

Typy źródeł i ich rozmieszczenie na Babiej Górze (Zachodnie Karpaty)

*Types of springs and their location on Mount Babia Góra
(Western Carpathians)*

ADAM ŁAJCZAK

Institut Geografii, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie
30-084 Kraków, ul. Podchorążych 2; alajczak@o2.pl

Zarys treści. Zanalizowano głębokość i zasięg krążenia wód podziemnych w wyróżnionych typach utworów wodonośnych na obszarze monoklinalnego grzbietu Babiej Góry, najwyższego w Beskidach Zachodnich. Najgłębsze krążenie wód obejmujące najdłuższe odcinki stoków zachodzi w rozległych osuwiskach na podłożu piaskowców magurskich w górnej części masywu. W kategoryzacji wypływów zastosowano następujące klasyfikacje źródeł: położenie geomorfologiczne (kierunek napływu wód podziemnych i sposób ich krążenia), rodzaj utworów wodonośnych, rozmieszczenie w skali lokalnej nawiązujące do form osuwiskowych. Na obszarze polskiej części Babiej Góry dominują licznie źródła stokowe, wypływające w większości z grubych pokryw koluwiów i w lejach źródłowych.

Słowa kluczowe: źródła, flisz, osuwiska, Babia Góra, Karpaty.

Wstęp

W badaniach z zakresu krenologii mało uwagi poświęca się analizie rozmieszczenia różnych typów źródeł w obszarach górskich, szczególnie na wysoko wyniesionych grzbiętach, w nawiązaniu do czynników geologicznych i geomorfologicznych. W polskich Karpatach wyniki takich badań oparte na kartowaniu hydrograficznym po raz pierwszy opublikowano z obszaru Tatr i Pienin (Wit i Ziemońska, 1960; Wit-Jóźwik, 1974; Małecka, 1997; Humnicki, 2007). Z fliszowej części Karpat brak takich opracowań; opublikowane arkusze Mapy Hydrograficznej pokazują tylko wybrane i nie zawsze najwydajniejsze źródła w Beskidach (przykładowo arkusze: M-34-87-B(Jeleśnia) 2003, M-34-88-A(Zawoja) 2006). W polskich Beskidach tylko w dwóch masywach prowadzone jest kartowanie hydrograficzne: na Babiej Górze (1725) i na Połoninie Wetlińskiej

(1253) (Łajczak, 2004, 2012; Mocior i inni, 2015). Wyniki badań na pierwszym z tych obszarów obejmującym stoki i ich podnóża nie zostały jeszcze opublikowane w postaci mapy hydrograficznej, na drugim obszarze badania przeprowadzono tylko powyżej 900 m n.p.m.

W badaniach źródeł na obszarach fliszowych zwraca się uwagę na częste ich występowanie na kontakcie kompleksów skalnych o różnej przepuszczalności, na niewielką frekwencję źródeł na stokach bez osuwisk i na duże ich zagęszczenie na stokach modelowanych przez rozległe osuwiska, gdzie są bardziej sprzyjające warunki do głębszej penetracji masywu przez wody podziemne (Mikoś i inni, 2006; Corsini i inni, 2009; Ronchetti i inni, 2009; Alexandrowicz i Margielewski, 2010; Ozdemir, 2011). Wyrażany jest pogląd o największej frekwencji źródeł na stokach osuwiskowych o nachyleniu 15-25° (Ozdemir, 2011). Za otwarty należy uznać problem strukturalnych uwarunkowań największej gęstości źródeł na stokach fliszowych. Według A. Corsini i inni (2009) większa frekwencja źródeł cechuje stoki zgodne z upadem warstw skalnych, natomiast w opinii B. Rzoncy i innych (2008) oraz autora (Łajczak, 2004, 2012) – stoki, gdzie warstwy skalne zapadają w kierunku przeciwnym. Zwraca się także uwagę na zwiększoną frekwencję źródeł w sąsiedztwie głębokich spękań górotworu, gdzie w wyniku ruchów osuwiskowych powstają głębokie nisze skalne (Corsini i inni, 2009; Ronchetti i inni, 2009; Alexandrowicz i Margielewski, 2010; Mocior i inni, 2015). Brak natomiast bardziej dokładnych informacji na temat rozmieszczenia różnych typów źródeł na stokach modelowanych przez osuwiska typu complex, począwszy od rowów grzbietowych do osuwisk dolinnych. Na niektóre aspekty tego problemu zwrócił uwagę autor w cytowanych publikacjach.

W pracy zanalizowano liczbę i gęstość (źr·km⁻²) źródeł w profilu wysokościowym północnego i południowego stoku Babiej Góry (tylko w granicach Polski), w nawiązaniu do zasięgu występujących piętrowo mezoforn w różnym stopniu modelowanych przez osuwiska.

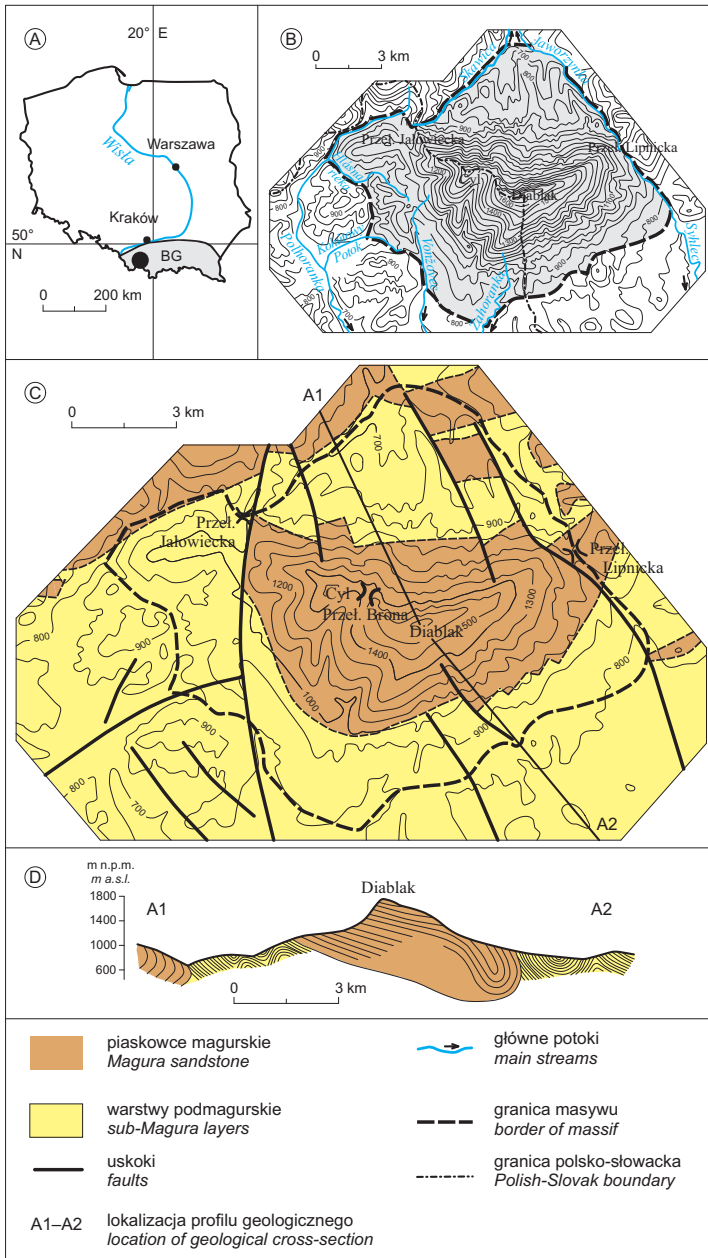
Obszar badań

Babia Góra jest najwyżej wyniesionym grzbieciem w Zachodnich Karpatach fliszowych (1725 m n.p.m.). Jest uformowana jako monoklinalny asymetryczny grzbiet 10-km długości o wysokości względnej 1100 m, zorientowany w kierunku W-E (ryc. 1). Powierzchnia masywu Babiej Góry w zaprezentowanych

→
The area of investigations

A – location of Mount Babia Góra (BG) in Poland (as set against the limits of the Carpathian Mountains), B – boundaries of the massif as superimposed on a contour-line map, C – limits of Magura sandstone and sub-Magura layer outcrops, reported faults, D – geological cross-section

Opracowanie własne, podobnie pozostałe ryciny. / Author's own elaboration, as are remaining figures.



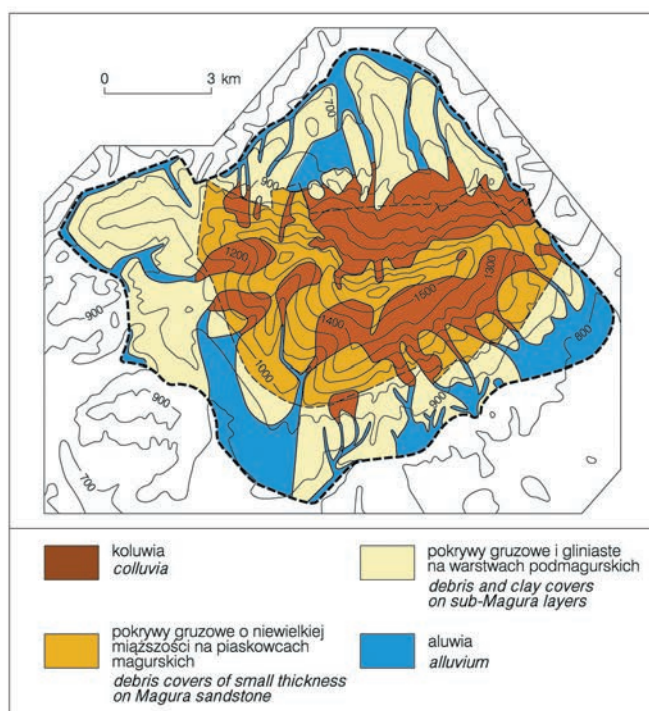
Ryc. 1. Obszar badań

A – położenie Babiej Góry (BG) w Polsce (na tle zasięgu Karpat), B – granice masywu na tle rysunku poziomicowego, C – zasięg wychodni piaskowców magurskich i warstw podmagurskich, stwierdzone uskoki, D – przekrój geologiczny

granicach wynosi 82 km², z tego na część polską przypada 62%, a na słowacką 38% obszaru. Powyżej 900-1100 m n.p.m. grzbiet budują piaskowce magurskie, których warstwy zapadają na południe pod kątem 20°. Górna i środkowa część północnego stoku założona na czołach warstw piaskowców magurskich jest uformowana jako urwista kuesta, natomiast nachylenie górnej części stoku południowego jest zbieżne z upadem warstw piaskowców. Dolną część grzbietu budują silniej sfałdowane mniej odporne warstwy podmagurskie (Alexandrowicz, 1978; Książkiewicz, 1983).

Podnóże północnego stoku Babiej Góry oraz niżej wzniesione obszary wschodniej części południowego stoku są rozcięte dolinami o głębokości do 150 m. Rozcięcia dolinne w zachodniej części tego stoku są dłuższe i osiągają 300 m głębokości. Leje źródłowe głównych dolin na północnym stoku nie przekraczają 1100 m n.p.m. i tylko lokalnie dochodzą do 1400 m n.p.m., natomiast na południowym stoku osiągają lub przekraczają 1400 m n.p.m. W zachodniej części tego stoku leje źródłowe osiągają oś grzbietu, podczas gdy na pozostałym obszarze Babiej Góry powyżej lejów źródłowych górne partie stoków osiągają 600 m wysokości względnej. W tych fragmentach Babiej Góry, w największym stopniu modelowanych przez głębokie osuwiska, występują rowy grzbietowe i stokowe, nisze, nabrzmienia, wały i jezory koluwalne. Na urwistych stokach nieobjętych osuwaniem występują szerokie rynny korazyjne i zleby, a poniżej stożki torencjalne, widoczne są młode i fosylne spływy gruzowe (Łajczak i inni, 2014). Nisze osuwiskowe na kuescie, w przeciwieństwie do stoku południowego, mają mniejszy zasięg, ale są głębsze. Towarzyszą im grubsze pokrywy rumoszowych lub blokowych koluwiów budujących rozległe formy akumulacyjne.

Koluwia pokrywają ponad 50% powierzchni stoków Babiej Góry zbudowanych przez piaskowce magurskie (ryc. 2). Poprzez leje źródłowe do den dolin wnikają osuwiska dolinne zbudowane z gruzowo-gliniastej zwietrzliny piaskowców magurskich i warstw podmagurskich. Pozostały obszar wyższych partii stoków Babiej Góry wyścielają osady rumoszowo-zwietrzelinowe o 2-3 m miąższości. W strefie podszczytowej – głównie na północnym stoku, występują ściany skalne najczęściej kilkumetrowej wysokości, tylko lokalnie osiągające 70 m. Stoki grzbietów bocznych są pokryte gruzowo-gliniastą zwietrzeliną o niewielkiej miąższości, a lokalnie koluwiami. Dna dolin poniżej osuwisk pokrywają aluwia budujące terasy, a niżej stożki napływowe. Miąższość aluwii u podnóża północnego stoku maleje z biegiem dolin, dlatego odcinki koryt aluwialnych w wielu miejscach przedzielane są korytami skalnymi. U podnóża południowego stoku koryta skalne występują sporadycznie.



Ryc. 2. Zasięg występowania wyróżnionych typów pokryw stokowych oraz aluwii
Range of occurrence of distinguished types of slope cover and alluvia

Materiały i metody badań

W pracy uwzględniono wyniki kartowania hydrograficznego Babiej Góry w granicach pokazanych na rycinie 1B, ale tylko po stronie polskiej. Kartowanie przeprowadzone przez autora objęło rejestrację źródeł, a także źródłowych odcinków tych potoków, które całkowicie tracą wodę w podłożu. Powtarzane obserwacje źródeł pozwoliły zaklasyfikować je do stałych, okresowych lub epizodycznych. Współrzędne tych obiektów ustalono w nawiązaniu do wyznaczonej geodezyjnie (przez firmę specjalistyczną na zlecenie Babiogórskiego Parku Narodowego) siatki ATPOL o boku kwadratu 250 m, a następnie skorygowano na podstawie danych z odbiornika GPS. Lokalizację zidentyfikowanych 873 źródeł nałożono na mapę topograficzną w skali 1:10 000 z zaznaczonymi węzłami siatki ATPOL. Wysokość n.p.m. każdego źródła, podawana jako wartość średnia z co najmniej kilku pomiarów, jest obciążona błędem nie większym niż 1 m.

W zakres badań wchodziło prowadzone równoległe kartowanie geomorfologiczne całego obszaru Babiej Góry, którego celem było wyznaczenie zasięgu

poszczególnych form osuwiskowych, ustalenie typów pokryw, ich zasięgu oraz widocznej miąższości. Udostępnienie w 2013 r. przez Dyрекcję BgPN danych z lotniczego skaningu laserowego (LiDAR) pozwoliło na dokładne skorygowanie zasięgu zbadanych form terenu, jak również wyznaczenie względnej wysokości/głębokości form osuwiskowych wskazującej na miąższość pokryw koluwalnych. Przykłady szczegółowego obrazu rzeźby osuwisk zawiera praca A. Łajczaka i innych (2014). Wyniki kartowania geomorfologicznego skorygowane na podstawie danych LiDAR, a także treść map geologicznych (Książkiewicz, 1971; *Geological Atlas...*, 1988-1989), pozwoliły ustalić zasięg przestrzenny obszarów będących domeną wyróżnionych na podstawie trzech klasyfikacji typów źródeł. Na tej podstawie ustalono zasięg 11 mezofর্ম i w 10 spośród nich obliczono parametry krenologiczne (liczba i gęstość źródeł), będące podstawą analizy uźródłowienia północnego i południowego stoku w profilu wysokościowym, w nawiązaniu głównie do rzeźby osuwiskowej.

Wyniki badań

Zróźnicowanie rzeźby Babiej Góry w układzie wysokościowym

Na Babiej Górze wyróżniono 11 stref uznanych za dominujące mezofর্ম, różniące się budową podłoża, nachyleniem stoków oraz miąższością pokryw. Strefy 1-4 oraz 6 występują wyłącznie na podłożu piaskowców magurskich, strefa 5 na pograniczu piaskowców magurskich i warstw podmagurskich, 7 i 9 – głównie na podłożu warstw podmagurskich, strefy 8 i 10 po stronie słowackiej przeważnie na podłożu warstw podmagurskich, zaś po stronie polskiej na podłożu piaskowców magurskich, a strefa 11 – na podłożu warstw podmagurskich. Zakres hipsometryczny wymienionych niżej stref częściowo pokrywa się:

- 1) wierzchowina grzbietowa z rowami grzbietowymi (993-1725 m n.p.m.),
- 2) górna część północnego stoku – urwista kuesta (1300-1720 m n.p.m.), z cienką warstwą rumoszowej zwietrzliny i lokalnie blokowymi koluwiami, o średnim nachyleniu 40° (lokalnie do 70°), z niszami skalnymi, żlebami i rynnami korazyjnymi, gdzie odsłaniają się wkładki łupków w piaskowcach,
- 3) podnóże stromej części kuesty o nachyleniu 10-30° (1100-1350 m n.p.m.), wyścielone grubą warstwą rumoszowych i blokowych koluwiów,
- 4) strefa północnego stoku z lejami źródłowymi o średnim nachyleniu zboczy 30-40° (850-1400 m n.p.m.), rumoszowe koluwia (materiał lokalny i tranzytowy),
- 5) boczne grzbiety u podnóża północnego stoku (630-950 m n.p.m.), pokryte gruzowo-gliniastą zwietrzeliną, lokalnie koluwiami,
- 6) dna dolin u podnóża północnego stoku (630-900 m n.p.m.), gdzie osuwiska dolinne mają większy zasięg, a aluwia zajmują mniejszą powierzchnię niż w dolinach po południowej stronie głównego grzbietu, liczne skalne odcinki koryt,

- 7) górna część południowego stoku o nachyleniu 20° zgodnym z upadem warstw skalnych (1400-1720 m n.p.m.), pokryta cienką warstwą rumoszowej zwietrzliny i lokalnie koluwiami, z rozległymi i płytkimi niszami,
- 8) strefa południowego stoku z lejami źródłowymi (1150-1450 m n.p.m.), o mniejszym nachyleniu zboczy, także pokrytymi rumoszowymi koluwiami,
- 9) boczne grzbiety w dolnej części południowego stoku (800-1300 m n.p.m.), pokrywamy stokowe j.w.,
- 10) dna dolin po południowej stronie głównego grzbietu (800-1100 m n.p.m.),
- 11) rozległe stożki napływowe u południowego podnóża Babiej Góry (750-850 m n.p.m.).

Utwory wodonośne

Na omawianym obszarze wyróżniono następujące utwory wodonośne:

- A – piaskowce magurskie budujące wyżej wyniesioną część grzbietu (wyścielone pokrywami stokowymi stanowiącymi odrębne utwory wodonośne),
- B – warstwy podmagurskie (wyścielone pokrywami stokowymi i aluwiami stanowiącymi odrębne utwory wodonośne),
- C – płytkie pokryw rumoszowe (do 3 m) rozwinięte na piaskowcach magurskich,
- D – blokowe i rumoszowe koluwia, lokalnie osady stokowe innej genezy, rozwinięte głównie na piaskowcach magurskich, o widocznej miąższości przekraczającej lokalnie 30 m,
- E – płytka gliniasto-rumoszowa zwietrzelina (do 3 m), na osuwiskach o większej miąższości, rozwinięta na warstwach podmagurskich,
- F – aluwia (materiał litologicznie mieszany), najczęściej na warstwach podmagurskich.

Wody gromadzące się w wymienionych utworach należą, analogicznie jak w innych obszarach Karpat fliszowych (por. Chowaniec, 2009), do pierwszego poziomu wodonośnego. Są to wody meteorycznego pochodzenia spływające podpowierzchniowo po stokach i w dnach dolin Babiej Góry o łącznych deniwelacjach przekraczających 1000 m. Tylko zbiorniki wód w aluwiami, głównie u podnóża południowego stoku, są lokalnie zasilane wodami ascensyjnymi (Rajchel, 1996).

Wodonośność piaskowców magurskich ma charakter szczelinowo-porowy (Bober i Oszczytko, 1964; Lenk, 1972; Kleczkowski, 1991). O zasobności wodnej masywu skalnego decydują pory międzyziarnowe o objętości do 15% kompleksu skalnego. Z kolei o przewodności ośrodka wodonośnego decyduje objętość szczelin skalnych dochodząca do 3%. Szczeliny w piaskowcach magurskich o charakterze wietrzeniowym dochodzą do głębokości 15 m i zwykle są silnie zawnione. Jeszcze głębiej, co najmniej do 40 m, sięgają szczeliny odprężeniowe na stokach – w największym stopniu w strefach osuwiskowych, zbudowanych z gruboławicowych piaskowców. Te szczeliny mają według A. Kleczkowskiego (1991)

szczególne znaczenie w przewodzeniu wód podziemnych. Według J. Chowańca (2009) spękania w gruboławicowych piaskowcach magurskich, umożliwiające krążenie i wymianę wód, sięgają do głębokości 30-75 m, a lokalnie do 100 m.

W wyżej wzniesionej części Babiej Góry, gdzie występują rozległe i głęboko zakorzenione osuwiska (por. Alexandrowicz, 1978; Łajczak, 2004; Łajczak i inni, 2014), otwarte szczeliny w piaskowcach magurskich przewodzące wodę mogą osiągać wspomnianą głębokość 100 m. Dlatego do obszarów na Babiej Górze o największej przepuszczalności podłoża, podobnie jak w innych grzbietach górskich Zachodnich Beskidów (por. Chowaniec, 2009), należy zaliczyć wierzchowinę i górne partie stoków. W przypadku badanego obszaru taka sytuacja jest uwarunkowana tektoniką grawitacyjną, skutkującą rozwojem form osuwiskowych o imponujących rozmiarach, do których należy m.in. zaliczyć głębokie do 70 m nisze ze skalnymi zboczami, powyżej których występują strome stoki z innymi elementami rzeźby osuwiskowej (Łajczak, 2014; Łajczak i inni, 2014). Na relatywnie głębokie krążenie wód w tej części grzbietu Babiej Góry wskazuje występowanie najwyższej położonych stabilnych źródeł dopiero w dnach nisz skalnych i w żłebach (Łajczak, 2004, 2012). Warunki do głębokiej penetracji piaskowców magurskich przez wody istnieją tu także na niżej położonych fragmentach stoków z rowami i zerwami osuwiskowymi (lokalnie w strefach 4-6). Podobnie jak w innych grzbietach beskidzkich (por. Chowaniec, 2009), także na wierzchowinie i na stokach Babiej Góry głębiej od rozluźnionego podłoża skalnego powinna występować strefa zaciskania szczelin, które przewodzą mniejsze ilości wody. Miejsca o płytkim występowaniu stropowej części tej strefy, do których można zaliczyć dna głębokich nisz osuwiskowych czy dna rozcięć dolinnych, należy uznać za obszary największego wypływu wód podziemnych (ze szczelin skalnych) do pokryw stokowych i aluwii, a także wypływu tych wód na powierzchnię terenu. Tę hipotezę potwierdza analiza rozmieszczenia źródeł na Babiej Górze nawiązująca do rzeźby terenu, na którą zwrócono uwagę w dalszej części pracy.

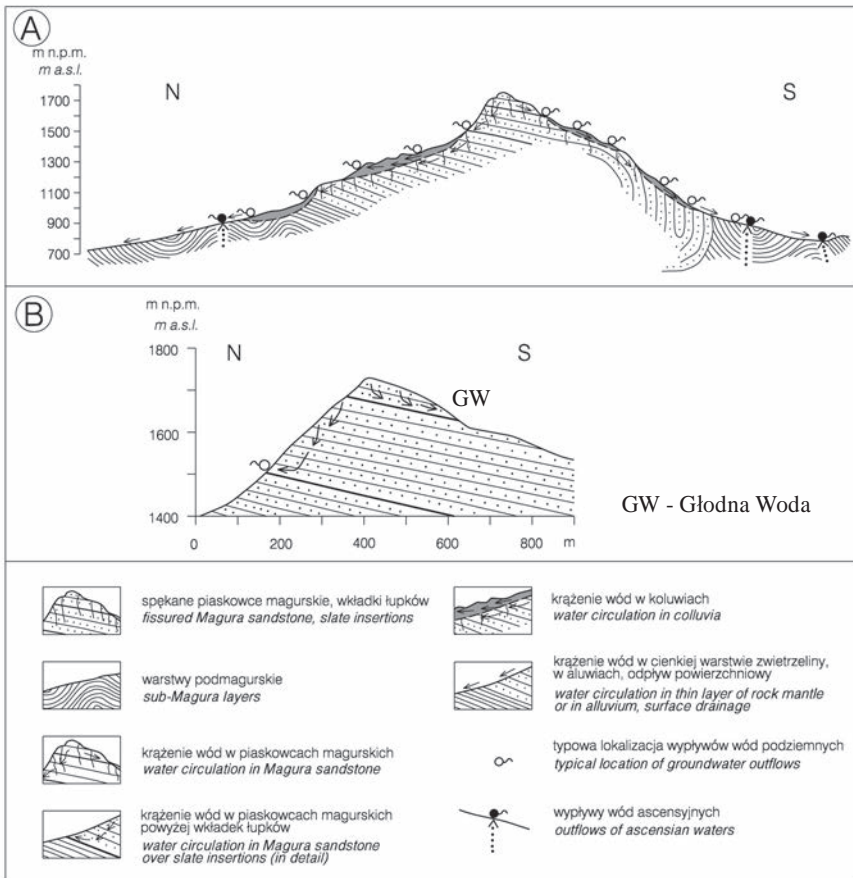
Warstwy podmagurskie są płycej spękane od piaskowców magurskich i ze względu na większą ilość lepiszcza ilastego (por. Wieser i inni, 1958) szczeliny skalne w tych utworach retencjonują niewielkie ilości wody, na co wskazują minimalne wydajności źródeł. O płytkim występowaniu strefy z niedrożnymi szczelinami informuje położenie wielu źródeł nawet w górnych partiach stoków grzbieatów bocznych (Łajczak, 2004).

Krążenie wód podziemnych

Spływowy ruch wód podziemnych formuje się jako drenaż szczelin skalnych o zróżnicowanej głębokości. W górnej części grzbietu Babiej Góry zbudowanej z piaskowców magurskich woda krąży w szczelinach wietrzeniowych i odprężeniowych i jest drenowana przez szczeliny osuwiskowe, które funkcjonują jako szczeliny zbiorcze przewodzące wodę w kierunku jej wypływu na powierzchnię

terenu, głównie w postaci źródeł (Łajczak, 2004). Na niżej położonych stokach i w dnach dolin zachodzi odpływ śródpokrywowy skierowany do recypientów. Wody odpływające drogą podpowierzchniową na stokach i w dnach dolin, wypływają na powierzchnię prawie w całym przedziale wysokościowym masywu (ryc. 3).

Pionowy zasięg krążenia wód w piaskowcach magurskich w miejscach oddalonych od form osuwiskowych limitują wkładki łupków, na których woda wypływa na powierzchnię w postaci pojedynczych źródeł lub ich linii i które występują w najwyżej położonych fragmentach Babiej Góry. Taka sytuacja jest typowa dla centralnie położonej części obszaru podszczytowego, oddalonej od wielkich form



Ryc. 3. Szkic krążenia wód podziemnych na Babiej Górze

A – na stokach, B – w obrębie wierzchołka masywu. Zasięg głębokościowy krążenia wód zwiększono w celu uwidocznienia zjawiska w skali rysunku

Diagram of groundwater circulation on Mt. Babia Góra

A – on slopes, B – within the summital area of the massif. The depth limits of water circulation in sandstones is enlarged for better depiction of the phenomenon

osuwiskowych. W tej części północnego stoku występuje linia wydajnych źródeł na wysokości około 1500 m n.p.m., a na stoku południowym kilka linii źródeł, z których najwyższe – źródło Głodna Woda (GW) – bije na wysokości 1625 m n.p.m. (ryc. 3B). Po wschodniej i zachodniej stronie wskazanego fragmentu grzbietu (na obu stokach), ze względu na nieciągły przebieg wkładek łupków w piaskowcach, zachodzi głębsze krążenie wód w osuniętych pakietach skalnych. Biorąc pod uwagę rozmiary form osuwiskowych na północnym i południowym stoku masywu, głębokość penetracji przez wody podłoża piaskowcowego jest większa w górnej części pierwszego z tych obszarów. Dlatego na południowym stoku tego fragmentu Babiej Góry najwyższe wypływy znajdują się ponad 100 m wyżej niż na stoku północnym.

Na stokach zbudowanych z piaskowców magurskich i wyścielonych przez pokrywy rumoszowe o największej miąższości, krążenie wód podziemnych wypływających z litej skały obejmuje grubszą warstwę gruntu niż na pozostałym obszarze masywu. Na obszarach występowania utworów wodonośnych typu D sięgających lokalnie wyżej od 1600 m n.p.m., wyróżniono trzy strefy wysokościowe różniące się sposobem krążenia wód podziemnych. W najwyższej położonych fragmentach stoków wyścielonych blokowymi i rumoszowymi pokrywami o największej miąższości, woda krąży najgłębiej i tylko jej przepływ najpłytszymi kanałami zasila wysoko położone źródła. Niżej na stokach woda krąży w coraz płytszych kanałach w pokrywie rumoszowej, zasilając większą liczbę źródeł o dłuższej drodze drenażu. Jeszcze niżej gruba pokrywa koluwiów przemieszcza się w formie szerokich jezorów i lobów do lejów źródłowych i dalej do górnych odcinków dolin, gdzie kierowane są strumienie wód podziemnych o jeszcze płytszym krążeniu, zasilające liczne źródła. W pokrywach stokowych stanowiących utwory wodonośne typu C i E najszybciej formuje się płytki odpływ śródpokrywowy. Z kolei w grubej pokrywie koluwiów odpływ śródpokrywowy zachodzi na różnych głębokościach i największą rolę w zasilaniu źródeł odgrywają głęboko krążące wody koluwalne na obszarze strefy wysokościowej 4 i w górnych fragmentach stref 5 i 6.

Zbiorniki wód podziemnych w aluwiach są zasilane podpowierzchniowo – głównie przez wody koluwalne, w największym stopniu poprzez leje źródłowe i osuwiska dolinne, czyli z najniższego segmentu zbiornika D. Zasilanie aluwiów wodami podziemnymi wypływającymi z grzbietów bocznych, czyli ze zbiorników B i E, odgrywa drugorzędną rolę, chociaż podboczowe wypływy tych wód obejmują długie strefy.

Wody w koluwiach są drenowane przez cieki, najpierw w niewielkim stopniu przez potoki stokowe (spływające), niżej od wysokości około 1200 m n.p.m. przez potoki mające już uformowane koryta, a od strefy z lejami źródłowymi i osuwiskami dolinnymi – przez cieki płynące w coraz głębszych rozcięciach erozyjnych. Drenaż wód podziemnych przez cieki skutkuje występowaniem licznych źródeł przykorytowych. Zjawisko to jest w największym stopniu widoczne w dnach dolin wyścielonych aluwiami, zwłaszcza wzdłuż koryt skalnych.

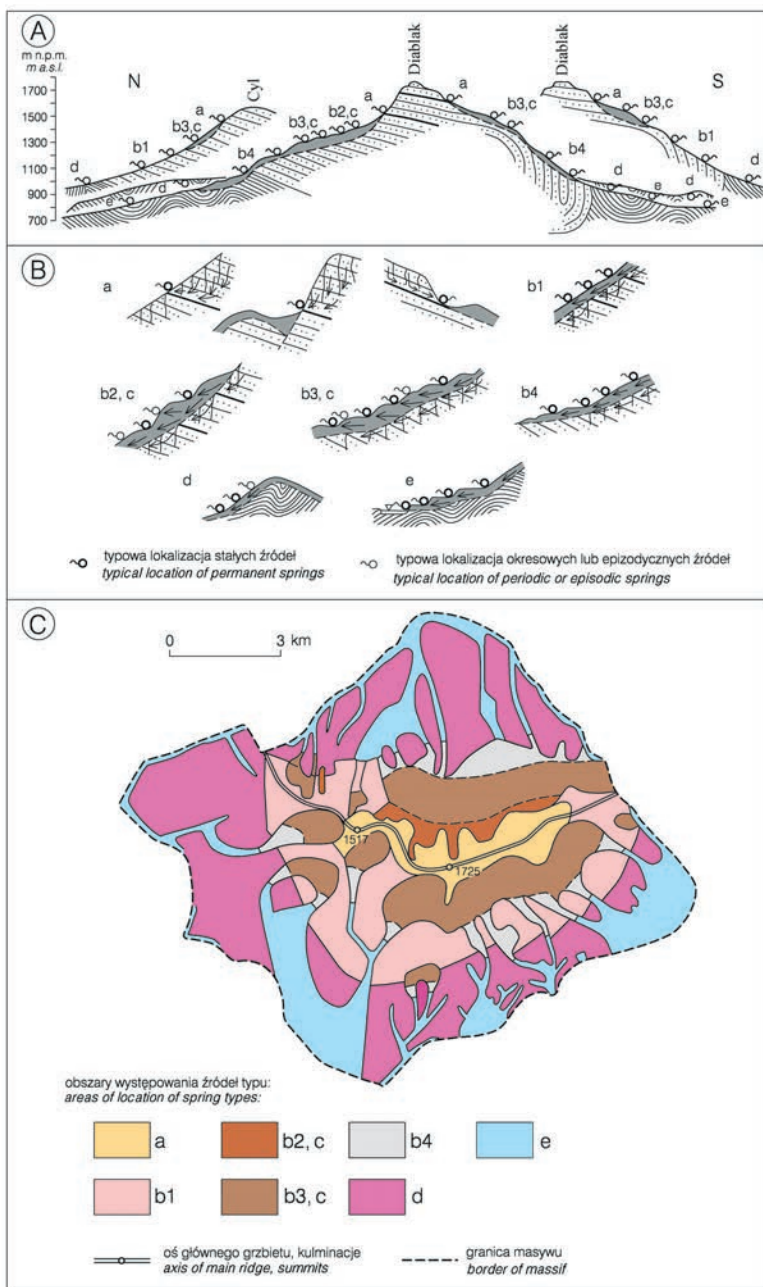
Typy źródeł

Na Babiej Górze wody podziemne wypływają jako źródła i wysięki, a na wysoko położonych skalistych stokach także jako wykapy. Wymienione formy wypływów wód podziemnych są rozmieszczone niemal w całym profilu wysokościowym Babiej Góry. W porównaniu ze źródłami udział wysięków i wykapów w ilości wypływającej wody, nawet podczas dużego nasycenia wodą podłoża, można ocenić jako nieistotny. Dlatego dalej uwagę zwrócono tylko na źródła, funkcjonujące jako obiekty stałe, okresowe lub epizodyczne o bardzo szerokim zakresie wydajności – w skrajnych sytuacjach do $50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Łajczak, 2004, 2012). Na obszarze Babiej Góry tylko w granicach Polski stwierdzono 873 źródła.

Pierwszy podział źródeł na Babiej Górze uwzględnia ich położenie geomorfologiczne i związany z tym kierunek dopływu wód podziemnych. W polskiej części Babiej Góry 730 źródeł, czyli 84% ich liczby ma położenie stokowe, pozostałe źródła występują w dnach dolin. **Źródła stokowe** i prawie wszystkie **źródła dolinne**, w przeciwieństwie do nielicznych źródeł mineralnych, są zasilane wodami meteorycznymi i należą do spływowych (descensyjnych) o niewielkiej mineralizacji.

Drugi podział źródeł uwzględnia rodzaj warstwy wodonośnej i sposób krążenia zasilających wód podziemnych. Na Babiej Górze wyróżniono pięć podstawowych typów źródeł, których pionowy zasięg występowania prezentuje rycina 4A i 4B, a przestrzenne rozmieszczenie rycina 4C. Są to:

- **źródła skalne – a**, zasilane wyłącznie z piaskowców magurskich. Te najwyższej położone stałe wypływy (1400-1625 m n.p.m.) cechują się stabilną wydajnością najczęściej powyżej $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i wyrównaną temperaturą od 1,5 do 3,0°C – zależnie od rzędnej, odzwierciedlającą relatywnie głębokie i długotrwałe krążenie wód w ośrodku skalnym (Łajczak, 2004, 2012),
- **źródła skalno-rumoszowe – b**, zasilane z piaskowców magurskich i dodatkowo – okresowo lub epizodycznie, z pokryw blokowych lub rumoszowo-gliniastych. Te źródła są najliczniejsze na Babiej Górze i występują od podnóży stoków do ponad 1400 m n.p.m. W tej grupie źródeł wyróżniono wypływy częściowo zasilane z:
 - pokryw stokowych o niewielkiej miąższości w szerokiej strefie wysokościowej stoków – **b1**,
 - koluwiów o największej miąższości w wyżej położonych fragmentach stoków bezpośrednio u podstawy nisz głębokich osuwisk – **b2**,
 - koluwiów wyścielających niżej położone fragmenty stoków powyżej lejów źródłowych – **b3**,
 - koluwiów w obrębie lejów źródłowych i górnych odcinków dolin (osuwiska dolinne) – **b4**.



Ryc. 4. Typy źródeł na Babiej Górze

A – wysokościowa lokalizacja, B – schemat krążenia zasilających wód, C – obszary występowania. Oznaczenia typów źródeł objaśniono w tekście

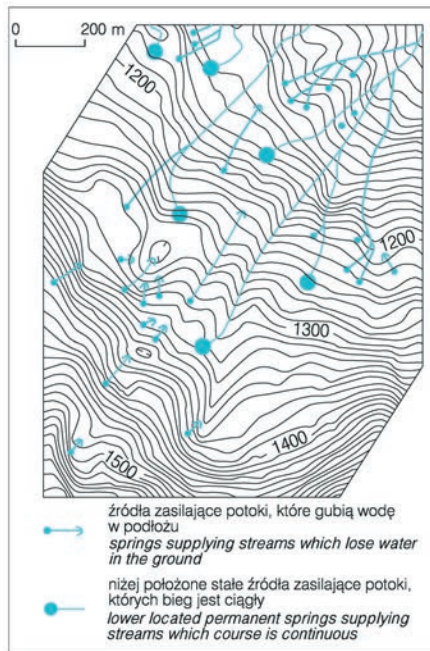
Types of spring on Mt. Babia Góra

A – location in terms of altitude, B – diagram of groundwater circulation supplying springs, C – areas of occurrence. For explanations of spring types see the text

- Źródła skalno-rumoszowe odróżnia od źródeł skalnych większe zróżnicowanie średniej wydajności poszczególnych wypływów, a także znacznie większa amplituda wydatku, co wskazuje na bardziej zróżnicowaną przestrzennie drogę i czas krążenia wód w pokrywach stokowych. Wiele źródeł skalno-rumoszowych osiąga wydajność chwilową ponad $20 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ i średnią ponad $5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, przeważają jednak wypływy o średniej wydajności niższej od wydatku źródeł skalnych;
- **źródła rumoszowe – c**, częściej epizodyczne niż okresowe, zasilane wyłącznie wodami krążącymi w pokrywach stokowych (o zróżnicowanej miąższości) na podłożu piaskowców magurskich. Ta grupa źródeł najczęściej towarzyszy wypływowi typu b2 i b3, głównie na północnym stoku Babiej Góry. Źródła rumoszowe uaktywniają się podczas roztopów i po obfitych opadach, częściej letnich niż jesiennych. Chwilowe wydajności tych źródeł są największe na badanym obszarze i w niektórych przypadkach osiągają nawet $50 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
 - **źródła skalno-zwietrzelinowe – d**, wypływające z gliniasto-rumoszowych pokryw niewielkiej miąższości rozwiniętych na warstwach podmagurskich. Źródła są stale zasilane przez mało zasobny zbiornik skalny oraz okresowo lub epizodycznie przez zbiornik pokrywowy. Z uwagi na niewielki obszar zasilania poszczególnych źródeł (stoki grzbietów bocznych), ta grupa źródeł osiąga najmniejsze na Babiej Górze wydajności średnie, na ogół poniżej $0,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, i jednocześnie cechuje się dużymi wahaniami wydatku. W długotrwałych okresach posusznych wiele źródeł skalno-zwietrzelinowych, podobnie jak źródeł rumoszowych, najpierw zamienia się w wysięki, a później zanika;
 - **źródła dolinne – e**, w porównaniu z wyżej wymienionymi źródłami stokowymi nieliczne, występujące u podnóża Babiej Góry. Źródła te mają położenie podstokowe, terasowe lub przykorytowe. Zasilanie źródeł o położeniu podstokowym jest takie jak sąsiednich źródeł skalno-rumoszowych lub skalno-zwietrzelinowych. Chociaż pozostałe źródła dolinne są wypływami wód z aluwii, to w sposób pośredni dopływają do nich wody krążące w koluwiach.

Podstawą trzeciego podziału źródeł jest ich rozmieszczenie w skali lokalnej nawiązujące do ukształtowania terenu i krążenia wód w podłożu. Na Babiej Górze źródła są rozmieszczone punktowo (źródła pojedyncze), liniowo (linie źródeł w przybliżeniu wzdłuż poziomic, ciągi źródeł wzdłuż linii wyznaczających spadek stoków) i powierzchniowo (zgrupowania źródeł zajmujące różne powierzchnie). Poszczególne formy skupienia źródeł występują nawet w blisko położonych obszarach, zwłaszcza na stokach pokrytych grubą warstwą koluwiów o urozmaiconej morfologii. **Źródła pojedyncze**, występujące w odległości co najmniej 100 m od sąsiednich, spotyka się na całym obszarze Babiej Góry. Źródła o największej wydajności wypływają z koluwiów w obniżeniach terenu. Te źródła mają często stabilną temperaturę, co informuje o ich zasilaniu strumieniami głęboko krążącej wody. **Linie źródeł** tworzą stałe wypływy funkcjonujące na wychodniach wkładek łupków w piaskowcach magurskich. Odległości między tymi źródłami zwykle przekraczają 100 m. Tę grupę wypływów wyróżnio-

no z uwagi na hydrogeologiczne uwarunkowania ich występowania. Najbardziej znane z tych wypływów to źródła skalne na obszarze podszczytowym Babiej Góry (por. ryc. 3B), przy czym źródła w żlebach i niszach na północnym stoku to **źródła przelewowe**. Linie źródeł tworzą także wypływy na podłożu rumoszowym (często w lejach źródłowych), a także źródła dolinne o położeniu podstokowym. W tych sytuacjach odległości między wypływami wynoszą nawet kilka metrów. Do **ciągów źródeł** zaliczono te obiekty wodne, które występują wzdłuż linii największego spadku naprzemiennie z zanikami krótkich cieków zasilanych przez te wypływy. Często najwyższe położone wypływy to źródła skalne a niżej – skalno-rumoszowe. Odległości między źródłami występującymi wzdłuż jednej linii spływu wody przekraczają 100 m. Miejsca, gdzie przeplata się powierzchniowy i podpowierzchniowy drenaż stoków, można obserwować na wielu fragmentach stoków Babiej Góry, zwłaszcza w terenie o urozmaiconej morfologii osuwiskowej z grubą pokrywą koluwiów. Zjawisko to ilustruje rycina 5, pokazująca ciągi źródeł poniżej największych osuwisk na północnym stoku Babiej Góry. **Zgrupowania źródeł**, obejmujące najczęściej zwarte grupy kilku obiektów na powierzchni nie przekraczającej 0,1 ha, występują równie często jak źródła pojedyncze. Spotyka się je tylko na stokach pokrytych miększymi koluwiami o urozmaiconej morfologii, najczęściej w dolnych segmentach nabrzeżni osuwiskowych i na zboczach



Ryc. 5. Ciągi źródeł na północnym stoku Babiej Góry poniżej rozległych osuwisk
Series of springs on the northern slope of Mt. Babia Góra, below extensive landslide areas

lejów źródłowych. Takie zgrupowania źródeł skalno-rumoszowych, często bardzo wydajnych oraz towarzyszących epizodycznych źródeł rumoszowych, tworzą **źródłiska** będące siedliskiem typowych dla Babiej Góry gatunków roślin, na przykład tojadą mocnego.

Rozmieszczenie źródeł w profilu wysokościowym na tle zasięgu mezoforn

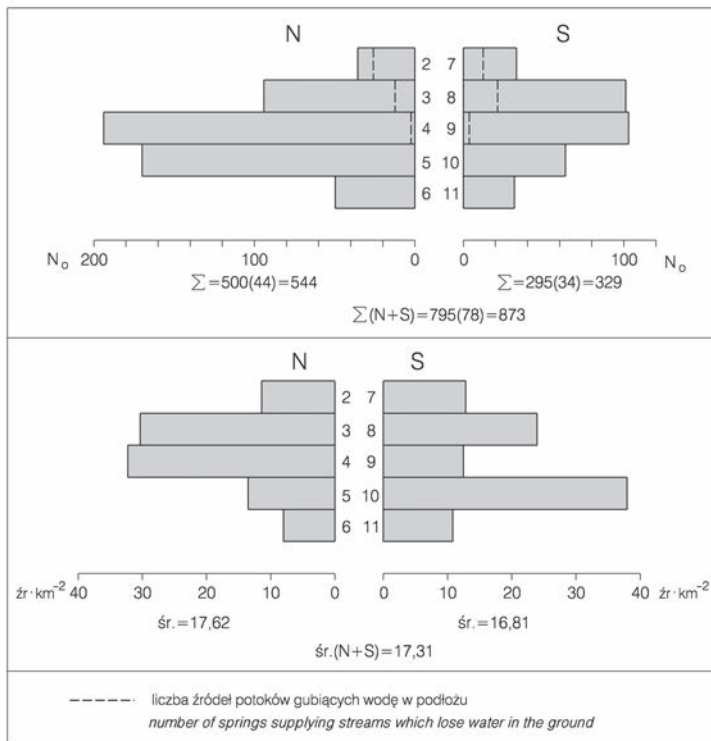
Analizę rozmieszczenia źródeł na tle zasięgu mezoforn na stokach Babiej Góry i jej podnóżach zawężono do części omawianego obszaru w granicach Polski. W rozważaniach pominięto wierzchowinę grzbietową pozbawioną źródeł. W obrębie każdej mezoforny ustalono liczbę źródeł oraz oceniono jej uźródłowienie [$\text{źr}\cdot\text{km}^{-2}$]. Uwzględniono dwie kategorie wypływów: źródła krótkich cieków całkowicie gubiących wody w podłożu (najczęściej wysoko położone wypływy tworzące ciągi źródeł) oraz wielokrotnie liczniejsze źródła cieków zachowujących ciągłość wzdłuż całego ich biegu.

Liczba źródeł w obrębie poszczególnych mezoforn na stokach Babiej Góry jest zróżnicowana i odzwierciedla sposób krążenia wód podziemnych w profilu wysokościowym masywu (ryc. 6). Na obszarze urwistej części północnego stoku Babiej Góry, gdzie dominuje głębokie krążenie wód, występuje 35 źródeł. Niżej, u stóp skalnej zerwy, efektem wypływu wód podziemnych jest większa liczba źródeł (95). Jeszcze niżej, w strefie stoku z lejami źródłowymi, gdzie wypływ wód podziemnych jest najobfitszy, liczba źródeł wynosi już 195. Nieco mniej źródeł (170) zarejestrowano na stokach grzbietów bocznych, gdzie z uwagi na płytkie krążenie wód podziemnych źródła funkcjonują prawie w całej strefie wysokościowej tych form. W wąskich dnach dolin bije 49 źródeł. Na obszarze górnej, łagodnie nachylonej części południowego stoku Babiej Góry, podobnie jak po północnej stronie kulminacji masywu, liczba źródeł jest relatywnie niewielka (33) i zwiększa się do 100 w strefie stoku z lejami źródłowymi. Na stokach bocznych grzbietów także zanotowano dużo źródeł (102 obiekty). Na dna dolin w tej części Babiej Góry przypadają 63 źródła, a na strefę ze stożkami napływowymi 31 źródeł. W całym masywie Babiej Góry (po stronie polskiej) najwięcej źródeł, bo aż 34%, występuje w strefach stoków z lejami źródłowymi. Grzbiety boczne koncentrują 31% źródeł, które w przeciwieństwie do źródeł w pozostałych mezofornach należą do najmniej wydajnych. Udział źródeł w dnach dolin po obu stronach masywu wynosi w tym względzie prawie 13%, a łącznie ze stożkami napływowymi – 16%. Łączna liczba źródeł na stokach Babiej Góry, od jej kulminacji po strefę z lejami źródłowymi łącznie wynosi 458, co stanowi 52% ich liczby w masywie. Niżej, na rozdolinionych fragmentach stoków oraz u podnóży masywu, liczba źródeł jest zbliżona i wynosi 415 (48%).

Spośród 873 źródeł w polskiej części Babiej Góry 78 zasila cieki całkowicie gubiące wodę w podłożu. Na północnym stoku występują 44 takie źródła i ich

liczba maleje od 28 w obrębie zerwy skalnej, przez 13 u jej stóp, do 3 w strefie stoku z lejami źródłowymi (ryc. 6). Na południowym stoku źródeł tych jest mniej (34). W jego wyżej wyniesionej części ich liczba wynosi 11, wzrastając w strefie z lejami źródłowymi do 20 i malejąc na stokach grzbietów bocznych do 3.

Przestrzenne zróżnicowanie rozmieszczenia źródeł, lepiej ilustrujące omawiane zagadnienie, wyraża ich gęstość [$\text{źr}\cdot\text{km}^{-2}$] odniesiona do powierzchni poszczególnych mezoform. Zróżnicowanie tego wskaźnika krenologicznego nie wszędzie jest funkcją liczebności źródeł (ryc. 6). Na północnym stoku Babiej Góry największą gęstość wypływów ($32 \text{ źr}\cdot\text{km}^{-2}$) stwierdzono w strefie z lejami źródłowymi, a nieco mniejszą ($30 \text{ źr}\cdot\text{km}^{-2}$) – w wyżej występującej strefie (podstawa zerwy skalnej). Gęstość źródeł na zerwie Babiej Góry wynosi $12 \text{ źr}\cdot\text{km}^{-2}$. Niżej, u podnóża północnego stoku wynosi $14 \text{ źr}\cdot\text{km}^{-2}$ na stokach grzbietów



Ryc. 6. Liczba i gęstość źródeł na obszarze mezoform na północnym i południowym stoku Babiej Góry (w granicach Polski)

[No] – liczba źródeł, [$\text{źr}\cdot\text{km}^{-2}$] – gęstość źródeł. Numeracja mezoform (2-11) jak w tekście.
Number and density of springs within mesoforms on the northern and southern slopes of the Polish part of Mt. Babia Góra

[No] – number of springs, [$\text{źr}\cdot\text{km}^{-2}$] – density of springs. Numbering of mesoforms (2-11) as in the text.

bocznych i $9 \text{ źr} \cdot \text{km}^{-2}$ w dnach dolin. Na południowym stoku Babiej Góry gęstość źródeł w strefie z lejami źródłowymi jest mniejsza (24 na km^2) niż na stoku północnym. Na łagodnie nachylnym górnym fragmencie stoku oraz na bocznych grzbietach gęstość źródeł jest dwukrotnie mniejsza i osiąga około 12 na km^2 . Na tym obszarze największą gęstością źródeł odznaczają się dna dolin (38 na km^2). Ponad czterokrotnie większe zagęszczenie źródeł w tych wąskich – w stosunku do znacznie szerszych u podnóża północnego stoku – dolinach, wynika z ich niewielkiej powierzchni. Na stożkach napływowych gęstość wynosi już $11 \text{ źr} \cdot \text{km}^{-2}$ i jest większa niż w dolinach po północnej stronie Babiej Góry.

Wyniki badań wskazują na istotne różnice w uźródłowieniu północnego i południowego stoku Babiej Góry (tylko w granicach Polski) w ich profilu wysokościowym. Wzrastająca od obszaru podszczytowego do strefy z lejami źródłowymi gęstość źródeł i jej niewielka wartość w dnach dolin informują o najobfitszym wypływie wód podziemnych w rozdolinionych fragmentach dolnej partii północnego stoku. Na stoku południowym strefa wysokościowa o największej gęstości źródeł obejmuje nie tylko leje źródłowe, ale i dna dolin. Na tym obszarze spadek uźródłowienia rozpoczyna się dopiero poniżej wylotu dolin na otwarte przedpole masywu, podczas gdy na północnym stoku tendencja ta obejmuje już dna dolin. Może to pośrednio wskazywać na większą skuteczność drenażu wód podziemnych przez cieki w dnach dolin u podnóża stoku północnego Babiej Góry. Drenaż ułatwiają liczne odcinki koryt skalnych w dolinach znacznie dłuższych niż po południowej stronie masywu, zaś wzrost odpływu korytowego skutkuje zmniejszeniem z biegiem dolin frekwencji źródeł dolinnych.

Dyskusja wyników i wnioski

Zarejestrowana w wyniku kartowania hydrograficznego liczba 873 źródeł na obszarze polskiej części Babiej Góry wielokrotnie przekracza ich ilość wzmiankowaną przez M. Niemirowskiego (1963) i A. Kleczkowskiego (1991). Średnia gęstość źródeł na tym obszarze – $17 \text{ źr} \cdot \text{km}^{-2}$ – jest dwukrotnie większa od podanej przez J. Pawlika-Dobrowolskiego (1965) i Z. Ziemońską (1973), uznawanej za typową w polskich Beskidach. Tak duża liczba źródeł na Babiej Górze, spośród których 1/3 ma średnią wydajność większą od $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (i aż 5% ponad $5,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), odzwierciedla duże zasoby wodne masywu – wynoszące zależnie od wysokości n.p.m. i ekspozycji stoków – od 25 do ponad $35 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, w Polsce ustępujące tylko Tatrom (Łajczak, 2004).

Źródła na Babiej Górze są nierównomiernie rozmieszczone i ich gęstość w obrębie mezoform w największym stopniu zależy od głębokości szczelin skalnych, miąższości koluwiów i zajmowanej przez nie powierzchni, czyli od zróżnicowanego przestrzennie podziemnego krążenia wód. Drogi krążenia wód w piaskowcach magurskich i koluwiach na stokach Babiej Góry zasilających wyróżnione typy źródeł należy uznać za względnie dobrze rozpoznane. Dlatego

biorąc pod uwagę opinię E. Mocior i innych (2015), pod względem zbadania czynnika hydrogeologicznego maszyw Babiej Góry można uznać za wyróżniający się w polskich Beskidach. Na relatywnie głębokie krążenie wód w piaskowcach magurskich wskazują m.in. wysokie wartości współczynnika anomalii temperatury źródeł skalnych, a na daleki przepływ wód w grubej pokrywie koluwiów na północnym stoku – niskie wartości tego współczynnika wielu źródeł skalno-rumoszowych typu b3. Te ostatnie źródła zasilane ze znacznej głębokości, o średniej wydajności ponad $2,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (niektóre ponad $5,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) i niewielkiej amplitudzie rocznej wydatku, wykazują temperaturę typową dla wypływów położonych nawet 400 m wyżej (Łajczak, 2004, 2012).

Niewielka liczba źródeł na stokach Babiej Góry bez osuwisk, a lokalnie ich brak, potwierdza opinię niektórych autorów o niewielkiej retencyjności fliszu w takich obszarach (Corsini i inni, 2009; Mocior i inni, 2015). Z kolei duże ich zagęszczenie, zwłaszcza na stokach z głębokimi osuwiskami rozwijającymi się poniżej stref rozluźnienia górotworu (por. Łajczak, 2014), potwierdza opinię o sprzyjających w takich obszarach warunkach do wypływu głębiej krążących wód (Mikoš i inni, 2006; Corsini i inni, 2009; Ronchetti i inni, 2009; Alexandrowicz i Margielewski, 2010). Na ciągi źródeł bijących z grubej warstwy koluwiów, jak zwłaszcza na północnym stoku Babiej Góry, nie zwracano dotychczas uwagi na innych grzbietach beskidzkich.

Jedną z najbardziej widocznych cech rozmieszczenia źródeł na Babiej Górze jest kontrast między ich dużą gęstością na stokach z grubą warstwą koluwiów, a niewielką liczbą w najwyższej położonych fragmentach stoków, gdzie występują jedynie źródła skalne tworzące linie źródeł. Źródło Głodna Woda (1625 m n.p.m.) na południowym stoku Babiej Góry jest najwyższym źródłem w Zachodnich Beskidach.

Typowe dla stoków fliszowych liczne wypływy na kontakcie skał różniących się przepuszczalnością (Rauczyńska, 1967; Waksmundzki, 1971; Rzonca i inni, 2008; Corsini i inni, 2009; Ozdemir, 2011; Mocior i inni, 2015), w przypadku obszaru podszczytowego Babiej Góry znajdują potwierdzenie w postaci linii źródeł skalnych. Zjawisko to na znacznie większą skalę uwidacznia się w strefie północnego stoku z lejami źródłowymi, zaś na stoku południowym w dnach dolin, gdzie przebiega kontakt wodonośnych piaskowców magurskich z zalegającymi niżej mniej wodochłonnymi warstwami podmagurskimi. Największa na Babiej Górze gęstość źródeł w obrębie tych form terenu wynika także z nieuwzględnianego dotąd w literaturze czynnika geomorfologicznego. Jego najważniejszym przejawem jest wnikanie z wyżej położonych fragmentów stoków do den dolin wodonośnych koluwiów w postaci lobów, co wymusza zwiększony wypływ wód podziemnych.

Większa liczba i gęstość źródeł na północnym stoku Babiej Góry, o upadzie warstw skalnych niezgodnym z nachyleniem, wskazuje na drogi krążenia wód w utworach osuwiskowych głębsze aniżeli na podłożu piaskowców magurskich

na południowym stoku, zgodnym z upadem warstw. Stwierdzenie to jest zbieżne z opinią B. Rzoncy i innych (2008), natomiast nie potwierdza wniosków wypływających z pracy A. Corsini i inni (2009). Najbardziej preferowane do wypływu wód podziemnych nachylenia stoków fliszowych 15-25° (Ozdemir, 2011), w przypadku Babiej Góry dochodzą do 40°, co wynika z największej frekwencji źródeł na stromych zboczach lejów źródłowych.

Descensyjne źródła skalne stanowią w granicach polskiej części Babiej Góry prawie 8% liczby wszystkich źródeł, a pozostałe 92% (źródła ascensyjne 0,2%). Udział źródeł skalnych w łącznej liczbie wypływów na obszarze płaszczowiny magurskiej w polskich Karpatach oceniony przez J. Pawlika-Dobrowolskiego (1965) na 48% należy uznać za zdecydowanie zawyżony. Do tego wniosku skłania fakt powszechnego występowania źródeł w Beskidach na stokach z osuwiskami; źródła zwane osuwiskowymi w przewodzie wypływają z osuniętego materiału skalnego a tylko nieliczne – ze szczelin skalnych w niszach (Rauczyńska, 1967; Waksmundzki, 1971). Proporcje między liczbą źródeł skalnych i pokrywowych na Babiej Górze można z niewielkimi modyfikacjami przenieść na inne obszary w Beskidach modelowane przez osuwiska.

Na rozmieszczenie źródeł na stokach Babiej Góry wpływa szereg czynników geologicznych i geomorfologicznych. Dominującą rolę odgrywa morfologia osuwiskowa obszaru, a także inne cechy rzeźby, do których należy zaliczyć wysokość rozpiętość lejów źródłowych – odmienną na obu stokach masywu (na północnym stoku na kontakcie piaskowców magurskich i warstw podmagurskich, a na stoku południowym powyżej tej linii) oraz szerokość den dolin i litologię ich podłoża (u północnej podstawy masywu szerokie doliny na podłożu warstw podmagurskich, u południowej – wąskie doliny na kontakcie piaskowców magurskich i warstw podmagurskich). Nie stwierdzono natomiast związku ciągów źródeł z udokumentowanym przebiegiem uskoku na Babiej Górze, przedstawionym w pracach M. Książkiewicza (1971, 1983) i w opracowaniu (*Geological Atlas...*, 1988-1989). Na taki związek zwrócili uwagę B. Rzonca i inni (2008) oraz E. Mocior i inni (2015) badający źródła w Bieszczadach. Za przyczynę braku takiej zależności na stokach Babiej Góry można uznać zamaskowanie wpływu uskoku przez silnie nawodnione koluwia pokrywające duże fragmenty tego masywu.

Rozmieszczenie wyróżnionych typów źródeł wraz z identyfikacją drogi ich zasilania stanowi podstawę do określenia rozpiętości pionowej trzech pięter hydrograficznych obejmujących stoki Babiej Góry i dna dolin, z pominięciem grzbietów bocznych: alimentacji, tranzytu i akumulacji wód. Pierwsze piętro obejmuje strefy wysokościowe 1, 2, 7, drugie strefy 3, 4, 8, a trzecie strefy 6, 10 i 11. Piętra te nie znajdują odpowiednika w Zachodnich Beskidach, wykazują też różnice w stosunku do pięter hydrograficznych w Tatrach (por. Wit-Jóźwik, 1974; Małecka, 1997; Łajczak, 2004).

Piśmiennictwo / References

- Alexandrowicz S.W., 1978, *The northern slope of Babia Góra Mt. as a huge rock slump*, *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 12, s. 133-148.
- Alexandrowicz Z., Margielewski W., 2010, *Impact of mass movements on geo- and biodiversity in the Polish Outer (Flysch) Carpathians*, *Geomorphology*, 123, s. 290-304.
- Bober L., Oszczytko N., 1964, *Związek między szczelinowatością a zawodnieniem piaskowca magurskiego ze Śnieżnicy (Beskid Wyspowy)*, *Kwartalnik Geologiczny*, 8, 3, s. 626-641.
- Chowaniec J., 2009, *Studium hydrogeologii zachodniej części Karpat polskich*, *Biuletyn PIG, Hydrogeologia*, 434, s. 1-98.
- Corsini A., Cervi F., Ronchetti F., 2009, *Weight of evidence and artificial neural network for potential groundwater spring mapping: an application to the Mt. Modino area (Northern Apennines, Italy)*, *Geomorphology*, 111, s. 79-87.
- Geological Atlas of the Western Outer Carpathians and Their Foreland, 1988-1989, Scale: 500 000*, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Humnicki W., 2007, *Hydrogeologia Pienin*, *Disertationes*, 476, Wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Kleczkowski A., 1991, *Źródła i wahania zwierciadła wód podziemnych*, [w:] I. Dynowska, M. Maciejewski (red.), *Dorzecze górnej Wisły, cz. I*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Kraków, s. 297-299.
- Książkiewicz M., 1971, *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski. Ark. Zawoja, 1:50 000*, Instytut Geologiczny, Warszawa.
- Książkiewicz M., 1983, *Zarys geologii Babiej Góry*, [w:] K. Zabierowski (red.), *Park Narodowy na Babiej Górze. Przyroda i człowiek*, *Studia Naturae*, ser. B, 29, s. 25-39.
- Lenk T., 1972, *Metody badań szczelinowatości skał*, *Prace Instytutu Naftowego „Śląsk”, Katowice*.
- Łajczak A., 2004, *Wody Babiej Góry*, [w:] B.W. Wołoszyn, A. Jaworski, J. Szwagrzyk (red.), *Babiogórski Park Narodowy. Monografia przyrodnicza*, Babiogórski Park Narodowy, Komitet Ochrony Przyrody PAN, Kraków, s. 153-177.
- Łajczak A., 2012, *Water circulation and chemical denudation within the upper Skawica River flysch catchment, Western Carpathian Mountains*, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 56, 1, s. 69-86.
- Łajczak A., 2014, *Relief development of the Babia Góra massif, Western Carpathians*, *Quaestiones Geographicae*, 33, 1, s. 89-106.
- Łajczak A., Czajka B., Kaczka R.J., 2014, *The new features of landslide relief discovered using LiDAR. Case study from Babia Góra massif, Western Carpathian Mountains*, *Quaestiones Geographicae*, 33, 3, s. 73-84.
- Małecka D., 1997, *Źródła masywu tatrzańskiego*, *Acta Universitatis Lodzianensis, Folia Geographica Physica*, 2, s. 9-26.
- Mapa Hydrograficzna M-34-87-B (Jeleśnia), 2003, Urząd Marszałkowski Województwa Śląskiego, 1:50 000, Geokart – International Sp. z o.o. Rzeszów.
- Mapa Hydrograficzna M-34-88-A (Zawoja), 2006, Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego, 1:50 000, Geokart – International Sp. z o.o. Rzeszów.
- Mikoš M., Brilly M., Fazarinc R., Ribieie M., 2006, *Strug landslide in W. Slovenia: A complex multi process phenomenon*, *Engineering Geology*, 83, s. 22-35.
- Mocior E., Rzonca B., Siwek J., Plenzler J., Płaczowska E., Dąbek N., Jaśkowiec B., Potoniec P., Roman S., Zdziebko D., 2015, *Determinants of the distribution of springs in the*

- upper part of a flysch ridge in the Bieszczady Mountains in southeastern Poland*, Episodes, 38, 1, s. 21-30.
- Niemirowski M., 1963, *Szkic geograficzny obszaru babiogórskiego*, [w:] W. Szafer (red.), *Babiogórski Park Narodowy*, Wydawnictwa Popularnonaukowe Zakładu Ochrony Przyrody PAN, 22, s. 21-43.
- Ozdemir A., 2011, *GIS-based groundwater spring potential mapping in the Sultan Mountains (Konya, Turkey) using frequency ratio, weights of evidence and logistic regression methods and their comparison*, Journal of Hydrology, 411, s. 290-308.
- Pawlik-Dobrowolski J., 1965, *Uźródłowienie południowej Polski*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 12, s. 7-42.
- Rajchel L., 1996, *Wody siarczkowe w okolicach Lipnicy na Orawie*, Chrońmy Przyrodę Ojczyznę, 52, 5, s. 50-59.
- Rauczyńska D., 1967, *Wody podziemne szczytowej partii Lubogoszczy*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 16, s. 81-92.
- Ronchetti F., Borgetti L., Cervi F., Gorgoni C., Piccinini L., Vincenzi V., Corsini A., 2009, *Groundwater processes in a complex landslide, northern Apennines, Italy*, Natural Hazard and Earth System Sciences, 9, s. 895-904.
- Rzonca B., Kołodziej A., Laszczak E., Mocior E., Plenzler J., Płackowska E., Rozmus M., Siwek J., Ścisłowicz B., Wójcik S., Ziółkowska L., 2008, *Źródła w zlewni górnej Wołosatki w Bieszczadach Wysokich*, Przegląd Geologiczny, 56, 8, s. 772-779.
- Waksmundzki K., 1971, *Typologia naturalnych wypływów wody podziemnej w górskich obszarach fliszowych*, Przegląd Geograficzny, 43, 3, s. 381-390.
- Wieser T., Pelczar A., Gucwa I., Mildner Z., Szczurowska J., 1958, *Charakterystyka petrograficzna skał serii magurskiej z obszaru Babiogórskiego Parku Narodowego*, maszynopis, operat do użytku służbowego, Dyrekcja BgPN, Zawoja.
- Wit K., Ziemońska Z., 1960, *Objaśnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Zachodnie” 1:50 000*, IG PAN, Warszawa.
- Wit-Józwiak K., 1974, *Objaśnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Wysokie” 1:50 000*, Dokumentacja Geograficzna, 5.
- Ziemońska Z., 1973, *Stosunki wodne w polskich Karpatach Zachodnich*, Prace Geograficzne, IG PAN, 103.

[Wpłynęło: lipiec; poprawiono: listopad 2016 r.]

ADAM ŁAJCZAK

TYPES OF SPRING AND THEIR LOCATIONS ON MOUNT BABIA GÓRA (WESTERN CARPATHIANS)

Hydrographical mapping carried out by the Author provided for a quantitative evaluation of the distribution of different types of springs located on the homoclinal ridge of Mount Babia Góra – at 1725 m a.s.l., the highest mountain in the Western Carpathians (Fig. 1), built of flysch sediment.

Circulation of groundwater on ridge slopes modelled in different ways by landslides was analysed, with particular attention paid to the circulation of water in the deeply-fissured Magura Sandstone that forms the upper part of the massif, as well as the thick

cover of colluvia (Figs. 2 and 3). The depth and distance of water circulation on different parts of the slopes were evaluated in relation to altitude, slope exposure, type of flysch rock and landslide topography. Six types of water-bearing sediment were distinguished, and their limits of occurrence identified. Magura Sandstone appeared to be the most water-retaining sediment, proving permeable down to depths of 100 m locally. Three classifications of springs were carried out, in line with geomorphological location (direction of groundwater inflow and means of circulation), type of water-bearing sediment, and local-scale distribution (in connection with landslide forms).

Among the 873 springs located in the Polish part of Mt. Babia Góra, over 80% are slope located and can be regarded as descending springs. These include: rock springs (a), rock-debris springs (b), debris springs (c), and rock-mantle springs (d). Other springs occur on valley floors (e) and are also mostly of the descending type, though a few are ascending (mineral and thermal). Most springs are alimented by water flowing out from thick covers of colluvia. Within this group it proved possible to distinguish three subtypes of spring (b_2 , b_3 , b_4) located in different segments of landslides (Fig. 4). Other divisions of springs were into single springs, lines of springs and series of springs (Fig. 5). The number of springs on the slopes of Mt. Babia Góra is similar to the number located at the foot of the mountain comprising lateral ridges and valley floors. Along a profile of altitude, the largest numbers of springs can be seen to be located at the heads of valleys, where the density on the northern slope exceeds 30 per km^{-2} (Fig. 6). The density of springs on the southern slope in valleys located at high altitude is even greater. The determined distribution of springs down the altitudinal profile of Mt. Babia Góra allowed for delimitation of three hydrographical belts - of water alimentation, transit and accumulation, which are different from the hydrographical belts noted in the Western Beskidy and Tatra Mountains. The distribution of springs on Mount Babia Góra and their unusually high density are determined first and foremost by the landslide morphology of slopes.

