

Jerzy Machajski, Dorota Olearczyk

BILANS WODNY W OBRĘBIE SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH

WATER BALANCE WITHIN A MUNICIPAL WASTE DISPOSAL SITE

Streszczenie

W pracy przedstawiono postępowanie prowadzące do opracowania bilansu wodnego w obrębie składowiska odpadów innych niż niebezpieczne (komunalnych). Zwrócono uwagę na problematykę zasilania składowiska wodami pochodzącymi z opadów atmosferycznych oraz wymianę wilgoci w obrębie samego składowiska. Podkreślono ważną dla bilansu wód potrzebę uwzględniania wód powstających w procesach rozkładu gromadzonych na składowisku odpadów, ponadto wskazano potrzebę rozdziału wód na wody czyste i wody zanieczyszczone. Zwrócono uwagę na zmiany w bilansie wód, postępujące w miarę wypełniania składowiska odpadami. Związane jest to ze zdolnością sorpcyjną wilgoci złoża odpadów, z czego wynika pewna pojemność wodna odpadów zależna od udziału masy organicznej w odpadach oraz ich rozdrobnienia i zagęszczenia, która z kolei decyduje o szybkości infiltracji odcieków w podłoże składowiska. Pracę kończy podsumowanie, w którym podkreślono ważność i złożoność problematyki bilansowania wód w obrębie składowiska odpadów innych niż niebezpieczne, wynikającą z zachodzących procesów rozkładu i wymiany w obrębie zdeponowanych odpadów oraz postępującego procesu wypełniania składowiska, a tym samym zagęszczania powstałej bryły.

Słowa kluczowe: składowisko odpadów, bilans wodny składowiska, monitoring ilościowy i jakościowy wód

Summary

In the paper a procedure of parking out a water balance within a waste disposal site other than hazardous (municipal) is presented. An attention is paid to problem of supply of waste disposal site with waters from precipitation and resulting prob-

lem of moisture exchange within waste disposal site. It is emphasized a necessity of including in water balance a certain amount of water arising during decomposition processes of deposited wastes, moreover of water separation on pure and polluted one. Attention is paid also to changes in water balance, proceeding as disposal site is filled with wastes. It is related to moisture sorption ability of waste deposit, from which results a certain water capacity of waste mass dependent on share of organic matter in wastes and their size reduction and density, which will determined the leachate infiltration rate into base of waste disposal site. In recapitulation a significance and a complexity of water balancing problem, within a waste disposal site other than hazardous is emphasized, resulting from occurring decomposition and exchanging processes within deposited wastes and also from progressive filling up process of disposal site, thereby condensation of created lump.

Key words: waste disposal site, water balance, water quantity and quality monitoring

WPROWADZENIE

Potrzeba wykonywania bilansu wód w obrębie składowiska odpadów innych niż niebezpieczne (komunalne), wynika z planu gospodarki wodno-ściekowej, jaki należy wykonać w obrębie tego obiektu. W bilansie należy uwzględnić wszystkie rodzaje wód, jakie mogą wystąpić na terenie samego obiektu, jak i w najbliższym jego otoczeniu. Stanowi o tym zapis § 4 ust. 2 Rozporządzenia [2003] nakazujący przeprowadzenie badań hydrologicznych z uwzględnieniem m.in. inwentaryzacji wszystkich cieków powierzchniowych i wód penetrujących obszar planowanego składowiska odpadów i jego otoczenia, bilansu hydrologicznego ilości wód wchodzących i wychodzących ze składowiska odpadów w trakcie jego eksploatacji. Dotyczy to m.in. zestawienia średnich rocznych opadów z wielolecia, rocznej wielkości najwyższego opadu z okresu ostatnich 30 lat, określenia przypuszczalnej ilości wody zawartej w przewidzianych do składowania odpadach oraz jaka może być wchłonięta przez deponowane odpady, określenia wielkości parowania terenowego.

Podobną ocenę jak dla wód powierzchniowych należy przeprowadzić dla wód podziemnych z tym, że w tym przypadku bardziej interesuje nas poziom występowania oraz zmienność w skali roku zwierciadła wód gruntowych, kierunek oraz prędkość przepływu, warunki infiltracji wód opadowych i ewentualnie wód odciekowych w podłożu gruntowym, na którym planowane jest posadowienie składowiska.

Zagadnienie bilansowania wód w obrębie każdego składowiska odpadów jest zagadnieniem trudnym, bowiem wpływ na nie ma wiele czynników zmieni-nych w czasie eksploatacji obiektu oraz po jego zamknięciu (rekultywacji), zależnych od zastosowanej technologii deponowania odpadów, z wydzieleniem lub bez wydzielenia odpadów ulegających biodegradacji.

PODZIAŁ WÓD W OBRĘBIE SKŁADOWISKA ODPADÓW

Wody powierzchniowe w obrębie składowiska. Zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami [Ustawa... 2001; Rozporządzenie... 2003; Strategia... 2001], każde składowisko odpadów innych niż niebezpieczne (komunalnych), to zespół obiektów kubaturowych, place składowe, komory deponowania odpadów, place manewrowe i drogi dojazdowe. Dla każdego elementu składowiska wymagana jest budowa systemów odwodnienia powierzchniowego z podziałem przejmowanych wód na wymagające oczyszczenia (brudne) lub niewymagające oczyszczenia (czyste) przed zrzutem do odbiornika.

Wody powierzchniowe w obrębie składowiska odpadów to głównie wody pochodzące bezpośrednio z opadów atmosferycznych, jak i wody napływające z zewnątrz, z terenów otaczających składowisko. Większą wagę dla wód napływających z zewnątrz przykłada się dla składowisk typu podziemnego, mniejszą dla składowisk typu nadziemnego. W każdym jednak przypadku określenie ilości wód napływających z zewnątrz stanowi podstawę określenia rozwiązań i doboru parametrów systemu rowów opaskowych otaczających obiekt z zewnątrz, albo zamykających obwałowania i przechwytyjących wody spływające po ich skarpach. Wody te traktujemy jako wody czyste niewymagające oczyszczenia przed wprowadzeniem do odbiornika.

Wody opadowe przejmowane przez rynny i rury spustowe z obiektów kubaturowych, takich jak budynki administracyjno-biurowe, garaże na pojazdy mechaniczne, magazyny paliw i środków chemicznych, hale sortowni powinny być traktowane jako wody czyste, z odprowadzeniem bezpośrednio do odbiorników albo do zbiorników wody z przeznaczeniem na cele porządkowe, zraszania bryły odpadów, czy cele ochrony przeciwpożarowej. Z kolei wody opadowe przejmowane przez kratki wodościekowe z placów manewrowych i dróg dojazdowych, kompostowni, czy z wnętrza sortowni odpadów (spłukiwanie powierzchni wnętrza hali), myjni płytowej oraz brodzika dezynfekcyjnego należy traktować jako wody brudne, wymagające oczyszczenia przed zrzutem do odbiornika. Powinny one być gromadzone w specjalnie do tego celu wykonanym zbiorniku z okresowym wywozem na najbliższą oczyszczalnię ścieków.

Wody odciekowe. Wody odciekowe w obrębie składowiska odpadów powstają w dwojaki sposób: po pierwsze w procesie bezpośredniej infiltracji wód opadowych w bryłę zdeponowanych odpadów, po drugie zaś jako tzw. hydroliizat w procesie przemian biochemicznych rozpuszczalnych związków substancji odpadowej, najczęściej o charakterze organicznym [Poradnik... 2000]. W efekcie powstają silnie stężone wody odciekowe wymagające specjalistycznego traktowania. Ilość i skład odcieków, ponadto prędkość ich przemieszczania w obrębie zdeponowanych odpadów mogą być mocno zróżnicowane. Zależą one głównie od wieku składowiska, stopnia zagęszczenia i rozdrobnienia odpadów oraz zastosowanych technik deponowania [Kowalów 2000]. Odcieki, gromadząc

się na dnie komory deponowania odpadów, przy braku dostatecznego jej uszczelnienia, mogą infiltrować w głąb podłoża gruntowego, osiągając warstwę wodonośną, w obrębie której mogą być przenoszone nieraz na znaczne odległości. Wymaga to podjęcia działań dla takiego wykonania komory deponowania, aby odcieki odizolować od podłoża gruntowego [Kowalów 2000], co z kolei wymaga instalowania systemów drenażu nadfoliowego, przejmującego odcieki z wyprowadzeniem ich poza obręb komory deponowania do przygotowanego wcześniej zbiornika odcieków.

Wody odciekowe z uwagi na bardzo wysokie stężenie zanieczyszczeń należy traktować jako „brudne”, wymagające oczyszczenia na oczyszczalni ścieków przed wprowadzeniem do odbiornika.

Wody podziemne. Wody podziemne w obrębie składowiska odpadów to wody gruntowe, których obecność na terenie lokalizacji obiektu wynika z budowy geologicznej podłoża gruntowego i warunków infiltracji wód opadowych w podłoże. W obrębie składowiska odpadów wody te związane są głównie z położeniem zwierciadła wody gruntowej i ewentualnie jego zmiennością oraz warunkami filtracji tych wód, ważnymi z uwagi na możliwy transport zanieczyszczeń wynoszonych z niedokładnie zabezpieczonego składowiska. Obowiązujący wymóg sytuowania najniższego elementu konstrukcyjnego składowiska [Rozporządzenie... 2003] około 1,0 m powyżej maksymalnego poziomu wód gruntowych wymaga czasami budowy, tzw. drenaży podfoliowych. Przejmowana przez ten system woda gruntowa powinna być traktowana jako czysta, z możliwością bezpośredniego zrzutu do najbliższego odbiornika.

BILANS WÓD W OBRĘBIE SKŁADOWISKA ODPADÓW

Bilans wód w obrębie składowiska odpadów ma na celu określenie rozdziału wód w jego obrębie, z podziałem na wody powierzchniowe, wody opadowe i roztopowe, wody podziemne oraz wody odciekowe. Duże powierzchnie składowisk odpadów narażone są głównie na oddziaływanie opadów atmosferycznych. Znaczna część tych wód podlega procesowi parowania ściśle zależnemu od pory roku oraz od wilgotności powietrza. Pewna część wód opadowych spływa po powierzchni obwałowań formujących kwatery deponowania oraz po powierzchni terenu wokół składowiska, ale znajdującej się w jego obrębie. Pewna część opadów atmosferycznych wnika w bryłę składowiska utworzoną ze zdeponowanych odpadów. Jednym z istotnych problemów związanych z projektowaniem składowisk odpadów jest ilościowe określenie poszczególnych rodzajów wód, a na potrzeby racjonalnej gospodarki wodno-ściekowej w obrębie każdego składowiska odpadów również badania ich jakości. Na podstawie oceny ilościowej dobiera się parametry systemów przejmujących poszczególne rodzaje wód lub gabaryty obiektów czasowo przetrzymujących te wody,

z przeznaczeniem na różne, najczęściej lokalne potrzeby w obrębie danego składowiska. Natomiast na podstawie oceny jakościowej podejmuje się decyzje o skierowaniu danego rodzaju wód albo bezpośrednio do odbiornika, albo do zbiorników z okresowym ich przetrzymaniem przed wywozem na najbliższą oczyszczalnię ścieków [Kempa 1983].

Charakterystyka ilościowa wód opadowych. Charakterystykę ilościową wód opadowych w obrębie składowiska odpadów określa się korzystając z ogólnie dostępnych metod empirycznych bilansowania tych wód, stosowanych przy projektowaniu systemów odwodnienia powierzchniowego dróg, ulic czy placów. Metody te wykorzystują pojęcie deszczu miarodajnego o natężeniu wynikającym z założenia równości czasu trwania deszczu i czasu spływu pojedynczej cząstki deszczu z punktu położonego najdalej w stosunku do przekroju obliczeniowego. Formuła określająca tzw. odpływ sekundowy (Q_o) ze zlewni obliczeniowej ma postać:

$$Q_o = F q \psi \varphi; \text{ dm}^3 / \text{s} \quad (1)$$

gdzie:

- Q_o – odpływ sekundowy ze zlewni obliczeniowej, dm^3/s ,
- F – powierzchnia zlewni obliczeniowej; ha,
- ψ – współczynnik spływu dla zlewni obliczeniowej,
- φ – współczynnik opóźnienia odpływu,
- q – natężenie deszczu miarodajnego; $\text{dm}^3/\text{s ha}$.

Natężenie deszczu miarodajnego należy określać z następującej zależności:

$$q = \frac{A_q}{t_d^{2/3}}; \text{ dm}^3 / \text{s ha} \quad (2)$$

gdzie:

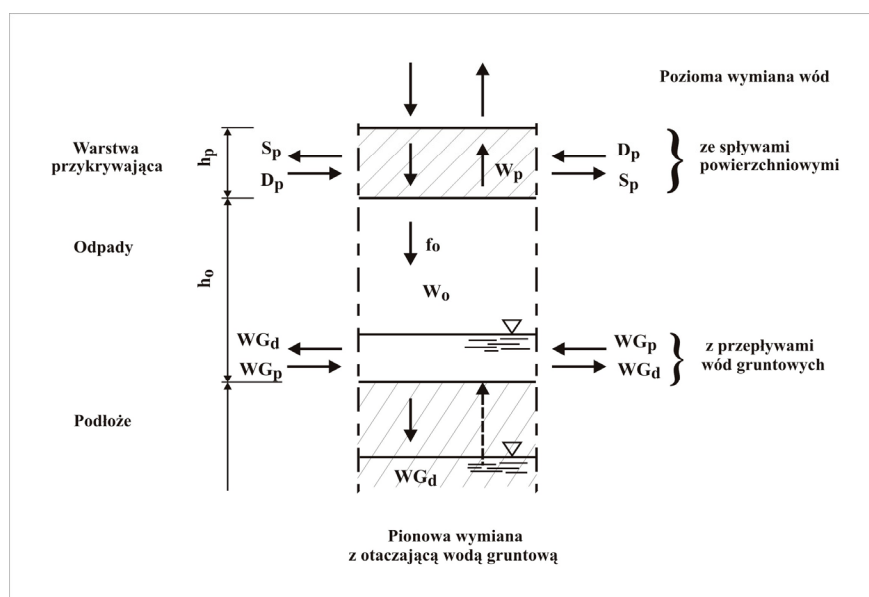
- A_q – parametr będący funkcją, $A_q = f(H, C)$,
- H – wysokość opadu atmosferycznego, średnia roczna z wielolecia dla danego terenu; mm,
- C – częstotliwość występowania deszczu o danym natężeniu, wynikająca z klasy ważności obiektu na potrzeby którego wymiarowany jest system odwodnienia powierzchniowego, z reguły $C = 1, 2, 5$ lub 10 lat,
- t_d – czas trwania deszczu miarodajnego; min.

Ponieważ powierzchnie zlewni przylegających do składowiska odpadów nie są z reguły duże, szczególnie biorąc pod uwagę powierzchnie dachów obiektów kubaturowych, czy powierzchnie dróg dojazdowych i placów manewrowych, zwykle nie oblicza się czasu trwania deszczu miarodajnego, tylko przyjmuje się go jako najkrótszy obliczeniowy czas równy $t_d = 10$ minut.

CHARAKTERYSTYKA ILOŚCIOWA WÓD ODCIEKOWYCH

Określenie ilościowe odcieków ze składowiska odpadów komunalnych jest równie istotne, jak i trudne do przeprowadzenia. Ilość odcieków [Strategia... 2001] jest bowiem ściśle zależna od szeregu czynników, takich jak: rodzaj odpadów deponowanych na składowisku, stopień ich rozdrobnienia, czasokres eksploatacji składowiska, a tym samym wiek odpadów (świeże i stare), technika składowania odpadów i ich wynikowy stopień zagęszczenia, ilość wód opadowych, warunki otoczenia, układ wysokościowy terenu, na którym zlokalizowane jest składowisko, kierunek spływu wód opadowych i roztopowych, sposób uszczelnienia czaszy składowiska, rodzaj roślinności pokrywającej wierzchovinę składowiska po jego zamknięciu i rekultywacji oraz warunki gruntowe.

W podejściu teoretycznym dostępny jest stosunkowo prosty model [Kempa 1983; Strategia... 2001], w którym rozważana jest wymiana wilgoci w dwóch kierunkach – poziomym i pionowym, przy równoczesnym założeniu braku drenażu i uszczelnienia dna komory deponowania odpadów oraz braku zamknięcia wierzchovinę składowiska po zakończonym procesie jego wypełniania. Schemat poglądowy bilansu wód w obrębie komory deponowania odpadów, przedstawiono na rysunku poniżej (rys. 1).



Rysunek 1. Bilans wodny składowiska odpadów – schemat poglądowy [Kempa 1983; Strategia... 2001]

Figure 1. Water balance of waste disposal – pictorial diagram [Kempa 1983; Strategia... 2001]

Stosownie do oznaczeń użytych na rys. 1, bilans wody rejonu deponowania odpadów danego składowiska można zapisać w sposób następujący:

– dla warstwy górnej wierzchołki składowiska, w postaci wyrażenia

$$H = P + S_p - D_p + \frac{dW_p}{dt} + f_o; \quad \text{mm} / \text{m}^2 \text{ d} \quad (3)$$

gdzie:

H – wysokość opadu atmosferycznego, średnia roczna z wielolecia dla danego terenu; mm,

P – wysokość parowania, średnia roczna z wielolecia dla danego terenu; mm,

S_p – spływ po powierzchni wierzchołki składowiska,

D_p – wielkość dopływu powierzchniowego (z przyległego terenu),

W_p – udział wody w warstwie przykrywającej składowisko, wynikający z jej zdolności sorpcyjnej (wilgotność właściwa \times wysokość warstwy odpadów); mm/m²,

t – czas; doba,

f_o – odpływ przecieków z warstwy przykrywającej składowisko do wnętrza komory deponowania – złoża odpadów; mm,

– dla warstwy dennej zdeponowanych na składowisku odpadów, w postaci wyrażenia:

$$f_o = \frac{dW_o}{dt} + WG_d - WG_p; \quad \text{mm} / \text{m}^2 \text{ d} \quad (4)$$

gdzie:

f_o – odpływ odcieków do podłoża,

WG_d – dopływ do wód gruntowych,

WG_p – pobór wód gruntowych,

W_o – zawartość wody w złożu odpadów

Postać wzoru nr 3 wskazuje na to, że ilość wody infiltrującej w złoża odpadów określa jednocześnie możliwy ilościowy odpływ odcieków ze złoża odpadów do podłoża gruntowego. Wskazuje jednocześnie jak ważne w bilansowaniu wód w obrębie kwater deponowania odpadów jest właściwe uszczelnienie dna i skarp kwatery.

Drugim, nie mniej ważnym elementem bilansu wodnego składowiska jest zdolność sorpcyjna wilgoci przez zdeponowane odpady. Tzw. świeże odpady mają stosunkowo duży stopień uwodnienia sięgający w momencie deponowania 40–50 %, są jednak w stanie wchłonąć jeszcze pewne ilości wody aż do osiągnięcia stanu pełnego nasycenia. Tym samym tzw. pojemność wodna masy odpadów zależy głównie od zawartości procentowej frakcji organicznej w całej

masie odpadów oraz od rozdrobnienia i zagęszczenia odpadów, decyduje o prędkości infiltracji wód odciekowych w podłoże gruntowe rejonu składowiska.

Należy podkreślić, że na potrzeby praktyki obliczeniowej, zwłaszcza w projektach systemów odwodnienia, korzysta się z obserwacji i doświadczeń na obiektach istniejących, stąd podane powyżej zależności upraszcza się często do postaci podanej poniżej [Kempa 1983; Strategia... 2001]:

$$Q_p = H - Q - P; \text{ mm} / \text{m}^2 \quad (5)$$

gdzie:

- Q_p – ilość odcieków,
- H – wysokość opadu średniego rocznego z wielolecia w przeliczeniu na jednostkę powierzchni składowiska,
- Q – wielkość odpływu powierzchniowego z jednostki powierzchni składowiska,
- P – wielkość parowania, przyjmowana jako część opadów atmosferycznych w przeliczeniu na jednostkę powierzchni składowiska.

Aktualnie obowiązujące w Polsce przepisy [Ustawa... 2001; Rozporządzenie... 2003] nakazują wykonywanie kwater deponowania odpadów przy założeniu ich uszczelnienia wielowarstwowymi przegrodami, zatrzymującymi w całości wody odciekowe we wnętrzu kwatery. Wymusza to stosowanie skutecznych systemów drenarskich przejmujących odcieki, a tym samym skutecznych metod określania ich ilości. Pozwala to na zapisanie równania bilansu gromadzenia odcieków na dnie składowiska w skali roku w następującej postaci [Stępnia 2008]:

$$Q_p = H - (P + S_p + S_s + W - K)$$

gdzie:

- H – wysokość opadów atmosferycznych średnia roczna z wielolecia; mm,
- P – wysokość parowania średnia roczna z wielolecia; mm,
- S_p – wielkość sływu powierzchniowego odcieków po skarpach przekryć; mm,
- S_s – wielkość sływu odcieków do systemu drenażu; mm,
- K – zawartość kondensatu wodnego w gazach wysypiskowych; mm,
- W – zawartość wody w odpadach zeskładowanych w kwaterze deponowania; mm.

W początkowym okresie eksploatacji składowisk odpadów odcieki swobodnie docierają do dna kwatery deponowania, wówczas ilość odcieków określić można z bardziej uproszczonej zależności:

$$Q_p = H - (P - W)$$

Na bazie obserwacji i pomiarów na obiektach istniejących należy podkreślić dużą zależność infiltracji odcieków w głąb złoża odpadów od stopnia zagęszczenia odpadów. Przyjmuje się też, że średnie ilości odcieków w stosunku do wysokości średniego rocznego opadu atmosferycznego w zależności od stopnia zagęszczenia odpadów wynoszą: 15–25 % wysokości opadów dla odpadów silnie zagęszczonych z użyciem np. kompaktora; 25–50 % wysokości opadów dla odpadów średnio zagęszczonych z użyciem np. spychacza.

Przykładowo, przyjmując średni roczny z wielolecia opad w wysokości $H = 800$ mm, objętość odcieków zgromadzona w ciągu roku na powierzchni 1 ha dna kwatery deponowania odpadów wyniesie:

$$- \text{ dla odpadów silnie zagęszczonych } Q_p = 0,800 \times 0,25 \times 10000 = 2000 \text{ m}^3$$

$$- \text{ dla odpadów średnio zagęszczonych } Q_p = 0,800 \times 0,50 \times 10000 = 4000 \text{ m}^3$$

W przeliczeniu na jedną dobę ilości odcieków wyniosą odpowiednio: dla odpadów silnie zagęszczonych $5,48 \text{ m}^3$, a dla odpadów średnio zagęszczonych $10,96 \text{ m}^3$.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że podane powyżej ilości odcieków dotyczą warunków średnich w skali całego roku. Projektowane systemy drenarskie przejmujące odcieki muszą być przygotowane na możliwość wystąpienia opadów atmosferycznych o charakterze nawalnym. Jest to szczególnie istotne w początkowym okresie eksploatacji, w warunkach możliwej swobodnej infiltracji wód opadowych przez warstwy odpadów o niedużej miąższości.

Przykładowo obliczono poniżej ilości odcieków dopływających w tej sytuacji do drenażu, dla przeciętnych danych wyjściowych: natężenie deszczu nawalnego o czasie trwania $t_d = 10$ minut – $q_{10} = 150 \text{ dm}^3/\text{s ha}$, częstotliwość występowania deszczu nawalnego $c = 1$ rok, współczynnik powierzchniowego spływu odcieków $\varphi = 0,25$, powierzchnia dna kwatery deponowania odpadów pokryta systemem drenów $A = 5$ ha, obliczeniowa wielkość opadu nawalnego, przyjęto $0,25 q_{10}$, a wyniki pokazano poniżej:

$$Q_p = \varphi \times q_{10} \times A \times 0,25 = 0,25 \times 150 \times 5 \times 0,25 = 46,875 \text{ dm}^3/\text{s}$$

W kolejnych latach eksploatacji składowiska, z uwagi na rosnące wypełnienie odpadami kwatery deponowania, ilość odcieków systematycznie maleje, również i ta pochodząca z deszczu nawalnych.

Należy podkreślić, że ilość odcieków w skali roku jest zmienna. Powstają one zwykle w okresie od listopada do kwietnia, z maksimum występującym w okresie grudnia. Okres suchy, w trakcie którego odcieki nie powstają, trwa najczęściej od maja do października. W aktualnie obowiązujących przepisach podkreśla się wymóg minimalizacji odcieków w obrębie każdej kwatery deponowania odpadów. Zaleca się [Kowalów... 2000] wykonywanie specjalistycznych zabiegów na etapie eksploatacji, jak i na etapie rekultywacji składowiska, takich jak:

- przykrywanie poszczególnych warstw deponowanych odpadów o miąższości nie przekraczającej 2,0 m warstwami odpadów nieaktywnych lub gruntu mineralnego,
- starannego układania i formowania poszczególnych warstw deponowanych odpadów z równoczesnym ich zagęszczaniem,
- wykonania odwodnienia powierzchni warstwy przykrywającej zdeponowane odpady,
- uszczelnienie wierzchowiny składowiska po zakończeniu jego eksploatacji,
- staranny wybór roślin przeznaczonych do posadzenia na wierzchowinie składowiska w procesie końcowym prac rekultywacyjnych składowiska.

Charakterystyka ilościowa wód podziemnych. Charakterystyka ilościowa wód podziemnych dotyczy głównie określenia tzw. zasobów dynamicznych tych wód w obrębie terenu, na którym projektowane jest składowisko odpadów. Charakterystyka dotyczy głównie wód gruntowych, a więc uzależnionych głównie od zasilania opadami atmosferycznymi na przyległym do składowiska terenie. Ilość tych wód można określić z uproszczonej zależności w postaci:

$$q_d = h_w \cdot k_f \cdot I; \quad \text{m}^3/\text{s mb}$$

gdzie:

- q_d – dopływ jednostkowy na 1 mb szerokości podstawy terenu składowiska,
- h_w – miąższość warstwy wodonośnej w obrębie składowiska,
- k_f – średnia wartość współczynnika filtracji; m/s,
- I – lokalny gradient hydrauliczny zwierciadła wody gruntowej w obrębie składowiska.

Charakterystyka ilościowa wód podziemnych w obrębie składowiska odpadów jest przeprowadzana w sytuacji wymaganego określenia możliwej migracji zanieczyszczeń wynoszonych ze składowiska, poprzez niedokładnie uszczelnione jego podłoże.

MONITORING WÓD W OBRĘBIE SKŁADOWISK ODPADÓW

Monitoring ilościowy. Bilans wód w obrębie składowiska odpadów powinien zostać określony na etapie realizacji prac projektowych. Tym samym zadaniem monitoringu ilościowego wód [Rozporządzenie... 2002] jest potwierdzenie określonych ilości każdego wymienionego powyżej rodzaju wód.

Monitoring jakościowy. Bilans wód w obrębie składowiska prowadzony jest między innymi na potrzeby realizacji monitoringu jakościowego wód [3], którego celem jest określenie wpływu obiektu na środowisko w trakcie jego

eksploatacji oraz po zamknięciu. Szczególnie istotny jest wpływ wód odciekowych na wody gruntowe, w powiązaniu z ewentualną szybkością rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń wnoszonych z wodami do gruntu.

PODSUMOWANIE

Prawidłowo wykonany bilans wód składowiska odpadów innych niż niebezpieczne (komunalnych), stanowi często o wyborze rodzaju i parametrów systemów pozwalających nie tylko na przejście wszystkich rodzajów wód występujących w obrębie składowiska, ale również na kontrolę ich możliwego oddziaływania na otoczenie, głównie wody podziemne. Niestety bardzo trudno jest w sposób jednoznaczny określić ilościowo każdy rodzaj wód, szczególnie związany z przenikaniem wód opadowych w głąb złoża zdeponowanych odpadów. Wpływ na to ma wiele czynników zmiennych w czasie i zależnych m.in. od rodzaju deponowanych odpadów oraz od miejsca lokalizacji obiektu.

Zwykle w obliczeniach praktycznych korzysta się ze wzorów uproszczonych albo danych wskaźnikowych opracowanych na bazie badań i pomiarów realizowanych na istniejących obiektach, zdając sobie jednak sprawę z możliwego do popełnienia błędu wynikającego z braku analogii dwóch z pozoru tylko podobnych obiektów. Stąd dobierając na bazie określonych ilości wód parametry systemów odwodnieniowych, przyjmuje się zwykle wartości maksymalne, dążąc jednocześnie w trakcie eksploatacji obiektu do ich minimalizacji poprzez rygorystyczne spełnianie wszystkich aktualnie obowiązujących wymogów eksploatacyjnych.

BIBLIOGRAFIA

- Kempa E. S. *Gospodarka odpadami miejskimi*. Wydawnictwo Arkady. Warszawa 1983.
- Strategia gospodarki odpadami komunalnymi*. Praca zbiorowa pod redakcją Marii Żygadło. Polskie Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych. Poznań 2001.
- Kowalów M. *Wpływ zabezpieczeń inżynierskich na zmianę hydraulicznych warunków filtracji ze składowisk odpadów*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej. Katedra Geotechniki. Szczecin 2000.
- Poradnik. Metody badania i rozpoznawania wpływu na środowisko gruntowo – wodne składowisk odpadów stałych. Ministerstwo Środowiska. Departament Geologii. Warszawa 2000.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2002 roku w sprawie zakresu, czasu, sposobu oraz warunków prowadzenia monitoringu składowisk odpadów*. Dz. U. Nr 220/2002, poz. 1858.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 marca 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących lokalizacji, budowy, eksploatacji i zamknięcia, jakim powinny odpowiadać poszczególne typy składowisk odpadów*. Dz.U. Nr 61/2003, poz. 549.
- Stępnia S. *Zasady projektowania drenażu odcieków uszczelnionych składowisk odpadów*. Gospodarka Wodna Nr 6/2008, s. 251–254.
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku o odpadach*. Dz.U. Nr 62/2001, poz. 628 z późniejszymi zmianami.

Jerzy Machajski, Dorota Olearczyk

Jerzy Machajski
Instytut Geotechniki i Hydrotechniki
Politechnika Wrocławska,

Dorota Olearczyk
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Recenzent: *Prof. dr hab. Włodzimierz Parzonka*