

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURII-SKŁODOWSKA
LUBLIN-POLONIA

VOL. XLIV/XLV,9

SECTIO B

1989/1990

Zakład Hydrografii Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS

Zdzisław MICHALCZYK, Elżbieta REDEROWA

Charakterystyka hydrologiczna źródeł okolic Zakrzówka

Hydrological Characteristics of the Springs in the Zakrzówek Region

Na podstawie dostępnych materiałów archiwalnych zbieranych od 1954 r. oraz z własnych comiesięcznych pomiarów wydajności źródeł i przepływu rzeki wykonywanych w latach 1976–1981 scharakteryzowano źródła występujące w dolinie górnej Bystrzycy. Jest to wyjątkowa na Wyżynie Lubelskiej dolina, w której na 6-kilometrowym odcinku wypływają cztery duże źródła zasilane wodami piętra kredowego, różniące się reżimem hydrologicznym. W nawiązaniu do budowy geologicznej przedstawiono warunki hydrogeologiczne zlewni górnej Bystrzycy, występowanie źródeł i zmienność ich wydajności oraz rolę źródeł w zasilaniu rzeki. Opisano przekształcenia nisz źródłiskowych, jakie zaszły w ostatnich dziesięcioleciach. Wahania wydajności źródeł powiązano ze zmianami retencji liczonymi z bilansu wodnego oraz ze stanami wód podziemnych.

WSTĘP

Wyżynne obszary Lubelszczyzny charakteryzują się występowaniem źródeł o zróżnicowanej wydajności – od wartości minimalnych do 300 l/s. Intensyfikacja badań krenologicznych w tych obszarach nastąpiła po opublikowaniu wyników badań źródeł Bystrzycy Lubelskiej (E. R e d e r o w a 1965). W następnych latach ukazało się wiele opracowań dotyczących konkretnych źródeł lub ich występowania na wybranych terenach Wyżyny Lubelskiej i Roztocza (E. R e d e r o w a 1971). Charakterystyki hydrologiczne źródeł w tych opracowaniach oparte są na stosunkowo krótkich seriach pomiarowych. W ciągu trzydziestu lat najwięcej pomiarów wykonano dla źródeł górnej Bystrzycy.

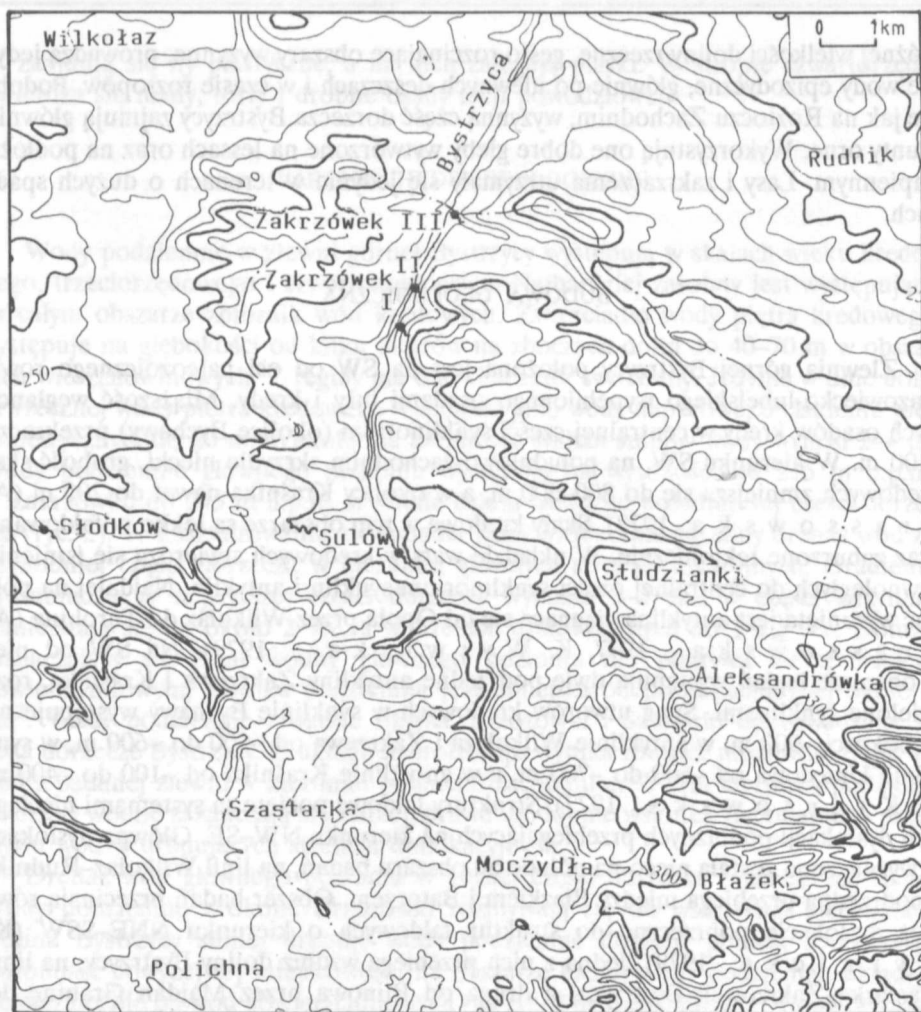
Bystrzycza w swym górnym odcinku zasilana jest przez cztery wydajne źródła. Źródło najwyżej położone – od którego zaczyna swój bieg rzeka – znajduje się w Sulowie. Pozostałe trzy wypływają w Zakrzówku. Nazywamy je kolejno: Sulów, Zakrzówek I (położone na południowym krańcu wsi), Zakrzówek II (występujące w pobliżu kościoła) i Zakrzówek III (w centrum osady). Odległości między nimi wynoszą, poczynając od góry: blisko 4 km, około 650 m i prawie 1,5 km.

Źródła te zwróciły uwagę kilku ośrodków badawczych i znane już są w literaturze naukowej. Pierwszą serię pomiarów dotyczącą wydajności i temperatury źródeł w Sulowie z okresu: marzec 1954 – styczeń 1959 r. przedstawiła E. Rederowa (1965). Od maja 1963 r. powtarzane pomiary wydajności źródeł w Sulowie wykonują pracownicy PIHM, a następnie IMiGW, a dane z pomiarów zamieszczane są w Rocznikach hydrologicznych wód podziemnych. Pomiary te wykazują dużą zmienność wydajności źródła, znacznie większą od stwierdzonej przez pracowników Zakładu Hydrografii UMCS. Prawdopodobnie pomiary IMiGW obejmują nie tylko wody źródlane, ale również wody okresowo spływające ze zdrenowanej zlewni powyżej źródeł, co zostanie wyjaśnione w opisie źródeł. W latach 1965–1967 mierzone, w ramach prac IG w Warszawie, jedno ze źródeł w Zakrzówku wykazujące duże zróżnicowanie wydajności (J. M a l i n o w s k i 1974). W latach 1972–1975 E. Rederowa wykonywała pojedyncze pomiary źródeł w Sulowie i Zakrzówku, a następnie w okresie 1976–1980 mierzyła systematycznie 4 źródła oraz przepływ Bystrzycy we wsi Zakrzówek poniżej źródeł Zakrzówek II. Pomiary te stanowią drugą serię badań Zakładu Hydrografii UMCS po pierwszej z lat pięćdziesiątych dotyczącej tylko źródeł w Sulowie. Źródła z Sulowa i Zakrzówka wymienione są w opracowaniu B. J a n c a i Z. M i c h a l c z y k a (1991) wśród największych źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. Wiadomości na temat źródeł okolic Zakrzówka są stale uzupełniane sporadycznymi pomiarami wydajności wykonywanymi przez pracowników Zakładu Hydrografii. Zgromadzone materiały pozwoliły na ponowne opracowanie zmian wydajności źródła w Sulowie oraz do przedstawienia charakterystyki hydrologicznej pozostałych źródeł górnej Bystrzycy istniejących w okolicy Zakrzówka.

OBSZAR BADAŃ

Badaniami objęto zlewnię górnej Bystrzycy Lubelskiej położoną na pograniczu Rostocza Zachodniego oraz dwu subregionów Wyżyny Lubelskiej: Wyniosłości Giełczewskiej i Wzniesień Urzędowskich (A. Ch a ł u b i Ń s k a , T. W i l g a t 1954). Najwyższa część zlewni, sucha, pozbawiona sieci rzecznej, położona powyżej źródeł w Sulowie, ma powierzchnię 35,0 km². Powierzchniowa część zlewni zamknięta działem wodnym przy źródłach Zakrzówek II obejmuje 79,9 km². Natomiast zlewnia, na terenie której występują cztery omawiane tu źródła, zamknięta działem wodnym w centrum osady przy źródłach Zakrzówek III, zajmuje powierzchnię 104,1 km².

Rostoczańska część dorzecza Bystrzycy to tereny wierzcholinowe położone na wysokości 250–312 m n.p.m. oraz dno suchej doliny Bystrzycy o długości 9 km ciągnące się od Sulowa przez Blinów do Błażka na wysokości 232–270 m n.p.m. Najwyższa część doliny ma charakter wąwozu. Obszary wierzcholinowe, rozcięte gęstą siecią suchych dolin, wyniesione są najczęściej do 270–300 m n.p.m. Z uwagi na dobre gleby utworzone z lessów i utworów lessowatych obszar ten zajmują głównie pola uprawne. Małe płaty lasów w okolicach Szastarki, Moczydeł i Aleksandrówki zajmują tereny silniej urzeźbione. Jest to obszar pozbawiony rzek. Występują tu jedynie płytkie zagłębienia bezodpływowe, wskazujące na utrzymywanie się w pobliżu powierzchni terenu wód poziomu wierzchówkowego. W czasie badań terenowych



Ryc. 1. Rzeźba zlewni górnej Bystrzycy
Relief of the upper Bystrzyca basin

prowadzonych przez E. P a s t u s i a k (1956) liczba zagłębień wypełnionych wodą oraz zasobność płytkiego poziomu była znacznie większa, co stwarzało problemy w rolniczym użytkowaniu niektórych obszarów. W okolicy Moczydł i Szastarki istniały obszary okresowo podmokłe, a na zboczach rozcięć erozyjnych utrzymywały się liczne wysięki wody dające w ubiegłym wieku – przynajmniej okresowo – początek Bystrzycy na obszarze Roztocza. Znaczne zubożenie zasobności wodnej płytkiego poziomu nastąpiło po zdrenowaniu terenu.

Wyżynna część obszaru badań, położona na wysokości 215–290 m n.p.m., również charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą terenu. Wierzchowiny Wzniesień Urzędowskich osiągają wysokość 240–260 m n.p.m., a Wyniosłości Giełczewskiej 260–280 m n.p.m. Oba te subregiony rozdziela wcięta do wysokości 215–230 m n.p.m. dolina Bystrzycy, w której dnie znajdują się podzboczowe źródła zasilające rzekę.

Różnej wielkości doliny rzeczne, gęsto rozcinające obszary wyżynne, prowadzą jedynie wody epizodyczne, głównie po ulewnych deszczach i w czasie roztopów. Podobnie jak na Roztoczu Zachodnim, wyżynną część dorzecza Bystrzycy zajmują głównie grunty orne. Wykorzystują one dobre gleby wytworzone na lessach oraz na podłożu wapiennym. Lasy i zakrzaczenia utrzymały się jedynie w terenach o dużych spadkach.

BUDOWA GEOLOGICZNA

Zlewnia górnej Bystrzycy położona jest na SW od osi paleozoicznego rowu mazowiecko-lubelskiego wypełnionego osadami jury i kredy. Miąższość węglanowych osadów kredy w centralnej części synklinorium (okolice Bychawy) przekracza 1100 m. W kierunku SW, na południowo-zachodnim skrzydle niecki, grubość skał kredowych zmniejsza się do 800–600 m, a w okolicy Kraśnika nawet do 200 m (A. K r a s s o w s k a 1977). Skały kredowe w tym obszarze są lekko pofałdowane oraz zaburzone tektonicznie. W układzie warstw kredowych stwierdza się istnienie równoległych do centralnej części synklinorium synklin i antyklin. Najdalej na północ wysunięta jest antyklina ciągnąca się od Opola przez Wilkołaz do Turobina (A. K r a s s o w s k a 1977, K. W y r w i c k a 1979). Na SW od niej w obszarze badań występują dwie podrzędne antykliny Zakrzewa i Kraśnika, rozdzielone synklinami. Spąg utworów kredowych w synklinie Bychawy występuje na głębokości –900 m, w antyklinie Wilkołaza i Zakrzewa od –500 do –600 m, w synklinie Urzędowa od –600 do –700 m, a w antyklinie Kraśnika od –100 do –400 m (A. K r a s s o w s k a 1977). Struktury fałdowe pocięte są systemami nieciągłych dyslokacji podłużnych przebiegających na kierunku NW–SE. Główna dyslokacja wyznaczona została nieco na północ od obszaru badań, na linii Wilkołaz–Rudnik, a podrzędna przebiega między Błazkiem i Batorzem. Obszar badań przecinają również dyslokacje poprzeczne do struktur fałdowych o kierunku NNE–SSW (K. W y r w i c k a 1979). Jedna z nich przebiega wzdłuż doliny Bystrzycy, na linii Szastarka–Zakrzówek–Bystrzyca, a druga od Blinowa przez Majdan Grabinę do Rudnika. Bloki skalne, ograniczone dyslokacjami podłużnymi i poprzecznymi, są poprzesuwane poziomo i pionowo – wzdłuż uskoków o amplitudzie trudnej do ustalenia. Struktury te powstałe w trzeciorzędzie nawiązują do przebiegu starych linii podłoża paleozoicznego (A.M. Ż e l i c h o w s k i 1972).

W strefie przypowierzchniowej zlewni górnej Bystrzycy budują opoki kampanu ukazujące się lokalnie na powierzchni w strefie działu wodnego. Na północ od linii Batorz–Sulów zapadają one pod opoki i margle mastrychtu dolnego oraz górnego. Na wysoko wyniesionych terenach okolic Aleksandrówki, Brzozówki i Polichny skały kredowe przykryte są wapieniami trzeciorzędowymi pochodzącymi z sarmatu, których miąższość przekracza 20 m. Skały kredowe ukazują się na powierzchni w zboczach głębokich rozcięć erozyjnych i na wierzchołkach przylegających od wschodu do doliny Bystrzycy – między Zakrzówkiem a Majdanem Grabiną. Na pozostałym obszarze silnie urzeźbiony strop utworów kredowych i trzeciorzędowych pokryty jest cienkim płaszczem osadów czwartorzędowych, wykształconych jako lessy lub lessy soliflukcyjne z przewagą piasków (J. M a l i n o w s k i 1974). W dolinie Bystrzycy w Zakrzówku miąższość czwartorzędu przekracza 20 m. W spą-

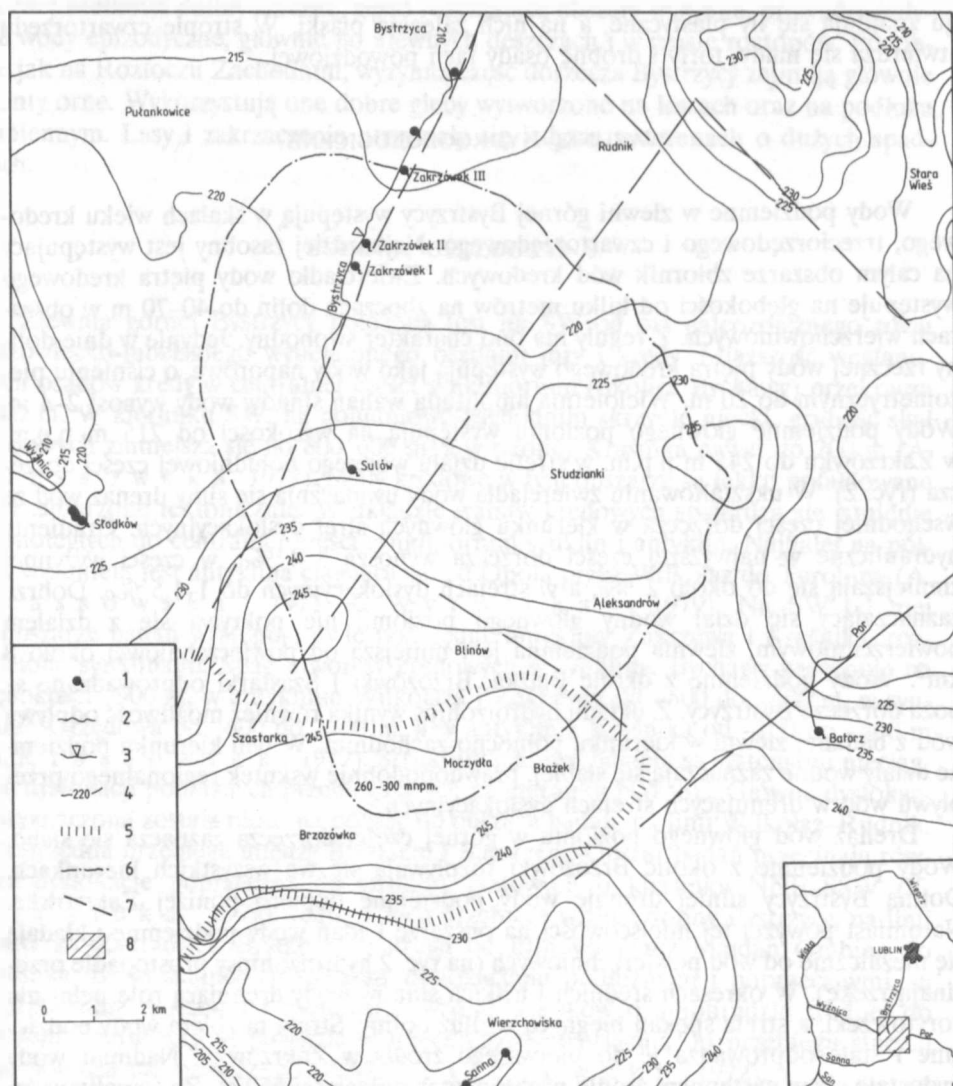
gu znajdują się ility plastyczne, a na nich zalegają piaski. W stropie czwartorzędu stwierdza się mady, torfy i drobne osady facji powodziowej.

WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE

Wody podziemne w zlewni górnej Bystrzycy występują w skałach wieku kredowego, trzeciorzędowego i czwartorzędowego. Najbardziej zasobny jest występujący na całym obszarze zbiornik wód kredowych. Zwierciadło wody piętra kredowego występuje na głębokości od kilku metrów na zboczach dolin do 40–70 m w obszarach wierzchowinowych. Z reguły ma ono charakter swobodny. Jedynie w dnie doliny rzecznej wody piętra kredowego występują jako wody naporowe, o ciśnieniu piezometrycznym do 20 m. Wieloletnia amplituda wahań stanów wody wynosi 2–4 m. Wody podziemne głównego poziomu występują na wysokości od 215 m n.p.m. w Zakrzówku do 245 m n.p.m. w strefie działu wodnego południowej części dorzecza (ryc. 2). W ukształtowaniu zwierciadła wody uwidacznia się silny drenaż wód ze wschodniej części dorzecza w kierunku głównych stref dyslokacyjnych. Gradienty hydrauliczne w najwyższej części dorzecza wynoszą 3–4 ‰, w części wyżynnej zmniejszają się do około 2 ‰, a w strefach dyslokacyjnych do 1–1,5 ‰. Dobrze zaznaczający się dział wodny głównego poziomu nie pokrywa się z działem powierzchniowym, zlewnia podziemna jest mniejsza od powierzchniowej około 8 km². Wody podziemne z okolic Błażka, Brzozówki i Szastarki odprowadzane są poza dorzecze Bystrzycy. Z układu hydroizohips wynika również możliwość odpływu wód z badanej zlewni w kierunku północno-zachodnim. W tym kierunku podziemne działy wodne zaznaczają się słabiej, prawdopodobnie wskutek regionalnego przepływu wód w drenujących strefach dyslokacyjnych.

Drenaż wód głównego poziomu w górnej części dorzecza zaznacza się słabo. Wody podziemne z okolic Brzozówki rozpylają się we wszystkich kierunkach. Dolina Bystrzycy silniej drenuje wody podziemne dopiero poniżej Zakrzówka. Natomiast powyżej tej miejscowości na obszarze badań wody podziemne układają się niezależnie od wód powierzchniowych (na ryc. 2 hydroizohipsy prostopadle przecinają rzekę). W okresach średnich i niskich stanów wody drenującą rolę pełni nie koryto rzeki, a strefa spekań biegnąca wzdłuż doliny. Strefa ta zbiera wody podziemne i stale odprowadza je do pierwszego źródła w Zakrzówku. Nadmiar wody wydostaje się w następnym źródle położonym w odległości 650 m. Za szczelinowym dopływem wody przemawiają gwałtowne zmiany wydajności obu źródeł, a szczególnie niżej położonego. W okresach niskich stanów wód podziemnych istnieją warunki do ucieczki wód z koryta górnej Bystrzycy powyżej Zakrzówka do zasobów podziemnych. Część wód z najwyższej części dorzecza może być odprowadzana w strefie dyslokacyjnej Rudnik–Wilkołaz w kierunku dorzecza Urzędówki, a przede wszystkim Chodelki.

W najwyższej części dorzecza w utworach kredowych ponad głównym poziomem wody utrzymuje się – zgodnie ze schematem T. W i l g a t a (1959) i Z. M i c h a l c z y k a (1986) – górny poziom. Jego występowanie ograniczają od północnego i południowego wschodu oraz od zachodu strefy dyslokacyjne. Górny poziom kredowy łączy się z poziomem trzeciorzędowym utrzymującym się w okolicy Szastarki, Moczydeł i Brzozówki w wapieniach neogenu na wysokości 270–280 m.



Ryc. 2. Mapa hydroizohips: 1 – źródła; 2 – rzeki; 3 – miejsce pomiaru przepływu; 4 – hydroizohipsy; 5 – strefa nieciągłości pierwszego zwierciadła wody podziemnej; 6 – podziemny dział wodny; 7 – strefy dyslokacji tektonicznych (wg K. Wyrwickiej 1979); 8 – położenie obszaru badań
 Map of hydroisohyps: 1 – springs; 2 – rivers; 3 – point of flow measurement; 4 – hydroisohyps; 5 – zone of discontinuity of the first groundwater surface; 6 – underground watershed; 7 – zones of tectonic dislocations (acc. to Wyrwicka 1979); 8 – situation of the examined area

Mięszkość zawodnionych wapieni w otworach studziennych wynosi jedynie kilka metrów.

W strefie działu wodnego, w pasie od Błazka do Szastarki, występują płytkie wody podziemne piętra czwartorzędowego, tworzące charakterystyczny poziom wierzchówkowy. Wody te wykazują dużą dynamikę zwierciadła. W okresach wilgotnych

zwierciadło wody występuje tuż pod powierzchnią, a w okresach suchych jest na głębokości 4–5 m. Zasobność wód podziemnych jest mała i silnie uzależniona od zasilania atmosferycznego. Wody te powoli infiltrują do skał trzeciorzędowych i kredowych. Do czasu budowy studni wierconych wody wierzchówkowe powszechnie ujmowane były w studniach kopanych.

Wody pięttra czwartorzędowego występują również w kopalnej dolinie Bystrzycy wyerodowanej w skałach kredowych, a następnie wypełnionej osadami ilastymi i piaszczystymi. Wody te pozostają w ścisłym związku hydraulicznym z wodami pięttra kredowego. Na badanym obszarze praktycznie nie są one wykorzystywane.

OPIS ŹRÓDEŁ

Wszystkie źródła występują po prawej stronie doliny. W górnym odcinku dolina Bystrzycy ma kierunek SSE–NNW, a między wsiami Sulów i Zakrzówek zmienia go na SSW–NNE. Jest to dolina asymetryczna, zbocze prawe wyższe i bardziej strome osiąga ponad 15 m wysokości względnej, a jego spadek przekracza miejscami 40°. Gospodarstwa wiejskie po tej stronie doliny znajdują się wysoko ponad stromymi skarpami. Zejście w dół ułatwiają krótkie boczne wąwozy. Gospodarstwa po lewej stronie położone są na zboczu znacznie niższym i łagodnie nachylonym. Płaskie dno doliny, zajęte głównie przez łąki, w Sulowie ma 125 m szerokości.

Trzy pierwsze źródła: Sulów, Zakrzówek I i Zakrzówek II to źródła warstwowo-szczelinowe, podzboczowe. Woda w tych źródłach wypływa szczelinami ze spękanej opoki. W miejscach wypływów widoczne są zarówno szczeliny pionowe, jak też międzywarstwowe. Ku górze opoka przechodzi w coraz drobniejszy gruz. Na wierzchowinach warstwa zwietrzliny kredowej przykryta jest cienką powłoką (do 3 m) piaszczysto-pylastych utworów czwartorzędowych.

W okresie między badaniami prowadzonymi w latach pięćdziesiątych i w latach siedemdziesiątych nastąpiły pewne zmiany w zagospodarowywaniu doliny Bystrzycy, które wpłynęły na zmianę wyglądu źródeł. W latach pięćdziesiątych poniżej szczelin, którymi z różną intensywnością wypływała woda, uformowane były zbiorniki, a w ich dnie w wielu miejscach widoczne było pulsowanie. W Sulowie woda wypływała na wysokości 232 m n.p.m. z 14 szczelin rozmieszczonych na odcinku 27 m. Długość zbiornika o pulsującym dnie wynosiła 30 m, szerokość dochodziła do 8 m, a głębokość do 1 m. Nad strumieniem odprowadzającym wodę do koryta Bystrzycy znajdował się mostek przejezdny dla furmanek. Nasyp prowadzący na mostek sztucznie podwyższał teren między zbiornikiem i korytem rzeki, a drewniane podpory mostku tworzyły sztuczne koryto dla odpływającej ze źródeł wody. Obecnie woda, płynąca strużkami z 16 podzboczowych szczelin, gromadzi się w płytkim zbiorniku, którego długość zmniejszyła się do 15–20 m, a szerokość do 5–6 m.

Źródła Zakrzówek I i II, wypływające na wysokości 220 m n.p.m., miały płytkie, wyerodowane w mulistym dnie zbiorniki, z których odpływały naturalne strugi o brzegach zarośniętych sitowiem, przetacznikami itp. roślinnością wodnolubną. Koryta potoków, podobnie jak i zbiorniki, wyłożone były okruchami skał wapiennych porywanych przez bystry prąd. Ze źródła Zakrzówek II wypływały dwie strugi o bardzo różnej intensywności przepływu. Obecnie wody źródlane spływają ze szcze-

lin do zbiorników usytuowanych między zboczem i szosą i stąd przepustami odprowadzane są do rzeki.

Źródło Zakrzówek III znajduje się w centrum osady, na wysokości 215 m n.p.m., przy skrzyżowaniu dróg. Jedna z tych dróg biegnie przez osadę wzdłuż doliny, druga w poprzek przecina dolinę. Po jednej stronie tej drogi znajduje się młyn, po drugiej duży zbiornik wypełniony wodą. Osada rozbudowała się na szerokiej terasie nadzalewowej o wysokości względnej 3–4 m, łagodnie opadającej do rzeki. Źródła znajdowały się na zboczu terasy – tuż pod drogą. Woda w wielu miejscach wydostawała się na powierzchnię i szeroko rozlana spływała wprost do rzeki. Nasypy drogowe maskowały skałę wodonośną. Na powierzchni widoczne były liczne okruchy skalne. Wykonanie pomiaru wydajności było niemożliwe. Tylko jedno ze źródeł ujęto dużym betonowym kręgiem nakrytym stożkowatym dachem. Przez rurę w bocznym otworze wypływała woda, którą użytkowano w gospodarstwach. Źródło to zaopatrywało w wodę niemal całą osadę. Podczas pomiaru w 1955 r. wydatek z rury wynosił 1 l/s.

Wszystkie opisane źródła były intensywnie wykorzystywane przez miejscową ludność. Wiadra dźwigane na nosidlach były pospolitym zjawiskiem w tych okolicach. Przy źródłach znajdowały się drewniane kładki ułatwiające pranie. Spędzano tu również bydło do wodopoju.

Wydajność źródeł zmierzona w lipcu 1955 r. wynosiła: Sulów – 30 l/s, Zakrzówek I – 132 l/s, Zakrzówek II – 12,5 l/s, Zakrzówek III – oszacowano na 40 l/s (więcej niż w Sulowie).

Oprócz czterech opisanych źródeł, które wyraźnie zaznaczały się w krajobrazie doliny, w badanym obszarze znajdowały się jeszcze inne wypływy wód podziemnych. W Sulowie, w ujściowym odcinku lewobocznej doliny biegnącej od przystanku Sulów, istniało pokaźnych rozmiarów jezioro. Po prawej stronie doliny Bystrzycy, poniżej ujścia doliny spod Studzianek, tuż przy zboczu wypływały 4 źródła o wydajności mniejszej od 0,4 l/s. Jedno z nich ujęte betonowym kręgiem wykorzystywane było przez pobliskie gospodarstwa. Jezioro i źródelka już nie istnieją.

Największe zmiany w wyglądzie źródeł nastąpiły po wybudowaniu szosy w dolinie. Zajęła ona miejsce dawnej wiejskiej drogi, która brodem przecinała odpływy ze źródeł Zakrzówek II i I. Szosę budowano w r. 1965 w okresie niskich stanów wody, kiedy wydajność źródeł była mała i prawdopodobnie nie funkcjonowały źródła Zakrzówek II (wywiady z ludnością). Wysoki, ponad 2-metrowy nasyp częściowo zasypał zbiorniki źródlane, a także szczeliny źródeł Zakrzówek II. W r. 1972 w źródłach Zakrzówek II nie widać było szczelin. Woda ze zbiornika utworzonego między zboczem doliny i nasypem szosy i mającego wtedy charakter przydrożnego rowu odpływała przepustem w ilości poniżej 1 l/s. W ciągu następnych lat zwiększała się wydajność źródeł, odsłaniały się szczeliny pod zboczem. W miarę wzrostu wydajności zbiornik z wypływającą wodą wydłużał się wzdłuż nasypu drogowego. Obecnie jest silnie zarośnięty, nie widać w nim dawnego żywego pulsowania. Podobnie wygląda zbiornik poniżej źródła Zakrzówek I. Woda wypełnia wąską przestrzeń między ścianą zbocza a nasypem szosy i odpływa do rzeki dwoma przepustami. Wydajność tych źródeł zmierzona w październiku 1972 r. zmalała do 82 l/s.

W Sulowie nową szosę poprowadzono środkiem doliny, po lewej stronie rzeki. Stara droga z mostkiem nad źródłami przestała funkcjonować. Niepotrzebny mos-

tek, dawniej stale remontowany, niszczał i walił się, a w końcu przestał istnieć. Pozostało koryto z drewnianą obudową, gdzie w latach siedemdziesiątych, tak jak i dawniej, wykonywano pomiary przepływu. Ale w ostatnich latach woda wyerodowała sobie nowe drogi odpływu przez nasyp poza obudową. Przepływ z r. 1991 wykonano w innym miejscu, w korycie Bystrzycy około 100 m poniżej źródeł.

Zmiany w wyglądzie źródeł Zakrzówek III i w osadzie po części miały również związek z przebudową szosy. Podwyższono nasypy drogowe zarówno szosy biegnącej przez osadę, jak i szosy biegnącej po grobli przez dolinę. Źródła mają nową obudowę o wyglądzie murowanego sześcianu, którego bok ma ponad 2 m długości. W dole tej obudowy znajduje się rura odprowadzająca wodę. Odpływ ma wycementowane koryto. Do wody prowadzą szerokie betonowe schody. Poniżej cementowej zabudowy występuje jak dawniej szereg wypływów, które płyną wprost do rzeki. W miarę upływu czasu zaczęły się pojawiać wypływy obok „źródłanego domku”. Obecnie więcej wody wypływa spod obudowy niż z metalowej rury wmontowanej w zbiornik gromadzący wodę. Pomiar wydajności wykonywany młynkiem nie może objąć wypływów nad rzeką, nie łączących się z głównym nurtem.

WYDAJNOŚĆ ŹRÓDEŁ

W zlewni górnej Bystrzycy istnieją 3 stałe źródła oraz źródło okresowe. Zebrane materiały własne, dane publikowane i materiały archiwalne dokumentują zmienność wydajności 4 źródeł: jednego w Sulowie i trzech w Zakrzówku. Najwięcej pomiarów wydajności dokonano w źródle w Sulowie. Z lat 1954–1959 pochodzi 55 pomiarów, przy których stosowano metodę pływakową. Z okresu 1963–1990 zebrano 255 pomiarów wykonanych przez pracowników IMiGW. Są to dane trudne do interpretacji, gdyż prawdopodobnie mierzono razem z wodą źródłaną inne wody spływające z górnej części dorzecza i zapewne pomiary nie były wykonywane z jednakową dokładnością. Podstawę do interpretacji zmian wydajności stanowią systematyczne własne pomiary 4 źródeł i rzeki w latach 1976–1981. W każdym ze źródeł wykonano 55 pomiarów, ponadto pomiary powtórzono; raz w 1990 r. i dwa razy w 1991 r.

Średnie roczne wartości wyliczone z własnych pomiarów źródeł w latach 1954–1991 zestawiono w tab. 1. Podano również przybliżone roczne wydajności źródeł określone na podstawie zweryfikowanych danych IMiGW (Roczniki wód podziemnych). Przy weryfikacji danych wykorzystywano obserwacje stanów wód podziemnych oraz stany retencji liczone z notowań opadu, odpływu i parowania. W tab. 1 zamieszczono również dane dla źródła Zakrzówek II obliczone z wykresów wydajności podanych w opracowaniu J. Małinowskiego (1974). Źródło to nie funkcjonuje od 1986 r.

Średnia wydajność źródła w Sulowie za okres 1954–1959 i 1964–1990 wynosi 42,4 l/s. Odpływ jednostkowy liczony dla zlewni podziemnej zasilającej źródło wynosi tylko 1,5 l/s/km². Jest to wartość mała, sugerująca podziemny odpływ wody z najwyższej części dorzecza Bystrzycy. W ciągu 33 lat obserwacji okresy o małych wydajnościach występowały w latach 1954–1956, 1964–1966, 1985–1990. Jednocześnie były to lata o bardzo niskim zasilaniu atmosferycznym. Wysokie wydajności notowano w latach 1967–1969 i 1975–1983, tzn. w okresach dużego zasilania opadowego. Najwyższą wydajność źródeł (80 l/s) zmierzono 22 października 1980 r.,

a najniższą (10,4 l/s) 9 lipca 1991 r. Współczynnik zmienności wydajności źródeł w okresie wielolecia wynosi 7,7.

Tab. 1. Średnia roczna wydajność źródeł okolic Zakrzówka (w l/s)
Average annual output of the springs in the Zakrzówek region (in l/s)

Rok	Liczba pomiarów	Źródła				Przepływ Bystrzycy
		Sulów	Zakrzówek I	Zakrzówek II	Zakrzówek III	
1954	23	31,7				
1955	20	24,3				
1956	16	32,5				
1957	21	38,9				
1958	28	43,3				
1959	6	50,0				
1964		33°				
1965		30°		4,2**		
1966		34°		16,1**		
1967		60°		57,4**		
1968		58°				
1969		50°				
1970		46°				
1971		57°				
1972		47°				
1973		37°				
1974		34°				
1975		55°				
1976	7	50,3	108,7	22,8	44,7	179,5
1977	11	47,0	96,4	8,2	39,1	138,0
1978	12	42,8	100,1	6,7	45,2	134,7
1979	10	58,8	143,7	55,5	51,4	268,3
1980	12	60,2	126,6	39,7	48,4	211,8
1981	3	74,3	207,6	156,6	75,0	484,0
1982		60°				
1983		50°				
1984		42°				
1985		32°				
1986		34°				
1987		26°				
1988		27°				
1989		26°				
1990		22°	62,5***	0	45,0***	
1991	2	11,0	30,6	0	29,0	40,0

* Szacunek na podstawie zweryfikowanych materiałów IMiGW, ** według Malinowskiego 1974, *** pomiar pojedynczy

* Valuation on the basis of the verified data from IMiGW; acc. ** to Malinowski (1974); *** single measurement

Okres 1976–1981 charakteryzował się wysokimi wydajnościami wszystkich źródeł. Wydajność zdecydowanie wzrosła po obfitym zasilaniu letnim i jesiennym 1974 r. Po okresowym maksimum w czasie wiosny 1975 r. notowano niewielki spadek wydajności w 1976 i 1977 r. Od 1978 r. następował systematyczny wzrost wydajności źródeł do maksymalnych wartości zarejestrowanych pod koniec 1980 r. Charakterystyczne wydajności 4 źródeł z okresu 1976–1981 przedstawiono w tab. 2. Podano również współczynniki nieregularności źródeł za okres 6 lat oraz wydajność źródeł zmierzoną w lipcu 1991 r.

Tab. 2. Charakterystyczne wydajności źródeł w okresie 1976–1981

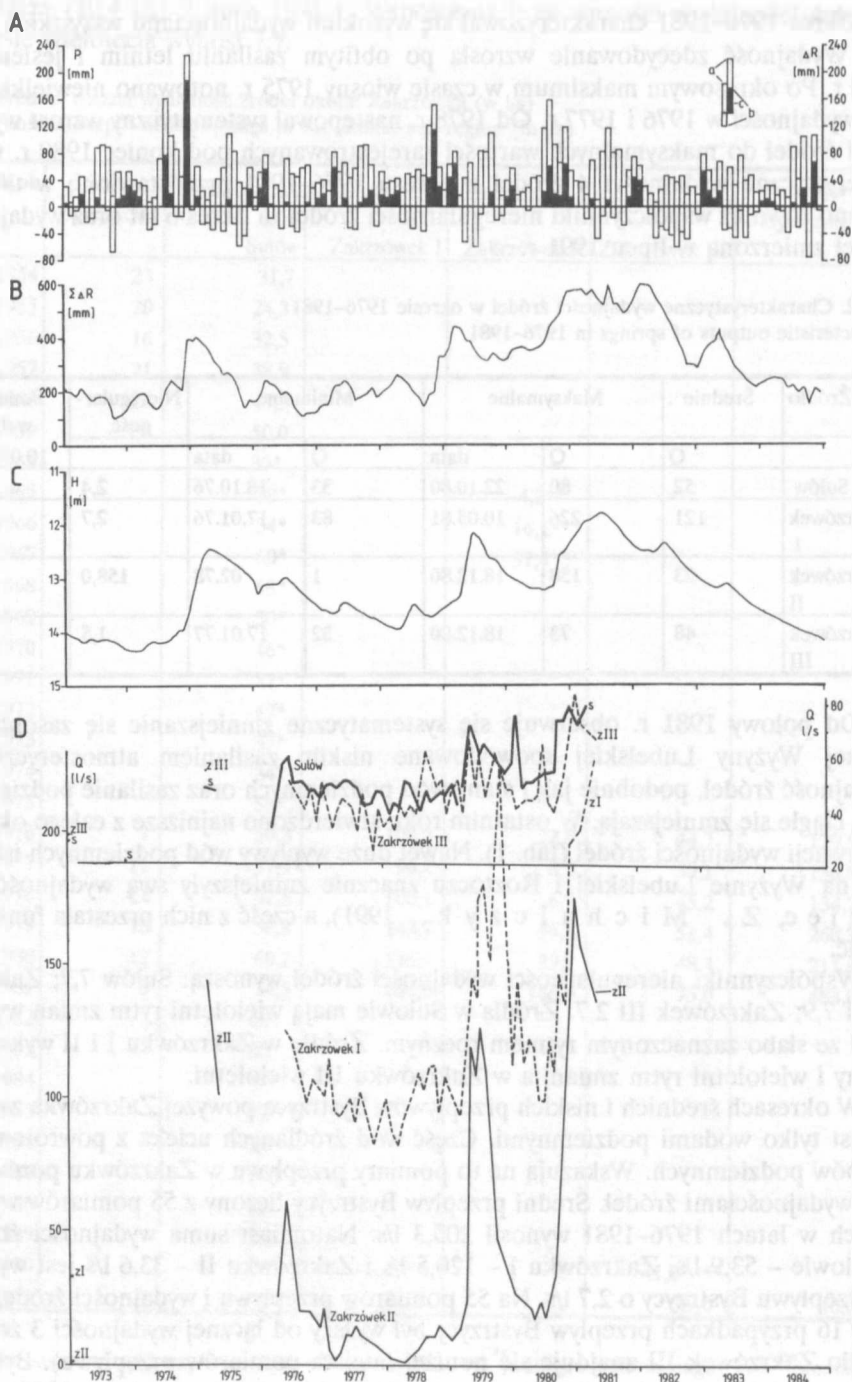
Characteristic outputs of springs in 1976–1981

Źródło	Średnie	Maksymalne		Minimalne		Nieregularność	Pomiar w dn 10.07.91
		Q	Q data	Q	data		
Sulów	52	80	22.10.80	33	18.10.76	2,4	10
Zakrzówek I	121	226	10.05.81	83	17.01.76	2,7	27
Zakrzówek II	23	158	18.12.80	1	02.78	158,0	00
Zakrzówek III	48	73	18.12.80	32	17.01.77	1,5	27

Od połowy 1981 r. obserwuje się systematyczne zmniejszanie się zasobności wodnej Wyżyny Lubelskiej spowodowane niskim zasilaniem atmosferycznym. Wydajność źródeł, podobnie jak i stany wód podziemnych oraz zasilanie podziemne rzek, ciągle się zmniejszają. W ostatnim roku stwierdzono najniższe z całego okresu obserwacji wydajności źródeł (tab. 1). Nawet duże wypływy wód podziemnych istniejące na Wyżynie Lubelskiej i Rostoczu znacznie zmniejszyły swą wydajność (B. Janiec, Z. Michalczyk 1991), a część z nich przestała funkcjonować.

Współczynniki nieregularności wydajności źródeł wynoszą: Sulów 7,7; Zakrzówek I 7,9; Zakrzówek III 2,7. Źródła w Sulowie mają wieloletni rytm zmian wydajności ze słabo zaznaczonym rytmem rocznym. Źródła w Zakrzówku I i II wykazują roczny i wieloletni rytm zmian, a w Zakrzówku III wieloletni.

W okresach średnich i niskich przepływów Bystrzyca powyżej Zakrzówka zasilana jest tylko wodami podziemnymi. Część wód źródłanych ucieka z powrotem do zasobów podziemnych. Wskazują na to pomiary przepływu w Zakrzówku porównane z wydajnościami źródeł. Średni przepływ Bystrzycy liczony z 55 pomiarów wykonanych w latach 1976–1981 wynosił 205,3 l/s. Natomiast suma wydajności źródeł w Sulowie – 53,9 l/s, Zakrzówku I – 120,5 l/s i Zakrzówku II – 33,6 l/s jest wyższa od przepływu Bystrzycy o 2,7 l/s. Na 55 pomiarów przepływu i wydajności źródeł tylko w 16 przypadkach przepływ Bystrzycy był wyższy od łącznej wydajności 3 źródeł (źródło Zakrzówek III znajduje się poniżej miejsca pomiarów przepływu). Były to pomiary z okresu jesieni i zimy, w tym wszystkie pomiary z zimy 1980/1981. W okresach wilgotnych koryto Bystrzycy zasilane było również wodami pochodzącymi ze spływu powierzchniowego. Odpływ jednostkowy liczony z okresu 1976–1981



wynosił w Sulowie 2,0 l/s/km², w Zakrzówku Wsi 2,6 l/s/km² i w Zakrzówku Osadzie 2,5 l/s/km². Są to wielkości znacznie niższe od wartości odpływu podziemnego z całej zlewni Bystrzycy liczone dla tego okresu badań.

ZWIĄZEK WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ Z ZASILANIEM ATMOSFERYCZNYM

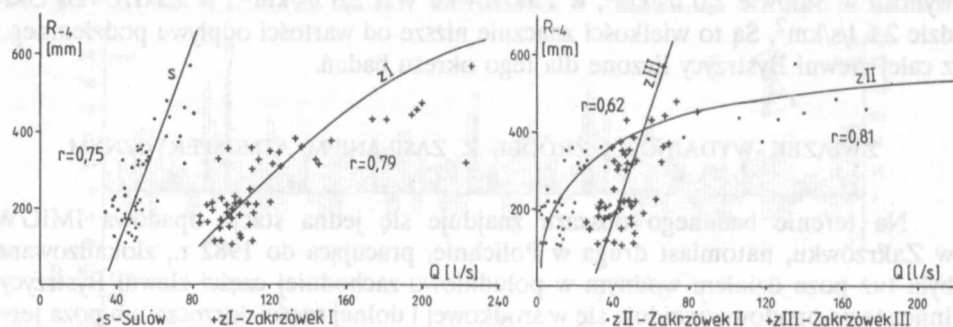
Na terenie badanego obszaru znajduje się jedna stacja opadowa IMiGW w Zakrzówku, natomiast druga w Polichnie, pracująca do 1982 r., zlokalizowana była tuż poza działem wodnym w południowo-zachodniej części zlewni Bystrzycy. Inne stacje opadowe znajdują się w środkowej i dolnej części dorzecza lub poza jego granicami.

Średni opad za okres 1951–1990 w stacji Zakrzówek wynosił 594,5 mm i był podobny do średniej wartości liczonej z danych 5 sąsiednich stacji określonej na 601,0 mm. W okresie tego czterdziestolecia zarejestrowano w Zakrzówku najwyższe opady w 1974 r. – 876 mm oraz w 1980 r. – 809 mm. Najniższe zasilanie atmosferyczne wystąpiło w 1982 r. – 465 mm i 1961 r. – 481 mm.

Zestawienie rocznych wartości opadu i wydajności źródeł wykazuje pewne przesunięcie terminów występowania wysokich opadów i wydajności źródeł. Po wysokich opadach dopiero w roku następnym stwierdzane były duże wydajności źródeł, np. wysokie opady lat 1966, 1970, 1974, 1980 spowodowały wzrost wydajności źródeł w latach 1967, 1971, 1975, 1981.

Porównywanie rocznych sum opadów z wydajnościami źródeł wskazuje na brak bezpośredniej zależności między opadem a objętością wypływu oraz zasobnością wodną zbiorników podziemnych. Poszukiwanie relacji między wspomnianymi wartościami rozpoczęto od zestawienia miesięcznych wielkości składowych bilansu wodnego. Wartość zasilania P przyjęto jako średnią arytmetyczną z notowań opadu w Zakrzówku i Polichnie, wskaźnik odpływu H określono dla zlewni Bystrzycy do Sobianowic, a wielkość strat S liczono metodą Konstantinowa z obserwacji temperatury i prężności pary wodnej w Lublinie. W celu uniknięcia liczenia różnicy retencji na początku i końcu okresu bilansowania przyjęto za okres badań skrajne lata 1973 i 1984, tzn. lata o podobnych wartościach składowych bilansu wodnego oraz o zbliżonych wydajnościach źródeł i stanach wód podziemnych. W tym okresie rozwiązywano dla każdego miesiąca równanie bilansu wodnego oraz liczono stan retencji: $\pm \Delta R = P - H - S$, gdzie ΔR – miesięczny stan retencji, P – opad atmosferyczny, H – wskaźnik odpływu, S – straty.

Ryc. 3. Zmiany stanów retencji oraz wahania zwierciadła wody podziemnej i wydajności źródeł: A – miesięczne sumy opadu (P) i stanu retencji (ΔR): a – wysokość miesięcznego opadu, b – miesięczny stan retencji, c – miesiące z dodatnim stanem retencji; B – krzywa sumowania miesięcznych stanów retencji; C – wahania zwierciadła wody podziemnej (wartość średnia z danych: Lute Doły, Rzeczyca Ziemiańska, Wąwolnica i Ciecierzyn); D – wydajność źródeł w Sulowie (s) oraz w Zakrzówku I (zl), II (zII) i III (zIII). Changes in the retention stage and fluctuations of the underground water surface and of outputs of springs: A – monthly precipitation (P) and retention stage (ΔR): a – monthly precipitation, b – monthly retention stage, c – months with positive retention stage; B – cumulative curve of monthly retention stages; C – fluctuations of the underground water surface (average value of data from: Lute Doły, Rzeczyca Ziemiańska, Wąwolnica i Ciecierzyn); D – output of springs at Sulów (s) and at Zakrzówek I (zl), II (zII) and III (zIII).



Ryc. 4. Związek między wydajnością źródeł i stanem retencji: R_{-4} — obliczony stan retencji sprzed czterech miesięcy; Q — wydajność źródeł; r — współczynnik korelacji

Connection between the output of springs and the retention stage: R_{-4} — calculated retention stage from before four months; Q — output of springs; r — correlation coefficient

Miesięczne wartości zasilania atmosferycznego i obliczony stan retencji przedstawiono na ryc. 3A. Po zsumowaniu obliczonych miesięcznych stanów retencji otrzymano zmiany retencji z miesiąca na miesiąc. W celu uniknięcia ujemnych znaków retencji przyjęto za początkowy stan zasobów wodnych 200 mm (ryc. 3B). Na wykresie (ryc. 3A) zaznaczone są miesiące z dodatnimi wartościami retencji, a więc okresy, w których możliwe było gromadzenie wody infiltracyjnej w podłożu skalnym. Poniżej linii zerowej zaznaczono miesiące z ujemnymi wartościami retencji, w których występowały bilansowe niedobory wody. W przebiegu wartości zwraca uwagę wysoki opad i duża dodatnia retencja w październiku 1974 r., w miesiącach letnich 1976 r., na przełomie lat 1978/79 oraz pod koniec 1980 r. Po każdym okresie bilansowych nadmiarów wody następował po 3–5 miesiącach wzrost wydajności źródeł do okresowych wartości maksymalnych.

Współczynniki korelacji między stanem retencji i wydajnością źródeł przesuniętą o 4 miesiące (R_{-4}) wynoszą od 0,62 w źródle Zakrzówek III do 0,81 w źródle Zakrzówek II (ryc. 4). Jeszcze wyraźniejszą zgodność korelacyjną ($r = -0,82$) rytmu zmian stwierdzono między obliczonym średnim stanem retencji i stanem wód podziemnych, również przesuniętym o 4 miesiące. Ze stanu retencji można zatem obliczać wydajności źródeł. Przedstawione wzory pozwalają na uzyskanie brakujących wartości:

$$Q \text{ Sulów} = 34,02 + 0,0718 R_{-4} \quad r = 0,75$$

$$Q \text{ Zakrzówek I} = \exp(4,26 + 0,00184 R_{-4}) \quad r = 0,79$$

$$Q \text{ Zakrzówek II} = \exp(0,41 + 0,00899 R_{-4}) \quad r = 0,81$$

$$Q \text{ Zakrzówek III} = 30,17 + 0,0656 R_{-4} \quad r = 0,62$$

gdzie Q — wydajność źródeł w l/s, R_{-4} — obliczony stan retencji (w mm) wyprzedzający wydajność źródeł o 4 miesiące.

Wykresy (ryc. 4) i wzory wskazują na charakter zależności między wydajnością źródeł a zasilaniem. Źródła w Sulowie i w Zakrzówku Osadzie (III) mają znacznie mniejsze wydajności maksymalne przy wysokich stanach retencji. Źródła Zakrzówek I i II silniej reagują na wzrost zasobności wodnej. Oba wpływy znajdują się w strefie tektonicznej przebiegającej wzdłuż doliny Bystrzycy, która zbiera wody podziem-

ne z przyległych terenów. W źródle Zakrzówek II stwierdza się wcześniejsze występowanie najwyższych okresowych wydajności niż w źródle Zakrzówek I oraz większe zmiany ilości wypływającej wody. Być może przy wysokich stanach retencji następuje zmiana dróg krążenia wód podziemnych, szczególnie w obszarze zasilania źródła w Zakrzówku.

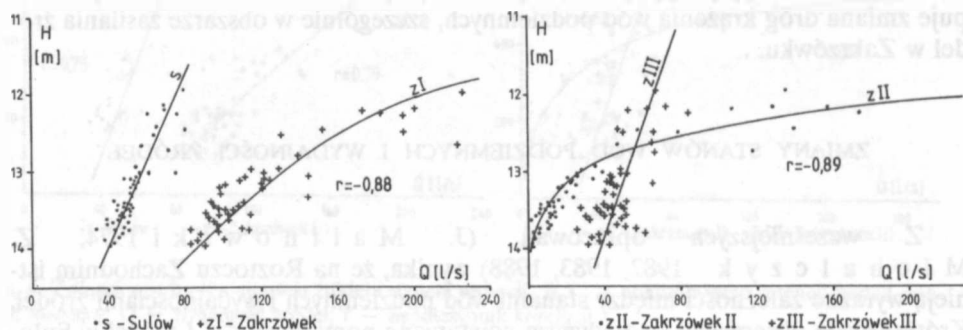
ZMIANY STANÓW WÓD PODZIEMNYCH I WYDAJNOŚCI ŹRÓDEŁ

Z wcześniejszych opracowań (J. Malinowski 1974, Z. Michalczyk 1982, 1983, 1988) wynika, że na Rostoczku Zachodnim istnieją wyraźne zależności między stanami wód podziemnych i wydajnościami źródeł. Krótkotrwałe obserwacje i pojedyncze powtarzane pomiary studni i źródeł w Sulowie również potwierdzają istnienie zależności między zasobnością wodną podziemia a wydajnością badanych źródeł (E. Rederowa 1965). Niestety, nie ma na tym terenie ciągłych pomiarów stanów wód podziemnych. Najbliższe stacje IMiGW, mające obserwacje stanów wody od 1951 r., znajdują się w odległości 50 km: Ciecierzyn położony w dolinie Ciemięgi uchodzącej do Bystrzycy w dolnym biegu oraz Wąwolnica położona na zboczu doliny Bystrej uchodzącej do Wisły. W 1963 r. założone zostały w strefie wierzchowinowej dwie stacje IMiGW kilka kilometrów na południowy zachód od dorzecza Bystrzycy: Lute Doły oraz Rzeczycza Ziemiańska. Dwie pierwsze stacje mają wodę na głębokości kilku metrów, Rzeczycza Ziemiańska nieco ponad 10 m, a Lute Doły około 30 m. Mimo że wszystkie stacje odzwierciedlają zmiany położenia zwierciadła wody głównego poziomu wodonośnego, to stwierdza się istotne różnice w wahaniami stanów wody, zapewne wynikające z położenia punktu obserwacyjnego.

Brak przynajmniej jednej reprezentatywnej stacji wahań stanów wód podziemnych zastąpiono wartościami średnimi położenia zwierciadła wody liczonymi z obserwacji w 4 stacjach (ryc. 3C). Przebieg stanów wód podziemnych wykazuje wieloletni i roczny rytm zmian zasobów. W okresie 1964–1990 występowały kilkuletnie okresy wysokich stanów wody. Najwyższe położenie zwierciadła wody stwierdzono w latach 1967, 1971, 1975, 1979, 1981. Po tych latach występowały 2–3 letnie okresy regresji stanów wody, niekiedy przerywane słabymi wzrostami zasobów wody w okresach wiosennych. Ostatnie lata 1985–1990 cechują się niskimi stanami wody, w 1990 r. najniższymi z całego okresu obserwacji.

Analiza stanów wody podziemnej i wydajności źródeł wskazuje na podobieństwo zmian obu wartości. Współczynniki korelacji liczone między średnim miesięcznym stanem wód i zmierzoną wydajnością poszczególnych źródeł w tym czasie wyniosły od $-0,64$ w źródle Zakrzówek III do $-0,89$ w Zakrzówku II (ryc. 5). Podobny rytm zmian obu wartości sugeruje możliwość obliczania wydajności źródeł ze średniego stanu wód podziemnych. Równania te można wykorzystać przy braku danych w seriach pomiarowych:

$$\begin{aligned} Q_{\text{Sulów}} &= 287 - 0,177 H & r &= -0,87 \\ Q_{\text{Zakrzówek I}} &= \exp [10,6 + (-0,00416 H)] & r &= -0,88 \\ Q_{\text{Zakrzówek II}} &= \exp [31,64 + (-0,0218 H)] & r &= -0,89 \\ Q_{\text{Zakrzówek III}} &= 237,54 - 0,143 H & r &= -0,64 \end{aligned}$$



Ryc. 5. Związek między wydajnością źródeł i położeniem zwierciadła wód podziemnych: H — średni stan wody podziemnej ze stacji Lute Doły, Rzeczyca Ziemiańska, Wąwolnica i Ciecierzyn; Q — wydajność źródeł; r — współczynnik korelacji

Connection between the output of springs and the level of underground water surface: H — average stage of the underground water from the watergauges in Lute Doły, Rzeczyca Ziemiańska, Wąwolnica and Ciecierzyn; Q — output of springs; r — correlation coefficient

Podobnie jak przy stanie retencji zgodność korelacyjna między stanem wód podziemnych i wydajnością źródeł w Sulowie i Zakrzówku III jest prostoliniowa, natomiast w Zakrzówku I i II krzywoliniowa. Podnoszenie się stanów wód podziemnych powyżej wartości średnich powoduje szybki przyrost wydajności w źródle Zakrzówek II, nieco słabszy w Zakrzówku I oraz powolny w Sulowie i w Zakrzówku III.

WŁASNOŚCI FIZYKOCHEMICZNE WÓD ŹRÓDLANYCH

Wody źródlane charakteryzują się doskonałą jakością, podobnie jak pozostałe wody podziemne Wyżyny Lubelskiej i Rostocza krążące w skałach węglanowych. Temperatura wód źródłanych wykazywała niewielkie zróżnicowanie — nieznacznie przekraczające 1°C , przy średniej temperaturze wód około 9°C . Źródła w Zakrzówku I i II często miały wyższą o $0,1^{\circ}\text{C}$ temperaturę wody od zanotowanej w Sulowie i w Zakrzówku III. Wody źródlane cechują się małą dynamiką składu chemicznego. Są to wody słabo zasadowe, średnio twarde, dwuwęglanowo-wapniowe. Najwyższe koncentracje poszczególnych jonów stwierdzono w źródle w Sulowie, a najniższe w wodach źródła w Zakrzówku III. Zawartość jonów i skład chemiczny wód źródeł w Zakrzówku II i III był podobny. Mineralizacja ogólna wód wynosi w Sulowie 460 mg/l , w Zakrzówku I i II około 400 mg/l , w Zakrzówku III 360 mg/l . Mimo wyraźnej różnicy w mineralizacji ogólniej skład chemiczny wód źródłanych był podobny. Wśród anionów dominuje HCO_3^- stanowiące 94% sum miliwali anionów. Wśród kationów największy udział ma jon Ca^{2+} od 83 do 91 %, Mg^{2+} od 8 do 11 %, Na + K od 1 do 6 % sum miliwali kationów (B. T o k a r s k a 1987). Zróżnicowanie składu chemicznego wskazuje również na nieco inne obszary zasilania źródeł. Źródła w Sulowie zasilane są z południowo-wschodniej części dorzecza, głównie ze

strefy występowania opok kampanu przykrytych wapieniami tortońskimi i pokładami lessu eolicznego.

PODSUMOWANIE

Źródła w dolinie górnej Bystrzycy, wyerodowanej w strefie rozluźnienia tektonicznego skał kredowych, mają duże i zróżnicowane wydajności. Drenują one wody podziemne krążące w skałach kampanu i mastrychtu. W układzie zwierciadła wód podziemnych oraz w występowaniu i reżimie źródeł uwidacznia się duża rola litologii, tektoniki i układu warstw skalnych. Źródła w Zakrzówku I i II zasilane są ze strefy dyslokacyjnej przebiegającej w kierunku SSW–NNE, zbierającej wody podziemne z obszaru występowania opok kampanu, a przede wszystkim opok i margli mastrychtu górnego przykrytych lessami soliflukcyjnymi. Źródło w Zakrzówku III zasilane jest ze strefy tektonicznej przebiegającej w kierunku NW–SE, która zbiera wody ze skał mastrychtu dolnego i górnego.

Wszystkie źródła wypływają ze szczelin skalnych, pod zboczem Bystrzycy o ekspozycji zachodniej. Średnia wydajność źródeł w Sulowie wynosi 42,5 l/s, w Zakrzówku I około 100 l/s, w Zakrzówku III około 40 l/s. Źródło w Zakrzówku II okresowo wysycha, a maksymalne jego wydajności dochodzą do 180 l/s. Jeszcze większą wydajność (do 220 l/s) ma okresowo źródło w Zakrzówku I. Wydajności w Sulowie i w Zakrzówku III są bardziej wyrównane. Współczynniki zmienności wydajności źródeł w Sulowie i w Zakrzówku I wynoszą prawie 8, a w Zakrzówku III tylko 3. Są to więc źródła o mało zmiennej wydajności. Bardzo zmienną wydajność ma tylko źródło w Zakrzówku II.

Zmiany wydajności źródeł są uzależnione od stanu retencji w zlewni, najlepiej wyrażonej stanem wód podziemnych. Źródła z pewnym opóźnieniem reagują na zasilanie atmosferyczne. Zasadnicze zmiany wydajności źródeł następują po długim okresie bilansowych nadwyżek lub niedoborów wody. Stwierdza się przesunięcie czasu reakcji źródeł na zasilanie atmosferyczne około 4 miesiące. W ostatnich latach wydajność źródła w Sulowie zmniejszyła się znacznie poniżej wartości niskich przepływów. Przyczyną tego, oprócz małych opadów, mogą być prace melioracyjne powodujące drenaż płytkiego, wierzchówkowego poziomu wód. Wody te zamiast zasilać zasoby podziemne są wyprowadzane na powierzchnię przez drenaże. Relacje między wydajnością pozostałych źródeł i stanem wód podziemnych zasadniczo nie zmieniły się w ostatnich latach. W okresach średnich i niskich stanów wody następuje ucieczka wód powierzchniowych do zasobów podziemnych. Koryto Bystrzycy drenaże zasoby podziemne dopiero poniżej Zakrzówka.

LITERATURA

- Chałubińska A., Wilgat T. 1954, Podział fizjograficzny województwa lubelskiego. Przewodnik V Ogólnop. Zjazdu PTG, Lublin.
- Janiec B., Michalczyk Z. 1991, Wydajność i skład chemiczny wód największych źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza. [W:] Współczesne problemy hydrogeologii. Wyd. SGGW AR Warszawa.

- K r a s s o w s k a A. 1977, Kreda w okolicy Kraśnika – Zakrzewa. *Przegląd Geol.* XXV, 2, Warszawa.
- M a l i n o w s k i J. 1974, Hydrogeologia Roztocza Zachodniego. *Prace Hydrogeol. IG s. spec. z. 6*, Warszawa.
- M i c h a l c z y k Z. 1982, Charakterystyka hydrogeologiczna dorzecza Łady. *Biul. IG 339. Z badań hydrogeol. w Polsce, t. VI*, Warszawa.
- M i c h a l c z y k Z. 1983, Źródła Sanny w Wierchowiskach. *Annales UMCS, sectio B, v. XXXV/XXXVI (1980/1981)*, Lublin.
- M i c h a l c z y k Z. 1986, Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza. *Wyd. UMCS, Lublin*.
- M i c h a l c z y k Z. 1988, Źródła Białej Łady w okolicy Goraja. *Annales UMCS, sectio B, v. XXXIX*, Lublin.
- P a s t u s i a k E. 1956, Stosunki wodne w dorzeczu Bystrzycy Południowej. *Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS, Lublin*.
- R e d e r o w a E. 1965, Źródła Bystrzycy Lubelskiej. *Annales UMCS, sectio B, v. XVIII*, Lublin.
- R e d e r o w a E. 1971, Występowanie źródeł na Wyżynie Lubelskiej i w obszarach przyległych. *Przegl. Geogr. t. XLIII, z. 3*, Warszawa.
- Roczniki hydrologiczne wód podziemnych 1964–1983. IMiGW, Warszawa.
- T o k a r s k a B. 1987, Dynamika cech fizyczno-chemicznych źródeł górnej Bystrzycy do Zakrzówka. *Maszynopis Zakładu Hydrografii UMCS, Lubin*.
- W i l g a t T. 1959, Z badań nad wodami podziemnymi Wyżyny Lubelskiej. *Annales UMCS, sectio B, v. XII*, Lublin.
- W y r w i c k a K. 1979, Poszukiwanie surowców węglanowych przydatnych do produkcji cementu i kamienia budowlanego – obszar lubelski i radomski. *Maszynopis IG Warszawa*.
- Ż e l i c h o w s k i A. M. 1972, Rozwój budowy geologicznej obszaru między Górami Świętokrzyskimi i Bugiem. *Biul. Inst. Geol. nr 263*, Warszawa.

SUMMARY

The Bystrzyca river in its upper course is supplied exclusively with underground water. There are 4 large springs in the basin of the upper Bystrzyca situated within a distance of 6 km. The underground water flows out directly from cracked Cretaceous rocks exposed in the lower part of the steep slope of the valley formed in a zone of tectonic dislocation. Measurements of the output of one of these springs – at Sulów – have been taken since 1954. Systematic monthly measurements of all the four springs were carried out in the years 1976–1981. Sporadic measurements that were taken in recent years showed a considerable decrease in the springs' output, with one of them functioning only periodically.

An average output of the springs at Sulów is 42,4 l/s, at Zakrzówek I about 100 l/s, at Zakrzówek III about 40 l/s. The spring at Zakrzówek II runs dry periodically and its maximum output amounts to 180 l/s. The spring at Zakrzówek I periodically has even greater output – up to 220 l/s. The output of the springs at Sulów and Zakrzówek III is less variable. In the period of many years, coefficients of variation of springs output at Sulów and Zakrzówek I amount to almost 8, and at Zakrzówek III only to 3. So, they are the springs of little varying output, with the exception of the spring at Zakrzówek II evaluated as highly varying.

Changes in the output of springs depend on the retention stage in the basin, best expressed with the underground water stage. Springs react to precipitation with some delay. Radical changes in the output of springs take place after a long period of water excess or deficiency. A shift in the period of water supply due to precipitation and of springs' output lasting about 4 months has been observed. Spring waters are characterized by excellent quality, similar to that of the other underground waters in the Lublin Upland.