

## KONCEPCJA RELOKACJI ZASOBÓW DYSPOZYCYJNYCH NA OBSZARACH BILANSOWYCH Z UWZGLĘDNIENIEM EKOSYSTEMÓW ZALEŻNYCH OD WÓD PODZIEMNYCH – PRZYKŁAD ZLEWNI WISŁOKI

### THE IDEA OF RELOCATION OF DISPOSABLE RESOURCES IN WATER MANAGEMENT AREAS WITH REGARD TO GROUNDWATER-DEPENDENT ECOSYSTEMS – THE WISŁOKA CATCHMENT CASE STUDY

GRZEGORZ OLESIUK<sup>1</sup>, JAN PRAZAK<sup>2</sup>, ELŻBIETA PRZYTUŁA<sup>1</sup>, PIOTR FREIWALD<sup>3</sup>

**Abstrakt.** W latach 2013–2019 PIG-PIB podjął się realizacji zadania obejmującego dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych na potrzeby przeprowadzenia bilansów wodnogospodarczych. Jednym z obszarów bilansowych dokumentowanych bezpośrednio przez PIG-PIB jest zlewnia Wisłoki wraz z częścią zlewni Wielopolki, która obejmuje Karpaty fliszowe. Budowa geologiczno-strukturalna zlewni Wisłoki powoduje zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych, a największe zasoby wód podziemnych występują w czwartorzędowych osadach dolin rzecznych. Zasoby dyspozycyjne lokowano w nich ze względu na miększe (jak na warunki karpackie) pakiety utworów dobrze przepuszczalnych. W sytuacji, gdy część zasobów dyspozycyjnych (obliczona metodą hydrologiczną) nie mogła być wykorzystana w danej zlewni bilansowej, z uwagi na przekroczenie dopuszczalnego obniżenia zwierciadła wód podziemnych na obszarach chronionych, zdecydowano się na przesunięcie niewykorzystanych rezerw do rejonów bilansowych położonych w niższych odciśkach rzek, w sposób niekolidujący z ochroną ich przepływów nienaruszalnych.

**Słowa kluczowe:** zasoby dyspozycyjne, modelowanie hydrogeologiczne, rozmieszczenie zasobów dyspozycyjnych.

**Abstract.** In 2013–2019, PGI-NRI carries out a project documenting groundwater disposable resources for conducting water-economic balances. Among the balance areas documented directly by the PGI-NRI is the Wisłoka catchment and part of the Wielopolka catchment covering the Flysch Carpathians. The geological and structural structure of the Wisłoka catchment brings about the diversification of hydrogeological conditions, and the largest amounts of groundwater are found in the Quaternary formations of river valleys. Disposable resources were located within them due to the thick (considering the Carpathian conditions) packages of well-permeable sediments. In a situation when part of disposable resources (calculated by the hydrological method) could not be used in a given drainage basin, due to exceeded permissible groundwater table reduction in protected areas, it was decided to transfer unused reserves to balance areas of mid-wives in lower sections of rivers in a manner that does not interfere with the protection of their minimum acceptable flows.

**Key words:** disposable resources, hydrogeological modelling, distribution of disposable resources.

#### WSTĘP

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB), jako generalny wykonawca i koordynator, realizuje od 2013 r. przedsięwzięcie obejmu-

jące dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych na potrzeby przeprowadzania bilansów wodnogospodarczych oraz opracowania warunków korzystania z wód regionu wodnego i zlewni. Zadanie to jest wykonywane na zamówienie Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: grzegorz.olesiuk@pgi.gov.pl, elzbieta.przytula@pgi.gov.pl.

<sup>2</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25-020 Kielce; e-mail: katarzyna.bialecka@pgi.gov.pl; jan.prazak@pgi.gov.pl.

<sup>3</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 30-962 Kraków; e-mail: piotr.freiwald@pgi.gov.pl.

(od 1 stycznia 2018 r. PGW Wody Polskie) i finansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Jednym z dokumentowanych przez PIG-PIB obszarów bilansowych jest zlewnia Wisłoki wraz z obejmującą Karpaty fliszowe częścią sąsiedniej zlewni Wielopolki.

Celem publikacji jest przedstawienie propozycji przestrzennego rozmieszczenia zasobów dyspozycyjnych z uwzględnieniem ochrony ekosystemów zależnych od wód podziemnych i stanu zagospodarowania terenu, opracowanej na podstawie modelowania matematycznego.

## OBSZAR BADAŃ

Zlewnia górnej Wisłoki jest położona w południowo-wschodniej części kraju przy granicy polsko-słowackiej. Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym wg Kondrackiego (2009) jest to obszar Zewnętrznych Karpat Zachodnich. Główną bazę drenażu terenu badań stanowi rzeka Wisłoka, będąca prawobrzeżnym dopływem Wisły. Większymi jej dopływami są lewobrzeżna Ropa i prawobrzeżna Jasiołka. Sieć hydrograficzna rozwinięta jest typowo dla obszarów górskich. Wisłoka jako odbiorca mniejszych dopływów ogólnie ma przebieg z południa na północ. Jej dopływy mają przebieg dolin z reguły prostopadły do doliny Wisłoki (Czarnecka, 1980).

Pod względem geologicznym obszar badań należy do zewnętrznych Karpat fliszowych, będących częścią wielkiego łuku karpackiego należącego do alpidów. Stanowią one młody górotwór systemu alpejskiego, silnie zaburzony i połańdowany (Książkiewicz, 1972). Pasma górskie o wysokościach 600–700 m n.p.m. mają wyraźny przebieg NW–SE i oddzielone są dolinami rzek. Doliny są wycięte w mało odpornych seriach piaskowcowo-lupkowych. Taki układ warunkuje kształt stoków, stromych w górnych partiach i bardzo łagodnych w części środkowej i dolnej. Charakteryzują się one nachyleniami 5–30°. Głębokie kotłiny śródgórskie zostały wypełnione osadami mioceńskimi i czwartorzędowymi. Osady czwartorzędowe wypełniają doliny rzek i potoków (Kondracki, 2009).

Budowa geologiczno-strukturalna zlewni Wisłoki wpływa w istotnym stopniu na zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych. Wody podziemne występują w osadach czwartorzędowych oraz paleogeńsko-kredowych (fliszowych). Niewielkie jej ilości występują także w płatach utworów neogeńskich. Rozpoznanie warunków występowania i zasobów wód podziemnych jest związane z udostępnianiem wód podziemnych w celu zaopatrzenia ludności w wodę. Najlepiej rozpoznano czwartorzędowy poziom wodonośny w dolinach rzecznych, z uwagi na jego użytkowy charakter oraz występowanie większych skupisk ludzi. Bezpośrednie podłoże i otoczenie zbiorników czwartorzędowych stanowią osady piaskowcowo-lupkowe fliszu karpackiego (Walczak i in., 1990; Gorczyca i in., 2013).

W badanej zlewni bilansowej mamy do czynienia z ekosystemami wodnymi, leśnymi, łąkowymi i mokradła-

mi, które w niewielkim stopniu mają charakter torfowisk. Stanowią one ekosystemy zależne od wód podziemnych (fig. 1), pozostające w dynamicznych relacjach z wodami podziemnymi i powierzchniowymi. Ekosystemy leśne sprzyjają natomiast naturalnej retencji wód. Gospodarka wodna ma w nich do spełnienia wiele funkcji. Wywiera wpływ na produkcję leśną i stan lasu oraz warunkuje jego walory przyrodnicze.

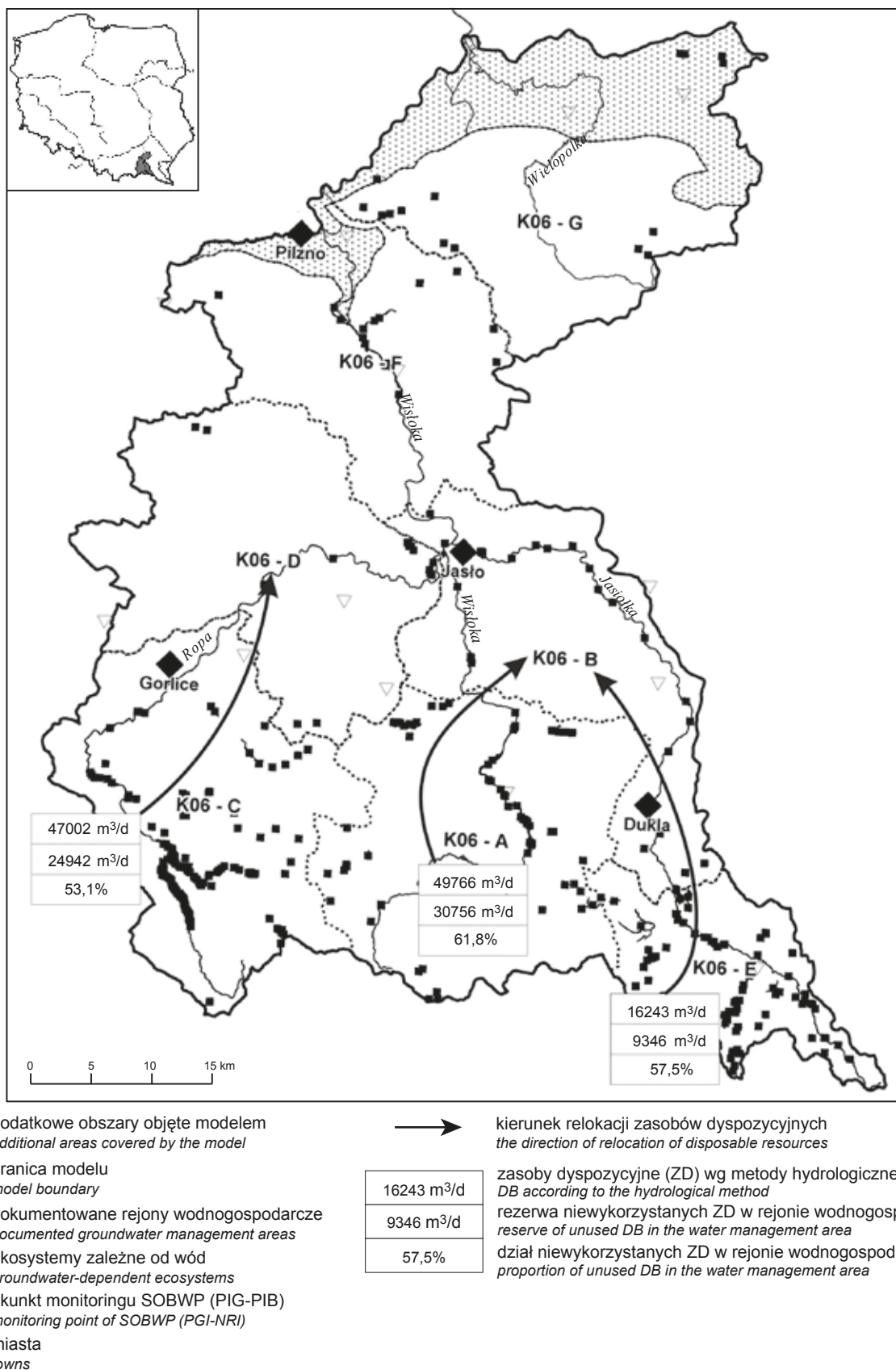
## METODY BADAŃ MODELOWYCH

Do obliczeń modelowania wykorzystano program Groundwater Vistas (GW Vistas). Zważywszy na fakt, że GW Vistas do rozwiązywania równań filtracji wykorzystuje program MODFLOW, w niniejszej pracy nie będą przytaczane szczegółowe opisy algorytmów numerycznych rozwiązań równania filtracji. Powierzchnia analizowanej zlewni wynosi 2833,0 km<sup>2</sup>, jednak ze względu na lepsze odwzorowanie warunków hydrogeologicznych obszar modelu rozszerzono w kierunku północnym i oparto na Dulczy (lewostronny dopływ Wisłoki), Wisłocze (od ujścia Dulczy do ujścia Wielopolki) oraz wododziały wód powierzchniowych i podziemnych na północ i wschód od Wielopolki. W ten sposób obszar aktywnej części modelu powiększył się o 303,4 km<sup>2</sup>.

Obszar modelu podzielono prostokątną siatką dyskretyzacyjną na 385 kolumn i 460 wierszy o stałym wymiarze 200 × 200 m, łącznie 354 200 bloków, w tym 158 760 bloków aktywnych. Model skonstruowano w układzie PUWG 1992.

W obrębie dokumentowanego systemu wodonośnego wyznaczono dwie warstwy modelowe (fig. 2) – I (górna) warstwa odwzorowuje przepływ w osadach czwartorzędowych dolin oraz górne partie w utworach fliszowych; II (dolna) warstwa odzwierciedla przepływy w osadach w dolnej partii utworów fliszowych symulujących poziom wodonośny o ciągłym polu filtracji – zgodnie z założeniami dla numerycznego rozwiązania równania filtracji w warunkach zachowania prawa Darcy’ego (przepływ laminarny). Obie warstwy modelu są w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym, a występujące pomiędzy nimi opory hydrauliczne nie generują znaczących różnic w ciśnieniach piezometrycznych. Zasilanie systemu wodonośnego zachodzi poprzez infiltrację opadów na obszarach wododziałowych, zboczach i wyżej położonych partiach dolin. Część wód pochodzących ze spływu powierzchniowego dodatkowo zasila niżej położone tarasy wyższe dolin rzecznych. Strefami drenażu są natomiast doliny rzeczne (tarasy zalewowe) i mniejsze cieki.

Zewnętrzne granice modelu oparte na wododziałach odwzorowano warunkami brzegowymi II rodzaju  $Q=0$ , zakładając, że dopływy i odpływy brzegowe w słabo zawodnionych utworach fliszowych mają marginalne znaczenie w stosunku do zasilania infiltracyjnego. Do odwzorowania cieków powierzchniowych w zdecydowanej większości zastosowano warunki brzegowe III rodzaju typu DREN lub RZEKA. Zasilanie efektywne odwzorowano przez zadanie



**Fig. 1. Schemat relokacji rezerwy zasobów dyspozycyjnych (obliczonych metodą hydrologiczną) na podstawie symulacji modelowych**

Relocation scheme of disposable resources (calculated using the hydrological method) based on model simulations



**Fig. 2. Model koncepcyjny warunków hydrogeologicznych**

Conceptual model of hydrogeological conditions



dla poszczególnych bloków obliczeniowych warunku II rodzaju ze stałym natężeniem dopływu. Obliczenia wykonano metodą przekształcenia stałobjętościowego, zaproponowaną przez Śmietańskiego i szczegółowo opisaną w „Metodyce określania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych...” (Herbich i in., 2013). Infiltracja efektywna na obszarze bilansowym mieści się w granicach od 2 do 376 mm/rok, średnio 97,2 mm/rok. Pobór wody był modelowany warunkiem II rodzaju ( $Q > 0 = \text{const.}$ ). Głównym parametrem stosowanym w kalibracji modelu był współczynnik filtracji.

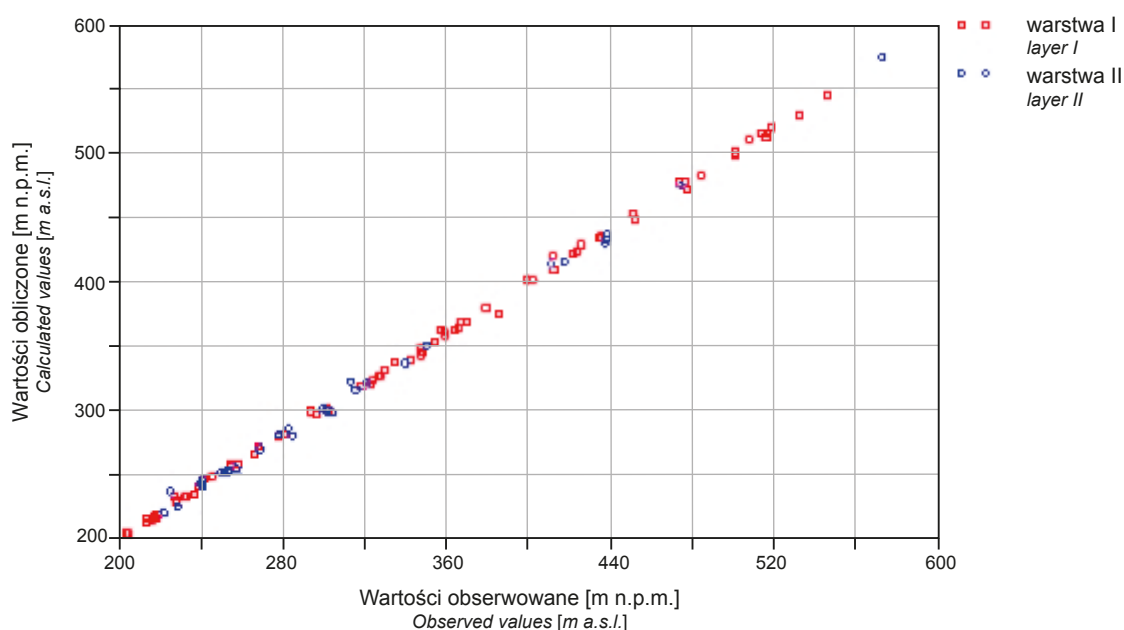
Model poddano tarowaniu, a proces jego kalibracji opierał się na dwóch zasadniczych kryteriach – punktowej zgodności położenia zwierciadła wody ustalonego na podstawie pomiarów terenowych z wartościami otrzymanymi na modelu (z uwzględnieniem jego poglądowego charakteru) oraz porównaniu parametrów bilansowych modelu z wartościami obliczonymi przy użyciu metod hydrologicznych. Do weryfikacji modelu wykorzystano 106 punktów pomiarowych (75 w górnej warstwie oraz 31 w dolnej).

Podczas tarowania metodą kolejnych przybliżeń modyfikowano określone na modelu hydrogeologicznym parametry współczynnika filtracji i przewodności (opory) koryt rzecznych. Po każdej wykonanej symulacji dokonywano analizy stanów wód, a przede wszystkim bilansu przepływów, porównując je z wartościami uzyskanymi metodą hydrologiczną. Największym zmianom podlegała przewod-

ność hydrauliczna obu warstw oraz w mniejszym stopniu opory hydrauliczne koryt rzecznych. Poszczególnym ujęciom zadano wydajności zgodne z ich aktualnym poborem wg informacji zebranych podczas kartowania terenowego. Następnie, po spełnieniu wymogów wymienionych wyżej kryteriów identyfikacji, przeprowadzono weryfikację modelu przez symulację tzw. stanów naturalnych – w warunkach bez eksploatacji ujęć. Po „wyłączeniu” poboru wszystkich ujęć, w obrębie modelu uzyskano prawidłowy obraz hydroizohips – rejony wododziałowe i strefy drenażu pozostały bez zmian. Tak wytarowany model wykorzystano do symulacji progностycznych (tab. 1, fig. 3).

### PROGNOZA ROZMIESZCZENIA ZASOBÓW DYSPOZYCYJNYCH NA OBSZARACH BILANSOWYCH

Ze względu na słaby stopień rozpoznania systemu wodonośnego w utworach fliszowych, zasoby dyspozycyjne lokowano w dolinach rzecznych zawierających miąższe, jak na warunki karpackie, pakiety osadów czwartorzędowych. Dla bloków obliczeniowych modelu o korzystnych warunkach hydrogeologicznych, w których fizycznie nie istnieją ujęcia wód podziemnych, wprowadzano dodatkowe pobory. Symulowano je, zwracając szczególną uwagę na obszary

**Fig. 3. Wyniki kalibracji modelu w warunkach poboru aktualnego**

Calibration results of the model under current water intake conditions



Tabela 1

## Statystyka kalibracji modelu

Model calibration statistics

Parametr kalibracji	Wartość
Błąd średni	0,11
Błąd kalibracji minimalny	-11,15 m
Błąd kalibracji maksymalny	10,99 m
Odchylenie standardowe	3,24 m
Zakres obserwacji	368,30 m
Średni błąd bezwzględny	2,34

prawie chronione, w szczególności na ekosystemy zależne od wód podziemnych. W tych rejonach oraz w ich bezpośrednim sąsiedztwie nie lokowano dodatkowych poborów. Dodatkowo założono, że na tych obszarach zwierciadło wód podziemnych w wyniku zadania poborów symulowanych w wysokości równej zasobom dyspozycyjnym, nie może zostać obniżone o więcej niż 1 m w stosunku do poziomu wód obliczonego dla wartości poboru aktualnego. We wszystkich punktach na terenie dokumentowanych zlewni, objętych monitoringiem krajowym wód podziemnych PIG-PIB (fig. 1), w szczególności tych zlokalizowanych w pobliżu obszarów GDEs (*Groundwater dependent ecosystems* – ekosystemy zależne od wód podziemnych), respektowano dopuszczalne obniżenie zwierciadła wody w wysokości połowy średniorocznej amplitudy wahań zwierciadła wód podziemnych pierwszego poziomu wodonośnego. W zależności od obszaru było to od 0,5 do 1 m dla warunków zasilania średniego z wielolecia. Jako reprezentatywne do obliczeń zasilania średniego przyjęto 30-lecie 1981–2010.

W przypadku, gdy część zasobów dyspozycyjnych (obliczona metodą hydrologiczną) nie mogła być wykorzystana w danej zlewni bilansowej z uwagi na przekroczenie dopuszczalnego obniżenia zwierciadła wód podziemnych na obszarach prawnie chronionych lub w pobliżu nie było potencjalnych użytkowników wód podziemnych, zdecydowano się na przesunięcie niewykorzystanych rezerw do rejonów bilansowych położonych w niższych odcinkach cieków. W ten sposób zasoby wód niewykorzystanych w rejonach bilansowych K06 - A (30 756 m<sup>3</sup>/d; 61,8% zasobów rejonu) i K06 - E (9346 m<sup>3</sup>/d; 57,5% zasobów rejonu) zostały przesunięte do rejonu K06 - B. Analogicznie postąpiono z rejonem K06 - C, gdzie rezerwę zasobów dyspozycyjnych (24 942 m<sup>3</sup>/d; 53,1% zasobów rejonu) skonsumowano w rejonie K06 - D (fig. 1). Takie rozwiązanie pozwoliło na zaproponowanie najbardziej optymalnego zagospodarowania dostępnych zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w obrębie dokumentowanego obszaru bilansowego. Zwiększony pobór w rejonach K06 - B i D będzie m.in. skutkował wzrostem zasilania infiltracyjnego wód rzecznych, jednak wobec zwiększonego dopływu z górnych odcinków cieków powierzchniowych (głównie Wisłoki, Ropy i Jasiołki) nie spowoduje to przekroczenia ich przepływów nienaruszalnych.

Rejonów K06 - A i E nie należy traktować jako zagrożonych deficytem, ponieważ nie ma tam znaczącego zapotrzebowania na wody podziemne. Jest to przeważnie obszar słabo zamieszkały, charakteryzujący się silnym zalesieniem wysokich pasm górskich, dostępnych jedynie trasami turystycznymi (CLC 2012). Ogólnie na całym obszarze badań nie wskazano obszarów zagrożonych deficytem, ponieważ nawet w rejonach wodnogospodarczych o najniższych rezerwach zasobowych możliwe jest pozyskiwanie wód podziemnych ze stref zaangażowanych tektonicznie.

O niskim stopniu wykorzystania wód podziemnych na dokumentowanym obszarze świadczy wielkość poboru wynosząca średnio 3370,4 m<sup>3</sup>/d (stan na 2016 r.) przy szacowanych zasobach dyspozycyjnych w wysokości 261 150,3 m<sup>3</sup>/d. Rezerwa zasobów dyspozycyjnych określona w stosunku do wielkości rzeczywistego poboru wód podziemnych jest bardzo duża i wynosi 98,7% zasobów dyspozycyjnych (257 780 m<sup>3</sup>/d) oraz 96,3% (251 394 m<sup>3</sup>/d) w stosunku do wielkości poboru określonego w pozwoleniach wodnoprawnych (9800,9 m<sup>3</sup>/d).

Obliczona na modelu depresja (fig. 4), która powstała w wyniku wykonanej symulacji, obejmuje przeważnie rejon dolin i w nielicznych przypadkach pojawia się na fliszu (jako efekt maksymalnego poboru w wysokości polewoń wodnoprawnych w czynnych ujęciach). Największe wartości (w skrajnych przypadkach do 35 m) osiąga ona w rejonie Dukli (rejon K06 - B) i Gorlic (rejon K06 - C). Oba te rejonu to rzadko zamieszkałe tereny górskie, gdzie wody podziemne są wykorzystywane w niewielkim stopniu.

Zasoby dyspozycyjne dla całej dokumentowanej zlewni obliczone metodą modelową wyniosły 261 150,3 m<sup>3</sup>/d i są mniejsze o ok. 0,6% od zasobów obliczonych metodą hydrologiczną (262 656,0 m<sup>3</sup>/d). Zestawienie wyników obliczeń obiema metodami przedstawiono w tabeli 2.

Różnice pomiędzy wynikami w poszczególnych rejonach wodnogospodarczych wynikają przede wszystkim z uproszczeń przyjętych w obliczeniach metodą hydrologiczną. W tym przypadku decydującym czynnikiem jest niemożność uwzględnienia obecności ekosystemów zależnych od wód podziemnych oraz ich przestrzennego rozprzestrzenienia.

## PODSUMOWANIE

Wykonane badania modelowe pozwoliły na dokładniejszą ocenę wielkości zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych wraz z ustaleniem ich przestrzennego rozkładu na obszarze bilansowym zlewni Wisłoki. Zaprezentowana w artykule propozycja relokacji zasobów dyspozycyjnych pozwala na optymalne gospodarowanie dostępnymi zasobami wód podziemnych na analizowanym obszarze bilansowym. Dotyczy to zwłaszcza terenów o niskim stopniu wykorzystania wód podziemnych oraz ograniczeń w postaci ekosystemów zależnych od wód podziemnych. Taka sytuacja ma miejsce w południowej części dokumentowanej zlewni. Niewykorzystane zasoby dyspozycyjne prze-

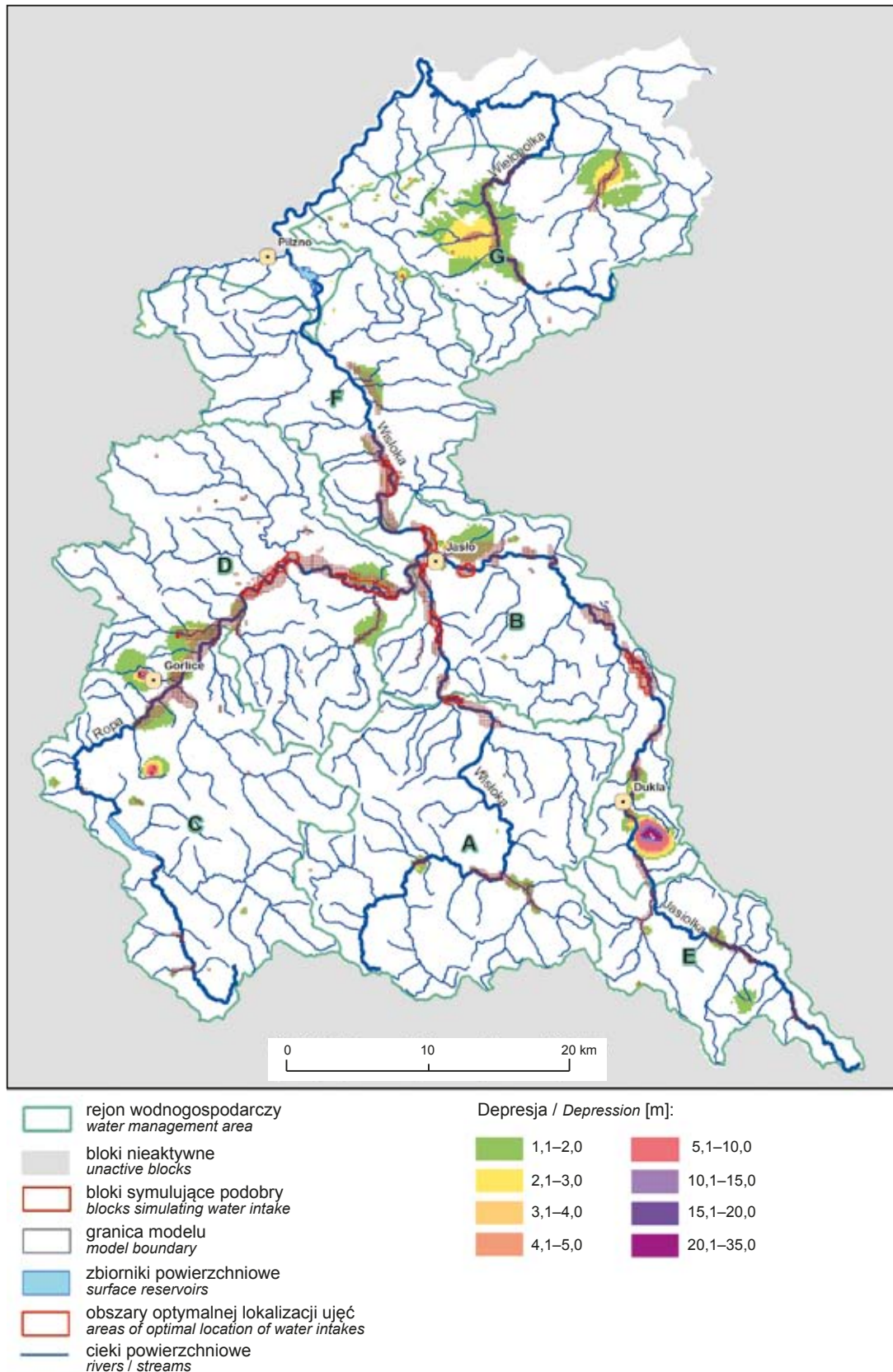


Fig. 4. Mapa depresji w warunkach eksploatacji zgodnej z pozwoleniami wodnoprawnymi

A–G – rejon wodnogospodarcze, symbole zgodne z tabelą 2

Map of depression in operating conditions consistent with water law permits

A–G – water management areas, symbols acc. to table 2

Tabela 2

## Porównanie wyników obliczeń zasobów dyspozycyjnych (ZD) uzyskanych metodami hydrologiczną i modelową

Comparison of calculation results of disposable resources of the hydrological and model method

Rejon wodnogospodarczy	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	ZO – zasoby odnawialne [m <sup>3</sup> /d]	Q <sub>nh</sub> – przepływ nienaruszalny [m <sup>3</sup> /d]	ZD – metoda hydrologiczna [m <sup>3</sup> /d]	ZD – metoda modelowa [m <sup>3</sup> /d]	Różnica [m <sup>3</sup> /d]	Różnica [%]
K06 - A	511,3	154656	30240	49766,0	19019,6	30746,4	61,8
K06 - B	409,3	117504	21600	38362,0	78419,9	-40057,9	-104,4
K06 - C	483,8	146016	28512	47002,0	22060,0	24942,0	53,1
K06 - D	493,6	150336	20736	51840,0	76434,3	-24594,3	-47,4
K06 - E	202,9	61344	20736	16243,0	6897,0	9346,0	57,5
K06 - F	393,8	109728	29376	32141,0	32064,6	76,4	0,2
K06 - G	338,3	94176	25920	27302,0	26254,9	1047,1	3,8
Łącznie	2833,0	833760	177120	262656,0	261150,3	1505,7	0,6

sunięto w północne rejon, o większym potencjale zapotrzebowania na wodę.

W procesie obliczeniowym bardzo istotna jest kontrola zachowania przepływów nienaruszalnych w ciekach powierzchniowych. Spełnienie tego kryterium, przedstawionego w tabeli 2, jest niezbędne w ramach poprawnego dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych – zgodnie z metodyką (Herbich i in., 2013).

Dzięki modelowaniu matematycznemu możliwe było wskazanie obszarów perspektywicznych o zadanym dodatkowym poborze wód podziemnych równomiernie rozproszonym w bilansowanej zlewni, jak również intensywnym i skoncentrowanym. Wyznaczono obszary perspektywiczne do zagospodarowania wód podziemnych w zgrupowanych blokach obliczeniowych o zadanym dodatkowym poborze rozproszonym (w wariacie zasobowym) na powierzchni ok. 120 km<sup>2</sup>. W ich obrębie wytypowano dziewięć rejonów optymalnych dla lokalizacji większych ujęć wód podziemnych (o łącznej powierzchni 15 km<sup>2</sup>) – fig. 4.

Należy zauważyć, że przy ograniczonej ilości danych, jak w przypadku zlewni Wisłoki, model matematyczny w kwestii lokalizacji potencjalnych ujęć ma charakter pogładowy. Wskazanie dokładnej lokalizacji perspektywicznych ujęć, zwłaszcza infiltracyjnych, wymaga szczegółowego (lokalnego) rozpoznania w związku z możliwą dużą zmiennością budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych.

Alternatywnym rozwiązaniem wobec relokacji zasobów dyspozycyjnych pomiędzy wyznaczonymi rejonami wodnogospodarczymi (Herbich i in., 2007) może być rewizja ich dotychczasowych granic w dokumentowanym obszarze bilansowym wód podziemnych.

## LITERATURA

- CLC 2012 – Corine Land Cover – baza danych ogólnogeograficznych.
- CZARNECKA H. (red.), 1980 – Podział hydrograficzny Polski 1:200 000. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Wydaw. Geol., Warszawa.
- GORCZYCA G., MANIECKA A., FISZER J., 2013 – Dokumentacja hydrogeologiczna określająca warunki hydrogeologiczne w związku z ustanawianiem obszarów ochronnych Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 433 Dolina rzeki Wisłoka. Przedsiębiorstwo Geologiczne SA, Kraków.
- HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2007 – Wydzielenie rejonów wodnogospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju [pr. niepubl., wykonana na zamówienie Ministra Środowiska]. Narod. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.
- HERBICH P., KAPUŚCIŃSKI J., NOWICKI K., RODZOCH A., 2013 – Metodyka określania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w obszarach bilansowych z uwzględnieniem potrzeb jednolitych bilansów wodno gospodarczych. Poradnik metodyczny. Ministerstwo Środowiska. Warszawa.
- KONDRACKI J., 2009 – Geografia regionalna Polski. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- KSIĄŻKIEWICZ M., 1972 – Budowa geologiczna Polski. T. 4, Tektonika, cz. 3, Karpaty. Wydaw. Geol., Warszawa.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A., 2007 – Hydrogeologia regionalna Polski. T. 1. Wody słodkie. Państw. Inst. Geol.-PIB, Warszawa.
- WALCZAK U., KOWALSKI J., SZCZEGIELNIAK W., 1990 – Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych rozpoznanych w kategorii „C” w rejonie dorzecza Białej i Wisłoki. Przedsiębiorstwo Geologiczne SA, Kraków.



## SUMMARY

Since 2013, PGI-NRI has been carrying out a project of documenting disposable groundwater resources for conducting water-economic balances. Among the areas documented directly by PGI-NRI is the Wisłoka River catchment and the Carpathians Flysch part of the Wielopolka River catchment.

The geology and structure of the Wisłoka River basin causes diversity of hydrogeological conditions. Groundwater is found in Quaternary and Paleogene-Cretaceous (flysch) deposits. The largest groundwater resources occur in the Quaternary river valley sediments.

In the Wisłoka basin area, numerous groundwater-dependent ecosystems are in dynamic relations with underground and surface waters. They play an important role in the natural environment and promote natural water retention.

Essential part of the documentation was the construction of a two-layer hydrogeological model. The upper layer simulates the flow in Quaternary sediments and the upper parts of flysch formations. The lower layer reflects flows in the lower part of the flysch. The calibrated model was used for prognostic simulations. The most important simulation was the option assuming pumping the amount of disposable resources at the value that was calculated by the use of hydrological method.

Due to favourable hydrogeological parameters, disposable resources were located mainly in the valleys filled with Quaternary sediments. In a situation when part of disposable resources (calculated by the hydrological method) could not be used in a given drainage basin, due to exceeded permissible groundwater table reduction in protected areas, it was decided to transfer unused reserves to neighbouring balance areas of the lower sections of watercourses. This approach allows for optimal management of accessible groundwater resources in the analyzed balance area. Such a situation takes place in the southern part of the Wisłoka catchment where the displacement of unused resources into areas with higher water demand was made.

In the application of this method, it is important to control the behaviour of minimum acceptable flows in surface watercourses. The fulfillment of this criterion was necessary to correctly document the disposable groundwater resources.

The relocation of disposable resources between designated water-management regions may suggest the need to revise their existing boundaries in the documented groundwater balance area.

