

ANALIZA ZMIAN SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD PIĘTRA TRIASOWEGO W POCZĄTKOWEJ FAZIE ZATAPIANIA KOPALNI TRZEBIONKA

ANALYSIS OF CHANGES IN WATER CHEMISTRY OF THE TRIASSIC AQUIFER IN THE INITIAL PHASE OF THE TRZEBIONKA MINE FLOODING

BEATA KŁOJZY-KARCZMARCZYK¹, ANDRZEJ KRYZA, TADEUSZ KUREK², JANUSZ MAZUREK¹

Abstrakt. Eksploatacja rud Zn-Pb w kopalni Trzebieńka wymagała ciągłego odwadniania górotworu, co spowodowało zmiany zwierciadła wód podziemnych w obrębie głównego poziomu wodonośnego piętra triasowego. Poziom wodonośny, znajdujący się w utworach węglanowych wapienia muszlowego i retu, stanowi w rejonie oddziaływania lejki depresji kopalni główny zbiornik wód podziemnych GZWP 452 – Chrzanów. W związku z wyczerpaniem złoża, w 2009 r. zakończono eksploatację i zaprzestano odwadniania wyrobisk. Wszystkie szyby kopalni Trzebieńka, w tym szyb główny Włodzimierz, zaadaptowano na piezometry do obserwacji procesu całkowitego zatapiania kopalni, rozpoczętego w połowie 2010 r., po wyłączeniu pompowni głównego odwadniania. W piezometrze tym są wykonywane pomiary poziomu zwierciadła wody oraz badania wybranych parametrów fizykochemicznych wód kopalnianych. Na podstawie wyników tych badań, wykonanych w latach 2010–2012, przeprowadzono analizę zmian składu chemicznego wód głównego poziomu wodonośnego piętra triasowego. Przeprowadzono porównanie zmian zawartości siarczanów, cynku i ołowiu oraz odczynu wody i przewodności elektrolitycznej właściwej w próbkach wody dołowej ze zmianami położenia zwierciadła wody w tych samych okresach czasu. Z porównania krzywej odbudowy zwierciadła wody z krzywą zmian zawartości siarczanów wynika, że w trakcie podnoszenia się poziomu zwierciadła następuje również powolny wzrost stężenia siarczanów. Najprawdopodobniej jest on związany z ciągłym procesem rozpuszczania bardzo dobrze rozpuszczalnych siarczanów w wodach zatapiających kopalnię.

Słowa kluczowe: cynk, ołów, siarczany, odbudowa zwierciadła, triasowy poziom wodonośny, kopalnia Trzebieńka.

Abstract. The mining of Zn-Pb ores in the Trzebieńka mine made it necessary to drain the deposit. This process led to changes in the groundwater table within the main level of the Triassic aquifer. The aquifer located in the Muschelkalk carbonate and Buntsandstein (Röt) formations constitutes the main groundwater reservoir for the major groundwater basin No. 452 Chrzanów in the impact zone of the mine-pumping cone of depression. Due to the depletion of reserves, mining was terminated in 2009 and the drainage of the pits was stopped. The closed-down Włodzimierz main shaft was adapted to serve as a piezometer for the observation of the total flooding of the mine, which began in mid-2010 after turning off the main drainage pumping station. Water level measurements and tests of selected physico-chemical parameters of mine waters take place in the piezometer. Based on the results of research conducted in 2010–2012, an analysis of changes in the water chemistry of the Triassic aquifer was conducted in the Włodzimierz shaft. The changes in the content of sulphates, zinc, lead, pH and conductivity in pit water samples were analysed and compared to the measurements of water-table position in the corresponding periods of time. A comparison of the water-table restoration curve to the curve of sulphate content changes shows that as the level of the water table increases so does the concentration of sulphates. This is most likely related to flooding of the mine and continuous transition of sulphates into the aqueous solution.

Key words: zinc, lead, sulphates, water-table restoration, Triassic aquifer, Trzebieńka mine.

¹ Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków; e-mail: beatakk@min-pan.krakow.pl, jan@min-pan.krakow.pl

² Zakłady Górnictwa „Trzebieńka” SA (w likwidacji), ul. Gen. Sikorskiego 71, 32-540 Trzebieńka

WSTĘP

Działalność górnicza kopalni Trzebieńka, związana z podziemną eksploatacją złoża rud cynku i ołowiu Balin–Trzebieńka, była prowadzona na obszarze górniczym Trzebieńka I, położonym w zachodniej części województwa małopolskiego. W obrębie złoża Balin–Trzebieńka występują cztery piętra wodonośne – czwartorzędowe, jurajskie, triasowe oraz karbońskie (Szuwarzyński, 2003). Izolowane są one od siebie utworami nieprzepuszczalnymi, a łączność hydrauliczna pomiędzy nimi występuje jedynie w strefach tektonicznych. Najważniejszą rolę odgrywa triasowe piętro wodonośne, związane z triasem chrzanowskim, ogólnie pozostające w izolacji od innych pięter (Rózkowski, Wilk, 1980). Najważniejsze znaczenie dla wodonośności omawianego obszaru ma poziom wodonośny typu szczelinowo-krasowo-porowego, położony w utworach węglanowych wapienia muszlowego i retu, stanowiący główny zbiornik wód podziemnych GZWP 452 – Chrzanów. Rozpoczęta w latach 50. ubiegłego stulecia eksploatacja rud cynku i ołowiu w kopalni Trzebieńka, była związana z prowadzeniem intensywnych prac odwodnieniowych. W wyniku odwadniania wyrobisk kopalni nastąpiły zmiany pola hydrodynamicznego wód podziemnych w obrębie głównego poziomu wodonośnego piętra triasowego o zasięgu regionalnym (Motyka i in., 2000; Szuwarzyński, 2003). Intensywny drenaż wyrobisk górniczych doprowadził do obniżenia poziomu zwierciadła wody i wytworzenia leja depresji. W okresie eksploatacji kopalni średnica leja depresji sięgała 7–14 km, a maksymalna depresja osiągnęła wartość 240–250 m poniżej pierwotnego położenia zwierciadła wody (Szuwarzyński, 2003). W związku z tym wystąpiły istotne zakłócenia stanu naturalnego środowiska oraz nastąpiło ukształtowanie nowych systemów krążenia wód podziemnych. Wobec wyczerpywania

się złoża, począwszy od 1997 roku, przystąpiono do etapowego zatapiania wyrobisk kopalni Trzebieńka. W 2009 roku zakończono eksploatację. Pod koniec tego roku rozpoczęto zatapianie otamowywanych części kopalni. Zlikwidowano również elementy infrastruktury technicznej kopalni, w tym szyby z głównym szybem wydobywczym Włodzimierz. W zlikwidowanych szymbach pozostawiono rurociągi, zaadaptowane na piezometry, służące do obserwacji procesu ostatecznego zatapiania, który rozpoczął się w połowie 2010 roku, z chwilą wyłączenia pompowni głównego odwadniania. Z procesem zatapiania kopalni jest związane zjawisko wzbogacania wód podziemnych w składniki, pochodzące z przechodzenia do roztworu wtórnych minerałów wietrzniowych, powstających głównie w wyniku utleniania minerałów siarczkowych. Siarczany w wodach kopalni Trzebieńka teoretycznie mogą pochodzić również z innych źródeł, w których identyfikacji być mogą pomocne badania izotopowe (Pluta, 2002). Wody dołowe kopalni Trzebieńka, z uwagi na specyfikę skał złożowych, są potencjalnie narażone na zanieczyszczenie jonami siarczanowymi oraz cynkiem i ołowiem. Temat wzrostu stężenia siarczanów i prognozowania ich zmian po zakończeniu eksploatacji był wielokrotnie przedmiotem rozważań i analiz procesów kształtowania się chemizmu wód podziemnych na różnych etapach zatapiania wyrobisk kopalni Trzebieńka (m.in. Czop i in. 2001, 2003; Motyka i in. 1999, 2000, 2007). W prognozach tych stwierdza się złożoność procesów, jakie mogą wpływać na ostateczne ukształtowanie chemizmu wody piętra triasowego. Bardzo prawdopodobne jest, że podwyższone stężenie siarczanów, wzrost twardości wody oraz niektórych metali toksycznych może utrzymywać się nawet kilkadziesiąt lat po zakończeniu procesu odbudowy zwierciadła (Motyka i in. 2007).

INTERPRETACJA WYNIKÓW BADAŃ

Na etapie zatapiania wyrobisk kopalni, w piezometrach szybowych są wykonywane okresowe pomiary kontrolne poziomu zwierciadła wody (ogólnie 1 raz w tygodniu). Jednocześnie są prowadzone badania wybranych parametrów fizykochemicznych wód głównego poziomu wodonośnego piętra triasowego. Pobór próbek wody odbywa się głównie w piezometrze zlokalizowanym w szybie Włodzimierz oraz okresowo w szymbach Andrzej i Balin. Opróbowanie jest wykonywane próbnikiem automatycznym, umożliwiającym pobranie próbki z zafiltrowanego odcinka piezometru Włodzimierz na poziomie ok. +95 m n.p.m. Należy zaznaczyć, że prowadzone opróbowanie polega na poborze wody z otworu bez jego przepompowywania. Wobec tego do wyników badań składu chemicznego próbek wód z szybu pobieranych metodą statyczną należy podchodzić z ostrożnością. Niemniej jednak są to jedyne dostępne obecnie wyniki monitoringu zatapiania kopalni. Próbki są pobierane prak-

tycznie z najniższej partii otworu, co zwiększa wiarygodność wyników.

Na podstawie wyników pomiarów chemizmu wody wykonanych w latach 2010–2012, czyli po całkowitym zaprzestaniu odwadniania kopalni, przeprowadzono analizę zmian wybranych parametrów wody poziomu wodonośnego piętra triasowego, ujmowanego w szybie „Włodzimierz” w kontekście obserwowanej odbudowy zwierciadła. Przeprowadzono analizę zmian zawartości siarczanów, cynku i ołowiu oraz dodatkowo zmian pH i przewodności elektrolitycznej właściwej wody oraz porównano je z pomiarami zmian położenia zwierciadła wody w analogicznych okresach czasu, z częstotliwością 1 raz na miesiąc (fig. 1–3). W omawianym okresie, rzędna zwierciadła wody w szybie Włodzimierz wzrosła od ok. 108 m n.p.m. w październiku 2010 roku do ok. 172 m n.p.m. pod koniec listopada 2012 roku. Zawartość siarczanów w tym czasie podniosła się od ok.

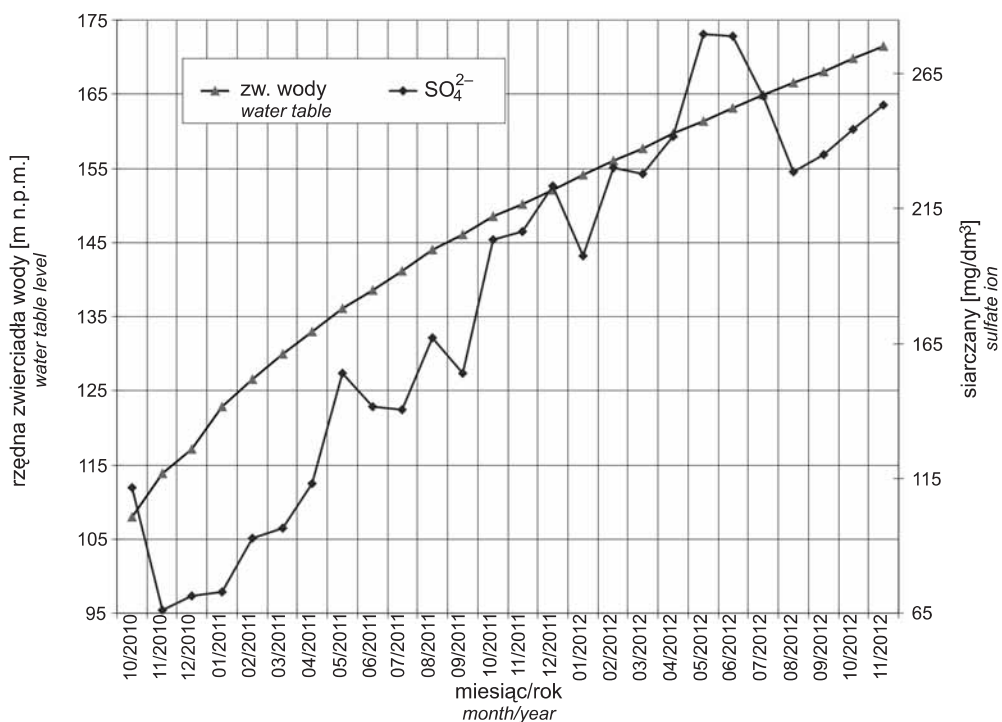


Fig. 1. Zmienność stężenia siarczanów na tle krzywej odbudowy rzędnej zwierciadła wody w piezometrze „Włodzimierz” w okresie od października 2010 do listopada 2012 r. (źródło: ZG „Trzebionka” SA, badania IGSMiE PAN)

Sulphate concentration variability against the curve of restoration of water-table elevation in the “Włodzimierz” piezometer between October 2010 and November 2012 (source: materials from “Trzebionka” SA, MEERI PAS research)

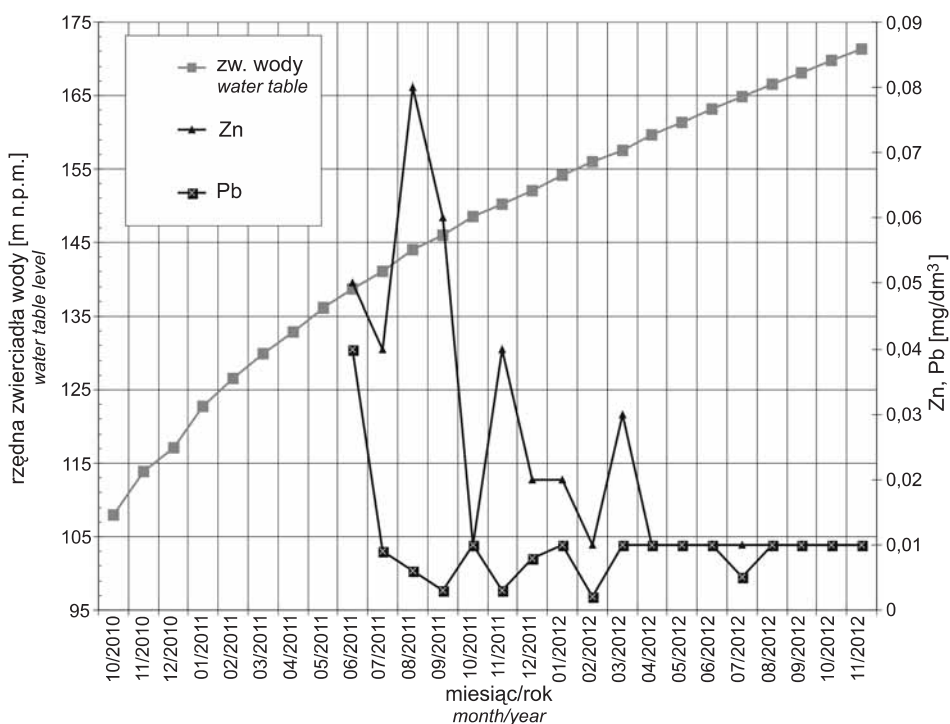


Fig. 2. Zmienność stężenia cynku i ołowiu na tle krzywej zmian rzędnej zwierciadła wody w piezometrze „Włodzimierz” w okresie od października 2010 do listopada 2012 r. (źródło: ZG „Trzebionka” SA, badania IGSMiE PAN)

Zinc and lead concentration variability against the curve of restoration of water-table elevation in the “Włodzimierz” piezometer between October 2010 and November 2012 (source: materials from “Trzebionka” SA, MEERI PAS research)

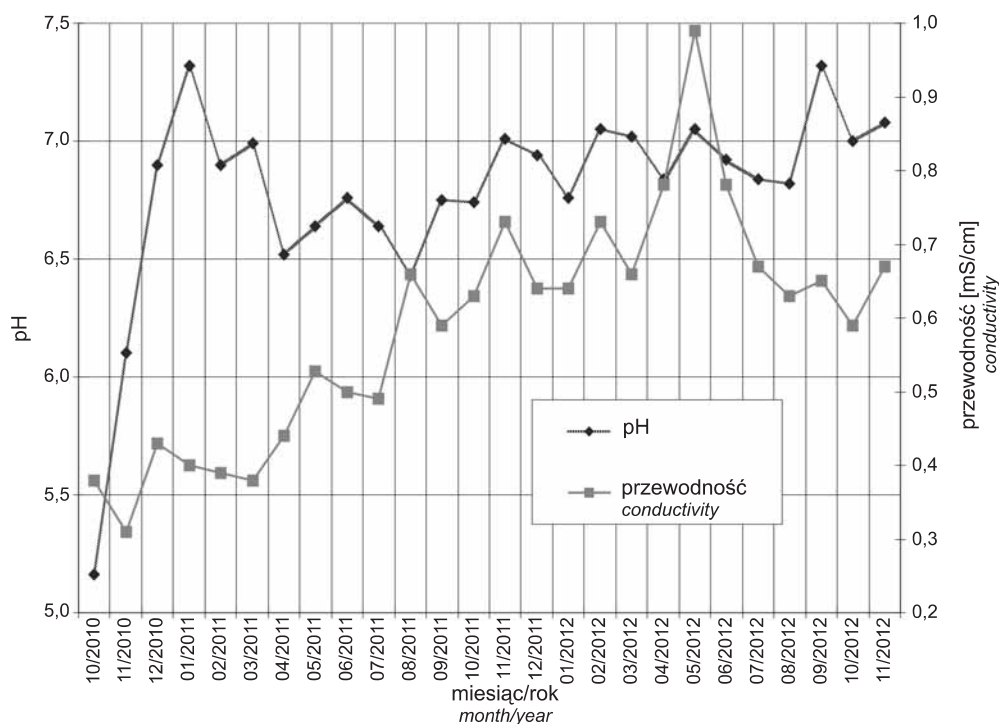


Fig. 3. Zmiany pH oraz przewodności elektrolitycznej właściwej wody w piezometrze „Włodzimierz” w okresie od października 2010 do listopada 2012 r. (źródło: ZG „Trzebieńka” SA, badania – IGSMiE PAN)

Variability in water pH and conductivity in the “Włodzimierz” piezometer between October 2010 and November 2012 (source: materials from “Trzebieńka” SA, MEERI PAS research)

70–110 mg/dm³ do ok. 200–250 mg/dm³. Tym samym poziom siarczanów ponownie zbliżył się do wartości obserwowanych w zbiorczych wodach dołowych odprowadzanych z pompowni szybu Włodzimierz pod koniec działalności kopalni (Wątor, 2009). W tym czasie zawartość cynku i ołowiu ulegała niewielkim zmianom (średnia zawartość cynku

i ołowiu – poniżej 0,01 mg/dm³). Przewodność elektrolityczna właściwa wody w analizowanym okresie czasu wzrosła, średnio od ok. 0,3–0,4 do ok. 0,7 mS/cm. Można dostrzec korelację pomiędzy wzrostem stężenia siarczanów a przewodnością. Odczyn wody na początku badań wynosił 5–6, po czym nastąpił dość szybki wzrost pH do wartości 6,5–7,2.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Z porównania tempa odbudowy zwierciadła wody z szybkością i kierunkiem zmian stężenia siarczanów wynika, że po zaprzestaniu odwadniania wyrobisk kopalni następuje powolny wzrost stężenia siarczanów w czasie postępującej odbudowy zwierciadła. Najprawdopodobniej jest to związane z nasycaniem wodą coraz większych objętości górotworu i stopniowym rozpuszczaniem utlenionych form związków siarki w wodzie – jonów siarczanowych. Praktycznie wszystkie wyrobiska kopalni już zatopiono. Obecnie następuje odbudowa ciśnienia wód głównego poziomu triasowego, a procesy przechodzenia jonów do wód w obrębie zalanej, rozciętej wyrobiskami części poziomu triasowego, zachodzą w sposób ciągły. Wspomniane procesy dotyczą nie tylko rozciętego wyrobiskami górniczymi górotworu, lecz także profilu skał nadłożowych, które w wyniku działalności kopalni zostały w przeszłości odwodnione.

Od połowy 2012 roku zauważa się zmniejszenie tempa wzrostu ogólnej mineralizacji wody i spowolnienie procesu przechodzenia jonu siarczanowego (VI) do środowiska wodnego przy jednocześnie malejącym tempie podnoszenia się zwierciadła wody. Ze względu na krótki okres badań, trudno jest obecnie wskazać czy przedstawiona tendencja utrzyma się w przyszłości. Pewniejszy wydaje się dalszy spadek tempa odbudowy zwierciadła wód podziemnych przy równoczesnej dużej niepewności w stosunku do zmian stężeń jonów SO₄²⁻. Zmiany stężenia metali ciężkich (cynk, ołów) nie wykazują istotnej korelacji ze wzrostem poziomu zwierciadła wody. Zawartości cynku i ołowiu w badanych próbkach wody z szybu Włodzimierz kształtują się na poziomie poniżej 0,01 mg/dm³, czyli poniżej dopuszczalnej granicy dla wód przeznaczonych do spożycia (DzU Nr 72, poz. 466). Autorzy, odnosząc się do problematyki wykorzystania wód z ko-

palni Trzebieńka do celów spożywczych, przedstawili jedynie kilka wskaźników (siarczany, ołów, cynk) i to na bardzo wstępnym etapie analiz, tym bardziej, że występują wątpliwości, co do reprezentatywności próbek wody. Należy więc

oczekiwać, że wykonanie w przyszłości serii dynamicznych badań hydrogeochemicznych, pozwoli dokładniej określić chemizm wody w głównym poziomie wodonośnym piętra triasowego w zasięgu leja depresji byłej kopalni Trzebieńka.

LITERATURA

- CZOP M., MOTYKA J., SZUWARZYŃSKI M., 2001 — Siarczany w wodach dołowych dopływających do kopalni „Trzebieńka”. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*, **10**, 1: 291–299. UWroc., Wrocław.
- CZOP M., MOTYKA J., SZUWARZYŃSKI M., 2003 — Zmiany stężenia siarczanych w wodach dopływających do kopalni „Trzebieńka” podczas pierwszego etapu zatapiania. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*, **11**, 2: 107–110. WBWiŚ PG, Gdańsk.
- MOTYKA J., CZOP M., SYPOSZ-LUCZAK B., 2007 — Zagrożenia środowiska wodnego związane z likwidacją górnictwa rud cynku i ołowiu w Małopolsce. *Prz. Górn.*, **63**, 1: 45–53.
- MOTYKA J., RÓŻKOWSKI K., SZUWARZYŃSKI M., 1999 — Wstępna charakterystyka zmian składu chemicznego wody z kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebieńka” podczas zatapiania wyrobisk. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*, **9**: 251–257. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MOTYKA J., CZOP M., BORCZAK S., KNAP W., POLAK K., KOWALCZYK A., RUBIN K., WRÓBEL J., 2000 — Opracowanie prognozy zmian stosunków wodnych w zasięgu drenażu górnictwa rudnego po zatopieniu kopalni „Trzebieńka”. *Fund. Nauka i Tradycje Górnicze*, Kraków. Arch. ZG „Trzebieńka” SA.
- PLUTA I., 2002 — Pochodzenie siarczanych w wodach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w świetle badań izotopowych $\delta^{34}\text{S}$ i $\delta^{18}\text{O}$. *Prz. Górn.*, **3**, 55–60.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (DzU Nr 72, poz. 466)
- RÓŻKOWSKI A., WILK Z. (red.), 1980 — Warunki hydrogeologiczne złóż rud cynku i ołowiu regionu śląsko-krakowskiego: 146–151. Wyd. Geol., Warszawa.
- SZUWARZYŃSKI M., 2003 — Hydrogeologia złóż i kopalń rud cynku i ołowiu w rejonie chrzanowskim. *W: Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa* (red. Z. Wilk, T. Bocheńska). T. 2. Wyd. AGH, Kraków.
- WAŹTOR L., 2009 — Dokumentacja określająca warunki hydrogeologiczne w związku z zakończeniem odwadniania Zakładów Górniczych „Trzebieńka” S.A. w Trzebieńki wg stanu na 30.06.2009 r. Arch. ZG „Trzebieńka” SA.

SUMMARY

In the Trzebieńka mine, zinc and lead ore deposits were mined within a succession comprising four aquifer levels, of which the most important is the Triassic level. The Aquifer located in the Muschelkalk carbonate and Buntsandstein (Röt) formations is of key importance as it is the main aquifer for the major groundwater basin No. 452. As a result of drainage of the underground mine workings, a large cone of depression was formed. In 2009, the mining was terminated and therefore the workings were no longer drained. The closed-down mine shafts were adapted to serve as piezometers to observe the process of complete flooding of the mine, which began in mid-2010 after turning off the main drainage pumping station. Currently, the shaft piezometers monitor the water level and some chemical parameters. Based on the studies from 2010–2012, analysis of changes in the water chemistry of the Triassic level was conducted in the Włodzimierz piezometer. Temporal changes in the

contents of sulphates, lead and zinc were compared to the measurements of the water-table position in the corresponding periods of time. In this period, the water-table elevation in the Włodzimierz shaft increased from about 108 m above sea level in October 2010 to about 172 m at the end of November 2012. The sulphate concentration increased from about 70–110 mg/dm³ in 2010 to about 200–250 mg/dm³ at the end of 2012. A comparison of the water-level recovery rate to the trends in sulphate concentration changes demonstrates a slow increase in the concentration of sulphates in connection with the increase of water-table level. This is most likely related to flooding of increasing portions of the ground and the continuous transition of oxidized forms of sulphates into the aqueous solution. Starting from 2012, slow stabilization in the sulphate concentration has been reported with a decreasing rate of water-table recovery.

