

PORADNIK METODYCZNY W ZAKRESIE PRTR DLA SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH



Opracowanie finansowane ze środków NFOŚiGW
na zamówienie Ministra Środowiska



Autorzy opracowania:

dr inż. AGNIESZKA KLIMEK

prof. dr inż. LECH WYSOKIŃSKI

dr MARIA ZAWADZKA - KOS

mgr inż. MAŁGORZATA OSEKA

JAROSŁAW CHRZĄSZCZ

Warszawa, wrzesień 2010 r.

SPIS TREŚCI

SPIS TABEL	2
SPIS RYSUNKÓW	2
SPIS AKTÓW PRAWNYCH.....	3
SŁOWNICZEK TERMINÓW	4
1. WPROWADZENIE.....	5
2. CHARAKTERYSTYKA SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH	6
2.1. PROCESY ZACHODZĄCE W SKŁADOWISKACH ODPADÓW KOMUNALNYCH.....	9
2.2. PRODUKCJA BIOGAZU.....	10
3. IDENTYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ UWOLNIEŃ ORAZ TRANSFERÓW ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH I TRANSFERÓW ODPADÓW ZE SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH	12
3.1. UWOLNIENIA DO WODY.....	12
3.1.1.MIGRACJA ZANIECZYSZCZEŃ ZE SKŁADOWISKA.....	16
3.1.2.ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ ODCIEKÓW W GRUNCIE.....	22
3.1.3.PROCESY OCZYSZCZANIA ODCIEKU W WARUNKACH NATURALNYCH	24
3.2. UWOLNIENIA DO POWIETRZA.....	25
3.2.1.EMISJE ROZPROSZONE (NIEKONTROLOWANE)	29
3.2.2.EMISJE KONTROLOWANE.....	29
3.3. TRANSFERY ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH POZA MIEJSCE POWSTANIA.....	30
3.4. TRANSFERY ODPADÓW POZA MIEJSCE POWSTANIA	30
3.5. ZANIECZYSZCZENIA UWALNIANE PRZYPADKOWO.....	31
3.6. BILANS ZANIECZYSZCZEŃ ZE SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH	31
4. IDENTYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA METODYK OKREŚLANIA WIELKOŚCI UWOLNIEŃ (DO POWIETRZA, WODY) ORAZ TRANSFERÓW ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH I TRANSFERÓW ODPADÓW (NIEBEZPIECZNYCH I INNYCH NIŻ NIEBEZPIECZNE) OBJĘTYCH OBOWIĄZKIEM RAPORTOWANIA	32
4.1. UWOLNIENIA DO WODY.....	48
4.2. UWOLNIENIE DO POWIETRZA.....	49
4.3. TRANSFER ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH	50
4.4. TRANSFER ODPADÓW NIEBEZPIECZNYCH I INNYCH NIŻ NIEBEZPIECZNE	51
5. INSTRUKCJA MONITOROWANIA UWOLNIEŃ I TRANSFERÓW ZANIECZYSZCZEŃ ORAZ ODPADÓW	48
5.1. UWOLNIENIA DO WODY.....	48
5.2. UWOLNIENIE DO POWIETRZA.....	49
5.3. TRANSFER ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH	50
5.4. TRANSFER ODPADÓW NIEBEZPIECZNYCH I INNYCH NIŻ NIEBEZPIECZNE	51
6. PRZYKŁAD SPRAWOZDANIA ROCZNEGO PRTR	52
7. LITERATURA	63

SPIS TABEL

- Tabela 1. Średni skład morfologiczny odpadów komunalnych w Polsce
- Tabela 2. Skład morfologiczny odpadów komunalnych dla regionu wschodniej Europy
- Tabela 3. Zawartość degradowalnego węgla organicznego (DOC – degradable organic carbon) i węgla ogólnego w odpadach na składowiskach odpadów komunalnych
- Tabela 4. Ilości powstających odcieków dla składowisk odpadów z uszczelnieniem i bez uszczelnienia.
- Tabela 5. Przeciętny skład chemiczny odcieków.
- Tabela 6. Wykaz zanieczyszczeń uwalnianych do wody wg europejskiego PRTR.
- Tabela 7. Wykaz zanieczyszczeń uwalnianych do powietrza wg europejskiego PRTR.
- Tabela 8. Metody, metodyka, numery norm, nazwy metod i metodyk badań zanieczyszczeń uwalnianych do wody
- Tabela 9. Przybliżone wartości współczynnika filtracji wg Z. Pazdry
- Tabela 10. Przykładowe wyniki szacowania szybkości wytwarzania biogazu uzyskane metodą obliczeniową i pomiarową (dane dla trzech składowisk)
- Tabela 11. Przykładowe wyniki pomiarów wielkości emisji rozproszonej metanu ze składowisk
- Tabela 12. Zalecana liczba punktów pomiarowych metodą komór („flux-box”)

SPIS RYSUNKÓW

- Rys. 1. Kierunki migracji wody w środowisku.
- Rys. 2. Strefy zanieczyszczeń wód podziemnych wg Byczyńskiego i in.
- Rys. 3. Koncepcja potencjalnej migracji a) gęstego strumienia zanieczyszczeń o wysokiej zawartości zanieczyszczeń organicznych do strefy saturacji, b) rozcieńczonego strumienia z węglowodorami do warstwy wodonośnej o wysokiej prędkości przepływu wody, w przypadku a) studnia monitoringowa nie wykrywa zanieczyszczeń.
- Rys. 4. Przechodzenie zanieczyszczeń ze składowiska odpadów do środowiska wodno-gruntowego
- Rys. 5. Przykłady praktyczne migracji zanieczyszczeń w podłożu gruntowym przez uszczelnienia poziome (a) i pionowe (b)
- Rys. 6. Skład gazu składowiskowego (w % objętościowych) w funkcji czasu.
- Rys. 7. Bilans wody i zanieczyszczeń ze składowiska.
- Rys. 8. Przykłady konstrukcji wykresu produkcji gazu przy składowaniu 3 rocznych rat po 100 tys. ton odpadów.

SPIS AKTÓW PRAWNYCH

1. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2008 r. Nr 25 poz. 150. z późn. zm.).
2. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku o odpadach (Dz. U. z 2007 r. Nr 39 poz. 251 z późn. zm.).
3. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie instalacji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. Nr 137 poz. 984 z późn. zm.).
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowiska odpadów (Dz. U. Nr 220 poz. 1858).
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2009 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód podziemnych (Dz. U. Nr 81 poz. 685).
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz. U. Nr 143 poz. 896).
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów z późniejszymi zmianami (Dz. U. Nr 61 poz. 549 z późn. zm.).
8. Rozporządzenie (WE) Nr 166/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 stycznia 2006 r. w sprawie ustanowienia Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu zanieczyszczeń i zmieniające dyrektywę rady 91/689/EWG i 96/61/WE (Dz. Urz. UE L 33 z 4.2.2006).
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2009 r. w sprawie sprawozdania do tworzenia Krajowego Rejestru uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń (Dz. U. Nr 141, poz. 1154),

SŁOWNICZEK TERMINÓW

- BZT₅** – Biochemiczne zapotrzebowanie na tlen, wskaźnik określający zapotrzebowanie tlenowe mikroorganizmów, rozkładających na drodze biochemicznej substancję organiczną podatną na taki rozkład, a także zużycie tlenu na utlenienie substancji nieorganicznych.
- ChZT** – Chemiczne Zapotrzebowanie Tlenu – wskaźnik ogólnej zawartości związków organicznych i nieorganicznych, ulegających utlenieniu w warunkach oznaczania.
- EKG ONZ** – Europejska Komisja Gospodarcza Organizacji Narodów Zjednoczonych
- EN** – Norma Europejska
- E-PRTR** – (ang. European Pollutant Release and Transfer Register) Europejski Rejestr Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń
- IPPC** – (ang. Integrated Pollution Prevention and Control) Zintegrowane Zapobieganie i Kontrola Zanieczyszczeń
- ISO** – Norma międzynarodowa
- Kod NACE** – kod zgodny z rozporządzeniem Komisji WE 29/2002 z dnia 19 grudnia 2001 r. zmieniającym rozporządzenie Rady EWG nr 3037/90 w sprawie statystycznej klasyfikacji działalności gospodarczej we Wspólnocie Europejskiej. Dla zarządców składowisk kod NACE ma oznaczenie: *38.21 Przetwarzanie i unieszkodliwianie odpadów innych niż niebezpieczne.*
- Nr CAS** – oznaczenie numeryczne przypisane substancji chemicznej przez amerykańską organizację Chemical Abstracts Service (CAS), pozwalające na identyfikację substancji.
- OWO** – Ogólny Węgiel Organiczny - wskaźnik zanieczyszczenia wód i ścieków substancjami organicznymi pochodzenia naturalnego i antropogenicznego.

Transfer poza miejsce powstania - oznacza przemieszczenie poza granice zakładu odpadów przeznaczonych do odzysku lub unieszkodliwienia oraz zanieczyszczeń w ściekach przeznaczonych do oczyszczenia.

Uwolnienie zanieczyszczenia – oznacza każde wprowadzenie zanieczyszczeń do środowiska w wyniku dowolnej działalności ludzkiej, zamierzonej lub przypadkowej, rutynowej lub nierutynowej, w tym wycieki, emisje, odprowadzenia, wprowadzenia, unieszkodliwianie lub składowanie, lub odprowadzenia poprzez układy kanalizacyjne bez końcowego oczyszczania ścieków.

Zanieczyszczenie - oznacza substancję lub grupę substancji, które mogą być szkodliwe dla środowiska naturalnego lub zdrowia ludzkiego ze względu na ich własności i ich wprowadzenie do środowiska naturalnego.

1. WPROWADZENIE

Zintegrowany rejestr uwalniania i transferu zanieczyszczeń na poziomie Wspólnoty (europejski PRTR) w postaci publicznie dostępnej elektronicznej bazy danych został ustanowiony na mocy Rozporządzenia (WE) Nr 166/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 stycznia 2006 r. w sprawie ustanowienia Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń i zmieniającego dyrektywę Rady 91/689/EWG i 96/61/WE (DZ. Urz. UE L 33 z 4.2.2006, str. 1). Rozporządzenie to weszło w życie 24 lutego 2006 roku i określa zasady funkcjonowania rejestru w celu wdrożenia Protokołu EKG ONZ w sprawie rejestrów uwalniania i transferu zanieczyszczeń (zwanego dalej „Protokołem”) i ułatwienia udziału społeczeństwa w procesie podejmowania decyzji dotyczących środowiska, jak również przyczyniania się do zapobiegania zanieczyszczaniu środowiska i zmniejszania tego zanieczyszczenia. Przedmiotem rozporządzenia są uwolnienia i transfery zanieczyszczeń oraz odpadów. Nieodłącznym jego elementem są trzy załączniki:

- I – przedstawiający rodzaje działalności, których prowadzenie może być objęte sprawozdawczością;
- II – wykaz zanieczyszczeń wraz z nr CAS i wartościami progowymi uwolnień;
- III – wzór sprawozdania Państw Członkowskich dla Komisji dla danych dotyczących uwolnień i transferów.

Załącznik nr I pod pozycją 5d wskazuje wyraźnie, że wśród instalacji, które są objęte obowiązkiem sprawozdawczości znajdują się składowiska przyjmujące 10 ton odpadów na dobę lub o całkowitej pojemności 25 000 ton (z wyłączeniem składowisk odpadów obojętnych oraz składowisk, które zostały ostatecznie zamknięte przed dniem 16 lipca 2001 r. lub dla których upłynęła faza późniejszej ochrony wymagana przez właściwe organy zgodnie z art. 13 dyrektywy Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów).

Zgodnie z art. 5 przedmiotowego rozporządzenia operator każdego zakładu prowadzącego jeden lub więcej rodzajów działalności określonych w załączniku I z przekroczeniem obowiązujących progów wydajności w nim określonych, zgłasza co roku właściwemu organowi (WIOŚ) dane ilościowe wraz z podaniem, czy dane te są oparte na pomiarze, obliczeniu czy oszacowaniu, w odniesieniu do:

- a) uwolnień do powietrza, wody i gleby jakiegokolwiek z zanieczyszczeń określonych w załączniku II, dla którego obowiązująca wartość progowa określona w załączniku II jest przekroczona;
- b) transferów poza miejsce powstania, przekraczających rocznie 2 000 ton dla odpadów innych niż niebezpieczne, dla operacji unieszkodliwiania lub/i odzysku;
- c) transferów poza miejsce powstania, przekraczających rocznie 2 tony dla odpadów niebezpiecznych, dla operacji unieszkodliwiania lub/i odzysku;
- d) transferów poza miejsce powstania któregośkolwiek z zanieczyszczeń określonych w załączniku II zawartego w ściekach przeznaczonych do oczyszczenia, dla którego wartość progowa określona w załączniku II kolumna 1b jest przekroczona.

Przepisy przedmiotowego rozporządzenia obowiązują wprost w polskim prawie. Dodatkowo w Ustawie z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zmianie ustawy – Prawo ochrony środowiska oraz zmianie niektórych ustaw opublikowanej dnia 18 maja 2007 r. w Dz. U. Nr 88, poz. 587, dodany został dział IVA: Krajowy Rejestr Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń.

Zgodnie z art. 236 b prowadzący instalację, obejmującą, co najmniej jeden z rodzajów działalności określonych w załączniku nr I do rozporządzenia 166/2006, w terminie do dnia

31 marca roku następującego po danym roku sprawozdawczym, przekazuje do Wojewódzkiego Inspektora Ochrony Środowiska sprawozdanie zawierające dane o przekroczeniu obowiązujących wartości progowych dla uwolnień i transferów zanieczyszczeń oraz transferów odpadów określonych w rozporządzeniu 166/2006. Wojewódzki Inspektor Ochrony Środowiska ocenia jakość dostarczonych przez prowadzących instalacje danych, w szczególności pod względem ich kompletności, spójności i wiarygodności. Wojewódzki inspektor ochrony środowiska przekazuje do Głównego Inspektora Ochrony Środowiska dane niezbędne do tworzenia Krajowego Rejestru, w terminie do dnia 30 września roku następującego po danym roku sprawozdawczym. Główny Inspektor Ochrony Środowiska przekazuje Komisji Europejskiej sprawozdanie, według wzoru określonego w załączniku nr III do rozporządzenia 166/2006, w terminie 15 miesięcy po upływie danego roku sprawozdawczego. Główny Inspektor Ochrony Środowiska, co 3 lata przekazuje Komisji Europejskiej raport, o którym mowa w art. 16 rozporządzenia 166/2006.

2. CHARAKTERYSTYKA SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH

Składowanie jest najstarszą i nadal najbardziej popularną metodą unieszkodliwiania odpadów. Przez długie lata jej powszechność wynikała przede wszystkim z niskich kosztów budowy i eksploatacji składowisk, w porównaniu do pozostałych metod unieszkodliwiania. Aktualnie obowiązujące regulacje prawne znacznie zaostrzyły wymagania, jakie powinny spełniać składowiska, co znacząco podrożyło koszty tego sposobu unieszkodliwiania. Mimo wszystko nadal pozostaje on najtańszy. Konieczność większego nakładu inwestycyjnego powoduje, że obecnie powstające obiekty są duże i mają małe koszty jednostkowe.

Aktualnie budowane składowiska muszą spełniać zaostrzone w ostatnim czasie przepisy prawa polskiego, wynikające przede wszystkim z konieczności dostosowania się do wymagań Unii Europejskiej (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów Dz. U. Nr 61 poz. 549 ze zmianami). Składowiska powinny, więc posiadać odpowiednią lokalizację, uwzględniającą kryteria hydrogeologiczne i geotechniczne, powinny też spełniać pewne warunki techniczne i eksploatacyjne. Istniejące składowiska należy odpowiednio zmodernizować lub zamknąć i zrehabilitować.

Składowiska odpadów komunalnych jak sama nazwa wskazuje stanowią obiekty budowlane, gdzie unieszkodliwiane są odpady komunalne. Zgodnie z definicją zawartą w ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz. U. z 2007 r. Nr 39 poz. 251 z późn. zm.) odpady komunalne to odpady powstające w gospodarstwach domowych, z wyłączeniem pojazdów wycofanych z eksploatacji, a także odpady niezawierające odpadów niebezpiecznych pochodzące od innych wytwórców odpadów, które ze względu na swój charakter lub skład są podobne do odpadów powstających w gospodarstwach domowych.

Odpady bytowe (komunalne) są funkcją poziomu cywilizacyjnego. Zmieniają się obecnie bardzo szybko wraz ze zmianami poziomu życia. Zmienia się ich skład oraz ilość, którą każdy mieszkaniec „produkuje”. Zagadnienia unieszkodliwiania odpadów z wielkich miast w świecie są wielkim problemem, a gospodarka odpadowa wysuwa się w nich na czoło zagadnień komunalnych. W krajach zacofanych o gospodarce naturalnej odpady bytowe są praktycznie w pełni utylizowane przez przyrodę. Średni skład morfologiczny odpadów komunalnych w Polsce przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Średni skład morfologiczny odpadów komunalnych w Polsce

Frakcja w %	Rybnik	Szczecin	Belchatów	Warszawa	Kraków	Bydgoszcz	Ostrowiec	Ostrowie Św. teren wiejski	Średnio
Okres	2001	2001-2002	2003	2003-2004	2000	2000	2004	2004-2005	
Spożywcze roślinne	31,09	34,68	34,54	32,2	31,4	35,78	35,54	21,69	32,12
Spożywcze zwierzęce	0,88	1,96	0,54	2,80	1,2	2,38	1,72	1,24	1,59
Papier	14,88	17,68	15,07	18,4	19,7	18,46	10,39	13,99	16,07
Tworzywa	12,54	16,04	18,04	16,5	13,8	12,84	13,98	13,09	14,60
Tekstyli	3,6	3,34	3,59	2,2	5,8	2,25	3,39	2,89	3,38
Szkło	8,65	6,66	5,35	11,3	7,6	8,52	6,61	7,43	7,77
Metal	1,94	3,11	2,60	3,0	3,1	2,34	3,39	1,95	2,68
Inne organiczne	2,55	3,87	5,56	3,3	3,6	1,73	2,52	2,53	3,21
Mineralne	7,36	2,74	2,44	4,4	5,4	3,21	5,61	8,40	4,95
Frakcja poniżej 10 mm	16,51	9,81	12,26	5,9	8,4	12,74	16,87	26,78	13,66

Źródło: Sieja L. Charakterystyka odpadów komunalnych na podstawie badań w wybranych miastach Polski, 2006.

Tabela 2. Skład morfologiczny odpadów komunalnych dla regionu wschodniej Europy

Rodzaj	Frakcja w %
Odpady spożywcze	30,1
Papier i tektura	21,8
Drewno	7,5
Tekstyli	4,7
Guma/skóra	1,4
Tworzywa sztuczne	6,2
Metale	3,6
Szkło	10,0
Inne, odpady inertne	14,6

Źródło: IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006

Tabela 3. Zawartość degradowalnego węgla organicznego (DOC – degradable organic carbon) i węgla ogólnego w odpadach na składowiskach odpadów komunalnych

Składnik odpadów komunalnych	Zawartość DOC w % dla odpadów mokrych		Zawartość DOC w % dla odpadów suchych		Zawartość węgla ogólnego w % suchej masy	
	Wartość średnia w przybliżeniu	Zakres	Wartość średnia w przybliżeniu	Zakres	Wartość średnia w przybliżeniu	Zakres
Papier/tektura	40	36-45	44	40-50	46	42-50
Tekstylia	24	20-40	30	25-50	30	25-50
Odpady spożywcze	15	8-20	38	20-50	38	20-50
Drewno	43	39-46	50	46-54	50	46-54
Odpady z ogrodów i parków	20	18-22	49	45-55	49	45-55
Pieluchy jednorazowe	24	18-32	60	44-80	70	54-90
Guma i skóra	-	-	-	-	67	67
Tworzywa sztuczne	-	-	-	-	75	67-85
Metale	-	-	-	-	-	-
Szkło	-	-	-	-	-	-
Inne, odpady inertne	-	-	-	-	3	0-5

Źródło: IPCC Guide-lines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006

Ilość odpadów komunalnych i zmiana ich składu jest wynikiem zmian w sposobach zaopatrzenia gospodarstw domowych w czynniki i materiały potrzebne dla ich funkcjonowania. W dużych miastach Polski za rozwiązania standardowe można uznać korzystanie z centralnych sieci ciepłych, gazowych i elektrycznych. Stąd w odpadach praktycznie nie występują pozostałości po paleniu w piecach. Zwraca uwagę znaczny udział odpadów organicznych a także wzrost udziału makulatury, który jest wynikiem zmian cywilizacyjnych. Na skład odpadów domowych w dużych miastach i ich aglomeracjach w podstawowy sposób wpływają zmiany w handlu środkami spożywczymi, w którym dominują opakowania jednostkowe z tworzyw (duże ilości cienkich folii PE) kartonów zwykłych i specjalnie impregnowanych. W ostatnim czasie obserwuje się wzrost ilości jednorazowych opakowań szklanych do płynów, co niewątpliwie zwiększa ilość szkła w odpadach. Również udział tworzyw sztucznych w odpadach w najnowszych badaniach znacznie, bo czterokrotnie przekracza wartość podaną w zestawieniu powyżej (8%). Jednocześnie obserwuje się zmiany w rodzaju opakowań z tworzyw sztucznych polegające na zastępowaniu PCV innym tworzywami oraz wzroście udziału cienkich folii.

Składowiska odpadów komunalnych, przyjmujące obecnie ok. 97,8% masy odpadów w stanie surowym, są przekształcane w obiekty przyjmujące do składowania pozostałości po wcześniejszym przetworzeniu odpadów, zwłaszcza biologicznie rozkładalnych. Składowiska są końcowymi elementami kompleksowych systemów gospodarki odpadami, a nie jedynymi obiektami unieszkodliwiania odpadów komunalnych. Analizując aktualnie stworzone wojewódzkie plany gospodarki odpadami można zaobserwować tendencje do tworzenia tzw. regionalnych zakładów gospodarowania odpadami, dla których przewidziano kilka dużych składowisk komunalnych, przyjmujących wg założeń tylko odpady balastowe, których nie udało się wcześniej przetworzyć.

Aktualnie składowiska powinny być zlokalizowane tak, aby miały naturalną barierę geologiczną, uszczelniającą podłoże i ściany boczne (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów Dz.U. Nr 61 poz. 549 ze zmianami). Minimalna miąższość naturalnej bariery geologicznej wynosi 1 m, a współczynnik filtracji $k \leq 10^{-9}$ m/s. W miejscach, gdzie naturalna bariera geologiczna nie spełnia określonych warunków, stosuje się sztucznie wykonaną barierę geologiczną o minimalnej miąższości 0,5 m, zapewniającą przepuszczalność nie większą niż 10^{-9} m/s którą wykonuje się w taki sposób, by procesy osiadania na składowisku odpadów nie mogły spowodować jej zniszczenia. Uzupełnieniem naturalnej lub sztucznej bariery geologicznej jest izolacja syntetyczna, zaprojektowana w sposób uwzględniający skład chemiczny odpadów i warunki geotechniczne składowania. Izolacja syntetyczna nie może stanowić elementu stabilizacji zboczy składowiska. Powyżej izolacji syntetycznej składowisko wyposaża się w system drenażu. System ten składa się z warstwy drenażowej wykonanej z materiału żwirowo piaszczystego lub innych materiałów o podobnych właściwościach o wartości współczynnika filtracji $k > 1,0 \times 10^{-4}$ m/s i miąższości rzeczywistej nie mniejszej niż 0,5 m; w warstwie drenażowej umieszcza się system drenażu głównego odprowadzającego wody odciekowe do głównego kolektora.

2.1. PROCESY ZACHODZĄCE W SKŁADOWISKACH ODPADÓW KOMUNALNYCH

Składowisko jest bioreaktorem, w którym pod wpływem czynników atmosferycznych i mikroorganizmów zachodzą mikrobiologiczne i biochemiczne przemiany. Początkowy rozkład odpadów jest procesem tlenowym, gdyż zaraz po załadowaniu składowiska istnieją w nim kieszenie powietrzne. Niedługo po rozpoczęciu biodegradacji, tlen w składowisku zostaje wyczerpany, a ponieważ niemożliwe jest uzupełnienie jego zapasu świeżym tlenem, w składowisku rozpoczyna się proces beztlenowy.

Beztlenowy rozkład organicznych odpadów można uprościć do dwóch podstawowych procesów, jakkolwiek trzeba zaznaczyć, że biochemia procesów mikrobowych jest bardzo skomplikowana. W pierwszym etapie złożone organiczne substancje są biodegradowane do prostych substancji organicznych w postaci soli kwasu octowego (CH_3COOH), kwasu propionowego ($\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}$), kwasu piroprionowego ($\text{CH}_3\text{COCO}_2\text{H}$) lub innych prostych kwasów organicznych i alkoholi. Bakterie biorą udział w procesie uzyskując z tych reakcji chemicznych energię do rozwoju; pewna ilość odpadów organicznych jest przetwarzana na substancje komórkowe i pozakomórkowe.

Drugi etap beztlenowego rozkładu to metanogeneza. Bakterie metanogeniczne zużywają końcowe produkty pierwszego etapu i wydzielają metan i dwutlenek węgla. Tlen formujący dwutlenek węgla pochodzi z organicznych substratów względnie z nieorganicznych jonów siarczanowych. Bakterie metanogeniczne wolą neutralne pH, a nie lubią środowiska kwaśnego. Powstanie kwasów w pierwszym etapie wpływa na zmniejszenie pH i jeśli proces

ten dalej postępuje aktywność bakterii metanogenicznych może ustać. Jeżeli wydzielanie się gazów jest pożądane wtedy dobrze jest, jeżeli w składowisku znajdują się alkaliczne lub neutralne bakterie buforowe, które utrzymają pH w granicach 7,0.

Biodegradacja w składowisku może nie być jednolita. Na przykład odcieki mogą mieć pH równe 5,5, a równocześnie może być nadal produkowany metan. Jest tak, ponieważ w różnych częściach składowiska mogą zachodzić różne procesy biochemiczne. Niskie pH jest właściwe dla obszarów, w których nie powstaje metan, a powstają kwasy, podczas gdy w innych częściach składowiska posiadających stabilną populację metanogenicznych bakterii, kwasy organiczne są zużywane i utrzymuje się pH równe 7.

2.2. PRODUKCJA BIOGAZU

Powstawanie gazów w składowiskach odpadów można uważać za niebezpieczny problem lub za proces cenny i pożądany, zależnie od założeń, według których składowisko jest budowane. Zanim procesy gazowe w składowisku się ustabilizują mija zwykle kilka miesięcy. Biogaz powstaje w wyniku rozkładu frakcji biodegradowalnej zawartej w odpadach.

W czasie pierwszych tygodni po wysypaniu odpadów składowisko jest aerobowe i produkowany jest przede wszystkim CO₂. Infiltracja wody i osiadanie składowiska wypierają powietrze w nim uwięzione. Tak, więc gaz wydzielany w początkowym etapie zawiera także O₂ i N₂. W miarę jak składowisko staje się anaerobowe zmniejsza się wydzielanie O₂ prawie do zera, a N₂ do poziomu podstawowego, mniejszego niż 1%. Głównymi gazowymi produktami końcowymi etapu anaerobowego są CO₂ i CH₄. Produkcja CH₄ wzrasta powoli w miarę jak zwiększa się ilość bakterii metanogennych.

Do głównych czynników wpływających na produkcję gazu składowiskowego należy zaliczyć:

- skład odpadów (zawartość substancji organicznych w odpadach, ich podatność na rozkład),
- wilgotność złoża odpadów,
- temperaturę złoża odpadów (optymalna temp. dla fermentacji metanowej wynosi 35-38 °C, na małych składowiskach zwykle jest niższa, w głębi dużych waha się w granicach 25-40 °C),
- pH,
- wiek odpadów (szczytowa produkcja metanu zachodzi zwykle w czasie pierwszych 2-10 lat),
- przepuszczalność składowiska (tlen jest czynnikiem inhibitującym wytwarzanie metanu gdyż hamuje rozwój bakterii wytwarzających metan),
- strukturę odpadów (rozwiniecie powierzchni odpadów np. przez rozdrabnianie ułatwia działanie mikroorganizmów).

Końcowy stosunek gazów w strumieniu gazu składowiskowego jest zwykle w przybliżeniu następujący: 55% CH₄, 45% CO₂; mimo, że te wartości procentowe mogą się różnić zależnie od warunków. Obecne są także śladowe ilości N₂ H₂S i gazowych węglowodorów takich jak hexan, oktan i heptan. Anaerobowy stan równowagi jest osiągnięty zwykle po roku lub dwóch. Spotykano się także z wydzielaniem się wodoru ze składowiska w trakcie przechodzenia stanu beztlenowego w tlenowy. W składowisku, które produkuje stałą ilość CH₄, wodór jest wykrywalny tylko w minimalnych stężeniach. Rzeczywista ilość metanu uwalniana wynosi zazwyczaj 30-180 m³ CH₄ z tony suchych odpadów. Obliczenia można dokonać kilkoma metodami; jedną z najprostszych jest przyjęcie, że 50% suchej wagi odpadów to organiczny węgiel. 90% tego organicznego węgla jest przetwarzana w gazowe

produkty końcowe, a pozostałe 10% pozostaje w charakterze biomasy lub nieczynnego (obojętnego) węgla organicznego. Jeżeli gazowe produkty końcowe są w proporcjach 55% CH₄ i 45% CO₂, to wtedy każde 100 atomów C obecnych na początku procesu wyprodukuje (0,9 x 55) cząsteczek CH₄.

Teoretycznie ilość wydzielanego metanu wynosi około 460 m³ z tony suchych odpadów. Dokładniejsze obliczenia teoretycznej wydajności składowiska przyjmują dokładniejsze dane o materiałach odpadowych lub o biodegradowalności odpadów, ale sam wynik zwykle nie różni się istotnie od powyższej kalkulacji.

Oczywiste jest, że rzeczywista wydajność uzyskiwana ze składowiska jest często tylko drobną częścią teoretycznej wydajności. To znaczy, że większość organicznego węgla nie jest przekształcana w gazowe produkty końcowe. W praktyce duża ilość organicznego węgla jest wymywana przez odciek, gdy jest on odbierany w rozpuszczonej postaci prostych kwasów i alkoholi. Tak, więc dużej produkcji gazów towarzyszy mała zawartość substancji organicznych w odciekach i na odwrót. Większość węgla ze składowiska odpadów, który był w postaci złożonych związków organicznych opuszcza je albo jako CH₄ i CO₂, albo w postaci zanieczyszczeń w odciekach. To, która z tych alternatyw jest korzystna, zależy od lokalizacji składowiska odpadów i ewentualnych problemów, które może spowodować powstawanie metanu CH₄ albo odcieków o dużym stężeniu substancji organicznych.

Kolejnym powodem małej produkcji CH₄ jest fakt, że warunki w składowisku mogą odbiegać od optymalnych warunków rozwoju bakterii metanogennych. Od czynników wpływających na szybkość produkcji gazów należą: charakter odpadów, temperatura, pH i wilgotność w składowisku. Ważne może być także stężenie soli takich jak siarczany i azotany.

Rodzaj, natura odpadów wpływa na produkcję gazów na kilka sposobów. Gdy odpady są sproszkowane wtedy aktywność mikrobów w składowisku jest większa, co może znaleźć odbicie w większej szybkości produkcji gazów, chociaż okres, przez który gaz jest produkowany może się skrócić. Zwiększające gęstość składowiska prasowanie lub belowanie odpadów mogą zmniejszyć tempo infiltracji wody do składowiska, co spowalnia zdolność bakterii do biodegradowania odpadów. Tak, więc gaz może być produkowany w mniejszych ilościach, lecz przez dłuższy okres czasu. Jeżeli potrzebna jest duża produkcja gazu, wtedy pożądana jest duża zawartość substancji organicznych w odpadach, aby zwiększyć źródło węgla do produkcji. Osiągnąć to można dodając do składowiska surowe ścieki. Zaszczepia to w składowisku dużo rozmaitych bakterii dodając równocześnie substancje organiczne i środki odżywcze zwiększające produkcję gazów. Dla optymalnej biodegradacji stosunek węglowo-azotowy (stosunek C-N) powinien być około 25:1 lub mniejszy. Przy większym stosunku może mieć miejsce niedobór składników odżywczych, który zahamuje aktywność bakterii. Jeżeli w składowisku obecne są toksyczne związki chemiczne wtedy zahamowaniu może ulec aktywność biologiczna w ogóle, a zwłaszcza metanogeneza. Działanie bakterii metanowych może ulec zahamowaniu z powodu wysokiego stężenia soli, np. wystarczy na to 2 000 mg/l wapnia. Podobnie wzrost bakterii może być opóźniany z powodu braku pewnych mikroskładników odżywczych, takich jak sód, potas, wapń lub magnez.

Bakterie nie rozwijają się dobrze w suchym otoczeniu; dla optymalnej produkcji gazu pożądana jest wagowa, co najmniej 40% lub większa wilgotność odpadów w składowisku. Ograniczanie wody opadowej dostającej się do składowiska i odbiór odcieków zmniejszają zawartość wilgoci w składowisku niekiedy do około 30%.

Także temperatura składowiska wpływa na produkcję gazów. Zazwyczaj tempo produkcji gazów wzrasta wraz ze wzrostem temperatury. Dla optymalnej produkcji gazów pH

składowiska powinna być w przybliżeniu równa 7,0, a metanogeneza zaczyna zamierać, gdy pH jest równa mniej niż 6,2. Tak, więc pożądana jest, obecność w składowisku składników o znacznej zasadowości, która działałaby jako bufor przeciw niskiemu pH.

Produkcję gazów można zwiększyć dodając do odpadów szlam z oczyszczalni ścieków lub odpady rolnicze, ujmując większe odpady metalowe i używając mniej gruntu na dzienne przesypy. Tempo produkcji metanu waha się od 1,2 do 7,5 litra/kg/rok.

3. IDENTYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA ŹRÓDEŁ UWOLNIEŃ ORAZ TRANSFERÓW ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH I TRANSFERÓW ODPADÓW ZE SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH

Składowisko odpadów komunalnych jest źródłem emisji zanieczyszczeń do powietrza, wód powierzchniowych, podziemnych i gruntu. Do celów sprawozdawczych PRTR dla składowisk uwolnienia do gleby nie podlegają obowiązkowi zgłoszenia. Zgłaszanie tych uwolnień ma zastosowanie wyłącznie do zanieczyszczeń w odpadach poddawanych operacjom unieszkodliwiania typu obróbka w glebie (D2) lub głębokie wtryskiwanie (D3).

3.1. UWOLNIENIA DO WODY.

Każde składowisko, zarówno to bez odpowiedniego uszczelnienia, jak również prawidłowo zaprojektowane i wykonane z systemem zbierania odcieków stanowi potencjalne zagrożenie dla wód powierzchniowych, podziemnych oraz gruntu. Wody pochodzące z opadów atmosferycznych, które infiltrują do wnętrza składowiska oraz dopływające wody powierzchniowe i podziemne stanowią źródło odcieków. Mniejsze znaczenie ma w tym procesie również woda dostarczona wraz z odpadami i pochodząca z rozkładu substancji organicznych. Ilość odcieków produkowanych przez składowisko zmienia się w ciągu roku. Najwięcej powstaje ich od września do kwietnia, nieco mniej w okresie suchym (maj-październik). Dla ilości powstających odcieków ma również znaczenie obecność uszczelnienia powierzchniowego. Poniżej przedstawiono przykładowe ilości powstających odcieków dla składowiska z uszczelnieniem i bez uszczelnienia.

Tabela 4. Ilości powstających odcieków dla składowisk odpadów z uszczelnieniem i bez uszczelnienia.

Opad [mm/rok]	Z uszczelnieniem powierzchniowym			Bez uszczelnienia powierzchniowego		
	ewaporacja	spyw powierzchniowy	odcieki	ewaporacja	spyw powierzchniowy	odcieki
500	250-350	150-250	25-50	300-400	0	100-200
700	300-400	250-350	50-75	400-500	0	200-300
1200	400-500	500-700	75-200	500-650	0	550-700

Źródło: Zaleska A. Pastewski S.: Technologie remediacji środowiska.

Według równania bilansu wodnego składowiska ilość odcieków wynosi:

$$L = P + U_w - ET - G - R - \Delta U_w - \Delta U_s \quad (1)$$

gdzie:

- P – opad atmosferyczny,
- U_w – ilość wody zawarta w dostarczonych odpadach,
- ET – ewapotranspiracja,
- G – odparowanie,
- R – spływ powierzchniowy,
- ΔU_w – woda zatrzymana w odpadach,
- ΔU_s – woda zatrzymana w pokrywie glebowej,

Ilość odcieków można również obliczyć według następujących zależności:

- dla składowisk o słabym zagęszczeniu → 40% opadu (zakres 25-60%),
- dla składowisk silnie zagęszczonych → 25% opadu (zakres 10-25%).

Największe ilości odcieków są uwalniane przez składowisko w okresie eksploatacji, natomiast krótko po jego zamknięciu studnie odciekowe praktycznie wysychają. Jeśli jednak po zakończeniu składowania odcieki nadal powstają w dużych ilościach, oznacza to, że uszczelnienie nie działa tak jak powinno, a wody gruntowe i gleba są zagrożone.

Ilość powstających odcieków można zmniejszyć poprzez ograniczanie w miarę możliwości dostępu wód opadowych do złoża odpadów, minimalizując działki robocze, stosując „przesypki” i kształtując bryłę składowiska ze spadkiem powierzchni czaszy w jednym kierunku. Powstałe odcieki powinny być zbierane systemem drenażu. Ze względu na zagrożenie przedostania się odcieków do wód powierzchniowych i skażenie środowiska, w żadnym wypadku nie można dopuścić do przepełniania się zbiornika, w którym są gromadzone.

Powstające odcieki mogą być zagospodarowane na dwa sposoby: rozdeszczowane na kwaterze składowiska lub skierowane (transfer ścieków) na oczyszczalnię.

Substancje zawarte w odciekach mogą pochodzić ze składników rozpuszczonych w wodzie lub powstawać jako produkt pośredni procesów fermentacyjnych. Odcieki ze składowisk, w porównaniu ze ściekami komunalnymi charakteryzują się wyższą koncentracją składników organicznych i nieorganicznych. Najwyższe stężenia mają te pochodzące ze składowisk beztlenowych oraz składowisk młodych o krótkim okresie eksploatacji.

Odcieki ze składowisk można ogólnie scharakteryzować, jako wodny roztwór czterech grup zanieczyszczeń:

- Materia organiczna, której obecność wyrażają między innymi takie wskaźniki jak ChZT, OWO.
- Specyficzne zanieczyszczenia organiczne, pochodzące z gospodarstw domowych lub chemikalia pochodzące z przemysłu. Należą do nich przykładowo węglowodory aromatyczne, fenole i detergenty.
- Jony nieorganiczne wapnia, magnezu, sodu, potasu, amoniaku, żelaza, manganu, chlorków, siarczanów.
- Metale ciężkie, np.: kadm, cynk, ołów, miedź, nikiel, chrom.

Pomimo, że wiele z wymienionych składników występuje w dużych stężeniach woda stanowi 97% odcieków.

Tabela 5. Przeciętny skład chemiczny odcieków.

Parametr	Zakres ¹ [mg/l]	Zakres ² [mg/l]
ChZT	150-100 000	45,2-39080
BZT ₅	100-90 000	22,8-10 700
pH	5,3-8,5	6,16-8,46
NH ₄	1-1 500	0,36-1526
N _{og}	50-5 000	0,193-1820
NO ₃	0,1-50	0-40
NO ₂	0-25	0,01-0,6
PO ₄	0,3-25	0,1-25,4
Ca	10-2 500	30,5-3285
Mg	50-1 150	6,1-1302
Na	50-4 000	13,5-2900
K	10-2500	12-8200
SO ₄	10-1200	21-7900
Cl	30-4000	40-4200
Fe	0,4-2200	0,59-867
Zn	0,05-170	0,02-168
Mn	0,4-50	0,04-16,7
Fenole	0,04-44	0,002-10
	[µg/l]	[mg/l]
As	5-1600	0-0,025
Cd	0,5-140	0,004-0,375
Ni	20-2050	0,007-1,04
Pb	8-1020	0,034-2,89
Cr	30-1600	0-0,271
Cu	4-1400	0,004-0,375
Hg	0,2-50	0-0,0045

Jednym z najbardziej uciążliwych zanieczyszczeń obecnych w odciekach są metale ciężkie. Ich toksyczny charakter zakłóca naturalną równowagę biologiczną, hamuje również procesy samooczyszczania się wód.

¹ Christensen T.H., Cossu R., Stegman R.(ed.): Landfilling of Waste: Leachate. Chapman&Hall, London,1994.

² Pleczyński J., Wesolek J., Magdziarek M.: Gospodarka odciekami na składowiskach odpadów komunalnych. Prace naukowe politechniki Warszawskiej. Inżynieria Środowiska. Zeszyt 22, Warszawa, 1997.

Główne czynniki wpływające na jakość odcieków to:

- Skład odpadów. Istotne znaczenie ma zawartość frakcji organicznej oraz te składniki, które wpływają na proces biologicznej degradacji, takie jak: substancje toksyczne i składniki nieorganiczne.
- Objętość wody infiltrującej w głąb składowiska.
- Techniki składowania i rekultywacji.
- pH, które wpływa na procesy chemiczne takie jak rozkład, strącanie, utlenianie i redukcja. Warunki kwaśne powodują wzrost rozpuszczania składników chemicznych i zmniejszenie pojemności sorpcyjnej odpadów.
- Potencjał redox. Warunki redukcyjne wpływają na rozpuszczalność składników odżywczych i metali w odciekach. Zaznacza się w nich wtedy obecność zredukowanych form azotu (NH_4^+ , NO_2^-), siarki i żelaza.
- Wiek składowiska, a szczególnie stopień stabilizacji odpadów. Najbardziej zanieczyszczone są odcieki powstające w ciągu pierwszych lat funkcjonowania składowiska, z biegiem czasu stężenie zanieczyszczeń spada. Tendencja ta odnosi się szczególnie do składników organicznych, głównych wskaźników zanieczyszczeń organicznych (ChZT, BZT5, OWO), zanieczyszczeń mikrobiologicznych i jonów nieorganicznych (metale ciężkie, Cl, SO_4 , itp.). Stosunek BZT5 do ChZT w odciekach wynosi 0,7:1 i z czasem ulega zmianom. Odpady, których wiek nie przekracza 3 lat, uznawane są za „świeże”.

W początkowym okresie eksploatacji składowiska, kiedy odpady są jeszcze słabo zagęszczone, odcieki charakteryzują się wyraźnym kwaśnym odczynem (pH 3,5-6,5). Taki stan może utrzymywać się do 5 lat. Odcieki ze składowisk młodych (poniżej 5 lat) zawierają znaczne ilości podatnych na biodegradację produktów fermentacji kwaśnej. Kwasy organiczne, alkohole, jony wodorowęglanowe. Cechuje je, zatem wysoka wartość BZT5 i ChZT, kwaśny odczyn oraz wysoka zawartość stosunku BZT5 do ChZT. Z czasem w miarę postępującej biodegradacji i przyrostu ilości odpadów odcieki mają odczyn obojętny lub lekko alkaliczny. Odcieki ze składowisk eksploatowanych ponad 10 lat wykazują typowy alkaliczny charakter. Substancje organiczne w nich występujące należą do stosunkowo opornych na rozkład mikrobiologiczny.

Z punktu widzenia zagrożenia wód podziemnych odpady można podzielić na dwa duże zespoły, z których pierwszy stanowią odpady organiczne, podlegające procesowi mineralizacji biologicznej, a drugi stanowią odpady nieorganiczne. Ze skupisk odpadów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego (organiczne) do poziomu wód podziemnych mogą przenikać: proste związki organiczne (cukry, alkohole, aldehydy, kwasy), rozpuszczone gazy (dwutlenek węgla, amoniak, siarkowodór) oraz zanieczyszczenia w postaci jonowej: HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , SO_3^{2-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ .

Znaczny udział w odpadach komunalnych ma papier. Odpady papiernicze to odpady organiczne, lecz rozkład bakteriologiczny zachodzi w nich wolno, a ponadto papiery w swoim składzie mogą zawierać składniki mineralne. Grupa tych odpadów może wpływać na wody podziemne w sposób podobny jak odpady organiczne.

Odpady mineralne są mniej groźne dla wód podziemnych. Nie podlegają procesom bakteriologicznym, są jedynie ługowane przez wody opadowe.

Bardzo niebezpieczne dla wód podziemnych są zawarte w odpadach zredukowane związki siarki (siarczki). Utlenienie się tych związków prowadzi do powstania kwasu siarkowego, który może zakwaszać środowisko do pH 2-2,5.

Odpady metalowe wzbogacają wody podziemne w jony metali (żelaza, manganu, miedzi, cynku, niklu i chromu).

Odpady paleniskowe to pozostałości po spaleniu, częściowo rozpuszczalne w wodzie. 10-20% masy tych odpadów może ulegać rozpuszczeniu przez wody opadowe, a do wód podziemnych mogą z nimi przenikać zanieczyszczenia jonowe w postaci Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} oraz metali ciężkich. W sąsiedztwie skupiska tych odpadów wody podziemne zwykle wykazują wysoką twardość i zmiany właściwości organoleptycznych.

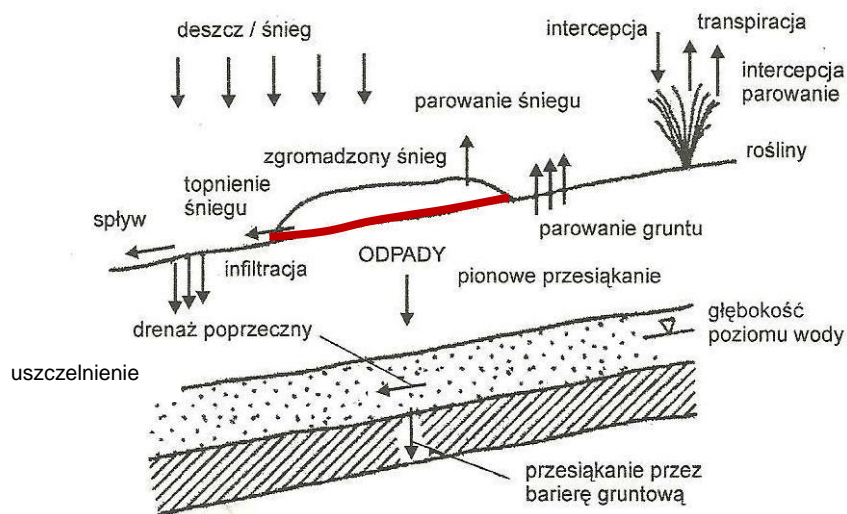
Utylizacja odpadów powoduje również powstawanie WWA (Wielopierścieniowe Węglowodory Aromatyczne), które są nierozpuszczalne w wodzie. Związki te są głównie adsorbowane na cząsteczkach pyłu i transportowane na znaczne odległości.

3.1.1. MIGRACJA ZANIECZYSZCZEŃ ZE SKŁADOWISKA

Transport zanieczyszczeń ze składowiska następuje głównie w wyniku działania wód opadowych. Może on odbywać się w dwojaki sposób:

- drogą filtracyjną poprzez drenaże odcieku;
- drogą filtracyjną poprzez podstawę składowiska (przecieki) lub poprzez przepływ dyfuzyjny.

Na rysunku pokazano ogólny schemat zjawisk transportu wody przez składowisko ze zwróceniem uwagi na fakt, że część ogólnej masy opadu zamienia się na zanieczyszczenie w wyniku filtracji przez składowisko.



Rys.1. Kierunki migracji wody w środowisku.

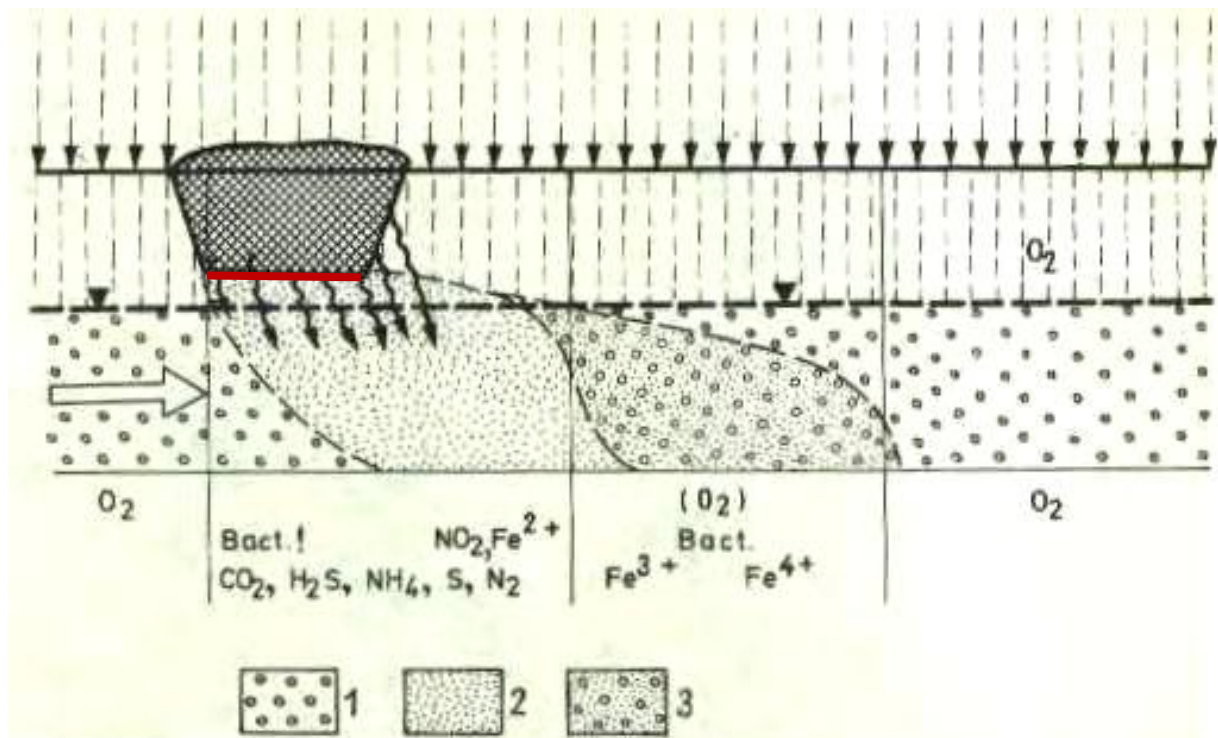
W przypadku przepływu dyfuzyjnego (polega na wyrównywaniu się stężeń w wyniku beładnego ruchu cząstek i występuje w gruntach ilastych) - należy zwrócić szczególną uwagę na właściwości mechaniczne gruntu oraz przepuszczalność materiałów uszczelniających. Prędkość dyfuzyjnego transportu zanieczyszczeń może być wyższa od prędkości transportu filtracyjnego. Podczas filtracji mogą odkładać się w gruncie zanieczyszczenia, a następnie mogą one ulegać powtórnemu odfiltrowaniu. Skala tego zjawiska zależy od właściwości geochemicznych środowiska i składu mineralicznego gruntu, jak i właściwości samych szkodliwych substancji.

Zatrzymanie szkodliwych substancji przez grunt jest pod pewnymi warunkami odwracalne. Na przykład metale ciężkie mogą przy zmieniającej się wartości pH (środowisko kwaśne) ulec ponownemu uwolnieniu i mogą być doprowadzone poprzez filtrację do wody gruntowej.

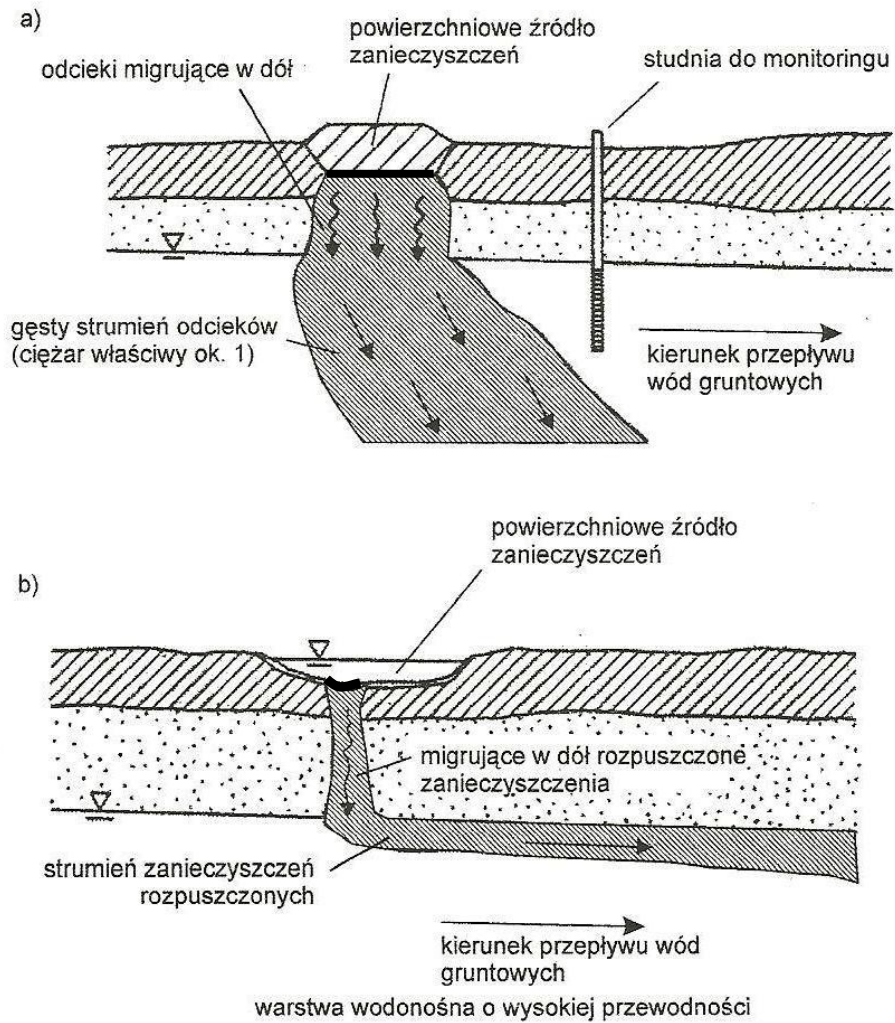
Powstające w składowisku odcieki, które są główną przyczyną zanieczyszczenia, kiedy przenikają do środowiska, niosą określony ładunek zanieczyszczeń (ładunek rozumiemy tu jako masę określonego składnika). W przypadku, kiedy ładunek ten jest rozpuszczony w wodzie możemy go określać przez stężenie. Metodą pomiaru stężeń zanieczyszczeń jest badanie w piezometrach.

Ładunek zanieczyszczeń zgromadzony w złożu składowiska odpadów w pewnej części oraz wraz z upływem czasu przenika przez izolację zastosowaną, jako zabezpieczenie środowiska wodno gruntowego. Część zanieczyszczeń, która wraz z odciekami przedostała się przez izolację nazywana jest stężeniem przechodzącym. Następnie zanieczyszczenia te ulegają rozprzestrzenieniu w środowisku gruntowo-wodnym. Kierunek oraz zakres rozptywu zależy od warunków hydrogeologicznych. Zanieczyszczenia przemieszczają się zgodnie ze spadkiem zwierciadła wody, w tej drodze stężenie zanieczyszczeń ulega rozcieńczeniu a wraz ze wzrostem odległości od składowiska zanieczyszczenia dostają się w tzw. strefę samooczyszczania, która znacząco zmniejsza ilość zanieczyszczeń organicznych.

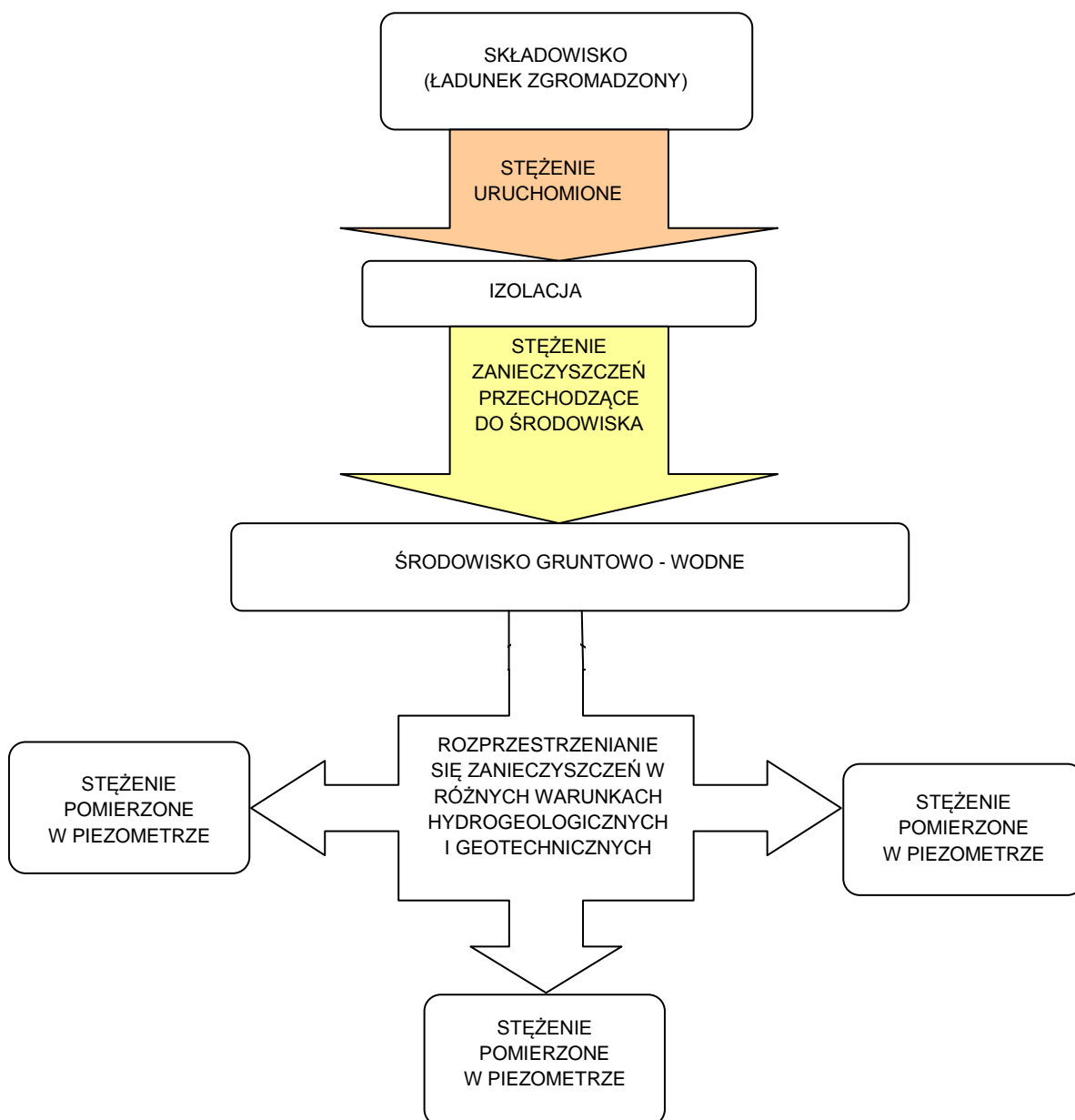
Strefę tę można podzielić na: redukcyjną, w której występują znikome ilości tlenu i dużo bakterii beztlenowych, strefę przejściową z małą ilością wolnego tlenu i strefę utleniającą, bogatą w tlen. W strefie redukcyjnej procesy rozkładu przebiegają najintensywniej. W strefie przejściowej zmniejsza się ilość bakterii, występuje Fe^{2+} . Substancje organiczne wymywane ze składowiska ulegają rozkładowi w strefie utleniania.



Rys. 2. Strefy zanieczyszczeń wód podziemnych wg Byczyńskiego i in. [3] 1 - strefa wód czystych, strefa utleniająca, 2 - strefa wód silnie zanieczyszczonych, strefa redukcyjna, 3 - strefa przejściowa.



Rys. 3. Koncepcja potencjalnej migracji a) gęstego strumienia zanieczyszczeń o wysokiej zawartości zanieczyszczeń organicznych do strefy saturacji, b) rozcieńczonego strumienia z węglowodorami do warstwy wodonośnej o wysokiej prędkości przepływu wody, w przypadku a) studnia monitoringowa nie wykrywa zanieczyszczeń.



Rys. 4. Przechodzenie zanieczyszczeń ze składowiska odpadów do środowiska wodnogruntowego

Poniżej w tabeli przedstawiono wielkość możliwych do uwolnienia zanieczyszczeń.

Tabela 6. Wykaz zanieczyszczeń uwalnianych do wody wg europejskiego PRTR.

Nr zanieczyszczenia wg załącznika nr II do rozporządzenia E-PRTR	Nr CAS	Grupa zanieczyszczeń	Rodzaj zanieczyszczenia	Próg uwolnienia [kg/rok]
UWOLNIENIA DO WODY				
12		Substancje nieorganiczne	Ogólny azot	50 000
13		Substancje nieorganiczne	Ogólny fosfor	5 000
17		Metale ciężkie	Arsen i jego związki (jako As)	5
18		Metale ciężkie	Kadm i jego związki (jako Cd)	5
19		Metale ciężkie	Chrom i jego związki (jako Cr)	50
20		Metale ciężkie	Miedź i jej związki (jako Cu)	50
21		Metale ciężkie	Rtęć i jej związki (jako Hg)	1
22		Metale ciężkie	Nikiel i jego związki jako (Ni)	20
23		Metale ciężkie	Ołów i jego związki (jako Pb)	20
24		Metale ciężkie	Cynk i jego związki jako (Zn)	100
31		Chlorowane substancje organiczne	Chloroalkany, C10-C13	1
34	107-06-2	Chlorowane substancje organiczne	1, 2-dwuchloroetan (EDC)	10
35	75-09-2	Chlorowane substancje organiczne	Dwuchlorometan (DCM)	10
40		Chlorowane substancje organiczne	Związki halogenoorganiczne (jako AOX)	1 000
42	118-74-1	Chlorowane substancje organiczne	Sześciochlorobenzen (HCB)	1
43	87-68-3	Chlorowane substancje organiczne	Sześciochlorobutadien (HCBd)	1
44	608-73-1	Pestycydy	1, 2, 3, 4, 5, 6 - sześciochlorocykloheksan	1

			san (HCH)	
62	71-43-2	Inne substancje organiczne	Benzen	200
63		Chlorowane substancje organiczne	Bromowane dwufenyloetery (PBDE)	1
65	100-41-4	Inne substancje organiczne	Etylobenzen	200
69		Inne substancje organiczne	Związki organiczne cyny	50
71	108-95-2	Inne substancje organiczne	Fenole (jako ogólny C)	20
72		Inne substancje organiczne	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)	5
73		Inne substancje organiczne	Toluen	200
76		Inne substancje organiczne	Ogólny węgiel organiczny (OWO)	50 000
78	1330-20-7	Inne substancje organiczne	Ksylene	200
79		Substancje nieorganiczne	Chlorki (jako ogólny Cl)	2 000 000
82		Substancje nieorganiczne	Cyjanki (jako ogólny CN)	50
83		Substancje nieorganiczne	Fluorki (jako ogólny F)	2000

Migracja zanieczyszczeń ze składowiska uwarunkowana jest jakością izolacji i przepuszczalnością utworów występujących bezpośrednio w podłożu składowanych odpadów. Może odbywać się w różnej formie zależnie od rodzaju i stanu gruntu, jego zdolności sorpcyjnych, obecności spękań, stopnia nasycenia i wzajemnych oddziaływań grunt – zanieczyszczenie. Nawet odpady dobrze ugniecione, zbite mają dość dużą przepuszczalność. Odcieki ze składowisk przenikają do wód podziemnych, także przy występowaniu w podłożu utworów o słabej przepuszczalności np. gliny zwalowe, mułki, ponieważ w strefie przypowierzchniowej przepuszczalność tych utworów jest podwyższona. Tylko w przypadku ilów lub glin ciężkich odcieki mogą nie przenikać do gruntu.

Najczęstsze formy transportu do adwekcja, dyspersja (dyfuzja i dyspersja hydrodynamiczna), rozkład i sorpcja zanieczyszczeń. W przypadku nasyconych gruntów drobnoziarnistych najważniejszymi mechanizmami transportu zanieczyszczeń są adwekcja i dyfuzja, podczas gdy dla nasyconego piasku adwekcja i dyspersja. W przypadku adwekcji ilość transportowanej masy zanieczyszczeń jest proporcjonalna do prędkości wody gruntowej i początkowego stężenia zanieczyszczeń. Substancje rozpuszczone, które nie reagują chemicznie lub biologicznie są transportowane ze średnią prędkością równą prędkości przepływu wody.

Dyfuzja to proces migracji zanieczyszczeń w gruncie z punktu o większym stężeniu (składowisko odpadów) do punktu o mniejszym stężeniu (system drenażowy, warstwa

wodonośna). Proces ten powoduje migrację zanieczyszczeń w gruntach spoistych przez uszczelnienia składowisk odpadów, w tym uszczelnienia z geomembrany.

Dyspersja jest procesem zachodzącym w warstwach zawierających grunty ziarniste lub w popękanych gruntach spoistych. Transport dyspersyjny wynika z niejednorodności przestrzennej dróg i prędkości filtracji w skali mikroskopijnej. Spowodowany jest zróżnicowaniem prędkości przepływu w poszczególnych porach.

W praktyce w obliczeniach transportu zanieczyszczeń przyjmuje się współczynnik dyspersji hydrodynamicznej D (Perkins, Johnston 1963):

$$D = D_e + D_m,$$

gdzie:

D_e – współczynnik efektywny dyfuzji [m^2/s]

D_m – współczynnik mechanicznej dyspersji [m^2/s]

$$D = D_e + 1,75 d^*v$$

gdzie:

d – średnica ziaren gruntu [m]

v – prędkość przepływu wody w gruncie [m/s]

3.1.2. ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ ODCIEKÓW W GRUNCIE

Gleba stanowi naturalny ochronny filtr zabezpieczający wody gruntowe przez zanieczyszczeniami.

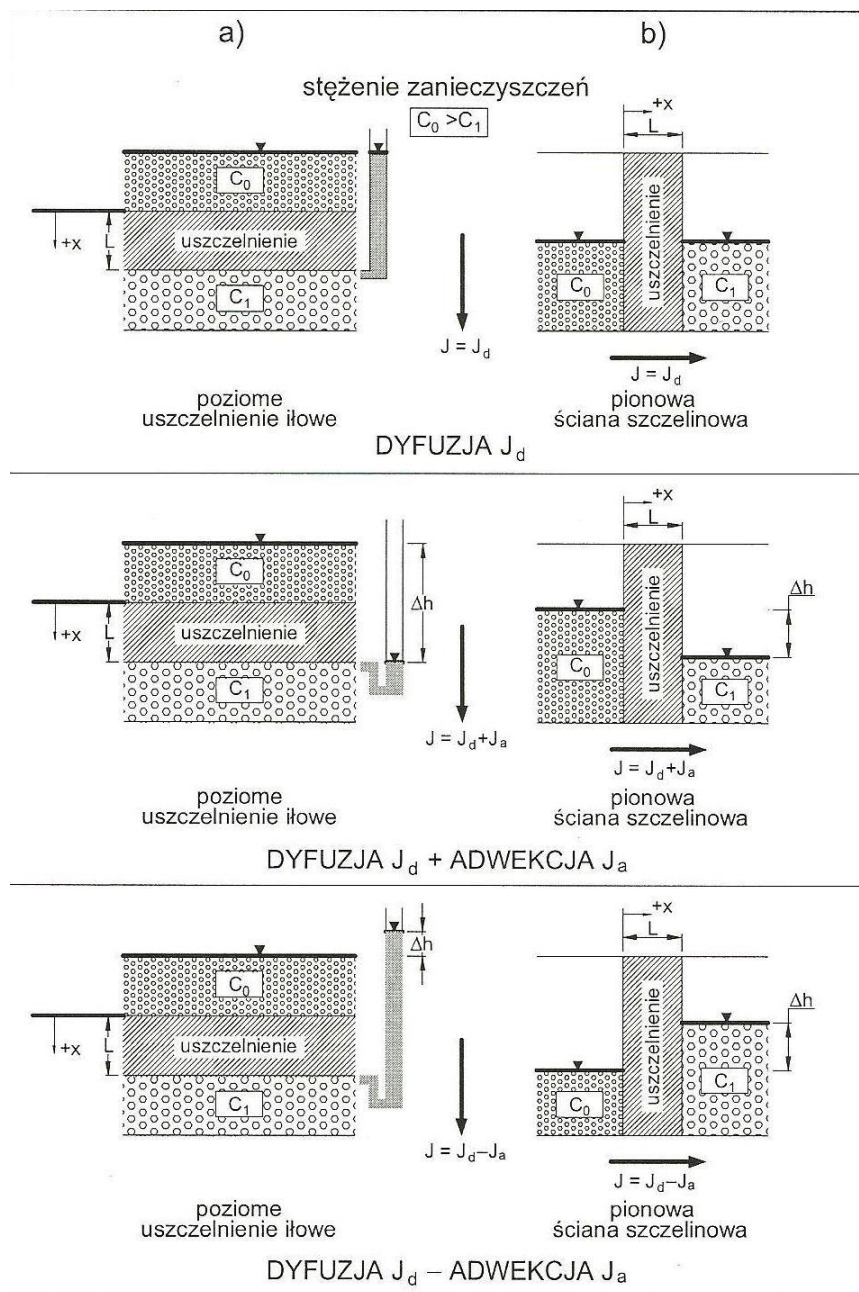
Odcieki, wraz z całą gamą zanieczyszczeń mogą przedostawać się do wód gruntowych i migrować na znaczne odległości. Ich rozprzestrzenianie się zależy od:

- objętości i jakości odcieków,
- właściwości oczyszczających strefy aeracji i saturacji,
- warunków przepływu (spadku hydraulicznego i miąższości),
- rodzaju gruntu w warstwie znajdującej się powyżej zwierciadła wody,
- rodzaju gruntu w warstwie wodonośnej.

Na rys. 5 przedstawiono przypadek łowego uszczelnienia poziomowego i pionowego, nad którym znajduje się nawodniony grunt o stężeniu zanieczyszczeń c_0 większym niż stężenie zanieczyszczeń c_1 w gruncie poniżej uszczelnienia. W zależności od warunków hydrologicznych, związany ze wzajemnym położeniem zwierciadeł wody w obu warstwach i wynikającego z tego kierunku przepływu zanieczyszczonej wody gruntowej decydującą rolę w ilości przenoszonych zanieczyszczeń J w kolejnych przypadkach odgrywa:

- dyfuzja J_d – przy zwierciadłach wody na tym samym poziomie
- dyfuzja J_d powiększona o adwekcję J_a – przy zwierciadle wody w gruncie poniżej uszczelnienia niższym niż w gruncie powyżej uszczelnienia
- dyfuzja J_d pomniejszona o adwekcję J_a – przy zwierciadle wody w gruncie poniżej uszczelnienia wyższym niż w gruncie powyżej uszczelnienia.

Podobne zależności występują w przypadku pionowej ściany szczelinowej.



Rys. 5. Przypadki praktyczne migracji zanieczyszczeń w podłożu gruntowym przez uszczelnienia poziome (a) i pionowe (b)

(Źródło: Zadroga B. Olańczuk- Neyman K.: Ochrona i rekultywacja podłoża gruntowego, za Manassero i Schackelford).

Wyniki badań dokumentują, że wody podziemne w sąsiedztwie składowisk są często zanieczyszczone związkami azotu, chlorkami, siarczanami, metalami ciężkimi, detergentami i fenolami. W dalszej odległości od składowisk stężenia zanieczyszczeń stopniowo ulegają zmniejszeniu, w wyniku różnych procesów fizycznych, chemicznych i biologicznych, takich jak rozcieńczanie, dyspersja, sorpcja, adsorpcja, wymiana jonowa. Na podstawie wyników badań wielu autorów można przyjąć, że przy prędkościach przepływu wody gruntowej mniejszych niż 1 m/dobę, zanieczyszczona woda płynąca poniżej składowiska po 100 m swoim składem przypomina już wody pierwotne, może mieć jednak większe zasolenie i zawartość azotanów. Zanieczyszczenia mikrobiologiczne i zawiesiny przemieszczają się na niewielkie odległości, znacznie dalej docierają składniki rozpuszczalne w postaci jonowej

(Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} oraz niewielkie ilości metali ciężkich). Zasięg rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń od składowiska jest bardzo trudno przewidzieć. Woda przepływa szybciej w utworach krasowych i szczelinowych niż w porowatych. Prędkości wahają się, więc od 260-26 000 m/dobę w utworach krasowych do ułamków metra w utworach porowatych.

Po stronie odpływu wód ze składowiska znajduje się pas wód podziemnych, w którym przebiegają końcowe procesy mineralizacji, zwany obszarem samooczyszczania. Obszar ten można podzielić na trzy strefy: redukcyjną, przejściową i utleniania. W strefie redukcyjnej bardzo intensywnie przebiegają procesy rozkładu zanieczyszczeń organicznych. Położona jest ona najbliżej składowiska. Wody tej strefy zawierają dużo bakterii oraz żelazo w postaci Fe^{2+} . Z powodu niedoboru tlenu bakterie zużywają tlen związany chemicznie w siarczanach i azotanach. Następną strefa zwana przejściową występuje tylko czasami. Jej cechą charakterystyczną jest pojawianie się wolnego tlenu, spadek liczby bakterii i występowanie jonów Fe^{2+} obok Fe^{3+} . W strefie utleniania dochodzi do szybkiej mineralizacji substancji organicznych, w wyniku, czego powstają proste związki nieorganiczne zazwyczaj dobrze rozpuszczalne w wodzie. Mineralizacja tlenowa nie eliminuje zanieczyszczeń, ulegają one jedynie przekształceniu w inne formy, które również mogą być uciążliwe z punktu widzenia jakości wody. W przypadku, jeśli zanieczyszczenia przedostaną się do poziomu izolowanego utworami słabo przepuszczalnymi lub do głębszych partii poziomu gruntowego, nie podlegają już procesom utleniania, a mineralizacja przebiega bardzo powoli. W tych warunkach powstają produkty przejściowe rozkładu substancji organicznych – kwasy tłuszczowe, aldehydy, alkohole.

3.1.3. PROCESY OCZYSZCZANIA ODCIEKU W WARUNKACH NATURALNYCH

Zanieczyszczony odciek wydostając się ze składowiska podlega procesom oczyszczania i rozcieńczania, w wyniku, których stężenie jego składników ulega stopniowemu zmniejszeniu w naturalnych warunkach. Na początku odciek jest oczyszczany w warstwach uszczelnienia składowiska stanowiących barierę geologiczną zbudowaną z gruntów słaboprzepuszczalnych. Następnie przechodzi oczyszczanie ze składników chemicznych w gruncie strefy aeracji. Natomiast ostatni etap oczyszczania zachodzi w warstwie wodonośnej w strefie saturacji wskutek rozcieńczania.

Głównymi mechanizmami fizyczno-chemicznymi oczyszczania wód podziemnych są: dyspersja, rozcieńczanie, utlenianie i redukcja, wytrącanie, hydroliza, wymiana jonowa i sorpcja. Rodzaj procesów i intensywność ich przebiegu zależy od warunków hydrogeologicznych oraz rodzaju i sposobu zanieczyszczenia wód podziemnych.

Adsorpcja.

Adsorpcja to proces polegający na gromadzeniu się na powierzchni minerałów, substancji rozpuszczonych w wodzie. Może mieć charakter chemiczny (chemisorpcja - reakcja chemiczna) lub fizyczny (adsorpcja fizyczna). Adsorpcja ma charakter powierzchniowy, czym różni się od absorpcji polegającej na przenikaniu substancji z roztworu w głąb cząsteczek gruntu w procesie dyfuzji. Często procesy adsorpcji oraz absorpcji występują równocześnie i mówimy wtedy o sorpcji. Termin sorpcja stosujemy również wtedy, gdy nie chcemy lub nie możemy sprecyzować mechanizmu zjawiska. Substancja gromadząca się na powierzchni to adsorbat, substancja przyjmująca to adsorbent. Proces odwrotny do adsorpcji, absorpcji czy ogólnie sorpcji to desorpcja. Biorąc pod uwagę fakt, że jakość odcieku jest charakterystyczna dla każdego składowiska, skuteczność adsorpcji można analizować dopiero po

przeprowadzeniu doświadczeń przy użyciu gruntu podłoża składowiska i odcieku z odpadów, które są w nim złożone.

Dyspersja.

Dyspersja to zespół efektów wynikających ze zjawisk fizycznych (zróżnicowanie prędkości w kanalikach porowych i w poszczególnych punktach przestrzeni porowej) i fizykochemicznych (dyfuzja molekularna, reakcje między substancjami w roztworze, w samej substancji rozpuszczonej lub unoszonej między substancją a szkieletem skały) prowadzących do zmiany w czasie i w przestrzeni stężenia substancji w wodzie podziemnej.

Wymiana jonowa.

Wymiana jonowa to proces polegający na równoczesnej desorpcji jednych jonów i na ich miejsce adsorpcji innych. Reakcje wymiany jonowej najczęściej zachodzą w minerałach ilastych. Wymiana anionów wzrasta wraz ze spadkiem pH gruntu. Substancja organiczna występuje w postaci jonów naładowanych ujemnie, więc oczyszczanie w środowisku gruntu ilastego będzie zachodziło głównie przez wymianę anionów. Aniony organiczne mogą być adsorbowane przez ility jony nieorganiczne.

Hydroliza.

Hydroliza to reakcja chemiczna polegająca na rozpadzie cząsteczek związku chemicznego na dwa lub więcej mniejszych fragmentów pod wpływem kontaktu z wodą lub parą wodną.

Wytrącanie.

Wytrącanie to proces kształtujący chemizm wód podziemnych i powierzchniowych, polegający na przejściu substancji rozpuszczonych w formę stałą. Bezpośrednią przyczyną tego zjawiska mogą być zmiany warunków fizycznych (np. temperatury, ciśnienia), chemicznych (np. pH, mineralizacji) a nawet rozwój określonych mikroorganizmów.

Utlenianie i redukcja.

Utlenianie to proces zachodzący powszechnie w wodach podziemnych, przebiegający równocześnie i w ilościach równoważnych z procesem redukcji. Utlenianie polega na utracie elektronów przez utleniacz na korzyść substancji podlegających redukcji.

Rozcieńczanie.

Podczas rozcieńczania składniki odcieku nie ulegają zmianom chemicznym, zmniejszeniu ulega tylko ich stężenie. Stężenie substancji pod wpływem tego procesu w warstwie wód gruntowych może zostać tak zmniejszone, że jakość wody podziemnej pobranej w pewnej odległości od składowiska tylko nieznacznie różni się, od jakości czystej wody. Do głównych czynników mających wpływ na rozcieńczanie należą: różnica gęstości odcieku i wód gruntowych, prędkość przemieszczania się odcieku i wód gruntowych, współczynnik dyfuzji i dyspersji składników odcieku w warstwie wodonośnej, litostratygrafia gruntu pod dnem składowiska.

3.2. UWOLNIENIA DO POWIETRZA

Składowiska odpadów komunalnych są źródłem emisji znaczących ilości metanu (CH₄) oraz dwutlenku węgla (CO₂) i dla tych związków najbardziej prawdopodobne jest przekroczenie wartości progowych zawartych w Rozporządzeniu (WE) Nr 166/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 stycznia 2006 r. w sprawie ustanowienia Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń. Ponadto w mniejszych ilościach uwalniane są również niemetanowe lotne związki organiczne (NMVOC), podtlenek

azotu (N_2O), tlenek węgla (CO) oraz amoniak (NH_3), tlenki siarki (SO_x) i tlenki azotu (NO_x). Dodatkowo rozładunek i plantowanie odpadów oraz eksploatacja maszyn na składowisku stanowią źródło emisji pyłów (PM). W tabeli 7 przedstawiono wykaz możliwych do uwolnienia do powietrza zanieczyszczeń. Metan generowany na składowiskach stanowi około 3-4% rocznej globalnej emisji gazów cieplarnianych ze źródeł antropogenicznych (IPPC, 2001). W ostatnich latach polityka gospodarowania odpadami skierowana została w stronę redukcji ilości powstających odpadów oraz zmniejszania ich oddziaływania na środowisko, tym samym konieczny stał się odzysk (ewentualnie unieszkodliwianie) biogazu na składowiskach, jako metoda redukcji emisji metanu.

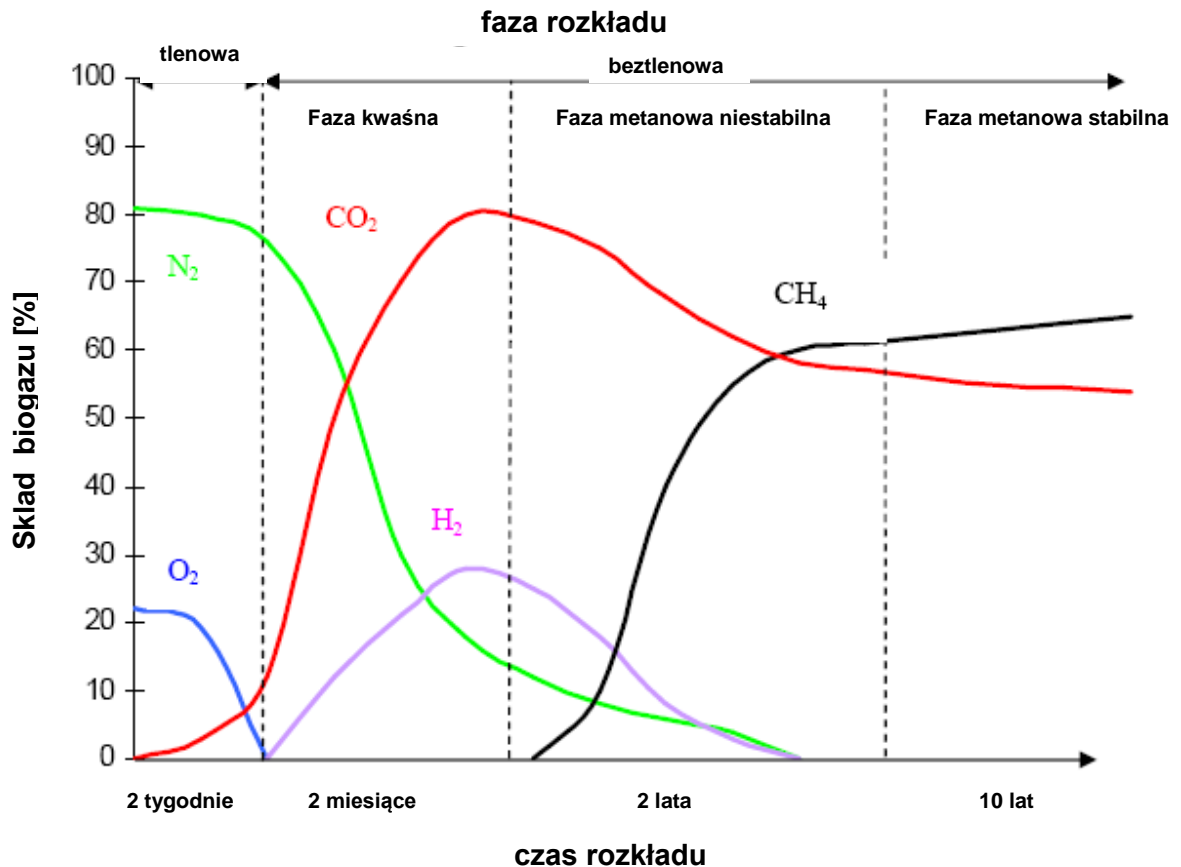
Protokół z Kioto wyznacza wiążące cele redukcji gazów cieplarnianych (metan, dwutlenek węgla, podtlenek azotu, fluorowęglowodory, sześćiofluorek siarki, perfluorowęglowodory), wskazując na silne oddziaływanie metanu na środowisko naturalne. Wskaźnik efektu cieplarnianego metanu jest 21 razy większy niż w przypadku dwutlenku węgla, pochłanianie promieniowanie podczerwone 60 razy bardziej niż CO_2 , przyczyniając się do zatrzymania energii ciepłej w otoczeniu Ziemi.

Zarówno metan jak i dwutlenek węgla są produkowane w składowisku przez mikroorganizmy w warunkach beztlenowych. Głównym źródłem emisji jest rozkład frakcji organicznej zawartej w odpadach.

W wyniku stopniowych przemian jakość i ilość biogazu zmienia się a jego produkcję można podzielić na kilka faz:

- Faza I – tlenowa, trwa krótko (3-12 tygodni) do czasu redukcji tlenu zawartego w odpadach. Rozkład materii organicznej odbywa się przy udziale mikroorganizmów tlenowych. W tej fazie produkowany jest głównie dwutlenek węgla.
- Faza II – kwaśna; rozpoczyna się w momencie wyczerpania tlenu. W tej fazie bakterie beztlenowe rozkładają głównie węglowodory tworząc kwasy organiczne, duże ilości dwutlenku węgla i wodoru.
- Faza III – beztlenowa, metanogenna – niestabilna; w tej fazie rozpoczyna się produkcja metanu wraz z powolną redukcją dwutlenku węgla.
- Faza IV – beztlenowa, metanogenna – stabilna; produkcja metanu, dwutlenku węgla i azotu jest na stałym poziomie, skład gazu jest ustabilizowany.
- Faza V – faza spokojna; charakteryzuje się stopniowym spadkiem produkcji metanu, aż do jego zaniku, co następuje po bardzo długim czasie trwającym nawet 100 lat.

Zawartość azotu (N_2) w gazie jest dość duża w pierwszej fazie, później spada ostro w drugiej i trzeciej fazie.



Rys. 6. Skład gazu składowiskowego (w % objętościowych) w funkcji czasu.
(Źródło: Biszek M. i in. „Ocena metod pomiaru i szacowania emisji biogazu ze składowisk odpadów”).

Mechanizmy produkcji biogazu obejmują parowanie, rozkład biologiczny i reakcje chemiczne. Transport lotnych składników zawartych w gazie odbywa się wzdłuż powierzchni składowiska, przez warstwę powietrza nad składowiskiem oraz dalej do atmosfery. Główne mechanizmy transportu obejmują dyfuzję, konwekcję i przemieszczanie.

Wydzielanie się metanu zależy od wielu czynników: składu odpadów, temperatury składowiska, odczynu pH (optymalne pH wynosi 6,8-8,5), warunków atmosferycznych, współczynnika komprymacji złoża oraz stopnia zawilgocenia składowanych odpadów (optymalna wilgotność wynosi 50%). Woda w procesie powstawania biogazu ma znaczenie w pierwszym etapie biodegradacji, wpływa ona na hydrolizę biopolimerów i jest środkiem transportu dla pożywek bakteryjnych. Powstający gaz jest nasycony parą wodną w ilości odpowiadającej ciśnieniu cząsteczkowemu pary nasyconej w temperaturze gazu.

Czasami na powierzchni składowiska lub w jego wnętrzu może pojawić się pożar. Dym powstający podczas takiego zjawiska często zawiera wiele niebezpiecznych związków chemicznych: tlenek węgla, niebezpieczne gazy, które są produktem niezupełnego spalania oraz zwiększone stężenia związków chemicznych pojawiających się zwyczajowo w biogazie. Szczególnie istotne znaczenie w przypadku pożarów składowisk ma emisja dioksyn i furanów. Są to trucizny o powolnym, ale skutecznym działaniu, a ich wpływ na powstawanie zwyrodnień w organizmach żywych i obniżanie odporności na choroby może nastąpić dopiero w następnych pokoleniach. Dioksyny należą do grupy czynników rakotwórczych.

Największe ilości metanu powstają na składowiskach dużych podziemnych bez względu na stopień zagęszczenia oraz na wszystkich innych, szczególnie niedawno zamkniętych, na których stosowano zagęszczanie kompaktorem.

Tabela 7. Wykaz zanieczyszczeń uwalnianych do powietrza wg europejskiego PRTR.

Nr zanieczyszczenia wg załącznika nr II do rozporządzenia E-PRTR	Nr CAS	Grupa zanieczyszczeń	Rodzaj zanieczyszczenia	Próg uwolnienia [kg/rok]
UWOLNIENIA DO POWIETRZA				
1	74-82-8	Gazy cieplarniane	Metan (CH ₄)	100 000
2	630-08-0	Gazy inne	Tlenek węgla (CO)	500 000
3	124-38-9	Gazy cieplarniane	Dwutlenek węgla CO ₂	100 000 000
5	10024-97-2	Gazy cieplarniane	Podtlenek azotu (N ₂ O)	10 000
6	7664-41-7	Gazy inne	Amoniak (NH ₃)	10 000
8		Gazy inne	Tlenki azotu (NO _x)	100 000
11		Gazy inne	Tlenki siarki (SO _x)	150 000
17		Metale ciężkie	Arsen i jego związki (jako As)	20
18		Metale ciężkie	Kadm i jego związki (jako Cd)	10
19		Metale ciężkie	Chrom i jego związki (jako Cr)	100
20		Metale ciężkie	Miedź i jej związki (jako Cu)	100
21		Metale ciężkie	Rtęć i jej związki (jako Hg)	10
22		Metale ciężkie	Nikiel i jego związki jako (Ni)	50
24		Metale ciężkie	Cynk i jego związki jako (Zn)	200
42		Chlorowane substancje organiczne	Sześciochlorobenzen (HCB)	10
47		Chlorowane substancje organiczne	Dioksyne i furany (jako Teq)	0,0001
86		Substancje nieorganiczne	Pył zawieszony (PM ₁₀)	50 000

3.2.1. EMISJE ROZPROSZONE (NIEKONTROLOWANE)

Emisja rozproszona ma miejsce wówczas, kiedy na składowniku nie ma instalacji odgazowania, a gaz migruje we wszystkich możliwych kierunkach znajdując ujście przez szczeliny w pokrywie, czy studnie rewizyjne.

Zwiększenie stężenia gazów atmosferze jest przyczyną pogłębiania się efektu cieplarnianego oraz narastających zmian klimatycznych na kuli ziemskiej. Do najważniejszych gazów cieplarnianych należą: dwutlenek węgla i metan, który wielokrotnie przewyższa wpływ dwutlenku węgla na globalne ocieplenie.

Migrujący ze składowisk gaz stwarza zagrożenie dla środowiska naturalnego zarówno pod względem przyczyniania się do efektu cieplarnianego, jak i niekorzystnego oddziaływania na organizmy żywe oraz roślinność w sąsiedztwie składowiska. Metan jest gazem palnym, a w mieszaninie z powietrzem (5% - dolna i 15% - górna granica wybuchowości) wybuchowym.

W składowisku gaz może migrować we wszystkich kierunkach. Może przenikać przez warstwy przepuszczalne w kierunkach poziomym, pionowym i ukośnym, poruszać się pionowo w górę i w dół wzdłuż szczelin, otworów, a także na styku warstw odpadów i czaszy składowiska. Odległość, na jaką gaz składowiskowy może się przemieszczać jest znaczna, do kilkudziesięciu a nawet kilkuset metrów od skraju kwatery. Ścieżki migracji można zaobserwować dzięki odorowi, który gaz ze sobą niesie, dźwiękom towarzyszącym wydobywaniu się go na powierzchnię, bądź obecności pęcherzy, gdy gaz przechodzi przez wody powierzchniowe. Na drogi jego migracji wskazuje również obumarła roślinność o zbrązowiałych lub żółkłych częściach zielonych.

3.2.2. EMISJE KONTROLOWANE

Emisje kontrolowane powstają w wyniku instalowania na składowiskach systemów odgazowania.

Do najprostszych rozwiązań technicznych służących odgazowaniu składowisk (głównie w celu zabezpieczenia przed niekontrolowaną migracją biogazu) należy zaliczyć: ukośne lub pionowe ekrany żwirowe (np. izolacyjna warstwa pośrednia) układane w trakcie eksploatacji składowiska, płytki (układane w wierzchniej warstwie przykrywającej w odstępach co 20-30 m) drenaż poziomy oraz pionowe studnie odgazowujące wznoszone wraz z wypełnieniem składowiska. Ujmowany w ten sposób biogaz jest najczęściej sprowadzany do kolektora zbiorczego i spalany w pochodniach bądź odprowadzany w sposób zorganizowany do atmosfery po uprzednim oczyszczeniu w biofiltrze. Stosowanie wymienionych rozwiązań ograniczone jest do małych, płytkich (miąższość składowanych odpadów do 5 m) składowisk obsługujących tereny wiejskie lub małe miasta, na których powstają stosunkowo niewielkie ilości biogazu (mała zawartość substancji organicznej oraz niekorzystne dla procesu fermentacji warunki panujące w złożu odpadów).

W przypadku dużych obiektów (składowisk obsługujących duże miasta) konieczne jest stosowanie bardziej efektywnych rozwiązań technicznych pozwalających nie tylko na ograniczenie niekontrolowanej migracji biogazu, lecz również na jego gospodarcze wykorzystanie.

Rozwiązania techniczne ujmowania gazu wysypiskowego można podzielić na dwie podstawowe grupy:

- ujęcia wykonywane w trakcie eksploatacji składowiska,
- ujęcia wykonywane po zakończeniu eksploatacji składowiska.

Najczęściej stosowane ujęcia wykonywane w trakcie eksploatacji składowiska to:

- studnie pionowe – wykonywane z perforowanych kręgów betonowych (lub np. polietylenu HDPE)
- drenaż poziomy – wykonywany najczęściej z polietylenowych (HDPE) rur perforowanych układanych w kolejnych warstwach zapelnianego składowiska,
- systemy mieszane – stanowiące połączenie wymienionych wyżej ujęć (studnie pionowe uzupełnione drenażem).

Po zakończeniu eksploatacji składowiska ujęcia biogazu wykonywane są zwykle metodą wierceń, jako studnie pionowe.

Należy zaznaczyć, że systemy odgazowania nigdy nie mają 100% wydajności, więc nawet na składowiskach z systemem odzysku biogazu będą pojawiać się emisje niekontrolowane. W celu właściwego określenia emisji kontrolowanej trzeba najpierw określić wydajność systemu. Najczęściej zawiera się ona w zakresie 50-95%. Jeśli w dokumentacji technicznej systemu takiej wydajności nie mamy podanej, wg zaleceń Environmental Protection Agency (EPA) do celów badawczych należy ją przyjmować średnio w wysokości 75%. Niższą wydajność osiąga się na składowiskach z dużą liczbą kwater niezamkniętych, w trakcie eksploatacji, bez uszczelnienia, przy zastosowaniu bardzo cienkich warstw izolacyjnych, ze słabym systemem zbierania odcieków. Wyższe wydajności można osiągać na składowiskach już zamkniętych z dobrym uszczelnieniem i warstwami izolacyjnymi.

3.3. TRANSFERY ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH POZA MIEJSCE POWSTANIA

Transfer zanieczyszczeń zawartych w ściekach poza miejsce powstania oznacza przemieszczanie poza granice zakładu zanieczyszczeń w ściekach przeznaczonych do oczyszczenia. Transfer może się odbywać kanałem ściekowym lub np. za pomocą wozów asenizacyjnych. Zgłoszeniu podlegają monitorowane zanieczyszczenia zawarte w załączniku II do rozporządzenia E-PRTR, których wartość progowa jest przekroczona.

W odciekach możemy spodziewać się podobnych zanieczyszczeń jak przy uwolnieniach do wody (patrz tabela 6), jednak w wielokrotnie większym stężeniu.

3.4. TRANSFERY ODPADÓW POZA MIEJSCE POWSTANIA

Transfer odpadów poza miejsce powstania oznacza przemieszczanie poza granice składowiska odpadów przeznaczonych do unieszkodliwiania lub odzysku. Dotyczy to np. odpadów, które udało się na składowisku wysegregować i są one w innym miejscu zagospodarowane.

Zgłoszeniu podlegają odpady inne niż niebezpieczne w ilości przekraczającej 2 000 Mg na rok oraz odpady niebezpieczne w ilości powyżej 2 Mg/rok. Dane muszą być wyrażone w tonach/rok odpadów mokrych za pomocą trzech cyfr znaczących.

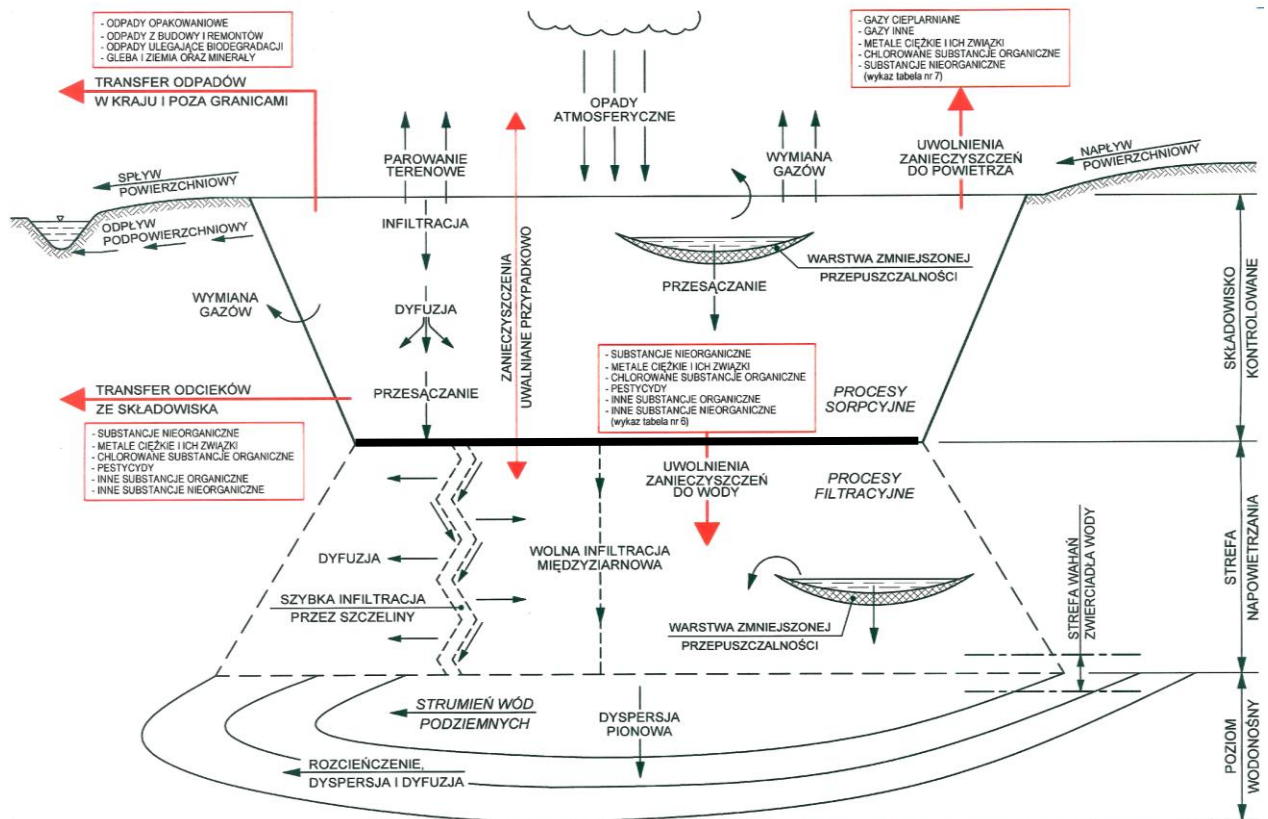
Na składowiskach odpadów komunalnych transfer może obejmować takie odpady jak:

- odpady opakowaniowe (z grupy 15);
- odpady z budowy i remontów (z grupy 17);
- odpady ulegające biodegradacji;
- zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny;
- odpady wielkogabarytowe.

3.5. ZANIECZYSZCZENIA UWALNIANE PRZYPADKOWO

Przypadkowe uwolnienia to wszystkie uwolnienia, które wynikają z niekontrolowanego rozwoju wypadków podczas eksploatacji składowiska (sytuacje awaryjne). Uwolnienie takie może, więc wystąpić podczas pożaru na składowisku, w czasie powodzi oraz w wyniku uszkodzenia uszczelnienia.

3.6. BILANS ZANIECZYSZCZEŃ ZE SKŁADOWISK ODPADÓW KOMUNALNYCH



Rys. 7. Bilans wody i zanieczyszczeń ze składowiska.

Na schemacie przedstawiono bilans wody oraz uwalnianych zanieczyszczeń i możliwych transferów występujących na składowisku. Woda dostaje się do wnętrza obiektu razem z odpadami oraz w czasie opadów atmosferycznych i spływu powierzchniowego (infiltracja). Z kolei ze składowiska woda wydostaje się poprzez parowanie terenowe, odpływ przypowierzchniowy oraz transfer odcieków i ewentualne uwolnienia do wody. We wnętrzu składowiska działają procesy przesączania, sorpcji, dyfuzji. Występuje też wymiana gazów (m in. metanu, dwutlenku węgla, tlenu). Generalnie przy odpowiednio wykonanym uszczelnieniu żadne zanieczyszczenia nie powinny przedostać się do wody, jeśli jednak to nastąpi dostają się one do strefy napowietrzania oraz warstwy wodonośnej. Tam zależnie od rodzaju gruntu odbywają się procesy filtracji, dyfuzji, infiltracji oraz rozcieńczania i dyspersji. Powstające w składowisku odcieki zebrane za pomocą systemu drenażu są transferowane bezpośrednio do kanalizacji lub wywożone za pomocą samochodów asenizacyjnych.

4. IDENTYFIKACJA I CHARAKTERYSTYKA METODYK OKREŚLANIA WIELKOŚCI UWOLNIEŃ (DO POWIETRZA, WODY) ORAZ TRANSFERÓW ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH I TRANSFERÓW ODPADÓW (NIEBEZPIECZNYCH I INNYCH NIŻ NIEBEZPIECZNE) OBJĘTYCH OBOWIĄZKIEM RAPORTOWANIA

Przed rozpoczęciem gromadzenia danych należy zdecydować, jaka metodyka (oparta na pomiarze, obliczeniach czy szacowaniu) zapewni najlepsze informacje na temat danego zanieczyszczenia. Na poziomie międzynarodowym uznane są następujące metodyki:

- normy CEN i ISO, jako metody pomiaru,
- „Guidelines for the monitoring and reporting of greenhouse gas emissions under the Emission Trading Scheme” Wytyczne dotyczące monitorowania i sprawozdawczości w zakresie emisji gazów cieplarnianych w ramach systemu handlu emisjami), „IPCC Guidelines” (Wytyczne IPCC) oraz „UN-ECE/EMEP Atmospheric Emission Inventory Guidebook” (Poradnik EKG ONZ/EMEP w zakresie inwentaryzacji emisji do powietrza), jako metodyki obliczeń.

W przypadku składowisk odpadów komunalnych dla celów sprawozdania stosowane będą głównie metody oparte na pomiarze (M) lub szacowaniu (E). W przypadku danych opartych na szacowaniu nie ma konieczności szczegółowego opisu metody.

4.1. UWOLNIENIA DO WODY.

W celu określenia ładunku danego zanieczyszczenia, które zostaje uwolnione ze składowiska do warstwy wodonośnej należałoby wziąć pod uwagę warunki migracji tego zanieczyszczenia w podłożu. Procesy transportu zanieczyszczeń odbywają się przy udziale procesów opisanych w rozdziale 3. Jednak ze względu na skomplikowany charakter obliczeń, oparty na modelowaniu przepływu zanieczyszczeń z zastosowaniem równań różniczkowych, w niniejszym poradniku zaproponowano metody uproszczone obliczeń przy pewnych założeniach.

4.1.1. Metody oparte na pomiarach (M).

Tabelę nr 8 wykonano na podstawie Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13 maja 2009 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych, w tym załącznika nr 5 do ww. rozporządzenia, który podaje metodyki referencyjne. W tabeli podano nr CAS dla substancji chemicznych, badany element fizykochemiczny, podano numery znormalizowanych uznanych na poziomie międzynarodowym metod pomiaru dla zanieczyszczeń wody.

Laboratoria wybierane do badań, przez operatora składowiska powinny stosować do badań te metody, a w sprawozdaniach z badań podawać numery norm, którymi badane są zanieczyszczenia.

Tabela 8. Metody, metodyka, numery norm, nazwy metod i metodyk badań zanieczyszczeń uwalnianych do wody

Lp.	Nr CAS	Element fizyk.	Jednostka	Metoda	Metodyka
1	7440-43-9	Kadm	mgCd/l	Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną	PN-EN 11885:1997 ISO

				indukcyjnie (ICP-AES)	
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	PN-EN ISO 15586:2005
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją płomieniową	PN-ISO 8288:2002
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową i płomieniową	PN-EN ISO 5961:1995
				Metoda spektrometrii masowej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie ICP-MS	PN-EN ISO 17294-2:2006
2	7439-92-1	Ołów	mgPb/l	Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	PN-EN ISO 11885:1997
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	PN-EN ISO 15585 PN-88/C-04570/10
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją płomieniową	PN-ISO 8288:2002
				Metoda spektrometrii masowej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie ICP-MS	PN-EN ISO 17294-2:2006
3	7439-97-6	Rtęć	mgHg/l	Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej	PN-EN 1483:1997 PN-EN 12338:1998
				Metoda atomowej spektrometrii fluorescencyjnej (ASF)	PN-EN ISO 17852:2009
4	7440-02-0	Nikiel		Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	PN-EN ISO 11885:2009
				Metoda absorpcyjnej	PN-EN ISO

				spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	15586:2005 PN-88/C-04570/10
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją płomieniową	PN-ISO 8288:2002
				Metoda spektrometrii masowej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie ICP-MS	PN-EN ISO 17294-2:2006
5	7440-47-3	Chrom		Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	PN-EN ISO 15586:2005
				Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	PN-EN ISO 11885:1997
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową i płomieniową	PN-EN 1233:1996
6	7440-06-6	Cynk		Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	PN-EN ISO 11885:1997
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	PN-EN ISO 15586 PN-88/C-04570/10
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją płomieniową	PN-ISO 8288:2002
				Metoda atomowej spektrometrii fluorescencyjnej (ASF)	Brak metodyki
7	7440-50-8	Miedź		Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą	PN-EN ISO 11885:1997

				wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	PN-EN ISO 15586 PN-88/C-04570/10
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją płomieniową	PN-ISO 8288:2002
8	7440-38-2	Arsen		Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	PN-EN ISO 11885
				Spektrometria atomowa (ASA) metoda wodorkowa	PN-EN ISO 11969:1996
				Metoda spektrometrii absorpcyjnej cząstkowej	PN-ISO 26595
				Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	PN-EN ISO 15586:2005
				Metoda spektrometrii masowej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-MS)	PN-EN ISO 17294-02:2006
9	Brak CAS	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne	mg/l	Metoda wysokosprawnej chromatografii ciekłowej	PN-ISO 17993:2003
10	Brak CAS	Ogólny węgiel organiczny		Metoda specyficzna	PN-C/04633-3 PN-EN 1484:1997

Przy zastosowaniu danych opartych na pomiarach w sprawozdaniu PRTR należy podać metodę pomiaru stosując skrótowe oznaczenie odpowiedniej normy np. PN-EN ISO 11885:2001.

4.1.2. Metody oparte na szacowaniu (E).

Przedstawiona poniżej metoda (I) oparta jest częściowo na pomiarze, a częściowo na szacowaniu i obliczeniach. W celu wykonania obliczeń niezbędne są dane z monitoringu składowiska – pomiaru stężenia zanieczyszczeń w piezometrach, jednak dane te są później przeliczane, przy uwzględnieniu pewnych założeń, i w rezultacie dają nam wartości przybliżone stąd – przyjęto, że jest to metoda oparta na szacowaniu (kategoria E).

Na każdym składowisku istnieje sieć minimum trzech piezometrów, z których będziemy posiadać kwartalne lub półroczne wyniki badań jakości wód podziemnych w postaci stężeń poszczególnych zanieczyszczeń. Wyniki kwartalne będziemy posiadać dla składowisk w fazie eksploatacji, a półroczne dla składowisk w fazie poeksploatacyjnej. Stężenia te podane w mg/dm^3 określają masę zanieczyszczenia zawartą w jednostce objętości. Istotnie jest natomiast odniesienie masy zanieczyszczenia do objętości zanieczyszczonej wody na konkretnym składowisku tak, aby otrzymać ładunek w kg.

W celu dokonania takiego przeliczenia niezbędne jest przyjęcie pewnych założeń.

Założenia:

- 1) Do obliczeń przyjmujemy wartość średnią stężenia z badań jakości wód w poszczególnych piezometrach na przestrzeni roku.
- 2) Uwolnienie do wody oznacza uwolnienie do warstwy wodonośnej o określonej miąższości.
- 3) Powierzchnię objętą zanieczyszczeniem stanowi w przybliżeniu wielokąt powstały przez połączenie na rzucie poziomym w liniach prostych poszczególnych piezometrów na składowisku.
- 4) Uwolnione zanieczyszczenia rozprzestrzeniają się zgodnie z kierunkiem spływu wód podziemnych, przy określaniu całkowitego uwolnionego ładunku sumuje się poszczególne zanieczyszczenia w piezometrach, do których dotarły.

$$U = \sum c_p \cdot A \cdot H \text{ [kg/rok]}$$

C_p – stężenie średnie w piezometrze na przestrzeni roku [kg/m^3]

Uwaga: $1 \text{ mg}/\text{l} = 0,001 \text{ kg}/\text{m}^3$

A – powierzchnia wielokąta powstałego przez połączenie na rzucie poziomym w liniach prostych poszczególnych piezometrów na składowisku [m^2]

H – miąższość warstwy wodonośnej na składowisku [m]

Jeżeli mamy znane tło zanieczyszczeń wskazane jest jego uwzględnienie i wówczas powyższy wzór przyjmie postać:

$$U = \sum (c_p - c_t) \cdot A \cdot H \text{ [kg/rok]}$$

gdzie:

C_t – stężenie tła w warstwie wodonośnej od strony napływu wód podziemnych [kg/m^3]

Poniżej w tabelach przedstawiono wartości współczynników filtracji dla różnych rodzajów gruntów.

Tabela 9. Przybliżone wartości współczynnika filtracji wg Z. Pazdry

Wartość współczynnika filtracji [m/s]	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰
Charakter przepuszczalności	Bardzo dobra		dobra	średnia	słaba	Skąły półprzepuszczalne		Skąły nieprzepuszczalne		
Nazwa gruntów nieskalistych	rumosze, żwiry, żwiry piaszczyste, gruboziarniste i równoziarniste piaski		piaski grube nieco ilaste, piaski różnoziarniste i średnie	piaski drobne, równomiernie uziarnione, less	piaski pylaste, gliniaste, mułki	gliny, namuły, ily piaszczyste		ily, iłotupki, zwarte gliny ilaste		

Źródło: Instrukcja ITB: Badania szczelności izolacji mineralnych składowisk odpadów.

Kolejną metodą (II) określania uwolnień opartą podobnie jak poprzednia na szacowaniu (E) jest metoda uwzględniająca określenie poziomego strumienia objętościowego w warstwie wodonośnej. W przypadku tej metody musimy posiadać więcej danych niż w poprzedniej, takich jak: współczynnik filtracji, spadek zwierciadła wody podziemnej.

Ładunek uwalnianego zanieczyszczenia określamy, jako:

$$U = (c_x - c_t) \cdot Q_o \cdot 31\,536\,000 \text{ [kg/rok]}$$

gdzie:

31 536 000 – liczba sekund w roku

c_x – stężenie zanieczyszczenia w warstwie wodonośnej w poziomej odległości x od strony napływu wód podziemnych [kg/m^3] (przyjąć średnie roczne stężenie w najbliższym piezometrze) [kg/m^3],

c_t – stężenie tła w warstwie wodonośnej od strony napływu wód podziemnych [kg/m^3],

$Q_o = q_{ho} \cdot t_{aq} \cdot x$ – strumień objętościowy w warstwie wodonośnej [m^3/s],

q_{ho} – pozioma prędkość przepływu wody gruntowej [m/s],

$q_{ho} = k \cdot i$ [m/s],

k – współczynnik filtracji [m/s],

i – spadek zwierciadła wody (gradient),

t_{aq} – miąższość warstwy wodonośnej [m],

x – odległość piezometru od granicy składowiska [m].

W warunkach polskich badania monitoringowe wód podziemnych na składowisku są przeprowadzane raz na kwartał (dla składowisk w trakcie eksploatacji) lub raz na pół roku (dla składowisk zamkniętych), stąd w obliczeniach można również uwzględnić wyniki jakości wód (stężenia) z danego kwartału i w obliczeniach wziąć pod uwagę przeliczenie liczby sekund w kwartale (7 884 000), lub półroczu (15 768 000) a następnie zsumować wyniki otrzymując dane dla całego roku.

Piezometrem reprezentatywnym będzie ten o najwyższym stężeniu danego zanieczyszczenia zlokalizowany po stronie napływu wód podziemnych ze składowiska zgodnie ze spadkiem zwierciadła wody.

4.2. UWOLNIENIA DO POWIETRZA.

Ocena ładunku zanieczyszczeń gazowych dostających się do atmosfery ze składowisk odpadów komunalnych może być dokonywana na podstawie rzeczywistych pomiarów szybkości emisji lub na podstawie oszacowań teoretycznych, przy przyjęciu pewnych założeń. Żadna z tych metod nie daje 100% dokładności i nie jest niezawodna. Do obliczeń teoretycznych przyjmowane są uśrednione wartości parametrów, co pociąga za sobą błędy. Z kolei niedoskonałość metod pomiaru oraz ich chwilowy charakter i zmienność emisji w czasie powoduje, że obliczenia w dłuższym okresie czasu są obarczone błędem.

4.2.1. Metody oparte na pomiarach - M.

Obecnie nie zostały jeszcze opracowane metody pomiarów emisji rozproszonych gazów cieplarnianych ze składowisk odpadów komunalnych na poziomie międzynarodowym. W przygotowaniu 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 stacjonarnych (punktowych) źródeł emisji i nie może być wykorzystywana do oceny emisji rozproszonej, jaka ma miejsce na składowisku.

Pomiary wielkości emisji biogazu oraz poszczególnych składników w nim zawartych prowadzone są różnymi metodami od wielu lat. Mimo rozwoju technik pomiarowych, nie ma jednej metody rozwiązującej problemy związane z dużą zmiennością czasową i powierzchniową, występującą podczas badań. Nie opracowano jeszcze pomiarowej metody referencyjnej, pozwalającej na dokładne określenie wielkości uwolnień biogazu i składników w nim zawartych z całego składowiska w ciągu roku.

Prawdopodobnie wynika to z faktu, że wytwarzanie gazu wewnątrz składowiska oraz szybkość przedostawania się do atmosfery są bardzo zmienne i zależą od wielu czynników, w tym m.in. od: składu i wilgotności odpadów, temperatury w złożu, warunków atmosferycznych, rodzaju warstwy okrywającej składowisko.

Z dotychczasowych badań wynika, że zakres wielkości emisji mierzonej na jednym składowisku jest bardzo duży (wyniki mogą różnić się nawet o kilka rzędów wielkości). Przy czym najczęściej pomiary obejmują jedynie ocenę wielkości emisji metanu ze składowisk.

Przykłady wyników pomiarów emisji metanu ze składowisk uzyskanych różnymi metodami pokazuje tabela 10. Wynika z nich, że na obiektach z aktywnym systemem odbioru gazu, wielkość emisji rozproszonej zmniejsza się ponad dziesięciokrotnie. Z tego względu nie ma uzasadnienia do przeprowadzania na składowiskach z aktywnym systemem wydobywania gazu oceny całkowitej emisji CH₄ i CO₂ metodami pomiarowymi.

Tabela 10. Przykładowe wyniki pomiarów wielkości emisji rozproszonej metanu ze składowisk

Metoda	Wskaźnik emisji CH ₄	Źródło/uwagi
Wykorzystano dwie metody: - „flux-box” - znaczników gazowych (Pomiary wykonano na 9 składowiskach, różnica między wynikami uzyskanymi użytymi metodami nie przekraczała 10%)	9,1 g/m ² dzień 130 g/ m ² dzień	Mosher B. W. i wsp. [7] - zamknięte składowiska z aktywnym odzyskiem gazu, - czynne składowiska bez systemu odzysku gazu

Metoda	Wskaźnik emisji CH ₄	Źródło/uwagi
FTIR	od 0,99 mg/ m ² dzień do 65,27 mg/ m ² dzień	Hedge U. i wsp. [3]
Bilansu masy	od 2,2 mg/ m ² dzień do > 10 000 mg/ m ² dzień	Spokas K. i wsp. [14]
„flux-box”	167 g/ m ² dzień	Sanderson J. i wsp [13]
„flux-box”	82 g/ m ² dzień 8,5 g/ m ² dzień	Wang-Yao K. i wsp. [16] - składowisko bez systemu wydobywania gazu - składowisko z aktywnym wydobyciem gazu

Badania przeprowadzone na francuskich składowiskach wykazały, że proporcje między ilością metanu wytwarzanego (określonego metodą obliczeniową) a ilością metanu odzyskiwanego, emitowanego do atmosfery i utlenianego, określone metodami pomiarowymi są następujące:

- CH₄ odzyskany od 84 do 98%,
- CH₄ wyemitowany do powietrza od 0 do 18%,
- CH₄ utleniony od 0 do 2%. [6].

Brakuje danych na temat wielkości emisji biogazu z powierzchni składowiska wyposażonego w bierny system odgazowania, w którym gaz gromadzony w studniach emitowany jest do atmosfery.

4.2.2. Metody oparte na szacowaniu – E.

Metoda standardowa IPCC.

Metoda ta dotyczy obliczania emisji metanu i oparta jest na metodzie Rozkładu Pierwszego Rzędu. Zakłada ona, że rozkładalne składniki organiczne zawarte w odpadach rozkładają się powoli przez wiele lat, generując emisję metanu i dwutlenku węgla. Emisja metanu ze składowiska jest największa kilka lat po złożeniu, potem stopniowo spada, aż do momentu, kiedy węgiel zawarty w odpadach zostanie rozłożony przez bakterie.

Metoda ta daje dobre rezultaty rocznego oszacowania emisji dla składowisk zamkniętych oraz tych, na których morfologia składanych odpadów zmienia się nieznacznie w ciągu kilku lat. Jeśli wybierzemy tę metodę należy w sprawozdaniu PRTR opisać ją symbolem „E” – oszacowanie.

Potencjalna emisja metanu według metody standardowej obliczana jest w wzorze:

$$\text{Emisja}_{\text{CH}_4} = [(\text{MSW}_T \cdot \text{MSW}_F \cdot L_0) - R] \cdot (1 - \text{OX}) [\text{Gg}/\text{rok}]$$

$$L_0 = \text{MCF} \cdot \text{DOC} \cdot \text{DOC}_F \cdot F \cdot \frac{16}{12} [\text{GgC} / \text{Gg}_{\text{odpadów}}]$$

MSW_T – całkowita masa odpadów komunalnych złożonych na składowisku w ciągu roku,

MSW_F – część odpadów komunalnych wysegregowanych zabranych ze składowiska, unieszkodliwionych w inny sposób lub odzyskanych,

L₀ – potencjalna produkcja metanu [GgCH₄/Gg odpadów],

- MCF – wskaźnik korekcyjny metanu (zależny od typu składowiska),
DOC – zawartość węgla w biodegradowalnej części organicznej złożonej na składowisku, w danym roku [GgC/Gg odpadów],
DOC_F – frakcja węgla, która ostatecznie ulega rozkładowi ,
F – objętościowa zawartość metanu w gazie składowiskowym,
R – ilość metanu unieszkodliwionego lub odzyskanego w ciągu roku [Gg],
OX – wskaźnik utlenienia w danym roku.

Wartości wskaźnika MCF należy przyjmować wg wytycznych IPCC:

- dla składowisk zorganizowanych, beztlenowych (posiadających uszczelnienie, system przesypek, odpady zagęszczane kompaktorem) – 1,0,
- dla składowisk zorganizowanych średnio natlenionych (posiadających elementy umożliwiające natlenianie odpadów, tj. przepuszczalne warstwy przykrycia, system odprowadzenia odcieków, także z recyrkulacją, systemy wentylacji) - 0,5,
- dla składowisk niezorganizowanych, głębokich (więcej niż 5 m głębokości) – 0,8,
- dla składowisk niezorganizowanych płytkich (mniej niż 5 m głębokości) – 0,4.

Do obliczeń zawartości węgla w rozkładalnej części organicznej znajdującej się na składowisku należy wziąć pod uwagę cztery grupy odpadów:

- A – papier, tektura oraz tekstylia
- B – odpady z parków, ogrodów oraz inne organiczne z wyłączeniem żywności
- C – żywność
- D – drewno, słoma

Na podstawie analizy morfologicznej przeprowadzanej na składowisku, należy określić procentowe zawartości masowe podanych powyżej grup (frakcji) odpadów. Następnie zawartość węgla obliczamy wg wzoru:

$$\text{DOC} = 0,4 A + 0,17 B + 0,15 C + 0,3 D \text{ [GgC/Gg odpadów]}$$

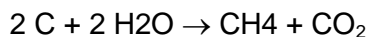
Zawartość węgla podlegająca rozkładowi określana jako DOC_F wynosi zgodnie z zaleceniami IPCC – 0,77 i tę wartość należy przyjąć do obliczeń, ze względu na brak innych danych literaturowych opisujących to zagadnienie.

Zawartość metanu w gazie składowiskowym wynosi 40-60%. W naszym modelu zawartość ta wynosi wg zaleceń IPCC 50%, czyli F=0,5.

Wskaźnik utlenienia (OX) odzwierciedla ilość metanu, który został utleniony w gruncie lub innym materiale pokrywającym odpady. Dla składowisk uszczelnionych powierzchniowo materiałem umożliwiającym migrację tlenu tj. glebą, kompostem wskaźnik ten wynosi 0,1. Dla pozostałych składowisk wynosi 0.

Metoda oparta o metodykę Rattenbergera/Tabasarana.

Ośrodek Badawczo Rozwojowy Ekologii Miast w Łodzi (OBREM) do prognozowania ilości i czasowej zmienności wytwarzanego na składowisku biogazu stosuje opracowany model w oparciu o metodykę Rattenbergera/Tabasarana [8, 9]. Podstawą jest model pierwszego rzędu, który uwzględnia m. in. ilość odpadów składowanych w poszczególnych latach od początku działalności składowiska. Model pozwala na oszacowanie skumulowanej produkcji biogazu w okresie kilkudziesięciu lat, obejmującym zarówno okres przyjmowania i deponowania odpadów, jak również po zamknięciu składowiska. Prognozowanie ilości wytwarzanego biogazu przeprowadzane jest uproszczoną metodą, w której przyjęto, że z węgla organicznego i wody zawartych w odpadach, w wyniku fermentacji powstaje metan i dwutlenek węgla.

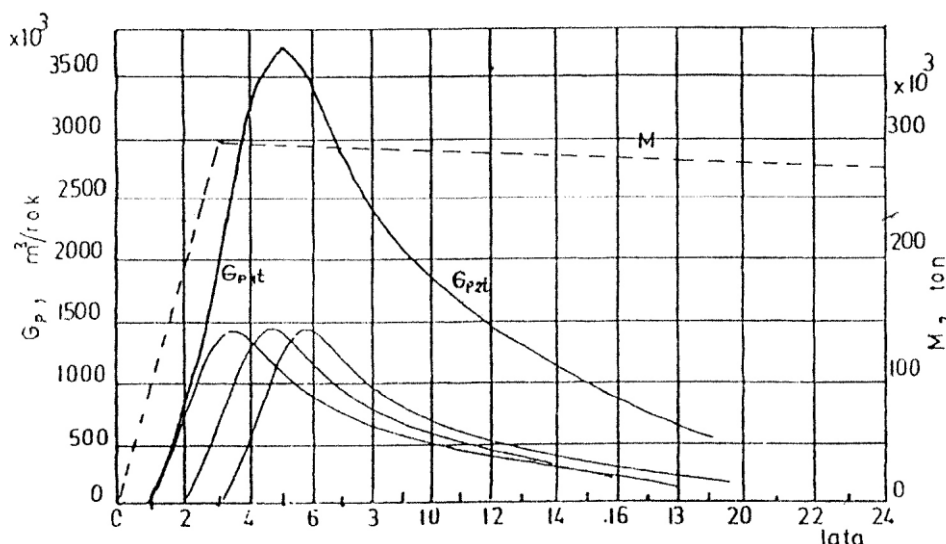


Założenia przyjęte w modelu:

- zawartość węgla w części organicznej we frakcji rozkładalnej wynosi 200 kg/Mg odpadów (na podstawie badań OBREM),
- optymalna wilgotność w złożu odpadów wynosi od 30 do 50%,
- odpady deponowane na składowisku są zagęszczane (do wartości od 0,4 do 1,2 Mg/m³).
- do złoża odpadów dostarczana jest woda w ilości ok. 20% ogólnej ilości opadu atmosferycznego,
- stała rozpadu metanogenego – k, dla lat w których emisja jest w fazie wzrostu przyjmuje się dla k wartość wynoszącą 0,096; po zamknięciu składowiska (gdy emisja znajduje się w fazie wyczerpywania) wartość domyślna dla k wynosi – 0,105,
- 1 m³ biogazu zawiera 50 % obj. metanu i 50 % obj. dwutlenku węgla,
- efektywność wytwarzania biogazu – 60 % (na podstawie badań OBREM).

Całkowita potencjalna emisja biogazu powstaje, jako suma emisji wytwarzanych z poszczególnych rat odpadowych, w których fazy fermentacji są przesunięte w czasie.

Rys. 7 przedstawia przykład wykresu produkcji gazu na składowisku.



Rys. 8. Przykłady konstrukcji wykresu produkcji gazu przy składowaniu 3 rocznych rat po 100 tys. ton odpadów

Skumulowaną jednostkową produkcję biogazu po czasie t oraz skumulowaną produkcję gazu po czasie nieskończenie długim wylicza się wg następujących wzorów:

$$G_{sk} = G_{sk\infty} (1 - e^{-kt})$$

$$G_{sk\infty} = 1,87 \times C (0,014 \times T_m + 0,28)$$

gdzie:

G_{sk} – skumulowana jednostkowa produkcja gazu po czasie t [m³/Mg odpadów],

$G_{sk\infty}$ – skumulowana produkcja gazu po czasie nieskończenie długim [m³/Mg odpadów],

C – zawartość węgla w materii organicznej [kg/Mg odpadów],

k – stała rozpadu metanogenego,

T_m – temperatura w złożu [°C],

t – czas [lata].

Teoretyczna emisja całkowita gazu składowiskowego powstającego z poszczególnych zdeponowanych rat odpadowych przebiega z fazą fermentacji przesuniętą w czasie. Biogaz zaczyna być wytwarzany dopiero po roku od rozpoczęcia składowania. W przypadku zamknięcia składowiska po czasie t , teoretyczna całkowita emisja biogazu ze składowiska wyrażona zostaje przy pomocy wykresu składającego się z gałęzi wzrostu – od czasu $t = 0$ do $t = t$ czas zamknięcia + 1 i z gałęzi wyczerpywania – od wartości maksymalnej do minimalnej po czasie $t = \infty$.

Do przybliżonych obliczeń dla gałęzi wzrostu wykorzystuje się wzór:

$$G_{t_{WZ}} = G_{sk\infty} (1 - e^{-0,096 \times t_1}) \times M \times mg \text{ [m}^3/\text{rok]}$$

Dla gałęzi wyczerpywania:

$$G_{t_{WC}} = G_{t_{WZmax}} (e^{-0,105 \times t_2}) \text{ [m}^3/\text{rok]}$$

gdzie:

- $G_{t_{WZ}}$ – strumień biogazu ze złoża ze wszystkich rat odpadowych po czasie t [m^3/rok],
- $G_{sk\infty}$ – skumulowana produkcja gazu po czasie nieskończenie długim [m^3/Mg odpadów],
- $G_{t_{WC}}$ – strumień biogazu ze złoża w kolejnym roku po zamknięciu składowiska [m^3/rok],
- $G_{t_{WZmax}}$ – maksymalny strumień biogazu ze złoża [m^3/rok],
- t_1 – czas liczony od początku do zamknięcia składowiska [lata],
- t_2 – czas liczony od zamknięcia składowiska [lata],
- M – roczna rata składowanych odpadów [Mg],
- mg – zawartość frakcji organicznej (ułamek dziesiętny).

Wyniki uzyskane za pomocą powyższych wzorów pozwalają na oszacowanie potencjalnej ilości wytwarzanego gazu pod koniec wybranego do obliczeń roku. Aby ocenić średnią emisję dla całego wybranego roku należy uwzględnić również wartość emisji oszacowaną dla końca roku poprzedniego a następnie podzielić dane przez dwa.

Dotychczasowe dane wskazują, że rzeczywiste wartości wytwarzania i potencjalnej emisji biogazu ze składowiska są niższe. Na podstawie wyników uzyskanych przez OBREM w licznych badaniach, z użyciem dynamicznego testu pomiaru ilości odbieranego gazu (testu próbnego pompowania), weryfikujących obliczone prognozy wielkości produkcji biogazu przyjęto, że strumień objętości gazu możliwy do uwolnienia stanowi ok. 60% wyliczonego za pomocą modelu wykorzystywanego do obliczeń teoretycznych (tabela 11).

Tabela 11. Przykładowe wyniki szacowania szybkości wytwarzania biogazu uzyskane metodą obliczeniową i pomiarową (dane dla trzech składowisk)

Rok	Rzeczywisty strumień objętości gazu [m^3/h]	Strumień objętości wyliczony wg modelu OBREM [m^3/h]
2004	192	343 (100%) 206 (60%)
2009	329	535 (100%) 321 (60%)
2010	125	204 (100%) 122 (60%)

Jest to spowodowane wieloma czynnikami. Wiadomo, że część wytworzonego gazu gromadzi się wewnątrz składowiska, nie cały węgiel zawarty we frakcji organicznej odpadów ulega przemianie do metanu i dwutlenku węgla, ponadto część gazu ulega utlenieniu.

Z tego względu, proponuje się przyjęcie współczynnika 0,6 dla obliczonej prognozowanej ilości wytworzonego biogazu w danym roku.

Jeżeli na składowisku istnieje system odzyskiwania biogazu, który jest wykorzystywany gospodarczo do wytwarzania energii lub spalany w pochodni, należy odzyskany biogaz odjąć od całkowitej oszacowanej ilości (po uwzględnieniu współczynnika 0,6).

Obliczenie wielkości potencjalnej emisji metanu ze składowiska w jednostkach masy uzyskuje się poprzez pomnożenie otrzymanej średniej ilości m³ wytworzonego w ciągu roku biogazu przez jego stężenie (50 %) i przez jego masę molową (16 g) podzieloną przez objętość molową (22,4 l/mol).

Podobny schemat szacowania wielkości masowej emisji należy zastosować dla dwutlenku węgla (masa molowa 44 g).

Biorąc pod uwagę ustalone w przepisach PRTR wartości progowe, można spodziewać się ich przekroczeń na składowiskach przede wszystkim dla metanu.

Przykład

Obliczenie potencjalnej rocznej emisji metanu i dwutlenku węgla dla przykładowego składowiska w trzecim roku składowania.

▪ Dane:

C – zawartość węgla w materii organicznej – 200 kg/Mg (wartość domyślna, w przypadku braku danych z badań odpadów),

T_m – temperatura w złożu – 30 °C,

k – 0,096,

M – roczna rata składowanych odpadów – 100 000 Mg,

t – czas w latach (wykonując obliczenia wytwarzania biogazu w zależności od czasu należy pamiętać o “przesunięciu skali” o jeden rok, tj. na koniec pierwszego roku produkcja biogazu wynosi 0 a po zamknięciu składowiska spadek wytwarzania następuje po czasie (t_z + 1) rok),

mg – zawartość frakcji ulegającej rozkładowi – 40%.

▪ Obliczenie emisji gazu na koniec 2 roku

$$G_{2WZ} = 1,87 \times 200 \times (0,014 \times 30 + 0,28) \times (1 - e^{-0,096 \times 1}) \times (100\,000 \times 0,4) \cong 959 \text{ tys. m}^3/\text{rok}$$

▪ Obliczenie emisji gazu na koniec 3 roku

$$G_{3WZ} = 1,87 \times 200 \times (0,014 \times 30 + 0,28) \times (1 - e^{-0,096 \times 2}) \times (100\,000 \times 0,4) \cong$$

$$\cong 1\,829 \text{ tys. m}^3/\text{rok}$$

▪ Obliczenie średniej emisji gazu w ciągu trzeciego roku składowania

$$(959 + 1\,829) \text{ tys. m}^3/\text{rok} : 2 = 1\,394 \text{ tys. m}^3/\text{rok}$$

▪ Obliczenie średniej ilości gazu możliwej do wyemitowania

$$1\,394 \text{ tys. m}^3/\text{rok} \times 0,6 = 836,4 \text{ tys. m}^3/\text{rok}$$

▪ Obliczenie średniej ilości metanu i dwutlenku węgla możliwej do wyemitowania

$$836,4 \text{ tys. m}^3/\text{rok} \times 0,5 = 418,2 \text{ tys. m}^3/\text{rok}$$

- Przeliczenie emisji CH₄ oraz CO₂ na jednostki masy. W trzecim roku składowania emisja masowa wyniesie:

- dla metanu

$$\frac{418200 \times 1000\text{l} \times 16\text{g/mol}}{22,4\text{l/mol}} = 298700000 \text{ g CH}_4/\text{rok lub } 298\,700 \text{ kg CH}_4/\text{rok}$$

- dla dwutlenku węgla

$$\frac{418200 \times 1000\text{l} \times 44\text{g/mol}}{22,4\text{l/mol}} = 821500000 \text{ g CO}_2/\text{rok lub } 821\,500 \text{ kg CO}_2/\text{rok}$$

4.2.3. Metody oparte na obliczeniach – C.

Ze względu na brak referencyjnej metody pomiarowej emisji biogazu i zawartych w nim składników CH₄ i CO₂ ze składowiska do powietrza, proponujemy stosowanie przykładowej metody pomiaru emisji powierzchniowej metodą komór „flux-box”. Metoda ta oparta jest częściowo na pomiarze a częściowo na obliczeniach jednak ze względu na konieczność wykonywania obliczeń sklasyfikowano ją, jako obliczeniową (C). Stosując tę metodę w sprawozdaniu należy zastosować oznaczenie metodyki obliczeniowej – OTH.

Pomiar emisji powierzchniowej przeprowadzany jest w licznych, regularnie rozmieszczonych punktach i w miejscach szczególnych warstwy okrywającej. Całkowitą emisję uzyskuje się poprzez zsumowanie emisji z wielu rozproszonych źródeł. Strumień powierzchniowy obliczany jest bezpośrednio z szybkości zmiany stężenia wewnątrz komory – „flux-box” mierzącej strumień gazu. Stężenie gazu mierzone jest przy użyciu przenośnego detektora jonizacji płomieniowej (FID). Pomiar można prowadzić w komorach statycznych i dynamicznych. Metoda zalecana jest przez Agencję Środowiska w Wielkiej Brytanii. Jest ona stosunkowo prosta i powtarzalna, chociaż pracochłonna i kosztowna. Pomiarów nie można wykonywać w okresie zimowym.

Dokładny opis przeprowadzania badań tą metodą oraz szacowania wielkości emisji powierzchniowej z całego składowiska przedstawiony został w przewodniku wydanym przez Agencję Środowiska Wielkiej Brytanii – Guidance on monitoring landfill gas surface emissions, Environment Agency UK [2].

W przewodniku określono sposób rozmieszczenia oraz obliczania liczby punktów pomiarowych.

Zalecaną liczbę punktów pomiarowych w obrębie dużych stref przedstawia tabela 12.

Tabela 12. Zalecana liczba punktów pomiarowych metodą komór („flux-box”)

Wielkość strefy [m ²]	Liczba punktów pomiarowych
5 000	16
10 000	21
50 000	40
100 000	53
200 000	73
1 000 000	156

Szczegółowym opisem objęto przeprowadzanie badań wielkości emisji powierzchniowej dla metanu. Aparat stosowany w pomiarach („flux-box”) powinien umożliwiać wykrywanie emisji metanu w zakresie od $5 \times 10^{-5} \text{ mg/m}^2/\text{s}$ do $5 \text{ mg/m}^2/\text{s}$.

„Flux-box” zbudowany jest z pojemnika otwartego u podstawy, zaopatrzonego w przewód pomiarowy, który jest podłączony do sprzętu monitorującego gaz - detektor jonizacji płomieniowej - FID.

Całkowita emisja przez powierzchnię składowiska będzie sumą emisji z wielu rozproszonych źródeł oraz z różnych miejsc szczególnych (pęknięcia, otwory uszkodzonych rur, otwarte komory na odcieki). Badania prowadzone są w regularnie rozmieszczonych punktach pomiarowych na stosunkowo gładkiej powierzchni warstwy okrywającej składowisko (gdzie stężenia metanu nad powierzchnią są niskie). Stężenie metanu wewnątrz komory jest mierzone w krótkich odstępach czasu przez 30 minut. Uzyskane wyniki są podstawą do sporządzenia wykresu zależności stężenia CH_4 w funkcji czasu, z którego odczytywany jest wskaźnik emisji CH_4 [$\text{mg/m}^2/\text{s}$]. Wielkość strumienia wypływu metanu dla każdego „flux-box’u” liczona jest z równania:

$$Q = \frac{V}{A} \times dc/dt \text{ [mg/m}^2/\text{s]}$$

gdzie:

Q – wielkość strumienia metanu [$\text{mg/m}^2/\text{s}$],

V – objętość „flux-box’u” (komory) [m^3],

A – powierzchnia zajmowana przez „flux-box” [m^2],

dc/dt – szybkość zmian stężenia gazu w komorze (oznaczana na podstawie wykresu) [$\text{mg/m}^3/\text{s}$].

Otrzymane wyniki są podstawą do sporządzenia wykresu zależności stężenia CH_4 [mg/m^3] w funkcji czasu [s], z którego odczytywany jest czynnik dc/dt metanu w $\text{mg/m}^3/\text{s}$. Procedura przeprowadzana jest dla każdego punktu pomiarowego.

Po pomnożeniu czynnika dc/dt przez objętość komory („flux-box’u”) i podzielenie uzyskanej wartości przez powierzchnię zajmowaną przez komorę, określamy wielkość strumienia metanu w $\text{mg/m}^2/\text{s}$. Procedura przeprowadzana jest dla każdego punktu pomiarowego.

- Obliczenie wielkości strumienia metanu – Q w jednym punkcie pomiarowym metodą komorową „flux-box”

Przykład

Dane:

V – objętość komory – $0,15 \text{ m}^3$,

A – powierzchnia zajmowana przez komorę – $0,61 \text{ m}^2$,

dc/dt – szybkość zmian stężenia gazu w komorze (oznaczana na podstawie wykresu) - $0,5 \text{ mg/m}^3/\text{s}$.

$$Q = \frac{0,15\text{m}^3}{0,61\text{m}^2} \times 0,5\text{mg} / \text{m}^3 / \text{s} = 0,12\text{mg} / \text{m}^2 / \text{s}$$

- Obliczenie wielkości emisji metanu z natężenia przepływu (w miejscach z dużą emisją biogazu) przy użyciu analizatora gazu.

Przykład

Dane:

Szybkość przepływu gazu składowiskowego = $0,1 \text{ m/s}$,

Pole przekroju poprzecznego miejsca szczególnego 0,0755 m²,

Stężenie metanu = 45% v/v.

Natężenie przepływu gazu składowiskowego = 0,1 m/s x 0,0755 m² x 1000 l/m³ = 7,5 l/s

Natężenie przepływu metanu = 7,5 l/s x 45 % = 3,4 l/s

Masowe natężenie przepływu metanu = (3,4 l/s x 16g/mol):22,4 l/mol = 2,43 g/s

Uzyskana wartość przedstawia szybkość emisji z całej strefy. Dzieliąc otrzymane natężenie przepływu przez powierzchnię strefy otrzymamy wielkość emisji w mg/m²/s.

Masowa emisja dla każdej strefy i miejsca szczególnego jest wyznaczana przez pomnożenie średniego strumienia przypadającego na jednostkę powierzchni przez powierzchnię danej strefy lub miejsca szczególnego.

Suma wszystkich emisji masowych da całkowitą emisję metanu ze składowiska w mg/s. Po przeliczeniu jednostek otrzymamy wielkość rocznej emisji w kg/rok.

Podobny schemat postępowania należy zastosować do określania emisji powierzchniowej dla dwutlenku węgla.

4.3. TRANSFER ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH.

4.3.1. Metody oparte na pomiarach.

Metody określania transferu są oparte bezpośrednio na wynikach badań jakości odcieków, które zostały „wyprodukowane” przez nasze składowisko. Są to metody pomiarowe (M). Przy zastosowaniu danych opartych na pomiarach w sprawozdaniu PRTR należy podać metodę pomiaru stosując skrótowne oznaczenie odpowiedniej normy np. PN-EN ISO 11885:2001.

W sprawozdaniu uwzględniamy ilości odcieków, które zostały przemieszczone (transferowane) poza obszar składowiska, w celu oczyszczenia.

Ładunek transferowanego zanieczyszczenia obliczamy wg wzoru:

$$U = V \cdot c_o \text{ [kg/rok]}$$

V – objętość odcieków zgromadzonego i wywiezionego poza składowisko w ciągu roku [m³]

C_o – stężenie zanieczyszczenia w odcieków (wartość średnia z pomiarów monitoringowych dla roku) [kg/m³]

Uwaga: 1 mg/l = 0,001 kg/m³

Poniżej omówiono sposoby obliczania uwolnień w zależności od sposobu postępowania z odciekami.

Wywóz odcieków samochodami asenizacyjnymi na oczyszczalnię ścieków

Ten sposób postępowania z odciekami jest najbardziej powszechny, szczególnie dla składowisk starszych, składowisk małych, składowisk dla mniejszych miast, składowisk oddalonych od kanalizacji. Jeżeli odcieki ze składowiska wywożone są na oczyszczalnię to obliczenie ładunku zanieczyszczeń w odciekach jest proste, gdyż jest to iloczyn objętości wywożonych odcieków i stężenia zanieczyszczeń. W okresie rocznym należy zsumować wszystkie obliczone w ten sposób ładunki. Za stężenie zanieczyszczeń należy przyjmować wyniki stężeń otrzymanych w badaniach odcieków zleczanych do wykonania przez laboratoria badawcze posiadające wdrożony system jakości w rozumieniu przepisów o normalizacji.

Zakres metod, którymi powinny wykonywane być analizy odcieków jako metody reprezentacyjne podano w tabeli 8, gdyż są one takie same jak metody dla wód podziemnych. Metody, te powinny być podane w sprawozdaniu z badań, podają je laboratorium, które badania wykonuje, a operator składowiska powinien metodę podać

w tabelce sprawozdania PRTR, jako metodę pomiarową – M. Obliczenia ładunków powinny być wykonywane przez operatorów składowiska corocznie. Jeżeli powstaje wartość większa niż podane wartości progowe to należy wypełniać sprawozdanie dotyczące uwolnień i transferu (tabela część V). Jeżeli obliczone wartości są mniejsze niż wartości progowe, to obliczenia należy zachować w materiałach sprawozdawczości razem z wynikami analiz odcieków wykonanych przez laboratorium.

Odływ odcieków do kanalizacji i kanałem na oczyszczalnię ścieków, gdzie odcieki oczyszczane są razem z innymi ściekami

W tym przypadku:

- przepływ odcieków odpływających ze składowiska mierzony jest przepływomierzem, stąd można odczytać objętość odcieków
- ładunek roczny zanieczyszczeń oblicza się jako sumę kolejnych ilorazów objętości przepływu i stężenia podanego w analizie (np.: przepływ l x stężenie g/l = ładunek g/s x 31 536 000 sekund/rok = ładunek kg/rok) W czasie eksploatacji będzie to suma 4 ilorazów, potem suma 2 ilorazów.

Odcieki podczyszczane w oczyszczalniach na składowisku i odprowadzane do ziemi lub do wód powierzchniowych.

Warunek oczyszczenia odcieków obłożony jest ograniczeniami tak jak dla oczyszczalni ścieków. W tym przypadku nie istnieją obawy, że wartości zanieczyszczeń przekroczą wartości progowe. Można, więc przyjąć, że obowiązek wypełniania sprawozdania dla uwolnień i transferu zanieczyszczeń z tych składowisk nie dotyczy działań zamierzonych przy prawidłowej pracy oczyszczalni.

Przy wszystkich awariach mogą wyniknąć uwolnienia przypadkowe, nierutynowe, które należy zgłaszać w sprawozdaniu. Operatorzy składowiska są zobowiązani do podania wszelkich danych dotyczących przypadkowych uwolnień, jeśli takie dane są dostępne. Oszacowanie uwolnienia (symbol E) jest możliwe przy uwzględnieniu czasu trwania przypadkowego uwolnienia i odniesienia do natężenia przepływu.

4.4. TRANSFER ODPADÓW POZA SKŁADOWISKO.

W przypadku transferu do określenia ilości odpadów stosowane są metodyki oparte na pomiarze lub obliczeniach.

Dla większości składowisk najlepszą i najbardziej praktyczną metodą jest **pomiar** poprzez ważenie. Przy stosowaniu tej metody w sprawozdaniu wpisujemy kod WEIGH – ważenie normalnych (mokrych odpadów).

Jednak w przypadkach, kiedy na składowisku nie ma wagi należy użyć metody obliczeniowej, która pozwoli na przeliczenie określonej objętości odpadów na jednostkę masy. W tym celu stosowane są przeliczniki związane z gęstością objętościową odpadów (kg/m^3). Wartość takiego przelicznika zależy od miejsca pochodzenia odpadów, a tym samym od ich składu morfologicznego. Jeśli zastosowany przelicznik jest zatwierdzony przez stosowany organ jako kod metody wpisujemy MAB – metoda bilansu masy, natomiast w przypadku kiedy opieramy się na własnych danych metodę oznaczamy w sprawozdaniu kodem OTH.

5. INSTRUKCJA MONITOROWANIA UWOLNIEŃ I TRANSFERÓW ZANIECZYSZCZEŃ ORAZ ODPADÓW

Identyfikacji uwolnień oraz transferów, które będą zawarte w sprawozdaniu należy dokonać w oparciu o wytyczne Komisji Europejskiej oraz polskie wymagania prawne.

W przypadku składowisk odpadów komunalnych sprawozdanie obejmuje:

- Uwolnienia do wody
- Uwolnienia do powietrza
- Transfer zanieczyszczeń zawartych w ściekach
- Transfer odpadów niebezpiecznych i innych niż niebezpieczne.

Rodzaje uwalnianych zanieczyszczeń należy wybrać zgodnie z wykazem Komisji Europejskiej (tabela nr 6, 7). Zanieczyszczenia są definiowane numerem kolejnym, numerem CAS i ile jest dostępny oraz nazwą. Jeśli suma uwolnień zanieczyszczenia do jednego elementu środowiska (wody, powietrza) przekroczy wartości progów uwalniania, wówczas uwolnienie podlega zgłoszeniu.

Dla składowisk odpadów komunalnych nie ma udokumentowanych i zatwierdzonych wskaźników emisji, które można by było zastosować w przypadku braku danych pomiarowych, stąd wskazane w rozdziale 5 metody obliczeń są zawsze częściowo oparte na wynikach pomiarów.

5.1. UWOLNIENIA DO WODY

Dla składowisk odpadów komunalnych w Polsce monitorowanie wód podziemnych reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. „W sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów”. Minimalna ilość otworów do badania wód podziemnych musi wynosić nie mniej niż trzy dla każdego poziomu wodonośnego z zastrzeżeniem, aby co najmniej jeden znajdował się na drodze napływu wód podziemnych, a co najmniej dwa monitorowały odpływ wód podziemnych.

Dla składowisk odpadów komunalnych w fazie eksploatacji minimalna częstotliwość badania wód podziemnych wynosi - co 3 miesiące, a po fazie eksploatacji co 6 miesięcy. Faza poeksploatacyjna obejmuje okres 30 lat od dnia zamknięcia składowiska.

Badania obejmują wody z piezometrów i powinny być zlecane do laboratoriów badawczych posiadających wdrożony system jakości w rozumieniu przepisów o normalizacji. Laboratoria, którym zlecane są badania wody, powinna cechować wysoka jakość usług, a jego kompetencje powinny być potwierdzone przez akredytację zgodnie z normą ISO IEC 17025: 2005.

Próby wody do badań pobierane są bezpośrednio z piezometrów zlokalizowanych przy składowiskach. Podczas poboru prób przeprowadza się pompowanie kilku objętości słupa wody w otworze obserwacyjnym, aż do ustabilizowania wyników pomiarów odczynu, temperatury i przewodnictwa jako kryterium reprezentatywności próbki. Wyniki przeprowadzonych badań przekazywane są z laboratorium do operatora składowiska, w formie sprawozdania. Laboratoria wykonują również raporty roczne, będące podsumowaniem badań kwartalnych i obrazujące trendy zmian wód podziemnych w otoczeniu składowiska

Operatorzy składowiska zgłaszają uwolnienia do wody jakiegokolwiek z zanieczyszczeń wymienionych w tabeli 6, dla którego odpowiednia wartość progowa jest przekroczona. Wszystkie uwolnienia muszą być wyrażone w kg/rok z trzema cyframi znaczącymi, które odzwierciedlają dokładność zgłaszanych danych, wg poniższego wzoru zaokrągleń, jaki podano w „Wytycznych...”:

jest 0,123474 kg/rok	zgłaszać 0,123 kg/rok
jest 1,54789 kg/rok	zgłaszać 1,55 kg/rok
jest 7071,567 kg/rok	zgłaszać 7070 kg/rok
jest 123,45 kg/rok	zgłaszać 123 kg/rok
jest 10 009 kg/rok	zgłaszać 10 000 kg/rok

Jeżeli wartość danego zanieczyszczenia jest równa wartości progowej po zaokrągleniu do tych cyfr znaczących, zanieczyszczenia takie musi zostać zgłoszone. Zgłoszone dane o uwolnieniach muszą zawierać opisane odniesienia (M, C, E) podane do metodyki zastosowanej do zgłaszanych danych o uwolnieniu. Gdy dane oparte są na pomiarze M, lub na obliczeniu C należy wskazać metodę pomiaru lub obliczenia. W przypadku szacunku należy podać E bez podawania zastosowanej metody.

Piszemy M – gdy dane dotyczące uwolnień są oparte na pomiarach np. analizach wykonanych przez laboratoria. Przy M konieczne są dodatkowe obliczenia, celem przeliczenia wyników pomiarów na dane dotyczące rocznych uwolnień. Do obliczeń tych są potrzebne wyniki natężenia przepływu. Litera M powinna być używana także wówczas, gdy roczne uwolnienie jest określane na podstawie pomiarów krótkoterminowych i punktowych. Kodu M używa się wtedy, gdy wielkości uwolnień są uzyskiwane z wyników monitoringu składowiska.

Piszemy C – gdy dane dotyczące uwolnień są oparte na obliczeniach, gdy uwolnienia są oparte na obliczeniach wykorzystujących dane dotyczące działalności oraz współczynników emisji lub bilansach masy.

Piszemy E – gdy dane dotyczące uwolnień oparte są na szacowaniu. Używa się E, gdy uwolnienia są określane przez najlepsze założenia lub opinie ekspertów, które nie są oparte na powszechnie dostępnych źródłach. W razie braku metodyk szacowania emisji lub wytycznych dobrej praktyki.

Gdy całkowita wielkość uwolnienia ze składowiska jest określana więcej niż jedną metodą, w zgłoszeniu podaje się metodę, dla której wielkość uwolnienia jest największa.

Operatorzy składowiska mają obowiązek przedstawiania wszelkich danych dotyczących przypadkowych uwolnień, gdy takie dane są dostępne.

Dla składowisk odpadów przy podawaniu uwolnień nie mogą być pomijane występujące w wodzie zanieczyszczenia przed składowiskiem, zanieczyszczenia, na które nie wpływa składowisko. Musi być uwzględniane tło zanieczyszczenia daną substancją w wodzie podziemnej. Uwolnienie spowodowane przez tło zanieczyszczenia tą substancją należy odjąć od całkowitego uwolnienia dla składowiska. Dlatego ważne jest, aby pomiary zanieczyszczeń w piezometrach obejmowały te przed składowiskiem na kierunku napływu wód podziemnych, wyniki badań wody z tych piezometrów stanowią tło. Ładunek zanieczyszczeń stanowi iloczyn stężenia zanieczyszczeń i natężenia przepływu wody (patrz metodyki w rozdziale 5).

Czasami może się okazać, że stężenia w zanieczyszczeniach, podane przez laboratorium są poniżej granicy wykrywalności (oznaczalności). Ale wartości progowe uwolnień mogą zostać przekroczone. Roczny próg obciążenia może zostać przekroczony przy dużym przepływie wód podziemnych w rejonie składowiska.

5.2. UWOLNIENIE DO POWIETRZA

Podstawą do przeprowadzania w Polsce badań emisji metanu i dwutlenku węgla ze składowisk są przepisy zawarte w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r.

w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz. U. Nr 220, poz. 1858). Wynika z nich, że monitoring obejmujący pomiar emisji gazu składowiskowego oraz monitoringu zawartych w nim trzech składników CH₄, CO₂ i O₂ powinien być przeprowadzany: w reprezentatywnych częściach składowiska ustalonych w instrukcji eksploatacji składowiska, w miejscach jego gromadzenia, przed wlotem do instalacji oczyszczania i wykorzystania lub unieszkodliwiania gazu (§6 pkt 7 ww. rozporządzenia).

Chociaż jest obowiązek prowadzenia badań biogazu i jego składników, nie ma ustaleń prawnych ani opracowanej normy regulującej sposób i zakres przeprowadzania pomiarów wielkości emisji gazów ze składowisk. Uzyskiwane wyniki badań monitoringowych biogazu oraz zawartych w nim metanu i dwutlenku węgla dają tylko informację o wielkości emisji z kilku wybranych punktów pomiarowych i nie mogą być podstawą do określenia wielkości całkowitej emisji rocznej dla danego składowiska.

5.3. TRANSFER ZANIECZYSZCZEŃ ZAWARTYCH W ŚCIEKACH

Badania odcieków na składowiskach przeprowadzane są dla takich samych parametrów jak badania wód podziemnych w piezometrach. Zakres badań podany jest w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów. Wśród badanych zanieczyszczeń w odciekach występują zanieczyszczenia, które należy podać w PRTR (dla zanieczyszczeń podanych, jako właściwe dla składowisk i zamieszczone w „Wytycznych dotyczących wdrażania Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń” i zamieszczonych w dodatku 4 – orientacyjny wykaz zanieczyszczeń właściwych dla poszczególnych branż – tabela 6 niniejszego opracowania) jak: metale ciężkie (Cu, Zn, Pb, Cd, Cr+6, Hg). Częstotliwość badań odcieków w okresie eksploatacji składowiska wynosi co 3 miesiące, badania poeksploatacyjne odcieków co 6 miesięcy.

Na składowiskach odpadów, które posiadają uszczelnienie i drenaże do zbierania odcieków oraz zbiorniki / studnie odcieków, istnieją różny sposób postępowania z odciekami:

- 1) wywóz odcieków samochodami asenizacyjnymi na oczyszczalnię,
- 2) odprowadzanie odcieków do kanalizacji i kanałem na oczyszczalnię, gdzie ścieki oczyszczane są razem z innymi ściekami,
- 3) oczyszczanie odcieków na oczyszczalniach przy składowiskach i odprowadzanie odcieków oczyszczonych do odbiornika wodnego lub do ziemi.

Jeśli na składowiskach odpadów odcieki są gromadzone w zbiorniku i wywożone na oczyszczalnię lub odprowadzane są do sieci kanalizacyjnej i dalej siecią na oczyszczalnię ścieków, gdzie są oczyszczone z innymi ściekami, to wówczas należy zlecać badania odcieków na składowisku do wykonania przez laboratoria badawcze posiadające wdrożony system jakości w rozumieniu przepisów o normalizacji. Próbkę odcieków do badania należy pobierać w miejscach, gdzie wprowadzane są do kanalizacji – zwykle jest to studzienka kontrolna. Częstotliwość badań na składowiskach eksploatowanych wynosi, co 3 miesiące, po zamknięciu składowiska badania należy prowadzić, co 6 miesięcy przez 30 lat, jeśli odcieki nadal powstają. Zakres badań odcieków jak podano w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów.

Jeśli przy składowisku odpadów działa oczyszczalnia dla odcieków to zakres ich badań i warunków, jakie muszą spełniać wynika z Dz. U. 2006:137 poz. 984 Rozporządzenie

Ministra Środowiska w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy prowadzeniu ścieków do wód lub do ziemi.

W rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. „w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wyprowadzaniu ścieków wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego”. W załączniku 3 podane są najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla oczyszczonych ścieków przemysłowych.

Dla składowisk odpadów przyjęto dane jak dla innych zakładów:

Rtęć średnia dobową 0,06 mg Hg/l ścieków
 średnia miesięczna 0,03 mg Hg/l

Kadm średnia dobową 0,4 mg Cd/l ścieków
 średnia miesięczna 0,2 mg Hg/l

Innych wskaźników zanieczyszczeń szczególnie szkodliwych, które obowiązują przy sprawozdaniach PRTR dla składowisk nie podano.

W tabeli II do ww. Rozporządzenia podano najwyższe dopuszczalne wskaźniki pozostałych zanieczyszczeń oczyszczonych ścieków przemysłowych.

Niżej podano wskaźniki charakterystyczne przy sprawozdaniach PRTR dla składowisk:

- cynk – 2 mg Zn/l,
- chrom – 0,1 mg Cr/l,
- miedź – 0,5 mg Cu/l,
- nikiel – 0,5 mg Ni/l,
- ołów – 0,5 mg Pb/l.

W Rozporządzeniu z dnia 24 lipca 2006 r. podano, że w przypadku awarii oczyszczalni biologicznych najwyższa wartość dopuszczalna zanieczyszczeń może wzrosnąć do 50%, przez czas nie dłuższy niż 48 godzin, a dla oczyszczalni stosujących inne metody oczyszczania wzrost podanych wskaźników do 30%.

W załączniku nr 10 do ww. Rozporządzenia podano metodyki referencyjne analizy próbek ścieków, metodyki są takie same jak dla badań wody podane wcześniej w tabeli.

5.4. TRANSFER ODPADÓW NIEBEZPIECZNYCH I INNYCH NIŻ NIEBEZPIECZNE

W przypadku przemieszczania odpadów poza składowisko ilość odpadów jest określana głównie poprzez ważenie, a w przypadku braku wagi poprzez przeliczenie na podstawie charakterystycznego wskaźnika objętościowego. Zgłoszeniu podlegają odpady inne niż niebezpieczne w ilości przekraczającej 2000 Mg na rok oraz odpady niebezpieczne w ilości powyżej 2 Mg/rok.

W odniesieniu do wartości progowej istotna jest suma transferowanych odpadów poza miejsce powstania, niezależnie od tego czy są one zagospodarowane na terytorium danego kraju, czy przemieszczone na terytorium innego kraju, czy też unieszkodliwione lub odzyskane. Na przykład, jeśli zakład dokonał w granicach kraju transferu 1,5 tony odpadów niebezpiecznych w celu odzysku i 1,5 tony odpadów niebezpiecznych za granicę w celu unieszkodliwienia – musi to zgłosić ponieważ suma przekracza wartość progową (2 Mg/rok). W sprawozdaniu należy określić czy odpady poddano operacji odzysku (symbol R), czy unieszkodliwiania (symbol D). Jeśli proces zagospodarowania obejmuje zarówno odzysk jak i unieszkodliwianie, należy podać symbol tej operacji, która obejmuje więcej niż 50% odpadów.

W przypadku transgranicznego przemieszczania odpadów niebezpiecznych należy podać nazwę i adres firmy dokonującej odzysku lub unieszkodliwienia oraz faktyczne miejsce odzysku lub unieszkodliwienia.

6. PRZYKŁAD SPRAWOZDANIA ROCZNEGO PRTR

Niniejszy rozdział zawiera przykładowe sprawozdanie PRTR dla składowiska odpadów komunalnych. Wzór sprawozdania określony został w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 14 sierpnia 2009 r. w sprawie sprawozdania do tworzenia Krajowego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń. Szczegółowe wytyczne do wypełnienia niniejszego sprawozdania znajdują się w publikacji Wytyczne dotyczące wdrażania Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń.

Przed przystąpieniem do wypełniania sprawozdania należy pamiętać, że:

- Wszystkie podmioty prowadzące działalność określoną po pozycją 5d) Załącznika I do Rozporządzenia (WE) 166/2006, tj. wszystkie składowiska przyjmujące 10 Mg odpadów na dobę lub o całkowitej pojemności 25 000 Mg (z wyłączeniem składowisk odpadów obojętnych oraz składowisk, które zostały ostatecznie zamknięte przed dniem 16 lipca 2001 r. lub dla których upłynęła faza późniejszej ochrony wymagana przez właściwe organy zgodnie z art. 13 dyrektywy Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów (Dz. U. L 182 z 16.7.1999, str. 1. dyrektywa zmieniona rozporządzeniem (WE) nr 1882/2003)) mają obowiązek podania danych niezbędnych do identyfikacji zakładu, zgodnie z Załącznikiem III, chyba, że informacje te zostały już udostępnione właściwemu organowi (tzn. przesłać wypełnione sprawozdanie PRTR do WIOŚ oraz uzupełnić sprawozdanie w bazie elektronicznej za pomocą aplikacji POL_PRTR: www.prtr.gios.gov.pl). Jeżeli dany zakład zarejestrował się już w bazie danych, a nie przekroczył w danym roku wartości progowej dla uwolnień nie należy przysyłać sprawozdania, chyba że nastąpiła zmiana danych identyfikacyjnych zakładu).
- W sprawozdaniu PRTR nie uwzględnia się uwolnień i transferów poza miejsce powstania z rodzajów działalności nie wymienionych w Załączniku I, chyba, że jest to niemożliwe;
- Gdy całkowita wartość uwolnienia dla danego zanieczyszczenia jest określana więcej niż jedną metodą (np.: pomiar „M” i obliczenie „C”), w sprawozdaniu podaje się metodę, dla której ilość uwolnienia jest największa;
- Jeżeli w trakcie obliczenia ilości uwalnianego zanieczyszczenia zastosowano kilka metod (np.: dwie metody obliczeniowe) należy podać tę, dla której ilość transferowanego lub uwalnianego zanieczyszczenia jest największa
- Podczas wypełniania części sprawozdania dotyczącej uwolnień i transferów jakiegokolwiek z zanieczyszczeń określonych w Załączniku II do rozporządzenia (WE) 166/2006, dla którego wartość progowa jest przekroczona wielkość uwolnienia i transferu musi być wyrażona w kg/rok i z trzema cyframi znaczącymi. Aplikacja POL_PRTR automatycznie dokonuje zmiany wprowadzonych liczb do trzech cyfr znaczących.
- W sprawozdaniu wykazać należy każdą substancję, która przed zaokrągleniem przekraczała wartość progową, nawet, jeśli po zaokrągleniu wartość progowa nie jest przekroczona.

Przykładowe sprawozdanie:

I. Sprawozdanie za rok 2009

I.A. Dane osoby sporządzającej sprawozdanie:

Imię i nazwisko: Jan Kowalski

Numer telefonu kontaktowego: (22) 11-11-11

Adres e-mail: mail@poczta.com

II. Identyfikacja zakładu.

II.A. Lokalizacja i profil działalności zakładu.

Prowadzący instalację	
Ulica	
Numer	
Miejscowość	
Kod pocztowy	
Poczta	
Nazwa spółki-matki	Spółka-matka, zgodnie z „Wytycznymi dotyczącymi wdrażania Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń” opracowanymi przez Komisję Europejską na podstawie art. 14 ust. 1 rozporządzenia 166/2006. Jeśli jest firma, która posiada składowisko lub kontroluje składowisko – np. Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych (puk), Zakłady Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej (zgkm), Urzędy Gmin itp.

Zakład	np. składowisko Julków, podać nazwę miejscowości, w której jest składowisko
Regon	
Ulica	nazwa ulicy występuje rzadko, gdyż składowiska lokalizowane są poza zwartą zabudową mieszkalną
Numer	
Miejscowość	
Kod pocztowy	
Poczta	
Województwo	
Powiat	
Gmina	
Szerokość geograficzna	Powinna być podana długość i szerokość geograficzna podana z dokładnością ± 500 m odniesiona do środka składowiska. Dla projektowanych składowisk dane te są podane w dokumentacjach technicznych. Dla pozostałych wartości należy wartości określić na podstawie opisanych x, y krzyży na mapach sytuacyjnych. Współrzędne geograficzne są określane jednorazowo i podawane zawsze takie same w następujących rocznych sprawozdaniach.
Długość geograficzna	
Obszar dorzecza	Do celów sprawozdawczych podaje się obszar dorzecza, do którego wód zakład uwalnia zanieczyszczenia; obszar dorzecza zgodnie z

	podziałem zawartym w ustawie z dnia 18 lipca 2001 Prawo wodne (Dz. U z 2005 r. Nr 239, poz. 2019, z póź zm.).
Kod NACE	38.21
Główny rodzaj działalności gospodarczej	Opis głównego rodzaju działalności gospodarczej zgodnie z kodem NACE.
Wielkość produkcji	Podać ile przyjmuje odpadów
Adres strony internetowej zawierającej informacje dotyczące zakładu	
Służbowy numer telefonu	
Służbowy numer faksu	
Służbowy adres email	

II.B. Informacje dotyczące prowadzonych w zakładzie rodzajów działalności (zgodnie z załącznikiem nr I do rozporządzenia 166/2006)

Kod działalności zgodnie z załącznikiem nr I do rozporządzenia 166/2006	Kod działalności IPPC	Nazwa rodzaju działalności zgodnie z załącznikiem nr I do rozporządzenia 166/2006	Liczba instalacji
5.(d)	5.4	Składowiska (z wyłączeniem składowisk odpadów obojętnych oraz składowisk, które zostały ostatecznie zamknięte przed dniem 16 lipca 2001 r. lub dla których upłynęła faza późniejszej ochrony wymagana przez właściwe organy zgodnie z art. 13 dyrektywy Rady 1999/31/WE z dnia 26 kwietnia 1999 r. w sprawie składowania odpadów)	1

III. Dane dotyczące uwolnień zanieczyszczeń spowodowanych przez zakład dla każdego zanieczyszczenia przekraczającego wartość progową (zgodnie z załącznikiem nr II do rozporządzenia 166/2006).

III.A. Uwolnienia do powietrza.

Zanieczyszczenie		Metoda pozyskiwania informacji o ilości uwalnianego zanieczyszczenia			Ilość uwalnianego zanieczyszczenia kg/rok	
Nr zanieczyszczenia zgodnie z załącznikiem nr II do rozporządzenia	Nazwa zanieczyszczenia zgodnie z załącznikiem nr II do rozporządzenia 166/2006	Sposób pozyskiwania informacji o ilości zanieczyszczenia M - pomiar, C - obliczenia, E - szacowanie	Zastosowana metoda pomiaru lub obliczenia ³		T - łączna ilość	A - ilość zanieczyszczenia uwalnianego przypadkowo, zawierająca się w łącznej ilości w kg/rok
			Kod	Opis		
1	2	3	4	5	6	7
1	Metan	E	OTH	-	170 000	-
2	Tlenek węgla	E	OTH	-	600 000	-
3	Dwutlenek węgla	E	OTH	-	120 000 000	-
5	Podtlenek azotu (N ₂ O)	E	OTH	-	15 000	-
6	Amoniak (NH ₃)	E	OTH	-	11 000	-
8	Tlenki azotu (NO _x)	E	OTH	-	120 000	-
11	Tlenki siarki (SO _x)	E	OTH	-	180 000	-
17	Arsen i jego związki (jako As)	E	OTH	-	30	-
18	Kadm i jego związki (jako Cd)	E	OTH	-	17	-
19	Chrom i jego związki (jako Cr)	E	OTH	-	105	-
20	Miedź i jej związki (jako Cu)	E	OTH	-	110	-
21	Rtęć i jej związki (jako Hg)	E	OTH	-	11	-
22	Nikiel i jego związki jako (Ni)	E	OTH	-	52	-

³ Kiedy zgłaszane dane oparte są na szacowaniu – symbol E, nie jest konieczne podawanie nazwy zastosowanej metody.

24	Cynk i jego związki jako (Zn)	E	OTH	-	208	-
42	Sześciochlorobenzen (HCB)	E	OTH	-	12	-
47	Dioksyny i furany (jako Teq)	E	OTH	-	0,0002	-
86	Pył zawieszony (PM ₁₀)	E	OTH	-	51 000	-

III.B. Uwolnienia do wody.

Zanieczyszczenie		Metoda pozyskiwania informacji o ilości uwalnianego zanieczyszczenia			Ilość uwalnianego zanieczyszczenia kg/rok	
Nr zanieczyszczenia zgodnie z załącznikiem nr II do rozporządzenia	Nazwa zanieczyszczenia zgodnie z załącznikiem nr II do rozporządzenia 166/2006	Sposób pozyskiwania informacji o ilości zanieczyszczenia M - pomiar, C - obliczenia, E - szacowanie	Zastosowana metoda pomiaru lub obliczenia		T - łączna ilość	A - ilość zanieczyszczenia uwalnianego przypadkowo, zawierająca się w łącznej ilości w kg/rok
			Kod	Opis		
1	2	3	4	5	6	7
12	Azot ogólny	E	OTH	-	51 000	-
13	Ogólny fosfor	E	OTH	-	5 500	-
17	Arsen i jego związki (jako As)	E	OTH	-	7,500	-
18	Kadm i jego związki (jako Cd)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 11885:1997Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	6	-
19	Chrom i jego związki (jako Cr)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 15586:2005 Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	50	-

20	Miedź i jej związki (jako Cu)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 11885:1997Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	52,500	-
21	Rtęć i jej związki (jako Hg)	E	OTH	-	2	1,5
22	Nikiel i jego związki jako (Ni)	E	OTH	-	22	-
23	Ołów i jego związki (jako Pb)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 11885:1997Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	21	-
24	Cynk i jego związki jako (Zn)	E	OTH	-	110	-
31	Chloroalkany, C10-C13	E	OTH	-	20	-
34	1, 2-dwuchloroetan (EDC)	E	OTH	-	18	-
35	Dwuchlorometan (DCM)	E	OTH	-	11	-
40	Związki halogenoorganiczne (jako AOX)	E	OTH	-	1 200	-
42	Sześćchlorobenzen (HCB)	E	OTH	-	1,100	-
43	Sześćchlorobutadie n (HCBd)	E	OTH	-	1,500	-

44	1, 2, 3, 4, 5, 6 - sześciochlorocykloheksan (HCH)	E	OTH	-	2	-
62	Benzen	E	OTH	-	300	-
63	Bromowane dwufenyletery (PBDE)	E	OTH	-	1,800	-
65	Etylobenzen	E	OTH	-	300	-
69	Związki organiczne cyny	E	OTH	-	52	-
71	Fenole (jako ogólny C)	E	OTH	-	21	-
72	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA)	M	CEN/ISO	PN-ISO 17993:2003 Metoda wysokosprawnej chromatografii cieczowej	10,200	-
73	Toluen	E	OTH	-	210	-
76	Ogólny węgiel organiczny (OWO)	E	OTH	-	55 000	-
78	Ksylene	E	OTH	-	210	-
79	Chlorki (jako ogólny Cl)	E	OTH	-	2 000 500	-

82	Cyjanki (jako ogólny CN)	E	OTH	-	51	-
83	Fluorki (jako ogólny F)	E	OTH	-	2100	-

IV. Transfer zanieczyszczeń zawartych w ściekach przeznaczonych do oczyszczania poza miejsce powstania w ilościach przekraczających wartość progową.

Transfery zanieczyszczeń zawartych w ściekach poza miejsce powstania						
Zanieczyszczenie		Metoda pozyskiwania informacji o ilości zanieczyszczenia transferowanego w ściekach			Ilość transferowanego zanieczyszczenia kg/rok	
Nr zanieczyszczenia zgodnie z załącznikiem nr II do rozporządzenia 166/2006	Nazwa zanieczyszczenia zgodnie z załącznikiem nr II do rozporządzenia 166/2006	Sposób pozyskiwania informacji M-pomiar C-obliczenia E-szacowanie	Zastosowana metoda pomiaru lub obliczenia		T - łączna ilość	A- ilość zanieczyszczenia transferowanego przypadkowo, zawierająca się w łącznej ilości
			Kod	Opis		
1	2	3	4	5	6	7
12	Azot ogólny	E	OTH	-	56 000	-
13	Ogólny fosfor	E	OTH	-	5 700	-
17	Arsen i jego związki (jako As)	E	OTH	-	7,900	-
18	Kadm i jego związki (jako Cd)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 11885:1997Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	20	-
19	Chrom i jego związki (jako Cr)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 15586:2005 Metoda absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA) z atomizacją bezpłomieniową	80	-
20	Miedź i jej związki (jako Cu)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 11885:1997Metoda atomowej spektrometrii	52,500	-

				emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)		
21	Rtęć i jej związki (jako Hg)	E	OTH	-	5	-
22	Nikiel i jego związki jako (Ni)	E	OTH	-	46	-
23	Ołów i jego związki (jako Pb)	M	CEN/ISO	PN-EN ISO 11885:1997Metoda atomowej spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzaną indukcyjnie (ICP-AES)	28	-
24	Cynk i jego związki jako (Zn)	E	OTH	-	510	-
31	Chloroalkany, C10-C13	E	OTH	-	26	-
34	1, 2- dwuchloroetan (EDC)	E	OTH	-	18	-
35	Dwuchlorometan (DCM)	E	OTH	-	11	-
40	Związki halogenoorganicz- ne (jako AOX)	E	OTH	-	1 200	-
42	Sześciochlorobe- nzen (HCB)	E	OTH	-	1,100	-
43	Sześciochlorobut- adien (HCBd)	E	OTH	-	1,500	-
44	1, 2, 3, 4, 5, 6 - sześciochlorocyk- loheksan (HCH)	E	OTH	-	8	-
62	Benzen	E	OTH	-	300	-
63	Bromowane dwufenyloetery (PBDE)	E	OTH	-	1,800	-
65	Etylobenzen	E	OTH	-	350	-
69	Związki organiczne cyny	E	OTH	-	52	-
71	Fenole (jako ogólny C)	E	OTH	-	28	-

72	Wielopierścienio we węglowodory aromatyczne (WWA)	M	CEN/ISO	PN-ISO 17993:2003 Metoda wysokosprawnej chromatografii cieczowej	52	-
73	Toluen	E	OTH	-	410	-
76	OWO	M	CEN/ISO	PN-EN 1484:1997 Metoda specyficzna	58 000	-
78	Ksylene	E	OTH	-	210	-
79	Chlorki (jako ogólny Cl)	E	OTH	-	2 200 000	-
82	Cyjanki (jako ogólny CN)	E	OTH	-	59	-
83	Fluorki (jako ogólny F)	E	OTH	-	2100	-

V. Transfer odpadów poza miejsce wytwarzania dla zakładu przekraczającego wartość progową.

Część VA. Transfer odpadów niebezpiecznych w granicach kraju.

Proces zagospodarowania odpadów R - odzysk D - unieszkodliwienie	Masa transferowanych odpadów (Mg/rok)	Sposób pozyskania informacji o masie transferowanych odpadów M - pomiar C - obliczenie	Zastosowana metoda pomiaru lub obliczenia masy transferowanych odpadów	
			Kod	Opis
1	2	3	4	5
R	1,000	M	WEIGH	Ważenie normalnych (mokrych) odpadów
D	2,550	C	MAB	Metoda bilansu masy zatwierdzona przez właściwy organ (zatwierdzony wskaźnik gęstości objętościowej w kg/m ³)

V B. Transfer odpadów niebezpiecznych do innych krajów.

Proces zagospodarowania odpadów R - odzysk D - unieszkodliwianie	Masa transferowanych odpadów (Mg/rok)	Sposób pozyskania informacji o masie transferowanych odpadów M - pomiar C - obliczenie	Zastosowana metoda pomiaru lub obliczenia masy transferowanych odpadów		Posiadacz odpadów dokonujący odzysku/ unieszkodliwiania		Nazwa i adres instalacji do odzysku/ unieszkodliwiania
			Kod	Opis	Nazwa	Adres	
R	2,450	M	WEIGH	Ważenie normalnych (mokrych) odpadów			
D	3,000	C	MAB	Metoda bilansu masy zatwierdzona przez właściwy organ (zatwierdzony wskaźnik gęstości objętościowej w kg/m^3)			

V C. Transfer odpadów innych niż niebezpieczne.

Proces zagospodarowania odpadów R - odzysk D - unieszkodliwianie	Masa transferowanych odpadów (Mg/rok)	Sposób pozyskania informacji o masie transferowanych odpadów M - pomiar C - obliczenie	Zastosowana metoda pomiaru lub obliczenia masy transferowanych odpadów	
			Kod	Opis
1	2	3	4	5
R	3000	M	WEIGH	Ważenie normalnych (mokrych) odpadów
D	5000	C	MAB	Metoda bilansu masy zatwierdzona przez właściwy organ (zatwierdzony wskaźnik gęstości objętościowej w kg/m^3)

7. LITERATURA

1. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, volume 5 Waste, www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf
2. Biszek M. i in. „Ocena metod pomiaru i szacowania emisji biogazu ze składowisk odpadów, Środkowo – Pomorskie Towarzystwo Naukowe Ochrony Środowiska, Tom 8, rok 2006.
3. Byczyński H., Błaszczuk T. Wody podziemne, zagrożenie i ochrona, Warszawa, 1986.
4. Christensen T. H., R. Cossu, R. Stegman „Landfilling of waste: leachate”, 1992.
5. Guidance on monitoring landfill gas surface emissions, LFTGN07 Landfill directive, Environment Agency UK, www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/lftgn07_surface_936575.pdf
6. Hedge U. i wsp.. Methane and carbon dioxide emissions from Shan-Chu-Ku landfill site in northern Taiwan, Chemosphere 2003, 52: 1275-85,
7. Jacobs J., H. Scharff, “Comparison of methane emission models and methane emission measurements”, NV Avalzorg,
8. Klimek A. Modelowanie procesów migracji zanieczyszczeń w gruncie ze składowisk odpadów komunalnych, Kraków 2006,
9. Krajowa inwentaryzacja emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych za rok 2008, Raport wykonany na potrzeby Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu oraz protokołu z Kioto. Projekt, Warszawa 2010.
10. Morcet M. i wsp. “Methane mass balance: a review of field results from three french landfill case studies”, Proceedings Sardinia 2003, Ninth International Waste Management and Landfill Symposium 6-10 October 2003,
11. Mosher B. W. i wsp. “Methane Emissions at Nine Landfill Sites in the Northeastern United States”, Env Sci Techn 1999, 33 (12): 2088-94,
12. Nowakowski S., Banasiak G. „Zalecenia do budowy i eksploatacji instalacji do wydobywania i wykorzystywania biogazu z wysypisk”, OBREM Łódź/Warszawa 1999,
13. Obrzut L. „Metodyka badań gazu wysypiskowego - instrukcja” OBREM Łódź/Warszawa 1998,
14. Pleczyński J., Wesolek J., Magdziarek M.: Gospodarka odciekami na składowiskach odpadów komunalnych. Prace naukowe politechniki Warszawskiej. Inżynieria Środowiska. Zeszyt 22, Warszawa, 1997.
15. Rejmer P. Podstawy toksykologii, Lublin 1997
16. Sanderson J. i wsp. “Methane balance of a bioreactor landfill in Latin America”, J Air Waste Manag Assoc, 2008, 58 (5): 620-628,
17. Spokas K. “Methane mass balance at three landfill sites: what is the efficiency of capture by gas collection systems”, Waste Manag 2006, 26(5): 516-25,
18. Supporting Document for the determination of diffuse methane emissions from landfill sites,
19. Wang-Yao K. i wsp. Methane collection efficiency of horizontal landfill gas collectors”, Int Env Sci June 2007,
20. Wysokiński L. „Zasady budowy składowisk odpadów”, ITB, Warszawa, 2009.
21. Wytyczne dotyczące wdrażania Europejskiego Rejestru Uwalniania i Transferu Zanieczyszczeń, Komisja Europejska Dyrekcja Generalna ds. Środowiska, 31 maja 2006 r.
22. Zadroga B., Olańczuk Neyman K. „Ochrona i rekultywacja podłoża gruntowego”, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, 2001.
23. Zaleska A., Pastewski S. „Technologie remediacji środowiska – wykład”, www.techno4.chem.pg.gda.pl/dydaktyka/04-05/2/lect/tchrs/pdfs/wyklad_4.pdf