

PAWEŁ JOKIEL, PIOTR MONIEWSKI

*Warunki gromadzenia i drenażu
oraz kierunki ochrony zasobów wód podziemnych
w strefie podmiejskiej Łodzi
na przykładzie zlewni Dzierżąznej*

Hydrogeological conditions and groundwater protection
in the Dzierżazna drainage basin

W artykule przedstawiono stosunki hydrogeologiczne w małej zlewni położonej w strefie podmiejskiej Łodzi. Omówiono je na tle warunków hydrogeologicznych obszaru podłódzkiego, gdzie wody podziemne odgrywają szczególną rolę nie tylko jako element przyrodniczy, ale są także ważnym źródłem zaopatrzenia w wodę aglomeracji miejskiej Łodzi.

Zaprezentowano podstawowe właściwości użytkowych poziomów wodonośnych, występujących w północnej części aglomeracji łódzkiej, w tym m. in.: miąższość, głębokość i charakter wodonośców, wodoprzewodność poziomów użytkowych oraz stopień ich zagrożenia. Przedstawiono też podział na jednostki hydrogeologiczne.

Szczegółowe rozpoznanie przeprowadzono na obszarze zlewni badawczej Zakładu Hydrologii i Gospodarki Wodnej Uniwersytetu Łódzkiego. Badania dotyczyły nie tylko zagadnień tła hydrogeologicznego obiegu wody na tym terenie, ale także jego zmian wynikających z przechodzenia zlewni ze stanu agrarnego w fazę wczesnej urbanizacji. Wskazano również na zagrożenia związane z tym procesem – zarówno w aspekcie wielkości zasobów wód podziemnych, jak i ich jakości.

Uwagi wstępne

Na międzynarodowej konferencji, poświęconej problemom rozwoju i ochrony środowiska (Rio de Janeiro – 1992), nakreślono ogólne zasady zrównoważonego rozwoju i przyjęto je za podstawę działań społecznych i gospodarczych w XXI w. Rozdział 18. *Dokumentów końcowych* tej kon-

ferencji dotyczy m. in. zasad gospodarowania szeroko pojmowanymi zasobami wodnymi. Wynika z niego, że kryteria zrównoważonego rozwoju powinny być stosowane nie tylko w odniesieniu do złożonych i wielozadaniowych systemów hydrograficznych, obejmujących państwa oraz wielkie dorzecza i regiony, ale również, a może przede wszystkim, na szczeblu lokalnym, a więc w obrębie małych zlewni i podstawowych jednostek administracyjnych.

Podstawowym celem strategicznym gospodarki wodnej w Polsce jest zaspokajanie uzasadnionych potrzeb wodnych ludności. Należy jednak podkreślić, że cel ten musi być realizowany zgodnie z wymogami zrównoważonego rozwoju, a więc przy zminimalizowaniu kosztów ekonomicznych i społecznych oraz zapewnieniu obecnym i przyszłym pokoleniom zachowania przyrodniczych walorów środowiska.

To złożone zadanie musi być oczywiście prowadzone etapowo, poprzez szereg kroków podejmowanych na różnym poziomie szczegółowości, i przy zróżnicowanym zasięgu przestrzennym: od skali globalnej do lokalnej.

W scenariuszu tym, jak i w całej gospodarce wodnej naszego kraju, wody podziemne odgrywają szczególną rolę, choć oczywiście ich znaczenie jest wysoce zmienne przestrzennie. Planuje się m. in., że w niedalekiej przyszłości, wody te będą przeznaczane niemal wyłącznie do zaspokajania potrzeb ludności, a tylko wyjątkowo do hodowli, przemysłu oraz usług, i to wyłącznie w sytuacjach wymagających wód bardzo wysokiej jakości (temat ten podjęto już w obowiązującym dziś *Prawie wodnym*). Wody podziemne mają być więc traktowane jako cenna rezerwa, uruchamiana w sytuacjach szczególnych, np. w celu zamortyzowania efektów zmian pogodowych i klimatycznych, klęsk ekologicznych lub awarii innych źródeł czy systemów zaopatrzenia w wodę. Samo dobywanie wód podziemnych poddane będzie przy tym bardzo surowym rygorom.

Dzisiejszy kształt i znaczenie Łodzi i całej aglomeracji łódzkiej w dużym stopniu zawdzięczamy występowaniu pokaźnych zasobów wód podziemnych w kredowej niecce łódzkiej. To one, praktycznie na każdym etapie rozwoju miasta, stanowiły podstawę zaopatrzenia niemal wszystkich użytkowników i do dziś są dobrem, bez którego nie może obyć się nie tylko miasto, ale i cały region.

Trwająca jednak ponad 140 lat intensywna, a czasami nawet rabunkowa eksploatacja różnych, użytkowych poziomów wodonośnych w Łodzi i w jej otoczeniu doprowadziła w konsekwencji do rozwoju lokalnych lejów depresyjnych, a w późniejszym okresie – do powstania, szczególnie w piętrze górnokredowym, głębokiej depresji o zasięgu regionalnym. Towarzyszyło temu zmniejszenie się zasobów w piętrach czwartorzędowym i trzeciorzędowym, przy czym w pierwszym przypadku, w płytkich i nie izolowanych od góry poziomach doszło także do wielkoobszarowego zanieczyszczenia wód podziemnych.

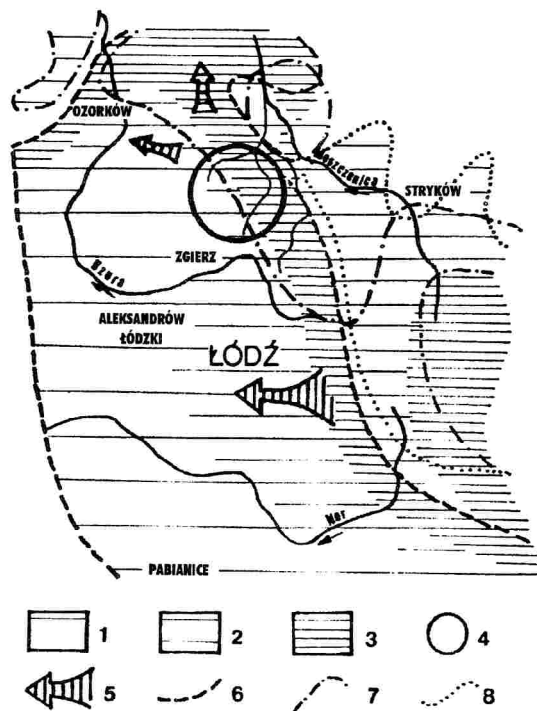
Podjęte pod koniec lat sześćdziesiątych i kontynuowane nadal działania techniczne i prawne doprowadziły już dziś do poprawy warunków ciśnieńowych w złożu i stopniowej odbudowy zasobów w górnej kredzie. Nieco więcej problemów przysparza natomiast odbudowa i poprawa jakości wód płytkich, związanych z utworami czwartorzędu. W obrębie stref miejskich Łodzi, Zgierza i Pabianic, wobec ogromnych, antropogenicznych zmian w podłożu (przemieszanie osadów – powstanie gruntów antropogenicznych, fundamenty budynków, cała podziemna infrastruktura miast, wielkoobszarowe skażenie gleb) i w pokryciu terenu (wzrost udziału powierzchni nieprzepuszczalnych, ograniczenie infiltracji itp.), może to być nawet niemożliwe.

Wobec powyższego, coraz cenniejsze stają się zasoby płytkich wód podziemnych występujące nadal na przedmieściach miast i w otulinie aglomeracji łódzkiej. Ich monitoring i ochrona muszą zyskać większą rangę niż dotychczas. Niezależnie bowiem od perspektyw rozwoju aglomeracji i przyszłych rozwiązań w zakresie zaopatrzenia jej w wodę, płytkie poziomy w osadach czwartorzędowych nadal będą odgrywały ogromną rolę w regionalnym bilansie wodnym, w podtrzymaniu przepływu w rzekach regionu, a także w lokalnych systemach zaopatrzenia w wodę. Będą one także, a może przede wszystkim, niezastąpionym czynnikiem służącym utrzymaniu, choćby paranaturalnych, walorów środowiska na terenach otaczających zespół miejski Łodzi.

Użytkowe poziomy wodonośne w północnej części strefy podmiejskiej Łodzi

Na przeglądowej mapie *Głównych zbiorników wód podziemnych* w Polsce (skala 1:500 000), opracowanej pod kierunkiem A. Kleczkowskiego (1990), wydzielono 180 głównych zbiorników wód podziemnych [dalej: **GZWP**]. Zajmują one łącznie 52% powierzchni kraju i są podstawowymi jednostkami w planowaniu i realizacji strategicznych celów gospodarowania i ochrony zasobów wód podziemnych w naszym kraju.

W okolicach Łodzi najważniejszą rolę odgrywają GZWP związane ze strukturą i utworami kredowej niecki łódzkiej oraz osadami górnej jury: szczelinowo-porowy i porowy oraz szczelinowo-krasowy (rys. 1). Wody tych zbiorników uznano za czyste i bardzo czyste, a ich zasobność (wyjawszy zdepresjonowane piętro górnej kredy) jest dość duża.



Rys. 1. Główne zbiorniki wód podziemnych [GZWP] w regionie łódzkim: 1 – obszary bardzo czystych wód w GZWP; 2 – obszary wysokiej ochrony GZWP; 3 – obszary najwyższej ochrony GZWP; 4 – zlewnia badawcza Zakładu Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ; 5 – kierunki przepływu wody w GZWP; 6 – granice GZWP w ośrodkach szczelinowym i szczelinowo-porowym; 7 – granice GZWP w ośrodku szczelinowo-krasowym; 8 – granice GZWP w ośrodku porowym

Fig. 1. The major groundwater basins [GZWP] in the Łódź region: 1 – areas of very clean water in GZWP; 2 – high protection areas of the GZWP; 3 – areas of the highest protection of the GZWP; 4 – explored drainage basin of the Łódź University Department of Hydrology; 5 – water flow direction in the GZWP; 6 – GZWP boundaries in the fissured and porous media; 7 – GZWP boundaries in the fissured-karstic medium; 8 – GZWP boundaries in the porous medium

Mapa ta prezentuje również, wyznaczone nie bez problemów merytorycznych i metodycznych, obszary najwyższej ochrony [ONO] i obszary wysokiej ochrony [OWO] wód podziemnych, a także stopień zagrożenia zasobów wodnych poszczególnych GZWP. Dodajmy, że łączna powierzchnia wszystkich ONO i OWO stanowi odpowiednio: ok. 10% i 20% terytorium kraju.

Z omówionego wyżej opracowania wynika też, że w okolicach Łodzi chroniony winien być praktycznie cały obszar kredowej niecki łódzkiej (OWO). Szczególną ochroną należy przy tym objąć tereny, znajdujących się pod płaszczem osadów czwartorzędowych, wschodni wodonośnych utworów kredowych, występujące na wschodnim skrzydle niecki (ONO) – rys. 1.



Rys. 2. Jednostki hydrogeologiczne w północnej części aglomeracji łódzkiej (oprac. na podstawie: *Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000*, arkusz Łódź): ♦ Regiony i rejon hydrogeologiczne: X – region kutnowsko-tomaszowski (X_B – rejon Rogóżna; X_C – rejon Kutna); XI – region łódzki (XI_B – rejon Łodzi-Zgierza; XI_C – rejon Ozorkowa); ♦ Potencjalna wydajność typowej studni: 1 – 10–30 m³/h; 2 – 30–70 m³/h; 3 – 70–120 m³/h; ♦ Inne oznaczenia: 4 – granice regionów hydrogeologicznych; 5 – granice rejonów hydrogeologicznych; 6 – zasięg regionalnej depresji w piętrze górnokredowym; 7 – dział wodny zlewni badawczej Zakładu Hydrologii i Gospodarki Wodnej

Fig. 2. The hydrogeological units in the northern part of the Łódź agglomeration (compiled after: *The hydrogeological map of Poland 1:200 000*, sheet Łódź): ♦ Hydrogeological regions and areas: X – the Tomaszów-Kutno region (X_B – Rogóżno area; X_C – Kutno area); XI – the Łódź region (XI_B – Łódź-Zgierz area; XI_C – Ozorków area); ♦ The potential output of the typical well: 1 – 10–30 m³/h; 2 – 30–70 m³/h; 3 – 70–120 m³/h; ♦ Other signs: 4 – boundaries of the hydrogeological regions; 5 – boundaries of the hydrogeological areas; 6 – range of the regional depression in the upper Cretaceous formation; 7 – watershed of the Department of Hydrology and Water Management explored drainage basin

Północna część otuliny aglomeracji łódzkiej znajduje się w zasięgu dwu dużych regionów hydrogeologicznych: kutnowsko-tomaszowskiego (X) i łódzkiego (XI) – rys. 2. Jednostkami niższego rzędu są tu rejon hydrogeologiczne. Wydzielono je, biorąc za podstawę występowanie lub absencję najważniejszych użytkowych poziomów wodonośnych – poczynając od piętra jurajskiego, a kończąc na czwartorzędowym.

Spśród jednostek składających się na region kutnowsko-tomaszowski występują tu dwa rejon: Kutna-Łęczycy (X_C) i Rogóżna (X_B). Region łódzki tworzą natomiast rejon: Zgierza-Łodzi (XI_B) oraz Ozorkowa (XI_C).

Zlewnia badawcza Zakładu Hydrologii i Gospodarki Wodnej UŁ, niemal w całości położona jest w obrębie rejonu Zgierza–Łodzi, a więc w łódzkim regionie hydrogeologicznym. Podstawowe, użytkowe poziomy wodonośne występują tu w utworach dolnej i górnej kredy oraz w czwartorzędzie. Tylko lokalnie eksploatowane są także wody piętra trzeciorzędowego.

Wydajności typowych studni wierconych w północnej części strefy podmiejskiej aglomeracji łódzkiej są dość zróżnicowane; od 10 do powyżej 100 m³/h. Na obszarze zlewni Dzierżąskiej przeważają wydatki średnie: od 30 do 70 m³/h. Tylko w jej środkowej i południowej części wydajności mogą być większe i przekraczać 70 m³/h (rys. 2).

W obrębie osadów dolnej kredy najważniejszą rolę hydrogeologiczną odgrywają uszczelinione piaskowce albu, o miąższości ok. 150 m. Występują one na głębokościach: od kilkudziesięciu metrów – na skrzydłach niecki łódzkiej, do ponad 1200 m – w rejonie jej osi. Na obszarze zlewni badawczej i w jej bezpośrednim sąsiedztwie poziom ten nie jest eksploatowany i znajduje się znacznie poniżej strefy retencji czynnej.

Największe znaczenie w regionie łódzkim mają jednak wody podziemne piętra górnokredowego. Są to zwykle dobrej jakości wody szczelinowe, występujące w utworach węglanowych (wapienie, margle, opoki). Z wyjątkiem cenomanu, wodonośne są praktycznie wszystkie występujące tu piętra stratygraficzne górnej kredy.

Najsilniej zawodniona jest stropowa część tego górotworu, natomiast ze wzrostem głębokości, szczelinowatość i wodonośność skał maleje. Na głębokości ok. 400 m poniżej stropu górnej kredy szczeliny praktycznie zanikają.

Ze względu na intensywną eksploatację, piętro górnokredowe jest jednak w obrębie aglomeracji silnie zdepresjonowane. Orientacyjny zasięg depresji regionalnej zaznaczono na rys. 2. Warto podkreślić, że głębokość i zasięg tego leja w ciągu ostatnich 20 lat znacznie się zmniejszyły. W centrum depresji łódzkiej zwierciadło podniosło się o ponad 30 m, co spowodowało ponowne „nawodnienie” stropowej części górotworu i wzrost ciśnienia hydrostatycznego. Jak już wspomnieliśmy, odbudowa poziomu górnokredowego jest m. in. wynikiem zdecydowanych działań technicznych i prawnych władz, a także służb ochrony środowiska Łodzi i województwa.

W podłożu zlewni Dzierżąskiej lustro wody poziomu górnokredowego występuje na rzędnej 130–140 m n.p.m., przy czym w południowej części jej obszaru jest ono dziś nadal położone o kilka do kilkunastu metrów niżej w stosunku do stanu pierwotnego.

Na obszarze tym wody górnokredowe są dziś eksploatowane tylko w dwu ujęciach. Natomiast w bezpośrednim sąsiedztwie zlewni znajduje się

jeszcze kilka studni lub zespołów studni ujmujących wody tego piętra wodonośnego (np. studnie na terenach miejskich Zgierza).

Przykładem ujęć czerpiących wodę z poziomu górnokredowego są dwa otwory wydrążone na potrzeby wodociągu miejskiego w Zgierzu przy ulicy Ciosnowskiej. Znajdują się one na granicy zabudowanego obszaru miasta, niemal na dziale wodnym zlewni Dzierżaznej. Spąg warstwy wodonośnej występuje tu na głębokości 180 m p.p.t., a strop – na 117–108 m p.p.t. Zwierciadło wody ma charakter naporowy i stabilizuje się na rzędnej ok. 136 m n.p.m. i głębokości 70–77 m p.p.t. Zasoby wodne oceniono tu na ok. 7200 m³/d, a wydajność maksymalna obu otworów wynosi ok. 350 m³/h. Dobywane tu wody wprowadzane są do sieci wodociągowej Zgierza, a po zużyciu i oczyszczeniu – zrzucające do Bzury.

W okolicach Słowika (tuż przy północno-zachodnim fragmencie działu wodnego zlewni) poziom górnokredowy nawiercono na rzędnej 112 m n.p.m., a napięte zwierciadło wody podziemnej ustabilizowało się na 139 m n.p.m. Otwór ten sięgnął do głębokości 50 m. Wydajność studni zbudowanej tu dla potrzeb wodociągu wiejskiego wynosi ok. 61 m³/h.

Podobnie, jak w przypadku piętra dolnej kredy, również wody poziomu górnokredowego, choć odgrywają istotną rolę w gospodarce wodnej Łodzi i jej strefy podmiejskiej, nie mają na terenie zlewni większego znaczenia w naturalnym obiegu wody i w lokalnym bilansie wodnym. Należy jednak podkreślić, iż ewentualne uruchomienie tu w przyszłości większej liczby ujęć czerpiących wodę z poziomów kredowych, a co za tym idzie – również kolektorów zrzucających wody zużyte do miejscowej sieci hydrograficznej (np. przy okazji budowy infrastruktury związanej z powstawaniem i eksploatacją autostrady, czy też w związku z urbanizacją i uprzemysłowieniem tego obszaru) spowoduje, że w lokalnym obiegu znajdzie się dodatkowa ilość wód (oby oczyszczonych) pochodzących ze strefy retencji biernej. Podobny efekt może oczywiście wywołać zrzut wód pobranych poza terenem zlewni.

Północny fragment strefy podmiejskiej Łodzi, a w szczególności obszar zlewni Dzierżaznej, niemal w całości położony jest w obrębie OWO, przy czym znaczną jego część zaliczono do strefy ONO (rys. 1). Są to więc tereny szczególnie ważne – zarówno z punktu widzenia formowania się zasobów wodnych kredowej niecki łódzkiej, jak też ich ochrony przed szcerpaniem i zanieczyszczeniem.

Z uwagi na stosunkowo niskie zasoby, wody podziemne piętra trzeciorzędowego nie są eksploatowane na obszarze zlewni Dzierżaznej, mimo że nawiercono je lokalnie w podłożu czwartorzędu, głównie w piaskach i mułkach miocenu.

Północną część strefy podmiejskiej aglomeracji łódzkiej pokrywa zwarty płaszcz osadów czwartorzędowych. Ich grubość jest jednak dość zmienna:

od kilkudziesięciu centymetrów w rejonie wysadów solnych Rogóżna, do prawie 150 m w Zgierz. Ocenia się, że przeciętna miąższość serii czwartorzędowej wynosi się na omawianym terenie od 40 do 70 m (Klatkowska 1993).

Czwartorzęd jest tu reprezentowany głównie przez osady plejstocenijskie. Utwory holocenu mają stosunkowo niewielkie rozprzestrzenienie i miąższości. Towarzyszą one zwykle dolinom rzecznych, przy czym miąższość aluwii nie przekracza kilkunastu metrów.

Charakterystyczną cechą osadów plejstocenijskich jest ich duża zmienność litofacyjna – i to zarówno w poziomie, jak i w pionie. Kompleks tych osadów składa się zwykle z naprzemianlegle ułożonych, różnowiekowych glin zwałowych, piasków i żwirów fluwioglacjalnych, mułków i mułów zastoiskowych oraz piasków lodowcowych i rzecznych. Ten dość skomplikowany układ jest przy tym dodatkowo zaburzony w wyniku czasowej zmienności natężenia i charakteru procesów sedymentacyjnych i erozyjnych, oraz wskutek szeroko pojmowanej glacytektoniki.

Konsekwencją zmienności litofacyjnej jest wielopoziomowy charakter zbiornika wód podziemnych piętra czwartorzędowego. Poszczególne poziomy wodonośne wiążą się zwykle z piaskami, żwirami, rzadziej – z mułkami różnego wieku i genezy, zaś warstwami „podtrzymującymi” lub napinającymi ich zwierciadła wód podziemnych są najczęściej gliny, piaski gliniaste, a niekiedy mułki lub ily zastoiskowe.

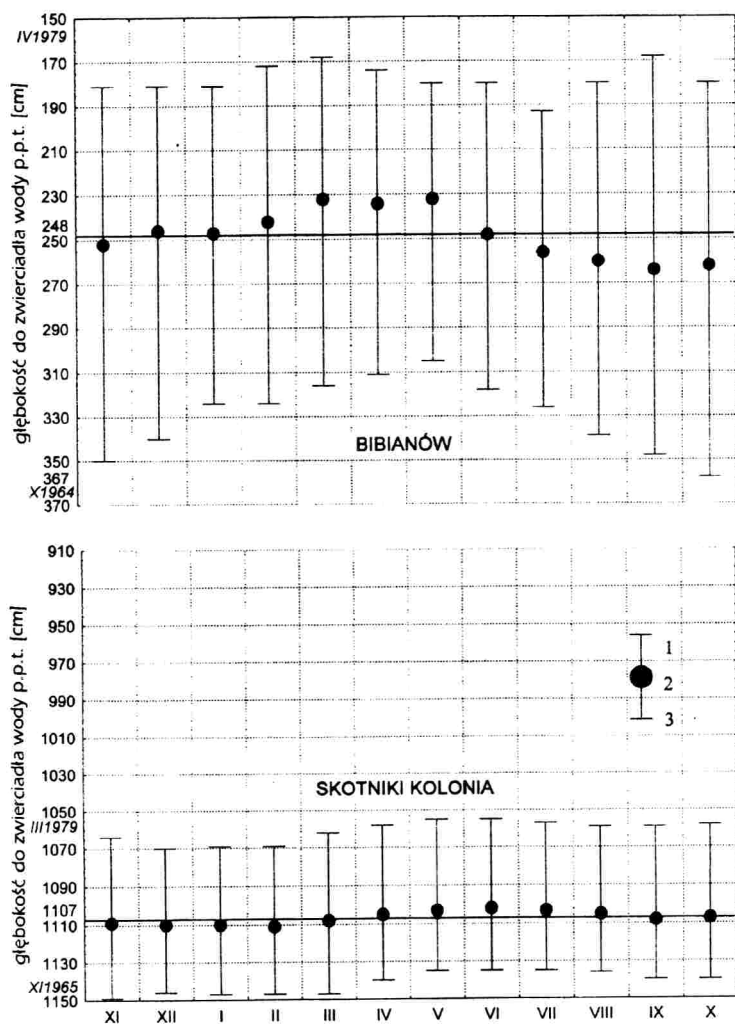
Na obszarze północnego fragmentu otuliny aglomeracji łódzkiej, w osadach czwartorzędu, występują najczęściej dwa poziomy wodonośne, pozostające z sobą w różnym związku hydraulicznym. Pierwszy (naglinowy lub sandrowy) jest płytkim poziomem odkrytym, bezpośrednio lub pośrednio (poprzez wody aluwialne) związanym z siecią hydrograficzną. Zwierciadło wody jest tu swobodne i współkształtne z rzeźbą.

Poziom drugi – międzymorenowy (podglinowy), niekiedy śródmorenowy – występuje głębiej i wiąże się przeważnie z osadami piaszczysto-żwirowymi, rozdzielającymi gliny zwałowe lub formującymi w ich obrębie pakiety i kieszenie piaszczyste. Jest on więc przeważnie izolowany „od góry” przez mniej lub bardziej „szczelny” płaszcz glin lub piasków gliniastych. Jego zwierciadło jest więc lokalnie napięte, a wznios może nawet przekraczać 35 m (Jokiel, Maksymiuk 1993).

Zasoby wodne w obu tych poziomach różnią się dość istotnie, a ponadto są one bardzo zmienne w przestrzeni i w czasie. Większe rezerwy występują oczywiście w poziomie międzymorenowym, przy czym ilość wody nie wykazuje w nim tak dużych wahań sezonowych, jak w przypadku poziomu płytkiego. Poziom głębszy jest dość intensywnie eksploatowany w różnego rodzaju ujęciach i studniach gospodarskich.

Wieloletnie i sezonowe wahania stanów wód w studniach czerpiących wodę z wymienionych poziomów prezentuje rys. 3. Przedstawione diagramy

wykonaliliśmy dla studni znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie zlewni Dzierżanej i charakteryzujących się typową dla tego obszaru dynamiką zmian poziomu zwierciadła wody.

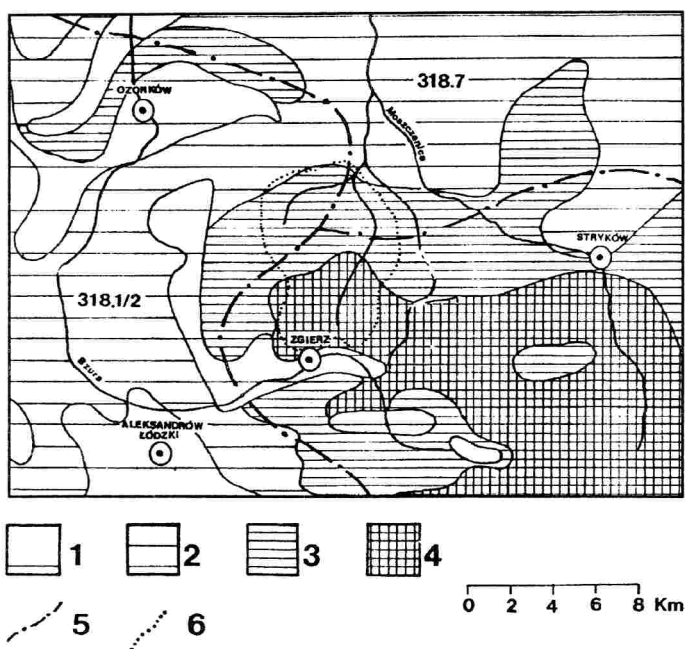


Rys. 3. Sezonowe zmiany stanu wód podziemnych użytkowych poziomów wodonośnych piętra czwartorzędowego w północnej części strefy podmiejskiej Łodzi (okres 1961–1985): 1 – najwyższy, średni miesięczny stan zwierciadła wody podziemnej; 2 – średni miesięczny stan zwierciadła wody podziemnej; 3 – najniższy, średni miesięczny stan zwierciadła wody podziemnej

Fig. 3. Seasonal groundwater level fluctuations of the Quaternary stage useful aquifers in the northern part of the suburban Łódź zone (period 1961–1985): 1 – maximum month mean groundwater level; 2 – month mean groundwater level; 3 – minimum month mean groundwater level

Studnia w Bibianowie czerpie wodę z odkrytego poziomu występującego w piaskach wodnolodowcowych na glinie zwałowej zlodowacenia warty. Profil studni w Skotnikach jest znany tylko do głębokości 4,5 m p.p.t., choć jej dno znajduje się 12,4 m p.p.t. W tym 4,5-metrowym, znanym profilu występują niemal wyłącznie piaski sandrowe. Badania w okolicznych odwiertach wskazują jednak, iż pod wymienioną serią piasków znajduje się zwykle warstwa gliny warciańskiej, pod którą ponownie pojawiają się osady piaszczyste. Ujęty poziom jest więc zapewne zakryty i ma charakter poziomu międzymorenowego.

Najwyższy stan wody w studni w Bibianowie, a więc i największe zasoby w poziomie płytkim pojawiają się zwykle w miesiącach wiosennych – tuż po roztopach. Stany najniższe występują natomiast jesienią – w okresie niżówkowym. Zasoby wodne tego poziomu są więc szybko odnawiane, ale równocześnie szybko ulegają szczypaniu.



Rys. 4. Miąższość wodonosów czwartorzędowych (oprac. na podstawie: *Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000*, arkusz Łódź): ◆ Miąższość wodonosów: 1 – 0–5 m; 2 – 5–15 m; 3 – 15–40 m; 4 – 40 m i więcej; 5 – granice makroregionów fizycznogeograficznych; 6 – dział wodny zlewni Dzierżąnej; ◆ Regiony fizycznogeograficzne: 318.1/2 – Nizina Południowielkopolska; 318.7 – Nizina Środkowomazowiecka; 318.8 – Wzniesienia Południowomazowieckie

Fig. 4. The thickness of the Quaternary aquifers (compiled after: *The hydrogeological map of Poland 1:200 000*, sheet Łódź): ◆ The aquifers thickness: 1 – 0–5 m; 2 – 5–15 m; 3 – 15–40 m; 4 – 40 m and above; 5 – boundaries of the physico-geographical macroregions; 6 – watershed of the Dzierżąna drainage basin; ◆ Physico-geographical regions: 318.1/2 – Południowielkopolska Lowland; 318.7 – Środkowomazowiecka Lowland; 318.8 – Południowomazowieckie Heights

Wahania sezonowe stanu wody w poziomie głębszym (studnia w Skotnikach) są relatywnie mniejsze. Najwyższe położenie zwierciadła wody notowane jest w dwa, trzy miesiące po okresie roztopów. Poziom lustra wody praktycznie nie reaguje na opady letnie, nawet długotrwałe. Minimalne zasoby wodne występują najczęściej zimą. Długi czas reakcji na zasilanie, jak i powolne tempo wyczerpywania się rezerw wskazują na dużą „bezwładność” tego zbiornika, co jest jedną z przesłanek wskazujących na jego rozległość i dużą zasobność.



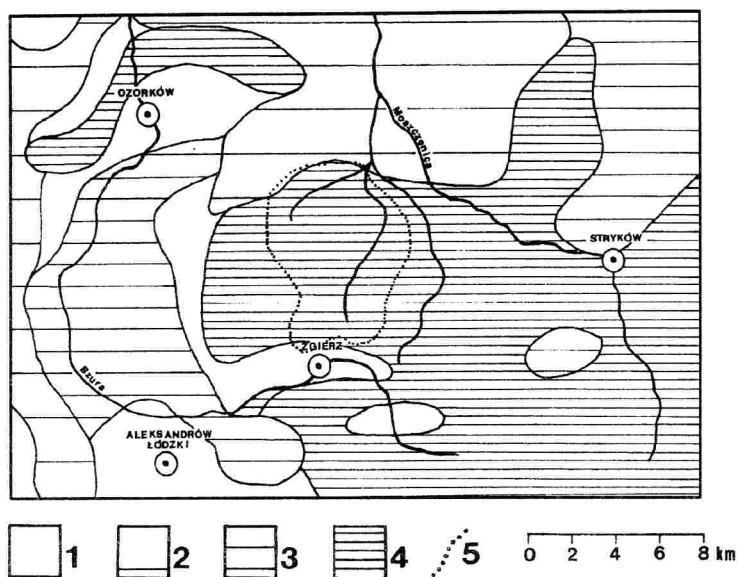
Rys. 5. Głębokość pierwszego poziomu wodonośnego i przepuszczalność utworów powierzchniowych (oprac. na podstawie: *Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000*, arkusz Łódź):
 ◆ Głębokość poziomu wodonośnego: 1 – 0,0–5,0 m; 2 – 5,0–20,0 m; 3 – 20,0 m i więcej;
 ◆ Przepuszczalność utworów powierzchniowych: 4 – osady przepuszczalne; 5 – osady słabo przepuszczalne; 6 – osady bardzo słabo przepuszczalne; 7 – dział wodny zlewni badawczej

Fig. 5. The depth to the first aquifer horizon and the permeability of the surficial deposits (compiled after: *The hydrogeological map of Poland 1:200 000*, sheet Łódź):
 ◆ The depth of the first aquifer horizon: 1 – 0,0–5,0 m; 2 – 5,0–20,0 m; 3 – 20,0 m and above;
 ◆ The permeability of the surficial deposits: 4 – permeable sediments; 5 – slightly permeable sediments; 6 – very slightly permeable sediments; 7 – watershed of the explored drainage basin

Miażdżość wodonośców czwartorzędowych, a upraszczając nieco – udział frakcji piaszczysto-żwirowej w kompleksie czwartorzędu – jest na omawianym terenie bardzo zróżnicowany (rys. 4). Warto przy tym zauważyć, że obszar zlewni Dzierżanej znajduje się w strefie ich podwyższonej grubości: od ponad 40 m w południowej części zlewni, do 15–40 m – w części północnej. Biorąc pod uwagę łączną, średnią miażdżość osadów czwartorzędowych na

tych terenach, łatwo obliczyć, że znacznie ponad połowę typowego profilu pionowego czwartorzędu budują tu utwory potencjalnie wodonośne. To zaś stwarza dogodne warunki do gromadzenia w tym piętrze pokaźnych zasobów wód podziemnych.

Również z punktu widzenia możliwości infiltracji opadów, warunki występujące na obszarze zlewni Dzierżąskiej uznać należy za dobre (rys. 5). Na powierzchni przeważają tu bowiem łatwo przepuszczalne osady piaszczyste i piaszczysto-mułkowe. Jedynie w dolinach rzecznych oraz w północnej i wschodniej części obszaru występują utwory bardzo słabo przepuszczalne. To także sprzyja gromadzeniu, w piętrze czwartorzędowym znacznych zasobów wodnych. Należy jednak podkreślić, że może to również nasilać migrację zanieczyszczeń i stwarzać zagrożenia dla jakości wód podziemnych – zarówno piętra czwartorzędowego, jak i kredowych poziomów użytkowych niecki łódzkiej.



Rys. 6. Wodoprzewodność głównego poziomu czwartorzędowego (oprac. na podstawie: *Mapa hydrogeologiczna Polski 1:200 000*, arkusz Łódź): 1 – 0–20 m²/d; 2 – 20–100 m²/d; 3 – 100–200 m²/d; 4 – 200–300 m²/d; 5 – dział wodny zlewni badawczej

Fig. 6. The water permeability of the major Quaternary aquifer (compiled after: *The hydrogeological map of Poland 1:200 000*, sheet Łódź): 1 – 0–20 m²/d; 2 – 20–100 m²/d; 3 – 100–200 m²/d; 4 – 200–300 m²/d; 5 – watershed of the explored drainage basin

O dużej zasobności podstawowego poziomu czwartorzędowego, na omawianym terenie, świadczy też wysoka wodoprzewodność wodonośców (rys. 6). Na obszarze północnej części aglomeracji jest ona co prawda dość zróżnicowana: od poniżej 20 m²/d do ponad 200 m²/d. Warto jednak

podkreślić, że praktycznie cała powierzchnia zlewni badawczej znajduje się w zasięgu strefy o bardzo wysokiej wodoprzewodności użytkowego poziomu czwartorzędowego ($200\text{--}300\text{ m}^2/\text{d}$).

Liczba i głębokość poziomów wodonośnych piętra czwartorzędowego w otoczeniu Łodzi jest bardzo zróżnicowana przestrzennie. W odniesieniu do zlewni Dzierżąskiej zagadnienie to omówimy szczegółowo w kolejnym rozdziale. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że głębokość występowania poziomu użytkowego na terenach podmiejskich aglomeracji jest bardzo zmienna. Wody podziemne występują tu bowiem zarówno tuż pod powierzchnią gruntu, jak też na głębokościach znacznie przekraczających 20 m p.p.t. (rys. 5).

Na obszarze zlewni Dzierżąskiej funkcjonuje dziś co najmniej dziewięć głębokich studni eksploatujących wody podziemne piętra czwartorzędowego na większą skalę. Znajdują się one w: Dąbrówce, Zgierzu, Dzierżąskiej, Proboszczewicach, Białej i w Rosanowie. Wodę podziemną nawiercono w nich na głębokości: od 16 m p.p.t. w Dzierżąskiej, do prawie 29 m p.p.t. w Rosanowie. Zwierciadło miało charakter swobodny (np. w Rosanowie i w Zgierzu) lub napięty (np. w Dzierżąskiej i w Białej). Lustro wody stabilizowało się na rzędnej: od 133,8 m n.p.m. (Dzierżąska) do 189 m n.p.m. (Zgierz). Głębokości do wody są również zróżnicowane: od 2,4 i 3,7 m p.p.t. w Białej i Dzierżąskiej, do 25 i 28 m p.p.t. w Dąbrówce i w Rosanowie. Wydajności tych ujęć są także zmienne: od $2,7\text{ m}^3/\text{h}$ w Dzierżąskiej do ponad $79\text{ m}^3/\text{h}$ w Dąbrówce Strumianach.

Wyjawszy ujęcia w Zgierzu i w Proboszczewicach, z których wody po zużytkowaniu odprowadzane są poza teren zlewni Dzierżąskiej, łączna wydajność maksymalna pozostałych dużych studni czerpiących wodę z czwartorzędu wynosi ok. $285\text{ m}^3/\text{h}$, czyli $79\text{ dm}^3/\text{s}$. Znaczna część tych wód odprowadzana jest do sieci hydrograficznej zlewni Dzierżąskiej w postaci ścieków (kolektory i rowy ściekowe), wraca do wód podziemnych wskutek infiltracji (szamba i doły chłonne, wylewiska), lub też trafia bezpośrednio do atmosfery – w wyniku procesu parowania terenowego. Procentowy udział poszczególnych form odprowadzania wód zużytych w zlewni na obecnym etapie badań jest niemożliwy do ustalenia.

Wody podziemne strefy aktywnej wymiany w zlewni Dzierżąskiej

Rozpatrując naturalne, odnawialne zasoby wód podziemnych, przywołujemy dość często pojęcie **strefy aktywnej wymiany**. Rozumiemy przez nią: przypowierzchniową, ograniczoną przestrzeń litosfery, w której gromadzone

zasoby wód podziemnych znajdują się pod wpływem drenującego oddziaływania sieci hydrograficznej, w tym: źródeł, jezior, rzek oraz obszarów podmokłych i bezodpływowych, a występujące w niej różnice ciśnień piezometrycznych stwarzają warunki do ich szcerpania (Jokiel 1994). Zauważmy, że w odniesieniu do pojedynczego obiektu hydrograficznego – np. rzeki, pojęcie strefy aktywnej wymiany jest bliskie definicji zlewni podziemnej.

Można jednak dostrzec również różnice np. między zasobami wód podziemnych tak definiowanej strefy aktywnej wymiany a zasobami odnawialnymi tej strefy. Poza strefą znajdują się np. wody, które wskutek specyficznych warunków hydrogeologicznych są „uwięzione” i nie mogą być zdrenowane w wyniku procesów naturalnych, np. drenażu rzecznoego. Jako przykład można tu wskazać, jakże częste na obszarach pokrytych płaszczem osadów polodowcowych, wody zawieszone.

Warto także podkreślić „kaskadowy” charakter strefy aktywnej wymiany. Wody podziemne, które dla niewielkiego cieką są wodami apotamicznymi i nie są przezeń drenowane z powodu np. głębokiego położenia zwierciadła, mogą jednak zasilać jego recypienta lub inną rzekę, których głębokość wcięcia erozyjnego zapewnia wytworzenie gradientu hydraulicznego.

Z rozważań tych jasno wynika, iż ani ocena przestrzennego zasięgu strefy aktywnej wymiany, ani określenie jej zasobów odnawialnych nie są proste i wymagają szczegółowego rozpoznania warunków hydrogeologicznych obszaru oraz skali i charakteru powiązań wód podziemnych z siecią hydrograficzną.

Przeciętną miąższość oraz objętość strefy aktywnej wymiany małej zlewni rzecznej można określić na podstawie średniej różnicy między rzędną terenu i rzędną koryta cieką, który go drenuje, przy czym obliczenia wykonywane są najpierw dla pól między poszczególnymi poziomiami, a następnie ich wyniki są uśredniane (Jokiel 1994).

Stosując powyższą metodę, obliczono przeciętne miąższości stref aktywnej wymiany zlewni Ciosenki i Dzierżanej do ujść oraz całej zlewni Dzierżanej, do wodowskazu w Swobodzie. Miąższości te wynoszą odpowiednio: 14,7, 20,3 i 18,1 m.

Obliczono także objętości stref aktywnej wymiany w wymienionych zlewniach. Są one równe: 0,262 km³ dla Ciosenki; 0,483 km³ dla Dzierżanej i 0,777 km³ dla całej zlewni zamkniętej wodowskazem w Swobodzie. Warto tu zwrócić uwagę na dość dużą różnicę średniej miąższości i objętości strefy czynnej w obu zlewniach cząstkowych. Powiązanie tego faktu z przeciętną miąższością stref aeracji tych dwu zlewni winno dać pogląd na stopień zawodnienia warstwy saturacji oraz pomóc w ocenie sposobu i intensywności zasilania cieków wodami podziemnymi.

Przeprowadzone w lipcu 1998 r. kartowanie hydrogeologiczne ujawniło ukształtowanie zwierciadła wody pierwszego, najpłytszego poziomu wodo-

nośnego. Stwierdzono, że w zlewni Dzierżąskiej głębokość do tego poziomu jest bardzo zróżnicowana (rys. 7). Zawiera się ona w przedziale: od kilkudziesięciu cm do ponad 20 m i w sposób względnie ciągły rośnie wraz ze zwiększaniem odległości od cieków.

Udział obszarów o określonej głębokości do zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego, w stosunku do powierzchni poszczególnych zlewni, zamieszczono w tab. 1. Średnie ważone głębokości w poszczególnych zlewniach cząstkowych i w całym dorzeczu Dzierżąskiej wynoszą odpowiednio: Ciosenka – 7,1 m; Dzierżąska – 10,8 m; cała zlewnia – 9,0 m. Zauważmy przy tym, że prawie 55% zlewni Dzierżąskiej stanowią obszary, na których zwierciadło wody znajduje się na głębokościach większych niż 10 m, natomiast tereny z bardzo płytko występującą wodą podziemną zajmują tylko nieco ponad 4% jej powierzchni.

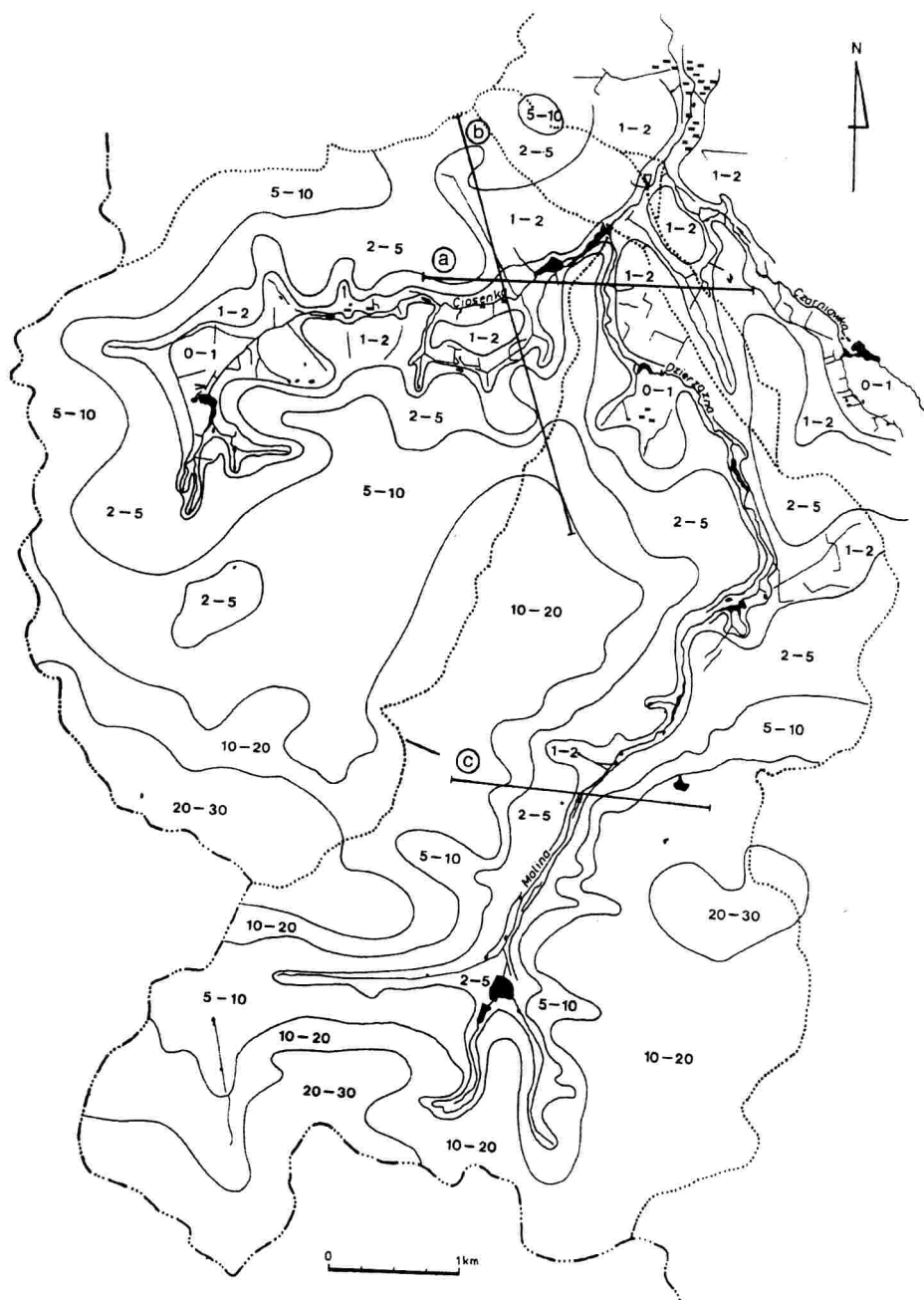
Nieco inaczej przedstawia się sytuacja w zlewni Ciosenki. Blisko 60% jej powierzchni ograniczają hydroizobaty 2 i 10 m, natomiast tylko na 20% jej obszarze zwierciadło wody podziemnej występuje głębiej niż 10 m. Równocześnie dużo większe powierzchnie (8,1%) zajmują tereny okresowo podmokłe (głębokość pierwszego poziomu 0–1 m).

Tabela 1. Powierzchnie między hydroizobatami w poszczególnych zlewniach cząstkowych i w całej zlewni badawczej
Surfaces of zones about given depths of underground water in Dzierżąska drainage basin

Hydroizobata [m]	Powierzchnie między hydroizobatami [%] w zlewniach		
	Ciosenki	Dzierżąskiej	badawczej (Ciosenki, Dzierżąskiej i przyrzecza)
0–1	8,1	4,3	6,4
1–2	12,4	8,3	11,0
2–5	23,2	16,1	19,5
5–10	36,6	16,5	24,5
10–20	12,1	42,6	28,7
20–30	7,6	12,2	9,9
Razem	100,0	100,0	100,0

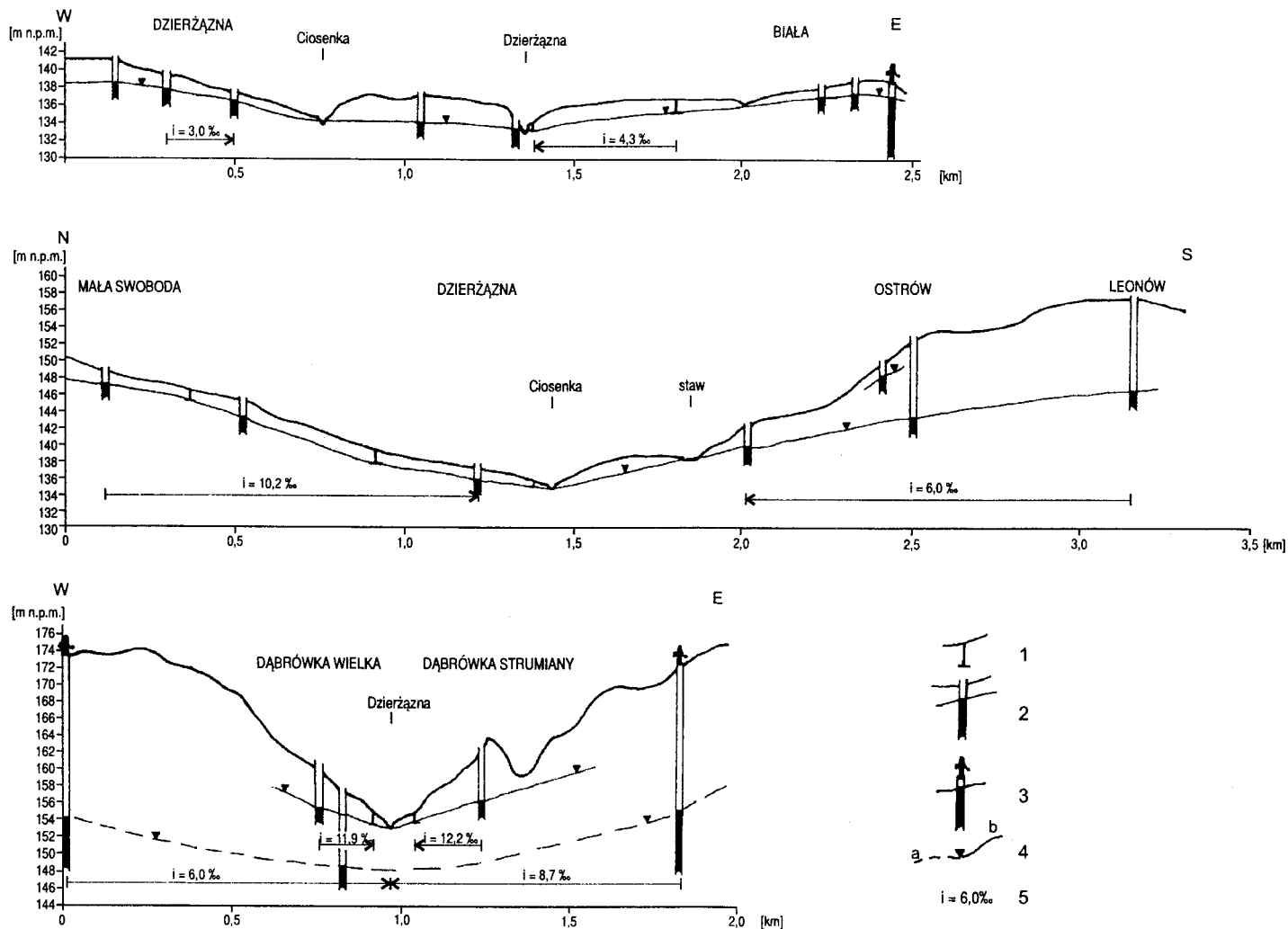
W całej zlewni Dzierżąskiej udział powierzchni o określonej miąższości strefy aeracji jest bardziej wyrównany niż w obu zlewniach cząstkowych. Powierzchnie zakreślone przez poszczególne hydroizobaty stanowią od 6% do ponad 28% jej obszaru.

Porównanie obliczonych wyżej średnich miąższości strefy aktywnej wymiany i odpowiednich średnich głębokości do zwierciadła wody pierwszego poziomu wskazuje, iż we wszystkich trzech zlewniach miąższość warstwy aeracji stanowi blisko połowę łącznej grubości strefy czynnej. Wynika stąd, iż najwyżej połowa całego, drenowanego przez rzeki profilu czwartorzędu może być potencjalnie zawodniona.



Rys. 7. Głębokość do zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego w zlewni Dzierżąznej [m p.p.t.] – zaznaczono linie przekrojów

Fig. 7. The depth to the first aquifer horizon in the Dzierżązna drainage basin [m under ground surface] – cross-section lines been marked



Rys. 8. Przekroje hydrogeologiczne i spadki zwierciadła wody w zlewni Dzierżążnej: 1 – wiercenia; 2 – studnie kopane; 3 – studnie wiercone; 4 – położenie zwierciadła wody (*a* – prawdopodobne; *b* – pewne); 5 – nachylenie zwierciadła wody

Fig. 8. The hydrogeological cross-sections and the groundwater surface gradients in the Dzierżązna drainage basin: 1 – borings; 2 – dug wells; 3 – bored wells; 4 – position of the groundwater horizon (*a* – probable; *b* – certain); 5 – water surface slope

Przeprowadzone badania wskazują, że w strefie aktywnej wymiany całej badanej zlewni występują zarówno płytkie poziomy wierzchówkowe i aluwialne, jak i głębsze wody gruntowe, przy czym te ostatnie mogą mieć charakter zakryty lub odkryty, a ich zwierciadło może być swobodne lub napięte (rys. 8).

Wody aluwialne uchwycone w osadach wypełniających doliny znajdują się zwykle na głębokości: 0–1 m. Poziom ten nawiązuje do rzędnej zwierciadła wody w rzekach, a jego wahania są uzależnione od stanów wody w korytach. Z uwagi na stosunkowo wąskie i głęboko wcięte doliny, poziom aluwialny nie jest tu zwykle w pełni wykształcony, ale tworzy jedynie swego rodzaju „strefę tranzytową”, łączącą wysoczyznowe poziomy wodonośne z korytami cieków. Wyjątkiem jest tu obszar równiny rozlewiskowo-jeziornej, rozciętej doliną Ciosenki, gdzie poziom ten jest rozległy i stanowi kontynuację poziomu uformowanego w osadach sandrowych (rys. 7).

W południowej części zlewni Ciosenki oraz w zachodnim fragmencie zlewni Dzierżąnej stwierdzono istnienie rozległego, zwykle odkrytego poziomu, wykształconego w piaszczysto-żwirowych osadach sandru grotnicko-luźmierskiego. Swobodne zwierciadło wody występuje tu na głębokości od kilku do ponad 20 m. Charakteryzuje się ono nachyleniem rzędu 6‰, a więc niemal dwukrotnie mniejszym od spadku obliczonego dla odkrytego poziomu naglinowego, występującego po drugiej stronie doliny Ciosenki (rys. 8B). Jest to ważną przesłanką wskazującą, iż parametry geofiltracyjne wodonośnych osadów sandrowych są tu doskonałe, a zasobność wykształconego w nich poziomu – znaczna.

Na stokach dolin głębokość zwierciadła wód podziemnych rośnie w kierunku działów wodnych, gdzie przekracza zwykle 10 m, a w niektórych fragmentach zlewni (Proboszczewice, Zgierz, Rozalinów) osiąga nawet 20 m. Zaznaczają się tu jednak wyraźne różnice między dolinami Dzierżąnej i Ciosenki.

W strefie przylegającej do doliny Dzierżąnej, zwłaszcza w jej południowym fragmencie, nachylenia zwierciadła wody pierwszego poziomu wodonośnego są duże i lokalnie przekraczają nawet 12‰ (rys. 8C). Zaznacza się tu również symetria ukształtowania tegoż zwierciadła względem osi doliny. Poziom płytki jest tu jednak nieciągły, a jego zasięg ogranicza się zwykle do wąskiej strefy bezpośrednio przylegającej do jej dna. W obrębie wysoczyzn oraz pagórków moren spiętrzonych i kemów pojawiają się natomiast niewielkie, okresowe soczewki wód wierzchówkowych, zawieszonych na pakietach glin i ilów. Mimo iż znajdują się one w strefie aktywnej wymiany, ich rola w zasilaniu podziemnym rzek i w ogólnym bilansie wodnym zlewni jest znikoma, gdyż najczęściej nie są one drenowane przez sieć rzeczną systemu.

Zwierciadło poziomu wodonośnego drenowanego przez Ciosenkę jest w strefie przydolinnej słabiej nachylone. W dolnym jej biegu jego spadek nie przekracza 3‰, a lokalnie – w obrębie międzyczecza obu rzek – jest ono niemal płaskie (rys. 8A). Poziom sandrowy, występujący w południowej części zlewni Ciosenki, jest intensywnie drenowany przez wydajne i stabilne źródła w rejonie Rosanowa i Ciosnow. Więcej szczegółów o tych obiektach znajdzie Czytelnik w kolejnym artykule.

W południowej części zlewni Dzierżanej (rejon Dąbrówki-Strumiany) stwierdzono również występowanie głębszego, śródmorenowego, poziomu wodonośnego, o znacznie mniejszym spadku zwierciadła. Jest on zwykle zakryty i charakteryzuje się lokalnie napiętym zwierciadłem wody. Przykładem są tu ujęcia wodociągowe dla wsi Dąbrówka Wielka. Wody te nie są bezpośrednio drenowane przez górny odcinek Dzierżanej, choć nie można wykluczyć istnienia tu kontaktów hydraulicznych między poziomem śródmorenowym i gruntowym, a tym samym oddolnego zasilania Dzierżanej wodami poziomu głębszego.

Możliwe są również związki między poziomami wykształconymi w morenach spiętrzonych i poziomem występującym w sandrze grotnicko-luźmierskim, a także z poziomem międzymorenowym. Dodajmy, że zwierciadło wody tego ostatniego, w rejonie Białej, stabilizuje się na głębokości 2,4 m p.p.t. Jest to równocześnie głębokość występowania w tym rejonie lustra pierwszego poziomu wodonośnego. To zaś wskazuje na możliwość zasilania dolnego odcinka Dzierżanej również wodami głębszych poziomów wodonośnych, w tym poziomu międzymorenowego.

Zakończenie

Budowa geologiczna należy do najbardziej zmiennych przestrzennie warunków środowiska geograficznego, nawet na małym obszarze. Bezpośrednią tego konsekwencją jest oczywiście ogromna zmienność stosunków hydrogeologicznych, zwłaszcza że zależą one także od pozostałych składników środowiska, w tym od rzeźby, klimatu i hydrografii.

W trakcie swej wędrówki wody podziemne przemieszczają się z jednego środowiska geologicznego do innego, a także, i to różnymi drogami, opuszczają je, przechodząc do sąsiednich ogniw krążenia, np. do atmosfery, biosfery czy pedosfery. Każdy odcinek tej drogi posiada sobie tylko właściwe cechy, które odciskają swoje piętno na reżimie przemieszczającej się tam wody. Kiedy na trasie tej wędrówki pojawiają się wytwory działalności człowieka, bądź procesy przez niego stymulowane, szlak może się zmienić, nawet bardzo istotnie. Zachwianiu ulega wówczas równowaga hydrodynamicz-

na w całym środowisku, co rodzi często wysoce niepożądane skutki ekologiczne i gospodarcze.

Zadaniem współczesnej hydrologii musi być więc nie tylko identyfikacja i modelowanie naturalnych czy też paranaturalnych stosunków hydrogeologicznych i reżimu wód podziemnych, ale także, a na niektórych już obszarach nawet przede wszystkim, pożądanym jest ich stały monitoring, połączony z rejestrowaniem zmian zachodzących współcześnie. Badania takie powinny też umożliwiać stawianie prognoz i opracowywanie alternatywnych scenariuszy zmian stosunków hydrogeologicznych, które mogą zaistnieć w wyniku zmian zachodzących współcześnie w wektorze czynników naturalnych i antropogenicznych.

Badany fragment strefy podmiejskiej Łodzi jest właściwie typowym przykładem obszaru znajdującego się w okresie przejściowym – od stanu agrarnego do fazy wczesnej urbanizacji. Zatem i stosunki wodne, w tym hydrogeologiczne, wchodzą w okres, w którym „ustalają” się dopiero nowe proporcje w małym obiegu wody. Jego nowy kształt zależy przy tym w równym stopniu od warunków przyrodzonych, jak i od charakteru oraz tempa działań podejmowanych tu przez człowieka. Być może więc kluczem do prawidłowej gospodarki zasobami wodnymi na obszarach podmiejskich jest uświadomienie sobie przez nas własnej roli w ich kształtowaniu i dystrybucji w środowisku.

Literatura

- Bierkowska M., Błaszczyk J., 1989, *Objaśnienia do mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 200 000*, ark. Łódź, Wyd. Geol., Warszawa.
- Jokiel P., 1994, *Zasoby, odnawialność i odpływ wód podziemnych strefy aktywnej wymiany w Polsce*, Acta. Geogr. Lodz., 66–67 [ŁTN, Łódź].
- Jokiel P., Maksymiuk Z., 1993, *Komentarz do mapy hydrograficznej w skali 1 : 50 000*, ark. Łódź, Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Klatkowska H., 1993, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1 : 50 000*, ark. Zgierz, Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- Kleczkowski A. S. (red.), 1990, *Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony*, Inst. Hydrogeol. i Geol. Inż. AGH, Kraków.

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej
Uniwersytetu Łódzkiego

Praca wykonana w ramach
projektu KBN 6P04E 041 19

Summary

This article discusses water conditions of a small drainage basin situated in suburban area of Łódź. The problems have been discussed against the background of the hydrogeological conditions of this area, where ground waters play a very important role not only as the component of nature but also as an important source of water supply for the Łódź urban agglomeration.

The figures 1, 2, 4, 5, 6 represent the basic properties of the useful aquifers occurring in the northern part of the Łódź agglomeration including among others thickness, depth and the character of aquifers, permeability, and the degree of exposure of the useful aquifers. Apart from this, a division into hydrogeological units has been presented in it, too.

In the active change zone of drainage basin explored by the Łódź University Department of Hydrology and Water Management there are only waters of the Quaternary deposits horizon. The fig. 7 shows a space layout their water – table.

At last 2 water horizons in the Quaternary deposits have been identified in the explored area, of the two the lower one is locally under hydrostatic pressure (fig. 8). These horizons are intensively exploited and because of the frequent lack of isolation they are in danger of contamination.

The presented article is based on the introductory results of the research carried out on the water cycle and water balance in the drainage basin of the area, where water conditions are subject to changes as the result of antropopression.

Translated by MAREK WALISCH