

Źródło „Spod Roha” – ciekawostka krenologiczna w masywie Połoniny Wetlińskiej (Bieszczady Wysokie)

The Spod Roha spring – a crenological curiosity in the Polonina Wetlinska Massif (the High Bieszczady Mountains)

***Elżbieta Permus, Karolina Maciejczyk,
Magdalena Murawska, Magdalena Zawilo***

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków

e-mail: elzbieta.permus@student.uj.edu.pl, karolina.maciejczyk@student.uj.edu.pl,
madzia.murawska@student.uj.edu.pl, magda.zawilo@student.uj.edu.pl

Zarys treści: Celem badań była charakterystyka hydrologiczna oraz geomorfologiczna źródła „Spod Roha” położonego w masywie Połoniny Wetlińskiej w Bieszczadach Wysokich. Obiekt ten zaklasyfikowany został jako źródło rumoszowe, korytowe, reokren, o stałym wypływie wody z dwóch punktów w obrębie głębokiego wciosu w materiale łupkowym. Wypływ ten znajduje się na wysokości 949 m n.p.m., w początkowym odcinku doliny potoku Rzeka. Otoczenie wypływu charakteryzuje się znaczną dynamiką rzeźby terenu, uwidaczniającą się zwłaszcza w obrębie koryta potoku. Dominującymi na obszarze doliny procesami są przede wszystkim erozja fluwialna w dnie oraz spływanie na zboczach. Wypływ ten jest ciekawy przede wszystkim ze względu na swoją wydajność w porównaniu z innymi źródłami w tej części Bieszczadów.

Słowa kluczowe: Bieszczady Wysokie, wydajność źródła, monitoring źródła, nisza źródłiskowa, chemizm wód

Abstract: The main purpose of the study was the hydrological and geomorphological characteristics of the Spod Roha spring, situated in the Polonina Wetlińska Massif in the High Bieszczady Mountains. This outflow is located at 949 m. a.s.l. in the initial section of the Rzeka valley stream. The terrain around the outflow is very dynamic, especially in the river channel. The main processes in this area include fluvial erosion in the bottom of the valley and downhill creep on its slopes. This spring is a very interesting outflow primarily because of its discharge, which is relatively higher if we compare it with other springs in that part of the Bieszczady Mts. In the years 2012–2015, the stream discharge oscillated between 0.5 and 55.9 dm³s⁻¹. Despite the occurrence of low-water periods, (especially in July 2013), the spring efflux did not disappear. The high efficiency of the spring might be also surprising because of its localization in the ridge area, near the tree line and polonyna (alpine meadow). The recharge area probably goes far beyond the area of its topographic watershed. The spring is also distinguished by its stable temperature during the whole year (5–6°C). This stability might be the effect of a complicated supply system, and relatively deep water migration. Water in the spring was classified as HCO₃-Ca. Field measurements showed that mean conductivity amounts to 187,2μS/cm.

Keywords: the Bieszczady Mountains, spring discharge, spring monitoring, spring niche, water chemistry

Wprowadzenie

Źródło, z perspektywy nauk przyrodniczych, jest bardzo ważnym elementem pozwalającym na rozpoznanie warunków hydrogeologicznych danego obszaru (Jokiel 1997). Źródła od wieków stanowiły obiekt zainteresowania człowieka, szczególnie te o stałym wypływie i znacznej wydajności. Według W. Chełmickiego i in. (2010), Karpaty Zewnętrzne charakteryzują się bardzo licznymi, lecz mało wydajnymi źródłami szczelinowymi we fliszu oraz porowymi w pokrywie zwietrzelinowej. Rozpoznanie krenologiczne Karpat jest znacznie słabsze w ich wschodniej części, na terenie Beskidów Wschodnich, w tym Bieszczadów. W 2007 r. rozpoczęto kartowanie hydrologiczne na terenie Połoniny Wetlińskiej (Siwek i in. 2011). Ze 196 skartowanych źródeł tylko kilka posiadało przepływ większy niż 1 dm³s⁻¹, stanowiąc nie więcej niż 6% wszystkich zinwentaryzowanych wypływów. Spośród źródeł występujących na tym obszarze rzadko spotykanymi parametrami wyróżniał się wypływ nazwany na potrzeby tej publikacji źródłem „Spod Roha”. W 2010 r. rozpoczęto jego monitoring dotyczący wydajności i cech fizykochemicznych wody (Mostowik i in. 2016).

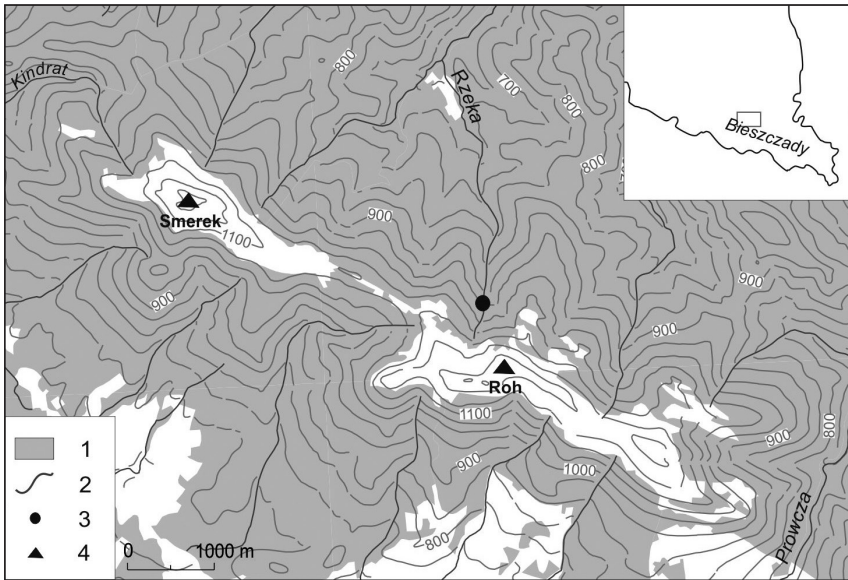
Niniejsza praca stanowi analizę pojedynczego wypływu wyróżniającego się na tle źródeł Połoniny Wetlińskiej. Obiekt ten stanowi podstawę wnioskowania

o nietypowym mechanizmie zasilania wodami podziemnymi dużych źródeł bieszczadzkich, w związku ze swoją znaczną wydajnością, pomimo niesprzyjającego położenia na znacznej wysokości bezwzględnej. Duża wydajność wyróżnionego źródła może wskazywać na to, że obszar zasilania wykracza poza zlewnię topograficzną. Celem pracy jest szczegółowa charakterystyka hydrologiczna i geomorfologiczna jednego z najbardziej wydajnych wypływów na Połoninie Wetlińskiej – źródła „Spod Roha”.

Obszar badań

Opisywane źródło znajduje się w Karpatach fliszowych, w Bieszczadach Wysokich, na stokach Połoniny Wetlińskiej, na terenie Bieszczadzkiego Parku Narodowego (ryc. 1). Jego współrzędne geograficzne to: 49°N 10.416 22°E 31.515. W obrębie jednostki śląskiej w tym rejonie wyróżniane są dwa oddziały piaskowcowo-lupkowe: dolny (warstwy dolnokrośnieńskie) oraz środkowy (otrycki). Badane źródło znajduje się w obrębie oddziału otryckiego, zbudowanego z gruboławicowych piaskowców skupionych w pakietach o grubości od kilkunastu do 200 m, pomiędzy którymi występuje flisz drobnorytmiczny (Haczewski i in. 2007, ryc. 2). Główny grzbiet Połoniny Wetlińskiej założony jest na odpornych piaskowcach otryckich, którego przebieg (ESE-WNW) jest zgodny z biegiem warstw skalnych, zapadających monoklinalnie w kierunku NE. Grzbiety boczne, odchodzące od niego prostopadle, mają profil schodkowy, który nawiązuje do naprzemianległego ułożenia warstw o mniejszej i większej odporności (Królikowski, Muszyński 1969; Górka, Kuśmierk 1973; Haczewski i in. 2007).

Bieszczady charakteryzują się występowaniem klimatu górskiego. Wysokości masywu Połoniny Wetlińskiej odpowiadają piętom klimatycznym: umiarkowanie chłodnemu (650–1075 m n.p.m.) i chłodnemu (>1075 m n.p.m.). W zależności od wysokości bezwzględnej, średnia temperatura roczna wynosi od 2 do 4°C. Najcieplejszym miesiącem roku jest lipiec, zaś najchłodniejszym – luty. Wysokość opadów wzrasta wraz z wysokością bezwzględną, osiągając na połoninie (według różnych autorów) od 1200–1300 mm rocznie (Hess 1965; Michna, Paczos 1972; Paczyński, Niedźwiedz 1999) do 1600–1700 mm (Laszczak i in. 2011). Największe opady są odnotowywane w miesiącach letnich. Pokrywa śnieżna na terenie



Ryc. 1. Lokalizacja źródła „Spod Roha” na Połoninie Wetlińskiej

Fig. 1. Location of Spod Roha spring on the Połonina Wetlińska

Objaśnienia: 1 – lasy, 2 – ciek, 3 – badane źródło, 4 – szczyty

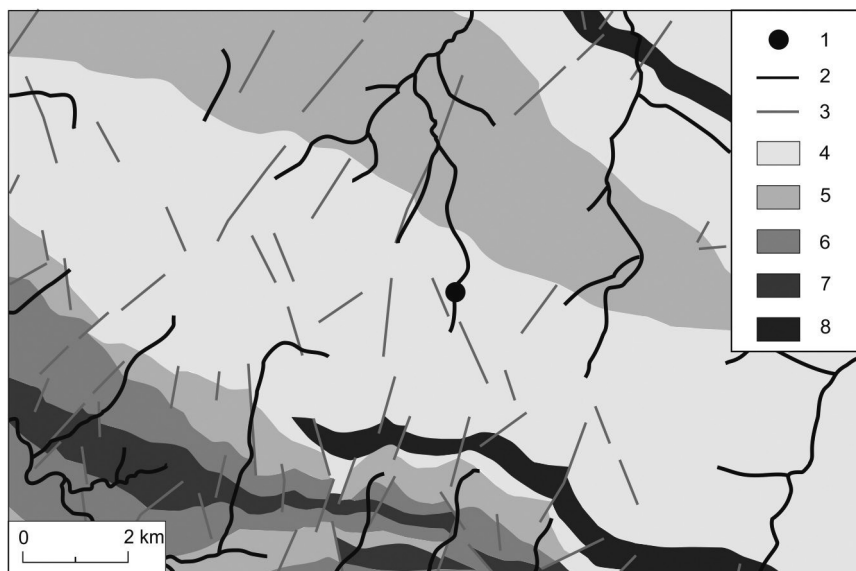
Explanations: 1 – forests, 2 – streams, 3 – studied spring, 4 – peaks

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

Bieszczadzkiego Parku Narodowego występuje średnio przez 120 dni w roku. Masyw Połoniny Wetlińskiej do wysokości ok. 1150 m n.p.m. (górna granica lasu) znajduje się w obrębie piętra regła dolnego, w którym zaznacza się dominacja buczyny karpackiej *Dentario glandulosae-Fagetum*. Powyżej górnej granicy lasu rozciąga się piętro połonin (Winnicki, Zemanek 2009).

Potencjalnie warstwy wodonośne mają tutaj charakter szczelinowo-porowy, jednakże przepływ wód przez piaskowce odbywa się tu głównie za pomocą szczelin oraz spękań ciosowych. Spowodowane jest to niewielką porowatością skał (2–6%) (Królikowski, Muszyński 1969). Zasobność wód podziemnych jest mała i wynika



Ryc. 2. Budowa geologiczna masywu Połoniny Wetlińskiej z zaznaczoną lokalizacją badanego źródła (Mastela, Tokarski 1975, za: Mocior i in. 2015)

Fig. 2. The geological structure of the Połonina Wetlińska Massif with the location of the studied spring (Mastela, Tokarski 1975, after: Mocior et. al. 2015)

Objaśnienia: 1 – badane źródło, 2 – główne ciekii, 3 – uskoki, 4 – piaskowce otryckie, 5 – ogniwo piaskowcowo-lupkowe, 6 – warstwy przejściowe, 7 – warstwa łupków menilitowych, 8 – ogniwo lupkowo-piaskowcowe

Explanations: 1 – studied spring, 2 – main streams, 3 – faults, 4 – Otryt sandstone, 5 – sandstone-shale link, 6 – transitional layers, 7 – menilite shale layers, 8 – shale-sandstone link

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

z ograniczonej retencji wód spowodowanej niewielką (do 40 m) miąższością strefy przepuszczalnej. Największa miąższość tej strefy zaznacza się w obrębie połoniny, niżej na stokach jest ona znacznie mniejsza. Wartość współczynnika filtracji warstw krośnieńskich jest bardzo niska: do głębokości 20 m wynosi średnio $1,4 \cdot 10^{-6} \text{ m s}^{-1}$, a w przedziale głębokości 20–40 m $2,4 \cdot 10^{-7} \text{ m s}^{-1}$ (Chowaniec i in. 1983).

Badane źródło znajduje się w dolinie potoku Rzeka o długości ok. 3 km i przebieżającym kierunku SSW–NNE. Jest to debrza przechodząca we wcios, będąca charakterystyczną formą dla rzeźby Bieszczadów Wysokich (Bernatek 2014). Liczne doliny boczne uchodzą do niej z obu stron. Głównymi procesami morfogenetycznymi są tam erozja fluwialna w obrębie dna oraz spływanie na zboczach, zjawiska typowe dla tego regionu (Gorczyca i in. 2011).

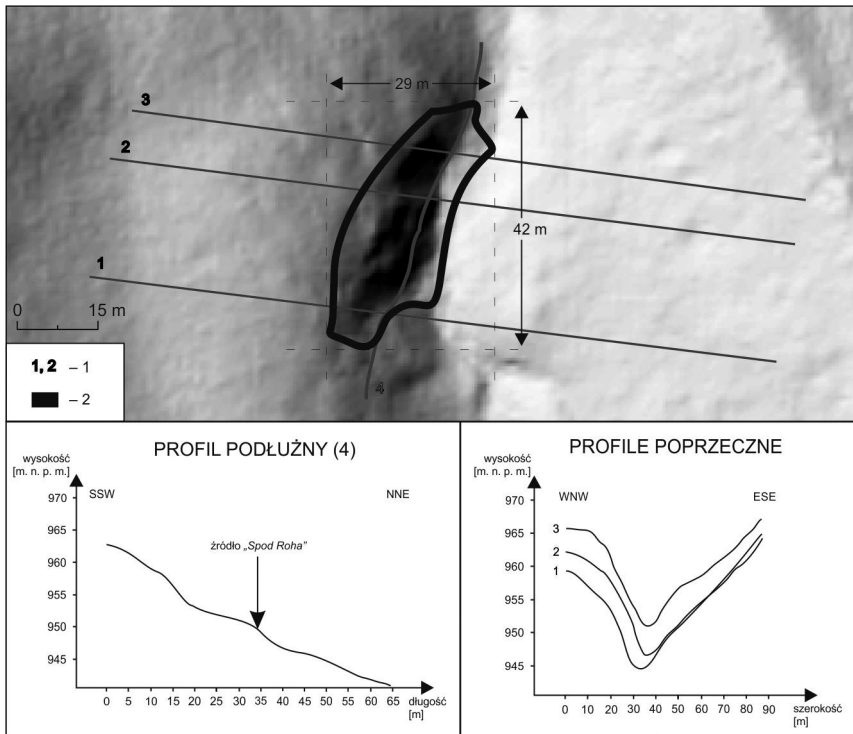
Wpływ wody znajduje się na wysokości 949 m n. p. m., w początkowym odcinku Rzeki. Spadek jej dna w tym obszarze wynosi 23%, a jej szerokość w miejscu źródła – ok. 900 m, zaś głębokość – ok. 90 m. Wąskie wierzchowiny stanowią linię wododziału ograniczającą zlewnię potoku. Zbocza pokrywają zwietrzelinowe utwory gliniasto-gruzowe (Gorczyca i in. 2011). Ta forma dolinna jest typowym wciosem, toteż jej dno zajmuje wąskie, skalne koryto, z licznymi progami i kotłami eworsyjnymi.

Nisza źródłiskowa ma wydłużony kształt. Jej znaczne rozmiary (29 na 42 metry) świadczą o współdziałaniu spływania i erozji liniowej oraz potwierdzają dużą rolę tych procesów w kształtowaniu rzeźby badanego obszaru. Zbocza niszy są asymetryczne – lewe jest bardziej strome, natomiast w obrębie prawego zaznacza się wyraźny załom (ryc. 3). W profilu podłużnym niszy widoczna jest początkowa krawędź, odcinek o zwiększonej erozji oraz strefa depozycji wyerodowanego materiału.

Jest to obszar o znacznej dynamice rzeźby, zwłaszcza w obrębie koryta potoku. Do intensywnych przekształceń może tu dochodzić podczas opadów o charakterze ekstremalnym oraz gwałtownych roztopów.

Metody badań

Monitoring źródła „Spod Roha” prowadzony jest od 2010 r. Współrzędne geograficzne tego obiektu otrzymano za pomocą odbiornika GPS Garmin 60CSx. Do określenia warunków geomorfologicznych posłużono się modelem LiDAR, wykonano też dokumentację fotograficzną miejsca wypływu, jak również zmierzono rozmiary niszy, w której znajduje się omawiane źródło. Informacje na temat wydajności źródła zestawiono na podstawie pomiarów limnimetrem, skalibrowanych w oparciu o 14 pomiarów wydajności źródła wykonanych metodą wolumetryczną. Ciągły monitoring źródła prowadzony jest od 2012 r., za pomocą limnimetru typu OTT Orpheus Mini, rejestrującego co godzinę stan i temperaturę jego wody. Do



Ryc. 3. Wymiary niszy źródłiskowej oraz profile terenu wykonane w jej obrębie

Fig. 3. Dimensions of spring niche and terrain profiles within it

Objaśnienia: 1 – linie profili, 2 – granice niszy

Explanations: 1 – profile lines, 2 – spring niche borders

Źródło: opracowanie własne./*Source:* author's own work.

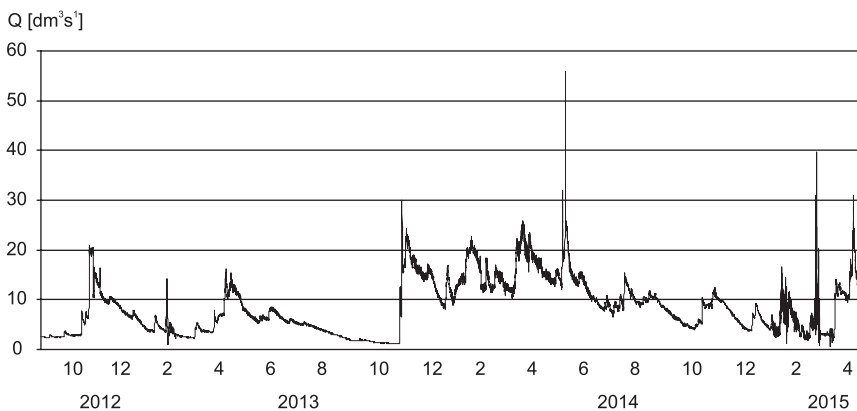
ustalenia wydajności źródła brano pod uwagę również parametry wydajności z okresu długich niżówek występujących latem 2013 r. W czasie cyklicznie wykonywanych pomiarów kontrolnych temperaturę wody badanego źródła mierzono czujnikiem termometrycznym CT2S, działającym przy konduktometrze Elmetron CX-401, z dokładnością pomiaru $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Analizę chemiczną wykonano metodą chromatografii jonowej (DIONEX ISC2010).

Charakterystyka źródła „Spod Roha”

Typ i wydajność źródła

Według klasyfikacji Thienmanna (1926) (za: Moniewski, 2007) źródło „Spod Roha” to reokren, wyróżniający się wypływem wody z dwóch miejsc na dnie V-kształtnego wciosu w materiale łupkowym. Ponadto źródło to można zaklasyfikować jako wypływ rumoszowy, zasilany wodami z utworów luźnych. Pod względem położenia geomorfologicznego wypływ ten klasyfikuje się jako korytowy.

Spośród wykonanych pomiarów okresowych, najwyższą wartość Q zanotowano 25.04.2015 ($29,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$), natomiast najniższą ($1,9 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$) – 10.09.2012 r. (ryc. 4). Średnia wydajność źródła obliczona na podstawie pomiarów limnimetrycznych (stacjonarnych) wyniosła $8,2 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$. Maksymalną wydajność w całym cyklu pomiarowym ($55,9 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$) zanotowano 15.05.2014 r. Minimalną wydajność ($0,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$) zanotowano zaś 21.03.2015 r. Od września 2012 r. do października 2013 r. badania prowadzono w warunkach niższych opadów, podczas których rejestrowano mniejsze wydajności, z minimalną średnią miesięczną wartością Q w październiku 2013 r. ($1,31 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$). Pomimo występujących latem 2013 r. susz i głębokich niżówek, wypływ nigdy nie zaniknął, w odróżnieniu od większości



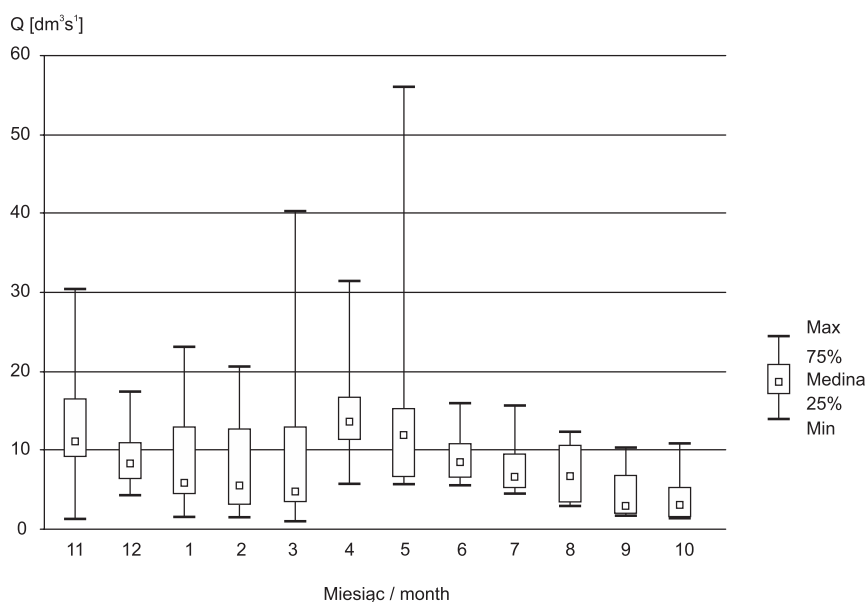
Ryc. 4. Hydrogram wydajności źródła „Spod Roha” w latach 2012–2015

Fig. 4. Hydrograph of the Spod Roha spring discharge in the years 2012–2015

Źródło: opracowanie własne./Source: author's own work.

pozostałych źródeł w masywie Połoniny Wetlińskiej. Ciągły wypływ wody badanego wypływu może wskazywać na to, że obszar zasilania źródła wykracza poza zlewnię topograficzną, gdyż ma ona niewielką powierzchnię. Maksymalną średnią miesięczną wydajność zanotowano w kwietniu 2014 r. ($16,95 \text{ dm}^3 \text{ s}^{-1}$). Zwiększona wydajność źródła zaznaczała się szczególnie w miesiącach wiosennych, w związku z roztopami, zaś niższe wydajności notowano jesienią, szczególnie we wrześniu i październiku.

Źródło „Spod Roha” charakteryzuje się zróżnicowaną wydajnością w ciągu roku. Rytm zmian jego wydajności cechuje się najmniejszymi zakresami wahań w miesiącach letnich i jesiennych, które zmniejszają się stopniowo od lipca do października, a zwiększają w miesiącach zimowych. Największe amplitudy wydajności pojawiają się wiosną, szczególnie od marca do maja w czasie roztopów. Wtedy też osiągane są maksima wydajności (ryc. 5). Ponadto wysokie wartości zanotowano



Ryc. 5. Reżim wydajności źródła „Spod Roha” w latach 2012–2015

Fig. 5. The regime of Spod Roha spring discharge in years 2012–2015

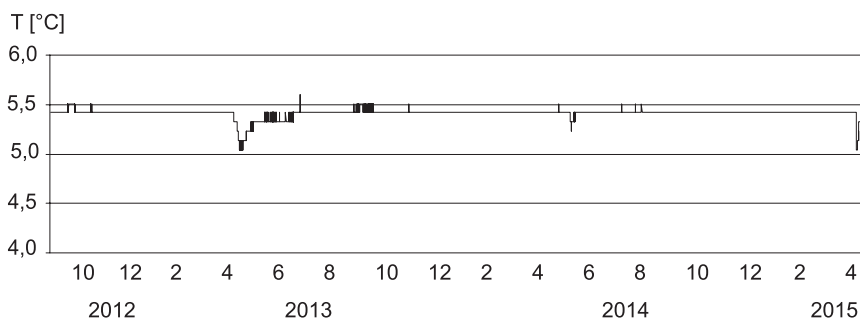
Źródło: opracowanie własne./Source: author's own work.

również w listopadzie, na co wpływ miał 2013 r., kiedy to notowane wydajności tego miesiąca osiągały najwyższe wartości w stosunku do pozostałych lat. Ponadto w listopadzie może dochodzić do opóźnionej reakcji źródła na opady jesienne, skutkujące podwyższeniem jego wydajności.

Temperatura wody w źródle

Monitorowane źródło cechuje się niewielką dynamiką zmian temperatury wody w ciągu roku – roczna ich amplituda nie przekraczała $0,6^{\circ}\text{C}$ (ryc. 6). Maksymalna zanotowana temperatura wystąpiła w lipcu 2013 r. i wynosiła $5,6^{\circ}\text{C}$, minimalna natomiast w kwietniu 2013 i 2015 r. wyniosła $5,0^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura wypływu wód ze źródła kształtuje się na poziomie $5,4^{\circ}\text{C}$. Temperaturę wody nieznacznie wyższą od średniej rocznej notowano od lipca do października. Jedynie w 2013 r. w czasie roztopów nastąpił krótkotrwały spadek temperatury wody do ok. 5°C . W pozostałych latach, pomimo nawet wyraźnego wzrostu wydajności źródła w okresie wiosennym, nie stwierdzano spadku temperatury wody.

Źródło „Spod Roha” zlokalizowane jest na północno-wschodnim stoku masywu Połoniny Wetlińskiej, gdzie występuje upad warstw skalnych zgodny z nachyleniem stoku. Stabilność temperatury wody wypływu może wskazywać, iż czas wymiany wód i głębokość zasilającego zbiornika wód podziemnych są na tyle duże, że



Ryc. 6. Temperatura wód badanego źródła w latach 2012–2015

Fig. 6. Water temperature of studied spring in the years 2012–2015

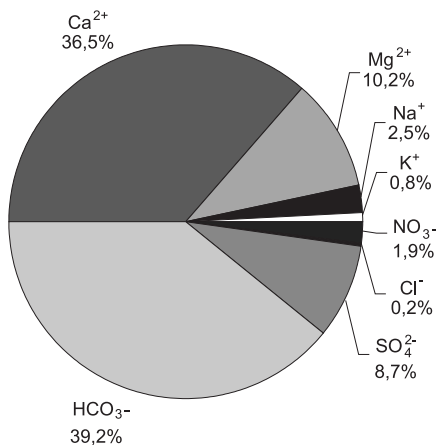
Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

pomimo występujących w ciągu roku wahań wydajności źródła temperatura jego wód utrzymuje się na względnie stałym poziomie, nawiązującym do średniej rocznej temperatury powietrza.

Skład chemiczny wody

Badania laboratoryjne oraz obserwacje terenowe nie wykazały zagrożeń dla jakości wody badanego źródła. Wynika to z jego położenia na terenie Bieszczadzkiego Parku Narodowego będącego obszarem objętym ścisłą ochroną przyrody. Analiza chemiczna pozwala na określenie typu hydrochemicznego wg klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego (Prikłoński, Łaptiew 1955) jako $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ (ryc. 7). Błąd analizy wynosił 2%. Suma wszystkich składników mineralnych rozpuszczonych w wodzie wyniosła $141,0 \text{ mg/dm}^3$. Dotychczas nie przeprowadzono szczegółowych badań, które umożliwiłyby charakterystykę ewentualnej zmienności składu chemicznego wody w ciągu roku, jednak cykliczne pomiary przewodności elektrolitycznej właściwej wskazują na raczej niewielką jej zmienność. W latach 2010–2015 wykonano 11 pomiarów przewodności, mieszczących się w zakresie od $131,4$ do $201,0 \text{ }\mu\text{S/cm}$. Największą wartość zanotowano we wrześniu i listopadzie 2010 r., a najmniejszą w lipcu 2010 r. Wartość średnia wynosi $187,2 \text{ }\mu\text{S/cm}$. Skład chemiczny wody jest typowy dla płytkich wód infiltracyjnych krążących w utworach fliszowych.



Ryc. 7. Skład chemiczny wody źródła „Spod Roha” w dniu 25.04.2015

Fig. 7. The chemical composition of water from Spod Roha spring in 25.04.2015

Źródło: opracowanie własne.

Source: author's own work.

Podsumowanie

Kartowanie obiektów krenologicznych na terenie Połoniny Wetlińskiej w Bieszczadach Wysokich rozpoczęto w 2007 r. Spośród 196 skartowanych źródeł nie więcej niż 6% przekraczało wydajność $1 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$. Niewątpliwie na tle badanych obiektów wyróżniało się źródło „Spod Roha”. Obiekt ten poddano stałej obserwacji od 2010 r.

Jest to źródło korytowe, rumoszowe, reokren, położone w strefie grzbietowej przy górnej granicy lasu i połoninie, na wysokości 949 m n.p.m., u początku doliny potoku Rzeka. Tym, co wyróżnia je spośród pozostałych wypływów, jest znaczna wydajność dochodząca do $60 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$ w okresach tzw. wilgotnych (w czasie sprzyjającej sytuacji hydrometeorologicznej). Ponadto, pomimo znacznych wahań rytmu wydajności w ciągu roku charakteryzuje się ono trwałością wypływu. Wydajność jego nie spadała poniżej $0,5 \text{ dm}^3\text{s}^{-1}$, nawet w czasie głębokich niżówek i susz.

Lokalizacja źródła nie wskazuje na możliwość występowania takich parametrów w badanym obiekcie, w związku z tym, że występują tu gruboławicowe piaskowce otryckie o porowatości zaledwie 2–6%, a miąższość strefy przepuszczalnej maksymalnie do 40 m, co skutkuje ograniczoną retencją wody, a zatem niewielką zasobnością zbiornika wód podziemnych. Stałość wypływu oraz znaczna wydajność badanego źródła wskazują na złożony system jego zasilania, wykraczający zapewne znacznie poza granice zlewni topograficznej. Może to wynikać z warunków strukturalnych, takich jak spękania, uskoki, które mogą modyfikować przepływ wód zasilających źródło oraz umożliwiać dostawę wód ze stref rozpadlin grzbietowych w strefie wododziału. Co więcej, źródło to charakteryzuje się stabilnością termiczną wody, co świadczy o znacznym czasie i głębokości krążenia wód je zasilających. Amplituda temperatury wody nie przekroczyła w całym okresie pomiarowym $0,6^\circ\text{C}$, a wpływ na nieznaczne wahania temperatury miały jedynie wody pochodzące z wiosennych roztopów. Nietypowy mechanizm i przyczyna zasilania wodami podziemnymi skłaniają do prowadzenia dalszych obserwacji źródła „Spod Roha”.

Bibliografia

- Bernatek A., 2014, *Rola sufozji w rozwoju rzeźby – stan i perspektywy badań* Przegląd Geograficzny, 86/1, 53–76.
- Chelmicki W., Jokiel P., Michalczyk Z., Moniewski P., 2010, *Rozmieszczenie i wydajność źródeł w Polsce* [w:] A. Magnuszewski (red.) *Hydrologia w ochronie i kształtowaniu środowiska*, 2, Polska Akademia Nauk, Warszawa, 230–234.
- Chowaniec J., Oszczytko N., Witek K., 1983, *Hydrogeologiczne cechy warstw krośnieńskich centralnej depresji karpackiej*, Kwartalnik Geologiczny, 27, 797–810.
- Gorczyca E., Izmailów B., Krzemień., Wrońska-Wałach D., 2011, *Stan badań geomorfologicznych w Bieszczadach*, Roczniki Bieszczadzkie, Kraków, 19, 299–317.
- Górka A., Kuśmierk J., 1973, *Tektonika południowych stoków Połoniny Wetlińskiej na tle topograficznych pomiarów i obserwacji geomorfologicznych (Bieszczady)*, Kwartalnik AGH. Geologia, 21/1, 147–156.
- Haczewski G., Kukulak J., Bąk K., 2007, *Budowa geologiczna i rzeźba Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, Naukowa Akademia Pedagogiczna, Kraków, 153.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne IGUJ, Kraków, 11, 258.
- Jokiel P., 1997, *Źródła, ich rola w środowisku i znaczenie w gospodarce wodnej*, Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geographica 2, 5–7.
- Kisiel M., Dojrowska I., Kucala M., Rzonca B., Siwek J., Zawilo M., 2015, *Termika wód źródłanych w masywie Połoniny Wetlińskiej*, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, 9.
- Królikowski B., Muszyński M., 1969, *Piętrowa budowa fałdu Suchych Rzek na N od Połoniny Caryńskiej*, Przegląd Geologiczny, 9, 437–441.
- Laszczak E., Ziółkowski L., Siwek J., 2011, *Opady i pokrywa śnieżna* [w:] B. Rzonca, J. Siwek (red.), *Hydrologia Bieszczadów. Zlewnie Sanu i Solinki do Jeziora Solińskiego*, IGiGP, Kraków, 21–29.
- Michna E., Paczos S., 1972, *Zarys klimatu Bieszczadów Zachodnich*, Lubelskie Towarzystwo Naukowe Ossolineum, Wrocław, 73.
- Mocior E., Rzonca B., Siwek J., Plenzler J., Płaczkowska E., Dąbek N., Jaśkowiec B., Potoniec P., Roman S., Ździebko D., 2015, *Determinants of the distribution of springs in the upper part of flysch ridge in the Bieszczady Mountains in southeastern Poland*, Episodes 38 (1), 21–30.

- Moniewski P., 2007, *Podstawowe pojęcia, typologia i klasyfikacja współczesnej krenologii* [w:] P. Jokieli, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz., (red.) *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*, Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 12–25.
- Mostowik K., Górnik M., Jaśkowiec B., Maciejczyk K., Murawska M., Płaczkowska E., Rzonca B., Siwek J., 2016, *High discharge springs in the outer flysch Carpathians on the example of The High Bieszczady Mountains (Poland)*, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 11(2).
- Paczyński J., Niedźwiedź T., 1999, *Klimat* [w:] L. Starkel (red.), *Geografia Polski. Środowisko Przyrodnicze*, PWN, Warszawa, 288–342.
- Pirkłowski W.A., Łaptiew F.F., 1955, *Własności fizyczne i skład chemiczny wód podziemnych*, Wyd. Geolog., Warszawa, 210.
- Siwek J., Rzonca B., Płaczkowska E., Plenzler J., Jaśkowiec B., 2011, *Aktualne kierunki badań hydrologicznych w Bieszczadach Wysokich*, *Roczniki Bieszczadzkie*, 19, 285–291.
- Winnicki T., Zemanek B., 2009, *Przyroda Bieszczadzkiego Parku Narodowego*, Wyd. BdPN, Ustrzyki Dolne.