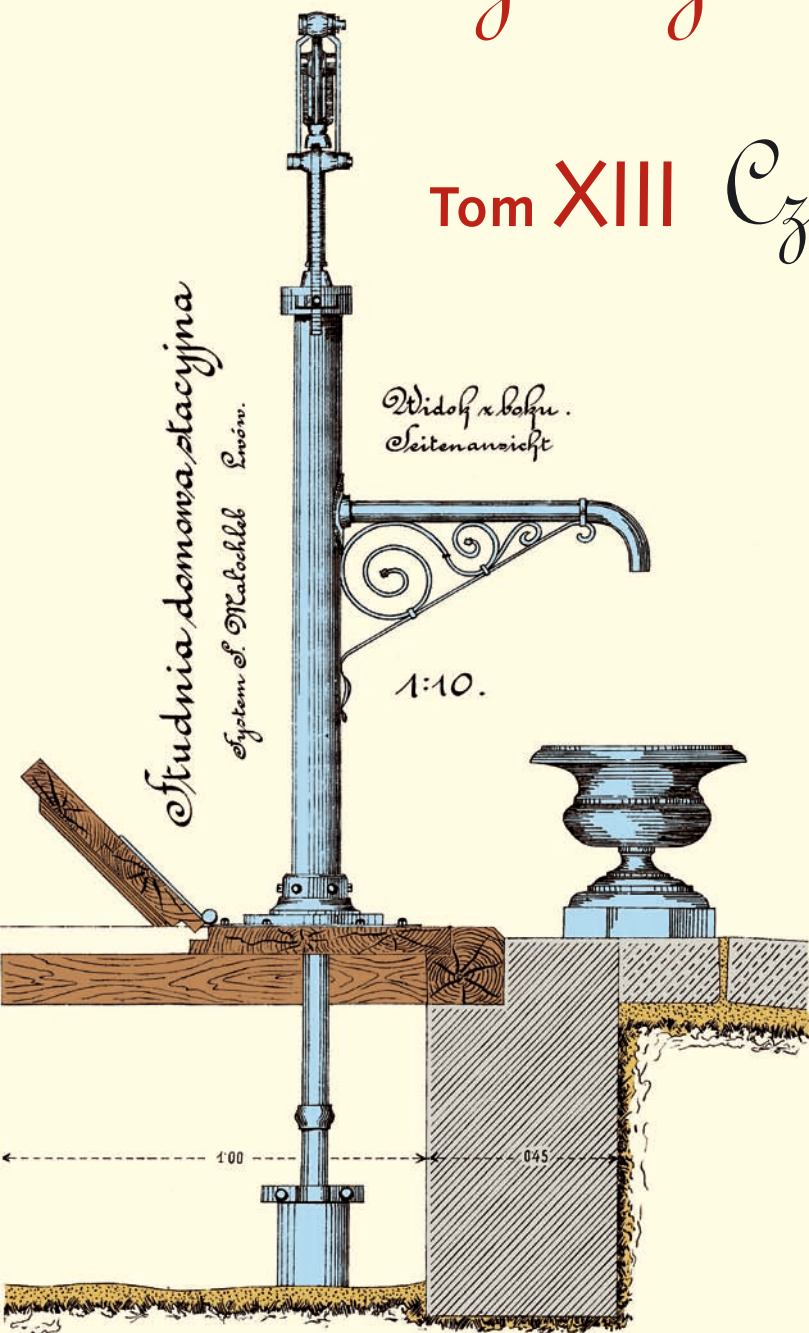


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 1.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



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 Staśko
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

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

**Danuta Reško, Bogusław Porwisz,
Antoni Schmalz**

Wody lecznicze dorzecza Popradu oraz wybrane prace i badania wód leczniczych Krynicy Zdroju

Therapeutic Waters in the River Basin of Poprad, Works and Researches of Therapeutic Waters in Krynica Spa (Polish Carpathians)

Słowa kluczowe

woda lecznicza, mineralizacja wody, składniki swoiste, zasoby eksploatacyjne, zasoby dyspozycyjne

Key words

therapeutic water, TDS of mineral waters, specific compounds of mineral waters, safe yield of water intakes, disposable resources

Abstract

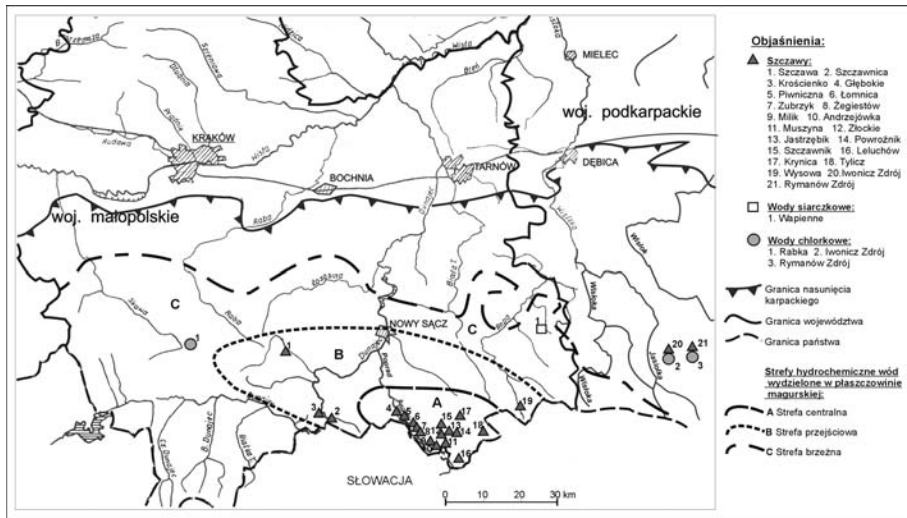
Therapeutic waters occur along with fresh water in the basin of Poprad River, within the area of the Magura Unit of the Outer Flysch Carpathians. So far 15 ledges of therapeutic waters like carbonate waters and oversaturated by carbon dioxide were recorded. Information and views referring to occurrences and safe yield of the water intakes, renewable and degradation of groundwater in this region is presented. All of these waters are useful in a health resort of therapeutics and in bottling. The most valuable are acidulous waters, which exist only in isolated regions of the Carpathians.

For drainage area Kryniczanka, somewhat border surpasses mining field of "Krynica Zdrój", it serves information inter alia about stocks of curative waters and stocks of carbon dioxide, research of isotopic waters and areas of supplying of captivation of curative waters.

1. Wody lecznicze dorzecza Popradu

1.1. Występowanie

W obrębie płaszczowiny magurskiej na podstawie występujących różnic składu jonowego, izotopowego oraz mineralizacji wód leczniczych (Węclawik 1979; Chrząstowski, Węclawik, 1986) wydzielone zostały trzy strefy hydrochemiczne: centralna, przejściowa i brzeżna. Generalnie do centralnej strefy hydrochemicznej należy obszar dorzecza Popradu od Tylicza k. Krynicy po Głębokie k. Piwnicznej (rys. 1).



Rysunek 1. Występowanie wód leczniczych w obrębie płaszczowiny magurskiej
Figure 1. Therapeutic waters in the region of Magura nappe

Jest to obszar prawobrzeżnej zlewni rzeki Poprad z udokumentowanymi zasobami wody leczniczej w 15 miejscowościach, w których wody te współwystępują z wodami zwykłymi w tych samych jednostkach litostratygraficznych. Kryteria warunkujące zaliczenie wód podziemnych do leczniczych określone są w rozporządzeniu Rady Ministrów z 14.02.2006 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 22, poz. 220). Od czasu wejścia w życie ww. rozporządzenia, wszystkie wody mineralne i swoiste są leczniczymi (?), również wody określane dawniej jako „wody o właściwościach leczniczych” oraz „wody potencjalnie lecznicze”.

Dotychczas udokumentowane złoża wód leczniczych, wyszczególnione są w ww. rozporządzeniu. Najbardziej znanymi i cenionymi z uwagi na ich walory smakowe są szczawy i wody kwasowęgłowe. Te pierwsze cechuje zawartość powyżej 1000 mg/dm^3 wolnego dwutlenku węgla. Wody kwasowęgłowe natomiast, zawierają od 250 do 999 mg/dm^3 wolnego dwutlenku węgla. Lokalizację udokumentowanych miejsc występowania wód leczniczych w utworach fliszowych Karpat przedstawiono na rysunku 1.

1.2. Budowa geologiczna

Dorzecze Popradu w granicach Polski od południa ogranicza granica państwowa ze Słowacją. Występują tutaj osady fliszowe kredy i paleogenu, w obrębie dwóch facjalnych stref: krynickiej i sądeckiej (bystrzyckiej), wchodzące w skład płaszczowiny magurskiej, która jest najbardziej wysuniętą na południe jednostką utworów fliszowych w Karpatach polskich (Golonka, Rączkowski 1981; Węclawik, Wójcik, 1991). Pomiędzy strefami facjalnymi zachodzi kontakt tektoniczny wzdłuż dyslokacji podłużnej, nazwanej przez Świdzińskiego (1971) „dyslokacją krynicką” (rys. 2, 3).

Strefę facjalną krynicką budują zespoły stratygraficzno-facjalne:

- łupki z Malinowej — kreda (turon–senon),
- warstwy szczawnickie (inoceramowe) — kreda–trzeciorzęd (senon–paleocen),
- łupki pstre — trzeciorzęd (paleocen),
- piaskowce z Życzanowa — paleocen,
- warstwy z Zarzecza — paleocen–eocen,
- piaskowce krynickie — eocen,
- piaskowce z Piwnicznej — eocen–oligocen,
- łupki menilitowe i rogowce, oligocen,
- łupki z Hanuszowa — eocen,
- piaskowce magurskie (popradzkie).

Strefę facjalną bystrzycką (sądecką), natomiast tworzą:

- łupki pstre (z Łabowej) — paleocen,
- warstwy beloweskie,
- warstwy z Maszkowic i warstwy łąckie nierozdzielone — eocen,
- łupki pstre — eocen.

Utwory czwartorzędowe reprezentowane są przez plejstocenijskie osady pochodzenia rzeczno- oraz holocenijskie aluwia rzeczne, stożki napływowe, pokrywy zwietrzelinowe i utwory osuwiskowe.

Wody lecznicze współwystępują z wodami zwykłymi w obrębie fliszowego zbiornika wód podziemnych o charakterze szczelinowym i porowo-warstwowym, głównie w obrębie warstw łąckich, warstw z Maszkowic, warstw z Zarzecza, piaskowców krynickich i piaskowców z Piwnicznej (np. Węclawik, Wójcik, 1991).

1.3. Rozpoznanie wód leczniczych typu szczaw i wód kwasowęglowych

Wody mineralne i swoiste są wodami podziemnymi, które niegdyś wydobywały się na powierzchnię w formie licznych źródeł. Wody te cechując się odmiennym smakiem i zapachem budziły zainteresowanie, często stawały się przedmiotem kultu i obrastały w legendy (Chrzastowski, Węclawik, 1986). Obecnie większość tego typu wód udostępnia się odwiertami.

Charakterystykę udokumentowanych miejsc występowania wód leczniczych w obrębie 9 obszarów górniczych zestawiono (alfabetycznie) w tabeli 1. Kropkiem pogrubionym (kol. 1) zaznaczono miejscowości o statusie uzdrowiska. W kolumnie 3 wyszczególnione zostały typy wód leczniczych z wydzieleniem anionów i kationów powyżej 20% mval/dm³. W nawiasach podano jony występujące nie we wszystkich ujęciach lub występujące okresowo.

Górnictwo zagospodarowanie dorzecza Popradu pokazano na rysunku 2. Mapa przedstawia zasięgi dziewięciu obszarów i terenów górniczych utworzonych dla złóż wód leczniczych oraz jednego dla piaskowców magurskich („Wierchomla III”). Północna i częściowo północno-wschodnia granica dorzecza Popradu to wododział III rzędu. Granicę południowo-wschodnią stanowi granica Państwa, będąca równocześnie wododziałem europejskim zlewni morza Bałtyckiego i morza Czarnego.

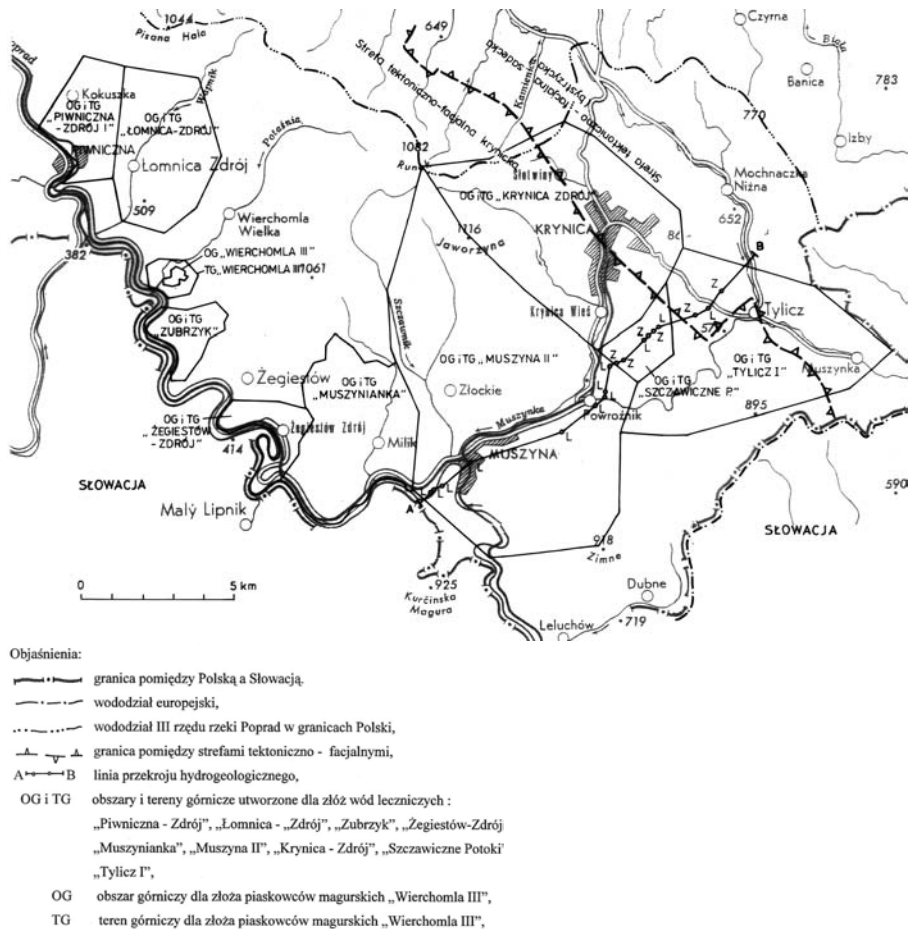
Charakterystyczną cechą wyróżniającą Dorzecze Popradu od innych rejonów Karpat jest, jak już wcześniej wspomniano, współwystępowanie wód leczniczych i zwykłych. Większość wymiany wody odbywa się w strefie głębościowej do 150 m (np. Radwan i in., 2000). Głębokości ujęć wód leczniczych (L) oraz zwykłych (Z) na linii przekroju hydrogeologicznego A–B (rys. 3) przebiegającego przez rejon intensywnej eksploatacji wód leczniczych, jak i wód zwykłych w rejonie Muszyny, Powroźnika, Krynicy Dolnej i Tylicza wynoszą od 52 do 171 m.

Krynica Zdrój jest największym uzdrowiskiem karpaccim i jednym z największych polskich uzdrowisk znanym od ponad 200 lat. Wody lecznicze ujęte są tutaj czterema odwiertami głębokimi o nazwie „Zuber”, czternastoma odwiertami płytkimi oraz czterema źródłami („Zdrój Główny”, „Jan”, „Józef” i „Słotwinka”). Wszystkie wody należą do tej samej grupy szczaw i wód kwasowęglowych, ale charakteryzują się zróżnicowaną mineralizacją oraz typem chemicznym (Ciężkowski i in., 1999; Schmalz, 2001).

Tabela 1. Charakterystyka wód leczniczych
Table 1. Characteristics of therapeutic waters

Miejscowość	Nazwa obszaru górniczego	Typy wody leczniczej	Mineralizacja wody [g/dm ³]	Składniki swoisite	Głębokości ujęć [m]
Andrzejówka	„Muszynieanka”	HCO ₃ -Mg-Na-(Ca)	1,8-2,8	CO ₂	150
Głębokie	zniesiony w 1994 r.	HCO ₃ -Na-Cl		CO ₂	około 1
Jastrzębik	„Muszyna II”	HCO ₃ -Ca-(Mg)-(Na)	1,4-2,6	CO ₂	100 do 108
Krynica Zdrój	„Krynica Zdrój”	1. HCO ₃ -Ca-(Mg)-(Na) 2. HCO ₃ -Mg-Ca 3. HCO ₃ -Na-(Mg)	1. 0,4-4,9 2. 3,8-9,8 3. 21,7-27,5	J, Fe, CO ₂	10-55, 157-500, 803-948
Krynica Dolna	„Szczawiczne”	HCO ₃ -Ca		CO ₂	57
Leluchów		HCO ₃ -Na	0,56	CO ₂	100
Łomnica Zdrój	„Łomnica-Zdrój”	HCO ₃ -Ca-(Mg)-(Na)	1,0-3,5	Fe, CO ₂	30 do 40 i do 120
Milik	„Muszynieanka”	HCO ₃ -Ca-Mg	1,1-7,1	Fe, CO ₂	60 i 120 do 150
Muszyna	„Muszyna II”	HCO ₃ -(Ca)-(Mg)-(Na)	0,6-8,8	Fe, CO ₂	12 i do 171
Piwniczna Zdrój	„Piwniczna Zdrój I”	HCO ₃ -Ca-Mg-(Na)	1,1-8,2	Fe, CO ₂	8 do 32 i do 177
Powroźnik	„Muszyna II”	HCO ₃ -Ca-(Mg)-(Na)	1,5-3,8	Fe, CO ₂	50 do 197
Szczawnik	„Muszyna II”	HCO ₃ -Na-Ca, Mg	2,6	CO ₂	
Tylicz	„Tylicz I”	HCO ₃ -Ca-(Na)-(Mg)	1,0-5,3	Fe, CO ₂	50 do 135
Złockie	„Muszyna II”	HCO ₃ -Ca-(Mg)-(Na)	1,36-7,81	Fe, CO ₂	70 do 204
Zubrzyk	„Zubrzyk”	HCO ₃ -Ca-Mg-Na	1,64	CO ₂	115
Żegiestów	„Żegiestów-Zdrój”	HCO ₃ -Mg-(Ca)-(Na)	2,6-13,4	Fe, CO ₂	60 do 300

Ogółem: W dorzeczu Popradu jest 15 miejscowości z udokumentowanymi złożami wód leczniczych typu szczaw i wód kwasowęglowych

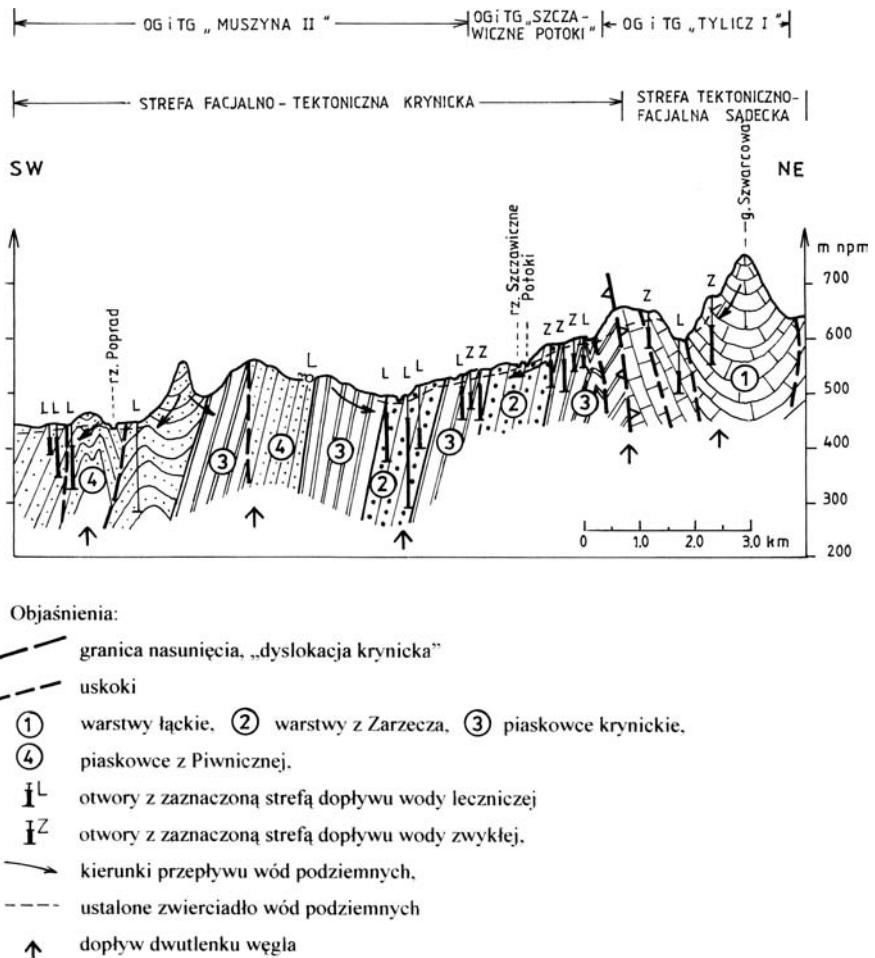


Rysunek 2. Usytuowanie obszarów i terenów górniczych w dorzeczu Popradu

Figure 2. Location of mining regions in the Poprad river basin

W **Muszynie** w latach 1920–1930 na Zapopradziu wykonano pierwsze odwierty „Antoni” i „Wanda”. Obecnie w granicach gminy zlokalizowana jest największa liczba ujęć wód wykorzystywanych dla celów rozlewnictwa. Na terenie **Złockiego** k. Muszyny, pierwszy odwiert „Złockie 1” został wykonany w 1963 r. W latach następnym odwiercono kilkanaście otworów, m.in. „Złockie 9”, w którym ujęto wodę zbliżoną do „Zuberów krynickich” (Szarek, Gorczyca, 2001).

Piwniczna Zdrój stała się popularną miejscowością letniskową w latach 1932–1934 po wykonaniu pierwszych dwóch otworów „Piwniczanka 1” i „Piwniczanka 2”. Obecnie jest tutaj dziewięć eksploatowanych ujęć wody leczniczej (Rajchel, 2005).



Rysunek 3. Przekrój hydrogeologiczny przez dorzecze Popradu (Świdziński, 1971)

Figure 3. Hydrogeological cross-section through the Poprad river basin (Świdziński, 1971)

Żegiestów Zdrój położony jest na wysokim brzegu Popradu, w malowniczym wąwozie górskim. W 1869 roku ujęte zostało źródło „Anna”, z którego woda udostępniana jest w pijalni zdrojowej. Ponadto znajdują się tutaj cztery ujęcia otworowe, ale aktualnie czynny jest tylko jeden otwór „Zofia” w sanatorium „Wiktor”.

W dorzeczu Popradu poza opisanymi uzdrowiskami prawie w każdej miejscowości istnieją punkty zdrojowe znane od setek lat, m.in. źródło „Kinga” w sołectwie **Głębokie** k. Piwnicznej. Źródło zostało odkryte w 1877 roku a dziesięć lat później ustanowiony został obszar ochrony górniczej w kształcie koła o promieniu 1000 m.

Kilkanaście źródeł występujących w **Łomnicy** („źródła górne i dolne”), opisywano już około 1863 roku. W 1910 roku kilka z nich ujęto w ogólnodostępne źródła. W Łomnicy znajduje się także kilkanaście niezagospodarowanych otworów wiertniczych.

Wody mineralne **Wierchomli** już w 1936 roku posiadały ustaloną granicę ochrony górniczej, ale obecnie Wierchomla należy do tych nielicznych miejscowości w dorzeczu Popradu, w której wody lecznicze udostępnione są tylko w prowizorycznie zagospodarowanych źródłach.

Należy zauważyć, że szczawy i wody kwasowęglowe występują we wszystkich miejscowościach prawobrzeżnej zlewni Popradu (w granicach Polski) od Tylicza k. Krynicy (wododział europejski) po Głębokie k. Piwnicznej. W niewymienionych wcześniej miejscowościach: Mochnaczką, Muszynką, Wojkową, Kokuszką wody te znane są z naturalnych źródeł mineralnych.

1.4. Zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych

Zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych w poszczególnych miejscowościach dorzecza Popradu były dokumentowane a także aktualizowane na podstawie wieloletnich pomiarów stacjonarnych (np. Ciężkowski i in., 1999; Radwan i in., 2000).

W tabeli 2 podano informacje o zasobach eksploatacyjnych wody leczniczej i zwykłej w miejscowościach uzdrowiskowych. Łącznie zasoby eksploatacyjne wody leczniczej w dorzeczu Popradu wynoszą obecnie około $182 \text{ m}^3/\text{h}$. W ciągu ostatnich 10 lat udokumentowano tu dodatkowo prawie $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

Wody podziemne dorzecza Popradu są pochodzenia infiltracyjnego. Przenikając w głąb z obszarów zasilania napotykać na migrujący od dołu niezależnie dwutlenek węgla, nasycają się, wzbogacają swój skład w rozpuszczone składniki mineralne i powodują tworzenie się wód kwasowęglowych i szczaw. Pogląd ten jest powszechnie przyjmowany (np. Świdziński, 1971; Węclawik, 1991).

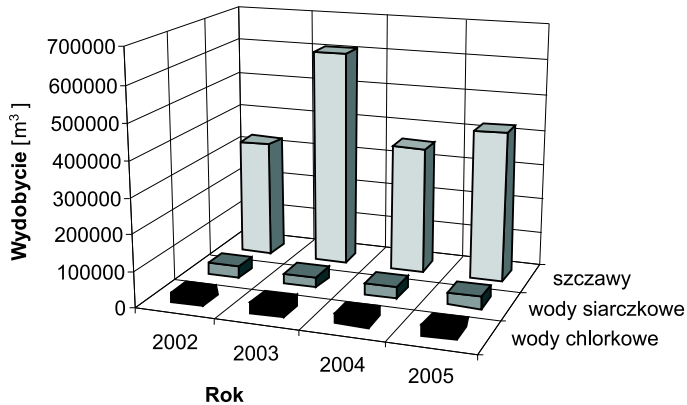
Lecznicze wody siarczkowe i chlorkowe zagospodarowywane są wyłącznie w balneologii. W największej ilości eksploatowane są szczawy (rys. 4).

Z całkowitego wydobycia w balneologii wykorzystuje się tylko ok. 15% szczaw. Pozostałe wody przeznaczają się do butelkowania. Do 1992 roku funkcjonowały 3 rozlewnie wód mineralnych w uzdrowiskach Krynica Zdrój, Muszyna i Piwniczna Zdrój. Obecnie w dorzeczu Popradu znajduje się 14 nowoczesnych rozlewni naturalnych wód mineralnych.

Na opisywanym terenie istnieje około 170 otworów, którymi ujęto lub zbadały wody lecznicze lub wody zwykłe na głębokościach dochodzących często do 200 m a sporadycznie więcej.

Tabela 2. Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych
Table 2. Safe yield of groundwater intakes

Miejscowość	Nazwa obszaru i terenu górniczego	Liczba ujęć wód leczniczych	Zasoby ujęć wód leczniczej od-do [m ³ /h]	Ogółem zasoby wód leczniczych [m ³ /h]	Liczba ujęć wód zwykłych	Zasoby ujęć wód zwykłej od-do [m ³ /h]
Andrzejówka	„Muszynianka”	4	0,9–7,2	14,6	3	0,85–3,80
Głębokie	zniesiony w 1994r.	2	0,21	0,21	0	—
Jastrzębik	„Muszyna II”	4	0,6–2,2	3,0	0	—
Krynica Zdrój	„Krynica Zdrój”	23	0,23–6,6 Zubery 0,1–0,2	29,74 0,782	4	3,0–18,0
Krynica Dolna	„Szcawiczne”	1	1	1,5	6	0,7–4,8
Leluchów	nie ma	1	0,4	0,4	3	—
Łomnica Zdrój	„Łomnica Zdrój”	7	0,68–5,1	15,43	5	1,2–2,2
Milik	„Muszynianka”	5	0,78–3,9	10,62	4	1,5–3,5
Muszyna	„Muszyna II”	12	0,1–6,0	22	4	1,2–4,5
Piwniczna Zdrój	„Piwniczna Zdrój I”	9	0,9–2,7	24,95	7	0,6–2,0
Powroźnik	„Muszyna II” , „Tylicz I”	9	1,0–5,9	28,0	3	1,05–8,0
Szcawnik	„Muszyna II”	2	0,4–1,0	1,4	1	—
Tylicz	„Tylicz I”	2	3,0–5,0	8,0	9	1,4–9,22
Złockie	„Muszyna II”	10	0,04–4,5	11,8	7	2,1–8,2
Zubrzyk	„Zubrzyk”	1	4,6	4,6	4	2,46–5,0
Żegiestów	„Żegiestów Zdrój”	4	0,5–3,0	4,9	5	—
Ogółem:	W dorzeczu Popradu jest 9 obszarów i terenów górniczych utworzonych dla złóż wód leczniczych typu szczaw i wód kwasowę- głowych o łącznej powierzchni 182,1 km ²					



Rysunek 4. Wydobywanie karpaccy wód leczniczych w latach 2002–2005 (Porwisz i in., 2006a)

Figure 4. Production of Carpathian therapeutic waters in 2002–2005 (Porwisz et al., 2006a)

Przy tak dużej koncentracji ujęć zlokalizowanych na powierzchni ograniczonej zazwyczaj do dolin rzecznych Popradu i Muszyny, bądź ich dopływów, może wystąpić zjawisko wysładzania się wody oraz spadku stężenia CO_2 w wodzie. Pierwsze oznaki tych niekorzystnych zmian można już zauważyć w obrębie całego opisywanego terenu dorzecza Popradu.

1.5. Zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych

Zasoby odnawialne i dyspozycyjne dotychczas były bilansowane w różnych okresach i często w zająających się rejonach zlewni cząstkowych dorzecza Popradu. W 1974 roku po raz pierwszy zostały ustalone zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych zwykłych w dokumentacji hydrogeologicznej regionalnej dorzecza Popradu (Kurdziel, Kowalski, 1974). Ocena zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych (wówczas nosiły one nazwę zasobów dynamicznych i eksploatacyjnych w kat. C) dotyczyła wód podziemnych w ogólności, bez podziału na wody zwykłe i lecznicze (tab. 3, 4). Oszacowany najniższy moduł zasobów odnawialnych $2,5 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ odnosi się do rejonu Tylicza i powiększa się z biegiem Popradu do $5,0 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ w rejonie Piwnicznej.

W późniejszych opracowaniach przyjmowane są znacznie wyższe wartości, nawet do $7,8 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ dla zlewni Kryniczanki oraz $5,68 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ dla zlewni Muszyny (tab. 3, Poprawski i in., 1997; Ciężkowski i in., 1999).

W tabeli 3 na podstawie opracowań archiwalnych podano dotychczasowe rezultaty badań i obliczeń modułu odpływu podziemnego, który można utożsamiać z modułem zasobów odnawialnych w wydzielonych zlewniach dorzecza Popradu.

Tabela 3. Odpływ podziemny w dorzeczu Popradu
Table 3. Underground runoff in the Poprad river basin

Rok	Autor, instytucja	Zlewnia	Odpływ podziemny całkowity $\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$	Uwagi
1970	T. Kiciński	Poprad po Muszynie Poprad po Stary Sącz	4,05 4,64	
1975	J. Punzet	Poprad po Muszynie Poprad po Stary Sącz	2,38 3,39	
1974	J. Kurdziel, J. Kowalski Przedsiębiorstwo Geologiczne Kraków	Dorzecze Popradu	2,5 do 5,0	
1997	L. Poprawski i in. Hydrogeo LTD Wrocław	Krynica po Krynicy Muszyna po Muszynie Poprad po Muszynie Poprad po Muszynie-Milik Poprad po Piwnicznej Poprad po Stary Sącz	7,83 5,68 5,51 5,68 5,91 6,04	odpływ podziemny określony metodą Wundta
1999	W. Cieżkowski i in. Politechnika Wrocławska	Krynica (dopływ Muszynki)	0,5 do 11,6 śr. 6,9	wg pomiarów terenowych
1999	W. Cieżkowski i in. Politechnika Wrocławska	Krynica (dopływ Muszynki)	3,0 do 3,5	wg badań regionalnych
2002	B. Potwisz, J. Kowalski Przedsiębiorstwo Geologiczne Kraków	Dorzecze Popradu od Tylicza po Piwniczną (z wyłączeniem Krynicy)	2,5 do 5,0	wg mapy odpływu podziemnego średniego wieloletniego Górnicy Wisły po Zawichost

Tabela 4. Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych
Table 4. Disposable resources of groundwater

Obszar dokumentowany Wykonawca dokumentacji	Wody zwykłe		Wody lecznicze i potencjalnie lecznicze		Rok wydania decyzji	Uwagi
	Powierzchnia obszaru zasobowego [km ²]	Zasoby dyspozycyjne [m ³ /d]	Powierzchnia obszaru zasobowego [km ²]	Zasoby dyspozycyjne [m ³ /d]		
Gminy Uzdrawiskowe Krynica, Muszyna, Piwniczna Hydrogeo LTD Wrocław — 1997	328,5	47 425,5	43,5	3986,5	1998	
Zlewnia rzeki Krynicy Politechnika Wroclawska — 1999	25,336	3397,8	17,865	1378,1	2001	
Dorzecze Popradu Przedsiębiorstwo Geologiczne Kraków — 1974	551,4	47 389,0	—	—	1978	dotyczy zasobów eksploatacyjnych w kat. „C” określanych obecnie jako dyspozycyjne
Dorzecze Popradu (z wyłączeniem zlewni Krynicy) Przedsiębiorstwo Geologiczne Kraków — 2002	—	—	63,0	4 059,0	2003	

Pierwszy raz ustalenie zasobów dyspozycyjnych wody leczniczej i o właściwościach leczniczych dotyczyło gmin uzdrowiskowych Krynica, Muszyna, Piwniczna (Poprawski i in., 1997). Zasoby dyspozycyjne tych wód oszacowano na $3986,5 \text{ m}^3/\text{d}$ dla siedemnastu wydzielonych obszarów zasobowych, obejmujących rejon występowania wód leczniczych i o właściwościach leczniczych o łącznej powierzchni $43,5 \text{ km}^2$ (tab. 4).

Zasoby dyspozycyjne szacowano „biorąc za punkt wyjścia relację ilościową sumarycznej wielkości wydajności naturalnych źródeł mineralnych występujących w określonych obszarach bilansowych do sumarycznej wydajności otworów, w których rozpoznano wystąpienia tego rodzaju wód” (Poprawski i in., 1997). Wartości modułów zasobów odnawialnych (tab. 3), na obszarze obejmującym część zlewni Popradu po Muszynę i Milik wydają się być znacznie zawyżone.

Drugi raz zasoby dyspozycyjne oszacowane zostały dla zlewni Kryniczanki, dla wód zwykłych, na $3398 \text{ m}^3/\text{d}$, zaś wód o właściwościach leczniczych, na $1378 \text{ m}^3/\text{d}$ (Ciężkowski i in., 1999).

Kolejny raz zasoby dyspozycyjne oszacowano w 2002 r. Dokonano powiększenia obszarów zasobowych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych wyznaczonych przez Poprawskiego i in. (1997) do $63,5 \text{ km}^2$, uwzględniając nowo rozpoznane rejon w dorzeczu Popradu (Porwisz i in., 2002). Dla potrzeb dokumentacji hydrogeologicznej J. Kowalski opracował izoliniową mapę odpływu podziemnego średniego wieloletniego, która objęła m.in. obszar Karpat i zapadliska przedkarpackiego (Porwisz i in., 2002a). Według tej mapy moduł odpływu podziemnego zasobów odnawialnych (średniego wieloletniego) zmienia się w dorzeczu Popradu od $5,0 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ w rejonie Piwnicznej do $2,5 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ w rejonie Tylicza.

Dokonana metodą wskaźnikową ocena zasobów odnawialnych jest zalecana w poradniku metodycznym dotyczącym oceny zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych, „dla obszarów górskich, gdzie trudno stwierdzić przebieg lub ciągłość w rozprzestrzenieniu warstw wodonośnych oraz zdefiniować model rozprzestrzenienia warstw wodonośnych i warunki krążenia wód podziemnych” (Paczyński, 2002).

Do najbardziej wodonośnych utworów w dorzeczu Popradu zaliczono piaskowce z Piwnicznej, piaskowce krynickie, warstwy z Życzanowa, warstwy z Maszkowic i warstwy łąckie, dla których przyjmowano moduł zasobów dyspozycyjnych w wysokości 35% zasobów odnawialnych. Na obszarach współwystępowania wód zwykłych z wodami leczniczymi i potencjalnie leczniczymi dokonano rozdziału wyznaczonych zasobów dyspozycyjnych w oparciu o analizę wyników długoletniej eksploatacji. Uznano, że w obrębie obszarów zasobowych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych wody te stanowią od 60% do 70% wyznaczonych zasobów dyspozycyjnych ogó-

łem. Zasoby dyspozycyjne tych wód dla dorzecza Popradu (z wyłączeniem zlewni Kryniczanki) wynoszą 4059 m³/d.

Zagadnieniem hydrogeologicznym dorzecza Popradu budzącym od 10 lat kontrowersje są zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych w ogólności, które niezależnie od metody (modelowanie, bądź metoda wskaźnikowa) były punktem wyjścia do ustalenia zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych. Zadanie to jest trudne do wykonania między innymi z uwagi na współwystępowanie w dorzeczu Popradu wód zwykłych i leczniczych w obrębie tych samych jednostek geologicznych i hydrograficznych. Mamy więc do czynienia nie ze złożami wód leczniczych, ale ze złożami współwystępujących wód leczniczych i zwykłych dorzecza Popradu.

Wyniki dotychczasowego rozpoznania upoważniają do przyjęcia za pewnik, że na całym obszarze dorzecza Popradu współwystępują wody lecznicze i wody zwykłe, które powinny być dokumentowane łącznie a bilansowane w zlewniach hydrograficznych, w obrębie których znajdują się również obszary zasilania ujęć. Zwolennikami takich rozwiązań są m.in. Szczepański i Szklarczyk (2004).

Przy ocenie zasobów dyspozycyjnych dorzecza Popradu w wysokości łącznej 47 389 m³/d (Kurdziel, Kowalski, 1974) na wody lecznicze przypada 5 437,5 m³/d (11,5%), a na wody zwykłe 41 952 m³/d (88,5%). W ogólnym bilansie zasobów dyspozycyjnych, wody lecznicze i potencjalnie lecznicze w dorzeczu Popradu stanowią 11,5% zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych.

1.6. Podsumowanie

Rejon centralnej strefy hydrochemicznej charakteryzuje współwystępowanie wód słodkich i mineralnych, z których zasadnicza większość zaliczona została do wód leczniczych. Historia eksploatacji tych wód sięga XVI wieku. Początkowo zagospodarowywano wyłącznie wody wydobywające się na powierzchnię za pomocą źródeł. Obecnie zasadniczą rolę w eksploatacji wód pełnią ujęcia wiercone. Jednym z wielu walorów dorzecza Popradu są wody lecznicze. Rozpoznanie występowania wód leczniczych w ostatnich 15 latach, wiąże się głównie z wierceniami dla potrzeb rozlewnictwa.

Po 1992 r. w dorzeczu Popradu dla dynamicznie rozwijającego się przemysłu rozlewniczego powstały nowe obszary górnicze: „Tylicz”, „Łomnica”, „Zubrzyk”, „Muszynianka”, „Szczawiczne” (rys. 2, tab. 1).

W obrębie wszystkich obszarów górniczych ma miejsce duża koncentracja ujęć zlokalizowanych zazwyczaj na powierzchni ograniczonej do ścisłej doliny rzeki Poprad, bądź jej dopływów. Taki stan stanowi potencjalne zagrożenie wysładzania się wody oraz możliwość spadku stężenia CO₂ w wodzie.

Pierwsze oznaki tych niekorzystnych zmian można już zauważyć w obrębie całego opisywanego terenu. W związku z tym wydaje się konieczna weryfikacja zasobów dyspozycyjnych wód zwykłych i leczniczych, ale przy założeniu niższych modułów zasobowych dla dorzecza Popradu.

2. Wybrane prace i badania wód leczniczych w Krynicy Zdroju

W niniejszym rozdziale przedstawione zostały niektóre prace i badania dotychczas wykonane, których celem było zaktualizowanie zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych zlewni Kryniczanka.

Podstawą działalności uzdrowiskowo–przyrodoleczniczej w Krynicy, od czasu jej założenia (1793 r.), pierwotnie jako zdrojowiska, a współcześnie jako uzdrowiska, są miejscowe wody mineralne. Są to szczawy o różnym stopniu nasycenia bezwodnikiem kwasu węglowego i o różnicowanej mineralizacji.

W pierwszym stuleciu zdrojowisko funkcjonowało w oparciu o wody źródeł naturalnych. Początek uzdrowisku Krynica dał „Zdrój Główny”. W XIX w. zewidencjonowanych było 17 źródeł, spośród których: „Jan”, „Józef” i „Słotwinka” rozślawiały wówczas krynickie zdrojowisko i nic nie utraciły ze swoich walorów do chwili obecnej.

Pomyślne efekty leczenia wodami mineralnymi, wielki rozwój polskiej balneologii oraz obiecujące prognozy dla Krynicy, skłoniły zarząd uzdrowiska do poszukiwania nowych zasobów oraz do rozpoznania tutejszego złoża. Na przełomie XIX i XX w., dzięki ekspertyzom i sugestiom prof. Rudolfa Zuberera, przystąpiono do głębinowego rozpoznania lokalnych warunków hydrogeologicznych. W latach 1912–1933 pod naukowym nadzorem profesorów Wojciecha Rogali i Jana Nowaka wykonano 12 odwiertów. Dostarczyły one zdrojowisku niezbędną ilość surowca, o znacznym urozmaiceniu składu fizyczno-chemicznego wód. We wszystkich otworach napotkano szczawy (jak już wspomniano wyżej, wody o zróżnicowanej mineralizacji oraz o różnym stopniu nasycenia dwutlenkiem węgla). Uzyskano ogromne bogactwo informacji do określenia budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych. Prof. Nowak opublikował „Geologję Krynicy” (Kosmos–Lwów 1924 r.) oraz sporządził pierwszą szczegółową mapę geologiczną Krynicy.

Materiał z tamtych wierceń raz jeszcze poddano dokładnemu przebadaniu w okresie powojennym. Obszar Krynicy objęto szczegółowym zdjęciem kartograficznym. Oba rodzaje badań przeprowadził zespół naukowców z AGH w Krakowie pod kierunkiem prof. Henryka Świdzińskiego, a wyniki całości prac stały się podstawą do wykonania nowej mapy geologicznej Krynicy i Słotwin w skali 1:25 000, opublikowanej wraz z dokumentacją naukowo-techniczną źródeł mineralnych Krynicy w roku 1953.

Prace wiertnicze i geologiczne oraz opróbowanie odwiertów B-1, B-2, Z-3, Z-4, Nr 14, Nr 18, Nr 19, Nr 20, Nr 21, Nr 25 i Nr 27, a także 14 płytkich otworów wykonanych w latach 1960–1975, w celu szczegółowego rozpoznania warunków zasilania źródła „Jan”, przysporzyły nowych informacji z zakresu tutejszej geologii i znacznie poszerzyły znajomość warunków hydrogeologicznych złoża wód leczniczych Krynicy i okolic.

W latach 1996–1999 opracowana została „Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i dwutlenku węgla (jako kopaliny towarzyszącej) ze złoża w Uzdrowisku Krynica oraz ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (zwykłych oraz leczniczych i o właściwościach leczniczych) w zlewni Kryniczanki” (Ciężkowski i in., 1999). Zawarto w niej nie tylko wszystkie dotychczasowe informacje z zakresu budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w ujęciu historycznym, lecz ponadto dokonano interpretacji wyników 40 lat badań stacjonarnych, prowadzonych w latach 1960–2000 oraz interpretację wyników pomiarów wykonanych w czasie opracowywania omawianej dokumentacji (z zastosowaniem najnowocześniejszego sprzętu pomiarowego; niejednokrotnie były to prototypy urządzeń pomiarowych, wykonanych dla potrzeb specyfiki pomiarowej wód nagazowanych). Dokumentacja ta ma fundamentalne znaczenie dla dalszego funkcjonowania uzdrowiska Krynica. Ma również podstawowe znaczenie naukowe dla innych badań i opracowań naukowych z zakresu hydrogeologii szczaw karpackich.

W trakcie dokumentowania ww. materiałów przeprowadzone zostały prace badawcze, których zakres znacznie przekroczył wymagania, jakie winny spełniać dokumentacje hydrogeologiczne. Niektóre z tych prac opisane zostały w kolejnych podrozdziałach.

2.1. Badania izotopowe

Na podstawie **badania izotopowych** i interpretacji składników izotopowych określono obszary zasilania i genezę wód leczniczych. W Krynicy (Zuber i in., 1999) i w Tyliczu (Porwisz i in., 1999), zastosowano metodę lokalną, wykorzystując składy izotopowe wód z dwu, lub trzech ujęć, dla których można było stosunkowo dobrze określić przypuszczalne wysokości położenia obszarów zasilania, i które znajdowały się w pobliżu ujęć z szukanymi obszarami zasilania. Pokazano także składy izotopowe innych wód badanych wcześniej w celu wyznaczenia efektu wysokościowego (Ciężkowski, Zuber, 1994, 1995).

Wyjątkowo silna anomalia składu izotopowego wody pobranej z ujęcia na Jaworzynie nie podlega dyskusji. Szczególnie dobrze jest ten efekt widoczny dla ujęć znajdujących się blisko wysokich szczytów. Wydaje się, że jedynym rozsądnym jego wytłumaczeniem jest założenie, że większość najwyższych położonych ujęć jest słabo zasilana w okresie zimowym w wyniku okresowego

zamarzania przypowierzchniowej warstwy ziemi. Tak więc opady zimowe, o najbardziej ujemnych wartościach delt (najlżejsze izotopowo), mają utrudnioną infiltrację w tych okresach, a wskutek tego średnie roczne wartości składów izotopowych wody podziemnej są przesunięte w kierunku cięższych izotopowo wartości (mniej ujemne delty) w stosunku do średniego rocznego składu wody opadowej. Takie założenie oznacza, że ujęcia z wysoko położonymi obszarami zasilania mogą mieć składy izotopowe cięższe niż ujęcia z pośrednimi wysokościami obszarów zasilania. Oznacza to również, że najlżejsze składy izotopowe wód z odwiertów mogą wynikać nie z zasilania w pobliżu szczytów wyniesień, lecz z domieszki starszych wód opadowych zimnego klimatu, tzw. wód glacialnych (Grabczak, Zuber, 1983).

Lokalny sposób wyznaczenia efektu wysokościowego dał w przypadku źródeł mineralnych Krynicy sensowne wysokości położenia obszarów zasilania. Należy jednak stwierdzić, że zwłaszcza w przypadku odwiertów, efekt wysokościowy nie jest jednoznaczny. Tylko w niektórych przypadkach można wysuwać uzasadnione hipotezy i to jedynie w połączeniu z wiekami trytowymi.

Najcięższe izotopowo są wody ze źródeł przy ul. Słonecznej i z odwiertu Nr 8, które mają prawdopodobnie najniżej położone obszary zasilania. Metoda lokalna daje dla Nr 8 wysokość ok. 645 m n.p.m., podczas gdy rzędna odwiertu wynosi 646 m n.p.m. Być może tak ciężki skład izotopowy jest rezultatem nie tylko lokalnego zasilania, ale także małej domieszki wody nieinfiltracyjnej, za czym przemawia podwyższona, jak na warunki kryniczkie, zawartość chlorków (ok. 25 mg/dm³).

Wody z odwiertów 18, 25 i 27, a w szczególności z 10, mają składy izotopowe tak lekkie, że według obu metod interpretacyjnych pochodzą z wysokości przewyższających najwyższe sąsiadujące wzniesienia, a więc wynikają głównie z efektu klimatycznego, tzn. z zasilania w końcowym okresie ostatniego zlodowacenia. Podobnie wody z odwiertów 9 i 14 mają prawdopodobnie także składową glacialną. W przypadku odwiertu „Mieczysław” (14), alternatywą jest możliwość zasilania przez infiltrację brzegową z Kryniczanki.

Położenia obszarów zasilania poszczególnych ujęć można próbować znaleźć ze średnich wysokości oszacowanych z efektu wysokościowego. I tak, obszar zasilania źródeł przy ul. Słonecznej znajduje się bezpośrednio nad miejscami wypływu, na południowo-zachodnim stoku Góry Parkowej. Dla „Jana” obszar zasilania składowej z trytem zaczyna się blisko ujęcia, co razem z krótkim czasem przepływu świadczy o podatności tego ujęcia na zanieczyszczenia antropogeniczne. Podobnie położony obszar zasilania mają źródło „Józef” oraz odwierty 1 i 7. Dla Zdroju Głównego składowa z trytem pochodzi z zasilania na zachodnim zboczu Góry Parkowej, a składowa bez trytu pochodzi ze znacznie dalszej odległości, przypuszczalnie z kierunku góry Szalone. Otwór 6 ma obszar zasilania składowej trytowej w bezpośrednim swoim sąsiedztwie od strony północnej.

W przypadku źródła „Słotwinka”, tryt wskazuje na istnienie lokalnej składowej zasilania, wynoszącej ok. 20% i mającej niski wiek, a więc podatnej na zanieczyszczenia. Natomiast skład izotopowy wody sugeruje położenie głównego obszaru zasilania w znacznej odległości, przypuszczalnie na południowo-zachodnich stokach Hawrylakówki.

2.2. Stan zasobów dyspozycyjnych zlewni Kryniczanki

Stan zasobów dyspozycyjnych zlewni Kryniczanki zaktualizowano w oparciu o obowiązujące zasoby dyspozycyjne wód o właściwościach leczniczych (ustalone w 1997 roku — Poprawski i in.). Zasoby ustalono w ramach dokumentowania zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych (zwykłych i leczniczych) na obszarze Gmin Uzdrowskich Krynica, Muszyna i Piwniczna w ówczesnym województwie nowosądeckim oraz w oparciu o własne metody przyjęte przez autorów omawianej dokumentacji.

Zasoby wód leczniczych złoża Krynica mają głównie pochodzenie infiltracyjne i tworzą wspólny system krążenia z wodami zwykłymi. Bilans wód niezbędny do oceny zasobów wykonano wspólnie dla całego systemu krążenia wód. W tym celu przeprowadzono następujące badania i pomiary:

- zdjęcie hydrogeologiczne szczegółowe zlewni Kryniczanki połączone z inwentaryzacją wszystkich przejawów występowania wód podziemnych;
- pomiary hydrologiczne w wytypowanych zlewniach cząstkowych w celu oceny odpływu podziemnego i jego zróżnicowania w obrębie zlewni;
- badania izotopowe w celu rozpoznania czasów wymiany wód podziemnych i dla oceny położenia obszarów zasilania wód leczniczych.

2.3. Zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i dwutlenku węgla

Zweryfikowano zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i CO₂ w oparciu o dotychczasowe wyniki wieloletnich pomiarów i obserwacji oraz wykonanych w okresie opracowania omawianej „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i dwutlenku węgla (jako kopaliny towarzyszącej) ze złoża w Uzdrowisku Krynica oraz ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (zwykłych oraz leczniczych i o właściwościach leczniczych) w zlewni Kryniczanki” (Ciężkowski i in., 1999).

Podstawą badań wykonanych dla weryfikacji zasobów wód leczniczych eksploatowanych ze źródeł były:

- Interpretacja gromadzonych systematycznie obserwacji stacjonarnych obejmujących pomiary wydajności, temperatury, zawartości wodororo-

węglanów HCO_3^- oraz dwutlenku węgla CO_2 rozpuszczonego w wodzie — interpretacja ta prowadzona była pod kątem zmienności parametrów eksploatacyjnych oraz powiązania tych zmian z wpływem warunków zewnętrznych, naturalnych i antropogenicznych na jakość i zasoby wód leczniczych. Dane podstawowe obejmujące całość pomiarów z lat 1966 do 1998 znajdują się w komputerowej bazie danych.

- Ustalony reżim gazowy źródeł — wcześniejsze badania dotyczyły tylko wybranych aspektów tego zagadnienia. Oznaczano systematycznie gazy rozpuszczone w wodzie przez wytrząsanie w aparacie typu karat, przeliczając uzyskane rezultaty na rozpuszczony CO_2 w mg/dm^3 (BN-74/9561-03). Praktycznie nie oznaczano zawartości innych gazów rozpuszczonych w wodzie ze źródeł.

Postanowiono więc scharakteryzować następujące elementy reżimu gazowego wód:

- Wykładnik gazowy wody rozumiany jako ilość gazów spontanicznie wydzielających się z wody na wypływie ze źródła — gazy wydzielające się spontanicznie z wody chwytało bez styczności z atmosferą, utrzymując jednocześnie normalny wypływ wody ze źródła, przy mniejszych ilościach przez wypór wody w cechowanej odwróconej butelce stanowiącej naczynie Mariotte'a. Przy większym natężeniu przepływu gazu jego wydatek mierzono specjalistycznym gazomierzem. Przykładowy pomiar w źródle „Zdrój Główny” ilustruje rysunek 5.



Rysunek 5. Pomiar natężenia przepływu gazu w źródle „Zdrój Główny”

Figure 5. Gas flow rate measurement in the „Zdrój Główny” spring

- Skład chemiczny gazów spontanicznie wydzielających się z wody na wypływie ze źródła — próbki gazów do analizy pobierane były bez styczności z atmosferą do pipet szklanych i/lub do odwróconych butelek typu PET wypełnionych wcześniej całkowicie wodą ze źródła.

- Zawartość dwutlenku węgla rozpuszczonego w wodzie decydującego o przynależności wód źródłanych do szczaw lub wód kwasowęglowych — zawartość CO_2 oznaczono klasyczną metodą stosowaną do szczaw, tzn. za pomocą aparatu karat (BN-74/9561-03).
- Zawartość w wodzie siarkowodoru i siarczków występujących w śladowych ilościach, ale decydujących o walorach smakowych i zapachowych wody — zawartość tę oznaczano w próbkach wody pobranych w terenie z dodatkiem octanu kadmu. Wyniki analiz zawiera tabela 5.

Wszystkie ww. pomiary i pobór próbek wykonano równocześnie, co pozwoliło interpretować wyniki w sposób jednoznaczny, bez wątpliwości dotyczących wpływu zmiennego reżimu źródła na rezultaty z różnych okresów czasu. Ponadto w terenie, bezpośrednio u źródła, bez kontaktu badanej wody z atmosferą, zostały wykonane pomiary szybkozmiennych cech fizykochemicznych wody. Pomiary te wykonano równoległe z badaniami reżimu gazowego bezpośrednio u źródła. Obejmowały one (oprócz ww. zawartości rozpuszczonego CO_2 i H_2S) oznaczenie potencjału utleniająco-redukcyjnego (Eh), odczynu wody (pH), zasadowości (HCO_3^-) oraz dodatkowo przewodność elektrolityczną właściwą (PEW). Na wypływie określono także własności organoleptyczne wody (smak i zapach na zimno).

Powyższe badania, wydajność wody oraz stopień trwałości jej cech fizykochemicznych i bakteriologicznych pozwoliły na weryfikację zasobów eksploatacyjnych źródeł.

Wydatek źródeł zmienia się zgodnie z naturalnym rytmem wynikającym z warunków przyrodniczych. Zasoby eksploatacyjne wody określono w tej sytuacji jako wartość średnią z okresu obserwacji, który uznano za reprezentatywny. Było to dziesięciolecie 1989–1998.

Na tej podstawie określono charakterystykę naturalnej zmienności sezonowej wydatku źródła oraz wartość gwarantowaną przez 90% czasu eksploatacji. Jest to istotna gwarancja dla właściciela koncesji, pozwalająca mu planować zagospodarowanie wód leczniczych. Natomiast jest oczywiste, że może on zagospodarowywać ilość wody większą od tak określonych zasobów eksploatacyjnych źródła, jeśli wynika to z wykorzystania nadmiaru wód samoczynnie wypływających ze źródła, a parametry jakościowe spełniają odpowiednie kryteria.

Określono także granice sezonowej zmienności zasobów eksploatacyjnych zdefiniowane na wykresach probabilistycznych w granicach od 1% (wydatek minimalny) do 99% (wydatek maksymalny). Wartości te wpisano do wniosku zasobowego.

W trakcie badań hydrodynamicznych prowadzonych w latach 1998 i 1999 szczegółowo obserwowano oddziaływanie wzajemne eksploatacji w odwiertach i źródłach. Nie stwierdzono w sposób nie budzący wątpliwości wpływu eksploatacji wód odwiertami na zmiany wydajności źródeł wód leczniczych.

Tabela 5. Zawartość gazów w ujęciach wód leczniczych w Krynicy Zdroju
Table 5. Gas contents in the therapeutic water intakes in Krynica Spa

Lp.	Odwiert	Gazy wolne wydzielające się na wypływie z ujęcia			Gazy kwaśne rozpuszczone w wodzie	
		Azot [% obj.]	Metan [% obj.]	Dwutlenek węgla [% obj.]	Dwutlenek węgla [mg/dm ³]	H ₂ S + S ₂ ⁻ [mgS/dm ³]
1.	Zród Główny	0,768	—	99,232	2,300	0,00
2.	Jan B	58,548	3,730	37,722	1,013	0,19
3.	Józef	20,054	1,951	77,995	2,230	0,12
4.	Słotwinka	0,254	—	99,746	2,440	0,00
5.	Słoneczne 16a	1,385	—	98,615	1,765	
6.	Słoneczne 16b	0,905	—	99,095	600	
7.	Nr 1	70,558	2,273	27,169	620	0,15
8.	Nr 3	0,714	—	99,286	2,382	0,01
9.	Nr 4a	26,156	6,996	66,848	2,294	0,26
10.	Nr 5	0,598	—	99,402	2,674	0,06
11.	Nr 6	65,458	1,474	33,068	636	0,18
12.	Nr 7	75,478	1,082	23,440	828	0,17
13.	Nr 8	2,720	1,133	96,147	1,020	0,21
14.	Nr 9	0,599	—	99,401	2,336	0,00
15.	Nr 10	0,489	—	99,511	1,920	0,00
16.	Nr 14	1,002	—	98,998	2,586	0,00
17.	Nr 18	0,271	—	99,729	2,480	
18.	Nr 25	1,567	—	98,433	2,174	0,20
19.	Nr 27	72,837	2,721	24,412	800	0,22
20.	Jan 1	0,844	—	99,156	2,095	0,08
21.	Jan 13a	0,708	—	99,292	2,616	0,24
22.	Zuber I	2,295	1,356	96,349	2,365	0,07
23.	Zuber II	2,200	1,600	96,200	2,180	0,05
24.	Zuber III	2,488	1,616	95,896	2,400	0,06
25.	Zuber IV	2,624	1,264	96,112	2,350	

Problemy hydrodynamiczne związane z weryfikacją zasobów wód leczniczych złoża krynickiego wynikają ze specyfiki medium, czyli wód nagazowanych dwutlenkiem węgla oraz złoża o charakterze szczelinowo-porowym i stosunkowo słabych parametrach hydrogeologicznych.

Złoże krynickie zachowuje się przy tym w sposób typowy dla Masywu Karpackiego:

- wydajności otworów są zazwyczaj bardzo niskie;
- ustalanie się warunków hydrodynamicznych trwa kilka lat, co powoduje, że bardzo niepewne są zasoby ocenione na podstawie kilkudniowych, a nawet kilkutygodniowych próbnych pompowań;
- praktycznie niemożliwe jest w krótkim czasie, rzędu miesiąca, uzyskanie ustalonego zwierciadła wody — utrudnia to przeprowadzenie weryfikujących pompowań pomiarowych metodą tradycyjną.

Weryfikacja zasobów eksploatacyjnych ujęć odbywała się przy tym w warunkach trwającej eksploatacji poszczególnych ujęć. W przypadku odwiertów wód kąpielowych i pitnych eksploatacja jest przy tym nierównomierna, bo dostosowana do aktualnych potrzeb uzdrowiska i utrzymuje się na poziomie 20–30% dozwolonych zasobów eksploatacyjnych. W związku z tym prowadzono testy na poszczególnych ujęciach w warunkach niustalonych przy możliwie stabilnej pracy pozostałych ujęć.

Biorąc powyższe pod uwagę zdecydowano się na:

- testy hydrodynamiczne w warunkach ruchu niustalonego;
- użycie do interpretacji parametrów hydrogeologicznych programu komputerowego PANSYS v. 2.5 firmy Edinburg Petroleum Services Ltd. (Pansys, 1998), umożliwiającego interpretację parametrów z uwzględnieniem wpływu „historii” eksploatacji odwiertu (przez „historię” rozumie się uwzględnienie pozostałości wpływu eksploatacji z odmiennymi wydatkami w okresie poprzedzającym pompowanie) oraz analizę pompowania wielostopniowego w warunkach ruchu niustalonego.

Testy hydrodynamiczne prowadzono w okresie od lutego 1998 roku do końca sierpnia 1999 roku w dwóch fazach.

W pierwszej fazie wykonano:

- indywidualne krótkotrwałe pompowania techniczne poszczególnych odwiertów, z kilkoma depresjami i odbudową ciśnienia — ich celem było rozpoznanie strefy przyotworowej, określenie aktualnej zależności wydatku od depresji oraz ocena sprawności odwiertu przez oszacowanie programem PANSYS strat hydraulicznych w strefie przyfiltrównej („skin-efekt”);
- indywidualne pompowania pomiarowe jednostopniowe, długotrwałe (około 14 dni) w celu diagnostyki modelu złożowego (ujawnienia się wpływu granic itp.) wraz z rejestracją ewentualnych interferencji z innymi ujęciami — po zakończeniu pompowania obserwowano przez podobny lub nieco dłuższy okres odbudowę ciśnienia złożowego;

- dla części odwiertów (nr 9, nr 18, nr 25, nr 27) połączono oba testy, wykonując pompowanie pomiarowe kilkustopniowe, ale o czasie pompowania co najmniej 24 godz. na każdej depresji — pompowania tego typu wykonano głównie w odwiertach eksploatujących samoczynnie lub potencjalnie nadających się do tego typu eksploatacji, a ich celem była ocena i optymalizacja parametrów eksploatacji samoczynnej wód nagazowanych zgodnie z podanymi wskazaniem.

Na podstawie analizy pompowań archiwalnych, pomiarów stacjonarnych z dotychczasowej kilkudziesięcioletniej eksploatacji oraz interpretacji ww. testów hydrodynamicznych wykonanych w pierwszej fazie badań, dokonano oceny diagnostycznej modelu złoża i oceniono podstawowe parametry hydrogeologiczne. Na tej podstawie zasymulowano programem PANSYS optymalne warunki eksploatacji, ustalając wstępnie zweryfikowane zasoby eksploatacyjne ujęć.

W drugiej fazie od 9.06 do 14.07.1999 roku wykonano pompowanie zespołowe wszystkich ujęć z wnioskowanymi na podstawie fazy pierwszej zasobami eksploatacyjnymi oraz badano wznios po pompowaniu ujęć eksploatowanych pompami głębinowymi (od 14.07 do 31.08.1999 r.). Otwory eksploatowane samoczynnie w całej drugiej fazie pracowały w sposób ciągły.

Pompowanie zespołowe ujawniło istnienie lub brak interferencji między poszczególnymi ujęciami. Pozwoliło to na ustalenie dopuszczalnej depresji niezbędnej do wniosku zasobowego. Depresję ustalono w warunkach dla ruchu nieustalonego z uwzględnieniem interferencji między ujęciami. Brano również pod uwagę następujące fakty:

- według badań stacjonarnych w otworach eksploatujących wody lecznicze w sposób ciągły (np. nr 14 „Mieczysław”) warunki eksploatacji ustalały się po 3–5 latach;
- w żadnym, nawet miesięcznym, teście hydrodynamicznym nie uzyskano warunków ustalonych ani nie zaznaczył się wyraźny wpływ granic.

W związku z powyższym, rzędną dopuszczalnej depresji eksploatacyjnej ustalono na poziomie, jaki w warunkach ruchu nieustalonego powinien zostać osiągnięty po 5 latach ciągłej eksploatacji złoża z wnioskowanymi do zatwierdzenia wydatkami eksploatacyjnymi. Ustalona w ten sposób dopuszczalna depresja powinna zabezpieczać przed przeeksploatowaniem złoża lub jego części. Aby nie dopuścić do tej sytuacji zasoby powinny być eksploatowane:

- przy sumarycznym poborze wody w ciągu doby w granicach podanych we wniosku zasobowym w m^3/d ;
- przy okresowej maksymalnej wydajności w ciągu doby nie przekraczającej podanej we wniosku zasobowym wydajności wyrażonej w m^3/h .

Pozwoliło to na racjonalną eksploatację złoża z możliwością okresowego zwiększenia poboru w ciągu doby, zgodnie z rytmem zapotrzebowania uzdrowiska na wodę. Takie warunki eksploatacji, zadane w czasie wybranych pompowań pomiarowych w odwiertach nr 6, 7, 8 oraz udokumentowane w ciągu ponad 30-letnich pomiarów stacjonarnych, wskazują jednoznacznie, że jest to optymalne dla poboru wód ze złoża krynickiego.

2.4. Model hydrogeologiczny złoża

Model hydrogeologiczny złoża stworzono, biorąc pod uwagę potrzeby bilansowania wód podziemnych. Jako zasadniczy obszar modelu przyjęto zlewnię rzeki Kryniczanki (obszar 43,201 km²) z pasem około 100 do 500 m wykraczającym poza jej granicę (obszar 5,3 km²). Jest on powiązany z sąsiednimi zlewniami warunkami brzegowymi III rodzaju. Warunki te symulują możliwość odpływu do cieków stanowiących lokalne bazy drenażowe sąsiednich zlewni. Połączenia tego typu zostały zrealizowane w warstwach II i III dla lokalnego systemu odpływu oraz w warstwach VII i VIII dla systemu regionalnego.

Modelem objęto złożę wód leczniczych Krynica Zdrój oraz działające w tym obszarze ujęcia wód zwykłych.

Do ukształtowania struktury przestrzennej modelu istotne znaczenie miało wykonanie dla całego obszaru mapy numerycznej terenu wraz z siecią hydrograficzną i zlewniami. Opracowana w tym samym obszarze numeryczna mapa geologiczna odkryta i zakryta w skali 1:10 000, również w wersji komputerowej umożliwiła przeniesienie na model struktury geologicznej. Układ struktur geologicznych sprawił, że zdecydowano się na skrócenie modelu w kierunku NNE, wzdłuż rozciągłości głównych struktur. Dzięki temu lepiej można było dokonać podziału modelu na jednorodne bloki obliczeniowe. Jednocześnie możliwość transformacji układu współrzędnych na mapie komputerowej pozwoliła na prezentację wyników w układzie państwowym.

Do modelowania zlewni Kryniczanki użyto pliku programowego Visual MODFLOW v. 2.8.1 (Nilson, Thomas, 1995–1997). Ze względu na dotychczasowe doświadczenia z wykorzystaniem tego pliku programowego, przyjęto w pierwszej fazie modelowania ograniczenia ilościowe co do liczby warstw oraz liczby bloków w poszczególnych warstwach. Teoretycznie Visual MODFLOW nie ma takich ograniczeń, ale po zbyt dużym rozbudowaniu staje się zbyt ciężały do obliczeń.

Założono podział obszaru na bloki kwadratowe o rozmiarach 100×100 m. Dało to w efekcie siatkę o rozmiarach 72×108 bloków.

Modelem zdecydowano się objąć profil geologiczny do rzędnej 500 m n.p.m., co pozwala symulować krążenie wód do głębokości, z której są eksploatowane najgłębiej występujące na tym obszarze wody lecznicze typu „Zuber”.

Topografia terenu oraz powierzchnie stropowe i spągowe poszczególnych warstw modelu zostały wygenerowane na podstawie mapy numerycznej terenu zlewni Kryniczanki.

Profil pionowy w pierwszej fazie podzielony został na 7 warstw o zróżnicowanej miąższości od 30 m do 300 m. Wprowadzenie utworów czwartorzędowych spowodowało podzielenie pierwszej warstwy na dwie. Spąg pierwszej warstwy równy jest spągowi utworów czwartorzędowych na obszarze występowania tych utworów. Poza obszarem utworów czwartorzędowych pierwsza warstwa ma miąższość równą 1 m (jest to wymóg programu, aby wszystkie warstwy obejmowały cały obszar modelu). Warstwa ta może w przyszłości zostać użyta w warunkach ruchu nieustalonego do symulacji splotu podpowierzchniowego, który na aktualnym modelu jako okresowy nie był uwzględniany.

Profil pionowy składa się z 8 warstw. Przy podziale kierowano się zmiennością przepuszczalności skał wraz z głębokością.

Ogółem model składał się w początkowej fazie z $75 \times 108 \times 8 = 64\,800$ elementów.

Każdej z 8 warstw modelu został przypisany określony typ warunków hydrodynamicznych:

- warstwa 1 — swobodny,
- warstwa 2–3 — mieszany, swobodno-aporowy,
- warstwa 4–8 —aporowy.

Współczynniki filtracji zostały następnie przypisane poszczególnym ogniwom geologicznym. W efekcie uzyskano quasi-przestrenny rozkład przepuszczalności odpowiadających poszczególnym seriom skalnym zależnie od głębokości ich występowania. Visual MODFLOW pozwala wizualizować ten rozkład przepuszczalności w przekrojach wzdłuż wierszy, kolumn i warstw.

Następnym etapem było wprowadzenie stref uskokowych, co spowodowało znaczne rozbudowanie modelu.

2.5. Wpływ eksploatacji ujęć wód leczniczych i zwykłych na warunki krążenia wód na podstawie badań modelowych

Wykalibrowany model zlewni Kryniczanki został użyty do symulacji zasięgu oddziaływania ujęć wód leczniczych oraz ujęć wód zwykłych pracujących na terenie zlewni. Do modelu wprowadzono 21 ujęć wód leczniczych, dla których wnioskuje się zasoby eksploatacyjne. Ujęcia były symulowane warunkami II rodzaju ($Q = \text{const.}$), przy czym wydatki ujęć zadane zostały na poziomie wnioskowanych zasobów eksploatacyjnych.

Pobór wody został zadany w strefie głębokościowej odpowiadającej zafiltrowaniu odwiertu. Współczynniki filtracji w tych strefach zostały zadane zgodnie z wynikami badań hydrodynamicznych w poszczególnych odwiertach.

Oprócz ujęć wód leczniczych na modelu symulowano także pobór wody przez ujęcia wód zwykłych eksploatowane przez Zakład Gospodarki Komunalnej w Krynicy. Wydatek tych studni zadano na poziomie odpowiadającym średniemu poborowi w 1998 roku.

Symulowano także zlokalizowane w dolinie Szczawicznych Potoków odwierty K2 do K8, eksploatujące wody zwykłe i wody o właściwościach leczniczych (K1) eksploatowane przez Galtex oraz odwierty P1 i C1. Odwiertom tym przypisano pobór równy zasobom eksploatacyjnym zweryfikowanym wg stanu na 1998 rok.

Włączenie eksploatacji na modelu pozwoliło ocenić przypuszczalny zasięg oddziaływania poszczególnych ujęć.

Trójwymiarowy układ oddziaływania ujęć, który można prześledzić na modelu, pozwala lepiej poznać warunki dopływu wody do ujęć a tym samym lepiej ocenić możliwość ich ochrony. Okazuje się, że można prowadzić eksploatację ze znaczną depresją w głębszej warstwie, nie likwidując płytkiego systemu krążenia wód zwykłych. Dzieje się tak mimo przyjęcia na modelu najmniej korzystnej sytuacji, w której brak w ośrodku hydrogeologicznym barier izolujących. Sytuację taką sugerują zresztą wykonane w latach 1998 i 1999 badania hydrodynamiczne. Układ ten stosunkowo łatwo jest naruszyć, eksploatując wody zwykłe ponad wodami leczniczymi. Stąd przy wnioskowaniu zasobów dyspozycyjnych wód zwykłych ustalono, że w obszarze zasobowym wód leczniczych eksploatacja wód zwykłych jest niedozwolona (brak zasobów dyspozycyjnych wód zwykłych).

Zwraca także uwagę fakt, że eksploatacja wód zwykłych przez ZGK Krynica odbywa się w obszarach zasilania wód leczniczych. Intensywność tej eksploatacji jest zbyt duża, przekraczająca przyjęty moduł zasobów dyspozycyjnych wód zwykłych w tym rejonie. Zasoby eksploatacyjne ujęć ZGK powinny zostać ograniczone do poziomu odpowiadającego wnioskowanemu do zatwierdzenia modułowi zasobów wód zwykłych.

Symulacja eksploatacji przez odwierty w dolinie Szczawicznych Potoków K1 do K8 wykazuje dość pokaźne ich oddziaływanie aż po główną dyslokację krynicką DK.

2.6. Geneza zasobów i optymalizacja wydobycia dwutlenku węgla w odwiertach Zuber

Nie sposób nie wspomnieć o pracach badawczych w celu określenia genezy, zasobów i optymalizacji wydobycia CO₂ w odwiertach „Zuber”.

Problem pochodzenia dwutlenku węgla w wodach leczniczych Karpat był przedmiotem wielu opinii i sądów, których nie sposób przytaczać tutaj w całości. Ich omówienie można znaleźć w pracach np. Leśniaka (1985) czy Zuber (1987). Przedstawiano różne hipotezy związane z pochodzeniem magmatycznym i metamorficznym. Dopuszczano także mieszanie się dwutlenku węgla z obydwóch źródeł w różnych proporcjach, w różnych rejonach Karpat. Leśniak i in. (1997), analizując skład izotopowy helu $^3\text{He}/^4\text{He}$ wraz ze składem izotopowym węgla niektórych wód karpaccich, stwierdzili występowanie trudności w jednoznacznej interpretacji proporcji mieszania CO_2 pochodzącego z płaszcza Ziemi, skorupy ziemskiej oraz składowej organicznej mającej swoje źródło w górnych partiach skorupy ziemskiej. W późniejszej pracy Leśniak (1998), po numerycznych analizach możliwych zmian składu izotopowego fazy gazowej, doszedł do wniosku, że dwutlenek węgla w Karpatach pochodzi w przeważającej części z termalnego rozkładu skał węglanowych i krzemianowych w skorupie ziemskiej.

Pomiary wykonane w ramach niniejszej pracy sugerują, że przynajmniej na terenie Krynicy skład izotopowy węgla w złożowym CO_2 jest bliski wartości $-1,5\%$, co wskazuje na dominujący udział dwutlenku węgla pochodzenia metamorficznego.

2.7. Wielkość zasobów eksploatacyjnych dwutlenku węgla

- Dwutlenek węgla w Uzdrowisku Krynica wydobywany jest jako kopalina towarzysząca przy eksploatacji wód leczniczych (Duliński i in., 1989; Leśniak, 1998).
- Ilość dwutlenku węgla wyrażona za pomocą wykładnika gazowego waha się w szerokich granicach od kilku $\text{m}^3_n\text{CO}_2/\text{m}^3\text{H}_2\text{O}$ dla źródeł i odwiertów wód kąpielowych, do kilkuset $\text{m}^3_n\text{CO}_2/\text{m}^3\text{H}_2\text{O}$ dla odwiertów wód typu „Zuber”.
- Dwutlenek węgla uzyskiwany przy eksploatacji źródeł i odwiertów wód kąpielowych nie nadaje się do produkcji skroplonego CO_2 , z uwagi na małe ilości CO_2 oraz znaczne oddalenie tych obiektów od Wytwórni Ciekłego CO_2 . Wolny dwutlenek węgla z samoczynnych odwiertów wód kąpielowych (nr 9, 10, 18 i 25) winien być zagospodarowany dla stworzenia „poduszki” izolacyjnej w zbiorniku magazynowym wody przy Nowych Łazienkach, w celu zabezpieczenia jej przed zmianami składu chemicznego pod wpływem kontaktu z tlenem z powietrza, podobnie jak zagospodarowano CO_2 z odwiertu nr 14 („Mieczysław”).
- Zasoby eksploatacyjne ustalono dla dwutlenku węgla pozyskiwanego z czterech odwiertów „Zuber” i wykorzystywanego do:
 - skraplania w Wytwórni Ciekłego CO_2 ,
 - saturacji wody „Krynicańska”,
 - suchych kąpiel w Zakładzie Przyrodolecznictw.

- Podstawą ustalenia zasobów była wieloletnia eksploatacja odwiertów „Zuber” prowadzona w systemie cyklicznym 6–10 godzin w ciągu doby oraz specjalne badania hydrodynamiczno-gazowe opisane wyżej. Dwutlenek węgla jest kopaliną towarzyszącą, a więc jego wydobycie wynika pośrednio z ilości wydobywanej wody leczniczej. Wnioskowane zasoby eksploatacyjne dwutlenku węgla oparto na proporcji wydobycia gazu i wody w czasie eksploatacji okresowej zapewniającej wydobycie odpowiadające zasobom eksploatacyjnym wody leczniczej wyrażone w m^3/h przy średnim czasie codziennej eksploatacji. Odpowiadają one średniemu wydobyciu: $Q_{\text{eCO}_2} = 2334 \text{ m}_n^3\text{CO}_2/\text{d}$, w tym, z poszczególnych odwiertów:

- „Zuber I” — $765 \text{ m}_n^3/\text{d}$,
- „Zuber II” — $234 \text{ m}_n^3/\text{d}$,
- „Zuber III” — $810 \text{ m}_n^3/\text{d}$,
- „Zuber IV” — $525 \text{ m}_n^3/\text{d}$.

Z przeprowadzonych badań okresowych wynika, że systematyczna eksploatacja cykliczna i dłuższy czas trwania danego cyklu w ciągu doby powodują bardziej równomierną pracę odwiertów. W związku z tym w okresie eksploatacji odwiertów w tym systemie winna ona trwać 8 do 10 godzin w ciągu doby.

- Biorąc pod uwagę sezonową zmienność zapotrzebowania Uzdrowiska na wodę i gaz z odwiertów „Zuber” oraz uwzględniając wyniki przeprowadzonych w latach 1997 do 1999 badań złożowych, uznaje się za słuszne dopuszczenie dwu wariantów prowadzenia eksploatacji tych odwiertów (Duliński i in., 1998):
 - eksploatację ciągłą (24 h/dobę),
 - eksploatację okresową (8–12 h/dobę).

Parametry eksploatacyjne dla wymienionych wyżej wariantów przedstawiono we wniosku dotyczącym ustalenia zasobów eksploatacyjnych wód z tych odwiertów jako kopaliny podstawowej. W wyniku badań wykonanych w 1999 roku na odwiertach „Zuber I”, „Zuber II” i „Zuber III” uznano, że istnieje możliwość prowadzenia eksploatacji ciągłej z tych odwiertów.

2.8. Sposób odsiarczania dwutlenku węgla

Analizy na zawartość H_2S w wydobywanym gazie zostały wykonane w czasie całodziennej eksploatacji, a także w cyklu tygodniowym. Z danych pomiarowych wynika, że koncentracja H_2S w gazie wzrasta po przestoju odwiertów i maleje w trakcie eksploatacji. Potwierdziły to wyniki analiz gazu z odwiertu „Z I” na zawartość H_2S ($10,52 \text{ mg}/\text{m}_n^3$) w czasie ciągłej eksploatacji tego odwiertu w okresie od 20 do 30 sierpnia 1999 r.

Badania nad odsiarczaniem CO₂ przy użyciu impregnowanego węgla aktywnego przeprowadzono w dwóch cyklach pomiarowych. W pierwszym, ponad trzymiesięcznym okresie badań (od czerwca 1998 r.), przez adsorber przepłynęło 2640 m_n³ dwutlenku węgla. Wykonano ponad 200 oznaczeń koncentracji H₂S w gazie przed i za adsorberem. Z uwagi na włączanie do eksploatacji poszczególnych odwiertów w różnym czasie, zawartości H₂S w gazie oczyszczanym były zmienne. Po wykryciu pierwszych śladów H₂S w gazie wypływającym z adsorbera zakończono pierwszą serię pomiarów.

Drugi cykl pomiarowy rozpoczęto 5.10.1998 r., po całkowitej wymianie złoża w celu potwierdzenia skuteczności procesu odsiarczania oraz dla określenia aktywności dynamicznej węgla aktywnego. Do dnia 14.08.1999 r. przez adsorber przepłynęło 2787 m_n³ gazu zasiarczonego i nie stwierdzono obecności siarkowodoru za adsorberem.

2.9. Podsumowanie

Zakres i wyniki przeprowadzonych w latach 1997–2006 prac i badań na obszarze górniczym Krynica Zdrój pozwalają na sformułowanie następujących wniosków związanych z racjonalizacją gospodarki zasobów wód leczniczych w tym obszarze:

- Zasoby dyspozycyjne w rejonie Szczawicznych Potoków winny być zweryfikowane z uwagi na wykonanie nowych odwiertów i wyniki prac geologicznych na OG „Muszyna II” firm INEX i Mineral Complex.
- Zweryfikowane zasoby eksploatacyjne źródeł i odwiertów wody leczniczej na OG Krynica nie zostały przekroczone (podobnie jak dopuszczalne depresje) od momentu ich zatwierdzenia do chwili obecnej.
- Nie udało się do chwili obecnej zweryfikować zasobów eksploatacyjnych wód zwykłych tak, aby ich eksploatacja nie oddziaływała na zasoby wód leczniczych na OG Krynica.
- Nowelizacja ustawy „Prawo geologiczne i górnicze” doprowadziła do sytuacji, że w 2005 r. na OG Krynica Zdrój przystąpiono do wiercenia otworu o głębokości do 30 m za wodą zwykłą w odległości 15 m od odwiertu K-25 ujmującego wodę leczniczą z zatwierdzonymi zasobami eksploatacyjnymi. Wiercenie otworu do głębokości 30 m nie wymaga uzgodnienia ani powiadomienia przedsiębiorcy górniczego, a nawet organu administracji geologicznej (starostwo powiatowe). Należy w trybie pilnym zweryfikować aktualne przepisy dotyczące wykonywania otworów ujmujących wodę zwykłą do głębokości 30 m na obszarach górniczych, gdzie występują i eksploatowane są złoża wód leczniczych.

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 14 lutego 2006 r., „w sprawie złóż wód podziemnych zaliczonych do solanek, wód leczniczych i termalnych” zobowiązuje do prowadzenia eksploatacji większości wód podziemnych zmineralizowanych, zgodnie z przepisami ustawy Prawo geologiczne i górnicze, pod nadzorem Okręgowego Urzędu Górniczego w miejscowościach wymienionych w tym rozporządzeniu. Ułatwia to prowadzenie racjonalnej gospodarki i ochrony złoża. Z drugiej strony do wód leczniczych zaliczone są wody, które były przedmiotem wieloletnich badań klinicznych (np. „Zdrój Główny”, „Jan”, „Józef”, „Słotwinka”, „Zuber”, „Tadeusz” czy „Mieczysław”) na równi z wodami, które zostały zaliczone bez żadnych badań klinicznych.

Literatura

- Ciężkowski W., Józefko I., Schmalz A., Witczak S., 1999: *Dokumentacja hydrogeologiczna — ustalająca zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i dwutlenku węgla (jako kopaliny towarzyszącej) ze złoża w uzdrowisku Krynica oraz ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (zwykłych oraz leczniczych i o właściwościach leczniczych) w zlewni Krynicy*. Politechnika Wrocławska, Wrocław.
- Ciężkowski W., Zuber A., 1995: *Stabilne izotopy tlenu i wodoru w zwykłych wodach podziemnych centralnej części Karpat polskich*, Współczesne problemy hydrogeologii, T. VII, cz. 2, Wyd. Profil, Kraków, 245-250.
- Ciężkowski W., Zuber A., 1994: *Skład izotopowy wód leczniczych obszarów górskich Polski południowej na tle składu izotopowego zwykłych wód podziemnych*. Raport ser. SPR, nr 720, Instytut Geotechniki i Hydrotechniki Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Chrzastowski J., Węclawik S., 1986: *Występowanie i wykorzystanie wód mineralnych Karpat oraz ich przedpola*. Gosp. Surowcami Mineralnymi, tom 2, Kraków.
- Golonka J., Rączkowski W., 1981: *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, wraz z objaśnieniami skala 1:50 000* Arkusz Piwniczna. PIG, Warszawa.
- Grabczak J., Zuber A., 1983: *Isotope composition of waters recharged during the Quaternary in Poland*. Freiburger Forschungshefte, C. 388, p. 93–108.
- Kiciński T., 1970: *Odpyły wód gruntowych ze zlewni Wisły po Zawichost*. Prace i Studia Gosp. Wodnej i Surowcowej, tom X, str. 151-219.
- Kurdziel J., Kowalski J., 1974: *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w dorzeczu Popradu*. Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków.
- Leśniak P.M., Sakai H., Ishibashi J. I., Wakita H., 1997: *Mantle helium signal in the West Carpathians, Poland*. *Geochem. J.*, 31, 383–394.
- Leśniak P.M., 1985: *Open CO₂-underground water system in the West Carpathians (South Poland) — chemical and isotopic evidence*. *Chem. Geol.*, 49, p. 275–286.
- Nilson G., Thomas F., 1995–1997: *Visual MODFLOW for Windows v. 2.50*. Waterloo Hydrogeologic Software.
- Paczyński B. red., 2002: *Ocena zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych*. Poradnik metodyczny. PIG, Warszawa.

- Poprawski L. (kierownik tematu), Biniak G., Gurwin J., Jasiak T., Kowalczyk A., Krzempek J., Kus S., Limisiewicz P., Marszałek H., Napierała K., Olszewski W., Wąsik M., Cisek J., 1997: *Dokumentacja zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych wód podziemnych (zwykłych i leczniczych) na obszarze gmin uzdrowiskowych Krynica, Muszyna i Piwniczna*. Hydrogeo Ltd., Wrocław.
- Porwisz B., Chowaniec J., Gorczyca G., Kowalski J., 2002: *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i towarzyszących im lub występujących odrębnie wód potencjalnie leczniczych na obszarze Karpat i zapadliska przedkarpackiego — Cz. IV*. Przeds. Geol. S.A. Kraków, PIG o. Karpacki, Kraków.
- Porwisz B., Kowalski J., Poprawa D., 2002a: *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i towarzyszących im lub występujących odrębnie wód potencjalnie leczniczych na obszarze Karpat i zapadliska przedkarpackiego — Część ogólna*. Przeds. Geol. S.A. Kraków, PIG o. Karpacki, Kraków.
- Porwisz B., Radwan J., Zuber A., 1999: *Zasilanie ujęć wód podziemnych rejonu Tylicza*. Współcz. problemy hydrogeologii, Warszawa–Kielce. Tom IX. Str. 287–292.
- Porwisz B., Reško D., Szczepański A., Tomaszewska B., 2006: *Występowanie, chemizm, zasoby i znaczenie wód leczniczych Małopolski*. Inst. Gosp. Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków.
- Porwisz B., Szczepański A., Tomaszewska B., 2006a: *Charakterystyka i wykorzystanie karpackich wód leczniczych*. Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 11/2006.
- Punzet J., 1975: *Odpyływ średni w dorzeczu Wisły górnej*. Gosp. Wodna nr 2/75.
- Radwan J., Porwisz B., Zuber A., Kowalski J., Szarek W., 2000: *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych wód leczniczych i o właściwościach leczniczych wraz z obszarami zasilania ZEW „Muszynianka”*, ZUH s.c. Kraków.
- Radwan J., Porwisz B., Zuber A., Kowalski J., Szarek W., 2001: *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów eksploatacyjnych wód leczniczych i o właściwościach leczniczych wraz z obszarami zasilania i oceną zasobów wód podziemnych rejonu Powroźnika-Jastrzębika*. ZUH s.c. Kraków.
- Rajchel I., Rajchel J., 2005: *Zasoby, chemizm i wykorzystanie wód mineralnych Piwnicznej*, Współcz. problemy hydrogeologii. Tom XIII. Str. 577–581.
- Reško D., 1996: *Zagrożenie wód szczawnych rejonu Krynicy i doliny Popradu* Szkolenie Uzdrowiskowe Służb Geologicznych w Szczawnie-Zdroju.
- Rozporządzenie Rady Ministrów z 14.02.2006 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 32 poz. 220.
- Schmalz A., 2001: *Ujęcia wód leczniczych w Krynicy, sposób wykorzystania i zmiany ich zasobów*. Szkolenie Uzdrowiskowe Służb Geologicznych w Wysowej, Wysowa.
- Szarek W., Gorczyca R., 2001: *Eksploatacja wód leczniczych w Uzdrowisku Muszyna – dawniej i dziś*. Szkolenie Uzdrowiskowe Służb Geologicznych w Wysowej, Wysowa.
- Szczepański A., Szklarczyk T., 2004: *Konieczność zmian przepisów w zakresie gospodarowania zasobami współwystępujących wód leczniczych, naturalnych wód mineralnych i zwykłych*, Bezp. Pracy i Ochrona Środowiska Górnictwie, nr 4, s. 7–12.
- Świdziński H., 1965: *Naturalne ekshalacje dwutlenku węgla w Karpatach polskich*. Rocznik PTG nr 34/4, ss. 417–430.

- Świdziński H., 1971: *Geologia i wody mineralne Krynicy*. PAN o. Kraków. Prace Geologiczne. PAN, nr 70.
- Węclawik S. 1979: *Szczawy płaszczowiny magurskiej Karpat polskich*. Wydawnictwo Wszechród nr 7/8.
- Węclawik S., Wójcik A., 1991: *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski wraz z objaśnieniami, skala 1:50 000*. Arkusz Tylicz wraz z objaśnieniami. PIG, Warszawa.
- Węclawik S., 1991: *Kompleksowa metodyka badań ochrony surowców balneologicznych przed oddziaływaniem przemysłu*. Wydawnictwo CPPGSMiE PAN, Kraków.
- Zuber A. 1987: *O pochodzeniu wód typu zuber*. Mat. Konf. 25-lat górnictwa uzdrowskiego. Wyd. AGH, Kraków, s. 37–51.