

Współoddziaływanie wód zwykłych i leczniczych – zasady dokumentowania, ochrony i gospodarki wodnej



Ministerstwo Środowiska



Wykonano na zamówienie
Ministra Środowiska
za środki finansowe
wyplacone przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Współoddziaływanie wód zwykłych i leczniczych – zasady dokumentowania, ochrony i gospodarki wodnej

pod redakcją
Wojciecha Ciężkowskiego



Ofcyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej
Wrocław 2007

Recenzent

Stanisław WITCZAK

Autorzy

Wojciech CIEŹKOWSKI, Irena JÓZEFKO, Barbara KIEŁCZAWA,
Arkadiusz KRAWIEC, Elżbieta LIBER, Zbigniew NOWICKI, Tadeusz PRZYLIBSKI,
Andrzej SADURSKI, Lesław SKRZYPCZYK, Andrzej SOKOŁOWSKI

Opracowanie redakcyjne

Hanna JUREK

Korekta

Alina KACZAK

Projekt okładki

Janusz M. SZAFRAN

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część niniejszej książki, zarówno w całości,
jak i we fragmentach, nie może być reprodukowana w sposób elektroniczny,
fotograficzny i inny bez zgody właściciela praw autorskich.

© Copyright by Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2007

OFICyna WYDAWNICZA POLITECHNIKI WROCLAWSKIEJ

Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

<http://www.oficyna.pwr.wroc.pl>

e-mail: oficwyd@pwr.wroc.pl

ISBN 978-83-7493-314-8

Drukarnia Oficyny Wydawniczej Politechniki Wrocławskiej. Zam. nr 256/2007.

Spis treści

1. Wstęp	7
2. Wody lecznicze jako część zasobów wód podziemnych struktur hydrogeologicznych	9
2.1. Podstawowe definicje i pojęcia	9
2.2. Struktury hydrogeologiczne a złoża wód leczniczych	14
3. Współwystępowanie różnych rodzajów wód w obrębie złóż wód leczniczych	19
4. Przejawy oddziaływań pomiędzy wodami leczniczymi a wodami zwykłymi	22
4.1. Przejawy typu hydrochemicznego	22
4.1.1. Wprowadzenie	22
4.1.2. Przykłady oddziaływań	24
4.2. Przejawy w składzie izotopowym wód	34
4.2.1. Wprowadzenie	34
4.2.2. Przykłady oddziaływań	36
4.3. Przejawy w dynamice wód podziemnych	40
4.3.1. Wprowadzenie	40
4.3.2. Przykłady oddziaływań	41
4.4. Współwystępowanie wód leczniczych i zwykłych na przykładzie wybranych złóż w Karpatach	50
4.4.1. Krynica zdroj	50
4.4.2. Szczawnica	54
5. Zagadnienie istotności współoddziaływania wód zwykłych i wód zmineralizowanych w dokumentowaniu i ochronie złóż wód leczniczych	57
5.1. Aspekty formalne	57
5.2. Niektóre problemy związane z gospodarką złożami wód leczniczych	60
6. Zakres badań koniecznych do przeprowadzenia w aspekcie oddziaływań na siebie różnych rodzajów wód podziemnych	64
7. Propozycja zakresu uwzględnienia problemu współoddziaływania różnych rodzajów wód podziemnych w dokumentach postępowania koncesyjnego	69
8. Zakończenie	72
9. Wykorzystane materiały	74

1. Wstęp

Wody lecznicze są atrakcyjną kopaliną i w celach leczniczych wykorzystywane są od wielu wieków w licznych uzdrowiskach. Obszary górnicze utworzone dla złóż tych wód chronią ich zasoby. Jednak wody lecznicze, pomimo że tworzą wyraźne anomalie hydrogeochemiczne w obrębie zwykłych wód podziemnych, stykają się z nimi. Kontakty te mają zarówno charakter hydrauliczny, jak i zachodzi tam zjawisko mieszania się tych różnych typów wód. Renoma miejscowości uzdrowiskowych powoduje, że współwystępujące z wodami leczniczymi zwykłe wody podziemne są atrakcyjnym surowcem do produkcji wód butelkowanych. Jeżeli dodatkowo wody lecznicze są szczawami lub wodami kwasowęglowymi, to wszystkie wody podziemne takiej miejscowości są przedmiotem wielkiego naporu przemysłu rozlewniczego; tradycje uzdrowiskowe i magia hasła *wody lecznicze* są w tym przypadku nośnym argumentem marketingowym.

Szczególny pod tym względem jest obszar doliny Popradu i Muszynki w Beskidzie Sądeckim w Karpatach. W pasie ciągnącym się od Piwnicznej Zdroju na zachodzie, poprzez Zubrzyk, Andrzejówkę, Milik, Muszynę, Krynicę Zdrój, po Tylicz na wschodzie funkcjonuje kilkanaście rozlewni wód, niektórych bardzo dużych. Szczególnie agresywne działania w celu ujmowania nowych wód kolejnymi odwiertami mają miejsce na obszarach górniczych złóż szczaw Muszyny i Krynicy Zdroju. Tam właśnie uwidocznił się problem współwystępowania i współoddziaływania wód leczniczych i wód zwykłych.

Problem ten nie był dotychczas eksponowany w wykonywanych dokumentacjach hydrogeologicznych wód leczniczych w Polsce. Jednak zagadnienie współwystępowania i współoddziaływania wód leczniczych i wód zwykłych zaczęło się pojawiać w ostatnich latach w publikacjach (Ciężkowski i in., 1998; Kozłowski, 1999; Paczyński, 2002; Paczyński i Płochniewski, 1996). Napięta sytuacja w regionie popradzkim spowodowała, że Departament Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska uznał potrzebę scharakteryzowania tego zjawiska, jego oceny i sporządzenia wytycznych w celu uporządkowania tej problematyki w skali całego kraju. Zadania tego podjął się zespół autorski – wyłoniony na zasadzie konkursu ofert – reprezentujący:

- Zakład Geologii i Wód Mineralnych Instytutu Górniczego Politechniki Wrocławskiej – Wojciech Ciężkowski, Barbara Kielczawa, Elżbieta Liber, Tadeusz Przylibski,

- Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie – Zbigniew Nowicki, Andrzej Sadurski, Lesław Skrzypczyk, Andrzej Sokołowski,
- Zakład Geologii i Hydrogeologii Instytutu Geografii Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu – Arkadiusz Krawiec,
- Przedsiębiorstwo Badań Geologicznych Geoprofil Sp. z o.o. w Krakowie – Irena Józefko.

Zagadnienia współwystępowania wód leczniczych i wód zwykłych w obrębie złóż wód leczniczych są bardzo istotne dla prawidłowej gospodarki tym złożem oraz ochrony jego zasobów. Po przedstawieniu podstawowych pojęć i podziałów z zakresu wód leczniczych i struktur hydrogeologicznych ich występowania, zilustrowano przykładami różne przejawy oddziaływań pomiędzy różnymi rodzajami wód, czyli przejawy typu hydrochemicznego, przejawy w składzie izotopowym wód oraz w dynamice wód podziemnych. Na tym tle omówiono następnie zagadnienia istotności współoddziaływania różnego rodzaju wód w dokumentowaniu i ochronie złóż wód leczniczych. Ostatnie rozdziały poświęcono omówieniu badań niezbędnych do wykazania istnienia rozpatrywanych współoddziaływań oraz propozycjom sposobu uwzględnienia tego zagadnienia w dokumentacjach hydrogeologicznych.

Przedstawiana praca kierowana jest głównie do inwestorów wykonujących prace poszukiwawcze i rozpoznawcze oraz prowadzących eksploatację różnych wód na obszarach górniczych złóż wód leczniczych, pracowników uzdrowiskowych zakładów górniczych oraz osób wykonujących projekty prac geologicznych, dokumentacje hydrogeologiczne oraz projekty zagospodarowania złóż wód leczniczych. Będzie ona przydatna także organom administracji geologicznej oraz organom nadzoru górniczego. Opracowanie uwzględnia stan prawny na dzień 28 lutego 2007 r.

Praca została wykonana w Instytucie Górnictwa Wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej na zamówienie Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska i sfinansowana została przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Autorzy składają podziękowania recenzentowi – prof. dr. hab. inż. Stanisławowi Witczakowi, którego wnikliwe uwagi przyczyniły się do powstania ostatecznej wersji pracy.

2. Wody lecznicze jako część zasobów wód podziemnych struktur hydrogeologicznych

2.1. Podstawowe definicje i pojęcia

Wody lecznicze definiuje się jako wody podziemne niezanieczyszczone pod względem chemicznym i mikrobiologicznym, o naturalnej zmienności cech fizycznych i chemicznych, spełniające co najmniej jeden z warunków dotyczących ich mineralizacji, temperatury lub zawartości składników swoistych (tab. 2.1). Jednakże w sensie prawnym dane wody stają się leczniczymi dopiero po zaliczeniu ich złóż do złóż wód leczniczych przez rozporządzenie Rady Ministrów. Wody lecznicze zaliczone są do kopalin podstawowych (Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 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), a ich poszukiwanie i rozpoznawanie oraz eksploatacja objęte są przepisami prawa geologicznego i górniczego (Ustawa z dn. 4.02.1994 r. Prawo geologiczne i górnicze; Dz. U. Nr 27, poz. 96 z późniejszymi zmianami. W dalszej części pracy będzie oznaczana *pr.g.g.*). W takiej sytuacji wody podziemne spełniają wspomniane wymagania, lecz nie są formalnie uznane za lecznicze.

Paczyński (2002) proponuje, aby wody takie określać jako potencjalnie lecznicze (Paczyński, 2002; w latach 1994–2001 nazywano je wodami o właściwościach leczniczych na mocy Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 23.08.1994 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinna odpowiadać dokumentacja hydrogeologiczna i geologiczno-inżynierska; Dz. U. Nr 93, poz. 444). W dalszej części pracy za wody potencjalnie lecznicze będą uważane wody, które rangę wód leczniczych posiadały w przeszłości. Na rysunku 2.1 przedstawiono złoża wód uznawanych obecnie i w przeszłości za lecznicze.

Złożem wód leczniczych jest zbiorowisko wód podziemnych, zaliczonych do leczniczych na podstawie rozporządzenia Rady Ministrów, tworzących system krążenia (dla wód o zasobach odnawialnych) lub nie tworzących takiego systemu (w przypadku

wód o zasobach nieodnawialnych) w obrębie struktury/jednostki hydrogeologicznej lub jej części. Propozycję tej definicji wraz z szerszym uzasadnieniem przedstawili Ciężkowski i in. (2004).

Wyjaśnienia wymaga sformułowanie *system krążenia wód*. *Słownik hydrogeologiczny* (2002) pojęciem tym określa „przestrzenny układ strumieni wód podziemnych w obrębie jednostki lub regionu hydrogeologicznego, traktowany jako całość, ograniczony ściśle zdefiniowanymi granicami, opisany siatką hydrodynamiczną, formą i parametrami hydrogeologicznymi warstw wodonośnych i rozdzielających je warstw półprzepuszczalnych”. Systemy krążenia obejmujące obszary zasilania, przepływu i drenażu tworzą wody pochodzenia infiltracyjnego. Natomiast wodami, które systemu takiego nie tworzą są wody całkowicie nieruchome lub przemieszczające się bardzo powoli, tj. w skali czasu geologicznego.

Tabela 2.1. Podział wód leczniczych według mineralizacji i współczynników farmakodynamicznych

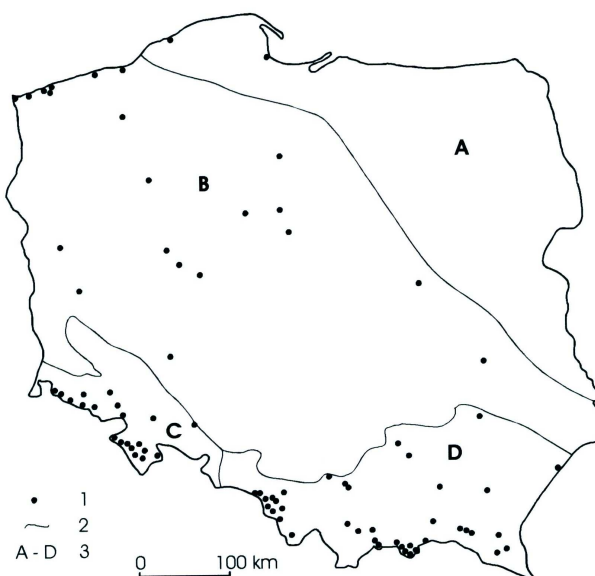
Podział wód leczniczych według			
mineralizacji	współczynników farmakodynamicznych		
	składniki swoiste, stężenia w 1 dm ³ wody co najmniej		temperatura
mineralne > 1 g/dm ³	fluorkowa	2 mg F ⁻	termalna ≥ 20°C
	jodkowa	1 mg J ⁻	
	siarczkowa	1 mg S(II)	
	krzemowa	70 mg H ₂ SiO ₃	
	żelazista	10 mg Fe(II)	
słabo zmineralizowane < 1 g/dm ³	radonowa	74 Bq	chłodna < 20°C
	szczawa	1000 mg wolnego CO ₂	
	kwasowęglowa	250 mg wolnego CO ₂	

Tabelę wykonano na podstawie Rozporządzenia Rady Ministrów z dn. 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) oraz Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 13.04.2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz. U. Nr 80, poz. 565).

(W zaciemnionych polach zamieszczono minimalne zawartości poszczególnych składników dla wód leczniczych).

W przypadku wód leczniczych *granice złóż* najczęściej określają przestrzeń przepływu lub występowania wód. Zdefiniowanie przebiegu granic złóż takich wód możliwe jest tylko w nielicznych, wręcz wyjątkowych przypadkach. Mają one niejednokrotnie przybliżony charakter, co wynika z tego, iż w obrębie jednej jednostki hydrogeologicznej wody lecznicze mogą współwystępować ze zwykłymi wodami podziemnymi. Ponadto wspomniane granice mogą mieć charakter sztuczny – w sytu-

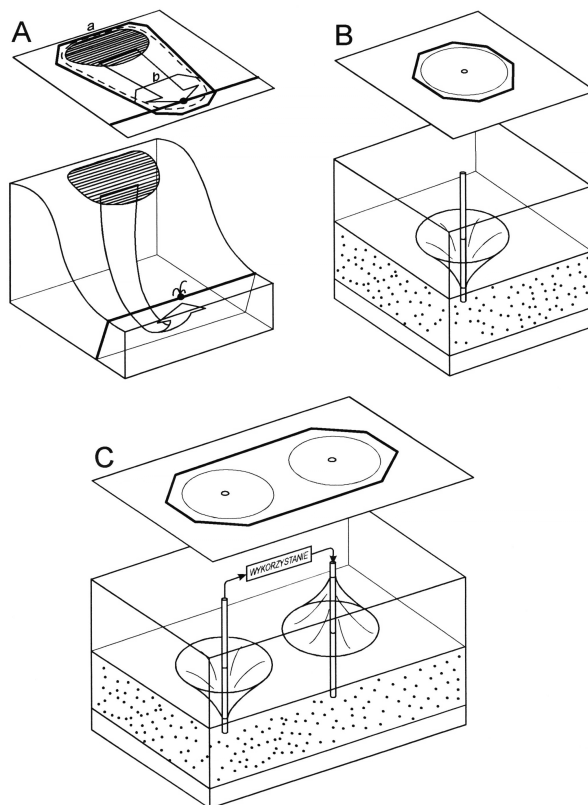
acji kiedy dane złożo charakteryzuje się zasobami nieodnawialnymi, bądź też naturalny – w przypadku złóż o zasobach odnawialnych (Ciężkowski i in., 2004).



Rys. 2.1. Złóża wód uznawanych za lecznicze w Polsce od roku 1963 na tle prowincji wód mineralnych Polski wg Paczyńskiego i Płochniewskiego (1996): 1 – złóża wód leczniczych; 2 – granice prowincji, 3 – prowincje: A – platformy prekambryjskiej, B – platformy paleozoicznej, C – sudecka, D – karpacka

Złóża o zasobach nieodnawialnych najczęściej spotyka się w pojedynczych warstwach lub kompleksach warstw skał osadowych charakteryzujących się szczególną formą występowania, np. monokliny, antykliny, izolowane synkliny, warstwy poziome i in. Przykładowy przebieg sztucznie wyznaczonej granicy takiego złoża przedstawia rysunek 2.2B. Natomiast przebieg granicy złoża wód leczniczych o charakterze naturalnym prezentuje rysunek 2.2A; chroniący złożo obszar górniczy powinien objąć cały system krążenia wód (a), lecz nieraz chroni jedynie obszar drenażu (b). W sytuacji kiedy eksploatowane wody po wykorzystaniu są zatłaczane do górotworu, granice złoża powinny objąć zasięg zarówno leja depresji, jak i stożka represji (rys. 2.2C). Wspomnieć należy, iż w każdym z przytoczonych przykładów dokładność przebiegu wyznaczonych granic uzależniona jest od stopnia rozpoznania budowy geologicznej całej jednostki hydrogeologicznej.

Rozpatrując pochodzenie oraz wiek wód leczniczych Polski, można na podstawie wyników badań izotopowych, badań gazów szlachetnych, freonów i innych badań (Zuber i in., 2007) zaliczyć je do czterech grup:



Rys. 2.2. Schematy złóż wód leczniczych o zasobach odnawialnych (A) i nieodnawialnych (B) oraz złoża, w którym wykorzystane wody są zatłaczane do górotworu (C) (Ciężkowski i in., 2004). Na płaszczyznach w górnej części rysunku liniami grubymi oznaczono przebieg zalecanych granic obszarów górniczych. Dodatkowo na rysunku A linią przerywaną oznaczono granicę złoża, a obszar zasilania wód zakreskowano

- 1) **Wody meteoryczne.** Są to infiltracyjne wody pochodzące z opadów, które ze względu na okres zasilania można podzielić na:
 - a) *wody współczesne*; zasilane głównie w drugiej połowie XX w.; zawierają składniki antropogeniczne (typowym wskaźnikiem jest tu obecność trytu pochodzącego z prób jądrowych),
 - b) *wody holocenne ery przedbombowej*, zwane w skrócie *wodami holocennymi*; nie zawierają one składników antropogenicznych,
 - c) *wody plejstocenne*. Wśród nich można wyróżnić:
 - wody wieku glacialnego, pochodzące najczęściej z infiltracji wód podczas końcowych okresów ostatniego zlodowacenia,
 - wody interglacjalne,

d) *wody infiltracji przedczwartorzędowej* (przedplejstoceńskiej); są one zazwyczaj znacznie izotopowo cięższe niż wody infiltracji holocenińskiej i plejstoceńskiej.

- 2) **Wody synsedymencyjne**, będące uwiecznionymi w skałach w trakcie ich powstawania wodami morskimi lub jeziornymi.
- 3) **Wody dehydratacyjne**, uwalniane w procesach diagenety kompacyjnej skał zawierających uwodnione minerały ilaste.
- 4) **Wody mieszane**, tworzące się wskutek mieszania się różnych wód wcześniejszych grup.

Na rysunku 4.2.1 przedstawione są zbiorczo składy izotopów trwałych tlenu i wodoru polskich wód leczniczych na tle składów różnych genetycznie rodzajów wód podziemnych. Należy zaznaczyć, że geneza określana w ten sposób dotyczy wody jako rozpuszczalnika, nie zaś rozpuszczonych w niej składników.

Wody lecznicze, będąc kopaliną podstawową, nie podlegają przepisom prawa wodnego (Ustawa z dn. 18.07.2001 r. Prawo wodne, Dz. U. Nr 115, poz. 1229, z późniejszymi zmianami), dlatego też nie mają do nich zastosowania zasady tworzenia stref ochronnych ujęć czy źródeł wód zwykłych. W myśl przepisów prawa geologicznego i górnictwa, ochronę złóż kopalin mają na celu wyznaczane obszary i tereny górnicze. Analizując przepisy prawa geologicznego i górnictwa trudno jest doszukać się jednoznacznych zaleceń co do ochrony ujęć wód leczniczych, tj. ochrony samych ujęć czy też obszarów zasobowych. Przepisy pr.g.g. mówią o obszarze górnictwa, tj. „przestrzeni, w granicach której przedsiębiorca jest uprawniony do wydobywania kopaliny objętej koncesją” (art. 6, pkt 8 pr.g.g.) i terenie górnictwa jako „przestrzeni objętej przewidywanymi szkodliwymi wpływami robót górniczych zakładu górnictwa” (art. 6, pkt 9 pr.g.g.). Podejmując próbę adaptacji przepisów prawa wodnego do wód leczniczych, można stwierdzić, że obszar górniczy powinien być przestrzenią, która ma na celu zabezpieczenie złoża przed wpływem warunków zewnętrznych oraz rozciągającą się w strefie oddziaływania ujęć (Ciężkowski i in., 2004). Wynika z tego, że w przypadku złóż wód leczniczych o zasobach nieodnawialnych granice zasięgu obszaru górnictwa można wyznaczyć zgodnie z granicą złoża (p. rys. 2.2). W sytuacji kiedy mamy do czynienia ze złożami o zasobach odnawialnych, określenie granic obszaru górnictwa jest bardziej skomplikowane. Optymalnym rozwiązaniem byłoby wyznaczenie obszaru górnictwa tak, aby w jego obrębie znalazły się strefy zasilania ujęć, przepływu wód oraz drenażu złoża. Ponieważ w niektórych złożach wód leczniczych strefy ich drenażu położone są w znacznej odległości od obszarów zasilania, wyznaczone obszary górnicze niestety obejmują tylko strefy drenażu.

W przypadku wód leczniczych uściślenia wymaga także definicja terenu górnictwa. Eksploatacja wód leczniczych, obok wspomnianych w pr.g.g. szkodliwych wpływów robót górniczych, najczęściej powoduje zmiany reżimu całego zbiorowiska wód podziemnych (m.in. zaburzenie pierwotnego ciśnienia złożowego czy zmiany mineralizacji wód) oraz powierzchniowych (np. przez odprowadzanie zużytych wód leczniczych).

A zatem, jak proponuje Ciężkowski i in. (2004), teren górniczy powinien obejmować także „przestrzeń przewidywanych zmian w złożu wód leczniczych związanych z ich eksploatacją, tj. wpływów na środowisko wydobytych i zużytych wód”.

Tabela 2.2. Wielkość ustalonych zasobów eksploatacyjnych zwykłych wód podziemnych oraz udokumentowanych zasobów eksploatacyjnych wód leczniczych [w m³/h] (Przeniosło, 2004, 2005)

	Stan na 31.12.2003 r.	Stan na 31.12.2004 r.
Zasoby eksploatacyjne wód zwykłych ogółem	1 864 206,56	1 878 425,15
Zasoby eksploatacyjne wód leczniczych i termalnych	3 109,41	3 245,97
Udział wód leczniczych w ogólnym bilansie	0,167%	0,173%

Przedstawione zestawienie (tab. 2.2) uwidacznia ogromne zróżnicowanie wielkości udokumentowanych zasobów eksploatacyjnych zwykłych wód podziemnych oraz zasobów eksploatacyjnych wód leczniczych. Wskazuje to na konieczność rozwinięcia systemu szczególnej ochrony złóż wód leczniczych.

2.2. Struktury hydrogeologiczne a złoża wód leczniczych

W rozpoznawaniu złóż wód leczniczych, podobnie jak wód zwykłych, dokumentuje się ich zasoby dyspozycyjne i eksploatacyjne, określa się ich genezę, zasięg obszaru zasobowego, granice złoża, a także przynależność do określonych struktur hydrogeologicznych. Przez strukturę hydrogeologiczną rozumie się jednostkę geologiczną (często tektonicznie zaburzoną) lub jej część, w obrębie której występuje złożo wód podziemnych, tworzące – jak już wspomniano dla wód leczniczych – określony system krążenia (wody podziemne odnawialne) lub też takiego systemu nie tworzące (wody podziemne o zasobach nieodnawialnych).

Ponieważ pojęcie struktury hydrogeologicznej w polskiej literaturze nie jest jednoznacznie sprecyzowane, często używane jest jako odpowiednik jednostki hydrogeologicznej stratygraficznej (Paczyński, 2002). Dlatego do głównych typów takich struktur zalicza się baseny hydrogeologiczne, fałdowe systemy górskie, rowy tektoniczne, serie osadów aluwialnych, masywy (cokoły) oraz strefy krasowe (Castany, 1972).

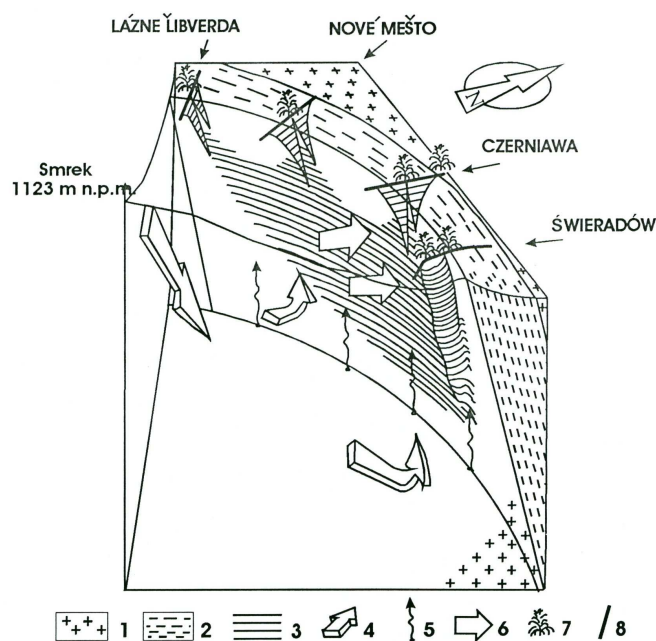
Jak podaje *Słownik hydrogeologiczny* (2002) określenie „struktura hydrogeologiczna” w literaturze światowej używane jest do opisu „jednej lub kilku sąsiadujących struktur geologicznych charakteryzujących się jednością warunków hydrogeologicznych w zakresie rozprzestrzenienia, ruchu i kształtowania się wód podziemnych”. Taką jednością warunków hydrogeologicznych charakteryzować się może np. zespół poziomów wodonośnych, będących w kontakcie hydraulicznym, określane pojęciem piętra bądź też systemu wodonośnego. Należy przy tym pamiętać, że system wodonośny nie musi być zbudowany wyłącznie ze skał porowatych czy szczelinowatych.

Jednostkę hydrogeologiczną może stanowić także ośrodek skalny znajdujący się w obrębie strefy zaburzeń tektonicznych.

Podział struktur hydrogeologicznych wód leczniczych przedstawia tabela 2.3.

Tabela 2.3. Podział struktur hydrogeologicznych wód leczniczych (wg Paczyńskiego, 2002)

Rodzaj zasobów	Nazwa struktury	Możliwość wydzielenia stref			Sposób udostępnienia	Geneza wód
		zasilania	przepływu, akumulacji	drenażu		
Odnawialne	otwarta	+	+	+	źródła, odwierty	infiltracyjne
	półotwarta	+	+	—	odwierty	
	półzakryta	—	+	+	źródła, odwierty	metamorficzne
Nieodnawialne	zakryta	—	+	—	odwierty	reliktowe



Rys. 2.3. Schemat otwartej struktury hydrogeologicznej szczytów izerskich wg Ciężkowskiego (1983b):

- 1 – gnejsy; 2 – łupki łuszczycowe; 3 – strefa formowania się szczytów;
 4 – kierunek przepływu wód w obrębie gnejsów; 5 – doprowadzanie juvenilego dwutlenku węgla;
 6 – dopływy wód radonowych; 7 – wypływy szczytów na powierzchni; 8 – uskoki

Z zestawienia tego wynika, że wody lecznicze o zasobach odnawialnych mogą występować w strukturach otwartych, półotwartych i półzakrytych. Struktury zakryte zawierają natomiast złoża o zasobach nieodnawialnych. W tabeli 2.4 zakwali-

fikowano poszczególne złoża wód leczniczych Polski do poszczególnych typów struktur.

Wody występujące w strukturach otwartych eksploatowane są odwiertami lub źródłami, mają określone strefy zasilania i przepływu oraz określone obszary drenażu. Genetycznie są wodami infiltracyjnymi. Przykładem wód leczniczych występujących w takich strukturach są złoża sudeckich szczaw i wód kwasowęglowych, wód radonowych oraz termalnych. Przykładowy schemat takiej struktury przedstawia rysunek 2.3; schemat taki traktować można jako model koncepcyjny złoża wód.

Tabela 2.4. Zestawienie złóż wód leczniczych i potencjalnie leczniczych Polski z uwzględnieniem podziału struktur hydrogeologicznych

	Struktury otwarte	Struktury półotwarte	Struktury półzakryte	Struktury zakryte
Wody lecznicze	Cieplice Śląskie Zdrój, Czerniawa Zdrój, Długopole Zdrój, Duszniki Zdrój, Głębokie, Horyniec, Jedlina Zdrój, Jeleniów, Krynica Zdrój (bez zuberów), Kudowa Zdrój, Łądek Zdrój, Latoszyn, Łomnica Zdrój, Milik, Muszyna, Piwniczna, Polanica Zdrój, Przerzeczyn Zdrój, Rymanów Zdrój* (szczawy), Stare Rochowice, Swoszowice, Szczawina, Szczawno Zdrój, Świeradów Zdrój, Tylicz, Wapienne, Żegiestów	Kraków – Mateczny	Krościenko nad Dunajcem**, Krzeszowice, Nałęczów, Krynica Zdrój (zubery**), Rabka Zdrój**, Szczawa**, Szczawnica**, Wieniec, Wysowa**	Ciechocinek, Czeszewo, Dębowiec, Dziwnówek, Goczałkowice, Jaworze Dolne, Kamień Pomorski, Kołobrzeg*, Konstancin - Jeziorna, Kotuń, Łągów, Marusza, Międzywodzie, Polańczyk, Połczyn Zdrój, Sopot, Świnoujście, Trzebnica, Ustka, Zabłocie
Wody potencjalnie lecznicze	Bobrowniki Stare, Gorzanów, Kowary, Lesko, Rabe, Sosnowka, Szklarska Poręba, Wierchomla Mała, Wierchomla Wielka	Zakopane	Poręba Wielka	Chłopy, Drogomyśl, Dziwnów, Hyżne - Nieborów Mały, Koszuty, Krynica Morska, Łabędź, Międzyzdroje, Nierodzim i Międzywiecie, Poznań - Nowe Miasto

* – w większości przypadków, w ujęciach wypływają mieszaniny wód z wodami infiltracyjnymi,

** – podstawowa składowa wód jest pochodzenia metamorficznego,

– w zależności od uznania dokładności położenia obszarów zasilania, część wód ze struktur otwartych może być przyporządkowana strukturom półzakrytym,

– ze względu na skomplikowaną genezę wód w tabeli nie zamieszczono wód leczniczych Buska Zdroju, Iwonicza Zdroju, Lubatówki, Rymanowa Zdroju, Solca Zdroju i Ustronia oraz wód potencjalnie leczniczych Krosna i Soli.

W strukturach półotwartych obecne są wody, dla których określone są obszary zasilania oraz drogi przepływu. Nieznane są natomiast strefy drenażu. Eksploatacja ta-

kich wód odbywa się odwiertami. Wody lecznicze Krakowa-Matecznego oraz wody potencjalnie lecznicze Zakopanego są typowym przykładem złóż występujących w takich strukturach.

Struktury półzakryte charakteryzują się rozpoznanymi strefami akumulacji i drenażu przy jednocześnie nieznanymi strefami zasilania. W takich strukturach mogą występować wody infiltracyjne, metamorficzne bądź ich mieszaniny, a udostępniane są odwiertami lub źródłami. Przykładem wód występujących w tego typu strukturach są krynickie zuberki, wody lecznicze Rabki Zdroju, Szczawy czy Wysowej. Spośród wód potencjalnie leczniczych w strukturach półzakrytych występują wody Poręby Wielkiej.

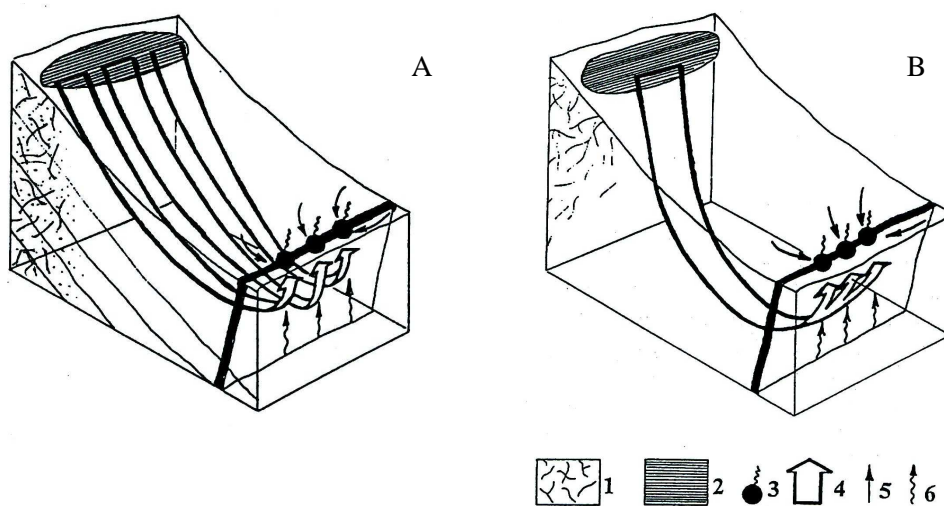
Dla struktur zakrytych charakterystyczne są w Polsce wody infiltracji przedczwartorzędowej oraz wyjątkowo synsedymencyjne. Złoża wód leczniczych obecne w takich strukturach mają prawie nieodnawialne i nieodnawialne zasoby, a eksploatowane są odwiertami. Typowymi przykładami wód leczniczych i potencjalnie leczniczych, tworzących takie struktury, są wody z obszaru Niżu Polskiego.

Uwzględniając budowę geologiczną, a przede wszystkim tektonikę jednostek geologicznych, w których występują lub też przemieszczają się wody lecznicze i potencjalnie lecznicze, Liber-Madziarz (2001) na podstawie analizy wyników kilkuset tysięcy obserwacji z różnych uzdrowisk wyróżniła, dla wód meteorycznych obszaru sudeckiego, dwa główne typy złóż tych wód – złoża wód szczelinowych oraz złoża wód szczelinowo-porowych. Uwzględniając rodzaj systemu krążenia, do pierwszego typu złóż można zaliczyć wody systemu bardzo głębokiego, głębokiego i płytkiego krążenia. W obrębie drugiego typu złóż występują wody głębokiego i płytkiego systemu krążenia.

Wodami szczelinowymi przemieszczającymi się *systemem bardzo głębokiego krążenia* (na głębokościach tysiąca i więcej metrów) są np. wody podziemne przedostające się ku powierzchni Ziemi wzdłuż głębokich rozłamów tektonicznych. Do tego typu złóż wód leczniczych należą wody termalne Łądką Zdroju i Cieplic Śląskich Zdroju. Wodami potencjalnie leczniczymi, które przynależą do tej grupy złóż są także np. wody termalne Zakopanego, przy czym w tym przypadku nie są znane strefy ich drenażu (tab. 2.4).

Wody szczelinowe *głębokiego systemu* krążenia przemieszczają się na głębokościach rzędu kilkuset metrów. Do tego typu złóż zalicza się np. złoża szczaw Świeradowa Zdroju, Czerniawy Zdroju i Długopola Zdroju. Podobnie jak omówione wcześniej wody bardzo głębokiego krążenia, wody lecznicze wymienionych miejscowości wypływają ku powierzchni Ziemi, wykorzystując systemy dyslokacji i szczelin. Często, dodatkowo wzdłuż stref tektonicznych przemieszcza się juwenilny dwutlenek węgla rozpuszczający się w tych wodach. Na drogach przepływów omawiane wody lecznicze mogą mieszać się bądź współwystępować z otaczającymi je wodami zwykłymi.

Płytkie wody zarówno szczelinowe, jak i szczelinowo-porowe kształtują się i przemieszczają na głębokościach rzędu kilkudziesięciu metrów. Typowym przykładem wód szczelinowych, występujących w systemie płytkiego krążenia, są wody radonowe Świeradowa Zdroju. Do grupy płytkich wód szczelino-porowych zaliczyć można wody lecznicze Szczawna Zdroju, a także płytkie szczawy Muszyny, Krynicy Zdroju i in.



Rys. 2.4. Przykładowe schematy systemów wód szczelinowo-porowych płytkiego krążenia (A) oraz wód szczelinowych głębokiego krążenia (B) (wg Liber-Madziarz, 2001):

1 – skały wodonośca, 2 – obszar zasilania, 3 – źródło, 4 – przepływ wód podziemnych płytkiego krążenia, 5 – dopływ wód zwykłych, 6 – doprowadzenie wolnego dwutlenku węgla

Na rysunku 2.4 przedstawione są dwa schematy, które wydają się być typowymi dla szczaw pochodzenia infiltracyjnego obszarów górskich w Polsce. Schemat A prezentuje sytuację, gdy wody z obszaru zasilania niezależnymi systemami przepływają do źródeł, nieraz położonych blisko siebie. Sytuacja taka jest charakterystyczna generalnie dla wód obszaru Karpat. Natomiast w Sudetach typowy jest schemat B – wody z obszaru zasilania w trakcie przepływu podziemnego mineralizują się, a następnie dążąc do wypływu na powierzchnię, dzielą się na kilka strug dążących do pojedynczych wypływów. W obu przypadkach w końcowym etapie następuje mieszanie się z płytkimi wodami zwykłymi.

3. Współwystępowanie różnych rodzajów wód w obrębie złóż wód leczniczych

Granice obszarów górniczych złóż wód leczniczych określają pewną przestrzeń w górotworze, w której występują nie tylko wody charakteryzujące się właściwościami pozwalającymi uznać je za lecznicze, ale również inne wody. Współwystępowanie różnych wód niesie ze sobą wiele problemów; chcąc je rozpatrywać, należy na początku zidentyfikować genetyczne rodzaje poszczególnych rodzajów wód podziemnych w aspekcie kontaktów między nimi. Podstawowym sposobem określenia genezy wód jest oznaczenie w ich cząsteczkach stosunków trwałych izotopów tlenu i wodoru. Na rysunku 4.2.1 przedstawione są charakterystyczne pola na wykresie $\delta^{18}\text{O}-\delta^2\text{H}$, które wskazują na pochodzenie wód podziemnych w Polsce.

W przypadku niezbyt głębokiego krążenia wód pochodzących z infiltracji, o wieku określanym na współczesny lub holoceniński, w ujęciach pojawiają się najczęściej uformowane, niez mieszane wody.

Natomiast wody głębszego krążenia (współczesne lub holocenijskie, rzadziej glacialne) o uformowanym składzie chemicznym, dążąc do wypływów, „przebijają” się przez wyżej znajdujące się zwykłe wody podziemne o niskiej i odmiennej mineralizacji. Może zachodzić więc tu proces mieszania się pomiędzy wodami, a ich kontakt ma również charakter hydrauliczny.

Paleoinfiltracyjne wody przedczwartorzędowe oraz wody synsedymencyjne praktycznie odcięte są od kontaktów z innymi wodami. W wyjątkowych tylko przypadkach pojawiały się one w przeszłości na powierzchni w Kołobrzegu i Połczynie Zdroju. Ascenzja takich solanek do poziomu czwartorzędowego powoduje istnienie również obecnie płytko występujących anomalii hydrochemicznych w Ciechocinku i Kołobrzegu.

Na większych głębokościach (wiele setek metrów) mogą mieszać się wody reliktove z wodami holocenijskimi. Natomiast wody dehydratacyjne zostają z dużej głębokości i pod dużym ciśnieniem wyniesione ku powierzchni Ziemi; ich występowanie obserwujemy w powiązaniu z wyraźnymi dużymi strefami nieciągłości tektonicznych.

W tabeli 3.1 przedstawiono współwystępowanie wód leczniczych i wód potencjalnie leczniczych w obrębie pojedynczych złóż w Polsce. Większość wód jest wodami

Tabela. 3.1. Współwystępowanie wód leczniczych i wód potencjalnie leczniczych różnej genezy w obrębie poszczególnych złóż; niektóre ze złóż wymienione są nawet w kilku kratkach (Ciężkowski i in., 2005)

Wody		Infiltracji współczesnej	Infiltracji holocenińskiej	Glacialne	Interglacialne	Infiltracji przedczwartorzędowej	Synsedymen-tacyjne	Dehidra-tacyjne	Inne	
Niemieszane		<i>Bobrowniki Stare</i> , Cieplice Śl. Zdrój, Głębokie, Jedlina Zdrój, <i>Kowary</i> , Kudowa Zdrój, <i>Latoszyn</i> , <i>Lesko</i> , Łomnica Zdrój, Milik, Muszyna, Nałęczów, <i>Rochowice Stare</i> , <i>Sosnówka</i> , Szczawnica, Szczawnik, <i>Szklarska Poręba</i> , Świeradów Zdrój, Tylicz, Wapienne, <i>Wierchomla</i> , Złockie, Żegiestów Zdrój	Horyniec Zdrój, Krzeszowice, Kudowa Zdrój, <i>Lipa</i> , Łądek Zdrój, Muszyna, Polanica Zdrój, Przerzeczyn Zdrój, Sopot, Świeradów Zdrój, Wieniec, Złockie	Mateczny, Cieplice Śl. Zdrój, Krynica, Muszyna, Piwniczna Zdrój, Świnoujście, Złockie, Żegiestów Zdrój			Busko Zdrój (głębokie), Ciechocinek, Dziwnów, Dziwnówek, Goczałkowice Zdrój, Kamień Pomorski, Kołobrzeg, Konstancin-Jeziorna, Kotuń, Międzywodzie, Połczyn Zdrój, Świnoujście, Ustroń	Dębowiec, Zabłocie	Rabka, Szczawa, Szczawnica, Wysowa	
Mieszane	infiltracji współczesnej	Cieplice Śl. Zdrój, Długopole Zdrój, Duszniki Zdrój, Krynica Zdrój, Muszyna, Szczawa, Szczawnica, Szczawno Zdrój, Wysowa	Czarniawa Zdrój, <i>Gorzaków</i> , Jeleniów, Kudowa Zdrój, Piwniczna Zdrój, Polanica Zdrój, Szczawina, Świeradów Zdrój,	Mateczny,	Busko Zdrój (płytkie)	Ciechocinek		Krościenko, <i>Poręba Wielka</i> , Rabka, Szczawa, Szczawnica, Wysowa	Iwonicz Zdrój, Krosno, Lubatówka, Rabe, Rymanów Zdrój	
	infiltracji holocenińskiej			Cieplice Śl. Zdrój, Krynica, Tylicz		Kamień Pomorski,	Świnoujście			
	glacialne					Kołobrzeg				
	interglacialne							Krynica i Złockie (zubery)		
	synsedymen-tacyjne							Sól		

Genezę wód określono na podstawie badań izotopowych; w 18 złóżach – głównie solanek Niżu Polskiego – nie przeprowadzono dotychczas takich badań.

Wskutek działalności górnictwa podziemnego zanikły wody *Inowrocławia*, *Jastrzębia Zdroju* i *Moszczenicy*.

współczesnymi, holoceniowymi i glacialnymi, a także ich mieszaninami – a więc wodami infiltrującymi w czwartorzędzie. Drugą grupę stanowią relikto-
wody paleo-
infiltracyjne i synsedymen-
tacyjne, trzecią zaś wody dehydratacyjne. Wśród tych ostat-
nich niezwykle rzadkimi w przyrodzie są zuberki oraz wody Soli, stanowiące
mieszanki odpowiednio z wodami interglacialnymi i synsedymen-
tacyjnymi.

Jak wynika z przedstawionych rozważań, wody podziemne różnej genezy prawie
powszechnie kontaktują się ze sobą. Połączenia hydrauliczne pomiędzy nimi mogą
przejawiać się przenoszeniem ciśnień, ale też mieszaniem się. Dodatkowo poszcze-
gólne poziomy mogą przenikać systemy porów i szczelin, którymi następuje prze-
mieszanie się endogenicznych gazów – głównie dwutlenku węgla.

4. Przejawy oddziaływań pomiędzy wodami leczniczymi a wodami zwykłymi

Racjonalna gospodarka wodami leczniczymi w ujęciach nakazuje, aby eksploatacja tych wód prowadzona była w taki sposób, żeby nie powstawały zmiany ilościowe i jakościowe w złożu. Każda ingerencja zmieniająca warunki złożowe, drogi krążenia lub ciśnienia złożowe, szczególnie istotne w przypadku wód eksploatowanych samowypływem, może prowadzić do zagrożenia wielkości zasobów bądź stałości cech fizyczno-chemicznych wód. Bardzo często zmiany jakościowe zachodzące w obrębie danego złoża wód leczniczych są pochodną zmian jego reżimu. Stałość (w granicach naturalnych wahań) parametrów eksploatacyjnych i właściwości fizyczno-chemicznych omawianych wód jest podstawą uznawania ich za lecznicze.

Warunkiem istnienia wzajemnego oddziaływania różnych rodzajów wód podziemnych jest ich współwystępowanie w danej strukturze hydrogeologicznej, a ściślej w granicach złoża wód leczniczych. Wody podziemne mogą wykazywać zróżnicowanie pod względem:

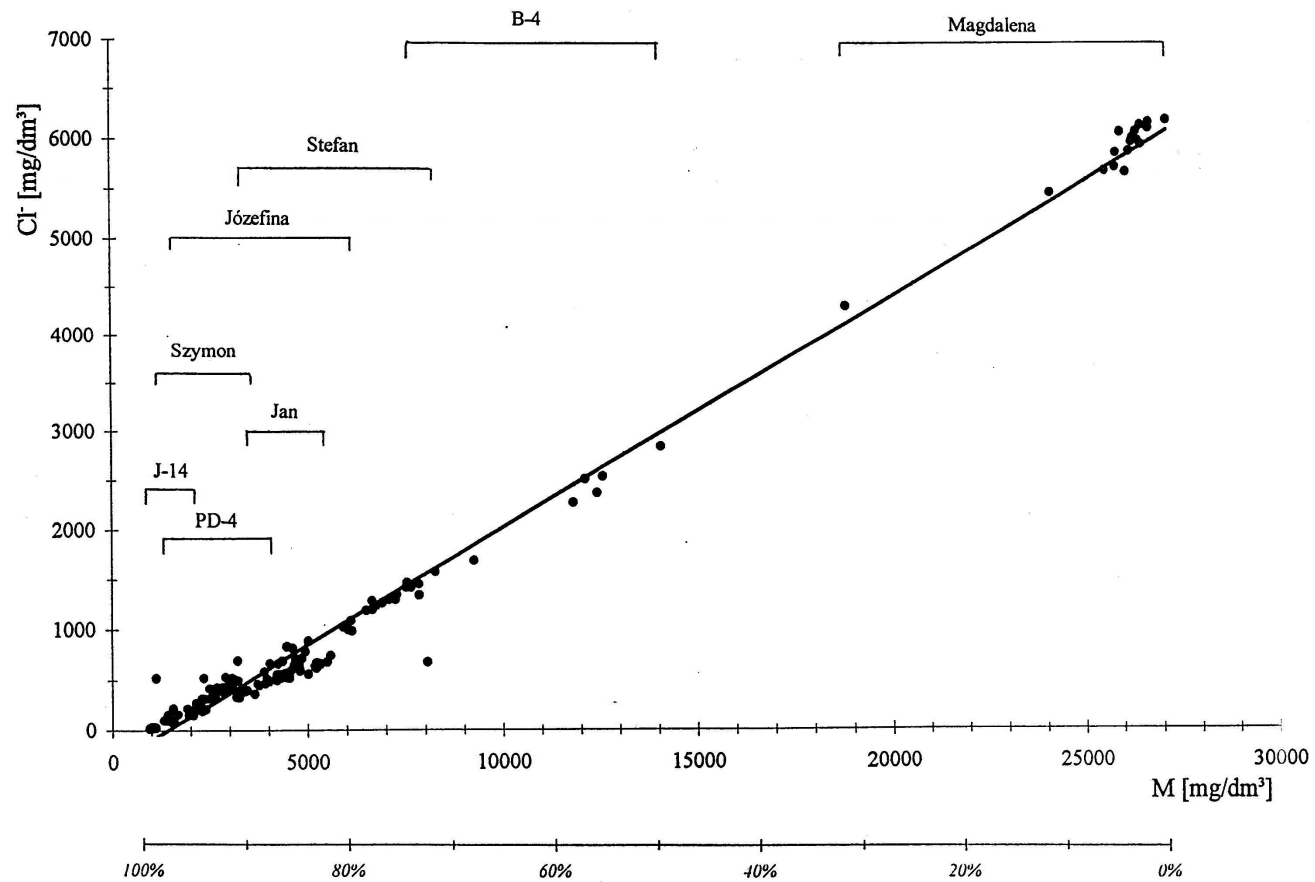
- mineralizacji, składu chemicznego i właściwości fizycznych,
- genezy,
- systemu krążenia.

Współoddziaływanie tak zróżnicowanych wód w warunkach naturalnych jest zjawiskiem raczej niemożliwym do uniknięcia. Nie wdając się w analizę procesów zachodzących w obrębie oddziałujących na siebie wód, skutek tego oddziaływania ma najczęściej charakter negatywny, a efektem jest na ogół pogorszenie właściwości wód.

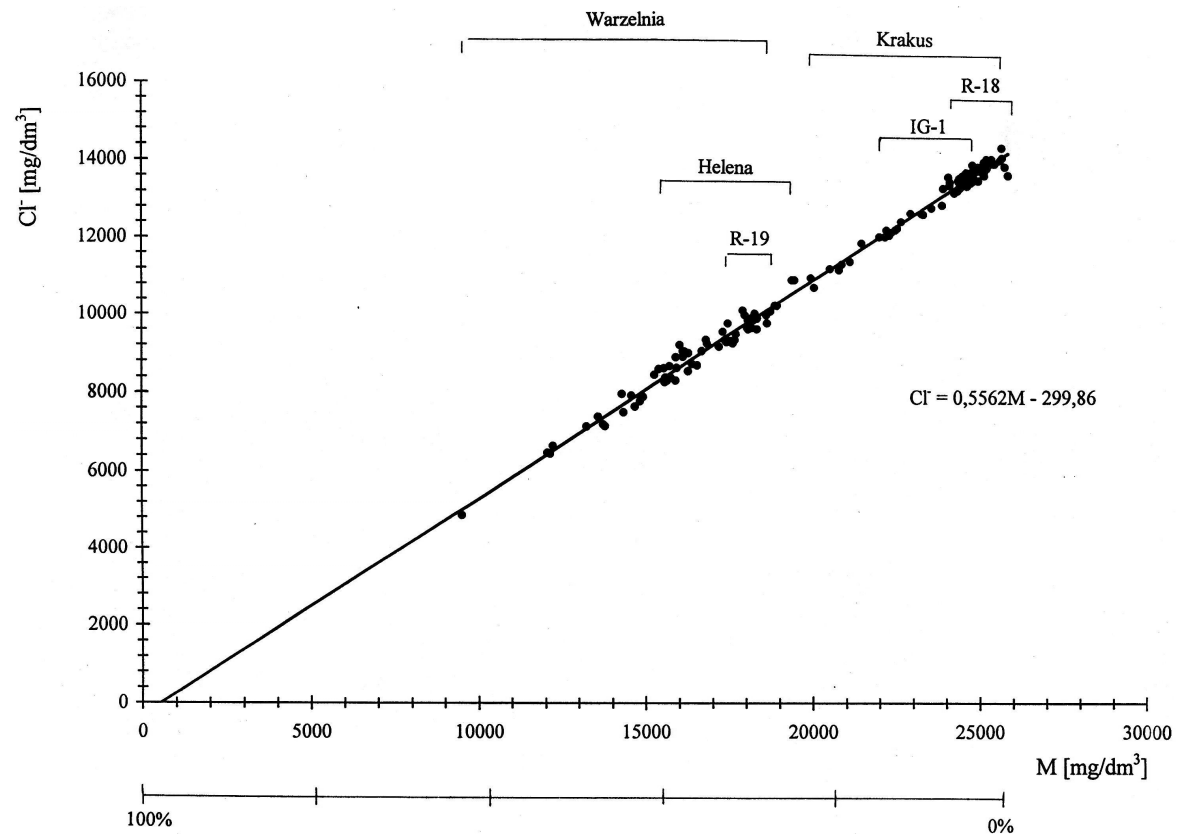
4.1. Przejawy typu hydrochemicznego

4.1.1. Wprowadzenie

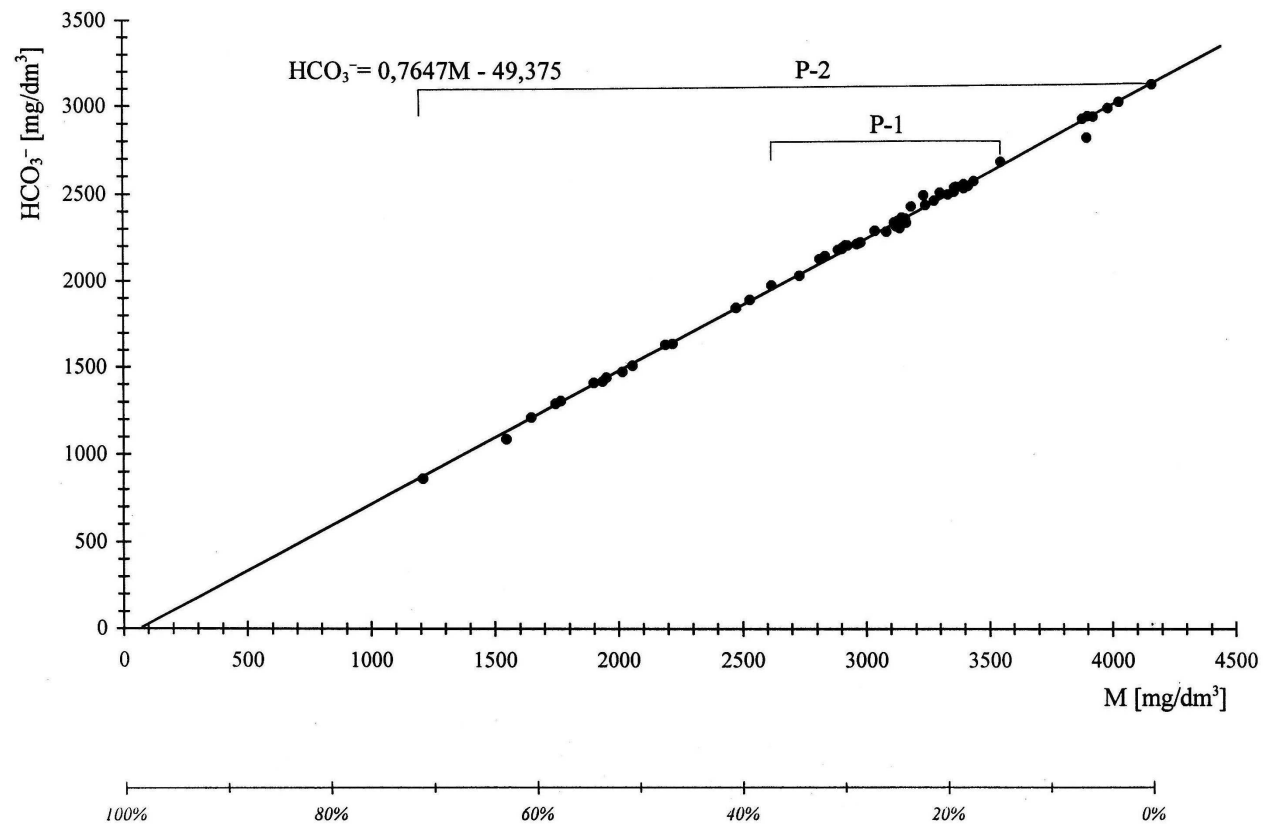
Zmiany jakości wód podziemnych w warunkach eksploatacji mogą wynikać ze zmiany naturalnego systemu krążenia wód lub/i z nasilenia przemian hydrogeochemicznych w środowisku geologicznym w obszarze spływu wód do ujęcia.



Rys. 4.1.1. Wykres mieszania się dehydratacyjnych wód wysoko zmineralizowanych z wodami zwykłymi o niższej mineralizacji (infiltracyjnymi współczesnymi lub holoceniowymi) w ujęciach wód leczniczych Szczawnicy na przykładzie zależności pomiędzy mineralizacją (M) wody a zawartością jonu chlorkowego (Ciężkowski i in., 1996).
 Dodatkowa oś pod wykresem określa udział wód zwykłych w mieszaninie



Rys. 4.1.2. Wykres mieszania się dehydratacyjnych wód wysoko zmineralizowanych z wodami zwykłymi o mniejszej mineralizacji (infiltracyjnymi współczesnymi lub holoceniowymi) w ujęciach wód leczniczych Rabki Zdroju na przykładzie zależności pomiędzy mineralizacją (M) wody a zawartością jonu chlorkowego (Ciężkowski i in., 1996).
 Dodatkowa oś pod wykresem określa udział wód zwykłych w mieszaninie



Rys. 4.1.3. Wykres mieszania się wód o bardzo małej mineralizacji (infiltracyjne wody współczesne lub holoceniskie) z wodami zmineralizowanymi w ujęciach wód leczniczych w Piwnicznej Zdroju na przykładzie zależności mineralizacji (M) od zawartości jonu wodorowęglanowego (Ciężkowski i in., 1996).

Dodatkowa oś pod wykresem określa udział wód zwykłych w mieszaninie

Wspomnieć należy, że oba rodzaje procesów mogą mieć charakter geogeniczny lub antropogeniczny.

Współdziałanie hydrochemiczne wód różnego rodzaju najczęściej następuje w formie mieszania. Najintensywniej mieszanie zachodzi w przypadku, kiedy mieszające się wody zawierają znaczne ilości związków antagonistycznych (Macioszczyk i Dobrzyński, 2002). Każdy proces mieszania prowadzi do zmiany warunków hydrogeochemicznych całego systemu, tj. ośrodka skalnego, mieszających się wód oraz rozpuszczonych w nich gazów. Ulega więc zaburzeniu równowaga hydrogeochemiczna, czego efektem może być, w najkorzystniejszej sytuacji, tylko zmiana stopnia mineralizacji wód. W skrajnym przypadku dojść może do zmiany typu chemicznego wód lub wręcz do całkowitego wysłodzenia wód leczniczych lub potencjalnie leczniczych (Krawiec, 2002; Kielczawa, 2001).

Procesy te można przeanalizować, posługując się modelem rozcieńczania jako typowym i najprostszym procesem hydrochemicznym. Ponieważ model taki nie uwzględnia procesów termodynamicznych, jest dużym uproszczeniem zachodzących zjawisk. Jako pierwsi w literaturze polskiej zjawisko mieszania wód leczniczych i wód zwykłych lokalnego systemu krążenia opisali Ciężkowski i Szarszewska (1978). Autorzy wykorzystali metodę zaproponowaną przez Ogilviego (Ovczynnikov, 1963). Wykorzystuje się w niej prawidłowość, że jeżeli dana woda powstaje w wyniku mieszania się dwóch różnych pod względem mineralizacji wód, to związek między mineralizacją nowo powstałej wody i zawartością w niej poszczególnych jonów ma charakter liniowy. Punkty obrazujące zatem stężenie określonego jonu w wodzie, będącej efektem mieszania (rozcieńczania), powinny leżeć na prostej bądź też blisko niej. Odchylenia punktów od prostych, obrazujących proces rozcieńczania wód w poszczególnych ujęciach, wynikać mogą ze zróżnicowania mineralizacji lub wielkości dopływu wód rozcieńczających. Dodatkowa oś umieszczona pod wykresem umożliwia określenie procentowego udziału wód zwykłych w mieszaninie. Przy czym zauważyć należy, że dodatkowym niejako założeniem jest przyjęcie tezy, że woda o największej mineralizacji odpowiada „czystej” wodzie leczniczej (uformowanej w systemie głębokiego krążenia).

Obok rozcieńczania, w procesie mieszania wód zachodzić może wytrącanie lub strącanie faz stałych i gazowych. Wytrącanie się z roztworów składników stałych zachodzi w wyniku zmiany stanu równowagi termodynamicznej wielofazowego układu, jaki tworzą ośrodek skalny i wody podziemne wraz z rozpuszczonymi w nich gazami. Wytrącanie się stałego osadu w ujęciach wskutek mieszania się wód znane jest autorom tylko z ujęcia szczytowej Pieniawa Józefa II w Polanicy Zdroju, w którym dopływ natlenionych wód płytkiego krążenia powodował okresowe powstawanie korków z wodorotlenków żelaza. Tak więc prawie we wszystkich przypadkach ujęć wód leczniczych mamy do czynienia z prostym mieszaniami.

Niestabilna eksploatacja ujęć powodować może wahania mineralizacji wód leczniczych, zwłaszcza w płytkich ujęciach; w takiej sytuacji będą one pochodną zróżnicowania ilości dopływających do ujęć wód zwykłych.

4.1.2. Przykłady oddziaływań

Z przedstawionych dotychczas rozważań na temat współoddziaływania wód leczniczych z wodami zwykłymi wynika, że wody lecznicze są swoistymi mieszaninami o różnym, często zmiennym, udziale składowych mineralnej (głębokiego systemu krążenia) i zwykłej (związanej z systemem płytkiego krążenia).

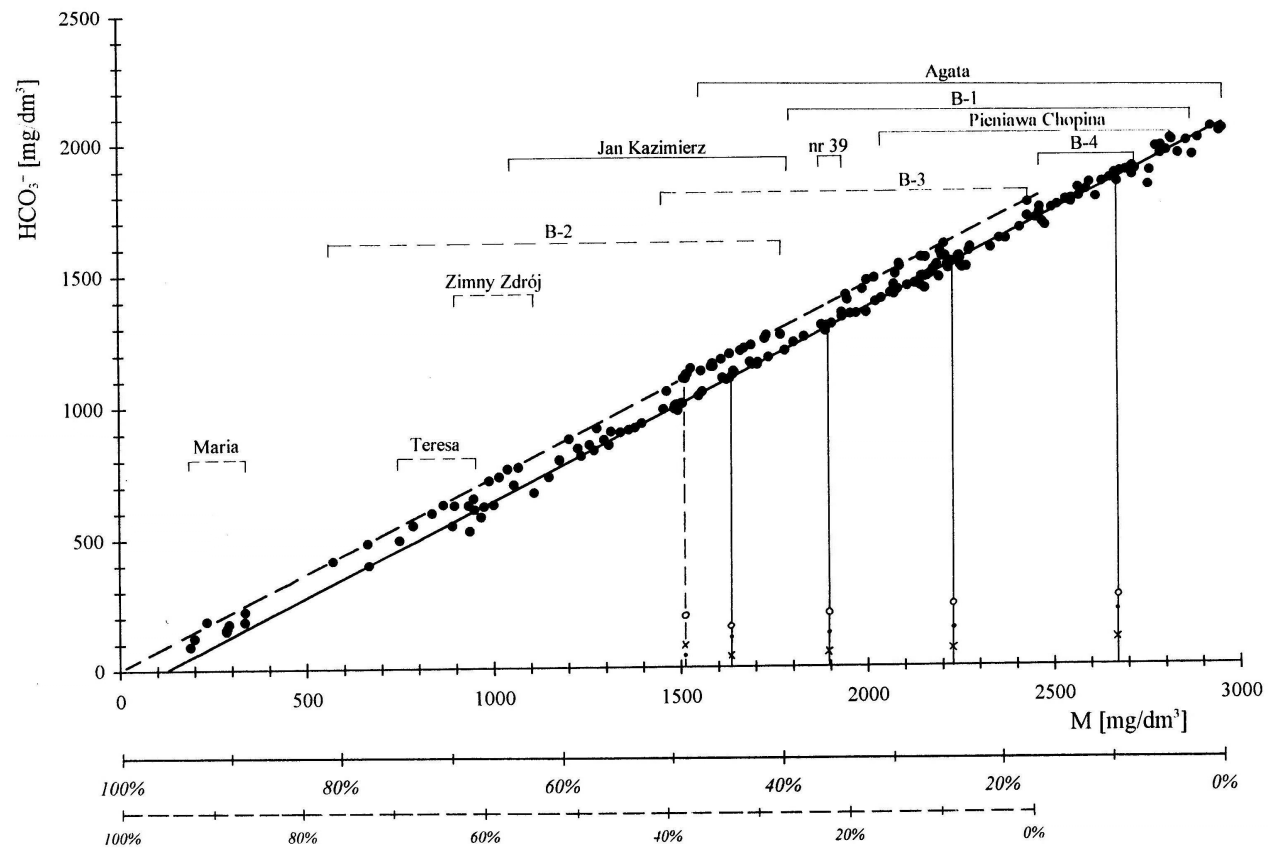
Bardzo ciekawą mieszaniną, ze względu na genezę głębokiej składowej, są np. wody lecznicze Szczawnicy, Rabki czy krynickie zuber.

Wody lecznicze **Szczawnicy** pod względem chemicznym są szczawami $\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$

ze znaczącymi stężeniami jonów jodkowych. Generalnie uważa się, że są to dwuskładnikowe mieszaniny wód współczesnej infiltracji i wód nieinfiltracyjnych – dehydracyjnych (Oszczykko i Zuber, 2002). Ogólnie udział tej drugiej składowej w poszczególnych ujęciach Szczawnicy jest nierównomierny, zdecydowanie przeważają one w ujęciu Magdalena (rys. 4.1.1). Ujęcie B-4 cechuje się raczej zrównoważonymi proporcjami obu składowych. Pozostałe ujęcia zawierają znacznie większy udział wód zwykłych, sięgający nawet 100% w ujęciu Jan-14 (Ciężkowski i in., 1996).

Współoddziaływanie tych samych pod względem genetycznym składowych obserwować można także w **Rabce Zdroju**. Pod względem chemicznym wody lecznicze Rabki są solankami jodkowymi, przy czym w ujęciach występują znaczne ilości metanu. W poszczególnych ujęciach obserwuje się znacznie mniejszy, w stosunku do omówionych wód Szczawnicy, udział wód zwykłych (rys. 4.1.2). Ujęcia R-18, IG-1 i Krakus zawierają prawie wyłącznie wody diagenetyczne. W przypadku ujęcia Warzelnia widoczne są duże wahania udziału składowej współczesnej infiltracji (30–60%). W mieszaninach pozostałych ujęć (np. Helena, R-19) udział wód zwykłych nie przekracza 30–40% (Ciężkowski i in., 1996).

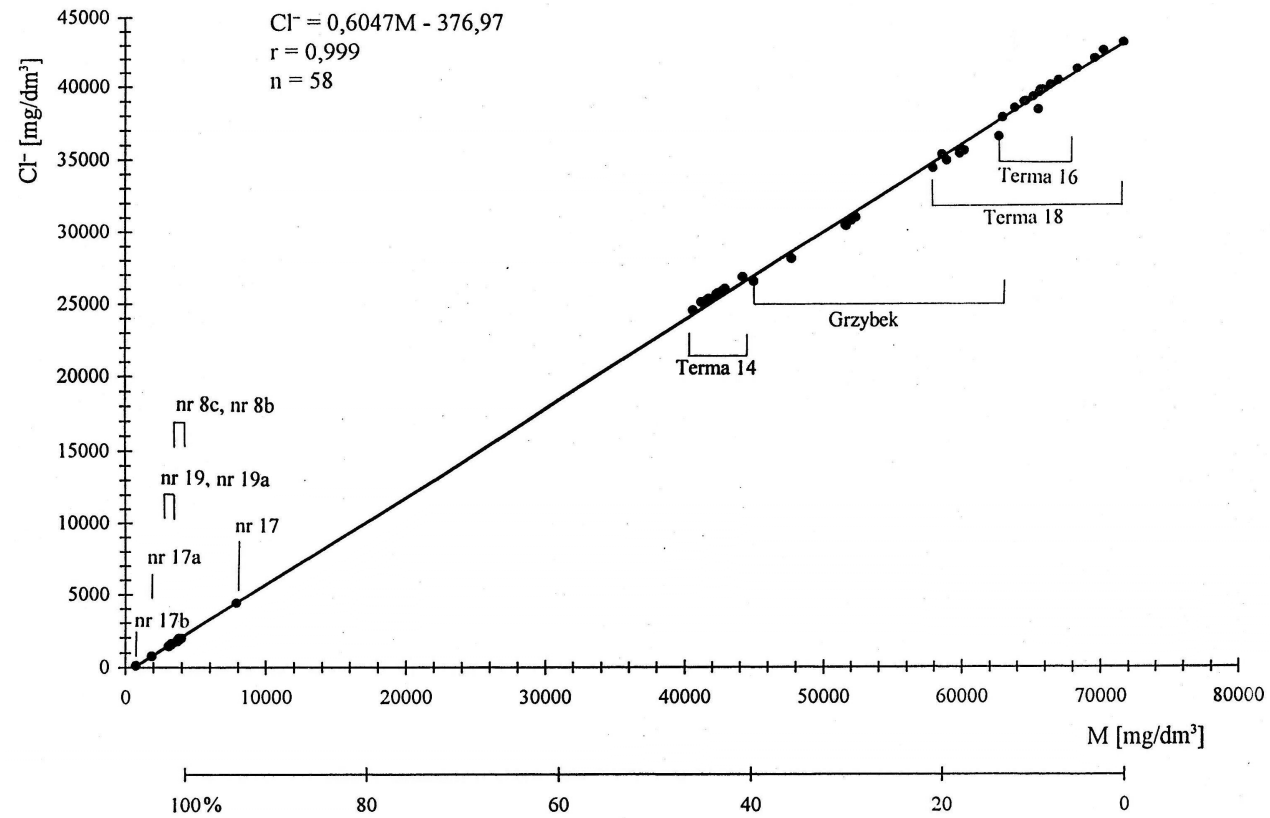
Jako kolejny przykład oddziaływania wód leczniczych z wodami słabo zmineralizowanymi posłużyć mogą wody **Piwnicznej Zdroju**. Ogólnie w tej miejscowości eksploatowane są szczawy $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg-Na}$. Otwory P-1 i P-2 ujmują mieszaniny słabo zmineralizowanych wód współczesnej infiltracji i infiltracyjnych wód wieku glacialnego (rys. 4.1.3). Największy udział składowej glacialnej zaobserwowano w ujęciu P-2. Zwrócić jednocześnie należy uwagę, że wody z tego otworu cechują się dużym zróżnicowaniem udziału obu składowych. Składowa słabo zmineralizowana występuje w ilościach nawet do 70%. Świadczyć to może o zmiennych warunkach dopływu wód systemu głębokiego krążenia bądź o intensywnie rozwiniętych kontaktach z systemem wód słabo zmineralizowanych. W ujęciu P-1 natomiast udział składowej słabo zmineralizowanej waha się tylko w granicach 20–40% (Ciężkowski i in., 1996).



Rys. 4.1.4. Wykres obrazujący mieszanie się szczerw Dusznik Zdroju z wodami zwykłymi (Ciężkowski i in., 1996)
 W formie linii pionowych przedstawiono skład chemiczny wód z poszczególnych ujęć według analiz z 1995 r.;

- - HCO_3^- , • - Na^+ , ○ - Ca^{+2} ; linie ciągłe - typ HCO_3^- -Ca-Na(-Mg); linie przerywane - typ HCO_3^- -Ca-Mg.

Skale umieszczone pod wykresem przedstawiają procentowe zawartości wód zwykłych w ujęciach osobno dla każdego typu chemicznego wody



Rys. 4.1.5. Wykres mieszania się wód o bardzo małej mineralizacji (infiltracyjne wody współczesne lub holocenijskie) z paleoinfiltracyjnymi solankami w ujęciach wód leczniczych w Ciechocinku na przykładzie zależności mineralizacji (M) wody od zawartości jonu chlorkowego (Ciężkowski i in., 1996).
 Dodatkowa oś pod wykresem określa udział wód zwykłych w mieszaninie

Z nieco bardziej skomplikowaną sytuacją mamy do czynienia w przypadku leczniczych szczaw **Dusznik Zdroju**. Występujące tam wody reprezentowane są przez dwa typy hydrochemiczne: $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ oraz $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na-(Mg)}$. Środowisko występowania tych wód stanowią silnie szczelinowe skały metamorficzne (głównie łupki łuszczkowe), zaangażowane w dużą strefę dyslokacyjną, jaką jest uskoki brzeżny Dusznik Zdroju. W poszczególnych ujęciach (rys. 4.1.4) pojawiają się wody będące rezultatem mieszania się słabo zmineralizowanych wód z wodami o największej mineralizacji 2957 mg/dm^3 , dla typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Na-(Mg)}$ oraz 2435 mg/dm^3 dla typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$. Udział wód zwykłych w ujęciach dusznickich wynosi od 0% (Agata i B-3 dla odpowiednich typów) do ponad 90%. Wahania zawartości wód zwykłych w obrębie poszczególnych ujęć sięgają od kilku procent (ujęcie nr 39) do blisko 50% (ujęcia Agata i B-2).

Na Niżu Polskim hydrochemiczne przejawy współwystępowania wód współczesnej infiltracji z wodami przedplejstoczeńskimi obserwuje się np. w **Ciechocinku**. Występują tam solanki jodkowe o podwyższonej temperaturze i zawierające H_2S . W obrębie tych wód można wydzielić dwie grupy – wody o dużej mineralizacji oraz wody słabiej zmineralizowane (rys. 4.1.5). Udział wód zwykłych w mieszaninach z wodami pierwszej grupy sięga ponad 40% (Terma 14) i proporcje mieszania są tu bardziej zmienne niż w przypadku wód słabiej zmineralizowanych, w których udział wód zwykłych wynosi ponad 90%. Potwierdzeniem tego poglądu mogą być wyniki badań Poprawskiego i in. (1998), świadczące o wysładzaniu się wód Ciechocinka.

Obecność domieszek wód zwykłych w wodach leczniczych z pojedynczych ujęć określić można także, wykorzystując zawarty w nich radioaktywny gaz – radon. Najlepiej udokumentowanymi złożami, w których dzięki pomiarom stężenia radonu można udowodnić istnienie domieszki słabo zmineralizowanych wód płytkiego krążenia i współczesnej infiltracji, są złoża Świeradowa Zdroju i Jedliny Zdroju (Przylibski, 2005).

W głębszych ujęciach szczaw Świeradowa Zdroju stężenie radonu jest znacznie mniejsze niż w płytkich studniach kopanych. Jednocześnie podczas eksploatacji otworu 1A zaznaczają się bardzo duże wahania stężenia ^{222}Rn w czasie. W otworze tym szczawa jest ujęta na głębokości kilkudziesięciu metrów poniżej poziomu terenu, a więc w strefie krążenia słabo zmineralizowanych współczesnych wód infiltracyjnych.

W zależności od warunków hydrodynamicznych, w ujmowanej szczawie silnie zmienia się w rezultacie zawartość wód płytkiego krążenia znacznie wzbogaconych w radon. Skutkiem tego w szczawach eksploatowanych w ujęciu 1A występują silne wahania stężenia ^{222}Rn skorelowane także ze zmianami mineralizacji. Przeważa sytuacja kiedy składowa zmineralizowana dominuje w ujmowanej mieszaninie i wówczas stężenie ^{222}Rn jest małe – rzędu od kilkunastu do kilkudziesięciu $\text{Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$. Natomiast w okresach, kiedy w górotworze znajduje się większa ilość wód płytkiego krążenia, wzrasta ich udział w ujmowanej szczawie i jednocześnie stężenie ^{222}Rn sięga kilkuset, a sporadycznie przekracza nawet $1000 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

W ujęciu szczaw J-300 w Jedlinie Zdroju zauważono natomiast, że wraz z obniżaniem poziomu zwierciadła wody w otworze maleje stężenie rozpuszczonego w niej radonu. Przyczyną jest powiększanie depresji w czasie pompowania, a więc również zwiększenie zasięgu leja depresji, a co za tym idzie zmniejszenie ilości nisko zmineralizowanych wód płytkiego krążenia, infiltrujących w pobliżu ujęcia, względem wód o większej mineralizacji i dłuższym czasie przepływu podziemnego. Tak więc i w szczawach ujętych otworem J-300 w Jedlinie Zdroju większe stężenia ^{222}Rn (rzędu $100\text{--}180\text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$) są związane z większym udziałem nisko zmineralizowanych wód płytkiego krążenia, natomiast w czasie eksploatacji z tego otworu wody mineralnej (szczawy) o dłuższym czasie podziemnego przepływu i większej mineralizacji, stężenie ^{222}Rn jest znacznie mniejsze – rzędu kilkudziesięciu $\text{Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Przylibski, 2005).

Wody lecznicze w każdej z miejscowości najczęściej wypływają w kilku ujęciach. Analizując skład chemiczny wód z poszczególnych ujęć, zaobserwować można pewne zróżnicowanie ich stopnia mineralizacji, podczas gdy typ chemiczny wód pozostaje taki sam. W ujęciach zatem wypływają mieszaniny (w różnych proporcjach) wód leczniczych uformowanych na dużych głębokościach oraz wód zwykłych, otaczających ich drogi przepływu. Zjawisko to jest typowe dla wód leczniczych Sudetów. Proporcje mieszania wykazują zmienność:

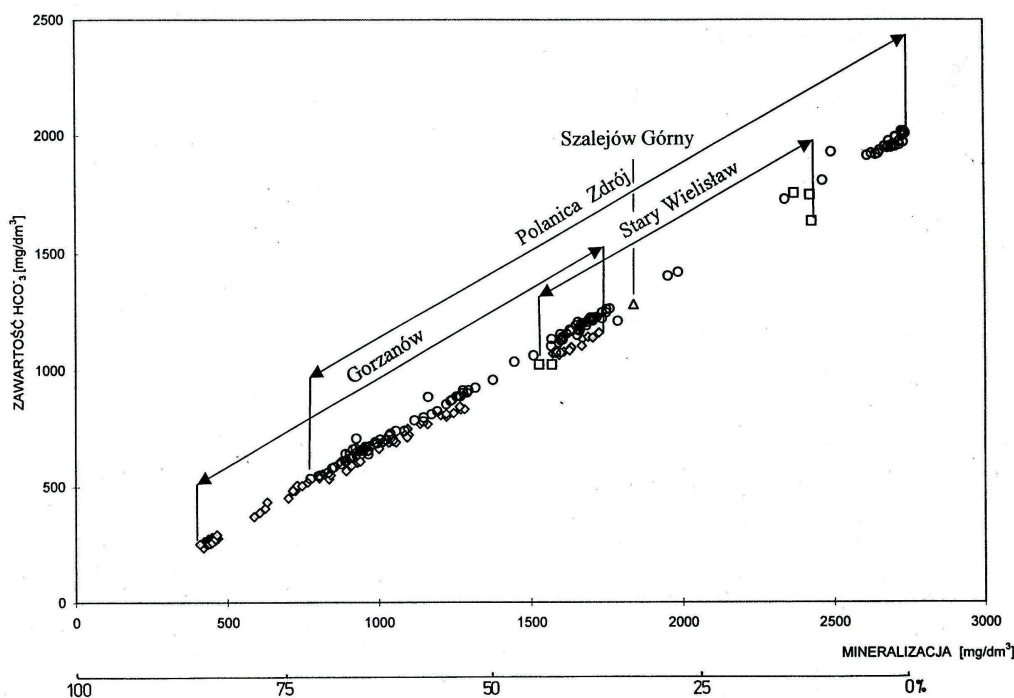
- w czasie,
- lokalną – w obrębie jednego złoża,
- regionalną – w obrębie jednostki hydrogeologicznej.

Przykładem sudeckich jednostek hydrogeologicznych, w obrębie których występują wody lecznicze formujące się w zbliżonych warunkach geologicznych, jest rów górnej Nysy Kłodzkiej i Góry Stołowe. Najbardziej znane wody lecznicze i potencjalnie lecznicze w obrębie tych jednostek, występują w Polanicy Zdroju, Gorzanowie, Starym Wielisławiu oraz Szalejowie Górnym. Tworzą one odrębne złoża, cechują się jednak bardzo zbliżonym składem podstawowych jonów, a co za tym idzie jednakowym typem hydrochemicznym. Uwagę zwraca stałość proporcji stężeń poszczególnych jonów. Wody każdego z wymienionych złóż w strefach drenażu przemieszczają się w obrębie lokalnych systemów krążenia. Najprawdopodobniej właśnie z lokalnych zmian warunków geologicznych (głównie litologii ośrodka skalnego i tektoniki) oraz lokalnych zmian typu wód zwykłych (Kielczawa, 2001) wynika niewielkie zróżnicowanie zawartości pojedynczych jonów (np. Na^+) w poszczególnych złożach (np. w Gorzanowie czy Polanicy Zdroju).

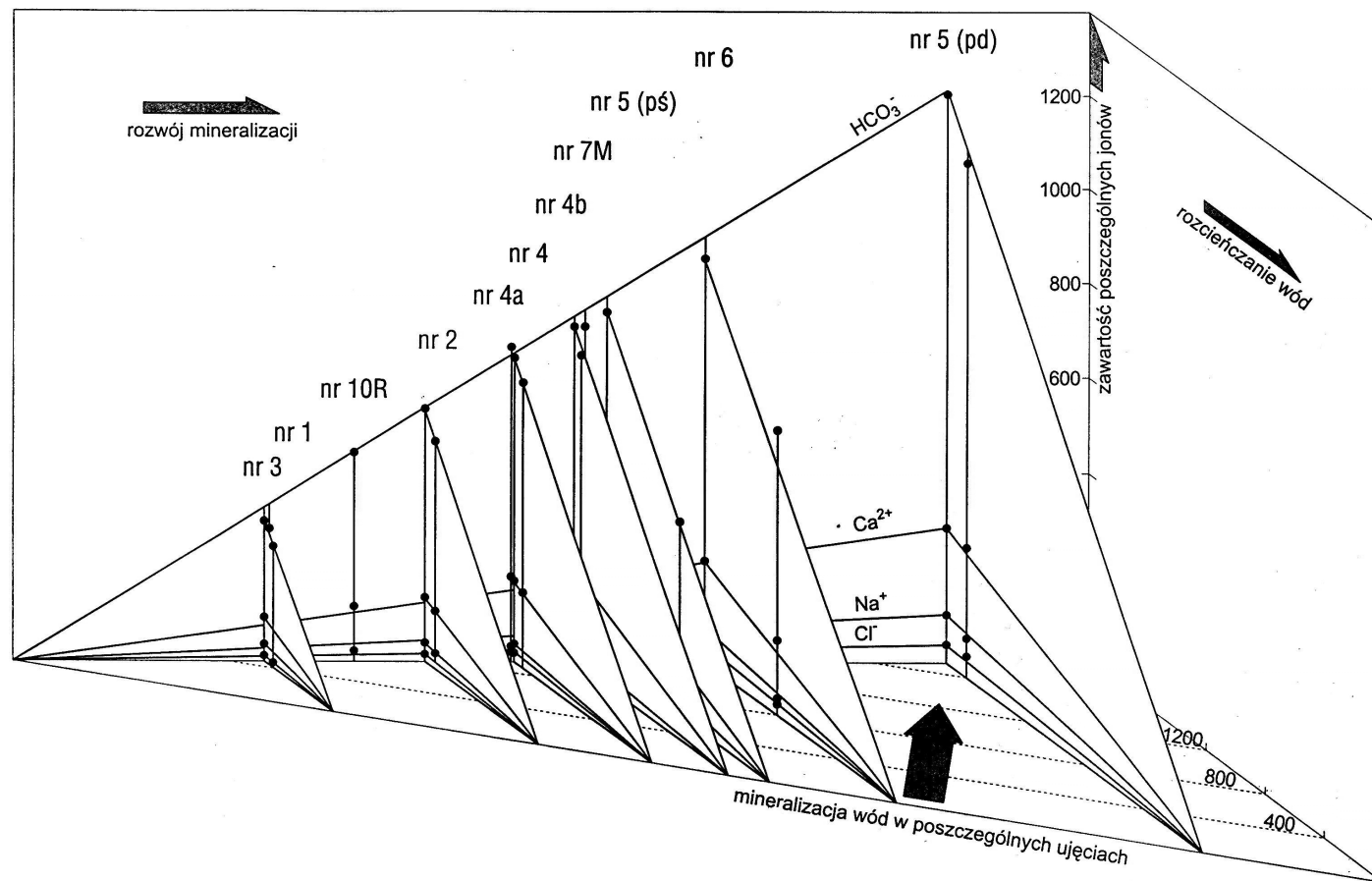
Obraz, jaki uzyskano zestawiając zawartość jonów głównych względem mineralizacji dla poszczególnych złóż (rys. 4.1.6), świadczy o występowaniu we wszystkich tych miejscowościach takiej samej liniowej zależności pomiędzy wspomnianymi parametrami. Stosunki stężenia podstawowych jonów w wodach tych miejscowości są zbliżone, wody cechują się typem $\text{HCO}_3\text{-Ca}$. Wyraźne zróżnicowanie zaznacza się jedynie w stopniu ich zmineralizowania. Można zatem uważać, że omawiane wody, mimo iż stanowią indywidualne złoża, są jednak na różnym etapie rozwoju współdziałania z wodami zwykłymi lokalnego tła (Ciężkowski, 1990).

Traktując w tym zestawieniu wody lecznicze Polanicy Zdroju (o największej spośród omawianych wód mineralizacji) jako „najczystsze”, ukształtowane w głębokim systemie rowu górnej Nisy Kłodzkiej, okazuje się, że wody lecznicze Gorzanowa cechują się największym udziałem wód zwykłych w całej jednostce. Przy czym należy zwrócić uwagę, iż przyczyny takiej sytuacji mogą być dwojakie. Albo w Gorzanowie mieszają się wody lecznicze z wodami zwykłymi, a w Polanicy Zdroju wody lecznicze i wody o tylko nieznacznie mniejszej mineralizacji, albo lokalne warunki geologiczne (głównie zaangażowanie tektoniczne) w rejonie Gorzanowa umożliwiają rozwój kontaktów pomiędzy systemami krążenia wód leczniczych i zwykłych.

Przykładem mieszania wód leczniczych i wód zwykłych (słabo zmineralizowanych) w obrębie jednego złoża mogą być szczawy i wody kwasowęglowe Gorzanowa (rys. 4.1.7).



Rys. 4.1.6. Mieszanie się wód z wybranych złóż szczaw i wód kwasowęglowych rowu górnej Nisy Kłodzkiej z wodami zwykłymi na podstawie zmienności mineralizacji wód od zawartości jonów wodorowęglanowych (Kiełczawa, 2001)



Rys. 4.1.7. Rozcieńczenie wód leczniczych z poszczególnych ujęć Gorzanowa na tle rozwoju mineralizacji wód w skali złoża (Kielczawa, 2001)

Największy udział wód słabo zmineralizowanych zaobserwować można w studniach nr 1, 3 (73–78%) i 10R (63–78%), najmniejszy zaś w dolnym poziomie w studni nr 5 (2,5–12,5%). Wysoki procentowy udział wód słabo zmineralizowanych charakteryzuje również wody udostępnione studniami nr 2 (57–60%), nr 5-ps (67,5%). Wody wypływające w ujęciach nr 4, 4a, 4b, 6 i 7M stanowią mieszaninę, w której zawartość wód słabo zmineralizowanych sięga około 50%. Przyjmując wodę ze studni nr 5-pd jako „czystą” wodę mineralną, ujęcia można uszeregować ze względu na stopień rozcieńczenia wód, które z nich wypływają, od najmniej do najbardziej rozcieńczonych. Widoczne odchylenia od prostych punktów, obrazujących zawartości poszczególnych jonów, trudno jest uzasadniać lokalną zmiennością litologii skał zbiornikowych (zważywszy na jednolitość wykształcenia osadów kredowych w rowie Nysy) czy warunków tektonicznych rejonu ujęć, tym bardziej na tak niewielkim obszarze, na którym zlokalizowane są omawiane ujęcia. Należałoby tutaj rozważyć także możliwość zmienności wielkości dopływu obu rodzajów wód, wynikającą ze zróżnicowania wielkości eksploatacji poszczególnych ujęć. W przypadku Gorzanowa można się zatem spodziewać, że zmienność proporcji udziału składowych mieszania będzie także pochodną naturalnych zmian wydajności ujęć eksploatowanych z samowypływu.

Wszystkie przedstawione tu zależności wskazują, że udział współwystępujących z wodami leczniczymi wód zwykłych w obrębie poszczególnych złóż jest znaczny.

4.2. Przejawy w składzie izotopowym wód

4.2.1. Wprowadzenie

Wyniki badań składu izotopowego wód i rozpuszczonych w niej składników pozwalają także na wykazanie współwystępowania zróżnicowanych wód podziemnych. Najwyraźniej zjawisko to widoczne jest w przypadku wód o różnej genezie, wód o różnym wieku, a także przy kompleksowej interpretacji wyników badań izotopowych i chemicznych wód.

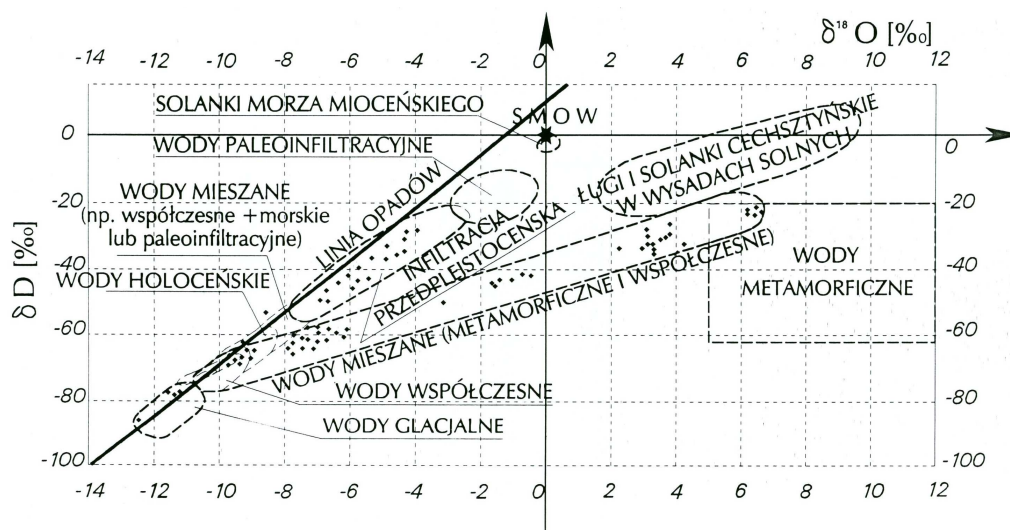
Zastosowanie badań izotopowych w hydrogeologii przedstawione jest szerzej w zagranicznych pracach Clarka i Fritza (1997), Fritza i Fontesa (1980, 1986), Gata i Gonfiantiniego (1981), Mooka (2001, 2005), i in., a także w polskich pracach Dowgiałły (1970), Zuber (1986), a zwłaszcza w najnowszym poradniku Zuber i in. (2007).

Na rozróżnienie wód o *różnej genezie* pozwala określenie ich składu izotopów trwałych tlenu i wodoru. Rysunek 4.2.1 przedstawia składy izotopowe wód z obszaru Polski. Punkty reprezentujące skład izotopowy wód pochodzenia meteorycznego (współczesne, holocenijskie, wieku glacialnego, interglacialne i in.) układają się wzdłuż

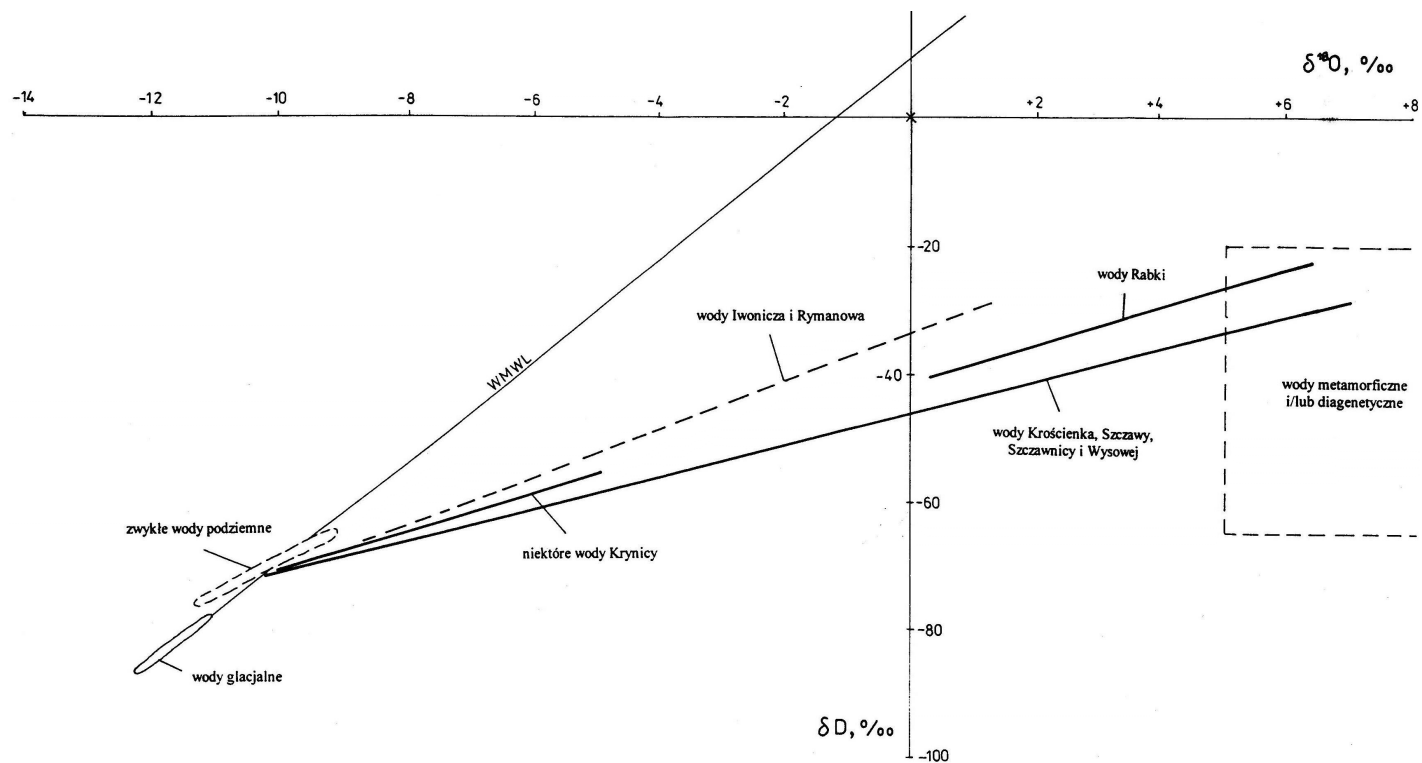
tw. światowej linii opadów (WMWL), wody pochodzenia morskiego grupują się wokół wzorcowego składu wód oceanicznych (SMOW), wody zaś pochodzenia metamorficznego i/lub diagenetycznego mieszczą się w polu o składach od około +3‰ do +20‰ dla $\delta^{18}\text{O}$ oraz 0–70‰ dla $\delta^2\text{H}$. Wody będące mieszaniną różnych typów będą charakteryzować się składami pośrednimi. Przedstawione grupy wód są podstawowymi grupami spotykanymi w Polsce.

Oznaczenia zawartości radiowęglu (^{14}C) oraz trytu (^3H) umożliwiają zróżnicowanie wód pod względem ich czasu przepływu podziemnego – *wieku*, a także pozwalają na określenie ewentualnego ich współdziałania. Obecność radiowęglu pozwala na zidentyfikowanie wód o wieku do około 35 tys. lat, a także na interpretację jakościową, informując czy woda jest „stara” czy „młoda”. Wadą tej metody jest jej ograniczone zastosowanie, gdy wody znajdują się w skałach zawierających węglany oraz niemożność stosowania przy dopływie do wód endogenicznego dwutlenku węgla. Tryt zawarty w wodzie wskazuje na zasilanie ich po 1952 r., a więc ich wiek nie przekracza kilkudziesięciu lat.

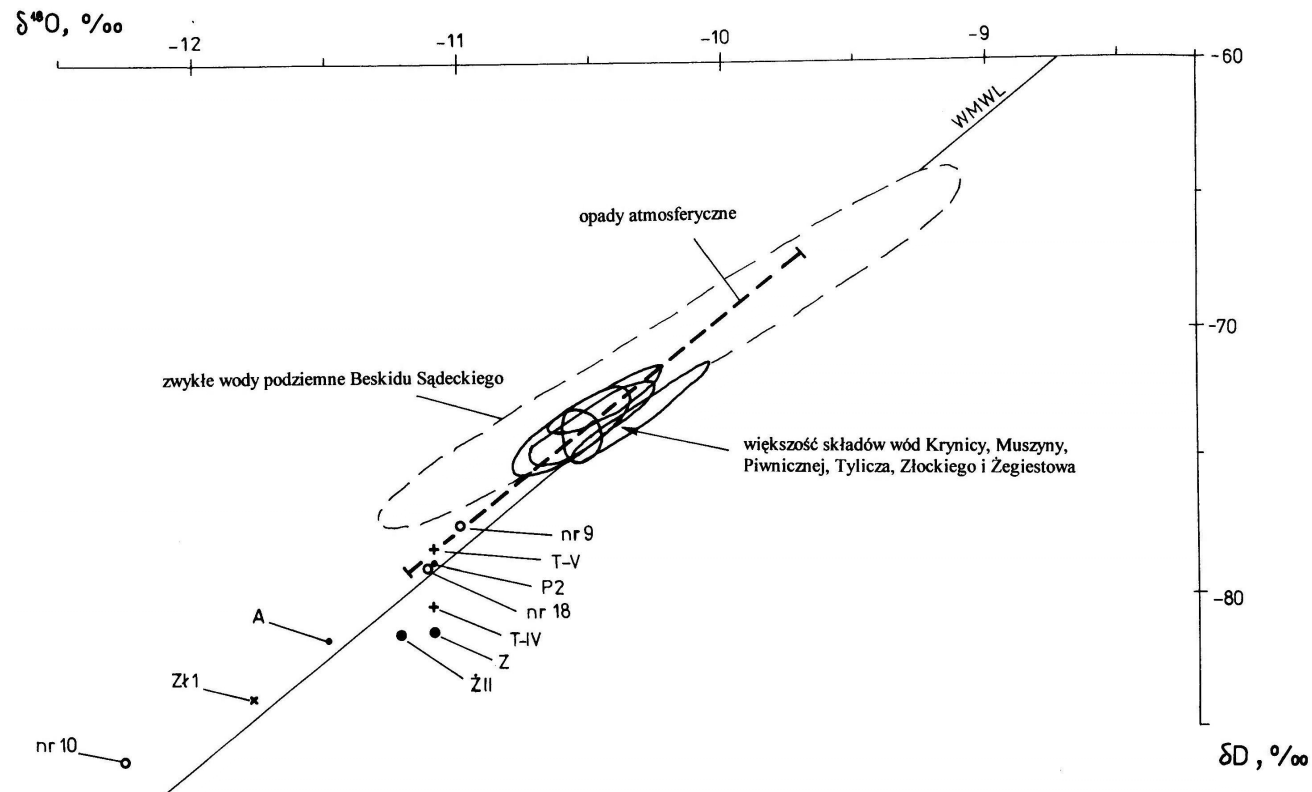
Kompleksowa interpretacja danych izotopowych i innych, głównie chemicznych, również umożliwia uzyskanie informacji o związkach pomiędzy różnymi wodami, co szeroko przedstawiono w pracy Zuber i in. (2007). Bardzo przydatna dla wód o dużym zasoleniu jest np. analiza składu trwałych izotopów tlenu i/lub wodoru wody oraz zawartości jonu chlorkowego; diagramy $\delta\text{-Cl}^-$ pozwalają na uzyskanie bardzo sugestywnych informacji o mieszanii się wód.



Rys. 4.2.1. Podstawowe typy genetyczne i wiekowe wód podziemnych Polski wydzielone na podstawie składu ich trwałych izotopów tlenu i wodoru (wg Zuber i Grabczaka, 1985). Punkty na wykresie przedstawiają składy izotopowe polskich wód leczniczych



Rys. 4.2.2. Linie opisujące składy izotopowe wód chlorkowych Karpat na tle składu izotopowego zwykłych wód podziemnych centralnej części Karpat polskich, wód glacialnych Beskidu Sądeckiego, światowej linii opadów (WMWL) oraz składu wód dehydratacyjnych (Ciężkowski i in., 1996)



Rys. 4.2.3. Składy izotopowe wód leczniczych źródeł doliny Popradu oraz Krynicy, Tylicza i Złockiego na tle składu izotopowego zwykłych wód podziemnych Beskidu Sądeckiego, składu izotopowego miejscowych opadów atmosferycznych oraz światowej linii opadów (WMWL) (Ciężkowski i in., 1996).

Ujęcia z wodami wieku glacialnego lub ze znaczącym ich udziałem: Krynica Zdrój: nr 9, nr 10 i nr 18;
 Muszyna: A – Antoni; Piwniczna: P-2; Tylicz: T-V i T-VI; Złockie: Zł.1 – Złockie 1; Żegiestów: Z – Zofia, ŻII – Żegiestów II

Przedstawione dalej przykłady dotyczą wybranych złóż wód leczniczych, najbardziej kompleksowo opróbowanych izotopowo i prezentujących zróżnicowane typy wód.

4.2.2 Przykłady oddziaływań

Współoddziaływanie wód zróżnicowanych genetycznie

Rysunek 4.2.1 miał charakter pogładowy, natomiast na rysunku 4.2.2 przedstawiono już linie, wzdłuż których układają się punkty $\delta^{18}\text{O}$ – $\delta^2\text{H}$ reprezentujące skład izotopowy wód różnych złóż leczniczych w Karpatach, a na rysunku 4.2.3 wód ze złóż znajdujących się w dolinie Popradu w Beskidzie Sądeckim.

Najbardziej obrazowym w tym kontekście jest zjawisko współwystępowania wód dehydratacyjnych i wód infiltracyjnych, spowodowane ich mieszaniami się. Zjawisko to widoczne jest w przypadku karpaccyckich tzw. *szczaw chlorkowych* Szczawy, Krościenka, Szczawnicy, Złockiego, Krynicy Zdroju i Wysowej oraz *wód chlorkowych* Soli i Rabki Zdroju. Udział wód zwykłych pochodzenia infiltracyjnego w poszczególnych ujęciach tych miejscowości sięga aż ponad 90% (Ciężkowski i in., 1996; Leśniak, 1980; Rajchel i in., 2004; Zuber i Grabczak, 1985; Zuber i in., 2007; i in.). Szczególnym przypadkiem są tu wody typu zuber ujęte w Krynicy Zdroju (Zuber I–IV) oraz w Złockiem (nr 9), które stanowią mieszaninę wód dehydratacyjnych z infiltracyjnymi wodami interglacjalnymi (Zuber, 1987; Ciężkowski i Zuber, 1997).

Na podstawie charakterystyki składu izotopowego wód doliny Popradu (rys. 4.2.3) wyraźnie rozdzielić można infiltracyjne wody współczesne i holocenijskie od wód infiltrujących w okresie ostatniego glacjału.

Wzdłuż linii obejmującej na rysunku 4.2.1 pola wód holocenijskich, wód mieszanych, wód infiltracji przedplejstocenijskiej oraz wód paleoinfiltracyjnych znajdują się punkty obrazujące składy **solanek** mezozoiku centralnej i północnej Polski. Dowgiało (1988) wyrażał pogląd, że są to wody będące mieszaniną kilku podtypów wód reliktowych pochodzenia morskiego. Kompleksowa interpretacja ich składów izotopowych, niektórych wskaźników hydrochemicznych oraz zawartości gazów szlachetnych (Krawiec, 1999, 2005; Krawiec i in., 2000, 2005; Zuber i Grabczak, 1991; i in.) wskazuje jednak, że są to generalnie wody pochodzące z infiltracji przedczwartorzędowej. W niektórych ujęciach pojawiają się jednak mieszaniny tych wód z innymi. W ujęciu 16A w Kołobrzegu eksploatuje się mieszaninę wód infiltracyjnych przedczwartorzędowych, wieku glacialnego i holocenijskich. W ujęciu H-1 w Kamieniu Pomorskim pojawia się woda infiltracji przedczwartorzędowej zmieszana z wodą holocenijską. Wyjątkowe są wody z niektórych ujęć w Świnoujściu: w ujęciu IIIs znajduje się woda infiltracyjna z okresu glacialnego, w ujęciu s7 zaś mieszanina wody infiltracji holocenijskiej z wodą morską (Krawiec i in., 2000).

Współoddziaływanie wód zróżnicowanych wiekowo

Wyniki oznaczeń zawartości trytu wykonywanych przez okres dziesięciu lat pozwoliły np. na wykazanie istnienia w ujęciu Marta w **Szczawnie Zdroju** mieszaniny wody współczesnej (z trytem) i holocenińskiej (bez trytu). Ujęta tu szczawa wodorowęglanowo-sodowa, radonowa o mineralizacji około $2,7 \text{ g/dm}^3$ wypływa w obrębie skał dolnego karbonu. Przeprowadzone modelowanie matematyczne wykazało, że przepływ wody najlepiej opisuje model eksponencjalno-tłokowy (EPM). Dopasowany na podstawie danych trytowych udział wód beztrytowych wynosi 27% i jest zbliżony do udziału wód głębszego krążenia, określonego z danych hydrochemicznych na 37%; obliczone wieki wód wynoszą wtedy odpowiednio 108 i 94 lata (Ciężkowski i in., 1996).

W **Busku Zdroju** wypływają wody chlorkowo-sodowe dwóch typów: siarczkowe o mineralizacji $12\text{--}15 \text{ g/dm}^3$, ujęte w utworach kredy, oraz jodkowe o mineralizacji ponad 20 g/dm^3 , ujęte w utworach jury. Pierwsze z nich ujęte są na głębokościach $9\text{--}290 \text{ m}$, drugie zaś głębiej – $362\text{--}590 \text{ m p.p.t.}$ W płytszych wodach siarczkowych okresowo pojawiały się tryt i radiowęgiel, przy niezmiennym składzie izotopów trwałych tlenu i wodoru wody. Szczegółowa analiza składu izotopowego tych wód oraz zawartości w nich gazów szlachetnych wskazuje (Zuber i in., 1997), że zjawisko to wynikało z nadmiernej eksploatacji wód; wskutek ograniczenia poboru wspomniane radioizotopy zanikły, co świadczy o odcięciu dopływów wód współczesnych.

Ciekawie przedstawiają się rezultaty badań wód termalnych **Cieplic Śląskich Zdroju**. Wypływające w obrębie granitów karkonoskich wody mają specyficzny typ chemiczny $\text{SO}_4\text{-HCO}_3\text{-Na}$ oraz zwiększone stężenie fluoru ($7\text{--}13 \text{ mg/dm}^3$), tworząc wyraźną anomalię hydrogeochemiczną (Ciężkowski i Mroczkowska, 1985). Na podstawie badań radiowęglu i trytu (Ciężkowski i in., 1985, 1992) wykazano, że:

- ujęcie nr 1 (Marysieńka) zawiera wodę będącą mieszaniną wód wieku glacialnego i wód współczesnych,
- ujęcie nr 2 (Sobieski) zawiera wyłącznie wodę współczesną,
- ujęcie nr 3 (Wacław-Antoni) zawiera mieszaninę różnych wiekowo wód,
- ujęcia nr 4 (Nowe), nr 5 (Basenowe Damskie), nr 6 (Basenowe Męskie), C-2 zawierają wody wieku glacialnego.

Tak więc na niewielkim obszarze centrum uzdrowiska współwystępują współczesne wody zwykłe, współczesne wody termalne i wody termalne wieku glacialnego. Wiercenie i próbna eksploatacja odwiertów C-1 i C-2 wyraźnie wpływały na wydajności pozostałych ujęć (Liber-Madziarz, 2001).

Wody lecznicze **Krakowa-Matecznego** ujęte są w obrębie trzeciorzędowych piasków zalegających w erozyjnym obniżeniu w wapieniach malmu i przykrytych mioceńskimi iłami. Siarczkowe, wielojonowe wody z przewagą siarczanów i jonów sodowych mają mineralizację od ok. $1,5$ do ok. $4,4 \text{ g/dm}^3$. Trwałe izotopy tlenu i wodoru wskazują na wiek glacialny tych wód, datowanie zaś ^{14}C określa ten wiek na kilkanaście tysięcy lat, a więc na koniec ostatniego glacialu (Zuber i in., 2004). Wyjątkiem są tu wody z ujęcia Geo2, w których obecna jest składowa współczesna; sposób jej dopływu do złoża jest

nieznany. Rosnący radiowęglowy wiek wód oraz niewielkie zmiany $\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^2\text{H}$ ku bardziej ujemnym wartościom wskazują, że udział składowej współczesnej zmniejsza się, co sugeruje przeeksploatowywanie tego ujęcia.

4.3. Przejawy w dynamice wód podziemnych

4.3.1. Wprowadzenie

Eksploatacja wód leczniczych powoduje zmiany w reżimie złóż tych wód oraz innych wód sąsiadujących z nimi, najczęściej wód zwykłych. Wzajemne oddziaływanie tych wód przejawia się w zmianach:

- wydajności,
- ciśnień złożowych,
- położenia zwierciadła wody.

Bardzo często zmiany te mają charakter negatywny, tj. obniżają się parametry eksploatacyjne ujęć i wzrasta głębokość położenia zwierciadła wody. Intensywna eksploatacja doprowadzić może do rozwoju leja depresji, a w konsekwencji do zmiany kierunku przepływu wód w górotworze, zwłaszcza między ujęciami sąsiadującymi. Choć z drugiej strony intensyfikacja krążenia wód może powodować także poprawę parametrów eksploatacyjnych ujęcia. W sytuacji, kiedy pobór wód jest na tyle mały, że nie powoduje zmiany kierunków przepływu wód w systemie krążenia, negatywnych zmian w jakości wód nie obserwuje się. Najczęściej ich jakość nie zmienia się do czasu, kiedy pobór pokrywany jest z obszaru zasobowego ujęcia, tj. kiedy nie zostaje wymuszany dopływ z innych partii górotworu.

Nie można pominąć tutaj oddziaływań wód leczniczych z wodami powierzchniowymi. Do takiego kontaktu najłatwiej może dojść w okresach powodziowych. Gwałtowne i wyjątkowo duże wezbrania w ciekach, jak np. w czasie powodzi latem 1997 lub 1998 r., wpłynęły na reżim niektórych złóż wód leczniczych, zwłaszcza systemu płytkiego krążenia i udostępnionych płytkimi odwiertami lub źródłami.

Najczęstszą konsekwencją wzrostu stanów wód w ciekach jest wzrost wydajności ujęć (Polanica Zdrój, Krynica Zdrój, Szczawno Zdrój, Szczawnica, źródło Anna w Żegiestowie). Dopływ wód zwykłych powoduje obniżenie mineralizacji wód leczniczych (Krynica Zdrój, odwiert Zofia II w Żegiestowie, Szczawno Zdrój). Należy liczyć się z tym, iż konsekwencją mieszania się wód leczniczych z wodami powierzchniowymi może być pojawienie się skażenia bakteriologicznego (Szczawno Zdrój), spadek mineralizacji wód leczniczych oraz zawartości gazów (Ciężkowski i Rosińska-Wilczek, 1997), za katastrofalne wręcz można uznać skutki zmiany charakteru cieków powierzchniowych z drenującego na zasilający (infiltrujący). Kontakt hydrauliczny z ciekami powierzchniowymi obserwowano np. w Kudowie Zdroju w ujęciu Marchlewski (Tęsiorowska i Fistek, 1971).

4.3.2. Przykłady oddziaływań

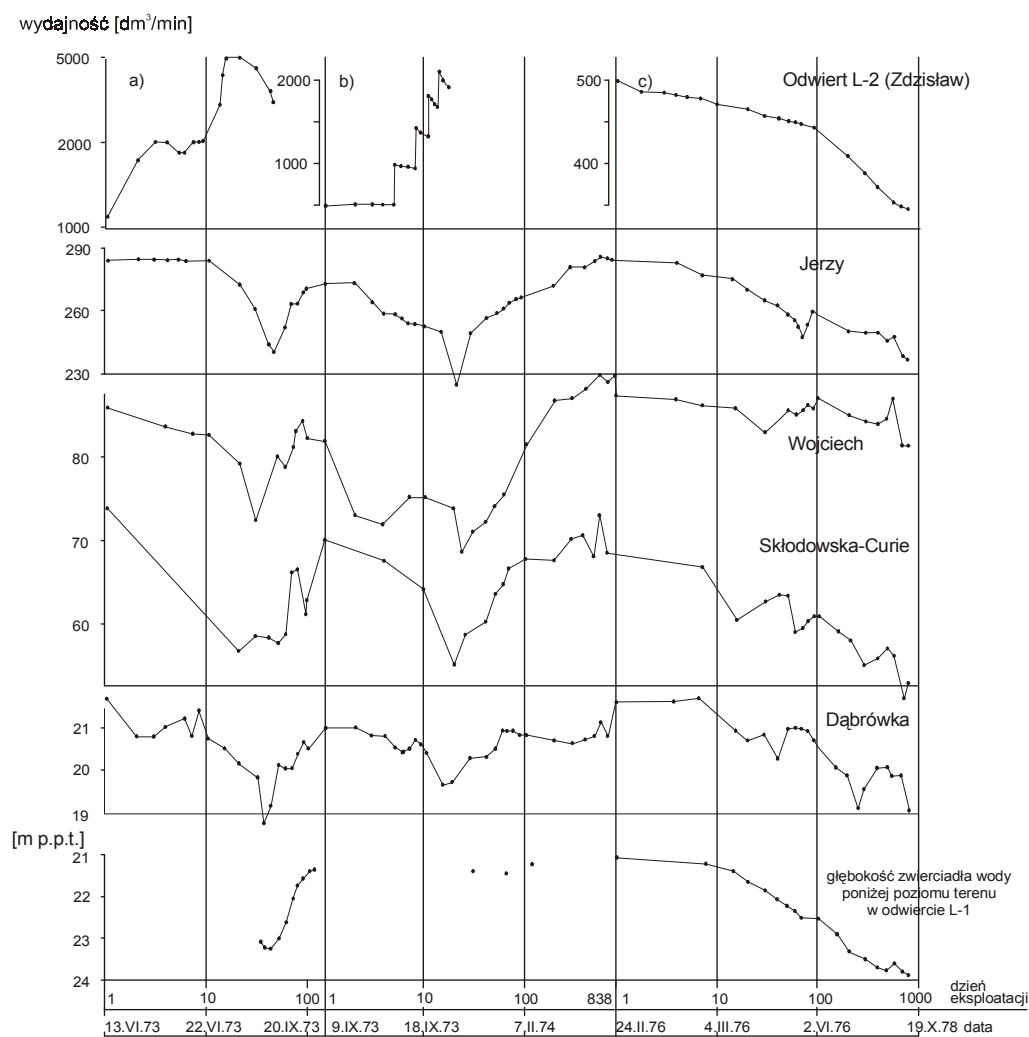
Oddziaływania pomiędzy wodami leczniczymi a wodami zwykłymi

Współwystępowanie różnych rodzajów wód podziemnych w obrębie złoża wód leczniczych może powodować zmiany w jego układzie hydrodynamicznym.

Najciekawszym przykładem współoddziaływania pomiędzy wodami leczniczymi a wodami zwykłymi jest sytuacja, która zaistniała w **Lądku Zdroju** w Sudetach (Ciężkowski, 1980, 1990). Do początku lat siedemdziesiątych tamtejsze wody termalne eksploatowane były z sześciu źródeł, których sumaryczny średni wydatek z lat 1955–1972 wynosił 522,2 dm³/min, a ich temperatura sięgała 28 °C.

W celu zwiększenia zasobów eksploatacyjnych uzdrowiska w latach 1969–1973 na terenie Lądka Zdroju przeprowadzono prace geologiczno-poszukiwawcze, w których wyniku wykonano dwa odwierty w obrębie gnejsów gierałtowskich. Odwiertem L-1 o głębokości 600 m ujęto wody zwykłe, szczelinowe, odwiertem L-2 zaś o głębokości 700 m ujęto wody termalne o temperaturze 45 °C. Już w trakcie próbnego pompowania tego otworu przy wydajności 16,8 m³/h na głębokości 600 m stwierdzono wpływ na wydajność źródeł, która spadła od 3 do 18,4%. Podczas dalszego głębenia otworu do 700 m, po stwierdzeniu samowypływu (w ilości 3000 dm³/min) zaobserwowano znacznie większe oddziaływanie otworu L-2 na wydajności źródeł, w których spadła ona od 7,2 do 15% w stosunku do zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych. Również podczas próbnej eksploatacji otworu w listopadzie 1973 r. nastąpiła szybka reakcja źródeł wód leczniczych. Spadek wydajności w stosunku do zatwierdzonych zasobów eksploatacyjnych wahał się w granicach 10,1–13,6%. Po zakończeniu próbnej eksploatacji w dalszym ciągu następował spadek wydajności źródeł, po dwóch dniach po zakręceniu głowicy wydajność źródła Jerzy osiągnęła maksymalny spadek wynoszący 21,4% w stosunku do zatwierdzonych zasobów (Szarzewska i Madej, 1974). Znaczny wypływ wód z odwiertu spowodował spadek ciśnienia złożowego, a tym samym zmniejszenie się wydajności pozostałych źródeł.

Eksploatacja otworu L-2 wpłynęła również bezpośrednio na stan wód zwykłych, szczelinowych w Lądku Zdroju. Podczas próbnej eksploatacji w listopadzie 1973 r. w otworze L-1 obserwowany był spadek poziomu zwierciadła wody o 2 m, natomiast po dwóch latach prowadzonej eksploatacji w latach 1976–1978 poziom ten obniżył się o 4 m (rys. 4.3.1). W tym samym czasie zaobserwowano również obniżenie się zwierciadła wód zwykłych w otworze nr 53, w którym zaznacza się także wpływ opadów na poziom zwierciadła wody. Dodatkowo obniżenie się zwierciadła wód podziemnych w okolicach uzdrowiska spowodowało także ogólne zmniejszenie dopływu wód do innych, dalej położonych ujęć wód zwykłych. Sytuacja taka wystąpiła m.in. na pobliskich zboczach gór Trojak i Królówka, gdzie znajduje się około dwudziestu studni ujmujących płytkie wody szczelinowe dla miejskiej sieci wodociągowej (Ciężkowski, 1980, 1990).

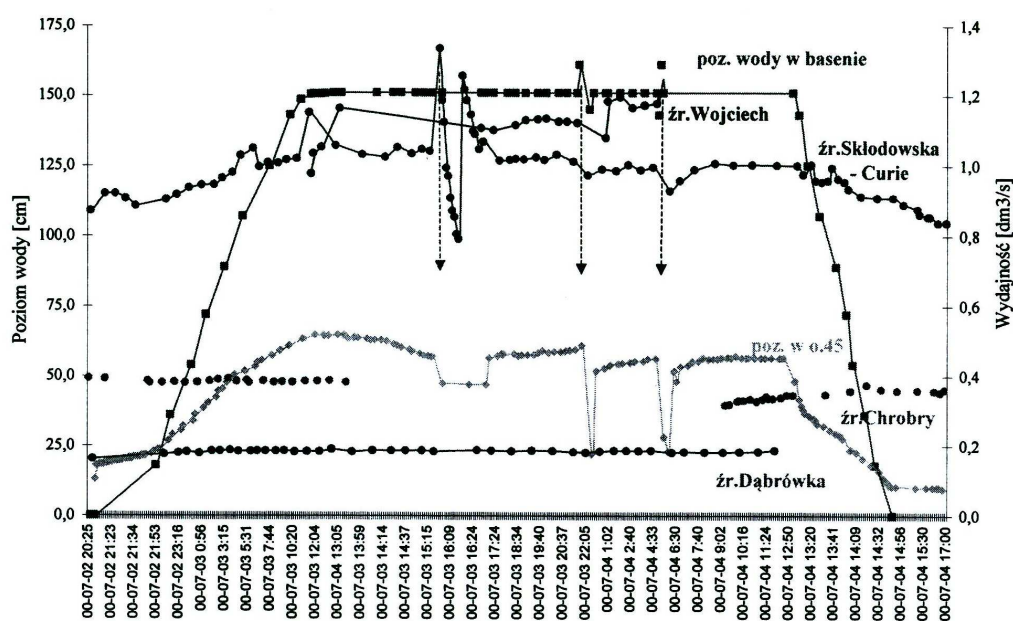


Rys. 4.3.1. Wpływ eksploatacji wód termalnych z odwiertu L-2 na wydajności innych źródeł oraz na poziom zwierciadła zwykłej wody w odwiercie L-1 (Ciężkowski, 1980)

Reakcje ujęć wód termalnych Łądką Zdroju na ekstremalne zmiany zachodzące w złożu, m.in. takie jak już opisane, zostały potwierdzone w latach późniejszych na podstawie analizy korelacyjnej pomiędzy średnimi miesięcznymi wydajnościami z poszczególnych ujęć (Wojciech, Jerzy, Dąbrówka, Skłodowska-Curie i L-2). Obliczenia przeprowadzono dla całego okresu prowadzonych obserwacji stacjonarnych dla źródeł (1964–2000) i odwiertu L-2 (1976–2000). Najwyższe, istotne statystycznie, współczynniki korelacji wynoszące od 0,26 do 0,83 uzyskano przy uwzględnieniu równoczesnego i natychmiastowego czasu reakcji, tzn. bez opóźnienia reakcji (Liber-

-Madziarz, 1997, 2001). Świadczy to o bardzo silnej i prawie równoczesnej reakcji badanych ujęć na zmiany zachodzące w całym złożu. Potwierdzają to również przeprowadzone badania modelowania tych zmian (Liber-Madziarz i Liber; 2003a i b; Liber A. i Liber E., 2005).

W celu wyjaśnienia przyczyn i charakteru zmian wydajności ujęć wód termalnych w Łądku Zdroju przeprowadzono specjalne badania w czerwcu i lipcu 2000 r. Badaniami objęto źródła Wojciech, Skłodowska-Curie, Chrobry i Dąbrówka oraz otwór hydrogeologiczny nr 45 znajdujący się pomiędzy ujęciami Wojciech i Chrobry. Wykazano, że badane ujęcia tworzą jeden system hydrauliczny i oddziałują pomiędzy sobą na zasadzie naczyń połączonych (rys. 4.3.2). Dodatkowo wykazano, że zmiany poziomu wysokości zwierciadła wody w basenie znajdującym się nad źródłem Wojciech powodują zmiany poziomu wody w otworze 45 i wydajności źródeł (Liber-Madziarz, 2001).



Rys. 4.3.2. Wpływ wysokości zwierciadła wody w basenie Wojciech na poziom wody w otworze 45 i wydajności płytkich ujęć wód termalnych w Łądku Zdroju w dniach 2–4 lipca 2000 r. (Liber-Madziarz, 2001)

Podobne reakcje wykazują ujęcia wód termalnych w **Cieplicach Śląskich Zdroju**, gdzie znaczny spadek wydajności źródeł wód termalnych na początku lat siedemdziesiątych XX w. nastąpił po odwierceniu dwóch głębokich otworów C-1 i C-2 w obrębie granitu karkonoskiego. Rozpoczęta eksploatacja odwiertu C-2 spowodowała stałe zmniejszanie się wydajności wszystkich płytkich ujęć wód termalnych. Następny spadek nastąpił po zwiększeniu poboru wody z otworu C-2 w roku 1993. Pogłębienie w latach

1997–1998 otworu C-1 i przeprowadzona podczas badań złożowych próbna eksploatacja spowodowała w tym czasie całkowity zanik wydajności źródeł i obniżenie się zwierciadła wody w otworze C-2 (Liber-Madziarz, 2001; Liber A. i Liber-Madziarz E., 2004).

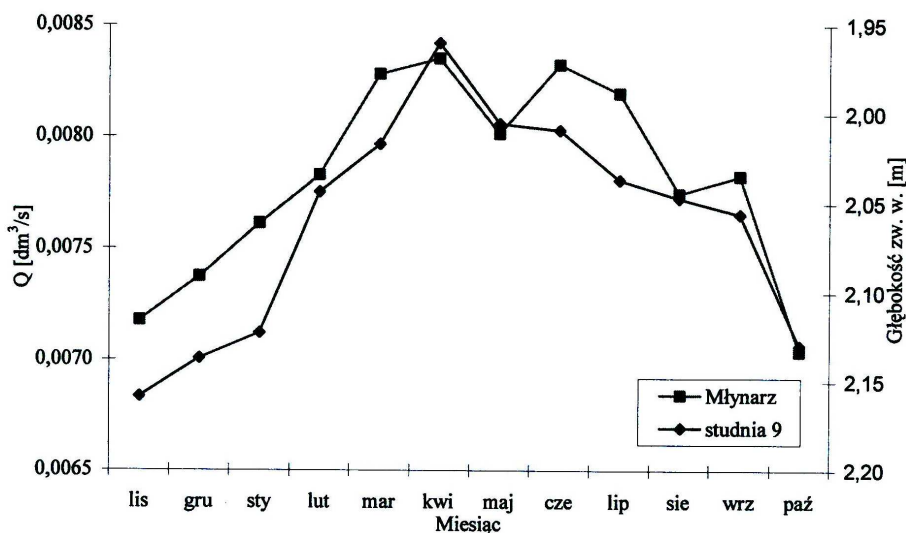
Silne oddziaływanie zostało również potwierdzone obliczonymi, istotnymi statystycznie, wysokimi współczynnikami korelacji pomiędzy wydajnościami ujęć wód leczniczych z tego złoża, wahającymi się od 0,23 do 0,98. Obliczenia przeprowadzono dla całego okresu prowadzonych ciągłych obserwacji stacjonarnych dla płytkich ujęć wód termalnych Cieplic Śląskich Zdroju – Basenowe Damskie, Basenowe Męskie, Sobieski (1956–199) i Antoni-Wacław (1956–1970) (Liber-Madziarz, 2001).

Przedstawione przykłady potwierdzają istnienie współoddziaływania pomiędzy poszczególnymi ujęciami w obrębie jednego złoża oraz oddziaływania eksploatacji wód leczniczych na zmiany poziomu zwierciadła wód zwykłych.

Oddziaływania pomiędzy wodami zwykłymi a wodami leczniczymi

Modelowanie zmian wydajności poszczególnych źródeł Szczawna Zdroju wskazuje na ich cykliczność, a tym samym na szybkie ich reakcje na opady i zmiany poziomu wód gruntowych (Liber A. i Liber-Madziarz E., 2003a).

Związek pomiędzy wydajnością ujęć wód leczniczych a wysokością poziomu wód gruntowych zbadano m.in. dla złoża w Szczawnie Zdroju i Polanicy Zdroju, w których w ramach obserwacji stacjonarnych wykonywano w różnych okresach pomiary głębokości zwierciadła wód gruntowych w studniach obserwacyjnych znajdujących się w pobliżu ujęć wód leczniczych.



Rys. 4.3.3. Zmienność średnich miesięcznych wydajności wód ujęcia Młynarz i głębokości położenia zwierciadła wód gruntowych w studni nr 9 w Szczawnie Zdroju (Liber-Madziarz, 2001)

Obliczone duże wartości współczynników korelacji, wahające się od $-0,60$ do $-0,92$, wskazują na prawie natychmiastową reakcję źródeł Mieszko, Mieszko 14, Dąbrówka i Młynarz w **Szczawnie Zdroju** na zmiany poziomu wód gruntowych w studniach 7, 8 i 9 (rys. 4.3.3). Dodatkowym potwierdzeniem tej zależności jest taka sama reakcja poziomu wód gruntowych i wydajności ujęć wód leczniczych na opady w strefie drenażu (Liber-Madziarz, 2001).

Reakcja wydajności ujęć Wielka Pieniawa, Pieniawa Józefa I i P-300 w **Polanicy Zdroju** na zmiany poziomu wód zwykłych jest zróżnicowana w zależności od głębokości mierzonego zwierciadła wody w studniach 1, 2 i 3. Prawie równoczesna jest reakcja na zmiany poziomu wód zwykłych w studni 1 (współczynniki korelacji wynosiły odpowiednio $-0,84$, $-0,56$ i $-0,63$), a z opóźnieniem 7–11-miesięcznym na zmiany poziomu wód w pozostałych studniach (współczynniki korelacji wynosiły od $-0,53$ do $-0,87$) o wyższym poziomie wód (Liber-Madziarz, 2001).

Na zmiany w dynamice wód leczniczych może też mieć wpływ stan wód powierzchniowych. Dotyczy to szczególnie złóż położonych blisko rzek, takich jak Cieplice Śląskie Zdrój, Łądek Zdrój, Długopole Zdrój oraz Rymanów Zdrój. W celu określenia, w jakim stopniu stan wód w rzekach może wpływać na zmiany wydajności ujęć wód leczniczych, przeprowadzono obliczenia współczynników korelacji pomiędzy poziomem wody w rzece a wydajnością ujęć lub mierzonym poziomem wody w studniach ujmujących wody lecznicze.

Płytkie ujęcia wód termalnych **Cieplic Śląskich Zdroju** położone są w sąsiedztwie rzeki Kamiennej. Dla źródeł Sobieski, Antoni Waclaw, Basenowe Męskie i Basenowe Damskie stwierdzono istnienie odwrotnych zależności pomiędzy ich wydajnością a stanem rzeki. Współczynniki korelacji, istotne statystycznie, uzyskano przy uwzględnieniu opóźnionego czasu reakcji średnio około 4. miesięcy, wynosiły one od $-0,52$ do $-0,85$. Zbadano także wpływ wysokości poziomu rzeki Kamiennej na zmiany poziomu wód leczniczych w dwóch ujęciach studziennych Marysieńka i Nowe. Dla ujęcia Marysieńka zaznacza się wysoka korelacja dodatnia ($0,77$) pomiędzy badanymi parametrami, odwrotnie niż dla ujęcia Nowe ($-0,72$). Być może zjawisko to wynika z tego, że w ujęciu Marysieńka występują częściowo wody współczesnej infiltracji, w ujęciu zaś Nowe tylko wody starsze, nie zawierające wód współczesnych (Liber-Madziarz, 2001).

Wpływ stanu wody w potoku Grodzkim w **Łądku Zdroju** na zmiany wydajności ujęć wód termalnych Wojciech i Skłodowska-Curie jest stosunkowo niewielki, gdyż obliczone współczynniki korelacji są bliskie wartości krytycznej; dotyczy to zwłaszcza źródła Wojciech. Zaznacza się zaś wyraźny wpływ wysokości poziomu wód powierzchniowych na zmiany wydajności ujęcia Dąbrówka, potwierdzony obliczonym wysokim współczynnikiem korelacji wynoszącym $0,78$, przy uwzględnieniu 5 miesięcy w opóźnieniu reakcji (Liber-Madziarz, 2001).

Analiza zmian wydajności ujęć wód leczniczych w **Długopolu Zdroju** wskazuje na duży wpływ na te zmiany czynników naturalnych (Liber A. i Liber-Madziarz E.,

2003b). Źródła Renata, Emilia i Kazimierz zlokalizowane są w dolinie Nysy Kłodzkiej. Na podstawie analizy korelacyjnej pomiędzy ich wydajnościami a poziomem rzeki wykazano (obliczone współczynniki wynoszą od 0,49 do 0,68), że ich reakcje na zmiany stanu rzeki są prawie natychmiastowe. Najgłębiej ujęte źródło Renata o największej mineralizacji reaguje słabiej na te zmiany (Liber-Madziarz, 2001).

Prawdopodobnie wpływ stanu rzek znajdujących się w pobliżu płytkich ujęć wód leczniczych zaznacza się również w innych złożach, dla których nie przeprowadzono tak dokładnej analizy jak przedstawiono. Dotyczy to szczególnie ujęć zlokalizowanych blisko aluwium, jak na przykład występowanie źródeł wód mineralnych w **Rymanowie Zdroju** związane z erozyjnym wcięciem rzeki Tabor w piaskowiec ciężkowicki. Eksploatacja źródeł Tytus, Klaudia i Celestyna ze zbyt dużą wydajnością powoduje niekorzystne zmiany składu chemicznego tych wód.

Należy również wspomnieć o wpływie na złoża wód leczniczych powodzi z lipca 1997 r. oraz sierpnia 2006 r.

Nieznaczny wpływ powodzi z roku 1997 r. zaznaczył się w Krościenku, Krynicy, Szczawie i Świeradowie Zdroju, natomiast znaczny wpływ zaobserwowano w Polanicy Zdroju, Szczawnie Zdroju i Żegiestowie Zdroju. Po powodzi wzrosła wydajność niektórych ujęć eksploatowanych samowypływem, czemu często towarzyszył spadek mineralizacji i obniżenie się zawartości dwutlenku węgla (Ciężkowski i Rosińska-Wilczek, 1997).

Mniejsza powódź z roku 2006 r. objęła swym zasięgiem rejon niektórych sudectkich uzdrowisk, znajdujących się blisko rzek. Szczególnie poszkodowanym było uzdrowisko w Cieplicach Śląskich Zdroju, gdzie doszło do całkowitego zalania źródeł wód leczniczych znajdujących się w sąsiedztwie doliny rzeki Kamiennej, ale wpływu tego wydarzenia na parametry źródeł nie stwierdzono.

Duże niekorzystne zmiany w dynamice wód podziemnych, zarówno leczniczych jak i zwykłych, mogą być związane z działalnością człowieka. Nadmierna eksploatacja wód podziemnych czy szeroko pojęte roboty ziemne i górnicze wpływają na zmianę dróg krążenia różnych typów wód podziemnych, co może doprowadzić do zmniejszenia lub całkowitego zaniku wydajności ujęć wód leczniczych, często powiązanego z niekorzystnym wpływem na mineralizację lub temperaturę wody.

Największy niekorzystny wpływ na ilość wód leczniczych wywiera odwadnianie kopalń, które może doprowadzić do całkowitego zaniku wypływu tych wód, stwierdzonego w Jastrzębiu Zdroju, Opolnie Zdroju i Starym Zdroju w Wałbrzychu (Ciężkowski, 1990).

Prowadzona w latach 1880–1920 intensywna działalność górnicza w okolicy **Jedliny Zdroju** naruszyła system sieci spękań skalnych doprowadzających wolny dwutlenek węgla z głębszych warstw osadów karbońskich, co doprowadziło do demineralizacji wód leczniczych. Odwadnianie wyrobisk doprowadziło także do zmniejszenia się wydajności pięciu źródeł wykorzystywanych w lecznictwie na tym obszarze. W latach 1930–1936 oraz 1967–1969 podejmowano próby poszukiwań nowych zasobów pełnowartościowych szczaw na większych głębokościach za pomocą robót wiert-

nicznych. Badania przeprowadzone w 1995 r. wykazały możliwość uzyskania szczaw z otworu J-300 dopiero po długotrwałym pompowaniu i przy znacznej depresji (Poprawski i Filbier, 1997).

Innym przykładem są źródła wód leczniczych w **Szczawnicy**, które ze względu na swoją niewielką wydajność są bardzo narażone na zmianę ich reżimu wskutek nieodpowiedniej eksploatacji bądź prowadzenia robót ziemnych. Przy tego typu działaniach może dojść do dekoncentracji wypływu czy nawet ucieczki w osady zwietrzelinowe czy aluwia. Doszło do tego już w połowie XIX w., kiedy zniszczeniu uległy źródła Waleria, Aniela i Helena. Również w wyniku prowadzenia w latach 1981–1983 prac ziemnych, związanych z budową sanatorium w sąsiedztwie źródła Magdalena, doszło do prawie całkowitego zaniku zawartości wolnego CO₂. Spowodowało to także obniżenie wydajności wody z tego ujęcia. Zanik CO₂ zaobserwowano w źródle Szymon w czasie budowy kanalizacji powyżej tego ujęcia. Zjawiska te świadczą o zaburzeniu równowagi układu hydrodynamicznego oraz hydrochemicznego (Poprawski i in., 1995).

Podobny przykład wyraźnego wpływu czynników antropogenicznych na reżim źródeł stanowią zmiany wydajności i jakości wód leczniczych w Zdroju Głównym oraz w źródle Jan w **Krynicy Zdroju** (p. rozdz. 4.4.1).

Ciekawym przykładem wpływu prowadzonej eksploatacji różnych typów wód podziemnych, leczniczych i zwykłych, jest złożo wód termalnych w **Lądku Zdroju**. Występujące tu wody podziemne, szczelinowe, zarówno zwykłe jak i lecznicze, stanowią praktycznie jeden układ hydrauliczny. W rozdziale 4.2.2 opisano silne współoddziaływanie pomiędzy poszczególnymi ujęciami wód leczniczych oraz wpływ eksploatacji tych wód na wody zwykłe, tutaj natomiast przedstawiony zostanie wpływ eksploatacji wód zwykłych na wody termalne.

Wody termalne z dużych głębokości dążą ku powierzchni strefą uskoku Lądka Zdroju. Naturalne wypływy wód w postaci źródeł związane są z uskokami poprzecznymi, które przecinają uskoku Lądka Zdroju. W strefie tego uskoku, lecz w pewnej odległości od źródeł i na większej głębokości, wody termalne ujmuje również odwiert L-2. Nad drogami przepływu wód termalnych znajduje się natomiast odwiert L-1 ujmujący wody zwykłe (Ciężkowski, 1980).

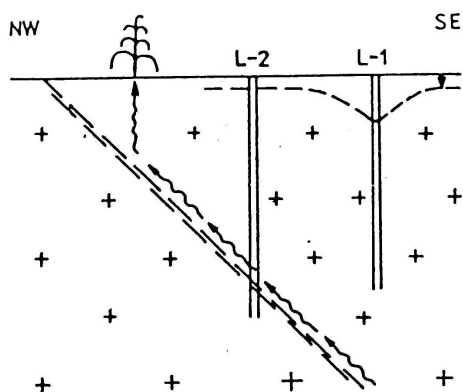
Eksploatacja wód termalnych w odwiercie L-2 powoduje spadek ciśnienia w złożu wód termalnych, co przejawia się zmniejszeniem wydajności źródeł, jak również powoduje to obniżenie się zwierciadła zwykłych wód szczelinowych ujętych nie tylko w najbliższym położonym odwiercie L-1, ale dalszych innych ujęć, na przykład znajdujących się na wschód od Lądka około dwudziestu studni ujmujących płytkie wody szczelinowe dla miejskiej sieci wodociągowej (patrz rozdz. 4.2.2).

Do takiej sytuacji doszło w latach 1976–1978 po rozpoczęciu eksploatacji otworu L-2. Nastąpił wówczas niedobór wody w sieci wodociągowej Lądka Zdroju, co pogłębiło jeszcze oddanie do użytku nowych budynków mieszkalnych. W tej sytuacji od września 1978 r. rozpoczęto niekontrolowaną eksploatację wody z odwiertu L-1, za-

silając w ten sposób sieć wodociagową. Tę nielegalną eksploatację wody, w ilości 230–250 dm³/min, prowadzono na obszarze górniczym wód leczniczych bez żadnych uzgodnień. Na zaistniałą sytuację wody termalne zareagowały natychmiast, przede wszystkim wyraźnym zmniejszeniem wydajności płytkich ujęć wód termalnych o 12–34% oraz niekorzystną zmianą składu chemicznego. Nieznacznie, lecz wyraźnie, obniżyła się temperatura wód, zwłaszcza w ujęciach najmniej wydajnych. Znacznie zmniejszyła się zawartość radonu (do 40%) oraz fluoru (ponad 20%). Największe zmiany w podstawowym składzie jonowym uwidoczniły się natomiast dopiero w 1982 r., a więc cztery lata po rozpoczęciu i w dwa po zakończeniu eksploatacji odwiertu L-1. Oddanie do użytku w marcu 1981 r. nowego rurociągu, doprowadzającego do sieci wodociagowej Łądką wodę z ujęcia powierzchniowego w Stroniu Śląskim, definitywnie zakończyło eksploatację wody z odwiertu L-1. Wszystkie parametry wypływów wód termalnych wróciły do stanu wyjściowego.

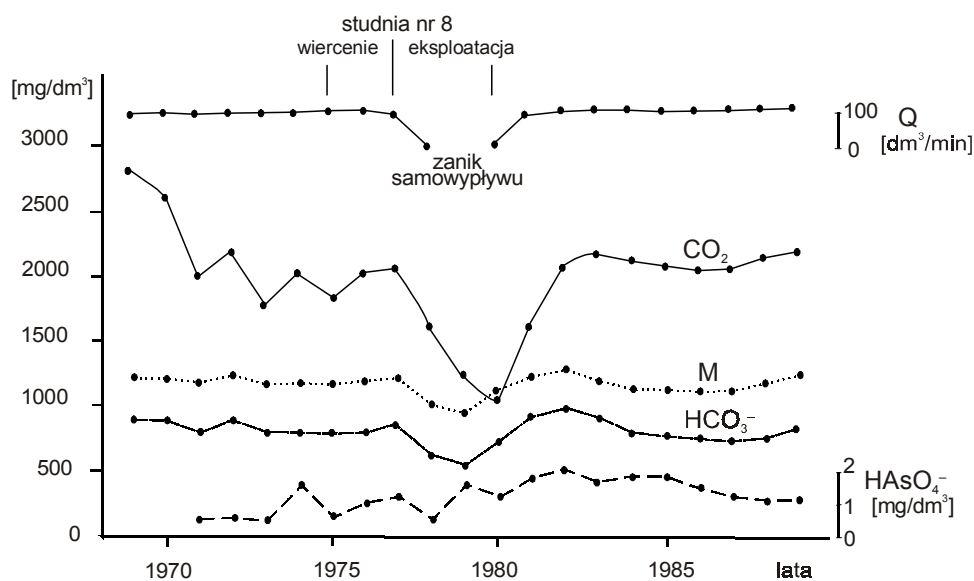
Wywołany eksploatacją wód leczniczych z otworu L-2 spadek ciśnienia złożowego wód termalnych spowodował obniżenie się zwierciadła zwykłych wód szczelinowych, eksploatacja zaś wód zwykłych z otworu L-1 ostatecznie doprowadziła również do obniżenia ciśnienia złożowego całego systemu wód podziemnych szczelinowych w Łądku Zdroju.

W takiej sytuacji wody termalne zamiast płynąc ku powierzchni strefą uskoku Łądką Zdroju, „rozpływają się” w głębi (rys. 4.3.4), wykorzystując mniejsze ciśnienie nadległych wód zwykłych, będące rezultatem powstania lejki depresji wokół odwiertu L-1 (Ciężkowski, 1983a).



Rys. 4.3.4. Schematyczny przekrój przez uzdrowisko Łądek Zdrój (Ciężkowski, 1983a)

Innym przykładem naruszenia stanu hydrodynamicznego w złożu wód leczniczych wynikającym z intensywnej eksploatacji wód zwykłych była sytuacja, która wystąpiła w **Jeleniowie**.



Rys. 4.3.5. Zmiany wydajności (Q) i parametrów hydrochemicznych wody z odwiertu J-150 w latach 1969–1989 (Sadowska, 1989).

W latach 1977–1980 w bliskim sąsiedztwie rozlewni wód mineralnych, wykorzystującej odwiert J-150, wykonano trzy odwierty poszukiwawcze ujmujące wodę zwykłą (nr 8, 9 i 10) oraz odwiert badawczy P-5 ujmujący wodę zwykłą, a także mineralną. Ze względu na powiększający się deficyt wody w sieci komunalnej Kudowy w sierpniu 1977 r., włączono do stałej eksploatacji studnię nr 8 z wydajnością 40 m³/h przy depresji 40 m, wspomaganą okresowo przez studnię nr 10. W odwiercie J-150 ujmującym wodę leczniczą szybko nastąpił spadek mineralizacji i ciśnienia złożowego, aż do zaniku samowypływu w kwietniu 1978 r. Pomimo to ujęcie to było nadal eksploatowane. Stan ten trwał do chwili wyłączenia studni nr 8 w 1980 r. Obniżeniu uległa mineralizacja wody i zawartość dwutlenku węgla. Jednocześnie w studni nr 8 zaczęła wzrastać mineralizacja, a także pojawił się wcześniej w ogóle nie występujący w niej CO₂. Zwiększyła się też zawartość żelaza do ponad 90 mg/dm³. Wyłączenie z eksploatacji w całości studni nr 8 spowodowało powolny wzrost parametrów złożowych w odwiercie J-150, ale przy jednoczesnym wzroście w wodzie zawartości jonu HAsO₄³⁻ do 2 mg/dm³ – spowodowało to konieczność wyłączenia otworu z eksploatacji. Prawdopodobnie nastąpiło tu odwrócenie kierunku przepływu wody w szczelinach spowodowane powstaniem lejka depresji wokół studni nr 8. Pomimo tak niekorzystnego wpływu eksploatacji studni nr 8, w latach 1983–1985 ponownie prowadzono pompowanie wody z tego ujęcia (rys. 4.3.5). W odwiercie J-150 następował powolny spadek parametrów hydrochemicznych, ale tym razem samowypływ utrzymywał się na stałym poziomie, około 100 dm³/min (Sadowska, 1989).

Powyższe przykłady niekontrolowanej eksploatacji wód zwykłych w Jeleniowie i Łądku Zdroju pokazują, jak wpłynęła ona na zmianę układu hydrodynamicznego w złożu wód leczniczych, co doprowadziło do niekorzystnych zmian ilościowych i jakościowych wód leczniczych.

4.4. Współwystępowanie wód leczniczych i zwykłych na przykładzie wybranych złóż w Karpatach

Powyżej przedstawiono przejawy różnych rodzajów współoddziaływań pomiędzy wodami leczniczymi a wodami zwykłymi, poniżej scharakteryzowano natomiast pod tym względem dwa przykładowe złoża wód leczniczych – w Krynicy Zdroju, uzdrowisku z największą liczbą ujęć wód leczniczych w kraju oraz w Szczawnicy, w której mało wydajne ujęcia sugestywnie prezentują tytułowe zagadnienia.

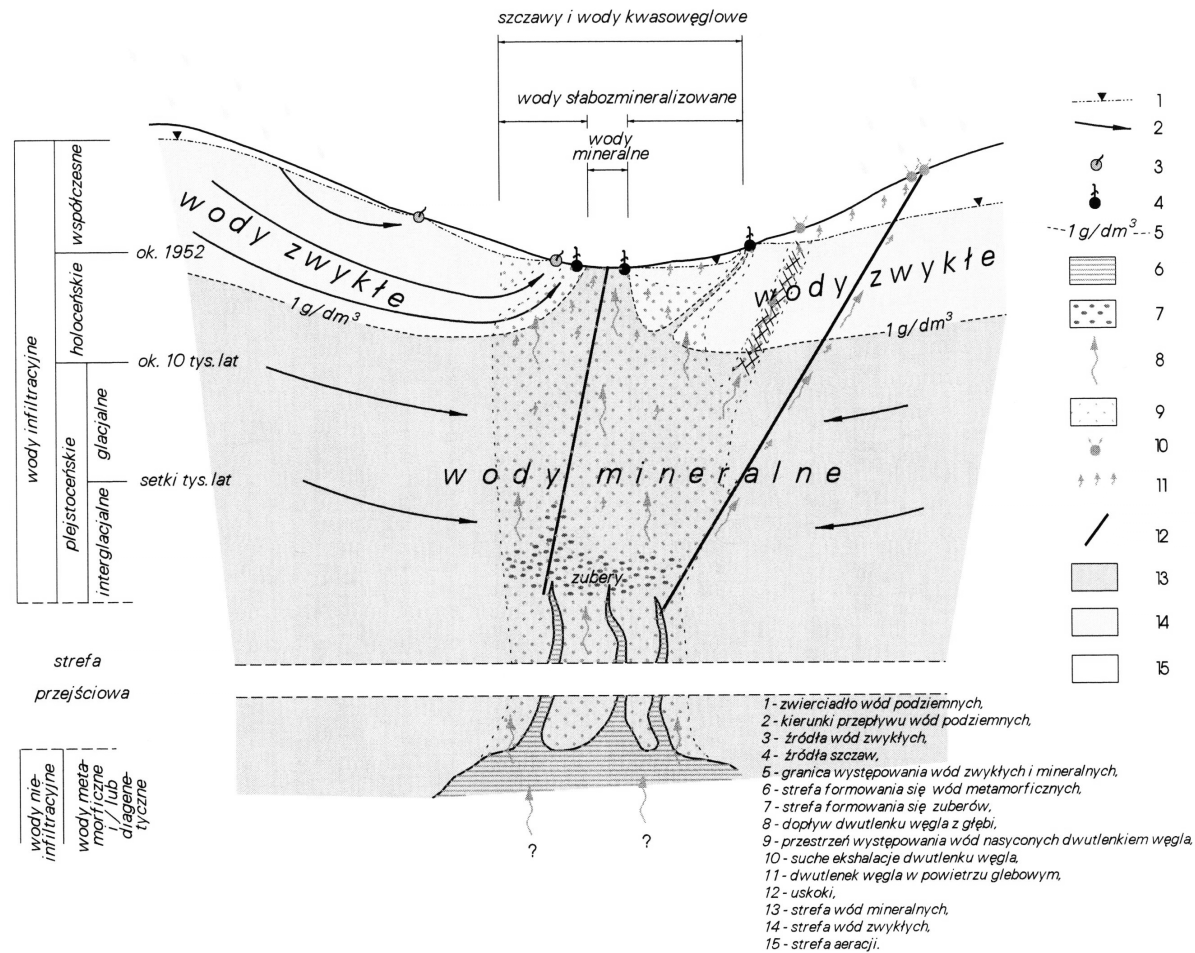
4.4.1. Krynica Zdrój

Uzdrowisko Krynica Zdrój położone jest we wschodniej części Beskidu Sądeckiego na wysokości 560–620 m n.p.m. Obszar ten leży w obrębie płaszczowiny magurskiej, na styku dwóch stref facjalnych: strefy sądeckiej i strefy krynickiej. Budują je piaskowce, łupki ilaste, zlepieńce i margle eocenu i paleocenu. Kontakt tektoniczny pomiędzy strefami stanowi duża dyslokacja krynicka o przebiegu NW–SE. Skąły przecięte są również szeregami uskoków poprzecznych do tej dyslokacji.

Wody lecznicze wypływają w 23 ujęciach, w tym cztery są źródłami, a pozostałe odwiertami. Są to głównie szczawy wodorowęglanowo-wapniowe i wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowe o mineralizacji 0,1–10,0 g/dm³ oraz wodorowęglanowo-sodowe o mineralizacji dwudziestu kilku g/dm³; pierwsze z nich określa się zwyczajowo mianem szczaw zwykłych, drugie zaś szczaw chlorkowch – noszą one własną nazwę „zuber”.

Ponad dwustuletnie badania krynickich wód, a zwłaszcza kompleksowe prace wykonane w latach 1996–1999 (Ciężkowski i in., 1999) pozwoliły na dokładne rozpoznanie tutejszego złoża wód leczniczych. Na rysunku 4.4.1 przedstawiony jest ideowy przekrój przez to złożo; podobny schemat – z lokalnymi modyfikacjami – jest aktualny również w innych rejonach doliny Popradu.

Biorąc pod uwagę genezę wód (zob. też tab. 3.1), szczawy zwykłe w większości ujęć są mieszaninami wód współczesnych (zawierających tryt) i wód holocenijskich (niezawierających trytu). Część z ujęć ujmuje mieszaniny wód holocenijskich i wód wieku glacialnego (nr 9, nr 14, nr 25, nr 27), w ujęciu zaś nr 10 wypływa tylko woda wieku glacialnego. Szczawy chlorkowe (zuber) są natomiast mieszaniną wód interglacialnych i wód diagenetycznych (Ciężkowski i in., 1999; Oszczytko i Zuber, 2002;



Rys. 4.4.1. Model koncepcyjny złoża wód leczniczych w Krynicy Zdroju (Ciężkowski i in., 1999)

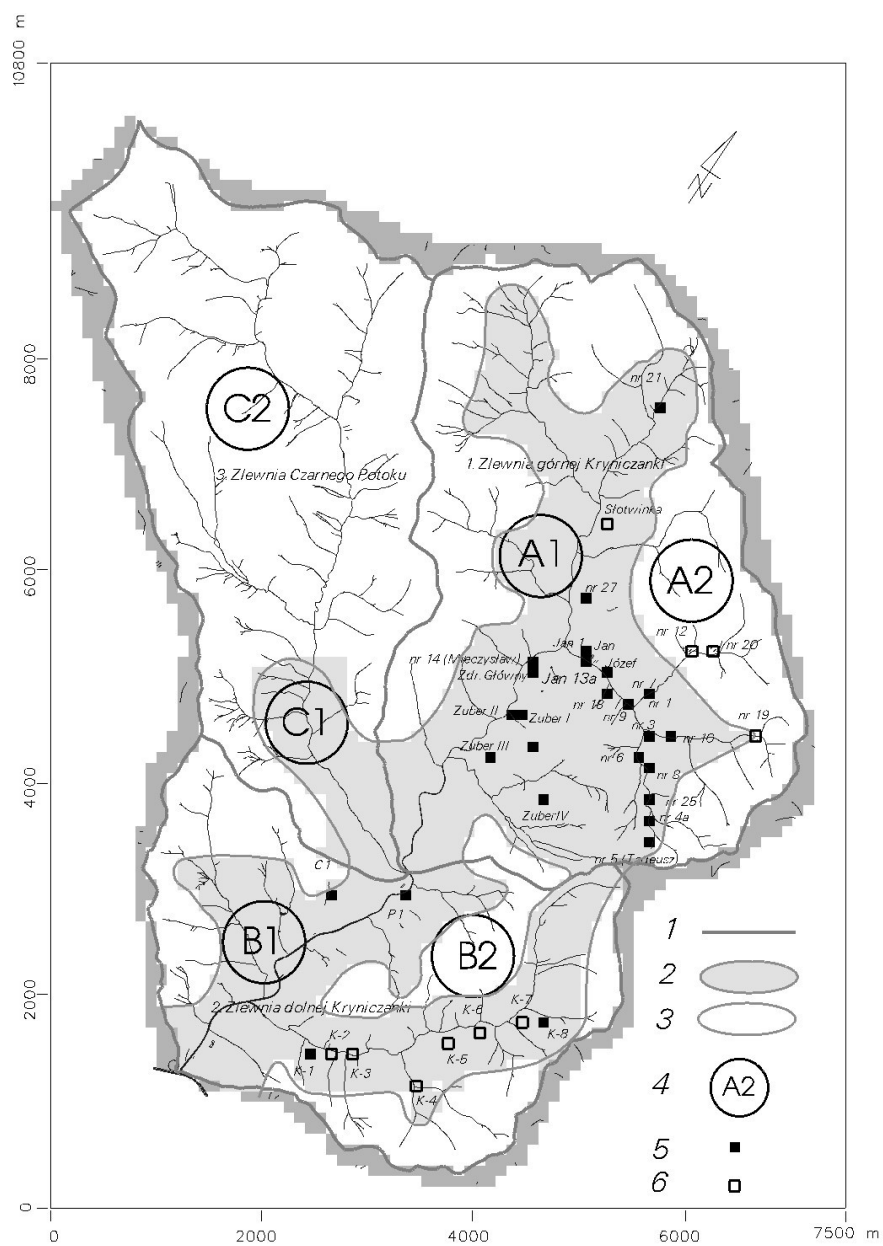
Zuber, 1987, 1999, i in.). Pod względem mineralizacji wód, w profilu złoża poniżej wód zwykłych o małej mineralizacji występują wody o zróżnicowanej mineralizacji, sięgającej kilkudziesięciu g/dm³. Znaczna część wód jest nagazowana dwutlenkiem węgla, a gaz ten tworzy na powierzchni nawet efektowne ekshalacje. Zróżnicowane typy chemiczne wód często się przenikają.

Przykład wyraźnego wpływu czynników antropogenicznych na reżim źródeł stanowią zmiany wydajności i jakości wód leczniczych w Zdroju Głównym. Zmiany te wywołane były przez przecieki z rurociągu wodociągowego, który przebiega powyżej źródła po zboczu Góry Parkowej. Na skutek awarii w listopadzie 1974 r. nastąpił silny wzrost wydatku źródła i jego demineralizacja wyrażona spadkiem zawartości jonu HCO₃⁻ o połowę. Po likwidacji awarii wydatek powrócił do poprzednich wartości, a odbudowa pierwotnego poziomu mineralizacji trwała prawie rok. Kolejna awaria, trwająca od 1979 do 1989, również objawiała się dopływem zwiększonej ilości słabo zmineralizowanych wód. Po roku 1989 nastąpił szybki spadek wydajności źródła do stanu sprzed 1974, a powrót do pierwotnej mineralizacji trwał około 2 lata. Ten fakt łączy się z pracami ziemnymi prowadzonymi pod fundamenty kotłowni gazowej i zrealizowanym w nich drenażem wód zwykłych w ilości około 30 dm³/min. Pomimo że kotłownia usytuowana jest poniżej źródła, to drenaż znacznej ilości wód zwykłych mógł doprowadzić do zmniejszenia ich dopływu do Zdroju Głównego. Trzeci okres zmian mineralizacji w Zdroju Głównym nastąpił w 1998 r. Zjawisko to związane było prawdopodobnie z przeciekami z instalacji wodociągowej, gdyż wzrost wydatku źródła nie ma powiązania ze zmianami warunków meteorologicznych.

Mniej wyraźne oddziaływanie czynników antropogenicznych zachodzi w reżimie źródła Jan także w Krynicy Zdroju. Dla okresu 1996–1998 zaobserwowano zbieżność spadku wydajności źródła Jan i Józef z prowadzoną w tym czasie regulacją potoku Palenica. Również obserwowane na przełomie lat 1970/1980 zmniejszenie stężenia CO₂ i demineralizację wody ze źródła Jan można powiązać z różnymi zjawiskami zachodzącymi podczas realizacji wykopów budowlanych powyżej źródła. Pomimo że obserwowane zmiany nie są gwałtowne, istnieje możliwość zmian skomplikowanego w tym rejonie układu krążenia, przy naruszeniu delikatnej równowagi gazowo-wodnej źródła.

Współwystępowanie wód leczniczych i wód zwykłych w Krynicy Zdroju ma duże znaczenie przy określaniu zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych obu rodzajów wód. Zagadnienie to, opracowane przez S. Witczaka, zostało przez niego szerzej przedstawione w pracach Ciężkowskiego i in. (1999) oraz Paczyńskiego (2002). W zbudowanym przestrzennym hydrogeologicznym modelu numerycznym zlewni Kryniczanki, który objął obszar o powierzchni około 43 km²:

- uwzględniono szczegółowe dane uzyskane ze zdjęcia geologicznego i hydrogeologicznego, wykonanych w skali 1:10 000, a także wyniki badań izotopowych,
- objęto profil utworów fliszowych o miąższości od 1000 do 1600 m; podzielony on został na siedem przedziałów głębokościowych (warstw) o różnych miąższościach; ósmą warstwę, najbliższą powierzchni, stanowiły osady czwartorzędowe,



Rys. 4.4.2. Obszary zasobowe wydzielone na modelu numerycznym zlewni Kryniczanki (wg S. Witczaka, w: Ciężkowski i in., 1999; Paczyński, 2002):

- 1 – granice zlewni cząstkowych, 2 – obszary bilansowe z zasobami dyspozycyjnymi wód leczniczych,
 3 – obszary bilansowe z zasobami dyspozycyjnymi wód zwykłych, 4 – symbole obszarów zasobowych,
 5 – ujęcia wód leczniczych, 6 – ujęcia wód zwykłych

- wydzielono pięć typów litofacjalnych o współczynniku filtracji malejącym z głębokością,
- wprowadzono trzy typy stref uskokowych o zróżnicowanej przepuszczalności.

Wykalibrowany model umożliwił określenie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych. Za zasoby dyspozycyjne wód leczniczych przyjęto zasoby wód biorących udział w regionalnym systemie przepływu, za które przyjęto wielkość wypływu wód (zmineralizowanych) z głębi do warstwy IV modelu (tj. na głębokości 200 m p.p.t.) wraz z wodami (zwykłymi) poziomo przepływającymi w tej warstwie i rozcieńczającymi wody zmineralizowane. Granicę strefy dopływu wód głębszego krążenia do warstwy IV przyjęto za granicę obszarów bilansowych wód leczniczych. Ponieważ w obszarach tych bardzo łatwo jest naruszyć delikatną równowagę pomiędzy wodami leczniczymi a wodami zwykłymi, dlatego przyjęto niedopuszczalność eksploatacji tu wód zwykłych. Warunek ten skutkuje nieustaleniem zasobów dyspozycyjnych wód zwykłych w granicach obszarów bilansowych wód leczniczych (zasoby dyspozycyjne równe zeru!). Na rysunku 4.4.2 przedstawiono określone w powyższy sposób granice obszarów bilansowych wód zwykłych i wód leczniczych w trzech podobszarach zasobowych zlewni Kryniczanki.

4.4.2. Szczawnica

Uzdrowisko Szczawnica położone jest w zachodniej części Beskidu Sądeckiego na wysokości 430–560 m n.p.m. Leży ono w strefie kontaktu fliszowej płaszczowiny magurskiej z pienińskim pasem skałkowym. Obszar ten budują skały węglanowe i łupkowe serii skałkowej, piaskowce i łupki warstw jarmuckich i pstrych, łupki i wapniste piaskowce warstw szczawnickich; warstwy fliszu przecięte są pod dużymi kątami żyłami andezytowymi. Granica pomiędzy paleogeńskimi skałami fliszu a skałami jury i kredy ma charakter nasunięcia o generalnym przebiegu WVN-SSE w granicach uzdrowiska. Nasunięcie to przecięte jest licznymi uskokami o przebiegu południkowym. Wody lecznicze występują w obrębie warstw jarmuckich, warstw szczawnickich oraz andezytów. Wypływy znajdują się głównie w miejscach nacięcia ciał andezytowych przez erozję dolinną.

Obecnie wody lecznicze wypływają z dziewięciu ujęć, w tym z trzech odwiertów i jednego ujęcia szybowego, resztę stanowią źródła. Tutejsze wody są szczawami wodorowęglanowo-chlorkowo-sodowymi, jodkowymi o mineralizacji 1–26 g/dm³. Pod względem genetycznym są to bądź wody infiltracji współczesnej, bądź mieszaniny wód współczesnych i dehydratacyjnych. Szersza charakterystyka wód szczawnickich znajduje się w pracach Józefko i Bielca (2002), Poprawskiego i Józefko (1995), Poprawskiego i in. (1995).

Przykładem wypływu wód mieszanych jest źródło Magdalena. Teren, który został zabudowany budynkami, parkingami i drogami stanowił obszar zasilania składowej infiltracyjnej zasilającej ujęcie. Odcięcie jej dopływu spowodowało zmniejszenie się

wydajności ujęcia, a także zakresu wahań wydajności, gdyż zaczął o niej decydować dopływ składowej nieinfiltracyjnej głębokiego zasilania. Równocześnie wpłynęło to na wyrównanie się mineralizacji wody, co widoczne jest poprzez badania stężeń jonów HCO_3^- i Cl^- . Pełne rozpoznanie i potwierdzenie przyczyn powyższych zmian było możliwe dopiero po kilku latach od ich zaistnienia. Tak więc niekiedy kilkumiesięczne lub nawet kilkuletnie obserwacje pozwalają na ustalenie przyczyn zmian, a w konsekwencji na ich usunięcie lub zapobieżenie im.

Źródło Szymon wypływa poniżej Parku Dolnego u podstawy skarpy erozyjnej plejstocenijskiego tarasu akumulacyjnego rozwiniętego w dolinie potoku Grajcarek, który przepływa w odległości około 120 m od źródła. Woda do źródła dopływa prawdopodobnie wkładką żwirową znajdującą się w obrębie tarasu między warstwami nieprzepuszczalnymi. Spadek wydajności źródła zanotowany na przełomie lat 1979–1980 spowodowany był prawdopodobnie pracami budowlanymi wykonywanymi powyżej, na obszarze Parku Dolnego lub w jego sąsiedztwie, albo nawet na zboczach góry Bryjarka. Przyczyną mogło być czasowe odwodnienie terenu, stały drenaż wód gruntowych lub też zabudowa terenu. Ponieważ przedstawiona zmiana ma charakter stały, należy wnioskować, że – podobnie jak w przypadku źródła Magdalena – nastąpiło ograniczenie dopływu składowej infiltracyjnej do ujęcia.

Ujęcia Jan i Jan-14 znajdują się w komorze szybowej (eksploatacyjnej), na końcu sztolni o długości 80 m. Komora ta ma posadzkę na głębokości ok. 8 m p.p.t. Ujęcie Jan stanowi pionowy odwiert o głębokości 32,8 m p.p.t., tj. 24,6 m poniżej dna komory. Natomiast ujęcie Jan-14 znajduje się około 45 cm od odwiertu Jan. Wypływ wody ujęty został tu przez warstwę żwiru obmurowaną cegłą i zabezpieczoną warstwą betonu. Wypływ ten rozpoznany został z wieloma innymi podczas głębenia szybu. Wskutek odwodnienia strefy wokół szybu wypływy wód zmineralizowanych zmniejszyły swoją wydajność, a niektóre zanikły. Obniżyła się również ich mineralizacja wskutek dopływu wód zwykłych strefy przypowierzchniowej. Ze wszystkich stwierdzonych wypływów do eksploatacji ujęto więc tylko wypływ najniższy – Jan-14.

W latach 1974–1983 wydajność ujęcia była stabilna i wahała się ok. $1,5 \text{ dm}^3/\text{min}$. Od połowy 1983 r. zaczął następować stały spadek wydajności, a do 2001 r. nie było nawet jego krótkotrwałej stabilizacji. Wydaje się, że przyczyna zmian jest złożona. W początku lat osiemdziesiątych XX w. prowadzone były prace melioracyjne i budowa dróg na południowych zboczach góry Bereśnik w rejonie, który uznany jest za strefę zasilania ujęć wód leczniczych położonych w centrum uzdrowiska przy pl. Dietla. Ograniczenie infiltracji spowodowało zapewne zanik wody w ujęciu. W 2003 r. ujęcie Jan-14 zostało wyłączone z eksploatacji i pozostało ujęciem obserwacyjnym.

Źródło Wanda wypływa na południowym stoku Bryjarki, ponad Parkiem Dolnym. Podczas prac rekonstrukcyjnych ujęcia w latach 1971–1973 odsłonięto wypływy wód zwykłych powyżej wypływu wody mineralnej. Założono wówczas układ drenażowy odprowadzający wody zwykłe poza ujęcie. Do początku 1998 r. wydajność źródła zmieniała się w granicach $0,1\text{--}0,5 \text{ dm}^3/\text{min}$, przy średniej $0,28 \text{ dm}^3/\text{min}$, co świad-

czyło o niezakłóconej, stabilnej pracy ujęcia. Od kwietnia 1998 r. gwałtownie wzrosła wydajność (sięgając $2,0 \text{ dm}^3/\text{min}$) i jej amplituda wahań, czemu towarzyszyły istotne obniżenia stężeń jonów HCO_3^- i Cl^- oraz okresowy zanik CO_2 w wodzie. Zjawisko to wyjaśnić można intensywnymi opadami zanotowanymi w południowej Polsce w lipcu 1997 r. W Szczawnicy w ciągu miesiąca spadło wówczas 302,7 mm deszczu, przy czym nasilenia opadów wystąpiły w dniach 5–7 lipca oraz 20 i 26 lipca. Średnia miesięczna suma opadów z wielolecia 1955–1996 r. dla lipca wyniosła natomiast tylko 115 mm. Jak więc widać, zwiększony dopływ wód zwykłych mieszających się w strefie przypowierzchniowej z wodami leczniczymi wpływa na wzrost ciśnienia wód w górotworze i spadek ciśnienia wypływających wód leczniczych. Równocześnie – wobec delikatnej równowagi hydrodynamicznej pomiędzy tymi wodami – zwiększone ciśnienie spowodować musiało udrożnienie szczelin dla przepływu wód zwykłych. Naruszenie układu w rejonie źródła Wanda musiało być na tyle duże, że skutki tego widoczne są do chwili obecnej. Wykonane w ostatnich latach prace rekonstrukcyjne wokół źródła (uszczelnienie iłowe, płytki drenaż i rowy opaskowe), ale bez naruszenia obudowy ujęcia, poprawiły nieco sytuację. Zmniejszyła się amplituda wahań wydajności wody oraz zawartości badanych w niej składników. Nadal jednak nie nastąpił w źródle powrót do warunków sprzed 1998 r.

Ujęcie Pitoniakówka znajduje się w dolinie potoku Skotnickiego, około 5 m od jej brzegu. Składa się ono z szybu o średnicy wewnętrznej 3,3 m i głębokości 15,5 m oraz dwóch chodników: wschodniego i południowego, podzielonych na siedem odrębnych komór: A, B, C, D, E, F i G. Z ostatniej komory chodnika wschodniego (F) wyprowadzone są trzy kierunkowe otwory ($\frac{3}{4}$ "") o długości od 10 do 20 m. W 1999 r. oraz w 2000 r. stwierdzono istotne zmiany zawartości dwutlenku węgla w ujęciu. Około 50 m powyżej ujęcia na potoku znajduje się tama przeciwrumowiskowa. Powyżej niej potok Skotnicki nie jest uregulowany, ale poniżej jego brzegi i dno są wybrukowane. Co kilka lat – w zależności od potrzeb – z dna potoku powyżej tamy usuwany jest przez pracowników RZGW rumosz i namuły naniesione przez wodę. Czyszczenie takie powoduje prawie natychmiastowy zanik CO_2 w komorze B ujęcia, podczas gdy w pozostałych komorach zmiany nie są obserwowane lub są nieznaczne. Początkowo trudno było ustalić przyczynę zniknięcia gazu. Przyczyn poszukiwano w samym ujęciu, w jego bezpośrednim sąsiedztwie lub na zboczach ponad ujęciem, dopiero przypadek sprawił, że skojarzono te fakty. Od 2000 r. trwają z przerwami prace przy budowie mostku betonowego nad potokiem położonego powyżej tamy. Równocześnie z potoku wybierany jest żwir do budowy parkingu znajdującego się w górnym biegu potoku. Wszystko to powoduje, że przez stałe usuwanie namułu z dna potoku ponad tamą ilość dwutlenku węgla w komorze B ujęcia nie może powrócić do stanu początkowego.

Przedstawione zagadnienia wskazują, że naruszenie delikatnego układu hydrodynamicznego pomiędzy wodami leczniczymi i współwystępującymi z nimi wodami zwykłymi może skutkować tak zmianami w zasobach, jak i jakości wód leczniczych.

5. Zagadnienie istotności współoddziaływania wód zwykłych i wód zmineralizowanych w dokumentowaniu i ochronie złóż wód leczniczych

5.1. Aspekty formalne

Poszukiwanie, rozpoznawanie i eksploatacja *wód leczniczych* prowadzone jest zgodnie z wymogami **prawa geologicznego i górniczego**. Z prawa tego wynika konieczność:

- prowadzenia prac geologicznych tylko przez osoby posiadające odpowiednie kwalifikacje w odniesieniu do poszukiwania i rozpoznawania wód podziemnych zwykłych (kat. V) lub wszystkich wód, wliczając w to wody lecznicze (kat. IV),
- wykonywania prac geologicznych, obejmujących roboty geologiczne tylko na podstawie zatwierdzonego projektu prac geologicznych,
- przedstawienia wyników prac w dokumentacji hydrogeologicznej, która jest przyjmowana przez odpowiedni organ administracji geologicznej.

Organami administracji geologicznej właściwymi w sprawach ustalania zasobów wód podziemnych są:

- a) w przypadku wód leczniczych – Minister Środowiska,
- b) w przypadku wód zwykłych – wojewodowie, którzy zatwierdzają projekty oraz przyjmują dokumentacje, jeśli przewidywana wydajność lub udokumentowane zasoby przekraczają 50 m³/h,
 - starostowie (lub burmistrzowie i prezydenci miast na prawach powiatu), którzy zatwierdzają projekty oraz przyjmują dokumentacje o przewidywanej wydajności lub o udokumentowanych zasobach nieprzekraczających 50 m³/h.

Możliwe jest, że w granicach już istniejącego obszaru górniczego utworzonego dla wód leczniczych – a zatem w granicach udzielonej koncesji na eksploatację wód

i ustanowionego użytkowania górniczego – inni przedsiębiorcy mogą prowadzić prace poszukiwawcze i rozpoznawcze za tą kopaliną w ramach odpowiednich koncesji udzielonych przez Ministra Środowiska. Według prawa geologicznego i górniczego poszukiwanie i rozpoznawanie zasobów *zwykłych wód podziemnych* prowadzi się również według projektu prac geologicznych zatwierdzonego przez odpowiedniego wojewodę lub starostę.

Eksploatację występujących w granicach złoża wód leczniczych wód zwykłych, nieraz spełniających kryteria wód potencjalnie leczniczych, obejmują przepisy ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. – **Prawo wodne** (p.w.) (Dz. U. Nr 115, poz. 1229 z późniejszymi zmianami). Pobór takich wód prowadzony jest na podstawie udzielonego przez starostę (do 50 m³/h) lub wojewodę (ponad 50 m³/h) pozwolenia wodnoprawnego w ramach szczególnego korzystania z wód (art. 122 p.w.). Należy podkreślić, że pozwolenia wodnoprawnego nie wymaga wykonanie studni o głębokości do 30 m na potrzeby zwykłego korzystania z wód (art. 124 p.w.) oraz korzystanie z wody podziemnej w ramach zwykłego korzystania z wód na potrzeby własnego gospodarstwa domowego oraz gospodarstwa rolnego, jeżeli pobór wody nie jest większy niż 5 m³/d (art. 36 p.w.). W odniesieniu do wód podziemnych ujmowanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia wprowadzono możliwość ustanawiania stref ochronnych ujęć, które dzielą się na tereny ochrony bezpośredniej i pośredniej.

Dyrektor okręgowego urzędu górniczego w granicach obszaru górniczego sprawuje nadzór i kontrolę nad (art. 109 p.g.g.):

- ruchem zakładu górniczego eksploatującego wody lecznicze,
- wykonywaniem wierceń przy poszukiwaniu i rozpoznawaniu tak wód leczniczych, jak i zwykłych oraz potencjalnie leczniczych.

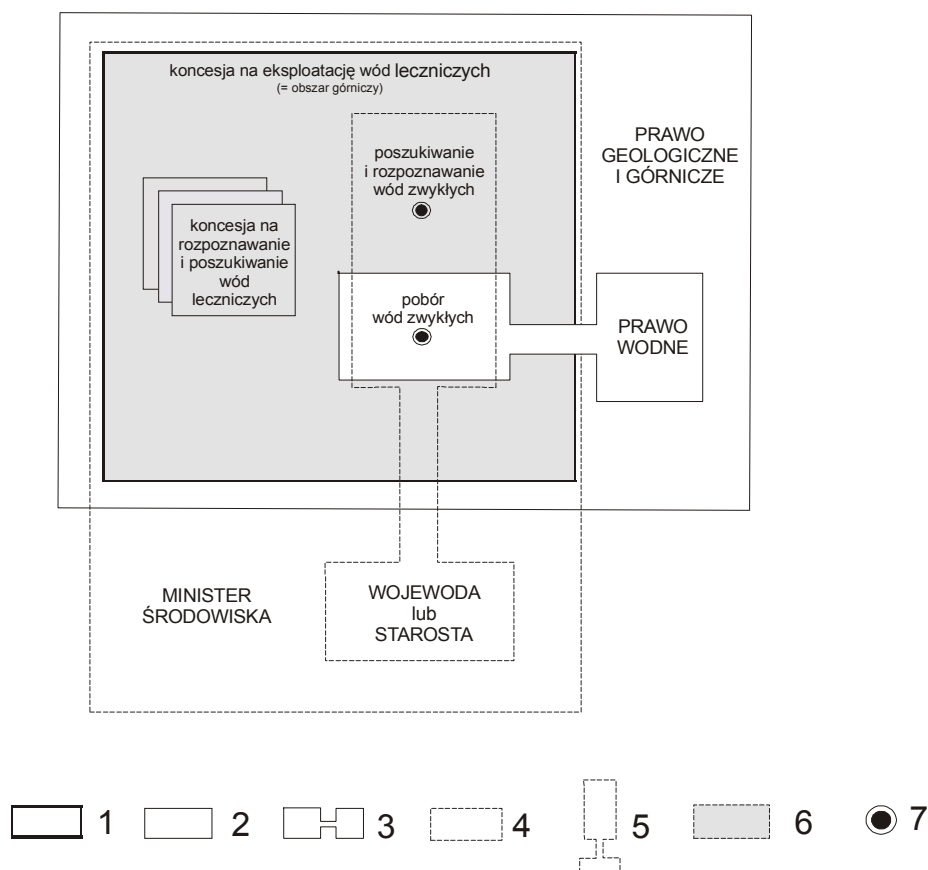
Dyrektor OUG wydaje zezwolenie na wykonywanie robót geologicznych (prac wiertniczych). Zezwolenie nie jest wymagane, jeżeli wiercenie wykonywane jest poza granicami obszaru górniczego albo, gdy projektowana głębokość nie przekracza 100 m. Do wykonywania wszelkich robót geologicznych stosuje się odpowiednio przepisy o ruchu zakładu górniczego, niezależnie od tego czy plan ruchu jest wymagany, czy też nie.

Ten skomplikowany zakres różnych kompetencji obrazuje schemat przedstawiony na rysunku 5.1.

Sytuacja jeszcze bardziej się komplikuje, jeżeli weźmiemy pod uwagę dodatkowe unormowania spoza zakresu geologiczno-górniczego.

Pierwsze z nich to przepisy dotyczące wykorzystania wód eksploatowanych w obrębie obszarów górniczych, a wynikające z **ustawy o warunkach zdrowotnych żywności i żywienia** z dn. 11.05.2001 r. (Dz. U. Nr 83, poz. 634, z późniejszymi zmianami). Eksploatowane tu wody zwykłe, wody potencjalnie lecznicze i wody lecznicze mogą służyć do produkcji wód butelkowanych. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 29.04.2004 r. w sprawie naturalnych wód mineralnych, naturalnych wód źródlanych i wód stołowych

(Dz. U. Nr 120, poz. 1256) podaje określenia takich wód, wprowadzając kryteria ich uznawalności inne niż dla wód leczniczych. Dodatkowo wydane kilka miesięcy później Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 17.12.2004 r., zmieniające powyższe rozporządzenie (Dz. U. Nr 276, poz. 2738), doprowadziło do sytuacji, w której za wody mineralne uznać można np. wody o mineralizacji mniejszej od 50 mg/dm³(!).



Rys. 5.1. Schematyczny zakres działania prawa geologicznego i górniczego oraz prawa wodnego w zakresie działań na obszarze górnicy utworzonym dla złoża wód leczniczych, a także zakres decyzyjny organów administracji geologicznej i nadzoru górniczego.
 1 – granice obszarów koncesyjnych, 2 – zakres działania prawa geologicznego i górniczego,
 3 – zakres działania prawa wodnego, 4 – zakres decyzyjny Ministra Środowiska,
 5 – zakres decyzyjny wojewodów lub starostów, 6 – zakres nadzoru górniczego dyrektora okręgowego urzędu górniczego, 7 – ujęcie wód podziemnych

Drugie to przepisy **ustawy o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych** z dn. 28.07.2005 r.

(Dz. U. Nr 167, poz. 1399), dające pewne uprawnienia takim gminom. Gminy te sporządzają i uchwalają odpowiednie miejscowe plany zagospodarowania przestrzennego. Na obszarze uznanym za uzdrowisko lub obszar ochrony uzdrowiskowej wydziela się trzy strefy ochronne (A, B i C), z których ostatnia – C – ma na celu m.in. „ochronę złóż naturalnych surowców leczniczych”; należy zauważyć, że cel ten jest zbieżny z celami pokładanymi w tworzonych obszarach górniczych dla złóż wód leczniczych.

Te przenikające się zakresy kompetencji i uwarunkowań, wynikające z różnych ustaw powodują istnienie nie zawsze klarownych sytuacji, powstających z chęci eksploatacji różnych rodzajów wód na obszarze istniejących już obszarów górniczych utworzonych dla złóż wód leczniczych.

5.2. Niektóre problemy związane z gospodarką złożami wód leczniczych

Przedstawione powyżej uwarunkowania powodują w praktyce powstanie wielu problemów:

- a) Przebieg granic obszarów górniczych. O ile obszary górnicze chronią ujęcia wód i strefy drenażu złóż wód pochodzenia infiltracyjnego, o tyle bardzo często obszary zasilania znajdują się już poza nimi; dlatego też znacząca część niektórych złóż ze względu na potrzeby ochrony podlega tylko działaniu prawa wodnego. Strefa drenażu jednak, będąca przestrzenią bezpośredniego współwystępowania i mieszania się wód infiltracyjnych, jest tu chroniona.
- b) Wynika z tego problem ogólniejszy – ochroną powinno się objąć całe jednostki hydrogeologiczne, w których znajdują się złoża wód leczniczych. Ochrona ta może być jednak zróżnicowana. O ile obszary drenażu powinny nadal znajdować się w granicach obszarów górniczych, o tyle drogi przepływu i obszary zasilania, po ich identyfikacji, można by objąć ochroną wynikającą z przepisów prawa wodnego. Za celowe uznaje się, by znalazły się one w granicach terenu górniczego.
- c) Granice złóż nieraz wykraczają poza granice jednostek administracyjnych, na których prowadzi się eksploatację wód leczniczych. Położenie np. obszaru zasilania w granicach sąsiedniej gminy może nałożyć na nią nowe, niespodziewane zobowiązania (np. gmina Stronie Śląskie dla wód termalnych Łądka Zdroju, gmina Szczytna dla szczaw Polanicy Zdroju, i in.).
- d) Dużym niebezpieczeństwem dla zasobów i jakości wód leczniczych jest lokalizacja wierceń tuż poza granicami obszaru górniczego. Trafienie na wody o składzie zbliżonym do wód leczniczych lub nawet zwykłych wód, których pobór może jednak zakłócić warunki hydrodynamiczne w sąsiednim złożu, może spowodować w nim nieodwracalne zmiany.

- e) Przedsiębiorca posiadający koncesję na eksploatację wód leczniczych w obrębie obszaru górniczego wyznaczonego w koncesji nie jest stroną w trakcie wydawania pozwoleń wodnoprawnych, np. na wykonywanie studni ujmujących wody zwykłe, pobór wód zwykłych, odprowadzanie ścieków.
- f) Nowelizacja ustawy Prawo geologiczne i górnicze z 2005 r. (art. 4, pkt 1a) umożliwia wykonywanie ujęć wód podziemnych do głębokości 30 m na potrzeby zwykłego korzystania z wód, bez konieczności opracowywania projektów prac geologicznych i nawet bez konieczności zgłoszenia zamiaru prowadzenia robót geologicznych. Umożliwia to wiercenie otworów także na obszarach górniczych utworzonych dla ochrony złóż wód leczniczych. Do głębokości 30 m w wielu miejscowościach występują wody lecznicze, np. w rejonie Szczawnicy, Szczawy, Krynicy Zdroju, Muszyny, Piwnicznej Zdroju, Tylicza, Wysowej, Krzeszowic, Krakowa (Swoszowice, Mateczny), wielu szczaw sudeckich i in. Praktycznie nie istnieją instrumenty prawne umożliwiające kontrolę przebiegu wiercenia, w tym przede wszystkim jego głębokości, sposobu ujęcia wód, odizolowania poszczególnych poziomów wodonośnych, typu chemicznego i jakości ujętej wody, a także jej ilości. Trudne jest także stwierdzenie wykonania takich wierceń, zwłaszcza w przypadku obszarów górniczych o dużych powierzchniach lub intensywnie zabudowanych.
- g) Udział domieszek wód współczesnych w ujęciach wód leczniczych stanowi potencjalne źródło zagrożenia ich jakości. W tabeli 5.1 zestawiono zbiorczo procentowy udział domieszek wód zwykłych w ujęciach wód leczniczych Polski. Pomijając ujęte głębokimi odwiertami reliktove solanki Niżu Polskiego, widać, że udział płytkich, zwykłych wód podziemnych w ujęciach wód leczniczych sięga do 100% !
- h) Ważny jest również wiek wód stanowiących domieszki w ujęciach wód leczniczych. Analiza takiego wieku na podstawie interpretacji wyników badań izotopowych (trytu) wskazuje, że w większości przypadków czas przepływu podziemnego wód płytkich wynosi dziesiątki bądź setki lat (tab. 5.2).
- i) Niezwykle ważną rzeczą jest jak najdokładniejsza inwentaryzacja wszelkich przejawów zwykłych wód podziemnych w granicach obszaru górniczego.
- j) Chcąc jak najdokładniej przedstawić współzależności pomiędzy różnymi rodzajami wód podziemnych, współwystępujących w obrębie złoża wód leczniczych, należy wykonać jego matematyczne modelowanie. Modele takie sporządzono dotychczas w przypadku dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych Krynicy (Ciężkowski i in., 1999) i Ustronia (Porwisz i in., 2002), a także próbę taką podjęto dla rejonu Powroźnika (Szklarczyk i in., 2004). Pierwszy i trzeci z tych modeli wykazały, że modelowanie daje bardzo interesujące rezultaty nawet w przypadku masywu karpackiego, uznawanego dotychczas za niemożliwy do zamodelowania.

Tab. 5.1. Udział wód zwykłych w ujęciach wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego określony na podstawie wyników analiz chemicznych i izotopowych (wg Ciężkowskiego i in., 1996)

Źródło	Liczba badanych ujęć (archiwalne i własne)	Procentowy udział zwykłych wód infiltracyjnych w ujęciach określony na podstawie			
		danych chemicznych	izotopów trwałych tlenu i wodoru	zależności	
				$\delta^2\text{H-Cl}$	$\delta^{18}\text{O-Cl}$
Ciechocinek	7	0 – 45	0–60		
Cieplice Śl. Zdrój	8		0–50		
Czerniawa Zdrój	5	0–80			
Długopole Zdrój	3	0–58			
Duszniki Zdrój	8	0–76			
Głębokie	1	0–47			
Gorzanów	8	0–81			
Horyniec	3				
Iwonicz i Lubatówka	9	0–97	29–92	0–95	0–95
Jeleniów	2	0–77			
Kraków-Mateczny	4	0–70	0–70		
Krościenko	3		65–91	74–95	76–95
Krynica	25	do kilkudziesięciu %			
Kudowa Zdrój	6	0–70			
Łomnica Zdrój	4	0–54			
Milik	2				
Muszyna	6	0–80			
Nałęczów	4	0–29			
Piwniczna	4	0–71			
Polanica Zdrój	6	0–70			
Rabka	7	0–60	0–40	0–40	0–50
Rymanów Zdrój	8	do kilkudziesięciu %			
Szczawa	6	0–93	0–98	0–92	0–97
Szczawina	1	0–77			
Szczawnica	10	0–97	0–97	0–98	0–99
Szczawno Zdrój	6	20–76			
Świeradów Zdrój	14	0–100			
Tylicz	12	0–89			
Wapienne	4	0–100			
Wysowa	11	0–97	0–95	0–97	0–97
Złockie i Szczawnik	4	0–85			
Żegiestów Zdrój	4	0–84			
Razem	250	0–100	0–98	0–98	0–99

Tab. 5.2. Zbiorcze zestawienie średnich czasów przepływu wód infiltracyjnych lub składowej infiltracyjnej dla poszczególnych złóż wód leczniczych (na podstawie archiwalnych i własnych wyników badań trytu, wg Ciężkowskiego i in., 1996)

Złoże	Wiek [lata]					
	X	10X	100X	1000X	wieku glacialnego	interglacialne i starsze
Busko Zdrój						+
Ciechocinek		+ <				
Cieplice Śl. Zdrój	+			+		
Czerniawa Zdrój		+ <				
Długopole Zdrój		+				
Duszniki Zdrój		+				
Głębokie						
Gorzanów			+			
Horyniec		<				
Iwonicz i Lubatówka		+				
Jedlina Zdrój		+				
Jeleniów		+				
Kowary	+	+				
Kraków-Mateczny		+			+	
Krościenko		+	+			
Krynica		+	+		+	+
Krzeszowice				+		
Kudowa Zdrój		+	?	?		
Latoszyn		+				
Lądek Zdrój				+		
Łomnica Zdrój		+				
Milik		+				
Muszyna		+	+ <		+	
Nałęczów		+				
Piwniczna	+		?	?	+	
Polanica Zdrój		+	+	?		
Przerzeczyn		+	?	?		
Rabka		+	+			
Rymanów Zdrój			+	+		
Stare Rochowice		+				
Swoszowice		+				
Szczawa		+	+			
Szczawina			+			
Szczawnica	+	+	+	?		
Szczawno Zdrój	+	+	+ ?			
Świeradów Zdrój	+	+	+			
Tylicz	+	+	+	?	+	
Wapienne	+					
Wieniec	?	? <				
Wysowa	+	+	+	?		
Złockie i Szczawnik		+	?	?	+	
Żegiestów Zdrój		+	?	?	+	
Razem	10	34	14	4	7	2

6. Zakres badań koniecznych do przeprowadzenia w aspekcie oddziaływań na siebie różnych rodzajów wód podziemnych

Współwystępowanie oraz wzajemne oddziaływanie na siebie wód leczniczych i wód zwykłych, jak to wynika z treści poprzednich rozdziałów, można zidentyfikować i opisać dysponując odpowiednimi danymi. Dane te uzyskać można dzięki prowadzeniu odpowiednich czynności, pomiarów i badań; można podzielić je na następujące grupy (częściowo wg PN-Z-11002:1997):

- A) Kartowanie hydrogeologiczne struktury hydrogeologicznej wód leczniczych.
- B) Badania stacjonarne ujęć:
 - a) pomiary parametrów złożowych,
 - b) dodatkowe pomiary dla źródeł,
 - c) pomiary parametrów meteorologicznych.
- C) Badania kontrolne wody:
 - a) analizy kontrolne,
 - b) analizy małe,
 - c) analizy duże.
- D) Badania izotopowe.
- E) Badania modelowe.

W większości możliwości wymienionych badań zilustrowane zostały w rozdziale 4.

ad A) Wykonanie kartowania hydrogeologicznego pozwala na rozpoznanie warunków występowania wód podziemnych w obrębie struktury hydrogeologicznej wód leczniczych. Najważniejsze do określenia współoddziaływania różnych wód będą jednak informacje dotyczące ich składu chemicznego i właściwości fizycznych. Określenie przewodności elektrolitycznej właściwej, temperatury i odczynu wód oraz wykonanie ich analiz fizyczno-chemicznych z poszczególnych punktów (źródła ujęte i nieujęte, studnie kopane, odwierty) pozwalają wykonać mapę hydrochemiczną. Mapa taka, prezentując rozmieszczenie różnych typów chemicznych wód i ich właściwości, umożliwia rozpoznanie anomalii hydrogeochemicznych, wprost wskazujących na krążenie różnych typów wód. Przejrzysty obraz współwystępowania wód leczniczych i zwykłych różnych typów uzyskano w ten sposób np. dla obszaru występowania wód leczniczych Krynicy Zdroju (Ciężkowski i in., 1999), Cieplic Śl. Zdroju (Ciężkowski

i Mroczkowska, 1985) i Łącka Zdroju (Ciężkowski, 1980). Równie interesujący obraz uzyskano, wykorzystując tylko niektóre składniki wód leczniczych Świeradowa Zdroju, gdzie wykazano przenikanie się wód radonowych i szczaw w centrum uzdrowiska (Ciężkowski, 1990).

Dane z kartowania posłużą również do budowy modelu numerycznego.

- ad B) Badania stacjonarne ujęć prowadzone są głównie w celu określenia prawidłowych warunków eksploatacji, zachowania stałości jakości i ilości eksploatowanych wód podziemnych, a także kontroli stanu technicznego eksploatowanych ujęć. Z wielu parametrów złożowych (a) najważniejsze znaczenie mają tu pomiary hydrogeologiczne, które obejmują pomiary wydajności ujęcia, głębokości statycznego zwierciadła wody lub ciśnienia na głowicy otworu w przypadku samowypływów, albo też lub pomiar głębokości dynamicznego zwierciadła wody lub depresję w przypadku ujęć pompowanych, czasami bada się również zawartość składników gazowych, mających wpływ na dynamikę wody w przypadku eksploatacji wód nagazowanych. Badania stacjonarne powinny być prowadzone w regularnych odstępach czasu z częstotliwością co najmniej jeden raz na tydzień. W przypadku eksploatacji wód leczniczych zakres wykonywanych pomiarów oraz ich częstotliwość ustalane są szczegółowo w planie ruchu uzdrowskich zakładów górniczych. Częstotliwość tych pomiarów jest różna: od pomiarów wykonywanych codziennie do pomiarów wykonywanych jeden raz na tydzień, jeden raz na miesiąc.

Dla oceny wielkości i zakresu współoddziaływania wód zwykłych i wód zmineralizowanych ważne jest wykonywanie dodatkowych pomiarów (b), głównie określających poziom wód gruntowych. W piezometrach lub studniach zlokalizowanych blisko źródeł należy wykonywać pomiary głębokości zwierciadła wód zwykłych pierwszego poziomu wód podziemnych, a w przypadku bliskiego występowania zbiorników i cieków powierzchniowych, pomiary stanu tych wód.

Z pomiarów parametrów meteorologicznych (c) powinniśmy dysponować danymi o temperaturze powietrza, ciśnieniu atmosferycznym oraz o wysokości i rodzaju opadów atmosferycznych. Pomiary takie wykonywane powinny być codziennie. Coraz częściej wykonuje się dodatkowo badania składu chemicznego wód opadowych. Obecnie pomiary meteorologiczne wykonywane są najczęściej w ramach działalności terenowych stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, a rzadko w ramach obserwacji wykonywanych przez pracowników uzdrowskich zakładów górniczych.

Wszystkie opisane wyniki obserwacji stacjonarnych parametrów hydrogeologicznych, hydrologicznych i meteorologicznych pozwalają na określenie współoddziaływania wód zwykłych i mineralnych, a zwłaszcza korelacji pomiędzy ujęciami różnych typów wód podziemnych i wpływu na nie wód powierzchniowych oraz warunków atmosferycznych.

ad C) Zakres badań, jakimi powinny być objęte wody współwystępujące w obrębie złóż wód leczniczych reguluje Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 13.04.2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz. U. Nr 80, poz. 565). Badania te obejmują:

- podstawowe właściwości fizyczne i fizykochemiczne (pH, temperatura, potencjał redox, przewodność elektrolityczna właściwa, absorbancja i aktywność promieniotwórcza),
- składniki mineralne zdysocjowane (kationy – NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Li^+ , Ba^{2+} , Sr^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Cr^{2+} , Se^{2+} , As^{5+} , Al^{3+} , Sb^{3+} , Co^{2+} , Hg^{2+} ; aniony – F^- , Cl^- , Br^- , I^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_2^- , NO_3^- , HS^- , CN^-),
- składniki mineralne niezdisocjowane (związki boru i krzemu),
- składniki gazowe (dwutlenek węgla, siarkowodór i radon),
- substancje organiczne potencjalnie szkodliwe dla zdrowia i wskaźniki zanieczyszczenia (fenole, WWA, detergenty, pestycydy),
- wskaźniki zanieczyszczenia mikrobiologicznego.

Zakres i wymogi różnych rodzajów analiz określa norma PN-Z-11002:1997.

Rozróżnia ona:

§ *kontrolne analizy* wykonywane okresowo dla wód z danego ujęcia, najczęściej jeden raz na dobę, jeden raz na tydzień lub jeden raz na miesiąc. Obejmują one obserwacje tylko wybranych, charakterystycznych dla danego typu wód, wskaźników (jonów, pierwiastków, temperatury, stężeń CO_2 , Rn, H_2S) decydujących o ich właściwościach leczniczych. Zwykle wykonuje się je jako badania terenowe,

§ *małe analizy* obejmujące oznaczenia cech fizycznych wody i wszystkich podstawowych składników chemicznych oraz tych składników swoistych (gazów, składników podrzędnych i mikroskładników), które decydują o jej klasyfikacji do danej grupy wód swoistych,

§ *duże analizy* wód obejmujące pełny zakres badań.

Zasady wykonywania analiz przedstawiają zbiorczo prace na przykład Witczaka i Adamczyka (1994, 1995). Małe i duże analizy fizyczno-chemiczne wykonywane powinny być w laboratoriach akredytowanych, wykonywaniem zaś analiz kontrolnych w poszczególnych ujęciach zajmują się pracownicy uzdrowiskowych zakładów górniczych.

Paczyński i in. (2002) proponują, aby częstotliwość wykonywanych badań uzależnić nie tylko od obserwowanych już zmian parametrów, ale także od rodzaju struktury hydrogeologicznej, w jakiej występują dane wody. I tak, pomiary stężeń gazów i jonów wskaźnikowych (analizy kontrolne), wspomniani autorzy proponują, aby w przypadku każdej struktury wykonywać codziennie. Analizy małe:

- co 6 miesięcy, w przypadku wód obecnych w strukturach półotwartych i półzakrytych,

- jeden raz w roku – w przypadku struktur zakrytych,
- co 3 miesiące dla wód występujących w strukturach otwartych.

Pełne analizy wód należałoby wykonywać co trzy lata – jeżeli pochodzą one ze struktur otwartych, co pięć lat – w sytuacji kiedy są to wody ze struktur półotwartych i półzakrytych. Natomiast dla wód ze struktur zakrytych analizy pełne można wykonywać co 10 lat.

Planując częstotliwość badań i ich rodzaj, właściwie każde ze złóż wód leczniczych należy traktować indywidualnie, uwzględniając specyfikę ośrodka skalnego, rodzaj systemu ich krążenia i kontaktów z wodami zwykłymi.

Z badań składu fizyczno-chemicznego dla tytułowego zagadnienia podstawowe znaczenie ma regularne wykonywanie (b) małych analiz chemicznych wody. Stosunki ilościowe pomiędzy podstawowymi jonami najlepiej obrazują najmniejsze zmiany w składzie wody, co z kolei wskazuje na współoddziaływanie z innymi wodami.

Mniejszą wagę w rozpatrywanym zakresie mają wyniki analiz kontrolnych i analiz dużych. Z analiz kontrolnych (a) pewnych informacji uzyskać można tylko z wyników oznaczeń jonu chlorkowego i wodorowęglanowego (wykonywanych metodą miareczkowania), a z gazów – dwutlenku węgla (oznaczanego metodą wstrząsania w aparacie Karat) i radonu (oznaczanego w specjalnych radiometrach). Analizy pełne (c) natomiast poprzez oznaczenia metali ciężkich, detergentów, fenoli, pestycydów i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych mogą wskazać na zanieczyszczenie antropogeniczne wód leczniczych, ale ich reżim raczej nie dopuszcza takich możliwości.

ad D) Niezwykle użyteczne jest wykonanie badań izotopowych (d) wód i ich składników. Skład trwałych izotopów tlenu i wodoru wody wskazuje na jej genezę i wiek w skali geologicznej (np. holoceni, interglacjalne, przedczwartorzędowe), a widoczne ich wahania wskazują na wiek wody do około 3 lat. Tryt i radiowęgiel umożliwiają oszacowanie wieku wód do kilkudziesięciu tysięcy lat.

Badania izotopowe wykonują specjalistyczne laboratoria, których wykaz, a także szersze możliwości metod izotopowych przedstawione są na przykład w pracy Zuberka i in. (2007).

ad E) Modelowanie matematyczne, wykonane w przypadku dostatecznej ilości potrzebnych informacji, może prowadzić m.in. do wydzielenia zasobów dyspozycyjnych współwystępujących na danym obszarze wód leczniczych i wód zwykłych, oceny ich wykorzystania i innych. Przeprowadzenie badań modelowych wymagane jest przez Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 3.10.2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz. U. Nr 201, poz. 1673).

Reasumując, za działania niezbędne w celu określenia współoddziaływania wód leczniczych i wód zwykłych należy uznać:

- sporządzenie mapy typów chemicznych wód w granicach struktury hydrogeologicznej,

- pomiary parametrów złożowych w ujęciach wód leczniczych,
- pomiary poziomów zwykłych wód podziemnych oraz wód powierzchniowych,
- regularne wykonywanie małych analiz fizyczno-chemicznych wód leczniczych,
- przeprowadzenie badań izotopów trwałych tlenu i wodoru wody oraz trytu i ^{14}C (równocześnie z poborem próbek wód do badań należy wykonać w ujęciu oznaczenie przewodności elektrolitycznej właściwej oraz zawartości – w zależności od rodzaju wód – jonu chlorkowego lub wodorowęglanowego),
- wykonanie modelu matematycznego struktury hydrogeologicznej.

Jak już wspomiano, metody wykonywania poszczególnych pomiarów i badań przedstawione są w specjalistycznych opracowaniach (np. Macioszczyk, 1987; Witczak i Adamczyk, 1994, 1995; Zuber i in., 2007). Stosowane od dawna w balneogeologii pojęcie badań stacjonarnych (np. PN-Z-11002:1997) odpowiada współczesnemu pojęciu monitoringu wód podziemnych (*Słownik hydrogeologiczny*, 2002). Zasady funkcjonowania takiego monitoringu i metody opracowywania jego wyników zawarte są w pracach Kazimierskiego i Sadurskiego (1999) oraz Szczepańskiej i Kmieciak (1998, 2005).

Warto tu zauważyć, że w przeszłości wprowadzono obowiązek wykonywania obserwacji wód zwykłych w sąsiedztwie ujęć wód leczniczych. Potrzebę taką potwierdziła w latach późniejszych norma PN-Z-11002:1997, jednak w praktyce uzdrowskowej obserwacje takie prowadzone są sporadycznie.

7. Propozycja zakresu uwzględnienia problemu współdziałania różnych rodzajów wód podziemnych w dokumentach postępowania koncesyjnego

Zagadnienie współdziałania wód leczniczych oraz wód zwykłych powoduje konieczność prowadzenia wspólnej gospodarki nimi. Powinno to być uregulowane z jednej strony jeśli idzie o wody lecznicze w dokumentach postępowania koncesyjnego, tj. w projekcie prac geologicznych, w dokumentacji hydrogeologicznej oraz w projekcie zagospodarowania złoża, z drugiej zaś strony – co do wód zwykłych – w przepisach prawa wodnego.

Tytułowa problematyka powinna pojawić się już na etapie powstawania projektu prac geologicznych. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 19 grudnia 2001 r. w sprawie projektów prac geologicznych (Dz. U. Nr 153, poz. 1777) powinien w nich znaleźć się opis budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych w rejonie zamierzonych prac geologicznych. Współwystępowanie wód leczniczych i wód zwykłych powinno stanowić element charakterystyki warunków wodnych.

Zagadnienie współdziałania wód nie jest wprost uwzględnione także w przepisach zawartych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dn. 3.10.2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz. U. Nr 201, poz. 1673). Problematyka ta wchodzi co prawda w zakres:

- § 5 ust. 1 pkt 7, który stwierdza, że część opisowa dokumentacji ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego powinna zawierać m.in. „analizę wyników obserwacji stanów wód podziemnych i powierzchniowych oraz jakości tych wód na podstawie wyników badań monitoringowych”, a pkt 8 tego ustępu wymaga opisu „charakterystyki kontaktów hydraulicznych poszczególnych poziomów wodonośnych oraz związków wód podziemnych z wodami powierzchniowymi”
- § 8 ust. 1 pkt 5, w którym stwierdza się, że część opisowa dokumentacji ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęć solanek, wód leczniczych i wód termalnych powinna

zawierać „opis kontaktów hydraulicznych między wodami o różnym typie chemicznym, warunków ich wzajemnej równowagi i czynników kształtujących właściwości fizyczno-chemiczne tych wód”,
ale nie artykułuje wyraźnie tytułowych zagadnień.

Problemy przedstawione w poprzednich rozdziałach pozwalają na zaproponowanie uzupełnień w istniejących zapisach powyższego rozporządzenia (co zaznaczono pogrubioną czcionką) oraz pewnych komentarzy:

a) zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego

§ 5.1. Część opisowa dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego powinna zawierać:

...

8) *opis budowy geologicznej, warunków hydrostrukturalnych krążenia wód podziemnych, charakteru granic obszaru bilansowego oraz jego związku z obszarami sąsiednimi, wskazanie stref zasilania i drenażu poziomów wodonośnych, charakterystykę kontaktów hydraulicznych poszczególnych poziomów wodonośnych oraz związków wód podziemnych z wodami powierzchniowymi, a w przypadku ustalania zasobów wód podziemnych będących kopalinami charakterystykę poszczególnych typów chemicznych wód w granicach obszaru bilansowego,*

...

17) *w przypadku ustalania zasobów wód podziemnych będących kopalinami równoczesne ustalenie zasobów wód zwykłych w granicach obszaru bilansowego.*

2. Część graficzna dokumentacji, o której mowa w ust. 1, powinna zawierać:

...

8) *w przypadku ustalania zasobów wód podziemnych będących kopalinami mapę typów chemicznych wód wraz z przekrojami.*

b) zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych i potencjalnie leczniczych

§ 8.1. Część opisowa dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby eksploatacyjne ujęcia solanek, wód leczniczych i termalnych powinna zawierać:

...

5) *opis kontaktów hydraulicznych między wodami o różnym typie chemicznym, w tym z wodami zwykłymi, warunków ich wzajemnej równowagi i czynników kształtujących właściwości fizyczno-chemiczne tych wód,*

c) dokumentacje hydrogeologiczne określające warunki hydrogeologiczne.

W każdym z przypadków, w których sporządza się tego typu dokumentację (§ 10–15), a wykonywanym na obszarze górniczym wód leczniczych, należy uwzględnić tę specyficzną sytuację. Szczególnym przypadkiem jest tu dokumentacja sporządzana w związku z włączaniem wód do górotworu (§ 10); z włączaniem zużytych wód leczniczych mamy do czynienia w kraju tylko w Ustroniu (solanki).

Zagadnienie współdziałania wód leczniczych i potencjalnie leczniczych oraz wód zwykłych powinno znaleźć swoje miejsce także w treści projektu zagospodarowania

wania złoża. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 27.06.2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać projekty zagospodarowania złoża (Dz. U. Nr 128, poz. 1075), tylko częściowo przystaje do realiów takiej specyficznej kopaliny, jaką są wody lecznicze. Stąd też na konieczność uwzględnienia wzajemnych zależności pomiędzy różnymi rodzajami wód podziemnych, a także z wodami powierzchniowymi, zwrócono uwagę w poradniku metodycznym pt. *Sporządzanie projektów zagospodarowania złoża dla wód leczniczych* (Ciężkowski i in., 2004).

Wydaje się uzasadnione, że jeśli zatwierdzanie projektów prac geologicznych i przyjmowanie dokumentacji ustalających zasoby wód leczniczych należy do właściwości ministra właściwego do spraw środowiska, to w trosce o ochronę złóż wód leczniczych powinien on przejąć działania takie także w odniesieniu do wód zwykłych współwystępujących w granicach obszaru górniczego takiego złoża. Wspólna gospodarka wodna w granicach obszarów górniczych wymaga odpowiedniego dostosowania przepisów ustaw *Prawo geologiczne i górnicze* oraz *Prawo wodne*, a także wielu przepisów wykonawczych do nich; zagadnienie to wychodzi poza zakres niniejszej pracy.

8. Zakończenie

Dotychczas powszechnie uważano, że wody lecznicze „wypływały, wypływają i nadal będą wypływać”, co pozornie czyniło je niezagrożonymi. Przedstawiony w niniejszej pracy materiał wskazuje, jak nieaktualny jest już taki pogląd. Wyniki badań chemicznych, izotopowych, modelowania numerycznego i obserwacji różnych parametrów eksploatacyjnych ujęć wód leczniczych i sąsiadujących z nimi zwykłych wód podziemnych bez wątplenia wskazują, że wody te nie tylko współwystępują ze sobą, ale i współoddziałują na siebie.

Wody lecznicze, jako specyficzna i szczególnie cenna kopalina, powinny być zatem objęte szczególną ochroną. Jednym z podstawowych zagrożeń jest niekorzystny wpływ na złoża takich wód przez naruszenie delikatnego układu pomiędzy nimi a sąsiadującymi zwykłymi wodami podziemnymi. Zagrożenie takie jest wyjątkowo duże w przypadku złóż szczaw oraz w przypadku wszystkich wód zwykłych w granicach obszarów górniczych wód leczniczych, które są bardzo atrakcyjnym surowcem do produkcji wód butelkowanych. Należy mieć nadzieję, że zidentyfikowanie i charakterystyka takich zagrożeń w niniejszej pracy uchroni krajowe złoża wód leczniczych przed degradacją.

Przedstawione w niniejszej pracy problemy mają na celu:

- zwrócenie uwagi na konieczność uwzględnienia tytułowego zagadnienia oraz
- określenie zakresu prac umożliwiających odpowiednie jego przedstawienie w dokumentacjach hydrogeologicznych sporządzanych dla wód leczniczych.

Z pracy wynika kilka ogólnych wniosków:

1) Współoddziaływanie wód zwykłych i wód leczniczych jest znaczącym problemem w gospodarowaniu i ochronie wód podziemnych w granicach obszarów górniczych utworzonych dla złóż wód leczniczych. Problem ten powinien być uwzględniany przy sporządzaniu dokumentacji hydrogeologicznych, a także powinien znaleźć odzwierciedlenie w zapisach prawa geologicznego i górniczego.

2) Prawie powszechnie występujące zjawisko współoddziaływania wód zwykłych i wód leczniczych wskazuje, że w obszarach zasobowych wód leczniczych nie należy ustalać zasobów dyspozycyjnych wód zwykłych.

3) Należy ujednoczyć wymogi i uporządkować pojęcia w różnych aktach prawnych dotyczące wód leczniczych, wód butelkowanych oraz wód pitnych.

- 4) W celu należytej ochrony wód leczniczych należy powiązać ze sobą:
- a) obszary górnicze – tworzone dla złóż wód leczniczych w ramach ustawy Prawo geologiczne i górnicze,
 - b) strefy ochronne ujęć zwykłych wód podziemnych – tworzone w ramach ustawy Prawo wodne,
 - c) obszary ochronne zbiorników zwykłych wód podziemnych – tworzonych w ramach ustawy Prawo wodne,
 - d) strefy ochronne – tworzone w ramach ustawy o lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych.
- 5) W trosce o ochronę złóż wód leczniczych minister właściwy do spraw środowiska powinien w ich granicach przejąć całość gospodarki wodami podziemnymi – leczniczymi oraz zwykłymi.

9. Wykorzystane materiały

- Castany G., 1972 – *Poszukiwanie i eksploatacja wód podziemnych*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Ciężkowski W., 1980 – *Hydrogeologia i hydrochemia wód termalnych Łąka Zdroju*, Probl. Uzdrow., z. 4(150), Warszawa, s. 125–193.
- Ciężkowski W., 1983a – *Wody termalne Łąka Zdroju*, [w:] II Ogólnop. Symp. Współczesne Problemy Hydrogeologii Regionalnej, Łądek Zdrój 13–16.10.1982, Wyd. Uniw. Wroc., Wrocław, s. 30–40.
- Ciężkowski W., 1983b – *Jednostka hydrogeologiczna szczaw Gór Izerskich*, Kwart. Geol., t. 27, nr 3, Warszawa, s. 595–604.
- Ciężkowski W., 1990 – *Studium hydrogeochemii wód leczniczych Sudetów polskich*, Pr. Nauk. Inst. Geotech. PWroc., nr 60, Wrocław.
- Ciężkowski W., Mroczkowska B., 1985 – *Anomalia hydrogeochemiczna Cieplić Śląskich Zdroju*, Roczn. Pol. Tow. Geol., Vol. 55, nr 3–4, s. 473–484.
- Ciężkowski W., Rosińska-Wilczek G., 1997 – *Powódź z lipca 1997 r. a złoża wód leczniczych Polski południowej*, [w:] Szkolenie Służby Geologicznej Resortu Zdrowia i Opieki Społecznej, Krynica, 8–10.12.1997 r., s. 40–45.
- Ciężkowski W., Szarszewska Z., 1978 – *O zjawisku mieszania się wód leczniczych z wodami ich otoczenia na przykładzie uzdrowisk sudeckich*, Probl. Uzdrow., z. 6(128), s. 167–173.
- Ciężkowski W., Zuber A., 1997 – *Wstępne dane o wodach glacialnych w niektórych ujęciach wód leczniczych Beskidu Śląskiego*, [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii (red. Kryza J., Liszkowska E.), J. Wojewoda, Wrocław, s. 327–329.
- Ciężkowski W., Grabczak J., Zuber A., 1985 – *Pochodzenie wód termalnych Cieplić Śląskich Zdroju i ich eksploatacja w świetle badań izotopowych*, [w:] Aktualne problemy hydrogeologii, Wyd. AGH, Kraków, s. 225–231.
- Ciężkowski W., Gröning M., Leśniak P.M., Weise S.M., Zuber A., 1992 – *Origin and age of thermal waters in Cieplice Spa, Sudeten, Poland, inferred from isotope, chemical and noble gas data*, J. Hydrol. 140, s. 89–117.
- Ciężkowski W., Doktor S., Graniczny M., Kabat T., Liber-Madziarz E., Przylibski T., Teisseyre B., Wiśniewska M., Zuber A., 1996 – *Próba określenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce na podstawie badań izotopowych*, „Część ogólna” oraz opracowania szczegółowe dla złóż wód leczniczych: zał. 2 – Ciechocinek, zał. 6 – Duszniki Zdrój, zał. 15 – Krościenko, zał. 16 – Krynica, zał. 25 – Piwniczna Zdrój, zał. 28 – Rabka, zał. 31 – Szczawa, zał. 34 – Szczawnica, zał. 35 – Szczawno, zał. 40 – Wysowa, zał. 41 – Złockie. Arch. ZBU „Zdroje”, Wrocław (maszynopis).
- Ciężkowski W., Jackowicz-Korczyński J., Stachowiak T., 1998 – *Ochrona złóż wód leczniczych*, [w:] Ochrona środowiska na terenach górniczych. III Konf. Nauk.-Tech., Ustroń Jaszowiec 3–5.06.1998, Wyd. Stow. Inż. i Tech. Górnictwa, Katowice, s. 149–154.
- Ciężkowski W., Józefko I., Schmalz A., Witczak S., i in., 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. Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław (maszynopis).
- Ciężkowski W., Jackowicz-Korczyński J., Kielczawa B., 2004 – *Sporządzanie projektów zagospodarowania złoża dla wód leczniczych*, Oficyna Wyd. Sudety, Wrocław.
- Ciężkowski W., Kielczawa B., Zuber A., 2005 – *Geneza wód leczniczych i potencjalnie leczniczych w Polsce*, [w:] Szkolenie resortowych służb geologicznych Uzdrowiskowych Zakładów Górniczych, Horyniec Zdrój, 7–9.12.2005.
- Clark I.D., Fritz P., 1997 – *Environmental Isotopes in Hydrogeology*, Lewis Publishers, New York.
- Dowgiałło J., 1970 – *Zastosowanie badań izotopów trwałych w hydrogeologii*, [w:] Postępy Nauk Geologicznych, nr 1, Wyd. Geol., Warszawa.
- Dowgiałło J., 1988 – *Geneza wód chlorkowych Niżu Polskiego*, [w:] IV Ogólnopolskie Sympozjum Aktualne Problemy Hydrogeologii, Gdańsk, cz. 2, s. 1–10.
- Fritz P., Fontes J.Ch. (red.), 1980 – *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Vol. 1. The Terrestrial Environment A, Elsevier, Amsterdam.
- Fritz P., Fontes J.Ch. (red.), 1986 – *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Vol. 2. The Terrestrial Environment B, Elsevier, Amsterdam.
- Gat J.R., Gonfiantini R. (red.), 1981 – *Stable Isotope Hydrology, Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle*, IAEA, Vienna.
- Józefko I., Bielec B., 2002 – *Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęć wód leczniczych w Szczawnicy*, PBG Geoprofil Sp. z o.o., Kraków (maszynopis).
- Kazimierski B., Sadurski A., 1999 – *Monitoring osłony ujęć wód podziemnych. Metody badań*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Kielczawa B., 2001 – *Wody zmineralizowane Gorzanowa*, praca doktorska, Wydział Górniczy Politechniki Wrocławskiej (maszynopis).
- Kozłowski J., 1999 – *Mieszanie się wód jako podstawowe zjawisko kształtowania się ostatecznego składu chemicznego wód leczniczych Polski południowej*. Praca doktorska, Wydział Górniczy Politechniki Wrocławskiej.
- Krawiec A., 1999 – *Badania izotopowe i chemiczne wód podziemnych zachodniego побереża Polski*, [w:] Współczesne problemy hydrogeologii, T. IX, Warszawa–Kielce, s. 165–172.
- Krawiec A., 2002 – *Studium hydrogeologiczne wód leczniczych antyklinorium kujawsko-pomorskiego*, praca doktorska, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń.
- Krawiec A. 2005 – *Wody lecznicze Ciechocinka*, [w:] Hydrogeologia Kujaw i Dolnego Powiśla (red. A. Krawiec), Wyd. UMK Toruń, s. 35–42.
- Krawiec A., Rübel A., Sadurski A., Weise S.M., Zuber A., 2000 – *Preliminary hydrochemical, isotope, and noble gas investigations on the origin of salinity in coastal aquifers of Western Pomerania, Poland*, [w:] Hydrogeology of the Coastal Aquifers, Uniwersytet Toruński, Toruń, s. 87–93.
- Krawiec A., Zuber A., Wawrzyniak M., Rübel A., Weise S.M., 2005 – *Wstępne wyniki badań hydrogeochemicznych, izotopowych i gazów szlachetnych w ujęciach wód podziemnych Świnoujścia*, [w:] Współczesne problemy hydrogeologii, T. XII (red. Sadurski A., Krawiec A.), Uniw. M. Kopernika, Toruń, s. 871–872.
- Leśniak P.M., 1980 – *The origin of the chloride waters at Wysowa, West Carpathians – chemical and isotopic approach*, Acta Geol. Pol., 30, s. 519–550.
- Liber A., Liber-Madziarz E., 2003b – *Problemy pomiaru i analizy wydajności ujęć wód leczniczych w Długopolu Zdroju*, [w:] Metody i technika przetwarzania sygnałów w pomiarach fizycznych, Materiały XI Międzynarodowego Seminarium Metrologów, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 207, Elektrotechnika z. 25, Oficyna Wyd. PRzesz., Rzeszów, s. 173–182.
- Liber A., Liber-Madziarz E., 2003a – *GRNN modelling of discharge of curative water intakes in Szczawnica Zdrój*, [w:] Methods of artificial intelligence. Eds T. Burczyński, W. Cholewa, W. Moczulski.

- Department for Strength of Materials and Computational Mechanics, Department of Fundamentals of Machinery Design, Silesian University of Technology, Gliwice, s. 77–78.
- Liber A., Liber-Madziarz E., 2004 – *Modelowanie wydajności ujęć wód leczniczych eksploatowanych samoczynnie w Cieplicach Zdroju przy zastosowaniu wielorozdzielczej analizy falkowej*, [w:] Modelowanie i symulacja komputerowa w technice, III Sympozjum, Wyższa Szkoła Informatyki, Wydaw. WSI, Łódź, s. 65–68.
- Liber A., Liber E. 2005 – *Zmiany wydajności ujęć wód leczniczych w Łądku Zdroju i Szczawnie Zdroju w świetle nowych metod badań*, [w:] Współczesne problemy hydrogeologii, T. 12 (red. A. Sadurski, A. Krawiec). Wydaw. Uniw. M. Kopernika, Toruń, s. 453–460.
- Liber-Madziarz E., 1997 – *Charakterystyka wydajności ujęć wód termalnych Łądku Zdroju*, [w:] Współczesne problemy hydrogeologii, T. 8 (red. Górski J., Liszkowska E.). Wyd. WIND, Wrocław, s. 357–360.
- Liber-Madziarz E., 2001 – *Zmienność wydajności ujęć wód leczniczych eksploatowanych samoczynnie ze złóż sudeckich*, praca doktorska, Wydział Górniczy Politechniki Wrocławskiej (maszynopis).
- Liber-Madziarz E., Liber A., 2003a – *Modelowanie wydajności ujęć termalnych wód leczniczych eksploatowanych samoczynnie w Łądku Zdroju przy zastosowaniu sieci neuronowych*, [w:] Modelowanie i symulacja komputerowa w technice, II Sympozjum, Łódź, s. 111–114.
- Liber-Madziarz E., Liber A. 2003b – *Analiza falkowa wydajności ujęć wód leczniczych w Łądku Zdroju*, [w:] Współczesne problemy hydrogeologii, T. 11 (red. H. Piekarek-Jankowska, B. Jaworska-Szulc), Wyd. Politechnika Gdańska, Gdańsk, s. 377–380.
- Macioszczyk A. 1987 – *Hydrogeochemia*, Wyd. Geol., Warszawa, s. 475.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D., 2002 – *Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Mook W.G. (red.), 2001 – *Environmental Isotopes in the Hydrological Cycle, Principles and Applications*, Vol. I–VI. IHP-V (Technical Documents in Hydrology) No. 39, UNESCO, Paris.
- Mook W.G., 2005 – *Introduction to Isotope Hydrology, Stable and Radioactive Isotopes of Hydrogen, Oxygen and Carbon*, IAH/Balkema, Rotterdam.
- Oszczypko N., Zuber A., 2002 – *Geological and isotopic evidence of diagenetic waters in the Polish Flysch Carpathians*, *Geologica Carpathica* 53(4), s. 257–268.
- Ovczynnikov A., 1963 – *Mineralnyje vody*, Gasgeoltehzdat, Moskva.
- Paczyński B. (red.), 2002 – *Ocena zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i potencjalnie leczniczych. Poradnik metodyczny*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Paczyński B., Płochniński Z., 1996 – *Wody mineralne i lecznicze Polski*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- PN-Z-11002:1997 – Polska Norma: *Ujęcia wód mineralnych i leczniczych*.
- Poprawski L., Filbier P., 1997 – *Analiza możliwości wznowienia eksploatacji wód leczniczych w uzdrowisku Jedlina w świetle nowych badań hydrogeologicznych*, [w:] Górski J., Liszkowska E. (red), Współczesne problemy hydrogeologii, T. 8, Wyd. Wind, Wrocław, s. 375–379.
- Poprawski L., Józefko I., 1995 – *Wody lecznicze Uzdrowiska Szczawnica: Charakterystyka źródeł*, [w:] Szczepańska J., Kulma R., Szczepański A. (red.) – Współczesne problemy hydrogeologii, t. VII, cz. 1. PROFIL, Kraków, s. 389–393.
- Poprawski L., Józefko I., Bielec B., 1995 – *Wody lecznicze Uzdrowiska Szczawnica: Zmiany wybranych elementów reżimu hydrogeologicznego źródeł*, [w:] Szczepańska J., Kulma R., Szczepański A. (red.) – Współczesne problemy hydrogeologii, t. VII, cz. 1. PROFIL, Kraków, s. 395–403.
- Poprawski L., Jasiak T., Wąsik M., 1998 – *Analiza zmian chemizmu wód leczniczych Ciechocinka w trakcie wieloletniej eksploatacji*, *Prz. Geol.*, Vol. 46, nr 4, Warszawa.
- Porwisz B., Chowaniec J., Kowalski J., Koziara T., Szklarczyk T., 2002 – *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód leczniczych i towarzyszących im lub występujących odrębnie wód potencjalnie leczniczych na obszarze Karpat i zapadliska przedkarpackiego. Cz. III. Solanki południowej czę-*

- ści Górnośląskiego Zagłębia Węglowego i solanki w utworach węglanowych podłoża Karpat w rejonie Dębowca–Cieszyna–Ustronia–Kęt*, Przedsiębiorstwo Geologiczne S.A., Kraków (maszynopis).
- Przeniosło S. (red.), 2004 – *Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31 grudnia 2003 r.*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Przeniosło S. (red.), 2005 – *Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce wg stanu na 31 grudnia 2004 r.*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Przylibski T. A., 2005 – *Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów*, Oficyna Wyd. PWr., Wrocław.
- Rajchel L., Zuber A., Duliński M., Rajchel J., 2004 – *Występowanie i geneza wód chlorkowych Soli*, Prz. Geol. 52(12), s. 1179–1186.
- Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 23.08.1994 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinna odpowiadać dokumentacja hydrogeologiczna i geologiczno-inżynierska (Dz. U. Nr 93, poz. 444).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 19 grudnia 2001 r. w sprawie projektów prac geologicznych (Dz. U. Nr 153, poz. 1777).
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 27.06.2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać projekty zagospodarowania złoża (Dz. U. Nr 128, poz. 1075)
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 3.10.2005 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać dokumentacje hydrogeologiczne i geologiczno-inżynierskie (Dz. U. Nr 201, poz. 1673).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 29.04.2004 r. w sprawie naturalnych wód mineralnych, naturalnych wód źródłanych i wód stołowych (Dz. U. Nr 120, poz. 1256).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 17.12.2004 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie naturalnych wód mineralnych, naturalnych wód źródłanych i wód stołowych (Dz. U. Nr 276, poz. 2738)
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dn. 13.04.2006 r. w sprawie zakresu badań niezbędnych do ustalenia właściwości leczniczych naturalnych surowców leczniczych i właściwości leczniczych klimatu, kryteriów ich oceny oraz wzoru świadectwa potwierdzającego te właściwości (Dz. U. Nr 80, poz. 565).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 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).
- Sadowska M., 1989 – *Zmiany parametrów hydrochemicznych w złożu wód mineralnych spowodowane wadliwą eksploatacją na przykładzie odtwieru J-150 w Jeleniowie*, [w:] Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski, 18–20.09.1989 r. Szklarska Poręba, Pr. Nauk. Inst. Geotechn. PWroc. nr 58, seria: Konf. nr 29, s. 375–380.
- Słownik hydrogeologiczny*, 2002 – Dowgiałło J., Kleczkowski A.S., Macioszczyk T., Rózkowski A. (red.), Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Szarszewska Z., Madej E., 1974 – *Dokumentacja hydrogeologiczna złoża wód leczniczych z utworów prekambriu ujętych odwiertem L-2 (700 m) w Łądku Zdroju*, B.P. i U.T.B.U. „Balneoprojekt”, Warszawa (maszynopis).
- Szczepańska J., Kmieć E., 1998 – *Statystyczna kontrola jakości danych w monitoringu wód podziemnych*, Wydawnictwa AGH, Kraków.
- Szczepańska J., Kmieć E., 2005 – *Ocena stanu chemicznego wód podziemnych w oparciu o wyniki badań monitoringowych*, Wydawnictwa AGH, Kraków.
- Szklarczyk T., Schmalz A., Hamankiewicz P., 2004 – *Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne i eksploatacyjne wód leczniczych w rejonie Krynicy Dolnej, Muszyny, Powroźnika i Jastrzębika*, Hydro-Eko, Kraków (maszynopis).
- Tęsjorowska H., Fistek J., 1971 – *Dokumentacja hydrogeologiczna wód leczniczych Kudowy Zdroju*, PP OTU, Warszawa (maszynopis).

- Ustawa z dn. 4.02.1994 r. – Prawo geologiczne i górnicze (Dz. U. Nr 27, poz. 96, z późniejszymi zmianami).
- Ustawa z dn. 11.05.2001 r. – O warunkach zdrowotnych żywności i żywienia (Dz. U. Nr 83, poz. 634, z późniejszymi zmianami).
- Ustawa z dn. 18.07.2001 r. – Prawo wodne (Dz. U. nr 115, poz. 1229, z późniejszymi zmianami).
- Ustawa z dn. 28.07.2005 r. – O lecznictwie uzdrowiskowym, uzdrowiskach i obszarach ochrony uzdrowiskowej oraz o gminach uzdrowiskowych (Dz. U. Nr 167, poz. 1399).
- Witczak S., Adamczyk A., 1994 – *Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania*, T. I. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa.
- Witczak S., Adamczyk A., 1995 – *Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania*, T. II. Biblioteka Monitoringu Środowiska, PIOŚ, Warszawa.
- Zuber A., 1986 – *Zastosowanie metod znacznikowych w zagadnieniach ochrony wód podziemnych. Część I. Metody znacznikowe*, Sprawozdanie do zad. 02.04.01 pt.: "Katalog wybranych podstawowych parametrów migracji niezbędnych przy wyznaczaniu stref ochronnych – instrukcja metodyczna", IFJ, Kraków, maszynopis powielony.
- Zuber A., 1987 – *O pochodzeniu wód typu zuber*, [w:] 25 lat górnictwa uzdrowiskowego. Wyd. AGH, Kraków, s. 37–51.
- Zuber A., 1999 – *Interpretacja wieków trytowych wód podziemnych prostymi modelami matematycznymi*, Prz. Geol. 47(6), 571–573.
- Zuber A., Grabczak J., 1985 – *Pochodzenie niektórych wód mineralnych Polski południowej w świetle dotychczasowych badań izotopowych*, [w:] III Ogólnopolskie Sympozjum: Aktualne problemy hydrogeologii, Wyd. AGH, Kraków, s. 135–148.
- Zuber A., Grabczak J., 1991 – *O pochodzeniu solanek mezozoiku Polski centralnej i północnej*, [w:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, Wyd. SGGW AR 48, s. 202–208.
- Zuber A., Weise S.M., Osenbrück K., Mateńko T., 1997 – *Origin and age of saline waters in Busko Spa (southern Poland) determined by isotope, noble gas, and hydrochemical methods: Evidence of interglacial and pre-Quaternary recharge*, Appl. Geochem. 12, s. 643–660.
- Zuber A., Weise S.M., Motyka J., Osenbrück K., Różański K., 2004 – *Age and flow pattern of groundwater in a Jurassic limestone aquifer and related Tertiary sands derived from isotope, noble gas and chemical data*, J. Hydrol., 286(1–4), s. 87–112.
- Zuber A., Różański K., Ciężkowski K. (red.), 2007 – *Metody znacznikowe w badaniach hydrogeologicznych. Poradnik metodyczny*, Ofic. Wyd. PWr., Wrocław.