



## Düzenli Depolama Sahalarında Sızıntı Suyu Yönetimi: Bir Kentsel Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında İnceleme

Filiz Nuran Acar<sup>1\*</sup>, Emrah Suscan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çevre Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye

<sup>2</sup> Erzurum Büyükşehir Belediyesi, Erzurum, Türkiye

E-Posta: [facar@atauni.edu.tr](mailto:facar@atauni.edu.tr), [emrah.suscan@gmail.com](mailto:emrah.suscan@gmail.com)

**Gönderim 31.05.2023; Kabul 21.08.2023**

**Özet:** Katı atık düzenli depolama işlemi sonucunda sahada oluşan karmaşık ve değişken karaktere sahip sızıntı suyu özenle takip edilmesi gereken bir materyaldir. Çevrenin korunması için etkin sızıntı suyu yönetimi gereklidir. Sızıntı suyu yönetimi; sızıntı suyunun oluşuktan sonra toplanması, arıtılması, sahada yağmur suyu kontrolü, kirlilik parametrelerinin arıtma öncesi ve sonrası tespiti, gözlem kuyularında kirliliğin takibi dahil olmak üzere birçok aşamanın sahada kontrol edilmesini gerektiren işlemler bütünüdür. Bu inceleme çalışmasında sızıntı suyu yönetim sürecinin bir kentsel katı atık bertarafı yapan düzenli depolama tesisinde örneklenmesi amaçlanmıştır. Sızıntı suyu yönetimi incelemeleri Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi'nde gerçekleştirilmiştir. İncelemeler 2017-2018 yılları arasındaki verilere dayanmakta olup ilgili yıllarda tesiste sızıntı suyu yönetimi ile ilgili tüm süreci kapsamaktadır. Ülkemizin büyükşehirlerinden biri olan Erzurum şehir merkezinde yerel yönetim tarafından toplanan evsel katı atıklar 2008 yılından beri düzenli depolama tesisinde bertaraf edilmektedir. Depolama sahasına gelen evsel katı atıklar organik ve inorganik olarak çok çeşitli madde gruplarına sahiptir. Sahada 2016 yılından itibaren kısmi olarak ambalaj atıklarının geri dönüşümü yapılmaktadır. Tesiste evsel atıklar haricinde Erzurum ve çevre illerden gelen tıbbi atıklar da sterilize edildikten sonra depolanmaktadır. Tesiste oluşan sızıntı suyu yönetimi ile ilgili olarak karakteristik, arıtma prosesinin verimi ile birlikte yağmur suyu kontrolü açısından değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Katı atık düzenli depolama sahası, sızıntı suyu yönetimi, ters ozmos prosesi

## Leachate Management at Sanitary Landfills: A Study at an Urban Solid Waste Landfill

**Received 31.05.2023; Accepted 21.08.2023**

**Abstract:** Leachate, which has a complex and variable character, formed in the field because of the solid waste storage process is a material that should be carefully monitored. Effective leachate management is essential for environmental protection. Leachate management; is a set of processes that require on-site control of many stages, from collection and treatment of leachate after it occurs to rainwater control in the field, from determining the pollution parameters before and after treatment to monitoring the pollution in observation wells. This study, it is aimed to exemplify the leachate management process in a landfill that disposes of urban solid waste. Leachate management investigations were carried out in Erzurum Solid Waste Sanitary Landfill. The investigations are based on the data between 2017-2018 and cover the entire leachate management process at the facility in the relevant years. Domestic solid wastes collected by the local government in the city centre of Erzurum, one of the metropolitan cities of our country, have been disposed of in the sanitary landfill since 2008. Domestic solid wastes coming to landfill have a wide variety of organic and inorganic substance groups. Packaging wastes have been partially recycled since 2016 in landfill areas. Apart from domestic wastes, medical wastes from Erzurum and surrounding provinces are also stored in the facility after being sterilized. Evaluations were made in terms of characteristics, the efficiency of the treatment process, and rainwater control regarding the leachate management at the facility.

**Key Words:** Solid waste landfill, leachate management, reverse osmosis process

## GİRİŞ

Düzenli depolama, evsel kaynaklı katı atıkların bertaraf edilmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Evsel katı atıkları oluşturan her türlü madde grubunun bertarafı için uygun olması, ekonomik olması, kolay uygulanabilirliği, depo gazından enerji elde edilebilmesi ve nihai bir bertaraf yöntemi olması düzenli depolama işleminin öne çıkan üstünlükleridir. Ancak düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı suyu, yöntemin en önemli kısıtlamalarından biridir. Sızıntı suyu oldukça kirli, karmaşık

\* İlgili E-posta/ Corresponding E-mail: [facar@atauni.edu.tr](mailto:facar@atauni.edu.tr). (ORCID: 0000-0002-8743-4666)

bir yapıya sahip, zaman içerisinde değişik karakteristik özellikler gösteren ve çevreye yayılması halinde ciddi tehlikeler oluşturabilecek özel bir atık sudur [1,2,3]. Katı atıklar, düzenli depolama sahasında depolandıktan sonra ortamda çeşitli reaksiyonlar gerçekleşir. Bu reaksiyonların oluşumuna katkıda bulunan iki etken atık bünyesindeki nem ve sızma yoluyla depo sahasına giren yağışlardır. Bu etkenler ile ayrışan ve çözünen katı atıklardan, organik ve inorganik bileşikler açığa çıkarak sızıntı suyunun bünyesine dahil olurlar [4,5]. Sızıntı suyunun karakteristiğini belirleyen en önemli unsur depolanan atığın bileşimidir. Depolama sahasındaki biyolojik olarak parçalanabilen ya da parçalanamayan, çözünebilen ya da çözünemeyen, organik ya da inorganik, sıvı ya da katı, toksik ya da toksik olmayan özelliklerdeki atık türleri sızıntı suyu karakteristiğinin bir fonksiyonudur [6,7]. Aynı zamanda pek çok spesifik kirletici maddelere de rastlanmaktadır [8]. Atığın yoğunluğu, partikül boyutu, ilk nem içeriği atığın yapısı ile ilgili diğer faktörlerdir [7]. Sızıntı suyu karakteristiğini etkileyen başka bir faktör depo sahası yaşıdır. Genç, orta ve yaşlı evre depo sahalarında açığa çıkan sızıntı sularına ait kirlilik parametreleri izlendiğinde özellikle BOİ, KOİ, azot konsantrasyonlarında zaman içinde önemli değişiklikler gözlenebilmektedir [9,10-12]. Sızıntı suyu iklimsel ve hidrojeolojik koşullar, saha içindeki organik maddelerin ayrışması, atık yerleşimi, gaz ve ısı üretimi ve bunların taşınması gibi dahili süreçler, sahadaki sıkıştırma, atık ön arıtması, bitki örtüsü, devridaim, sıvı atıkların birlikte bertarafı gibi işletme ve yönetim uygulama tekniklerinden etkilenmektedir [13-17]. Bu etkenlerden ötürü sızıntı suyu kompozisyonunun net bir şekilde ifade edilebilmesi bazı durumlarda zor olabilmektedir. Yüksek kirliliğe sahip bir materyal olan sızıntı sularının hidrojeolojik olarak güvenli sızdırmaz depolarda tutulmaya çalışılması çevreye vereceği zararların önüne geçmez. Gerek hacimsel akışta gerekse kimyasal bileşimde önemli farklılıklar gösteren oldukça kirlili ve karmaşık bir karakteristiğe sahip tehlikeli sızıntı suyunun çevre üzerindeki etkisi zaman içinde tanınmış olup bu durum giderek daha hassas kirlilik kontrolü gereksinimlerini ortaya koymuştur [2,18,19].

Günümüze kadar pek çok ülkede ve ülkemizde düzenli depolama işleminde ortaya çıkan sızıntı sularının etkin bir şekilde arıtılması için çeşitli arıtma teknolojileri uygulanmıştır. Genel olarak konvansiyonel ve yeni teknolojiler başlığı altında ifade edilebilecek uygulamalar söz konusudur. Yüksek standartlar dikkate alındığında biyolojik bozunma, fiziksel ve kimyasal metotlar gibi konvansiyonel arıtma metodlarının yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu nedenle son yıllarda ya konvansiyonel uygulamalarda birtakım iyileştirmeler ve modifikasyonlar yapılarak ya da membran gibi yeni teknolojiler uygulanarak sızıntı suyu arıtımında daha kaliteli çıkış suyu sağlama yoluna gidilmektedir. Sızıntı suyu arıtımında yeni teknolojiler mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, membran biyoreaktörler, nanofiltrasyon ve ters ozmosdur [2]. Özellikle ters ozmos prosesinin ya bir çöp sahası sızıntı suyu arıtma zincirinde ana adım olarak ya da ön arıtma sonrası adım olarak kullanılması ile suyu saflaştırmaya yakın verimler elde edilmesi mümkün olmuştur [5,20]. Ters ozmos prosesi ile hem organik hem de inorganik kirleticilerin %99 ve üzerinde giderimleri gerçekleştirilmektedir [2,18]. Bu başarı zaman içinde ters ozmos ünitelerinde kullanılan modüllerdeki gelişmelerle de alakalıdır. Borulu ve spiral sargılı modüller, 1984 yılında başlayan çöp sızıntı suyunun saflaştırılması için ters ozmos ünitelerinde kullanılan ilk membran ortamıdır. Sonrasında 1988 yılında Pall -Exekia tarafından geliştirilen disk tüp modül (DT modülü) membranlar başarı ile pazarlanmıştır. DT modül ters ozmos ünitelerinin açık kanal modülü sayesinde kolay temizlenebilir özellikte olması bu teknolojiye ilgiyi artırmıştır. Almanya, Hollanda, İsviçre, Kuzey Amerika ülkelerinde DT modül ters ozmos üniteleri sızıntı suyu arıtımında yaygın olarak kullanılmaktadır [2]. Oluşan sızıntı suyunu yüksek verimle arıtma önemli olmakla birlikte depolama sahalarında sızıntı suyu oluşumunun mümkün olduğunca önlenmesi de sızıntı suyu yönetiminin bir parçasıdır. Yağışlar sızıntı suyu oluşumunun en önemli paydaşı olup yağışlardaki değişimler, sahaya düşen yağış miktarı, yağış şiddeti sahanın kontrolünü birebir etkileyen faktörlerdir. Dolayısıyla sızıntı suyu miktarını önemli ölçüde azaltmanın en etkili yolu yağmur suyu kontrolüdür. [21,22].

Bu çalışmanın amacı, katı atık düzenli depolama tesislerinde oluşan sızıntı suyunun oluşumundan bertarafına kadar çevreye olabilecek muhtemel zararlı etkilerinin en aza indirgenmesi için, teknik olarak sızıntı suyunun yönetim aşamalarının irdelenmesidir. Bu amaç kapsamında örneklenen tesis EKADDT'dir. Tesiste sızıntı suyu yönetimi kapsamında; sızıntı suyu karakteristiği, arıtma prosesinin tüm aşamaları, arıtma prosesinin kirleticilerin giderimi üzerindeki etkinliği ve yağmur suyu kontrolü incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

### *Erzurum'da Katı Atık Yönetimi*

Erzurum'da şehir merkezi Aziziye, Palandöken ve Yakutiye olmak üzere üç ilçeden oluşmakta olup evlerden ve işyerlerinden kaynaklanan katı atıklar, cadde ve sokak temizliği atıkları, peyzaj atıkları, rekreasyon alanlarından kaynaklanan katı atıklar belediye hizmetleri ile toplanmakta ve taşınmaktadır. Katı atıkların toplanması ve taşınmasında, Palandöken Belediyesi'nde 9, Aziziye belediyesinde 3, Yakutiye Belediyesi'nde ise 10 adet evsel katı atık toplama ve taşıma aracı bulunmaktadır. Haftanın her günü her araç ikili vardiya sistemi ile evsel katı atık toplama-taşıma organizasyonu yürütmektedir. Nüfus yoğunluğunun fazla olduğu güzergahlarda ise bu araçlar gerek duyulması halinde tekrar çöp toplama işlemi yapmaktadır. Katı atıklar, şehir içinde sokak ve caddelere belediye tarafından yerleştirilen konteynerlerle geçici olarak toplanmaktadır. Çoğunlukla sabit konteyner sistem işletilmekte olup konteynerlerden alınan atıklar sıkıştırılmalı toplama araçları ile depolama sahasına ulaştırılmaktadırlar. Toplama araçları aynı zamanda taşıma işlevini de görmektedir. Ayrıca Erzurum ili ve bazı çevre illerdeki hastaneler, çeşitli kliniklerden kaynaklanan tıbbi atıkların toplanması ve taşınması 3 adet tıbbi atık taşıma lisansına sahip araçla gerçekleştirilmektedir. Belediyelerinin şehir merkezinde topladığı atık miktarı yaklaşık 360 ton/gün civarında olup tıbbi atıklar ise yaklaşık 3 ton/gün'dür. Toplanan bu atıklar 2008 yılından itibaren Erzurum-Çat ana yolunu kullanarak katı atık düzenli depolama sahasına iletilerek bertaraf edilmektedir.

### *Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi Tanıtımı*

Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi (EKADDT), Erzurum ili Aziziye ilçesinin 16 km güneybatısında yer almaktadır. En yakın yerleşim alanları Adaçay ve Yarımca köyleridir. 2005 yılında inşaatına başlanan tesis 2008 yılı mayıs ayında hizmete açılmıştır. Ülkemizin ruhsatlı 12. katı atık düzenli depolama tesisi olup işletme ömrünün 20 yıl olduğu öngörülmüştür. Sahanın kamulaştırma alanı 55 hektardır. Bu alanın 17,64 hektarlık kısmı düzenli depolama alanı olarak projelendirilmiştir. Depo sahası 3 lottan oluşmakta olup 1. lot 6 ha, 2. lot 5 ha, 3. lot 6,64 ha olarak belirlenmiştir. 2017 yılı temmuz ayı itibarıyla ilk lotun dolumu tamamlanmıştır. 1. lotun yüzeyi geçici olarak yaklaşık 2 metre kalınlığında toprakla kapatılarak 2. lot devreye alınmıştır. Düzenli depolama sahaları ana ve yardımcı öğelerden oluşmaktadır [22]. EKADDT'nin ana, yardımcı ve diğer öğeleri Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** EKADDT Öğeleri

Ana öğeler	Yardımcı öğeler	Diğer öğeler
Taban geçirimsizliği	Giriş yapıları	Ambalaj atığı toplama ve ayrıştırma ünitesi
Sızıntı suyu toplama ve arıtma	Çevre çitleri	Tıbbi atık sterilizasyon ünitesi
Üst örtü tabakası	İdari bina ve laboratuvar	
Depo gazı toplama ve enerji üretimi	Yollar	
Depo gazı izleme	Otopark	
	Garaj ve tamir atölyesi	
	Tekerlek yıkama ünitesi	
	Atık inceleme alanı	
	Kontrol ve gözlem sistemi	
	Altyapı tesisleri	
	Yağmur suyu uzaklaştırma sistemi	
	Yangın söndürme sistemi	
	İlk yardım seti	
	Araçlar	

## EKADDT İNCELEME BULGULARI

### *Sızıntı suyu toplama*

Sızıntı suyunun toplanması için kullanılan tali sızıntı suyu boruları 2/3'ü delikli DN 250 HDPE ve ana kolektör sızıntı suyu borusu DN 315 çapındadır. Toplanan sızıntı suyu; 400 g/m<sup>2</sup> jeotekstil ve 2,5 mm HDPE jeomembran ile kaplanarak sızdırmazlığı sağlanan havuzlara iletilmektedir. Havuzlardan iki

adedi 800 m<sup>3</sup>, bir adedi 1000 m<sup>3</sup> hacme sahiptir. EKADDT'ne ait sızıntı suyu toplama havuzu ve ters ozmos ünitesi dış ve iç görüntüsü Şekil 1'de gösterilmiştir. Sızıntı suyu arıtma tesisi, iki aşamalı membran sisteminden oluşmaktadır. Arıtma prosesi 50 m<sup>3</sup>/gün sızıntı suyu arıtılması için ilk aşamada 18 adet membran, ikinci aşamada ise 5 adet membran olacak şekilde tasarlanmıştır. 2013 yılında ilk aşamaya 4 adet membran ilave edilerek tesis kapasitesi 66 m<sup>3</sup>/gün'e çıkarılmıştır. Ters ozmos prosesinde kullanılan membranlar radyal kanallı disk tüp modüllerden oluşmaktadır. Membran türü ve malzeme özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Sızıntı suyu toplama havuzu ve arıtma tesisi dış ve iç görüntüsü

Tablo 2. Radyal kanallı disk tüp (ters ozmos) modülünün özellikleri

Membran türü	XL
Membran tipi	Ters Ozmos Polyamide (TFC)
Membran alanı	9,6 m <sup>2</sup> (10 m <sup>2</sup> )
Modül içerisindeki membran sayısı	214 adet
Membran koruma kılıfının dış çapı	214 mm
Membran koruma kılıfının iç çapı	202 mm
Membran koruma kılıfının uzunluğu	1230 mm
Toplam mil uzunluğu	1.430 mm
Maksimum çalışma basıncı	90 bar
Çalışma basıncı	65 bar
Membran beslemesi	1000 lt sa <sup>-1</sup>
Maksimum membran temizleme sıcaklığı	40 °C
Membran çalışma pH aralığı	5-9
Membran temizleme çözeltisinin pH aralığı	3-12
Serbest klor toleransı	<0,1 ppm
Malzeme	ABS
Ağırlık	70,8 g +/- 5 g
Membran Tipi	Yuvarlak
Dış Çap	198 mm +/- 0,5 mm
İç Çap	35,5 mm +/- 0,5 mm
Kenar Kalınlığı	5 mm

### Sızıntı suyu arıtma

EKADDT'nde sızıntı suyu arıtımı 2017-2018 yıllarında ters ozmos prosesi ile gerçekleştirilmiştir. Sızıntı suyu arıtma prosesi; sızıntı suyu besleme bacası, dalgiç pompa, tesise bağlanan borular, ters ozmos ünitesi, giriş suyu havuzu, yedek havuzlar, konsantre havuzu ve yüzey suyu havuzlarını kapsamaktadır. Şekil 2'de görüldüğü üzere ters ozmos proses işletimi iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; sızıntı suyu aşaması ve permeat aşamasıdır. Sistemin diğer bir unsuru membran temizleme ünitesi olup bu ünite membranların etkinliğini artırmak için gereklidir. Sızıntı suyu aşamasında bulunan 1.Modül ters ozmos ünitesi ile permeat aşamasında bulunan 2. Modül ters ozmos ünitesi birbirine seri

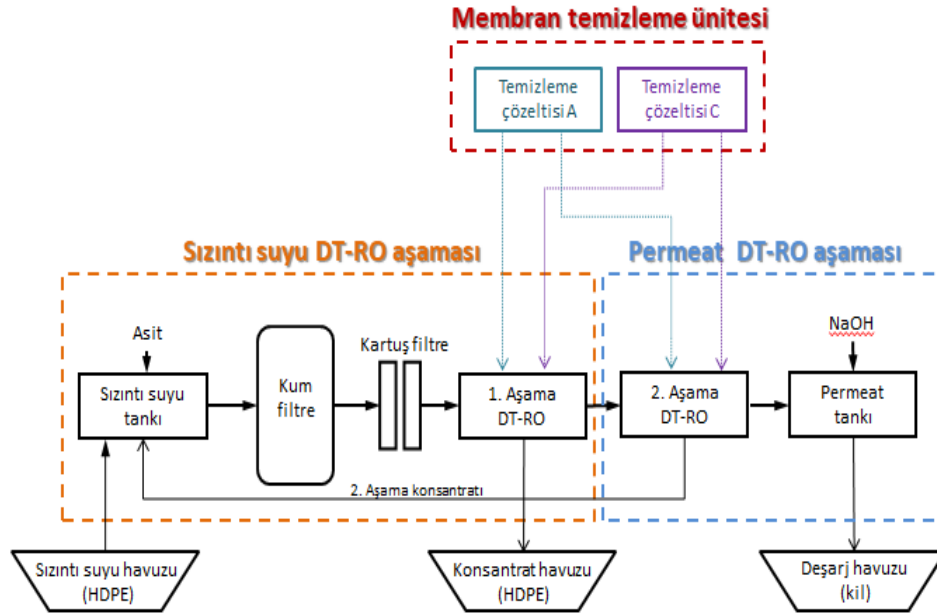
bağlanmışır. Ters ozmos prosesinin teknik özelliklerine bakıldığında çalışma basıncının 65 bar, modül cinsinin disk tüp, temizlemenin iki aşamalı olduğu görülmektedir. Ham sızıntı suyu pompası (dalgiç pompa), sızıntı suyu nötralizasyon tankı (4 m<sup>3</sup>), kum filtre, kartuş filtre, 1. ve 2. aşama yüksek basınç pompaları, arıtılmış sıvı depolama tankı (4 m<sup>3</sup>), kimyasallar için depolama tankları ve dozaj sistemleri, konteyner, ölçme sistemi (pH, iletkenlik, sıcaklık), bilgisayar donanımı (endüstriyel PC), depolanmış program kontrol (SPC), veri işlemci, bilgisayar yazılımı ve konteyner içinde ışıktandırma, ısıtma, elektrik kaynağı diğere teknik ekipmanlardır.

**Sızıntı suyu aşaması:** Bu aşamada; sızıntı suyu tankı, kum filtre, kartuş filtre ve 1. Aşama DT modül ters ozmos ünitesi bulunmaktadır. Sızıntı suyu tankı, sızıntı suyu havuzundan dalgiç pompa vasıtası ile tesise pompalanan sızıntı suyuna, sülfürik asit dozlamasının yapıldığı ve giriş pH'nın ayarlandığı tanktır. Burada kullanılan sülfürik asitin saflık derecesi kütlece %96 – 98 ve yoğunluğu 1.830 g/cm<sup>3</sup>tür. Sızıntı suyu tankı otomatik seviye göstergeleri sayesinde otomatik olarak doldurulmakta, sızıntı suyu pH'ı ise yine otomatik olarak kontrol edilen pH metre ile ayarlanmaktadır. Ham sızıntı suyunun pH değerinin 8 civarındadır. Bu pH ters ozmos prosesi için uygundur. Ancak ham sızıntı suyunda katıların ön işlemine katkı olması için ters ozmos öncesi asit ilavesi yapılmaktadır. Bu uygulamayla pH 6'ya kadar düşmektedir. Kum filtre, pH'sı ayarlanan sızıntı suyunda bulunan kaba maddelerin tutulması amacıyla kullanılmaktadır. 0,45-085 mm tanecik boyut aralığında silika kum kullanılmışır. Kum filtre giriş basıncı yaklaşık 4 bar civarındadır. Kum filtre giriş ve çıkış basınçları otomatik olarak kontrol edilmekte ve filtre geri yıkaması kum filtre üzerindeki basınç kaybına bağlı olarak otomatik olarak yapılmaktadır. Kum filtreye ihtiyaç duyulması halinde manuel olarak geri yıkaması yapılabilmektedir. Geri yıkama atık suyu sızıntı suyu toplama havuzuna gönderilmektedir. Kartuş filtre, kum filtreden geçen sızıntı suyu içerisindeki küçük maddelerin uzaklaştırılması amacıyla 10 µm gözenek çaplı yedişer adet filtre içeren paralel iki modül grubundan oluşmaktadır. Kartuş filtre giriş ve çıkış basınçları otomatik olarak kontrol edilmekte ve kartuş filtre üzerindeki basınç kaybına bağlı olarak alınan uyarıyla değiştirilmektedir. Kartuş filtreler paralel iki adet olarak tasarlandığından, filtrelerin değişimi sırasında tesisin durdurulmasına gerek duyulmamaktadır. Filtreleri değiştirilmiş filtre vanaları açılıp, kirli filtrelerin bulunduğu filtrenin vanaları kapatılarak kartuşlar değiştirilir. 1.Aşama DT modül ters ozmos; kartuş filtrede işlem gören sızıntı suyu birinci arıtım aşaması olan 22 adet membrandan oluşan ters ozmos ünitesine verilir. Burada giriş suyu iletkenlik ve pH'ı otomatik olarak ölçülmektedir. Tesisin birinci arıtım aşamasında bir adet yüksek basınç pompası ve bir adet sistem pompası bulunmaktadır. İkinci pompa birinci pompanın basınçlandırdığı suyu DT modüllere eşit miktarda ve uygun basınçta verilmesini sağlamaktadır. Birinci aşamadaki DT modül sayısı, arıtılacak sızıntı suyu miktarına göre belirlenmektedir. Atık suyun DT modüllere basınçlı verilmesini sağlayan yüksek basınç pompası, otomatik ayarlanabilen vanalar yardımıyla kontrol edilmektedir. Bu vanalar çıkış suyu ve giriş suyu iletkenliğindeki değişikliklere göre otomatik olarak açılıp kapanmaktadır. Konsantre havuzu; Sızıntı suyunun ters ozmos prosesinde arıtılması sonucu genel olarak sızıntı suyunda bulunan maddeleri içeren hacimsel olarak %25-30 arasında sıvı formda olan konsantre kısmın iletildiği havuzdur.

**Permeat aşaması:** Bu aşama; 2.aşama DT modül ters ozmos, permeat tankı ve deşarj havuzundan ibarettir. 2. Aşama DT modül ters ozmos; sızıntı suyu arıtma aşamasında arıtılan su, arıtım verimini artırılması için ikinci bir kez daha arıtılmak üzere 4 adet membrandan oluşan permeat arıtma ters ozmos ünitesine verilir. Burada permeatın iletkenlik ve pH'ı otomatik olarak ölçülmektedir. Permeat bu aşamada basınç pompası yardımıyla basınçlandırılarak DT modüllere iletilmektedir. Bu aşamada arıtılan su permeat tankına, oluşan konsantre ise sızıntı suyu arıtma aşamasına gönderilir. Permeat tankı; arıtılmış suyun toplandığı tanktır. Bu tanka verilen arıtılmış suyun nötralize edilmesi için kütlece %45-48 ve yoğunluğu 1.495 g/cm<sup>3</sup> sıvı sodyum hidroksit kullanılmaktadır. Permeat deşarj havuzu; deşarj standartları sağlandıktan sonra arıtılan suyun deşarj edildiği tabanı kille kaplanmış toprak havuzdur. Burada toplanan arıtılmış su zaman içinde buharlaşmaktadır.

**Membran temizleme ünitesi:** Bu ünite, 1. ve 2. modül ters ozmos ünitelerinin temizlenmesi için devrede olan iki adet tanktan oluşmaktadır. Bu tanklarda farklı özellikte temizleme çözeltileri bulunmaktadır. Bu çözeltilerden biri organik maddelerin membrandan uzaklaştırılması için kullanılan

alkali özellikteki çözelti, diğeri ise inorganiklerin maddelerin membrandan uzaklaştırılması sağlayan asidik çözeltidir.



Şekil 2. EKADDT sızıntı suyu arıtma tesisi akım şeması

### Sızıntı Suyu Karakterizasyonunun Değerlendirilmesi

EKADDT sızıntı suyu havuzlarından alınan numunelerde düzenli depolama sahasının işletmeye alındığı tarihten itibaren belirli periyotlarda sızıntı suyu kirletici konsantrasyonlarının belirlenmesi için depolama sahası yönetimi tarafından akredite laboratuvarda çeşitli analizler yaptırılmaktadır. Çalışmada ilgili yönetimden alınan izin kapsamında Kasım/2017, Şubat/2018 ve Haziran/2018 tarihlerinde yapılan analiz sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Bu değerler depo yaşı bazında 9. ve 10. yıllara denk gelmektedir. Bu kapsamda sızıntı suyu karakteristiğinin temel parametrelerinden biri olan KOİ başta olmak üzere askıda katı madde, renk, yağ- gres, Kjeldahl azotu, çeşitli ağır metaller ve bazı toksik parametrelerle birlikte zehirlilik analizleri yapılmıştır. Tablo 3 incelendiğinde pH’nın tüm ölçüm zamanlarında birbirine yakın değerlerde seyrettiği görülmektedir. pH değeri, sızıntı suyu karakteristiği ve depolama sahasındaki biyolojik aktivite hakkında fikir elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Genç deponi sahalarında oluşan sızıntı suyu pH değeri düşük, yaşlı deponi sahalarında oluşan sızıntı sularında ise yüksek pH değerleri görülmektedir. Atıkların depolama alanlarında depolanmaya başlamasıyla ilk dönemlerde aerobik faz geçerlidir ve oksijen miktarı fazladır. Bu evrenin çok kısa sürede tamamlanmasıyla sahada anaerobik süreç aktifleşir. Metan üretimiyle pH değeri yükselir [22]. Pt-Co cinsinden renk parametresine bakıldığında sızıntı suyunun özellikle Kasım/2017 ve Şubat/2018 döneminde yaklaşık 11000- 13000 aralığında ve Haziran/2018 döneminde 6000 değerinin üzerinde olması saha içindeki faaliyetin oldukça aktif olduğunun bir göstergesidir. Deponi sahasının işletmeye alınmasından sonra geçen yaklaşık 10 yıllık bir süre sonunda KOİ konsantrasyonu, Kasım /2017, Şubat/2018 ve Haziran 2018 yıllarında sırasıyla 17575 mg/L, 8750 mg/L ve 13000 mg/L olarak ölçülmüştür. Sahada Kasım/2017 ve Haziran/2018’de KOİ değerleri yüksektir. Bu durum orta yaşını tamamlamış 1.Lotun Temmuz/2017 itibariyle kapatılıp 2. lotun hemen devreye alınması ile açıklanabilir. Başka bir ifadeyle, 1. lottan çıkan sızıntı suyuna henüz genç evrenin başlangıcında olan 2.lottan gelen konsantratu sızıntı suyunun eklenmesi ile KOİ değerlerinin yükseldiği düşünülmektedir. Ayrıca bu durum analizi yapılan numunenin kompozit olup olmamasıyla da alakalı olabilir [23]. Şubat/2018’de KOİ değerindeki azalmanın, Erzurum’da kış aylarının oldukça soğuk olması nedeniyle sahada anaerobik reaksiyonun olumsuz etkilenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürlerde KOİ değeri 5 yaşından küçük deponi sahalarında 10.000 mg/L’nin üzerinde, 5-10 yaş aralığının da 4000-10000 mg/L, 10 yaşından büyük deponi sahalarında 4000 mg/L’nin altında olduğunu belirtmiştir [24].

Her depolama sahasında zamana bağlı olarak KOİ parametresi mutlaka azalma göstermektedir. Ancak bu konsantrasyon değerleri, depo sahasının işletim sistemi, iklim koşulları, sahaya gelen katı atıkların özellikleri gibi pek çok faktörden etkilenebilmektedirler. Örneğin; Afrika ve Asya ülkeleri ile Avrupa ülkelerindeki sızıntı sularına ait KOİ derişimleri karşılaştırıldığında Avrupa ülkelerinin KOİ derişimlerinin düşük olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Avrupa’da deponi alanlarının uzun yıllardan beri kullanılıyor olmasına bağlı olmakla birlikte, atıkların geri dönüşümünün etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi ve atıkların düşük organik içeriğe sahip olabilmesi ile açıklanmaktadır [23]. İlgili zaman diliminde sızıntı suyunda AKM konsantrasyonu yaklaşık olarak 300 mg/L değerine kadar düşmüştür. Genç sızıntı sularında AKM konsantrasyonu yüksek değerlerde olup zamanla azalmaktadır. Deponi yaşına bağlı olarak AKM değerinin azalması, depo sahasının filtre görevi görmesi nedeniyledir. Depolanan atık içerisinde bulunan ve çözünerek sızıntı suyuna geçebilecek AKM’lerin, deponi yaşı arttıkça daha fazla filtre edilebilmesi ile AKM miktarının azalması gerçekleşmektedir. Ayrıca, sızıntı suyunda AKM miktarı için atık bileşenleri, yağış ve günlük örtü toprağı ile ilişkili olabilmektedir [25]. Azot, sızıntı suyunu temsil eden en önemli kirlilik parametrelerinden biridir. Sahada oluşan sızıntı suyunda azotlu madde Kjeldahl azotu (TKN) olarak belirlenmiştir. Amonyak ve organik azot bileşiklerinin toplamını ifade eden TKN sızıntı suyunda 2017- 2018 arasında yaklaşık bir yıllık süreçte yaklaşık 2000 mg/L değerinden 1000 mg/L değerine düşmüştür. TKN özellikle organik azot ve amonyum azotu konsantrasyonunun yüksek olduğu sızıntı sularında nitrat ve nitrit azot düşük konsantrasyonlarda bulunur [25]. Sızıntı sularında diğer parametrelerden biri de fosfattır. Literatürde sızıntı sularındaki fosfat derişimlerinin genç deponi sızıntı suları için 25-35 mg/L, orta yaş deponi sızıntı suları için 12 mg/L, yaşlı deponi sahalara ait sızıntı suları için ise ortalama 8 mg/L olabileceğini belirtilmektedir [26]. Benzer şekilde toplam fosfor konsantrasyonuna bakıldığında 2017-2018 arasında yaklaşık olarak 3-22 mg/L tespit edilen değerlerdedir. Yağ-gres konsantrasyonları 30-37,6 mg/L değerleri arasındadır. Siyanür ve Florür sızıntı suyu analizlerinde takibi yapılan kirlilik parametrelerindedir. Siyanür özellikle HCN veya CN<sup>-</sup> oldukça toksik olup sucul ortamlarda metabolik inhibitördür. Florürün yüksek konsantrasyonlarının da çevre için tehlikeli durumlar oluşturabileceği bilinmektedir [27]. Yapılan ölçümler her iki bileşenin deşarj limitlerinin altında olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar, sahaya gelen atıkların belediye atıkları olması ile ilişkilendirilebilir. Ağır metaller sızıntı sularında sıklıkla bulunan en önemli kirlenici parametreler olup kentsel katı atık depo sahalara ait sızıntı sularında ağır metal konsantrasyonları oldukça düşüktür ve nadiren deşarj limitlerini aşar [28]. Bu kapsamda EKKDDT sızıntı suyunda çinko, demir, kadmiyum, krom, krom 6 ve kurşun parametreleri takip edilmiş olup ilgili yıllarda bu parametrelerin tümünün konsantrasyonlarının düşük olduğu belirlenmiştir. Bu sonucun öncelikli sebebi metallerin büyük oranda depo sahasındaki organik maddeler tarafından sabitlenmesi ile ilişkilendirilmektedir [28]. Sızıntı suyunun zehirlilik analizleri Balık biyodenyi ile belirlenmiş olup sonuçlar toksisite durumunun olmadığını göstermektedir.

**Tablo 3.** Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahasına Ait Sızıntı Suyu Karakterizasyonu

Parametre	Kasım/2017	Şubat/2018	Haziran/2018
pH	7,88	7,78	8,04
Renk (Pt-Co)	11428	12703	6284
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	17575	8750	13000
Askıda Katı Madde (mg/L)	665	1616	302
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)	2115	1766	1105
Toplam Fosfor (mg/L)	3,92	22	18,4
Yağ-Gres (mg/L)	37,6	32	30
Toplam Siyanür (mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005
Florür (mg/L)	0,82	0,71	0,84
Bakır (mg/L)	0,068	0,023	0,01
Çinko (mg/L)	0,176	0,275	0,136
Demir (mg/L)	7,37	5,32	5,65
Kadmiyum (mg/L)	0,0017	<0,001	0,0021
Krom (toplam) (mg/L)	0,481	0,726	0,244
Krom 6 (mg/L)	0,14	0,113	<0,02
Kurşun (mg/L)	0,0091	0,005	0,027
Balık Biyodenyi	<10	<10	<10

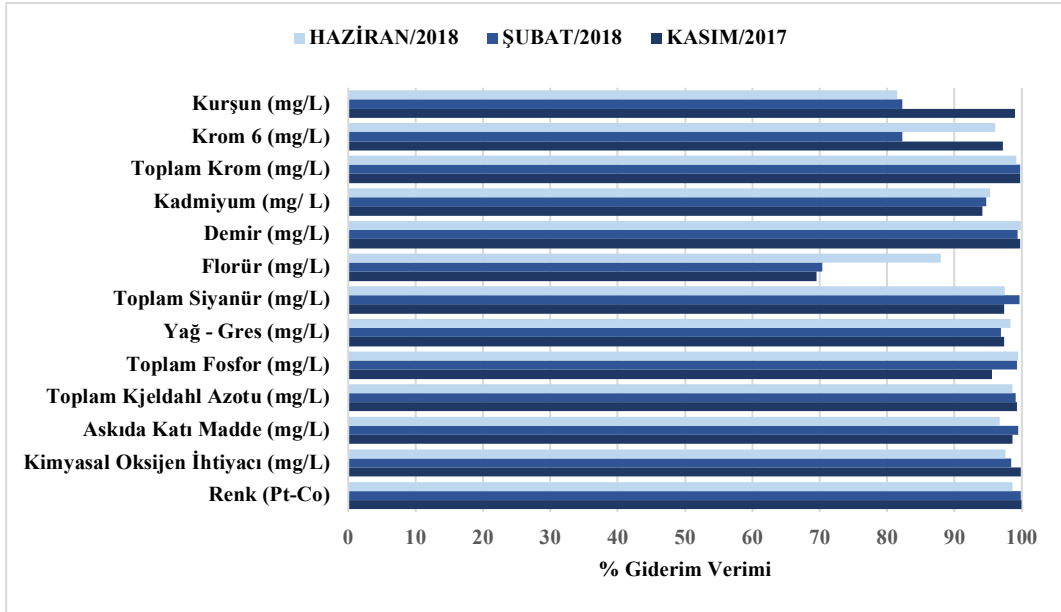
**Arıtma veriminin değerlendirilmesi**

Ters ozmos prosesinin en önemli avantajı yüksek kalitede arıtılmış süzöntü üretimidir. Bununla birlikte konsantré üretimi bu proseslerin en önemli dezavantajıdır. Bu bağlamda sistem performansı üzerine iki ayrı değerlendirme yapılabilir. Birincisi sızıntı suyu kompozisyonunu oluşturan kirlilik parametrelerinin giderilme performansı, ikincisi ise konsantréye uygulanan işlemlerin başarısıdır. EKADDT sızıntı sularının DT modül ters ozmos prosesi ile arıtımının oldukça verimli olduğu gözlenmiştir. Sızıntı suyu karakteristiğini belirleyen kirlilik parametrelerinin Kasım/2017, Şubat/2018 ve Haziran 2018 dönemlerine ait çıkış suyu son konsantrasyon verileri deşarj standartları ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 4'te, hesaplanan giderim verimleri Şekil 3'te verilmiştir. Tablo incelendiğinde çıkış suyu pH değerlerinin deşarj limitleri ile uyumlu olduğu ve diğer parametrelerin, analizi yapılan dönemlerin tümünde, bütün kirlenici konsantrasyonlarının deşarj limitlerinin altında olduğu görülmektedir. DT modül ters ozmos ünitesinin verimi bu kirlilik parametrelerinin çıkış suyundaki konsantrasyonları üzerinden hesaplanmış olup Şekil 3'te renk, KOİ, AKM, TKN, TP, yağ ve gres, toplam siyanür, florür ve ağır metallere ait verimler gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde renk giderimi %98,6 – 99,7 aralığında gerçekleştiği görülmektedir. Diğer kirlilik parametreleri incelendiğinde KOİ giderimi 97,55-99,8 aralığında gerçekleşirken AKM giderimi %96,69-99,44 olmuştur. Benzer şekilde TKN giderim verimi en düşük %98,62 en yüksek %99,04 olarak gerçekleşmiştir. TP giderimi ilgili sonuçlar verimin %99 değerinin üzerinde olduğunu göstermektedir. Yağ ve gres giderimi incelendiğinde sonuçların %96,86-98,33 aralığında gerçekleştiği görülmektedir. Şekil 3'te görüldüğü üzere toplam siyanür ve florür için en yüksek giderim verimleri sırasıyla %99,67 ve %88,01 olarak hesaplanmıştır. Demir ve toplam kromun %99'lar, kadmiyumun %95 civarında giderildiği görülürken krom 6 için %82,5-%97,14 ve kurşun için %81,48-99,01 aralığında verimler elde edilmiştir. Dolayısıyla sızıntı sularının ters ozmos arıtma tesisi çıkış suyunun alıcı ortama deşarj standartlarını sağlamaktadır. Konuyla ilgili bir çalışmada ters ozmos prosesi ile sızıntı suyu arıtımında %99 AKM, %92,9 TN, %99,4 TP, %98,8 Fe, %98,7 Cu, %99,3 Zn, %100 Cr giderildiği tespit edilmiştir [29]. Benzer şekilde bir başka literatürde ters ozmos prosesi ile sızıntı suyu arıtımında KOİ, BOİ ve TKN'nun %90'ların üzerinde AKM ve bulanıklığın %99 değerinin üzerinde giderildiği belirtilirken; prosesin genç, orta ve yaşlı depo sahası sızıntı sularının arıtımının her birinde yüksek başarı gösterdiği vurgulanmıştır [2].

**Tablo 4.** Erzurum Düzenli Depolama Sahası Sızıntı Arıtma Tesisi Deşarj Suyu Karakterizasyonu

Parametre	Kasım/2017	Şubat/2018	Haziran/2018	Deşarj limitleri [30]
pH	6,31	6,47	7,17	6-9
Renk (Pt-Co)	<5	26	88	280
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	35	128	318	700
Askıda Katı Madde (mg/L)	<10	<10	<10	200
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)	14,4	17	15,2	20
Toplam Fosfor (mg/L)	0,018	0,17	0,096	2
Yağ-Gres (mg/L)	<10	<10	<10	20
Toplam Siyanür (mg/L)	<0,005	0,045	<0,005	1
Florür (mg/L)	0,25	0,21	<0,100	15
Demir (mg/L)	0,016	0,033	<0,010	10
Kadmiyum (mg/L)	<0,001	<0,001	<0,001	0,1
Krom (toplam) (mg/L)	<0,002	<0,002	<0,002	2
Krom 6 (mg/L)	0,25	<0,020	<0,02	0,5
Kurşun (mg/L)	<0,005	<0,005	<0,005	2
Balık Biyodeneyi	<10	<10	<10	10





Şekil 3. Sızıntı suyu kirlilik parametrelerinin giderim verimleri

### Konsantre atık ile ilgili değerlendirmeler

Membran sistemlerin en önemli dezavantajlarından biri konsantre oluşumudur. Çevresel farkındalık ve sıkı yönetmelikler konsantre yönetimini gerekli hale getirmiştir. Herhangi bir arıtma yapmadan deşarj, arıtma ve/veya geri kazanım için yapılan yönetim ve bertaraf teknolojilerinin tamamı konsantre yönetimi kapsamındadır [31]. Sızıntı suyunun ters ozmos prosesinde arıtılması sonucunda, hacimsel olarak %25-30 arasında sıvı formda konsantre oluşmaktadır. Oluşan konsantre, sızıntı suyu karakteristiğini oluşturan kirlilik parametrelerinin hemen hemen tamamını içermektedir. Örneğin; Şangay'da bir çöp depolama sahasının sızıntı suyunun ters ozmosla arıtılması sonucunda oluşan konsantrede; KOİ ve TOK ile ifade edilen çözünmüş organik maddeler, uçucu yağ asitleri, hümik asit ve hümik asit bileşikler gibi bazı dayanıklı organik bileşikler, alkol, organik asit, sekonder sülfonik asit ve polimerik moleküllerin varlığı tespit edilmiş olup konsantre sıvının biyolojik olarak parçalanabilirliğinin düşük olduğu vurgulanmıştır. Bunlarla birlikte farklı mevsim ve iklimlerde, konsantrenin inorganik içeriğinin ve konsantrasyonlarının büyük ölçüde değiştiği belirtilmiştir. Konsantrede tespit edilen inorganik sabit bileşenler Ca, Mg, Fe, Mn, Na, K, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub> ve ayrıca B, As, Se, Ba, Li, Co vb.dir. Bu inorganiklere ilaveten konsantrede Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn ve Hg ağır metalleri ile bir dizi aromatik hidrokarbon içeren biyokütle organik madde, fenolikler, benzen sınıfı malzeme ve klorlu hidrokarbon yağının olduğu belirtilmiştir [2]. Yüksek tuz ve ağır metal içeriği ve düşük biyolojik parçalanabilirliğinden dolayı konsantre akımın arıtılması zordur. Evaporasyon, ileri oksidasyon prosesleri ile arıtma, katılaştırma, katı atık üzerine püskürtülerek yakma, deponi sahasına geri devir yaygın olarak kullanılan konsantre arıtım yöntemleridir [32]. Bu yöntemlerin dışında konsantre atık depolanabilir. Örneğin, Almanya'da sızıntı suyu konsantrelerinin genellikle varillerde ve eski madenlerde saklandığı bilinmektedir [28]. EKADDT ters ozmos ünitesinde oluşan konsantre, geri devir ile deponi sahasına geri döndürülmektedir. Mühendislik uygulamalarında, deponi alanına konsantrenin geri devri düşük maliyetinden dolayı tercih edilmektedir [32]. Sahada konsantre geri devir işlemi tesisin kurulumundan itibaren farklı yöntemlerle yapılmıştır. Bu işlemler spreyleme ve pompa yardımıyla geri devir şeklindedir. Spreyleme yöntemi ile konsantre havuzunda bulunan dalgıç pompa yardımıyla 4 m<sup>3</sup>'lük bir tankere aktarılan konsantre traktörle lot üzerine taşınarak iki personel yardımıyla spreyleme yapılmaktadır. Önceleri konsantre geri devri için bir transfer pompası kullanılmaktayken, 2017 yılından itibaren depo gazından elektrik üretilmeye başlanmasıyla sahada yeterli nemi koruyabilmek için ilave borulama yapılmıştır. Konsantre borulama sistemi üzerine inşaa edilen aşılama bacalarına transfer edilmektedir.

### Yağmur Suyu Yönetimi

Hidroloji, düzenli depolama tesislerinde saha yönetimini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Yağışlardaki değişimler, sahaya düşen yağış miktarı, yağış şiddeti sahanın kontrolü açısından önemlidir. Yağışlar, sahanın işletilmesinde çeşitli problemler oluşturabilmektedir. Ancak yağışların en önemli olumsuz tarafı sızıntı suyu miktarında artışa neden olmasıdır. Yağmur suları, sızıntı suyu oluşumunun en önemli paydaşdır. Dolayısıyla yağmur suyu kontrolü sızıntı suyu yönetiminin temel işlemi olarak ifade edilebilir. Sızıntı suyu miktarını önemli ölçüde azaltmanın en etkili yolu budur.

Sızıntı suyu debisinin artması sızıntı suyu arıtımında işletme problemleri oluşturabilmekte ve ilave maliyetler getirmektedir. Ülkemizde depolama sahalarında yetersiz işletme koşulları ve verimli bir atık ayrımı yapılamamasından ötürü fazla miktarda sızıntı suyu üretildiği bilinmektedir. Bu durum ülkemizdeki depolama sahalarında oluşan sızıntı suyu miktarlarının ülkemiz yağış ortalamasının üzerinde yağış yüksekliğine sahip ülkelerden daha fazla olduğu şeklinde örneklendirilmektedir. Yağmur suyunun başarısız kontrolü, sızıntı suyu artışı ile sahanın mansap kısmındaki alıcı ortamlara atık, sediment, kimyasal kirleticiler taşıyabilmektedir. Bu problemlerin önlenmesi için depolama sahalarında eğimler, kanallar, borulu drenajlar gibi elemanlar oluşturularak yağmur suyunun sahayı terk etmesi sağlanmaktadır. EKADDT’inde de yağmur suyu drenajı yağmur suyu toplama yapıları, şevler, kanallar ve drenaj boruları vasıtasıyla yapılmaktadır. Sahada 1. lot ve 2. lotun şevlerinden ve boş hücrelerinden gelen yağmur sularını toplayan yağmur suyu kanalı mevcuttur. Sahada yağmur suyu kanalına ait görüntü Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. EKADDT’inde yağmur suyu kanalı görüntüsü

EKADDT’nin tabanına kil ve membran serildikten sonra 100 mm çapında belirli aralıklarla kıvrım yapmayacak şekilde ortalama %1 eğime sahip delikli borularla kaplanmıştır. Bu borular yüksek basınca dayanıklı olmakla beraber üzerine gelecek suyu tahliye edebilmek için üst kısmı küçük deliklerle kaplıdır. Ayrıca drenaj borularının çevresine kum ve çakıl filtreler yerleştirilmiş olup kum ve çakıl filtrenin boru sırtından itibaren yüksekliği minimum 30 cm’dir. Yüzeysel suların ve/veya yeraltı sularının depolanmış atığa temasını engellemek yağmur suyu yönetiminin bir parçasıdır. Bunun için EKADDT’de sahada oluşan sızıntı sularının yeraltı suyuna etkilerini belirlemek için ölçümler yeraltı suyunun menbasında bir noktada ve mansabında ise üç noktada gözlem kuyusu açılmıştır. EKADDT’de atık depolanmaya başladıktan sonra sızıntı suyunun yeraltı suyuna herhangi bir etkisinin olup olmadığını belirlemek amacıyla belirli aralıklarla analizler yaptırılmaktadır. Bu bağlamda ilgili yönetimden alınan izin kapsamında Aralık 2017 tarihinde yapılan analiz sonuçları Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Erzurum Katı Atık Düzenli Depolama Sahasına Ait Yeraltı Suyu İzleme Parametreleri

Parametre	Değer	Parametre	Değer	Parametre	Değer
pH	7,67	Amonyum (mg/L)	0,36	Arsenik (mg/L)	<0,005
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	<10	Amonyum Azotu	0,3	Civa (mg/L)	<0,0005

Askıda Katı Madde (mg/L)	42,5	Nitrat Azotu (mg/L)	1,3	Sülfat (mg/L)	14
Toplam Kjeldahl Azotu (mg/L)	1,01	Nitrit Azotu (mg/L)	0,023	Çözünmüş Oksijen	5,61
Toplam Fosfor (mg/L)	0,282	Kadmiyum (mg/L)	<0,001	İletkenlik (µS/ cm)	449
Yağ-Gres (mg/L)	<10	Klorür (mg/L)	17,5	Trikloretan (µg/ L)	<0,09
Toplam Organik Karbon (mg/L)	<1	Kurşun (mg/L)	0,0061	Tetrakloreten (µg/ L)	<0,09

Deponi sahalarında oluşan sızıntı suları organik ve inorganik kirleticileri içerdiklerinden dolayı, yeraltı suyunun kalitesini değiştirebilmektedir. Yeraltı suyu kaynaklarının kirlenmesi, içme suyu kaynaklarının tehlikeye girmesi anlamına gelebilmektedir. Bu tehlikenin yorumlanmasında; sızıntı suyunun oluşturacağı risklerin azaltılması, yeraltı suyunun iyileştirilmesi ve yeraltı suyunu izleme programlarının belirlenmesi çok büyük önem arz etmektedir [33]. Kirleticileri durumlarına göre; durumu değişiklik göstermeyenler, durumu değişebilenler ve kalıcı maddeler olmak üzere sınıflandırmıştır. Yeraltı suyunda durumu değişiklik gösterebilen kirleticiler sınıfında yer alan çözünmüş organik karbonun yüksek konsantrasyonda bulunması, yeraltı suyunun sızıntı suyu ile kirlendiğinin bir göstergesidir [34]. EKADDT gözlem kuyusunda yapılan analizlerde herhangi bir problem olmadığı belirlenmiştir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada katı atık düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı suyu yönetimi EKADDT örneği üzerinde incelenmiştir. Sızıntı suyunun karakteristik özelliklerinin takibi, arıtma ünitesi ve proses verimi, oluşan sızıntı suyunun miktarındaki artışın engellenmesi için yağmur suyu kontrolü sızıntı suyu yönetiminin temel unsurlarıdır.

Depolama sahalarından açığa çıkan sızıntı suları bünyesinde organik ve inorganik pek çok kirletici bulunmaktadır. EKADDT'ne ait sızıntı suyu karakteristiği saha faaliyete geçtikten sonra düzenli olarak belirli periyotlarda analiz edilmiştir. Sahada üretilen sızıntı suyunda pH ile renk, KOİ, AKM, TKN, toplam fosfor, yağ-gres, toplam siyanür, florür ve bazı ağır metallerin konsantrasyonları belirlenmektedir. Çalışmada 2017-2018 yıllarına ait sızıntı suyu karakteristiği değerlendirilmiştir. Bu yıllar sahanın işletmeye alındığı tarihten itibaren literatürlere göre depo yaşı olarak orta yaş evresine karşılık gelmektedir. İlgili yıllara ait kirlilik parametrelerinin ve özellikle KOİ konsantrasyonlarının evsel katı atıkların depolandığı sahalara ait orta yaş evre depo sahası sızıntı suları ile uyumlu olduğu belirtilebilir. Ağır metal konsantrasyonları ilgili yıllara ait analiz sonuçlarına göre deşarj limitlerinin altındadır ancak pek çok ağır metalin düşük konsantrasyonlarda da olsa sızıntı suyunda varlıkları tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonlarının limitlerin altında olması sahanın II. Sınıf depolama sahası olması yani belediye atıklarının bertarafının yapılmasından kaynaklı olabileceği düşünülebilir. Sahaya sterilize edilmiş tıbbi atıklar haricinde tehlikeli atık girdisi söz konusu değildir.

EKADDT sızıntı suyu iki kademeli disk tüp modüllü ters ozmos prosesinde arıtılmaktadır. Arıtma tesisinde sızıntı suyu tankından gelen atık su önce kum filtreden sonrasında kartuş filtreden geçirilip 1.DT modül ters ozmos ünitesinde bir kademe arıtıldıktan sonra seri bağlı 2.DT modül ters ozmos ünitesinde ilave bir arıtıma tabi tutulmaktadır. İki kademeli ters ozmos arıtımından sonra oluşan süzüntü permeat tankında toplanmaktadır. 1.Membranda konsantre malzeme oluşmakta olup bu atık konsantre havuzuna alınmaktadır. Ünite her mevsimde işletilmekte olup soğuk bir iklime sahip olan Erzurum'da ters ozmosla sızıntı suyu arıtımında herhangi bir problem yaşanmadığı gözlemlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre arıtılmış suyun renginin oldukça berrak olduğu diğer parametrelere ait konsantrasyon verilerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. KOİ giderimi verimin %100'e yakın iken benzer şekilde AKM, TKN, TP, toplam siyanür, demir, toplam krom ve kurşunun %99'lar civarında giderildiği tespit edilmiştir. Yağ-gres %98, kadmiyum %95, krom 6 %97 değerlerine yakın giderilirken florür gideriminin %88'lerde olduğu görülmüştür. Sistemin en önemli dezavantajlarından biri arıtma prosesinde konsantre oluşması ve konsantre atıkta sızıntı suyunu temsil eden kirleticilerin hemen hemen hepsinin yüksek konsantrasyonlarda mevcut olmasıdır. Zamanla membranlarda meydana gelebilecek problemlerden

kaynaklı membran değişimleri ve proseste kullanılan temizleme çözeltilerinin maliyeti sistemin diğer dezavantajlarıdır.

Sızıntı suyu arıtımında uygulanan yöntem ve prosesin başarısı önemli olmakla birlikte atık yönetimi hiyerarşisi gereği sızıntı suyu yönetiminde üzerinde durulması gereken en önemli aşaması; sızıntı suyunun azaltılması olmalıdır. Yağmur suyunun sahadan uzaklaştırılması sızıntı suyu azaltımının başlıca yoludur. EKKDDT’de yağmur suyu yönetimi yapıldığı bunun için lotlarda uygun eğimlerin oluşturulduğu saha içinde ve saha dışında drenaj boruları ve kanallarla yağmur suyunun tahliye edildiği gözlemlenmiştir. Çöplerle temas etmeden sahadan uzaklaştırılan suyun yağmur suyu toplama havuzunda biriktirildiği belirlenmiştir. Ancak işletmede, her katı atık sahasında olduğu gibi birtakım yetersizlikler olabilmektedir. Bu durum sızıntı suyu miktarında artışa sebep olabilmektedir.

#### **KAYNAKLAR**

- [1] Wiszniowski, J., Robert, D., Surmacz-Gorska, J., Miksch, K., Weber, J.V., 2006, Landfill Leachate Treatment Methods: A Review, *Environmental Chemistry Letters*, Vol.4, 51–61.
- [2] Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., Dirassouyan, F., Moulin, P., 2008, Landfill Leachate Treatment: Review and Opportunity, *J. of Hazard. Materials*, Vol.150(3), 468-493.
- [3] Mojiri, A., Zhou, J.L., Ratnaweera, H., Ohashi, A., Ozaki, N., Kindaichi, T., Asakura, H., 2021, Treatment of landfill leachate with different techniques: an overview, *Water Reuse*, Vol.11(1), 66-96
- [4] Salem, Z., Hamouri, K., Djeema, R., Allia, K., 2008, Evaluation of Leachate Pollution and Treatment, *Desalination*, Vol. 220, 108-114.
- [5] Costa, A.M., Alfaia, R.G.S.M., Compos, J.C., 2019, Landfill Leachate Treatment in Brazil- an Overview, *J. of Environ. Manage.*, Vol.232, 110-116.
- [6] Chofqi, A., Younsi, A., Lhadi, E.K., Maria, J., Mudry, J., Veron, A., 2004, Environmental Impact of an Urban Landfill on a Coastal Aquifer (El Jadida, Morocco), *J. of African Earth Science*, Vol.39 (3-5), 509-519.
- [7] Brennan, R.B., Healy, M.G., Morrison, L., Hynes, S., Norton, D., Clifford, E., 2016, Management of Landfill Leachate: The Legacy of European Union Directives, *Waste Manage.*, Vol. 55, 355- 363.
- [8] Kulikowska, D., Klimiuk, E., 2008, The Effect of Landfill Age on Municipal Leachate Composition, *Bioresource Techno.* Vol.99 (13), 5981-5985.
- [9] Vaccari, M., Tudor, T., Vinti, G., 2019, Characteristics of leachate from landfills and dumpsites in Asia, Africa and Latin America: an overview, *Waste Manage.*, Vol. 95, 419–431.
- [10] Adhikari, B., Dahal, K.R., Khanal, S.N., 2014, A Review Of Factors Affecting The Composition of Municipal Solid Waste Landfill Leachate, *Int. J. of Eng. Sci. and Innovative Technology*, Vol. 3(5), 273–281.
- [11] Tejera, J., Miranda, R., Hermosilla, D., Urra, I., Negro, C. & Blanco, A., 2019, Treatment of a mature landfill leachate: comparison between homogeneous and heterogeneous photo-Fenton with different pretreatments, *Water*, Vol. 11 (9), 1849; 1-17.
- [12] Teng, C., Zhou, K., Peng, C., Chen, W., 2021, Characterization and Treatment Of Landfill Leachate A Review. *Water Research*, Vol.203, 1-13.
- [13] Christensen, T.H., Kjeldsen, P., Bjerg, P.L., Jensen, D.L., Christensen, J.B., Baun, A., Albrechtsen, H.J., Heron, G., 2001, Biogeochemistry of Landfill Leachate Plumes, *Appl. Geochemistry*, Vol.16, 659–718.
- [14] El-Fadel, M., Bou-Zeid, E., Chahine, W., Alayli, B., 2002, Temporal Variation of Leachate Quality from Pre-Sorted and Baled MSW with High Organic and Moisture Content, *Waste Manag.*, Vol.22, 269–282.
- [15] Rodriguez, J., Castrillon, L., Maranon, E., Sastre, H., Fernandez, E., 2004, Removal of Non-Biodegradable Organic Matter from Landfill Leachates by Adsorption, *Water Research*, Vol.38, 3297-3303.
- [16] Slack, R.J., Gronow, J.R., Vouvolis, N., 2005, Household Hazardous Waste in Municipal Landfills: Contaminants in Leachate, *Sci. Total Environ.*, Vol.33 (1-3), 119-137.
- [17] Mukherjee, S., Mukhopadhyay, S., Hashim, M.A., Gupta, B.S., 2015, Contemporary Environmental Issues of Landfill Leachate: Assessment and Remedies, *Critical Reviews in Environ. Sci. and Techno.*, Vol.45, 472–590.

- [18] Chianese, A., Ranauro, R., Verdone, N., 1999, Treatment of Landfill Leachate by Reverse Osmosis, *Water Research*, Vol.33 (3), 647-652.
- [19] Almeida, R., Bila, D.M., Quintaes, B.R., Campos, J.C., 2020, Cost Estimation of Landfill Leachate Treatment by Reverse Osmosis in a Brazilian Landfill, *Waste Manag. and Research*, Vol. 38 (10), 1087-1092.
- [20] Abbas, A.A., Jingsong, G., Ping, L.Z., Ya, P.Y., Al- Rekabi, W.S., 2009, Review on Landfill Leachate Treatments, *J. of Appl. Sci. Research*, Vol. 5(5), 534-545.
- [21] Öztürk, F., 2011, Katı Atık Sızıntı Suyu Miktarını Azaltıcı Yönetim Stratejileri, Y. Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [22] URL -1, (2014), Düzenli Depolama Tesis Saha Yönetimi ve İşletme Kılavuzu, <https://webdosya.csb.gov.tr/db/destek/eduardosya>, [Erişim 11 Aralık 2019].
- [23] Akkaya, E., Demir, A., Varank, G., 2011, Characterisation of Odayeri Sanitary Landfill Leachate, *Sigma*, Vol. 3, 238-251.
- [24] Foo, K., Hameed, B., 2009, An Overview of Landfill Leachate Treatment via Activated Carbon Adsorption Process, *J. of Hazard. Materials*, Vol.171 (1-3), 54-60.
- [25] Balahorli, V., 2011, Düzenli Depolama Sahalarında Oluşan Sızıntı Sularının Membran Biyoreaktör Ve Nanofiltrasyon Teknolojisi İle Arıtımı, Y.Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [26] Chian, E.S.K., Walle, F.B., 1977, Evaluation of Leachate Treatment, *Water Research*, Vol.11 (2), 225-232.
- [27] Kang, D.H., Tsao, D., Wang-Cahill, F., Rock, S., Schwab, A.P., Banks, M.K., 2008, Assessment of Landfill Leachate Volume and Concentrations of Cyanide and Fluoride During Phytoremediation, *Bioremediation Journal*, Vol.12 (1), 32-45.
- [28] Christensen, T.H, (Ed.), 2017, Katı Atık Yönetimi ve Teknolojileri, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 1048ss.
- [29] Bilstad T., Madland M., 1992, Leachate Minimization by Reverse Osmosis, *Water Science and Techno.*, Vol.2(3), 117-120.
- [30] SKKY (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği), 2004, 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Resmî Gazete.
- [31] Koyuncu, İ., Öztürk, İ., Köseoğlu-İmer, D., Köse-Mutlu, B., Zeytuncu, B., Yazagan, A., Altınay, A., 2017, Membran Teknolojilerinde Konsantre Yönetimi. *Mem-Tek Bülteni*, <http://memtek.org/memtekbulten4sayi.pdf>, [Erişim 15 Aralık 2019].
- [32] Genç, N., Durna, E., 2019, Sızıntı Suyu Membran Konsantre Akımının Yönetiminde En Uygun Metodun Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Belirlenmesi. *Pamukkale Üniv. Mühendislik Bil. Dergisi*, Vol.26 (3), 488-495.
- [33] Holm, J.V., Rügge, K., Bjerg, P.L., Christensen, T.H., 1995, Occurrence and Distribution of Pharmaceutical Organic Compounds in The Groundwater Downgradient of A Landfill (Grindsted, Denmark), *Environ. Sci. and Techno.*, Vol.2 (5), 1415-1420.
- [34] Christensen B.J., Jensen D.J., Gron C., Filip Z., Christensen T.H., 1998, Characterization of The Dissolved Organic Carbon in Landfill Leachate Polluted Groundwater, *Water Research*, Vol.32,125-135.