

dr Anna DMOCHOWSKA
dr Dariusz DMOCHOWSKI
prof. dr hab. inż. Stanisław BIEDUGNIS
dr inż. Mariusz SMOLARKIEWICZ
Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego SCSP

Zapobieganie zagrożeniom środowiskowym związanym z gospodarką odpadami komunalnymi na przykładzie składowiska odpadów komunalnych w Świętochłowicach

Omówienie
LEAD

Składowanie odpadów komunalnych jest najczęściej stosowaną metodą ich unieszkodliwiania.

Składowiska odpadów są uważane za jedno z najtrudniejszych obiektów budowlanych. Wynika to przede wszystkim z ich dużej powierzchni i pojemności, długiego czasu eksploatacji, miąższości odpadów, uwarunkowanej szczelności, pozwalającej zapewnić minimalne oddziaływanie na środowisko naturalne. Są to praktycznie bioreaktory, gdzie pod wpływem czynników atmosferycznych i na skutek działalności mikroorganizmów zachodzi szereg mikrobiologicznych, biochemicznych, chemicznych i fizycznych przemian. Emisje towarzyszące procesom, mającym miejsce w tych obiektach, stanowią poważne zagrożenie dla wszystkich elementów środowiska. Sposób i zasięg rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń warunkują: budowa geologiczna, ukształtowanie powierzchni, hydrografia terenu ale przede wszystkim: zastosowane rozwiązania technologiczne w zakresie wykonania niezbędnych zabezpieczeń [1, 3].

Słowa kluczowe: gospodarka odpadami komunalnymi, składowisko odpadów komunalnych.

Wstęp

Substancje organiczne będące głównymi składnikami stałych odpadów komunalnych, ulegając biochemicznym przemianom, oddziałują niekorzystnie na środowisko wodno-glebowe i atmosferę.

Tylko składowiska zorganizowane, posiadające specjalną lokalizację, uwzględniającą kryteria ekologiczne, geologiczne i technologiczne oraz zabezpieczenia

w postaci uszczelnień, sieci drenażowych i odgazowujących, pozwalają na zniwelowanie wielu zagrożeń ekologicznych.

W zależności od rodzaju składowanych odpadów oraz bilansu wodnego składowiska, procesy zachodzące na składowisku mogą być źródłem takich emisji jak: odcieki, gaz wysypiskowy, odory pył, hałas [7].

Obiektem badań była identyfikacja zagrożeń związanych z funkcjonowaniem i eksploatacją obiektu gospodarki odpadami komunalnymi na przykładzie składowiska w Świętochłowicach. Badania miały na celu ocenę trafności wyboru lokalizacji składowiska oraz zastosowanych rozwiązań budowlano-technologicznych, mających za zadanie ograniczyć do minimum możliwość szkodliwego oddziaływania na otoczenie. W opracowaniu wykorzystano wyniki badań monitoringowych prowadzonych na składowisku [9], obserwacje oraz dane literaturowe zawarte w publikacjach, dotyczących funkcjonowania obiektów gospodarki komunalnej.

1. Odcieki

Odcieki jest to wodny roztwór trzech grup zanieczyszczeń: materii organicznej, charakteryzowanej głównie przez trzy wskaźniki: chemiczne zapotrzebowanie tlenu, biochemiczne zapotrzebowanie tlenu oraz ogólny węgiel organiczny, specyficznych zanieczyszczeń organicznych z gospodarstw domowych i przemysłu, np: detergenty, fenole, substancje ropopochodne, pestycydy oraz nieorganiczne sole wapnia, magnezu, sodu, potasu, amoniaku i metali ciężkich.

Głównymi czynnikami mającymi wpływ na jakość powstałych odcieków są: skład odpadów, czyli zawartość frakcji organicznej i nieorganicznej, obecność oraz substancji toksycznych, objętość wody infiltrującej do składowiska, technologie użyte w procesie składowania i rekultywacji. Istotną rolę pełnią także odczyn i potencjał redox, które wpływają na kinetykę rozkładu związków organicznych i mobilność metali ciężkich [4, 5, 6].

Każde składowisko jest źródłem potencjalnych zagrożeń dla wód podziemnych, powierzchniowych oraz okolicznych gleb. Najwięcej odcieków powstaje od września do kwietnia, a odpowiednio mniej zazwyczaj w miesiącach letnich. Ilość wytwarzanych odcieków można zmniejszyć poprzez ograniczenie dostępu wód opadowych do odpadów przez stosowanie „przesypek” dziennych, a także poprzez sytuowanie składowiska ze spadkiem powierzchni w jednym kierunku. Obecność dużej ilości odcieków zgromadzonych na składowiskach świadczyć może o wadliwie zaprojektowanym systemie drenażowym, co stanowi bezpośrednie zagrożenie dla środowiska naturalnego [3].

Powstające odcieki powinny być zbierane za pomocą systemu drenażowego i służyć do zraszania zdeponowanych odpadów lub powinny być kierowane do oczyszczalni ścieków [5].

2. Gazy, pyły i odory

Składowiska są źródłem zarówno emisji gazowych, aerozoli i pyłowych, a także zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Emisja pyłów jest zjawiskiem o charakterze pierwotnym i wtórnym, występującym podczas eksploatacji składowiska. Emisje pierwotne związane są z dowozem odpadów na miejsce składowania, ich wyładowaniem, zagęszczaniem oraz przykrywaniem warstwami izolacyjnymi. Czas trwania pierwotnych emisji pyłów nie przekracza 8 godzin w ciągu doby, natomiast emisje wtórne, mogą mieć miejsce przez całą dobę. Emisje wtórne pyłów z powierzchni składowanych odpadów powiązane są ściśle z oddziaływaniem wiatru, który unosi drobne cząstki pyłów. Najsilniejsze zapylenie powietrza ma miejsce bezpośrednio nad składowiskiem. Wtórna emisja powoduje zmianę struktury pyłu zawieszonego w powietrzu, przejawiającą się głównie wzrostem udziału najdrobniejszych frakcji PM_{10} , $PM_{2,5}$ oraz $PM_{1,0}$.

W celu ograniczenia emisji pyłów niezbędne jest przykrywanie odpadów warstwą materiału izolacyjnego zapobiegającego unoszeniu się pyłów. Ważnym czynnikiem ograniczającym rozprzestrzenianie się pyłów na skutek wtórnej emisji jest także występowanie naturalnych i sztucznych barier wokół składowiska, takich jak: wysokie skarpy, zadrzewione fragmenty nasypów, pasy zieleni izolacyjnej itp. [1, 6, 7].

Emisja gazów związana jest w dużej mierze z procesami biochemicznego rozkładu substancji organicznych. Największa emisja gazów występuje w ciągu pierwszych 2–5 lat eksploatacji składowiska, tuż po ustaleniu się stabilnej fermentacji metanowej. Według badań przeprowadzonych na różnych składowiskach odpadów komunalnych, średni skład gazu w tym okresie przedstawia się następująco: metan 457 g/m^3 , dwutlenek węgla 835 g/m^3 , amoniak 6 mg/m^3 , siarkowodor 13 mg/m^3 , aldehyd octowy 43 mg/m^3 . Emitowane ze złoża gazy rozpraszając się w powietrzu atmosferycznym, ulegają gwałtownemu rozcieńczeniu w strumieniu powietrza napływającego spoza składowiska. Badania przeprowadzone na dużych, czynnych składowiskach w Szczecinie, Gdyni, Jawidzu i Żernikach [7, 9] podają, iż maksymalne emisje siarkowodoru oraz amoniaku mają na tyle niskie stężenia, że już na granicy składowiska stężenia gazów w powietrzu atmosferycznym nie przekraczają wartości dopuszczalnych. Zarówno stężenie dwutlenku węgla, jak i metanu mogą być jednak podwyższone także poza obszarem składowiska. Występują wtedy zagrożenia wybuchowe (mieszanina z powietrzem atmosferycznym o stężeniu 10–15% obj.) oraz wzmaganie efektu cieplarnianego (niszczenie warstwy ozonowej). Wytworzony na składowisku metan może być przyczyną powstania pożaru na jego powierzchni lub w jego wnętrzu. Dym powstający podczas tego zjawiska zawiera wówczas wiele szkodliwych związków, do których należą: tlenek węgla, dioksyny, furany, które wpływają wysoce toksycznie na organizmy żywe. Największe ilości metanu powstają na dużych, podpoziomowych składowiskach odpadów komunalnych, w szczególności

na obiektach niedawno zamkniętych, na których stosowano zagęszczanie kompaktorem [5, 6]. Składowiska generują cztery podstawowe źródła emisji odorów: miejsce wyładunku odpadów, cała powierzchnia złoża odpadów, strefa wydzielania się gazu, strefa związana z gospodarką odciekami.

W zależności od rodzaju deponowanych odpadów, ich ilości, a także warunków meteorologicznych panujących na terenie składowiska różna jest wielkość emisji odorów. Główną przyczyną emisji gazów uciążliwych zapachowo do otoczenia jest niepełny rozkład i zagniwanie odpadów już w pojemnikach zlokalizowanych na mieście. Odpady mineralne praktycznie nie generują odorów. Źródłem nieznacznej ilości substancji odorotwórczych są składniki gazu fermentacyjnego, takie jak kwasy organiczne (masłowy), merkaptany, alkohole i inne. Najważniejszym czynnikiem atmosferycznym mającym wpływ na oddziaływanie zapachowe jest temperatura powietrza oraz prędkość i kierunek wiatru.

W przypadku składowisk o powierzchni przykrytej i zrehabilitowanej nie stwierdza się uciążliwych zapachów. Powierzchnie dobrze utrzymanych składowisk działają jak filtr dezodorujący dla wydzielających się gazów. W przypadku świeżych powierzchni składowisk, przykrytych materiałem ziemnym, z dobrze zagęszczonymi odpadami, emisja odorów porównywana jest z emisją z przyrzem kompostowych. Proces dezodoryzacji gazu następuje podczas jego migracji przez występującą na powierzchni warstwę izolacyjną [6, 9].

3. Hałas

Podstawowe źródła hałasu występujące na składowisku odpadów stanowią urządzenia techniczne wykorzystywane do jego prawidłowej eksploatacji. Należą do nich przede wszystkim, znajdujące się na składowisku: kompaktor o mocy akustycznej 107,5 dB w czasie pracy 240 min/8 h i odpowiednio: spycharka – 109,5 dB – 120 min/8 h, ładowarka 107,5 dB – 90 min, ładowarka – 105 dB – 240 min/8 h, wózek widłowy – 70 dB – 180 min/8 h, ładowarka teleskopowa – 105 dB – 240 min/8 h, samochód ciężarowy 80 dB – 240 min/8 h [8].

4. Składowisko odpadów komunalnych w Świętochłowicach

Składowisko odpadów prowadzone przez Zakład Gospodarki Odpadami Komunalnymi Miejskiego Przedsiębiorstwa Gospodarki Komunalnej w Świętochłowicach Sp. z o.o. jest obiektem podpoziomowo-nadpoziomowym, zlokalizowanym w mieście Świętochłowice przy ulicy Wojska Polskiego na terenie wyrobiska hałdy hutniczej byłej Huty „Florian”. Składowisko zlokalizowane jest w południowo-zachodniej części miasta, na granicy z Rudą Śląską.

W bezpośrednim sąsiedztwie składowiska znajdują się od strony północnej: droga publiczna Drogowa Trasa Średnicowa (w odległości ok. 200 m), od strony południowej: powierzchniowy zbiornik „Staw Edward”, zarządzany przez Hutę „Pokój” S.A., od strony wschodniej: torowisko, bocznica kolejowa, za nią ogród-

ki działkowe sąsiadujące z Osiedlem Ustronie, od strony zachodniej: torowisko, Huta „Pokój” S.A.

Obszar składowiska odpadów w Świętochłowicach pod względem fizyczno-geograficznym stanowi fragment środkowej części makroregionu Wyżyny Śląskiej, na terenie Wyżyny Katowickiej. Obszar leży na granicy działu wód powierzchniowych I rzędu Wisła–Odra. Przez miasto Świętochłowice przepływa rzeka Rawa. Na omawianym terenie występuje kilkanaście stawów, będących efektem intensywnej eksploatacji górniczej (m.in. Staw Szwajcera, Staw Edward, Staw Martyn, Staw Zacisze) [9].

Podłoże omawianego terenu stanowią utwory karbońskie, na których zalegają utwory czwartorzędowe. Warstwę wierzchnią stanowią nasypy niekontrolowane o miąższości od 2,0–12,0 m, poniżej których zalegają grunty spoiste – glina piaszczysta, przewarstwiona piaskiem drobnym oraz gliną, piaszczysta z domieszką kamieni o miąższości 6 m. Teren składowiska stanowią wyłącznie grunty nasypowe.

Poziom wód gruntowych utrzymuje się na głębokości 7,5 m ppt. Wody z sąsiadujących ze składowiskiem zbiorników nie mają kontaktu z wodami obszaru składowiska.



Rys. 1. Mapa położenia składowiska [2]

Uszczelnienie dna składowiska i skarp bocznych stanowi geomembrana PEHD o grubości 2 mm. Jest ona ułożona na warstwie wyrównującej zagęszczonego podłoża oraz pokryta warstwą ochronną z materiałów przepuszczalnych. Uszczelnienie dna składowiska wykonano z geomembrany gładkiej, natomiast skarp z geomembrany szorstkiej. Podłoże części kwatery I, w której deponowane

były odpady niebezpieczne zawierające azbest, uszczelnione jest przepalonym łupkiem węglowym o miąższości 0,5 m ułożonym na warstwie składowanych odpadów komunalnych. Warstwa przekładkowa pomiędzy zagęszczonymi warstwami składowanych odpadów o grubości ok. 30 cm wykonywana jest z następujących rodzajów odpadów: odpady betonu oraz gruz betonowy z rozbiórek i remontów, gruz ceglany, odpady innych materiałów ceramicznych i elementów wyposażenia, zmieszane odpady z betonu, gruzu ceglanego, odpadowych materiałów ceramicznych i elementów wyposażenia, gleba i ziemia, w tym kamienie, gleba i ziemia, w tym kamienie [9].

5. Drenaż wód odciekowych

Odcieki z poszczególnych kwater składowiska ujmowane są za pomocą drenażu z perforowanych rur kamionkowych (kwatery I i II) oraz rur z PEHD (kwatery III–VIII), o średnicach \varnothing 100, 150 i 200 mm. Sieć drenażowa ułożona jest z 1% spadkiem w kierunku studni zbiorczej S-1 lub kolektora odpływowego o średnicy \varnothing 200 mm. Odcieki z kwatery VIII, przeznaczonej na odpady przemysłowe, odprowadzane są do studni zbiorczej S-2, a następnie przepompowywane do zbiornika retencyjnego na odcieki z kwatery przeznaczonej na odpady przemysłowe. Odcieki z kwatery I ujmowane są poziomym i pionowym drenażem. Ciągi drenażowe wykonane z PCV o średnicy \varnothing 90 mm, połączone są do zbieracza (\varnothing 150 mm). Zbieracz ułożony jest ze spadkiem w kierunku południowo-wschodnim narożnika kwatery II. W części, w której deponowane są odpady niebezpieczne zawierające azbest zbudowany jest pionowy drenaż wykonany z perforowanych rur PE o średnicy \varnothing 110 mm, łączący tę część z częścią przeznaczoną na składowanie odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (odpady komunalne). Odcieki ze studni zbiorczych przepompowywane zostają do zbiorników retencyjnych, skąd okresowo zużyte zostają do zraszania składowiska. Odcieki z kwater składowiska przeznaczonych na odpady komunalne od I do VII, ujmowane drenażem, spływają grawitacyjnie do studni zbiorczej zlokalizowanej w północnej części składowiska. Studnia jest szczelna, wykonana z kręgów betonowych, jej średnica wynosi 2 m, głębokość 17 m. W studni zabudowana jest pompa zatapialna, sterowana ręcznie, która przetłacza odcieki do zbiornika retencyjnego odcieków zlokalizowanego obok studni zbiorczej. Zbiornik wykonany jest jako szczelny, monolityczny o konstrukcji betonowej, o wymiarach: długość 5 m, szerokość 4 m i głębokość 5 m. W zbiorniku zabudowana jest pompa zatapialna, która tłoczy odcieki do instalacji zraszającej odpady zdeponowane na składowisku lub do rurociągu odprowadzającego odcieki do przepompowni „ZGODA” zlokalizowanej poza teren składowiska, będącej w zarządzie Chorzowsko-Świętochłowickiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji z Chorzowa (odbiorcy odcieków). Rurociąg odprowadzający odcieki wykonany jest z rur PCV o średnicy \varnothing 90 mm, ułożony w ziemi. Pomiar ilości odprowadza-

nych odcieków prowadzony jest za pomocą przepływomierza, zabudowanego w studni pomiarowej [2, 8, 9].



Rys. 2. Studnia zbiorcza [2]



Rys. 3. Studnia odgazowująca [2]

6. Ujęcie gazu

Na terenie składowiska gaz ujmowany jest studniami odgazowującymi, które docelowo zaprojektowano w sposób umożliwiający ich zbiorcze połączenie. Studnie odgazowujące zakładane są równoległe do postępu prac eksploatacyjnych na składowisku odpadów. W pierwszym etapie zabudowano 19 studni. Docelowo przewiduje się zainstalowanie 32 studni. Studnie odgazowujące wykonane zostały z perforowanych rur o \varnothing 150 mm z PEHD, które obsypywane zostały żwirem do szerokości \varnothing 800 mm i ograniczone betonową lub stalową rurą ciągu. Każda studnia jest zakończona głowicą podłączoną do rury odciągającej.

W celu ujęcia biogazu z drenażu odcieków przewidziano zabudowę po jednej studni od samego dna czaszy, znajdującej się w pobliżu poszczególnych ciągów drenażu. Natomiast pozostałe studnie zabudowane zostały w trakcie eksploatacji od 1/3 wysokości przewidywanej miąższości odpadów na podłożu zagęszczonym z materiałów mineralnych. Studnie podwyższano w miarę postępu prac związanych z deponowaniem odpadów, do momentu osiągnięcia założonej, docelowej miąższości, czyli pod górną warstwę rekultywacji. Studnie odgazowujące zamontowano na żelbetonowych płytach drogowych o wymiarach $3 \times 1,5 \times 0,15$ m.

Aktywny sposób odgazowania składowiska umożliwia odsysany ze składowiska gaz spalany w zainstalowanej pochodni biogazu. Instalacja do pozyskiwania biogazu składa się z następujących elementów: kontenerowej stacji biogazu, która zapewnia podłączenie studni gazowych do odwadniacza, następnie poprzez

odcinek regulacyjno-pomiarowy z kolektorem zbiorczym, wyposażonym w manometr; przewidziano 26 rurociągów o średnicy 50 mm doprowadzających biogaz, kontenerowej stacji ssawy biogazu – stacja przesyłu biogazu oraz pochodni wolnostojącej, wykonanej ze stali kwasoodpornej o wysokości ok. 5 m, o przewidywanej wydajności $50 \div 250 \text{ Nm}^3/\text{h}$ i ciśnieniu $15 \div 30 \text{ mba}$ [7, 9].



Rys. 4. Pochodnia do spalania gazu



Rys. 5. Kontenerowa stacja biogazu [2]

7. Budowa składowiska w Świętochłowicach

Składowisko zostało zaprojektowane jako obiekt podziemowo-nadziemowy składający się z ośmiu kwater. Kwatery I–VII przeznaczone zostały do składowania odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (m.in. niesegregowane, zmieszane odpady komunalne) a kwatera VIII do składowania odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne (odpady przemysłowe). Na terenie kwatery nr I w 2001 roku wydzielono kwaterę do składowania odpadów niebezpiecznych zawierających azbest. Eksploatację tej kwatery zakończono pod koniec 2007 roku. Z dniem 19 stycznia 2009 roku Decyzją Marszałka Województwa Śląskiego znak 158/OS/09 uzyskano zgodę na zamknięcie kwatery azbestowej. Zarządca przewiduje wydzielenie drugiej kwatery na odpady niebezpieczne zawierające azbest w pozostałej części I. kwatery oraz w kwaterze VI. Kwatera nr VIII podzielona została na pięć odrębnych subkwatery, gdzie składowane są selektywne odpady inne niż niebezpieczne. W danej subkwaterze tworzone są groble dzielące poszczególne subkwatery. Gospodarka odpadami obejmuje: zagospodarowanie zmieszanych odpadów komunalnych o kodzie 20 03 01 celem ich przetworzenia mechanicznego w instalacji sortowni, zagospodarowanie odpadów zbieranych selektywnie poprzez poddanie ich procesowi odzysku, przetwarzanie odpadów wysegregowanych ze zmieszanych odpadów komunalnych w instalacji sortowni

w celu przygotowania ich do dalszego procesu odzysku (sortowanie, belowanie, doczyszczanie), odzysk organicznych odpadów zebranych selektywnie w procesie biologicznego przetwarzania (kompostownia kontenerowa), magazynowanie odpadów wielkogabarytowych i niebezpiecznych wyselekcjonowanych ze zmieszanych odpadów komunalnych oraz zebranych w ramach funkcjonowania Gminnego Punktu Zbiórki Odpadów Niebezpiecznych i Wielkogabarytowych, unieszkodliwianie poprzez składowanie odpadów pozostałych po procesie sortowania oraz odpadów innych niż komunalne.

Technologia składowania odpadów komunalnych obejmuje: rozładunek odpadów w pobliżu miejsca ich składowania, warstwowe rozplantowanie odpadów po powierzchni kwater z wykorzystaniem spycharki gaśnicowej lub kompaktora do grubości 2,0 m, zagęszczanie każdej warstwy rozplantowanych odpadów za pomocą kompaktora, wykonywanie warstwy przekładkowej z materiału inertnego, o grubości 30 cm, przeznaczonych do odzysku, częściowe magazynowanie odpadów wykorzystywanych do wykonywania warstwy przekładkowej na terenie czasowo nieeksploatowanych kwater składowiska.

Proces odzysku stanowi proces ręcznego i mechanicznego sortowania odpadów w sortowni zmieszanych odpadów komunalnych. Zmieszane odpady dostarczane są na platformę przyjęć znajdującą się w hali sortowni o powierzchni 204,6 m². Następnie, za pomocą ładowarki kołowej, odpady dostarczane są na przenośnik kanałowy (poziomo wznoszący). Z przenośnika kanałowego odpady są kierowane na przenośnik wznoszący do sita bębnowego. W sicie bębnowym o średnicy 3000 mm i długości 7000 mm następuje oddzielenie frakcji podsitowej, tzn. odpadów innych niż wymienione z mechanicznej obróbki odpadów).



Rys. 6. Platforma przyjęć w hali sortowniczej [2]

Fracja podsitowa (0–80 mm) odebrana zostaje przez przenośnik, skąd kierowana jest do boksu hali, w którym znajduje się drugie sito wydzielające frakcję składającą się z minerałów jak: piasek, kamienie, 0–20 mm. Nadsitowa frakcja odpadów trafia na przenośnik sortowniczy, następnie do kabiny sortowniczej, w której ma miejsce ręczne sortowanie odpadów. Za kabiną sortowniczą umiejscowiony jest separator magnetyczny, wydzielający odpady złomu. Poniżej kabiny sortowniczej umiejscowione są cztery boksy z kontenerami, do których kierowane są odpady wysegregowane ręcznie. Pozostała część, za pomocą przenośnika kanałowo-wznoszącego, kierowana jest do prasy belującej.



Rys. 7. Kabina sortowania manualnego



Rys. 8. Kontener odpadów po sortowaniu [2]



Rys. 9. Miejsce składowania posortowanych odpadów



Rys. 10. Prasa belująca [2]

W obrębie terenu składowiska zlokalizowana jest kompostownia kontenerowa typu KNEER. Przeznaczona jest ona do kompostowania odpadów organicznych pochodzących z terenów zielonych obejmujących wycinki drzew i krzewów, zbiory liści, trawy, a także osadów ściekowych. Maksymalna zdolność przerobowa kompostowni wynosi 3000 Mg w skali roku [7, 9].

Układ technologiczny kompostowni obejmuje: 8 kontenerów intensywnego kompostowania o pojemności 25 m³ każdy, kontener biofiltra, kontener stacji dmuchaw powietrza i zbiornika odcieków, kontener obsługi z centralą sterowania. Biofiltr wykonany jest jako konstrukcja spawana dwuścienna, izolowana termicznie z podłogą napowietrzania, specjalnie dla kontenerów służących do doprowadzania butwienia. Pokrywa biofiltra jest wyposażona w wyciąg kominowy dla zdezodoryzowanego powietrza wychodzącego. Otwieranie bądź zamykanie pokrywy następuje za pomocą układu hydraulicznego. Drzwi, służące do opróżniania, otwierane są lub zamykane za pomocą zamknięć szybkococujących. Jednorazowo do kontenera biofiltra może być załadowywane 20 m³ materiału wejściowego, czas przebywania którego wynosi 0,5–1 roku w zależności od obciążenia.

8. Aparatura kontrolno-pomiarowa składowiska

1. Aparatura kontrolno-pomiarowa odcieków odprowadzanych ze składowiska. Pomiar ilości odprowadzanych odcieków do urządzeń kanalizacyjnych odbiorcy (ChŚPWik w Chorzowie) prowadzony jest za pomocą przepływomierza irygacyjnego, przeznaczonego do pomiaru ilości przepływającej wody zanieczyszczonej o temperaturze do 50°C i ciśnieniu roboczym do 1,6 Mpa. Zainstalowane urządzenie to przepływomierz irygacyjny typu WI 65-02 Ø 65 mm, maks. roboczy strumień przepływu 50 m³/h o dopuszczalnym obciążeniu miesięcznym 21 600 m³. Lokalizację studni pomiarowej z zabudowanym przepływomierzem przedstawia schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych.
2. Sieć piezometrów (wody podziemne).
Stan jakości wód podziemnych w rejonie lokalizacji składowiska jest monitorowany przez analizę wód pobieranych z piezometrów badawczych, tj.:
 - piezometr P-1 – usytuowany na południe od składowiska przy utwardzonej drodze lokalnej, kilkanaście metrów od brzegu stawu „Edward”,
 - piezometr P-2 – usytuowany w zachodniej części terenu składowiska,
 - piezometr P-3 – usytuowany na wschód od składowiska na obrzeżu bocznic kolejowej – ArcelorMittal.
3. Waga samochodowa.
Waga samochodowa nieautomatyczna, elektroniczna, hybrydowa, typ: RPT 94240, powierzchnia płyty ważenia: 37,5 m², nośność: 50 t.
4. Punkt pomiaru biogazu.
Przepływomierz biogazu zabudowany jest na rurociągu zbiorczym w pomieszczeniu ssawy biogazu.
5. Punkt pomiaru opadów atmosferycznych.
Pluwiometr (deszczomierz) zlokalizowany jest przy bramie wjazdowej składowiska w jego południowo-wschodniej części.
Prowadzony na składowisku monitoring, realizowany w fazie eksploatacyjnej ma na celu kontrolę jakości środowiska w jego otoczeniu.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 9 września 2002 roku w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. 02. 220. 1858 ze zm.) regularnie dokonywane są: pomiary poziomu zwierciadła wody w piezometrach, pomiary podstawowych parametrów fizykochemicznych wód odciekowych i podziemnych (temperatura, pH, przewodność elektryczna właściwa PEW, analiza chemiczna próbek wód podziemnych i odciekowych w zakresie obejmującym oznaczenie: indeksu chemicznego zapotrzebowania tlenu ChZT_{Cr}, Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, NH₄, Zn, Cd, Cu, Pb, Ni, Cr, Hg, ogólnego węgla organicznego OWO, biochemicznego zapotrzebowania tlenu BZT₅, sumy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA:

- oznaczenie w próbkach wód odciekowych azotu ogólnego, fosforu ogólnego, As, indeksu fenolowego, cyjanków, fluorków (raz w roku),
- pomiar emisji gazu składowiskowego z kolektora zbiorczego w zakresie: metanu, dwutlenku węgla oraz tlenu.

W ramach kontroli środowiska wodnego w rejonie składowiska odpadów każdego roku pobiera się cztery serie próbek wód odciekowych i podziemnych zgodnie z metodyką zawartą w Polskich Normach: PN-EN ISO 5667-1: 2008, PN-EN ISO 5667-3: 2005, PN-EN ISO 5667-10: 1997, PN-EN ISO 5667-11: 2004, PN-EN ISO 5667-18: 2004.

Analizę fizykochemiczną próbek wód i ścieków wykonano w akredytowanym Centralnym Laboratorium „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o. Wykonano również pomiar głębokości zwierciadła wód, pomiary terenowe temperatury, odczynu pH, przewodności elektrycznej właściwej PEW.

Na składowisku, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska z 9 grudnia 2002 r. w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów (Dz.U. 02. 220. 1858 z późn. zm.) oraz Decyzją Marszałka Województwa Śląskiego z 14 czerwca 2010 r. zatwierdzającą instrukcję eksploatacji składowiska odpadów w Świętochłowicach, dokonywano regularnych (raz w miesiącu) pomiarów składu i emisji gazu składowiskowego w kontenerowej stacji zbiorczej biogazu. Ponadto, w celu realizacji pełnych badań monitoringowych, w IV kwartale każdego roku dokonana zostaje kontrola struktury składowanych odpadów oraz osiadania powierzchni składowiska i stateczności jego zboczy. Poboru próbek i określenia wagowo masy wyodrębnionych składników w poszczególnych frakcjach dokonuje się zgodnie z normami: BN-87/9103-03, BN-87/9103-04.

Raz na dwa lata dodatkowo wykonuje się pomiary poziomów dźwięku przenikającego do środowiska. Wyznaczenia równoważnego poziomu dźwięku dokonuje się na podstawie zaleceń zawartych w aktach prawnych:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 4 listopada 2008 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz.U. Nr 206, poz. 1291),



Rys. 11. Punkty monitoringu [2]

- PN-N-01341:2000 Hałas środowiskowy. Metody pomiaru i oceny hałasu przemysłowego.

Lokalna sieć monitoringowa w rejonie składowiska obejmuje punkty:

1. wody odciekowe:
 - ZBO1 zbiornik wód odciekowych z kwater odpadów komunalnych,
 - woda odciekowa ze zbiornika wód odciekowych z kompostownika,
2. wody podziemne: piezometry P-1, P-2, P-3,
3. kontrola osiadania powierzchni składowiska: od Rp.p. – 1 do Rp.p. – 3
4. kontrola stateczności zboczy składowiska: dwie linie punktów pomiarowych.

9. Jakość wód odciekowych w latach 2005–2012 na składowisku w Świętochłowicach

Ocena jakości wód odciekowych przeprowadzona została na podstawie: wykazu dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń w wodach odciekowych wprowadzanych do zbiornika retencyjnego przy pompowni „ZGODA”.

Na przestrzeni lat 2005–2011 stwierdzono okresowe wahania poziomu mineralizacji w próbkach wód odciekowych. Widoczne jest jednak stałe podwyższenie stężeń rozpuszczonych substancji mineralnych, powodujących wysokie przewodnictwo, nawet czterokrotnie przewyższające dopuszczalne. Nie odnotowano natomiast wzrostu stężenia metali ciężkich, dla których nie zostały przekroczone wartości dopuszczalne, przy jednoczesnym spadku stężenia Cr, którego wartość

wynosiła w roku 2011 – 0,219 mg/dm³. Porównując wyniki badań z danymi odnotowanymi w pierwszym (1994) i szóstym (1999) roku po uruchomieniu składowiska zauważalny jest wyraźny spadek wartości BZT₅ oraz ChZT_{Cr}.

Odcieki z tzw. młodych składowisk (wiek zdeponowanych odpadów nie przekracza 3 ÷ 5 lat) charakteryzują się dużymi wartościami ChZT i BZT₅, które stanowią miarę zawartości związków organicznych, będących częściowo produktami kwaśnej fazy fermentacji metanowej odpadów, a częściowo wymytymi składnikami zanieczyszczeń z samych odpadów. Wraz z wydłużaniem czasu składowania odpadów ilość związków organicznych ulega zmniejszeniu na skutek postępującego rozkładu frakcji organicznej. Wartości ChZT i BZT₅ maleją, jednak zmiany te nie są równomierne, ponieważ ubywa w odpadach substancji łatwo rozkładalnych, a pozostają substancje trudno rozkładalne. Odcieki z roku 1994 charakteryzowały się również słabo kwasowym odczynem (6,38 pH), typowym dla „młodych” składowisk, zawierających wysoki ładunek związków organicznych. W roku 2012 odczyn kształtował się na poziomie 7,76–8,15. Podobnie jak w badaniach z roku 2012, w próbkach odcieków z początkowych lat eksploatacji wśród kationów dominował Na (1072 mg/dm³) oraz K (700 mg/dm³) przy zdecydowanie niższym stężeniu Ca (63 mg/dm³). Na przestrzeni lat 2009–2011 widoczny jest natomiast stały wzrost stężenia tych kationów. Metale ciężkie takie jak Zn, Cd, Cu, Pb, Ni, Cr⁺⁶, Hg, As oznaczano w badanych próbkach w nieznacznych ilościach rzędu setnych i tysięcznych części mg/dm³ lub w stężeniach poniżej zakresu oznaczalności aparatury pomiarowej. Wartość sumy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych WWA na przestrzeni lat eksploatacji składowiska mieściła się poniżej zakresu oznaczalności aparatury pomiarowej.

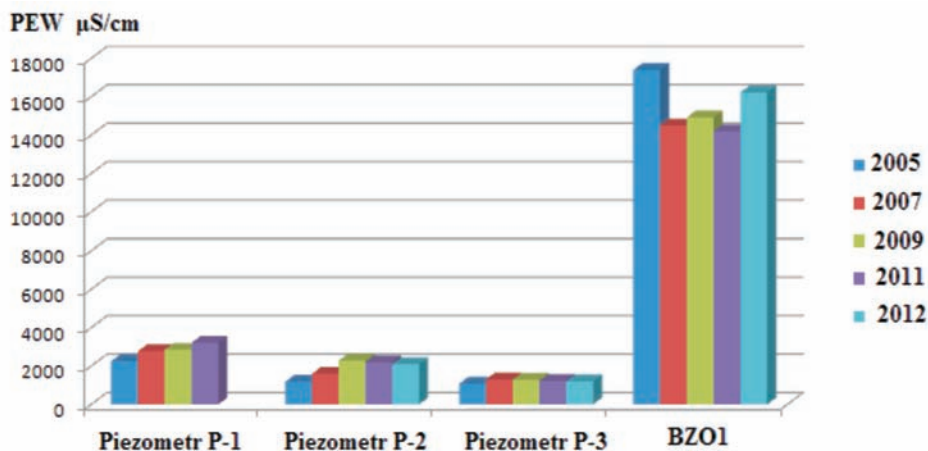
10. Jakość wód podziemnych w latach 2005–2012

Oceny jakości próbek wód podziemnych, w poszczególnych punktach kontrolnych, dokonano w oparciu o wytyczne rozporządzenia Ministra Środowiska z 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U. 08.032. 0284). Podstawą określenia klasy jakości wód są wartości graniczne elementów fizykochemicznych jakości wody, które określa rozporządzenie.

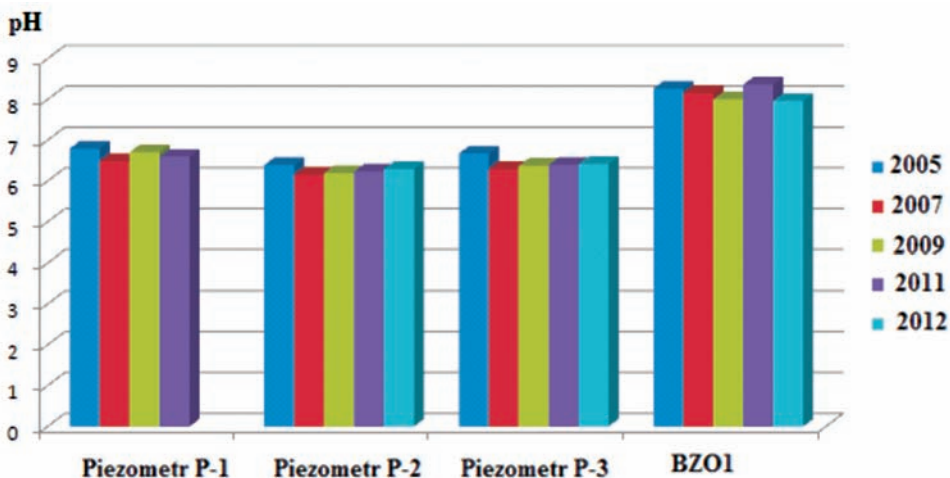
Badane próbki wód podziemnych pobranych z P-1, P-2 i P-3 na przestrzeni lat 2007–2011 charakteryzowały się ustalonym stanem chemicznym, bez znaczących zmian poziomu mineralizacji i stężeń głównych badanych wskaźników. Nie stwierdzono wyraźnego wzrostu przewodności elektrolitycznej właściwej PEW, a także ogólnego węgla organicznego OWO oraz indeksów BZT₅ i ChZT_{Cr} – wskaźników charakterystycznych w wysokich stężeniach dla wód odciekowych ze składowisk odpadów komunalnych. Wyniki badań przeprowadzonych w roku 1999 oraz 2005 wykazały również zbliżony charakter wód podziemnych i powierzchniowych, wskazujący na wzajemne powiązanie hydrauliczne oraz możliwość oddziaływania na wody odpadów hutniczych, zdeponowanych w tym

rejonie. Przemysłowy charakter terenu graniczącego z obszarem składowiska od strony zachodniej (teren huty „Pokój” SA, KWK „Pokój” SA), liczne torowiska od strony północnej, poflotacyjny zbiornik Staw Edward oraz lokalne drogi o silnym natężeniu ruchu, przyczyniają się niewątpliwie do zmiany właściwości gleb, a co za tym idzie również wpływają na jakość wód podziemnych [7, 9].

Zmienność przewodności elektrycznej właściwej PEW oraz odczynu pH w latach 2005–2012 dla wód podziemnych w piezometrach P-1, P-2, P-3 oraz wód odciekowych ze zbiornika odcieków komunalnych ZBO1 przedstawiają poniższe wykresy.



Rys. 12. Zmienność PEW w próbkach odcieków oraz wód podziemnych składowiska odpadów w Świętochłowicach w latach 2005–2012

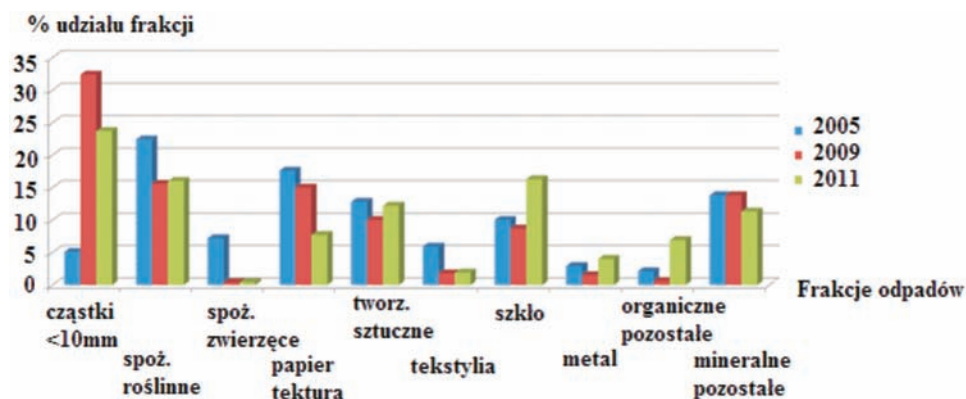


Rys. 13. Zmiany pH odcieków oraz wód podziemnych składowiska odpadów w Świętochłowicach w latach 2005–2012

Źródło: opracowanie na podstawie wyników badań próbek odcieków oraz wód podziemnych ze składowiska odpadów w Świętochłowicach w poszczególnych latach.

11. Kontrola struktury składowanych odpadów w latach 2005–2012

Według stanu na grudzień 2011 roku, powierzchnia odpadów zdeponowanych na składowisku odpadów w Świętochłowicach wynosiła 1,60 ha. W stosunku do grudnia 2009 roku powierzchnia deponowanych odpadów nie uległa wyraźnej zmianie. Składowanie odpadów wraz z ich kompensacją odbywało się na już użytkowanej części składowiska. Na przestrzeni lat ze składowiska pobiera się średnią laboratoryjną próbkę odpadów, z której wydziela się próbkę badaną o masie 5 kg. Za pomocą odpowiednich sit próbka rozdzielana jest na frakcje < 10 mm oraz > 10 mm. Z mieszaniny cząstek o wielkości większej lub równej 10 mm wyodrębniane są poszczególne składniki. Wyniki analizy frakcyjnej oraz morfologicznej odpadów przebadanych w latach 2005, 2009 i 2011 przedstawia rys. 14.



Rys. 14. Procentowy udział poszczególnych frakcji odpadów

12. Pomiary poziomów dźwięku w 2011 roku

Tabela 1. Tabela zestawienia wartości równoważnego poziomu dźwięku

Punkt pomiarowy	Cykle pomiarowe	Poziom emisji skorygowany uwzględniający wpływ tła akustycznego [dB]	Czas oddziaływania źródła [min]/czas odniesienia	Poziom równoważny dźwięku LAeq [dB]	Niepewność pomiaru [dB]	Przekroczenia [dB]
PP 1 dzień (H00255)	Praca instalacji, wys. pom. 4,0 m ±0,2	39,6	do 360 min/8 h czasu T	38,4	±1,8	–
PP 2 dzień (H00256)	Praca instalacji, wys. pom. 4,0 m ±0,2	40,2	do 360 min/8 h czasu T	38,9	±1,9	–

Źródło: opracowanie na podstawie: Pomiarów poziomów dźwięku przenikającego do środowiska ze składowiska odpadów w Świętochłowicach, Katowice 2011.

Interpretacji wyników dokonano poprzez porównanie ich z wartościami dopuszczalnych poziomów hałasu (od 40 do 55 dB w zależności od strefy) w środowisku, określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z 14 czerwca 2007 roku w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. nr 120, poz. 826).

Na podstawie analizy porównawczej wyników pomiarów i wartości dopuszczalnych dla terenów mieszkalno-usługowych oraz rekreacyjno-wypoczynkowych, w 2011 roku nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu. Wykonane na rok przed rozpoczęciem eksploatacji składowiska (1992) badania prognozujące uciążliwość akustyczną wykazały, iż urządzenia nieposiadające dodatkowych zabezpieczeń przeciwhałasowych będą źródłem uciążliwości akustycznej zarówno dla ogródków działkowych, jak i sąsiedniego osiedla mieszkalnego. Zalecano wyposażenie ich w tłumiki akustyczne. Pomiary przeprowadzone w latach 1994–1998 tylko w jednym przypadku wskazały przekroczenie określonej dla danego terenu wartości poziomu dźwięku na granicy zabudowy mieszkaniowej. Wykonawcy badań nie wskazali we wnioskach składowiska jako źródła nadmiernego hałasu, wykazując znaczny wpływ na wyniki badań oddziaływania hałasu komunikacyjnego [8, 9].

13. Wnioski

Analiza wyników badań przeprowadzonych w latach 2005–2012 w ramach monitoringu składowiskowego oraz obserwacje dokonane w rejonie składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Świętochłowicach mogą stanowić podstawę następujących wniosków:

1. Ocena warunków środowiskowych terenu składowiska i jego okolic potwierdza słuszność lokalizacji składowiska odpadów w Świętochłowicach na obszarze pozbawionym walorów krajobrazowych oraz silnie zdegradowanym działalnością antropogeniczną.
2. Składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Świętochłowicach zaprojektowano z uwzględnieniem wymaganych zabezpieczeń.
3. W wodach podziemnych z piezometrów znajdujących się w strefie potencjalnego wpływu składowiska odpadów w Świętochłowicach nie stwierdza się znaczącego wzrostu wskaźników charakterystycznych w wysokich stężeniach dla wód odciekowych.
4. Analiza zastosowanych rozwiązań budowlano-technologicznych w systemie drenażu składowiskowego oraz prowadzenie kontrolowanego odbioru wód odciekowych ograniczyło do minimum możliwość oddziaływania składowiska odpadów na wody podziemne.
5. Szybkie i całkowite spalanie gazu składowiskowego ujmowanego w pochodni chroni środowisko naturalne przed emisją metanu i innych szkodliwych gazów.

6. Nie stwierdza się przekroczenia dopuszczalnych poziomów hałasu dla terenów mieszkalno-usługowych oraz terenów rekreacyjno-wypoczynkowych sąsiadujących z obszarem, na którym zlokalizowane jest składowisko odpadów w Świętochłowicach.

Literatura

- [1] Biedugnis S., Smolarkiewicz M.: Zarządzanie gospodarką odpadami komunalnymi w skali mikro- i makroregionalnej, Wyd. PAN, Warszawa 2003.
- [2] Ćwiklińska M.: Zagrożenia związane z gospodarką odpadami komunalnymi na przykładzie składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Świętochłowicach, Praca inżynierska, SGSP, Warszawa 2013.
- [3] Holtzer M., Grabowska B.: Podstawy ochrony środowiska z elementami zarządzania środowiskowego, Wyd. AGH, Kraków 2010.
- [4] Hryb W.: Sortowanie odpadów w Polsce – stan obecny i kierunki rozwoju, *Ochrona powietrza i problemy odpadów* 2011, nr 4.
- [5] Instrukcja eksploatacji składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Świętochłowicach, MPGK, Świętochłowice 2010.
- [6] Kulig A., Lelecińska-Serafin K.: Oddziaływanie zapachowe zakładów gospodarki odpadami komunalnymi w Polsce – badania inwentaryzacyjne, *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 2011 nr 1.
- [7] Kwiatkowski T., Żygadło M.: Analiza stanu składowisk odpadów komunalnych w województwie świętokrzyskim w świetle wyników przeglądu ekologicznego, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego* 2011 nr 12.
- [8] Pomiary poziomów dźwięku przenikającego do środowiska ze składowiska odpadów w Świętochłowicach, Katowice 2011.
- [9] Wykonania kompleksowych badań monitoringowych eksploatowanego składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne w Świętochłowicach (2005, 2007, 2009, 2011, 2012) Energopomiar Sp. z o.o., Gliwice.

Anna DMOCHOWSKA
Dariusz DMOCHOWSKI
Stanisław BIEDUGNIS
Mariusz SMOLARKIEWICZ

Preventing Environmental Risks Associated with Municipal Waste Disposal on the Example of the Landfill Site in Świętochłowice

The organic substances being the main element of permanent municipal wastes which undergo the biochemical changes have harmful environmental effects.

Only organized landfill sites sited in special areas considering the ecological, geological and technological criteria as well as means of protection such as the proofing, draining and degassing grids make the elimination of many ecological threats possible.

Depending on the nature of wastes and the landfill site water balance, the undergoing processes may be the source of the following emission : leachates, landfill site gases , stench, dust and noise.

The main aim of studies ,described in the article , was to identify the threats connected with functioning and operation of the object of municipal waste disposal on the example of the landfill site in Świętochłowice. The research was to evaluate the accuracy of landfill site place as well as construction and technological solutions aiming at minimalizing the harmful effects on environment. The article uses the monitoring research results carried on the landfill site as well as the observation results and data included in publications dealing with functioning of municipal waste disposal.

Keywords: municipal waste disposal, municipal landfill site.

SUMMARY