

Zdzisław Michalczyk

ŹRÓDŁA WYŻYNY LUBELSKIEJ I ROZTOCZA

SPRINGS OF THE LUBLIN UPLAND AND THE ROZTOCZE

Na podstawie bogatych archiwalnych i terenowych materiałów przedstawiono warunki występowania, rozmieszczenie i wydajność źródeł na Wyżynie Lubelskiej i Roztoczu oraz oceniono rolę źródeł w zasilaniu rzek wodami podziemnymi.

WSTĘP

Źródła, jako naturalne, samoczynne i skoncentrowane wypływy wody podziemnej, pojawiają się w miejscach, gdzie powierzchnia topograficzna przecina warstwę wodonośną lub statyczne zwierciadło wody podziemnej (Pazdro 1983). Liczba źródeł, ich wydajność oraz reżim wypływającej wody są ważnymi wskaźnikami hydrogeologicznymi, charakteryzującymi warunki obiegu wody w podziemnej fazie jej krążenia. Najliczniej źródła występują na obszarach górskich, podczas gdy na nizinach ich gęstość jest mała (Dyńska 1987). Na obszarach wyżynnych Polski gęstość występowania, wydajność źródeł i reżim ich wydajności są bardzo zróżnicowane. W wyżynnej części międzyrzecza Wisły i Bugu naturalne wypływy wody podziemnej występują dość powszechnie. Ich rozmieszczenie i wydajność warunkuje budowa geologiczna i rzeźba terenu. Cechą charakterystyczną tego obszaru, oprócz dużego zasilania rzek wodami podziemnymi, jest silna więź hydrauliczna między wodami podziemnymi i powierzchniowymi (Michalczyk 1986) oraz mała gęstość sieci rzecznej.

Obserwacje i różnorodne badania źródeł prowadzone w regionie lubelskim mają ponad 100-letnią tradycję. Natomiast zbieranie systematycznych informacji o źródłach rozpoczęto podczas kartowania hydrograficznego, które na Lubelszczyźnie prowadzono od 1953 r. Kartowanie to umożliwiło poznanie stosunków wodnych regionu i dało podstawy opracowania koncepcji występowania wód szczelinowo-warstwowych (Wilgat 1958, 1959, 1970).

Gromadzone przez wiele lat materiały dokumentują rozmieszczenie źródeł, wskazują na cykliczne wahania ich wydajności i dużą rolę w zasilaniu rzek oraz dowodzą względnej stałości cech fizykochemicznych wody. Wszystkie terenowe materiały krenologiczne zebrane w pierwszym etapie kartowania hydrograficznego zestawione zostały na mapach archiwalnych Zakładu Hydrografii. Na tej podstawie E. Roderowa (1971) opracowała charakterystykę występowania źródeł wraz z mapą ich rozmieszczenia na obszarze wyżynnym. Natomiast szczegółowe badania terenowe wykonywane w ciągu jednego sezonu były podstawą do opracowania monografii hydrograficznych źródeł zachodniej części Wyżyny Lubelskiej i Rostocza (Michalczyk red. 1993, 1996).

ZARYS WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Obszar badań cechuje się dość dużymi deniwelacjami powierzchni terenu oraz zróżnicowanymi warunkami występowania i krążenia wody. Pod względem fizjograficznym (rys. 1) obejmuje kilka subregionów Wyżyny Lubelskiej i Rostocza (Chałubińska, Wilgat 1954). Najwyżej ponad 300 m wyniesiony jest obszar Rostocza, którego kulminacje terenu osiągają 390 m n.p.m. Przez jego obszar przebiega dział wodny II rzędu rozdzielający dorzecza Sanny, Wieprza, Sanu i Narwi (Bugu). Po północnej stronie rostoczańskiego wododziału znajdują się zlewnie Poru, Wieprza, Huczwy, Sołokiji i Raty, a po stronie południowej Bukowej, Łady, Szumu, Sopotu, Tanwi oraz kilku małych dopływów Wirowej. Od zachodniej części garbu Rostocza biegnie przez strefy wierzchwinowe powierzchniowy dział wodny rozdzielający bezpośrednie dopływy Wisły od systemu wodnego Wieprza, natomiast w części wschodniej zlewnie Wieprza i Bugu.

Obszar Wyżyny Lubelskiej i Rostocza budują różne odmiany skał węglanowych. Przeważającą część terenu pokrywają w strefie przypowierzchniowej osady mastrychtu wykształcone najczęściej jako opoki lub margle (Wyrwicka 1977). W północno-zachodniej części na osadach mastrychtu zalegają paleoceńskie gezy i wapienie margliste. Natomiast w części południowej na skałach kredy zalegają neogeńskie wapienie i piaskowce (Bielecka 1967). Wszystkie typy litologiczne skał kredy i trzeciorzędu cechują się znaczną porowatością całkowitą (25–52%). Natomiast porowatość efektywna, decydująca o wodoprzepuszczalności, jest mała. Osady węglanowe przykryte są na obszarach wierzchwinowych cienką warstwą utworów piaszczysto-pylastych, a lokalnie również grubą pokrywą lessów. Natomiast erozyjne doliny rzeczne wypełniają plejstocieńskie osady piaszczyste oraz holocieńskie



Rys. 1. Podział fizjograficzny Wyżyny Lubelskiej i Rostocza (Chałubińska, Wilgat 1954)

Fig. 1. Physiographical division of the Lublin Upland and the Rostocze (after Chałubińska, Wilgat 1954)

mułki i osady organiczne. Tektonicznie obszar ten uformowany został w czasie młodoalpejskich ruchów podnoszących, zachodzących w dolnym badenie i sarmacie oraz w czwartorzędzie (Pożaryski 1974, Harasimiuk 1980). Przebieg głównych stref tektonicznych zaznacza się w strukturze sieci dolinnej i w układzie krawędzi morfologicznych (Jahn 1956). Największe znaczenie dla ruchu wód podziemnych mają szczeliny cechujące się podwyższoną rozwartością, powstałe w strefach tektonicznego rozluźnienia górotworu. Spękania tektoniczne pokrywają się z przebiegiem głównych linii dyslokacyjnych przecinających cały obszar wyżynny o kierunku NW–SE oraz NE–SW, a także WNW–ESE oraz NNE–SSW (Jahn 1956, Maruszczak 1972, Harasimiuk 1980). Systemy spękań przecinają osady trzeciorzędu i kredy do znacznych głębokości, przez co tworzą one system przepływu wód podziemnych na całym obszarze Wyżyny Lubelskiej. Utwory dobrze przewodzące wodę, o współczynnikach filtracji od 10^{-2} do 10^{-5} m/s występują – w zależności od wykształcenia litologicznego kredy – do

głębokości 100–170 m (Krajewski 1972; Rózkowski, Rudzińska 1978). Wraz z głębokością stopień zawodnienia skał zmniejsza się, a współczynniki filtracji osiągają wielkości od 10^{-2} do 10^{-5} m/s. Szczeliny skalne na dużych głębokościach zaciskają się wskutek dużego ciśnienia górotworu, a występujące tam osady kredowe są praktycznie nieprzepuszczalne.

Wody podziemne użytkowego poziomu występują w węglanowych osadach kredy, a miejscami również w skałach trzeciorzędowych i czwartorzędowych. Najczęściej skały kredy i trzeciorzędu tworzą jeden kredowo-trzeciorzędowy kompleks utworów wodonośnych. W ujęciu regionalnym zaznacza się na Wyżynie Lubelskiej wyraźna zmienność występowania poszczególnych odmian skalnych, wpływająca na zróżnicowanie warunków krążenia wody i występowania źródeł. Przepuszczalność skał uzależniona jest od gęstości i rozwartości szczelin. W tych warunkach istotne znaczenie ma fakt, że wodoprzepuszczalność szczelinowa jest przynajmniej dziesięciokrotnie wyższa od porowej (Krajewski 1972, Malinowski 1974). W profilu pionowym wszystkie odmiany skał węglanowych przeławicają się bez zauważalnej regularności następstw, a pionowa zmienność wodoprzewodności jest znacznie większa niż pozioma. Zmiany w pionie mają charakter skokowy, bowiem wynikają z naprzemianległego występowania warstw o bardzo różnej przewodności wodnej. Cechy te sprzyjają utrzymywaniu się górnych poziomów wody, których istnienie potwierdzają liczne źródła.

W masywie kredowym występuje z reguły ciągle strefa saturacji, mimo że dopływy wody są bardzo zmienne. Podziemny spływ wody następuje od działów wodnych ku liniom podziemnego i powierzchniowego drenażu. Zwierciadło wody nie wykazuje idealnego kształtu, gdyż spadki hydrauliczne są bardzo różne – uzależnione od warunków filtracji. W strefach zboczy, w miejscach istnienia większej ilości drożnych szczelin, następuje rozwarstwienie kompleksu wodonośnego (Szalkiewiczówna 1965, Michalczyk 1986, Albrycht, Michalczyk 1992). Woda podziemna spływa po trudniej przepuszczalnych warstwach kredowych, niekiedy ukazuje się na powierzchni w źródłach lub ginie w silniej spękanych skałach, sprawiając wrażenie istnienia typowych wód szczelinowych.

Analiza hipsometryczna wysokości źródeł i położenia zwierciadła wody w studniach skłoniła do wyróżnienia występowania wody w kilku charakterystycznych wysokościach – poziomach (Wilgat 1959). Wysokości te odpowiadają występowaniu stropu warstw słabo przepuszczalnych, na których zalegają silniej spękane utwory, lepiej przewodzące wodę. Naprzemianległe ułożenie warstw o różnej przepuszczalności i odpowiadające im istnienie skał o silnym i słabym zawodnieniu było podstawową przesłanką do wyróżnienia wód szczelinowo-warstwowych (Wilgat 1959, 1970).

Ukształtowanie zwierciadła wody piętra kredowego generalnie naśladuje rzeźbę powierzchni terenu. Najwyżej wody podziemne piętra kredowego

występują na Rztoczcu Środkowym – do wysokości 290–330 m n.p.m. i Rztoczcu Południowym do 300–310 m n.p.m. Od Rztoczca zwierciadło wody podziemnej obniża się w kierunku południowym do wysokości 230–240 m n.p.m., a w południowej strefie krawędzi Wyżyny Lubelskiej do 180–220 m n.p.m. Układ hydroizohips wskazuje na możliwość przepływu wody wzdłuż południowej krawędzi Wyżyny Lubelskiej i Rztoczca. Na pozostałej części badanego obszaru zauważa się obniżanie zwierciadła wody podziemnej w kierunku północnym. Generalny spadek lustra wody ku północy modyfikują rzeki płynące w głęboko wciętych dolinach: Wisła, Wieprz z Porem i Bystrzycą oraz Bug z Huczwą, które silnie drenują – często poprzez źródła o dużej wydajności – zasoby wodne piętra kredowego i kredowo-trzeciorzędowego.

Najniżej zwierciadło wody piętra kredowego występuje w dolinie Wisły; na wysokości Puław – około 115 m n.p.m. W strefie krawędziowej doliny Wisły nie występują źródła, gdyż wody podziemne piętra kredowego pozostają w łączności hydraulicznej z wodami aluwialnymi jej doliny. W dalszej odległości od Wisły szczelinowo-warstwowe wody podziemne piętra kredowego występują znacznie wyżej. Są one oddzielone od wód związanych z doliną Wisły strefą dużych gradientów hydraulicznych, które wzrastają aż do rozerwania ciągłości zwierciadła wody występującego na kontakcie warstw dobrze i słabo przepuszczalnych.

Głębokość występowania wód podziemnych piętra kredowego zmienia się od kilku metrów w strefie zboczy dolin do 40–60 m na wierzchowinach. Maksymalne miąższości warstwy suchej stwierdzono w rztoczańskich zlewniach dorzeczy Poru i Łabuńki, gdzie woda występuje na głębokościach przekraczających 80 m oraz na wierzchowinach przylegających do doliny Wisły. Miąższości strefy aeracji są we wschodniej części terenu mniejsze niż w części zachodniej i centralnej. Zróżnicowanie głębokości występowania wody wynika z wielkości rozcięcia terenu oraz z litologicznego wykształcenia skał i ich tektoniki decydujących o spadkach hydraulicznych wód podziemnych. Mimo generalnie dużych miąższości strefy aeracji czas pionowego przepływu wody jest krótki. Wskazuje to na względnie łatwe przemieszczanie się zanieczyszczeń punktowych i obszarowych do wód podziemnych i źródeł.

Zasilanie wód podziemnych następuje przez infiltrację opadów atmosferycznych w podłoże. Dobre warunki wsiąkania wody istnieją w miejscach płytkiego występowania spękanych skał kredowych pokrytych zwietrzeliną gruzową lub utworami piaszczystymi. W uzupełnianiu zasobów wód podziemnych badanego terenu najważniejszą rolę spełniają obszary wierzchowinowe i ich zbocza, w których miąższość nadkładu czwartorzędowego jest zwykle mniejsza. Ponadto wyżej wyniesione tereny mają zwiększone zasilanie atmosferyczne, a więc i potencjalnie większe możliwości retencjonowania wody. Najwyższe zasilanie atmosferyczne występuje na Rztoczcu. Jest ono wyższe o 70–100 mm od wartości średniego opadu liczonego dla całego

obszaru wyżynnego. W efekcie na obszarze Rostocza wskaźnik odpływu podziemnego przekracza 160 mm. Jego wielkość obniża się ku regionom nizinnym – Kotlinie Sandomierskiej – oraz przez Wyżynę Lubelską ku Polesiu i Mazowszu. Na Wyżynie Lubelskiej odpływ podziemny na pograniczu z Rostoczem Zachodnim wzrasta do 160 mm, a w części wschodniej Wyżyny Lubelskiej obniża się do 60 mm.

BADANIA ŹRÓDEŁ LUBELSZCZYNY

Powierzchniowym odzwierciedleniem zasobów odnawialnych wód podziemnych jest odpływ gruntowy, czyli ilość wody docierającej do rzek przez źródła lub przez bezpośredni drenaż korytowy. Problematyka krenologiczna Wyżyny Lubelskiej była poruszana wiele razy (Wilgat 1958, 1968, 1970), a ukazujące się prace dotyczyły najczęściej pojedynczych źródeł lub charakteryzowały występowanie i reżim wydajności źródeł istniejących w różnych zlewniach obszaru wyżynnego.

Pierwsze publikowane informacje dotyczą źródeł żelazistych występujących w okolicach Lublina (Doborzyński 1896, 1904) oraz innych naturalnych wypływów wody w tym rejonie (Krisztafowicz 1902). Miejsca wypływu wody podziemnej były wykorzystywane jako kąpieliska oraz obszary lokalizowania dużych ujęć wody budowanych dla miasta Lublina. Systematyczne i patrolowe pomiary i obserwacje źródeł rozpoczęto po roku 1950, na co w dużym stopniu wpłynął rozwój lubelskiego ośrodka naukowego. Pierwszą serię pomiarów źródeł Bystrzycy w Sulowie, wykonywanych w latach 1953–1959, przedstawiła E. Rederowa (1965). Autorka omówiła wydajność źródeł, temperaturę wody wydobywającej się z poszczególnych szczelin oraz podjęła próbę interpretacji zmian ilości opadów atmosferycznych. W tym samym czasie wyniki 10-letnich badań źródła w Wąwolnicy prowadzonych przez PIHM podała H. Czarnecka (1965). Na bazie tych materiałów i innych danych K. Dębski (1965) przedstawił koncepcję zasilania źródeł w Wąwolnicy z obszaru Rostocza. Pierwsze kartograficzne zestawienia rozmieszczenia źródeł znajdują się w opracowaniu hydrogeologicznym wód podziemnych Wyżyny Lubelskiej (Paczyński i in. 1965) oraz na mapie hydrogeograficznej województwa lubelskiego (Wilgat 1968).

Na podstawie rozpoznania hydrograficznego i powtarzanych pomiarów E. Duszyńska (1969) przedstawiła wydajność źródła w Zaporzu koło Radecznicy – największego wypływu wód podziemnych na Rostoczu i Wyżynie Lubelskiej. Wkrótce ukazały się kolejne opracowania charakteryzujące rozmieszczenie źródeł w wybranych małych zlewniach rostoczańskich: Topornicy (Rederowa 1971a), Białej Łady (Michalczyk 1971), Poru (Du-

szyńska 1972), górnej Giełczwi (Bartoszewski 1972), górnej Wolicy (Zielińska 1994). Opierając się na kilkuletnich obserwacjach terenowych B. Janiec (1972, 1984) przedstawił związek rozmieszczenia źródeł z tektoniką południowej strefy krawędziowej Wyżyny Lubelskiej, stanowiącej bezpośrednie przedłużenie ku zachodowi strefy krawędziowej Rostocza. Natomiast M. Chodorowska-Kwiecień i F. Knyszyński (1976) scharakteryzowali występowanie źródeł w zlewni Raty (Rostocze Rawskie).

Szczegółowe badania hydrogeologiczne podjęte na Rostoczach Zachodnich przez Instytut Geologiczny zaowocowały licznymi publikacjami, w których między innymi została przedstawiona wydajność źródeł i jej związek ze stanami wód podziemnych, udział wód podziemnych w odpływie rzeczonym, temperatura i chemizm wód (Malinowski 1973, 1974a). W następnych opracowaniach autor przedstawił wpływ neotektoniki na warunki występowania wód oraz odpływ w zlewni górnego Wieprza (Malinowski 1977, 1988). Rolę zróżnicowania litologicznego skał kredowych w krążeniu wody podziemnej i w istnieniu źródeł na obszarze Pagórów Chełmskich podkreśla P. Herbich (1984).

Systematycznie gromadzone materiały terenowe dostarczyły informacji o cechach reżimu źródeł w Wysokiem (Duszyńska, Rederowa 1975), Rostoczu Zachodnim (Malinowski 1974a i Michalczyk 1979), strefy krawędziowej Wyżyny Lubelskiej (Janiec 1984), a także rozmieszczenia i roli źródeł w zasilaniu Białej Łady oraz powiązania ich reżimu wydajności z zasilaniem atmosferycznym (Michalczyk 1982). Wykonane zostały również szczegółowe opracowania hydrologiczne pojedynczych źródeł w Szczepieszynie, Wierchowiskach, Goraju, Zaporzu, okolicy Krasnobrodu (Michalczyk 1983a i b, 1988, 1993) oraz w okolicy Zakrzówka (Michalczyk, Rederowa 1992). Materiały dotyczące reżimu wydajności źródeł były także zbierane w ramach licznych prac magisterskich wykonywanych w Zakładzie Hydrografii UMCS. Ich realizacja oparta była na comiesięcznych pomiarach wydajności wybranych źródeł oraz na okresowej ocenie cech fizykochemicznych wpływającej wody. Cenne informacje dotyczące źródeł i zmian ich wydajności zawarte są w opracowaniach dokumentujących stan stosunków wodnych (Wilgat, Michalczyk 1987) lub przedstawiających warunki krążenia wody i procesy zachodzące w zlewniach (Maruszczak i in. 1988).

Dobre rozpoznanie warunków obiegu wody i zasilania obszaru wyżynnego oraz wieloletnie pomiary były podstawą do oceny zmienności wydajności dużych źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza (Janiec, Michalczyk 1986, 1988, 1991). Duże źródła wykazują wieloletni rytm zmian wydajności, a współczynnik nieregularności ich wydatku (najczęściej 1,5–3,5) kwalifikuje duże źródła do klasy wpływów o stałej lub mało zmiennej wydajności. Na podstawie szczegółowych badań terenowych opracowano wybrane zagadnienia

hydrograficzne Roztocza Tomaszowskiego i Rawskiego, w tym również podjęto problem występowania i wydajności źródeł (Michalczyk i in. 1993) oraz Roztoczańskiego Parku Narodowego (Wilgat, Michalczyk 1987 i Michalczyk, Wilgat 1994). Wieloletnie badania hydrochemiczne wód źródeł Roztocza były podstawą do opracowania tła hydrogeochemicznego poszczególnych części Roztocza oraz oceny wpływu gospodarczej działalności człowieka na jakość wód podziemnych (Janiec 1994, 1995). W licznych publikacjach podkreślane są walory przyrodnicze naukowo-dydaktyczne wszystkich źródeł, przedstawione są również propozycje objęcia najcenniejszych wpływów ochroną prawną (Janiec, Michalczyk 1986, 1988; Janiec 1992, 1993, 1994).

ROZMIESZCZENIE ŹRÓDEŁ

Liczby źródeł badanego obszaru nie można ustalić w sposób ścisły. Wynika to z trudności metodycznych, ze zmiennej wydajności źródeł oraz z niejednorodnej dokładności rozpoznania terenowego. Materiały hydrometryczne zbierane były przez wiele lat zarówno w okresach posusznych, jak i zasobnych w wody podziemne oraz przed i po wykonaniu prac melioracyjnych. W latach o niskich stanach wód podziemnych niektóre źródła okresowo zanikają lub znacznie zmniejszają swoją wydajność. W okresach zasobnych w wodę pojawiają się obok dużego źródła wypływy okresowe, powiązane hydraulicznie ze źródłem głównym. Ponadto w tym okresie intensyfikują się wypływy wody z młak i z wysięków, które wówczas mogą sprawiać wrażenie niewielkich źródeł. W tej sytuacji, przy weryfikowaniu materiału terenowego, za jedno źródło przyjmowano wszystkie wypływy istniejące w obrębie jednej niszy (Rederowa 1971) oraz wypływy linijne, najczęściej złożone z szeregu szczelin pojawiających się w niewielkich – kilkumetrowych – odległościach.

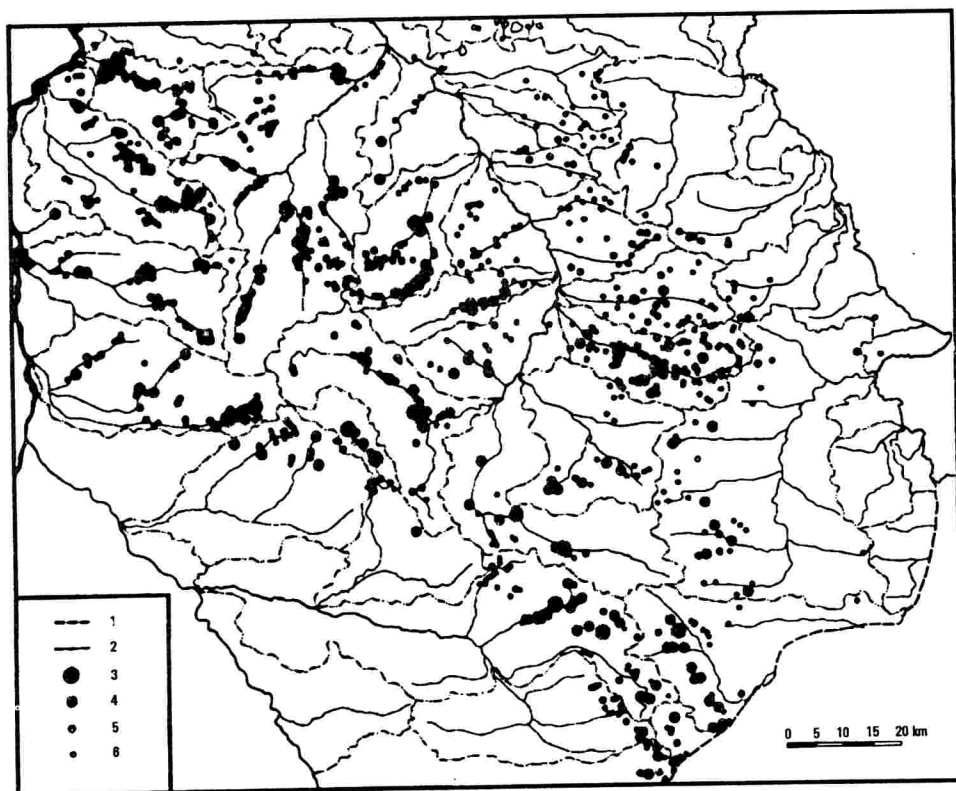
Podstawą do oceny liczby źródeł, ich rozmieszczenia i wydajności były wieloletnie materiały gromadzone w Zakładzie Hydrografii UMCS oraz materiały publikowane (Rederowa 1971, Michalczyk 1986, Michalczyk red. 1993, 1996). W czasie prac terenowych wykonywanych w ostatnich latach sprawdzano istnienie uprzednio zarejestrowanych wpływów wody podziemnej oraz zbierano informacje o nieznanach wcześniej źródłach. W terenie określano: miejsce występowania, położenie morfologiczne źródeł i ich wysokość hipsometryczną, warstwę wodonośną, warstwę podścielającą i przykrywającą, sposób wypływu wody, typ źródła, aktualne jego użytkowanie, otoczenie źródeł, pobierano wody do analiz fizykochemicznych, a także mierzono wydajności źródeł i przepływy rzek. W ostatnich pięciu latach ponownie zarejestrowano występowanie i wydajność źródeł na 70% powierzchni badanego obszaru.

Na wyżynnym obszarze międzyrzecza Wisły i Bugu, zajmującym powierzchnię około 13 000 km², zarejestrowanych zostało około 1550 źródeł, z tego funkcjonuje około 1230. Źródła występują bardzo nieregularnie, głównie w dolinach rzecznych, co jest szczególnie dobrze widoczne w południowo-zachodniej części obszaru badań (rys. 2). Natomiast poza dolinami stwierdza się ich istnienie w wąwozach rozcinających obszary wierzchowinowe, w obrębie których utrzymują się górne poziomy wodonośne (Płaskowyż Nałęczowski, Wyniosłość Giełczewska, Działy Grabowieckie). W obrębie zlewni rozmieszczenie źródeł jest również bardzo nierównomierne. Duże powierzchnie, głównie wierzchowiny, garby i ich zbocza, są niemal całkowicie pozbawione źródeł. Występują one głównie w dolinach rzecznych, a ich rozmieszczenie nie jest regularne, gdyż występują strefy dolin całkowicie pozbawione źródeł, a na innych odcinkach może występować znaczne ich zgrupowanie. W rozmieszczeniu i wydajności źródeł dużą rolę odgrywa wykształcenie litologiczne skał oraz stopień ich spękania. W skałach o słabej przepuszczalności zwierciadło wody ma większe nachylenie, a występujące tam źródła są zwykle mało wydajne. Natomiast w silnie spękanych i uszczelinionych opokach i twardych marglach zwierciadło wody ma niewielkie nachylenie, a źródła osiągają duże i regularne wydajności. Dodatkowym czynnikiem regulującym zmiany wydajności źródeł jest pokrywa lessowa, przez którą dopływ wody infiltracyjnej jest bardziej równomierny niż przez pokrywy piaszczyste. W 37% źródeł woda wydobywa się z osadów czwartorzędowych, a w 63 % ze skał szczelinowych, w tym 56% z węglanowych utworów górnej kredy, a 7% ze skał trzeciorzędowych (Michalczyk 1986).

W dolinach rzecznych źródła najczęściej usytuowane są wzdłuż zboczy oraz w dnach dolin, ale niezbyt daleko od krawędzi doliny. Źródła położone w dnach dolin stanowią 28% wypływów, w tym 3% znajduje się bezpośrednio przy korytach rzecznych. Zasilane są wodami naporowymi spływającymi systemami szczelin z przyległych obszarów wierzchowinowych. Do tej grupy należą najwydajniejsze źródła regionu wypływające w Zaporzu, Maliniu i w Lutem.

W obszarach szczegółowo przebadanych około 64% źródeł znajduje się pod zboczami dolin. Występują one na granicy załomu zbocza i dna doliny, na kontakcie łatwo przepuszczalnych skał kredowych i słabo przepuszczalnych aluwiiów wypełniających dolinę. Położenie to wskazuje także na drenażującą rolę głęboko wciętych dolin. W źródłach podzboczowych woda najczęściej wypływa ze spękanych utworów węglanowych kredy lub trzeciorzędu. Poziome lub pionowe szczeliny, którymi wypływa woda (czasami tylko jedna silnie rozwarta szczelina), mają szerokość od kilku milimetrów do kilku centymetrów.

Źródła zboczowe – występujące w dolnych partiach zboczy, nieco powyżej den dolinnych a (w wąwozach i w dolinach rozcinających zbocza wierzchowin) – stanowią 8% naturalnych wypływów. Są to źródła spływowe,



Rys. 2. Rozmieszczenie i wydajność źródeł Roztocza i Wyżyny Lubelskiej

1 – działły wodne; 2 – rzeki; 3–6 – źródła o wydajności: 3 – powyżej 100 l/s, 4 – 10–100 l/s, 5 – 1–10 l/s, 6 – poniżej 1 l/s

Fig. 2. Discharge and areal distribution of the Roztocze and the Lublin Upland springs

1 – watersheds, 2 – rivers, 3–6 – discharge of spring water: 3 – above 100 l/s, 4 – 10–100 l/s, 5 – 1–10 l/s, 6 – below 1 l/s

a ich istnienie wskazuje na utrzymywanie górnych poziomów. W dnach dolin oraz w źródłach istniejących wysoko ponad głównym poziomem, woda wydobywa się z utworów czwartorzędowych. Często są one zasilane wodami szczelinowo-warstwowymi.

Ilość wypływającej wody podziemnej w czynnych źródłach jest bardzo zróżnicowana, zarówno w czasie, jak i w poszczególnych zlewniach. Decydują o tym lokalne warunki hydrogeologiczne oraz wielkość i równomierność zasilania atmosferycznego. Jednym z czynników wpływających na wydajność źródeł jest wysokość położenia wypływu, rozważana w kontekście zasobności wodnej drenowanej warstwy wodonośnej. Na Roztoczu źródła rejestrowano

na wysokościach od 200 do 335 m n.p.m., natomiast na Wyżynie Lubelskiej od 120 do 260 m n.p.m. Najwyżej źródła występują w strefach wododziałowych Rostocza i Wyżyny Lubelskiej.

W najwyższych częściach dorzeczy często stwierdza się istnienie ponad głównym poziomem górnych lub zawieszonych horyzontów wody (Wilga t 1970). Ich obecność dokumentują źródła znajdujące się na krańcach zawodnionych warstw. W okresach bezdeszczowych strumienie te prowadzą wodę wyłącznie pochodzącą ze źródeł. W ostatnich latach wydajność źródeł górnych poziomów była niewielka, a strumienie wody tworzące się poniżej źródeł często zanikały w podłożu skalnym (górną Czerniejówka, górna Kosarzewka, Gałęzówka, Grodarz). Niektóre rzeki zasilane wodami źródłanymi gubią w podłożu tylko część wody – np. górna Bystrzyca (dopływ Czerniejówki).

Z wysokością położenia źródła wiąże się jego wydajność. Wysoko położone wypływy zasilane są z górnych lub zawieszonych horyzontów wodonośnych, cechujących się niewielką i zróżnicowaną zasobnością wodną. Zatem wydajność źródeł najwyżej leżących jest mała, niekiedy nawet poniżej 0,1 l/s, a odpływ funkcjonuje jedynie okresowo. Tego typu wypływy znajdują się w zlewniach: Sanny, Chodelki, górnego Wieprza, Kosarzewki, Czerniejówki, Wolicy, Wojsławki, Sołokiji, Raty, górnej Tanwi. Bardzo często, nawet w okresach średnich stanów wód podziemnych, strużki utworzone poniżej źródeł zanikają w podłożu.

Gęstość występowania źródeł jest bardzo zróżnicowana. Można ją wyrazić również wskaźnikiem krenologicznym, który określa obszar zlewni zasilający jedno źródło. Na obszarze wyżynnym Lubelszczyzny jedno czynne źródło przypada na około 10 km² powierzchni. Więcej źródeł jest na Rostoczu oraz w wyżej wyniesionych i silniej rozciętych obszarach wyżynnych. W zachodniej części Wyżyny Lubelskiej jedno źródło przypada na 7,0 km², a na Rostoczu 7,8 km²/źr, z tym że na Rostoczu Rawskim wskaźnik ten wynosi 5,0, a na Tomaszowskim 11,8 km²/źr (Michalczyk red. 1993, 1996). W obrębie poszczególnych zlewni stwierdza się również duże zróżnicowanie gęstości źródeł, przy największych wartościach w dorzeczach: Wolicy i Kosarzewki 2,2 km²/źr., górnej Wojsławki 3,2 km²/źr., Bystrej 3,5 km²/źr., Ciemięgi 3,6 km²/źr.

WYDAJNOŚĆ ŹRÓDEŁ

Jednym z najważniejszych parametrów cechujących źródła jest ich wydajność. Dokładne dane dotyczące ilości wypływającej wody możliwe są do uzyskania tylko na drodze wieloletnich pomiarów. Z ogółu zarejestrowanych źródeł tylko niewielka część ma serię powtarzanych pomiarów hydromet-

rycznych. Wydajność przeważającej części źródeł określona została przez pojedyncze pomiary, a niekiedy na podstawie szacunków ilości wypływającej wody. Z zestawionych informacji terenowych wynika, że na wyżynnym obszarze międzyrzecza Wisły i Bugu funkcjonuje około 1230 źródeł. Ich wydajność i rozmieszczenie zostały przedstawione na rys. 2 w czterech klasach: 1) 100–300 l/s, 2) 10–100 l/s, 3) 1–10 l/s, 4) do 1 l/s.

Dla obszaru wyżynnego Lubelszczyzny charakterystyczne są źródła o dużej wydajności (Janiec, Michalczyk 1986, 1988, 1991). Na badanym terenie zarejestrowano 160 źródeł z wydajnością powyżej 10 l/s, w tym w 11 wypływach stale przekracza 100 l/s, z tego 8 źródeł znajduje się na Roztoczu, a dwa dalsze w jego sąsiedztwie. Z zebranego materiału wynika, że najwięcej jest źródeł o małych wydajnościach, gdyż 57% wypływów nie osiąga 1 l/s. Praktycznie w tej grupie znajdują się wszystkie źródła zasilane z górnych poziomów wodonośnych, gdyż tylko nieliczne mają kilkulitrowe wydajności. Wydajność 29% źródeł utrzymuje się w granicach 1–10 l/s, a tylko 13% przekracza 10 l/s. Są one zasilane z głównego poziomu wodonośnego, kredowego lub kredowo-trzeciorzędowego zbiornika. Źródła o dużych wydajnościach znajdują się w różnych częściach dorzecza. Zwykle wypływają w dolinach rzecznych w bliskim sąsiedztwie bocznych dużych dolin. Przewodność hydrauliczna systemu szczelin towarzyszących dużym dolinom oraz osadów wypełniających rynnę erozyjną jest zbyt mała, aby przyjąć wody dopływające systemem szczelin z obszarów alimentacji. W efekcie wody napływające do doliny rzecznej wydostają się na powierzchnię w postaci źródeł. Wypływy wody ze źródeł mogą stanowić początek stałego biegu rzeki (Biała Łada, Branew, Sanna, Sopot, Łosiniec, Jeleń) lub znajdują się w jej środkowym biegu (Bystra, Bystrzyca, Giełczew, Por, górny Wieprz, Sołokija, Biała). Ich wydajność decyduje o ilości wody płynącej w rzekach w okresach bezdeszczowych. Wiele rzek nie ma żadnych dopływów, przyjmuje tylko krótkie strumienie odprowadzające wody źródlane. Około 20% źródeł nie funkcjonuje, jest to efekt antropopresji, szczególnie nasilającej się w ostatnich dziesięcioleciach.

Do największych wypływów (rys. 2) badanego obszaru należą źródła znajdujące się w miejscowościach: Zaporze – około 300 l/s (dorzecze Poru), Malinie – 175 l/s, Abramów 140 l/s (dorzecze Łady), Stokowa Góra i Hutki – po około 130 l/s (dorzecze górnego Wieprza), Lute i Wierchowiska – po około 120 l/s (dorzecze Sanny), Stryjno – 115 l/s (dorzecze Giełczwi), Sołokije – 110 l/s (dorzecze Sołokiji), Świdry – 110 l/s (dorzecze Potoku Łosinieckiego). W okresach wysokich stanów wód podziemnych w kolejnych kilku źródłach przekraczana jest wydajność 100 l/s, np.: Wąwolnica (dorzecze Bystrej), Zakrzówek i Piotrowice (dorzecze Bystrzy), Sobieska Wola (dorzecze Giełczwi), Husiny i Majdan Sopocki (dorzecze Sopotu).

Interesującym zagadnieniem jest wielkość zasilania podziemnego docierająca do rzek przez źródła. Dokładne określenie łącznego wydatku wszystkich źródeł w krótkim okresie nie jest możliwe. W czasie badań terenowych wykonywanych w 1991 r. wydajność źródeł w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej wynosiła prawie $2,0 \text{ m}^3/\text{s}$, co odpowiadało źródłanemu odpływowi jednostkowemu $0,6 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Natomiast w 1994 r. zasilanie źródlane w długim okresie bezdeszczowym wynosiło na terenie Rostocza $3,65 \text{ m}^3/\text{s}$, czyli $1,65 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Jest to wartość stosunkowo wysoka, wskazująca na dużą zasobność wodną obszaru.

Szacunkową łączną wydajność wszystkich źródeł Rostocza i Wyżyny Lubelskiej można obliczyć przez pomnożenie ilości źródeł zaliczonych do poszczególnych klas przez średnią wydajność poszczególnych przedziałów. W klasach przyjęto nie średnią wartość przedziału, ale wielkość 0,4 wydajności danej grupy źródeł. Tak więc wydajność poszczególnych klas określono na: 0,4, 4 i 40 l/s. W źródłach przekraczających 100 l/s przyjmowano pomierzone (pojedyncze lub średnie) wydajności. Łączną wydajność wszystkich źródeł Wyżyny Lubelskiej i Rostocza w letnich okresach pomiarowych ostatnich lat można szacować na $8,0 \text{ m}^3/\text{s}$, natomiast wydajność średnią roczną można oceniać na $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Liczne źródła o wydajności do 1 l/s dostarczają tylko około 4% wody. Znacznie więcej wody – 18% – wydobywa się ze źródeł o wydajności 1–10 l/s. Decydujące znaczenie dla wodności rzek mają źródła o jeszcze większej wydajności, gdyż w klasie 10–50 l/s zarejestrowano 132 źródła dostarczające 42% wody, 17 źródeł w klasie 50–100 l/s dostarczało 15% wody, a 11 o wydajności powyżej 100 l/s aż 21% sumarycznej wydajności wszystkich źródeł.

Materiały zestawione w obliczeniach pochodziły z różnych okresów badawczych, nie były w całości w ostatnich latach weryfikowane. Z uzyskanych informacji terenowych, z materiałów zebranych do prac magisterskich wynika, że duże źródła bardzo zmniejszyły swą wydajność, część została zniszczona w czasie działalności gospodarczej, a część dawnych wypływów wody podziemnej obecnie nie funkcjonuje. Wiele źródeł dawniej było intensywnie wykorzystywanych jako miejsca poboru wody na potrzeby komunalne i gospodarcze (Burlikowska 1990). Zmiana sposobu zaopatrzenia gospodarstw w wodę, rezygnacja z wykorzystywania źródeł spowodowała degradację, niekiedy wyraźnie celową, nisz źródłanych. Wysokie walory przyrodnicze, krajobrazowe i naukowo-dydaktyczne źródeł wskazują na potrzebę ochrony wszystkich miejsc wypływu wody podziemnej, wraz z niszami źródłanymi i ich bezpośrednim otoczeniem.

Po odniesieniu zarejestrowanych wydajności źródeł i przepływów rzek do wartości normalnych, określonych na podstawie wieloletnich pomiarów źródeł, można oceniać źródłany odpływ jednostkowy na Rostoczku na $2,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. W zlewniach Sanny, Poru, Jelenia i Potoku Łosinieckiego

przekracza on $4 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Są to rzeki głęboko rozcinające obszar Rostocza. Mniejszy źródłany odpływ jednostkowy stwierdzony został w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej – tylko na $1,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Jego wartość jest bardzo zróżnicowana, gdyż w zlewni górnej Bystrej i Bystrzycy przekracza $2,0 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, a w zlewni Krężniczanki nie osiąga $1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Jeszcze niższy źródłany odpływ jednostkowy jest we wschodniej części Wyżyny Lubelskiej.

Zmiany wydajności źródeł z dnia na dzień nie są duże. Wynika to ze stabilności zasilania wodami podziemnymi zasobnego poziomu kredowo-trzeciorzędowego, w którym stwierdza się wieloletnie i sezonowe wahania zasobności wodnej. W okresie spadku stanów wody podziemnej zmiany wydajności z dnia na dzień są bardzo małe. Nieco szybsze zmniejszanie się wydajności źródeł rejestruje się w okresie wysokich stanów wód podziemnych. Natomiast przyrosty wydajności źródeł są znacznie większe (Michalczyk 1982, 1983, 1986a). W szczególnych sytuacjach hydrometeorologicznych, w ciągu 2–4 miesięcy może nastąpić podwojenie wydajności (np. lata 1967, 1975). Szybki wzrost wydajności poprzedzany był zawsze długim okresem nadmiarów wilgoci. Zagadnienie to, głównie z uwagi na małą ilość źródeł mających dłuższe serie pomiarowe, nie zostało dokładniej opracowane. Podjęte próby (Michalczyk 1983, 1988; Michalczyk i Rederowa 1992) wskazują na możliwość powiązania miesięcznych stanów wód podziemnych z miesięcznymi wydajnościami źródeł. Obliczone równania regresji umożliwiają uzupełnienie luk w obserwacjach źródeł w Wierzchowiskach, w Goraju, Sulowie i Zakrzówku ze stanów wód podziemnych. Największe kłopoty przy poszukiwaniu relacji stan wody podziemnej – wydajność źródeł wynikają z braku odpowiednich stacji rejestrujących zmiany zwierciadła wody poziomu drenowanego przez badane źródła.

Duże i średnie źródła regionu lubelskiego drenują zasobny poziom wodonośny kredy i trzeciorzędu. Znajdują się one w głęboko wciętych dolinach, najczęściej w pobliżu ujść suchych dolin, które wraz z dolinami rzecznyymi rozwinęły się w strefach dyslokacyjnych. Duża ilość wody płynącej podziemnie w strefach spękań zapewnia stabilność zasilania źródeł. Ich wydajność w obszarze wyżynnym zmienia się zarówno sezonowo, jak i w cyklach rocznych; jest silnie uzależniona od ogólnej zasobności wodnej terenu. W okresie wieloletnim najmniejsze wydajności źródeł rejestrowano w latach 1954–1955, 1959–1960, 1964–1965, 1973–1974, 1984–1985 oraz 1991–1992. Natomiast bardzo wysokie wydajności stwierdzano w latach 1967–1968, 1971, 1975–1976 oraz 1980–1981. Okresy maksymalnych i minimalnych wydajności źródeł pokrywają się z występowaniem wysokich i niskich stanów wód podziemnych, są więc konsekwencją wzmożonego lub zmniejszonego zasilania atmosferycznego.

Oprócz zmienności wieloletniej, zauważa się również sezonowe wahania wydajności. Zwykle w okresie późnej wiosny zaznacza się wzrost wydajności

źródeł, aż do maksymalnych rocznych wydatków przypadających na okres kwiecień–czerwiec. Roczne maksima mogą wystąpić w innych miesiącach, jest to zawsze uwarunkowane sytuacją hydrometeorologiczną danego i poprzedniego roku. Na podstawie wieloletnich pomiarów i obserwacji stwierdza się, że największą regularność wydajności mają wypływy znajdujące się na terenie Rostocza Gorajskiego, gdzie współczynniki zmienności wydatku dużych źródeł utrzymują się w granicach 1,3–3,5. Jest to uwarunkowane czynnikami terenowymi, głównie dobrymi warunkami zasilania gromadzenia wód podziemnych. Obliczony ze skrajnych wydatków współczynnik zmienności wydajności dużych źródeł Rostocza i Wyżyny Lubelskiej utrzymuje się najczęściej na poziomie 2–4. Można więc wnosić, za klasyfikacją zaproponowaną przez Mailleta, że są to źródła o stałej i mało zmiennej wydajności (Janiec, Michalczyk 1986, 1991).

ROLA ŹRÓDEŁ W ZASILANIU RZEK

W okresach bezopadowych o ilości wody płynącej w rzekach decyduje wydajność źródeł oraz bezpośrednie zasilanie koryt rzecznych z zasobów podziemnych. Z badań wykonanych w zachodniej części Wyżyny Lubelskiej i na Rostoczku wynika, że o zasobności wodnej decydują przede wszystkim źródła o dużej wydajności. Na obszarze Rostocza zasilanie źródłane dostarcza około 43% wody, bezpośredni drenaż korytowy 37%, a ze spływu powierzchniowego dopływa do rzek tylko 20% wody. W zachodniej części Wyżyny Lubelskiej, w roku o średniej zasobności wodnej źródła dostarczają 34% odpływu całkowitego, z bezpośredniego drenażu korytowego dopływa 41% wody, a ze spływu powierzchniowego dopływa do rzek 25% średniego rocznego odpływu. Udział zasilania podziemnego w średnim wieloletnim odpływie wynosi zatem około 75%. Można więc oceniać, że łącznie w obszarze zachodniej części Wyżyny Lubelskiej i na Rostoczku, w czasie średnich przepływów, około 38% wody pochodzi bezpośrednio ze źródeł, a podobna ilość wody dopływa do rzek przez bezpośredni drenaż korytowy. W okresach bezopadowych z zasobów podziemnych pochodzi 100% wody rzecznej, w tym źródła dostarczają od 40 do prawie 100% wody. We wschodniej części Wyżyny Lubelskiej zasilanie źródłane rzek jest zdecydowanie mniejsze. Również mniejszy jest udział odpływu podziemnego w odpływie całkowitym.

Decydujące znaczenie w wielkości podziemnego zasilania rzek ma opad atmosferyczny, natomiast o procentowym udziale zasobów podziemnych w odpływie całkowitym decyduje budowa geologiczna i wynikająca z niej przepuszczalność gruntów. W obszarach, w których przeważają skały twarde i średnio twarde, udział odpływu podziemnego w przepływie rzek wynosi

około 80%, a duża część zasobów podziemnych dostaje się do rzek przez źródła (Michalczyk 1986, Michalczyk red. 1996). We wschodniej części obszaru wyżynnego udział zasilania podziemnego kształtuje się na poziomie 60–70%. Średnia wielkość zasilania podziemnego w odpływie rzeczonym w wyżynnej części międzyrzecza Wisły i Bugu wynosi 77,5%. Duży udział zasilania podziemnego w odpływie całkowitym rzek decyduje o wyrównaniu przepływów, co jest szczególnie dobrze widoczne w okresie przepływów niżówkowych.

ZAKOŃCZENIE

Różnorodne badania krenologiczne prowadzone od wielu lat w wyżynnej części międzyrzecza Wisły i Bugu doprowadziły do dobrego rozpoznania – w przeważającej części obszaru – występowania, wydajności i reżimu największych źródeł. Na taki stan wskazują monograficzne opracowania źródeł zachodniej części Wyżyny Lubelskiej i źródeł Roztocza (Michalczyk red. 1993, 1996) oraz liczne prace dotyczące pojedynczych źródeł. Jest to obszar występowania, poza regionem tatrzańskim, najwydajniejszych źródeł w Polsce. Nieco słabsze rozpoznanie występowania źródeł i okresowych wahań ich wydajności jest jeszcze na obszarze wschodniej części Wyżyny Lubelskiej oraz na obszarze nizinnym. Wydaje się, że w badaniach terenowych stosunkowo małą uwagę zwracano na źródła okresowe o minimalnej wydajności. Wynika to z faktu występowania zasobnych źródeł, typowych dla regionu, na które zwracano największą uwagę. Również brakuje dokumentacji dotyczących powierzchniowych wpływów wody podziemnej – młak, wycieków i wysięków wody.

Badania hydrochemiczne dowodzą niewielkich jeszcze zmian jakości wód podziemnych krążących w kredowo-trzeciorzędowym zbiorniku. Wody źródlane, podobnie jak i podziemne poziomu kredowego i trzeciorzędowego, cechują się wysoką jakością. Są to wody bezbarwne, bez zapachu, o dużej przezroczystości i słabo alkalicznym odczynie. Najczęściej są to wody o temperaturze około 9°C i mineralizacji ogólnej 400–500 mg/l. W składzie chemicznym dominują jony HCO i Ca zajmujące po około 85% sum miliwali anionów lub kationów. Zatem udział pozostałych anionów – chlorków, siarczanów i azotanów – oraz kationów magnezu, sodu i potasu jest niewielki. Analizy chemiczne wskazują na powolne antropogeniczne zmiany jakości wody, zachodzące najsilniej na obszarach o słabej izolacji wód podziemnych – Równina Bełżycka, Roztocze Rawskie. Natomiast na obszarach o względnie dobrej izolacji wód podziemnych warstwą lessów – Płaskowyż Nałęczowski, Roztocze Gorajskie – stwierdza się minimalne efekty oddziaływania antropogenicznego.

W ostatnich dziesięcioleciach, po doprowadzeniu wody do gospodarstw rolnych z wodociągów zbiorowych lub zagrodowych, bardzo zmniejszyło się wykorzystanie wód źródłanych i rzecznych do zaopatrzenia w wodę. Notuje się przypadki zanieczyszczania lub bezmyślnego niszczenia nisz źródłanych. W czasie badań terenowych prowadzonych w ostatnich latach zarejestrowano wiele wyschniętych nisz źródłanych. Jest to wynikiem zarówno antropogenicznych przekształceń stosunków wodnych, jak i niskiego zasilania atmosferycznego, szczególnie małego w półroczu zimowym, decydującym o odnawialności zasobów wód podziemnych. O zaniku lub zmniejszeniu wydajności źródeł zadecydowały: skupiona wysoka eksploatacja wód podziemnych, budowa studni wierconych w obszarach istnienia górnych i zawieszonych poziomów wody, wzrost zużycia wody na potrzeby gospodarcze, odwadniające melioracje oraz zmiana warunków infiltracji i spływu powierzchniowego na obszarach zurbanizowanych. Niezwykle istotne zagrożenia dla źródeł związane są z przebudową nisz, zakładaniem stawów hodowlanych oraz ze składowaniem różnorodnych odpadów. Wszystkie wypływy wody podziemnej, odznaczające się na Lubelszczyźnie wysoką jakością, powinny być chronione przed zanieczyszczeniem i dewastacją nisz źródłanych oraz zmianą własności fizykochemicznych i bakteriologicznych wody podziemnej. Konieczna jest również ochrona zlewni zasilającej źródła. Najwydajniejsze i najatrakcyjniejsze źródła proponowane są do ochrony jako pomniki przyrody. Przemawia za tym również duże znaczenie źródeł i wód podziemnych w zasilaniu rzek. Działania te mają zapewnić zachowanie wysokiej jakości wód podziemnych wypływających w źródłach oraz walorów przyrodniczych, krajobrazowych i naukowych nisz źródłanych i ich otoczenia.

LITERATURA

- Albrycht A., Michalczyk Z., 1992, *Warunki występowania wód podziemnych w północnej części Wyniosłości Giełczewskiej (Wyżyna Lubelska)*, Kwart. Geol. t. 36, nr 1, Warszawa, 151–164
- Bartoszewski S., 1972, *Przyczynek do poznania źródeł w dorzeczu górnej Giełczwi*, Biul. LTN., s. D., v. 14, Lublin, 69–74
- Bielecka M., 1967, *Trzeciorzęd południowo-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej*, Biul. IG., nr 206, Warszawa, 115–170
- Burlikowska I., 1990, *Zmiany w użytkowaniu źródeł na Wyżynie Lubelskiej*, Gosp. Wodna, z. 11
- Chałubińska A., Wilgat T., 1954, *Podział fizjograficzny województwa lubelskiego*, Przew. V Ogólnop. Zjazdu PTG. Lublin, 3–44
- Chodorowska-Kwiecień M., Knyszyński F., 1976, *Charakterystyka źródeł w zlewni Raty*, Biul. Geol. Uniw. Warszawskiego, t. 21, 139–137
- Czarnecka H., 1965, *Obserwacje i pomiary źródeł*, Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wodnej, t. VII, Warszawa, 215–221

- Czarnecka H., 1973, *Rozmieszczenie źródeł na Wyżynie Małopolskiej*, Prace i Studia IG UW, z. 14, Warszawa, 5–70
- Czarnecka H., 1975, *Reżim źródeł na Wyżynie Małopolskiej*, Prace IMiGW, nr 6, Warszawa, 59–151
- Dębski K., 1965, *Próba określenia wieku wody źródła zmiennego na zasadzie obserwacji opadów*, Prace i Studia Kom. Inż. i Gosp. Wodnej, t. VI, Warszawa, 222–240.
- Doborzyński S., 1896, *Przyczynek do wyjaśnienia sposobu powstania źródeł żelazistych w okolicach Lublina*, Pamiętnik Fizjograficzny XIV, dz. 2, Warszawa, 13–15
- Doborzyński S., 1904, *Źródła żelaziste w Lubelskim*, Przegl. Techn., 42, Warszawa, 492–493
- Duszyńska E., 1969, *Najsilniejsze źródło w dorzeczu Wieprza*, Przegl. Geofiz., nr 1, Warszawa, 79–84
- Duszyńska E., 1972, *Źródła w dorzeczu Poru*, Biuletyn LTN, s. D, v. 14, Lublin, 53–56
- Duszyńska E., Rederowa E., 1975, *Źródło w Wysokiem na Wyżynie Lubelskiej*, Biuletyn LTN, geogr. v. 17, z. 1/2, Lublin, 35–41
- Dynowska I., 1983, *Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej*, Studia Ośrodka Dok. Fizjograf. t. XI, Kraków, 1–243
- Dynowska I., 1987, *Regionalne różnicowanie źródeł w Polsce*, Folia Geographica, s. Geogr.-Physica, v. XVIII, Kraków, 5–30
- Harasimiuk M., 1980, *Rzeźba strukturalna Wyżyny Lubelskiej i Rostocza*, Wyd. UMCS, Lublin, 1–136
- Herbich P., 1984, *Rola przewarstwień półprzepuszczalnych w zasilaniu i krążeniu szczelinowych wód podziemnych kredy Lubelskiej – Kol. Hruszów, Krynica*, Przew. LVI Zjazdu PTGeol. Wyd. Geol., Warszawa, 175–183
- Herc M., Michalczyk Z., 1994, *Rola źródeł w zasilaniu górnej Solokiji*, [w:] *Mat. Ogólnop. Zjazdu PTG*, t. 2, Wyd. O. Lubelski, UMCS, Lublin, 235–238
- Jahn A., 1956, *Wyżyna Lubelska. Rzeźba i czwartorzęd*, Prace Geogr. IG PAN, 7, 1–453
- Janiec B., 1972, *Źródła południowej krawędzi Wyżyny Lubelskiej i ich związek z tektoniką*, Biul. LTN., s. D, v. 14, Lublin, 63–67
- Janiec B., 1984, *Wody podziemne w strefie południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej*, Wyd. Geol., Warszawa, 1–137
- Janiec B., 1992, *Ochrona źródeł na Rostoczcu*, Annales UMCS, s. B, v. XLVII, Lublin, 189–213
- Janiec B., 1993, *Źródła pomnikowe Rostocza i południowej części Wyżyny Lubelskiej*, [w:] *Mat. 42 Zjazdu PTG w Kielcach*, Wyd. PTG i WSP Kielce, 182–186
- Janiec B., 1994, *Ochrona jakości wód podziemnych Rostocza*, [w:] *Mat. Ogólnop. Zjazdu PTG*, t. 1. Wyd. PTG O. Lubelski, UMCS, Lublin, 81–83
- Janiec B., 1995, *Zróżnicowanie warunków przenikania zanieczyszczeń do wód podziemnych na Rostoczcu*, Przegl. Geol., v. 43, nr 5, Warszawa, 393–398
- Janiec B., Michalczyk Z., 1986, *Charakterystyka wybranych źródeł Rostocza Zachodniego i południowo-zachodniej krawędzi Wyżyny Lubelskiej*, [w:] *Rozwój regionalnych badań hydrogeologicznych w Polsce*, Wyd. AGH, Kraków, 209–217
- Janiec B., Michalczyk Z., 1988, *Wybrane problemy krenologiczne Rostocza Zachodniego*, [w:] *Badania hydrograficzne w poznawaniu środowiska*, Wyd. UMCS, Lublin, 173–206
- Janiec B., Michalczyk Z., 1991, *Wydajność i skład chemiczny wód największych źródeł Rostocza i Wyżyny Lubelskiej*, [w:] *Współczesne problemy hydrogeologii*, Wyd. SGGW AR, Warszawa, 134–139
- Krajewski S., 1972, *Strefowość zawodnienia utworów górnej kredy na obszarze Lubelskiego Zagłębia Węglowego*, Prace Hydrogeolog. IG, s. spec, z. 3, Warszawa, 1–66
- Krajewski S., 1984, *Wody szczelinowe kredy lubelskiej*, Przegl. Geol., z. 6, Warszawa, 359–363
- Krisztafowicz N. I. 1902, *Gidro-geologiczeskoje opisanie tieritorii goroda Lublina i jego okriesnostiej*, Warszawa, 1–293

- Malinowski J., 1973, *Hydrogeologiczna charakterystyka źródeł Rostocza Zachodniego*, Biuletyn Inst. Geol., 277, Warszawa, 87–103
- Malinowski J., 1974, *Hydrogeologia Rostocza Zachodniego*, Prace Hydrogeol., s. spec., z. 6, Wyd. Geol., Warszawa
- Malinowski J., 1974a, *Hydrogeologiczne warunki odpływu podziemnego na Rostoczu Zachodnim*, Kwart. Geol., t. 18, z. 3, Warszawa, 490–505
- Malinowski J., 1977, *Wpływ neotektoniki na zmiany stosunków hydrogeologicznych Rostocza*, Kwart. Geol., t. 21, z. 1, Warszawa, 49–58
- Malinowski J., 1988, *Hydrogeologia odpływu podziemnego Rostocza Środkowego*, Prace Geolog. Mineralog., XI, 2, Wrocław, 7–24
- Maruszczak H., 1972, *Wyżyny Lubelsko-Wołyńskie*, [w:] *Geomorfologia Polski*, t. I, Warszawa, 340–384
- Maruszczak H., Michalczyk Z., Rodzik J., 1988, *Warunki geomorfologiczne i hydrogeologiczne rozwoju denudacji w dorzeczu Grodarza na Wyżynie Lubelskiej*, Annales UMCS, s. B, v. XXXIX, Lublin, 117–145
- Michalczyk Z., 1971, *Próba zasilania wodami podziemnymi Białej Łady*, Biul. LTN., s. D, v. 12, Lublin, 87–91
- Michalczyk Z., 1979, *Wydajność i mineralizacja wód wybranych źródeł Rostocza Zachodniego*, Biul. LTN, geogr., v. 21, z. 2, Lublin, 57–61
- Michalczyk Z., 1982, *Charakterystyka hydrogeologiczna dorzecza Łady*, Biuletyn IG, 339, *Z badań hydrogeologicznych w Polsce*, t. VI, Warszawa, 109–161
- Michalczyk Z., 1983, *Źródła Sanny w Wierchowiskach*, Annales UMCS, s. B, v. XXXV/XXXVI, Lublin, 175–192
- Michalczyk Z., 1983a, *Charakterystyka hydrologiczna źródła w Szczepreszynie*, Annales UMCS, s. B, v. XXXV/XXXVI, Lublin, 193–207
- Michalczyk Z., 1986, *Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Rostocza*, Wyd. UMCS, Lublin, 1–195
- Michalczyk Z., 1988, *Źródła Białej Łady w okolicy Goraja*, Annales UMCS, s. B, v. XXXV/XXXVI, Lublin, 267–287
- Michalczyk Z., 1993, *Źródła w okolicach Krasnobrodu*, [w:] *Tektonika Rostocza i jej aspekty sedymentologiczne, hydrogeologiczne i geomorfologiczno-krajobrazowe*, Wyd. Z-d Geologii UMCS, TWWP, Lublin, 99–104
- Michalczyk Z., 1993a, *Źródła w Zaporzu*, [w:] *Tektonika Rostocza i jej aspekty sedymentologiczne, hydrogeologiczne i geomorfologiczno-krajobrazowe*, Wyd. Z-d Geologii UMCS, TWWP, Lublin, 105–108
- Michalczyk Z. (red.), 1993, *Źródła zachodniej części Wyżyny Lubelskiej*, Wyd. UMCS, Lublin, 1–200
- Michalczyk Z., 1995, *Rola źródeł w zasilaniu rzek zachodniej części Wyżyny Lubelskiej*, [w:] *Współczesne problemy hydrogeologii*, t. VII, cz. 1, Wyd. AGH Kraków, 317–321
- Michalczyk Z. (red.), 1996, *Źródła Rostocza – monografia hydrograficzna*, Wyd. UMCS, Lublin, 1–199
- Michalczyk Z., Bartoszewski S., Turczyński M., 1993, *Wody podziemne Rostocza Rawskiego*, [w:] *Tektonika Rostocza i jej aspekty sedymentologiczne, hydrogeologiczne i geomorfologiczno-krajobrazowe*, Wyd. Z-d Geologii UMCS, TWWP, Lublin, 118–123
- Michalczyk Z., Rederowa E., 1992, *Charakterystyka hydrologiczna źródeł okolic Zakrzówka*, Annales UMCS, s. B, v. XLIV/XLV, Lublin, 169–186
- Michalczyk Z., Wilgat T., 1994, *Wody w rejonie Rostoczańskiego Parku Narodowego*, [w:] *Rostoczański Park Narodowy*, red. T. Wilgat, Kraków, 68–81
- Paczyński B., Jarząbek-Gałązkowa H., Michalska M., 1965, *Wody podziemne regionu kredy lubelskiej*, IG, Warszawa, 1–78

- Pazdro Z., 1983, *Hydrogeologia ogólna*, Wyd. Geol., Warszawa
- Pożaryski W., 1974, *Obszar świętokrzysko-lubelski*, [w:] *Budowa geologiczna Polski*, IV, Tektonika, cz. I, 314–362
- Rederowa E., 1965, *Źródła Bystrzycy Lubelskiej*, Annales UMCS, s. B., v. XVIII, Lublin, 229–244
- Rederowa E., 1971, *Występowanie źródeł na Wyżynie Lubelskiej i w obszarach przyległych*, Przegl. Geogr., t. XLIII, z. 3, Warszawa, 355–360
- Rederowa E., 1971a, *Źródła w dorzeczu górnej Topornicy*, Biul. LTN, s. D, v. 12, Lublin, 77–81
- Rózkowski A., Rudzińska T., 1978, *Model hydrogeologiczny Centralnego i Północnego okręgu Węglowego w Lubelskim Zagłębiu Węglowym*, Kwart. Geol., t. 22, z. 2, 395–414
- Szalkiewiczówna B., 1965, *Zmiany równowagi hydrodynamicznej zwierciadła wód podziemnych w strefie krawędzi morfologicznej*, Annales UMCS, s. B., v. XVIII, Lublin., 265–273
- Wilgat T., 1958, *Problemy hydrograficzne Wyżyny Lubelskiej*, Czas. Geogr., t. XXIX, z. 4, Warszawa, 497–508
- Wilgat T., 1959, *Z badań nad wodami podziemnymi Wyżyny Lubelskiej*, Annales UMCS, s. B., v. XII, Lublin, 221–241
- Wilgat T., 1968, *Przeglądowa mapa hydrogeograficzna województwa lubelskiego*, Annales UMCS, s. B, v. XX, Lublin, 223–242
- Wilgat T., 1970, *Kontrowersja na temat sposobu występowania wód w kredzie lubelskiej*, Przegl. Geogr., t. XLII, z. 1, Warszawa, 57–68
- Wilgat T., Michalczyk Z., 1987, *Stosunki wodne w rejonie Roztoczańskiego Parku Narodowego*, Ochrona Przyrody, R. 45, Kraków, 295–324
- Wyrwicka K., 1977, *Wykształcenie litologiczne i węglanowe surowce skalne mastrychtu lubelskiego*, Biul. IG, 299, *Z badań złóż surowców skalnych w Polsce*, t. 9, Warszawa, 5–98
- Zielińska B., 1994, *Źródła górnej Wolicy*, Annales UMCS, s. B, t. XLIX, Lublin, 163–175

Zakład Hydrografii
Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej
w Lublinie

Zdzisław Michalczyk

SUMMARY

In the hydrogeological image of Poland the Lublin Upland and the Roztocze stand out with numerous springs of differentiated yields. In the active water circulation zone of this region there are different carbonate rocks. In the near-surface zone there are mostly maastricht deposits developed into lime silicate rocks, marls or chalk which are locally covered with Paleocene gaizes, Neogene limestones and sandstones. In the plateau areas these rocks are covered with a thin layer of sand-dust sediments and locally with a thick loess cover. The usable underground water horizon occurs in the Cretaceous carbonate rocks and locally even in the Tertiary and Quaternary ones. Differentiated tectonic systems of oriented cracks strongly affect the underground water circulation and the occurrence of springs.

About 1550 springs were recorded in the Lublin Upland and the Roztocze of which about 1230 are still functioning. The springs with a small yield are the most common for 57% of outflows do not reach 1 l/s. All the springs supplied with water from the upper aquifer

horizons existing in the highest parts of drainage basins are in this group. The yield 1–10 l/s appears in 29% of springs; only 13% of springs exceeds 10 l/s. 160 springs of the yield above 10 l/s were recorded in the researched area. Out of these 11 springs permanently exceed 100 l/s and 8 such springs are located in the Roztocze and 2 more in the vicinity of this region. From the hydrological point of view the springs exceeding 10 l/s are of greatest significance. They supply about 78% of water flowing out of the springs in the Lublin Upland and the Roztocze hence they decide about the quantity of water flowing in the rivers during the precipitation-free period. In the Roztocze and in the western part of the Lublin Upland about 38% of water directly derives from the springs and the comparable quantity of water inflows to the rivers through the direct river-bed drainage. In the precipitation-free periods 100% of river water is derived from the underground water resources of which springs supply between 40–100%. In the eastern part of the Lublin Upland the spring water supplying the rivers is decidedly lower.

Spring water from the Lublin Upland and the Roztocze is of high quality. The places of outflows and spring niches should be protected against pollution and devastation. In such places physico-chemical and bacteriological properties of underground water should not be changed in any way.