

5.1. Giriş

Vahşi depolama sahası, düzenli depolama sahasında da olduğu gibi, kapatılarak rehabilite edildikten sonra çevre açısından bir tehdit unsuru olmaya devam eder. Hâlihazırda toplanan atıklarda birçok biyolojik ve kimyasal proses gerçekleşmektedir. Bu yüzden bunların özel bakım, tam koruma ve izleme süreçlerinden geçmesi gerekir.

Rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarını izleme prosesi ile kapatılmış olan düzenli depolama alanlarını izleme prosesi benzerlik taşımaktadır. Yasal açıdan bakıldığında düzenli depolama sahalarının izlenmesine yönelik tüm kurallar, rehabilite edilmiş vahşi depolama sahaları için de geçerli olduğu için aynı şekilde izlenmelidir.

Vahşi depolama sahası ile kentsel atıklar için kullanılan düzenli depolama sahasını izleme prosesi, genelde doğal çevre üzerinde yarattığı etki bakımından önemli sayılan yedi öğeden oluşmaktadır. Bu öğeleri; sızıntı suyu ve depolama sahası gazı, yeraltı ve yüzey suyu, yağış miktarı, toplanan atıkların yapısı ile hacmi, düzenli depolama sahasında yüzey çökmesi ve gürültü şeklinde sıralayabiliriz.

Vahşi depolama sahalarını izleme prosesi; tüm düzenli depolama sahaları kapatıldıktan sonra geliştirme, işletme ve yönetim sırasında gerçekleştirilen uzun bir süreçtir. Biyolojik olarak bozunabilen atıkları veya diğer kirletici maddeleri içeren vahşi depolama sahalarının, 50 yıl veya hatta 50 yıldan da uzun bir süre izlenmesi şarttır.

Düzenli depolama sahalarını izleme prosesi, yaşam döngüsünün tüm aşamalarında yer almalıdır (MŞ, 2002):

- İşletme öncesi safha - kullanıma başlamadan önce gerçekleşen tesis hazırlama ve geliştirme dönemi;

- İşletme safhası - düzenli depolama sahasında operasyonun başlama tarihinden sahanın kapatıldığı tarihe kadar olan dönem;
- İşletme sonrası safha – depolama sahasının kapatılmasından itibaren genellikle 30 yıl süren dönem.

İlgili standartlar yerine getirilmeden ve ruhsatlar alınmadan işletilen düzenli depolama sahası ıslah edildikten sonraki izleme prosesinde, işletme sonrası safhada olduğu gibi aynı kurallar izlenmelidir.

Düzenli depolama sahalarını izleme sistemi ile ilgili gereklilikler, her bir ülkenin operasyon ilkeleri ile yönteminin tanımlandığı yasal düzenlemelerine tabidir.

5.2. Rehabilitate edilmiş vahşi depolama sahaları ile düzenli atık depolama sahalarının izlenmesi

Düzenli depolama sahaları, yaşam döngüsünün tüm aşamalarında izlenmelidir. Bu ise düzenli depolama sahalarının planlama aşamasından kapatma, rehabilitasyon ve işletme sonrası aşamalara kadar planlı bir izleme mekanizmasının gerçekleştirilerek çevrenin azami düzeyde korunması gerektiği anlamına gelmektedir.

İşletme öncesi safhada yapılacak izlemenin amacı; başlangıç durumunun değerlendirilmesi, diğer bir deyişle, arka planın tespit edilmesidir; bu izleme prosesi aşağıda belirtilen amaçlara yöneliktir (ME, 2002):

1. Bir düzenli atık depolama sahasının konumuna uygun ortalama meteorolojik verinin saptanması;
2. İzleme amaçlı olarak kullanılan düzenli atık depolama sahasının öğeleri ile ilgili uygulamanın doğruluğunun, özellikle de yeraltı suyu için kullanılacak gözetleme deliklerinin doğruluğunun ve karşılaştırmalı jeodezik değerlendirmeler ile ilgili saptamanın kontrol edilmesi;
3. Düzenli atık depolama sahasına ait inşaat projesinde temin edilen gözetleme deliklerinde yeraltı suyu seviyesine uygunluğun ölçülmesi ve değerlendirilmesi;
4. Bir düzenli atık depolama sahasının yönetimi ile ilgili talimatta depolama sahası gazı ile ilgili testlerin izlenmesine yönelik olarak numune alım yerlerinin ve maddelerin belirlenmesi;

5. Düzenli depolama sahası işletilmeye başlamadan önce saptanan yüzey suyu ve yeraltı suyunun bileşimini göz önünde bulundurmak suretiyle, bir düzenli depolama sahasının işletilmesine yönelik talimatlarda, numune alım tesislerinin ve ayrıca yüzey suyu, sızıntı suyu ve yeraltı suyu ile ilgili testlerin, depolanan atık türüne göre ayrı ayrı izlenmesini sağlayacak gerekli endeks parametrelerinin belirlenmesi. Yüzey suyu için sızıntı suyunda olduğu gibi belirleyici parametreler saptanmaktadır;
6. Bir düzenli atık depolama sahasının yönetilmesi konusunda kabul görmüş talimatlara göre sonraki safhalarda izleneceği belirtilen yerlerde yüzey suyu ile yeraltı suyunun jeokimyasal altyapısının saptanması;
7. Bir düzenli depolama sahasının yönetimi ile ilgili talimatlarda düzenli depolama sahalarında cıva buharlarının varlığını ölçecek yerlerin tespit edilmesi.

İşletme safhasında izleme prosesi aşağıda belirtilen amaçlara yöneliktir (MŞ, 2002):

1. Başlangıç durumunun değerlendirilmesi sırasında düzenli depolama sahasının konumu ile ilgili olarak bir meteoroloji istasyonu temsilcisinin tayin edilmesi durumunda düzenli depolama sahası içinde ya da dışında gerçekleştirilen ölçümlerde atmosferik yağış miktarının incelenmesi;
2. Gözetleme kuyularında yeraltı suyu seviyesinin ölçülmesi;
3. Yüzey suyu akış hızının ölçülmesi;
4. Önceden belirlenen karşılaştırmalı değerlendirmelere göre düzenli depolama sahası yüzeyindeki çökmelerin kontrol edilmesi;
5. yüzey suyu, sızıntı suyu, yeraltı suyu ve depolama sahası gazında bulunan indikatör parametrelerin test edilmesi;
6. Depolama sahası gazında emisyonun ölçülmesi;
7. Düzenli depolama sahasındaki kütlenin yapı ve bileşiminin, düzenli depolama sahasının inşaatı ile ilgili ruhsata ve düzenli depolama sahasının yönetimine ilişkin talimatlara uygun bir şekilde kontrol edilmesi;
8. Düzenli depolama sahalarında cıva buharının ölçülmesi;
9. İnsan sağlığına veya doğal çevreye tehdit oluşturabilecek sızıntı veya diğer düzensizliklerin tespit edilmesi adına depolama tesisi ile düzenli depolama sahalarında kullanılan konteynerlerin gözle muayene edilmesi.

İşletme sonrası safha'da izleme prosesi aşağıda belirtilen amaçlara yöneliktir (MŞ, 2002):

1. Başlangıç durumunun değerlendirilmesi veya düzenli depolama sahasını kapatma işlemi sırasında düzenli depolama sahasının konumu ile ilgili olarak bir meteoroloji istasyonu temsilcisinin tayin edilmesi durumunda düzenli depolama sahası içinde ya da dışında gerçekleştirilen ölçümlerde atmosferik yağış miktarının incelenmesi;
2. Yeraltı suyu seviyesinin ölçülmesi;
3. Yüzey suyu akış hızının ölçülmesi;
4. Önceden belirlenen karşılaştırmalı değerlendirmelere göre düzenli depolama sahası yüzeyindeki çökmelerin kontrol edilmesi;
5. yüzey suyu, sızıntı suyu, yeraltı suyu ve depolama sahası gazında indikatör parametrelerinin test edilmesi;
6. Depolama sahası gazında emisyonun ölçülmesi;
7. Depolama sahası gazı değerlendirme sisteminin verimliliğinin kontrol edilmesi;
8. Düzenli depolama sahalarında cıva buharının ölçülmesi;
9. İnsan sağlığına veya doğal çevreye tehdit oluşturabilecek olası sızıntı veya diğer düzensizliklerin tespit edilmesi adına depolama tesisinde kullanılan konteynerlerin gözle muayene edilmesi.

Diğer aşamalar sırasında rehabilite edilmiş vahşi depolama sahaları ile düzenli depolama sahalarına yönelik farklı faydalı indikatörler, 5.1 nolu tabloda irdelenmiştir.

Tablo. 5.1. Bir düzenli depolama operasyonunun her bir safhasında yüzey suyu, sızıntı suyu, yeraltı suyu ve depolama sahası gazı ile ilgili testlerin indikatör parametreleri ile asgari sıklıklarının kapsamı (MŚ 2013).

Ölçülen parametre	İşletme öncesi safha	İşletme safhası	İşletme sonrası safha
Yüzey suyu akış hızı	bir kez	3 ayda bir	6 ayda bir
Yüzey suyu bileşimi	bir kez	3 ayda bir	6 ayda bir
Sızma suyunun hacmi	yetersiz	ayda bir	6 ayda bir
Sızma suyunun bileşimi	yetersiz	3 ayda bir	6 ayda bir
Yüzey suyu seviyesi	bir kez	3 ayda bir	6 ayda bir
Depolama sahası gazı emisyonu	yetersiz	ayda bir	6 ayda bir
Depolama sahası gazının bileşimi	yetersiz	ayda bir	6 ayda bir
Depolama sahası gazı deşarj sisteminin verimliliği	yetersiz	yetersiz	12 ayda bir

Her bir düzenli depolama sahası farklıdır ve farklı bir ortamda yer almaktadır; bu yüzden izleme prosesinin de, yerel özgünlükler göz önünde bulundurularak her bir sahaya göre ayrı ayrı tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca bir risk analizinin yapılması gerekir. Risk değerlendirme süreci ise karar verecek olan şahıs ya da kurumlara yapılandırılmış ve uygulamaya yönelik bir destek sunmalıdır. Risk değerlendirme süreci; başlangıç aşamasında yatırım niteliğini ve hidrojeolojik şartlarını belirleyen düzenli depolama sahası modelinin geliştirilmesini kapsamakta ve yararlanılabilecek kaynak, izlenecek yol ve ayrıca etki alıcıları da içermektedir. Bu alıcıların duyarlılığı, kaynaklardaki (sızıntı suyu veya depolama sahası gazı gibi) tehlikeler ve mevcut etki aktarımı ile ilgili yöntemlerin mevcudiyeti kapsamında değerlendirilmelidir.

5.3. Depolama sahası gazının izlenmesi

Depolama sahası gazı; temel olarak metan, karbondioksit ve az miktarda hidrojen oluşmuş bir karışımdır. Bu gazda bir miktar azot ve oksijen de bulunabilir.

Genelde depolama sahası gazının bileşimi, aşağıdaki gibidir (EA, 2004)

- Metan – 63.8%
- Karbondioksit – 33.6%
- Oksijen – 0.16%
- Azot – 2.4%
- Hidrojen - 0.05%

- Su buharı – 1.8%

Depolama sahası gazında çok sayıda eser bileşen bulunabilir. Bu sayı 550'ye kadar çıkabilir. Söz konusu bileşenler farklı kimyasal gruplara aittir. Depolama sahası gazında bulunan bileşenlerin çoğu, sera gazı şeklinde olduğu için bu bileşenlerin emisyonlarının izlenmesi çok önemlidir.

Düzenli Depolama Sahaları ile ilgili Direktife ve düzenli depolama sahalarına ilişkin diğer mevzuatlara göre saha işletmecisinin düzenli depolama sahası operasyonu aşamasında izleme prosesini gerçekleştirmesi zorunludur. İşletmeci; ilgili otoritenin, depolama sahasının artık çevre açısından bir risk oluşturmadığına karar vereceği tarihe kadar, kapatma ve bakım dönemine ait izleme prosesini gerçekleştirmek zorundadır.

Düzenli depolama sahası gazı izleme prosesi, herhangi bir düzenli depolama sahasının doğru bir şekilde yönetilmesi açısından gereklidir. İzleme planı geliştirilerek uygun bir şekilde belgelendirilmelidir.

İzleme planı çerçevesinde hedefler belirlenmeli ve özel bir tesise yönelik bir izleme programı tanımlanmalıdır. Bu plan şunları kapsamaktadır (EA, 2004):

- İzleme türü;
- İzleme yöntemleri;
- İzleme araçlarının konumu;
- İzleme sıklığı;
- Konuyla ilgili önlemler / önlem alınmasını gerektiren tetikleyici etmenler;
- Standart seviyelerin üzerine çıkıldığı takdirde gerçekleştirilmesi gereken eylem planları.

Depolama sahası gazında izlenmesi gereken öğeler şunlardır:

- Toplama ve izleme kuyuları,
- Yüzeysel ve enine (yan) emisyonlar,
- Gaz yakma bacaları ve/veya depolama sahası gazından enerji geri kazanımı için kullanılan tesisler,
- Kokular,
- Meteorolojik veriler (hava koşulları).

Depolama sahası gazında řu maddelerin başlangıcının izlenmesi için bir düzeltme uygulanır:

- Metan (CH₄);
- Karbondioksit (CO₂);
- Oksijen (O₂).

Depolama sahası gazı emisyonları; düzenli depolama sahasının yönetimi ile ilgili talimatlarda da belirtildiğı üzere, depolama sahasının temsili bölümlerinde, toplama yerlerinde, depolama gazı arıtma ve kullanım veya bertaraf tesisinin akış yukarısında ölçölür.

İzleme sıklığı birçok faktöre bağılıdır. Kavramsal model ile ilintisi bulunan bu öğeler aşağıda açıklanmıştır:

- Düzenli depolama sahasının yaşı
- Depolanan atık türü
- Kurulu bulunan kontrol araçları
- Çevre jeolojisi
- Yayılan gazların oluşturabileceğı risk
- Çevre ile alıcıların duyarlılığı
- Önceki izleme faaliyetlerinin sonuçları.

Düzenli depolama sahalarında cıva buharları, tankın tüm yüzeyinin güvenli bir şekilde izlenmesini sağılayan ve 1,7 metre yüksekliğinde olup tankın alt kısmında bulunan sensörlerin yardımı ile tankın içerisinde ölçölür. Görsel ve işitsel alarm sistemi, cıva buharı izleme sisteminin ayrılmaz bir parçasıdır.

Rehabilite edilmiş vahşı depolama sahaları ile düzenli depolama sahalarının, diğler aşamalar sırasında gerçekleştirdiğı depolama sahası gazı emisyonları ile ilgili parametreler Tablo 5.2’de gösterilmiştir:

Tablo. 5.2. Numune alım alanı türü ile genelde depolama sahalarında gerçekleşen gaz izleme sıklıkları (EA 2004).

İzleme tesisleri	İşletme safhasında izleme sıklığı	Bakım sonrası izleme sıklığı	Ölçülen parametreler
Yüzey emisyonları	Yılda bir	Yılda bir	CH ₄ konsantrasyonu Meteorolojik veri Atmosfer basıncı Sıcaklık Yüzeyin genel yapısı ve durumu
(Düzenli depolama sahası dışında) ölçüm amaçlı kullanılan sondaj kuyuları	Ayda bir	6 ayda bir	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ Atmosfer basıncı Diferansiyel basınç Sıcaklık Meteorolojik veri
Toplama kuyuları	2 haftada bir	6 ayda bir	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ Atmosfer basıncı Diferansiyel basınç Sıcaklık Gaz akış hızı Meteorolojik veri
Gaz toplama sistemi	Yılda bir	Yılda bir	Değerlendirme/bertaraf sisteminden önce doğrudan düzenli depolama sahasından alınan eser bileşenler de dâhil olmak üzere depolama sahası gazının bileşimi
Gaz yakma bacaları ve/veya enerji geri kazanımı tesisleri	Yılda bir	Yılda bir	NO _x , CO, VOC'ler, NMVOC'ler

Depolama sahası gazı izleme prosesinde aşağıda belirtilen bileşenlerin izlenmesi gerekir:

- Kaynak
- Emisyonlar

- Hava kalitesi
- Meteoroloji.

Kaynak izleme prosesinin amacı, düzenli depolama sahasının tüm bölümlerinde bulunan gazın niceliği ile niteliğini saptamaktır.

Rutin izleme prosesinin amacı, düzenli depolama sahası gazının bileşimini saptamaktır; söz konusu proses, genellikle taşınabilir aletler kullanılmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bu aletler, depolama sahası gazında bulunan kütle bileşenlerini ve bunlarla ilişkili fiziksel parametreleri ölçmektedir.

Düzenli depolama sahaları ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında iki farklı kaynak izleme noktası mevcuttur: toplama kuyuları ile izleme kuyuları.

Depolama sahası gazının konsantrasyonu, bileşim ve basıncının yanı sıra gaz akış hızlarının da izlenmesi gerekir. Bu işlem, gaz toplama ve değerlendirme sistemlerinin yeterli düzeyde kontrol edilebilmesini sağlar. Üretim kuyularında ölçülen aktif (diğer maddeler ile kolayca birleşebilen) gazın hızı saatte birkaç yüz metre küpe kadar çıkabilir.

Düzenli depolama sahalarında ve rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında gerçekleştirilen **emisyon izleme** prosesi, genelde aşağıda belirtilen emisyonları kapsamaktadır:

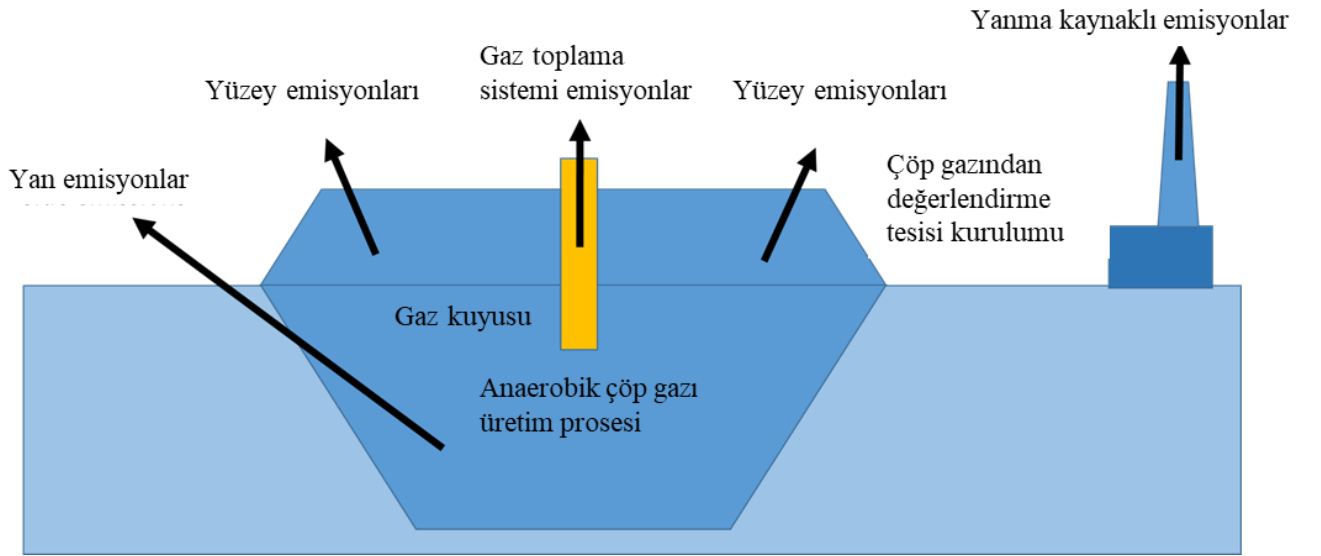
- Gaz toplama sisteminden kaynaklanan emisyonlar
- Yüzey emisyonları
- Yan emisyonlar
- Yanma kaynaklı emisyonlar.

Yüzey emisyonları, aşağıda belirtilen amaçlar doğrultusunda izlenmektedir:

- Gaz yönetimi sisteminde sorunların tespit edilerek gerekli onarımların öncelikle hale getirilmesi,
- Önemli bir sera gazı olan metanın tüm emisyonlarının ölçülmesi.

Düzenli depolama sahasının üst yüzeyinde bulunan sızdırmazlık tabakasından açığa çıkan metan emisyonları, alev iyonizasyon detektörü (FID - flame ionization detector) gibi bir cihaz kullanılmak suretiyle kalitatif olarak hesaplanabilir.

Düzenli depolama sahasını ve rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarını kapsayan tabakaların içerisinde düşük miktarda nüfuz eden gaz akışının tespit edilerek ölçülmesi zordur. Mevcut araştırmalar, özel ölçüm kaplarının (Akış kutularının), hâlihazırda yüzey emisyon kaynaklarının doğrulanması açısından, ekonomik anlamda en etkin teknik olduğunu göstermektedir. Bunlar, düzenli depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının yüzeyinin belirli bir küçük alanı üzerindeki metan konsantrasyonlarında gerçekleşen değişikliklerin hızını ölçmek amacıyla kullanılan kapalı haznelerdir. Tüm bölgeden alınan emisyon miktarı, muhtelif (örnek) numune alım noktalarında akışı ölçümlemek suretiyle hesaplanabilir.



Şekil 5.1. Depolama sahası gazında emisyon izleme tesisleri.

Kentsel düzenli depolama sahalarından yayılan sera gazı emisyonlarının tespiti için iyi yöntemlerin henüz geliştirilmemiş olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır (Klimek 2010).

Havaya yayılan metan gazının değerlendirilmesi konusunda ISO / TC 146 / SC 1 / WG 22 nolu bir standart hazırlanmıştır. CO₂ için havaya salınan gaz değerlendirme yöntemi – ISO 12039:2001; yalnızca sabit kaynak emisyonları ve bu bağlamda emisyonların nokta kaynakları için geçerli olup düzenli depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarından yayılan emisyonların ölçülmesinde kullanılamamaktadır.

Depolama sahası gazı emisyonları, yıllardır muhtelif yöntemlerin kullanıldığı kalitatif ve kantitatif ölçümler vasıtasıyla tespit edilmektedir. Ancak yine de araştırma sırasında süre ile ilgili olarak yüksek düzeyde meydana gelebilecek değişkenlik ile ilintili sorunları çözecek herhangi bir yöntem söz konusu değildir. Ayrıca yıl boyunca tüm düzenli depolama sahasından çıkan

depolama sahası gazı emisyonlarının miktarının tam olarak tespit edilmesine olanak sağlayan herhangi bir referans ölçüm yöntemi de bulunmamaktadır. Bu zamana kadar çeşitli yöntemlerden yararlanılarak gerçekleştirilen çalışma örnekleri, tek bir düzenli depolama sahasında ölçülen emisyon değeri aralığının çok geniş olduğunu ve sonuçların birkaç büyüklük sırasına göre dahi farklılık gösterebileceğini yansıtmaktadır.

Düzenli depolama sahasının dışında bulunan izleme kuyularından istifade edilerek gerçekleştirilen çalışmalarda **tali emisyonlar** izlenmektedir. Bu kuyular gerek tesis içerisinde gerekse tesis dışarısında bulunmaktadır. Düzenli depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama alanlarının yüzeyi altında bulunan depolama sahası gazının atık kütlesinden akışı konusunda bilgi sunulmaktadır. Harici sondaj kuyularının izlenmesi; tesiste gerçekleştirilen etkin gaz yönetiminin gösterilmesi ve tesisten geçen gazın tespit edilmesi açısından önemlidir.

Nötralizasyon (alev bacaları) veya biyogazın enerji kullanımı (örneğin: gaz motorları) için faydalanılan ekipman ve kurulumların yaydığı emisyonlar ile bağlantılı olarak **yanma izleme prosesi** gerçekleştirilmektedir. Bu tür cihazlar, münferit düzenlemelere tabi olup ilgili emisyon standartlarına uygun olmalıdır.

Düzenli depolama sahaları ile rehabilite edilmiş olan vahşi depolama sahalarında ve bu sahaların etrafında **hava kalitesinin izlenmesi** giderek önemli hale gelmektedir. Bu tür ölçümler, tesisten bizzat yapılan emisyon ölçümlerinin doğrulanmasını sağlamaktadır.

Koku izleme prosesi, aşağıda belirtilenler de dâhil olmak üzere çok sayıda farklı amaca yöneliktir:

- Risk değerlendirme ve tahmine dayalı dispersiyon (dağılım) modellemesinde girdi verilerinin geliştirilmesi,
- Bir gaz izleme planının geliştirilmesi,
- Azaltılacak koku kaynaklarının önem sırasına göre sıralanması,
- Koku azaltıcı maddelerin seçilmesi,
- Kokunun kısıtlanmasını ve en aza indirilmesini sağlayacak önlemlerin etkisinin değerlendirilmesi.

Koku ölçümleri, tesisin en uzak noktasından rüzgâr yönünde olmak üzere tesis sınırına doğru ya da bizzat tesise doğru olacak şekilde gerçekleştirilmelidir. Kokunun devam etmesi durumunda tesisin sınırından itibaren konumunun kaydedilmesi gerekir. Kromatografi, olfaktometri ya da

kütle spektrometrisi gibi teknikler koku izlemede kullanılabilir. Alınan hava örneklerinde koku direnci ve potansiyel kaynak olup olmadığı değerlendirilmelidir. Olfaktometride koku veren maddelerinin belirlenmesi için değişen seyreltmelerde hava örnekleri sunulmaktadır.

Atmosfer basıncı, kaynak izleme noktalarının kontrolü açısından önemli bir parametredir. Depolanan atık kütlelerinde gaz basıncı ölçümlerinin anlaşılabilmesi için düzenli bir şekilde ölçüm yapılması gerekir. Atmosfer basıncındaki hızlı düşüşler, olası bir göçe yol açarak depolama sahası gazı basıncının ortam atmosfer basıncından çok daha fazla olmasına neden olabilir. Atık kütlelerinde basınçların izlenmesi, gaz göçü ihtimalinin belirlenmesinde önem arz etmektedir.

Depolama sahası gazının göçü, atık kütlesi ile atmosfer basıncındaki basınç değişikliklerinden etkilenebilir.

Atıkta basınç ile bileşimin izlenmesi için seçili konumlara dağıtılacak kalıcı numune alım noktalarının tesis edilmesi gerekir. Basınç verilerinin doğru bir şekilde kullanılabilmesi için atmosfer basıncının sürekli ya da düzenli bir şekilde (örneğin her saat başı) izlenmesi şarttır. Bu ise otomatik bir hava istasyonu ile sağlanabilir.

5.4. Sızıntı suyunun izlenmesi

Sızıntı suyu; yeraltı suyu ile yüzey suyuna zararlı etkiler bırakabilecek bir sıvıdır. Bu nedenden dolayı, sızıntı suyunun doğru bir şekilde yönetilmesi ve/veya temizlenmesi ve ardından kontrollü bir şekilde çevreye verilmesi gerekir. Düzenli depolama sahaları ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarının işletilmesi ile ilgili ruhsatlar, sızıntı suyunun çevre ve insan sağlığı açısından bir risk teşkil etmemesini ve bu bağlamda uygun bir izleme sisteminin hayata geçirilmesi zorunluluğunu içermektedir.

Düzenli depolama sahaları ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında sızıntı suyu, yeraltı suyu ve yüzey suyunun izlenmesinin amaçları şunlardır:

- Düzenli depolama sahasının, tasarlanan şekilde çalışıp çalışmadığının tespit edilmesi;
- Sızıntı suyunun çevre açısından bir tehlike oluşturup oluşturmadığının saptanması;
- İnceleme ve izleme şartlarının yürürlükte bulunan yasalara uygun bir şekilde yerine getirilip getirilmediğinin tespit edilmesi;
- Yeraltı suyu ile ilgili yasal düzenlemelerin öngördüğü şartların yerine getirilip getirilmediğinin saptanması;

- Başka testlere ihtiyaç olup olmadığının belirlenmesi ve riskin kabul edilmemesi durumunda sızıntı suyundaki kirlenmenin azaltılması ya da önlenmesi ve ayrıca kaldırılması için alınacak önlemler ile ilgili ihtiyacın belirtilmesi;
- Tesisin, artık insan sağlığı açısından çok yüksek bir risk teşkil edip etmediğinin belirlenmesi.

Etkili bir izleme programının tasarlanabilmesi için genel “su dengesi” ile ilgili bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Su dengesi, aşağıda yer alan basit denklemde belirtilen şekilde özetlenebilir (EA, 2003):

$$L = \text{toplam sıvı girdisi miktarı} - \text{toplam sıvı çıktısı miktarı}$$

Yukarıdaki denklemde yer alan “L”, düzenli depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasında depolanan atıktaki toplam sıvı hacmidir.

Bu denklem, en başta açık ve kapalı hücrelere doğru oluşan sızmalar, su emme özellikleri ve atık tanıtım oranları olmak üzere tüm unsurlar göz önünde bulundurulmak suretiyle sızıntı suyu toplama ve yönetim sistemlerinin tesise özel olarak tasarlanmasını mümkün kılacak şekilde uyarlanmalıdır.

Sızıntı suyu izleme programları, genelde beş adımdan oluşmaktadır (EA, 2003):

- Yeraltı ve yüzey suyunun özellikleri ile ilgili ön izleme;
- Yeraltı ve yüzey suyunun rutin izlemesi;
- Yeraltı suyunun kontrolü ve tetikleyici etmenler de dâhil olmak üzere değerlendirmenin izlenmesi;
- Sızıntı suyunun özelliklerinin izlenmesi;
- Kapatma prosesinin izlenmesi;

Yeraltı ve yüzey suyunun özelliklerini ön izleme aşamasında en az üç yerden numune alımı gerçekleştirilmelidir. Burada amaç yeraltı suyu ile yüzey suyu parametrelerinin özellikleri ile olağan değişkenlik aralığının belirlenmesidir. İzleme yoluyla toplanan verilerin sıklığı ile kapsamı, diğer unsurların yanı sıra mevsimsel etkenleri de nitelendirecek yeterlikte olmalıdır.

Yeraltı suyu ile yüzey suyunun rutin izleme aşaması, çevresel izlemede sürekliliğin sağlanması amacıyla gerçekleştirilmektedir.

Yeraltı suyu ile toprağın izlenmesinin amacı, akiferlerdeki (yeraltı su tabakalarındaki) sızıntı suyu ile kirletici maddelerin yayılmasına dikkat çekmektir. Düzenli depolama sahasında bulunan piyezometre (sıvı basıncı ölçer) ağının, yeraltı suyunun seviyesi ile bileşimini izlemek amacıyla kullanılması gerekir. Yeraltı suyu seviyesi ile ilgili araştırma, su tablasından referans noktasına - piyezometrenin eşitlenmiş orifisine - kadar olan mesafenin ölçümünü de kapsamaktadır. Ölçüm için bir ölçüm düdüğü ya da elektronik cihazlar kullanılır. Yeraltı suyu seviyesi ölçüldükten sonra bir test numunesi alınır. Konteyner, numune almadan önce çekilen su ile çalkalanır. Kalitesinde değişiklik olmadan belli bir derinlikte alım yapılmasını sağlayacak ekipman ile su numunesi alınır. Bunun inert maddelerden (örneğin paslanmaz çelikten) yapılmış olması gerekir. Yeraltı suyu numunesi toplamak için kepçe ve muhtelif tipte numune alıcısı kullanılabilir. Yeraltı suyunda aşağıda belirtilen parametreler test edilecektir:

1. Cu, Zn, Pb, Cd, Cr₆, Hg;
2. Toplam Organik Karbon (TOC – Total Organic Carbon);
3. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHlar) toplamı.
4. pH tepkimesi;
5. Öz (spesifik) elektrolitik iletkenlik:

Her 6 ayda bir ölçüm yapılmalıdır.

Yeraltı suyunun kirlenme indikatörlerine ait kırılma noktaları, ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilir.

I ve V nolu temizlik sınıfları kapsamında örnek olarak gösterebileceğimiz değer aralıkları aşağıdaki gibidir (Kapelewska, 2018):

- Genel:
 - Tepkime (pH) 6,5-9 – 6,5-> 9,5
 - Sıcaklık 10 - 25 °C
 - Öz (spesifik) elektrolitik iletkenlik 700 -> 3000
 - Toplam demir 0,2 -> 10 mg / L
 - Toplam krom 0,01 -> 10 mg / L
- İnorganik katyonlar:

- Amonyak azotu 0,5 -> 3 mg / L
- Sodyum 60 -> 300 mg / L
- Potasyum 10 -> 20 mg / L
- Demir 0,2 -> 10 mg / L
- Alüminyum 0,1 -> 1 mg / L.
- İnorganik anyonlar
 - Nitrat azotu (V) 10 -> 100mg / L
 - Nitrit azotu (III) 0,03 -> 1 mg / L
 - Fosfatlar 0,5 -> 5 mg / L
 - Klorürler 60 -> 500 mg / L
 - Siyanürler 0,01 -> 0,1 mg / L
 - Sülfatlar (VI) 60 -> 500 mg / L
- Organik
 - Toplam organik karbon 5 ->20 mg/L
- Eser maddeler
 - Bakır 0,01 -> 0,5 mg / L
 - Kurşun 0,01 -> 0,1 mg / L
 - Nikel 0,005 -> 0,1 mg / L
 - Çinko 0,05 -> 2 mg / L
 - Bor 0,5 -> 2 mg / L

Sızıntı suyunda bulunan safsızlıklar konusunda nitel bilgi almak amacıyla **sızıntı suyunun özellikleri izlenir**. Sızıntı suyu oluşumunun, karmaşık ve zamanla değişen bir proses olduğunu unutmamak gerekir. Bu yüzden zamanla fiziksel özellikler ile bileşimde ve düzenli depolama sahasının farklı kesimleri arasında ortaya çıkan önemli değişiklikler göz önünde bulundurularak uygun bir ölçüm sisteminin seçilmesi gerekir.

Değerlendirmeyi izleme prosesi, baz hattında önemli sapmaların tespit edilmesi durumunda ihtiyaç duyulabilecek daha fazla izleme yoğunluğu prensibine dayanmaktadır.

Kapatmayı izleme prosesi; tesisin insan sağlığı ile çevreye zarar vermediğini göstermek amacıyla düzenli depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarının kullanımının ve (rehabilite edilmesi gereken nizamsız vahşi depolama sahalarının) hizmet süresinin sona erdiği zaman gerçekleştirilir.

Kentsel düzenli atık depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında yüzey suyu ile sızıntı suyu için aşağıda belirtilmiş olan indikatör parametrelerine gereksinim vardır:

1. tepkime (pH);
2. spesifik elektrolitik iletkenlik.
3. toplam organik karbon (TOC);
4. bakır (Cu), kurşun (Pb), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), krom (Cr^{+6}) ve cıva (Hg) dâhil olmak üzere her bir ağır metalin muhteviyatı;
5. toplam polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH).

Yukarıda belirtilmiş olan parametreler için uygun bir kalite güvence sistemi uygulayan özel araştırma laboratuvarlarında testler yapılmalıdır.

Yağış miktarı, işletme safhası ile işletme sonrası safhada günde bir kez test edilir.

Bir düzenli atık depolama sahasının kapatıldığı tarihten itibaren beş yıl boyunca gerçekleştirilen kapatma prosesinin sonuçlarının, düzenli depolama sahasının çevreye etkisi olmadığını göstermesi durumunda, en az iki yılda bir kez olmak üzere, her bir indikatör parametre için ve en az yılda bir kez olmak üzere, spesifik elektrolitik iletkenlik için yapılacak testlerin sıklık aralığı yetkili kurum tarafından düşürülebilecektir; böyle bir şart, tehlikeli atıklar için kullanılan düzenli depolama sahaları için geçerli değildir.

Akar yüzey sularının akış hızı ile bileşimlerinin ölçümü, düzenli depolama sahasının hemen yakınında olmak kaydıyla, en az aşağıda belirtilen iki noktada gerçekleşecektir: Her bir suyolunun, düzenli depolama sahasının üzerindeki yukarı yönlü kaynak noktası ve düzenli depolama sahasının ve rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarının altındaki aşağı yönlü kaynak noktası.

Sızıntı suyunun hacmi ile bileşimi, arıtma öncesi her bir toplama noktasında ölçülmektedir.

Bir düzenli depolama sahasında veya rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında, sızıntı suyunun arıtılmasında kullanılacak bir kurulumun teçhiz edilmesi durumunda, arıtma prosesinin veriminin kontrol edilebilmesi amacıyla arıtılmış sızıntı suyunun düzenli depolama sahasından boşaltıldığı her bir noktada arıtılmış sızıntı suyunun bileşimi ölçülür.

Kentsel atık suyu arıtma tesisinde arıtma prosesinden sonra doğaya verilecek sızıntı suyuna göre belirlenmesi gereken kirlenme indikatörlerinin sınır değerleri, ülkeden ülkeye değişiklik gösterebilir. Değerler ile ilgili örnekler aşağıdaki gibidir (Kapelewska 2018):

- Genel:
 - Tepkime (pH) 6.5-9
 - Sıcaklık 35 °C
 - Toplam süspansiyon miktarı 35 mg/L
 - Kolay çökelebilen askıda madde miktarı 0,5 mg / L
 - Toplam azot 30 mg / L
 - Toplam fosfor 3 mg/L
 - Toplam demir 10 mg / L
 - Toplam krom 0,5 mg / L
- İnorganik katyonlar
 - Amonyak azotu 10 mg / L
 - Sodyum 800 mg / L
 - Potasyum 80 mg / L
 - Demir 10 mg / L
 - Alüminyum 3,3 mg / L.
- İnorganik anyonlar
 - Nitrat azotu (V) 30 mg / L
 - Nitrit azotu (III) 1 mg / L
 - Klorürler 1000 mg / L

- Siyanürler 0,1 mg / L
- Sülfatlar (VI) 500 mg / L
- Sülfatlar (IV) 1 mg / L
- Organik
 - Kimyasal Oksijen İhtiyacı 125 mg / L
 - Biyokimyasal oksijen ihtiyacı 25 mg / L
 - Toplam organik karbon 30 mg/L
- Eser maddeler
 - Bakır 0,5 mg / L
 - Kurşun 0,5 mg / L
 - Nikel 0,5 mg / L
 - Çinko 2 mg / L
 - Bor 1 mg / L
 - Krom (VI) 0,1 mg / L

Yeraltı suyundan numune alınması ve yeraltı suyu bileşiminin test edilmesi için açıklıkların adedi, derinliği ve açıklık oluşturma yöntemi ile ilgili bilgiler, düzenli atık depolama sahasının inşaatı ile ilgili ruhsatta ayrıntılı bir şekilde belirtilmektedir. Ancak delik sayısı, her bir akiferde, biri yeraltı suyunun içeriye akışında, diğer ikisi de yeraltı suyunun beklenen dışa akışında bulunması gereken üç delikten daha küçük olamaz.

Faydalı akiferler de dâhil olmak üzere, bir düzenli depolama sahasının ya da rehabilite edilmiş vahşi depolama sahasının altında birden fazla akiferin bulunması durumunda, kullanılabilir ilk akifer de dâhil olmak üzere bu akifere kadar olan tüm akiferlerin izlenmesi gerekir.

Su, ağırlıklı olarak yüzeyden çıkan yağmur suyu olarak düzenli depolama sahasında ve rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında nihayet bulur. Bazı durumlarda ise yüzey ya da yeraltı suyu şeklinde içe akar. Tesiste toplanmadan ve taşınmadan oluşturulan sızıntı suyu, tabandan ya da yanlardan süzülebilir ya da yüzeye sızabilir. Atık maddeler (sıvı), tesisten temizlik, resirkülasyon ya da bertaraf yoluyla çıkarılabilir.

Sızıntı suyu izleme prosesi, izleme noktalarından elde edilen numunelerin ölçümüne göre gerçekleştirilmektedir. Sızıntı suyu izleme noktaları, belirlenmiş konumlarına göre aşağıda belirtilen şekilde sınıflandırılabilir:

- sızıntı suyu drenaj sistemlerinde;
- depolama amaçlı kullanılan yapay havuzlarda, depolama tanklarında ya da boşaltma noktalarında;
- taban astar sistemleri altında bulunan sızıntı tespit tabakalarının içerisinde;
- depolanan atık kütlelerinin içerisinde.

Herhangi bir yerde bir ya da birden fazla konumda izleme noktası bulunabilir. En sık kullanılan izleme noktaları, depolanan atık içerisinde bulunan izleme noktalarıdır.

Tercih edilen **meteorolojik izleme** yöntemi, otomatik loglama sistemi olan yerel bir hava istasyonu vasıtasıyla elde edilen veri toplama yöntemidir. Bunun mümkün olmaması durumunda yerel hava istasyonundan alınan verilerden de istifade edilebilir.

Sızıntı suyunun içerisinde **eser miktarlar** halinde çok sayıda madde bulunmaktadır. Bu bileşikler olası bir çevresel etkiye ciddi anlamda katkıda bulunmaktadır. Düzenleyici kurumlar, genellikle sızıntı suyunda ölçülmesi gereken öncelikli bileşenleri tespit etmektedir.

5.5. Çevrenin izlenmesi

Kentsel düzenli atık depolama sahasının veya rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarının etrafındaki toprak alanlar; tesisin uygunsuz kullanılması, suyun yanlış bir şekilde boşaltılması ya da depolama sahası gazının kontrolsüz bir şekilde yayılması sonucu kirlenebilmektedir. Tesis civarındaki alan, toprak içerisinde zaman zaman ya da sürekli olarak patojenik bakteri ve kistlerin olduğu bir yer şeklinde olabilir. Bu nedenden dolayı toprakta kadmiyum, çinko, kurşun, cıva ve arsenik elementlerinden dolayı kirlenmeler oluşup oluşmadığına bakılmalıdır. Aynı zamanda tane boyutu bileşimi, pH ve organik karbon içeriğinin de kontrol edilmesi gerekmektedir.

Düzenli depolama sahasına yakın alanlardan numune de alınacaktır. Genellikle her bir ölçüm noktasından her biri yaklaşık 500 gr ağırlığında olan 3 – 5 kademeli numune alınır. Düzenli depolama sahasından 5 cm derinliğinde ve 10-50 metre mesafede olacak şekilde numuneler alınması gerekir. Ayrıca 30 – 40 cm derinlikte olmak üzere hâkim rüzgârların yönünde ve 30 – 40 metre derinliğindeki objeden yaklaşık 100 metre mesafede bulunan düzenli depolama

sahasından su akışı yönünde bir numune alınması önerilir. Numunelerde taş, büyük tesis kalıntısı ya da diğer kirletici maddelerin olmaması gerekir.

5.6. Düzenli depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında stabilitenin izlenmesi

Düzenli depolama sahaları ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahaları, stabil mühendislik yapıları değildir. Depolanan atık kütlesinde oluşan biyolojik ve kimyasal tepkimelerden dolayı düzenli depolama sahasının hacminde değişiklikler olabilir. Bu da yüzeyin çökmesine yol açar. Bu yüzden güvenliğin sağlanması açısından stabilitenin izlenmesi gerekir.

Düzenli depolama sahasının yüzeyindeki çökme hareketi, stabilitenin izlenmesi için senede en az bir kez kontrol edilmelidir. Jeodezik yöntemlerden ve ayrıca önceden belirlenmiş karşılaştırmalı değerlendirmelerden yararlanılarak tespit edilen düzenli depolama sahasının yüzeyindeki çökme hareketi, değerlendirme kapsamındadır. Islah prosedürleri yerine getirildikten sonra nesnenin detaşman (ayırılma) miktarını ölçmek amacıyla kullanılan kalıcı yerlerde en az 2 karşılaştırmalı değerlendirme yapılması gerekir.

Düzenli depolama sahası ile rehabilite edilmiş vahşi depolama sahalarında çökme kontrolleri, jeodezik yöntemlerden ve önceden belirlenmiş karşılaştırmalı değerlendirmelerden yararlanılarak tespit edilen düzenli depolama sahası yüzeyindeki çökme hareketini ve bunun yanı sıra jeoteknik yöntemler ile tespit edilen yamaç stabilitesini değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır.

Jeodezik işaretler; dayanıklı maddeden yapılmış olup fiziki olarak jeodezik kontrol ağındaki noktaları, diğer bir deyişle, kesin bir şekilde tanımlanmış müşterek konum olan sahada stabilize edilmiş olan bir takım noktaları tanımlamaktadır.

Jeodezik işaretler, bu bağlamda ıslah edilmiş bir düzenli depolama sahasının bulunduğu tesisin stabilitesinin izlendiği çalışmalar sırasında çok önemli bir öge olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunların çok sağlam olması gerekmektedir. O yüzden de genellikle çelik, alüminyum ve pirinç gibi muhtelif metal çeşitlerinden oluşturulmakta ve paslanmanın olumsuz etkilerine karşı korunmaktadır. Bu noktaların büyük bir çoğunluğu, muhtelif şekil ve boyutlarda vida ve çivilere benzerdir.

Hali hazırda Küresel Konumlama Sistemi (GPS) tekniğinden yararlanılarak ölçümler yapılmaktadır.

Depolanan atık kütesinin yapısı ve bileşimi ile ilgili çalışma, atığın kapladığı alan ile hacmin ve ayrıca depolanan atığın yapısının tespitini de kapsamaktadır.

Kaynakça

Environment Agency (EA), Guidance on Monitoring of Landfill Leachate, Groundwater and Surface Water, 2003, available in the internet: www.environment-agency.gov.uk

Environment Agency (EA), Guidance on the management of landfill gas, 2004, available in the internet: www.environment-agency.gov.uk

Gardło M., „Reclamation of waste landfills "under the project:" Construction of a modern waste management system, reclamation of inactive landfills and removal of asbestos in municipalities belonging to the municipal union of Lubartów lands” (Rekultywacja składowisk odpadów” w ramach projektu: „Budowa nowoczesnego systemu gospodarki odpadami, rekultywacja nieczynnych składowisk oraz usuwanie azbestu na terenie gmin należących do związku komunalnego gmin ziemi lubartowskiej), 2010.

Kapelewska J., Leachate from municipal landfills as a potential source of pollution of the aquatic environment, University of Białystok, Faculty of Biology and Chemistry, doctoral dissertation (Ocieki ze składowisk odpadów komunalnych jako potencjalne źródło zanieczyszczenia środowiska wodnego, Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Biologiczno-Chemiczny, rozprawa doktorska), 2018

Klimek A. et al., Methodological guide in the field of PRTR for municipal waste landfills - Study financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management at the request of the Minister of the Environment (Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla składowisk odpadów komunalnych - Opracowanie finansowane ze środków NFOŚiGW na zamówienie Ministra Środowiska), 2010

Ministry of the Environment (Ministry of Environment), Regulation of the Minister of the Environment, 1 of 9 December 2002 on the scope, time, method and conditions of monitoring waste landfills (Ministerstwo Środowiska (MŚ), Rozporządzenie Ministra Środowiska, 1 z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów), 2002