

SYSTEM ZAGOSPODAROWANIA ODCIEKÓW Z WYSYPISKA I WÓD TECHNOLOGICZNYCH Z KOMPOSTOWNI „RADIOWO”

UTYLIZATION SYSTEM OF LEACHATE FROM LANDFILL AND TECHNOLOGICAL WATER FROM „RADIOWO” COMPOSTORY

Eugeniusz Koda¹, Piotr Król², Stanisław Żakowicz³

¹Geoteko Sp. z o.o., ul. Wałbrzyska 3/5, 02-739 Warszawa,

²Katedra Geotechniki SGGW, ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warszawa,

³Katedra Kształtowania Środowiska i Melioracji SGGW.

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych problemów związanych z gospodarką odpadami komunalnymi jest unieszkodliwienie odcieków i ścieków technologicznych z obiektów tworzących tą gospodarkę (wysypiska, kompostownie, sortownie, itp.). Obiekt Radiowo, przyjmujący około 1/3 odpadów komunalnych z terenu Warszawy, składa się z nowoczesnej kompostowni i starego wysypiska odpadów. Od kilku lat na wysypisku składowane są wyłącznie tzw. odpady balastowe z kompostowni. Ścieki technologiczne z terenu kompostowni "Radiowo" po wstępnym oczyszczeniu w oczyszczalni mechaniczno-biologicznej, częściowo są powtórnie wykorzystane do celów technologicznych w kompostowni, natomiast nadmiar oczyszczonych wód jest rzucany do Kanału Zaborowskiego. Jednakże, z uwagi na ładunek zanieczyszczeń i fakt odprowadzania tych wód na tereny Kampinoskiego Parku Narodowego, Urząd Wojewódzki zobowiązał MPO do zlikwidowania zrzutu, z sugestią wskazania innego sposobu zagospodarowania nadmiaru wód z kompostowni.

W wyniku powyższych trudności formalno-prawnych i technicznych związanych ze zrzutem nadmiaru wód z oczyszczalni, opracowano projekt przerzucenia i wykorzystania tych wód do celów technologicznych i zabiegów rekultywacyjnych na wysypisku „Radiowo” [Koda z Zespołem, 1997]. Silnie skażone odcieki będą natomiast wprowadzane do korpusu wysypiska.

Ocena jakości odcieków z wysypiska i wód technologicznych z kompostowni

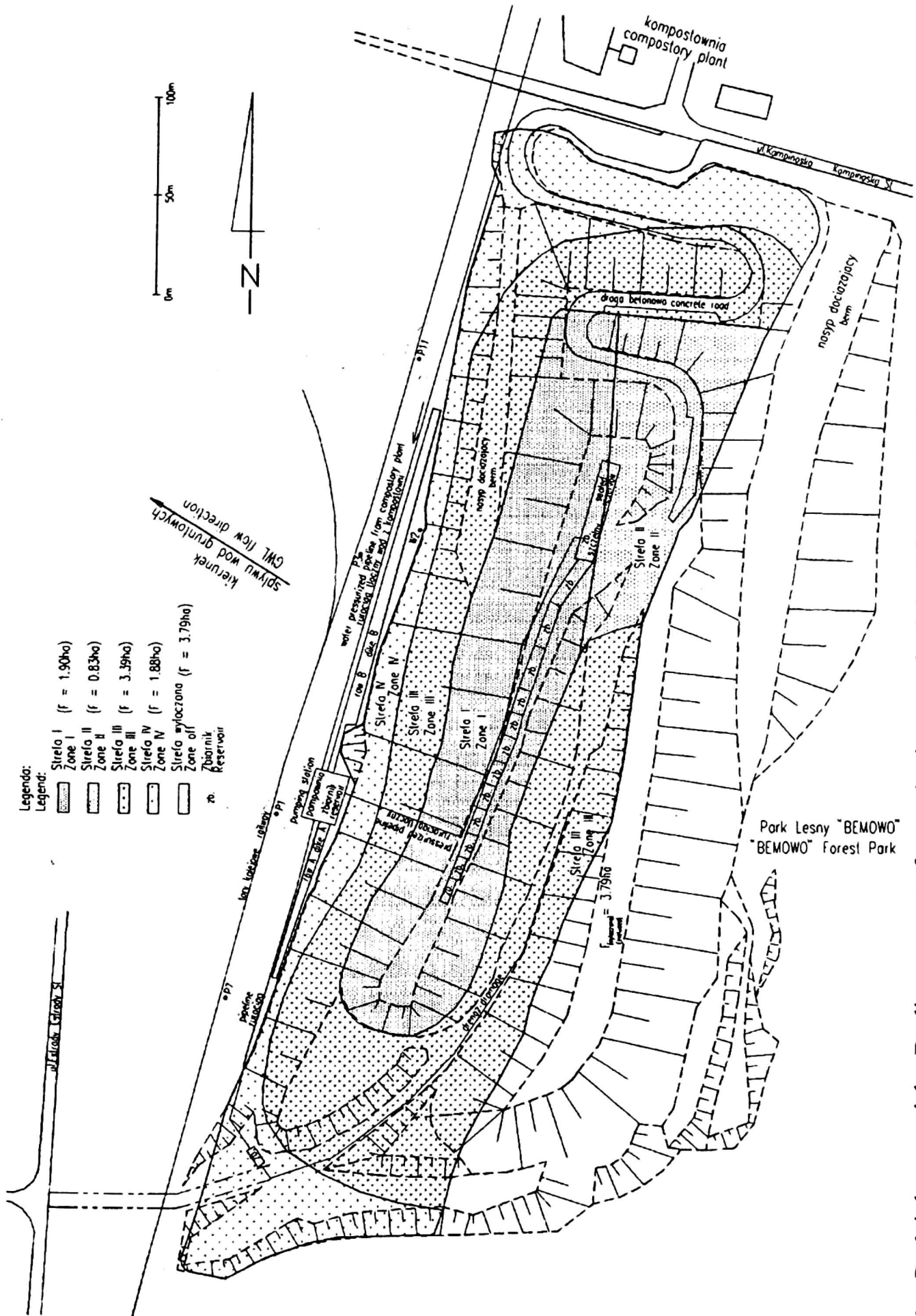
W Tab.1 przedstawiono wyniki analiz chemicznych wykonanych w latach 1994 i 1996. Piezometry P1 i P3 [Kazimierski, 1994] oraz P4 i P12 [Augustyniak i Koda, 1996] były zainstalowane na kierunku odpływu wód gruntowych z wysypiska. Punkt W2 oznacza zbiornik przy zachodniej skarpie wysypiska, gdzie w wyniku wieloletniej stagnacji odcieków nastąpiła koncentracja zanieczyszczeń (Rys.1). Proces migracji zanieczyszczeń jest ograniczony budową geologiczną [Augustyniak i Koda, 1996] oraz nasypem kolejowym i ul.Estrady. Woda gruntowa na terenach przylegających do wysypiska znajduje się na głębokości 0-1,5 m. Większość badanych wskaźników przekracza wartości dopuszczalne dla ścieków wprowadzanych do wód podziemnych.

Wody technologiczne odpływające aktualnie do Kanału Zaborowskiego z kompostowni dla wielu wskaźników posiadają również znaczące przekroczenia wartości dopuszczalnych dla wód kl.III (Tab.1), jednakże dla określonych roślin mogą być wykorzystane do nawodnień [Koda i Krzywosz, 1995] oraz do celów technologicznych na wysypisku (zraszanie dróg, mycie kół pojazdów, p.poż., itp).

Tab.1. Wybrane wyniki analiz chemicznych odcieków z wysypiska i wód z kompostowni Radiowo (Kazimierski, 1994; Augustyniak, 1996; WIOŚ, 1996).

Tab.1. Chemical analysis of leachate from landfill and water from compostory.

Lp. No	Wskaźnik Index	Jedn. Unit	Lokalizacja i data / Location and data					
			Odcieki z wysypiska / Leachate					Z kompostowni
			5.04.94		6.07.96		5.04.94	From compostor
			P1	P3	P11	P12	W2	
1	pH	pH	6,6	7,4	7,0	7,3	8,1	7,9
2	ChZT _{Cr} / COD _{Cr}	mgO ₂ /l	66,5	285	351,5	173	885	332
3	BZT ₅ / BOD ₅	mgO ₂ /l	1,6	1200	nb	nb	700	18,7
4	NH ₄	mg/l	0,58	nb	100	170	nb	nb
5	NO ₃	mg/l	5,67	166	30,0	2,4	260	nb
6	Cl	mgCl/l	75,0	652,4	2257	4000	3178	665
7	SO ₄	mg/l	306	734	231,2	370,0	204	112,7
8	Na	mg/l	75,5	2571	1230	2180	1230	nb
9	K	mg/l	45,0	1120	730	1490	632	nb
10	Zn	mg/l	0,099	0,580	nb	nb	1,53	0,213
11	Cu	mg/l	0,013	0,645	nb	nb	0,769	0,042
12	Pb	mg/l	<0,02	0,35	5,0	nb	0,07	0,016



Rys.1. Podział wysypiska Radiowo na strefy o zróżnicowanej zdolności retencyjnej odpadów.
 Fig.1. Division of Radiowo landfill area into zones of differential retention capacity.

Ocena zdolności retencyjnych wysypiska

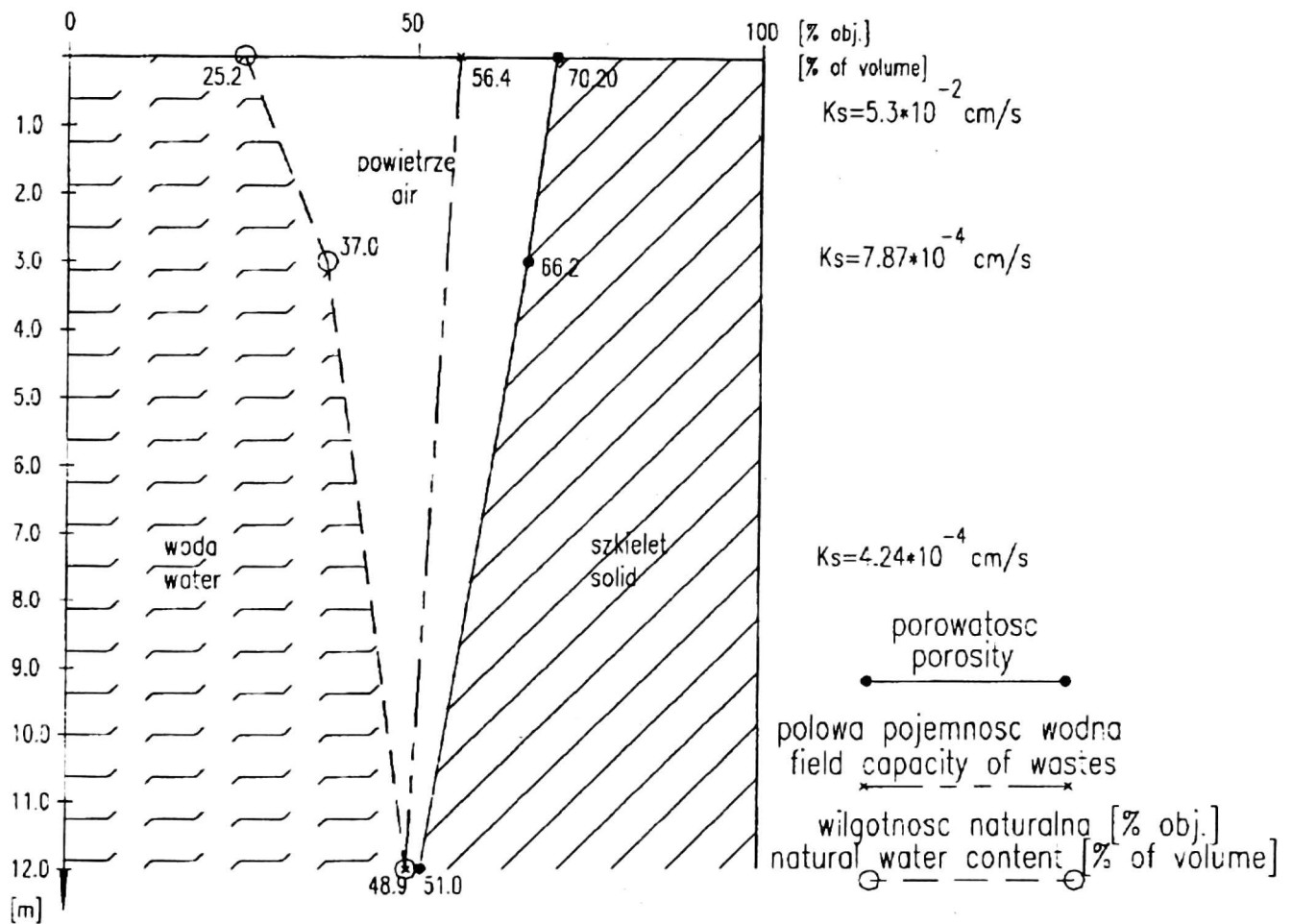
Dla oceny zdolności retencyjnych odpadów balastowych wytypowano na wysypisku 8 punktów badawczych a dla odpadów starych wykorzystano głębokie wiercenia wykonane dla odgazowania wysypiska. Prędkość wsiąkania wody do strefy nienasyconej odpadów przeprowadzono wg metody Klute'go [1986]. Ilość wody w jednostkowej objętości odpadów w warunkach nienaruszonej struktury oznaczono metodą reflektometryczną z wykorzystaniem polowego aparatu TDR [PIOŚ, 1996]. Określenie wilgotności odpadów przy połowej pojemności wodnej ustalono przez zalanie mikropoletek do pełnej pojemności wodnej i przykryciu folią. Próbkę odpadów pobrano po 24 godzinach i ustalono ich wilgotność objętościową odpowiadającą połowej pojemności wodnej. Połowy pomiar współczynnika filtracji odpadów wykonano metodą Maaga, natomiast pomiar przepuszczalności w laboratorium przeprowadzono przy obciążeniach [Ostromęcki, 1964] modelujących stan próbek na różnych głębokościach wysypiska.

Gęstość właściwa odpadów balastowych wynosiła ok. 1 g/cm³, a odpadów starych ok. 1,6 g/cm³. Gęstość objętościowa suchej masy przy trzech obciążeniach 0; 20 i 100 kPa dla odpadów balastowych wynosiła 0,3; 0,45 i 0,6 g/cm³, a dla odpadów starych 1,0; 1,2 i 1,35 g/cm³. Z analizy badań uzyskano trzy charakterystyczne profile stanów uwilgotnienia i przewodności wodnej odpadów. Profil na Rys.2 charakteryzuje obszar wysypiska w pobliżu skarp. Profil na Rys.3 odnosi się do centralnej części wysypiska (odpady balastowe), a profil na Rys.4 dotyczy starej części wysypiska (Rys.1). Na Rys.2, 3 i 4 zaznaczono: porowatość, uwilgotnienie w dniu badania i przy połowej pojemności wodnej oraz współczynniki filtracji na różnych głębokościach. Porowatość w profilach odwzorowuje rozkład pełnej pojemności wodnej. Z różnicy między pełną i połową pojemnością wodną można uzyskać efektywną retencyjność wysypiska. Efektywne zdolności retencyjne w czterech strefach wysypiska przedstawiono w Tab.2. Strefę IV wydzielono w podstawie korpusu, w oparciu o położenie zwierciadła wody w wysypisku i na terenie przyległym (Rys.1).

Tab.2. Efektywna zdolność retencyjna wysypiska [Koda i Żakowicz, 1997].

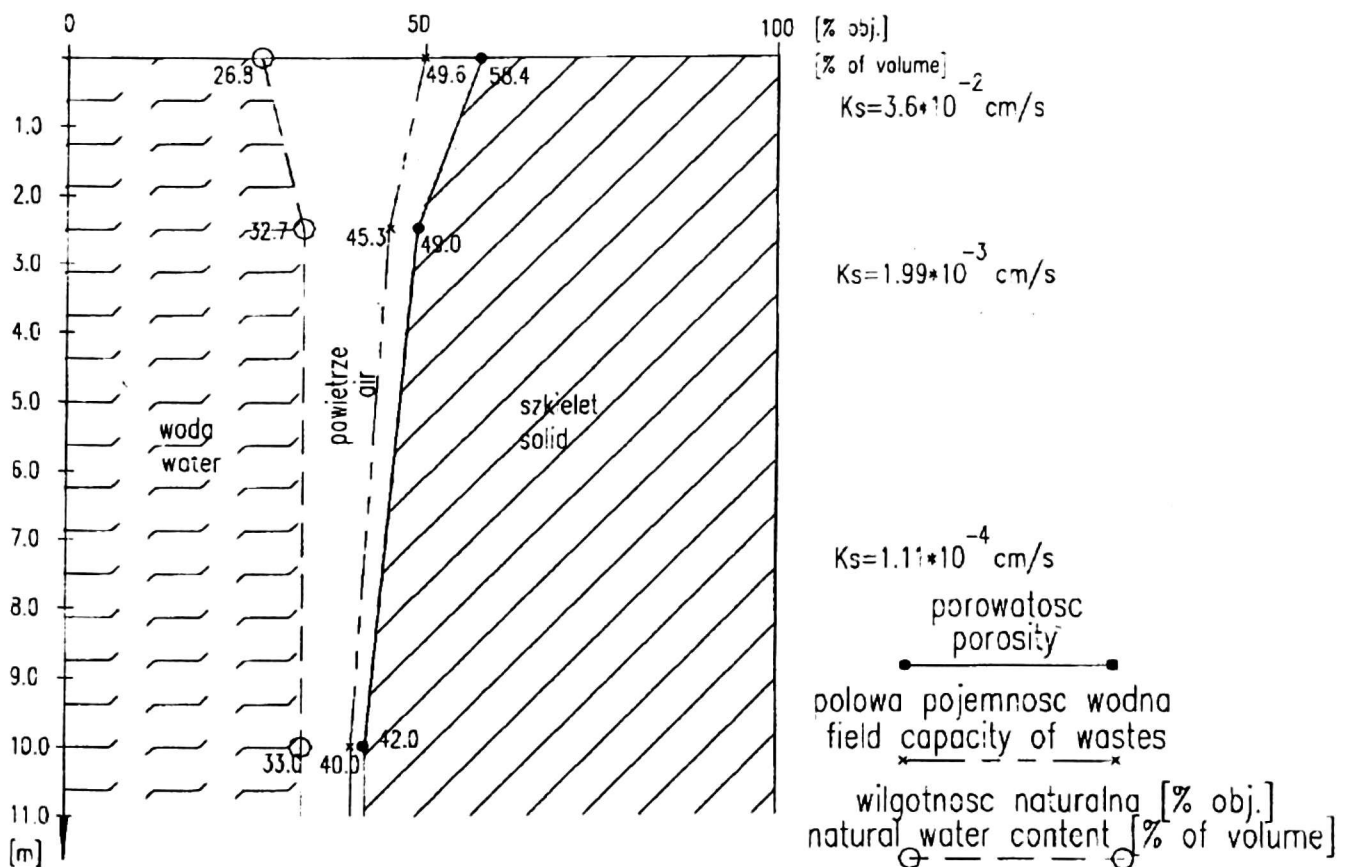
Tab.2. The effective retential capacity of Radiowo landfill area.

Nr strefy/ Zone No	Powierzchnia/ Arca [ha]	Efektywna zdolność retencyjna korpusu wysypiska / Effective retential capacity of waste body	
		[mm]	[m ³]
I	1,90	1360	25840
II	0,83	1180	9794
III	3,39	855	28985
IV	1,88	115	2161
Suma/Total	8,00	-	66780



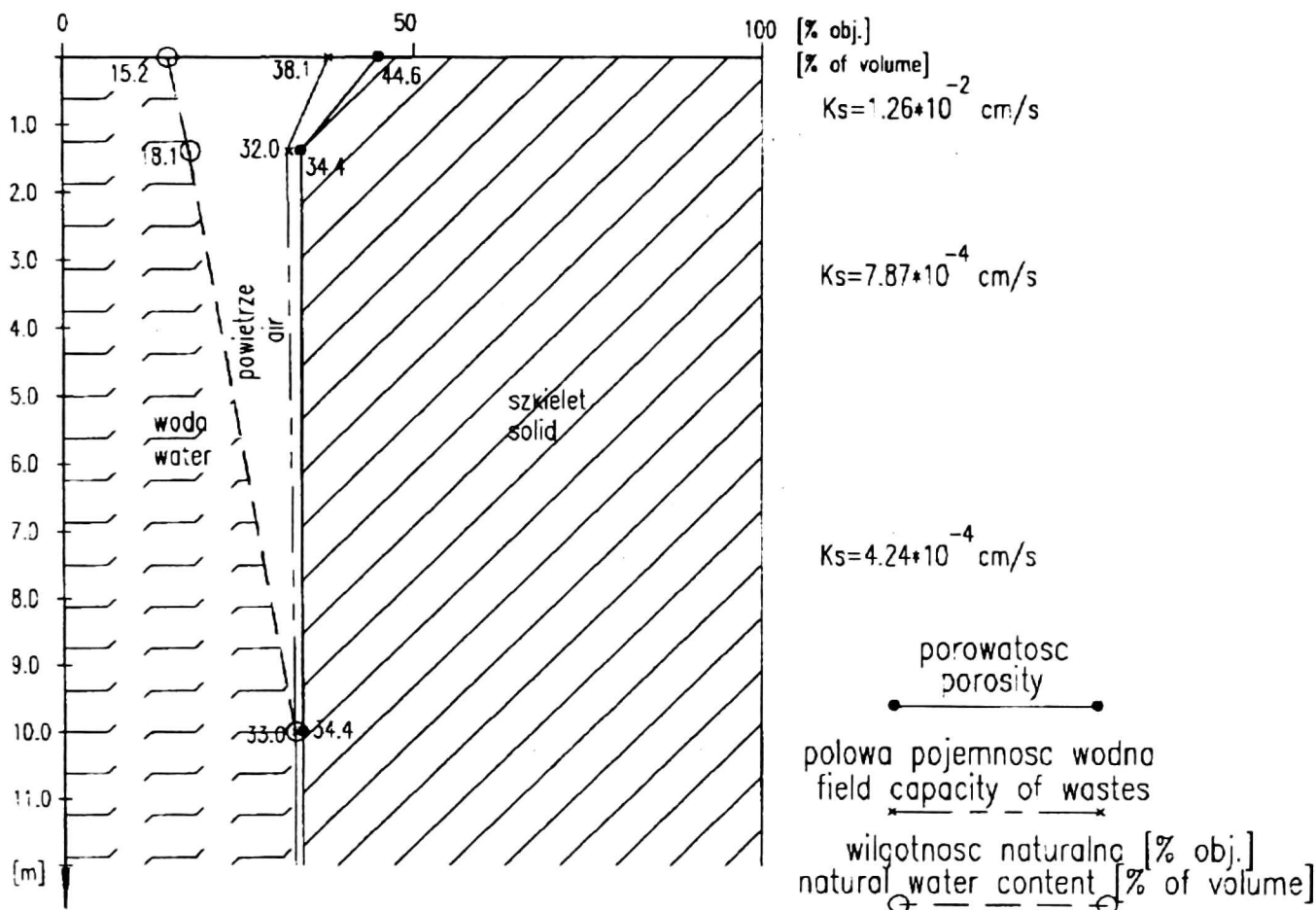
Rys.2. Stany uwilgotnienia i przepuszczalność odpadów - Strefa I.

Fig.2. Moistures distribution and waste permeability coefficients in Zone I.



Rys.3. Stany uwilgotnienia i przepuszczalność odpadów - Strefa II.

Fig.3. Moistures distribution and waste permeability coefficients in Zone II.



Rys.4. Stany uwilgotnienia i przepuszczalność odpadów - Strefa III.

Fig.4. Moistures distribution and waste permeability coefficients in Zone III.

Bilans wodny terenu wysypiska i kompostowni

Przy opracowaniu bilansu hydrologicznego obiektu Radiowo rozpatrzono trzy powiązane ze sobą technologicznie obszary:

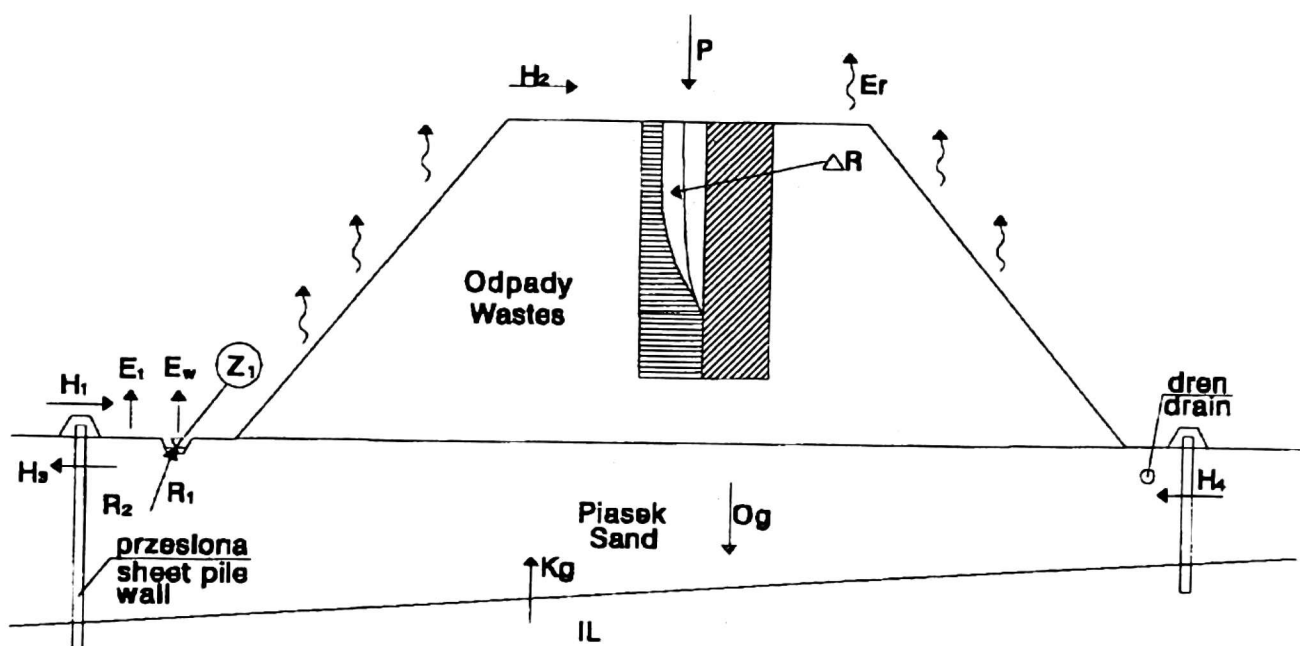
1. teren kompostowni o powierzchni ok. 7 ha, ze zbiornikiem otwartym - 600 m²;
2. teren przyległy do wysypiska o powierzchni ok. 0,95 ha z otwartym zbiornikiem (Z₁) o powierzchni 2500 m² i głębokości 2,0 m oraz zamkniętym zbiornikiem odcieków o objętości 600 m³.
3. część korpusu wysypiska o powierzchni ok. 8,0 ha.

Z analizy wyłączono wschodnią część wysypiska ($F_{\text{wylacz}}=3,79$ ha, Rys.1), która będzie wykorzystana do zagospodarowania odcieków z rowu opaskowego.

Dla rozpatrywanego obszaru wysypiska (Rys.5) pominięto stosunkowo niewielki przychód wody dowożonej z odpadami i z biodegradacji odpadów [Daniel, 1993]. Równanie bilansu dla korpusu wysypiska można przedstawić w postaci:

$$P + H_2 + H_4 + K_g = E_r + \Delta R + H_3 + O_g$$

gdzie: P - opad; H₂ - ilość wody tłocznej ze zbiornika (Z₁) na wysypisko; K_g - podsiąk kapilarny; H₄ - dopływ gruntowy; E_r - parowanie ze skarp i korony; ΔR - efektywna retencyjność wysypiska; H₃ - odpływ gruntowy; O_g - odciek gruntowy.



Rys.5. Schemat obiegu wody w korpusie wysypiska [Koda i Żakowicz, 1998].
 Fig.5. Scheme of Radiowo landfill water balance.

Po odizolowaniu obszaru wysypiska przesłoną przeciwfiltracyjną można przyjąć, że: $H_3=0$; $H_4=0$; $K_g=0$ i $O_g=0$. Wtedy bilans ma postać:

$$P + H_2 = E_r + \Delta R$$

Ilość wody H_2 dostarczanej na wysypisko obliczono ze wzoru:

$$H_2 = H_1 + R_1 + R_2$$

gdzie: H_1 - dopływ z kompostowni, R_1 - retencja zbiornika wodnego Z_1 ($R_1=P-E_w$), R_2 - retencja terenu przyległego do wysypiska ($R_2=P-E_1$), E_w - parowanie z powierzchni wody, E_1 - parowanie z terenu przyległego.

Średnie roczne wartości podstawowych elementów bilansu zestawiono w Tab.3.

Tab.3. Bilans średni roczny dla korpusu wysypiska odpadów w Radiowie.

Tab.3. The average annual water balance of Radiowo landfill area.

Nr/No	Wyszczególnienie/Specification	Jedn./Unit	Wielkość/Volum e
Przychód/Income			
1	Opad na 8 ha/Precipitation on 8 ha, P	m ³	40640
2	Dopływ z pompowni/Inflow from pumping, H ₂	m ³	21550
	Sumowy przychód/Total income, P+H ₂	m ³	62190
Rozchód/Outgoings			
3	Parowanie ze skarp i korony/Evaporation from the creast and slopes, E _r	m ³	62880
4	Efektywna retencyjność wysypiska/Effective retential capacity of the landfill area, ΔR	m ³	66780

Dawki nawodnień należy dobierać tak, aby wody całkowicie infiltrowały do korpusu, bez wysiaków przy skarpie. Wysypisko Radiowo jest wysokim wzniesieniem, a więc przepływające strumienie powietrza zwiększają parowanie (tzw. zjawisko oazy) [Stachy, 1987]. Przy intensywnym i racjonalnym nawadnianiu oraz utrzymaniu bogatej szaty roślinnej parowanie może podlegać dalszemu zwiększaniu. Z bilansu wynika, że całkowity przychód wody w skali roku wynosi 62190 m^3 (Tab.3), a rozchód na parowanie przy intensywnym nawadnianiu korony i skarp - 62880 m^3 . Wynika z tego, że w roku średnim następuje zwiększenie efektywnej zdolności retencyjnej wysypiska o ok. 690 m^3 i nie będzie odpływu gruntowego H_3 z recyrkulacji. Zdolność retencyjna wysypiska w ciągu średniego roku będzie ulegać wahaniom podobnie jak w przypadku lat suchych i mokrych, ale całkowita efektywna retencja wysypiska dla roku średniego wynosząca 66780 m^3 zapewnia możliwość pełnego zagospodarowania odcieków z wysypiska i wód technologicznych z kompostowni. Należy jednak podkreślić, że przedstawiony bilans obiegu wody będzie wymagał starannej eksploatacji nawodnień oraz zabiegów dla zwiększenia pokrycia skarp szatą roślinną.

Dla przechwycenia i zmagazynowania nadmiaru wody w okresach intensywnych opadów zaprojektowano system szczelnych zbiorników retencyjnych o łącznej pojemności ok. 8000 m^3 . Natomiast dla wprowadzenia najbardziej skażonych odcieków do korpusu, na koronie wysypiska zaprojektowano system kaskadowych zbiorników ze studniami chłonnymi w dnie. Przewiduje się w ten sposób wprowadzenie do korpusu również silnie zanieczyszczonych odcieków stagnujących przy zachodniej skarpie wysypiska. Wody do nawodnień powinny być kontrolowane okresowo pod kątem zasolenia i składu chemicznego.

Wnioski

* Wyszczególnienie trzech typowych profili rozkładu charakterystycznych stanów uwilgotnienia pozwala na wyodrębnienie 3 stref o zróżnicowanej zdolności zmagazynowania odcieków z wysypiska i kompostowni. Strefę IV wyodrębniono w podstawie wysypiska, biorąc pod uwagę położenie zwierciadła wody w korpusie.

* Średnia roczna wartość odpływu wody z terenu kompostowni (H_2) na obszar wysypiska odpadów komunalnych w Radiowie wynosi około 21550 m^3 , co odpowiada przepływowi średniemu rocznemu $q_2 = 0,698 \text{ l/s}$.

* Po odizolowaniu wysypiska pionową przesłoną przeciwfiltracyjną, sumaryczna średnia roczna ilość wody po stronie przychodu wyniesie 62190 m^3 , a przy intensywnym systemie nawadniającym rozchód na parowanie w skali roku wyniesie 62880 m^3 . W korpusie wysypiska istnieje więc rezerwa (66780 m^3), tzw. zbiornik podziemny, do przyjęcia dużej ilości wód, bez wywołania zjawiska odcieku.

* Istniejąca duża rezerwa efektywnej retencji użytecznej wysypiska odpowiadająca ponad 1,5 rocznej wielkości opadu oraz duże wielkości zbiorników retencyjnych, możliwe do wykorzystania w obiegu recyrkulacyjnym, zapewnią sprawną gospodarkę w obrębie wysypiska w latach mokrych i w skali roku.

* Z uwagi na chemizm odcieków stagnujących u podnóża wysypiska, należy w pierwszym etapie przepompować je na koronę wysypiska i wprowadzić drogą infiltracji w głąb korpusu. Dopiero po odpompowaniu silnie zanieczyszczonych wód stagnujących przy skarpie zachodniej, po około 30 dniach można rozpocząć nawodnienia napowierzchniowe korony i skarp wysypiska. Wody do nawodnień powinny być kontrolowane okresowo pod kątem zasolenia i składu chemicznego.

Literatura

- [1] Augustyniak E., Koda E. z Zespołem. 1996. *Dokumentacja hydrogeologiczna i geotechniczna dla wysypiska odpadów komunalnych w Radiowie*. Geoteko. Warszawa.
- [2] Daniel D.E. ed. 1993. *Geotechnical Practice for Waste Disposal. Water balance for landfills*. Chapman & Hall. London.
- [3] Kazimierski B. z Zespołem. 1984. *Wpływ wysypiska śmieci w Radiowie na wody terenów sąsiednich*. Oprac. na zlecenie Prochem S.A. Warszawa.
- [4] Klute A. 1986. *Methods of soil analysis. Part I*. Madison, Wisconsin.
- [5] Koda E., Krzywosz Z. 1996. *Badania nad wykorzystaniem kompostu z odpadów miejskich i wód odciekowych do produkcji mat trawiastych*. Przegląd Naukowy WMiŚ SGGW, Zeszyt 10, 163-173.
- [6] Koda E. i Król P. z Zespołem. 1997. *Wysypisko i Kompostownia „Radiowo”. Projekt podstawowy ujęcia i rozdeszczowania wód drenażowych oraz nadmiaru wód z oczyszczalni*. Geoteko. Warszawa.
- [7] Koda E., Żakowicz S. 1997. *Możliwości wykorzystania ścieków technologicznych z kompostowni do zabiegów rekultywacyjnych na wysypisku*. III Konferencja nt. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”. Ekoinżynieria, 195-208. Puławy.
- [8] Koda E., Żakowicz S. 1998. *Physical and hydraulic properties of the MSW for water balance of the landfill*. 3rd International Congress on Environmental Geotechnics. Lisbona (w druku).
- [9] Ostromęcki J. 1964. *Wstęp do melioracji rolnych*. PWRiL. Warszawa.
- [10] *Podręcznik badań starych składowisk*. PIOŚ. 1996.
- [11] Stachy J. 1987. *Atlas hydrologiczny Polski. T.1*, WG, Warszawa.
- [12] *Wyniki analizy ścieków z Zakładu Utylizacji Odpadów Radiowo*. Załącznik do decyzji nr WIOŚ-I-4622/10-26/98/96/1172. PIOŚ WIOŚ. 1996.

Summary

Utylization system of leachate from landfill and technological water from „Radiowo” compostory. Test results of physical and hydraulic parameters of municipal solid wastes (old and non-composted) are presented in the paper. The tests were used in the evaluation of retential capacity as well as the water balance of the landfill and compostory in Radiowo. The design of utylization system of the leachate from the landfill and technological water from the compostory was based on the test results. In the framework of the leachate utylization system on the landfill, three retential reservoirs (for water excess from intensive precipitations), two pumping stations as well as water cancelation and distribution systems on the landfill creast were designed. Owing to the investigation and field tests carried out, it is thought that technological water from the compostory can be used for irrigation of grass plant, while the most polluted leachate from the landfill should be put into the waste body.

Eugeniusz Koda
Geoteko Sp. z o.o.
ul. Wałbrzyska 3/5
02-739 Warszawa

Piotr Król
Katedra Geotechniki SGGW
ul. Nowoursynowska 166,
02-787 Warszawa,

Stanisław Żakowicz
Katedra Kształtowania Środowiska i Melioracji SGGW
ul. Nowoursynowska 166,
02-787 Warszawa,