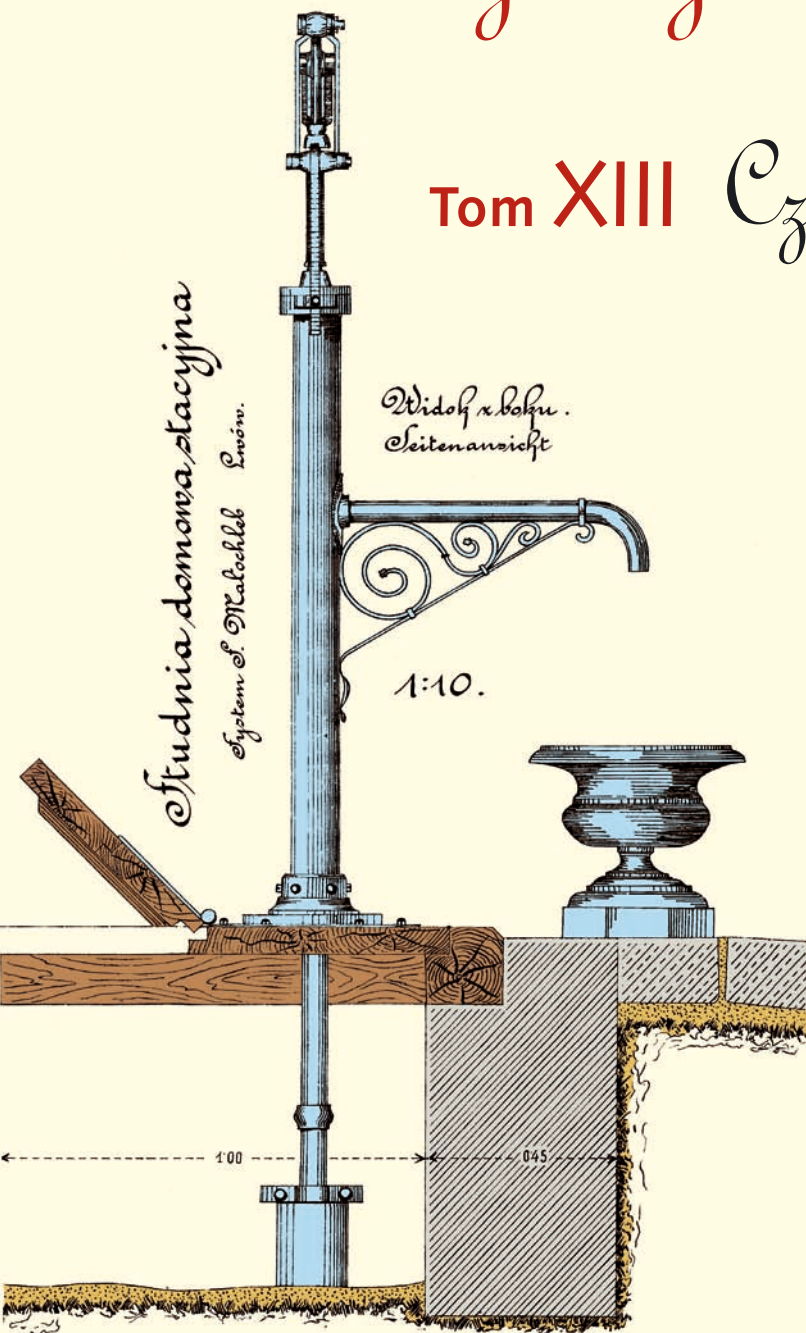


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 3.





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

Recenzenci:

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

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

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

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

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

Korekta: Zespół

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

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

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

Jan Prażak

**Tło hydrogeochemiczne jako standard jakości
wód podziemnych zbiornika
szczelinowo-krasowego
Gałęzice-Bolechowice-Borków w Górach
Świętokrzyskich**

**Hydrogeochemical Background as Quality Standard
of Groundwaters in the Fissure-Karst Reservoir
Gałęzice-Bolechowice-Borków in Holy Cross Mts.**

Słowa kluczowe standardy jakości wód podziemnych

Key words standards of groundwater quality

Abstract Establishment of groundwater quality standards requires detail examination of water chemical composition and estimation of its variability in time and space caused by natural and anthropogenic effects. Such standards are determined in present paper for fissure-karst reservoir Gałęzice-Bolechowice-Borków in Góry Świętokrzyskie on the basis of hydrogeochemical background of the following chemical components:

- Ca^{2+} : 54,4–102,8 mg/dm³,
- Mg^{2+} : 3,7–28,2 mg/dm³,
- SO_4^{2+} : 10,3–50,3 mg/dm³,
- Cl^- : 5,4–23,4 mg/dm³,
- NO_3^- : 16,0–25,0 mg/dm³,
- Fe: 0,1–0,26 mg/dm³.

Wprowadzenie

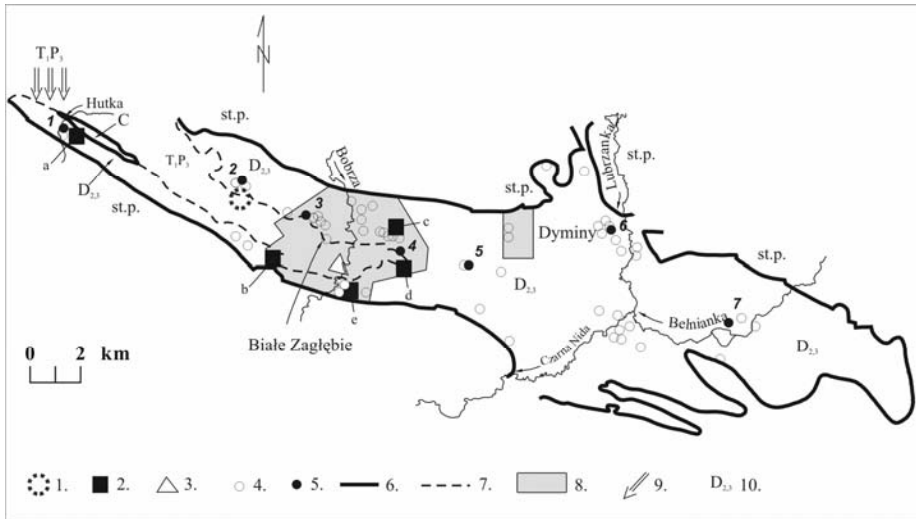
Ustalenie standardów jakości wód podziemnych zbiornika wodonośnego wymaga szczegółowego rozpoznania składu chemicznego wód wraz z oceną jego zmienności w czasie i przestrzeni, wynikającej z uwarunkowań naturalnych i oddziaływań antropogenicznych. Autor podjął próbę ich określenia dla szczelinowo-krasowego zbiornika Gałęzie-Bolechowice-Borków w SW części Gór Świętokrzyskich w oparciu o tło hydrogeochemiczne wybranych składników chemicznych.

Kolektorem wód podziemnych w zbiorniku są wapień i dolomity dewonu środkowego i górnego w synklinie gałęzicko-bolechowicko-borkowskiej. Od północy, wschodu i południa ograniczają je niewodonośne utwory starszego paleozoiku (rys. 1). Zasilanie warstw wodonośnych odbywa się przez infiltrację opadów atmosferycznych, bezpośrednio na licznych wychodniach warstw wodonośnych lub pośrednią przez nakład osadów czwartorzędowych. Dopływy lateralne zachodzą tylko z otaczających zbiornik od zachodu poziomów górnopermskiego i dolnotriasowego. Naturalnymi strefami drenażu wód podziemnych są rzeki Hutka, Bobrza, Lubrzanka, Belniaka i Czarna Nida. Warunki wodne na terenie synkliny uległy już znacznym zmianom spowodowanym przez odwodnienia odkrywkowych kopalń wapieni i dolomitów. Wokół pięciu odwadnianych kopalń wytworzył się duży lej depresji obejmujący już niemal całą zachodnią i centralną część zbiornika, w którym zachodzi znaczna infiltracja wód powierzchniowych do warstw wodonośnych.

Zagospodarowanie terenu jest zróżnicowane. W części zachodniej i wschodniej teren jest użytkowany głównie rolniczo lub porośnięty lasami. W części centralnej funkcjonuje kilka zakładów przemysłu cementowego i wapienniczego. Liczne zakłady przemysłowe znajdują się też w rejonie Dymin (południowa dzielnica Kielc) (rys. 1). Działalność ich często stwarza potencjalne zagrożenie dla jakości wód podziemnych, a na terenie niektórych doszło już do lokalnego zanieczyszczenia gruntu i wód podziemnych. Ogniskami zanieczyszczeń są też liczne fermy hodowlane i infiltrujące w lejach depresji ujęć i odwadnianych kopalń zanieczyszczone wody powierzchniowe.

Chemizm wód podziemnych

Główny wpływ na skład chemiczny wód podziemnych w szczelinowo-krasowym zbiorniku Gałęzie-Bolechowice-Borków mają miejscowe czynniki naturalne i antropogeniczne. Jedynie w najbardziej zachodniej części (rejon kopalni w Miedziance) znajduje się on dodatkowo pod wpływem wód dopływających od północy i zachodu z poziomów górnopermskiego, dolnotriasowego. Podstawą do oceny chemizmu wody były wyniki archiwalnych analiz chemicznych z 60 studni wierconych wykonanych w latach 1959-1997 i wyniki badań monitoringowych prowadzonych od 1991 r. w sieci krajowej (punkt nr 6) i od 1992 r. w sieci regionalnej wojewódzkiej (punkty nr 1, 2, 3, 4, 5, 7) (rys. 1). Pełny zakres oznaczeń składu chemicznego wody był wykonywany tylko w ramach monitoringu, natomiast inne analizy archiwalne są najczęściej skrócone.



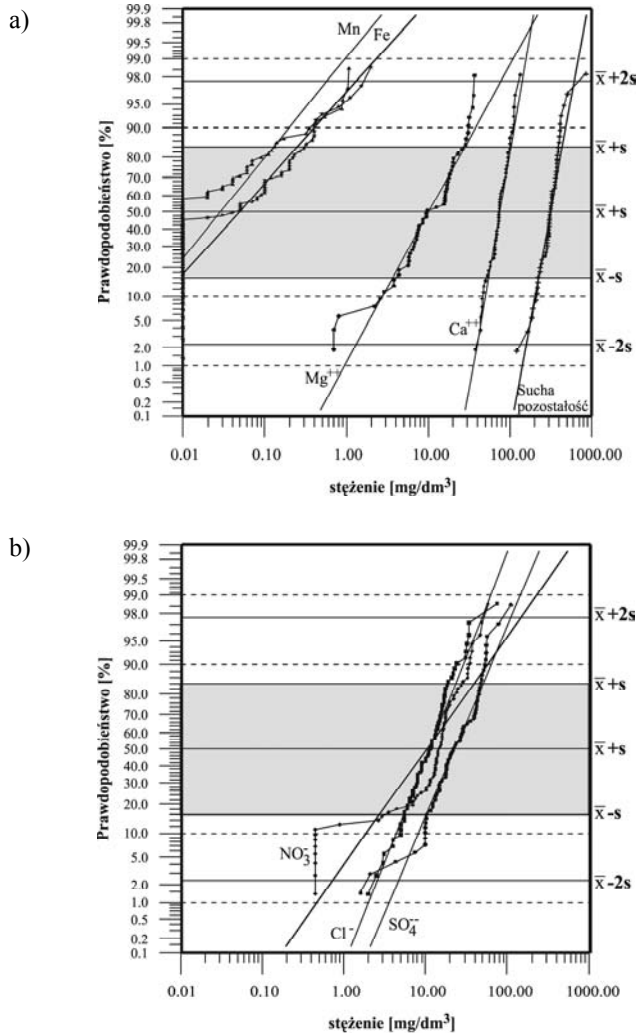
Rysunek 1. Zbiornik szczelinowo–krasowy Gałęzice–Bolechowice–Borków.

Objaśnienia: 1 – szpital; 2 – odwadniana kopalnia odkrywkowa; a – Miedzianka; b – Jaźwica; c – Trzuskawica; d – Wola; e – Radkowice; 3 – oczyszczalnia ścieków komunalnych z Kielc w Sitkówce; 4 – ujęcia wód podziemnych; 5 – punkty monitoringu; 6 – granica zbiornika z utworami niewodonośnymi; 7 – granica zbiornika z utworami wodonośnymi; 8 – tereny przemysłowe; 9 – kierunek dopływu wody do odwadnianej kopalni Miedzianka z poziomu dolnotriasowego i górnopermskiego; 10 – oznaczenia stratygraficzne: poziomy wodonośne T_1P_3 – dolnotriasowy i górnopermski, $D_{2,3}$ – środkowo- i górnodewoński (zbiornik), utwory niewodonośne: C – karbon, st.p. – starszy paleozoik

Figure 1. The fissure-karst reservoir Gałęzice-Bolechowice-Borków.

Explanations: 1 – hospital; 2 – dewatered open-cast mine; a – Miedzianka; b – Jaźwica; c – Trzuskawica; d – Wola; e – Radkowice; 3 – municipal sewage treatment plant for Kielce in Sitkówka; 4 – groundwater intake; 5 – monitoring sites; 6 – boundary of the reservoir with aquifuge; 7 – boundary of the reservoir with other water-bodies; 8 – industrial areas; 9 – water flow direction into open-cast mine in Miedzianka; 10 – stratigraphic symbols: aquifers T_1P_3 – lower triassic and upper permian, $D_{2,3}$ middle and upper devonian (aquifuges), aquifuge: C – carbonian, st.p. – older Paleozoic

Tło hydrochemiczne wyznaczono tylko dla jonów głównych (wskaźnikowych): Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , suchej pozostałości i żelaza ogólnego. Dla pozostałych jonów głównych Na^+ , K^+ i HCO_3^- brak było odpowiedniej liczby wyników w analizach archiwalnych. Obliczono je w oparciu o analizę prawdopodobieństwa wystąpienia zawartości badanych składników wody, przyjmując za nie stężenia mieszczące się w zakresie od $x-s$ do $x+s$ ($x = 50\%$, s – odchylenie standardowe) (rys. 2, tabela 1).



Rysunek 2. Zmienność stężeń jonów wskaźnikowych na wykresie prawdopodobieństwa w wodach podziemnych zbiornika Gałęzice-Bolechowice-Borków:

a) Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe, sucha pozostałość; b) SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-

Figure 2. Variability of indicator ions concentration in groundwater reservoir Gałęzice-Bolechowice-Borków on probability diagram: a) Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe, sucha pozostałość; b) SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^-

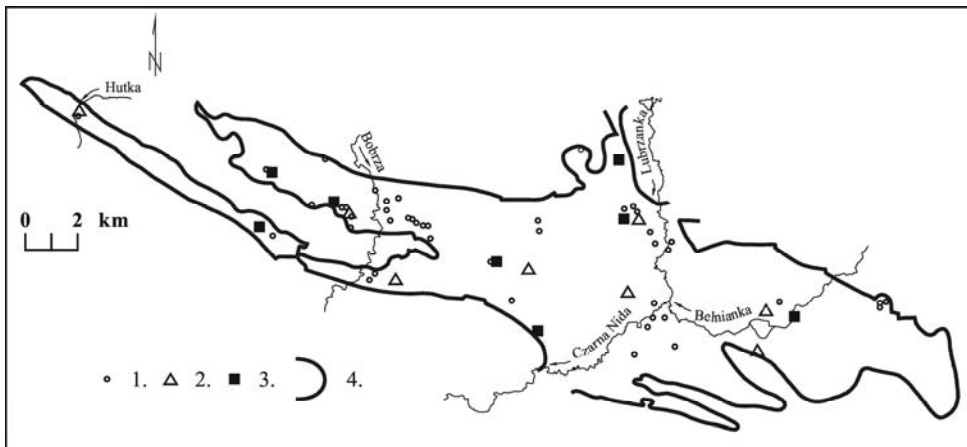
Rozkład punktów na siatce probabilistycznej pozwala ocenić charakter zmienności stężeń poszczególnych składników wody w obszarze zbiornika. Nagłe załamania się krzywych przy niskich wartościach (poniżej granicy odchylenia standardowego) w przypadku jonu NO_3^- i Fe wynikają z bliskiej granicy ich oznaczalności w analizach chemicznych wody.

Tabela 1. Prawdopodobieństwo wystąpienia wybranych składników wody podziemnej w zbiorniku Gałęzice – Bolechowice – Borków

Table 1. Probability of appearance of selected components of groundwater in reservoir Gałęzice-Bolechowice-Borków

Prawdopodobieństwo wystąpienia (wartości niższych)	Zawartość [mg/dm ³]						
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	Fe	Sucha pozostałość
n	54	53	69	72	72	73	56
$\bar{X} = 50\%$	74,7	10,2	29,7	15,7	10,4	0,05	335
$\bar{X} - s = 15,87\%$	54,4	3,7	10,3	5,4	2,8	0,01	224
$\bar{X} + s = 84,13\%$	102,8	28,2	50,3	23,4	39,1	0,26	442
Tło hydrochemiczne	54,4–102,8	3,7–28,2	10,3–50,3	5,4–23,4	16,0–25,0	0,01–0,26	224–442

Przestrzenne rozmieszczenie stężeń badanych składników wody poniżej i powyżej wyznaczonego tła hydrochemicznego (tab. 1) wykazuje rozkład mozaikowy. Przykładem może być rozkład stężeń jonu Cl⁻ we wszystkich badanych punktach (rys. 3).



Rysunek 3. Rozmieszczenie wyższych i niższych od tła hydrochemicznego stężeń jonu Cl⁻ na obszarze zbiornika Gałęzice–Bolechowice–Borków. Objasnienia: 1 – stężenie w granicach tła; 2 – stężenie poniżej tła; 3 – stężenie powyżej tła; 4 – granica zbiornika

Figure 3. Distribution of chloride ion concentrations lower and higher than hydrogeochemical background in the Gałęzice-Bolechowice-Borków groundwater reservoir. Explanations: 1 – concentration within hydrogeochemical background; 2 – concentration below hydrogeochemical background; 3 – concentration above hydrogeochemical background; 4 – reservoir border

Należy jednak mieć na uwadze fakt, że w zbiorach danych znajdują się wyniki uzyskiwane w różnym czasie. To wszystko powoduje, że w skali całego zbiornika nie można wyznaczyć rejonów o anomaliami dodatnimi bądź ujemnymi, a za wiarygodne można przyjąć tylko obliczone wartości ich tła hydrochemicznego

Statystyka opisowa (minimum, maksimum, średnia arytmetyczna, mediana, współczynnik zmienności) zawartości badanych jonów głównych wody (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- i NO_3^-), suchej pozostałości i żelaza ogólnego w wodach szczelinowo krasowych zbiornika wykazała bardzo dużą ich zmienność w obszarze (tab. 2). Wśród jonów głównych (bez HCO_3^-) największy współczynnik zmienności wykazał jon Cl^- (138%), a w dalszej kolejności Mg^{2+} (100%), NO_3^- (87%), SO_4^{2-} (75%) i Ca^{2+} (35%) w sytuacji, gdy obliczony dla suchej pozostałości wynosi tylko 41%. Znacznie większy niż jonów głównych jest współczynnik zmienności żelaza ogólnego (213%), co może wynikać z mieszania się wód poziomu czwartorzędowego z wodami poziomu środkowo- i górnodewońskiego w zlewniach studni. Duże współczynniki zmienności jonów Cl^- , SO_4^{2-} i NO_3^- są niewątpliwie wynikiem przestrzennego zróżnicowania ich emisji z ognisk zanieczyszczeń na obszarze zbiornika. Zmienność zawartości jonu Mg^{2+} w obszarze wynika natomiast z przyczyn typowo geogenicznych, tj. z różnego udziału dolomitów i wapieni dolomitycznych w strefach dopływu wody do badanych studni.

Tabela 2. Podstawowe parametry statystyczne stężeń wybranych składników wody podziemnej zbiornika określone na podstawie analiz chemicznych wykonanych w latach 1959–1997

Table 2. Basic statistical parameters of selected components of groundwater in reservoir determined on the basis of chemical analysis (1959–1997)

Parametr	Stężenie [mg/dm^3]						
	Ca^{2+}	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	Fe	Sucha pozostałość
<i>n</i>	54	53	69	72	72	73	56
min	37,6	0,7	1,6	2,0	0,04	0,00	121
max	210,3	99,2	119,0	174,0	95,2	2,4	997
rozstęp	172,7	98,5	117,4	172,0	95,2	2,4	876
średnia	78,7	15,5	29,7	15,7	17,4	0,2	335
mediana	74,2	9,8	22,2	11,8	14,8	0,1	314
współczynnik zmienności	35%	100%	75%	138%	87%	213%	41%

Skład chemiczny wód podziemnych w zbiorniku nie jest stały i ulega ciągłym zmianom. Ich charakter można ocenić na podstawie badań prowadzonych od 1991 r. w punktach sieci krajowej i od 1992 r. w sieci regionalnej monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych (rys. 1). Punktami monitoringu są eksploatowane studnie wiercone ujmujące poziom środkowo- i górnodewoński. Uzyskiwane wyniki badań przedstawiają więc średni skład chemiczny wody w ich zlewniach co oznacza, że często badamy wodę ujętego poziomu zmie-

szaną z wodą dopływającą z wyżej leżącego poziomu czwartorzędowego, a w zachodniej części zbiornika także i z poziomów dolnotriasowego i górnopermskiego. Zlewnie punktów nie są stałe i zmieniają się w zależności od ilości pobieranej wody.

W celu poznania i oceny zakresu zmienności składu chemicznego wody na obszarze zbiornika w latach 1991-2000 obliczono indywidualnie dla każdego z siedmiu punktów monitoringu rozstępy stężeń jonów głównych wody oraz strontu, baru i cynku. Największe i najmniejsze wartości rozstępu poszczególnych składników wody ze zbioru obejmującego wszystkie punkty wraz z podaniem nr punktu, którego dotyczą podano w tabeli 3.

Tabela 3. Zakres zmienności stężeń jonów głównych wody, strontu, baru i cynku w punktach monitoringu w latach 1991-2000 r.

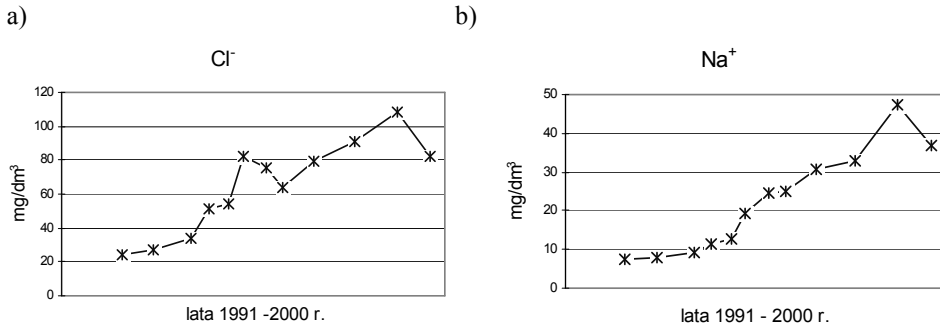
Table 3. Variability range of major ions, strontium, barium and zinc concentrations in monitoring sites (1991-2000)

Składnik wody	Rozstęp najmniejszy		Rozstęp największy	
	[mg/dm ³]	nr punktu	[mg/dm ³]	nr punktu
Ca ²⁺	17,9	1	31,7	4
Mg ²⁺	0,7	1	4,5	6
Na ⁺	1,6	7	40,0	5
K ⁺	1,0	2	3,2	5
HCO ₃ ⁻	31,0	6	122,1	4
SO ₄ ²⁻	9,7	5	44,2	2
Cl ⁻	4,0	2	83,8	5
NO ₃ ⁻	6,3	2	37,0	6
Sr	0,02	2, 3, 6	0,06	1
Ba	0,02	4	0,11	2
Zn	0,04	2	1,4	5

Z przeprowadzonej analizy wartości rozstępu wartości stężeń jonów głównych w punktach monitoringu w badanym okresie wynika, że wśród jonów głównych najmniejszy jest rozstęp jonów Mg²⁺ i K⁺, natomiast największy jonu HCO₃⁻ (tab. 3).

W punkcie nr 5 zaznacza się stały trendu wzrostu stężeń Na⁺ i Cl⁻. Spowodowany jest wzrostem zanieczyszczenia wody chlorkiem sodu pochodzącym z Fabryki Domów w Dyminach (rys. 4). Znacznie wyższe niż w pozostałych punktach stężenie jonu SO₄²⁻ w punkcie nr 5 pochodzi natomiast z zanieczyszczenia wód podziemnych ściekami ze szpitala w Czerwonej Górze, odprowadzanymi w latach ubiegłych do koryta płynącej okresowo rzeki Bobrzyczki. Zróżnicowany jest także poziom stężeń jonu NO₃⁻ we wschodniej (punkty nr 1, 2, 3) i zachodniej (punkty nr 4, 5, 6, 7) części zbiornika. Wyższe stężenia w części wschodniej wynikają z faktu, że znacznie większe obszary niż w części zachodniej są tam użytkowane rolniczo. Nie ma tam terenów przemysłowych i o wiele mniejszy jest procent nieużytków. Podwyższone stężenia jonu Mg²⁺

w punkcie nr 5 wynikają natomiast z większego udziału dolomitów i wapieni dolomitycznych w jego zlewni niż w zlewniach innych punktów, a jego pochodzenie jest typowo geogeniczne.



Rysunek 4. Rosnący trend zawartości jonu w wodzie z punktu monitoringowego nr 5:

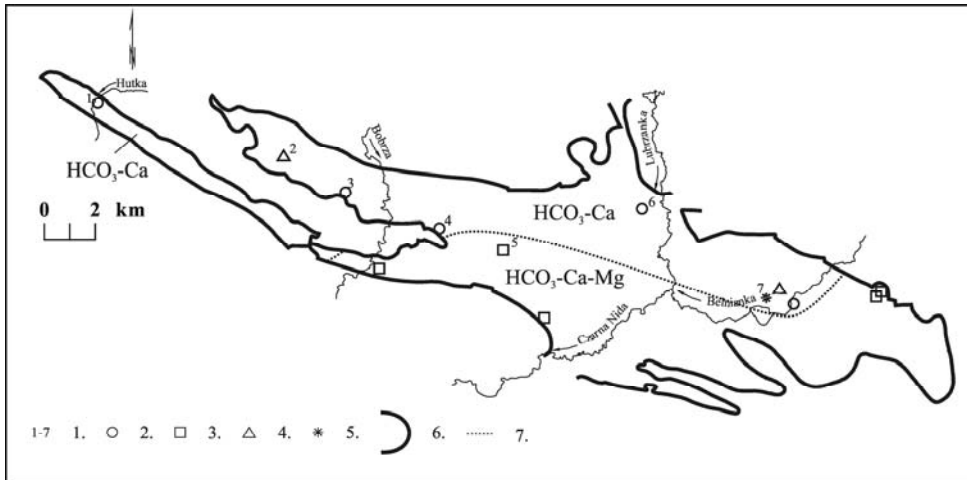
a) Na⁺; b) Cl⁻

Figure 4. Increase of ion concentration in groundwater in monitoring site nr 5:

a) Na⁺; b) Cl⁻

Stężenie strontu w wodzie z zachodniej części zbiornika (punkt nr 1: 0,22–0,27 mg/dm³) jest wyraźnie wyższe niż na pozostałym obszarze (punkty nr 2–7: 0,04–0,12 mg/dm³). Podobnie jest w przypadku baru. W wodzie z punktu nr 1 występuje on w ilości 0,23–0,31 mg/dm³ i zmniejsza się kierunku wschodnim do 0,05 mg/dm³ w najbardziej wschodniej części synkliny. Wynika to z faktu, że w zlewni punktu nr 1 oprócz poziomy środkowo- i górnodołomitycznego znajdują się też poziomy górnotriasowy i górnopermski, a w przypadku baru jest to niewątpliwie związane z podwyższoną w tym rejonie mineralizacją skał barytem (Rubinowski 1966). Inaczej wygląda natomiast sytuacja w przypadku cynku. Jego stężenia są bardzo zróżnicowane od 0,006 do 1,462 mg/dm³ i trudno uzasadnić przyczyny jego wyższych i zmiennych stężeń w niektórych punktach.

Opisana powyżej zmienność stężeń jonów głównych wody wpływa na zróżnicowanie ustalonych metodą Altowskiego–Szwieca typów chemicznych wód szczelinowo–krasowych w zbiorniku. Według niej typ chemiczny wody określają te z jonów głównych wody, które występują w ilości co najmniej 20 (±3)% sumy r. kationów = r. anionów. Przestrzenną analizę występowania poszczególnych typów wody w zbiorniku przeprowadzono dla okresu 1992–1993 r. Był to początek badań monitoringowych. W tym czasie oprócz badań monitoringowych (7 punktów) wykonane zostały także dodatkowe analizy chemiczne wody z 6 innych punktów o analogicznym zakresie oznaczeń. Na 13 badanych punktów w 9 występowały charakterystyczne dla naszego klimatu typy wody HCO₃-Ca i HCO₃-Ca-Mg. W zachodniej i północnej części zbiornika przeważał typ HCO₃-Ca, natomiast w części południowej i najbardziej wschodniej typ HCO₃-Ca-Mg. Z innych typów, w części wschodniej w jednym punkcie stwierdzono typ HCO₃-NO₃-Ca, a w pojedynczych punktach w części zachodniej i wschodniej występowanie typu HCO₃-SO₄-Ca (rys. 5).



Rysunek 5. Typy chemiczne wód podziemnych w zbiorniku szczelinowo–krasowym Gałęzice–Bolechowice–Borków w latach 1992–1993. Objasnienia: 1 - punkty monitoringu; 2 - typ $\text{HCO}_3\text{-Ca}$; 3 - typ $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$; 4 - typ $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$; 5 - typ $\text{HCO}_3\text{-NO}_3\text{-Ca}$; 6 - granica zbiornika; 7 - granica pomiędzy wodami typu $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ i $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$

Figure 5. Chemical water types in fissure-karst reservoir Gałęzice-Bolechowice-Borków (1992-1993). Explanations: 1 - monitoring site; 2 - $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ type; 3 - $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ type; 4 - $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ type; 5 - $\text{HCO}_3\text{-NO}_3\text{-Ca}$ type; 6 - reservoir border; 7 - boundary between water types $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ and $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$

W latach 1991-2000 stały typ chemiczny wody $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ występował tylko w jednym punkcie (nr 2), natomiast w pozostałych ulegały one zmianom w wyniku zwiększonego udziału w składzie jonowym wody jonów SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- lub Na^+ . W poszczególnych punktach na ich zmianę w stosunku do naturalnych typów $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ i $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ wpływały jony: punkt 1 – SO_4^{2-} ; punkt 2 – SO_4^{2-} ; punkt 3 – SO_4^{2-} , Cl^- ; punkt 4 – SO_4^{2-} ; NO_3^- ; punkt 5 – Cl^- , Na^+ punkt 6 – SO_4^{2-} ; punkt 7 – SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- . Przyczyną ich zmienności w czasie i w obszarze jest niewątpliwie emisja jonów SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- i Na^+ z ognisk zanieczyszczeń. Jon SO_4^{2-} pochodzi ze ścieków bytowych (np. punkt 3 – ścieki ze szpitala w Czerwonej Górze) oraz z zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego związkami siarki przez liczne emisje kominowe (zakłady cementowo-wapiennicze), a następnie ich imisji do gruntu i wód podziemnych.

Standardy jakości wód podziemnych

W przypadku omawianego zbiornika szczelinowo-krasowego określenie naturalnych standardów jakości wód podziemnych jest trudne. Zbiornik jest wrażliwy na wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia ze względu na liczne wychodnie wodonośnych wapieni i dolomitów na powierzchni terenu i ogólnie bardzo słabą ich izolację przez osady czwartorzędowe. W okresie wykonywania pierwszych analiz chemicznych wody podziemne podlegały już stałemu bądź okresowemu zanieczyszczeniu. Jedyną możliwą do odtworzenia ich pierwotną, natural-

ną cechą są typy chemiczne wody - w części zachodniej i północnej był to $\text{HCO}_3\text{-Ca}$, natomiast w części południowej i najbardziej wschodniej $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$. Obserwowane w punktach monitoringu zmiany naturalnych typów chemicznych wody są już powszechne. Powodują je zanieczyszczenia antropogeniczne i można sądzić, że zachodzą już w całym zbiorniku. Niezależnie od powyższych uwag można jednak ustalić standardy jakości wody, przynajmniej w odniesieniu do obecnego jej stanu chemicznego. Pozwoli to na reakcję w stosunku zmian powodowanych ich dalszym zanieczyszczeniem. Autor proponuje, aby jako standardy jakości wody w zakresie jej poszczególnych własności fizycznych i chemicznych przyjąć wartości ich tła hydrochemicznego. Przyjęcie ich będzie miało umowny charakter i z tego względu można je zaokrąglić tak, aby były łatwiejsze do zapamiętania i prostsze w użyciu. Ustalone dla szczelinowo-krasowego zbiornika Gałęzice-Bolechowice-Borków w zakresie opisanych powyżej składników wody podano w tabeli 4.

Tabela 4. Proponowane standardy jakości wód podziemnych w zbiorniku szczelinowo-krasowym Gałęzice-Bolechowice-Borków w zakresie wybranych składników wody
Table 4. Suggested groundwater quality standards for selected water components in the fissure-karst reservoir Gałęzice-Bolechowice-Borków

Składnik wody	Wartość parametryczna wg Dyrektywy Rady 98/83/WE [mg/dm ³]	Standard w zbiorniku [mg/dm ³]	Uwagi
Ca ²⁺	nie określona	54 - 103	o podwyższeniu stężeń decydują czynniki geogeniczne
Mg ²⁺	nie określona	4 - 28	o podwyższeniu stężeń decydują czynniki geogeniczne
SO ₄ ²⁻	nie określona	10 - 50	o wysokości stężenia decyduje zanieczyszczenie antropogeniczne
Cl ⁻	250	5 - 23	o wysokości stężenia decyduje zanieczyszczenie antropogeniczne
NO ₃ ⁻	50	16 - 25	o wysokości stężenia decyduje zanieczyszczenie antropogeniczne
Sucha pozostałość	nie określona	224 - 452	o wysokości stężenia decydują czynniki geogeniczne i zanieczyszczenie antropogeniczne
Fe	0,2	<01 - 0,26	o podwyższeniu stężeń decydują czynniki geogeniczne

O ewentualnym podwyższeniu stężeń w stosunku do ustalonych standardów wody decydują i będą decydowały w przyszłości zarówno czynniki geogeniczne jak i antropogeniczne. Podstawowy udział czynników geogenicznych należy uznać w odniesieniu np. do jonów Ca²⁺, Mg²⁺ i Fe ogólnie natomiast antropogenicznych do jonów SO₄²⁻, Cl⁻ i NO₃⁻. W przypadku suchej pozostałości i przewodności elektrycznej będących wskaźnikami mineralizacji ogólnej wody to mogą oddziaływać wspólnie czynniki geogeniczne antropoge-

niczne. Dlatego też w odniesieniu do każdego składnika wody należy zaznaczyć, jakie czynniki powodują lub mogą spowodować podwyższenie jego stężeń.

Ustalone standardy jakości wód podziemnych dla zbiornika Gałęzie-Bolechowice-Borków w zakresie stężeń chlorków i azotanów są niższe od wartości parametrycznych określonych w Dyrektywie Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Unii Europejskiej L 15/t. 4). W przypadku zawartości żelaza ogólnego górna granica standardu (tła hydrochemicznego) w niewielkim stopniu przekracza jego wartość parametryczną (o 0,06 mg/dm³), natomiast do stężeń wapnia, magnezu, siarczanów i suchej pozostałości to w dyrektywie nie podano ich wartości parametrycznych.

Podsumowanie

Naturalne standardy jakości wód podziemnych w zbiornikach wodonośnych są zagadnieniem nowym, wymagającym opracowania odpowiedniej metodyki badań i wytycznych ich ustalania. W niniejszej pracy podjęto próbę ich określenia tylko w odniesieniu do kilku składników chemicznych wody zbiornika szczelinowo-krasowego na podstawie ich tła hydrochemicznego.

Jakość wód w zbiorniku już od początku wykonywania pierwszych analiz chemicznych pozostawała pod wpływem zanieczyszczeń antropogenicznych. Pomimo, że według obowiązujących dopuszczalnych stężeń dla wody do spożycia przez ludzi jest ona w przewadze dobrej jakości, to w odniesieniu do niektórych składników, np. siarczanów i chlorków, ich stężenia, pomimo że są niższe od dopuszczalnych, świadczą już o zanieczyszczeniu antropogenicznym. Szczególnie istotne jest to tam, gdzie obserwuje się stały trend ich wzrostu, który jest często pierwszym sygnałem o postępującym zanieczyszczeniu wód, zwracającym uwagę na konieczność ustalenia ognisk zanieczyszczeń i ich likwidacji.

Literatura

- Hordejuk T., 1996: *Wyniki monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych w latach 1991–1995 (sieć krajowa)*. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa.
- Prażak J. i inni, 1996: *Raport o jakości zwykłych wód podziemnych województwa kieleckiego na podstawie badań monitoringowych wykonanych w latach 1991–1995*. PIOŚ, O/Świętokrzyski PIG. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Kielce.
- Prażak J., Kowalczevska G., Paciura W., 1998: *Program badań regionalnego monitoringu jakości zwykłych wód podziemnych w województwie świętokrzyskim*. Mat. archiw. O/Świętokrzyskiego PIG.
- Prażak J. i inni, 2005: *Wskazanie możliwości pozyskania dla miasta Kielce wód kopalnianych z obszaru Gałęzie-Bolechowice-Borków wraz z określeniem wpływu odwodnień górniczych na zasoby komunalnych ujęć wód podziemnych Kielce na podstawie badań modelowych*. O/Świętokrzyski PIG. Materiały archiwalne Urzędu Miasta Kielce.
- Dyrektywa Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 15/t. 4.
- Rubinowski Z., Lenartowicz L., Wróblewski T., 1966: *Metalogeneza trzonu paleozoicznego Gór Świętokrzyskich*. IG Prace. WG Warszawa.