

Piotr HERBICH¹, Magdalena NIDENTAL¹, Małgorzata WOŹNICKA¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny

Zakład Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej

00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4

e-mail: piotr.herbich@pgi.gov.pl; magdalena.nidental@pgi.gov.pl;

malgorzata.woznicka@pgi.gov.pl

**ZAŁOŻENIA METODYCZNE DO OPRACOWANIA
WARSTW INFORMACYJNYCH BAZY DANYCH GIS
MAPY HYDROGEOLOGICZNEJ POLSKI 1:50 000
„PIERWSZY POZIOM WODONOŚNY –
WRAŻLIWOŚĆ NA ZANIECZYSZCZENIE I JAKOŚĆ WÓD”**

**METHODOLOGICAL GUIDELINES OF CREATING GIS DATABASE
INFORMATION LAYERS OF HYDROGEOLOGICAL MAP OF POLAND 1:50 000
“FIRST AQUIFER – GROUNDWATER VULNERABILITY AND WATER
QUALITY”**

Słowa kluczowe: Mapa hydrogeologiczna Polski, pierwszy poziom wodonośny, wrażliwość na zanieczyszczenie, wskaźniki jakości wód

Key words: Hydrogeological Map of Poland, shallow water table aquifer, vulnerability, water quality determinant

Abstract:

This article presents methodological guidelines of creating GIS database information layers of the Hydrogeological Map of Poland in scale 1:50 000 entitled “First aquifer – groundwater vulnerability and water quality”. Vulnerability is estimated according to Mean Residence Time (MRT), which is determined due to the time of water infiltration from the ground surface to the groundwater table of first aquifer according to the piston flow model of soil water and unsaturated zone water. Spatially variegated, average recharging infiltration is taken under consideration, depending on subsurface lithology, landscape, ground surface coverage and precipitation. Estimation of water quality includes mainly indicators of nitrogen contamination of agricultural source.

Wstęp

Warstwy informacyjne bazy danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód pierwszego poziomu wodonośnego” stanowią kontynuację prac dotyczących rozpoznania i charakterystyki pierwszego poziomu wodonośnego. Realizacja tego przedsięwzięcia jest niezbędna i pilna w związku z koniecznością dokonania oceny stanu jakościowego płytkich wód podziemnych, bezpośrednio związanych z ekosystemami wód powierzchniowych oraz ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych, w tym specjalnych obszarów ochrony siedlisk NATURA 2000. Określenie naturalnych możliwości ochronnych wód podziemnych jest jednym z ważniejszych zadań, jakie podejmowane są obecnie w związku z wdrażaniem w Polsce ustaleń wynikających z Ramowej Dyrektywy Wodnej (Witczak, 2006). Ze względu na to, że pierwszy poziom wodonośny w wielu obszarach stanowi jednocześnie źródło zaopatrzenia w wodę do picia ludności wiejskiej, przeprowadzenie tej oceny wymaga również ustalenia stopnia wrażliwości płytkich wód podziemnych na zanieczyszczenie, zwłaszcza związkami azotu pochodzenia rolniczego.

Obecnie w Państwowym Instytucie Geologicznym realizowana jest pierwsza, pilotażowa transza obejmująca autorskie i cyfrowe opracowanie warstw informacyjnych „pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość i jakość” na obszarze 85 arkuszy (ryc.1). PIG prowadzi koordynację i nadzór merytoryczny prac realizowanych przez konsorcjum 8 firm geologicznych oraz wykonuje 20 arkuszy; zakończenie prac nastąpi w 2008r.

Do realizacji wytypowane zostały arkusze, dla których opracowane były warstwy informacyjne „pierwszy poziom wodonośny - występowanie i hydrodynamika”, a jednocześnie obejmujące obszary o różnych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego. W oparciu o doświadczenia transzy pilotażowej zostanie opracowana szczegółowa instrukcja merytoryczna.

Edycja kartograficzna warstw informacyjnych „pierwszy poziom wodonośny - wrażliwość i jakość” obejmuje dwie mapy zawierające:

I. Pierwszy poziom wodonośny - wrażliwość na zanieczyszczenie

1. Wrażliwość wód pierwszego poziomu wodonośnego na zanieczyszczenie.
2. Obiekty i działania pogarszające stan chemiczny wód podziemnych.
3. Granice jednostek hydrogeologicznych warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego.

II. Pierwszy poziom wodonośny – jakość wód

1. Zawartość związków azotu w wodach pierwszego poziomu wodonośnego

2. Wybrane wskaźniki jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego .

Integralną częścią opracowania są objaśnienia tekstowe wraz z załącznikami tabelarycznymi i przekrojami oraz cyfrowy projekt GIS zawierający dane zgodne z GeoMedia Intergraph w formacie Microsoft Access.

Wrażliwość na zanieczyszczenie wód pierwszego poziomu wodonośnego

Wrażliwość na zanieczyszczenie wód pierwszego poziomu wodonośnego, zwana również podatnością, odgrywa ważną rolę w ocenie stanu chemicznego wód podziemnych. Wyniki oceny wrażliwości są uwzględniane przy opracowywaniu programów działań ochronnych, wykorzystywane przy sporządzaniu miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego oraz przy ustanawianiu stref ochronnych ujęć i obszarów ochronnych głównych zbiorników wód podziemnych.

Ocena wrażliwości jest zagadnieniem złożonym, o terminologii różnie definiowanej w rozległej literaturze tematu (Krogulec, 2004). Generalnie wyróżnia się podatność naturalną, rozumianą jako naturalną właściwość systemu wodonośnego, określającą ryzyko migracji substancji zanieczyszczających z powierzchni terenu do wód podziemnych oraz podatność specyficzną uwzględniającą również rodzaj substancji zanieczyszczającej, jej ładunek, czas oddziaływania, a także związany z nim charakter przestrzenny ogniska zanieczyszczeń (Żurek et al., 2002; Witczak i in., 2005). Podatność naturalna zależy więc od naturalnych warunków hydrogeologicznych, z których najważniejsze to: infiltracja efektywna opadów, warunki hydrodynamiczne oraz parametry filtracyjne poziomu wodonośnego i utworów strefy aeracji. Na bazie podatności naturalnej można dokonywać oceny podatności specyficznej, tworząc tzw. scenariusze zagrożenia, uwzględniające rodzaj i przebieg zanieczyszczenia. Warstwy informacyjne bazy danych GIS MhP „pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość i jakość” przedstawiają podatność naturalną pierwszego poziomu wodonośnego (PPW).

Elementy podatności specyficznej uwzględnia Mapa hydrogeologiczna Polski 1:50 000, zrealizowana w zakresie informacyjnym określonym przez Instrukcję opracowania autorskiego MhP (1999). Stopień zagrożenia głównego użytkowego poziomu/piętra wodonośnego (GUPW) zanieczyszczeniami z powierzchni terenu jest na tej mapie określony z uwzględnieniem hydrogeologicznych warunków izolacji GUPW, koncentracji i oddziaływania istniejących ognisk zanieczyszczeń i zagrożeń endogenicznych oraz stopnia dostępności terenu dla działalności uciążliwej dla wód podziemnych.

Wśród licznych metod określania podatności wód podziemnych na zanieczyszczenie, najbardziej popularne są metody rangowe, polegające na przypisaniu poszczególnym

parametrom określoną wagę punktową i rangę. Należą do nich m.in. metody DRASTIC, DIVERSITY, SEEPAGE, EPIK oraz metody oparte na ocenie czasu migracji zanieczyszczeń konserwatywnych (Krogulec, 2005; Witkowski et al., 2003; Witczak et al., 2005). Do realizacji warstw informacyjnych „PPW – wrażliwość na zanieczyszczenie” przyjęto założenia metodyki opracowanej przez S.Witczaka z zespołem dla potrzeb *Mapy wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie w skali 1:500 000* (Witczak et al., 2005). Metodyka ta została częściowo zmodyfikowana w zakresie uwzględniającym zmianę skali analizy warunków hydrogeologicznych.

Klasy wrażliwości, określone stopniem podatności naturalnej, oznaczane są na podstawie czasu wymiany połowej pojemności wodnej gleb i skał strefy aeracji przez infiltrującą wodę opadową (MRT – Mean Residence Time), który jest utożsamiany z czasem przebywania w tej strefie zanieczyszczeń konserwatywnych rozpuszczonych w wodzie i migrujących z powierzchni terenu do pierwszego poziomu wodonośnego. Średnią miąższość profilu glebowego określono na 1,5 m z wyjątkiem obszarów płytkiego występowania zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego (do 1 m), gdzie miąższość profilu glebowego określono na 0,5 m.

Algorytm oceny podatności naturalnej wód pierwszego poziomu wodonośnego jest następujący (objaśnienia symboli są podane w tabeli 1):

$$MRT = MRT_s + MRT_1 + MRT_2 \quad [\text{lata}] \quad (1)$$

gdzie:

MRT_s - czas wymiany połowej pojemności wodnej profilu glebowego [lata]:

$$MRT_s = \frac{(1000 \cdot 1,5 \cdot w_{og})}{R} \quad [\text{lata}] \quad (2)$$

MRT_1 - czas wymiany połowej pojemności wodnej utworów przepuszczalnych strefy aeracji:

$$MRT_1 = \frac{1000 \cdot ((m_A - m_{PZ} - 1,5) \cdot (1 - S_p) \cdot w_{op})}{R} \quad [\text{lata}] \quad (3)$$

MRT_2 - czas wymiany połowej pojemności wodnej utworów słabo i półprzepuszczalnych w profilu strefy aeracji:

$$MRT_2 = \frac{1000 \cdot ((m_A - m_{PZ} - 1,5) \cdot S_p \cdot w_{oi})}{R} \quad [\text{lata}] \quad (4)$$

Tabela 1. Dane wejściowe do obliczeń czasu połowej pojemności wodnej (MRT)

Wielkość		Źródło danych
Miąższość strefy aeracji m_A [m]		GIS MhP – PPW 1:50 000 Mapa głębokości PPW
Miąższość poziomów zawieszonych m_{PZ} [m]		GIS MhP – PPW 1:50 000
Współczynnik połowej pojemności wodnej profilu glebowego w_{og} [-]		Mapa współczynnika połowej pojemności wodnej gleb 1:100 000 (IUNG Puławy)
Współczynnik połowej pojemności wodnej utworów przepuszczalnych w strefie aeracji w_{op} [-]		Litologia utworów - Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000, Bank HYDRO
Współczynnik połowej pojemności wodna utworów izolujących w strefie aeracji w_{oi} [-]		
Udział warstw izolujących w profilu strefy aeracji S_p [-]		Przekroje geologiczne (SMGP) i hydrogeologiczne (MhP, PPW), profile otworów (Bank HYDRO)
Infiltracja efektywna R [mm/rok]	Moduł zasobów odnawialnych wód podziemnych ZO [m ³ /d·km ²]	Mapa wskaźnika infiltracji efektywnej (PIG) 1:500 000
	Względny współczynnik infiltracji efektywnej opadów W [-]	
	Obszary o utrudnionej infiltracji: <ul style="list-style-type: none"> • zwarta zabudowa miejsko-przemysłowa - $U_1=1$ • zróżnicowana zabudowa miejska - $U_2=1$ • spadki terenu $>10^\circ$ - $U_3=1$ 	Mapa topograficzna 1:50 000 (lub 1:25 000), Atlasy aglomeracji miejskich

PPW – pierwszy poziom wodonośny

Określenie stopnia podatności na podstawie czasu MRT wymiany połowej pojemności wodnej gleb i skał strefy aeracji przez infiltrujące wody opadowe wymaga przygotowania danych wejściowych w celu wyznaczenia parametrów zestawionych w tabeli 1. Część z tych parametrów możliwa jest do pozyskania bezpośrednio z bazy danych MhP – PPW (m_A , m_{PZ}), zaś pozostałe wymagają szczegółowej analizy dostępnych materiałów archiwalnych i odpowiedniego przetworzenia wyselekcjonowanych danych (zwektoryzowania i dokonania przeliczeń w systemie GeoMedia).

Określenie wielkości infiltracji efektywnej (R) wymaga przeprowadzenia analizy litologicznych warunków infiltracji utworów powierzchniowych, spadków terenu, stopnia zurbanizowania i modułu odpływu podziemnego w zlewniach bilansowych (zróżnicowanego zgodnie z rozkładem opadów atmosferycznych w obrębie zlewni). Algorytm określenia wielkości infiltracji efektywnej ma następującą postać:

$$R = \frac{ZO \cdot W \cdot (1 - 0,9 \cdot U_1) \cdot (1 - 0,6 \cdot U_2) \cdot (1 - 0,5 \cdot U_3) \cdot 365}{1000} \quad [\text{mm/rok}] \quad (5)$$

Tabela 2. Klasy stopnia podatności wód pierwszego poziomu wodonośnego

MRT Szacunkowy czas wymiany wody w profilu strefy aeracji [lata]	Stopień podatności na mapie 1:500 000*	Klasy wrażliwości MhP-PPW 1:50 000	Opis*
< 5	bardzo podatne	bardzo wysoka	Ośrodek podatny na większość zanieczyszczeń.
5 – 25	podatne	wysoka	Ośrodek podatny na wiele typów zanieczyszczeń, oprócz silnie sorbowanych (np. metale ciężkie).
25 – 50	średnio podatne	średnia	Ośrodek podatny na niektóre typy zanieczyszczeń, ale tylko, gdy są wprowadzane lub wyługowywane w sposób ciągły.
50 – 100	mało podatne	niska	Ośrodek podatny tylko na zanieczyszczenia konserwatywne wprowadzane lub wyługowane w sposób ciągły, intensywny i na dużym obszarze.
> 100	bardzo mało podatne	bardzo niska	Ośrodek nie podatny na większość zanieczyszczeń.

* Witczak (red.), 2005 (zmodyfikowane)

Na podstawie wyznaczonego sumarycznego czasu MRT wymiany połowej pojemności wodnej gleb i utworów strefy aeracji dokonuje się klasyfikacji wód pierwszego poziomu wodonośnego do pięciu klas wrażliwości (tab.2). Jest to warstwa informacyjna przestrzenna, prezentowana z zastosowaniem zróżnicowania barw dla poszczególnych klas wrażliwości. Punktowo, zgodnie z obowiązującym na MhP znakami graficznymi, przedstawione są obiekty i działania antropogeniczne pogarszające stan chemiczny wód pierwszego poziomu wodonośnego.

Jakość wód pierwszego poziomu wodonośnego

Jakość wód podziemnych określana jest na podstawie klasyfikacji podanej w obowiązującym na czas wykonania arkusza. Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych (Dz. U. Nr 32/2004 poz. 284), wprowadzone w życie z dniem 11 lutego 2004 roku utraciło ważność z dniem 1 stycznia 2005 roku. Obecnie w Polsce brak jest aktualnej podstawy prawnej do określenia klas jakości wód podziemnych. Wydanie odpowiedniego aktu prawnego nastąpi po uchwaleniu *Dyrektywy*

Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniem i pogorszeniem ich stanu.

Dla potrzeb wykonania opracowania autorskiego warstw informacyjnych bazy danych GIS MhP „pierwszy poziom wodonośny – jakość wód” wykonawcy opróbowują 20 – 30 reprezentatywnych punktów na obszarze arkusza. Są to studnie kopane, źródła, sondy okrętne, piezometry i studnie wiercone ujmujące pierwszy poziom wodonośny. Wybór punktów zależy przede wszystkim od warunków hydrogeologicznych (kierunki przepływu wód, rozciągłość warstwy wodonośnej). Opróbowanie pomija punkty w bezpośrednim zasięgu lokalnych ognisk zanieczyszczeń (szamba, obory, kompostowniki i inne) oraz niezabezpieczone przed przedostawaniem się wód spływających po powierzchni terenu.

Jakość wód oceniana jest na podstawie polowych oznaczeń wybranych wskaźników fizyko-chemicznych: azotany, azotyny, amoniak, chlorki, siarczany, przewodność i pH. Oznaczenia wykonywane są „na miejscu” z wykorzystaniem zestawu polowych mierników, w okresie czerwca-lipca (tab.3).

Na mapie „pierwszy poziom wodonośny – jakość wód” prezentowane są dwie warstwy informacyjne. Pierwsza z nich - *zawartość związków azotu w wodach pierwszego poziomu wodonośnego* – opracowywana jest dla obszarów gruntów rolnych i osadnictwa. Zadaniem tej warstwy jest wstępna identyfikacja obszarów, na których stwierdzono zanieczyszczenie wód związkami azotu ($\text{NO}_3 > 50 \text{ mg/dm}^3$) lub zagrożenie zanieczyszczeniami związkami azotu ($25 < \text{NO}_3 < 50 \text{ mg/dm}^3$). Jest ona opracowywana zarówno na podstawie badań terenowych jak i w oparciu o zgromadzone wyniki monitoringu jakości wód podziemnych – sieci krajowej (MONBADA) i sieci regionalnych (WIOŚ, RZGW) i innych (SANEPID). Drugą warstwę informacyjną - *wybrane wskaźniki jakości wód pierwszego poziomu wodonośnego* - stanowi punktowe przedstawienie wartości wybranych wskaźników fizyko-chemicznych wód podziemnych, pomierzonych w trakcie przeglądu terenowego.

Tab. 3. Wykaz badanych wskaźników jakości wód podziemnych

Wskaźnik	NO ₃	NO ₂	NH ₄	Cl	SO ₄	pH	PEW
Jednostka	[mg/dm ³]					[-]	[μS]
Dopuszczalna wartość	50	0,05	0,5	250	250	6,5 - 9,5	2,5
Obowiązujący akt prawny	Rozp. Ministra Środ. (Dz. U. Nr 241, poz.2093)		Rozporządzenie Ministra Środowiska* (Dz. U. Nr 32/2004 poz. 284)				

Sprzęt do badań polowych	Fotometr SLANDI – typ LF300 z wyposażeniem standardowym wraz z zestawem odczynników	Pehametr SLANDI – typ SP 300	Konduktometr SLANDI – typ SC 300
--------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------	----------------------------------

* utraciło ważność z dniem 1.01.2005 r.

Podsumowanie i wnioski

Realizowana w latach 2006/2007 transza pilotażowa warstw informacyjnych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 „pierwszy poziom wodonośny – wrażliwość na zanieczyszczenie i jakość wód” będzie podstawą dla ustalenia optymalnej metodyki badań terenowych jakości płytkich wód podziemnych oraz metodyki kartograficznej prezentacji stopnia naturalnej podatności na zanieczyszczenie pierwszego poziomu wodonośnego. Uzyskane doświadczenia zostaną ujęte w formie szczegółowej instrukcji merytorycznej, która umożliwi wykonanie tych warstw dla obszaru objętego do 2007 r. opracowaniem warstw informacyjnych bazy danych MhP „pierwszy poziom wodonośny – warunki występowania i hydrodynamika” a następnie – zrealizowanie pełnego zdjęcia kartograficznego pierwszego poziomu wodonośnego w pozostałej części kraju, zgodnie z ramowym harmonogramem rozwoju bazy danych MhP (Herbich P. i in., 2004).

W ten sposób baza danych GIS MhP będzie obejmowała charakterystykę płytkich i użytkowych poziomów wodonośnych w zakresie wymaganym przez zadania realizowane w ramach wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej i określone w obowiązującej Ustawie prawo wodne: opracowywanie, wdrażanie i monitorowanie programów działań dla ochrony wód podziemnych bezpośrednio związanych z ekosystemami wód powierzchniowych oraz ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych, w tym specjalnych obszarów ochrony siedlisk NATURA 2000 a także wód podziemnych, które są lub mogą być w przyszłości źródłem zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia.

LITERATURA:

HERBICH P., 2004 – *The assessment of risk to groundwater quality in the Hydrogeological map of Poland 1:50 000*. [in:] Groundwater vulnerability assessment and mapping, International conference, Ustroń, 15-18 June 2004.

HERBICH P. at all, 2004 – *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, udostępnianie, weryfikacja, aktualizacja i rozwój. Instrukcja*, MŚ-PIG, Warszawa.

Instrukcja opracowania autorskiego i edycji komputerowej Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa 1999

- KROGULEC E., 2004 – *Ocena podatności wód podziemnych na zanieczyszczenia w dolinie rzecznej na podstawie przesłanek hydrodynamicznych*. Uniwersytet Warszawski, Warszawa.
- RAMOWA DYREKTYWA WODNA – Directive 2000/60/EC – Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/WE z dnia 23 października 2000 roku w sprawie ustanowienia ram działalności Wspólnoty w zakresie polityki wodnej.
- WITCZAK S., DUDA R., KARLIKOWSKA J., ŻUREK A., 2005 – *Możliwość wykorzystania mapy podatności do weryfikacji stref wrażliwych na zanieczyszczenia azotanami*. [in:] Współczesne Problemy Hydrogeologii, Toruń, 6-9 września 2005 r.
- WITCZAK S. (red.), 2005 – *Mapa wrażliwości wód podziemnych na zanieczyszczenie 1:500000* (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 Sp. z o.o., Warszawa.
- WITCZAK S., 2006 – *Ochrona jakości wód podziemnych w świetle dyrektyw UE*. [in:] Problemy związane z wprowadzaniem Ramowej Dyrektywy Wodnej, Częstochowa, 25-26 kwietnia 2006 r.
- WITKOWSKI A., RUBIN K., KOWALCZYK K., RÓŻKOWSKI A., WRÓBEL J., 2003 – *Groundwater vulnerability map of the Chrzanów karst – fissured Triassic aquifer (Poland)*. Environmental Geology (2003) 44. Springer Verlag: 59-67.
- ŻUREK A., WITCZAK S., DUDA R., 2002 – *Ocena podatności szczelinowych zbiorników wód podziemnych na zanieczyszczenie*. Prace WNoZ UŚ. Nr 22. Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenie. Sosnowiec: 241-254.