

Beata WIKTOROWICZ  
Państwowy Instytut Geologiczny –  
Państwowy Instytut Badawczy  
Oddział Świętokrzyski im. J. Czarnockiego  
25-953 Kielce, ul. Zgoda 21  
Tel. (041) 361 25 37; e-mail: beata.wiktorowicz@pgi.gov.pl

Technika Poszukiwań Geologicznych  
Geotermia, Zrównoważony Rozwój nr 2/2013

## MOŻLIWOŚCI I PERSPEKTYWY WYKORZYSTANIA WÓD TERMALNYCH W WOJEWÓDZTWIE ŚWIĘTOKRZYSKIM

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono warunki występowania wód termalnych na obszarze województwa świętokrzyskiego oraz określono możliwości i perspektywy ich wykorzystania. Uzyskane dane pozwoliły na wyodrębnienie potencjalnych zbiorników wód termalnych, występujących w obrębie jednostek geologicznych, wykazujących specyficzne cechy strukturalne i litologiczne. Parametry termiczne i właściwości hydrogeologiczne zbiorników geotermalnych są tu ściśle związane z litologią utworów, ich diagenetą oraz procesami erozyjno-tektonicznymi. Do celów rekreacyjnych kwalifikują się głównie wody termalne zbiornika cenomanu. Natomiast w balneologii mogą być wykorzystywane wody zbiornika jury środkowej i górnej, triasu i dewonu.

### SŁOWA KLUCZOWE

Wody termalne, geotermia, województwo świętokrzyskie

\* \* \*

### WPROWADZENIE

Dostępne wyniki (Ney, Sokołowski 1987) badań geologicznych i hydrogeologicznych wskazują, że wykorzystanie czystych ekologicznie zasobów energii geotermalnej jest realne i ekonomicznie uzasadnione dla wielu obszarów naszego kraju. Obszar województwa świętokrzyskiego położony jest w obrębie dwóch okręgów geotermalnych: przedsudecko-północno-świętokrzyskiego i sudecko-świętokrzyskiego (Ney, Sokołowski 1987). Jednak warunki geotermalne regionu świętokrzyskiego nie były dotychczas przedmiotem szerokiego rozpoznania. Literatura dotycząca opisywanej problematyki nie jest szczególnie bogata. Spośród nielicznych prac wymienić należy prace Jurkiewicza i Szczerby (1976), Barbackiego (2004), Góreckiego (2006) oraz opracowania Wiktorowicz i in. (2011, 2012).

Przedmiotem niniejszej pracy jest przedstawienie charakterystyki warunków występowania wód termalnych w obrębie województwa świętokrzyskiego. Obecnie w regionie świętokrzyskim nie funkcjonują jeszcze zakłady geotermalne, ale w otworze Busko C-1, została udokumentowana siarczkowa woda termalna (Giełżecka-Mądry 2009). Zaprojektowano również otwór geotermalny w Bałtowie (Wiktorowicz, Białecka, Herman 2011; Biernat, Zwierzyński, Kotko 2011).

Podstawowe źródło informacji w rozpoznaniu możliwości występowania wód geotermalnych na obszarze województwa świętokrzyskiego stanowiły archiwalne dane otworowe, pochodzące z Centralnej Bazy Danych Geologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego oraz materiały publikowane w postaci map, przekrojów i opracowań. W sumie wykorzystano dane pochodzące z 912 otworów wiertniczych wykonanych w celach badawczych, kartograficznych, hydrogeologicznych.

## 1. ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Obszar województwa świętokrzyskiego charakteryzuje się dużym stopniem skomplikowania budowy geologicznej, podkreślonej występowaniem utworów różnego wieku. W granicach obszaru badań znajduje się pięć zasadniczych jednostek geologicznych (rys. 1). W centralnej części usytuowana jest jednostka trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich, którą budują głównie utwory prekambru (mułowce, iłowce, szarogłazy, arkozy i zlepieńce) oraz paleozoiku (piaskowce, kwarcyty, mułowce, iłowce i łupki, wapienie, dolomity). Jednostkę otaczają utwory obrzeżenia permsko-mezozoicznego, złożonego głównie ze zlepieńców, wapieni, dolomitów, piaskowców, mułowców i iłowców. Część zachodnią oraz północno-wschodnią stanowią jednostki niecki miechowskiej i brzeźnej, wypełnione osadami kredy dolnej (piaski i piaskowce) i górnej (margle i opoki). Natomiast w części południowej województwa zlokalizowana jest jednostka zapadliska przedkarpackiego, gdzie w profilu dominują osady ewaporatowe: wapienie, gipsy, anhydryty (Stupnicka 1989).

Złożona budowa geologiczna regionu świętokrzyskiego powoduje występowanie zróżnicowanych warunków hydrogeologicznych. Wśród zwykłych wód podziemnych wyróżnia się tu (Prażak 2007):

- plejstocenijski poziom wodonośny, lokalizowany pomiędzy wychodniami starszego podłoża,
- kredowe piętro wodonośne, występujące w jednostkach niecki miechowskiej i brzeźnej, złożone z dwóch poziomów: górnokredowego i dolnokredowego,
- jurajskie, triasowe i permskie piętra wodonośne, jednostki obrzeżenia permsko-mezozoicznego Gór Świętokrzyskich,
- paleozoiczne piętra wodonośne, obejmujące utwory karbońskie, dewońskie, sylurskie, ordowickie i kambryjskie jednostki trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich.



Rys. 1. Występowanie jednostek geologicznych na obszarze województwa świętokrzyskiego (według Wiktorowicz i in. 2012)

Fig. 1. Occurrence of geological unit on area of świętokrzyskie provence (based on Wiktorowicz et al. 2012)

Głębokość strefy występowania wód słodkich w obszarze województwa świętokrzyskiego została oceniona na 300–600 m. Natomiast pod względem chemicznym wody zwykle charakteryzują się tu typami  $\text{HCO}_3\text{-Ca}$  i  $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$  (Prażak 2007).

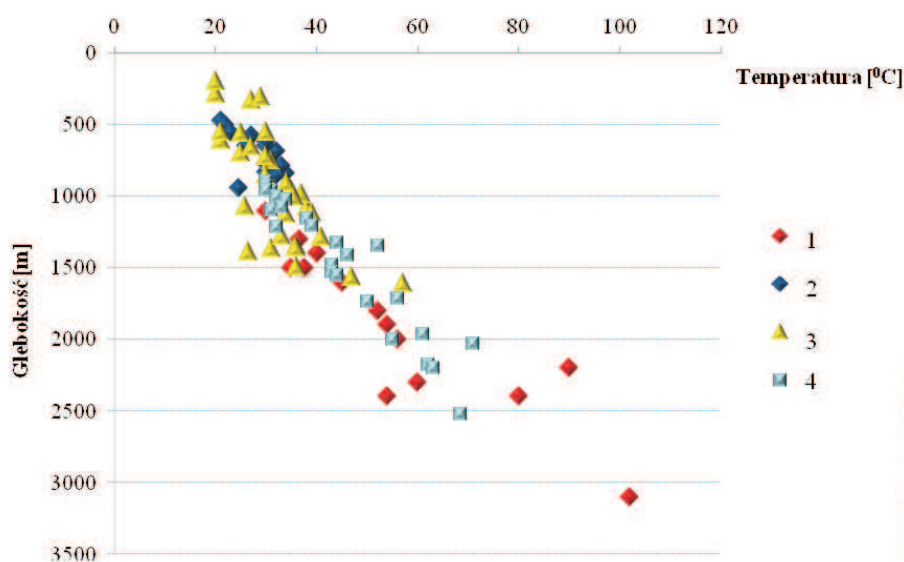
## 2. WARUNKI TERMICZNE

Wartości gęstości strumienia ciepłego w obrębie województwa świętokrzyskiego kształtują się w przedziale od 60 do 98  $\text{mW/m}^2$  (Szewczyk, Gientka 2009). Dodać należy, że są to wartości porównywalne z wyznaczonymi średnimi dla Polski i Europy. Najwyższą wartość strumienia ciepłego zanotowano w otworze Radwanów IG-1, położonym w jednostce niecki miechowskiej, gdzie osiągał on wartość 98  $\text{mW/m}^2$ . Wysokie wartości parametru obserwowane są również w obrębie północnego obrzeżenia mezozoicznego Gór Świętokrzyskich oraz synklinorium brzeźnego. Natomiast znacznie niższe wartości (60  $\text{mW/m}^2$ ) notuje się w południowo-wschodniej części województwa świętokrzyskiego w obrębie jednostki trzonu paleozoicznego i zapadliska przedkarpacciego. Uważa się, że zmienność gęstości ziemskiego strumienia ciepłego należy tu wiązać głównie z występowaniem skał podłoża, charakteryzujących się różnymi właściwościami termicznymi.

Z analizy warunków geotermalnych (wykonanej na podstawie danych archiwalnych pochodzących z otworów badawczych) wynika, że na badanym obszarze na głębokościach (rys. 2):

- 5 m – temperatury wód podziemnych występują w przedziale od 8,5 do 9,5°C;
- 500 m – uzyskano wody o temperaturze od 20 do 30°C;
- 1000 m – temperatury wód zmieniają się w granicach od 30 do 45°C;
- 2000 m – zanotowano temperatury wód w granicach od 40 do 70°C.

Najwyższą temperaturę wód podziemnych na terenie województwa świętokrzyskiego stwierdzono w otworze Pągów IG 1, gdzie na głębokości 2030 m uzyskano przyływ wód o temperaturze 71°C, a już na 3020 m zanotowano maksymalną wartość równą 102°C (Jurkiewicz, Szczerba 1976).



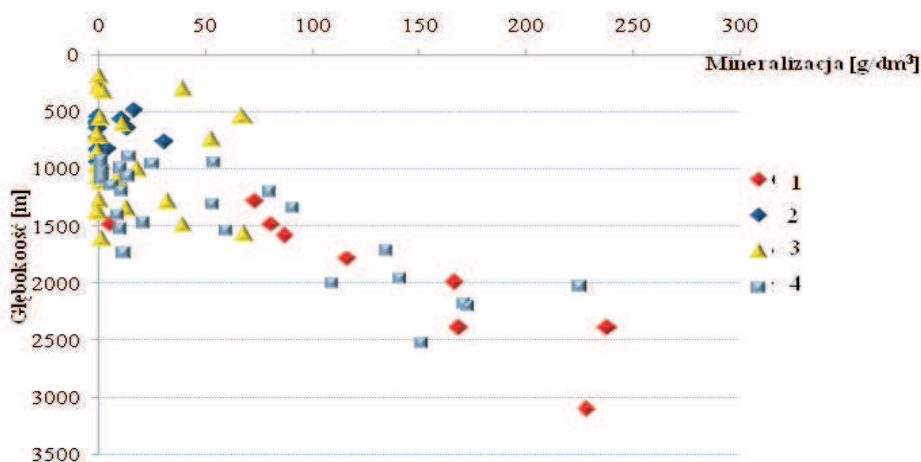
Rys. 2. Zależność temperatury wód termalnych od głębokości  
(na podstawie danych archiwalnych z analiz chemicznych wód z otworów badawczych)  
Objaśnienia: Wody termalne w utworach: 1 – dewonu, 2 – cenomanu, 3 – jury, 4 – triasu

Fig. 2. Relationship between temperature of thermal waters and depth  
Explanation: Thermal waters in rocks of: 1 – Devonian, 2 – Cenoman, 3 – Jurassic, 4 – Triassic

### 3. CHARAKTERYSTYKA ZBIORNIKÓW WÓD TERMALNYCH

Uzyskane dane geologiczne i hydrogeologiczne pozwoliły na wyodrębnienie na terenie województwa świętokrzyskiego występowania potencjalnych zbiorników wód termalnych. Zaznaczyć należy, że ze względu na charakter litologiczny (utwory niewodonośne, jak np.: iłowce, mułowce, kwarcyty), jednostka trzonu paleozoicznego oceniona została jako obszar nieperspektywiczny pod względem możliwości występowania wód termalnych. W pozostałych jednostkach obserwuje się sprzyjające warunki hydrogeologiczne.

Nawiązując do pięter hydrogeologicznych wyróżniono potencjalne zbiorniki geotermalne cenomanu, jury górnej i środkowej, triasu i dewonu. Ze względu na zanotowane temperatury wód oraz właściwości kolektorskie utworów uważa się, że najbardziej korzystne warunki występowania wód termalnych posiadają obszary jednostek niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego. Zestawienie podstawowych parametrów zbiorników wód termalnych występujących w obszarze województwa świętokrzyskiego przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 3. Zależność mineralizacji wód termalnych od głębokości  
(na podstawie danych archiwalnych z analiz chemicznych wód z otworów badawczych)  
Objaśnienia: Wody termalne w utworach: 1 – dewonu, 2 – cenomanu, 3 – jury, 4 – triasu

Fig. 3. Relationship between total dissolved solids of thermal waters and depth  
Explanation: Thermal waters in rocks of: 1 – Devonian, 2 – Cenoman, 3 – Jurassic, 4 – Triassic

Na obszarze całego województwa świętokrzyskiego powszechne jest zjawisko występowania stałego wzrostu mineralizacji ogólnej wraz z głębokością (rys. 3). Z uzyskanych archiwalnych danych (około 40 głębokich otworów badawczych) wynika, że wody termalne występujące na głębokości 500 m osiągają mineralizację dochodzącą do 10 g/dm<sup>3</sup>, na głębokości 1000 m – około 20 g/dm<sup>3</sup>, natomiast na 2000 m uzyskano już ponad 100 g/dm<sup>3</sup> (rys. 4).

Podobnie zmienia się skład chemiczny wód termalnych. Wraz ze wzrastającą głębokością zmniejsza się udział jonów wodorowęglanowych i siarczanowych na korzyść chlorokowych. Wody piętra kredowego reprezentują głównie typ HCO<sub>3</sub>-Na, HCO<sub>3</sub>-Ca-Na oraz HCO<sub>3</sub>-Cl-Na. Wody termalne występujące w utworach jurajskich i triasowych charakteryzują się podobnym składem chemicznym, choć często są tu już notowane typowe solanki o składzie Cl-Na i Cl-Ca. Dewońskie wody termalne to już typowe solanki Cl-Na-Ca, Cl-Ca oraz Cl-Na (dane archiwalne z analiz chemicznych wód z otworów badawczych).

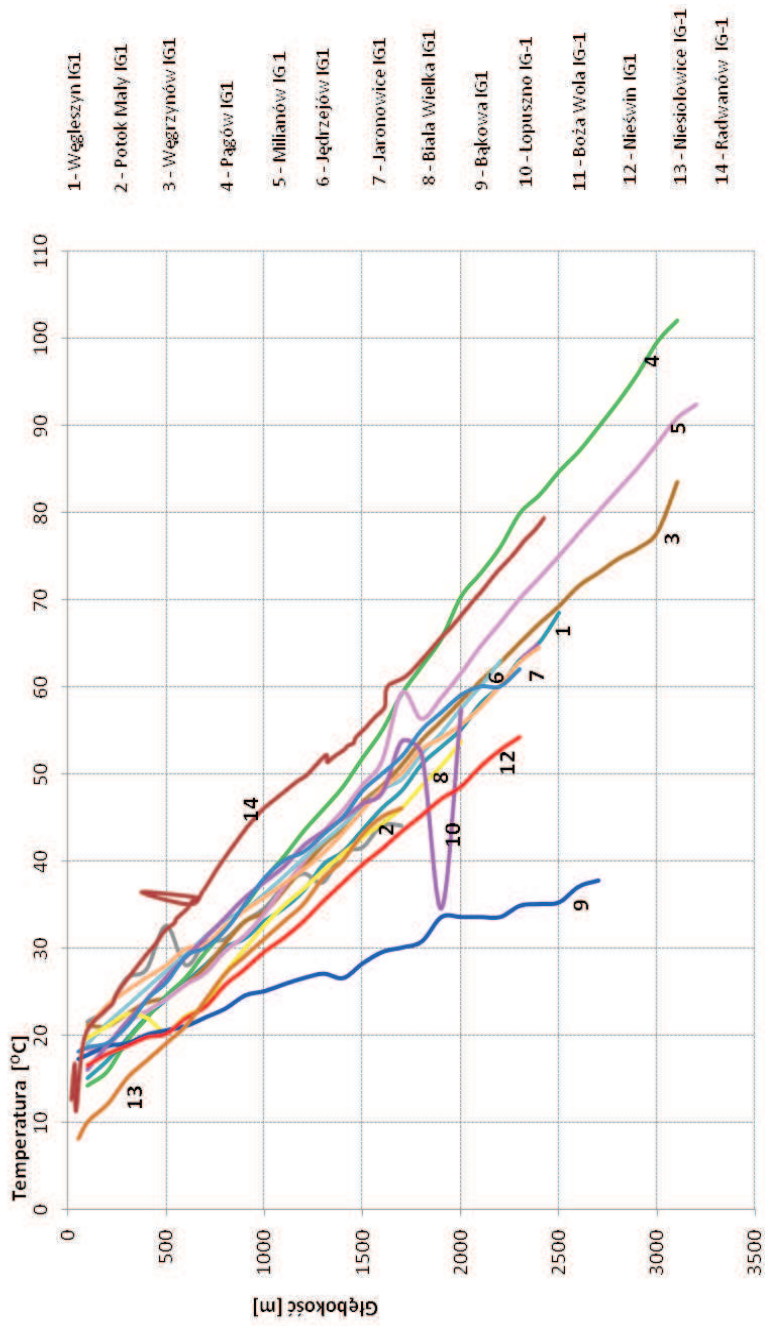
Tabela 1

Zestawienie podstawowych parametrów zbiorników wód termalnych występujących w obszarze województwa świętokrzyskiego  
(na podstawie danych archiwalnych pochodzących z otworów badawczych)

Tabela 1

Basic data on the parameters of the thermal basin reservoirs of the świętokrzyskie province

| Jednostka                       | Zbiornik geotermalny  | Głębokość stropu [m] | Temperatura wód [°C] | Wielkość przypływu [m <sup>3</sup> /h] | Mineralizacja [g/l] | Typ chemiczny, składniki specyficzne   | Parametry zbiornikowe |             |
|---------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|--|---------------------|--|-----------------------|-------------|
|                                 |                       |                      |                      |  |                     |  | (%)                   | mDa         |
| Obrzeżenie permisko-mezozoiczne | Jura górna i środkowa | 335,0                | 27                   | 4,0                                    | 3,1                 | HCO <sub>3</sub> -Na   | –                     | –           |
|                                 | Trias                 | 1096,0–1346,0        | 31,1–52,1            | 1,09–5,6                               | 1,89–91,0           | HCO <sub>3</sub> -Ca-Na, Cl-Na-Ca  | 4,0–11,3              | 28,3–18,0   |
|                                 | Dewon                 | 1145,5–2307,6        | 54,1                 | 1,05–3,2                               | 7,9–238,4           | Cl-Na-Ca, Cl-Ca, J, Br   | 7,0                   | 6,5         |
| Synklinorium brzeżne            | Cenoman               | 834,0–940,0          | 24,7–30              | 0,2–0,4                                | 0,6–4,7             | HCO <sub>3</sub> -Na, Br, J  | 12,0–22,0             | 31,0        |
|                                 | Jura górna i środkowa | 627,0–1365,0         | 21–34                | 0,2–3,0                                | 0,5–12,1            | HCO <sub>3</sub> -Na, Br, J  | 8,0–14,0              | –           |
|                                 | Dewon                 | 1405,3–1630,6        | 30–45                | 0,5–1,5                                | 6,2–73,9            | Cl-Na, Cl-Ca, HCO <sub>3</sub> -Na, J, Br  | 6,12                  | 23,0        |
| Niecka miechowska               | Cenoman               | 462,5–840,0          | 21–35                | 0,2–3,6,0                              | 0,2–17,14           | HCO <sub>3</sub> -Na, HCO <sub>3</sub> -Cl-Na, HCO <sub>3</sub> -Ca-Na, H <sub>2</sub> S | 9,14–32,8             | 27,7–1380,0 |
|                                 | Jura górna i środkowa | 201,0–1613,0         | 20–41                | 0,03–800,0                             | 0,001–68,13         | Cl-Na, HCO <sub>3</sub> -Ca-Na, HCO <sub>3</sub> -Cl-Na, Br, J, H <sub>2</sub> S         | 2,7–12,5              | 12,7–905,1  |
|                                 | Trias                 | 899,0–2525,0         | 30–71                | 0,06–15,4                              | 1,95–172,8          | Cl-Na, Cl-Na-Ca, Br, J, Fe   | 1,1–20,0              | 2,0–340,0   |
| Zapadlisko przedkarpackie       | Dewon                 | 1083–3018,0          | 30–102               | 0,02–3,0                               | 67,0–229,0          | Cl-Na-Ca, Cl-Ca, Br  | 2,5–12,0              | 8,0–23,0    |
|                                 | Cenoman               | 650,0–851,0          | 25–35                | 7,2–50,0                               | 13,8–30,8           | HCO <sub>3</sub> -Cl-Na, Br, J   | 8,17                  | –           |
|                                 | Jura górna i środkowa | 310,0–1360,0         | 21–30                | 0,27–0,36                              | 40,0–67,0           | Cl-Ca  | 2,1–13,0              | 131,0       |
| Zapadlisko przedkarpackie       | Trias                 | 1153,0–1203,0        | 38–39                | 0,2 samowypływ                         | 6,4–11,7            | Cl-Na, Br, J, Fe   | –                     | –           |
|                                 | Dewon                 | 2221,0–2430,0        | 60–90                | 1,0 samowypływ                         | 169,0               | Cl-Na, Br, J   | –                     | –           |



Rys. 4. Zmiany temperatur z głębokością dla wybranych otworów wiertniczych na obszarze województwa świętokrzyskiego (na podstawie danych archiwalnych pochodzących z otworów badawczych)

Fig. 4. Changes of temperatures with depth for selected boreholes on area of świętokrzyskie province

## PODSUMOWANIE

Obszar województwa świętokrzyskiego charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną. Parametry termiczne i właściwości hydrogeologiczne wyróżnionych zbiorników geotermalnych są tu ściśle związane z litologią utworów, ich diagenезą oraz procesami erozyjno-tektonicznymi.

Wody termalne występujące na obszarze województwa świętokrzyskiego posiadają wiele możliwości i perspektyw wykorzystania. Przede wszystkim mogą stanowić interesującą bazę surowcową dla balneologii i rekreacji, jako zakłady wodolecznictwa zdrojowego oraz rekreacji – baseny kąpielowe kryte i otwarte. Ze względu na osiąganą temperaturę wód do celów rekreacyjnych kwalifikują się głównie wody termalne zbiornika cenomanu. Natomiast do celów leczniczych mogą być wykorzystywane wody termalne zbiornika jury środkowej i górnej, triasu i dewonu. W badanych wodach stwierdzono wysokie zawartości bromu, jodu, siarkowodoru.

Wyniki przedstawionej pracy stanowią istotne uzupełnienie problematyki geotermalnej województwa świętokrzyskiego oraz mogą przyczynić się do większego rozwoju wykorzystania na tym obszarze źródeł energii odnawialnej.

## LITERATURA

- BARBACKI A.P., 2004 — Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- BIERNAT H., ZWIERZYŃSKI M., KOTKO D., 2011 — Projekt prac geologicznych na wykonanie otworu geotermalnego w Bałtowie. Mat. arch. Przedsiębiorstwo Geologiczne Polgeol S.A., Warszawa.
- GIEŁŻECKA-MĄDRY D., 2009 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia leczniczych wód siarczkowych Busko C-1 z utworów kredy górnej. Mat. arch. Hydrogeotechnika Sp. z o.o., Kielce.
- GÓRECKI W. (red. nauk), 2006 — Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. Wyd. AGH, Kraków.
- JURKIEWICZ H., SZCZERBA A., 1976 — Wyniki badań termicznych centralnej części niecki miechowskiej i przyległego obszaru Gór Świętokrzyskich. Biuletyn Instytutu Geologicznego 296, t. 12, 129–161.
- NEY R., SOKOŁOWSKI J., 1987 — Wody geotermalne Polski i możliwości ich wykorzystania. Nauka Polska nr 6.
- PRAŻAK J., 2007 — Subregion środkowej Wisły wyżynny część centralna. [W:] Hydrogeologia regionalna Polski, tom I Wody Słodkie, Państwowy Instytut Geologiczny.
- STUPNICKA E., 1989 — Geologia regionalna Polski. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- SZEWCZYK J., GIENKA D., 2009 — Terrestrial heat flow density in Poland – a new approach. Geological Quarterly 53, 125–140.
- WIKTOROWICZ B., BIAŁECKA K., HERMAN G., 2011 — Ocena możliwości występowania wód geotermalnych w rejonie Bałtowa. Mat. arch. PIG-PIB, Kielce.



WIKTOROWICZ B., BIAŁECKA K., HERMAN G., JANECKA-STYRCZ K., KOS M., MŁYŃCZAK T.,  
SALWA S., 2012 — Potencjał hydrogeologiczny oraz zasoby energii ze źródeł geotermalnych na terenie  
województwa świętokrzyskiego. Mat. arch. PIG-PIB, Kielce.

## THE POSSIBILITIES AND PROSPECTS FOR THE USE OF THERMAL WATERS IN ŚWIĘTOKRZYSKIE PROVENCE

### ABSTRACT

The paper presents the possibilities and prospects for the use of thermal waters in świętokrzyskie provence. Thermal and geothermal reservoirs the hydrogeological properties of parameters here are closely related to the lithology and erosion and tectonic processes. The data obtained allow to extract the Świętokrzyskie area potential of thermal waters, occurring within the geological units, showing the specific structural characteristics. For recreational purposes qualify mainly thermal waters of Cenomanian. While in balneology can be used thermal waters of Middle and Upper Jurassic, Triassic and Devonian.

### KEY WORDS

Thermal waters, geothermal energy, świętokrzyskie provence

