

**ERZURUM KENTİ KATI ATIK DEPOLAMA
SAHASININ İNCELENMESİ VE
SIZINTI SUYUNUN
MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ**

İshak ÇEVİRİM

**Yüksek Lisans Tezi
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ
2009
Her Hakkı Saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM KENTİ KATI ATIK DEPOLAMA SAHASININ
İNCELENMESİ VE SIZINTI SUYUNUN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

İshak ÇEVİRİM

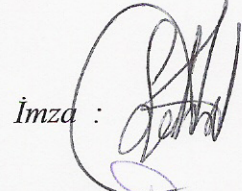
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2009

Her hakkı saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ danışmanlığında, **İshak ÇEVİRİM** tarafından hazırlanan bu çalışma 24/08/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

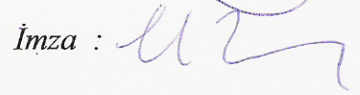
Başkan : Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ

İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Enes ŞAYAN

İmza : 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Hanefi BAYRAKTAR

İmza : 

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof Dr. Ömer AKBULUT

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ERZURUM KENTİ KATI ATIK DEPOLAMA SAHASININ İNCELENMESİ VE SIZINTI SUYUNUN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ

İshak ÇEVRİM

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ

Bu çalışmada, Erzurum Kenti Düzenli Depolama Sahasının incelenmesi ve katı atık sızıntı suyunun bazı karakteristiklerinin zamana göre değişimi incelenmiştir.

Erzurum Kenti Katı Atık Düzenli Depolama sahası 2007 yılında işletmeye başlatılmış genç bir depolama sahasıdır. Çalışmada öncelikle katı atık düzenli depolama sahası planlanırken kullanılan kriterler değerlendirilmiş ve proje aşaması incelenmiştir. Depolama sahası 20 yıllık bir kullanım için projelendirilmiş olup, saha işletme esnasında 800.000 m³, 900.000 m³ ve 1.190.000 m³ olmak üzere üç bölgeye ayrılmıştır. Deponi sahasında oluşacak sızıntı sularını toplamak amacıyla bir drenaj sistemi oluşturulmuş ve bu sızıntı suları 3 bölmeli bir sızıntı suyu havuzunda toplanmaktadır. Ayrıca oluşacak metan gazının toplanması içinde gerekli gaz bacaları yapılmıştır. Deponi sahasının yeni olması nedeniyle henüz yeterli miktarda metan gazı oluşumu görülmemektedir. Daha sonra sızıntı suyundan her ayın ilk haftasında numuneler alınarak bazı kirlilik parametreleri ölçülmüş ve bunların aylara göre değişimi incelenmiştir.

Sızıntı suyunun arıtıldığı ters osmoz ünitesinin çıkış suyundan da örnekler alınarak ters osmoz ünitesinin arıtım verimi incelenmiştir.

Çalışma sırasında Erzurum İli için işletmeye alınan depolama sahasının oldukça iyi şekilde tasarlandığı ve işletmenin düzenli şekilde yapılması sonucu ilin katı atık sorununu çözeceği düşünülmektedir. Ayrıca sızıntı suyu arıtımı için kullanılan ters osmoz sisteminde yeterli arıtımı sağladığı tespit edilmiştir.

2009, 67 sayfa

Anahtar Kelimeler: Katı atık, deponi sahası, sızıntı suyu, ters osmoz.

ABSTRACT

MS Thesis

INVESTIGATING ERZURUM URBAN'S SOLID WASTE LANDFILL AREA AND SEASONAL CHARACTERIZATION OF LEAK WATER.

İshak ÇEVİRİM

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Şahset İRDEMEZ

In this study, Erzurum city regularly, and solid waste landfill area and who the variation of characteristic of leachates from this area were investigated.

Erzurum city solid waste landfill area regularly to operating started in 2007 is a landfill area is young. Study of the landfill area regularly scheduled solid waste is first used, and project evaluation phase is a review of criteria. Landfill area for a 20-years project has been operating the field during the 800,000 m³, 900,000 m³ and 1,190,000 m³ which is divided into three regions. Will occur in the field to collect water leaking landfill to build a drainage system and a leak of water that leaks water division 3 are collected in the pool. Also in the collection of methane gas to generate gas chimneys have been necessary. Because of the new area yet deponi methane gas formation is not enough. Later in the first week of each month from leachates samples were measured by taking some pollution parameters and their changes were examined according to months. Reverse osmosis water treated unit is leaking out of the water samples taken from the reverse osmosis unit is a review of the treatment efficiency.

Consequently, It was seen that Erzurum urban in operation in the landfill area is designed very well and the business to be done on a regular basis as a result of the province is likely to solve the problem of solid waste. Also used for treatment of leachates reverse osmosis was found to system provide adequate treatment.

2009, 67 pages

Keywords : Solid waste, landfill area, leachates, reverse osmos

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmada, danışmanlığımı üstlenen ve her türlü desteği sağlayan çok değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Şahset İRDEMEZ' e en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında bana her türlü desteği veren arkadaşım Sayın Bilal USANMAZ' a, Koordinatör Müdürümüz Dr. Yalçın EDGÜ' ye teşekkür borç bilirim.

Ayrıca her türlü çalışmamda bana desteklerini esirgemeyen eşime ve aileme çok teşekkür ediyorum.

İshak ÇEVRİM
Ağustos 2009

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1 GİRİŞ.....	1
2 KURAMSAL TEMELLER.....	6
2.1 Atık Yönetimi ile İlgili Ana Hususlar.....	6
2.1.1. Atık yönetim prensipleri.....	8
2.1.2. Katı atık yönetim hiyerarşisi.....	9
2.1.3. Türkiye’de katı atık yönetim politika ve stratejisi.....	10
2.1.4. Ulusal çevre eylem planı – katı atık yönetimi.....	11
2.2. Çevre ve Katı Atık Yönetmelikleri.....	13
2.2.1. Katı atık yönetmelikleri.....	14
2.2.1.a. Katı atıkların kontrolü yönetmeliği (KAKY).....	14
2.2.1.b. Tıbbi atıkların kontrolü yönetmeliği (TAKY).....	15
2.2.1.c. Tehlikeli atıkların kontrolü yönetmeliği (THAKY).....	15
2.3. Erzurumda Katı Atık Yönetimi.....	16
2.3.1. Evren çöp döküm sahası iyileştirilmesi.....	17
2.3.2. Yeni bertaraf sahasının yeri.....	20
2.3.3. Atık grupları ve tipleri.....	20
2.3.3.a. Evsel atık.....	21
2.3.3.b. Altyapı atıkları.....	21
2.3.3.c. Tıbbi atık.....	22
2.3.3.d. Endüstriyel atık.....	22
2.4. Ters Osmoz Sistemleri.....	30
2.4.1. Ters Osmozla reddedilen kirleticiler.....	31
2.4.2. Ters Osmoz prosesi.....	34

2.5	Deponi Sahalarında Sızıntı Suyu Oluşumu.....	37
2.6.	Depolama Gazının Toplanması ve Bertarafı.....	38
2.6.1.	Pasif gaz toplama.....	38
3.	MATERYAL ve YÖNTEM.....	39
3.1.	Bertaraf Sistemi Tanıtımı.....	39
3.2.	Metot.....	41
3.2.1.	Toplam organik karbon ölçümleri.....	41
3.2.2.	Yağ ve gres ölçümleri.....	42
3.2.3.	KOİ ölçümleri.....	44
3.2.4.	Toplam azot ölçümleri.....	45
3.2.5..	Fosfat ölçümleri.....	46
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	48
4.1.	Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahasının Tanıtımı.....	48
4.1.1.	Uygulama takvimi.....	48
4.1.2.	Kazı işleri.....	48
4.1.3.	Dolgular.....	49
4.1.4.	Depo tabanı sızdırmazlığı.....	49
4.1.5.	Sızıntı suyu oluşumu, drenajı ve arıtılması.....	50
4.1.6.	Sızıntı suyu drenajı.....	51
4.1.7.	Sızıntı suyu havuzu.....	52
4.1.8.	Sızıntı suyu geri dönüşümü.....	53
4.1.9.	Sızıntı suyu boruları.....	53
4.1.10.	Sızıntı suyu borularının temizlenmesi ve denetimi.....	53
4.1.11.	Yağmur suyu toplama havuzu.....	54
4.1.12.	Gaz oluşumu.....	54
4.1.13.	Depolama örtüsü teşkili.....	54
4.2.	Tasarım Kriterleri.....	55
4.3.	Sahanın Dolum Aşamaları.....	56
4.4.	Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyu Bileşimi	57
5.	SONUÇ.....	63
	KAYNAKLAR.....	65

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AKM	Askıda Katı Madde
KOI	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
TC	Toplam Karbon
TN	Toplam Azot
TOC	Toplam Organik Karbon

Kısaltmalar

EvTA	Evsel Nitelikli Tehlikeli Atık
HDPE Membran	Yüksek Yoğunluklu Polietilen Membran
KAKY	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
TAKY	Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
THAKY	Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
TıA	Tıbbi Atık

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Eşyanın yaşam döngüsü	7
Şekil 2.2.	Atık yönetim hiyerarşisi.....	10
Şekil 2.3	Erzurum Büyükşehir Belediyesi bölgesel sorumluluk alanı.....	17
Şekil 2.4.	Evren (Eski) çöp döküm sahası.....	19
Şekil 2.5.	Evren çöp döküm sahası gaz toplama kuyuları.....	19
Şekil 2.6	Eski ve yeni atık depolama sahaları	20
Şekil 2.7.	Erzurum‘da atık tipleri.....	21
Şekil 2.8.	Tıbbi atık sterilizasyon tesisi üniteleri.....	29
Şekil 2.9.	Osmoz işlemi.....	34
Şekil 2.10.	Ters osmoz sistemi.....	35
Şekil 2.11.	Ters osmoz arıtma tesisi ünitesi.....	35
Şekil 3.1.	Süngerliç Düzenli Depolama Sahası alan projesi.....	39
Şekil 3.4.	TOK analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi	42
Şekil 3.5	Yağ-Gres analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi.....	43
Şekil 3.6	KOİ analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi.....	45
Şekil 3.6.	Toplam azot analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi.....	46
Şekil 3.7.	Fosfat analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi.....	47
Şekil 4.1.	Depolama tesisleri uygulama aşamaları.....	48
Şekil 4.2.	Depo tabanı sızdırmazlık sistemi.....	50
Şekil 4.3.	Sızıntı suyu toplanması ile ilgili plan kesit.....	52
Şekil 4.4.	Depo üst örtüsü sızdırmazlık sistemi.....	55
Şekil 4.5.	Erzurum Kenti Katı Atık Depolama Sahası sızıntı suyunun pH ve iletkenlik değerinin aylara göre değişimi.....	58
Şekil 4.6.	Erzurum Kenti Katı Atık Depolama Sahası sızıntı suyunun toplam sertlik ve askıda katı madde değerinin aylara göre değişimi.....	59

Şekil 4.7.	Erzurum Kenti Katı Atık Depolama Sahası sızıntı suyunun toplam karbon ve toplam organik karbon değerinin aylara göre değişimi.....	59
Şekil 4.8.	Erzurum Kenti Katı Atık Depolama Sahası sızıntı suyunun kimyasal oksijen değerinin aylara göre değişimi.....	60
Şekil 4.9.	Erzurum Kenti Katı Atık Depolama Sahası sızıntı suyunun toplam azot, toplam fosfat ve toplam yağ ve gres değerinin aylara göre değişimi.....	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Evsel atık üretim projeksiyonu [t/yıl].....	17
Çizelge 2.2.	Erzurum da bazı hastanelerin tıbbi atık üretim miktarları.....	27
Çizelge 2.3.	Ters osmozla reddedilen iyonlar, metaller, organik maddeler ve pestisitler.....	32
Çizelge 3.1.	Süngerîç düzenli depolama tesisi uygulaması temel bileşenleri.....	40
Çizelge 4.1.	Erzurum katı atık düzenli depolama sahası sızıntı suyu bileşiminin aylara göre değişimi.....	57
Çizelge 4.2..	Ters osmoz ünitesi çıkış suyunun analiz sonuçları.....	62

1. GİRİŞ

Dünyamızın en öncelikli çözüm aranan sorunlarından biri olan çevre sorunları temelde sıvı, katı ve gaz atıkların doğaya kontrolsüz verilmesi, aynı zamanda doğal kaynakların sürdürülebilirlik ilkesinin göz ardı edilerek aşırı kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Sorunun çözümü, problemin sistem yönetimi anlayışıyla, entegre ve katılımcı bir yaklaşımla ele alınması; yöre, bölge bazındaki eylemlerin küresel ölçekte düşünülerek planlanması ve harekete geçirilmesiyle sağlanabilir.

Bu genel çerçeve içinde “Katı Atık Yönetimi” son günlerde “Çevre Yönetimi” nin en öncelikli bileşenlerinden biri olmaya başlamıştır. Sıvı atık yönetiminde kaydedilen gelişmeler, bununla ilgili statik eylem politikalarını yeterli kılarken, katı atıklar için daha dinamik, insanla ve yöreyle daha iç içe politikaların geliştirilmesini bir zorunluluk haline getirmiştir. Nüfus artışının yanı sıra insanların yaşam ve gelişmişlik düzeyine paralel olarak ürettikleri katı atık miktarlarının fazlalaşması, ayrıca doğaya verilen katı atıkların çevre ve yaşam için tehdit edici nitelikte olmaya başlaması, katı atık sorununun çözümü için teknolojik yöntemlerin uygulanmasının yanı sıra, kaynakta kontrol ve katı atık çıkışını önlemeye yönelik politikaların da geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bir başka deyişle, katı atık yönetim hiyerarşisi ve öncelikleri içinde en ön sırayı hiç atık çıkartmamak veya atık çıkışını azaltmak almış, bunu takiben geri dönüşüm, yeniden kullanım, geri kazanım süreçlerinin uygulanması hedeflenmiştir.

Bu işlemlerin başarısı, büyük oranda halkın katılımına ve desteğine bağlıdır. Bu nedenle katı atık yönetiminde karar vericilerin ve ilgili tarafların ötesinde halkın da bilgilendirilmesi, bir gerekliliktir (UKAK 2003).

Bu nedenle Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından ve kısmen Avrupa Birliği Uyum Yasaları ve Standartları bünyesinde, özellikle 2004 ve 2005 yılları içinde son derece önemli kanun değişiklikleri önerilerek yürürlüğe girmiş, mevcut yönetmeliklerde değişiklikler yapılmış ve yenileri çıkarıldığı gibi bunların uygulamasına yönelik

alışmalar devam etmektedir. Bu da Türkiyede, evre ve insan sağlığına verilen önemin arttığını ve bu çerçevede katı atık yönetimleri için sürdürebilir politikaların üretildiği göstermektedir.

Katı atıkların depolanmasında en önemli sorunlardan biri oluşan sızıntı sularının bertarafıdır. Katı atık deponi sahası atıksuları yüksek organik madde ve toksitite içeriği nedeniyle klasik arıtım yöntemleri ile arıtımı oldukça güç olan sulardır. Bu nedenle genellikle yüksek maliyetli ileri arıtım yöntemleri ile arıtılma yoluna gidilmektedir. Ayrıca deponi sahalarının yaşlı veya genç olması sızıntı suyu bileşimini oldukça etkilemektedir.

Katı atıklar kaynaklarına göre; evsel katı atıklar, endüstriyel atıklar, açık alandan kaynaklanan atıklar, zirai atıklar, hastane atıkları, arıtma tesisi atıkları ve radyoaktif atıklar olarak sınıflandırılabilir (ay vd 2007).

Katı atıklar, bileşenleri bakımından çok büyük farklılıklar gösteren heterojen karışımlardır (zcan vd 2005). Katı atık bileşimi sosyo-ekonomik şartlara, bölgelere, iklime ve birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bileşimindeki farklılıklara rağmen, katı atıkları oluşturan en büyük bileşen organik maddelerdir. Çoğu organik maddeler biyolojik olarak parçalanabilir ve aerobik, anaerobik mikroorganizmalarla daha basit bileşenlere dönüşebilir (Boni *et al.* 2006).

Günümüzde geliştirilen teknolojilere rağmen birçok atık türünün yeniden üretime kazandırılması, öncelikle ekonomik olarak mümkün olmamaktadır. plerin bertarafında da yakma, kompostlaştırma gibi yeni teknolojik işlemler uygulanmakta fakat sonuçta yine de bir miktar pn son uzaklaştırma işlemi için depolanması gerekmektedir (Nozhevnikova *et al.* 1993). Katı atık yönetiminde; düzenli depolama birçok ülke tarafından kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir (Olivero-Verbel 2008). Dünyada yılda 450-500 milyon ton evsel katı atık üretildiği bilinmektedir. Bunun yaklaşık %70'i düzenli depolama ile bertaraf edilmektedir (Veli 2008).

Düzenli depolama, katı atıkların çevre sağlığına uygun şekilde tabanı kil ve geomembranla geçirimsiz hale getirilmiş bir araziye dökülüp sıkıştırılması ve üzerinin toprakla örtülmesini, içinde bulunan depo gazının uygun bacalarla kontrol edilerek toplanmasını ifade eder. Ayrıca çöp sızıntı ve süzüntü sularının derlenip toplandığı ve arıtıldığı bir bertaraf yöntemidir (Borat vd 2002).

Katı atıkların düzenli depolanmasında ortaya çıkan önemli sorunlardan biri katı atıklardan süzülerek tabana ulaşan, çözünmüş ve askıda bileşenler içeren sızıntı sularıdır (Pala ve Şirin 2001; Kulikowska and Klimiuk 2007). Sızıntı suyu oluşumunun iki önemli kaynağı vardır. Birincisi dışarıdan depoya giren su miktarı, diğeri de depolanmış atıktaki su muhtevasıdır. Saha içerisinde organik maddelerin ayrışması sonucunda oluşan su miktarı, bu iki kaynağa göre daha önemsizdir.

Katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı suyu miktarını depo yaşı, iklim değişikliği, atığın türü ve bileşimi (çevre halkının yaşam standardı, yerin yapısı) gibi birçok faktör etkilemektedir (Renou 2008; Sormunen *et al.* 2008).

Düzenli depolama tesislerinde katı atıkların ayrışmasıyla oluşan sızıntı suları koyu gri renkli, kötü kokan çözeltilerdir (Moraes 2005). Sızıntı suyunun özellikleri katı atıkların bileşimine, hidroloji ve hidrojeolojiye, sıkıştırma oranına, örtü şekline, atık yaşına, örnekleme yöntemlerine, sızıntı suyunun temas ettiği çevreye, düzenli depolamanın tasarım ve işletmesine bağlı olarak değişmektedir (Papadopoulou 2007).

Düzenli depolama sahası sızıntı suları hümitik asit, amonyak azotu, ağır metaller, ksenobiyotik ve inorganik tuzlarında bulunduğu yüksek derişimlerde organik ve inorganik kirleticiler içermektedirler (Slack *et al.* 2005; Wisznioowski *et al.* 2006; Etler *et al.* 2008; Lin *et al.* 2008).

Proteinlerin bozunması ile oluşan amonyak; sızıntı sularında 500 ile 2000 mg NH₄-N/L arasında bulunmaktadır. Katıdan ayrıldığından dolayı derişiminde zamanla azalma

olmaz. Bundan dolayı amonyak uzun dönemler için sızıntı suyunun en önemli bileşimi olarak tanımlanmaktadır (Kjeldsen 2002).

Düzenli katı atık depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı suları, içerdikleri yüksek miktardaki organik maddeler, azotlu maddeler, ağır metaller, klorlanmış organik ve inorganik tuzlardan dolayı hem toprak kirlenmesine hem de yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesine neden olmaktadır (Wang *et al.* 2002; Yalılı vd 2006; Karadag *et al.* 2008). Bu nedenle sızıntı sularının deşarj kriterlerine kadar arıtılması gerektirmektedir (Yalılı vd 2006).

Sızıntı sularının arıtımı için geliştirilen metotlar fiziksel, kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma metotlarıdır. Bu metotlardan herhangi birini tek başına kullanarak yüksek oranda arıtma verimi ve çıkış suyu kalitesi elde etmek zordur. Bunun için sızıntı sularının arıtımında genellikle fiziksel, kimyasal ve biyolojik metotların kombinasyonu; ileri arıtma metotlarında ise adsorpsiyon ve membran teknolojileri kullanılmaktadır (Vogelpohl *et al.* 1995; Amokrane *et al.* 1997; Bohdziewicz *et al.* 2001; Marttinen *et al.* 2002; Yalılı vd 2006).

Sızıntı sularının arıtımında kullanılan kimyasal metotlar koagülasyon-flokülasyon (Amokrane *et al.* 1997; Ahn *et al.* 2002), kimyasal çöktürme ve kimyasal-elektrokimyasal oksidasyonlar, biyolojik metotlar ise aerobik, anaerobik ve anoksik proseslerin bir kombinasyonudur (Lin *et al.* 2008). Fiziko-kimyasal metotlar genellikle sızıntı suyundan biyolojik olarak giderilemeyen maddeleri gidermek için biyolojik metotlarla beraber kullanılırlar (Bohdziewicz *et al.* 2001; Ahn *et al.* 2002; Yalılı vd 2006).

Son yıllarda, biyolojik olarak giderilemeyen maddelerin arıtımı için elektrokimyasal yöntemlere ilgi artmıştır. Elektrokimyasal yöntemler çevreye dost bir teknolojidir ve yeni toksik atıklar üretmez. Organik maddeler ve toksik kirleticiler hidroksil radikalleri gibi oksidantların oluşumu ile anodik oksidasyonla parçalanırlar. Elektrokimyasal

prosesler daha az alan gerektirir ve daha az çamur oluşturur. Elektrokimyasal prosesler tekstil atıksuları, zeytin karasuyu atıksuları ve sızıntı suyu gibi endüstriyel atıksuların arıtılmasında başarılı şekilde uygulanmıştır (Han *et al.* 2008).

Biyolojik prosesler yüksek BOİ₅/KOİ oranlı genç sızıntı suları için etkilidir (Turan *et al.* 2005). Ancak bu prosesler düşük BOİ₅/KOİ'li veya yüksek toksik bileşik konsantrasyonlu sızıntı sularını iyi bir şekilde arıtamaz. Fiziksel ve kimyasal yöntemlerin özellikle biyolojik arıtılabilirliği düşük ve toksik madde içeriği yüksek sular için daha verimli olduğu görülmektedir. Biyolojik arıtımın yaşlı sızıntı sularının arıtımında çok etkili olmaması ve veriminin düşük olması en büyük dezavantajdır. Ayrıca sızıntı sularında çok miktarda biyolojik olarak parçalanamayan madde mevcuttur ve Fe, Zn, Mn, Pb, Cd, As, Co, Ni ve Cr gibi ağır metallerin bulunması biyolojik olarak arıtılabilirliğini azaltmaktadır. Bu nedenle biyolojik arıtmadan önce bu toksik maddelerin kimyasal çöktürme ile uzaklaştırılması bir zorunluluktur. Bu metallerin toksik etkisi aerobik biyolojik yöntemlerde daha fazla anaerobik biyolojik yöntemlerde daha az olmaktadır (Alpaslan 2005).

Genellikle yapılan arıtma tesislerinde inorganik maddelerin giderilmesinde fiziksel-kimyasal arıtım, organik maddelerin giderilmesinde ise biyolojik arıtım kullanılmaktadır. Biyokimyasal arıtım olarak aerobik ve anaerobik arıtımın her ikisinin de uygulanması mümkündür. Ancak anaerobik arıtım ağır metallere olan toleransı nedeniyle daha uygun görülmektedir (Mazlum 1996).

Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada Erzurum katı atık düzenli depolama tesisinin incelenmesi ve tesiste oluşan sızıntı sularının karakterizasyonunun mevsimsel olarak değişimi incelenmiştir. Erzurum katı atık düzenli depolama tesisi 2007 yılında işletmeye alınmış genç bir deponi alanıdır. Ayrıca tesiste bulunan tıbbi atık sterilizasyon ünitesi 2008 yılı sonlarında işletilmeye başlatılmıştır. Bu tesiste şu anda yaklaşık olarak günde 50 m³ sızıntı suyu oluşmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER

Atık, üreticisi tarafından artık kullanılmaz, işe yaramaz veya tehlike oluşturduğuna inanılan ve bertaraf edilmesi gereken hareketli nesnelere verilen genel isimdir. Nesnenin atık olduğuna karar verilmesi ise kişisel bir yargıdır. Genel olarak katı atık ise; “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” ne göre, üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddelere ve arıtma çamuruna denir. Katı Atık halk dilinde “çöp” olarak bilinir. Aslında atıkların içinde kâğıt, cam, metal, plastik ve benzeri gibi yeniden değerlendirebilir nitelikte malzemeler bulunmaktadır. Çöp terimi hiçbir şekilde dönüşümü olmayan ve mutlak suretle herhangi bir yöntemle bertarafı gereken artık malzemelerdir. Atıklar ve çöpler herkesin her gün ürettiği ve daha sonra bunlardan kurtulmak istediği şeylerdir.

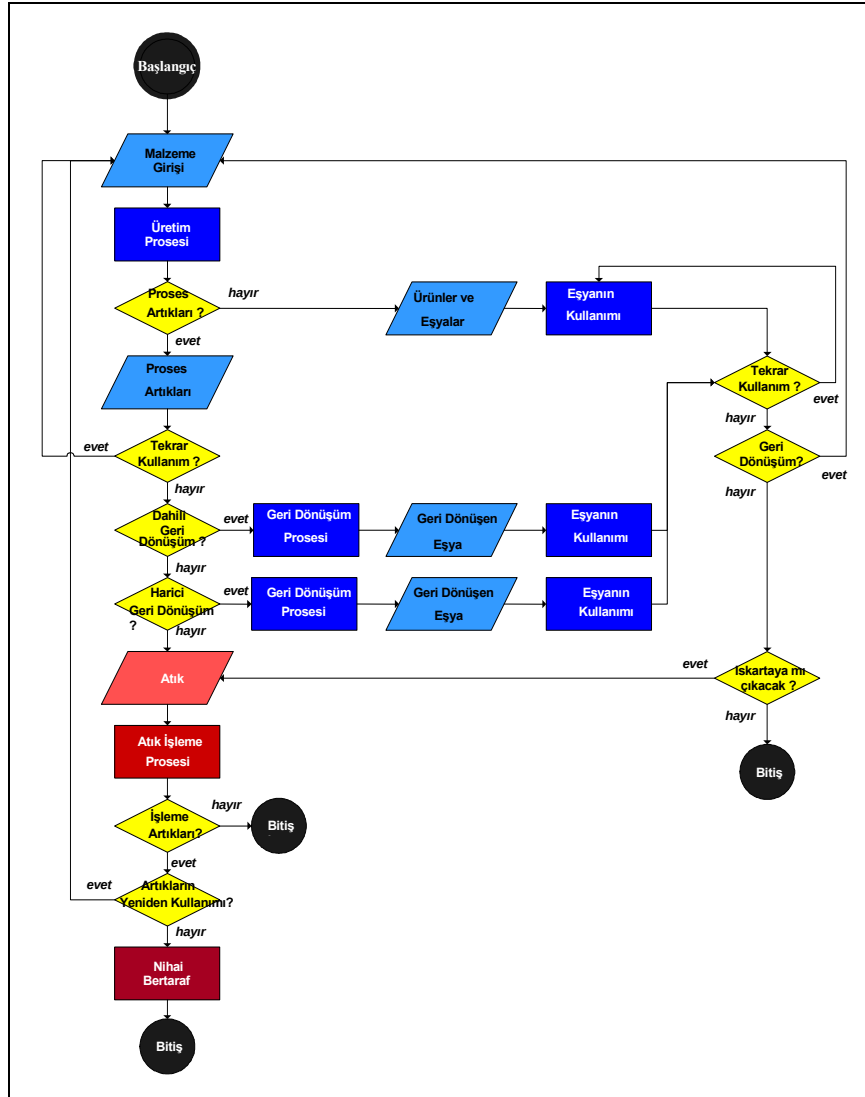
2.1. Atık Yönetimi İle İlgili Ana Hususlar

Bir eşyanın üretiminden kullanımı ve tekrar kullanımına kadar ömrü boyunca geçirdiği tüm kademeler aşağıda basitleştirilerek anlatılmaktadır:

- Eşyanın üretimi ve nihai kullanıcıya dağıtımı,
- Eşyanın kullanımı,
- Yan ürünler, artıklar veya artanların tekrar kullanım için uygun olup olmadıklarının kontrolü,
- Tekrar kullanım için uygun olmayan atıkların müşteri tarafından ayrılarak (örneğin kişisel kompostlaştırma veya hayvan yemi olarak kullanılmak üzere) mümkünse bertaraf edilmesi,
- Kişisel geri kazanım için uygun olmayan atıkların ticari geri dönüşüm veya bertaraf için görevli yetkililer veya görevli üçüncü şahıslar tarafından toplanması,
- Ticari geri dönüşüm için uygun fraksiyonların katı atıklar içinden ayıklanması,

- Uygun olmayan fraksiyonların nihai bertaraf için ilgili bertaraf teçhizatına sahip sistemlere gönderilmesi.

Tekrar kullanım veya kişisel geri dönüşüm için sınırlı uygunluğa sahip artık veya yan ürünlerin miktarlarının olabildiğince azaltılması ve eşyanın yaşam döngüsü sonunda ortaya çıkan, kaçınılması imkânsız atıkların yönetiminin planlanması, organize edilmesi ve işletilmesi tüm kademede idareler için en önemli görev ve mücadele konusu olmuştur (Anonim 2005).



Şekil 2.1. Eşyanın Yaşam Döngüsü

2.1.1. Atık yönetim prensipleri

Sürdürülebilir Kalkınma Prensibi: “Sürdürülebilir kalkınma” terimi olarak gündelik ihtiyaçların karşılanması için gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yetisinin feda edilmemesi anlaşılmaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi kaynakların daha etkin kullanılması, üretilen atık miktarının azaltılması ve atığın üretildiği yerde sürdürülebilir kalkınma hedefine ulaşılmasına yardımcı olacak şekilde ele alınması anlamına gelmektedir.

Yakınlık Prensibi: "Yakınlık" prensibi, atıkların işlenmesi ve/veya bertarafının üretildikleri yere mümkün olduğunca yakın bir yerde olmasını gerektirmekte, ancak bazı atıkların ekonomik ve çevreye uygun yönetiminin üretim yerinden uzak noktalardaki özel tesislerde gerçekleştirilebileceği de göz ardı edilmemelidir. Prensibin amacı gereksiz atık taşımalarının çevresel etkisinden kaçınmaktır. Ancak atık taşımanın çevresel etkisi daha ziyade yerel şartlara dayanmaktadır. Bundan dolayı prensibin uygulanması, atığın tipi, hacmi, atık bertaraf yönteminin potansiyel çevresel etkileri ve taşıma şekline bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ayrıca yakınlık prensibi ile ekonomik göstergeler arasında bir denge olması gerekmektedir. Bazı durumlarda ekonomik dengeler gereği bazı özel işleme, geri kazanım veya bertaraf tesisleri atığın üretildiği yerden çok uzak bir noktaya da yerleştirilebilir.

Önlem Alma Prensibi: "Önlem alma" prensibi, boyutu belli olmayan risk hallerinde sağlık ve güvenliğin korunması için gerekli önlemlerin alınması ile ilgilenmekte olup bu da planlanan gelecekteki gelişmelerin çevreye zarar verme potansiyelinin incelenmesi demektir. Bu risk tam olarak tespit edilemezse, önerilen gelişme kabul edilmemelidir. Risklerin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu kanıtlamak her bir endüstrinin kendi sorumluluğudur. Endüstriyel atık yönetimi kapsamında bu, çevreye uygun gerekli atık yönetim araçları temin edilene kadar önerilen ve üretilecek atık ile ilgili olmasına rağmen çevre ile uyumlu yönetim kapasitesi olmayan gelişmelere izin verilmemesi gerektiğini göstermektedir.

Halkın Katılımı Prensibi: "Halkın katılımı" prensibi, atığın ömür döngüsü süresince yönetimi esnasında opsiyonların halka danışarak değerlendirilmesi ve halkın atık yönetimi ile ilgili bilgilere ulaşabilmesinin teminini hedeflemektedir.

Üretici Sorumluluğu Prensibi: “Üretici sorumluluğu” prensibi; üretici, ithalatçı, distribütör ve toptan satıcılar gibi atık üretenlerin, bu atıkların toplanması, işlenmesi ve bertarafı için gerekli düzenleme ve ödemelere halkın katılımından ziyade ortak sorumluluk yüklenmeleri anlamına gelmektedir.

Bu prensip atık üreticilerinin aşağıdakilerle ilgili sorumluluk taşıması gerektiğini vurgulamaktadır:

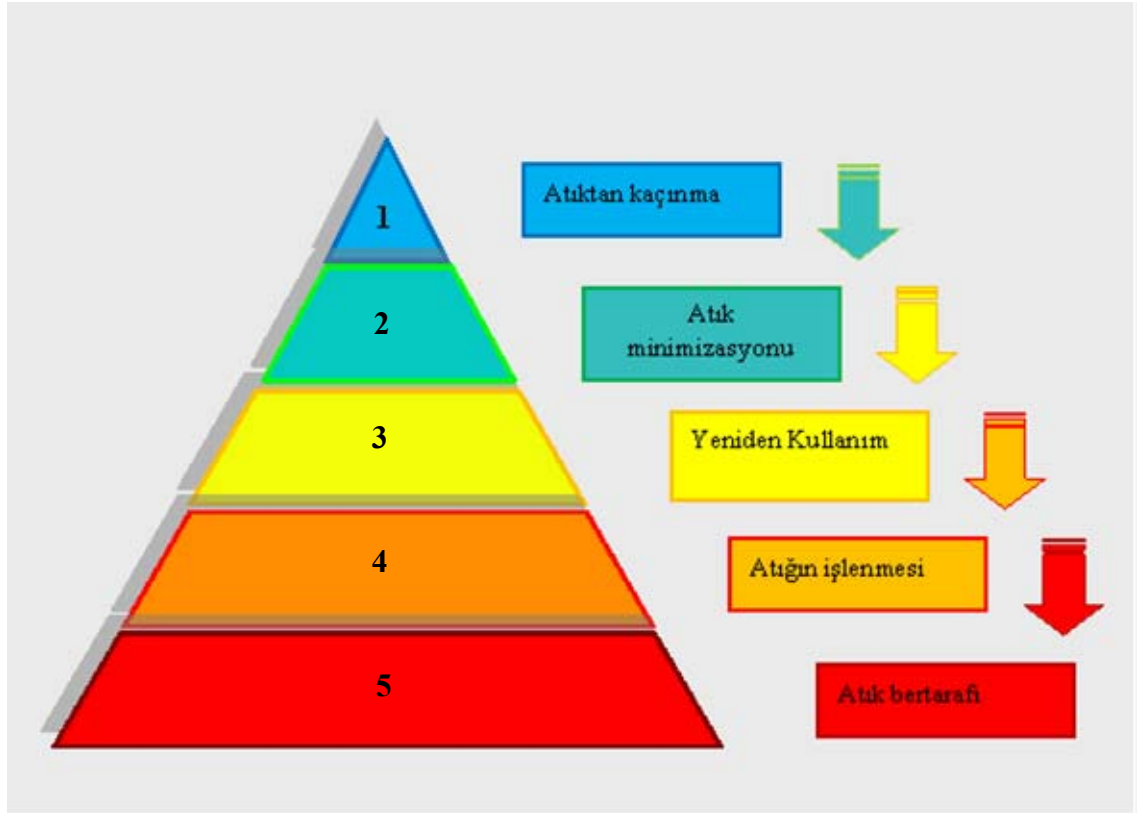
- Atık üretiminin asgari seviyeye indirilmesi,
- Geri dönüşebilir ve çevre üzerinde risk ve yük oluşturmayacak ürünlerin tasarım ve geliştirilmesi,
- Üretilen eşyaların tekrar kullanımı ve geri dönüşümü için yeni pazarların geliştirilmesi.

2.1.2. Katı atık yönetim hiyerarşisi

Katı atık hiyerarşisi kavramı son 20 yıl içinde geliştirilmiş olup katı atık yönetim pratiklerinin seçimi hakkında öncelik sırasını belirtmektedir. Bunlar:

- Atıktan kaçınma / minimizasyon: Kaynak kullanımının asgari seviyeye indirilmesi ve üretilen atığın miktar ve tehlike arz eden özelliklerinin azaltılması,
- Tekrar kullanım: Aynı veya farklı bir amaç için ürün veya malzemelerin tekrar kullanılması,
- Geri dönüşüm: Benzer veya farklı bir ürün üretiminde kullanılmak üzere atık malzemelerin yeniden işlenmesi,
- Geri kazanım: Enerji geri kazanımı veya diğer teknolojiler yardımıyla atıktan değer elde etme,

- Bertaraf: Enerji geri kazanımı olmadan düzenli depolama veya yakma vasıtasıyla atık bertarafı.



Şekil 2.2. Atık yönetim hiyerarşisi

Şekil 2.2’ de katı atık yönetimi ile ilgili ana başlıklar görülmektedir.

Katı atıktan kaçınma ve atık minimizasyonu	aşağıdakilere göre öncelikli
Tekrar kullanım veya geri dönüşüm	ve / veya
Herhangi bir atık işleme şekli	ve / veya
Herhangi bir “baştan-sona” bertaraf çözümü	

2.1.3. Türkiye’de katı atık yönetim politika ve stratejisi

Dünyadaki gelişmelere paralel olarak Türkiye’de de endüstrideki hızlı gelişme, artan nüfus ve kırsal kesimlerden kentlere yoğun göç neticesinde çevre konuları önem kazanmıştır. Devlet politikalarında daha önceden değinilen doğal kaynakların

korunması konusuna artık çevrenin korunması, kirlilik önleme stratejileri ve nihayet katı atık yönetim politika ve stratejileri de dahil olmuştur.

Devlet Planlama Teşkilatı tarafından beş yıllık bir periyodu kapsayacak şekilde hazırlanan kalkınma planları Türkiye'deki hükümetlerin politika ve stratejilerinde büyük rol oynamaktadır. Çevre yönetimiyle ilgili ulusal bir politikanın temelleri Üçüncü Beş Yıllık Kalkınma Planı (1973–1977) ile birlikte atılmış; sonraki yıllarda kalkınma planları, çevre yönetimi ile ilgili konuları gündemlerine almışlardır. Sürdürülebilir kalkınma ve ortak gelecek kavramları Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı içinde vurgulanmıştır.

Evvelki planda belirtilen kavramlara ilaveten 1996–2000 Yedinci Beş Yıllık Kalkınma Planı içinde ilk Ulusal Çevre Eylem Planı yer almıştır. 2001–2005 Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı farklı konularda 100 uzman raporunu içermektedir. En son kalkınma planı aşağıdaki hususlara vurgu yapmaktadır:

- Atık minimizasyonu,
- Geri dönüşüm ve geri kazanım,
- Kaynakta ayırma,
- Bölgesel bazda atık işleme ve bertaraf,
- Ulusal Katı Atık Yönetim Planı hazırlanması ve uygulanması,
- Atık toplama hizmetlerinin doğrudan ücretlendirilmesi ve atık bertarafı için farklı mali araçlar

2.1.4.Ulusal çevre eylem planı – katı atık yönetimi

Bu plan Türkiye'deki mevcut katı atık yönetim sistemlerini, ulusal katı atık yönetim politika ve stratejilerini ve önümüzdeki 10 yıl için eylem planı hazırlıklarını gözden geçirmektedir.

Bu program Türk katı atık yönetimini hukuki, idari, teknik ve mali açıdan incelemekte, ulusal katı atık yönetim politika ve stratejilerini, ulusal eylem planı hazırlıkları ve pilot proje şartlarını gözden geçirmektedir.

Türkiye’deki katı atık yönetim politika ve stratejilerine atıfta bulunan diğer bir rapor da Mart 2000’de hazırlanan Yerel Gündem 21’dir. Bu rapordaki strateji katı atık yönetim hiyerarşisini aşağıdaki gibi vurgulamaktadır:

- Atık minimizasyonu,
- Geri dönüşüm
- Çevreye zarar vermeden atık işleme ve bertaraf.

Katı atık yönetim politika ve stratejileri ile ilgili diğer bir perspektif ise hukuki çerçevedir. Çevre kirliliği kavramı ile ilgili gelişmeler ve bunun etkisi Türkiye’de idari ve hukuki yapıda değişikliğe yol açmıştır. Halen yürürlükte olan 1982 Anayasası, 56. Maddesi, devlete “çevreyi koruma görevi” ve vatandaşlara “sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkı” vermektedir. Bu kavram genel çevre koruma düzenlemelerinde kullanılmış olup yasal bir hak ve zorunluluktur. “Sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkı” çevrenin geliştirilmesi, çevre sağlığının korunması ve çevre kirliliğinin önlenmesi gibi görevleri de içermektedir.

1982 Anayasasını takiben 2872 Sayılı Çevre Kanunu 1983 yılında yayınlanmıştır. Bu kanun çevrenin korunması açısından vatandaş ve devletin sorumluluklarını tanımlamakta, sürdürülebilir kalkınmaya vurgu yapmaktadır. Katı atık yönetimi dahilinde Çevre Kanununa dayanarak Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (1991), Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (1993) ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (1995) yayınlanmıştır.

Diğer yandan Türkiye Cumhuriyeti çevrenin korunması ve yönetimi ile ilgili birçok uluslararası sözleşme imzalamıştır. Mevcut 1982 Anayasasına göre, bu uluslararası sözleşmeler ulusal yönetmeliklerle eşit güce sahiptir.

Ayrıca uzun bir süreçten sonra 1999 Aralık ayında Helsinki’de yapılan Avrupa Parlamentosu toplantısında Türkiye, Avrupa Topluluğu (AT) aday ülke statüsü kazanmıştır. Topluluğa katılmadan evvel Türkiye politik, ekonomik ve sosyal açıdan Kopenhag kriterleri ile AT mevzuatına uyumu gerçekleştirmelidir. Türkiye Ulusal Programını Katılım Ortaklığı (2001/235/EC) ile uyumlu olarak hazırlamış, bu da 24 Mart 2001 tarihinde 24352 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır. Katılım prosesinde ulusal program tüm gerekli hukuki ve idari düzenlemeleri, yatırımları, ilave personel ihtiyacını, eğitim ve mali gereksinimleri zaman çizelgesine bağlı olarak (kısa ve uzun vadeli) ortaya koymaktadır. Bu bağlamda AT yasaları ile uyum açısından çevre yönetmelikleri ile ilgili bir çalışma gerçekleştirilmektedir.

1991 yılında Çevre Bakanlığının kurulmasıyla birlikte Bakanlık, çevre konuları ile ilgili kararların koordinasyonu ve uygulanmasından idari açıdan sorumlu olmuştur. Çevre ve Orman Bakanlıkları 2003 yılında birleştirilmiştir. Ancak birçok resmi kurum kendi kanun ve yönetmelikleri vasıtasıyla doğrudan veya dolaylı olarak çevre konuları ile ilgilenmektedir. Türkiye Büyük Millet Meclisi Çevre Komisyonu çevre yönetimi ile ilgili başka bir organ olup 21 milletvekilinden oluşan komisyonun görevi kanun ve yönetmelikleri değerlendirmek ve çevre politikaları ile ilgili önerilerde bulunmaktır.

2.2. Çevre ve Katı Atık Yönetmelikleri

2872 Sayılı Çevre Kanunu, çevreyi bir bütün olarak ele almakta, bundan dolayı çevre kirliliğinin önlemesi ve bertarafı değil, aynı zamanda doğal kaynakların kullanılması da hedeflenmektedir. Anayasada belirtildiği üzere Çevre Kanununun uygulanmasını sağlayan temel prensiplere göre gerek vatandaşlar gerekse devlet çevrenin korunmasında sorumluluk sahibidir. Ayrıca her ekonomik faaliyette kirliliğin asgari

düzeye indirilmesi ile ilgili tüm önlemlerin alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Atık ve atık yönetimi bağlamında Çevre Kanunu aşağıdaki hususlara değinmektedir:

Madde 2, atık terimi: Herhangi bir faaliyet sonucunda oluşan, çevreye atılan veya bırakılan her türlü maddeyi

Madde 8, kirletme yasağı: Her türlü atık ve artığı, çevreye zarar verecek şekilde, ilgili yönetmeliklerde belirtilen standartlara ve yöntemlere aykırı olarak doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama vermek, depolamak, taşımak, uzaklaştırmak ve benzeri faaliyetlerde bulunmak yasaktır.

Madde 28, kirletenin sorumluluğu: Çevreyi kirletenler ve çevreye zarar verenler, sebep oldukları kirlenme ve bozulmadan doğan zararlardan dolayı kusur şartı aranmaksızın sorumludurlar.

2.2.1.Katı atık yönetmelikleri

Katı atıklar, Çevre Kanununa dayanan yönetmeliklerle kontrol edilmektedir. Bu yönetmelikler:

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 1991

Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2005

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 1995

2.2.1.a. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY)

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY) katı atık yönetimi için uygun yasal dayanak ve yöntemlerin tanımlanması ve yapılandırılmasını hedeflemektedir. KAKY, önleme, minimizasyon ve geri dönüşüm vasıtasıyla sürdürülebilir katı atık yönetimi prensibini takip etmektedir.

2.2.1.b. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY)

Tıbbi atık yönetimi Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY), 2005 ile düzenlenmiştir. “Patalojik ve enfekte doğaya sahip, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan her tür atık” tıbbi atık olarak adlandırılmaktadır. Yakma, tehlikeli atık depolama sahasında ve -özel şartlar altında- evsel atık depolama sahasında bertaraf, yasal bertaraf yöntemleridir.

TAKY, bu atıkların bertarafı sorumluluğunu üreticiye, izleme görevini ise belediyelere (belediye sınırları içinde) veya mahalli idarelere (belediye sınırları dışında) vermektedir.

2.2.1.c. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (THAKY)

Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (THAKY) 1995 yılında hazırlanmış ve aynı yıl yürürlüğe girmiş olup amacı tehlikeli atık yönetimi ile ilgili yasal temel ve teknik komponentlerin tanımlanması ve oluşturulmasıdır. Yönetmelik aşağıdaki hususları kapsamaktadır:

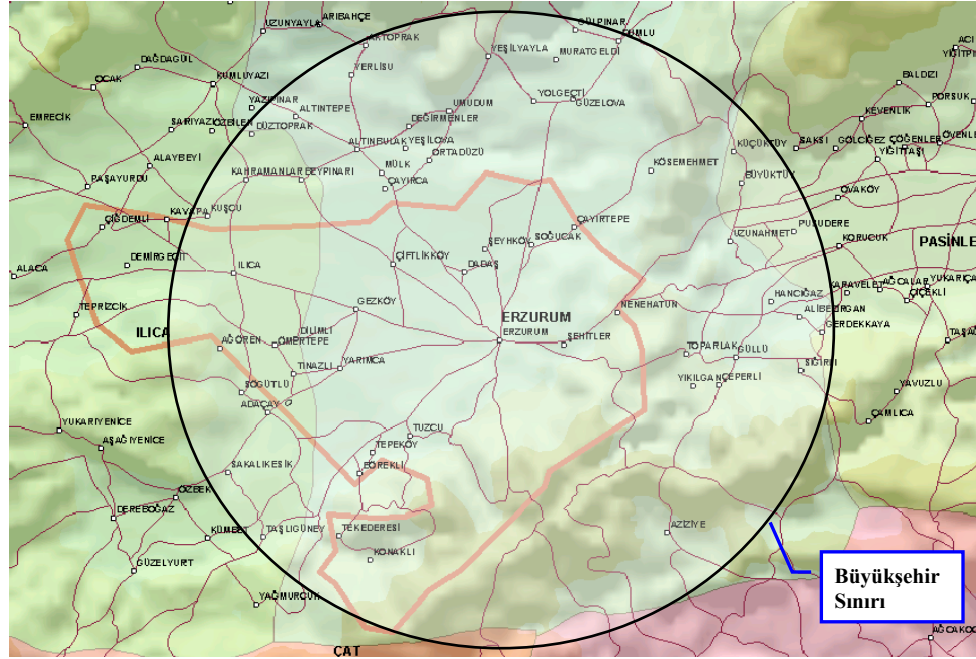
- Atık üreticileri, taşıyıcılar ve işletmecilerin yükümlülükleri, örneğin minimizasyon, doğru işleme, izleme, lisans ve izinler,
- Tehlikeli atık özellikleri, örneğin Basel Konvansiyonuna dayanan atık listesi,
- Bertaraf yöntemleri, örneğin düzenli depolama, yakma, kimyasal-fiziksel işleme,
- Bertaraf kriterleri, örn depolama için,
- Tehlikeli atık üretimi, örneğin atık üretim aktiviteleri kodları,
- Tehlikeli atıkların izlenmesi ve kontrolü, örneğin taşıma ve bertaraf,
- Atık taşıma ve işletme faaliyetleri için izin ve lisans prosedürleri.

2.3. Erzurumda Katı Atık Yönetimi

Erzurum şehri, 2007 yılı nüfus sayımlarına göre 348.156 nüfus ile Türkiye'nin en kalabalık 15 şehrinde biri olup, Büyükşehir Belediyesi statüsüne sahiptir. Erzurum 4 alt kademe belediyesine sahip iken (Dadaşkent, Kazım Karabekir, Palandöken, Yakutiye Belediyeleri) yeni çıkan yasa gereği alt kademe belediyeleri kapatılarak merkezde 3 ilçe belediyesi haline dönüştürülmüştür. Bunlar Aziziye, Palandöken, Yakutiye ilçe belediyeleridir.

5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu'na göre, Büyükşehir Belediyesi ana caddelerin çöplerinin toplanması, cadde temizliği, sağlık kuruluşları ile küçük/orta ölçekli ticarethanelerden kaynaklanan atıklarının toplanması ve taşınması ile düzenli depolama sahasının işletilmesinden sorumludur. İlçe belediyeleri ise yönetiminden sorumlu oldukları alanlardan kaynaklanan atıkların toplanması ve taşınmasından sorumludurlar.

10.07.2004 tarihinde yürürlüğe giren 5216 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanunu uyarınca Erzurum Büyükşehir Belediyesi'nin hizmet kapsama alanı, Erzurum Valilik binası merkez kabul edilmek üzere 20 km çapındaki alan içinde belediye hizmetlerinin (diğer bir deyişle atık toplama ve taşıma hizmetleri) verilmesi yükümlülüğünü getirmektedir. Bu son gelişmeler ışığı altında Erzurum Büyükşehir Belediyesi'nin hizmet kapsama alanına dahil olan ilçeler Ilıca, Dumlulu ve Dadaşköy'dür. (Anonim 2005)



Şekil 2.3. Erzurum Büyükşehir Belediyesi bölgesel sorumluluk alanı

Çizelge 2.1. Evsel atık üretim projeksiyonu [t/yıl]

Yıl	Nüfus projeksiyonu	Evsel atık	Ticari, idari atık	Pazar atığı	İri atık	Toplam evsel atık
Özgün üretim [kg/kişi*gün]		0.550	0.090	0.005	0.005	0.650
2002	402.000	80.701	13.205	734	734	95.374
2007	348.156	69.892	11.437	635	635	82.600
2008	373.739	75.028	12.277	682	682	88.700

2.3.1. Evren çöp döküm sahası iyileştirilmesi

Sahanın durumu

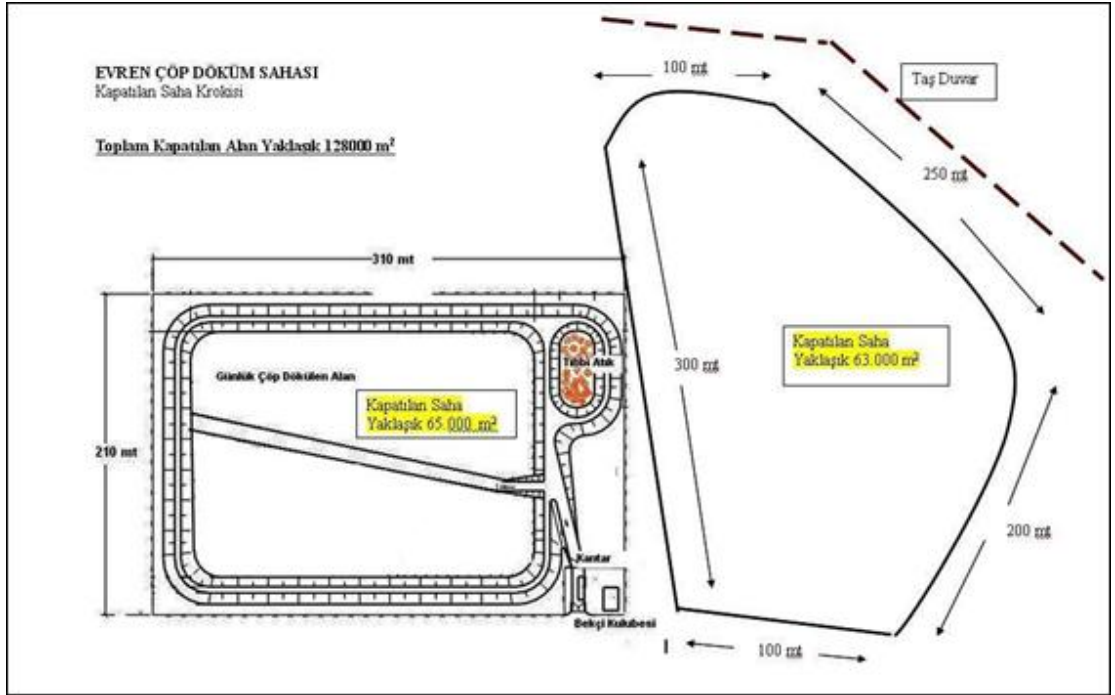
- Evren döküm sahasında bertaraf işletmesi için toplam hacim yaklaşık 460.000 m³ tür.

- Girişte döküm sahasından farklı bir yerde kontrol binası, kantar ve kompaktör garajı bulunmaktadır.
- 2007 yılı sonuna kadar bu alana döküm yapılmıştır ve bu döküm alanının yüksekliği yer seviyesinden yaklaşık 15 metreyi bulmuştur.
- Kabul edilen tıbbi atıklar için, ana döküm alanının yanına ayrı tıbbi atık bölümü inşa edilmiştir ve bu alana döküm yapılarak atıklar kireçlenmiş üstü günlük olarak kapatılmıştır.

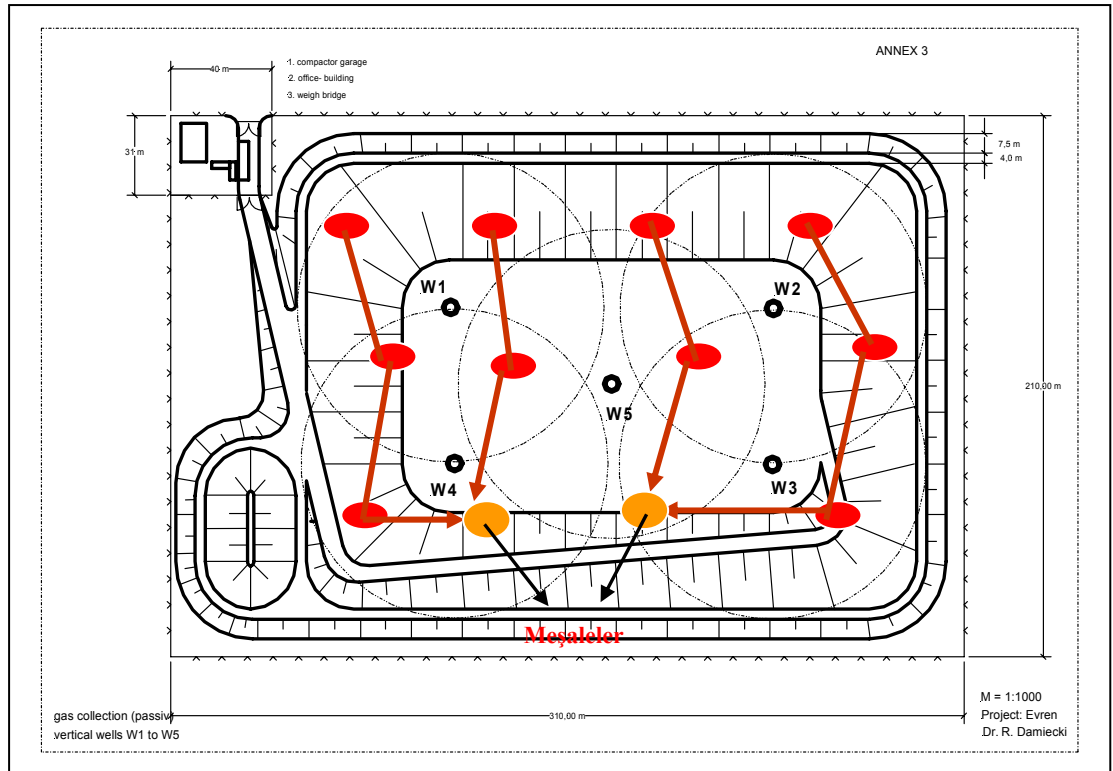
Bertaraf planı ve uygulanan teknoloji

Atığın en fazla 2 m yükseklikteki katmanlar halinde bertaraf işlemi yapılmıştır. Her katmanın dış kenarları toprak ve/veya hafriyattan oluşan küçük bir setle örtülmüştür. 20 tonluk kompaktörle katı atık sıkıştırılmış ve toprak veya hafriyatla üstü örtülmüştür.

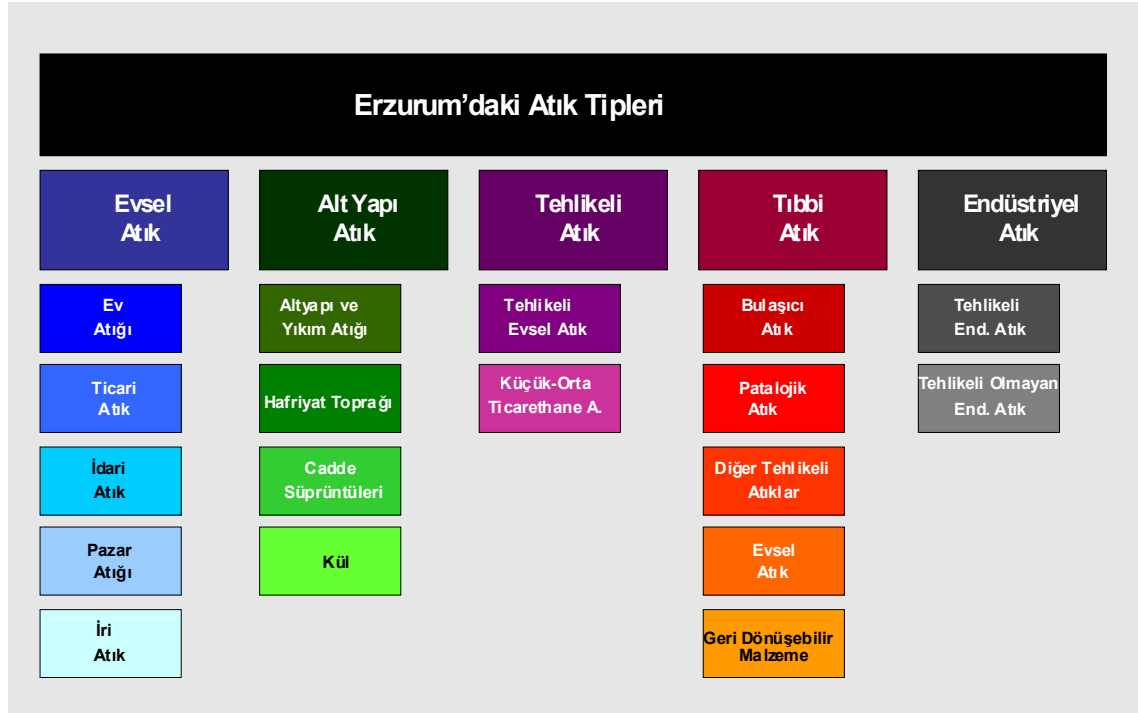
Yeni depolama sahasına çöp kabul edilince oluşturulan atık yığını üzeri yaklaşık 1 metre yüksekliğinde son tabakayla (toprak tabaka) kapatılmıştır. Sahada oluşabilecek metan gazı giderimi için ise yaklaşık 50 şer metre aralıklarla 7 metre yüksekliğinde 12 adet gaz kuyusu açılmış ve buralara delikli borular yerleştirilerek etrafı çakılla kapatılmıştır. Delikli borular yüzeyden borularla bağlantıları yapılmış ve 2 adet meşalede birleştirilmiştir. Şu an meşalelerden gaz çıkışı devam etmektedir. Böylece alandaki deponi gazı deşarjı sağlanmış olmaktadır.



Şekil 2.4. Evren (eski) çöp döküm sahası



Şekil 2.5. Evren çöp döküm sahası gaz toplama kuyuları



Şekil 2.7. Erzurumda atık tipleri

2.3.3.a. Eysel atık

Bu grup çoğunlukla, sıkıştırılmalı kamyonlar veya diğer vasıtalarla boşaltılan çöp kapları vasıtasıyla toplanan atık tiplerini kapsamaktadır. Bu grup içindeki tipik atıklar, evsel atıklar, ticari atıklar, idari atıklar ve pazar atıklarıdır. İri atıklar çöp kaplarında biriktirmek için çok büyük de olsalar, evlerden çıkan atıklarla birlikte toplandıklarından evsel atık olarak değerlendirilmiştir. Bu tip atıkların miktarları büyük farklılık arz etse de, nitelik bakımından birbirine oldukça yakındır.

2.3.3.b. Altyapı atıkları

Bu grup, altyapı işleri esnasında üretilen tüm atık tiplerini kapsamaktadır. Bu tip atıklar yukarıda sözü edilen çöp kabı sistemi vasıtasıyla toplanabildiği gibi ayrı olarak daha büyük konteynırlar içinde de toplanıp depolama sahasına götürülerek boşaltılabilir veya açıkta biriktirilerek toplanabilir. Genellikle açıkta biriktirilip belirli periyotlarda

toplanmaktadır. Bu grup atık tipleri; inşaat atıkları, cadde temizliğinden gelen atıklar, ısıtma sistemlerinden gelen kül, kanalizasyon temizliğinden gelen çamurlardır.

2.3.3.c. Tıbbi atık

Bu grup, sağlık hizmetleri esnasında üretilen tüm atık tiplerini kapsamaktadır. Erzurumda hastane ve kliniklerde üretilen tıbbi atıklar ya 5 m³ hacimli açık konteynırlarda (tehlikeli olmayan atık) ya da 5 m³ hacimli kilitlenebilir kapaklı konteynırlarda biriktirilmektedir.

2.3.3.d. Endüstriyel atık

Bu grup endüstriyel faaliyetler esnasında üretilen tüm atık tiplerini kapsamaktadır. Burada da atıklar büyük konteynırlar içinde ayrı toplanıp düzenli depolama sahasına götürülüp boşaltılabildiği gibi daha küçük konteynırlar içinde biriktirilip toplama esnasında da boşaltılabilir.

“Evsel atık” tanımı, özellikle sıkıştırılmalı kamyonlar veya diğer vasıtalarla boşaltılan çöp kapları ile toplanan tüm atık tiplerini kapsadığından mevcutta Erzurumda “evsel atıklar” ile diğer atıklar arasında net bir ayırım yapmak mümkün değildir. Pratikte evsel atık olmayan tüm atıklar ayrı sistemler tarafından değil evsel atıklarla birlikte toplanmaktadır. Bu yüzden 400 litre–800 litre konteynırlarda toplanan karışık atıklar Erzurumda farklı üreticiler tarafından üretilen her çeşit atığı içerebilmektedir.

Erzurum’da altyapı atığı yönetimi

Tahmin edilen miktarlar

İnşaat ve moloz atıkları, toprak: Aşağıda sunulan tahminler, Erzurum'daki konut sayısı, binaların ekonomik ömrü, yıkıldıkları takdirde ortaya çıkacak tahmini atık miktarlarına dayanmaktadır. Benzer şekilde tahmini yol uzunluğu da göz önüne alınmıştır.

Binalardan kaynaklanan yıllık inşaat atığı: 160.000 t/yıl

Yol inşaatlarından kaynaklanan yıllık inşaat atığı: 140.000 t/yıl

Cadde süprüntüleri: Cadde süpürgeçileri, ana arterler, büyük caddeler ve kaldırımları basit süpürgeler ve el arabaları ile elle süpürmektedirler. Bunlar evsel atıklar ile birlikte toplanmakta ve her gün depolama sahasına götürülmektedirler.

Isınmadan kaynaklanan küller: Yıllık kül oluşum miktarı yaklaşık olarak 57.500 ton olarak tahmin edilmektedir. Ancak, evsel atıklar hakkında elde bilgiler göre de yaklaşık 7.000 ton kül evsel atıkla birlikte toplanmaktadır. Bu da kömür külünün önemli bir kısmının yollarda buzlanmaya karşı bir malzeme olarak kullanıldığını veya tekerlekli yükleyiciler ile ayrı olarak toplanarak ayrı depolama sahasında bertaraf edildiğini göstermektedir (Anonim 2005). Bu değerlerin doğalgaz kullanımından dolayı azaldığı bilinmektedir.

Tehlikeli atık yönetimi

Tahmin edilen miktarlar

Evsel nitelikli tehlikeli atık (EvTA) üretim miktarları: Erzurum'daki ekonomik gelişmeleri göz önüne alarak yılda kişi başına 2 kg evsel nitelikli tehlikeli atık üretildiği varsayılmıştır. Bu varsayıma dayanarak Erzurum Büyükşehir sınırları dahilinde mevcut toplam potansiyel miktar şu şekilde hesaplanabilir

Yıllık EvTA üretimi:

$$400.000 [\text{kişi}] \times 2 [\text{kg/kişi} \cdot \text{yıl}] = 800.000 [\text{kg/yıl}] = 800 [\text{t/yıl}].$$

Evsel nitelikte tehlikeli atık toplama oranları: İyi örgütlemiş endüstriyel atıkları toplama sistemini gerçekleştirmiş ülkelerde dahi %50 rakamının üzerine ulaşamamaktadır. Bu da belli gayretlere örneğin, sürekli bilgilendirme kampanyaları, özel toplama araçları ve kalıcı toplama sahalarına yatırım ve yüksek maliyetlere rağmen, EvTA sadece belli bir kısmına ulaşılabilmekte ve uygun şekilde bertaraf edilmektedir. Evlerden kaynaklanan tehlikeli atığın %50'den fazlası evsel atıklar ile birlikte düzenli depolama sahasında veya evsel atık yakma tesisinde bertaraf edilmektedir.

Ayrı toplanan EvTA tipleri: İyi örgütlemiş endüstriyel atık toplama sistemini gerçekleştirmiş ülkelere edinilen deneyimlere göre üç atık kategorisi toplam EvTA/EnTA miktarları içinde %75 oranında yer tutmaktadır:

- Atık boyalar, zambk, boya vs.: Yaklaşık %30
- Atık yağlar: Yaklaşık %25
- Atık piller: Yaklaşık %20

Diğer atık kategorileri toplanan miktarlara göre oldukça düşük oranlardadır.

Erzurum örneğinde de bir üretim potansiyeli olarak, atık boyalar, zambk yaklaşık 240 t/yıl, atık yağ yaklaşık 200 t/yıl, eski piller yaklaşık 160 t/yıl tahmini varsayılabilir.

Nihai bertaraf: Türkiyede yönetmelikler yukarıda belirtilen EvTA türlerinin nihai bertarafı için iki farklı yöntem önermektedir:

- EvTA türlerinin izin verilen konsantrasyon sınırları aşılmaz ise evsel atıklar ile birlikte bertarafı (TAKY Mad. 18, 35).
- Evsel atık depolama sahasında TAKY'nin belirlediği koşullara uygun yapısal donanım sağlanmış özel bir lot içinde bertaraf (TAKY Mad. 27-34).

Tıbbi atık yönetimi

Tahmini miktarlar

Evsel atıklar:

- A. Geri dönüşebilen ve geri kazanabilen atıklar,
- B. Evsel atıklar.

Tıbbi atıklar:

- C. Bulaşıcı atıklar,
- D. Patolojik atıklar,
- E. Diğer tehlikeli atıklar.

Belli yatak başına düşen üretim: Tıbbi atık üretimi ile ilgili uluslararası ve az sayıda bulunabilen yerel bilgiler referans alındığında, Erzurum’da üretilen C, D ve E tipi tıbbi atık için ortalama değer 0,40 [kg/yatak*gün] olarak tahmin edilmektedir.

Üretim projeksiyonu (C+D+E tipleri): Yukarıdaki değerlendirmeler ışığında, tıbbi atık miktarları için aşağıda sunulan rakamlar tahmin edilmiştir:

Toplama ve taşıma: A ve B tipi tıbbi atıklar, evsel atıklar/ticari atıklar ile birlikte toplanmaktadır ve düzenli depolama alanında bertaraf edilmektedir. Ancak C ve D tipi atıklar ara depolamada toplanacak, özel araçlarla ve eğitimli personel ile deponi alana taşınmaktadır. (TAKY yönetmeliğinin 21 den 24’e kadar olan maddelerine göre)

İşlem ve bertaraf: İşlem ve bertaraf prosesleri, yeni depolama sahası için yapılan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) koşullarına göre yapılmalıdır: “.... Tıbbi atıklar merkezi bir sterilizasyon biriminde işlem gördükten sonra evsel atıklar ile birlikte bertaraf edilmelidirler...” Sterilizasyon sonrası, tıbbi atıklar diğer evsel atıklar ile birlikte depolama sahasında bertaraf edilirler.

Erzurum tıbbi atık işleme ve bertaraf tesisi: Tıbbi atıkların işlenerek, düzenli depolama tesislerinde nihai bertarafını sağlamak ve bunu yaparken ilgili yönetmeliklerin ön gördüğü hükümleri yerine getirmek için “Hastalık Denetim ve

Önleme Merkezleri (CDC), Robert Koch Enstitüsü (RKI) ve World Health Organizasyonu”, “Dünya Sağlık Örgütü (WHO)” tarafından da tanımlanan uluslararası kabul görmüş 4 adet tıbbi atık bertaraf yöntemi bulunmaktadır:

Düşük kademeli dezenfeksiyon: Bitkisel bakteri, mantar ve bazı virüslerin etkisizleştirilmesi. Bu tür bir işlem mikro bakteriler (örn. tüberküloza yol açan bakteriler) ve bakteriyel sporlar.

Orta kademeli dezenfeksiyon: Tüm virüs, mantar ve bitkisel bakterilerin etkisizleştirilmesi. Bakteriyel sporların etkisizleştirilmesini kapsamaz.

Yüksek kademeli dezenfeksiyon: Bir tıbbi atık yükü (bacillus anthracis dahil) içinde bulunan, insan patojenlerine direnç gösteren ikame patojenlerin (bakteriyel sporlar) yok olma eğrilerine benzerlik gösteren tüm mikrobik yaşam biçimlerinin yok edilmesi (% 99,99).

Sterilizasyon: Bertaraf işlemine en fazla direnç gösteren bu organizmaların özgün derişimlerinin tamamı ile etkisizleştirilmesi olarak tanımlanan tüm mikrobik yaşamın (clostridium tetani dahil) yok edilmesi. Sterilizasyon, B. stearothermophilus türü sporların en az log 6 seviyesinde azaltılması ile kanıtlanır. Bir log 6 azaltması sporların %99.9999 oranında azaltılması anlamına gelmektedir. Kullanılacak olan teknoloji sterilizasyon verimliliğine ulaşacaktır (Kühling 2006).

Erzurum için tıbbi atıkların işlenmesi ve bertarafı için sterilizasyon tesisi seçilmiştir. Mevcut durumdaki hizmet alanında tıbbi atık üretimi aşağıda belirtilen sağlık kuruluşlarından oluşmaktadır;

Erzurum’da tıbbi atık üretimi:

- 10 hastane (100 yataktan fazla)
- Toplam 2800 yatak
- 2 diyaliz merkezi
- Yaklaşık 40 hasta/gün
- 18 büyük poliklinik / sağlık ocağı
- Diğerleri: Muayenahaneler, dış poliklinikleri vs.

Yukarıda belirtilen hastane ile diğer sağlık kuruluşları, yatak sayıları ve atık üretim miktarları Çizelge 2.2’de verilmiştir:

Çizelge 2.2. Erzurum’da bazı hastanelerin tıbbi atık üretim miktarları

Hastane	Yatak Sayısı	Günlük TıA [kg]	Kg/Yatak Haftanın 7 Günü	Kg/hasta (günde)
Bölge Eğitim Hastanesi	400	464	0,49	0,66
Üniversite Yakutiye Hastanesi	600	317	0,38	0,50
Üniversite Aziziye Hastanesi	600	636	0,76	1,01
Mareşal Çakmak Asker Hastanesi	600	80	0,10	0,16
Göğüs Hastalıkları Hastanesi	225	198	0,63	0,90
Palandöken Devlet Hastanesi	285	202	0,51	0,80
Nenehatun Kadın Doğum Hastanesi	90	94	0,75	0,99
Toplam	2800	2093	0,47	0,7

Yönetmeliğe göre depolama gereklilikleri aşağıdaki gibidir:

Büyük üreticiler (>20 yatak) ara depolamaya gerek duyarlar. Orta üreticiler T1A kilitlenebilir konteynerlerde tutmak zorundadırlar. Küçük üreticiler atıklarını orta ve büyük üreticilerin ara depolarına getirmelidir.

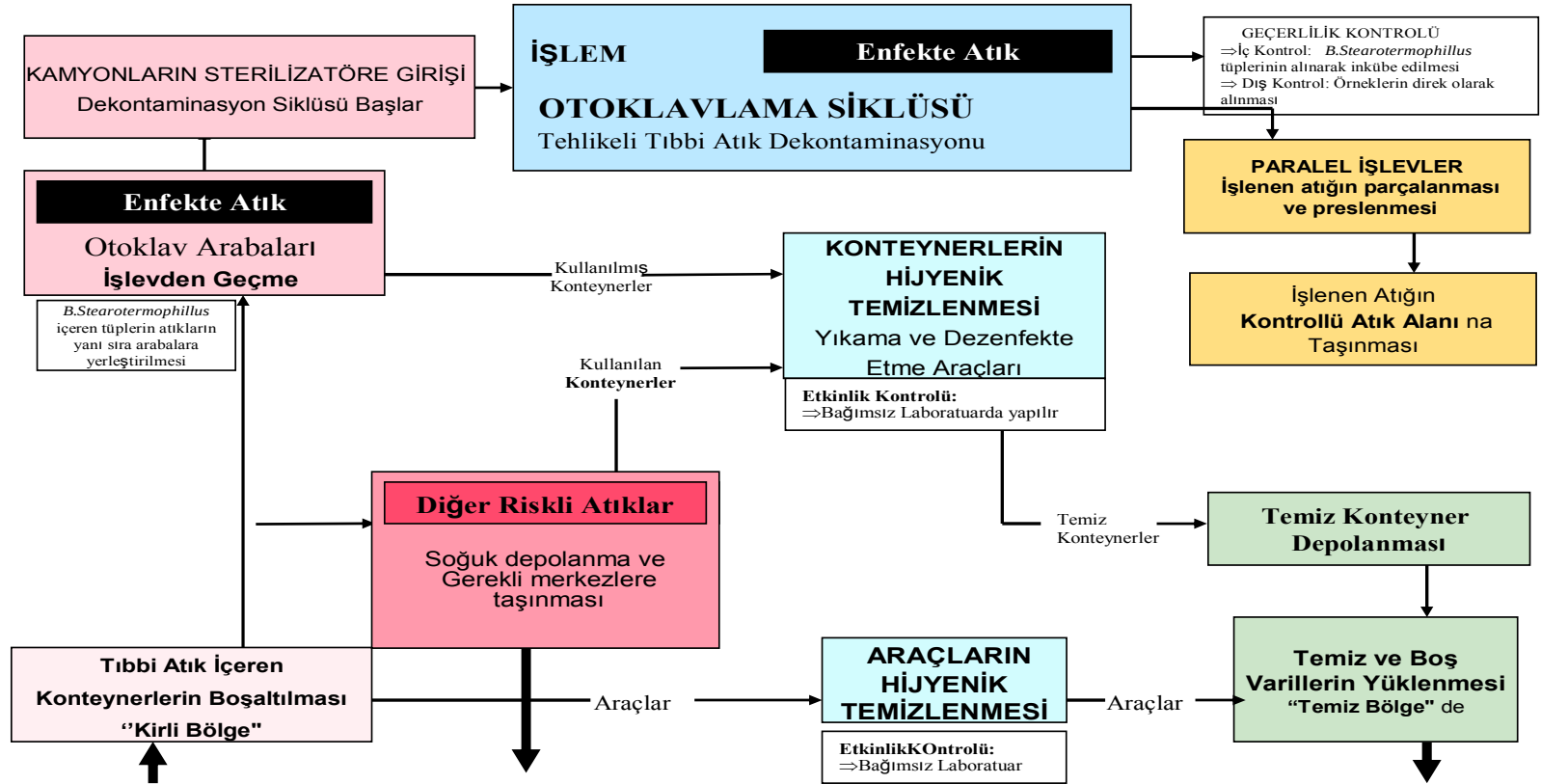
Erzurum'daki hastanelerde yapılan inceleme ve araştırmalar ile Türkiye çapındaki istatistiki veriler dikkate alınarak yapılan hesaplarda sonuç aşağıdaki gibi bulunmuştur. Ortalama tıbbi atık üretimi yatak başına yaklaşık 0,4 kg dır.

Erzurum için planlanan tesis kapasitesi aşağıda verildiği üzere hesaplanmaktadır:

Günlük atık üretimi yaklaşık 2 ton'dur. Yıllık 730 ton tıbbi atık toplanacak, taşınacak ve bertaraf edilecektir.

HCRWTU – OPERASYON ŞEMASI

Tıbbi Atık İşleme Ünitesi



Şekil 2.8. Tıbbi atık sterilizasyon tesisi üniteleri

2.4. Ters Osmoz Sistemleri

İçme suyunun kısıtlı olduğu yerlerde deniz suyundan tatlı su elde edilmesinde ve sulardaki sertliği gidermede ters osmoz metodu kullanılmaktadır. İlaç sanayi ve laboratuvarlar gibi sektörlerde ise daha kaliteli su elde etmek için ters osmoz metodu geniş olarak uygulanmaktadır.

Alternatif su kaynakları içinde arıtılmış suların işletmelerde tekrar kullanımı son yıllarda dünyada çok önemli olmuştur. Özellikle demir çelik sanayi, kaplama sanayi ve tekstil sanayinde ters osmoz metodu geniş olarak kullanılmaktadır. Meyve suyu ve salça sanayinde daha konsantre ürün elde etmek için ters osmoz metodu uygulanmaktadır.

Ters osmoz, yüksek basınçta yarı geçirgen membran arasından tuzlu su veya atıksu içinde çözünür halde bulunan maddeleri belli basınç altında geçirilerek sudaki istenmeyen maddeleri filtre etme işlemidir. Ters osmoz sistemleri, su kalitesini iyileştirmek ve atık suları arıtmak amacı ile uygulanmaktadır.

Ters osmoz sistemleri;

- Çok tuzlu deniz suyunu veya hafif tuzlu suyu içme suyuna dönüştürmek,
- Endüstriyel işletmelerde çözünmüş tuzları geri kazanmak,
- Sanayide ve içme suyunda istenen kalitede su elde etmek,
- Buhar kazanlarında kazan taşı oluşumunu önlemek,
- Sulardaki sertliği gidermek,
- Çok kirli atık suları arıtmak,
- Konsantre meyve suyu ve salça elde etmek,
- Toksin maddeleri ve mikroorganizmaları bertaraf etmek,
- Kimyasal işletmelerde daha kaliteli su kullanmak

amacı ile geniş olarak kullanılmaktadır. Özellikle içme suyunda koku, tat, renk, çözünmüş maddeleri ve sertliği gidermek amacı ile ters osmoz işlemi son yıllarda geniş bir şekilde kullanılmaktadır.

Ters osmoz sistemleri, laboratuvarlar, kozmetik ve ilaç sanayi, akü üretimi, diyaliz merkezleri, fotoğrafçılık endüstrisi, batarya sanayi, buz yapımı, metal kaplama sanayi, hemodiyaliz, biyomedikal uygulamalar, alkolsüz ve alkollü içecek sanayi, cam sanayi, elektronik sanayi, tekstil sanayi, yağ üretim sanayi, hastanelerde işletme suyu ve son yıllarda ise daha kaliteli içme suyu üretiminde uygulanmaktadır.

Son zamanlarda çok kirli atık su arıtımında (bitkisel yağ sanayi, çöp depolama alanı sızıntı suyu ve tekstil atık suları gibi) ve metal sanayinde bazı metallerin geri kazanılmasında ve konsantre meyve suyu, asetik asit, fosforik asit, salça gibi maddelerin konsantre olarak elde edilmesinde kullanılmaktadır. Meyve ve salça sanayinde hammadde içinde bulunan suyu buharlaştırmak için yüksek oranda enerji sarf edilmektedir. Benzer şekilde çok kirli ama az atık su üreten tesislerden çıkan atıksuları arıtmak içinde ters osmoz metodu dünyada geniş olarak uygulanmaktadır. Ancak membran yüzeyinde tıkanma ve kirlenmeye yol açması sanayide kullanımını kısıtlayan en önemli faktördür.

Ters osmoz sistemleri kurulmadan önce su içersinde çözünmüş istenmeyen maddelerin ne kadar miktarda olduğu önceden tespit edilmelidir. Ters osmoz işleminden önce su içinde çökebilin yapıdaki maddeler mutlaka bertaraf edilmelidir. Ters osmoz işleminden önce ve sonra su ve atık su sürekli olarak izlenmeli, ölçülmeli ve istenen kaliteye uygun üretilip üretilmediği mukayese edilmelidir (Öztürk 2007).

2.4.1.Ters osmozla reddedilen kirleticiler

Ters osmozla su içerisinde düşük moleküllü halde bulunan, mikro filtrasyon ve ultra filtrasyonla giderilemeyen, anyon ve katyon gibi iyonları gidermek mümkündür. Ters

osmoz işleminde kullanılan membranların gözenek çapları 0.1 nm ila 1.5 nm arasında değişir. Ters osmozla, belli yüksek moleküllü organik kirleticileri, bazı deterjanları ve spesifik pestisitleri gidermekte mümkündür. Çizelge 2.3'te ters osmozla giderilen, anyon ve katyonlarla bazı organik bileşikler, partiküller ve pestisitlerle, bu bileşiklerin her birinin reddedilme oranları verilmiştir. Ters osmoz membranının tipine ve sistemin işletme şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Çok küçük molekül ağırlıklı organik maddeleri ters osmozla gidermek mümkün değildir.

Çizelge 2.3. Ters Osmozla Reddedilen İyonlar, Metaller, Organik Maddeler ve Pestisitler

Anyonlar, Katyonlar,Organikler, Pestisitler	Giderme(%)	Anyonlar,Katyonlar, Organikler, Pestisitler	Giderme(%)
Alüminyum	97-98	Nikel	97-99
Amonyum	85-95	Nitrat	93-96
Arsenik	94-96	Fosfat	99+
Bakteriler	99+	Polifosfatlar	98-99
Bikarbonat	95-96	Potasyum	92
Bromür	93-96	Pirojen	99+
Kadmiyum	96-98	Radyoaktivite	95-98
Kalsiyum	96-98	Radyum	97
Klorür	94-95	Selenyum	97
Kromat	90-98	Silika	85-90
Krom	96-98	Silikat	95-97
Bakır	97-99	Gümüş	95-97
Siyanür	90-95	Sodyum	92-98
Demir 2 siyanür	98-99	Sülfat	99+
Florür	94-96	Sülfid	96-98
Demir	98-99	Çinko	98-99

Çizelge 2.3. (devam)

Kurşun	96-98	* Virus	99+
Magnezyum	96-98	* Insecticides	97
Mangan	96-98	* Deterjanlar	97
Cıva	96-98	* Herbicides	97
% TÇM	95-99	Bor	50-70
Tiyosülfat	96-98	Borat	30-50
Selenyum	90-95	* Bunlar tahminidir.	

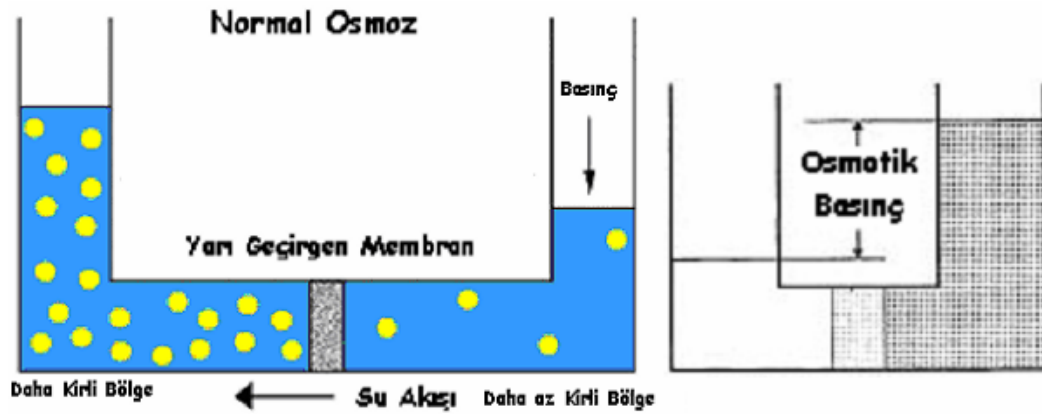
Ters osmoz sistemlerle mikrobiyal canlıları gidermek mümkün olmasına rağmen sadece mikrobiyal olarak emniyetli suların beslenmesi tavsiye edilir. Bununla beraber, bazı ters osmoz sistemler, yüzeysel sularda bulunan ve su ile taşınan protozoa cysts (cryptosporidium ve giardia) bertaraf etmek için kullanılır.

Ters osmoz sistemler sulardaki tüm maddeleri gidermez. Karbondioksit gibi gazlar yanında etanol gibi sıvıları ters osmoz membran arasından reddedilmeden geçer. Ters osmoz sistemlerde bazı organik maddeleri (trihalo metanlar, pestisitleri ve diğer VOC'ları) etkili olarak bertaraf etmek mümkün değildir.

Ters osmoz sistemleri son zamanlarda özellikle çok kirli atıksuların arıtılmasında da ciddi olarak uygulanmaya başlanılmıştır. Zeytin karasuyu, peynir altı atıksuyu, katı atık sızıntı suyu, kaplama sanayi atıksuyu, tekstil sanayi atıksuları, asit üretim tesisleri, gıda sanayi atıksuların arıtılmasında ters osmoz sistemi kullanılmaya başlamıştır. Bu tür işletmelerde ters osmoz sistemi kullanılmadan önce membranın bu tür sulara/atıksulara/elde edilecek ürünlere uygun olup olmadıkları, hangi pH aralığında çalışılırsa olumlu sonuç alınacağı, hangi verimlilikte ürün/arıtılmış su elde edildiği, membran temizleme ve değiştirme süreleri, birim hammadde miktarına karşılık gelen maliyet için ön çalışma yapılmalıdır (Öztürk 2007).

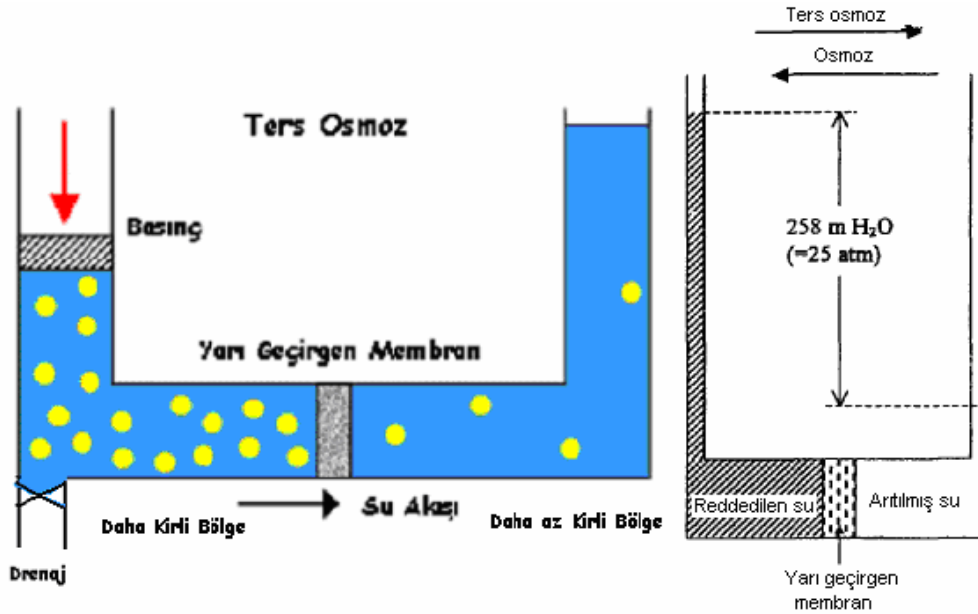
2.4.2. Ters osmoz prosesi

Su oda sıcaklığında (20-30°C) doğadaki en küçük sıvı molekülü maddelerden biridir. Ters osmoz sistemler özellikle suda çözünür halde bulunan sudan daha büyük molekülü maddeleri reddeder. Ters osmoz sistemlerindeki yarı geçirgen membran suda çözünür halde bulunan safsızlıkları tutabilir. Suda farklı miktarda çözünmüş maddeler içeren iki farklı konsantrasyondaki çözelti yarı geçirgen bir membranla ayrıldığı zaman osmoz olayı gerçekleşir. Bazı maddeler membran arasından geçerken bazıları reddedilir. Suda çözünmüş halde bulunan maddelerin osmotik basıncı, seyreltik bölgeden konsantre bölgeye suyu geçirerek suyun seyrelmesine neden olur. Membranın iki tarafında çözeltilerin konsantrasyonu eşit olunca geçiş durur.



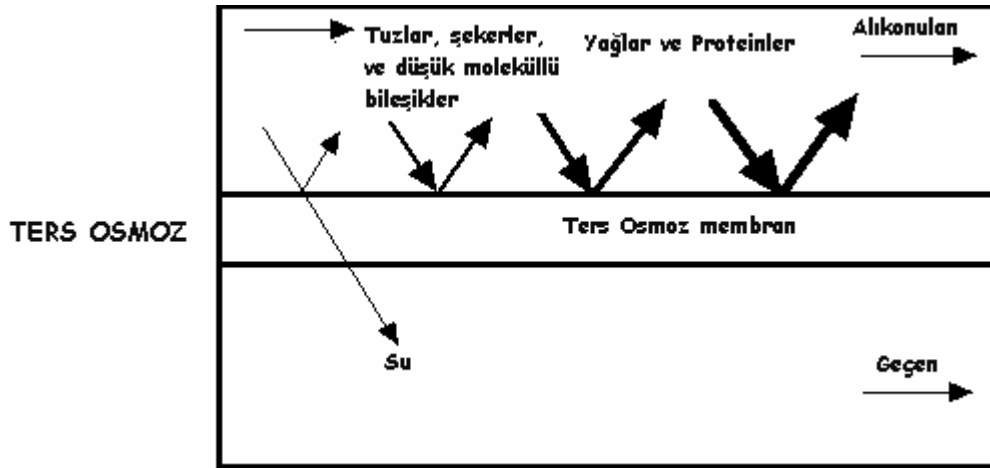
Şekil 2.9. Osmoz işlemi

Ters osmoz işleminde ise konsantre bölgeye basınç uygulanarak osmoz işlemi tersine çevrilir. Yeterli basınç altında su konsantre bölgeden seyreltik bölgeye yarı geçirgen membran arasından geçer.



Şekil 2.10. Ters osmoz sistemi

Ters osmoz, ultra filtasyon ve mikro filtasyon ile reddedilen kirleticiler ve aralarındaki farklar Şekil 2.11’de verilmiştir.



Şekil 2.11. Ters Osmoz Arıtma Tesisi Ünitesi

İlgili yönetmeliklere göre, düzenli depolama tesislerinde oluşan sızıntı suyunun, tahliye edilebilecek özelliğe ulaşmaya kadar toplanıp arıtılması gerekmektedir. Zira bu suların

içinde tahliye öncesinde belirlenmiş KOI, BOI, $\text{NH}_4\text{-N}$, NO_2 , NO_3 , AOX ve Ağır Metaller gibi parametreler bulunmaktadır. (Öztürk 2007)

Bütün arıtım sistemleri içinden ters osmoz, sızıntı suyu üretimi endüstriyel bölgelerde büyük ilgi görmektedir. Güçlü temizleme performansı sayesinde katı atık düzenli depolama tesislerinde tercih edilen bir teknolojidir. Bu nedenle sızıntı suyu arıtımı için Erzurum Katı Atık Tesisinde de “Ters Osmoz” arıtma sistemi öngörülmüştür. Gerekçeler, örnek olarak aşağıdaki gibi belirtilmiştir:

- Ters Osmoz, parçaları bir konteynır içerisinde önceden hazırlanan, denenmiş bir sızıntı suyu arıtma sistemidir.
- Avrupa standartlarına uygundur.
- Bakımı ve kullanımı kolaydır.
- Kirletici maddelerden bağımsızdır.
- Sistemin sıkı temizleme standartları sayesinde sızıntı suyunun mevsimsel akarsulara veya tesis bitişiğindeki yağmur suyu toplama havuzuna tahliye olanağı vardır.
- Sistem yaklaşık 50 m³/gün akış hızına sahiptir ve sızıntı suyu havuzunun ikinci bölümüne geri gönderilen yaklaşık 12,5 m³/gün konsantrasyon oluşturmaktadır. Tesis aynı zamanda yüzey suyu toplama sistemine gönderilen günde yaklaşık 37,5 m³ temiz su oluşturmaktadır.
- Ünite önceden monte edilmiş konteyner olarak satın alınmış ve havuzların yanına yerleştirilmiştir.
- Temizlik için gereken su (modüllerin temizlenmesi), konteynır içine yerleştirilen bir su tankından sağlanmaktadır. Bu su tankının boşaltımı, yüzey suyu havuzu deşarj sistemine bağlanarak gerçekleşmektedir.
- Ters osmoz ünitesindeki konsantre, sızıntı suyu havuzundan, havuza bağlı olan bacalar aracılığı ile toplanıp bertaraf edilmektedir. Tanker toplanan konsantre malzemeyi depolama sahasına boşaltmaktadır.

Erzurum'daki hava koşulları ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği dikkate alındığında, Ters Osmoz uygulaması daha yüksek bir güvenlik ve çevre koruması sağlamaktadır.

2.5. Deponi Sahalarında Sızıntı Suyu Oluşumu

Atık kütlesinin içindeki sızıntı suyunu etkin şekilde drene etmek, bir katı atık tesisi yönetim sisteminin en önemli amaç ve bölümlerinden biridir. Düzenli depolama alanında oluşacak sızıntı sularının toplanarak, sistem dışına çıkartılması ve çevreye zarar vermeyecek şekilde depolanması için depolama tabanındaki geçirimsizlik tabakası üzerinde drenaj sistemi oluşturulmuştur. Drenaj sistemi, depo üst örtüsü yapılıncaya kadar, yağış sularının drenaj sistemine intikal edeceği varsayılarak, katı atıklardan süzülen suların ve yağış sularının toplam miktarına göre projelendirilmiştir. Toplanan sızıntı suları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde verilen deşarj limitlerini sağlayacak şekilde arıtılır.

Düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı suyu miktarı, yağış miktarı, atıkların hacminin azaltılmasında kullanılan sıkıştırma ekipmanları ve atıkların özelliklerine bağlıdır. Genel olarak sızıntı suyu miktarı, yağış miktarının yaklaşık %24'ü olarak kabul edilir. Sızıntı suyu üretim potansiyeli depolama sahasındaki su dengesi düşünülerek oluşturulmuştur. Su dengesi prensibi, tesise giren (oluşan) su miktarı ile kimyasal ve buharlaşma yolu ile azalan su miktarının dengesinden bahseder. Aradaki fark sızıntı suyu olarak akışa geçer (Anonim 2005).

Hesap kriterleri aşağıdaki verilere göre düzenlenmektedir:

- Nüfus,
- Kişi başına düşen katı atık miktarı,
- Yıllık çöp hacmi,
- Kullanılacak deponi alanı,
- Ortalama yağış miktarı,
- Ortalama hava sıcaklığı.

2.6. Depolama Gazının Toplanması ve Bertarafı

Depo kütlesinde havasız kalan organik maddenin mikrobiyolojik olarak ayrışması sonucu çevreye yayılarak patlamalara, zehirlenmelere sebep olabilecek metan gazı ağırlıklı olmak üzere CO₂, H₂S, NH₃ ve N bileşikleri yatay ve düşey gaz toplama sistemi ile toplanır ve kontrollü olarak atmosfere verilir.

Düzenli depolama sahalarında oluşan depolama gaz miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanır (Anonim 2005).

$$G=1.868 \times C_{org} \times (0,014T+0,28) \times (1-10^{-kt})$$

C_{org}: Çöpteki organik karbon miktarı (toplam çöpün yaklaşık %17-22'si)

T: Sıcaklık (°C), depolama gövdesinin içinde en az 30°C olarak kabul edilebilir.

k: Bozuşma sabiti (0,025-0,05) arasında genellikle 0,035-0,04 en yakın tahminlerdir.

Depolama gazının toplanması aktif veya pasif şekilde yapılabilir. Aktif toplama, blower yardımıyla gaz çekilerek yapılır. Pasif tasfiyede ise depolama gazlarının difüzyonla hareket etmesi kontrol edilir. Pasif tasfiye maliyet açısından daha ekonomiktir.

2.6.1 Pasif gaz toplama

Depolama sahasından kaynaklanan gazların miktarı az ve değerlendirilmeyecekse bu gazlar ya doğrudan atmosfere verilmeden bir meşale yanma ünitesinde bertaraf (yakılacak) edilecek şeklinde düşünülecektir. Bu amaçla da gaz toplama kuyularında biriken gazlar portatif gaz yakma üniteleri kullanılarak yakılması gerekmektedir.

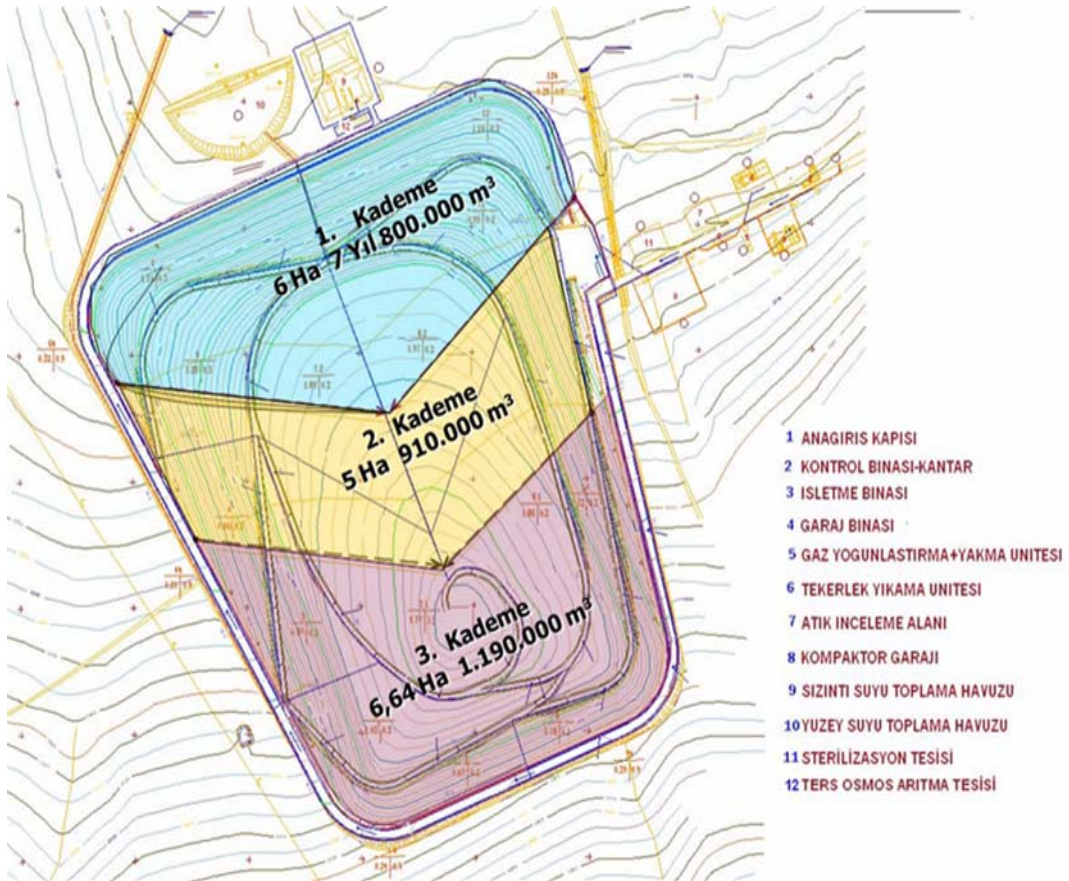
Atık depolamasının başlayışından yaklaşık bir yıl sonra gaz üretimi başlar. Gaz üretimi katı atık tesisinin kapanışından sonra yaklaşık 30 yıla kadar devam edebilir.

Gazın bir alev tribünü (meşale) ile yakılması gereklidir. Katı atık tesisinin 3 yıllık bir çalışma süresi sonrasında gaz kullanımının yapıp yapılmayacağına karar verilebilir.

5. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Bertaraf Sistemi Tanıtımı

Şekil 3.1’ de Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahası alan projesi, Çizelge 3.1’ de de bu projenin tasarımında ve uygulamasında kullanılan parametreler verilmiştir (Anonim 2007).



Şekil 3.1. Sünger iç düzenli depolama sahası alan projesi

Çizelge 3.1. Süngerîç düzenli depolama tesisi uygulaması temel bileşenleri

Anahtar Parametreler	Sonuç
Nüfus	373.739 – 2008 yılı nüfus sayımı
Konum	Erzurum İlinin yaklaşık 14 km güneyinde, Süngerîç Köyü yakınlarında
Düzenli depolanacak atık tipi	Evsel nitelikli atıklar
Toplam düzenli depolama kapasitesi	2.900.000 m ³
Sihhi düzenli depolama tesisinin ekonomik ömrü	20 yıl
Düzenli depolama yapılacak (doldurulacak) kısmın toplam yüzey alanı	17,64 ha
Düzenli depolama tesisine ait toplam alan	Yaklaşık 55 ha
İşletme kademesi sayısı	3
1.Kademe kapasitesi	800.000 m ³
2.Kademe kapasitesi	910.000 m ³
3.Kademe kapasitesi	1.190.000 m ³
Çökmelerden önce beklenen atık yoğunluğu	1,0 t / m ³
Düzenli depolama yüksekliği	30 m
Sızdırmazlık sistemi	60 cm mineral sızdırmazlık tabakası $K_f < 3 \times 10^{-9}$ HDPE folyo d > 2,0 mm 30 cm drenaj tabakası 16/32 1.Kademe alanı=60.000 m ²
Yüzey sızdırmazlık sistemi	Toplam yüzey alanı: 176.400 m ² (1.Kademe=60.000m ²)
Sızıntı suyu drenaj sistemi	Tali sızıntı suyu boruları: HDPE delikli Do 250 boru (195 m) ve ana kolektör sızıntı suyu borusu HDPE delikli Do 315 boru (195 m)
Yağmur suyu toplama 1	PE–üst folyo örtüsü (30.000 m ²)
Sızıntı suyu havuzunun sızdırmazlığı	30 cm mineral sızdırmazlık tabakası $K_f < 3 \times 10^{-9}$ HDPE jeomembran > 2,5 mm (1.150 m ²)
Sızıntı suyu muayene bacası	Betondan yapılmıştır, HDPE boru tesisatı
Sızıntı suyu toplama bacası	Betondan yapılmıştır, HDPE plakalar
Kontrol haznesinden sızıntı suyu havuzuna borulama	HDPE Do 315 mm boru, vanalar ve çıkış
Sızıntı suyu arıtma tesisi	Ters osmoz tesisi, 50 m ³ /gün

Çizelge 3.1. (devamı)

Gaz toplama kuyuları	42 gaz kuyusu; 13 tanesi 1.kademe için; delikli (perfole) HDPE Do 180mm borular, çelik borular, HDPE Do 90 mm iletim (bağlantı) boruları
Ana gaz toplama borusu	HDPE Do 250 mm boru (2.150 m)
Gaz toplama istasyonları	4 istasyon (beton); 1.kademe için 1 istasyon; her birinde iyi-kötü gaz için ikişer adet gaz toplama yatay boruları bulunacaktır (galvanize çelik)
Gaz arıtımı	Booster pompa istasyonu (terfi merkezi) ve meşale (300–1700 m ³ /saat)
Çevre yolu	1.470 m uzunluğunda ve 7,0 m eninde asfalt yol
Trafik alanları	Trafik ve park etmek için asfalt alanlar (2.750 m ²)
Giriş kontrol alanı	Kantar ve tekerlek yıkama köprüsü bulunan 28 m ² bina
Atık denetim/muayene alanı	Sızıntı suyu sistemine muhtemel bağlantı içeren 500 m ² asfalt kaplı alan
Yeraltı suyunun izlenmesi	Her biri yaklaşık 50 m derinliğinde 4 izleme kuyusu

3.2 Metot

3.2.1 Toplam organik karbon ölçümleri

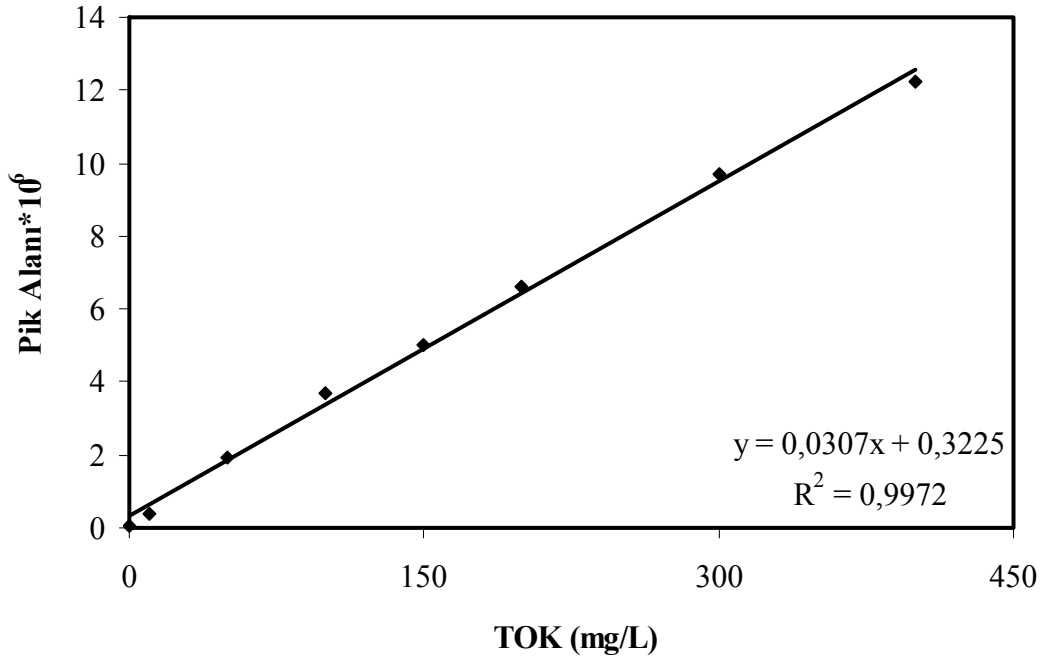
Toplam organik karbon ölçümleri Teldyne-Tekmar Apollo 9000 TOC-TN analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Analizde kullanılan çözeltiler

Organik karbon stok çözeltisi: 2,1254 gr susuz potasyum biftalat ($C_8H_5KO_4$) karbon içermeyen distile suda çözülerek 1 L'ye tamamlanmıştır. Bu çözeltinin karbon derişimi 1mL=1mg'dır. Çözelti H_3PO_4 ya da H_2SO_4 ile pH 2'ye asitlendirilerek muhafaza

edilmiştir. Hazırlanan bu stok çözelti standart kalibrasyon eğrisinin hazırlanmasında kullanılmıştır.

Fosforik asit çözeltisi: İnorganik karbonu (IC) ayırmak için yapılan asitlendirmede konsantre H_3PO_4 yada H_2SO_4 kullanılabilmesine rağmen (HCl'den özellikle kaçınılması gerekir) cihazın el kitabı dikkate alınarak %21'lik fosforik asit çözeltisi kullanılmıştır. Bu çözelti; 50 mL %85'lik fosforik asit, saf su ile 200 mL'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Şekil 3.4.'de TOK analizlerinde kullanılan standart kalibrasyon eğrisi verilmiştir.



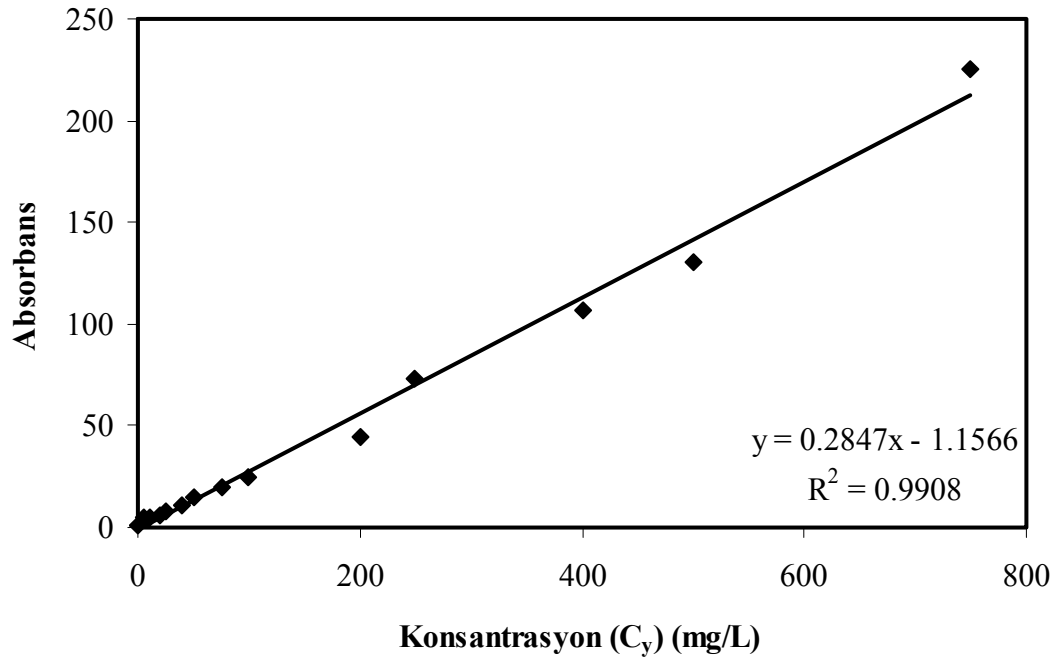
Şekil 3.4. TOK analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

3.2.2 Yağ ve gres ölçümleri

Yağ-gres ölçümleri “Yağ-Gres, Petrol-Hidrokarbonu” ölçüm cihazı (Wilksir HATRT-2) kullanılarak yapılmıştır. Cihaz IR bölgede çalışmaktadır.

Analizde kullanılan çözeltiler

Stok yağ çözeltisi: Denemelerde yağ-gres standardı olarak 30 numara (30W) motor yağı kullanılmıştır. Dereceli silindire 0,1 gr yağ konulduktan sonra üzeri hegzan ile 100 mL'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan bu stok çözelti belirli oranlarda hegzan ile seyreltilerek cihazda absorbans değerleri okunmuş ve Şekil 3.5.'de verilen kalibrasyon eğrisi elde edilmiştir.



Şekil 3.5. Yağ-Gres analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

Analizin yapılışı: Numunelerde yağ-gres analizi yapılırken öncelikle numune pH'sı 1:1'lik HCl ile 2'nin altına düşürülmüş, daha sonra belirli miktarda hegzan numuneye ilave edilerek hegzanın yağ ve gresi ekstrakte etmesi sağlandıktan sonra yağ-gres ölçüm cihazı aracılığı ile absorbans değerleri okunarak standart eğriden yağ-gres konsantrasyonları tayin edilmiştir.

3.2.3 KOİ ölçümleri

Kimyasal oksijen ihtiyacı analizleri standart metotlarda (AWWA 1985) belirtilen kapalı sistem yöntemine göre yapılmıştır.

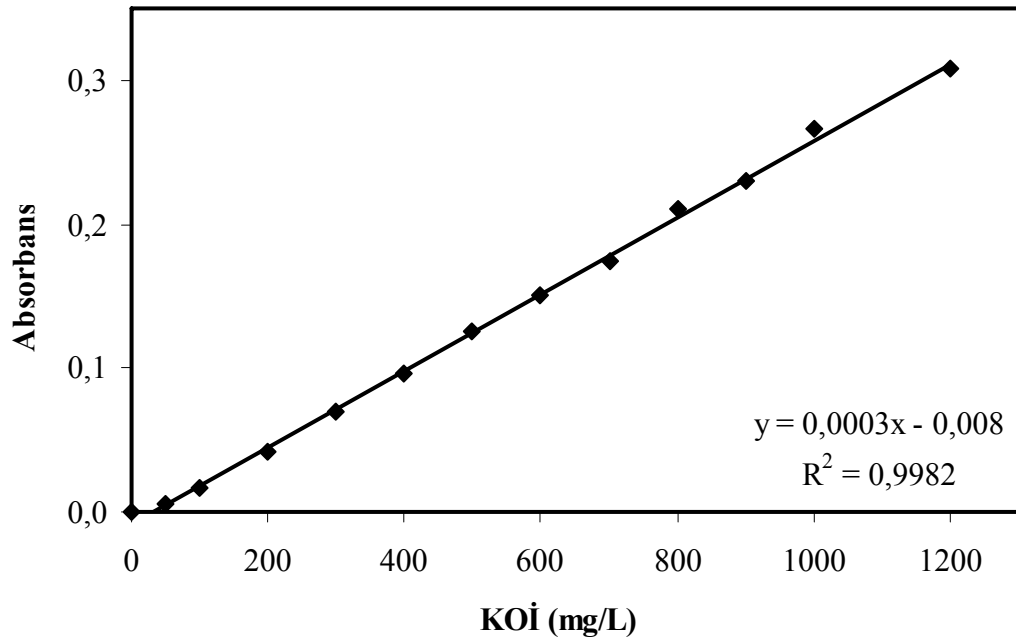
Analizde kullanılan çözeltiler

Parçalama çözeltisi: 10,216 gr $K_2Cr_2O_7$ ve 33 gr $HgSO_4$, 167 mL derişik H_2SO_4 içerisinde çözülmüş ve çözelti saf su ile bir litreye tamamlanmıştır.

Asit çözeltisi: 11 gr Ag_2SO_4 derişik 1 litre H_2SO_4 içerisinde çözümlenerek hazırlanmıştır.

Potasyum Hidrojen Fitalat: ($KHC_8H_4O_4$, MA=204,23 gr/mol) KOİ testinde uygulanacak aralığa göre standart kalibrasyon eğrisinin hazırlanmasında kullanılmıştır.

Analizin yapılışı: Numune süzöldükten sonra içerisinde 1,5 mL örnek alınarak borosilikat tüplere konulmuştur. Üzerine 1 mL parçalama çözeltisi, 2 mL asit çözeltisi ilave edildikten sonra $148^{\circ}C$ 'de bir termoreaktörde (WTW CR 3200) 2 saat kaynatılmış ve oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra 600 nm dalga boyunda spektrofotometre (Shimadzu UV 160A) yardımıyla absorbans değerleri okunarak standart KOİ eğrisinden KOİ konsantrasyonları tayin edilmiştir. Kalibrasyon eğrisini hazırlamak için de aynı yöntem uygulanmış ve model kirletici olarak potasyum-hidrojen-fitalat çözeltisi kullanılmıştır. Şekil 3.3.'de KOİ analizlerinde kullanılan kalibrasyon eğrisi verilmiştir.



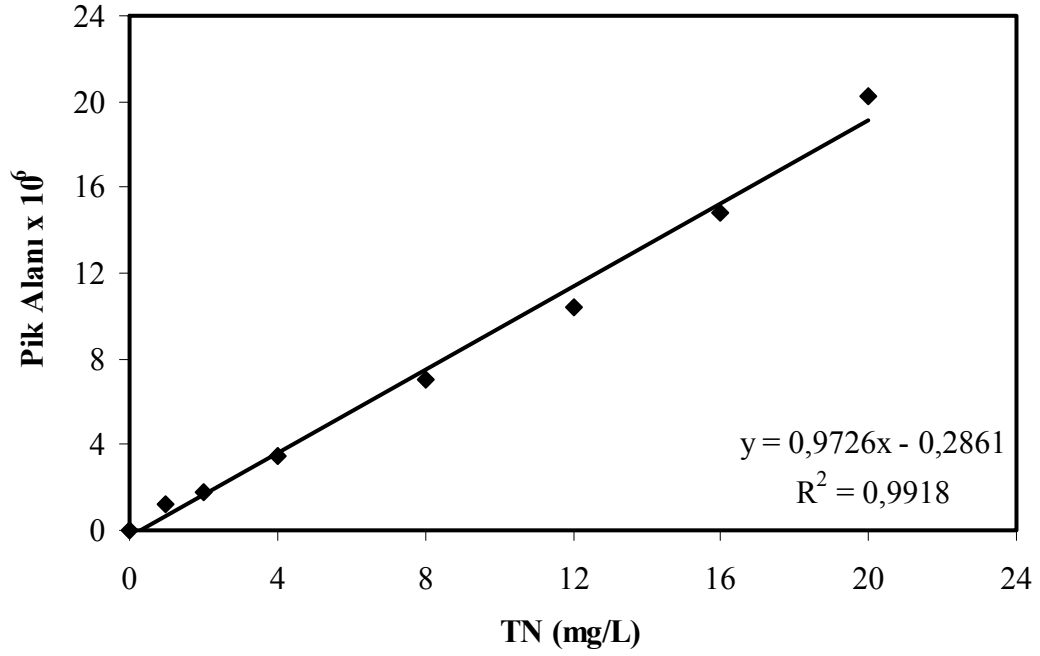
Şekil 3.6. KOİ analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

3.2.4 Toplam azot ölçümleri

Toplam azot ölçümleri Teldyne-Tekmar Apollo 9000 TOC-TN analiz cihazı kullanılarak yapılmıştır.

Analizde kullanılan çözeltiler

Stok azot çözeltisi: 0,6071 gr katı NaNO_3 saf suda çözülüp 1 L'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan bu stok çözelti standart kalibrasyon eğrisinin hazırlanmasında kullanılmıştır. Şekil 3.6.'da TN analizlerinde kullanılan standart kalibrasyon eğrisi verilmiştir.



Şekil 3.6. Toplam azot analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

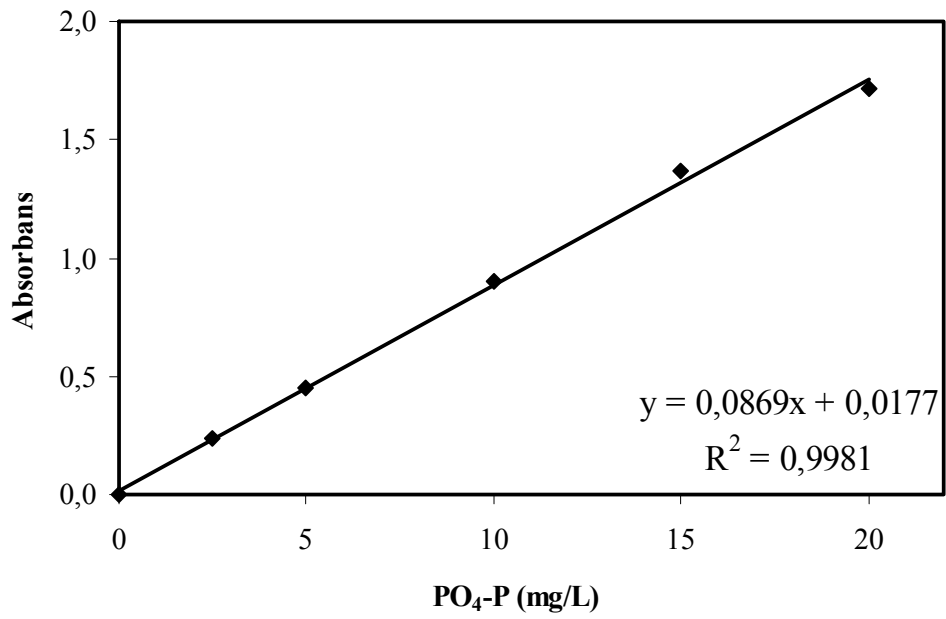
3.2.5 Fosfat ölçümleri

Numunelerin fosfat analizi amonyum vanadomolibdat reaktifi kullanılarak spektrofotometrede 400 nm dalga boyunda absorbans değerleri okunarak yapılmıştır.

Analizde kullanılan çözeltiler

1. Amonyum vanadomolibdat reaktifi: 25 gr amonyum molibdat 300 mL saf suda çözülmüştür. 1,25 gr amonyum metavanadat ise 300 mL saf suda ısıtılarak çözülmüş ve soğuduktan sonra üzerine 330 mL derişik hidroklorik asit ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında soğutulduktan sonra hazırlanan ilk çözelti bu çözelti içerisine dökülüp, karıştırılmış ve saf su ile 1 L'ye seyreltilmiştir.

2. Stok fosfat çözeltisi: Denemeler esnasında kullanılan stok fosfat çözeltisi 8,77 gr katı KH_2PO_4 saf suda çözülüp 1 L'ye tamamlanarak hazırlanmıştır. Bu çözeltinin 1 mL'si 2000 μg P'-ye eşdeğerdir. Kalibrasyon eğrisi hazırlanırken fosfat kaynağı olarak bu çözelti kullanılmış ve Şekil 3.7'de verilen fosfat standart eğrisi elde edilmiştir.



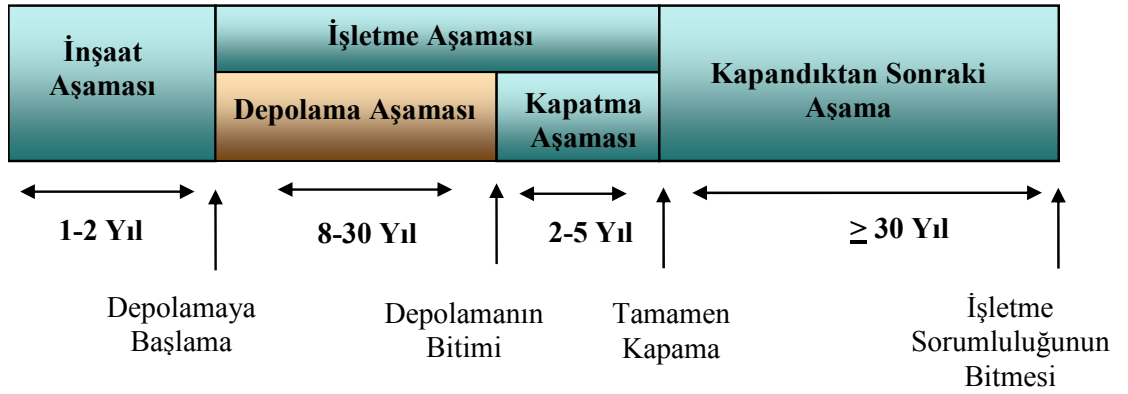
Şekil 3.7. Fosfat analizinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahasının Tanıtımı

4.1.1. Uygulama takvimi

Düzenli depolama tesisi inşaatına Eylül 2005 tarihinde başlanılmış 2007 yılında inşaat işleri tamamlanmıştır. Tesisin işletilmesi 20 yıl olarak planlanmıştır. Şekil 4.1’ de katı atık depolama sahalarının proje aşamaları şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Depolama tesisleri uygulama aşamaları

4.1.2. Kazı işleri

Yeni depolama alanının inşaatı için sağlanan alan yaklaşık 180.000 m² dir, bunun 60.000 m² si 1.aşama içindir. Tesisin şekli minimum kazı ve dolgu işlerinin oluşması için arazi şekline uygun tasarlanmıştır. Depolama alanı alt ve üst sınırı arasındaki eğim %3-7’dir.

4.1.3. Dolgular

Planlanan depolama sahası geometrisinin inşası ile depo tabanı için geniş yüzey dolgusuna, planlanan sedde ve bentlere gerek vardır. Dolgu ve sıkıştırma maksimum 40 cm'lik tabakalara uygulanacaktır. Sedde şevleri depolama alanı içerisinde ve depolama sahasının dışına doğru olan kısımlarda 1/3'tür. Planlanan taban eğimleri %3–7 aralığındadır. Alt toprak (mineral geçirimsizlik tabakasının temeli) düz olacak ve gerekli eğim ile sedde eğimini karşılayacaktır.

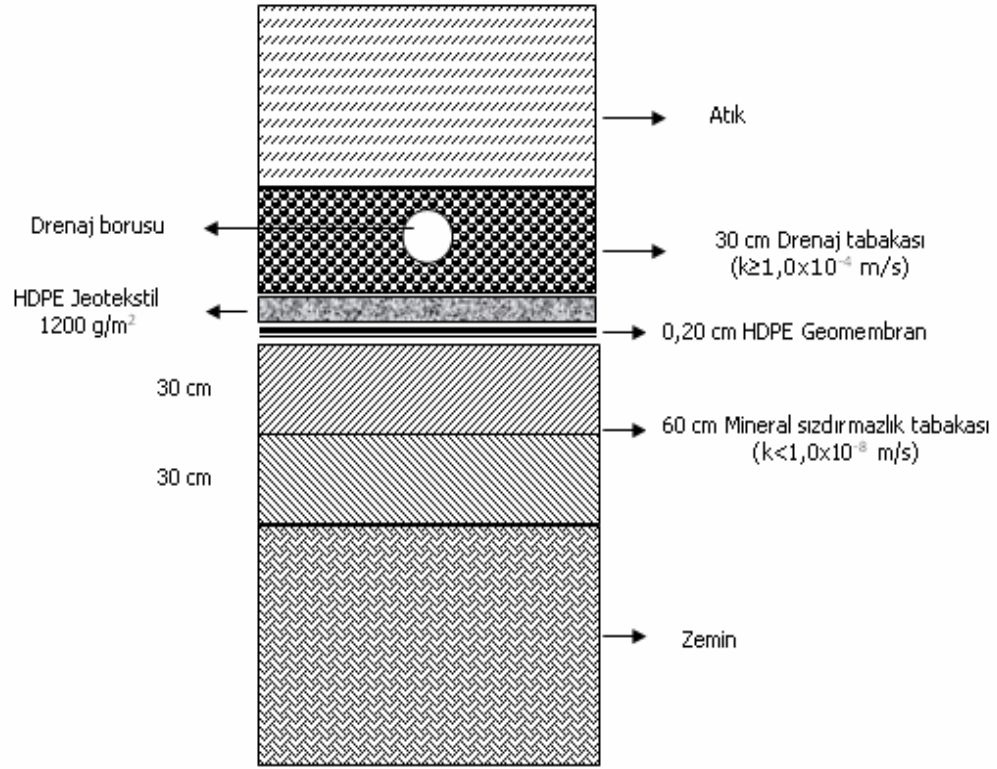
4.1.4. Depo tabanı sızdırmazlığı

Düzenli depolama tesisi aşağıda belirtilen işler, ilgili yönetmelik ve kriterlere göre yapılmıştır. Özellikle depolama tesisi planlamasında örnek olarak verilen şematik kesit resim ve bu kesitte ön görülen tabakalar dikkate alınmıştır. Depo tabanının sızdırmazlığının sağlanması için; yapılacak teknik karşılaştırmalara göre, depo tabanına sıkıştırılmış kalınlığı en az 60 cm olan kil serilmiştir. Bu malzemelerin geçirimsizlik katsayısı (Permeabilite 1.10^{-8} m/sn'den büyük olamaz). Bu kil tabakasının üzerine kalınlığı 2 mm olan yüksek yoğunluklu polietilen folye (HDPE Geomembran) serilmiştir. Folyenin yoğunluğu $941-965 \text{ kg/m}^3$ arasındadır. Ayrıca düşük ve yüksek geçirgenlikli katmanları birbirinden ayırmak için koruma tabakası (HDPE Jeotekstil en az 1200 g/m^2) kullanılmıştır.

Geçirimsiz hale getirilen taban üzerine dren boruları döşenerek sızıntı suları bir noktada toplanmaktadır. Hidrolik ve statik olarak hesaplanması gereken drenaj borularının çapı minimum 100 mm ve minimum eğimi %1 dir. Dren boruları, münferit borular şeklinde yatayda ve düşeyde kıvrım yapmadan doğrusal olarak depo sahası dışına çıkar. Depo tesisi çıkışında kontrol bacaları bulunur. Ayrıca dren boruları çevresini kum, çakıl filtre yerleştirilmiştir. Bu filtrenin boru sırtından itibaren yüksekliği minimum 30 cm dir.

Tıbbi Atıklar ÇED raporu çerçevesinde sterilizasyon prosesine tabi tutulduktan sonra evsel nitelikli atık haline dönüşmüş olarak düzenli depolama tesisinde diğer atıklarla

birlikte bertaraf edilmektedir. Şekil 4.2’ de depo tabanı sızdırmazlık sistemi şematik olarak gösterilmektedir (Anonim 2007).



Şekil 4.2. Depo tabanı sızdırmazlık sistemi

4.1.5. Sızıntı suyu oluşumu, drenajı ve arıtılması

Genel olarak işletme aşamasında çöp depolama alanında $2-5 \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{gün}$ mertebesinde sızıntı suyu oluştuğu kabul edilmektedir. Buna göre Erzurum örneğinin de sızıntı suyu alansal debisini hesaplırsak;

Erzurum’da ortalama yıllık yağış miktarı: 438 mm/yıl

$$438 \text{ mm/yıl} \equiv 438 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{yıl} \equiv 4380 \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{yıl}$$

$$[4380 \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{yıl}] / 365 \text{ gün} \equiv 12 \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{gün}$$

Deponi inşa halinde iken açık kısma gelen yağmurun %24'ü sızıntı suyunu oluşturduğuna göre

$12 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{gün} \cdot 0,24 = 2,88 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot \text{gün}$ birim alan debisi olarak bulunur (Anonim 2005).

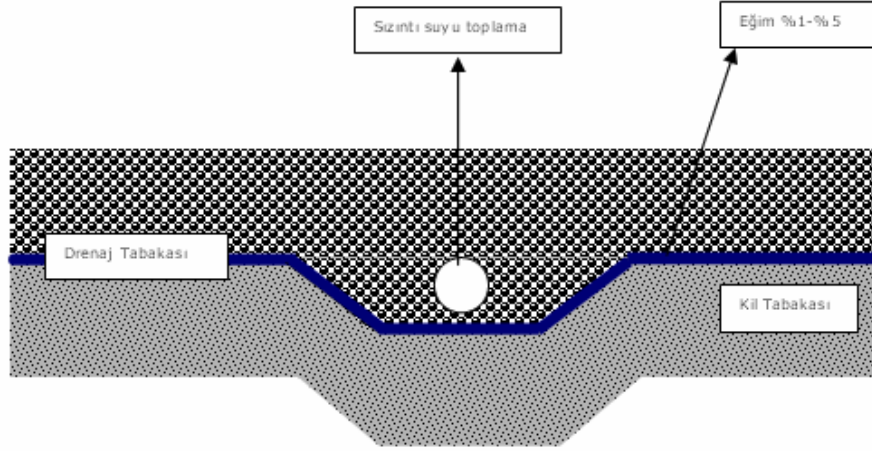
4.1.6. Sızıntı suyu drenajı

Sızıntı suyu drenaj sisteminin işlevi, oluşan sızıntı sularının mümkün olduğunca kısa mesafelerde depolama gövdesinden uzaklaştırıp, arıtma tesisine ulaştırmaktır. Drenaj sisteminin tasarımı, zemin tabakasında su birikimini engelleyecek şekilde yapılmalıdır. Sızıntı suyu drenaj sistemleri hidrolik ve statik olarak boyutlandırılmalıdır.

Bu amaçla, sızıntı suyu drenaj boruları drenaj tabakasına yerleştirilir. Bunun için ideal çözüm depolama sahasının zeminin hafif eğimli üçgen halinde düzenlenip, drenaj borularının ise bu üçgen yapılı kanal dibinde döşenmesidir. Bu sistem Şekil 4.3'te şematik olarak gösterilmektedir. Eğimler inşaattan sonra oluşabilecek yer oturmalarını hesaba katarak düzenlenmiştir.

Drenaj borularının minimum iç çapı, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 26. maddesine göre 100 mm dir ve yüzey alanlarının 2/3 yarıklı veya delikli polietilen esaslı (HDPE) borular tercih edilmiştir.

Drenaj borularının delik çapı, drenaj tabanında kullanılan çakılların dane büyüklüğüne göre seçilmiştir. Çakılların boruları tıkamamalarına dikkat edilmelidir. Yani delik çapı çakıl dane çapından daha küçük olmalıdır. Drenaj borularının etrafında dane çapı 16–32 mm arasında değişen ve kireç oranı %5 ten az granüler malzeme (yuvarlak kesitli dere malzemesi) ile drenaj tabakası oluşturulmuştur (Anonim 2007).



Şekil 4.3. Sızıntı suyu toplanması ile ilgili plan kesit

4.1.7. Sızıntı suyu havuzu

Çöp sızıntı sularını toplamak amacıyla 3 havuz (ham sızıntı suyunu toplama amacıyla 800 m³ kapasiteli ve buharlaşma amacıyla 1000 m³ kapasiteli ve yine konsantre malzeme için 800 m³ kapasiteli) sahanın akış yönüne doğru inşa edilmiştir.

Havuzlar için özel geçirimsizlik sistemi uygulanmıştır:

- Kazılan ve düzeltilen yüzey üzerine şevlerde ve havuz tabanında 10 cm kalınlığında kum düzeltme tabakası
- Birinci tabaka 2,5 mm kalınlığında HDPE Membran
- Drenaj tabakası dokuma HDPE jeotekstile
- İkinci tabaka 2,5 mm kalınlığında HDPE Membrane.
- Drenaj kontrol sistemi, geçirimsizliği kontrol etme amacı ile drenaj boruları ile kontrol bacasına bağlanmıştır.

4.1.8. Sızıntı suyu geri dönüşümü

Konsantre sızıntı suyu, toplama havuzundan depolama sahasına geri dönüştürülmektedir. Sızıntı suyu havuzda toplandıktan sonra tekrar çöp kütlesi üzerine yandan veya üstten sprey şeklinde verilir. Böylelikle sızıntı suyu ile çöp arasında ikinci bir temas sağlanmış olur. Bu temas sırasında bir taraftan buharlaşma gerçekleşirken, diğer taraftan çöp içindeki mikroorganizmalar sızıntı suyunun kirliliğinin azaltılması yönünde katkıda bulunurlar. Bunun sonucunda sızıntı suyunun KOİ, BOİ ve ağır metal gibi kirlilik parametrelerinin değeri düşerken, pH değerinde yükselme görülür. Geri dönüş yapılacak miktar yağış seviyesine bağlı olacaktır.

Sızıntı suyu, toplama bacasına yerleştirilen dalgıç pompa yardımıyla, su havuzdan bir tankere basılmaktadır. Konsantrenin pompalanması durumunda, normal sızıntı suyu havuzunun vanası kapatılmakta, konsantre vana açılmaktadır. Tank bir traktör yardımıyla çekilmekte, sistemde spreyleme ekipmanları bulunmaktadır. Alınan sızıntı suyu taze atık üzerine püskürtülerek biyolojik parçalanma hızlanması sağlanmaktadır.

4.1.9. Sızıntı suyu boruları

Depolama sahası içerisinde oluşacak sızıntı suları HDPE'den yapılmış tali dren boruları ile toplanmakta ve depolama alanın dışındaki ana toplama borusuna bağlanmıştır.

4.1.10. Sızıntı suyu borularının temizlenmesi ve denetimi

Erzurum katı atık düzenli depolama tesisindeki sızıntı suyu toplama borularının toplam uzunluğu yaklaşık 2600 metredir. Tali toplama borularının uzunluğu yaklaşık 1700 m. uzunluğundadır. Borular temizlenecek ve boru boyunca dolaşabilen kamera ile denetlenecektir. Tıkanmalara karşı bakım ve temizlik işleri gereklidir. Birinci aşama inşaat bölümünde ana kolektörün toplama uzunluğu yaklaşık 900 metredir. Tali boruların maksimum toplama uzunluğu 240 m civarındadır.

4.1.11. Yağmur suyu toplama havuzu

Geçirimsizlik yüzeyi gövdesinden gelen sular yağmur suyu tutma havuzuna akar. Toplama havuzu biriktirme fonksiyonuna ek olarak, havza iç operasyon amaçları (yangın söndürme, ağaç ve bitkilerin sulanması, yolların temizlenmesi, toza karşı yolların ıslatılması) için de kullanılabilecektir.

Yağmur suyu tutma havuzu, akıntısız bir zemin havzası şeklinde inşa edilmiştir. Kullanılmamış su buharlaşabilir veya süzülüp gidebilir. Setin üst kısmında bir acil durum tahliye mekanizması mevcuttur.

4.1.12. Gaz oluşumu

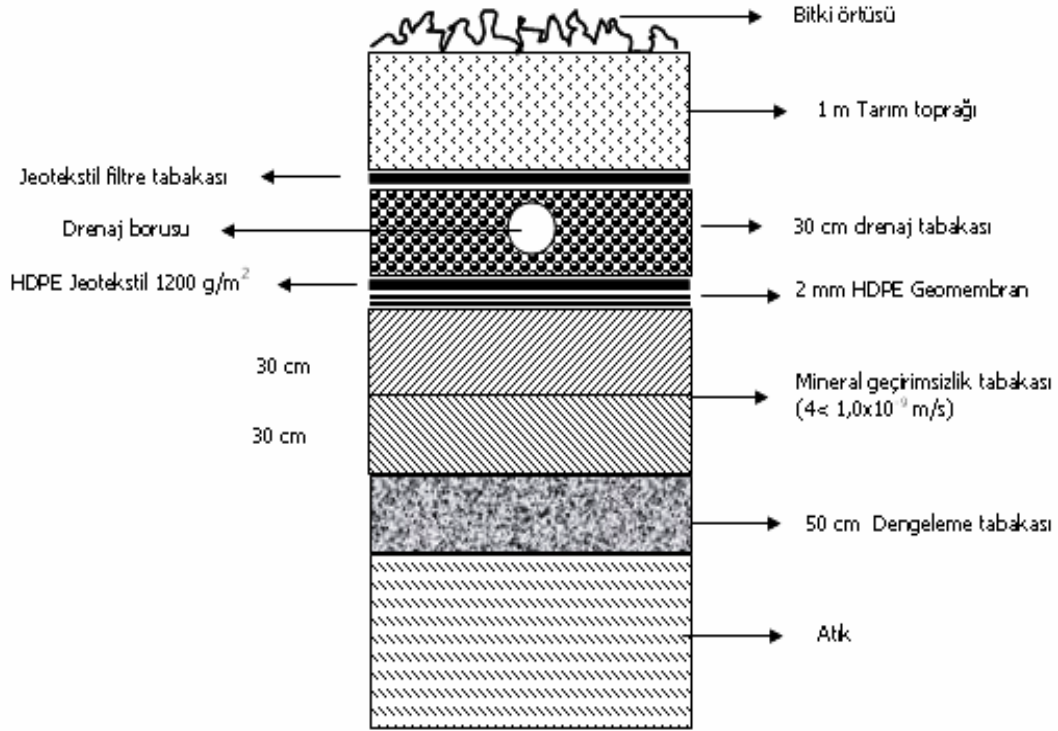
Erzurum kenti deponi alanı genç bir deponi sahası olması nedeniyle henüz verimli bir gaz oluşumu görülmemektedir. Daha ileriki yıllarda oluşan deponi gazının depolanması ve kullanılması ile ilgili her türlü teknik donanım tasarlanmıştır.

Gaz taşıma borularında taşınan gazlar kitleme üniteleri ve ölçüm cihazları ile iyi gazın kötü gazdan ayrıldığı 3 gaz istasyonunda toplanacaktır. Giren gaz taşıma boruları paslanmaz çelik kıvrımlı hortumlar ve azaltıcılar ile gaz istasyonundaki çelik borulara bağlanmıştır. Ölçüm cihazları gazın kalitesini, miktarını, sıcaklığını ve akış hızını belirleyecektir.

4.1.13. Depolama örtüsü teşkili

Planlanan depo yüksekliğine erişilerek kapasitesi dolan depo sahaları tekniğine uygun olarak kapatılmaktadır. Bunun için depo sahasının üst yüzeyi, yağış sularının içeri girmesini engelleyecek şekilde geçirimsiz hale getirilir. Üzerine çeşitli bitkilerin ekilmesini sağlamak için 1 m kalınlığında toprak örtü serilecektir ve böylece saha

yeşillendirilecektir. Deponi sahası üst örtüsünün teşekkülü Şekil 4.4’ de şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.4. Depo üst örtüsü sızdırmazlık sistemi

4.2. Tasarım Kriterleri

Jeolojik çalışmalar Temmuz 2004’de gerçekleştirilmiştir. Arazideki sondajların sonuçlarına ve yer mekaniği laboratuvar testleri sonuçlarına göre Erzurum depolama sahası için aşağıdaki öneriler yapılmıştır (Mustafa Toker Jeoteknik Rapor):

- Proje alanı; Erzurum–Özbek Köyü yolunun 12. kilometresinden itibaren yaklaşık 2 km. doğuda yer almaktadır. Sahaya en yakın yerleşim alanları Adacay ve Yarımca köyleridir.
- Katı atık depolama alanında mevcut arazi kotu 1860 ile 1825 arasında değişmekte ve topografya güneydoğu-kuzeybatı istikametinde hafif bir eğimle alçalmaktadır.

- Etüd alanında 09.07.2004–20.07.2004 tarihleri arasında 12 m derinlikte 4 adet, 52 m derinlikte 1 adet olmak üzere toplam 5 adet sondaj ve katı atık depolama alanının taban kaplamasında kullanılması düşünülen malzemeler için 3 adet araştırma çukuru açılmıştır.
- Etüd alanında yapılan sondajlarda 37 m. de yeraltı suyuna rastlanılmıştır.
- İnceleme alanında Kuvaterner yaşlı karasal alüvyonlara ait birimler yer almaktadır. Formasyon değişken boyutlu volkanik kökenli çakıl, kahverengi kum, silt ile az kilden oluşmuş karasal alüvyonlardır. Söz konusu birim içinde farklı seviye ve kalınlıklarda yer yer killi silt-siltli kil ile çakıllı kil mercekleri de içermektedir.
- Etüt alanındaki ana zemin olan karasal alüvyon, genelde daneli malzemelerden meydana gelmekte olup, arasında farklı seviyelerde, değişik kalınlıklarda siltli kil/killi silt tabakaları mevcuttur.
- Alüvyonun içerisinde farklı seviyelerde, yaklaşık 4 m derinlikten sonra gözlenen ve kalınlığı 1-4 m. arasında değişen siltli kil ara tabakalarında yapılan standart penetrasyon deneylerinden SPT darbe adetlerinin $N=24-48$ ($N_{ort}=32$) arasında değiştiği gözlenmiştir. SPT değerlerine göre killi seviyeler çok katı-sert kıvamlıdır. Alüvyonun geçirgenlik katsayısı ortalama $k=6,5 \times 10^{-6}$ m/sn mertebesindedir

4.3. Sahanın Dolum Aşamaları:

Geçirimsizlik tabakası yapılan ve döküme hazır hale getirilen 1. etaptaki 6 hektarlık kısmın 7 yılda doldurulması planlanmaktadır.

Yıllara göre dolum hacimleri:

1. Yıl: 113.200 m³
2. Yıl: 107.500 m³
3. Yıl: 111.800 m³
4. Yıl: 117.200 m³
5. Yıl: 119.000 m³

6. Yıl: 123.200 m³

7. Yıl: 108.100 m³ olarak hesaplanmıştır.

Toplamda 1. Etapta 800.000 m³ atık depolanacaktır.

Erzurum da günlük atık miktarı yaklaşık 250 tondur. Bu değer yaz ve kış aylarında değişiklik göstermektedir (Anonim 2007).

4.4. Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Suyu Bileşimi

Erzurum katı atık düzenli depolama sahası sızıntı suyu havuzlarından Ekim 2008 ve Mayıs 2009 tarihleri arasında sızıntı suyu numuneleri alınarak çeşitli kirletici parametreleri analiz edilmiş ve sonuçlar Çizelge 4.1 de verilmiştir.

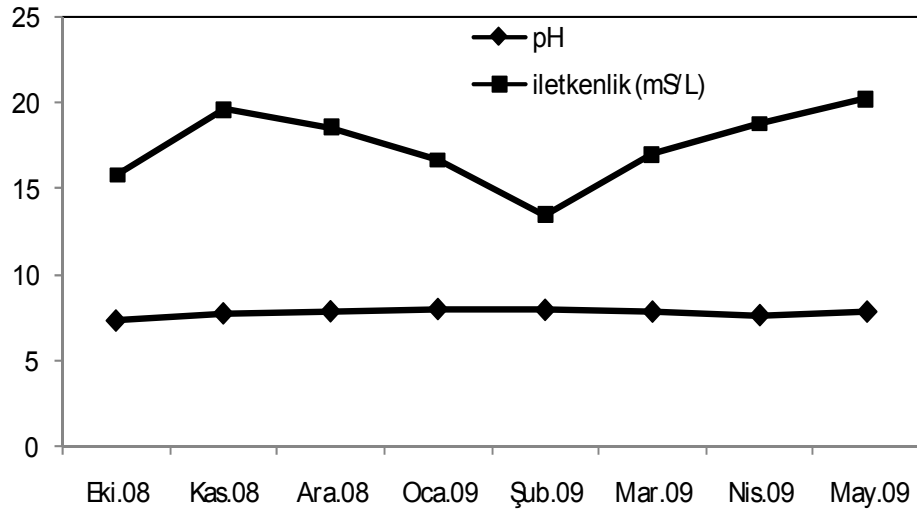
Çizelge 4.1. Erzurum katı atık düzenli depolama sahası sızıntı suyu bileşiminin aylara göre değişimi

Parametre	Sızıntı Suyu							
	Ekim 2008	Kasım 2008	Aralık 2008	Ocak 2009	Şubat 2009	Mart 2009	Nisan 2009	Mayıs 2009
pH	7,29	7,70	7,82	7,95	7,9	7,8	7,6	7,8
İletkenlik (mS/cm)	15,76	19,63	18,56	16,67	13,42	16,98	18,8	20,25
TC (mg/L)	4978,1	4627,25	4559	4340	4750.6	4465	4685	4775
TOC (mg/L)	4485,53	4225,32	4150,4	3900,85	4300,86	4022,15	4150,15	4250
KOİ (mg/L)	16680	10790	9875	9550	14750	10150	12455	15580

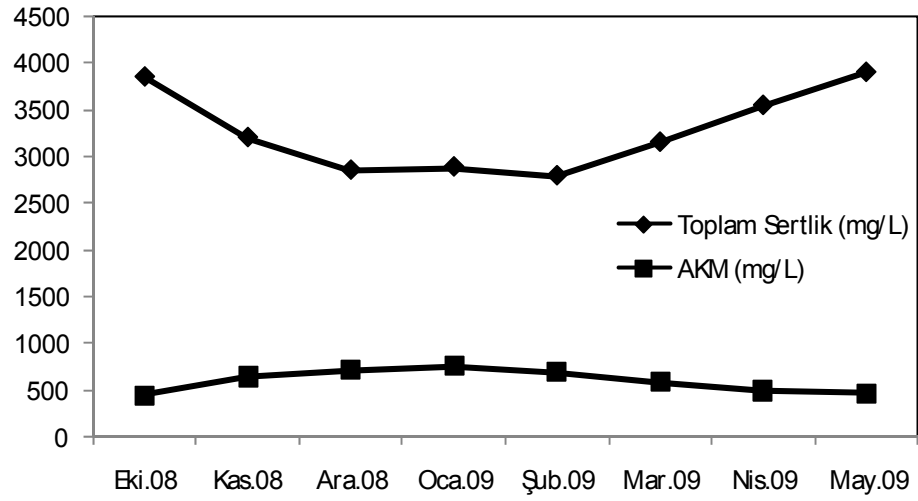
Çizelge 4.1 (devamı)

Toplam azot (mg/L)	525,14	1078,775	988,45	955,9	1186,75	885,8	975,45	1045,6
Yağ ve gres (mg/L)	686,32	277,86	266,8	305,87	369,76	406,85	480,4	552,45
Fosfat (mg/L)	72,79	55,37	45,48	42,95	59,54	65,72	75,4	88,48
AKM (mg/L)	437	640	705,65	750,86	685,45	582,54	488,55	450,18
Toplam sertlik (mg/L CaCO ₃)	3850	3200	2850	2885	2790	3150	3545	3900

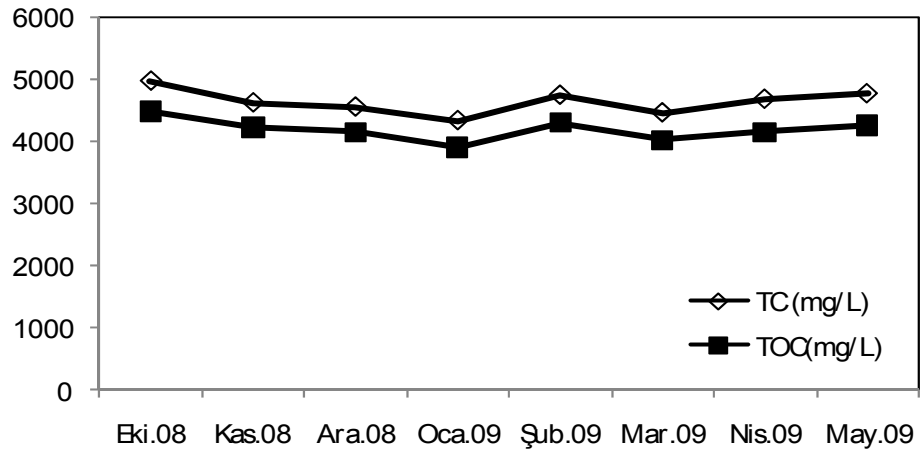
Bu verilere dayanarak Ekim 2008-Mayıs 2009 tarihleri arasında Erzurum kenti düzenli depolama sahasından alınan su numunelerindeki bazı kirlilik parametrelerinin aylara göre değişimi Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’da verilmiştir.



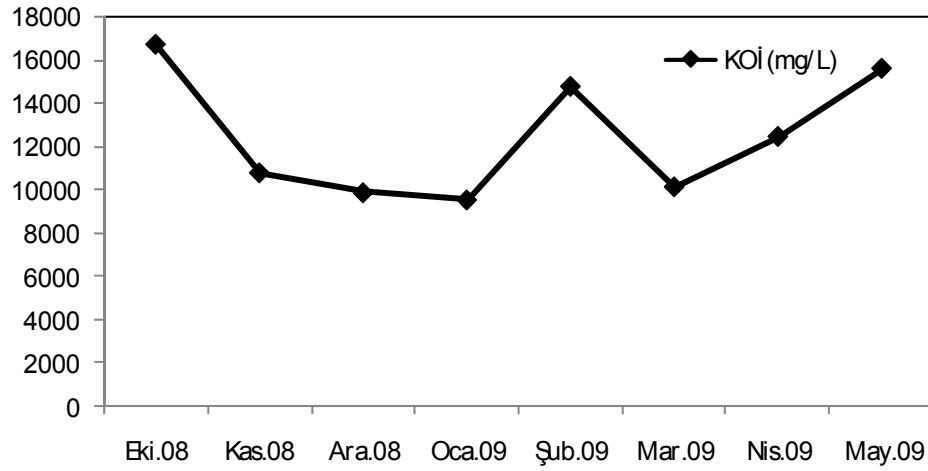
Şekil 4.5. Erzurum kenti katı atık depolama sahası sızıntı suyunun pH ve iletkenlik değerinin aylara göre değişimi



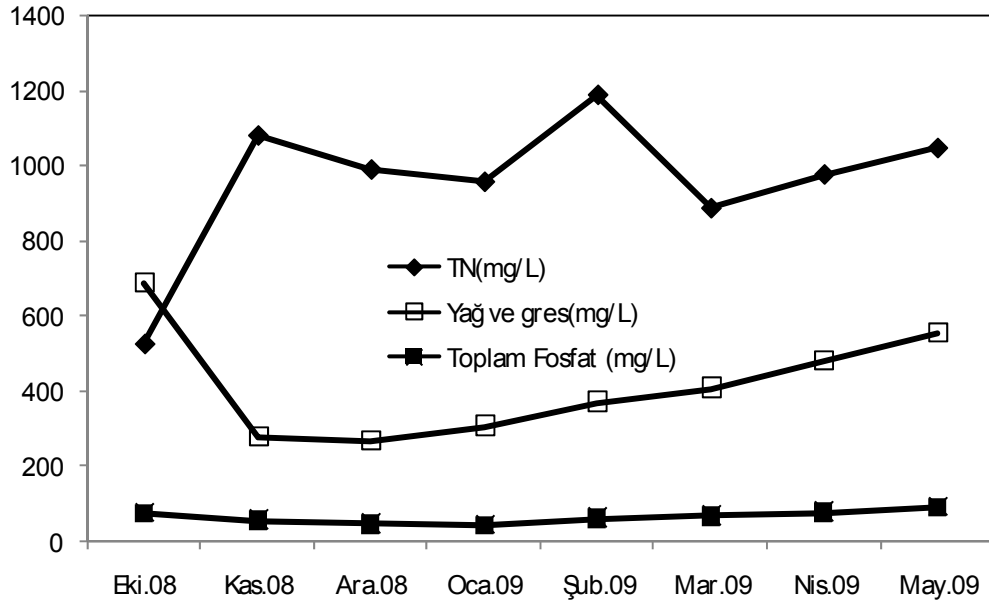
Şekil 4.6. Erzurum kenti katı atık depolama sahası sızıntı suyunun toplam sertlik ve askıda katı madde değerinin aylara göre değişimi



Şekil 4.7. Erzurum kenti katı atık depolama sahası sızıntı suyunun toplam karbon ve toplam organik karbon değerinin aylara göre değişimi



Şekil 4.8. Erzurum kenti katı atık depolama sahası sızıntı suyunun kimyasal oksijen değerinin aylara göre değişimi



Şekil 4.9. Erzurum kenti katı atık depolama sahası sızıntı suyunun toplam azot, toplam fosfat ve toplam yağ ve gres değerinin aylara göre değişimi

Yukarıdaki grafikler incelendiğinde suyun pH sınırın aylara göre pek fazla değişmediği ve 7,2 ile 8 aralığında değerler gösterdiği görülmektedir. Suyun iletkenliğinin ise 13 mS ile 20 mS gibi geniş bir aralıkta değiştiği ve en düşük iletkenlik değerinin Şubat 2009,

en yüksek iletkenlik değerinin ise Mayıs 2009 tarihinde elde edildiği görülmektedir. İletkenlik değerlerinin bu denli yüksek olması suyun içinde     n m   iyon konsantrasyonunun fazla olduğu manasına gelir.

Erzurum kenti deponi alanı sızıntı suyunun organik madde muhtevası incelendiğinde ise toplam karbon değerinin en d    k miktarının 4340 mg/L ile Ocak 2009, en yüksek değerin ise 4978,1 mg/L ile Ekim 2008 tarihinde olduğu görülmektedir. Toplam organik karbon değerleri de toplam karbon değerleri ile paralellik göstermektedir. TC değerinin TOC değerine oranı deponi sahası karbon muhtevasının genellikle organik içerikli olduğunu göstermektedir. Bu durum deponi sahasının hen  z yeni olması ve sızıntı suyunun gen   sızıntı suyu olmasından kaynaklanmaktadır.

Kimyasal oksijen ihtiya ı değerlerinin ise TC ve TOC analizleri ile aynı paralellikte olduğu ve KOÇ değerlerinin 9550-16680 mg/L değerleri arasında olduğu görülmektedir.

Yapılan toplam azot analizleri ise Ekim 2008 tarihinde 525,14 mg/L ile en d    k değere sahip olduğu diğer aylarda ise 900–1200 mg/L arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Sızıntı suyundaki yağ ve gres miktarının ise kış aylarında daha d    k yaz aylarına doğru geldikçe yükseldiği görülmektedir. Fosfat miktarının da yağ ve gres ile paralellik gösterdiği söylenebilir. Bununla beraber askıda katı madde miktarları kış aylarında daha yüksek yaz aylarına yaklaştıkça da gittikçe d    mektedir. Toplam sertlik değerleri de yağ ve gres ile aynı eğilime sahiptir.

Sızıntı suyu arıtımı için kullanılan ters osmoz  nitesi çıkış suyundan Ekim 2008- Kasım 2008- Mayıs 2009 tarihlerinde alınan numunelerden elde edilen sonuçlar ise  izelge 4.2' de verilmiştir.

Kış aylarında sızıntı suyu toplama borularındaki problem nedeniyle ters osmoz cihazı  alı tırılmadığından numune alınamamıştır. Çizelge 4.2 de görüldüğü gibi ters osmoz

ünitesi sızıntı suyunu oldukça verimli şekilde arıtmaktadır. Maliyetinin yüksek olmasına rağmen düşük debili ve problemlili sular için ters osmoz arıtım sistemleri tercih edilmektedir. Çıkış suyu araziye deşarj edilmektedir.

Çizelge 4.2. Ters osmoz ünitesi çıkış suyunun analiz sonuçları

Parametre	Ekim 2008		Kasım 2008		Mayıs 2009	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
pH	7,29	6,02	7,70	6,4	7,8	6,3
İletkenlik (mS/cm)	15,76	0,474	19,63	0,655	20,25	0,58
Toplam Karbon (mg/L)	4978,1	95,934	4627,25	90,580	4775	101,2
Toplam Organik Karbon (mg/L)	4485,53	80,45	4225,32	75,85	4250	80,25
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	16680	98,40	10790	90,65	15580	105,55
Toplam Azot (mg/L)	525,14	4,645	1078,775	6,85	1045,6	5,58
Yağ ve Gres (mg/L)	686,32	0	277,86	0	552,45	0
Fosfat (mg/L)	72,79	0	55,37	0	88,48	0
Askıda Katı Madde (mg/L)	437	0	640	0	450,18	0

5. SONUÇ

Erzurum katı atık deponi sahası 2007 yılında işletmeye alınmış genç bir deponi sahasıdır. Tesis 20 yıl hizmet verecek şekilde tasarlanmıştır. Depolama alanı yaklaşık 17,64 ha olup bu alan 3 bölüme ayrılmıştır. İlk bölüm 800.000 m³, ikinci bölüm 900.000 m³ ve 3. bölüm ise 1.190.000 m³ depolama hacmine sahiptir. İlk bölüm 7 yıl olarak tasarlanmış ve bu bölüm doldurulduktan sonra üzeri standartlara uygun olarak kapatılarak diğer bölüme geçilecektir.

Araştırma esnasında öncelikle katı atık depolama sahasının projelendirilmesi incelenmiş ve tesisin bu projeye ve standartlara uygun olarak yapıldığı ve Erzurum'un katı atık sorununu düzenli olarak çözeceği görülmüştür.

Tesiste sızıntı suyunun toplanması için yapılan toplama boruları günde yaklaşık olarak 50 m³ sızıntı suyunu toplayarak sızıntı suyu birinci havuzuna aktarmaktadır. Bu sızıntı suyunun arıtıldığı bir ters osmoz ünitesi mevcut olup bu tesisten çıkan konsantre atıksu 2. toplama havuzuna verilmektedir. 3. toplama havuzu ise birinci yedek toplama havuzu olarak tasarlanmıştır.

Deponi sahası sızıntı sularından Ekim 2008-Mayıs 2009 tarihleri arasında numuneler alınarak sızıntı suyundaki bazı kirlilik parametrelerinin aylara göre değişimi incelenmiştir. Bazı parametrelerin aylara göre fazla değişmediği görüldüğü halde bazı parametrelerin oldukça geniş aralıkta değiştiği gözlenmiştir. Bu durumun özellikle bölgenin aldığı yağış miktarıyla orantılı olduğu söylenebilir. Yağış suları da sızıntı suları ile birlikte kanallarda toplandığından sızıntı suyunun bileşimini oldukça değiştirmektedir.

Ayrıca ters osmoz ünitesinin arıtım veriminin incelenmesi için Ekim 2008-Kasım 2008 ve Mayıs 2009 tarihlerinde arıtım ünitesi çıkış suyundan da numuneler alınmıştır.

Sistemin atıksuyu yaklaşık % 99 civarlarında arıttığı ve deşarj standartlarının çok altına kadar düşürdüğü tespit edilmiştir.

Kullanılan ters osmoz ünitesi oldukça maliyeti yüksek bir sistem olmasına rağmen özellikle debisi düşük ve toksik madde içeriğı fazla atıksuların arıtılmasında oldukça fazla kullanılmaya başlanılan bir sistem olarak dikkat çekmektedir. Sızıntı suyunun içeriğindeki organik madde miktarı düşünüldüğünde ise toksik maddelerin iyi bir ön arıtmadan geçirilmesi halinde biyolojik arıtımla da uzaklaştırılabileceğı düşünülmektedir.

Ayrıca deponi sahalarında kontrol edilmesi gereken bir madde olan gaz oluşumu içinde uygun gaz toplama bacaları inşa edilmiştir; fakat depolama sahasının genç olması nedeniyle henüz verimli bir gaz çıkışı görülmemektedir. İleriki yıllarda oluşan gazın toplanarak değerlendirilmesi de düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ahn D. H., Yun-Chul C. ve Won-Seok C., 2002, Use of coagulation and zeolite to enhance the biological treatment efficiency of high ammonia leachate, Journal of Environmental Science. Health A: Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering, 37(2), 163-173.
- Alpaslan M.N., 2005, Düzenli depolama sahalarının planlanması katı atıkların yönetimi, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yayını, ISBN 975-395-988-5, Emre Basımevi, s.5.1-5.51.
- Amokrane A., Comel C. ve Veron J., 1997, Landfill leachate pretreatment by coagulation-flocculation, Water Research, 31(11), 2775-2782.
- Anonim., 2005. Erzurum Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Yönetim Projesi Depolama Sahası İş Tanımı., (2), 3-27
- Anonim., 2005 Erzurum Büyükşehir Belediyesi Atık Yönetim Konsepti, 3-18
- Anonim., 2007 Erzurum Büyükşehir Belediyesi Depolama Sahası Nihai Rapor 5-25
- Bohdziewicz J., Bodzek M. ve Gorska J., 2001, Application of pressure-driven membrane techniques to biological treatment of landfill leachate, Process Biochemistry., 36(7), 641-646.
- Boni M.R., Chiavola A., Sbaffoni S., 2006, Pretreated waste landfilling: Relation between leachate characteristics and mechanical behaviour, Waste Management 26 1156–1165.
- Borat M., Nemlioğlu S., Demir G., Sezgin N., Bayat C., 2002, İstanbul'daki kapatılmış ve kullarındaki bazı katı atık depolama alanlarının depo gazı emisyonlarının karşılaştırılması, I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü, 460-468, Erzurum.

- Çay T., Nas B., Berktaş A., İşcan F., 2007, Katı atık deponi alanlarının yer seçiminde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulaması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon
- Çzcan H.K., Borat M., Bayat C., 2005, Katı atık depo sahası gazları ve çevresel etkileri, II. Mühendislik Bilimleri Genç Araştırmacılar Kongresi MBGAK, İstanbul.
- Ettler V., Mihaljevic M., Matura M., Skalova M., Sebek O., Bezdicka P., 2008, Temporal variation of trace elements in waters polluted by municipal solid waste landfill leachate, *Bull Environ Contam Toxicol* 80:274–279.
- Han W.-Q., Wang L.-J., Sun X.-Y., Li J.-S., 2008, Treatment of bactericide wastewater by combined process chemical coagulation, electrochemical oxidation and membrane bioreactor, *Journal of Hazardous Materials* 151, 306–315.
- Karadag D., Tok S., Akgul E., Turan M., Ozturk M., Demir A., 2008, Ammonium removal from sanitary landfill leachate using natural Gordes clinoptilolite, *Journal of Hazardous Materials* 153, 60–66.
- Kjeldsen P., Barlaz M.A., Rooker A.P., Baun A., Ledin A., Christensen T.H., 2002, Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 32 (4), 297–336.
- Kuhling J.G., 2006, Erzurum Tıbbi Atık Fizibilite Çalışması Raporu. 1-5
- Kulikowska D., Klimiuk E., 2007, The effect of landfill age on municipal leachate composition, *Bioresource Technology*.
- Lin L., Lan C.Y., Huang L.N., Chan G.Y.S., 2008, Anthropogenic N₂O production from landfill leachate treatment, *Journal of Environmental Management* 87, 341–349.
- Martinen S.K., Kettunen R.H., Sormunen K.M., Soimasuo R.M. ve Rintala J.A. 2001, Screening of physical-chemical methods for removal of organic material, nitrogen and toxicity from low strength landfill leachates, *Chemosphere*, 46(6), 851-858

- Mazlum S., Tokgöz S., 1996, Deponi alanlarından kaynaklanan sızıntı sularının arıtılması. I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Bursa.
- Moraes P.B., Bertazzoli R., 2005, Electrodegradation of landfill leachate in a flow electrochemical reactor, *Chemosphere* 58:41-46.
- Nozhernikova A.N., Nekrasova V.K., Lebedev V.S., and Lifshits A.B., 1993, Microbiological process in landfills WST, Vol.27, No.2, 242-252.
- Olivero-Verbel J., Padilla-Bottet C., De la Rosa O., 2008, Relationships between physicochemical parameters and the toxicity of leachates from a municipal solid waste landfill, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70 294–299.
- Öztürk, M., 2007. Ters osmos sistemleri ile atıksuların arıtımı. Çevre ve Orman Bakanlığı, 1-8
- Pala A.İ., Şirin G., 2001, Atıkların arazide bertarafında kullanılan mineral ve sentetik tabakaların uygulama örnekleri, *ÇEVKOR Cilt 10, Sayı 40*, 25-29.
- Papadopoulou M.P., Karatzas G.P., Bougioukou G.G., 2007, Numerical modelling of the environmental impact of landfill leachate leakage on groundwater quality- a field application, *Environmental Model Assess* 12:43-54.
- Renou S., Givaudan J.G., Poulain S., Dirassouan F., Moulin P., 2008, Lanfill leachate treatment: Review and opportunity, *Journal of Hazardous Materials Volume* 150, Issue 3.
- Slack R.J., Gronow J.R., Voulvoulis N., 2005, Household hazardous waste in municipal landfills: contaminants in leachate, *Science of the Total Environment* 337, 119–137.
- Sormunen K., Ettala M., Rintala J., 2008, Internal leachate quality in a municipal solid waste landfill: Vertical, horizontal and temporal variation and impacts of leachate recirculation, *Journal of Hazardous Materials*.

- Turan M., Gülsen H., Çelik M. S., 2005, Treatment of landfill leachate by a combined anaerobic fluidized bed and zeolite column system, J. Environ. Eng., 131(5), 815-819.
- UKAK‘ 2003: 2. Ulusal Katı Atık Kongresi Bildiriler Kitabı Önsöz Organizasyon Kurulu
- Veli S., Ozturk T., Dimoglo A., 2008, Treatment of municipal solid wastes leachate by means of chemical and electro-coagulation; Separation Prification Technology 61, 82-88.
- Vogelpohl A., Morawe B. ve Ramteke June D.S., 1995, Activated carbon column performance studies of biologically treated landfill leachate, Chem. Eng. Process., 34(3), 299-303.
- Wang Z., Zhang Z., Lin Y., Deng N., Tao T. ve Zhuo K., 2002, Landfill leachate treatment by a coagulationphotooxidation process, Journal of Hazardous Materials, 95(1-2), 153-159.
- Wisznioowski J., Robert D., Surmacz-Gorska J., Miksch K., Weber J.V., 2006, Landfill leachate treatment methods: A review, Environmental Chemical Lett 4:51-61.
- Yalılı M., Kestioğlu K., Mert B.K., 2006, Sızıntı sularının evsel atıksularla birlikte arıtılabilirliğinin respirometrik yöntemle izlenmesi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 1, 65-73.

ÖZGEÇMİŞ

1975 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Erzurum’da tamamladı. 1993 yılında Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü’ne girdi. 1997 yılında mezun oldu. 2005 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 1999 yılında o zamanki adıyla Yenişehir Belediyesinde göreve başlamış 2004-2008 yılları arasında Erzurum Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Yönetimi Projesinde görev yapmış ve şu an Erzurum Palandöken Belediyesinde çevre mühendisi olarak çalışmaktadır.