

Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska nr 67, 2015: 26–39

(Prz. Nauk. Inż. Kszt. Środ. 67, 2015)

Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences No 67, 2015: 26–39

(Sci. Rev. Eng. Env. Sci. 67, 2015)

Małgorzata MALATA

Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Department of Hydrogeology and Engineering Geology, University of Science
and Technology in Cracow

Sezonowa zmienność fizyko-chemiczna źródeł Babiogórskiego Parku Narodowego

Seasonal physico-chemical changes of water springs in the Babiogórski National Park

Słowa kluczowe: Babiogórski Park Narodowy, klimat, cechy fizyczno-chemiczne, źródło

Key words: Babiogórski National Park, climate, physico-chemical characteristic, spring

Wprowadzenie

Babiogórski Park Narodowy jest jednym z najstarszych parków narodowych nie tylko w Polsce, ale również w Europie. Początki ochrony tego obszaru sięgają okresu międzywojennego. Już w 1929 roku z inicjatywą utworzenia parku wystąpił prof. Walery Goetel. W 1933 roku utworzono w polskiej części Babiej Góry rezerwat przyrody (powyżej około 1200 m n.p.m.). Formalnie Babiogórski Park Narodowy (BgPN) istnieje od 1 stycznia 1955 roku. W 1977 roku uznany został za światowy rezerwat biosfery przez UNESCO. W 1997 roku obszar Parku został powiększony

dwukrotnie i obecnie jego obszar obejmuje 3391,55 ha. Ochroną ścisłą objęte jest 1062 ha obszaru (Postawa, 2005). Masyw Babiej Góry znajduje się w tej części polskich Beskidów, gdzie występuje największa koncentracja źródeł (Łajczak, 2004a). Stosunki wodne, podobnie jak inne elementy przyrodnicze Babiej Góry, wykazują piętrowe zróżnicowanie zależne od klimatu, rzeźby terenu, gleby i szaty roślinnej. Skład chemiczny wód na terenie Babiogórskiego Parku Narodowego zależy zarówno od czynników naturalnych, jak i antropogenicznych. Do głównych czynników naturalnych można zaliczyć: skład mineralny skał w obrębie warstw wodonośnych i czas, w jakim woda pozostaje w kontakcie z tymi skałami, oraz warunki klimatyczno-roślinno-glebowe (Żelazny, Wolanin i Płaczkowska, 2009, 2013). Oddziaływanie człowieka

na chemizm polega na infiltracji zanieczyszczonych opadów atmosferycznych oraz zanieczyszczeniach związanych z ruchem turystycznym. Przejawia się to przede wszystkim obecnością w wodzie związków azotu, fosforu, chlorków (Wolanin, 2013).

Celem opracowania jest wyznaczenie czynników, które determinują zróżnicowanie fizyko-chemiczne wód z pięciu źródeł znajdujących się na terenie BgPN oraz określenie ich sezonowej zmienności. W analizach uwzględniono zróżnicowanie budowy geologicznej poszczególnych stref, warunki meteorologiczne, a także wpływ człowieka.

Teren badań

W polskiej części Karpat Babia Góra pod względem wysokości jest drugim po Tatrach masywem górskim, który osiąga wysokość 1724,6 m n.p.m. Grzbietem Babiej Góry przebiega granica między Polską i Słowacją oraz Europejski dział wodny pomiędzy zlewnią Morza Bałtyckiego i Morza Czarnego. Masyw Babiej Góry położony jest we wschodniej części Beskidu Żywieckiego, który stanowi najwyższą część Beskidów Zachodnich. Północne stoki Pasma Babiej Góry znajdują się w całości w granicach Polski. Zachodnia część stoku południowego znajduje się na terenie Słowacji (Łajczak, 2004a).

Masyw Babiej Góry rozciąga się równoleżnikowo jako wyniosły grzbiet górski o długości przekraczającej 10 km, wygięty łukowo ku południowi (Alexandrowicz, 1978). Procesy kształtujące stoki opisywał Ziętara (2004). Osuwiska i obrywy skalne znajdują się tu w róż-

nym stadium rozwoju. Procesowi zsuwania sprzyja duże nachylenie stoków, skośne ułożenia warstw piaskowca magurskiego oraz duże opady w okresie letnim (Ziętara, 2004). Skłon północny Babiej Góry ma kształt stoku krawędziowego typu kuesty. Jest on bardzo stromy (20 do 45°), wysoki (do 500 m), zbocze pokrywają gołoborza (Ziętara, 2004).

W budowie geologicznej północnego stoku Babiej Góry (powyżej 1000 m n.p.m.) przeważają gruboławicowe piaskowce magurskie (Alexandrowicz, 2004). W dolnych partiach stoku północnego dominują cienkoławicowe piaskowce hieroglifowe: twarde, wapnisto-krzemionkowe piaskowce przewarstwione marglami (Książkiewicz, 1983). Piaskowce magurskie o miąższości około 750 m przewarstwione są wkładkami ilastych i marglistych łupków (Alexandrowicz, 2004). Podnóża masywu na znacznym obszarze zajmują wychodnie osadów czwartorzędowych. Budują one głównie: terasy plejstoceny i holoceny oraz stożki napływowe występujące w dolinach rzek i potoków (Książkiewicz, 1983). Pasma Babiej Góry należą do typowych struktur fałdowych. Głównym elementem jego budowy jest synklina, która biegnie z zachodu na wschód wzdłuż grzbietu głównego (Alexandrowicz, 2004).

Na terenie Babiogórskiego Parku Narodowego występują różne typy genetyczne gleb. Dominują powierzchniowo gleby brunatne kwaśne (Miechówka i Niemyska-Łukaszuk, 2004). Północny stok Babiej Góry ma najlepiej wykształcone piętra roślinności górskiej w Polsce (Holeksa i Szwagrzyk, 2002). Wśród pięter wyróżniamy: regiel dolny, regiel górny, zarośla kosodrzewiny powyżej

górnjej granicy lasu oraz piętro alpejskie (Holeksa i Szwagrzyk, 2002).

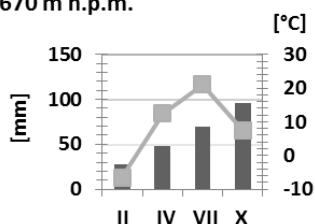
Duże opady, jakie pojawiają się w tym rejonie badań, są spowodowane przez chłodne i wilgotne masy powietrza polarno-morskiego napływające z zachodu i północnego zachodu napotykające na wysoką barierę orograficzną grzbietu położonego blisko zachodniego skraju Karpat (Obrębska-Starkel, 1983). Średnia roczna temperatura powietrza maleje o 0,52°C na 100 metrów wzniesienia (Obrębska-Starkel, 2004). Babia Góra ze względu na swoją wysokość ma najlepiej wykształcone w Beskidach Zachodnich piętra klimatyczne (Obrębska-Starkel, 2004). Wyróżnić można tutaj pięć pięter klimatycznych: umiarkowanie ciepłe, umiarkowanie chłodne, chłodne, bardzo chłodne oraz umiarkowanie zimne. Średnia roczna temperatura maksymalna zmienia się w profilu wysokościowym opisywanego terenu od około 13°C u podnóża masywu do około 3°C na szczycie Babiej Góry. Średnia roczna temperatura minimalna wynosi 0,2°C w dolinach, do 0,3°C w partiach szczytowych (Obrębska-Starkel, 2004). W profilu wysokościowym Babiogórskiego Parku Narodowego ujemne średnie miesięczne wartości temperatury pojawiają się w wieloleciu od listopada po marzec powyżej 1000 m n.p.m. W partii podszczytowej dodatnie średnie miesięczne wartości temperatury są notowane od kwietnia do października (Łajczak, 2004). Sumy roczne opadu deszczu na badanym obszarze są bardzo zróżnicowane. Na Babiej Górze na wysokości Markowych Szczawin (1180 m n.p.m.) opady sięgają średnio 1490 mm rocznie, przy średniej rocznej temperaturze powietrza 3,1°C, a w Za-

woi-Barańcowej (przy Dyrekcji BgPN) średnie roczne opady sięgają 1260 mm przy średniej rocznej temperaturze powietrza 6°C (Obrębska-Starkel, 2004). Największe sumy dobowe opadu w Beskidzie Żywieckim i na jego przedpolu pojawiają się latem i jesienią, osiągając 200 mm (Niedźwiedź, 1981).

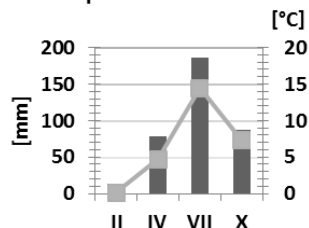
W czasie badań najwyższa średnia temperatura powietrza na badanym terenie wystąpiła w lipcu (14,4°C) w stacji klimatycznej Markowe Szczawiny, najniższą zanotowano w lutym (-6,5°C) w stacji Zawoja-Barańcowa. Największą miesięczną sumę opadu deszczu w czasie badań zanotowano w lipcu (186 mm) w stacji klimatycznej Markowe Szczawiny, najmniejszą w lutym (13,2 mm) na tej samej stacji. W stacji klimatycznej Markowe Szczawiny (1180 m n.p.m.) najwyższą średnią miesięczną temperaturę odnotowano w lipcu (14,4°C), a najniższą w lutym 0,1°C. W stacji klimatycznej Zawoja-Barańcowa (670 m n.p.m.) najwyższa temperatura wystąpiła w lipcu (21°C), a najniższa w lutym (-6,5°C). Największe opady w tej stacji klimatycznej wystąpiły w październiku (95,5 mm), a najmniejsze zanotowano (27,4 mm) w lutym (<http://www.freemeteo.pl/>; <http://meteo.gopr.pl/stations/d/20/>).

Analiza temperatury oraz opadów deszczu w badanych miesiącach w 2012 roku dowiodła zgodności z stwierdzeniem Niedźwiedzia (1981), że największe opady niezmiennie występują w okresie letnim oraz jesiennym na terenie masywu Babiej Góry. Porównując badania własne z 2012 roku (rys. 1) z danymi archiwalnymi z lat 1957–1960 (rys. 2) z masywu Babiej Góry (Obrębska-Starkel, 1963; 1983), można wykazać wystąpienie łagodnej zimy i

**STACJA KLIMATYCZNA
ZAWOJA - BARAŃCOWA
(PRZY DYREKCJI BgPN)
670 m n.p.m.**



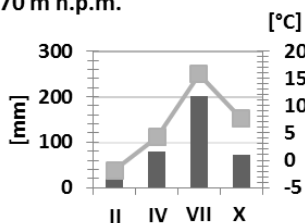
**STACJA KLIMATYCZNA
MARKOWE SZCZAWINY
1180 m n.p.m.**



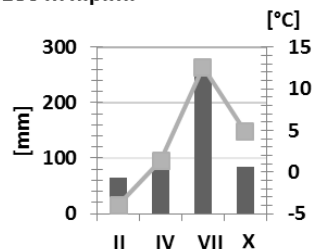
RYSUNEK 1. Przebieg średnich wartości temperatury powietrza i sum opadów w miesiącach: luty, kwiecień, lipiec, październik 2012 roku

FIGURE 1. The average monthly air temperature and precipitation in February, April, July and October 2012

**STACJA KLIMATYCZNA
ZAWOJA - BARAŃCOWA
(PRZY DYREKCJI BgPN)
670 m n.p.m.**



**STACJA KLIMATYCZNA
MARKOWE SZCZAWINY
1180 m n.p.m.**



RYSUNEK 2. Przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza i sum opadów w miesiącach: luty, kwiecień, lipiec, październik w okresie 1957–1960 (Obrębska-Starkel, 1963)

FIGURE 2. The average monthly air temperature and precipitation in February, April, July and October in 1957–1960 (Obrębska-Starkel, 1963)

cieplejszego lata w 2012 roku. Mimo wskazanych różnic analizowane wielkości temperatury i opadów można uznać za typowe dla wielolecia.

Średnia temperatura w lutym w latach 1957–1960 w stacji klimatycznej Markowe Szczawiny wyniosła -4°C , a w 2012 roku $0,1^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura w lipcu w tej samej stacji w latach 1957–1960 wyniosła $12,6^{\circ}\text{C}$, a w 2012 roku $14,4^{\circ}\text{C}$. Średnia suma opadu w lipcu w stacji klimatycznej Markowe Szczawiny w latach 1957–1960 wynio-

śla $261,79\text{ mm}$, a w 2012 roku 186 mm . Średnia suma opadów w lutym w tej stacji w latach 1957–1960 wyniosła $64,06\text{ mm}$, a w 2012 roku $13,2\text{ mm}$. W stacji klimatycznej Zawoja-Barańcowa w latach 1957–1960 średnia temperatura w lutym wyniosła $-1,8^{\circ}\text{C}$, a w 2012 roku $-6,5^{\circ}\text{C}$. Jednak średnia temperatura w lipcu 2012 roku wyniosła 21°C , a w latach 1951–1970 zaledwie $15,8^{\circ}\text{C}$. Średnia suma opadów w stacji klimatycznej Zawoja-Barańcowa w latach 1957–1960 wyniosła 201 mm (lipiec), a w 2012 roku

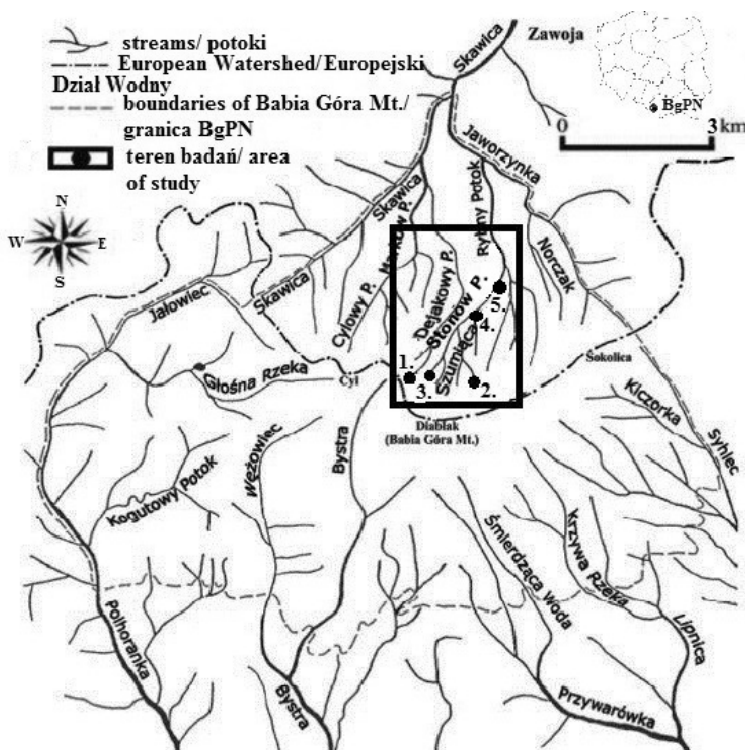
95,5 mm (październik). Średnia suma opadów w lutym w tej stacji w latach 1957–1960 wyniosła 50,1 mm, a w 2012 roku tylko 27,4 mm.

Wydajność źródeł masywu Babiej Góry wrasta wraz ze wzrostem wysokości bezwzględnej oraz opadu deszczu aż do regła górnego. Średnia wydajność źródeł na stoku północnym waha się w okolicach $1\text{--}5\text{ dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$. Źródła powyżej $5\text{ dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}$ występują od wysokości 900 do 1300 m n.p.m. (Łajczak, 2004a). Powyżej regła górnego wartości zaczy-

nają maleć. Średni miesięczny odpływ jednostkowy waha się w cyklu rocznym od 17 do $40\text{ dm}^{-3}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$. Największe wartości osiąga wiosną oraz latem (Łajczak, 2004a).

Materialy i metody

Badane źródła występują w północnej części Babiogórskiego Parku Narodowego od 870 do 1300 m n.p.m. (rys. 3). Źródła położone są w prawo-



Źródła/Springs: 1 – źródło nad Suchym Stawkiem (1300 m n.p.m.), 2 – źródło potoku Szumiąca Woda (1225 m n.p.m.), 3 – źródło potoku Szumiąca Woda (1200 m n.p.m.), 4 – źródło potoku Stonowego (1000 m n.p.m.), 5 – źródło przy dolnym płaju (870 m n.p.m.)

RYSUNEK 3. Miejsca poboru próbek wody na tle sieci rzecznej Babiogórskiego Parku Narodowego. Sieć rzeczna według Łajczaka (2004a)

FIGURE 3. Location of place where water samples were taken on the background of river network of the Babiogórski National Park. River network according to Łajczak (2004a)

brzeżnej części zlewni rzeki Skawicy (lewy dopływ Skawy, która jest prawym dopływem górnej Wisły). Wszystkie reprezentują typ stokowy, skalno-rumoszowy (średnia wydajność około $5 \text{ dm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$), descensyjny (Łajczak, 2004a). Analizowane źródła są zasilane z dwóch poziomów wodonośnych-trzeciorzędowego: warstwy piaskowców magurskich oraz czwartorzędowego: koluwia na stoku masywu, żwiry tarasów niższych oraz stożkowe pokrywy żwirowe (Postawa, 2005).

Źródło nad Suchym Stawkiem (1300 m n.p.m.), źródło potoku Szumiąca Woda (1225 m n.p.m.) oraz źródło potoku Szumiąca Woda (1200 m n.p.m.) są położone w obrębie piętra roślinnego boru świerkowego regla górnego (Holeksa i Szwa-grzyk, 2002). Ze względu na wysokość n.p.m. analizowane źródła występują w obrębie piętra klimatycznego chłodnego ze średnią temperaturą powietrza od 4 do 2°C (Obrębska-Starkel, 1983). Źródło potoku Stonowego (1000 m n.p.m.) oraz źródło przy dolnym płaju (870 m n.p.m.) są położone w obrębie piętra roślinnego regla dolnego lasu mieszanego bukowo-świerkowo-jodłowego (Holeksa i Szwa-grzyk, 2002). Ze względu na wysokość n.p.m. analizowane źródła występują w obrębie piętra klimatycznego umiarkowanego chłodnego ze średnią temperaturą powietrza od 4 do 6°C (Obrębska-Starkel, 1983). Badane źródła znajdują się na obszarze o skomplikowanej budowie geologicznej, co potwierdza analiza map (tab. 1).

Wodę ze źródeł pobrano w lutym, kwietniu, lipcu oraz październiku 2012 roku z pięciu źródeł, aby ukazać zmienność sezonową cech fizyko-chemicznych w zależności od pory roku w okresach

aktywnym oraz pasywnym (wiosna, lato, jesień, zima). Za okres pasywny przyjmuje się miesiące o ujemnych temperaturach powietrza (I–III, X–XII), a okres aktywny obejmuje pozostałe miesiące (Łajczak, 2004a). W terenie wykonano pomiary pH, temperatury oraz przewodności elekrolitycznej ($\text{EC}_{25^{\circ}\text{C}}$) pobranych prób wody. Podczas prac terenowych wykorzystano przenośne urządzenie wielofunkcyjne CPC-105 firmy Elmetron do mierzenia podstawowych cech fizycznych. Próby wody pobrano do polietylenowych butelek o pojemności $0,5 \text{ dm}^3$, które przechowywano w temperaturze 4°C do czasu dostarczenia do laboratorium. Wody filtrowano filtrem strzykawkowym $0,45 \text{ mm}$. Analizy chemiczne wykonano do 48 godzin od pobrania materiału w terenie. W laboratorium oznaczono jony: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , NO_3^{-} , NO_2^{-} , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , NH_4^{+} oraz pierwiastki śladowe, których łącznie oznaczono 35. Obliczono twardość ogólną (To), twardość węglanową (Tw), twardość niewęglanową (Tnw) oraz mineralizację (M). Twardość ogólną obliczono jako sumę $r\text{Ca}^{2+}$ i $r\text{Mg}^{2+}$, za twardość węglanową przyjęto stężenie jonu $r\text{HCO}_3^{-}$, zaś twardość niewęglanową obliczono jako różnicę między nimi (tab. 2). Analizę chemiczną dokonano w Laboratorium Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Oznaczenia wykonano metodami: ICP-OES (spektrometrii optycznej emisyjnej ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnej sprzężonej) – jony główne (Perkin Elmer, Elan 6100 spectrometer); ICP-MS (spektrometrii mas z jonizacją w plazmie indukcyjnej sprzężonej) – mikroelementy oraz związki biogenne (Philips

TABELA 1. Badane źródła na tle budowy geologicznej
TABLE 1. Investigated springs versus geological formations

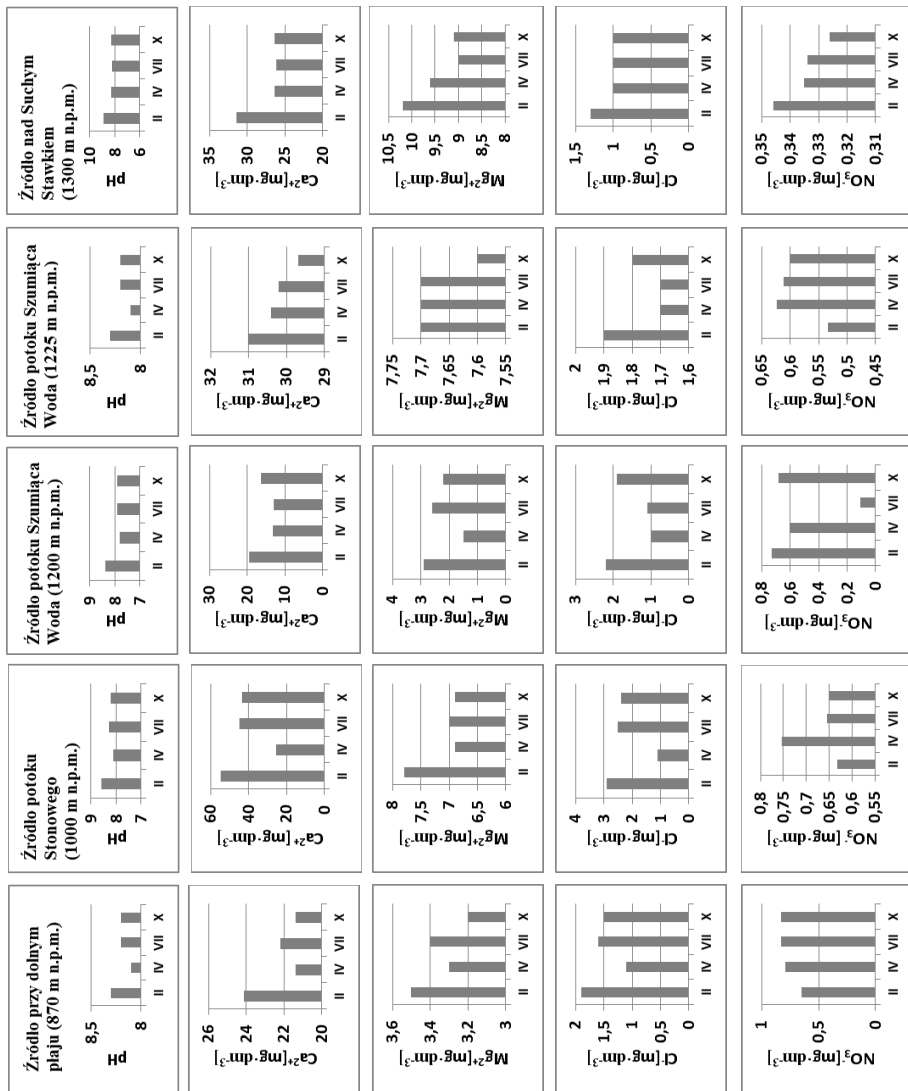
Źródła/Springs			
Źródło nad Suchym Stawkiem (1300 m n.p.m.) Źródło potoku Szumiąca Woda (1200 m n.p.m.) Źródło potoku Stonowego (1000 m n.p.m.)	Źródło przy dolnym płaju (870 m n.p.m.)	Źródło potoku Szumiąca Woda (1225 m n.p.m.)	Mapy geologiczne/Geological maps
Geologia/Geology			
Litologia: gazy, bloki, żwiry i gliny Rzeźba terenu: wały moren czołowych i bocznych, morena denna, kary (cyrki) lodowcowe	Litologia: żwiry, piaski, gliny i ropy. Rzeźba terenu: terasy rzeczne i stożki napływowe, terasy wodnolodowcowe	Litologia: bloki, gliny, ropy i pakiety skalne. Rzeźba terenu: skarpy i jęzory osuwiskowe	1:13 000 Mapa geologiczno-turystyczna Babiogórskiego Parku Narodowego, Wójcicki i inni, 2010 (red.), Warszawa
Piaskowiec magurski (piaskowce, łupki z przewagą piaskowców muskowitowych). Warstwy śródmagurskie (łupki i piaskowce). Warstwy hieroglifowe (piaskowce, mułowce, łupki). Żwiry, gliny terasów plejstoceńskich. Stożki napływowe, osuwiska	Warstwy hieroglifowe (piaskowce, mułowce, łupki). Żwiry, gliny terasów plejstoceńskich i holocenijskich. Stożki napływowe, osuwiska	Piaskowiec magurski (piaskowce, łupki z przewagą piaskowców muskowitowych). Warstwy śródmagurskie (łupki i piaskowce). Warstwy hieroglifowe (piaskowce, mułowce, łupki). Żwiry, gliny terasów plejstoceńskich. Stożki napływowe i osuwiska	1: 50 000 Szczegółowa mapa geologiczna Polski, Książkiewicz, 1968 (red.), Warszawa

PU9100X spectrometer). Pod względem hydrogeochemicznym sklasyfikowano wody badanych potoków według Szczukariewa-Prikłońskiego (Macioszczyk, 1987). Poprawność wykonania analiz sprawdzono, obliczając błędy względne z bilansu jonowego. Błędy analiz nie przekraczały dopuszczalnych błędów podanych w normie PN-89/C-04638/02.

Wyniki

Woda badanych źródeł pod względem temperatury mieści się w kategorii wód zwykłych, pod względem twar-

dości w kategorii wód miękkich, pod względem mineralizacji w kategorii wód słodkich (Łajczak, 2004a; Bajda i inni, 2011). Według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego woda ta należy do typu: $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ ze znacznym udziałem jonu siarczanowego (Macioszczyk, 1987). W składzie chemicznym wód najwyższe stężenia mają wśród kationów: Ca^{2+} , a wśród anionów: HCO_3^- . Niższe stężenia mają jony Mg^{2+} i SO_4^{2-} . Pozostałe jony mają wielokrotnie niższe stężenia. Ze związków biogennych w wodach występował przeważnie NO_3^- (rys. 4), poniżej granicy oznaczalności były NO_2^- oraz PO_4^{3-} .

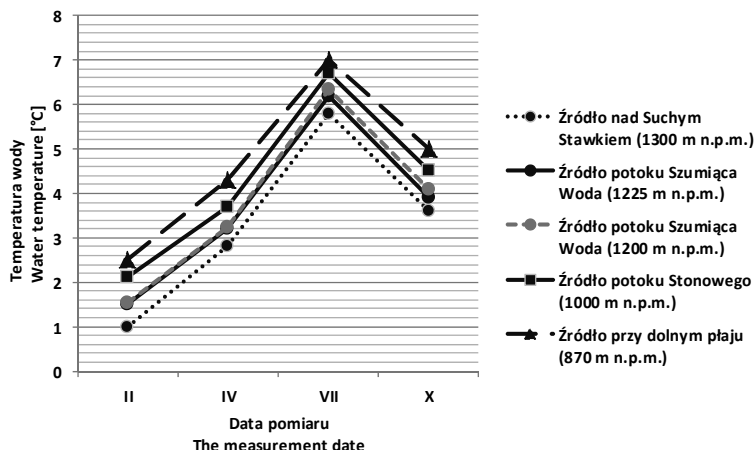


RYSUNEK 4. Sezonowe zmiany wybranych cech fizyko-chemicznych wody badanych źródeł
 FIGURE 4. Seasonal changes of selected physico-chemical composition of waters from the springs analysed

Na obszarze badań występuje duże zróżnicowanie parametrów fizycznych i chemicznych wód badanych źródeł. Wody źródła potoku Szumiąca Woda (1200 m n.p.m.) cechują się najmniejszymi średnimi wartościami fizycznymi: twardości ogólnej (To), twardości węglanowej (Tw), twardości niewęglanowej (Tnw), pH oraz $EC_{25^{\circ}C}$. Mają również najniższe średnie stężenia jonów: Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} oraz mineralizacji. Wody źródła potoku Stonowego (1000 m n.p.m.) cechują się największymi średnimi wartościami fizycznymi: To, Tw, Tnw oraz $EC_{25^{\circ}C}$. Mają również najwyższe średnie stężenia jonów: Ca^{2+} , HCO_3^{-} , SO_4^{2-} , Cl^{-} oraz mineralizacji.

Z analiz wynika, iż źródła z północnej części masywu babiogórskiego wykazują małą mineralizację ($62,64-210,25 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$). Mała mineralizacja na obszarze badań spowodowana jest występowaniem twardych, odpornych na wietrzenie i mało zasobnych w składniki alkaliczne piaskowców magurskich. Powoduje to rozcieńczenie wód oraz

skrócenie czasu kontaktu wody z podłożem skalnym. W związku z tym maleje możliwość rozpuszczania skał i wzbogacania się wody w składniki chemiczne (Pasternak, 1983). Wiosną i latem mineralizacja wody jest mniejsza niż zimą oraz jesienią. Spowodowane jest to rozcieńczeniem wody źródeł przez intensywne deszcze latem oraz topnieniem pokrywy śnieżnej wiosną (Łajczak, 2004b). Wyniki badań potwierdziły zasignalizowany przez Pasternaka (1983) odczyn obojętny wód na Babiej Górze, który w profilu wysokościowym zawiera się w granicach 7,8–8,9. Przewodność elektrolityczna mieści się w przedziale $81-304,2 \mu\text{S}\cdot\text{dm}^{-3}$, większe wartości notuje się w porach jesiennej i zimowej, gdy występuje większa mineralizacja źródeł. Średnia temperatura wody nie przekracza 5°C (rys. 5). Najwyższa temperatura wody na badanym terenie wystąpiła w lipcu w źródle przy dolnym płaju (870 m n.p.m.), najniższą zanotowano w lutym w źródle nad Suchym Stawkiem (1300 m n.p.m.). Wysokie stężenia



RYSUNEK 5. Sezonowa zmienność temperatury wody w badanych źródłach w 2012 roku
 FIGURE 5. Seasonal changes water temperature from the springs analysed in 2012

jonów NO_3^- w wodach większości źródeł występowały wiosną i zimą, co może wynikać z uwalniania tych jonów z topniejącej pokrywy śnieżnej. Porównując okres wiosenny i okres letni, w większości źródeł mniejsze wartości występowały latem, ponieważ były one asymilowane przez rośliny. Negatywny wpływ działań antropogenicznych na badanym obszarze można uznać za znikomy, na co wskazują niskie stężenia NO_3^- , Cl^- , NH_4^- oraz NO_2^- i PO_4^{3-} , które były poniżej granicy detekcji (rys. 4).

Podsumowanie i dyskusja

Analiza składowych głównych umożliwiła wyodrębnienie trzech najważniejszych czynników determinujących skład chemiczny wód źródeł na obszarze badań. Czynnikiem pierwszy jest związany z budową geologiczną i procesem rozcieńczenia. Budowa geologiczna obszaru znacznie utrudnia wzbogacanie wody w składniki mineralne (twarde, odporne i mało zasobne w składniki mineralne piaskowce), co sprzyja małej mineralizacji wód. Proces rozcieńczenia uwidacznia się w formule wyrażającej relację: im większe wartości natężenia przepływu w źródle (wiosna, lato), tym niższe stężenia jonów. Świadczą o tym małe wartości stężenia jonów Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- w porach wiosennej i letniej (opady deszczu i topnienie pokrywy śnieżnej) w porównaniu z sezonami jesiennym i zimowym. Czynnikiem drugi – duże wartości stężenia jonów Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} (wiosna) wskazują na wpływ opadów atmosferycznych oraz dostawę jonów z pokryw zwietrzelinowo-glebowych. Czynnikiem trzeci – można

natomiast określić jako wpływ sezonów i częściowo wegetacji na skład chemiczny wód źródeł babiogórskich (wpływ zmiany temperatury wody i powietrza). Wskazuje to na zależność zmniejszania się stężenia jonów NO_3^- wraz ze wzrostem temperatury powietrza i wody w miesiącach letnich. Można przypuszczać, że wynika to z większej asymilacji azotanów podczas występowania bujnej roślinności latem (rys. 1 i 5).

W literaturze często podkreślano, że opady atmosferyczne są ważnym czynnikiem wpływającym na chemizm wód. Wyraźne obniżenie odczynu wody w czasie wezbrania w lipcu świadczy o wpływie opadów atmosferycznych (Wójcik, 2012). Zanieczyszczenia pochodzące z opadów atmosferycznych powodują m.in. zakwaszenie wód i należą do głównych zagrożeń dla ekosystemów wodnych (Kownacki i in. 2006; Rzychoń i Worsztynowicz, 2008; Wysocka-Czubaszek i Wojno, 2014). Najwyższe stężenia większości jonów występowały w czasie niżówek jesiennych (X) i zimowych (II), a najniższe były w czasie wezbrań roztopowych (IV) i deszczowych (VII). Na obszarze badań występuje typowa reakcja źródeł na warunki atmosferyczne (Wójcik, 2012).

Wnioski

Najważniejszym czynnikiem kształtującym skład chemiczny wód badanych źródeł jest budowa geologiczna. Opady atmosferyczne i warunki klimatyczno-roślinne również wpływają na sezonową zmianę chemizmu wód źródeł babiogórskich. Występująca na terenie Babiogórskiego Parku Narodowego intensywna

turystyka górską stanowi niewielkie zagrożenie dla jakości wody (wykryto niskie stężenia związków biogennych). Od 2010 roku na terenie schroniska turystycznego Markowe Szczawiny występuje sprawnie i nowoczesna oczyszczalnia ścieków, która skutecznie zabezpiecza przed nowymi źródłami zanieczyszczeń.

Podziękowania

Autorka serdecznie dziękuje prof. dr. hab. inż. Jackowi Motyce, recenzentom oraz redakcji Przeglądu Naukowego Inżynieria i Kształtowanie Środowiska za niezwykle cenne i przydatne uwagi, spostrzeżenia i wskazówki.

Literatura

- Alexandrowicz, W.S. (1978). The northern slope of Babia Góra Mt. as a huge rock slump. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 12, 133-148.
- Alexandrowicz, W.S. (2004). Zarys budowy geologicznej Babiej Góry. W W. Wołoszyn, A. Jaworski i J. Szwagrzyk (red.), *Babiogórski Park Narodowy Monografia Przyrodnicza*. (strony 87-107). Kraków: Wydawnictwo Komitetu Ochrony Przyrody PAN.
- Bajda, T., Manecki, M., Matusik, J. i Rzepa, G. (2011). Elementy Hydrogeochemii. W T. Bajda, M. Manecki, J. Matusik i G. Rzepa (red.), *Geochemia – Materiały do ćwiczeń dla studentów kierunku ochrona środowiska*. (strony 66-76). Kraków: Wydawnictwo AGH.
- Holeksa, J. i Szwagrzyk, J. (2002). Szata roślinna. W D. Ptaszycka- Jackowska (red.), *Światy Babiej Góry*. (strony 41-95). Zawoja: Wydawnictwo Grafikon.
- Kownacki, A., Dumnicka, E., Kwadrans, J., Gałas, J. i Ollik, M. (2006). Benthic communities in relations to environmental factors in small high mountain ponds threatened by air pollutants. *Boreal Environment Research*, 11(6), 481-492.
- Książkiewicz, M. (red.) (1968). *Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny (PIG).
- Książkiewicz, M. (1983). Zarys geologii Babiej Góry. K. Zabierzowski (red.), *Park Narodowy na Babiej Górze. Przyroda i człowiek*. (strony 25-39). Warszawa-Kraków: Wydawnictwo Zakładu Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych PAN.
- Łajczak, A. (2004a). Wody Babiej Góry. W W. Wołoszyn, A. Jaworski i J. Szwagrzyk (red.), *Babiogórski Park Narodowy. Monografia Przyrodnicza*. (strony 153-177). Kraków: Wydawnictwo Komitetu Ochrony Przyrody PAN.
- Łajczak, A. (2004b). Pokrywa Śnieżna Babiej Góry. W W. Wołoszyn, A. Jaworski i J. Szwagrzyk (red.), *Babiogórski Park Narodowy Monografia Przyrodnicza*. (strony 179-196). Kraków: Wydawnictwo Komitet Ochrony Przyrody PAN.
- Macioszczyk, A. (1987). *Hydrogeochemia*. Warszawa: Wydawnictwo Geologiczne.
- Miechówka, A i Niemyska-Łukaszuk, J. (2004). Gleby Babiej Góry. W W. Wołoszyn, A. Jaworski i J. Szwagrzyk (red.), *Babiogórski Park Narodowy Monografia Przyrodnicza*. (strony 197-212). Kraków: Wydawnictwo Komitetu Ochrony Przyrody PAN.
- Niedźwiedz, T. (1981). *Sytuacje synoptyczne i ich wpływ na różnicowanie przestrzenne wybranych elementów klimatu w dorzeczu górnej Wisły*. (Rozprawa habilitacyjna). Kraków: Uniwersytet Jagielloński w Krakowie.
- Obrębska-Starkel, B. (1963). Klimat Babiej Góry. W W. Szafer (red.), *Babiogórski Park Narodowy*. (strony 45-69). Kraków: Państwowe Wydawnictwo Naukowe – Oddział Kraków.
- Obrębska-Starkel, B. (1983). Klimat Babiej Góry. W K. Zabierzowski (red.), *Park Narodowy na Babiej Górze. Przyroda i człowiek*. (strony 41-62). Warszawa- Kraków: Wydawnictwo Zakładu Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych PAN.
- Obrębska-Starkel, B. (2004). Klimat Babiej Góry. W W. Wołoszyn, A. Jaworski i J. Szwagrzyk (red.), *Babiogórski Park Narodowy Monografia Przyrodnicza*. (strony 137-151). Kraków: Wydawnictwo Komitetu Ochrony Przyrody PAN.

- Pasternak, K. (1983). Wody powierzchniowe. W K. Zabierzowski (red.), *Park Narodowy na Babiej Górze. Przyroda i człowiek*. (strony 63-78). Warszawa-Kraków: Wydawnictwo Zakładu Ochrony Przyrody i Zasobów Naturalnych PAN.
- Postawa, A. (2005). *Zarys Aktualnych Warunków Hydrogeologicznych Babiogórskiego Parku Narodowego. Współczesne Problemy Hydrogeologii*. Toruń: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Rzychoń, D. i Worsztynowicz, A. (2008). What affects the nitrogen retention in Tatra Mountains lakes catchments in Poland? *Hydrology and Earth System Science*, 12, 415-424. doi:10.5194/hess-12-415-2008.
- Wolanin, A. (2013). Właściwości fizykochemiczne wody potoków tatrzańskich w okresie kwiecień-listopad 2011 roku. *Prace Geograficzne*, 133 (1), 49-60. doi: 10.4467/20833113PG.13.010.1100
- Wysocka-Czubaszek, A. i Wojno, W. (2014). Sezonowa zmienność chemizmu wody w małej rzece w zlewni zurbanizowanej. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 63 (1), 64-76.
- Wójcik, S. (2012). Zróżnicowanie i sezonowa zmienność chemizmu wybranych źródeł zlewni Potoku Olczyńskiego w Tatrach. *Prace Geograficzne*, 128 (1), 61-75. doi: 10.4467/20833113PG.12.006.0355.
- Wójcik, A., Rączkowski, W., Mrozek, T., Nescieruk, P., Marciniak, P. i Zimna, Z. (2010). *Mapa geologiczno-turystyczna Babiogórskiego Parku Narodowego 1:13 000*. Warszawa: Państwowy Instytut Geologiczny (PIG).
- Ziętara, T. (2004). Rzeźba Babiej Góry. W W. Wołoszyn, A. Jaworski i J. Szwagrzyk (red.), *Babiogórski Park Narodowy Monografia Przyrodnicza*. (strony 109-135). Kraków: Wydawnictwo Komitetu Ochrony Przyrody PAN.
- Żelazny, M., Wolanin, A. i Płaczkowska, E. (2009). Przestrzenne zróżnicowanie i sezonowe zmiany cech fizykochemicznych wód potoków Kościeliskiego i Chochołowskiego w Tatrach Zachodnich. W R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda. (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*. (strony 461-467). Gdańsk: Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego.
- Żelazny, M., Wolanin, A. i Płaczkowska, E. (2013). Hypsometric factors for differences in chemical composition of spring waters of the Tatra National Park. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22 (1), 289-299.
- PN C-04638/02:1989. Bilans jonowy wody. Sposób obliczania bilansu jonowego wody. Warszawa: PKN.

Streszczenie

Sezonowa zmienność fizyko-chemiczna źródeł Babiogórskiego Parku Narodowego. Celem niniejszej pracy była ocena sezonowej zmienności składu fizykochemicznego oraz wpływu działalności człowieka na wody pięciu źródeł w północnej części Babiogórskiego Parku Narodowego. Podczas prac terenowych zmierzono podstawowe cechy fizyczne wody (pH, temperaturę, $EC_{25^{\circ}C}$), a w laboratorium HGI AGH oznaczono metodami ICP-OES (jony główne) oraz ICP-MS (związki biogenne, mikroelementy). Obszar badań cechują duże zasoby czystej wody o małej mineralizacji ($62,64-210,25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Pod względem składu chemicznego dominują wody $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} - \text{Mg}^{2+}$ ze znacznym udziałem jonu siarczanowego. Stwierdzono wyraźny wpływ budowy geologicznej (występowaniem twardych, opornych na wietrznie i mało zasobnych w składniki alkaliczne piaskowców na obszarze alimentacyjnym) na skład chemiczny badanych wód oraz zmienność ich chemizmu w ciągu roku. O wpływie warunków meteorologicznych na wody świadczą małe wartości jonów Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- w porach wiosennej i letniej (opady deszczu i topnienie pokrywy śnieżnej) w porównaniu z sezonami jesiennym i zimowym. Kolejno stężenia jonów Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} (wiosna) wskazują na wpływ opadów atmosferycznych oraz dostawę jonów z pokryw zwietrzelinowo-glebowych. Wpływ roślinności oraz człowieka na skład chemiczny wód źródeł babiogórskich jest niewielki, świadczą o tym niskie stężenia związków biogennych, m.in. NO_3^- .

Summary

Seasonal physico-chemical changes of water springs in the Babiogórski National Park. The aim of this study was to assess the seasonal changes of the physico-chemical composition and human impact on the water of five springs in the north part of Babiogórski National Park. During the field work, the basic physical characteristics of water (pH, temperature, $EC_{25^{\circ}C}$) were measured. The ion concentration determined by means of ICP-OES (major ions) and ICP-MS (nutrients, trace elements) were marked in the hydro-chemical laboratory in the HGI AGH. The study area is characterized by large reserves of clean water with low mineralization (62.64–210.25 mg·dm⁻³). Classification these waters belongs to the HCO_3^- – Ca^{2+} – Mg^{2+} with a significant share of sulfate ion type. It was a distinct influence of the geological structure (presence of hard, resistant to aeration and not very rich in alkaline components of sandstones in the area of alimo-

ny) on the studied chemical composition and variability of water chemistry throughout the year. The influence of meteorological conditions on the water provide lower values of Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- in the time of spring and summer (rainfall and snow melting) compared to autumn and winter season. In turn, concentrations of Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} (spring) indicate the influence of rainfall and the supply of ions from the soil. The human impact and influence of vegetation on the chemical composition of water springs Babia Góra is insignificant, testified by the low concentration biogenic compounds, for example NO_3^- .

Author's address:

Małgorzata Malata
AGH w Krakowie
Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
Poland
e-mail: malatamalgorzata@wp.pl