

# Wieloletnie wahania składu chemicznego wód mineralnych Krynicy a pojęcie wód leczniczych w prawie geologicznym i górnictwym

Jacek Kozłowski\*

*Skład chemiczny wód mineralnych Krynicy ulegał zmianom w całym okresie ich eksploatacji. Wahania względnej zawartości podstawowych jonów mają charakter losowy. Mimo to, nazbyt precyzyjne określenie typu wody uznanej za leczniczą prowadzi do sprzeczności z rzeczywistością. Ma to miejsce w przypadku, gdy jon podstawowy występuje w ilości około 20% m.wali.*

**Słowa kluczowe:** woda lecznicza, analiza statystyczna, naturalna zmienność, prawo geologiczne i górnictwo

Jacek Kozłowski — **Multi-years variations of chemical composition of Krynica mineral waters and notion of medicinal water in geological and mining law (southern Poland).** Prz. Geol., 47: 933–936.

*S u m m a r y.* Chemical composition of Krynica mineral waters have been undergone changes during the whole exploitation period. Variability of relative main ions' content have random character. In spite of this, when type of water declared as medicinal is defined too precise, one comes to the discrepancy with real chemical composition. It is the case, when the main ion appear in mineral water in about 20% mval.

**Key words:** medicinal water, statistical analysis, natural variability, geological and mining law

Wody podziemne, w tym i wody uznane za lecznicze, występując w środowisku podlegają ciągłym zmianom. Zmiany te mają charakter zarówno naturalny jak i nienaturalny, wywołany szeroko pojętą antropopresją. W przypadku wód leczniczych, które z definicji charakteryzować ma zdrowotny wpływ na organizm człowieka, wszelkie zmiany obniżające ten wpływ lub go niwelujące są niewątpliwie niekorzystne. Stąd też jedną z podstawowych cech jaką powinny posiadać wody lecznicze jest stałość ich parametrów fizykochemicznych, w tym składu mineralnego (*Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 23 sierpnia 1994 r.*).

Formalna kontrola tej stałości jest realizowana poprzez badania stacjonarne (wykonywane przez same uzdrowiska z różną częstotliwością) i analizy kontrolne (wykonywane raz do roku lub rzadziej, głównie przez laboratorium Biura Projektowo-Usługowego „Balneoprojekt”). Sam skład chemiczny jest przedstawiany w formie skróconej, zgodnie z klasyfikacją Szczukariewa-Prikońskiego (np.: Macioszczyk, 1987). Podaje się tu podstawowe jony występujące w wodzie w ilości powyżej 20% mwal sumy anionów lub kationów, uzupełniając o substancje swoiste obecne w ilościach wskazanych w cytowanym rozporządzeniu. Ten sposób zapisu składu chemicznego wód (ich typu hydrochemicznego) znalazł też zastosowanie w *Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 1994 r.*, zatwierdzającym wody poszczególnych złóż Polski do wód leczniczych.

Z drugiej jednak strony, ścisłe określenie typu wody zatwierdzonej jako lecznicza w danym złożu (miejscowości) powoduje, że w przypadku nieraz niewielkich wahań bezwzględnej zawartości podstawowych składników następuje zmiana ich zawartości względnej, a co za tym idzie typu wody (Kozłowski, 1998). Powstaje więc sytuacja, że w pewnych krótkich okresach eksploatowana woda formalnie przestaje być lecznicza. Uwzględnienie jednak faktu istnienia pewnej hydrogeochemicznej dynamiki złoża (w szczególności wahań składu chemicznego wód) pozwala przyjąć, że jeśli obserwowane zmiany mają charakter losowy, to można je zaniedbać.

Powyższą problematykę autor przybliży na przykładzie wód leczniczych Krynicy Zdroju, wykorzystując w badaniach roczne analizy kontrolne, będące w posiadaniu uzdrowiska, częściowo publikowane (Jarocka, 1976).

## Geologia i hydrogeologia

Krynica leży na pograniczu dwóch podjednostek tektonicznych płaszczowiny magurskiej: strefy sądeckiej i krynickiej, oddzielonych od siebie nieciągłością, zwaną „dyslokacją krynicką” (ryc. 1). Po stronie NE dyslokacji jest rozwinięta strefa sądecka, po stronie SW — strefa krynicka. W skład obu stref wchodzi naprzemianległe pakiety piaskowców, łupków, a w strefie sądeckiej także margli (np. Węclawik, 1969; Poprawa i in., 1990). Na tym mioceńskim kompleksie leżą stokowe i aluwialne osady czwartorzędowe (Świdziński, 1972; Poprawa i in., 1989).

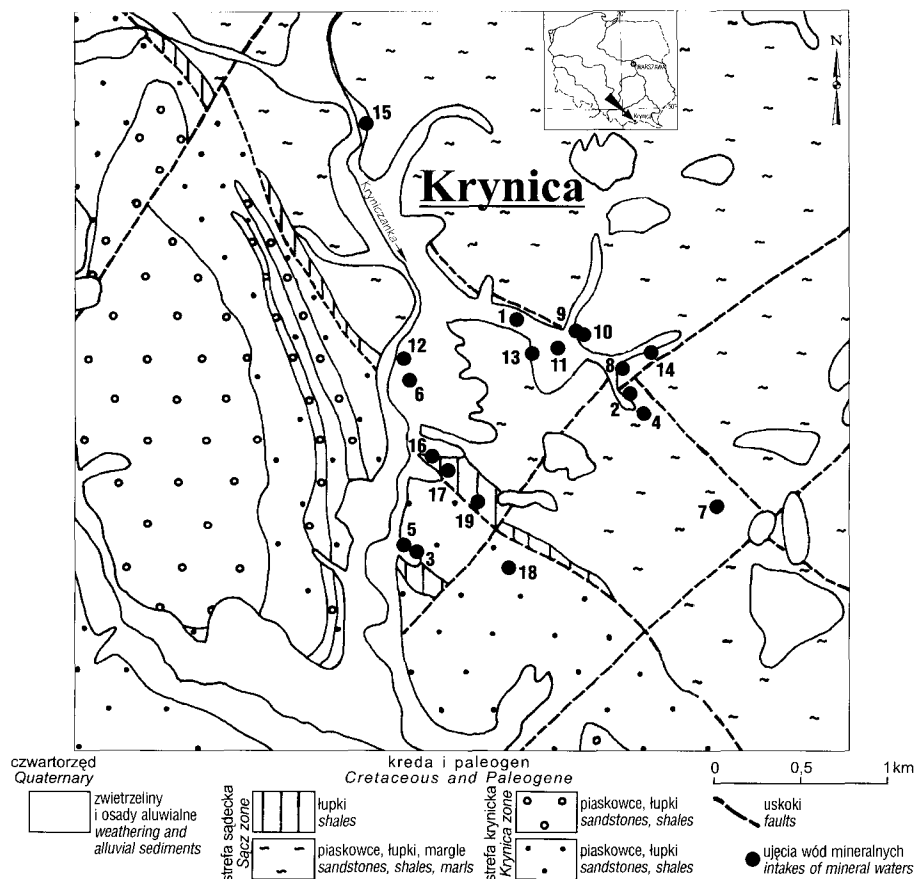
Na omawianym obszarze, oprócz dyslokacji krynickiej, wyróżnia się dwa uskoki poprzeczne: Góry Parkowej i Słotwiny.

W rejonie Krynicy występują dwa rodzaje wód podziemnych: zwykłe i mineralne. Wody zwykłe są związane z utworami czwartorzędowymi i występują na niewielkich głębokościach, a ich drenaż odbywa się poprzez liczne naturalne wypływy na obszarze zlewni. Większość wód mineralnych Krynicy została uznana za lecznicze. Eksploatowane są one bądź ze źródeł (np. ujęcia: Józef i Zdrój Główny), jak i z odwiertów o głębokości od 57 m (ujęcie Mieczysław) do 919 m p.p.t. (ujęcie Zuber III) (ryc. 1, tab. 1). Wody mineralne różnią się między sobą znacznie mineralizacją oraz typem hydrochemicznym (tab. 1, tab. 2). Ich wspólną cechą jest jednak występowanie jonu wodorowęglanowego ( $\text{HCO}_3^-$ ) jako podstawowego anionu oraz duża zawartość  $\text{CO}_2$  (Poprawa i in., 1990).

## Wyniki badań i dyskusja

Analizując skład chemiczny wód leczniczych Krynicy w całym okresie ich eksploatacji (lata 1878–1995) stwierdzono, że ulegał on zmianom. W porównaniu ze składem chemicznym w czasie zatwierdzenia zasobów (dla większości ujęć był to rok 1974) zmieniały się: mineralizacja, zawartość podstawowych jonów (zarówno bezwzględna jak i

\*Wydział Górniczy, Politechnika Wrocławska, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław



**Ryc. 1.** Schematyczna mapa geologiczna obszaru Krynicy (wg Chrzastowski i in., 1995; Ciężkowski i in., 1996). Numery ujęć wód mineralnych zgodnie z tab. 1 i 2  
**Fig. 1.** Schematic geological map of Krynica area (after Chrzastowski et al., 1995; Ciężkowski et al., 1996). Numbers of mineral waters' intakes as in tab. 1 and 2

**Tab. 1.** Głębokość eksploatacji i średnia mineralizacja wybranych wód mineralnych Krynicy

Nazwa ujęcia	Głębokość ujęcia m p.p.t.	Średnia mineralizacja w całym okresie eksploatacji g/dm <sup>3</sup>
Józef	źródło	1,12
nr 6	157	1,16
nr 166 (Słoneczne 2)	źródło	1,90
nr 8	297	1,99
nr 15 (Słoneczne 1)	źródło	2,70
Zdrój Główny	źródło	2,97
nr 5 (Tadeusz)	232	3,69
nr 3	243	3,78
nr 7	210	1,25
nr 1	190	1,26
nr 9	189	4,37
nr 14 (Mieczysław)	57	4,46
nr 18	251	4,91
nr 10	425	9,32
Słotwinka	2	4,01
Zuber II	670	21,57
Zuber I	810	24,75
Zuber IV	803	27,64
Zuber III	919	28,14

względna), udział substancji swoistych. Nierzadko wahania te były na tyle istotne, że powodowały zmianę nazwy typu eksploatowanej wody (zgodnie z klasyfikacją Szczukariewa-Prikłonskiego; Kozłowski, 1998).

Autor prześledził wahania zawartości głównych składników wód leczniczych Krynicy (występujących w ilości około 20% mwał i większej), dokonując jednocześnie analizy statystycznej tych zmian.

Wody lecznicze Krynicy to szczywy o różnej mineralizacji i różnym składzie chemicznym. Oprócz dominującego anionu, jakim jest  $\text{HCO}_3^-$ , jako podstawowe występują tu trzy kationy:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  lub  $\text{Na}^+$ . Ze względu na dużą odmienność zuberów przeanalizowano w niektórych z nich dodatkowo anion  $\text{Cl}^-$ .

Analizę rozpoczęto od obliczenia podstawowych wskaźników statystycznych: średniej arytmetycznej i standardowego odchylenia dla względnej zawartości analizowanych jonów, wyrażonych w % mwał. Wykonano również testowanie zgodności rozkładu tych wartości z rozkładem normalnym przy wykorzystaniu testu Kołmogorowa-Smirnowa (Davis, 1986).

Wyniki analizy statystycznej zamieszczone są w tab. 2. W tabeli podano również zaobserwowane maksymalne i minimalne rzeczywiste wartości względnej koncentracji poszczególnych jonów. W kolumnie 4 tłustym drukiem zapisano jony, co do których istnieją podstawy statystyczne do odrzucenia hipotezy o zgodności ich rozkładu z rozkładem normalnym, w kolumnie 7 i 8 zaś obserwowane wartości maksymalne i minimalne, które wykraczają poza przedział  $(-3\sigma, +3\sigma)$ , obliczony na podstawie wskaźników z kolumn 5 i 6.

Z tab. 1 wynika, że dla wód niemal wszystkich przeanalizowanych ujęć w przypadku co najmniej jednego jonu istnieją podstawy do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu z rozkładem normalnym dla względnej zawartości tego jonu w całym okresie eksploatacji. Pomimo, że zastosowany test jest testem silnym i pozwala na analizowanie próbek o liczebności  $n \geq 8$ , to jednak przy liczebności próbek poniżej 30 należy ostrożnie dokonywać interpretacji wyników. W szczególności chodzi tu o fakt, że losowość dowolnego zjawiska (tu zmienność względnej koncentracji jonów) może wyrażać się rozkładem symetrycznym, lecz o różnym od gaussow-

Tab. 2. Podstawowe parametry statystyczne oraz zaobserwowane maksymalne i minimalne względne zawartości podstawowych jonów w wodach mineralnych wybranych ujęć Krynicy Zdroju. Opis w tekście

L.p.	Nazwa ujęcia	Liczba analiz	Rodzaj jonu	Średnia arytm.	Odchylenie standardowe	Wartości rzeczywiste	
						max.	min.
						[% mwał]	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>typ HCO<sub>3</sub>-Ca</b>							
1	Józef	35	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	85,85 77,66 16,15	3,66 2,24 2,02	99,99 82,81 20,45	81,36 72,47 12,15
2	nr 6	18	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	94,14 79,43 15,07	1,16 2,31 1,32	96,34 82,46 18,36	90,82 73,12 12,83
3	nr 166 (Słoneczne 2)	5	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	98,39 77,39 18,11	1,05 2,44 1,33	99,37 81,52 19,57	97,15 75,01 16,72
4	nr 8	18	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	97,39 84,7 11,9	1,65 3,75 3,63	99,7 88,75 25,45	94,82 71,03 6,98
5	nr 15 (Słoneczne 1)	11	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup>	97,18 68,65 18,87 13,17	2,26 7,78 3,08 0,70	98,53 87,73 21,26 14,33	90,83 63,84 10,34 12,11
6	Zdrój Główny	32	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup>	98,07 74,77 15,42 8,31	0,67 1,75 1,68 1,06	99,37 77,80 19,62 10,09	96,79 70,94 12,88 6,35
7	nr 5 (Tadeusz)	26	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> Fe <sup>2+</sup>	98,78 80,60 9,34 8,18	1,11 5,42 2,32 5,74	99,54 87,12 16,79 26,17	95,16 67,09 4,86 3,37
8	nr 3	17	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	98,99 75,88 19,24	0,62 1,53 2,70	99,60 78,38 23,50	97,67 72,14 10,13
<b>typ HCO<sub>3</sub>-Ca-(Na)-Mg</b>							
9	nr 7	18	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	90,22 64,94 27,18	1,43 1,68 3,96	92,42 67,09 31,49	87,59 61,88 14,19
10	nr 1	18	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	92,83 65,08 26,74	1,29 3,06 3,26	95,95 72,44 31,56	90,91 59,48 19,67
11	nr 9	18	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	98,99 66,95 25,74	0,53 4,42 3,88	99,53 73,3 32,31	98,02 59,43 19,67
12	nr 14 (Mieczysław)	34	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup>	98,79 40,73 33,12 23,21	0,66 1,67 1,54 1,6	99,83 46,48 36,49 25,49	96,95 36,82 30,00 18,79
13	nr 18	10	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup>	99,54 66,05 23,94	0,4 4,09 1,74	99,78 68,69 26,07	98,66 54,78 20,26
14	nr 10	11	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Mg <sup>2+</sup> Ca <sup>2+</sup>	99,76 54,33 34,88	0,18 3,06 3,49	99,90 58,32 41,43	99,37 47,00 29,78
<b>typ HCO<sub>3</sub>-Mg-Na-Ca</b>							
15	Słotwinka	21	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Mg <sup>2+</sup> Na <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup>	98,84 45,48 27,56 24,44	0,89 1,26 1,58 1,19	99,80 48,43 29,67 26,38	94,54 43,12 22,03 22,01
<b>typ HCO<sub>3</sub>-Na-(Mg)</b>							
16	Zuber II	31	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup>	96,76 71,11 22,86	0,44 1,74 1,53	97,07 78,83 24,25	94,59 68,76 16,65
17	Zuber I	20	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup> Cl <sup>-</sup>	93,14 81,62 12,64 6,43	0,22 0,74 0,39 0,24	93,57 83,65 13,20 7,05	92,64 80,40 11,93 6,15
18	Zuber IV	9	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> Mg <sup>2+</sup> Cl <sup>-</sup>	92,43 81,41 11,77 6,84	0,32 0,88 0,74 0,33	92,92 83,05 12,81 7,23	92,11 80,24 10,19 6,33
19	Zuber III	20	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> Mg <sup>2+</sup>	90,24 86,78 9,31 7,36	0,38 0,98 0,36 0,67	91,27 88,39 10,07 9,17	89,52 84,37 8,34 6,24

skiego odchyleniu standardowym (zarówno większym jak i mniejszym od jedności).

Wykonano więc dodatkowe testowanie. Testowano średnią arytmetyczną względną zawartości poszczególnych jonów za pomocą dwustronnego testu  $t$ -Studenta, w celu otrzymania potwierdzenia (odrzućenia) hipotezy o zgodności tego parametru z wartością oczekiwaną (Davis, 1986). W przypadku istnienia podstaw do odrzucenia takiej hipotezy, jakiegokolwiek wnioskowanie statystyczne oparte na średniej arytmetycznej (lub parametrach jej pochodnych) byłoby nieuzasadnione. Okazuje się jednak, że zaledwie dla 12 jonów z wód 8 ujęć istnieją podstawy do odrzucenia powyższej hipotezy. Mamy więc tu do czynienia z rozkładami symetrycznymi o charakterze zarówno gaussowskim ( $\sigma = 1$ ), jak i posiadającymi inną od jedności wartość standardowego odchylenia.

Wyniki testowań pozwalają więc stwierdzić, że dla większości wód leczniczych Krynicy wahania względnej zawartości podstawowych jonów mają charakter losowy, choć ich rozkład nie zawsze ma kształt gaussowski. Dodatkowo w większości przypadków są to rozkłady symetryczne, pozwalające na posługiwanie się standardowym odchyleniem jako miarą rozproszenia populacji. Stosując metodę trzech odchyleń standardowych ( $\pm 3\sigma$ ) (np.: Roszak, 1987) uzyskano potwierdzenie dużego skoncentrowania obserwowanych wartości wokół średniej arytmetycznej, które jest większe niż w rozkładzie gaussowskim, tzn.  $\sigma < 1$  (zaledwie dla około 20% jonów obserwuje się pojedyncze wartości wykraczające poza obliczony przedział  $(-3\sigma, +3\sigma)$ ) (tab. 2).

Obserwowane wieloletnie wahania we względnym składzie jonowym wód leczniczych Krynicy mają w zdecydowanej większości przypadków czysto losowy charakter. Wydaje się zatem niewłaściwe stwierdzenie, że pomimo formalnej zmiany nazwy typu wody (zgodnie z nomenklaturą przyjętą w cytowanym *Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 1994 r.*) mamy do czynienia z rzeczywistą zmianą jej chemizmu. Należy tu raczej mówić o pewnej dynamice w składzie chemicznym analizowanych wód leczniczych.

Godne uwagi jest, że obserwowane największe wahania względnego składu chemicznego wód mineralnych Krynicy dotyczą zarówno wód eksploatowanych ze źródeł (Józef), jak i odwiertów o różnych głębokościach od 230 m (Tadeusz) do 300 m p.p.t. (nr 8). Ogólnie, im wody danego ujęcia są bardziej zmineralizowane (głębszego pochodzenia), a więc posiadają mniejszą domieszkę współczesnych wód infiltracyjnych, tym ich skład jonowy powinien być stabilniejszy. Nie obserwuje się jednak wpływu głębokości ujęcia na zmienność względnego składu chemicznego eksploatowanych wód. Nawet w jednym z najgłębszych odwiertów, eksploatującym wodę typu zuber (Zuber II) niewielkie wahania w bezwzględnej zawartości głównych jonów spowodowały w 1969 r. zmianę nazwy typu wody z  $\text{HCO}_3\text{-Na-Mg}$  na  $\text{HCO}_3\text{-Na}$  (tab. 2).

Oczywiście w środowisku mogą zachodzić również wahania „nie losowe” (powstałe na wskutek działania pewnego ciągłego procesu), które nieodwracalnie mogą zmienić skład chemiczny eksploatowanej kopaliny. Do takich zmian zaliczyć należy na przykład wysładzanie wód mineralnych (wody ujęć Górne w Świeradowie Zdroju; Przylibski i in., 1998). Odpowiednio wczesna sygnalizacja takich zmian i ich monitoring mogą być dokonywane na przykład przy wykorzystaniu wymienionych powyżej prostych metod statystycznych.

Z drugiej zaś strony wydaje się, że zastosowane w *Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 1994 r.*

nazewnictwo zatwierdzanych wód leczniczych, konieczne ze względów formalnych, nie uwzględnia owej dynamiki procesów przyrodniczych, w tym dynamiki zmian składu chemicznego tych wód.

## Podsumowanie

Reasumując można stwierdzić, że analizując wieloletnie wahania składu chemicznego wód leczniczych, należy zwrócić uwagę nie tylko na ich skalę, ale również charakter. W przypadku, gdy wahania te mają charakter losowy, opisany rozkładem gaussowskim (lub innym symetrycznym o  $\sigma < 1$ ) to można przyjąć, że statystycznie są one nieistotne. Ich obecność tłumaczyć należy dynamiką procesów hydrogeochemicznych, zachodzących w złożu wód leczniczych, co ma miejsce w przypadku większości jonów podstawowych wód leczniczych Krynicy.

W związku z powyższym wydaje się również celowe, by zrezygnować z podawania w trakcie określania wód uznawanych za lecznicze szczegółowej nazwy wody albo określić przedział wahań jakim skład chemiczny tych wód może podlegać (np. na podstawie metody trzech odchyleń standardowych), tak by sposób formalnego zapisu nazwy (typu) tych wód nie stał w sprzeczności z rzeczywistością.

Badania zrealizowano w ramach projektów badawczych Komitetu Badań Naukowych Nr 9T12B01613 i 9T12B00896C2971.

## Literatura

- CHRZĄSTOWSKI, J., NESCIERUK, P. & WÓJCIK, A. 1995 — Szczegółowa mapa geologiczna Polski wraz z objaśnieniami, arkusz Muszyna, Wyd. Geol.
- CIEŻKOWSKI W., DOKTÓR S., GRANICZNY M., KABAT T., LIBER-MADZIARZ E., PRZYLIBSKI P., TEISEYRE B., WIŚNIEWSKA M. & ZUBER A. 1996 — Próba określenia obszarów zasilania wód leczniczych pochodzenia infiltracyjnego w Polsce na podstawie badań izotopowych. (niepubl.) Zał. 16: Złoże wód leczniczych Krynicy. ZBU „Zdroje”, Wrocław.
- DAVIS, J. C. 1986 — Statistics and data analysis in geology. John Wiley & Sons, New York, 646.
- JAROCKA A. (red.) 1976 — Analizy fizykochemiczne wód leczniczych, wód stołowych, borowin. Probl. Uzdr., z. 9/12 (107/110), Warszawa.
- KOZŁOWSKI J. 1998 — Uwagi o terminologii wód leczniczych w nowym prawie geologicznym i górniczym i jej konsekwencjach na przykładzie złożeń w Krynicy Zdrój. III Konferencja Naukowo-Techniczna nt. „Ochrona środowiska na terenach górniczych”, Ustroń-Jaszowiec 3–5 czerwca 1998. Zarząd Główny Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Górnictwa, Katowice: 243–251.
- MACIOSZCZYK A. 1987 — Hydrogeochemia. Wyd. Geol.: 1–475.
- POPRAWA D., WĘCŁAWIK S. & WITEK K. 1990 — Monografia hydrogeologiczna obszaru występowania wód mineralnych typu szczaw w rejonie centralnej części Karpat polskich. Państw. Inst. Geol. Oddz. Karpacki, Kraków: 1–134.
- PRZYLIBSKI T.A., KOZŁOWSKI J. & KABAT T. 1998 — Selected processes in acidulous waters from Świeradów Zdrój in the light of the results of chemical analyses over the last thirty years. Ann. Soc. Geol. Pol., 68: 95–101.
- ROSZAK W. 1987 — Pollution of underground water in Wrocław region. Memories. 19th Congress of International Association of Hydrogeologists. Karlovy Vary 8–15.9.1986 Czechoslovakia. 19: 321–330.
- Rozporządzenie** Rady Ministrów z dnia 16 sierpnia 1994 r. w sprawie określenia złożeń wód zaliczonych do solanek, wód leczniczych i termalnych oraz innych kopaliny leczniczych, a także w sprawie zaliczenia kopaliny pospolitych z określonych złożeń do kopaliny podstawowych. Dz. U. Nr 89, poz. 417.
- Rozporządzenie** Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dnia 23 sierpnia 1994 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim podlegać powinna dokumentacja hydrogeologiczna i geologiczno-inżynierska. Dz. U. Nr 27, poz. 444.
- ŚWIDZIŃSKI H. 1972 — Geologia i wody mineralne Krynicy. Pr. Geol. PAN, 70.
- WĘCŁAWIK S. 1969 — Budowa geologiczna płaszczyny magurskiej między Uściem Gorlickim a Tyliczem. Pr. Geol. PAN, 59: 1–96.