

PRACE GEOGRAFICZNE, zeszyt 128

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ

Kraków 2012, 61–75

doi: 10.4467/20833113PG.12.006.0355

## ZRÓŻNICOWANIE I SEZONOWA ZMIENNOŚĆ CHEMIZMU WYBRANYCH ŹRÓDEŁ ZLEWNI POTOKU OLCZYSKIEGO W TATRACH

*Sabina Wójcik*

### Summary

#### Diversity and seasonal variability of water chemistry of selected springs in the Olczycki Stream catchment in the Tatra Mts

The paper presents the influence of two factors: geology and meteorological conditions on the differentiation and the seasonal variability of the head waters chemism in the Olczycki Stream catchment in the Tatra Mts. During field work basic physico-chemical properties of water and the springs discharge were measured using the volumetric method. In the hydro-chemical laboratory of the IGiGP UJ were marked the ion concentration: Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, F<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup> (DIONEX ISC-2010). The total hardness (To), carbonate (Tw), not carbonate (Tnw) mineralization (M) and concentrations H<sup>+</sup> were calculated. The characterized physico-chemical properties were analysed both for the passive (I–III, X–XII) and active (IV–IX) periods of the year. Water of the investigated sources is low alkaline, normal, soft and sweet. According to Mainzer's efficiency classification the Eliaszczyk springs belong to class V, while that No. 3 to class VI (Pazdro 1977). According to the Szczukariew-Prikłoński classification these waters belongs to the HCO<sub>3</sub>–Ca–Mg type (Maciaszczyk 1987). Minimum average values of ion concentrations were found during the active period, maximum – during the passive one; however these values in both the periods are similar. The research showed the occurrence of spatial differentiation and seasonal variability of water physico-chemical properties of the investigated springs. In the spatial differentiation of these properties appeared the influence of geology of the springs alimony area. In turn, the seasonal variability of physico-chemical properties derives from meteorological conditions before and during fieldwork. The highest concentrations of most ions occurred during autumn and winter low waters, while the lowest ones during high waters caused by snow melting and rainfall. Similar results were by A. Wolanin and M. Żelazny (2010), which allows to state that the studied springs are characterized with a typical reaction to atmospheric conditions.

*Key words:* spring, water physico-chemical properties, Tatra Mountains

*Zarys treści:* W pracy przedstawiono wpływ budowy geologicznej oraz warunków meteorologicznych na zróżnicowanie i sezonową zmienność chemizmu trzech źródeł w lewobrzeźnej części zlewni Potoku Olczyskiego. Podczas prac terenowych zmierzono podstawowe cechy fizyczno-chemiczne wody oraz wydajność źródeł metodą wolumetryczną, a w laboratorium IGiGP UJ metodą chromatografii jonowej oznaczono stężenie jonów, w tym jonów głównych, związków biogennych i mikroelementów. Stwierdzono wpływ budowy geologicznej na skład chemiczny badanych wód oraz zmienność ich chemizmu w ciągu roku, spowodowaną głównie opadami deszczu i topnieniem pokrywy śnieżnej.

*Słowa kluczowe:* źródło, cechy fizyczno-chemiczne wód, Tatry

## Wprowadzenie

Obszar Tatr był przedmiotem licznych badań hydrochemicznych. Prowadzili je głównie: K. Oleksynowa i T. Komornicki (1956, 1957a,b, 1958, 1960, 1961, 1964, 1989a,b, 1990), którzy scharakteryzowali chemizm tatrzańskich źródeł, również tych w zlewni Potoku Olczyskiego. Z. Ziemońska (1974) określiła podstawowe cechy fizyczno-chemiczne źródeł. K. Wit i Z. Ziemońska (1960) zinwentaryzowały źródła oraz przedstawiły ich wydajność i gęstość w poszczególnych tatrzańskich zlewniach. K. Oleksynowa (1970) scharakteryzowała geochemicznie wody tatrzańskie. Badaniem cech fizyczno-chemicznych potoków w tym również Olczyskiego zajmowali się m.in. D. Małecka (1989) oraz K. Oleksynowa, T. Komornicki (1989, 1996), którzy podzieliли tatrzańskie zlewnie ze względu na budowę geologiczną na osadowe, krystaliczne i mieszane. Dokładnie zbadane zostały także tatrzańskie wywierzyska – badane przez: D. Małecką, W. Humnickiego (1989) oraz D. Małecką (1996, 1997), którzy określili przebieg stanów wody oraz cechy fizyczno-chemiczne tych źródeł, a ostatnio G. Barczyk (2004, 2008) scharakteryzował hydrochemicznie większość wywierzysk w Tatrach i opisał ich obszary alimentacyjne, wykorzystując metody znacznikowe. Badania wód w Tatrach odbywały się również w ramach prac magisterskich. Dotyczyły one m.in. naturalnych uwarunkowań cech fizyczno-chemicznych wód potoków tatrzańskich oraz wód źródłanych (E. Krzemień 1980, G. Rakoczy 1980, E. Bednarczyk 2007, A. Pytłowana 2007, A. Sikora 2007, K. Antosz 2008, J. Plenzler 2008). Charakterystykę cech fizyczno-chemicznych źródeł w zlewni Potoku Olczyskiego – m.in. badanych w niniejszej pracy – przedstawiły J. Kątnik i A. Leśniak (2007), a wpływ budowy geologicznej na rozmieszczenie wód podziemnych w tej dolinie opisała A. Staszak (2007).

Warto zauważyć, że sezonowość składu chemicznego wód źródłanych w Tatrzańskim Parku Narodowym rzadziej była przedmiotem badań, częściej bowiem zajmowano się sezonową zmiennością chemizmu potoków niż źródeł. K. Oleksynowa i T. Komornicki (1965) przedstawili kształtowanie się cech fizyczno-chemicznych wód w piętnastu tatrzańskich potokach. Ci sami autorzy (Oleksynowa, Komornicki 1996), na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzili, że różnice mineralizacji wód poto-

---

<sup>1</sup> numeracja według K. Oleksynowej i T. Komornickiego (1989)

ków w czasie są niewielkie – nie przekraczają 25% wartości średnich, a mineralizacja ta oscyluje się wokół tych wartości. Zmienność cech fizyczno-chemicznych potoków tatrzańskich badali ostatnio M. Żelazny i in. (2009). Określili oni sezonową zmienność  $EC_{25^{\circ}C}$ , suchej pozostałości oraz pH wody wybranych potoków tatrzańskich. K. Nickel (2009) przedstawiła zmiany dobowe oraz sezonowe chemizmu wód potoków: Dolinaczańskiego, Bobrowieckiego i Małych Korycisk. Badając zmienność chemizmu źródeł, A. Wolanin i M. Żelazny (2010) stwierdzili zróżnicowanie chemizmu wód podziemnych w zlewniach Potoku Chochołowskiego i Potoku Kościeliskiego ze względu na rodzaj budowy geologicznej w zależności od pory roku.

## Cel i metody badań

Celem autorki było określenie zróżnicowania wydajności i cech fizyczno-chemicznych trzech źródeł w Dolinie Olczyskiej w Tatrach oraz ich sezonowej zmienności w zależności od budowy geologicznej oraz warunków meteorologicznych. Badaniem objęto źródła: Eliasza Północne czyli N (72<sup>1</sup>), Eliasza Południowe czyli S (71<sup>1</sup>) oraz nr 3 (65<sup>1</sup>; ryc. 1).

Prace terenowe prowadzono co miesiąc, od stycznia do grudnia 2009. W pobranych 35 próbach wody zmierzono w terenie przewodność elektrolityczną właściwą ( $EC_{25^{\circ}C}$ ), temperaturę i pH (Elmetron CX-401). W czasie pierwszego badania terenowego nie pobrano próby wody ze źródła Eliasza N, jednak, ze względu na ścisły związek pomiędzy oboma źródłami Eliasza, „brakujące” stężenia jonów obliczono korzystając z funkcji liniowej. Wydajności źródeł zmierzono metodą wolumetryczną. W laboratorium hydrochemicznym Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego metodą chromatografii jonowej oznaczono  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^{+}$ ,  $K^{+}$ ,  $NH_4^{+}$ ,  $Li^{+}$ ,  $HCO_3^{-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^{-}$ ,  $NO_3^{-}$ ,  $NO_2^{-}$ ,  $F^{-}$ ,  $Br^{-}$

### Ryc. 1. Położenie badanych źródeł

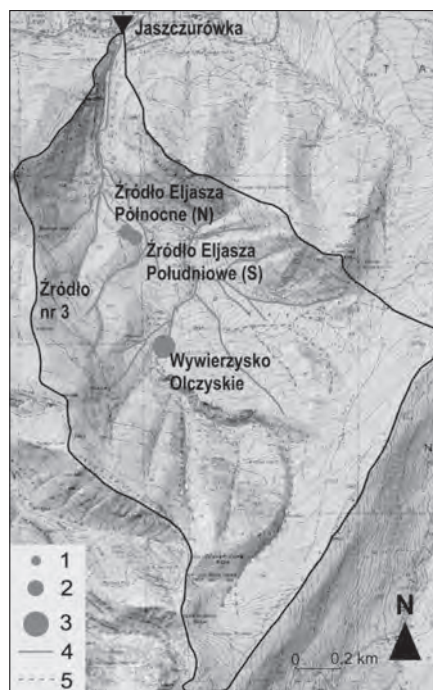
Objaśnienia: 1 – źródło o wydajności 0,5–2,0  $dm^3 \cdot s^{-1}$ , 2 – źródło o wydajności 2,0–10,0  $dm^3 \cdot s^{-1}$ , 3 – źródło o wydajności  $>10 \text{ } dm^3 \cdot s^{-1}$ , 4 – ciek stały, 5 – ciek okresowy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie Mapy..., 1997 (DEM 2824).

### Fig. 1. Location of investigated springs

Explanations: 1 – spring discharge 0,5–2,0  $dm^3 \cdot s^{-1}$ , 2 – spring discharge 2,0–10,0  $dm^3 \cdot s^{-1}$ , 3 – spring discharge  $>10,0 \text{ } dm^3 \cdot s^{-1}$ , 4 – permanent stream, 5 – periodic stream.

Source: autor's own work based on the Map..., 1997 (DEM 2824) basis.



(DIONEX ISC-2010). Obliczono twardość ogólną ( $T_o$ ), węglanową ( $T_w$ ), niewęglanową ( $T_{nw}$ ) mineralizację ( $M$ ) i stężenia  $H^+$ . Twardość ogólną obliczono jako sumę  $rCa^{2+}$  i  $rMg^{2+}$ , za twardość węglanową przyjęto stężenie jonu  $rHCO_3^-$ , zaś twardość niewęglanową obliczono jako różnicę pomiędzy nimi. Mineralizację obliczono jako sumę oznaczonych jonów. Pod względem hydrochemicznym sklasyfikowano wody badanych źródeł według Szczukariewa-Prikłońskiego (Maciaszczyk 1987). W odniesieniu do uwarunkowań meteorologicznych, scharakteryzowano cechy fizyczno-chemiczne dla okresu pasywnego i aktywnego. Za okres pasywny przyjęto miesiące o ujemnych temperaturach powietrza (I–III, X–XII), a okres aktywny objął pozostałe miesiące (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>; Łajczak 1996). Dodatkowo, w wyznaczaniu okresu aktywnego i pasywnego wzięto pod uwagę zmiany wydajności źródeł. Obliczono również sumy opadów dla tygodni poprzedzających badania terenowe.

## Obszar badań

Badane źródła położone są w lewobrzeżnej części zlewni Potoku Olczyskiego w mezoregionie Tatry Regłowe, mikroregionie Regle Kuźnicko-Olczyckie (Balon 2001). Wszystkie reprezentują typ stokowy, rumoszkowy. Źródła Eliasza położone są na wysokości prawie 1000 m n.p.m., na wschodnich stokach Wysokiego. Źródło nr 3 położone jest w górnej części stoku Wysokiego, na wysokości około 1060 m n.p.m.

Pod względem tektonicznym zlewnia Potoku Olczyskiego leży prawie cała w obrębie płaszczowiny regłowej dolnej, która w obrębie zlewni składa się z jednostek Suchego Wierchu i Małej Świnicy (Kotański 1963). Badane źródła znajdują się na obszarze o skomplikowanej budowie geologicznej co potwierdza analiza map (tab. 1). Źródła Eliasza odwadniają utwory glacyfluwialne (Bac-Moszaszwili i in. 1979; Nemcok 1986) i utwory węglanowe (Trafas 1985). Źródło nr 3 położone jest natomiast w strefie kontaktu łupków z utworami węglanowymi (tab. 1).

Zlewnia Potoku Olczyskiego według M. Hessa (1965) leży w dwóch piętrach klimatycznych – umiarkowanie chłodnym i chłodnym. W czasie poborów próbek najwyższą średnią dobową temperaturę powietrza zanotowano w lipcu ( $15,7^{\circ}C$ ), a najniższą w styczniu ( $-6,6^{\circ}C$ ). W okresie pasywnym 2009 r. suma opadu wynosiła 517,9 mm, a w aktywnym – 739,9 mm. W ciągu tygodnia poprzedzającego badania terenowe wartości dobowej sumy opadów (ryc. 2) wahały się w granicach od zera (sierpień) do 70,6 mm (lipiec; <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>).

## 4. Wyniki

Woda badanych źródeł pod względem odczynu jest słabo zasadowa, temperatury – zwykła, pod względem twardości – miękka, mineralizacji – słodka. Według klasyfikacji Szczukariewa-Prikłońskiego woda ta należy do typu  $HCO_3^-Ca-Mg$  (Maciaszczyk 1987); na podstawie klasyfikacji wydajności Mainzera, Źródła Eliasza należą do V klasy, natomiast źródło nr 3 – do VI klasy (Pazdro 1977, tab. 2).

Minimalne wartości wydajności źródeł zanotowano w okresie pasywnym (w grudniu – Źródło Eliasza N i nr 3, w styczniu – Źródło Eliasza S) a maksymalne – w okresie

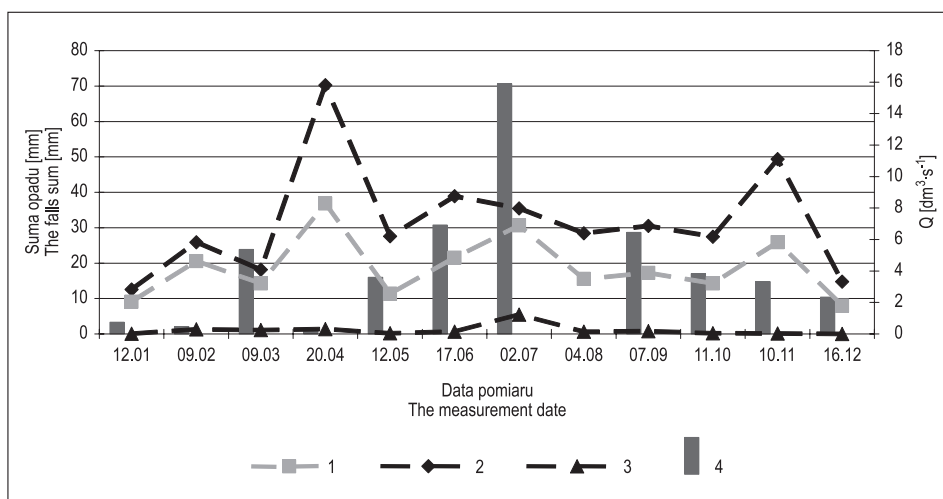
Tab. 1. Badane źródła na tle budowy geologicznej

Table 1. Investigated springs versus geological formations

Źródła Springs		Mapy geologiczne Geological maps
Eliasza N i S Elias N and S	Nr 3 No 3	
Utwory geologiczne Geological formations		
gliny, rumosz gliniasty, zwietrzliny kamieniste	łupki margliste ciemnoszare z wkładkami piaskowców i wapieni marglistych	1979 1:10 000 S. Sokolowski, W. Jaczynowska (red.)
żwirowo-piaszczyste osady fluwiogłacjalne, gruzowo- -gliniaste osady morenowe	strefa kontaktu łupków, zielonkawych piaskowców, wapieni organodetrytycznych z szarymi wapieniami detrytycznymi	1979 1:30 000 Bac-Moszaszwili M. i in.
margle, wapienie, czarne łupki	strefa kontaktu margli, wapieni, czarnych łupków z czerwonymi, zielonymi łupkami ilastymi z ławicami dolomitów lub kwarcytów	1985 1:50 000 K. Trafas (red.)
osady glacialfluwalne	strefa kontaktu szarych organodetrytycznych wapieni z ciemnoszarymi, czarnymi wapieniami, krynoidowymi i oolitowymi wapieniami	1986 1:50 000 J. Nemock (red.)

aktywnym – w kwietniu (oba źródła Eliasza) i lipcu (źródło nr 3). Zanotowany wzrost wydajności w czerwcu i lipcu w źródłach Eliasza związany był z występowaniem opadów deszczu. Dobowe sumy opadów z tygodnia poprzedzającego badania w tych miesiącach wynosiły 30,7 mm w czerwcu i 70,6 mm w lipcu. Jednak najwyższa wydajność źródeł Eliasza spowodowana była topnieniem pokrywy śnieżnej: w kwietniu –  $8,29 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (N)  $15,81 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (S) i w listopadzie –  $5,82 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (N)  $11,11 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (S). W źródle nr 3 natomiast w ciągu roku najbardziej zaznaczał się wpływ opadów deszczu na wzrost wydajności. Maksymalną wydajność w tym źródle zanotowano w lipcu ( $1,23 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Wpływ topnienia pokrywy śnieżnej na wzrost wydajności w tym źródle był mniejszy (ryc. 2).

W składzie chemicznym wód podziemnych dominował wśród kationów  $\text{Ca}^{2+}$  a wśród anionów –  $\text{HCO}_3^-$ . Stężenie jonów  $\text{Li}^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{Br}$  było poniżej limitu detekcji. W wyniku badań stwierdzono, że Źródła Eliasza charakteryzowały się niższymi wartościami cech fizyczno-chemicznych w stosunku do źródła nr 3 (tab. 2). Dodatkowo, w miesięcznym kształtowaniu się skrajnych wartości stężenia dominujących jonów zanotowano zróżnicowanie pomiędzy tymi źródłami. Analizując przebieg dominującego kationu i anionu w źródłach stwierdzono, że w Źródle Eliasza S wyraźny wzrost wydajności w kwietniu i listopadzie spowodował spadek stężenia jonu  $\text{Ca}^{2+}$  w tych dwóch miesiącach, natomiast spadek  $\text{HCO}_3^-$  wystąpił jedynie w kwietniu. Jednak warto zauważyć, że minimalne wartości stężenia tych jonów zanotowano w maju



Ryc. 2. Wydajność badanych źródeł na tle sumy opadów z siedmiu dób poprzedzających pobór prób

Objaśnienia: 1 – Źródło Eliasza Północne (N), 2 – Źródło Eliasza Południowe (S), 3 – Źródło nr 3, 4 – tygodniowa suma opadu z siedmiu dni poprzedzających badanie terenowe.

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych meteorologicznych, <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php>.

Fig. 2. Discharge of the investigated springs versus the rainfall sum from seven days before sampling

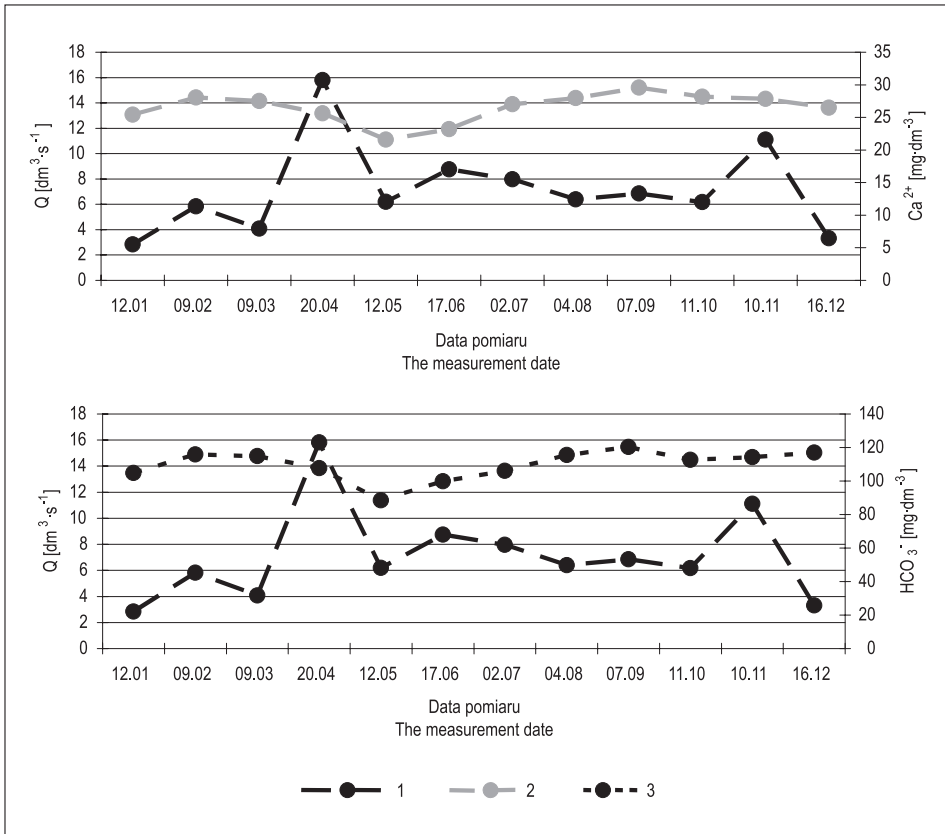
Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring, 4 – the rainfall sum from seven days before field research.

Source: autor's own work based on meteorological data.

( $\text{Ca}^{2+}$  – 21,59  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ;  $\text{HCO}_3^-$  – 88,49  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), a maksymalne wartości we wrześniu ( $\text{Ca}^{2+}$  – 29,56  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  i  $\text{HCO}_3^-$  – 120,35  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) (tab. 2, ryc. 3a). Podobnie stężenie tych jonów kształtowało się w Źródle Eliasza N, co potwierdza wysoki współczynnik korelacji pomiędzy cechami fizyczno-chemicznymi wód w tych źródłach (tab. 3).

Z kolei w źródle nr 3 wzrost wydajności w lipcu zaznaczył się wzrostem stężenia  $\text{Ca}^{2+}$  i spadkiem stężenia  $\text{HCO}_3^-$ . W źródle tym stwierdzono natomiast spadek stężeń  $\text{Ca}^{2+}$  jako reakcję na topnienie śniegu w listopadzie oraz wyraźny wzrost tych stężeń – w kwietniu przy niewielkim wzroście wydajności źródła. Podobnie jak i w źródłach Eliasza, minimalną wartość  $\text{Ca}^{2+}$  stwierdzono w maju (41,96  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). W miesiącu tym zanotowano również spadek stężenia  $\text{HCO}_3^-$ , jednak minimalna zawartość tego jonu wystąpiła w lipcu (135,01  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ , tab. 2, ryc. 3b). W miesięcznym przebiegu mineralizacji w źródłach najwyższe wartości stwierdzono (podobnie jak i stężenia jonów) w miesiącach zimowych. Wyraźny spadek mineralizacji w źródłach Eliasza zanotowano w maju – 125,37  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (N), 126,17  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$  (S), natomiast w źródle nr 3 wyraźny spadek zaznaczył się w lutym i lipcu (213,66  $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) (tab. 2, ryc. 4a). Rozkład tem-

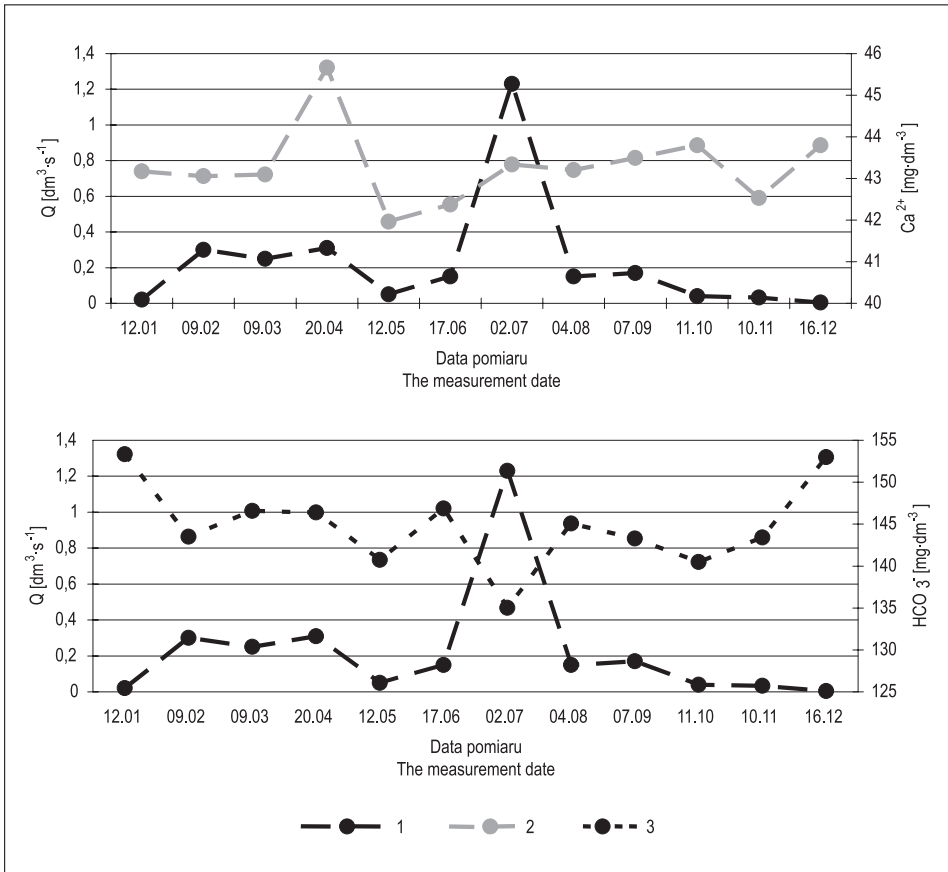




Ryc. 3a. Przebieg wydajności i stężenia Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> w Źródle Eliasza Południowym  
 Objaśnienia: 1 – Q, 2 – Ca<sup>2+</sup>, 3 – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Fig. 3a. The course of discharge and concentration of Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in Elias South Spring  
 Explanations: 1 – Q, 2 – Ca<sup>2+</sup>, 3 – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.





Ryc. 3b. Przebieg wydajności i stężenia Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> w źródle nr 3

Objaśnienia: 1 – Q, 2 – Ca<sup>2+</sup>, 3 – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Fig. 3b. The course of discharge and concentration of Ca<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in No. 3 spring

Explanations: 1 – Q, 2 – Ca<sup>2+</sup>, 3 – HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

peratury wody w badanych źródłach w ciągu roku nawiązywał do zmian temperatury powietrza w poszczególnych porach roku (ryc. 4b).

Minimalne średnie wartości stężeń jonów stwierdzono w czasie okresu aktywnego (najczęściej w kwietniu, maju, czerwcu, lipcu), maksymalne w okresie pasywnym (najczęściej w styczniu, marcu). Należy jednak zaznaczyć, że średnie wartości cech fizyczno-chemicznych w tych okresach niewiele się różniły (tab. 4).

## 5. Dyskusja i wnioski

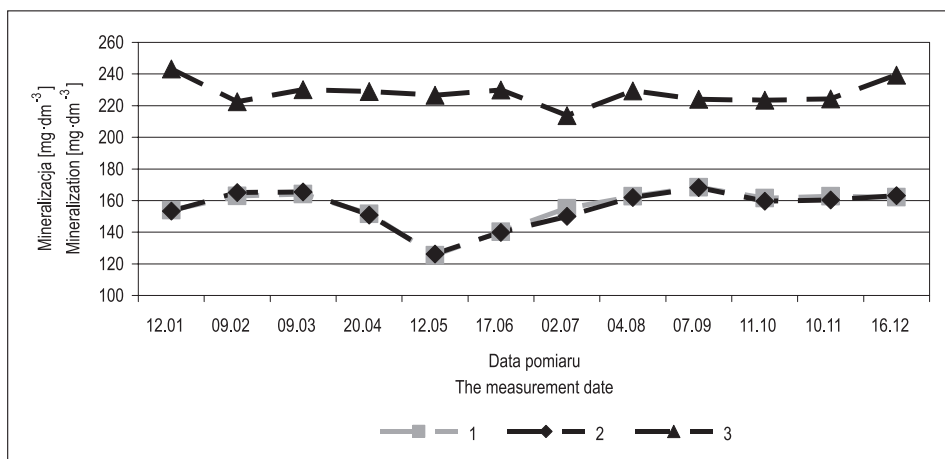
Przeprowadzone badania wykazały występowanie przestrzennego zróżnicowania i sezonowej zmienności cech fizyczno-chemicznych wody badanych źródeł. W zróżnicowaniu przestrzennym cech fizycznych i chemicznych, podobnie jak u A. Wolanin i M. Żelaznego (2010), zaznaczył się bardzo wyraźnie wpływ budowy geologicznej obszaru alimentacyjnego źródła. Skład chemiczny źródła nr 3 jest charakterystyczny dla wód drenujących utwory węglanowe. Charakteryzuje się ono wysoką mineralizacją oraz stężeniem poszczególnych jonów, jak również najniższymi wydajnościami. Z kolei źródła Eliasza drenują prawdopodobnie zbiornik wodonośny zbudowany z innych utworów o czym świadczą niższe wartości większości cech fizyczno-chemicznych niż w źródle nr 3. Możliwe, że Źródła Eliasza stanowią część systemu wywierzysskowego zlewni Potoku Olczyskiego (Pociask-Karteczka i in. 2010).

Tab. 3. Współczynniki korelacji ( $r$ ) cech fizyczno-chemicznych pomiędzy źródłami Eliasza N i S

Table 3. Correlation coefficients ( $r$ ) of physico-chemical properties between the Elias North and South springs

Cechy fizyczno-chemiczne Physico-chemical properties	$r$
EC <sub>25°C</sub>	0,95
Temperatura wody / Water temperature	0,92
pH	0,97
H <sup>+</sup>	0,97
Ca <sup>2+</sup>	0,99
Mg <sup>2+</sup>	0,99
Na <sup>+</sup>	0,96
K <sup>+</sup>	0,60
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,83
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,98
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,99
Cl <sup>-</sup>	0,92
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,95
F <sup>-</sup>	0,78
M	0,99
Tw	0,98
Tnw	0,72
To	0,99

Sezonowe zmiany cech fizyczno-chemicznych wynikają z uwarunkowań meteorologicznych (drugi z czynników obok budowy geologicznej wpływający na cechy fizyczno-chemiczne wody) – wielkości opadów oraz miąższości i tempa topnienia pokrywy śnieżnej w okresie roztopów. Ogólnie można stwierdzić, że najwyższe stężenia większości jonów występowały w czasie niżówek jesiennych (IX) i zimowych (I–III, XII), natomiast najniższe były w czasie wezbrań roztopowych (IV–VI) i deszczowych (VII). Podobne wyniki prezentują A. Wolanin i M. Żelazny (2010); stwierdzić więc można, że badane źródła charakteryzują się typową reakcją na warunki atmosferyczne. Szczegółowe określenie relacji: warunki meteorologiczne – cechy fizyczno-chemiczne, jest trudne do interpretacji, ze względu na brak dostępu do informacji meteorologicznych w cytowanych publikacjach.

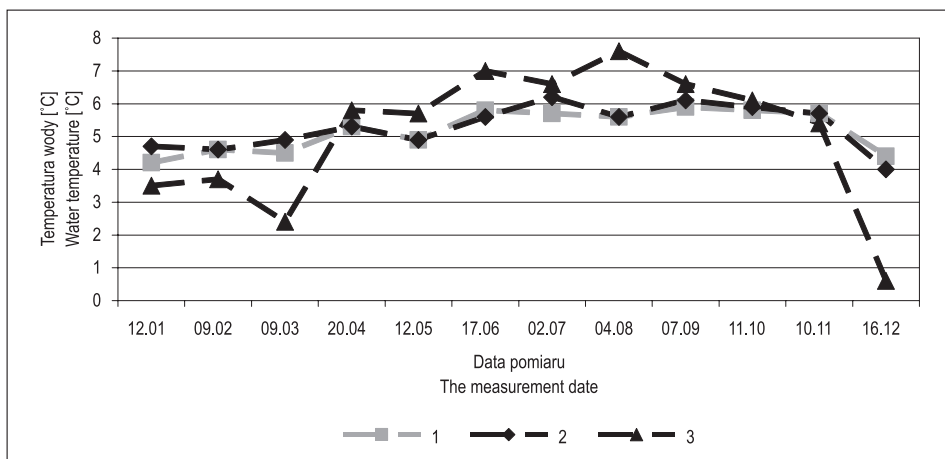


Ryc. 4a. Zmiany mineralizacji wody w badanych źródłach

Objaśnienia: 1 – Źródło Eliasza Północne (N), 2 – Źródło Eliasza Południowe (S), 3 – Źródło nr 3.

Fig. 4a. The change in water mineralization in the investigated springs

Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring.



Ryc. 4b. Zmiany temperatury wody w badanych źródłach

Objaśnienia: 1 – Źródło Eliasza Północne (N), 2 – Źródło Eliasza Południowe (S), 3 – Źródło nr 3.

Fig. 4b. The change of the water temperature in the investigated springs

Explanations: 1 – Elias North Spring, 2 – Elias South Spring, 3 – No. 3 spring.

Tab. 4. Średnie wartości cech fizyczno-chemicznych badanych źródeł w okresie aktywnym (A) i pasywnym (P)  
 Table 4. Mean values of physico-chemical properties of the investigated springs during their active (A) and passive (P) period

Spring	Okres	Q dm <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	EC <sub>25°C</sub> µS·dm <sup>-3</sup>	T °C	pH	mg·dm <sup>-3</sup>										mval·dm <sup>-3</sup>				
						H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	M	To	Tw	Tnw
Eliaszka N	A	5,0	169,9	5,5	7,9	0,000015	25,96	6,55	0,76	0,43	0,02	107,34	7,36	0,47	1,63	0,03	150,55	1,83	1,76	0,08
	P	3,5	177,0	4,9	8,2	0,000012	27,31	7,72	0,92	0,43	0,03	113,26	9,05	0,63	1,79	0,03	161,21	2,00	1,86	0,14
Eliaszka S	A	8,7	168,2	5,6	8,0	0,000014	25,83	6,47	0,78	0,48	0,02	106,32	7,47	0,50	1,60	0,02	149,51	1,82	1,74	0,08
	P	5,6	179,3	5,0	8,2	0,000012	27,26	7,64	0,96	0,45	0,03	113,22	9,15	0,67	1,74	0,03	161,15	1,99	1,86	0,13
Nr 3	A	0,3	259,4	6,6	8,2	0,000010	43,34	8,74	0,75	0,64	0,06	142,90	22,47	1,04	5,44	0,02	225,41	2,88	2,34	0,54
	P	0,1	263,2	3,6	8,4	0,000010	43,24	9,90	0,67	0,56	0,04	146,72	22,53	1,06	5,58	0,03	230,45	2,97	2,40	0,57

## Literatura

- Antosz K., 2008, *Naturalne czynniki warunkujące zróżnicowanie przestrzenne i zmiany składu chemicznego wód powierzchniowych i podziemnych dolin wierchowych na przykładzie Doliny Strążyńskiej*, praca magisterska Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Bac-Moszaszwili M., Burchart M., Głazek J., Iwanow A., Jaroszewski W., Kotański Z., Lefeld J., Mastella L., Oziomkowski W., Roniewicz P., Skupiński A., Westwalewicz-Mogilska E., 1979, *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1:30 000*, Wyd. Geol., Warszawa.
- Balon J., 2001, *Physicogeographical regionalization of the Tatra National Park (Poland)*, *Ekologia (Bratislava)*, 20, Suppl. 4/2001, 116–122.
- Barczyk G., 2004, *Recent Results of the Dye Tracer Tests of the Chochołowskie Vaucluse Spring karst system (Western Tatra MTs.)*, *Acta Geologica Polonica*, Vol 54, 169–177.
- Barczyk G., 2008, *Tatrzańskie wywierzyska. Krasowe systemy wywierzyskowe Tatr Polskich*, Wydawnictwa Tatrzańskiego Parku Narodowego, Zakopane.
- Bednarczyk E., 2007, *Naturalne uwarunkowania cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w Tatrach Zachodnich na przykładzie Doliny Tomanowej*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 11.
- Kątnik J., Leśniak A., 2007, *Zróżnicowanie cech fizyczno-chemicznych wód w zlewni Potoku Olczego*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Kotański Z., 1963, *Stratygrafia i litologia triasu regli zakopiańskich*, *Acta Geologica Polonica*, 13, 328–335.
- Krzemień E., 1980, *Stosunki wodne zlewni Potoku Strążyńskiego w Tatrach*, praca magisterska Zakład Geomorfologii, praca magisterska, IGiGP UJ, Kraków.
- Łajczak A., 1996, *Hydrologia* [w:] Z. Mirek, Z. Głowaciński, K. Klimek, H. Piękoś-Mirkowa (red.) *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wyd. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane – Kraków, 169–196.
- Maciaszczyk A., 1978, *Hydrochemia*, Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Małecka D., 1989, *Wpływ opadów atmosferycznych na kształtowanie chemizmu wód w obrębie masywu tatrzańskiego*, *Przegląd Geol.* 10, 504–510.
- Małecka D., Humnicki W., 1989, *Rola warunków hydrodynamicznych w kształtowaniu reżimu Wywierzyska Olczego*, *Przegląd Geologiczny*, 37, 78–84.
- Małecka D., 1996, *Hydrogeologiczna charakterystyka Tatr w świetle badań monitoringowych* [w:] Z. Mirek, Z. Głowaciński, K. Klimek, H. Piękoś-Mirkowa (red.) *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Tatrzański Park Narodowy, Zakopane – Kraków, 19–30.
- Małecka D., 1997, *Źródła masywu tatrzańskiego*, *Acta Universitatis Lodzianis, Folia Geogr. – Phys.*, 2, 9–26.
- Nemcok J., (red.), 1986, *Geologická Mapa Tatier 1:50 000*, Geologický Ústav Dioniza Stura, Bratislava.
- Nickel K., 2009, *Naturalne czynniki warunkujące zróżnicowanie przestrzenne, zmiany wewnątrzdobowe, sezonowe chemizmu wód na przykładzie potoków Dolincańskiego, Bobrowieckiego i Małych Koryciś w Tatrach Zachodnich*, praca magisterska Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.

- Oleksynowa K., 1970, *Charakterystyka geochemiczna wód tatrzańskich*, Acta Hydrobiol., 12, 1–110.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1956, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. I. Dolina Strążyńska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 1, 33–51.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1957a, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. II. Dolina Białego*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 3, 113–126.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1957b, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. III. Dolina Małej Łąki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 3, 127–146.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1958, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. IV. Dolina Kościeliska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 5, 13–44.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1960, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. V. Dolina Chochołowska*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 7, 17–48.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1961, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VI. Dolina Rybiego Potoku i Dolina Roztoki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 8, 37–66.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1964, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VII. Dolina Waksmundzka i Dolina Filipki*, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie, ser. Rolnictwo, 11, 19–49.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1965, *The chemical composition of water in the Polish Tatra Mountains, and the problem of its variation in time, Limnological investigations in the Tatra Mountains and Dunajec River Basin*, Komitet Zagosp. Ziem Górskich PAN, 11, 91–111.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1989a, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. VIII. Dolina Suchej Wody*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, 241, ser. Rolnictwo, 28, 3–31.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1989b, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. IX. Dolina Olczyńska*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, 28, 33–54.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1990, *Materiały do znajomości wód w Tatrach. Cz. X. Dolina Bystrej*, Zesz. Nauk. Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie, ser. Rolnictwo, 29, 3–31.
- Oleksynowa K., Komornicki T., 1996, *Chemia wód* [w:] Mirek Z., Głowaciński Z., Klimek K., Piękoś-Mirkowa H. (red.), *Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wyd. Tatrzański Park Narodowy, Zakopane – Kraków, 197–214.
- Pazdro Z., 1977, *Hydrogeologia ogólna*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Pociask-Karteczka J., Wójcik S., Żelazny M., 2010, *Hydrochemical evidences of hydraulic connection between crystalline and carbonate aquifers (the Tatra Mts., East-Central Europe)* [w:] *Ground-water Quality Sustainability Extended Abstracts*, CD, XXXVIII IAH Congress, Kraków.
- Plenzler J., 2008, *Zróżnicowanie cech fizycznych i chemicznych źródeł na północnym progu Tatr Polskich*, Praca mgr, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Pytlowiana A., 2007, *Naturalne warunki cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w Tatrach Zachodnich na przykładzie Doliny Pysznińskiej*, praca magisterska Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Rakoczy G., 1980, *Charakterystyka koncentracji rumowiska rzecznego i rozpuszczonego w zlewni Bystrego w okresach niżówkowych*, Praca mgr, Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.
- Sikora A., 2007, *Naturalne warunki cech fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w węglanowej części Tatr Zachodnich na przykładzie Doliny Miętusiej*, praca magisterska Zakład Hydrologii, IGiGP UJ, Kraków.

- Sokołowski S., Jaczynowska W. (red.), 1979, *Mapa geologiczna Tatr Polskich 1: 10 000*, arkusz Kopieniec, Wydawnictwa Geologiczne.
- Staszak A., 2007, *Wpływ budowy geologicznej na rozmieszczenie i cechy wypływów w zlewni Potoku Olczyńskiego*, praca magisterska, Zakład Hydrologii, IGI GP UJ, Kraków.
- Trafas K. (red.), 1985, *Atlas Tatrzańskiego Parku Narodowego*, Wojskowe Zakłady Kartograficzne, Zakopane, Kraków.
- Wit Z., Ziemońska Z., 1960, *Hydrografia Tatr Zachodnich. Objasnienia do mapy hydrograficznej „Tatry Zachodnie” 1:50 000*, Instytut Geografii PAN, Kraków.
- Wolanin A., Żelazny M., 2010, *Sezonowe zmiany chemizmu wód źródeł tatrzańskich w zlewniach Potoku Chochołowskiego i Potoku Kościeliskiego w 2009 roku* [in:] T. Ciupa, R. Suligowski (red.), *Woda w badaniach geograficznych*, Instytut Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego, Kielce, 339–347.
- Ziemońska Z., 1974, *O hydrografii Polskich Tatr*, Czas. Geogr., 65, 63–74.
- Żelazny M., Wolanin A., Płaczkowska E., 2009, *Przestrzenne zróżnicowanie i sezonowe zmiany cech fizyczno-chemicznych wód potoków Kościeliskiego i Chochołowskiego w Tatrach Zachodnich* [w:] B. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda (red.), *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 461–466.
- <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/wdc/index.php> (18 03 2011).

Sabina Wójcik  
Uniwersytet Jagielloński,  
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej,  
ul. Gronostajowa 7, 30-387 Kraków,  
e-mail: sabina.wojcik@uj.edu.pl