

Wykorzystanie odpadów mineralnych w budowie składowisk odpadów komunalnych¹

Piotr Wodziński
Politechnika Łódzka

1. Wstęp

Mineralne odpadowe materiały ziarniste powstają zawsze jako produkt uboczny działalności górniczej i to w każdym rodzaju górnictwa (węgiel, rudy, kruszywa itd.). Kopalina użyteczna nigdy nie występuje w przyrodzie samodzielnie, ale zawsze wespół z innymi materiałami kopalnymi, które nie stanowią produktu, ale zawsze wydobywane są razem z kopaliną użyteczną. Dopiero po wydobyciu surowce te są od siebie oddzielane, co następuje w rezultacie przeróbki urobku górniczego. I tak w Polsce mamy składowanych wiele mln ton przeróżnych kopalin towarzyszących, wykorzystanie których jest ze wszelkich miar pożądane.

Zgodnie z dyrektywami UE w najbliższym czasie konieczne będzie zamknięcie lokalnych, niewielkich składowisk odpadów komunalnych. Z drugiej strony zgodnie z postanowieniami Najwyższego Trybunału UE (EuGH) odnośnie mineralnych pozostałości poprodukcyjnych albo produktów ubocznych (ogólnie: odpadów mineralnych) oraz zgodnie z dyrektywą unijną dotyczącej zagospodarowania odpadów pogórnicznych, dużego znaczenia nabierze eliminacja i wtórne wykorzystanie tych materiałów. Wszystko to prowadzi do konstatacji, iż konieczne staje się wykorzystanie odpadów pogórnicznych.

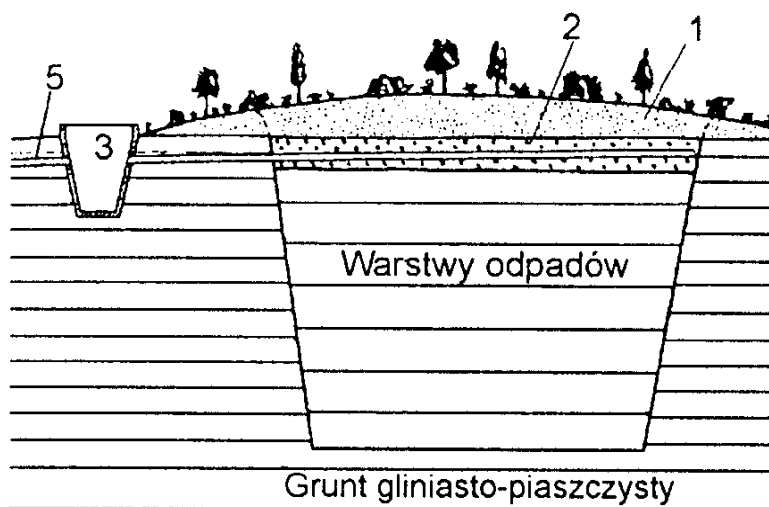
Celem niniejszej pracy jest zaproponowanie wykorzystania mineralnych odpadów pogórnicznych do budowy i uszczelniania składowisk odpadów komunalnych. Odpady mineralne o odpowiednim uziarnieniu (granulacji) odpowiednio ułożone w warstwie, mogą zastępować np. geomembrany uszczelniające to składowisko. Warstwa odpadów mineralnych o odpowiedniej grubości, może

¹ Praca wykonana w ramach działalności statutowej Katedry Aparatury Procesowej PŁ

stanowiąc tzw. zaporę kapilarną, będącą warstwą uszczelniającą i nie przepuszczającą wody lub substancji ciekłych przez siebie.

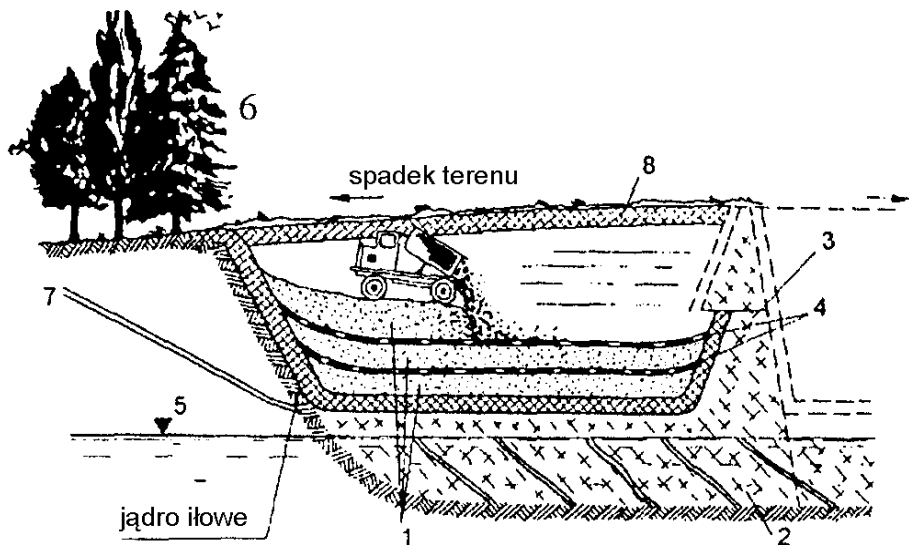
2. Metody uszczelnień dna składowisk odpadów

Istnieje szereg metod i sposobów wykonywania warstw uszczelniających dno składowiska odpadów komunalnych. Najprostsze składowiska odpadów wykonane w wyrobiskach glinowych (rys. 1) i żwirowych (rys. 2), były i są powszechnie stosowane w Polsce. Typowe składowisko odpadów komunalnych, które po zapelnieniu zostało zamknięte, pokazane jest na rys. 3 [1]. Składowiska takie zawierają w sobie jako materiały uszczelniające różnego rodzaju geomembrany (np. PEHD), geowłókniny lub inne materiały typu wykładzin, mające za zadanie oddzielić odpady od otaczającego środowiska.



Rys. 1. Schemat składowania odpadów w wyrobisku po glinie [1]; 1 – warstwa przykrywająca pokryta zielenią; 2 – warstwa drenażowa; 3 – studzienka zbiorcza wód drenażowych; 4 – rów opaskowy; 5 – odpływ drenażowy do odbiornika

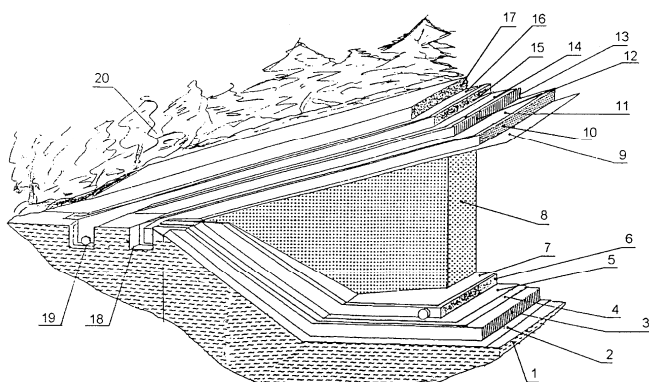
Fig. 1. Scheme of waste storage in clay working [1]; 1 – covering layer covered with vegetation; 2 – drainage layer; 3 – collective well of drainage water; 4 – drainage ditch; 5 – drainage run-off to receiving water



Rys. 2. Model składowiska ulepszonego w opuszczonej żwirowni [1]; 1 – warstwa odpadów co najmniej 2,0 m; 2 – ziemia lub gruz budowlany; 3 – obwałowanie; 4 – warstwy z materiału nieaktywnego; 5 – poziom wód podziemnych; 6 – pas ziemi ochronnej; 7 – droga dowozu odpadów; 8 – po wypełnieniu przykrycie warstwą łu i humusu, rekultywacja terenu

Fig. 2. A model of improved dumping ground in an abandoned gravel-pit; 1 – waste layer of at least 2.0 m; 2 – earth or building; 3 – embankment; 4 – layers of inactive material; 5 – a level of groundwaters; 6 – protective belt of earth; 7 – a road of waste delivery; 8 – after filing, capping with layer of clay and humus, re-cultivation of ground

Zagadnienie uszczelniania kwater w składowiskach odpadów komunalnych, ma zasadnicze znaczenie dla ochrony środowiska naturalnego. Stosowanie geomembran polimerowych ma jedną istotną wadę. Aby właściwie położyć odpowiednie warstwy, składające się na dno i boki kwatery oraz na zamknięcie tejsze kwatery, konieczne jest użycie odpowiednich maszyn budowlanych (fot. 1). Maszyny te służą do układania warstw ziarnistych i przykrywania nimi wcześniej ułożonych geomembran. Wjazd na stosunkowo cienką geomembranę (2,5÷3 mm grubości) maszyny o wadze od kilku do kilkunastu ton, może spowodować uszkodzenie ostatniej. Nawet niezwykle staranne posługiwanie się tym ciężkim sprzętem może zaprowadzić do uszkodzenia folii. Dlatego postuluję się zastosowanie zapory kapilarnej, tzn. mineralnej warstwy uszczelniającej.



Rys. 3. Konstrukcja podłoża i przykrycia składowiska [1]; 1 – podłoże mineralne (uszczelnione, 2, 5, 7, 9, 11, 14 – włóknina oddzielająca); 3, 12 –wykładzina uszczelniająca PEdg; 4 – włóknina ochronna; 6 – warstwa żwiru; 8 –odpady; 10 – warstwa odgazowania; 13 – włóknina filtracyjna; 15 – warstwa z uszczelnienia mineralnego; 16 – włóknina oddzielająca; 17 – warstwa gleby rekultywacyjnej; 18 – rowek kotwienia wykładziny; 19 – rowek opaskowy drenażu powierzchniowego; 20 – zarys szaty roślinnej

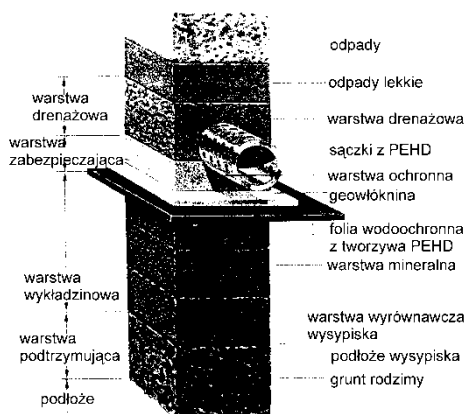
Fig. 3. Construction of substratum and capping of dumping ground [1]; 1 – mineral substratum (sealed, 2, 5, 7, 9, 11, 14 – separating needled cloth), 3, 12 – sealing lining PEdg; 4 – protective needle cloth; 6 – layer of gravel; 8 – waste; 10 – layer of degassing; 13 – filter cloth; 15 – layer of mineral sealing; 16 – separating cloth; 17 – layer of recultivation soil; 18 – groove of bolting lining; 19 – surface drainage ditch; 20 – profile of green zone



Fot. 1. Budowa kwatery w składowisku odpadów komunalnych

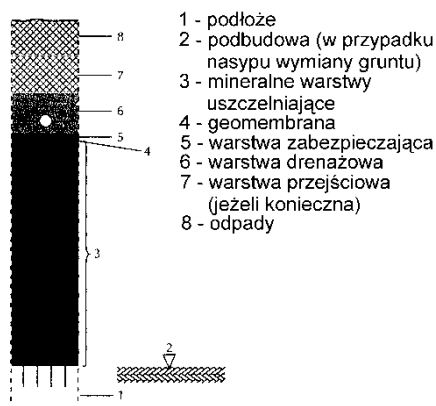
Photo. 1. Construction of a cell in a municipal waste landfill

Niniejsza praca jest poświęcona głównie zastąpieniu geomembran (wykładzin), odpowiednimi warstwami materiałów mineralnych (odpadów pogórniczych). Ażeby dodatkowo wykazać ważność wykładzin uszczelniających, które są tak powszechnie stosowane na całym świecie, pokazane zostaną jeszcze inne metody budowy dna kwater do składowania odpadów [4, 2] zostały pokazane na rys. 4-9. Zwraca uwagę użycie zarówno warstw mineralnych materiałów ziarnistych, jak i wykładzin, obecność których do pewnego uszczelnienia wysypiska, wydaje się być konieczna. Ponieważ rysunki te są opisane dlatego nie wymagają one słownego wyjaśnienia.



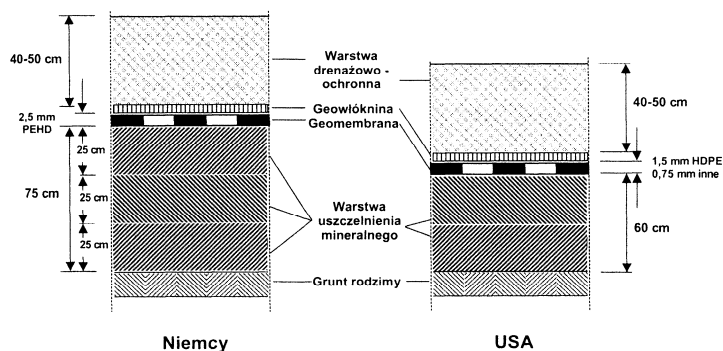
Rys. 4. Uszczelnienie kombinowane dna wysypiska [4]

Fig. 4. Combined sealing of a landfill bottom [4]



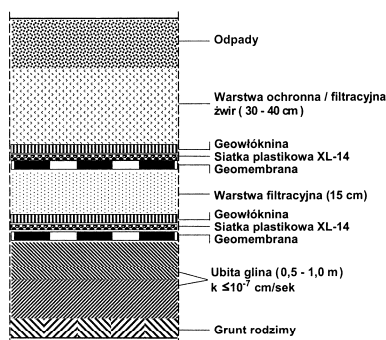
Rys. 5. Warstwy systemu uszczelniającego w dnie składowiska [2]

Fig. 5. Layers of a sealing system in a landfill bottom [2]

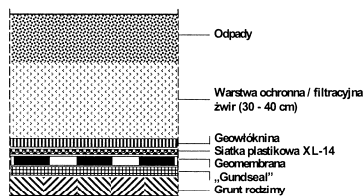


Rys. 6. Minimalne wymagania dotyczące uszczelnień dna składowiska odpadów komunalnych w Niemczech i USA [4]

Fig. 6. Minimal requirements concerning the process of sealing of a municipal waste landfill bottom in Germany and the USA [4]



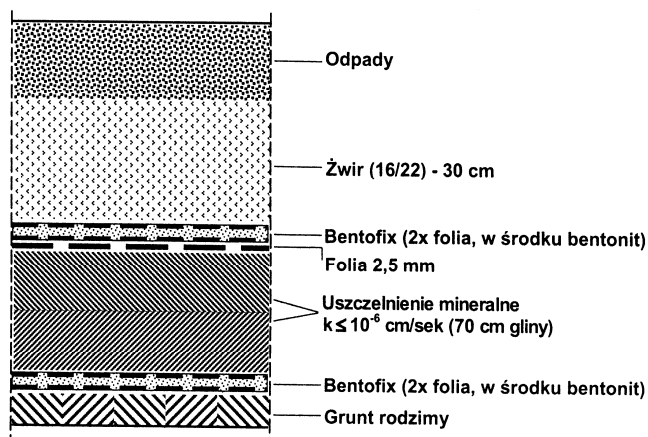
Uszczelnienie podwójne (wg Gundline)



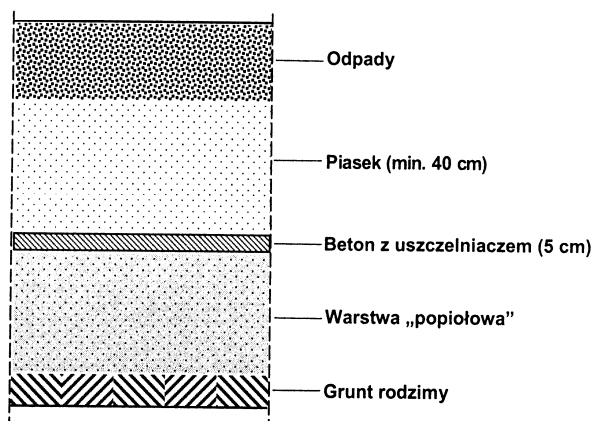
Uszczelnienie pojedyncze (wg Gundline)

Rys. 7. Uszczelnienie składowisk odpadów o różnym stopniu szkodliwości i w zróżnicowanych warunkach gruntowych [4]

Fig. 7. Sealing of waste dump of various degree of harmfulness and in various ground conditions [4]



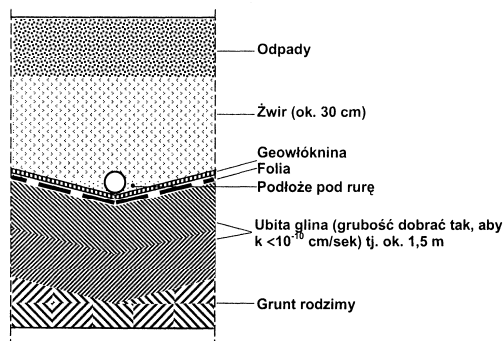
Uszczelnienie podwójne (wg NAVE FASERTECHNIK)



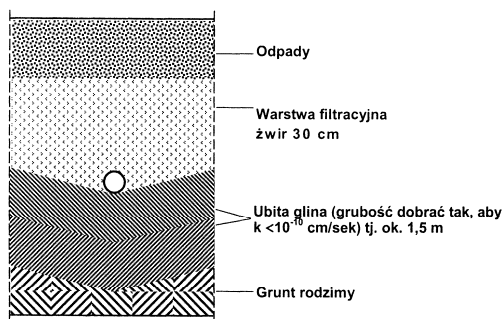
Uszczelnienie kompozycją popiołową

Rys. 8. Uszczelnienie składowisk odpadów o różnym stopniu szkodliwości i w zróżnicowanych warunkach gruntowych [4]

Fig. 8. Sealing of waste dump of various degree of harmfulness and in various ground conditions [4]



Uszczelnienie glinowo-geomembranowe



Uszczelnienie gliną (min. 1 m)

Rys. 9. Uszczelnienie składowisk odpadów o różnym stopniu szkodliwości i w zróżnicowanych warunkach gruntowych [4]

Fig. 9. Sealing of waste dump of various degree of harmfulness and in various ground conditions [4]

3. Zamykanie kwater ze zdeponowanymi odpadami komunalnymi

Równie ważnym zagadnieniem jak budowa dna i ścian bocznych kwatery do deponowania odpadów komunalnych, jest budowa zamknięcia takiej kwatery (stropu). Na rys. 10a [3] pokazano typowy przekrój warstw takiego stropu z zastosowaniem wykładzin uszczelniających. Oznaczenia na rys. 10a są następujące:

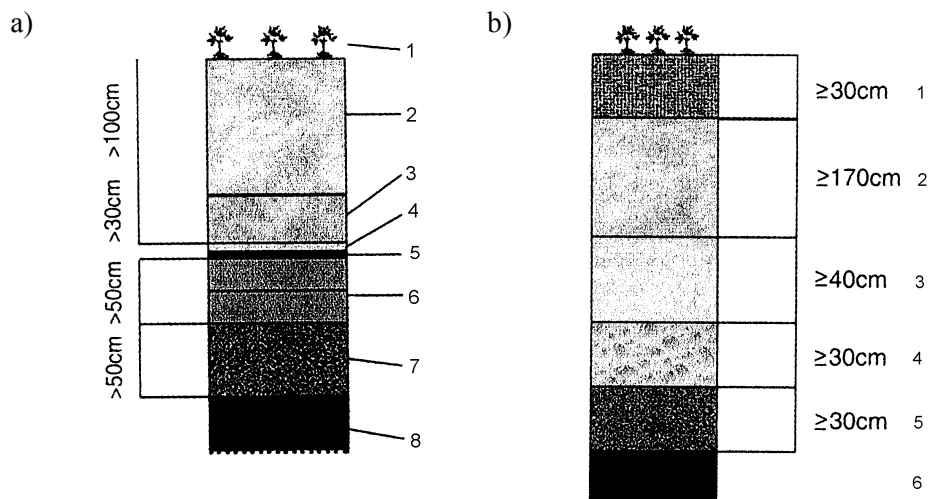
- 1 – roślinność zastosowana w ramach rekultywacji biologicznej,
- 2 – warstwa rekultywacyjna,

- 3 – warstwa odwadniająca (drenażowa),
- 4 – wykładzina geotekstylna,
- 5 – geomembrana > 2,5 mm,
- 6 – dwie warstwy uszczelnienia mineralnego,
- 7 – warstwa wyrównująca jednocześnie odprowadzająca biogaz,
- 8 – odpady bytowe.

Jednakże strop zamykający kwaterę wypełnioną odpadami komunalnymi można wykonać inaczej, nie stosując wykładzin syntetycznych, ale wykorzystując tzw. zaporę kapilarną (rys. 11, 12). Zaporą kapilarną jest warstwa odpadów mineralnych o odpowiedniej grubości (dwie warstwy o grubości 30 i 40 cm (co najmniej) i o odpowiednim uziarnieniu. Wielkość ziaren mineralnych, z których składa się zapora determinuje wymiar charakteryzujący kanaliki (kapilary) jakie utworzą się pomiędzy poszczególnymi ziarnami, po usypaniu ich w warstwę. Kanaliki te napełniają się wodą deszczową (gdy zamykamy kwaterę) lub odciekami (gdy zaporę zastosujemy do uszczelnienia dna kwatery). Napięcie powierzchniowe powoduje, że woda ta pozostaje w kanalikach stanowiąc uszczelnienie stropu kwatery. Następne ilości wody nie będą już przepływać przez zaporę, ale spływać po niej jak po wykładzinie. Oznaczenia na rys 10b są następujące:

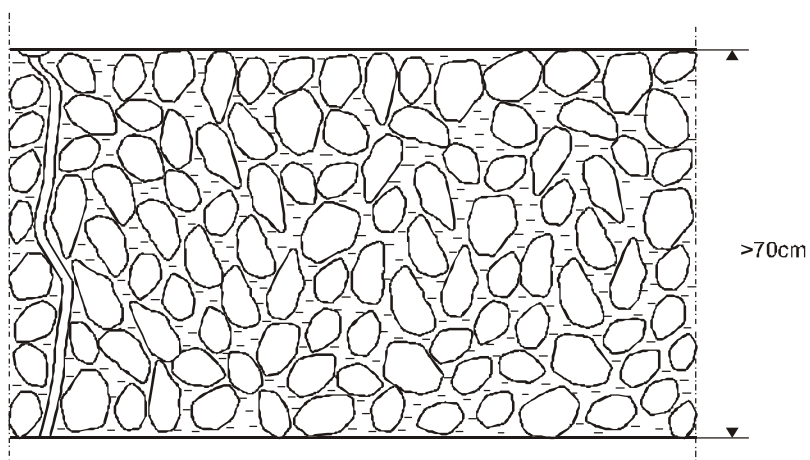
- 1 – zewnętrzna warstwa ziemna,
 - 2 – warstwa rekultywacyjna,
 - 3 – warstwa kapilarna,
 - 4 – blok kapilarny,
 - 5 – warstwa wyrównująca,
 - 6 – odpady.
- } zapora kapilarna

Analizując rys. 10b dochodzimy do wniosku, iż nie stosujemy w budowie zamknięcia składowiska odpadów różnych wykładzin (geomembran). Rolę ich pełni warstwa kapilarna, stanowiąca zaporę dla wód opadowych, które spływają poza kwaterę po warstwie kapilarnej. W warstwie tej możliwe jest wykonanie drenażu znanymi metodami.



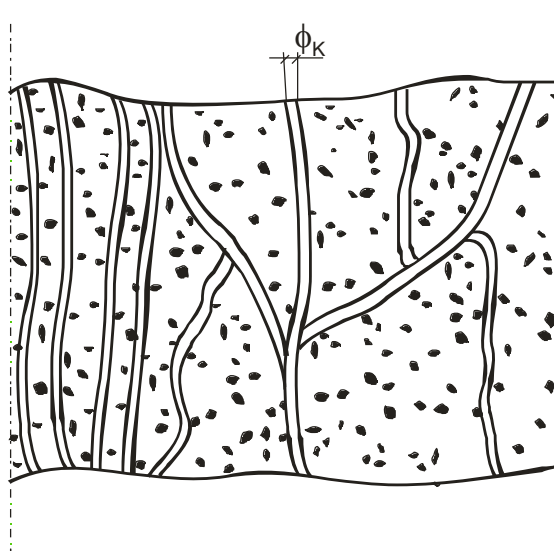
Rys. 10. Zamykanie uszczelniające wysypisk odpadów: a) sposób klasyczny, b) zapora kapilarna

Fig. 10. Sealing closure of waste dumps: a) a classical manner, b) a capillary barrier



Rys. 11. Zapora kapilarna (warstwa geokapilarna)

Fig. 11. Capillary barrier (geo-capillary layer)



Rys. 12. Kapilara w złożu mineralnym

Fig. 12. Capillary in a mineral bed

4. Zakończenie

Niniejsze opracowanie jest próbą zaproponowania odpadowych materiałów mineralnych, jako zamiennika dotychczas stosowanych wykładzin (geomembran), w szczególności do zamykania kwater wypełnionych odpadami komunalnymi. Odpowiednio uziarnione odpady mineralne mogą stanowić doskonałą zaporę kapilarną, będącą uszczelnieniem zdeponowanych odpadów i niedopuszczają wodę opadową do tych odpadów. Według danych niemieckich [3] koszt wykonania różnych uszczelnień wygląda następująco:

Uszczelnienie	Koszt [€/m ²]
1) uszczelnienie mineralne	48,
2) uszczelnienie matą bentonitową	44,5,
3) uszczelnienie mineralne z matą bentonitową	58,
4) uszczelnienie zaporą kapilarną	54,
5) uszczelnienie mineralne z zaporą kapilarną	39,
6) uszczelnienie kombinowane z folią PEHD	63.

Widzimy więc, iż koszt poszczególnych typów uszczelnień (systemów uszczelniających) jest porównywalny i zastosowanie proponowanego systemu uszczelniającego z zaporą kapilarną nie musi oznaczać istotnego wzrostu kosztów wykonania tego uszczelnienia.

Literatura

1. **Leboda R., Oleszczuk P.:** *Odpady komunalne i ich zagospodarowanie*. Wydawnictwo UMCS, Lublin 2002.
2. **Rosik-Dulewska Cz.:** *Podstawy gospodarki odpadami*. PWN Warszawa 2002.
3. **Zimmermann E., Hennig A.:** *Einsatzgebiete von mineralischen Schüttgütern in Deponiebau*. Schüttgut, Sept. 2005.
4. **Żygadło M. i inni:** *Strategia gospodarki odpadami komunalnymi*. Polskie Zrzeszenie Inżynierów i Techników Sanitarnych Oddział w Poznaniu, Poznań 2001.

Application of Mineral Waste in Construction of Municipal Waste Landfills

Abstract

Municipal waste storage is still a basic form of waste management. In spite of the intensive development of selective waste collection and its segregation in the place of its generation, waste deposition on landfills is still the most frequently applied way of its management. Therefore, all the conceptions concerning modernization of building of waste landfills are of crucial importance. Despite the fact that the subject of building of sections devoted to waste deposition has been widely discussed, indeed, one must confess that the focal point should be the use of municipal waste in construction of municipal waste landfills.

In each country, including Poland, mineral waste, understood as residues of mining activity or material obtained as a result of recycling of building materials, constitutes an ecological problem, requiring an urgent solution. Those materials are acquired without a payment, and their cost comprises acquisition and logistic expenses (transport).

The aim of the Author of the present study is to make Reader's attention focused on the possibility of an additional application of those materials to build landfills (dumping grounds), in particular, to close the landfills which are filled. Seemingly, mineral waste granular materials may be used as substitutes of polymer liner materials (foils, geo-cloths, geo-membranes).