KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ*FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI ORTAM HAVASINDA KARBONMONOKSİT (CO) KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ VE DAĞILIM MODELLEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Aladdin KOLAT

Anabilim Dalı: Çevre Mühendisliği

Danışman: Doç. Dr. Ertan DURMUŞOĞLU

KOCAELİ, 2009

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI ORTAM HAVASINDA KARBONMONOKSİT (CO) KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ VE DAĞILIM MODELLEMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Aladdin KOLAT

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 08 Mayıs 2009

Tezin Savunulduğu Tarih: 24 Haziran 2009

Tez Danışmanı	Üye	Üye
Doç.Dr. Ertan DURMUŞOĞLU	Yrd.Doç.Dr. Mehmet İŞLEYEN	Doç.Dr. Aykan KARADEMİR
(.....)	(.....)	(.....)

KOCAELİ, 2009

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Dünya nüfusu arttıkça oluşan evsel ve endüstriyel atık miktarı da artmaktadır. Oluşan bu atıkların çeşitli yöntemlerle ya bertaraf edilmekte, ya geri kazanılarak başka proseslerde kullanılmaktadır. Atıkların düzenli depolanarak bertaraf yöntemi, gün geçtikçe önemini ve kullanım alanı artmaktadır. Ancak atıkların anaerobik ve aerobik olarak ayrışmaları sırasında bir takım gazlar oluşmaktadır. Oluşan bu gazlardan olan karbonmonoksit gazının oluştuğu alandaki ve oluştuğu alan dışındaki konsantrasyonları hava kirliliği ve insan sağlığına etkisi açısından önem arz etmektedir.

Oluşan gazların, oluştuğu alandaki ve çevresindeki, özellikle yerleşim bölgelerindeki, konsantrasyonlarını belirlemek için bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bu tür programlar kullanılarak modelleme yapılabilmekte ve böylece olışan gazların o ortamdaki ve çevredeki konsantrasyonları belirlenerek alınması gerekn önlemler tespit edilebilecektir.

Hava kirliliğinini tespitinde yaygın olarak kullanılan modelleme yönteminin, düzenli depolama sahasında oluşan karbonmonoksit gazının modellemesi çalışmasında bilgilerini, yardımlarını ve anlayışını esirgemeyen tez danışmanım, Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Ertan DURMUŞOĞLU' na, modelleme konusundaki yardımları konusunda Öğr. Gör. Dr. Fatih TAŞPINAR' a, ölçümler sırasında yardımlarından dolayı Arş. Gör. M. Kemal KORUCU'ya, ölçümlerde her türlü desteği gösteren İZAYDAŞ Yönetimine ve bilgi ve yardımlarından ötürü Deponi Şefi Özlem ERKAL'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca daima bana destek olup anlayış gösteren, konu ve zaman ayırt etmeksizin yardımda bulunan sevgili eşim Fernap EREN KOLAT' a sonsuz teşekkür ve minnet duygularımı sunmayı bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER vi
ÖZET vii
İNGİLİZCE ÖZET viii
1. GİRİŞ 1
2. KATI ATIK 3
2.1. Katı Atığın Tanımı ve Özellikleri 3
2.2. Katı Atık Yönetimi 5
2.2.1. Katı atıkların düzenli depolama yöntemiyle bertarafı 6
3. DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARINDA MEYDANA GELEN MİKROBİYOLOJİK PROSESLER 10
3.1. Düzenli Depolama Alanlarında Meydana Gelen Olaylar 10
3.1.1.Ayrışma 10
3.1.2. Parçalanma 13
3.1.3. Çözünme 13
3.2. Düzenli Depolama Alanlarında Gaz Oluşumu 13
3.2.1. Deponi gazının oluşum şekli 15
3.2.2. Deponi gazının oluşumuna etki eden faktörler 17
3.2.3. Deponi gazlarının hareketi 18
3.2.4. Depolama gazı kontrolü için başlıca önlemler 20
4. DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARINDA OLUŞAN KARBON MONOKSİT (CO) VE ZARARLARI 24
4.1. Karbon Döngüsü 24
4.2. Karbon Monoksit 25
4.2.1. Karbon monoksitlerin kaynakları 27
4.2.2. Karbon monoksitlerin etkileri 28
5. MATERYAL VE METOT 30
5.1. Çalışma Alanı 30
5.2. Çalışma Metodu 34
5.2.1. CO ölçümleri 34
5.2.2. Dağılım modeli 39
5.2.2.1. CO kütlesel debisinin hesabı 40
5.2.2.2. ISCST3 modeli 43
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 49
6.1. Ölçüm Sonuçları 49
6.2. ISCSTR 3 Modelleme Sonuçları 51
6.2.1. Saatlik CO modellemesi 51
6.2.2. 24 Saatlik CO modellemesi 51
6.2.3. Yıllık CO modellemesi 51
6.3. Model ve Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması 56
6.4. Tartışma 57

KAYNAKLAR.....64
ÖZGEÇMİŞ.....68

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1: Depo gazlarının oluşum aşamaları.....15
Şekil 3.2: Pasif gaz toplama sistemi (ATSDR, 2003).....21
Şekil 3.3: Aktif gaz toplama sistemi (ATSDR, 2003). 22
Şekil 4.1: Karbon döngüsü (Sermiento et al., 1999).....25
Şekil 5.1: İzmit Evsel ve Tehlikeli Katı Atık Düzenli Depolama ile Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi (İzaydaş, 1999).....31
Şekil 5.2: Kocaeli ili evsel katı atık bileşimi ve miktarı (T.C. Kocaeli Valiliği, 2003). 32
Şekil 5.3: Evsel atık lotu taban kesiti (İzaydaş, 1999).....33
Şekil 5.4: Ölçüm yapılan noktalar 36
Şekil 5.5: İlk ölçüm noktasından görünüm 37
Şekil 5.6: Ölçüm noktasından görünüm-1 37
Şekil 5.7: Ölçüm noktasından görünüm-2 38
Şekil 5.8: HORİBA APMA-370 Ambient air CO cihazı.....38
Şekil 5.9: Model 300E CO cihazı ölçüm prensibi 39
Şekil 5.10: LandGEM v3.02 açılış ekranı. 40
Şekil 5.10a: Lot 7 Veri Giriş Sayfası.....42
Şekil 5.10b: Lot 5 Veri Giriş Sayfası.....42
Şekil 5.10c: Lot 4 Veri Giriş Sayfası.....43
Şekil 5.10d: Lot 3 Veri Giriş Sayfası.....43
Şekil 5.11: ISC-AERMOD View programı başlangıç ekranı 46
Şekil 6.1:.Saatlik CO dağılım modeli 53
Şekil 6.2: 24 Saatlik CO dağılım modeli 54
Şekil 6.3: Yıllık CO dağılım modeli.....55
Şekil 6.4:Wrplot View modülü ile hazırlanan rüzgar gülü (Taşpınar, 2008).....56
Şekil 6.5: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesi izleme İstasyonları Web Sitesi (www.havaizleme.gov.tr, 2009). 60

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1: Katı atığın bileşimi ve değişimi (Tchobanoglous et al., 1993)..... 5
Tablo 2.2: Katı atık değerlendirme metotlarının
maliyetleri (Wasti ve Diğ., 1996)..... 6
Tablo 3.1: Tipik deponi gazları, oranları ve özellikleri (ATSDR, 2003).....14
Tablo 4.1: Karbonmonoksitin vücut fonksiyonları üzerine
etkisi (Vesilind, 1975). 29
Tablo 4.2: Karbonmonoksitin maruziyet süresi ile meydana getirdiği
etki (Guest 1995). 29
Tablo 5.1: Depo alanındaki lotların alan ve hacimleri (İzaydaş, 1999).....32
Tablo 5.2: Tesiste yıllara ait depolanan evsel atık miktarları (Izaydaş, 1999).....34
Tablo 5.3: LandGEM modeli için belirlenen çalışma parametreleri 41
Tablo 5.4: Her bir lota oluşacak karbon monoksit miktarları (ton/yıl).....45
Tablo 5.5: Modelleme için giriş verileri (Moschandreas et al., 2002).....46
Tablo 5.6: Çalışmada kullanılan yöreye özgü iklim
parametreleri (Taşpınar, 2008).....47
Tablo 6.1: Ölçüm Sonuçları 49
Tablo 6.2: Her bir lotta oluşan CO miktarları 50
Tablo 6.3: Karbon monoksit gazı için ulusal ve uluslararası standartlar
(Ulusal Mevzuat, USEPA, WHO).....59
Tablo 6.4: Karbon monoksit gazı için uluslararası standartlar.....59
Tablo 6.5: Istanbul Kemerburgaz-Odayeri Katı Atık Depolama Tesisi' nde
yapılan ölçüm sonuçları (Nemlioğlu ve diğerleri, 2002).....62
Tablo 6.6: Izmır-Uzundere Katı Atık Depolama Tesisi' nde yapılan
ölçüm sonuçları (Onargan ve diğerleri, 2003). 62

SİMGELER

Kısaltmalar

BOI	: Biyolojik Oksijen Ihtiyacı
KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
NMOC	: Nonmetan Organik Bileşik
ATSDR	: Agency For Toxic Substance And Disease Registry- Toksik Madde ve Hastalığı Kayıt Ajansı
COHb	: Karboksihemoglobin
İZAYDAŞ	: İzmit Atık ve Artıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme A.Ş.
TUBİTAK	: Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu
LandGEM	: Landfill Gas Emission Model – Deponi Gazı Emisyon Modeli
ISCST3	: Industrial Sources Complex Short Term Model 3- Kısa Vadeli Kompleks Endüstriyel Kaynakları Modeli 3
USEPA	: US Environmental Protection Agency – ABD Çevre Koruma Ajansı
PEL	: Permissible Exposure Limit-İzin Verilen Maruz Kalma Sınırı
REL	: Recommended Exposure Limit-Önerilen Maruz Kalma Limiti
TLV	: Threshold Limit Value-Eşik Sınır Değeri
NIOSH	: The National Institute for Occupational Safety and Health- Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü
ACGIH	: The American Conference of Governmental Industrial Hygienists-Amerika Endüstriyel Hijyen Kongresi
OSHA	: Occupational Safety and Health Administration-İş Sağlığı ve Güvenliği Dairesi

KATI ATIK DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI ORTAM HAVASINDA KARBONMONOKSİT (CO) KONSANTRASYONLARININ BELİRLENMESİ VE DAĞILIM MODELLEMESİ

Aladdin KOLAT

Anahtar Kelimeler: Düzenli Depolama, Deponi Gazı, Karbonmonoksit, LandGEM, Dağılım Modeli, ISC-AERMOD

Özet: Düzenli depolama ülkemizde de en çok tercih edilen katı atık bertaraf yöntemidir. Atıklar depolandıktan sonra, biyolojik ve kimyasal reaksiyonlar sonucu süzüntü suyu ve deponi gazı oluşur. Oluşan deponi gazı değişik bileşiklerden oluşmakta ve kontrol edilmediği durumlarda çevre kirliliği oluşturmaktadır. .

Bu çalışmada İZAYDAŞ (İzmit Atık ve Artıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme A.Ş.) düzenli depolama alanı ortam havasında karbonmonoksit (CO) gazı konsantrasyonları incelenmiştir. Deponi alanından kaynaklanan CO emisyon oranları LandGEM v3.02 kullanılarak belirlendikten sonra, ISC-AERMOD View v5.3 programı kullanılarak dağılım modeli gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, depolama alanında 19 farklı noktada ortam havası ölçümleri yapılmış ve model sonuçları ile beraber değerlendirilmiştir.

DETERMINATION AND DISPERSION MODELING OF CARBONMONOXIDE (CO) CONCENTRATIONS ON THE AMBİENT AIR OF SOLID WASTE LANDFILL AREA

Aladdin KOLAT

Keywords: Lanfill, Landfill Gas, Carbonmonoxide, LandGEM, Dispersion Modeling, ISC-AERMOD

Abstract: Landfilling is the most preferred method of solid waste management in Turkey. Following waste deposition, leachate and landfill gas are produced due to biological and chemical reactions. Landfill gas is comprised of various compounds and creaates environmental problems if it is not controlled properly.

In this study, carbonmonoxide (CO) concentrations on the ambient air of IZAYDAS (Izmit Waste and Residue Treatment, Incineration and Recycling Co. Inc.) solid waste landfill was investigated. After CO emission rates were determined by LandGEM, a dispersion model was developed by using ISC-AERMOD View v5.3. Then, ambient air CO concentrations were measured and assessed along with the model results.

1. GİRİŞ

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de katı atık üretimi her geçen gün artmaktadır. Oluşan katı atıkların bertaraf edilmesi, günümüzün en önemli sorunlarından bir tanesi haline gelmiştir. Modern katı atık yönetimi atıkların sadece bertaraf edilmesini değil, çevresel açıdan kesinlikle problemsiz ve ekonomik açıdan uygulanabilir bir yöntemin tercih edilmesini gerektirmektedir. Yeterli boş araziye sahip olmayan ülkelerde katı atıklar yakılarak bertaraf edilirken Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler katı atıklarının bertarafında düzenli depolama yöntemini tercih etmektedir. Düzenli depolamayı vahşi depolamadan ayıran en önemli fark, bunların birer mühendislik yapısı olmasıdır. Düzenli depolama alanlarının dizaynında süzüntü suları diğer birçok faktör gibi gözönüne alınmaktadır. Oluşan depolama gazları ise çevre kirliliğine sebep olmadan uzaklaştırılmalı ve alan kapatıldıktan sonra doğaya geri kazandırılmalıdır.

Bu çalışmada Kocaeli Büyükşehir Belediyesi' ne bağlı bir kuruluş olan İzmit Atık ve Artıkları Arıtma, Yakma ve Değerlendirme A.Ş. (İZAYDAŞ) tarafından işletilmekte olan düzenli depolama alanı çalışma sahası olarak seçilmiştir.

Depolama alanı 1997 yılında işletmeye açılmış, toplam yüzey alanı 363007 m^2 ve toplam hacmi ise 3163000 m^3 tür. Depolama alanına Kocaeli ve çevresinden toplanan atıklar herhangi bir ayırma işlemine tabi tutulmadan dökülmekte ve sıkıştırılmaktadır. 6 adedi evsel atıklar, 1 adedi ise endüstriyel atıklar için ayrılmış toplam 7 lottan oluşmaktadır. 2000 yılında 7 numaralı lot, 2005 yılında 5 numaralı lot, 2006 yılı sonunda ise 4 numaralı lot kapatılmış ve üzeri toprak ile örtülmüştür. Bu çalışmanın yapıldığı dönemde 3 nolu lotta depolama devam etmektedir.

Bu çalışman iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşama çalışmanın gerçekleştirildiği İZAYDAŞ Düzenli Depolama Alanı' nında CO emisyonlarının tespit edilmesidir. İkinci aşamada ise Kocaeli ve çevresine ait atık bileşenlerinden

yola çıkarak USEPA tarafından önerilen LandGEM 3.02 modeli ile depolama alanında oluşacak CO konsantrasyonu ve zamana bağlı olarak miktarları belirlenmiştir. Daha sonra, ISCST3 (ISC-AERMOD View 5.3) gaz dağılım modeli ile modelleme yapılmışır.

2. KATI ATIK

2.1. Katı Atığın Tanımı ve Özellikleri

Günümüzde nüfus artışına, teknolojik gelişmeye, sanayileşmeye ve kentleşmeye paralel olarak gerek miktar, gerekse içerik açısından hızla artan katı atıklar doğaya önemli olumsuz etkileri nedeni ile bir çevre problemi haline gelmiştir. İnsanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucu işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her türlü madde ve malzemeyi "katı atık" olarak tanımlamak mümkündür.

İnsan ve hayvanların yaşam aktivitelerini devam ettirebilmelerinde ortaya çıkan, normal şartlarda katı cisim özelliği taşıyan, kullanım dışı, istenmeyen materyale de katı atık denmektedir. Ayberk (2000) ise katı atığı; doğal yolla üretilmiş tarımsal, hayvansal ve orman ürünleri ile insanlar tarafından teknolojik işlemler ile üretilen her türlü madde, amacı doğrultusunda kullanıldıktan sonra ortama atılan maddeler şeklinde tanımlamaktadır.

14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde katı atık; üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamurunu olarak tanımlanır.

Herhangi bir atığın önemi onun, istenmeyen çevre etkilerine sebep olan ve tekrar kullanılabilecek maddelerini veya enerjiyi veren potansiyeli ile ifade edilir.

Katı atık problemi, diğer çevre problemleri yanında, bilhassa büyük yerleşim bölgelerinde gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Katı atıklar, kirletilmiş hava ve suyun aksine ulusal sınırlar ötesine taşınmazlar, bu nedenle ulusal bir sorun olarak kalırlar. Fakat katı atık yönetiminin uygun olmaması, yakma sistemlerinden

kaynaklanan hava kirliliğine veya depolama alanlarındaki sızıntılardan kaynaklanan su kirliliğine neden olur. Katı atık depo sahası sızıntı sularının biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI) değeri, normal kanalizasyon suyundan 100, bazen 500 kat daha yüksek olabilmektedir (Halisdemir ve diğ. 2001).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (2000)' nün araştırmasına göre, hastane atıklarının %80' inden fazlası evsel nitelikli atıklardan oluşur. Eğer bu atıklar diğer enfekte olmuş atıklardan ayrılamazlarsa, tüm atık tehlikeli atık sınıfına gireceğinden dolayı bu durum; hem sağlık riskine, hem de atık uzaklaştırma maliyetinin artmasına yol açacaktır (Halisdemir ve diğ., 2001).

Katı atıkların fiziksel özellikleri; özgül ağırlık, su miktarı, tane büyüklüğü ve çöpün geçirgenliği iken kimyasal özellikler ise; kimyasal bileşim, katı atığın enerji kapasitesidir. Biyolojik özellikleri ise suda çözünebilir madde, hemiselüloz, selüloz, yağlar, lignin, lignoselüloz, proteinlerdir. Katı atıklar tanımından da anlaşılacağı üzere çeşitli kaynaklardan meydana gelmektedir. Katı atıklar ev, iş yeri, endüstri, atıksu arıtma tesisleri, inşaat alanlarından, hastane vb. yerlerden kaynaklanmaktadır (Durmuşoğlu 2003).

İnsanların evsel kullanımları sonucu oluşan atıkların miktar ve özelikleri, şehrin sosyoekonomik seviyesine, kullanılan yakıt cinsine, beslenme alışkanlıklarına vb. faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Mesela; Almanya' da 1950' li yıllarda toplam evsel katı atığın %60' ı kül ve cüruftan oluşurken, bugün bu değer %10 'un altındadır. Katı atığın bileşimi ve değişimi Tablo 2.1' de verilmiştir.

Türkiye İstatistik Enstitüsü (2004)' nün araştırmasına göre kişi başına oluşan çöp miktarı, Türkiye geneli için, kentsel ve kırsal nüfusun özellikleri, sosyoekonomik ve kültürel yapısı, tüketim alışkanlıkları vb. faktörler de dikkate alınarak 0,5-1,5 kg/kişi-gün' dür.

Tablo 2.1: Katı atığın bileşimi ve değişimi (Tchobanoglous et al., 1993).

Bileşimi	Geri kalmış ülkeler	Gelişmekte olan ülkeler	Gelişmiş ülkeler
Organik			
Gıda atıkları	20-65	30-65	8-30
Kağıt, karton	1-10	8-30	25-60
Plastik	1-5	2-6	2-8
Tekstil	1-5	2-10	2-8
Bahçe atıkları	1-5	1-4	10-20
Odun	1-5	1-10	1-4
İnorganik			
Cam	1-10	1-10	4-12
Metaller	1-5	1-5	2-12
Toprak vs.	1-40	1-30	0-10

2.2. Katı Atık Yönetimi

Katı atık sorununun çözülmesinde yasal düzenlemelerin yapılması zorunludur. Katı atık konusunda uygulanan yasal düzenlemelerin özünde; olabildiğince az atık üretmek ve bunun üretiminden başlanarak, tüketimin son halkasına kadar tasarlanması gerekir. Tasarım; katı atıkların, hammadde ve/veya başka amaçlara yönelik olarak yeniden kullanılması, toprak, hava, su ortamına ve bu ortamdaki canlılara zarar vermeyecek şekilde nihai uzaklaştırılması esasına dayanır. Bu esasların uygulanması amacıyla geliştirilen sisteme de "Katı Atık Yönetimi" denir. Yani katı atık yönetimi " Evsel, sanayi ve tıbbi atıkların kaynağında ayrı toplanması, taşınması; insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek şekilde teknik usullere uygun olarak bertarafını" içermektedir.

Artan nüfus ve buna paralel olarak artan atık miktarı katı atık yönetimini artık bilimsel bir ortama taşımış ve buna paralel olarak çeşitli yasal düzenlemelere konu olmuştur. Katı atık yönetimi; toplama, taşıma, transfer istasyonları ve katı atık uzaklaştırma sistemlerinin bir bütünüdür. Katı atık yönetimi sistemi içerisinde; katı atıkların geri kazanılması, değerlendirilmesi ve yok edilmesinde kullanılan metotlar yer almaktadır. Katı atıkların değerlendirilmesinde hangi alternatiflere yer verileceğini belirleyen en önemli etken maliyettir. Tablo 2.2' de katı atık değerlendirme metotlarının maliyet açısından kıyaslaması yapılmıştır (Wasti ve diğerleri, 1996).

Gelişmiş ülkeler olarak adlandırılan batılı ülkelerde, çevre koruma teknolojilerinde görülen yeni bilimsel yaklaşımlar, katı atık sorununun çözümünde etkili olmuştur. Öncelikle katı atık yönetimi kavramında genel kabul gören tercih ve yaklaşımlar netleşmiş ve uygulamaya başlamıştır. Katı atık yönetim sıralaması; atık miktarının azaltılması, atıkların yeniden kazanılması, yakma tesisinde giderim ve düzenli depolama şeklindedir (Toruncuoğlu, 1995).

Tablo 2.2: Katı atık değerlendirme metotlarının maliyetleri (Wasti ve Diğ., 1996).

Yöntem	**Masraf ($/ton)**	**Kazanç ($/ton)**	**Uygulama (%)**
Düzenli depolama	4-16	5	75,0
Yakma	31-62	11	22,3
Kompostlaştırma	23-62	11	2,7

Katı atıkların bertarfında yaygın uygulanan metotlar kompostlaştırma, piroliz, yakma, geri kazanım ve düzenli depolamadır.

2.2.1. Katı atıkların düzenli depolama yöntemiyle bertarafı

Katı atık bertaraf yöntemlerinden biri de depolamadır. Kullanılmayan ve istenmeyen atıkların en son depolandıkları yerlere atık dolguları ya da daha güncel adıyla – katı atık depolama tesisi – denmektedir (Kutay, 2001).

Bilinen çeşitli katı atık ve geri kazanma yöntemlerine rağmen, çeşitli ekonomik ve finansman sorunları nedeniyle katı atıkların büyük bir kısmı depolanmaktadır. Bilhassa metropol yörelerde evsel çöplerin yanı sıra büyük tesislerden büyük oranda endüstriyel proseslerden ve atıksu arıtma tesislerinden çok miktarda % 60-75 su içeren çamurlar da katı atık depolama yerlerine gelmektedir (Alyanak ve diğ., 1987).

Depolama iki türlü yapılır. Tekniğine uygun olarak yapılan düzenli depolama, uygun arazi bulunduğu takdirde ön yatırımı az olan bir yöntemdir. Katı atıkların çevre sağlığına uygun şekilde araziye dökülüp, sıkıştırıldıktan sonra üzerinin toprakla örtülerek olumsuz çevre etkilerinin minimuma indirildiği bir katı atık yönetim ve

nihai imha metodudur. Her türlü çöp için uygulanabilir. Katı atık miktarına göre kapasite kolaylıkla ayarlanabilir. Kullanılıp kapatılan araziden rekreasyon amacıyla yararlanılabilir.

Vahşi depolama olarak bilinen düzensiz depolama ise, yer seçimi doğru yapılmamış, tekniğine uygun olarak inşa edilmemiş alanlarda çöplerin gelişigüzel depolanmasıdır. Bu işlem yer altı ve yerüstü su kirliliği, toprak kirliliği, patlama, yangın, görüntü kirliliği, taşıyıcı ve haşere üremesi, toz ve kötü koku yayılması gibi olumsuzluklara neden olmaktadır.

Bu yüzyılın ortalarına kadar hemen hemen tüm atıklar, kontrolsüz biçimde açık alanlara boşaltılmaktaydı. Hacmi azaltabilmek için atıkların yakılması sıkça rastlanan bir uygulamaydı. Atıklar önceleri doğal topografyası uygun olan sahalara kontrolsüz ve açık şekilde boşaltılmaktaydı. En çok kurumuş akarsu yatakları, taşkın havzaları ve ender de olsa terk edilmiş maden işletmeleri (kum çakıl ocakları) gibi yerler tercih edilmişlerdir (Kutay, 2001).

Düzenli depolama günümüzde en çok kullanılan atık bertaraf yöntemidir. Bu yöntem ile katı atıklar çevreye kötü kokular yaymaz ve çevreye yayılıp çevreyi kirletmezler. Bu şekilde zararlı ve hastalık taşıyıcı canlılara barınma ve çoğalma ortamı yaratılmamış olur. Gaz çıkışı ve sızıntı sularının kontrol altına alınması da düzenli depolama tesislerinin özellikleridir. (Durmuşoğlu, 2003).

Düzenli depolama şu anda şehirlerin büyük çoğunluğu için en ucuz bertaraf etme yöntemidir. Atık depolama alanları esas olarak yer altı ve yer üstü suların kirlenmesi, atıklardan meydana gelen gazların olumsuz etkileri, görüntü kirliliği, taşıyıcı ve haşere üremesi, çevreye toz ve kötü koku yayılması gibi olumsuzlukları ortadan kaldırması için tasarlanır (Kutay, 2001).

Düzenli depolama tesisinin genel şartları ise; ekonomik olması, depolamanın homojen olması, depolama alanının jeolojik ve topografik özelliklerinin belirlenmesi, yağış miktarı ve yer altı su seviyesinin dikkate alınması, depolama alanında yeterince

meyil bulunması, yerleşim birimlerine ve diğer önemli bölgelere (sulak alanlar, tarihi alanlar v.s) etkilerinin belirlenmesi olarak sıralanabilir (Durmuşoğlu, 2003).

Düzenli depolama alanlarının avantajları ve dezavantajları ise Çevre Bakanlığı' nın katı atık depo alanları yönetimi ile ilgili yönergeye göre en ekonomik yöntem olması, kullanılıp kapatılan araziden rekreasyon amacıyla faydalanılması, geniş iş imkanı sağlaması ve elde edilecek enerji ve imkanlardan o yöre halkının öncelikle istifade edilmesi avantajları olarak belirtilirken; her bakımdan uygun yer bulmanın güçlüğü, başlangıç aşamasında psikolojik muhalefet ile karşılaşılması, döküme kapatılmış katı atık depolama alanlarında göçük ve yerel çökmelere karşı devamlı bakım gerektirmesi, su ve gaz sızıntılarının da kontrol altında bulundurulması gibi olumsuz tarafları da mevcuttur (www.yerelnet.org.tr/yerel_hizmetler/kati_atik/rapoe_01.php).

Düzenli depolama tesislerinin planlanma aşamasında dikkat edilmesi gereken, tesisin sahip olması gereken genel özelliklerinden biri kapasiteleridir. Tesisin günlük, aylık ve yıllık kapasitesi belirlenir. Evsel katı atık depo tesisinin asgari kapasiteleri, nüfusu 100.000 ve küçük olan yerleşim birimlerinde 10 yıllık depolama ihtiyacını karşılayacak şekilde planlanmalıdır. 100.00' den büyük olan yerlerde ise 500.000 m^3 olarak planlanır. Kapasite tayininde kişi başına üretilen çöp miktarı, sahanın hacmi, çöp derinliği gibi konular gözönünde bulundurulur. Depo tesisine ulaşım ve depo alanı iç yollarında geçiş, her türlü hava şartlarında mümkün olmalıdır. Bir diğer özellik ise tesisin etrafının çitle çevrilmesidir. Böylece kontrolsüz girişlerin, evcil ve yabani hayvanların depo sahasına girmelerini önlemek amacıyla depo tesisinin etrafı 2 metre yüksekliğinde bir çitle çevrilmelidir. Depolama sahasında kirlenen araba tekerleklerinin, yolları kirletmemesi ve çevreye zarar vermemesi için tekerlek lastiklerini yıkayıcı bir sistem kurulur veya araçların hızlı gidebileceği en az 30 m uzunluğunda bir hat yapılır.Bir düzenli depolama tesisinin girişinde mutlaka bir giriş bölgesi bulunmalıdır. Depo tesisi girişinde, girişi kontrol altında tutmak, gelen katı atıkları muayene etmek ve tartmak amacı ile bekçi kulübesi, işletme ve bakım binaları bulunmalıdır. Ayrıca geri kazanılan maddelerin ayrılacağı ve depolanacağı tesisler bulunmalıdır (Çevre Bakanlığı, 1996).

Düzenli depolama tesislerinin yer seçimi konusu, tesislerin gerekli genel şartları sağlamaları açısından önemlidir. Bu nedenle düzenli depolama tesisleri için yer seçimi oldukça kapsamlı bir konudur. Kamuoyu kontrolsüz, açık sahalara çöpün dökülerek bırakılmasını istememektedir. Çevre duyarlılığı ve bilincinin geliştiği günümüzde, çöplerin üretildikleri ana kaynaklarda sınıflandırılarak biriktirilmeleri ve yeniden kullanım döngüsüne sokulmaları gerekliliğinden bahsederek, tüm çabalara rağmen geriye kalan atıkların da sağlıklı biçimde katı atık depolama tesislerine yerleştirilmeleri gerektiği kamuoyuna anlatılmalıdır (Kutay, 2001).

Kurak, tuzlu, susuz, çorak ve düşük verimli araziler, çok az ürün veren topraklar, içinde su olmayan eski maden ocakları, yamaçlar (örtü meyli 1/3' den az olmamalıdır), büyük ulaşım yollarının bağlantı yerleri arasında kalan boş yerler, yer altı suyunu kirletme açısından tehdit etmeyen yerler, taşkın sahaları dışındaki yerler düzenli depolama için uygun arazilerdir. Yer altı suyundan faydalanılan, sel tehlikesi olan, tabiatı koruma işlemlerinin uygulandığı yerler, halkın mesire ihtiyacına ayrılmış olan yerler, meskun bölgenin depolama yerinden geçen hakim rüzgarların altında kaldığı yerler düzenli depolama için uygun olmayan arazilerdir (Durmuşoğlu, 2003).

Düzenli depolamaya kabul edilmeyecek atıklar; Zararlı ve toksik olanlar(Hg, CN, Cr gibi), ayrışma sonucu klor ve benzeri gaz çıkaran atıklar, derişik baz ve asitler, sodyum klorür gibi kolay çözünür tuzlar, yağlar ve yağlı katı atıklar, emülsiyonlar, solventler, hastane, klinik atıkları, hayvan cesetleri, otomobil lastikleri ve her çeşit sıvılardır (Borat, 2000).

Katı atıkların düzenli depolanarak bertaraf edilmesi çeşitli yöntemlerle yapılmaktadır. Bu yöntemler hendek metodu, alan metodu, vadi dolgusu metodu, yamaç dolgusu metodu ve düz arazi dolgu metotlarıdır. Bu metotlardan henden metodu ve alan metodu yaygın olarak kullanılan metotlardır.

3. DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARINDA MEYDANA GELEN MİKROBİYOLOJİK PROSESLER

3.1. Düzenli Depolama Alanlarında Meydana Gelen Olaylar

Düzenli depolama alanı içerisinde atıklar zamanla ayrışarak zararsız hale gelmektedir. Burada mikroorganizmalar görev almaktadırlar. Düzenli depolama içinde aşağıdaki olaylar meydana gelerek çöpler zamanla ayrışıp zararsız hale gelmektedir.

- Eskime, ayrışma
- Parçalanma
- Çözülme

3.1.1.Ayrışma

Biyokimyasal işlemler sonucu eskimeyle karmaşık organik maddeler kademe kademe daha basit bileşenlere dönüşürler. Ayrışma olayı önceleri aerobik, sonra fakültatif ve daha sonra ise anaerobiktir. Yavaş yanma olayı da oluşur.

Depolama gövdesindeki atıklar, zaman içinde organik bozuşmaya uğrayacaktır. Bu bozuşma prosesi; oksidasyon, anaerobik ekşi fermentasyon, dengesiz anaerobik metan fermentasyonu, dengeli anaerobik fermentasyonu olmak üzere dört aşamalıdır.

Birinci aşamada, atıkların içindeki oksijen tüketilir ve atıklar başka atık, toprak veya diğer bir malzemeyle örtüldükten sonra ilk çürüme prosesi başlamış olur. Bu basamakta kompleks organik bileşikler (yağlar, proteinler, selüloz) temel bileşenlerine (amino asitler, lipitler, şeker vb.) ayrışırlar (İZAYDAŞ, 2007). Hidroliz olarak adlandırılan bu reaksiyonlarla birlikte asit oluşturan reaksiyonlar da meydana gelmektedir (Durmuşoğlu, 2003).

Hidroliz reaksiyonu şu şekilde gerçekleşir:

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 \quad (3.1)$$

Asit oluşumu reaksiyonu (acidogenesis) ise şu şekilde ifade edilebilir:

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2 \quad (3.2)$$

İkinci aşamada, ilk aşamada oluşan temel bileşenler H_2, CO_2, asetat ve lipitlere dönüşür. Bu aşamada lipit konsantrasyonu önemli mertebede arttığı için, bu fazın ismi "ekşi fermentasyon" dur. Havayla temasa geçtikleri zaman, bu aşamaya geçen atıkların koku emisyonları oldukça yüksektir. Bu aşamada sızıntı suyunun kirlilik seviyesi de çok yüksektir.

Üçüncü ve dördüncü aşamada, ikinci fazın ara ürünleri CH_4 (metan), CO_2 ve H_2O'ya dönüşür. Bu gazlar, son (nihaî) ürünler olup, depolama gazının özellikleri belirleyen bileşenlerdir.

Yukarıda kısaca açıklanan prosesler oldukça komplekstir. Bu proseslerdeki dönüşüm hızları depolama gövdesinin değişik yerlerinde değişebildiği için, depolama gövdesinde dört fazın paralel olarak geliştiği görülür. Sızıntı suyu ve depolama gazının özellikleri, depolama gövdesinin yaşıyla birlikte değişir (İzaydaş, 2007).

Anaerobik ortamda gerçekleşen ikinci, üçüncü ve dördüncü aşamada asetik asit ve metan oluşumu gerçekleşir. Denklem 3.3' te asetik asit oluşumu (acetogenesis), denklem 3.3b' de ise metan oluşumu (metanogenesis) gösterilmiştir:

$$CH_3CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3COOH + 2H_2 \quad (3.3)$$

$$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2 \quad (3.3a)$$

$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O \quad (3.3b)$$

Depolama bölgesinde ayrışma reaksiyonlarında saprofit ve patojen bakterilerin faaliyeti söz konusudur. Patojenler, sporları hariç, genellikle kendi konak çevreleri

dışında uzun süre yaşayamazlar. Saprofitler patojenlerin tabii düşmanları olarak onları imha ederler. Sporlular hariç diğerleri toprağa gömüldüklerinde hızla ölürler. Yapılan araştırmalara göre düzenli depolamada patojen bakterilerin çoğunlukla spor üretmeyen tiplerden olduğu belirlenmiştir. Depolamada iki hafta sonra sıcaklık 25 ^{0}C'yi aşabilmekte, 35-37 ^{0}C' ye çıkabilmektedir. Esasında hızlı sıcaklık artımı için oksijen bir ön şarttır. Çöpün depoda dozerlerle işlenip sıkıştırılması ve örtü tabakası olarak kül kullanılması ilave oksijenin girmesini engeller, böylece sıcaklık artışı durur ve depo içi anaerobik hale gelmeye başlar. Örtü toprağı olarak kum çakıllı danesel malzeme kullanılması halinde depo içi sıcaklığın arttığı gözlenmektedir. Başlangıçta aerob, sonra fakültatif, daha sonraları sadece anaerobik bakteriler katı atıkların içinde faaliyette bulunarak salgıladıkları enzimlerle kararlı bileşikleri ayrıştırırlar. Evsel atıklarda gıda artıkları ile selülozdan ibaret kağıt ve kartonlar hakim halde bulunurlar. Gıda artıklarını oluşturan protein, karbonhidrat ve yağlar farklı şekilde ayrışırlar. Proteinler, başlıca bileşenlerinden lösinler, CO_2, H_2O ve NH_3' e indirgenirler. Glikonlar da lösinler gibi ayrışırlar. Kükürtlü bileşenler ise H_2S veya H_2SO_4 'e veya S ve H_2O'ya indirgenirler. Karbonhidratlar ise ilk kademede dekstrin ve glikoza, sonra asetik aside, neticede CO_2 ve H_2O'ya dönüşürler. Yağlar, önce yağ asitlerine parçalanırlar ve H_2 gazı oluşur. Gliserine parçalananlar önce asetik aside, daha sonra CO_2 ve metana dönüşürler. Selülozdan oluşan maddeler ise selüloz, kompleks selüloz ve pektinden ibaret 3 bileşene sahip olabilir. Selülozdan ardışık işlemlerle CO_2 ve H_2O oluşur. Kompleks selülozdan CH_4 ve H_2 çıkar.

Yukarıda sıralanan değişik katı atık bileşenlerinden neticede su, CO_2, H_2, H_2S ve CH_4 gibi gazlar ve bazı kimyasal maddeler ortaya çıkmaktadır. Açığa çıkan gazlardan bazıları su içinde çözünerek asitleri meydana getirmekte ve bunlar diğer katı atıkların daha fazla oranda ayrışıp çözünmesine sebep olmaktadırlar. Bu arada oluşan gazlar, depo çevresi yeterince yalıtılmamışsa düzenli depolamadan ayrılarak atmosfere yayılmaktadır.

3.1.2. Parçalanma

Düzenli depodaki atıklar ısı değişikliği basınç ve diğer sebeplerle daha küçük boyutlara sahip olacak şekilde parçalanırlar. Bu durum ayrışmadaki reaksiyon hızını arttırır.

3.1.3. Çözünme

Çöp içindeki bazı maddelerden ortaya çıkan su, asit ve diğer sıvılar ile dış çevrede yeraltı ve yerüstü suyu olarak bulunurken depoya ulaşabilen sular, katı atıklar içindeki maddeleri çözerek depo içinde hareket ederler. Bu olay da ayrışmayı hızlandırır. Çözünmeden sonra bir tasfiye tesisine gitmiyorsa bu sular depolamayı terk etmeleri istenir. Çünkü yeraltı ve yerüstü sularını kirletebilirler.

Düzenli depolama içindeki çözünmeyi arttırmak ve böylece düzenli depodaki artıkların zararsız hale gelmesini sağlamak üzere sızıntı sularını tekrar depo içine devrettiren özel sistemler de kullanılmaktadır. Bununla beraber düzenli depoya alt ve üst örtü tabakaları ve diğer imalat ile dışarıdan su girişine engel olmaya çalışılır. Yukarıda açıklanan eskime ile ayrışma, parçalanma ve çözünme olayları sonucunda bazı gazlar depodan ayrılır, sızıntı suları yer değiştirir. Böylece katı atıklar iyice sıkıştırılmış olsa ve üzeri toprakla da örtülmüş bulunsa dahi düzenli depolamada oturma ve çökmeler olur (Durmuşoğlu, 2003).

3.2. Düzenli Depolama Alanlarında Gaz Oluşumu

Depolama gazı yüzlerce farklı gazın karışımından oluşur. Deponi gazı hacimce tipik olarak %45-60 metan, % 40-60 karbondioksit içerir. Deponi gazı küçük oranlarda azot, oksijen, amonyak, sülfidler, hidrojen, karbon monoksit ve nonmetan organik bileşikler (NMOC), triklorobenzen, benzen ve vinil klorid gibi gazları da içerir. Tablo 3.1 de tipik deponi gazları, hacim olarak yüzdeleri ve karakteristikleri verilmiştir.

Katı atık depolama sahalarında depolanan atıklar oldukça heterojen yapıdadır. Gaz probu ile 2 ila 20 metre arasında derinlikten alınan numunelerde %50-70 CH_4, %30-50 CO_2 ve % birkaç oranda N_2, H_2, CO, H_2S ve NH_3 oluştuğu tespit edilmiştir. H2 %0.05 -1 arasında, CO %0-0.1 arasında değişen konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıkların depolandığı tesiste H_2' nin %8, CO %2 en yüksek seviyeleridir (Minko et al., 1990, Nozhevnikova et al., 1993).

Bu gazlardan en tehlikeli olanı metandır. Metan iki kat oksijen veya on kat hava ile karışınca en ufak bir kıvılcımla patlamaktadır. Hava içindeki metanın oranı % 5,553 ile % 14 arasında ise yanmakta, patlamaktadır. Başka bir ifade ile havadaki metan % 5,53' den az ise tehlike yoktur. % 14' den büyük ise yanar. Metanın tipik ısıl değeri 21,000 kI/m^3' tür. Yoğunluğu ise 1,017 kg/m^3' tür. Ateşleme sıcaklığı 600 ^{0}C' dir.

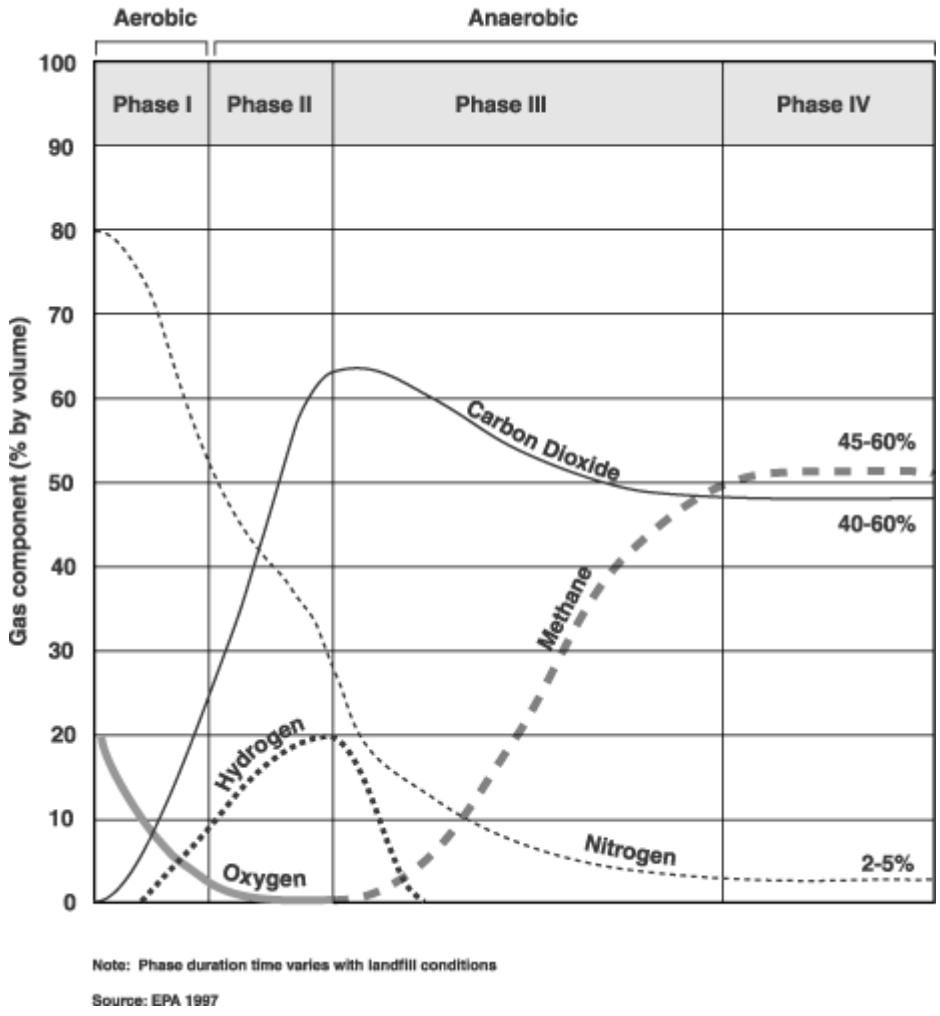
Tablo 3.1: Tipik deponi gazları, oranları ve özellikleri (ATSDR, 2003).

Bileşik	**Hacim (%)**	**Özellikler**
Metan	45-60	Doğal olarak oluşan gazdır. Renksiz ve kokusuzdur.
Karbondioksit	40-60	Karbondioksit atmosferde normal olarak düşük konsantrasyonlarda bulunur (0,03%). Renksiz,kokusuz ve az asidiktir.
Azot	2-5	Azot atmosferde %79 oranında bulunur. Renksiz, kokusuz, tatsızdır.
Oksijen	0,1-1	Atmosferde %21 oranında bulunur. Renksiz, kokusuz ve tatsızdır.
Amonyak	0,1-1	Amonyak renksiz, keskin kokulu bir gazdır.
NMOC	0,01-0,6	NMOC' ler organik bileşiklerdir (karbon içeren bileşikler). NOMC' ler doğal olarak veya sentetik kimyasal reaksiyonlarla meydana gelir. NMOC' ler akrilonitril, benzen, 1,1 dikloroetan, 1,2 cis diklor etilen, diklorometan, karbonil sülfid, etilen benzen, hekzan, metil etil keton, tetrakloroetilen, toluen, trikloroetilen, vinil klorid ve xylenes olarak deponilerde bulunur.
Hidrojen	0-0,2	Renksiz ve kokusuz bir gazdır.
Sülfürler	0-1	Sülfürler (hidrojen sülfür, dimetil sülfit, merkaptan gibi) doğal olarak meydana gelir ve deponilere çürük yumurta kokusu verirler. Düşük konsantrasyonalarda dahi hoş olmayan kokuya neden olurlar.
Hidrojen	0-0,2	Renksiz ve kokusuz bir gazdır.
Karbon monoksit	0-0,2	Renksiz ve kokusuz bir gazdır.

3.2.1. Deponi gazının oluşum şekli

Deponi gazının oluşumu bakteriyel bozunma, valotilizasyon ve kimyasal reaksiyonla ile olmaktadır.

Bakteriyel Bozunma; Bir çok deponi gazı, çöpte doğal olarak bulunan bakteriler tarafından organik bileşiklerin parçalanmasıyla ve deponilerin üzerine örtülen katılarla meydana gelen bakteriyel bozunma sonucu oluşur. Organik atıklar yiyecek, bahçe atıkları, sokak süprüntüleri, tekstil, odun ve kağıt ürünleridir. Bakteriler organik bileşikleri dört aşamada parçalarlar ve her bir aşamada gaz kompozisyonu değişir. Şekil 3.1' de her bir aşamadaki gaz üretimi ve bakteriyel bozunmanın dört aşaması hakkında detaylı bilgi verilmiştir.



Şekil 3.1: Depo gazlarının oluşum aşamaları

I. Aşama : Parçalanmanın ilk aşaması boyunca aerobik bakteri –yalnızca oksijen varlığında yaşabilen bakteri– yüksek molekül zincirli karbonhidrat, protein, ve yağları içeren organik atıkların parçalanması sırasında oksijen tüketir. Oluşan ilk ürün karbondioksittir. Azot başlangıçta yüksek miktardadır, fakat dördüncü aşamaya doğru gidildikçe azalır. I. Aşama oksijen tükenene kadar devam eder. I. Aşama günler veya aylar sürebilir. Bu deponinin atıkla doldurulması sırasındaki oksijen içeriğine bağlıdır. Oksijen miktarı atığın deponiye döküldüğünde sıkıştırma gibi faktörlere bağlıdır.

II. Aşama : Parçalanmanın ikinci aşaması deponideki oksijenin tükenmesinden sonra başlar. Anaerobik proses (oksijene ihtiyaç duyulmayan proses), aerobik bakterilerin ürettikleri asetik asit, laktik asit, formik asit, metanol ve etanol gibi alkollerin bakteriler tarafından değiştirilmesi ile gerçekleşir. Deponiler yüksek asidik olurlar. Asit, deponideki nem ile birleştiğinde besinlerin çözülmesine, azot oluşumuna ve deponi alanındaki fosforlu bakteri türünün artmasına elverişli ortam sağlar. Bu proseste oluşan gazlar karbondioksit ve hidrojendir. Eğer deponi karıştırılır veya oksijen girişi olursa mikrobiyal prosesler I. Aşamaya döner.

III. Aşama : Üçüncü aşama anaerobik bakterilerin ikinci aşamada üretilen organik asitlerin, asetat, ve organik asitlerin tükenmesinden sonra başlar. Bu proses deponilerin metan üreten bakterilerin saptanmasında daha kesin sonuçların elde edilmesini sağlar. Asit üreten bakteriler metanojenik bakterilerin tükenmesi için bileşikler oluştururlar. Metanojenik bakteriler asit üreten bakteriler için toksik olan CO_2 ve asetat tüketmektedirler.

IV. Aşama : Dördüncü aşama kompozisyon ve üretim oranlarının nispeten dural olduğunda başlar. Dördüncü aşamada deponi gazı genellikle hacim olarak yaklaşık % 45-60 CH_4, % 40-60 CO_2 ve % 2-9 sülfidler gibi diğer gazları içerir. Gaz dördüncü aşamada sabit oranda tüketilir, tipik olarak atık depolandıktan sonra 20 yıl, veya 50 ya da daha fazla yıl süresince dışarı verilmektedir Gaz üretimi daha uzun sürebilir, örneğin çöpte daha büyük miktarda organik maddenin bulunması durumunda evsel hayvan atıklarının ortalama miktarından daha yüksek oranda gaz oluşur.

Volatilizasyon; Deponi gazları atıkların, özellikle organik bileşikler, buhardaki likit veya katı form değişimi olduğunda üretilir. Bu proses volatilizasyon olarak bilinir. NMOC' ler deponi alanlarında kimyasalların uzaklaştırılmasının sonucudur.

Kimyasal Reaksiyonlar**;** Deponi gazları, NMOC' ler dahil, atıkta bulunan kimyasalların reaksiyonuyla oluşur. Örneğin klor ağartıcı ve amonyak bir araya gelirse zararlı bir gaz oluşur (ATSDR, 2003).

3.2.2. Deponi gazının oluşumuna etki eden faktörler

Deponi gazının oran ve hacmi atığın karakterizayonu (atığın bileşimi ve yaşı) ve birçok çevresel faktöre (depolama alanında oksijen bulunması, nem içeriği ve sıcaklık gibi) bağlıdır.

Çöp Kompozisyonu **:** Depolama alanında birçok organik atık bulunur ve deponi gazının çoğu parçalanma ile oluşur. Bazı tip organik atıklar sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi nütrientler içerir. Bunlar bakterilerin işlemlerine yardımcı olurlar. Bu nütrientler bulunduğunda deponi gazı üretimi artar. Ayrıca bazı çöpler zararlı bakterileri içerir, bunlar daha az gaz oluşumuna neden olurlar. Örneğin çöpte yüksek tuz konsantrasyonu olduğunda metan üreten bakteriler için inhibe edici etki yaparlar.

Deponi Alanındaki Oksijen Miktarı **:** Oksijen yalnızca bakterilerin metan üretimi başlangıcında kullanılır. Deponide fazla oksijen bulunduğunda atığı I. Aşamadaki aerobik bakteriler parçalar. Eğer atık gevşekçe depolanıyor veya sık sık karıştırılıyorsa oksijen miktarı çoktur ve böylece oksijene bağımlı bakteriler daha uzun yaşar ve uzun periyotta CO_2 ve su üretilir. Eğer atık yüksek miktarda sıkıştırılırsa metan üretimi daha erken başlar, aerobik bakterilerin yerini metan üreten anaerobik bakteriler alır. Metan sadece anaerobik bakteriler tarafından, oksijenin aerobik bakteriler tarafından tüketilmesinden sonra oluşmaya başlar. Bu yüzden oksijenin azalması halinde deponi alanında yavaş olarak metan üretilmeye başlar.

Nem İçeriği : Depolama alanında suyun bir kısmının bulunması gaz üretimini arttırır. Çünkü nem bakteriyel büyümeyi, besin transferini ve deponideki tüm alanlardaki bakterileri destekler. Nem içeriği %40 veya daha fazla olursa maksimum gaz üretimi artar. Atık sıkışması gaz üretimini yavaşlatır, çünkü deponi içeriğinin yoğunluğunu arttırır, atıktan filtrelenmiş suyun oranını azaltır. Şiddetli yağış olduğunda ve/veya geçirgen deponi alanı ilave su olduğunda gaz üretim oranı artar.

Sıcaklık : Yüksek sıcaklıklar bakteriyel aktiviteyi arttırarak gaz üretimini arttırırlar. Düşük sıcaklıklar ise bakteriyel aktiviteyi azaltır. Tipik olarak bakteriyel aktivite 50 ^{0}F' ın altında bozulur. Sığ depolama alanlarında hava değişimi gaz üretiminde büyük değişikliklere neden olur. Çünkü bakteriler sıcaklık değişimine karşı hassastırlar. Örtülmüş deponilerde genellikle sıcaklık stabildir ve maksimize gaz üretimi devam eder. Bakteriyel aktivite artar. Sıcaklık stabil olarak 77-113 ^{0}F arasında olur, ayrıca 158 ^{0}F olduğu da not edilmiştir. Sıcaklık uçuculuğu arttırır ve kimyasal reaksiyonları arttırır. Genel kural olarak NMOC' lerin emisyonları her 18 ^{0}F arttıkça iki katına çıkar.

Atık Yaşı : Son zamanlarda depolanmış atıklar daha eski atıklardan daha fazla gaz oluştururlar. Deponiler genellikle 1-3 yıl içinde fark edilebilir gaz üretirler. Maksimum gaz oluşumu çöplerin boşaltılmasından 5-7 sonra meydana gelir. Hemen hemen her gaz çöp boşaltıldıktan 20 yıl içinde oluşur, fakat az miktarda gaz 50 veya daha fazla yılda meydana gelir. Düşük metan oluşma hipotezine göre 5 yıl sürekli olarak gaz yayılır. 40 yıllık periyottan sonra metan üretimi yavaş parçalanma ile olur. Deponide farklı kısımlarda farklı parçalanma aşamaları aynı zamanda olabilir. Bu her bir atığın orijinal depolanmasına bağlıdır. Birçok organik materyal gaz oluşumunun ne kadar süreceğindeki önemli faktördür (ATSDR, 2003).

3.2.3. Deponi gazlarının hareketi

Gazlar deponi yüzeyinin alt kısmında oluşur, bunlar genellikle depolama alanlarından uzaklaşırlar. Gazlar yayılma ve uygun boşlukları doldurmaya meyillidirler. Bu yüzden depolama alanlarının süprüntü ve toprak kaplanmasıyla gözenek boşluklarından uzaklaştırılır yada göç ettirilirler. Metan gibi depolama

gazlarının doğal eğilimi havadan hafif olmaları nedeniyle yukarı doğru, genellikle deponi yüzeyine doğru taşınır. Deponi gazının yukarı doğru hareketi yoğun sıkıştırılmış atık veya deponi kaplama materyali (günlük toprak kaplaması veya tepeler) tarafından inhibe edilir. Yukarı doğru hareket engellendiğinde gaz yatay olarak deponideki veya deponi dışındaki diğer alanlara göç etmeye meyillidir. Esasında, gazlar en az direncin olduğu yolu takip ederler. Karbondioksit gibi birçok gaz havadan yoğundur ve kullanım alanları gibi alt yüzey alanlarında toplanır. Depolama gazlarının göç etmesinde üç temel faktör etkilidir: Difüzyon (Konsantrasyon), Basınç, Geçirgenlik.

Difüzyon (Konsantrasyon); Difüzyon bir gazın oda veya atmosfer gibi verilen bir alanda üniform konsantrasyona doğal olarak ulaşma eğilimi olarak tarif edilir. Depolama alanlarındaki gazlar yüksek gaz konsantrasyonlarının olduğu yerden düşük gaz konsantrasyonu olan yere doğru hareket eder. Çünkü depolama alanlarındaki gaz konsantrasyonu atmosferden daha yüksektir, deponi gazları deponi dışındaki düşük gaz konsantrasyonuna sahip atmosfere doğru yayılır.

Basınç; Depolama alanındaki gazların birikmesi gaz hareketinin sıkıştırılmış örtü ile sınırlandırıldığı yüksek basınçlı alanlar ve gaz hareketinin sınırlandırılmadığı düşük basınçlı alanlar meydana getirir. Basınçtaki değişim gazların yüksek basınçlı alanlardan düşük basınçlı alanlara hareket etmesine neden olur ve buna "konveksiyon" denir. Birçok gaz deponi alanında basınç artmasına neden olur, genellikle deponideki yüzey altı basınç veya kapalı ortam hava basıncından yüksek olmasına neden olur. Deponi alanlarındaki basınç yüksek olduğunda gazlar çevre veya kapalı ortam havasına doğru hareket etmeye yönelir.

Geçirgenlik; Gazlar en düşük direncin meydana geldiği yola doğru göç ederler. Geçirgenlik gazların ve likit akışın vasıtasıyla süprüntü ve topraktaki boşluk ve gözeneklerin bağlı olup olmasının ölçüsüdür. Kuru, kumlu toprağın geçirgenliği yüksektir. Nemli kilin geçirgenliği ise kuru kumlu toprağa göre daha azdır. Gazlar düşük geçirgenliğin (kil veya silt alanı) olduğu alanlardan daha çok yüksek geçirgen alanlara (kum veya çakıl alanlar) doğru hareket ederler (ATSDR, 2003).

3.2.4. Depolama gazı kontrolü için başlıca önlemler

Depolama gazının kontrolsüz şekilde dağılması önlemek için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunların başında günlük örtü, geçirimsiz tabaka ile kapatma ve oluşan gazların toplanması gelmektedir.

Günlük Örtü: Örtü yöntemi, yalnızca gazın yüzeye çıkmasını engeller; ancak örtü malzemesinin gözenekli yapısından dolayı, zehirleyici etkisini azaltsa da gazın havaya karışmasını önleyemez. Bu nedenle yüksek miktarda gazın oluştuğu durumlarda, örtü yöntemi yeterli olmamakta ve çevresinde yaşayanların başlıca şikayet nedenlerin biri olan koku problemini azaltabilmektedir.

Geçirimsiz tabaka ile kaplama: Geçirimsiz tabaka, metan gazı çıkışını tamamen önler, ancak aynı zamanda anaerobik ayrışmayı hızlandırdığı için gaz oluşumunun; çöpün yüzeyle temasını engellediği için de tabakanın altındaki çöp sıcaklığının artmasına neden olur. Yükselen gaz basıncı, yatay gaz hareketinin artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle, bu alternatif, gazın toplanması/havalandırılması yöntemi ile birlikte ele alınmalıdır.

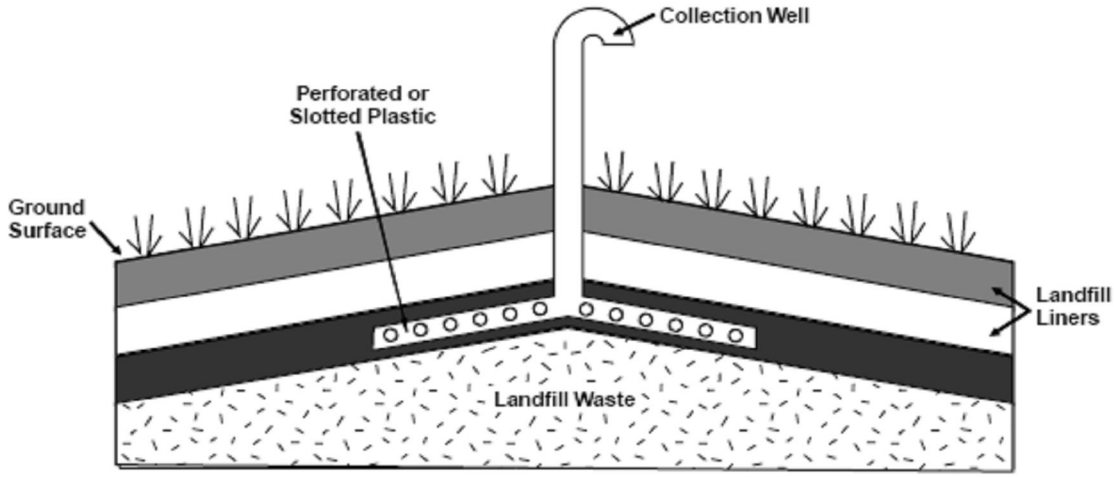
Çöpün üstünün örtülmesi veya geçirimsiz tabaka ile kapatılması yöntemini belirleyebilmek için, sahanın jeolojik yapısının ve potansiyel gaz miktarının çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Orta ve uzun vadede ölçümler yoluyla durumun izlenmesi ve alınacak önlemlerin bu doğrultuda güncellenmesi şarttır. Bu konudaki ipuçları;

Örtü malzemesi, hem koku ve gaz emisyonları için bir engel oluşturacak, hem de içinde bulundurduğu belli orandaki organik madde (humus) sayesinde aktif bir filtre işlevinde bulunacaktır.

Üstünü örtme veya geçirimsiz tabaka ile kaplama yöntemlerinde, örtü tabakasının, oldukça ucuz malzemeler olan odun tozu ve uçucu kül tozu veya kompost ile karıştırılması halinde, kokunun azaltılmasında daha etkili sonuçlar elde edilecektir.

Gazın Toplanması/Havalandırılması: Çöplükte oluşan metan gazı, gazın toplanması/ havalandırılması yöntemi ile aktif ve pasif olmak üzere iki değişik biçimde kontrol altına alınabilir.

Pasif gaz toplama sistemlerinde (gazın havalandırılması), çöplük veya düzenli depolama sahası içinde oluşan gaz basıncı ile gazın dışarıya çıkarılması sağlanır. Pasif gaz toplama sistemi Şekil 3.2' da gösterilmiştir. Pasif toplama sistemleri deponi süresince veya depolama sahası kapatıldıktan sonra uygulanabilir. Pasif sistemde oluşan gazları toplamak için gaz toplama kuyuları kullanılır. Toplama kuyularında genellikle delik açılmış plastikler kullanılır. Toplama kuyuları depolama sahasında dikey olarak depolama yüksekliğinin %50-90' ı kadar yükseklikte yerleştirilir. Yer altı suyu yüzeye yakın ise toplama kuyuları zemine kadar indirilir. Dikey gaz toplama kuyuları depolama alanı kapatıldıktan sonra veya depolama alanı faaliyette iken yerleştirilebilir. Pasif gaz toplama sistemi atık gazların yatay hareketini sağlamak üzere yatay toplama hücrelerini içerebilir. Pasif gaz toplama sistemlerinin bazılarında galar direkt olarak atmosfere verilirken genellikle arıtma veya kontrol sistemlerine gönderilir (ATSDR, 2003).

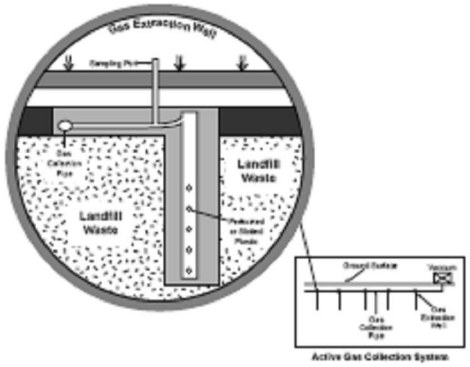


Şekil 3.2: Pasif gaz toplama sistemi (ATSDR, 2003).

Aktif gaz toplama sistemlerinde (gazın toplanması) ise, gaz, enerji ile vakum kullanılarak dışarıya çıkartılır. Burada yüksek miktarda gazın oluştuğu durumlarda,

örtü yöntemi yeterli olmaz. Geçirimsiz tabaka ile kaplama durumunda ise gaz oluşumu hızlanacak, ancak yüksek gaz basıncı gazın yatay hareket etmesini ve kontrolsüz yayılmasına neden olacaktır. Bu durumda gazın çekilerek toplanması ya da havalandırma ile atmosfere çıkışı sağlanmalıdır.

Aktif gaz toplama sistemleri, pasif gaz toplama sistemlerine benzer olarak yatay ve düşey gaz toplama kuyularını içerir. Aktif gaz toplama sistemlerinde, pasif gaz toplama sistemlerinden farklı olarak gaz akışını kontrol eden valfler ve numune almak için numune alma bölgeleri mevcuttur. Alınan numuneler gaz üretimi, bileşimi ve basıncı hakkında bilgi verir. Aktif gaz toplama sistemi Şekil 3.3' de gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Aktif gaz toplama sistemi (ATSDR, 2003).

Burada aktif veya pasif gaz toplama sistemlerinden hangisinin kullanılacağı çeşitli kriterlere bağlı olarak belirlenmektedir. Açık çöplük alanlarının rehabilitasyonunda yalnızca çöplüğün üstü geçirimsiz tabaka ile kaplanır. Dolayısıyla, açık çöplük alanlarında, aktif gaz kontrol sistemi için gerekli olan vakum, düzenli depolama sahalarında olduğu kadar etkin şekilde işletilemez.

Açık çöplük alanları ile düzenli depolama sahası arasındaki farklar nedeniyle, açık çöplük alanlarında, diğerine oranla daha düşük bir gaz basıncı oluşur, bu da çöplük alanları için kullanılacak pasif gaz toplama sisteminin etkinliğini azaltabilir.

Metan ve karbondioksit gazlarının oluşumu, çöplük alanlarının kapatılmasıyla hızlanır ve zaman içinde çöplerin yerleşmesi ile birlikte bu oluşum daha da artar.

Eğer metan ve karbondioksit gazları düşük oranda oluşuyorsa, gaz basıncı da düşük olacaktır ve uçucu organik madde oluşumu artacaktır. Bu durumda aktif gaz kontrol sisteminin kullanılması daha uygundur.

4. DÜZENLİ DEPOLAMA ALANLARINDA OLUŞAN KARBON MONOKSİT (CO) VE ZARARLARI

Düzenli depolama alanlarından çeşitli gazlar oluşmaktadır. Depolama alanlarında oluşan gazlardan olan karbon monoksitin özellikleri, cevreye ve insan sağlına etkileri ile ilgili bilgiler aşağıdaki verilmiştir.

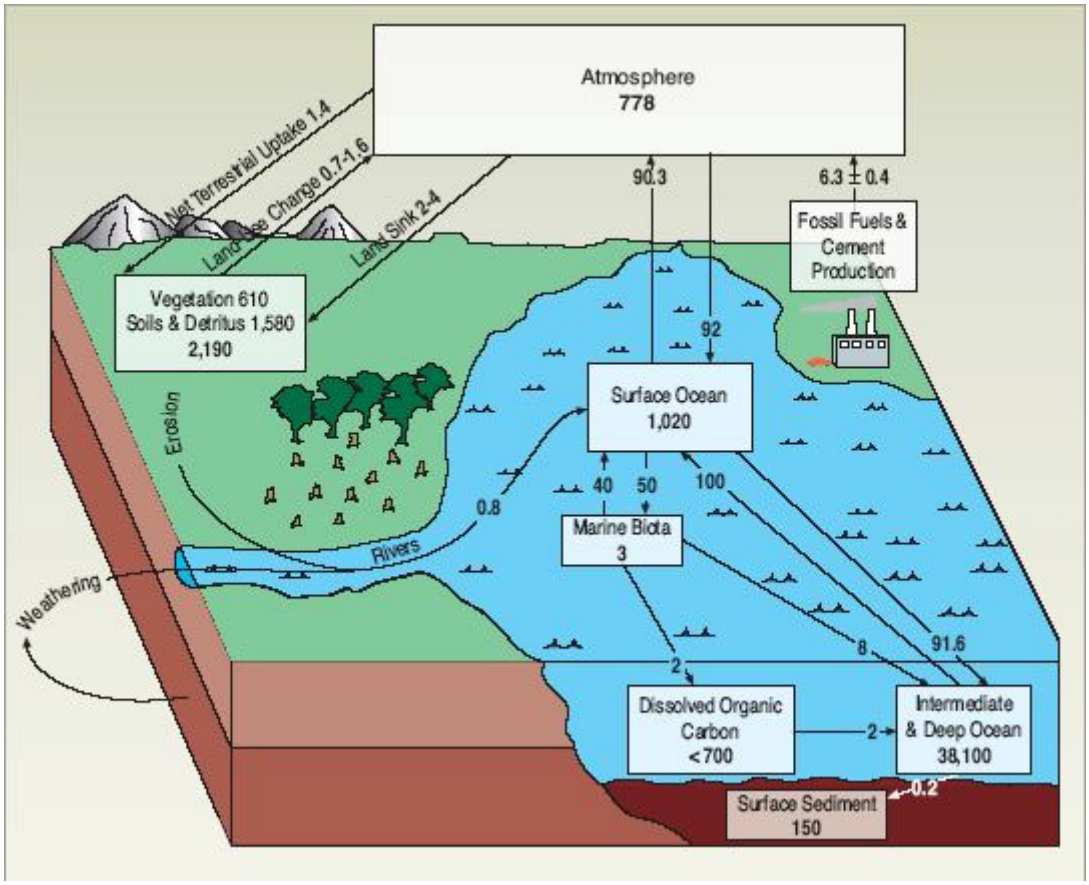
4.1. Karbon Döngüsü

Canlılarda mevcut karbon bileşikleri aerobik parçalanma ile karbondioksit (CO_2) ve suya (H_2O) dönüşür. Bu parçalanma bazen anaerobik şartlarda cereyan ederek CH_4, CO_2, N_2 ve H_2S oluşumuna yol açar. Oluşan CO_2 ve H_2O fotosentezle bitkiler ve fotosentetik organizmalar aracılığıyla karbonhidratlara ve oksijene dönüşür. Oksijen ve karbonhidratlar aerobik solunum yapan canlılar aracılığıyla tekrar CO_2 ve H_2O 'ya dönüşür. Bu döngü, dinamik reaksiyonlar zinciri halinde sürüp gider (Şekil 4.1). Fosil yakıtların (kömür, petrol) ve ağaçların (odun) yakılması ile doğaya aşırı ölçüde CO_2 verilmesi doğanın dengesini bozmakta ve "sera etkisi" denilen olaya neden olmaktadır.

Dünyanın ısınması şeklinde ifade edilebilecek bu etkiyi gidermek için bitki populasyonunun arttırılması ve fotosentezin hızlandırılarak karbondioksitin karbonhidrat olarak doğaya dönmesi sağlanmalıdır. Bu da orman ve bitki alanlarının arttırılması ile mümkün olur. Her yıl 40 milyar ton karbon bitkiler tarafından asimile edilerek selüloz, nişasta ve diğer karbonhidratlara dönüştürülmektedir. Bu miktarın yaklaşık %25'i (10 milyar ton), bitkilerin solunumu ile CO_2 halinde tekrar atmosfere verilmektedir.

Net karbon dioksit asimilasyonu yılda 30 milyar tondur. Ormanlar bu miktarın yarısını sağlayan en önemli fotosentetik canlılardır. Dengeyi sağlayabilmek için her yıl 30 milyar ton karbondioksit doğaya verilmektedir. Bu miktarın %75'i

mikroorganizmalar tarafından aerobik parçalanma ile sağlanır; %25'i ise hayvanların solunumu ile gerçekleşir. Mikroorganizmalar, toprak ve sudaki organik bileşikleri ve çürüyen canlıları aerobik koşullarda CO_2 ve H_2O'ya dönüştürerek karbon döngüsüne önemli katkılarda bulunurlar (web.deu.edu.tr/cevre/pala/karbon%20dongu.ppt, Ziyaret Tarihi 30.03.2009).



Şekil 4.1: Karbon döngüsü (Sermiento et al., 1999).

4.2. Karbon Monoksit

Yeryüzündeki karbon bileşiklerinden önemli olanlardan biri karbon monoksittir. Karbon monoksit atmosferde yaygın olarak bulunan bir hava kirleticisidir. Atmosfere verilen karbon monoksitin toplam emisyon miktarı diğer kirleticilerden önemli ölçüde fazladır (Sağlık Bakanlığı, 1992).

Renksiz, kokusuz, tatsız ve suda çözünebilen karbon monoksit gazı normal şarlarda kimyasal olarak inerttir ve ortalama 2.5 aylık atmosferik yarılanma ömrüne sahiptir. Toplam karbon monoksit emisyonunun % 53' ü antropojenik kirletici kaynaklar oluşturmuştur (Tünay ve Alp, 1996; Sağlık Bakanlığı, 1992). Karbonmonoksit, yanma reaksiyonu sırasında oksijenin ortamdaki tüm karbonu tam olarak oksitlemeye yetmemesi sonucunda ortaya çıkan bir eksik yanma ürünüdür. Bu zehirli maddenin oluşması esnasında, eksik yanma yüzünden yeterli enerji elde edilmediğinden daha fazla yakıt tüketilir. Böylece karbon monoksiti yalnız kendi etkisi ile değil, daha çok yakıt tüketilmesine yol açtığından dolayı ortaya çıkan diğer kirleticilerin ilave etkisini de dikkate alarak değerlendirmek gerekir (Müezzinoğlu, 2003).

Karbon monoksit oluşumunu azaltan faktörler arasında yanma sıcaklığının yüksek olması, ortamda karbon zerreleri ile temas halinde oksijenin (havanın) bulunması, bir yüzey reaksiyonu olan yanmanın geniş bir yüzey oluşturmak üzere ince tanecikler halinde pülverize edilmiş haldeki yakıtların havayla tam karışımının sağlanması, yanmanın tamamlanmasına yetecek sürenin sağlanması ve katalizörlerin varlığı sayılabilir. Trafikteki araçlar, özellikle benzin motorlu araçların relanti konumunda çalışması sırasında eksoz gazı içinde CO maksimum miktara ulaşır. İyi pülverize olmamış kömürlerle çalışan veya iyi enjekte edilmemiş sıvı yakıt yakan tesislerden bol miktarda karbon monoksit meydana gelir (Müezzinoğlu, 2003).

Karbon monoksit havadan ağır bir gaz olup, kent havasında, havaya atıldığı eksoz borusu yüksekliğinde önemli artış gösterir. Yüksek yapılaşmanın yarattığı kanyon etkisi veya cadde doğrultularının hakim rüzgar doğrultusuna uygun olmaması yüzünden kentin taze hava akımlarından yeterince yararlanamaması gibi nedenlerle, trafiğin yoğun bulunduğu ve yavaş olduğu kavşaklarda CO konsantrasyonu bazen çok büyük değerlere ulaşabilir. Borusuz veya gaz sızdıran sobalar, kaçak yapan veya çekişi iyi olmayan bacalar, iyi yakılmayan veya sızdıran gazlı ısınma araçları, şofben vb. ev cihazlarının havalandırması yetersiz kapalı ortamlarda kullanılmaması gerekir. Bu hatalar dolayısıyla pek çok insan karbon monoksit zehirlenmesinden zarar görmekte ve ölmektedir (Müezzinoğlu, 2003).

Karbon monoksitin atmosferdeki kalış süresi diğer kirleticilere göre daha uzundur. Atmosferde karbon monoksitin karbondioksite dönüşümü; ortamdaki serbest oksijen molekülüne, sıcaklığa ve katalizörlere bağımlıdır. Karbon monoksitin, karbon dioksite dönüşümündeki muhtemel reaksiyonlar aşağıda gösterilmektedir (Denklem 4.1-4.4). Ancak bu reaksiyonların oluşumu için güneş enerjisi gerekmektedir (Sağlık Bakanlığı, 1992).

$$CO + O_2 \longrightarrow CO_2 + O \quad (4.1)$$

$$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2 \quad (4.2)$$

$$CO + O_3 \longrightarrow CO_2 + O_2 \quad (4.3)$$

$$CO + NO_2 \longrightarrow CO_2 + NO \quad (4.4)$$

4.2.1. Karbon monoksitlerin kaynakları

Karbon monoksit fosil yakıtların yanması ve endüstriyel faaliyetler, biyokütle yangınları, metanın oksitlenmesi ve non-metan hidrokarbonların (metan içermeyen hidrokarbonlar) oksitlenmesiyle atmosfere karışmaktadır (Bradley et al., 1998). Doğal oluşum kaynakları ise biyolojik aktivitelerdir. Ancak doğal kaynaklardan oluşan karbon monoksit ihmal edilebilir düzeydedir (Sağlık Bakanlığı, 1992).

Karbon monoksitlerin en önemli kaynağı fosil yakıtlarıdır. Fosil yakıtların yanmasın da en önemli katkı taşıt araçları ile olmaktadır. Taşıt araçlarından kaynaklanan hava kirliliği birçok şehirde problem yaratmaktadır. Bu probleme katkıda bulunan karbon monoksit, karbonlu yakıtların (benzin ve mazot gibi) tamamlanmamış yanma reaksiyonları ile atmosfere verilir. Bu yakıtlar taşıma sektöründe birincil enerji kaynaklarıdır. Taşıt araçlarından kaynaklanan karbon monoksit, toplam atmosfere verilen karbon monoksitin %89' unu teşkil eder. Fosil yakıtların yakıldığı enerji santralleri ve diğer sektörlerin oluşturduğu karbon monoksit miktarı ise %9' dur (Flachsbart, 1999).

Bir diğer karbon monoksit kaynağı ise biyokütle yangınlarıdır. Biyokütle yangınları; yıldırım veya kasıtsız olarak yapılan insan faaliyetleri ile oluşan ve planlanmış yangınlar olarak tanımlanmaktadır. Ağaçların yakıt olarak kullanılması sonucu oluşan emisyonlar antropojenik kaynaklıdır ancak biyokütle yangınları içerisinde tanımlanmamaktadır. Planlanmış yangınlar, tomruk artıklarının giderilmesinde, genç türler arasındaki yarışı azaltmak ve vahşi ateş tehlikesini en aza indirmek için (yakıt tüketilmesi ile) kullanılır (Guenther, 2000).

Günümüz uygarlığında karbon monoksitin en önemli iki kaynağı havalandırılmayan kapalı mekanlardaki sigara dumanı ve benzinli motorların eksoz gazlarıdır. Dolaşım, kalp ve kan hastalığı bulunan kişilerin kent caddelerinde aldıkları 10-50 ppm civarındaki CO seviyelerinin bile zararlı olabileceği iddia edilmektedir. Sigara dumanı ise 400-450 ppm CO içerir. Bu iki etkiden dolayı, sigara içmeyenlerde bile %1.5 COHb (Karboksi Hemoglobin) bulunur (Müezzinoğlu, 2004).

4.2.2. Karbon monoksitlerin etkileri

Yanmanın tam olarak gerçekleşmemesi durumunda ortaya çıkan karbonmonoksit (CO), kandaki hemoglobinle (Hb) birleşerek karboksihemoglobin oluşturur (COHb). İnsan vücudunda bulunan hemoglobinin karbonmonoksite karşı ilgisi, oksijene olan ilgisinden 210 defa daha büyük olduğundan oksijen transferini engellemektedir. Karboksihemoglobin oluşumu, oksijen taşımakla görevli hemoglobinlerin sayısını azalttığından, boğulma sonucunda ölüme neden olmaktadır.

Şehir sokaklarında taşıt araçlarının eksozlarından çıkan karbonmonoksit konsantrasyonları genellikle 80-90 ppm mertebesinde olmaktadır. Tablo 4.1'de çeşitli karbonmonoksit konsantrasyonlarının insan sağlığı üzerine etkileri ve Tablo 4.2' de maruziyet süreleri ile meydana getirdiği etkiler görülmektedir. Karbonmonoksitin hemoglobin ile olan reaksiyonu geri dönüşümlü olduğundan, birkaç saat temiz havada kalmak suretiyle kanın temizlenmesi mümkün olabilmektedir (web.deu.edu.tr/cevre/pala/Hava%20Kirliligi.doc, Ziyaret Tarihi 22.03.2009).

Tablo 4.1: Karbonmonoksitin vücut fonksiyonları üzerine etkisi (Vesilind, 1975).

CO kons., ($\mu g/m^3$)	**Etki**
114.520	Kalp ve akciğerde işlevsel bozukluklar
286.300	Bilinç kaybı
858.900	Ölüm

Tablo 4.2: Karbonmonoksitin maruziyet süresi ile meydana getirdiği etki (Guest 1995).

CO ($\mu g/m^3$)	**Süre**	**Etki**
40.080	8 Saat	OHSA tarafından 8 saatlik çalışma için izin verilen maksimum değer
229.040	2-3 Saat	Hafif baş ağrısı, yorgunluk, mide bulantısı ve baş dönmesi.
458.080	1-2 Saat	Ciddi baş ağrısı, diğer belirtilerin artması.
916,160	45 Dakika	Baş dönmesi, mide bulantısı. 2 saat içinde bilinç kaybı, 2-3 saat içinde ölüm.
1.831.31o	20 Dakika	Baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantısı. 1 saat içinde ölüm.
3.664.620	5-10 Dakika	Baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantısı. 1 saat içinde ölüm.
7.329.240	1-2 Dakika	Baş ağrısı, baş dönmesi ve mide bulantısı. 25-30 dakika içinde ölüm.
14.658.490	1-3 Dakika	Ölüm

5. MATERYAL VE METOT

5.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak İzmit Evsel ve Tehlikeli Katı Atık Düzenli Depolama ile Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi (İZAYDAŞ) seçilmiştir. İZAYDAŞ, İzmit'in 15 km doğusunda, Solaklar-Durhasan Köyü yakınında yer almaktadır. Tesisin bulunduğu yerde Marmara Bölgesi iklim özellikleri hakimdir. İlkbahar ve sonbahar ayları yağışlı olup, kış aylarında yoğun sağnak yağışlar görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 14,7 ^{0}C, yağış miktarı ise 876,6 mm'dir (Yalçın ve Demirer, 2002).

Tesis Kocaeli il sınırları içinde toplam 800.000 m^2'lik bir alan üzerine kurulmuştur (Şekil 5.1). Bu alanın 31.841 m^2'sinde Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi bulunmaktadır. Yaklaşık 362.557 m^2'lik alan ise evsel ve tehlikeli katı atıkların depolanması için ayrılmıştır.

Katı atıkları depolanması için ayrılan alanda, toplam hacmi 4.132.919 m^3 olan farklı hacimlerde 7 adet lot bulunmaktadır ve depolama işlemi bu lotlarda yapılmaktadır. Depo alanına günde yaklaşık 650 ton atık depolanmak üzere kabul edilmektedir.

Depolama alanının taban sızdırmazlığı Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun olarak sağlanmıştır. Evsel ve tehlikeli atık lotlarında oluşan sızıntı suları lot içindeki yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) borularla toplanmakta ve lot dışındaki toplama bacasına iletilmektedir. Depolama alanının sızıntı suyu, toplama bacasından HDPE borular ile arıtma tesisine iletilmektedir.



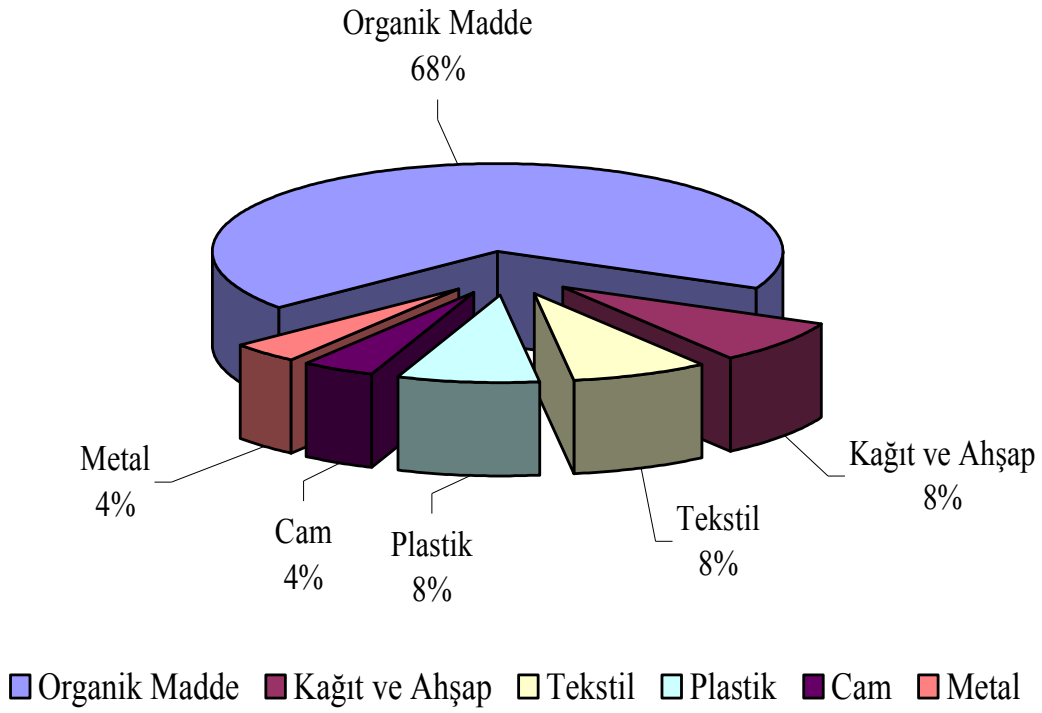
Şekil 5.1: İzmit Evsel ve Tehlikeli Katı Atık Düzenli Depolama ile Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi (İzaydaş, 1999).

Depolama tesisi 25-32 yıl arasında hizmet verecek şekilde tasarlanmıştır. Bu süre sonunda depolama işlemi tamamlanınca, alan yeşillendirilerek Çevre ve Orman Bakanlığı'na iade edilecektir (İzaydaş, 1999).

Tesiste evsel atıklar ve tehlikeli atıklar ayrı ayrı depolanmaktadır.

Evsel katı atık lotuna Kocaeli ili sınırlarındaki ilçe belediyelerinden ve sanayilerden kaynaklanan evsel nitelikli katı atıklar depolanmaktadır. Evsel katı atıkların miktar ve özellikleri, halkın sosyal ve ekonomik durumu, iklim, kullanılan yakıt cinsi gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Kocaeli ilinde toplanan evsel katı atığın bileşimi ve miktarı Şekil 5.2'de verilmektedir. Yapılan çalışmalar Kocaeli iline ait katı atıkların kalorifik değerinin 950-1300 Kcal/kg arasında değiştiğini göstermektedir (T.C. Kocaeli Valiliği, 2003).

Tesiste depolama işleminin gerçekleştirildiği 7 adet lottan 6 tanesi evsel katı atıklar için ayrılmıştır. Bu lotların toplam alanı 264.392 m^2 ve toplam hacmi 3.163.000 m^3'dür. Her bir lotun taban alanı ve hacmi Tablo 5.1'de verilmektedir.



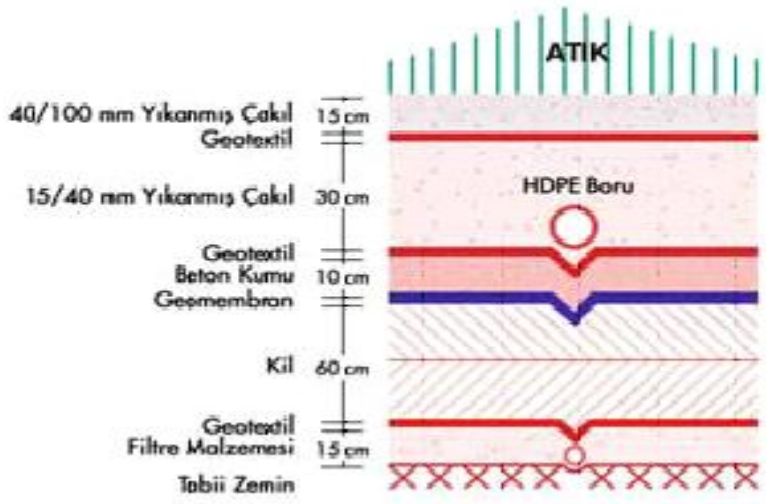
Şekil 5.2: Kocaeli ili evsel katı atık bileşimi ve miktarı (T.C. Kocaeli Valiliği, 2003).

Tablo 5.1: Depo alanındaki lotların alan ve hacimleri (İzaydaş, 1999).

Lot No	**Alan (m^2)**	**Hacim (m^3)**
1	76.841	1.580.000
2	28.586	68.000
3	32.645	95.000
4	11.845	101.000
5	63.980	1.029.000
7	50.495	290.000
Toplam	264.392	3.163.000

Depo alanının taban geçirimsizliğinin sağlanması amacıyla, yönetmeliğe uygun olarak lot tabanına sırasıyla filtre malzemesi, geotekstil, sıkıştırılmış kil, geomembran, beton kumu, geotekstil, yıkanmış çakıl, geotekstil ve yıkanmış çakıl

serilmiştir. Sıkıştırılmış kil tabakasının üzerine serilen koruma tabakası ile geçirimsizliği sağlanmış olan tabana, sızıntı sularının toplanması amacıyla dren boruları döşenmiştir. Bu dren borularının çevresine filtre malzemesi yerleştirilmiştir. Evsel katı atık lotunun taban kesiti Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3: Evsel atık lotu taban kesiti (İzaydaş, 1999).

Tesisin evsel katı atık depolama alanına İZAYDAŞ ile sözleşmesi olan yaklaşık 30 yerel yönetimden ve özel sektörden gelen evsel nitelikli katı atıklar, evsel arıtma çamurları ve evsel katı atıklarla depolanabilen endüstriyel katı atıklar kabul edilmektedir (İzaydaş, 1999).

Depolama tesisi 1997 yılında hizmete alınmıştır. Evsel katı atık lotlarında depolama işlemi, ilk olarak 7 nolu lotta yapılmıştır. Bu lot 2000 yılının ilk aylarında tamamen dolarak kapatılmış ve depolama işlemi için 5 nolu lot kullanılmaya başlanmıştır. Lot 5 ise 2005 yılının başlarında tamamen dolarak kapatılmıştır. 2005 yılından itibaren ise 4 nolu lot kullanılmaya başlamış, 2007 yılının ortalarına doğru ise tamamen dolarak 3 nolu lot kullanılmaya başlanmıştır. Tesiste 1997 yılından itibaren depolanan evsel atık miktarı Tablo 5.2'de verilmektedir.

Depo sahasının işletiminde, atıkların belli kurala göre yerleştirilmesi, etkili bir şekilde sıkıştırılması ve atıkların üzerinin gün boyunca toprakla örtülmesi büyük

önem taşımaktadır. Günlük örtü malzemesi olarak saha yapılırken çıkarılan ve depo yakınında stoklanan hafriyat kullanılmaktadır. Gün boyunca oluşan atık yığınlarının üzerine örtü malzemesi serilerek, atıkların rüzgarla dağılması ve oluşabilecek kokuyu önlediği gibi saha estetiği de sağlanmış olmaktadır. Atıklar lotlara yerleştirilirken beraberinde gaz toplama sistemleri de kurulmaktadır.

Tablo 5.2: Tesiste yıllara ait depolanan evsel atık miktarları (Izaydaş, 1999).

Yıl	**Atık (ton/yıl)**			
	Lot 7	**Lot 5**	**Lot 4**	**Lot 3**
1997	51,063	-	-	-
1998	152,708	-	-	-
1999	163,950	-	-	-
2000	26,073	162,467	-	-
2001	-	183,840	-	-
2002	-	184,169	-	-
2003	-	180,516	-	-
2004	-	220,166	-	-
2005	-	36,044	201,206	-
2006	-	-	246,375	-
2007	-	-	-	147,000
Total	393,794	976,202	447,581	147,000

Depolama tesisindeki 6 nolu lot ise, klinik ve tehlikeli atıklar için ayrılmıştır. Bu lot yaklaşık 98.165 m^2 alan ve 969.919 m^3 hacime sahiptir.

5.2. Çalışma Metodu

5.2.1. CO ölçümleri

Çalışma için İzmit Evsel ve Tehlikeli Katı Atık Düzenli Depolama ile Klinik ve Tehlikeli Atık Yakma Tesisi (İZAYDAŞ)' nin işlettiği katı atık düzenli depolama

alanındaki tüm lotlarda 17 noktada ve yakma tesisi civarında 2 noktada ortam havasında karbonmonoksit (CO) ölçümleri yapılmıştır.

Ortam havasındaki CO ölçümleri HORİBA APMA-370 Ambient air CO cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm cihazlarının elektrik ihtiyacı İZAYDAŞ tarafından temin edilen bir jeneratörle sağlanmıştır. Ölçüm noktaları Şekil 5.4' de gösterilmiştir.

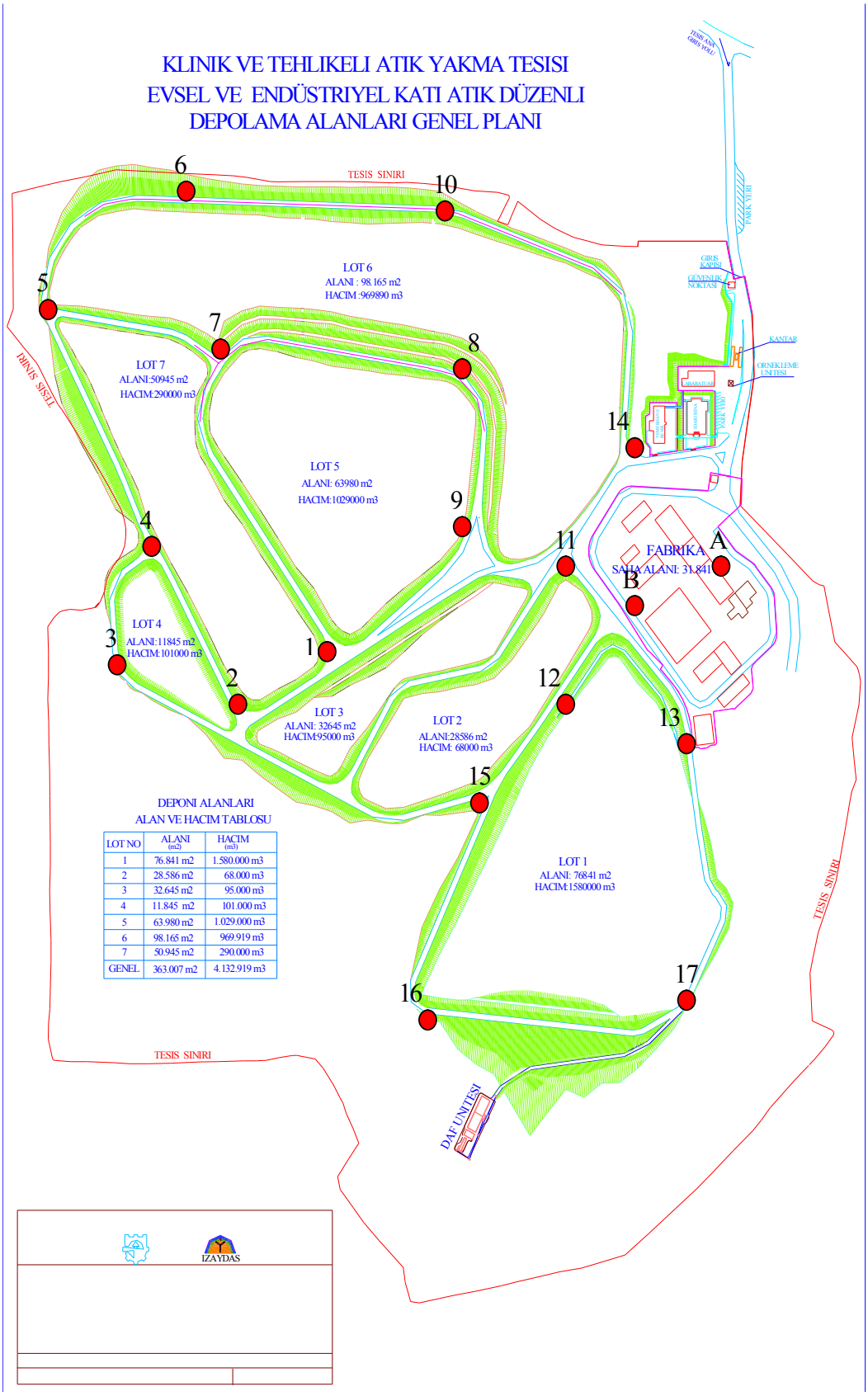
Ölçüm yapılacak noktaya gelindiğinde otomobillerin motorları durdurularak otomobillerden yayılan emisyonların olası etkileri ortadan kaldırılmıştır. Ölçüme başlamadan önce o noktanın koordinatları, o andaki sıcaklığı ve saat kayıt edilmiştir. Daha sonra cihazlar çalıştırılarak cihazın kendini kalibre etmesi beklenmiştir. Kalibrasyondan sonra 5-6 dakika boyunca ölçüm devam etmiştir. Ölçüm sırasında belirli 2-4 ve 6. dakikalarda cihazda okunan değerler not edilmiş ve bu değerlerin ortalaması sonuç olarak kabul edilmiştir. Bazı noktalarda ölçüm süresi ve not edilen değer sayısında değişiklik yapılmıştır. Ancak genel olarak cihazdan en az 3 değer alınmıştır. Ölçüm yapıldığı gün ortalama sıcaklık 21.2 ^{O}C' dir.

Ölçüme 1 numaralı noktadan başlanmıştır. Ölçüm ile ilgili resimler Şekil 5.5, Şekil 5.6 ve Şekil 5.7' te verilmiştir.

CO ölçümleri, aktif örnekleme tekniği ile yapılmış, örneklemede 300E Model CO cihazı (Şekil 5.8) kullanılmıştır. Cihazın ölçüm prensibi Beer Kanunu'dur. Bu kanun, özel dalga boyundaki ışığın, belirli bir mesafede gaz molekülü tarafından absorplanması olarak tanımlanmaktadır. Matematiksel ilişki:

$$I = I_0 \,.\, e^{-\alpha Lc} \qquad (5.1)$$

I_0 : absorplanmayan ışığın yoğunluğu,
I : absorplanan ışığın yoğunluğu,
L : ışığın absorplanana kadar katettiği mesafe,
c : absoplanan gazın konsantrasyonu (CO),
α : absorpsiyon katsayısı.



Şekil 5.4: Ölçüm yapılan noktalar



Şekil 5.5: İlk ölçüm noktasından görünüm



Şekil 5.6: Ölçüm noktasından görünüm-1



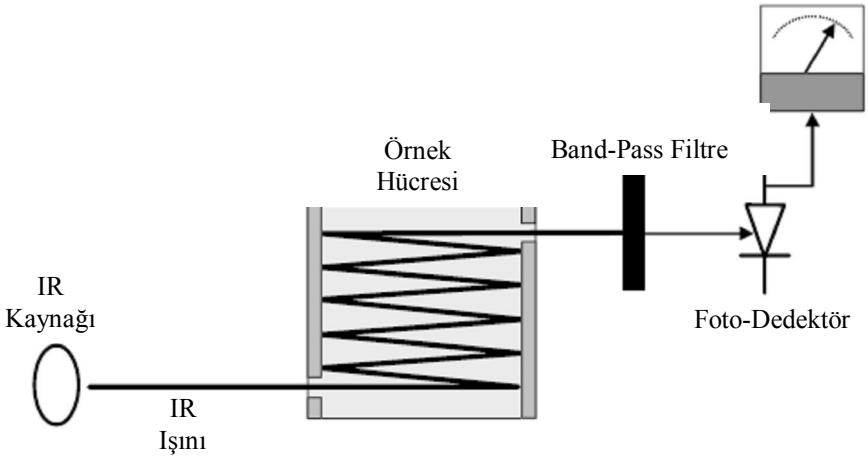
Şekil 5.7: Ölçüm noktasından görünüm-2



Şekil 5.8: HORİBA APMA-370 Ambient air CO cihazı

şeklindedir. Model 300E, görünür IR bandında temel ışın oluşturmak için yoğunluğu bilinen yüksek enerjili ısıtılmış element kullanır. Bu ışın örnekle dolu hücreden direk olarak geçirilir. Örnek hücresi her iki tarafı da, IR ışınının geri ve dışarıya doğru yansıtılması için ayna ile kaplıdır. Absorpsiyon yolu uzunluğu Model 300E için 14 metre, aynalar arasındaki mesafe 437,5 mm ve yansıma sayısı 32'dir. Örnek hücresinin çıkışının üstünde, sadece 4,3 µm dalga boylu ışığın geçmesine izin veren

band-pass filtre boyunca ışın saçılır. Saçılan ışın, ışık sinyallerini voltaj sinyallerine çeviren fotodedektör tarafından okunur. Şekil 5.9 ' da Model 300E CO cihazının ölçüm prensibi gösterilmiştir.



Şekil 5.9: Model 300E CO cihazı ölçüm prensibi

Cihazın kalibrasyonu TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu) tarafından yapılmıştır.

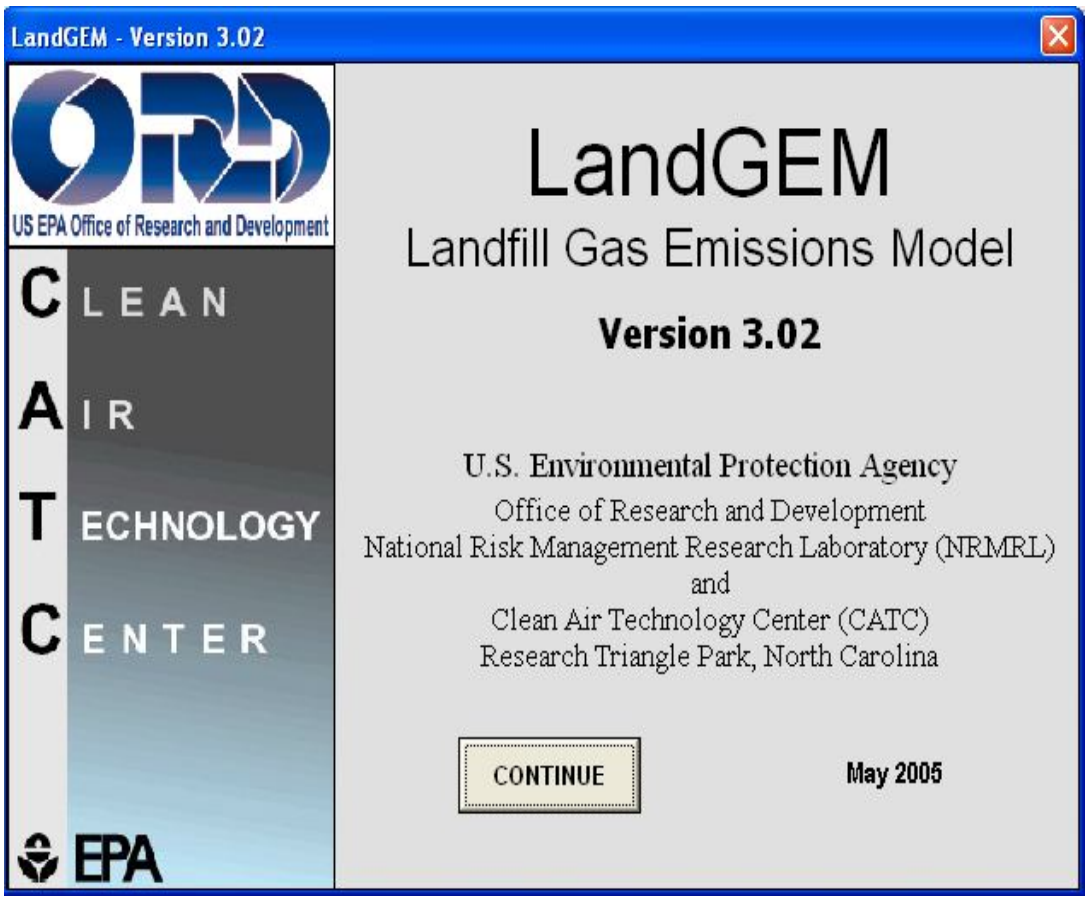
5.2.2. Dağılım modeli

İZAYDAŞ düzenli depolama alanından kaynaklanan CO' nun deponi alanı ortam havasında dağılımı USEPA tarafından geliştirilmiş olan ISC-AERMOD View 5.3 Hava Dağılım Modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir. ISC-AERMOD View programı iki önemli parametre gerektirmektedir. Bunlar meteorolojik veriler ve dağılımı yapılacak olan gaz kirleticiye ait kütlesel emisyon debisidir. Kocaeli İli' ne ilişkin meteorolojik veriler Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü' ne ait 17066 numaralı istasyon verilerinden elde edilmiştir. 2002-2006 yılları arasına ait bu veriler modele uygunluk göstermesi açısından MeteoOku programı yardımıyla SAMSON formatında işlenmiştir. MeteoOku programı ile ilgili detaylar Taşpınar (2008)'de verilmiştir. Deponi alanından yayılan CO gazına ait kütlesel emisyon debisi ise LandGEM 3.02 (Landfill Gas Emissions Model - Deponi Gazı Emisyon Modeli) ile hesaplanmıştır.

5.2.2.1. CO kütlesel debisinin hesabı

LandGEM Version 3.02 programı, Microsoft Excel ortamında VBA macro programlama dilinde yazılmış bir programdır. Bu program, depolama alanı kapatıldıktan sonra gaz üretiminin başlamasından itibaren yıllık olarak ne kadar gaz üretilebileceğini teorik olarak hesaplamaktadır. LandGEM programı USEPA tarafından geliştirilmiş ve en yaygın kullanılan programdır (Şekil 5.10).

Program, depolanan atıkların birinci dereceden bozunma denklemine uygun olarak ayrıştığını kabul edilerek emisyon hesaplamaları yapmaktadır. Denklem 5.2' de verilen ampirik formülü kullanarak katı atıklardan ne kadar gaz üretilebileceği hesaplanmaktadır (USEPA, 2005).



Şekil 5.10: LandGEM v3.02 açılış ekranı.

$$Q_{CH_4} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=0.1}^{1} kL_o \left(\frac{M_i}{10}\right) e^{-kt_{ij}} \qquad 5.2$$

Burada;

Q_{CH4} = Yıllık metan üretim oranı (m^3/yıl),

i = 1 yıl zaman artımı,

n = (hesaplama yılı) - (atık kabulünün başlangıç yılı),

j = 0.1 yıl zaman artımı,

k = methan oluşum oranı ($yıl^{-1}$),

L_o = potansiyel methan oluşturma kapasitesi (m^3/Mg),

M_i = i. yılda depolanan katı atık miktarı (Mg),

T_{ij} = i. yılda depolanan M_i atığının, j. bölümünün yaşıdır (yıl).

LandGEM'i çalıştırmak için çeşitli parametreler gerekmektedir. Gerekli parametreler ve bu çalışmada kullanılan veriler Tablo 5.3' te, kullanıcı girdilerini gösteren ekran Şekil 5.10a, 5.10b, 5.10c ve 5.10d' de verilmiştir.

İZAYDAŞ tarafından işletilen katı atık düzenli depolama alanına depolanan katı atık miktarları ve atık yaşı (depolama süresi) Tablo 5.2' den alınmıştır.

Tablo 5.3: LandGEM modeli için belirlenen çalışma parametreleri

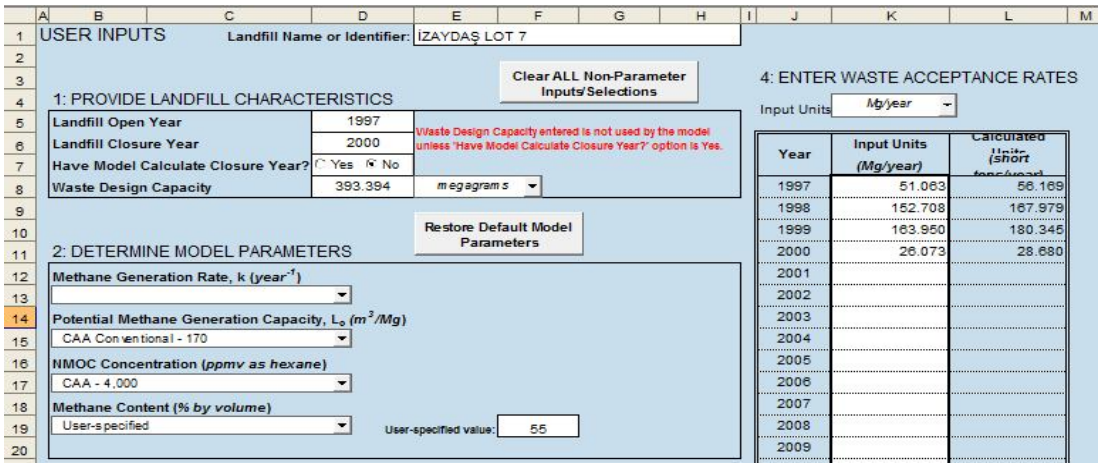
Parametre	**Lot 7**	**Lot 5**	**Lot 4**	**Lot 3**
Deponi Açılış Tarihi	1997	2000	2005	2007
Deponi Kapanış Tarihi	2000	2005	2006	2008*
Atık Dizayn Kapasitesi (Ton)	393,794	976,202	447,581	147,000
Metan Oluşum Oranı ($yıl^{-1}$)	0,05			
Potansiyel Metan Oluşum Kapasitesi, L_o (m^3/Mg)	Genel (CSS-170)			
Metan İçeriği (%)	54,9 (Taşpınar, 2008)			
Gaz Kirletici #1	Methane			
Gaz Kirletici #2	Carbon dioxide			
Gaz Kirletici #3	Carbon monoxide			

*Ölçümler 2007 yılı içerisinde yapıldığından deponi kapanış yılı 2008 ile sınırlandırılmıştır.

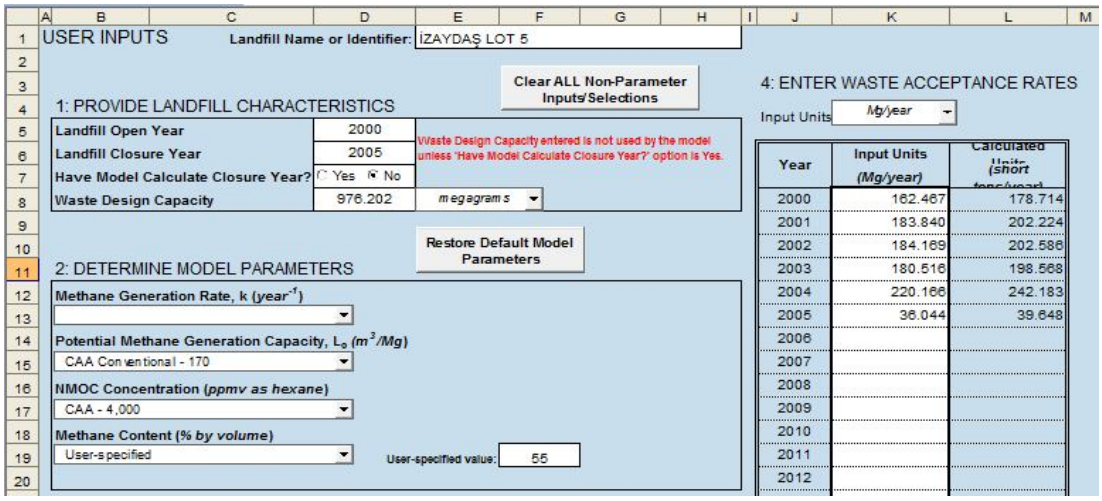
Modelin temel parametrelerinden biri de depolanan atık miktarıdır. IZAYDAŞ tesisinin kapatılan lotları olan Lot 5, Lot 7 ve Lot 4 ile ölçüm yapıldığı dönemde

faaliyette olan Lot 3' de 1997-2008 yılları arasında depolanan atık miktarları Tablo 5.2' de verilmiştir. Bu değerler, İZAYDAŞ düzenli depolama alanı işletilmesi sırasında kaydedilen verilerdir. Program, atıkların depolama miktarını gösteren ve ana birim olan "short tons/yıl" birimine, girilen Mg/yıl değerlerin kullanarak ulaşmaktadır. Bu nedenle Tablo 5.2' deki ton/yıl değerleri Mg/yıl' a çevrilerek programa girilmiştir.

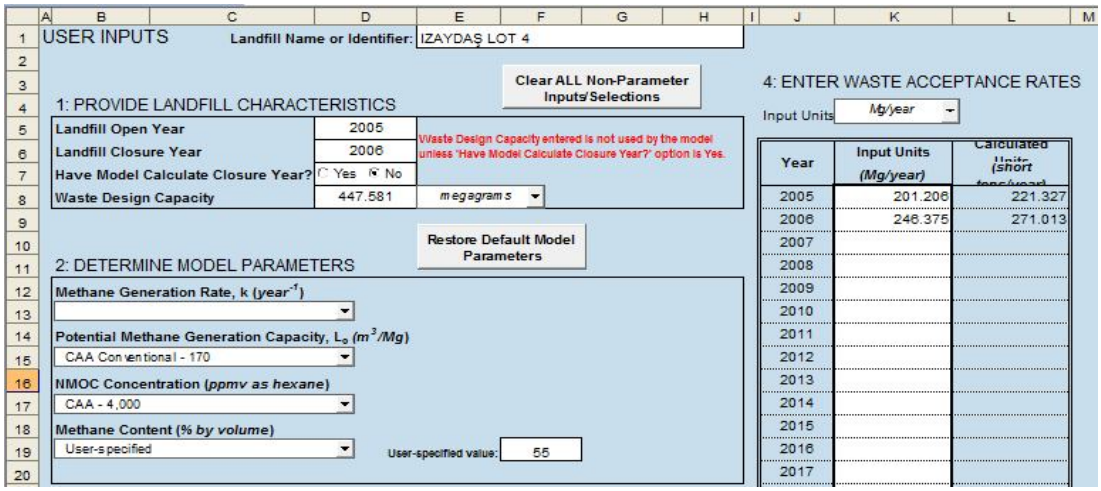
Ayrıca, deponi alanı için yıllık yağış oranı olarak 835 mm ve ortalama yıllık sıcaklık olarak 14.5 ^{O}C kabul edilmiştir.



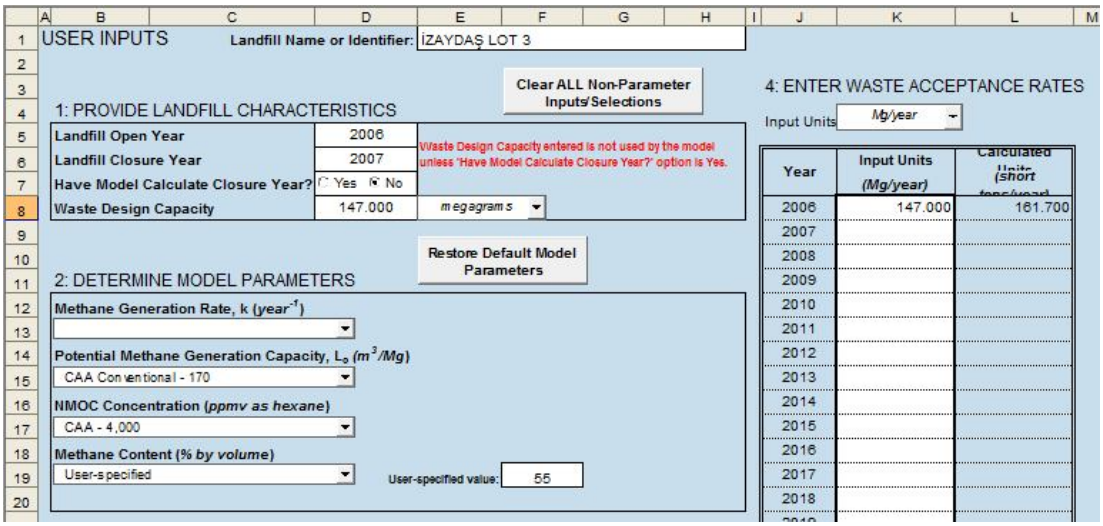
Şekil 5.10a: Lot 7 Veri Giriş Sayfası



Şekil 5.10b: Lot 5 Veri Giriş Sayfası



Şekil 5.10c: Lot 4 Veri Giriş Sayfası



Şekil 5.10d: Lot 3 Veri Giriş Sayfası

LandGEM programı kullanılarak, her bir lota yıllara göre oluşacak karbon monoksit gazı miktarı aşağıdaki Tablo 5.4' te verilmiştir.

Ölçümler 2007 Temmuz ayında yapıldığı için LandGEM program sonuçlarından 2007 yılı verileri alınmıştır (Tablo 5.4).

5.2.2.2. ISCST3 modeli

Industrial Source Coplex Short Term (ISCST) modeli, çeşitli endüstriyel kirlilik kaynaklarının söz konusu olduğu yerlerde, bu kaynaklara ait emisyonların

dağılımlarının modellenmesi yönünde farklı seçenekler sunabilen bir modelleme yaklaşımıdır. Farklı seçenekler sunması nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir modellemedir.

Modelleme için girilmesi gereken veriler ise Tablo 5.5' de özetlenmiştir. En yaygın kullanılan hava kalitesi modeli Kararlı Durum Gauss Dağılım Denklemi' dir. ISCST3 (Industrial Sources Complex Short Term) modelinin temeli de Gauss Dağılım Denklemi' dir (Moschandreas et al., 2002). Türbülans sonucu kirleticilerin yatay ve düşey dağılımlarını tanımlamak için kullanılan Gauss Dağılım Modeli' nin temel dayanakları şunlardır (Scott, 2003);

- Gaz veya aerosol emisyonlarının sürekli olduğu,
- Kütlenin korunumu (kaynakla alıcı arasındaki mesafede gazın atmosferde kararlı olduğu),
- Durgun koşullar (kaynakla alıcı arasındaki mesafede meteorolojik koşulların kararlı olduğu),
- Yan rüzgar (crosswind-kirletici dağılımına paralel olmayan 90^{0}' lik dik açıyla esen rüzgar yönü) ve dikey konsantrasyon dağılımının, Gauss Dağılımı' nın izlediği kabulleridir.

Tüm modellerde, atmosferik kirleticilerin kaynağının, taşınımının ve konsantrasyonlarının belirlenmesinde meteorolojik verilen girilmesi gerekmektedir. ISCST3 gibi kararlı durum gauss dağılım modeli tek nokta meteorolojik verilere ihtiyaç duyarken, daha karmaşık modeller genelde bir çok meteorolojik istasyondan alınan ayrıntılı meteorolojik verilere ihtiyaç duyar. Bu modeller genelde tüm modellerin kullandığı rüzgar yönü, rüzgar hızı, sıcaklık ve belirli bir yükseklikteki meteorolojik veriler gibi öz parametrelere ilave olarak çökelme, nemlilik, türbülans, atmosferik basınç, solar radyasyon ve deniz olan yerlerde deniz yüzey sıcaklığı gibi ilave parametreleri de kullanırlar (Moschandreas et al., 2002).

ISCST3 modelinin diğer dispersiyon modellerine göre en önemli avantajı, kullanımının nispeten kolay olması ve doğru tahminler vermesidir. Model için gerekli meteorolojik veri dosyası nispeten küçüktür.

Tablo 5.4: Her bir lota oluşacak karbon monoksit miktarları (ton/yıl)

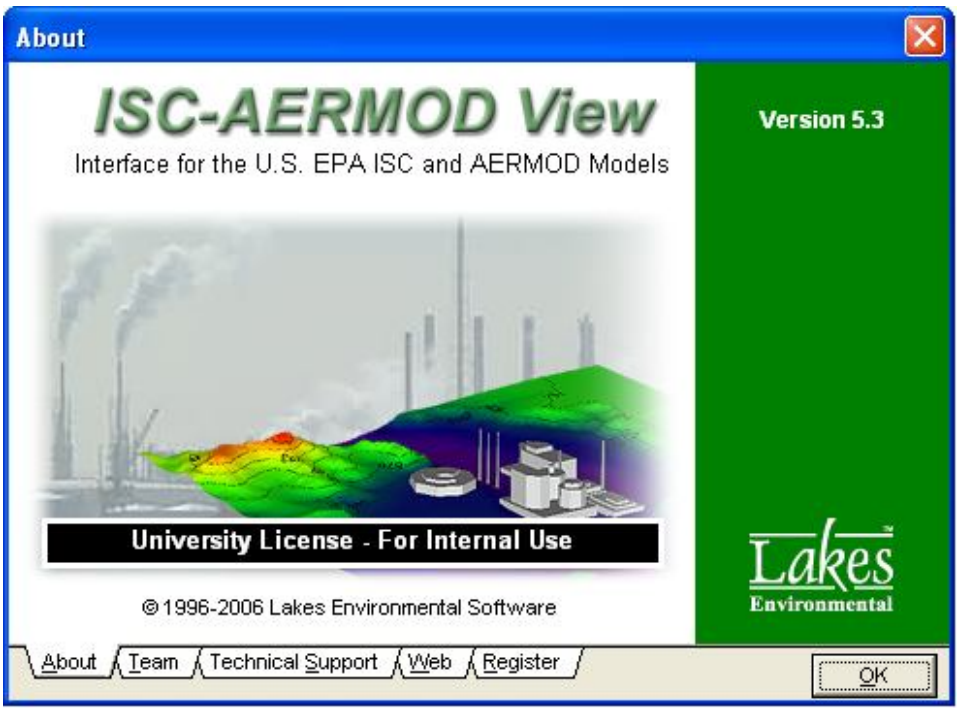
Karbon Monoksit (ton/yıl)				
Yıl	**LOT 7**	**LOT 5**	**LOT 4**	**LOT 3**
1997	0,00	-	-	-
1998	0,01	-	-	-
1999	0,50	-	-	-
2000	0,88	0,00	-	-
2001	0,90	0,40	-	-
2002	0,85	0,83	-	-
2003	0,81	1,25	-	-
2004	0,77	1,63	-	-
2005	0,73	2,10	0,00	-
2006	0,70	2,08	0,50	0,00
2007	0,66	1,98	1,08	0,36
2008	0,63	1,88	1,03	0,34
2009	0,60	1,79	0,98	0,33
2010	0,57	1,70	0,93	0,31
2011	0,54	1,62	0,88	0,30
2012	0,52	1,54	0,84	0,28
2013	0,49	1,47	0,80	0,27
2014	0,47	1,40	0,76	0,26
2015	0,45	1,33	0,72	0,24
2016	0,42	1,26	0,69	0,23
2017	0,40	1,20	0,65	0,22
2018	0,38	1,14	0,62	0,21
2019	0,36	1,09	0,59	0,20
2020	0,35	1,03	0,56	0,19
2021	0,33	0,98	0,54	0,18
2022	0,31	0,94	0,51	0,17
2023	0,30	0,89	0,48	0,16
2024	0,28	0,85	0,46	0,15
2025	0,27	0,80	0,44	0,15
2026	0,26	0,77	0,42	0,14
2027	0,24	0,73	0,40	0,13

Dezavantajı ise, atmosferik sınır tabakasının yapısına ilişkin bilgiler ve buna ilişkin türbülanslı dağılım süreçlerinin tahminlerinin model içerisinde yer almamasıdır (Müezzinoğlu et al., 2003).

Tablo 5.5: Modelleme için giriş verileri (Moschandreas et al., 2002)

Giriş Verileri	**Tanımı**
Kirletici kaynak envanteri • Noktasal kaynaklar • Alansal kaynaklar • Çizgisel kaynaklar	• Emisyon oranları (mevsimsel ya da seçmeli değişim oranları ile birlikte) • Baca özellikleri • Kaynak koordinatları
Kirletici özellikleri	• Kimyasal özellikleri • Partikül boyutu dağılımı
Coğrafi veriler	• Arazi yükseltileri • Alan kullanım kategorileri • Su üstü verileri (hava-deniz sıcaklıkları)
Meteorolojik veriler	• Rüzgar hızı, yönü • Sıcaklık • Nem • Basınç • Bulutluluk • Çökelme

ISC-AERMOD View Modelinin açılış sayfası Şekil 5.11'de verilmiştir.



Şekil 5.11: ISC-AERMOD View programı başlangıç ekranı

ISCST3 modelinin çalıştırılabilmesi için çeşitli parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Tüm bu parametrelere ilişkin olarak çalışmada kullanılan değerler Tablo 5.6' da özetlenmiştir.

Model atmosferik konsantrasyonların hesaplanması amacıyla çalıştırılmıştır. Bu modda sadece havadaki dağılım parametreleri etkin olup gereken meteorolojik veriler rüzgar hızı, rüzgar yönü ve dağılımı tanımlayan kararlılık sınıflarıdır. Bunlara ek olarak bina konfigürasyonları, emisyon debileri ve alıcılarla ilgili veriler gereklidir (Lorber et al., 2000). Bu mod partikül fazındaki kirleticilerin birikimini (yaş ve kuru), kirlilik bulutunda bu birikimden kaynaklanan azalmayı ve kirleticilerin havada uğrayacakları bozunmayı (SO_2 hariç) ihmal eder.

Tablo 5.6: Çalışmada kullanılan yöreye özgü iklim parametreleri (Taşpınar, 2008)

Parametre	**Değer**
Anemometre yüksekliği	10 m
Min. Monin-Obukhov uzunluğu	13,5 m
Yüzey pürüzlülük uzunluğu (ölçüm yeri)	1 m
Yüzey pürüzlülük uzunluğu (çalışma alanı)	0,53 m
Öğle vakti albedosu	0,22
Bowen oranı	0,9
Antropojenik ısı akısı	19 W/m^2
Yere absorplanan net radyasyon fraskiyonu	0,21
Alan Özellikleri	%50 Kentsel Alan %50 Kentsel Alan

Hava kirletici konsantrasyonları şu şekilde hesaplanır (Zemba et al., 1996, Karademir, 2002):

$$C_y = Q_s \cdot \frac{X}{Q_n} \qquad (5.3)$$

Burada;

C_y : modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu ($\mu g/m^3$)

Q_s : kirleticinin emisyon oranı (mg/s)

X/Q_n : nominal (birim) emisyon oranı başına modellenen kirleticinin havadaki konsantrasyonu ($\mu g/m^3$)/ (mg/s).

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Ölçüm Sonuçları

İZAYDAŞ tarafından işletilen katı atık düzenli depolama tesisinde yapılan CO ölçüm sonuçları aşağıdaki Tablo 6.1' de verilmiştir.

LandGEM programı kullanılarak her bir lotta oluşan CO miktarı daha önce belirlenmişti. Tablo 6.2' de 2007 yılında her bir lotta oluşacak olan CO miktarları gösterilmiştir.

Tablo 6.1: Ölçüm Sonuçları

Ölçüm Noktası	CO* ($\mu g/m^3$)	Standart Sapma σ
A+	475	1,00
B+	613	0,15
1	838	1,03
2	388	0,43
3	125	0,04
4	325	0,00
5	188	0,21
6	875	0,12
7	125	0,10
8	1213	0,01
9	525	0,64
10	150	0,11
11	775	0,57
12	638	0,47
13	150	0,25
14	1700	1,27
15	4775	0,91
16	125	0,32
17	1375	0,49

* Ortalama Değerler
+Yakma tesisi civarı

Tablo 6.2: Her bir lotta oluşan CO miktarları

Sıra	Lot No	Lot Alan (m^2)	Lot Hacim (m^3)	Faaliyet Dönemi	Faaliyetteki Toplam Gün	Toplam Atık Miktarı (ton)	CO Gazı Kütlesi (ton/yıl)	CO Debisi (gr/sn/m^2)
1	Lot-3	32.645	95.000	2007-	210	147.000	0,3623	3,52E-07
2	Lot-4	11.845	101.000	2005-2006	730	447.581	1,079	2,89E-06
3	Lot-5	63.980	1.029.000	2000-2005	2190	976.202	1,98	9,81E-07
4	Lot-7	50.945	290.000	1997-2000	1460	393.794	0,6649	4,14E-07

6.2. ISCSTR 3 Modelleme Sonuçları

İZAYDAŞ atık sahası için bir saatlik, yirmi dört saatlik ve yıllık dağılım gradyenleri oluşturulmuştur. Her sonuç Şekil 6.1-6.3' de sunulmuştur. Bu çıktılarda sonuçlar $\mu g/m^3$ birimindedir. Ayrıca emisyon dağılımını daha iyi görebilmek için çok küçük konsantrasyonlar elimine edilebilmektedir.

6.2.1. Saatlik CO modellemesi

Aşağıdaki Şekil 6.1' de saatlik CO modelleme sonucunun grafiği görülmektedir.

Modelleme sonucu elde edilen grafikte de görüldüğü gibi katı atık düzenli depolama tesisinin yeraldığı mevkide rüzgar kuzeyden esmektedir.

Ölçüm sonucu ile modelleme ile bulunan sonuç arasında önemli fark vardır. Özellikle 1 ve 2 numaralı noktalarda ölçüm sonuçları 838 ve 388 $\mu g/m^3$ olmasına karşın modelleme sonucu 149-168 $\mu g/m^3$ arasındadır.

6.2.2. 24 Saatlik CO modellemesi

Aşağıdaki Şekil 6.2' de 24 saatlik CO modelleme sonucunun grafiği görülmektedir.

Ölçüm sonucu ile modelleme ile bulunan sonuç arasında önemli fark vardır. Özellikle 1,7,8 ve 9 numaralı noktalarda ölçüm sonuçları 838, 125, 1213 ve 525 $\mu g/m^3$ olmasına karşın modelleme sonucu 30-33 $\mu g/m^3$ seviyesindedir.

6.2.3. Yıllık CO modellemesi

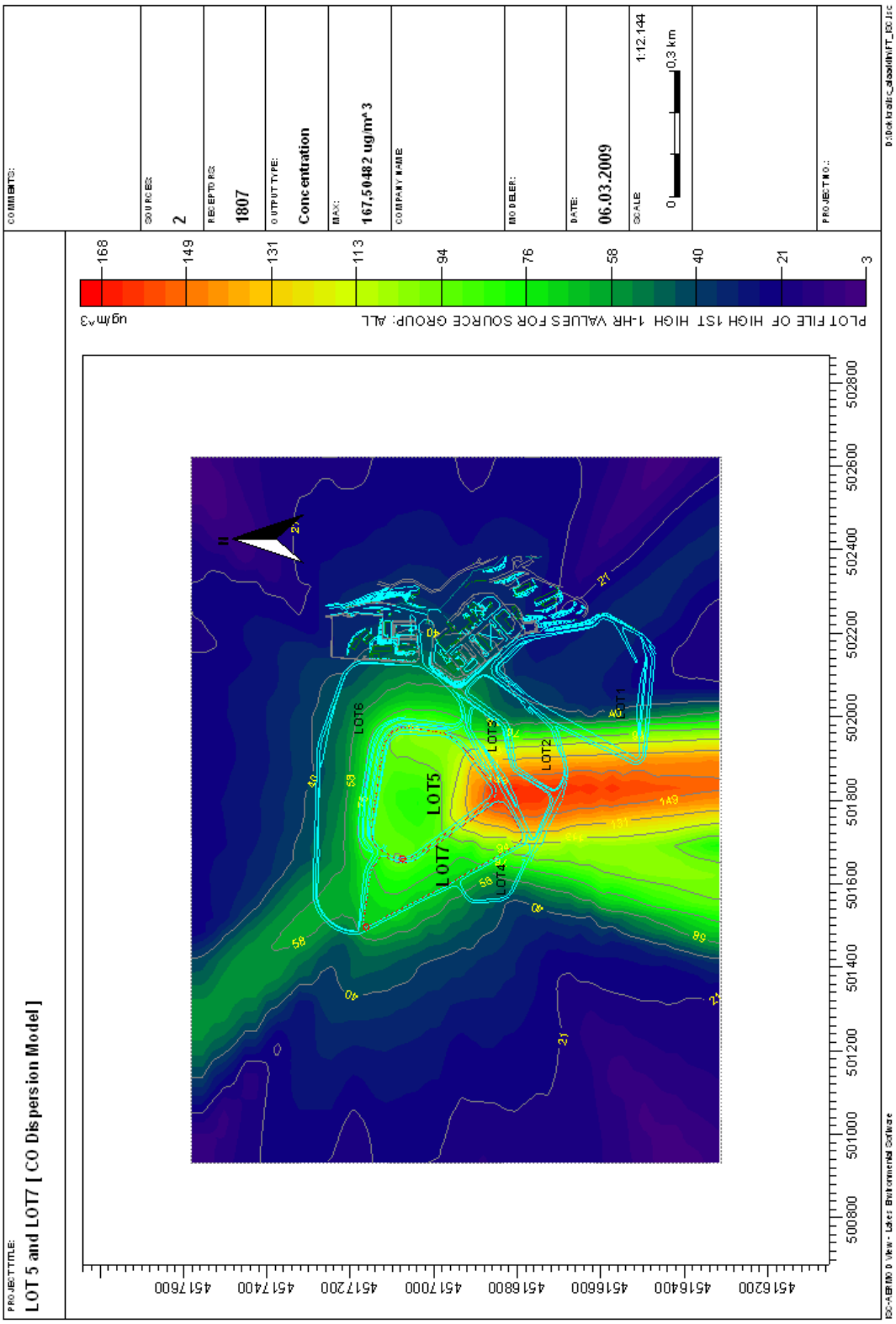
Aşağıdaki Şekil 6.3' de yıllık CO modelleme sonucunun grafiği görülmektedir.

Grafikte 24 saatlik modelleme sonucu ile yıllık modelleme sonucu arasında önemli bir farkın olmadığı görülmektedir.

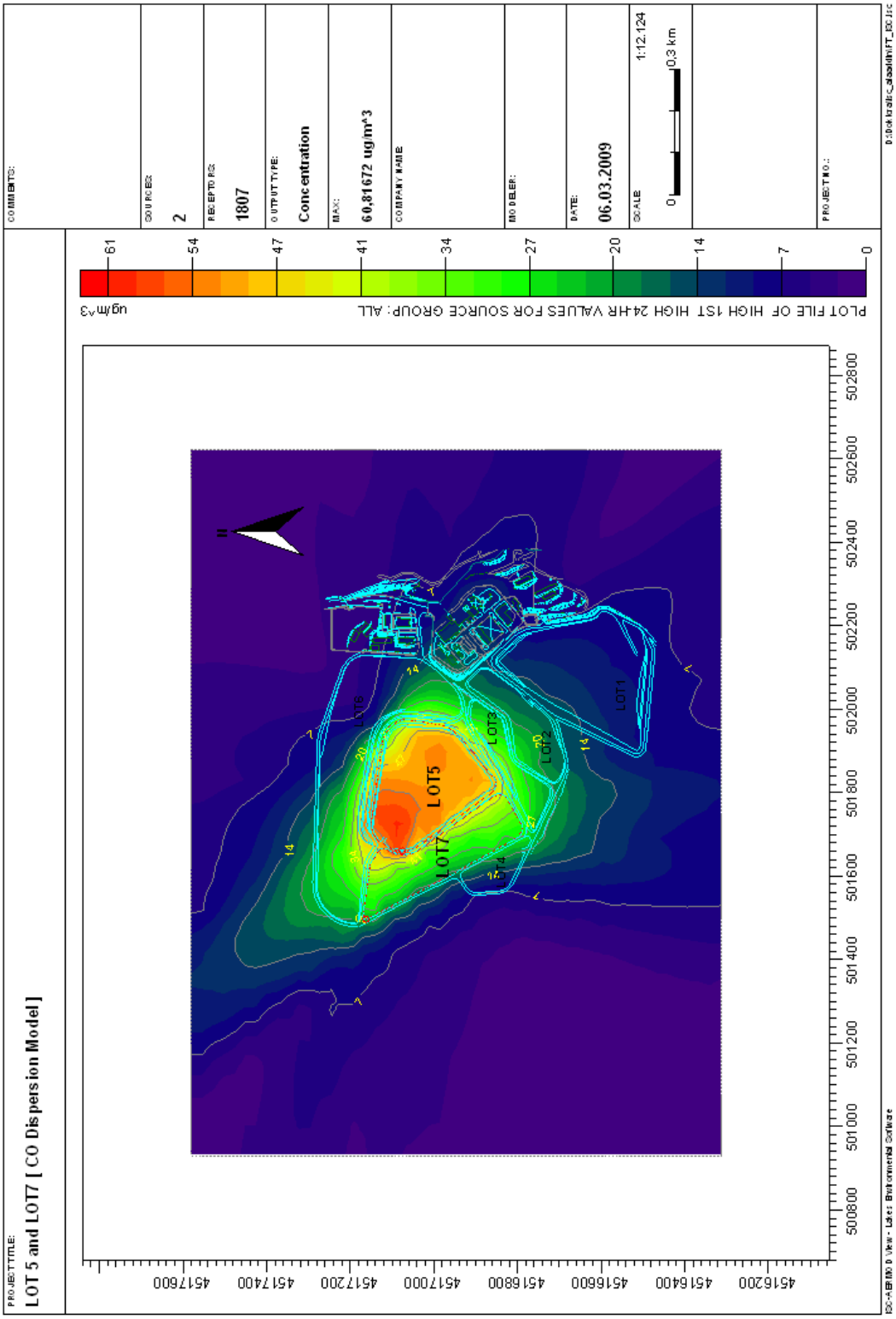
2000-2004 yılı meterolojik verilerini içeren, toplam 5 yıllık SAMSON formatındaki veri dosyası kullanılarak, ISC-AERMOD View programı yardımcı programlarından WRPLOT View yardımcı programı sayesinde, meteorolojik veriler ışığında elde edilen ve dağılımı belirleyen rüzgar gülü haritası, model çalıştırılarak elde edilmiştir. Bu programda özellikle eksik saatlerin az olması veya hiç olmaması doğru sonuçlar vermektedir.

MeteoOku programı ile hazırlanmış olan SAMSON dosyası içinde eksik gün veya saat kontrolü de yapıldığından dolayı, elde edilen Met0004.met dosyasında hiçbir eksik yoktur.

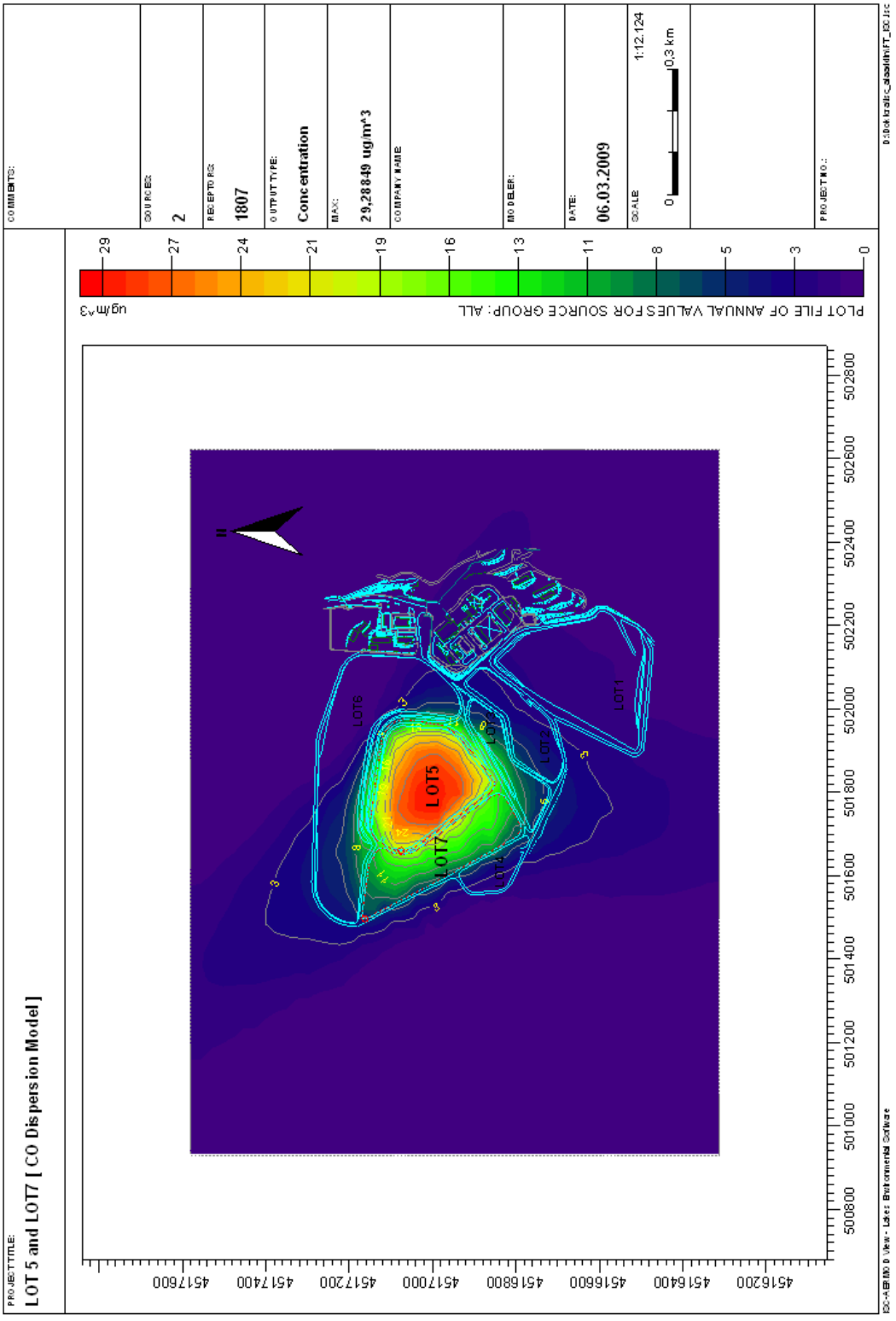
Rüzgar gülü özellikle dağılımda etkili olan net rüzgar yönünü verdiği için, yorumlamada gerekli olmaktadır. Otomatik olarak meteorolojik verilerden hesaplanan rüzgar gülü değerlerinden, baskın olan rüzgar esme yönü ve bileşke rüzgar esme yönü buradan görülmektedir. Rüzgar gülüne göre özellikle kuzey-batı yönünde etkili rüzgar kuvveti ve tüm rüzgar esme yönlerinin bileşke kuvvet yönü de güney-batı olarak elde edilmiştir (Şekil 6.4) (Taşpınar ,2008).



Şekil 6.1:.Saatlik CO dağılım modeli



Şekil 6.2: 24 Saatlik CO dağılım modeli

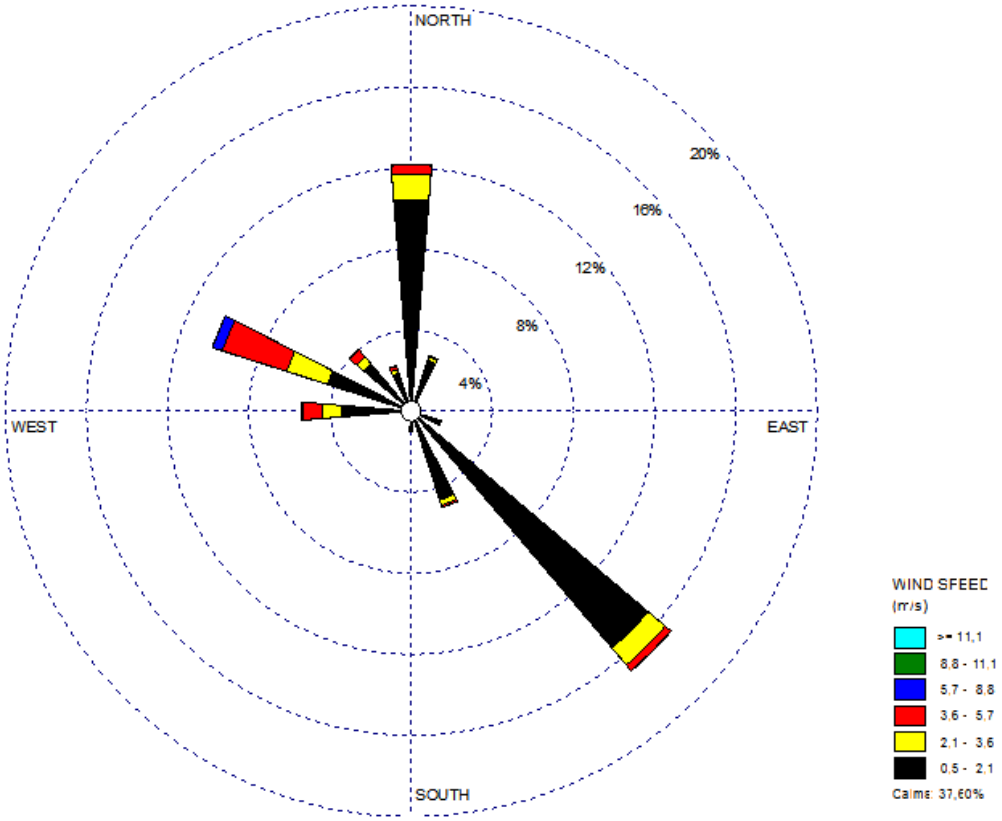


Şekil 6.3: Yıllık CO dağılım modeli

Rüzgar gülünde görüldüğü üzere, rüzgar genel olarak iki hat üzerinde esmektedir. Rüzgarların %16'dan fazlası güneydoğudan kuzeydoğuya doğru eserken, %12'si ise kuzeyden güneye doğru esmektedir. Rüzgarların %10'u ise kuzeybatıdan güneydoğuya doğru esmekte ve şiddetinin diğerlerinden fazla olduğu görülmektedir.

6.3. Model ve Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması

ISCST3 Aermod View 5.3 hava dağılım modelleme programı kullanılarak elde edilen sonuçlar ile İZAYDAŞ tesisi Lot 7, Lot 5, Lot 4 ve Lot 3 alanlarında yapılan



Şekil 6.4:Wrplot View modülü ile hazırlanan rüzgar gülü (Taşpınar, 2008).

ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Model sonuçları saatlik, yirmi dört saatlik ve yıllık bazda değerler üretmiş olup, yirmi dört saatlik ve yıllık değerlerin saatlik değerlerden yüksek olduğu görülmüştür. Analiz sonuçları ile model sonuçlarına bakıldığında Lot 7, Lot 5, Lot 4 ve Lot 3 için yıllık, 24 saatlik ve saatlik bazda elde edilen model sonuçları 29-61-168 $\mu g/m^3$, ortalaması ise 86 $\mu g/m^3$ iken ölçüm

sonuçlarının ortalaması 809 $\mu g/m^3$' tür. Yani model ile analiz sonuçlarının birbirine yaklaşım oranı ise 1/10' dur. Bu farkın yüksek oluşu;

1. 15 nolu noktadaki ölçüm değerinin yüksek oluşu,
2. Ölçüm yapılması sırasında ortamda bulunan iş makineleri ve atık boşaltımı için lot bölgesinde bulunan kamyonlardan kaynaklanan CO emisyonu,
3. Teorik olarak hesaplanan CO miktarı ile atık depolama sahasında oluşan CO miktarı arasındaki farktır. (Teorik CO oluşumu hesaplanırken kullanılan atık bilemişi ile düzenli depolama alanında depolanan atık bileşiminin farklı olmasıdır.)

Ölçüm yapılan noktalardan en yüksek sonuç elde edilen noktalar çıkartılarak yeni bir değerlendirme yapılmıştır. En yüksek ölçüm değeri elde edilen 14 ve 15 numaralı noktalar değerlendirme dışında bırakılarak yapılan değerlendirmede Lot 7, Lot 5, Lot 4 ve Lot 3 için yıllık, 24 saatlik ve saatlik bazda elde edilen model sonuçları değişmeyecek ancak ölçüm sonuçlarının ortalaması 523 $\mu g/m^3$' tür. Bu duruma göre, model sonuçları ile ölçüm sonuçlarının yaklaşım oranı 1/5 olmaktadır. 14 ve 15 numaralı bu noktalar hakim rüzgar yönü üzerinde bulunduklarından, bölgede bulunan iş makinesi ve çöp kamyonlarından kaynaklanan emisyonların ölçüm sonuçlarını etkiledikleri düşünülmektedir.

6.4. Tartışma

İnsanların değişen teknolojik tüketim anlayışları, hızla artan nüfus ve gelişen teknoloji ile birlikte oluşan katı atık miktarları da artmaktadır. Katı atıkların uygun olmayan şekilde bertaraf edilmesi en önemli çevre sorunlarından biri olmaktadır. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de katı atıkların düzenli depolama yöntemi ile bertarafı, bu yöntemin maliyetinini diğer yöntemlere göre nispeten ucuz olması, kalifiye eleman temini konusunda daha avantajlı olması ve daha basit bir işletme yönteminin olması nedeniyle daha çok tercih edilen bir yöntem olmaktadır.

Katı atık düzenli depolama alanları yaşayan mühendislik sistemleridir. Yani, bu alanlarda depolanan atıklar uzun yıllar sürecek çok karmaşık işlemler sonucu

değişime uğrarlar. Atıkların organik kısımları ayrışmalar sonucu süzüntü suyuna ve deponi gazına dönüşürken, atığın hacim ve kütlesinde azalmalar meydana gelmektedir. Oluşan deponi gazının bileşimi, depolanan atığın bileşimine, çevre faktörlerine ve alanın işletilmesine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Bunlardan bazılarının konsantrasyonları çok düşük olmasına rağmen, insan ve çevre için zararlı olabilecek gazlar oluşmaktadır. Bu gazlardan olan karbon monoksit gazı küresel ısınma konusunda dikkat edilmesi gereken gazların başında gelmektedir.

Bu çalışmada, ülkemizin ilk modern katı atık düzenli depolama alanı olan İZAYDAŞ Katı Atık Düzenli Depolama Alanı' nda karbon monoksit emisyonları ölçülmüştür. Burada amaç, düzenli katı atık depolama tesislerinden kaynaklanan kirleticilerden olan CO emisyonlarının çevre yerleşim bölgelerindeki etkisinin modellemesini yapmaktır. Ayrıca oluşan CO emisyonlarının ortamda çalışanlar ve çevre halkı için etkisini ortaya koymaktır.

Ölçümler 27.07.2007 tarihinde Lot 7, Lot 5, Lot 4 ve Lot 3 lotlarında gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde en az üç adet veri kaydedilmiş ve bu verilerin aritmetik ortalamaları alınmıştır. Ancak alınan ortalamaların ölçüm sonuçlarını tam olarak ifade edip etmediğinin de kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle ölçüm sonuçlarının standart sapması hesaplanmıştır. Tablo 6.1' de görüldüğü gibi düzenli depolama sahasında 2 noktada, yakma tesisi civarında ise bir noktada standart sapma değeri 1' in üzerindedir. Diğer noktalarda ise standart sapma değerleri yüksek değildir. Bu da yapılan ölçüm sonuçlarının yeterli güvenilirlikte olduğunu göstermektedir.

Ölçüm sonuçları ile modelleme sonuçları incelendiğinde sonuçlar arasında fark olduğu görülmektedir. Bu farkın özellikle depolamanın nasıl gerçekleştirildiği, deponi alanının yaşı, depolanan katı atıkların karakteri (C/N oranı ve nem içerigi gibi), iklim koşulları, ortam sıcaklığı ve depolama alanının kapatılma biçimine bağlı olarak değişebilecği unutulmamalıdır.

Özellikle 14 ve 15 nolu noktalarda karbon monoksit emisyonları yüksek çıkmıştır. Ancak, ölçüm sonuçlarının Türk Mevzuatı ve uluslararası kriterlere göre oldukça

düşük olduğu görülmektedir. Bu kapsamda ölçüm sonuçları aşağıdaki Tablo 6.3'de verilen ulusal ve uluslar arası standartlar ile karşılaştırılmıştır (HKKY, USEPA, WHO).

Tablo 6.3: Karbon monoksit gazı için ulusal ve uluslar arası standartlar

Kirletici	Ortalama Süre	HKKY ($\mu g/m^3$)	USEPA ($\mu g/m^3$)	WHO ($\mu g/m^3$)
CO	15 Dakika	Mevcut Değil	Mevcut Değil	100.000
	30 Dakika	Mevcut Değil	Mevcut Değil	60.000
	1 Saat	30.000	40.000	30.000
	8 Saat	10.000	10.000	10.000

Bunlara ilave olarak, özellikle iç ortam hava kalitesi açısından önemli olan çeşitli uluslararası standartlar Tablo 6.4' te verilmiştir.

Tablo 6.4: Karbon monoksit gazı için uluslararası standartlar

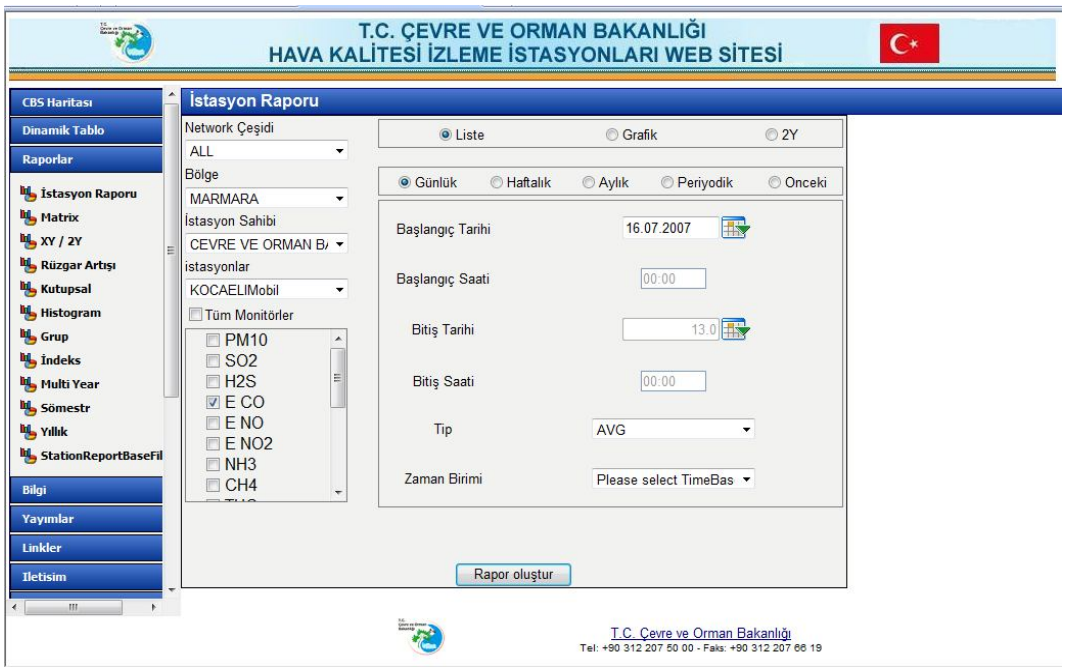
Standart	Sınır Değer ($\mu g/m^3$)
PEL (OSHA)	55.000
REL (NIOSH)	40.000
TLV (ACGIH)	29.000

İZAYDAŞ' ta yapılan ölçüm sonuçlarının ulusal ve uluslararası standartlara bakıldığında oldukça düşük olduğu görülmektedir. İZAYDAŞ' ta yapılan ölçümlerde en yüksek sonuç 4775 $\mu g/m^3$ iken ulusal ve uluslararası standartlarda 8 saatlik maruziyet süresindeki en düşük değer 10.000 $\mu g/m^3$'' tür. Dolayısıyla atık depolama sahasında oluşan CO gazının insan ve çevre sağlığı açısından önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmaktadır.

Ölçüm sonuçlarının modelleme sonuçlarına göre yüksek çıktığı görülmektedir. Yukarıda da bahsedildiği gibi ölçüm sonuçlarının modelleme sonuçlarından yüksek olmasında, etraftaki taşıt araçları ve iş makinelerinden kaynaklanan emisyonlar, atık yaşı ve cinsi gibi faktörlerin yanında ortamda bulunan karbon monoksit miktarı da etkili olmaktadır. Ancak gözardı edilmemesi gereken önemli bir faktör de unutulmamalıdır ki ortamda mevcut karbon monoksit miktarı da ölçüm sonuçlarının modelleme sonuçlarından yüksek çıkmasına sebep olabilmektedir. Modelleme ortamda herhangi bir konsantrasyon olmadığını kabul ederek çalıştığından ölçüm sonuçlarından düşük çıkması normal kabul edilebilmektedir.

Ortamda bulunan karbon monoksit emisyonlarının tespiti için T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesi İzleme İstasyonları web sitesinden faydalanılmıştır (Şekil 6.5).

İnternet sitesinde istasyon raporları linkinden Marmara Bölgesi' nde Çevre ve Orman Bakanlığı' na ait Kocaeli Mobil isimli istasyonu verileri alınmıştır. Ölçüm 27.07.2009 tarihinde yapıldığından bu tarihi de kapsayacak şekilde 23.07.2009-29.07.2009 tarihleri arasındaki bir haftalık verilerin ortalaması alınmıştır.



Şekil 6.5: T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Hava Kalitesi izleme İstasyonları Web Sitesi (www.havaizleme.gov.tr, 2009).

Ölçüm yapılan tarihi de kapsayacak şekilde alınan bir haftalık verilerin ortalaması 1510,6 µg/m^3'tür. Ölçüm sonuçlarının ortalaması ise 793,57 µg/m^3'tür.

Kocaeli Mobil istasyonundan alınan verilerin, ölçüm sonuçlarının yaklaşık olarak 2 katı olduğu görülmektedir. Bu durum, ölçüm yapılan İZAYDAŞ' ın İzmit' e göre yüksek konumda olması, sanayi tesislerinden uzakta olmasıyla açıklanabilmektedir. Ancak ölçüm sonuçlarının modelleme sonuçlarından yüksek olmasının nedeni, ortamda bulunan karbon monoksit miktarıdır.

Ölçüm sonuçları ve modelleme sonuçlarının birbirine oranları kapalı lotlar ile açık lotlar arasında fark edip etmediğini belirleyebilmek için kapalı ve açık lotlar arasında da bir değerlendirme yapılmıştır.

Ölçüm yapıldığında kapalı olan 4 numaralı lot çevresinde 2, 3 ve 4 numaralı noktalarda ölçüm yapılmıştır. Bu üç noktanın ölçümlerinin ortalaması 279,3 $\mu g/m^3$' tür. 5 numaralı lot çevresinde 1, 7, 8 ve 9 numaralı lotlarda yapılan ölçüm sonuçlarının ortalaması 675,2 $\mu g/m^3$' tür. Açık olan diğer lot olan 7 numaralı lotta ise 1, 2, 4, 5 ve 7 numaralı noktalarda yapılan ölçümlerin ortalaması 400,2 $\mu g/m^3$'tür.

Kapalı lotlar için modelleme sonuçlarının ortalamaları ile ölçüm sonuçlarının ortalamaları karşılaştırıldığında, 4 numaralı lotun modelleme sonucu ortalaması 58-76 $\mu g/m^3$, 5 ve 7 numaralı lotun modelleme ortalaması 113-131 $\mu g/m^3$' tür.

Yukarıda görüldüğü gibi 4 ve 7 numaralı lotlarda ölçüm sonuçları ile modelleme sonuçları arasındaki oran 4:1 iken, 5 numaralı lotta ölçüm sonuçları ile modelleme sonucu arasındaki oran yaklaşık olarak 6:1' dir.

Bu veriler ışığında kapalı lotlar ile tüm lotlar için modelleme ve ölçüm sonuçları arasındaki fark görülmektedir. Bu farkın ortamda bulunan karbon monoksit konsantrasyonlarından ve bölgede çalışan taşıt araçları ile iş makinelerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Katı atık düzenli depolama tesislerinde yapılan çalışmalar da incelenmiştir. Nemlioğlu ve diğerleri (2002) tarafından yapılan bir çalışmada İstanbul Kemerburgaz-Odayeri Katı Atık Depolama Tesisi' nde farklı zaman ve sıcaklıklarda yapılan ölçüm sonuçları verilmiştir. Çalışmada verilen ölçüm sonuçları Tablo 6.5' de verilmiştir. Ölçüm sonuçları incelendiğinde karbon monoksit gazı miktarı ortam sıcaklığına göre değişiklik göstermektedir.

Onargan ve diğerleri (2003) tarafından İzmir-Uzundere Katı Atık Depolama Tesisi' nde yapılan ölçüm sonuçları ise Tablo 6.6' da verilmiştir.

Tablo 6.5: Istanbul Kemerburgaz-Odayeri Katı Atık Depolama Tesisi' nde yapılan CO ölçüm sonuçları (Nemlioğlu ve diğerleri, 2002).

Tarih	**15.03.1999**	**17.05.1999**	**09.06.1999**	**26.10.1999**	**11.04.2000**
Ortam Sıcaklığı	13 ^{O}C	18 ^{O}C	25 ^{O}C	19 ^{O}C	15 ^{O}C
Ortalama ($\mu g/m^3$)	29087,93	38364,01	14429,45	166969,3	10993,87
Maksimum ($\mu g/m^3$)	65276,07	42372,19	34355,83	>229038,9	92760,74
Optimum ($\mu g/m^3$)	50961,15	38364,01	16490,8	187811,9	19697,34

Tablo 6.6: Izmır-Uzundere Katı Atık Depolama Tesisi' nde yapılan CO ölçüm sonuçları (Onargan ve diğerleri, 2003).

Nokta	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Ölçüm Sonucu	343558,3	308055	190548,2	354972,7	236203,9
Nokta	**6**	**7**	**8**	**9**	
Ölçüm Sonucu	167334,5	96551,72	15135,14	121664,1	

İZAYDAŞ' ta yapılan ölçüm sonuçları ile İstanbul Kemerburgaz-Odayei Katı Atık Depolama Tesisi' nde ve İzmir-Uzundere Katı Atık Depolama Tesisi' nde yapılan ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında; İZAYDAŞ' ta yapılan ölçüm sonuçlarının çok daha düşük olduğu görülmektedir. Bunun çeşitli nedenelri olabilmektedir. Bu nedenlerden bazıları;

- Kemarburgaz-Odayeri ve Izmir-Uzundere Katı Atık Depolama Tesisi' nde yapılan ölçümler gaz bacalarından yapılmış olması
- Kemerburgaz-Odayeri ve Izmır-Uzundere Katı Atık Depolama Tesisi' nde depolanmış olan atıkların, atık yaşlarının İZAYDAŞ' a göre daha genç olması olabilir. Bölüm 3' te bahsedildiği gibi atıklar anaerobik parçalanmanın başladığı II. Fazda en fazla CO üretme kapasitesine sahiptirler (Tablo 3.1).

Ölçümlerin zaman alıyor olması ve yüksek maliyetinden dolayı saha ölçümleri kısıtlı olmaktadır. Bu çalışmada ortamda bir kez ölçüm yapılmıştır. Program sonucu çıkan

verilerin ölçüm sonuçları ile sağlıklı olarak karşılaştırılabilmesi için ölçümlerin birden fazla yapılarak ortalamasının alınması daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Düzenli depolama sahasında oluşacak karbon monoksit gazının teorik olarak hesaplanması sırasında atık bileşiminden faydalanılmaktadır. Deponi alanından örnekler alınarak atık bileşiminin hesaplanması, gerçeğe daha yakın değerler elde edilerek sağlıklı bir karşılaştırma yapılabilmesi için yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

Agency For Toxic Substance And Disease Registry. Landfill Gas Primer, An Overwiew For Environmental Health Professional (ATSDR), (2003).

Alyanak İ., Filibeli A., "Tavuk Çiftliği Artıklarının Çevre Etkilerinin Önlenmesi Ve Yararlı Hale Getirilmesi Alternatifleri" ***Uluslararası Çevre Sempozyumu***, İstanbul (1987).

Ayberk S., "Çevre Kirliliği ve Kontrol Yöntemleri (Ders Notu), ***Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği***, İzmit, (2000).

Ayberk, S., "Kocaeli Üniversitesi Katı Atık Ders Notları" ***İzmit***, (1995).

Borat M., "Katı Atık", Ders Notları, ***İstanbul Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü***, İstanbul, (2000).

Bradley K. S., Stedman D. H, Bishop G. A., "A global inventory of carbon monoxide emissions from motor vehicles" ***Department of Chemistry and Biochemistry***, University of Denver, Denver, (1998).

Çevre Bakanlığı, "Küçük ve Orta Ölçekli Belediyelerde Katı Atık Bertaraf Sahaları"***Çevre Bakanlığı***, Ankara, (1996).

Durmuşoğlu E., "Kocaeli Üniversitesi Katı Atıklar ve Kontrolü Ders Notları" ***Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü***, İzmit, (2003).

Fiş, A., "İzmit Saraybahçe Belediyesi Sınırlarında Toplanan Evsel Katı Miktarları Ve Bertaraf Yöntemleri Üzerine Araştırmalar", Yüksek Lisans Tezi, ***Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, (1999).

Flachsbart P. G., "Human exposure to carbon monoxide from mobile sources" ***Department of Urban and Regional Planning***, University of Hawai'i at Manoa, Hawai, (1998).

Gönüllü, M.T., Başturk, A., "Evsel ve Endüstriyel Katı Atıkların Düşündürdükleri", ***Çevre ve İnsan Sempozyumu***, S171-179, İstanbul, (1990).Guenther A., Geron C., Pierce T., Brian L., Harley P., Fall R., "Natural Emission Of Non-Methane Volatile Organic Compounds", ***Corbon Monoxide and Oxides Of Nitrogen From North America***, (2000).

Güler Ç., Çobanoğlu Z., "Katı Atıklar", Ankara, (1994).

Halisdemir B., Pehlivan E., Karaca C., "Ülkemizde Katı Atık Probleminin Mevcut Durumu, İleriye Dönük Çözüm Önerileri Ve Mersin Örneği" ***IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi***, İçel, (2001).

HKKY (Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği), ***02.11.1986 Tarih, 19269 Sayılı Resmi Gazete, Ankara***, (1986).
http://biology.about.com/library/blco.htm **(Ziyaret Tarihi 30.03.2009)**.

http://www.die.gov.tr/TURKISH/SONIST/CEVRE//[online],**(Ziyaret Tarihi: 08.11.2007).**

http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines/carbonmonoxide/recognition.html[online], **(Ziyaret Tarihi: 24.04.2009)**

http://www.havaizleme.gov.tr/Default.htm **(Ziyaret Tarihi: 13.07.2009)**

http://www.izaydas.com.tr/tr/[online],**(Ziyaret Tarihi: 08.11.2007)**

http://www.yerelnet.org.tr/yerel hizmetler/kati_atik, [online], **(Ziyaret Tarihi: 07.11.2007).**

İzaydaş, "İzmit Entegre Çevre Projesi Klinik Ve Tehlikeli Atık Yakma Ve Enerji Üretim Tesisi Deneme Yakma Planı", İzmit Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli, (1999).

Karademir A., "Tehlikeli Atık Yakma Tesisi Dioksin Emisoynlarının Doğadaki Dağılımlarının Modellemesi ve Risk Değerlendirmesi", Doktora Tezi, ***Koceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü***, Kocaeli, (2002).

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, ***Çevre Bakanlığı***, Ankara, (1991).

Kutay A., "Katı Atıkların Depolanmasında Karşılaşılan Geoteknik Problemler", Yüksek Lisans Tezi, ***İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, (2001).

Lorder M., Eschenroeder A., Robinson R., "Testing the US EPA' s ISCST-Version 3 Model On Dioxins: A Comporison Of Predicted And Observed Air And Soil Concentrations" ***Atmospheric Environment,*** (2000).

Nemlioğlu S., Demir G., Soyhan B., Borat M., Bayat C., "Gas Emission In Istanbul-Kemerburgaz Solid Waste Landfill Site", ***Fresenius Environmental Bulletin***, Volume:11; No:10b, Pp. 915-920, Germany, (2002).

Nozhevnikova A.N., Lifshits A.B., Lebedev V.S., Zavarzin G.A., "Emission Of Methane In To The Atmosphere From Landfills In The Former USSR", ***Chemsophere 26 (1-4)***, 401-417, (1993).

Marcotte, M., "Türkiye-Kanada Katı Atık Sempozyumu Katı Atıkların Emniyetle Depolanması" ***İller Bankası, Ankara***, (1995).

Minko O.I., Isidorov V.A., Izmailov A.Y., "On Volatile Organic Substances Content In Landfill Gas", ***Paper (Dokladi) of The USSR Acad***., Sci. 310 (N1), 194-197, (1990).

Moschandreas D.J., Watson J., D'Abreton P., Scire J., Zhu T., Klein W., Saksena S., "Chapter Tree: Methodology of Exposure Modeling", ***Chemosphere,*** (2002).

Müezzinoğlu A., "Atmosfer Kimyası" ***Dokuz Eylül Mühendislik Fakültesi Yayınları***, 305, (2003).

Müezzinoğlu A., "Hava Kirliliği ve Kontrolünün Esasları", ***Dokuz Eylük Yayınları***, ISBN:975-6981-36-9, (2004).

Müezzinoğlu A., Elbir T., Bayram A., "Air Quality Management İn İzmir Region Of Turkey As Required By Clean Air Plans", ***Water, Air And Soil Pollution***, 3, 307-323, (2003).

Onargan, T., Küçük K., Polat M., "An Investıgation Of The Presence Of Methane And Other Gases At The Uzundere-Izmır Solid Waste Disposal Site", Pergamon-Waste Management 23, 741-747, İzmir, (2003).

Patrıck, P.K., "Metropolitan Londra'da Katı Atıkların Yönetimi", Istanbul, (1995).

Sağlık Bakanlığı, "Hava Kirliliğine Genel Bakış", ***Refik Saydam Hıfzısıhha Merkezi Başkanlığı***, Ankara, (1992).

Sarmiento L. J., Steven C. W., "A US Carbon Cycle Science Plan", ***A Report Of The Carbon And Climate Working Group***, Request of The Agencies Of The US Global Change Research Program, USA, (1999).

Scott H., Soskolne C. L., Martin S. W., Ellehoj E. A., Coppock R. W., Guidotti T. L., Lissemore K. D., "Comporison of Two Atmospheric-Dispersion Models To Asess Farm-site Exposure To Sour-gas Processing-plant Emission", P***eventive Veterinary Medicine,*** (2003)

Tanrısever, O., "Katı Atık Bertaraf Yöntemleri, Atık Borsası Ve Kocaeli Bölgesinde Uygulanabilirliği", Yüksek Lisans Tezi, ***Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İzmit, (1998).

Taşpınar F. "İzmit Klinik Ve Tehlikeli Atıkları Yakma Ve Enerji Üretim Tesisi' nden Atmosfere Verilen Azot Oksit (NO_X) Emisyonlarının Modellemesi",Yüksek Lisans Tezi, ***Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Kocaeli (2002).

Taşpınar F., "Katı Atık Depolama Gazındaki BTEX Bileşiklerinin Belirlenmesi Ve Sağlık Risklerinin Değerlendirilmesi", Doktora Tezi, ***Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Kocaeli (2008).

T.C. Kocaeli Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, "***Kocaeli İl Çevre Durum Raporu***", Kocaeli, (2006).

Tchobanoglous G., Theisen H., Vigil S., "Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues" ***McGraw-Hill***, New York. (1993).

Toruncuoğlu E., "Katı atık sorunun çözümünde model bir proje: KAYK" ***Çevre' 95 Sempozyumu***, (1995).

Tunay O., Alp K., "Hava Kirlenmesi Kontrolü", ***İstanbul Ticaret Odası, ÇMO İstanbul Şubesi***, İstanbul, (1996).
USEPA, "Clean Air Act, 40 CFR Part 50", National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standarts, (1977).

Wasti Y., Ünlü K., Özkan M. Y., Oğuz M.,"Geotkenik Açıdan Düzenli Katı Atık (Çöp) Depolaması" ***ODTÜ Sürekli Eğitim Merkezi 1.9***, Ankara, (1996).

web.deu.edu.tr/cevre/pala/Hava%20Kirliligi.doc, **(Ziyaret Tarihi 22.03.2009)**.

web.deu.edu.tr/cevre/pala/**karbon**%20dongu.ppt, **(Ziyaret Tarihi 30.03.2009)**.

WHO, "Air Quality Gudelines for Europe", Europe Series, World Health Authority Regional Publications, Kopenak, Danimarka, (1987).

Yalçın F., Demirer G.N., "Performance evaluation of landfills with the HELP (hydrologic evaluation of landfill performance) model: izmit case study", environmental geology, Vol:42, No:7, 793-799, (2002).

Zemba S. G., Green L. C., Crouch E.A. C., Lester R.R., "Quantitative Risk Assesment of Stack Emissions From Municipal Waste Combustors", ***Journal of Hazardous Metarials***, (1996).

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Kocaeli' de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli' de tamamladı. 2000 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü' nden 2005 yılında Çevre Mühendisi olarak mezun oldu. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı' nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Evli olup, Kocaeli' de özel bir şirkette İş Sağlığı ve Güvenliği ve Çevre Yönetim Sistem Mühendisi ünvanı ile görev yapmaktadır.