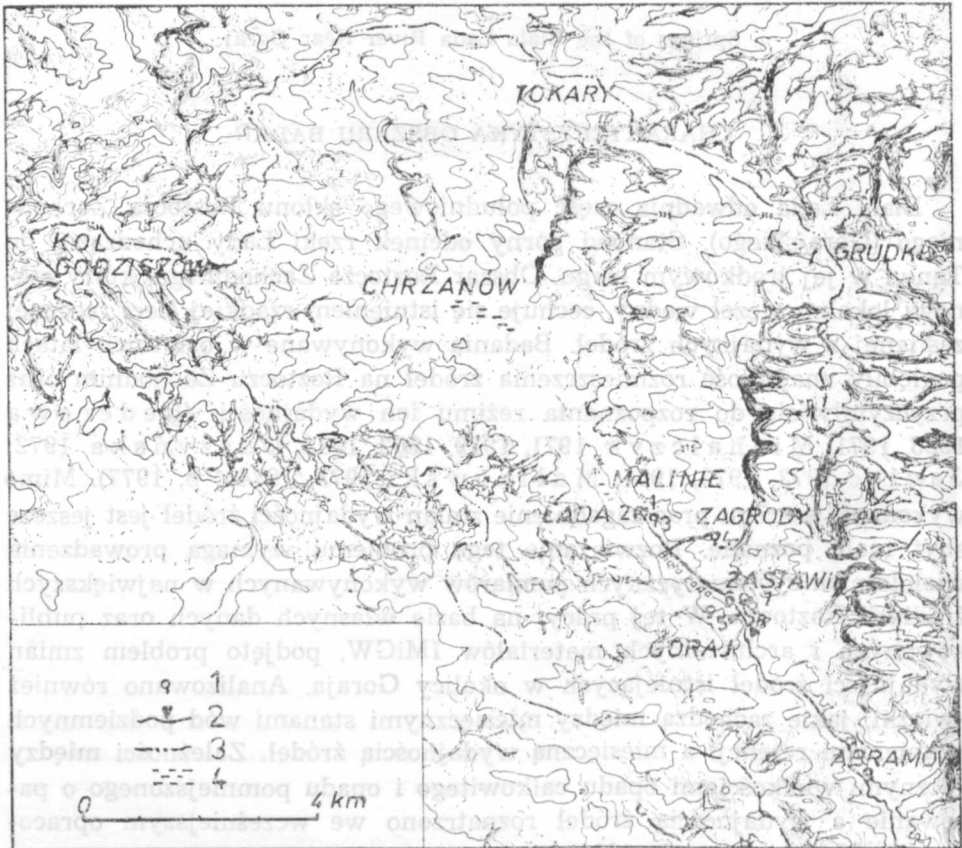




opokach kampanu miocenne wapienie detrytyczne, rafowe, litotamniowe i zlepiące (Areń 1959, 1962; Brzezińska 1961). Węglanowe osady górnej kredy i miocenu pokryte są warstwą utworów plejstocennych. Osady starszego plejstocenu, wykształcone jako piaski, piaski ze żwirami, mułki piaszczyste i gliny, zachowały się na zboczach i w dnach dużych suchych dolin (Buraczyński 1967). Natomiast z młodszego plejstocenu pochodzą osady lessu pokrywające zbocza dolin i wierzchołki warstwą o miąższości 10–20 m. Osady holocenne występują jedynie w dnie doliny Białej Łady.

W rzeźbie roztoczańskiej części dorzecza Łady (ryc. 1) najwyraźniej zaznaczają się zrównania wierzchołkowe silnie rozcięte siecią wąwozów oraz symetryczne suche doliny epizodycznie odprowadzające wody powierzchniowe. Na obu zboczach doliny rzecznej zachowały się małe



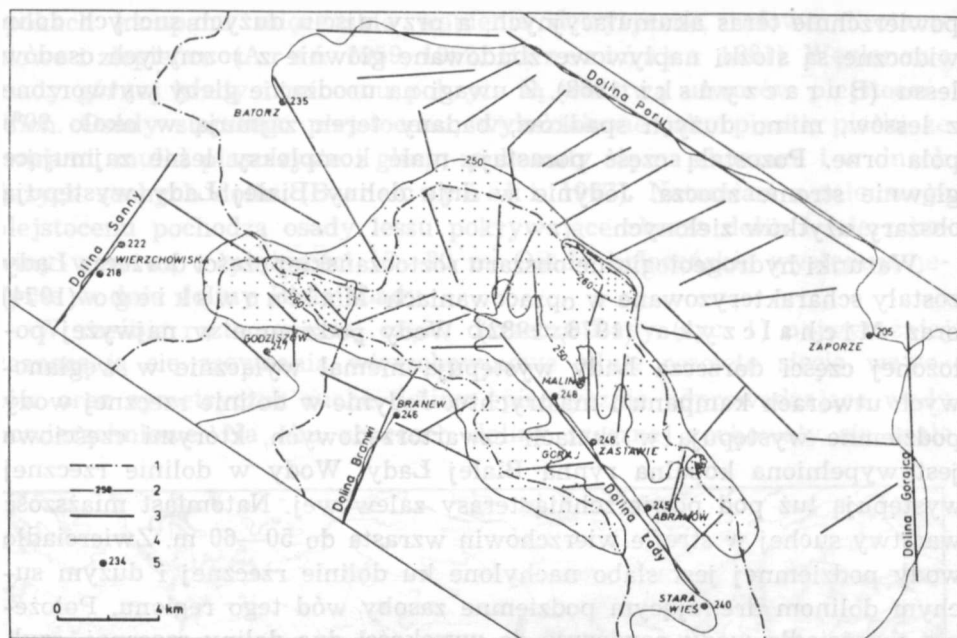
Ryc. 1. Położenie źródeł w okolicy Goraja; 1 — źródło, 2 — rzeka i wodowskaz, 3 — dział wodny, 4 — obszary podmokłe  
Location of spring near Goraj; 1 — spring, 2 — river and water-gauge, 3 — watershed, 4 — wet areas

powierzchnie teras akumulacyjnych, a przy ujściu dużych suchych dolin widoczne są stożki napływowe zbudowane głównie z rozmytych osadów lessu (Buraczyński 1968). Z uwagi na urodzajne gleby wytworzone z lessów, mimo dużych spadków, badany teren zajmują w około 90% pola orne. Pozostałą część porastają małe kompleksy leśne zajmujące głównie strome zbocza. Jedynie w dnie doliny Białej Łady występują obszary użytków zielonych.

Warunki hydrogeologiczne obszaru roztoczańskiej części dorzecza Łady zostały scharakteryzowane w opracowaniach Malinowskiego (1974) oraz Michalczyka (1976, 1982). Wody podziemne w najwyższej położonej części dorzecza Łady występują niemal wyłącznie w węglanowych utworach kampanu i mastrychtu. Jedynie w dolinie rzecznej wody podziemne występują w skałach czwartorzędowych, którymi częściowo jest wypełniona kopalna rynna Białej Łady. Wody w dolinie rzecznej występują tuż pod powierzchnią terasy zalewowej. Natomiast miąższość warstwy suchej w strefie wierzchowin wzrasta do 50—60 m. Zwierciadło wody podziemnej jest słabo nachylone ku dolinie rzecznej i dużym suchym dolinom drenującym podziemne zasoby wód tego regionu. Położenie zwierciadła wody nawiązuje do wysokości dna doliny rzecznej, czyli do lokalnej bazy drenażu. Wody podziemne w górnej części dorzecza Łady występują na wysokości 245—250 m n.p.m. Pod obszarami wierzchowin zwierciadło wód podziemnych występuje 5—10 m wyżej. Jedynie lokalnie w strefie działów wodnych zwierciadło wody poziome kredowego spotyka się na wysokości 260—265 m n.p.m.

Porównując wysokość występowania zwierciadła wody w utworach kredowych całego Rostocza Zachodniego stwierdza się najwyższe występowanie wód w obszarze dorzecza Łady. W sąsiednich terenach wody występują na podobnych wysokościach tylko w pobliżu działu wodnego (ryc. 2). Na przykład w dorzeczu Poru wody podziemne występują na wysokości 230—250 m n.p.m., a w dorzeczu Sanny 220—250 m n.p.m. Wysokości przekraczające 250 m n.p.m. związane są tylko ze zlewnią Białej Łady i wąskim pasem ciągnącym się wzdłuż działu wodnego z sąsiednimi dorzeczami. Duże różnice w położeniu zwierciadła wody oraz odmienne wysokości występowania źródeł w sąsiednich dorzeczach wskazują na tektoniczne uwarunkowanie krążenia wód podziemnych. Najwyższe położenie wody w dorzeczu Łady może mieć swoje konsekwencje w postaci podziemnego odpływu wód do sąsiednich zlewni.

Zwierciadło wód podziemnych obniza się od działu wodnego ku dolinie Łady oraz ku dużym suchym dolinom (ryc. 2). Taki układ zwierciadła wód wiąże się z przebiegiem drenujących szczelin odprowadzających wody podziemne. Przedstawiono także (ryc. 2) schematyczną sieć największych suchych dolin. Prawdopodobnie narysowane linie od-



Ryc. 2. Położenie hydrogeologiczne roztoczańskiej części dorzecza Białej Łady; 1 — dział wodny, 2 — hydroizohipsy, 3 — doliny (linie spękań), 4 — sieć rzeczna, 5 — źródła i ich położenie w m n.p.m.

Hydrogeologic location of the Roztocze fragment of the Biała Łada drainage basin; 1 — watershed, 2 — hydroisohypses, 3 — valleys (crack lines), 4 — river network, 5 — springs and their altitude in metres a.s.l.

powiadają głównym spękaniami tego obszaru. Zwierciadło wód podziemnych w sąsiedztwie znacznych linii spękań występuje znacznie niżej niż z dala od nich. Jest to dodatkowa cecha wskazująca na tektoniczne uwarunkowanie występowania wód podziemnych. Duże znaczenie szczelin w krążeniu i w zasobności wód podziemnych obszaru Roztocza Zachodniego stwierdził Malinowski (1974a, b). Istnienie drożnych szczelin zbierających wody z roztoczańskiego poziomu przejawia się w występowaniu źródeł o dużych wydajnościach, często położonych na skrzyżowaniu dwu kierunków spękań.

#### WYSTĘPOWANIE I WYDAJNOŚĆ ŹRÓDEŁ

Pierwsze źródła w dolinie Białej Łady dające początek stałemu strumieniowi występują w okolicy wsi Malinie (ryc. 1). Wyznaczona zlewnia powierzchniowa tych źródeł obejmuje 55 km<sup>2</sup>, a długość suchej doliny powyżej pierwszych wypływów wynosi aż 13,7 km. Powyżej źródeł dających początek Białej Ładzie znajdują się we wsiach Chrzanów i Łada

obszary podmokłe i nieliczne wysięki wody. Według przekazów ludności źródła Białej Łady znajdowały się dawniej pod stromym zboczem, na którym stoi kościół w Chrzanowie.

Poniżej wsi Malinie, pod lewym zboczem doliny Łady (ryc. 1) znajdują się trzy miejsca wypływu wody. Źródła nr 1 i 2 dające początek stałemu biegowi rzeki położone są w dnie doliny w odległości 50 m od jej zboczy. Oba źródła wypływają z nisz o średnicach 5 i 10 m. Obecnie zwierciadło wody, a tym samym i wypływ znajdują się około 0,7 m poniżej powierzchni łąk. Źródło nr 1, będące głównym (największym) wypływem w całym dorzeczu, znajduje się na wysokości 248 m n.p.m. W niszy źródłiskowej, w okresie nie podpiętrzonego przez roślinność wypływu, widocznych jest kilkanaście miejsc (szczelin) odprowadzających wodę. Ujawniły się one po pogłębieniu rowu odprowadzającego wodę, czyli po obniżeniu lokalnej bazy drenażu. Sąsiednie źródło nr 2 wypływające na wysokość 248,3 m n.p.m. ma wydajność kilkanaście l/s. Łączna wydajność obu źródeł, określona na podstawie sporadycznych pomiarów wykonanych w latach 1964—1975, wynosiła od 146 do 222 l/s. Można więc oceniać, że źródło nr 1 zmieniało we wspomnianym okresie wydajność od 130 do 200 l/s. Jest to więc jedno z największych źródeł występujących na Rostoczu i na Wyżynie Lubelskiej.

Jako źródło nr 3 zarejestrowano wypływ spod stromego zbocza lessowego na wysokości 249,8 m. Miejsce wypływu jest niewidoczne, gdyż woda gromadzi się w małym zbiorniku. Źródło funkcjonuje okresowo. Jego pojawianie się i zanikanie związane jest z wahaniami zwierciadła wód podziemnych. Największą jego wydajność (6,4 l/s) zmierzono we wrześniu 1967 r. Po tym okresie ilość odpływającej wody zmniejszała się, aż do całkowitego zaniku odpływu w 1969 r.

Na dnie suchej doliny Grudki-Goraj znajduje się źródło nr 4, którego wydajność wynosi kilkanaście l/s. Obecnie wypływa ono na wysokości 249 m n.p.m. z niszy źródlanej o średnicy 5 m położonej około 0,7 m poniżej powierzchni terasy. Po drugiej stronie doliny, w Goraju przy ulicy Janowskiej, istnieje małe źródło nr 5, wypływające na wysokości 249 m n.p.m. Przed wykonaniem prac melioracyjnych źródło ujęte było kręgiem betonowym. Wydajność jego utrzymywała się na poziomie około 2 l/s. Po wykonaniu rowu odwadniającego wytworzył się w jego górnej części nowy wypływ wody, a wydajność obu źródeł wzrosła do 3—5 l/s.

Łączna wydajność źródeł i wysięków wody występujących powyżej Goraja obliczona została w oparciu o wskazania wodowskazowe. W okresach bezdeszczowych przez profil hydrometryczny IMiGW, założony na Białej Ładzie w Goraju, przepływa tylko woda pochodząca z zasilania podziemnego. Wykonane w 1972 r. prace melioracyjne doprowadziły do obniżenia lokalnej bazy drenażu, czyli wpłynęły na prawdopodobnie

okresowe zwiększenie odpływu z suchej zlewni Białej Łady. W latach 1963—1973 przez profil wodowskazowy w Goraju przepływało 135—250 l/s wody pochodzącej z zasilania podziemnego, która niemal w całości wypłynęła we wspomnianych pięciu źródłach.

Na wysokości Goraja, pod lewym zboczem doliny, we wsi Zastawie, występuje drugi zespół trzech wypływów wody. Źródła usytuowane są w pobliżu stromego zbocza lessowego o wysokości kilkunastu metrów. Źródło nr 6 wypływa z niszy usytuowanej na łące w niewielkiej odległości od zboczy doliny. Wysokość wypływu osiąga 248 m n.p.m. Jego wydajność w 1967 r. wynosiła kilka l/s, w następnych latach zmniejszyła się do 0,5 l/s. Przyczyną zmian wydajności było zanieczyszczenie rowu odprowadzającego wodę, a przez to podwyższony został poziom wypływu. Źródło nr 7 znajduje się w dnie doliny na wysokości 248 m n.p.m. w niewielkiej odległości od jej zbocza. Woda wydostaje się ze szczelin skał kredowych widocznych w dnie niewielkiej niszy źródłiskowej. W 1968 r. w miejscu wypływu wody wybudowano zbiornik betonowy. Po jego wykonaniu woda znalazła sobie nowe ujście, a zbiornik stoi pusty. Przed 1968 r. wydajność źródła wynosiła kilkanaście l/s (maksymalnie nie przekroczyła 21 l/s), w następnych latach ilość wypływającej wody zmniejszała się (aż do wartości poniżej 1 l/s w 1973 r.), w 1975 r. ponownie wzrosła do kilkunastu l/s. Największe źródło tego zespołu nr 8 znajduje się w niszy usytuowanej pod krawędzią lessową. Woda wypływa z kilkunastu szczelin skał kredowych na wysokości 247,5 m n.p.m. Wydajność szczelinowo-warstwowych wypływów występujących na przestrzeni 30 m wynosi od 45 do 125 l/s.

Po połączeniu odpływów z tych trzech źródeł w 1964 r. został założony (przez ówczesny PIHM) wodowskaz. Jak wynika z pomiarów i z analizy materiałów hydrometrycznych, łączna ilość wypływającej wody, mimo wyraźnego zmniejszenia się wydajności dwu najmniejszych źródeł, nie podlegała dużym wahaniom. W latach 1965—1979 minimalna wydajność trzech źródeł nie spadła poniżej 47 l/s, a maksymalna nie przekraczała 150 l/s.

W roztoczańskiej części dorzecza Białej Łady znajduje się jeszcze 26 nizej położonych źródeł, z których największą wydajność mają wypływy w Abramowie i w Starej Wsi (Michalczyk 1976).

#### ZMIANY WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ W LATACH 1964—1979

Wydajność źródeł dających początek Białej Ładzie opracowano na podstawie obserwacji wodowskazowych PIHM w Goraju. Notowania stacji i pomiary przepływu zostały ostatecznie przerwane w 1971 r. W na-

stępnym dwu latach, w ramach prac badawczych Zakładu Hydrografii UMCS, wykonywano comiesięczne pomiary przepływu i niesystematycznie kontrolowano stany wody. Metody opracowania materiałów hydrometrycznych oraz reżim odpływu zostały przedstawione przez Michalczyka (1982). We wspomnianej pracy, obejmującej pomiary wykonane do 1973 r., znajdują się również metodyczne założenia dotyczące opracowania serii danych hydrometrycznych z wodowskazu IMiGW kontrolującego odpływ ze źródeł w Zastawiu. Wydajność źródeł w latach 1974—1979 opracowano podobnie, tzn. konstruowano krzywe konsumcyjne, które były aktualne niekiedy dla bardzo krótkich okresów. Przyczyna częstych zmian relacji stan—przepływ wynika z okresowego zarastania i innych procesów powodujących systematyczne przemodelowanie przekroju zwilżonego (osuwanie zboczy koryta i jego zanieczyszczenie). W tej sytuacji dokładność dobowych przepływów jest mniejsza, a poprawność obliczeń wydajności źródeł uzależniona jest od solidności wykonywanych dwa razy w miesiącu pomiarów przepływu (Rocznik wód podz.). Charakterystyczne wydajności źródeł w Zastawiu (tab. 1) opra-

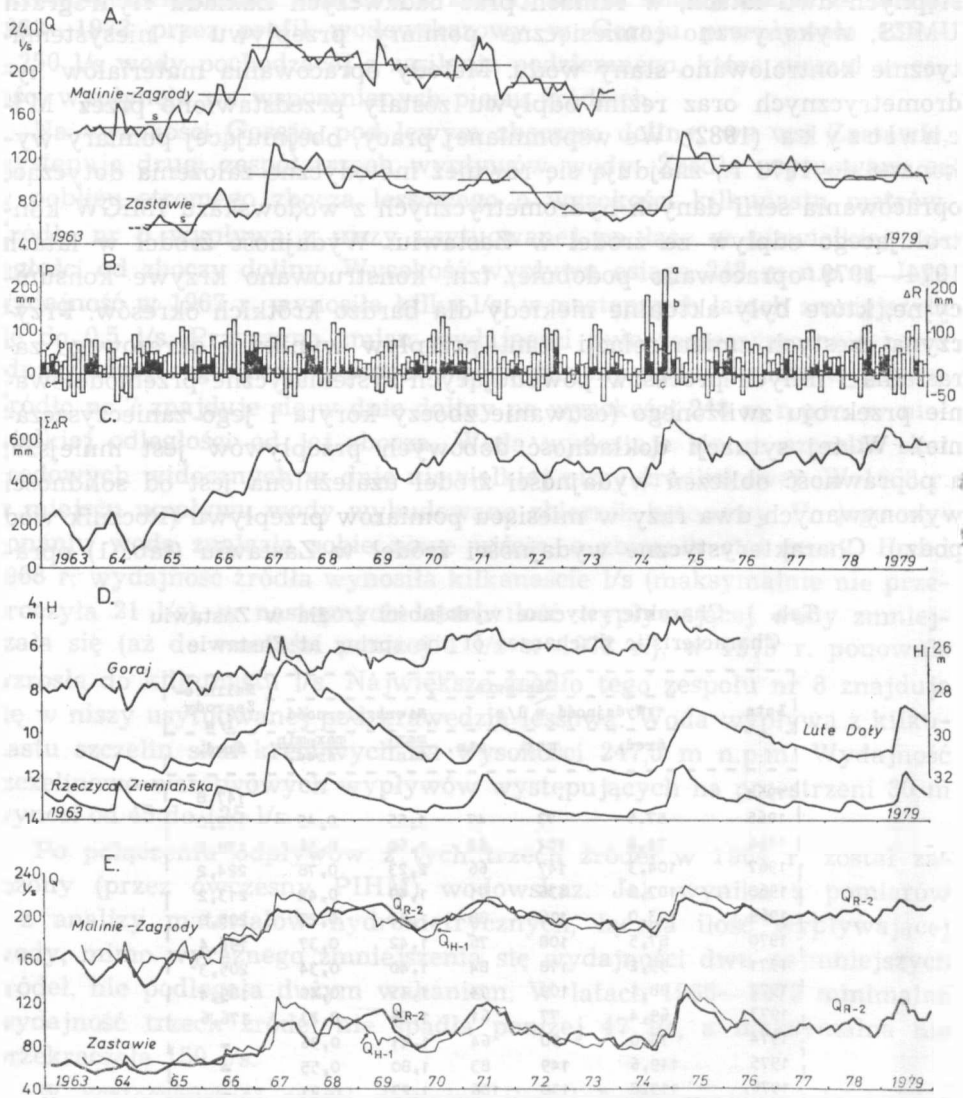
Tab. 1. Charakterystyczne wydajności źródła w Zastawiu  
Characteristic discharges of the spring at Zastawie

Lata	Zastawie			Nieregularność		Malinie-Zagrody
	śred.	max.	min.	max. min.	śred.	śred.
1964						147,8
1965	57,5	73	47	1,55	0,45	153,0
1966	74,8	104	62	1,58	0,56	178,2
1967	104,3	147	66	2,23	0,78	224,2
1968	107,6	136	91	1,49	0,42	213,2
1969	103,0	116	88	1,32	0,27	205,8
1970	87,5	108	76	1,42	0,37	196,4
1971	99,2	118	84	1,40	0,34	205,3
1972	88,1	109	74	1,45	0,40	189,4
1973	69,4	77	61	1,26	0,23	176,6
1974	73,0	90	64	1,41	0,36	-
1975	119,6	149	83	1,80	0,55	-
1976	113,8	130	106	1,23	0,21	-
1977	112,7	121	100	1,21	0,19	-
1978	101,4	110	94	1,17	0,16	-
1979	105,5	123	96	1,28	0,26	-
1965—1979	94,5	149	47	3,17	1,08	189,0*

\* Średnia za okres 1964—1973.

cowane zostały na podstawie dobowych odczytów stanów. Średnie roczne wydajności zespołu źródeł leżących powyżej Goraja w rejonie miejscowości Malinie i Zagrody podano w tab. 1, a średnie miesięczne na ryc. 3A.

Rytm wydajności obu zespołów źródeł wykazują duże podobieństwo



Ryc. 3. Wydajność źródeł, zmiany stanów retencji oraz wahania zwierciadła wód podziemnych w latach 1963—1979; A — miesięczne wydajności źródeł ( $Q$ ),  $s$  — średnia roczna wydajność, B — miesięczne wielkości opadu ( $P$ ) oraz stanu retencji ( $\Delta R$ );  $a$  — wysokość opadu,  $b$  — wielkość dodatniego stanu retencji,  $c$  — wielkość ujemnego stanu retencji; C — krzywa sumowania miesięcznych stanów retencji ( $\Sigma \Delta R$ ); D — położenie zwierciadła wód podziemnych ( $H$ ); E — wydajność źródeł ( $Q$ ) liczona ze stanów retencji ( $Q_{R-2}$ ) oraz ze stanów wód podziemnych ( $Q_{H-1}$ )

Discharge of springs, changes in retention and fluctuations of underground water tables in 1963—1979; A — monthly discharges of springs ( $Q$ ),  $s$  — mean yearly discharge; B — mean precipitation ( $P$ ) and stage of retention ( $\Delta R$ );  $a$  — precipitation,  $b$  — positive stage of retention,  $c$  — negative stage of retention; C — curve



(ryc. 3A). W latach 1964—1965 rejestrowano niskie wydajności: w Zastawiu 47—73 l/s, a w Maliniu-Zagrodach 135—170 l/s. Pod koniec 1965 r. notuje się wzrost wydajności źródeł obserwowany do połowy 1966 r. W następnych miesiącach zauważa się spadek ilości wypływającej wody podziemnej. Ponowny, dość szybki wzrost wydatku źródeł notowano na przełomie lat 1966/1967. Okresowe maksimum wydajności zarejestrowano w marcu 1967 r.: w Zastawiu 147 l/s, a w Maliniu 250 l/s. W następnych trzech latach, przy ogólnej spadkowej tendencji wydajności, zaznaczają się krótkie okresy wzrostu ilości odprowadzanej wody. Po okresie względnie niskich wydajności notowanych w letnich miesiącach 1970 r. zaznacza się od października tego roku wzrost objętości wypływu: w Maliniu-Zagrodach do połowy marca 1971 r., a w Zastawiu do końca 1971 r. Przez cały następny rok widoczny jest systematyczny spadek wydajności. W latach 1973—1974 zmiany objętości wypływu wody podziemnej były niewielkie: w Zastawiu od 64 do 90 l/s, a w drugim zespole źródeł (tylko w 1973 r.) od 158 do 174 l/s. Maksymalną wydajność źródeł w Zastawiu (149 l/s) zarejestrowano w marcu 1975 r. Po następnych czterech miesiącach wydajność ustaliła się na poziomie 120—130 l/s. W latach 1976—1978 wydajność źródeł w Zastawiu powoli zmniejszała się od 130 do 94 l/s. W półroczu letnim 1978 r. i zimowym 1979 r. objętość wypływu ustaliła się na poziomie 105—100 l/s. Po krótkotrwałym wzroście wydajności do 120 l/s w okresie maja 1979 r. zaobserwowano w następnych miesiącach stabilizację wydatku źródeł na poziomie 100 l/s.

Oba zespoły źródeł drenują ten sam roztoczański poziom wody, zatem powinny wykazywać identyczny reżim wydajności. Ogólnie rytm wydajności jest podobny. Współczynnik korelacji liczony z miesięcznych objętości wypływu obu źródeł za okres 1965—1973 (108 par) wynosi jedynie 0,77. Natomiast korelacja między średnimi rocznymi wydajnościami (9 par) wynosi 0,92. Zmiany wydajności źródeł w pewnych okresach wykazują odmienne tendencje. Niekiedy w jednym z zespołów źródeł zaznacza się szybki spadek wydajności, a w drugim tendencji spadkowej nie obserwuje się. Skrajny przypadek zanotowano pod koniec 1971 r. gdy w źródłach Malinie-Zagrody notowano spadek wydatku, a w Zastawiu następował wzrost ilości wypływającej wody (ryc. 3A). Z uwagi na bliskie położenie istnieje możliwość zmiany hydraulicznego układu między szczelinami zasilającymi dany zespół źródeł. Podpiętrzenie wypływu w jednym ze źródeł może spowodować wzrost wydajności w sąsiednim wypływie. Zebrane materiały hydrogeologiczne nie po-

---

of total monthly retention stages ( $\Sigma AR$ ); D — position of the underground water table (H); E — discharge of spring ( $Q$ ) calculated from retention stages ( $Q_{R-2}$ ) and from underground water stages ( $Q_{H-1}$ )

zwalają na wydzielenie obszarów zasilania źródeł wypływających w górnej części dorzecza Łady.

Wydajności źródeł, podobnie jak i wahania roztoczańskiego poziomu wody, wykazują wieloletni rytm wahań nawiązujący do okresów lat mokrych i suchych. Na ten cykl wieloletni nakładają się sezonowe zmiany roczne związane z zasilaniem wód podziemnych w okresie półroczna zimowego. W układzie sezonowym notuje się duże wyrównanie przepływu (Michalczyk 1982) wynikające z nakładania się w poszczególnych miesiącach przepływów wysokich i skrajnie niskich. Średnia wydajność źródeł w Zastawiu w okresie 1965—1979 wynosiła 94,7 l/s, czyli była o 6,6 l/s wyższa od średniej z lat 1965—1973. Natomiast reżim wydajności w obu okresach nie uległ istotnej zmianie. W poszczególnych miesiącach średnie wydajności tych źródeł w latach 1965—1979 zmieniały się od 90,5 do 100,8 l/s. Najwyższe objętości wypływu przypadają na kwiecień, czyli miesiąc kończący okres dodatnich stanów retencji. Średnia wydajność tych źródeł w okresie lipiec—grudzień utrzymuje się od 91,7 do 90,5 l/s.

#### ANALIZA STANU WÓD PODZIEMNYCH I WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ

Reżim wód podziemnych roztoczańskiego poziomu kredowego został wstępnie poznany dzięki obserwacjom prowadzonym w latach 1963—1968 przez Malinowskiego (1974a, b). Zmiany stanów wód podziemnych w niektórych studniach (np. Grudki) były podobne do wahań wydajności źródeł w Maliniu i w Zastawiu. Krótki okres równoczesnych obserwacji, mimo pozytywnych wyników, nakazuje zachowanie ostrożności w interpretacji zebranych informacji, tym bardziej że obserwacje te były prowadzone w okresie wzrostu stanów wód podziemnych i wydajności źródeł; nie wiadomo, czy podobne relacje zostałyby zachowane w fazie obniżania zwierciadła wody podziemnej.

Znacznie dłuższą serię danych pomiarowych mają stacje IMiGW. Jednakże sieć obserwacyjna stanów wód podziemnych IMiGW na obszarze Roztocza Zachodniego jest bardzo uboga. Na terenie roztoczańskiej części dorzecza Łady istniała w latach 1948—1976 jedna stacja wód podziemnych, którą stanowiła studnia kopana w Goraju ujmująca wody poziomu czwartorzędowego (Michalczyk 1982). Wahania wód podziemnych piętra kredowego reprezentują dwie inne stacje IMiGW: Lute Doły i Rzezyca Ziemiańska. Stacje te, położone w zachodniej części Roztocza na pograniczu ze Wzniesieniami Urzędowskimi (subregion Wyżyny Lubelskiej), oddalone są od wyżynnej części dorzecza Białej Łady o 15 i 25 km.

Po przeanalizowaniu wahań zwierciadła wody przyjęto założenie, że

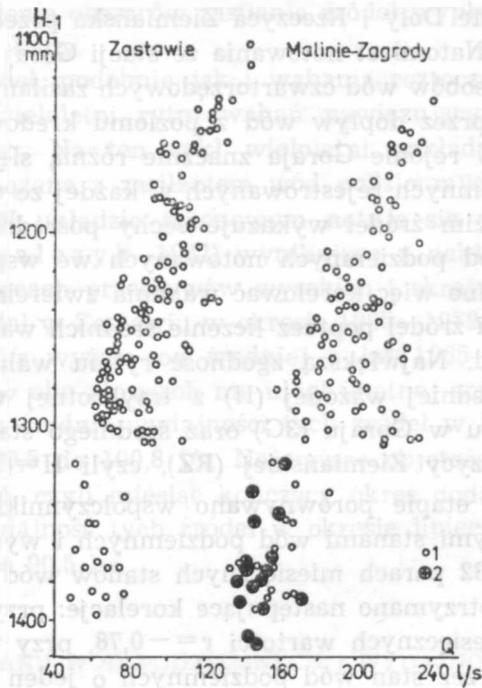
dane ze stacji Lute Doły i Rzeczyca Ziemiańska przedstawiają regionalny rytm wahań. Natomiast notowania ze stacji Goraj odnoszą się do lokalnych zmian zasobów wód czwartorzędowych zasilanych opadami atmosferycznymi i poprzez dopływ wód z poziomu kredowego. Zmiany wydajności źródeł w rejonie Goraja znacznie różnią się od wahań zwierciadła wód podziemnych rejestrowanych w każdej ze wspomnianych stacji (ryc. 3D). Reżim źródeł wykazuje cechy pośrednie nawiązujące do zmian stanów wód podziemnych notowanych we wspomnianych trzech stacjach. Próbowano więc korelować wahania zwierciadła wód podziemnych i wydajności źródeł poprzez liczenie średnich ważonych z miesięcznych stanów wód. Największą zgodność rytmu wahań uzyskano przy uwzględnieniu średniej ważonej (H) z trzykrotnej wartości średniego miesięcznego stanu w Goraju (3G) oraz średniego stanu w Lutych Dołach (LD) i Rzeczycy Ziemiańskiej (RZ), czyli  $H = (3 \cdot G + LD + RZ) : 5$ .

W następnym etapie porównywano współczynniki korelacji liczone między miesięcznymi stanami wód podziemnych i wydajnością źródeł w Zastawiu. Przy 132 parach miesięcznych stanów wód i wydajności źródeł (1965—1975) otrzymano następujące korelacje: przy równoległym zestawieniu obu miesięcznych wartości  $r = -0,78$ , przy wyprzedzeniu wydajności źródeł przez stan wód podziemnych o jeden miesiąc  $r = -0,79$ , przy dwumiesięcznym wyprzedzeniu  $r = -0,77$ . Otrzymane wyniki wskazują na ogólną zgodność rytmu wahań obliczonych średnich stanów wód podziemnych i wydajności źródeł. Prawdopodobnie brak zdecydowanej przewagi jednego ze wspomnianych współczynników korelacji wiąże się z różnym terminem pojawiania się skrajnych wielkości badanych parametrów.

W dalszych obliczeniach uwzględniano, z uwagi na nieco większą zgodność korelacyjną oraz podobne wyniki uzyskane w innych źródłach (Michalczyk 1983), wielkość średniego stanu wód podziemnych przesuniętego w stosunku do wydajności źródeł o jeden miesiąc ( $H_{-1}$ ). Miesięczne wartości porównywanych parametrów przedstawiono w układzie współrzędnych (ryc. 4). W przypadku źródeł Malinie-Zagrody zamieszczono (ryc. 4) miesięczne wartości z okresu 1964—1973, natomiast dla źródeł w Zastawiu za lata 1965—1976. Przedstawione zależności, mimo znacznego rozrzutu punktów, skłaniają do poszukiwania ściślejszych relacji między stanem wód podziemnych i wydajnością źródeł, które mogłyby być użyte do uzupełniania brakujących danych lub przedłużenia serii pomiarowych. Obliczone równania regresji przyjmują postać (Q w l/s; H w cm):

źródła w Zastawiu:  $r = -0,78$

$$Q_Z = 1310,2 + 0,000577 H^2 - 1,70 H$$



Ryc. 4. Związek między stanem wód podziemnych ( $H_{-1}$ ) i wydajnością źródeł ( $Q$ ); miesięczne wartości z okresu: 1 — 1965—1976, 2 — 1963—1964

Correlation of the underground water stage ( $H_{-1}$ ) and the discharge of springs ( $Q$ ); monthly values of: 1 — 1965—1976, 2 — 1963—1964

źródła Malinie-Zagrody:  $r = -0,73$

$$Q_M = 45,5 + 0,499 H - 0,000302 H^2$$

Za okres 9 lat (1965—1973) ustalono związki między miesięczną sumą wydajności obu zespołów źródeł i stanem wód podziemnych:

źródła w Zastawiu + źródła w Maliniu-Zagrodach;  $r = -0,79$

$$Q_{ZM} = 1061,4 + 0,000094 H^2 - 0,739 H$$

Niestety, nie ma możliwości sprawdzenia podanych równań regresji na innych (niezależnych) obserwacjach, gdyż od 1974 r. nie wykonywano systematycznych pomiarów źródeł Malinie-Zagrody, a w 1976 r. zlikwidowano stację wód podziemnych w Goraju.

Znacznie korzystniej przedstawiają się analizowane zależności między średnimi rocznymi stanami wód podziemnych i roczną wydajnością źródeł w Maliniu-Zagrodach, w Zastawiu oraz łącznie Malinie-Zagrody + Zastawie. Współczynniki korelacji między tymi rocznymi wielkościami wynoszą we wszystkich przypadkach  $-0,90$ .

## ANALIZA STANU RETENCJI I WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ

Podstawowym czynnikiem decydującym o napełnieniu zbiornika wód podziemnych i o wydajności źródeł jest opad atmosferyczny. Jego wielkość określano jako średnią arytmetyczną wartość z notowań na stacjach IMiGW Frampol, Janów Lub., Turobin, Wola Biłgorajska i Chrzanów. W przypadku braku danych opadowych z Chrzanowa (1963—1969) uwzględniano w obliczaniu średniego opadu podwojoną wartość notowań ze stacji Frampol.

Na wielkość zasilania podziemnego, oprócz opadów, wpływa parowanie terenowe i spływ powierzchniowy. Parowanie terenowe liczone, na podstawie danych ze stacji Zamość, metodą Konstantinowa (Dębski 1963, 1967). Natomiast wielkość odpływu całkowitego i spływu powierzchniowego określano dla zlewni Białej Łady zamkniętej profilem wodowskazowym w Biłgoraju. Przedstawiono miesięczne wielkości poszczególnych składowych bilansu wodnego (ryc. 3B). W celu określenia miesięcznego stanu retencji ( $\Delta R$ ), po obliczeniu wartości opadu ( $P$ ), parowania ( $E$ ) i odpływu ( $H$ ) rozwiązywano miesięczne równania bilansowe:

$$\pm \Delta R = P - (H + E)$$

Sumując miesięczne wartości  $\Delta R$ , przy założonym początkowym stanie zapasów wód podziemnych jako 200 mm, uzyskano zmiany retencji ( $R$ ) w całym okresie bilansowania 1963—1979 (ryc. 3C). Należy podkreślić, że obliczone zmiany retencji dotyczą nie tylko obszaru Roztocza Zachodniego, ale również pozostałej części dorzecza Białej Łady do wodowskazu w Biłgoraju, czyli zlewni o powierzchni 225 km<sup>2</sup>. Krzywa sumowania względnych stanów retencji oddaje ogólny rytm zmian wydajności źródeł. Porównanie reżimu źródeł (ryc. 3A) ze względnymi stanami retencji (ryc. 3 B i C) pozwala na przedstawienie następujących hipotez:

1. Wzrost wydajności źródeł uwidacznia się po kilkumiesięcznym okresie dodatnich stanów retencji. Szybkość i wielkość reakcji źródeł na zasilanie jest uzależniona od stanu wilgoci lessów oraz od wielkości i trwałości okresowych nadwyżek wody. Pojedyncze, nawet wysokie, opady nie uwidaczniają się w przebiegu tygodniowych stanów wód podziemnych i dobowej wydajności źródeł. Zatem, zasilanie wód podziemnych, dzięki regulującej roli pokrywy lessowej, może następować jedynie w dłuższych okresach dodatnich stanów retencji.

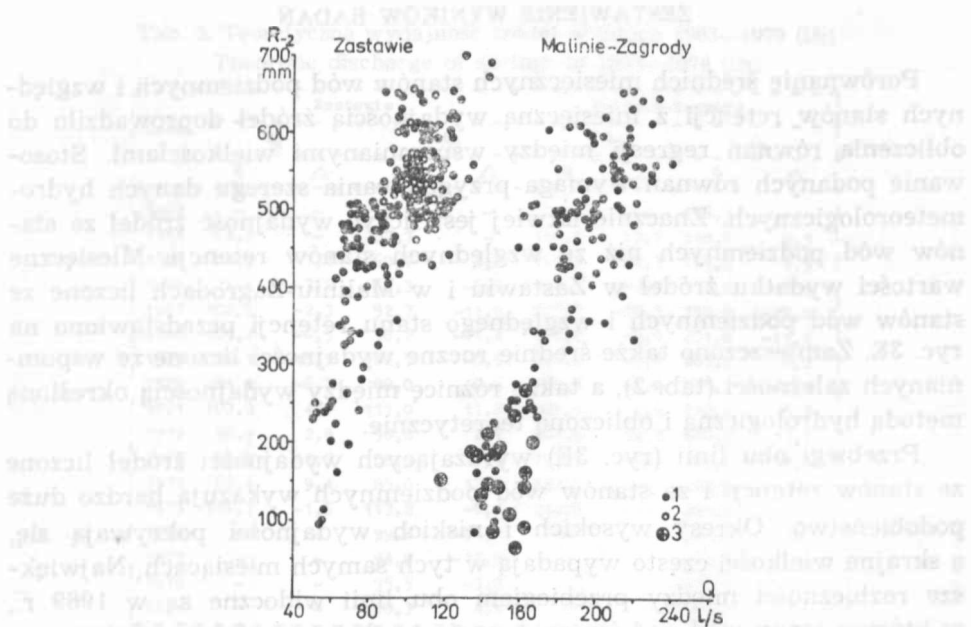
2. Zwiększanie się wydajności źródeł, podobnie jak i wzrost stanów wód podziemnych, odbywa się w okresach bardzo wilgotnych stosunkowo szybko. Natomiast zmniejszanie się wydajności źródeł (krzywa wysychania), związane z wyczerpywaniem zasobów podziemnych, jest zwykle wolniejsze od tempa obniżania się obliczanego stanu retencji.

3. Maksima wydajności źródeł wypadają od 2 do 4 miesięcy po okresie dodatnich (miesięcznych) stanów retencji. Również okresowo niskie wydajności źródeł znajdują odzwierciedlenie w obniżeniu stanu retencji pojawiającym się przed zmniejszonymi wydajnościami.

4. Między liniami oznaczającymi przebieg wydajności źródeł i retencją zauważa się okresowe niezgodności wynikające w dużej mierze z czasowej retencji powierzchniowej, z przemarzania gruntu oraz z niedokładności analizowanych materiałów meteorologicznych i hydrologicznych. Znacznie większe podobieństwo w przebiegu obu linii w drugiej części badanego okresu wynika z poprawy jakości danych hydrometeorologicznych. Największe rozbieżności między stanem retencji i wydajnością źródeł zauważa się w latach 1969—1970. Istniejące wówczas wysokie stany retencji nie znajdują odzwierciedlenia w odpowiednio dużych wydajnościach źródeł.

Sprawdzenie postawionych hipotez (opartych na analizie ryc. 3A, B, C) wykonano na danych hydrometrycznych z okresu 1965—1976. W tym celu zestawiono miesięczne wydajności źródeł w Zastawiu ze względnyimi stanami retencji, czyli utworzono 144 pary wartości. Następnie liczone współczynniki korelacji i odchylenia standardowe dla różnych układów obu wielkości, stosując wyprzedzenie wydajności źródeł przez retencję od 1 do 4 miesięcy. Przy przesunięciu retencji o jeden miesiąc ( $R_{-1}$ ) otrzymano współczynnik korelacji  $r=0,72$ , przy dwu- i trzymiesięcznym wyprzedzeniu  $r=0,74$  oraz przy czteromiesięcznym przesunięciu  $r=0,71$ . Przy małym zróżnicowaniu największą zgodność korelacyjną oraz najmniejsze odchylenia standardowe uzyskano przy dwumiesięcznym wyprzedzeniu wydajności źródeł przez obliczony stan retencji. Identyczny współczynnik korelacji przy trzymiesięcznym wyprzedzeniu oraz niewiele niższe jego wartości w pozostałych układach wskazują na niewyrównany czas reakcji źródeł na zasilanie. Prawdopodobnie jest on uzależniony od stanu wilgotności miększej pokrywy lessów, która może gromadzić i czasowo przetrzymywać duże ilości wilgoci.

Po przyjęciu dwumiesięcznego wyprzedzenia wydajności źródeł przez obliczony stan retencji ( $R_{-2}$ ) naniesiono obie wielkości na układ współrzędnych (ryc. 5). Dla źródeł w Zastawiu przedstawiono innymi sygnaturami miesięczne dane z okresu badawczego 1965—1976 oraz z następujących trzech lat weryfikujących poprawność stosowanych obliczeń. Natomiast dla zespołu źródeł Malinie-Zagrody zamieszczono dane z lat 1965—1973 i weryfikowano je jedynie obserwacjami z 1964 r. Mając 144 i 108 miesięcznych par wartości obliczono równania regresji dla źródeł w Zastawiu ( $Q_Z$ ), w Maliniu-Zagrodach ( $Q_M$ ) oraz dla obu źródeł łącznie ( $Q_{ZM}$ ): ( $Q$  w l/s;  $R$  w mm)



Ryc. 5. Związek między stanem retencji ( $R_{-2}$ ) i wydajnością źródeł ( $Q$ ); miesięczne wartości z okresu: 1 — 1965—1976, 2 — 1977—1979, 3 — 1963—1964  
 Relation of the retention stage ( $R_{-2}$ ) and the discharge of springs ( $Q$ ); monthly values of: 1 — 1965—1976, 2 — 1977—1979, 3 — 1963—1964

źródła w Zastawiu:  $r=0,74$

$$Q_Z = 53,6 + 0,00016 R^2$$

źródła w Maliniu-Zagrodach:  $r=0,72$

$$Q_M = 118,0 + 0,207 R - 0,0000877 R^2$$

źródła w Zastawiu i w Maliniu-Zagrodach:  $r=0,75$

$$Q_{ZM} = 159,1 + 0,239 R - 0,0000551 R^2$$

Przedstawione równania regresji można wykorzystywać do uzupełniania brakujących pomiarów wydajności poszczególnych źródeł. Jest to jedyna droga, przy braku systematycznych pomiarów stanów wód podziemnych, do wydłużania serii danych dotyczących wydajności źródeł. Stosowanie wzorów wymaga znajomości stanu retencji, czyli parametru uzyskiwanego z bilansowania opadów, parowania i odpływu. Dokładność pomiarów z poszczególnych etapów obiegu wody rzutuje na uzyskiwany wynik obliczeń. Ustalone równania, mimo znacznych niedokładności, pozwalają oceniać i przewidywać wydajność źródeł z dwumiesięcznym wyprzedzeniem.

## ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Porównanie średnich miesięcznych stanów wód podziemnych i względnych stanów retencji z miesięczną wydajnością źródeł doprowadziło do obliczenia równań regresji między wspomnianymi wielkościami. Stosowanie podanych równań wymaga przygotowania szeregu danych hydro-meteorologicznych. Znacznie łatwiej jest liczyć wydajność źródeł ze stanów wód podziemnych niż ze względnych stanów retencji. Miesięczne wartości wydatku źródeł w Zastawiu i w Maliniu-Zagrodach liczone ze stanów wód podziemnych i względnego stanu retencji przedstawiono na ryc. 3E. Zamieszczono także średnie roczne wydajności liczone ze wspomnianych zależności (tab. 2), a także różnicę między wydajnością określoną metodą hydrologiczną i obliczoną teoretycznie.

Przebiegi obu linii (ryc. 3E) wyrażających wydajności źródeł liczone ze stanów retencji i ze stanów wód podziemnych wykazują bardzo duże podobieństwo. Okresy wysokich i niskich wydajności pokrywają się, a skrajne wielkości często wypadają w tych samych miesiącach. Największe rozbieżności między przebiegiem obu linii widoczne są w 1969 r., w którym stany wód podziemnych mają tendencję malejącą, a stany retencji wzrastają. W pozostałych okresach główne kierunki zmian teoretycznych wydajności (liczonych z różnych danych wyjściowych) pokrywają się. Współczynnik korelacji między miesięcznymi stanami wód podziemnych i stanami retencji w okresie 1965—1976 wynosił  $r = -0,84$ .

Na podstawie analizy ryc. 3A i 3E stwierdza się podobny przebieg linii odzwierciedlających naturalną i teoretyczną wydajność źródeł. Najwyższe różnice między średnimi rocznymi wydajnościami określonymi hydrometrycznie i z równań regresji (tab. 2) dochodzą do 20%. Natomiast różnice w miesięcznych wydajnościach wzrastały w skrajnych przypadkach do 30%.

Stosunkowo małe rozbieżności zanotowano w okresie weryfikacji ustalonych równań regresji. W latach 1977—1979 odchylenia teoretycznie liczonych wydajności układały się na poziomie od kilku do kilkunastu procent. Podobną wartość procentową miały niedokładności obliczeń dotyczących miesięcznych wydatków źródeł w 1964 r. Wartości średnich z wielolecia objętości wypływu liczone różnymi metodami są niemal identyczne. Stanowi to potwierdzenie poprawności przyjętych założeń, mimo niezbyt pewnych danych meteorologicznych. Zastosowane równania pozwalają przewidywać wydajność źródeł przynajmniej z dwumiesięcznym wyprzedzeniem.

W podsumowaniu należy podkreślić dużą stabilność wydajności poszczególnych zespołów źródeł. Współczynniki nieregularności wydatku nie przekraczają 3,2, co pozwala zaliczyć źródła do wypływów mało zmien-



Tab. 2. Teoretyczna wydajność źródeł w latach 1963—1979 (l/s)  
Theoretic discharge of springs in 1963—1979 (l/s)

Lata	Zestawie				Malinie-Zagrody			
	$Q_H$		$Q_R$		$Q_H$		$Q_R$	
	q	$\Delta$	q	$\Delta$	q	$\Delta$	q	$\Delta$
1963	-	-	60,1	-	-	-	156,9	-
1964	64,3	-	57,7	-	160,5	12,7	148,1	0,3
1965	64,9	7,4	60,7	3,2	165,3	12,3	157,3	4,3
1966	71,6	-3,2	69,3	-5,5	174,3	-3,9	174,8	-3,4
1967	102,0	-2,3	92,7	-11,6	205,7	-18,5	198,4	-25,8
1968	101,1	-6,5	96,2	-11,4	208,2	-5,0	201,8	-11,4
1969	85,7	-15,5	102,5	-0,5	196,2	-9,6	205,8	0,0
1970	81,2	-6,3	88,0	0,5	189,4	-7,0	195,3	-1,1
1971	103,8	4,6	111,0	11,8	207,9	2,6	210,6	5,3
1972	90,9	2,8	90,8	2,7	201,6	12,2	200,5	11,1
1973	81,9	12,5	89,0	19,6	193,5	16,9	199,0	12,4
1974	82,4	9,4	85,0	12,0	191,0	-	192,9	-
1975	118,1	-1,5	113,2	-6,4	219,8	-	211,8	-
1976	-	-	99,4	-14,4	-	-	203,8	-
1977	-	-	94,9	-17,8	-	-	200,3	-
1978	-	-	95,5	-3,8	-	-	202,1	-
1979	-	-	110,3	4,8	-	-	209,8	-
1964—1975	87,5	-	88,0	-	192,8	-	191,6	-
1963—1979	-	-	89,2	-	-	-	192,3	-

$Q_H$  — wydajność źródeł liczona ze stanu wód podziemnych,

$Q_R$  — wydajność źródeł liczona ze stanu retencji,

$\Delta$  — różnica między wydajnością mierzoną i obliczoną teoretycznie.

$Q_H$  — discharge of springs calculated from a stage of underground waters,

$Q_R$  — discharge of springs calculated from a retention stage,

$\Delta$  — resultant difference of measured and calculated discharges.

nych. Duże i wyrównane wydajności źródeł nie wynikają z regularności opadów, ale z warunków zasilania warstw wodonośnych. Obszar zasilania źródeł budują spękane skały węglanowe górnej kredy, przykryte warstwą lessów. Dzięki właściwościom hydrogeologicznym lessów pojedyncze deszcze, a nawet kilkudniowe opady, zwykle nie powodują wzrostu wydajności źródeł. Uzupełnianie zasobów podziemnych i zwiększanie wydajności źródeł następuje w kilkumiesięcznym okresie nadmiarów wilgoci. Warunki takie są zwykle spełniane w półroczu zimowym, które decyduje o zasobności wodnej danego roku. Niezwykle korzystnie na zasilanie wód podziemnych wpływają powolne, śródzimowe i wiosenne roztopy następujące przy niezamarzniętej pokrywie glebowej. Uzupełnianie zapasów wilgoci w półroczu zimowym zaznacza się, mimo wieloletniego rytmu zmian wydajności, najczęstszym pojawianiem się maksymalnych wydatków źródeł w okresie kwiecień—maj. Wysokie opady półroczu letniego często nie powodują zmiany wydajności źródeł, gdyż są

zużywane na potrzeby wegetacyjne roślin i na parowanie. Jednakże ich wielkość wpływa na stan wilgotności lessów. Opady jesienne, pojawiające się przy mniejszym parowaniu, uzupełniają wilgoć pokrywy glebowej i lessów oraz przekazują część wody do głęboko występującego roztoczańskiego poziomu.

Czas reakcji źródeł na zasilanie zmienia się od niecałych 2 do ponad 4 miesięcy, a jedynie wyjątkowo wydłuża się do 8 miesięcy. Szybkość reakcji źródeł uzależniona jest od stanu wilgotności lessów. Z wykonanych badań statystycznych wynika, że najczęściej czas reakcji źródeł wynosi 2—3 miesiące. Średni wieloletni odpływ źródłany (podziemny) z najwyższej części dorzecza Białej Łady wynosi około 280 l/s, czyli  $3,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ . Badania wykonane w latach 1970—1973 (Michalczyk 1982) wykazały wzrost odpływu jednostkowego wraz z biegiem rzeki. Prawdopodobnie część wód podziemnych w ilości prawie  $1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$  odpływa podziemnie ku krawędzi Roztocza. Zatem średnią odnawialność wód podziemnych górnej części dorzecza Białej Łady można oceniać na  $4,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ .

#### LITERATURA

- Areń B. 1959: Miocen Roztocza Lubelskiego w okolicy Wierzchowisk (sum. The Miocene of Roztocze Lubelskie range in the vicinity of Wierzchowiska). Biul. IG. 130, Warszawa, ss. 5—40.
- Areń B. 1962: Miocen Roztocza Lubelskiego pomiędzy Sanną a Tanwią (sum. The Miocene in the Lublin Roztocze range between the Sanna and Tanew rivers). Prace IG. XXX, cz. III, Warszawa, ss. 5—86.
- Brzezińska M. 1961: Miocen z pogranicza Roztocza Zachodniego i Kotliny Sandomierskiej (sum. The Miocene of the boundary zone between the western Roztocze and Sandomierz depression). Biul. IG. 158, Warszawa, ss. 5—111.
- Buraczyński J. 1967: Zarys geomorfologii Roztocza Zachodniego (rés. Essai géomorphologique du Roztocze occidental). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, s. B, v. XXII, Lublin, ss. 77—123.
- Buraczyński J. 1968: Typy dolin Roztocza Zachodniego (rés. Types de vallées du Roztocze occidental). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, s. B, v. XXIII, Lublin, ss. 47—86.
- Dębski K. 1963: Przystosowanie nomogramu Konstantinowa do obliczeń parowania terenowego w Polsce. Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wod. PAN, t. VI, Warszawa, ss. 59—78.
- Dębski K. 1967: Sposób określania miesięcznej sumy parowania terenowego na zasadzie nomogramu Konstantinowa. Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wod. PAN, t. VIII, Warszawa, ss. 255—262.
- Duszyńska E. 1972: Źródła w dorzeczu Poru (sum. The springs within the Por River basin). Folia Soc. Scient. Lublinensis, s. D, v. 14, Lublin, ss. 53—56.
- Janiec B. 1972: Źródła południowej krawędzi Wyżyny Lubelskiej i ich związek z tektoniką (sum. Springs on the southern margin of the Lublin Upland area and their tectonic links). Folia Soc. Scient. Lublinensis, s. D, v. 14, Lublin, ss. 63—67.

- Janiec B. 1973: Wstępne wyniki badań nad wodami podziemnymi południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej i zachodniego skłonu Roztocza (sum. Preliminary results of underground water investigation in the area of the south-western margin of the Lublin Upland and of the Western slope of Roztocze). *Folia Soc. Scient. Lublinensis*, v. 15, geogr. 1, Lublin, ss. 53—57.
- Janiec B. 1954: Wody podziemne w strefie południowo-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. *Wyd. Geol.*
- Malinowski J. 1973: Hydrogeologiczna charakterystyka źródeł Roztocza Zachodniego (sum. Hydrogeological characteristics of sources in the Western Roztocze Region). *Biul. IG. 277*, Warszawa, ss. 87—103.
- Malinowski J. 1974a: Hydrogeologiczne warunki odpływu podziemnego na Roztoczu Zachodnim (sum. Hydrogeological conditions of ground-water discharge in the West Roztocze Region). *Kwart. Geol. t. 18, z. 3*, Warszawa, ss. 493—505.
- Malinowski J. 1974b: Hydrogeologia Roztocza Zachodniego. *Prace hydrogeol. IG. s. spec., z. 6*, Warszawa.
- Malinowski J. 1977: Wpływ neotektoniki na zmiany stosunków hydrogeologicznych Roztocza (sum. The influence of the neotectonics on changes in hydrogeological conditions in the Roztocze area). *Kwart. Geol., t. 21, z. 1*, Warszawa, s. 49—58.
- Michalczyk Z. 1971: Próba charakterystyki zasilania wodami podziemnymi Białej Łady (sum. An attempt to characterize the feeding of the Biała Łada river with ground water). *Folia Soc. Scient. Lublinensis, s. D, v. 12*, Lublin, ss. 87—92.
- Michalczyk Z. 1973: Odpływ z małej zlewni w okresie suszy letniej 1971 (sum. Summer drought 1971 discharge of a small river). *Folia Soc. Scient. Lublinensis, v. 15, geogr. 1*, Lublin, ss. 59—64.
- Michalczyk Z. 1976: Monografia hydrograficzna dorzecza Łady. *Maszynopis Zakł. Hydrografii UMCS*, Lublin.
- Michalczyk Z. 1979: Wydajność i mineralizacja wód wybranych źródeł Roztocza Zachodniego (sum. Output and mineral contents of some source waters in the Western Roztocze). *Folia Soc. Scient. Lublinensis, v. 21, geogr. 2*, Lublin, ss. 57—61.
- Michalczyk Z. 1982: Charakterystyka hydrogeologiczna dorzecza Łady (sum. Hydrological characterization of the Łada river system area). *Biul. IG. 339*, Warszawa, ss. 109—161.
- Michalczyk Z. 1983a: Charakterystyka hydrologiczna źródła w Szczepreszynie. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska s. B, v. XXXV XXXVI (1980/81)*, Lublin, ss. 193—207.
- Michalczyk Z. 1983b: Źródła Sanny w Wierzchowiskach. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, s. B. v. XXXV/XXXVI (1980/81)*, Lublin, ss. 175—192.
- Opady atmosferyczne (roczniki 1963—1977). *IMiGW, Wyd. Kom. i Łączn., Warszawa*.
- Rederowa E. 1963: Źródła Bystrzycy Lubelskiej (sum. The sources of the River Bystrzyca in the Lublin Province). *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, s. B, v. XVIII*, Lublin, ss. 229—247.
- Rederowa E. 1971: Występowanie źródeł na Wyżynie Lubelskiej i w obszarach przyległych (sum. Occurrence of the springs within the Lublin Upland and adjacent areas). *Przegl. Geogr. t. XLIII, z. 3*. Warszawa, ss. 355—361.

Roczniki hydrologiczne wód podziemnych 1963—1978. IMiGW, Wyd. Kom. i Łącz., Warszawa.

Roczniki hydrologiczne wód powierzchniowych, Wisła, 1974—1977, IMiGW, Wyd. Kom. i Łącz., Warszawa.

### РЕЗЮМЕ

Источники в окрестности Горая расположенные в верхней части бассейна Белой Лады дренирующей южный склон западного Розточа. Этот район слагают карбонатные отложения кампана и мастрихта, покрытые мощным лессовым покровом. Лишь в доньях небольших долин рек залегают плейстоценовые отложения высилающие ископаемые эрозионные ринны. Подземные воды залегают главным образом в трещиноватых опоках и мергелях верхнего мела, а лишь в долине Лады они залегают в пороватых четвертичных отложениях. Они создают совместное восточное водное зеркало связанное с высотой положения дна долины реки. Решающую роль в круговороте подземных вод играют зоны трещин, наличие которых отображает рельеф местности.

В окрестности Горая существует 8 источников в двух комплексах, которые дренируют розточанский уровень, грунтовых вод. Самый большой источник создающий одновременно начало Белой Лады, находится в окрестности села Малине. Поверхностный бассейн источника (полностью безводный) обнимает 55 км<sup>2</sup>, а длина сухой долины достигает 13,7 км. Расход главного источника в Малиню (№ 1) изменялся в годы 1964—1973 от 130 до 200 л/сек, а всего комплекса (источники 1—5) от 135 до 250 л/сек. В то же время расход наибольшего источника в селе Заставе (№ 8) колебался во время 1965—1979 гг. от 45 до 125 л/сек, а вместе с остальными двумя источниками от 47 до 149 л/сек. Расход источников указывает многолетний ритм колебаний. В сезонной системе намечается значительное выравнивание расхода, с максимум в апреле. Коэффициенты нерегулярности расхода полных комплексов источников не превышают 3,2. Средний многолетний сток источников с верхней части бассейна Белой Лады достигает около 280 л/сек, т.е. 3,6 л/сек/км<sup>2</sup>. В то же время обновленность подземных вод оценивается на 4,5 л/сек км<sup>2</sup>.

Дополнение запасов подземных вод и увеличение расхода источников наблюдается после нескольких месяцев избытка влажности. Такие условия существуют обычно во время зимнего полугодия, которое одновременно решает о количестве воды в данный год. Время реакции источников на снабжение изменяется от неполных двух до четырех месяцев. Скорость реакции источников зависит от состояния влажности лессов.

Месячный расход источников сопоставлялся с состояниями подземных вод как средняя взвешенная величины из измерений в трех постах, один из которых находится в пределах исследованного бассейна, а два на краю западного Розточа. Затем месячный расход источников сопоставлялся с относительными состояниями ретенций полученных из балансирования осадков, испарения и стока в бассейне Белой Лады до водомера в Еилгорае. В обоих случаях получены довольно высокие коэффициенты корреляции от 0,72 до 0,79. Наибольшее корреляционное согласие получено через передвижение состояния подземных вод относительно расхода источников на один месяц, а состояние ретенции опережает расход на два месяца. Подсчитанные уравнения регрессии позволяют дополнить недостатки в наблюдениях расхода источников, а также предусматривать их расход с двухмесячным опережением.

## SUMMARY

Springs near Goraj are located in the upstream part of the Biała Łada drainage basin. This river drains the southern slope of western Roztocze: the region composed of carbonate rocks of the Campanian and the Maestrichtian, covered by a thick loess bed. Only the floors of the valleys are composed of the Pleistocene deposits, partly within buried erosive channels. Underground waters occur mainly within cracked gales and marls of the Upper Cretaceous, and only in the Łada valley they are also noted within the porous Quaternary sediments. They form the common water table of the Roztocze, related to the position of the river valley floor. A decided role in a circulation of the underground waters is played by the cracked zones, a presence of which is reflected by a relief of the area.

Near Goraj there are 8 springs in two efflux assemblages that drain the Roztocze underground water-bearing bed. The largest spring is located near the Malinie village and forms the initial point for the Biała Łada River. The surface catchment of this spring (entirely devoid of water) occupies 55 km<sup>2</sup> whereas the dry valley is 13.7 km long. A discharge of the main spring at Malinie (no. 1) has changed in 1964—1973 from 130 to 200 l/s and for the whole assemblage (springs 1—5) from 135 to 250 l/s. On the other hand, a discharge of the largest spring at Zastawie (no. 8) has changed in 1965—1979 from 45 to 125 l/s and together with both other springs from 47 to 149 l/s. A discharge of springs shows the many years' fluctuation cycle. In a seasonal pattern a considerable smoothing of outflows is noted, with a maximum discharge in April. Irregularity discharge coefficients of all the whole spring assemblages are not over 3.2. A mean many years' spring discharge from the upstream part of the Biała Łada drainage basin is equal about 280 l/s i.e. 3.6 l/s · km<sup>2</sup>. A restoration of the underground waters was evaluated for 4.5 l/s · km<sup>2</sup>.

A supplementing of the underground water resources and the increase of a spring discharge occurs after several months with a moisture excess. Such conditions are usually possible during the water season and this period is at the same time the decisive one for water reserves during a year. A spring reaction to feeding changes from less than two to over four months. The reaction rate depends on a moisture of the loess complex.

A monthly discharge of springs was compared with underground water stages, calculated as the weighed mean value from measurements at three stations, one of which is located within the analyzed drainage basin whereas both others occur at the edge of western Roztocze. Then a mean discharge of springs was confronted with relative retention stages received from a balance of precipitation, evaporation and runoff in the Biała Łada catchment downstream to the Biłgoraj water-gauge. In both cases quite high correlation coefficients from 0.72 to 0.79 were obtained. The greatest correlative concordance was found if a stage of underground waters was shifted a month when referred to the springs discharge, and the retention stage was advanced two months if compared with the consumption time. The calculated regression equations enable to complete the breaks in spring discharges and to forecast their discharge with two months in advance.

