

## OCENA JAKOŚCI I PODATNOŚCI NA ZANIECZYSZCZENIA WÓD PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO W REJONIE DOLINY RZEKI NIDY NA ODCINKU BRZEGI–PIŃCZÓW

### ESTIMATION OF WATER QUALITY AND SUSCEPTIBILITY OF THE FIRST AQUIFER TO POLLUTION IN THE BRZEGI–PIŃCZÓW SECTION OF THE NIDA RIVER VALLEY

BEATA WIKTOROWICZ<sup>1</sup>, KATARZYNA BIAŁECKA<sup>1</sup>, IWONA LIPIEC<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono ocenę jakości i podatności na zanieczyszczenia wód pierwszego poziomu wodonośnego (PPW) w rejonie doliny rzeki Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów. Klasy wrażliwości wód PPW na zanieczyszczenia, określone stopniem podatności naturalnej, oceniono na podstawie czasu wymiany połowej pojemności wodnej gleb i skał strefy aeracji przez infiltrujące wody opadowe (MRT – *mean residence time*). W badanym rejonie występują głównie wody o bardzo wysokiej i wysokiej klasie wrażliwości. Na podstawie oznaczeń połowych wybranych wskaźników jakości wód wyznaczono pięć stref, gdzie PPW jest zanieczyszczony związkami azotu ( $\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/dm}^3$ ) oraz sześć rejonów zagrożonych zanieczyszczeniem ( $25 < \text{NO}_3 < 50 \text{ mg/dm}^3$ ). Zanieczyszczenia mają charakter lokalny i pochodzą z obszarów zwartej zabudowy nieobjętej kanalizacją sanitarną lub powstają w rezultacie rolniczego użytkowania terenu. Migracji związków azotu sprzyja brak naturalnej izolacji na większości badanego obszaru. Ze względu na realne zagrożenie zanieczyszczeniem azotanami wód PPW niezbędne jest wnikliwe monitorowanie zmian zawartości azotanów w wodach podziemnych.

**Słowa kluczowe:** pierwszy poziom wodonośny, warunki hydrogeologiczne, jakość wód podziemnych, podatność wód na zanieczyszczenia, dolina Nidy.

**Abstract.** This article presents estimation of water quality and susceptibility of shallow water table aquifer to pollution in the Brzegi–Pińczów section of the Nida River valley. Groundwater vulnerability is evaluated according to mean residence time (MRT) determined by the time of water infiltration from the ground surface to the groundwater table of the first aquifer according to the piston flow model of soil water and unsaturated zone water. The analysis shows that the groundwater vulnerability is mainly very high and high in the study area. This means that the aquifer is susceptible to penetration of pollution from the surface. On account of the risk of nitrogen contamination to the first aquifer waters, it is necessary to monitor nitrogen content changes in groundwater.

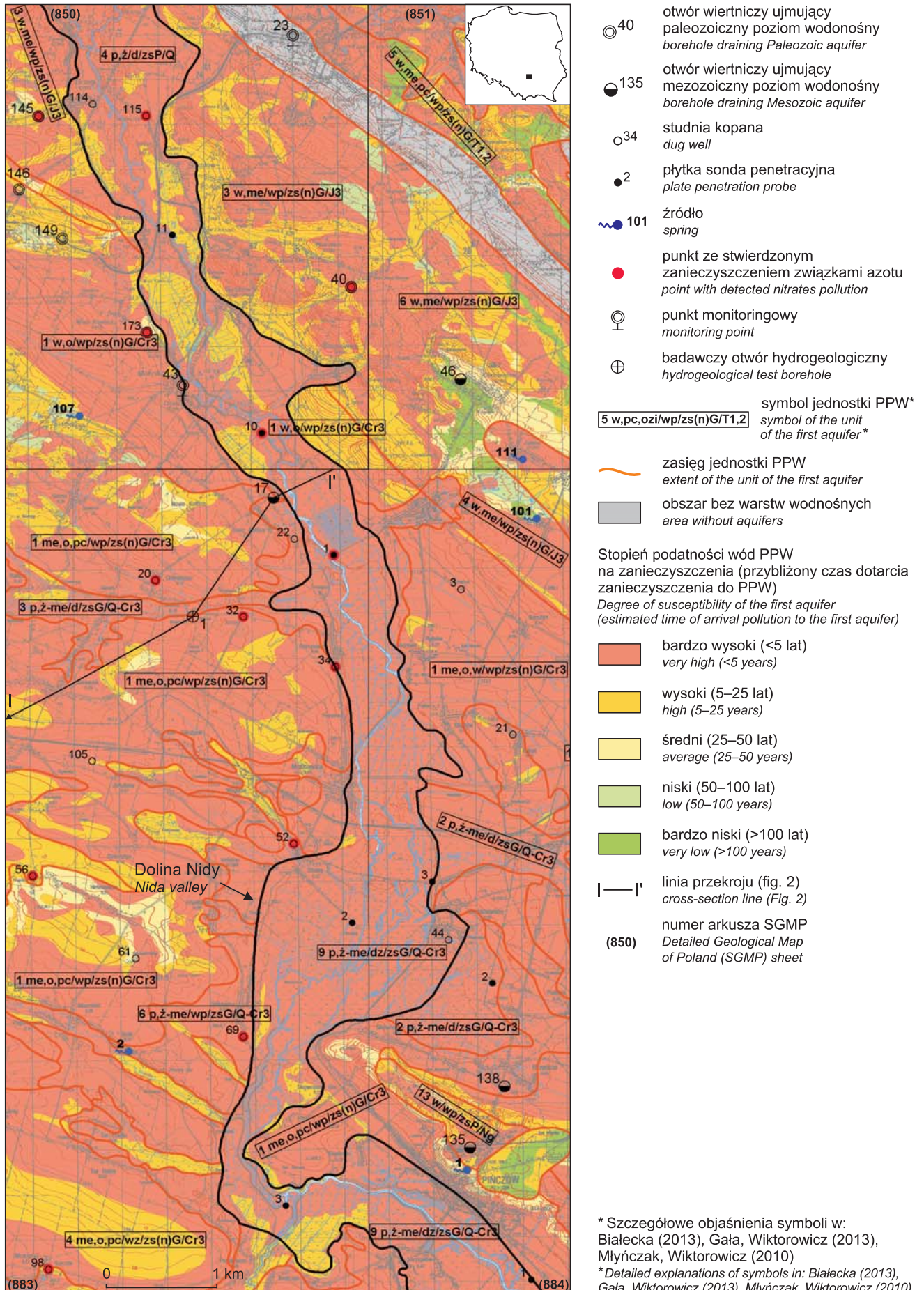
**Key words:** first aquifer, hydrogeological conditions, groundwater quality, groundwater vulnerability, Nida River valley.

### WSTĘP

W latach 2010–2013 w Pionie Programów Państwowej Służby Hydrogeologicznej Oddziału Świętokrzyskiego Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Kielcach wykonano prace dotyczące określenia jakości i podatności na zanieczyszczenia wód pierwszego poziomu wodonośnego (PPW) na obszarze odpowia-

dającym arkuszom *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000* (MHP): 850 – Chęciny (Młyńczak, Wiktorowicz, 2010), 883 – Jędrzejów (Białecką, 2013) i 884 – Pińczów (Gała, Wiktorowicz, 2013). Obszar ten obejmuje rejon doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów (fig. 1).

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25-953 Kielce; e-mail: beata.wiktorowicz@pgi.gov.pl, katarzyna.bialECKA@pgi.gov.pl, iwona.lipiec@pgi.gov.pl.



**Fig. 1. Mapa zbiorcza z arkuszy *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000* – „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” z objaśnieniami (wg Herman, Młyńczak, 2007; Młyńczak, Wiktorowicz, 2010; Białeckiej, 2013; Gały, Wiktorowicz, 2013)**

Summary map of sheets of the Polish Hydrogeological Map 1:50,000 “First aquifer – susceptibility and quality contamination” with explanations (after Herman, Młyńczak, 2007; Młyńczak, Wiktorowicz, 2010; Białeckiej, 2013; Gały, Wiktorowicz, 2013)

Sporządzanie warstw informacyjnych bazy danych GIS *Mapy Hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000* (GIS MHP) „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” stanowi kontynuację prac nad rozpoznaniem i charakterystyką pierwszego od powierzchni terenu poziomu wód podziemnych. Mapa jest opracowaniem seryjnym, wykonywanym na zlecenie Ministerstwa Środowiska i finansowanym ze środków wypłacanych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Wrażliwość wód PPW na zanieczyszczenia, nazywana też podatnością na zanieczyszczenia, odgrywa istotną rolę w ocenie stanu chemicznego wód podziemnych. Pojęcie to jest stosowane umownie jako określenie naturalnej właściwości systemu wodonośnego dotyczącej ryzyka migracji substancji szkodliwych z powierzchni terenu do poziomu wodonośnego (Duda i in., 2011). Wyróżnia się podatność właściwą, czyli naturalną, uwarunkowaną wyłącznie budową geologiczną i warunkami hydrogeologicznymi, oraz podatność

specyficzną, uwzględniającą także rodzaj zanieczyszczenia, jego ładunek, a także związany z nim charakter przestrzenny ogniska zanieczyszczeń (Vrba, Zaporozec, 1994).

Ocena jakości wód podziemnych oraz określenie stopnia ich wrażliwości na zanieczyszczenia, zwłaszcza związkami azotu pochodzenia rolniczego, są zadaniami wynikającymi z wdrażania w Polsce wytycznych Ramowej Dyrektywy Wodnej (Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej), wprowadzonych do ustawy Prawo wodne z 2005 r., Dyrektywy Azotanowej (Dyrektywa 91/676/EWG Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego) i używanych przy wykonywaniu prac projektowych i dokumentacyjnych zgodnie z ustawą Prawo geologiczne i górnicze z 2011 r. i z rozporządzeniami wykonawczymi.

## ZAKRES I METODY BADAŃ

Badania dotyczące oceny jakości i podatności na zanieczyszczenia wód pierwszego poziomu wodonośnego w dolinie Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów wykonano zgodnie z metodyką opracowaną przez Witczaka z zespołem (Witczak, 2005) i zmodyfikowaną z uwzględnieniem zmiany skali analizy warunków hydrogeologicznych (Herbich i in., 2008).

Klasy wrażliwości wód PPW na zanieczyszczenia, określone stopniem podatności naturalnej, oceniono na podstawie czasu wymiany połowej pojemności wodnej gleb i skał strefy aeracji przez infiltrujące wody opadowe (MRT – *mean residence time*). Czas ten oznacza okres przebywania w ośrodku skalnym zanieczyszczeń konserwatywnych, rozpuszczonych w wodzie i migrujących z powierzchni terenu do warstwy wodonośnej (Witczak, 2006). Algorytm oceny podatności naturalnej wód PPW wodonośnego na zanieczyszczenia obliczono według formuły (Herbich i in., 2008):

$$MRT = MRTS + MRT1 + MRT2 \text{ [lata]}$$

w której wykorzystano sumę czasu wymiany połowej pojemności wodnej:

- profilu glebowego (MRTS),
- utworów przepuszczalnych strefy aeracji (MRT1),
- utworów słabo- i półprzepuszczalnych strefy aeracji (MRT2).

Ocena stopnia podatności wód PPW na zanieczyszczenia na podstawie MRT wymagało przygotowania wielu danych

wejściowych dotyczących określenia m.in. miąższości strefy aeracji i poziomów zawieszonych, współczynnika połowej pojemności wodnej profilu glebowego oraz utworów przepuszczalnych i izolujących w strefie aeracji, udziału warstw izolujących w profilu strefy aeracji, a także infiltracji efektywnej. Następnie na podstawie sumarycznego MRT wyznaczono pięć klas wrażliwości wód pierwszego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia (patrz Witczak, 2005).

Jakość wód podziemnych określono na podstawie dopuszczalnego stężenia poszczególnych składników podanych w rozporządzeniu ministra środowiska w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenia związkami azotu ze źródeł rolniczych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych) oraz na podstawie wytycznych w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych).

Na potrzeby oceny jakości wód wykonano polowe oznaczenia wskaźników jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego przy użyciu miernika SLANDI (pehametr SP 300, konduktometr SC 300 i fotometr LF 300). Oznaczono wybrane wskaźniki fizykochemiczne: zawartość azotanów, azotynów, jonów amonowych, siarczanów i chlorków oraz przewodność elektrolityczną właściwą i pH.

## WARUNKI WYSTĘPOWANIA I HYDRODYNAMIKA PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO

Pierwszy poziom wodonośny to warstwa lub zespół warstw odznaczających się ciągłością występowania, o miąższości ponad 2,0 m (przy średnim stanie retencji) i średniej wodoprzepuszczalności powyżej 3,0 m/d.

Według podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych dolina Nidy znajduje się w prowincji wyżynnej, w regionie mogileńsko-łódzko-nidziańskim, w subregionie nidziańskim (Paczyński, Sadurski, 2007). W dolinie Nidy, jak również w dolinach jej dopływów pierwszy poziom wodonośny występuje w piaskach i żwirach czwartorzędowych wodno-lodowcowych i rzecznych. Poziom ten często jest w bezpośrednim kontakcie z utworami kredy górnej i tworzy z nimi jeden wspólny poziom wodonośny. Spąg warstwy pierwszego poziomu wodonośnego w dolinie Nidy występuje płytko – już na głębokości do 5,0 m, sporadycznie do 10,0 m, jako warstwa o swobodnym, miejscami napiętym zwierciadle wody. Poziomy czwartorzędowy i czwartorzędowo-kredowy są zasilane przez infiltrację opadów atmosferycznych (Herman, 2000; Kos, Jaworski, 2006; Gagulski, Tott, 2008; Tott, Kos, 2008).

Na wysoczyznach w bezpośrednim sąsiedztwie doliny Nidy pierwszy poziom wodonośny obejmuje wapienie i mar-

gle jury górnej oraz margle, opoki i wapienie kredy górnej. Utwory jury i kredy odsłaniają się na powierzchni terenu lub znajdują się pod przykryciem osadów czwartorzędowych. Zwierciadło wody jest zazwyczaj swobodne, a tylko miejscami – tam, gdzie występują utwory słabo izolujące i nieprzepuszczalne w osadach czwartorzędowych lub niespękane bloki skał – napięte. Głębokość spągu pierwszego poziomu wodonośnego na obszarze wysoczyzn jest zróżnicowana – waha się od 2,0 m w sąsiedztwie dolin rzecznych do nawet 50,0 m na wzniesieniach (fig. 2). Zasilanie pięt kredowego i jurajskiego następuje w wyniku bezpośredniej infiltracji wód opadowych oraz infiltracji wód piętra czwartorzędowego, w rejonach, gdzie nie występują warstwy izolujące (Herman, 2000; Kos, Jaworski, 2006; Gagulski, Tott, 2008; Tott, Kos, 2008).

Na badanym obszarze odpływ wód podziemnych zachodzi głównie w kierunku rzeki Nidy i jej dopływów. Część wód podziemnych (ok. 5%) bierze udział w głębokim regionalnym obiegu – odpływają one na północ, do niższej położonej niecki mazowieckiej (Prażak, 2007).

## WRAŻLIWOŚĆ WÓD PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO NA ZANIECZYSZCZENIA

Na podstawie sumarycznego czasu wymiany polowej pojemności wodnej gleb i utworów strefy aeracji zaklasyfikowano wody PPW do pięciu klas wrażliwości (Herbich i in., 2008).

Z analizy warstwy informacyjnej bazy danych GIS MHP przedstawiającej stopień podatności wód pierwszego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia wynika, że w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów występują głównie wody o bardzo wysokiej i wysokiej klasie wrażliwości (fig. 1). Można zatem uznać, że jest to ośrodek podatny na przenikanie zanieczyszczeń antropogenicznych. Oszacowano, że przybliżony czas wymiany wody w strefie aeracji w dolinie Nidy wynosi mniej niż 5 lat. Na niewielkich obszarach w północnej i południowej części badanego terenu kształtuje się on w przedziale 5–25 lat. Wyjątek stanowią rejon

w części północno-wschodniej i południowej, gdzie stwierdzono wyraźne zróżnicowanie stopnia podatności wód PPW na zanieczyszczenia, dochodzącego do średniego, niskiego i bardzo niskiego. Wody z tych obszarów są podatne tylko na niektóre typy zanieczyszczeń, pod warunkiem, że zanieczyszczenia te są wprowadzane lub wyługowywane w sposób ciągły. Przybliżony czas wymiany wody w strefie aeracji w części północno-wschodniej i południowej waha się od 25 do 50 lat, sporadycznie przekracza 50 lat.

Należy zauważyć, że ze względu na stopień dokładności przedstawionych informacji możliwe są lokalne odstępstwa od wartości podanych na mapie zbiorczej. Wynika to ze stanu rozpoznania warunków hydrogeologicznych, z przyjętego schematu obliczeniowego oraz z zasad rejonizacji właściwych dla mapy w skali 1:50 000.

## OCENA JAKOŚCI WÓD PIERWSZEGO POZIOMU WODONOŚNEGO

Jakość wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów określono na podstawie polowych oznaczeń wykonanych na potrzeby opracowania warstw informacyjnych bazy danych GIS MHP "Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód" na obszarze objętym arku-

szami MHP: Chęciny (Młyńczak, Wiktorowicz, 2010), Jędrzejów (Białecka, 2013) i Pińczów (Gała, Wiktorowicz, 2013). Wyznaczono wybrane wskaźniki jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego w 35 wytypowanych punktach, w tym w 10 studniach wierconych, 8 płytkich sondach penetracyjnych, 15 studniach kopanych i 2 źródłach. Punkty

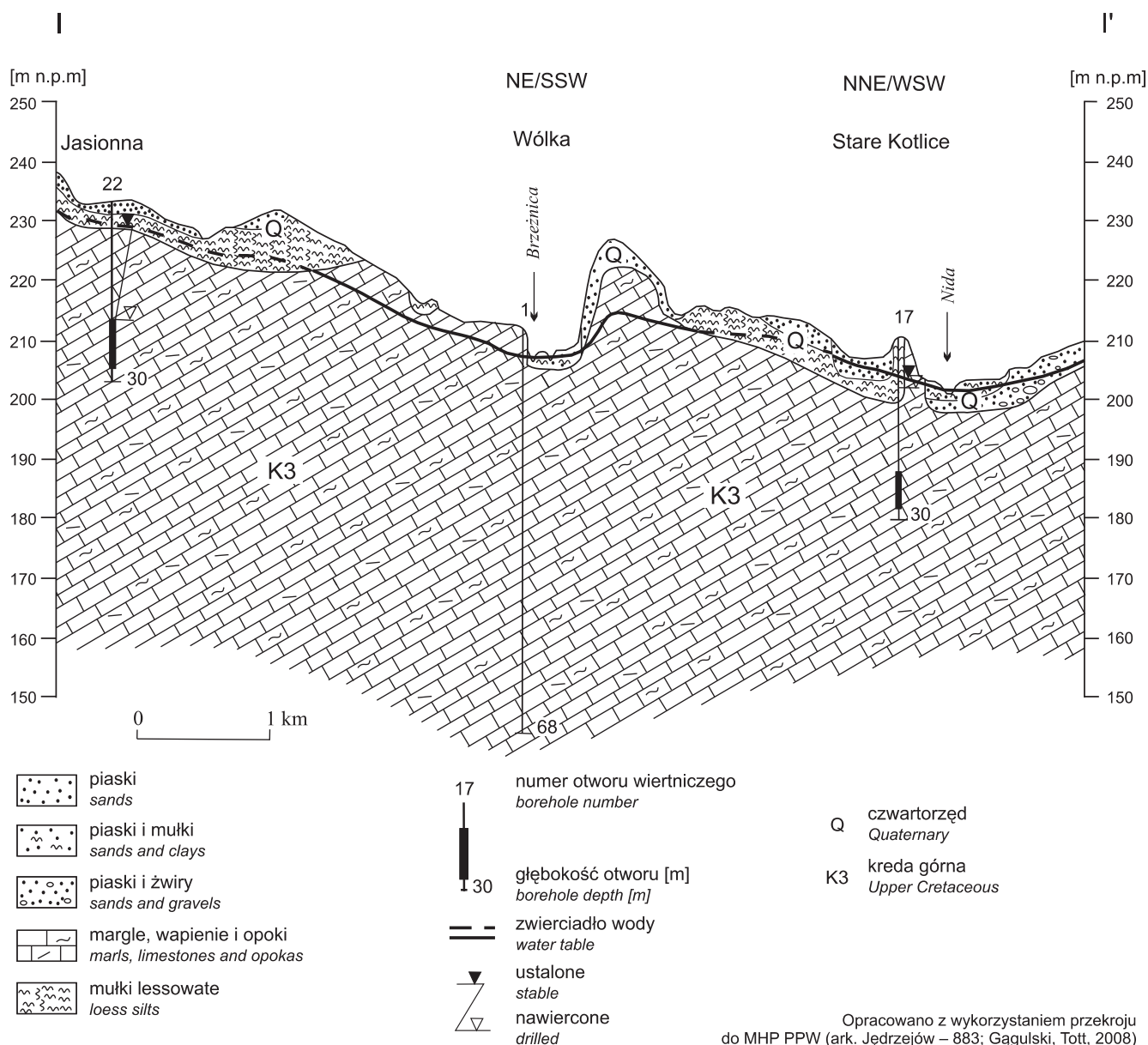


Fig. 2. Przekrój hydrogeologiczny przez dolinę Nidy (wg Gagulskiego, Totta, 2008). Lokalizacja – fig. 1

Hydrogeological cross-section through the Nida River valley (after Gagulski, Tott, 2008). For location see Fig. 1

pomiarowe usytuowano na granicy zwartej wsi lub na terenie pojedynczych gospodarstw; były nimi studnie czynne (eksploatowane), które są zabezpieczone przed dostawaniem się wód spływających po powierzchni terenu i wpływem lokalnych ognisk zanieczyszczeń. Podstawowe parametry utworów, w których występują wody PPW, zestawiono w tabeli 1, natomiast wyniki analiz chemicznych – w tabelach 2–5.

Na podstawie wykonanych oznaczeń stwierdzono, że zawartość związków azotu w wodach pierwszego poziomu wodonośnego w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzeźni–Pińczów jest zróżnicowana. W ponad jednej trzeciej opróbowanych punktów azotany występują w podwyższonych stężeniach ( $25 < \text{NO}_3 > 50 \text{ mg/dm}^3$ ) lub ich stężenia przekraczają wartości dopuszczalne ( $\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/dm}^3$ ).

Zawartość azotanów w wodach PPW w badanym rejonie doliny Nidy wynosi od  $< 0,1$  do  $126,5 \text{ mg/dm}^3$ . Największe przekroczenia dopuszczalnego stężenia odnotowano w wschodniej części terenu badań, objętej arkuszem Jędrzejów. W związku z brakiem danych potwierdzających występowanie zanieczyszczeń antropogenicznych na większym terenie uznano, że zanieczyszczenia te mają charakter punktowy (Młyńczak, Wiktorowicz, 2010; Białecka, 2013; Gała, Wiktorowicz, 2013). Z powodu niedostatecznej ilości punktów pomiarowych nie można było precyzyjnie wyznaczyć zasięgu obszarów, na których stężenie azotanów przekracza  $25,0$  i/lub  $50,0 \text{ mg/dm}^3$ . Na podstawie analizy dostępnych materiałów stwierdzono, że punkty opróbowania, w których odnotowano przekroczenie dopuszczalnej zawartości związków

Tabela 1

**Podstawowe parametry utworów strefy aeracji występujących w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów (wg Herbicha i in., 2008)**

The values of the indicators in the formations unsaturated zone in the Brzegi–Pińczów section of the Nida River valley (after Herbich *et al.*, 2008)

Utwory strefy aeracji	Charakter ośrodka strefy aeracji	Głębokość spagu pierwszego poziomu wodonośnego [m]	Współczynnik polowej pojemności wodnej utworów strefy aeracji [-]	Względny współczynnik infiltracji efektywnej opadów [-]
wapienie, dolomity	przepuszczalny, szczelinowo-krasowy	2–50	0,02	2,0
piaskowce	przepuszczalny, szczelinowo-porowy	2–50	0,05	0,5
opoki, margle	przepuszczalny, porowo-szczelinowy	2–50	0,05	1,0
piaski różnoziarniste, żwiry	przepuszczalny porowy, piaszczysto-żwirowy	1–10	0,10	3,0
piaski drobnoziarniste, pylaste	przepuszczalny, porowy, drobnoziarnisty	1–10	0,20	0,5
lessy, gliny	warstwy izolujące – ośrodek porowy, ilasto-pylaste	1–10	0,30	1,0

Tabela 2

**Wartości wybranych wskaźników jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego w otworach studni wierconych w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów**

The values of the selected quality indicators the first aquifer in wells in the Brzegi–Pińczów section of the Nida River valley

Numer arkusza mapy MHP	Numer punktu na mapie	Data analizy	Oznaczone wskaźniki jakości wód podziemnych						
			pH	Przewodność elektrolityczna właściwa [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
850	23	08.02.2010	7,24	1190	3,0	17,2	<0,01	0,8	0,07
850	40	08.02.2010	7,43	637	19,7	25,4	0,02	<b>73,6</b>	0,37
850	43	08.02.2010	6,99	676	25,7	14,4	<0,05	21,2	0,04
850	145	08.02.2010	7,43	649	39,8	30,4	0,02	<b>49,3</b>	0,23
850	146	08.02.2010	7,67	828	74,7	211,0	0,01	15,7	0,19
850	149	08.02.2010	7,52	966	83,4	210,0	<0,01	<10,0	0,17
884	135	20.07.2012	7,00	645	65,7	30,4	0,01	13,2	0,05
884	138	20.07.2012	7,09	480	86,6	31,2	0,01	0,3	0,18

Pogrubieniem zaznaczono stężenia przekraczające wartości dopuszczalne. Concentrations exceeding permissible limits are marked in bold.

azotu lub ich podwyższoną ilość, znajdują się w granicach zabudowy wiejskiej i na terenach bezpośrednio do niej przyległych, sporadycznie poza terenami zabudowanymi. Oznacza to, że zanieczyszczenia mają charakter lokalny i pochodzą z obszarów zwartej zabudowy nieobjętej kanalizacją sanitarną lub powstają w wyniku rolniczego użytkowania terenu, jako efekt uboczny hodowli zwierząt (obornik, gnojowica) i na skutek stosowania nawozów sztucznych, lub też do ich powstania przyczynia się ogólnie zły stan sanitarny

gospodarstw. Migracji związków azotu sprzyja brak występowania naturalnej izolacji na większości badanego obszaru.

Azotyny (NO<sub>2</sub>) w rejonie badań występują w wodach w stężeniu dopuszczalnym (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r.) – od <0,01 do 0,20 mg/dm<sup>3</sup>, za wyjątkiem jednego punktu położonego na obszarze objętym arkuszem Jędrzejów (tab. 4, pkt 69), gdzie odnotowano wartość 1,24 mg/dm<sup>3</sup>.

Tabela 3

**Wartości wybranych wskaźników jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego w płytkich sondach wykonanych w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów**

The values of the selected quality indicators of the first aquifer in shallow penetrometers in the Brzegi–Pińczów section of the Nida River valley

Numer arkusza mapy MHP	Numer punktu na mapie	Data analizy	Oznaczone wskaźniki jakości wód podziemnych						
			pH	Przewodność elektrolityczna właściwa [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
					[mg/dm <sup>3</sup> ]				
850	10	14.01.2010	6,75	509	217,5	35,8	0,10	1,3	<b>4,18</b>
850	11	14.01.2010	7,22	436	76,3	34,8	0,07	0,4	0,38
883	1	06.07.2012	7,70	466	<1,0	11,2	0,02	0,3	<b>2,17</b>
883	2	06.07.2012	7,30	626	67,4	19,6	0,03	<0,1	0,88
883	3	06.07.2012	7,07	897	<1,0	5,4	<0,01	<0,1	1,39
884	1	12.07.2012	7,20	1010	196,0	38,4	<0,01	<0,1	0,85
884	2	12.07.2012	7,17	915	152,5	12,9	0,02	<0,1	<0,05
884	3	12.07.2012	7,00	845	226,0	7,1	0,20	<0,1	0,21

Pogrubieniem zaznaczono stężenia przekraczające wartości dopuszczalne.  
Concentrations exceeding permissible limits are marked in bold.

Tabela 4

**Wartości wybranych wskaźników jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego w otworach studni kopanych w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów**

The values of the selected quality indicators of the first aquifer in dug wells in the Brzegi–Pińczów section of the Nida River valley

Numer arkusza mapy MHP	Numer punktu na mapie	Data analizy	Oznaczone wskaźniki jakości wód podziemnych						
			pH	Przewodność elektrolityczna właściwa [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
					[mg/dm <sup>3</sup> ]				
850	114	14.01.2010	6,84	806	67,6	30,5	0,13	21,4	0,34
850	115	14.01.2010	6,77	158	30,2	9,4	<0,01	<b>26,2</b>	0,47
850	173	14.01.2010	7,29	649	42,3	40,5	0,02	<b>45,2</b>	0,25
883	20	2012.06.12	6,93	1170	140,0	52,0	0,05	<b>41,2</b>	<0,05
883	22	12.06.2012	6,71	307	61,2	14,0	0,02	5,2	<0,05
883	32	12.06.2012	8,04	355	32,7	21,7	0,02	<b>126,5</b>	<0,05
883	34	12.06.2012	7,50	884	211,0	25,1	0,02	<b>89,6</b>	<0,05
883	52	13.06.2012	7,20	387	52,4	9,2	0,06	<b>42,0</b>	<0,05
883	56	27.06.2012	7,05	699	40,2	19,7	0,01	<b>31,1</b>	<0,05
883	61	27.06.2012	6,98	700	15,6	18,8	0,15	<0,1	<0,05
883	69	27.06.2012	7,30	490	56,6	18,6	<b>1,24</b>	<b>69,0</b>	0,32
883	98	16.07.2012	6,98	865	97,7	22,8	0,01	<b>65,8</b>	<0,05
884	3	19.07.2012	7,20	547	38,2	9,6	<0,01	15,8	<0,05
884	21	19.07.2012	7,27	557	59,6	29,7	<0,01	0,2	<0,05
884	44	19.07.2012	7,08	978	160,0	41,1	<0,01	0,4	<0,05

Pogrubieniem zaznaczono stężenia przekraczające wartości dopuszczalne.  
Concentrations exceeding permissible limits are marked in bold.

Tabela 5

**Wartości wybranych wskaźników jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego w źródłach zlokalizowanych w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów**

The values of the selected quality indicators of the first aquifer in springs in the Brzegi–Pińczów section of the Nida River valley

Numer arkusza mapy MhP	Numer punktu na mapie	Data analizy	Oznaczone wskaźniki jakości wód podziemnych						
			pH	Przewodność elektrolityczna właściwa [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	SO <sub>4</sub>	Cl	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>
					[mg/dm <sup>3</sup> ]				
883	2	27.06.2012	7,11	796	56,5	23,9	<0,01	15,1	0,14
884	1	20.07.2012	6,81	1070	110,0	55,0	<0,01	6,3	<0,05

Stężenie jonu amonowego (NH<sub>4</sub>) w wodach pierwszego poziomu wodonośnego w badanym rejonie doliny Nidy wynosi zwykle od <0,04 do 1,39 mg/dm<sup>3</sup>. Wyjątki stanowią wyniki uzyskane w dwóch płytkich sondach penetracyjnych (tab. 2). W obu przypadkach stwierdzono przekroczenie zawartości dopuszczalnych NH<sub>4</sub> – 4,18 mg/dm<sup>3</sup> (sonda nr 10) i 2,17 mg/dm<sup>3</sup> (sonda nr 1).

Zawartość siarczanów (SO<sub>4</sub>) w wodach na obszarze badań mieści się w granicach dopuszczalnych stężeń dla wody

przeznaczonej do spożycia przez ludzi i waha się w przedziale od <1,0 do 226,0 mg/dm<sup>3</sup>.

Stężenie chlorków (Cl) w wodach w rejonie badań wynosi od 5,4 do 211,0 mg/dm<sup>3</sup>. Nie odnotowano tu przekroczenia dopuszczalnej wartości tego wskaźnika jakości wody (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r.).

## PODSUMOWANIE

Na podstawie wyznaczonego sumarycznego czasu wymiany połowej pojemności wodnej gleb i utworów strefy aeracji oceniono wrażliwość wód pierwszego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenia w rejonie doliny Nidy na odcinku Brzegi–Pińczów. Uzyskany obraz kartograficzny ogólnie wskazuje na występowanie na tym obszarze wód PPW o bardzo wysokim i wysokim stopniu podatności na zanieczyszczenia. Uznano, że główną przyczyną jest brak izolacji warstw wodonośnych. Niską podatność odnotowano jedynie miejscami, w południowo-zachodniej części badanego terenu, gdzie występują warstwy osadów o dobrej izolacji pierwszego poziomu wodonośnego od powierzchni terenu.

Na podstawie oznaczeń połowych wybranych wskaźników jakości wód wyznaczono pięć stref, w których stwierdzono zanieczyszczenie pierwszego poziomu wodonośnego związkami azotu, oraz sześć rejonów zagrożonych zanieczysz-

czaniem. W celu pełniejszego rozpoznania jakości wód oraz dokładniejszego zbadania zanieczyszczeń związkami azotu trzeba wykonać dodatkowe analizy chemiczne próbek wody pobranych zarówno na obszarze poszczególnych jednostek, jak i w pobliżu zanieczyszczonych studni.

W wyniku analizy ustalono, że zanieczyszczenia wód pierwszego poziomu wodonośnego w rejonie badań mają charakter lokalny i pochodzą z obszarów zwartej zabudowy nieobjętej kanalizacją lub powstają wskutek rolniczego użytkowania terenu.

Ze względu na realne zagrożenie zanieczyszczeniem azotanami wód pierwszego poziomu wodonośnego należy wnikliwie monitorować zmiany zawartości azotanów w wodach podziemnych w rejonie doliny Nidy. Należy również prowadzić regularne badania stężenia substancji w celu podejmowania odpowiednio wcześniej działań naprawczych.

## LITERATURA

- BIAŁECKA K., 2013 — Baza danych GIS MHP 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” z objaśnieniami, ark. Jędrzejów (883). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, filia w Kielcach.
- DUDA R., WITCZAK S., ŻUREK A., 2011 — Mapa wrażliwości wód podziemnych Polski na zanieczyszczenia w skali 1:500 000. Metodyka i objaśnienia tekstowe. Wydaw. AGH, Kraków.
- DYREKTYWA 91/676/EWG Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (DzU UE z 31 grudnia 1991 r. L 375/1).
- DYREKTYWA 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (DzU WE z 22 grudnia 2000 r. L 327/1).



- GAŁA I., WIKTOROWICZ B., 2013 — Baza danych GIS MHP 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” z objaśnieniami, ark. Pińczów (884). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, filia w Kielcach.
- GĄGULSKI T., TOTT M., 2008 — Baza danych GIS MHP 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” z objaśnieniami, ark. Jędrzejów (883). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HERBICH P., ĆWIERTNIEWSKA Z., CZEBRESZUK J., FERT M., GEJ K., MORDZONEK G., NIDENTAL M., PRZYTUŁA E., WĘGLARZ D., WOŹNICKA M., 2008 — Wskazania metodyczne do opracowania warstw informacyjnych bazy danych GIS Mapy Hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenia i jakość wód”. Narod. Arcg. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HERMAN G., 2000 — Mapa Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Jędrzejów. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, filia w Kielcach.
- HERMAN G., MŁYŃCZAK T., 2007 — Baza danych GIS MHP 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” z objaśnieniami, ark. Morawica (851). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, filia w Kielcach.
- KOS M., JAWORSKI R., 2006 — Baza danych GIS MHP 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” z objaśnieniami, ark. Chęciny (850). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- MŁYŃCZAK T., WIKTOROWICZ B., 2010 — Baza danych GIS MHP 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” z objaśnieniami, ark. Chęciny (850). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, filia w Kielcach.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. Wydaw. Geol., Warszawa.
- PRAŻAK J., 2007 — Subregion środkowej Wisły wyżynny – część centralna. *W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 1. Wody słodkie* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 174–187. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2002 r. w sprawie kryteriów wyznaczania wód wrażliwych na zanieczyszczenie związkami azotu ze źródeł rolniczych (DzU Nr 241, poz. 2093).
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (DzU Nr 143, poz. 896).
- TOTT M., KOS J., 2008 — Baza danych GIS MHP 1:50 000 „Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” z objaśnieniami, ark. Pińczów (884). Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- USTAWA z 18 lipca 2001 r. Prawo wodne (tekst jedn.: DzU Nr 239 z 2005 r., poz. 2019 z późn. zm.).
- USTAWA z dnia 9 czerwca 2011 r. — Prawo geologiczne i górnicze (tekst jedn.: DzU Nr 163 z 2011 r., poz. 981).
- VRBA J., ZAPOROZEC A. (red.), 1994 — Guidebook on mapping groundwater vulnerability. Ser. *Int. Contr. Hydrogeol.*, **16**. IAH, Heise, Hannover.
- WITCZAK S. (red.), 2005 — Mapa wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie 1: 500 000. Plansza 1 – Wody podziemne związane z wodami powierzchniowymi oraz ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych. Plansza 2 – Podatność na zanieczyszczenie Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP). Arcadis Ekokonrem, Warszawa.
- WITCZAK S., 2006 — Ochrona jakości wód podziemnych w świetle dyrektyw UE. *W: Materiały na XVI sympozjum naukowo-techniczne pt. „Problemy związane z wprowadzaniem Ramowej Dyrektywy Wodnej”*, Częstochowa, 25–26 kwietnia 2006 r. (red. E. Kowalczyk): 61–71. PZITS, Częstochowa.

## SUMMARY

The paper presents estimation of water quality and susceptibility of the shallow water table aquifer to pollution in the Nida River valley (Fig. 1). The method of assessment of groundwater vulnerability to contamination from the surface was adopted in accordance with the development of GIS database information layers of the Hydrogeological Map of Poland 1:50,000 “First aquifer – groundwater vulnerability and water quality”. The first aquifer has been recognised not only within the Quaternary deposits in the Nida River valley but also in the Upper Jurassic and Upper Cretaceous rocks of surrounding highland areas (Fig. 2). The following water quality indicators were analysed: pH, electrical conductivity, temperature, and concentration of sulphates, chlorides, nitrates (III), nitrates (V) and ammonium. The values of variou parameters are summarised in Tables 2–5. Groundwater

vulnerability is evaluated according to mean residence time (MRT) determined as the time of water infiltration from the ground surface to the groundwater table of the first aquifer according to the piston flow model of soil water and unsaturated zone water. The analysis found that the shallow water table aquifer is mostly characterised by a very high and high vulnerability class. It is caused by an elevated concentration of nitrates. This means that the aquifer is susceptible to penetration of pollution from the surface. In addition, the migration of nitrogen favours the absence of natural isolation. Analysis of the available material shows that pollution has a local character. On account of the risk of nitrogen contamination to the first aquifer waters, it is necessary to monitor nitrogen content changes in groundwater.