

Klaudia KORZEC  
Marta DENDYS  
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska  
Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
e-mail: kkorzec@agh.edu.pl, marta.dendys@agh.edu.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych  
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2014

## OCENA STANU CHEMICZNEGO WÓD PODZIEMNYCH W ZLEWNI POTOKU ZAWADKA

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych na terenie zlewni potoku Zawadka w gminie Dębica. Wykonane analizy chemiczne poddane zostały weryfikacji poprzez obliczenie błędu analizy na podstawie bilansu jonowego. Opierając się na analizach określono stan chemiczny wód podziemnych badanej zlewni. Zgodnie z polskimi uregulowaniami prawnymi (RMŚ 2008) oceny stanu chemicznego dokonano w ujęciu punktowym i obszarowym.

Na podstawie przeprowadzonych badań, stan chemiczny wód podziemnych zlewni potoku Zawadka uznano za dobry w ujęciu obszarowym. Ocena stanu chemicznego w ujęciu punktowym wykazała przekroczenie wartości progowych dla dobrego stanu w dwóch punktach pomiarowych.

### SŁOWA KLUCZOWE

Wody podziemne, stan chemiczny, zlewnia Zawadki

\* \* \*

### WPROWADZENIE

Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW 2000) wymaga ustanowienia dwóch programów monitoringu wód podziemnych: stanu ilościowego i stanu chemicznego, którym powinny być objęte wszystkie jednolite części wód podziemnych (JCWPd) dostarczające powyżej 100 m<sup>3</sup> wody/dobę.

Monitoring ten powinien być prowadzony (RMŚ 2011) w sposób umożliwiający ocenę stanu JCWPd, wykrycie znaczących i utrzymujących się trendów wzrostu stężeń zanie-

czyszczeń spowodowanych oddziaływaniami antropogenicznymi oraz ustalenie wpływu stanu JCWPd na obszary chronione bezpośrednio zależne od wód podziemnych

W Polsce zobowiązania RDW (2000) w zakresie oceny stanu ilościowego i chemicznego reguluje Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (RMŚ 2008, 2011). Rozporządzenie to określa kryteria i sposób oceny stanu wód podziemnych, w tym klasyfikację elementów fizykochemicznych, obejmującą wartości graniczne 55 elementów fizykochemicznych dla 5 klas jakości wód podziemnych. Zgodnie z tym Rozporządzeniem, oceny stanu chemicznego wód podziemnych dokonuje się w odniesieniu do punktu pomiarowego (ocena w ujęciu punktowym) lub jednolitej części wód podziemnych (ocena w ujęciu obszarowym).

Stan chemiczny w punkcie pomiarowym określany jest poprzez porównanie wartości stężeń badanych elementów fizykochemicznych z wartościami granicznymi dla poszczególnych klas jakości wód podziemnych. Ocena stanu chemicznego w ujęciu obszarowym dokonywana jest poprzez zestawienie wartości średnich arytmetycznych stężeń badanych elementów fizykochemicznych z punktów pomiarowych, reprezentatywnych dla danej JCWPd, z wartościami granicznymi dla poszczególnych klas jakości wód podziemnych (RMŚ 2008).

Stan chemiczny uznaje się za dobry, jeśli wartości badanych elementów fizykochemicznych w poszczególnych punktach lub średnia arytmetyczna stężeń z kilku punktów, nie przekraczają wartości progowych – wartości granicznych dla III klasy jakości (RMŚ 2008).

W artykule przedstawiono ocenę stanu chemicznego wód zlewni potoku Zawadka opartą na wytycznych RMŚ (2008) na podstawie wyników badań monitoringowych przeprowadzonych w 2013 r.

## 1. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Potok Zawadka jest górskim potokiem, którego źródła zlokalizowane są w granicach administracyjnych miejscowości Stasiówka, w gminie Dębica, na wysokości około 390 m n.p.m. W Paszcznie potok Zawadka uchodzi do rzeki Wielopolki, będącej prawobrzeżnym dopływem Wisłoki. Rzędna ujścia to około 190 m n.p.m.

Zlewnia potoku Zawadka pod względem administracyjnym leży na terenie województwa podkarpackiego w gminie Dębica (rys. 1). Pod względem fizjograficznym omawiana zlewnia leży na obszarze mezoregionu Pogórza Strzyżowskiego, będącego częścią Pogórza Środkowobeskidzkiego (Kondracki 2002). Omawiana zlewnia obejmuje miejscowości: Stasiówka, Stobierna, Nagawczyzna, Zawada, Sepnica, Lubzina oraz Paszczyna. Powierzchnia zlewni wynosi 26,17 km<sup>2</sup>.



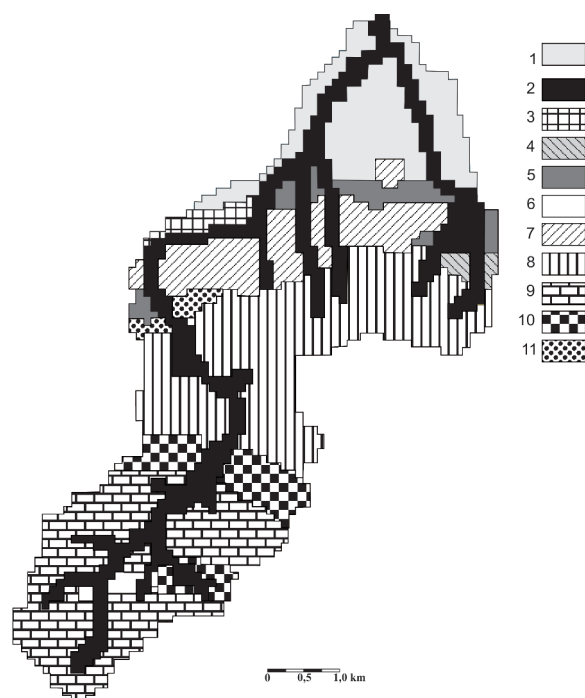
Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań

Fig. 1. Location of the research area

## 2. BUDOWA GEOLOGICZNA

Pod względem budowy geologicznej zlewnia Zawadki znajduje się w obrębie trzech jednostek geologiczno-strukturalnych: zapadliska przedkarpackiego, jednostki zgłobnickiej oraz jednostki skolskiej (Boratyn, Brud 1996b).

Cześć południowa omawianej zlewni – czyli obszary źródłowe potoku Zawadka oraz obszary źródłowe i koryta większości dopływów tego potoku – zbudowana jest z kredowych piaskowców gruboławicowych z występującymi lokalnie margłami z Węgierki (bakulitowymi) oraz gliną zwałową wieku czwartorzęd–plejstocen. Centralną część zlewni potoku Zawadka budują piaskowce i iłolupki (warstwy inoceramowe jednostki skolskiej) wieku kreda–neogen oraz występujące jedynie w zachodniej części zlewni tego potoku – kredowe iłolupki, piaskowce i margle, znane jako warstwy z Pisarzowic. Część północną zlewni, stanowiącą dolny odcinek potoku wraz z ujściem do Wielopolki, tworzą głównie utwory czwartorzędowe: piaski, żwiry i głązy lodowcowe oraz piaski i żwiry wodno-lodowcowe. Lokalnie, we wschodniej części, występują lessy, natomiast w zachodniej – mady, mułki, piaski i żwiry rzeczne. Sporą część obszaru, głównie w rejonie ujścia Zawadki do Wielopolki, budują mady rzeczne. W korycie potoku Zawadka oraz w korytach jego dopływów znajdują się głównie czwartorzędowe mułki, piaski i żwiry rzeczne (rys. 2).



Rys. 2. Model budowy geologicznej zlewni potoku Zawadka – opracowanie własne na podstawie SMGP (Boratyn, Brud 1996a)

Objaśnienia: Czwartorzęd–Plejstocen: 1 – mady rzeczne, 2 – mulki, piaski i żwiry rzeczne, 3 – mady, mulki, piaski i żwiry rzeczne, 4 – lessy, 5 – piaski, żwiry i głazy lodowcowe, 6 – glina zwałowa, 7 – piaski i żwiry wodnolodowcowe Kreda–Neogen: 8 – piaskowce i łołupki (warstwy inoceramowe jednostki skolskiej) Kreda górna: 9 – piaskowce gruboławicowe (warstwy inoceramowe jednostki skolskiej), 10 – margle z Węgierki (bakulitowe), 11 – łołupki, piaskowce i margle (warstwy z Piszowic)

Fig. 2. Model of geological structure of Zawadka catchment area – own elaboration based on SMGP (Boratyn, Brud 1996a)

Explanations: Quaternary–Pleistocene: 1 – alluvial of river, 2 – silts, sands and gravel of river, 3 – alluvial soils, silts, sands and gravels of river, 4 – loess, 5 – sands, gravels and glacial boulders, 6 – boulder clay, 7 – glaciofluvial sands and gravels, Cretaceous–Neogene: 8 – sandstones and shales, Upper Cretaceous: 9 – thick-bedded sandstones, 10 – marls, 11 – shales, sandstones and marls

### 3. WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Według klasyfikacji Kleczkowskiego badana zlewnia znajduje się w prowincji hydrogeologicznej nizinnej, gdzie główne struktury hydrogeologiczne tworzą utwory czwartorzędowe (Kleczkowski, red. 1990). Zgodnie z regionalnym podziałem wód podziemnych Paczyńskiego omawiana zlewnia znajduje się w obszarze granicznym regionów zapadliska

przedkarpackiego (VI) i karpackiego (XV) makroregionu południowego (Paczyński i Sadowski, red. 2007). Warunki hydrogeologiczne zlewni potoku Zawadka determinuje budowa geologiczna oraz ukształtowanie terenu.

Na terenie zlewni potoku Zawadka użytkowe piętra wodonośne występują w obrębie utworów kredowych oraz czwartorzędowych. Utwory czwartorzędowe tworzą porowy zbiornik, a utwory kredowe szczelinowo-porowy. Oba poziomy mają ze sobą kontakt hydrauliczny, jednak często utrudniony ze względu na warunki geologiczne i geomorfologiczne (Poprawiec, Witek 2000).

Zwierciadło wody w skali regionalnej posiada swobodny charakter, a wody podziemne zasilane są na drodze infiltracji opadów atmosferycznych.

#### **4. METODYKA BADAŃ**

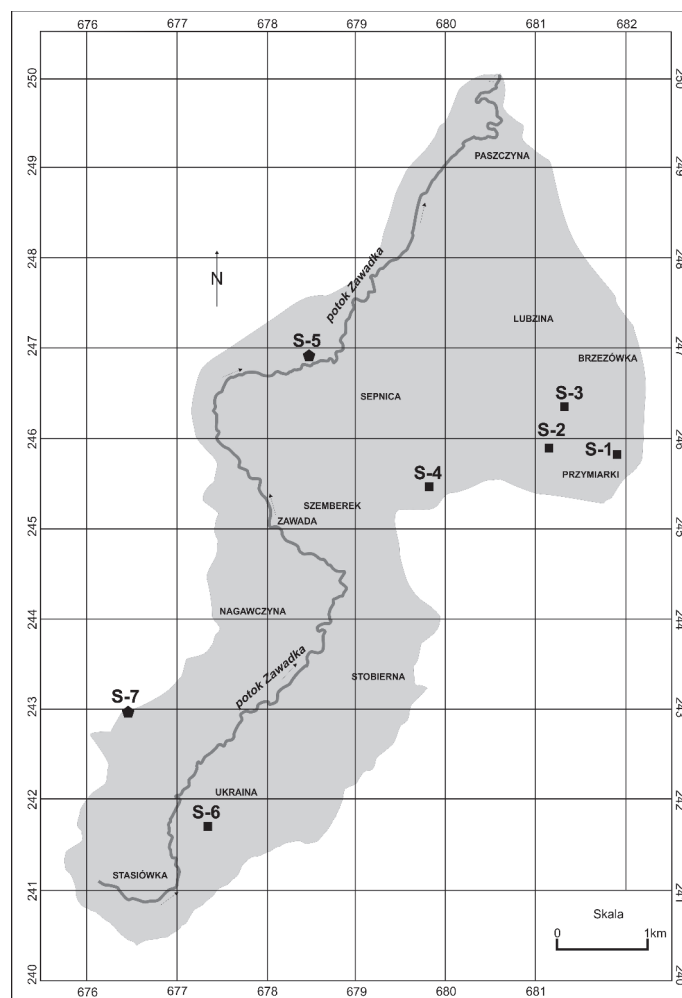
Ocena stanu chemicznego wód zlewni potoku Zawadka stanowiła jeden z elementów projektu badawczego zmierzającego do określenia potencjalnej lokalizacji ujęcia wód podziemnych dla gminy Dębica na mocy porozumienia zawartego pomiędzy Sekcją Hydrogeologii Studenckiego Koła Naukowego Geologów AGH i gminą Dębica. W tym celu we wrześniu 2013 r. przeprowadzono badania terenowe i laboratoryjne. Sieć monitoringowa obejmowała siedem punktów pomiarowych stanowiących użytkowe studnie kopane ujmujące wody czwartorzędowego piętra wodonośnego (rys. 3). Wstępnego wyboru punktów monitoringowych dokonano na podstawie analizy obszaru badań pod kątem potencjalnej lokalizacji ujęcia wód podziemnych. W trakcie prowadzonych badań terenowych dokonano ich weryfikacji ze względu na możliwość pobrania reprezentatywnych próbek. Każdy punkt został opróbowany jednokrotnie, zgodnie z metodyką opisaną w normie PN-ISO 5668-4:2003.

Analizy fizykochemiczne pobranych próbek wody wykonane zostały przez akredytowane Laboratorium hydrogeochemiczne Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (certyfikat akredytacji PCA nr AB 1050).

#### **5. WYNIKI ANALIZ FIZYKOCHEMICZNYCH WODY**

Analizy fizykochemiczne pobranych próbek obejmowały określenie pH, przewodności elektrolitycznej właściwej  $\gamma_{25}$ , potencjału Eh oraz 38 wskaźników chemicznych. Weryfikacja analiz pod kątem poprawności ich wykonania polegała na obliczeniu błędu analizy, określonego na podstawie bilansu jonowego. Średni błąd analizy wyniósł 3,14% i mieści się w dopuszczalnych granicach określonych w normie PN-89/C-04638/02.

Dominującym typem hydrogeochemicznym wód zlewni potoku Zawadka według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego są wody dwujonowe: wodorowęglanowo-wapniowe



Rys. 3. Zlewnia potoku Zawadka. Stan chemiczny wód w ujęciu punktowym:  $\blacklozenge$  – słaby,  $\blacksquare$  – dobry;  $\square$  – dobry stan chemiczny w ujęciu obszarowym

Fig. 3. Zawadka catchment area. Map of research area. Chemical status in point configuration:  $\blacklozenge$  – poor chemical status,  $\blacksquare$  – good chemical status;  $\square$  – good chemical status in area configuration

HCO<sub>3</sub>-Ca oraz trzyjonowe: wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg. Średnia wartość mineralizacji wynosi 628,8 mg/dm<sup>3</sup>.

W tabeli 1 zestawiono średnie wartości stężeń poszczególnych wskaźników fizykochemicznych, wartości minimalne i maksymalne oraz wartości progowe dla stanu dobrego i zakres ogólnopolskiego tła hydrogeochemicznego (RMŚ 2008).

Odnosząc maksymalne wartości stężeń wskaźników fizykochemicznych wód podziemnych do maksymalnych dopuszczalnych stężeń dla dobrego stanu chemicznego wód (RMŚ 2008) stwierdzono przekroczenia wartości progowych dla glinu, chromu i azotanów.

Tabela 1

Zestawienie analizowanych wskaźników fizykochemicznych badanych wód

Table 1

Statement of the analyzed physicochemical elements of groundwater

Wskaźnik [jednostka]	Wartość średnia	Minimum	Maksimum	Wartość progowa dla stanu dobrego (RMŚ 2008)	Tło hydrogeochemiczne ogólnopolskie (RMŚ 2008)
pH [-]	8,23	7,48	8,56	<6,5 lub>8,5	6,5–8,5
Przewodność elektrolityczna właściwa $\gamma_{25}$ [mS/cm]	0,63	0,475	0,825	3	0,2–0,7
Glin [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,081	0,005	<b>0,35</b>	0,2	0,05–0,1
Bar [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,029	0,011	0,044	0,7	0,01–0,3
Wapń [mg/dm <sup>3</sup> ]	103,85	85,24	146,20	200	2–200
Chlorki [mg/dm <sup>3</sup> ]	19,70	6,87	31,69	250	2–60
Chrom [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,015	0,001	<b>0,08</b>	0,05	0,0001–0,010
Miedź [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,003	0,001	0,008	0,2	0,001–0,020
Żelazo [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,033	0,001	0,067	5	0,02–5
Wodorowęglany [mg/dm <sup>3</sup> ]	288,58	104,17	422,70	500	60–360
Potas [mg/dm <sup>3</sup> ]	2,97	1,81	4,61	15	0,5–10
Magnez [mg/dm <sup>3</sup> ]	16,91	12,95	22,38	100	0,5–30
Mangan [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,022	0,003	0,063	1	0,01–0,4
Sód [mg/dm <sup>3</sup> ]	18,22	7,92	44,71	200	1–60
Jon amonowy [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,18	0,01	0,76	1,5	0–1
Nikiel [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,004	0,001	0,008	0,02	0,0001–0,0005
Azotyny [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,07	0,02	0,28	0,5	0–0,03
Azotany [mg/dm <sup>3</sup> ]	25	1	<b>112</b>	50	0–5
Ołów [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,0002	0,0001	0,0008	0,1	0,001–0,01
Siarczany [mg/dm <sup>3</sup> ]	63,47	21,46	146,91	250	5–60
Tytan [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,011	0,003	0,022	0,1	0–0,01
Cynk [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,011	0,001	0,039	1	0,005–0,5
Kadm [mg/dm <sup>3</sup> ]	0,0003	0,0003	0,0004	0,005	0,0001–0,0005

Porównując średnie arytmetyczne wartości stężeń analizowanych wskaźników fizykochemicznych z przedziałami ogólnopolskiego tła hydrogeochemicznego (RMŚ 2008) stwierdzono wartości odstające powyżej górnej granicy dla siarczanów, ołowiu, azotynów, azotanów i chromu oraz wartość odstającą poniżej dolnej granicy dla ołowiu.

## 6. OCENA STANU CHEMICZNEGO

Ocena stanu chemicznego wód podziemnych zlewni Zawadki została przeprowadzona w ujęciu punktowym i obszarowym, zgodnie z wytycznymi (RMŚ 2008).

W układzie punktowym stwierdzono słaby stan chemiczny jedynie w punktach S-5 oraz S-7, ze względu na przekroczenia granicznych wartości stężeń chromu, glinu oraz azotanów (rys. 3).

Stwierdzono niewielkie przekroczenie wartości progowych dla II klasy jakości wody w przypadku wapnia (próg 100 mg/l) w punktach: S-6 – 109,78 mg/l, S-7 – 101,36 mg/l, S-4 – 146,2 mg/l oraz azotynów (próg 0,15 mg/l) w punkcie S-7 – 0,28 mg/l.

Dla III klasy jakości stwierdzono przekroczenia wartości progowych dla chromu (próg 0,05 mg/l) w punkcie S-5 0,08 mg/l oraz glinu (próg 0,2 mg/l) w punkcie S-7 0,35 mg/l. Przekroczenia dopuszczalnych stężeń dla klasy IV stwierdzono tylko dla azotanów (próg 100 mg/l) w punkcie S-5 gdzie ich stężenie wyniosło 112 mg/l.

Podwyższone stężenie wapnia w wodach podziemnych może mieć genezę geogeniczną, związaną z występowaniem w podłożu minerałów skał osadowych (Stach-Kalarus 2008). Na całym obszarze badań w podłożu znajdują się utwory kredowe, które mogą mieć związek z podwyższeniem wartości stężenia wapnia w badanych próbkach. Zgodnie z Rozporządzeniem (RMŚ 2008) dopuszcza się przekroczenie wartości granicznych wybranych elementów fizykochemicznych, gdy jest ono spowodowane przez naturalne procesy i mieści się w granicach przyjętych dla kolejnej, niższej klasy jakości wody.

Przekroczenie wartości progowych dla azotynów oraz azotanów może mieć związek z rolniczym wykorzystaniem terenu badań (Szklarczyk i in. 2011). Zlewnia potoku Zawadka pozostaje pod silnym działaniem antropogenicznym związanym z nawożeniem pól uprawnych. Takie użytkowanie terenu może się również przyczyniać do podwyższenia stężenia chromu w wodach podziemnych. Jest ono charakterystyczne na terenach upraw rolniczych (Macioszczyk, Dobrzyński 2007). Podwyższone stężenie glinu może być efektem zakwaszenia płytkich wód podziemnych spowodowane depozycją kwaśnych opadów atmosferycznych (Macioszczyk, Dobrzyński 2007).

Ocena stanu chemicznego w ujęciu obszarowym, wykonana poprzez porównanie wartości średnich arytmetycznych stężeń badanych elementów fizykochemicznych z wartościami progowymi, wykazał dobry stan chemiczny wód w zlewni.

## WNIOSKI

Ocenę stanu chemicznego wód w zlewni potoku Zawadka przeprowadzono opierając się na wynikach badań terenowych i laboratoryjnych, przeprowadzonych we wrześniu 2013 roku. Badania terenowe obejmowały zdjęcie hydrogeologiczne obszaru badań oraz jednokrotne opróbowanie siedmiu punktów pomiarowych stanowiących użytkowe studnie kopane, ujmujące czwartorzędowe piętro wodonośne. Przeprowadzone badania laboratoryjne



pozwoły na określenie stanu chemicznego wód podziemnych w zlewni potoku Zawadka w ujęciu punktowym oraz obszarowym.

Na podstawie analizy przeprowadzonych badań można stwierdzić, że stan chemiczny wód podziemnych jest dobry. Stan chemiczny wód podziemnych zlewni Zawadki w ujęciu punktowym określono jako słaby jedynie w punktach S-5 oraz S-7. Ocena stanu chemicznego w ujęciu obszarowym wskazuje na dobry stan wód podziemnych zlewni Zawadki.

## LITERATURA

- BORATYN J., BRUD S., 1996a — Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusz Dębica. Warszawa.
- BORATYN J., BRUD S., 1996b — Objaśnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Dębica. Warszawa.
- KLECZKOWSKI A., red., 1990 — Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony. Kraków.
- Kondracki J., 2002 — Geografia regionalna Polski. Warszawa.
- MACIOSZCZYK A., DOBRZYŃSKI D., 2007 — Hydrogeochemia. Strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A., red., 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. Warszawa.
- PN-89/C-04638/02: Woda i ścieki. Bilans jonowy wody. Sposób obliczania bilansu jonowego wody. Warszawa 1989.
- PN-ISO 5668-4 – Jakość wody – Pobieranie próbek – Cz. 4: Wytyczne dotyczące pobierania próbek wód podziemnych. Warszawa 2003.
- POPRAWIEC J., WITEK K., 2000 — Objaśnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000, arkusz Dębica. Warszawa.
- RDW, 2000 — Ramowa dyrektywa wodna. Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej.
- RMŚ, 2008 — Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz. U. 2008 nr 143 poz. 896).
- RMŚ, 2011 — Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 listopada 2011 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych (Dz. U. 2011 nr 258 poz. 1550).
- STACH-KALARUS M., 2008 — Wpływ zmian jakości wód podziemnych na stan chemiczny wód powierzchniowych na przykładzie zlewni Koprzywianki. Rozprawa doktorska. Kraków.
- SZKLARCZYK T., STACH-KALARUS M., KMIĘCIK E., 2011 — Wybrane metody i narzędzia badawcze w bilansowaniu wodnogospodarczym i ocenie stanu wód podziemnych na przykładzie zlewni Koprzywianki. Kraków.

# **ESTIMATION OF GROUNDWATER CHEMICAL STATUS IN THE ZAWADKA CATCHMENT AREA**

## **ABSTRACT**

This paper presents the result of a field investigation in the Zawadka catchment area. The results of chemical testing were verified by analyses of errors calculated as per the ionic balance. Based on that research, the paper shows the chemical status of the groundwater. According to Polish regulations (RMŚ 2008), estimation of groundwater chemical status was made in a point and area configuration.

Analysis of the chemical levels in the area configuration indicated a good status. Estimation of chemical levels by point configuration showed that two measuring points exceeded the limit values for good chemical status.

## **KEY WORDS**

Groundwater, chemical status, Zawadka catchment area