

Joanna Żelazna-Wieczorek¹, Karolina Mostowik²

¹ Katedra Algologii i Mykologii
Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki
ul. Banacha 12/16, 90–237 Łódź
joanna.zelazna@biol.uni.lodz.pl

² Zakład Hydrologii
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7, 30–387 Kraków
karolina.mostowik@doctoral.uj.edu.pl

Received: 27.03.2019

Reviewed: 21.06.2019

RÓŻNORODNOŚĆ GATUNKOWA OKRZEMEK BIESZCZADZKIEGO PARKU NARODOWEGO – OKRZEMKI ŹRÓDŁA ELIZY NA POŁONINIE WETLIŃSKIEJ

Diversity of diatoms of the Bieszczady National Park – diatoms of the Eliza spring on Połonina Wetlińska

Abstract: In the spring on Połonina Wetlińska, commonly known as the Eliza Spring, the diatom communities from three microhabitats were studied, for the first time, in September 2017. This spring is located on the northern slope at an altitude of 960 m a.s.l., below the forest boundary. The diatom microflora of this spring consisted of 71 taxa, of which 55 taxa were found among bryophytes, 31 in the epilithic sample and 30 in benthos. For the first time, the occurrence of *Diatomella balfouriana* was recorded in the Western Bieszczady. Species rarely recorded in the Bieszczady National Park and in Poland and occurring in the Eliza Spring were: *Achnanthes petersenii* Hustedt, *Caloneis tenuis* (Gregory) Krammer, *Cymbopleura laeviformis* Krammer, *Encyonema bipartitum* (Mayer) Krammer, *Encyonopsis falaisensis* (Grunow) Krammer, *Fallacia lange-bertalotii* (Reichardt) Reichardt, *Geissleria paludosa* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin, *Gomphonema angustivalva* Reichardt, *G. drutelginense* Reichardt, *G. hebridense* Gregory, *Halamphora normanii* (Cleve) Levkov and *Platessa montana* (Krasske) Lange-Bertalot.

Key words: species richness, rare species, microhabitats, spatial diversity.

Wstęp

W ostatnich kilku latach siedliska wodne na terenie Bieszczadów Zachodnich stały się obiektem zainteresowania diatomologów, zarówno w aspekcie badań taksonomicznych, jak i ekologicznych. Efektem ich pracy jest szczegółowe rozpoznanie bardzo ważnej ekologicznie grupy organizmów autotroficznych, jaką są okrzemki (Bacillariophyta). Organizmy te, od prawie 20 lat, stanowią jedną z grup wykorzystywanych w biologicznej ocenie stanu ekologicznego wód powierzchniowych, zgodnie z zaleceniami Water Framework Directive 2000 (DIRECTIVE 2000/60/EC). Badania florystyczne i taksonomiczne okrzemek tego terenu obejmowały dotychczas głównie wody płynące (Noga i in. 2013a, 2014,

2016a, 2016b, 2018; Peszek i in. 2015; Rybak i in. 2017), ale także wody stojące (Noga i in. 2013b) oraz torfowisko (Wołowski 2011; Rybak i in. 2018).

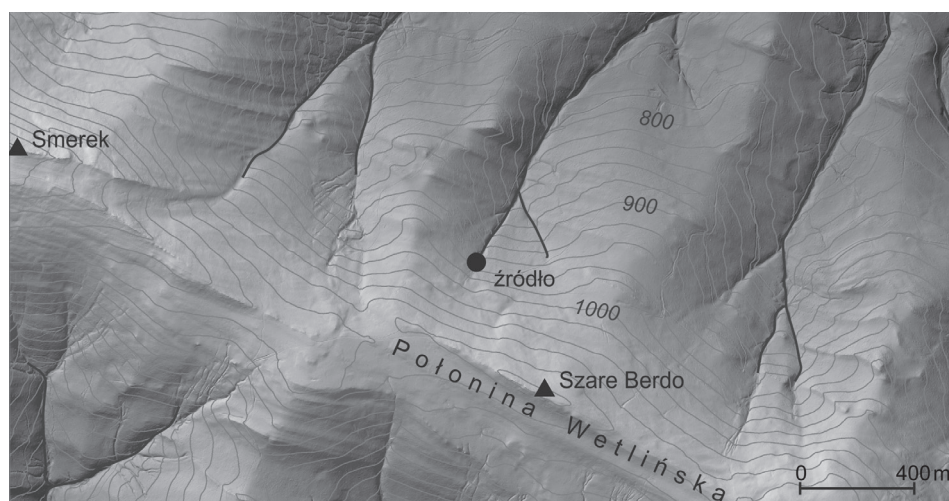
Obiekty krenologiczne – źródła, stanowią siedliska w znaczącym stopniu wzbogacające różnorodność biologiczną na obszarach, na których występują, szczególnie o gatunki charakteryzujące się wysokimi wymaganiami wobec jakości wody, powiązanymi z warunkami hydrochemicznymi, wynikającymi z budowy geologicznej (Cantonati 1998; Werum i Lange-Bertalot 2004; Żelazna-Wieczorek 2011; Wojtal 2013).

Również źródła, licznie występujące na terenie Bieszczadzkiego Parku Narodowego, stanowią siedliska zróżnicowane pod względem składu gatunkowego okrzemek (Żelazna-Wieczorek 2012; Żelazna-Wieczorek i Knysak 2017). Badania z uwzględnieniem mikrosiedlisk (Cantonati i in. 2007) są szczególnie istotne dla rozpoznania w pełni różnorodności gatunkowej okrzemek źródeł.

Celem pracy było rozpoznanie różnorodności gatunkowej okrzemek w źródle na Połoninie Wetlińskiej, z uwzględnieniem różnych podłoży. W celu określenia przestrzennego zróżnicowania mikroflory źródeł w Bieszczadzkim Parku Narodowym, porównano zbiorowiska okrzemek badanego źródła ze zbiorowiskami ze źródła położonego na Przełęczy Goprowskiej pod Tarnicą, wykorzystano dane opublikowane przez Żelazna-Wieczorek i Knysak (2017).

Teren badań

Źródło Elizy, nazwa nieformalna, za Płaczkowska i in. (2018) – źródło nr 3, położone jest na północnym stoku Połoniny Wetlińskiej (Ryc. 1) (współrzędne



Ryc. 1. Położenie Źródła Elizy na Połoninie Wetlińskiej – oznaczono ●

Fig. 1. The location of Eliza's Spring on Połonina Wetlińska – marked ●

geograficzne 49 10.912N; 20 30.141E), blisko górnej granicy lasu na wysokości około 960 m n.p.m. i należy do źródeł stokowych. Źródło wypływa z rozległej niszy źródłiskowej, która stanowi początek doliny niewielkiego ciek, dopływu potoku Berdo. Północny stok Połoniny Wetlińskiej zbudowany jest w przewodze z zapadających w kierunku północno-wschodnim gruboławicowych piaskowców otryckich z niewielkim udziałem ogniów łupkowych (Malata i in. 2006). Lokalnie jednak, kierunek tego zapadania jest przeciwny (południowo-zachodni) – strefy przeciwnego kierunku zapadania warstw skalnych cechują górne odcinki dolin, m.in. w rejonie badanego źródła. Średnia wydajność tego źródła wynosi 6,2 dm³/s. Jest to bardzo wysoka wartość jak na źródła drenujące skały fliszowe, jednocześnie jest to jedno z najbardziej wydajnych źródeł w paśmie Połoniny Wetlińskiej (Płaczkowska i in. 2018). Średnia roczna temperatura wód źródłanych wynosi 5,6°C, a w skali roku średnia miesięczna zmienia się w niewielkim zakresie poniżej 1,5°C – najniższa temperatura wody jest od grudnia do lutego (około 5,0°C), a najwyższa jest w lipcu i sierpniu, powyżej 6,0°C (Kisiel i in. 2015). Badania zasobności i funkcjonowania zbiorników wód podziemnych w paśmie Połoniny Wetlińskiej sugerują zasilanie źródła wodami ze zbiornika szczelinowo-porowego. Zasięg tego zbiornika jest znacznie większy niż wskazują granice zlewni topograficznej analizowanego źródła, sugerując tym samym znaczącą rolę struktur tektonicznych w dostawie wody. Przeciętny czas przebywania wody w systemie wodonośnym i odnowy zasobów wód zbiornika wynosi 45–50 dni (Płaczkowska i in. 2018).

Materiał i metody

Materiał do badań diatomologicznych został zebrany 27 września 2017 roku z trzech podłoży: epiliton (z kamieni), bentos (z drobnych kamieni i piasku) i mchów. Jednocześnie z poborem prób wykonano pomiar *in situ*: temperatury (5,5°C), odczynu (7,84) i przewodnictwa właściwego wody (142,7 μS), przy wydajności 10 l/s. Próby pobierano zgodnie z zasadami określonymi dla różnych typów podłoża, do pojemników o objętości 125 ml, a następnie były utrwalane 4% roztworem formaldehydu.

Preparatykę okrzemek w celu otrzymania oczyszczonego osadu okrzemkowego a następnie przygotowania trwałych preparatów prowadzono zgodnie z Żelazna-Wieczorek (2011). Analizę jakościową i ilościową okrzemek (w preparacie liczono 500 okryw) przeprowadzono z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego (LM) oraz mikroskopu skaningowego (SEM). Wykonano analizę podobieństwa zbiorowisk okrzemek pomiędzy poszczególnymi próbami stosując współczynnik Bray-Curtisa, a następnie analizę skalowania wielowymiarowego (nMDS) oraz dla wskazania znaczenia gatunków dla podobieństwa i niepodobieństwa prób – Shade plot oraz SIMPER, korzystając z programu PRIMER 7.0.13. Kody gatunków zastosowane w analizie są zgodne z kodami w bazie programu OMNIDIA 6.0.6.

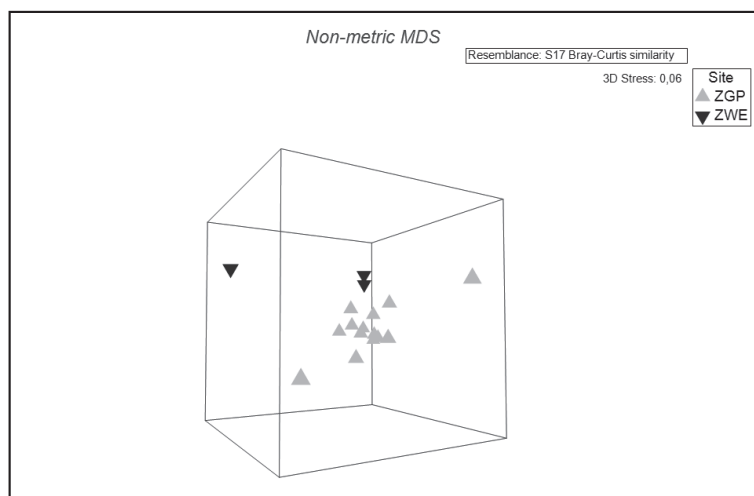
Do analizy porównawczej zbiorowisk okrzemek badanego Źródła Elizy na Połoninie Wetlińskiej ze zbiorowiskami ze źródła na Przełęczy Goprowskiej, wykorzystano dane z analizy jakościowej i ilościowej zbiorowisk okrzemek zbieranych również z analogicznych trzech mikrosiedlisk, które zostały opublikowane w pracy Żelazna-Wieczorek i Knysak (2017).

Dane o tolerancji ekologicznej gatunków okrzemek zebrano korzystając z bazy programu OMNIDIA 6.0.6 oraz danych z literatury: Bąk i in. (2012), Cantoni i in. (2017), Krammer (2000), Lange-Bertalot (2001), Levkov, Ector (2010), Levkov i in. (2016), Werum, Lange-Bertalot (2004), Wojtal (2013), Żelazna-Wieczorek (2011).

Wyniki

W źródle na Połoninie Wetlińskiej zidentyfikowano 71 taksonów okrzemek, z tego w epilitonie 30 taksonów, w bentosie – 31, natomiast wśród mchów – 55 (Tabela 1).

Analiza porównawcza zbiorowisk okrzemek Źródła Elizy i źródła na Przełęczy Goprowskiej wykazała ich odrębność (Ryc. 2). Wyraźnie niepodobna do wszystkich pozostałych, jest jedna próba ze Źródła Elizy – z mchów.



Ryc. 2. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego 3D, gdzie: ZWE – próby ze źródła na Połoninie Wetlińskiej, ZGP – próby ze źródła na Przełęczy Goprowskiej.

Fig. 2. Diversity of diatom assemblages based on the analysis of multidimensional scaling 3D, where: ZWE - samples from the spring on Połonina Wetlińska, ZGP - samples from the spring on the Goprowska Pass.

Analiza zróżnicowania jakościowego i ilościowego pozwoliła wskazać gatunki, które mają wpływ na podobieństwo i niepodobieństwo pomiędzy źródłami i poszczególnymi próbkami (Ryc. 3). Analiza Shade plot porównuje ze sobą dwie matryce danych i grupuje je na dwóch płaszczyznach: podobieństwo prób i gatunków okrzemek wpływających na nie.

Gatunkiem, który występował w obu źródłach – Źródle Elizy i źródle na Przełęczy Goprowskiej – z dużym udziałem w próbce jest *Achnantheidium minutissimum* (Kützing) Czarnecki (AMIN), wpływając na podobieństwo wszystkich próbek. Do gatunków notowanych we wszystkich próbkach z wysokim udziałem należą również *Amphora pediculus* (Kützing) Grunow (APED), *Cocconeis pseudolineata* (Geitler) Lange-Bertalot (CPPL), *Odontidium mesodon* (Ehrenberg) Kützing (DMES).

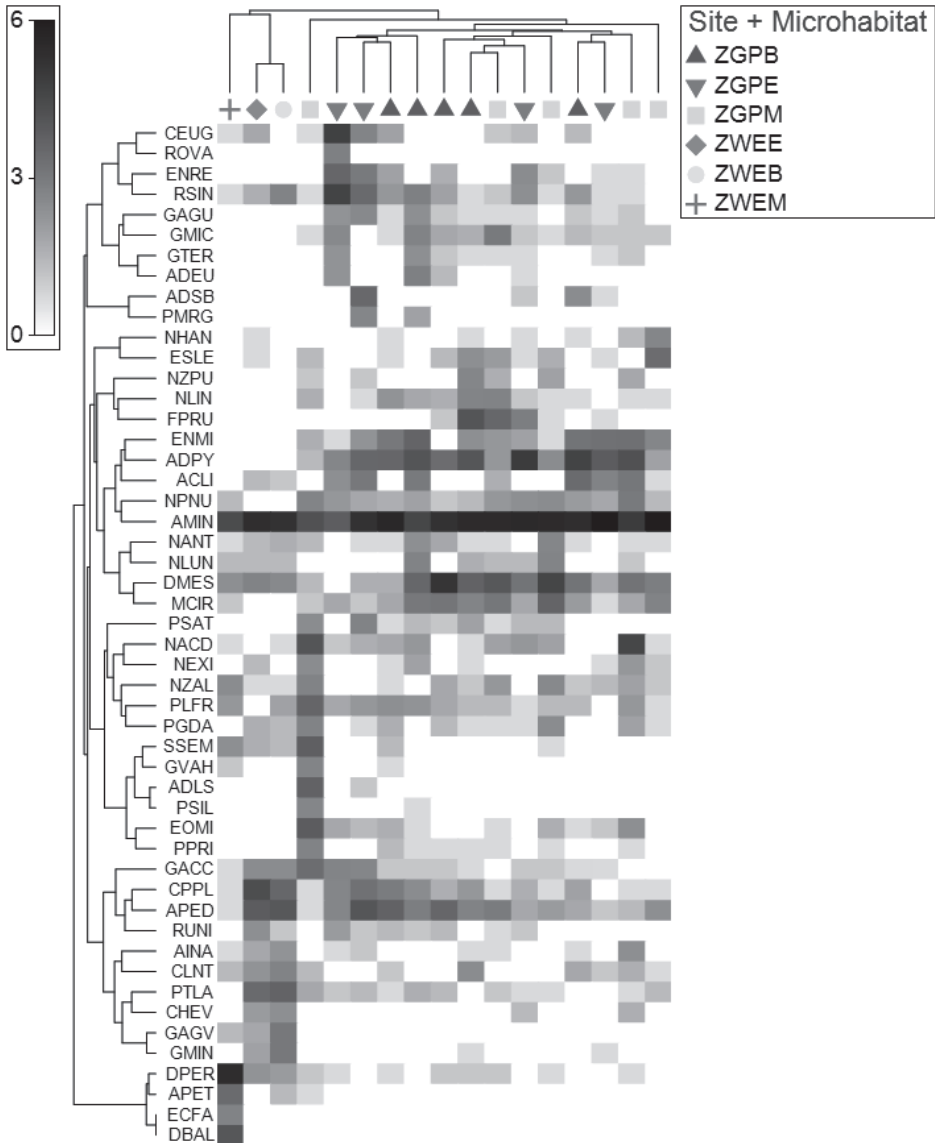
Gatunkami występującymi mniej licznie we wszystkich próbkach są: *Geissleria acceptata* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin (GACC) (Ryc. 4: 7–8), *Navicula antonii* Lange-Bertalot (NANT), *Nitzschia alpina* Hustedt (Ryc. 5: 19) i *Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek & Stoermer (RSIN) (Ryc. 5: 22).

W Źródle Elizy nie notowano *Achnantheidium pyrenaicum* (Hustedt) Kobayasi (ADPY) i *Encyonema minutum* (Hilse) Mann (ENMI) gatunków, które licznie były notowane we wszystkich próbkach w źródle na Przełęczy Goprowskiej. Licznie występujące w źródle na Przełęczy Goprowskiej okrzemki *Meridion circulare* (Greville) Agardh (MCIR), *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot (NACD), *N. perminuta* (Grunow) Peragallo (NPNU), w Źródle Elizy zostały odnotowane w próbce z mchów tylko jako pojedyncze okrywy.

Reimeria uniseriata Sala, Guerrero & Ferrario (RUNI) (Ryc. 5: 23) występowała w obu źródłach, jednak jej wysoki udział odnotowano tylko w próbkach epilitonu.

Achnanthes petersenii Hustedt (APET), *Caloneis tenuis* (Gregory) Krammer (CATE) (Ryc. 4: 19–22), *Cymbopleura laeviformis* Krammer (CLVF) (Ryc. 4: 4–6), *Diatomella balfouriana* Greville (DBAL) (Ryc. 6: 1–16), *Encyonema bipartitum* (Mayer) Krammer (ENBI) (Ryc. 4: 12), *Encyonema perpusillum* (Cleve) Mann (ENPE), *Encyonopsis falaisensis* (Grunow) Krammer (ECFA) (Ryc. 4: 15–18), *Fallacia lange-bertalotii* (Reichardt) Reichardt (FLGB) (Ryc. 6: 19), *Geissleria paludosa* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin (GPAL) (Ryc. 4: 9–10), *Gomphonema drutelginense* Reichardt (GDRU) (Ryc. 5: 13–14), *Gomphonema hebridense* Gregory (GHEB) (Ryc. 5: 12), *Halumphora normanii* (Cleve) Levkov (HNOR) (Ryc. 5: 20–21) zidentyfikowano tylko w Źródle Elizy, głównie w próbce z mszaków. *Platessa montana* (Krasske) Lange-Bertalot (Ryc. 4: 11) stwierdzono jedynie w Źródle Elizy w próbce epilitonu.

Humidophila perpusilla (Grunow) Lowe, Kociolek, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalova (DPER) (Ryc. 6: 20), *Gomphonema angustivalva* Reichardt (GAGV) (Ryc. 5: 1–3), *Gomphonema minutum* (Agardh) Agardh (GMIN) (Ryc.



Ryc. 3. Analiza Shade plot, której skala cieniowania została określona przy użyciu $\text{Log}(x+1)$, gdzie: ZWE – próby ze źródła na Połonina Wetlińskiej, ZGP – próby ze źródła na Przełęczy Goprowskiej, a ostatnia litera oznacza mikrosiedlisko (E – kamienie, B – drobne kamienie i piasek, M – mchy), kody gatunków wyjaśniono w tekście.

Fig. 3. Shade plot analysis, whose shading scale was determined using $\text{Log}(x+1)$, where: ZWE – samples from the spring on Połonina Wetlińska, ZGP – samples from the spring on the Goprowska Pass and the last letter means microhabitat (E – stones, B – gravel and sand, M – mosses), species codes are explained in the text.

5: 15–16) z wysokim udziałem w Źródle Elizy, natomiast pojedynczo w źródle na Przełęczy Goprowskiej. *Gomphonema montanum* Schumann (Ryc. 5: 18) nie liczenie występowała w próbie z mszaków w Źródle Elizy, natomiast odnotowano jedną okrywę w źródle na Przełęczy Goprowskiej, również w próbie z mszaków.

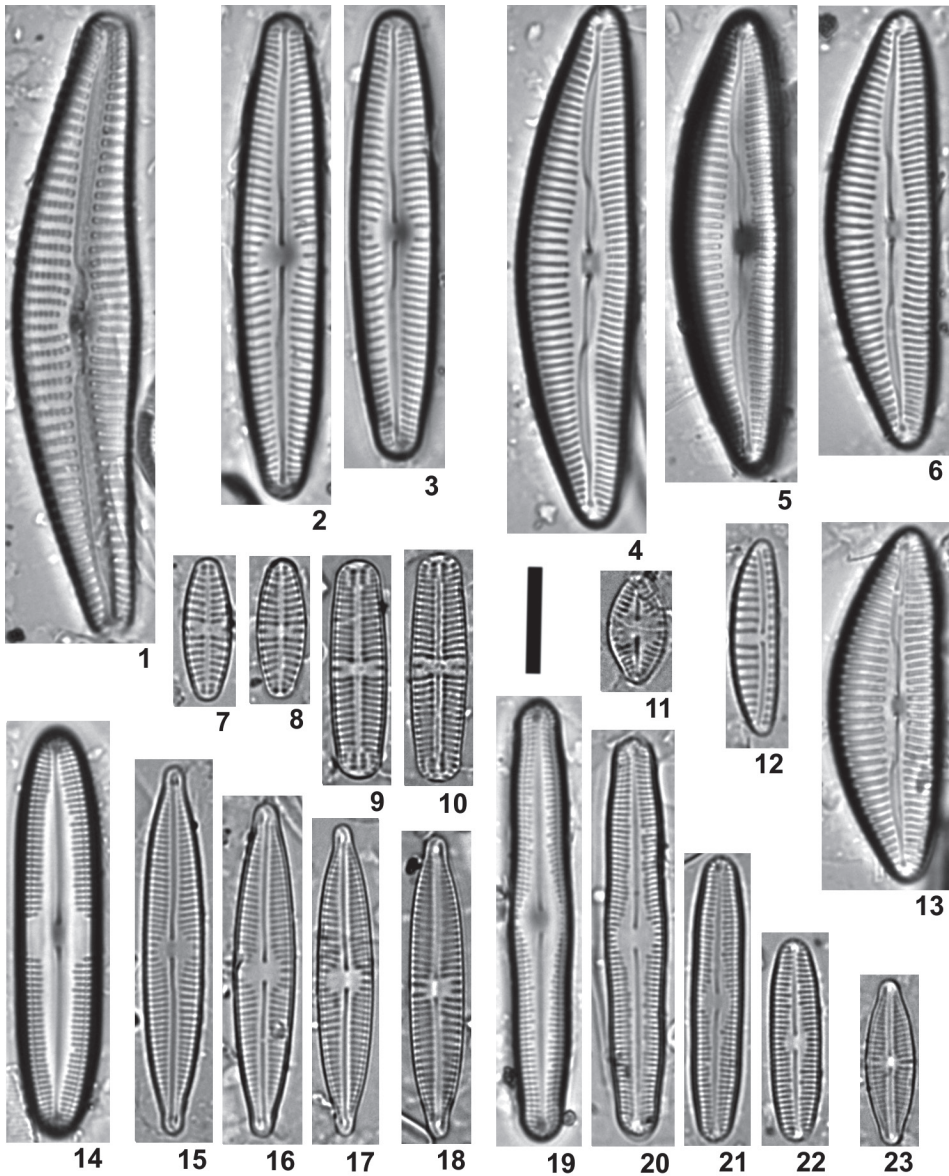
W Źródle Elizy odnotowano zróżnicowanie w składzie jakościowym i ilościowym okrzemek w próbach z wybranych mikrosiedlisk. Na podstawie analizy SIMPER określono niepodobieństwo pomiędzy próbą z epilitem i mszaków 77,11, a pomiędzy próbą z bentosu i mszaków – 73,57, natomiast pomiędzy próbą epilitem i bentosu wynosiło tylko 19,68. Główny wpływ na odrębność próby z mszaków ma obecność *Humidophila perpusilla* (Ryc. 6: 20), która stanowiła ponad 50% udziału w próbie oraz *Diatomella balfouriana* (Ryc. 6: 1–16), której udział w próbie wynosił ponad 10%. Gatunkiem dominującym w próbach z epilitem i bentosu był natomiast *Achnantheidium minutissimum*, z udziałem odpowiednio 38,1% i 34%.

W Źródle Elizy stwierdzono występowanie taksonów, których przynależność taksonomiczną należy jeszcze potwierdzić, na przykład *Adlafia* cf. *aquaeductae* (Ryc. 6: 24), *Cymbopleura* cf. *subaustriaca* (Ryc. 4: 13) i *Eunotia* cf. *valida* (Ryc. 6: 21–23) lub mogą to być nowe gatunki, jak *Chamaepinnularia* sp.1 (Ryc. 6: 17–18).

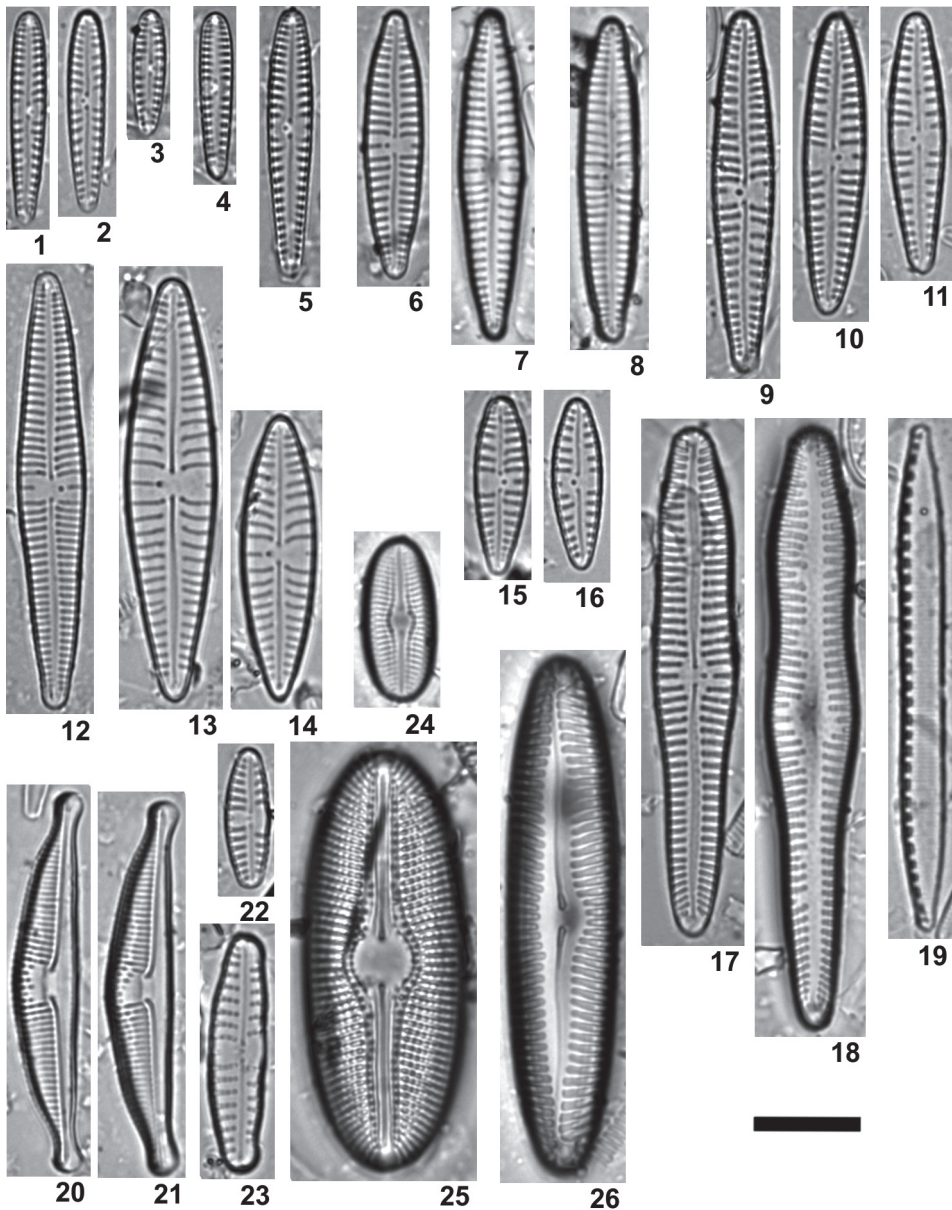
Dyskusja i posumowanie

Znacząca różnica w różnorodności gatunkowej okrzemek pomiędzy Źródłem Elizy – 71 taksonów a źródłem na Przełęczy Goprowskiej, w którym zidentyfikowano łącznie 190 taksonów, może wynikać z większej ilości prób przeanalizowanych na przestrzeni czterech lat w źródle na Przełęczy Goprowskiej. W poszczególnych próbach zaobserwowano w źródle na Przełęczy Goprowskiej od 15 do 84 taksonów, co jest porównywalne z próbami ze Źródła Elizy.

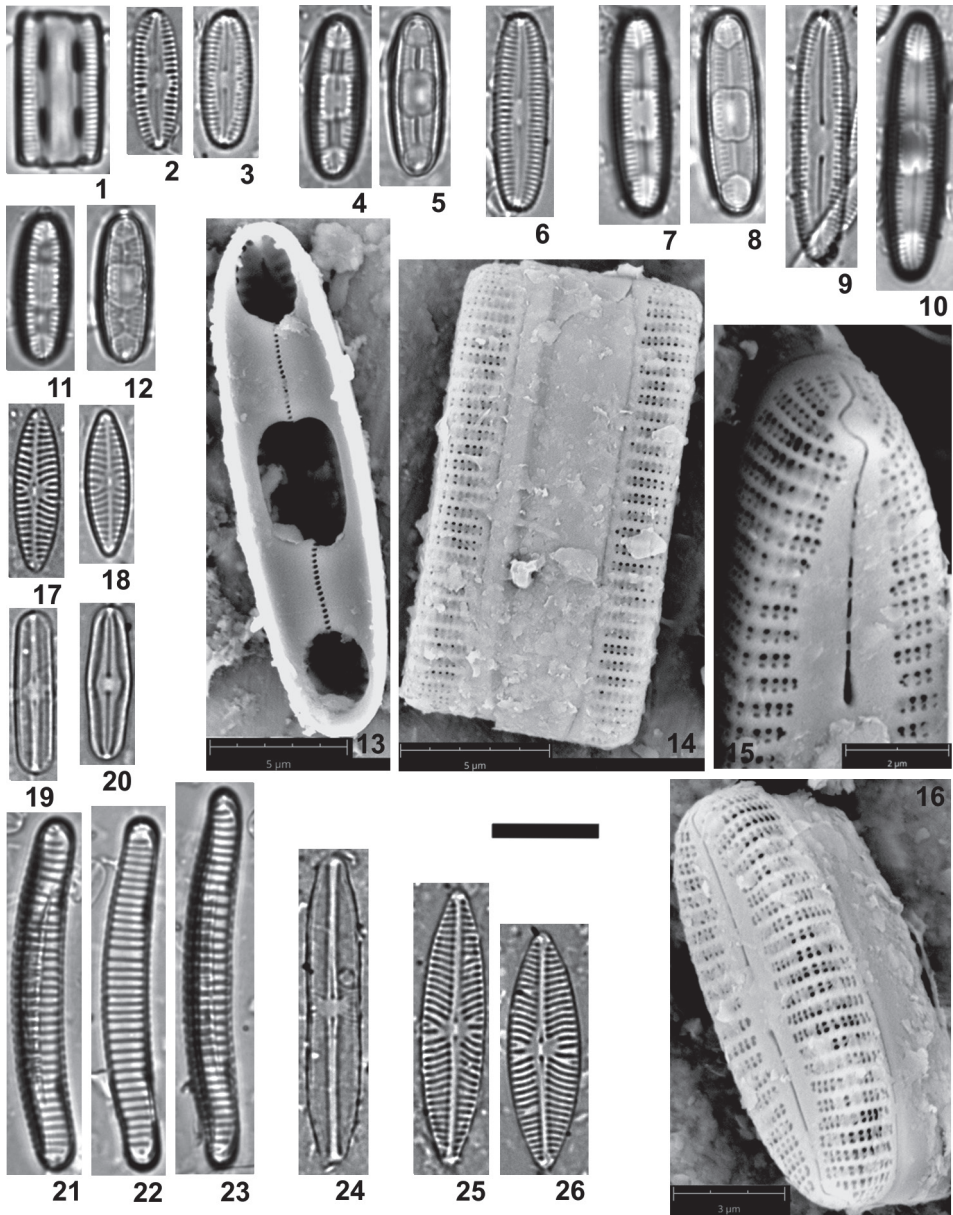
W Źródle Elizy odnotowano występowanie 21 gatunków nie notowanych wcześniej w źródle na Przełęczy Goprowskiej, w tym gatunki nie notowane wcześniej z obszaru Bieszczadzkiego Parku Narodowego lub notowane rzadko i nie liczenie. Gatunkiem pierwszy raz stwierdzonym na obszarze Bieszczadów Zachodnich jest *Diatomella balfouriana*. Dotychczas został on stwierdzony w Polsce jedynie z dwóch źródeł w Tatrach Wschodnich w postaci kilku okazów (Wojtal 2013). Występowanie z udziałem ponad 10% w próbie z mszaków, pozwala określić dodatkowo jego preferencje siedliskowe jako gatunku aerofilnego, w warunkach zasadowych, o niskim przewodnictwie elektrolitycznym i niskiej temperaturze wody. Gatunkami okrzemek również stwierdzonymi po raz pierwszy na terenie Bieszczadzkiego Parku Narodowego są: *Cymbopleura laeviformis* (Ryc. 4: 4–6), *Encyonema bipartitum* (Ryc. 4: 12).



Ryc. 4. / Fig. 4: 1. *Cymbella cymbiformis*; 2–3. *Cymbopleura subaequalis*; 4–6. *Cymbopleura laeviformis*; 7–8. *Geissleria acceptata*; 9–10. *Geissleria paludosa*; 11. *Platessa montana*; 12. *Encyonema bipartitum*; 13. *Cymbopleura* cf. *subaustriaca*; 14. *Caloneis macei*; 15–18. *Encyonopsis falaisensis*; 19–22. *Caloneis tenuis*; 23. *Encyonopsis subminuta* (LM Scale bar = 10µm).



Ryc. 5 / Fig. 5: 1–3. *Gomphonema angustivalva*; 4. *Gomphonema pumilum* var. *rigidum*; 5. *Gomphonema pumilum*; 6–7. *Gomphonema utae*; 8. *Gomphonema variscohercynicum*; 9–11. *Gomphonema angustum*; 12. *Gomphonema hebridense*; 13–14. *Gomphonema drutelingense*; 15–16. *Gomphonema minutum*; 17. *Gomphonema clavatum*; 18. *Gomphonema montanum*; 19. *Nitzschia alpina*; 20–21. *Halamphora normanii*; 22. *Reimeria sinuata*; 23. *Reimeria uniseriata*; 24. *Diploneis separanda*; 25. *Diploneis krammeri*; 26. *Pinnularia subcommutata* var. *nonfasciata* (LM Scale bar = 10µm).



Ryc. 6. / Fig. 6: 1–16. *Diatomella balfouriana* (1–12 LM; 13–16 SEM); 17–18. *Chamaepinnularia* sp.1; 19. *Fallacia lange-bertalotii*; 20. *Humidophila perpusilla*; 21–23. *Eunotia* cf. *valida*; 24. *Adlafia* cf. *aquaeductae*; 25–26. *Navicula hundii* (LM Scale bar = 10µm).

Gatunkami rzadko i nielicznie notowanymi na tym terenie, spośród zidentyfikowanych w badanym źródle głównie w próbie z mszaków, są *Caloneis tenuis* (Żelazna-Wieczorek 2012; Noga i in. 2013b), *Encyonema perpusillum* (Peszek i in. 2015), *Encyonopsis falaisensis* (Noga i in. 2016b), *Fallacia lange-bertalotii* (Noga i in. 2016b), *Geissleria paludosa* (Noga i in. 2013b; Noga i in. 2016b), *Gomphonema drutelginense* (Noga i in. 2016b; Noga i in. 2018), *G. hebridense* (Noga i in. 2013b), *Halamphora normanii* (Żelazna-Wieczorek 2012; Peszek i in. 2015; Noga i in. 2016b).

Platessa montana (Krasske) Lange-Bertalot 2004 (\equiv *Psammothidium montanum* (Krasske) Mayama 2002) był dotychczas notowany na terenie BdPN w potoku Trebowiec i jego dopływie (Noga i in. 2016b) oraz w potoku Wołosatka, jego dopływie i potoku Wołosaty (Rybak i in. 2017). W Źródle Elizy kilka okrywy tego gatunku zostało zidentyfikowane w próbach epilitonu. Biorąc pod uwagę dotychczas potwierdzone występowanie tego gatunku można zaliczyć go do grupy okrzemek aerofilnych.

Humidophila perpusilla występująca w badanym źródle w próbie z mszaków z wysokim udziałem procentowym, jest często notowana w źródłach i potokach BdPN (Noga i in. 2013b; Peszek i in. 2015; Noga i in. 2016b), jest to gatunek klasyfikowany jako naziemny, neutralny względem odczynu wody, oligotroficzny i oligosaprobowy (Van Dam i in. 1994).

Interesujące jest nie stwierdzenie występowania w Źródle Elizy okrzemki *Achnanthydium pyrenaicum*, gatunku notowanego jako dominujący w zbiorowiskach okrzemek w większości ekosystemów wód płynących w Bieszczadach Zachodnich, w tym również notowanego na torfowisku i w Jeziorkach Duszatyńskich. Biorąc pod uwagę wymagania wobec odczynu wody za Van Dam i in. (1994) określone jako gatunek alkalifilny oraz wobec żyzności jako preferujący warunki mezotrofii, badane źródło pod względem pH i przewodnictwa właściwego wydaje się być odpowiednim dla niego siedliskiem. Pozostałe gatunki, których liczne występowanie odnotowano w badanym źródle, określane są pod względem wymagań wobec odczynu wody jako neutralne (obojętne pH około 7), natomiast pod względem trofii wymagania są w kierunku warunków oligotroficznych.

Gatunkami okrzemek, które były odnotowane we wszystkich próbach w źródle na Przełęczy Goprowskiej (Żelazna-Wieczorek i Knysak 2017), natomiast w źródle Elizy nie stwierdzono ich obecności, są: *Gomphonema angustius* Reichardt (GAGU), *G. micropus* Kützing (GMIC), *G. tergestinum* (Grunow) Schmidt (GTER), *Navicula cryptocephala* Kützing (NCRY), *N. gregaria* Donkin (NGRE), *Nitzschia linearis* Smith (NLIN), *Psammothidium bioretii* (Germain) Bukhtiyarova & Round (PBIO) i *Surirella angusta* Kützing (SANG).

Rozpoznanie jakościowego i ilościowego zróżnicowania zbiorowisk okrzemek źródła na Połoninie Wetlińskiej poszerza stan poznania różnorodności gatunkowej tej grupy organizmów autotroficznych na terenie Bieszczadzkiego Parku Narodowego.

Tabela 1. Taksony okrzemek zidentyfikowane w Źródle Elizy, w poszczególnych mikrosiedliskach z ich udziałem procentowym w próbie, oraz kody taksonów.

Table 1. List of all diatom taxa identified in Eliza spring in particular microhabitats with their percentage share in the sample, and taxon codes.

Objaśnienia / *Explanations*: mikrosiedlisko / *microhabitat*: ZWEE – kamienie / *stones*, ZWEB – drobne kamienie i piasek / *gravel and sand*, ZWEM – mchy / *mosses*).

Takson/Taxa	KOD /code	ZWEE	ZWEB	ZWEM
<i>Achnanthes petersenii</i> Hustedt	APET		0,6	5,3
<i>Achnantheidium lineare</i> W.Smith	ACLI	0,6	0,4	
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	AMIN	43,8	39,4	14,2
<i>Adlafia</i> cf. <i>aquaeductae</i> (Krasske) Moser, Lange-Bertalot & Metzeltin	AAQU			1,1
<i>Amphora inariensis</i> Krammer	AINA	1,0	1,8	0,2
<i>Amphora indistincta</i> Levkov	AMID		0,2	
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow	APED	9,6	11,2	0,2
<i>Caloneis fontinalis</i> (Grunow) Cleve-Euler	CFON		0,2	0,7
<i>Caloneis macei</i> Fusey	CMCE			0,4
<i>Caloneis tenuis</i> (Gregory) Krammer	CATE			1,4
<i>Chamaepinnularia</i> sp. 1	CHEV	1,4	2,0	
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve	CDIS	0,2		
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	CEUG	1,0		0,2
<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg	CLNT	1,8	3,0	0,5
<i>Cocconeis neodiminuta</i> Krammer	CNDI	1,8	1,0	
<i>Cocconeis pseudolineata</i> (Geitler) Lange-Bertalot	CPPL	15,4	6,8	0,2
<i>Cymbella cymbiformis</i> Agardh	CCUN			0,2
<i>Cymbopleura laeviformis</i> Krammer	CLVF			1,6
<i>Cymbopleura subaequalis</i> (Grunow) Krammer	CSAQ			0,2
<i>Denticula tenuis</i> Kützing	DTEN		1,4	0,7
<i>Diatomella balfouriana</i> Greville	DBAL			10,0
<i>Diploneis krammeri</i> Lange-Bertalot & Reichardt	DKRA			0,4
<i>Diploneis separanda</i> Lange-Bertalot	DESP			0,2
<i>Encyonema bipartitum</i> (Mayer) Krammer	ENBI			0,9
<i>Encyonema perpusillum</i> (Cleve) Mann	ENPE			0,2
<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) Mann	ESLE	0,2		
<i>Encyonopsis cesatii</i> (Rabenhorst) Krammer	ECES			0,5

Takson/Taxa	KOD /code	ZWEE	ZWEB	ZWEM
<i>Encyonopsis falaisensis</i> (Grunow) Krammer	ECFA			2,6
<i>Encyonopsis</i> sp. 1.	ENC1			0,2
<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt	ESUM			0,2
<i>Eucocconeis laevis</i> (Østrup) Lange-Bertalot	EULA			0,4
<i>Eunotia</i> cf. <i>valida</i> Hustedt	EVAL			0,9
<i>Fallacia lange-bertalotii</i> (Reichardt) Reichardt	FLGB			0,2
<i>Frustulia vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	FVUL			0,2
<i>Geissleria acceptata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin	GACC	2,2	2,2	0,2
<i>Geissleria paludosa</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin	GPAL			0,5
<i>Gomphonema angustivalva</i> Reichardt	GAGV	1,0	4,0	0,5
<i>Gomphonema angustum</i> Agardh	GANT		0,2	0,2
<i>Gomphonema drutelginense</i> Reichardt	GDRU	0,2	0,2	0,5
<i>Gomphonema hebridense</i> Gregory	GHEB			0,2
<i>Gomphonema minutum</i> (Agardh) Agardh	GMIN	1,2	4,2	
<i>Gomphonema montanum</i> Schumann	GMON			0,7
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing	GPPA			0,2
<i>Gomphonema pumilum</i> var. <i>rigidum</i> Reichardt & Lange-Bertalot	GPRI		1,4	1,2
<i>Gomphonema sarcophagus</i> Gregory	GSAR			0,2
<i>Gomphonema utae</i> Lange-Bertalot & Reichardt	GUTA			0,4
<i>Gomphonema variscohercynicum</i> Lange-Bertalot & Reichardt	GVAH			0,4
<i>Halamphora normanii</i> (Cleve) Levkov	HNOR			0,5
<i>Humidophila brekkaensis</i> (Petersen) Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová	DBRE	0,2		
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová	DCOT			0,4
<i>Humidophila perpusilla</i> (Grunow) Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová	DPER	1,8	1,4	41,5
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh	MCIR			0,4
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot	NANT	0,6	0,8	0,2
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot	NCTE		0,4	

Takson/Taxa	KOD /code	ZWEE	ZWEB	ZWEM
<i>Navicula exilis</i> Kützing	NEXI	0,6		
<i>Navicula hintzii</i> Lange-Bertalot	NHIN	0,2		
<i>Navicula lundii</i> Reichardt	NLUN	0,6	0,6	0,5
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	NACD		0,2	0,2
<i>Nitzschia alpina</i> Hustedt	NZAL	0,2	0,2	1,9
<i>Nitzschia hantzschiana</i> Rabenhorst	NHAN	0,2		
<i>Nitzschia perminuta</i> (Grunow) Peragallo	NPNU			0,5
<i>Nitzschia</i> sp. 1	NSP1			0,2
<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	DMES	3,2	2,4	1,8
<i>Pinnularia subcommutata</i> var. <i>nonfasciata</i> Krammer	PSCM			0,2
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	PLFR		1,2	1,4
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	PTLA	6,2	7,8	
<i>Platessa montana</i> (Krasske) Lange-Bertalot	PTMO	0,4		
<i>Psammothidium grischunum</i> (Wuthrich) Bukhtiyarova & Round	PGDA	0,8	0,6	
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	RSIN	0,8	3,2	0,2
<i>Reimeria uniseriata</i> Sala, Guerrero & Ferrario	RUNI	2,0	0,4	
<i>Sellaphora seminulum</i> (Grunow) Mann	SSEM	0,8	0,6	1,8

Literatura

- Bąk M., Witkowski A., Żelazna-Wieczorek J., Wojtal A., Szczepocka E., Szulc K., Szulc B. 2012. Klucz do oznaczania okrzemek w fitobentosie na potrzeby oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych w Polsce. Warszawa: 1–452.
- Cantonati M. 1998. Diatom communities of springs in the Southern Alps. *Diatom Research* 13 (2): 201–220.
- Cantonati M., Bertuzzi E., Spitale D. 2007. The spring habitat: biota and sampling methods. *Monografie del Museo Tridentino di Scienze Naturali*, 4. Trento.
- Cantonati M., Kelly M., Lange-Bertalot H. (ed.) 2017. Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessment. Koeltz Botanical Books, p. 1–942.
- DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities* – L 327/1.
- Kisiel M., Dojrowska I., Kucała M., Rzonca B., Siwek J., Zawilo M. 2015. Termika wód źródłanych w masywie Połoniny Wetlińskiej. *Roczniki Bieszczadzkie* 23: 225–237.

- Krammer K. 2000. The genus *Pinnularia*. In: H. Lange-Bertalot (red.). Diatoms of Europe. Diatoms of Europe. Diatoms of European Inland Waters and Comparable Habitats. 1. A.R.G. Gantner Verlag K.G., p.: 1–703.
- Lange-Bertalot H. 2001. *Navicula* sensu stricte, 10 Genera Separated from *Navicula* sensu lato, *Frustulia*. In: H. Lange-Bertalot (red.). Diatoms of Europe. Diatoms of Europe. Diatoms of European Inland Waters and Comparable Habitats. 2. A.R.G. Gantner Verlag K.G., p.: 1–526.
- Levkov Z., Ector L. 2010. A comparative study of *Reimeria* species (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia* 90 (3–4): 469–489.
- Levkov Z., Mitić-Kopanja D., Reichardt E. 2016. *The diatom genus Gomphonema from the Republic of Macedonia*. In: H. Lange-Bertalot (red.). Diatoms of Europe. 8. Koeltz Botanical Books: 1–552.
- Malata T., Jankowski L., Żytko K. 2006. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski 1:50 000, Arkusz 1066 – Lutowska. PIG-PIB.
- Noga T., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Peszek Ł., Kochman N., Woźniak K. 2013a. Application of diatoms to assess the quality of the waters of the Baryczka stream, left-side tributary of the River San. *Journal of Ecological Engineering* 14(3): 8–23.
- Noga T., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Peszek Ł., Kochman N., Kozak E., Kędziora Ł., Wąsacz P. 2013b. Wstępne rozpoznanie okrzemek Bacillariophyceae Jeziorok Duszatyńskich (Bieszczady Zachodnie). *Roczniki Bieszczadzkie* 21: 127–146.
- Noga T., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Kochman N., Peszek Ł. 2014. Ecological assessment of the San River water quality on the area of the San Valley Landscape Park. *Journal of Ecological Engineering* 15(4): 12–22.
- Noga T., Rybak M., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Koman-Kędziora N., Peszek Ł. 2016a. Ekspansja okrzemki *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt w potokach bieszczadzkich. *Roczniki Bieszczadzkie* 24: 305–311.
- Noga T., Stanek-Tarkowska J., Rybak M., Kochman-Kędziora N., Peszek Ł., Pajączek A. 2016b. Diversity of diatoms in the natural, mid-forest Terebowiec stream – Bieszczady National Park. *Journal of Ecological Engineering* 17: 232–247.
- Noga T., Poradowska A., Peszek Ł., Rybak M. 2018. Rare calciphilous diatoms from the genus *Gomphonema* (Bacillariophyta) in lotic waters of SE Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies* 47(1): 27–40.
- Peszek Ł., Noga T., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Kochman-Kędziora N., Pieniążek M. 2015. The effect of anthropogenic change in the structure of diatoms and water quality of the Żołyńianka and Jagielnia streams. *Journal of Ecological Engineering* 16(2): 33–51.
- Plączkowska E., Siwek J., Maciejczyk K., Mostowik K., Murawska M., Rzonca B. 2018. Groundwater capacity of a flysch-type aquifer feeding springs in the Outer Eastern Carpathians (Poland). *Hydrology Research* 49(6): 1946–1959, DOI: 10.2166/nh.2018.200.
- Rybak M., Noga T., Stanek-Tarkowska J. 2017. Występowanie okrzemek z rodzaju *Psammothidium* Bukhtiyarova & Round i wybranych gatunków z rodzaju *Achnanthisidium* Kütz. w potokach bieszczadzkich. *Roczniki Bieszczadzkie* 25: 339–354.
- Rybak M., Poradowska A., Kochman-Kędziora N., Peszek Ł., Noga T., Stanek-Tarkowska J. 2018. Okrzemki (Bacillariophyta) Torfowiska Wołosate (Bieszczadzki Park Narodowy). *Roczniki Bieszczadzkie* 26: 169–183.

- Van Dam H., Martens A., Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28(1): 117–133.
- Werum M., Lange-Bertalot H. 2004. Diatoms in springs from Central Europe and elsewhere under the influence of hydrogeology and anthropogenic impacts. In: H. Lange-Bertalot (ed.). *Iconographia Diatomologica* 13, 1–417. A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Wojtal A.Z. 2013. Species composition and distribution of diatom assemblages in spring waters from various geological formations in southern Poland. *J. Cramer, Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung, Stuttgart. Bibliotheca Diatomologica* 59: 1–436.
- Wołoski K. 2011. Preliminary studies on euglenoids and other algal flora of the peat bog Wołosate in Bieszczady National Park. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica* 18 (1):131–146.
- Żelazna-Wieczorek J. 2011. Diatom flora in springs of Łódź Hills (Central Poland). *Diatom Monographs* 13: 1–420, A.R.G. Gantner Verlag K.G.
- Żelazna-Wieczorek J. 2012. Okrzemki Bacillariophyta źródeł i odcinków źródłowych potoków w górnym odcinku rzeki San. *Roczniki Bieszczadzkie* 20: 220–229.
- Żelazna-Wieczorek J., Knysak P. 2017. Okrzemki (Bacillariophyta) źródła na Przełęczy Goprowskiej (Bieszczadzki Park Narodowy) w ocenie wpływu ruchu turystycznego. *Roczniki Bieszczadzkie* 25: 321–338.

Summary

Springs, the very beginning of flowing surface waters, are widely spread in the area of Bieszczady National Park. Their habitats are strongly influenced by various compositions of physical and chemical parameters. These features determines the diversity of diatom assemblages present in springs ecosystems. This study of diatoms species diversity in spring located on Połonina Wetlińska allowed to confirm occurrence of 71 taxa, with highest number of taxa – 55 – related to bryophyte microhabitat. Also, in the bryophyte microhabitat the degree of dissimilarity index of species diversity was particularly high in comparison to epilithic and benthic samples. Furthermore, in the bryophyte microhabitat significant occurrence of *Diatomella balfouriana* was visible, a species, that so far has been seldom noticed, only a few specimens in two crenic habitats in Poland, in the Eastern Tatras. In this spring, for the first time two diatoms: *Cymbopleura laeviformis*, *Encyonema bipartitum*, and rare species: *Achnanthes petersenii*, *Caloneis tenuis*, *Encyonopsis falaisensis*, *Fallacia lange-bertalotii*, *Geissleria paludosa*, *Gomphonema angustivalva*, *G. drutelginense*, *G. hebridense*, *Halamphora normanii*, *Platessa montana*, within the limits of Bieszczadzki National Park, have been recorded. Additionally, the species diversity of diatoms between two springs located in the Bieszczady National Park was compared. In the Eliza spring there were 21 species not previously recorded in the spring on the Goprowska Pass, including species not previously listed or rarely recorded from the Bieszczady National Park.