

Aleksandra CZAJKOWSKA
Politechnika Śląska, Instytut Geologii Stosowanej
44-100 Gliwice, ul. Akademicka 2

CHARAKTERYSTYKA HYDROCHEMICZNA WÓD PODZIEMNYCH ZLEWNI RZEKI BIERAWKI W WARUNKACH SILNEJ ANTROPOPRESJI

Streszczenie. Skład chemiczny wód podziemnych zależy od czynników przyrodniczych, jak również od stopnia antropopresji związanego z różnorodną działalnością człowieka. Położenie obszaru zlewni Bierawki na terenach o nasilonej antropopresji sprawia, że kształtowany przez czynniki naturalne skład chemiczny wód został w znacznej mierze zmieniony.

W artykule przedstawiono ocenę chemizmu wód z czwartorzędowych i trzeciorzędowych warstw wodonośnych opierając się na oznaczeniach wybranych wskaźników zanieczyszczeń.

A HYDROCHEMICAL CHARACTERISTIC OF UNDERGROUND WATERS IN THE BIERAWKA RIVER CATCHMENT UNDER CONDITIONS OF THE STRONG ANTHROPOPRESSURE

Summary. Chemical constitution of underground water are contingent upon both environmental factors and also anthropopressure degree connected with various man activity. Position of Bierawka river basin on the areas with strong anthropopressure causes considerable changes of chemical constitution of water. In this article authoress shows assessment of chemism water from quaternary and tertiary water; bearing levels on the basis of determination of choosen impurity indicators.

Wstęp

Zlewnia rzeki Bierawki o powierzchni 381 km² leży w południowej Polsce w obrębie województwa opolskiego i śląskiego. Zachodnia i środkowa część zlewni to tereny słabo zaludnione o charakterze rolniczym oraz leśnym. Większe ośrodki przemysłowe to: Zakłady Azotowe „Kędzierzyn” SA oraz obszar górniczy Kopalni Piasku „Kotlarnia”. Wschodnia część zlewni Bierawki leży w granicach Górnośląskiego Zagłębia Węglowego. Zabudowa miejska i liczne ośrodki przemysłowe spowodowały tu całkowite przekształcenie warunków środowiskowych.

Jednocześnie w obszarze zlewni zlokalizowane są użytkowe poziomy wód podziemnych oraz główne zbiorniki wód podziemnych, stanowiące ważne źródło wód pitnych. Wobec skumulowania tak wielu różnorodnych ognisk zanieczyszczeń jakość występujących w tych zbiornikach wód jest w istotny sposób zagrożona.

Warunki hydrogeologiczne

W profilu hydrogeologicznym obszaru zlewni Bierawki występują piętra wodonośne w utworach czwartorzędu, trzeciorzęd, triasu i karbonu. Najkorzystniejsze własności hydrogeologiczne i wodonośność mają osady czwartorzędowe i trzeciorzędowe, które są zarazem najbardziej podatne na zanieczyszczenia migrujące z powierzchni terenu. Z tego względu w dalszej części pracy zrezygnowano z charakterystyki pięter wodonośnych starszych struktur.

Piętro wodonośne czwartorzędu budują piaski i żwiry wypełniające dolinę Bierawki i jej dopływów oraz miejscami zawodnione warstwy w obszarze wysoczyzn. W zachodniej części zlewni osady czwartorzędowe wypełniają głęboką rynną erozyjną tzw. Rów Odry, tworząc trzy poziomy wodonośne [1]. Na pozostałym obszarze utwory przepuszczalne czwartorzędu tworzą najczęściej jeden poziom wodonośny, rozdzielony na dwie zawodnione warstwy.

Niemal cały obszar zlewni pokrywa czwartorzędowy użytkowy poziom wód podziemnych UPWP – Rejon Górnej Odry. Regionalny spływ wód odbywa się w kierunku zachodnim, ku dolinie Odry, natomiast lokalnie w kierunku dopływów Bierawki, obniżeń morfologicznych i obszarów wyrobisk górniczych. Zasilanie omawianego poziomu odbywa się poprzez opady atmosferyczne [7]. W granicach UPWP wydzielono główne zbiorniki wód podziemnych: GZWP 350 Bełk, GZWP 345 Rybnik oraz czwartorzędowo-trzeciorzędowy GZWP 332 Subniecka Kędzierzyńsko-Głubczycka [4].

Piętro wodonośne trzeciorzęd związane jest z utworami morskimi i lądowymi miocenu (sarmat) oraz lokalnie pliocenu (rejon Sośnicowic i Pilchowic). Wodonośne utwory miocenu tworzą w zachodniej i centralnej części zlewni użytkowy poziom wód podziemnych UPWP – Kuźnia Raciborska, zakryty, zasilany na wychodniach oraz poprzez kopalne struktury wypełnione utworami pliocenu.

Chemizm wód podziemnych

Opróbowanie hydrochemiczne wód zlewni Bierawki (rys. 1) wykonano latem 2002 roku w ramach projektu badawczego nr 5 T12B 045 22 finansowanego przez KBN.

Chemizm czwartorzędowego poziomu wodonośnego rozpoznano 15 analizami fizykochemicznymi (z czego 7 opisuje pierwszą warstwę wodonośną, a 8 drugą warstwę), zaś trzeciorzędowy poziom wodonośny został opróbowany jedynie w 5 punktach, zlokalizowanych w środkowej części zlewni, tj. tam, gdzie poziom ten posiada główne znaczenie użytkowe i brak jest utworów czwartorzędowych, bądź z uwagi na niedużą miąższość osadów piaszczysto-żwirowych wody z nich nie są ujmowane.

Płytkie wody podziemne w zlewni Bierawki są wodami słodkimi i akratopegami (tab. 1) o mineralizacji od ok. 190 mg/dm³ do ponad 800 mg/dm³ (wartości przekraczające 500 mg/dm³ we wschodniej części zlewni).

Wody pierwszej warstwy piętra wodonośnego czwartorzędu są przeważnie wodami słabo kwaśnymi, sporadycznie słabo zasadowymi, średnio twardymi oraz miękkimi wg klasyfikacji Pazdry [6]. Dominującym kationem jest Ca²⁺, a wśród anionów przeważa HCO₃⁻ oraz SO₄²⁻. Odnotowano również najwyższe stężenia K⁺ i N_{org}, przekraczające w czterech przypadkach wartości dopuszczalne dla III klasy jakości wg klasyfikacji PIOŚ [8].



Rys. 1. Lokalizacja miejsc poboru prób
Fig. 1. Localization of sampling

Tabela 1
Podstawowe parametry statystyczne wybranych wskaźników zanieczyszczeń (mg/dm^3)
wód podziemnych

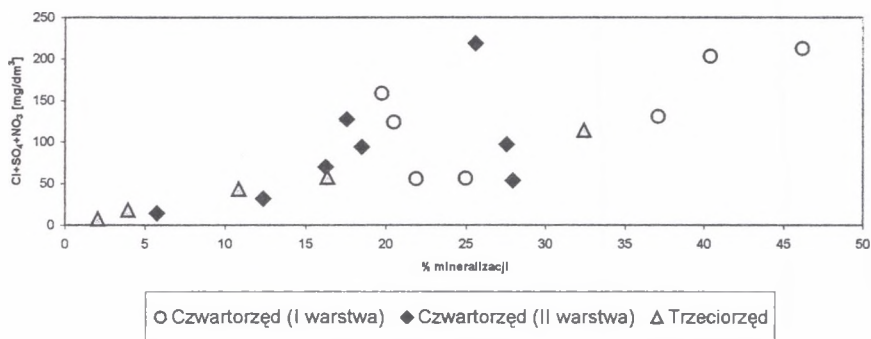
Oznaczenie	Czwartorzęd I (N=7)				Czwartorzęd II (N=8)				Trzeciorzęd (N=5)			
	maks.	min.	śr. arytm.	odch. stand.	maks.	min.	śr. arytm.	odch. stand.	maks.	min.	śr. arytm.	odch. stand.
Mineraliz.	800,35	224,72	456,49	203,50	855,01	190,42	446,06	239,15	457,6	348,25	382,41	46,55
Cl ⁻	58,4	7,1	38,26	19,03	74,55	14,2	36,83	21,71	31,95	7,1	19,88	10,23
SO ₄ ²⁻	155,1	34,15	82,00	44,52	140,7	0	50,45	43,36	72,91	0	26,02	29,86
HCO ₃ ⁻	340,69	54,68	140,40	99,02	286,01	66,84	187,11	78,34	301,2	97,43	213,61	77,33
Ca ²⁺	104,21	26,05	57,83	27,20	156,31	22,04	74,15	45,60	80,16	66,13	71,74	5,91
Mg ²⁺	20,67	3,65	10,60	6,46	10,94	0	6,84	3,56	14,59	6,08	9,48	3,59
Na ⁺	31	1,92	14,74	11,65	26,4	3,02	12,05	8,40	8,59	3,68	5,29	1,99
K ⁺	35,9	0,14	19,79	11,77	7,43	0,39	2,08	2,23	2,83	1,02	1,77	0,76
N - NH ₄ ⁺	0,2	0,2	0,20	3,04E-09	0,45	0,2	0,26	0,10	0,38	0,2	0,27	0,08
N - NO ₂ ⁻	0,089	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	2,49E-10	0,02	0,02	0,02	0
N - NO ₃ ⁻	39,3	0,2	14,00	15,03	3,52	0,2	1,03	1,32	8,67	0,2	1,89	3,79
Azot organ.	36,7	0,5	14,91	15,18	20,3	1,53	6,71	6,36	11,87	3,53	6,49	3,34
Fe ogólne	4,47	0,86	2,84	1,23	2,38	0,08	1,21	0,72	7,07	0,26	2,07	2,85
Mn	0,352	0,01	0,16	0,13	0,31	0,011	0,14	0,11	0,26	0	0,13	0,10

Dla wód omawianego poziomu udział Cl⁻, SO₄²⁻ i N-NO₃ w całkowitej mineralizacji jest dominujący i waha się od 20 do 50% (rys. 2). Obecność tych jonów jest wskaźnikiem zanieczyszczenia antropogenicznego wód, bowiem uwalniają się one z większości ognisk zanieczyszczeń, łatwo migrują w środowisku gruntowym i są konserwatywne w większości środowisk hydrogeochemicznych strefy intensywnej wymiany wód [3].

Według klasyfikacji zanieczyszczenia antropogenicznego wód podziemnych zaproponowanej przez Górskiego [3], badane wody zaliczono do klasy Va i Vb (wody silnie

zanieczyszczone), w których zawartość $N-NO_3$ przekracza 10 mg/dm^3 oraz dodatkowo stwierdza się zawartość potasu oraz niektórych metali (Fe, Mn, Al, As, Pb, Cu, Ni) powyżej tła hydrogeochemicznego [2].

Biorąc pod uwagę analizowane wskaźniki zanieczyszczeń, wody pierwszego czwartorzędowego poziomu wodonośnego odpowiadają w trzech przypadkach III klasie jakości wg PIOS (wody o niskiej jakości), a w pozostałych czterech nie spełniły wymogów dla żadnej klasy czystości. Przy zaliczaniu wód do odpowiedniej klasy dopuszczono przekroczenie wartości granicznych przez trzy wskaźniki (z wyjątkiem toksycznych).



Rys. 2. Procentowy udział sumy chlorków, siarczanów i azotanów w całkowitej mineralizacji wód
Fig. 2. Percentage participation sum of chlorides, sulfates and nitrates in total mineralization of water

Tabela 2

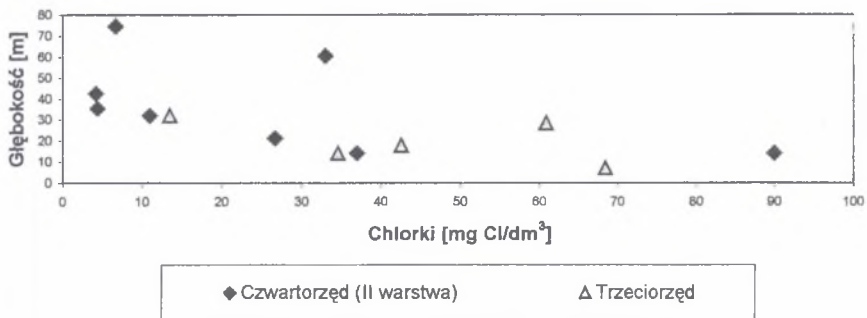
Typy i klasy hydrochemiczne wód wg miejsc opróbowania

Nr próby	Miejsce opróbowania	Klasyfikacja Szczukariewa-Priskońskiego		Zapis wg klasyfikacji Alekina
		typ wody	klasa	
TRZECIORZĘD				
2	Smolnica	HCO ₃ -Ca	9	C _{III} ^{LS}
3	Sośnicowice	HCO ₃ -Ca	9	C _{III} ^{LS}
4	Sierakowice	HCO ₃ -Ca	9	C _{III} ^{LS}
5	Rachowice	HCO ₃ -Ca-Mg	18	C _{III} ^{LS}
9	Wilcze Gardło	Ca-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	42	C _{III} ^{LS}
CZWARTORZĘD (II WARSTWA)				
1	Nieborowice	HCO ₃ -Ca-Cl	24	C _{III} ^{LS}
6	Kotlarnia	HCO ₃ -Ca-SO ₄ -Cl-Mg	48	C _{III} ^{LS}
8	Korzonek	HCO ₃ -Ca	9	C _{III} ^{LS}
10	Ostropa	Ca-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	42	C _{III} ^{LS}
11	Knurów	Ca-HCO ₃ -SO ₄	27	C _{III} ^{LS}
15	Belk	Ca-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	42	C _{III} ^{LS}
18	Pałowice	HCO ₃ -Ca-Mg	18	C _{III} ^{LS}
20	Bujaków	Ca-HCO ₃ -Cl	24	C _{III} ^{LS}
CZWARTORZĘD (I WARSTWA)				
7	Bierawa	Ca-SO ₄ -Cl-HCO ₃ -Mg-K	42	S _{II} ^{LS}
12	Krywałd	Ca-SO ₄ -Cl-HCO ₃ -Mg	48	S _{II} ^{LS}
13	Szczygłowice	Ca-HCO ₃ -SO ₄ -Mg	39	C _{II} ^{LS}
14	Czuchów	SO ₄ -Ca-HCO ₃ -Na	38	S _{II} ^{LS}
16	Stanowice	Ca-HCO ₃ -SO ₄ -Mg	39	C _{II} ^{LS}
17	Dębieńsko	HCO ₃ -Ca-SO ₄	27	C _{II} ^{LS}
19	Orzesze	Ca-HCO ₃ -Cl-Na	35	C _{II} ^{LS}

Charakter chemiczny płytkich wód czwartorzędowych jest skomplikowany (tab. 2). Wielojonowość tych wód jest efektem ich antropogenicznego przeobrażenia. Obserwuje się

bardzo duży udział w tych wodach SO_4^{2-} i Cl^- , a w niektórych przypadkach także N-NO_3 , Na^+ i K^+ . Według klasyfikacji Alekina w badanych wodach stwierdzono występowanie klasy $\text{S}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$ potwierdzającej antropogeniczne zakłócenia chemizmu wód oraz klasy $\text{C}_{\text{II}}^{\text{Ca}}$.

Drugą warstwę wodonośną piętra czwartorzędowego stanowią wody słabo zasadowe o zróżnicowanej twardości od wód miękkich do twardych, i o dużej zmienności makroskładników (tab. 1), choć dla większości z nich otrzymane wartości mieszczą się w granicach dopuszczalnych dla klasy Ia i Ib wg PIOŚ. Udział Cl^- jest wyraźnie uzależniony od miąższości nadkładu (rys. 3). Obserwuje się wzrost ich zawartości w wodzie ze zmniejszaniem się grubości osadów przykrywających ujmowaną warstwę.



Rys. 3. Zmienność zawartości chlorków w wodach podziemnych w zależności od miąższości nadkładu
Fig. 3. Variation of chlorides contents depending on depth of cover

Zanieczyszczenia najszybciej migrujące w wodach podziemnych (Cl^- , SO_4^{2-} i N-NO_3) stanowią od ok. 10 do 30% całkowitej mineralizacji (rys. 2), zaś wg klasyfikacji Górskiego, większość z omawianych wód należy zaliczyć do klasy IV – wód wyraźnie zanieczyszczonych antropogenicznie. Jedyne dla trzech miejsc opróbowania, badane wody odpowiadały klasie I, tj. wodom naturalnym lub bardzo słabo zanieczyszczonym [3].

Analizowane wskaźniki zanieczyszczeń wskazują, że wody głębszego poziomu czwartorzędowego mają niską oraz średnią jakość (kl. III i II) wg klasyfikacji PIOŚ. Najczęściej przekraczane są dopuszczalne stężenia dla glinu oraz azotu organicznego.

Typy hydrochemiczne wód czwartorzędowych są zróżnicowane. Wody $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ i $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ stwierdzono jedynie w dwóch studniach czwartorzędowych: w Korzonku, gdzie ujmowana jest warstwa ze spągowej części rynny erozyjnej czwartorzędu zalegająca na głębokości 90 m oraz w Palowicach, gdzie warstwa wodonośna znajduje się na głębokości 37 m i również istnieją dobre warunki ograniczające infiltrację zanieczyszczeń z powierzchni terenu. W pozostałych miejscach opróbowania typy wód są zmienione antropogenicznie. Potwierdza to klasa $\text{C}_{\text{III}}^{\text{Ca}}$ wg Alekina, która nie jest spotykana w przyrodzie dla wód o takim stopniu mineralizacji, jaki występuje w zlewni Bierawki [5].

Wody trzeciorzędowego piętra wodonośnego należą do słabo zasadowych i średnio twardych wg Pazdry [6] (pH 7,2 – 7,9; twardości ogólna 3,8-5,2 mval/dm³).

Charakteryzują się zdecydowanie mniejszymi zawartościami Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ i K^+ oraz większymi zawartościami HCO_3^- i Ca w stosunku do wód czwartorzędowych (tab. 1). Ich lepszą jakość potwierdza maksymalnie 15% udział jonów będących wskaźnikami zanieczyszczenia w ogólnej mineralizacji (rys. 2). W podwyższonych ilościach występuje Fe oraz Mn, jednakże z uwagi na dobrą izolację warstwy wodonośnej od powierzchni terenu (śr. 44 m) można uznać je za zanieczyszczenia pochodzenia geogenicznego. Spośród

podrzędnych składników wód, największe stężenia odnotowano dla N_{org} i sporadycznie As i Al.

Z ogólnej klasyfikacji wynika, że wody piętra trzeciorzędowego należą do klas III, II a nawet Ib wg PIOŚ. Wody o najlepszej jakości spośród badanych – klasy Ib stwierdzono w ujęciu w Wilczym Gardle. Dominującym typem są wody HCO_3-Ca . Wg klasyfikacji Górskiego w czterech spośród pięciu opróbowanych studni stwierdza się wody o składzie uznanym za naturalny bądź bardzo słabo zmieniony antropopresją (kl. I).

Podsumowanie

Do najważniejszych czynników kształtujących chemizm wód podziemnych w zlewni Bierawki należą ciągłość i charakter utworów wodonośnych, stopień ich izolacji, a także ogólny stan środowiska w badanym rejonie i sposób zagospodarowania powierzchni terenu. Najgorszą jakość stwierdzono dla płytkich wód czwartorzędowych. Są to wody wielojonowe. W kształtowaniu typu hydrochemicznego tych wód uczestniczą siarczany oraz chlorki. Ponadto są to wody najbardziej zanieczyszczone azotanami, azotem organicznym oraz potasem. Znacznie podwyższone stężenia tych wskaźników są odzwierciedleniem rolniczo-przemysłowego zagospodarowania terenu i efektem pozbawienia warstwy wodonośnej trudno przepuszczalnej izolacji od powierzchni terenu. Wody uznawane za naturalne dla istniejących warunków hydrogeologicznych – HCO_3-Ca i $HCO_3-Ca-Mg$ stwierdzono dla ujęć trzeciorzędowych w Smolnicy, Sośnicowicach, Sierakowicach i Rachowicach oraz czwartorzędowych, ujmujących drugą warstwę wodonośną w Korzonku i w Pałowicach. Dużą rolę w kształtowaniu chemizmu tych wód odgrywa znaczna miąższość słabo przepuszczalnego nadkładu, który ogranicza migrację zanieczyszczeń do wód podziemnych. Ujmowana warstwa wodonośna we wspomnianych studniach zalega na głębokościach od ok. 40 m do 120 m. W ujęciach, gdzie ujmowane warstwy wodonośne zalegają na głębokości od kilkunastu do ok. 30 m, typ wody zmienia się na cztero-, a nawet pięcjojonowy z pojawieniem się udziału w nim chlorków oraz siarczanów, a więc składników najbardziej czułych na wpływy antropogeniczne.

Przypadki punktowego pojawiania się w większych ilościach w wodach Al (do 0,645 mg Al/dm³), As (do 0,144 As/dm³) czy Pb (do 0,069 mg Pb/dm³) stanowią niepokojący sygnał o istnieniu lokalnych ognisk zanieczyszczeń, takich jak prywatna działalność gospodarcza związana z produkcją odpadów, niekontrolowane wysypiska czy wylewiska ścieków, które zagrażają jakości wód podziemnych i są przy tym trudne do zlokalizowania. Silniejsze przekształcenia chemizmu wód widoczne są we wschodniej części obszaru badań, co jest wynikiem bardziej intensywnego sposobu zagospodarowania terenu oraz intensywnie prowadzonej eksploatacji górniczej.

Należy podkreślić, że przedstawiona ocena chemizmu wód została dokonana wyłącznie na podstawie jednorazowego opróbowania obejmującego jedynie 20 studni, co przy tak rozległym obszarze badań, jakim jest cała zlewnia Bierawki, może być rozwiązaniem niewystarczającym. Dla prześledzenia trendów zmian jakości wód konieczne staje się dysponowanie większą liczebnością danych, obejmujących wieloletni cykl obserwacyjny.

LITERATURA

1. Chmura A., Rudzińska - Zapaśnik T.: Opis do Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, arkusz Kuźnia Raciborska (940), PIG, Warszawa 1998.
2. Czajkowska A.: Sprawozdanie merytoryczne z grantu KBN nr 5 T12B 045 22 pt. Charakterystyka hydrochemiczna wód podziemnych zlewni rzeki Bierawki w warunkach silnej antropopresji, Gliwice 2003.

3. Górski J.: Propozycja oceny antropogenicznego zanieczyszczenia wód podziemnych na podstawie wybranych wskaźników hydrochemicznych, *Współczesne Problemy Hydrogeologii X*, tom 1, s.309-313, Wrocław 2001.
4. Kleczkowski A.S.: Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, skala 1:500 000 z objaśnieniami, CPBP 04.10.09, IHiGI AGH, Kraków 1990.
5. Macioszczyk A.: Początkowe stadia antropogenicznych przekształceń chemizmu wód podziemnych – ich ocena i interpretacja. *Współczesne Problemy Hydrogeologii V*, Wyd. SGGW-AR, s. 254-258, Warszawa – Jachranka 1991.
6. Pazdro Z., Kozerski B.: *Hydrogeologia ogólna*, Wyd. Geologiczne, Warszawa 1990.
7. Rózkowski A., Chmura A., Siemiński A.: *Użytkowe wody podziemne GZW i jego obrzeżenia*. Prace PIG CLIX, Warszawa 1997.
8. Wskazówki metodyczne dotyczące tworzenia regionalnych i lokalnych monitoringów wód podziemnych, PIOŚ, Warszawa 1995.

Recenzent: Dr hab. inż. Stanisław Witczak
Profesor AGH

Abstract

River basin of Bierawka is situated on the area of urban and industrial agglomeration of Upper Silesia. Occurrence of numerous and various impurity sources has negatively influenced the groundwater quality.

The paper presents chemism assessment of the underground water from Quaternary and Tertiary aquifer, which is based on determination of the chosen indices of pollution. It was found that the shallow Quaternary groundwater was of the worst quality. They are complex, multi-ion, anthropogenic changed water. Chlorides and sulfates take part in shaping the hydrochemical type of this water. Simultaneously, this water contains the biggest concentration of organic nitrogen, nitrates, potassium and heavy metals. Water considered as natural, for existing hydrogeological conditions– $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ and $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ was found in six places of sampling (four applied to Tertiary water), in which aquifer is on the depth of 40 m to 120 m. In 50% of analyzed cases, quality of groundwater from shallow water-bearing level is low and answers to the third quality class, according to PIOŚ classification. The best, indicated quality of the water was Ib class. In four places of sampling extra- class water was found. In other cases analyzed water was of a medium class.