

5.1. Introduzione

Una discarica non controllata, così come la discarica comune, dopo la sua chiusura e il suo ripristino, continua a rappresentare una minaccia per l'ambiente. Molti processi biologici e chimici hanno ancora luogo nei rifiuti raccolti. Per questo motivo, sono necessari un'attenzione particolare, una manutenzione e un monitoraggio adeguati.

Il monitoraggio delle discariche non controllate dopo il ripristino è simile a quello delle discariche controllate. Dal punto di vista legale, tutte le regole per il monitoraggio delle discariche devono essere seguite e sono valide anche per il ripristino ambientale dopo la chiusura delle discariche controllate.

Il monitoraggio di una discarica non controllata, così come quello di una discarica controllata, comprende diversi elementi importanti dal punto di vista dell'impatto sull'ambiente in senso lato. Possiamo distinguere qui il percolato e il gas di discarica, le acque sotterranee e superficiali, la quantità di precipitazioni, la struttura e la massa dei rifiuti raccolti, la subsidenza della superficie della discarica ed il rumore.

Il monitoraggio delle discariche non controllate è un processo lungo che riguarda tutte le fasi di sviluppo di una discarica, compresa la gestione dopo la chiusura della discarica stessa. Le discariche non controllate contenenti rifiuti biodegradabili o altri agenti contaminanti devono essere monitorate per un periodo di 50 anni o anche più.

Il monitoraggio delle discariche deve avvenire in tutte le fasi del loro ciclo di vita (MS2002):

- Fase preparatoria - tempo di sviluppo e preparazione prima dell'effettivo utilizzo
- Fase operativa - il periodo che va dalla data di inizio dell'attività della discarica alla data di chiusura;

- Fase post utilizzo - periodo di circa 30 anni dall chiusura della discarica.

Se la discarica è stata gestita senza rispettare gli standard e le procedure previste, il monitoraggio deve seguire le stesse regole della fase successiva allo sfruttamento.

I requisiti per il sistema di monitoraggio delle discariche sono soggetti alle norme di legge di ciascun Paese, che definiscono i principi e le modalità del processo.

5.2. Monitoraggio delle discariche controllate e non dopo il processo di risanamento

Le discariche devono essere monitorate in tutte le fasi del ciclo di vita. Ciò significa che, dalla fase di pianificazione a quella di chiusura, risanamento e post-utilizzo, dovrebbe essere attuato un meccanismo di monitoraggio ben pianificato che garantisca il massimo livello possibile di protezione ambientale.

Il monitoraggio nella fase preparatoria è finalizzato alla valutazione dello stato iniziale, cioè alla determinazione dell'intero sistema e comprende le seguenti fasi (ME 2002):

1. valutazione dei dati meteorologici medi appropriati per l'ubicazione di una discarica;
2. verifica della correttezza dell'implementazione degli elementi della discarica utilizzati per il monitoraggio, in particolare della correttezza delle aree di osservazione delle acque sotterranee e della stabilizzazione dei punti di riferimento geodetici;
3. misurazione e valutazione della conformità del livello delle acque sotterranee nei punti di osservazione previsti dal progetto di costruzione della discarica;
4. designazione, all'interno delle linee guida per la gestione di una discarica, dei luoghi di campionamento delle sostanze per ulteriori test di monitoraggio dei gas di discarica;
5. designazione, nelle linee guida per la gestione di una discarica, dei luoghi di campionamento e dei parametri indicativi per le ulteriori prove di monitoraggio separatamente per le acque superficiali, il percolato e le acque sotterranee, in base al tipo di rifiuti depositati, tenendo conto della composizione delle acque superficiali e sotterranee identificate prima della gestione della discarica; per le acque sotterranee i parametri indicativi sono stabiliti come per le acque di percolato;
6. determinazione del fondo geochimico delle acque superficiali e sotterranee nei luoghi che, secondo le linee guida approvate per la gestione di una discarica, sono indicati per il monitoraggio in fasi successive;

7. designazione, nelle linee guida per la gestione di una discarica, dei luoghi in cui misurare la presenza di vapori di mercurio per le discariche

Il monitoraggio durante la fase operativa prevede le seguenti attività: (MS 2002):

1. lo studio della quantità di precipitazioni atmosferiche da misurazioni effettuate nella discarica o al di fuori di essa, se durante la valutazione dello stato iniziale è stata indicata una stazione meteorologica rappresentativa della posizione della discarica;
2. misurazione del livello delle acque sotterranee in pozzi di osservazione;
3. misurazione del flusso delle acque superficiali;
4. controllo della subsidenza della superficie della discarica sulla base dei parametri di riferimento stabiliti;
5. analisi di sostanze e parametri indicatori nelle acque superficiali, nelle acque di percolazione, nelle acque sotterranee e nei gas di discarica;
6. misurazione dell'emissione di gas di discarica;
7. controllo della struttura e della composizione della massa della discarica in termini di conformità all'autorizzazione per la costruzione della discarica e alle istruzioni per la gestione della discarica;
8. misurazione del vapore di mercurio per le discariche;
9. ispezione visiva del sito di stoccaggio e dei contenitori per le discariche, in termini di rilevamento di possibili perdite o altre irregolarità che rappresentano una potenziale minaccia per la salute umana o per l'ambiente naturale.

Il monitoraggio della fase post operativa prevede le seguenti attività: (MS 2002):

1. lo studio della quantità di precipitazioni atmosferiche da misurazioni effettuate nella discarica o al di fuori di essa, se durante la valutazione dello stato iniziale o la procedura di chiusura della discarica è stata indicata una stazione meteorologica rappresentativa dell'ubicazione della discarica;
2. misurare il livello delle acque sotterranee
3. misurazione del flusso delle acque superficiali;

4. controllo della subsidenza della superficie della discarica sulla base dei parametri di riferimento stabiliti;
5. analisi dei parametri indicatori nelle acque superficiali, nelle acque di percolazione, nelle acque sotterranee e nei gas di discarica;
6. misurazione dell'emissione di gas di discarica;
7. verifica dell'efficienza del sistema di utilizzo del gas di discarica;
8. misurazione dei vapori di mercurio per le discariche;
9. ispezione visiva del sito di stoccaggio in termini di rilevamento di possibili perdite o altre irregolarità che rappresentano una potenziale minaccia per la salute umana o per l'ambiente naturale.

L'insieme dei diversi indicatori utili per il monitoraggio delle discariche non controllate al termine del risanamento così come per le discariche comuni durante le altre fasi del processo di sviluppo è illustrato nella tabella 5.1.

Tabella 5.1: L'ambito dei parametri indicatori e la frequenza minima delle analisi delle acque superficiali, delle acque di percolato, delle acque sotterranee e del gas di discarica nelle singole fasi di funzionamento della discarica (MS 2013).

Parametro misurato	Fase preparatoria	Fase operativa	Fase post operativa
Portata delle acque di superficie	Una sola volta	Ogni 3 mesi	Ogni 6 mesi
Composizione delle acque superficiali	Una sola volta	Ogni 3 mesi	Ogni 6 mesi
Volume delle acque di infiltrazione	assente	Ogni mese	Ogni 6 mesi
Composizione delle acque di infiltrazione	assente	Ogni 3 mesi	Ogni 6 mesi
Livello delle acque sotterranee	Una sola volta	Ogni 3 mesi	Ogni 6 mesi
Emissione di gas di discarica	assente	Ogni mese	Ogni 6 mesi
Composizione del gas di discarica	assente	Ogni mese	Ogni 6 mesi
Efficienza del sistema di scarico dei gas di discarica	assente	assente	Ogni 12 mesi

Poiché ogni discarica è diversa e si trova in un ambiente unico, il processo di monitoraggio deve essere progettato individualmente, tenendo conto delle specificità locali. Dovrebbe essere eseguita anche un'analisi dei rischi. La valutazione del rischio deve fornire un aiuto strutturato e pratico ai responsabili delle decisioni. La fase iniziale della valutazione del rischio comprende lo sviluppo di un modello di discarica che identifichi la natura dell'investimento e le sue condizioni idrogeologiche, comprenda le potenziali fonti, i percorsi e i recettori di impatto. La suscettibilità di questi recettori deve essere valutata in relazione alla pericolosità della fonte (come il percolato o il gas di discarica) e se sono disponibili metodi di migrazione dell'impatto.

5.3. Monitoraggio dei gas di discarica

Il gas di discarica è una miscela composta principalmente da metano e anidride carbonica e da piccole quantità di idrogeno. Può contenere anche una certa quantità di azoto e di ossigeno.

La composizione tipica del gas di discarica è la seguente (EA 2004):

- Metano - 63,8%,
- Anidride carbonica - 33,6%,
- Ossigeno - 0,16%,
- Azoto - 2,4%,
- Idrogeno - 0,05%,
- Vapore acqueo - 1,8%.

Il gas di discarica può contenere molti componenti in traccia. Il numero potrebbe arrivare a 550 elementi. Essi appartengono a diversi gruppi chimici. La maggior parte dei componenti del gas di discarica sono gas a effetto serra, pertanto il monitoraggio delle sue emissioni è molto importante.

La Direttiva e le altre normative sulle discariche prevedono che il gestore della discarica effettui un monitoraggio durante la fase operativa della stessa. Il gestore deve effettuare il monitoraggio anche durante il periodo di chiusura e manutenzione fino al momento in cui l'autorità competente decide che la discarica non rappresenti più un rischio per l'ambiente.

Il monitoraggio dei gas di discarica è essenziale per la corretta gestione di qualsiasi discarica. Il piano di monitoraggio deve essere sviluppato e inserito nei documenti pertinenti.

Il piano di monitoraggio deve definire gli obiettivi e descrivere un programma di monitoraggio per il sito specifico. Questo include (EA 2004):

- tipo di monitoraggio;
- metodi di monitoraggio;
- l'ubicazione degli strumenti di monitoraggio;
- la frequenza del monitoraggio;
- le azioni pertinenti / i livelli di attivazione che richiedono un intervento;
- i piani d'azione da attuare in caso di raggiungimento di livelli superiori a quelli stabiliti.

Gli elementi che dovrebbero essere monitorati per il gas di scarica sono:

- pozzi di raccolta e monitoraggio,
- emissioni superficiali e trasversali (laterali),
- torce e/o impianti per il recupero di energia dal gas di scarica,
- odori,
- dati meteorologici (condizioni atmosferiche).

Per il gas di scarica, è prevista una correzione per monitorare l'insorgenza delle sostanze:

- metano (CH₄);
- anidride carbonica (CO₂)
- ossigeno (O₂).

Le emissioni dei gas di scarica sono misurate in parti rappresentative di una discarica, come stabilito nelle linee guida di gestione, nei luoghi di raccolta, a monte dell'impianto di trattamento e utilizzo o smaltimento del gas di scarica.

La frequenza del monitoraggio dipende da molti fattori. Questi includono i seguenti elementi:

- età della discarica
- tipo di rifiuti stoccati
- strumenti di controllo installati

- geologia dell'ambiente circostante
- potenziale minaccia dei gas emessi
- sensibilità dell'ambiente e dei recettori
- risultati di precedenti attività di monitoraggio

Uno dei metodi per la misurazione dei vapori di mercurio per le discariche prevede l'utilizzo di sensori posizionati sul fondo del vasca di contenimento dei rifiuti ad una profondità di 1,7 mt, collocati in punti che garantiscono un monitoraggio affidabile dell'intera superficie. I sensori per la misurazione devono avere una sensibilità di almeno 0,02 mg di mercurio/m³. Parte integrante del sistema di monitoraggio dei vapori di mercurio è il sistema di allarme ottico e acustico.

I parametri relativi all'emissione di gas di discarica per le discariche risanate e comuni durante le altre fasi sono riportati nella tabella 5.2.

Tabella 5.2: Tipologia di siti di monitoraggio e tipiche frequenze di monitoraggio dei gas di discarica (EA 2004).

Siti di monitoraggio	Frequenza di monitoraggio durante la fase operativa	Frequenza del monitoraggio post-manutenzione	Parametri misurati
Emissioni in superficie	Annuale	Annualmente	Concentrazione di CH ₄ Dati meteorologici Pressione atmosferica Temperatura di esercizio Struttura e condizioni generali della superficie
Pozzi di misurazione (all'esterno della discarica)	Mensile	Ogni 6 mesi	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ Pressione atmosferica Pressione differenziale La temperature Dati meteorologici
Pozzi di raccolta	Ogni 2 settimane	Ogni 6 mesi	Pressione atmosferica Pressione differenziale Temperatura di esercizio Portata del gas Dati meteorologici

Sistema di raccolta dei gas	Annualmente	Annualmente	Composizione del gas di discarica, compresi i componenti in traccia ricevuti direttamente dalla discarica prima del sistema di utilizzo/smaltimento
Torce e/o impianti di recupero energetico	Annualmente	Ogni anno	NOx, CO, VOCs, NMVOCs

Il gas di discarica deve essere monitorato per le seguenti componenti:

- fonte
- emissioni
- qualità dell'aria
- meteorologia.

Lo scopo del monitoraggio alla fonte è quello di caratterizzare la quantità e la qualità del gas in tutte le parti della discarica.

Lo scopo del monitoraggio di routine è quello di rivelare la composizione del gas di discarica e viene solitamente eseguito con strumenti portatili. Questi strumenti misurano le componenti di massa del gas di discarica e i parametri fisici associati.

Esistono due diversi tipi di punti di monitoraggio della sorgente nelle discariche e nei siti aperti dopo il risanamento: i pozzi di raccolta e i pozzi di monitoraggio.

Oltre al monitoraggio della concentrazione del gas di discarica, della sua composizione e della pressione, è necessario monitorare anche la portata del gas. Questo per ottenere un controllo sufficiente dei sistemi di raccolta e utilizzo del gas. Il tasso di gas attivo misurato nei pozzi di produzione può variare fino a diverse centinaia di metri cubi all'ora

Il monitoraggio delle emissioni nelle discariche dopo il risanamento comprende in genere:

- emissioni dal sistema di raccolta dei gas
- emissioni superficiali
- emissioni laterali
- emissioni di combustione.

Il monitoraggio delle emissioni superficiali viene effettuato allo scopo di:

- identificare i problemi nel sistema di gestione dei gas e dare priorità alle riparazioni necessarie,
- misurare le emissioni totali di metano, un importante gas a effetto serra

Una stima qualitativa delle emissioni di metano dallo strato di tenuta in cima alla superficie della discarica può essere effettuata utilizzando uno strumento portatile come un rilevatore a ionizzazione di fiamma (FID).

È difficile rilevare e misurare un flusso molto piccolo di gas che permea attraverso gli strati che ricoprono la discarica e i bacini aperti dopo il processo di risanamento. Le ricerche in corso suggeriscono che le speciali scatole di misurazione (Flux-box) sono attualmente la tecnica più efficiente dal punto di vista economico per verificare le fonti di emissione superficiali. Si tratta di camere chiuse utilizzate per misurare il tasso di variazione delle concentrazioni di metano su un'area specifica e di piccole dimensioni della superficie della discarica e dei cumuli aperti dopo il processo di risanamento. Misurando il flusso in vari punti di campionamento (rappresentativi), è possibile stimare le emissioni totali dell'intera zona

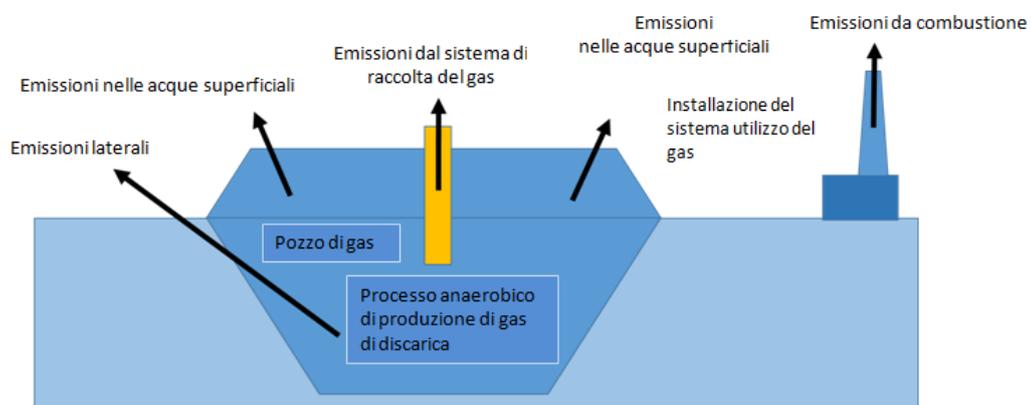


Figura 5.1: Siti di monitoraggio delle emissioni dei gas di discarica.

Va notato che non sono ancora stati sviluppati metodi validi per determinare le emissioni diffuse di gas serra dalle discariche comunali (Klimek 2010).

È stato preparato uno schema standard per la valutazione delle emissioni di metano nell'aria ISO / TC 146 / SC 1 / WG 22. Il metodo di misurazione dei rilasci nell'aria per la CO₂ - ISO 12039: 2001 si applica solo alle fonti di emissione stazionarie, e quindi sorgenti puntuali, e non può essere utilizzato per misurare le emissioni diffuse dalla discarica comune e dalle discariche non controllate dopo risanamento.

Le misurazioni qualitative e quantitative delle emissioni di gas di discarica sono state effettuate con diversi metodi per molti anni. Tuttavia, non esiste ancora un metodo che risolva i problemi associati all'elevata variabilità nel tempo che si verifica durante la ricerca. Inoltre, non esiste un metodo di misurazione di riferimento che permetta di determinare con precisione la quantità di emissioni di gas di discarica dell'intera discarica durante l'anno. Gli esempi di studi condotti finora con diversi metodi mostrano che la gamma di valori di emissione misurati in una discarica è molto ampia e i risultati possono differire anche di diversi ordini di grandezza.

Le emissioni laterali sono monitorate mediante pozzi di monitoraggio dei gas all'esterno dell'area della discarica. Questi pozzi possono essere situati sia in loco che fuori. Essi forniscono informazioni sul flusso di gas di discarica sotto la superficie della discarica e sulle aree aperte dopo il risanamento dalla massa di rifiuti. Il monitoraggio dei pozzi esterni è essenziale per dimostrare l'efficace gestione dei gas nel sito e per rilevare eventuali migrazioni di gas dal sito.

Il monitoraggio della combustione viene effettuato in relazione alle emissioni provenienti da apparecchiature e impianti per la neutralizzazione (torcia) o l'utilizzo energetico del biogas (ad es. motori a gas). I dispositivi di questo tipo sono soggetti a normative separate e devono soddisfare i relativi standard di emissione.

Diventa sempre più importante monitorare la qualità dell'aria all'interno e nelle vicinanze delle discariche e dei siti aperti dopo il risanamento. Le misurazioni di questo tipo confermano e verificano le misurazioni delle emissioni del sito stesso. Il monitoraggio degli odori ha una serie di scopi diversi, tra cui:

- sviluppo di dati di input per la valutazione del rischio e la modellazione predittiva della dispersione,
- sviluppo di un piano di monitoraggio dei gas,
- definizione delle priorità delle fonti di odore da attenuare o ridurre,

- selezione degli agenti di riduzione degli odori
- valutazione dell'efficacia delle misure di limitazione e mitigazione degli odori

Le misurazioni degli odori devono essere effettuate dal punto più lontano possibile: dal sito alla direzione del vento verso il confine del sito o al sito stesso. La persistenza dell'odore deve essere registrata insieme alla sua posizione rispetto al confine del sito. Il monitoraggio degli odori può essere accompagnato da tecniche come la gascromatografia, l'olfattometria o la spettrometria di massa. I campioni d'aria prelevati devono essere valutati in base all'intensità dell'odore e alla potenziale fonte. L'olfattometria presenta al pannello di possibili tipologie di odori campioni d'aria di diversa diluizione.

La pressione atmosferica è un parametro importante quando si controllano i punti di monitoraggio delle sorgenti. Deve essere misurata regolarmente per facilitare la comprensione delle letture della pressione del gas nella massa di rifiuti depositati. Rapidi cali di pressione atmosferica possono far sì che la pressione del gas di discarica sia significativamente più alta della pressione atmosferica ambientale, causando una possibile migrazione. Il monitoraggio delle pressioni nella massa dei rifiuti indica la maggiore probabilità che si verifichi uno spostamento del gas.

Lo spostamento del gas di discarica potrebbe essere influenzata dalle variazioni di pressione, nella massa dei rifiuti e nella pressione atmosferica.

Il monitoraggio della pressione e della composizione dei rifiuti richiede l'installazione di punti di campionamento permanenti distribuiti in luoghi selezionati. La pressione atmosferica deve essere monitorata in modo continuo o regolare (ad esempio, ogni ora) per utilizzare correttamente i dati sulla pressione. Questo può essere ottenuto con una stazione meteorologica automatica.

5.4. Monitoraggio del percolato

Il percolato è un liquido che può avere un effetto dannoso sulle acque sotterranee e di superficie. Per questo motivo, deve essere gestito e/o pulito in modo adeguato e poi immesso nell'ambiente in modo controllato. Le autorizzazioni relative al funzionamento delle discariche comuni e di quelle non controllate dopo il processo di risanamento includono un requisito importante a garanzia che il percolato non rappresenti un rischio per l'ambiente e per la salute umana e pertanto è necessario implementare un sistema di monitoraggio adeguato.

Il monitoraggio del percolato e delle acque sotterranee e il monitoraggio delle acque superficiali nelle discariche e nei siti aperti dopo il risanamento hanno lo scopo di:

- determinare se la discarica funziona come previsto;
- determinare se il percolato rappresenta un pericolo per l'ambiente;
- determinare se i requisiti di ispezione e monitoraggio in conformità alla legislazione applicabile sono soddisfatti;
- determinare se sono soddisfatti i requisiti delle norme di legge sulle acque sotterranee;
- determinare se sono necessari ulteriori test e, se il rischio non può essere accettato, indicare la necessità di misure per ridurre o prevenire e rimuovere la contaminazione da percolato;
- determinare quando il sito non presenta più un rischio molto elevato per la salute umana.

Per progettare un programma di monitoraggio efficace, è necessario conoscere il "bilancio idrico" complessivo. Il bilancio idrico può essere riassunto con la seguente equazione semplificata (EA 2003):

$L = \text{somma degli ingressi di tutti i liquidi} - \text{somma di tutte le uscite di liquidi}$

La "L" nell'equazione precedente è il volume totale di liquido nei rifiuti stoccati nella discarica e nei depositi non controllati dopo il risanamento.

Questa equazione dovrebbe essere adattata per rendere possibile la progettazione specifica del sito dei sistemi di raccolta e gestione del percolato, tenendo conto, tra l'altro, dell'infiltrazione nelle celle aperte e chiuse, delle proprietà di assorbimento dei rifiuti e dei tassi di introduzione dei rifiuti.

I programmi di monitoraggio del percolato consistono tipicamente in cinque fasi (EA 2003):

- monitoraggio preliminare delle caratteristiche delle acque sotterranee e superficiali;
- monitoraggio di routine delle acque sotterranee e superficiali;
- monitoraggio di valutazione, compreso il controllo delle acque sotterranee e tutti i livelli di attivazione;
- monitoraggio delle caratteristiche del percolato;
- monitoraggio durante la fase di chiusura.

Nella fase di monitoraggio preliminare delle caratteristiche delle acque sotterranee e superficiali, il campionamento deve essere effettuato in almeno tre punti. L'obiettivo è quello di determinare le caratteristiche e l'intervallo di variabilità abituale dei parametri delle acque superficiali e sotterranee. La frequenza e la portata dei dati raccolti con il monitoraggio devono essere sufficienti per poter caratterizzare, tra l'altro, i fattori stagionali.

La fase di routine del monitoraggio delle acque sotterranee e superficiali viene effettuata per mantenere la continuità del monitoraggio ambientale.

Il monitoraggio delle acque sotterranee e del suolo ha lo scopo di segnalare la diffusione del percolato e degli inquinanti negli acquiferi. La rete di piezometri, situata nella discarica, deve essere utilizzata per monitorare il livello e la composizione delle acque sotterranee. Lo studio del livello delle acque sotterranee consisterà nel misurare la distanza dalla falda freatica al punto di riferimento. Per la misurazione si utilizza un fischietto o un dispositivo elettronico. Dopo aver misurato il livello dell'acqua freatica, è necessario prelevare un campione di prova. Prima di prelevare un campione, sciacquare il contenitore con acqua prelevata. Il campione d'acqua deve essere prelevato con un'attrezzatura che consenta di prelevare il campione a una certa profondità senza alterarne la qualità. L'attrezzatura deve essere realizzata con materiali inerti (ad esempio, acciaio inossidabile). Per la raccolta dei campioni di acqua sotterranea si possono usare palette e vari tipi di campionatori. I seguenti indicatori saranno analizzati nelle acque sotterranee:

1. Cu, Zn, Pb, Cd, Cr6, Hg;
2. Carbonio organico totale (TOC);
3. Somma di idrocarburi policiclici aromatici (IPA).
4. Reazione del pH;
5. Conducibilità elettrolitica specifica;

Le misurazioni devono essere effettuate ogni 6 mesi.

I breakpoint per gli indicatori di inquinamento delle acque sotterranee possono variare da Paese a Paese. Un intervallo di dimensioni esemplare per le classi di pulizia I e V è il seguente (Kapelewska 2018):

- Generale
 - Reazione (pH) 6,5-9 - 6,5-> 9,5
 - Temperatura 10 - 25 oC
 - Conducibilità elettrolitica specifica 700 -> 3000

- Ferro totale 0,2 -> 10 mg / L
- Cromo totale 0,01 -> 10 mg / L
- Cationi inorganici:
 - Azoto ammoniacale 0,5 -> 3 mg / L
 - Sodio 60 -> 300 mg / L
 - Potassio 10 -> 20 mg / L
 - Ferro 0,2 -> 10 mg / L
 - Alluminio 0,1 -> 1 mg / L.
- Anioni inorganici
 - Azoto nitrico (V) 10 -> 100 mg / L
 - Azoto nitrico (III) 0,03 -> 1 mg / L
 - Fosfati 0,5 -> 5 mg / L
 - Cloruri 60 -> 500 mg / L
 - Cianuri 0,01 -> 0,1 mg / L
 - Solfati (VI) 60 -> 500 mg / Organici
- Organico
 - Carbonio organico totale 5 -> 20 mg/L
- Tracce di sostanze
 - Rame 0,01 -> 0,5 mg / L
 - Piombo 0,01 -> 0,1 mg / L
 - Nichel 0,005 -> 0,1 mg / L
 - Zinco 0,05 -> 2 mg / L
 - Bor 0,5 -> 2 mg / L

Il monitoraggio delle caratteristiche del percolato viene effettuato per ottenere informazioni qualitative sulle impurità presenti nel percolato. Si ricorda che la formazione del percolato è un processo complesso e variabile nel tempo. Pertanto, occorre tenere conto dei cambiamenti significativi delle proprietà fisiche e della composizione nel tempo e tra le diverse sezioni della discarica e scegliere un sistema di misurazione adeguato.

La valutazione si basa su una maggiore intensità di monitoraggio, la cui necessità può sorgere quando vengono identificate deviazioni significative dalla linea di base.

Il monitoraggio della chiusura è un processo effettuato al termine dell'utilizzo della discarica controllata e delle discariche non controllate dopo il risanamento (nel caso di discariche abusive soggette a risanamento) per dimostrare che il sito non danneggia la salute umana e l'ambiente.

Per le acque superficiali e di percolazione delle discariche di rifiuti urbani e delle discariche non controllate dopo il risanamento, è richiesto il monitoraggio dei seguenti parametri indicatori:

1. reazione (pH);
2. conducibilità elettrolitica specifica.
3. carbonio organico totale (TOC);
4. contenuto di singoli metalli pesanti, tra cui rame (Cu), piombo (Pb), zinco (Zn), cadmio (Cd), cromo (Cr+6) e mercurio (Hg);
5. idrocarburi policiclici aromatici (IPA) totali

I test dei parametri sopra citati devono essere eseguiti in laboratori di ricerca specializzati con un adeguato sistema di garanzia della qualità.

La quantità di precipitazioni viene analizzata una volta al giorno nella fase di sfruttamento e nella fase successiva allo sfruttamento.

Se i risultati del monitoraggio effettuato per cinque anni dalla data di chiusura di una discarica di rifiuti mostrano che la discarica non ha alcun impatto ambientale, l'autorità competente può ridurre la frequenza dei test dei singoli parametri indicativi, ma non meno di una volta ogni due anni, e per la conducibilità elettrolitica specifica non meno di una volta all'anno; questa condizione non si applica alle discariche di rifiuti pericolosi.

La misurazione della portata e della composizione delle acque superficiali correnti, purché si verifichino nelle immediate vicinanze della discarica, deve essere effettuata in almeno due punti: uno a monte di ciascun corso d'acqua, a monte della discarica, e l'altro a valle, a valle della discarica e dei bacini aperti dopo il ripristino.

La misurazione del volume e della composizione delle acque di percolazione avviene in ogni punto di raccolta, prima del trattamento.

Se una discarica o un bacino aperto dopo il risanamento è dotato di un impianto per la depurazione del percolato, la composizione del percolato trattato viene misurata in ogni punto di scarico del percolato trattato dalla discarica, al fine di controllare l'efficacia del processo di trattamento.

I valori limite degli indicatori di inquinamento che devono caratterizzare il percolato immesso nell'ambiente dopo il processo di trattamento in un impianto di trattamento delle acque reflue urbane possono variare da Paese a Paese. Esempi di grandezze sono i seguenti (Kapelewska 2018):

Generali:

- Reazione (pH) 6,5-9
- Temperatura 35 oC
- Sospensioni totali 35 mg / L
- Sospensioni facilmente precipitabili 0,5 mg / L
- Azoto totale 30 mg / L
- Fosforo totale 3 mg / L
- Ferro totale 10 mg / L
- Cromo totale 0,5 mg / Inorganic cations
- Azoto ammoniacale 10 mg / L

- Sodio 800 mg / L
- Potassio 80 mg / L
- Ferro 10 mg / L
- Alluminio 3 3 mg / L.

Anioni Inorganici

- Azoto nitrato (V) 30 mg / L
- Azoto nitrico (III) 1 mg / L
- Cloruri 1000 mg / L
- Cianuri 0.1 mg / L
- Solfati (VI) 500 mg / L
- Solfati (IV) 1 mg / L

Organici

- Domanda chimica di ossigeno 125 mg / L

- Domanda biochimica di ossigeno 25 mg / L
- Carbonio organico totale 30 mg / L

Tracce di sostanze

- Rame 0.5 mg / L
- Piombo 0.5 mg / L
- Nickel 0.5 mg / L
- Zinco 2 mg / L
- Boro 1 mg / L
- Cromo (VI) 0.1 mg / L

Il numero, la profondità e il metodo di costruzione delle aperture per il campionamento e l'analisi della composizione delle acque sotterranee sono specificati in dettaglio nel permesso per la costruzione di una discarica di rifiuti; il numero di aperture non può, tuttavia, essere inferiore a 3 per ciascun acquifero, una dei quali dovrebbe trovarsi nell'afflusso di acque sotterranee, le altre due - nel deflusso previsto di acque sotterranee.

Se al di sotto di una discarica o di un sito aperto dopo il risanamento c'è più di un acquifero, compresi gli acquiferi utili, è necessario monitorarli fino al primo acquifero utilizzabile.

L'acqua finisce nelle discariche e nei bacini aperti dopo il risanamento principalmente come pioggia proveniente dalla superficie. In alcuni casi si tratta di afflussi di acque superficiali o sotterranee. Il percolato generato, che non viene raccolto e rimosso in loco, può infiltrarsi attraverso la base o i lati o fuoriuscire in superficie. Gli effluenti possono anche essere spostati fuori dal sito per la pulizia, il ricircolo o lo smaltimento.

Il monitoraggio del percolato si basa su misurazioni di campioni ottenuti da punti di monitoraggio. I punti di monitoraggio delle perdite possono essere classificati in base alla loro posizione distinguibile:

- come parte dei sistemi di drenaggio del percolato;
- in lagune di stoccaggio, serbatoi di stoccaggio o punti di scarico;
- negli strati di rilevamento delle perdite sotto i sistemi di rivestimento della base;
- nella massa dei rifiuti depositati.

I punti di monitoraggio possono essere situati in un unico punto o in una combinazione di più punti. I più utilizzati sono i punti di monitoraggio all'interno dei rifiuti depositati.

Il metodo preferito per il monitoraggio delle condizioni meteorologiche è la raccolta dei dati tramite una stazione meteorologica locale con registrazione automatica. Se ciò non è possibile, si possono utilizzare i dati ottenuti dalla stazione meteorologica locale.

Un gran numero di sostanze è presente in tracce nel percolato. Questi composti contribuiscono in modo significativo al potenziale impatto sull'ambiente. Di solito le istituzioni normative identificano i composti prioritari che devono essere misurati nel percolato.

5.5. Monitoraggio delle aree circostanti

La contaminazione del suolo intorno a una discarica di rifiuti urbani o a una discarica aperta dopo il risanamento può derivare da un uso improprio del sito, da un errato drenaggio dell'acqua o dalla diffusione incontrollata di gas di discarica. L'area circostante il sito può essere un luogo di presenza periodica o permanente nel suolo di batteri, cisti di elementi patogeni. Per questo motivo, i terreni devono essere esaminati per verificare l'eventuale contaminazione da cadmio, zinco, piombo, mercurio e arsenico. Dovranno essere esaminati anche la composizione granulometrica, il pH e il contenuto di carbonio organico.

Il campionamento sarà effettuato nelle aree adiacenti alla discarica. Di solito vengono prelevati 3 - 5 campioni elementari del peso di circa 500 g ciascuno da ogni punto di misurazione. I campioni devono essere prelevati a una distanza di 10-50 m dalla discarica, a una profondità di 5 cm. Inoltre, si raccomanda di raccogliere un campione nella direzione dei venti prevalenti a una profondità di 30-40 cm e nella direzione del deflusso dell'acqua dall'area della discarica a una distanza di circa 100 mt dall'oggetto a una profondità di 30-40 cm. I campioni non devono contenere pietre, detriti vegetali e altri contaminanti.

5.6. Monitoraggio della stabilità della discarica comune e delle discariche non controllate dopo il risanamento

Le discariche controllate e quelle non dopo il risanamento non sono strutture ingegneristiche stabili. A causa delle reazioni biologiche e chimiche che avvengono nella massa di rifiuti depositati, il volume della discarica può cambiare. Ciò causa l'assestamento della superficie. Per questo motivo, ai fini della sicurezza, è necessario effettuare un monitoraggio della stabilità.

Nell'ambito del monitoraggio della stabilità, l'andamento del cedimento della superficie della discarica deve essere verificato almeno una volta all'anno. La valutazione riguarda l'andamento del cedimento della superficie della discarica, determinato con l'uso di metodi geodetici, con l'utilizzo di punti di riferimento stabiliti. Dopo aver eseguito le procedure di bonifica, è necessario posizionare almeno 2 punti di riferimento in punti permanenti, utilizzati per misurare l'entità del distacco del manufatto.

Il controllo della subsidenza delle discariche e dei bacini aperti dopo il risanamento della superficie consiste nella valutazione dell'andamento della subsidenza della superficie della discarica, determinata con l'uso di metodi geodetici, con l'uso di punti di riferimento stabiliti e con la valutazione della stabilità del pendio determinata con metodi geotecnici.

I punti geodetici devono essere realizzati in materiale durevole e servono a definire fisicamente i punti della rete di controllo geodetico, cioè un insieme di punti stabilizzati sul campo la cui posizione reciproca è rigorosamente definita.

I punti geodetici sono quindi un elemento molto importante durante i lavori di monitoraggio della stabilità del sito di una discarica risanata. Questi manufatti devono essere molto resistenti, quindi di solito sono realizzati in vari tipi di metalli, come acciaio, alluminio e ottone, e sono protetti contro gli effetti negativi della corrosione. La maggior parte di questi punti assomiglia a viti e chiodi di varie forme e dimensioni.

Attualmente, le misurazioni vengono effettuate con la tecnica del sistema di posizionamento geografico satellitare (GPS). Lo studio della struttura e della composizione della massa di rifiuti depositati consiste nel determinare l'area e il volume occupati dai rifiuti e la struttura dei rifiuti depositati.

Bibliografia

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 (Odcieki 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