

# WPLYW PODŁOŻA Z MASOWYM POCHÓWKIEM Z II WOJNY ŚWIATOWEJ NA SKŁAD CHEMICZNY WÓD GRUNTOWYCH

## THE EFFECT OF BEDDING OF MASS GRAVES FROM WORLD WAR II ON CHEMICAL COMPOSITION OF GROUND WATERS

JÓZEF ŻYCHOWSKI, JAN LACH, MARIUSZ KOLBER

Akademia Pedagogiczna w Krakowie, Instytut Geografii

30-084 Kraków, ul. Podchorążych 2

e-mail: jozych@ap.krakow.pl, jlach@ap.krakow.pl, mkolber@ap.krakow.pl

**Słowa kluczowe:** masowe groby, woda gruntowa, skład chemiczny wody

**Key words:** mass graves, groundwater, water chemistry

### 1. Wstęp

Niewiele jest badań dotyczących jakości wody gruntowej na cmentarzach. Prowadzone są głównie w Brazylii (Pacheco i in. 1991), Australii (Knight, Dent 1998), Wielkiej Brytanii (Trick i in. 2001), USA (Spongberg, Becks 2000a) i w Polsce (Żychowski i in. 2000). Dotyczą one wpływu nekropolii na: skład chemiczny (Dent 1995) i bakteriologię wód gruntowych (Dent 1998, Spongberg, Beck 2000b), zawartość aminokwasów (Żychowski i in. 2002) oraz jadu trupiego (Forbes i in. 2002) w środowisku pochówku. Szczególną uwagę zwracają one na zależność wielkości zanieczyszczeń wód gruntowych od warunków geologicznych podłoża, głównie litologii (Rodrigues, Pacheco 2003), lecz nie uwzględniają składu chemicznego profilu osadów środowiska pochówku.

Wstępnie podjęte badania mają wykazać, czy zawartości pierwiastków występujące w profilu masowego grobu różnią się ilością względem profilu położonego w niedalekim sąsiedztwie, w podobnych warunkach. Obserwacje te mają określić, w jakim stopniu ingerencja czynnika zewnętrznego (np. montaż piezometru) zmieni skład chemiczny wody podziemnej oraz czy procesy de-

kompozycji prowadzą do istotnej zmiany składu chemicznego wód w środowisku piaszczystej terasy.

## 2. Teren badań

Badania prowadzono w sąsiedztwie masowego pochówku z okresu II wojny światowej, zlokalizowanego na skraju Puszczy Niepołomickiej, od strony Niepołomic, na piaszczystej terasie Wisły, powstałej podczas zlodowacenia bałtyckiego (Żychowski 2000). Miejsce to położone jest w lesie sosnowym z domieszką brzozy. Na terenie grobu oraz w odległości 200 m od niego, dla porównania wyników, wykonano odwierty i pobrano z różnych głębokości próbki podłoża w celu określenia zawartości pierwiastków. W czasie pobierania próbek poziom wody gruntowej w masowym grobie był względnie niski i wynosił 2,5 m. Natomiast w miejscu wybranym dla porównania, położonym nieco niżej, reprezentującym tzw. „tło”, głębokość do zwierciadła wody wynosiła 2 m. Oba badane miejsca są oddzielone utwardzaną drogą, odwadnianą głębokim rowem. Porównywany obszar odwadniany jest także płytkimi rowami, biegnącymi pomiędzy drzewami w kierunku północnym.

## 3. Metodyka badań

Próbki pobierano w miejscu pochówku z głębokości: 0,6 m, 1,2 m, 1,8 m i 2,5 m. Z uzyskanych wyników obliczono średnie dla profilu i porównano je ze stosownymi średnimi z profilu tzw. „tła”, czyli miejsca położonego w podobnym środowisku. Średnie dla drugiego profilu obliczono z wyników analiz próbek pobieranych z głębokości: 0,3 m, 1,0 m, 1,4 m, 1,7 m oraz 2,0 m.

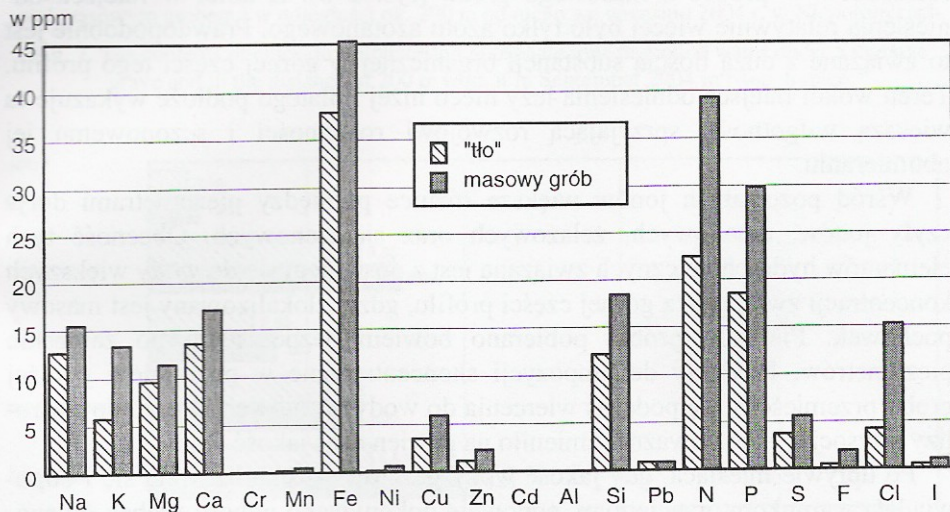
Analizę pobranych próbek gruntu przeprowadzono metodą spektroskopii adsorpcji atomowej ASA (Elmer Perkins 2001). Za pomocą spektrometru pomierzono całkowitą zawartość pierwiastków w pobranych próbkach rozdrobionego gruntu do frakcji 0,2  $\mu\text{m}$ . W miejscach tych zamontowano także piezometry do pobierania próbek wody do analiz. Analizy tych próbek przeprowadzono metodą chromatografii cieczowej za pomocą HPLC Varian.

## 4. Wyniki

Uzyskane wyniki wskazują, że średnie zawartości kilku pierwiastków z profilu w masowym grobie są kilka razy większe względem profilu porównawczego. Dotyczy to zwłaszcza fluoru. Jest to tym bardziej widoczne, gdyż jego



ilości w naturalnym środowisku są niewielkie. W profilu masowego grobu jest go 4 razy więcej niż w profilu odniesienia (1,9 ppm, 0,5 ppm). Podobny problem dotyczy także niklu. W tym przypadku jego ilość w profilu masowego grobu (0,6 ppm względem 0,2 ppm) jest 3 razy większa. Trzy razy więcej jest również chloru. Pierwiastek ten występuje jednak w relatywnie większych ilościach: w profilu grobu – 15,2 ppm, „tła” – 4,2 ppm. Zapewne większy udział Cl może być związany z podłożem miocenu, który podściela piaski. Jednak wykazana różnica wynika z dekompozycji materii ludzkiej. Podobnie zresztą, jak i z fosforem, którego w miejscu pochówku jest 2 razy więcej: w profilu grobu – 29,8 ppm, a „tła” – 18,5 ppm. Tej wielkości różnice dotyczą także: azotu (w profilach: grobu – 39,3 ppm, „tła” – 22,3 ppm), siarki (w profilach: grobu – 5,6 ppm, „tła” – 3,7 ppm) oraz potasu (w profilach: grobu – 13,4 ppm, „tła” – 5,8 ppm). Dwa ostatnie pierwiastki występują tutaj jednak w ilościach (bezwzględnych) dwukrotnie mniejszych (rys. 1).



Rys. 1. Średnie zawartości badanych pierwiastków w profilach: masowego grobu oraz miejsca oddalonego o ok. 200 m („tła”).

Fig. 1. Average contents of investigated chemical elements in the following profiles: a massive grave and the place 200 m away (so called “background”).

W profilu badanego grobu jest dwa razy więcej: jodu, manganu, miedzi i cynku. W poziomie grobu oraz pod nim występują także relatywnie wyższe zawartości niektórych pierwiastków. Dotyczy to zwłaszcza: sodu, magnezu, wapnia i żelaza, natomiast w zbliżonych ilościach, w obu profilach, występują: krzem, ołów, kadm, chrom i glin (rys. 1). Zawartość krzemu potwierdza podobieństwo podłoża. Ołów, kadm i chrom występują we wszystkich badanych próbkach, ale w bardzo małych ilościach, najczęściej poniżej 1 ppm. Ich za-

wartości nie wykazują prawidłowości wraz z głębokością. Glin nie występuje w każdej próbce, a jeśli nawet, to w ilościach śladowych, setnych części ppm.

Odczyn badanych próbek waha się od 6,32 pH w górnej części profilu (0,6 m) do 7,32 pH na głębokości 1,8 m. W górnej części profilu wyższy jest także potencjał redox (rH 26,2). Wskazuje on na warunki utleniające w tej części badanego profilu. Potwierdza to także mała wilgotność gruntu. W dolnej części profilu grobu, na głębokości 2,5 m, rH było zdecydowanie niższe: 13,4 (przy pH: 7,01). Środowisko w tej części profilu jest wilgotne. Przeważają tu procesy redukcyjne.

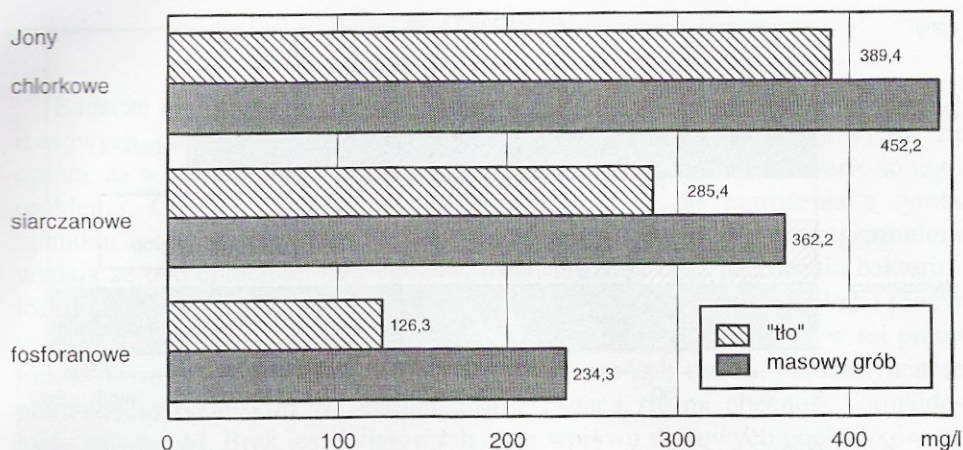
Pierwsze próbki wody pobrano do analizy chemicznej we wrześniu 2004 r., zaraz po wykonaniu odwiertów i zamontowaniu piezometrów. Woda gruntowa z bezpośredniego otoczenia masowego grobu zawierała dużo zawiesiny i miała ciemniejszą barwę. Badania chemiczne wody z obu piezometrów wskazały na wyjątkowo dużą zawartość wszystkich analizowanych jonów, a szczególnie fosforanów w próbce z masowego grobu (rys. 2–3). Z kolei w miejscu odniesienia relatywnie więcej było tylko azotu azotanowego. Prawdopodobnie jest to związane z dużą ilością substancji organicznej w górnej części tego profilu. Teren wokół miejsca odniesienia leży nieco niżej i dlatego podłoże wykazuje tu większą wilgotność, sprzyjającą rozwojowi roślinności i sezonowemu jej obumieraniu.

Wśród pozostałych jonów większe różnice pomiędzy piezometrami dotyczyły jonów: amonowych, żelazowych oraz siarczanowych. Obecność tych elementów hydrochemicznych związana jest z dostaniem się do wody większych koncentracji związków z górnej części profilu, gdzie zlokalizowany jest masowy pochówek. Pierwsze próbki pobierano bowiem bezpośrednio po założeniu piezometrów. Produkty dekompozycji skoncentrowane w poziomie i poniżej grobu przemieściły się podczas wiercenia do wody gruntowej. Doszło do hydrolizy i dysocjacji, co poważnie zmieniło na pewien czas jakość wody.

Po upływie miesiąca, gdy jakość wody gruntowej ustabilizowała się i odpowiadała warunkom przeciętnym, ponownie dokonywano poboru próbek do analiz. W okresie stabilizacji jakości wody warunki zewnętrzne nie uległy istotnym zmianom. Poziom wody gruntowej w tym okresie minimalnie się obniżył.

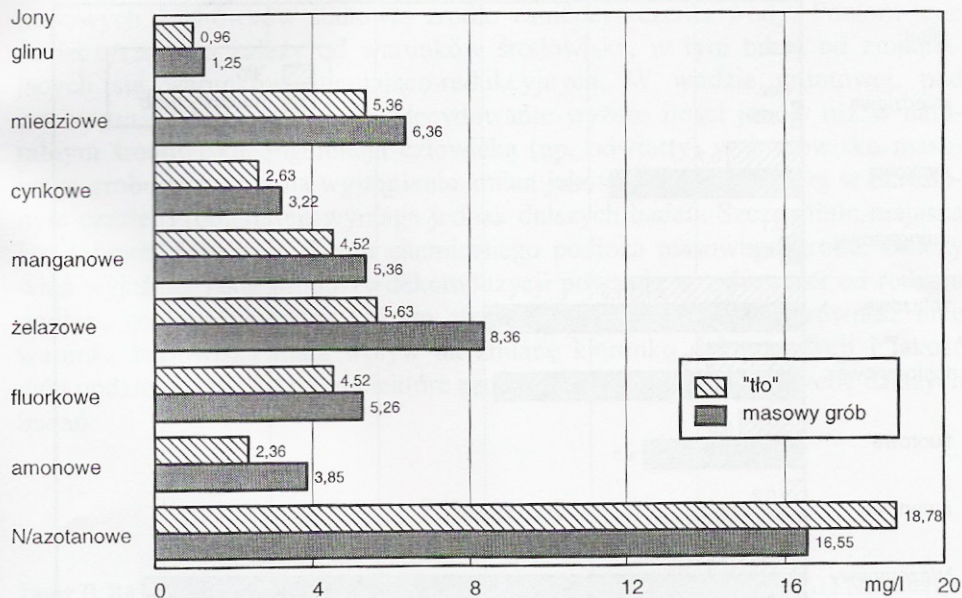
Wyniki analiz z października wskazują na istotny spadek zawartości jonów fosforanowych oraz na zmianę relacji stężeń azotu azotanowego w wodach badanych piezometrów (rys. 2–3). Woda gruntowa pod masowym grobem wykazywała relatywnie dużo większe koncentracje jonu azotanowego. Zawartości pozostałych jonów były od 2 do 5 razy większe w wodzie gruntowej z masowego grobu. Szczególnie dotyczy to jonów: amonowych, fosforanowych, chlorkowych i siarczanowych (rys. 4–5).





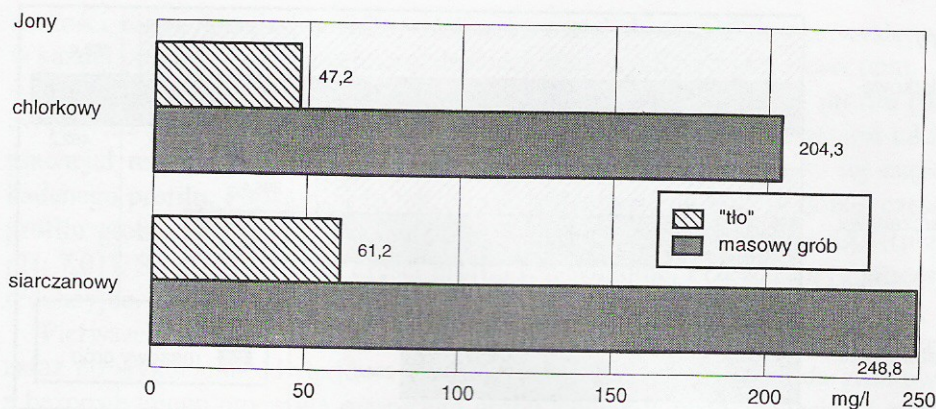
Rys. 2. Zawartość jonów chlorkowych, siarczanowych i fosforanowych w wodach gruntowych pod masowym grobem i w odległości ok. 200 m od niego we wrześniu 2004 r. w Niepołomicach

Fig. 2. The contents of chloride, sulphate and phosphate ions in ground water under a massive grave and in the distance of 200 m from it in September 2004 in Niepołomicze



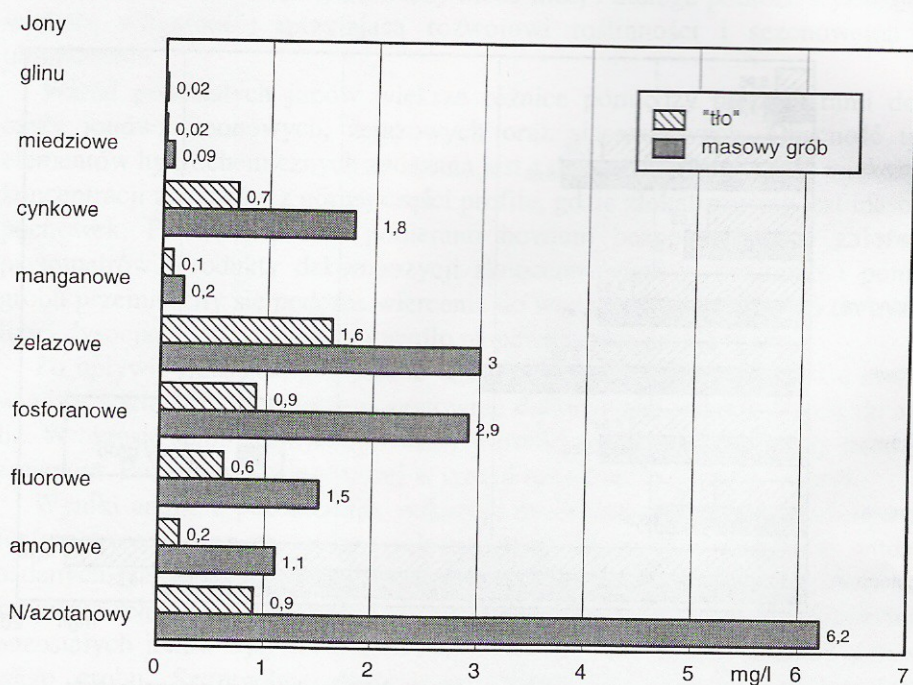
Rys. 3. Zawartości wybranych jonów w wodach podziemnych pod masowym grobem w Niepołomicach i w odległości ok. 200 m od niego we wrześniu 2004 r.

Fig. 3. The contents of selected ions in ground water under a massive grave and in the distance of 200 m from it in October 2004 in Niepołomicze



Rys. 4. Zawartości jonów siarczanowych i chlorkowych w wodach podziemnych pod masowym grobem w Niepołomicach i w odległości ok. 200 m od niego w październiku 2004 r.

Fig. 4. The contents of sulphate and chloride ions in underground water under a massive grave and in the distance of 200 m from it in October 2004 in Niepołomice



Rys. 5. Zawartość wybranych jonów w wodzie gruntowej pod masowym grobem oraz w odległości ok. 200 m od niego w październiku 2004 r. w Niepołomicach

Fig. 5. The contents of selected ions in ground water under a massive grave and in the distance of 200 m from it in October 2004 in Niepołomice



## 5. Dyskusja

Badacze omawianego problemu obawiają się o skutki negatywnego wpływu masowych pochówków na środowisko przyrodnicze (Dent 2003). Przeważa opinia, że w wielu państwach organizacje rządowe nie są przygotowane do tego problemu. Obecnie większą uwagę przywiązuje się do zagrożenia z tytułu kontaktu z ofiarami (ratownicy, personel wojenny). Potencjalnym zagrożeniem wydają się być epidemie, np.: cholery, ospy, gruźlicy oraz zagrożenia bakteriologiczne (Morgan 2004). Wielu badaczy potwierdza podwyższone ilości jonów w wodach gruntowych z cementarzy. Dotyczy to także wykazanych w tej pracy jonów: form azotu, fosforanów, chlorków, siarczanów i metali. Na kontynencie północnoamerykańskim szczególną uwagę zwraca się na obecność formaldehydu, arsenu itd. Brak jest światowych ocen wpływu masowych pochówków na środowisko.

## 6. Wnioski

Przeprowadzone badania dowodzą, że zawartości pierwiastków w podłożu masowych pochówków stanowią źródło zanieczyszczenia wody. Poziom tego zanieczyszczenia zależy od warunków środowiska, w tym także od zmieniających się warunków utleniająco-redukcyjnych. W wodzie gruntowej, pod masowym grobem, występują zdecydowanie wyższe ilości jonów niż w naturalnym środowisku. Ingerencja człowieka (np. odwierty) w środowisko masowego grobu wskazuje na wystąpienie zmian jakości wody gruntowej w określonym czasie. Problem ten wymaga jednak dalszych badań. Szczególnie niejasna jest kwestia dotycząca składu chemicznego podłoża masowego grobu. Należy więc wyjaśnić: jakie produkty dekompozycji powstają w zależności od rodzaju podłoża geologicznego, w którym złożono pochówek oraz czy również inne warunki środowiska mają wpływ na zmianę kierunku dekompozycji i jakość wód podziemnych. To tylko niektóre problemy wskazujące na potrzebę dalszych badań.

## Literatura

- Dent B.B., 1998, *Bacterial sampling of monitoring bores – Case Notes*, IAH Newsletter, 15 (3), s. 20–23.
- Dent B.B., 1995, *Hydrogeological studies at Botany Cemetery*, M. Sc. Project report, University of Technology, Sydney.
- Dent B.B., 2003, Wywiad udzielony przez Denta dla Sue Clarka, który emitowano o godz. 8.00 12 lipca 2003 r. i odtworzono 13 VII o godz. 5.00 w Australii (tekst z nagrania od autora).

- Forbes S.L. i in.** [Stuart B.H., Dent B.B.], 2002, *The identification of adipocere in grave soils*, Forensic Science International, s. 127, 225–230.
- Knight M.J., Dent B.B.**, 1998, *Sustainability of waste and groundwater management systems, Groundwater: Sustainable Solutions. Conference of the International Association of Hydrogeologists, February 1998*, Melbourne, s. 359–374.
- Morgan O.**, 2004, *Infectious disease risks from dead bodies following natural disasters*, Rev. Panam. Salud. Publica. [online], may 2004, vol. 15, no. 5 [cited 12 March 2005], s. 307–312.
- Pacheco A. i in.** [Mendes J.M.B., Martins T., Hassuda S., Kimmelmann A.A.], 1991, *Cemeteries: A potential risk to groundwater. Water Science and Technology*, A Journal of the International Association of Water Pollution Research, 24 (11), s. 97–104.
- Rodrigues L., Pacheco A.**, 2003, *Groundwater contamination from cemeteries cases of study. International Symposium Environment 2010 Situation and Perspectives for the European Union, 6–10 May 2003*, Porto, Portugal.
- Spongberg A.L., Becks P.M.**, 2000a, *Inorganic Soil Contamination From Cemetery Leachate*, Water, Air, and Soil Pollution, 117, s. 313–327.
- Spongberg A.L., Becks P.M.**, 2000b, *Organic contamination in soils associated with cemeteries*, Journal of Soil Contamination, 9 (2), s. 87–97.
- Trick J.K. i in.** [Klinck B. A., Coombs P., Chambers J., Noy D.J., West J., Williams G.M.], 2001, *Pollution Potential of Cemeteries: Impact of Danescourt Cemetery, Wolverhampton*, British Geological Survey Internal Report, IR/01/104. 29.
- Żychowski J.**, 2000, *Wpływ masowego grobu zlokalizowanego w utworach aluwialnych na jakość środowiska przyrodniczego*, [w:] *Środowisko przyrodnicze i gospodarka Dolnego Śląska u progu trzeciego tysiąclecia. 49 Zjazd Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Szklarska Poreba, 20–24 IX 2000 r.*, Wrocław, s. 161–167.
- Żychowski J. i in.** [J. Lach, M. Kolber], 2000, *Właściwości fizyczno-chemiczne wód podziemnych nekropolii Polski południowo-wschodniej*, [w:] J. Burchard (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*, t. 1, Wyd. UŁ, Łódź, s. 249–261.
- Żychowski J. i in.** [J. Lach, M. Kolber], 2002, *Zróżnicowanie zawartości lizyny i kwasu glutaminowego w wodach podziemnych na wybranych cmentarzach w Polsce południowo-wschodniej*, [w:] J. Burchard (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*, t. 2, Wyd. UŁ, Łódź, s. 241–251.

### Summary

There are few investigations in the world concerning the effect of cemeteries on the environment. This paper concerns the problem even less recognized, namely the effect of mass graves. Preliminary research concerned the assesment of chemical differentiation of bedding and the quality of ground waters of the burial environment in sandy bedding. The research was conducted with the help of AAS and GS method. The results indicate that average contents of most chemical elements from the profile on a mass grave are several times higher than the comparable profile. It concerns in particular fluorine, nickel, chlorine, phosphorus, nitrogen, sulphur and potassium. Fewer elements in the grave profile show slightly higher contents, in particular sodium, magnesium, calcium



and iron. However, in similar, very small amounts in both profiles occur: lead, aluminium, cadmium, chromium and with higher contents because of the ground – silicon. Despite the fact that burials in the period of research were in oxidation conditions, and reducing conditions prevailed significantly lower, decomposition elements were found in water in the depth of 2.5 m. All investigated ions showed more concentration, mostly from 2 to 5 times higher, in samples from burial place. Particularly the following ions were distinguished:  $\text{PO}_4^{3-}$  and  $\text{NH}_4^+$ , moreover  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Al}^{3+}$ . Only ion  $\text{NO}_3^-$  occurred in slightly higher concentration in comparable place just after making a bore-hole. Considerable decrease of all ion contents, but with preserving the relation burial – “background” occurred after stabilization of environment conditions with bore-holes. In this environment there are still large reserves of compounds creating in the process of body decomposition. Mass graves change environment chemically for long years.