

**DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARI SIZINTI SULARI, KONTROL VE
BERTARAF YÖNTEMLERİ VE BİR UYGULAMA**

Seçil ÖZGÖÇMEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2007
ANKARA**

Seçil ZGCMEN tarafından hazırlanan DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARI
SIZINTI SULARI, KONTROL VE BERTARAF YÖNTEMLERİ VE BİR
UYGULAMA adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR

Tez Yöneticisi

Bu alışma, jürimiz tarafından oy birliği ile evre Bilimleri Anabilim Dalında
Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Metin GR

ye : (Danışman) Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR

ye : Prof. Dr. Nail ÜNSAL

ye : Prof. Dr. Kırallı MRTEZAOğLU

ye : Yrd. Doç. Dr. S. Ferda MUTLU

Tarih : 24 / 01 / 2007

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

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Seçil ÖZGÖÇMEN

**DÜZENLİ DEPOLAMA SAHALARI SIZINTI SULARI, KONTROL VE
BERTARAF YÖNTEMLERİ VE BİR UYGULAMA
(Yüksek Lisans Tezi)**

Seçil ÖZGÖÇMEN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ocak 2007**

ÖZET

Katı atık depolama sahalarında; çöpün içinde bulunan nem ve sahaya dışarıdan giren sulardan kaynaklı olarak, yüksek oranda organik ve inorganik kirletici özelliğe sahip sızıntı suyu olarak adlandırılan sular oluşmaktadır. Depolama sahasında oluşan sızıntı sularının miktarını ve karakteristiğini belirlemek oldukça zor olmaktadır. Sızıntı suyu miktarı atığın bileşimi, işletim şekli, mevsimsel değişim, atığın nem tutma kapasitesi ve depolama sahasının özelliklerine bağlıdır. Sızıntı suyu karakteristiği ise atığın bileşimi, işlenmesi, depo sahasının yaşı ve fiziksel-kimyasal reaksiyonlara bağlıdır.

Yaptığımız çalışmada; düzenli depolama sahalarının genel yapısı ve bu sahalarda meydana gelen olaylar anlatılmıştır. Sızıntı suyu miktarının tespiti ve buna etki eden faktörlere değinilmiştir. Sızıntı suyu karakterizasyonu ortaya konmaya çalışılırken, bunun üzerine etki eden parametreler incelenmiştir. Depo sahasının sızıntı suyunun karakteristiğinin yaşıyla değişimi vurgulanmaya çalışılmış, uygulanabilir sızıntı suyu bertaraf yöntemlerinden bahsedilmiştir. Ayrıca 1995 yılında işletmeye alınmış olan Odayeri düzenli depolama sahası arıtma tesisine ait uygulama yapılmıştır. Bu çalışmalarda tesise gelen sızıntı suyu miktarına, atık miktarı ve yağışın etkisi incelenmiştir. Sızıntı suyu miktarının kış aylarında arttığı gözlenmiştir. Ayrıca arıtma tesisinin amacı olan

KOİ ve NH₄-N giderim veriminin ne oranda yapıldığı belirlenmeye çalışılmıştır. 2005 yılı giderim verimi olarak, KOİ için %62, NH₄-N için %46 değerleri bulunmuştur.

Bilim Kodu : 903.1.074
Anahtar Kelimeler : Düzenli depolama, sızıntı suyu, sızıntı suyu arıtımı
Sayfa Adedi : 82
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR

**METHODS OF CONTROL AND DISPOSAL OF LEACHATE IN
LANDFILLS AND A PRACTICE**

(M.Sc. Thesis)

Seçil ÖZGÖÇMEN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

January 2007

ABSTRACT

Water with highly organic and inorganic contaminant characteristics called leachate is formed by the humidity of waste and external waters entering to the landfill site. It is quite hard to determine the amount and characteristic of the leachate. The amount depends on the waste composition, method of operation, seasonal changes, capacity of the waste to hold humidity and the landfill characteristics. Waste composition and treatment method, age of landfill and the physical-chemical reactions are the main sources determining leachate characteristics.

In this study, the general structure of landfill sites and the on-site processes are defined. Determination of the leachate amount and the effecting factors are also mentioned. Effective parameters were analyzed while determining leachate characteristics. Effort was made to highlight changes in the characteristic by the age of leachate and the applicable methods of disposal were discussed. Furthermore, studies were made on treatment plant of Odayeri landfill site that has been in operation since 1995. With these studies effects of the waste amount and rainfall on the amount of leachate entering to the plant were analyzed and an increase in the amount was observed in winter period. Moreover, efficiency

ratio of COD and NH₄-N removal was tried to be determine. Removal ratios for COD 62% and NH₄-N 46% were calculated in 2005.

Science Code : 903.1.074
Key Words : Landfill, leachate, leachate treatment
Page Number : 82
Adviser : Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren Hocam Prof. Dr. Erdoğan HASDEMİR'e , tezimin yazımında bana yardımcı olan arkadaşım Mehmet YENİÇERİOĞLU' na, çalışmalarım boyunca anlayışlarını eksik etmeyen mesai arkadaşlarıma, laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olan görevli tüm arkadaşlara ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KATI ATIK VE DÜZENLİ DEPOLAMA.....	3
2.1. Katı Atıklar	3
2.2. Katı Atıkların Düzenli Depolanması.....	5
2.3. Düzenli Depolama Sahasında Oluşan Olaylar	7
2.3.1. Düzenli depolama sahasında oluşan biyolojik faaliyetler.....	8
2.3.2. Biyolojik parçalanmayı etkileyen etkenler	12
3. DEPO SAHASINDA SIZINTI SUYU OLUŞUMU VE MİKTARI.....	18
3.1. Sızıntı Suyu Oluşumu ve Miktarını Etkileyen Faktörler	19
3.2. Sızıntı Suyu Oluşumunda Depo Sahası Hidrolojisi	21
3.3. Sızıntı Suyu Toplama Sistemleri.....	23
4. SIZINTI SUYU KARAKTERİZASYONU.....	27
4.1. Sızıntı Suyu Özelliklerini Yansıtan Ana Parametreler	27
4.1.1. Organik karbonlu bileşikler.....	27

	Sayfa
4.1.2. Azot bileşikleri	28
4.2. Sızıntı Suyu Özellikleri.....	28
4.3. Sızıntı Suyu Özelliklerini Belirleyen Faktörler.....	32
4.3.1. Atığın içeriği	32
4.3.2. Atığın işlenmesi.....	32
4.3.3. Depo sahasının işletme şekli	32
4.3.4. Depo alanının yaşı	33
5. SIZINTI SUYU YÖNETİMİ	37
5.1. Geri Devir	37
5.2. Evsel Atıksularla Birlikte Arıtılması.....	38
5.3. Sızıntı Suları ile İlgili Deşarj Standartları.....	39
5.4. Sızıntı Sularının Arıtılması	42
5.4.1. Biyolojik arıtma.....	44
5.4.2. Fiziko-kimyasal arıtma	54
6. ODAYERİ ÇÖP SIZINTI SULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	57
6.1. Odayeri Mevcut Arıtma Tesisi.....	59
6.2. Sahada Oluşan Sızıntı Suyu Miktarları	63
6.3. Odayeri Sahasında Yapılan Deneysel Çalışmalar	67
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	74
KAYNAKLAR.....	76
EKLER.....	79
EK-1 Odayeri düzenli depolama sahası sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması.....	80
EK- 2 Türkiye deprem haritası	81
ÖZGEÇMİŞ.....	82

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Kentsel katı atıkların tipik bileşimleri	4
Çizelge 2.2. Kentsel katı atıkların nem içeriği	4
Çizelge 2.3. Asit basamağında oluşan sızıntı suyu bileşimi	11
Çizelge 2.4. Depo sahalarında ayrışmayı etkileyen etkenler	13
Çizelge 3.1. Avrupa ülkelerinde kaydedilmiş sızıntı suları	18
Çizelge 3.2. Almanya'daki bazı katı atık depolama tesislerinde açığa çıkan sızıntı suyu miktarları.....	19
Çizelge 3.3. Sızıntı suyu miktarları	21
Çizelge 4.1. Evsek katı atık sızıntı suyu bileşimi	29
Çizelge 4.2. Tipik sızıntı suyu kirlilik parametreleri	30
Çizelge 4.3. Sızıntı suyu özelliklerinin depo yaşı ile değişimi	34
Çizelge 4.4. Genç ve olgun çöp sızıntı suyu karakteri.....	35
Çizelge 5.1. Sızıntı suyu deşarj limitleri	40
Çizelge 5.2. Sızıntı suyu arıtımında muhtelif kirleticilerin % giderilme oranları	43
Çizelge 5.3. Aerobik sızıntı suyu arıtma proseslerinin tasarım kriterleri	44
Çizelge 5.4. Aerobik arıtım proseslerinin performansları.....	47
Çizelge 6.1. Odayeri arıtma tesisi önarıtma ekipmanları.....	63
Çizelge 6.2. Odayeri arıtma tesisi biyolojik arıtma ekipmanları.....	63
Çizelge 6.3. Odayeri arıtma tesisi çamur susuzlaştırma ekipmanları.....	63
Çizelge 6.4. Odayeri sahasında 2005 yılında depolanan katı atık miktarları.....	65
Çizelge 6.5. Odayeri depo sahasında 2005 yılına ait sızıntı suyu verileri	66
Çizelge 6.6. Odayeri sızıntı suyu karakterizasyonu.....	69

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.7. KOİ miktarlarındaki aylık giriş ve çıkış değerleri	70
Çizelge 6.8. NH ₄ -N miktarlarındaki aylık giriş ve çıkış değerleri	71

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Düzenli depolama alanı ile ilgili birimler.....	6
Şekil 2.2. Katı atık düzenli depolama alanı girdi ve çıktıları.....	7
Şekil 2.3. Düzenli depolama alanlarındaki katı atık bozunma evreleri	8
Şekil 2.4. Düzenli depolamalarda çöp ayrışma evreleri	9
Şekil 2.5. Metan oluşumunu etkileyen temel faktörler.....	13
Şekil 2.6. Nem içeriği fonksiyonu olarak gaz oluşum oranı	16
Şekil 3.1. Su dengesinin şematik gösterimi	22
Şekil 3.2. Sızıntı suyu toplama sistemi	23
Şekil 4.1. Sızıntı suyunun kompozisyonunun zamanla değişimi	31
Şekil 4.2. Depo yaşına göre sızıntı suyundaki KOİ, BOİ, NH ₄ -N değişimleri	36
Şekil 5.1. Sızıntı sularının arıtımı için aerobik arıtma sistemi örneği	46
Şekil 6.1. Odayeri sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması.....	61
Şekil 6.2. İstanbul uzun yıllar yağış verileri.....	64
Şekil 6.3. 2005 yılına ait İstanbul yağış verileri.....	64
Şekil 6.4. 2005 yılına ait atık miktarları.....	65
Şekil 6.5. 2005 yılına ait sızıntı suyu miktarları.....	66
Şekil 6.6. 2005 yılına ait KOİ giriş ve çıkış değerlerindeki aylık değişim.....	70
Şekil 6.7. 2005 yılına ait KOİ giderim verimi.....	71
Şekil 6.8. 2005 yılına ait NH ₄ -N giriş ve çıkış değerlerindeki aylık değişim.....	72

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 6.1.Odayeri düzenli depolama sahası yeri.....	58
Resim 6.2.Odayeri sızıntı suyu arıtma tesisi genel görüntüsü	60

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Kısaltmalar	Açıklama
AKM	Askıda Katı Madde
AOX	Zehirli Organikler
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
F/M	Substrat/Mikroorganizma
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
ORP	Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli
TOC	Toplam Organik Karbon
TKN	Toplam Kjeldahl Azotu
UKM	Aktif Biyokütle
UF	Ultra Fitrasyon
VFA	Uçucu Yağ Asitleri
İSKİ	İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
İSTAÇ	İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme San. ve Tic A.Ş.
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1. GİRİŞ

Yakın geçmişimize kadar insanlar, doğanın dengesinin asla bozulacağını düşünmemiştir. Ancak denge yavaş yavaş bozulmaya ve doğanın özümleme kapasitesi aşılmaya başlanmıştır. İnsanların doğaya yaptıkları etki artık kendilerine olumsuz yönde bir tepki olarak geri dönmektedir. Bu olumsuz geri dönüş ve insan sağlığının bundan etkilenmeye başlamasıyla “çevre” bilinci oluşmaya başlamıştır. Böylelikle çevrede kirlilik oluşturan faaliyetler gündeme gelmiş ve bunlar için önlemler almak için çalışmalar yapılmıştır. Katı atıklar da bu çalışmaların içinde önemli bir yer tutmaktadır.

Evlerden, ticaret, endüstri ve tarımla ilgili faaliyetler sonucu katı atıklar üretilmektedir. İnsanların oluşturdukları bu katı atıkların giderek çoğalması ve çevre için tehdit oluşturmaları nedeniyle bunların çevreye zarar vermeden yok edilmesi zorunluluk haline gelmiştir. Gelişi güzel dökülen atıklardan kaynaklanan kirliliğin yer altı ve yüzey sularını kirletmesi, insanları bu yönde önlem almaya yönlendirmiş ve bu şekilde katı atıkların denetimli bir şekilde giderilmesi gündeme gelmiştir. Katı atıkların giderilmesi için pek çok yöntem başvurulmaktadır. Ülkemiz gibi henüz gelişmekte olan ve ekonomik gelir düzeyi düşük olan ülkelerde özellikle düzenli depolama en çok tercih edilen yöntem olmaktadır

Düzenli depolama yönteminde, atıklardan kaynaklanabilecek sızıntı suyu ve depo gazı için önlemler alınmakta, atıklar denetimli bir şekilde gömülmektedir. Özellikle depolama sahalarında çöpün içerisindeki nem ve yağışlardan kaynaklanmakta olan sızıntı sularının kirletici değeri çok yüksektir. Çevreyi korumak amacıyla, düzenli depolama sahasında kirletici özellikteki bu sular için önlemlere gerek duyulmuştur. Bu önlemler daha çok sızıntı sularının denetimi ve arıtılmasına yönelik alınmaktadır.

Çalışmamızda, düzenli depolamadan kaynaklanan sızıntı sularının özelliklerinin gösterilmesi ve bu amaçla uygulanabilecek arıtma yöntemlerinin gösterilmesine çalışılmıştır. Bu konu ülkemizde çok az ele alınmış olup, mevcut birkaç tesisten biri

olan İstanbul Odayeri Düzenli Depolama Tesisi içinde yer alan sızıntı suyu arıtma tesisine ait verim ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

2. KATI ATIK VE DÜZENLİ DEPOLAMA

2.1. Katı Atıklar

Katı atıklar, tüketen için bir değer taşımayan, gereksiz oldukları için atılmak istenen ve çeşitli etkinlikler sonucu ortaya çıkan katı maddelerdir. Katı atıklar kaynaklarına ve bileşimlerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Kaynaklarına göre evsel, ticari ve kurumsal atıklar, park, bahçe ve pazaryeri atıkları, hafriyat atıkları, endüstriyel, tıbbi atıklar ve özel atıklar olarak sınıflandırılırlar. Bileşimlerine göre ise organik ve inorganik atıklar olarak sınıflandırılmaktadırlar.

Katı atıkların ele alınmasında, katı atık sınıflandırması kadar önemli bir diğer parametre atık miktarlarıdır. Katı atık miktarı, yöre halkının gelişmişlik düzeyi, gelir düzeyi, bölgenin iklimi ve nüfusuna göre değişiklik göstermektedir. Bu nedenle kişi başına atık üretimi için net bir değer vermek olası değildir. Türkiye İstatistik Kurumu(TÜİK) 2004 yılı Belediye Katı Atık İstatistikleri Anketi sonuçlarına göre kişi başı günlük ortalama katı atık miktarı, yaz mevsimi için 1,34 kg, kış mevsimi için 1,33 kg, yıllık ortalama ise 1,34 kg olarak hesaplanmıştır. Bu değer Avrupa ülkelerinde 1,5-2 kg/kişi/gün, Amerika Birleşik Devletleri'nde 3 kg/kişi/gün düzeyindedir. Gelişmiş ülkelerin katı atık üretiminin fazla olması yaşam biçimlerinden kaynaklı, ambalaj atığı olarak adlandırdığımız kağıt, plastik, cam ve metal gibi maddelerin miktarının fazla olmasındandır.

Katı atık miktarı olarak verilen ağırlıklar çok farklı bileşimlerden oluşmaktadır. Atık bileşimleri de atık miktarında olduğu gibi birçok etkene bağlı olmakla birlikte tipik değerler verilebilmektedir. Çöp olarak adlandırdığımız katı atıkların bileşimine ait tipik değerler ile örnek olması açısından California Davis kentinin değerleri Çizelge 2.1'de birlikte verilmiştir. Çizelge 2.2'de ise bu atıkların nem içeriğine ait veriler görülmektedir[1].

Çizelge 2.1. Kentsel katı atıkların tipik bileşimleri

Kütlece %			
Bileşenler	Sınır Değerleri	Ortalama	Davis California
Yemek atıkları	6-26	15	9,5
Kağıt	25-45	40	43,1
Mukavva	3-15	4	6,5
Plastik	2-8	3	1,8
Tekstil	0-4	2	0,2
Lastik	0-2	0,5	0,8
Deri	0-2	0,5	0,7
Bahçe süsü	0-20	12	14,3
Odun	1-4	2	3,5
Cam	4-16	8	7,5
Teneke kutu	2-8	6	5,2
Demir içermeyen metaller	0-1	1	1,5
Demir içeren metaller	1-4	2	4,3
Toz,kül,tuğla	0-10	4	1,1

Çizelge 2.2. Kentsel katı atıkların nem içeriği

Bileşenler	Sınır Değerleri(%)	Ortalama(%)
Yemek atıkları	50-80	70
Kağıt	4-10	6
Mukavva	4-8	5
Plastik	1-4	2
Tekstil	6-15	10
Lastik	1-4	2
Deri	8-12	10
Bahçe süsü	30-80	60
Odun	15-40	20
Cam	1-4	2
Teneke kutu	2-4	3
Demir içermeyen metaller	2-4	3
Demir içeren metaller	2-6	3
Toz,kül,tuğla	6-12	8
Evsel katı atık	15-40	20

Katı atıkların bertaraf edilmesinde atık içeriği, bileşimi ve miktarı en önemli parametrelerdir. Bu nedenle öncelikli ele alınması gereken konular bunlardır. Bunların değerlendirilmesi sonucunda, ekonomik koşullar da göz önüne alınarak giderilme yöntemine karar verilmektedir.

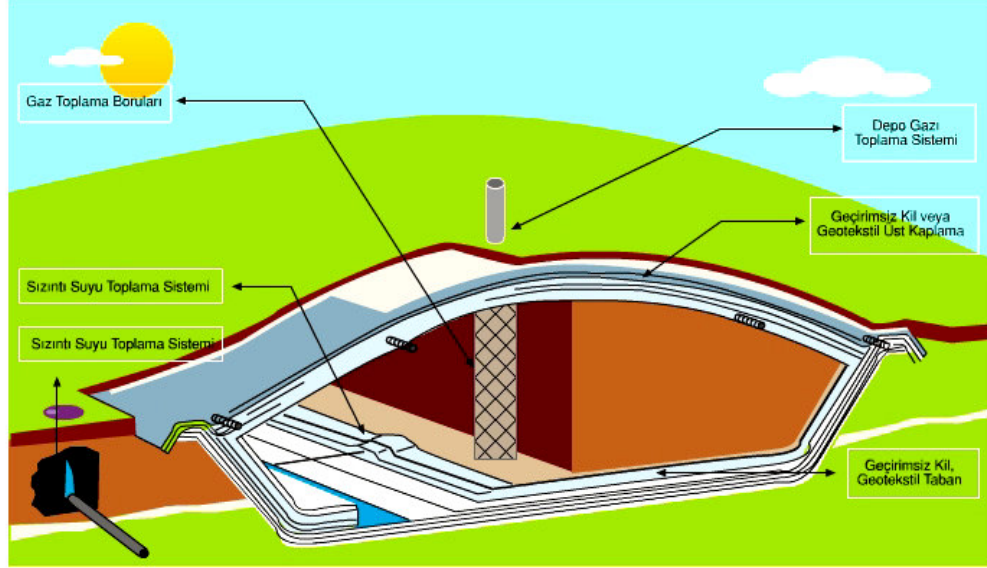
Ülkemiz için atık içeriği, yer sıkıntısı yaşanmaması ve ekonomik gelir düzeyine bağlı olarak özellikle düzenli depolama yöntemi yaygınlık göstermektedir. Atıklarımızın kaynağında ayrı toplanmaması ve organik atık miktarının fazla olması nedeniyle yakma tesisi sadece tıbbi ve tehlikeli atıklar için uygulanmaktadır. Yine kaynağında ayrı toplama yapılmaması nedeniyle üretilen kompost kalitesinin düşüklüğü bu yöntemin benimsenememesine neden olmuştur. Avrupa ülkelerinde yer sıkıntısına ve atık içeriğine bağlı olarak yakma yöntemi yaygın olarak kullanılırken, Amerika'da da ağırlıklı olarak düzenli depolama yapılmaktadır.

2.2. Katı Atıkların Düzenli Depolanması

Oluşan çöplerden kaynaklanan kirletici maddelerin denetim altına alınması için geliştirilen katı atık giderilme yöntemlerinden düzenli depolama yöntemi, katı atıklardan oluşan sızıntı suyu ve depo gazı gibi kirleticilerin denetimiyle yapılan bir gömme yöntemidir. Daha özetle düzenli depolama, katı atıkların çevreye zarar vermeyecek biçimde denetimli olarak araziye gömülmesidir.

Düzenli depolama sahalarında; kil ve/veya yapay geçirimsiz malzeme ile taban izolasyonu yapılarak, oluşan sızıntı sularının denetimli bir şekilde sahadan uzaklaştırılması gerçekleştirilir. Ayrıca sahanın üst yüzey geçirimsizliği ve çevre drenajı yapılarak yağmur sularının sahaya girmesi önlenir. Bu şekilde sızıntı suyu miktarının artması engellenmiş olur. Bu sahalarda, oluşan tepkimeler sonucunda oluşan gazın denetimi için gaz drenajı da yapılır. Böylelikle patlama gibi tehlikelerin önüne geçilmiş olunur. Saha proje ömrünü tamamladıktan sonra son örtü olarak adlandırılan geçirimsiz tabaka yapılarak kapatılır. Bu saha daha sonra sosyal amaçlarla da kullanılabilir. Düzenli depolama yöntemi yeterli ve uygun araziler

bulunduğu müddetçe en ekonomik ve tercih edilen yöntemdir. Depolama sahasının yapısı genel hatlarıyla Şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1. Düzenli depolama alanı ile ilgili birimler

Düzenli depolama sahasının temel yapısı Şekil 2.1’de de görüldüğü gibi;

- Taban geçirimsizliğinin sağlanması
- Sızıntı suyu ve gazlar için drenaj sistemleri
- Sıkıştırma, günlük örtü toprağı ve son örtü
- Yüzey suyu drenajının sağlanması
- İyi bir işletme yapılmasından oluşur.

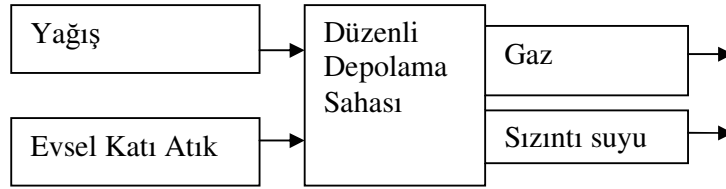
Düzenli depolama sahasının bu temel yapıları, çöplerin depolandığı sahalarda oluşan fiziksel, kimyasal ve biyolojik olayların birer ürünü olan depo gazı ve sızıntı sularının denetimi için oluşturulmaktadır. Düzenli depolama sahasının iyi bir şekilde projelendirilmesi ve işletilebilmesi için depo sahasında oluşan bu olaylar çok iyi bilinmeli ve yorumlanmalıdır.

2.3. Düzenli Depolama Sahasında Oluşan Olaylar

Düzenli depolama sahalarına gelen atıklar burada sıkıştırılarak gömülürler. Gerek atıkların kimyasal yapısı, gerek atmosferdeki hava ve gerekse yağış sularının etkisiyle birtakım tepkimeler oluşur. Düzenli depolama sahalarını bir biyoreaktör olarak düşündüğümüzde, bu reaktör atık ve yağış sularıyla beslenmektedir. Bununla birlikte sızıntı suları ve depo gazı üretmektedir. Bu oluşum reaktörde oluşan bazı olaylar sonucunda gerçekleşmektedir. Bu sahalarda meydana gelen başlıca olaylar;

1. Gaz oluşumunun temeli olan biyobozunur maddelerin ayrışımı,
2. Organik ve inorganik bileşiklerin oksidasyonu,
3. Gaz oluşumu,
4. Suyla atıkların çözünmesi ve taşınımı,
5. Atık yüzeyinde tutunma,
6. Suyun hidrolik hareketi,
7. Depo sahasında oluşan çökmeler.

Depolama sahalarının girdi ve çıktıları Şekil 2.2’de gösterilmektedir.

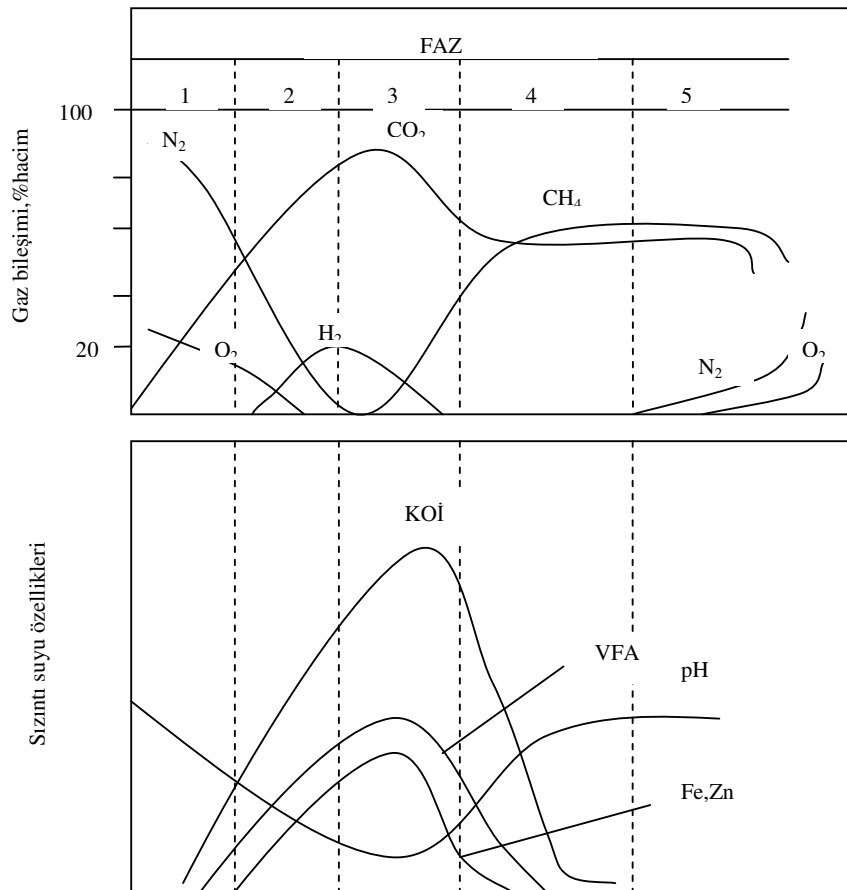


Şekil 2.2. Katı atık düzenli depolama alanı girdi ve çıktıları

Depo sahasında oluşan olaylar içerisinde özellikle biyolojik faaliyetler, depo sahasının kararlılığı yönünden önemlidir. Bu nedenden dolayı sahada gerçekleşen biyolojik faaliyetler ve bu faaliyetlere etki eden etkenlerin bilinmesi gereklidir. Böylelikle iyi bir işletmenin yapılabilmesi için gerekli önlemlerin alınması sağlanabilmektedir.

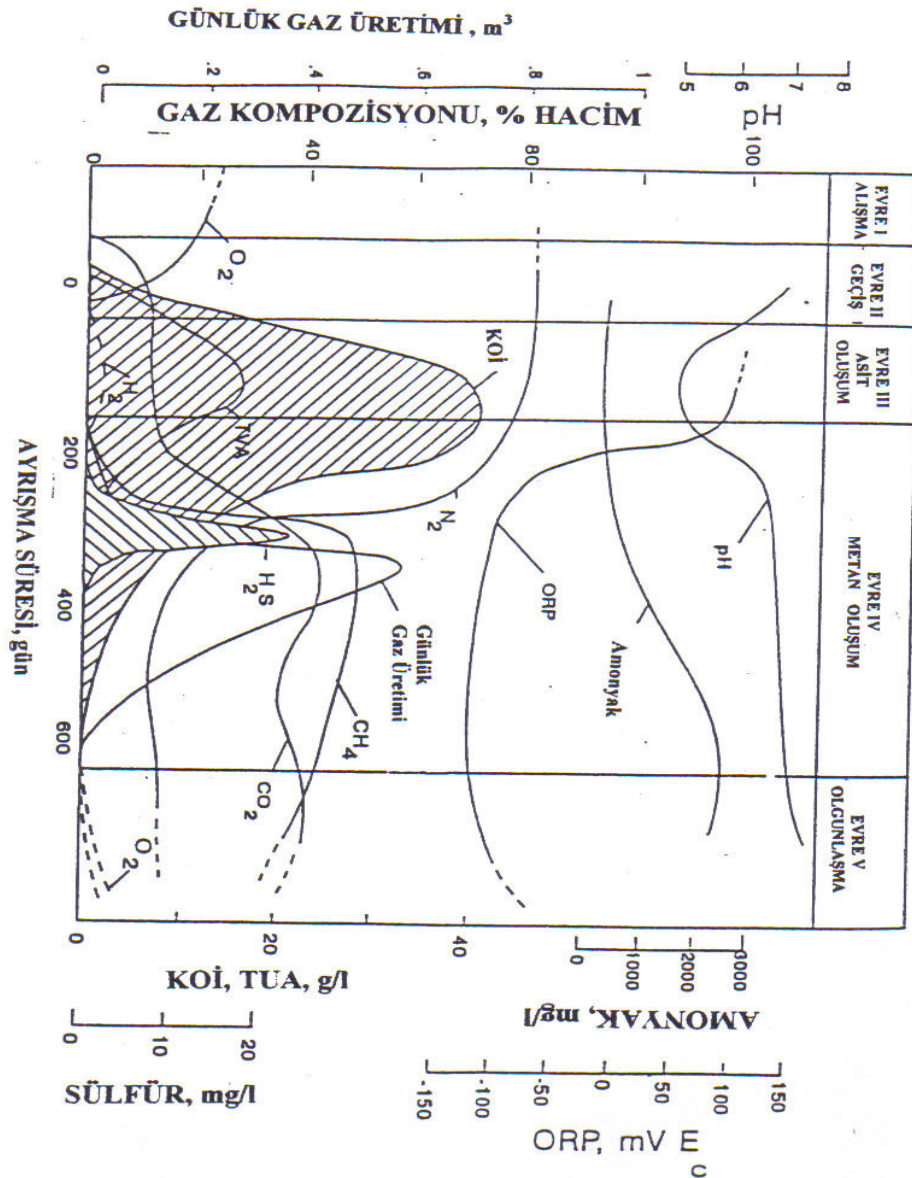
2.3.1. Düzenli depolama sahasında oluşan biyolojik faaliyetler

Depolama sahasında meydana gelen biyolojik faaliyetler aerobik ve anaerobik olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Aerobik ayrışma fazı depo sahasının üst kısmında, havadan difüzyonla ya da yağmur suyundan alınan oksijen ile gerçekleşir. İkinci faz anaerobik ayrışma fazı ise depolama sahalarında oluşan ayrışmanın temelini oluşturur. Bugüne kadar yapılmış olan çalışmaların sonucu, düzenli depolama alanlarında katı atık bozunmasının 5 ayrı evrede oluştuğunu göstermiştir. Şekil 2.3’de bu evreler gösterilmektedir[2]. Bunlar başlangıç, geçiş, asit oluşumu, metan fermentasyonu ve olgunlaşma evresidir.



Şekil 2.3. Düzenli depolama alanlarındaki katı atık bozunma evreleri

Pohland'a ait bu 5 ayrı evreyi gösteren çalışmalarının sonucu Şekil 2.4'de görülmektedir[3]. Bu şekilde kararlaşma süreci boyunca her fazda Kimyasal Oksijen İhtiyacı(KOİ), toplam uçucu asitler (TUA), pH ve gaz üretim parametrelerinin değişimi görülmektedir.



Şekil 2.4. Düzenli depolamalarda çöp ayrışma evreleri

Şekil 2.4’de görüldüğü gibi, sızıntı suyu özellikleri izlenerek depo sahasının hangi evrede olduğuna karar verilebilir. Örneğin KOİ değerinde düşüş gözlemlendiğinde asit fazının tamamlanmaya başladığı, CH₄ oluşumunun başlaması veya pH değerinin 7-8 aralığında sabit kaldığının belirlenmesiyle metan fazının gerçekleştiği şeklinde yorum yapılabilir. Yani depodaki kararlılaşmanın belirlenmesi için bu parametreler kullanılmaktadır. Bu değişimleri daha iyi anlayabilmek için bu evrelerde ne tür aşamaların gerçekleştiğini bilmek gereklidir.

Başlangıç basamağı (Evre I)

Katı atığın depolama sahasına yeni döküldüğü aşamada gerçekleşen fazdır. Bu fazda organik maddeler ortamdaki oksijen nedeniyle aerobik olarak parçalanırlar. Bu evrede organik maddeler CO₂, H₂O, nitrat ve sülfatlara dönüşür. Ayrıca sıcaklık yükselmesi gözlenir. Çok kısa süren bu evrede sızıntı suyu üretimi gözlenmez[4].

Bu fazı etkileyen faktörler;

- Atık yerleştirme hızı ve nem tutumu
- Sahanın doldurulması ve kapatılması
- Çevresel parametrelerdir.

Geçiş basamağı (Evre II)

Ortamdaki oksijenin tükenmesiyle oluşmaya başlayan, anaerobik ayrışmanın gözlemlendiği ilk fazdır. Bu aşamada sızıntı suyu oluşumu başlar. Uçucu yağ asidi, CO₂ üretimi, fermentasyon ve asit üreten bakterilerin etkinliği sonucunda gerçekleşir. Bu safhada sızıntı suyu 10000 mg/l den yüksek BOİ değerine, yüksek BOİ/KOİ oranına (genellikle>0,7) ve asidik pH değerine (tipik olarak 5-6) sahiptir[4].

Asidik sızıntı suyu yüksek derişimlerde yağ asitleri, kalsiyum, demir, ağır metaller ve amonyak içerir. Çıkan gazda bulunan N₂, CO₂ ve H₂ üretiminden dolayı sülfat derişiminde düşüş gözlenir. Demir ve ağır metaller ile çözünmeyen bileşik oluşturan sülfür, çökeldiği için bu fazda azalır.

Asit oluşum basamağı (Evre III)

Bu aşamada asit oluşturucu mikroorganizmalar etkinlik gösterir. Bu basamakta ortaya çıkan birincil gaz CO₂ dir. Düşük miktarda hidrojen gazı da oluşmaktadır. Sızıntı suyunun pH sı organik asit ve CO₂ nedeniyle 5 in altına düşer. Sızıntı suyunda BOI, KOI ve iletkenlik oranlarında ciddi oranda artış görülür. Bunun nedeni organik asitlerin çözünmesidir. pH'nın düşük olması başta ağır metaller olmak üzere inorganik bileşenlerin çözünmesini sağlar. Bu evrede besinler sızıntı suyu ile ortamdan uzaklaşır. Eğer geri devir olmazsa ortamdan besin kaybı söz konusudur. Asit miktarındaki artış uçucu yağ asidi, kalsiyum, demir, ağır metal ve amonyağın sızıntı suyuna karışmasını sağlar. Asit fazında sızıntı suyuna ait değerler izelge 2.3'de verilmiştir[5].

Çizelge 2.3. Asit basamağında oluşan sızıntı suyu bileşimi

KOI	6 000-60 000 mg/l
BOI ₅	4 000-40 000 mg/l
TOC	1 500-20 000 mg/l
AOX	540-3 450 mg/l
N-Organik	10-4 250 mg/l
NH ₄ -N	30-3 000 mg/l
TKN	40 -3 425 mg/l

Metan basamağı (Evre IV)

Asit basamağında oluşan rnler CH₄ ve CO₂'e dönüşmeye başlar. Bu dönüşümde görev yapan mikroorganizmalar anaerobiktirler ve metan bakterisi olarak bilinirler. Bu basamakta metan oluşum hızı artarken, asit oluşum hızı azalma gösterir. Hidrojen ve asitlerin CH₄ ve CO₂'e dönüşmesi sonucu pH 6-8 aralığındadır. BOI, KOI ve iletkenlik ile ağır metallerin derişimi de düşer.[2]

Bu basamakta iki cins metan bakteri grubu etkindir. Bunlardan asetofilik bakteriler asetik asitten elde edilen asetatı, hidrojenfilik bakteriler ise hidrojeni metana çevirir.

Olgunlaşma fazı (Evre V)

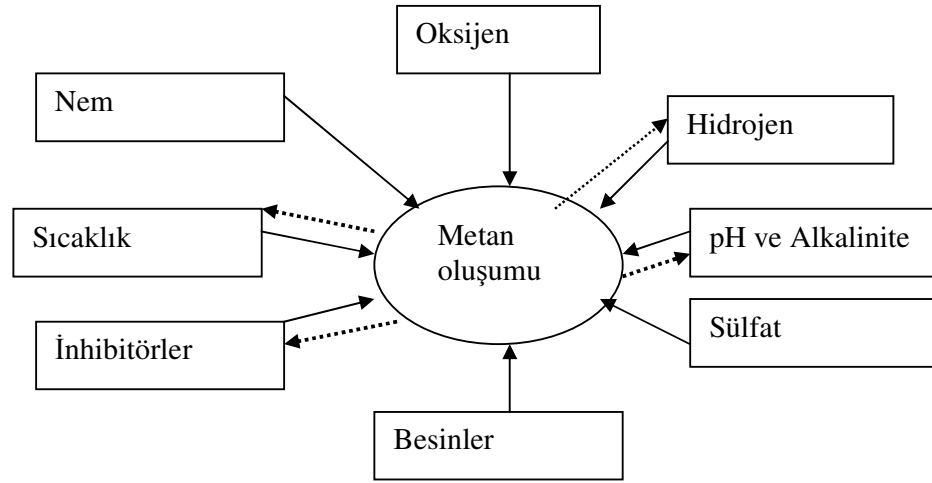
Bu fazda biyolojik ayrışabilir maddeler azaldığından metan üretimi azalır. Olgunlaşma fazında oluşan sızıntı suyu ayrışması zor olan fulik ve hümik asitler içerir [2].

Bu basamakta metan oluşumu o kadar düşüktür ki hava, atmosferden nüfuz ederek havalı bölgenin oluşmasına neden olur. Bu bölgelerin metan oluşturmak için redoks potansiyeli yükselir [4].

Depo sahalarında gerçekleşen bu 5 ayrı evrenin süresi ve gerçekleşme hızı her depo sahasında aynı olmayabilir. Bu değişkenliğin nedeni pek çok etkene bağlıdır. Depo sahasındaki bu evrelerin gerçekleşme süreçlerini izleyebilmek için bu etkenler izlenmelidir.

2.3.2. Biyolojik parçalanmayı etkileyen etkenler

Depo sahasında gerçekleşen biyolojik faaliyetler, organik maddelerin dağılımı, besin miktarı, nem ve çöpün sıkıştırılması gibi etkenlere bağlıdır. Biyolojik faaliyetleri etkileyen etkenlerin izlenmesi ile çöp sahasındaki ayrışma hakkında bilgi edinilebilir. BOI, KOI, pH gözlemlenerek asit ve metan oluşum basamakları takip edilebilir. Azot ve fosfor, besin gereksiniminin tanımlanmasında önemlidir. Alkalinite ise ağır metaller, nitrat, sülfat ve iletkenlikte önemli rol oynar [5]. Şekil 2.5’ te metan oluşumunu etkileyen temel etkenler gösterilmiştir [6].



Şekil 2.5. Metan oluşumunu etkileyen temel faktörler

Ayrıca bu faaliyetlerde rol oynayan bakteriler ise;

- Fermantasyon bakterileri
- Hidrojen üreten asit bakterileri
- Karbondioksit indirgeyen bakteriler
- Asetoklastik bakteriler
- Metan bakterileri

Çizelge 2.4. Depo sahalarında ayrışmayı etkileyen etkenler

Etkileyen Faktör	Kriter /Yorum
Nem	Optimum nem içeriği %60 ve üzeri
Oksijen	Metan oluşumu için optimum redoks potansiyeli -200mV -300mV
pH	Metan oluşumu için optimum pH 6-8 6,4-7,2
Alkalinite	Metan oluşumu için optimum alkalinite Metan oluşumu için maksimum organik asit Derişimi Metan oluşumu için en yüksek asetik asit/alkalinite oranı 2000 mg/l 300mg/l 0,8
Sıcaklık	Metan oluşumu için optimum sıcaklık 40 - 41 °C
Hidrojen	Asetik asit oluşumu için hidrojen kısmi basıncı <10 ⁻⁹ atm

Çizelge 2.4. (Devam)Depo sahalarında ayrışmayı etkileyen etkenler

Nutrientler	Bölgesel heterojenlikler hariç çoğu depolama sahasında yeterli besin bulunmaktadır.
Sülfat	Sülfat artışı metan oluşumunu engeller
İnhibitörler	İnhibasyon oluşturan katyon derişimleri (ppm)
	Sodyum 3500-5500
	Potasyum 2500-4500
	Kalsiyum 2500-4500
	Magnezyum 1000-1500
	Amonyum(toplam) 1500-3000
	Ağır metaller; Depo sahasında önemli bir etkisi yoktur.
	Organik bileşikler; Yüksek miktarlarda engelleyici etkisi vardır.

Depo sahalarında ayrışmayı etkileyen etkenler Çizelge 2.4’de gösterilmiştir [7]. Bu faktörlerin etkilerini detaylı olarak açıklarsak;

Oksijen

Anaerobik fazın gerçekleşmesi için ortamda serbest oksijenin bulunmaması gerekmektedir. Ortamda etkinlik gösteren bakteriler, özellikle de metan bakterileri oksijene karşı çok duyarlıdırlar.

Depo sahasına oksijen atmosferden girer. Bu nedenle oksijen depo gövdesinin üst kısmında (yaklaşık 1 m derinliğe kadar) bulunur ve burada aerob bakteriler tarafından tüketilirler [8].

Sahada bulunan gaz drenaj sistemi, atık kütlesi içine vakum oluşmasına neden olur ve bu durumda alt tabakalara kadar oksijen girebilir. Bu da 1 m kalınlığındaki aerob ortamın daha kalınlaşmasına neden olabilir. Ancak bu aerob ortam içinde kalan anaerob alanlar metan bakterilerinin varlığını sürdürmesi gereken ortamı sağlamaktadır.

Hidrojen

Hidrojen miktarı metan üretimine etki eden bir parametredir. Ortamda hidrojen düzeyi belli bir değerin altında olmalıdır. Aksi taktirde hidrojen basıncının artması ile uçucu yağ asidi miktarı artar, pH düşer ve sonuçta metan oluşumu durur.

pH (alkalinite)

Ortamin pH sı mikroorganizma faaliyetleri için çok önemlidir. Özellikle metan bakterileri dar bir pH aralığında (6-8) etkinlik gösterir. Aşırı organik asit oluşumu ortamdaki pH'nın düşmesine ve metan oluşumunun durmasına neden olabilir. Mikroorganizmaların çoğunun yaşamı için uygun pH aralığı 6-9 iken, optimum aralık 6,4-7,2 dir [9].

Alkalinite, sistemin anaerobik ayrışması için gerekli pH değerinin istenen düzeyin altına düşmesine yol açan uçucu ve diğer asitleri tamponlama kapasitesini gösterir. Yüksek alkalinite sistemin pH dengesini sağlar.

Sülfat

Ortamdaki sülfat indirgeyen bakteriler, ortamda bulunan besin maddelerini metan bakterilerinden daha hızlı tüketirler. Bu da metan bakterilerinin faaliyet hızını düşürür. Böylece düşük metan oluşumu gerçekleşirken yüksek oranda H₂S oluşur. Bu da metan bakterileri üzerine olumsuz etki yapar [10].

İnhibitörler

Uçucu yağ asitlerinin metan oluşumu üzerindeki etkisi çeşitli araştırmalara konu olmuştur. Bu araştırmalardan asetik, propiyonik ve bütirik asidin toplam derişimlerinin 6000 mg/l'nin üzerinde olmaması gerektiği ortaya çıkmıştır. Bu düzeyin üzerinde metan oluşumu engelleyici özellik gösterir.

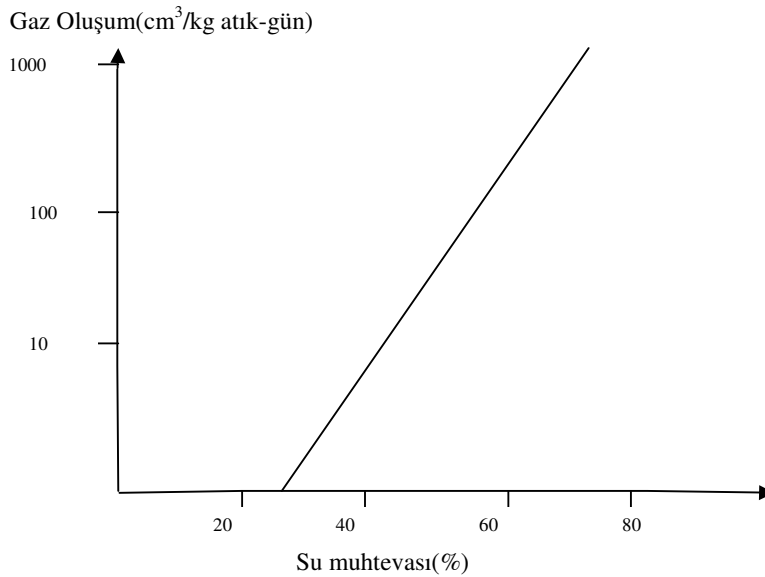
Amonyumun inhibasyon etkisi pH'nın artmasıyla artan serbest amonyak miktarıyla oluşur. Özellikle endüstriyel atıkların olduğu sahalarda asetaldehit, akrilik asit, dietil amin, etil asetat, etil benzen, formaldehit, kloroform, nitrobenzen, fenol, vinil klorür gibi özel organik bileşikler metan oluşumunu engelleyebilir.

Besinler

Sülfür, kalsiyum, potasyum, demir, çinko, bakır, kobalt, molibden ve selenyum mikroorganizmalar için gerekli besin maddeleri olup depo sahalarında bulunurlar. Yeni oluşmuş anaerob bakteriler azot ve fosforun çok az kısmını yapılarına aldıkları için anaerob sistemde besin gereksinimi aerob sisteme göre azdır. Özellikle anaerob sistemlerde fosfor kısıtlayıcı besin maddesidir.

Nem İçeriği

Metan artışı ile nem miktarının artışı paralellik göstermektedir. Şekil 2.6'da nem içeriği ile metan oluşumu arasındaki ilişki gösterilmektedir[11].



Şekil 2.6. Nem içeriği fonksiyonu olarak gaz oluşum oranı

Sıcaklık

Anaerobik ortamdaki atık indirgeme fazı sıcaklıktan etkilenmektedir. Mikrobiyal faaliyetler çok düşük ve çok yüksek sıcaklıklar dışında gerçekleşmektedirler. Anaerobik ayrışmada 35 °C ve 55 °C olmak üzere iki sıcaklık aralığı vardır. Metan üretimi 35 °C de birinci pik değere ulaşırlar. 45 °C ve üzerinde termofilik kademe başlar ve metan üretimi 55 °C ye kadar tekrar artar. Böylelikle ikinci pik değere gelir. Çeşitli depo sahalarında 21 °C ile 48 °C arasında metan oluşumu üzerinde sıcaklığın etkisi araştırılmış ve metan oluşumu için 41 °C de optimum düzeyde olduğu görülmüştür[12].

3. DEPO SAHASINDA SIZINTI SUYU OLUŞUMU VE MİKTARI

Düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı suyu bileşimi depo sahasındaki biyolojik faaliyetlerle ilişkili olmakla birlikte; bölgedeki yağışlar ve sıkıştırılan atığın bünyesindeki su içeriğinden kaynaklanmaktadır.

Bunun dışında sızıntı suyu miktarı;

- atık özelliği,
- depolama tarzı ve şekli,
- topografya,
- üst örtü toprağının özelliği,
- üst örtü toprağı üzerindeki bitki örtüsü,
- çöp toplama şekli,
- depo sahasında kullanılan sıkıştırma ekipmanlarına göre de değişiklik göstermektedir.

Genel olarak sızıntı suyu miktarı, yağış miktarının yaklaşık %25'i olarak kabul edilir. DIN 19667 de ise $q = 6 \text{ L/s.ha}$ değeri temel alınmaktadır. Bu değer en son değerdir. Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde kaydedilen sızıntı suyu miktarları Çizelge 3.1'de verilmiştir[13]. Almanya'daki 15 tesiste açığa çıkan sızıntı suyu miktarları ise Çizelge 3.2' da görülmektedir[14]. Bu çizelgelerden sızıntı suyu miktarları görülmekle birlikte, miktarlardaki değişimin hangi faktörlerden ne şekilde etkilendiği de değerlendirilebilir.

Çizelge 3.1. Avrupa ülkelerinde kaydedilmiş sızıntı suları

Ülke	Sızıntı Suyu Miktarları
İsveç	Ülke ortalaması 250-500 mm/yıl ¹ . Kıl nihai örtü tabakası ile kaplı tesislerde 10-40 mm/yıl
Danimarka	350 mm/yıl-işletme sahasında(yıllık yağış yüksekliği 714 mm/yıl) Nihai örtü teşkilinden sonra 75 mm/yıl
Almanya	Yıllık yağışın %4-35'i. (yıllık yağış yüksekliği 510-1160 mm)Düşük değerler genç, yüksek değerler ise yaşlı tesisler için.

¹ mm/yıl : 1 m² alana düşen yağışın mm cinsinden yüksekliğini ifade etmektedir.

Çizelge 3.1.(Devam) Avrupa ülkelerinde kaydedilmiş sızıntı suları

Ülke	Sızıntı Suyu Miktarları
İspanya	7 mm/yıl (400 mm/yıl yağış için)
İtalya	82 mm/yıl
Yunanistan	40-60 mm/yıl(387 mm/yıl yağış için)
İngiltere	Yıllık yağışın %24-60'i. (yıllık yağış yüksekliği 650-1010 mm)

Çizelge 3.2. Almanya'daki bazı katı atık depolama tesislerinde açığa çıkan sızıntı suyu miktarları

Tesis No	Toplam Yağış (mm/yıl)	Yağışın Sızan Kısımı (%)	Sızıntı Suyu (m ³ /ha.yıl)	Açıklama
1	652	15.1	2.7	Üzeri örtülü ve bitkilendirilmiş
2	651-998	12.2-29.8	3.2-8.1	
3	651-998	16.9-21.6	3.0-5.9	
4	632	16.3-18.3	2.3	
5	509	16.8	2.3	
6	556-1057	15.6-19.6	2.6-5.1	Çok genç depo, üzeri killi toprakla örtülü sızıntı suyu geri devirli
7	770	3.3-7.2	0.7-1.1	
8	-	22	3.8	
9	-	38	6.7	
	Paletli traktörle sıkıştırma			Sızıntı suyu geri devirli
10	571	31.3	4.9	
11	571	4.4	0.4	
12	501-728	25-48.2	5.3-8.3	Killi toprakla örtülü
13	632	32.3	5.9	
14	565-655	39.2-42	6.1-7.5	Üzeri örtülü ve bitkilendirilmiş
15	636	19.1-21.4	3.5-3.7	

3.1. Sızıntı Suyu Oluşumu ve Miktarını Etkileyen Faktörler

Depo sahasında sızıntı suyu oluşumu pek çok faktöre bağlıdır. Depo sahalarındaki yağış miktarı, atığın nem içeriği, geri devir, toprak ve bitki örtüsü, atığın yoğunluğu,

biriktirme ve sıkıştırma şekli, depo sahasının toprak karakteristiği bunların başlıcalarıdır. Sızıntı suyu oluşumu üzerinde etkili olan faktörler;

- İklim şartları ve hidrojeolojik özellikler: Yağış, kar erimesi, yeraltı suyu sızması
 - Sahada yapılan işlemler ve işletme koşulları: Atık ön arıtımı, sıkıştırma, bitki örtüsü, üst örtü toprağı ve plastik membranlar, yan duvarlar, sulama, sızıntı suyu geri devri
 - Atık özellikleri: Geçirgenlik, atık yaşı, parçacık büyüklüğü, yoğunluk, başlangıç nem içeriği
 - Dahili işlemler: Atığın yerleşimi, organik madde ayrışması, gaz - ısı üretimi ve nakliyesi
- olarak verilebilir.

Sızıntı suyu miktarı, atıkların nem içeriklerinin ve su tutma kapasitelerinin bir fonksiyonudur. Genel olarak nem tutma kapasitesi katı atığın yüzey gerilimine ve kapiler basıncına bağlıdır. Bu iki değişken nem tutma kuvvetlerini oluşturur ve yerçekimi kuvvetinin tutma kuvvetlerini yendiği anda nem akış haline geçer.

Yapılan araştırmalarda, depo sahasına gelen 0,6-0,8 t/m³ olan katı atığın, kuru ağırlığının %35'i kadar nem içeriğine sahip olması durumunda, 1,16-0,27 m³ su absorblama kapasitesine sahiptir. Bu değerin %35'in altında olması durumunda absorbladığı su miktarında düşüş görülmektedir [4]. Bu durumda sızıntı suyu hemen oluşmaya başlar.

Sızıntı suyunun oluşumunu etkileyen en önemli unsurlardan biri olan mevsimsel değişimlerde, özellikle yağış ve buharlaşma etkili iki faktördür. Yağışlar depo sahasına sızıntı suyu olarak girdi oluşmasını sağlarken, buharlaşma çıktı oluşturur. Özellikle geri devir yapılan sıcak bölgelerde buharlaşma daha önem kazanmaktadır.

Yağmur miktarının, şiddetinin, süresinin ve tekerrür sıklığının sızıntı suyu miktarına etkisi önemlidir. Bu değişimlere paralel depo sahasında sızıntı suyu miktarı her zaman değişim gösterir. Sonbahar ve ilkbaharda yağış ve karların erimesiyle sızıntı

suyu miktarında artış gözlemlenirken, yaz aylarında buharlaşmaya paralel olarak azalma görülür.

Özellikle atıkların ne şekilde depolandığı ve sıkıştırılma şekli sızıntı suyu oluşumunda etkilidir. Sıkıştırma seviyesi ile sızıntı suyunun ulaşabileceği mertebeler Çizelge 3.3’de gösterilmiştir [15].

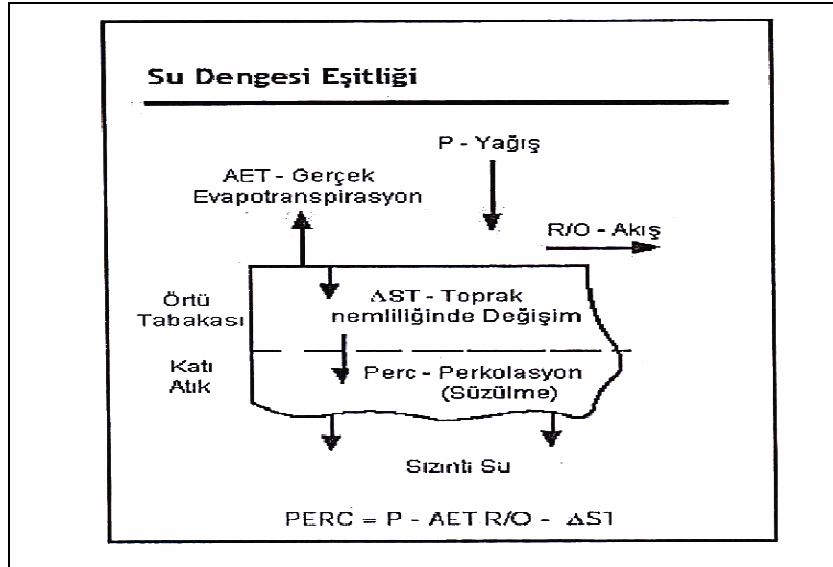
Çizelge 3.3. Sızıntı suyu miktarları

Sıkıştırma aracı	Sızıntı suyu (yağışla orantılı) %	Sızıntı suyu miktarı (m ³ /ha*gün)
Dozer	40	7,7
Kompaktör	25	4,8

Çöp sahasında yapılan sıkıştırmanın iyi şekilde yapılması durumunda yağışın, sızıntı suyu olarak sahaya girmesi zorlaşmakta ve sızıntı suyu miktarında düşüş olduğu gözlenmektedir. Sızıntı suyu miktarının minimize edilmesi bakımından sıkıştırma olayı oldukça önemlidir.

3.2. Sızıntı Suyu Oluşumunda Depo Sahası Hidrolojisi

Depo sahasındaki sızıntı suyu miktarı tahmininde kullanılan en iyi yöntem, meteorolojik verileride kullanan “Water Balance Method” (Su Dengesi Metodu) dur. Su dengesi metodu, verilen bir zamanda deponun belli bir katmanının birim alanına giren su kütlesinin girmesi, çıkması ve harcanması göz önüne alınarak yapılır. Sızıntı suyunun verilen zaman aralığında oluşup oluşmayacağı su tutma kapasitesi ile karşılaştırılarak bulunur. Eğer su tutma kapasitesi değeri su miktarından az ise sızıntı suyu oluşur. Şekil 3.1’de su dengesi eşitliğini etkileyen faktörler verilmiştir.



Şekil 3.1. Su dengesinin şematik gösterimi

Metodun açıklaması;

Öncelikle,

-En çok kullanılan yöntemdir.

-Metot, kütlenin korunumu prensiplerini esas alır ve deponi sahasında yağış ve sıcaklık gibi verilere dayanır.

-Metotta kullanılan temel denklem:

Sızıntı suyu miktarı = yağış – evapotranspirasyon - yüzeysel akış - çöpte tutulan nem

Burada;

Yağış : Yağmur, kar vb.

Evapotranspirasyon: Çöp yüzeyinden buharlaşan su

Yüzeysel Akış : Yağışın akışa geçerek depo alanını terk ettiği miktardır.

Su dengesi eşitliğinde oluşan sızıntı suyunun sahada kalması durumunda sürekli bir birikim söz konusu olur ve sahadaki çöpün stabilitesi bozulur. Bunun neden olacağı problemlerin önlenmesi için oluşan sızıntı suyu sahadan uzaklaştırılmalıdır. Oluşan bu sızıntı suyunun sahadan uzaklaştırılması için drenaj sistemleri yerleştirilmelidir.

Sızıntı Suyu Toplama Sistemi Elemanları

Atıklardan açığa çıkan sızıntı suyu; toplama sistemine ulaştığında önce drenaj tabakasından aşağı akarak sızdırmazlık tabakasının üst yüzeyine gelir. Sızıntı suyu, bu tabakanın üzerinde birikmeye ve boşluklarını doldurmaya başlar. Bu sırada drenaj tabakasından sızıntı suyu toplama borularına doğru yatay akış meydana gelir. Drenaj sisteminde kullanılan başlıca elemanlar; drenaj boruları ile bu boruların çevresini saran çakıl tabakasıdır.

Drenaj tabakası; atık ve sızıntı suyu toplama sistemi arasında devamlı ilişkiyi sağlamak amacı ile yüksek geçirgenliğe sahip çakıllardan meydana getirilir. Bu tabaka sızdırmazlık tabakası üzerinde biriken sıvıyı toplamak amacı ile bir miktar eğimlidir. Drenaj tabakasının geçirgenliğinin en az 10^{-3} – 10^{-2} cm/s olması tercih edilir. Drenaj tabakası olarak kireçtaşı türü agrega kullanılmamalıdır. Drenaj tabakası oluştuktan sonra bu tabakayı korumak ve tıkanmasını önlemek amacıyla üzerine 0,7 m kalınlığında toprak tabakası yerleştirilir.

Drenaj Borularının Yerleştirilmesinde Göz Önüne Alınacak Faktörler

Düzenli depolama alanı içerisinde sızan suyun sızdırmazlık tabakası üzerinde birikimini kontrol etmek amacı ile sızıntı suyu toplama sistemi kullanılır.

Sistemin yerleştirilmesi ile ilgili şu hususlar göz önüne alınmalıdır:

- Sızdırmazlık tabakası üzerinde etkili olan sızıntı suyu debisi veya değişim
- Borular arasındaki boşluklar
- Sızdırmazlık tabakasının eğimi
- Drenaj tabakasının kalınlığı ve hidrolik iletkenliği

Drenaj borularının çok aralıklı yerleştirilmesi durumunda arada biriken sızıntı suyu miktarı fazla olacağından atığın içerisine nüfuz etmesi söz konusudur. Su yüksekliğinin fazla olması hidrolik gradyanın artmasına sebep olur. Sızıntı suyu

yüksekliği kontrol altına alınmadığında, sızdırmazlık tabakası üzerinde biriken su yer altı suyuna sızabilir.

Sızıntı sularının drenajında kullanılan dren borularının minimum çapı 100 mm ve minimum eğimi %1 olmalıdır. Bu borular, delikli, basınca dayanıklı yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) borulardır. Bu boruların et kalınlığı 10 veya 16 atü iç basınca dayanacak şekilde olmalıdır. Dren boruları, münferit borular şeklinde ve mümkün mertebe yatayda ve düşeyde kıvrım yapmadan depo gövdesi dışına çıkarılıp, bir noktada toplanması sağlanmalıdır. Dren boruları çevresine kum-çakıl filtre yerleştirilmelidir. Bu filtrenin yüksekliği boru sırtından itibaren minimum 30 cm olmalıdır. Drenaj sisteminde kullanılan çakıl veya mıcırın çapı 16/32 veya 8/16 ve kireç oranı da % 30'dan az olmalıdır. Depo tabanına döşenen dren borularının üst kısmı delikli, taban kısmı deliksizdir. Delik alanı tüm boru yüzey alanının %30'u olmalıdır.

Bir sızıntı suyu havuzunda toplanan sızıntı suları, arıtma tesisi mevcut ise arıtılarak alıcı ortama verilir veya bir pompa ünitesi ile tekrar çöp üzerine verilerek buharlaştırma yoluna gidilerek azaltılır. Sızıntı suyunun toplandığı havuzların kapasitesi iyi hesaplanmalıdır. Bunun hesabında sızıntı suyu miktarı ve bölgeye düşen maksimum yağış miktarı göz önünde bulundurulur.

Depoya dolgu yapılması sırasında ilk katı atık tabaka yüksekliği 2 metre olmadan sıkıştırma araçları sahaya girmemelidir. Böylece depo tabanı ve dren borularının zarar görmesi önlenmiş olur.

Düzenli depolama alanlarında kullanılan drenaj sisteminin emniyeti çok önemlidir. Çünkü daha sonra kazı yapmak veya sistemi değiştirmek mümkün değildir. Sızıntı suyunu toplama sistemlerinde en önemli sorun tıkanmadır. Çökelme, biyolojik gelişim, kimyasal çökelme, biyokimyasal çökelme, boruların kırılması veya yıpranması gibi sebeplerden sistem tıkanabilir. Atıklar, özelliklerine bağlı olarak sızıntı suyu toplama borularında çamur birikimine sebep olabilir. Bu nedenle

boruların yıllık periyotlarla yıkanması gereklidir. Sistemde problemleri azaltmak amacı ile drenaj sisteminin dizaynında şu hususlara dikkat edilmelidir;

- Boruların eğimi sistemin kendi kendini temizlemesine imkan verebilecek şekilde teşkil edilmeli,
- Boru boyutları temizlik araçlarının girebileceği büyüklükte olmalıdır.

Bu konuda İller Bankası yönetmeliklerine göre belirlenmiş maddeler şunlardır:

- Drenaj borularına doğru bölgenin taban eğimi %2 den büyük olmalıdır.
- Drenaj borularının akış yönüne kendi eğimi %1 den büyük olmalıdır.
- Basınca dayanıklı borular kullanılmalıdır.
- Drenaj borularındaki delik-boşluk alanının boru yüzey alanın %30 u mertebesinde bulunması tavsiye edilmektedir.
- Dren boruları üzerinde kum-çakıl-mıcırda en az 30 cm yükseklikte bir filtre tabakası oluşturulmalıdır.
- Drenaj sisteminde kullanılan çakıl veya mıcır iyice yıkanmış olmalı ve çapı 16/32 veya 8/16 ve kireç oranı da %30 dan az olmamalıdır.
- Drenaj boruları arasındaki mesafe 100 m' yi aşmayacaktır. Dren boruları münferit borular şeklinde, mümkün mertebe yatayda ve düşeyde kıvrım yapmadan depo gövdesi dışına çıkmalıdır.
- Drenaj suları; depolama alanı dışında ve mümkünse sahanın en düşük kotunda yer alacak bir sızıntı suyu toplama havuzunda biriktirilecektir.
- Depo tesisi çıkışında kontrol bacaları inşa edilecektir. Kontrol ve toplama bacaları rahatlıkla girilip çıkılabilecek boyularda olmalı, ölçüm yapılabilmesi ve numune alınabilmesidir.

4. SIZINTI SUYU KARAKTERİZASYONU

4.1. Sızıntı Suyu Özelliklerini Yansıtan Ana Parametreler

4.1.1. Organik karbonlu bileşikler

-Toplam Organik Karbon (TOK): Organik bileşiklerin yakılması sonucunda oluşan karbondioksiti ölçmek suretiyle belirlenen değerdir. TOK, organik maddelerin en güvenilir ölçüsüdür.

-Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ): Biyolojik olarak ayrışabilen organik maddelerin ayrışması için gerekli oksijen ihtiyacını ifade eder. Bu parametre, 5 günlük standart bir deneyle yapıldığı için BOİ₅ olarak ifade edilmektedir.

-Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Hemen hemen tüm karbonlu bileşiklerin kuvvetli bir oksitleyici ile reaksiyona girmesi sonucu ölçülen oksijen ihtiyacını ifade eder. Amonyak bu deney esnasında oksitlenmemektedir.

-Uçucu yağ asitleri: Kısa zincirli karboksilik asitler olarak anılan ve genellikle asetik asitten oluşan zayıf organik asitlerin konsantrasyonunu ifade eder. Bu asitler anaerobik ayrışma sonucu oluşur.

Organik karbonlu bileşiklerin ölçülen değerleri arasında çeşitli ilişkiler bulunmaktadır. Bunlar;

- BOİ/KOİ oranı, aerobik biyolojik arıtımla giderilebilecek organik karbonun yaklaşık değerini ifade eder. BOİ nin KOİ değerine yakın olması biyolojik olarak daha kolay arıtılabileceğinin göstergesidir.
- Uçucu yağ asitlerinin TOK değerine oranı depo alanı durumunu gösterir. Genç depo sahasında organik karbonun %90'ı uçucu yağ asitlerinden oluşur ki bu biyolojik olarak kolay ayrışabilir olduğunu göstermektedir.
- TOK ile KOİ bir oranlama yapılırsa birçok basit organik bileşik için teorik değer 2,7 ile 3,1 arasındadır.

4.1.2. Azot bileşikleri

Sızıntı suyu içerisinde azot bileşikleri amonyak azotu, organik azot ve okside olmuş azot formlarında bulunmaktadır.

- Amonyak Azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$): Çözünmüş amonyağı (NH_3) ve amonyum iyonunu (NH_4^+) ihtiva eder ve litredeki mg azot ($\text{mg NH}_3\text{-N/l}$) olarak ifade edilir. Bu parametre azot bileşiklerinin en büyük değerine sahiptir. En büyük kirlilik potansiyeli Amonyak azotundan kaynaklanır.

- Organik Azot (Org-N) : Aminoasit gibi organik maddelerin içinde bağlı bulunan azotu ihtiva eder. Bu parametre proteinlerin amonyağa ayrışma derecesini belirler. Ancak burada aerobik arıtma sonucunda azotlu bileşiklerin mikroorganizma bünyesindeki hücrelerde de organik halde tutulduğu göz önünde bulundurulmalıdır.

- Okside olmuş azot bileşikleri (NO_x) : Nitrat(NO_3^-) ve nitrit (NO_2^-) bileşiklerini ihtiva eder. Bunlar normalde anaerobik sızıntı sularında mevcut değildir. Bu bileşiklerin mevcudiyeti sızıntı suyunun anaerobik oksidasyon şartlarına maruz kaldığını gösterir. Her iki azot formu, bakterilerin vasıtasıyla amonyağın nitrifikasyona uğrayarak okside olmasından kaynaklanmaktadır.

- Toplam Kjeldahl Azotu (TKA): Bu parametre amonyak ve organik azot bileşiklerinin toplamını ifade eder.

4.2. Sızıntı Suyu Özellikleri

Sızıntı suyu özellikleri çok değişken olup, kirlilik yükleri çok geniş aralıklarda değere sahiptir. Sızıntı suyu özelliği; katı atık bileşenleri, depo yaşı, depo alanının hidrojeolojik durumu, depo içindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik aktiviteler, katı atık nem miktarı, pH, ısı, depo yüksekliği, sahanın işletilmesi ve iklim şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Çeşitli kaynaklardan alınmış sızıntı suyu genel karakterizasyonu Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir[15].

Çizelge 4.1. Evsek katı atık sızıntı suyu bileşimi

Parametre (mg/l)	Ön arıtma yapılmayan atık suda			
	Asit safhası		Metan safhası	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Q(m ³ /ha-gün) ¹	3-20	5	3-20	5
pH	4,5-7,5	6,1	7,5-9	8
KOİ	6000-60000	22000	500-4500	3000
BOİ ₅	4000-40000	13000	20-550	180
Ca	10-2500	1200	20-600	60
SO ₄	70-1750	500	10-420	80
Zn	0,1-120	5	0,03-45	0,6
Fe	20-2100	780	3-280	15
Önemli değişim gösteren parametreler				
T.Azot	50-5000	1350	-	-
NH ₃ -N	30-3000	750	-	-
TOK	100-5000	2100	-	-
Ağır metaller(µg/l)				
Pb	8-1020	90	-	-
Cd	0.5-140	6	-	-
Cu	4-1400	80	-	-
Ni ¹	20-2050	-	-	-
Cr	30-16000	300	-	-
AOX	320-3350	2000	-	-

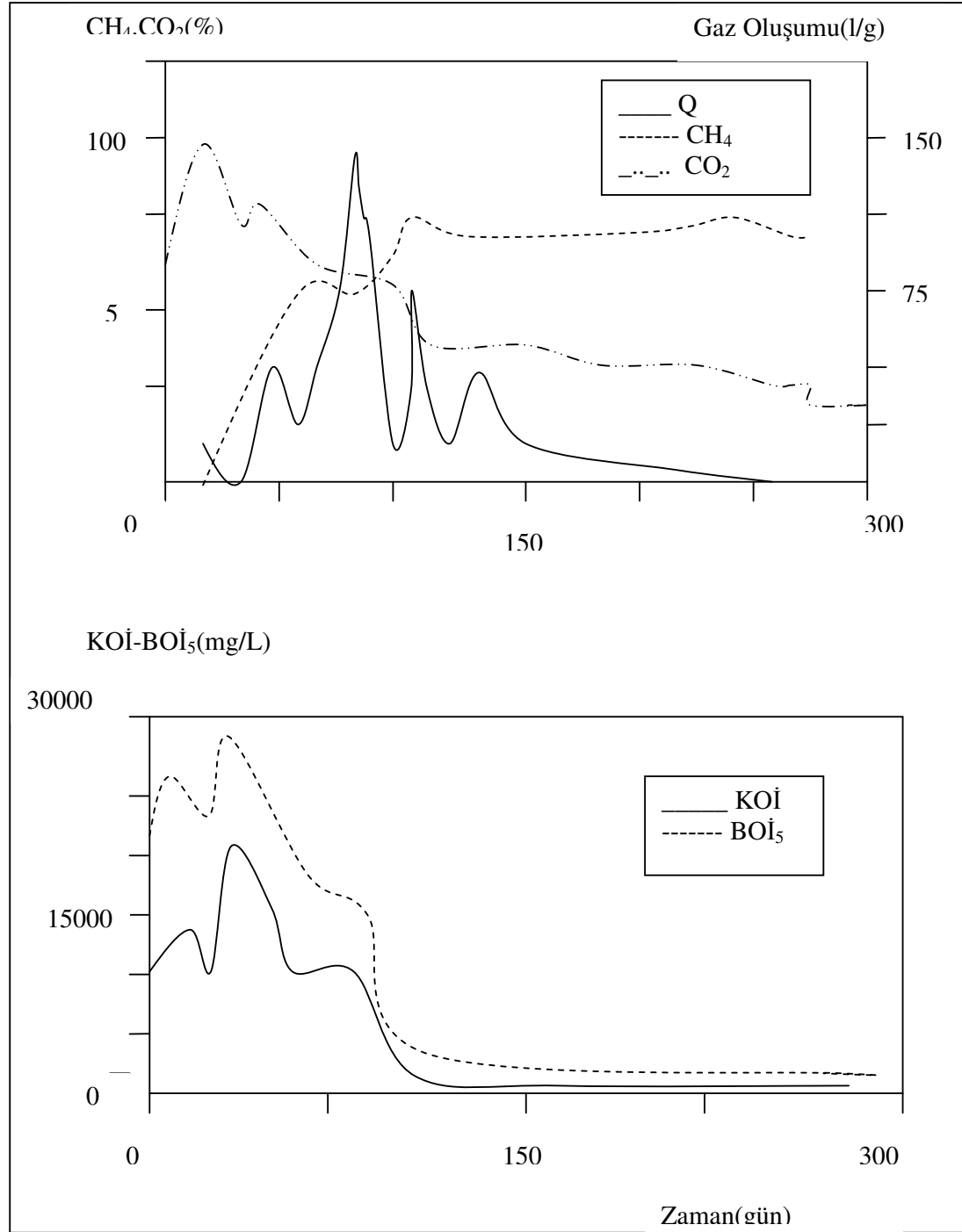
Reaksiyonların meydana geldiği depo sahasında; sahaya giren yağış sularının ve ayrışma ürünü olan suların, atıklar içerisinde depo tabanına doğru süzülmesi söz konusudur. Bu süzülme esnasında katı atıklar içerisinde organik ve inorganik bileşikler sızıntı suyuna karışır.

¹Q Oluşan sızıntı suyu miktarı

Çizelge 4.2. Tipik sızıntı suyu kirlilik parametreleri

Parametre	Birim	Beklenen sızıntı suyu kirliliği (asit fermentasyon aşaması)	Beklenen sızıntı suyu kirliliği (metan fermentasyonu aşaması)
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	4 000-40 000 ortalama: 13 000	20 - 550 ortalama: 180
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	6 000-60 000 ortalama: 22 000	500 - 4 500 ortalama: 3 000
Toplam Fosfor (PO ₄ -P)	mg/l	0,1 - 30 ortalama: 6	0,1 - 30 ortalama: 6
Toplam Krom	mg/l	30 - 1 600 ortalama: 300	30 - 1 600 ortalama: 300
Kurşun (Pb)	mg/l	8 – 1 020 ortalama: 90	8 – 1 020 ortalama: 90
Toplam Siyanür (CN-)	mg/l	<10	<10
Kadmiyum (Cd)	mg/l	0,5 - 140 ortalama: 6	0,5 - 140 ortalama: 6
Bakır (Cu)	mg/l	4 – 1 400 ortalama: 80	4 – 1 400 ortalama: 80
Çinko (Zn)	mg/l	0.1-1 ortalama: 0,5	0.03-4 ortalama: 0.6
Kalsiyum (Ca)	mg/l	10-2 500 ortalama: 1200	20-600 60
Magnezyum (Mg)	mg/l	0,3-65 ortalama: 25	0,03-45 ortalama: 0.7
Demir (Fe)	mg/l	20-2 100 ortalama: 780	3-280 ortalama: 15
pH		0,5-15 ortalama: 7	0,3-7 ortalama: 1

Sızıntı suyunun kompozisyonunun zamanla değişimi de söz konusudur. Bu değişim Şekil 4.1’de verilmiştir[17].



Şekil 4.1. Sızıntı suyunun kompozisyonunun zamanla değişimi

4.3. Sızıntı Suyu Özelliklerini Belirleyen Faktörler

4.3.1. Atığın içeriği

Katı atıklardan sızıntı suyuna kütle geçişi 3 grupta incelenebilir.

- Katı atığın hidrolizi ve biyolojik bozunma
- Katı atıkta bulunan tuzların çözünmesi
- Belirli büyüklükteki partiküllerin taşınması

İlk iki maddenin sızıntı suyu özellikleri üzerindeki etkisi çok büyüktür. Organik atıkların yapısı, atığın ayrışma hızını ve dolayısıyla sızıntı suyunun özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Depo sahasındaki toksik özellikteki atığın varlığı ortamdaki biyolojik ayrışmanın sürecini etkiler. Çöp sızıntı suyundaki organik ve diğer maddelerin miktarı, atıkla suyun temasına bağlı olduğu kadar pH ve katı-sıvı etkileşimindeki dengeye de bağlıdır.

4.3.2. Atığın işlenmesi

Çöplerin parçalanarak veya balyalanarak depolandığı sahalardan kaynaklanan sızıntı suyunun özellikleri birbirinden farklıdır. Parçalanarak depolanmış çöplerde, geçirgenliğin azalması, yoğunluğun artması ve temas yüzeyinin fazlaşması sağlanmaktadır. Bu şekilde bir depolamanın yapıldığı sahanın sızıntı suyundaki kirletici madde konsantrasyonu, balya yapılarak depolanan sahadan kaynaklanan sızıntı suyundan daha yüksektir.

4.3.3. Depo sahasının işletme şekli

Depo sahasında geri devir yapılması, arıtma çamurunun veya endüstriyel atıkların sahaya kabulü, sıkıştırması, atıkların kalınlığı, depolama süresi sızıntı suyu özelliğine etki etmektedir.

Geri devir yapılan sahalarda, geri devir miktarı maddelerin eriyebilirliği ve mikrobiyal parçalanmayı etkilediğinden sızıntı suyu özelliklerine de etki eder.

Sıkıştırma işlemi yapılan sahalarda ise dışardan gelen su fazla temasta bulunamayacağından etkileşim süresi azalır. Bundan dolayı da kirletici miktarında düşüş gözlenir.

Depo sahasının yüksekliği, depo sahasından tabana doğru akış halinde olan su ile temas süresini artıracığından dolayı sızıntı suyu özellikleri üzerinde etkilidir.

Depo sahası işletmesindeki özellikler metan faza gelinmesini geciktirici bir etki göstermektedir.

4.3.4. Depo alanının yaşı

Sızıntı sularının özelliklerindeki değişim üzerine en büyük etki deponi alanının yaşı ile meydana gelmektedir. Çizelge 4.3’de deponi yaşı ile sızıntı suyu arasındaki değişimler gösterilmektedir[18]. Sahanın yaşı, atıkların ayrışmaya başlaması ve sızıntı suyunun ilk ortaya çıkışı ile başlar.

Genç depo alanlarında oluşan sızıntı sularından biyolojik olarak kolay ayrışabilen uçucu yağ asidi oranı fazladır. Depo yaşı arttıkça biyolojik ayrışma süreci tamamlanma noktasına geldiğinden dolayı kolay ayrışır organik madde oranı düşer. Bundan dolayı genç depo sahasından gelen sızıntı sularında $BOİ/KOİ > 0,5$ dir. Bu oran yaşlı depo sahalarında 0,2 den daha düşük bir değere sahiptir. 2-3 yıllık depolama sahalarında organik maddeler, mikroorganizma türleri ve inorganik kirlilik yükleri maksimum değere çıkar.

Çizelge 4.3. Sızıntı suyu özelliklerinin depo yaşı ile değişimi

Parametre ¹	1 yıl	5 yıl	16 yıl
pH	5,2-6,4	5-6,6	5,6-6,1
KOİ	10 000-40 000	8 000	400
BOİ ₅	7 500-28 000	4 000	80
TOK	7 300-16 350	83-9 150	108-3 080
NH ₄ -N	56-482	36	10
Toplam-P	25-35	12	8
Toplam Katılar	10 000-33 000	718-18 400	1 920-5 350
Toplam uçucu katılar	5 350-20 330	124-10 300	770-3 300
Alkalinite	600-800	1330	70
Klorür	620-1 880	5,3-730	115-193
Cd	-	<0,05	<0,05
Mn	75-125	0,06	0,06
Cu	-	<0.5	<0.5
Fe	210-325	6,3	0,6
Pb	-	0,5	1
SO ₄	400-650	2	2
Zn	10-30	0,4	0,1

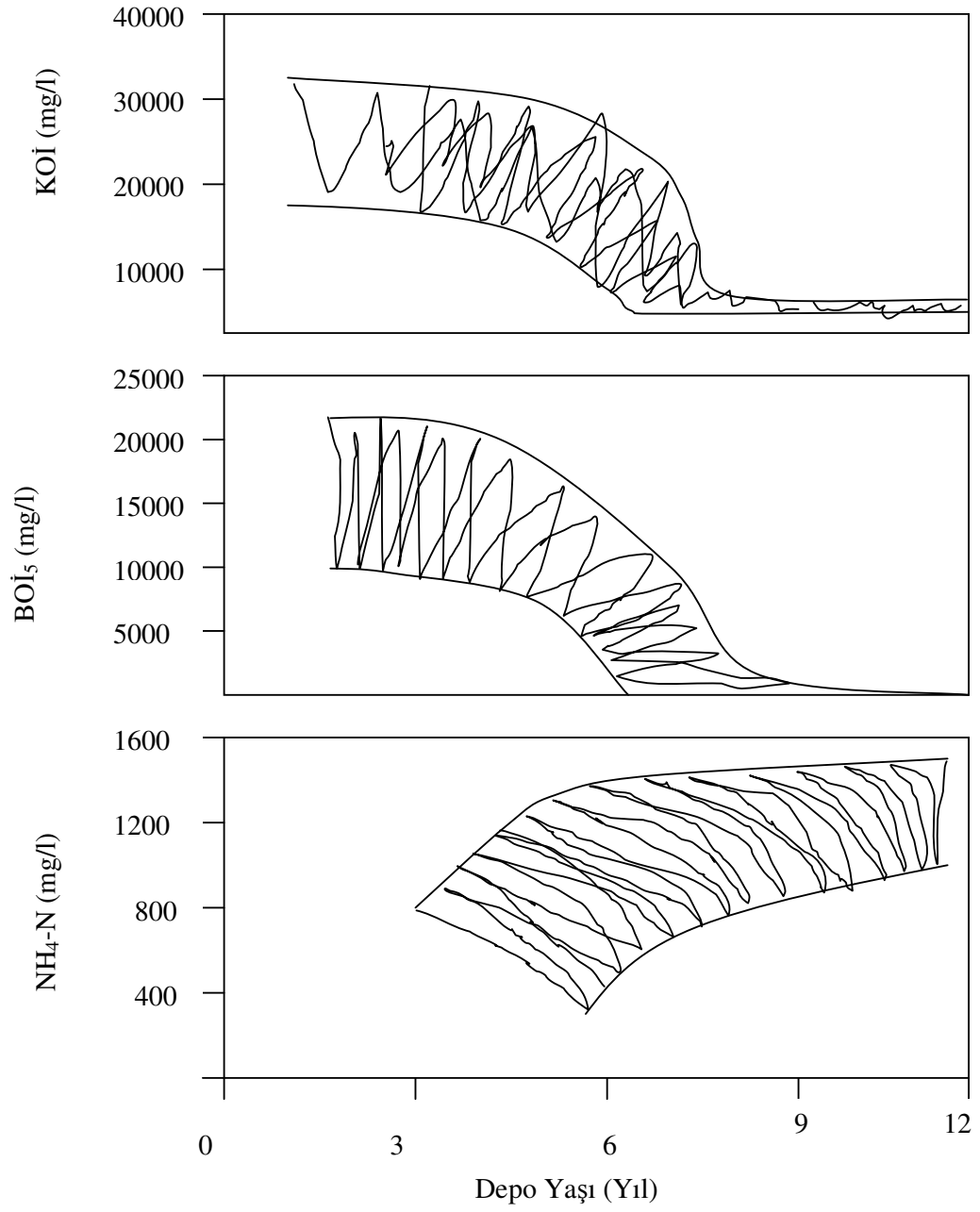
Depo yaşı ile sızıntı suyu özellikleri arasındaki bağıntılar birçok literatürde karşımıza çıkmaktadır. Tchobaglonous ve diğerleri [2]'nin yaptığı çalışmada genç ve olgun çöp sızıntı suyu karakteri Çizelge 4.4'de verilmiştir .

Çizelge 4.4. Genç ve olgun çöp sızıntı suyu karakteri

Parametre ¹	Genç Çöp Sızıntı Suyu(<2 yıl)		Olgun Çöp Sızıntı Suyu(>10 yıl)
	Aralık	Genel	Aralık
BOİ ₅	2 000-30 000	10 000	100-200
TOK	1 500-20 000	6 000	80-160
KOİ	3 000-60 000	18 000	100-500
AKM	200-2 000	500	100-400
Organik-N	10-800	200	80-120
NH ₃ -N	10-800	200	20-40
NO ₃	5-40	25	5-10
Toplam P	5-100	30	5-10
PO ₄ -P	4-80	20	4-8
Alkalinite(CaCO ₃)	1 000-10000	3 000	200-1 000
pH	4,5-7,5	6	6,6-7,5
Sertlik(CaCO ₃)	300-10 000	3 500	200-500
Ca	200-3 000	1 000	100-400
Mg	50-1 500	250	50-200
K	200-1 000	300	50-400
Na	200-2 500	500	100-200
Cl	200-3 000	500	100-400
SO ₄	50-1 000	300	20-50
Fe	50-1 200	60	20-200

Depo yaşı ile BOİ, KOİ ve NH₄-N değişimi Şekil 4.2’de görülmektedir[19].

¹ pH hariç tüm birimler mg/l dir.



Şekil 4.2. Depo yaşına göre sızıntı suyundaki KOİ, BOİ, NH₄-N değişimleri

5. SIZINTI SUYU YÖNETİMİ

5.1. Geri Devir

Katı atık depolama sahalarında karşılaşılan en büyük problem yüksek kirlilik yükü olan sızıntı sularıdır. Sızıntı sularından kaynaklanabilecek zararların azaltılabilmesi için uygun bir sistemin seçilmesi gereklidir. Bu amaçla kullanılan en yaygın ve başarılı yöntemlerden birisi, atık içerisine sızıntı sularının verilerek geri devir işlemine tabi tutulmasıdır.

Sızıntı sularının, depo sahası içinde madde taşınımını sağlaması ve reaksiyonların hızlanmasına yardımcı olması nedeniyle sahaya kontrollü olarak verilerek atık stabilizasyonunun hızlanması sağlanabilir. Nem muhtevasını artırmasından dolayı metan oluşumunun optimize edilmesinin sağlanması, bu yöntemin en büyük avantajıdır. Geri devir atık içerisinde organik maddelerin parçalanmasını sağlayan biyokimyasal süreci hızlandırır.

Geri devir sistemi sıcaklık değişimi, rüzgar, yağışlar gibi faktörlerden etkilendiği için bu sistemin seçilmesinde dikkatli olmak gerekmektedir. Ayrıca geri devir oranının iyi ayarlanması ve göllenme oluşumuna izin verilmeyecek şekilde kontrollü yapılması gerekmektedir.

Geri devir sistemi özellikle sızıntı suyu oluşumunun düşük seviyelerde olduğu ilk yıllarda tavsiye edilmektedir. Sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde de geri devir edilecek sızıntı suyu miktarının artmasına olanak sağlar. Sızıntı suyu geri devri, buharlaşma sonucu yaz aylarında sızıntı suyunda büyük oranda azalma sağlar ve arıtma tesisi yükünü önemli oranda azaltır[20].

Geri devir işleminin;

- Biyolojik parçalanmayı hızlandırması,
- Sızıntı suyu arıtım işlemini kolaylaştırması,
- Arıtma yükü ve maliyetini düşürmesi,

- Biyogaz üretimini artırması, başlıca faydaları olarak söylemek mümkündür.

Geri devir ile ilgili pilot ve tam ölçekli birçok çalışma yapılmıştır. Pilot ölçekli çalışmalarda %97 oranında KOI giderimi sağlanmış ancak arazi çalışmalarında 20 aylık sürede bu oranın %40 olduğu görülmüştür.

Bugün ABD ve Avrupa ülkelerinde, laboratuvar çalışmalarına dayanılarak, geri devirli sistemler kurulmuş olup, normalde 15-20 yıl arasında süren çöp stabilizasyon süresinin 3-5 yılda tamamlanabildiğine dair bilgiler literatürlerde mevcuttur[21].

5.2. Evsel Atıksularla Birlikte Arıtılması

Pek çok ülkede depolama alanlarında oluşan sızıntı sularının, evsel atıksular ile birlikte arıtılmaktadır. Tesis civarında atık su arıtma tesisi bulunması ve atık suların kolektöre bağlanmasının ekonomik olduğu durumlarda; atık su arıtma tesisi prosesini engellemeyecek şekilde ön arıtmadan geçirilmiş sızıntı suları kentsel atık su arıtma tesisine bağlanabilir.

Ancak, literatürlerde bu tür merkezi arıtma tesislerine ait tasarım, işletme parametreleri, arıtma verimi gibi bilgilerin yeterince bulunmaması nedeniyle belirsizlikler halen mevcuttur.

Mevcut çalışmaların sonuçları, sızıntı sularının, kentsel atıksularla birlikte arıtımın mümkün olduğunu, kentsel atıksularla karıştırılan sızıntı suyu miktarının hacim olarak %2 den az olması durumunda, arıtma tesisinin sorunsuz çalıştığını ortaya koymuştur.

Sızıntı suyunun kentsel atıksularla birlikte bertaraf edilmesinde önemli iki nokta:

- Sızıntı suyunun arıtma tesisine taşınması
- Kanalizasyonla
- Vidanjörle

- Sızıntı suyunun arıtma tesisinin işletimine olumsuz etki yapma tehlikesi
- Toksik maddeler, yüksek organik yük, vb. dir.

Bu kapsamda arıtma tesisine giren sızıntı suyunun evsel atıksuya oranı değerlendirilmelidir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda arıtma tesisinin işletmesine dikkat edilmelidir.

Bu seçeneğin değerlendirilmesinde özgün bir arıtma ile evsel atıksularla birlikte arıtmanın mali karşılaştırması da önemlidir.

5.3. Sızıntı Suları ile İlgili Deşarj Standartları

Sızıntı suları için, diğer atıksularda da olduğu gibi, iki türdeşarj standardı mevcuttur;

- Ön arıtmayı müteakip şehir atıksu kanal sisteminedeşarj standardı
- Alıcı su ortamınadeşarj standardı.

Şehir atıksu kanal şebekesinedeşarjına izin verilen atıksuların Türkiye’de olduğu gibi Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği(SKKY) Tablo 25’dekine benzer limitleri sağlaması öngörülmektedir. Sızıntı sularının, kimyasal+biyolojik arıtmayı müteakip kanal şebekesi sonunda merkezi biyolojik arıtma tesisi hali için öngörülen limitleri ($KOI < 4000 \text{ mg/L}$) sağlaması mümkün görülmektedir. Ancak kanal şebeke sonunda mekanik veya birincil kademe arıtmayı takiben denizdeşarjı bulunan yerler için öngörülen kanalizasyon limitleri ($KOI < 600 \text{ mg/L}$), genç depo sızıntı sularında kimyasal + tek kademeli biyolojik arıtma dizisi ile sağlanamamaktadır. Bunun için ilave ikinci kademe biyolojik arıtmaya ihtiyaç duyulmaktadır. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi(İSKİ)’nin kanalizasyonadeşarj standartları ($KOI < 800 \text{ mg/L}$) için de aynı durum söz konusudur. Bu yüzden sızıntı sularının merkezi kanalizasyon şebekelerinedeşarjında su kirliliği kontrolü yönetmeliğinde merkezi biyolojik arıtma hali için ön görülen limitler ($KOI < 4000 \text{ mg/L}$) uygulanmalıdır.

Sızıntı sularının yüzeysel sulara deşarjı için SKKY Tablo 20.6 da katı atık değerlendirme ve bertaraf tesisleri için öngörülen limitlerin (24 saatlik kompozit numunelerde : KOI<100 mg/L, BOI₅ <50 mg/L) sağlanması öngörülmüştür. SKKY'de verilen deşarj sınır değerleri, diğer ülkelerde uygun görülen deşarj sınır değerleri ile birlikte Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sızıntı suyu deşarj limitleri

Parametre	Birim	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği		Alman mevzuatı	Fransız mevzuatı
		Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik		
Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ ₅)	mg/l	100	50	20	30 veya %95
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg/l	160	100	200	125 veya %95
N _{toplam}	mg/l	Limit yok	limit yok	70	30 veya %80 Hassas bölgeler de: 10
Askıdaki Katı Madde (AKM)	mg/l	200	100	limit yok	35 veya %95
Yağ ve Gres	mg/l	20	10	limit yok	limit yok
Halojenli hidrokarbonlar	mg/l	Limit yok	limit yok	0.5 ¹	1
Toplam hidrokarbon	mg/l	Limit yok	limit yok	limit yok	10
Toplam Fosfor (PO ₄ -P)	mg/l	2	1	limit yok	10 veya %90 Hassas bölgeler de: 1
Toplam Krom	mg/l	2	1	0.5 ¹	limit yok
Krom (Cr ⁶⁺)	mg/l	0,5	0,5	0,1 ¹	0,1
Civa	mg/l	Limit yok	limit yok	0.05 ¹	limit yok
Nikel	mg/l	Limit yok	limit yok	1 ¹	0.5
Kurşun (Pb)	mg/l	2	1	0,5 ¹	0,5
Toplam Siyanür (CN ⁻)	mg/l	1	0,5	0,2 ¹	0,1

Çizelge 5.1.(Devam) Sızıntı suyu deşarj limitleri

Parametre	Birim	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği		Alman mevzuatı	Fransız mevzuatı
		Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik		
Kadmiyum (Cd)	mg/l	0,1	-	0.1 ¹	limit yok
Demir (Fe)	mg/l	10	-	limit yok	limit yok
Florür (F-)	mg/l	15	-	limit yok	15
Bakır (Cu)	mg/l	3	-	0,5 ¹	0,5
Çinko (Zn)	mg/l	5	-	2 ¹	2
Kalay (Sn)	mg/l	Limit yok	limit yok	limit yok	2
Arsenik	mg/l	Limit yok	limit yok	0.1 ¹	limit yok
Sülfid	mg/l	-	-	1 ¹	limit yok
Balık Biyodeneyi (ZSF)	mg/l	10	-	2 ¹	limit yok
pH		6-9	6-9	limit yok	limit yok

Sızıntı sularının karakterizasyonuna ait verilere 4. bölümde yer verilmiştir. Bu değerdeki sızıntı sularının deşarj limitlerini sağlaması bakımından çeşitli arıtmalara tabi tutulması gerekmektedir.

Genç sızıntı sularında söz konusu limitlere ulaşabilmesi için,

- a- Kimyasal arıtma + yüksek hızlı biyolojik (anaerobik veya aerobik) arıtma + havalandırılmalı lagün veya stabilizasyon havuzu + sulak alan arıtması
- b- Kimyasal arıtma + (anaerobik arıtma) + UF ve ters osmos sistemi

gibi çok kademeli ileri arıtma tekniklerinin uygulanması gerekmektedir. Bu alanda dünyadaki genel eğilim aşağıdaki iki sistemden birisinin kullanılmasıdır.

¹ Atık su doğrudan alıcı ortama verilirse bu limitler geçerli değildir. Bunlar sadece kanalizasyona deşarj yapıldığı ve toplanan atık su bundan sonra biyolojik arıtma tesisine gittiği takdirde geçerlidir. Bunun amacı, biyolojik arıtma tesisini ağır metallerden kaynaklanabilecek tesirlerden korumaktır.

- a- Kimyasal ön arıtma + amonyak giderme + nutrient gidermeli çok kademeli ardışık kesikli reaktör sitemi + sulak alan arıtması
- b- Kimyasal ön arıtma + amonyak giderme + anaerobik arıtma + ultra veya nano filtrasyon + ters osmos sistemi

Her iki sistem de son derece pahalı bir arıtma sisteminin kurulup özenle işletilmesini gerektirmekte olup özellikle Toplam- N ve NH_4 -N limitlerinin sağlanması önemli bir sorundur. Bu yüzden sistem seçiminde belediyelerin mali gücü, kalifiye personel durumu bu tür bir arıtmayı sürdürüp sürdüremeyeceği göz önünde tutulmalıdır.

5.4. Sızıntı Sularının Arıtılması

Katı atık düzenli depolama sahalarında açığa çıkan sızıntı suları; bünyelerindeki yüksek miktardaki organik ve inorganik kirleticiler nedeniyle arıtılması oldukça zor atıksulardır. Özellikle ülkemizdeki gibi geri kazanım işleminin çok etkili olmadığı göz önünde bulundurulduğunda organik ve inorganik kirlilik yükü oldukça yüksektir. Çöp sızıntı suları kompleks yapıları nedeniyle arıtılmasında çeşitli problemlerle karşılaşmaktadır[23]. Bunlar;

- Yüksek kirlilik yükünün uygun arıtma yöntemlerinin seçimini gerektirmesi,
- Çöp sızıntı suyu karakterinin mevsimsel olarak hidrolojik ve iklim koşullarına bağlı olması,
- Kısa ve uzun zaman aralıklarında çöp sızıntı suyu miktar ve kalitesindeki dalgalanmaların arıtma tesisi dizaynında dikkate alınması gerekliliğidir.

Depo sahasının yaşı ile değişen sızıntı suyu içeriği arıtma prosesinin seçimi ve verimini etkilemektedir. Genç sızıntı sularının organik madde içeriğinin fazla olması nedeniyle ağırlıklı olarak biyolojik arıtmanın işlevsel olmasına karşın, yaşlı sahalarda organik maddenin azalması ve yerini inorganik maddeler ile zor ayrılan organiklere bırakması, fiziko-kimyasal arıtmanın belirleyici olmasına neden olmaktadır. Sızıntı sularının arıtımı için değişik alternatif arıtım ve performansları Çizelge 5.2’de verilmiştir [24].

Çizelge 5.2. Sızıntı suyu arıtımında muhtelif kirleticilerin % giderilme oranları

Arıtım Yöntemi	BOİ	KOI	Fe	Zn	Ni
Aerobik / Biyolojik					
Aktif Çamur	95	95	96-99	96-99	60
Evsel Atık sularla Birlikte	94-99	92-98	-	-	-
Havalandırılmalı Lagün	--	92-98	99	-	-
Stabilizasyon Havuzları	93-99	99	80-99	-	-
Anaerobik Prosesler	85-98	75-95	80-99	80-99	10-80
Fiziksel / Kimyasal					
Koagülasyon	-	12	95-99	75-98	-
Oksidasyon	-	10-50	99	90	-
Ters Ozmoz	-	86-94	-	-	-
İyon Değiştirme	-	40-70	40-80	20-96	14-96
Adsorbsiyon	-	75-99	65-95	-	-

Arıtma proses seçiminde ve tasarımında göz önüne alınması gereken önemli faktörler [25];

- Sızıntı suyu karakteri : Organik ve inorganik madde içeriği
 - Zararlılık Potansiyeli : Organik ve inorganik zehirli maddelerin yüksek konsantrasyonu
 - Deşarj Alternatifleri : Yüzeysel sular, şebeke, arazide arıtma, geri devir
 - Arıtma Derecesi : Sızıntı suyu bileşimi ,deşarj standartları
 - Arıtılabilirlik Çalışmaları : Elde edilen deneysel veriler, uygulanabilir teknolojiler
 - İşletme
 - Maliyet
- dir.

Proses seçiminde bunların yanında sızıntı suyu karakteristiğinin zamanla değişimi de göz önünde bulundurulmalıdır.

5.4.1. Biyolojik arıtma

Biyolojik arıtma prosesleri çöp sızıntı suyu arıtımında en yaygın proseslerdir. Çöp sızıntı suyunun biyolojik arıtımında kullanılan sistemler aerobik ve anaerobik sistemler olarak ayrılmaktadır.

Aerobik Biyolojik Arıtma

Sızıntı suyu arıtımında kullanılan aerobik biyolojik metotlar;

- Aktif çamur,
- Havalandırılmalı lagünler,
- Damlatmalı filtre ve döner disklerdir.

Aerobik arıtma yöntemleri genç depo sızıntı sularında BOI/KOI > 0.5 olduğunda etkilidir. Çizelge 5.3’de Aerobik sızıntı suyu arıtma proseslerinin tasarım kriterleri verilmiştir[22]. Çizelge 5.4’de aerobik arıtım proseslerinin performansı görülmektedir[22].

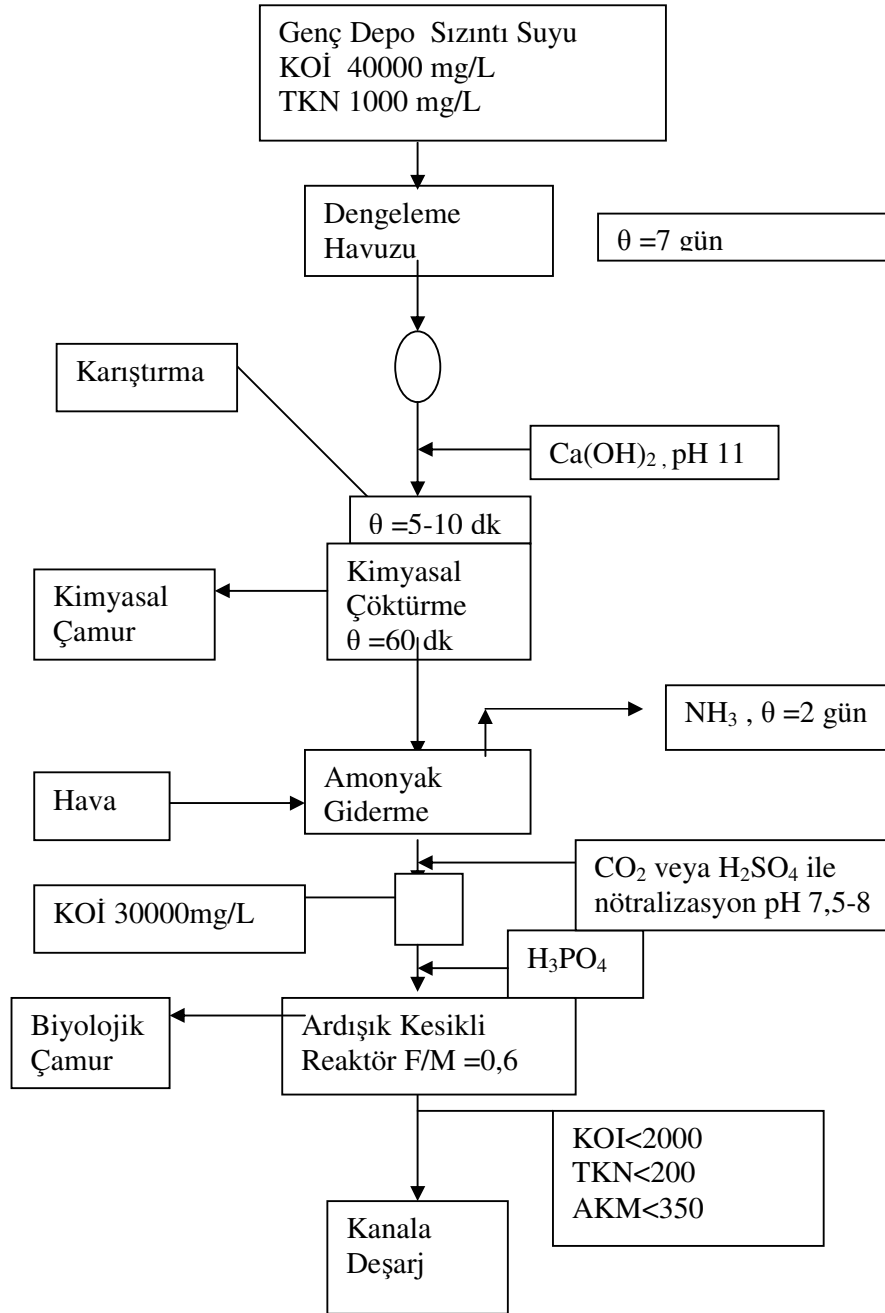
Çizelge 5.3. Aerobik sızıntı suyu arıtma proseslerinin tasarım kriterleri

İşletme parametresi	Önerilen
• Organik yük	$F/M < 0,3 \text{ kg BOİ5 / kg UKM-gün}$
• Çamur yaşı	20 °C için >10 gün; 10 °C için >20 gün
• Çamur üretimi	Evsel atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamurların iki katı kadar yarısı organik içerikli olan biyolojik ve inorganik çamur oluşur. Çamur oluşumu 1 kg çamur / kg BOİ gid. civarındadır.
• Oksijen ihtiyacı	Organik madde konsantrasyonu yüksek olan stabil olmamış atıklardan sızan suların arıtımında oksijen ihtiyacı fazladır.
• $\text{PO}_4\text{-P}$	Sızıntı suları aerobik arıtma için gerekli olan organik madde-nütrient ilişkisi açısından genellikle dengede değildir, $\text{PO}_4\text{-P}$ eksiktir.
• $\text{NH}_3\text{-N}$	Yüksek konsantrasyonlarda NH_3 biyokütle gelişimini inhibe edebilir.

Çizelge 5.3.(Devam) Aerobik sızıntı suyu arıtma proseslerinin tasarım kriterleri

İşletme parametresi	Önerilen
• Geri devir	Organik madde konsantrasyonu yüksek olan sızıntı sularının arıtımında gerekli olmayabilir.
• Çökelek oluşumu	CaCO_3 ve Fe_2O_3 pervaneleri ve havalandırma ekipmanlarını kaplayabilir.
• Ardışık kesikli reaktör	Debisi $100 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'den az olan atıksular için uygundur.
• Köpük kontrolü	Tesisin işletilmesinde dikkate alınmalıdır.
• Lagünler	Organik yük $6 \text{ kg BOI}_5 / 100 \text{ m}^3\text{-gün}$ 'ün altında tutulmalıdır.
• Aktif çamur	Aktif çamur sistemlerinde sıcaklık 10°C 'nin üzerinde, yükleme hızının $0.01 \text{ kg BOI}_5 / \text{kg UKM'nin}$ altında olmalıdır.

Organik madde içeriği çok yüksek olan sızıntı suları, besi maddesi ilavesi olmadan, yüksek oranda havalandırma işlemi yapmadan ve düşük hidrolik bekleme süresi ile aerobik olarak arıtilamazlar. Havalandırılmalı lagünlerde arıtılan sızıntı sularının çoğu yüksek molekül ağırlıklı biyolojik olarak arıtilamayan organik maddeler ihtiva ederler. Şekil 5.1'de sızıntı sularının arıtımı için aerobik arıtma sistemi örneği verilmiştir[6].



Şekil 5.1. Sızıntı sularının arıtımı için aerobik arıtma sistemi örneği

Çizelge 5.4. Aerobik arıtım proseslerinin performansları

Biyolojik prosesler	Belirgin Mikroorganizmalar	Optimum Sıcaklık	pH Aralığı	% Katı Madde	Ortalama Bekleme Süresi (gün)	Organik Bozunma	BOI Üst Limiti (mg/L)	Çıkış değeri	Atık
Aktif Çamur	Aerobik ve Hetetrofik Bakteriler	Mezofilik	6-8	<1	<1	Yağların haricindekiler ve halojenli aromatikler	<1 000	CO ₂ ve giriş BOI sinin %5-15	Fazla biyolojik çamur
Atık Stabilizasyonu	Aerobik, Anaerobik, Fakultatif, Hetetrofik Bakteri ve Ototrofik Algler	Mezofilik	6-8	<0,1	10-120	Genellikle karbonhidratlar, proteinler, organik asitler, alkoller	<1 000	CO ₂ ve giriş BOI sinin %10-40	
Havalandırılmalı Lagün	Aerobik, Anaerobik, Fakultatif Bakteriler	Mezofilik	6-8	<1	2-7	Yağların haricindekiler ve halojenli aromatikler	<5 000	CO ₂ ve giriş BOI sinin %10-30	Fazla biyolojik çamur

Çizelge 5.4. (Devam)Aerobik arıtım proseslerinin performansları

Damlatm alı Fitre	Aerobik ve Hetetrofik Bakteriler	Mezofilik	6-8	<1	<1	Yağların haricindekiler, halojenli aromatikler, nitrojen bileşikleri	<5 000	CO ₂ ve giriş BOI sinin %10-30	Fazla biyolojik çamur
Döner Biyolojik Disk	Aerobik ve Hetetrofik Bakteriler	Mezofilik	6-8	<1	<1	Yağların haricindekiler, halojenli aromatikler, nitrojen bileşikleri	<5 000	CO ₂ ve giriş BOI sinin %10-20	Fazla biyolojik çamur

Sızıntı sularının arıtımı için başarıyla uygulanana bir yöntem olmasına rağmen aerobik arıtımın dezavantajları ve işletme problemleri de mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Bakır, çinko ve nikel gibi toksik metaller aerobik arıtmayı etkiler.
- Düşük sıcaklıkta yeterli arıtma verimi sağlanamaz.
- Havalandırma esnasında köpük problemi oluşur.
- CaCO_3 ve /veya Fe_2O_3 çökeltisi havalandırma ekipmanında problemler meydana getirir.
- $\text{NH}_3\text{-N}$ konsantrasyonunun yüksek olması durumunda(1000mg/L den büyük) nitrifikasyon yavaşlar.
- O_2 kazandırmak için gerekli enerjinin maliyeti yüksektir.
- BOI: P oranı 100:1 den büyükse, etkili bir arıtma için fosfor(P) ilavesi gerekmesidir.

Aktif Çamur

Bu yöntem sızıntı suyu arıtımında başarıyla kullanılmaktadır. Bu yöntemle BOI ve KOI giderme verimi %90-97, metal giderme verimi %80-99 aralığındadır. Aktif biyokütle(UKM) konsantrasyonu 5000-10000 mg/L, Substrat/Mikroorganizma(F/M) oranı 0,02-0,06 gün, hidrolik bekleme zamanı 1-10 gün, çamur bekleme zamanı 15-60 gün, besi maddesi ihtiyacı BOI: N: P 100: 3,2: 0,5 dir[26].

Sızıntı sularında bulunan organik maddeler kısa sürede oksitlenmemekte ve stabilizasyonu sağlamak için uzun süreli biyolojik aktivite gerekmektedir. Bu nedenledir ki havalandırma süresi artırılmalıdır. Fazla havalandırmadan kaynaklı da bazı sıkıntılar oluşmaktadır. Bunlar;

- Yüksek metal konsantrasyonundan dolayı köpük oluşumu
- Köpük kırıcıların bakterileri olumsuz etkilemesi
- Besi maddesi eksikliğinin biyolojik aktiviteyi engellemesi
- Sızıntı suyu içindeki metal ve diğer bileşiklerin biyolojik hayatı etkilemesidir.

Aktif çamur tesislerinde bekleme süresi lagünlerden daha kısadır. Bakteri miktarı lagünlere göre birkaç kat daha fazladır ve geri devir ile istenen seviyede tutulabilir. Aktif çamurda BOI deki azalmanın yanında nitrifikasyonda önemlidir. Yaşlı depoların sızıntı suyundaki fazla azottan dolayı azot giderimi gerekmektedir. Nitrifikasyon çıkışında amonyak miktarı az, nitrat miktarı yüksektir. Bu nitrati gidermek için denitrifikasyon işlemi gereklidir.

Aktif Çamur sistemiyle sızıntı suyu arıtımında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir[6].

	<u>Giriş</u>	<u>Çıkış</u>
BOI(mg/L)	5294	254
KOI(mg/L)	12359	1566

Havalandırmalı Lagünler

Lagün yöntemi, sızıntı sularının arıtılması için çok ekonomik ve verimli bir alternatiftir. Burada yatırım ve işletme maliyetleri oldukça düşüktür. Çamurların sudan çökerek ayrılmasını sağlamak için, arıtılmış sular lagünden sonra bir son çöktürme havuzuna veya havalandırmaz ikinci bir lagüne gönderilmelidir. Uzun hidrolik kalış süresinden (> 50 gün) dolayı bu yöntemde alan ihtiyacı son derece yüksektir.

Arıtma lagünlerinin havalandırılması tercih edilmelidir. Havalandırma yapılmayan lagünlerde, su derinliği 5 - 10 cm' yi geçmemelidir.

Sıcak mevsimde, lagünde nitrifikasyon prosesi kendiliğinden gerçekleşir. Ancak, kış aylarında sıcaklık 5 °C'nin altına düştüğünde, nitrifikasyon durur ve durma ile başlama zamanlarında 200 mg/L'ye varan NO₂ konsantrasyonları oluşabilir. Aynı şekilde düşük sıcaklıklarda BOI₅ limitleri sağlanamayabilir.

Bu yöntemde ayrıca çok yüksek BOI_5 yükü olduğunda, çamurun çökmesi sırasında oluşan kalsiyum ve demir bileşikler tıkanma ve koku problemlerine sebebiyet verebilir.

Döner diskler

Döner disk üzerinde oluşan tabaka, hidrolik ve kimyasal şoklara karşı toleranslı olduğundan asılı biyolojik aktivite sistemine nazaran daha yaygın olarak kullanılır. Fakat biyodiskler üzerinde kireç atıklarından dolayı oluşan tabakalar biyolojik aktiviteyi etkiler. Bu nedenle bu prosese verilecek sulara NaOH ilave edilerek pH yükseltilir ve metaller çöktürülerek uzaklaştırılır.

Anaerobik Biyolojik Arıtma

Anaerobik arıtma, hidroliz, asit oluşum ve gaz oluşumu olmak üzere üç kademede meydana gelir. Hidroliz kademesinde, çözünmeyen yüksek moleküllü organik maddeler (polisakkaritler, lipitler, proteinler), çözünebilen enerji ve karbon kaynağı organik maddelere (monosakkaritler, şekerler, aminoasitler ve serbest yağ asitleri) dönüşürler. Asit oluşumu kademesinde; hidroliz kademesinde oluşan ürünler düşük moleküllü ara ürünlere, asetik aside, CO_2 ve H_2 'e dönüşür. Metan üretim kademesinde ise asit oluşumu safhasında oluşan ürünler CH_4 ve CO_2 'e dönüştürülür.

Anaerobik reaktörlerde çamurun organik madde içeriği indirgenme hızına ve zamana bağlı olarak artar. Anaerobik yöntem etkili bir proses olmasına karşın, çıkış suyunda 1 000-4 000 mg/L KOI ve $BOI/KOI > 1,3$ gibi yüksek miktarda kirlilik mevcuttur. Bundan dolayı anaerobik arıtmadan sonra gelecek adım çıkış standartlarını temin edecek aerobik prosesler olmalıdır.

Yüksek verimde anaerobik arıtımın sağlanabilmesi için;

- Besi maddesi dengesi
- İz elementler
- Oksitleyiciler

- Toksik maddeler
- Sıcaklık
- pH gibi unsurlara dikkat edilmelidir.

Genç depo alanlarında oluşan sızıntı suları, genellikle büyük miktardaki uçucu yağ asitleri ile karakterize edilirler. Kolay ayrışabilir uçucu asitler genç sızıntı sularının KOI sinin büyük kısmını oluştururlar. Bu nedenle BOI/KOI oranı yüksektir ve sızıntı sularının yüksek hızlı anaerobik arıtma sistemlerinde arıtılmasını mümkün kılar.

Yukarı akışlı Anaerobik Çamur Yataklı Reaktörde (AÇYR) su tabandan reaktöre verilir. Biyolojik granüler veya floklardan oluşan çamur yatağın içinden atıksu yukarı doğru süzülür. Anaerobik şartlarda oluşan gazlar biyolojik granüllerin oluşumuna yardım eden dahili sirkülasyona neden olur. Çamur yatağı içinde oluşan bazı gazlar biyolojik granüllere yapışır. Serbest gaz ve üzerine gaz yapışmış partiküller yüzeye doğru çıkar. Bu partiküller tabandaki gaz çıkma engelini kırarak bağlı gaz taneciklerinin serbest hale geçmesini sağlar. Yüzeye çıkan partikülün gazı ayrılınca granül çamur yatağın üzerine döner. Serbest gaz ve granül ile birlikte yüzeye çıkan gaz reaktörün üst kısmında toplanır. Biyolojik granüller ve nihai çamuru ihtiva eden su reaktör içindeki çökelme bölümünden geçerken su savaklanır, çamur ise çamur yatağının üzerine geri döner. Anaerobik perdeli reaktör yukarı akışlı çamur reaktörlerinin bir türüdür.

Anaerobik filtre atıksudaki karbonlu organik maddeleri arıtmak için kullanılan, değişik tipte katı ortam ile doldurulmuş bir reaktördür. Atıksu tabandan yukarı çıkarken filtre üzerindeki anaerobik bakterilerle temas eder, bakteri katı ortam üzerine yapışıp bağlı kalır. Düşük kirlilikteki suların arıtılmasında kullanılır.

Aşağı akışlı filtre reaktörde yüzeyinde biyofilm oluşumu ile aynı zamanda gazın yukarıya çıkması ve katı maddelerin çökmesini sağlayacak kanallar bulunan özel plastik dolgu malzemeleri kullanılır.

Akışkan yataklı reaktörde, geri devir suyu giriş suyu ile birleştirilerek akımın reaktör içinde yukarıya yükseliş hızı artırılır ve böylece yatak akışkan hale getirilir. Biyokütle akışkan haldeki yatak üzerinde tutulur. Bu tip reaktörler çok yüklenmelerden etkilenmez, yüksek giderim kapasitesine sahiptir.

KOI değeri 15 000-20 000 mg/L olan genç depo sızıntı suyunun havasız ardışık kesikli reaktör (HAKR) ve havasız hibrit yataklı filtre ile arıtma üzerine çalışmalar yapılmıştır. HAKR’de 10-15 gün hidrolik bekleme süresi esnasında 2,8 kg TOC/m³.gün organik yükleme ile %74 TOC (%73 KOI) giderimi elde edilmiştir. Ortalama metan dönüşüm hızı 0,74 m³ CH₄ / kg ile giderilen TOC bulunmuştur[27].

İnanç ve arkadaşları[28], genç depo sızıntı sularının yukarı akışlı anaerobik çamur yataklı filtre, anaerobik fitler ve hibrit yataklı filtre ile arıtılması üzerine çalışmalar yapmıştır. Hidrolik bekleme zamanı 2- 4 gün ve organik yük 1,3-8,2 kg KOI/m³.gün değerinde tüm reaktörlerde %80-90 KOI giderimi sağlanmıştır. Giriş suyunda bulunan yüksek miktardaki amonyak konsantrasyonu inhibisyona sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Amonyak inhibisyonundan anaerobik filtre çok az miktarda etkilenirken çamur yataklı filtre aşırı miktarda etkilenmiştir.

Kennedy ve arkadaşları [29], ön arıtmadan geçmiş sızıntı suyu ile aşağı akışlı sabit film yataklı reaktörde yaptıkları çalışmada 1,5 gün bekletme süresi ile 14,7 kg KOI/m³.gün yüklemede %94 KOI giderimi elde edilmiştir. Aynı yük ve bekleme zamanında işletilen yukarı akışlı anaerobik reaktörde ise %97 KOI giderimi elde edilmiştir. Ağır metal birikimi ilk reaktörde biyofilm tabakası üzerinde 2. reaktörde ise çamur yatağı içinde olmuştur.

Genel olarak bahsedilen tüm anaerobik arıtma proseslerinin bazı avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Anaerobik arıtımın avantajları;

-Yüksek miktarda organik madde ihtiva eden suların arıtılmasında etkilidir. Zira aerobik arıtım için gerekli yüksek oksijen transferi çok kirli sularda mümkün değildir.

- Tüketilen organik madde başına üretilen biyokütle (çamur) miktarı çok azdır. Bu aynı zamanda azot ve fosfor ihtiyacının aerobik arıtmaya göre daha az olması sonucunu doğurur. Anaerobik arıtmada gerekli Azot (N) ve Fosfor (P) oranı aerobik arıtmadaki ihtiyacının %10 u kadardır.
- Ekonomik değeri olan metan gazı üretimi sağlanır. Tüketilen her kg KOİ için standart şartlarda 0,35 m³ civarında metan üretilir.
- Havalandırma için ekipman ve enerji ihtiyacı yoktur.
- Koku problemi yoktur.
- Anaerobik biyokütle, tesise atıksu girişi olmasa da aylarca canlı kalabildiğinden mevsimlik arıtma içinde uygundur.

Anaerobik arıtımın dezavantajları;

- Mevcut ortam sıcaklığında anaerobik faaliyet çok düşüktür.
- Anaerobik bakterilerin büyüme hızı yavaş olduğundan, uygun aşı bulunamadığı durumlarda tesisin işletmeye alınması için uzun süre gerekmektedir.
- Anaerobik bakteriler birçok bileşiklerce inhibe olabilirler.

Sızıntı suyu arıtımı anaerobik arıtma prosesi seçiminde bu avantaj ve dezavantajların çok iyi bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir. İyi bir işletme yapılabilmesi için bahsedilen bu dezavantajlar için gerekli önlemler alınmalıdır.

5.4.2. Fiziko-kimyasal arıtma

Son 20 yıldan beri, fiziksel ve kimyasal arıtma proseslerinin ham sızıntı suyuna ve biyolojik olarak arıtılmış sızıntı suyuna tatbikatı üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal arıtma prosesleri sadece biyolojik olarak parçalanabilecek organik maddeleri düşük olan yaşlı depo sızıntı sularında veya biyolojik olarak arıtılmış sızıntı suyunu iyileştirmede kullanılır. Kimyasal çöktürme, iyon değiştirme, aktif karbon adsorbsiyonu, kimyasal oksidasyon, granüler filtrasyon, ultrafiltrasyon, ters osmos ve kırılma noktası klorlaması kullanılan başlıca fiziksel ve kimyasal proseslerdir.

Kimyasal çöktürme ile hem metaller, hem de amonyak ve AOX dahil organik bileşenler giderilebilir. Organik bileşenler arasında, mol ağırlığı >1000 g/mol olanlar bu yöntemle kolaylıkla giderilebilmektedir. Sızıntı suyunda, bunlar genellikle biyolojik bozuşma prosesleri sonucunda oluşan bileşiklerdir. Organik kirliliklerin kimyasal çöktürme ile verimli şekilde giderilmesi için, BOI_5/KOI oranının <0.1 olması gerekir. Bundan dolayı, sızıntı suyu arıtmasında kimyasal çöktürme ancak biyolojik arıtmadan sonra ileri arıtma prosesi olarak uygulanmalıdır.

Çöktürme kimyasalı olarak genellikle demir ve alüminyum tuzları yada kireç kullanılmaktadır. Kimyasal çöktürme için aşağıdaki kurallara dikkat edilmelidir:

- Minimum dozaj, sızıntı suyunun kirletici muhtevasıyla birlikte zamanla değişebilir. Fe^{3+} tuzları kullanıldığında, minimum dozaj genellikle $0,25 - 0,5$ kg/m³ mertebesindedir.
- Çöktürme için gerekli olan pH, demir tuzları kullanıldığında $4,5 - 4,8$ arasında olmalıdır. Alüminyum tuzları kullanıldığında ise optimum pH değeri $5,0 - 5,5$ arasında bulunmalıdır. pH ayarı, kimyasalların ilavesi (1 g $CaCO_3$ başına $2.5 - 2.7$ g Fe^{3+}) veya kombine kimyasal ve asit ilâvesi ile yapılabilir. İkinci yöntem ile çamur miktarı önemli miktarda azaltılabilmektedir.

Amonyak giderimi için ayrı bir aşamada magnezyum oksit ve fosfor asitleri kullanılabilir. Çöktürme ürünü olan $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$, tarımda gübre olarak kullanılabilir. Bu yöntem özellikle hassas alıcı ortamlarda ötrofikasyonu önlemek için gerekli olabilir. Dozaj ihtiyacı, $4,4 - 5,2$ kg MgO : $8,9 - 10,0$ kg H_3PO_4 : 1 kg NH_4-N mertebesindedir. Optimum pH, $9,0$ civarındadır.

İyon Değiştirme; Organik madde tipi ve kullanılan iyon değiştirici reçineye bağlı olarak organik madde giderimi başarılı bir şekilde yapılabilir. Genç depo sızıntı sularında organik madde giderimi düşüktür. Biyolojik arıtmaya uğramış sızıntı sularının iyon değiştirmeye tabi tutulması durumunda yüksek KOI giderimi elde edilebilir.

Aktif Karbon Adsorbsiyonu; Organik madde giderimi yumaklaştırma ve çöktürmeden daha yüksektir. Genç depo sızıntı suları için uçucu yağ asitlerinden dolayı TOC gideriminde verim düşüktür. Biyolojik olarak giderimi zor olan organiklerin solventleri ve hümit asitlerin gideriminde yüksek verim elde edilir. Bu nedenle yaşlı sızıntı sularında KOI gideriminde kullanılır.

Kimyasal Oksidasyon; Birçok araştırmacı sızıntı suyu arıtımında klor, kalsiyum, hipoklorit, potasyum, permanganat ve ozon gibi kimyasal oksitleyiciler üzerine çalışmalar yapmıştır. Ho [30], yüksek dozlu oksitleyiciler kullanarak renk ve demir giderileceğini ispatlamıştır.

Granüler Filtrasyon; Granüler filtrasyon askıda katı maddeleri giderir. Aktif karbondan önce kullanıldığından AKM'lerin aktif karbon kolonlarının tıkanmasını önler. Biyolojik olarak arıtılmış sızıntı suyu deşarj yönünden AKM standartını sağlamazsa granüler filtrasyon kullanılabilir.

Ultra Filtrasyon; Sızıntı suyunda yüksek moleküler ağırlıklı maddelerin giderilmesinde kullanılır. Düşük molekül ağırlıklı parçalar filtreden dışarı kaçar. Biyolojik olarak arıtılmış sızıntı sularında başarıyla kullanılır.

Ters Osmos; Özellikle ultra filtrasyon ve ters osmos sızıntı suyu arıtımında tercih edilen yöntemlerdir. Bu iki membran filtre yönteminin ayrılma sınırları ultrafiltrasyon 2-10 bar, ters osmos 10-80 bar şeklindedir. Sızıntı suyunun asit fazı haricindeki diğer fazlarda ters osmos ile yüksek arıtma verimi elde edilir. Asit fazdaki sızıntı suyu çok küçük organik moleküller ihtiva ettiğinden ultra filtrasyon ve ters osmos ile başarılı giderim elde edilemez. Sızıntı suyu arıtımında membran malzemesi olarak genellikle poliamit, polisülfan ve selüloz asetat kullanılmaktadır.

6. ODAYERİ ÇÖP SIZINTI SULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

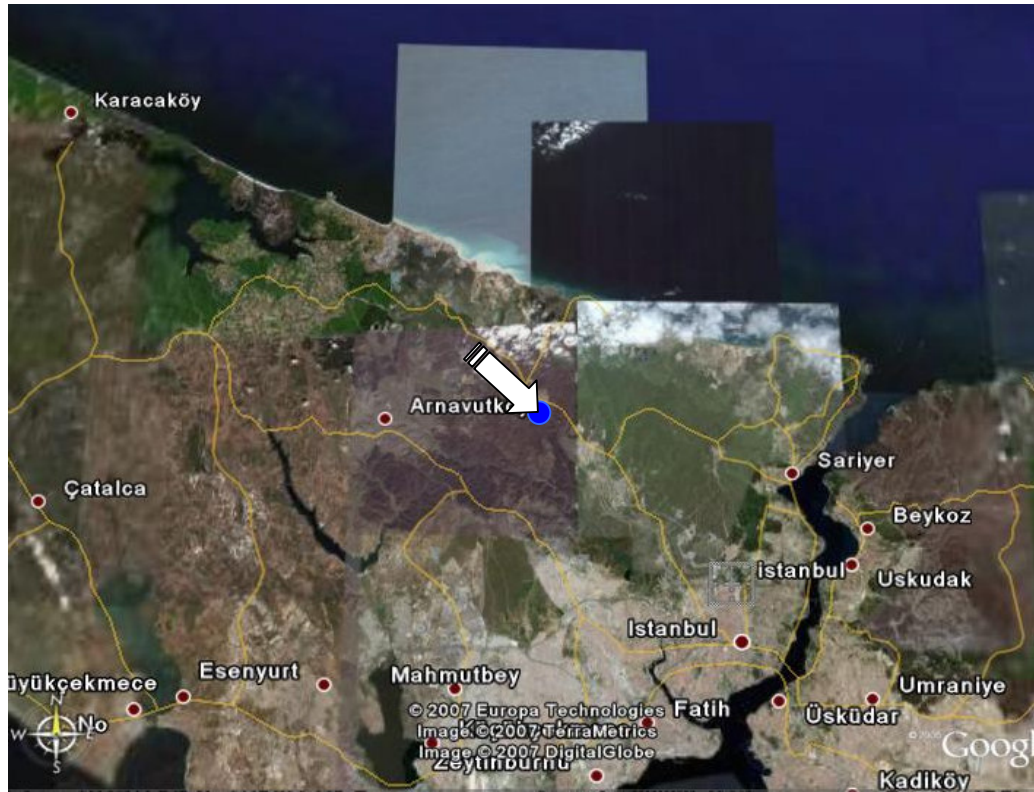
Türkiye’de katı atıkların ciddi anlamda gündeme gelmesi, İstanbul Ümraniye’de Hekimbaşı çöplüğü olarak bilinen vahşi depolama yöntemi kullanılan sahada yaşanmış ve ölümle sonuçlanan üzücü bir patlamanın neticesinde olmuştur. Bu olaydan sonra İstanbul’da katı atıkların bertaraf edilmesi ile ilgili çalışmalara ağırlık verilmiş ve bu konuda oldukça ilerleme kaydedilmiştir. Biri Avrupa yakasında diğeri ise Anadolu yakasında olmak üzere iki düzenli depolama tesisinde İstanbul’un tüm çöpleri depolanmaktadır. Bu sahalardan Avrupa yakasında bulunan Odayeri Düzenli Depolama Tesisii çalışma sahamız olarak seçilmiştir. Bu saha 1995 yılında işletmeye alınmış olup burada hücreleme yöntemiyle düzenli depolama yapılmaktadır. Odayeri düzenli depolama sahası eski bir maden ocağıdır. Saha III. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır.(Bkz EK II). Saha hafif eğimli bir vadide kurulmuş olup kil, kum, çakıl ve kömür içeren tabakalarla kaplıdır. Bu saha 25 yıllık ihtiyacı karşılayacak şekilde projelendirilmiştir. Saha 59 ha’ lık bir alana sahip olup, mevcutta 25 ha’ lık kısmı kullanılmaktadır. Katı Atık Bertaraf Tesisii depolama alanı, sızıntı suyu arıtma tesisii ve idari yapılardan mevcuttur. Ayrıca tesiste depolama alanının hemen yakınında Tıbbi Atık Yakma Tesisii de mevcuttur.

Depo sahasında taban geçirimsizliği teşkili, 60 cm kil tabakası üzerine 2 mm kalınlığında yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) folye ile kaplı olan bir tabakayla sağlanmıştır. Sızıntı suyu drenaj sistemi ise geomembranı korumak amaçlı döşenmiş geotekstil üzerine serilmiş çakıl ve drenaj borularından oluşmaktadır. Saha içersine, saha çevresinden yüzey sularının girmesini önlemek için çevre hendeği ve seddeler mevcuttur.

Oluşturulan geçirimsizlik tabakasının üzerine depo gazını toplamak için sahaya dikey olarak etki yarıçapı 25-50 m olan gaz bacaları yerleştirilmiştir. Burada bahsi geçen etki yarı çapı; baca tarafından gazların toplanıldığı alanın yarıçapını ifade etmektedir. Bu şekilde sahada yerleştirilen bir gaz bacası 50-100 m çapındaki bir alanda gaz toplanılmasını sağlamaktadır. HDPE delikli borulardan oluşan bu bacalar 150 mm

çapındadır. Gaz bacalarının çevresinde, drenaj malzemesi ile doldurulmuş ve çelik ızgarayla çevrilmiş filtre tabakası vardır.

Depo tabanı hazırlandıktan sonra 1,5-2 m kalınlığında ve geçirimsizlik tabakasına zarar vermeyecek özellikte çöp depolanmıştır. Sahaya getirilen çöpler 1/3 eğimle teşkil edilen hücre yüzeyine 50-60 cm kalınlıkta serilerek kompaktörlerle sıkıştırılmaktadır. Hücre yükseklikleri yaklaşık 5 m ve ara örtü toprağı 15 cm kalınlığındadır. Saha halen kullanılmaya devam etmekte olup, sahada oluşan sızıntı suları için arıtma tesisi mevcuttur. Burada arıtılan sızıntı suları, İSKİ kolektör sistemine taşınmaktadır. Bunun nedeni deşarj limitlerinin henüz tam olarak sağlanamamış olmasından kaynaklanmaktadır. Bu standartların sağlanması için projelendirilen membran arıtma sistemi inşaatı halen devam etmektedir. Sahanın yeri Resim 6.1 de gösterilmiştir.



Resim 6.1.Odayeri düzenli depolama sahası yeri

6.1. Odayeri Mevcut Arıtma Tesis

Odayeri düzenli depolama tesisinde sızıntı suları ön arıtmadan geçirildikten sonra kimyasal arıtma ve arkasından biyolojik arıtmaya tabi tutulmaktadır. Şekil 6.2. de sızıntı suyu arıtma tesisine ait genel bir görünüm verilmiştir. Depolama sahasında depolanan çöplerden oluşan sızıntı suları, drenaj boruları ile sızıntı suyu toplama havuzlarına iletilmekte, 2 adet aeratör ile havalandırılarak oksijen miktarı arttırılmakta ve CO₂ giderimi sağlanmaktadır. Ayrıca havuzda, köpük oluşumunu engellemek amacıyla köpük kırıcı dozlanmaktadır. Ön havalandırması sağlanan sızıntı suyu terfi pompaları ile çöktürme havuzuna sevk edilmektedir.

Çöktürme havuzunda Ca, Mg gibi inorganik maddelerin oksijen ile tepkimeye girmesi sonucu, inorganik iyonlar bileşik oluşturup çökmektedirler. Böylece bir miktar geçici sertlik ve askıda katı madde giderimi sağlanmaktadır. Çökelen bileşikler sıyrıcı ile toplanarak çamur havuzuna gönderilmektedir.

Savaklanan sızıntı suyu, kireç ve kostik (kalsiyum hidroksit) ilavesi ile karıştırılarak kimyasal çöktürme havuzuna sevk edilmektedir. Kostik ilavesi ile amonyak havuzu öncesi istenilen pH seviyesine ulaşılmaktadır. Kireç ve kostik kullanımı ile, karbonat ve hidroksit bileşiklerinden kaynaklanan sertliğin giderimi sağlanmaktadır. Havuz üzerinde bulunan pH metre sayesinde pH ve sıcaklık kontrolü yapılmaktadır. Kimyasal reaksiyon havuzundan kimyasal çöktürme havuzuna gelen sızıntı suyu çöktürmeye tabi tutulur, çökelen bileşikler (çamur) çamur tankına gönderilir ve savaklanan sızıntı suyu amonyak havuzuna sevk edilmektedir.

Amonyak giderimi için sızıntı suyu, amonyak havuzunda “yüksek pH da” , 4 adet yüzer dubalı aeratörler ile havalandırılmaktadır.

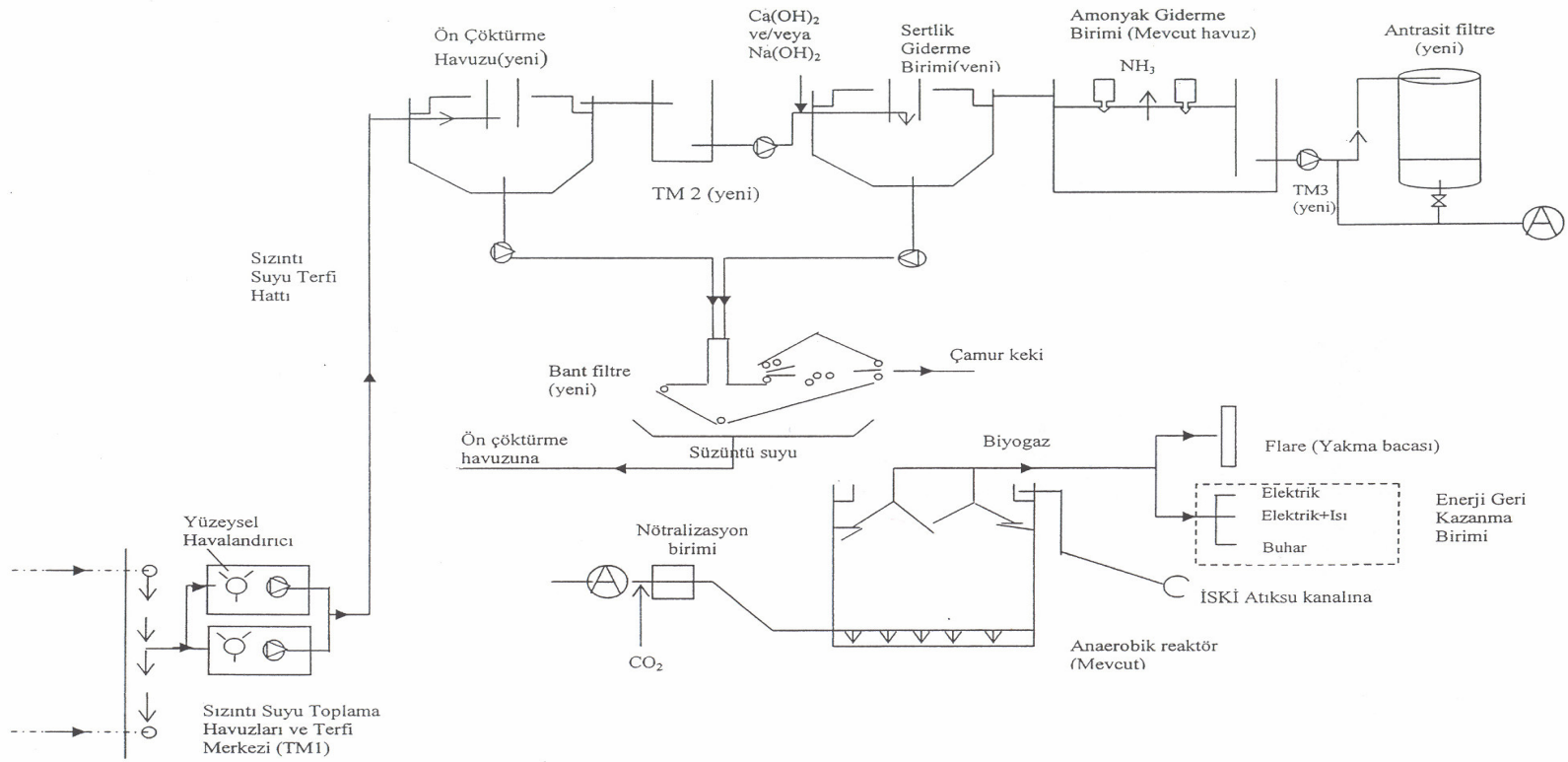
Amonyak ve sertlik giderimi uygulanan sızıntı suyu, boru hatlarında tıkanıklığı önlemek amacı ile antrasit filtrelerden geçirilmektedir. Böylece boru hatlarında oluşabilecek tıkanıklık engellenmektedir. Anaerobik çamur bünyesindeki bakteriler 35±2 °C de aktif olduklarından, su sıcaklığı eşanjör vasıtası ile 35±2 ° C ‘ye

getirilerek optimum sıcaklık elde edilerek, şartlandırma havuzuna transfer gerçekleştirilmektedir.

Şartlandırma havuzunda mikro-makro nutrient ilaveleri ve pH ayarlamaları yapılmaktadır. Amonyanın giderimi esnasında yükseltile pH, HCl asidi ilavesi ile 6,5-7,5 seviyesine getirilmektedir. FeCl_3 ve H_3PO_4 gibi besi maddeleri eklenerek bakterilerin besi ihtiyacı karşılanmaktadır.



Resim 6.2.Odayeri sızıntı suyu arıtma tesisi genel görüntüsü



Şekil 6.1. Odayeri sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması

Sızıntı suyu, şartlandırma havuzundan yukarı akışlı anaerobik reaktör ünitesi girişine verilmektedir. Tabandan dağıtım sistemi ile beslenen su, havasız granül bakteri yatağından geçirilmektedir. Bu yatakta organik maddeler metan bakterileri tarafından parçalanarak CH_4 ve CO_2 gibi gazlara dönüştürülmektedir.

Yeterli miktarda oluşacak metan gazı, reaktörün üst kısmından toplanarak, borularla kazan dairesine sevk edilerek sistemin ısı ihtiyacını karşılayabilecektir. Fazla gaz ise yakıcıda yakılarak atmosfere salınmaktadır. Reaktör ünitesinde oluşan fazla çamur ise anaerobik çamur tankına gönderilmektedir. Arıtılan sızıntı suyu İSKİ kollektörüne tahliye edilmektedir.

Çöktürme havuzlarında sıyrıcılar ile toplanan çamur, kimyasal çamur havuzuna aktarılmaktadır. Kimyasal çamur havuzundaki çamur, karıştırıcılar vasıtası ile karıştırılarak, uygun seviyeye geldiğinde besleme pompaları tarafından çekilerek presleme ünitesine verilmektedir. Besleme öncesinde, katı madde muhtevasını arttırmak ve çamurun yumaklaşmasını sağlamak amacı ile polielektrolit hazırlama ünitesinde hazırlanan su-polimer karışımı, besleme pompaları girişine verilmektedir. Polimer ilavesi yapılan çamur preslemeye gönderilir. Presler ile çamur sıkıştırılarak kek haline getirilmektedir. Bu esnada oluşan süzüntü suyu, süzüntü suyu toplama havuzunda toplanarak, buradan dalgıç pompalar ile kimyasal çöktürme havuzuna sevk edilmektedir. Elde edilen kek halindeki çamur, konveyörler ile konteynırlara, oradan da depolama sahasına gönderilerek bertaraf edilmektedir.

Sızıntı Suyu Arıtma Tesis Ekipmanları : Odayeri düzenli depolama tesisinde fiziko-kimyasal ve biyolojik arıtma ile çamur susuzlaştırma için kullanılan ekipmanları ve kapasiteleri Çizelge 6.1-6.3 te verilmiştir.

Çizelge 6.1. Odayeri arıtma tesisi önarıtma ekipmanları

	ADET	KAPASİTE
Sızıntı Suyu Toplama Havuzu :	1 adet	675 m ³
Sızıntı Suyu Toplama Havuzu :	1 adet	1800 m ³
Sızıntı Suyu Toplama Havuzu Aeratörleri	2 adet	22 kw
Köpük Kırıcı Tankı	1 adet	3,5 ton
Terfi Pompaları :	2 adet	68 m ³ / h
Çöktürme Havuzu :	1 adet	285 m ³
Kimyasal Reaksiyon Havuzu :	1 adet	50 m ³
Kostik Tankı :	2 adet	20 m ³
Kimyasal Çöktürme Havuzu :	1 adet	255 m ³
Amonyak Havuzu :	1 adet	4900 m ³
Amonyak Havuzu Aeratörleri :	4 adet	22 kw
Kireç Tankı :	1 adet	60 m ³
Antrasit Filtreler :	2 adet	50 m ³ / h
Antiskalant Tankı :	1 adet	6 m ³

Çizelge 6.2. Odayeri arıtma tesisi biyolojik arıtma ekipmanları

	ADET	KAPASİTE
Eşanjör :	2 adet	42 m ³ / h
Şartlandırma Havuzu :	1 adet	70 m ³
HCl tankı :	1 adet	6 m ³
FeCl ₃ tankı :	1 adet	2 m ³
H ₃ PO ₄ tankı :	1 adet	5 m ³
Anaerobik Reaktör :	2 adet	1000 m ³
Reaktör Besleme Pompaları	2 adet	240 m ³ /h
Anaerobik Çamur Deposu :	1 adet	500 m ³

Çizelge 6.3. Odayeri arıtma tesisi çamur susuzlaştırma ekipmanları

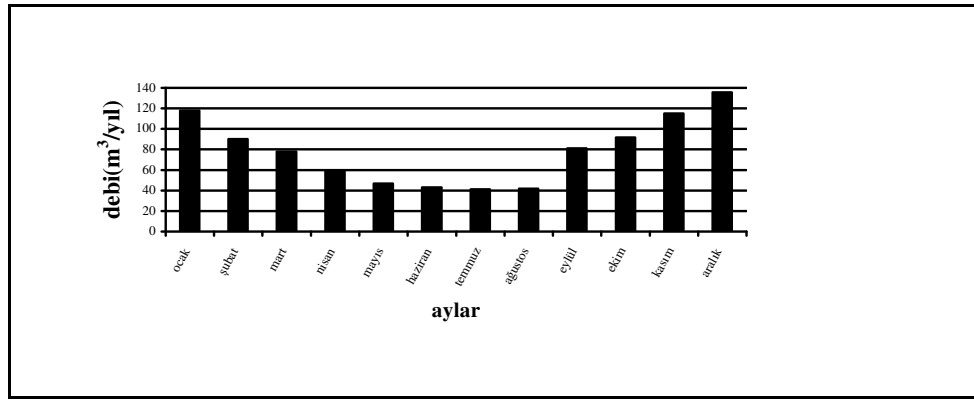
	ADET	KAPASİTE
Kimyasal Çamur Havuzu	1 adet	52 m ³
Bely Pres :	3 adet	8–15 m ³ /h
Konveyör :	2 adet	800 mm
Belt Pres Süzöntü Suyu Havuzu :	1 adet	13,5 m ³
Polimer Hazırlama Tankı	1 adet	1 m ³
Beltpress Besleme Pompaları	3 adet	8-15 m ³ /h

6.2. Sahada Oluşan Sızıntı Suyu Miktarları

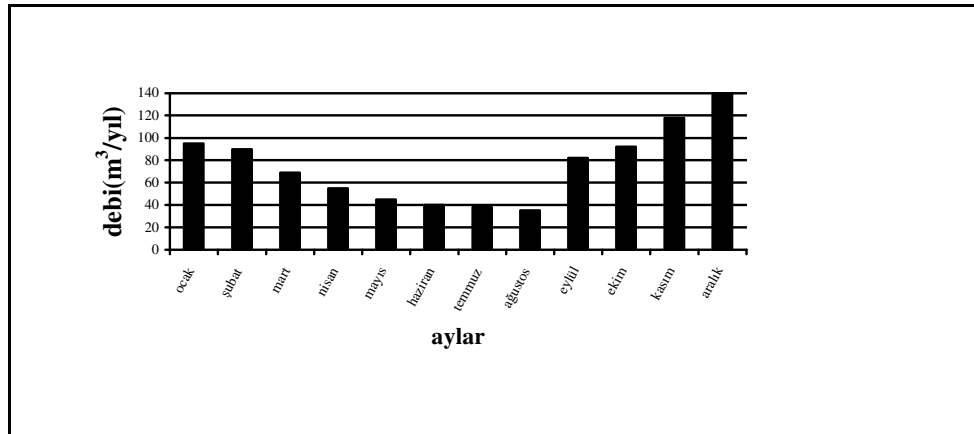
Düzenli depolama sahalarında sızıntı suyu oluşumuna pek çok faktör etki etmektedir. Bunlardan en önemlileri yağış miktarı ve atık içeriğindeki su muhtevasıdır. İstanbul'daki katı atıkların su muhtevasının, önceki çalışmalarda bölgelere ve

mevsimlere göre değiştiği görülmüş ve İstanbul geneli için, atığın kütlesine bağlı olarak, kışın ortalama kütlece %50, yazın ise ortalama kütlece %47 alınabileceği tespit edilmiştir[6].

Odayeri'ne ait sızıntı suyu miktarları değerlendirirken buraya ait yağış miktarları ve gelen atık miktarı da araştırılmıştır. İstanbul'da uzun yıllar (85yıl) boyunca yapılan ölçümlerle tespit edilen aylara göre ortalama yağış miktarları şekil 6.2'de verilmiştir. 2005 yılına ait yağış değerleri ise şekil 6.3'de verilmiştir.



şekil 6.2. İstanbul uzun yıllar yağış verileri



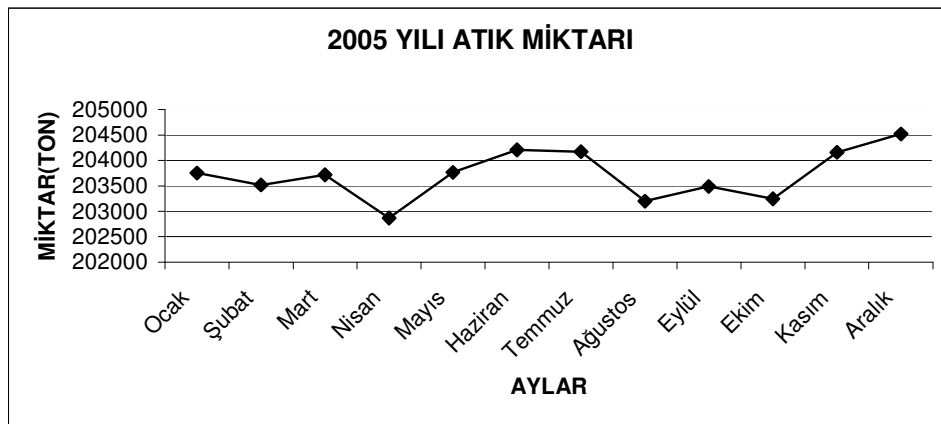
şekil 6.3. 2005 yılına ait İstanbul yağış verileri

Depo sahasında oluşan sızıntı suyu miktarında yağışın etkisi büyüktür. Bu nedenle bölgeye düşen yağış miktarının takip edilmesi sızıntı suyu tahminleri yönünden önemlidir. İstanbul için uzun süreli yağış verileri ve 2005 yılına ait verilere bakıldığında; sonbahar ve kış aylarında yağış miktarının fazla olması bu mevsimlerde sızıntı suyunda bir artış olabileceğini göstermektedir. Tabii sadece yağış verilerine bakmak yeterli olmamaktadır. Sahaya gelen atığın miktarının da bilinmesi gerekmektedir.

Düzenli depolama sahasına gelen atık miktarı aktarma istasyonlarında düzenli olarak ölçülmekte olup sahaya gelen atık miktarının tespitinde bu değerlerden yararlanılmıştır. Sahada 2005 yılında depolanan atık miktarları Çizelge 6.4 ve Şekil 6.4’ de verilmiştir.

Çizelge 6.4. Odayeri sahasında 2005 yılında depolanan katı atık miktarları (İSTAÇ)

AYLAR	MİKTAR(Ton)	AYLAR	MİKTAR(Ton)
Ocak	203751	Temmuz	204171
Şubat	203520	Ağustos	203201
Mart	203716	Eylül	203487
Nisan	202870	Ekim	203245
Mayıs	203768	Kasım	204163
Haziran	204211	Aralık	204522



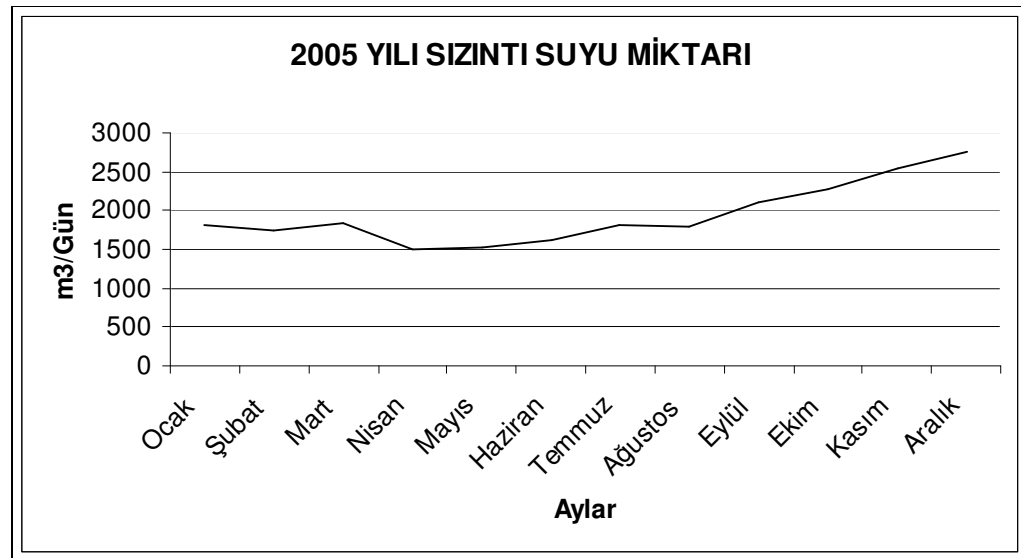
Şekil 6.4. 2005 yılına ait atık miktarları

Atık miktarlarına bakıldığında yaz aylarında ve kış aylarına doğru artış görülmektedir. Yaz aylarındaki artış özellikle meyve ve sebze miktarındaki artışa bağlı olmaktadır. Kış aylarında ise çöp içerisinde ısınmadan kaynaklı olarak kül miktarında artış gözlenmiştir.

Yağış ve atık miktarları da göz önüne alınarak sızıntı suyu miktarındaki değişim yorumlanmaya çalışılmıştır. Çalışmalarımızda sızıntı suyu arıtma tesisinde günlük olarak yapılan ölçümlerden yararlanılmıştır. 2005 yılına ait ölçülen sızıntı suyu miktarları Çizelge 6.5 ve Şekil 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5. Odayeri depo sahasında 2005 yılına ait sızıntı suyu verileri (İSTAÇ)

AYLAR	MİKTAR(m ³ /gün)	AYLAR	MİKTAR(m ³ /gün)
Ocak	1805	Temmuz	1810
Şubat	1735	Ağustos	1782
Mart	1830	Eylül	2100
Nisan	1500	Ekim	2282
Mayıs	1530	Kasım	2550
Haziran	1630	Aralık	2760



Şekil 6.5. 2005 yılına ait sızıntı suyu miktarları

Sızıntı suyu miktarlarına ait grafik incelendiği sonbahar ve kış aylarında sızıntı suyu miktarının yaz aylarına oranla fazla olduğu görülmektedir. Yağış grafiğini de göz önüne aldığımızda bu durumun yağış miktarlarıyla paralellik gösterdiği anlaşılmaktadır. Yaz aylarında sızıntı suyu miktarlarının daha az olmasına bu dönem yağışların az olması ve buharlaşmanın fazlaşması etki ettiği düşünülebilir. Yaz aylarında yoğun buharlaşma ve düşük yağış miktarı görülmekle birlikte, sızıntı suyunda ciddi bir düşüş görülmemiştir. Bunda en büyük etkinin yaz aylarında gelen atığın içerisindeki yüksek nem miktarıdır. Mart-Nisan arasındaki düşüşte bunu kanıtlar niteliktedir. Bu dönemde hem yağış miktarı düşük, hem de atık miktarı azdır. Bu nedenle sızıntı suyu miktarı en düşük bu aylarda gözlemlenmiştir.

6.3. Odayeri Sahasında Yapılan Deneysel Çalışmalar

Odayerinde yapılan çalışmalarla mevcut arıtma sistem veriminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle KOİ ve amonyak giderimi hedeflenmiş olan tesiste, bu parametrelere ait giderimin ne oranda yapıldığı gözlemlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla İstanbul Odayeri düzenli depolama sahasında sızıntı sularının değişimini gözlemlemek için 12 ay boyunca KOİ ve $\text{NH}_4\text{-N}$ takibi yapılmıştır. Örnekler aylık olarak, sızıntı suyu toplama havuzu ve reaktör çıkışı olmak üzere iki noktadan alınmıştır. Odayeri katı atık düzenli depolama sahasında Mart 2005 –Şubat 2006 tarihlerini kapsayan tüm analizler yapımında aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır. Tüm deneyler her ayın ilk haftasında yapılarak, aylık değerlerin yansıtılmasına çalışılmıştır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini: U.S. Standart Metod 5220 D ISO 15705 metoduna göre yapılmıştır. Deneyin yapılışı; 50 ml sızıntı suyu saf su ile 150 ml ye tamamlanır. Böylece sızıntı suyu 3 kat seyreltilmiş olur. Seyreltme istenildiği kadar yapılabilir ancak kullanılan kitlerin okuma aralığı 500-1000 mg/L olduğundan 3 kat seyreltilmektedir. 150 ml lik bu karışımdan 1 ml numune alınır ve KOİ kitine dökülür. Daha sonra MERCK TR 120 marka reaktörde 148°C de 120 dakika süre ile bu kit ısıtılır. 2 saatlik sürenin sonunda kiti çıkararak soğumaya bırakılır. Yaklaşık 30 dakika sonra kiti MERCK NOVA 60 Spektrofotometre cihazına takılarak 605 nm

dalga boyunda okunur. Okunan bu değer seyreltme oranı ile çarpılır ve KOİ değerine ulaşılır.

(Burada kullanılan kit; içerisinde sülfürik asit bulunduran potasyum bikromat karışımıdır. Bu karışım örnekteki oksitlenebilecek organik ve inorganik materyalleri reaksiyona sokmakta ve kendisi harcanmaktadır. Reaksiyon sonunda krom +6 değerlik basamağından +3 basamağına indirgenmektedir. Oluşan Cr^{3+} yeşil renklidir ve bunun absorbandsındaki değişimden numunenin KOİ değerine ulaşılmaktadır. Bu reaksiyonu katalizlemek için Ag_2SO_4 ve klorürü maskelemek için HgSO_4 katkı maddeleri kitin içine konmuştur. Bu kit için 1 mol $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, 1,5 mol O_2 eşdeğerliği vardır. Standart zeltirle cihazın kalibrasyonu yapıldığından ayrıca kalibrasyon eğrisi kullanılmamıştır.)

NH₄ -N Tayini : Burada izah edilen tayin metodu, U.S. Standard Methods 4500 – NH₃ D, ISO 7150/1 veya EPA 350.1 metotlarına eşdeğer bir metottur. Atık sulardaki amonyum azotu ortam pH'ına bağlı olarak kısmen NH_4^+ , kısmen de NH₃ formlarında bulunmaktadır. Dolayısıyla ortam pH'ı düzenlenerek tüm azotun amonyum formuna dönüşmesi gerekmektedir. 10 ml sızıntı suyu (bulanık numuneler önce süzülmelidir.)saf su ile 300 ml ye tamamlanır. 30 defa seyreltilmiş olan numuneden 0,1 ml alınarak NH₄-N kitine dökülür. Böylece su numunesi kuvvetli bir baz olan NaOH ile muamele edilerek pH 11,5-11,8 arasına ayarlanmış olur. Daha sonra toz halinde bulunan NH₄.1K belirteç reaktifinden ilave edilir. Oluşan amonyum kit içerisindeki hipoklorür iyonu ile reaksiyona girerek monoklor amin yapısına dönüştürülür. Karışım iyice çalkalanır ve 15 dakika beklemeye bırakılır. Oluşan monoklor amin, blue indofenol reaktifi ile reaksiyona girer ve fenolik bir yapıya dönüşür. Bu reaksiyonun takibi indofenoln mavi-yeşil rengindeki değişim ile yapılır. Buradaki renk en az 60 dakika kararlı olmalıdır. 15 dakikalık sürenin sonunda MERCK NOVA 60 spektrofotometre cihazında absorbands değeri 690 nm dalga boyunda okunur. Daha sonra, okunan bu değer seyreltme oranı ile çarpılarak sonuca varılır.

Periyodik kontrol çalışmaları

Odayeri depolama sahasında sızıntı suyu karakterizasyonu için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çizelge 6.6 de Odayeri'ndeki sahaya ait daha önceden 5 yıllık bir periyot için yapılan çalışma sonuçları görülmektedir[6]. Bu çalışmalar belirli parametreler takip edilerek sızıntı suyu karakterizasyonunun ve zaman içerisinde bu parametrelerdeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Çizelge 6.6. Odayeri sızıntı suyu karakterizasyonu

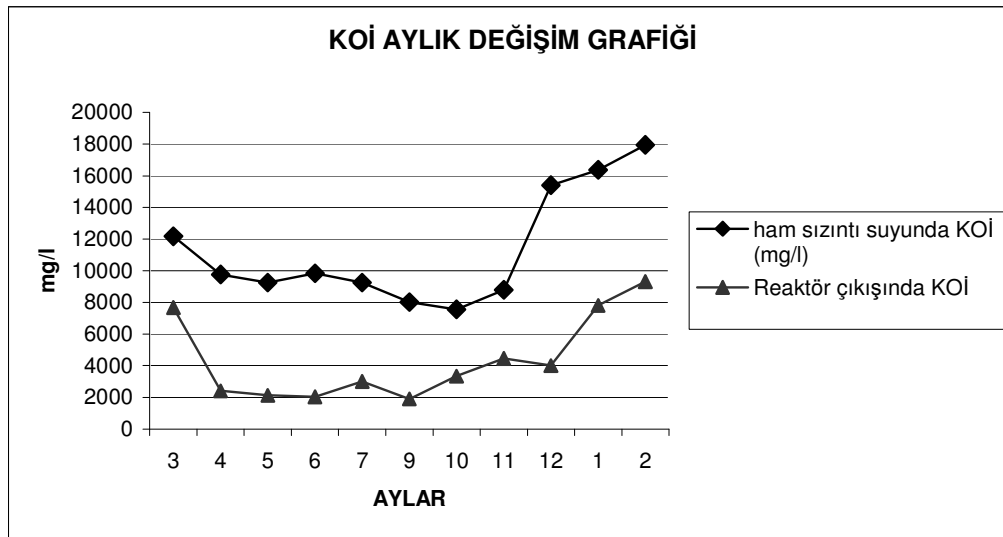
Parametre	1995	1996	1997	1998	1999
KOİ(mg/l)	44000	45000	31000	20000	18500
BOİ(mg/l)	19500	22000	18000	13000	9500
AKM(mg/l)	1000	3000	700	550	300
NH ₃ _N(mg/l)	155	150	850	900	1380
pH	5,7	5,9	6,7	7,1	7,4

Odayeri sahasında depolamanın başladığı 1995 yılından 1997 yılına kadar sızıntı sularının kirlenici parametreleri oldukça yüksek derişimlerde iken 1999 yılından itibaren bir azalma olduğu görülmektedir. Bunda özellikle depo yaşının önemi büyüktür. Depo yaşı, depolama sahasındaki anaerobik şartlara bağlı olarak, sızıntı suyu karakterini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. İlk birkaç yıl, sızıntı suyu kolayca parçalanabilir organikleri içerir ve uçucu yağ asitlerinin oranı yüksek olduğundan dolayı asidik olur. Depo yaşı yükselmesi, biyolojik ayrışmanın tamamlanmaya başlaması anlamına geldiğinden kolay ayrışır organik madde miktarı düşer. Genç depolama alanında bulunan kolayca parçalanabilir uçucu asitler KOİ' nin büyük kısmını oluşturdıklarından bu oran yüksektir. Atık yaşlandıkça bu oran düşmeye başlar. Katı atık sahası yaşlandıkça (4-5 yıl içinde) amonyak oluşumu arttığından pH 7-8 e yükselir. Çizelge 6.3 incelendiğinde de bu durum açıkça görülmektedir. Buradaki KOİ değişiminde geri devir yapılmasının da etkisi büyüktür. Sızıntı sularının depo sahasına geri devrinden sonra özellikle organik madde miktarı önemli miktarda azalmaktadır. Depo sahasının sızıntı suları ile nemlendirilmesi metanojenik aktiviteyi artırmakta ve KOİ'yi azaltmaktadır. Bu metanojenik aktivitedeki artış pH' yı yükselterek 8 değerlerine çıkarmaktadır[10].

Sahadan gelen ham sızıntı suyu ile kimyasal ve biyolojik arıtma sonrası sızıntı suyu KOİ değerleri ölçülmüş, KOİ değerlerindeki değişim gözlenerek, bu değişime ait veriler Çizelge 6.7.ve Şekil 6.6'de gösterilmiştir. Sızıntı suyu hem fiziksel-kimyasal bir ön arıtmaya, hem de biyolojik anaerobik arıtmaya tabi tutulduğu için aşamalı bir düşüş görülmektedir. Bu sonuçlara göre arıtma tesisine ait verim grafiği de Şekil 6.7'de verilmiştir.

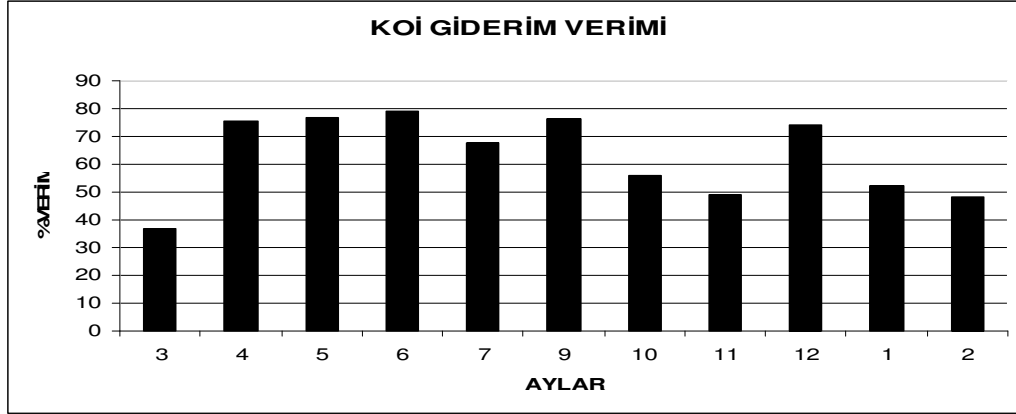
Çizelge 6.7. KOİ miktarlarındaki aylık giriş ve çıkış değerleri

Deney yapılış tarihi	KOİ ham sızıntı suyu değeri	KOİ Reaktör çıkış değeri
06 / 03 / 2005	12 184	7 680
08 / 04 / 2005	9 756	2 407
06 / 05 / 2005	9 247	2 123
04 / 06 / 2005	9 842	2 039
03 / 07 / 2005	9 259	3 000
05 / 09 / 2005	8 024	1 900
10 / 10 / 2005	7 554	3 345
05 / 11 / 2005	8 799	4 472
02 / 12 / 2005	15 411	4 010
07 / 01 / 2006	16 382	7 800
04 / 02 / 2006	17 955	9 300



Şekil 6.6. 2005 yılına ait KOİ giriş ve çıkış değerlerindeki aylık değişim

2005 yılına ait ham sızıntı suyu KOİ değeri ortalama olarak 11 000 mg/l olduğu hesaplanmıştır. Çizelge 6.3 ile kıyaslanacak olursa KOİ değerindeki düşüşün devam ettiği görülmektedir. Bu da sahada bulunan organik madde miktarının giderek azaldığını ifade etmektedir.



Şekil 6.7. 2005 yılına ait KOİ giderim verimi

Arıtma tesisinde KOİ giderim verimine bakıldığında ortalama olarak % 62 civarında olduğu hesaplanmıştır.

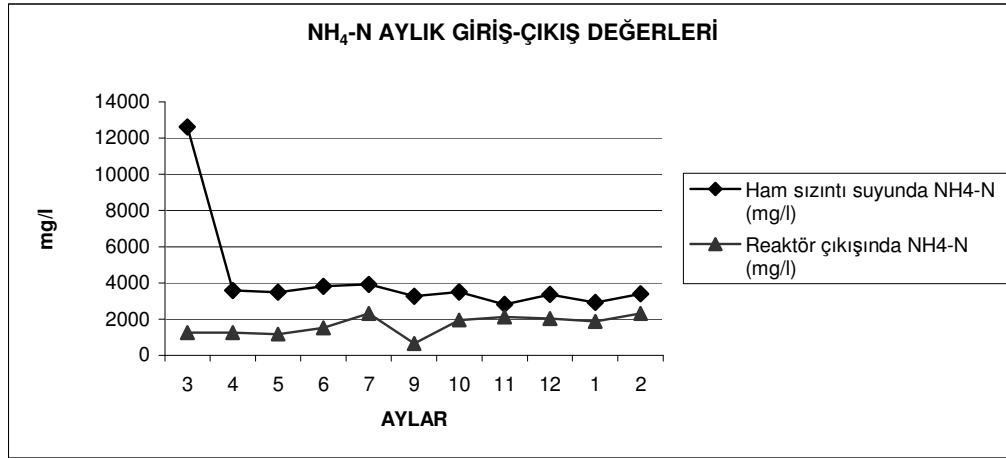
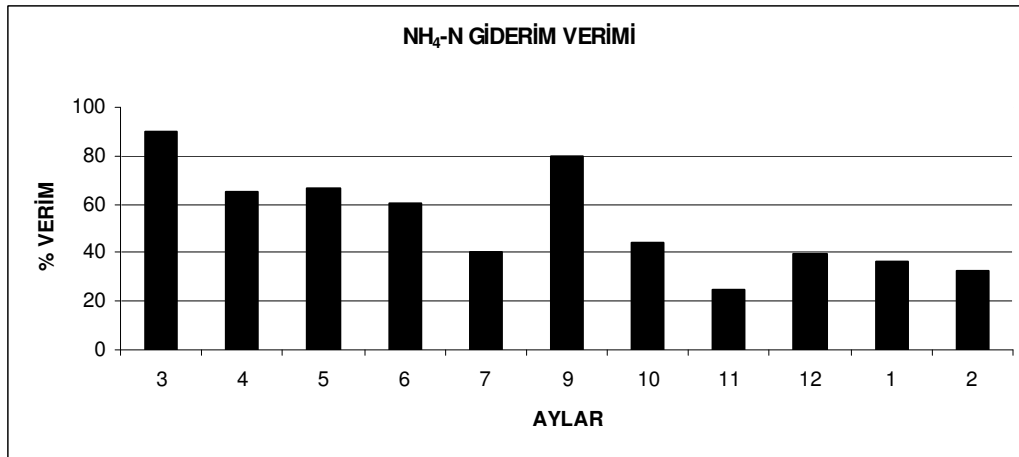
Kirletici potansiyeli etkisinin yüksek olmasından dolayı deşarj edilmeden önce, sızıntı suyundaki azot miktarının düşürülmesi gerekmektedir. Ayrıca sızıntı suyu içerisinde bulunan azot miktarı sahanın yaşının da bir göstergesi durumundadır. Şekil 6.8 ve Çizelge 6.8’de Odayeri depo sahasına ait $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarlarındaki aylık giriş ve çıkış değerleri gösterilmiştir. Arıtma tesisinin azot giderimine ait verim grafiği ise Şekil 6.9’de verilmiştir.

Çizelge 6.8. $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarlarındaki aylık giriş ve çıkış değerleri

Deney yapılış tarihi	$\text{NH}_4\text{-N}$ ham sızıntı suyu değeri	$\text{NH}_4\text{-N}$ Reaktör çıkış değerleri
06 / 03 / 2005	12 625	1 245
08 / 04 / 2005	3 575	1 245
06 / 05 / 2005	3 478	1 164

Çizelge 6.8.(Devam) $\text{NH}_4\text{-N}$ miktarlarındaki aylık giriş ve çıkış değerleri

Deney yapılış tarihi	$\text{NH}_4\text{-N}$ ham sızıntı suyu değeri	$\text{NH}_4\text{-N}$ Reaktör çıkış değeri
04 / 06 / 2005	3 808	1 515
03 / 07 / 2005	3 906	2 318
05 / 09 / 2005	3 269	647
10 / 10 / 2005	3 498	1 954
05 / 11 / 2005	2 815	2 120
02 / 12 / 2005	3 360	2 025
07 / 01 / 2006	2 918	1 862
04 / 02 / 2006	3 403	2 306

Şekil 6.8. 2005 yılına ait $\text{NH}_4\text{-N}$ giriş ve çıkış değerlerindeki aylık değişimŞekil 6.9. 2005 yılına ait $\text{NH}_4\text{-N}$ giderim verimi

Çalışmalar sonucunda oluşturulan bu grafikler arıtma tesisinde ki ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ gideriminin %46 civarında olduğunu göstermiştir. $\text{NH}_4\text{-N}$ giderim verimleri incelendiğinde mart ve eylül ayına ait giderim veriminin ortalamanın çok üzerinde bir değer olduğu görülmektedir. Bu aylara ait verimin bu kadar yüksek olmasına etki edecek bir durum olmadığından, burada yapılan deney sonuçlarında bir hata olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle arıtma verimi hesabında bu değerler muaf tutulmuştur.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; katı atık depolama alanı sızıntı sularının miktarı, karakteristiği ve arıtılması üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir.

Bu çalışmalar göstermektedir ki; sızıntı suyu, katı atık depolama sahalarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu nedenle katı atık yönetiminde en önemli unsur sızıntı suyu miktarının azaltılması olmalıdır.

İkinci önemli unsur ise sızıntı suyunun arıtılması olmalıdır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde sızıntı suyunun ancak entegre arıtma sistemleri ile arıtılabileceği görülmüştür. Bunun en büyük sebebi sızıntı suyu kirliliğinin büyük miktarda organik ve inorganik kirleticiler içermesidir.

Türkiye’de düzenli katı atık depolama alanında faaliyet gösteren tesis sayısı 2006 yılı sonu itibarı ile 16 adettir. Ancak bunlardan çoğunun sızıntı suyu arıtma ve/veya kontrol sistemleri bulunmamaktadır. Bu anlamda modern ve gereklerine uygun bir tesis İstanbul’da 1995 yılında işletmeye alınmış olan Odayeri düzenli depolama sahasıdır.

Çalışmamızda bu tesis ele alınmış ve tesise gelen sızıntı suyu miktarına, atık miktarı ve yağışın etkisi incelenmiştir. Bölgeye ait yağış verileri incelendiğinde kışın yağış miktarının yüksek olduğu gözlenmiştir. Yine sahaya gelen atık miktarı incelenmiş, yaz aylarında organik atık ve kış aylarında kül miktarının artmasından dolayı atık miktarında artış gözlenmiştir. Bütün bu değerler irdelendiğinde sızıntı suyu miktarının kış aylarında arttığı gözlenmiştir. Bu da yağışın sızıntı suyu üzerine ne kadar etkili olduğunu göstermiştir.

Çalışmalarımızda mevcut arıtma tesisinin verimi incelenmeye çalışılmıştır. Arıtma tesisinde $\text{NH}_4\text{-N}$ ve KOİ giderimi amaçlanmış bu nedenle tesisin verimi incelenirken bu iki parametrenin takibi yapılmıştır. Sonuçta, tesisin arıtma verimleri; KOİ için %62, $\text{NH}_4\text{-N}$ için %46 gibi bir değer bulunmuştur. Bu değerler, bu tip bir arıtmadan

beklenen verimin altında kalmakla birlikte, SKKY' ne göre arıtma ile sonuçlanan şebekeye deşarj standartları sağlandığını göstermektedir.

Odayeri depolama sahası sızıntı suları, arıtma tesisi çıkış değerleri sonucuna göre dereye deşarj yapılamamakta ve vidanjörlerle şebekeye taşınmaktadır. Maliyet gerektiren bir sistem olmasından dolayı arıtma veriminin artırılması veya ilave bir arıtım yapılması düşünülmelidir. Sızıntı suyu karakteristiği yaşlı sızıntı suyu özelliği göstermeye başlaması durumunda mevcut tesislerin çok yetersiz kalacağı da düşünülürse, bu ihtiyaca da cevap verecek ilave bir arıtma tekniği uygulanmalıdır.

Ülkemizde düzenli depolama sahasından sadece birkaçı arıtma yapmakta diğerleri arıtılmadan ya şebekeye vermekte yada alıcı ortama bırakılmaktadır. Buda yapılan düzenli depolama sahalarından kaynaklanan sızıntı sularının çevresel risk olarak kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sızıntı sularının mutlaka arıtılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

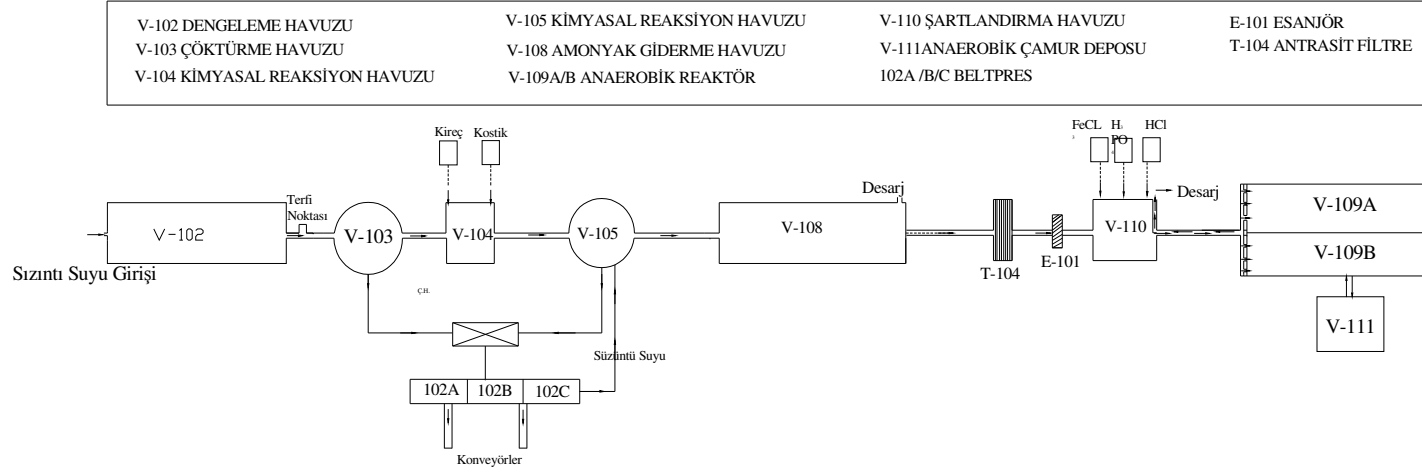
1. Tchonoglous, G., Theisen, H., and Eliassen,R., “Solid Waste, Engineering Principles and Management Issues”, **McGraw-Hill**, New York ,55-57 (1977).
2. Tchonoglous, G., Theisen,H., and Eliassen,R., İnregrated Solid Waste Managment, Engineering Principles and Management Issues, **McGraw-Hill**, New York, 385 (1993).
3. Onay, T.T., “Sızıntı suyu yönetimi esaslarının değerdendirilmesi”, **Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu**, 3: 404-413 (1999).
4. Küçükğül, O., “Katı Atık Düzenli Depolama Sahaları Sızıntı Suyu Özelliklerinin Değışimini İfade Eden Bir Matematiksel Model”,Doktora Tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi Enstitüsü**, İstanbul, 7-15(1999).
5. Ehring, H.J., “Laboratory Scale Tests for anaerobic Degradation of Municipal Solid Waste”, **Proceedings From the İnternational Solid Waste and Public Cleaning Association Congress**, Philedelphia, 275 (1984).
6. Yıldız, Ş., “Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarında Oluşan Çöp Sızıntı Suları Ve Arıtılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü**, Gebze, 17, 84 (2000).
7. Yuen, S.T.S., Styles, J.R, An active Landfill Management By Leachate Recirculation, **İnt. Landfill Sym.**, Sardinia, 1: 403-418 (1995).
8. Christensen, T.H., Cossu, R., Basic Processes in Landfills, **International Training Seminar Management of MSW Landfill Leachate**, Venice, 1-20 (1998).
9. Kotze,J.P.,Thiel, P.G. and Hattingh,W.H.J., “ Anaerobik Digestion II. The Characterization and Control of Anaerobik Digestion”, **Water Research**, 3: 459-494 (1969).
10. Özkaya,B., “Katı Atık Düzenli Depolama Sahalarında Sızıntı Suyu Geri Devir Etkilerinin Tam Ölçekli Bir Sahada (Odayeri) Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Yıldız Teknik Üniversitesi Enstitüsü**, İstanbul ,21, 48 (2001).
11. Lisk, D:J., “Environmental Effects of Landfills”, **The Science of the Total Environment**,100: 415, 468 (1991).
12. Hortz, K.E.,Klink, R.E., Ham, R.K., “Temperature Effects:Methane Generation From Landfill Samples”, **Journal of Environmental Engineering Division**, 108: 629,638 (1982).

13. Hjelmar,O.,Johannessen,L.M. et al Composition and Management of Leachate from Sanitary Land Fills, ***Within the EU., Int. Landfill Symposium***, Sardinia, 1: 243-262 (1995).
14. Egrig H.J. Quality and Quantity of Sanitary Landfill Leachate, ***Waste Management of Leachate and Researc***, 1: 53-68 (1983).
15. “Düşük ve Yüksek Bütçeli Belediyeler için Katı Atık Depolama Sahalarının Standart Olarak Planlanması ve Tasarımı”,***Çevre Bakanlığı***, Ankara, 21 (2002).
16. “Küçük Ölçekli Belediyelerde Atık Depolama Alanlarının İnşaat ve İşletme Klavuzu”, ***Çevre Bakanlığı***, Ankara, 16 (1996).
17. Stegmann, R., Spendlin, H.H, “Research Aktivities on Enhancement of Biochemical Processes in Sanitary Landfill”, ***Water Poll. Res.***,4 (21), 572: 591 (1986)
18. Chian, E.S.K. and DeWalle, ”Evaulation of Leachete Treatment, Characterization of Leachate”, ***US.Environmental Protection Agency*** , Cincinati, Ohio, 147 (1997).
19. Liberti,L., Notarmicola, M., “Field Evoluation Of Leachate Characteristics”, ***Int.Landfill symp.***, Sardinia, 2: 151-159 (1997).
20. Öztürk, İ, Demir.,A.,Demir.,İ. ve Arıkan, O.A, “İstanbul evsel Katı atıklarında Havasız Ortamda Komposlaşabilirlik ve Biyoenerji Geri Kazanımı ile Mevcut Düzenli Depo Alanları Sızıntı Suyu Arıtımı Araştırma Projesi”, ***İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanlığı***, İstanbul, 42(1997).
21. Al-Yousfi A.B, Pohland F.G, “Strategies for Simulation Design and Management of Solid Waste Disposal Sites as Landfill Bioreactors”, ***Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management***, Ocak, 13-21 (1998)
22. McBean E. A., Rovers F. A. and Farquhar G. J., “Solid Waste Landfill Engineering and Design”, ***Prentice-Hall***, Inc. New Jersey, USA, 175 (1995).
23. Qasim,R.S.,Chiang,W., “Sanitary Landfill Leachate generation , control and treatment”, ***Technomic Publishing Company Inc.***, Pennsylvania ,USA, 72 (1994).
24. Boduroğlu,A., “Recirculation As A Management Option”, Yüksek Lisans Tezi, ***Boğaziçi Üniversitesi***, İstanbul, 14-21 (1993).
25. Öztürk, İ, Altınbas, M. ve Arıkan, O. Katı Atık Sızıntı Suyu Kirliliğinin Boyutları ve Arıtma Teknikleri, ***Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu*** , İstanbul, 3: 393-403 (1999).

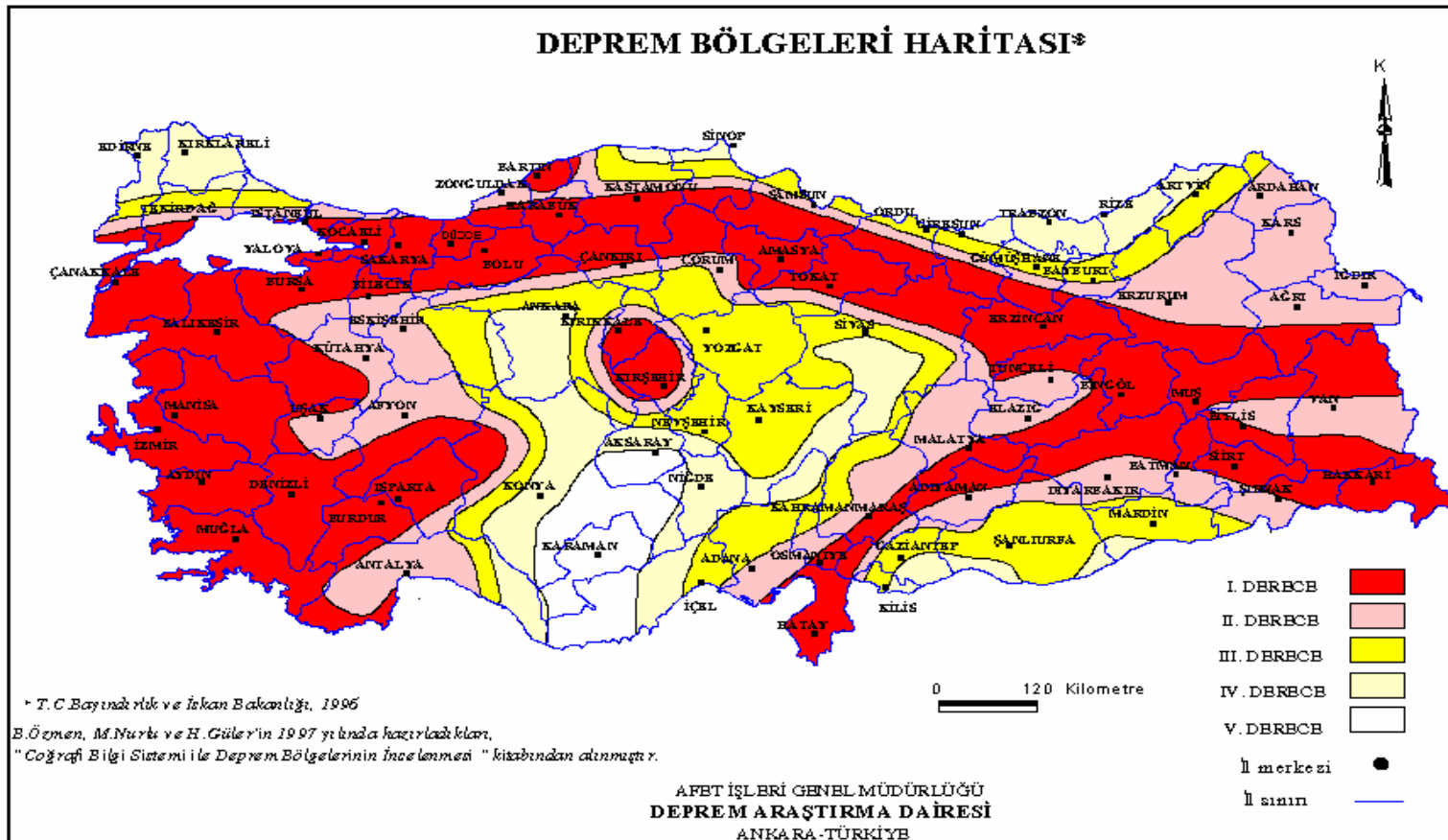
26. Tüylüoğlu, B.S., "Evsel Katı Atık Sızıntı Sularının Havasız Çamur Yataklı Reaktörle Arıtımı", Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 40 (2001).
27. Timur, H., Öztürk, İ., Anaerobik Treatment Kinetics of Municipal Landfill Leachate, *Int. Conf. On Anaerobic Digestion*, Japan, 3: 321 (1997).
28. İnanç, B., Çallı, B., Saatçi, A., "Characterization and Anaerobic Teratment Of The Sanitary Landfill Leachate in İstanbul", *Marmara University Enst.*, İstanbul, 25 (1999).
29. Kennedy, K.J., Hamoda, M.F., Guiot, S.G., Anaerobic Treatment Of Leachate Using Fixed Film and Sludge Bed Systems, *J. Water Pollut. Control Fed.*, 60 (9): 1675-1683 (1988).
30. Ho, S., Boyle, W.C., and Ham, R.K., Chemical Treatment Of Leachates From Sanitary Landfills, *J. Water Pollut. Control Fed.*, 46: 1776-1791 (1974).

EKLER

EK-1 Odayeri düzenli depolama sahası sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması



EK- 2 Türkiye deprem haritası



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÖZGÖÇMEN, Seçil
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 10.06.1977 TOKAT/Zile
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 508 80 75
 e-mail : secilozgocmen@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Cumhuriyet Üniv./Çevre Müh. Böl.	1998
Lise	Zile Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2000-2002	Bağ-Kur Gen. Müd.	Bilgisayar İşletmeni
2002-	İller Bankası Gen. Müd.	Çevre Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tenis, Yan Flüt, Seyahat , Satranç