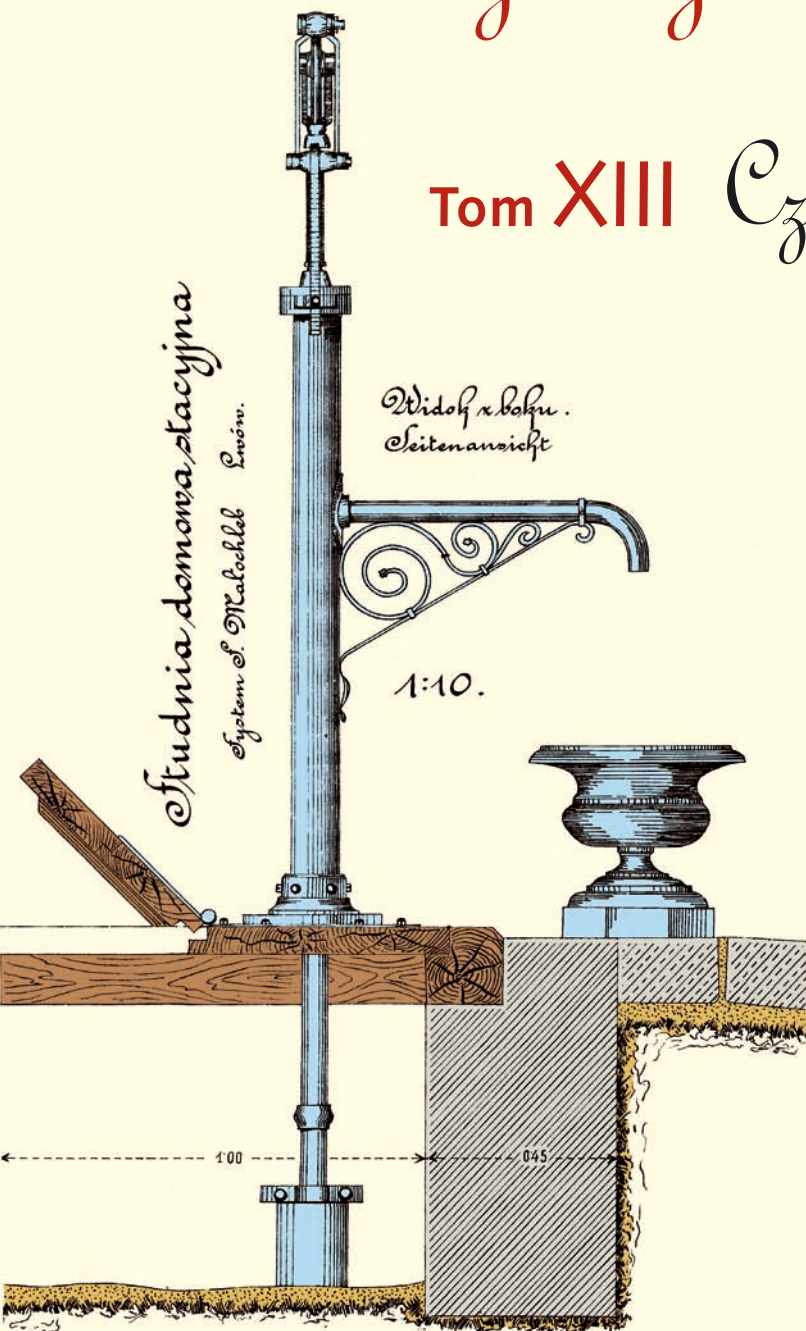


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 3.





Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staško
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Józef Chowaniec

**Niecka Podhalańska — najbardziej
perspektywiczny zbiornik wód termalnych
w Polskich Karpatach**

**Podhale Basin — the Most Perspective Reservoir
of Thermal Waters in the Polish Carpathians**

Słowa kluczowe

Karpaty, flisz podhalański, parametry hydrogeologiczne, wody termalne

Key words

Carpathians, Podhale flysch, hydrogeological parameters, thermal waters

Abstract

Based on the data presented in the paper, it is clear that the most favourable conditions for the occurrence of thermal water in the Podhale Basin (Inner Carpathians) are due to: suitable geological set-up, high temperature (to 90°C at the discharge), low mineralisation (to 3 g/dm³), high discharge (over 200 m³/h), renewable resources and easy accesses to the area. The good conditions also occur in the western part of the Carpathians (Ustroń, Jaworze), where thermal waters are associated with the substratum (fractured and karstic dolomites and Devonian limestones). The thermal waters in the flysch deposits of the Outer Carpathians are recognised in certain sites only. Due to a complicated geology, thermal waters can be obtained in a limited amount. According to the current studies, the Outer Carpathian flysch is not a prospective collector of the large amount of the thermal waters of a relatively low mineralisation.

Wstęp

Karpaty w granicach Polski stanowią jedynie fragment rozległego łańcucha górskiego położonego w Europie środkowej, który ciągnie się wyraźnym łukiem o długości około 1300 km pomiędzy przełomem Dunaju na granicy austriacko-słowackiej w okolicach Bratysławy, a tzw. „Żelazną Bramą” na pograniczu rumuńsko-serbskim. W granicach Polski powierzchnia Karpat wynosi około 19,6 tys. km², co stanowi około 6,3% powierzchni kraju. Biorąc pod uwagę zróżnicowanie budowy i historię geologiczną, Karpaty podzielono na Karpaty wewnętrzne i Karpaty zewnętrzne, zwane często Karpatami fliszowymi. Na terenie Polski, w Karpatach wewnętrznych, wyróżniono trzy jednostki geologiczno-strukturalne: Tatry, nieckę podhalańską i pieniński pas skałkowy stanowiący strefę graniczną z Karpatami zewnętrznymi (rys. 1).

Wody podziemne, krążące w środowisku skalnym różnych jednostek geologiczno-strukturalnych, mają zróżnicowaną temperaturę i są w różnym stopniu zmineralizowane. Uwzględniając te parametry możemy wyróżnić wody zwykłe, mineralne i termalne. Wody termalne, zwane również geotermalnymi, są to wody podziemne mineralne lub zwykłe, których temperatura mierzona na wypływie ze źródeł naturalnych lub odwiertów wynosi co najmniej 20°C. Wielkość ta stanowi granicę umowną od wielu lat stosowaną w balneologii.

Ciepło, które niosą wody termalne pochodzi z wnętrza Ziemi. Głównym jego źródłem jest płynna magma, natomiast dodatkowym - procesy naturalnego rozkładu pierwiastków promieniotwórczych. Rozkład temperatur w skorupie ziemskiej, od którego między innymi zależy temperatura wód termalnych, jest bardzo zróżnicowany. Podstawowym parametrem, który charakteryzuje pole temperaturowe Ziemi jest gradient geotermiczny, którego odwrotnością jest stopień geotermiczny. W Polsce stopień geotermiczny wykazuje duże zróżnicowanie, zależne od budowy geologicznej, a w szczególności od struktur halokinetycznych, odznaczających się wysoką przewodnością cieplną (Górecki, 1990). W przedziale głębokości 200–2500 m zmienia się on od 10 do 110 m/1° (Majorowicz, 1971). Wartość stopnia geotermicznego zmienia się nie tylko w przekroju pionowym ale również w poziomie.

Gorąca kopalina

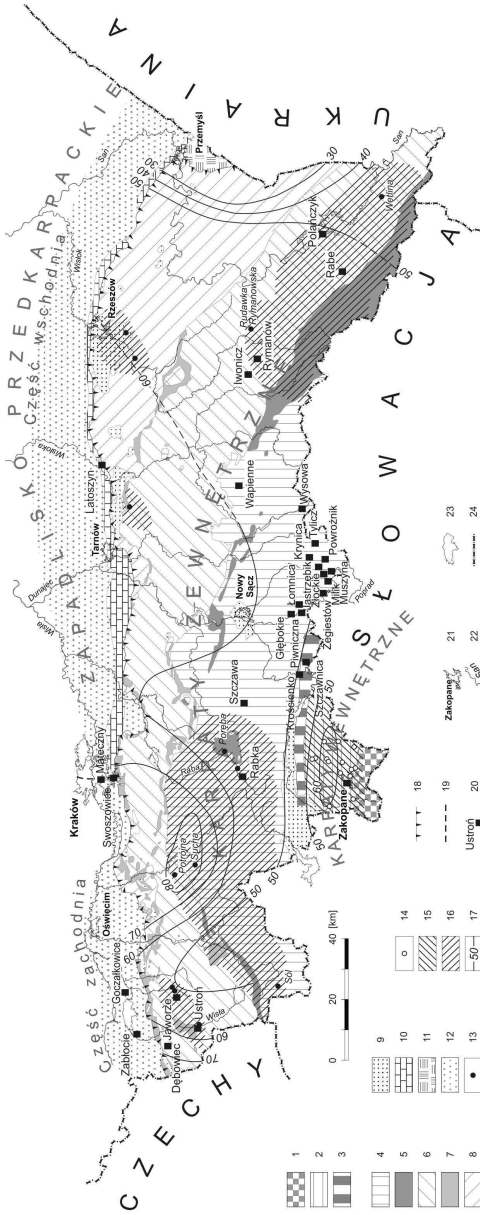
Z powyższych rozważań wynika wniosek, że wody głębokich poziomów wodonośnych są zawsze wodami gorącymi ale nie wszędzie warto je eksploatować. Aby wydobywanie było opłacalne musi być spełnione kilka warunków: wody termalne muszą mieć możliwie niską mineralizację (wysoka powoduje korozję i zanieczyszczanie instalacji), wysoką temperaturę i zalegać na niewielkiej głębokości. Bardzo ważna jest odnawialność zasobów. Zbiorniki wód termalnych nie są rezerwuarem ciepła, z którego można czerpać w nieograniczonych ilościach. Ich eksploatacja podlega takim samym ograniczeniom, jak eksploatacja zwykłych wód podziemnych: z warstwy wodonośnej można wydobywać tylko tyle, na ile pozwalają zasady racjonalnej gospodarki zasobami. Wody termalne zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 2001 r., stanowią kopalinę podstawową w rozumieniu Prawa Geologicznego i Górniczego.

W Karpatach wewnętrznych (niecka podhalańska) wody termalne występują w podfliszowych, spękanych i skrasowiałych skałach mezozoicznych i częściowo paleogeńskich. Możliwe są one do uzyskania na powierzchni wierceniami usytuowanymi w odległości około 800–1000 m na N od brzegu Tatr po pieniński pas skałkowy, który odgrywa rolę ekranu izolującego, uniemożliwiającego dalszy przepływ wód na północ. Po raz pierwszy wody termalne o temperaturze 36°C uzyskano z otworu Zakopane IG-1 (Sokołowski, 1973).

Rezultaty badań wykonanych pod koniec XX wieku (testy hydrodynamiczne, określenie wieku wód, ich temperatury i składu jonowego), pozwoliły na określenie szeregu prawidłowości rządzących wodami podziemnymi w podfliszowych poziomach niecki arcyżyjskiej Podhala. Jednym z podstawowych wniosków jest fakt, iż mimo różnic głębokości ujęć i zróżnicowanej odległości od obszaru zasilania, współczynniki filtracji wykazują zbliżony rząd wielkości (Małecka, 2003). Podstawowe parametry hydrogeologiczne odwiertów z udokumentowanymi zasobami eksploatacyjnymi wód termalnych przedstawiono w tabeli 1.

Do podstawowych czynników kształtujących własności fizyczno-chemiczne wód termalnych niecki podhalańskiej należą przede wszystkim warunki krążenia oraz litologia środowiska skalnego. Wody pochodzenia meteorycznego infiltrujące na terenie masywu tatrzańskiego, zgodnie z kierunkiem zapadania serii wodonośnych migrują ku północy, a następnie na skutek szczelnej bariery, jaką stanowią twory pienińskiego pasa skałkowego, rozprzyskują się wachlarzowato ku wschodowi i zachodowi poza granice państwa. Tego rodzaju układ powoduje zróżnicowanie szybkości przepływu, która maleje od kilkudziesięciu m/rok w południowej części niecki, do zaledwie kilku m/rok w strefie przypienińskiej (Chowaniec i in., 2001; Chowaniec, 2003a). Różnicuje się również czas kontaktu wody ze skałą, czego efektem jest chemizm wód. W otworach usytuowanych w strefie przytatrzańskiej ogólna mineralizacja nie przekracza 420 mg/dm³, a w najbardziej oddalonych od Tatr otworach wody należą już do słabo mineralizowanych - w granicach powyżej 1000 do około 3000 mg/dm³. Do podstawowych typów hydrochemicznych należą wody: HCO₃ – Na – Ca; SO₄ – HCO₃ – Cl – Na – Ca; SO₄ – Cl – Na – Ca; SO₄ – Cl – Ca – Na; SO₄ – Ca – Na; SO₄ – Ca – Mg.

O spowolnieniu tempa przepływu wód od strefy szybkiej wymiany w południowym skrzydle niecki Podhala w kierunku osi maksymalnego jej obniżenia świadczy nie tylko wzrost mineralizacji, ale i konsekwentne obniżanie się udziału wodorowęglanów. Badania izotopowe wskazują na stosunkowo młody wiek wód w granicach 100-2000 lat. Świadczy to o wysokiej intensywności ich wymiany w niecce podhalańskiej. Według Grabczaka i Zubera (Chowaniec, 2003a) można przypuszczać, że najmłodsza woda występuje w otworze Furmanowa PIG-1, nieco starsza w Poroninie PAN-1, znacznie starsza w Chochołowie, a najstarsza w otworze Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1 i Bańska IG-1. Jak widać wiek wód również potwierdza istnienie nie tylko pionowej ale i poziomej strefowości hydrochemicznej wód niecki arcyżyjskiej Podhala (tab. 1).



Rysunek 1. Obszary występowania wód termalnych w Karpatach polskich.

Objaśnienia: 1 – jednostki tatrzańskie, 2 – flisz podhalański, 3 – pieniężki pas skałkowy, 4 – jednostka magurska, 5 – jednostka przedmagurska, dukielska i grybowska, 6 – jednostka śląska, 7 – jednostka podśląska, 8 – jednostka skolska, 9 – utwory miocenu na Karpatach, 10 – jednostka zglobicka, 11 – jednostka stębnicka, 12 – utwory miocenu zapadiska przedkarpackiego, 13 – otwory wiertnicze wód termalnych w Karpatach zewnętrznych, 14 – otwory wiertnicze wód termalnych w niecce podhalańskiej, 15 – obszary perspektywiczne występowania wód termalnych w niecce podhalańskiej, 16 – obszary perspektywiczne występowania wód termalnych w Karpatach wewnętrznych, 17 – izolinie strumienia ciepłego [MW/m²], 18 – granica nasunięcia karpackiego, 19 – granica zachodniej i wschodniej części zapadiska przedkarpackiego, 20 – miejscowości z wodami leczniczymi, 21 – miasta, 22 – rzeki, 23 – zbiorniki re-tencyjne, 24 – granica państwa

Figure 1. Areas with thermal waters in the Polish Carpathians.

1 - Tatra Units, 2 - Podhale Flysch, 3 - Pieniny Clippen Belt, 4 - Magura Unit, 5 - Fore Magura, Dukla and Grybów Units, 6 - Silesian Unit, 7 - Sub-Silesian Unit, 8 - Skolska Unit, 9 - Miocene deposits, 10 - Zglobice Unit, 11 - Stębnik Unit, 12 - Miocene in the Carpathian Foredeep, 13 - thermal water wells in the Outer Carpathians, 14 - thermal water wells in the Podhale Basin, 15 - Prospective areas with thermal waters in the Podhale Basin, 16 - Prospective areas with thermal waters in the Outer Carpathians, 17 - Isotherms of terrestrial heat flow [mW/m²], 18 - Carpathian overthrust, 19 - W and E boundaries of the Carpathian Foredeep, 20 - Sites with therapeutic waters, 21 - towns, 22 - rivers, 23 - reservoirs, 24 - international boundary

Tabela 1. Parametry hydrogeologiczne odwiertów z obszaru niecki podhalańskiej
Table 1. Hydrogeological parameters of the boreholes from the Podhale Basin.

Lp	Nazwa otworu Głębokość otworu [m]	Charakterystyka piętra wodonośnego					Suma składników stałych [g/dm ³] Typ wody	
		Stratygrafia	Strop Spąg [m]	Głębokość do zwierciadła wody		Wydajność Depresja m ³ /h m		Temp. °C na wypływie Zatwierdzone zasoby [m ³ /h]
[ppt m]	[npm m]							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<u>Chochołów PIG-1</u> 3572,0	T	<u>3218.0</u> 3572,0	+160,0	938,0	<u>190.0</u> 150,0	<u>82</u> 190,0	<u>1,24</u> SO ₄ – Ca – Na
2	<u>Siwa Woda IG-1</u> 856,0	Tr, T	<u>625.0</u> >856,0	+55,0	975,0	<u>3.95</u> 55,0	<u>20</u> <u>4.0</u>	<u>0.42</u> HCO ₃ -SO ₄ -Mg-Na
3	<u>Furmanowa PIG-1</u> 2324,0	Tr, J	<u>2003.0</u> 2324,0	105,0	905,0	<u>96.0</u> 27,5	<u>60.5</u> 90,0	<u>0,58</u> HCO ₃ – Na – Ca
4	<u>Zakopane IG-1</u> <u>3073.2</u>	J	<u>1540.0</u> >1550, 0	+45,0	909,9	<u>169.2</u> 45	<u>37</u> 50,0	<u>0,363</u> HCO ₃ -SO ₄ -Ca-Mg-Na
5	<u>Zakopane 2</u> 1113,0	J	<u>1090.5</u> >1113, 0	+50,0	921,2	<u>273.0</u> 47,5	<u>26</u> 80,0	<u>0,326</u> HCO ₃ -Ca-Mg
6	<u>Poronin PAN-1</u> 3003,0	T	<u>1768.0</u> 1917,0	+ 180,0	921,0	<u>90.0</u> 150,0	<u>63</u> 90,0	<u>1,14</u> SO ₄ – HCO ₃ – Cl – Na – Ca
7	<u>Biały Dunajec PAN-1</u> 2394,0	Tr, T	<u>2117.0</u> 2394,0	+ 210,0	895,0	<u>270.0</u> 220,0	<u>82</u> otwór chłonny	<u>2,62</u> SO ₄ – Cl – Na – Ca
8	<u>Bańska IG-1</u> 5261,0	Tr, T	<u>2565.0</u> > 2656	+ 270,0	949,0	<u>120.0</u> 185,0	<u>82</u> 120,0	<u>2,69</u> SO ₄ – Cl – Na – Ca
9	<u>Bańska PGP-1</u> 3242,0	Tr, T	<u>2731.0</u> 3240,0	+261,0 *	933,3	<u>180.0</u> 30,0	<u>86</u> 550,0	<u>3,12</u> SO ₄ – Cl – Na – Ca

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	<u>Biały Dunajec PGP-2</u> 2450,0	Tr, T	<u>2083.0</u> 2450,0	+240,2 *	922,9	<u>175.0</u> 247,0	<u>86</u> otwór chłonny	<u>2.7</u> SO ₄ – Cl – Na – Ca
11	<u>Zazadnia IG-1</u> 680,0	Tr	<u>665.0</u> >680,0	+90,0	945,2	<u>29.6</u> 60,0	<u>22</u> 25,1	<u>0.19</u> HCO ₃ -SO ₄ - Ca-Mg
12	<u>Bukowina Tatrzańska PIG/PNiG-1</u> 3780,0	T, J	<u>2390.0</u> <u>2605.0</u>	50,5	906,5	<u>58.0</u> 117,5	<u>64.5</u> 40,0	<u>1.49</u> SO ₄ – Cl – Ca-Na

* - wysokość zwierciadła wody o temperaturze 20°C

Parametry hydrogeologiczne fliszu Karpat zewnętrznych są zdecydowanie odmienne od parametrów utworów budujących podłoże niecki podhalańskiej. Wody termalne na tym obszarze są rozpoznane punktowo, a skomplikowana budowa geologiczna ogranicza uzyskanie większych ich ilości. Występują one w zbiornikach zamkniętych i dlatego ich zasoby są ograniczone. Z dotychczasowych badań wynika, że flisz zewnętrznokarpacki jest mało perspektywnym kolektorem dla uzyskania wód termalnych w znaczących ilościach. Najkorzystniej wypada rejon Poręby Wielkiej, gdzie uzyskano z pojedynczego ujęcia do 12,1 m³/h wody o mineralizacji 21,8 g/dm³ i temperaturze 42°C na wypływie. W Wiśniowej koło Strzyżowa, na początku lat 90. XX wieku, nawiercono „okazjonalnie” podczas poszukiwań ropy naftowej wody termalne o temperaturze 84°C i mineralizacji około 7,0 g/dm³. Z uwagi na cel wiercenia, jak i konstrukcję otworu, nie było możliwości określenia zasobów eksploatacyjnych. Ponadto wody termalne na terenie Karpat fliszowych stwierdzono między innymi w Soli koło Zwardonia, Rabce, Skomialnej Białej, Ciężkowicach, Wiśniowej, Rudawce Rymanowskiej, Lubatówce, Polańczyku, Babicy, Brzegach Dolnych i Wetlinie (Chowaniec, 2003b; Karnkowski, Jastrząb, 1994).

Wody termalne Karpat polskich charakteryzują się dużą zmiennością mineralizacji i składu chemicznego. Na terenie Karpat zewnętrznych mineralizacja wód termalnych jest znacznie wyższa od wód niecki podhalańskiej i wynosi od kilku do ponad stu g/dm³, z przewagą jonów Cl, HCO₃, Na, Ca.

Dobre warunki występowania wód termalnych istnieją także w zachodniej części Karpat zewnętrznych (Ustroń, Jaworze), gdzie wody te związane są z utworami podłoża jednostek fliszowych (spękane i skrasowiałe dolomity i wapienie dewońskie oraz zlepińce miocenu). Wody termalne w podłożu utworów fliszowych Karpat zewnętrznych zostały stwierdzone między innymi w następujących rejonach: Ustroń - otwory Ustroń IG-3 (27,5°C), Ustroń 3a (32°C); Jaworze - otwory Jaworze IG-1 (23°C), Jaworze IG-2 (32°C); Sucha Beskidzka - otwór Sucha IG-1 (28°C); Potrójna - otwór Potrójna IG-1 (22°C). Podane temperatury mierzone na wypływie (Chowaniec, 2003b).

Wykorzystanie wód termalnych

W Polsce mamy niewielkie tradycje w zakresie korzystania z wód termalnych albowiem na naszym terytorium (poza Sudetami) nie istniały samoczynne wypływy tych wód. Źródło termalne w Jaszczurówce koło Zakopanego odkryto dopiero w 1844 roku (Zejszner, 1844). Już od wielu lat źródło to nie istnieje.

Pierwszy zakład geotermalny w kraju wybudował IGSMiE PAN, w roku 1993, na Podhalu. Wykorzystano otwór eksploatacyjny Bańska IG-1, wykonany w Białym Dunajcu przez Oddział Karpacki Państwowego Instytutu Geologicznego. Obecnie wodę o temperaturze około 86°C eksploatuje się dwoma otworami studziennymi, a po wykorzystaniu zmagazynowanego w niej ciepła, zatłacza się z powrotem do złoża dwoma otworami chłonnymi. W sumie można pobierać 670 m³ wody na godzinę. Energia cieplna jest odbierana za pośrednictwem wymienników ciepła. Ogrzana w nich woda obiegowa jest transportowana rurociągiem przesyłowym do Zakopanego. Sieć dystrybucyjna zaopatruje nie tylko Zakopane, ale również Biały Dunajec i Bańską Nizną (Kepińska, 2001).

Wody termalne w Karpatach z powodzeniem wykorzystuje się nie tylko w ciepłownictwie, ale również w balneologii, rekreacji i w agroturystyce. Dwa karpackie uzdrowiska - Iwonicz Zdrój, Ustroń - korzystają z wód termalnych wydobywanych z odwiertów. W Zakopanem, do 2001 r., wody termalne wykorzystywane były do celów rekreacyjnych i terapeutycznych. Obecnie (2007 r.) na stokach Antałówki istnieje duży Aqua Park, w którym wody termalne od grudnia 2006 roku wykorzystywane są do celów rekreacyjnych. W najbliższej przyszłości (2008 r.) w Bukowinie Tatrzańskiej powstanie kompleks rekreacyjno-rehabilitacyjny, w którym wykorzystane zostaną nawiercone tutaj wody termalne.

Podsumowanie

Na obszarze niecki podhalańskiej występują dwa systemy przepływu wód podziemnych. Jeden z nich – lokalny, związany jest z utworami czwartorzędu i stropowymi ogniwami fliszu, natomiast drugi – regionalny, kształtujący się w utworach węglanowych eocenu i mezozoiku. Wody termalne występują w podfliszowych, spękanych i skrasowiałych skałach mezozoicznych oraz w spągowej, węglanowej części utworów paleogeńskich w odległości około 800–1000 m na N od brzegu Tatr po pieniński pas skałkowy, stanowiący strukturę odgrywającą rolę ekranu izolującego uniemożliwiającego dalszy przepływ wód na północ.

Obszarem zasilania dla wód termalnych są Tatry, natomiast skały fliszowe stanowią element izolujący. Wody opadowe, które infiltrują na obszarze Tatr, po zetknięciu się z południowym zasięgiem skał fliszowych są rozdzielane na dwa strumienie. Jeden z nich spływa na teren niecki podhalańskiej do utworów czwartorzędowych i spękanej górnej partii utworów fliszowych, natomiast drugi przepływa systemem szczelin i pustek krasowych do paleogeńskich skał węglanowych i mezozoicznych utworów jednostek tatrzańskich. Skały nieprzepuszczalne, głównie fliszowe, stanowią formę klina rozdzielającego te wody.

Wody termalne stwierdzone w utworach fliszowych Karpat zewnętrznych są rozpoznane punktowo. Na podstawie dotychczasowych badań można stwierdzić, że flisz zewnętrzno-karpacki jest mało perspektywnym kolektorem dla uzyskania wód termalnych w dużych ilościach i o stosunkowo niskiej mineralizacji.

Literatura

- Chowaniec J., 2003a: *Wody podziemne niecki podhalańskiej*. [w:] Współczesne problemy hydrogeologii. Tom XI, cz. 1, s. 45 – 53. Gdańsk.
- Chowaniec J., 2003b: *Wody mineralne uzdrowisk województwa podkarpackiego*. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia. Zeszyt 4. PAN IGSMiE. Kraków. s. 23-32.
- Chowaniec J., Witek K., Poprawa D., 2001: *Występowanie wód termalnych w polskiej części Karpat*. Prz. Geol., nr 8, s. 734-742.
- Górecki W., (red.), 1990: *Atlas wód geotermalnych Niżu Polskiego*. Kraków.
- Karnkowski P., Jastrzab M., 1994: *Wody geotermalne w depresji strzyżowskiej Karpat*. Przegl. Geol. nr 2/1994, s. 121-123.
- Kępińska B., 2001: *Warunki hydrotermalne i termiczne podhalańskiego systemu geotermalnego w rejonie otworu Biały Dunajec PAN-I*. Studia, Rozprawy, Monografie. Wyd. Inst. Gosp. Sur. Miner. Ener. PAN, Kraków, 93. s. 1-141.
- Majorowicz J., 1971: *Przebieg wartości stopnia geotermicznego w Polsce w przedziale głębokości 200 – 2500 m*. Kwart. Geol., t. 15, nr 4.
- Małecka D., 2003: *The thermal waters of Podhale, southern Poland: history of research, genesis and utility*. Geological Quarterly, 47, s. 195-209.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 grudnia 2001 r. w sprawie złóż wód podziemnych zaliczonych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz złóż innych kopalin leczniczych, a także zaliczenia kopalin pospolitych z określonych złóż lub jednostek geologicznych do kopalin podstawowych. Dz. U. Nr 155, poz. 1815.
- Sokołowski S., 1973: *Geologia paleogenu i mezozoicznego podłoża południowego skrzydła niecki podhalańskiej w profilu głębokiego wiercenia w Zakopanem*. Biul. Inst. Geol., 265, s. 5-74.
- Zejszner L., 1844: *O temperaturze źródeł tatrowych i pasm przyległych*. Bibl. Warsz., t. 2, s. 257-281.