

MONITORING ZREKULTYWOWANYCH SKŁADOWISK ODPADÓW

1.1. Wstęp

Składowisko odpadów po jego zamknięciu i rekultywacji nie przestaje być zagrożeniem dla środowiska. Wiele procesów biologicznych i chemicznych nadal zachodzi w zgromadzonych odpadach. W związku z tym konieczna jest specjalna troska, właściwe utrzymywanie i monitorowanie.

Monitoring składowiska odpadów komunalnych obejmuje kilka elementów ważnych z punktu widzenia wpływu na szeroko rozumiane środowisko naturalne. Wyróżnić tu można odcieki i gaz składowiskowy, wody gruntowe i powierzchniowe, wielkość opadu atmosferycznego, strukturę i masę gromadzonych odpadów, osiadanie powierzchni składowiska oraz hałas.

Monitorowanie to długotrwały proces, mający które towarzyszy rozwojowi, eksploatacji i zarządzaniu po zamknięciu wszystkich składowisk. Składowiska, które zawierają odpady ulegające biodegradacji lub inne zanieczyszczenia, mogą wymagać monitorowania przez okres do 50 lat lub dłużej po zakończeniu składowania.

Monitoring składowiska odpadów powinien odbywać się we wszystkich fazach jego życia (MŚ2002):

- fazę przedeksploatacyjną - okres do dnia uzyskania pozwolenia na użytkowanie składowiska odpadów;
- fazę eksploatacji - okres od dnia uzyskania pozwolenia na użytkowanie składowiska odpadów do dnia uzyskania zgody na zamknięcie składowiska odpadów;
- fazę poeksploatacyjną - okres 30 lat, licząc od dnia uzyskania decyzji o zamknięciu składowiska odpadów.

W przypadku gdy składowisko odpadów było prowadzone bez zachowania odpowiednich norm i zezwoleń to po jego rekultywacji monitoring powinien odbywać się na takich samych zasadach jak w fazie poeksploatacyjnej.

Wymogi dotyczące systemu monitoringu składowisk odpadów są przedmiotem uregulowań prawnych każdego państwa, które określają zasady i sposób jego prowadzenia.

5.2. Monitoring składowisk odpadów

Składowiska odpadów powinny być poddawane monitoringowi na wszystkich etapach cyklu życia. Oznacza to, że od fazy planowania aż po etap ich zamknięcia, rekultywacji i fazy poeksploatacyjnej powinien być wdrożony zaplanowany mechanizm monitoringu zapewniający najwyższy możliwy poziom ochrony środowiska.

Monitoring w **fazie przedeksploatacyjnej** ma na celu ocenę stanu wyjściowego czyli ustalenie tła i obejmuje (MŚ2002):

1. określeniu średnich danych meteorologicznych właściwych dla lokalizacji składowiska odpadów;
2. kontroli poprawności wykonania elementów składowiska odpadów służących do prowadzenia monitoringu, w szczególności na poprawności wykonania otworów obserwacyjnych dla wód podziemnych oraz ustabilizowania reperów geodezyjnych;
3. pomiarze i ocenie zgodności z przewidywanym w projekcie budowy składowiska odpadów poziomem wód podziemnych w wykonanych otworach obserwacyjnych;
4. wyznaczeniu w instrukcji prowadzenia składowiska odpadów miejsc poboru prób oraz substancji do dalszych badań monitoringowych dla gazu składowiskowego;
5. wyznaczeniu w instrukcji prowadzenia składowiska odpadów miejsc poboru prób oraz parametrów wskaźnikowych do dalszych badań monitoringowych osobno dla wód powierzchniowych, odciekowych i podziemnych, zgodnie z przewidzianym rodzajem składowanych odpadów, z uwzględnieniem stwierdzonego przed rozpoczęciem eksploatacji składowiska odpadów składu wód powierzchniowych i podziemnych; dla wód podziemnych ustala się parametry wskaźnikowe jak dla wód odciekowych;
6. ustaleniu tła geochemicznego wód powierzchniowych i wód podziemnych w miejscach, które według zatwierdzonej instrukcji prowadzenia składowiska odpadów są wskazane do monitoringu w dalszych fazach;
7. wyznaczenie w instrukcji prowadzenia składowiska odpadów miejsc pomiaru występowania oparów rtęci dla składowisk odpadów;

Monitoring w **fazie eksploatacji** polega na (MŚ 2002):

1. badaniu wielkości opadu atmosferycznego z pomiarów prowadzonych na terenie składowiska odpadów lub poza nim, o ile w trakcie oceny stanu wyjściowego wskazano stację meteorologiczną reprezentatywną dla lokalizacji składowiska odpadów;
2. pomiarze poziomu wód podziemnych w otworach obserwacyjnych;
3. pomiarze wielkości przepływu wód powierzchniowych;
4. kontroli osiadania powierzchni składowiska odpadów w oparciu o ustalone repery;
5. badaniu substancji i parametrów wskaźnikowych, w wodach powierzchniowych, odciekowych, podziemnych i w gazie składowiskowym;
6. pomiarze emisji gazu składowiskowego;
7. kontroli struktury i składu masy składowiska odpadów pod kątem zgodności z pozwoleniem na budowę składowiska odpadów oraz instrukcją prowadzenia składowiska odpadów;
8. pomiarze występowania oparów rtęci dla składowisk odpadów;

9. kontroli wzrokowej miejsca składowania i pojemników dla składowisk odpadów, pod kątem wykrycia ewentualnych przecieków lub innych nieprawidłowości mogących powodować zagrożenie dla życia, zdrowia ludzi lub dla środowiska.

Monitoring w **fazie poeksploatacyjnej** polega na (MŚ 2002):

1. badaniu wielkości opadu atmosferycznego z pomiarów prowadzonych na terenie składowiska odpadów lub poza nim, o ile w trakcie oceny stanu wyjściowego lub procedury zamknięcia składowiska odpadów wskazano stację meteorologiczną reprezentatywną dla lokalizacji składowiska odpadów;
2. pomiarze poziomu wód podziemnych;
3. pomiarze wielkości przepływu wód powierzchniowych;
4. kontroli osiadania powierzchni składowiska odpadów w oparciu o ustalone repery;
5. badaniu parametrów wskaźnikowych, w wodach powierzchniowych, odciekowych, podziemnych i w gazie składowiskowym;
6. pomiarze emisji gazu składowiskowego;
7. sprawdzaniu sprawności systemu odprowadzania gazu składowiskowego;
8. pomiarze występowania oparów rtęci dla składowisk odpadów;
9. kontroli wzrokowej miejsca składowania i pojemników dla składowisk odpadów, pod kątem wykrycia ewentualnych przecieków lub innych nieprawidłowości mogących powodować zagrożenie dla życia, zdrowia ludzi lub dla środowiska.

Tabela. 5.2.1. Zakres parametrów wskaźnikowych oraz minimalna częstotliwość badań wód powierzchniowych, odciekowych, podziemnych oraz gazu składowiskowego w poszczególnych fazach eksploatacji składowiska odpadów (MŚ 2013).

Mierzony parametr	Faza przedeksploatacyjna	Faza eksploatacji	Faza poeksploatacyjna
Wielkość przepływu wód powierzchniowych	jednorazowo	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
Skład wód powierzchniowych	jednorazowo	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
Objętość wód odciekowych	brak	co 1 miesiąc	co 6 miesięcy
Skład wód odciekowych	brak	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
Poziom wód podziemnych	jednorazowo	co 3 miesiące	co 6 miesięcy
Emisja gazu składowiskowego	brak	co 1 miesiąc	co 6 miesięcy
Skład gazu składowiskowego	brak	co 1 miesiąc	co 6 miesięcy
Sprawność systemu odprowadzania gazu składowiskowego	brak	brak	co 12 miesięcy

Jako, że każde składowisko jest inne i umiejscowione w różnym środowisku to proces monitoringu powinien być zaprojektowany indywidualnie biorąc pod uwagę lokalną specyfikę. Powinna zostać

również wykonana analiza ryzyka. Ocena ryzyka powinna stanowić uporządkowaną, praktyczną pomoc w podejmowaniu decyzji, która uwzględnia specyfikę składowiska. Początkowy etap każdej oceny ryzyka obejmuje opracowanie koncepcyjnego modelu terenu, który określa charakter inwestycji i jej warunki hydrogeologiczne oraz obejmuje wszystkie potencjalne źródła, szlaki i receptory zanieczyszczeń. Podatność poszczególnych receptorów należy ocenić w odniesieniu do zagrożenia stwarzanego przez źródło (np. odciek ze składowiska) oraz czy istnieją jakiegokolwiek szlaki migracji, które mogłyby umożliwić migrację zanieczyszczeń ze źródła do receptora.

5.3. Monitoring gazu składowiskowego

Gaz składowiskowy to mieszanina składająca się głównie z metanu i dwutlenku węgla oraz niewielkich ilości wodoru. Może również zawierać różne ilości azotu i tlenu pochodzącego z powietrza zassanego na składowisko.

Typowy skład gazu składowiskowego jest następujący (EA 2004):

- Metan - 63,8%
- Dwutlenek węgla - 33,6%
- Tlen - 0,16%
- Azot - 2,4%
- Wodór - 0,05%
- Para wodna - 1,8%

Gaz składowiskowy będzie również zawierał szeroką gamę składników śladowych. W gazie składowiskowym zidentyfikowano około 550 związków śladowych należących do różnych grup chemicznych. Większość składników gazu składowiskowego to gazy cieplarniane stąd też monitorowanie jego emisji jest bardzo ważne.

Dyrektywa i przepisy dotyczące składowisk wymagają od operatora składowiska prowadzenia monitoringu na etapie eksploatacji składowiska. Wymagają one również od operatora podjęcia monitoringu w okresie zamknięcia i pielęgnacji terenu, dopóki organ regulacyjny nie uzna, że składowisko nie będzie już stwarzać zagrożenia dla środowiska.

Monitorowanie gazu składowiskowego jest istotnym czynnikiem w zarządzaniu każdym składowiskiem. Plan monitorowania i pobierania próbek musi być przygotowany i określony w odpowiednich dokumentach.

Plan monitorowania powinien określać cele i opisywać specyficzny dla miejsca program monitorowania. Obejmuje to (EA 2004):

- rodzaj monitoringu;
- metody monitorowania (w tym limity wykrywalności, dokładność itp.);
- lokalizacje monitoringu;
- częstotliwość monitorowania;

- odpowiednie działania/poziomy wyzwalania wymagające działania;
- odpowiednie plany działania, które należy wdrożyć w przypadku zarejestrowania jakichkolwiek poziomów wyższych niż poziomy wyzwalające.

Elementy, które powinny być monitorowane związane z gazem składowiskom to:

- studnie zbiorcze i studnie monitorujące,
- emisje powierzchniowe i poprzeczne,
- flary i instalacje odzysku energii z gazu składowiskowego,
- zapach,
- dane meteorologiczne (warunki pogodowe).

Dla gazu składowiskowego jest wymagany monitoring następujących substancji:

- metanu (CH₄);
- dwutlenku węgla (CO₂);
- tlenu (O₂).

Pomiar emisji gazu składowiskowego odbywa się w reprezentatywnych częściach składowiska odpadów, ustalonych w instrukcji prowadzenia składowiska odpadów, w miejscach jego gromadzenia, przed wlotem do instalacji oczyszczania i wykorzystania lub unieszkodliwiania gazu składowiskowego.

Częstotliwość monitorowania zależy od wielu czynników. Należą do nich następujące elementy, które dotyczą modelu koncepcyjnego:

- wiek składowiska
- rodzaj przyjmowanych odpadów
- geologia otaczających warstw
- zainstalowane narzędzia kontroli
- potencjalne zagrożenie ze strony migrującego gazu
- wrażliwość i bliskość otoczenia i receptorów
- wyniki poprzednich monitoringów.

Pomiar występowania oparów rtęci dla składowisk odpadów, odbywa się w zbiorniku, za pomocą czujników umieszczonych przy podłożu zbiornika oraz na wysokości 1,7 m, rozmieszczonych w miejscach zapewniających miarodajny monitoring całej powierzchni zbiornika; czujniki do pomiaru powinny mieć czułość co najmniej 0,02 mg rtęci/m³. Integralną częścią systemu monitorowania występowania oparów rtęci jest optyczny i dźwiękowy system alarmowy.

Tabela. 5.3.1. Rodzaj miejsca pobierania próbek i typowe częstotliwości monitorowania gazu składowiskowego (EA 2004).

Miejsca monitorowania	Częstotliwość monitorowania w fazie eksploatacyjnej	Częstotliwość monitorowania w fazie poeksploatacyjnej	Mierzone parametry
Emisje powierzchniowe	Corocznie	Corocznie	Stężenie CH ₄ Ciśnienie atmosferyczne Temperatura Dane meteorologiczne Ogólna struktura i kondycja powierzchni
Odwierty pomiarowe (poza terenem składowiska)	Comiesięcznie	Co 6 miesięcy	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ Ciśnienie atmosferyczne Różnica ciśnień Temperatura Dane meteorologiczne
Studnie zbiorcze	Co 2 tygodnie	Co 6 miesięcy	CH ₄ , CO ₂ , O ₂ Ciśnienie atmosferyczne Różnica ciśnień Temperatura Natężenie przepływu gazu Dane meteorologiczne
System zbierania gazu	Corocznie	Corocznie	Skład surowego gazu wysypiskowego (wraz ze składnikami śladowymi) z linii wydobywczej i przed systemem utylizacji
Flary /instalacje odzysku energii	Corocznie	Corocznie	NO _x , CO, VOCs, NMVOCs

Monitorowanie gazu składowiskowego powinno być prowadzone dla następujących głównych komponentów:

- źródło
- emisje

- jakość powietrza
- meteorologia.

Celem **monitoringu źródeł** jest scharakteryzowanie ilości i jakości gazu w każdej sekcji składowiska. Rutynowe monitorowanie w celu określenia składu tego gazu jest zwykle wykonywane przy użyciu przenośnych przyrządów ręcznych. Przyrządy te mierzą składniki masowe w gazie składowiskowym i związane z nimi parametry fizyczne. Informacje na temat technik, które można zastosować do tego rutynowego monitorowania, podano we wskazówkach dotyczących monitorowania gazu składowiskowego.

Na składowiskach odpadów znajdują się dwa różne typy punktów monitorowania źródeł: studnie zbiorcze i studnie monitorujące.

Oprócz monitorowania stężenia, składu i ciśnienia gazu, należy również monitorować natężenia przepływu gazu w celu uzyskania wystarczającej kontroli nad systemami wydobywania i wykorzystania gazu. Natężenie przepływu z czynnych odwiertów wydobywczych gazu może wynosić od kilku do kilkuset metrów sześciennych na godzinę.

Monitorowanie emisji na składowiskach odpadów będzie zazwyczaj obejmować:

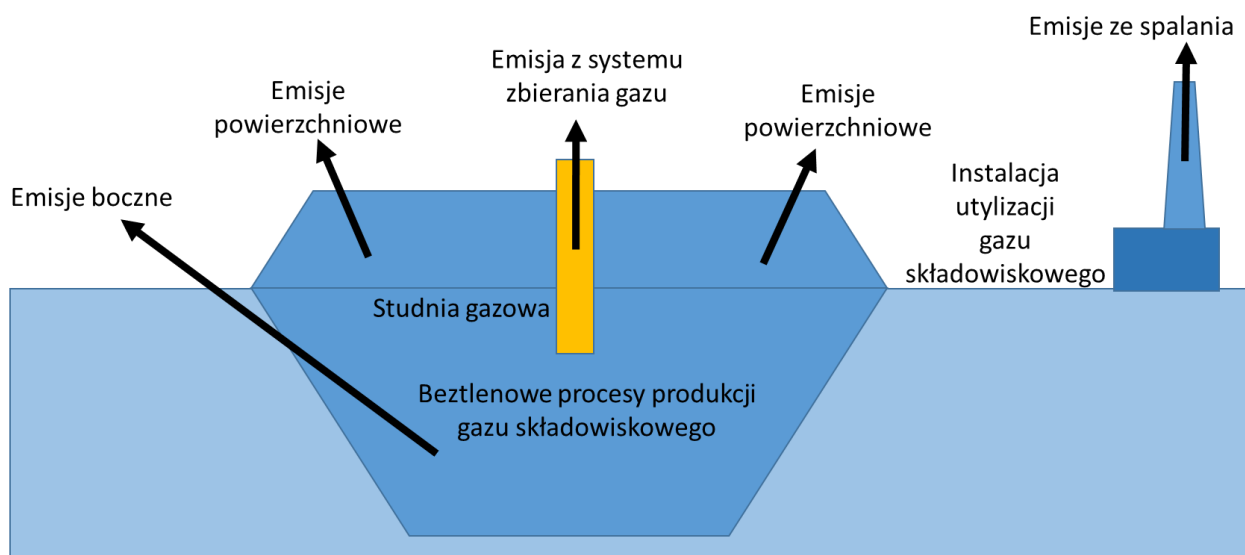
- emisje z systemu zbierania gazu
- emisje powierzchniowe
- emisje boczne
- emisje ze spalania.

Monitoring **emisji powierzchniowych** prowadzi się w celu:

- identyfikować usterki w systemie zarządzania gazem i ustalać priorytety wymaganych napraw,
- pomiar całkowitej emisji metanu, ważnego gazu cieplarnianego związanego z globalnym ociepleniem.

Jakościowe oszacowanie emisji metanu przez warstwę uszczelniającą górną część powierzchni składowiska można przeprowadzić za pomocą ręcznego przyrządu, takiego jak detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID).

Dużą trudność stanowi wykrycie i zmierzenie bardzo małego strumienia gazów przenikających przez warstwy pokrywające składowisko. Aktualne prace badawcze sugerują, że specjalne skrzynki pomiarowe (Flux-box) to obecnie najbardziej opłacalną techniką weryfikacji zakresu powierzchniowych źródeł emisji. Są to zamknięte komory służące do pomiaru tempa zmian stężeń metanu nad określonym, niewielkim obszarem powierzchni składowiska. Mierząc strumień w wielu reprezentatywnych punktach pobierania próbek, można oszacować całkowitą emisję z całej strefy.



Rys. 5.3.1. Miejsca monitorowania emisji gazu składowiskowego.

Warto zaznaczyć, że obecnie nie zostały jeszcze opracowane dobre metody wyznaczenia emisji rozproszonych gazów cieplarnianych ze składowisk odpadów komunalnych (Klimek 2010).

Przygotowana jest norma oceny emisji metanu do powietrza – ISO/TC 146/SC 1/WG 22. Metoda pomiarowa uwolnień do powietrza dla CO₂ – ISO 12039:2001 dotyczy jedynie stacjonarnych, a więc punktowych źródeł emisji i nie może być wykorzystywana do pomiaru emisji rozproszonej ze składowiska.

Pomiary jakościowe i ilościowe wielkości emisji gazy składowiskowego prowadzone są różnymi metodami od wielu lat. Jednakże nie ma jeszcze metody rozwiązującej problemy związane z dużą zmiennością w czasie występującą podczas badań. Nie ma również metody pomiarowej referencyjnej, pozwalającej na dokładne określenie wielkości emisji gazu składowiskowego z całego składowiska w ciągu roku. Przykłady dotychczasowych badań wykonanych różnymi metodami wskazują, że zakres wielkości emisji mierzonej na jednym składowisku jest bardzo duży i wyniki mogą różnić się nawet o kilka rzędów wielkości.

Monitorowanie **emisji bocznych** odbywa się za pomocą odwiertów monitorujących gaz poza obrębem składowanych odpadów. Odwierty te mogą być zlokalizowane zarówno na miejscu, jak i poza nim. Dostarczają one informacji o przemieszczaniu się gazu składowiskowego pod powierzchnią składowiska z masy odpadów. Monitorowanie zewnętrznych otworów wiertniczych jest niezbędne do wykazania efektywnego zarządzania gazem na terenie oraz do wykrycia wszelkich gazów migrujących z terenu.

Monitoring ze spalania jest prowadzony w odniesieniu do emisji pochodzących z urządzeń i instalacji służących do unieszkodliwiania (flary) lub energetycznego wykorzystania biogazu (np. silniki gazowe). Urządzenia tego typu podlegają odrębnym regulacjom i muszą spełniać odpowiednie normy emisyjne.

Coraz większego znaczenia nabiera **monitorowanie jakości powietrza** na składowiskach odpadów i wokół nich. Pomiary tego typu mają charakter potwierdzający i weryfikujący pomiary emisji z samego składowiska.

Monitorowanie odorów (zapachów) ma na celu realizację szeregu różnych celów, w tym:

- opracowanie danych wejściowych do oceny ryzyka i predykcyjnego modelowania dyspersji,
- opracowanie planu monitoringu gazu,
- priorytetyzacja źródeł zapachów w celu łagodzenia lub ograniczania,
- dobór środków ograniczających zapachy,
- ocena skuteczności środków ograniczających i łagodzących zapachy.

Pomiary odorów należy przeprowadzać od najdalszego punktu od miejsca w stosunku do kierunku wiatru w kierunku granicy miejsca lub na sam obszar, z wiatrem od miejsca oraz w kierunku bliższym do dystalnego wiatru w miejscu. Należy odnotować utrzymywanie się zapachu wraz z jego lokalizacją od granicy terenu. Subiektywne monitorowanie można wspierać technikami takimi jak olfaktometria, chromatografia gazowa i spektrometria mas. Pobrane próbki powietrza należy ocenić pod kątem siły zapachu i potencjalnego źródła. Olfaktometria polega na prezentowaniu panelowi zapachowemu próbek powietrza o różnym stopniu rozcieńczenia.

5.4. Monitoring odcieków

Ociek ze składowiska to ciecz, która, może mieć szkodliwy wpływ na wody gruntowe i powierzchniowe. Z tego względu powinna być odpowiednio zagospodarowana i/lub oczyszczona, a następnie wprowadzona do środowiska w kontrolowany sposób. Zezwolenia związane z eksploatacją składowisk zawierają wymóg dotyczący zapewnienia, że odcieki nie stanowią zagrożenia dla środowiska naturalnego i zdrowia człowieka i w związku z tym odpowiedni system monitoringu powinien być wdrożony.

Monitoring odcieków, wód gruntowych i monitoring wód powierzchniowych na składowiskach ma na celu:

- określenie czy składowisko funkcjonuje w sposób zgodny z projektem;
- określenie czy odcieki stanowią zagrożenie dla środowiska;
- określenie czy są spełnione wymagania w zakresie kontroli i monitorowania zgodnie z obowiązującym ustawodawstwem;
- określenie spełnione są wymagania zawarte w regulacjach prawnych dotyczących wód gruntowych;
- określenie czy potrzebne są dalsze badania, a tam, gdzie ryzyko jest nieakceptowalne, wskazać potrzebę środków zapobiegających, redukujących lub usuwających zanieczyszczenie przez odcieki;
- określenie, kiedy teren nie stanowi już znaczącego ryzyka zanieczyszczenia dla zdrowia ludzkiego.

Aby zaprojektować skuteczny program monitorowania, potrzebna jest świadomość ogólnego „bilansu wodnego”. Bilans wodny można podsumować następującym uproszczonym równaniem (EA 2003):

$L = \text{suma wejść cieczy} - \text{suma wyjść cieczy}$

gdzie: L to ilość cieczy zawartej w odpadach.

To uproszczone równanie należy dostosować, aby umożliwić projektowanie systemów gospodarowania odciekami w zależności od miejsca, z uwzględnieniem m.in. infiltracji do komórek otwartych i zamkniętych, właściwości absorpcyjnych odpadów i szybkości wprowadzania odpadów.

Programy monitorowania odcieków ze składowisk zwykle składa się z pięciu etapów (EA 2003):

- wstępny monitoring charakterystyki wód podziemnych i powierzchniowych;
- rutynowy monitoring wód podziemnych i powierzchniowych;
- monitorowanie charakterystyki odcieków;
- monitorowanie oceny (w tym poziomy kontroli i wyzwania dla wód gruntowych);
- monitorowanie zamknięcia.

Na etapie **wstępnego monitoringu charakterystyki wód podziemnych i powierzchniowych** pobór próbek należy przeprowadzić w co najmniej trzech miejscach. Celem jest określenie charakterystyki i normalnego zakresu zmienności parametrów wód powierzchniowych i podziemnych. Częstotliwość i zakres gromadzonych danych z monitoringu muszą być wystarczające, aby móc scharakteryzować m.in. czynniki sezonowe.

Etapie **rutynowego monitoringu wód podziemnych i powierzchniowych** jest prowadzony w celu utrzymania ciągłości monitoringu środowiska.

Monitorowanie wód podziemnych i gleb ma na celu sygnalizowanie rozprzestrzeniania się odcieków i zanieczyszczeń w warstwach wodonośnych. Do monitoringu poziomu oraz składu wód podziemnych należy wykorzystać projektowaną sieć piezometrów, znajdujących się na terenie składowiska w miejscowości Niedźwiada. Badanie poziomu wód podziemnych będzie polegało na pomiarze odległości zwierciadła wody od punktu odniesienia – zniwelowana kryza piezometru. Do pomiaru należy użyć gwizdka pomiarowego lub urządzeń elektronicznych. Po wykonaniu pomiaru poziomu wód podziemnych należy pobrać próbkę do badań. Przed poborem próbki pobieraną wodą należy przepłukać pojemnik. Próbkę wody należy pobrać sprzętem, który umożliwi pobranie jej z określonej głębokości bez zmian jej jakości. Powinien być wykonany z materiałów obojętnych (np. stal nierdzewna). Do poboru próbek wody podziemnej mogą służyć czerpaki, różnego rodzaju próbki. W wodach podziemnych będą badane następujące wskaźniki:

1. Odczyn pH;
2. Przewodność elektrolityczna właściwa;
3. Cu, Zn, Pb, Cd, Cr6, Hg;
4. Ogólny węgiel organiczny (OWO);
5. Suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA).

Pomiary należy prowadzić z częstotliwością 6 miesięcy.

Wartości graniczne wskaźników zanieczyszczeń wód gruntowych mogą być różne w różnych krajach. Przykładowe wielkości są następujące.

Przykładowy zakres wielkości dla I i V klasy czystości są następujące (Kapelewska 2018):

- Ogólne:
 - Odczyn (pH) 6,5-9 - 6,5->9,5
 - Temperatura 10 - 25 °C
 - Przewodnictwo elektrolityczne właściwe 700 - >3000
 - Żelazo ogólne 0,2 - >10 mg/L
 - Chrom ogólny 0,01 - >10 mg/L
- Nieorganiczne kationy:
 - Azot amonowy 0,5 - >3 mg/L
 - Sód 60 - >300mg/L
 - Potas 10 - >20 mg/L
 - Żelazo 0,2 - >10 mg/L
 - Glin 0,1 - >1 mg/L.
- Nieorganiczne aniony
 - Azot azotanowy (V) 10 - >100mg/L
 - Azot azotanowy (III) 0,03 - >1 mg/L
 - Fosforany 0,5 - >5mg/L
 - Chlorki 60 - >500mg/L
 - Cyjanki 0,01 - >0,1 mg/L
 - Siarczany (VI) 60 - >500mg/L
- Organiczne
 - Ogólny węgiel organiczny 5 - >20 mg/L
- Substancje śladowe
 - Miedź 0,01 - >0,5 mg/L
 - Ołów 0,01 - >0,1 mg/L
 - Nikiel 0,005 - >0,1 mg/L
 - Cynk 0,05 - >2mg/L
 - Bor 0,5 - >2 mg/L

Monitorowanie charakterystyki odcieków jest prowadzone w celu uzyskania informacji jakościowych o zanieczyszczeniach obecnych w odciekach. Należy pamiętać, że tworzenie odcieków jest procesem złożonym i zmiennym w czasie. W związku z tym należy uwzględniać

znaczące zmiany w składzie i właściwościach fizycznych zarówno w czasie jak i między różnymi sekcjami składowiska i dobrać odpowiedni system pomiarów.

Monitorowanie oceny polega na większej intensywności monitorowania, której potrzeba może wynikać na przykład z sytuacji gdy zidentyfikowano znaczące odstępstwa od warunków wyjściowych lub warunków projektowych.

Monitorowanie zamknięcia jest częścią procesu prowadzonego pod koniec licencjonowanego lub dozwolonego lub rzeczywistego (w przypadku składowisk nielegalnych podlegających rekultywacji) okresu eksploatacji obiektu w celu wykazania, że składowisko nie szkodzi zdrowiu ludzkiemu i środowisku

Dla wód powierzchniowych i odciekowych dla składowisk odpadów komunalnych jest wymagany monitoring następujących parametrów wskaźnikowych:

1. odczyn (pH);
2. przewodność elektrolityczna właściwa.
3. ogólny węgiel organiczny (OWO);
4. zawartość poszczególnych metali ciężkich, w tym miedzi (Cu), cynku (Zn), ołowiu (Pb), kadmu (Cd), chromu (Cr+6) i rtęci (Hg);
5. suma wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA).

Badania wyżej wymienionych parametrów powinna być wykonywana w wyspecjalizowanych laboratoriach badawczych posiadające wdrożony odpowiedni system zapewnienia jakości.

Badanie wielkości opadu atmosferycznego odbywa się raz dziennie w fazie eksploatacji i fazie poeksploatacyjnej.

Jeżeli z wyników monitoringu prowadzonego przez okres pięciu lat od dnia zamknięcia składowiska odpadów wynika, że składowisko to nie oddziałuje na środowisko, właściwy organ może zmniejszyć częstotliwość badań poszczególnych parametrów wskaźnikowych, nie rzadziej jednak niż raz na dwa lata, a dla przewodności elektrolitycznej właściwej – nie rzadziej niż raz na rok; warunek ten nie dotyczy składowisk odpadów, niebezpiecznych

Pomiar wielkości przepływu i składu płynących wód powierzchniowych, o ile występują one w bezpośrednim otoczeniu składowiska opadów, odbywa się w nie mniej niż dwóch punktach: jeden w górnym biegu każdego cieką, powyżej składowiska odpadów, drugi w dolnym biegu, poniżej składowiska odpadów.

Pomiar objętości i składu wód odciekowych odbywa się w każdym miejscu ich gromadzenia, przed ich oczyszczeniem.

Jeżeli składowisko odpadów jest wyposażone w instalację oczyszczającą wody odciekowe, w każdym miejscu odprowadzania oczyszczonych wód odciekowych ze składowiska odpadów dokonuje się pomiaru składu wód odciekowych oczyszczonych, w celu kontroli skuteczności procesu oczyszczania.

Wartości graniczne wskaźników zanieczyszczeń jakimi muszą charakteryzować się odcieki składowiskowe wprowadzone do środowiska po procesie oczyszczania w komunalnej oczyszczalni ścieków mogą być różne w różnych krajach. Przykładowe wielkości są następujące (Kapelewska 2018):

- Ogólne:

- Odczyn (pH) 6,5-9
- Temperatura 35 oC
- Zawiesiny ogólne 35 mg/L
- Zawiesiny łatwo opadające 0,5 mg/L
- Azot ogólny 30 mg/L
- Fosfor ogólny 3 mg/L
- Żelazo ogólne 10 mg/L
- Chrom ogólny 0,5 mg/L
- Nieorganiczne kationy:
 - Azot amonowy 10 mg/L
 - Sód 800 mg/L
 - Potas 80 mg/L
 - Żelazo 10 mg/L
 - Glin 3 3 mg/L.
- Nieorganiczne aniony
 - Azot azotanowy (V) 30 mg/L
 - Azot azotanowy (III) 1 mg/L
 - Chlorki 1000 mg/L
 - Cyjanki 0,1 mg/L
 - Siarczany (VI) 500 mg/L
 - Siarczany (IV) 1 mg/L
- Organiczne
 - Chemiczne zapotrzebowanie na tlen 125 mg/L
 - Biochemiczne zapotrzebowanie na tlen 25 mg/L
 - Ogólny węgiel organiczny 30 mg/L
- Substancje śladowe
 - Miedź 0,5 mg/L
 - Ołów 0,5 mg/L
 - Nikiel 0,5 mg/L
 - Cynk 2 mg/L

- Bor 1 mg/L
- Chrom (VI) 0,1 mg/L

Ilość, głębokość oraz sposób budowy otworów do poboru prób oraz badań składu wód podziemnych określa szczegółowo pozwolenie na budowę składowiska odpadów; ilość otworów nie może być jednak mniejsza niż 3 otwory dla każdego z poziomów wodonośnych, z czego jeden powinien znajdować się na dopływie wód podziemnych, dwa pozostałe – na przewidywanym odpływie wód podziemnych.

Jeżeli pod składowiskiem odpadów występuje więcej niż jeden poziom wodonośny, w tym użytkowe poziomy wodonośne, konieczny jest monitoring poziomów wodonośnych do pierwszego użytkowego poziomu wodonośnego włącznie.

Woda trafia na składowisko głównie w postaci opadów deszczu infiltrujących z powierzchni, ale w niektórych przypadkach również jako dopływy wód powierzchniowych lub gruntowych. Wszelkie powstałe odcieki, które nie są ograniczane i nie są usuwane na terenie zakładu, mogą przesiąkać przez podstawę lub boki lub wyciekać na powierzchnię. Odcieki mogą być również wypompowywane z terenu zakładu w celu oczyszczenia, usunięcia lub recyrkulacji.

Monitoring odcieków prowadzonych jest w oparciu o pomiary próbek uzyskanych z punktów monitorowania. Punkty monitorowania odcieków można klasyfikować według ich lokalizacji, którą można wyróżnić:

- w ramach systemów odprowadzania odcieków;
- w obrębie warstw wykrywania nieszczelności pod systemami wykładziny podstawowej;
- na lagunach magazynowych, zbiornikach magazynowych i punktach zrzutowych;
- w masie deponowanych odpadów.

W dowolnym miejscu punkty monitorowania mogą znajdować się w jednej lokalizacji lub w kombinacji kilku lokalizacji. Najczęściej wykorzystywane są punkty monitoringu w obrębie deponowanych odpadów.

Preferowaną metodą **monitorowania meteorologicznego** jest zbieranie danych za pomocą lokalnej stacji pogodowej z możliwością automatycznego rejestrowania. Jeżeli nie jest to możliwe to wówczas można używać danych uzyskanych z lokalnej stacji meteorologicznej.

Ciśnienie atmosferyczne jest ważnym parametrem, który należy wziąć pod uwagę podczas sprawdzania punktów monitorowania źródła. Ciśnienie atmosferyczne powinno być regularnie mierzone, aby ułatwić zrozumienie odczytów ciśnienia gazu w masie składowanych odpadów. Gwałtowne spadki ciśnienia atmosferycznego mogą spowodować, że ciśnienie gazu składowiskowego będzie znacznie wyższe od ciśnienia atmosferycznego otoczenia, powodując możliwą migrację. Monitorowanie ciśnień w masie odpadów wskazuje na prawdopodobieństwo wystąpienia migracji gazu.

Tempo zmian ciśnienia, zarówno w samej masie odpadów, jak i ciśnienia atmosferycznego, może znacząco wpłynąć na migrację gazu składowiskowego.

Monitorowanie ciśnienia i składu w odpadach wymaga zainstalowania stałych punktów poboru próbek rozmieszczonych w wybranych lokalizacjach. Ciśnienie atmosferyczne powinno być stale

lub regularnie monitorowane (np. co godzinę), aby właściwie wykorzystać dane dotyczące ciśnienia. Można to osiągnąć za pomocą automatycznej stacji pogodowej.

Duża liczba substancji jest obecna **w ilościach śladowych** w gazie składowiskowym. Związki te znacząco przyczyniają się do potencjalnego wpływu gazu składowiskowego na zapach i zdrowie. Regulator zidentyfikował szereg związków priorytetowych, które powinny być mierzone w gazie wysypiskowym

5.5. Monitoring otoczenia

Do zanieczyszczenia gleb wokół składowiska odpadów komunalnych może dochodzić z niewłaściwej eksploatacji składowiska, nieprawidłowego odprowadzania wód czy niekontrolowanego rozprzestrzeniania się gazu składowiskowego. Tereny wokół składowiska mogą być miejscem okresowego lub stałego występowania w glebie bakterii, cyst pierwiastków chorobotwórczych. Z tego powodu gleby należy zbadać pod kierunkiem zanieczyszczenia pierwiastkami kadmu, cynku, ołowiu, rtęci, arsenu. Należy także zbadać skład granulometryczny, pH, zawartość węgla organicznego.

Pobór próbek obejmować będzie tereny sąsiadujące ze składowiskiem. Z każdego punktu pomiarowego zwykle pobiera się od 3 – 5 próbek pierwotnych o masie ok. 500 g. każda. Próbkę należy pobierać w odległości 10 – 50 m od składowiska z głębokości 5cm. Ponadto zaleca się pobranie jednej próbki na kierunku przeważających wiatrów na głębokości 30 – 40 cm oraz na kierunku spływu wód z terenu składowiska w odległości ok. 100 m od obiektu na głębokości 30 – 40 cm. Próbkę nie powinny zawierać kamieni, większych szczątków roślin i innych zanieczyszczeń.

5.6. Monitoring stabilności składowiska

Składowiska odpadów nie są stabilnymi obiektami inżynierskimi. Ze względu na nachodzące w masie deponowanych odpadów reakcje biologiczne i chemiczne objętość składowiska może się zmieniać. Powoduje to osiadanie powierzchni. Z tej przyczyny – w trosce o bezpieczeństwo powinien być prowadzony monitoring stabilności.

W ramach monitoringu stabilności przynajmniej raz w roku powinien być badany przebieg osiadania powierzchni składowiska odpadów. Ocenie podlega przebieg osiadania powierzchni składowiska odpadów wyznaczany metodami geodezyjnymi, z wykorzystaniem ustalonych reperów. Po dokonaniu zabiegów rekultywacji, należy w tym celu umieścić na terenie składowiska min. 2 repery w trwałych punktach, służące pomiarom wielkości odsiadania obiektu.

Kontrola osiadania powierzchni składowiska odpadów polega na ocenie przebiegu osiadania powierzchni składowiska odpadów, wyznaczanemu metodami geodezyjnymi, z wykorzystaniem ustalonych reperów, oraz na ocenie stateczności zboczy określanej metodami geotechnicznymi.

Znaki geodezyjne powinny być wykonane z trwałego materiału i fizycznie definiują punkty osnowy geodezyjnej – czyli zbioru punktów ustabilizowanych w terenie, których wzajemne położenie jest ściśle określone.

Znaki geodezyjne są zatem bardzo ważnym elementem podczas prac monitorujących stabilność terenu zrehabilitowanego składowiska. Muszą być one bardzo wytrzymałe, dlatego zwykle są wykonywane z metali różnego rodzaju takich jak stal, aluminium i mosiądz i są zabezpieczane

przed negatywnym wpływem korozji. Większość takich punktów przypomina z wyglądu różnego rodzaju śruby i gwoździe o różnym kształcie i wielkości.

Obecnie pomiary prowadzone są z wykorzystaniem techniki Geograficznego Systemu Pozycjonowania Satelitarnego (GPS).

Prowadzenie badania struktury i składu masy składowanych odpadów polega na określeniu powierzchni i objętości zajmowanej przez odpady oraz struktury składowanych odpadów

5.6. References

- 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., „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., Odcieki ze składowisk odpadów komunalnych jako potencjalne źródło zanieczyszczenia środowiska wodnego, Uniwersytet w Białymstoku, Wydział Biologiczno-Chemiczny, rozprawa doktorska, 2018
- Klimek A. et al., Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla składowisk odpadów komunalnych - Opracowanie finansowane ze środków NFOŚiGW na zamówienie Ministra Środowiska, 2010
- 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