

ODNAWIALNOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH ZLEWNI GWDY

GROUNDWATER RENEVAL OF GWDA CATCHMENT

STANISŁAW DĄBROWSKI¹, WITOLD RYNARZEWSKI¹, RENATA STRABURZYŃSKA-JANISZEWSKA¹,
JOANNA ZACHAŚ-JANECKA¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono syntetyczne wyniki rozpoznania hydrogeologicznego i hydrologicznego wraz z oceną odnawialności systemu wodonośnego zlewni Gwdy o powierzchni 4947,3 km², wykonanych w ramach udokumentowania zasobów wód podziemnych. W obszarze badań, zwykle wody podziemne występują w utworach czwartorzędowych, paleogeńsko-neogeńskich oraz jurajskich liasu, do głębokości ok. 100–350 m. Zasilanie wód podziemnych zlewni Gwdy i pięciu rejonów wodnogospodarczych w nawiązaniu do 4 wydzielonych poziomów (warstw) wodonośnych określono w badaniach modelowych, a w badaniach hydrologicznych – w odniesieniu do zlewni cząstkowych i rejonów wodnogospodarczych. Zasilanie z infiltracji opadów według badań modelowych zgodnie z uśrednionym stanem na 2011 r. wynosi dla zlewni 11,3 m³/h·km² (3,14 l/s·km²), a według oceny odpływu podziemnego metodami hydrologicznymi wynosi ono dla metody Wundta opartej o niżówki miesięczne 15,8 m³/h·km² (4,38 l/s·km²), a o niżówki roczne z wielolecia – 10,3 m³/h·km² (2,87 l/s·km²). Duża zgodność ostatniej metody hydrologicznej z modelowaniem matematycznym wynika z podobnej oceny przepływu wody w strukturach o regionalnym rozprzestrzenieniu, nie uwzględniającej odpływu w strukturach lokalnych.

Słowa kluczowe: odnawialność wód podziemnych, zlewnia Gwdy.

Abstract. In this article major results of hydrogeological and hydrological researches altogether with renewal aquifer system assessment in the Gwda catchment area of 4,947.3 km² are presented. It was studied as documented groundwater disposable resources. In the research area, the groundwater occur in Quaternary, Paleogene-Neogene and Jurassic deposits, until 100 m depth in southern part of the catchment and at 400 m depth in the northern one. The groundwater recharge of the Gwda catchment and five watermanagement regions, with reference to four separated aquifers, were calculated in model research. However in hydrological research the groundwater recharge was calculated in relation to segmented catchments and watermanagement regions. According to the model research, groundwater recharge from rainfall infiltration was calculated for the catchment, on average 11.3 m³/h·km² (3.14 l/s·km²) for the state of 2011. According to hydrological methods underground runoff assessment is defined: on the basis of the Wundt method with month low states: 15.8 m³/h·km² (4.38 l/s·km²) in case of year low states: 10.3 m³/h·km² (2.87 l/s·km²). The high accordance of hydrological method and model method results from similar groundwater flow assessment in widely-spread regions hydrogeological structures, without taking into consideration the runoff in local hydrogeological structures.

Key words: renevality of groundwater, Gwda River catchment.

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

SYSTEM WODONOŚNY ZLEWNI GWDY

Obszar zlewni, ukształtowany podczas ostatniego zlodowacenia północnopolskiego i holocenu, wykazuje duże zróżnicowanie przestrzenne terenu – od pomorskich wyniesień czołowomorenowych na północ od Szczecinka przekraczających 200 m n.p.m. i recesyjnych w rejonie Wałcza i Człuchowa, poprzez rozległe równiny morenowe i sandrowe, rynny z jeziorami, do obniżenia pradoliny toruńsko-eberswadzkiej na wysokości 50–55 m n.p.m. na południu. Główną rzeką IV

rzędu jest Gwda (o zlewni 4947,3 km²) wraz z dopływami: Płytnicą, Piławą, Czernicą, Dobrzycą i Głomią.

Średnie sumy opadów atmosferycznych z wielolecia 1985–2012 (Kępińska-Kasprzak i in., 2012) wynosiły od ok. 550 mm na południu zlewni do 600–780 mm w jej części północnej. Średnie sumy parowania potencjalnego z tych lat wynoszą 320–485 mm, a według obliczeń bilansowych – 420 mm.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

W zlewni Gwdy wody zwykle występują do głębokości ok. 150–190 m w części południowej i 300–350 m w części północnej w utworach kenozoicznych oraz w stropie utworów mezozoicznych, tworząc piętra wodonośne: czwartorzędowe, paleogeńsko-neogeńskie i dolnojurańskie (fig. 1, 2). W regionalizacji hydrogeologicznej obszar ten zalicza się do regionu pomorskiego (Paczyński, Sadurski, 2007). Parametry hydrogeologiczne ujętkowych poziomów wodonośnych zlewni zamieszczono w tabeli 1.

PIĘTRO CZWARTORZĘDOWE

Poziom gruntowy występuje w obrębie struktur piaszczysto-żwirowych dolin rzecznych, sandrów, ozów, kemów i moren czołowych ostatniego zlodowacenia na zróżnicowanych głębokościach, w obrębie dolin najczęściej w przedziale 0,5–3,0 m, na wysoczyznach 3,0–20,0 m. W obsza-

rach moren czołowych poziom ten występuje często w formie „zawieszonej”, nie stanowiąc poziomu użytkowego.

Poziom międzyglinowy górny tworzą osady piaszczysto-żwirowe zalegające pomiędzy glinami zlodowacenia północnopolskiego i środkowopolskiego, często w formie dwóch warstw (fig. 2). W poziomie występują wody o charakterze naporowym lub swobodnym, w zależności od położenia baz drenażu wód poziomu w dolinach cieków i obniżen ryńni jeziornych. Tworzy on z poziomem gruntowym wspólny system wodonośny powiązany ściśle w układzie krążenia wód. Ten poziom jest wykorzystywany przez większość ujęć komunalnych oraz ujęcia GZWP nr 120 Bobolice.

Poziom międzyglinowy dolny tworzy seria piaszczysto-żwirowa zalegająca między glinami zlodowaceń środkowopolskich i południowopolskich oraz interglacjału mazowieckiego. Jest to poziom wód naporowych znajdujący się zwykle poniżej głębokości 30–50 m. Jest on zasilany przesączającymi się wodami z nadległych poziomów wodonoś-

Tabela 1

Charakterystyka hydrogeologiczna poziomów wodonośnych zlewni Gwdy

Hydrogeological characteristics of Gwda catchment groundwater

Piętro/poziom	Powierzchnia [km ²]	Typ wodonośca	Miąższość poziomu [m]	Współczynnik filtracji [m/h]	Przewodność [m ² /h]	Moduł zasilania (infiltracja + przesączanie) wg badań modelowych [m ² /h·km ²]
Piętro czwartorzędowe	4596,7	porowaty	1–30	0,06–3,2	1,0–60	8,4–13,2
Poziom gruntowy		porowaty	5–40	0,10–5,0	0,5–45	
Poziom międzyglinowy górny	4401,6	porowaty	5–50	0,08–3,2	0,5–50	1,9–4,7
Poziom podglinowy		porowaty	8–35	0,20–0,9	0,8–11	
Piętro neogeńsko-paleogeńskie	4947,3	porowaty	5–45	0,03–0,6	0,5–10	1,1–2,2
Poziom oligoceński	3105,0	porowaty	1–26	0,06–1,2	1,0–20	0,2–1,0
Piętro jurajskie		szczelinowo-porowy	Do 50	0,02–1,0	1,0–22	
Poziom górnójurański						

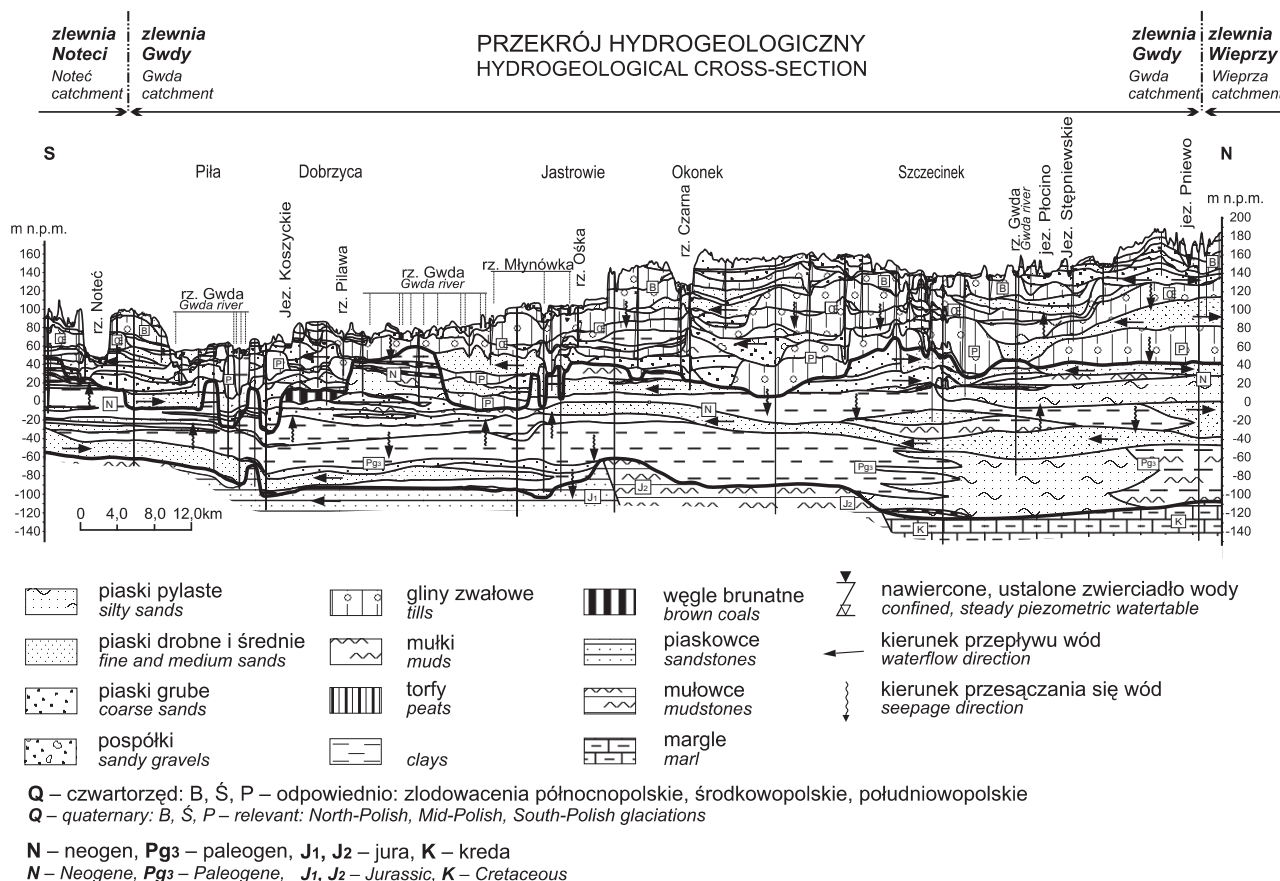


Fig. 2. Przekrój hydrogeologiczny przez zlewnię Gwdy

Hydrogeological cross-section of Gwda catchment

nych czwartorzęd, a drenowany w dolinach głównych cieków i głębokich rynnach jeziornych.

Poziom podglinowy występuje lokalnie w spągu czwartorzęd rejonu Piły i Szczecinka, w formie struktur piaszczystych, rozdzielając często gliny południowopolskie. Łączy się on z warstwami nadległego poziomu międzyglinowego dolnego lub podległego poziomu miocenińskiego, tworząc z nimi wspólne układy hydrodynamiczne.

PIĘTRO PALEOGENSKO-NEOGENSKIE

Poziom mioceniński tworzą piaski pylaste i drobnoziarniste, lokalnie średnioziarniste niekiedy z domieszką żwirów najczęściej w formie dwóch warstw. Poziom ten występuje w formie ciągłej na zróżnicowanej głębokości od poniżej 35–70 m w części dolnej Gwdy do 100–140 m w jej części górnej. Jest on zasilany przez wody przesączające się z nadległych poziomów czwartorzęd lub lokalne przesiąkanie opadów.

Poziom oligoceniński rozpoznany hydrogeologicznie głównie w rejonie Piły, tworzą warstwy piasków drobnych i średnich. Jest to poziom o ciśnieniu artezyjskim w dolinie Gwdy i Noteci, gdzie jest drenowany.

PIĘTRO JURAJSKIE

Poziom dolnojurański jest zbudowany z piaskowców drobnoziarnistych, w mniejszym stopniu – średnioziarnistych, występujących na głębokości poniżej 160–190 m. Ma on analogiczne obszary zasilania i drenażu z poziomem oligocenińskim.

Układy krążenia wód podziemnych w zlewni Gwdy (według stanu na 2011 r.) przedstawiono za pomocą map hydroizohips poziomów międzyglinowego górnego i gruntowego oraz poziomu miocenińskiego (fig. 3). Zwraca uwagę fakt dużej niezgodności działów podziemnych obu poziomów z działami powierzchniowymi zlewni Gwdy, zarówno w jej części północnej, jak i południowej, co powoduje zmniejszenie powierzchni zlewni podziemnych. Jest to wywołane silniejszym i głębszym drenażem na północy rzek Przymorza (Parsety i Wieprzy), a na południu Noteci w obniżeniu pradolinowym. Wpływ sąsiednich rzek zwiększa się z głębokością drenowanych poziomów, stąd im poziom głębszy, tym jego zlewnia podziemna Gwdy jest mniejsza (fig. 3). Stany wód podziemnych na większości obszaru zlewni, z wyjątkiem rejonu Piły, wykazują charakter naturalny o amplitudzie zmian z wielolecia 0,9–1,3 m i są związane ze zmiennością opadów w cyklu rocznym i w wieloleciu.

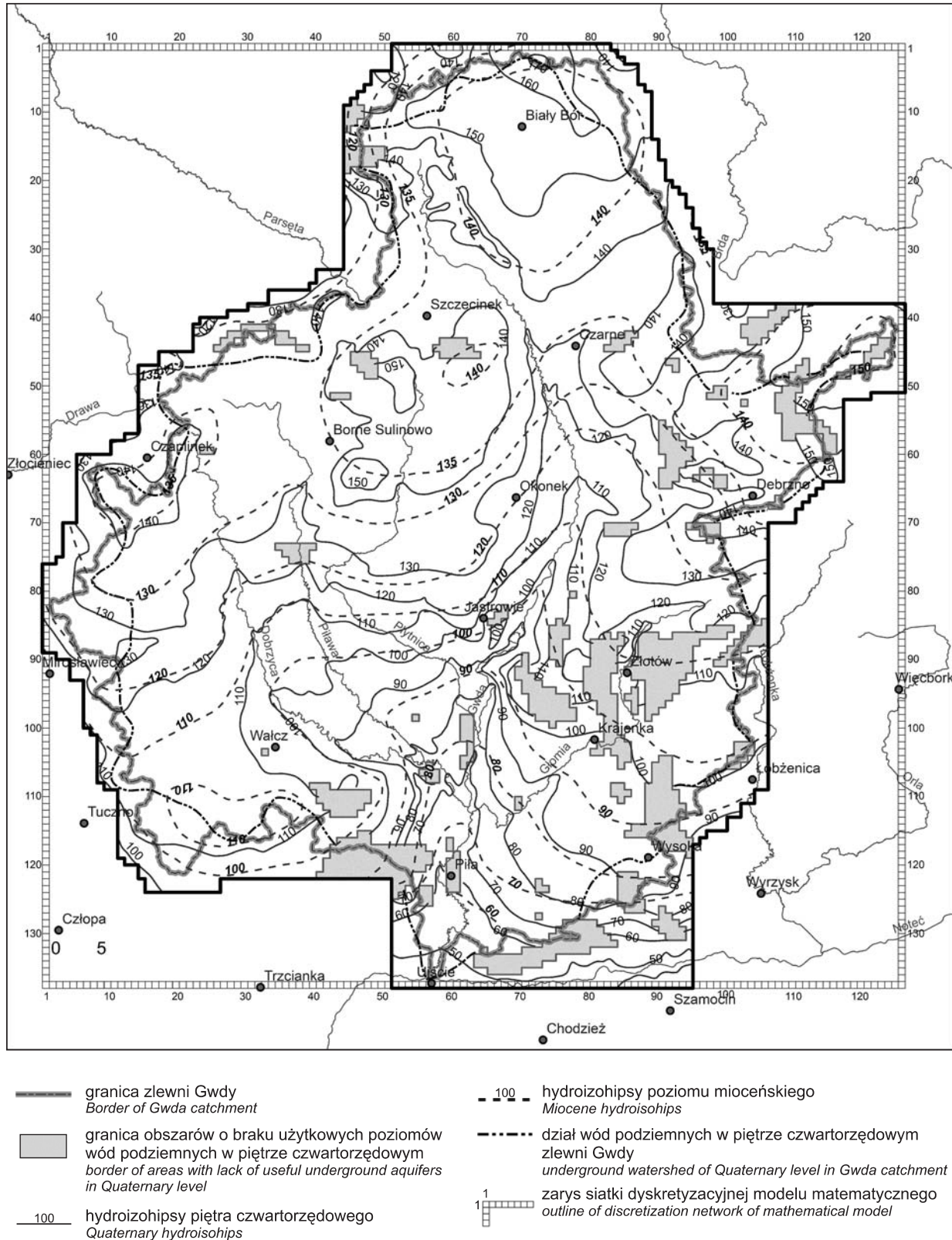


Fig. 3. Mapa hydroizohips poziomów użytecznych czwartorzędowego i neogeńskiego (mioceneskiego) zlewni Gwdy wg stanu z 2011 r.

Hydroisohips map of Quaternary and Neogene (Miocene) useful aquifers of Gwda catchment according to the state of 2011

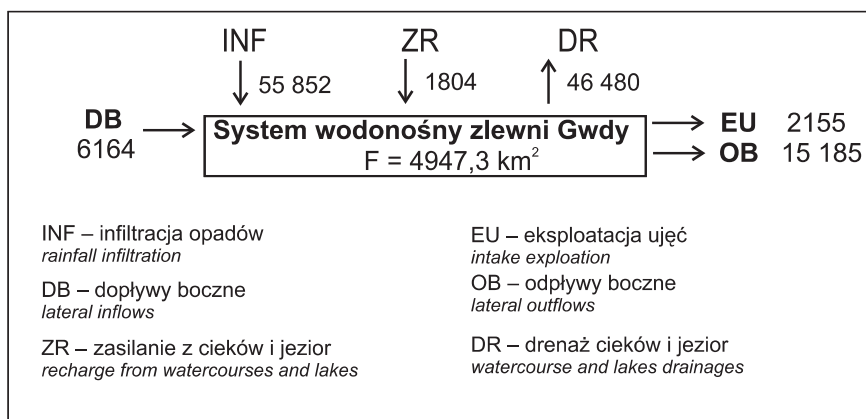


Fig. 4. Schemat bilansu wodnego systemu wodonośnego zlewni Gwdy (stan na 2011 r.)

The schedule of waterbalance of Gwda catchment (state of 2011 r.)

ODNAWIALNOŚĆ WÓD PODZIEMNYCH WG BADAŃ MODELOWYCH

Do oceny odnawialności i zasobów dyspozycyjnych zlewni Gwdy zastosowano modelowanie matematyczne sporządzając model warunków stacjonarnych systemu przy pomocy programu Groundwater Vistas wersja 6.10 (stan na 2011 r.) dla obszaru filtracji o powierzchni 6228,6 km².

System wodonośny zlewni Gwdy w modelu hydrogeologicznym sprowadzono do układu 4 warstw wodonośnych rozdzielonych i powiązanych w układzie krążenia poprzez 3 warstwy słabo przepuszczalne i powiązanych z wodami powierzchniowymi:

- I – poziom gruntowy i poziom międzyglinowy górny – obszar 4596,7 km²,
- II – poziom międzyglinowy dolny i podglinowy – obszar 4401,6 km²,
- III – poziom neogeński miocenu lokalnie z podglinowym – obszar 4947,3 km²,
- IV – poziomy oligoceński i liasowy – obszar 3105,0 km².

Na modelu matematycznym stworzonym na średni stan hydrodynamiczny 2011 r. określono bilanse krążenia wód

systemu wodonośnego dla 5 rejonów bilansowych zlewni Gwdy (fig. 4, tab. 2).

Bilans systemu wodonośnego zlewni Gwdy w granicach hydrograficznych (fig. 4) wykazuje wyraźnie wyższy odpływ podziemny o 2,51 m³/s od odpływu sąsiednich zlewni. Potwierdza to również wyraźnie mniejszy drenaż systemu od infiltracji efektywnej (tab. 3).

Wartości odnawialności systemu wodonośnego zlewni Gwdy z rozbięciem na rejonów wodonośnych w formie modułowej przedstawiono w tabeli 2, a w odniesieniu do poziomów wodonośnych – w tabeli 4.

Zróżnicowanie wielkości infiltracji efektywnej wiąże się przede wszystkim z wielkością opadu. W rejonie Gwdy Dolnej – Głómii wynosi ona 13,4% opadu średniego 550 mm, a w rejonie Gwdy Górnej stanowi 16,8% opadu w wielkości średnio 680 mm. Przy podobnym opadzie w zlewniach Dobrzyca i Głómii zróżnicowanie infiltracji na korzyść tej pierwszej może wynikać z większego rozprzestrzenienia poziomów czwartorzędowych.

Tabela 2

Odnawialność systemu wodonośnego zlewni Gwdy – P-XVI (stan na 2011 r.)

Gwda catchment groundwater renewal system – P-XVI (state of 2011)

Składniki bilansu	System wodonośny	Rejony (zlewnie) bilansowe					
		A-Gwda Górna	B-Gwda-Piława	C-Dobrzyca	D-Głómia	E-Gwda Dolna	
Powierzchnia [km ²]	4947,30	1810,70	1094,60	900,60	471,90	318,90	
Infiltracja opadów [m ³ /h]	55852,00	24117,00	11050,00	10727,00	5243,00	2674,00	
Zasilanie z cieków i jezior [m ³ /h]	1804,00	632,00	613,00	285,00	249,00	25,00	
Odnawialność razem	[m ³ /h]	57656,00	24749,00	11663,00	11012,00	5492,00	2699,00
	[m ³ /s]	16,02	6,87	3,24	3,06	1,53	0,75
Moduł infiltracji	[m ³ /h·km ²]	11,30	13,30	10,10	11,90	11,10	8,40
	[l/s·km ²]	3,14	3,69	2,81	3,31	3,08	2,33
Moduł całkowitej odnawialności	[m ³ /h·km ²]	11,70	13,70	10,70	12,20	11,64	8,46
	[l/s·km ²]	3,24	3,80	2,96	3,40	3,23	2,35

Tabela 3

Zasilanie podziemne dla zlewni (rejonów) bilansowych w dorzeczu Gwdy według obliczeń modelowych i hydrologicznych w m³/s (stan na 2011 r.)

Underground water recharge for balance regions of Gwda catchment according to model and hydrogeological calculations in m³/s (state of 2011)

Zlewnia (rejon wodnogospodarczy)	Modelowanie matematyczne		Metody hydrologiczne		
	Infiltracja opadów Q _{inf}	Drenaże Q _r	SNQ _R	Kille mediana	Wundt SNQm
PXVIA Górna Gwda	6,84	5,52	5,06	7,75	8,29
PXVIB Gwda–Płytnica–Piława	3,14	3,54	4,39	5,83	5,84
PXVIC Dobrzyca	3,03	2,10	2,73	3,76	3,83
PXVID Głomia	1,66	1,19	0,91	1,78	2,17
PXVIE Gwda Dolna	0,85	1,16	1,11	1,53	1,56
P-XVI Gwda	15,51	13,51	14,20	20,04	21,69

Zróźnicowanie zasilania poziomów wgłębnych w rejonach bilansowych (tab. 4) wynika natomiast z wielkości opadu na obszarze, z głębokości występowania poziomu i jego izolacji utworami słabo przepuszczalnymi od powierzchni terenu, a także z układu hydrodynamicznego. Zasilanie poziomu wgłębnego wynosi odpowiednio: II – 31%, III – 13% i IV – 6% wielkości zasilania poziomu I. Zmienność wielkości opadu w obszarze zlewni szczególnie intensywnie

wpływa na wielkość zasilania poziomu gruntowego i międzyglinowego górnego, a głębokość i izolacja utworów słabo przepuszczalnych między poziomami zaznacza się głównie przez wyraźne zmniejszenie zasilania poziomów mioceńskiego i oligoceńsko-liasowego.

Porównanie oceny modelowej zasilania zlewni z oceną hydrologiczną przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 4

Moduł infiltracji opadów i przesączania z nadległych warstw w zlewni Gwdy

Rainfall infiltration and seepage module from upon aquifers in Gwda catchment

Rejon wodnogospodarczy	Warstwa/poziom							
	I		II		III		IV	
	m ³ /h·km ²	l/s·km ²	m ³ /h·km ²	l/s·km ²	m ³ /h·km ²	l/s·km ²	m ³ /h·km ²	l/s·km ²
PXVIA Górna Gwda	13,3	3,69	4,3	1,19	1,8	0,5	0,4	0,110
PXVIB Gwda – Płytnica – Piława	10,1	2,78	2,8	0,78	1,1	0,31	0,6	0,170
PXVIC Dobrzyca	11,9	3,31	3,5	0,97	2,2	0,61	1,0	0,280
PXVID Głomia	11,1	3,08	2,0	0,56	1,4	0,39	0,5	0,140
PXVIE Gwda Dolna	8,4	2,30	4,7	1,31	0,5	0,14	0,3	0,083

WNIOSKI

Wyniki obliczeń bilansowych zlewni Gwdy metodą modelowania matematycznego są bardzo zbliżone do metody hydrologicznej wykorzystującej niżówki roczne: są większe o 8,8% w porównaniu do infiltracji opadów w zlewni Gwdy i mniejsze o 5,6% w porównaniu do wyników drenaży cieków. W przypadku pomiarów na podstawie odpływów niżówkowych miesięcznych metody matematyczne dają natomiast wyniki mniejsze o 30–41%. To zawyżenie szacowania odpływu podziemnego w metodach Wundta i Killego względem metod modelowania może w części wynikać z udziału w tym odpływie wód powierzchniowych (cieków i jezior). Bardziej istotne jest nieuwzględnienie w modelo-

waniu struktur o lokalnym rozprzestrzenieniu (tu w formach czołowo-morenowych do głębokości ok. 30 m) prowadzących wody w okresach stanów średnich i wysokich wód oraz ich braku w okresach stanów niskich (Dąbrowski i in., 1997).

Dobra zgodność obliczeń metody modelowania matematycznego z metodą hydrologiczną na podstawie wyników analizy niżówek rocznych wynika z faktu, że wówczas odpływ cieków jest oparty o strukturę wodonośca o regionalnym rozprzestrzenieniu i odwzorowuje się ona w modelach matematycznych.

LITERATURA

- DĄBROWSKI S., RYNARZEWSKI W., PAWLAK A., 1997 — Odnawialność systemu wodonośnego zlewni Wieprzy i Przyorza według badań hydrogeologicznych. *W: Współcz. Probl. Hydrogeol.*, 8: 41–46. Wyd. Wind, Wrocław.
- KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., WACHOWIAK G., MAGER P., FARAT R., DYLIŃSKI K., 2012 — Hydrologia wód powierzchniowych zlewni Gwdy. IMGW, Oddział w Poznaniu.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A., 2007 — Hydrogeologia regionalna Polski. Tom I. Wody słodkie. Państw. Instyt. Geol, Warszawa.

SUMMARY

The major results of underground renewal of Gwda catchment, the area of 4,947.3 km² were presented on the basis of groundwater disposable documentation, made as an order from Ministry of Environment. The research results were presented in relation to waters in four aquifers, segmented into zones at 100 m depth in the southern part and at 400 m depth in the northern one in Quaternary, Miocene, Oligocene, in lower Jurassic, in the division into five watermanagement regions. The renewal in model research was defined for the area of 6,028.0 km² as a rainfall infiltration for the steady-state from 2011 (Fig. 3). However, in hydrological research it was conducted on the basis of the month-low states analysis (Wundt and Kill method) and year-low states

from the years 1980–2012. According to modeling researches the recharge is varied in balance catchments and in segmented layers (Table 4) and in Gwda catchment is on average 11.3 m³/h·km². The comparison of underground recharge for balance regions of Gwda catchment calculated by modeling and hydrogeological methods is presented in table 3. The comparison shows that the results from the modeling method are similar to those from hydrological method based on low-state outflow and smaller by 30–41% from hydrological method based on month low states. Higher estimations of underground outflow result from local structural outflows, not analysed neither in modeling nor in year low states.