

WARUNKI KRAŻENIA WÓD W JEDNOLITEJ CZĘŚCI WÓD PODZIEMNYCH NR 141

THE WATER CIRCULATION CONDITIONS IN THE GROUNDWATER BODY NO. 141

ZBIGNIEW KACZOROWSKI¹, JAROSŁAW SZULIK¹

Abstrakt. Celem prac badawczych było opracowanie modelu numerycznego warunków hydrogeologicznych Jednolitych Części Wód Podziemnych (JCWPd) nr 139, 140 i 141. Obszar badań jest położony w południowej części województwa opolskiego i w województwie śląskim, w pobliżu granicy Polski i Republiki Czeskiej. Poziomy wodonośne występują w utworach czwartorzędu, neogenu, kredy i karbonu. Model numeryczny obszaru badań został podzielony na bloki obliczeniowe o wymiarach 120×100 m, zawierające się w 453 kolumnach, 360 wierszach i 8 warstwach. Warstwy o numerach I–VI wyznaczono w utworach czwartorzędu, warstwę nr VII – w utworach neogenu, natomiast warstwę VIII – w utworach karbonu. Na podstawie przeprowadzonych badań modelowych oszacowano odpływ wód podziemnych z obszaru JCWPd nr 141 na $1154 \text{ m}^3/\text{d}$. Średnia wartość infiltracji wynosi $46,5 \text{ mm/a}$, czyli $6,5\%$ wartości średniego opadu z wielolecia 2006–2010. Moduł zasilania JCWPd nr 141 jest równy $1,49 \text{ l/s/km}^2$. Sumaryczny przepływ transgraniczny z Czech wynosi $4331,87 \text{ m}^3/\text{d}$ i następuje z obszarów bilansowych zlewni Hrozowej i zlewni Psiny. Określono kierunki przepływu wód w poszczególnych warstwach modelu. W warstwach modelu I–VI oraz w zachodniej części warstwy modelu VIII przepływy są determinowane siecią rzeczczą. We wschodniej części VIII warstwy modelu odpływ wód podziemnych następuje w kierunku Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Słowa kluczowe: Jednolita Część Wód Podziemnych nr 141, model numeryczny, zlewnia Psiny, przepływ transgraniczny.

Abstract. The purpose of the research was to create a numerical model of the hydrogeological conditions of groundwater bodies (GWB) 139, 140 and 141. The study area is located in the southern part of the Opole Voivodeship and the Silesian Voivodeship, near the Poland/Czech Republic border. The aquifers occur in Quaternary, Neogene, Cretaceous and Carboniferous rocks. The numerical model area was divided into blocks with dimensions of 120×100 , pertaining to 453 columns, 360 rows and 8 layers. Layers numbered I–VI were determined in the Quaternary rocks, layer VII – in the Neogene rock, and layer VIII – in the Carboniferous rocks. Based on the modelling studies, groundwater outflow from GWB 141 was estimated at $1154 \text{ m}^3/\text{d}$. The average value of infiltration is 46.5 mm/a – 6.5% of the average rainfall from years 2006–2010. Recharge Module of GWB 141 is 1.49 l/s/km^2 . The total cross-border flows from the Czech Republic amounts to $4331.87 \text{ m}^3/\text{d}$, which occurs from the budget zones of Hrozowa and Psina catchment area. Direction of water flow in each layer of the model has been determined. The groundwater flows in layers I - VI and in the western part of layer VIII are constrained by the river system. The groundwater outflow from the eastern part of layer VIII occurs towards the east (Upper Silesian Coal Basin).

Key words: Groundwater Body 141, numerical model, Psina catchment area, transboundary flow.

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Górnośląski, ul. Królowej Jadwigi 1, 41-200 Sosnowiec

WSTĘP

Wyniki przedstawione w artykule pochodzą z opracowania tematu PSH nr 23.8000.0903.26.3 „Opracowanie modeli numerycznych dla JCWPd o stanie słabym oraz JCWPd proponowanych jako transgraniczne. Model numeryczny JCWPd nr 141” wykonanego przez zespół w składzie Z. Kaczorowski, J. Wagner, J. Szulik i U. Mazurek. Celem prac badawczych było opracowanie modelu numerycznego warunków hydrogeologicznych Jednolitych Części Wód Podziemnych (JCWPd) nr 139, 140 i 141 – transgranicznych. Dane przedstawione w artykule dotyczą JCWPd nr 141.

ski, J. Wagner, J. Szulik i U. Mazurek. Celem prac badawczych było opracowanie modelu numerycznego warunków hydrogeologicznych Jednolitych Części Wód Podziemnych (JCWPd) nr 139, 140 i 141 – transgranicznych. Dane przedstawione w artykule dotyczą JCWPd nr 141.

CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ MODELOWYCH

Obszar JCWPd nr 141 wynosi 554,6 km² i jest położony w województwach opolskim i śląskim (fig. 1). Pod względem hydrograficznym znajduje się on w dorzeczu Odry. Główną rzeką płynącą przez omawiany obszar jest Psina. Jej dopływami prawobrzeżnymi są Złotnik, Sucha Psina, Troja, a dopływem lewobrzeżnym – Łopień. Średni niski przepływ SNQ na rzece Psinie z wielolecia 2006–2010 dla stacji pomiarowej Bojanów wynosi 0,51 m³/s. Daje to moduł odpływu 0,99 l/s/km². Najwyższy minimalny przepływ w roku wystąpił w 2010 r. i wyniósł 0,9 m³/s, co daje moduł odpływu 1,73 l/s/km². Według danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej ze stacji meteorologicznych zlokalizowanych w obszarze badań średni opad z pięcioletnia 2006–2010 wynosił 714,76 mm/rok.

BUDOWA GEOLOGICZNA

W granicach obszaru badań modelowych wyróżnia się trzy piętra strukturalne: waryscyjskie, laramijskie i alpejskie. Stratygraficznie w budowie geologicznej obszaru biorą udział utwory karbonu dolnego, kredy, neogenu i czwartorzędu (Sarnacka, 1956; Biernat, Żero, 1958; Krzyż i in., 1994; Badura, Przybylski, 1995; Badura i in., 1996; Kotlicka, Kotlicki, 1977; Wroński, Kościuszko, 1982; Trzepla, 1996, 1997; Bobiński i in., 1997; Drozd, Trzepla, 1998a, b; Dadlez i in., 2000). Osady dolnego karbonu są wykształcone w facji fliszowej, jako naprzemianległe piaskowce drobno- i średnioziarniste, szarogłazy, mułowce oraz ilowce. Formacje kredy tworzą fragmenty tzw. depresji kredy opolskiej.

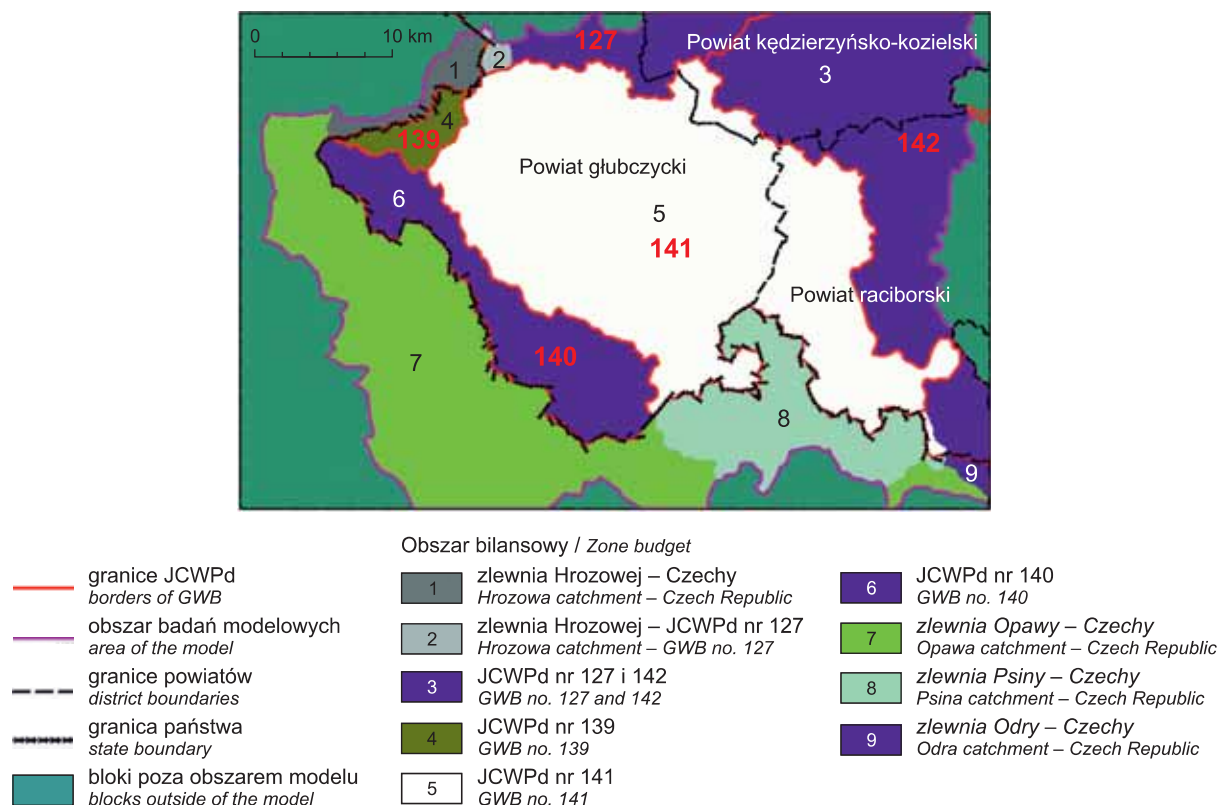


Fig. 1. Lokalizacja obszaru badań

Location of study area

Występują one w formie izolowanych płatów leżących na stropie karbonu dolnego. Są to osady wykształcone jako piaskowce oraz miejscami margle wapniste i ilaste. Utwory neogenu stanowi miąższy kompleks ilów, w których występują wkładki łupków ilastych, gipsów, węgla brunatnych, żwirów oraz piasków różnoziarnistych. Utwory czwartorzędu są obecne prawie na całym obszarze modelu, z wyjątkiem wychodni skał paleozoiku w zachodniej części JCWPd oraz lokalnie wychodni kredy i neogenu. Najpełniejszy profil utworów czwartorzędu znajduje się w rymnie erozyjnej Odry w okolicach Raciborza (Kotlicka, Kotlicki, 1997) – za wschodnią granicą modelu. Plejstocen zbudowany jest z osadów eoplejstocenu (piaski różnoziarniste, żwiry i gładziki), mezoplejstocenu (gliny zwałowe, żwiry, piaski i mułki wodnolodowcowe, pyły i ropy) oraz neoplejstocenu (piaski i żwiry wodnolodowcowe, gliny zwałowe, gliny i gazy moren czołowych, kemów oraz mułki, żwiry rzeczne i lessy). Doliny cieków – w tym zarówno rzek głównych (Odry, Psiny, Troi), jak i mniejszych – wypełnione są utworami aluwialnymi holocenu. Są to otoczaki i żwiry z domieszką piasków, w stropowej części zaglinione.

HYDROGEOLOGIA

W granicach obszaru badań występują następujące piętra wodonośne: czwartorzędu, neogenu, kredy i karbonu (fig. 2).

Czwartorzędowe piętro wodonośne jest zbudowane z dwóch lub trzech poziomów wodonośnych (do pięciu warstw wodonośnych w profilach otworów hydrogeologicznych) (fig. 2). Utworami wodonośnymi są piaski i żwiry budujące porowy system wodonośny. Pierwszy poziom wodonośny jest związany głównie z dolinami rzeczными, pełniącymi funkcję drenującą – pierwsza i druga warstwa modelu. Zwierciadło wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego najczęściej jest swobodne i współkształtne z morfologią terenu.

Główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW) budują utwory piaszczyste i żwirowe, które zalegają na nierównym podłożu powierzchni stropu neogenu (na wschodzie) lub karbonu dolnego (na zachodzie) – czwarta warstwa modelu. Utwory wodonośne przeważnie są pokryte glinami zwałowymi oraz lessami – pierwsza warstwa modelu – rzadziej występują bezpośrednio na powierzchni. Zwierciadło głównego użytkowego poziomu wodonośnego jest najczęściej naporowe. Wody GUPW przepływają w kierunku doliny rzeki Odry (regionalna podstawa drenażu), czyli przede wszystkim z zachodu i południowego zachodu na wschód. Lokalnie naturalne pole hydrodynamiczne jest zakłócone drenażem ujęć wód podziemnych (fig. 3).

Neogeńskie piętro wodonośne jest związane z wodonośnymi utworami sarmatu. Stanowią je utwory piaszczyste (nieciągłe warstwy – do pięciu warstw/ soczew w profilach otworów, w modelu zawarte lokalnie w szóstej warstwie)

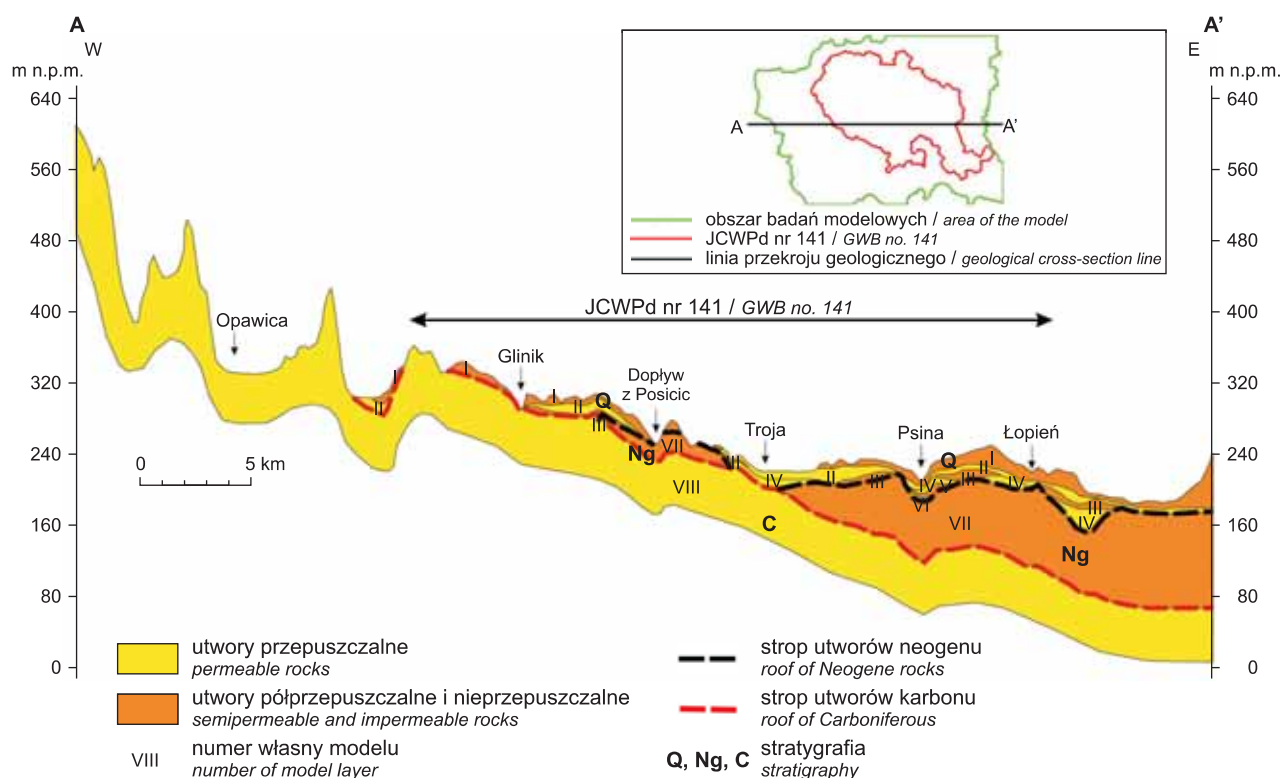


Fig. 2. Przekrój przez modelowany obszar

Cross-section of the modeled area

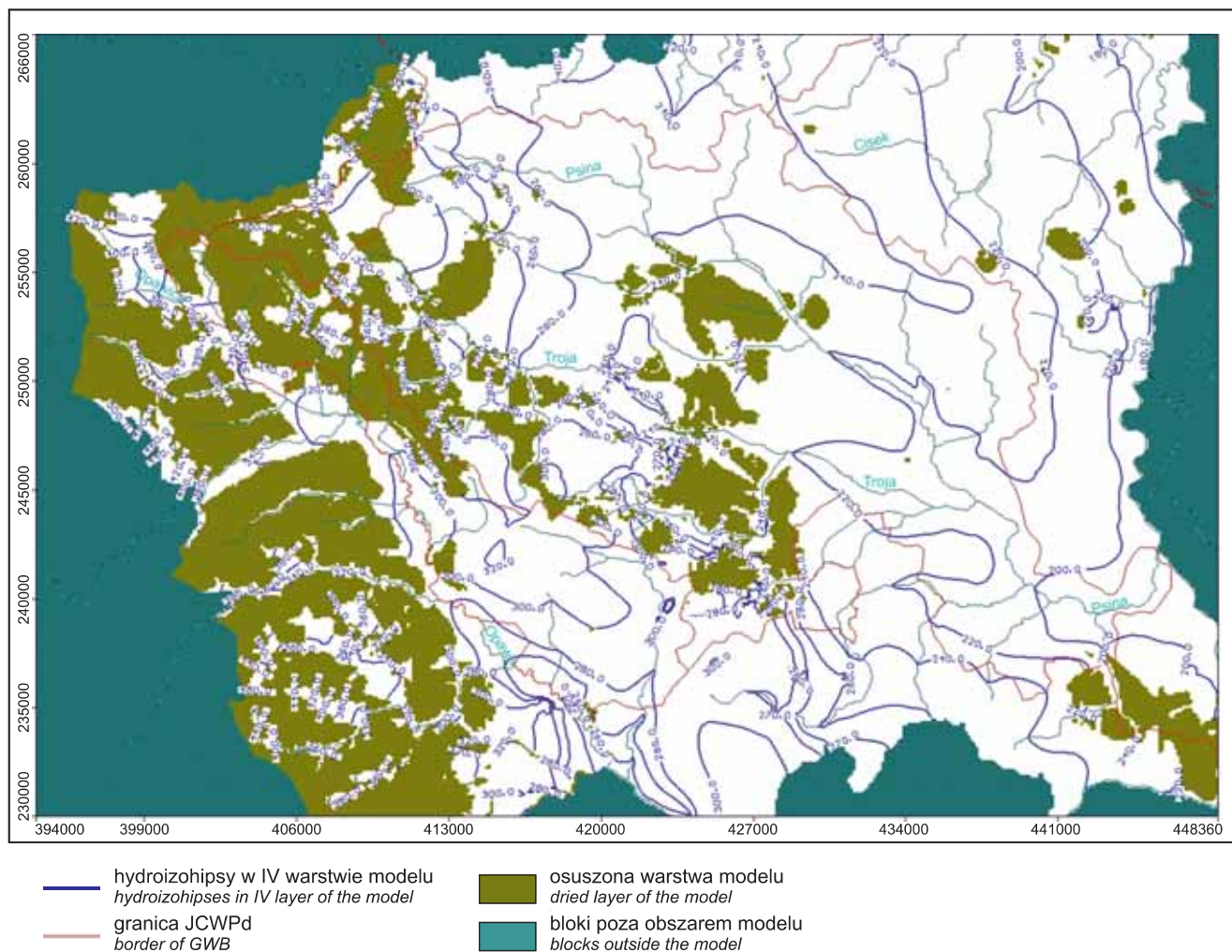


Fig. 3. Położenie zwierciadła wody w IV warstwie modelu

Location of water table in the IV layer of the model

wśród izolujących utworów ilastych – siódmej warstwie modelu. Jest to porowy system wodonośny. Zwierciadło wód podziemnych ma charakter naporowy.

Kredowe piętro wodonośne (poziom górnokredowy) jest uformowane z piaskowców i stanowi szczelinowo-porowy system wodonośny. W granicach JCWPd nr 141 poziom górnokredowy nie ma większego znaczenia użytkowego. W związku z tym, że piaskowce kredowe występują bezpośrednio na piaskowcach dolnokarbońskich (Guzik, Liszka, 2002), obydwa poziomy są połączone – ósma warstwa modelu.

Karbońskie piętro wodonośne jest zbudowane głównie ze spękanych i szczelinowych piaskowców szarogłazowych karbonu dolnego (kulmu) – ósma warstwa modelu. Jest to wodonosiec szczelinowo-porowy. Osady wodonośne karbonu dolnego występują w podłożu całej omawianej JCWPd nr 141, jednak wody podziemne o znaczeniu użytkowym znajdują się w zachodniej części omawianej jednostki. Strefa przypowierzchniowa charakteryzuje się największym zawodnieniem (głębokość do ok. 50–80 m p.p.t.). Wraz ze wzrostem głębokości zawodnienie utworów maleje.

MODEL MATEMATYCZNY

Modelowanie wykonano przy użyciu pakietu programów *Visual Modflow*. Na potrzeby modelowania budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne obszaru badań poddano schematyzacji. Wyodrębniono osiem warstw modelowych (fig. 2). Warstwy I–VI wydzielono w utworach czwarto-

rzędowych (lokalnie, w miejscach gdzie osady wodonośnego czwartorzędu zalegają na wodonośnych osadach neogenu, warstwa VI zawiera obydwa połączone poziomy wodonośne), warstwę VII – w utworach neogenu, natomiast warstwę VIII – w utworach karbonu. Na obszarze wychodni skał karboń-

szych warstwy modelu I–VII są zredukowane do miąższości 1 m i mają przypisane parametry skał karbońskich. Obszar badań obejmuje 1544,2 km² i został podzielony na bloki obliczeniowe o wymiarach 120 × 100 m – 453 kolumn i 360 wierszy.

Warunki brzegowe w modelu zadano w sposób opisany poniżej.

Na granicach modelowanego obszaru zadano warunki GHB (*general head boundary*). Północna granica modelu przebiega po działach wodnych dopływów Jakubowickiego Potoku, Straduni, Gnojnika i po działle wodnym Osobłogi (w części zachodniej) oraz na współrzędnej $y = 266\ 000$ w układzie 1992 (w części wschodniej). Granica wschodnia przebiega po Odrze oraz przez obszar pomiędzy rzeką Bełką a Odrą. Południowa granica modelu przebiega od zachodu w pobliżu działu wodnego pomiędzy Opawą a Morawicą, następnie po Opawie, przecina jej zlewnię i biegnie po działle wód Krzynówki, Dopływu ze Strachowic i Młynówki Bolesław (dopływach Psiny), a następnie po rzece Bełka (fig. 3). Zachodnia granica modelu przebiega w odległości 4–12 km poza granicą Polski i stanowią ją granice zlewni cząstkowych dopływów Opawicy i Opawy.

Infiltracja efektywna była zadawana w modelu warunkami II rodzaju. Jej wartości wyniosły od 7,14 do 100 mm/a, czyli od 1 do 14% wielkości opadu z pięciolecia 2006–2010 r. Na przeważającym obszarze (pokrywa osadów lessowych) zadano infiltrację efektywną wynoszącą 33,8 mm/a (4,7% opadu z pięciolecia).

Cieki powierzchniowe symulowano warunkami III rodzaju. Rzędne zwierciadła wody w rzekach odczytano z map topograficznych w skalach od 1:10 000 do 1:25 000.

Eksploatacja studni była symulowana warunkami II rodzaju.

Wartości współczynnika filtracji wynoszą:

- dla wychodni utworów karbonu – od $5 \cdot 10^{-8}$ m/s do $2,1 \cdot 10^{-5}$ m/s,
- dla łańcuchów neogeńskich – od $1 \cdot 10^{-8}$ m/s do $5 \cdot 10^{-8}$ m/s,
- dla utworów piaszczystych – od $2,3 \cdot 10^{-6}$ m/s do $2,9 \cdot 10^{-4}$ m/s,
- dla utworów lessopodobnych i glin – od $5 \cdot 10^{-8}$ m/s do $2,3 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Na figurze 1 przedstawiono lokalizację obszarów bilansowych. Wydzielono dziewięć obszarów związanych ze zlewniami hydrologicznymi głównych rzek terenu badań, z granicą państwa i z JCWPd:

- 1 – zlewnia Hrozowej (Czechy),
- 2 – zlewnia Hrozowej (JCWPd nr 127),
- 3 – JCWPd nr 127 i 142,
- 4 – JCWPd nr 139,
- 5 – JCWPd nr 141,
- 6 – JCWPd nr 140,
- 7 – zlewnia Opawy (Czechy),
- 8 – zlewnia Psiny (Czechy),
- 9 – zlewnia Odry (Czechy).

Wyniki modelowania dokumentują stan na czerwiec 2011 r. Dopasowanie obliczonych wartości rzędnych zwierciadła wody do wartości obserwowanych wynosi: 0,52 m – średnie odchylenie oraz 4,01 m – średnia z modułu odchy-

leń. Minimalne odchylenie wynosi 0,01 m, a maksymalne 28,3 m (dla 317 punktów obserwacyjnych). Maksymalne odchylenia występują w studniach, które są zlokalizowane w zawieszonych poziomach wodonośnych w warstwach lessów na wysoczyznach.

Rozkład zwierciadła wody w czwartorzędowych warstwach wodonośnych modelu (I, II i IV) jest zdeterminowany siecią rzeczą. Zawodnione są przede wszystkim doliny rzek, a przepływy są skierowane w ich kierunku (fig. 3). Rzędne zwierciadła wody kształtują się od 170 do 440 m n.p.m. Na wychodniach karbonu w górnych warstwach modelu występują rozległe obszary, w których znajdują się suche bloki modelu. Są one też obecne w obszarze wysoczyzn, gdzie występują pokrywy utworów lessowych i gliniastych zalegających bezpośrednio pod lessami. Kierunki przepływu są zmienne i w zlewni Psiny są głównie południowo-wschodnie, natomiast w północnym obszarze modelu – północne i północno-wschodnie. W VI warstwie modelu sytuacja jest analogiczna do tej z IV warstwy. Warstwa VIII modelu jest cała zawodniona. W strefie zachodniej budują ją wychodnie skał karbońskich w Czechach i w Polsce. Bazami drenażu są tu Opawica i Opawa. Rzędne zwierciadła wody kształtują się od 280 do 520 m n.p.m. W części wschodniej są to twory karbonu zalegające pod pokrywą neogeńską. Kierunek przepływu w tym obszarze to wschód lub północny wschód.

Bilans przepływów w modelu przedstawiono w tabeli 1. Błąd oszacowania wynosi 1419,42 m³, tj. 0,65%. Z zewnątrz dopływa do modelu 45,8 m³/d, a z jego obszaru odpływa 26 063,7 m³/d.

Dla JCWPd nr 141 bilans przepływów zamieszczono w tabeli 2. Łączny odpływ wód podziemnych z JCWPd nr 141

Tabela 1

Bilans wody w modelu
Water balance of the model

Składniki bilansu	Wpływające [m ³ /d]	Wyływające [m ³ /d]
Infiltracja	214 040,94	–
Rzeki	3134,53	186 772,28
GHB	45,82	26 063,72
Studnie	–	5804,7
Suma	217 221,29	218 640,7

Tabela 2

Bilans wody w JCWPd 141
Water balance of the GWB no. 141

Składniki bilansu	Wpływające [m ³ /d]	Wyływające [m ³ /d]
Infiltracja	70 568,0	–
Rzeki	801,3	70 412,0
Studnie	–	4729,4
Przepływ przez granicę JCWPd 141	13 984,0	11 366,3
Suma	85 353,3	86 507,7

następuje w ilości 1154 m³/d. Moduł zasilania JCWPd nr 141 wynosi 1,49 l/s/km². W porównaniu z minimalnymi przepływami Psiny z wielolecia 2006–2010, wynoszącymi 0,51 l/s/km², stanowi on 290%.

Cząstkowe przepływy w obszarach bilansowych przedstawiają się następująco:

- 1 – zlewnia Hrozowej (Czechy): –13,83 m³/d;
- 2 – zlewnia Hrozowej (JCWPd nr 127): –230,98 m³/d;
- 3 – JCWPd nr 127 i 142: –1973,90 m³/d;
- 4 – JCWPd nr 139: –180,91 m³/d;
- 5 – JCWPd nr 141: 0,0 m³/d;
- 6 – JCWPd nr 140: 671,63 m³/d;
- 7 – zlewnia Opawy (Czechy): 0,0 m³/d;
- 8 – zlewnia Psiny (Czechy): 4345,70 m³/d;
- 9 – zlewnia Odry (Czechy): 0,0 m³/d.

Zasilanie JCWPd nr 141 następuje głównie poprzez infiltrację (82,7%), lecz 16,4% zasilania pochodzi z dopływu late-

ralnego przez granice zlewni. Sumarycznie (dopływ – odpływ) przez granice do JCWPd nr 141 wpływa 2617,7 m³/d (3,1% zasilania), z czego 353,7 m³/d pochodzi z przepływu przez warstwę skał karbońskich. Na obszarze JCWPd nr 141 ze skał karbońskich (z VIII warstwy modelu) do osadów młodszych sumarycznie wpływa 3636 m³/d. Odpływ lateralny stanowi 13,3% odpływu z JCWPd nr 141 i występuje on na północy, do sąsiednich JCWPd oraz do obszaru bilansowego 1 (zlewnia Hrozowej – Czechy). Zasilanie JCWPd nr 141 następuje natomiast z obszaru bilansowego 6 (JCWPd nr 140) i z obszaru bilansowego 8 (zlewnia Psiny – Czechy). Dopływ z obszaru bilansowego 8 jest największy i stanowi 6,1% zasilania JCWPd nr 141. Całkowity dopływ z obszaru Czech wynosi 4331,87 m³/d.

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono warunki krążenia wód w Jednolitej Części Wód Podziemnych (JCWPd) nr 141 wyznaczone na podstawie modelu numerycznego warunków hydrogeologicznych. Powierzchnia JCWPd nr 141 wynosi 554,6 km², a powierzchnia obszaru badań modelowych – 1544,2 km². W modelu koncepcyjnym obszaru badań wydzielono poziomy wodonośne: holoceno-plejstoceni, plejstoceni górny, plejstoceni dolny, sarmacki, górnokredowy, dolnokarboński.

Model numeryczny obszaru badań podzielono na bloki obliczeniowe o wymiarach 120 × 100 m, zawierające się w 453 kolumnach, 360 wierszach i 8 warstwach. Z obszaru JCWPd nr 141 następuje odpływ wód podziemnych w ilości 1154 m³/d. Średnia wartość infiltracji wynosi 46,5 mm/a, czyli 6,5% z wartości średniego opadu z wielolecia 2006–

2010. Moduł zasilania JCWPd nr 141 to 1,49 l/s/km². Sumaryczny przepływ transgraniczny z Czech wynosi 4331,87 m³/d i następuje z obszarów bilansowych 1 i 8 (zlewnie Hrozowej i Psiny). Kierunki przepływu w warstwach modelu I–VI są zdeterminowane przez sieć rzeczna. Kierunki przepływu w VIII warstwie modelu w zachodniej części również determinuje sieć rzeczna, natomiast we wschodniej części odpływ wód następuje w kierunku wschodnim.

Obszar JCWPd nr 141 nie stanowi zamkniętej struktury i następuje przez niego lateralny przepływ wód w poziomach wodonośnych. Różnica pomiędzy ilością wód wpływających i wypływających z obszaru wynika z eksploatacji wód w obszarze JCWPd nr 141 (5,5% odpływu).

LITERATURA

- BADURA J., PRZYBYLSKI B., 1995 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Głubczyce (938). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BADURA J., PRZYBYLSKI B., BOBIŃSKI W., KRZYŻ A., 1996 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Baborów (965) i Wiechowice (989). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BIERNAT S., ŻERO E., 1958 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Kuźnia Raciborska (940). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- BOBIŃSKI W., BADURA J., PRZYBYLSKI B., 1997 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Prudnik (937). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DADLEZ R., MAREK S., POKORSKI J., 2000 — Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, 1:1 000 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DROZD M., TRZEPLA M., 1998a — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Owsiszcze. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DROZD M., TRZEPLA M., 1998b — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Zabełków. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GUZIK M., LISZKA P., 2002 — Mapa hydrogeologiczna Polski, 1:50 000, ark. Głubczyce (938). Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KOTLIĆKA G.N., KOTLIĆKI S., 1977 — Mapa geologiczna Polski, 1:200 000. A – mapa utworów powierzchniowych, ark. Gliwice. Inst. Geol., Warszawa.
- KRZYŻ A., BOBIŃSKI W., BADURA J., PRZYBYLSKI B., 1994 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Pietrowice (964). Państw. Inst. Geol., Warszawa.

- SARNACKA Z., 1956 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Rydułtowy (967). Inst. Geol., Warszawa.
- TRZEPLA M., 1996 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Polska Cerekiew (939). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- TRZEPLA M., 1997 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, 1:50 000, ark. Racibórz. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- WRÓŃSKI J., KOŚCIUSZKO H., 1982 — Mapa geologiczna Polski, 1:200 000. A – mapa utworów powierzchniowych, ark. Nysa. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

SUMMARY

The paper presents the groundwater circulation in the groundwater body (GWB) 141, based on a numerical model of hydrogeological conditions. The area of GWB 141 is 554.6 km² and the model area is 1544.2 km². The conceptual model includes aquifers of the Holocen-Pleistocene, Upper Pleistocene, lower Pleistocene, Sarmatian, Upper Cretaceous and Lower Carboniferous levels.

The numerical model area was divided into blocks with dimensions of 120 × 100, pertaining to 453 columns, 360 rows and 8 layers. Based on modelling studies, groundwater outflow from GWB 141 was estimated at 1154 m³/d. The average value of infiltration is 46.5 mm/a – 6.5% of the average rainfall from years 2006–2010. Recharge module of GWB 141 is

1.49 l/s/km². The total cross-border flows from the Czech Republic amounts to 4331.87 m³/d, which occurs from the budget zones No. 1 and No. 8 (Hrozowa and Psina catchment area). Direction of water flow in each layer of the model has been determined. Groundwater flows in layers I–VI and in the western part of layer VIII are constrained by the river system. The groundwater outflow from the eastern part of layer VIII occurs towards the east.

The area of GWB 141 is not a closed structure and there is a lateral flow of water in the aquifers. The difference between the amount of water inflow and outflow in the area is due to exploitation of the waters (5.5% outflow).

