

Aleksander LUTYŃSKI  
Tomasz SUPONIK  
Politechnika Śląska, Gliwice

## MOŻLIWOŚCI ZABEZPIECZENIA ŚRODOWISKA WODNO-GRUNTOWEGO PRZED ZANIECZYSZCZENIEM Z NIEZORGANIZOWANYCH WYSYPISK ODPADÓW

**Streszczenie.** W referacie przedstawiono zagrożenia środowiska wodno-gruntowego będące wynikiem eksploatacji niezorganizowanych składowisk odpadów oraz zaprezentowano metody powstrzymywania migracji skażenia i metody likwidacji zanieczyszczeń z tych składowisk.

## PROTECTION OF SOIL-WATER ENVIRONMENT AGAINST THE CONTAMINATION PRODUCED BY UNORGANIZED WASTE DUMPING SITES

**Summary.** The paper present the soil-water environment hazards resulting from the exploitation of unorganized waste dumping sites as well as methods for detention of the migration of contaminants and for liquidation of the dumping sites contamination have been presented.

### 1. Wprowadzenie do zagadnienia

Wszelka działalność i bytowanie człowieka wiąże się z powstawaniem odpadów, które mogą być wykorzystane gospodarczo, składowane lub unieszkodliwiane w inny sposób. Intensyfikacja działalności ludzkiej okresu ostatnich lat powoduje powstawanie ogromnej ilości

odpadów, a związane z tymi odpadami zagrożenia stają się poważnym problemem w ochronie środowiska. W związku z powyższym podjęto działania mające na celu, poprzez odpowiednie uregulowania prawne, ochronę środowiska człowieka. Uregulowania te wymagają rygorystycznego przestrzegania, co owocuje wyraźnymi efektami, które są już dostrzegane w wielu krajach Europy. W naszym kraju, w okresie ostatnich dziesięciu lat też podjęto szereg przedsięwzięć porządkujących te zagadnienia. Zauważyć to można śledząc daty ustanowienia aktów prawnych z tego zakresu. Najważniejsze są tutaj Ustawa o odpadach (1997 r.), Prawo budowlane (1994 r.), Prawo geologiczne i górnicze (1994 r.), Ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminie (1996 r.) oraz zmiany w Prawie wodnym (1994 r.) i Ustawie o ochronie i kształtowaniu środowiska (1994 r.).

Jednocześnie, szczególnie na terenie województwa śląskiego, znajduje się dużo starych, "nieekologicznych" składowisk odpadów [1]. Składowiska takie, zarówno czynne, jak i już nie eksploatowane stanowią istotne zagrożenie dla środowiska naturalnego człowieka. Są obiektami emitującymi w sposób niekontrolowany gazy do atmosfery oraz zanieczyszczającymi wody powierzchniowe i podziemne. Drugie z wymienionych zagrożeń może dotyczyć długiego okresu po zakończeniu eksploatacji składowiska. Jest ono uzależnione od procesów biologicznych i chemicznych oraz czynników, które wpływają na przebieg warunków hydrogeologicznych. Są to procesy złożone, głównie ze względu na heterogeniczny charakter wysypisk.

Zanieczyszczenia ze składowisk odpadów, infiltrując przez strefę aeracji mogą przedostawać się do wód gruntowych i migrować na znaczne odległości. Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń w wodach gruntowych zależy od: objętości i jakości odcieków, właściwości do oczyszczania zarówno strefy aeracji, jak i saturacji, warunków przepływu - jego prędkości oraz wydatku, rodzaju gruntu w warstwie wodonośnej oraz w warstwie zalegającej powyżej zwierciadła wody gruntowej, która decyduje o migracji tlenu i dopływie wód opadowych.

Za ilustrację omawianego problemu zanieczyszczeń z nieorganizowanych składowisk niech posłuży przykład nieczynnego już wysypiska odpadów komunalnych stałych. Składowisko to zlokalizowane jest w jednej z gmin województwa śląskiego. Eksploatowano je w latach 1985 do 1994, po czym wykonano rekultywację techniczną i biologiczną. Skarpy i wierzchowinę składowiska przykryto folią HDPE o grubości 1,5 mm, zasypano warstwami ziemi oraz obsadzono krzewami i drzewami. Wykonano studnie odgazowujące i założono piezometry po stronie odpływu wód poziomu czwartorzędowego. Piezometry ułożono w odległości kilkunastu metrów od podstawy obwałowania składowiska na głębokości 15-6 m.

Tablica 1  
Wybrane wyniki oznaczeń wskaźników zanieczyszczeń wody pobieranej z piezometrów rozmieszczonych przy niezorganizowanym i nie eksploatowanym składowisku odpadów komunalnych stałych

Nr piezometru	Nazwa wskaźnika	Jednostka miary	Najwyższa dopuszczalna wartość	1995		1996		1997		1998	
				Wartość średnia	Wartość max.	Wartość średnia	Wartość max.	Wartość średnia	Wartość max.	Wartość średnia	Wartość max.
1	Żelazo	mg Fe/l	10,0	4,5	9,0	6,9	18,5	1,4	2,0	1,1	1,7
	Ołów	mg Hg/l	0,5	0,028	0,06	0,184	0,035	0,053	0,041	0,05	
	Odczyn	pH	6,5÷9,0	5,51	5,8	5,067	5,61	6,017	6,37	5,220	5,29
2	Odczyn	pH	6,5÷9,0	5,603	6,0	5,177	5,25	6,223	6,85	6,030	6,61
	Żelazo	mg Fe/l	10,0	31,100	35,7	21,100	26,6	12,733	20,6	21,7	22,7
4	Odczyn	pH	6,5÷9,0	6,883	6,5	6,21	6,21	6,543	7,04	6,270	6,35
	Odczyn	pH	6,5÷9,0	5,337	5,5	5,23	5,37	6,367	7,0	5,440	5,59
	Azot amonowy	mg $\text{NH}_4/\text{l}$	6,0	32,167	55,0	30,367	77,0	98,533	113,0	138,0	139,0
5	Żelazo	mg Fe/l	10,0	1,067	2,0	2,077	2,61	4,223	7,5	14,100	18,2
	Siarczany	mg $\text{SO}_4/\text{l}$	500,0	271,333	383	418,333	676	221,000	301,0	148,000	157,0
	ChZT	mg $\text{O}_2$	150,0	124,000	143,0	113,267	164,0	170,000	191,0	243,000	256,0

Zgodnie z zaleceniami PIOŚ z 1991 r. prowadzone były trzy razy w roku regularne badania w terenie i laboratorium próbek wody pobranej z piezometrów. W badaniach laboratoryjnych oznaczano 21 wskaźników zanieczyszczeń. Były to ChZT, pH, zasadowość mineralna, zasadowość ogólna, chlor, siarczany, węglany, azot amonowy, azotyny, azotany, azot, fosfor ogólny, żelazo ogólne, chrom ogólny, rtęć ogólna, cynk, kadm, miedź, ołów, fenole lotne oraz substancje ekstrahujące się eterem naftowym. W tabl. 1 zaprezentowano wybrane wyniki oznaczeń. Wyeksponowano przez podkreślenie te spośród nich, które przekroczyły wartości uznawane za graniczne w ściekach wprowadzanych do wód i do ziemi (zgodnie z zaleceniami PIOŚ z 1995 r.).

Wyniki badań wskazują, że według zmodyfikowanej klasyfikacji jakości wód podziemnych wody te można zaliczyć do klasy III – niskiej jakości i pozaklasowych. Jakość tych wód jest zróżnicowana sezonowo. Ogólnie gorszą jakość stwierdzano wiosną i jesienią. Na podstawie wyników badań stwierdzić również można, że wskaźniki zanieczyszczeń, takie jak: pH, chlorki, siarczany, azot amonowy, azotany, żelazo, nikiel, chrom kadm, miedź, ołów, rtęć i fenole, we wszystkich piezometrach przekroczyły wartości uznawane za dopuszczalne dla wody do picia i na potrzeby gospodarcze (zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia Opieki Społecznej z 4.05.1990 r. - Dz U Nr 35 poz. 205)

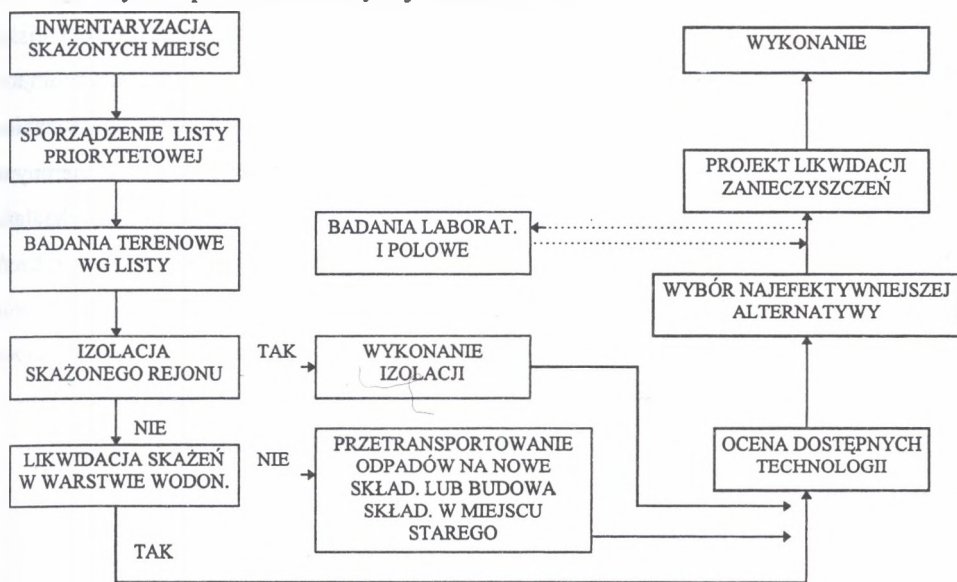
Zaprezentowany przykład wskazuje, że niezorganizowane składowiska będące miejscem deponowania przez wiele lat niezidentyfikowanych odpadów zarówno komunalnych, jak i przemysłowych stanowić mogą, mimo zabiegów rekultywacyjnych, znaczne zagrożenie dla środowiska. Konieczne więc jest podejmowanie działań, które zagrożenie takie zlikwidują bądź istotnie ograniczą.

## **2. Likwidacja skażeń środowiska wodno-gruntowego**

Składowanie odpadów komunalnych czy przemysłowych stwarza realne zagrożenie środowiska wodno-gruntowego skażeniem różnego rodzaju substancjami niebezpiecznymi. Skażenie środowiska pochodzić może ze składowania odpadów w sposób niezorganizowany, niezachowania odpowiednich wymagań przy zabezpieczaniu składowiska lub uszkodzeniu wykonanych zabezpieczeń, wycieków z instalacji odprowadzających zanieczyszczenia czy awarii zbiorników, które zanieczyszczenia te zawierają.

Strategia działania mająca na celu likwidację skażeń środowiska wodno-gruntowego musi uwzględniać następujące obszary zagadnień: istniejące możliwości techniczne, normy prawne z tego zakresu, wymagania dotyczące ochrony środowiska i wreszcie koszty podejmowanych działań. Strategię tą przedstawić można w postaci algorytmu - rys.1.

Likwidacja skażenia środowiska wodno-gruntowego jest na ogół trudna i kosztowna. Wymaga znajomości rodzaju zanieczyszczeń, ich koncentracji i warunków wodno-gruntowych terenu. Ważne jest także sprecyzowanie celu i zakresu działania. Cele działań mogą być zróżnicowane i zależne od planowanego przeznaczenia gruntów oraz lokalizacji miejsca skażenia. Sprecyzowany cel i zakres działania determinuje technologię wykorzystywaną do likwidacji skażenia. W celu likwidacji skutków skażenia i usunięcia zagrożenia pochodzącego od składowanych odpadów stosowanych jest kilka metod.



Rys 1. Ogólna strategia likwidacji zanieczyszczeń środowiska wodno-gruntowego

Fig.1. General strategy aimed at restoration of the soil-water environment to previous state

Jedną z tych metod polega na usunięciu odpadów ze składowiska stwarzającego zagrożenie i przetransportowanie ich na inne, na ogół nowo zbudowane i bezpieczne składowisko z jednoczesną likwidacją powstałych zanieczyszczeń w miejscu pierwotnego składowania. Metoda ta jest uznawana za najskuteczniejszą, ale i najdroższą.

Alternatywną dla powyższej i najpowszechniej stosowaną metodą jest likwidacja zanieczyszczeń poprzez tymczasowe usunięcie odpadów, budowę zabezpieczonego składowiska w miejscu starego oraz składowanie wcześniej usuniętych odpadów. Metoda ta może również

zawierać procesy oczyszczania zanieczyszczonej ziemi i wód podziemnych. Oczyszczona ziemia może zostać ponownie umieszczona w miejscu zabudowy składowiska, a oczyszczona woda doprowadzona do warstw wodonośnych przez iniekcję.

W przypadkach obu opisanych sposobów likwidacji skutków skażenia składowanymi odpadami wykorzystywane są te same metody oczyszczenia skażonej ziemi i wód [3]. Są to:

- metody fizykochemiczne: termiczna, ekstrakcyjna (przemywanie gruntów, flotacja), elektrokłamacji gruntów (wykorzystująca zjawiska elektrokinetyczne w gruncie naładowanym elektrycznie),
- metody biologiczne: kompostowanie, bioreaktory.

Innym kierunkiem oczyszczania środowiska wodno-gruntowego jest likwidacja zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej, czyli bez potrzeby wybierania skażonych warstw gruntu.

Nadmienić należy, że niezwykle istotnym elementem procesów oczyszczania środowiska wodno-gruntowego jest lokalny monitoring wokół skażonego terenu. Zadaniem tego monitoringu jest rozpoznawanie i śledzenie wpływu stwierdzonych lub potencjalnych ognisk zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych, co umożliwi zarówno przeciwdziałanie ujemnym skutkom zanieczyszczeń, jak i kontrolę skuteczności podejmowanych w tym zakresie działań. Monitoring lokalny powinien uwzględniać specyfikę poszczególnych ognisk zanieczyszczeń oraz warunki hydrogeologiczne w ich rejonie [4].

### **3. Metody likwidacji zanieczyszczeń środowiska wodno-gruntowego w warstwie wodonośnej**

Bardzo często jako opcję likwidacji zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej stosuje się ochronę środowiska wodno-gruntowego poprzez powstrzymanie migracji skażenia technikami izolacji. Są to techniki powszechnie stosowane do zabezpieczania przed przedostawaniem się skażeń, pochodzących od wszelkiego rodzaju odpadów, do wód gruntowych. Istotnym warunkiem jest tutaj niewielka głębokość warstwy nieprzepuszczalnej zalegającej pod składowiskiem. Ten kierunek działań na rzecz ochrony środowiska może być realizowany w kombinacji z innymi metodami oczyszczania lub też indywidualnie, w przypadku gdy likwidacja zanieczyszczeń nie jest konieczna lub nie wydaje się technicznie czy ekonomicznie możliwa.

Do izolacji zanieczyszczeń w środowisku wodno-gruntowym stosowane są bariery pasywne. Mogą być nimi bariery fizyczne, które stanowią przegrody o niskiej przepuszczalności, takie jak ściany betonowe w wykonanych wykopach, ścianki stalowe lub zasłony palowe wbijane w grunt metodą wibracyjną, ścianki z rzadkiej zaprawy cementowej wstrzykiwanej do gruntu, bariery powstałe z zatłaczania pod wysokim ciśnieniem wosku montanowego do wykonanych odwiertów poziomych lub pionowych. Najczęstszą stosowaną barierą pasywną jest tzw. "ściana w gruncie". Wykonuje się ją przez wypełnienie rowu krzepnącymi substancjami płynnymi, takimi jak zawiesina bentonitowa. W Polsce wykonane zostały w latach 1989 – 1994 trzy "ściany w gruncie" wokół składowisk odpadów: przy kopalni "Morcinek", kopalni "Ziemowit" oraz przy zakładach chemicznych "Hajduki" [2].

Doświadczenia eksploatacyjne ostatnich lat wykazały, że wymienione bariery pasywne nie stanowią właściwego i pełnego zabezpieczenia środowiska wodno-gruntowego przed wpływami nieorganizowanych składowisk odpadów. Napływ okresowy wód powierzchniowych oraz infiltracja przez składowisko wód opadowych powodowały wzrost objętości zanieczyszczonych wód wewnątrz składowiska. Wymagało to pompowania wody i jej oczyszczania. Opisana technologia okazała się kosztowna [5].

Osobną grupą barier fizycznych są bariery hydrauliczne. Stanowią je zespoły studni pionowych, drenaży lub rowy opaskowe wraz z systemami oczyszczania. Wytwarzana depresja podczas pompowania stanowi ograniczenie rozprzestrzeniania się substancji rozpuszczalnych w wodzie oraz przyczynia się do oczyszczania środowiska wodnego.

Do metod izolacji zanieczyszczeń zaliczane jest także zatłaczanie wody lub powietrza do środowiska wodno-gruntowego. Powoduje to powstanie ekranu tlenowego ze strefą wzmożonej aktywności mikrobiologicznej i przyspieszonej biodegradacji, co stanowi oczyszczenie środowiska.

Bardzo interesującym rozwiązaniem likwidacji zanieczyszczeń są bariery aktywne. Sposób oczyszczania wód podziemnych za pomocą aktywnych barier jest znany dopiero od 1987 r. i stosowany głównie w krajach wysoko rozwiniętych. Atrakcyjność metody polega na tym, że może być ona stosowana w odniesieniu do wszystkich rodzajów zanieczyszczeń wód podziemnych.

W opisywanej metodzie zanieczyszczenia usuwane są bezpośrednio w warstwie wodonośnej, w wyniku przepływu strumienia wody zawierającej odcieki ze składowiska przez odpowiednio zaprojektowaną i dobraną przepuszczalną barierę aktywną. Barierę tę stanowi

wymienny materiał aktywny, który w wyniku procesów chemicznych lub biologicznych usuwa zanieczyszczenia z przepływającej przez niego wody.

#### 4. Podsumowanie

Zaprezentowany w referacie przegląd metod świadczy o istotnym postępie w dziedzinie ochrony środowiska wodno-gruntowego przed zanieczyszczeniami z niezorganizowanych składowisk odpadów. Widać, że podejmowane prace z tego zakresu dotyczą nie tylko dbałości o właściwe rozwiązania technologii odnoszone do nowo powstałych składowisk odpadów, ale pozwalają na usuwanie lub istotne ograniczenie negatywnych dla środowiska skutków działań minionego okresu.

Z dokonanej analizy wynika, że działania na rzecz zabezpieczenia środowiska znajdują zastosowanie również w Polsce [2]. Nie są to na pewno działania o niskich nakładach inwestycyjnych. Są one jednak skuteczne i możliwe do przeprowadzenia. Problem zabezpieczania wpływu składowisk niezorganizowanych na środowisko nie wydaje się w naszym kraju problemem bardzo istotnym. Przyczyny tego stanu rzeczy mogą być różne. Między innymi jest to kwestia monitorowania zanieczyszczeń. Sporządzona w kwietniu br. przez Śląski Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska "Informacja o stanie czystości wód podziemnych województwa śląskiego" [6] wykazuje, że w województwie tym monitoringiem objętych jest tylko ok. 70% głównych zbiorników wód podziemnych (GZPW) i użytkowych poziomów wodonośnych (UPWP). Jak wykazały badania, niecałe 50% wód podziemnych ze wszystkich siedmiu utworów jest bardzo dobrej i dobrej jakości. W utworach czwartorzędu nie sklasyfikowano wód najwyższej jakości, a wody o wysokiej jakości stanowią tylko 36%. W utworach tych 8% wód to wody pozaklasowe. Informacja wskazuje na pochodzenie zanieczyszczeń między innymi ze składowisk niezorganizowanych odpadów.

Wydaje się więc, że problem zabezpieczenia środowiska wodno-gruntowego przed zanieczyszczeniem ze składowisk odpadów może w najbliższym czasie stać się aktualnym problemem w naszym województwie.



## LITERATURA

1. Raport o stanie środowiska w województwie katowickim w latach 1995-1996. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska, Katowice 1997.
2. Kłosiński B., Rafalski L.: Bentonite-cement cut-off diaphragms as barriers against migration of polluting agents. Contaminated and derelict land. London Bolton Institute UK 1998.
3. Malina G., Szczepański A.: Likwidacja zanieczyszczeń substancjami ropopochodnymi w środowisku wodno-guntowym. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 1994.
4. Staniewicz-Dubois H.: Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa 1995.
5. Thomas A.O., Haigh D.G., Roper M., Jefferis S.A., Norris G.: An in-situ reactive barrier for the treatment of groundwater contaminated with trichloroethene: construction and operational performance. Contaminated Soil '98 Edinburg. UK 1998 Volume 2.
6. Gorgoń E., Siwek P., Storożenko Z.: Informacja o stanie czystości wód podziemnych województwa śląskiego w 1999 r. Inspekcja Ochrony Środowiska, Śląski Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach, kwiecień 2000.

Recenzent: Prof. Antoni Goszcz

  
**Abstract**

The paper present the soil-water environment hazards resulting from the exploitation of unorganized waste dumping sites as well as methods for detention of the migration of contaminants and for liquidation of the dumping sites contamination have been presented.

Exemplary results of the examination of ground water in the vicinity of a closed down and already reclaimed municipal landfill site are also contained in the paper.

Methods for the isolation of contamination with the aid of passive physical and hydraulic barriers have been described. A method for detention of the impervious barriers and an active gate is also presented.