

OCENA CHEMIZMU ORAZ ZAGROŻEŃ JAKOŚCI WÓD PODZIEMNYCH W ZLEWNI GÓRNEJ LISWARTY

ASSESSMENT OF CHEMISTRY AND DETERIORATION OF QUALITY OF GROUNDWATER IN THE UPPER LISWARTA RIVER BASIN

MARTYNA GUZIK¹

Abstrakt. Przedmiotem badań były wody podziemne piętra czwartorzędowego w obszarze zlewni górnej Liswarty. Osady czwartorzędowe stanowią zwarta pokrywę w centralnej i zachodniej części omawianej zlewni, a zwłaszcza w obniżeniach dolin rzecznych. Szczegółowe badania prowadzono w latach 2001–2003. Badaniom poddano wody gruntowe pochodzące z utworów czwartorzędowych. Stężenia azotanów w wodach gruntowych wahają się od 11,4 do 167,0 mg NO₃/l. Zawartość siarczanów w omawianych wodach waha się od 5,47 do 107,0 mg SO₄/l. W obszarze zlewni górnej Liswarty podwyższone stężenia azotanów, siarczanów oraz niekiedy chlorków mają pochodzenie antropogeniczne. Artykuł przedstawia wyniki powyższych badań.

Słowa kluczowe: jakość wód, azotany, zanieczyszczenie, zagrożenie, zlewnia górnej Liswarty.

Abstract. The study concerns groundwater of the Quaternary aquifer in the area of the upper Liswarta river basin. The Quaternary deposits cover the area of the central and western part of this basin, mostly in the river valleys. The detailed study was performed in 2001–2003 years. The concentrations of nitrates range from 11.4 to 167.0 mg NO₃/l. The content of sulphate ranges from 5.47 to 107.00 mg SO₄/l. In the area of the upper Liswarta river basin elevated concentration of nitrates, sulfates and sometimes chlorides of the anthropogenic origin. This paper presents the results of these studies.

Key words: quality of groundwater, nitrates, contamination, endangering, upper Liswarta river basin.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

Obszar badań prawie w całości położony jest na terenie województwa śląskiego. Powierzchnia badanej zlewni wynosi około 600 km². Szczegółowe badania chemizmu wód podziemnych, wraz z pomiarami polowymi, prowadzono w latach 2001–2003.

W opisywanym obszarze badań występują trzy piętra wodonośne: czwartorzędowe, jurajskie oraz triasowe. Badaniemi objęto wody podziemne z utworów czwartorzędowych. W dolinach rzeki Liswarty oraz potoku Jeżowskiego, poziom

wodonośny w utworach czwartorzędowych tworzą piaski i żwiry rzeczne, a na pozostałym obszarze wody podziemne występują w piaskach, żwirach i mułkach tarasów kemowych. Osady czwartorzędowe stanowią zwartą pokrywę w centralnej i zachodniej części omawianej zlewni, a zwłaszcza w obniżeniach dolin rzecznych. Chemizm wód gruntowych, ze szczególnym uwzględnieniem zawartości azotanów w tych wodach, badano w dwóch wytypowanych poligonach badawczych. Jeden z nich zlokalizowano w obrębie pól uprawnych,

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec; e-mail: martyna.guzik@pgi.gov.pl

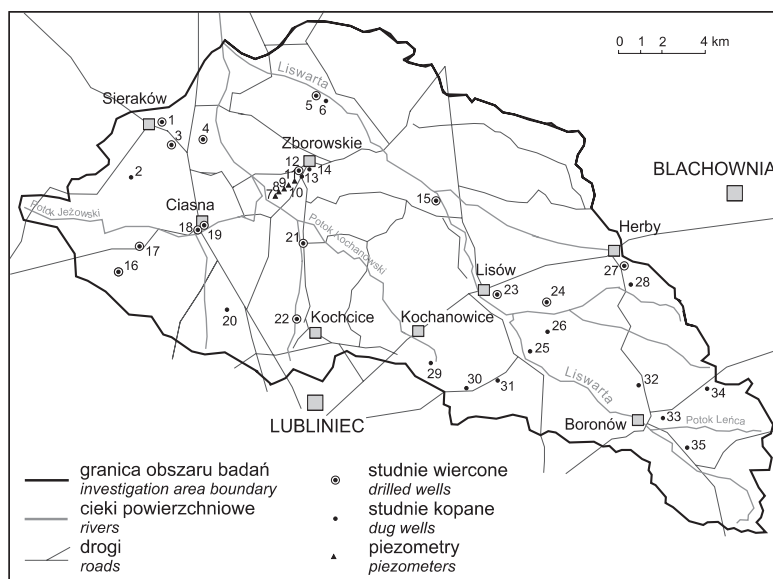


Fig. 1. Mapa dokumentacyjna zlewni górnej Liswarty

Location map of the upper Liswarta River basin

w rejonie miejscowości Zborowskie Dolne. W ciągu poligonomowym umieszczono dwie studnie gospodarskie ujmujące płytkie wody podziemne, jedną studnię wierconą oraz pięć piezometrów badawczych, z czego cztery odwiercono na gruntach intensywnie uprawianych. Są to piezometry P-1, P-2, P-3, P-4. Jedynie piezometr P-5 odwiercono w lesie. Głębokość piezometrów wahała się od 3,5 do 4,5 m. Piezometry zostały zlokalizowane na kierunku przepływu wód gruntowych w zlewni Potoku Jeżowskiego (Młynówki). Lokalizację tych punktów badawczych przedstawiono na mapie dokumentacyjnej (fig. 1) i oznaczono numerami: 7, 8, 9, 10, 11.

Drugi poligon badawczy składał się ze studzien kopanych. Głębokości studzien wahały się od 2,3 m do 5,9 m. Studnie są zlokalizowane na terenach obejmujących obszary rolne, tereny zabudowy wiejskiej oraz rejon lokalnych ognisk zanie-

czyszczeń, zwłaszcza wysypisk komunalnych. Studnie kopane znajdują się w miejscowościach: Harbułtowice, Droniowice, Mochała, Kierzki oraz Kalina, które mają charakter rolniczy i nie są skanalizowane. Punkty te oznaczono na mapie dokumentacyjnej (fig. 1), numerami: 25, 26, 28, 30, 31. Ponadto, analizie poddano także wyniki badań laboratoryjnych próbek wód podziemnych pochodzących ze studzien wierconych. Analizy laboratoryjne pochodziły z lat 1999–2003. Głębokość studzien wierconych waha się od 21,5 do 65,0 m. Średnia głębokość studni wynosi 32,8 m. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter swobodny lub lekko napięty. Czas przesączania wód z powierzchni, do omawianej warstwy wodonośnej, zwykle nie przekracza 5 lat (Guzik, 2007). Punkty te oznaczono na mapie dokumentacyjnej (fig. 1), numerami: 1, 3, 4, 5, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 27.

METODYKA I ZAKRES BADAŃ

W ramach badań polowych pomierzono: odczyn pH, przewodność elektrolityczną właściwą, potencjał utleniająco-redukcyjny, temperaturę oraz oznaczono zawartość związków azotu w postaci azotanów i azotynów. Do pomiaru pH w terenie użyto pehametru mikrokomputerowego, SP-300 firmy Slandii oraz sondy pH/T30 Win Lab zespolonej z czujnikiem temperatury. Pomiaru dokonano z dokładnością do 0,01. Potencjał utleniająco-redukcyjny Eh, mierzono za pomocą pehametru oraz elektrody zespolonej typu ERPt-13. W celu wyeliminowania dostępu powietrza pomiary polowe wykonano przy użyciu komory przepływowej firmy Ejkelkamp. Pomiaru Eh dokonano w niektórych studniach kopanych oraz piezometrach badawczych zlokalizowanych w obszarach intensywnych

upraw z dokładnością 1mV. Pomiar przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) wykonano bezpośrednio w terenie przy użyciu konduktometru SC-300 oraz sondy konduktometrycznej WinLab, firmy Slandii. Pomiar PEW wykonano z dokładnością do 1 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Temperatura wód podziemnych, została pomierzona w terenie przy użyciu sondy pH/T30 WinLab zespolonej z czujnikiem temperatury, z dokładnością do 0,1°C.

Do oznaczania azotynów oraz azotanów w terenie zastosowano polowy zestaw odczynników ze skalą barwną, firmy Riedel-de Haen. Zawartość azotynów oznaczono z dokładnością do 0,001 mg/dm^3 , zaś zawartość azotanów z dokładnością do 1 mg/dm^3 . Analizy laboratoryjne zostały wykonane w zakresie przewidzianym dla wód do picia.

OCENA CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH

W obszarze zlewni górnej Liswarty, chemizm wód podziemnych kształtują czynniki naturalne oraz czynniki antropogeniczne. Główny wpływ na chemizm wód podziemnych ma litologia utworów strefy aeracji i saturacji oraz zróżnicowane warunki redoks w zasięgu krążenia wód. W zakresie czynników antropogenicznych, główną przyczyną zanieczyszczeń wód jest uwolnienie i migracja azotanów z powierzchniowych ognisk zanieczyszczeń do wód podziemnych. Główne czynniki zanieczyszczające wody podziemne

są związane z uprawą i nawożeniem gleb oraz hodowlą zwierząt, a także działalnością socjalno-bytową w obrębie obszarów wiejskich. Ważnym czynnikiem są także przemiany hydrogeochemiczne w warunkach poboru wód. Dotyczy to zwłaszcza procesów mineralizacji substancji organicznych oraz procesów nityfikacji występujących w warunkach utleniających. Podstawowe parametry fizyczno-chemiczne płytkich wód podziemnych z lat 2001–2003 przedstawiono w tabelach 1, 2, 3.

Tabela 1

Podstawowe parametry fizyczno-chemiczne wód podziemnych z wybranych studzien kopanych

Principal physical and chemical parameters of groundwater in selected dug wells

Numer punktu	Miejscowość i nazwa	PEW [μS/cm]	pH [1]	Eh [mV]	Na [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	Mn [mg/l]	Cl [mg/l]	SO ₄ [mg/l]	HCO ₃ [mg/l]	NO ₃ [mg/l]
25	Mochała S-4	528	5,90	350	19,9	53,2	9,9	0,165	27,9	77,1	11,2	124,0
26	Kierzki S-5	229	6,50	385	3,1	29,0	3,8	0,020	3,7	23,2	51,0	28,2
28	Kalina S-6	518	7,05	336	22,5	65,1	9,4	0,000	15,1	83,7	129,0	50,1
30	Harbutowice S-2	510	6,12	368	7,7	56,4	9,1	0,003	19,7	93,0	29,0	82,1
31	Droniowice S-3	888	6,27	390	38,4	72,2	10,9	0,437	57,1	83,7	157,0	139,0
13	Zborowskie S-4	488	6,02	477	42,9	33,2	6,0	0,592	28,8	78,3	13,0	88,3
14	Zborowskie S-3	594	6,14	306	14,9	68,6	12,5	0,029	31,1	66,7	17,0	167,0

Tabela 2

Podstawowe parametry fizyczno-chemiczne wód podziemnych z wybranych piezometrów

Principal physical and chemical parameters of groundwater in selected piezometers

Numer punktu	Miejscowość i nazwa	PEW [μS/cm]	pH [1]	Eh [mV]	Na [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	Mn [mg/l]	Cl [mg/l]	SO ₄ [mg/l]	HCO ₃ [mg/l]	NO ₃ [mg/l]
7	Zborowskie P-5	142	5,85	230	2,2	13,8	1,2	0,096	5,4	20,3	17,0	11,4
8	Zborowskie P-4	253	5,44	430	1,5	22,2	5,0	0,075	5,0	28,1	53,0	72,4
9	Zborowskie P-3	424	6,50	326	12,0	56,7	5,8	0,007	29,8	52,0	26,0	78,4
10	Zborowskie P-2	371	6,38	385	4,4	44,8	7,5	0,163	11,8	49,9	12,7	98,1
11	Zborowskie P-1	298	5,96	410	1,6	35,7	6,3	0,120	9,6	29,2	8,4	86,5

Tabela 3

Podstawowe parametry fizyczno-chemiczne wód podziemnych z wybranych studzien wierconych

Principal physical and chemical parameters of groundwater in selected drilled wells

Numer punktu	Miejscowość i nazwa	PEW [μS/cm]	pH [1]	Na [mg/l]	Ca [mg/l]	Mg [mg/l]	Mn [mg/l]	Cl [mg/l]	SO ₄ [mg/l]	HCO ₃ [mg/l]	NO ₃ [mg/l]
1	EKO-SAN Sieraków	845	8,00	4,7	64,1	6,4	0,200	25,0	54,0	115,9	0,0
3	SKR Sieraków	767	7,00	13,4	103,0	4,37	0,000	31,8	70,1	170,0	65,1
12	Szkoła Zborowskie	375	5,54	18,0	38,9	7,3	0,040	22,3	80,9	12,7	38,4
17	EKO-SAN Dzielna	368	7,51	5,4	51,8	8,0	0,313	19,6	29,4	143,0	7,12
19	Kospan Ciasna	807	6,96	14,4	123,6	11,1	0,078	58,2	83,2	195,0	60,8
22	EKO- SAN Kochcice	767	6,80	9,45	140,0	26,5	0,000	41,6	107,0	335,59	28,91
23	Zak. Prefabr. Lisów	154	6,94	2,1	21,3	4,0	0,004	7,13	5,47	29,0	64,4

W badanych wodach zaznacza się obecność podwyższonych stężeń azotanów, siarczanów i niekiedy chlorków, które są wskaźnikiem antropogenicznych zanieczyszczeń. Stężenia azotanów w płytkich wodach podziemnych, ujętych studniami kopanymi i piezometrami wahają się w granicach od 28,2 do 167,0 mgNO₃/l, a w studniach wierconych od 0,0 do 65,1 mgNO₃/l. Wcześniejsze badania, prowadzone na tym terenie od 1999 r., wykazały, że stężenia azotanów w wodach podziemnych sięgały 189 mgNO₃/l, a zawartość siarczanów w omawianych wodach wahała się od 5,47 do 178,0 mgSO₄/l. (Guzik, 2008).

Wyniki badań prowadzonych w latach 1999–2005 udokumentowały, że wody podziemne w tym rejonie są na ogół: trzy-, cztero- lub pięciodonowe. Są to najczęściej wody typu: HCO₃-Ca-Mg, HCO₃-SO₄-Ca-Na, HCO₃-Cl-SO₄-Ca-Na. (Guzik, 2008). Typ chemiczny wód określono na podstawie klasyfikacji Szczukariewa-Prikłonskiego. Zgodnie z tą klasyfikacją uwzględniono obecność w wodzie wszystkich jonów, które występują w ilościach przekraczających 20% mval ogólnej ich zawartości w wodzie. Oceny chemizmu dokonano na podstawie wyników 44 zweryfikowanych analiz chemicznych. Uwzględniono tylko te wyniki, w których błąd analizy był mniejszy niż 5%.

Wody piętra czwartorzędowego charakteryzują się zróżnicowanym składem chemicznym oraz zmiennymi właściwościami fizycznymi. Zmienność tę należy przypisać dużej podatności na zanieczyszczenia wód gruntowych w warstwach czwartorzędowych.

Chemizm wód piętra czwartorzędowego przedstawiono na wykresach radialnych, które sporządzono dla trzech grup otworów badawczych. Podstawowym kryterium podziału była głębokość poboru próbki wód oraz rodzaj zagospodarowania terenu.

Wykresy (fig. 2), sporządzono na podstawie wyników analiz chemicznych wód pochodzących z piezometrów zlokalizowanych na terenie pól uprawnych, intensywnie nawożonych. Pokazują one wyraźną tendencję chemizmu wód

do zmian antropogenicznych. Jonem dominującym jest jon NO₃⁻, a także podwyższone w stosunku do wód naturalnych stężenia siarczanów oraz chlorków. W omawianym rejonie badań, tło dla azotanów, w zależności od charakteru zagospodarowania terenu, mieści się w szerokich granicach od 5 do 120 mg NO₃/l. (Guzik, 2007). Tło współczesne jest znacznie zmienione w stosunku do tła pierwotnego, zwłaszcza dla wód gruntowych. Naturalne tło hydrogeochemiczne dla azotanów, wg Witczaka i Adamczyka (1995), waha się od 0,0 do 1,0 mg NO₃/l. Obecność jonu azotanowego w wodach podziemnych w ilości, która powoduje, że staje się on jonem głównym, świadczy o zmienionym chemizmie pod wpływem działalności antropogenicznej. Jakość tych wód nie jest reprezentatywna dla całej warstwy wodonośnej, ale świadczy o realnym zagrożeniu jakości głębszych wód podziemnych. Długotrwałe wymywanie azotanów z gleby do wód podziemnych jest przyczyną postępującej degradacji ich jakości.

Na figurze 3 przedstawiono wykresy chemizmu typowego dla wód pochodzących ze studzien kopanych, zlokalizowanych na terenach o zróżnicowanym zagospodarowaniu terenu. Pod względem chemicznym wody te są znacznie zmienione antropogenicznie, a wykresy są bardziej zróżnicowane, w zależności od tego jaki rodzaj ogniska zanieczyszczeń oddziałuje na wody gruntowe w studniach gospodarskich. Przyczyną zanieczyszczenia wód w obszarach wiejskich są najczęściej źle zabezpieczone gnojowiska, ścieki pochodzenia rolniczego oraz obecność na terenie gospodarstw szamb, często nieszczelnych i w złym stanie technicznym. Wody gruntowe na terenach wiejskich mają najczęściej charakter wód wielojonowych, gdzie jonami dominującymi są zarówno jony azotanowe, jak i siarczany czy chlorki. Wielojonowość wód, czyli występowanie klas wód pięcio-, a nawet sześcioponowych, w naszych warunkach klimatycznych, świadczy na ogół o zakłóceniu naturalnych czynników kształtujących chemizm wód (Macioszczyk, Witczak, 1999). Zakłócenia takie są najczęściej związane z antropopresją.

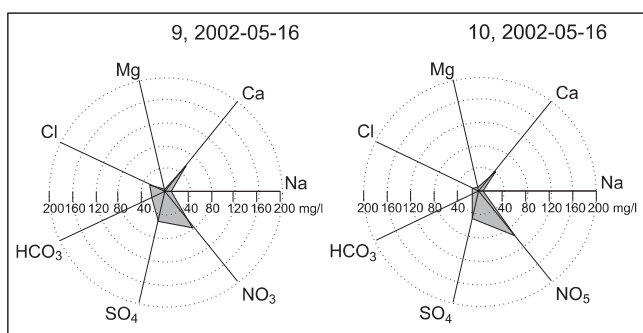


Fig. 2. Chemizm wód podziemnych z wybranych piezometrów

9, 10 – numery punktów jak na fig. 1, data analizy

Chemical composition of groundwater in selected piezometers

9, 10 – stations ID according to Fig. 1, sampling date

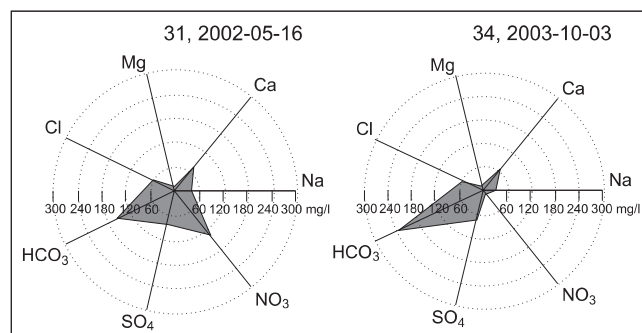


Fig. 3. Chemizm wód podziemnych z wybranych studzien kopanych

31, 34 – numery punktów jak na fig. 1, data analizy

Chemical composition of groundwater in dug wells

31, 34 – stations ID according to Fig. 1, sampling date

Kolejne wykresy (fig. 4) obrazują chemizm wód głębszego poziomu wodonośnego. Próbkę wód pochodziły ze studzien wierconych. Na wykresach widać wyraźnie, że jony charakterystyczne dla zanieczyszczeń antropogenicznych nie są już jonami dominującymi. Pomimo, iż nadal zaznacza się obecność azotanów w wodach to wyraźnie widoczne są też dominujące stężenia jonów HCO_3^- oraz Ca^{2+} , które to jony są typowe dla wód o niezmiennych chemicznie.

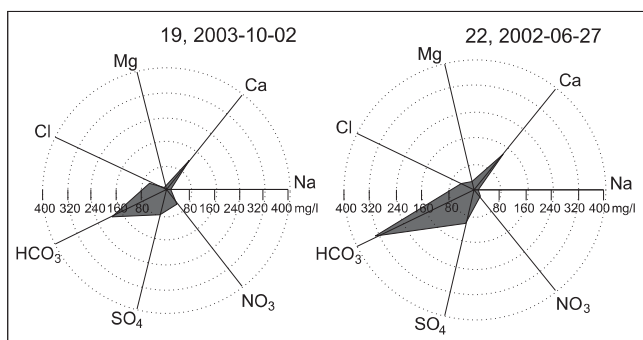


Fig. 4. Chemizm wód podziemnych z wybranych studzien wierconych

19, 22 – numery punktów jak na fig. 1, data analizy

Chemical composition of groundwater in drilled wells

19, 22 – stations ID according to Fig. 1, sampling date

Na podstawie jednoczasowych wyników analiz wód podziemnych pochodzących z badań prowadzonych przez autorkę w maju 2002 r., w obszarze badań, sporządzono mapę stężeń azotanów w tych wodach (fig. 5).

Zakresy stężeń przedstawione na mapie są zgodne z zaleceniami zawartymi w wytycznych przygotowanych przez Komisję Europejską oraz Generalną Dyrekcję ds. Środowiska (2000). Zaleca się stosowanie czterech klas stężeń azotanów: <25 mg/l, 25–40 mg/l, 40–50 mg/l i >50 mg/l. (Guzik, 2005). Najwyższe stężenie azotanów daje się zauważyć w wodach gruntowych ze studzien kopanych. Również w wodach z piezometrów zlokalizowanych na terenie pól uprawnych, stężenia azotanów znacznie przekraczają stężenia podane w obowiązującym Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 r., tj. 50 mg NO_3

Mozaikowa zmienność dobrze migrujących w wodach jonów NO_3^- , może być jednym z przejawów zmian antropogenicznych o zasięgu obszarowym. Taki rozkład stężeń azotanów w wodach podziemnych nie zawsze jest jednoznaczny z początkiem zmian antropogenicznych. Może on świadczyć także o lokalnym zanieczyszczeniu pojedynczych ujęć (Macioszczyk, Witczak, 1999). Zróznicowany rozkład stężeń azotanów w poszczególnych studniach i otworach badawczych, zwłaszcza na terenach wiejskich, należy wiązać z charakterem zagospodarowania terenu, co swoimi badaniami potwierdziły również Żurek (1995) oraz Kachnic (2001).

Ze względu na wielkość parametrów filtracji w ośrodkach porowych, każde zanieczyszczenie antropogeniczne może przyczynić się do szybkiej degradacji jakości wód podziemnych.

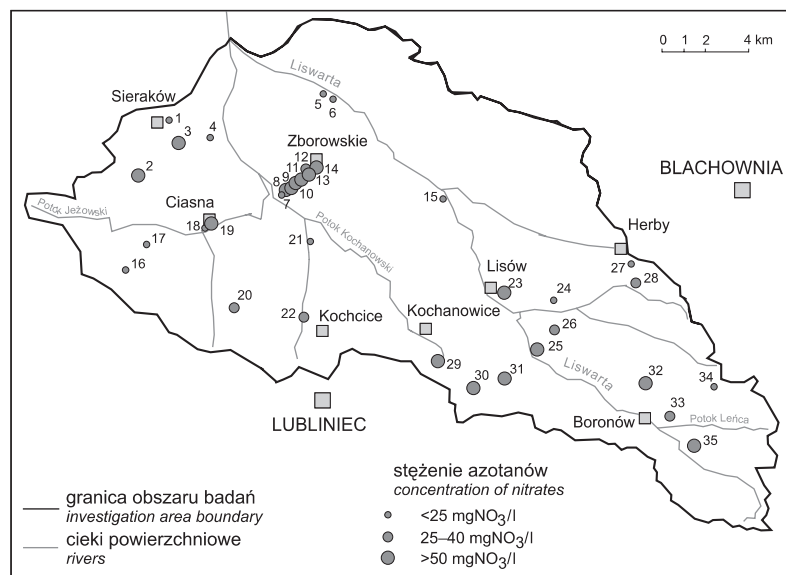


Fig. 5. Zawartość azotanów w wodach podziemnych

Contamination of nitrates in groundwater

PODSUMOWANIE

Badania prowadzono w obszarach o zróżnicowanym zagospodarowaniu terenu. Poligony badawcze były zlokalizowane w obszarze upraw rolnych, a także w terenach zabudowy wiejskiej.

Wyniki badań wykazały obecność podwyższonych stężeń azotanów, siarczanów i niekiedy chlorków. Wszystkie te wskaźniki świadczą o antropogenicznym pochodzeniu zanieczyszczeń. Stężenia azotanów w wodach gruntowych wahają się od 11,4 do 167,0 mg NO₃/l. Również w głębszych poziomach czwartorzędowych, ujętych studniami wierconymi, stwierdzone stężenia azotanów wahają się od 0,0 do 65,1 mg NO₃/l. Zawartość siarczanów w omawianych wodach waha się od 5,47 do 107,0 mg SO₄/l.

Duża ilość stosowanych w rolnictwie nawozów sztucznych jest przyczyną wielu zmian w ekosystemach wodnych. Wymywanie zanieczyszczeń z obszarów upraw rolnych jest głównym źródłem obecności azotanów w wodach podziemnych. Intensywne rolnictwo w obrębie omawianej zlewni Liswarty stwarza wysokie zagrożenie wymywania azotanów do wód gruntowych i jest w znacznym stopniu odpowiedzialne za postępującą degradację jakości wód podziemnych na omawianym terenie. Drugą równie ważną przyczyną zanieczyszczenia wód azotanami jest przedostawanie się ścieków bytowych oraz hodowlanych do wód podziemnych.

LITERATURA

- GUZIK M., 2005 – Zalecenia Unii Europejskiej w sprawie monitorowania oraz raportowania danych dla Komisji Europejskiej w związku z wdrażaniem Dyrektywy 91/676/EWG. *W: Współczesne Problemy Hydrogeologii*, t. XII: 255–259. Toruń.
- GUZIK M., 2007 – Geneza i stan zanieczyszczenia wód podziemnych azotanami w zlewni górnej Liswarty. Praca doktorska, Centr. Arch. Geol. Państw. Inst. Geol., Sosnowiec.
- GUZIK M., 2008 – Azotany w wodach podziemnych zlewni górnej Liswarty, *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **432**: 55–70.
- KACHNIC J., 2001 – Zanieczyszczenia wód podziemnych w wybranym obszarze Borów Tucholskich. *Prz. Geol.*, **49**, 2: 149–152.
- KOMISJA EUROPEJSKA I GENERALNA DYREKCJĘ DS. ŚRODOWISKA, 2000 – Wytoczne do opracowania sprawozdań przez państwa członkowskie (Przewodnik).
- MACIOSZCZYK A., WITCZAK S., 1999 – Współczesne problemy Hydrogeochemii. *W: Biul. Państw. Inst. Geol.*, **388**.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 19 listopada 2002 r. W sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Nr 203 poz. 12668 z dnia 5 grudnia 2002 r.).
- WITCZAK S., ADAMCZYK A., 1994, 1995 – Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Tom I i II. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Wyd. PIOŚ. Warszawa.
- ŻUREK A., 1995 – Kształtowanie się jakości wody w dużym zbiorniku wód podziemnych w warunkach intensywnej eksploatacji. Praca doktorska. Arch. AGH. Kraków.

SUMMARY

The investigation were conducted in the areas of different land use. The polygons were located in the areas of the agricultural activities and in the urban areas.

The results show high concentrations of nitrates, sulphates and chlorides, all of them of anthropogenic origin. The concentrations of nitrates range from 11.4 to 167.0 mg NO₃/l.

In the deeper levels of the Quaternary aquifer the concentration of nitrate range from 0.0–65.0 mg NO₃/l. The content of

sulphate ranges from 5.47 to 107.0 mg/l. The big amount of fertilizer used is the main source of the changes in the aquatic systems. The leaching of the pollutants from the agricultural areas is the major source of the nitrates in groundwater. The intense agricultural practices are responsible for the progressive degradation of groundwater quality in this area. The second source of the nitrate pollution is leaching from the urban sewage systems and septic tanks and from the manure.