

Zakład Hydrologii Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie

Zdzisław MICHALCZYK

### **Charakterystyka hydrologiczna źródła w Szczepieszynie**

Гидрологическая характеристика источника в Щепешине

Hydrological Characterization of the Water Spring in Szczepieszyn

#### **POŁOŻENIE ŹRÓDŁA**

Źródło w Szczepieszynie położone jest w obrębie miasta, które rozbudowało się na terasie nadzalewowej i zboczu doliny Wieprza, w strefie wypływu rzeki z obszaru Roztocza na teren Padołu Zamojskiego. Źródło znajduje się przy ulicy Klasztornej (w południowej części miasta), pod stromym zboczem doliny Wieprza zbudowanym z lessów. W minionych latach ze źródła zaopatrywali się w wodę wszyscy mieszkańcy ulicy Klasztornej. Obecnie wodę pobierają dwie rodziny, a okoliczni mieszkańcy wykorzystują wodę źródlaną dla potrzeb gospodarczych.

Woda podziemna wydobywa się na powierzchnię w obniżeniu tworzącym niszę źródłiskową, z której odplywa do Wieprza przepustem betonowym przeprowadzonym pod szosą. W dnie wspomnianej niszy, u stóp stromego zbocza, widocznych jest na przestrzeni 20 m 14 wypływów wody wydobywającej się z rozwartych szczelin skał kredowych. Według przekazów ludności w dawnych latach istniało więcej miejsc, z których wydobywała się woda podziemna. W celu lepszego dostępu do najwydajniejszych szczelin, wykorzystywanych jako miejsca poboru wody, kilka mniejszych wypływów położonych w południowej i północnej części niszy zostało zasypanych przez miejscową ludność materiałem gruzowo-pyłastym.

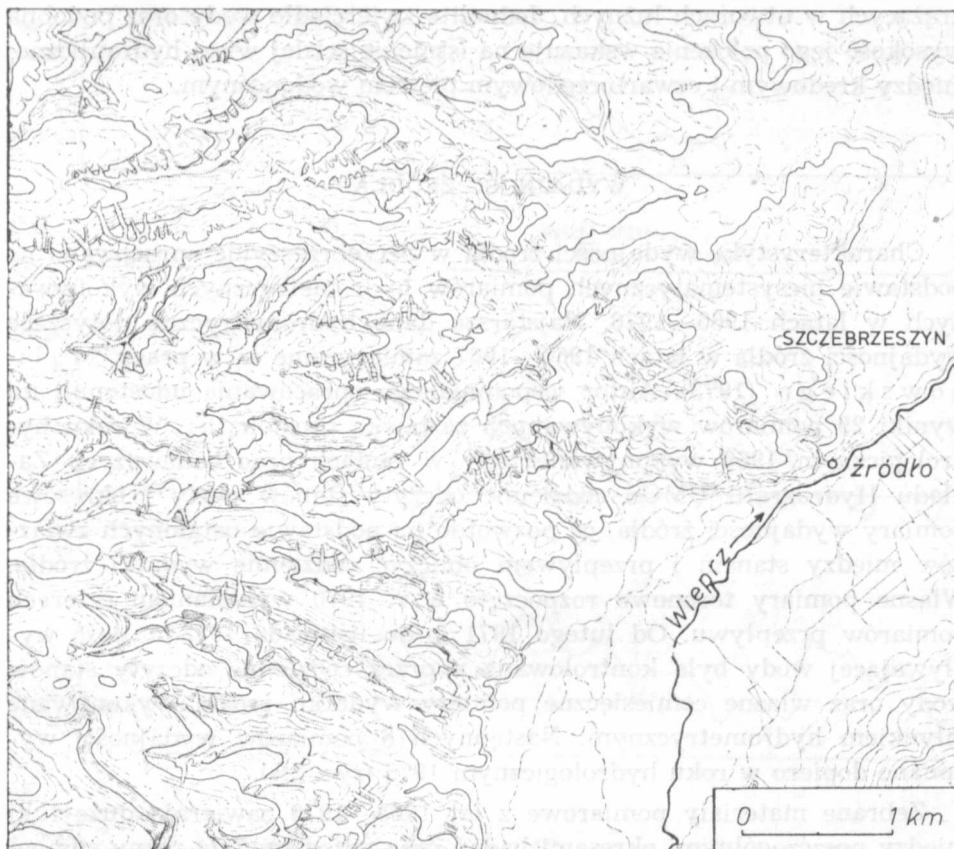
Szczelinowe wypływy wody znajdują się w odległości 15 m od koryta Wieprza i 3 m ponad normalnym poziomem wody w rzece. Bezwzględna wysokość źródła wynosi około 207 m n.p.m. Między poszczególnymi szcze-

linami obserwuje się różnice w wysokości położenia dochodzące do 60 cm. W czasie wysokich stanów wód podziemnych i jednocześnie dużych wydajności źródła woda wydostaje się ze wszystkich szczelin. Natomiast w okresie niskich stanów wód podziemnych stwierdzano wypływy wody tylko z najniżej położonych szczelin. Jest to więc źródło warstwowo-szczelinowe, w którym część wypływów funkcjonuje okresowo.

Obszar zasilania źródła znajduje się na terenie Roztocza Szczebrzeszyńskiego wchodzącego w obręb Roztocza Zachodniego. Budowa geologiczna obszaru alimentacyjnego jest względnie prosta. Podłoże, a zarazem warstwę wodonośną, stanowią wapienne utwory mastrychtu wykształcone w postaci opok i margli. Bezpośrednio na nich zalega gruba pokrywa utworów pylastych, których miąższość wynosi od kilku do ponad 25 m (Malinowski 1964, Buraczyński 1967, 1977). Na zboczach głębokich rozcięć erozyjnych kredowego podłoża utwory lessowe zalegają często na warstwie glin przykrywających piaski i żwiry pochodzenia fluwioglacjalnego, którymi są częściowo wypełnione kopalne rynny, wycięte w skałach mastrychtu.

Rzeźba okolic Szczebrzeszyna jest bardzo urozmaicona, a wysokości względne przekraczają 50 m (ryc. 1). W morfologii tego terenu zaznaczają się przede wszystkim: głęboko wcięta bruzda erozyjna wykorzystywana przez rzekę Wieprz oraz inne boczne suche doliny, gęsta sieć wąwozów i płaskie zrównania wierzchowinowe. Żywa rzeźba oraz duże spadki terenu wskazują na istnienie sprzyjających warunków do tworzenia się epizodycznego spływu powierzchniowego, któremu przeciwdziała jedynie duża pojemność wodna lessów. Utwory pylaste okolic Szczebrzeszyna mają porowatość 25—51%, a najczęściej 36—42%. Natomiast współczynniki filtracji w lessach wynoszą najczęściej  $10^{-5}$  do  $10^{-6}$  cm/s (Malinowski 1964). Są to więc wartości niewielkie, wskazujące na powolne przemieszczanie się wilgoci przez grubą warstwę lessów.

Z archiwalnych materiałów Zakładu Hydrografii UMCS pochodzących z kartowania hydrograficznego wynika, że wody w okolicy Szczebrzeszyna występują w skałach kredowych i czwartorzędowych. Wody piętra kredowego, stwierdzone pod obszarami wierzchowin jako pierwszy poziom, krążą w spękanych utworach mastrychtu. W dnie doliny Wieprza wody pierwszego poziomu występują w utworach czwartorzędowych wykształconych jako piaski terasowe, a głębiej piaski fluwioglacjalne. Wody występujące w utworach kredowych i czwartorzędowych tworzą jeden tzw. roztoczański poziom wód podziemnych. Swobodne zwierciadło wody podziemnej pierwszego poziomu nawiązuje generalnie do rzeźby terenu. Pod obszarami wierzchowin stwierdzone jest na wysokości 220—240 m n.p.m., a w dnie doliny Wieprza około 200 m n.p.m. Z układu hydroizo-



Ryc. 1. Rzeźba okolic Szczepieszyna  
Relief of the environs of Szczepieszyn

hips wynika, że wody z obszarów wierzchwinowych spływają podziemnie do doliny Wieprza. Dolina ta spełnia rolę kolektora zbierającego i odprowadzającego wody z sąsiednich obszarów. Miąższość warstwy suchej zmienia się od 2 m w obrębie doliny Wieprza do ponad 60 m w strefie wierzchwin.

Przemieszczanie się wód w skałach kredowych następuje głównie szczelinami. Badania Malinowskiego (1964, 1973, 1974) wykazały, że współczynniki filtracji szczelinami utworów kredowych wynoszą na Roztoczu Zachodnim najczęściej 11–33 m/d. Jednocześnie wartości te są o kilka rzędów wielkości większe od prędkości poruszania się wody porami skalnymi.

W obrębie erozyjnej doliny Wieprza, wypełnionej częściowo osadami czwartorzędowymi, wody szczelinowe mają charakter naporowy. Ustalone zwierciadło wody podziemnej nawiązuje wysokością do położenia wód

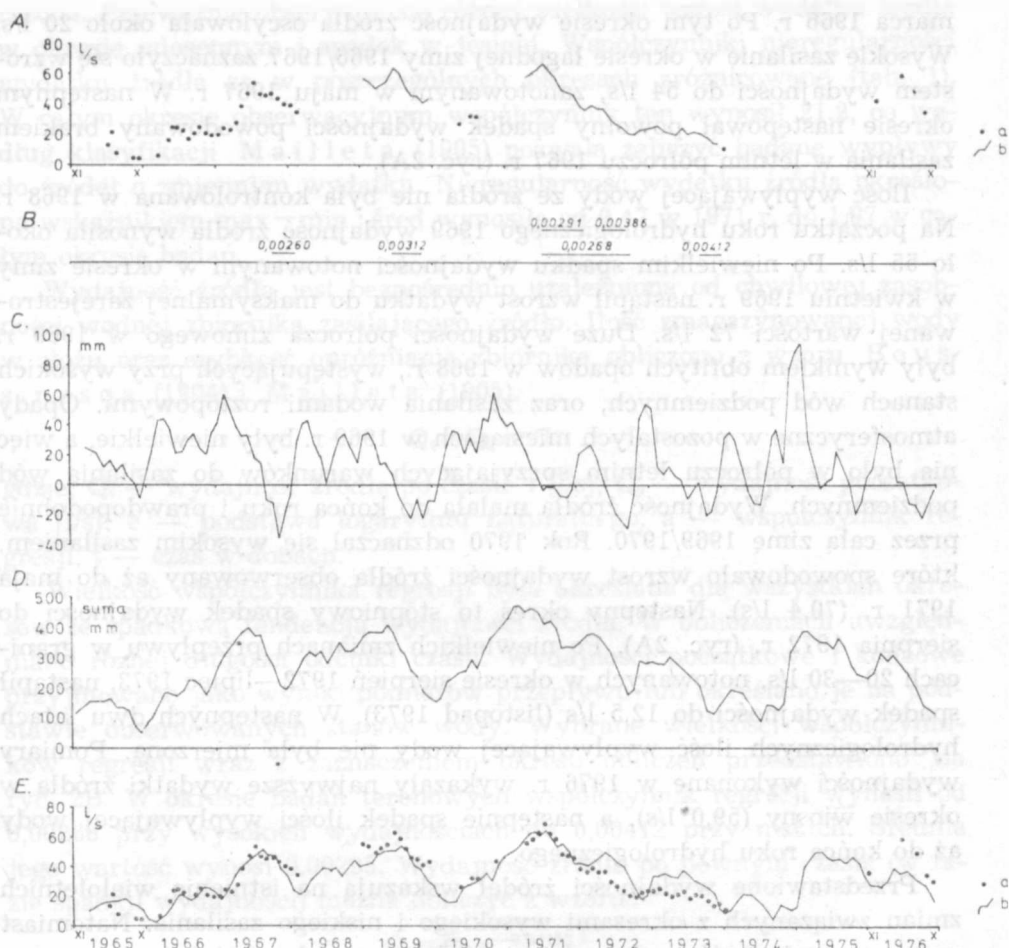
krających w utworach luźnych. Jednolite zwierciadło wody oraz podobna wysokość jego położenia wskazuje na istnienie ścisłej więzi hydraulicznej między kredowym i czwartorzędowym piętrzem wodonośnym.

#### WYDAJNOŚĆ ŹRÓDŁA

Charakterystykę wydajności źródła w Szczebrzeszynie opracowano na podstawie niesystematycznych pomiarów hydrometrycznych wykonywanych w latach 1965—1976. Najstarsze dane hydrometryczne dotyczące wydajności źródła w latach 1965—1967 zamieszczone są w pracy Malinowskiego (1973). Autor wspomnianego opracowania udostępnił mi wyniki 29 pomiarów wykonywanych zastawką prostokątną. W roku hydrologicznym 1969 wykonywane były w ramach prac badawczych Zakładu Hydrografii UMCS codzienne odczyty stanów wody i okresowe pomiary wydajności źródła, co pozwoliło na podstawie ustalonych związków między stanem i przepływem obliczyć codzienne wydatki źródła. Własne pomiary terenowe rozpoczęto w r. 1970 wykonaniem czterech pomiarów przepływu. Od lutego 1971 r. do listopada 1973 r. ilość wypływającej wody była kontrolowana poprzez codzienne odczyty stanów wody oraz własne comiesięczne pomiary wydatku źródła wykonywane młynkiem hydrometrycznym. Następnych 6 pomiarów wydajności wykonano dopiero w roku hydrologicznym 1976 (ryc. 2A).

Zebrane materiały pomiarowe z lat 1965—1976 zawierają duże luki między poszczególnymi okresami badań oraz przedstawiają różny stopień dokładności. Najdłuższy okres bez pomiarów obejmuje lata hydrologiczne 1974 i 1975. Ponadto nie mierzono wydajności źródła przez 10 miesięcy w r. 1968 i przez kilka miesięcy w latach 1965, 1970, 1976. Pomiary w poszczególnych okresach badawczych wykonywane były różnymi metodami i z odmienną częstością. Z konieczności przeto zestawiono wyniki pojedynczych pomiarów wydajności źródła ze średnimi miesięcznymi wydatkami obliczonymi z danych codziennych. Zabieg taki, wobec dużej regularności wydatku źródła, wydaje się metodycznie dopuszczalny. Charakterystyczne wydajności źródeł w okresie badań przedstawiono w tab. 1.

Początek okresu obserwacji przypada na bardzo niskie stany wód podziemnych, więc i małe wydajności źródeł. Wykonane w maju i czerwcu 1965 r. pomiary wykazują, że wydajność źródeł utrzymywała się na poziomie od kilku do kilkunastu l/s. W listopadzie 1965 r. zanotowano najmniejszą wydajność wynoszącą jedynie 3,4 l/s (Malinowski 1973, ryc. 2A). Miesiąc ten był jednocześnie początkiem okresu wysokich opadów lat 1966—1968. Zwiększone zasilanie jesienią 1965 r. zaznaczyło się po trzech miesiącach niewielkim wzrostem wydajności, trwającym do



Ryc. 2. Zmiany wydajności źródła oraz wartości opadu zmniejszonego o parowanie w latach 1965—1976; A — wydajność źródła, a — pomiar wydajności, b — średnie miesięczne z codziennych obserwacji wodowskazowych; B — współczynniki regresji; C — wartości opadu zmniejszonego o parowanie (P—E), średnie ruchome z 3 miesięcy; D — krzywa sumowania miesięcznych wartości P—E zmniejszonych w miesiącach półrocza zimowego o 10 mm i letniego o 20 mm; E — teoretyczna wydajność źródła w Szczepieszynie obliczona ze stanu retencji, a — wyniki pomiarów przepływu, b — obliczona ze stanu retencji

Changes of spring output and precipitation values diminished by evaporation in the years 1965—1976; A — spring output, a — measurement of output, b — mean monthly values of everyday water-gauge observations; B — regression coefficients; C — precipitation values diminished by evaporation (P—E), variable mean values of 3 months; D — curve of summing monthly values U—E diminished in the winter half year by 10 mm and the summer one by 20 mm; E — theoretical output of the spring in Szczepieszyn calculated from the retention level, a — flow measurement results, b — calculated from the retention level

marca 1966 r. Po tym okresie wydajność źródła oscylowała około 20 l/s. Wysokie zasilanie w okresie łagodnej zimy 1966/1967 zaznaczyło się wzrostem wydajności do 54 l/s, zanotowanym w maju 1967 r. W następnym okresie następował powolny spadek wydajności powodowany brakiem zasilania w letnim półroczu 1967 r. (ryc. 2A).

Ilość wypływającej wody ze źródła nie była kontrolowana w 1968 r. Na początku roku hydrologicznego 1969 wydajność źródła wynosiła około 55 l/s. Po niewielkim spadku wydajności notowanym w okresie zimy w kwietniu 1969 r. nastąpił wzrost wydatku do maksymalnej zarejestrowanej wartości 72 l/s. Duże wydajności półrocza zimowego w 1969 r. były wynikiem obfitych opadów w 1968 r., występujących przy wysokich stanach wód podziemnych, oraz zasilania wodami roztopowymi. Opady atmosferyczne w pozostałych miesiącach w 1969 r. były niewielkie, a więc nie było w półroczu letnim sprzyjających warunków do zasilania wód podziemnych. Wydajność źródła malała do końca roku i prawdopodobnie przez całą zimę 1969/1970. Rok 1970 odznaczał się wysokim zasilaniem, które spowodowało wzrost wydajności źródła obserwowany aż do maja 1971 r. (70,4 l/s). Następny okres to stopniowy spadek wydajności do sierpnia 1972 r. (ryc. 2A). Po niewielkich zmianach przepływu w granicach 20—30 l/s, notowanych w okresie sierpień 1972—lipiec 1973, nastąpił spadek wydajności do 12,5 l/s (listopad 1973). W następnych dwu latach hydrologicznych ilość wypływającej wody nie była mierzona. Pomiar wydajności wykonany w 1976 r. wykazał najwyższe wydatki źródła w okresie wiosny (59,0 l/s), a następnie spadek ilości wypływającej wody aż do końca roku hydrologicznego.

Przedstawione wydajności źródeł wskazują na istnienie wieloletnich zmian związanych z okresami wysokiego i niskiego zasilania. Natomiast sezonowa zmienność wydajności nie w każdym roku jest jednakowo wy-

Tab. 1. Charakterystyczne wydajności źródła w Szczepieszynie  
Characteristic outputs of the spring in Szczepieszyn

Rok	Opad (mm)	Wydajność l/s			max.	max.-min.
		średnia	max.	min.	min.	śred.
1966	832	16,9	20,7	3,4	6,1	1,0
1967	694	38,7	47,7	20,3	2,3	0,71
1969	454	51,9	72,0	40,0	1,8	0,62
1971	557	57,0	70,4	43,6	1,6	0,47
1972	610	30,4	44,4	20,3	2,2	0,79
1973	493	20,9	30,1	12,8	2,4	0,83
1976	462	40,3	59,0	26,9	2,2	0,80
1966—1967	763	27,0	47,7	3,4	14,0	1,64
1971—1973	553	34,2	70,4	12,8	5,5	1,68
1966—1976	658	34,8	72,0	3,4	21,2	1,97

rażona. Przeważnie obserwuje się różnej wielkości wzrost wydatku źródła w okresie wiosennym i spadek w jesieni. Współczynniki nieregularności wydatku źródła są w poszczególnych okresach zróżnicowane (tab. 1). W całym okresie obserwacyjnym współczynnik ten wynosił 21,2, co według klasyfikacji Mailleta (1905) pozwala zaliczyć badane wpływy do źródeł o zmiennym wydatku. Nieregularność wydatku źródła określono na wskaźnikiem  $\max - \min$ : średnio wynosiła od 0,47 w 1971 r. do 1,97 w całym okresie badań.

Wydajność źródła jest bezpośrednio uzależniona od chwilowej zasobności wodnej zbiornika zasilającego źródło. Ilość zmagazynowanej wody w złożu oraz szybkość opróżniania zbiornika obliczono z wzoru Boussinesqa (1904) i Mailleta (1905).

$$Q_t = Q_0 e^{-at}$$

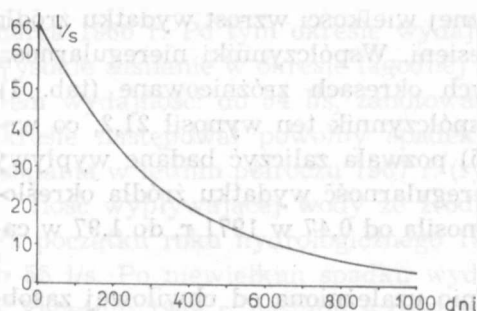
gdzie:  $Q_t$  — wydajność źródła po czasie  $t$  [l/s],  $Q_0$  — wydajność początkowa [l/s],  $e$  — podstawa logarytmu naturalnego,  $a$  — współczynnik regresji,  $t$  — czas w dobach.

Wielkość współczynnika regresji była określana dla wszystkich okresów ze spadkową tendencją wydajności źródła. W obliczeniach uwzględniano różnej długości odcinki czasu. Wydajności początkowe i końcowe przyjmowano jako wyniki pomiarów przepływu lub określano je na podstawie obserwowanych stanów wody. Wybrane wielkości współczynników regresji wraz z zaznaczeniem okresu obliczeń przedstawiono na ryc. 2B. W okresie badań terenowych współczynnik regresji wynosił od 0,00260 przy wysokich wydajnościach do 0,00412 przy niskich. Średnia jego wartość wynosi 0,00295. Wydajność źródła po pewnym czasie (w fazie spadku wydajności) można obliczyć z wzoru:

$$Q_t = Q_0 e^{-0.00295 t}$$

Teoretyczny spadek wydajności począwszy od 66 l/s przedstawiono na ryc. 3. Jest on podobny do rzeczywistego wydatku źródła notowanego w latach 1971/1972. Wychodząc od początkowej wydajności 66 l/s otrzymamy po roku trzykrotne, po dwu latach dziewięciokrotne zmniejszenie ilości wypływającej wody, po upływie 3,5 lat wydatek źródła byłby bliski zera.

Ilość zgromadzonej wody w zbiorniku zasilającym źródło, obliczona wzorem Boussinesqa (1904) i Mailleta (1905), wynosi przy najwyższych wydajnościach około 2 mln  $m^3$  i tylko 0,1 mln  $m^3$  przy minimalnych wydatkach. Przy porównaniu chwilowych zasobów statycznych z objętością wydatku można stwierdzić, że woda w zbiorniku może wymienić się w ciągu jednego roku.



Ryc. 3. Obliczona wydajność źródła w okresie braku zasilania (wg wzoru Boussinesq-Mailleta  $Q_t = Q_0 e^{-0.00295 t}$ )  
Spring output in the period of supply break (calculated by Boussinesq-Maillet's formula  $Q_t = Q_0 e^{-0.00295 t}$ )

### ZWIĄZEK WYDAJNOŚCI ŹRÓDŁA Z OPADEM ATMOSFERYCZNYM

Istotnym zagadnieniem przy opracowaniu wydajności źródła jest określenie charakteru i czasu reakcji wód podziemnych na zasilanie. Jako wielkość zasilania przyjęto miesięczne sumy opadu notowane na stacji IMiGW w Szczebrowszynie. W zebranych materiałach pluwiometrycznych brakowało w kilku przypadkach miesięcznych sum opadu. Dane te uzupełniono na podstawie pomiarów opadu wykonywanych w Zwierzyńcu i Turobinie.

Poszukiwanie zależności między okresem zasilania a wydajnością źródeł rozpoczęto od porównania rocznych, półrocznych i miesięcznych sum opadu z wydatkiem źródła. Zestawienie otrzymanych wielkości nie wskazuje na istnienie bezpośrednich związków między wydajnością a okresem opadu.

Wobec braku podstawowych danych pozwalających na wyznaczenie tzw. opadu efektywnego przyjęto inną drogę wyznaczenia tej części opadu, która teoretycznie może zasilać wody podziemne. Jego wielkość wyznaczono z różnicy opadu ( $P$ ) notowanego na stacji pluwiometrycznej i parowania ( $E$ ). Parowanie obliczono metodą Konstantinowa (Dębski i 1963, 1967) na podstawie danych ze stacji Zamość położonej w odległości około 20 km.

Przy zestawieniu miesięcznych wielkości opadu zmniejszonego o parowanie i wydatku źródeł można stwierdzić, że w okresach dodatnich wartości  $P-E$  obserwuje się wzrost wydajności, a w czasie ujemnych spadek. Uzupełnianie zasobów zbiornika wód podziemnych następuje po uprzednim nasyceniu wilgocią miększej i bardzo chłonnej warstwy lessu. O wydajności źródeł decyduje więc wielkość zasilania rozpatrywana w dłuższych odcinkach czasu. Wody opadów atmosferycznych powoli przemieszczają się przez miększą strefę aeracji, zatem na wykresach dobowych wydatków źródeł nie uwidaczniają się wzrosty wydajności po pojedynczych opadach.



Z uwagi na brak bezpośrednich relacji opad — odpływ do analizy warunków zasilania zastosowano średnie ruchome z okresu trzech miesięcy dla wartości  $P-E$  (ryc. 2C). Następnie wykonano krzywą sumowania wielkości  $P-E$  i porównano ją z wydajnością źródeł. Na otrzymanej krzywej wyraźnie zaznaczyły się okresy szybkiego wzrostu i spadku sumowanych wielkości opadu zmniejszonego o parowanie. Okresy wzrostu krzywej odpowiadały zwiększeniu wydajności źródła, a jej spadku — zmniejszeniu objętości wypływu.

Krzywa sumowania ze względu na nieuwzględnienie wskaźnika odpływu wykazywała tendencję rosnącą. W celu zrównowazenia (wyrównania) przebiegu krzywej w ten sposób, aby odzwierciedlała zmiany retencji, odejmowano od miesięcznego opadu parowania zwiększone średnio o 15 mm. Wprowadzona wartość wynika z rozwiązania prostego równania bilansu wodnego  $P=H+E$  zestawionego za okres 1965—1973. Przyjęty wskaźnik zbliżony jest do średnich miesięcznych wielkości odpływu podziemnego w sąsiednich górnych częściach dorzecza Wieprza, Białej Łady i Sanny.

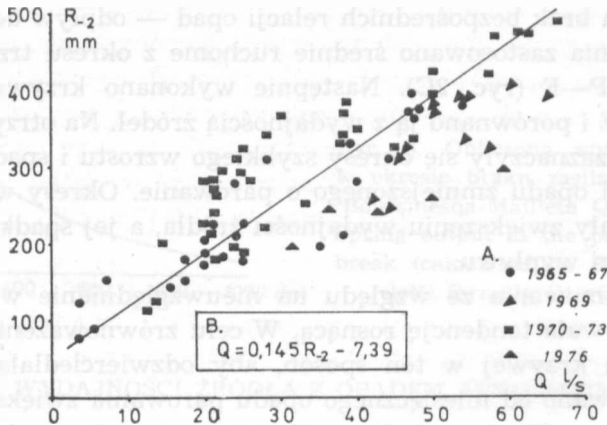
W ujęciu sezonowym zarówno wielkość odpływu podziemnego, jak również parowanie, potrzeby wegetacyjne roślin, transpiracja i warunki infiltracji są bardzo zróżnicowane. Możliwości strat w półroczu letnim są znacznie większe niż w zimowym. Wymaga to sezonowego zróżnicowania miesięcznych wartości przyjmowanego wskaźnika odpływu. W obliczeniach miesięcznych bilansów wodnych półrocza letniego jako wartość teoretycznego wskaźnika odpływu przyjmowano 20 mm, a zimowego — 10 mm. Miesięczne równania bilansowe przyjmują postać:

$$\text{półrocze letnie} \quad R = P - (E + 20)$$

$$\text{półrocze zimowe} \quad R = P - (E + 10)$$

Wyznaczone miesięczne wartości stanów retencji sumowano przyjmując jako początkowy stan 100. Efektem tych obliczeń była krzywa sumowania miesięcznych względnych stanów retencji (średnio  $R=P-E-15$ ), której przebieg jest bardzo zbliżony do zmian wydajności źródła (ryc. 2D). Najwyższe względne stany retencji wypadają 1—2 miesiące przed maksymalnymi wydajnościami źródeł. W celu sprawdzenia zauważonych związków zachodzących między obliczonym stanem retencji a wydajnością źródeł nanoszono obie wartości na układ współrzędnych. Następnie obliczano współczynniki korelacji i równania regresji dla różnych układów miesięcznych wielkości wydajności i stanu retencji. Największą zgodność osiągnięto po odniesieniu miesięcznej wydajności do stanu retencji sprzed dwu miesięcy (ryc. 4).

Współczynniki korelacji liczone między względnym stanem retencji wyprzedzającym o dwa miesiące wydajność źródła a miesięcznym wy-



Ryc. 4. Miesięczne wartości retencji i wydajności źródła: A — okres pomiarów, B — równanie regresji  
 Monthly retention and output values: A — measurement period, B — regression equation

datkiem wynosiły w poszczególnych okresach badawczych od 0,72 do 0,91, a w okresie 1965—1973 aż 0,87 (tab. 2). Wszystkie współczynniki były istotne na poziomie ufności przynajmniej 0,01. Nieco niższą zgodność korelacyjną osiągnięto przy przesunięciu stanu retencji względem okresu wydajności tylko o jeden miesiąc (tab. 2).

Jeżeli zachodzi wysoka zgodność korelacyjna między obliczonym względny stanem retencji a wydajnością źródła, to istnieje możliwość obliczania wydajności ze stanu retencji. Zatem można uzupełnić luki

Tab. 2. Współczynniki korelacji między stanem retencji a wydajnością źródła  
 Correlation coefficients between the retention level and the spring output

Okres	L	r	
		R <sub>-2</sub>	R <sub>-1</sub>
1965—1967	28	0,913	0,849
1969	12	0,720	0,777
1971—1973	33	0,914	0,906
1965—1967			
1971—1973	61	0,890	0,876
1965—1973	78	0,869	0,849
1965—1976	84	0,832	0,804

r — współczynnik korelacji; L — liczebność próby, liczba miesięcy z pomiarami wydajności źródła; R<sub>-2</sub> — stan retencji przesunięty względem wydajności o dwa miesiące; R<sub>-1</sub> — stan retencji przesunięty względem wydajności o jeden miesiąc.

r — correlation coefficient; L — sample number, number of months with the spring output measurements; R<sub>-2</sub> — retention level transferred by two months with regard to the output; R<sub>-1</sub> — retention level transferred by one month with regards to the output.

w obserwacjach i pomiarach miesięcznych wydajności źródła oraz prognozować jej zmiany. Średnie miesięczne wydajności źródła obliczono z równania regresji liniowej.

$$Q = 0,145 R_{-2m} - 7,39$$

gdzie:  $Q$  — wydajność źródła w l/s,  $R_{-2m}$  — względny stan retencji sprzed dwu miesięcy.

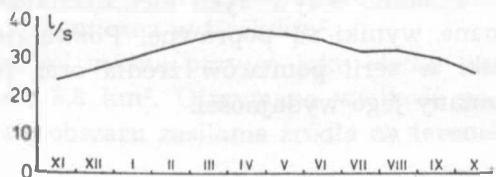
Teoretyczne wydajności obliczone przy pomocy podanego wzoru oraz pomierzone objętości wypływającej wody przedstawiono na wykresie (ryc. 2E). W podstawowym okresie badań 1965—1973 różnice między obiema wartościami nie przekraczały kilku l/s. Również odchylenia od średnich w poszczególnych okresach badawczych nie były duże (tab. 3). Większe rozbieżności między obliczoną (teoretyczną) i rzeczywistą wydajnością źródła stwierdzono w r. 1976. Różnice te spowodowane są prawdopodobnie niską sumą opadu notowaną na stacji Szczepieszyn w r. 1975 i w r. 1976.

Tab. 3. Rzeczywiste i obliczone wydajności źródła  
Actual and calculated spring outputs

Okres	Wydajność		Błąd	
	rzeczywista	obliczona	l/s	%
1965—1967	28,9	27,5	-1,4	-4,8
1969	51,9	42,5	-9,4	-18,1
1970—1973	33,7	37,9	+4,2	+12,4
1965—1973	35,0	35,1	+0,1	+0,3

Przedstawione (ryc. 2E) teoretyczne wydajności źródła wykazują wyraźną zmienność wieloletnią i roczną. Średnia wydajność źródła w okresie 1965—1976 wynosiła 31,4 l/s. Z obliczeń wynika, że najwyższe roczne wydajności źródła były w r. 1971 — 54,9 l/s, w r. 1969 — 42,5 l/s oraz w r. 1975 — 40,5 l/s. Natomiast najmniejsze średnie roczne wartości przypadają na r. 1973 — 13,0 l/s, r. 1974 — 13,8 l/s, i r. 1966 — 15,1 l/s. W ujęciu sezonowym najwyższe wydajności przypadają na kwiecień — 36,8 l/s, maj — 36,2 l/s, marzec — 35,4 l/s i czerwiec — 34,8 l/s. Najniższe ilości wody powinny wypływać w listopadzie — 24,3 l/s, październiku — 25,7 l/s i grudniu 26,7 l/s (ryc. 5).

Ryc. 5. Średnie miesięczne wydajności źródła w Szczepieszynie w latach 1965—1976 obliczone ze stanu retencji  
Mean monthly output of the spring in Szczepieszyn in the years 1965—1976 calculated from the retention level



Wielkość i tendencja zmian wydajności źródła uzależnione są od wartości względnego stanu retencji. Zatem rozpoczęcie badań wydajności źródła w jakimś dowolnym czasie wymaga określenia stanu retencji. Najdokładniej poszukiwaną wartość wyznacza wynik pomiaru wydajności źródła. Dalszą zmianę wydajności źródła można określać na podstawie retencji określanej z zestawienia miesięcznych wartości opadu, parowania i wyznaczonego wskaźnika odpływu. Wydajność źródła w Szczepnie będzie po pewnym czasie wynosiła:

$$Q_n = Q_0 \pm \left[ \sum_{i=1}^n P - \left( \sum_{i=1}^n E + 15n \right) \cdot 0,145 \right]$$

gdzie:  $Q_n$  — wydajność źródła po  $n$  miesiącach [l/s],  $Q_0$  — wydajność początkowa źródła [l/s],  $P$  — suma opadu w ciągu okresu badań ( $n$  miesięcy) przesunięta w stosunku do wydajności o dwa miesiące,  $E$  — suma parowania obliczonego metodą Konstantinowa dla okresu opadów,  $n$  — liczba miesięcy.

O tendencji zmian wydajności decyduje w przedstawionym wzorze wartość drugiego członu równania. Przy jego dodatnich wartościach ilość wypływającej wody powinna wzrastać, a przy ujemnych maleć.

Wykazane zależności zachodzące między stanem retencji a wydajnością źródła umożliwiają postawienie prognozy co do ilości wypływającej wody z dwumiesięcznym wyprzedzeniem. Podany wzór można stosować dla określenia wydajności również w innych, teoretycznie dowolnych okresach. Obliczanie wydajności źródła ze stanu retencji w dłuższych odcinkach czasu jest możliwe, ale wynik może być obciążony znacznym błędem. Na niedokładność obliczeń wydatku źródła składa się wiele przyczyn:

1. W obliczeniach przyjmuje się sumę opadu z jednej stacji i odnosi się uzyskaną wartość do całej powierzchni zasilania źródła. Istniejące lokalne różnice w wielkości opadu oraz możliwe błędy w jego notowaniu powodują rozbieżności między ustalonymi zależnościami.

2. Wskaźnik parowania obliczany był metodą Konstantinowa na podstawie danych ze stacji odległej o około 20 km i położonej w nieco innych warunkach klimatycznych.

3. Przyjęty w obliczeniach jednorodny wskaźnik odpływu wykazuje w rzeczywistości duże zróżnicowanie wieloletnie i sezonowe.

Pomimo oczywistych niedoskonałości materiałów wyjściowych otrzymane wyniki są poprawne. Pozwalają z dużą dokładnością uzupełniać luki w serii pomiarów źródła oraz prognozować dla krótkiego okresu zmiany jego wydajności.

## OBSZAR ZASILANIA ŹRÓDŁA

Rozmieszczenie osadnictwa w pobliżu rzeki sprawia, że w strefie wierzchołków brakuje odpowiednio rozmieszczonych punktów pomiarowych wód podziemnych. W związku z tym niemożliwe było wyznaczenie obszaru zasilania źródła w Szczepieszynie. Można sądzić, że obszar ten od zachodu ogranicza podziemny dział wodny między Wieprzem i Gorajcem, a od północy niższe, w stosunku do wysokości bezwzględnej źródła, położenie zwierciadła wód w skałach kredowych. Próbę oszacowania wielkości obszaru alimentującego źródło podjęto na podstawie zebranych materiałów hydrologicznych i hydrochemicznych.

W czasie badań terenowych w okresie 1971—1973, oprócz pomiarów wydatku źródła, określono również podstawowe cechy fizykochemiczne wody. Wody źródlane są bezbarwne, mają dużą przezroczystość oraz temperaturę utrzymującą się około  $9,1^{\circ}\text{C}$ . W składzie chemicznym jon  $\text{HCO}_3^-$  stanowi około 90% sum miliwali anionów. Natomiast jon  $\text{Ca}^{++}$  występuje w ilości przekraczającej 80% sum miliwali kationów. Są to więc wody dwujonowe należące według klasyfikacji Szczukariewa i Prikońskiego (P a z d r o 1977) do 9 klasy. Mineralizacja wód określana metodą konduktometryczną zmieniała się w okresie 1971—1973 od 271 do 307 mg/l, a jej średnia wartość wynosiła 291,7 mg/l. W ciągu trzech lat obserwacji terenowych było wynoszone 879,3 kg/dobę (wraz z wodami podziemnymi), co odpowiada 321 ton/rok.

W tym samym czasie i identyczną metodą określono denudację chemiczną w sąsiednich obszarach odwadnianych przez górną Białą Ładę i górną Sannę (M i c h a l c z y k 1979). Średni odpływ podziemny z obu górnych dorzeczy Sanny i Białej Łady wynosił  $3,84 \text{ l/s/km}^2$ , natomiast denudacja chemiczna około  $37 \text{ ton/rok/km}^2$ . Otrzymane wartości, dotyczące obszarów o podobnych warunkach hydrogeologicznych pozwalają na pośrednie określenie powierzchni zasilającej źródło w Szczepieszynie:

$$A = \frac{Q}{q} = \frac{34,2}{3,84} = 8,9$$

$$A = \frac{D}{d} = \frac{321}{37} = 8,7$$

gdzie: A — obszar zasilania źródła w  $\text{km}^2$ , Q — wydajność źródła w Szczepieszynie w l/s, q — średni jednostkowy odpływ podziemny w  $\text{l/s/km}^2$ , D — średnia ilość wynoszonego materiału w źródle w Szczepieszynie w t/rok, d — jednostkowa denudacja chemiczna w  $\text{t/rok/km}^2$ .

W oparciu o przedstawione wartości można przyjąć jako obszar zasilania badanego źródła powierzchnię  $8,8 \text{ km}^2$ . Otrzymana wielkość pozwala na dokładniejsze zlokalizowanie obszaru zasilania źródła na terenie Rostocza Szczepieszynskiego.

## LITERATURA

- Boussinesq M. J. 1904, Recherches théoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur le débit de sources. Journal de mathématiques. 5<sup>e</sup> serie, 10 Fasc. I, Paris.
- Buraczyński J. 1967, Zarys geomorfologii Roztocza Zachodniego (Essai géomorphologique du Roztocze Occidental). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, v. XXII, Lublin, ss. 77—123.
- Buraczyński J. 1977, Natężenie erozji wąwozowej i erozji gleb na Roztoczu Gorajskim (Intensity of gully erosion and soil erosion in Roztocze Gorajskie). Zesz. Probl. Post. Nauk Rolniczych, Warszawa, ss. 91—99.
- Dębski K. 1963, Przystosowanie nomogramu Konstantinowa do obliczeń parowania terenowego w Polsce. Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wod. 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., t. VIII, Warszawa, ss. 255—262.
- Malinowski J. 1964, Budowa i własności geotechniczne lessów Roztocza i Kotliny Zamojskiej między Szczebrzeszynom i Turobinem (Geological structure and geotechnical properties of loesses in Roztocze and in the Zamość Basin, between Szczebrzeszyn and Turobin). Inst. Geol., prace t. XLI, Warszawa.
- Malinowski J. 1973, Hydrogeologiczna charakterystyka źródeł Roztocza Zachodniego (Hydrogeological characteristics of sources in the Western Roztocze Region). Inst. Geol. Biuletyn 277, Warszawa, ss. 87—103.
- Malinowski J. 1974, Hydrogeologiczne warunki odpływu podziemnego na Roztoczu Zachodnim (Hydrogeological conditions of groundwater discharge in the West Roztocze Region). Kwart. Geol. t. 18, z. 3, Warszawa, ss. 490—505.
- Maillet E. 1905, Essais d'hydraulique souterraine et fluviale. Paris.
- Michalczyk Z. 1979, Wydajność i mineralizacja wód wybranych źródeł Roztocza Zachodniego (Output and mineral contents of some source waters in the Western Roztocze). Folia Soc. Scient. Lublinensis, sec. D, t. 21, z. 2, Lublin, ss. 57—61.
- Pazdro Z. 1977, Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- Rederowa E. 1963, Źródła Bystrzycy Lubelskiej (The sources of the river Bystrzyca in the Lublin province). Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio B, vol. XVIII, Lublin, ss. 229—247.
- Rederowa E. 1971, Występowanie źródeł na Wyżynie Lubelskiej i w obszarach przyległych (Occurrence of springs within the Lublin Upland and adjacent areas). Przegl. Geogr. t. XLIII, z. 3, Warszawa, ss. 355—361.

## РЕЗЮМЕ

Источник в Щєбжешине расположен у подножий крутого склона долины Вєпша, в зоне выхода реки из пределов гряды Розточа на поверхность Падолу Замостьского. Вода выплывает на поверхность непосредственно из раскрытых щелей меловых пород находящихся на высоте 207 м н.у.м. Площадь питания источника слагают опоки и мергели верхнего мастрихта, на которых залегают мощный лессовый покров.

Средний дебит источников определен на основании несистематических измерений производившихся в годы 1965—1976 достигает 74,8 л/сек. Количество выплывающей подземной воды изменялось от 3,4 до 72 л/сек, таким образом коэффициент нерегулярности расхода составляет 21,2.

Собранные материалы касающиеся дебита источников указывают на существование многоистных изменений расхода связанных с периодами высокого и малого питания. В сезонной оценке обычно наблюдается разной величины рост расхода источника весной и падение осенью.

Существующие пробелы в несистематических наблюдениях дополнялись на основании определенной зависимости между состоянием ретенции и расходом источника. Состояние ретенции определялось из анализа месячных сумм осадков, испарения и теоретического показателя стока. Средний дебит источника, полученный из вычисленных месячных расходов за время 1965—1976, составил 31,4 л/сек.

Указанные зависимости между состоянием ретенции а дебитом источника, рядом с дополнением пробелов в наблюдениях, позволяют представить прогноз количества выплывающей воды с двухмесячным опережением. Расход источника в фазе падения дебита можно также подсчитать из формулы Боуссинэска-Маилета. Площадь питания источника, определенная по гидрологическим и гидрохимическим данным, составляет 8,8 км<sup>2</sup>.

#### SUMMARY

The spring in Szczebrzeszyn is located at the steep slope of the Wieprz river valley where the river leaves the Roztocze area for Padól Zamojski terrain. Water outflows directly on to the surface from open joints of cretaceous rocks located at 207 m above sea level. The spring supply area is built of opokas and Upper Maastrichtian marls covered by a thick layer of loess formations.

Mean spring output value calculated on the basis of unsystematical output outflowing underground water changed from 3.4 to 72 l/s and thus the irregularity measurements done in the years 1965—1976 amounted to 74.8 l/s. The amount of coefficient of spring output amounts to 21.2.

The collected materials as to the spring output indicate the existence of many-year changes of output connected with the periods of high and poor supply. With regard to seasonal changes in the output there can be observed various increase in the period of spring and decrease in the autumn.

The unsystematical observations were completed on the basis of determined correlation between the retention level and the spring output. The retention level was calculated from the analysis of monthly sums of precipitation, evaporation and theoretical outflow coefficient. The mean value of spring output calculated from monthly output in the period of 1965—1976 amounted to 31.4 l/s.

The indicated correlation between the retention level and spring output lets not only complete the gaps in observations but also lets predict the amount of outflowing water in two months' advance. Spring output in its decrease phase can also be calculated by Boussinesq-Maillet's formula. The spring supply area, determined on the hydrological and hydrochemical data amounts to 8.8 км<sup>2</sup>.

