

WODY LECZNICZE

W 1985 r. na zlecenie Przedsiębiorstwa Przemysłu Rolnego w Wałczu Biuro Projektów i Usług Technicznych Branży Uzdrawiskowej „Balneoprojekt” z Warszawy opracowało „Projekt badań hydrogeologicznych dla odwiertu Piła IG 1” w celu określenia zasobów wód mineralnych ujętych z utworów jury dolnej. Projekt ten został zatwierdzony decyzją Urzędu Wojewódzkiego w Pile nr OS-VIII-8530/131/85 z dnia 25.10.1985 r. Zakres prac miał obejmować demontaż głowicy otworu, pomiar wydajności samowypływu, opuszczenie do otworu pompy głębinowej wraz z przeprowadzeniem pompowania oczyszczającego i pomiarowego na trzech stopniach dynamicznych, a także wykonaniem w ich trakcie badań wskaźnikowych oraz, po zakończeniu pompowania, obserwację wzniosu zwierciadła wody. Na podstawie projektu w czerwcu 1989 r. przeprowadzono próbną eksploatację wody z otworu. Prace terenowe wykonało przedsiębiorstwo Poszukiwania Nafty i Gazu w Pile pod nadzorem hydrogeologicznym „Balneoprojektu”. Wyniki badań hydrogeologicznych przedstawiono w „Dokumentacji hydrogeologicznej ujęcia wody mineralnej z utworów jury dolnej” opracowanej w październiku 1989 r. przez „Balneoprojekt” na zlecenie przedsiębiorstwa PNiG w Pile (Szarszewska, 1989). Użytkownikiem otworu miało być Przedsiębiorstwo Przemysłu Rolnego w Wałczu, a woda miała być wykorzystywana do produkcji butelkowanych wód stołowych w planowanej rozlewni.

Stan techniczny otworu przed przystąpieniem do próbnej eksploatacji przedstawiał się następująco: głębokość – 1048,0 m, perforacja rur Ø244,5 mm w głębokości 997,0–1022,0 m. Próbną eksploatację otworu przeprowadzono w dniach 7–14.06.1989 r. w ciągu 168 godzin. Zwierciadło wody przed eksploatacją stabilizowało się na wysokości +10,7 ponad powierzchnią terenu, tj. na rzędnej 103,8 m n.p.m. Pomiar manometrem zamontowanym na głowicy na wysokości 1,2 m ponad terenem wykazał ciśnienie 0,11 MPa. Do otworu zapuszczono pompę głębinową G-60 VIII na głęb. 21,0 m. Wydajność wypływu mierzono przy pomocy wodomierza zamontowanego na rurociągu Ø50,8 mm odprowadzającym wodę na odległość ok. 400 m do morfologicznego obniżenia powierzchni terenu. Eksploatację prowadzono na trzech stopniach dynamicznych: na pierwszym stopniu na samowypływie, na dwóch pozostałych – przy pomocy pompy głębinowej. Uzyskano następujące wyniki:

- | | | | |
|-------------|-----------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| I stopień | $Q_1 = 6,3 \text{ m}^3/\text{h}$ | $s_1 = 6,6 \text{ m}$ | $H_{d1} = 97,2 \text{ m n.p.m.}$ |
| II stopień | $Q_2 = 11,8 \text{ m}^3/\text{h}$ | $s_2 = 17,0 \text{ m}$ | $H_{d2} = 86,8 \text{ m n.p.m.}$ |
| III stopień | $Q_3 = 15,7 \text{ m}^3/\text{h}$ | $s_3 = 27,0 \text{ m}$ | $H_{d3} = 76,8 \text{ m n.p.m.}$ |

Wykres zależności wydajności od depresji oraz wydajności jednostkowej od depresji w trakcie próbnej eksploatacji przedstawiono na figurze 73. Położenie zwierciadła wody w zależności od wydajności wraz ze zmiennością temperatury wody i zawartości jonu chlorkowego w wodzie w czasie próbnej eksploatacji pokazano na figurze 74.

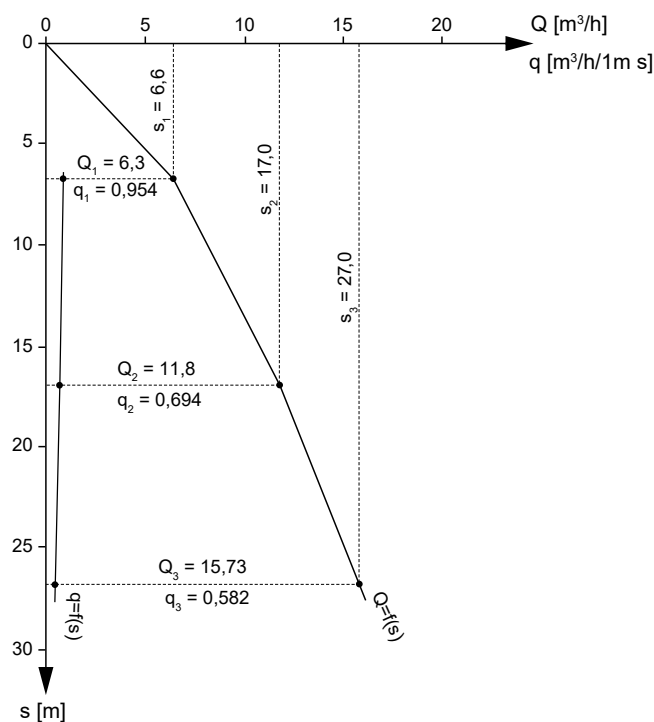


Fig. 73. Wykres zależności $Q = f(s)$ i $q = f(s)$ dla próbnej eksploatacji.

Q – wydajność; q – wydajność jednostkowa; s – depresja

Dependency graph $Q = f(s)$ and $q = f(s)$

Q – discharge; q – specific discharge; s – depression

Na podstawie danych z próbnej eksploatacji obliczono współczynnik filtracji utworów wodonośnych. Zastosowano schemat obliczeniowy dla studni niezupełnej, odległej od wód powierzchniowych, o naporowym zwierciadle wody, wykorzystując do obliczeń wzór Giryńskiego:

$$k = \frac{0,366Q}{l \cdot s} \cdot \lg \frac{1,6l}{r}$$

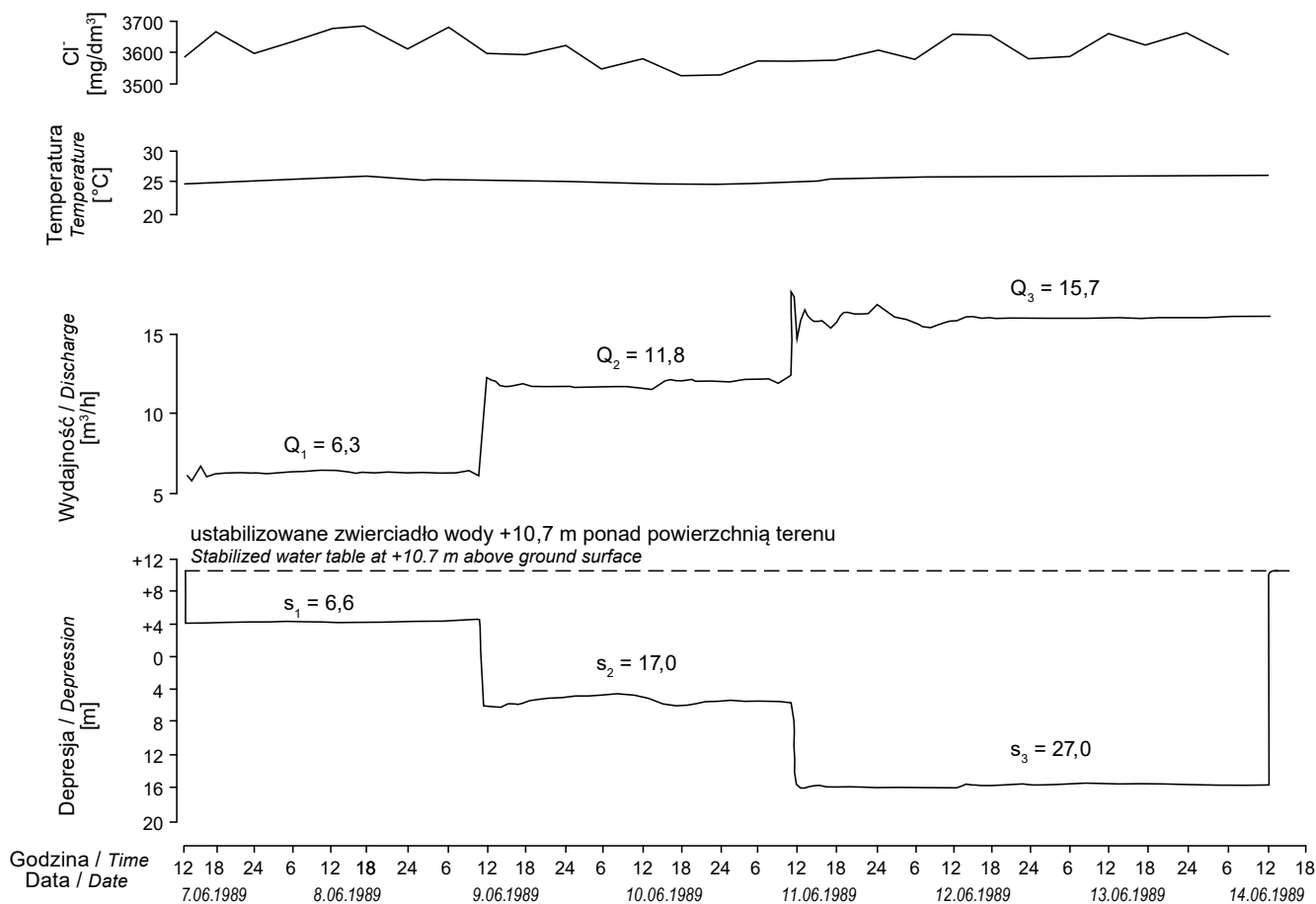


Fig. 74. Wykres wydajności, położenia zwierciadła wody, temperatury i zawartości jonu Cl^- w czasie próbnej eksploatacji

Graph of discharge, water table position, temperature and chloride during the test

gdzie:

Q – wydajność [m^3/h];

l – długość części roboczej filtra (odcinka perforowanego) [m];

s – depresja [m];

r – promień otworu [m].

Zasięg promienia leja depresji dla poszczególnych stopni dynamicznych obliczono wzorem Sichardta dla wód pod ciśnieniem:

$$R = 3000 \cdot s \cdot \sqrt{k}$$

gdzie:

s – depresja [m];

k – średni współczynnik filtracji z próbnego pompowania [m/s].

Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 35.

Dopuszczalną prędkość filtracji obliczono za pomocą wzoru Abramowa dla studni przewidzianych do stałej eksploatacji w okresie kilku lat:

$$k V_{dop} = 65 \cdot \sqrt[3]{k}$$

Tabela 35

Wyniki obliczeń hydrogeologicznych

Results of hydrogeological calculations

Stopień dynamiczny Test stage	Współczynnik filtracji Permeability coefficient k		Promień leja depresji Depression cone R	Wydajność jednostkowa Specific discharge $q = Q/s$
	[m/h]	[m/s]	[m]	[$\text{m}^3/\text{h} \cdot 1 \text{ m s}$]
I	0,03500	$9,76 \cdot 10^{-6}$	61,86	0,9545
II	0,02556	$7,10 \cdot 10^{-6}$	135,89	0,6940
III	0,02142	$5,95 \cdot 10^{-6}$	196,75	0,5820
Wartość średnia Average	0,02733	$7,60 \cdot 10^{-6}$	–	0,7435

gdzie:

k – średni współczynnik filtracji z próbnego pompowania [m/d]

$$V_{dop} = 56,497 \text{ m/d} = 2,354 \text{ m/h}$$

Maksymalną wydajność otworu obliczono stosując wzór:

$$Q_{max} = \pi \cdot d \cdot l \cdot V_{dop}$$

gdzie:

d – średnica otworu [m];

l – długość części roboczej filtra (odcinka perforowanego) [m].

$$Q_{max} = 45,09 \text{ m}^3/\text{h}$$

Maksymalna depresja zwierciadła wody w otworze, wyrażona ilorazem maksymalnej wydajności otworu (Q_{max}) i średniej wydajności jednostkowej (q), wynosi 60,64 m. Na tej podstawie maksymalny zasięg promienia leja depresji R_{max} wynosi 501,5 m.

W czasie trwania próbnej eksploatacji co 6 godzin pobierano próbkę wody w celu oznaczenia zawartości jonu chlorowego, które wykonano w Laboratorium przedsiębiorstwa Poszukiwania Nafty i Gazu w Pile. Zawartość jonów Cl^- zmieniała się w zakresie 3,546–3,652 g/dm³, wynosząc średnio 3,60 g/dm³ (tab. 36, fig. 74). Podczas eksploatacji mierzono także temperaturę wody, która rosła wraz ze wzrostem wydajności od 24,6°C do 25,3°C (fig. 74). Zwierciadło wody po zakończeniu pompowania ustabilizowało się po 25 minutach od wyłączenia pompy i zamknięcia zaworu na głowicy

Tabela 36

Zawartość jonu chlorowego w wodzie podczas próbnej eksploatacji

Chloride content in water during the test

Lp. No.	Data i godzina pomiaru Time	Zawartość Cl^- Chloride [g/dm ³]	Lp. No.	Data i godzina pomiaru Time	Zawartość Cl^- Chloride [g/dm ³]
1	7.06.1989 12:30	3,581	15	10.06.1989 24:00	3,546
2	7.06.1989 18:00	3,652	16	11.06.1989 6:00	3,581
3	7.06.1989 24:00	3,581	17	11.06.1989 18:00	3,581
4	8.06.1989 6:00	3,616	18	11.06.1989 24:00	3,616
5	8.06.1989 12:00	3,652	19	12.06.1989 6:00	3,581
6	8.06.1989 18:00	3,652	20	12.06.1989 12:00	3,652
7	8.06.1989 24:00	3,581	21	12.06.1989 18:00	3,652
8	9.06.1989 6:00	3,652	22	12.06.1989 24:00	3,581
9	9.06.1989 12:00	3,581	23	13.06.1989 6:00	3,581
10	9.06.1989 18:00	3,581	24	13.06.1989 12:00	3,652
11	9.06.1989 24:00	3,616	25	13.06.1989 18:00	3,616
12	10.06.1989 6:00	3,546	26	13.06.1989 24:00	3,652
13	10.06.1989 12:00	3,581	27	14.06.1989 6:00	3,581
14	10.06.1989 18:00	3,546			

na wysokości +10,7 m, czyli powróciło do stanu sprzed pompowania. Z uwagi na stwierdzony w 1984 r. zapach siarkowodoru w wodzie podczas próbnej eksploatacji wykonano oznaczenie H_2S . Badania wykonane w laboratorium przedsiębiorstwa PNiG w Pile na próbkach wody pobranej w dniach 12.06.1989 r. i 14.06.1989 r. wykazały brak siarkowodoru. W miejscowej Stacji Sanitarно-Epidemiologicznej wykonano również badania mikrobiologiczne wody pobranej w dniach 12 i 14.06.1989 r.

Właściwości fizyczno-chemiczne wody z otworu ustalono na podstawie analiz wykonanych w Laboratorium Balneochemicznym i Mikrobiologicznym BPiUTBU „Balneoprojekt”. Do analiz pobrano trzy próbki wody pod koniec trwania I, II i III stopnia dynamicznego.

Woda pobrana do badań pod koniec pompowania na I stopniu dynamicznym (9.06.1989 r.) była bezbarwna, klarowna, z osadem żelazistym na dnie butelki. Woda odznaczała się lekko słonym smakiem, nie miała szczególnego zapachu, a jej barwa wynosiła 0 mg Pt/dm³. Odczyn wody był lekko zasadowy i w skali pH wynosił 7,44. Temperatura wody na wypływie z ujęcia wynosiła 24,7°C. Woda zawierała 6549,7 mg/dm³ rozpuszczonych składników stałych. Wśród anionów przeważał jon chlorkowy występujący w ilości 89,87% mval, wśród kationów zaś jon sodowy – 97,38% mval. Ponadto woda zawierała: bromki – 6 mg/dm³, fluorki – 1,3 mg/dm³ i kwas metaborowy – 11,4 mg/dm³. Szczegółowe wyniki analizy zestawiono w tabeli 37. Na podstawie wykonanych badań wodę scharakteryzowano jako 0,65% wodę hipotermalną Cl-Na,Br,F,HBO_2 .

Woda pobrana do badań pod koniec pompowania na II stopniu dynamicznym (11.06.1989 r.) była bezbarwna, klarowna, z osadem żelazistym na dnie butelki. Woda odznaczała się lekko słonym smakiem, nie miała szczególnego zapachu, a jej barwa wynosiła 0 mg Pt/dm³. Odczyn wody był lekko zasadowy i w skali pH wynosił 7,58. Temperatura wody na wypływie z ujęcia wynosiła 25,0°C. Woda zawierała 6549,71 mg/dm³ rozpuszczonych składników stałych. Wśród anionów przeważał jon chlorkowy występujący w ilości 89,87% mval, wśród kationów zaś jon sodowy – 97,40% mval. Ponadto woda zawierała: bromki – 6 mg/dm³, fluorki – 1,3 mg/dm³ i kwas metaborowy – 11,4 mg/dm³. Szczegółowe wyniki analizy zestawiono w tabeli 38. Na podstawie wykonanych badań wodę scharakteryzowano jako 0,65% wodę hipotermalną Cl-Na,Br,F,HBO_2 .

Woda pobrana do badań pod koniec pompowania na III stopniu dynamicznym (14.06.1989 r.) była bezbarwna, klarowna, z osadem żelazistym na dnie butelki. Woda odznaczała się lekko słonym smakiem, nie miała szczególnego zapachu, a jej barwa wynosiła 0 mg Pt/dm³. Odczyn wody był lekko zasadowy i w skali pH wynosił 7,58. Temperatura wody na wypływie z ujęcia wynosiła 25,3°C. Woda zawierała 6548,98 mg/dm³ rozpuszczonych składników stałych. Wśród anionów przeważał jon chlorkowy występujący w ilości 89,87% mval, wśród kationów zaś jon sodowy – 97,42% mval. Ponadto woda zawierała: bromki – 6 mg/dm³, fluorki – 1,3 mg/dm³ i kwas metaborowy – 11,4 mg/dm³. Szczegółowe wyniki analizy zestawiono w tabeli 39. Na podstawie wykonanych badań wodę scharakteryzowano jako 0,65% wodę hipotermalną Cl-Na,Br,F,HBO_2 .

Tabela 37

Analiza fizyczno-chemiczna wody – I stopień dynamiczny próbnej eksploatacji

Results of chemical analysis of water – first stage of the test

Składnik Component	Zawartość Content		
	[mg/dm ³]	[mval]	[% mval]
Kationy Cations			
Na ⁺	2400,00	104,39	97,38
K ⁺	15,00	0,38	0,35
Li ⁺	0,10	0,01	0,01
NH ₄ ⁺	0,95	0,05	0,05
Ca ²⁺	25,97	1,30	1,21
Mg ²⁺	11,86	0,98	0,91
Ba ²⁺	0,23	0,00	0,00
Sr ²⁺	1,10	0,03	0,03
Fe ²⁺	1,79	0,06	0,06
Mn ²⁺	<0,1	–	–
Suma Cations total	2457,00	107,20	100,00
Aniony Anions			
F ⁻	1,30	0,07	0,07
Cl ⁻	3428,30	96,70	89,87
Br ⁻	6,00	0,08	0,07
I ⁻	0,32	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻	87,50	1,82	1,69
HCO ₃ ⁻	544,88	8,93	8,30
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₂ ⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	0,00	0,00	0,00
Suma Anions total	4068,30	107,60	100,00
Łącznie Total	6525,30	–	–
Składniki niezdyssocjowane Undissociated components			
H ₂ SiO ₃	13,00	–	–
HBO ₂	11,40	–	–
Mineralizacja Mineralization			
Suma skł. st. Total solids	6549,70	–	–

Z porównania analiz wynika, że skład chemiczny wody w trakcie próbnej eksploatacji nie uległ istotnym zmianom. Obliczone wskaźniki hydrochemiczne (tab. 40) wskazują prawdopodobnie na wody pochodzenia infiltracyjnego, których mineralizacja jest związana z ługowaniem pokładów soli kamiennej.

Zasoby eksploatacyjne ujęcia wód leczniczych Piła 1/IG 1 zostały zatwierdzone decyzją MOŚiZN znak KDH/013/5517/90 z dnia 2.03.1990 r. według stanu na dzień 14.06.1989 r. w kategorii rozpoznania B w ilości $Q = 15,7 \text{ m}^3/\text{h}$ przy depresji $s = 27,0 \text{ m}$. Rzędna dynamicznego zwierciadła wody wynosiła 76,8 m n.p.m. Wodę scharakteryzowano, według ówczesnej nomenklatury, jako 0,65% typu Cl–Na,Br,F,HBO₂. Aktualnie bromków i kwasu metaborowego nie uwzględnia się w klasyfikacji balneochemicznej wód leczniczych, a próg farmakodynamiczny dla fluorków podniesiono z 1 do 2 mg/dm³, stąd obecny zapis typu wody przyjmuje postać: 0,65% woda

Tabela 38

Analiza fizyczno-chemiczna wody – II stopień dynamiczny próbnej eksploatacji

Results of chemical analysis of water – first stage of the test

Składnik Component	Zawartość Content		
	[mg/dm ³]	[mval]	[% mval]
Kationy Cations			
Na ⁺	2400,00	104,39	97,40
K ⁺	15,00	0,38	0,35
Li ⁺	0,10	0,01	0,01
NH ₄ ⁺	0,25	0,01	0,01
Ca ²⁺	25,97	1,30	1,21
Mg ²⁺	11,86	0,98	0,91
Ba ²⁺	0,22	0,00	0,00
Sr ²⁺	1,70	0,04	0,04
Fe ²⁺	1,91	0,07	0,07
Mn ²⁺	<0,10	–	–
Suma Cations total	2457,01	107,18	100,00
Aniony Anions			
F ⁻	1,30	0,07	0,07
Cl ⁻	3428,30	96,70	89,87
Br ⁻	6,00	0,08	0,07
I ⁻	0,32	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻	87,50	1,82	1,69
HCO ₃ ⁻	544,88	8,93	8,30
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₂ ⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	0,00	0,00	0,00
Suma Anions total	4068,30	107,60	100,00
Łącznie Total	6525,31	–	–
Składniki niezdyssocjowane Undissociated components			
H ₂ SiO ₃	13,00	–	–
HBO ₂	11,40	–	–
Mineralizacja Mineralization			
Suma skł. st. Total solids	6549,71	–	–

hipotermalna Cl–Na. Temperatura wody na wypływie z ujęcia przy wydajności równej zatwierdzonym zasobom eksploatacyjnym wynosiła 25,3°C.

W 1994 r. na mocy Rozporządzenia Rady Ministrów (Rozporządzenie, 1994) wody hipotermalne chlorkowo-sodowe, bromkowe, fluorkowe, borowe ze złoże w miejscowości Kotuń zostały zaliczone do wód leczniczych. Złoże zostało zarejestrowane w Systemie Gospodarki i Ochrony Bogactw Mineralnych Polski Midas jako Piła IG 1 pod numerem WL 10923.

W ramach badań naukowych prowadzonych w 1999 r. (Krawiec, 2002) z otworu Piła 1/IG 1 pobrano próbki wody do

Tabela 39

Analiza fizyczno-chemiczna wody
– III stopień dynamiczny próbnej eksploatacji

Results of chemical analysis of water – third stage of the test

Składnik Component	Zawartość Content		
	[mg/dm ³]	[mval]	[% mval]
Kationy Cations			
Na ⁺	2400,00	104,39	97,42
K ⁺	15,00	0,38	0,35
Li ⁺	0,10	0,01	0,01
NH ₄ ⁺	0,30	0,02	0,02
Ca ²⁺	25,97	1,30	1,21
Mg ²⁺	11,86	0,98	0,91
Ba ²⁺	0,28	0,00	0,00
Sr ²⁺	1,30	0,03	0,03
Fe ²⁺	1,47	0,05	0,05
Mn ²⁺	<0,10	–	–
Suma Cations total	2456,28	107,16	100,00
Aniony Anions			
F ⁻	1,30	0,07	0,07
Cl ⁻	3428,30	96,70	89,87
Br ⁻	6,0	0,08	0,07
I ⁻	0,32	0,00	0,00
SO ₄ ²⁻	87,50	1,82	1,69
HCO ₃ ⁻	544,88	8,93	8,30
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₂ ⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	0,00	0,00	0,00
Suma Anions total	4068,30	107,60	100,00
Łącznie Total	6524,58	–	–
Składniki niezdysocjowane Undissociated components			
H ₂ SiO ₃	13,00	–	–
HBO ₂	11,40	–	–
Mineralizacja Mineralization			
Suma skł. st. Total solids	6548,98	–	–

analizy właściwości fizyczno-chemicznych oraz do badań składu izotopowego. Próbkę wody pobrano po trwającym trzy dni (5–8.09.1999 r.) pompowaniu oczyszczającym prowadzonym na samowypływie. Analizę fizyczno-chemiczną wody wykonano w laboratorium Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach, natomiast badania składu izotopowego przeprowadzono w laboratorium Wydziału Fizyki i Techniki Jądrowej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Wykonana w 1999 r. analiza fizyczno-chemiczna próbki wody z otworu Piła 1/IG 1 (tab. 41) wykazuje dużą zbieżność z wynikami wcześniejszych oznaczeń z 1989 r. Odczyn wody był słabo zasadowy (pH = 7,6), a jej przewodność elektroli-

Tabela 40

Wartości wskaźników hydrochemicznych wody pobranej
z poziomu 997,0–1022,0 m – 1989 r.

r – wartości wyrażane w mval

Hydrochemical indicators of water sampled at 997.0–1022.0 m interval (1989)

r – value expressed in mval

r(Na ⁺ /Cl ⁻)	Cl ⁻ /Br ⁻	Cl ⁻ /I ⁻	Ca ²⁺ /Sr ²⁺
1,08	571,38	10 713,44	19,977

Tabela 41

Analiza fizyczno-chemiczna wody – 1999 r.

Results of chemical analysis of water (1999)

Składnik Component	Zawartość Content		
	[mg/dm ³]	[mval]	[% mval]
Kationy Cations			
Na ⁺	2322,00	101,00	97,25
K ⁺	17,60	0,45	0,43
NH ₄ ⁺	1,34	0,07	0,06
Ca ²⁺	29,30	1,46	1,39
Mg ²⁺	10,90	0,90	0,87
Ba ²⁺	0,20	0,00	0,00
Sr ²⁺	1,35	0,00	0,00
Fe _{og} ²⁺	2,60	0,00	0,00
Mn ²⁺	0,20	0,00	0,00
Suma Cations total	2385,49	103,88	100,00
Aniony Anions			
Cl ⁻	3292,00	92,70	89,46
Br ⁻	7,90	0,10	0,10
I ⁻	2,30	0,02	0,02
SO ₄ ²⁻	81,50	1,70	1,64
HCO ₃ ⁻	555,00	9,10	8,78
CO ₃ ²⁻	0,00	0,00	0,00
NO ₂ ⁻	<0,013	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	<0,09	0,00	0,00
Suma Anions total	3938,70	103,62	100,00
Łącznie Total	6324,19	–	–
Składniki niezdysocjowane Undissociated components			
H ₂ SiO ₃	13,10	–	–
Mineralizacja Mineralization			
Sucha poz. Dry residue	6465,00	–	–

tyczna właściwa wynosiła 6,8 mS/cm. Podczas całego cyklu pompowania pH wody wynosiło od 7,54 do 7,62. Nie zauważono większych różnic pomiędzy zawartościami poszczególnych kationów i anionów. W 1999 r. odnotowano nieznacznie mniejszą ilość jonów Cl⁻ i Na⁺, które dominują wśród składników osiągając stężenie ponad 89% mval każdy. Temperatura wody we wrześniu 1999 r., przy samowypływie o natężeniu ok. 5 m³/h (po 90 godzinach pompowania), osiągnęła 18,5°C i przez ostatnie 18 godzin pompowania nie

Tabela 42

Wartości wskaźników hydrochemicznych wody pobranej z poziomu 997,0–1022,0 m – 1999 r.

r – wartości wyrażane w mval

Hydrochemical indicators of water sampled at 997.0–1022.0 m interval (1999)

r – value expressed in mval

$r[(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}]$	$r[(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}]$	$r(Na^{+}/Cl^{-})$	Cl^{-}/Br^{-}	Br^{-}/I^{-}	$rCl^{-}/\text{suma anionów}^{*}$	$r[(SO_4^{2-}+100/Cl^{-})]$	$r[Na^{+}/(Na^{+}+Cl^{-})]$	$r[Mg^{2+}/(Ca^{2+}+Mg^{2+})]$	$r[(Ca^{2+}+Mg^{2+})/SO_4^{2-}]$	$r[Ca^{2+}/(Ca^{2+}+SO_4^{2-})]$	$r[Ca^{2+}/(Ca^{2+}+HCO_3^{-})]$
1,10	1,09	1,09	416,71	3,43	0,89	1,83	0,521	0,381	1,39	0,46	0,14

*total anions

ulegała zmianie. Należy przypuszczać, że przy większej wydajności temperatura wody na wypływie osiągnie ok. 25°C, a więc tyle ile uzyskano na III stopniu pompowania w 1989 r.

Na podstawie uzyskanych wyników zostały obliczone wskaźniki hydrogeochemiczne (tab. 42). Wysoka wartość wskaźnika rNa^{+}/rCl^{-} , wynosząca ponad 1, jest charakterystyczna dla wód „młodych” znajdujących się w strefie intensywnej wymiany. Także wartości wskaźników $r[(Na^{+}+K^{+})/Mg^{2+}/Cl^{-}]$ oraz $r[(Na^{+}+K^{+})/Cl^{-}]$ pozwalają zaklasyfikować badaną wodę jako „młodą”.

Należy podkreślić, że podobne wartości wskaźników hydrochemicznych otrzymała Szarszewska (1989) i na ich podstawie stwierdziła, iż wskazują one prawdopodobnie na wody pochodzenia infiltracyjnego.

W ramach badań składu izotopowego wody (Krawiec, 2002) wykonano oznaczenia zawartości trytu, izotopów trwałych $\delta^{18}O$ i δD , a także oznaczenia izotopów węgla (tab. 43). Zawartość izotopów stabilnych $\delta^{18}O$ i δD w wodzie z poziomu jury dolnej wynosiła odpowiednio: $-8,8\text{‰}$ i $-62,0\text{‰}$ (Krawiec, 2002). Z analizy oznaczeń składu izotopowego wynika, że pod względem genetycznym te wody powstały wskutek zasilania przed początkiem czwartorzędu lub są rezultatem mieszania się wód infiltracji czwartorzędowej z wodą przenikającą do systemu wodonośnego przed czwartorzędem. Za drugą hipotezę przemawia stosunkowo „lekki” skład izotopowy węgla, charakterystyczny dla wód „młodych” ($\delta^{13}C = -13,2\text{‰}$; $\delta^{14}C = 0,0 \pm 0,5$ pmc). Badania nie wykazały obecności trytu, co wskazuje na brak dopływu do poziomu dolnojurajskiego wód współczesnych, infiltrujących po 1953 r.

Tabela 43

Wyniki oznaczeń składu izotopowego wody z otworu Piła 1/IG 1

Isotopic composition of water from Piła 1/IG 1 borehole

Data poboru próbki Sampling date	$\delta^{18}O$ [‰]	δD [‰]	Tryt Tritium [TU]	^{13}C [‰]	^{14}C [pMC]
08.09.1999	-8,8	-62,0	0,0±0,5	-13,2	0,0±0,5

Podsumowując, analiza wskaźników hydrochemicznych oraz wyników oznaczeń składu izotopowego wykazała, że pod względem genetycznym wody z poziomu jury dolnej ujęte otworem Piła 1/IG 1 są typowym przykładem wód „mieszanych”. Skład izotopowy wskazuje na mieszanie się wód infiltracji czwartorzędowej z wodami starszymi przenikającymi do systemu wodonośnego przed czwartorzędem. Na rozpatrywanym obszarze zaznacza się wyraźna strefowość mineralizacji wód podziemnych w profilu pionowym, będąca wynikiem stratyfikacji przepływu oraz rozwoju paleohydrogeologicznego badanego obszaru (Krawiec, 2005). Generalnie w strefie przypowierzchniowej, do głębokości kilkuset metrów, występują wody infiltracyjne. Z uwagi na obrotowy system wiercenia otworu Piła 1/IG 1 brak jest danych o przewiercanych przypowierzchniowych poziomach wodonośnych. Pewne wnioski o panujących w nich warunkach hydrogeologicznych można wyciągnąć na podstawie litologii ośrodka skalnego oraz przeprowadzonych profilowań geofizycznych (Szarszewska, 1989), a także na podstawie innych otworów hydrogeologicznych znajdujących się w rejonie Piły. W piaszczystych warstwach czwartorzędowych rozdzielonych glinami zwałowymi występują przeważnie dwie warstwy wodonośne. Wodonośne są także utwory neogenu (miocen) i paleogenu (oligocen). W rejonie Piły poziom oligoceński wspólnie z poziomem górnourajskim stanowi jedno piętro wodonośne (Dąbrowski i in., 1998; Krawiec i in., 2005). Poniżej znajduje się strefa wód mieszanych, do której można zaliczyć wody ujęte z utworów jury dolnej otworem Piła 1/IG 1. Poziom wodonośny jury dolnej jest głównym poziomem wód leczniczych na Kujawach i Pomorzu. Jest to poziom typu porowego i porowo-szczelinowego o naporowym zwierciadle wody i regionalnym zasięgu. W głębszych warstwach, starszych od jury, występują wody silnie zmineralizowane o przeobrażonym składzie chemicznym.

Wody lecznicze ujęte otworem Piła 1/IG 1 nie są eksploatowane, a w pobliżu otworu brak jest infrastruktury technicznej do wydobywania i transportowania wody. Charakterystyka fizyczno-chemiczna tych wód wskazuje, że mogą one być wykorzystywane do celów rekreacyjno-leczniczych, a także do hodowli ryb ciepłolubnych.