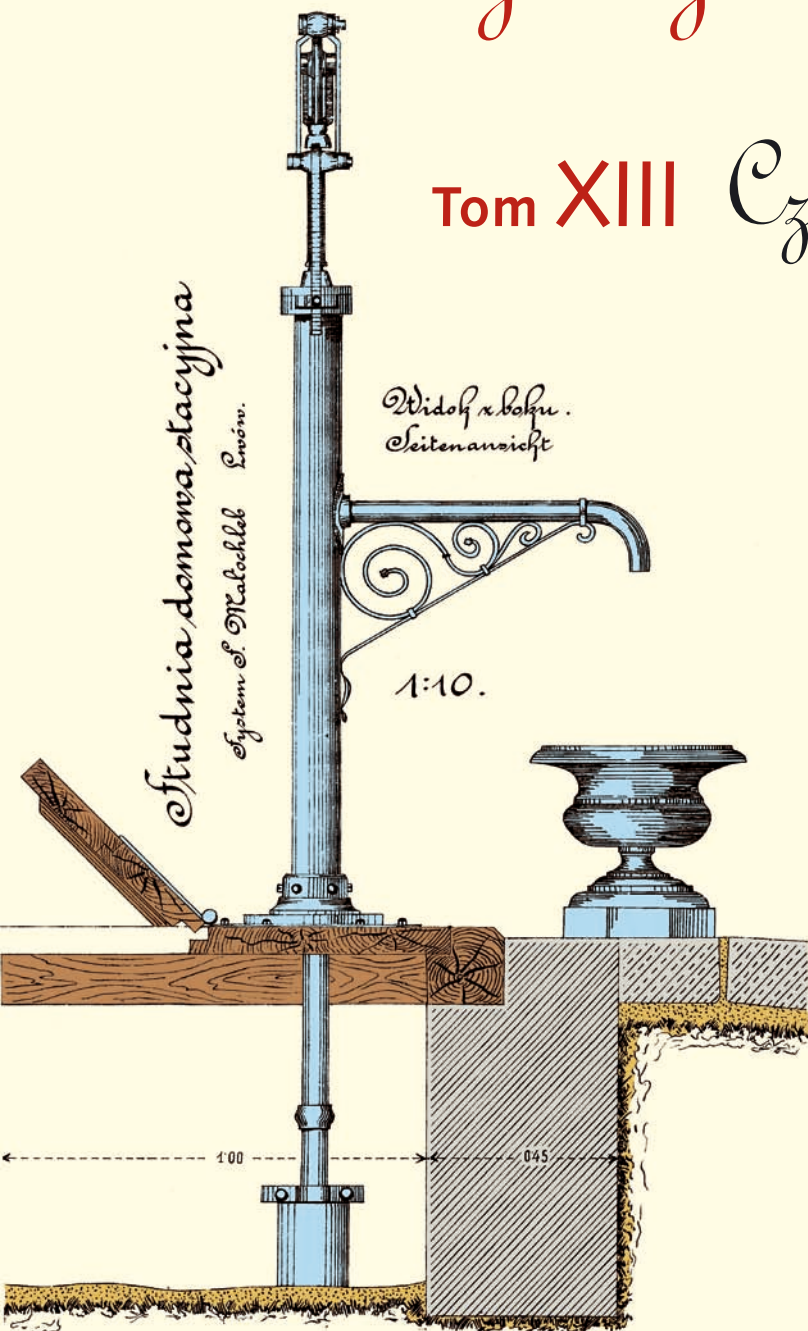


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 2.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staško
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Piotr Herbich, Elżbieta Przytuła,
Małgorzata Woźnicka

**Kartograficzna klasyfikacja obszarów
o znacznie zróżnicowanych warunkach
występowania pierwszego poziomu
wodonośnego**

**Cartographical Classification of the Considerable
Diversified Conditions Areas of Occurrence
of the First Aquifer**

Słowa kluczowe

wody podziemne, Mapa Hydrogeologiczna Polski, pierwszy poziom wodonośny, zróżnicowane warunki występowania poziomu wodonośnego

Key words

groundwater, Hydrogeological Map of Poland, first aquifer, diversified conditions of aquifer

Abstract

This article presents experiences assembled during realization of first stage of Hydrogeological Map of Poland in scale 1:50 000 "first aquifers — occurrence and hydrodynamics". They refer to identification and hydrogeological classification of areas, in of which first aquifer occur within diverse litological compositions with considerably diverse transmissivity, in discontinuous layers, in many chances glaciectonical disturbed. Range of each aquifers in such areas is not possible to assess without special detailed researches. Simultaneously on the same areas step out dug wells, springs, swamps and streams, that shows necessity of regard such areas in characterization of water conditions supply of single farms and relationship of groundwater related ecosystems. In these areas one determines units with significantly diversified properties and occurrences of first aquifer (Herbich and other, 2004).

Wstęp

Od 2005 r. Państwowy Instytut Geologiczny prowadzi szeroko zakrojone prace, mające na celu uzupełnienie bazy danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50000 o charakterystykę pierwszego poziomu wodonośnego – warunków jego występowania, hydrodynamiki, jakości i wrażliwości na zanieczyszczenia oraz jego związków z wodami powierzchniowymi i ekosystemami lądowymi zależnymi od wód podziemnych (mokrałami, torfowiskami, olsami, łęgami i in.). Rozpoznanie płytkich wód podziemnych jest niezbędne do przeprowadzenia oceny ilościowej i jakościowej stanu wód podziemnych, zgodnie z wytycznymi Ramowej Dyrektywy Wodnej UE (Dyrektywa 2000/60/EC) – Ćwiertniewska, Herbich, 2006. Praca ta jest realizowana na zamówienie Ministra Środowiska a finansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. W 2005 r. zrealizowana została transza pilotażowa obejmująca opracowanie warunków występowania i dynamiki pierwszego poziomu wodonośnego na obszarze 144 arkuszy; obecnie kontynuowane są prace na obszarze kolejnych 270 arkuszy. Uczestniczy w nich konsorcjum, w skład którego wchodzi 8 firm geologicznych.

Warstwy informacyjne bazy danych GIS MhP, wchodzące w skład grupy tematycznej „pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika” (PPW-WH), charakteryzują zasięg określonej formy i środowiska występowania pierwszego poziomu wodonośnego (jednostki hydrogeologiczne), jego hydrodynamikę (hydroizohipsy, rodzaj zwierciadła, kierunki przepływu), głębokość do pierwszego poziomu, charakter związku z wodami powierzchniowymi, formy naturalnego wypływu wód podziemnych na powierzchnię oraz antropogeniczne zmiany położenia zwierciadła pierwszego poziomu wodonośnego o zakresie istotnym dla stanu ekosystemów lądowych i wód powierzchniowych.

Pierwszym poziomem wodonośnym, wydzielanym na MhP zgodnie z Instrukcją (Herbich i in., 2004), jest pierwsza od powierzchni warstwa wodonośna lub zespół warstw wodonośnych, wykazujących dobrą łączność hydrauliczną, spełniających następujące warunki: wodoprzepuszczalność $k \geq 3$ m/d, łączna miąższość $m \geq 2$ m (przy średnim stanie retencji) oraz ciągłość występowania na obszarze $A \geq 20$ km² (w uzasadnionych przypadkach co najmniej 3 km²). W szczególnych przypadkach pierwszym poziomem wodonośnym jest jednocześnie główny użytkowy poziom wodonośny, którego charakterystyka kartograficzna została przedstawiona w pierwszej edycji MhP.

Schematyzacja i rejonizacja warunków hydrogeologicznych, prowadzona w ramach opracowania autorskiego PPW-WH, obejmuje wydzielenie odrębnych jednostek dla obszarów, w których pierwszy poziom wodonośny występuje w obrębie utworów znacznie zróżnicowanych pod względem wykształcenia litologicznego i wodoprzepuszczalności, tworzących warstwy nieciągłe, o charakterze soczewek lub pokryw, często zaburzonych tektonicznie lub glaciektonicznie. Zasięg poszczególnych warstw wodonośnych w takich obszarach nie jest możliwy do ustalenia bez szczegółowego kartowania hydrogeologicznego. Dodatkowym czynnikiem wskazującym na konieczność ich uwzględnienia w charakterystyce warunków oraz związku wód podziemnych z ekosystemami od nich zależnymi jest występowanie studni kopanych, źródeł i podmokłości oraz źródłkowych odcinków potoków. W obszarach takich wydziela się jednostki hydrogeologiczne, oznaczane jako zww, o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własnościach warstw wodonośnych (Herbich i in., 2004).

Przestrzenne zróżnicowanie wykształcenia i własności utworów wodonośnych oraz wynikająca z nich specyfika hydrodynamiki w jednostkach o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego (PPW-zww) są przyczyną, dla której w ich obrębie nie prezentuje się hydroizohips a głębokość jest podawana z mniejszą dokładnością, w szerszych przedziałach wartości.

W trakcie realizacji transzy pilotażowej, identyfikacja form występowania pierwszego poziomu wodonośnego budziła niekiedy wątpliwości interpretacyjne, związane z odróżnieniem ich od rejonów pozbawionych poziomów wodonośnych, od wód zawieszonych a wreszcie od typowych poziomów wodonośnych, spełniających warunek ciągłości hydrodynamicznej. Podsumowaniem doświadczeń zebranych w początkowej fazie prac były opracowane w Zespole Koordynacyjnym MhP wskazania merytoryczne do schematyzacji i rejonizacji hydrogeologicznych warunków występowania PPW (Herbich, Ćwiertniewska, 2005).

Kryteria wyznaczania jednostek hydrogeologicznych w obszarach PPW-zww

Wydzielenie jednostki obejmującej obszar występowania pierwszego poziomu wodonośnego zaklasyfikowany jako rejon o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własności hydrogeologicznych pierwszego poziomu wodonośnego (PPW-zww), wymaga przede wszystkim przeprowadzenia analizy w zakresie przestrzennego i litologicznego wykształcenia warstw wodonośnych oraz przejawów trwałego występowania wód podziemnych. Analizowane są dane o budowie geologicznej i warunkach hydrogeologicznych zawarte w Szczegółowej Mapie Geologicznej Polski, Mapie hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 i w banku otworów hydrogeologicznych HYDRO oraz wyniki przeglądu terenowego – pomiary studzien wraz z informacjami o ich zasobności a także obserwacje źródeł, wysięków i wód powierzchniowych.

Analiza prowadzi do ustalenia zasięgu rejonów występowania nierozdzielnych utworów wodonośnych i praktycznie niewodonośnych, prezentowanych w materiałach kartograficznych jako zróżnicowane litologicznie kompleksy, w których zasięg i miąższość występowania poszczególnych typów utworów są bliżej nierozpoznane. Są to najczęściej piaski, muły i iły mis jeziornych, wzniesienia zbudowane z zaburzonych glącitektonicznie piasków i glin, piaszczysto-żwirowo-gliniaste utwory zwałowe oraz piaszczysto-gliniaste pokrywy zwietrzelinowe skał litych o zmiennym wykształceniu strefy szczelin wietrzeniowych.

Wydzielone w ramach rejonizacji hydrogeologicznej obszary o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własnościach warstw wodonośnych powinny w możliwie pełnym stopniu spełniać następujące kryteria:

- przestrzenne zróżnicowanie litologiczne, brak ciągłości i zmienność własności hydrogeologicznych utworów w strefie występowania płytkich wód podziemnych (pierwszych od powierzchni terenu);
- trudny do przestrzennego wyznaczenia zasięg utworów, osiagających przepuszczalność kwalifikującą do wydzielenia pierwszego poziomu wodonośnego;
- czasowa ciągłość zawodnienia (mimo okresowych zmian stanu retencji);

- występowanie studzien (głównie kopanych) o zasobności pokrywającej potrzeby przeciętnego gospodarstwa rolnego w ciągu roku;
- ograniczona pozioma łączność hydrauliczna przewarstwień wodonośnych, często objawiająca się skokowym zróżnicowaniem rzędnej zwierciadła wody;
- występowanie ekosystemów zależnych od płytkich wód podziemnych (źródła, wysięki, podmokłości, ciekły powierzchniowe);
- brak strefy aeracji w utworach wodoprzepuszczalnych ponad głębszymi poziomami wodonośnymi (a poniżej strefy zawodnienia w znacznie zróżnicowanych warunkach).

Należy podkreślić, że w wielu przypadkach stwierdzenie spełnienia większości z powyższych kryteriów opiera się na analogii do obszarów lepiej rozpoznanych, zaś największą trudność sprawia rozróżnienie opisanych form występowania pierwszego poziomu wodonośnego od wód zawieszonych.

W zależności od położenia hydrodynamiczno-geomorfologicznego i typu litofacjalnego utworów wyróżnia się następujące główne rodzaje obszarów o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego (PPW-zww):

- wysoczyzny i równiny morenowe – utwory zwałowe o zmiennej litologii – liczne soczewki, nieregularne przewarstwienia piasków i żwirów w obrębie glin zwałowych, lokalne spiaszczenia glin, zwietrzliny (residua) glin zwałowych i pokrywy piaszczyste;
- doliny, równiny jeziorne i zastoiskowe – współwystępujące utwory wodonośne i niewodonośne, nierozdzielone w obrębie jednostki geomorfologicznej, np. piaski, mułki i ropy jeziorne;
- wzniesienia z glacitektonicznie zaburzonych utworów o różnej wodoprzepuszczalności;
- silnie zróżnicowane litologicznie i zaburzone tektonicznie masywy skalne, obejmujące wodonośne skały szczelinowe i krasowe oraz utwory słabo wodonośne (m.in. flisz).

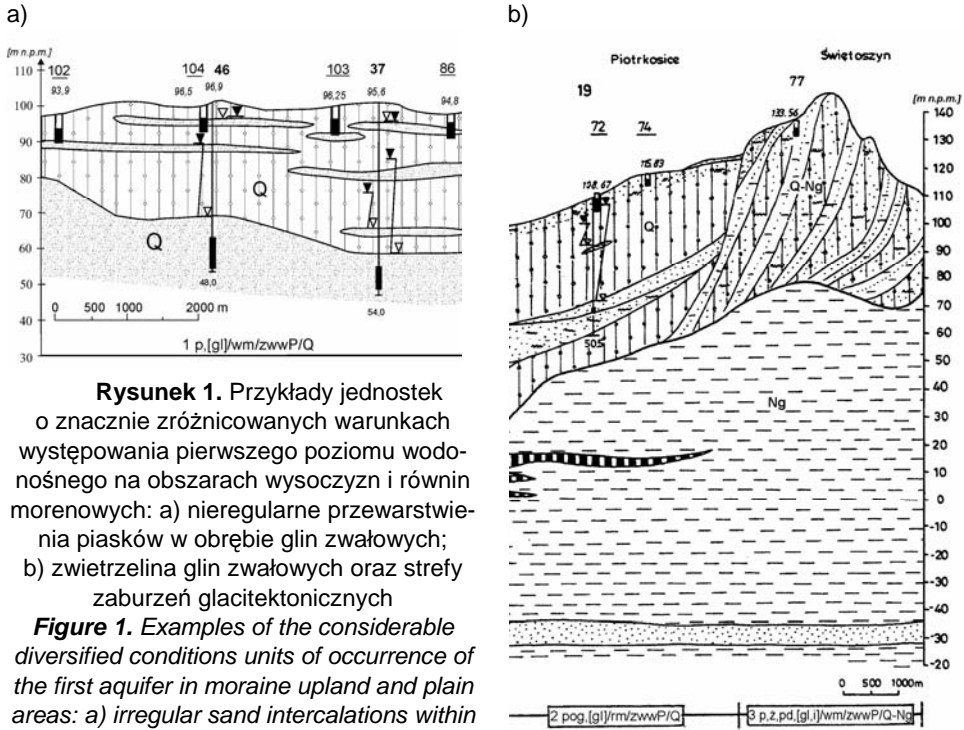
Przykłady jednostek hydrogeologicznych w obszarach PPW-zww

Realizacja tranzy pilotażowej dostarczyła liczne przykłady wydzielenia jednostek o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego:

1. Obszary wysoczyzn morenowych (wm) i równin morenowych (rm):

- PPW występuje na różnej głębokości w piaszczystych soczewkach, nieciągłych przewarstwieniach i lokalnych spiaszczeniach (p) w obrębie glin zwałowych (gl). Zapis symbolu jednostki (rys. 1a): 1 p, [gl]/wm/zwwP/Q (Mikołajków, 2005).
- PPW występuje w zwietrzałych (pospółki gliniaste – pog) przypowierzchniowych strefach glin zwałowych (gl), stanowiących powszechne źródło zaopatrzenia w wodę pojedynczych gospodarstw (studnie kopane). Zapis symbolu jednostki (rys. 1b): 2 pog,[gl]/wm/zwwP/Q (Bielecka, Maruńczak, 2005).
- PPW występuje w czwartorzędowych (Q) piaskach różnoziarnistych (p) i żwirach (ż) oraz w neogeńskich (Ng) piaskach drobnoziarnistych (pd). Utwory zawodnione stanowią liczne nieciągłe i zaburzone glacitektonicznie warstwy, soczewki, gniazda w obrębie

czwartorzędowych glin zwałowych (gl) i neogeńskich iłów (i), praktycznie pozbawione łączności hydraulicznej. Zapis symbolu jednostki (rys. 1b): 3 p,ż,pd,[gl,i]/wm/zwwP/Q-Ng (Bielecka, Maruńczak, 2005).

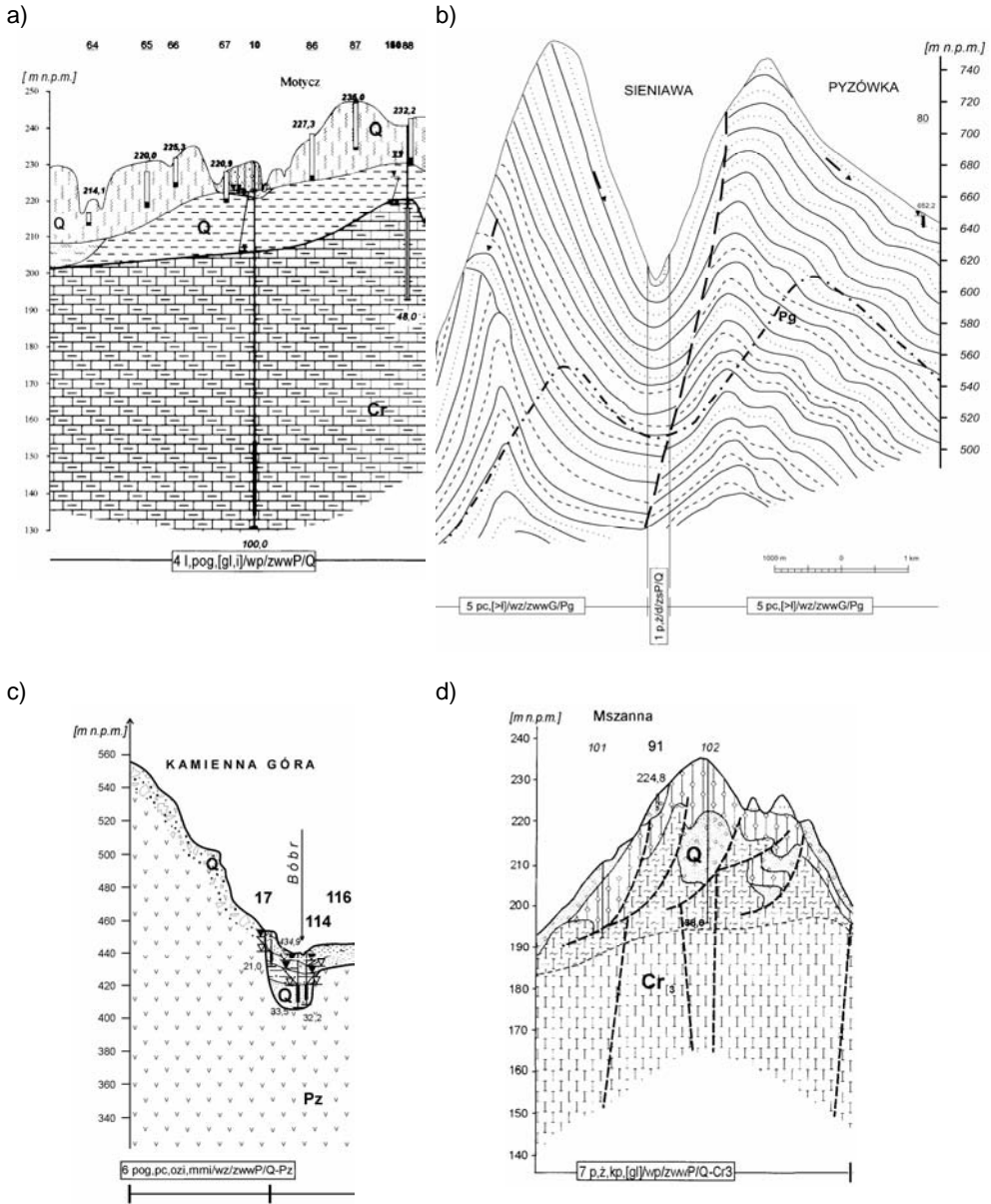


Rysunek 1. Przykłady jednostek o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego na obszarach wysoczyzn i równin morenowych: a) nieregularne przewarstwienia piasków w obrębie glin zwałowych; b) zwietrzelina glin zwałowych oraz strefy zaburzeń glacictektonicznych

Figure 1. Examples of the considerable diversified conditions units of occurrence of the first aquifer in moraine upland and plain areas: a) irregular sand intercalations within tills; b) weathered tills and glaciectonic zones

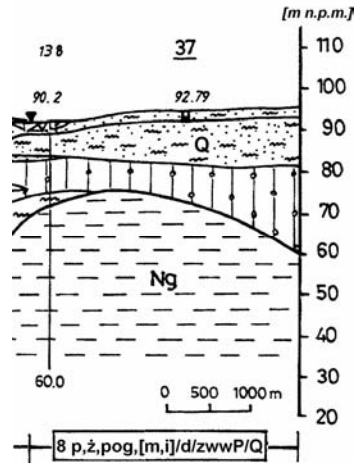
Objaśnienia do rysunków 1-3 (Explanation to figures 1-3):

<p>Przepływ w osrodku szczelinowym</p> <p>wapień i margle kreda piaszcząca piaskowce</p>	<p>Przepływ w osrodku porowym</p> <p>piaski i żwirny piaski drobnoziarniste</p>	<p>Przepływ ograniczony, brak przepływu w osrodku słabo przepuszczalnym</p> <p>pospółki gliniaste mułki piaszczyste mułki gliny piaszczyste gliny lessy ily łupki zwietrzeliny skały osadowe, magmowe, słabo spękanne zwietrzała kreda piaszcząca w strukturach glacictektonicznych</p>
<p>Stratygrafia utworów:</p> <p>Q - czwartorzęd Ng - neogen Pg - paleogen Cr₁ - kreda górna Pz - paleozoik</p> <p>— - granica stratygraficzna - - - - - uskok → - lokalny kierunek przepływu</p>		
<p>Jednostki hydrogeologiczne PPW:</p> <p>1 p,[gl]/wm/zwwP/Q - symbol jednostki hydrogeologicznej:</p> <p>(1 - nr jednostki, p - symbol litologiczny utworów wodonośnych PPW, [gl] - symbol litologiczny niewodonośnych utworów towarzyszących, wm - symbol strefy hydrodynamiczno-geomorfologicznej, zww - charakter zwierciadła-zwierciadło nieciągłe o zmiennym charakterze, P - rodzaj PPW, Q - symbol stratygraficzny PPW)</p>		
<p>Studnia wiercena:</p> <p>37 nr studni rzędna zwierciadła wody 95,0 zwierciadło wody podziemnej 54,0 ▼ - nawiercone ▽ - ustalone filtr □ otwór bosy głębokość studni (m)</p>		
<p>Studnia kopana:</p> <p>77 nr studni (102 nr studni rzutowanej) rzędna zwierciadła wody 139,56 stup wody 38,0</p>		



Rysunek 2. Przykłady jednostek o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego na obszarach wzniesień z utworów przedkenozoicznych: a) obszary pokryw lessowych; b) kompleks fliszowy; c) słabo spękany masyw skalny; d) zaburzenia glaciitektoniczne

Figure 2. Examples of the considerable diversified conditions units of occurrence of the first aquifer in areas of pre-Cenozoic elevations: a) areas of loess covers; b) flysch complex; c) weakly fissured rocky massif; d) glaciectonics



Rysunek 3. Przykład jednostki o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania pierwszego poziomu wodonośnego w dolinach
Figure 3. Example of the considerable diversified conditions units of occurrence of the first aquifer in valley areas

2. Obszary wzniesień z utworów przedkenozoicznych (wz, wp):

- PPW występuje w lessach i utworach lessopodobnych (l) oraz pospółkach gliniastych (pog) tworzących niejednorodną pokrywę z utworów czwartorzędowych (Q) na wzniesieniach zbudowanych z utworów kredy (Cr). Zawodnione spiaszczenia, występujące w formie soczew i przewarstwień, są rozproszone w obrębie słabo przepuszczalnych lessów, glin (gl) i iłłów (i). Zapis symbolu jednostki (rys. 2a): 4 l,pog,[gl,i]/wp/zwwP/Q (Pietruszka, Zezula, 2006).
- PPW występuje we fliszowym kompleksie nierozdzielnych paleogeńskich (Pg) zawodnionych piaskowców (pc) i niewodonośnych łupków (ł). Jest on jednocześnie głównym użytkowym poziomem wodonośnym (G). W zależności od proporcji pomiędzy piaskowcami i łupkami wyróżnia się flisz piaskowcowy (pc,[>ł]) lub łupkowy (pc,[<ł]). Zapis symbolu jednostki (rys. 2b): 5 pc,[>ł]/wz/zwwG/Pg (Chowaniec, 2005).
- Wzniesienia zbudowane z proterozoicznych (Pz) słabo spękanych skał osadowych, magmowych i metamorficznych (mmi) oraz ze skał okruchowych zwięzłych (pc, ozi). Środowisko występowania pierwszego poziomu wodonośnego stanowią nieregularnie występujące strefy silniej spękane, niekiedy wypełnione rumoszem lub zwietrzeliną oraz spękania wietrzeniowe i pospółki gliniaste (pog). Zapis symbolu jednostki (rys. 2c): 6 pog,pc,ozi,mmi/wz/zwwP/Q-Pz (Wojtkowiak, 2005).
- Wzniesienia zbudowane z utworów kredy górnej (Cr₃) i czwartorzędowych (Q), wypiętrzonych w formie zrębów i dodatkowo zaburzonych glacitektonicznie. PPW występuje w piaskach różnoziarnistych (p), żwirach (ż) i zwietrzalej kredzie piszącej (kp), izolowanych glinami zwałowymi (gl) oraz zmylonityzowanymi strefami uskokowymi. Głębokość wy-

stępowania oraz miąższość utworów wodonośnych stanowiących PPW jest zróżnicowana. Zapis symbolu jednostki (rys. 2d): 7 p,ż,kp,[gl]/wp/zwwP/Q-Cr₃ (Albrycht, Zezula, 2006).

3. Obszary dolin (d), równin (r):

- PPW występuje w nierozdzielonych osadach wodnolodowcowych, rzecznych i jeziornych, w postaci przewarstwień i soczewek piasków (p), żwirów (ż) i pospótek gliniastych (pog) w mułkach (m) i ilach (i), utrudniających przepływ wód. Zapis symbolu jednostki (rys. 3): 8 p,ż,pog,[m,i]/d/zwwP/Q (Wojciechowska, 2005).

Odrębny rodzaj znacznie zróżnicowanych warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego spotykany jest w obszarach antropogenicznego przekształcenia górotworu przez intensywną działalność górniczą. Prowadzone odwodnienia wyrobisk oraz poeksploatacyjne odkształcenie górotworu powoduje tak znaczne zaburzenia w przepływie wód podziemnych, że nie jest możliwe kartograficzne odwzorowanie hydrodynamiki poziomu wodonośnego. Drogi krążenia wód podziemnych, obok szczelin, pustek i kanałów krasowych, stanowią również częściowo zaciśnięte lub podsadzone nieczynne wyrobiska, szczeliny i spękania odprężeniowe (przykładowy zapis jednostki: 9 w,do/wz/zwwG/T1,2 – Kempa, Bielewicz, 2005).

Podsumowanie i wnioski

Wyniki rozpoznania pierwszego poziomu wodonośnego, uzyskane w latach 2005-2006 w trakcie realizacji transzy pilotażowej (414 arkuszy), potwierdziły słuszność przyjętych założeń metodycznych (Herbich i in., 2004), dotyczących wydzielania jednostek o znacznie zróżnicowanych warunkach występowania i własności hydrogeologicznych pierwszego poziomu wodonośnego (typ zww). Znaczne zróżnicowanie własności filtracyjnych, nieciągłość utworów wodonośnych, zmienne kierunki przepływu, przeważnie w połączeniu ze słabym stopniem rozpoznania hydrogeologicznego, powodują, że dla takich warunków niemożliwe jest odwzorowanie hydrodynamiki z dokładnością dla prezentacji kartograficznej w skali 1:50 000, przyjętej dla typowych form występowania pierwszego poziomu wodonośnego. W uzasadnionych przypadkach pokazywane są kierunki możliwego przemieszczania się wód podziemnych pierwszego poziomu do stref drenażowych, bez przedstawiania hydroizohips, co wskazuje na nieciągłość warstw wodonośnych oraz wysoki i trudny do rozpoznania stopień zróżnicowania ich wodoprzepuszczalności. Również przedstawienie rozkładu głębokości do pierwszego poziomu w jednostce typu „zww” wymaga stosowania szerszych przedziałów wartości niż dla obszarów o typowym wykształceniu PPW.

W wielu takich obszarach funkcjonują liczne i zasobne studnie kopane, obserwowane są źródła i wysięki oraz stałe strumyki, torfowiska i podmokłości, co wskazuje na występowanie pierwszego poziomu wodonośnego o istotnym znaczeniu dla zaopatrzenia w wodę pojedynczych gospodarstw domowych i rolnych oraz dla kształtowania stosunków wodnych w ekosystemach zależnych od wód gruntowych. Nie mogą być zatem takie formy występowania płytkich wód podziemnych wyłączone z charakterystyki hydrogeologicznej pierwszego poziomu wodonośnego, wykonywanej jako uzupełnienie bazy danych Mapy

hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, niezbędne dla wsparcia działań na rzecz wdrożenia Ramowej Dyrektywy Wodnej UE.

Decyzja o zakwalifikowaniu serii utworów z dominacją słabo przepuszczalnych lub kompleksów współwystępujących ze sobą utworów wodonośnych i niewodonośnych jako pierwszego poziomu wodonośnego typu „zww” nie może opierać się jedynie na podstawie analizy warunków geologicznych. Kwalifikacja taka musi być wsparta udokumentowaniem co najmniej niektórych z wyżej wymienionych przejawów występowania wód podziemnych oraz uzupełniona o przesłanki, upoważniające do zastosowania metody analogii hydrogeologicznej. Jeżeli aktualny stan rozpoznania nie spełnia podanych wymagań, to odpowiednio do warunków hydrogeologicznych, jako pierwszy poziom wodonośny uwzględniany jest niższy poziom użytkowy lub wydzielany jest obszar pozbawiony warstw wodonośnych. Kwalifikacja taka może być zmieniona po uzyskaniu nowych danych. Złożoność zjawiska powoduje trudności w identyfikacji i klasyfikacji obszarów typu zww. Jednakże powszechność występowania, a przede wszystkim wykorzystanie, czyli eksploatacja wód podziemnych z tych poziomów (głównie przez studnie gospodarskie) sprawia, iż jest to zagadnienie ważne i wymagające dalszych badań.

Literatura

- Albrycht A., Zezula H., 2006: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika*, Arkusz ŚWIERŻE (0753). CAG – PIG Warszawa.
- Bielecka H., Maruńczak S., 2005: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – występowanie i hydrodynamika*, Arkusz JUTROSIN (0656). CAG – PIG Warszawa.
- Chowaniec J., 2005: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika*, Arkusz RABKA (1032). CAG – PIG Warszawa.
- Ćwiertniewska Z., Herbich P., 2006: *Rozwój bazy danych Mapy hydrogeologicznej Polski jako narzędzia wspomagającego wdrożenie RDW*. [in:] XVI Sympozjum nauk.-tech. pt. Problemy związane z prowadzaniem Ramowej Dyrektywy Wodnej, Częstochowa, 25-26.04.2006.
- Dyrektywa 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.
- Herbich P. i in., 2004: *Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, udostępnianie, weryfikacja, aktualizacja i rozwój. Instrukcja*, MŚ – PIG, Warszawa.
- Herbich P., Ćwiertniewska Z., 2005: *Zasady rejonizacji hydrogeologicznych warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego* (materiały niepublikowane), PIG, Warszawa.
- Kempa J., Bielewicz R., 2005: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika*, Arkusz BYTOM (0910). CAG – PIG Warszawa.
- Mikołajków J., 2005: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika*, Arkusz LUBIEWO (0242). CAG – PIG Warszawa.

- Pietruszka W., Zezula H., 2006: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika*, Arkusz BEŁŻYCE (0748). CAG – PIG Warszawa.
- Wojciechowska R., 2005: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika*, Arkusz ŻMIGRÓD (0690). CAG – PIG Warszawa.
- Wojtkowiak A., 2005: *Baza danych Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50 000 Pierwszy poziom wodonośny – Występowanie i hydrodynamika*, Arkusz KAMIENNA GÓRA (0833). CAG – PIG Warszawa.