Kâğıt Karton üretimi (t)	1 643	1 619
Selüloz üretimi (t)	278	161
Kişi başı mamul tüketimi (kg)	37	42

Çizelge 3.12'deki rakamlar, mamul kağıt karton yönünden, Türkiye'nin ithalatının giderek arttığını göstermekte olup, gelecek beş yılla ilgili büyüme hedeflerini de göz önüne aldığımız takdirde, bu konuda yatırımların gecikmeksizin yapılabileceği açık olarak görülmektedir.

Cam

1970'lerden bu yana bir milyon tonun üzerinde cam ambalaj atığı toplanarak; yenilenemeyen doğal kaynaklardan 1,5 milyon ton hammadde ve 30 bin tonun üzerinde de fosil yakıt tasarrufu ve dolayısıyla sera gazı emisyonunda önemli azalma sağlanmıştır. KAKY kapsamında 2003 yılında ülke ekonomisine kazandırılan 120 bin ton ambalaj atığın 80 bin tonu camdır. 2003 yılı sonuna kadar geçen sürede kumbaralarla geri kazanılan cam miktarı 65 bin tonun üzerindedir. Şişe-Cam Grubu, bayileri kanalı ile her yıl yaklaşık 65–70 bin ton atık cami işleyerek tekrar geri kazanmaktadır. Cam şişe kazanım oranı %36'dır.

Plastik/Pet

Atık PET şişeler tesislerde tekrar elyaf olarak değerlendiriliyor. Her yıl 10 bin ton PET şişe geri kazanılmaktadır.

PE/PP

Polietilen ve polipropilen türü plastik atıklar küçük ölçekli çok sayıda işletme tarafından geri kazanılmaktadır. Yılda yaklaşık 150–200 bin ton civarında atık plastik işlenerek geri dönüştürülmektedir.

Metal

Yılda yaklaşık 2 milyon ton civarında hurda metal toplanarak geri kazanılıyor. Hurda demir/çelik kullanımı bu alandaki en büyük miktarı oluşturulmaktadır. Evsel atıklar arasında ise alüminyum içecek kutuları önemli bir ham madde ve enerji kaynağıdır. Yaklaşık 5 bin civarında alüminyum kutu ise yurt dışına ihraç edilmektedir (28).

3.3.3. Geri kazanımın yapılacağı bölgenin incelenmesi

Bölgenin seçimi

Belediyelerin mevcut araç, ekipman ve elemanları ile tüm belediye sınırları içinde geri kazanım uygulamasını başlatabilmeleri pek mümkün olmamaktadır. Dolayısıyla öncelikle geri kazanım uygulamalarının pilot bölgelerde başlatılması ve kademeli olarak yaygınlaştırılması daha uygun olmaktadır. Pilot bölge seçiminde dikkat edilecek hususlar aşağıda belirtilmiştir.

Demografik yapı

Konut Sayısı

Pilot bölge seçiminde en önemli ölçüt konut sayısıdır. Konut sayısı hem toplanacak malzeme miktarı hem de bu bölgede uygulama yapılabilmesi için gerekli toplama aracı ve elemanı sayısının belirlenmesinde önemlidir. Bir toplama aracıyla (normal açık kasa kamyon) ve üç kişilik toplama ekibiyle bir günde ortalama 3 000 konutluk bölgeden toplama yapılabilmektedir. Dolayısıyla konut sayısına göre toplama aracı sayısı ve toplama yapılacak gün sayısı belirleyecektir. Örnek olarak bir toplama aracı ve üç toplama elemanı (bir şoför + iki adet toplama elemanı) haftada iki gün toplama yapabilecekse yaklaşık 6 000 konutluk bir bölgede uygulama başlatılabilir.

Yerleşim Özellikleri

İlk uygulama bölgesi olarak mümkün olduğunca düzenli yerleşim bölgelerinin seçilmesi gerekmektedir. Özellikle kapıcılı düzenli siteler mevcutsa buraların uygulama bölgesi olarak tercih edilmelidir (11).

Seçilen bölgedeki mevcut durum

Seçilen pilot bölgede çöp toplama sistemi, çöp toplama periyodu ve günün hangi saatlerinde çöp toplama yapıldığı önemlidir. Geri Kazanılabilir Atıkların çöple karışmasını engellemek için bu atıkların mevcut çöp toplama gün ve saatleri dışında toplanması gereklidir. Ayrıca pilot bölgede çöpler poşetle toplanıyorsa ve bu iş için belirli renkte poşetler kullanılıyorsa geri kazanılabilir atıkların çöp poşetlerinden farklı renkte olması gerekmektedir.

Bunların dışında pilot bölgede mevcut çöp toplama güzergâhı ve çöp biriktirme noktaları geri kazanılabilir atıkların toplanmasında da kullanılabilir.

Toplama yöntemi

Geri kazanımda çöpe atılan değerlendirilebilir (geri kazanılabilir) atıkların (cam, metal, plastik, kağıt-karton v.s.) kaynağında yani evlerde, işyerlerinde ve okullarda çöpten ayrı biriktirilmesi, Belediye tarafından çöpten ayrı toplanması, karışık olarak toplanan bu atıkların cinslerine göre ayrılıp geri dönüştürülmek ve yeni ürünler elde etmek üzere ilgili sanayi kuruluşlarına sevk edilmesidir.

Bu amaçla iki çeşit toplama sistemi uygulanmaktadır;

Poşetle toplama

Konut sakinleri ve işyeri sahipleri evlerinde ve işyerlerinde cam, metal, plastik, kâğıt-karton gibi değerlendirilebilir atıklarını çöpe atmayacaklar, herhangi bir pazar poşetinde karışık olarak biriktirecekler. Bu poşetleri günlük olarak kapıcılarına teslim edecekler, kapıcılar da bu poşetleri belediye tarafından kendilerine bedelsiz olarak verilen geri kazanım torbalarında biriktirecekler ve belediye tarafından kendilerine bildirilen gün ve saatte (haftada bir gün) bu torbaları ağızları bağlı bir biçimde bina önlerine çıkaracaklardır. Belediyenin bu malzemelerin düzenli toplanması için tahsis ettiği araç ve elemanlarca belirlenen gün ve saatte bina önlerinden bu poşetleri toplayacak, bu sırada her binanın ihtiyacı olan yeni poşetleri de bırakacaklardır.

Bu kısımda dikkat edilmesi gereken hususlar; ayırma ve toplama işlerinin yöneticilere, kapıcılara ve konut sakinlerine çok iyi anlatılması, blok

yönetiminin toplama işlemini kontrol etmesi, gerektiğinde kapıcıları uyarması gerekmektedir. Bu konuda belediyece alınacak önlem; tüm blokların listesinin bulunduğu kartlar hazırlayarak her hafta toplama işlemi sırasında hangi bloktan ne kadar torba alındığı kaydedilmeli projeye katılmayan bloklar varsa bunları tespit ederek nedenlerini araştırmalıdır. Gerekiyorsa bu blokların yöneticilerine, kapıcılarına ve konut sakinlerine proje yeniden anlatılmalıdır.

Kapıcı olmayan binalarda konut sakinlerine evlerinde ayırdıkları ambalaj atıklarını poşet içinde kendilerine belirtilen gün ve saatte bina önüne çıkarmaları söylenebilir (33).

Konteynır sistemi

Bu uygulamada amaç vatandaşlara evlerinde ve işyerlerinde ambalaj atıklarını cam, metal, plastik ve kâğıt-karton olmak üzere cinslerine göre ayrı ayrı biriktirmeleri, biriktirdikleri bu malzemeleri merkezi noktalara koyulacak konteynırlara atmalarının sağlanmasıdır. Bunun için öncelikle bu amaca uygun olarak yapılmış konteynırlara ihtiyaç vardır (33).

Toplanacak atık türleri

Konut sakinlerinin çöpe atmayarak ayrı olarak biriktirecekleri malzemeler aşağıda belirtilmiştir.

- Plastikler:
  PET (su, meşrubat ve sıvı yağ şişeleri)
  PVC (su ve yağ şişeleri)
  PE (deterjan, diğer yağ ambalajları, leğen, bulaşıklık, naylon kaplar gibi hacimli plastikler)
  PP (mevcut plastik şişelerin kapakları gibi)

PS (yoğurt, ayran, margarin kapları)

- Cam: Cam şişe ve kavanozlar

- Metal: Yağ tenekeleri, diğer tenekeler, konserve kutuları, teneke ve alüminyum meşrubat içecek kutuları.

- Kâğıt ve Karton: Gazete, dergi, kullanılmış kâğıtlar, ambalaj kartonları, mukavva, meşrubat ve süt kutuları (Lamine karton) (34).

Atıkların toplanmasında kullanılacak araçlar

Normal Araçlar

Geri Kazanılabilir Atıklar herhangi bir açık veya kapalı kasa kamyonla toplanabilir. Belediyelerin özel araçlar temin etmesine gerek yoktur.

Sıkıştırmalı Çöp Toplama Araçları

Belediyeler çöp toplamada kullandıkları sıkıştırmalı araçları da kullanabilir. Ancak bu araçların sıkıştırma oranlarının azaltılması gerekmektedir. Mevcut sıkıştırma oranları ile geri kazanılabilir atıklar sıkıştırıldığında cam şişe ve kavanozların kırıldığı görülmüştür. Ancak araçların sıkıştırma oranları azaltıldığında bu sorun yaşanmamaktadır (33).

Tahmini toplanacak atık miktarı

Çevko Vakfı tarafından ülke genelinde 55 Belediye ve yaklaşık 177 000 konutta devam ettirilen geri kazanım projelerinde elde edilen verilere göre; ortalama konut başına haftada yaklaşık 0,6 kg değerlendirilebilir atık

toplanmaktadır (11). Belirlenen uygulama bölgesinde başlatılacak geri kazanım uygulaması ortalama bir verimliliğe ulaştığında toplanabilecek değerlendirilebilir atık miktarı yaklaşık olarak;

Haftalık atık miktarı konut sayısı x 0,6 kg/konut kadardır.

Örneğin; Ankara'da Etimesgut Belediyesi Geri Kazanım Projesi kapsamında toplam 8 309 konutta uygulama yapılmaktadır. Bu bölge için bir haftada toplanabilecek ortalama malzeme miktarı;

8 309 konut x 0,6 kg/konut = 4 985 kg/hafta'dır.

Ancak uygulamanın ilk haftalarında bu miktarda malzeme toplanmayabilir. Gerek konut sakinlerinin gerekse kapıcıların uygulamaya alışmaları ve benimsemeleri yaklaşık 6 haftalık bir süre alabilir. Toplama işlemi başladıktan sonra 6 hafta içinde bu değere ulaşıldığında bu bölgede yapılan çalışma ortalama verimliliğe ulaştığı kabul edilebilir (11).

Karışık olarak toplanacak malzemelerin kompozisyonu da yaklaşık olarak aşağıdaki gibi beklenebilir.

Cam	: % 30
Kâğıt-Karton	: % 35
Plastik	: % 25
Metal	: % 10

<u>Toplama aracı ve personel ihtiyacı</u>

Geri kazanım uygulamasının başlatılabilmesi için 1 toplama aracı ve 1 şoför ve 2 toplama personeline ihtiyaç vardır.

Halen devam eden geri kazanım uygulamalarında elde edilen rakamlara bakıldığında normal sıkıştırmasız bir kamyonla bir günde yaklaşık 3 000 konutluk bir bölgeden toplama yapılabilir. Haftada 5 gün toplama yapılacağı kabul edilecek olursa 1 toplama aracıyla yaklaşık 15 000 konutluk (60 000 kişilik) bir bölgeden toplama yapılabilir. Uygulama bölgesi 15 000 konuttan büyük ise ikinci bir toplama aracına ihtiyaç vardır (11).

Toplama periyodu

Ülkemizde devam eden Belediye Geri Kazanım Projelerinde konutlarda biriktirilen geri kazanılabilir atıklar haftada bir gün toplanmaktadır.

Bir toplama aracıyla bir günde en fazla 3 000 konutluk bir bölgeden toplama yapılabileceği ve aracın bir seferde 1–1,5 ton malzeme taşıyacağı kabul edilecek olursa tüm proje sahasının bölgelere ayrılması ve her bölgenin toplama gününün farklı olması gerekmektedir. Yukarıda verilen rakamlar ışığında seçilecek proje uygulama bölgesi büyüklüğüne göre toplama günü sayısı arttırılabilir.

Başlatılacak olan uygulama bölgesi için toplama günleri ve saatleri Belediye'ce belirlenip yapılacak toplantılarda konut sakinlerine duyurulacaktır.

Toplama torbaları 80 x 110 cm ebadında olup 10 dairelik bir apartmanın bir haftalık ihtiyacını biriktirmeye uygundur. Bu torbalar mavi renkli olup baskılıdır (Şekil 3.9).

GERİ KAZANILABİLİR ATIKLAR İÇİNDİR



CAM, METAL, PLASTİK, KÂĞIT/KARTON DIŞINDA YABANCI MADDE ATMAYINIZ

Şekil 3.9. Geri kazanılabilir atık toplama torbası (33)

Uygulama bölgesi için haftalık torba ihtiyacı proje bölgesindeki toplam konut sayısının 10'a bölünmesi ile elde edilebilir. Bu torbalar konut sakinleri projeye alışıncaya kadar yaklaşık 2 veya 3 ay boyunca konutlara Belediye tarafından verilecektir. Belediye bu torbaları bloklara dağıtacaktır. Bu süre sonunda bu torbalara gerek olmadan ambalaj atıklarını herhangi bir poşette biriktirerek toplama noktalarına çıkarmaları proje başlangıcında yapılacak olan bilgilendirme toplantılarında konut sakinlerine anlatılacaktır (33).

Toplanan malzemelerin değerlendirilmesi

- Direkt Satış: Uygulama boyunca konutlardan çöpten ayrı olarak toplanacak ambalaj atıkları karışık olarak bu malzemeleri toplayan, ayıran, işleyen veya geri dönüşüm sanayine veren kuruluşlara satılır. Her belediyenin çöp depolama sahasını işleten müteahhitler ve çöp toplama hizmeti veren kişiler bu satış için idealdir.

- Ayırma Tesisleri: Evsel veya ticari kaynaklarda oluşan değerlendirilebilir atıkların düzenli ve temiz bir şekilde geri dönüşüm tesislerine satılmasını temin edebilmek için ayırma tesislerine ihtiyaç vardır. Ayırma tesisleri

kapasite ve çalışma biçimlerine göre çeşitli türlere ayrılır, ancak manüel veya otomatik ayırma tesisleri olarak iki ana grupta işlenmektedir (33).

3.4. Katı Atık Depolama

- Düzensiz (vahşi) depolama: Atıkların açık araziye rasgele boşaltılmasıdır. Bu usul çevreye vereceği zararlardan dolayı son derece tehlikeli ve sakıncalıdır. Türkiye'de yaygın şekilde kullanılan bu yöntemde, çöpler hiç bir önlem alınmadan bir alana atılıp bırakılmaktadır. Çağdaşlıktan uzak olan düzensiz depolamada yeraltı suları kirlenmekte, rahatsız edici kokulara, yangınlara neden olmakta, sinek vs. gibi problemler doğurmakta, burada beslenen kuş ve diğer hayvanlar bulaşıcı hastalıkların yayılmasına sebebiyet vermektedir. Bu nedenle bu yaklaşımdan en kısa zamanda vazgeçilmelidir.

- Düzenli depolama: Bu yöntemde, toplanan çöpleri uzaklaştırmak için seçilen saha dikkatli bir şekilde bu amaç için hazırlanmakta ve işletilmektedir. Düzenli depolama için seçilen alanın önce geçirimsizliği sağlanmaktadır. Bu amaç için kil ve gerekirse özel şekilde hazırlanmış membranlar kullanılabilir. Depolama sahasının geçirimsizliği sağlanırken çöplerden kaynaklanacak süzüntü sularını toplayacak drenaj sistemi de yapılmaktadır. Bu hazırlıklar tamamlandıktan sonra çöplerin bu sahaya dökülmesine başlanmaktadır. Dökülen çöpler her gün iyice sıkıştırıldıktan sonra her taraftan en az 20 cm kalınlığında toprakla örtülmektedir. Arazi doldukça, çürüme neticesinde oluşacak gazları uzaklaştırmak için gerekli boru tertibatı da yerleştirilmektedir. Arazi tamamen dolduktan sonra 1 m toprakla örtülmektedir.

Bu yöntemde, depolama sahasına dökülen çöplerin içinde bulunan organik maddeler anaerobik bozuşma neticesinde CO_2, CH_4, NH_3 ve H_2S gazları ile

suya dönüşmektedir. Bunlardan metan (CH_4) kalorifik değeri yüksek yanıcı bir gazdır. Bu nedenle söz konusu gazın toplanıp enerji üretimi için kullanılması önerilmektedir. Organik maddelerin haricindeki maddelerden de bir kısmı değişik yöntemlerle imha olmakta veya parçalanmakta ve yalnız naylon torbalar gibi inert bazı maddeler bozuşmadan veya parçalanmadan kalmaktadır. Bozuşma neticesinde bu sahalarda zamanla çökmeler oturmalar görülmektedir. Bu nedenle terkedilmiş, dolmuş düzenli depolama sahalarının üstünde bina yapmaktan kaçınılmalıdır. Bunun yerine söz konusu sahalar çimlendirilip golf, futbol sahalarına dönüştürülebilir. Bu uygulamanın en iyi örneği Amerika Birleşik Devletlerinde San Francisco yakınlarındaki Montain View deki Shoreline Düzenli Depolama Sahası teşkil eder. Burası, takriben 10 milyon ton çöp atıldıktan sonra golf sahasına, yelkencilik için kullanılan suni bir göle, kontrollü bir vahşi hayvan parkına ve otlak sahasına dönüştürülmüştür.

AB'nin 15 üye ülkesinde "vahşi" depolama alanı bulunmamaktadır. Türkiye'deki 81 belediyenin 65'inin çöpleri vahşi depolama yöntemiyle doğaya bırakmakta ve atık suları arıtılmamaktadır.

Bütün dünyada geçmişten gelen (rasgele atma) vahşi depolama usulü zamanla yerini modern tekniklere bırakmıştır. Modern yöntemlerde atıklar bertaraf edilirken oluşan gaz ve süzüntü suları toprağa ve havaya karışarak insan sağlığını tehdit etmesinin önlenmesi amaçlanmaktadır.

Dünyanın birçok yerinde bu açıdan hem kesin çözüm hem de ekonomik olması sebebiyle en yaygın yöntem atıkların düzenli depolama yoluyla bertaraf edilmesidir.

Genel olarak, düzenli depolama, katı atıkların, titizlikle seçilmiş ve hazırlanmış bir alana, sistemli olarak yayılıp üzerlerinin toprakla

örtülmesinden ibarettir. Ayrıca, uygun arazilerin bulunması şartıyla bu yöntem en ekonomik ve en kolay imha seçeneğidir.

Avantajları

- Uygun arazi bulunduğu takdirde ekonomik yöntemdir.
- Ön yatırımı nispeten en az olan yöntemdir.
- Nihai imha metodudur. Her türlü çöp için uygulanabilir.
- Esnek bir metottur. Katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla arttırılabilir.
- Kullanılıp kapatılan araziden rekreasyon amacıyla istifade edilebilir (10).

Dezavantajları

- Kalabalık yörelerde, ekonomik taşıma mesafesi içinde uygun yer bulmak güçtür.
- Yerleşim yerlerine yakın deponi alanları için, halkın muhalefeti ile karşılaşılabilir.
- Tamamlanmış deponi alanlarında göçük ve yerel çökmeler olabileceğinden devamlı bakımı gereklidir.
- Sıvı ve gaz sızıntıları kontrol edilmezse, sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir (10).

3.4.1. Depolama için yer seçimi dikkat edilmesi gereken kriterler

Yer seçim süreci dinamik bir süreç olup, farklı pozisyonlardan (disiplinlerden) ve farklı bilimsel alanlarda görev yapan birçok insanı ilgilendiren bir konudur. Farklı idari birimler arasındaki idari problemler ve birçok belediye arasında kurulması gereken koordinasyon, işbirliği ve entegrasyonları ile ilgili konular statik bir modelle çözümlenemez. Yeni bir depolama alanının nerede tesis edileceği konusunda her zaman en iyi yanıt bulunamayabilir. Bunun nedeni

bu tür konularda nihaî karaların siyasî sebeplere dayanması veya depolama sahası için yer seçimi alternatiflerinin daha önceden yapılmış olmasıdır. Karar verme süreci daha açık ve şeffaf olmalıdır.

Yeni bir depolama sahası için yer seçimi dört safhada incelenebilir.

1. Safha: Birinci safhada, araştırma yapılacak sahalar tanımlanır ve ardından “eleyici kriterler” (hariçte tutulması zorunlu durumlar) kullanılarak bunların sayıları azaltılır. Örneğin, bu safhada Türkiye için “araştırma yapılacak alanlar yerleşim yerlerinden 15 km mesafede olacaktır” gibi bir görüş dikkate alınabilir.
2. Safha: İkinci safhada, birinci safhadaki kritere göre uygun bulunan sahaların sayısı daha az sınırlayıcı kriterlerle (azaltan kriterler) daha da azaltılır. Burada kullanılan "azaltıcı kriterler" yerel koşullara ve ihtiyaçlara göre ayarlanır. Burada sözü edilen azaltıcı kriterlerin uygulanmasından sonra uygun depolama sahaları için yaklaşık 5 adet uygun saha kalmalıdır. Bu safha sonunda depolama tesisi için eğer uygun saha sayısı bundan daha fazla ise bazı kriterlere ulaşılabilirlilik zorlaştırılmalıdır (sınır değerler yükseltilmelidir).

3. Safha: Üçüncü safhada, yaklaşık 5 adet depolama sahası yerleşimi için; "düzenleme kriterleri”ne göre puanlandırılacaktır. Düzenleme kriterleri 5 bölüme ayrılır. Yer seçimi her bir kriterin alacağı puana göre bir sıralamaya sokulur. Her bölüm için her yerleşime ayrı bir sıralama puanı verilir.

4. Safha: Sıralanmış puanlar genel bir puanlama çizelgesinde toplanırlar. Eğer gerek görülürse bu aşamada bir "ağırlık faktörü" uygulaması yapılabilir. Depolama alanı için en uygun yerleşim yeri sıralama puanlarının toplamıyla belirlenir.

1. ve 2. Safhalar (eleyici ve azaltıcı kriterler) süzgeç işlevini görürler. Bunun nedeni ikinci safhadan sonra, birbirleri ile kıyaslanabilecek depolama yer alternatiflerinin sayısı sınırlanmış olmaktadır. Bu raporda sunulan metodoloji mukayesenin nihaî yer seçimine varmak için nasıl yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Birçok durumda eleyici, azaltıcı ve tasnif edici kriterlerinin tümü kullanılamaz (kullanılmayabilir). Bunun nedeni bazı kriterlerin konu ile ilgisiz olmaları veya bu kriterler için herhangi bir bilginin bulunmamasıdır. Hiçbir bilginin bulunmadığı durumlarda, bu kriter ya dikkate alınmaz ya da bu kriter için saha araştırmaları yolu ile ek bilgi edinilir.

Birçok durum için saha araştırmalarının yapılması ve bu araştırmalar sonunda 3. Safha çalışmalarının tamamlanabilmesi için (puanlamanın yapılabilmesi için) yerüstü suları ve toprak özellikleri gibi verilerin elde edilmesi gereklidir.

Eğer bir depolama sahası iki veya daha fazla şehir / kasaba için hizmet verecek ise, bu durumda söz konusu yer depolamanın tüm çevreye getireceği etkisinin azaltılması gayesi ile ilgili yerleşimler tarafından paylaşılmalıdır (29).

Kriterler

Eleyici kriterler

Yerleşim birimler

Bir şehir (kasaba) veya köy içinde atık depolama sahasının tesis edilmesi, burada yaşayanlar için rahatsızlık vereceği için uygun değildir ve istenmez.

Yerleşim birimleri etrafında tampon bölge

Yeni depolama tesislerinin toz ve ses emisyonlarına sebep olmalarından dolayı yerleşim yerlerinden 250 m'ye kadar olan mesafelerde inşa edilmesi önerilmemektedir. Depolama sahasının 250 m'lik çevresinde, toz ve koku emisyonları algılanabilmektedir. Yerel hakim rüzgâr yönü ve hızına bağlı olarak, burada sözü edilen 250 m'lik mesafe 100 - 250 m daha da arttırılabilir. Genel olarak, yeni depolama tesisleri, meskun yerlere en az 250 m uzaklıkta inşa edilmelidir. Depolama sahasının ruhsatlandırılması ve buna bağlı olan yaptırımların toz ve koku emisyonları azaltılacak şekilde düzenlenmesi halinde, bu 250 m'lik mesafe daha az da olabilir. Türkiye'de bu tür yaptırımlar henüz söz konusu olmadığı için, 250 m'lik bir mesafe önerilmektedir.

Su kuyuları etrafındaki etki bölgeler

İçme suyunun elde edilebileceği yeraltı sularının bulunduğu yerlerde, depolama sahaları planlanmamalıdır. Etki bölgesinin ne kadar büyük olacağı yerel koşullara bağlıdır.

Özel ekolojik, bilimsel veya tarihi değeri olan alanları

Özellikle doğal parklar ve sim alanları (göller, nehirler ve kıyı şeridi dahil) depolama sahası yerleşimi için uygun değildir. Depolama sahaları bu özellikteki yerlere ait tampon bölgenin 150 m kadar mesafesinde kurulmamalıdır. Bunun amacı, bu yerleri depolama sahasının etkisinden korumak ve doğal alanları insan etkisi altında kalan yerlerden ayrı tutmaktır.

Askeri alanlar

Askeri personelin eğitimi veya askeri ekipmanların testi için kullanılan sahalar kamuoyunun kullanımına açık değildir.

Sel bölgeleri

Yeraltı suları, yağmur suları veya nehir suları tarafından düzenli olarak sele maruz kalan bölgeler depolama sahası yer seçimi için uygun değildir. Sel, depolama sahasının zemin emniyetini olumsuz etkiler ve depolama sahasının çevresindeki kirlenme riskini arttırır.

Hava alanı civarı

Uçaklar için kuşların varlığı önemli bir tehlikedir. Organik atıklar kuşlar için çekici olduğu için, depolama sahalarının hava alanlarının en az 5 km uzaklığında olması önerilmektedir.

Mezarlıklar

Mezarlıkların (kullanımda olanlar ve eski olanlar) 100 m civarına depolama sahaları kurulmamalıdır. Mezarlıklarda, sessizlik hem ölülere saygı açısından, hem de ziyaretçiler için önemlidir.

Tapulu mülk

Eğer belirli yerlerde mülk sahibi ile meydana gelebilecek anlaşmazlıklar nedeni tapulu mülk edinilmesi zor ise veya yasal konular nedeni ile çeşitli zorluklar söz konusu ise yeni depolama tesisleri için seçilecek sahalar bu bölgelerin dışında tutulmalıdır (29).

Azaltıcı kriterler

Azaltıcı kriterin amacı, eleyici kriterleri kullanarak elde edilen yeni depolama yerleri ile ilgili araştırtmayı daraltmaktır. Azaltıcı kriter araştırılan bölgelerin sınırlandırılmasını daima sağlayamayabilir. Azaltıcı kriterin kullanılması sonucunda, kurulacak bir depolama tesisi için en uygun yerin bulunmasında birbiri ile kıyaslanabilir nitelikte 5 – 6 potansiyel yerin seçilmesidir. Türkiye'de faaliyetin bilgi toplama zorluğunu azaltmak için 2–3 aday alan ile sınırlandırılması daha uygundur. Azaltıcı kriterler olarak aşağıdaki kriterler göz önüne alınmalıdır:

Toplama alanından uzaklık

Eğer yeni bir depolama alanı, toplama alanından çok uzak olursa, nakliye maliyetleri çok fazla artmaktadır. Nakliye ve toplama maliyetlerini azaltmak için yeni transfer istasyonlarına ihtiyaç duyulduğundan bu konu özellikle önemlidir. Transfer istasyonunun mevcudiyeti, hem nakliye giderlerini azaltmakta, hem de depolama sahası yer seçimi alternatiflerini arttırmaktadır

Ulaşım problemleri

Ulaşım problemleri özellikle depolama sahasına giden yolların atık toplama araçları için kötü durumda olmasından kaynaklanmaktadır. Bu araçların geçemeyecekleri kadar dik olan ve meskûn bölgelerden geçen yollar, atık nakliye trafiği açısından uygun değildir.

Zor altyapı koşulları

Eğer yeni bir depolama sahasının yer, mevcut altyapı projelerine engel teşkil edecek şekilde ise (örneğin, kablo, yol veya drenaj planları) böyle bir alanın

depolama sahası olarak kullanılacak hale getirilmesi zordur. Nâzım imar planları ve arazi kullanım planları bu konuda bilgi verebilirler.

Jeolojik kısıtlamalar

Jeolojik bilgilere jeolojik tehlike olasılığını anlaşılması için ve yatak kayacının belirgin özellikleri için ihtiyaç duyulur. Bir bölgenin yer değiştirme hassasiyeti, volkanik hareketler, toprak kayması o bölgeyi depolama sahasının yerleşim yeri için çok daha az uygun kılar. Eğer bir yatak kayacı depolama sahasının temelini oluşturacak ise bunun birleşim yerleri ve diğer kesikli noktaları depolamada oluşan kirletici sıvıların sızmalarına olanak verecek hidrolik açıklıklar aralıklar meydana getirebilir.

Hidrojeolojik ve toprak ile ilgili kısıtlamalar

Daha sonraki safhada gerçekleştirilecek yer seçim süreci sırasında hidrojeolojik ve toprak özellikleri uygun sahaların karşılaştırılmasında önemli rol oynayan bu özellikler aynı zamanda yeraltı sularını veya önemli akiferleri kirletmedeki yüksek riskleri yüzünden bir depolama sahası için uygun olmayan alternatifleri teşkil ederler. Örnekler; yüksek toprak geçirgenliği, zemin çökmesi ve oturması (turba, bataklık), geçirimsiz tabakaların bulunmaması, düşük derinlikteki yeraltı sularının negatif bir (eğime) gradyana sahip olması (sızıntı) ve doğal su toplama havzaları (yeraltı sularının önemli akiferlere boşalması).

Yüzey örtüsü ve alt tabakada kullanılacak malzemenin mevcudiyeti

Depolama sahasının altını (geçirimsiz), yüzey örtüsünü veya bunların her ikisinin görevini birden yapacak malzemenin (toprağın) mevcudiyeti depolama sahasının yerinin seçilmesinde önemli bir faktördür. Eğer

depolama sahasının geçirimsiz zemin tabakası ve ara son örtüsü için yeterli toprak, seçilen sahanın yakınında veya yanında ise zamandan ve maliyetlerden tasarruf edilir. Eğer bu malzemenin (toprağın) dışardan getirilmesine gerek duyuluyorsa sahada toprağı muhafaza edecek yeterli büyüklükte bir yer bulunmalıdır.

Turistik ve eğlence alanları içinde

Normal olarak depolama sahaları eğlence ve turistik bölgelerde olmaz. Yeni düzenli bir depolama sahası, turistik alanların içinde veya bitişiğinde kurulmamalıdır. Bununla birlikte bazı eğlence yerlerinin (araba ve motor yarışları gibi) böyle bir problemi yoktur. Bu tür yerlerde -içinde veya yakınında- depolama sahaları inşa edilebilir. Depolama sahası işletmeye kapatıldıktan sonra, nihai kullanımı eğlence yeri gibi de planlanabilir.

Endüstri bölgesi içinde

Endüstri bölgeleri, prensip olarak depolama sahası için kullanılan bölgeler dışında tutulmamıştır. Sanayi çeşidine bağlı olarak (örneğin, toza karşı hassas veya yiyecek endüstrisinin olmadığı) sanayi bölgeleri depolama sahası olarak kullanılabilir. Sanayi bölgesinin bu gaye ile kullanılmasının avantajı gerekli alt yapısının hazır olmasıdır (29).

Düzenleme kriterleri

Düzenleme kriterleri, 1. ve 2. safhalarda yapılan elemenin sonucunda ortaya çıkan birçok potansiyel yerin kıyaslanması için kullanılır. Bu aşamada beş potansiyel yerden daha fazlasının kıyaslanmaması tavsiye edilir. 1. ve 2. safhalarda yapılan elemelerin sonucunda beşten fazla yerin ortaya çıkması durumunda, 1. ve 2. safha kriterleri daha sıkı olarak uygulanmalıdır. Sonuç

olarak 5 potansiyel yer kalmalıdır. Ayrıca 1. ve 2. safha elemelerden sonra önemli sayıda potansiyel yerin kalmaması da mümkündür. Sonuçta bir veya birden fazla büyük saha tespit edilmiş olabilir. Tespit edilen bu geniş alan içinde depolamanın nerede (bu alanın neresinde) yapılacağı ortaya konulmak zorundadır. Bunun için söz konusu büyük alanlar bir depolama sahasının sığabileceği genişlikte parçalara bölünmelidir. Bu nedenle de yeni bir depolama sahasının sahip olması gereken ölçülerin bilinmesi gerekir.

Depolama sahasının ölçüleri aşağıdaki parametrelere bağlıdır:

- Sahanın kullanım amacı/yararı,
- Gerçekte depolanan atığın miktar ve özellikleri,
- Depolanacak atıkların miktarının tahmini ve özellikleri,
- Dolgu derinliği,
- Maksimum dolgu yüksekliği,
- Sahanın işletilmesi ile ilgili uygulama,
- Ofisler, garaj, tamir/bakım atölyeleri, park, ambar, taban/örtü toprağı için gerekli olan alanlar (29).

Siyasal ve yasal kriter

Bölge yönetimi tarafından onaylama

Potansiyel depolama sahaları değişik bölgelerde bulunabilirler ve her yeni bir depolama sahasının siyasal olarak kabul görmesi her bölge için farklı olabilir. Siyasal onayın (kabulün) mertebesi, depolama tesisinin bölgenin fiziksel planlarına adapte edilmesini ve (gerekli) ruhsatın verilmesi işlemlerini etkiler. İsteğin az olması, depolama yeri için kesin kararın verilmesini geciktirir.

Yerel yetkililer tarafından onaylama

Karar verme sürecinde sadece bölgesel yönetim rol oynamaz, aynı zamanda yerel otoritelerle işbirliği de önemlidir. Bunlar bölgesel (yada merkezi) yönetimler üzerinde etki yapabilirler veya kendi bölgelerinde depolama sahası bulunması konusunda yardımcı olma sorumluluğunu göstermezler. Yerel yetkililerin katılımının en az olduğu potansiyel depolama sahası en düşük sıralama puanını alır.

Depolama sahası üzerindeki diğer planların engelleyici etkisi

Depolama sahası (kabul gören veya kabul görecek olan ancak birbiri ile zıt planların olduğu durumlarda) için başka olanaklar varsa böyle bir durumda depolama sahasını yer seçimini yapmak oldukça zor olacaktır. Saha seçimi için farklı özellikleri (hedefleri) karşılaştırmak çok zaman alacaktır. En fazla uyuşmayan özelliklere sahip potansiyel depolama sahası en düşük sıralama puanını alır.

Etkin gruplar tarafından onaylama

Kendi bölgelerinde veya kendi belediye (hudutları içinde) bir depolama sahasının yapılmasının halk tarafından kabulü, karar verme sürecinde önemli bir faktördür. NIMBY (benim çevremde olmaz) olarak özetlenen sendrom yaygın bir tavır haline gelmiştir. Eğer iyi organize olmuş yerel gruplar varsa ve bunlar yerel yetkililer ve medya ile iyi ilişkiler içinde iseler halkın etkisi önemli ve anlamlı olmaktadır. Halkın onayının mertebesi, bunların karar verme sürecini geciktirmeyi nereye kadar başardıklarıyla ölçülebilir. Halkın onayının en düşük olduğu bölgedeki potansiyel depolama sahası, en düşük sıralama puanını alır.

Depolama sahasının mülkiyeti

Yeni bir depolama sahasının gerçekleşmesi için gerekli olan alanın kime ait olduğu oldukça önemlidir. Söz konusu alana kamunun sahip olması daha avantajlıdır. Çoğu zaman özel mülk sahipleri kazanç konusunda problem çıkarırlar. Bazen kamulaştırma gerekmekte ve bu prosedür de projenin gerçekleşmesini geciktirmektedir. Mülkiyetinin kazanılması en zor olan potansiyel depolama sahası alanı en düşük sıralama puanını alır (29).

Finansal ve ekonomik kriter

Arazi satın alma maliyeti

Arazi satın alma maliyeti her bölgede farklılık gösteren arazi fiyatlarına bağlıdır. Fiyatın oluşumu için arazinin ne şekilde/nasıl kullanılacağı önemlidir.

Depolamaya ulaşım maliyetleri

Depolamaya giriş maliyetleri, depolamaya yakın olan yolların var olup olmadıklarına ve bunların atık kamyonlarının kullanımı için ne kadar uygun olduklarına bağlıdır. Eğer, mevcut yolların yeniden düzenlenmesi gerekli ise maliyetler artacaktır. Depolama sahasına ulaşım sağlayan yollar (yeni veya elden geçirilmiş) açısından en düşük maliyetli potansiyel depolama sahası en yüksek sıralama puanını alır.

Taşıma maliyetleri

Taşıma maliyetleri atığın ortaya çıktığı kaynaklardan depolama sahasına olan taşıma mesafesine, toplama yöntemine ve taşıma sistemine göre belirlenir. Taşıma maliyetleri için önemli faktörler; atık transfer istasyonlarına

ihtiyaç duyulması ve demiryolu kullanma imkanlarının var olmasıdır. En düşük taşıma maliyetli potansiyel depolama sahası, en yüksek sıralama puanını alır.

Personel ve bakım maliyetleri

Büyük ihtimalle personel maliyetleri (işletme yönetimi, sahanın bakımı, tartım köprüsü, sıkıştırıcı sürücüleri, muhasebeci) potansiyel depolama sahaları arasında önemli farklılıklar göstermeyecektir. Bakım, büyük oranda, günlük veya düzenli örtme ve depolamanın sürekliliği için gerekli, toprağın elde edilebilirliliğine bağlıdır. Eğer toprak o bölgede mevcut değilse, dışarıdan getirilmesi gerekecektir. Bu da sahanın (ve ekipmanların) bakım maliyetlerini arttırır. Ayrıca, drenaj sisteminin izlenmesi ve yüzey suyunun kalitesi de bakım maliyetleri için önemli faktörlerdir. En düşük maliyetli bakım maliyeti olan potansiyel depolama sahası en yüksek sıralama puanını alır.

Çevre koruması için ekstra maliyetler

Toprağın ve suyun kirlenmesinden kaçınmak için, depolamada ekstra teknik önlemlerin alınması gerekir. Sızıntı suyunun toplanması ana faktördür. Bu nedenle diğer teknik koşullar şu şekilde yerine getirilmelidir: Saha alt örtüsü olarak bir kil tabaka ve/veya jeomembran (sentetik) tabaka, örtü tabaksı, bir drenaj sistemi, sızıntı suyu havuzu, kanalizasyon sistemi ve/veya sızıntı suyunun taşınması, su işaret seviyesinin izlenmesi. Çevresel koruma için en düşük maliyetli potansiyel depolama sahası en yüksek sıralama puanını alır.

Depolama sahası kullanıma kapatıldıktan sonra çevre korumasına devam edilmesi için gereken maliyetler

Depolama sahası kullanıma kapatıldıktan sonra çevre korumasına devam edilmesi için gerekli maliyetler, ton başına düşen bertaraf/tonaj fiyatına (tip - fee) eklenmiş olmalıdır. Bu maliyetler sadece son kullanım için ortaya çıkan maliyetler değil, ama aynı zamanda yeraltı suyunun kalitesinin izlenmesi, depolama gazının varlığı, gazın kazanımı ve doldurulmuş depolama sahasının stabilitesi ile ilgili maliyetlerdir. Yapılacak harcamalar; doldurulan atığın karakteristiğine, toprağın çeşidine, hidrojeolojik konuma ve sahanın nihai kullanım tipine bağlıdır. Korumanın devam etmesi için en düşük maliyetli potansiyel depolama sahası en yüksek sıralama puanını alır (29).

3.4.2. Düzenli depolama alanı inşaatı

Düzenli depolama sahasının birimleri

Düzenli depolama sahasının inşaatında, aşağıdaki birimler yerel özellikleri ve mevzuat hükümlerini göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır:

- Depo tabanı: Geçirimsiz mineral zemin, sentetik örtü, drenaj tabakası
- Sızıntı suyu toplama ve tasfiyesi: Toplama boruları ve kolektörleri, arıtma tesisi
- Depolama gazı toplama, değerlendirme ve tasfiyesi: Toplama boruları ve kolektörleri, yakma meşalesi ve değerlendirme ünitesi
- Binalar- Kantar: Ayırma tesisi, sosyal ve idarî binalar, laboratuar, tamirat hane, garaj, stok vb.
- Araçlar
- Depolama sahasının üst örtüsü (42).

Depolama alanı dizaynı

Depolama alanında çöp süzüntü sularının toprağa ve yeraltı sularına karışmasını önlemek amacı ile taban izolasyonu yapılır. Mineral tabaka, geomembran ve geotekstil son olarak da drenaj tabakası olarak çakıl tabakası serilerek geçirimsizlik tam olarak sağlanır (Resim 3.2).



Resim 3.2. Depolama alanı inşaatı (42)

Tüm bu tabakaların oluşturulma amacı yeraltı sularına zararlı maddelerin karışması önleyerek, toprak ve yeraltı suları tamamen korumaktır. Farklı atıklar için farklı taban izolasyonu yapılır.

Evsel Atık Lotu Yapısı

Tehlikeli olmayan evsel atıkların dökülmesi için kullanılacak alanın büyüklüğü, yapısı atık kapasitesine ve içeriğine göre belirlenmektedir. Yeraltı yapısının incelenmesi amacıyla sismik ve elektrik çalışma yapılır. Ayrıca değişik noktalardan sondaj çalışması yapılarak örnekler alınır. Bu örnekler Zemin Mekaniği Laboratuarlarında incelenir.

Arazi yapısına göre atıkların depolanacağı havuzların yerleri hazırlanır. Kenar yüzeylerine beton dökülür. Arda kalan havuzun zemini ise sızıntı sularını engellemek için Resim 3.3'deki gibi düzenlenir.



Resim 3.3. Deponi evsel atık lotu taban kesiti (42)

Katmanlar Şekildeki gibi düzenlenirken çakıl, kum ve kilden farklı olarak iki malzeme daha kullanılır. Bunlardan ilki jeotekstil denilen keçe benzeri geçirimli bir tabakadır. Diğeri ise jeomembran (geçirimsiz tabaka)'dır. Bunlar sızıntı sularının toprağa karışarak yeraltı kaynaklarını kirletmesini engellemek için kullanılır. Bu sızıntı sularını tahliye etmek için ise belirli aralıklarla sızıntı suyu drenaj borusu yerleştirilir (42).

Tehlikeli Atık Lotu Yapısı

Tehlikeli atıkların dökületeceği zemin evsel atık lotundan farklıdır.



Resim 3.4. Deponi tehlikeli atık lotu taban kesiti (42)

Bir kat jeotekstil, bir kat jeomembran ve bir kat da drenaj tabakası yerleştirilmiştir (Resim 3.4). Evsel atık lotunda atık üstüne 15 cm toprak serilirken bu tabaka tehlikeli atıkta daha komplekstir (42).

İki kat jeotekstil, bir kat jeomembran, bir kat drenaj tabakası, 100 cm kalınlığında bitkisel toprak ve jeosentetik erozyon önleyici tabaka ile kapatılır (Şekil 3.10). Düzenli depolama sahalarında oluşan süzüntü suları taban izolasyonu yapılırken döşenen borular vasıtasıyla toplanır. Süzüntü sularının toplanması ve toplama haznesi veya arıtma tesisine akışları araziye verilen uygun eğim ile sağlanır.



Şekil 3.10. Tehlikeli atık lotu üst örtü tabakası kesiti (42)

Süzüntü sularının yeraltı sularına ve toprağa zarar vermemesi için arıtma sistemi kurulur. Süzüntü suları üzerinde yapılan çalışmalar çeşitli arıtma şekilleri ile arıtılabilir.

Katı atık depolanması tamamlandıktan sonra sızdırmaz sahanın içine yağmur sularının karışması önlenir ve bitkisel toprak da serildikten sonra yeşillendirme çalışması yapılır.

Bu nihai örtü tamamlandığında, alanın üzerinde sahada çeşitli yapı gerektirmeyen sosyal tesis ve futbol, basketbol, voleybol, golf sahaları ve çay bahçeleri alanlar yapılabilir.

4. ANKARA'NIN ÇÖP SORUNUNA ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

4.1. Çöp Miktarları

Ankara genelinde 1981-82 yıllarında yapılan çöp analizinde; plastik atıklarının oranı % 1,2 ile % 4,3 arasında değişmekteydi. Metal ise % 0,5 ile % 2,1 arasında değişiyordu. Son on yıl içinde % 100 artış olması kabul edilebilir. Bu durumda toplam çöpteki plastik oranı % 4,5, metal oranı ise 2,5 dolayındadır. Plastik ve metalin ortalama toplam çöpteki payı bu durumda % 7 civarındadır (43).

1993 yılında yapılan daha ayrıntılı araştırma sonucuna göre Mamak çöplüğüne dökülen çöpün fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

İyi sıkıştırılmış çöp içinde, çöp bileşenleri için değişik sıkıştırma oranları ve yoğunlukları kabul edilerek 1000 kg çöp için verilen ortalama sıkıştırılmış hacim değerleri kullanılarak ortalama sıkıştırılmış çöp yoğunluğu 689,4 kg/m^3 olarak hesaplanmıştır. Bileşenler ısınmada doğal gazın yaygınlaşması ile kül oranı azalmakla birlikte nüfus artmasıyla da kağıt-karton-plastik oranları kendi içerisinde ortalama %5 oranında azalma/artma göstermiştir (Çizelge 4.1).

Ankara ilindeki belediyeler tarafından toplanan evsel nitelikli katı atıkların içindeki geri kazanılabilir nitelikli atıkların yüzdesi Çizelge 4.1'e göre ortalama %18,8'dir. Yıllık çöp miktarı ortalama 1 577 000 t/yıl olan Ankara'da evsel nitelikli katı atıklar içerisindeki geri kazanılabilir atık miktarı yaklaşık 296 476 t/yıl'dır. Toplam atık miktarının yaklaşık % 50-55'i biyolojik kökenlidir.

Ankara'nın ilçelerinde kişi başına düşen günlük çöp miktarları (Çizelge 4.2) ilçelere göre değişiklik göstermekle birlikte Altındağ ve Çankaya'da

diğerlerine göre daha fazladır. Günlük toplam çöp miktarlarında ise (Çizelge 4.3) Çankaya 1 089 234 kg/gün ile en fazla atık üreten ilçedir.

Çizelge 4.1. Mamak çöplüğüne dökülen çöpün fiziksel özellikleri (12)

BİLEŞEN	YÜZDE	AĞIRLIK (kg)	YOĞUNLUK (kg/m^3)	HACİM (m^3)	SIKIŞTIRMA ORANI	SIKIŞMIŞ HACİM (m^3)
Kağıt-Karton	% 8,4	89	0,27	1,35	0185	0,220
Plastik	% 7,7	81	34,1	0,33	0,1	0,038
Metal	% 1,1	12	240,3	0,05	0,225	0,009
Tekstil	% 1,3	14	84,1	0,22	0,15	0,033
Cam	% 1,6	18	193,8	0,07	0,4	0,028
Moloz Taş	% 1,6	18	104,1	0,17	0,2	0,034
Organik Madde	% 47,8	508	288,3	1,76	0,33	0,580
Kül	% 30,5	324	480	0,68	0,75	0,810

Çizelge 4.2. Kişi başına düşen günlük ortalama çöp miktarlarının ilçelere göre mevsimsel dağılımı (12)

İlçe	Kış Ortalaması (kg)	Bahar Ortalaması (kg)	Yaz Ortalaması (kg)
Altındağ	1,0	0,78	0,74
Çankaya	1,0	0,76	0,74
Keçiören	1,0	0,58	0,55
Mamak	1,0	0,56	0,55
Yenimahalle	1,0	0,63	0,51
Genel	1,0	0,67	0,63

Çizelge 4.3. İlçelere göre ortalama günlük çöp miktarları (12)

İlçe	Çöp Miktarı (kg)
Altındağ	537 770
Çankaya	1 089 234
Etimesgut	623 936
Keçiören	521 206
Mamak	569 187
Sincan	240 632
Yenimahalle	741 064
Genel	4 323 029

İlçelere göre çöpün içindeki evsel ve işyeri atık oranlarına baktığımızda Altındağ, Çankaya ve Yenimahalle'de işyerlerinin çok, diğer ilçelerde ise konutların çok olduğunu söyleyebiliriz (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. İlçelere göre çöpün içindeki evsel ve işyeri atık oranı (12)

İlçe	Evsel Atık	İşyeri Atığı
Altındağ	% 83,9	% 16,1
Çankaya	% 92,1	% 7,9
Etimesgut	% 93,7	% 6,3
Keçiören	% 98,9	% 1,1
Mamak	% 98,5	% 1,5
Sincan	% 97,2	% 2,3
Yenimahalle	% 93,0	% 7,0
Genel	% 93,0	% 7,0

4.2. Mevcut Çöp Toplama ve Depolama Hizmetleri

Ankara'da iki adet çöp dökme merkezi bulunmaktadır. Bunlardan birincisi Tuzluçayır Çöplüğü'nün 1979 yılında kapatılmasının ardından, 1980 yılında çöp depolamaya başlanan Mamak çöplüğüdür. Diğeri ise 1 Ağustos 1998 tarihinden itibaren çöp dökülmeye başlanan Sincan Çadırtepe Çöplüğüdür. Mamak çöplüğüne günde 4 bin tonu aşkın çöp dökülmektedir. Bu zamana kadar yapılan bütün çöp dökme işlemleri vahşi depolama şeklinde yapıldığı için çok dağınık ve insan sağlığını tehdit eder düzeydedir. Sincan Çadırtepe Çöplüğü de düzensiz çöplük alanı örneklerinden biridir. Sincan Belediyesi'nin çöplük alanı üzerinde yapılan araştırmalarda damperli ve üstü açık araçlarla uygunsuz şekilde katı atıkların taşınmakta olduğu, bu atıkların büyük bir kısmının depo içi transfer yolları üzerine kontrolsüz olarak döküldüğü ve çöplükteki drenaj borusunun sızıntı sularının arıtılması amacıyla bir arıtma tesisine bağlanmadığı tespit edilmiştir (13).

Ayrıca Büyükşehir Belediyesi Sağlık İşler Daire Başkanlığı, Çevre Sağlığı Şube Müdürlüğü tarafından yürütülen çalışmayla Başkent'teki devlet hastaneleri, askeri hastaneler, özel hastaneler, sağlık ocakları, özel poliklinikler, medikal laboratuarlar, hayvan hastaneleri, veterinerlik hizmeti veren polikliniklerin dahil olduğu 55 hastane ve 716 sağlık kuruluşundan günde 15 – 18 ton arasında tıbbi atık toplanmaktadır. Tıbbi atık taşıması için tasarlanan teknik donanımlı 5 adet araçla taşıma yapılmaktadır. Büyük hastanelerden günde bir veya iki defa, küçük sağlık kuruluşlarından kapasitesine göre haftada 1 veya 3 defa toplama yapılmaktadır. Sağlık kuruluşlarının ürettikleri tıbbi atıklar ayrı özel poşetlere konarak işletme tarafından tahsis edilmiş özel niteliklere sahip bir alanda depolanmaktadır (13).

Tıbbi atıklarının bir kısmı, 1998 yılından 2001 yılına kadar, Ankara Büyükşehir Belediyesi tarafından Ankara Sincan Çadırtepe Tıbbi Atık Depolama Sahası'nda, düzenli olarak depolanmıştır. 2001 yılından bu yana ise; 2001 ve 2004 yıllarında olmak üzere iki farklı firmaya ihale edilerek düzenli depolamaya devam edilmektedir. Tıbbi atıkların toplanması, taşınması ve düzenli depolanması işi 2004 Ocak ayından bu yana bir firma tarafından yürütülmekte; bahsi geçen firma, sadece tıbbi atıkların toplanması, taşınması ve düzenli depolanması süreçlerinden sorumlu olup, sahanın hazırlanması işi ise başka bir firma tarafından yapılmaktadır.

Tıbbi atık depolama alanında yağmur suyu drenaj kanalları mevcut değildir. Alan dalgalı bir topoğrafik yapıya sahiptir. Atık dökümü yapılan saha da eğimlidir. Yağmur suları, yağışın şiddetine ve miktarına bağlı olarak düzenli depolama yapılan alanın yüzey tabakasında değişik miktarlarda aşınmaya ve sürüklenmeye neden olabilir. Tıbbi atık sahasının kullanımı için, günlük ve yıllık öngörülen atık miktarına göre herhangi bir hesaplama/planlama söz konusu olmayıp, ihtiyaca göre yani mevcut sahanın kapasitesi doldukça saha hazırlama işi ihale edilmekte ve kullanıma hazırlanmaktadır.

Sahaya günlük olarak gelen tıbbi atıklar tartılmamakta, tahmin yöntemiyle torba başına 6 kg/adet olarak kabul edilen tıbbi atıklar, torba sayısı ile çarpılarak hesap edilmektedir. Bu hesaplamaya göre, sahaya günlük 15 ton atık geldiği kabul edilmektedir.

Tıbbi atık üreten kuruluşların evsel atıklarla tıbbi atıkları karıştırma yani ayrı ayrı toplamama riski her zaman vardır. Bu durum, evsel atıklarla karışan tıbbi atıkların ya Mamak Düzensiz Depolama alanına gitmesi, yada Sincan Çadırtepe Tıbbi Atık Depolama Sahasına gitmesi anlamına gelmektedir. Her iki durum da çevre ve halk sağlığı açısından oldukça risklidir. Mamak çöplüğünde düzenli depolama yapılmadığı için, çöpler insanlar ve hayvanlar

açısından her türlü temasa açıktır, yine sızıntı suları burada ayrıca bir tehlikedir, Mamak çöplüğünde halen sağlıksız koşullarda elle ayrıştırma yapılıyor olması ayrıştırma yapan işçiler açısından da ayrıca bir tehlike oluşturmaktadır. Tıbbi atık sahasına evsel atıkların karışması da aynı şekilde; gaz çıkışı, sızıntı suyu açısından evsel atıklara göre planlanmamış olan tıbbi atık depolama sahasında problemlere yol açabilecektir.

Tıbbi atıkların depolandığı tüm lotlar atık ile dolmuştur. Tıbbi atık depolanması için açılan lotlarda geçirimsizliğin sağlanması için zemine önce jeomembran malzemesi serilerek, ardından ise kireç ve klinoptilolit malzemesi dökülerek geçirimsizlik sağlanmıştır. Klinoptilolit malzemesi alkali ve toprak alkali içeren, sulu aluminasilikatlı bir mineral olan zeolitiğin doğada en çok bulunan ve sanayide kullanılan çeşididir. Genelde filtrasyon işlemlerinde kullanılır.

Sahada sızıntı suları için herhangi bir drenaj sistemi bulunmamaktadır. Düzenli depolama sırasında kireç ile birlikte kullanılan klinoptilolit maddesi sahada aynı zamanda su tutucu olarak da kullanılmaktadır.

Tıbbi atık lotlarında oluşacak gazın tahliyesi (gaz tahliye bacaları) için de herhangi bir sistem mevcut değildir. Gaz çıkışının kontrol altına alınması için alanda yine gaz emme kapasitesi olan klinoptilolit maddesi kullanılmaktadır (36).

4.3. Yöntem

Ankara'nın katı atık sorununu üç aşamada ele alabiliriz.

1. Aşama: Mevcut Deponin İyileştirilmesi
2. Aşama: Yapılması Gereken Tesisler ve Özellikleri

3. Aşama: Yapılan Tesislerin Verimli Bir Şekilde İşletilmesi

4.3.1. Mevcut deponinin iyileştirilmesi

Yıllık çöp miktarı ortalama 1 577 000 t/yıl olan Ankara'da Mamak çöplüğüne günde 4 bin tonu aşkın çöp dökülmektedir. Bu zamana kadar yapılan bütün çöp dökme işlemleri vahşi depolama şeklinde yapılmıştır. Mamak çöplüğünün yüksek kirletici özelliğe sahip olan sızıntı suları, depolanan atıklardan belirli bir süredir akıntı yönünde kontrolsüz olarak akmakta, böylelikle toprağı ve yeraltı sularını kirletmektedir. Mamak Çöplüğü'nün diğer sorunu ise, deponi gazıdır. Öncelikle çöplüğün sızdırmazlığı sağlanmalı, dışarıya sızıntı suyu vermesi ve dışarıdan (yağmur, kar) su alması engellenmelidir. Zamanla çöplerin kimyasal tepkimeye girerek çözülmesi ile oluşan deponi gazının bertaraf edilmesi, ekonomik sınırı aşıyorsa satılması gerekmektedir.

Almanya-Hamburg-Georgswerder ve Almanya-Berlin Schwanebeck Deponileri Mamak çöplüğünün iyileştirme çalışmalarında Ankara'ya örnek olması açısından incelenecektir.

<u>Almanya-Hamburg-Georgswerder Deponisi</u>

Deponiye II. Dünya Savaşından sonra her türlü atık depolanmaktaydı. Bu deponi her türlü potansiyel tehlikeyi içinde barındırıyordu. Sızıntı suları da çok tehlikeli ve biyolojik ayrışması çok zor olan maddeler içermekte idi. 1948 ile 1979 yılları arasında 14 milyon m3 çöp ve katı atık dökülmüştür. Yaklaşık 5,2 milyon ton evsel çöp, iri hacimli çöp, hafriyat atıkları, inşaat molozları ve toprak dökülmüştü. Daha sonra sızıntı suyunu emsin diye evsel çöplerle doldurulmuştur. 1979 yılında kapatılan 44 ha'lık bu alan oturma ve biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda hacim kaybına uğramasına rağmen hala 40 m yüksekliğindedir ve 7,0 milyon m3 bir deponi gazı hacmini barındırmaktadır.

Çözüm olarak mevcut örtü malzemesi üzerine deponi gazının kontrolü için 0,35 m kil ve mil içermeyen tane boyutu 1-3 mm arasında olan kum ve çakıl tabakası yayılmıştır. Bunun üzerine 0,60 m kalınlığında da kil ile mineral sızdırmazlık tabakası yayılmıştır. Hem su sızmasını önlemek hem de gaz çıkışını önlemek asıl amaç idi. Daha sonra bunun üstüne de 1,5 mm kalınlığında jeomembran, köklere ve kemirici hayvanlara karşı (mineral sızdırmazlık tabakasının biyolojik olarak bozulmasını önlemek amacıyla) döşenmiştir. Bunun üstüne de tane boyutu 0,5-8,0 mm arasında olan tehlikeli madde içermeyen sızan yağmur sularını toplamak için 0,25 m kalınlığında alan drenajı yapılmıştır. Drenaj tabakasının üzerine de ince yıkanan malzeme girip tıkamasın diye de jeotekstil tabakası ile kaplanmıştır. 0,25 m'si %4-8'lik humus içeren topraktan olan toplam 0,75 m kalınlığında kültür bitkisine elverişli toprak malzemesi dökülmüştür.

Yılda en az dört defa ve beş noktadan su örnekleri alarak sızdırmazlık tabakasının işlevini yerine getirip getirmediği ve su içeriğinin değişimi kontrol edilmektedir.

Deponinin potansiyel çevresel sorun kaynağı olma özelliği sürmektedir. Özellikle deponilerden sızan metan gazları da dünya ikliminin değişmesine az da olsa neden olmaktadır. Çözüm ise deponi gazının aktif bir şekilde toplanması ve gaz yakma ünitesinde yakılmasıdır. 65 m aralıklarla 39 sondaj kuyusu açılmıştır. Buradan ara toplayıcı hatlar ring toplayıcılara deponi gazını iletmektedir. Buradan da deponi gazı gaz sıkıştırıcı istasyona gelmektedir. Blower tarafından emilen deponi gazı 800 m'lik bir iletim hattı ile Hamburg Kuzey Almanya Rafineri Tesislerine taşınmaktadır. Bu gaz toplama ve sıkıştırma tesisinin maliyeti 3,8 milyon DM'dır. Bunun 2,3 milyon DM'ı gaz toplama sistemine ve 1,5 milyon DM'ı da gaz sıkıştırma sistemine harcanmıştır. Şimdi düzenli ve kontrollü bir şekilde gaz toplanmakta ve yakılmaktadır (35).

Berlin Schwanebeck Deponisi

Bu deponi aslında eski bir çöplüktür. Günümüzde ise çok iyi ıslah edilmiş modern bir deponidir.

Deponide anaerobik koşullarda oluşan deponi gazının alınması ve iletilmesi, değerlendirilmesi için deponi sahasına 117 adet deponi gazı sondaj kuyusu açılmıştır. Aralarındaki mesafe 70 m ve çapları 25 cm olan borular, 12-28 m derinlikleri arasında deponiye yerleştirilmiştir. 400 mbar sabit vakum (emme gücü) tatbik edilmektedir. Vakum, 200 m3/h ile 5000 m3/h arasında değişmektedir. Pratikte elde edilen gazın debisi 3000 m3/h'dır.

10 yıl boyunca Berlin Schwanebeck deponisinden yaklaşık 2500-3000 m3/h debili deponi gazı sürekli üretilebileceği hesaplanmıştır. 1 m3 doğal gaz 2 m3 deponi gazına eşittir.

Enerji santrali, ısı-kuvvet santrali şeklindedir. 4 motorun her biri 626 kW, 2 motor ise 1 240 kW güce sahiptir. Her bir motor jeneratöre bağlıdır. Mekanik enerji elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. 5 000 kW/h enerji elde edilmektedir.

Elde edilen elektrik enerjisinin %99,5'i yüksek gerilim hattına verilmektedir. % 0,5'i ise deponideki enerji ihtiyacı için kullanılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı birim fiyatına göre elektrik bedeli ödenmektedir. Deponiden elde edilen elektrik enerjisi ile yaklaşık 32 000 kişinin yada 8 000 hanenin elektrik enerjisi ihtiyacı karşılanabilir (35).

Mamak Çöplüğünde, Almanya Hamburg-Georgswerder Deponisinin yüzey sızdırmazlığı sağlama tekniğinin bir benzeri kullanılacaktır. Belirli aralıklarla

deponi gazı sondaj kuyusu açılıp, içine değişen derinliklerde gaz tahliye boruları yerleştirilecektir.

Kurulacak tesiste sızıntı suları önce tamponlama havuzuna alınıp oradan bir pompa yardımıyla değişmez debi ile işlem tesisindeki havuzlara verilecektir. Biyolojik arıtma kısmında ayrışabilir karbon ve azotlu bileşikler parçalanacaktır.

Havuzların üstü örtülecek, buradan toplanan hava da kompost filtresi üzerinden geçirilerek arıtılacaktır. Fazla çamur oluşursa o da çamur depolama havuzunda istiflenecektir. Biyolojik olarak arıtılmış sızıntı suyu da depolama havuzunda toplanıp ve bekletilecektir. Eğer arıtılmış suyun kalitesi alıcı ortama doğrudan verilecek özellikte değilse kentsel atık su arıtma tesisine eğer doğrudan verilecek özellikte ise o zaman yüzeysel suya verilecektir.

Depolama sahasında açığa çıkan metan gazının belirli oranlarda oksijen veya hava ile temas etmesi can ve mal kaybına sebep olabilecek patlamalara yol açabilir. Mamak deposunda mevcut ve yıllardır oluşmakta olan depo gazı gaz musluğu sayesinde tesisat sistemi üzerinden gaz motorlarına iletilecek, depo gazı motorlar sayesinde elektriğe dönüştürülecek ve bu elektrik tesis tarafından kendi ihtiyacı için kullanılabilecek veya satılabilecektir (16).

Üstü çok iyi örtülmüş katı atıklar, yani deponiler ve bunların kütlesindeki biyokimyasal prosesler aniden bir gün durabilir. Aynen Almanya-Uelzen yakınındaki Borg deponisinde olduğu gibi, yüzey sızdırmazlığı çok iyi yapıldığından deponi kütlesinde kuruma gerçekleşmiş ve biogaz üremesi de durmuştur. Deponinin yüzey sızdırmazlık planlamasında ve projelendirilmesinde kapsamlı düşünmek ve detaylı planlamak çok önemlidir.

4.3.2. Yapılması gereken tesisler ve özellikleri

AB ülkelerinin çoğu özellikle Almanya, Hollanda, Avusturya gibi ülkeler 2005 yılından itibaren katı atıkların kalıntılarını ileriki yıllarda herhangi bir işlem yapmak zorunda kalmayacak, deponilerde gaz ve sızıntı su sorunu yaratmayacak şekilde bertaraf etmek veya depolamak zorundadır. Almanya'da 01.07.1993 tarihinde yürürlüğe giren "Katı Atıklar Yönetmeliği"'ne göre tüm atıklar önce her türlü yol ve teknikler zorlanarak değerlendirilecek eğer başka atılacak bir adım yoksa düzenli olarak depolanacaktır. Çok kademeli ve kontrollü olarak çöp miktarının azaltılması ve sağlıklı bertarafı asıl amaçtır (35).

Ankara da çöpün zararlarını en aza indirmek için atığın özelliklerine göre;

- Katı Atık Yakma Tesisi
- Düzenli Depolama Alanı
- Kompost Tesisi
- Geri Dönüşüm Tesisi

olmak üzere dört tesis yapılabilir. Katı Atık Yakma Tesisi, Düzenli Depolama Alanı ve Geri Dönüşüm Tesisi mutlaka yapılması gereken tesislerdir. Ancak kompost tesisi ekonomik olarak belediyeye yük getireceği için yapılması şart değildir.

<u>Katı atık yakma tesisi</u>

Şu an Sincan Çadırtepe Tıbbi Atık Depolama Sahası'nda tıbbi atıklar düzenli depolama yöntemi ile bertaraf edilmektedir. Fakat sağlıklı bir yöntem değildir. Hastalık riski her zaman vardır. Aynı zamanda endüstriyel kaynaklı bazı atıkların da yakılarak bertaraf edilmeleri gerekmektedir.

Bu sebeplerden dolayı Ankara'ya bir katı atık/tıbbi atık yakma tesisine ihtiyaç vardır.

Hollanda Gavi-Vam Wijster, Hollanda-Düsseldorf ve İzmit İzaydaş Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisleri Ankara'ya kurulacak tesise örnek olması açısından incelenecektir.

Hollanda Gavi-Vam Wijster Yakma Tesisi

1996 yılında faaliyete geçen Hollanda Gavi-Vam Wijster Yakma Tesisi, 735 000 t/yıl kapasiteli bir yakma tesisidir. Tesisin ana işlem kısımları, katı atık hazırlama üniteleri (eleme, parçalama, homojenleştirme), 3 hat halinde ve her hat için besleme debisi ise 3x40 t/h olan yakma ızgara sistemi ve yatay emişli kazandır.
Atığın ısıl değeri 9 000 – 14 000 kJ/kg arasında değişmekle beraber ortalama olarak 12 000 kJ/kg'dır. Buhar miktarı 3x69,5 t/h, besleme suyu sıcaklığı 150 ^{0}C, sıcak buhar sıcaklığı 405 ^{0}C, sıcak buhar basıncı 44 bardır.

Atık gaz arıtılması elektrofiltre, püskürtmeli kurutucu, bez filtre, iki kademeli yıkama, iki kademeli oksidasyon katalizatöründen oluşan bir sistemle sağlanır.

Enerji elde etme ünitesinde sistemin tümü jeneratörlü kondenzasyon türbinlerinden oluşur. Spesifik buhar tüketimi 4,4 kg/kWh, buhar basıncı 2,0 bar, alınan buhar miktarı 55 kg/sn, alınan buharın basıncı 17 bar, jeneratör verimi 67,5 MVA'dır.

Tesisin boyu 400 m eni ise 100 m'dir. 850 milyon DM'a mal olmuştur. 139 yerleşim yerinden 3 milyon nüfusa hizmet vermektedir.

45 m^3'lük kamyonlarla gelmekte ve 32 000 m^3 hacmi olana bunkerlere boşaltılmaktadır. 3-5 gün gibi bir tamponlama görevi üstlenmektedir. Ham çöp ahtapot vinçleri ile ayıklama tamburuna verilmektedir. Her bir ahtapotun kapasitesi 18 ton veya 11 m^3'tür. 3x40 t/h besleme yapılmaktadır. 180 mm'den büyük ve 40 mm'den küçükler ayrılmaktadır. Büyükler değirmene giderek parçalandıktan sonra da YDKA (yakıta dönüştürülmüş katı atık) bunkerine gitmektedir. Bu bunkerde de 9,5 m^3 veya 15 ton kapasiteli ahtapot vinçler tarafından yanma odalarına beslemeler yapılmaktadır. Izgaralı yanma odasında yakılmaktadır. Nihai yakma 850 ^{0}C'de 2 sn olarak gerçekleşmektedir. 150 ^{0}C olarak gelen besleme suyu sonra 405 ^{0}C sıcak su buharı oluşturmaktadır.

Gaz kontrol ünitelerinin ilk elemanı elektrofiltredir. Sonra diğerleri arka arkaya devreye girmektedir. Atık gazın sıcaklığı bu ara 170 ^{0}C'ye düşürülmektedir. Ön yıkama da HCl, HF elimine edilmekte ana yıkama da ise SO_2 elimine edilmektedir. Kireç kaymağı ile püskürtüldüğünde alçı taşı elde edilmektedir.
Tesise gelen katı atıklardan da 180 DM/t alınmaktadır. Yılda 735 000 ton çöpten elde edilecek girdiler de işletme masraflarını karşılayacak şekilde planlamıştır. Bu ham çöpün %55'i yakıta dönüştürülmüş katı atık olursa bu da 430 000 t/yıl yakma ünitesine gelen hammadde demektir. Az çöp alınması ya da çöpün bileşimin iyileşmesi durumda ki bu az çöp alınacak demektir. Girdiler işletme masrafını karşılamaya yetmemektedir (27).

Hollanda-Düsseldorf Katı Atık Yakma Tesisi

2.11.1965 yılında faaliyete geçmiştir. Kuruluşta 230 000 t/yıl ile başlamış ve 1998'den itibaren 450 000 t/yıl kapasiteye çıkarılmıştır.

Izgaralara 8-40 t/h arasında katı atık düşmektedir. 0,6-6,0 d/h döner silindir ızgaralar katı atığın kurutulmasını ve yanmasını sağlamaktadır.

40 t/h su buharı üretilmektedir. %10 kendi enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılmakta geri kalanı da şebekeye verilmektedir (27).

İzmit İzaydaş Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi

Tesiste katı atıklar, 2500 m^3 toplam kapasiteli ve üç bölümden oluşan bunkerde geçici olarak depolanmaktadır. Yanabilir sıvı atıklar, karıştırıcı, ısıtıcı, taşma emniyet cihazı, alt-üst seviye sensörleri, termometre, boşaltma vanası gibi cihazlarla donatılmış olan 50 m^3 kapasiteli 4 adet tanka boşaltılmaktadır. Sıvı atıklar, içlerinde bulunabilecek partiküllerin tutulması için, titreşimli ızgaradan geçirilerek bu tanklara alınmaktadır. Patlama tehlikesini önlemek için tanklara azot verilmektedir. Yanabilir sıvılar doğrudan brülörlere beslenmemekte, karıştırma tanklarına gönderilmektedir.
Atık kabulü ve yönetimi çerçevesinde tesise kabul edilen atıklar; tartılarak kaydedilmekte, numuneleri alınmakta ve analizleri yapılarak ilgili ara depolama alanlarına gönderilmektedir.

Laboratuar tarafından hazırlanan Günlük Yakma Menüleri'nde belirtilen atıklar, Döner Fırın'da 921° - 1150°C sıcaklık aralığında ve ortalama 95 – 120 dakika kalış süresinde; Son Yakma Odası'nda ise 923° - 1250°C sıcaklık aralığında ve minimum 2,5 saniye kalış süresinde yakılmaktadır. Yakma işlemi, döner fırında propanla başlatılmakta ve fueloil beslemesi ile devam etmektedir. Döner Fırın sıcaklığı 921°C'ye ulaştığında, atık beslemesi başlatılmaktadır.



Resim 4.1. İzmit İzaydaş Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma ve Enerji Üretim Tesisi (42).

Yakma havası fanlar aracılığı ile bunker kasetlerinin üstünden veya atmosferden alınmaktadır. Yakmanın optimum sıcaklıkta gerçekleşebilmesi için gerektiğinde günlük yakma menüsü fueloil ile zenginleştirilmektedir. Atıkların yakılması sonucu üretilen ısı enerjisi; döner fırında maksimum. 55 GJ/saat, ikinci yakma odasında ise maksimum 31 GJ/saat'tir.

Son Yakma Odası'ndan gelen 1050° - 1250°C'deki atık gaz, soğutma amacıyla 2500 m² ısıtma yüzeyli Atık Isı Kazanı'na girmekte ve 180° - 200°C'de çıkmaktadır. Atık Isı Kazanı'nda 350°C sıcaklık ve 40 bar basınçta, maksimum 27,1 t/saat buhar üretilmektedir. Üretilen buhar Türbin-Jeneratör ünitesine gönderilerek 5,2 MW elektrik enerjisi üretilmektedir. Üretilen enerjinin 1,3 MW'ı tesis ihtiyacını karşılamak için kullanılmakta; kalan kısmı ise ulusal sisteme satılmaktadır (42).

Ankara'da endüstriyel tesis sayısı İzmit'e göre daha azdır. Yanabilir sıvı atık miktarı da buna bağlı olarak daha az olacaktır. İzmit'te üretilen 5,2 MW'lık

elektrik enerjinin Ankara'da üretilmesi zordur. Ancak İZAYDAŞ Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisinde kullanılan döner silindir fırını yapısı (Resim 4.1) az miktardaki atıkların bile yakılmasına imkan verdiği için Ankara'da kurulacak olan tesis için uygundur. Bu teknoloji, özellikle tehlikeli atıklar için uygulanmakla beraber, evsel atıklar için kullanıldığında; sınıflandırma, ayırma gibi ön işlemlere gerek yoktur.

Düzenli depolama alanı

Ankara Mamak'a kurulacak olan Düzenli Depolama Alanına örnek oluşturması açısından Almanya'da kurulmuş bulunan Neumünster Düzenli Depolama Alanı inşaat çalışmaları incelenecektir.

Almanya Neumünster Düzenli Depolama Alanında deponi alanın hazırlanması için yaklaşık olarak 200 000 m^3 ana toprağın taşınması gerekmiş ve ayrı bir yere yığılmıştır. Daha sonra bitki kökleri ile zengin olan yaklaşık 230 000 m^3 toprak taşınarak ve uzaklaştırılmıştır. Yıkanan kumlar da deponi için hazırlanan zeminin üstüne 2 – 6 m yüksekliğinde yayılmıştır. Delikli drenaj borularının yerleştirilmesinin amacı herhangi bir anda yeraltı suyunun yükselmesi halinde kontrol altına alınmış olmasıdır. Islak taşıma (hidrolik taşıma) ile getirilen kumun üzerine 25 cm yüksekliğinde çakıllı kum serilmiştir.

Deponi zemininin sızdırmaz hale getirilmesi için doğal zemin üzerine mineral sızdırmazlık malzemesi 25x3=75 cm olarak tabakalar halinde yayılmış ve sıkıştırılmıştır. Sızıntı su drenaj borularının olduğu yerlerde bu tabaka 90 cm'dir ve bir 15 cm'lik tabaka ile daha sıkıştırılmıştır. Bu sızdırmazlık tabakası üzerine HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) malzemesinden oluşan ve 10 m enlerinde bulunan malzeme rulolar halinde yayılarak sıcak kaynak yapılmıştır. Sıcak kama çift dikişi oldukça sağlam olduğu için de sızdırmazlık

çok iyi sağlanmaktadır. Bunun üzerine de en iyisi ön ayrıştırılmış ince çöp tabakası (2,0 m yüksekliğinde) gelmektedir. Bu tabaka hem HDPE döşemesini korumakta hem de sızmanın iyi olmasını sağlamaktadır. Sızıntı sularını toplamak için delikli borulardan 40 m ara ile döşenmektedir. Her drenaj borusu tıkanması halinde basınçlı sularla açılabilecek ve gereğinde her an kontrol edilebilecek şekilde döşenmiştir. Sızıntı suyu da deponi sahasının en düşük kodu olan yöne doğru iletilmekte ve orada işleme tabi tutulmaktadır (35).

Taban sızdırmazlığı Neumünster Deponisindeki gibi yapılacaktır. Farklı boyutlarda belirli sayıda atık lotu yapılacaktır. Bunlardan bir tanesi tehlikeli atıklar için, diğerleri ise evsel atıklar için kullanılacaktır. Taban sızdırmazlığı için yapılacak katmanlar düzenlenirken çakıl, kum ve kilden farklı olarak iki malzeme daha kullanılacaktır. Bunlardan ilki jeotekstil denilen keçe benzeri geçirimli bir tabakadır. Diğeri ise jeomembran (geçirimsiz tabaka)'dır. Bunlar sızıntı sularının toprağa karışarak yeraltı kaynaklarını kirletmesini engellemek için kullanılacaktır. Bu sızıntı sularını tahliye etmek için ise belirli aralıklarla sızıntı suyu drenaj borusu yerleştirilecektir.

Diğer lot ise tehlikeli atıklar için kullanılacaktır. Tehlikeli atıklar buraya direkt olarak dökülmeyecek, yakma kazanında yakıldıktan sonra meydana çıkan küller buraya depolanacaktır. Bu lotun tabanı evsel atık lotlarından farklı olarak bir kat jeotekstil, bir kat jeomembran ve bir kat da drenaj tabakası yerleştirilecektir. Evsel atık lotunda atık üstüne 15 cm toprak serilirken bu tabaka tehlikeli atıkta daha kompleks olacaktır.

Yapılacak olan lotlarda ne deponi kütlesine su sızmalı, ne de deponi kütlesinden dışarı su sızmalıdır. Zemin sızdırmazlığı ile en yüksek yeraltı suyu seviyesi arasında da mutlaka 1 m bulunmalıdır.

Kompost tesisi

2002 yılında İsveç'in ITC Invest Trading & Consulting AG. firması, "Ankara Recycling – Ankara Geri Dönüşüm - Atık Geri Dönüşüm Projesi, Seçme, Değerlendirme, Mayalama ve Enerji Kullanımı" adlı proje ile ihaleyi almış ve çalışmalara başlamıştır. Ancak projeyi hayata geçirememiştir. Biyolojik (organik) atıkların su miktarına ve kıvamına göre, ya katı madde mayalama yöntemi ile ya da sıvı mayalama yöntemiyle mayalanmasını öngörmekteydi.

Toplam atıkların %50'sinin mayalanabilir ve/veya kompost yapılabildiği tespit edilmişti. Mayalama yönteminden ürün olarak, Biyogaz, kompost ve sıvı gübre çıkmaktadır. Bu projeye göre aşağıdaki yöntemler uygulanacaktı.

Atığın özelliğine göre katı veya sıvı mayalama teknikleri uygulanacaktı.

Katı mayalama için uygun olan atıklar.

- Su miktarı azami %70 olan atıklar
- Ebatları 10 cm'ye kadar olan atık parçaları
- Çalılık
- Yol kenarındaki yeşillik
- Bahçe atığı
- Pazar atıkları (meyve, sebze)
- Toplam atıklardan gelen elek fraksiyonları
- Mutfak, restoran, otelcilik vb. atıkları gibi fraksiyonlar

Sıvı mayalama için uygun olan atıklar.

- Su miktarı azami %80 olan atıklar
- 2 cm'lik atık parçalardan oluşan homojenize fraksiyonlar

- Mutfak ve yemek artıkları
- Restoran artıkları
- Pazaryeri atıkları (sebze, meyve)
- Kesim hanelerden çıkarı atıklar
- Gıda sanayisinden çıkan çamurlar Gülle
- Arıtma çamuru

Kompost Oluşturma

Mayalama işleminde tasfiye olmayan katı maddelerin sonradan çürütülmesine veya mayalanamayan atıkların çürütülmesine yaramaktadır. Ayrıca bahçe sektöründen (park tesisleri) gelen atıklar direkt kompost oluşturma bölümüne verilebilir.

Mayalama tesislerinden gelen bu "mayalama substratı" mikserde %60-65'lik bir su miktarına göre ayarlanabilir. Oradan mayalama substratı iletme tertibatları yardımıyla sonradan çürütme modülüne gönderilir orada üç metrelik maksimal bir yığma tepesine yığılır.

Yığılmış komposta havalandırma sistemi sayesinde basınçlı hava verilir. Bu arada emilmiş taze hava kompostan üflenir. Modüldeki çürütme sayesinde, her zaman optimal emdirme ilişkisinin olması için, emdirme esnasında komposta talebe göre su karıştırılır.

Yaklaşık bir hafta sonra kompost çürütme modüllerinden alınır ve üstü örtülü salonlarda sonradan çürütülmektedir. Kompostun kullanıma göre ve buna bağlı olarak kalite talepleriyle, kompost spesiyal bir kompost değiştiricisi tarafından kompost birçok defa karıştırılır. Kompost oluşturma esnasında aerob mikroorganizmalar, atıktaki biyojen malzemeyi havadan alınan oksijenle 70°C ısıda komposta dönüştürür. Bu durumda %50'lik bir hacim

kaybından söz edilebilir. Bu ısıtma aşamasında mevcut hastalık yapan mikroplar öldürülür. Kompostun yanı sıra, su buharı ve karbon dioksit de oluşmakta ve bunlar çevreye verilmektedir. Tavsiye edilen yöntemle hijyenik açıdan kusursuz ve en iyi kalitede bir kompost üretilmektedir.

Önerilmiş olan bu çürütme sistemiyle biyolojik (organik) malzeme yaklaşık 10-12 haftada bu çürük malzeme kompost haline getirilir. Bunlar geri dönüşümden önce rüzgâr elemesiyle, ağır madde ayrıcısıyla ve elekle ayıklama sonucu, plastik, cam, taş vb. gibi yabancı maddelerden arındırılır. Kötü hava kritik fazda (çürütme modülü) biofiltre üzerinden uzaklaştırılır ve böylece kötü kokulardan arındırılır.

Kompostlama Maliyeti

ITC Invest Trading & Consulting AG. Firması tarafından önerilen mayalama ve kompostlama sistemi çevre açısından uygun olmakla birlikte aşağıdaki iki örneğin maliyet analizinden de görüleceği üzere ekonomik bir yöntem değildir.

İzmir Uzundere Kompost Fabrikasının 1993 yılında yapılan maliyet analizlerine göre:

1993 toplam geliri: 660,99 YTL'dir.

1993 yılı sonunda 1$=0,015 YTL olduğuna göre

TOPLAM GELİR: 44 066 $/yıl

Elektrik Gideri: 23 290 $/yıl

Akaryakıt Sarfiyatı: 8 900 $/yıl

TOPLAM GİDER:178 900 + 23 290 = 202 190 $/yıl

Görüldüğü gibi 1993 yılında personel durumu bilinememesine rağmen fabrikanın zarar ettiği görülmektedir. Gelirin gideri Karşılama oranı %21,79'dur.

İzmir-Harmandalı Kompost Fabrikasında da durum farklı değildir. Burada da tesis zarar etmektedir. Gelirin gideri karşımla oranı %55,29'dur.

TOPLAM GELİR: 47 000 $/yıl

Toplam elektrik sarfiyatı: 5 500 $/yıl

Toplam akaryakıt sarfiyatı: 80 404 $/yıl

TOPLAM GİDERLER: 5 500 + 80 404 = 85 004 $/yıl

Bu maliyet analizlerinde personel ve amortisman giderleri dikkate alınmamış olmasına rağmen Uzundere'de gelirin gideri karşılama oranı %21,79, Harmandalı'da bu oran %55,29'dur (22).

Bu veriler ışığında Ankara için bir kompost tesisinin kurulması ekonomik açıdan uygun değildir. Düzenli depolama kompostlamaya göre daha ucuz ve daha kolay bir yöntemdir. Ancak, Büyükşehir Belediyesi bünyesindeki park ve bahçelerin iyileştirilmesi, çölleşmiş arazilerin kazanılması gibi çevre faktörleri göz önüne alınınca kurulup kurulmaması Belediye inisiyatifindedir.

Geri dönüşüm tesisi

Belediye tarafından geri dönüşüm maddeleri evsel içerikli organik çöplerden, tıbbi atıklardan ve tehlikeli atıklardan ayrı olarak toplanacaktır. Toplanan bu atıklar ayırma tesislerine getirilecektir.

Çevko Vakfı tarafından hazırlanan Geri Kazanım Projesi kurulacak Geri Dönüşüm Tesisine örnek oluşturması bakımından incelenecektir.

Malzeme değerlendirilmesini temin etmek amacı ile kurulabilecek minimum kapasite 3 t/gün – vardiya'dır. Bu kapasite ile kurulacak bir ayırma tesisi ile 3 vardiyada ayda 270 ton geri kazanılabilir atık ayırma işlemine tabi tutulabilecektir. Bu çaptaki bir tesis vardiya başına yaklaşık 40 000 konuta hizmet verecektir. Eğer bu sayı azalırsa satılan malzemelerden elde edilecek gelir tesis giderlerini karşılamayacaktır.

Ayırma tesisinin teknik özelikleri, yaklaşık maliyetleri ve yıllık işletim giderleri bir ayırma bandı için verilmiştir.

- 1 adet 12 m'lik ayırma bandı
- 1 adet 2,8 m'lik yükleme bandı
- 25 adet ayrılmış malzeme biriktirmek için tekerlekli araba
- 1 adet hidrolik pres
- 1 adet manyetik seperatörden oluşacaktır.

Detaylı teknik özellikleri;

- Konveyör uzunluğu : 12 m
- Konveyör yüksekliği : 1,0 m
- Bant tipi : Yeşil renkli PVC bant

- Bant genişliği : 0,9 m
- Şase genişliği : 1,1 m
- Şase malzemesi : Siyah saç (Fırın boya tatbik edilmiş)
- Bant hızı : Ayarlanabilir

Bu bant sisteminin maliyetleri Çizelge 4.5'de belirtilmiştir.

Ayırma bandı 12 m)	7 420 $
Yükleme bandı (2,8 m)	2 330 $
Ayrılmış malzeme arabaları (25 adet)	5 430 $
Manyetik seperatör (1 adet)	3 100 $
Hidrolik pres (1 adet)	3 000 $
Elektrik İşleri	2 000 $
TOPLAM	23 280 $

Çizelge 4.5. Geri dönüşüm bant sisteminin yaklaşım maliyeti (11)

Bu tesisin ilk yatırım maliyeti Yaklaşık 236 280 $'dır.

Böyle bir tesis için gerekli bina yaklaşık olarak 30 m x 10 m ebatlarında olup teknik özellikleri bahsedilen bant sisteminin yerleşmesi için yeterlidir. Tesis içinde 1 ustabaşı, 4 işçi olmak üzere toplam 5 kişilik personele ihtiyaç vardır. Bu işçiler Belediye bünyesinden sağlanabilir.

Gelen atıkların evsel içerikli organik çöplerden ayrı gelmesi zamanla oluşacak alışkanlıklara bağlıdır. Böylece ayırma için kullanılan personel ve enerji azalacaktır. Ayrıca organik çöple karışmayan maddelerin geri dönüşümü daha verimli olmaktadır.

Bu tesisin yıllık işletme giderleri yaklaşık olarak Çizelge 4,6'da belirtilmiştir.

Çizelge 4.6. Geri dönüşüm bant sisteminin yıllık işletme giderleri (11)

Giderler	Maliyet
İşçilik Giderleri	Belediye personeli görev yapacaktır. Ek ödeme olmayacaktır.
Tamir ve Bakım Giderleri	3 000 $
Amortisman	4 250 $
Sabit Giderler (Elekt. + Su)	14 850 $
Yardımcı Malzeme ve Torba	12 200 $
TOPLAM	34 300 $

4.3.3. Tesislerin işletilmesi

Kentten çıkan atıklar Büyükşehir Belediyesi tarafından toplanıp ve Mamak ve Sincan Çadırtepe'de kurulacak olan Geri Dönüşüm Tesislerine getirilecektir.

Çöp ve atıklar mutlaka en aza indirilmeli, özellikle içine tehlikeli atıklar atılmamalıdır. Çok etkili ve organize bir biriktirme ve toplama sistemi yerleştirilmelidir. Çöplerin içine ilaç, boya atıkları, kullanılmış yağlar, piller gibi tehlikeli maddeler karışmaması için bunlar ayrı biriktirilmeli ve ayrı toplanmalıdır. Biriktirme sistemi veya toplama sistemi "Evden Alma" veya "Merkeze Bırakma" gibi sistem uygulamaları olabilir.

Frankfurt-Flörsheim-Wicker Katı Atık Bertaraf Tesisinde değerli katı atıkların ayrı atılması için bir Geri Kazanma Merkezi (Recyclinghof, Recycling center) bulunmaktadır. Burada hazır bulunan konteynırlar içine kağıt, karton, mukavva, cam şişe, cam kavanoz, pencere camı, teneke kutular, çelik ve alüminyum kutular, demir, bakır, diğer metal hurdalar, kullanılmış ahşap malzemeler, her türlü plastik, styropor, ambalaj chipsleri, eski elbiseler,

kullanılmış ayakkabılar, tekrar elden geçirilip, kullanılabilir hale getirilebilecek inşaat atıkları, bitkisel yeşil atıklar, dal odun vs gibi, eski lastikler, buzdolabı ve dondurucular, televizyon, monitör, elektronik hurda, ve şişe mantarları bunların içine atılmaktadır (21).

Toplama

Atıkların getirilmesi mümkün olduğunca mevcut lojistikle gerçekleşir. Tehlikeli ve tıbbi atıklar Yakma Tesisine, evsel içerikli organik atıklar Düzenli Depolama Alanına, geri dönüşüm maddeleri ise Geri Dönüşüm Merkezine iletilir. Atıklar geldiğinde tartılır ve sonra yassı depoya götürülür.

Ayıklama

Kepçeyle veya vinçle optik değerlendirmeye göre kaba ve rahatsız edici maddeler uzaklaştırılır. Sonra atıklar elek kovanında birçok aşamada ve cinsine göre ayıklanır. Atıklar bu arada makineyle ve elle birçok ayıklama hattında ayıklanır. Geri dönüşümü yapılabilen fraksiyonlar seçilir ve Geri Dönüşüm Tesisine iletilir.

Demir bant üzeri mıknatıslarla atıkların arasından seçilir ve geri dönüşüme gönderilir.

Otel ve lokanta sektöründen gelen sulu yemek artıkları veya gıda sanayisinden gelen atıklar, biyolojik (organik) atıklar düzenli depolama alanına gönderilir.

Ev atıkları, havaleli atıklar ve sanayi atıkları yassı depoya bırakılır. Toplam tesis, girdi malzemesinin adım adım el yardımıyla birlikte mekanik şekilde ayrıştırılmasını öngörmektedir.

Kabul bunkerinden atıklar birçok görev hattı üzerinden ilk dozajlama ve dönüştürme yerlerine gelir. Bu yerde ilk parça fraksiyonlar diğer mekanik işlem için ayrılır.

Asıl ana atık akımı elle ön ayıklama yapılan bir hattan geçer. Burada uzman bir ayıklama personeli tarafından, değerli ve zarar verici maddeler ayıklanır. Burada söz konusu olan en başta büyük folyeler, kartonlar, demir ve hurda fraksiyonları ve ayrıca elektro cihazları ve diğer zarar verici maddelerdir.

>100 mm çapında gözleri olan elekler elle ayıklama bölümünden geçer. Bu bölümde ayıklama personeli öncelikle karton/kâğıt, içi boş plastik nesneler, cam ve diğer değerli madde ayıklamasına konsantre olmaktadırlar.

Geriye kalan rest fraksiyonlar merkezi olarak toplanır ve yükleme istasyonundan direkt kamyonlara yüklenir. Bunun için rest atıkların Çadırtepe deposunda depolanması öngörülmüştür.

Cinslerine göre toplanmış değerli maddeler tek tek gerekli kanal balya preslerine gönderilir ve preslenerek pazarlanabilir balya haline getirilir. Cam ve elektronik cihazlar gibi diğer değerli madde fraksiyonlar konteynıra yüklenir ve böylece pazarlanması için hazır hale getirilir.

Tesiste geri dönüştürülebilir aşağıdaki büyük parçalar ayıklanır:

- Kağıt
- Karton
- Cam
- Demir
- Demir olmayan metaller
- Plastik

- Tekstil
- Elektronik hurda

Bu değerli parçalar uygun kişilere satılabilir.

Plastiğin sıvılaştırılması (Virgoil)

Plastik atıkların bir kısmının tesiste sıvılaştırılması öngörülmüştür.

Önceden ufalanan plastik, eğer kirlenmişse, suyla yıkanır. Zararlı maddeler (kum, ketal, kirlilik vb.), ayrıca PET ve PVC bu basamakta batıcı veya yüzücü katman olduğu gerekçesiyle uzaklaştırılır. Temiz plastiğin yıkanmasına gerek yok. Temizlenmiş plastikler ısıtılmış besleme tertibatı sayesinde tesise verilir.

Plastik tesiste çeşitli işlem basamaklarından geçtikten sonra nihai ürün olarak yakıt ortaya çıkar ve normal fueloilin ısı kalorisine eşittir. Bu yakıt fueloil veya yakıt (dizel) olarak kullanılabilir. Yakıt örneğin, ısı santrallerinde veya araçlarda yakıt olarak kullanılır.

Tesis basınçsız işletilmektedir. Plastiğin sıvılaştırılması (proses ısısı) yaklaşık 400°C'de oluşur. Her iki tesisteki tüm araçların de atıktan dönüştürülmüş dizel sayesinde çalışmaları öngörülmüştür. Diğer yakıt satılabilir (16).

Ürünler

Önümüzdeki çözüm önerisi atıkta bulunan değerli maddeleri, enerji ve diğerlerini hedefli biçimde kullanmak. Tüm ürünlerin üretimi ve değerlendirilmesi hakkında, projelendirilmeden önce işverenle ve alıcı sanayiyle görüşülmesi gerekiyor. Değerlendirilebilir ürünler için satış hedeflenebilir.

Aşağıdaki ürünleri üretmek mümkündür:

Geri Dönüşebilir ürünler

Makineyle ve elle yapılan seçmede aşağıdaki fraksiyonlar seçilip satılabilir.

- Kağıt
- Karton
- Cam
- Demir
- Renkli metaller
- Plastik
- Tekstil
- Elektronik hurda

Biyogaz/Depo gazı

Deponi alanından biyogaz üretilir. Isıl değeri doğalgaza göre yaklaşık 2/3 oranında daha azdır.

Doğalgaz	30 MJ / m^3
Biyogaz	23 MJ / m^3
Şehir gazı	20 MJ / m^3

Deponi sahasında kurulacak olan meşaleme ünitesinde 2 000 m3/h'lik debiye kadar gelen deponi gazı, 1 000 0C'de 3 saniyelik bir bekleme süresinde yakılabilir. Deponi gazı sıkıştırma ünitesinin tamamı ve meşaleme ünitesi tam otomatik olarak işletilebilir.

Elde edilen elektrik enerjisi kendi ihtiyacını karşıladıktan sonra fazlası bir sayaçtan geçirilerek şehir şebekesine verilmektedir. Kapsamlı bir enerji

dağıtım sistemi ile de deponi gazının yakılmasından elde edilen enerji pompa istasyonlarının yardımı ile uzaktan iletim hattı ve tüketicilerin oluşturduğu alt istasyonlar kanalıyla atık ısı enerjisi çeşitli kullanıcıları tarafından ısınma ve proses enerjisi olarak kullanılabilir.

Yıllık masrafların, hiç olmazsa elektrik enerjisi ve ısı enerjisi satışından karşılanılması beklenebilir. Aslında bu tür tesislerin kar etmesi veya masrafları karşılaması mutlaka beklenmemelidir.

Ana amaç tehlike potansiyeli de olan bu tür sahaları zararsızlaştırmak ve aynı zamanda da içindeki potansiyel enerjiden yararlanmaktır.

Yakıt / Virgoil yönteminden yakıt

Çizelge 4.7. Virgoil yakıtının normal yakıt ile karşılaştırılması (16)

Karakteristiği	Virgoil	Normal yakıt
Isı değeri (kJ/kg)	>40 000	42 600
Yanma noktası	50℃	>55℃
Donma noktası	-18℃	- 30℃
Karbon oranı	0,14	<0,15
Ketan	53	>40
Kül	%0,01	%0.,02
Kükürt	%0,024	0,05
Viskozite (40℃'de)	2,0	1,9 – 5,5

Çizelge 4.7'de verilen değerlere göre Virgoil yöntemi ile üretilen yakıtın karakteristiği normal yakıtlara yakın özelliktedir.

4.3.4. Yatırım ve işletme masrafı

Bu konular hakkında şöyle tahmin yürütülmektedir:

- Ankara belediyesi 49 yıllığına, yılda 1 500 000 ton atık teslim edeceğine dair taahhüt edecektir.
- Belediye atıkların alınması için Mamak'a ton başına 2 $ (yaklaşık 1 200 000 t/yıl) ve Çadırtepe'ye (300 000 t/yıl) ton başına 1 $ ödeyecektir.
- Belediye tesiste üretilmiş elektriği kWh başına en aşağı 0,1 $'a almayı taahhüt edecektir.
- Belediye Mamak'ta ve Çadırtepe'de tesislerin kurulacağı ücretsiz birer arazi verecektir.
- Atıklar Belediye tarafından bu iki tesise götürülecektir.
- Bina ve tesisler 15 yıllığına amortize edilecektir.
- Değerli maddeler EK-1'de bildirilmiş şartlara göre satılacaktır.
- EK-2'deki işletme masrafları EK-1'deki kabullere göre ve deneyim değerlerine göre araştırılacaktır (16).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ankara'nın katı atık konusunu iki yönden ele alınabilir. Birincisi, mevcut rezervin çevreye olan zararlarından kurtulmak, diğeri ise bundan sonra ortaya çıkan atıkları bertaraf etmek, enerji elde etmek ve geri dönüşümünü sağlamaktır.

Tuzluçayır Çöplüğü'nün 1979 yılında kapatılmasının ardından, 1980 yılında çöp depolamaya başlanan Mamak Çöp Döküm Alanının, hızlı nüfus artışı ve plansız kentleşmenin bir sonucu olarak yeni bir çevresel sorunu olmuştur. Mamak Çöplüğü'ne günlük 3 bin ton çöp dökülmektedir.

Mamak çöp döküm alanı; 26,6 hektar büyüklüğünde olup, Ankara'nın 8 ilçesinden 6'sının (Etimesgut, Gölbaşı hariç) çöplerinin döküldüğü bir sahadır. Bu alanda evsel, endüstriyel ve tehlikeli atıklar rasgele depolanmaktadır.

Döküm yapılan alan dik bir yamaç üzerindedir ve yağışlı dönemlerde korunması bu koşullar altında son derece zordur. Geçmiş dönemlerde katı atık zamanla yamaç aşağı hareket ederek yayılmıştır.

Yüksek kirletici özelliğe sahip olan sızıntı suları, depolanan atıklardan belirli bir süre boyunca akıntı yönünde kontrolsüz olarak akmaktadır. Sahaya hala çöp dökümünün sürmesi ise yüksek derecede kirletici sızıntı sularının denetimsiz biçimde depolama sahası yakınındaki vadiye boşalmasına neden olmaktadır. Sızıntı suyu bölgede insan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir. Bir an evvel sahanın en düşük kotlarını kuşaklayacak biçimde bir hendek açılması, sızıntı suyunun bu hendek aracılığıyla toplanması veya kanalizasyon şebekesine verilmesi ve deponinin yüzey sızdırmazlığının yapılması gerekmektedir.

Depolama sahasının belirli bir kısmındaki atıklar stabilize olmuş ve sıkıştırılmıştır. Ancak genç çöplerin bulunduğu kısımlardaki yükseklik içte

kalan bölgelerde anaerobik bozunumun başlayabileceği fikrini vermektedir. Anaerobik bozunumun kontrol altında tutulmaması Ümraniye tipi bir metan gazı patlamasına da neden olabilir.

Sahadan beslenen köpeklerin ve kuşların yaratabileceği ve doğrudan doğruya halk sağlığını tehdit edecek sorunların engellenmesi için mevcut çöpler sıkıştırılarak üzeri en 15 cm toprak ile örtülmelidir. Üzeri örtülen bölüm altındaki yerlerde çöpten dolayı oluşan metan gazı tahliye edilmelidir. Bunun için incelemeler yapılıp metan gaz kuyularının yerleri belirlenmelidir. Eğer çıkan gaz miktarı ve özelliği satmaya elverişli ise EGO'ya satılmalıdır. Ekonomik olarak fazla bir getirisi yok veya çıkan gaz miktarı düşük ise yakılarak imha edilmelidir.

Mamak Çöplüğüne çöp dökülmesi bir an evvel durdurulmalı ve rehabilite edilmelidir. Çevre ve insan sağlığını tehdit edecek her türlü riske karşı önlem alınmalıdır. Çöplüğün ıslah edilen bölümlerinin yeşillendirilerek park haline getirilmelidir

Katı atık yönetiminin temel araçları olan nihai depolama alanları ve aktarım istasyonları gibi unsurlar eksiksiz biçimde çalışmaya başlamalıdır.

2002 yılında İsveç'in ITC Invest Trading & Consulting AG. firması, "Ankara Recycling – Ankara Geri Dönüşüm - Atık Geri Dönüşüm Projesi, Seçme, Değerlendirme, Mayalama ve Enerji Kullanımı" adlı proje ile ihaleyi almış ve çalışmalara başlamıştır. Ancak projeyi hayata geçirememiş ve Mayıs 2005'te başka bir firma ile anlaşma sağlanmıştır. Bu firma da 2006 yılı sonuna doğru tesisi faaliyete geçirecektir.

Ankara çöpü % 56 oranında organik atık ve % 30 oranında da kül ihtiva etmektedir. Ankara sanayi bölgesi olmadığı için fabrikalardan kaynaklanan tehlikeli atık miktarı diğer bölgelere göre düşüktür. Ancak, hastane, sağlık kuruluşları, veteriner klinikleri ve laboratuarlardan kaynaklanan patolojik ve

patolojik olmayan, enfekte kimyasal ve farmosotik atıklar, kesici ve delici malzemeler ve sıkıştırma kaplarını imha etmek için düşük kapasiteli bir Katı Atık Yakma Tesisi yapılmalıdır. Bu atıklar belirli ölçülerdeki çukurlara gömülerek de bertaraf etme yöntemi bırakılmalıdır.

Döner silindirli fırınlar bu yakma tesisi için uygun özelliktedir. Özellikle tehlikeli atıklar ve tıbbi atıklar için kullanılmasına rağmen evsel atıklar için de kullanılabilir. Dönme hızları, ihtiyaca göre ayarlanabilir.

Kompost, gübreden farklı olarak, toprağı ıslah edici organik değeri ve su tutma kabiliyeti yüksek malzemedir. İçerisine azot ve fosfor verilerek istenilen şekilde gübre elde edilebilir. Böylece bu bölgede çok fazla görülen çölleşmiş arazilerin iyileştirilmesinde kullanılabilir. Fakat Ankara için kullanımı ekonomik değildir. Bu yüzden kurulması şart değildir.

Genel olarak, düzenli depolama, katı atıkların, titizlikle seçilmiş ve hazırlanmış bir alana, sistemli olarak yayılıp üzerlerinin toprakla örtülmesinden ibarettir.

Ayrıca, uygun arazilerin bulunması şartıyla bu yöntem en ekonomik ve en kolay imha seçeneğidir. Yakma ve kompostlamaya göre maliyet açısından 1/4 ila 1/8 kat daha ucuzdur.

Fakat düzenli depolamanın en önemli sorunu uygun arazi bulmaktır. Türkiye'de depolama sahalarının seçimi halen yürürlükte olan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği hükümleri çerçevesinde yapılmaktadır. Uygun arazi belirlendikten sonra depolama sahasının gerçekleşmesi için gerekli olan alanın kime ait olduğu oldukça önemlidir. Söz konusu alana kamunun sahip olması daha avantajlıdır. Çoğu zaman özel mülk sahipleri kazanç konusunda problem çıkarırlar. Bazen kamulaştırma gerekmekte ve bu prosedür de projenin gerçekleşmesini geciktirmekte ve maliyeti arttırmaktadır.

Ülkemizde evsel atıkların ağırlık olarak % 12'sini cam, metal, plastik, kağıt ve karton gibi geri kazanılabilir atıklar oluşturmaktadır.

Büyükşehir Belediyesi konutlara ve işyerlerine özel poşetler dağıtmalı, bu poşetlere cam, metal, plastik, kâğıt ve karton gibi geri kazanılabilir atıkların ayrı ayrı veya hepsinin aynı poşette poşetlenmesini sağlayarak haftanın belirli günlerinde bunları toplamalıdır. Çeşitli tanıtım kampanyaları ve reklamlar ile bu işlemi halka öğretmeli, yasal düzenlemeler ile zorunlu hale getirmelidir. Okullarda öğrencilere tanıtımlar düzenlenerek teşvik edilmeli ve bu bilinç oluşturulmalıdır. Bununla birlikte sokak ve caddelerdeki geri kazanılabilir atık kumbaralarının sayısını arttırıp, sokak toplayıcıları tarafından boşaltılmasını önlemelidir. Konutlarda ve kumbaralarda toplamak çöpün içinden ayırma işlemine göre çok ekonomik olduğu için bu işe önem verilmelidir.

Atığın yakılması, çöpün hacmini azaltan, böylece depolama gereğini en az düzeye indiren yöntemlerden biridir. Ancak enerji üretmeyen yakma, kaynakların korunmasına katkı sağlamaz. Bu yüzden tüm yakma tesislerinin enerji üretimi özellikli hale getirilmesi gerekir. Yakma tesislerinde özellikle ağır metal, dioksin ve furan gibi kirletici emisyonun minimize edilmesi zorunludur. Bazı durumlarda depolama, atık bertarafında tek yoldur. Bununla birlikte, depolamanın uzun vadede çevre üzerinde yaratacağı olumsuz etkilerin boyutları henüz tam olarak bilinmemektedir. Geleceğe dönük riskleri en aza indirmek için, atık stratejileri, öncelikle atığın ortaya çıkmasını önleme doğrultusunda ciddi çabalar göstermeli, bu mümkün olmadığında depolanacak çöp miktarının minimize edilmesini hedeflemelidir.

Ayrıca, çöpler, depolanmadan önce hacminin azaltılması ve tehlikeli atıklardan arındırılması amacıyla sınıflandırılmalı ve ön-arıtma işleminden geçirilmelidir. Orta vadede, yalnızca geri kazanım özelliği olmayan çöplerin gömülmesi sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Mandil, C., "Key World Energy Istatics", ***IEA***, Washington DC, 6-8 (2005).

2. T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, "Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı: Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyonu Raporu", ***DPT, 2569,*** Ankara, 7 (2001).

3. Özemre, A. Y., Aralık 24 "Türkiye'nin Enerji Açısından Trajik Durumu", ***Zaman Gazetesi,*** (2002).

4. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, "Birincil Enerji Kaynakları Tüketimi İstatistikleri", ***ETKB,*** Ankara, 5-15 (2005).

5. Gürpınar, E., "Kent ve Çevre Sorunlarına Bir Bakış", ***Der Yayınları,*** I. baskı, İstanbul, 88 (1993).

6. Tokgöz, S., Özdağlar, D., Erdin, E., "Belediyelerde Çöp ve Katı Atık Sorunları", ***Büyük Menderes Ovası ve Deltasında Tarım ve Çevre Sorunları Sempozyumu,*** Ege Üniversitesi, İzmir, 7-8, 10 (1996).

7. Zanbak, C., "Türkiye'de Makro Düzey Sanayi Atıkları Yönetim Sorunları ve Çözüm Yaklaşımları", ***Türkiye Kimya Sanayicileri Derneği,*** İstanbul, 2-4 (2002).

8. Devlet İstatistik Enstitüsü, "1992, 94, 95 ve 96 İmalat Sanayii Atık Envanterleri", ***DİE,*** Ankara, 11 (1996).

9. Baştürk, A., Gönüllü, M. T., "Evsel ve Endüstriyel Katı Atıkların Düşündürdükleri", ***İnsanlığa Hizmet Vakfı Yayınları,*** I. baskı, İstanbul, 171 (1992).

10. Devlet İstatistik Enstitüsü, "2001 Yılına ait Belediye Katı Atık İstatistikleri Anketi Geçici Sonuçları", ***DİE,*** Ankara, 5, 11-13, 25-30 (2003).

11. Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı, "Çevko Vakfı Geri Kazanım Projeleri", ***ÇEVKO Vakfı,*** İstanbul, 53 (1998).

12. Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı Sağlık İşleri Daire Başkanlığı Çevre Sağlığı Şube Müdürlüğü, "Mamak Çöplüğüne Dökülen Çöpün Fiziksel Özellikleri", ***Ankara B. B.,*** Ankara, 1-5 (1993).

13. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Ankara Şubesi, "Ankara'nın Unutulan Sorunu: Mamak Çöplüğü", ***TMMOB,*** Ankara, 1-2 (2005).

14. Bayramoğlu, Y. F., “Türkiye'de Yerel Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi”, ***IULA-EMME Yayınları,*** II. Baskı, İstanbul, 38 (1996).

15. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Türkiye Çevre Atlası – Atıklar”, ***Çevre ve Orman Bakanlığı,*** Ankara, 426 (2003).

16. Invest Trading & Consulting AG, “Ankara Geri Dönüşüm - Atık Geri Dönüşüm Projesi – Seçme, Değerlendirme, Mayalama ve Enerji Kullanımı”, ***ITC***, 3, 5-10, 15-17 (2002).

17. Gürpınar, E., “Çevre Sorunları”, ***Der Yayınları,*** I. baskı, İstanbul, 67 (1990).

18. Oktar, T. Ö., "Çevre Kirliliği Sorunu ve Katı Atıkların Ekonomik Değerlendirilmesi", ***İnsanlığa Hizmet Vakfı Yayınları (İnsan ve Çevre sempozyum tebliğleri)*** İstanbul, C.III, 126-128 (1992).

19. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”, ***Çevre Bakanlığı, 20814, Resmi Gazete,*** (1991).

20. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Katı Atık Yakma Tesisleri İçin Teknolojiler ve Yer Seçimi Yönetmeliği”, ***Çevre ve Orman Bakanlığı,*** Ankara, 8, 45-48, 68-67 (2005).

21. Erdin, E, “Almanya-Frankfurt-Flörsheim-Wicker Katı Atık Bertarafı Tesisinde İşletme Tekniği İnceleme Raporu”, ***DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü,*** İzmir, 12, 14-17 (2000).

22. Korol, A, “İzmir Uzundere Kompost Tesisi ve Harmandalı Düzenli Atık Depolama Alanı Katı Atık İşleme Parametreleri ve Maliyet Analizi”, Bitirme Projesi, ***DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü,*** İzmir, 66-70 (1997).

23. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, “Endüstriyel Kaynaklı Hava Kirliği Kontrolü Yönetmeliği”, ***Çevre Bakanlığı, 25606, Resmi Gazete,*** 1-2, 6 (2004).

24. Özbek, H., “Tarımda organik maddenin önemi”, Yüksek Lisans Tezi, ***Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi,*** Ankara, 78 (1971).

25. Kacar, B., “Bitki ve Toprağın Kimyasal, Analizleri III. Toprak Analizleri”, ***Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi,*** Eğitim Araştırma Geliştirme Yayınları, Ankara, 8, 10-13 (1995).

26. Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı, “Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümde Verim Analizi”, ***Çevko Vakfı Yayınları***, İstanbul, 35, 41 (1999).

27. Erdin, E., "DAAD ALMANYA 1998 : Bilimsel ve Teknik Araştırma ve İnceleme Kısmi Raporu", ***DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü,*** İzmir, 12-15, 31-34 (1998).

28. IFO Fuarcılık, "Recycling İstanbul'05", ***TÜYAP,*** İstanbul, 22-25 (2005).

29. Diaz, L. F., Savage G., Eggerth G., Golueke C., "Solid Waste Management for Economically Developing Countries", ***ISWA,*** 417 (1996).

30. Saraç, H. İ., Kaya, D., Sözbir, N., Çallı, İ., "Tüpraş İzmit Rafinerisi Proses Atık Buharı Isı Enerjisinin Geri Kazanılmasının Araştırılması", ***Beşinci Yanma Sempozyumu,*** Bursa, 61-68 (1997).

31. Kaya, D., "Tüpraş İzmit Rafinerisi Atık Çamur Yakma Tesisinin Enerji Geri Kazanım Potansiyelinin Etüdü", ***Ankara Üniversitesi Mühendis ve Makine Dergisi,*** 19 (2003).

32. Kaya, D, "Tüpraş İzmit Rafinerisi Proses Atık Buharı Isı Enerjisinin Geri Kazanılmasının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, ***Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,*** Kocaeli, 48, 51 (1996).

33. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, "Katı Atık İşleme (Kompostlaştırma ve Geri Kazanma) Tesisi Fizibilite ve Proje Çalışması Fizibilite Raporu", ***Rust Mühendislik/IGA/MİMKO,*** İstanbul, 5, 8-11 (1996).

34. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, "Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği", ***Çevre Bakanlığı, 25538, Resmi Gazete,*** 1-3, 6-7, 12 (2004).

35. Erdin, E, "Bazı Avrupa Kentlerinde Çöp ve Katı Atıklar Sorunu ve Günümüz Teknolojileri", ***DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü,*** İzmir, 8-13, 26-28 (1997).

36. TMMOB Çevre Mühendisleri Odası, "Ankara-Sincan Çadırtepe Tıbbi Atık Depolama Sahası'na İlişkin Gözlem Raporu", ***TMMOB,*** Ankara, 2-5 (2005).

37. Veeken, J., "Atık Transfer İstasyonları için Teknoloji ve Yer Seçimi Kriterleri", ***DHV Consultants,*** 15-21 (2000).

38. Baban, A. "Anaerobic Digestion of Dairy Cow Manure", Yüksek Lisans Tezi, ***Boğaziçi Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü,*** İstanbul, 41 (1981).

39. Brodie, H. L., Gouin, F. R., Carr, L. E., "What Makes Good Compost? In Farm Scale Composting", ***Emmaus,*** Pennsylvania, 26-31, 65-71 (1995).

40. Diener, R. G., “Commercial Composting Class Notes”, ***Agricultural and Environmental Education, West Virginia University,*** 79 (1998).

41. Öztürk, M., “Hayvan Çiftliklerinde Kompost Üretimi”, ***Çevre ve Orman Bakanlığı,*** Ankara, 6-8, 10, 17-21 (2005).

42. Dizman, Ö., “İzmit Entegre Çevre Projesi”, ***İZAYDAŞ Deponi Şefliği,*** İzmit, 2, 8-16 (2005).

43. Uluatam, S. S., "Ankara Katı Artıklarının Etkili Biçimde Toplanması, Taşınması, Değerlendirilmesi ve Zararsız Hale Getirilmesi", ***Doğu Bilim Dergisi,*** Ankara, B-8(1):5, 88-118, (1984).

EKLER

EK-1 Ankara geri dönüşüm

"Ankare Geri Dönüşüm"
Geri dönüşüm ürünlerinden ve biyogazdan miktarlar ve girdiler

Atık Miktarı 1.500.00 t/yıllık (=%100)

Atık fraksiyonu	Ton başına Kazanç ABD Doları olarak	% atıkta ***	T olarak toplam	Alınabilir yüzdesi	Toplam Kazanç ABD Doları olarak
Cam	5	3	45.000	50	112.500
Kağıt ve Karton	25	9	135.000	50	1.687.500
Demir olmayan metaller	100	2	30.000	50	1.500.000
Demir	100	2	30.000	50	1.500.000
Plastik	40	7	105.000	50	2.100.000
Kompost	20	52	780.000	50	5.850.000
Depodaki rest	-	25	375.000	-	-
Toplam		100	1.500.000		12.750.000

Belediyenin katkısı	1.50 ABD Doları/t			2.250.000
Biyogaz				
Organik (girdi)	780.000 t/yıl			
VGA katı biyogaz 100 m3/t	380.000 t/yıl	38.000.000	M3/yıl	
VGA sıvı biyogaz 14 m3/t	300.000 t/yıl	42.000.000	M3/yıl	
Toplam biyogaz	80.000.000 m3/yıl 6.5 kW/h			
Enerji Birimi	520.000.000			
Toplam Elektrik	173.333.333 kW/yıl			
Elektrik Satışı Kazancı	17.333.333,33 ABD Doları/yıl			
Depo Gazı				
Kazanç	1.500 m3/h			
Toplam Depo Gazı	13.400.000 m3/yıl			
Toplam Elektrik	80.400.000 kWh/yıl			
Toplam Elektrik Satışı Kazancı	8.040.000 kWh/yıl			
Virgoil Dizel				
Yakıt / Dizel	2.000.000			
Toplam Satış	42.373.333			

Yatırımlar ve İşletme Giderleri (3.3.02 tarihli durum)

Yatırımlar (tahminen)		
Yatırım Masrafları	ABD Doları	240.000.000

İşletme (yabancı maddelerden arınma olmadan)		
Sermaye masrafları (%6 faiz, Amortizasyon 15 a)	ABD Doları/yıl	23.200.000
Revizyon/Bakım/Mali yardım yatırımın %2'si	ABD Doları/yıl	4.800.000
Personel Masrafı 800 işyeri 6.000.-/yıl	ABD Doları/yıl	4.800.000
Yönetim / Sigorta yatırımın %0.5'i	ABD Doları/yıl	1.200.000
İşletme aracı	ABD Doları/yıl	1.000.000
İşletme Masrafı	ABD Doları/yıl	35.000.000
Geri dönüşüm Kazancı	ABD Doları/yıl	13.000.000
Elektrik Satışı Tesis	ABD Doları/yıl	17.000.000
Elektrik Satışı Depo	ABD Doları/yıl	8.000.000
Yakıt Satışı 2 Tesis	ABD Doları/yıl	2.000.000
Belediyenin Katkısı	ABD Doları/yıl	2.250.000
Toplam Kazanç	ABD Doları/yıl	42.250.000
Yıllık Kazanç	ABD Doları/yıl	7.250.000

Aşağıdaki masraflar dahil değildir

Mevcut Mamak deposu Rekültivasyon
Depo fraksiyonların Mamak'tan Çadırtepe'ye nakliyatları ve tersine nakliyat masrafları
Gümrük, Vergiler, Ücretler

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Ali ÖNER, 1978 yılında Bilecik'te doğdu. İlkokulu, Ali Ateş İlkokulunda, ortaokulu Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulunda tamamladı. Liseyi Eskişehir Demiryolu Meslek Lisesinde yatılı olarak bitirdi. 1997 yılında Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümü programına başlayıp 2001 yılında birincilikle bitirdi. 2002 yılında Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstriyel Teknoloji Eğitimi Bölümünde Yüksek Lisans programına başladı.