



## **JAKOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE UŻYTKOWANEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW**

**Grzegorz Przydatek**

*Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu*

### ***THE QUALITY OF THE GROUNDWATER IN AREA OF OPERATION LANDFILL SITE***

#### ***Streszczenie***

W pracy przedstawiono i omówiono wyniki badania wód podziemnych w rejonie składowiska, które przeprowadzono w latach 2004 – 2008 w trzech punktach piezometrycznych. W zakresie analizy został uwzględniony odczyn, przewodność elektrolityczna właściwa, OWO, Cr<sup>+6</sup>, Pb, Cd, Hg, Zn, a także WWA. Wyniki badania wód podziemnych zestawiono z wartościami normatywnymi, a także poddano analizie porównawczej z uwzględnieniem kierunku ich przyływu. Celem pracy była ocena jakości tych wód na etapie eksploatacji gminnego składowiska odpadów.

Badane wody w rejonie składowiska charakteryzowała zmienność ich składu. Wzrost zawartości kadmu w wodach podziemnych w szczególności na odpływie potwierdził wpływ odpadów na ich jakość w wyniku ograniczonej sprawności systemu odwodnienia składowiska. Natomiast podwyższona zawartość produktów ubocznych niepełnego spalania produktów organicznych tak na napływie jak i odpływie tych wód wykazała związek z oddziaływaniem antropogenicznym.

**Słowa kluczowe:** odpady komunalne, składowisko odpadów, wody podziemne

#### ***Summary***

*In the work presented and discussed the results of the study of groundwater in the area of the landfill site, which has been done in the*

years 2004 – 2008 in three piezometer points. For the analysis were taken into account the value of the reaction, electrolytic conductivity, TOC, Cr<sup>+6</sup>, Pb, Cd, Hg, Zn and PAH. The results of the test of groundwater are normative values of Polish Standards, as well as the comparative analysis was taking into account the direction of their flow. The topic of the work was to assess the quality of these waters at the stage of the operation of the municipal landfill site.

Tested waters in area of the landfill site was characterized by variability of their composition. In particular, an increase in the content of cadmium has confirmed influence of waste in underground waters on their outflow and on their qualities in result limited proficiency of drainage system of the landfill site. However, increased contents of product of incomplete combustion of organic product on inflow so as well outflow of this water it has exerted relationship with interaction of the effects of anthropogenic.

**Key words:** municipal waste, landfill site, groundwater

## WPROWADZENIE

Składowiska odpadów komunalnymi są obiektami, których istnienie wiąże się ściśle z bytowaniem ludzi i gromadzeniem na ich terenie odpadów o różnym składzie oraz czasie ich rozkładu. Potencjalne zagrożenie środowiska wodnego w otoczeniu eksploatowanych składowisk wynika z biochemicznego rozkładu odpadów, a także różnego stopnia ich zorganizowania. Niewłaściwa lokalizacja tych obiektów, brak uszczelnienia ich podłoża i nieprawidłowa eksploatacja sprzyja przenikaniu zanieczyszczeń do otaczającego środowiska [Wiater J. 2011]. Niniejsze dotyczy zarówno obiektów eksploatowanych jak i zamkniętych. Wpływ na środowisko wodne ma także rodzaj środowiska gruntowego i warunki hydrologiczne panujące w rejonie danego obiektu [Tałałaj I. 2011]. Na tej podstawie można uznać, iż istotnym indykatorem warunków prowadzonej eksploatacji oraz trwałości konstrukcji składowiska jest jakość wód podziemnych, które powinny być badane na napływie i odpływie.

Głównym źródłem zanieczyszczenia wód podziemnych są odcieki występujące w następstwie przemywania warstw odpadów wodami opadowymi. Woda ułatwia przebieg wielu reakcji chemicznych oraz rozpuszczanie i wymywanie substancji zawartych w odpadach, powodując przez to zanieczyszczenie środowiska wodnego [Wiercik P., Szymańska – Pulikowska A. 2010].

Należy zaznaczyć, że zasięg strefy zanieczyszczeń zależy od ilości i rodzaju zanieczyszczeń dopływających do wód gruntowych, warunków ich przepływu oraz czasu eksploatacji składowiska odpadów [Tałałaj I. 2011].

Celem pracy jest ocena jakości wód podziemnych na etapie eksploatacji gminnego składowiska odpadów.

## **METODYKA BADAŃ**

Monitoring wód podziemnych prowadzono w oparciu o 3 piezometry rozmieszczone w obrębie składowiska. Wody napływające badano w otworze piezometrycznym P1 powyżej składowiska, natomiast wody odpływające badano w punktach P2 i P3 poniżej składowiska. Przed poborem prób dokonywano przepompowania otworów piezometrycznych w celu wypompowania wody stagnującej [Namieśnik J. i in. 1995]. Pomiar odczynu i przewodności elektrolitycznej właściwej wykonywano w warunkach terenowych (pH – metrem i konduktometrem przenośnym), natomiast oznaczenia chemiczne były przeprowadzane w warunkach laboratoryjnych niezwłocznie po dostarczeniu pobranych prób.

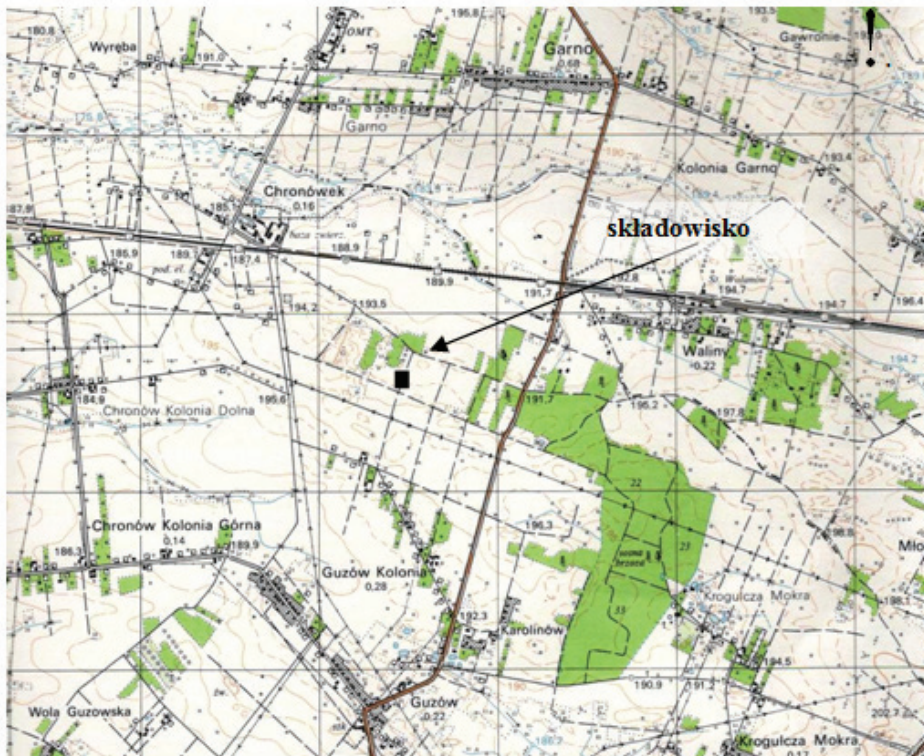
Zakres badań obejmował przede wszystkim oznaczenie wskaźników zanieczyszczenia ogólnego (odczyn, przewodność elektrolityczna właściwa, ogólny węgiel organiczny – OWO) oraz chemicznego ( $\text{Cr}^{+6}$ , Pb, Cd, Hg, Zn), a także organicznego (wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne – WWA). Niniejsze odbywało się cyklicznie 1 raz w kwartale w latach 2004 – 2008 i nie uwzględniało etapu przed eksploatacyjnego. Stąd nie było ustalone tło geochemiczne wód podziemnych w rejonie składowiska, które zostało oddane do użytkowania na początku lat 90 – tych.

Badane parametry wskaźnikowe w wodach podziemnych zestawiono z wartościami granicznymi określonymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 roku w *sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych* (Dz.U.2008 Nr143 poz.896). Nadto poddano je analizie porównawczej z uwzględnieniem wyników badania tych wód na dopływie i odpływie. Piezometr usytuowany na dopływie wód podziemnych (P1) został uznany za punkt odniesienia w stosunku do piezometrów posadowionych na odpływie (P2 i P3) (rys. 2).

## POŁOŻENIE SKŁADOWISKA

Analizowane składowisko odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne położone jest w południowej części województwa mazowieckiego na terenie gminy Orońsko, w obrębie Równiny Radomskiej, wchodzącej w skład makroregionu Wzniesień Południowo – Mazowieckich.

Powierzchnia terenu, na którym jest usytuowane składowisko ma charakter równinny z niewielkim spadkiem w kierunku północno – wschodnim. Jego powierzchnia całkowita wynosi 2,04 ha, a jednej kwatery 1,30 ha przy geometrycznej objętości 51 350 m<sup>3</sup> (wypełnionej w 88 %). Położone jest ono w oddaleniu od zbudowań mieszkalnych i gospodarczych oraz cieków wodnych, w pobliżu miejscowości Guzów. Najbliższe zabudowania znajdują się w miejscowości Chronówek na kierunku północno – zachodnim – w odległości ok. 850 m (rys.

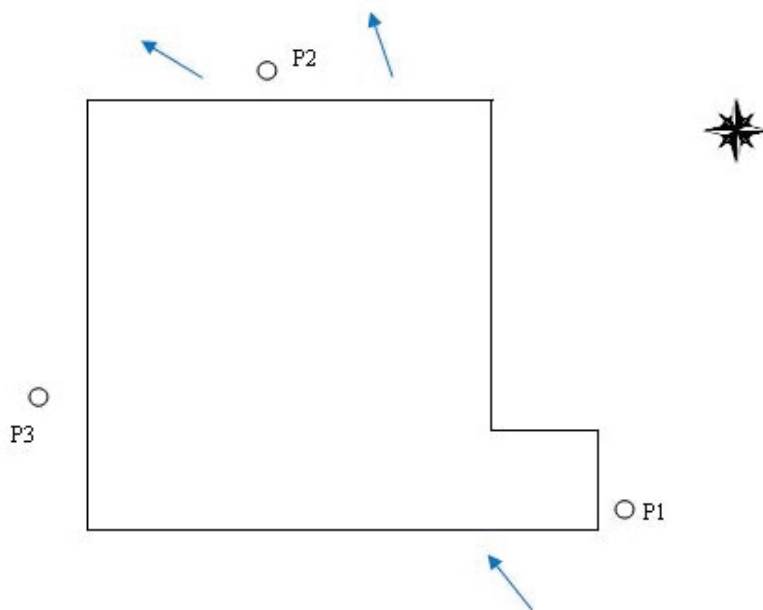


1).

**Rysunek 1.** Lokalizacja składowiska na terenie gminy Orońsko  
**Figure 1.** Location of the landfill site in the commune of Orońsko

Najwyższą sumę opadów na tym terenie odnotowano w 2005 roku – 491,9 mm, natomiast najniższą w 2006 roku – 428,4 mm. Średni opad w latach 2005 – 2008 wyniósł 468,4 mm [Przydatek G. 2009].

W sąsiedztwie składowiska występują lasy, łąki, grunty zadrzewione i zakrzaczone, nieużytki oraz droga gminna. Od strony południowo – zachodniej występuje pas zadrzewień, a od strony południowej las sosnowy. Natomiast od strony północnej występują nieużytki pokryte krzewami i drzewami liściastymi. W kierunku wschodnim w zasięgu do około 500 – 600 m od składowiska występują zadrzewienia złożone także z drzew liściastych [Przydatek G. 2009].



**Rysunek 2.** Usytuowanie piezometrów w obrębie składowiska odpadów komunalnych w Guzowie

**Figure 2.** Location of piezometers in the area of the landfill site in Guzowo

## **BUDOWA I EKSPLOATACJA SKŁADOWISKA**

W budowie składowiska występuje jedna kwatera, która ma charakter podpoziomowo – nadpoziomowy ze względu na zlokalizowanie w obniżeniu terenu. Obiekt ten jest usytuowany w wyrobisku po eksploatacji piasku i żwiru. Nieckę

składowiska otaczają skarpy obwodowe o wysokości 1,5 m, w stosunku do poziomu terenu. Nachylenie skarp wewnętrznych czaszy, jak również nachylenie zewnętrznych skarp obwałowań wynosi 1 : 1,5.

Naturalne podłoże składowiska stanowią utwory o współczynniku przepuszczalności  $k = 10^{-5} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ , a uszczelnienie dna składowiska grunt mineralny – glina o miąższości 0,5 m. Ponadto w dnie składowiska stwierdzono występowanie glin piaszczystych z gładzikami o szarym i brązowym zabarwieniu, miejscami pod cienką warstwą piasku. W tym rejonie poziom wodonośny występował na głębokości od 11,5 do 13,3 m p.p.t. w utworach górnej kredy wykształconych, jako wapienie i margle. Kierunek spływu wód podziemnych w obrębie składowiska przebiega z południowego – wschodu na północny – zachód (rys. 2) [Przydatek G., 2009].

Badane składowisko posiada obwodowy drenaż wód odciekowych, który wykonano z sączków ceramicznych  $\Phi 150 \text{ mm}$ , ułożonych w dnie czaszy wzdłuż skarp ze spadkiem 3% w kierunku studzienek zbiorczych. System drenażu wód odciekowych został ułożony nad uszczelnieniem mineralnym dla ujęcia wód opadowych, infiltrujących poprzez bryłę składowanych odpadów. W skład systemu odwodnienia obiektu wchodzi ciągi drenażowe i studnie bezodpływowe.

W latach 2004 – 2008 na terenie analizowanego obiektu największy udział w masie zdeponowanych odpadów przypadła na zmieszane odpady komunalne (77, 51 %), natomiast najniższy na inne niewymienione odpady (0,02 %). Ilość zdeponowanych rocznie w tym okresie odpadów wahała się od 2113,70 Mg do 3 386,20 Mg przy średniej 2 887 Mg [Przydatek G. 2009].

## WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wyniki oznaczenia wybranych wskaźników zanieczyszczenia wód podziemnych dopływających do składowiska w punkcie P1 zawiera tabela 1, a wód odpływających tabele 2 i 3.

W wodach podziemnych dopływających odczyn wahał się w granicach 6,6 – 8,3 pH, a wartość przewodności właściwej elektrolitycznej od 106 do 688  $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ , co potwierdziło I klasę jakości tych wód. W przypadku oznaczenia metali ciężkich w wodach podziemnych stężenie chromu wynosiło od  $< 0,001$  do  $0,021 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$  i odpowiadało II klasie jakości. Z kolei zawartość ołowiu mieściła się w granicach od  $< 0,003$  do  $0,34 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ , co zaliczyło je do III klasy. Z kolei w przypadku kadmu stężenie wynosiło od  $< 0,001$  do  $< 0,01 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ,

co odpowiadało gorszej IV klasie jakości wód podziemnych. Klasa V analizowanych wód została stwierdzona na podstawie stężenia rtęci wynoszącego od  $<0,003$  do  $0,0095 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , OWO od  $< 0,3$  do  $55,39 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  oraz WWA od  $<0,05$  do  $0,067 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ .

**Tabela 1.** Wybrane wskaźniki badania wód podziemnych dopływających na składowisko odpadów komunalnych w Guzowie w latach 2004 – 2008 (piezometr P1)

**Table 1.** Selected indicators of the study of groundwater flowing to the region of the landfill site in Guzowo in the years 2004-2008 (piezometer P1)

Badanie	Rok	Wskaźniki zanieczyszczenia								
		Odczyn	Przewodność elektrolityczna właściwa	Ołów	Kadm	Chrom	Rtęć	OWO	WWA	
kwartał		pH	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	
PI										
II	2004	7,97	408	0,018	$<0,001$	$< 0,001$	$< 0,0005$	30	$< 0,01$	
I	2005	6,74	452	0,004	$<0,0005$	$< 0,001$	$< 0,0005$	55,39	$< 0,01$	
II		8,07	463	$<0,004$	$<0,0003$	$< 0,001$	$< 0,0005$	2,52	$< 0,01$	
III		7,98	370	0,005	$<0,0003$	$< 0,001$	$< 0,0005$	1,55	$<0,01$	
IV		7,54	352	$<0,004$	$<0,0003$	$< 0,001$	$< 0,0005$	1,6	$< 0,01$	
I	2006	7,9	349	0,034	$<0,010$	$< 0,010$	$< 0,0003$	10,7	$< 0,010$	
II		8	347	$< 0,003$	$<0,010$	$< 0,010$	$< 0,0003$	$<0,03$	$<0,050$	
III		7,6	416	$< 0,003$	$<0,010$	$< 0,010$	$< 0,0003$	5,7	0,052	
IV		8,3	264	$< 0,003$	$<0,010$	$< 0,010$	$< 0,0003$	$< 0,3$	$< 0,050$	
I	2007	7,6	450	$< 0,003$	$< 0,003$	0,01	0,0095	13,3	0,067	
II		6,6	106	0,01	$<0,003$	0,021	$< 0,0003$	$<0,3$	$<0,061$	
III		7,8	449	0,018	$< 0,003$	$< 0,010$	$< 0,0003$	4	$<0,050$	
IV		8	458	$<0,003$	$<0,003$	$< 0,010$	$< 0,0003$	$<0,3$	$<0,050$	
I	2008	7,9	456	0,004	$< 0,003$	$< 0,010$	$< 0,0003$	6	$< 0,050$	
II		7,9	688	$< 0,010$	$<0,003$	0,021	$< 0,0003$	$<0,3$	$<0,050$	
III		brak danych								
IV		brak danych								

Źródło : Opracowanie własne

Wody odpływające osiągnęły najlepszą I klasę jakości przy wartości odczynu w granicach od 6,3 do 8,3 pH oraz stężeniu rtęci od  $<0,003$  do  $0,003 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ . Wartość przewodności właściwej elektrolitycznej wynosiła od  $135$  do  $1430 \text{ }\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , natomiast stężenie ołowiu mieściło się w przedziale od  $<0,001$  do  $0,20 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a chromu od  $<0,001$  do  $0,35 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , co odpowiadało II klasie jakości. Stężenie kadmu na poziomie od  $<0,001$  do  $<0,010 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  odpowiadało IV klasie jakości. Wartość OWO wynosiła od  $<0,3$  do  $26,3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , a WWA od  $<0,01$  do  $0,077 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , co stanowiło o zaklasyfikowaniu badanych wód do V klasy jakości [Rozporządzenie...2008].

**Tabela 2** Wybrane wskaźniki badania wód podziemnych odpływających za składowiskiem odpadów komunalnych w Guzowie w latach 2004 – 2008 (piezometr P2)

**Table 2.** Selected indicators of the study of groundwater flowing out behind the landfill site in Guzowo in the years 2004-2008 (piezometer P2)

Badanie	Rok	Wskaźniki zanieczyszczenia							
		Odczyn	Przewodność elektrolityczna właściwa	Ołów	Kadm	Chrom	Rtęć	OWO	WWA
kwartał		pH	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$
PII									
II	2004	7,68	1186	0,018	$<0,001$	$<0,001$	$<0,0005$	11,67	$<0,01$
I	2005	7,12	1001	$<0,001$	$<0,0005$	$<0,001$	$<0,0005$	$<1,0$	0,01
II		8,03	1407	$<0,004$	0,0004	$<0,001$	$<0,0005$	4,32	$<0,01$
III		8,1	1430	$<0,003$	$<0,010$	0,035	$<0,0003$	8	$<0,050$
IV		7,6	459	$<0,003$	$<0,003$	$<0,010$	$<0,0003$	$<0,3$	$<0,050$
I	2007	8,1	1390	0,02	$<0,003$	$<0,010$	0,0003	26,3	$<0,050$
II		6,3	461	$<0,003$	$<0,003$	0,01	$<0,0003$	1	0,074
III		7,8	449	0,009	$<0,003$	$<0,010$	$<0,0003$	$<0,3$	0,064
IV		8	454	0,009	$<0,003$	$<0,010$	$<0,0003$	$<0,3$	0,064
I	2008	7,8	457	0,005	$<0,003$	$<0,010$	$<0,0003$	2,7	$<0,050$
II		7,8	464	$<0,010$	$<0,003$	$<0,008$	$<0,0003$	$<0,3$	$<0,050$
III		7,7	465	$<0,010$	$<0,003$	$<0,0003$	$<0,0003$	$<0,3$	$<0,050$
IV		6,4	317	0,014	$<0,003$	$<0,008$	$<0,0003$	13,4	$<0,050$

Źródło : Opracowanie własne



**Tabela 3.** Wybrane wskaźniki badania wód podziemnych odpływających za składowiskiem odpadów komunalnych w Guzowie w latach 2004 – 2008 (piezometr P3)

**Table 3.** Selected indicators of the study of groundwater flowing out behind the landfill site in Guzowo in the years 2004-2008 (piezometer P3)

Badanie	Rok	Wskaźniki zanieczyszczenia							
		Odczyn	Przewodność elektrolityczna właściwa	Ołów	Kadm	Chrom	Rtęć	OWO	WWA
kwartał		pH	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$	$\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$
PIII									
II	2004	7,71	647	0,015	<0,001	< 0,001	< 0,0005	5	< 0,01
I	2005	7,62	476	0,0003	<0,0005	< 0,001	< 0,0005	<1,0	0,01
II		8,11	620	< 0,004	<0,0003	<0,001	<0,0005	2,06	<0,01
III		7,9	469	< 0,004	<0,003	< 0,001	< 0,0005	2,06	<0,01
IV		7,13	435	0,006	0,003	< 0,001	< 0,0005	2,15	0,02
I	2006	7,7	427	0,012	<0,010	< 0,010	< 0,0003	10,9	< 0,010
II		7,6	416	< 0,003	<0,010	<0,010	< 0,0003	10,9	< 0,010
III		8,3	456	< 0,003	<0,010	< 0,010	< 0,0003	< 0,3	<0,050
IV		7,8	460	<0,003	<0,003	< 0,010	< 0,0003	<0,3	<0,050
I	2007	7,7	451	< 0,003	0,007	0,01	0,0003	19,3	0,077
II		8,3	135	< 0,003	<0,003	<0,010	< 0,0003	0,7	0,07
III		7,7	448	0,013	<0,003	<0,010	< 0,0003	< 0,3	<0,050
IV		8,2	452	< 0,003	<0,003	< 0,010	< 0,0003	<0,3	<0,050
I	2008	7,8	457	<0,003	<0,003	< 0,010	< 0,0003	5	< 0,050
II		7,8	466	< 0,010	<0,003	0,008	< 0,0003	1,8	<0,050
III		7,6	462	< 0,010	<0,003	< 0,008	< 0,0003	< 0,3	<0,050
IV		7,7	460	< 0,010	<0,003	< 0,008	< 0,0003	10,3	<0,050

Źródło : Opracowanie własne

Przeważające wyniki badania zanieczyszczenia fizyko – chemicznego wód podziemnych na ich napływie nie przekraczają wartości granicznych I klasy jakości tych wód, co potwierdza bardzo dobrą jakość. W przypadku odczynu nie zaobserwowano znaczących zmian, natomiast w badanych próbach w la-

tach 2004 – 2008 zaznaczył się spadek zawartości ołowiu ( $0,018 - < 0,010 \text{ mg Pb} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), rtęci ( $< 0,0005 - < 0,0003 \text{ mg Hg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) i OWO ( $30 - < 0,3 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Niniejsze wpłynęło na poprawę klasyfikacji jakości wód. Natomiast znaczący wzrost został odnotowany w odniesieniu do wartości kadmu ( $< 0,001 - < 0,01 \text{ mg Cd} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w 2006 roku, chromu ( $< 0,001 - 0,021 \text{ mg Cr} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) jednokrotnie w 2007 i 2008 roku oraz WWA ( $< 0,01 - < 0,050 \text{ mg Cr} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w latach 2004 – 2008. W przypadku tego ostatniego dominowały stężenia ponadnormatywne, potwierdzające występowanie wód złej jakości.

Także na odpływie większość wskaźników zanieczyszczenia wykazała bardzo dobrą jakość wód. Zaobserwowany spadek wartości dotyczył przewodności elektrolitycznej właściwej ( $1186 - 317 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ ), ołowiu ( $0,018 - < 0,01 \text{ mg Pb} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), a także rtęci ( $< 0,0005 - < 0,0003 \text{ mg Hg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ). Odnotowana zmiana odczynu ( $7,68 - 6,4 \text{ pH}$ ) jednokrotnie w 2007 i 2008 roku potwierdziła występowanie wód niezadowolającej jakości. Nadto wystąpił wzrost zawartości kadmu ( $< 0,001 - < 0,003 \text{ mg Cd} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) oraz OWO ( $5-13,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w latach 2004 – 2008, który wpłynął na pogorszenie jakości badanych wód. Należy przy tym zaznaczyć, że zawartość OWO wynika z sumy węgla zawartego w substancji organicznej. Wody złej jakości zaliczane do V klasy odnotowano w oparciu o wartość WWA ( $< 0,01 - < 0,050 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ).

Na podstawie analizy jakości wód podziemnych badanych powyżej i poniżej składowiska w latach 2004 – 2008 zaobserwowano w szczególności spadek pH, a także wzrost stężenia kadmu na odpływie. Wg. Szymańskiego [1999] obecność metali ciężkich w wodach podziemnych może być związana z dopływem ścieków komunalnych i przemysłowych, a także odcieków. Stan taki może wynikać z ograniczonej sprawności lokalnego systemu drenażowego [Przydatek G., 2012]. Znaczącemu spadkowi uległa zawartość OWO w wodach na dopływie przy równoczesnym wzroście tego oznaczenia na odpływie. Grygorczuk i in. [2011] uzasadniają obecność substancji organicznych w wodach podziemnych pochodzeniem antropogenicznym. Stwierdzona podwyższona zawartość WWA w badanych wodach potwierdza złą ich jakość. Wynika to z zaliczenia WWA do produktów ubocznych niepełnego spalania produktów organicznych, które zostały zidentyfikowane w takich źródłach emisji jak odpady i ścieki komunalne [Kuna P., 2011].

Zauważalna zmiana składu wód podziemnych na napływie (np. ołów) i na odpływie (np. przewodność elektrolityczna właściwa) świadczy także o procesach samooczyszczania zachodzących w wodach [Tałałaj I., 2011].

## WNIOSKI

- Zmienność składu wód podziemnych w rejonie składowiska dotyczy głównie wskaźników zanieczyszczenia ogólnego (odczyn, OWO), organicznego (WWA) i nieorganicznego (Cd).
- Podwyższone stężenie WWA w badanych wodach na napływie i odpływie odzwierciedla oddziaływanie pochodzenia antropogenicznego.
- Wzrost stężenia kadmu w wodach na odpływie potwierdza wpływ odpadów na ich jakość.

## BIBLIOGRAFIA

- Kuna P. (2011). *Zanieczyszczenie wybranych komponentów środowiska przez wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA) w Dąbrowie Górniczej*. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, 1 – 2
- Namieśnik J., Łukasiak J., Jamrógiewicz Z. (1995). *Pobieranie próbek środowiskowych do analizy*. Warszawa : PWN
- Przydatek G. (2009). *Wniosek o wydanie pozwolenia zintegrowanego dla składowiska odpadów innych niż niebezpieczne i obojętne położonego w miejscowości Guzów*, 31 – 40
- Przydatek G. (2012). *Ocena sprawności systemu odwodnienia eksploatowanego składowiska odpadów komunalnych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/03/2012, 217 – 226
- Szymański K. (1999). *Wpływ składowiska na wody podziemne*. III Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami. Techniczne i społeczne aspekty gospodarki odpadami, 425 – 444
- Tałałaj I. (2011). *Zagrożenie wód gruntowych w wyniku eksploatacji składowiska odpadów*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 2/11, 183 – 191
- Wiater J. (2011). *Wpływ składowisk odpadów komunalnych na jakość wód podziemnych i właściwości gleb*. Inżynieria ekologiczna nr 26/2011, 133 – 146
- Wiercik P., Szymańska – Pulikowska A. (2010). *Wpływ składowiska odpadów w Wojczycach na jakość wód podziemnych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 8/2/2010, 151 – 162
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 roku w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz.U.2008 Nr143 poz.896)

Dr inż. Grzegorz Przydatek  
e-mail: gre94@wp.pl  
Państwowa Wyższa Szkoła  
Zawodowa w Nowym Sączu  
Instytut Techniczny  
ul. Zamenhofa 1a  
33-300 Nowy Sącz