

WARUNKI WSPÓŁWYSTĘPOWANIA WÓD ZWYKŁYCH I MINERALNYCH W ZLEWNI SZCZAWICZNEGO POTOKU KOŁO KRYNICY (BESKID SĄDECKI)

HYDROGEOLOGICAL COEXISTENCE OF NATURAL AND MINERAL WATERS IN SZCZAWICZNY POTOK CATCHMENT NEAR KRYNICA (BESKID SĄDECKI)

ALICJA ZMARŁA¹, ANNA ŻUREK¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono najważniejsze rezultaty szczegółowego kartowania hydrogeologicznego w zlewni Szczawicznego Potoku w Beskidzie Sądeckim. Charakterystyki wód płytkiego krążenia dokonano na podstawie pomiarów w 91 naturalnych wypływach wód podziemnych. Wody głębokiego krążenia są reprezentowane przez wody ujmowane 10 studniami głębinowymi. Przedstawiono zaobserwowane zależności pomiędzy położeniem wypływu a jego wydajnością oraz głównymi parametrami fizykochemicznymi wody. Porównano także skład chemiczny wód płytkiego i głębokiego krążenia.

Słowa kluczowe: źródła, wody mineralne, szczawy zwykłe, rejon Krynicy.

Abstract. In this paper the main results of hydrogeological mapping in the catchment of Szczawiczny Potok localized in Beskid Sądecki are presented. The local groundwater flow has been characterized by measurements in 91 natural outflows (springs and seeps). The groundwater of regional flow are presented within 10 deep wells. The relations between the springs localizations and their discharge, physico-chemical parameters are presented. The spring water and deep-well water qualities are compared.

Key words: springs, mineral water, carbonated water, Krynica region.

WSTĘP

Zlewnia Szczawicznego Potoku ma powierzchnię 5,08 km² (Ciężkowski i in., 2001) i znajduje się w powiecie nowosądeckim, na granicy gmin Krynica oraz Muszyna. Obszar zlewni charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną oraz urozmaiconą tektoniką. Położony jest w Karpatach Zewnętrznych, na obszarze płaszczowiny magurskiej, w obrębie dwóch jednostek: strefy krynickiej oraz strefy sądeckiej (zwanej strefą bystrzycką), które są oddzielone od siebie dyslokacją krynicką (fig. 1) (Oszczypko i in., 1999). Teren badanej zlewni jest pokryty głównie lasem (85% po-

wierzchni). Pozostałą powierzchnię zajmują użytki rolne, a nieliczne zabudowania znajdują się w dolnym odcinku doliny Szczawicznego Potoku.

Wody podziemne krążą w ośrodku szczelinowym fliszu karpackiego (Oszczypko i in., 1981). Podobnie jak w innych rejonach Karpat, z racji dużych deniwelacji terenu, obszarami zasilania w zlewni są wyżej położone partie zboczy oraz wierzchowiny (Chowaniec, 2009). Wody podziemne dopływają do Szczawicznego Potoku, który stanowi lokalną bazę drenażu.

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; e-mail: alicjazma@gmail.pl, zurek@agh.edu.pl

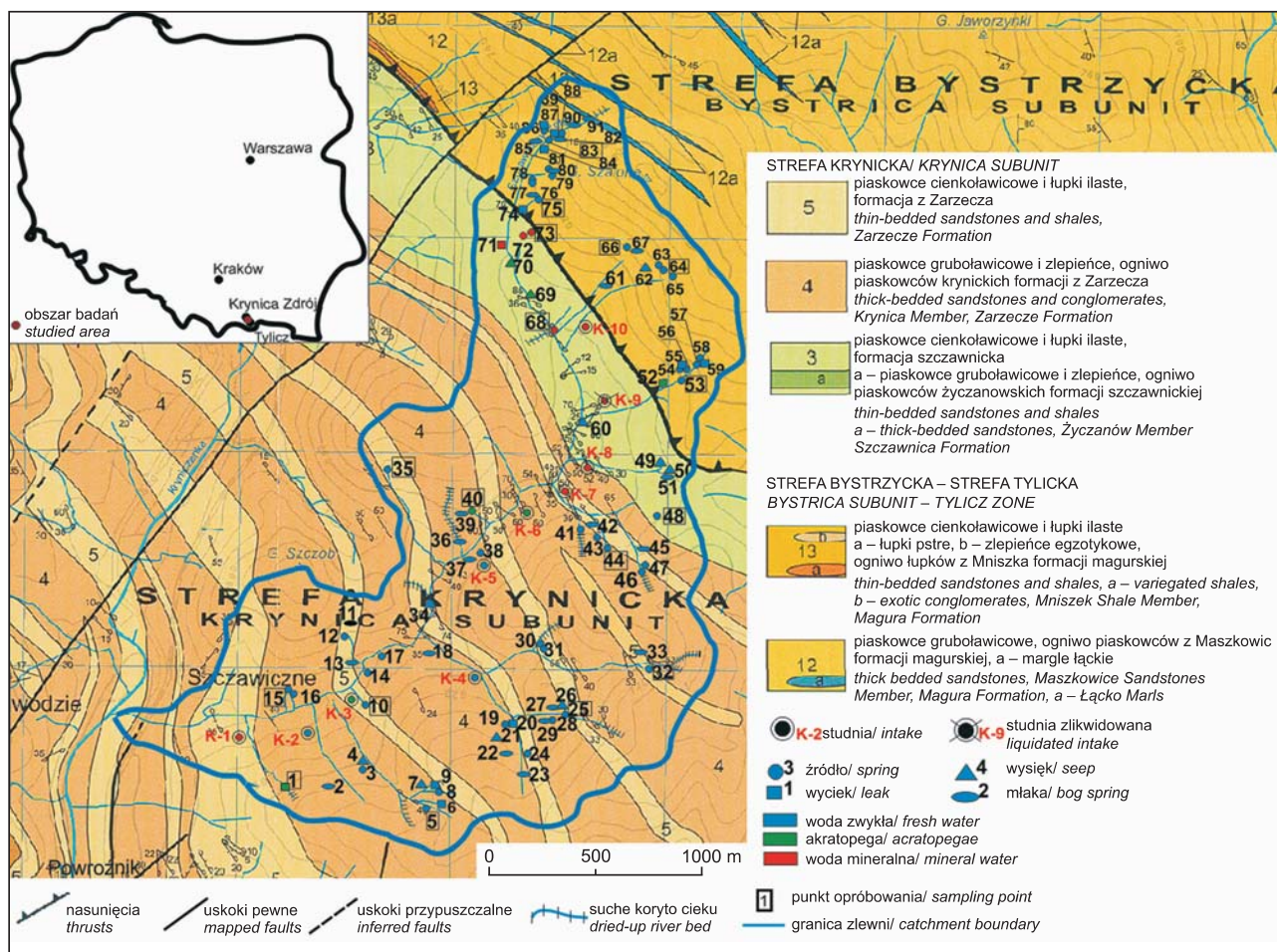


Fig. 1. Mapa geologiczna rejonu zlewni Szczawicznego Potoku (wg Oszczytko, Oszczytko-Clowes, 2010) z lokalizacją punktów badawczych

Geological map of Szczawiczny Potok catchment (acc. Oszczytko, Oszczytko-Clowes, 2010) with sampled points localization

METODY BADAŃ

We wrześniu 2011 r., na obszarze zlewni Szczawicznego Potoku przeprowadzono szczegółowe kartowanie hydrogeologiczne, w którego trakcie zidentyfikowano 112 naturalnych wypływów wód podziemnych. Ponieważ niektóre wypływy znajdowały się bardzo blisko siebie, ostatecznie na mapie zaznaczono 91 punktów pomiarowych (fig. 1). Źródła stanowią 50% wszystkich punktów pomiarowych, młaki – 25%, wycieki – 13%, a wysięki – 12%. Pełna charakterystyka wszystkich punktów została przedstawiona w pracy Zmarłej (2012). W ramach prac terenowych dokonano pomiarów: wydajności wypływów, parametrów fizykochemicznych

wody (temperatury, PEW, potencjału redox – Eh, odczynu pH). W warunkach terenowych zmierzono stężenie CO₂ oraz określono alkaliczność. W 17 wytypowanych punktach, głównie źródłach, pobrano próbki w celu przeprowadzenia badań laboratoryjnych (fig. 1). Analizy fizykochemiczne tych próbek wykonano w Laboratorium Hydrogeochemicznym Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH w Krakowie. Analizy wód głębokiego krążenia zostały udostępnione przez właścicieli 10 ujęć zlokalizowanych na terenie badanej zlewni.

WYNIKI BADAŃ TERENOWYCH

Naturalne wypływy wód podziemnych charakteryzowały się niewielkimi wydajnościami (tab. 1), należącymi głównie do VII klasy wydajności wg Meinzera (0,01–0,1 dm³/s).

Wskaźnik krenologiczny dla całej zlewni wyniósł 22,05 wypływu na 1 km². Jest on zmienny w różnych piętrach

hipsometrycznych. Największa liczba wypływów występuje na wysokości 600–650 m n.p.m. (fig. 2A), a największą wydajnością charakteryzowały się źródła wypływające na wysokościach 650–700 m n.p.m. (fig. 2B, C).

Lokalizacja wypływów ma ścisły związek z budową geologiczną rejonu badań (tab. 2).

Największa ilość wypływów (53%) znajduje się w obrębie ogniwa piaskowców krynickich formacji z Zarzeczca i mają one największy średni wydatek, wynoszący około $0,07 \text{ dm}^3/\text{s}$. W ogniwie piaskowców z Maszkowic formacji magurskiej występuje mniej wypływów (36%), a ich średni wydatek to $0,02 \text{ dm}^3/\text{s}$. Należy mieć jednak na uwadze, że piaskowce z Maszkowic występują jedynie na około 20% obszaru zlewni, w jej wyższych partiach, czyli głównie w obszarach zasilania. Najmniej wypływów, o średniej wydajności około $0,01 \text{ dm}^3/\text{s}$, zidentyfikowano w piaskowcach cienkoławicowych i łupkach ilastych formacji szczawnickiej.

Znaczna ilość punktów rozpoznania na stosunkowo niewielkiej powierzchni pozwoliła na przeanalizowanie związków pomiędzy lokalizacją wypływu a głównymi parametrami fizykochemicznymi wody. Temperatura wypływów wahała się w przedziale $7\text{--}16^\circ\text{C}$ i oznacza to, że są to wody chłodne i pochodzą z płytkiego krążenia. Nie zaobserwowano istotnej zależności pomiędzy temperaturą wypływu a wysokością jego położenia (fig. 3A).

Tabela 1

Podział badanych wypływów na klasy wydajności wg Meinzera (wg Pazdry, Kozerskiego, 1990)

Distribution of research spring discharges according Meinzer classification (after Pazdro, Kozerski, 1990)

Klasa wydajności wg Meinzera	Wydajność [dm^3/s]	Liczba wypływów	Udział w sumarycznej liczbie wypływów [%]	Sumaryczna wydajność wypływów (wrzesień 2011) [dm^3/s]
VI	0,10–1,00	8	12,7	1,48
VII	0,01–0,10	39	61,9	1,45
VIII	<0,01	16	25,4	0,10
Łącznie		63	100	3,03

Przewodność elektrolityczna właściwa (PEW) w badanych wypływach zmieniała się w szerokim zakresie wartości od 211 do $2085 \mu\text{S}/\text{cm}$ i wykazała pewien związek z wysokością położenia wypływu. Wypływy akratepeg i wód mine-

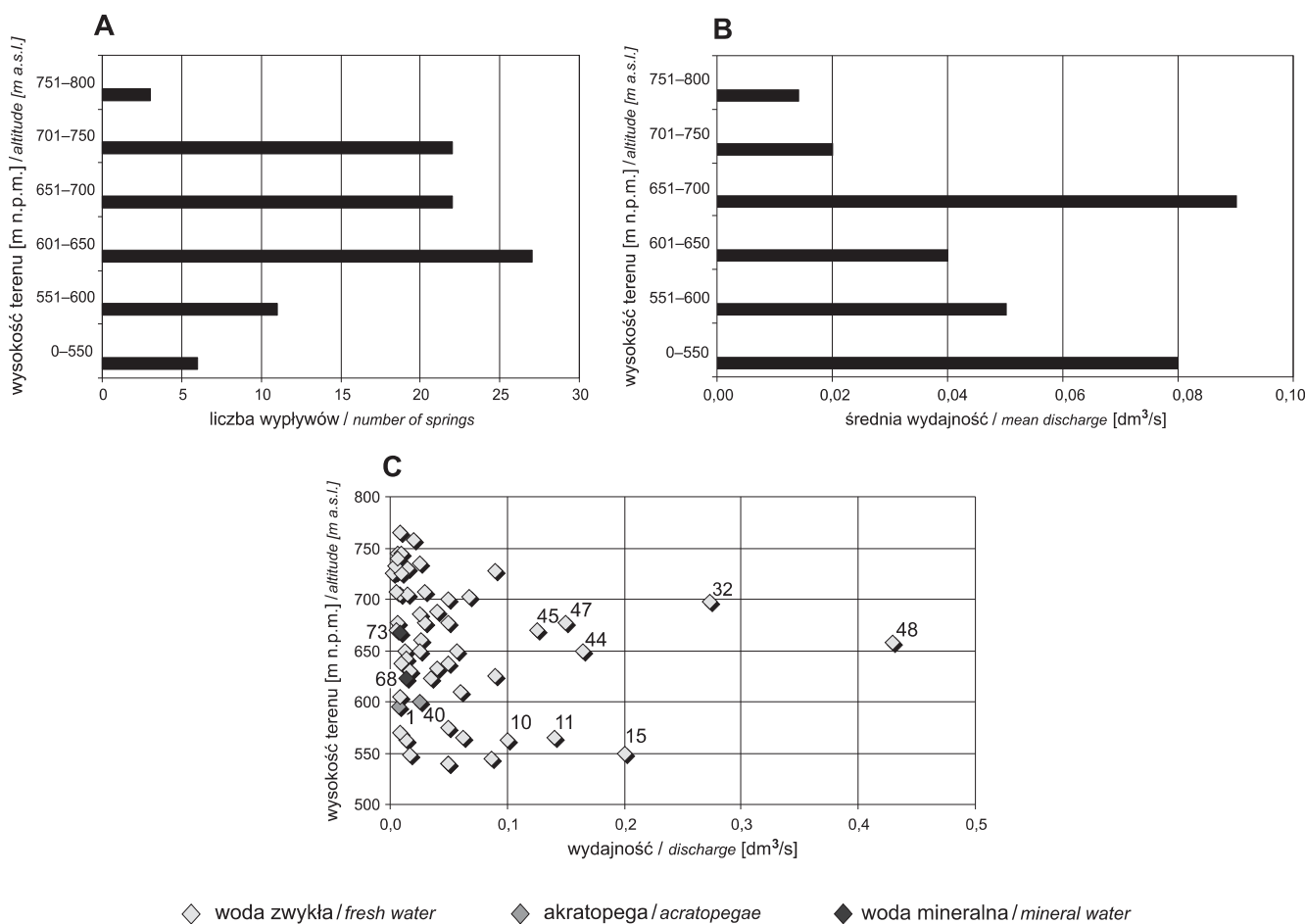


Fig. 2. Liczba wypływów (A), średni wydatek wypływów (B) oraz wydatki poszczególnych wypływów (C) w zależności od wysokości położenia

Number of springs (A), mean spring discharge (B) and individual spring discharge (C) in relation to sampling point altitude

Tabela 2

Minimalne, średnie oraz maksymalne wartości parametrów fizykochemicznych wypływów w nawiązaniu do warunków geologicznych zlewni badawczej

Minimum, average and maximum values of physico-chemical parameters of spring water due to the geological structure of the study area

Badany parametr	Formacja geologiczna	Liczba zbadanych wypływów/ powierzchnia formacji [km ²]	Wartość (nr wypływów zgodnych z fig. 1)		
			minimalna	średnia	maksymalna
Temperatura [°C]	formacja z Zarzecza	31 / 3,53	7 (47)	10,7	15,4 (13)
	formacja szczawnicka	5 / 0,65	8,6 (68)	12,2	16 (72)
	formacja magurska	24 / 0,90	8,4 (77)	10,9	12,9 (81)
PEW [μS/cm]	formacja z Zarzecza	31 / 3,53	249,9 (33)	410,1	702,5(40)
	formacja szczawnicka	5 / 0,65	253,1 (51)	1067,7	2085,0 (68)
	formacja magurska	22 / 0,90	211,7 (74)	366,7	788,0 (12,5)
Eh [mV]	formacja z Zarzecza	29 / 3,53	356,5 (41)	440,6	503 (14)
	formacja szczawnicka	3 / 0,65	239,8 (73)	322,3	447,8 (51)
	formacja magurska	21 / 0,90	247,6 (53)	398,0	466,4 (61)
pH [-]	formacja z Zarzecza	29 / 3,53	7,82 (1)	8,4	8,8 (24)
	formacja szczawnicka	5 / 0,65	5,83 (72)	6,8	8,72 (51)
	formacja magurska	22 / 0,90	6,67 (74)	8,0	8,8 (58, 67)
Wydajność [dm ³ /s]	formacja z Zarzecza	36 / 3,53	0,007 (22)	0,07	0,4 (48)
	formacja szczawnicka	4 / 0,65	0,008 (73)	0,01	0,01 (68)
	formacja magurska	25 / 0,90	0,002 (85)	0,02	0,09 (83)

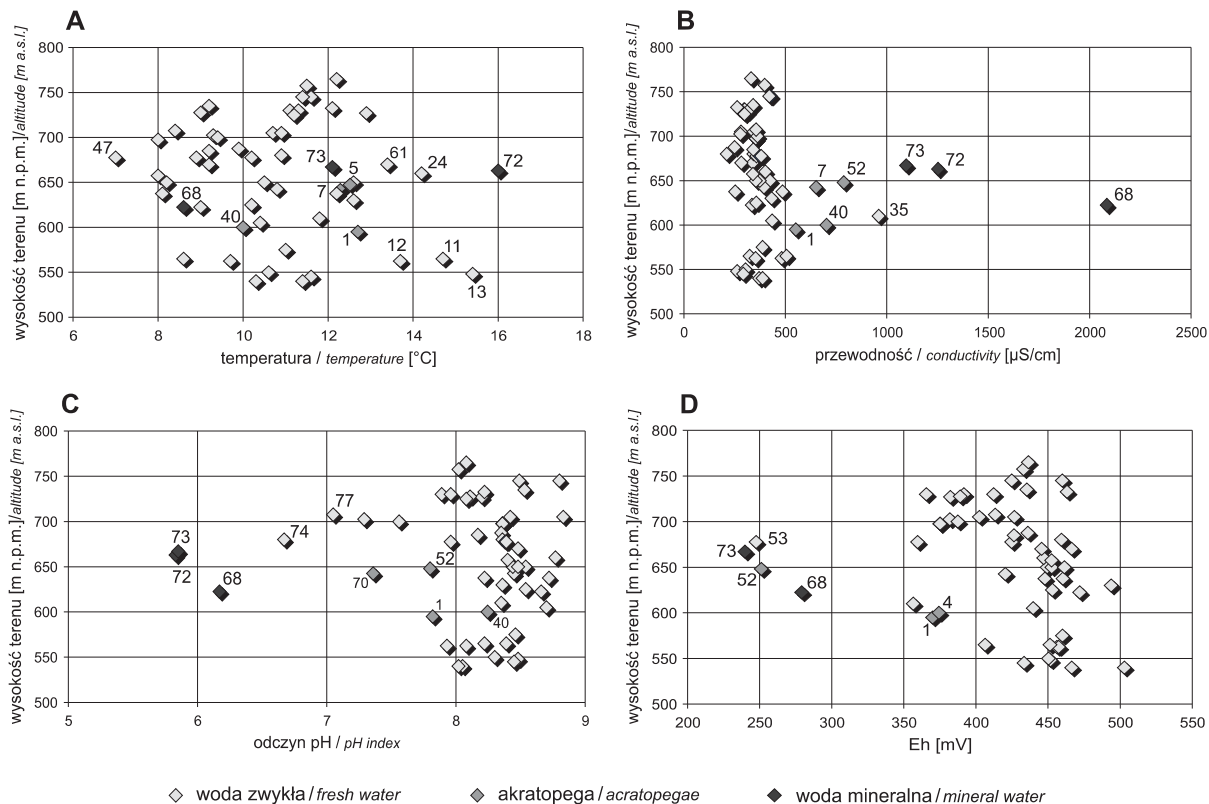


Fig. 3. Zależność temperatury (T) (A), przewodności właściwej (PEW) (B), odczynu pH (C) i potencjału redoks Eh (D) zbadanych wypływów od wysokości ich położenia

Relations between the spring altitudes and: temperature (A), conductivity (B), pH index (C) and redox potential Eh (D) in sampled waters

ralnych znajdują się na rzędnych 600–670 m n.p.m. (fig. 3B). Wyflęwy z utworów formacji szczawnickiej charakteryzują się podwyższoną wartością PEW, której średnia wartość wyniosła około 1067 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tab. 2). Wyflęwy w obrębie utworów formacji z Zarzecza wykazały średnią wartość PEW około 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a w obrębie utworów formacji magurskiej 367 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Odczyn pH naturalnych wyflęwów wód wahał się w szerokim zakresie wartości: od 5,83 do 8,83 (fig. 3C). Przeważały wody o odczynie słabo zasadowym (93%). Pozostałe wody mają odczyn słabo kwaśny. Odczyn taki wykazały wody mineralne. Podobna zależność zaznacza się w całej zlewni Krynicy, gdzie średnia wartość pH dla wód zwyk-

łych wynosi 7,69 (Ciężkowski i in., 2001), a dla wód mineralnych typu szczawa waha się w przedziale 5,0–7,2 (Rajchel, 2012).

Podobną zmienność wykazały badane wyflęwy dla potencjału redox (Eh) (fig. 3D), który wykazał wartości z przedziału 240–503 mV. Najniższymi wartościami Eh charakteryzują się wyflęwy wód mineralnych typu szczawa.

Nie zauważono zależności pomiędzy zawartością CO_2 a wydajnością badanych źródeł (Świdziński, 1972; Zmarła, 2012). Może to być dowodem na to, że zarówno badane wody, jak i zawarty w nich dwutlenek węgla mają różne pochodzenie (Ciężkowski i in., 2001; Rajchel, 2012).

CHEMIZM WÓD PODZIEMNYCH

Cechą charakterystyczną zlewni Szczawicznego Potoku jest, podobnie jak w całym rejonie Krynicy, współwystępowanie wód zwykłych z wodami mineralnymi oraz leczniczymi. Najbardziej cenionymi wodami są szczawy oraz wody kwasowęglowe (Rajchel, 2012).

Analiza składu jonowego wód wykazała (fig. 4, 5), że wody zwykłe są głównie typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ oraz $\text{HCO}_3\text{-Ca}$. Wśród wód mineralnych podobnie dominuje typ $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, ale występują także wody typu $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, $\text{HCO}_3\text{-Mg-Na}$,

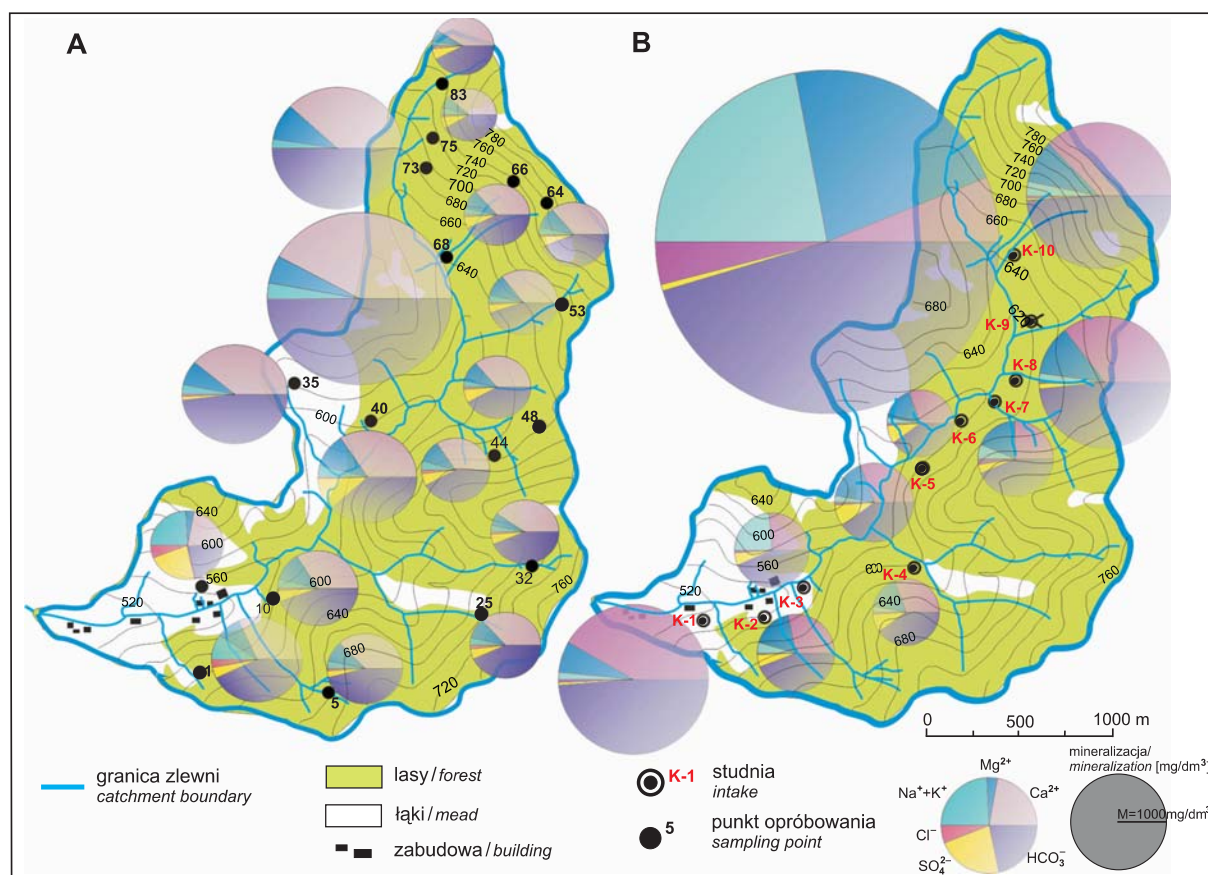


Fig. 4. Chemizm wód podziemnych w zlewni Szczawicznego Potoku: wody płytkiego krążenia (wyflęwy) (A) i głębokiego krążenia (studnie ujęciowe) (B)

Chemical composition of groundwater in the Szczawiczny Potok catchment: local flow (springs) (A) and regional flow (wells) (B)

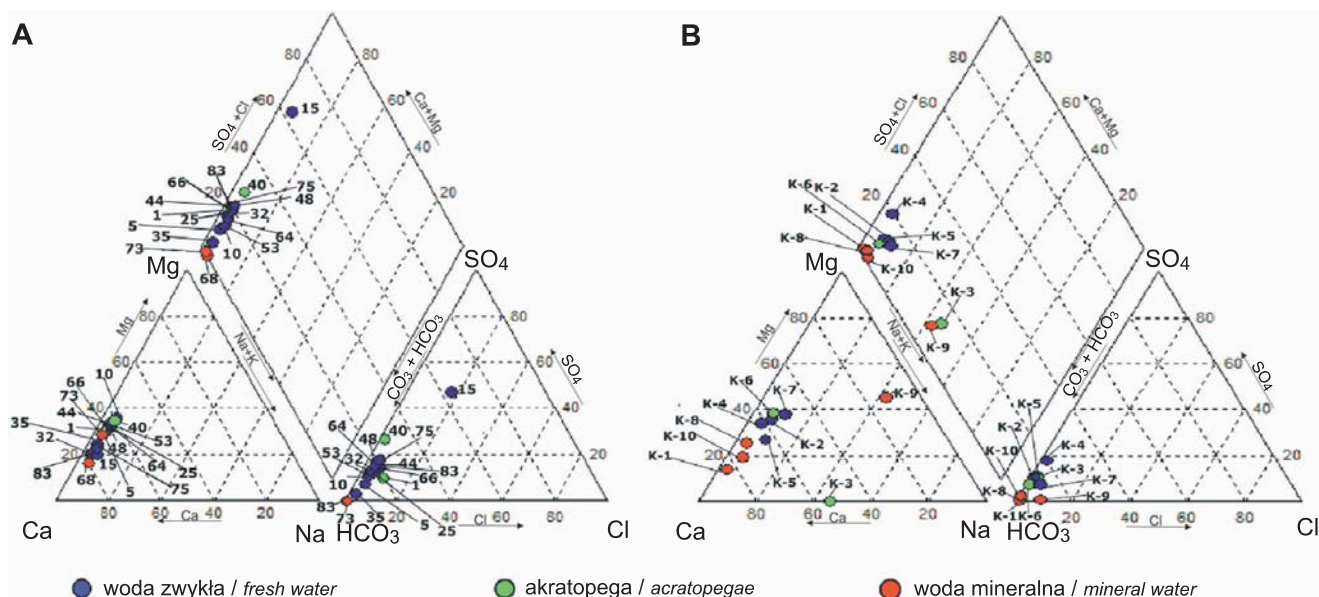


Fig. 5. Diagram Piper dla wód podziemnych dla wód płytkiego krążenia (wypływy) (A) i głębokiego krążenia (studnie ujęciowe) (B) w zlewni Szczawicznego Potoku

Piper diagram for local flow groundwater (springs) (A) and for regional flow groundwater (wells) (B) in the Szczawiczny Potok catchment

HCO₃-SO₄-Ca-Mg. Składnikiem swoistym w wodach mineralnych jest CO₂, żelazo lub jod.

Podobieństwo składu jonowego wód płytkiego krążenia, reprezentowanych przez naturalne wypływy, jak i głębokiego krążenia, ujmowanych studniami jest wyraźnie widoczne na wykresach Pitera (fig. 5). Jedyne jeden wypływ (nr 15) wykazał podwyższone zawartości siarczanów oraz potasu, co można wiązać z zanieczyszczeniem antropogenicznym,

gdź znajduje się on w dolnym fragmencie zlewni, blisko zabudowań i terenów rolniczych.

Wśród wód z głębszych studni ujęciowych uwagę zwracają dwie z nich: K-3 i K-9 (obecnie zlikwidowany) (fig. 5). Woda ze studni K-9 adnaczała się dominującym udziałem jonów Mg⁺² i następnie Na⁺, natomiast woda eksploatowana studnią K-3 zawiera zdecydowanie mniej Mg⁺² i Ca⁺² w porównaniu z pozostałymi ujęciami (fig. 5).

PODSUMOWANIE

Zlewnia Szczawicznego Potoku jest przykładem zlewni karpackiej, dla której podstawowymi punktami rozpoznania są naturalne wypływy wód podziemnych.

Niewielkie wydatki badanych wypływów świadczą o niewielkiej zasobności fliszowych struktur wodonośnych. Zaobserwowano dość ścisły związek liczby wypływów i ich średnich wydajności z litologią skał podłoża. Największa liczba wypływów o najwyższych wydatkach występuje w obrębie piaskowców formacji z Zarzecza, a najmniej wypływów zidentyfikowano na obszarach występowania piaskowców i łupków formacji szczawnickiej.

Obszar badań charakteryzuje się współwystępowaniem wód zwykłych z wodami mineralnymi. Tworzą one wspólny system krążenia. Wody głębokiego krążenia są ujmowane studniami eksploatacyjnymi. Na niewielkim obszarze zlewni

(5,08 km²) ujawniło się podobne, znaczne zróżnicowanie składu chemicznego wód podziemnych zarówno płytkiego, jak i głębokiego krążenia.

Nie stwierdzono natomiast istotnych zależności pomiędzy lokalizacją punktu pomiarowego a pomierzonymi parametrami fizykochemicznymi wody podziemnej. Może to potwierdzać, że współwystępowanie wód mineralnych i zwykłych na obszarze zlewni Szczawicznego Potoku wynika ze złożonych warunków hydrogeologicznych i powinno podlegać stałemu monitoringowi stanu ilościowego oraz jakościowego.

Praca została częściowo zrealizowana w ramach badań statutowych Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej AGH w Krakowie – umowa 11.11.140.026.

LITERATURA

- CHOWANIEC J., 2009 — Studium hydrogeologii zachodniej części Karpat polskich. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **434**: 1–98.
- CIEŹKOWSKI W., SCHMALZ A., ŻAK S., 2001 — Charakterystyka krenologiczna zlewni Krynicy w Beskidzie Sądeckim (Karpaty). *Współczesne problemy hydrogeologii*, **10**: 141–148. Ofic. Wyd. Sudety, Wrocław.
- OSZCZYPKO N., CHOWANIEC J., KONCEWICZ A., 1981 — Wodonośność piaskowców magurskich. *Rocz. Pol. Tow. Geol.*, **51**, 1/2: 273–302.
- OSZCZYPKO N., MALATA E., OSZCZYPKO-CLOWES M., DUŃCZYK L., 1999 — Budowa geologiczna Krynicy (płazczowina magurska). *Prz. Geol.*, **47**, 6: 549–559.
- OSZCZYPKO N., OSZCZYPKO-CLOWES M., 2010 — Budowa geologiczna okolic Krynicy-Zdroju i Muszyny (SE część Beskidu Sądeckiego, Zewnętrzne Karpaty Zachodnie). Inst. Nauk. Geol. UJ, Kraków.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- RAJCHEL L., 2012 — Szczawy i wody kwasowęglowe Karpat polskich, skala 1:25 000. Wyd. Nauk. AGH, Kraków, Geoprofil, Kraków.
- ŚWIDZIŃSKI H., 1972 — Geologia i wody mineralne Krynicy. *Pr. Geol. Pol. Akad. Nauk*, **70**: 15–65.
- ZMARŁA A., 2012 — Warunki hydrogeologiczne wybranej zlewni w rejonie Tylicza [pr. magister.]. Katedra Hydrogeol. i Geol. Inż. AGH, Kraków.

SUMMARY

In this paper the main results of hydrogeological mapping in the catchment of Szczawiczny Potok localized in Beskid Sądecki are presented. The area of the research catchment is 5.08 km². The local groundwater flow has been characterized by measurements in 91 natural outflows (springs and seeps). The groundwater of regional flow are presented within 10 deep wells (Fig. 1). The distribution of research spring discharges shows (Tab. 1) that the groundwater resources in that region are rather low. The relations between the springs localizations and their discharge physi-

co-chemical characteristics are presented on Figures 2 and 3 and additionally in table 2. The study area is characterized by the coexistence of fresh and mineral water. The spring water and deep-well water qualities are compared (Fig. 4 and 5). The carbonated mineral water in springs and deep wells is characterized by increased PEW and reduced pH and Eh (redox) values.

The co-occurrence of mineral water and fresh water results from the complex hydrogeological conditions in Szczawiczny Potok catchment.

