

RENATA GRAF

## BADANIA MODELOWE ODNAWIALNOŚCI PŁYTKICH WÓD PODZIEMNYCH NA OBSZARZE MIĘDZYRZECZA OBRY I DOJCY

### ZARYS TREŚCI

W pracy podjęto próbę oceny stopnia odnawialności płytkich wód podziemnych, w tym głównie zasilania infiltracyjnego na obszarze międzyrzecza Obry i Dojcy. Ze względu na złożoność zagadnień dotyczących warunków krążenia wód podziemnych w badaniach wykorzystano metodę modelowania matematycznego procesu filtracji. Wyniki badań pozwoliły określić rolę warunków środowiskowych oraz elementów obiegu wody w procesie zasilania wód podziemnych.

### WSTĘP

Wody podziemne uczestniczą – w mniejszym lub większym stopniu – w obiegu wody w zlewni, stąd należy rozpatrywać je jako jedną ze składowych bilansu wodnego. Istotne w badaniach bilansowych są zwłaszcza wody podziemne górnych warstw strefy aktywnej wymiany, które intensywnie uczestniczą w obiegu i których niedobór jest uzupełniany przez ciągłe zasilanie (PAZDRO 1977). Są to wody podziemne, które gromadzone w stosunkowo płytkich poziomach wodonośnych drenowanych przez sieć hydrograficzną nie stanowią poziomu użytkowego z punktu widzenia hydrogeologicznego, ale pełnią znaczącą rolę w procesie zasilania rzek czy w użytkowaniu ziemi. Odnawialność tych wód wiąże się z procesem, w którym poprzez infiltrację opadów lub wód powierzchniowych odnowione zostają w sposób naturalny lub sztuczny zasoby wód podziemnych. Moduł odnawialności zbiorników wód podziem-

nych utożsamia się na ogół z bezpośrednią infiltracją efektywną opadów do danej warstwy wodonośnej lub z przesączaniem z innych warstw i z infiltracją opadów. Infiltracja jako proces zmienny w czasie i przestrzeni uzależniona jest od szeregu czynników, w tym od elementów obiegu wody oraz cech środowiskowych obszaru badań, głównie względnie stałych cech litologicznych podłoża i warstw wodonośnych. Roczny cykl zmian poziomu wód podziemnych tworzony jest przez mniej lub bardziej regularne okresy zasilania przez wody opadowe i straty, związane głównie z drenażem ich przez sieć hydrograficzną, jak i przez ewapotranspirację.

Zasilanie i szczerpywanie wód podziemnych płytkiego krążenia są naturalnymi procesami zachodzącymi w systemie zlewni, zwłaszcza w jej strefie podziemnej, stąd konieczne staje się uwzględnienie w badaniach warunków i czynników, które determinują podziemną fazę obiegu wody.

## WYBRANE METODY OCENY ODNAWIALNOŚCI WÓD PODZIEMNYCH

Wśród parametrów wyznaczających strumień zasilania infiltracyjnego strefy saturacji występuje szereg takich, które są trudne do określenia przez pomiar czy obserwację (PLECZYŃSKI 1981; SOCZYŃSKA 1989), dlatego też w badaniach tego procesu wykorzystuje się najczęściej metody bilansowe, dotyczące strefy aeracji. Stosowane do tej pory tzw. lizymetryczne metody wahań zwierciadła wody gruntowej odnoszą się zazwyczaj do zasilania jednostkowego wód podziemnych, nie dając możliwości określenia ilości wód zasilających cały obszar zlewni. Stosując metody lizymetryczne lub ewapotranspiracyjne, ocenia się empirycznie zdolność wsiąkania, czyli infiltrację efektywną, którą uzależnia się od wielkości rocznej sumy opadów oraz rodzaju gruntu. Zdaniem PAZDRY (1977) wieloletnie pomiary lizymetryczne prowadzone na poletkach doświadczalnych mogą jedynie wносить informacje o dynamice formowania się zasobów odnawialnych najmniejszych jednostek jednorodnych.

Infiltrację efektywną można również szacować na podstawie równań bilansu wodnego dla zlewni (WUNDT 1953) oraz obserwacji zwierciadła wód podziemnych, wykorzystując metody: różnic KAMIŃSKIEGO (1943), BINDEMANNA (1963), krzywych retencji SAWICKIEGO (1978). Osobną grupę stanowią empiryczne wskaźniki infiltracji, które uwzględniają wielkość opadu oraz cechy litologiczne obszaru. Należą do nich m.in.: wskaźniki zaproponowane przez ŻURAWSKIEGO (1966) i KANIECKIEGO (1982), którzy wyróżniają tzw. typy infiltracyjne, wskaźniki Züschanga (PACZYŃSKI 1972) i BOGUSŁAWSKIEJ (1965) oraz wskaźniki nieprzepuszczalności gleb, określone tzw. skalą Bołdakowa, które

zostały wykorzystane m.in. przez GUTRY-KORYCKĄ (1984) przy analizie struktury hydrologicznej Polski.

Ze względu na złożoność procesu infiltracji, jego uwarunkowania oraz szczególne znaczenie w ocenie odnawialności wód podziemnych wiele problemów związanych z odnawianiem wód podziemnych można rozwiązać za pomocą badań modelowych. W modelach infiltracji wykorzystuje się opisy matematyczne procesu infiltracji Holtna, Philipa, Hortona, Huguesa i Darcy'ego (SOCZYŃSKA 1997). Prawo ruchu wody w strefie saturacji – prawo filtracji Darcy'ego znalazło wyraz w metodach modelowania matematycznego tego właśnie procesu. Modelowanie matematyczne filtracji wód podziemnych uznawane jest za jedno z głównych podejść w badaniach odnawialności wód podziemnych. Poprzez możliwość symulacji wielu elementów determinujących krążenie wód podziemnych metoda ta pozwala na ocenę zasilania infiltracyjnego poziomów wodonośnych. Zdaniem wielu autorów (SZYMANKO 1980; MACIOSZCZYK, KAZIMIERSKI 1987; DĄBROWSKI 1995) modelowanie matematyczne procesu filtracji wód podziemnych należy do wiarygodnych metod oceny odnawialności wód podziemnych, w tym do jedynych metod pozwalających na ocenę zasilania wgłębnych zbiorników wód podziemnych.

## CEL I METODY BADAŃ

Ze względu na specyfikę procesu formowania i funkcjonowania systemu płytkich wód podziemnych na obszarach nizinnych, podjęto badania, których celem było rozpoznanie uwarunkowań procesu ich odnawialności, w tym głównie zasilania infiltracyjnego na obszarze międzyrzecza Obry

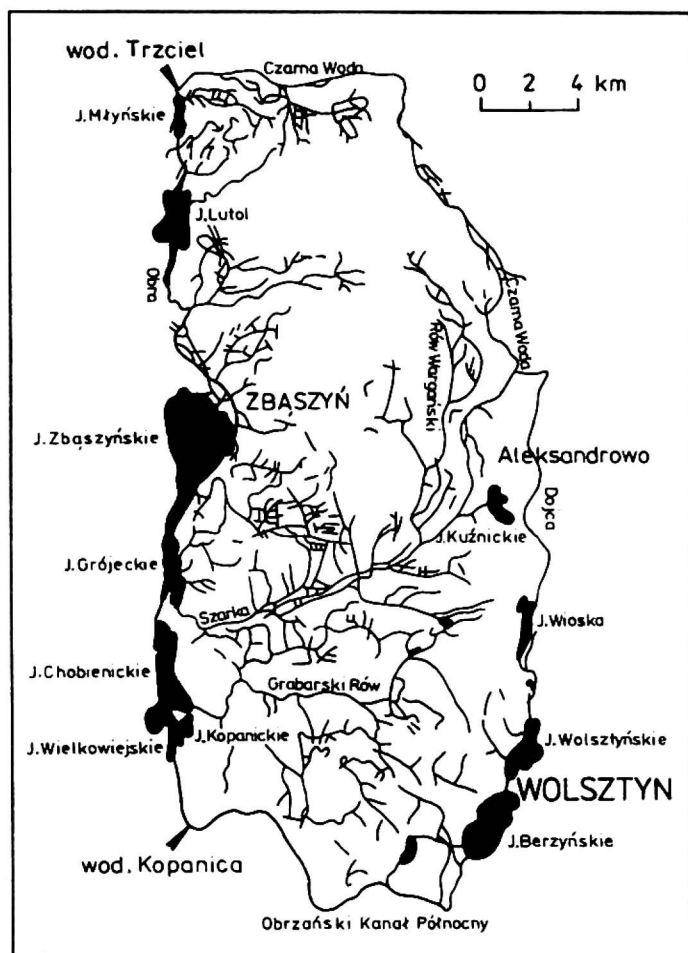
i Dojcy w określonej sytuacji hydrometeorologicznej. Wytypowany do badań obszar, położony w obrębie Niziny Wielkopolskiej, stanowi jednostkę o powierzchni 447,75 km<sup>2</sup>.

W badaniach warunków krążenia wód podziemnych przyjęto metodę modelowania matematycznego procesu ich filtracji. Uwzględniając zakres zadania, warunki hydrogeologiczne i powierzchnię badanego obszaru, wykorzystano program obliczeniowy SP2 z biblioteki systemowej programów obliczeniowych Hydrylib (SZYMANKO 1977, 1980), który umożliwia przeprowadzenie symulacji przepływu dwuwymiarowego strumienia wód podziemnych w warunkach filtracji ustalonej w układzie jednowarstwowym.

Postawą badań modelowych były wyniki pomiarów terenowych (pomiarów głębokości występowania zwierciadła płytkich wód podziemnych, natężenia przepływów w ciekach), przeprowadzonych w odniesieniu do całego obszaru badań w kwietniu 1999 r. (MATECKI 2000) oraz materiały archiwalne w postaci map (mapy topograficzne, geologiczne, hydrograficzne), przekrojów i dokumentacji hydrogeologicznych. Ponadto wykorzystano wyniki badań modelowych wód podziemnych prowadzonych w latach 1992–1993 w zlewni rzeki Szarki (GRAF 1999), stanowiącej fragment analizowanego międzyrzecza.

Interpretacja całości materiału dokumentacyjnego pozwoliła ocenić stan i stopień rozpoznania badanej jednostki, zwłaszcza pod względem budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych. Ocena materiału badawczego stanowiła podstawę do opracowania i konstrukcji modelu matematycznych filtracji w odniesieniu do stanów średnich zwierciadła wód podziemnych analizowanego poziomu wodonośnego. Etap identyfikacji modelu poprzedzony

został etapem schematyzacji warunków hydrogeologicznych, w którym zdefiniowano formę badanej jednostki poprzez ustalenie jej położenia i granic, określono struktury geologiczne, parametry filtracyjne, układ krążenia wód podziemnych oraz ich związek z wodami powierzchniowymi. Wpływ warunków zewnętrznych na badany system wodonośny, czyli zasilania i drenażu, uwzględniono poprzez przyjęcie odpowiednich warunków brzegowych. W procesie identyfikacji modelu wykorzystano procedury symulacyjne programów obliczeniowych opierające się na metodzie iteracyjnej. Infiltrację efektywną, czyli parametr stanowiący podstawę rozważań, szacowano dla obszaru w zależności od litologii utworów powierzchniowych i pokrycia terenu, które to parametry reprezentowały określony typ infiltracji (GOŁĄB 1964; ŻURAWSKI 1966; KANIECKI 1982). Przyjęto, że najkorzystniejsze warunki infiltracji charakterystyczne są dla gruntów piaszczystych, mniej korzystne lub niekorzystne dla gruntów gliniastych, natomiast grunty organiczne określono jako typ zmiennej, przypisując każdej grupie odpowiedni wskaźnik infiltracji efektywnej. Przy charakterystyce warunków i wielkości zasilania poziomu wodonośnego analizowanego obszaru uwzględniono schemat obliczeniowy, zakładający m.in. istnienie stałego dopływu pionowego, interpretowanego jako strumień zasilania infiltracyjnego  $Q_I$  w formie zadanego warunku brzegowego II rodzaju, przy znanym rozkładzie rzędnych zwierciadła wód podziemnych i parametrów hydrogeologicznych ośrodka. Zastosowana funkcja celu pozwoliła określić stopień zgodności między wielkościami pomierzonymi i otrzymanymi z obliczeń modelowych. Za miarę dokładności odtworzenia stanu analizowanego systemu uznano różnicę pomierzonych i ob-



Rys. 1. Położenie obszaru badań (wg Podziału hydrograficznego Polski 1980)

Fig. 1. Location of the study area (acc. to the Podział hydrograficzny Polski, 1980)

liczonych na modelu wysokości zwierciadła wód podziemnych przy stanach średnich. Szczegółowo procedura badań modelowych wód podziemnych w odniesieniu do rozpatrywanego obszaru przedstawiona została w pracach GRAF (1999) i MATECKIEGO (2000).

## OBSZAR BADAŃ

Wytypowany do badań obszar położony jest w obrębie Niziny Wielkopolskiej. Według fizycznogeograficznej regionalizacji Polski (KONDRACKI 1981) międzyrzecze Obry i Dojcy obejmuje następujące regiony: Pojezierze Lubuskie, Pojezierze Wielkopolskie oraz region Pradoliny Warciańsko-Odrzańskiej z mezoregionem Doliny Środkowej

Obry. Natomiast według podziału geomorfologicznego Niziny Wielkopolskiej KRYGOWSKIEGO (1961) analizowany obszar wchodzi w skład regionu Wysoczyzny Poznańskiej (Równina Nowotomyska, Wał Lwówecko-Rakoniewicki) oraz Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej (Odcinek Obrzański). Granice badanej jednostki określają (rys. 1):

na południu – Północny Kanał Obry, uznawany za główne koryto Obry na tym odcinku,

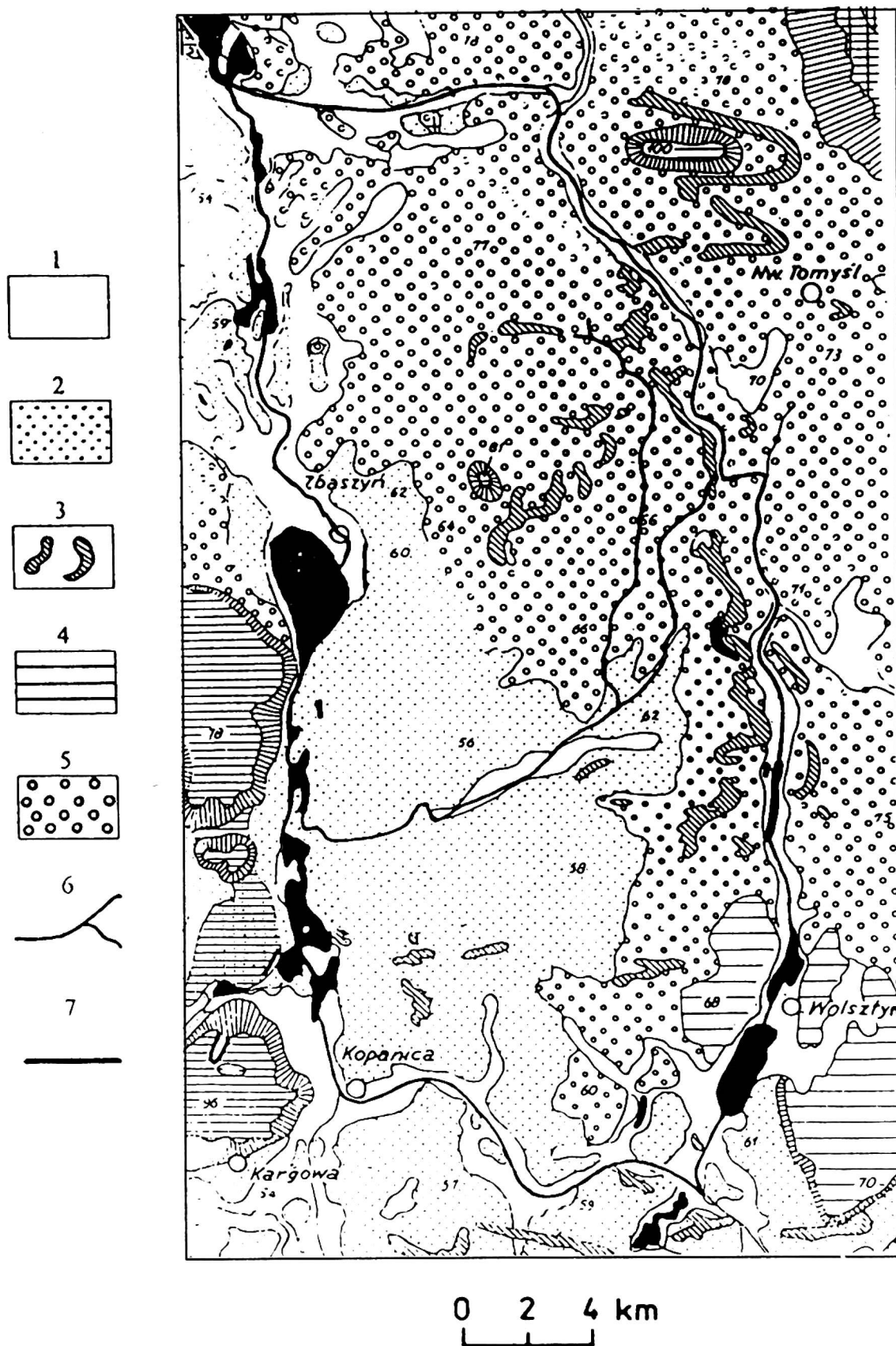
na zachodzie – dolina Obry od wodowskazu Kopanica przy ujściu Obrzańskiego Kanału Północnego do Obry, po wodowskaz Trzciel przy ujściu Czarnej Wody,

na wschodzie – rzeka Dojca od miejscowości Aleksandrowo do ujścia do Obrzańskiego Kanału Północnego oraz ciek Czarna Woda (inaczej Bobrówka), wypływający w okolicy Nowego Tomysła,

na północy – ciek Czarna Woda do ujścia do Obry powyżej Jeziora Młyńskiego.

Ze względu na przedmiot badań, jakim są płytkie wody podziemne, charakterystykę budowy geologicznej obszaru ograniczono do utworów czwartorzędowych. Międzyrzecze Obry i Dojcy budują utwory akumulacji lodowcowej i wodnolodowcowej, wykształcone w postaci kilku warstw glin zwałowych rozdzielonych utworami fluwioglacjalnymi (DĄBROWSKI 1990). Generalnie miąższości czwartorzędu zawierają się w przedziale 75–100 m. Jedynie w części wschodniej osiągają 50–75 m. Analizowany obszar w całości pokrywają utwory zlodowacenia bałtyckiego, w tym poziom glin morenowych o miąższości średnio 7 m (maksymalnie do 25 m), piaszczysto-żwirowe osady fluwioglacjalne sandrów o miąższości 5–10 m oraz osady środkowych i wyższych teras o miąższości najczęściej 5–15 m. Holocen sta-





Rys. 2. Warunki geomorfologiczne obszaru badań (wg KRYGOWSKIEGO 1961)

1 – terasa zalewowa, denna; 2 – terasa środkowa – „wydmowa”; 3 – pagórki wydmore; 4 – wysoczyzna morenowa płaska zlodowacenia bałtyckiego; 5 – równiny sandrowe; 6 – cieki; 7 – granica obszaru badań

Fig. 2. Geomorphological conditions of the study area (acc. to KRYGOWSKI 1961)

1 – flood terrace, bottom; 2 – middle terrace – ‘dune’; 3 – dune hills; 4 – flat morainic plateau of the Baltic glaciation; 5 – outwash plains; 6 – water courses; 7 – boarder line of the study area

nowią osady rzeczne teras zalewowych (piaski i mady) o zróżnicowanej miąższości (do 12 m) oraz osady jeziorne w postaci mułków, piasków i torfów o miąższości do 10 m.

Znaczny fragment powierzchni badanego obszaru, szczególnie północno-wschodnią jego część, zajmuje równina sandrowa – tzw. Sandr Nowotomyski (rys. 2) – wykształcona podczas stadium poznańskiego ostatniego zlodowacenia. Z kolei w południowo-zachodniej części obszaru dominuje piaszczysta terasa środkowa doliny Obry, tzw. Odcinka Obrzańskiego Pradoliny Warszawsko-Berlińskiej. Natomiast nieznaczną powierzchnię w południowo-wschodniej części badanej jednostki zajmuje wysoczyzna morenowa płaska o deniwelacjach 3–5 m, zbudowana głównie z glin zwałowych. Charakterystyka fizjograficzna obszaru badań przedstawiona została szerzej w pracach GRAF (1999) i MATECKIEGO (2000).

Pod względem cech klimatycznych analizowana jednostka zaliczana jest do dwóch regionów: Środkow Wielkopolskiego i Lubuskiego (Woś 1994). Ze względu na niskie sumy opadów atmosferycznych, kształtujących się poniżej 550 mm, a lokalnie do 600 mm (Ziemia Lubuska), można uznać ją za obszar o znacznych deficytach wodnych. W układzie hydrograficznym Polski badany obszar wchodzi w skład dorzecza Warty. Granice między zlewniami cząstkowymi wyznaczają działki wodne IV i V rzędu, które na ogół wyraźnie zaznaczają się w terenie. Na obszarze dominuje południowy kierunek odwodnienia, który związany jest z przebiegiem dolin rzecznych. Główną osią drenażową jest Obra wraz z jej dopływem Szarką. Ponadto znaczną część obszaru odwadnia rzeka Dojca, będąca dopływem Obrzańskiego Kanału Północnego. Ze względu na niewielką za-

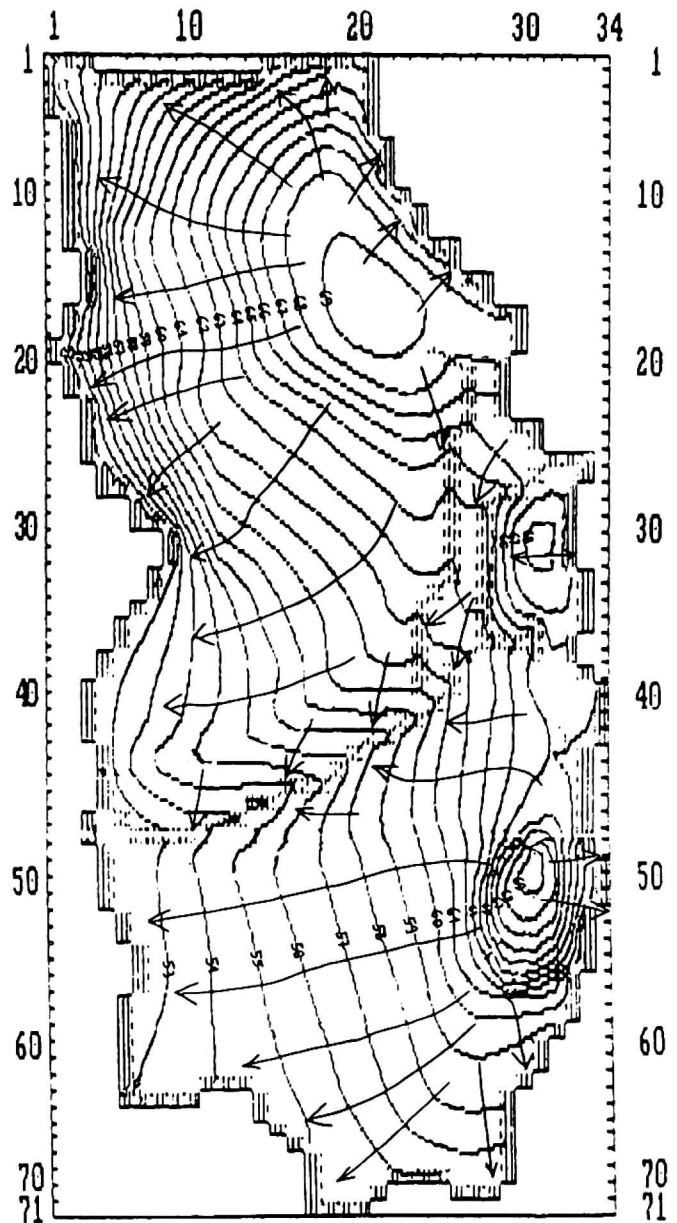
zwyczaj zdolność retencyjną obszaru i szczególne uwarunkowania klimatyczne, związane z niskimi sumami opadów oraz wysokim parowaniem, wartości odpływu jednostkowego dla małych rzek w środkowym dorzeczu Warty wynoszą  $q = 2,0\text{--}3,0$  l/s km<sup>2</sup>, co jest wartością najniższą dla obszaru Polski.

#### LOKALNY SYSTEM KRĄŻENIA WÓD PODZIEMNYCH – UJĘCIE MODELOWE

Uwzględniona w badaniach jednostka o powierzchni 447,75 km<sup>2</sup>, ujęta w granicach zlewni topograficznych, stanowi model jednowarstwowy o zwierciadle swobodnym, którego struktura odzwierciedla warunki krążenia płytkich wód podziemnych w utworach czwartorzędowych. Granice modelu wyznaczają następujące ciek: Obra, Północny Kanał Obry, Dojca i Czarna Woda (rys. 1). W układzie tym lokalny system krążenia obejmuje zlewnie powierzchniowe niskiego rzędu, a reprezentowany jest głównie przez wody podziemne pierwszego poziomu wodonośnego, który na badanym obszarze obejmuje najczęściej poziom gruntowy związany z utworami zlodowacenia bałtyckiego i holocenu. Poziom ten tworzą przede wszystkim osady piasków i żwirów pradolin, dolin rzecznych, zarówno terasy zalewowej, jak i wyższych poziomów terasowych, sandrów i wysoczyzn morenowych zbudowanych z glin zwałowych, głównie w ich spiaszczonych partiach przypowierzchniowych. W obrębie rozpatrywanego międzyrzecza występują generalnie dwie struktury hydrogeologiczne poziomu gruntowego. Przeważają, zwłaszcza w części północnej, wody w utworach sandrowych, wśród których materiał bardzo drobny, o średnicy 0,5 mm, stanowi 90% udziału w całej strukturze (SZEWC 1960). W części południowej poziom wodonośny badanej jednostki bu-

dują piaski drobnoziarniste terasy środkowej obniżenia Obry o miąższości do 10 m, z licznymi wkładkami gliny morenowej oraz piasków ilastych. Struktura hydrogeologiczna obszaru oraz położenie stref zasilania i drenażu warunkują przepływ wód podziemnych. Układ zwierciadła i kierunki przepływu wód podziemnych w analizowanym poziomie gruntowym przedstawia rys. 3.

Układ i charakter warstw wodonośnych nie pozostaje bez wpływu na warunki alimentacji wód podziemnych. Równinny charakter badanej jednostki wpływa na niewielką głębokość występowania wód podziemnych pierwszego poziomu, która wynosi przeciętnie 2–5 m p.p.t. Swobodny, a lokalnie naporowy charakter zwierciadła płytkich wód podziemnych wiąże się nie tylko z morfologią, ale głównie z litologią utworów przypowierzchniowych oraz z układem warstw wodonośnych. Warunki litologiczno-glebowe obszaru rzutują na charakter stref alimentacji wód podziemnych, a tym samym na wielkość i zasobność zbiorników wód podziemnych. Zasilanie wód podziemnych odbywa się poprzez infiltrację opadów atmosferycznych i wód roztopowych, a w wypadku wód aluwialnych także przez dopływy lateralne z wysoczyzn. Układ hydrodynamiczny poziomu wodonośnego wskazuje, że zasięg przemieszczających się strumieni wód podziemnych jest większy, aniżeli wynika to z układu i zasięgu zlewni topograficznych. Główne strefy alimentacji wód podziemnych pierwszego poziomu formują się prawdopodobnie poza obszarem badanej jednostki (rejon Lwówek – Rakoniewice). Istotne znaczenie mają również strefy bezpośredniej alimentacji wód podziemnych w obrębie analizowanego obszaru, którymi są przede wszystkim strefy wododziałowe zlewni powierzchniowych i podziemnych. W strefach tych poziom



Rys. 3. Układ hydroizohips i kierunki przepływu wód podziemnych – ujęcie modelowe

Fig. 3. System of hydroisohyps and directions of the flow of underground waters – model perspective

wód gruntowych zasilany jest głównie przez infiltrację efektywną opadów. W układzie krążenia tych wód nie zaznacza się udział zasilania tego poziomu przez zbiorniki wód głębszych Wielkopolskiej Doliny Kopalnej (DĄBROWSKI 1990). Występowanie stref alimentacji wód podziemnych w granicach badanego obszaru uwarunkowane jest przeważnie położeniem stref drenażu, którymi są głównie doliny rzeczne i jeziora. Ciekły występujące na omawianym obszarze mają charakter drenujący i pozostają



stają w stałym kontakcie hydraulicznym z wodami podziemnymi badanego systemu wodonośnego.

## WYNIKI BADAŃ MODELOWYCH

Zastosowanie metody modelowania matematycznego filtracji pozwoliło na określenie bilansu przepływu wód w analizowanym poziomie wodonośnym, w relacji między ich zasilaniem i drenażem. Wielkości poszczególnych składowych bilansu wodnego rozpatrywano jako funkcję średniego stanu zwierciadła wód podziemnych oraz funkcję oddziaływania stref zasilania i odpływu. W przyjętych na etapie schematyzacji warunkach odnawialność bezpośrednia wód podziemnych określona została jako sumaryczny wydatek zasilania poziomu wodonośnego, którego źródłem są wody pochodzenia atmosferycznego lub powierzchniowego. Wielkość naturalnych zasobów odnawialnych poziomu gruntowego, przy założeniu w modelu układu jednowarstwowego, a więc z wyłączeniem możliwości zasilania lub dopływu z innych poziomów wodonośnych, obejmuje zatem tylko część wód, jakie mogą zasilać poziom wodonośny. Stanowi je woda pochodząca z infiltracji efektywnej opadów oraz woda dopływająca podziemnie spoza obszaru badań.

Szczegółowej analizie poddano składową zasilania infiltracyjnego wód podziemnych. Interpretacja uzyskanych wyników przebiegała dwukierunkowo:

– analizowano zróżnicowanie składowej zasilania infiltracyjnego wód podziemnych w układzie przestrzennym – w odniesieniu do podstawowych jednostek geomorfologicznych oraz wydzielonych w układzie powierzchniowym zlewni cząstkowych,

– w relacji między zlewniami określano niejednorodność elementów zasilania, zmienność przestrzenną zasilania infiltracyjnego wód podziemnych oraz jego uwarunkowania wynikające ze zróżnicowania cech środowiskowych zlewni.

Podział międzyzrzecza na jednostki geomorfologiczne oraz zlewnie cząstkowe w ujęciu modelowym przedstawiono na rys. 4.

### INFILTRACJA EFEKTYWNA I ZAKRES JEJ ZMIENNOŚCI

Podstawę analizy i interpretacji parametru zasilania infiltracyjnego stanowiło równanie bilansu krążenia wód podziemnych analizowanego obszaru, uzyskane drogą modelowania matematycznego (MATECKI 2000) w odniesieniu do stanów średnich, które przedstawia się następująco:

$$Q_I + D_P = Q_D + O_P$$

$$804,8 + 15,96 = 186,9 + 634,3 \text{ [m}^3\text{/h]}$$

$$98,1 + 1,9 = 22,7 + 77,3 \text{ [%]}$$

$Q_I$  – infiltracja efektywna,  $D_P$  – dopływ podziemny do obszaru,  $Q_D$  – drenaż cieków,  $O_P$  – odpływ podziemny z obszaru.

Dla całego obszaru międzyzrzecza średnia infiltracja efektywna opadów wynosiła 804,8 m<sup>3</sup>/h, tj. 0,5 l/s km<sup>2</sup> (tab. 1). Jak wynika z bilansu wód podziemnych, składowa ta stanowi decydujący element zasilania badanej warstwy wodonośnej (98,1%), a pozostały udział (1,9%) przypada na dopływ podziemny spoza obszaru. Otrzymaną wielkość można porównać z wynikami badań prowadzonych przy wykorzystaniu metod modelowania matematycznego filtracji wód podziemnych w odniesieniu do poziomu gruntowego. Zasilanie infiltracyjne płytkich wód podziemnych w zlewni Szarki (tab. 2), stanowiącej fragment badanego międzyzrzecza, zmienia się od 0,79 l/s km<sup>2</sup> – przy stanach niskich, do 1,29 l/s km<sup>2</sup> – przy stanach



Rys. 4. Podział obszaru badań – ujęcie modelowe  
 A – układ jednostek geomorfologicznych, B – układ zlewni cząstkowych: 1 – Obra od dopływu spod Przychodzka do Czarnej Wody i wod. Trzciel, 2 – Czarna Woda od Papierni do ujścia do Obry, 3 – Czarna Woda od mostu Bolechowo–Miedzichowo do Papierni, 4 – Obra od wod. Zbąszyń do dopływu spod Przychodzka włącznie, 5 – Obra od wypływu z J. Chobienickiego do wod. Zbąszyń bez Szarki, 6 – Szarka od dopływu z Nowego Tomysła do dopływu z Jastrzębska, 7 – Dopływ z Jastrzębska, 8 – Szarka od dopływu z Jastrzębska do wod. Chobienice, 9 – Szarka od wod. Chobienice do ujścia do J. Grójeckiego, 10 – Dojca do dopływu z Albertowska, 11 – Dojca od dopływu z Albertowska do dopływu z Błońska, 12 – Dojca od dopływu z Błońska włącznie do J. Wolsztyńskiego, 13 – Dojca od J. Wolsztyńskiego włącznie do wod. Obra, 14 – Obra od wod. Kopanica do wypływu z J. Chobienickiego, 15 – Grabarski Rów do ujścia do J. Chobienickiego, 16 – Obrzański Kanał Północny od Obrzańskiego Kanału Środkowego do wod. Kopanica

Fig. 4. Division of the study area – model perspective:

A – System of geomorphological units, B – System of partial catchments: 1- the Obra from the tributary near Przychodzk to the Czarna Woda and the Trzciel water gauge, 2 – the Czarna Woda from Papiernia to the confluence to the Obra, 3 – the Czarna Woda from the Bolechowo–Miedzichowo brigde to Papiernia, 4 – the Obra from the Zbąszyń water gauge to the tributary near Przychodzk inclusive, 5 – the Obra from the runoff from Lake Chobienickie to the Zbąszyń water gauge excluding the Szarka, 6 – the Szarka from the tributary from Nowy Tomysł to the tributary from Jastrzębsko, 7 – the tributary from Jastrzębsko, 8 – the Szarka from the tributary from Jastrzębsko to the Chobienice water gauge, 9 – the Szarka from the Chobienice water gauge to the confluence to Lake Grójeckie, 10 – the Dojca from the tributary from Albertowsko, 11 – the Dojca from the tributary from Albertowsko to the tributary from Błońska, 12 – the Dojca from the tributary from Błońska inclusive to Lake Wolsztyńskie, 13 – the Dojca from Lake Wolsztyńskie inclusive to the Obra water gauge, 14 – the Obra from the Kopanica water gauge to the runoff from Lake Chobienickie, 15 – the Grabarski ditch to the confluence to Lake Chobienickie, 16 – the Northern Obrzański Channel from the Middle Obrzański Channel to the Kopanica water gauge

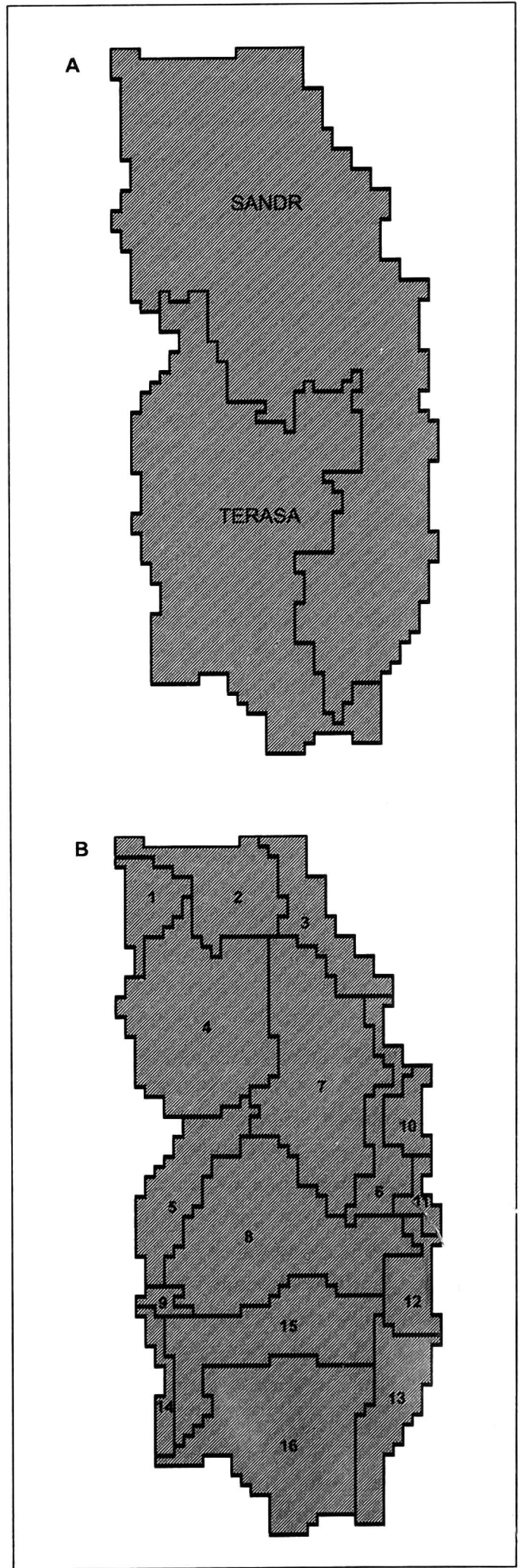


Tabela 1. Infiltracja efektywna i zakres jej zmienności na obszarze międzyrzecza Obry i Dojcy  
Table 1. Effective infiltration and the scope of its variation in the interfluve of the Obra and the Dojca

Jednostka	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Infiltracja efektywna Q <sub>i</sub>		
		[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h km <sup>2</sup> ]	[l/s km <sup>2</sup> ]
Międzyrzecze Obry i Dojcy	447,75	804,8	1,80	0,50
Sandr*	281,50	593,8	2,11	0,58
Terasa*	166,25	211,0	1,27	0,35
Zlewnie cząstkowe**				
1	17,00	49,9	2,93	0,82
2	29,50	84,9	2,87	0,79
3	15,30	35,7	2,33	0,65
4	61,00	129,8	2,13	0,59
5	28,00	31,6	1,13	0,31
6	16,00	43,7	2,73	0,76
7	55,30	131,8	2,38	0,66
8	57,30	93,2	1,62	0,45
9	3,40	9,8	2,88	0,80
10	7,00	19,5	2,78	0,77
11	4,00	17,3	4,33	1,20
12	11,00	39,1	3,55	0,99
13	17,40	34,1	1,96	0,54
14	7,00	5,0	0,71	0,19
15	55,30	26,2	0,47	0,13
16	63,20	53,2	0,84	0,23

\* Skróty „sandr” i „terasa” odnoszą się do strefy sandrowej i terasy środkowej Obry

\*\* Numeracja zlewni zgodna z podziałem hydrograficznym (rys. 4)

Tabela 2. Wielkość infiltracji efektywnej wód podziemnych pierwszego poziomu w zlewni Szarki - według badań modelowych (GRAF 1999)

Table 2. Value of effective infiltration of the subterranean waters of the first level in the Szarki catchment – according to model research (GRAF, 1999)

Jednostka	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Infiltracja efektywna Q <sub>i</sub>											
		Stany niskie				Stany średnie				Stany wysokie			
		[m <sup>3</sup> /h]	[mm]	[m <sup>3</sup> /h km <sup>2</sup> ]	[l/s km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[mm]	[m <sup>3</sup> /h km <sup>2</sup> ]	[l/s km <sup>2</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[mm]	[m <sup>3</sup> /h km <sup>2</sup> ]	[l/s km <sup>2</sup> ]
Zlewnia Szarki	215,7	616,3	25	2,8	7,9	778,9	31,6	3,6	1,00	999,1	40,6	4,6	1,29
Wysoczyzna morenowa	28,1	65,8	20	2,3	0,65	70,2	22,0	2,5	0,69	81,1	25,0	2,9	0,80
Sandr	31,6	462,6	30	3,5	0,98	573,1	38,0	4,3	1,20	706,6	47,0	5,4	1,50
Terasa	56,0	87,9	14	1,6	0,44	134,7	21,0	2,4	0,67	211,4	33,0	3,8	1,01

wysokich (GRAF 1999). Wg DĄBROWSKIEGO (1995) nieznaczne wielkości odnawialności, rzędu 1,0–1,8 l/s km<sup>2</sup>, charakterystyczne są również dla zbiorników sandrowych w rejonie Poznania, co – jego zdaniem – jest wynikiem niskiej wodoprzepuszczalności tych poziomów (poniżej 5 m<sup>2</sup>/h) oraz płytko występującego zwierciadła wód podziemnych (przeciętnie 2 m).

Wody podziemne pierwszego poziomu występują na badanym obszarze przeważnie na głębokości 2 m, rzadziej na 2–5 m. Płytkie występowanie zwierciadła wód podziemnych wpływa korzystnie na ich zasilanie. Zmiany położenia zwierciadła wód podziemnych różnicuje miąższość warstw wodonośnych, która zmienia się od 1,5 do ok. 20 m, co przy średnim współczynniku filtracji  $k = 0,5$  m/h określa średnią przewodność całego kompleksu  $T = 10$  m<sup>2</sup>/h. Przy podnoszeniu zwierciadła wód podziemnych rośnie miąższość warstwy wodonośnej, a tym samym wodoprzewodność, przez co polepszają się warunki alimentacji wód podziemnych. Z drugiej strony, niewielka głębokość zwierciadła wód podziemnych stwarza warunki do szybkiego wyczerpywania ich zasobów, a przez to ogranicza dopływ podziemny do stref drenażowych.

Uzyskana wielkość zasilania infiltracyjnego wód podziemnych uzależniona jest od potencjału zasilania badanej jednostki i relacji zachodzących między elementami bilansowymi. W wypadku korzystnych stref infiltracyjnych obszary chłonne międzyrzecza stanowią przede wszystkim utwory sandrowe i terasy środkowej Obry (rys. 2). Do obszarów mniej korzystnych pod względem infiltracyjnym należy zaliczyć tu utwory teras zalewowych Obry oraz piaski wydymowe. Niekorzystne warunki infiltracyjne związane są głównie z występowaniem glin zwałowych wysoczyzny morenowej oraz

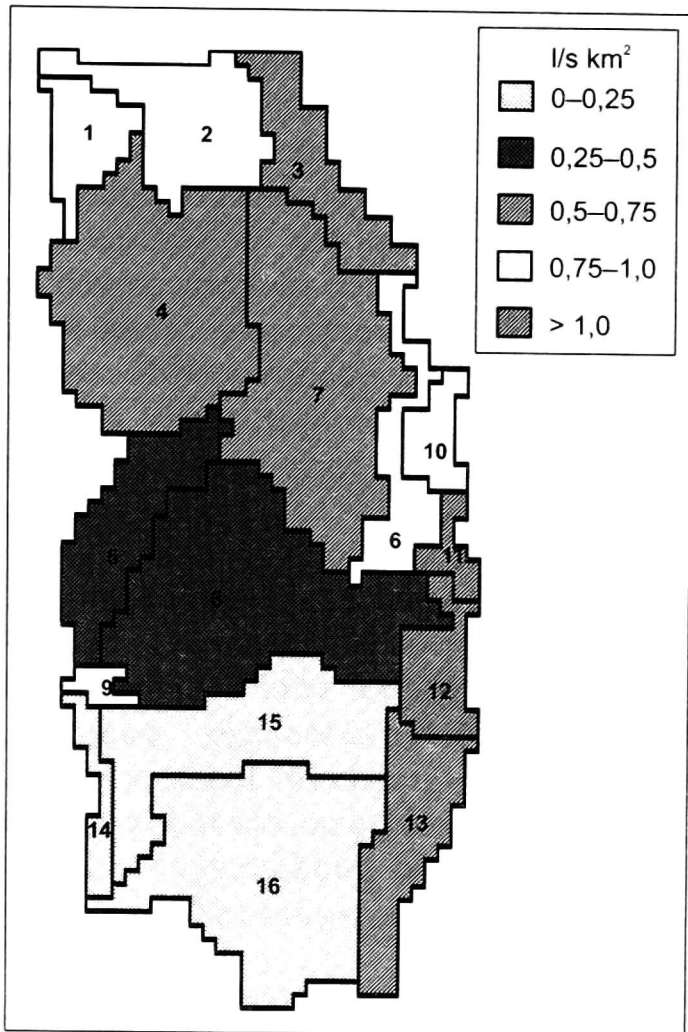
wilgotnych stref torfowych w dolinach małych rzek i dnach rynien jeziornych. W utworach piaszczysto-żwirowych obszary alimentacji wód podziemnych, jako stref zasilania bezpośredniego, pokrywają się z obszarem ich występowania. Natomiast w strefach niekorzystnych ze względu na ograniczoną możliwość przenikania wód opadowych do zwierciadła wód podziemnych strefy alimentacji bezpośredniej formują się w sposób nieciągły. Często wody podziemne na tych terenach zasilane są przez wody dopływające z pośrednich stref zasilania, występujących poza analizowanym obszarem. Określenie stref zasilania wód podziemnych pierwszego poziomu, związane z warunkami litologicznymi, pozwala wnioskować o możliwościach odnawiania wód podziemnych analizowanego poziomu wodonośnego.

#### PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE ZASILANIA INFILTRACYJNEGO

Zróżnicowanie potencjalnych możliwości odnawialności wód podziemnych można zaobserwować w układzie przestrzennym badanego obszaru – w obrębie wydzielonych jednostek geomorfologicznych oraz zlewni cząstkowych, stanowiących odmienne środowiska występowania wód podziemnych.

Do badań modelowych przyjęto występujące tam dwie zasadnicze strefy morfologiczne: strefę sandrową (Sandr Nowotomyski) oraz strefę terasy środkowej doliny Obry (rys. 4). W rozpatrywanej sytuacji hydrometeorologicznej wyższe wartości zasilania infiltracyjnego wód podziemnych występują w strefie sandrowej (tab. 1). Dla porównania, moduł zasilania infiltracyjnego wód podziemnych utworów sandrowych w obrębie zlewni Szarki zmienia się od 0,98 l/s km<sup>2</sup> (stany niskie) do 1,5 l/s km<sup>2</sup> (stany wysokie), przy średniej wynoszącej 1,2 l/s km<sup>2</sup> (tab. 2). Natomiast





Rys. 5. Moduły infiltracji efektywnej w układzie zlewni cząstkowych – ujęcie modelowe

Fig. 5. Effective infiltration modules in the partial catchment system of the study area – model perspective

wody podziemne występujące w utworach terasy środkowej Obrzy zasilane są w wyniku infiltracji efektywnej wód opadowych w ilości 0,44–1,01 l/s km<sup>2</sup>. Przy stanach średnich zwierciadła wód podziemnych wielkość ta wyniosła 0,67 l/s km<sup>2</sup> (GRAF 1999).

Zróżnicowanie wielkości zasilania infiltracyjnego wód podziemnych w odniesieniu do jednostek geomorfologicznych wynika z odmiennych warunków hydrogeologicznych, a przede wszystkim różnej wielkości parametrów filtracyjnych ośrodka skalnego oraz wzajemnej relacji stref zasilania i drenażu. Rozpatrywany w obrębie badanego międzyrzecza poziom wód gruntowych stanowi fragment zbiorników wód podziemnych o większym roz-

przestrzenianiu, jak np. Sandr Nowotomyski czy dolina Obrzy. Stąd też wynika zróżnicowanie struktury wewnętrznej, wyrażające się zmiennością charakterystyk warstw wodonośnych płytkiego poziomu wód podziemnych, co nie pozostaje bez wpływu na proces ich zasilania. Urozmaicenie warunków geomorfologicznych i litologicznych prowadzi zatem do zróżnicowania powierzchni alimentacji wód podziemnych badanego obszaru.

Zmienność infiltracji efektywnej rozpatrywano również w wydzielonych w obrębie badanego międzyrzecza zlewniach cząstkowych (tab. 1, rys. 4, 5). Uzyskane wyniki wskazują na znaczne zróżnicowanie przestrzenne wielkości infiltracji efektywnej. Warunki zasilania wód podziemnych zbliżone do przeciętnych ( $Q_I = 0,5$  l/s km<sup>2</sup>) występują na obszarze odwadnianym zarówno przez rzekę Obrę, jak i Dojcę (zlewnie nr 4 i 13). Najniższe moduły zasilania infiltracyjnego poziomu wód podziemnych w przypadku stanów średnich – na ogół 0,3 l/s km<sup>2</sup> – występują w zlewniach Obrzy (zlewnie nr 5 i 14) oraz Grabarskiego Rowu i Obrzańskiego Kanału Północnego (zlewnie nr 15 i 16), co świadczy o istnieniu mniej korzystnych warunków infiltracyjnych tych obszarów. Natomiast skrajnie wysokie moduły infiltracji efektywnej opadów, z reguły ok. 1,0 l/s km<sup>2</sup>, występują w zlewniach cząstkowych dorzecza Dojcy (zlewnie nr 11 i 12). Zdecydowanie wyższe wartości modułu zasilania można wiązać z warunkami przyrodniczymi obszaru, jak również z oddziaływaniem rzeki Dojcy, co przy zwiększonym jej drenażu mogło wpłynąć na wzrost potencjalnych możliwości zasilania infiltracyjnego wód podziemnych.

Badania modelowe wykazały różnice przestrzenne i niejednorodność w poszczególnych częściach obszaru w zakresie procesu odnawialności wód

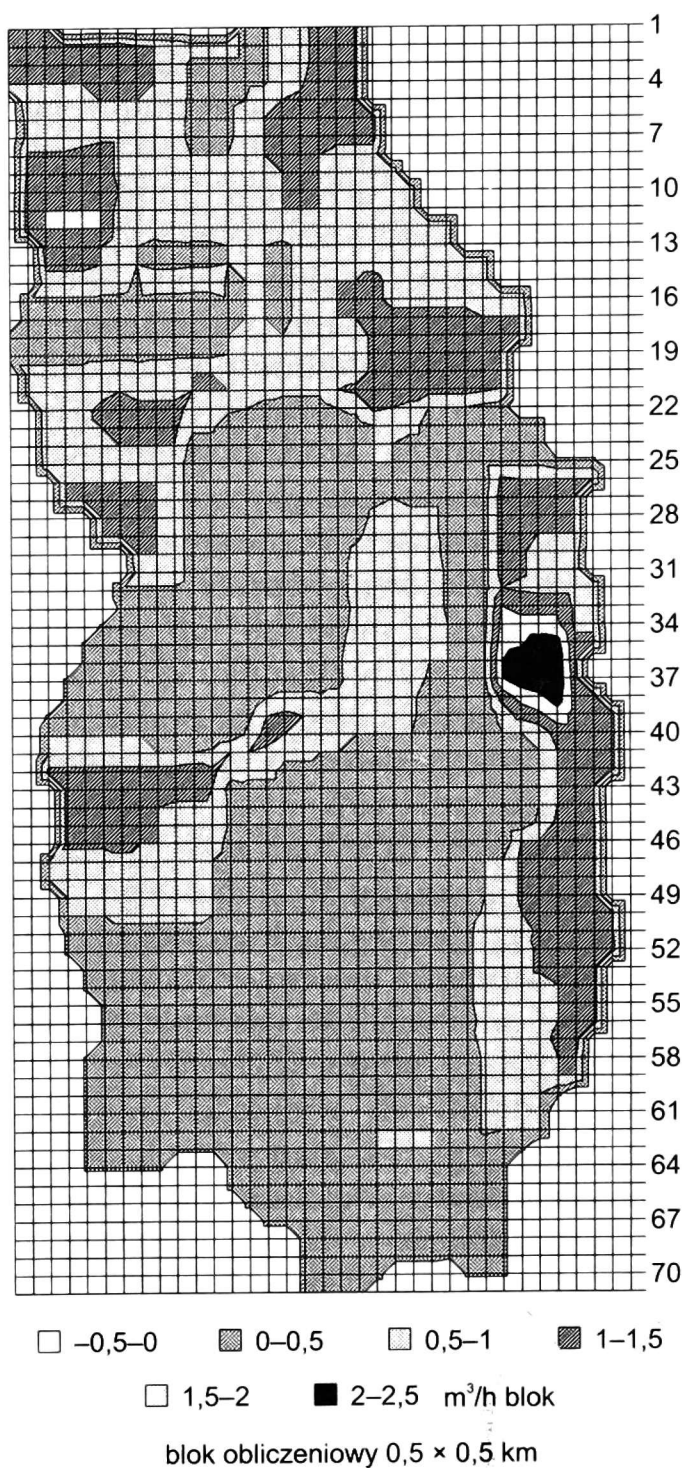


podziemnych przez infiltrację opadów atmosferycznych. Moduły infiltracji osiągają w niektórych zlewniach w zasadzie zbliżone wartości, co świadczy o podobnej reakcji zwierciadła wód podziemnych na zasilanie infiltracyjne i potwierdza fakt, iż w danej sytuacji hydrometeorologicznej proces ten zachodzi w mało zmienionych warunkach. W rozważaniach związanych z potencjalnymi możliwościami zasilania infiltracyjnego wód podziemnych przyjmuje się, że wielkość infiltracji efektywnej zależy w znacznym stopniu od przepuszczalności utworów powierzchniowych, w tym od wielkości współczynnika filtracji osadów. Podobna reakcja wód podziemnych na zasilanie w wydzielonych zlewniach wynika z podobieństwa ich struktury powierzchniowej, w obrębie której dochodzi do wykształcenia się stref uprzywilejowanych w zasilaniu, charakteryzujących się zwiększoną wartością współczynnika filtracji. Elementem dodatkowo komplikującym ocenę odnawialności wód podziemnych w badanych zlewniach są istotne różnice w wykształceniu i zasobności warstw wodonośnych jednostek geomorfologicznych wchodzących w ich skład, w obrębie których, jak stwierdzono, warunki alimentacji wód podziemnych różnicują się. Na zróżnicowanie warunków alimentacji wód podziemnych wpływają także relacje zachodzące między strefami zasilania i drenażu. Szczególnie dotyczy to obszaru drenowanego przez główną dolinę Obry.

Na drodze prowadzonych symulacji komputerowych wyróżniono, w obrębie całego analizowanego międzyrzecza, obszary uprzywilejowane w zasilaniu infiltracyjnym wód podziemnych ( $Q_I > 0$ ) oraz obszary niekorzystne dla procesu infiltracji ( $Q_I = 0$ ). Otrzymane wielkości infiltracji kształtują się w przedziale  $0,1-2,5 \text{ m}^3/\text{h}$  na blok obliczeniowy o wymiarach  $0,5 \times 0,5 \text{ km}^2$  (rys. 6). War-

tości modułowe zasilania infiltracyjnego warstw wodonośnych są zatem zmienne w granicach  $0,4-10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{km}^2$ , co stanowi odpowiednio  $0,11-2,77 \text{ l/s km}^2$ .

Obserwuje się duże zróżnicowanie przestrzenne wielkości analizowanego składnika bilansu wód podziemnych.



Rys. 6. Przestrzenne zróżnicowanie zasilania infiltracyjnego na obszarze międzyrzecza Obry i Dojcy – ujęcie modelowe

Fig. 6. Spatial variation of the infiltration feeding in the interfluvium of the Obra and Dojca – model perspective

Największe powierzchnie zajmują strefy zasilania infiltracyjnego w granicach  $0,1-0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  blok, co stanowi  $0,4-4,0 \text{ m}^3/\text{h km}^2$ . Najmniejsze powierzchnie, rzędu kilku do kilkunastu  $\text{km}^2$ , zajmują strefy o zasilaniu maksymalnym w analizowanej sytuacji hydrometeorologicznej, tj.  $2-2,5 \text{ m}^3/\text{h}$  blok, co stanowi  $8,0-10 \text{ m}^3/\text{h km}^2$ . Strefy niskiego zasilania pokrywają się w zasadzie z mniej korzystnym typem infiltracji, wynikającym z występowania utworów o mniejszej przepuszczalności i słabszym wykształceniem warstw wodonośnych. Strefy zwiększonego zasilania infiltracyjnego nawiązują przestrzennie do rozmieszczenia obszarów o korzystnych warunkach alimentacji wód podziemnych, w tym utworów piaszczystych o znacznej przewodności. W obrębie badanej jednostki funkcjonują obszary, które uzyskują znacząco mniejsze lub większe przychody wody w stosunku do warunków przeciętnych. Mimo że potencjalnie istnieją duże możliwości zasilania infiltracyjnego analizowanych poziomów wodonośnych, to jednak stan hydrodynamiczny poziomu wodonośnego oraz rozkład parametrów hydrogeologicznych warunkują taki a nie inny rozkład przestrzenny oraz wielkość zasilania infiltracyjnego strefy saturacji. Uzyskane z badań modelowych wielkości infiltracji efektywnej opadów stanowią ok. 5–10% sumy opadów z wielolecia.

Uwzględnienie w metodzie modelowania matematycznego szeregu parametrów hydrogeologicznych oraz oddziaływań między strefą zasilania, przepływu i drenażu wód podziemnych dało możliwość dokładniejszego określenia wielkości infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych zasilających wody podziemne badanego obszaru. Uzyskane wyniki są zbliżone do wielkości składowej zasilania infiltracyjnego poziomów wodonośnych podawanej przez innych autorów,

a otrzymanych również przy wykorzystaniu metody modelowania matematycznego procesu filtracji wód podziemnych. MACIOSZCZYK (1985) podaje np. wielkości modułu infiltracji wód podziemnych dla poziomu czwartorzędowego Nieceki Mazowieckiej  $Q_I = 6,6-20 \text{ m}^3/\text{h km}^2$  ( $1,85-5,56 \text{ l/s km}^2$ ). DĄBROWSKI (1990, 1995) określa moduł odnawialności wód podziemnych poziomu gruntowego w środkowej Wielkopolsce na  $Q_I = 4,0-16,4 \text{ m}^3/\text{h km}^2$  ( $1,13-4,56 \text{ l/s km}^2$ ), w tym sandr nowotomyski –  $4,06 \text{ m}^3/\text{h km}^2$ . Podobne wielkości zasilania infiltracyjnego otrzymano dla wód podziemnych w zlewni Strumienia Junikowskiego, zbudowanej w przewodzie z utworów piaszczystych, tzw. Sandru Ławickiego (GRAF i in. 1995), dla którego moduł infiltracji określony wg badań modelowych wynosi  $Q_I = 5,8 \text{ m}^3/\text{h km}^2$  ( $1,61 \text{ l/s km}^2$ ).

## WNIOSKI

Zastosowana metoda modelowania matematycznego pozwoliła na określenie wielkości oraz sposobu zasilania wód gruntowych na obszarze międzyrzecza Obry i Dojcy w warunkach stanów średnich ich zwierciadła. Uzyskane wyniki wykazują różnice w zasilaniu infiltracyjnym, w wydzielonych w jego obrębie jednostkach geomorfologicznych oraz zlewniach cząstkowych. Na badanym terenie starano się wyodrębnić obszary o cechach indywidualnych, w których warunki formowania zasobów wód podziemnych są specyficzne. W tym przypadku potwierdza się wpływ cech środowiskowych, odnoszących się zarówno do struktury powierzchniowej, jak i podziemnej obszaru na funkcjonowanie systemu płytkich wód podziemnych. Urozmaicenie warunków środowiskowych badanego obszaru prowadzi do zróżnicowania powierzchni alimentacji wód podziemnych i wydzielienia

w jego obrębie stref zasilania bezpośredniego i pośredniego. Z przeprowadzonych badań modelowych wynika, że nie tylko warunki klimatyczne i litologia utworów powierzchniowych odgrywają znaczącą rolę w procesie odnawialności wód podziemnych. Proces ten uzależniony jest w dużej mierze od stanu hydrodynamicznego badanego systemu oraz parametrów hydrogeologicznych warstw wodonośnych, co znajduje odzwierciedlenie w istniejącym układzie krążenia wód podziemnych.

## LITERATURA

- BINDEMANN N.N., 1963: Ocena eksploatacyjnych zasobów podziemnych wód. Gosgeoltechizdat., Moskwa.
- BOGUSŁAWSKA M., 1965: Rozwinięty bilans wodny niektórych dopływów Bzury. Prace i Stud. Komit. Inż. i Gosp. Wodn., 7, Warszawa.
- DĄBROWSKI S., 1990: Hydrogeologia i warunki ochrony wód podziemnych Wielkopolskiej Doliny Kopalnej. Centralny Program Badań Podstawowych 04.10. Ochrona i Kształtowanie Środowiska Przyrodniczego. Wyd. SGGW AR, Warszawa.
- DĄBROWSKI S., 1995: Odnawialność zbiorników wód podziemnych w rejonie Poznania. [W:] A. KANIECKI, J. ROTNICKA (red.), Wody powierzchniowe Poznania. Problemy wodne obszarów miejskich. Wyd. Sorus, Poznań.
- GALĄB J., 1964: Podstawy racjonalnego ujęcia bilansu hydrogeologicznego dla obszaru Polski. Spr. z Czynn. i Post. Nauk., IV, 1.
- GRAF R., KANIECKI A., ZIĘTKOWIAK Z., 1995: Charakterystyka wód powierzchniowych. [W:] A. Kaniecki (red.), Dorzecze Strumienia Junikowskiego. Stan obecny i perspektywy. Konferencja Naukowa z 6.11.1995, Poznań.
- GRAF R., 1999: Warunki zasilania i szczyptywania wód podziemnych pierwszego poziomu w wybranych zlewniach Niziny Wielkopolskiej. Prac. Kom. Geogr.-Geolog. PTPN, 21, Poznań.
- GUTRY-KORYCKA M., 1984: Analiza i modele struktury hydrologicznej Polski. Rozprawy Uniwersytetu Warszawskiego. Wyd. UW, Warszawa.
- KAMIENSKI G.N., 1943: Osnovy dynamiki podziemnych wód. Moskwa.
- KANIECKI A., 1982: Pojemność retencyjna i zmienność zasobów wodnych małej zlewni nizinnej. Wyd. UAM, seria Geografia, 26.
- KONDRACKI J., 1981: Geografia fizyczna Polski. PWN, Warszawa.
- KRYGOWSKI B., 1961: Geografia fizyczna Niziny Wielkopolskiej. Cz. I: Geomorfologia. PTPN, Poznań.
- MACIOSZCZYK T., 1985: Hydrogeologia niecki mazowieckiej w świetle badań modelowych. [W:] Modelowanie dużych regionalnych systemów hydrogeologicznych. Mat. Sesji Naukowej 25–26 XI 1985. Pol. Komitet Naukowo-Techniczny NOT d/s Gosp. Wodnej, Inst. Hydrogeologii i Geologii Inż. UW, Warszawa.
- MACIOSZCZYK T., KAZIMIERSKI B., 1987: Przegląd i klasyfikacja programów numerycznych i systemów informatycznych wykorzystywanych w Polsce przy modelowaniu hydrogeologicznym. Wyd. Geologii UW, Warszawa.
- MATECKI J., 2000: Warunki krążenia wód potamicznych na obszarze międzyrzecza Obry i Dojcy. Archiwum Zakładu Hydrologii i Gosp. Wodnej IGF i KŚP UAM, Poznań [praca magisterska].
- PACZYŃSKI B., 1972: Metodyczne zasady oceny zasobów wód podziemnych w strukturach regionalnych. Instrukcja i Metody Badań Geologicznych, 12. Wyd. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., 1977: Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- PLECZYŃSKI J., 1981: Odnawialność zasobów wód podziemnych. Centralny Urząd Geologii, Kombinat Geologiczny Zachód. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- PODZIAŁ HYDROGEOGRAFICZNY POLSKI, 1980, cz. II – Mapa w skali 1:200 000. IMGW. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- SAWICKI J., 1978: Krzywe zasilania podziemnego rzek i krzywe stanów retencji – konstrukcja i zastosowanie. Acta Univ. Wratisl., Prace Geol.-Mineral., 5, Wrocław.
- SOCZYŃSKA U., 1989: System hydrologiczny zlewni i modelowanie procesów obiegu wody. [W:] U. SOCZYŃSKA (red.), Procesy hydrologiczne. Fizycznogeograficzne podstawy modelowania. PWN, Warszawa.
- SOCZYŃSKA U., 1997: Hydrologia dynamiczna. PWN, Warszawa.
- SZEWIC J., 1960: Sandr Nowotomyski. Archiwum Zakładu Hydrologii i Gosp. Wodnej IGF UAM, Poznań [praca magisterska].
- SZYMANKO J., 1977: Zastosowanie modelowania matematycznego do badania bilansu wód



- podziemnych i obliczania ich zasobów. Biblioteka programów obliczeniowych, Blok programowy SP, KG Zachód, Poznań.
- SZYMANO J., 1980: Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Woś A., 1994: Klimat Niziny Wielkopolskiej. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- WUNDT W., 1953: Gewässerkunde. Springer, Berlin.
- ŻURAWSKI M., 1966: Próba wydzielenia typów infiltracyjnych Niziny Wielkopolskiej. Prace Komisji Geogr.-Geolog., VI, 1, Poznań.

*Recenzent: prof. dr hab. Alfred Kaniecki*

*Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej  
Instytut Geografii Fizycznej  
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego  
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu*

## MODEL RESEARCH OF RENEWAL OF SHALLOW-SEATED SUBTERRANEAN WATERS IN THE INTERFLUVE OF THE OBRA AND THE DOJCA

### Summary

Considering the process of formation and functioning of the shallow-seated subterranean water systems in lowlands, there was carried out a research aiming at determination of conditions of the renewal process, mainly infiltration feeding in the interfluvium of the Obra and Dojca. There was applied a method of mathematical modeling of infiltration process, based on field measurements taken in the study area in April 1999, archival materials (maps, cross-sections, hydrogeological documents) and the results of the model research of subterranean waters, conducted in the years 1992–1993 in the catchment of the Szarka river.

The area unit of 447.75 km<sup>2</sup> comprised within the boundaries of the topographic catchments, constitutes a single layer model of a free water

table, the structure of which reflects conditions of circulation of shallow-seated subterranean waters in quaternary formations.

Application of the mathematical modeling method allowed to determine values and ways of feeding subterranean waters in the interfluvium of the Obra and Dojca under the conditions of moderate states of their water tables. The model research showed spatial differences and heterogeneity in particular components of the area (geomorphological units, partial catchments) as regards the process of renewal of subterranean waters through infiltration of precipitation. The results of research confirmed the influence of environment conditions of the area on functioning of a system of shallow-seated subterranean waters.