

ZYGMUNT MAKSYMIOUK, PIOTR MONIEWSKI

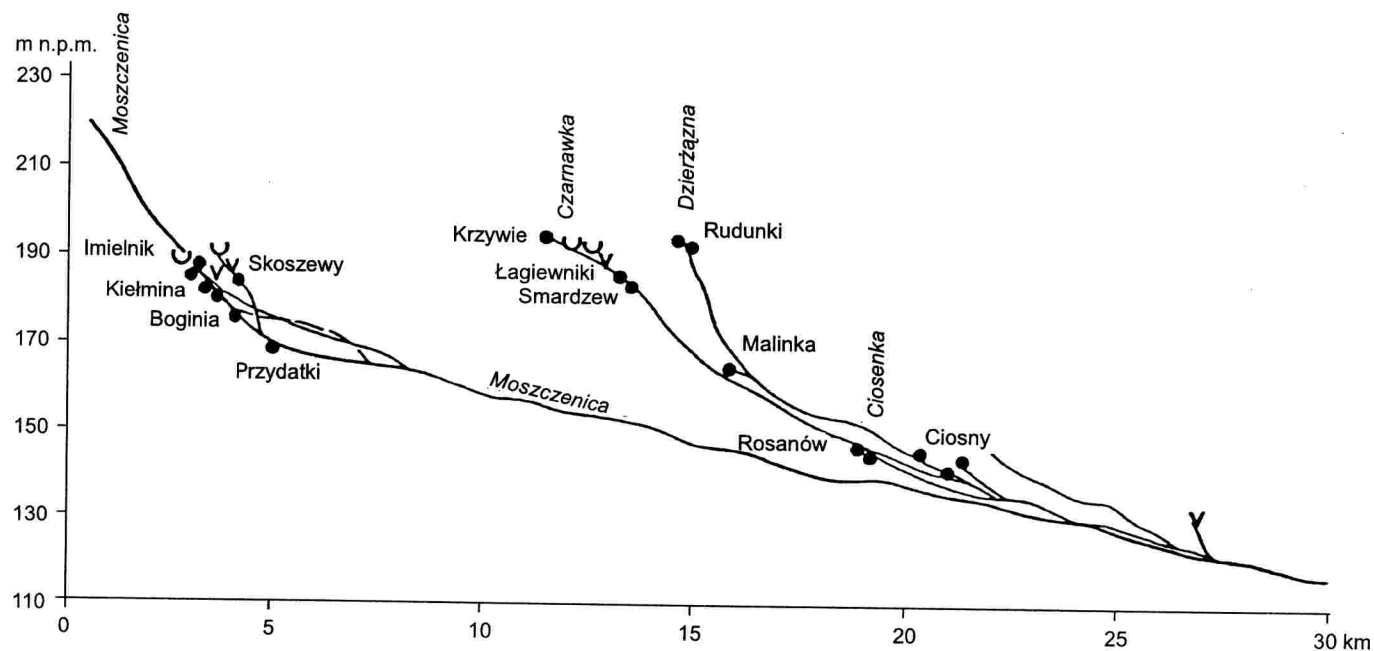
*Hydrologiczna i krajobrazowa rola źródeł małej zlewni
w zachodniej części strefy krawędziowej
Wzniesień Łódzkich*

Hydrological and landscape role
of the small drainage basin springs located
in the western part of the Łódź Upland margin zone

Na podstawie przeprowadzonych obserwacji przeanalizowano położenie i morfologię nisz źródłowych, na tle budowy geologicznej zlewni Dzierżąnej. Opierając się na wynikach systematycznych pomiarów, obliczono również podstawowe charakterystyki wydajności źródeł, a także dokonano próby analizy powiązań między poszczególnymi źródłami a studniami, reprezentującymi drenowane przez nie zbiorniki wód podziemnych.

Wprowadzenie

Pierwszą wzmiankę o istnieniu licznych strumieni i źródeł w regionie łódzkim zawdzięczamy S. Staszicowi. Ujęcie kartograficzne, ukazujące rozmieszczenie źródeł oraz wstępną ocenę ich wydajności, opracowano w latach siedemdziesiątych obecnego stulecia (Maksymiuk 1977). Z. Maksymiuk w pracy tej wyznaczył strefę wypływu wód podziemnych na powierzchnię, ciągnącą się u podnóża krawędzi Wzniesień Łódzkich na linii Zgierz – Łagiewniki – Skoszewy – Brzeziny – Jeżów. Bliższe charakterystyki źródeł w zachodniej części tej strefy przedstawił K. Nazdrowicz (1987). W czasie kartowania zlokalizował on pięć źródeł (Rosanów I i II, Dzierżązna, Ciosny, Głowa) i dwa wycieki. Na przykładzie źródeł w Rosanowie i Ciosnach ukazał zmienność ich wydajności na tle opadów atmosferycznych, związków z wodami podziemnymi i budową geologiczną regionu. Charakterystyki te



Rys. 1. Profile podłużne systemu Moszczenicy z lokalizacją wysokościową wypływów wód podziemnych – źródeł, wycieków i wysięków

Fig. 1. Long profiles of the Moszczenica river system with an altitude location of the ground water outflow – springs, leakings, seepages

oparł na pomiarach wykonywanych dwa razy w miesiącu w okresie od marca 1986 do lutego 1987 r. Uzyskane wówczas materiały badawcze wykorzystano przy sporządzaniu szczegółowych map hydrograficznych regionu łódzkiego (Jokiel, Maksymiuk 1993) oraz opracowania traktującego o zastosowaniu analizy wydajności źródeł do oceny zbiorników wód podziemnych (Jokiel, Maksymiuk 1995).

Dokładny ogląd przywołanych tu map wskazuje, iż różne kategorie źródeł grupują się u podnóży stopni krawędziowych Wzniesień Łódzkich, przy czym wypływy o największych wydajnościach notowane są głównie w poziomach 180–190 oraz 140–150 m n.p.m. (rys. 1). Potwierdzenie tego poglądu znajdujemy w pracy P. Moniewskiego (1997).

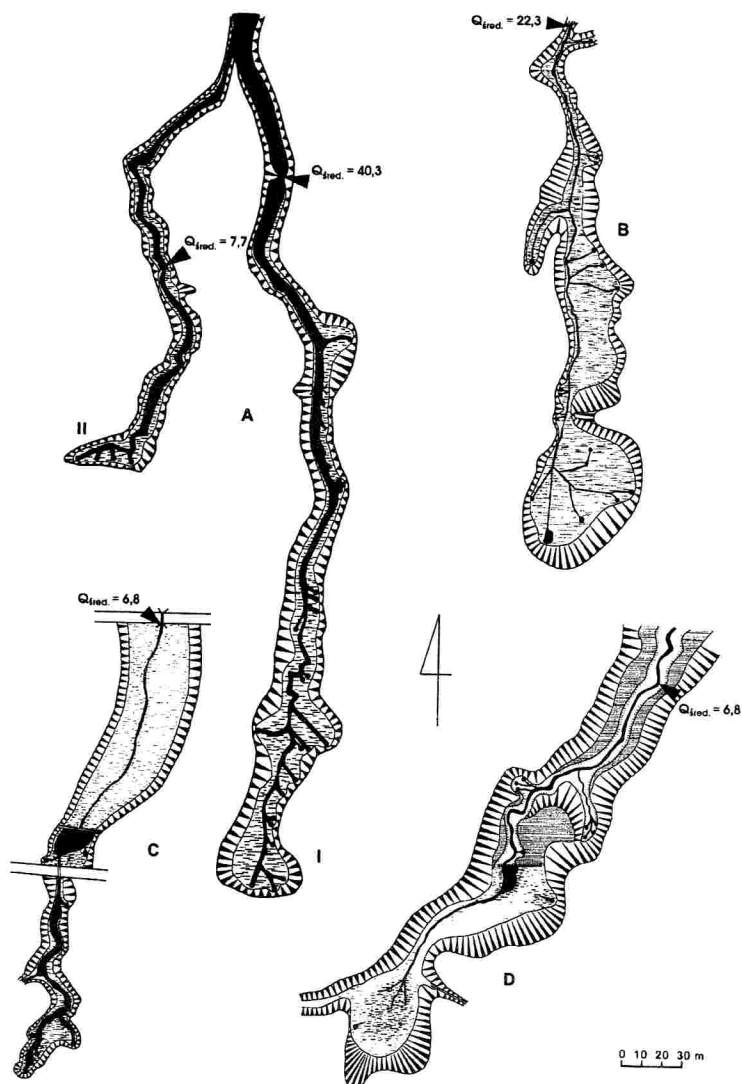
Badania źródeł w strefie krawędziowej Wzniesień Łódzkich są kontynuowane. Ich najnowsze wyniki pragniemy zaprezentować w niniejszym artykule. Będą one dotyczyły źródeł zlewni Dzierżąskiej.

Materiał badawczy

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, podejmując w grudniu 1997 r. szczegółowe badania w zlewni Dzierżąskiej, rozpoczął nową serię monitoringu źródeł. Pomiarami objęto pięć obiektów: Rosanów I, II i Ciosny w zlewni Ciosenki oraz Głowa i Rudunki w zlewni górnej Dzierżąskiej. Pomiar wydajności wymienionych źródeł w stałych przekrojach pomiarowych i głębokości położenia zwierciadła wód podziemnych w wybranych studniach wykonywane są w cyklu dwutygodniowym. Od listopada 1998 r. wykonywane są również pomiary temperatury wód, a od kwietnia 1999 r., w siedmiu miejscach wypływu, także analizy fizykochemiczne. W okresie badawczym prowadzone są także pomiary sum dobowych opadów atmosferycznych na dwóch posterunkach opadowych (Ciosny–Sady, Lućmierz). W lipcu 1998 r. wykonano ponadto szczegółowe kartowanie nisz źródłowych. Ich zarys i wielkość przedstawiono na rys. 2.

Położenie i morfologia nisz źródłowych

Jak wskazano na rys. 1, początek stałym ciekom dają źródła o dużej wydajności. Wpływ wody obserwowany jest w miejscach wyraźnych podcięć erozyjnych, które najczęściej znajdują się u wylotu suchych, płaskodennych dolinek, powstałych w warunkach klimatu peryglacjalnego (Dylik 1953).



Rys. 2. Morfologia nisz źródłowych: A – Rosanów (I i II); B – Ciosny; C – Głowa; D – Rudunki; w przekrojach pomiarowych podano wartości średnich wydajności w $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Fig. 2. Morphology of the spring niches: A – Rosanów (I and II); B – Ciosny; C – Głowa; D – Rudunki; in the measurement sections average output values were given in $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Wyflęwy o mniejszej wydajności grupują się wzdłuż wykształconych dolin rzecznych, u podnóża ich stoków. Mają one najczęściej charakter drobnych wycieków, wokół których tworzą się podmokłości intensywnie zarastające roślinnością (Dzierżazna, Dąbrówka Wielka). Niekiedy przybierają

one również formę małych źródeł podpływowych, przykorytowych i korytowych (Ciosny – młyn, Dąbrówka Wielka).

Największym i najwydajniejszym źródłem w zlewni jest Rosanów I. Wyipywy układają się tu linijnie w dnie wyraźnie wykształconej niszy, wciętej na 2–3 m, począwszy od wysokości 147,5 m n.p.m. schodzą do poziomu 145 m n.p.m. w przekroju pomiarowym. Większość miejsc wypływu wody podziemnej na powierzchnię układa się po wschodniej stronie dna niszy, nieliczne natomiast wypływy grupują się po stronie zachodniej (rys. 2A). Jeden z najniżej położonych wypływów prawostronnych (jedyny podpływowy) jest ocembrowany i użytkowany na potrzeby pobliskiego lotniska. Nadmiar wody odprowadzany jest trzema otworami w dolnej części cembrowiny. Kilka metrów na zachód od południowo-zachodniej części niszy znajduje się kontrolowana studnia.

W odległości ok. 100 m ku zachodowi leży nisza źródła Rosanów II (rys. 2A). Obserwowane tu wypływy wody podziemnej ułożone są wachlarzowato, przy południowej krawędzi niszy na wys. 146 m n.p.m. Odpływ wód odbywa się dość szeroką strugą w płytko (do 1 m) wciętej dolince, stopniowo zwężającej się i schodzącej w przekroju pomiarowym do 145 m n.p.m. W odległości ok. 100 m poniżej przekroju struga łączy się z wodami źródła Rosanów I, tworząc charakterystyczne „widły”, dające początek Ciosence.

W Ciosnach, ok. 2 km ku północnemu wschodowi od Rosanowa, znajduje się kolejne duże źródło (rys. 2B). Jego nisza w górnej części ma kształt owalny, z wachlarzowato ułożonymi miejscami wypływu wody na wys. ok. 141–138 m n.p.m. W większości mają one charakter spływowy. W południowo-zachodniej części niszy znajduje się ponadto płytki limnokren z kilkoma wyraźnymi podpływami. Nisza wcięta jest do głębokości przeciętnie 3 m i charakteryzuje się stromymi stokami. Podobnie jak w Rosanowie, widoczna jest tutaj asymetria w rozmieszczeniu wypływów, co powoduje większe urozmaicenie przebiegu jej wschodniej krawędzi, gdzie poszczególne wypływy tworzą własne, drobne podcięcia. Główna struga zbierająca wody płynie pod zachodnią krawędzią niszy. Około 100 m na południe od źródła, na terenie szkoły, znajduje się kontrolowana studnia. Przekrój pomiarowy zlokalizowano w dolnej części niszy, w zwężeniu przy starej grobli.

Znacznie mniejsza i tylko w górnej części wyraźnie wykształcona nisza źródłowa znajduje się przy zachodnim skraju wsi Głowa. Jej głębokość osiąga średnio 1,5 m. Główne wypływy zlokalizowane są pod południowym stokiem, mniejsze zaś, o charakterze wycieków – poniżej górnego nasypu drogi, w środkowej części niszy (rys. 2C). Lewy wypływ jest ocembrowany i zaopatruje w wodę pobliskie gospodarstwo. Tuż poniżej, nisza przedzielona jest groblą piętrzącą wody w niewielkiej sadzawce. Dolna część niszy jest

silnie podmokła i zarośnięta. Nie ma tu wyraźnie wykształconego koryta strugi odprowadzającej wodę do Dzierżaznej. Wynika to z bardzo małego spadku względem rzeki i nieco zbyt wysokiego usytuowania przepustu w dolnym nasypie drogi, poniżej którego znajduje się przekrój pomiarowy.

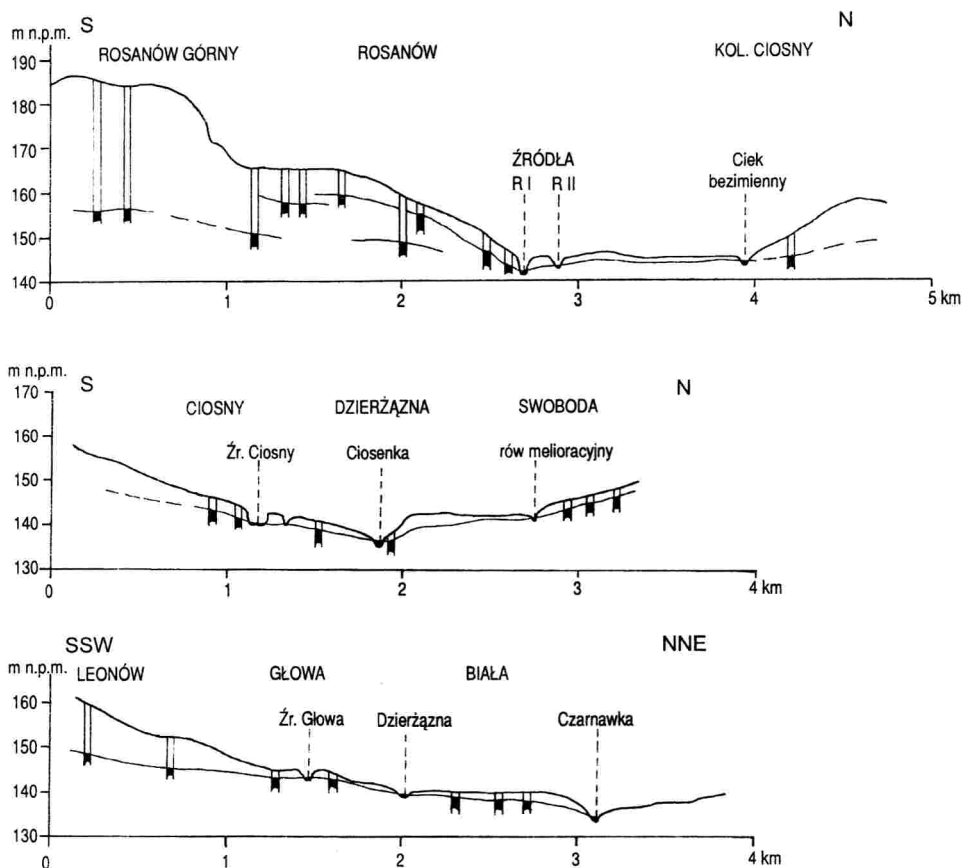
Wspólną cechą opisanych wyżej nisz źródłowych jest ich wydłużony kształt i południkowy układ. Wszystkie posiadają płaskie, silnie zawodnione dna, wysłane gruboziarnistymi piaskami i żwirami, a miejscami nawet głazami o znacznej średnicy. Ta cecha wynika z selektywnie przebiegającego procesu erozji. Wody źródeł wypływają bowiem i wynoszą poza obręb nisz cząstki spławialne, natomiast materiał grubszy pozostaje na miejscu, tworząc na powierzchni den nisz źródłowych rodzaj bruku. Nisze wymienionych źródeł wycięte są w rozlewiskowo-jeziornych osadach piaszczysto-żwirowych, z domieszką mułków pochodzących z okresu zlodowacenia północnopolskiego. Utwory te są nałożone na piaski i żwiry sandru grotnicko-lućmierskiego, pochodzące z okresu recesji zlodowacenia warty (Klatkowska 1993). Jedynie nisza źródła w Rosanowie I, w swej południowo-wschodniej części nacina bezpośrednio osady sandrowe, zaś nisza źródła w Głowie znajduje się w bliskim sąsiedztwie tych osadów.

Głównym wodonoścem zasilającym opisane nisze źródłowe są utwory sandru. Zwierciadło wody, pomierzone w jego obrębie w studniach gospodarskich, wykazuje ogólne nachylenie w kierunku północnym (rys. 3). Warto też wskazać, że w powierzchni sandru, na południe od niszy źródłowej w Ciosnach, zaznacza się wyraźna sucha dolina, wysłana piaskami i mułkami deluwialnymi. Ukierunkowuje ona podziemny spływ wody (zwłaszcza śródpokrywowy) do tej niszy.

W środkowej części sandru, na linii źródeł w Rosanowie, na przekroju hydrogeologicznym ujawniają się wyraźnie dwa poziomy wodonośne, rozdzielone wkładkami gliny warciańskiej (rys. 3). Zarówno płytszy poziom (o głębokości 2–6 m), jak i głębszy (15–30 m) nawiązują do niszy źródłowej Rosanów I. Taki układ poziomów wodonośnych gwarantuje trwałość i dużą wydajność tego wypływu ($Q_{sr}=40,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Jest to najwydajniejsze źródło z utworów czwartorzędowych w środkowej Polsce.

Odmienny charakter posiada nisza źródłowa w Rudunkach, stanowiąca początek Dzierżaznej (rys. 2D). Najwyżej położony wypływ znajduje się w kotlinowatym zagłębieniu, o niezbyt stromych stokach, miejscami rozciętych rynnymi erozyjnymi. Woda wycieka spod krawędzi niszy, choć większość miejsc wypływu jest trudna do ustalenia z uwagi na duże nagromadzenie materii organicznej przykrywającej warstwę wodonośną. Powoduje to silne zabagnienie dna. Osady mineralne wodonośca ujawniają się tylko przy krawędzi niszy. Na skoncentrowanej już strudze umiejscowiona jest betonowa zapora. Poniżej niej, nisza nabiera charakteru krętego, wciętego na kilkanaście

metrów wąwozu. Są tu trzy wyraźne miejsca wypływu. Dwa z nich, położone pod wschodnią krawędzią niszy, mają charakter spływowy. Wypływ po zachodniej stronie znajduje się pod niemal pionowym podcięciem o wysokości 4 m. Woda wydostaje się tu na powierzchnię trzema małymi „kraterami”, wyraźnie pulsując. Przekrój pomiarowy zlokalizowany jest kilkadziesiąt metrów poniżej ostatniego, wyraźnego miejsca wypływu.



Rys. 3. Przekroje hydrogeologiczne na linii źródeł, zorientowane południkowo
Fig. 3. Hydrogeological cross-sections of the spring line, meridionally orientated

Zlewnię podziemną źródeł w Rudunkach budują wodnolodowcowe utwory piaszczysto-żwirowe, zalegające na glinach zwałowych zlodowacenia warty. Miejscami gliny te wychodzą na powierzchnię lub są przykryte cienką warstwą piasków i mułków deluwialnych. Jest to jednocześnie strefa moren wyciśnięcia, którym towarzyszą silne zaburzenia glacytektoniczne osadów (Klatkova, Kamiński, Szafrńska 1995).

Opisane wyżej źródła są niezwykle pięknymi i cennymi elementami krajobrazu. Swoimi rozcięciami urozmaicają monotonną, słabo nachyloną i płaską powierzchnię terenu. Wody źródlane odznaczają się zwykle wysoką jakością. Pod względem hydrochemicznym należą one do dwóch typów wód: wodorowęglanowo-wapniowych i wodorowęglanowo-siarczanowo-wapniowych (Burchard i in. 1995). Wody ich wykorzystywane są do hodowli ryb w licznych stawach i zbiornikach małej retencji.

W przeszłości zasoby wód źródeł w Rosanowie służyły także do napędu kół młyńskich. Warto w tym miejscu wskazać, iż energia wodna w regionie łódzkim była powszechnie wykorzystywana, rzadko jednak urządzenia piętrzące lokalizowano w bezpośredniej bliskości źródeł. Młyn na Ciosence świadczy o historycznie dużej i mało zmiennej wydajności źródeł w Rosanowie.

Źródła te są regulatorem stosunków wodnych, stabilizują odpływ rzeczny. W przepływie Ciosenki udział wód źródłanych wynosi od 30 do 73%. Jego średnie wartości (57%) są wyższe niż w zlewni Dzierżanej (20%), z powodu znacznie mniejszej wydajności źródeł tej zlewni. Źródła, pełniąc rolę drenującą w stosunku do wód podziemnych, zapobiegają także powstawaniu podmokłości, a tym samym ułatwiają gospodarkę – zarówno na użytkach zielonych, jak i na gruntach ornych.

Innym elementem krajobrazowym, na który warto wskazać, jest zabudowa biologiczna nisz źródłowych. Składa się na nią bujna, różnogatunkowa roślinność zielna, krzewy i drzewa. W niszach dominuje mięta, paprocie, skrzypy i mchy, tworzące ciekawe zespoły roślin higrofilnych. W drzewostanie spotykane są: czarna olcha, brzoza, czeremcha (zarówno krzewiasta, jak i drzewiasta), jarząb pospolity, krzewy czarnego bzu i wierzby iwy. Skład gatunkowy reprezentuje roślinność dobrze dopasowaną do warunków środowiska, powstałą na drodze naturalnej sukcesji roślinnej. Dzięki czystym wodom, o stałej w ciągu roku temperaturze, równie bogato reprezentowana jest fauna źródeł. Spośród skorupiaków żyjących w niszach źródłowych, szczególnie licznie występują kielże. Owe naturalne enklawy środowiska wodno-leśnego tworzą parkowy charakter zlewni Ciosenki i równocześnie są ostoją zwierzyny, służąc jej jako wodopoje.

W większej odległości od nisz, na piaskach, z reguły przewianych i zwydmionych, rosną liczne, niektóre wyjątkowo duże okazy jałowców. W Rosanowie, na zachód od źródeł, szczególnie cenne okazy są chronione w rezerwacie „Ciosny”. Podobną ochroną należałoby objąć również nisze źródeł zlewni Ciosenki. Są one bowiem niezwykle ważnymi – tak z przyrodniczego, jak i gospodarczego punktu widzenia – elementami środowiska. Mogłyby także stanowić poważne źródło zaopatrzenia ludności w wodę.

Tymczasem, z przykrością należy stwierdzić, że nisze źródłowe w coraz większym stopniu są wykorzystywane jako dzikie wysypiska śmieci. Zagrożenie jest tym większe, że znajdują się one pod silną presją otaczających je terenów rekreacyjnych, z zabudową typu letniskowego, mogących dostarczać

sezonowo dużych ilości nie kontrolowanych odpadów bytowych i ścieków. Świadczą o tym typy hydrochemiczne, uzyskane na podstawie wstępnych wyników analiz chemicznych wód z wypływów descensyjnych – Rosanów I: $\text{HCO}_3\text{--SO}_4\text{--Ca}$ i Ciosny: $\text{SO}_4\text{--NO}_3\text{--Ca--K}$. Ten nietypowy skład jonowy wód źródłanych w Ciosnach wynika prawdopodobnie z zanieczyszczeń wodonośca przez nie opróżnione dotąd doły kloaczne po byłych ustępach szkolnych, znajdujących się kilkadziesiąt metrów w górę od niszy źródłowej.

Wydajność źródeł

Pod względem wielkości wydatku (tab. 1), źródła zlewni Dzierżąznej należą do IV (Rosanów I, Ciosny) i V (pozostałe) klas wydzielonych przez Meinzera. W kategorii zmienności wydatku, biorąc pod uwagę współczynnik zmienności Mailleta, źródła te można zaliczyć do stałych lub mało zmiennych (Pazdro, Kozerski 1990).

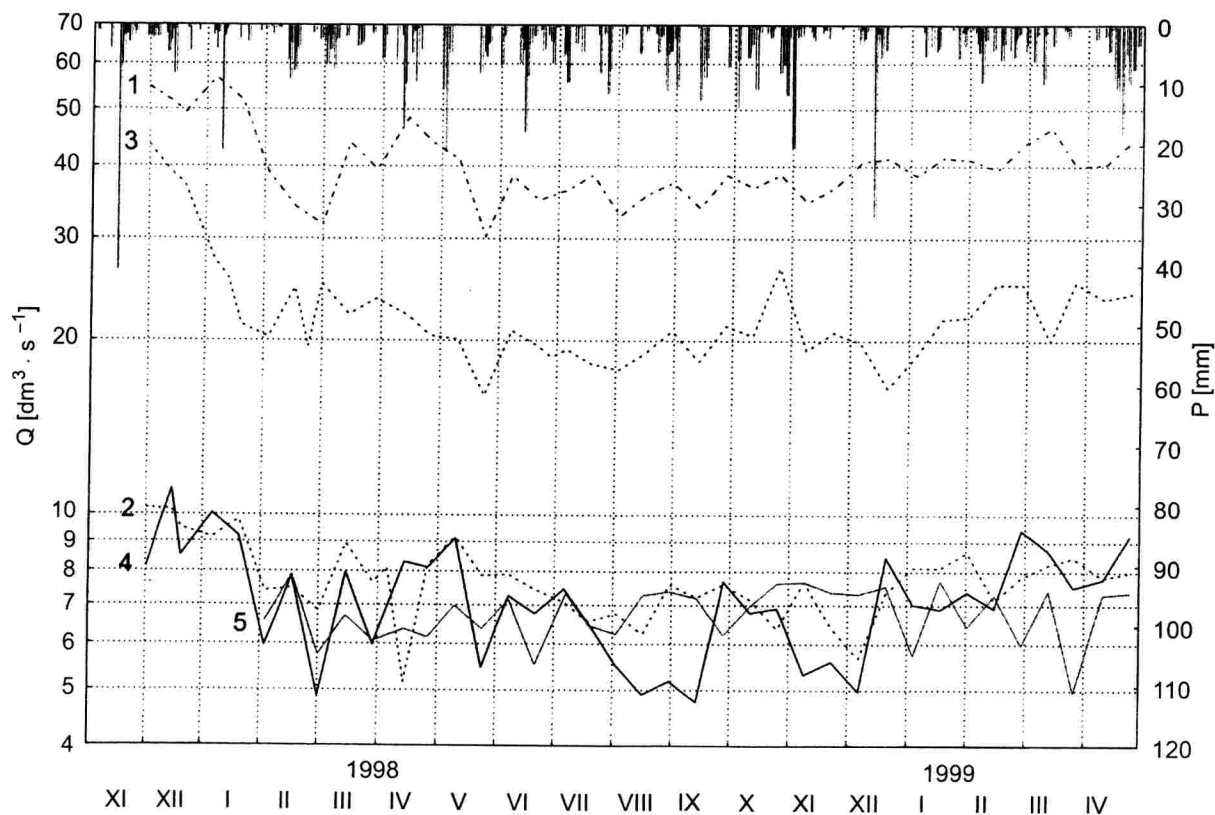
Tabela 1: Podstawowe charakterystyki wydajności źródeł
Basic characteristics of the spring output

Źródło	Q_k [dm ³ · s ⁻¹]	$Q_{\max}$ [dm ³ · s ⁻¹]	$Q_{\min}$ [dm ³ · s ⁻¹]	R	A [km ²]	q [dm ³ · s ⁻¹ · km ⁻²]
Rosanów I	40,30	56,71	30,22	1,88	3,39	11,89
Rosanów II	7,72	10,27	5,16	1,99	1,166	6,62
Ciosny	22,26	43,46	16,09	2,70	3,67	6,06
Głowa	7,19	11,12	4,77	2,33	1,51	4,76
Rudunki	6,79	8,25	4,96	1,66	0,65	10,44

Objaśnienia: Q_k – wydajność średnia; $Q_{\max}$ – wydajność maksymalna; $Q_{\min}$ – wydajność minimalna; R – współczynnik zmienności Mailleta, A – powierzchnia zlewni topograficznej źródła; q – odpływ jednostkowy ze zlewni źródeł.

Explanations: Q_k – average output; $Q_{\max}$ – maximum output; $Q_{\min}$ – minimal output; R – Maillet's variability coefficient; A – area of the spring topographics drainage basin; q – specific runoff from the spring drainage basins.

Wyjaśnienia wymagają wartości modułów wydajności źródeł. Wyniki te uzyskano przy uwzględnieniu topograficznych powierzchni ich zlewni. Granic zlewni podziemnych na tym etapie badań nie wyznaczono (brak wierceń i dostatecznej liczby studzien). Prawdopodobnie mają one większy zasięg niż wynika to z topografii terenu (Jokiel, Maksymiók 1995). Potwierdzenie tej tezy znajdujemy na przekroju hydrogeologicznym (rys. 3), przebiegającym przez niszę źródła Rosanów I. Istnieje bowiem duże praw-



Rys. 4. Zmiany wydajności źródeł na tle opadów atmosferycznych z posterunku w Łuśmierzu. 1 – Rosanów I; 2 – Rosanów II; 3 – Ciosny; 4 – Głowa; 5 – Rudunki

Fig. 4. Changes of the spring output against the background of the Łuśmierz station precipitations. 1 – Rosanów I; 2 – Rosanów II; 3 – Ciosny; 4 – Głowa; 5 – Rudunki

dopodobieństwo dwupoziomowego zasilania także innych źródeł. Niezależnie od niezbyt precyzyjnego oszacowania, moduły wskazują na 2–3-krotne przekroczenia wartości średnich jednostkowych odpływów podziemnych rzek obszaru środkowej Polski, co świadczy o dużej zasobności wód podziemnych zlewni Dzierżanej.

Prowadzone przez 17 miesięcy pomiary wydajności źródeł oraz sum dobowych opadów atmosferycznych ilustruje rys. 4. Z analizy czasowego przebiegu wydajności wynika, że w półroczach zimowych ze źródeł tych odpływa znacznie więcej wody niż w półroczach letnich. Przyczyną tego jest stosunkowo duże parowanie z powierzchni terenu w okresie letnim, a co za tym idzie – zmniejszone zasilanie wód podziemnych na drodze infiltracji.

W półroczu zimowym źródła są dodatkowo zasilane wodami roztopowymi, co sprzyja wzrostowi ich wydajności w okresach pojawienia się dodatknych temperatur. Zmiany wydajności źródeł nie zależą więc wprost od rozkładu opadów atmosferycznych, zaś nasilenie opadów zwykle nie powoduje szybkiego wzrostu ich wydajności. Wyraźniejsza jest tu natomiast reakcja na dłuższe okresy bezopadowe – w większości przypadków następuje zauważalny spadek wydajności źródeł.

Najwyższe wydajności źródła osiągnęły zimą 1997/1998 r., co było efektem maksymalnego napełnienia zbiorników wód podziemnych w półroczu letnim 1997 r. (szczególnie w lipcu). Wzrosty i spadki wydajności większości źródeł następują w podobnym okresie, choć niekiedy z kilkutygodniowym przesunięciem.

Z uwagi na fakt, iż wydatek źródeł jest funkcją napełnienia zbiorników wód podziemnych je zasilających, podjęto próbę ustalenia wzajemnych relacji między stanami wody w studniach i wydajnością źródeł. W tym celu obliczono synchroniczne i asynchroniczne współczynniki korelacji (tab. 2).

Współczynniki autokorelacji wskazują na różnice między dynamiką wydajności źródeł i zmiennością stanów wody w studniach. Stany wody w studniach charakteryzują się niewielkimi wahaniami, w przeciwieństwie do większej zmienności wydatku źródeł. Przyczyn tego można by, z dużym prawdopodobieństwem, doszukiwać się w dwupoziomowym zasilaniu wypływów – w przeciwieństwie do studni, która drenuje tylko jeden poziom wodonośny. Potwierdzeniem tego jest między innymi równoczesne występowanie, w niszach źródłowych, wypływów ascensyjnych i descensyjnych.

Uzyskane rezultaty (zestawione w tab. 2) w większości przypadków wskazują na słabe związki korelacyjne pomiędzy wartościami z jednoczesnych pomiarów. Zależności statystycznie istotne ujawniają się tylko między źródłami w Rosanowie i Głowie, mimo iż znajdują się one w znacznej

Tabela 2: Współczynniki autokorelacji, korelacji i crosskorelacji wydajności źródeł i stanów wód podziemnych w studniach (w terminach pomiarów)

Autocorrelation, correlation and crosscorrelation coefficients of the spring output and ground water-level in wells (in the fixed days)

Obiekt	R_a	Współczynniki korelacji liniowej	Rosanów I	Rosanów II	Ciosny	Głowa	Rudunki	Studnia Rosanów	Studnia Ciosny
			maksymalne wartości współczynników korelacji wzajemnej (przesunięcie czasowe wyrażeń w kolumnach o n-terminach obserwacji)						
Rosanów I	<u>0,347</u>		1,00	<u>0,48 (-3)</u>	<u>0,44 (+2)</u>	<u>0,67 (0)</u>	0,29 (+8)	<u>0,54 (-1)</u>	<u>0,45 (-1)</u>
Rosanów II	<u>0,214</u>		0,18	1,00	<u>0,35 (-2)</u>	<u>0,43 (0)</u>	0,27 (-8)	<u>0,51 (+1)</u>	<u>0,45 (+1)</u>
Ciosny	0,321		0,23	0,04	1,00	<u>0,37 (-4)</u>	-0,34 (-9)	<u>0,62 (-2)</u>	<u>0,52 (-2)</u>
Głowa	0,167		<u>0,67</u>	<u>0,43</u>	0,30	1,00	-0,37 (-7)	<u>0,57 (-1)</u>	<u>0,52 (-1)</u>
Rudunki	-0,224		0,10	-0,11	-0,11	-0,05	1,00	0,35 (-9)	0,32 (-10)
Studnia Rosanów	<u>0,822</u>		<u>0,52</u>	0,43	0,30	<u>0,54</u>	0,14	1,00	<u>0,90 (0)</u>
Studnia Ciosny	<u>0,887</u>		<u>0,39</u>	<u>0,40</u>	<u>0,38</u>	<u>0,41</u>	0,19	<u>0,90</u>	1,00

Objaśnienia: R_a – współczynnik autokorelacji z przesunięciem 1; wartości podkreślone są istotne statystycznie na poziomie 0,05.

Explanations: R_a – autocorrelation coefficient with the displacement 1; underlined values are statistically significant on the 0,05 level.

odległości od siebie. Źródła te prawdopodobnie nie drenują wspólnego zbiornika wód podziemnych, ale ich obszary zasilania reprezentują podobne warunki budowy geologicznej. Pozostałe związki są słabe, zwłaszcza w odniesieniu do źródła w Rudunkach, charakteryzującego się odmienną budową geologiczną wodonośca – zarówno pod względem litologii, jak i wieku osadów. Zaskakującym wydaje się także brak związku między wydajnościami sąsiadujących ze sobą nisz – w Rosanowie I i II. Może to być spowodowane różnicami w zasilaniu obu źródeł: jednozbiornikowym – Rosanowa II i dwuzbiornikowym – Rosanowa I.

Niezbyt silna, ale z reguły istotna statystycznie korelacja, zaznacza się pomiędzy wydajnościami źródeł a stanami wód podziemnych. Wpływ na nią ma przede wszystkim sezonowy rytm zjawisk wodnych, związany z rozkładem zasilania wód podziemnych w ciągu roku. Wyższe więc wartości współczynników korelacji uzyskano by dla średnich miesięcznych wydajności źródeł i stanów wód podziemnych. Ze względu na krótki okres obserwacji (17 miesięcy), nie przedstawiono ich w niniejszej pracy.

Małe wartości synchronicznych współczynników korelacji w terminach pomiarów (tab. 2) skłoniły autorów do obliczenia korelacji z przesunięciem czasowym (crosskorelacji). W dalszym ciągu zauważalny jest tu odmienny charakter źródła w Rudunkach, ale uzyskane wartości przesunięć czasowych traktować należy jako przypadkowe. Dla pozostałych źródeł współczynniki korelacji są statystycznie istotne, przy czym największe wartości potwierdzają równoczesną reakcję źródeł w Rosanowie i Głowie.

W innych wypływach wyższą korelację uzyskano z dodatnim bądź ujemnym przesunięciem czasowym. Na tej podstawie można przypuszczać, że reakcja źródła w Ciosnach jest spóźniona o dwa terminy pomiarów w stosunku do źródła Rosanów II i o cztery terminy w stosunku do źródła w Głowie. Prawdopodobnie wynika to z ograniczonej przepuszczalności utworów piaszczysto-mułkowych, budujących zlewnię podziemną źródła w Ciosnach.

Współczynniki crosskorelacji wskazują także, że wzrost stanów wody w studniach następuje wcześniej niż wzrost wydatku źródeł. Może to mieć związek z usytuowaniem studni na drodze napływu wód podziemnych do strefy bezpośredniego zasilania źródeł. Mimo niewielkiej odległości od nisz studnie reagują szybciej. Wyjątek stanowi tu źródło w Rosanowie II, co być może wynika z faktu, że źródło to ma najpłytszą niszę, a więc najkrótszą drogę infiltracji.

Na koniec warto podkreślić, iż w odniesieniu do wszystkich źródeł uzyskane wartości współczynników należy traktować bardzo ostrożnie. Uwaga ta podyktowana jest zbyt krótkim okresem obserwacji i małą liczbą pomiarów ($n=34$), różnym charakterem budowy geologicznej wodonośców, różnicami w nachyleniu zwierciadła wody oraz odmiennym wykształceniem nisz źródłowych.

Literatura

- Burchard J. i in., 1995, *Ilościowa i jakościowa charakterystyka wód źródłanych strefy krawędziowej Wyżyny Łódzkiej*, [w:] *Materiały konferencyjne VIII Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej nt. Chemizm opadów atmosferycznych, wód powierzchniowych i podziemnych*, Łódź, 14–16 IX 1995, Wyd. UŁ, Łódź.
- Dylik J., 1953, *O peryglacjalnym charakterze rzeźby środkowej Polski*, Acta Geogr. Univ. Lodz., 4 [Łódź].
- Jokiel P., Maksymiuk Z., 1993, *Komentarz do mapy hydrograficznej 1:50 000*, ark. Zgierz, Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Jokiel P., Maksymiuk Z., 1995, *Zastosowanie analizy wydajności źródeł do oceny niektórych charakterystyk wód podziemnych*, Przegl. Geol. 43, 5 [Warszawa].
- Klatkova H., 1993, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000*, ark. Zgierz, PIG, Warszawa.
- Klatkova H., Kamiński J., Szafrńska D., 1995, *Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000*, ark. Zgierz, PIG, Warszawa.
- Maksymiuk Z., 1977, *Wody gruntowe i strefy ich wpływu na powierzchnię w regionie łódzkim*, Acta Univ. Lodz., II, 5 [Łódź].
- Moniewski P., 1997, *Źródła strefy krawędziowej Wyżyny Łódzkiej i ich gospodarcze wykorzystanie*, Acta Univ. Lodz., Folia Geogr. Phys., 2 [Łódź].
- Nazdrowicz K., 1987, *Charakterystyka źródeł stref krawędziowych Wyżyny Łódzkiej i Kotliny Szczercowskiej*, mpis w Zakł. Hydrol. i Gosp. Wod. UŁ.
- Pazdro Z., Kozerski B., 1990, *Hydrogeologia ogólna*, Wyd. Geol., Warszawa.

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej
Uniwersytetu Łódzkiego

Praca wykonana w ramach
projektu KBN 6PO4E 041 19

Summary

In this article the authors have represented the introductory research results of the springs located in Dzierżązna drainage basin which touches the Grotniki-Lućmierz sandr in the western part of the Łódź Upland margin zone. First of all, the location of the springs, their morphology and the output were subjected to an analysis.

The springs can be found in the erosional undercuttings located at the dry valley mouths. They possess distinctly developed long shaped, steep scarped, 2–3 m deep spring niches with flat, strongly waterlogged bottoms (fig. 2).

The discussion of the research material lets us state that the highest outputs and the low variability occur in the Ciosenka river springs – the left tributary of the Dzierżązna river. The contribution of the spring water in the total Ciosenka river runoff is about 57%. The Dzierżązna river springs are also characterized by the low variability but their output is much smaller (tab. 1). Their contribution in the total Dzierżązna river runoff is hardly 20%. Different hydrogeological conditions result in the output differentiation of the described springs.

The ground water draining in the spring niches of the northern direction links to general land slope and to the aquifer horizon stratification. The surveys have revealed at least two-level spring alimentation. The upper aquifer horizon has an unconfined table (water flows towards outflows) and the lower one – confined table (in some springs a distinct pulsation can be observed).

Translated by MAREK WALISCH