

## LECZNICZE WODY SIARCZKOWE PONIDZIA

### THERAPEUTIC SULPHUROUS WATERS OF THE PONIDZIE REGION

IWONA LIPIEC<sup>1</sup>, BEATA WIKTOROWICZ<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono charakterystykę hydrochemiczną leczniczych wód siarczkowych z rejonu Ponidzia. Właściwości fizykochemiczne wód określono na podstawie dostępnych archiwalnych wyników analiz wód z otworów wiertniczych w Busku-Zdroju, Solcu-Zdroju, Lesie Winiarskim, Wełninie oraz Dobrowodzie. Profil leczniczy badanych wód jest związany z dużą koncentracją siarki, występującej głównie w formie siarkowodoru. Wody siarczkowe Ponidzia zawierają również inne składniki swoiste nadające im cechy lecznicze, takie jak jod i fluor. Na podstawie charakterystyki hydrochemicznej leczniczych wód siarczkowych wyróżniono jeden typ hydrochemiczny – Cl-Na, H<sub>2</sub>S, I – występujący w trzech różnowiekowych seriach skalnych: neogenu, kredy górnej i jury górnej. Stwierdzono, że analizowane wody odznaczają się zróżnicowaną mineralizacją, wahającą się od 8,5 do 40,7 g/dm<sup>3</sup>, oraz zawartością siarkowodoru od 6,8 do 1064,0 mg/dm<sup>3</sup>. Za główny czynnik determinujący stopień mineralizacji badanych wód uznano procesy współdziałania wód podziemnych ze środowiskiem skalnym.

**Słowa kluczowe:** wody lecznicze, wody siarczkowe, Ponidzie.

**Abstract.** The paper shows the characteristics of sulphurous waters from the Ponidzie area. Physical and chemical properties of waters have been determined on the basis of results of analysis of the archived data from boreholes in Busko-Zdrój, Solec-Zdrój, Las Winiarski, Wełnin and Dobrowoda. The treatment profile of these waters is constrained by a high concentration of bivalent sulphur, measured as the amount of free hydrogen sulphide. The waters also contain many iodine, bromine and fluorine compounds. One hydrochemical type – Cl-Na, H<sub>2</sub>S, I – has been distinguished on the basis of the hydrochemical characteristics of the therapeutic waters. They occur in three different rock series: Neogene, Cretaceous and Upper Jurassic. It has been found that all of the waters have total dissolved solids (TDS) from 8.5 to 40.7 g/dm<sup>3</sup> and the hydrogen sulphide content varies from 6.8 to 1064.0 mg/dm<sup>3</sup>. The research results prove that the variety of rock settings is one of the most important reasons for the water chemistry differentiation. In general, the chemical composition of thermal waters in this region is determined by the interaction between groundwater and different rock environments.

**Key words:** therapeutic waters, sulphurous waters, Ponidzie region.

## WSTĘP

Wody siarczkowe Ponidzia są znane i cenione już od XIV w. ze względu na swoje właściwości lecznicze. Stopniowo rozpoznawane i w coraz większym stopniu eksploatowane, stały się one na przestrzeni lat podstawą lecznictwa

uzdrowiskowego w Busku-Zdroju i Solcu-Zdroju (Czarnocki, 1926; Rosłoński, 1936; Dowgiałło i in., 1969; Herman, Gągoł, 1994). Wody siarczkowe ujęto również w miejscowościach Wełnin (Gad, Kowalik, 2003), Las Winiarski

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25-953 Kielce; e-mail: iwona.lipiec@pgi.gov.pl, beata.wiktorowicz@pgi.gov.pl.

Tabela 1

## Podstawowe parametry hydrogeologiczne i chemiczne leczniczych wód siarczkowych Poniidzia

Basic hydrogeological and chemical parameters of the therapeutic sulphurous waters of Poniidzie

Miejscowość	Liczba ujęć	Głębokość [m]	Litologia/ wiek skał	Mineralizacja [g/dm <sup>3</sup> ]	Typ wody (według Altowskiego i Szwieca)	Składniki swoiste [mg/dm <sup>3</sup> ]		Temperatura [°C]	Suma zasobów eksploatacyjnych [m <sup>3</sup> /h]
						H <sub>2</sub> S + HS <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>		
Dobrowoda	1	162–300	piaskowce i zlepieńce/ neogen (baden górny)	14,0	Cl-Na-SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, I	98,4	1,6	16,0	8,00
Busko-Zdrój (uzdrowisko)	5	60–163	margle i piaskowce/ kreda górna	11,4–15,3	Cl-Na, H <sub>2</sub> S, I	11,9–67,2	0,3–2,7	10,0–15,9	16,75
Busko-Zdrój (Busko C-1)	1	663		12,4	Cl-Na, H <sub>2</sub> S, I	29,7	1,9	22,5–25,0	6,00
Solec-Zdrój	3	121–170		12,8–21,9	Cl-Na-SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, I Cl-Na, H <sub>2</sub> S, I	6,8–340,0	1,0–19,2	10,5–17,5	0,96
Las Winiarski	2	165	piaskowce glaukonitowe/ kreda górna	8,5–12,7	Cl-Na, H <sub>2</sub> S, I	25,6–56,1	0,8–2,2	13,5	3,11
Wełnin (Malina)	1	170	wapień/ jura górna	28,7–40,7	Cl-Na, H <sub>2</sub> S, I	264,0 –1064,0	11,4–33,8	11,2–13,4	3,00

(Porwisz, 2006) oraz Dobrowoda (Chowaniec i in., 2006). Obecnie na Poniidziu znajduje się 13 udokumentowanych ujęć leczniczych wód siarczkowych (tab. 1). W niniejszym artykule przedstawiono charakterystykę hydrochemiczną tych wód.

Według ogólnie przyjętej definicji wody siarczkowe to wody zawierające co najmniej 1,0 mg/dm<sup>3</sup> siarki oznaczalnej jodometrycznie (Dowgiałło i in., 2002). Właściwości lecznicze badanych wód są związane przede wszystkim z podwyższoną koncentracją siarkowodoru oraz z występującymi

w nich składnikami swoistymi – jodem i fluorem. Specyficzny skład chemiczny wód siarczkowych decyduje o ich przydatności w leczeniu wielu schorzeń, wśród których należy wymienić choroby narządu ruchu, układu krążenia, choroby skóry i reumatyczne, co potwierdzają atesty wydane przez Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny. Podstawowymi zabiegami leczniczymi, w których wykorzystuje się wody siarczkowe, są kąpiele wannowe, kuracje pitne, inhalacje oraz płukania jamy ustnej.

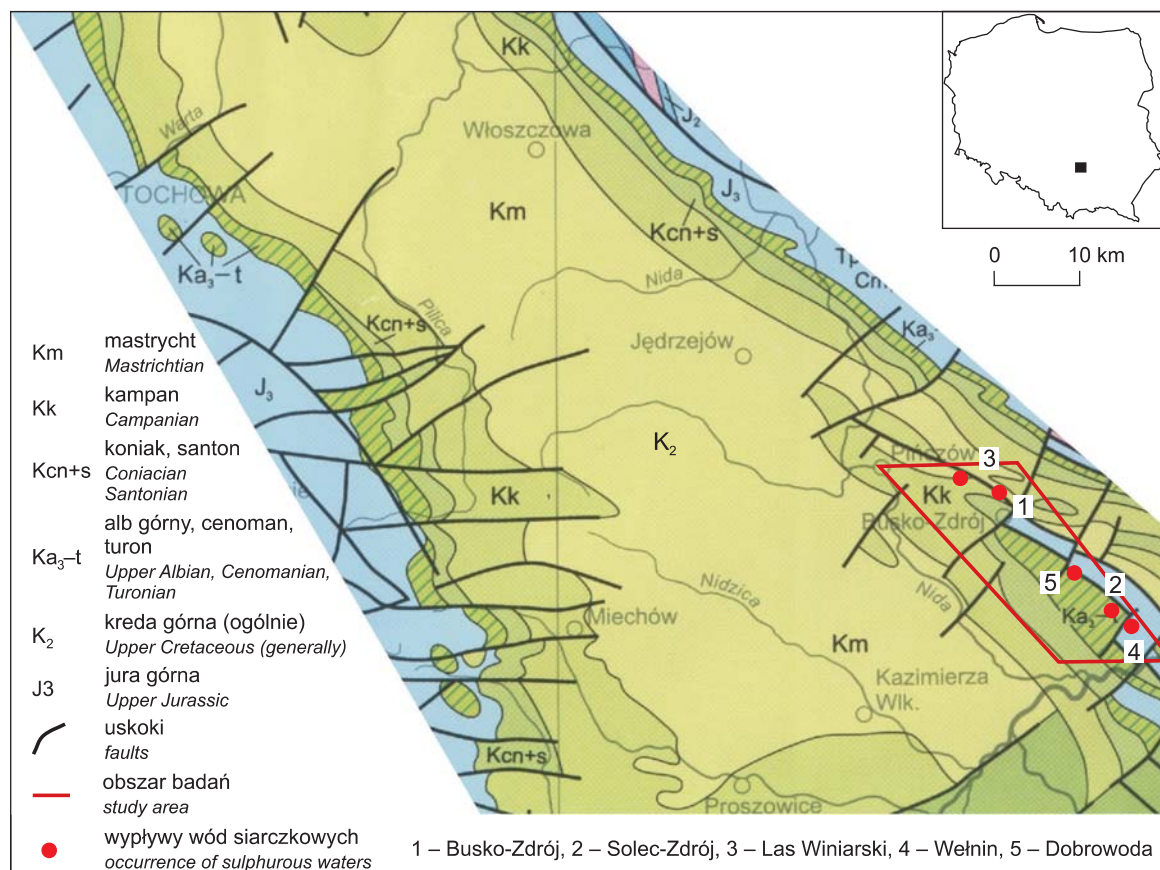
## ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Lecznicze wody siarczkowe Poniidzia występują w niecce miechowskiej, znajdującej się na bloku małopolskim (Stupnicka, 2007; Buła i in., 2008). Od zachodu nieckę miechowską ogranicza monoklina śląsko-krakowska, natomiast od wschodu – masyw Gór Świętokrzyskich. Północną granicę niecki stanowią fałdy radomszczańskie (Żelaźniewicz i in., 2011). Na południu utwory niecki miechowskiej są przykryte mioceńskimi utworami zapadliska przedkarpackiego.

Niecka miechowska jest rozległą brachysynkliną wypełnioną utworami mezozoicznymi (fig. 1). Jej podłoże stanowią silnie zaangażowane tektonicznie utwory paleozoiczne (Gutowski, Koyi, 2007). Podstawową rolę odegrała tu tektonika blokowa „podkreślona” uskokami o kierunku NNW–SSE i prostopadłymi do nich (Oszczypko, Oszczypko-Cłowes, 2010).

Profil stratygraficzny utworów mezozoicznych występujących w niecce miechowskiej zawiera wiele luk. Najbardziej kompletny jest jego strop, obejmujący utwory kredy górnej (Stupnicka, 2007). Skały cenomanu reprezentują wapieniste piaskowce glaukonitowe. Utwory turonu to margle piaszczyste i wapień piaszczyste. Utwory koniak są wykształcone w postaci margli i wapieni z glaukonitem, a santonu, kampanu i mastrychtu – w postaci margli (Złonkiewicz, Fijałkowska-Mader, 2013).

Lecznicze wody siarczkowe Poniidzia występują w kompleksie górnokredowych margli i piaskowców oraz w stropowej serii węglanowej jury górnej. Lokalizację opisywanych ujęć na tle budowy geologicznej obszaru Poniidzia przedstawiono na figurze 1.



**Fig. 1. Wystąpienia leczniczych wód siarczkowych na tle budowy geologicznej Podizia (bez utworów kenozoiku; wg Dadleza i in., 2000)**

The occurrence of therapeutic sulphurous waters on the background of geological structure without Cenozoic of Podizia (after Dadlez *et al.*, 2000)

## WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Głębokość strefy występowania wód słodkich w niecce miechowskiej wynosi ok. 100 m (Kowalczevska, 1984).

W profilu hydrogeologicznym niecki miechowskiej wyróżniono pięć pięter wodonośnych: czwartorzędowe, neogennskie, kredowe, jurajskie i triasowe, wykazujących bezpośrednio lub pośrednio więzi hydrauliczne (Prażak, 2007).

Warunki hydrogeologiczne piętra wodonośnego czwartorzędu są zróżnicowane i zależą od miąższości i wykształcenia litologicznego osadów. Utworami wodonośnymi są w tym przypadku głównie osady piaszczyste i piaszczysto-żwirowe pochodzenia wodnolodowcowego i lodowcowego oraz rzeczno, występujące przede wszystkim w dolinach rzeki Nidy i jej dopływów. Miąższość tego piętra wynosi średnio od 15 do 30 m, współczynnik filtracji jest rzędu od  $1 \cdot 10^{-5}$  do  $1 \cdot 10^{-3}$  m/s, a przewodność wodna wynosi ok. 100 m<sup>2</sup>/d. Mineralizacja wód z piętra czwartorzędowego waha się od ok. 0,3 do 0,8 g/dm<sup>3</sup>, a twardość ogólna – od 5,6 do 20,2 mval/dm<sup>3</sup>. Wody te odznaczają się podwyższoną zawartością żelaza (maks. do 3,4 mg/dm<sup>3</sup>) i manganu (maks. do 3,0 mg/dm<sup>3</sup>). Na całym analizowanym obszarze przeważają wody typu HCO<sub>3</sub>-Ca i HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg (Prażak, 2007).

Utwory neogenu charakteryzują się dużą zmiennością fałdową, przy czym kryteria użytkowego poziomu wodonośnego spełniają tylko utwory piaskowcowo-piaszczyste. Wydajność poszczególnych studni waha się od 3,2 do 29,3 m<sup>3</sup>/h, a przewodność wodna poziomu kształtuje się w przedziale od 10,8 do 178,3 m<sup>2</sup>/d. Wody w utworach neogenu są głównie typu HCO<sub>3</sub>-Ca i HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg (Prażak, 2007).

Kredowe piętro wodonośne ma miąższość od 21,4 do nawet 130,0 m i występują w nim dwa poziomy wodonośne. Górny poziom tworzą utwory margliste i marglisto-wapienne, o podwyższonej wodonośności i wysokim współczynniku filtracji – od  $1 \cdot 10^{-6}$  do  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s (Kleczkowski, 1990; Prażak, 2007). Dolny kredowy poziom wodonośny jest związany z utworami piaszczystymi cenomanu i albu o miąższości od 20 do 60 m. Współczynnik filtracji mieści się w przedziale od  $1 \cdot 10^{-6}$  do  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s. Wody te występują zwykle pod ciśnieniem. Pod względem chemicznym wody z tego poziomu reprezentują głównie typ HCO<sub>3</sub>-Ca, HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca i HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg.

Poziomy górnourajski i środkowourajski występują w wapieniach i marglach. Są to poziomy szczelinowo-krasowo-

-porowe, w których wartości współczynnika filtracji wynoszą od  $1 \cdot 10^{-7}$  do  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s. Pod względem hydrochemicznym są to wody typu  $\text{SO}_4\text{-Na}$ ,  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  i  $\text{Cl-Ca}$  (Barbacki, 2004).

Poziom dolnotriasowy stanowi kompleks piaskowców, zlepieńców i mułowców z przewarstwieniami półprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych iłów i iłowców. Występują

w nim wody szczelinowo-porowe. Współczynnik filtracji warstw wodonośnych wynosi od  $1 \cdot 10^{-7}$  do  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s, a przewodność wodna całego kompleksu – ok.  $100 \text{ m}^2/\text{d}$ . Pod względem hydrochemicznym wody triasowe reprezentują typ  $\text{Cl-Na}$  oraz sporadycznie  $\text{SO}_4\text{-Na}$  i  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  (Barbacki, 2004).

## CHARAKTERYSTYKA HYDROCHEMICZNA LECZNICZYCH WÓD SIARCZKOWYCH

Zgodnie z regionalizacją wód mineralnych i leczniczych Polski wody siarczkowe Poniidzia występują w prowincji karpackiej, w regionie zapadliska przedkarpackiego (Paczyński, Płochniewski, 1996; Chowaniec i in., 2007).

Opierając się na wynikach analiz chemicznych leczniczych wód siarczkowych Poniidzia, wyróżniono jeden główny typ chemiczny:  $\text{Cl-Na}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{I}$  (fig. 2), choć badane wody ujęto w trzech różnowiekowych seriach skalnych (tab. 1).

Pierwszą wyróżnioną serią skalną będącą kolektorem leczniczych wód siarczkowych na Poniidziu są piaskowce i zlepieńce neogenu (baden górny). Wody z tego poziomu ujęto w miejscowości Dobrowoda na głębokości 162–300 m. Mają one mineralizację dochodzącą do  $14,0 \text{ g}/\text{dm}^3$  i zawierają do  $98,4 \text{ mg}/\text{dm}^3$  siarkowodoru (Chowaniec i in., 2006).

Drugi kolektor leczniczych wód siarczkowych Poniidzia stanowią margle oraz piaski i piaskowce kredy górnej. Mineralizacja wód jest zróżnicowana i waha się od  $8,5$  do  $21,9 \text{ g}/\text{dm}^3$ . Zawartość siarkowodoru kształtuje się od  $6,8$  do  $340,0 \text{ mg}/\text{dm}^3$ . Ujęcia leczniczych wód siarczkowych z tego

poziomu są znane z uzdrowisk Busko-Zdrój, Solec-Zdrój oraz z miejscowości Las Winiarski.

Ujęcia leczniczych wód siarczkowych w uzdrowisku Busko-Zdrój mają głębokość od 60 do 163 m. Mineralizacja wód wynosi od  $11,4$  do  $15,3 \text{ g}/\text{dm}^3$ , zawartość siarkowodoru zmienia się w szerokim przedziale od  $11,9$  (ujęcie 4 – Aleksander) do  $67,2 \text{ mg}/\text{dm}^3$  (ujęcie 17 – Ignacy). Należy podkreślić, że poza obszarem uzdrowiskowym, w otworze wiertniczym Busko C-1, na głębokości 663 m, udokumentowano siarczkową wodę termalną o temperaturze dochodzącej do  $25^\circ\text{C}$  (Giełżecka-Mądry, 2009).

W rejonie Solca-Zdroju lecznicze wody siarczkowe również są związane ze stropowymi utworami kredy, głównie z marglami i piaskowcami. Ze względu na liczne przewarstwienia ilasto-margliste poziom wodonośny ma tu niewielką wydajność. Łączne zasoby eksploatacyjne ujęć uzdrowiska określono na  $0,96 \text{ m}^3/\text{h}$  (tab. 1). Mineralizacja wód siarczkowych Solca-Zdroju waha się od  $12,8$  do  $21,9 \text{ g}/\text{dm}^3$ . Zawartość siarkowodoru wynosi od  $6,8$  (ujęcie Solec 2 – Karol) do

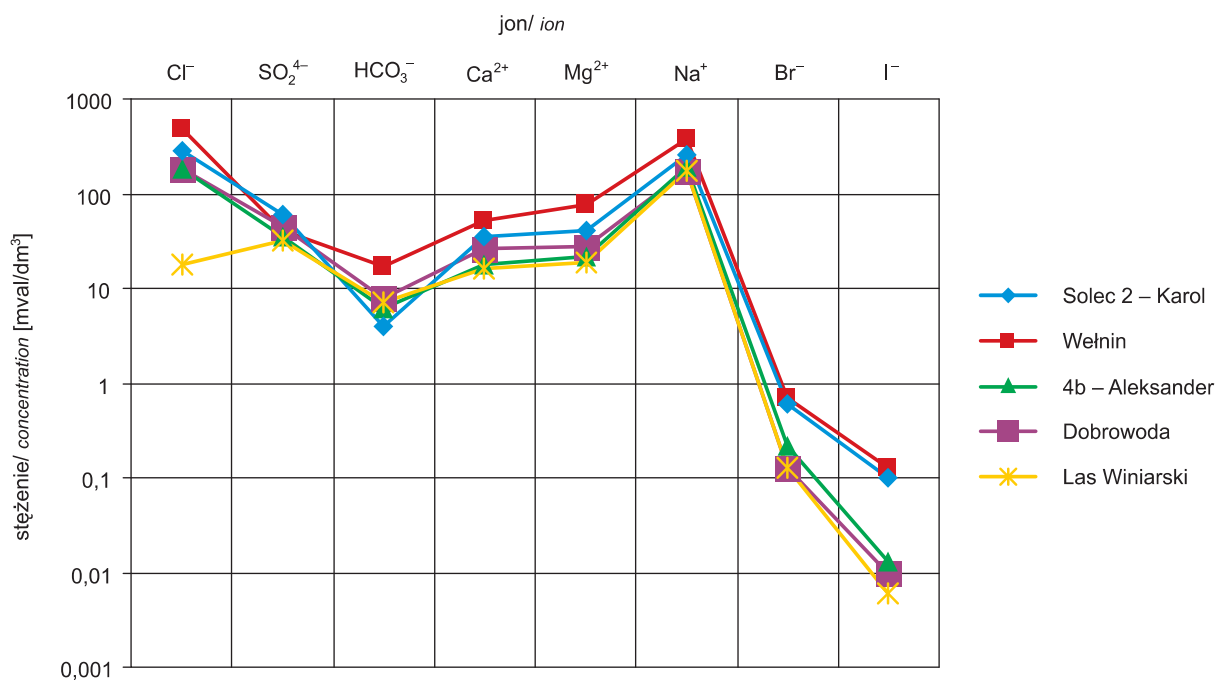


Fig. 2. Podstawowy skład jonowy leczniczych wód siarczkowych na diagramie Schoellera

The basic composition of the therapeutic sulphurous waters on the Schoeller's diagram

Tabela 2

**Skład chemiczny leczniczych wód siarczkowych Ponidzia przedstawiony wzorem Kurlowa  
(na podstawie analiz chemicznych z 2012 r.)**

Chemical composition of therapeutic sulphurous waters from Ponidzie presented by Kurlov's formula  
(based on the results of chemical analyses of 2012)

Miejscowość/ nazwa ujęcia	Typ chemiczny wody	Skład chemiczny wody według wzoru Kurlowa (składniki specyficzne w mg/dm <sup>3</sup> , gazy i mineralizacja w g/dm <sup>3</sup> , jony w mval/dm <sup>3</sup> , temperatura w °C)
Dobrowoda	Cl-Na, H <sub>2</sub> S, I	$I^{1,6}F^{0,1}H_2S^{0,098}M_{14,0} \frac{Cl^{78}SO_4^{19}HCO_3^3}{Na^{75}Mg^{12}Ca^{12}K^1} T^{16}$
Busko-Zdrój	Aleksander	$I^{1,6}F^{1,9}H_2S^{0,031}M_{13,9} \frac{Cl^{81}SO_4^{16}HCO_3^3}{Na^{81}Mg^9Ca^8K^1} T^{12}$
	Michał	$I^{1,7}F^{1,8}H_2S^{0,039}M_{13,0} \frac{Cl^{82}SO_4^{15}HCO_3^3}{Na^{82}Mg^9Ca^8K^1} T^{13}$
	Anna	$I^{1,6}F^{1,4}H_2S^{0,045}M_{12,1} \frac{Cl^{82}SO_4^{14}HCO_3^3}{Na^{82}Mg^9Ca^7K^1} T^{12}$
	Wiesława	$I^{1,9}F^{2,1}H_2S^{0,042}M_{12,9} \frac{Cl^{83}SO_4^{14}HCO_3^3}{Na^{80}Mg^9Ca^8K^1} T^{15}$
	Ignacy	$I^{2,1}F^{2,1}H_2S^{0,047}M_{13,6} \frac{Cl^{82}SO_4^{15}HCO_3^3}{Na^{81}Mg^9Ca^8K^1} T^{13}$
	Busko C-1	$I^{1,9}F^{1,2}H_2S^{0,023}M_{12,4} \frac{Cl^{81}SO_4^{16}HCO_3^3}{Na^{87}Mg^6Ca^6K^1} T^{25}$
Solec-Zdrój	Szyb Soleccki	$I^{13,4}F^{2,2}H_2S^{0,153}M_{18,5} \frac{Cl^{78}SO_4^{20}HCO_3^2}{Na^{74}Ca^{15}Mg^{10}K^1} T^{14}$
	Solec 2B	$I^{11,6}F^{1,1}H_2S^{0,201}M_{16,5} \frac{Cl^{73}SO_4^{24}HCO_3^3}{Na^{80}Mg^{11}Ca^8K^1} T^{13}$
	Solec 2 – Karol	$I^{13,8}F^{3,4}H_2S^{0,041}M_{20,5} \frac{Cl^{81}SO_4^{18}HCO_3^1}{Na^{76}Mg^{12}Ca^{10}K^1} T^{15}$
Las Winiarski	Cl-Na, H <sub>2</sub> S, F	$I^{0,8}H_2S^{0,043}M_{12,9} \frac{Cl^{82}SO_4^{15}HCO_3^3}{Na^{82}Mg^9Ca^8K^1} T^{13}$
Wełnin	Cl-Na, H <sub>2</sub> S, I	$I^{62,7}H_2S^{0,930}M_{31,0} \frac{Cl^{89}SO_4^8HCO_3^3}{Na^{74}Mg^{14}Ca^{10}K^1} T^{13}$

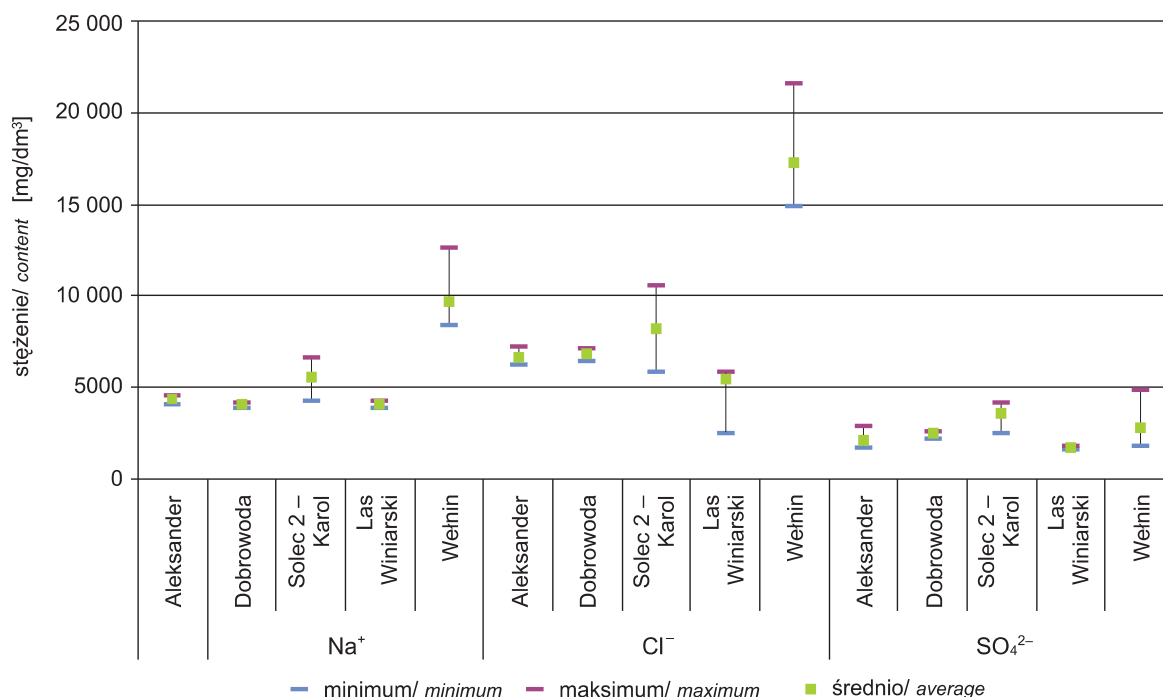
nawet 340,0 mg/dm<sup>3</sup> (ujęcie Solec 2B). Głębokość ujęć to 121–170 m.

W miejscowości Las Winiarski ujęto otworami wiertniczymi LW-1 i LW-2 na głębokości 165 m poziom wód siarczkowych związany z piaskami i piaskowcami glaukonitowymi cenomanu. Mineralizacja eksploatowanych wód wynosi od 8,5 do 12,7 g/dm<sup>3</sup>, zawartość siarkowodoru waha się od 25,6 do 56,1 mg/dm<sup>3</sup> (Porwisz, 2006).

Trzeci z wyróżnionych kolektorów leczniczych wód siarczkowych Ponidzia to utwory węglanowe jury górnej. Wody z tego poziomu mają najwyższą mineralizację, dochodzącą nawet do 40,7 g/dm<sup>3</sup>. W utworach tych znajduje się ujęcie Wełnin o głębokości 170 m. Zawartość siarkowodoru w wodzie wynosi do 1064,0 mg/dm<sup>3</sup>, natomiast jodu waha się od 11,4 do 33,8 mg/dm<sup>3</sup> (Gad, Kowalik, 2003).

Jak wspomniano wcześniej, w leczniczych wodach siarczkowych Ponidzia występują też inne składniki swoiste, takie jak jod, którego zawartość waha się od 0,3 (ujęcia 8 – Michał i 13 – Anna w Busku-Zdroju) do 33,8 mg/dm<sup>3</sup> (ujęcie Wełnin), a także fluor, w ilości od 1,1 (ujęcie Solec 2B) do 3,4 mg/dm<sup>3</sup> (ujęcie Solec 2 – Karol).

Skład chemiczny wody z poszczególnych ujęć wyrażony wzorem Kurlowa zestawiono w tabeli 2, natomiast zakres zmienności stężenia podstawowych jonów przedstawiono na figurze 3. Podstawowymi anionami opisywanych wód są chlorki. W maksymalnym stężeniu występują one w wodach ujęcia Wełnin (89% mval/dm<sup>3</sup>), w najmniejszym zaś w wodach ujęć Solca-Zdroju (73–81% mval/dm<sup>3</sup>). Drugi z podstawowych anionów – siarczanowy – osiąga najwyższą koncentrację w wodach ujęć Solca-Zdroju (18–24% mval/dm<sup>3</sup>).



**Fig. 3. Zakres zmienności stężenia podstawowych jonów w badanych wodach (na podstawie analiz fizykochemicznych z wielolecia)**

Range of primary ions concentration variability in analysed waters (based on the results of physic-chemical analysis of multiyear period)

Najniższe jego stężenie stwierdzono w ujęciu w Wełninie (8% mval/dm<sup>3</sup>). Wśród kationów dominuje jon sodu. Najwyższą jego zawartość odnotowano w przypadku ciepłych

wód siarczkowych ujętych otworem wiertniczym Busko C-1 (87% mval/dm<sup>3</sup>), najniższą w ujęciach Solca-Zdroju (74–80% mval/dm<sup>3</sup>).

### GENEZA I PROCESY KSZTAŁTUJĄCE SKŁAD CHEMICZNY LECZNICZYCH WÓD SIARCZKOWYCH W ŚWIETLE DOTYCHCZASOWYCH BADAŃ

Geneza leczniczych wód siarczkowych była przedmiotem badań wielu autorów. Zgodnie z wcześniejszymi poglądami lecznicze wody siarczkowe uznawano za wody reliktowe zmieszane z wodami siarczanowo-siarczkowymi krążącymi w szczelinach i pustkach krasowych w gipsach (Kulikowska, 1976; Pazdro, 1983). Pogląd ten potwierdzono na podstawie wyników pierwszych badań izotopowych wód siarczkowych występujących w uzdrowiskach Busko-Zdrój i Solec-Zdrój (Dowgiałło, 1973). Wyniki nowszych badań nad pochodzeniem wód siarczkowych Poniżnia wykazały jednak, że krążenie wód następuje w dwóch systemach (Grabczak i in., 1987). Wody siarczkowe systemu płytszego mają taki sam skład trwałych izotopów tlenu i wodoru jak wody współczesne, a więc ich pochodzenie należy wiązać z ostatnim interglacjałem lub interstadiałem. Z kolei wody systemu głębszego zawierają cięższe izotopy, co wskazuje na ich pochodzenie z infiltracji w ciepłych, przedplejstocenijskich okresach klimatycznych, które nastąpiły po ostatniej trans-

gresji morskiej w miocenie (Grabczak i in., 1987; Zuber i in., 1997).

Dodatkowych danych na temat genezy wód leczniczych dostarczyły wyniki ilościowej analizy związku środowiska skalnego ze składem chemicznym wód siarczkowych rejonu Solca-Zdroju wykonane przez Lipiec i Wiktorowicz (2010). Na podstawie modelowania hydrogeochemicznego wykazano, że formowanie się składu chemicznego wód siarczkowych Poniżnia zachodzi głównie w utworach węglanowych jury i kredy górnej oraz w utworach gipsowych stanowiących ich nadkład. Stwierdzono również, że w wodach tych wartości bliskie punktowi nasycenia osiąga grupa skaleni, głównie albit i adular, co może świadczyć o związku wód siarczkowych z podłożem krystalicznym. Uzyskane wskaźniki nasycenia pozwoliły na analizę genezy głównych faz mineralnych oraz podstawowych procesów mających wpływ na skład chemiczny wód siarczkowych (tab. 3). Uwzględniając zróżnicowane środowisko skalne występowania leczni-

Tabela 3

**Podstawowe procesy wpływające na skład chemiczny leczniczych wód siarczkowych Poniżia  
(wg Lipiec, Wiktorowicz, 2010; zmienione)**

The basic processes which creates chemical composition of theraprutic sulphurous waters from the Poniżie  
(after Lipiec, Wiktorowicz, 2010; modified)

Składnik	Podstawowy proces	Mineralna faza źródłowa
Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup>	rozpuszczanie soli	pierwotne wtrącenia kryształów soli w gipsach i ilach
		(nieistniejąca) facja solna
Na <sup>+</sup>	wymiana jonowa	minerały ilaste w marglach i ilach
	rozpuszczanie minerałów skał magmowych i metamorficznych	skalenie sodowo-wapniowe
Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , K <sup>+</sup>	rozpuszczanie skał węglanowych	wapienie, dolomity
	wymiana jonowa	minerały ilaste w marglach i ilach
	rozpuszczanie minerałów skał magmowych i metamorficznych	skalenie potasowe i sodowo-wapniowe
Ca <sup>2+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	rozpuszczanie gipsów	gipsy, anhidryty
Fe <sup>2+</sup>	hydroliza tlenków żelaza	piryt, hematyt
SiO <sub>2</sub>	rozpuszczanie minerałów skał magmowych i metamorficznych	chalcedon, kwarc, krystobalit, chloryt, diopsyd, serpentyn
Br <sup>-</sup> , I <sup>-</sup>	wymiana jonowa	materia organiczna miocenu
		minerały ilaste w marglach i ilach

czych wód siarczkowych w regionie Poniżia, można przyjąć za Liszkowską (1982), że główne składniki badanych wód pochodzą z rozpuszczania nieistniejącej już facji solnej (Chowaniec i in., 2009), siarczanowej oraz węglanowej. Do-

datkowo zachodzą procesy wymiany jonowej z minerałami ilastymi opisywane przez Kulikowską (1976) oraz Grabczyka i in. (1987).

## PODSUMOWANIE

Na Poniżiu znajdują się najliczniejsze w Polsce ujęcia leczniczych wód siarczkowych o zasobach eksploatacyjnych wynoszących od 0,96 do 16,75 m<sup>3</sup>/h. Badane wody zaliczono do jednego głównego typu hydrochemicznego – Cl-Na, H<sub>2</sub>S, I – występującego w trzech poziomach wodonośnych: neogeńskim, górnokredowym i górnourajskim. Stwierdzono, że lecznicze wody siarczkowe charakteryzują się zróżnicowaną mineralizacją (od 8,5 do 40,7 g/dm<sup>3</sup>) i zawartością

siarkowodoru (od 6,8 do 1064,0 mg/dm<sup>3</sup>). Za główny czynnik determinujący stopień mineralizacji badanych wód uznano oddziaływanie na siebie wód podziemnych i zróżnicowanego środowiska skalnego. Wyniki analizy związku środowiska skalnego ze składem chemicznym wód siarczkowych potwierdziły tezy dotyczące pochodzenia głównych składników wód siarczkowych regionu Poniżia.

## LITERATURA

- BARBACKI A.P., 2004 — Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpacciego. IGSMiE PAN, ser. *Stud. Rozpr. Monogr.*, 125.
- BUŁA Z., ŻABA J., HABRYN R., 2008 — Regionalizacja tektoniczna Polski – Polska południowa (blok górnośląski i blok małopolski). *Prz. Geol.*, 56, 10: 912–920.
- CHOWANIEC J., NAJMAN J., OLSZEWSKA B., ZUBER A., 2009 — Pochodzenie i wiek wody mineralnej w Dobrowodzie k. Buska Zdroju. *Prz. Geol.*, 57, 4: 286–293.
- CHOWANIEC J., PORWISZ B., OLSZEWSKA B., ZUBER A., 2006 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód leczniczych DOBROWODA G-1 w miejscowości Dobrowoda. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- CHOWANIEC J., ZUBER A., CIĘŻKOWSKI W., 2007 — Prowincja karpacka. Wody mineralne. *W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 2. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 83–86. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- CZARNOCKI J., 1926 — O pochodzeniu wód mineralnych w Busku i jego okolicach. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **14**: 10–12.
- DADLEZ R., MAREK S., POKORSKI J., 2000 — Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku w skali 1:1 000 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J., 1973 — Wyniki badań składu izotopowego tlenu i wodoru w wodach podziemnych Polski południowej. *Biul. Inst. Geol.*, **277**: 319–338.
- DOWGIAŁŁO J., KARSKI A., POTOCKI I., 1969 — Geologia surowców balneologicznych. Wydaw. Geol., Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T., RÓŻKOWSKI A. (red.), 2002 — Słownik hydrogeologiczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GAD A., KOWALIK J., 2003 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne wód leczniczych „WEŁNIN”. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- GIEŁŻECKA-MĄDRY D., 2009 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia leczniczych wód siarczkowych Busko C-1 z utworów kredy górnej. Arch. Hydrogeotechnika Sp. z o.o., Kielce.
- GRABCZAK J., SZCZEPAŃSKI A., ZUBER A., 1987 — Uwagi na temat genezy i ochrony wód mineralnych Buska i Solca. *W: 25 lat górnictwa uzdrowiskowego. Konferencja naukowo-techniczna*: 91–99. AGH, Kraków.
- GUTOWSKI J., KOYI H.A., 2007 — Influence of oblique basement strike-slip faults on the Mesozoic evolution of the south-eastern segment of the Mid-Polish Trough. *Basin Res.*, **19**: 67–86.
- HERMAN G., GAĞOL J., 1994 — Stan rozpoznania i perspektywy wykorzystania wód mineralnych Ponidzia. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S. (red), 1990 — Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych w Polsce (GZWP) wymagających szczególnej ochrony, 1:500 000. IHiGI AGH, Kraków.
- KOWALCZEWSKA G., 1984 — Objasnienia do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:200 000, ark. Tarnów. Wydaw. Geol., Warszawa.
- KULIKOWSKA J., 1976 — Przyczynek do poznania genezy wód mineralnych w rejonach Buska i Solca oraz możliwości zwiększenia ich zasobów. *Probl. Uzdr.*, **6–8**: 191–212.
- LIPIEC I., WIKTOROWICZ B., 2010 — Modelowanie hydrogeochemiczne formowania się składu wód siarczkowych rejonu Solca-Zdroju. *W: IV Konferencja Naukowa z cyklu Modelowanie Przepływu Wód Podziemnych*, Gdańsk 15–16 listopada 2010 r. Abstrakty (red. Z. Kordalski): 26–28. Polit. Gdańska, Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- LISZKOWSKA E., 1982 — Kształtowanie się składu chemicznego wód podziemnych z utworów badenu północnej części GZW na tle procesów rozpuszczania serii gipsowej. *Pr. Nauk. UŚ*, **1011**, Geologia, 10/11: 130–173.
- OSZCZYPKO N., OSZCZYPKO-CLOWES M., 2010 — Alpejska tektonika południowej części synklinorium miechowskiego. *W: Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju* (red. R. Lisik): 109–118. Wydaw. XYZ, Kielce.
- PACZYŃSKI B., PŁOCHNIEWSKI Z., 1996 — Wody mineralne i lecznicze Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., 1983 — Hydrogeologia ogólna. Wydaw. Geol., Warszawa.
- PORWISZ B., 2006 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód leczniczych Las Winiarski I z utworów kredy górnej. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- PRAŻAK J., 2007 — Subregion środkowej Wisły wyżynny – część centralna. *W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 1. Wody słodkie* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 174–187. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ROŚŁOŃSKI R., 1936 — Źródła słono-siarczanowe w Solcu i okolicach. *Pos. Nauk. Państw. Inst. Geol.*, **45**: 54–56.
- STUPNICKA E., 2007 — Geologia regionalna Polski. UW, Warszawa.
- ZŁONKIEWICZ Z., FIJAŁKOWSKA-MADER A., 2013 — Budowa geologiczna południowo-wschodniej części Niecki Nidy. *W: Georóżnorodność Ponidzia* (red. A. Łajczak i in.): 25–34. IG UJK, Kielce.
- ZUBER A., WEISE S.M., OSENBRÜCK K., MATEŃKO T., 1997 — Origin and age of saline waters in Busko Spa (Southern Poland) determined by isotope, noble gas and hydrochemical methods: evidence of interglacial and pre-Quaternary warm climate recharges. *Appl. Geochem.*, **12**: 643–660.
- ŻELAŻNIEWICZ A., ALEKSANDROWSKI P., BUŁA Z., KARKOWSKI P.H., KONON A., OSZCZYPKO N., ŚLĄCZKA A., ŻABA J., ŻYTKO K., 2011 — Regionalizacja tektoniczna Polski. KNG PAN, Wrocław.

## SUMMARY

The Ponidzie area is one of the most prospective areas of therapeutic sulphurous waters. Currently, there are 13 intakes in this region in Busko-Zdrój, Solec-Zdrój, Wełnin, Las Winiarski and Dobrowoda. In this study, the hydrogeochemical characteristics of sulphurous waters of the Cretaceous, Jurassic and Neogene aquifers are presented. The treatment profile of these waters is constrained by a high concentration of bivalent sulphur, measured as the amount of free hydrogen sulphide. All of the waters have total dissolved sol-

ids (TDS) from 8.5 to 40.7 g/dm<sup>3</sup> and belong to one hydrogeochemical class: Cl-Na, H<sub>2</sub>S, I. The waters also contain a high amount of iodine and fluorine. The research results prove that the variety of rock settings is one of the most important reasons for the water chemistry differentiation. In general, the chemical composition of thermal waters in this region is determined by the interaction between groundwater and different rock environment.