

## Zanieczyszczenia wód podziemnych w wybranym obszarze Borów Tucholskich

Jolanta Kachnic\*

*Praca dotyczy warunków hydrogeochemicznych wschodniej części Borów Tucholskich. Analizowano poziom wód w piaskach sandrowych, który jest bardzo podatny na zanieczyszczenia z powierzchni terenu. Wykonane opróbowanie tego poziomu pozwoliło określić zakres naturalnego tła hydrogeochemicznego i zlokalizować obszary występowania anomalii. Wykonano 83 analizy próbek wody, w których oznaczano: pH, elektrolityczne przewodnictwo właściwe, chlorki, siarczany, fosforany, azotany, jony amonowe. Stwierdzono wpływ antropopresji na zanieczyszczenie wód w rejonach zagęszczonej zabudowy wiejskiej. Próbki wód pobrane ze źródeł z dala od gospodarstw wiejskich potwierdzają przypuszczenia o lokalnym wpływie tych ognisk zanieczyszczeń. Również wyniki analiz próbek wód powierzchniowych pokazały, że badane wskaźniki zanieczyszczeń mieszczą się w zakresie tła dla wód podziemnych. Ogólnie stan jakości wód podziemnych w analizowanym rejonie ocenia się jako dobry.*

**Słowa kluczowe:** zanieczyszczenie wód podziemnych, anomalie hydrogeochemiczne, tło hydrogeochemiczne, elektrody jonoselektywne

Jolanta Kachnic — **Pollution of groundwater in the selected area of the Tucholskie Forest (northern Poland)**, Prz. Geol., 49: 148–152.

*S u m m a r y.* This paper presents the problems of hydrochemical conditions of the Tucholskie Forest. The sander aquifer, which is very liable to pollution, was the main object of the investigations. Hydrogeological sampling allowed to recognize natural hydrochemical background and to find the areas of hydrochemical anomalies. Eighty-three analyses of water samples including hydrochemical parameters, i.e. pH, conductivity, chlorides, sulfates, phosphates, nitrate nitrogen and ammonia nitrogen, were performed. An influence of anthropogenic pollution in rural areas was noted. The extent of pollution was limited. The samples of water taken from rivers showed that most of analyzed parameters are in the range of hydrochemical background. In general, the quality of groundwater in the investigated area is rather good.

**Key words:** water pollution, hydrochemical anomaly, hydrochemical background, ionselective electrode

Obszar badań jest zlokalizowany w południowo-wschodniej części Borów Tucholskich w północnej części Wdeciego Parku Krajobrazowego i obszarze do niego przyległym.

Celem badań było rozpoznanie stanu jakości wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego, wyznaczenie tła hydrochemicznego dla wybranych wskaźników oraz zlokalizowanie miejsc występowania zanieczyszczeń. Pomocniczo określono wartości tych wskaźników w ciekach oraz wodzie opadowej. Analizowano głównie zmiany składu wód wywołane czynnikami antropogenicznymi. Badania sfinansowano ze środków grantu KBN 6P04D04016 realizowanego w okresie IV.1999–V.2000 oraz badań własnych UMK.

Wybrany do badań obszar prawie w całości znajduje się w zlewni Wdy (ryc. 1), a niewielki fragment w okolicach miejscowości Przewodnik w zlewni Maławy, będącej lewobrzeżnym dopływem Wisły. Głównym ciekim jest Wda oraz jej dopływy: Brzeżanek, Święta Struga, Sobińska Struga i Kałębnica. Święta Struga łączy rynny jezior: Ocypel, Firek, Długie i Babskie. We wschodniej części obszaru znajdują się jeziora: Kałębie, Słone i Wstążki, które Kałębnicą prowadzą wody do Wdy.

Zasadnicza jednostka geomorfologiczna, na której terenie prowadzono badania to sandr Wdy, ograniczony od wschodu wysoczyzną Pojezierza Starogardzkiego. Teren w obszarze sandru lekko obniża się w kierunku południowym od rzędnych powyżej 100 do dziewięćdziesięciu kilku metrów n.p.m.

### Szkic budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych

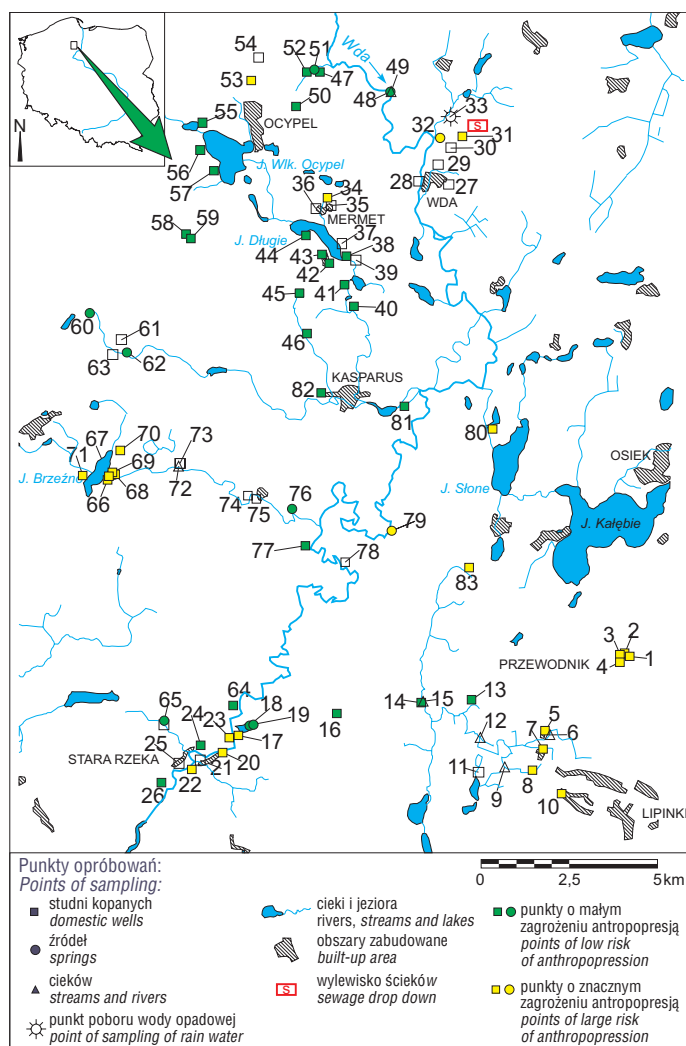
Charakteryzowany rejon znajduje się na obszarze synklinorium brzeźnego. Najstarsze osady, tj. mułki kredy górnej rozpoznano w Kasparusie na głębokości 153 m. Osady trzeciorzędowe są wykształcone jako ily, mułki i piaski. Wodonośność tych osadów nie została zbadana. Czwartorzęd jest zbudowany z naprzemianległych warstw glin zwałowych o miąższości dochodzącej do 35 m i osadów piaszczysto-żwirowych (Makowska, 1972). Poziomami wodonośnymi będącymi podstawowym źródłem zaopatrzenia w wodę są dwa pierwsze od powierzchni terenu poziomy zawodnionych piasków i żwirów. Miąższość tych poziomów wynosi od kilku do ponad 20 m. Płycej występujący, swobodny poziom wodonośny jest wykształcony w piaskach sandrowych i jest ujmowany głównie przez indywidualnych użytkowników na ogół studniami kopanymi i abisynkami. Zwierciadło wody tego poziomu występuje na wysokości od ponad 70 do nieco powyżej 90 m n.p.m. w dolinie Wdy, w południowej części obszaru. Przepływ wód podziemnych odbywa się w kierunku Wdy i jej dopływów (Grdeń & Nikadon, 1998).

Głębszy, naporowo-swobodny, międzymorenowy poziom wodonośny nie był przedmiotem badań, z powodu małej ilości ujęć eksploatujących ten poziom.

### Metodyka badań

Serię opróbowania wykonano w dniach 27.09 do 7.10. 1999 r. Ogółem pobrano 83 próbki wód z abisynek, studni kopanych, źródeł, cieków i próbkę wody deszczowej (ryc. 1). Próbki wód pobrano ze studni czynnych, w celu uniknięcia długotrwałego odpompowywania. Na miejscu wykonywano oznaczenia pH, temperatury i elektrolitycz-

\*Uniwersytet M. Kopernika, Instytut Geografii, Zakład Geologii i Hydrogeologii, ul. Sienkiewicza 4, 87-100 Toruń; grden@cc.uni.torun.pl



Ryc. 1. Mapa dokumentacyjna  
Fig. 1. Location map

twory wzorcowe  $\text{NH}_4\text{Cl}$  o stężeniach 0,05 M; 0,01 M; 0,001 M; 10–4 M;  $5 \cdot 10^{-5}$  M; 10–5 M i  $5 \cdot 10^{-6}$  M z dodatkiem 10 ml roztworu stabilizującego siły jonowej (ISAB). Jako roztworu stabilizującego użyto czterowodnego octanu magnezu z dodatkiem kwasu octowego. Roztworem wypełniającym do elektrody odniesienia był 0,1 M  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Mg}$ . Po przygotowaniu elektrod do pomiarów wykonano pomiary potencjału za pomocą wielofunkcyjnego przyrządu pomiarowego CX-742. Wyniki pomiarów wykonanych w kolejności od najmniejszych do największych stężeń przedstawiono na (ryc. 2). Oddzielnie dla większych ( $>5 \cdot 10^{-5}$  M; ryc. 2) i mniejszych stężeń roztworu wzorcowego obliczono równanie prostej regresji. Mając krzywą wzorcową wykonywano pomiary potencjału w próbkach przygotowanych analogicznie jak roztwory wzorcowe, tj. z dodatkiem tej samej ilości ISAB, a następnie z równania krzywej obliczano stężenie jonów  $\text{NH}_4^+$  w próbkach.

Oprócz wyżej opisanej metody krzywej wzorcowej zastosowano także metodę dodatku wzorca przy znanym nachyleniu charakterystyki elektrody (*ibidem*). W metodzie tej dokonuje się pomiaru analogicznie jak w metodzie krzywej wzorcowej, po czym do próbki dodaje się niewielką ( $<1$  ml) objętość roztworu wzorcowego, tak by nastąpiła zmiana potencjału o 20–30 mV. Na podstawie zmiany potencjału oblicza się stężenie badanego jonu według wzoru:

$$C_x = C_{wz} \frac{V_{wz}}{V_p + V_{wz}} \left[ 10^{\Delta E/S} - \frac{V_p + V_{wz}}{V_p} \right]^{-1}$$

gdzie:

$C_x$  — nieznanne stężenie jonu w próbce, [M],  
 $C_{wz}$  — stężenie jonu w roztworze wzorcowym, [M],  
 $V_p$  — objętość próbki, [ $\text{cm}^3$ ],  
 $V_{wz}$  — dodana objętość wzorca, [ $\text{cm}^3$ ],  
 $\Delta E$  — zmiana potencjału po dodaniu wzorca, [mV],  
 $S$  — nachylenie charakterystyki, mV/dekadę zmiany stężenia.

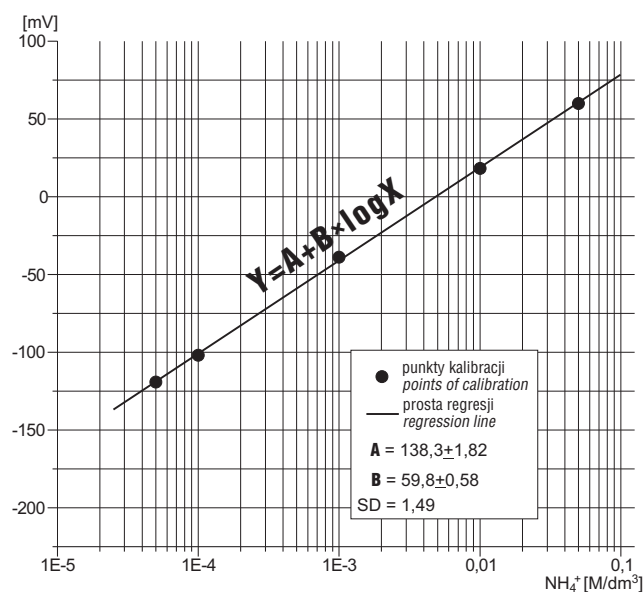
nego przewodnictwa właściwego. Badania laboratoryjne przeprowadzono w Zakładzie Geologii i Hydrogeologii UMK w Toruniu, wykorzystując wielofunkcyjny przyrząd pomiarowy CX-742 firmy Elmetron oraz fotometr MPM-3000 firmy WTW. Oznaczeń jonów  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  dokonano przy użyciu elektrod jonoselektywnych firmy Orion i Elmetron. Zawartość siarczanów określono natomiast fotometrycznie, przy użyciu testów fiolkowych firmy „Merc”. Oznaczenia fosforanów zostały wykonane metodą miareczkową.

Przy pomiarach elektrodami jonoselektywnymi stosowano metodę krzywej wzorcowej, a dla sprawdzenia metodą dodatku wzorca i znanego nachylenia krzywej oraz metodą dwukrotnego dodatku wzorca, zgodnie z *Metodyką analizy wód naturalnych...* opracowaną przez Polakiewicza (1999). Poniżej scharakteryzowano pokrótce metodykę oznaczeń jonów amonowych dwiema z wymienionych metod.

W celu kalibracji elektrody jonoselektywnej  $\text{NH}_4^+$  przygotowano metodą kolejnych rozcieńczeń roz-

Tab. 1. Tło hydrogeochemiczne wód podziemnych (liczba próbek  $n = 76$ )

Wskaźnik	Jednostka	Min	Max	Tło hydrogeochemiczne	Stężenie w wodzie deszczowej
pH		6,2	7,6	6,8 7,6	5,63
elektr. przew. wł.	mS/dm <sup>3</sup>	0,3	1,4	0,25–0,6	0,000014
chlorki	mg/dm <sup>3</sup>	2,4	107,6	2,4–2,0	1
azotany	mgN/dm <sup>3</sup>	nw	62,1	nw–6	0,8
jony amonowe	mgN/dm <sup>3</sup>	0,01	5,3	0,01–0,8	0,03
siarczany	mg/dm <sup>3</sup>	1	169	1–65	3
fosforany	mg/dm <sup>3</sup>	nw	12,4	0,01–0,8	0,05



Ryc. 2. Krzywa kalibracyjna elektrody jonoselektywnej  $\text{NH}_4^+$  przy dodatku 10 ml ISAB

Fig. 2. Calibration curve for  $\text{NH}_4^+$  ionselective electrode with addition of 10 ml ISAB

Końcowy wynik powinien dodatkowo uwzględnić rozcieńczenie próby dodatkiem buforu siły jonowej, którego nie uwzględnia powyższy wzór (*ibidem*).

### Potencjalne ogniska zanieczyszczeń

Rejon badań znajduje się w obszarze Borów Tucholskich jest więc obszarem pozbawionym zabudowy miejskiej. Największe miejscowości w wybranym rejonie to Ocypel i Osiek, natomiast w większości zabudowa jest rozproszona. Nie występują tu ośrodki przemysłowe. Potencjalnymi ogniskami zanieczyszczeń są gospodarstwa wiejskie pozbawione kanalizacji.

W rejonie miejscowości Wda znajduje się nieczynne obecnie gminne wylewisko ścieków. Zlokalizowano je w wyrobisku po piaskach, bez zabezpieczenia podłoża od przenikania ścieków do wód podziemnych. Z uwagi na przepuszczalne podłoże wylewiska i wieloletnią jego eksploatację przypuszcza się znaczną degradację naturalnego otoczenia tego obiektu.

### Wyniki badań

Na podstawie wykonanych oznaczeń wybranych składników wód określono zakres tła hydrogeochemiczne-

go w wodach podziemnych (tab. 1). Tło wyznaczono metodą graficzną zgodnie z metodyką opracowaną przez Macioszczyk (1990). Wyznaczono miejsca występowania anomalii hydrogeochemicznych, które przedstawione zostały na ryc. 3 i 4.

Tło hydrogeochemiczne wyznaczone na podstawie badań przeprowadzonych w ramach projektu badawczego w 1999 r. ogólnie wykazuje zgodność z tłem wyznaczonym dla poziomu sandrowego w obszarze arkusza mapy hydrogeologicznej 1 : 50000 Osiek (Grdeń & Nikadon, 1997), którego obszar obejmuje większość analizowanego rejonu bez jego części południowej. Pewne niezgodności występujące głównie w górnym zakresie tła tłumaczy się stosunkowo niewielką liczbą próbek analizowanych na potrzeby mapy hydrogeologicznej (17 analiz).

Dla większości składników wyznaczone tło hydrogeochemiczne mieści się w zakresie wartości dopuszczalnych dla wód do picia, stąd wnioskowanie o dobrej jakości wód w rejonach gdzie parametry mieszczą się w zakresie tła.

Godnym zauważenia jest fakt występowania wartości anomalnych badanych składników w obszarach zabudowań gospodarstw wiejskich, natomiast w wodach pobranych ze źródeł (ogółem 10 próbek) wskaźniki hydrochemiczne nie przekraczają wartości tła. Jedynym wyjątkiem jest źródło zlokalizowane wśród zabudowań miejscowości Łuby, gdzie stwierdzono podwyższoną zawartość siarczanów:  $72 \text{ mg/dm}^3$ . Niewątpliwie fakt dobrej jakości wód ze źródeł wynika z lokalizacji większości źródeł w obszarze leśnym, w oddaleniu od potencjalnych ognisk zanieczyszczeń jakimi są gospodarstwa wiejskie i przyległe do nich pola uprawne. Dobra jakość wód ze źródeł świadczy o jakości wód podziemnych większości obszaru badań, będącego obszarem alimentacji źródeł. Również pobrane kontrolnie próbki wód powierzchniowych (tab. 2) pokazały, że badane wskaźniki nie przekraczają wartości tła dla wód podziemnych. Niewielka ilość użytków rolnych, z dominującym udziałem łąk ogranicza możliwość zanieczyszczenia wód na skutek nawożenia.

Obszary występowania dodatnich anomalii hydrogeochemicznych oznaczanych składników grupują się w rejonach miejscowości Lipinki, Brzeźno i Przewodnik, a poza tym są rozproszone podobnie jak zabudowa.

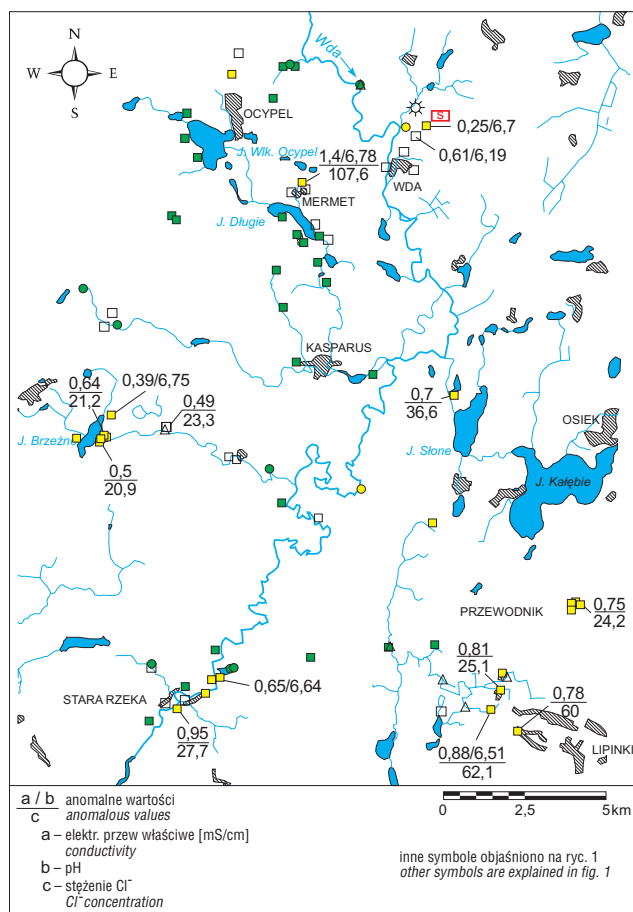
Przeprowadzone wstępne badania nie potwierdziły istnienia zanieczyszczenia wód podziemnych spowodowanego oddziaływaniem wylewiska ścieków we Wdzie. W zlokalizowanych w pobliżu wylewiska studniach nr 30 i 31 stwierdzono jedynie słabo kwaśny odczyn wód (pH odpowiednio 6, 19 i 6, 70), co może być wywołane czynnikami

naturalnymi (piaszczyste podłoże, iglasta szata roślinna). Prawdopodobnie punkty opróbowania są zbyt odległe od obiektu (270–670 m) i nie są usytuowane dokładnie na kierunku spływu wód z wylewiska. Udokumentowanie wpływu wylewiska wymagałoby konstrukcji sieci monitoringu.

Rozmieszczenie miejsc występowania anomalii w obszarze badań jest na ogół nieregularne i skokowe oraz wskazuje na lokalny charakter zanieczyszczeń wód podziemnych. Jedno-

Tab. 2. Zestawienie wyników oznaczeń dla wód powierzchniowych (liczba próbek  $n = 6$ )

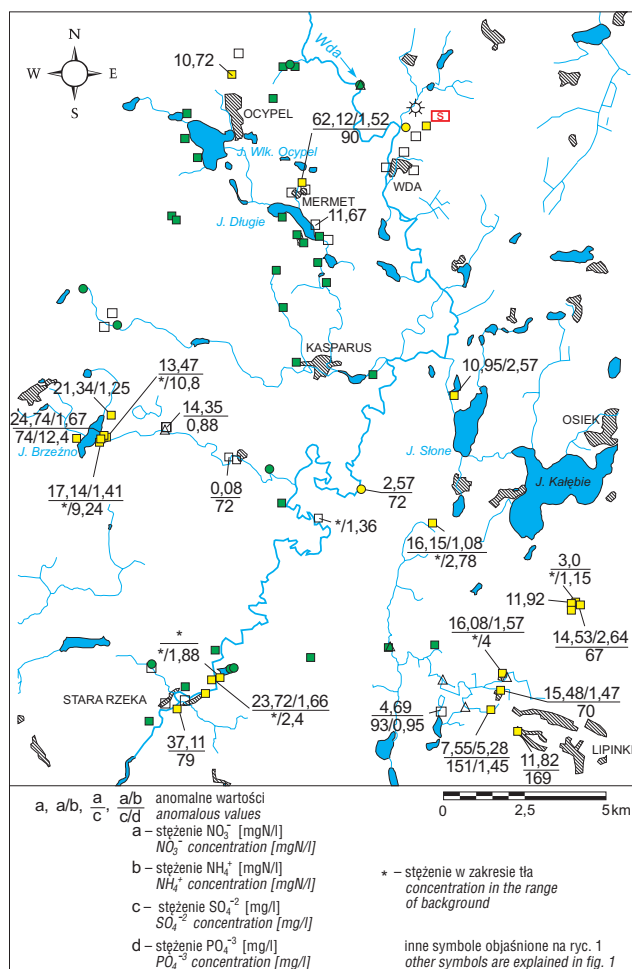
Wskaźnik	Jednostka	min.	max.	średnia geom.
pH	–	6,98	7,51	7,2
elektr. przew. wł.	$\text{mS/dm}^3$	0,32	0,45	0,38
chlorki	$\text{mg/dm}^3$	5,7	13,1	8,58
azotany	$\text{mgN/dm}^3$	nw.	0,55	0,07
jony amonowe	$\text{mgN/dm}^3$	0,02	0,13	0,05
siarczany	$\text{mgN/dm}^3$	10	65	32,28
fosforany	$\text{mgN/dm}^3$	0,15	0,78	0,29



**Ryc. 3.** Mapa anomalnych wartości elektrolitycznego przewodnictwa właściwego, pH i chlorków  
**Fig. 3** Map of anomalous values of electric conductivity, pH and chlorides

częście świadczy to o początkowym stadium przeobrażeń hydrogeochemicznych tego rejonu pod wpływem antropopresji (Macioszczyk & Witczak, 1999).

W obszarach zabudowań, pomimo wyboru do opróbowania studzien dobrze utrzymanych, często abisynek, zanieczyszczenia mogą występować w studniach i strefach przystudziennych, nie zaś mieć szersze rozprzestrzenienie w warstwie wodonośnej. W miejscowościach Brzeźno i Przewodnik zanieczyszczenie wód stwierdzono już w 1997 r., podczas wykonywania *Mapy hydrogeologicznej Polski* 1: 50 000 ark. Osiek. Powtórne opróbowanie ze zwiększeniem liczby próbek w tym rejonie pokazało, że zanieczyszczenie obejmuje większą część zabudowanego obszaru, np. w Przewodniku w trzech na cztery pobrane próbki, a w Brzeźnie w czterech na sześć próbek stwierdzono anomalne wartości badanych wskaźników (ryc. 3, 4). Wzrosły stężenia w studni nr 69, gdzie powtórzono badanie. W ciągu ostatnich dwóch lat zwiększyła się zawartość siarczanów z 43,7 do 74 mg/dm<sup>3</sup>, azot amonowy zwiększył

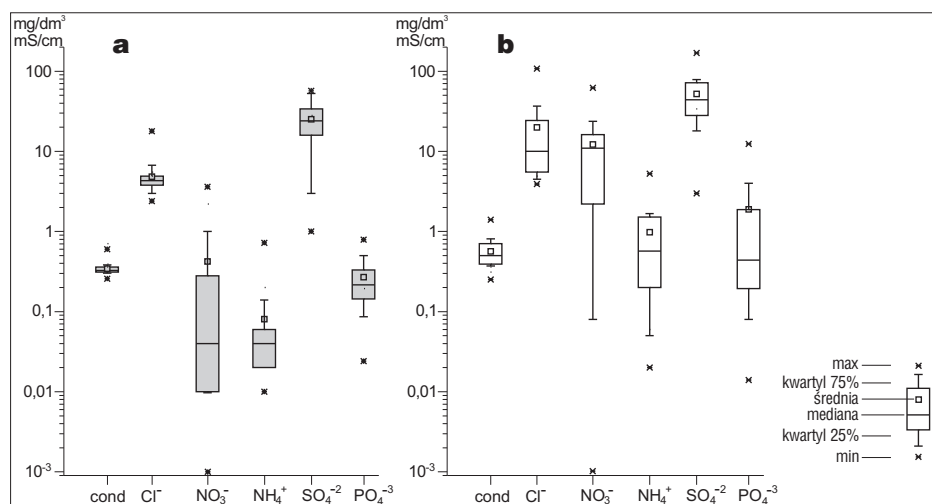


**Ryc. 4.** Mapa anomalnych wartości azotanów, jonów amonowych i fosforanów  
**Fig. 4.** Map of anomalous values of nitrates, ammonium and phosphates

zawartość z 0,1 do 1,67 mg/dm<sup>3</sup> a pozostałe składniki nieznacznie tylko zmieniły swoje stężenia. Częściowo różnice uzyskanych wyników można tłumaczyć naturalnymi wahaniami składu chemicznego wód oraz odmienną metodyką analiz stosowaną w obu seriach opróbowania. Analizy z 1997 r. były wykonane w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIG natomiast serię z 1999 r. analizowano zgodnie z opisaną wyżej metodyką. Niemniej jednak głównym czynnikiem uzyskanych rozbieżności pozostaje najprawdopodobniej fakt postępującego zanieczyszczenia wód podziemnych.

Ogólnie liczba punktów, w których stwierdzono anomalne wartości wskaźników hydrochemicznych wynosi 34% badanej populacji 76 próbek wód podziemnych.

Spośród wyników wykonanych analiz wód podziemnych wyodrębniono dwa podzbiory, tj. wód pobranych ze źródeł i ujęć zlokalizowanych w obszarze leśnym, odległych od potencjalnych ognisk zanieczyszczeń oraz



**Ryc. 5.** Porównanie rozkładu wybranych wskaźników hydrochemicznych wód podziemnych z obszarów o różnym stopniu zagrożenia antropopresją a) o małym zagrożeniu, b) znacznie zagrożonych

**Fig. 5.** Comparison of statistical distribution of hydrochemical elements from areas showing a different risk of anthropopresja a) low risk, b) large risk

drugi podzbiór zawierający próbki z terenów narażonych na antropopresję, tj. obszarów zabudowań wiejskich (ryc. 1).

Na podstawie wyników 33 analiz próbek wód z ujęć o znacznym stopniu zagrożenia antropopresją i 27 analiz z ujęć uznanych za minimalnie zagrożone potwierdzono przypuszczenia o rzeczywistym zanieczyszczeniu wód podziemnych z ujęć pierwszej grupy (ryc. 5). Świadczy o tym występowanie w tej grupie wartości anomalnych, natomiast brak wartości anomalnych w populacji o minimalnym zagrożeniu antropopresją wskazuje na naturalny skład chemiczny badanych wód.

Wartość elektrolitycznego przewodnictwa właściwego w obszarach wiejskich wynosi maksymalnie 1,4 mS/cm, podczas gdy dla obszarów mniej zagrożonych (leśnych) jest to najwyżej 0,6 mS/cm. Maksymalna zawartość chlorków w przypadku pierwszej grupy wynosiła 107,6 mg/dm<sup>3</sup> podczas gdy dla obszarów leśnych niecałe 18 mg/dm<sup>3</sup>. Zawartości azotu azotanowego i amonowego w obszarach objętych wpływem antropopresji dochodziły odpowiednio do 62,12 mg/dm<sup>3</sup> i 5,28 mg/dm<sup>3</sup>, zaś w przypadku obszarów leśnych wynosiły maksymalnie 3,61 i 0,72 mg/dm<sup>3</sup>. Podobnie podwyższona jest zawartość siarczanów i fosforanów (odpowiednio 169 i 12,4 mg/dm<sup>3</sup>) w rejonach wiejskich w stosunku do obszarów oddalonych od zabudowy, gdzie parametry te osiągają maksymalnie wartości 57 i 0,8 mg/dm<sup>3</sup>.

### Wnioski

Wykonane badania dają ogólny obraz stanu wód podziemnych i powierzchniowych w wybranym obszarze

Borów Tucholskich. Wyniki badań pozwalają sformułować następujące wnioski:

Rejon, w którym prowadzono badania można uznać za obszar w początkowym stadium oddziaływania antropopresji.

Terenami szczególnie zagrożonymi są obszary zabudów wiejskich, a głównym czynnikiem zanieczyszczenia wód jest brak starannej gospodarki wodno-ściekowej.

Wyznaczone tło hydrogeochemiczne można uznać za tło naturalne.

Jakość wód podziemnych z terenów leśnych oraz wód powierzchniowych w zakresie analizowanych wskaźników nie budzi zastrzeżeń.

Analizy wód z ujęć w pobliżu wylewiska ścieków we Wdzie nie wykazały jednoznacznie zanieczyszczenia wód podziemnych. W celu szczegółowego rozpoznania zasięgu oddziaływania tego obiektu na wody podziemne wskazane jest wykonanie w jego sąsiedztwie sieci monitoringu, oraz rozszerzenie zakresu wykonywanych analiz.

### Literatura

- GRDEŃ J. & NIKADON Z. 1998 — Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000 — arkusz Osiek. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- MACIOSZCZYK A. 1990 — Tło i anomalie hydrochemiczne. Metody badania, oceny i interpretacji. Wyd. SGGW-AR, Warszawa.
- MACIOSZCZYK A. & WITCZAK S. L. 1999 — Współczesne problemy hydrogeochemii [W:] Biul. Państw. Inst. Geol. Hydrogeologia, z. 388, Wyd. Geol.
- MAKOWSKA A. 1972 — Mapa geologiczna Polski 1: 200 000, ark. Grudziądz z objaśnieniami. Wyd. Geol.
- POLAKIEWICZ T. 1999 — Metodyka analizy wód naturalnych przy użyciu elektrod jonoselektywnych (maszynopis). UMK — Toruń.