

## ZASOBY WÓD PODZIEMNYCH SYSTEMU WODONOŚNEGO WSCHODNIEJ CZĘŚCI POJEZIERZA WIELKOPOLSKIEGO

### THE GROUNDWATER RESOURCES OF HYDROGEOLOGICAL SYSTEM IN THE EASTERN WIELKOPOLSKA LAKE REGION

STANISŁAW DĄBROWSKI<sup>1</sup>, WITOLD RYNARZEWSKI<sup>1</sup>, RENATA STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA<sup>1</sup>,  
JOANNA ZACHAŚ<sup>1</sup>, ANDRZEJ PAWLAK<sup>1</sup>

**Abstrakt.** W artykule przedstawiono wyniki rozpoznania hydrogeologicznego systemu wodonośnego wschodniej części Pojezierza Wielkopolskiego. W obrębie analizowanego systemu rozpoznano wody pitne w utworach czwartorzędowych, neogeńsko-paleogeńskich i lokalnie mezozoicznych górnej kredy i górnej jury, do głębokości 200 m. Na podstawie badań modelowych określono zasoby odnawialne i dyspozycyjne wód podziemnych, łącznie z zasobami w strukturach lokalnych określonych analitycznie, w nawiązaniu do podziału wodnogospodarczego regionu wodnego Warty. Uzyskana w wyniku badań wielkość odnawialności z infiltracji opadów dla poziomów piętra czwartorzędowego koresponduje z odpływem podziemnym z badań hydrologicznych dla zlewni tego obszaru, natomiast dla poziomu mioceńskiego, z wielkościami uzyskanymi w badaniach modelowych dla innych obszarów Wielkopolski o podobnych warunkach. System wodonośny tej części Pojezierza Wielkopolskiego jest intensywnie wykorzystywany przez ujęcia wód podziemnych, czego efektem jest obniżenie ciśnienia piezometrycznego wód w poziomie międzyglinowym dolnym czwartorzędu i w poziomie mioceńskim.

**Słowa kluczowe:** system wodonośny, badania modelowe, zasoby wód podziemnych.

**Abstract.** The results of hydrogeological research of the groundwater flow system of the eastern Wielkopolska Lake Region, based on the documentation of the Środa–Gniezno highland are presented. The disposable resources for this region were documented in 2010 y. The area of current research is about 5739 km<sup>2</sup>. In this region the geological conditions of the Quaternary, the Paleogene and top part of the Mesozoic deposits were characterized until 200 m depth. The Quaternary deposits are divided into 4 aquifers: shallow groundwater aquifer, upper intertill aquifer, middle intertill aquifer and lower intertill aquifer (tab. 1). The shallow groundwater aquifer (Toruń–Eberswalde Ice-Marginal Valley and Warsaw–Berlin Ice-Marginal Valley) and lower intertill aquifer (Wielkopolska Buried Valley) are the main exploitation and the most wide-spread aquifers in this area. As far as the Paleogene-Neogene is concerned there are 2 aquifers: Miocene and Oligocene formation. The most important is Miocene aquifer, for its region – wide range. Although in the south-eastern part of the Wielkopolska region the most significant groundwater capture takes place in the Cretaceous aquifer. The groundwater renewal of the Quaternary aquifers calculated during modeling investigation came to 5,45 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> and for Tertiary-Mesozoic aquifers was equal to 0,79 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>, compared to disposable resources rate close to 2,69 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> for Quaternary aquifers and to 0,63 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> for Tertiary-Mesozoic stage (tab. 2). The largest groundwater capture amounts to 65% disposable resources and takes place in the Miocene formation.

**Key words:** hydrogeological system, modelling researches, groundwater resources.

---

<sup>1</sup> Hydroconsult Sp. z o.o., ul. Smardzewska 15, 60-161 Poznań; e-mail: poznan@hydroconsult.com.pl

## WSTĘP

W artykule przedstawiono część wyników regionalnego rozpoznania hydrogeologicznego dotyczącego określenia zasobów wód podziemnych północno-wschodniej części Wielkopolski, realizowanego w ramach dokumentacji hydrogeologicznej wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej (Dąbrowski i in., 2010).

W regionie wodnym Warty, obszar wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej wyróżnia się brakiem poziomów piętra czwartorzędowego na dużej jego części. Stąd powszechnie jest tu użytkowany słabo odnawialny poziom mioceni. Efektem tego są regionalne obniżenia ciśnień piezometrycznych poziomów wód, przekraczające 5 m w poziomach wgłębnych piętra czwartorzędowego i w poziomie mioceni, głównie w części środkowej i południowej obszaru. Stąd też podstawowym problemem badań hydrogeologicznych było zinventaryzowanie struktur poziomów piętra czwartorzędowego o charakterze użytkowym oraz ocena ich zasobności, łącznie z poziomem mioceni. Z uwagi na to, że poziomy te mają bardzo zróżnicowaną w przestrzeni więz z wodami powierzchniowymi, a ich drenaż w dużej mierze, jak w przypadku poziomu mioceni-

skiego, stanowią głównie ujęcia wód podziemnych, jedyną wiarygodną metodą oceny ich zasobności okazała się metoda modelowania matematycznego, przy ograniczonej możliwości wykorzystania metod hydrologicznych. Nadmienić należy, że część południowa obszaru, w odróżnieniu od części północnej, była wcześniej przedmiotem regionalnych badań szczegółowych (Dąbrowski, 1990; Dąbrowski i in., 2007). Odnawialność wód podziemnych poziomów użytkowych systemu wodonośnego przedstawiono w ujęciu przestrzennym na mapach hydrogeologicznych (fig. 3, 4). Na mapach przedstawiono również zasoby odnawialne i dyspozycyjne związane z gospodarczym wykorzystaniem wód w obrębie obszarów wodnogospodarczych regionu wodnego Warty (Dąbrowski i in., 2009).

System wodonośny, o powierzchni 5739 km<sup>2</sup>, stanowią w większości tereny wysoczyzn morenowych z równinami sandrowymi oraz pradolinne z okresu ostatniego zlodowacenia. Dzieli się on wyraźnie w rejonie Gniezna na dwa podobszary: północny o powierzchni 3831 km<sup>2</sup> i południowy o powierzchni 1908 km<sup>2</sup> (fig. 1). Północną część obszaru poza pradolina stanowią pojezierza z licznymi jeziorami,

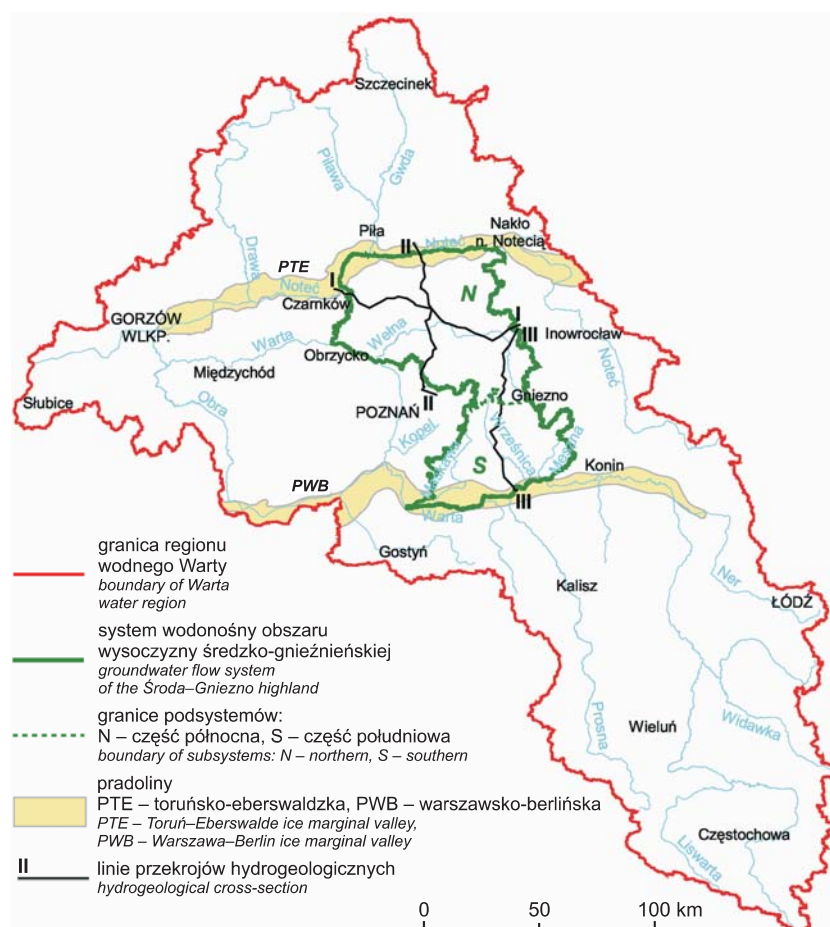


Fig. 1. Położenie systemu w regionie wodnym Warty

Location of groundwater flow system in Warta water region

Tabela 1

**Elementy systemu wodonośnego wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej**  
Elements of hydrogeological system of Środa-Gniezno highland

| Elementy systemu                                       | System                                                       | Część północna                                                                                         | Część południowa                                                             |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]                        | 5739,0                                                       | 3831,0                                                                                                 | 1908,0                                                                       |
| Zlewnie wodnogospodarcze                               | Wełna środkowa<br>Notec pradoliny<br>toruńsko-eberswaldzkiej | P-XI* Wełna<br>P-XII Warta od Obrzycka<br>do Noteci<br>P-XV Notec pradoliny<br>toruńsko-eberswaldzkiej | P-VII Warta od Neru do Prosn<br>P-IX Warta od Prosn do Kanalu<br>Mosińskiego |
| Średni opad (1961–2000) [mm]<br>Średni opad latem [mm] | 532–552<br>320–340                                           | brak określonej tendencji                                                                              |                                                                              |
| Parowanie terenowe                                     | 420–470                                                      | 75% w lecie i 25% w półroczu zimowym                                                                   |                                                                              |
| Odpływ całkowity<br>(Paślawski, 1992) [mm]             | 77,6–145,7<br>46–79                                          | 104,2–145,7                                                                                            | 77,6–100                                                                     |
| Odpływ podziemny<br>(Orsztynowicz, 1988) [mm]          | 30–79                                                        | 44–79                                                                                                  | 30–79                                                                        |

\* numeracja wg RZGW Poznań  
numbers acc. to RZGW Poznań

zaś południową zajmuje bezzeziorna równina o monotonnym ukształtowaniu powierzchni terenu, nachylona ku południowi. Podział systemu na obszary wodnogospodarcze

RZGW Poznań (Dąbrowski i in., 2007) i elementy bilansu wodnego podano w tabeli 1, zaś położenie w regionie wodnym Warty pokazano na figurze 1.

## WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

W obrębie wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej są poznane i gospodarczo wykorzystywane wody podziemne zwykłe, występujące do głębokości 180–200 m w utworach czwartorzędowych, neogeńsko-paleogeńskich i lokalnie mezozoicznych górnej kredy i górnej jury (Dąbrowski, Przybyłek, Górski, 2007). Według regionalizacji hydrogeologicznej obszar ten należy do regionu wielkopolskiego VI, w tym subregiony: pradolina toruńsko-eberswaldzka VII1, pradolina warszawsko-berlińska VI2 i gnieźnieńsko-kujawski VI3 (Paczyński, Sadurski, red., 2007).

Charakterystykę parametrów hydrogeologicznych poziomów wodonośnych podano w tabeli 2.

### PIĘTRO CZWARTORZĘDOWE

Poziom wód gruntowych występuje na głębokości od 1 do około 9 m i podlega wahaniom sezonowym, które wynikają z zasilania oraz czynników hydrometeorologicznych i wynoszą w wieloleciu 0,9–1,1 m. Ich układy krążenia związane są z istniejącymi ciekami i jeziorami. W obszarze badań, poza pradolina warszawsko-berlińską, z powodu małej miąższości osadów wodonośnych poziom wód gruntowych ujmowany jest najczęściej studniami kopanymi, a tylko lokalnie studniami wierconymi.

Poziom międzyglinowy górny tworzą struktury fluwio-glacialne i rzeczne piaszczysto-żwirowe, występujące pomiędzy glinami zlodowacenia wisły i zlodowaceń środkowopolskich. Układ krążenia wód tego poziomu powiązany jest ściśle z wodami gruntowymi. Zwierciadło wody ma charakter naporowy lub swobodno-naporowy.

W części północnej obszaru większe struktury poziomu międzyglinowego górnego stwierdzono głównie na południe od Gołańczy–Czeszewa i w rejonie Wapna–Sołężyna na głębokości do ok. 20 m, sporadycznie głębiej; w rejonie Chodzieży na głębokości 15–20 m, Rogoźna i Ryczywołu na głębokości 1,0–13,0 m. W rejonie Wapna–Sołężyna, gdzie poziom międzyglinowy górny jest poziomem głównie użytkowanym, tylko lokalnie ujmowany jest do eksploatacji, z uwagi na małą miąższość i niską wydajność ujęć.

Poziom międzyglinowy dolny w części północnej tworzą serie piaszczysto-żwirowe zalegające między glinami zlodowaceń środkowopolskich i południowopolskich, występujące w sposób niemal ciągły w obszarze zlewni Noteci, w rejonie Skoków–Roszkówka, Smogulca–Margonina (GZWP nr 139) i rzeki Wełny, poza tym występuje lokalnie, w sposób nieciągły. Jest to główny użytkowy poziom wodonośny piętra czwartorzędowego rejonu północnego. Miąższość warstw piaszczysto-żwirowych waha się od kilku do około 40 m.

Tabela 2

## Charakterystyka hydrogeologiczna poziomów wodonośnych systemu wodonośnego (Dąbrowski i in., 2010)

Hydrogeological characteristics of groundwater system (Dąbrowski i in., 2010)

| Piętro, poziom                                           | Powierzchnia       | Typ wodonośca              | Miąszość poziomu                                           | Współczynnik filtracji        | Przewodność                | Moduł pionowego zasilania (infiltracja + przesączanie) wg badań modelowych |
|----------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                                                          | [km <sup>2</sup> ] | $\frac{N}{S}$              | $\frac{N}{S}$                                              | $\frac{N}{S}$                 | $\frac{N}{S}$              | $\frac{N}{S}$                                                              |
|                                                          |                    |                            | [m]                                                        | [m/h]                         | [m <sup>2</sup> /h]        | [m <sup>3</sup> /h·km <sup>2</sup> ]                                       |
| <b>Piętro czwartorzędowe</b><br>Poziom gruntowy          | 1337,7             | porowaty<br>porowaty       | $\frac{1-50}{1-33}$                                        | $\frac{0,3-6,0}{0,3-5,5}$     | $\frac{2-80}{1-67}$        | $\frac{4-16}{4-9,6}$                                                       |
| Poziom międzyglinowy górny                               | 352,8              | porowaty<br>porowaty       | $\frac{2-20}{1-12}$                                        | $\frac{0,2-3,0}{0,4-1,2}$     | $\frac{5-20}{3-15}$        | $\frac{4-8}{4-8}$                                                          |
| Poziom międzyglinowy dolny                               | 2543,7             | porowaty<br>porowaty       | $\frac{3-40}{5-25}$                                        | $\frac{0,2-3,0}{0,3-3,6}$     | $\frac{2-40}{4-54}$        | $\frac{3,9-6,5}{3,4-6,5}$                                                  |
| Poziom podglinowy                                        | 36,5               | porowaty<br>porowaty       | $\frac{1-40}{1-25}$                                        | $\frac{0,3-2,5}{0,6-1,2}$     | $\frac{2-30}{3-30}$        | $\frac{0,6-2,0}{0,6-1,2}$                                                  |
| <b>Piętro neogeńsko-paleogeńskie</b><br>Poziom mioceński | 5636,5             | porowaty<br>porowaty       | $\frac{0,1-1,2}{0,1-1,1}$                                  | $\frac{0,1-1,2}{0,1-1,1}$     | $\frac{1-35}{1-30}$        | $\frac{0,3-1,1}{0,35-1,60}$                                                |
| Poziom oligoceński                                       | 2385,8             | porowaty<br>brak           | $\frac{2-20}{-}$                                           | $\frac{0,1-0,2}{-}$           | $\frac{0,6-3,0}{-}$        | $\frac{0,1-0,5}{-}$                                                        |
| <b>Piętro kredowe</b><br>Poziom górnokredowy             | 631,5              | szczelinowy<br>szczelinowy | $\frac{0,01-10,0}{\text{do } 100}$                         | $\frac{0,01-0,20}{0,03-1,10}$ | $\frac{0,2-3,0}{0,2-36,0}$ | $\frac{0,1-0,5}{0,3-1,0}$                                                  |
| <b>Piętro jurajskie</b><br>Poziom górnourajski           | 94,0               | szczelinowy<br>szczelinowy | $\frac{\text{ok } 100 \text{ m}}{\text{do } 50 \text{ m}}$ | $\frac{0,01-0,20}{0,01-0,20}$ | $\frac{0,3-5,0}{0,3-7,0}$  | $\frac{0,1-0,3}{0,1-2}$                                                    |

N – część północna, S – część południowa

N – northern part, S – southern part

W części południowej poziom międzyglinowy dolny (wielkopolskiej doliny kopalnej) związany jest z osadami interglacjału mazowieckiego i fluwioglacjałów zlodowaceń środkowopolskich. Tworzą go osady piaszczysto-żwirowe, wypełniające wielkopolską dolinę kopalną i związane z nią doliny dopływowe. W rejonie występowania wielkopolskiej doliny kopalnej wydzielono GZWP nr 144 – Dolina kopalna wielkopolska, o module zasobów dyspozycyjnych 1,39 l/s·km<sup>2</sup>, tj. 5,0 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> (Dąbrowski, 1990).

Poziom międzyglinowy dolny jest poziomem subartezyjskim, a lokalnie artezyjskim. Zasilany jest na drodze przesączania się wód z nadległych poziomów wodonośnych czwartorzędu lub w wyniku bezpośredniej infiltracji opadów w miejscach, gdzie nie występuje poziom gruntowy lub międzyglinowy górny. Poziom ten jest drenowany w pradolinie toruńsko-eberswaldzkiej, gdzie z poziomem gruntowym tworzy jeden zbiornik (GZWP nr 138), w dolinie Welny oraz w głębokich rynnach lodowcowych rejonu Chodzież, Margonina i Skoków, a także w rynnach glacialnych wykorzystywanych przez Cybinę na zachodzie i górną Noteć z jeziorami na wschodzie, a także Jezioro Powidzkie. W systemie regionalnego krążenia przekazuje on wody poprzez okna hydrogeologiczne lub poprzez przesączanie przez mułki i iły w strefach mniejszych miąższości do niżej zalegającego poziomu mioceńskiego lub górnokredowego. W poziomie tym

rozwinięty jest pośredni system krążenia wody, związany z głównymi ciekami obszaru, przeważnie ich środkowymi i dolnymi odcinkami (fig. 2).

Poziom podglinowy w części północnej obszaru występuje lokalnie w spagu czwartorzędu, w obrębie doliny kopalnej Skoki–Roszkówko (fig. 3). Poziom ten łączy się lokalnie pod względem hydrostrukturalnym i hydraulicznym z poziomem mioceńskim. W części południowej poziom podglinowy jest włączony w układ krążenia wielkopolskiej doliny kopalnej, natomiast poza nią w układ krążenia poziomu mioceńskiego.

## PIĘTRO NEOGEŃSKO-PALEOGEŃSKIE

Poziom mioceński tworzą piaski drobnoziarniste i mułkowane, lokalnie średnio- i gruboziarniste o zmiennej miąższości – od kilkunastu do ok. 80 m, przedzielone strefowo w części północno-zachodniej i zachodniej wysoczyzny warstwami mułów i węgli brunatnych o charakterze nieciągłym. Stąd lokalnie można wydzielić dwie warstwy wodonośne: górną piasków drobnych i pylastych o miąższości 8–35 m i dolną piasków drobno- i średnioziarnistych lub drobnoziarnistych i pylastych (fig. 4). Miąższość warstw piaszczystych tego poziomu jest zróżnicowana obszarowo i wynika z morfologii

podłoża mezozoicznego. Najmniejsza miąższość, poniżej 20,0 m, występuje w pasie od Obornik–Rogoźna po rejon między Chodzieżą i Czarnkowem, w rejonie Wapna oraz w części południowo-wschodniej w rejonie Słupcy–Powidza. Poziom ten występuje na głębokościach od 50 do ok. 170 m, najczęściej 80–150 m. W części środkowej i wschod-

niej zbiornika oraz na południu, warstwy te łączą się, tworząc jeden kompleks piasków różnoziarnistych z przewagą piasków drobnych i pylastych. Wydatki jednostkowe studzien wahają się w przedziale 0,1–16,0 m<sup>3</sup>/h, najczęściej wynoszą 1–3 m<sup>3</sup>/h·1mS, lokalnie 30 m<sup>3</sup>/h·1mS, w przypadku warstwy zbudowanej z piasków gruboziarnistych.

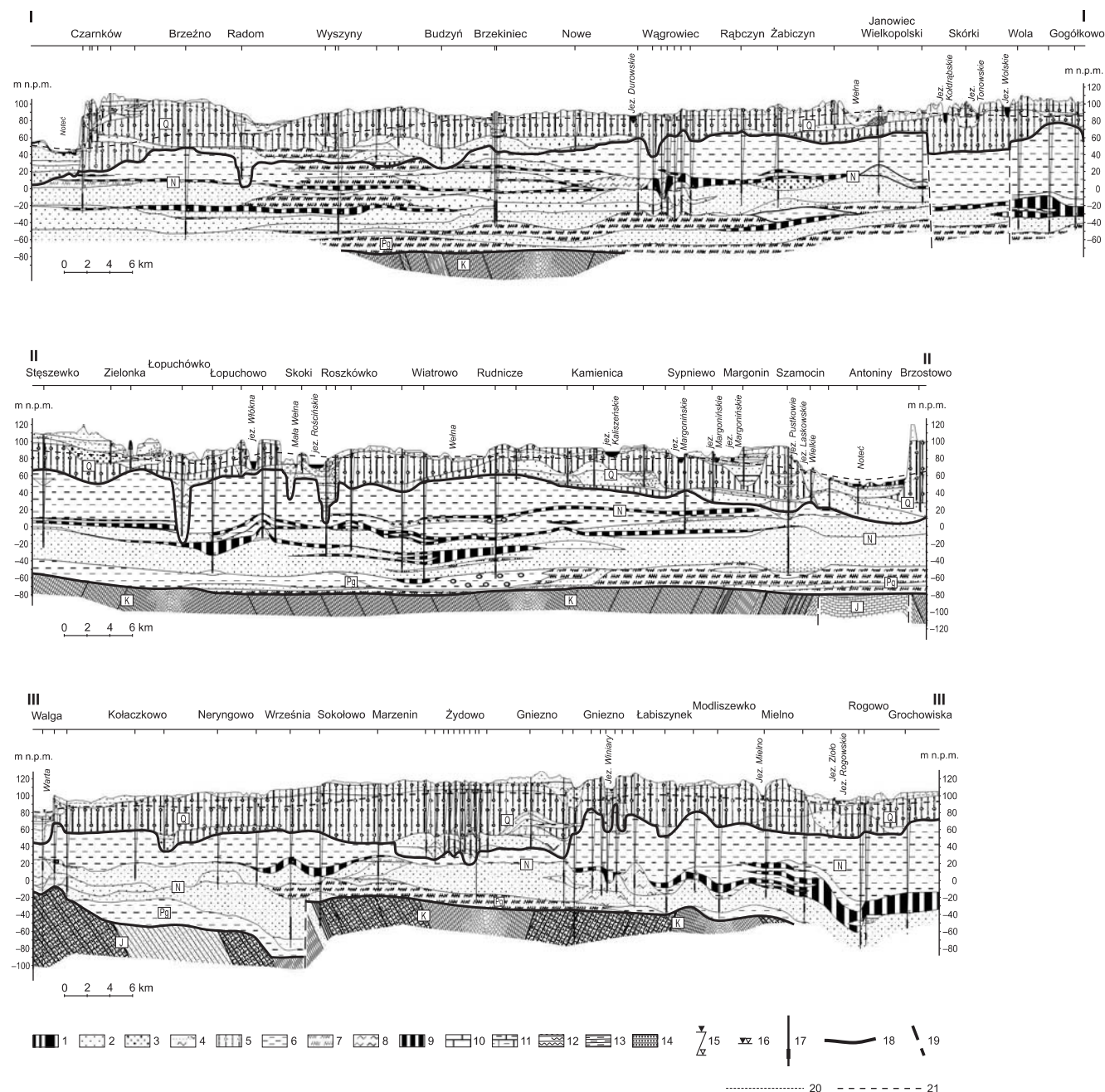
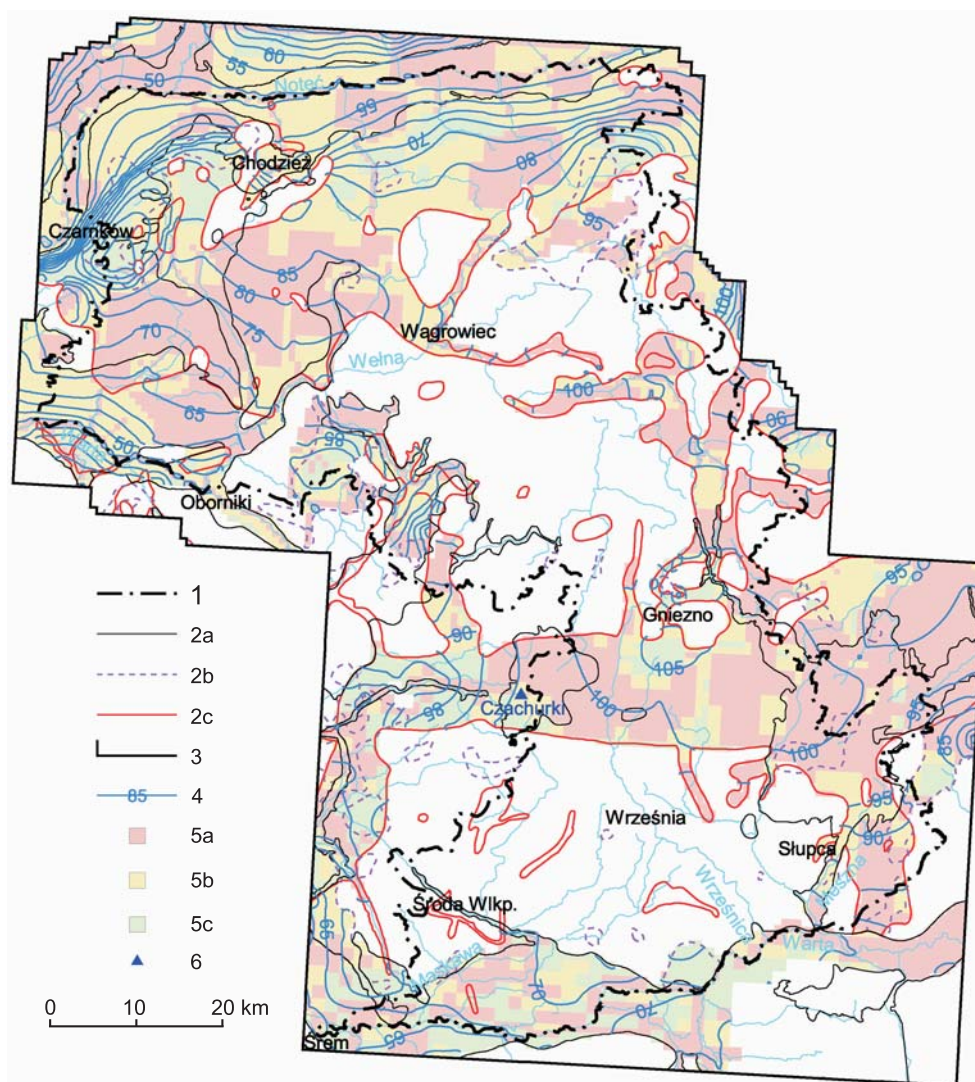


Fig. 2. Przekroje hydrogeologiczne

1 – torfy, 2 – piaski drobno- i średnioziarniste, 3 – piaski gruboziarniste, 4 – piaski pylaste, 5 – gliny, 6 – iły, 7 – mułki, 8 – pyły, 9 – węgiel brunatny, 10 – wapień, 11 – dolomity, 12 – mułowce, 13 – iłowce, 14 – piaskowce, 15 – napięte zwierciadło wody, 16 – swobodne zwierciadło wody, 17 – przedział zafiltrowania, 18 – granica stratygraficzna, 19 – uskoki, 20 – zwierciadło wody piętra czwartorzędowego, 21 – zwierciadło wody piętra paleogeńsko-neogeneńsko-kredowego

#### Hydrogeological cross-sections

1 – peats, 2 – fine and medium sands, 3 – coarse sands, 4 – dust sands, 5 – tills, 6 – clays, 7 – muds, 8 – dusts, 9 – lignite, 10 – limestone, 11 – dolomite, 12 – mudstone, 13 – claystone, 14 – sandstone, 15 – confined aquifer, 16 – water table, 17 – well screen, 18 – stratigraphic boundary, 19 – faults, 20 – groundwater table of Quaternary aquifer, 21 – groundwater table of Paleogene–Neogene–Cretaceous aquifer



**Fig. 3. Mapa hydrogeologiczna piętra czwartorzędowego**

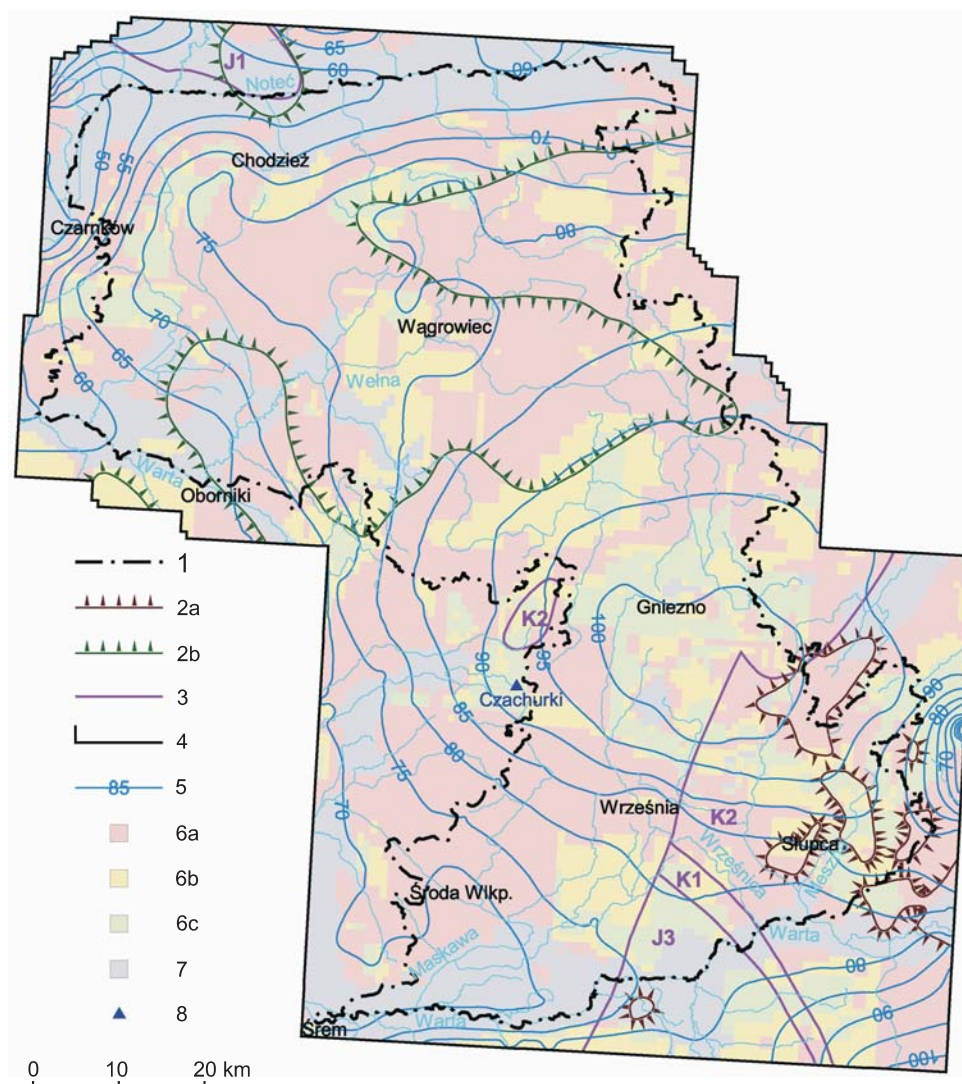
1 – granica systemu wodonośnego obszaru wysoczyzny średnio-gnieźnieńskiej; 2 – granice występowania poziomów użytkowych piętra czwartorzędowego: 2a – poziom gruntowy w obrębie pradolin, dolin i sandrów, 2b – poziom międzyglinowy górny, 2c – poziom międzyglinowy dolny; 3 – granica badań modelowych systemu; 4 – hydroizohipsy [m n.p.m.] dla stanu średniego z 2009 r. wg badań modelowych; 5 – zasilanie infiltracyjne poziomu wodonośnego w utworach czwartorzędowych [ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{km}^2$ ]: 5a – do 3,6; 5b – 3,6–7,2; 5c – ponad 7,2; 6 – stacja obserwacyjna Czachurki PIG I/428

#### Hydrogeological map of Quaternary aquifer

1 – boundary of the groundwater flow system of the Środa–Gniezno highland; 2 – boundary of Quaternary useful aquifers: 2a – shallow groundwater aquifer within ice marginal valleys, valleys and glacial outwash material, 2b – upper intertill aquifer, 2c – lower intertill aquifer; 3 – boundary of modelling investigation; 4 – hydroisohypses of average level in 2009 yr. based on modelling investigation; 5 – infiltration recharge of Quaternary aquifers [ $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{km}^2$ ]: 5a – up to 3.6; 5b – 3.6–7.2; 5c – over 7.2; 6 – monitoring station Czachurki PIG I/428

Poziom mioceński jest poziomem o wodach subartezyjskich w obrębie wysoczyzn i artezyjskich w obrębie dolin Noteci i Warty. Warstwę napinającą stanowią słabo przepuszczalne iły poznańskie o zmiennej miąższości. Zasilanie poziomu mioceńskiego zachodzi na drodze przesączania się wody z poziomów czwartorzędowych poprzez kompleks ilów poznańskich i glin morenowych oraz lokalnie przez przepływy w oknach hydrogeologicznych. Główną strefę zasilania stanowi wielkopolska dolina kopalna, gdzie średni moduł zasilania wynosi  $1,63 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{km}^2$ , zaś w obszarze wysoczyznym moduł ten waha się od  $0,35$  do  $0,77 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{km}^2$

(Dąbrowski, 1997; Dąbrowski i in., 2010) (fig. 4). Rytm zasilania poziomu związany jest z cyklem rocznego zasilania poziomów czwartorzędowych (fig. 5). Reakcja poziomu na zmiany retencji poziomów nadległych wynosi od kilku dni do miesiąca. Położenie regionalnych baz drenażu tego poziomu w obu pradolinach spowodowało wytworzenie się dwóch zespołów strumieni nieregularnych: północnego, związanego z dolinami Noteci i Warty w pradolinie toruńsko-eberswaldzkiej oraz południowego, związanego z doliną Warty środkowej, rozdzielonych strefą wododziałową w rejonie Gniezna. Naturalna powierzchnia piezometryczna tego



**Fig. 4. Mapa hydrogeologiczna poziomów neogeńsko-paleogeńsko-mezozoicznych**

1 – granica systemu wodonośnego obszaru wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej; 2 – granice występowania poziomów użytkowych neogeńsko-paleogeńsko-mezozoicznych: 2a – górna warstwa poziomu miocenińskiego, 2b – dolna warstwa poziomu miocenińskiego, 2c – poziom oligoceński; 3 – granice występowania poziomów użytkowych piętra mezozoicznego; 4 – granica badań modelowych systemu; 5 – hydroizohipsy [m n.p.m.] dla stanu średniego z 2009 r. wg badań modelowych; 6 – odnowalność poziomów wodonośnych [ $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{km}^2$ ]: 6a – do 0,5; 6b – 0,5–1,0; 6c – ponad 1,0; 7 – strefy drenażu wód; 8 – stacja obserwacyjna Czachurki PIG I/428

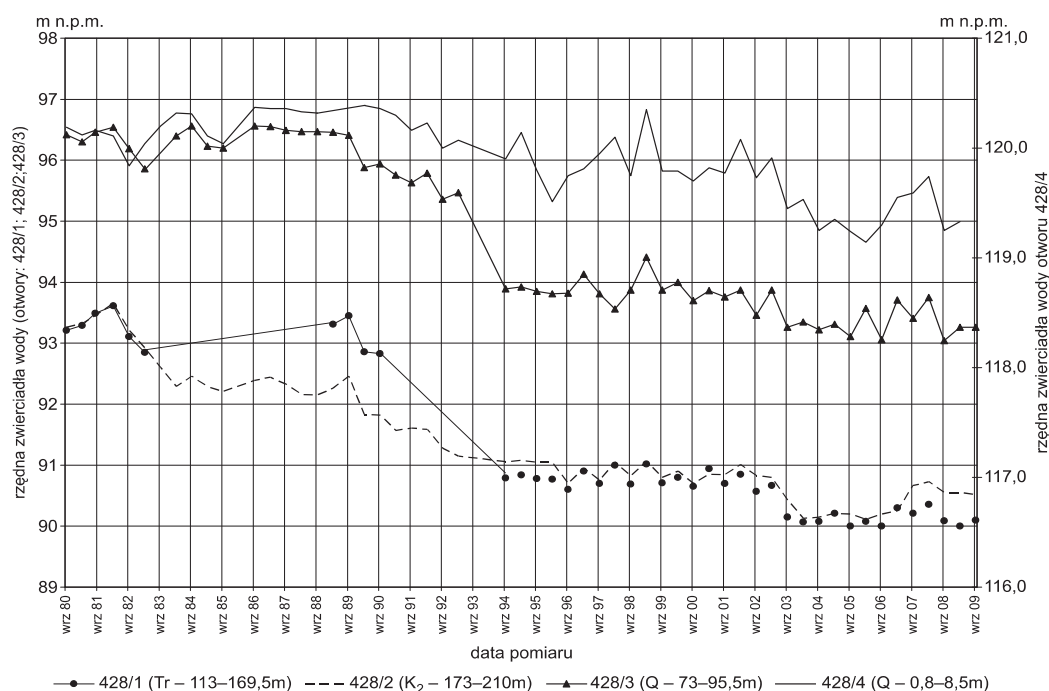
#### Hydrogeological map of the Paleogene–Neogene–Mesozoic aquifers

1 – boundary of the groundwater flow system of– the Środa–Gniezno highland; 2 – boundary of Paleogene–Neogene–Mesozoic aquifers: 2a – upper aquifer of Miocene, 2b – lower aquifer of Miocene, 2c – aquifer of Oligocene; 3 – boundary of Mesozoic aquifers; 4 – boundary of modelling investigation; 5 – hydroisohyps of average level in 2009 yr. based on modelling investigation; 6 – renewal of groundwater aquifers [ $\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{km}^2$ ]: 6a – up to 0.5; 6b – 0.5–1.0; 6c – over 1.0; 7 – groundwater drainage zones; 8 – monitoring station Czachurki PIG I/428

poziomu w obu strumieniach uległa dużym zmianom w wyniku eksploatacji wód zbiornika neogeńsko-paleogeńskiego oraz wielkopolskiej doliny kopalnej, co objawiło się dużym regionalnym obniżeniem zwierciadła wody w drugiej połowie XX wieku, w części południowej i środkowej zbiornika w rejonie Środy Wlkp.–Wrześni i Gniezna oraz w części północnej w rejonie Wągrowca (Dąbrowski i in., 2004). Skoncentrowana eksploatacja ujęć spowodowała wytworzenie się rozległych lejów depresyjnych w latach 1970–1990 o głębokości 13–35 m między Wrześnią i Słupcą, w rejonie Gniezna (obniżenie ponad 10 m) i Środy Wlkp.

(obniżenie o 9,3 m w latach 1963–1987). To regionalne obniżenie się zwierciadła wody poziomu jest rejestrowane w stacji Państwowego Instytutu Geologicznego Czachurki (fig. 5).

Oligoceński poziom wodonośny tworzą piaski glaukonitowe, najczęściej drobne, o miąższości od kilku do około 20 m (najczęściej 5–9 m), występujące lokalnie w zagłębieniach podłoża mezozoicznego lub w formie 1–2 warstw w obszarze północnym i zachodnim (fig. 3). Poziom oligoceński często łączy się poprzez nadległe okna hydrogeologiczne z poziomem mioceniśskim (rejon Powidza) lub jest



**Fig. 5. Wykresy stanów wód podziemnych na stacji Czachurki PIG I/428 z lat 1980–2010**

Groundwater level fluctuations in monitoring station Czachurki PIG I/428 of 1980–2010

rozdzielony od tego poziomu kilkumetrowymi, słabo przepuszczalnymi osadami.

Poziom oligoceński ma podobne warunki zasilania i drenażu jak poziom mioceniński, stąd warunki hydrodynamiczne są porównywalne i pod tym względem można mówić o wspólnym poziomie mioceniśko-oligoceniśkim.

#### PIĘTRO KREDOWE I JURAJSKIE

Poziomy użytkowe wód podziemnych w utworach kredy i jury występują jedynie we wschodniej części południowego obszaru wysoczyzny.

Poziom górnokredowy występuje w obrębie utworów marglisto-wapiennych kredy górnej. Zawodnienie utworów kredowych jest uzależnione od głębokości występowania poziomu, uszczelnienia i kontaktów z nadległymi poziomami kenozoicznymi. Zawodnienie osadów wzrasta wyraźnie w kierunku wschodnim, gdzie poziom zalega coraz płycej i kontaktuje się z poziomem mioceniśkim i poziomami czwartorzędowymi (fig. 4). Na zachód od linii Gniezno–Pyzdry poziom górnokredowy nie stanowi poziomu użytkowego. Najwyższe wydatki jednostkowe z poziomu górnokredowego uzyskuje się w rejonach kontaktów z poziomami czwartorzędowymi (rejon pradoliny warszawsko-berlińskiej) oraz w strefach tektonicznych i dolin kopalnych (rejon Stawu, Słupcy i Powidza).

Poziom ten ma podobny układ, jak poziomy mioceniśki i oligoceński, o wspólnych obszarach zasilania i drenażu przez istnienie licznych okien do poziomów nadległych. Według obserwacji w stacji Czachurki poziom ten waha się

w cyklu rocznym, podobnym do poziomu mioceniśkiego, o amplitudzie dochodzącej do 1,5 m (fig. 5).

Górnokredowy poziom wód podziemnych nie jest ujmowany do eksploatacji w obszarze badań. Wody podziemne tego poziomu stwierdzono jedynie w wierceniu badawczym Solec na głębokości 127,5–150,0 m oraz w rejonie Jaracza i Parkowa na północ od Obornik, na głębokości 60–62 m, wydatki jednostkowe studni wynoszą 0,03–0,78 m<sup>3</sup>/h·1mS.

#### ZMIANY STANÓW WÓD PODZIEMNYCH POD WPLYWEM EKSPLOATACJI

Kenozoiczno-mezozoiczny system wodonośny obszaru badań obserwowany był w regionalnej strefie zasilania i przepływu wód podziemnych w stacji PIG Czachurki od 1980 r. (fig. 5). Stany wód podziemnych, oprócz wahań naturalnych, reagowały na zmianę eksploatacji w systemie wodonośnym tego obszaru. Najszybciej zmiany te objęły poziom górnokredowy (od 1983 r. obniżenie o około 1,0 m), które nasiliły się od 1990 r., kiedy nastąpiło szybkie obniżenie stanów wód w poziomie mioceniśkim i plejstoceniśkim wielkopolskiej doliny kopalnej. Okres szybkich obniżen zwierzniadła wód poziomów: kredowego (o 1,8 m), mioceniśkiego i czwartorzędowych wielkopolskiej doliny kopalnej (o 2,6 m) trwał do 1994 r., kiedy nastąpiła quasi-stabilizacja zwierzniadła w poziomach wodonośnych trwająca do 2003 r. Nastąpiło to w wyniku wyraźnego spadku poborów wód. Na przełomie 2003/2004 r. nastąpiło dalsze obniżenie się ciśnień w poziomach wodonośnych, które trwa nadal, przy zmianach wynikających z wyraźnie zwiększonego zasilania

w latach 2008–2009. Od 1994/95 r. zaobserwować można również obniżenie zwierciadła wody poziomu gruntowego średnio o około 0,5 m i później w latach 2008–2009 o dalsze 0,5 m, które można powiązać ze zmniejszonym zasilaniem w wyniku przesączania do poziomów wgłębnych.

## OKREŚLENIE ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH

Dotychczasowa praktyka, jak i przepisy prawne wykazują, że wiarygodna ocena zasobów wód odnoszona do określonych poziomów i struktur hydrogeologicznych w przyjmowanych obszarach bilansowych winna być oparta na wynikach badań modelowych. Inne metody, zwłaszcza hydrogeologiczne bazujące na ocenie odpływu podziemnego z określonych zlewni lub ich części, są metodami używanymi do porównywania uzyskiwanych wielkości drenażu lub bilansowych z badań modelowych. Metody te nie pozwalają w systemach złożonych, wielowarstwowych odnieść wielkości zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych do określonych poziomów – warstw wydzielonych jednostek bilansowania i gospodarowania wodami.

W przypadku badanego systemu jednostki bilansowej, przyjęta metoda oceny zasobów – modelowanie matematyczne, praktycznie jest i była jedyną wiarygodną metodą. Wynika to przede wszystkim ze stwierdzonej niezgodności zlewni podziemnych w obrębie systemów przejściowych i regionalnych krążenia wód ze zlewniami hydrograficznymi głównych cieków dopływowych Warty i Noteci (fig. 3 i 4). Dla systemu krążenia wód w poziomach miocenu, oligocenu oraz mezozoicznych główne bazy ich drenażu znajdują się w obniżeniach pradolin: na północy w dolinie Noteci i na południu w dolinie Warty, a tylko lokalnie w obniżeniach głębokich rynien lodowcowych. Podobna sytuacja istnieje przy drenażu wód w strukturze wielkopolskiej doliny kopalnej, gdzie naturalne drenaże wód tej jednostki występują w rynnach lodowcowej wykorzystywanej przez rzekę Cybinę i część południową rynnę Jeziora Powidzkiego. Istotnym czynnikiem jest konieczność uwzględnienia drenaży – poborów wód przez ujęcia komunalne miast i wsi oraz przemysłowe, a także odwodnienia kopalniane. Badania modelowe umożliwiają właściwą ocenę wielkości zasobów odnawialnych, których wielkość uwarunkowana jest przez ograniczenia wynikające z zachowania przepływów nienaruszalnych w ciekach, środowiskowe dla zachowania ekosystemów lądowych oraz wynikające z czynników hydrogeologicznych. Na modelach systemów wodonośnych w skali regionalnej nie można uwzględnić jednocześnie systemów wód podziemnych lokalnych struktur w obrębie piętra czwartorzędowego typu drobnych dolin kopalnych i innych mniejszych form związanych z sedymentacją lodowcową, a wykorzystywanych lokalnie do zaopatrzenia w wodę (fig. 3). W tym przypadku oceny zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych tych struktur dokonano poprzez analogię do podob-

Z prezentowanych danych wynika, że w stacji Czachurki rejestrowane są stany zwierciadła wód wszystkich poziomów wielowarstwowego systemu wodonośnego Wielkopolski środkowej. Są one pod wpływem wielkoobszarowej eksploatacji wód podziemnych w regionie.

nych poziomów i struktur posiadających taką ocenę z badań modelowych lub innych analitycznych.

Dla obliczeń zasobów wód podziemnych sporządzono dwa modele matematyczne obejmujące: I – część północną systemu w granicach obszarów bilansowych RZGW Poznań P-XI, P-XII, P-XIV w układzie sprowadzonym do dwóch warstw wodonośnych rozdzielonych warstwą słabo przepuszczalną, II – część południową w granicach obszarów P-VII ÷ P-IX – układ trzech warstw wodonośnych, przy rozdziale modeli na wysokości Gniezna. Podstawą ilościowego określenia zasobów odnawialnych dla użytkowych poziomów wód podziemnych o rozciągłości regionalnej były wyniki uśrednionych obliczeń bilansowych uzyskane z obu modeli stanów hydrodynamicznych na 2009 r., przy symulacji optymalnych poborów wód w wysokości wnioskowanych zasobów dyspozycyjnych i wyniki obliczeń analitycznych odnawialności struktur lokalnych. Dla całego obszaru wysoczyzny i zarazem wydzielonych jednostek wodnogospodarczych, jako zasoby odnawialne dla poziomów piętra czwartorzędowego całego makrosystemu uznano wielkość infiltracji efektywnej i przesączania z wód powierzchniowych. Dla piętra neogeńsko-paleogeńskiego i kredowego, jako zasoby odnawialne uznano wielkość infiltracji opadów i przesączania z nadległego piętra czwartorzędowego.

Zasoby odnawialne pięter kenozoicznych i lokalnego kredowego dla systemu obszaru wysoczyzny wynoszą: 21 420,0 m<sup>3</sup>/h, tj. 3,73 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> i 1,04 l/s·km<sup>2</sup> (tab. 3), natomiast dla poziomów piętra czwartorzędowego od 4,76 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> (1,32 l/s·km<sup>2</sup>) w części południowej do 6,84 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> (1,9 l/s·km<sup>2</sup>) w części północnej.

Odnawialność użytkowych poziomów wód podziemnych tego obszaru jest stosunkowo niska, co wynika z ograniczonego rozprzestrzenienia poziomów użytkowych piętra czwartorzędowego, jak również z ich głębokiego zalegania.

Uzyskane wielkości odnawialności poziomów wodonośnych wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej są niższe niż w sąsiednim udokumentowanym obszarze poznańskiego dorzecza Warty, gdzie moduły odnawialności dla poziomów użytkowych piętra czwartorzędowego wynosiły od 3,45 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> do 14,8 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>, średnio 10,8 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup> (3,0 l/s·km<sup>2</sup>). Wynika to przede wszystkim z mniejszego zasięgu występowania poziomów wodonośnych, ich głębokości oraz izolacji od powierzchni terenu, a także mniejszego zasilania (niższe opady). Według danych hydrologicznych (Orsztynowicz, 1988; Paślowski, Koczorowska, 1974) odpływ

Tabela 3

**Zasoby odnawialne i dyspozycyjne oraz pobór wód w systemie wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej**

The renewal and disposable resources and water take off in the groundwater flow system of Środa–Gniezno highland

| Nr rejonu<br>wg RZGW<br>Poznań | Nazwa obszaru<br>wodnogospodarczego<br>wg RZGW Poznań | F<br>[km <sup>2</sup> ] | Wiek         | Zasoby odnawialne<br>Qo |                                      | Zasoby dyspozycyjne<br>Qd |                                      | Pobory<br>wód Qe<br>[m <sup>3</sup> /h] | Qd/Qo | Qe/Qd |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------|--------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------|-------|-------|
|                                |                                                       |                         |              | [m <sup>3</sup> /h]     | [m <sup>3</sup> /h·km <sup>2</sup> ] | [m <sup>3</sup> /h]       | [m <sup>3</sup> /h·km <sup>2</sup> ] |                                         |       |       |
| P-VII, P-IX                    | Warta od Neru do Prosny<br>oraz Kanału Mosińskiego    | 960,1                   | Q            | 4574                    | 4,76                                 | 3009                      | 3,13                                 | 592,5                                   | 0,66  | 0,20  |
|                                |                                                       | 1907,6                  | Ng, Pg, K    | 1680                    | 0,88                                 | 1267                      | 0,66                                 | 1132,9                                  | 0,75  | 0,89  |
| P-XI, P-XII                    | Wełna z Wartą dolną                                   | 1516,2                  | Q            | 7791                    | 5,14                                 | 3939                      | 2,6                                  | 790,1                                   | 0,51  | 0,20  |
|                                |                                                       | 2955,1                  | Ng, Pg, K    | 2418                    | 0,82                                 | 2150                      | 0,73                                 | 1085,1                                  | 0,89  | 0,50  |
| P-XV                           | Noteć                                                 | 816,8                   | Q            | 5585                    | 6,84                                 | 1925                      | 2,36                                 | 353,0                                   | 0,34  | 0,18  |
|                                |                                                       | 875,9                   | Ng, Pg       | 420                     | 0,48                                 | 183                       | 0,21                                 | 130,3                                   | 0,44  | 0,71  |
| Łącznie                        | System wodonośny wysoczyzny<br>średzko-gnieźnieńskiej | 3293,1                  | Q            | 17950                   | 5,45                                 | 8873                      | 2,69                                 | 1735,6                                  | 0,49  | 0,20  |
|                                |                                                       | 5738,6                  | Ng, Pg, K    | 4518                    | 0,79                                 | 3600                      | 0,63                                 | 2348,3                                  | 0,80  | 0,65  |
|                                |                                                       | 5738,6                  | Q, Ng, Pg, K | 22468                   | 3,92                                 | 12473                     | 2,17                                 | 4083,9                                  | 0,56  | 0,33  |

podziemny na obszarze systemu waha się od 0,94 l/s·km<sup>2</sup> w zlewni Wrześnicy do 1,6 l/s·km<sup>2</sup> w zlewni Wełny i Maskawy, i jest zbliżony do wyników odnawialności poziomów piętra czwartorzędowego.

Odnawialność piętra mezozoicznego jest tu również niższa niż w regionie poznańskiego dorzecza Warty i wynosi 0,67–0,88 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>, co należy tłumaczyć głębokością zalegania poziomów, jak i izolacją łałami poznańskimi. Wielkości te są podobne do innych zbiorników Wielkopolski o podobnych warunkach występowania (Dąbrowski, 1997).

Podstawą obliczeń zasobów dyspozycyjnych były określone wielkości zasobów odnawialnych dla jednostek hydrogeologicznych w rejonach wodnogospodarczych, ograniczenia środowiskowe (zachowanie środowisk zależnych od wód podziemnych – Natura 2000, przepływy nienaruszalne cie-

ków) oraz ograniczenia hydrologiczne, warunkujące możliwości wykorzystania wód. Zostały one szczegółowo przeanalizowane w poszczególnych rejonach wodnogospodarczych i sprawdzone na drodze symulacji eksploatacji wód poprzez ujęcia istniejące i prognozowane w badaniach modelowych. Jedynie dla struktur lokalnych zostały one ustalone na drodze analogii hydrogeologicznej. Zasoby dyspozycyjne dla obszaru wschodniej części Pojezierza Wielkopolskiego wynoszą:

- piętro czwartorzędowe – 8873,0 m<sup>3</sup>/h, tj. 2,69 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>,
- piętro neogeńsko-paleogeńskie i mezozoiczne – 3600 m<sup>3</sup>/h, tj. 0,63 m<sup>3</sup>/h·km<sup>2</sup>, w tym dla poziomu kredowego 68,0 m<sup>3</sup>/h.

Zestawienie tych zasobów dla obszaru wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej w obrębie obszarów wodnogospodarczych zawiera tabela 3.

## WNIOSKI

1. W artykule zaprezentowano wielowarstwowy system wodonośny północno-wschodniej części Pojezierza Wielkopolskiego w utworach kenozoiku, fragmentarycznie powiązany w części wschodniej z wodami kredy i jury. Wy różnia go:

- brak na dużych fragmentach obszaru badań płytko zalegających użytkowych poziomów w utworach czwartorzędowych;
- niezgodność zlewni hydrograficznych ze zlewniami podziemnymi głównych dopływów Warty i Noteci;
- poziomy miocenu i oligocenu, łącznie z mezozoicznymi, o regionalnych układach krążenia wód są drenowane głównie w strefach drenażu w dolinach Warty i Noteci;
- poziom mioceni na całym obszarze oraz poziom międzyglinowy dolny wielkopolskiej doliny kopalnej są intensywnie eksploatowane przez ujęcia wód podziemnych, co spowodowało zmiany naturalnych układów krążenia wód

oraz obniżenia stanów wód przekraczające 5 m, w środkowej i południowej części obszaru.

2. Wiarygodną metodą oceny zasobów wód podziemnych dla tego typu warunków hydrogeologicznych jest metoda modelowania matematycznego. Ze względu na obszar systemu i występowanie w jego obrębie struktur hydrogeologicznych o zróżnicowanych rozmiarach, w badaniach modelowych nie można było uwzględnić lokalnych struktur wodonośnych. Ich zasoby oceniono metodami analitycznymi lub na podstawie analogii hydrogeologicznej.

3. Wyniki odnawialności poziomów piętra czwartorzędowego dobrze się korelują z wynikami obliczeń wielkości odpływu podziemnego. Natomiast uzyskana wielkość odnawialności poziomów wód piętra neogeńsko-paleogeńskiego jest podobna do wielkości uzyskanych w badaniach modelowych dla tego piętra w sąsiednich obszarach Wielkopolski.

## LITERATURA

- DĄBROWSKI S., 1990 — Hydrogeologia i warunki ochrony wód podziemnych wielkopolskiej doliny kopalnej CPBP 04.10, z. 65. Wyd. SGGW-AR. Warszawa.
- DĄBROWSKI S., 1997 — Odnowialność trzeciorzędowego zbiornika wód podziemnych Wielkopolski. Współczesne problemy hydrogeologii t. 8. Wrocław.
- DĄBROWSKI S., RYNARZEWSKI W., STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R., JANISZEWSKA B., PAWLAK A., 2004 — Wpływ oddziaływania gospodarczego wykorzystania zasobów wód podziemnych w obszarze regionu Warty na ich stan ilościowy. Arch. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- DĄBROWSKI S., PRZYBYŁEK J., GÓRSKI J., 2007 — Subregion Warty nizinny. W: Hydrogeologia regionalna Polski, tom I. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DĄBROWSKI S., RYNARZEWSKI W., STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R., JANISZEWSKA B., DĄBROWSKA M., FLIEGER M., PÓŹNIAK J., NOWICKI K., PAWLAK A., 2009 — Warunki korzystania z wód. Ocena stanu ilościowego i jakościowego wód podziemnych w wydzielonych rejonach wodnogospodarczych dla użytkowych poziomów wodonośnych w regionie wodnym Warty. Arch. Hydroconsult Sp. z o.o. Poznań.
- DĄBROWSKI S., RYNARZEWSKI W., STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA R., 2009 — Identyfikacja zmian zwierciadła wód podziemnych wskutek presji antropogenicznej w regionie wodnym Warty. *Biul. Państw. Inst. Geol. Hydrogeologia* z. IX/1, **436**.
- DĄBROWSKI S. i zespół, 2010 — Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru wysoczyzny średzko-gnieźnieńskiej. Konsorcjum: Hydroconsult Sp. z o.o. Poznań, PG POLGEOL S.A. Warszawa, PG we Wrocławiu PROXIMA S.A. Wrocław, SEGI – AT Sp. z o.o. Warszawa, HYDROEKO Warszawa. Arch. Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań.
- ORSZTYNOWICZ J., 1988 — Średnie roczne i wieloletnie odpływy podziemne na obszarze Polski w okresie 1951–1980. IMGW, Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. red., 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski, tom I – Wody słodkie. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PASŁAWSKI Z., 1992 — Hydrologia i zasoby wodne dorzecza Warty. W: Ochrona i racjonalne wykorzystanie zasobów na terenach rolniczych Wielkopolski: 3–28. Oddział Poz. PAN. Poznań, AR w Poznaniu.
- PASŁAWSKI Z., KOCZOROWSKA J., 1974 — Odpływy podziemne rzek na obszarze dorzecza Warty. *Prz. Geof.*, **19**, 1.

## SUMMARY

1. The article presents the multilayered Cenozoic hydrogeological system of the north – eastern Wielkopolska system is partly connected with the Cretaceous and Jurassic aquifers in its eastern part. Its features are:

- there are no useful highly renewable shallow Quaternary aquifers in central and southern parts of the system,
- hydrographical basin is not consistent with the groundwater basins of the main inflow rivers of Warta and Noteć,
- the regional groundwater circulatory systems of the Miocene, Oligocene and Mesozoic aquifers are drained mainly in regional drainage zones of Warta and Noteć valleys and locally in the valleys of the rivers or in glacial valleys,
- the Miocene aquifer on the whole area of the system and the lower intertill aquifer of Wielkopolska Buried Valley are intensively exploited by groundwater intakes.

This has changed the natural groundwater circulatory systems and also decreased water levels by more than 5 metres in the central and southern part of the system.

2. Mathematical modelling is a reliable method for assessing groundwater resources of this kind of aquifer system. Modelling researches couldn't cover local structures because of varying sized hydrogeological structures situated in the area of the system. Therefore, the resources of these structures have been assessed with analytical methods or according to hydrogeological analogy.

3. The renewal rates obtained for Quaternary multiaquifer correlate with the volumes of underground runoff for larger watercourses. Moreover, renewal rate obtained for the Neogene–Paleogene multiaquifer is similar to the other rates obtained with modelling researches for this multiaquifer in adjacent areas of Wielkopolska.

