

## OSZACOWANIE WIELKOŚCI PRZEPŁYWÓW TRANSGRANICZNYCH ORAZ CHARAKTERYSTYKA CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH W STREFIE PRZYGRANICZNEJ Z FEDERACJĄ ROSYJSKĄ (OBWÓD KALININGRADZKI)

### ESTIMATION OF TRANS-BOUNDARY GROUNDWATER FLOWS AND CHEMICAL GROUNDWATER STATUS ASSESSMENT IN THE BORDER AREA WITH RUSSIAN FEDERATION (KALININGRAD OBLAST)

ANNA SZELEWICKA<sup>1</sup>, TOMASZ GIDZIŃSKI<sup>2</sup>, MIROSLAW LIDZBARSKI<sup>1</sup>, RAFAŁ JANICA<sup>2</sup>, BOGUSŁAW KAZIMIERSKI<sup>2</sup>

**Abstrakt.** Prace w zakresie określenia kierunków i oszacowania wielkości przepływów transgranicznych oraz charakterystyki stanu chemicznego wód podziemnych w strefie przygranicznej Polski z państwami sąsiadującymi były realizowane w kilku etapach w ramach zadań państwowej służby hydrogeologicznej. W pierwszej fazie przygotowano opracowania obejmujące omawianą charakterystykę w profilu granicy z państwami członkowskimi Unii Europejskiej: Republiką Federalną Niemiec, Republiką Czeską, Republiką Słowacką oraz Republiką Litewską. Kolejny etap obejmował przygotowanie opracowań dla strefy pogranicza z Ukrainą, Białorusią oraz Federacją Rosyjską (Obwód Kaliningradzki).

W artykule przedstawiono wyniki oszacowanych wielkości przepływów transgranicznych wód podziemnych w strefie pogranicza polsko-rosyjskiego. Obliczone wartości określono na podstawie warstw informacyjnych mapy hydrogeologicznej Polski oraz informacji dotyczących obiektów hydrogeologicznych. Wyniki przedmiotowego zadania pozwolą na rozwój efektywnej sieci monitoringu wód podziemnych na obszarze przygranicznym Polski z Rosją.

**Słowa kluczowe:** przepływy transgraniczne wód podziemnych, ocena stanu wód, monitoring wód podziemnych.

**Abstract.** The issue covering both the estimation of trans-boundary groundwater flows, as well as the chemical status assessment was carried out in several stages in the framework of the Polish Hydrogeological Survey activities. In the first phase the examinations regarded the Polish boundary area with neighbouring countries – European Union Member States (Germany, Czech Republic, Slovakia and Lithuania). Next stage was focused on elaboration of groundwater flows in the borderland with Ukraine, Belarus and finally with Russia.

The article presents the results of the estimated groundwater flows volume in the area of the Polish-Russian border zone. Assessed values were determined on the basis of the hydrogeological maps data and information of the hydrogeological boreholes. The results of the performed tasks allow to develop the effective groundwater monitoring network in the border area between Poland and Russia.

**Key words:** trans-boundary groundwater flows, water status assessment, groundwater monitoring.

---

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza; ul. Kościarska 5, 80-328 Gdańsk;  
e-mail: anna.szelewicka@pgi.gov.pl, mirosław.lidzbarski@pgi.gov.pl

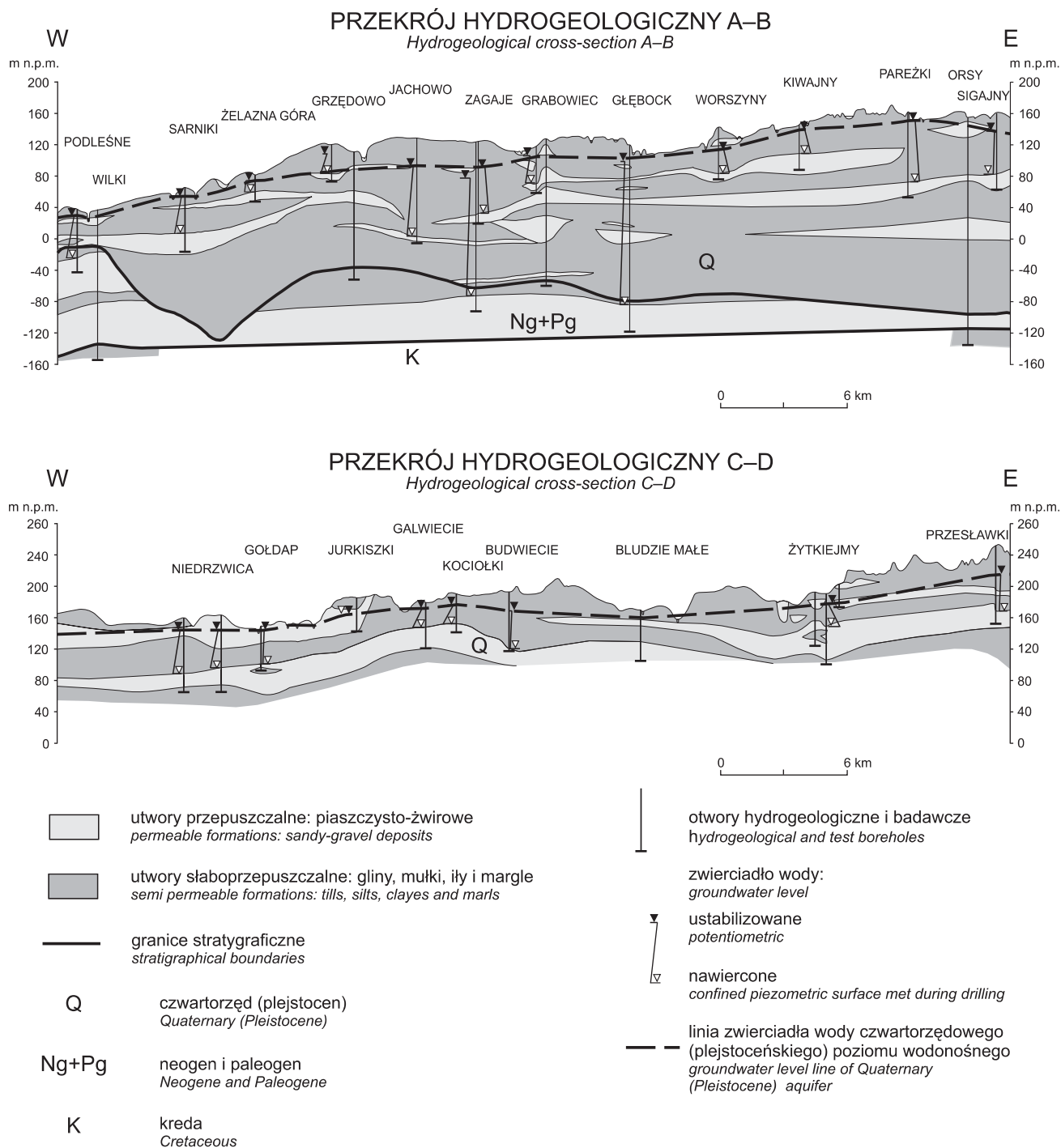
<sup>2</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa;  
e-mail: tomasz.gidzinski@pgi.gov.pl, rafal.janica@pgi.gov.pl, bogusław.kazimierski@pgi.gov.pl

## CHARAKTERYSTYKA ANALIZOWANEGO TERENU

Granica Polski z Federacją Rosyjską zaczyna się w rejonie Mierzei Wiślanej, przecina Zalew Wiślany i dalej kontynuuje się w rejonie miejscowości Braniewo, Węgorzewo, Gołdap przez Puszcze Romincką do zbiegu granic trzech

państw: Polski, Federacji Rosyjskiej i Litwy. Długość granicy lądowej wynosi 210 km.

Granica państwa w całości przebiega po północnej granicy jednolitych części wód podziemnych (JCWPd) nr 20 i nr 22



**Fig. 1. Charakterystyczne fragmenty przekrojów hydrogeologicznych w strefie przygranicznej Polski z Obwodem Kaliningradzkim**

Characteristic parts of hydrogeological cross-sections in the Polish boundary area with Kaliningrad Oblast

oraz w niewielkim północno-zachodnim fragmencie JCWPd nr 19. Według podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, 2007) obszar przygraniczny z Rosją obejmuje północną część regionu mazurskiego III oraz mazursko-podlaskiego II, które należą do makroregionu północno-wschodniego. Jedyne niewielki fragment leżący na zachodzie obszaru należy do regionu gdańskiego IV, subregionu żuławskiego IV<sub>1</sub>.

Rozpoznanie hydrogeologiczne w obszarze przygranicznym dotyczy głównie poziomów wodonośnych występujących w utworach plejstocenu, a w zachodniej części również miocenu i oligocenu-eocenu oraz paleocenu. Rozprzestrzenienie oraz miąższość osadów plejstoceniowych są zmienne w skali regionu. Największa miąższość kompleksu utworów plejstoceniowych jest związana z przebiegiem obniżenia erozyjnych w podłożu i np. w otworze badawczym w miejscowości Orsy wynosi ponad 250 m. Na przeważającej części terenu łączna miąższość utworów plejstocenu wynosi od 100 do 200 m, przy czym w profilu pionowym przeważa udział utworów słabo przepuszczalnych, w szczególności glin zwałowych (fig. 1). Głębokość występowania oraz miąższość poziomów wodonośnych piętra plejstocenu

są różnicowane, co znajduje odzwierciedlenie w skomplikowanym układzie hydrostrukturalnym systemu wodonośnego (Małcki i in., 2010). Najczęściej występuje od dwóch do trzech użytkowych poziomów wodonośnych piętra plejstocenu, głównie typu międzymorenowego, rzadziej pradolinowego. Miejscami ich liczba wzrasta do czterech poziomów wodonośnych (m.in. w zachodniej części strefy przygranicznej) (Tarnawska i in., 2007).

Użytkowe poziomy wodonośne piętra paleogeńsko-neogeńskiego charakteryzują się słabymi parametrami hydrogeologicznymi i są ujmowane w rejonach, w których brak jest innych poziomów użytkowych. Główne poziomy wodonośne wykształcone w utworach plejstocenu i oligocenu-eocenu oraz miejscami miocenu często pozostają w więzi hydraulicznej, tworząc połączony układ hydrostrukturalny o złożonym systemie krążenia wód.

W zachodniej części strefy przygranicznej z Federacją Rosyjską warunki hydrogeologiczne w utworach neogenu i lokalnie paleogenu są dość dobrze rozpoznane. Odmienna sytuacja występuje we wschodniej części, gdzie dobrym rozpoznaniem warunków hydrogeologicznych objęte są wyłącznie poziomy plejstocenu (fig. 1).

## OKREŚLENIE KIERUNKÓW PRZEPIYWÓW TRANSGRANICZNYCH WÓD PODZIEMNYCH ORAZ OSZACOWANIE ICH WIELKOŚCI

Podstawą oszacowania wielkości przepływów w poziomach wodonośnych o rozprzestrzenieniu przekraczającym granicę państwa były materiały archiwalne, przede wszystkim z zakresu seryjnej kartografii hydrogeologicznej i geologicznej, ekspertyzy oraz rezultaty badań i obserwacji monitoringowych wód podziemnych. Na podstawie dostępnych materiałów przyjęto schemat budowy hydrogeologicznej całej strefy przygranicznej. Skonstruowane przekroje hydrogeologiczne pozwoliły na przeanalizowanie budowy geologicznej oraz schematyzację hydrogeologiczną. Ujawniły one znaczną zmienność układu hydrostrukturalnego.

Oszacowanie wielkości przepływów transgranicznych przeprowadzono na podstawie obliczeń przepływów dynamicznych w profilu granicy państwa [ $Q_d$ ]. Parametrami przyjętymi do obliczeń były średnia wartość przewodności poziomu wodonośnego [ $T$ ] oraz szerokość strumienia wód przepływającego przez granicę państwa [ $L$ ]. Obszaru pogranicza z Obwodem Kaliningradzkim nie objęto dotychczas regionalnymi dokumentacjami hydrogeologicznymi z zakresu dynamiki wód podziemnych, dlatego parametry hydrogeologiczne wyznaczono na podstawie danych z przygranicznych arkuszy *Mapy Hydrogeologicznej Polski* (MHP) w skali 1:50 000 oraz informacji z kart otworów hydrogeologicznych, natomiast długość odcinków granicznych z kierunkiem przepływów transgranicznych określono na podstawie układu hydroizohips po autorskiej korekcie map hydrogeologicznych.

Oszacowanie wielkości przepływów transgranicznych wód podziemnych przeprowadzono dwiema metodami. W pierwszej z nich zadanie rozwiązano metodą określenia przepływów transgranicznych wód podziemnych dla poszczególnych odcinków zdyskretyzowanego przebiegu granicy państwa. Zdecydowano się na przyjęcie kroku kilometrowego, jako umożliwiającego określenie warunków z rozdzielczością odpowiadającą skali generalizacji mapy. Na podstawie obliczeń dla punktów (centroidów) powiązanych z tabelą atrybutów wielkość odpływu z Polski oszacowano na 39 734,24 m<sup>3</sup>/d, natomiast dopływ z terytorium Rosji do Polski wynosił 13 120,47 m<sup>3</sup>/d.

W drugiej z zastosowanych metod, na potrzeby realizacji przedmiotowego opracowania wyznaczono strefy hydrodynamiczne o podobnych warunkach hydrogeologicznych (zbliżone wartości parametrów: [ $k$ ] oraz [ $m$ ]), na części obszaru przeprowadzono reinterpretację układu hydrodynamicznego oraz analogicznie do pierwszego sposobu wykonano ekstrapolację części hydroizohips wyznaczonych na mapach MhP na terytorium Federacji Rosyjskiej. Na podstawie wyników szacunkowych obliczeń wykonanych dla poziomów użytkowych w utworach wodonośnych piętra plejstocenu oraz paleogenu-neogenu stwierdzono, że łączna suma wielkości przepływu wód podziemnych przez granicę z terytorium Polski na obszar Rosji jest znacznie wyższa od przepływu skierowanego w przeciwnym kierunku. Z terytorium Polski odpływa około 55 925 m<sup>3</sup>/d, z czego około

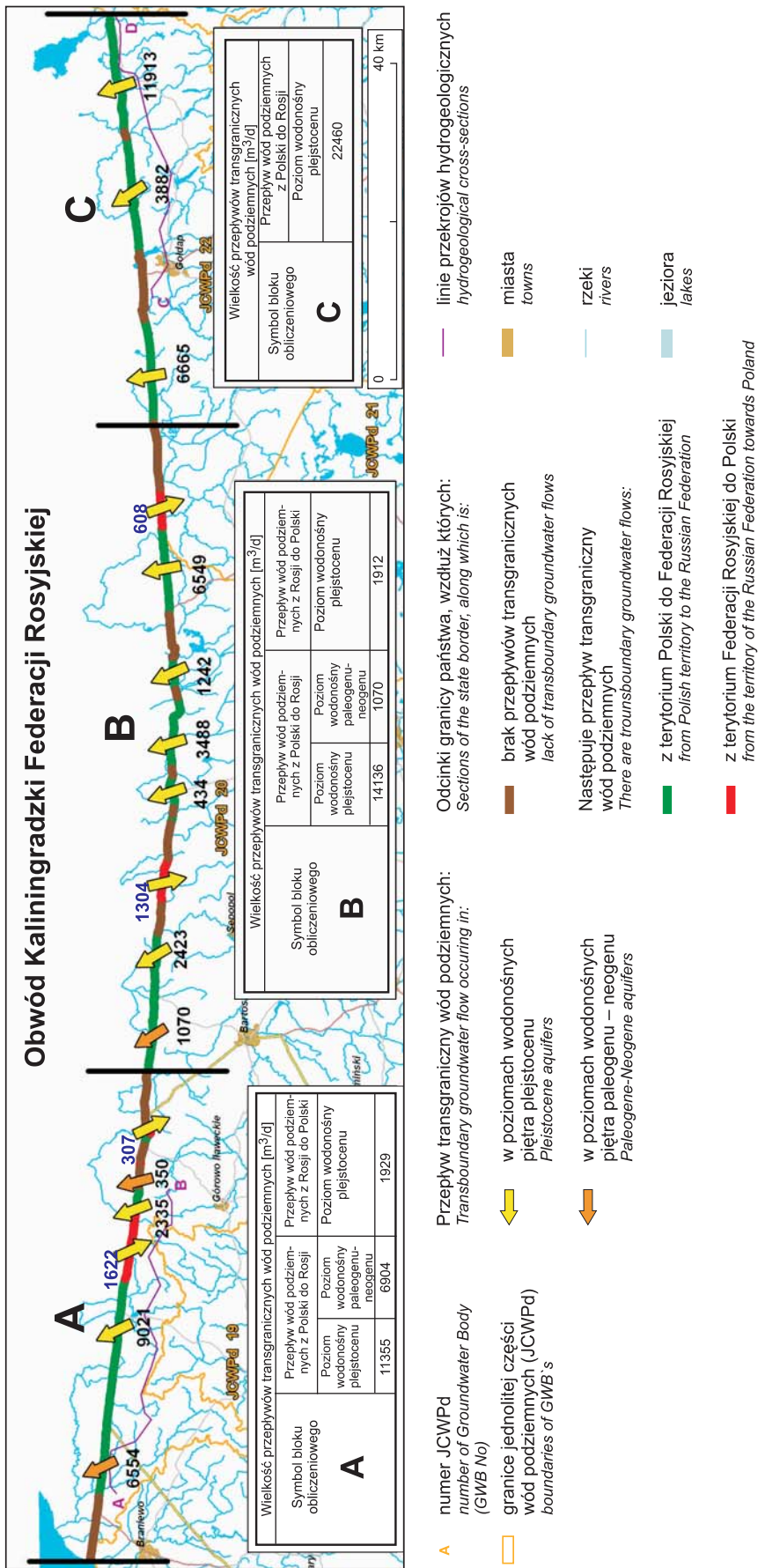


Fig. 2. Strefy przepływów transgranicznych wód podziemnych wzdłuż granicy Polski z Obwodem Kaliningradzkim Federacji Rosyjskiej

Groundwater trans-boundary flows zones along Polish-Russian national border

47 950 m<sup>3</sup>/d w poziomach plejstocenu, stanowiących najczęściej główny użytkowy poziom wodonośny. Wyróżnia się wschodnią część analizowanego obszaru, w której na odcinku 50 km odpływa 22 460 m<sup>3</sup>/d, co stanowi 40% całego strumienia filtracji. Na obszar Polski dopływa natomiast około 3 840 m<sup>3</sup>/d. Powyższe wyniki uznano za właściwe, ze względu na przeprowadzoną reinterpretację układu hydrodynamicznego na części przygranicznego terytorium Polski.

Dla pozostałych odcinków granicy wyznaczono strefy graniczne, wzdłuż których nie ma głównego użytkowego po-

ziomu wodonośnego lub na podstawie układu hydroizohips założono brak występowania przepływu wód podziemnych, przekraczającego granicę państwa (fig. 2).

Na mapie wynikowej w profilu granicy państwowej zaznaczono odcinki granicy państwa, wzdłuż których filtracja wód podziemnych jest skierowana z obszaru Polski na terytorium Rosji oraz fragmenty, gdzie przepływ wód podziemnych następuje ze strony rosyjskiej na polską. Pozostałe rejony oznaczono jako te, w których nie ma przepływu transgranicznego wód podziemnych (fig. 2).

## CHEMIZM WÓD PODZIEMNYCH W STREFIE PRZYGRANICZNEJ POLSKI Z FEDERACJĄ ROSYJSKĄ

Charakterystykę chemizmu wód użytkowych poziomów wodonośnych w strefie przygranicznej z Obwodem Kaliningradzkim opracowano na podstawie archiwalnych wyników analiz fizykochemicznych wykonanych na potrzeby realizacji przygranicznych arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (tab. 1) oraz z wykorzystaniem wyników badań chemizmu wód, wykonanych w punktach krajowej sieci monitoringu chemicznego (monitoring diagnostyczny oraz operacyjny) i w punktach sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych. Na podstawie badań w punktach badawczych krajowych sieci monitoringu wód podziemnych, stwierdzono przeważnie niski poziom zawartości metali ciężkich w wodach podziemnych.

Dominującymi typami hydrogeochemicznymi wód poziomów wodonośnych piętra plejstocenu na rozpatrywanym terenie są HCO<sub>3</sub>-Ca, lokalnie HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg. Sucha pozostałość wynosi średnio 400–500 mg/dm<sup>3</sup>. W wodzie, zwłaszcza głębszych poziomów wodonośnych piętra plejstocenu często występuje podwyższona zawartość żelaza oraz manganu, miejscami azotu amonowego, prawdopodobnie pochodzenia geogenicznego (Gruszczyński, 2010).

Wody piętra paleogeńsko-neogeńskiego należą najczęściej do typu HCO<sub>3</sub>-Ca i odznaczają się wyższą zawartością związków żelaza i manganu od wód występujących w plejstocenijskich warstwach wodonośnych. Ze względu na głównie rolnicze lub leśne zagospodarowanie terenów przygranicznych zagrożenie zanieczyszczeniami jest na ogół niewielkie. Użytkowe poziomy wodonośne na obszarze przygranicznym są przeważnie dobrze izolowane i tylko w rejonie Góldapi są

całkowicie pozbawione pokrywy utworów słaboprzepuszczalnych. Dla strefy przygranicznej Polski z Rosją nie ma archiwalnych opracowań regionalnych w zakresie charakterystyki chemizmu wód podziemnych w poziomach pięter wodonośnych: paleogenu–neogenu oraz kredy.

Tabela 1

### Wybrane parametry jakości wody – makroskładniki

Selected groundwater parameters – macrocomponents

Makroskładnik	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	Cl	Ca	Mg	Na	K
Piętro wodonośne plejstocenu							
Wartość minimalna [mg/dm <sup>3</sup> ]	153,0	0,0	0,7	32,59	0,0	2,5	0,1
Wartość maksymalna [mg/dm <sup>3</sup> ]	531,0	71,0	128,0	175,0	40,2	112,5	12,0
Piętro wodonośne paleogenu–neogenu							
Wartość minimalna [mg/dm <sup>3</sup> ]	249,0	0,0	2,5	33,6	0,1	4,76	1,0
Wartość maksymalna [mg/dm <sup>3</sup> ]	514,0	40,3	139,0	109,8	54,2	81,0	9,0

## WNIOSKI

Określenie charakteru przepływów transgranicznych wód podziemnych w układzie piętrowym, przez granice sąsiadujących państw oraz oszacowanie ich wielkości ma duże znaczenie w kontekście identyfikacji transgranicznych poziomów wodonośnych oraz wyznaczenia zasięgu jednoli-

tych części wód podziemnych (JCWPd). Wyniki przeprowadzonej analizy są także istotne dla opracowania lub aktualizacji istniejących planów oraz programów gospodarowania wodami w zlewniach rzecznych przekraczających granice państwowe i mogą znaleźć zastosowanie w pracach między-



narodowych Komisji do spraw Wód Granicznych. Liczba punktów badawczych sieci monitoringu wód podziemnych w strefie przygranicznej Polski z Rosją jest niewielka i nie wystarcza do kompleksowej oceny stanu wód przepływających przez granicę. Wyniki przeprowadzonych prac będą podstawą do podejmowania decyzji odnośnie organizacji i rozwoju badań monitoringowych wód podziemnych w strefie przygranicznej Polski z Federacją Rosyjską.

Określone wielkości przepływów transgranicznych wód podziemnych należy traktować jako wartości szacunkowe, które powinny zostać uszczegółowione po opracowaniu matematycznego modelu pola filtracji. Bardzo cenne przy przygotowaniu modelu filtracji byłoby uzyskanie informacji o systemie hydrostrukturalnym i hydrodynamicznym obszaru przygranicznego po rosyjskiej stronie granicy.

## LITERATURA

- MAŁECKI J., 2010 — Model pojęciowy jednolitej części wód podziemnych JCWPd 20 – Dorzecze Pregoly. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- GRUSZCZYŃSKI T., 2010 — Model pojęciowy jednolitej części wód podziemnych nr 21. Państw. Inst. Geol. – PIB, Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski, t. I. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- TARNAWSKA E., KARWIK A., PRUSSAK E., 2007 — Identyfikacja regionalnych obszarów deficytowych oraz obszarów, na których nie występuje użytkowy poziom wodonośny (etap II – województwo warmińsko-mazurskie). Państw. Inst. Geol., Gdańsk.
- MAPA Hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, arkusze: Braniewo (32), Żelazna Góra (33), Głębock (34), Toprzyny (35), Szczurkowo (36), Lipica (37), Mażucie (38), Czarnowo Średnie (39), Żytkiejmy (40), Wiżajny (41) oraz Chruściel (60), Pięńżno (61), Górowo Iławieckie (62), Wojciechy (63), Bartoszyce (64), Sępólno (65), Barciany (66), Węgorzewo (67), Budry (68), Banie Mazurskie (69), Gołdap (70), Filipów (71), Jeleniewo (72). Państw. Inst. Geol., Warszawa.

## SUMMARY

Determination of trans-boundary groundwater flows in the vertical profile and estimation of groundwater flow volume across the borders of neighboring states is very important in context of recognition of trans-boundary aquifers and delineation of trans-boundary groundwater bodies (GWB's). The results of the performed task are also important for elaboration or updating of plans and programs for water management in the river basins crossing the national borders and can be used in the works of International Commissions on Trans-boundary Waters. The total number of groundwater observation points located in the boundary zone with Russia

is insufficient for a comprehensive assessment of the trans-boundary groundwater status. The results of the performed tasks allow to develop the effective groundwater monitoring network in the border area between Poland and Russia. The results of transboundary groundwater flows should be regarded as estimated values, which should be verify with respect to results of the filtration field mathematical model. Significant in the preparation of the filtration model will be information relating to the hydrodynamic, as well as hydrostructural system of the Kaliningrad Oblast.