

Anna DMOCHOWSKA¹, Dariusz DMOCHOWSKI²

ZAWARTOŚĆ SUBSTANCJI NIEORGANICZNYCH ORAZ ZANIECZYSZCZEŃ ORGANICZNYCH W ODCIEKACH ZE SKŁADOWISKA ODPADÓW KOMUNALNYCH W ŁUBNEJ

CONTENT OF INORGANIC AND ORGANIC POLLUTANTS IN LEACHATE OF THE MUNICIPAL LANDFILL IN ŁUBNA

Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa

¹Zakład Ratownictwa Chemicznego i Ekologicznego

²Zakład Monitorowania Bezpieczeństwa

Main School of Fire Service, Warsaw

¹Department of Chemical and Ecological Rescue

²Department of Safety Monitoring

STRESZCZENIE: Wstęp. Znaczna część eksploatowanych w Polsce starszych składowisk odpadów komunalnych nie spełnia wymaganych norm bezpieczeństwa. Zazwyczaj brakuje na nich szczelnych izolacji, drenażu odcieków oraz instalacji odgazowujących. Do rzadkości należą odpowiednio ukształtowane bryły składowiska oraz odpowiednie pokrycia zamkniętych już kwater. Wiele z tych składowisk jest zlokalizowanych na terenach sprzyjających migracji zanieczyszczeń do środowiska wodno-glebowego.

Metoda. Skutecznym sposobem zapobiegania zagrożeń dla lokalnych ekosystemów jest zastosowanie przesłon przeciwfiltracyjnych oraz nowoczesnych systemów drenaży. **Wyniki.** Ze względu na fakt, że odcieki wysypiskowe zawierają wiele niebezpiecznych związków chemicznych, zastosowana przesłona przeciwfiltracyjna musi zapewnić pełne bezpieczeństwo ekologiczne. Badania fizyczno-chemiczne i chromatograficzne odcieków wykonano wg obowiązujących norm. **Podsumowanie.** Zidentyfikowane i oznaczone w odciekach swoiste związki organiczne są bardzo trudno rozkładalne w środowisku. Stężenia ogólnej zawartości substancji organicznych wyrażonych jako ChZT, świadczą o wysokim ich zanieczyszczeniu. Konieczne jest więc prowadzenie monitoringu środowiska wodno-glebowego terenów wokół składowiska

SŁOWA KLUCZOWE: odcieki, składowisko odpadów komunalnych, zagrożenia ekologiczne

Adres do korespondencji: Anna Dmochowska, Zakład Ratownictwa Chemicznego i Ekologicznego, SGSP 01-760 Warszawa, ul. J. Słowackiego 52/54, e-mail: anna_dmochowska@is.pw.edu.pl

SUMMARY. Background. A substantial part of the older landfills exploited in Poland does not comply with pending safety standards. Usually, they lack tight isolations, leachate drainage systems and degas installations. A properly shaped landfills and covers of the already closed plots are rarely seen. Numerous such landfills are localized in the areas facilitating pollutants migration into the soil and water. **Methods.** An efficient way to prevent threats to the local ecosystems is the use of anti-filtration screens and modern drainage systems. **Results.** The used screen must guarantee complete ecological safety because landfill leachate contains several harmful chemicals. Physico-chemical and chromatographic assays of the landfill leachate were performed according to the pending standards. **Conclusion.** Specific organic chemical compounds identified and assayed quite hardly decompose in the environment. Total content of the organic substances, expressed as COD indicate a high pollution level. Therefore, monitoring of the soil and water environment in the landfill vicinity is necessary
KEY WORDS: landfill leachate, municipal landfills, ecological harm

Wstęp

Składowisko Łubna jest jednym z największych składowisk odpadów komunalnych w Polsce. Położone jest w miejscowości Baniocha około 40 km od Warszawy, na terenie gminy Góra Kalwaria. W Łubnej składowane były przede wszystkim odpady komunalne, jednak w latach osiemdziesiątych zwożono tam również odpady przemysłowe i osady ściekowe z pobliskich oczyszczalni ścieków.



Ryc. 1. Składowisko odpadów komunalnych w Łubnej koło Warszawy, fot. Marek Ostrowski.

Fig. 1. Municipal landfill in Łubna near Warsaw (photo: Marek Ostrowski).

Długi okres eksploatacji spowodował, iż łączna objętość zgromadzonych na nim odpadów szacowana jest obecnie na około 5 mln m³. Zajmowana przez składowisko powierzchnia to ok. 20 ha, przy wysokości 40 m. Lokalizacja składowiska jest niekorzystna ze względu na wysoki poziom wód gruntowych, wynoszący około 0,5 m p.p.t. a także możliwy odpływ odcieków do zlewni rzeki Jeziorki.

Składowisko zlokalizowane jest na podmokłym terenie niecki morfologicznej, która ukształtowała się na powierzchni wysoczyzny polodowcowej. Pod składowiskiem znajduje się przepuszczalna warstwa wodonośna oparta na piaskach, z wbudowanymi wkładami pyłów. Warstwa ta jest podatna na przenikanie zanieczyszczeń co powoduje wysokie ryzyko jej zanieczyszczenia. Nieco głębiej znajduje się słabo przepuszczalna warstwa glin zwałowych, mieszcząca się na pyłach i ilach zastoiskowych. Utwory te stanowią warstwę ochronną użytkowego poziomu wodonośnego. Do tej pory nie stwierdzono przenikania zanieczyszczeń przez tą warstwę [6].

Eksploatacja składowiska została rozpoczęta w 1978 r. natomiast planowane jego zamknięcie, odkładano już kilkakrotnie. Decyzja o zamknięciu składowiska podpisana została dopiero w kwietniu 2011 roku. Od tej pory na składowisko zwożone są tylko materiały związane z jego rekultywacją. Niestety, korona składowiska pozostaje nadal niezabezpieczona przed przenikaniem wód opadowych, co przy dłuższym utrzymywaniu się intensywnych opadów deszczu może wpłynąć na stabilność uformowanej bryły oraz zwiększenie ilości powstających odcieków.

Od sierpnia 1996 roku prowadzone są w Łubnej prace rekultywacyjne. Kształtowana jest bryła składowiska, budowane nasypy dociążające, zainstalowana została przesłona przeciwfiltracyjna oraz nowoczesny system drenażowy [2,4].

W ramach monitoringu i ochrony środowiska prowadzone są systematyczne badania składu odcieków pochodzących ze składowiska Łubna. Badaniami objęto wody z piezometrów rozmieszczonych wokół składowiska. Monitoring lokalny wód podziemnych w rejonie składowiska prowadzony jest na podstawie porozumienia między Miejskim Przedsiębiorstwem Oczyszczania m.st. Warszawa (właściciel składowiska) i Urzędem Miasta Stołecznego Warszawy. Pierwszy raport z badań jakości wód podziemnych został opracowany w 1995 roku przez firmę Haskoning i obejmował wyniki analizy wód z 13 piezometrów, zainstalowanych w 1994 roku, w pierwszej warstwie wodonośnej. Badaniom poddano także wybrane gospodarskie studnie kopane, znajdujące się w okolicznych wsiach. W latach 1999 i 2001 przeprowadzono też inwentaryzację i uzupełnienie sieci piezometrów w pierwszej i drugiej warstwie wodonośnej. Lokalizację miejsc poboru próbek i zakres badań przyjęto na podstawie opracowania „Programu monitoringu lokalnego wód podziemnych i powierzchniowych wokół składowiska odpadów Łubna – aktualizacja” (Geoteko). Wyniki badań zamieszczane są w corocznych raportach [6].

Powstawanie odcieków

Woda z opadów atmosferycznych, przenikając przez wysypisko odpadów częściowo rozpuszcza produkty rozkładu materii, stając się odciekiem. Substancje zawarte w odciekach mogą pochodzić z rozpuszczania stałych lub ciekłych składników odpadów, jednak ich udział jest mniejszy w porównaniu z produktami proce-

sów fermentacyjnych. Źródłem odcieków mogą być także wody powierzchniowe i podziemne docierające do złoża odpadów oraz, w niewielkim stopniu, woda dostarczona wraz z odpadami. Ilość i skład odcieków zależą głównie od: rodzaju i stopnia rozdrobnienia odpadów, ilości wody infiltrującej, wieku wysypiska, techniki składowania i metody rekultywacji [3,7].

Ocieki z wysypisk odpadów komunalnych charakteryzują się znacznie wyższym, stężeniem organicznych i nieorganicznych związków chemicznych w porównaniu ze ściekami komunalnymi. Ilość odcieków, powstająca w ciągu roku, nie jest stała. Największe ilości powstają od września do kwietnia (z maksimum w grudniu). W okresie suchym (maj-październik) ocieki powstają w ilościach znacznie mniejszych. Mogą także wystąpićienne wielkości szczytowe (topnienie śniegu, silne opady deszczu), przekraczające nawet 10-krotnie wartości uznane za przeciętne. Ta przeciętna ilość odcieków jest uzależniona głównie od wielkości opadów atmosferycznych, możliwości powierzchniowego odpływu, od zawartości wody w odpadach. Modyfikujący wpływ na wielkości odpływu ma masa zdeponowanych odpadów i miąższość ich warstwy, która działa uśredniająco [8]. Przykładowo, przyjmując średni roczny wieloletni opad w wysokości $H = 800$ mm, objętość odcieków zgromadzona w ciągu roku na powierzchni 1 ha dna kwatery deponowania odpadów wyniesie: dla odpadów silnie zagęszczonych 2000 m^3 dla odpadów średnio zagęszczonych 4000 m^3 . W przeliczeniu na jedną dobę ilości odcieków wyniosą odpowiednio: dla odpadów silnie zagęszczonych – $5,5 \text{ m}^3$, a dla odpadów średnio zagęszczonych ok. 11 m^3 [5]. Dla obszaru składowiska Łubna opad roczny wynosi 518 mm, przy długoletnim, gąsienicowym upakowaniu odpadów ilość odcieków wynosi ok. $6-7 \text{ m}^3$ na dobę.

Migracje odcieków w warstwach wodonośnych

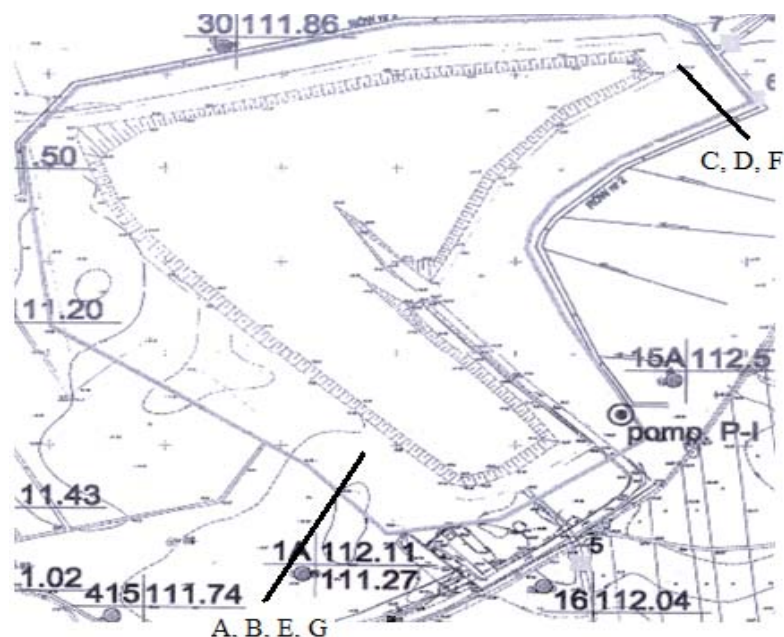
Powstające w bryle składowiska odpadów komunalnych ocieki mogą, infiltrując przez strefę aeracji, przedostawać się do wód gruntowych i migrować na znaczne odległości, powodując powiększenie obszaru zanieczyszczonego przez składowanie odpadów. Przemieszczaniu odcieków w gruncie towarzyszy zwykle proces częściowego oczyszczania geochemicznego, biochemicznego, fizycznego. Za podstawowe mechanizmy oczyszczania uznaje się: filtrację, wytrącanie, sorpcję, wymianę jonową, rozcieńczanie przez czyste wody dopływające pod bryłę składowiska oraz przemiany biochemiczne [2].

Metody analityczne

Badania fizyczno-chemiczne odcieków wykonano wg obowiązujących norm. Oznaczenia chromatograficzne wykonano kilkakrotnie dla ekstraktów odcieków surowych. Oczyszczony i zagęszczony ekstrakt analizowano przy użyciu chromatografu gazowego Hewlett-Packard 5890II/5971, sprzężonego ze spektrometrem mas Finnigan Mat.

Omówienie

Próby odcieków A, B, E, G pobierano z pierwszej studzienki znajdującej się na wysokości zaplecza administracyjnego, natomiast pozostałe próbki pobierane były z pierwszej studzienki znajdującej się po przeciwnej stronie składowiska. Wybór miejsc poboru podyktowany był przede wszystkim dostępnością (ryc. 2). Ponieważ w początkowej fazie eksploatacji składowiska zwożono na nie również odpady przemysłowe i osady ściekowe, istniała możliwość, iż w oddalonych od siebie studzienkach skład odcieków będzie różny.



Ryc. 2. Mapa dokumentacyjna składowiska Łubna. Miejsca pobierania próbek odcieków.
Fig. 2. Documentation map of the landfill in Lubna. Places of landfill leachate sampling.

Analizy próbek z terenów za przesłoną przeciwnofiltracyjną zarówno gleb, jak i wód powierzchniowych przewidziane są w kolejnych etapach badań.

W tab. 1 przedstawiono wyniki badań wartości wskaźników zanieczyszczeń dla odcieków surowych. Każdy wynik to średnia arytmetyczna uzyskana z trzech pomiarów.

W kolumnie 11 tabeli podano najwyższe dopuszczalne wartości wskaźników zanieczyszczeń dla niektórych substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodno-glebowego wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 24 lipca 2006 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodno-glebowego [10].

Wszystkie badane próbki (A – G) charakteryzowały się wysokim stężeniem jonów chlorkowych, wynoszącym od 2904 do 5850 mg/l. Wysokie były również

stężenia jonów amonowych, mieszczące się w granicach 302÷698 mg/l. Stwierdzono bardzo duże wartości przewodności właściwej, zmieniające się w przedziale: 16 020÷22 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$, co odzwierciedla duże stężenie rozpuszczonych w odciekach związków nieorganicznych. Zwraçała uwagę znaczna i zmienna w czasie

Tab. 1. Wyniki badań fizyczno-chemicznych odcieków surowych [1]

Tab. 1. Results of physico-chemical analysis of the raw landfill leachate [1]

Lp.	Wskaźnik	Jednostka	Wartości wskaźników zanieczyszczeń							
			A	B	C	D	E	F	G	NDS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	pH		8,4	8,6	8,1	8,4	8,8	9,1	7,9	6,5-9
2	Przewodność	$\mu\text{S}/\text{cm}$	21254	16020	17840	20130	21800	22350	18940	
3	Zawiesiny	mg/l	126	107	98	140	276	96	165	35
4	Chlorki	mg/l	3598	3600	4625	5850	4790	2904	5842	1000
5	Siarczany	mg/l	87	63	90	95	92	112	85	500
6	Azot amonowy	mg/l	597	600	426	399	698	302	397	10
7	Azot azotynowy	mg/l	0,37	0,25	0,20	0,35	0,45	0,30	0,10	1
8	Azot azotanowy	mg/l	3,9	3,8	3,6	3,0	4,0	3,5	2,7	30
9	Azot og. Kjeldahla	mg/l	845	625	857	840	975	921	748	30
10	Ortofosforany	mg/l	0,7	0,2	0,6	0,8	0,6	1,3	0,5	
11	Fosfor ogólny	mg/l	10,2	8,4	11,7	13,5	9,6	19,6	7,2	10
12	Ca^{2+}	mg/l	80	79	93	65	82	78	69	
13	Mg^{2+}	mg/l	66	63	72	53	70	61	54	
14	ChZT	mg/l O_2	3919	3012	2894	2507	2346	2510	4825	250
15	BZT ₅	mg/l O_2	891	700	689	611	559	584	1177	25
14	ChZT / BZT ₅	-	4,4	4,3	4,2	4,1	4,2	4,3	4,1	

badania zawartość fosforu ogólnego, która mieściła się w przedziale 7,2÷19,6 mg/l. Odcieki charakteryzowały się ponadto dużą zawartością zanieczyszczeń organicznych. Wartości ChZT (Chemiczne Zapotrzebowanie Tlenu) mieściły się w granicach: 2 346÷4 825 mg/l O₂, natomiast wartości BZT₅ (pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie tlenu) wahały się między 559 a 1177 mg/l O₂. Badane próbki nieznacznie różniły się wartościami stosunku ChZT/BZT₅, od 4,1 do 4,4. Świadczy to, iż zanieczyszczenia zawarte w odciekach ze składowiska z Łubnej są trudno rozkładalne metodami biochemicznymi, a samo składowisko należy do średnio ustabilizowanych.

Analiza chromatograficzna odcieków pozwoliła na identyfikację i oznaczenie szerokiej gamy swoistych związków organicznych, wśród których największe zawartości wykazywały: ftalan di butylu – 348 µg/l, toluen – 275 µg/l, trimetylobenzen – 97 µg/l, kwas 3-metylo-masłowy – 82 µg/l, naftalen – 65 µg/l, dodekan – 48 µg/l, etylobenzen – 39 µg/l, cymen – 341 µg/l, metylo-etylo-benzen – 30 µg/l, heksatien – 28 µg/l, tetracionina – 27 µg/l, benzen – 26 µg/l, tetradekan – 24 µg/l, kwas kapronowy – 23 µg/l, kwas benzoowy – 22 µg/l, kwas masłowy – 20 µg/l, kwas 2-metylo-masłowy – 19 µg/l, aldehyd benzoowy – 16 µg/l, dekametylo-pentasiloksan – 11 µg/l, undekan – 9,5 µg/l, alfapinen – 9,2 µg/l, diizoamylen – 6,8 µg/l, 1-etylo,3-metylo-benzen – 4,7 µg/l, 1-metylo,-2-(1-metylo-etylo-) benzen – 3,6 µg/l, indol – 2,5 µg/l, 1,2,3,5-tetra-metylobenzen – 2,2 µg/l, o-hydroksybifeny – 11,7 µg/l, 2-etoksynaftalen – 1,6 µg/l, 1,1'-(1,3-propano-) bis benzene – 1,6 µg/l, fenantren – 1,4 µg/l, piren – 1,1 µg/l, oktametylo-cyklotetrasiloksany – 0,9 µg/l, 1-metylo-metyleno-fluoren – 0,22 µg/l. Obecne były również związki chloroorganiczne, takie jak: chlorotoluen, 2,3-dichloro-butanol-1 oraz 1,2,2, tetra-chloroetan, chlorometylobuten, chloro-6-fenylheksan [1]. Większość z tych związków wg Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi jest szkodliwa, wręcz kancerogenna dla organizmów żywych.

Zabezpieczenia na składowisku

Składowisko odpadów Łubna spełnia obecnie minimalne wymagania, obowiązujące dla tego rodzaju obiektu. Jest wyposażone w wagę z elektronicznym systemem rejestracji dowożonych odpadów. Posiada także uszczelnienie w postaci sztucznej bariery geologicznej. Stanowi ją pionowa przesłona przeciwfiltracyjna (geomembrana). Został także wykonany drenaż odcieków i system rowów odcinających, co eliminuje przenikanie wód odciekowych do pierwszej warstwy wodonośnej i rowów melioracyjnych.

Odcieki ze składowiska gromadzone są w specjalnych zbiornikach, skąd po wstępnym oczyszczeniu przewożone są samochodami asenizacyjnymi do lokalnej oczyszczalni ścieków.

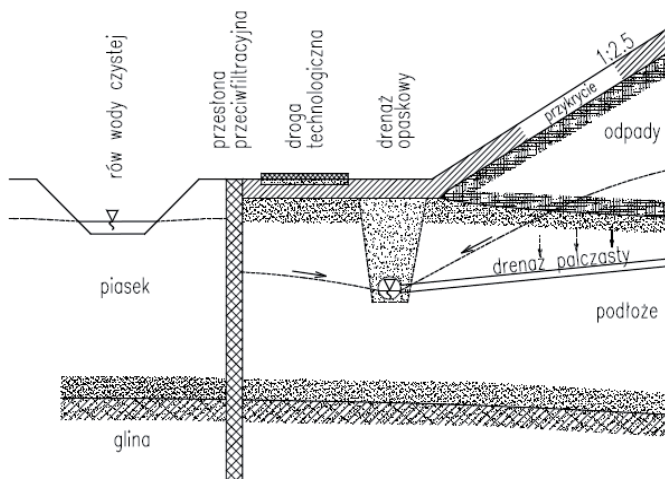
Trwa realizacja programu ochrony środowiska dla miasta i gminy Góra Kalwaria, na lata 2008-2011 z perspektywą na lata 2012-2015 [9], która obejmuje między innymi stały monitoring stanu jakości wód powierzchniowych i podziemnych oraz gleb, jak również edukację ekologiczną prowadzoną w mediach i szkołach.



Ryc. 3. Rury drenażowe.

Źródło: zdjęcie Anna Dmochowska

Fig. 3. Drainage pipes (source: Anna Dmochowska - photograph).



Ryc. 4. Schemat systemu zabezpieczającego w pasie rekultywacyjnym składowiska odpadów Łubna [4].

Fig. 4. Scheme of the protecting system in the land reclamation area of landfill in Łubna.



Ryc. 5. Rekultywacja skarp składowiska Łubna. Źródło: www.składowisko Łubna.
Fig. 5. Land reclamation of the slopes in the landfill Łubna (source: www.składowisko Lubna).

Podsumowanie

Rozpoczęta w 1978 r. inwestycja budowy składowiska odpadów komunalnych w Łubnej budziła zastrzeżenia społeczności, dotyczące możliwości znacznego pogorszenia stanu lokalnego środowiska naturalnego. Obawy te były częściowo uzasadnione, gdyż w początkowej fazie eksploatacji składowiska często dochodziło do chaotycznych i niekontrolowanych transportów, niesortowanych odpadów komunalnych oraz często przemysłowych.

Planowane zakończenie eksploatacji składowiska w 2002 r. zostało przesunięte i dopiero na początku kwietnia 2011 r. zostało sfinalizowane. Prowadzone od kilkunastu lat zabiegi rekultywacyjne pozwalają na częściową rewitalizację terenu wokół składowiska. Tylko jego korona pozostała jeszcze niezabezpieczona przed przenikaniem opadów atmosferycznych przez bryłę odpadów, co może wpłynąć na jej stabilność oraz zwiększyć ilości powstających odcieków.

Zidentyfikowane i oznaczone w odciekach swoiste związki organiczne są bardzo trudno rozkładalne w środowisku wodno-glebowym na drodze biochemicznej.

Stężenia w odciekach ogólnej zawartości substancji organicznych wyrażonych jako ChZT i BZT₅, amoniaku oraz substancji rozpuszczonych, świadczą o wysokim ich zanieczyszczeniu.

Prowadzony w ramach realizacji programu ochrony środowiska monitoring wód powierzchniowych i podziemnych oraz gleby jest konieczny w celu podjęcia niezbędnych działań zabezpieczających w przypadku przerwania zastosowanych w obrębie składowiska zabezpieczeń.

Piśmiennictwo

1. Dmochowska A.: Badania procesów elektrotleniania anodowego w zastosowaniu do oczyszczania odcieków ze składowisk odpadów komunalnych. *Rozprawa doktorska*. Wyd. Politechniki Warszawskiej 2009.
2. Wykaz funkcjonujących i budowanych instalacji (obiektów) unieszkodliwiania i odzysku odpadów komunalnych. Plan gospodarki odpadami dla miasta stołecznego Warszawa na lata 2005-2011. Załącznik 4. Warszawa 2005.
3. Koda E.: Rekultywacja starych wysypisk odpadów komunalnych. III Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami. Poznań 1999, 335-363.
4. Koda E., Wienclaw E., Kołanka T.: [W:] Geotechnika środowiskowa – Analiza wpływu pionowej przesłony na jakość wód w rejonie składowiska na podstawie modelowania numerycznego. *Geotechnika w hydrotechnice i budownictwie lądowym*. Wyd. SGGW, Warszawa 2006, 495-505.
5. Machajski J.: *Bilans wodny w obrębie składowiska odpadów komunalnych*. PAN, Wyd. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, Nr 7, 2008.
6. Klimek A., Wysokiński L., Zawadzka M., Osęka M., Chrząszcz J., *Poradnik metodyczny w zakresie PRTR dla składowisk odpadów komunalnych*. Opracowanie finansowane ze środków NFOŚiGW na zamówienie Ministra Środowiska http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/poradnik_20101103, 2010.
7. Rosik-Dulewska Cz.: *Podstawy gospodarki odpadami*. Wyd. Eko-Inżynieria, Lublin 2000.
8. Skalmowski K.: *Poradnik gospodarki odpadami*. Verlag Dashofer, Warszawa 2004.
9. Załącznik do Uchwały nr 516/XL/2009 Rady Miejskiej w Górze Kalwarii z dnia 29 grudnia 2009 r. Program Ochrony Środowiska dla miasta i gminy Góra Kalwaria na lata 2008-2011 z perspektywą na lata 2012-2015.
10. Rozporządzenie MŚ z dnia 24 lipca 2006 r., w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego, (Dz. U. Nr 137, poz. 984).

Nadesłano: 14.02.2011 r.

Zaakceptowano do publikacji: 06.01.2012 r.