

ZMIANY HYDROGEOLOGICZNE W OBRĘBIE SYNKLINY CHRZANOWSKIEJ PO DZIEWIĘCIU LATACH OD ZATOPIENIA KOPALNI ZG „TRZEBIONKA”

THE CHANGES OF HYDROGEOLOGICAL SETTINGS AROUND THE CHRZANÓW SYNCLINE NINE YEARS AFTER FLOODING THE ZN-PB “TRZEBIONKA” MINE

AGATA KASPRZAK¹, JACEK MOTYKA², MAREK SZUWARZYŃSKI³

Abstrakt. W artykule przedstawiono wyniki blisko dziesięcioletnich badań hydrodynamicznych i hydrochemicznych skutków likwidacji kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebionka” w rejonie chrzanowskim. Odtwarzanie się pierwotnych ciśnień hydrodynamicznych w górotworze oraz procesy chemiczne temu towarzyszące doprowadziły m.in. do pogorszenia się jakości wody w skałach triasowego piętra wodonośnego oraz pojawienia się wody na powierzchni terenu. To wszystko stawia nowe wyzwania przed lokalnymi władzami, przedsiębiorcami oraz mieszkańcami okolicy.

Słowa kluczowe: hydrogeologiczne skutki likwidacji kopalni, złoża Zn-Pb, niecka chrzanowska, triasowe piętro wodonośne.

Abstract. The paper presents results of almost 10-year observation of hydrodynamic and hydrochemistry changes in the Triassic aquifer, after the closure of the Zn-Pb “Trzebionka” mine (Chrzanów area). Recovery of the natural hydrodynamic pressure in the rocks and associated chemical processes adversely affected the groundwater quality of the Triassic aquifer and resulted in the appearance of water on the surface. It leads to new challenges for local authorities, entrepreneurs and residents of the area.

Key words: consequences of mine flooding, Zn-Pb deposits, Chrzanów Trough, Triassic aquifer.

WSTĘP

Wydobycie rud Zn-Pb prowadzono w rejonie chrzanowskim począwszy od XIII w. W ostatnich dziesięcioleciach działały tu dwie kopalnie podziemne, „Matylda” (1855–1972) i „Trzebionka” (1951–2010). Po zakończeniu eksploatacji kopalnia „Matylda” została przekształcona w ujęcie wody „Józef”. Ujęcie to, wraz z czynną kopalnią „Trzebionka” i kilku studniami, wytwarzało jeden rozległy lej depresji (fig. 1, por. Szuwarzyński, 2003). W roku 2010, po zaprzestaniu odwadniania kopalni „Trzebionka”, rozpoczął się proces samoczynnej odbudowy zwierciadła wody w obrębie tego leja do stanu sprzed rozpoczęcia drenażu górniczego.

Zmiany stosunków wodnych spowodowane likwidacją kopalń podziemnych wynikają z częściowego lub całkowitego zatopienia ich wyrobisk. Skutkuje to wspomnianą odbudową zwierciadła wody podziemnej, a w ślad za tym zmianami hydrodynamicznymi i hydrogeochemicznymi w środowisku wodnym (Motyka i in., 2007). Ze skutkami hydrodynamicznymi wiąże się odtworzenie dawnych źródeł, zbiorników wodnych i terenów podmokłych oraz cieków, które zanikły pod wpływem drenażu górniczego.

W pracy przedstawiono wyniki zmian położenia zwierciadła wody w węglanowych skałach triasowych po rozpoczęciu zatapiania kopalni „Trzebionka” w lipcu 2010 r. oraz ewolucję składu chemicznego wód odziemnych w tych skałach. Pomiary stanu zwierciadła wody były wykonywane

¹ Wodociągi Chrzanowskie Sp. z o.o., ul. Jagiellońska 8, 32-500 Chrzanów; e-mail: a.kasprzak@wodociagi.chrzanowskie.pl.

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: motyka@agh.edu.pl.

³ Niezależny ekspert w zakresie geologii górniczej; e-mail: mszuwarzyński@gmail.com.

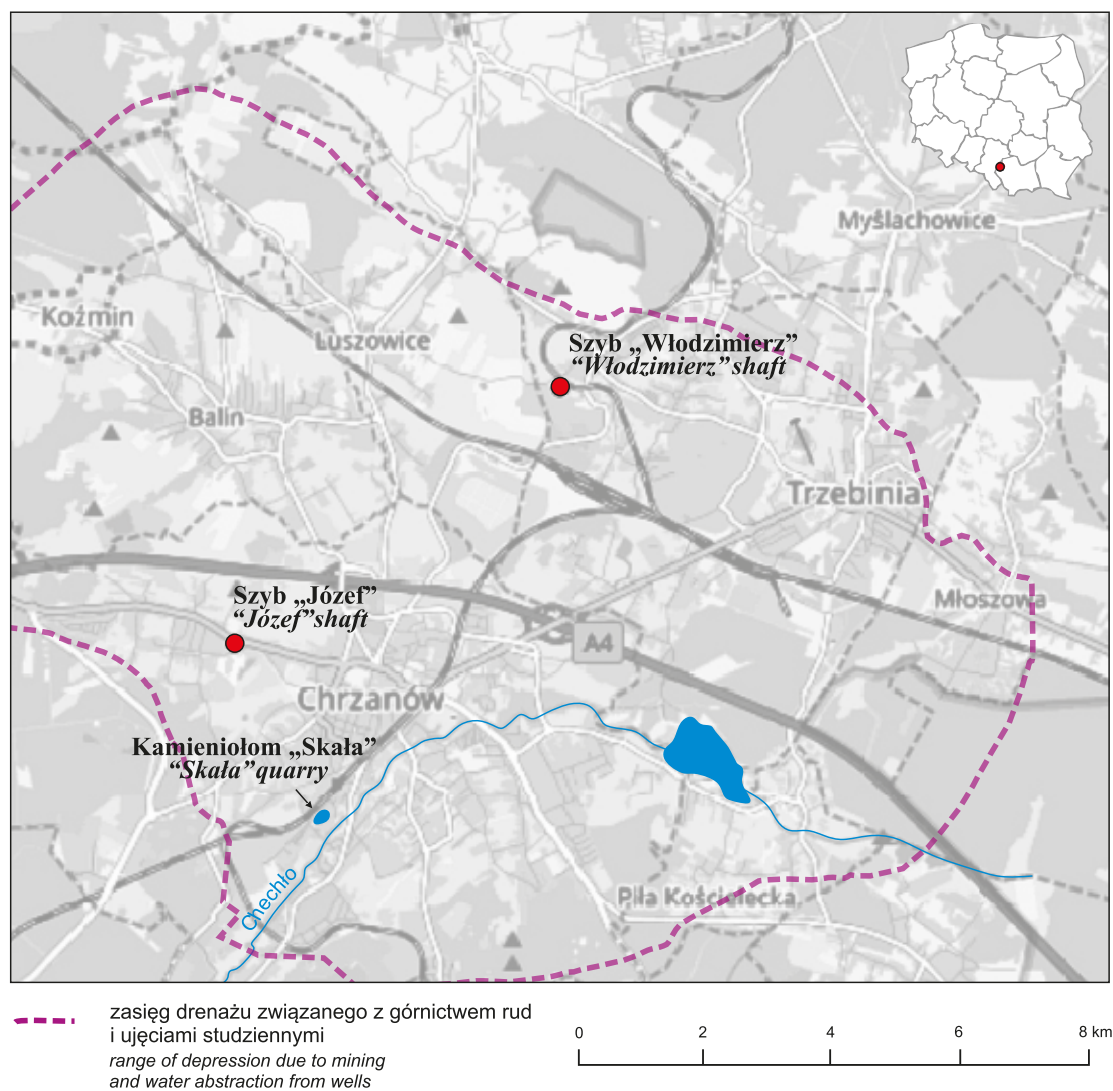


Fig. 1. Lokalizacja Kamieniołomu „Skala” oraz szybów „Włodzimierz” i „Józef” wraz z granicami zasięgu drenażu – stan na 1997 r. (na podstawie OpenStreetMap)

General situation of the study area (based on OpenStreetMap), with location of the shafts and the “Skala” quarry, and the range of mine depression

przez Wodociągi Chrzanowskie. Próbki wody były pobierane przez autorów niniejszej pracy, a analizy wykonywano w laboratorium Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH w Krakowie.

OPIS WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH I HYDROGEOLOGICZNYCH

Obszar niecki chrzanowskiej, ze względu na złożoną tektonikę, charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną i warunkami hydrogeologicznymi. Kluczowe znaczenie dla omawianego obszaru mają utwory triasu, zwane tutaj triasem chrzanowskim, wykształcone w postaci osadów węglanowych pstrego piaskowca (retu) i wapienia muszłowego. Zalegają one na utworach paleozoicznych, głównie karbonu górnego, a w części wschodniej również permu dol-

nego. W zagłębieniach strukturalnych utwory triasu przykryte są częściowo nadkładem składającym się z utworów triasu górnego (kajper), jury środkowej i górnej oraz neogenu i czwartorzędu (Szuwarzyński, Kryza, 1989).

Kształtowanie się głównych struktur obszaru niecki chrzanowskiej zapoczątkowały fałdowania starokimeryjskie, natomiast ostateczna jej forma ukształtowała się w orogenezie alpejskiej. Biorąc pod uwagę tektonikę uskokuwą, nieckę można podzielić na siedem mniejszych struktur rozdzielonych uskokami, stanowiących równocześnie siedem odrębnych jednostek hydrogeologicznych, odznaczających się autonomią w migracji wód podziemnych (Szuwarzyński, 2003). Są to: strefa uskokuwa Trzebinia–Będzin, obrzeżenie rowu krzeszowickiego, synklina długoszyńska, blok Płazy i zrąb Wzgórz Libiąskich, synklina wilkoszyńska, zapadlisko Chrzanów–Dąb i zrąb Cezarówki oraz synklina chrzanowska. W kontekście eksploatacji rud

cynkowo-ołowiowych oraz konsekwencji hydrogeologicznych prowadzonego wydobywania największe znaczenie ma synklina chrzanowska.

W obrębie synkliny chrzanowskiej można wyróżnić cztery piętra wodonośne: piętro czwartorzędowe, jurajskie, triasowe oraz słabo rozpoznane piętro karbońskie (Szuwarczyński, 2003). Wydobywanie rud Zn-Pb miało wpływ przede wszystkim na przemiany hydrodynamiczne i hydrochemiczne w obrębie triasowego piętra wodonośnego, składającego się z dwóch poziomów: retu oraz dolomitów kruszczonych, będących na obszarze synkliny chrzanowskiej w ścisłym kontakcie hydraulicznym.

ZMIANY HYDRODYNAMICZNE

Eksploracja rud cynku i ołowiu przez kilkadziesiąt lat doprowadziła do powstania rozległego leja depresji (fig. 1). Obniżenie zwierciadła wody o ponad 200 m w centralnej części prowadzonego odwodnienia, przyczyniła się do licznych zmian hydrologicznych na powierzchni terenu, m.in.: osuszenia niegdyś terenów podmokłych, zaniku wody w triasowych źródłach oraz w dawnych kamieniołomach i obniżeniach.

W lipcu 2010 r. wyłączono ostatnie pompy odwadniające kopalnię „Trzebieńka”, jednak w dalszym ciągu Wodociągi Chrzanowskie prowadziły eksploatację wody z szybu „Józef” (dawna kopalnia „Matylda”, połączona wyrobiskami z kopalnią „Trzebieńka”) na cele gospodarki komunalnej. Ujęcie eksploatowane było z wydajnością 300 m³/h, jednak z czasem ze względu na pogarszającą się jakość i ilość pobieranej wody systematycznie zmniejszono do 140 m³/h, aż ostatecznie w marcu 2014 r. zaprzestano eksploatacji ujęcia.

Obserwacja dynamiki odtwarzania się zwierciadła wód podziemnych w węglanowych skałach triasowych była możliwa poprzez pomiary prowadzone w szybie „Włodzimierz” i w ujęciu „Józef”. Tempo wznoszenia się wody w szybie „Włodzimierz” w pierwszym półroczu po wyłączeniu pomp wyniosło około 5,6 m/mies., w kolejnym już 3,6 m/mies. (fig. 2). W 2016 r. tempo to wyniosło około 0,85 m/mies., natomiast w 2018 r. ok. 0,2 m/mies. Krzywa odbudowy zwierciadła ma charakter logarytmiczny i prognozuje się, że do całkowitej odbudowy zwierciadła dojdzie za ok. 20 lat (Motyka i in., 2018).

Po wyłączeniu pomp w ujęciu „Józef” zaobserwowano chwilowy, szybszy wzrost poziomu wody w szybie „Włodzimierz”, po czym zwierciadła w obu szybach zrównały się i zaczęły odbudowywać się w tym samym tempie (fig. 2). Na przełomie lat 2018 i 2019 zaobserwowano niespodziewany delikatny spadek poziomu wody, a następnie ustabilizowanie się poziomu wody w szybie „Józef”. Trudno obecnie podać przyczynę takich zmian poziomu zwierciadła wody, ale są przesłanki, że może mieć to związek z osiągnięciem poziomu przelewu w szybie „Karol”, o ile jest on drożny (Motyka i in., 2018). Aby to potwierdzić konieczne są dalsze obserwacje.

We wrześniu 2017 r. w dawnym kamieniołomie „Skała”, znajdującym się w południowej części miasta przy ul. Fabrycznej (fig. 1) pojawiła się woda (fig. 3). W kamieniołomie tym do roku 1918 wydobywano dolomity diploporowe, gromadząc odpady na hałdzie w południowej jego części (na hałdzie tej w latach 60. XX w. wybudowano Szkołę Podstawową nr 5). Po zaprzestaniu eksploatacji, wyrobisko było dwukrotnie zatopione: w 1918 i 1931 r., co było konsekwencją przerwania wydobywania i wyłączenia systemu odwadniania kopalni „Matylda” oraz dwukrotnie osuszone,

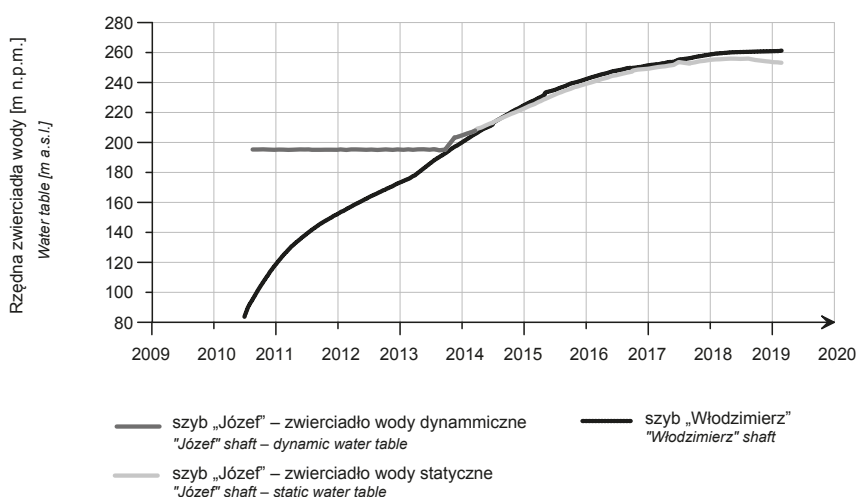


Fig. 2. Zmiany rzędnych zwierciadła wody w szybach „Włodzimierz” i „Józef” po wyłączeniu pomp odwodnieniowych w kopalni „Trzebieńka”

Diagram of water table changes in the “Włodzimierz” and “Józef” shafts



Fig. 3. Kamieniołom „Skala” w lutym 2019 r. (fot. A. Kasprzak)

„Skala” quarry – February 2019 (Photo by A. Kasprzak)

w 1926 i 1953 r., w wyniku wznowienia eksploatacji (Motyka i in., 2018). Po ostatecznym zakończeniu eksploatacji rud w kopalni „Trzebieńka” oraz wyłączeniu pomp odwodnieniowych oczywisty był wniosek, że dojdzie do kolejnego zatopienia kamieniołomu.

Zwierciadło wody w kamieniołomie, od momentu pojawienia się wody w ciągu pół roku podniosło się o 2 m, a w kolejnym półroczu o kolejny metr (fig. 4). Poziom wody rośnie w tempie logarytmicznym. Pierwotnie przypuszczano, że poziom 258,2 m n.p.m. zostanie osiągnięty w ciągu 2 lat (Motyka i in., 2018), jednak w związku ze wzmożonymi opadami atmosferycznymi oraz szybkim topnieniem śniegu na początku 2019 r. tempo wzniosu poziomu wody w kamieniołomie znacznie się zwiększyło.

Pierwotnie zbiornik wodny utworzony w wyrobiskach kamieniołomu „Skala” miał charakter przelewowy. Zasilany był poprzez dno wodami podziemnymi, napływającymi od

północnego zachodu oraz wodami opadowymi, natomiast odpływ następował poprzez przelew do rzeki Chechło. W latach 50. XX w. zwierciadło wody w zbiorniku, determinowane położeniem przelewu, znajdowało się na rzędnej 258,2 m n.p.m. Obecnie wspomniany przelew jest zasypany. Ponadto teren będący naturalnym odbiornikiem wód podziemnych pomiędzy kamieniołomem a rzeką, w latach 60. XX w. został prawdopodobnie dodatkowo skonsolidowany. Oba te czynniki sprawiają, że woda znajdująca się w zbiorniku, ma utrudniony przepływ, przez co w trakcie nawałnych opadów lub roztopów może dochodzić w przyszłości do znaczącego wzniosu zwierciadła wody, stwarzając przy tym zagrożenie dla fundamentów szkoły.

Kamieniołom „Skala” to nie jedyne miejsce gdzie pokażała się woda na powierzchni terenu w zasięgu oddziaływania dawnych kopalń rud Zn-Pb. Po drugiej stronie wiaduktu kolejowego, w niedalekiej odległości od wspomnianego ka-

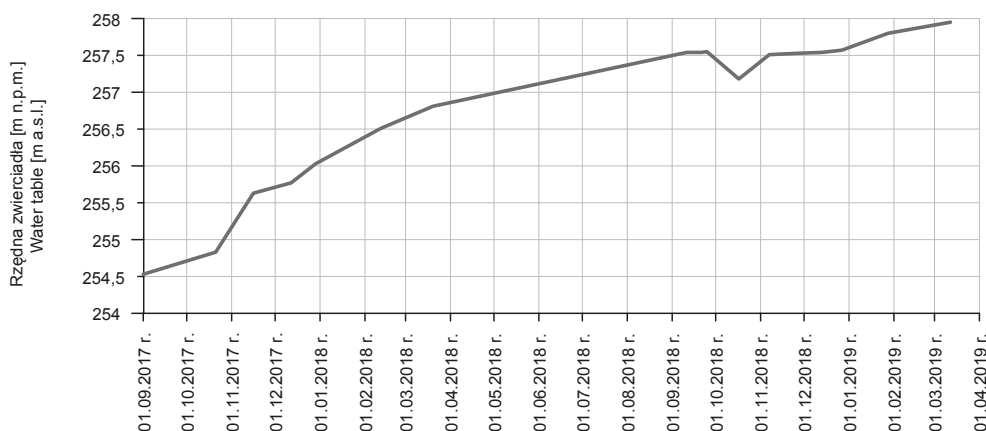


Fig. 4. Wykres wzniosu zwierciadła wody w kamieniołomie „Skala”

Diagram of water level change in the “Skala” quarry

Przemiany hydrochemiczne wód podziemnych mogą mieć wpływ na jakość wód powierzchniowych, pojawiających się w konsekwencji odtwarzania pierwotnych ciśnień w górotworze. Napływ „świeżej” wody z obszarów zasilania w kierunku triasowych skał wodonośnych w końcu spowoduje całkowite rozpuszczenie produktów wietrzenia, a nasycony roztwór będzie migrował w kierunku odbiorników drenujących warstwę wodonośną. Miejsca te są narażone na wzrost stężenia siarczanów i metali. Takim miejscem jest wspomniany wcześniej kamieniołom „Skała” (fig. 1, 3).

Od momentu pojawienia się wody w dawnym kamieniołomie „Skała” prowadzony jest monitoring jej jakości. Przewodność elektrolityczna właściwa wody w kamieniołomie dotychczas mieści się między 743 a 979 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH od 7,64 do 8,19. Stężenia siarczanów są stosunkowo niewielkie i wynoszą od 32,12 mg/l w pierwszej analizowanej próbce wody do 107,1 mg/l w jednej z ostatnich próbek. Stężenie wapnia zawiera się w przedziale 106,4–151,1 mg/l, magnezu 28,1–50,28 mg/l a manganu 0,0075–0,3550 mg/l.

Mimo, że stężenia poszczególnych składników nie są wysokie, to obserwuje się tendencję wzrostu udziału jonów siarczanowych względem pozostałych składników (fig. 6). Czynnikiem hamującym tempo wzrostu składników charakterystycznych dla wód przekształconych w wyniku zatapiania kopalni jest mieszanie się wód napływających z warstwy wodonośnej z wodami pochodzącymi z opadów atmosferycznych o niewielkiej mineralizacji. Nie bez znaczenia jest też fakt, że kamieniołom skała znajduje się na obrzeżu pierwotnego leja depresji w otoczeniu kopalni „Trzebionka” i ujęcia „Józef”. Przewiduje się dalszy wzrost zawartości siarczanów w wodach kamieniołomu, zwłaszcza po ustaleniu się przepływu wód w warstwie wodonośnej i po

wzmoczeniu przepływu wody w kierunku rzeki Chechło po wykonaniu przelewu odprowadzającego nadmiar wody z kamieniołomu.

PODSUMOWANIE

W lipcu 2010 r. rozpoczęto likwidację kopalni „Trzebionka” i wyłączono system odwadniania jej wyrobisk. Odbudowa zwierciadła wody podziemnej w piętrze triasowym jest monitorowana w szybie „Włodzimierz” i w szybie „Józef”, zamienionym na ujęcie wody pitnej. Krzywa wzniosu zwierciadła ma charakter logarytmiczny i według wstępnych prognoz pierwotny, naturalny poziom zostanie osiągnięty po ok. 20 latach. W konsekwencji odbudowy zwierciadła wody w piętrze triasowym nastąpiło zatopienie kamieniołomu dolomitów triasowych „Skała” w południowo-wschodniej części Chrzanowa. Odnowiły się też źródła w pobliżu kamieniołomu, a także została zatopiona niewielka odkrywka piasku, w sąsiedztwie niedaleko od kamieniołomu.

W ślad za odbudową zwierciadła wody podziemnej w utworach triasowych znacznie pogorszyła się jej jakość wskutek rozpuszczania produktów wietrzenia siarczków metali w środowisku skał węglanowych, głównie hydroksysiarczanów wapnia, magnezu i żelaza. Stężenie siarczanów w wodzie wypełniającej centralną część leja depresji (szyby „Włodzimierz” i „Józef”) sięgnęło 2000 mg/l i stopniowo się zmniejsza. W kamieniołomie „Skała” jakość wody jest dobra, ale obserwuje się tendencję do wzrostu stężenia siarczanów.

LITERATURA

- KASPRZAK A., MOTYKA J., 2015 – Wpływ zatapiania kopalni „Trzebionka” na zmiany chemizmu wód podziemnych w utworach triasu. *Prz. Geol.*, **63**, 10/2: 805–809.
- KLOJZY-KARCZMARCZYK B., KRYZA A., KUREK T., MAZUREK J., 2013 – Analiza zmian składu chemicznego wód piętra triasowego w początkowej fazie zatapiania kopalni „Trzebionka”. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **456**, 1: 281–285.
- MOTYKA J., CZOP M., SYPOSZ-LUCZAK B., 2007 – Zagrożenia środowiska wodnego związane z likwidacją górnictwa rud cynku i ołowiu w Małopolsce. *Prz. Gór.*, **63**, 1: 45–53.
- MOTYKA J., SZUWARZYŃSKI M., d’OBYRN K., 2018 – Analiza wpływu likwidacji kopalni „Trzebionka” na stosunki wodne w rejonie chrzanowskim. Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica, Kraków.
- SINGER P.C., STUMM W., 1970 – Acid mine drainage: the rate-determining step. *Science*, **167**: 1121–1123.
- SZUWARZYŃSKI M., 2003 – Rejon chrzanowski. W: Hydrogeologia polskich złóż kopalni i problemy wodne górnictwa (red. Z. Wilk, T. Bocheńska): **2**: 316–385. AGH, Kraków.
- SZUWARZYŃSKI M., KRYZA A., 1989 – Charakterystyka zjawisk hydrogeologicznych w kopalniach rud Zn-Pb rejonu chrzanowskiego. W: Mat. z Konf. Nauk. nt. „Wody szczelinowo-krasowe i problemy ich ochrony” Karniowice, 11–13 września 1989: 143–148. Wydaw. Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego – Akademia Rolnicza, Warszawa.

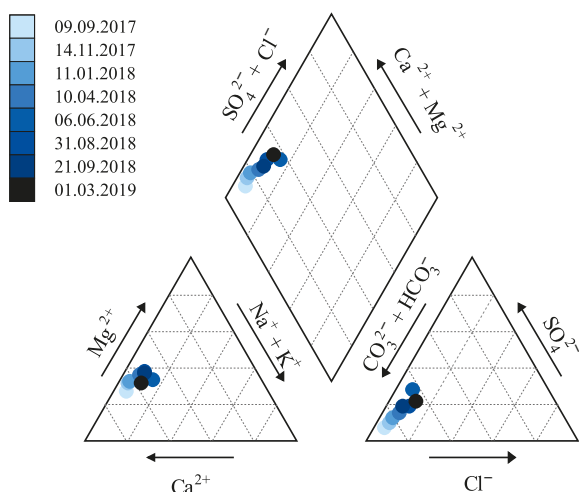


Fig. 6. Diagram Piper dla wód pobranych z kamieniołomu „Skała”

Piper diagram for water samples from the “Skała” quarry

SUMMARY

The purpose of the present report is to present the consequences of mine flooding within the “Chrzanów” Zn-Pb ore mine field (for details about geology and mining see Szuwarzyński, 2003), whose mining started in the 13th century. In the last several decades, two underground mines were active (Fig. 2) – the “Matylda” mine (1851–1972, next adopted as a communal water supply facility named “Józef”) and the “Trzebionka” mine (1951–2010, with the Włodzimierz main shaft). Drainage of the mines caused a wide depression in the Triassic aquifer.

When the pumps were switched off in July 2010, this meant flooding of the mine workings. In addition, in March 2014, the pumps in the “Józef” facility were also stopped.

Within a couple of years (Fig. 1), the flood level will gradually approach the natural level of the Triassic water table. Locally, in the Chechło Creek valley, development of water bodies within ground depressions (for example in the “Skała” quarry – Figs. 3 and 4), as well as reactivation of drained springs, is observed.

The flooding also resulted in a change in the chemical character of groundwater and, locally, surface water. A characteristic feature is an increase in concentration of sulfites to above 2,000 ppm (up to 2,700 ppm), caused by leaching of products of weathering of sulfides, with a slowly decreasing trend of this factor (Figs. 5 and 6).

