

Źródła w zlewni górnej Wołosatki w Bieszczadach Wysokich

Bartłomiej Rzonca¹, Adam Kołodziej¹, Elżbieta Laszczak¹, Ewelina Mocior¹,
Joanna Plenzler¹, Eliza Płaczowska¹, Magdalena Rozmus¹, Janusz Siwek¹,
Barbara Ścisłowicz¹, Sabina Wójcik¹, Leszek Ziółkowski¹



B. Rzonca



A. Kołodziej



E. Laszczak



E. Mocior



J. Plenzler



E. Płaczowska



M. Rozmus



J. Siwek



B. Ścisłowicz



S. Wójcik



L. Ziółkowski

Springs of the upper Wołosatka River catchment in the Wysokie Bieszczady Mountains. Prz. Geol., 56: 772–779.

Abstract. Paper presents results of mapping of springs of the upper Wołosatka River catchment (Wysokie Bieszczady Mts. — Outer Carpathians). Springs were the most common outflow type in the area (52.55%). Outflow density in the area studied (8.32 km²) was equal 23.56 per km², while spring rate was 12.4 per km². Outflow discharges were low and very low — most springs belong to Meinzer classes VI–VIII. Only seven springs had discharges higher than 0.5 dm³/s, and

three — over 1 dm³/s. The spatial outflow distribution strongly depends on geology, tectonics and river valley direction. High density of outflows was especially observed within the Bukowe Berdo anticline, where the Otryt sandstones are alternated by thin-bedded flysch of high shale content. All these layers dip down in the opposite direction to the slope, which creates numerous springs and other outflows. Furthermore, a spectacular spring line is visible in the field lying along the Halicz fault.

Keywords: springs, spring hydrology, Bieszczady Mountains, Wołosatka River, Outer Carpathians

Problematyka krenologiczna obszaru polskich Bieszczadów była do tej pory rzadko podejmowana. Dostępne są jedynie ogólne informacje zawarte w pracy Ziemońskiej (1973) zawierającej charakterystykę stosunków wodnych w polskich Karpatach, w pracy Dynowskiej (1995) przedstawiającej zarys hydrologii Bieszczadów na tle Karpat oraz w pracy Pawlika-Dobrowolskiego (1965) dotyczącej uźródłowienia Polski południowej.

Szczegółowe kartowanie hydrologiczne na obszarze Bieszczadzkiego Parku Narodowego przeprowadził w latach 1994–1995 Łajczak (1996). Wykonał on pomiary przepływu w potokach oraz pomiary wydajności wybranych źródeł w niektórych zlewniach, w tym także w zlewni górnej Wołosatki. Wykonane przez tego badacza opracowanie nie zostało jednak opublikowane. Kartowanie hydrologiczne w Bieszczadach, po północnej stronie Pasma Połonin, w rejonie Suchych Rzek, prowadzili także w ubiegłych latach magistranci Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Bogusz (2004) skartowała zlewnię potoku Hylatego do połączenia z potokiem Rzecka, Żurek (2005) zaś — zarówno

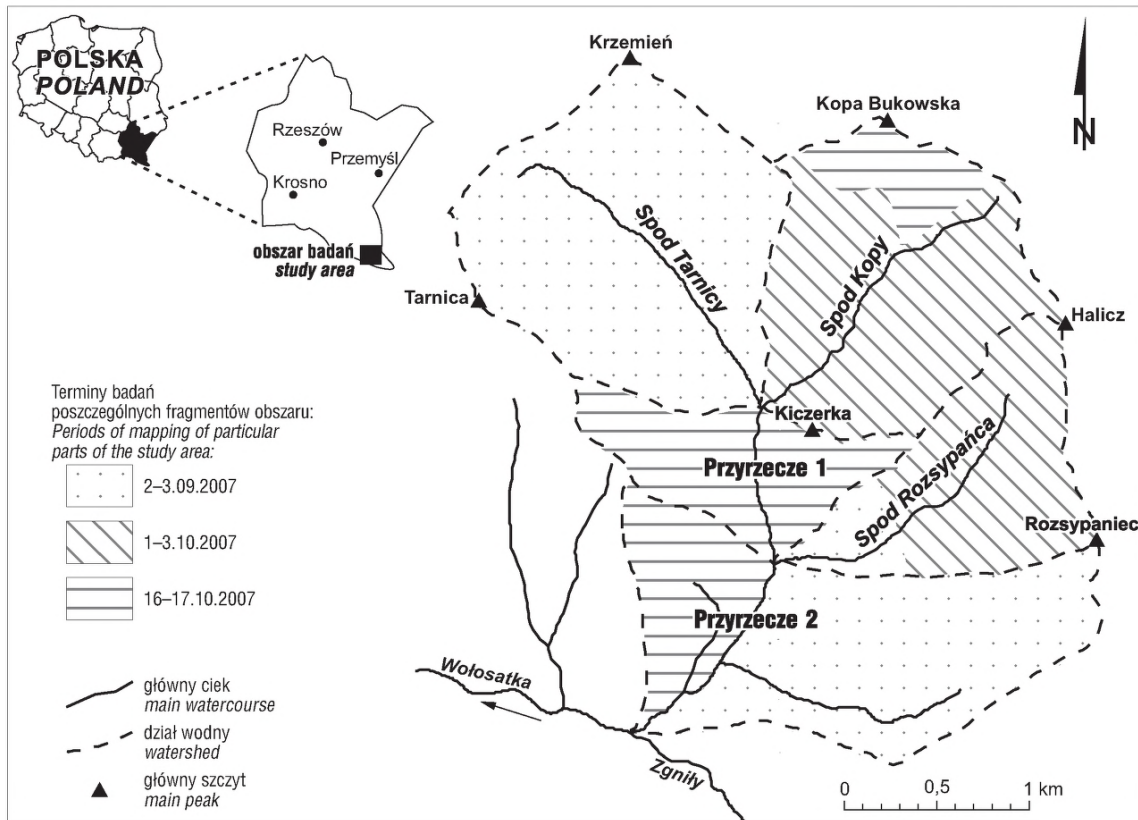
no zlewnię Hylatego, jak i Rzeki, aż do punktu połączenia tych cieków w Zatwarnicy. Autorzy ci szczegółowo opisali wypływy wód podziemnych na badanych obszarach i przedstawili analizę związków przestrzennego rozmieszczenia wypływów z wybranymi elementami środowiska.

Niniejsze opracowanie stanowi prezentację wyników szczegółowego kartowania krenologicznego w zlewni górnej Wołosatki w Bieszczadach Wysokich, którego celem była charakterystyka uwzględniająca zarówno liczbę źródeł, jak i uwarunkowania ich występowania. Równoległe sporządzona została także odrębna praca zawierająca charakterystykę hydrologiczną tego obszaru zorientowaną na analizę rozwinięcia sieci rzecznej i modułów zasobowych (Siwek i in., 2008).

Obszar badań

Teren badań jest położony w Bieszczadach Wysokich, pomiędzy grupami Tarnicy, Halicza i Rozsypańca i obejmuje zlewnię górnej Wołosatki. Punktem zamykającym omawianą część zlewni jest ujście potoku Zgniłego do Wołosatki, przy czym opracowanie nie obejmuje zlewni potoku Zgniłego (ryc. 1). Obszar badań ma powierzchnię 8,32 km², najwyższym punktem jest szczyt Tarnicy (1346 m n.p.m.), najniższym zaś — przekrój zamykający (ok. 818 m n.p.m.).

¹Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński, ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków; b.rzonca@geo.uj.edu.pl



Ryc. 1. Obszar badań z podziałem na zlewnie cząstkowe i terminy badań jego poszczególnych fragmentów
 Fig. 1. Study area divided into sub-basins with the period of mapping of particular parts of the area

Nazewnictwo potoków w górnej części zlewni Wołosatki jest niejednoznaczne; na różnych mapach różne potoki są opisywane jako jej odcinek źródłowy. W niniejszej pracy przyjęto więc umowne nazwy głównych potoków: Spod Kopy, Spod Rozsypańca i Spod Tarnicy (ryc. 1).

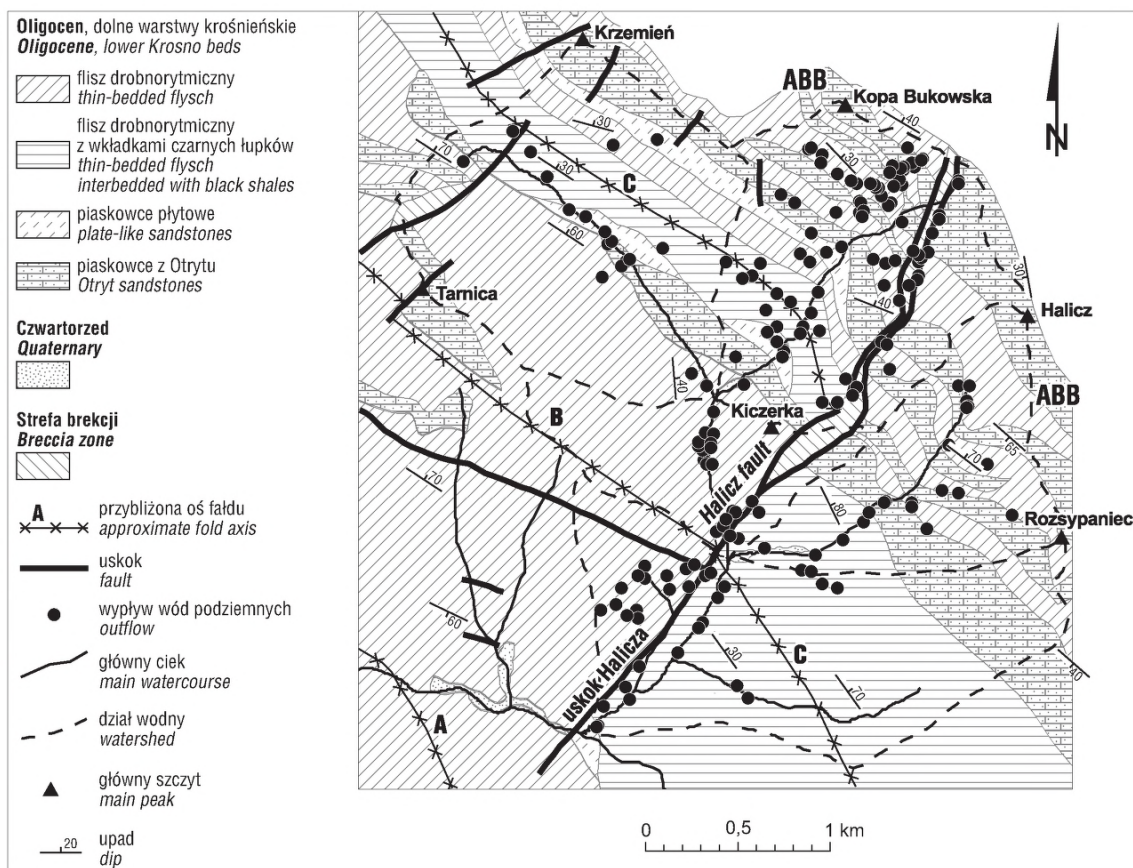
Badany obszar, czyli zlewnię górnej Wołosatki, podzielono na pięć podobaszków. Trzy z nich to zlewnie cząstkowe w zlewni Wołosatki i ich nazwy wzięto od potoków; wyróżniono więc zlewnie Spod Kopy, Spod Rozsypańca i Spod Tarnicy. Dodatkowo wydzielone zostały dwa przyrzecza Wołosatki: Przyrzecze 1 — między połączeniem potoków Spod Tarnicy i Spod Kopy a ujściem potoku Spod Rozsypańca — oraz Przyrzecze 2 poniżej ujścia potoku Spod Rozsypańca (ryc. 1).

Pod względem fizycznogeograficznym badana zlewnia znajduje się w obrębie mezoregionu Bieszczadów Zachodnich, makroregionu Beskidów Lesistych i podprowincji Beskidów Wschodnich, czyli Zewnętrznych Karpat Wschodnich (Kondracki, 2002). Zbudowana jest z oligoceńskich utworów fliszowych płaszczowiny śląskiej i leży na obszarze depresji centralnej, blisko północno-wschodniej granicy nasunięcia dukielskiego. Badany obszar jest zbudowany ze skał zaliczanych do kompleksu dolnych warstw krośnieńskich: średnio- i gruboziarnistych piaskowców z Otrytu, szarych i gruboławicowych, oraz tzw. fliszu drobnorytmicznego, który składa się z cienko- i średnioławicowych piaskowców i łupków ilasto-marglistych. Dodatkowo występują piaskowce płytowe (Tokarski, 1975). W północno-wschodniej części badanego obszaru zaznacza się wyraźna pasowość w budowie geologicznej. Naprzemiennie występują piaskowce z Otrytu, piaskowce płytowe, flisz drobnorytmiczny oraz flisz drobnorytmiczny z dużą ilością wkładek czarnych łupków (ryc. 2).

Południowa część obszaru badań jest zbudowana głównie z fliszu drobnorytmicznego z dużą ilością wkładek czarnych łupków i piaskowców z Otrytu (Żytko, 1973; Tokarski, 1975; Stupnicka, 1997). Na całym obszarze występują fałdy o orientacji NW-SE. Tokarski (1975) wyróżnił tu antyklinę Połonin, synklinę Terebowca i antyklinę Bukowego Berda. Bardzo istotnym elementem strukturalnym jest przecinający je poprzeczny uskók Halicza (ryc. 2). Ma on przebieg NE-SW i na części obszaru tworzy szeroką strefę uskokową wypełnioną brekcją (Tokarski, 1975).

Rzeźba Bieszczadów, w tym także badanego obszaru, ściśle nawiązuje do układu struktur geologicznych podłoża (Starkel, 1969). Zależność pomiędzy budową geologiczną a procesami rzeźbotwórczymi wpływa na rusztowy układ grzbietów o przebiegu NW-SE oraz na kratowy, w makroskali, układ sieci rzecznej. Cieki często nawiązują przebiegiem do biegu poszczególnych serii fliszu, i niemniej często — do uskoków. Analiza szczegółowej mapy geologicznej obszaru badań wykonanej przez Tokarskiego (1975) pokazała, że różnice gęstości sieci rzecznej, występujące w poszczególnych zlewniach, są w znacznej mierze wynikiem orientacji głównego ciek w stosunku do biegu warstw skalnych. Mniejsza gęstość występuje tam, gdzie ciek płynie zgodnie z biegiem warstw, a większa tam, gdzie przecina je w poprzek (Siwek i in., 2008).

Obszar badań pozostaje pod wpływem klimatu górskiego o cechach kontynentalnych. Roczna suma opadów atmosferycznych kształtuje się w granicach 900–1000 mm w niżej położonych obszarach Bieszczadów Wysokich, aby powyżej górnej granicy lasu osiągnąć 1200–1300 mm. Średnia roczna temperatura powietrza spada wraz z wysokością, ale jest również uzależniona od ekspozycji stoków i form rzeźby (Michna & Paczos, 1972). Wyróżnia się dwa



Ryc. 2. Położenie wypływów na tle budowy geologicznej (wg Tokarskiego, 1975); **A** — synklina Ustrzyk Górnych, **B** — antyklina Połonin, **C** — synklina Terebowca; **ABB** — antyklina Bukowego Berda

Fig. 2. Spring locations vs. geology (after Tokarski, 1975); **A** — Ustrzyki Górne syncline, **B** — Połoniny anticline, **C** — Terebowiec syncline; **ABB** — Bukowe Berdo anticline

piętra klimatyczne: umiarkowanie chłodne, ze średnią roczną temperaturą powietrza wynoszącą 4–6°C, oraz chłodne — głównie na połoninach — ze średnią roczną temperaturą powietrza wynoszącą 2–4°C (Hess, 1965).

Łajczak (1996) wyróżnił w Bieszczadach pięć pięter hydrograficznych: 1) piętro głębokiej retencji wód (najwyżej wzniesione obszary grzbietów), 2) piętro odpływu śródpokrywowego i krótko trwającego odpływu powierzchniowego (górne części stoków), 3) piętro odpływu śródpokrywowego (na zboczach dolin) i okresowego odpływu w korytach potoków, 4) piętro stałego odpływu w korytach potoków oraz okresowego i epizodycznego odpływu ze stoków w środkowych i dolnych odcinkach dolin, i wreszcie 5) piętro alimentacji wód w aluwjach dolin głównych potoków oraz w dolnych odcinkach dolin niektórych dopływów i w stożkach napływowych.

W Bieszczadach występuje typ szybkiego krążenia wód, który charakteryzuje się dużym zasilaniem z opadów oraz małą retencją i, co za tym idzie, małymi zasobami wód podziemnych, dużym odpływem oraz występowaniem źródeł o małej wydajności (Dynowska, 1995). Współczynnik filtracji warstw krośnieńskich w strefie do głębokości 20 m wynosi ok. $1,4 \times 10^{-6}$ m/s, a w strefie głębszej (20–40 m) ok. $2,4 \times 10^{-7}$ m/s; są to wartości o rząd wielkości niższe od charakteryzujących warstwy magurskie (Chowaniec i in., 1983). Zlewnię górnej Wołosatki obejmują dwa arkusze *Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000* (MhP) — arkusz 1068 Ustrzyki Górne oraz arkusz 1069 Dźwiniacz Górny. Według MhP większość badanego obszaru zajmuje trzeciorzędowy (fliszowy) główny użytkowy

poziom wodonośny o potencjalnej wydajności studni wierconej 2–5 m³/h (tj. ok. 0,56–1,39 dm³/s). Z tego poziomu zostały wyłączone, uznane za niewodonośne, obszary w jądrze synkliny Terebowca, zbudowane z fliszu drobnorytmicznego z czarnymi łupkami (ryc. 2). Poziom użytkowy charakteryzuje brak izolacji, ale stopień zagrożenia jakości jest średni — z uwagi na to, że znajdują się tam obszary chronione (BdPN) i brak jest ognisk zanieczyszczeń. Jakość wód podziemnych jest bardzo dobra. Za gromadzenie wód odpowiadają głównie piaskowce z Otrytu, ale zwierciadło wód podziemnych nie jest ciągle (Chowaniec & Witek, 2002a). Warstwa wodonośna, zasilana bezpośrednio na wychodniach i z pokryw zwietrzelinowych o niewielkich miąższościach (Chowaniec & Witek, 2002a, b), ma średnią miąższość ok. 15 m, współczynnik filtracji $1,16 \times 10^{-5}$ m/s oraz moduł zasobów dyspozycyjnych 0,75 dm³/(s × km²) (Chowaniec & Witek, 2002a). Na MhP wyróżniono 3 źródła reprezentatywne w pobliżu obszaru badań, ale żadne z nich nie leży w samym obszarze (jedno znajduje się na południowych stokach Tarnicy, a dwa na wschodnich stokach Halicza i Rozsypanca). Na tle innych obszarów w Karpatach fliszowych stopień rozpoznania hydrogeologicznego Bieszczadów jest mały (Myszka & Kurdyka, 1985; Chowaniec & Witek, 2002a), chociaż sporządzono tu hydrogeologiczną dokumentację zasobową (Kurdziel, 1978). Według informacji w niej zawartych średni wieloletni moduł odpływu podziemnego obszarów wychodni fliszu wynosi 3,0 dm³/(s × km²), a dolin rzecznych 3,2 dm³/(s × km²) (Kurdziel, 1978). Cały badany obszar leży w obrębie Głównego Zbiornika Wód Podziem-

Tab. 1. Terminy badań oraz sumy opadów w dniach poprzedzających badania

Table 1. Dates of research campaigns and the total precipitation in preceding days

Liczba dni poprzedzających <i>Number of preceding days</i>	Suma opadu [mm] <i>Total precipitation [mm]</i>		
	2–3.09.2007	1–3.10.2007	16–17.10.2007
10	6,8	30,3	11,1
20	16,4	170,9	46,2

nych 431 — Zbiornika warstw Krosno (Bieszczady). Jest to rozległy zbiornik szczelinowo-porowy, który charakteryzuje średnia głębokość ujęć 60 m i zasoby dyspozycyjne $2,5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (ok. $289,35 \text{ dm}^3/\text{s}$); moduł zasobów wynosi $0,24 \text{ dm}^3/(\text{s km}^2)$ (Kleczkowski, 1990).

Metodyka badań

Kartowanie przeprowadzono w trzech terminach: 2–3.09, 1–3.10 oraz 16–17.10.2007 r., stopniowo opracowując kolejne partie badanego terenu (ryc. 1). Warunki pogodowe podczas badań były zmienne. We wrześniu temperatura powietrza utrzymywała się powyżej 10°C , podczas gdy w ostatnim etapie badań występowały duże dobowe wahania temperatury — w tym również nocne przymrozki. Pierwszy i trzeci etap badań były poprzedzone okresami o niewielkich sumach opadów (tab. 1). Drugi z etapów był przeprowadzony w warunkach wyższego poziomu nawilżenia zlewni. Na tle średnich miesięcznych sum opadu z wielolecia 1956–1965 w Ustrzykach Górnych — wynoszących dla sierpnia 110,9 mm, dla września 89,0 mm i dla października 64,9 mm (Michna & Paczos, 1972) — badany okres charakteryzował się niską sumą opadów w okresie poprzedzającym (53,1 mm zanotowane w Wołosatem w sierpniu 2007 r.) oraz kilkakrotnie wyższą od średniej wieloletniej sumą opadów we wrześniu (261,8 mm). Niewielką sumą opadów charakteryzował się również początek października; do zakończenia badań (18.10.2007 r.) zanotowano jedynie 15,7 mm opadu.

Prace terenowe obejmowały lokalizację wszelkich form wypływu wód podziemnych na powierzchnię terenu (zwanymi dalej wypływami) za pomocą odbiornika GPS. Wyróżnione zostały następujące typy wypływów: źródła, młaki, wycieki, wykapy, wysięki oraz źródlika. Jako źródlika sklasyfikowane zostały zespoły źródeł (lub źró-

deł i wypływów innych typów) położonych w bezpośrednim sąsiedztwie i wykazujących bezsporne związki genetyczne oraz hydrochemiczne — potwierdzone terenowym pomiarem parametrów fizykochemicznych wód (definicja [w:] Pazdro & Kozerski, 1990, zmodyfikowana).

Podczas inwentaryzowania wypływów zmierzono ich wydajność, a także temperaturę wody, pH oraz przewodność elektrolityczną właściwą (PEW). Wyniki pozwoliły na stworzenie przestrzennej bazy danych GIS w programie ArcGIS 9.2. Wykonano także weryfikację lokalizacji pomierzonych w terenie punktów na podkładzie mapy topograficznej w skali 1 : 10 000.

Wyniki

W czasie badań terenowych zarejestrowano 196 wypływów wód, co biorąc pod uwagę powierzchnię skartowanego obszaru ($8,32 \text{ km}^2$), daje wskaźnik krenologiczny 23,56 wypływów na km^2 (tab. 2). Najwyższym wskaźnikiem krenologicznym charakteryzowała się zlewnia Spod Kopy ($48,70$ na km^2), najniższym zaś — zlewnia Spod Tarnicy ($8,49$ na km^2).

Wśród skartowanych obiektów krenologicznych przeważały źródła (103), które stanowiły 52,55% zanotowanych wypływów. Gęstość występowania źródeł wynosiła od 4,02 źródeł na km^2 w zlewni Spod Tarnicy do 25,69 w zlewni Spod Kopy (tab. 2). Źródła występowały na wysokości 819–1245 m n.p.m., przy czym najbardziej uźródłowiony był przedział wysokości 800–900 m n.p.m. (tab. 3). Większość źródeł była zlokalizowana w dnach dolin, ale były też spotykane linijne zgrupowania źródeł występujące na stokach. Zaledwie 17 ze skartowanych źródeł było położonych ponad górną granicą lasu.

W badanej części zlewni Wołosatki odnotowano 69 młak, które występowały głównie w lejach źródłowych i na spłaszczeniach stokowych. Powyżej górnej granicy lasu zarejestrowano jedynie pięć młak. Liczba młak na km^2 wynosiła od 2,68 do 14,98 w zależności od zlewni cząstkowej; średnia gęstość młak na badanym obszarze to 8,29 na km^2 (tab. 2). Młaki występowały na wysokości od 819 do ponad 1200 m n.p.m. Jednakże najwięcej młak (21) zaobserwowano w najniższym przedziale wysokości — 800–900 m n.p.m (tab. 3).

Oprócz źródeł i młak na badanym obszarze zarejestrowano 12 źródeł i 12 innych wypływów (5 wysięków, 3 wycieki i 4 wykapy). Największe zagęszczenie źródeł występowało w zlewni potoku Spod Kopy (tab. 2, ryc. 3).

Tab. 2. Liczba i gęstość wypływów w poszczególnych zlewniach cząstkowych

Table 2. Number and density of outflows in particular sub-basins

Zlewnia cząstkowa <i>Sub-basin</i>	Powierzchnia [km^2] <i>Surface [km^2]</i>	Liczba wypływów <i>Number of outflows</i>					Wskaźnik krenologiczny [km^{-2}] <i>Outflow density [km^{-2}]</i>				
		Źródła <i>Springs</i>	Młaki <i>Swamps</i>	Źródlika <i>Spring areas</i>	Inne <i>Other</i>	Ogółem <i>Total</i>	Źródła <i>Springs</i>	Młaki <i>Swamps</i>	Źródlika <i>Spring areas</i>	Inne <i>Other</i>	Ogółem <i>Total</i>
Spod Rozsypańca	1,20	18	5	3	0	26	15,03	4,17	2,50	0,00	21,70
Spod Kopy	1,87	48	28	8	7	91	25,69	14,98	4,28	3,75	48,70
Spod Tarnicy	2,24	9	6	0	4	19	4,02	2,68	0,00	1,79	8,49
Przyrzecze 1	0,82	10	10	0	1	21	12,13	12,13	0,00	1,21	25,47
Przyrzecze 2	2,19	18	20	1	0	39	8,23	9,14	0,46	0,00	17,83
Łącznie <i>Total</i>	8,32	103	69	12	12	196	12,38	8,29	1,44	1,44	23,56

Tab. 3. Liczba i gęstość wypływów w przedziałach wysokości
Table 3. Number and density of outflows in elevation classes

Wysokość [m n.p.m.] Altitude [m a.s.l.]	Powierzchnia [km ²] Surface [km ²]	Liczba wypływów Number of outflows					Wskaźnik krenologiczny [km ⁻²] Outflow density [km ⁻²]				
		Źródła Springs	Młaki Swamps	Źródlika Spring areas	Inne Other	Ogółem Total	Źródła Springs	Młaki Swamps	Źródlika Spring areas	Inne Other	Ogółem Total
800–900	0,79	14	21	0	0	35	17,62	26,44	0	0	44,06
900–1000	1,91	26	14	2	4	46	13,65	7,35	1,05	2,10	24,15
1000–1100	2,12	17	15	5	5	42	8,02	7,08	2,36	2,36	19,82
1100–1200	1,97	29	18	4	3	54	14,67	9,11	2,02	1,52	27,32
1200–1300	1,43	17	1	1	0	19	11,92	0,70	0,70	0	13,32
1300–1400	0,10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Łącznie Total	8,32	103	69	12	12	196	12,38	8,30	1,44	1,44	23,56

Ogółem na badanym obszarze największe zagęszczenie wypływów wszystkich typów występowało na wysokości 800–900 m n.p.m. Powyżej 1300 m n.p.m. nie zarejestrowano żadnych wypływów (tab. 3). Ponadto zaobserwowano stosunkowo rozległe obszary pozbawione wszelkich obiektów krenologicznych oraz sieci rzecznej (np. wschodnie stoki Tarnicy), co silnie kontrastowało z dużym zagęszczeniem wypływów w innych częściach badanego obszaru (ryc. 2 i 3).

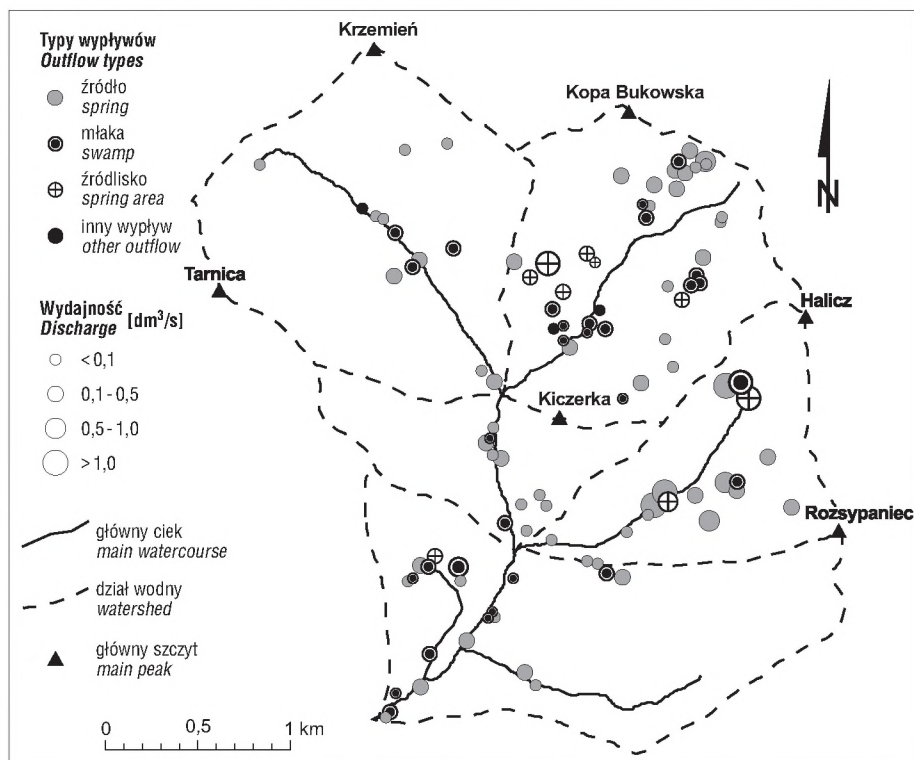
Na badanym obszarze występowały głównie źródła zaliczane do klas wydajności Meinzera od VI do VIII (Pazdro & Kozerski, 1990). Rzadko były notowane źródła o wydajności powyżej 1 dm³/s. Trzy źródła o największych wydajnościach, dochodzących do kilku litrów na sekundę, stwierdzono w zlewni Spod Rozsypanca (tab. 4, ryc. 3).

Średnia temperatura wód w badanych wypływach wynosiła 8,3°C. Najwyższą temperaturę (12,9°C) zanotowano w dolnej części zlewni Wołosatki, a najniższą (4,1°C) w górnych partiach badanego obszaru. Wartości przewodności elektrolitycznej (PEW) wód zawierały się w przedziale 42,7–323,5 μS/cm (ryc. 4). Wartość średnia wyniosła 161,5 μS/cm, przy czym nieznacznie wyższą średnią wartością charakteryzowały się źródła (163,9 μS/cm) niż młaki (157,8 μS/cm) (ryc. 5). Często obserwowano wypływy wód o bardzo zróżnicowanej wartości PEW położone w bliskiej odległości od siebie (ryc. 4). Średnie wartości pH zmieniały się w zakresie od 6,74 do 7,68 w zależności od typu wypływu (ryc. 5). Najmniejszą wartością pH (5,36) charakteryzowała się młaka położona na prawym brzegu Wołosatki, w odległości ok. 180 m od punktu zamknięcia zlewni. Natomiast największą wartość pH (8,20) zarejestrowano w źródle położonym najwyżej w zlewni potoku Spod Tarnicy (znane turystom źródło przy szlaku powyżej przełęczy 1160 m n.p.m.).

Dyskusja

Uzyskane wyniki trudno odnieść do opracowań krenologicznych, które całościowo traktują obszar polskich Karpat. Podane przez Łajczaka (1996) liczba i gęstość źródeł w zlewni Wołosatki różnią się znacznie od wyników uzyskanych przez autorów niniejszego artykułu. Różnice te mogą wynikać między innymi z uwzględnienia przez Łajczaka (1996) jedynie najwydajniejszych źródeł, skartowanych podczas suszy. Innym czynnikiem utrudniającym porównania jest różna lokalizacja punktów zamykających badane zlewnie, a także przypuszczalnie różny stopień szczegółowości opracowania.

Także wyniki badań Bogusz (2004) i Żurka (2005), pochodzące z podobnego pod względem fizycznogeograficznym terenu, różnią się od wyników uzyskanych przez autorów niniejszego artykułu. Ogólny wskaźnik krenologiczny w zlewni Wołosatki (23,56 na km²) przyjmuje



Ryc. 3. Przestrzenne zróżnicowanie typów wypływów i ich wydajności
Fig. 3. Spatial distribution of outflow types and their discharges

mniejszą wartość niż na obszarze zbadanym przez Bogusz (2004), która podała wskaźnik krenologiczny 40,9 na km², jak i w zlewni potoku Głębokiego, w której według Żurka (2005) wskaźnik krenologiczny wynosi 29,47 na km². Udział źródeł wśród wszystkich skartowanych wypływów w zlewni Wołosatki (52,6%) znacznie odbiega od wartości podawanych przez cytowanych autorów: 27% (Bogusz, 2004) i 28% (Żurek, 2005). Na te różnice mogły jednak mieć wpływ warunki hydro-meteorologiczne podczas kartowania.

Znaczne różnice można zauważyć w wypadku wartości wskaźnika krenologicznego obliczonego w odniesieniu do samych młak, podawanego przez różnych autorów. Podobną do przedstawionej w niniejszym artykule wartość uzyskał Łajczak (1996) — 8,6 na km². Zdecydowanie mniejszą gęstością młak odznaczały się zlewnie zbadane przez Bogusz (2004) — 1,6 na km² oraz Żurka (2005) — 0,86 na km². Młaki stanowią w nich odpowiednio 4% i 2% wszystkich zanotowanych wypływów, podczas gdy w zlewni Wołosatki średnio 35,2%.

Na występowanie i rozmieszczenie źródeł, podobnie jak na rzeźbę terenu i kształt sieci rzecznej, w największym stopniu wpływa relacja pomiędzy kierunkiem osi dolin i cieków a biegiem warstw skalnych. Widoczna jest zwłaszcza różnica w liczbie i gęstości występowania wypływów pomiędzy zlewniami Spod Tarnicy i Spod Kopy (tab. 2). W zlewni potoku Spod Tarnicy dominują większe spadki; jest ona obrzeżona silnie wyniesionymi, równoległymi grzbietami Krzemienia i Tarnicy. Sieć rzeczna ma tu układ pierzasty, a główny ciek jest zorientowany równoległe do osi fałdów i tym samym do biegu warstw (ryc. 2). Zlewnia

Tab. 4. Zestawienie liczby źródeł według ich wydajności

Table 4. Number of springs in discharge classes

Klasa* Class*	Wydajność [dm ³ /s] Discharge [dm ³ /s]	Liczba źródeł Number of springs	Udział w sumarycznej liczbie źródeł [%] Share in total number of springs [%]
V	1,0–10,0	3	2,92
VI	0,5–1,0	4	3,88
	0,1–0,5	26	25,24
VII + VIII	< 0,1	37	35,92
Brak danych o wydajności Discharge data unavailable		33	32,04
Suma Total	–	103	100,00

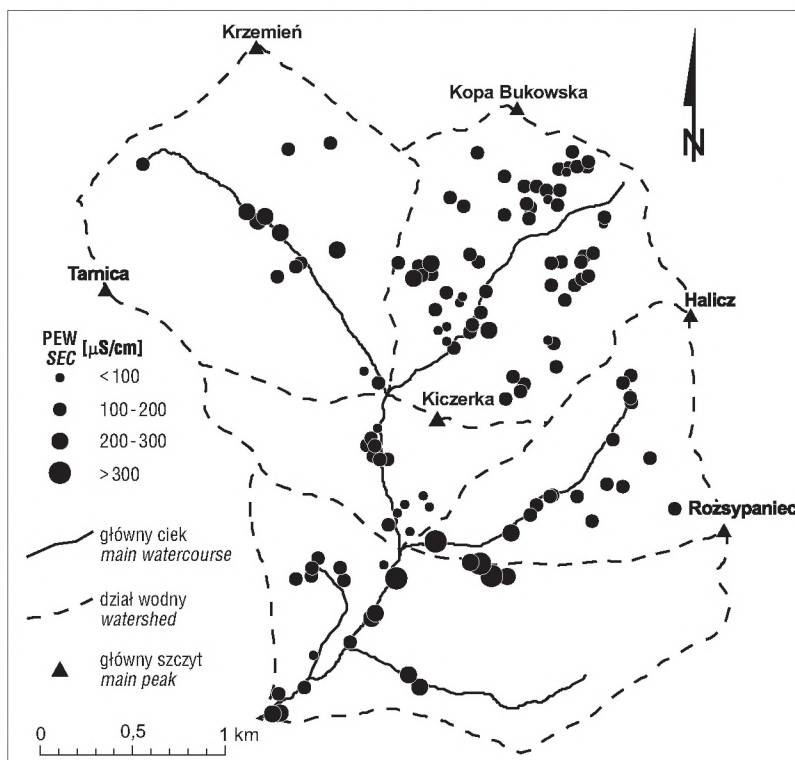
* wg Meinzera, [w:] Pazdro & Kozerski, 1990

* according to Meinzer, [in:] Pazdro & Kozerski, 1990

ta charakteryzuje się bardzo małą liczbą źródeł, w większości zlokalizowanych blisko dna doliny. Odmienne warunki krążenia wód panują w zlewni potoku Spod Kopy. Potok ten płynie w poprzek fałdów, przecinając prostopadłe wychodnie serii skalnych, a sieć rzeczna ma układ zbliżony do dendrycznego, bądź nawet kratowego. Skartowano tam zdecydowanie więcej wypływów — wskaźnik krenologiczny był ponad pięć razy wyższy niż w zlewni Spod Tarnicy (tab. 2). Mała liczba skartowanych źródeł w zlewni Spod Tarnicy dodatkowo jest związana z brakiem użytkowego piętra wodonośnego w tym obszarze, czyli w osiowej części synkliny Terebowca (Chowaniec & Witek, 2002a), która jest zbudowana z fliżu drobnorytmicznego z czarnymi łupkami (ryc. 2). Należy jednak zaznaczyć, że na różnicę uzyskanych wyników mogły — do pewnego stopnia — wpłynąć odmienne warunki podczas kartowania. Zlewnia Spod Tarnicy była kartowana w suchszym okresie niż zlewnia Spod Kopy (ryc. 1; tab. 1).

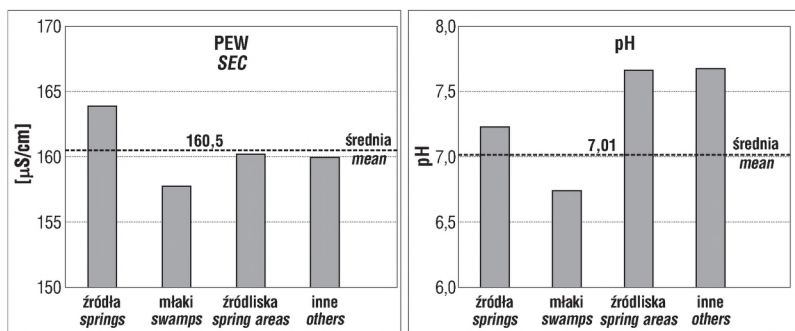
Obszary zbudowane z fliżu drobnorytmicznego (ryc. 2) charakteryzują się albo niemal całkowitym brakiem wypływów, albo ich występowaniem w dużych zagęszczeniach. Takie zróżnicowanie jest charakterystyczne dla południowej części obszaru badań (Przyrzecze 1 i 2), gdzie na MhP nie wyróżniono użytkowego poziomu wodonośnego.

Znaczne skupiska wypływów występują na południowo-zachodnim skrzydle antykliny Bukowego Berda (północno-wschodnia część terenu badań), rozciętego zlewniami potoków Spod Kopy i Spod Rozsypańca. Obszar ten jest zbudowany z naprzemianległych pakietów piaskowców z Otrytu i fliżu drobnorytmicznego. Piaskowce z Otrytu mają znacznie lepsze parametry filtracyjne, sprzyjające infiltracji i odpływowi podziemnemu, a ich gęste przeławicenie fliżem drobnorytmicznym z dużym udziałem łupków, jak to ma miejsce w antyklinie Bukowego Berda (ryc. 2), stwarza wyjątkowo sprzyjające warunki do częstego występowania naturalnych wypływów wód podziemnych; wody podziemne są lokalnie piętrzone na słabiej przepuszczalnych



Ryc. 4. Przestrzenne zróżnicowanie przewodnictwa elektrolitycznego właściwego (PEW) wód wypływów

Fig. 4. Spatial distribution of the specific conductivity (SEC) of outflow waters



Ryc. 5. Średnie PEW i pH badanych wód w zależności od typów wypływów
Fig. 5. Mean SEC and pH of waters in the outflow type classes

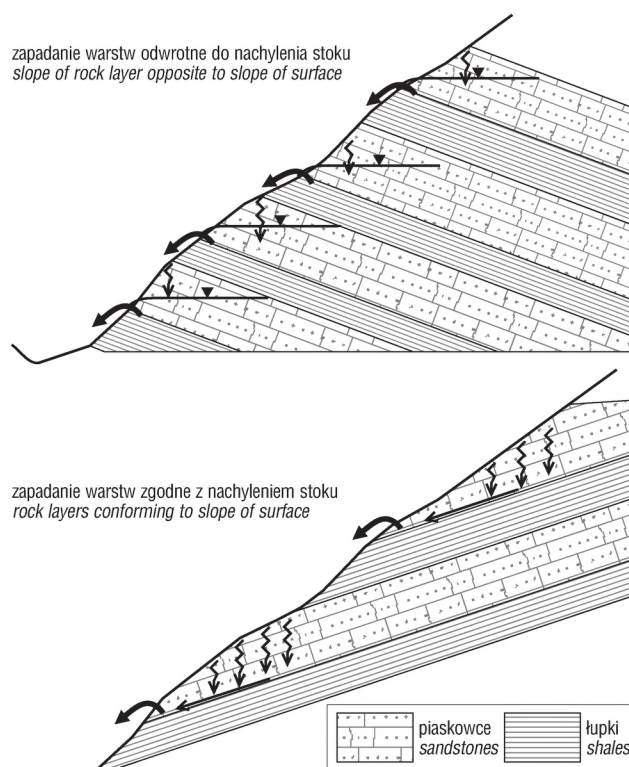
wkładkach łupków, które zapadają odwrotnie do nachylenia terenu (ryc. 6). Wypływy, licznie występujące w zlewni Spod Kopy, a także najwydajniejsze na badanym terenie źródła, położone w zlewni Spod Rozsypańca (ryc. 3), mają prawdopodobnie taką właśnie genezę; są to w większości źródła przelewowe zasilane z kolejnych serii piaskowców z Otrytu (ryc. 6). Źródła takie można nazwać przeciwupadowymi (Pazdro & Kozerski, 1990).

Gęstość uźródłowienia ma zatem związek z kierunkiem zapadania warstw skalnych w stosunku do nachylenia stoku. Ma to szczególne znaczenie na badanym obszarze, gdzie mało miąższe warstwy cechują się różną przepuszczalnością: łupki są praktycznie nieprzepuszczalne, a piaskowce — lepiej przepuszczalne. Dwie typowe sytuacje przedstawiono na rycinie 6. Jeśli warstwy zapadają odwrotnie do nachylenia stoku, to tworzy to dogodny warunki do gęstego występowania źródeł przeciwupadowych (ryc. 6), jak to ma miejsce w zlewni Spod Kopy (antyklina Bukowego Berda). Infiltrująca w głąb piaskowców woda, spiętrzana na wychodniach łupków, tworzy w powstałych „zachyłkach” niewielkie zbiorniki wód podziemnych zasilające źródła. Źródła te są zlokalizowane na kontaktach w sekwencji piaskowiec-łupek (wymienione od góry). Warunki takie sprzyjają występowaniu licznych źródeł, o bardziej stałym charakterze; retencja jest bowiem podwyższona przez istnienie wspomnianych niewielkich zbiorników. Z kolei gdy warstwy skalne zapadają zgodnie z nachyleniem stoku (ryc. 6), źródła także występują na kontaktach piaskowców z łupkami, ale brak jest warunków do tworzenia się choćby nawet niewielkich zbiorników. Woda infiltrująca w piaskowce spływa po nachylonej warstwie łupków i jest na bieżąco wyprowadzana na powierzchnię terenu. W tej sytuacji retencja jest znikoma, i źródła mają częściej charakter okresowych. Ponadto ze względu na podobną miąższość poszczególnych warstw jak w poprzednim „scenariuszu” liczba kontaktów, na których występują źródła, jest zdecydowanie mniejsza, co owocuje ogólnie mniejszą gęstością źródeł. Oczywiście, oba modele przedstawione na rycinie 6 są bardzo uproszczone; pominięto na nich wiele innych czynników wpływających na gęstość źródeł i zasoby wód, jak pokrywy zwietrzelinowe, uskoki czy osuwiska.

Zaobserwowane w terenie wydajności źródeł, zarówno skalnych, jak i zwietrzelinowych, są małe i zmienne w czasie. Powszechne jest występowanie szybkiej reakcji źródeł w postaci krótkotrwałego zwiększenia wydajności, co według Dynowskiej (1995) ma związek z małym współczynnikiem filtracji i słabą wodonośnością fliszu. Pamiętać należy także, że w badanym obszarze stokowe pokrywy zwietrzelinowe są bardzo słabo wykształcone, co

zdzaniem Łajczaka (1996) odróżnia Bieszczady od Beskidów Zachodnich. Pokrywy te mają znikome zdolności retencyjne i nie tworzą poziomów wodonośnych. W samym fliszu dominują zaś praktycznie niewodonośne łupki, a bardziej wodonośne piaskowce występują rzadziej i w postaci cienkich ławic. Dodatkowo ogranicza to retencję podziemną. Z małą retencją i szybkim odpływem wiąże się 1) dominacja wypływów o małych wydajnościach oraz 2) występowanie zwiększonej liczby wypływów po opadach deszczu — są to głównie młaki, wycieki oraz wysięki o charakterze okresowym.

W tym silnie zaangażowanym tektonicznie obszarze wiele źródeł leży na strefach nieciągłości. Najbardziej charakterystyczna jest linia wypływów w zlewni Spod Kopy, o przebiegu zbliżonym do SW-NE (ryc. 2). Źródła (i czasem młaki) występują w niewielkich odległościach od siebie, najczęściej 10–20 m. Linia jest wyraźnie widoczna w terenie; na odcinku kilkuset metrów stopniowo wznosi się ku północnemu wschodowi ponad górną granicę lasu i wydaje się nie mieć związku z rzeźbą terenu. Często wody sąsiadujących ze sobą źródeł różnią się znacząco wartością PEW (ryc. 4), a niekiedy także pH, co sugeruje drenaż wód o różnym pochodzeniu. Ta wyraźnie widoczna w terenie linia źródeł jest zlokalizowana dokładnie na uskoku Halicza (ryc. 2). Uskok ma zrzut rzędu 1000 m i nachylenie zbliżone do pionowego, a jego skrzydło zrzuczone (SE) jest znacznie przesunięte ku południowemu-zachodowi. Z uskokiem jest związana szeroka strefa brekcji (Tokarski, 1975). Linia źródeł ciągnie się dokładnie wzdłuż górnej granicy intersekcyjnej tej strefy. Wypełnione brekcjami



Ryc. 6. Schemat zasilania źródeł w zależności od upadu warstw i nachylenia stoku

Fig. 6. Model of spring recharge vs. dipping and slope angle

skalnymi strefy uskokowe we fliszu karpackim mogą mieć — w zależności od udziału łupków i piaskowców w brekcjach — charakter izolujący lub stanowić strefy uprzywilejowane hydraulicznie. Możliwa jest też sytuacja, że bardzo słabo przepuszczalna brekcja jest obrzeżona drożnymi szczelinami na kontakcie z którymś ze skrzydeł uskoku (Witczak i in., 2002). Położenie linii źródeł na górnej granicy intersekcyjnej uskoku sugeruje bardzo małą przepuszczalność brekcji w strefie uskoku. Jest to prawdopodobne, gdyż udział łupków we fliszu, z którego jest zbudowany badany obszar, jest znaczny. Brekcja tworzy przegrodę spiętrzającą wody podziemne, przez co przyczynia się do występowania linii źródeł przelewowych. Nie jest też wykluczone, że występowanie źródeł może być związane z istnieniem drożnej szczeliny ograniczającej strefę brekcji od góry.

Na badanym terenie zaobserwowano kilka osuwisk (aczkolwiek nie prowadzono kartowania pod tym kątem) zlokalizowanych w zlewniach potoków Spod Tarnicy i Spod Kopy. Niektóre źródła leżące w dnach dolin oraz na stokach są przynajmniej częściowo zasilane z wód retencjonowanych w materiale koluwalnym. Są to źródła osuwiskowe wg klasyfikacji Pazdry i Kozerskiego (1990).

Analizy przeprowadzone dzięki bazie danych GIS, która zawiera całość zebranych informacji o źródłach z badanego obszaru, wykazały brak istotnych zależności geostatystycznych między temperaturą, PEW i pH a położeniem wypływów. Nie wykazano także istotnych statystycznie zależności między parametrami fizykochemicznymi wód. Szczegółowa interpretacja uzyskanych danych jest jednak w pewnej mierze utrudniona niejednorodnymi warunkami hydrometeorologicznymi panującymi podczas poszczególnych etapów kartowania terenowego.

Wnioski

Przeprowadzone badania wykazały, że w zlewni górnej Wołosatki wśród obiektów krenologicznych (wypływów wód podziemnych na powierzchni) dominują źródła (52,55%). Dla całego zbadanego obszaru o powierzchni 8,32 km² wskaźnik krenologiczny uwzględniający wszystkie typy wypływów wyniósł 23,56 na km², wskaźnik uwzględniający same źródła zaś — 12,38 km². W poszczególnych zlewniach cząstkowych wskaźnik ten wynosi od 4,0 i 8,5 na km² (odpowiednio: źródła i wszystkie wypływy) w zlewni Spod Tarnicy do 25,7 i 48,7 na km² w zlewni Spod Kopy. Na całym badanym obszarze wydajności wypływów są małe i bardzo małe; zdecydowaną większość źródeł można zakwalifikować do VI–VIII klasy Meinzera. Jedynie siedem źródeł miało wydajność powyżej 0,5 dm³/s, a trzy powyżej 1 dm³/s.

Rozmieszczenie wypływów silnie nawiązuje do budowy geologicznej, stref nieciągłości tektonicznej i przebiegu dolin rzecznych. Szczególnie duże zagęszczenie wypływów zarejestrowano w północno-wschodniej części terenu badań, czyli na obszarze antykliny Bukowego Berda (zwłaszcza w zlewni Spod Kopy). Występują tam naprzemianległe warstwy piaskowców z Otrytu oraz fliszu drobnytmicznego, zapadające odwrotnie do nachylenia terenu; stwarza to szczególnie korzystne warunki do występowania źródeł. W terenie wyraźnie jest widoczna linia źródeł powstałych na uskoku Halicza; źródła występują na górnej granicy intersekcyjnej strefy brekcji towa-

rzyszącej temu uskokowi. Brekcja ta jest słabo przepuszczalna i spiętrza wody podziemne, powodując ich wypływanie na powierzchnię terenu w licznych, choć niewielkich źródłach.

Dziękujemy dyrekcji Bieszczadzkiego Parku Narodowego za wspieranie naszych badań. Podczas prowadzenia prac terenowych szczególnie pomagali nam pracownicy BdPN: Elżbieta i Leopold Bekierowie, Włodzimierz Wiśniewski i Jacek Kranz. Dziękujemy też dr. Sebastianowi Buczyńskiemu i Katarzynie Przygodzkiej za pomoc organizacyjną. Badania były finansowane z Rezerwy Badań Własnych Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UJ oraz ze środków Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ (DS i budżet).

Literatura

- BOGUSZ A. 2004 — Charakterystyka hydrograficzna zlewni potoku Hylatego w Bieszczadach. Arch. Zakładu Hydrologii IGiGP UJ, Kraków.
- CHOWANIEC J. & WITEK K. 2002a — Mapa hydrogeologiczna Polski wraz z objaśnieniami w skali 1 : 50 000. Arkusz 1068 Ustrzyki Górne. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- CHOWANIEC J. & WITEK K. 2002b — Mapa hydrogeologiczna Polski wraz z objaśnieniami w skali 1 : 50 000. Arkusz 1069 Dźwiniacz Górny. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- CHOWANIEC J., OSZCZYPKO N. & WITEK K. 1983 — Hydrogeologiczne cechy warstw krosieńskich centralnej depresji karpackiej. Kwart. Geol., 27 (4): 797–810.
- DYNOWSKA I. 1995 — Wody. [W:] Warszńska J. (red.) Karpaty Polskie. Wyd. UJ, Kraków: 49–67.
- HESS M. 1965 — Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich. Zesz. Nauk. UJ Pr. Geogr., 11: 1–258.
- KLECZKOWSKI A.S. (red.) 1990 — Mapa obszarów głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony w skali 1 : 500 000. Wyd. IHiGi AGH, Kraków.
- KONDRACKI J. 2002 — Geografia regionalna Polski. WN PWN, Warszawa.
- KURDZIEL J. 1978 — Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów wód podziemnych w rejonie Bieszczadów. Arch. CAD, Kraków.
- ŁAJCZAK A. 1996 — Warunki hydrologiczne. [W:] Skiba S. (red.), Plan ochrony Bieszczadzkiego Parku Narodowego. Operat ochrony przyrody nieożywionej i gleb (maszynopis). Arch. Bieszczadzkiego Parku Narodowego, Ustrzyki Dolne: 12–38.
- MICHNA E. & PACZOS S. 1972 — Zarys klimatu Bieszczadów Zachodnich. Ossolineum, Wrocław.
- MYSZKA J. & KURDYKA S. 1985 — Przegląd problematyki hydrogeologicznej realizowanej w SE części Polski w ramach działalności Przedsiębiorstwa Geologicznego w Krakowie. [W:] Aktualne Problemy Hydrogeologii. Materiały 3. Ogólnopolskiego Sympozjum. Kraków-Karniowice 28–30.05.1985. Wyd. AGH Kraków: 39–47.
- PAWLIK-DOBROWOLSKI J. 1965 — Uźródłowienie południowej Polski. Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., 12: 7–42.
- PAZDRO Z. & KOZERSKI B. 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol., Warszawa.
- SIWEK J., KOŁODZIEJ A., LASZCZAK E., MOCIOR E., PLENZLER J., PŁACZKOWSKA E., ROZMUS M., RZONCA B., ŚCISŁOWICZ B., WÓJCIK S. & ZIÓLKOWSKI L. 2008 — Charakterystyka sieci hydrograficznej górnej Wołosatki (Bieszczady Wysokie). Geol., AGH (w druku).
- STARKEL L. 1969 — Odbicie struktury geologicznej w rzeźbie Polskich Karpat fliszowych. Stud. Geomorph. Carp.-Balc., 3: 61–71.
- STUPNICKA E. 1997 — Geologia regionalna Polski. Wyd. UW, Warszawa.
- TOKARSKI A.K. 1975 — Geologia i geomorfologia okolic Ustrzyk Górnych (polskie Karpaty Wschodnie). Stud. Geol. Pol., 48: 1–90.
- WITCZAK S., DUŃCZYK L., MOTYKA J. & OSZCZYPKO N. 2002 — Regionalny wielowarstwowy model pola hydrodynamicznego w utworach fliszu karpackiego na przykładzie zlewni Krynicyzanki (płaszczowina magurska). Biul. Państw. Inst. Geol., 404: 263–289.
- ZIEMOŃSKA Z. 1973 — Stosunki wodne w Polskich Karpatach Zachodnich. Pr. Geogr. Inst. Geogr. PAN, 103: 1–103.
- ZUREK S. 2005 — Warunki obiegu wody w zlewni potoku Głębokiego (Bieszczady). Arch. Zakładu Hydrologii IGiGP UJ, Kraków.
- ZYTKO K. (red.) 1973 — Przewodnik geologiczny po wschodnich Karpatach fliszowych. Wyd. Geol., Warszawa.

Praca wpłynęła do redakcji 16.01.2008 r.
Po recenzji akceptowano do druku 19.06.2008 r.