Teresa Noga, Maciej Lis
Instytut Nauk Rolniczych Ochrony i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Rzeszowski
Katedra Gleboznawstwa Chemii Środowiska i Hydrologii,
ul. Zelwerowicza 8B, 35–601 Rzeszów
e-mail: tnoga@ur.edu.pl
Anita Poradowska
Instytut Nauk Rolniczych Ochrony i Kształtowania Środowiska,
Uniwersytet Rzeszowski
Pracownia Architektury Krajobrazu,
ul. Ćwiklińskiej 2A, 35–601 Rzeszów

Received: 26.02.2024
Reviewed: 10.04.2024

WYSTĘPOWANIE OKRZEMEK Z RODZAJU *ACHNANTHIDIUM* W RZECE OSŁAWIE NA TERENIE REZERWATU „PRZEŁOM OSŁAWY POD DUSZATYNEM"

Occurrence of diatoms of the *Achnanthidium* in the Osława river within the "Przełom Osławy near Duszatyn" reserve

Abstract: During the research conducted between 2012 and 2022, 6 sampling dates, in the Osława river within the "Przełom Osławy near Duszatyn" reserve, the presence of 11 species from the genus *Achnanthidium* (*Achnanthidium affine*, *A. atomoides, A. eutrophilum, A. gracillimum, A. kranzii, A. lineare, A. minutissimum, A. pyrenaicum, A. straubianum, A. subatomus, A. thienemannii*) was observed. Two of them – *Achnanthidium minutissimum* and *A. subatomus* – dominated most of the sites in each research season, while the next three – *Achnanthidium affine*, *A. pyrenaicum*, and *A. thienemannii* – were also dominant but much less frequently. All taxa developed in oligo- or oligo-mesosaprobic waters, and some of them are indicators of very good water quality. Their presence indicates good water quality in the Osława river, which was confirmed by the values of the examined chemical parameters and the co-occurrence of other diatom taxa with similar ecological preferences.

Key words: diatoms, *Achnanthidium*, morphology, ecology, Ciśniańsko-Wetliński Landscape Park

Wstęp

Okrzemki są kosmopolitycznymi, jednokomórkowymi mikroorganizmami, występującymi pod każdą szerokością geograficzną, w odpowiednich warunkach wilgotnościowych i oświetlenia niezbędnych do przeprowadzenia fotosyntezy, w różnych typach biotopów. Rozwijają się one zarówno w wodach słodkich, jak

i słonych, w stałych i okresowych, naturalnych i sztucznych. Odnajdywane są także w warstwach lodu, w zimnych oraz gorących źródłach, pomiędzy mchami, a oprócz tego zasiedlają siedliska nie związane ze środowiskiem wodnym, np. gleby, korę drzew, skały lub nawet tereny pustynne. Wzrastające zainteresowanie okrzemkami, zwłaszcza w ostatnich latach, wynika m.in. z ich znaczenia w bioindykacji. Ze względu na dużą różnorodność gatunkową oraz wrażliwość wielu gatunków na zmiany warunków środowiskowych, takich jak temperatura, odczyn wody, zasolenie lub zawartość biogenów, są powszechnie wykorzystywane w hydrobiologii jako doskonałe wskaźniki do oceny jakości wód płynących i stojących (Rakowska 2001; Pliński i Witkowski 2009; Bąk i in. 2012; Żelazna-Wieczorek 2012).

Rodzaj *Achnanthidium* Kützing został wydzielony z rodzaju *Achnanthes sensu lato* należącego do rodziny Achnanthidiaceae D.G. Mann. Do *Achnanthidium* należą gatunki, które zasadniczo spełniają kryteria opisujące cechy morfologiczne prezentowane przez *Achnanthidium microcephalum* Kützing 1844. Obecnie rodzaj *Achnanthidium* obejmuje jednorafowe okrzemki o linearnych do linearno-lancetowatych okrywach. Prążki są jednorzędowe, zazwyczaj rzadziej rozmieszczone w środku komórki, natomiast zagęszczające się w kierunku wierzchołków. Rafa jest prosta, przebiega przez środek tylko jednej z okryw, prawie nie rozszerza się w środku i jest prosta lub wygięta w jedną stronę na biegunach. Komórki często układają się w widoku od strony pasa obwodowego, na którym, na płaszczu okrywy, znajduje się rząd wydłużonych areol, dobrze widoczny tylko w mikroskopie elektronowym. *Achnanthidium* uważany jest za jeden z najpospolitszych rodzajów okrzemek notowanych w ekosystemach słodkowodnych na całym świecie (Round i in. 1990; Round i Bukhtiyarova 1996; Bąk i in. 2012; Wetzel i in. 2019; Marquardt i in. 2023).

Teren województwa podkarpackiego objęto badaniami diatomologicznymi dopiero pod koniec lat 90. XX w., wskutek masowego rozwoju *Didymosphenia geminata* w górnych odcinkach Sanu (Kawecka i Sanecki 2003). Szczegółowe badania prowadzone są od 2007 roku nad różnorodnością gatunkową zbiorowisk okrzemek, które początkowo objęły głównie rzekę Wisłok (Noga 2012; Noga i in. 2013b) wraz z dopływami (Tambor i Noga 2011; Pajączek i in. 2012; Peszek i in. 2015), a następnie także rzekę San (Żelazna-Wieczorek 2012; Noga i in. 2014b; Kochman-Kędziora i in. 2016, 2022) i dopływy (Noga i Siry 2010; Noga i in. 2013c; 2016a,b; Rybak i in. 2019). W rzece Osławie, jak dotąd, nie prowadzono badań algologicznych. Badaniami objęto natomiast sąsiadujące Jeziorka Duszatyńskie wraz z potokiem Olchowatym, w których stwierdzono nowe dla Polski i Europy stanowisko okrzemki *Geissleria declivis* (Noga i in. 2013a,d). Obszar rezerwatu wraz z rzeką Osławą badano także pod względem występowania fauny bezkręgowców i kręgowców wodnych (Margielewski i in. 2002; Szczęsny 2002; Sulikowska-Drozd i in. 2016) oraz mszaków (Stebel i in. 2020).

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie zróżnicowania gatunkowego i nowych stanowisk występowania okrzemek z rodzaju *Achnanthidium*, występujących w rzece Osławie na terenie rezerwatu „Przełom Osławy pod Duszatynem" (Ciśniańsko-Wetliński Park Krajobrazowy) wraz z ich charakterystyką morfologiczną i ekologiczną.

Teren badań

Badania przeprowadzono w rzece Osławie, przepływającej przez obszar rezerwatu „Przełom Osławy pod Duszatynem". Jest to rezerwat krajobrazowy, który powołano w 2000 roku. Znajduje się w miejscowości Duszatyn (gmina Komańcza, powiat sanocki), na pograniczu Bieszczadów i Beskidu Niskiego, i zajmuje powierzchnię 319,91 ha. Część rezerwatu, na prawym brzegu rzeki Osławy, wchodzi w skład Ciśniańsko-Wetlińskiego Parku Krajobrazowego. Głównym celem ochrony w rezerwacie jest zachowanie przełomowego fragmentu doliny Osławy, meandrowego odcinka zwanego Łokciem, wraz z rosnącym wokoło drzewostanem bukowo-jodłowym (Reizer 2016; Zarządzenie… 2017).

Rzeka Osława jest lewobrzeżnym dopływem Sanu, wyznaczającym granicę pomiędzy Beskidem Niskim a Bieszczadami. Jej źródła są zlokalizowane na stokach Matragony, na wysokości 900 m n.p.m., tuż przy granicy ze Słowacją, a uchodzi do Sanu koło wsi Zasław. Całkowita długość rzeki wynosi 64,8 km. Do najważniejszych jej dopływów należą Osławica i Kalniczka. Rzeka Osława charakteryzuje się szerokim i płytkim korytem, na dnie którego zalegają duże głazy. Jest rzeką o wartkim nurcie wody, która przepływa przez poprzeczne progi skalne i tworzy bystrza. Brzegi rzeki porasta żyzna buczyna karpacka (Gmina Komańcza 2004; Kukuła i in. 2012). Na odcinku od źródeł do potoku Rzepedka Osława ma charakter potoku fliszowego – typ 12, natomiast na odcinku od potoku Rzepedka do ujścia do Sanu płynie jako mała rzeka fliszowa – typ 14 (Sołek 2016).

Rzeka Osława, wraz z otaczającymi ją terenami, charakteryzuje się bogatymi walorami przyrodniczymi i krajobrazowymi i z tego względu ustanowiono na tym obszarze wiele form ochrony przyrody. W górnym i środkowym odcinku rzeka płynie przez Ciśniańsko-Wetliński Park Krajobrazowy, który stanowi otulinę Bieszczadzkiego Parku Narodowego, natomiast w środkowym biegu – przez teren Wschodniobeskidzkiego Obszaru Chronionego Krajobrazu. Rzeka Osława przepływa przez dwa rezerwaty przyrody „Przełom Osławy pod Duszatynem" i „Przełom Osławy pod Mokrem", który wchodzi w skład obszaru Natura 2000, Dorzecze Górnego Sanu PLH180021 oraz przez tereny Specjalnego Obszaru Ochrony Siedlisk i Obszaru Specjalnej Ochrony Ptaków Bieszczady (PLC180001). Nad potokiem Olchowatym, który jest prawobrzeżnym dopływem Osławy, zachowały się dwa jeziora osuwiskowe, zwane Jeziorkami Duszatyńskimi. Są one przedmiotem ochrony w znajdującym się u stóp góry Chryszczatej, rezerwacie „Zwiezło"

(Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody; Kukuła i in. 2012; Noga i in. 2013a; Reizer 2016). Nieopodal Duszatyna planowane jest także powołanie rezerwatu „Dolina Olchowatego", którego projekt zakłada zachowanie krajobrazu doliny potoku Olchowatego, a ponadto przygotowanie otuliny dla rezerwatu „Zwiezło" (Dokumentacja przyrodnicza… 2021).

Materiał i metody

Materiał do badań pobierano w latach 2012, 2017, 2021 i 2022 (terminy poboru prób: maj 2012, marzec 2017, październik 2017, czerwiec 2021, październik 2021 oraz kwiecień 2022) z 3 stanowisk wyznaczonych w rzece Osławie, na terenie rezerwatu „Przełom Osławy pod Duszatynem". Stanowisko 1 zlokalizowano obok mostu nieczynnej kolejki wąskotorowej, w odległości około 10 m od betonowego brodu (N 49°18'40,5"; E 22°07'09,0"). Stanowisko 2 wyznaczono w środku rezerwatu, w odległości około 0,5 km poniżej meandrowego odcinka „Łokcia" (N 49°19'24,9"; E 22°06'38,8"). Ostatnie stanowisko znajdowało się poniżej mostu w Prełukach (N 49°20'00,9"; E 22°06'12,2"). Ze względu na typowo kamienisty charakter dna rzeki na badanym obszarze, materiał pobierano każdorazowo tylko z kamieni.

Bezpośrednio w terenie na wszystkich stanowiskach zmierzono odczyn wody (pH-metr MARTINI pH56), temperaturę i przewodnictwo elektrolityczne (konduktometr MARTINI EC59). Pozostałe analizy wybranych parametrów chemicznych wody wykonano w laboratorium, przy pomocy jonowego chromatografu Thermoscientific DIONEX ICS-5000+DC, dostępnego w Zakładzie Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii Uniwersytetu Rzeszowskiego.

Pobrany materiał zakonserwowano 4% roztworem formaliny. W celu pozbawienia komórek protoplastów oraz usunięcia zanieczyszczeń organicznych materiał poddawano obróbce laboratoryjnej zgodnie z metodami stosowanymi m.in. przez Kawecką (1980) i Kochman-Kędziora i in. (2022). Oczyszczony materiał zawierający skorupki okrzemek wykorzystano do przygotowania trwałych preparatów mikroskopowych, które zamykano w żywicy syntetycznej Naphrax.

Okrzemki oznaczano przy użyciu mikroskopu świetlnego Carl Zeiss Axio Imager A2, wyposażonego w kontrast interferencyjno-różnicowy Nomarskiego (DIC) i obiektyw planapochromatyczny 1.4, przy powiększeniu 1000×. Zdjęcia okrzemek wykonano kamerą Carl Zeiss AxioCam ICc 5. Okrzemki identyfikowano przy pomocy specjalistycznej literatury: Krammer i Lange-Bertalot (1991), Hofmann i in. (2011), Bąk i in. (2012), Lange Bertalot i in. (2017). Szczegółową charakterystykę gatunków z rodzaju *Achnanthidium* przedstawiono w rozdziale *Wyniki i dyskusja*. Dane morfometryczne zaprezentowano na podstawie 30 zmierzonych okryw. Jeżeli gatunek występował w próbie rzadko lub bardzo rzadko mierzono wszystkie okrywy w preparacie. Liczbę zliczonych okryw określa liczba n zamieszczona przy każdym opisywanym gatunku.

Liczebność okrzemek uzyskano przez zliczanie w preparacie trwałym wszystkich okryw w losowo wybranych polach widzenia mikroskopu, aż do uzyskania łącznej sumy minimum 300 okryw. Za dominujące uznano te taksony, których udział procentowy w próbie przekroczył wartość 5%.

Wykorzystując wskaźniki ekologiczne Van Dama i współautorów (1994) wyznaczono preferencje ekologiczne okrzemek względem odczynu wody (P), trofii (T) i saprobii (S).

Wyniki i dyskusja

Badania przeprowadzone w latach 2012, 2017, 2021 i 2022 na terenie rezerwatu przyrody „Przełom Osławy pod Duszatynem" wykazały, że wody rzeki Osławy charakteryzowały się odczynem zasadowym lub zbliżonym do obojętnego (pH 6,5–8,0), wartościami przewodnictwa elektrolitycznego zawierającymi się w przedziale od 89 µS cm^{-1} do 330 µS cm^{-1} oraz wartościami jonów wapnia od 11,65 mg l^{-1} do 36,56 mg l^{-1}. Wartości pozostałych parametrów chemicznych (zwłaszcza fosforany i azot amonowy) były niskie na wszystkich stanowiskach i często poza granicą oznaczalności. Jedynie azotany były podwyższone na większości stanowisk (0,13–3,52 mg l^{-1}), w stosunku do norm odpowiadających I klasie jakości. Najwyższe stężenia azotanów (>3 mg l^{-1}) zmierzono w kwietniu 2022 roku, na wszystkich trzech stanowiskach (Tab. 1).

Badania hydrochemiczne w rzece Osławie były prowadzone już w 2001 roku (maj i czerwiec). Wody rzeki Osławy na odcinku od Smolnika do rezerwatu przyrody „Przełom Osławy pod Duszatynem" uznano za czyste, typu wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowego ze znacznym udziałem siarczanów. Wykonano kilkakrotne pomiary parametrów fizyczno-chemicznych wody zarówno w rzece, jak i jej dopływach, przeprowadzono analizy laboratoryjne, których wyniki potwierdziły, że wody te należą do klasy I (Margielewski i in. 2002). W czasie 23 lat badań wybranych parametrów fizycznych i chemicznych uzyskano podobne ich wartości.

Podczas badań prowadzonych w latach 2012, 2017, 2021 i 2022 w wodach rzeki Osławy zidentyfikowano łącznie 264 taksony okrzemek. Najczęstszymi dominantami (>5% udziału w próbie) były *Achnanthidium minutissimum*, *A. subatomus* i *Encyonopsis minuta*, natomiast najliczniejsze populacje (>30%) tworzyły *Encyonopsis subminuta*, *Diatoma moniliformis* i *Achnanthidium pyrenaicum*.

Rodzaj *Achnanthidium* był reprezentowany w rzece Osławie przez 11 gatunków. Na wszystkich trzech stanowiskach i w każdym sezonie badawczym odnotowano 4 gatunki z tego rodzaju: *A. affine*, *A. minutissimum*, *A. pyrenaicum* i *A. subatomus*, z których najliczniej występował *Achnanthidium subatomus*. Takson ten był jednocześnie najczęstszym dominantem wśród wszystkich gatunków okrzemek. *Achnanthidium kranzii* stwierdzono tylko na drugim stanowisku w kwietniu 2022 roku (Tab. 2).

Tabela 1. Wartości parametrów fizykochemicznych zmierzone w wodach Osławy w latach 2012, 2017, 2021 i 2022; objaśnienia: T – temperatura, P – przewodnictwo elektrolityczne.

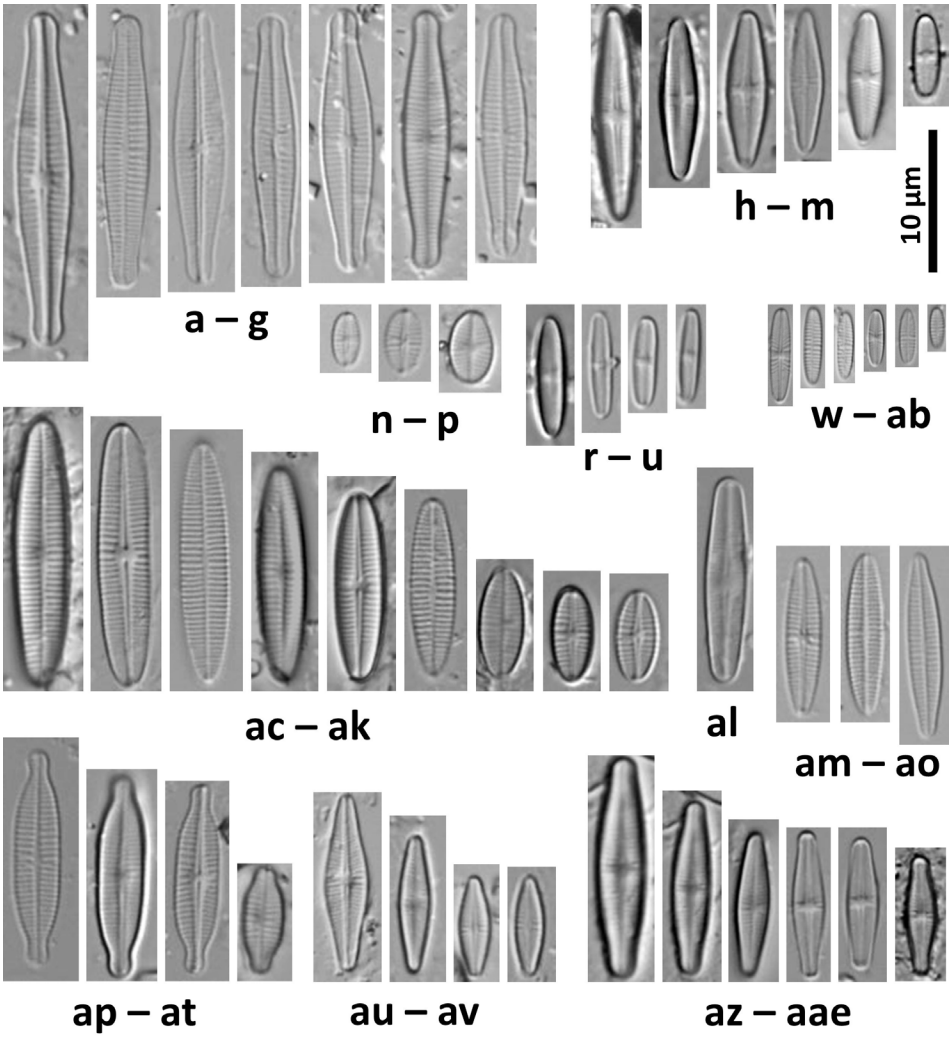
Table 1. The values of physico-chemical parameters measured in the waters of the Osława river in 2012, 2017, 2021 and 2022; explanations: T temperature, P – conductivity.

Rok/*Year*	**2012**			**2017**			**2021**			**2022**		
Stanowisko /*Sites*	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
T [°C]	16,2	16,0	19,6	7,0–10,0	7,6–10,3	7,5–10,3	5,9–21,6	5,2–24,4	4,5–24,0	7,2	7,9	7,3
pH	7,8	7,7	7,8	6,5–7,9	6,5–8,0	6,9–8,0	7,5–7,8	7,4–8,0	7,5	7,4	7,1	7,3
P [$\mu S\ cm^{-1}$]	261	215	196	89–161	115–170	116–170	244–312	262–330	264–328	163	189	160
Cl^- [$mg\ l^{-1}$]	6,96	6,98	7,01	0,82–1,38	0,96–1,09	0,87–1,04	0,49–1,13	0,64–1,66	0,61–1,20	2,55	2,68	2,63
SO_4^{2-} [$mg\ l^{-1}$]	20,85	21,68	21,54	11,24–12,68	9,75–11,38	9,44–11,47	7,95–13,62	8,01–13,82	8,47–13,67	10,60	10,29	10,16
NO_3^- [$mg\ l^{-1}$]	2,21	2,06	2,02	1,57–2,09	1,11–2,18	1,11–2,06	0,13–0,40	0,30–1,66	0,31–1,20	3,43	3,50	3,52
NH_4^+ [$mg\ l^{-1}$]	–	–	–	<0,01–0,07	<0,01	<0,01	<0,01–0,24	<0,01–0,27	<0,01–0,24	<0,01	<0,01	0,05
PO_4^{3-} [$mg\ l^{-1}$]	–	–	–	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01–0,55	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Mg^{2+} [$mg\ l^{-1}$]	–	–	–	2,81–3,30	3,65–4,61	3,50–4,64	5,30–6,22	6,33–7,38	6,66–7,72	2,33	3,07	2,98
Ca^{2+} [$mg\ l^{-1}$]	–	–	–	20,03–22,03	22,07–22,61	21,38–21,98	27,61–33,23	30,00–36,41	30,63–36,56	11,65	15,08	14,85

Tabela 2. Udział procentowy gatunków z rodzaju *Achnanthidium* na trzech stanowiskach (1–3) w rzece Osławie w latach 2012, 2017, 2021 i 2022. (– oznacza, że gatunek nie występował, kolorem wyróżniono wartości ≥5%, odpowiadające randze gatunku dominującego).

Table 2. The percentage share of species from the genus *Achnanthidium* at three sites (1–3) in the Osława river in 2012, 2017, 2021 and 2022. (– indicates that the species was not present, values ≥5% are highlighted in gray, corresponding to the rank of dominant species).

Gatunek/Taxa	**Liczebność/Abundance [%]**																	
	V 2012			III 2017			X 2017			VI 2021			X 2021			IV 2022		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A. affine	0,9	0,6	<0,1	2,5	3,4	0,3	0,3	2,1	0,3	1,9	2,0	2,0	20,6	3,8	6,1	0,3	1,0	<0,1
A. atomoides	0,6	0,6	0,3	0,9	0,3	0,7	<0,1	2,1	–	<0,1	9,2	2,9	1,0	<0,1	1,0	0,7	<0,1	0,3
A. eutrophilum	<0,1	0,6	0,3	–	0,3	0,3	<0,1	1,4	0,3	–	–	–	<0,1	<0,1	–	–	<0,1	–
A. gracillimum	–	–	–	<0,1	–	–	1,7	<0,1	<0,1	–	–	–	<0,1	0,6	<0,1	0,3	–	0,6
A. kranzii	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	<0,1	–
A. lineare	–	<0,1	–	–	–	0,3	<0,1	–	–	<0,1	–	0,3	–	–	<0,1	–	–	–
A. minutissimum	11,8	2,1	10,8	2,8	14,0	28,9	6,7	8,9	7,5	0,3	4,9	10,1	9,2	1,6	3,6	5,9	12,3	6,6
A. pyrenaicum	9,2	0,6	0,6	11,1	0,3	4,3	2,3	2,1	1,4	34,7	14,4	7,17	3,6	1,9	<0,1	0,6	0,3	0,3
A. straubianum	–	–	–	–	0,3	<0,1	–	0,3	–	–	<0,1	0,3	–	–	–	<0,1	–	–
A. subatomus	12,4	19,5	14,0	<0,1	15,2	11,0	13,7	15,7	12,2	5,4	11,4	24,8	11,1	6,7	14,8	9,5	9,4	6,0
A. thienemannii	0,3	<0,1	<0,1	1,5	10,1	20,5	1,67	1,4	0,6	2,8	3,6	4,23	<0,1	<0,1	–	0,3	0,7	0,9



Ryc. 1./ **Fig. 1**. *Achnanthidium gracillimum* (a–g), *A. affine* (h–m), *A. starubianum* (n–p), *A. lineare* (r–u), *A. atomoides* (w–ab), *A. subatomus* (ac–ak), *A. kranzii* (al), *A. pyrenaicum* (am–ao), *A. thienemannii* (ap–at), *A. eutrophilum* (au–ay), *A. minutissimum* (az–aae).

Achnanthidium affine (Grunow) Czarnecki (Ryc. 1: h–m)
Basionim: *Achnanthes affinis* Grunow
Synonimy: *Achnanthes minutissima* var. *affinis* (Grunow) Lange-Bertalot; *Achnanthidium minutissimum* var. *affine* (Grunow) Lange-Bertalot
Wymiary. Długość: 8,6–19,5 µm, szerokość: 2,8–3,6 µm, 26–31 prążków w 10 µm (n=30). Okrywy identyfikowane na stanowiskach w rzece Osławie są nieznacznie węższe i posiadają często więcej prążków (głównie małe pancerzyki) w porównaniu do wymiarów prezentowanych w specjalistycznych opracowaniach (Krammer i Lange-Bertalot 1991; Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017). Należy jednak podkreślić, że podobne wymiary okryw (nawet nieznacznie węższe i z większą liczbą prążków) prezentowali Wojtal i współautorzy (2011) także z południowej Polski.
Ekologia. Gatunek preferuje wody słabo alkaliczne, oligosaprobowe, o szerokim spektrum trofii (oligo-eutroficzne), często bogate w wapń, oraz średnie do umiarkowanie wysokiego stężenie elektrolitów. Rozwija się zarówno w wodach stojących jak i płynących, zazwyczaj na podłożach węglanowych, w regionach górskich oraz w jeziorach na nizinach (Krammer i Lange-Bertalot 1991; Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017). Wojtal (2013) obserwowała *A. affine* w wodach oligotroficznych w potokach i w źródłach, często przy licznym współwystępowaniu *A. minutissimum*.
Występowanie. Występowanie i rozprzestrzenienie *A. affine* jest nadal słabo poznane, w związku z licznymi pomyłkami z *A. minutissimum*. W Europie środkowej jest gatunkiem rozproszonym, jednak miejscami może rozwijać się licznie (Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017). W Polsce jest gatunkiem notowanym w różnych typach ekosystemów (Siemińska, Wołowski 2003), znanym m.in. z górnych odcinków rzek i źródeł w centralnej Polsce (Rakowska 2001; Żelazna-Wieczorek 2011), Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej oraz z Tatr (Wojtal 2009; Wojtal i in. 2011). Na terenie Podkarpacia występuje rzadko (Noga i in. 2014a), częściej spotykany był w potokach Bieszczadzkich (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019) i w Jeziorkach Duszatyńskich (Noga i in. 2013d).
Wartości wskaźnikowe. P=4 (alkalifilny, pH>7), S=1 (oligosaprobowy), T: brak danych dla trofii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium affine* występował w rzece Osławie na każdym stanowisku i w każdym sezonie badawczym, najczęściej pojedynczo lub osiągając 2–3% liczebności w zbiorowisku okrzemek. W październiku 2021 roku był on dominantem na stanowiskach 1 i 3, osiągając ponad 20% liczebności na stanowisku 1 (Tab. 2). W sezonie tym zmierzono stosunkowo niskie wartości azotanów (najniższe na stanowisku 1: 0,13 mg l^{-1}), słabo zasadowy odczyn (7,4–7,5) oraz najwyższe wartości przewodnictwa, w porównaniu do pozostałych sezonów (312–330 µS cm^{-1}). Tylko na stanowisku 1, na którym *A. affine* rozwijał się najliczniej, zmierzono najwyższą wartość fosforanów (0,55 mg l^{-1}), w pozostałych sezonach badawczych

stężenie fosforanów w wodach Osławy było poniżej granicy oznaczalności (Tab. 1). Na podstawie badań przeprowadzonych w 6. sezonach badawczych w rzece Osławie oraz w oparciu o wieloletnie badania prowadzone w różnych typach wód w południowo-wschodniej Polsce, autorzy uważają, że *Achnanthidium affine* można uznać za gatunek mezotroficzny (kategoria 3 na podstawie liczb wskaźnikowych zaproponowanych przez Van Dama i współautorów 1994). Preferuje głównie większe rzeki, gdyż w niewielkich potokach o podobnych warunkach ekologicznych nigdy nie osiągał tak dużych liczebności, jak w rzece Osławie (Noga i in. 2014b, 2016b; Rybak i in. 2019). Hofmann (1994) określiła *Achnanthidium affine* jako gatunek α-mezo-eutroficzny, tj. występujący tylko przy podwyższonej trofii. Jej zdaniem, gatunki takie są wskaźnikami warunków od mezo- do eutroficznych.

Achnanthidium atomoides Monnier, Lange-Bertalot & Ector (Ryc. 1: w–ab)
Wymiary. Długość: 4,8–11,4 µm, szerokość: 2,2–3,0 µm, 22–30 prążków w 10 µm (n=30).
Ekologia. *Achnanthidium atomoides* występował rzadko jako element epilitonu rzek w Luksemburgu. Został stwierdzony w chłodnych, dobrze natlenionych wodach, o zasadowym odczynie (pH 8,1–8,5) i podwyższonym przewodnictwie elektrolitycznym (587–771 μScm^{-1}). Gatunek uznano za tolerancyjny względem wysokiej zawartości składników odżywczych, ponieważ występował w wodach o wysokiej i stałej zawartości azotanów (20–25 mg l^{-1}), stężeniach fosforu ogólnego w przedziale od 0,16 mg l^{-1} do 0,81 mg l^{-1}, a także wysokim stężeniu siarczanów (105–110 mg l^{-1}) (Monier i in. 2004).
Występowanie. Gatunek opisano po raz pierwszy z rzek i potoków w Luksemburgu, później został stwierdzony także w Niemczech (stanowiska blisko Luksemburga) i w Hiszpanii (Monier i in. 2004). *Achnanthidium atomoides* w ostatnich latach podawany był m.in. z Francji (Ector, Hlúbiková 2010; Bey i Ector 2013; Peeters i Ector 2018), Niemiec (Hofmann i in. 2018; Cantonati i in. 2022; Doege i in. 2022) i Słowacji (Beracko i in. 2022).

Na terenie Podkarpacia *A. atomoides* występuje rzadko, tylko w potokach bieszczadzkich (Terebowiec, Rzeczyca) w postaci pojedynczych okazów (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019) oraz w potokach Beskidu Niskiego – również pojedynczo (Noga, dane niepublikowane).
Wartości wskaźnikowe. Brak wartości wskaźnikowych względem pH, saprobii i trofii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium atomoides* występował w Osławie pojedynczo na wszystkich stanowiskach badawczych i we wszystkich sezonach, za wyjątkiem stanowiska 2 (w czerwcu 2021 roku był gatunkiem dominującym, osiągał ponad 9% udziału w zbiorowisku, Tab. 2). Wyniki uzyskane w niniejszej pracy i badania przeprowadzone w innych ciekach południowo-wschodniej Polski (Noga i in. 2016b;

Rybak i in. 2019), a także informacje literaturowe (Monier i in. 2004) wskazują, że *A. atomoides* można uznać za gatunek alkalifilny (kategoria 4 według wskaźników Van Dama i współautorów 1994), preferujący wody o pH>7. Jednocześnie znacznie trudniej określić warunki saprobii i trofii. Autorzy uważają, że jest gatunkiem preferującym wody oligosaprobowe (S=1), ale prawdopodobnie o podwyższonej trofii, tj. mezotroficzne (T=3). Przemawia za tym, m.in. fakt, że w górnych, oligotroficznych odcinkach bieszczadzkich potoków występował bardzo rzadko, w postaci pojedynczych okryw (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019). Podobne wnioski można wyciągnąć na podstawie danych literaturowych (Monier i in. 2004) oraz badań prowadzonych w potokach i rzekach Beskidu Niskiego (Noga, dane niepublikowane). Potrzebne są kolejne badania, które mogłyby dokładnie potwierdzić preferencje ekologiczne tego gatunku, zwłaszcza względem saprobii i trofii.

Achnanthidium eutrophilum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (Ryc. 1: au–ay)
Synonim: *Achnanthes eutrophila* Lange-Bertalot
Wymiary. Długość: 8,3–16,3 µm, szerokość: 2,9–4,2 µm, 24–27 prążków w 10 µm (n=12). Wymiary okryw i liczba prążków u *Achnanthidium eutrophilum* zawierają się w szerokim przedziale (długość: 4–19 µm, szerokość: 2,5–5,0 µm, 22–30 prążków w 10 µm), prezentowanym przez wielu autorów prac naukowych (Krammer, Lange-Bertalot 1991; Hlúbiková i in. 2011; Novais i in. 2011; Wojtal i in. 2011; Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017).
Ekologia. Gatunek preferuje wody od eu- do politroficznych, zarówno płynące, jak i stojące, zanika jednak w warunkach β-α-mezosaprobowych lub o wyższej saprobowości (Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017). *Achnanthidium eutrophilum* był oznaczany także w dużych rzekach w Polsce (Wisła, Dunajec, Rudawa), w wodach o podwyższonej zawartości biogenów, z tego względu niektórzy badacze uważają, że powinien być wskaźnikiem tego typu wód (Wojtal i in. 2011).
Występowanie. *Achnanthidium eutrophilum* w Europie środkowej jest drugim pod względem częstości występowania taksonem, po *A. minutissimum*. Jego dokładne rozprzestrzenienie może być nadal słabo poznane, ponieważ wcześniej był włączany do zbiorczego kompleksu *Achnanthes minutissima* (Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017). Znany jest także z innych kontynentów, np. Ameryki Północnej (Bahls 2009, 2021), Ameryki Południowej (González-Trujillo i in. 2020) i Azji (Genkal, Eremkina 2023). W Polsce był stwierdzany m.in. w dużych rzekach, takich jak Wisła, Dunajec czy Rudawa (Wojtal i in. 2011), natomiast na obszarze Podkarpacia rozwija się w rzece San (był gatunkiem dominującym – do 65% udziału w zbiorowisku w 2019 roku) na stanowisku wyznaczonym na terenie miasta Przemyśl (Kochman-Kędziora i in. 2022). Występował rzadko także w źródłach w centralnej Polsce (Żelazna-Wieczorek 2011) i w Bieszczadach (Żelazna-Wieczorek i Knysak 2017), w niewielkim potoku Kobylanka, na

Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (Wojtal 2009) oraz w potoku Żołynianka na Podkarpaciu (Peszek i in. 2015).
Wartości wskaźnikowe. P=3 (obojętny, pH=7), T=5 (eutroficzny), S: brak danych dla saprobii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium eutrophilum* w rzece Osławie zawsze był identyfikowany w postaci pojedynczych okryw, w związku z powyższym i na podstawie badania przeprowadzonego w Sanie (Kochman-Kędziora i in. 2022), można stwierdzić, że preferuje warunki α-mezosaprobowe (S=3) lub α-mezo-polisaprobowe (S=4) według wskaźników za Van Dam i współautorzy (1994).

Achnanthidium gracillimum (Meister) Lange-Bertalot (Ryc. 1: a–g)
Basionim: *Microneis gracillima* Meister
Synonimy: *Achnanthes minutissima* var. *gracillima* (Meister) Lange-Bertalot, *Achnanthidium minutissimum* var. *gracillimum* (Meister) Bukhtiyarova
Wymiary. Długość: 22,8–25,6 µm, szerokość: 4,2–5,0 µm, 17–22 prążków w 10 µm (n=30). Pojedyncze okrywy identyfikowane w rzece Osławie były nieznacznie szersze (o 0,5 µm) i posiadały mniej prążków (o 4 prążki) w porównaniu do danych literaturowych (Potapova 2010; Lange-Bertalot i in. 2017).
Ekologia. *Achnanthidium gracillimum* jest gatunkiem rozprzestrzenionym w górskich jeziorach zawierających wapń, oligotroficznych (do mezotroficznych). Uznawany jest za wskaźnik bardzo dobrych warunków ekologicznych (Krammer i Lange-Bertalot 1991; Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017; Jüttner i in. 2023). Jest okrzemką wrażliwą na zanieczyszczenia, preferującą odczyn wody zbliżony do neutralnego i środowiska ubogie w materię organiczną i biogeny (Bey i Ector 2013).
Występowanie. Gatunek szeroko rozprzestrzeniony, podawany jest zarówno ze stanowisk w Europie, jak i na całym świecie (Lange-Bertalot i in. 2017; Guiry 2023a). W Polsce *Achnanthidium gracillimum* (jako *Achnanthes minutissima* var. *gracillima*) był oznaczany w wodach płynących – rzeki Wisła i Raba wraz z dopływami (Kawecka i Kwandrans 2000) oraz w Jeziorze Durowskim w północno-zachodniej Polsce (Gołdyn i Messyasz 2018). Na Podkarpaciu jest to pierwsze potwierdzone stanowisko występowania tego gatunku.
Wartości wskaźnikowe. P=4 (alkalifilny, pH>7), T=1 (oligotroficzny), S: brak danych dla saprobii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium gracillimum* występował głównie na stanowisku 1. Najczęściej obserwowano pojedyncze okrywy, tylko w październiku 2017 roku występował liczniej (1,7%) na stanowisku 1 (Tab. 2). Hofmann (1994) zaliczyła *A. gracillimum* do gatunków oligosaprobowych i oligotroficznych.

Achnanthidium kranzii (Lange-Bertalot) Round & Bukhtiyarova (Ryc. 1: al)
Synonim: *Achnanthes kranzii* Lange-Bertalot
Wymiary. Długość: 19,1 µm, szerokość: 4,0 µm, 26 prążków w 10 µm (n=1).
Ekologia. Gatunek rozwija się w potokach i źródłach, w wodach oligotroficznych, ubogich w elektrolity, słabo kwaśnych do obojętnych. Bardzo rzadko występuje w miękkich wodach jezior. Jest wskaźnikiem bardzo dobrej jakości wód (Lange-Bertalot i in. 2017).
Występowanie. Najczęściej podawany jest z Europy, m.in. z Niemiec (Rumrich i in. 2000; Reichardt 2018; Hofmann i in. 2018; Täuscher 2020; Doege i in. 2022), występuje licznie na wyżynach w środkowych Niemczech (Lange-Bertalot i in. 2017). Stwierdzony został także w Austrii (Gesierich i Kofler 2010), Bułgarii (Stoyneva-Gärtner i in. 2016), Francji (Peeters i Ector 2018), Niderlandach (Veen i in. 2015) i Skandynawii (Karlason i in. 2018). Poza Europą posiada stanowiska występowania w Ameryce Północnej (Bahls 2009; Skibbe i in. 2022), Azji (Dorofeyuk i Kulikovskiy 2012; Potapova 2014), a także w Nowej Zelandii (Harper i in. 2012). W Polsce identyfikowany jest bardzo rzadko, m.in. w źródłach w Tatrach (Wojtal 2013) oraz w potokach w Beskidzie Niskim (Noga, dane niepublikowane). Pojedyncze okazy stwierdzono także w niewielkim dopływie potoku Terebowiec (Noga i in. 2016b).
Wartości wskaźnikowe. P=3 (obojętny, pH=7), T=1 (oligotroficzny), S=1 (oligosaprobowy) (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. W rzece Osławie zidentyfikowano tylko jeden okaz w kwietniu 2022 roku na stanowisku 2 (Tab. 2).

Achnanthidium lineare W. Smith (Ryc. 1: r–u)
Synonimy: *Achnanthes linearis* (W. Smith) Grunow, *Rossithidium lineare* (W. Smith) Round & Bukhtiyarova
Wymiary. Długość: 8,1–9,6 µm, szerokość: 1,6–2,1 µm, ponad 30 prążków w 10 µm (n=10; ze względu na małe rozmiary komórek, prążki bardzo trudne do policzenia w mikroskopie świetlnym).
Ekologia. Gatunek preferuje wody obojętne do alkalicznych (pH: 7,0–8,5) z niską do średniej zawartością elektrolitów (23–200 µS cm^{-1}) oraz niską zawartością fosforu i azotu (Van de Vijver i in. 2011; Bey i Ector 2013). Wojtal i współautorzy (2011) i Wojtal (2013) identyfikowali *A. lineare* w potokach i jeziorach tatrzańskich, dobrze natlenionych, w podobnych do wyżej wskazanych warunkach ekologicznych. Gatunek osiągał większe liczebności w źródłach, tak wśród mchów, jak i na kamieniach.
Występowanie. *Achnanthidium lineare* jest podawany z różnych krajów europejskich, m.in. Francji, Włoch, Portugali, Szwecji, Wielkiej Brytanii (Van de Vijver i in. 2011; Peeters i Ector 2018), także z obszaru alpejskiego, gdzie często rozwijał się licznie (Bey i Ector 2013). W Polsce występuje rzadko, znany jest m.in. z Tatr

(Wojtal i in. 2011; Wojtal 2013) oraz głównie z potoków (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019) i źródeł (Żelazna-Wieczorek i Knysak 2017; Żelazna-Wieczorek i Mostowik 2019) w Bieszczadach, Jeziorek Duszatyńskich (Noga i in. 2013d) i potoków w Beskidzie Niskim (Noga, dane niepublikowane).
Wartości wskaźnikowe. P=3 (obojętny, pH=7), S i T: brak danych dla saprobii i trofii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. Gatunek rzadko notowany w rzece Osławie, występujący tylko w postaci pojedynczych okryw (Tab. 2). Rozpatrując nieliczne występowanie *A. lineare* w rzece Osławie oraz innych ciekach na południu Polski, można określić, że jest to gatunek charakterystyczny dla warunków oligosaprobowych (S=1) i oligotroficznych (T=1).

Achnanthidium minutissimum (Kützing) Czarnecki (Ryc. 1: az–aae)
Synonim: *Achnanthes minutissima* Kützing
Wymiary. Długość: 10,6–16,6 µm, szerokość: 2,7–3,4 µm, 26–30 prążków w 10 µm (n=30).
Ekologia. *Achnanthidium minutissimum* jest gatunkiem o bardzo szerokiej amplitudzie ekologicznej. Występuje z wysoką stałością we wszystkich typach wód, ponadto należy do gatunków pionierskich i często rozwija się masowo, np. na roślinności w strefie litoralnej jezior lub w ubogich w elektrolity strumieniach przy skokowych zmianach zakwaszenia. *Achnanthidium minutissimum* występuje w szerokim spektrum warunków troficznych, za wyjątkiem siedlisk umiarkowanie do silnie zakwaszonych i bardzo ubogich w elektrolity, a także zanieczyszczonych związkami organicznymi. Przeżywalność gatunku wyraźnie spada w warunkach β-α-mezosaprobowych (Krammer, Lange-Bertalot 1991; Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017).
Występowanie. Gatunek bardzo częsty na terenie Europy, prawdopodobnie jedna z najczęściej oznaczanych okrzemek (Krammer i Lange-Bertalot 1991; Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017). Na terenie kraju jest również gatunkiem pospolitym (Siemińska i Wołowski 2003), znanym zarówno z centralnej Polski (Rakowska 2001; Żelazna-Wieczorek 2011), jak i z Polski południowej, gdzie często jest jednym z głównych dominantów (Kawecka 2012; Wojtal 2013). Podobnie na terenie Podkarpacia jest jedną z okrzemek dominujących, przede wszystkim w górnych biegach rzek i potoków (Noga i in. 2014a, Peszek i in. 2014), a zwłaszcza w potokach bieszczadzkich (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019) i górnym Sanie (Noga i in. 2014b). Często tworzy populacje przekraczające 50% udziału w zbiorowisku.
Wartości wskaźnikowe. P=3 (obojętny, pH=7), S=2 (β-mezosaprobowy), T=7 (oligo-eutroficzny) (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium minutissimum* występował w rzece Osławie na każdym stanowisku i w każdym sezonie badawczym, najczęściej jako gatunek dominujący

(≥5%). Najliczniejszą populację tworzył w marcu 2017 roku (blisko 29%) na stanowisku 3 (Tab. 2).

Achnanthidium pyrenaicum (Hustedt) Kobayasi (Ryc. 1: am–ao)
Synonimy: *Achnanthes pyrenaica* Hustedt, *Achnanthes minutissima* var. *pyrenaica* (Hustedt) Cleve, *Achnanthidium biasolettianum* (Kützing) Bukhtiyarova
Wymiary. Długość: 14,1–17,6 µm, szerokość: 3,2–3,7 µm, 20–23 prążki w 10 µm (n=30).
Ekologia. Gatunek posiada optymalne warunki występowania w wodach płynących o wartkim prądzie, bogatych w wapń, oligotroficznych do mezotroficznych. Znacznie rzadziej stwierdzany jest w jeziorach i zazwyczaj pojedynczo, jednak w obszarze dopływów może występować licznie. Występuje przede wszystkim w regionach górskich i na wyżynach, tworząc tam często liczne populacje. Niejednokrotnie znajdowany jest także w węglanowych strumieniach i rzekach obszarów wyżynnych, z zalegającymi na dnie dużymi otoczakami. W takich warunkach miejscami tworzy liczne populacje. W zbiorowiskach okrzemek na nizinach nie występuje lub identyfikowany jest bardzo rzadko (Krammer i Lange-Bertalot 1991; Hofmann i in. 2011; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017).
Występowanie. Gatunek tworzył często liczne populacje w Niemczech w Alpach, na Przedgórzu Alpejskim, a miejscami także na wyżynach (Lange-Bertalot i in. 2017). Jest okrzemką znaną z większości kontynentów i posiada liczne stanowiska występowania, zarówno pod nazwą *Achnanthidium pyrenaicum*, jak i *Achnanthidium biasolettianum* (Guiry 2023b). W Polsce jest gatunkiem często notowanym (Siemińska i Wołowski 2003), zwłaszcza na wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (Wojtal 2009) i miejscami w Tatrach (Kawecka 2012; Wojtal 2013). Znany jest także ze źródeł w centralnej Polsce (Żelazna-Wieczorek 2011). Na terenie południowo-wschodniej Polski jest jedną z najczęstszych okrzemek, podobnie jak *A. minutissimum* (Noga i in. 2014a,b, Peszek i in. 2014). Liczne populacje tworzył w potokach bieszczadzkich (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019), występował także w źródle na Przełęczy Goprowskiej (Żelazna-Wieczorek i Knysak 2017) .
Wartości wskaźnikowe. P=4 (alkalifilny, pH>7), T=3 (mezotroficzny), S: brak danych dla saprobii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium pyrenaicum* występował w rzece Osławie podczas każdego sezonu badawczego, jednak dominantem był najczęściej na stanowisku 1. W czerwcu 2021 roku dominował na wszystkich 3 stanowiskach, osiągając największą liczebność (blisko 35%) na stanowisku 1 (Tab. 2). Biorąc pod uwagę warunki ekologiczne zarówno w rzece Osławie, jak też innych badanych ciekach w południowo-wschodniej Polsce, można uznać, że *Achnanthidium pyrenaicum* należy do okrzemek β-mezosaprobowych (S=2 na podstawie wskaźników zastosowanych przez Van Dama i współautorów 1994). Jego liczne populacje (sięgające nawet 90% udziału w zbiorowisku okrzemek) obserwowane są przede wszystkim

w górnych odcinkach bieszczadzkich i magurskich potoków (Noga i in. 2016b, 2018; Rybak i in. 2019) oraz w mniejszej liczebności (do 50%) w górnym Sanie, Wisłoku i Wisłoce (Noga 2012; Noga i in. 2014b, 2018). Stanowiska, na których gatunek ten był notowany licznie, charakteryzują się nieznacznie podwyższoną zawartością biogenów, głównie azotanów, pochodzenia naturalnego lub wskutek działalności człowieka, wskazującą bardziej na warunki β-mezosaprobowe niż oligosaprobowe. Podobnie Hofmann (1994) określiła *A. pyrenaicum* jako gatunek β-mezosaprobowy, jednocześnie stwierdzając, że jest taksonem tolerancyjnym względem trofii.

Achnanthidium straubianum (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot (Ryc. 1: n–p)
Synonim: *Achnanthes straubiana* Lange-Bertalot
Wymiary. Długość: 5,2–6,6 µm, szerokość: 2,7–4,1 µm, 24–26 prążków w 10 µm (n=6). Prezentowane wymiary okryw nieznacznie odbiegają od danych literaturowych (długość: 6,1–10,6 µm, szerokość: 2,6–4,0 µm), a w jednym okazie zmierzono tylko 24 prążki (dane literaturowe: 25–30 prążków w 10 µm) – może to jednak wynikać z błędów pomiarowych, w związku z małymi rozmiarami komórek i koniecznością liczenia prążków w 5 µm (Wojtal 2009; Hlúbiková i in. 2011; Lange-Bertalot i in. 2017).
Ekologia. Gatunek preferuje bogate w wodorowęglan wapnia wody jezior od mezo- do eutroficznych, rzadziej występuje w warunkach oligotroficznych. Rzadziej i mniej licznie identyfikowany jest w wodach płynących, niż w jeziorach. Jego występowanie jest w dalszym ciągu niedokładnie poznane (Lange-Bertalot i Metzeltin 1996; Lange-Bertalot i in. 2017).
Występowanie. Gatunek znany jest przede wszystkim z Europy, m.in. z Niemiec (Hofmann i in. 2018; Doege i in. 2022; Täuscher 2022), Francji (Ector, Hlúbiková 2010; Peeters i Ector 2018), Skandynawii (Karlson i in. 2018), Bułgarii (Ivanov 2018) oraz Węgier (Ács i in. 2023). Rzadko podawany jest z innych kontynentów, np. z Ameryki Północnej (Skibbe i in. 2022). Na terenie Polski został stwierdzony po raz pierwszy w Potoku Kobylanka, na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (Wojtal 2004, 2009; Wojtal i Sobczyk 2006). Podawany był także ze źródeł w centralnej Polsce (Żelazna-Wieczorek 2011). W południowo-wschodniej Polsce występuje pojedynczo, m.in. w potokach bieszczadzkich (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019) i w źródle na Przełęczy Goprowskiej (Żelazna-Wieczorek i Knysak 2017).
Wartości wskaźnikowe. P=3 (obojętny, pH>7), T=4 (mezo-eutroficzny), S: brak danych dla saprobii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium straubianum* odnotowano w rzece Osławie bardzo rzadko, w postaci pojedynczych okryw w próbie (Tab. 2).

Achnanthidium subatomus (Hustedt) Lange-Bertalot (Ryc. 1: ac–ak)
Synonimy: *Achnanthes subatomus* Hustedt, *Achnanthes biasolettiana* var. *subatomus* Lange-Bertalot
Wymiary. Długość: 7,9–27,1 µm, szerokość: 3,6–5,3 µm, 18–22 prążki w 10 µm (n=30). Przedstawione dane morfometryczne nie odbiegają od szerokiego zakresu wymiarów (długość: 6–35 µm, szerokość: 3,0–6,0 µm, 15–40 prążki w 10 µm) prezentowanego w literaturze (Krammer, Lange-Bertalot 1991; Bey, Ector 2013).
Ekologia. *Achnanthidium subatomus* preferuje wody płynące, oligotroficzne, ubogie w wapń, z niską do średniej zawartością elektrolitów. Miejscami może występować masowo (Lange-Bertalot i in. 2017). Bey i Ector (2013) scharakteryzowali *A. subatomus* jako gatunek kosmopolityczny, występujący w środowiskach na ogół ubogich w wapń, sód, potas i chlorki, o niskiej zawartości materii organicznej, jednak tolerancyjny wobec zawartość biogenów, głównie azotanów. Zdaniem Krammera i Lange-Bertalota (1991) rozwija się także w wodach płynących, bogatych w wapń.
Występowanie. Występowanie *Achnanthidium subatomus* na obszarach wyżynnych w środkowych Niemczech określono jako „raczej częste", natomiast w rzekach i potokach na podłożu krzemianowym, na nizinach, gatunek stwierdzano bardzo rzadko (Lange-Bertalot i in. 2017). *Achnanthidium subatomus* najczęściej podawany jest ze stanowisk w Europie, głównie z Niemiec (Rumrich i in. 2000; Lange-Bertalot i in. 2017; Hofmann i in. 2018; Täuscher 2020; Doege i in. 2022; Cantonati i in. 2023), Francji (Ector i Hlúbiková 2010; Bey i Ector 2013) i Hiszpanii (López Rodríguez i in. 2009; Leira i in. 2017). Znany jest także z Holandii (Veen i in. 2015), Macedonii (Levkov i Williams 2012) i Bułgarii (Stoyneva-Gärtner i in. 2016). Oprócz Europy podawany był także z Ameryki Północnej (Kociolek 2005), Azji (Dorofeyu i Kulikovskiy 2012; Tsoy i Emelyanova 2021) i Nowej Zelandii (Harper i in. 2012). Na terenie Polski *Achnanthidium subatomus* identyfikowany był rzadko w potokach tatrzańskich (Kawecka 2012) oraz w Rzece Wisłok i dopływach (Tambor i Noga 2011, Noga 2012, Noga i in. 2014a). Częściej rozwijał się w potokach bieszczadzkich (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019), natomiast najliczniej występował w górnym biegu Sanu, osiągając rangę gatunku dominującego (Noga i in. 2014b).
Wartości wskaźnikowe. Brak wartości wskaźnikowych względem pH, saprobii i trofii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium subatomus* rozwijał się licznie w rzece Osławie i był gatunkiem dominującym (5,4–24,8%). Wyjątkiem było stanowisko 1 w marcu 2017 roku, na którym gatunek odnotowano sporadycznie, pojedyncze okrywy w preparacie (Tab. 2). Najliczniejsze populacje obserwowano wczesnym latem i późną wiosną, kiedy temperatura wody była najwyższa (16–24°C), przy odczynie lekko zasadowym (pH 7,5–7,8) i średnim przewodnictwie elektrolitycznym (196–264 µS cm^{-1}). W tych okresach, zawartość biogenów była niska, w czerwcu

zmierzono najniższe stężenia azotanów 0,3–0,4 mg l^{-1}, natomiast zawartość wapnia wynosiła około 30 mg l^{-1}. Obserwacje i badania prowadzone w południowo-wschodniej Polsce wskazują, że *A. subatomus* preferuje wody średnio zasobne w wapń, słabo zasadowe, czyli jest gatunkiem alkalifilnym (pH>7). Optimum występowania, można określić jako wody oligosaprobowe (S=1) i oligo-mezotroficzne (T=2), ponieważ większe liczebności osiąga w górnych biegach większych rzek (San, Osława). W małych, oligotroficznych potokach także występuje, jednak nie jest w nich dominantem (Noga i in. 2014b, 2016b; Rybak i in. 2019). Potrzebne są jednak kolejne badania, obejmujące większą liczbę stanowisk i cieków, celem dokładniejszego udokumentowania zakresu preferowanych warunków środowiska przez ten gatunek.

Achnanthidium thienemannii (Hustedt) Lange-Bertalot (Ryc. 1: ap–at)
Synonimy: *Achnanthes thienemannii* Hustedt, *Achnanthes biasolettiana* var. *thienemannii* (Hustedt) Lange-Bertalot
Wymiary. Długość: 14,5–17,4 µm, szerokość: 3,7–4,2 µm, 18–22 prążki w 10 µm (n=30).
Ekologia. *Achnanthidium thienemannii* występuje głównie w wodach z niską zawartością elektrolitów, lekko zasadowych (pH: 7,4–7,7) i bogatych w wapń. Często współwystępuje razem z *Achnanthidium pyrenaicum* (Krammer i Lange-Bertalot 1991; Potapowa 2006). W Ameryce Północnej był znajdowany tylko w małych, górskich potokach, o niskim przewodnictwie elektrolitycznym (Bahls 2006).
Występowanie. Gatunek podawany jest z niewielkiej liczby stanowisk, przede wszystkim z Europy, tj.: Niemiec (Rumrich i in. 2000; Hofmann i in. 2018), Francji (Ector i Hlúbiková 2010), Szwecji (Jüttner i in. 2023), Rosji (Potapova 2006) oraz Arktyki (Skulberg 1996; Jüttner i in. 2023). Stwierdzony został także w Ameryce Północnej (Bahls 2006, 2009). *Achnanthidium thienemannii* rzadko podawany jest z Polski. Występował w potokach tatrzańskich (Kawecka 2012), w Sanie na terenie Przemyśla (Kochman-Kędziora i in. 2022), w Jeziorkach Duszatyńskich (Noga i in. 2013d) oraz w potokach bieszczadzkich, w których często jest gatunkiem dominującym (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019).
Wartości wskaźnikowe. Brak wartości wskaźnikowych względem pH, saprobii i trofii (wg Van Dam i in. 1994).
Uwagi. *Achnanthidium thienemannii* występował w rzece Osławie w każdym sezonie badawczym i na wszystkich stanowiskach, najczęściej w niewielkiej liczbie okryw. Licznie wystąpił tylko w marcu 2017 roku (10,1–20,5%) na stanowiskach 2 i 3 (Tab. 2). Badania prowadzone w południowo-wschodniej Polsce wskazują, że jest gatunkiem alkalifilnym (pH>7). Niejednokrotnie współwystępuje i zarazem współdominuje z *A. pyrenaicum*, jednak nigdy nie osiąga tak znacznych liczebności jak *A. pyrenaicum*. Można zaobserwować, że wyraźny spadek liczebności *A. pyrenaicum* przekłada się na wzrost liczebności *A. thienemannii* w zbiorowisku

okrzemek (Noga i in. 2016b; Rybak i in. 2019). Był identyfikowany także w górnym biegu Sanu w latach 2010–2011, ale nie tworzył licznych populacji i nie dominował w zbiorowisku – najczęściej występował w postaci pojedynczych okryw (Noga, dane niepublikowane). Prawdopodobnie preferuje wody mniej żyzne niż *A. pyrenaicum*, można więc określić go jako gatunek rozwijający się w warunkach oligo-mezotroficznych (T=2) i oligosaprobowych (S=1). Jednak, podobnie jak w przypadku *A. subatomus*, konieczne są dalsze obserwacje dla potwierdzenia proponowanych preferencji wobec warunków środowiska.

Podsumowanie

Rezerwat przyrody „Przełom Osławy pod Duszatynem" utworzono w celu ochrony fragmentu doliny rzeki Osławy i jej dopływów. Rzeka wyżłobiła w tym miejscu charakterystyczny meander w podłożu skalnym (tzw. Łokieć). Atrakcyjność tego odcinka jest porównywalna do przełomu Popradu w Żegiestowie, a niekiedy do przełomu Dunajca w Pieninach. Działalność gospodarcza człowieka na tym obszarze jest nieznaczna (np. tory nieczynnej kolejki wąskotorowej), z tego względu przyroda zachowana jest w stanie bliskim naturalnemu.

Osława na odcinku Duszatyn – Prełuki została objęta badaniami pod kątem występowania bezkręgowców i kręgowców wodnych. Zidentyfikowano ponad 100 gatunków bezkręgowców i 15 gatunków ryb (także o ograniczonym zasięgu geograficznym lub takich, których liczebność populacji w Polsce maleje). Fauna Osławy ma charakter górski, ze znacznym udziałem gatunków wschodniokarpackich. Wiele z nich należy do form czystolubnych a zasięgi niektórych kończą się na tej rzece. W składzie jakościowym znaczny udział mają gatunki endemiczne, rzadko spotykane, zagrożone, a nawet zanikające (Margielewski i in. 2002).

Flora mszaków rezerwatu „Przełom Osławy pod Duszatynem" także wyróżnia się dużą różnorodnością gatunkową (30 gatunków wątrobowców i 117 gatunków mchów), a sam obszar rezerwatu, zdaniem briologów, należy uznać za najbogatszy w gatunki mszaków w polskiej części Karpat (Stebel i in. 2020).

Podobnie badania zbiorowisk okrzemek wykazały ogromne bogactwo gatunkowe w tej grupie glonów oraz występowanie wielu cennych i rzadkich gatunków, m.in. z rodzaju *Achnanthidium*. Zidentyfikowano gatunki (*Achnanthidium gracilimum*, *A. kranzii*), których występowanie świadczy o dobrej jakości wody i które określane są w literaturze jako wskaźniki wysokiej lub bardzo dobrej jakości wód (Lange-Bertalot i in. 2017). Inne gatunki: *A. affine, A. minutissimum, A. pyrenaicum* i *A. subatomus* rozwijały się licznie lub bardzo licznie, a ich występowanie świadczy o tym, że znajdują dogodne warunki do rozwoju w rzece Osławie. Gatunki, które obserwowano pojedynczo w badanym materiale (głównie *Achnanthidium straubianum* i *A. eutrophilum*) osiągały zazwyczaj niewielkie rozmiary komórek, często zbliżone do dolnej granicy wymiarów. Preferują one wody

bardziej żyzne, mezo- lub eutroficzne (Wojtal 2009; Bąk i in. 2012; Lange-Bertalot i in. 2017), z tego względu w rzece Osławie nie znajdują optymalnych warunków do rozwoju i często karleją. Inne rzadko występujące w wodach Osławy okrzemki (np. *A. lineare*) częściej identyfikowane są w dobrze natlenionych górskich ciekach i w źródłach (Wojtal i in. 2011; Wojtal 2013). Prawdopodobnie one także nie znajdują w rzece Osławie optymalnych warunków do rozwoju, dlatego były identyfikowane tylko w postaci małych komórek i w niewielkiej liczbie okazów. Dokładna analiza zebranego i oznaczonego materiału w przyszłości pozwoli niewątpliwie na uzyskanie kolejnych cennych informacji na temat morfologii i ekologii wielu taksonów okrzemek, żyjących w czystych wodach Osławy.

Warto zwrócić uwagę także na fakt, że w czasie, kiedy tworzono rezerwat „Przełom Osławy pod Duszatynem" do Wojewody Podkarpackiego wpłynął wniosek o wyrażenie zgody na podjęcie inwestycji hydrotechnicznej przeznaczonej dla produkcji energii elektrycznej (tzw. małej elektrowni wodnej). Plany tego typu powstały z powodu meandra rzecznego – Łokcia – w kształcie niemal zamkniętego koła (najmniejsza odległość na zamknięciu wynosi w linii prostej 120 m). Wystarczyłoby w utworach skalnych wydrążyć tunel, zamontować tam turbiny i tanio produkować energię elektryczną. Gdyby planowana inwestycja została zrealizowana, niewątpliwie spowodowałaby zmiany w ekosystemie rzeki Osławy, np. zmącenie wody zawiesiną mineralną (nawet do kilku kilometrów) oraz wyniszczenie młodocianych stadiów rozwojowych ryb i wielu gatunków filtratorów na znacznym odcinku. Zmianie uległyby także warunki rozwojowe glonów ze względu na zamulenie powierzchni kamieni w dłuższej przestrzeni czasowej. Uruchomienie stopnia piętrzącego doprowadziłoby do zmiany charakteru dna rzeki powyżej i poniżej stopnia. Rzeka z powodu ograniczenia strefy prądowej w korycie zatraciłaby górski charakter na tym odcinku, a to przyczyniłoby się niewątpliwie do ustąpienia wielu gatunków (Margielewski i in. 2002).

Badania przeprowadzone do tej pory na obszarze rezerwatu „Przełom Osławy pod Duszatynem" wyraźnie pokazują jak cenny przyrodniczo jest ten fragment doliny Osławy i jak wiele szkód mogłaby zrobić przedstawiona powyżej inwestycja, gdyby doszła do skutku.

Literatura

Ács É., Bíró T., Buczkó K., Duleba M., Földi A., Kiss Keve T., Orgoványi P., Trábert Z. 2023. Képes útmutató Magyarország leggyakoribb bevonatlakó kovaalgáihoz (Bacillariophyceae) [Illustrated guide to Hungary's most common coating-dwelling diatoms (Bacillariophyceae)]. Budapest, Magyar, s. 1–447.

Bahls L.L. 2006. Northwestern Diatoms. A photographic catalogue of species in the Montana Diatom Collection with ecological optima, associates, and di-

stribution records for the nine northwestern United States, Vol. 3, ss. 481, Montana Diatom Collection, Helena, Montana.

Bahls L.L. 2009. A checklist of diatoms from inland waters of the Northwestern United States. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 158(1): 1–35.

Bahls L.L. 2021. Diatoms of Montana and western North America: catalog and atlas of species in the Montana diatom collection, Volume 1. Academy of Natural Sciences of Philadelphia Special Publication 24: 1–508.

Bąk M., Witkowski A., Żelazna-Wieczorek J., Wojtal A.Z., Szczepocka E., Szulc A., Szulc B. 2012. Klucz do oznaczania okrzemek w fitobentosie na potrzeby oceny stanu ekologicznego wód powierzchniowych w Polsce. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa, s. 1–452.

Beracko P., Sochuliaková L., Cíbik J., Lánczos T. 2022. Drivers predicting biodiversity and community assembly of benthic diatoms in a karst spring environment. Diatom Research 37(3): 181–197.

Bey M.-Y., Ector L. 2013. Atlas des diatomées des cours d'eau de la région Rhône--Alpes. Tome 1. Centriques, Monoraphidées. Wyd. Direction Régionale De l'Environnement, De l'Aménagement Et Du Logement RHÔNE-ALPES, Lyon, ss. 180.

Cantonati M., Bilous O., Spitale D., Angeli N., Segadelli S., Bernab D., Lichtenwöhrer K., Gerecke R., Saber A.A. 2022. Diatoms from the spring ecosystems selected for the long-term monitoring of climate-change effects in the Berchtesgaden National Park (Germany). Water 14(38): 1–22.

Cantonati M., Casoria C., Gerecke R., Bilous O.P., Maisto G., Segadelli S., Spitale D., Steinbauer A., Vogel S., Saber A.A. 2023. Diatom indicators of fluctuating/intermittent discharge from springs in two Bavarian nature conservation areas. Diversity 15(915): 1–27.

Centralny Rejestr Form Ochrony Przyrody. https://crfop.gdos.gov.pl/CRFOP/, (dostęp w dniu 19.01.2024).

Doege A., Hofmann G., Kroker J., Paul G., Paul G. 2022. Artenliste der Algen Sachsens Vorkommen, Taxonomie und Autökologie. Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Dresden, s. 1–489.

Dokumentacja przyrodnicza projektowanego rezerwatu przyrody „Dolina potoku Olchowatego". 2021. Ogólnopolskie Towarzystwo Ochrony Ptaków, Kraków, s. 1–38.

Dorofeyuk N.I., Kulikovskiy M.S. 2012. Diatoms of Mongolia. Biological resources and natual condiitons of Mongolia. Proceedings of Joint Russian-Mongolian Complex Biological Expedition. Vol. LIX. Institute of Ecology and Evolition RAN, Moscow, s. 1–367.

Ector L., Hlúbiková D. 2010. Atlas des diatomées des Alpes-Maritimes et de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Centre de Recherche Public Gabriel Lippmann, Belvaux, Luxembourg, s. 1–393.

Genkal S.I., Eremkina T.V. 2023. Diatom algae of reservoirs of different types in the Middle Urals (Sverdlovsk Oblast, Russia). Inland Water Biology 16(3): 385–393.

Gesierich D., Kofler W. 2010. Epilithic diatoms from rheocrene springs in the Eastern Alps (Vorarlberg, Austria). Diatom Research 25(1): 43–66.

Gmina Komańcza. 2004. Program Ochrony Środowiska Przyrodniczego dla Gminy Komańcza, s. 8–16.

Gołdyn R., Messyasz B. 2018. Ocena zmian stanu ekologicznego w ekosystemie jeziora Durowskiego w roku 2018. Wydział Biologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu, Poznań, s. 1–146.

González-Trujillo J.D., Pedraza-Garzón E., Donato-Rondon J.C., Sabater S. 2020. Ecoregional characteristics drive the distribution patterns of neotropical stream diatoms. Journal of Phycology 56(4): 1053–1065.

Guiry M.D. in Guiry M.D. & Guiry G.M. 12 August 2023a. AlgaeBase. World--wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. https://www.algaebase.org, (dostęp w dniu 22.01.2024).

Guiry M.D. in Guiry M.D. & Guiry G.M. 14 April 2023b. AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. https://www.algaebase.org, (dostęp w dniu 08.02.2024).

Harper M.A., Cassie Cooper V., Chang F.H., Nelson W.A., Broady P.A. 2012. Phylum Ochrophyta: brown and golden-brown algae, diatoms, silicoflagellates, and kin. [W:] D.P. Gordon (red.), New Zealand inventory of biodiversity. Volume 3. Kingdoms Bacteria, Protozoa, Chromista, Plantae, Fungi. Canterbury University Press, Christchurch, s. 114–163.

Hlúbiková D., Ector L., Hoffmann L. 2011. Examination of the type material of some diatom species related to *Achnanthidium minutissimum* (Kütz.) Czarn. (Bacillariophyceae). Algological Studies 136/137: 19–43.

Hofmann G. 1994. Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. Bibliotheca Diatomologica 30: 1–241.

Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. 2011. Diatomeen im Süβwasser – Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häugfisten Arten und ihre Ökologie. [W:] H. Lange-Bertalot (red.), 908 ss. A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell.

Hofmann G., Lange-Bertalot H., Werum M., Klee R. 2018. Rote Liste und Gesamtartenliste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyta) Deutschlands. [W:] D. Metzing i in. (red.), Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. Band 7: Pflanzen [Naturschutz und Biologische Vielfalt 70(7): 601–708], Münster, Landwirtschaftsverlag.

Ivanov P.N. 2018. Two new diatom species from family Achnanthidiaceae in Bulgaria: *Achnanthidium druartii*, an invasive species in Europe and *Achnanthidium straubianum*, new to Bulgarian diatom flora. Phytologia Balcanica 24(2): 195–199.

Jüttner I., Wetzel C.E., Van de Vijver B., Levkov Z., Chudaev D., Williams D.M., Ector L. 2023. Investigation of the type material of *Microneis gracillima, Navicula pyrenaica, Achnanthes amphicephala, Achnanthes thienemannii* and *Achanthidium rostropyrenaicum* (Achanthidiaceae, Bacillariophyta) and additional populations of the species. Fottea 23(1): 122–140.

Karlson B., Andreasson A., Johansen M., Karlberg M., Loo A., Skjevik A.-T. 2018. Nordic Microalgae. World-wide electronic publication, http://nordicmicroalgae.org. Norrköping: Swedish Meteorological and Hydrological Institute.

Kawecka B. 1980. Sessile algae in european mountains streams. 1. The ecological characteristics of communities. Acta Hydrobiol. 22: 361–420.

Kawecka B. 2012. Diatom diversity in streams of the Tatra National Park (Poland) as indicator of environmental conditions. Szafer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków, ss. 213.

Kawecka B., Kwandrans J. 2000. Diversity of flora and fauna in running waters of the Province of Cracow (southern Poland) in relation to water quality. 3. Benthic cyanobacteria and algae communities. Acta Hydrobiol. 42(3/4): 145–173.

Kawecka B., Sanecki J. 2003. *Didymosphenia geminata* in running waters of southern Poland – Symptoms of change in water quality? Hydrobiol. 495: 193–201.

Kociolek J.P. 2005. A checklist and preliminary bibliography of the Recent, freshwater diatoms of inland environments of the continental United States. Proceedings of the California Academy of Sciences. Fourth Series 56(27): 395–525.

Kochman-Kędziora N., Noga T., Rybak M., Peszek Ł. 2022. Jak zbadać jakość wody przy pomocy mikroorganizmów? Studium przypadku na przykładzie okrzemek rozwijających się w rzece San na terenie miasta Przemyśla. Rocznik Przemyski 58(3): 75–98.

Kochman-Kędziora N., Pajączek A., Peszek Ł., Domszy P., Noga T., Stanek Tarkowska J. 2016. Różnorodność zbiorowisk okrzemek rozwijających się w rzece San w okolicach Jarosławia. Rocznik Przemyski 52(3): 3–26.

Krammer K., Lange-Bertalot H. 1991. Bacillariophyceae. 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolate) und *Gomphonema*, Gesamtliteraturverzeichnis. [W:] H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (red.), Süsswasserflora von Mitteleuropa 2(4), G. Fischer Verlag, Stuttgart – Jena, ss. 437.

Kukuła K., Bylak A., Gawroński S., Scelina M. 2012. Dorzecze Górnego Sanu. [W]: D. Rogala, A. Marcela (red.), Obszary Natura 2000 na Podkarpaciu. RDOŚ w Rzeszowie, s. 114–120.

Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 1996. Indicators of oligotrophy. 800 taxa representative of three ecologically distinct lake types, carbonate buffered – oligodystrophic – weakly buffered soft water. Oligotrophie-Indikatoren. 800 Taxa repräsentativ für drei diverse Seen-Typen: Kalkreich – Oligodystroph – Schwach gepuffertes Weichwasser. Iconographia Diatomologica 2: 1–390.

Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. Freshwater benthic diatoms of Central Europe: over 800 common species used in ecological assessments. English edition with updated taxonomy and added species. [W]: M. Cantonati i in. (red.), Koeltz Botanical Books, Schmitten-Oberreifenberg, ss. 942.

Leira M., López-Rodríguez M. del C., Carballeira R. 2017. Epilithic diatoms (Bacillariophyceae) from running waters in NW Iberian Peninsula (Galicia, Spain). Anales del Jardín Botánico de Madrid 74(2): 1–24.

Levkov Z., Williams D.M. 2012. Checklist of diatoms (Bacillariophyta) from Lake Ohrid and Lake Prespa (Macedonia), and their watersheds. Phytotaxa 45: 1–76.

López Rodríguez M.C., Leira M., Toural C., Penalta M. 2009. Flora dulceacuícola del Parque Natural de la Sierra de la Encina de Lastra. Algas, Bol. Soc. Esp. Ficología 42: 18–19.

Margielewski W., Łajczak A., Szczęsny B. 2002. Rezerwat przyrody „Przełom Osławy pod Duszatynem" – wartości przyrodnicze i zagrożenia. Instytut Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk, Kraków, s. 39–65.

Marquardt G.C., Bicudo D.C., Bicudo C.E. de M., Ledru M.-P., Wetzel C.E. 2023. Two new species of *Achnanthidium* Kützing (Achnanthidiaceae) from the Quaternary sediments of the Colônia basin, Southeast Brazil. Cryptogamie, Algologie 44(6): 111–126.

Monnier O., Lange-Bertalot H., Rimet F., Hoffmann L., Ector L. 2004. *Achnanthidium atomoides* sp. nov., a new diatom from the Grand-Duchy of Luxembourg. Vie et Milieu 54(2–3): 127–136.

Noga T. 2012. Diversity of diatom communities in the Wisłok River (SE Poland). [W:] K. Wołowski, I. Kaczmarska, J.M. Ehrman, A.Z. Wojtal (red.), Phycological Reports: Current advances in algal taxonomy and its applications: phylogenetic, ecological and applied perspective. Institute of Botany Polish Academy of Sciences, Krakow, s. 109–128.

Noga T., Siry K. 2010. Różnorodność flory okrzemek w potoku Łubienka (Pogórze Dynowskie, Polska SE). Zeszyty Naukowe PTIE i PTG 12: 75–86.

Noga T., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Peszek Ł. 2013a. New record of *Geissleria declivis* (Hust.) Lange-Bert. (Bacillariophyceae) in Europe, the first in Poland. Oceanological and Hydrobiological Studies 42: 480–485.

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.

Noga T., Stanek-Tarkowska, Pajączek A., Peszek Ł., Kochman N. 2013b. Ecological characteristics the diatoms of river Wisłok using their role of indicators for assessing water quality. Journal of Ecological Engineering 14(3): 18–27.

Noga T., Kochman N., Peszek Ł., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A. 2014a. Diatoms (Bacillariophyceae) in rivers and streams and on cultivated soils of the Podkarpacie Region in the years 2007–2011. Journal of Ecological Engineering 15(1): 6–25.

Noga T., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Kochman N., Peszek Ł. 2014b. 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., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Peszek Ł., Kochman N., Woźniak K. 2013c. 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(2): 8–23.

Noga T., Rybak M., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Kochman-Kędziora N., Peszek Ł. 2016a. Nowe stanowiska występowania okrzemki *Didymosphenia geminata* (Lyngbe) M. Schmidt w potoku Wołosatym i dopływach. 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(4): 232–247.

Noga T., Stanek-Tarkowska J., Pajączek A., Peszek Ł., Kochman N., Kozak E., Kędziora Ł., Wąsacz P. 2013d. Preliminary recognition of diatoms *Bacillariophyceae* of the Duszatyńskie Lakes (Western Bieszczady Mts.). Roczniki Bieszczadzkie 21: 127–146.

Novais M.H., Hlúbiková D., Morais M., Hoffmann L., Ector L. 2011. Morphology and ecology of *Achnanthidium caravelense* (*Bacillariophyceae*), a new species from Portuguese rivers. Algological Studies 136/137: 131–150.

Pajączek A., Musiałek M., Pelczar J., Noga T. 2012. Diversity of diatoms (Bacillariophyceae) in the Mleczka River, Morwawa River and Rożanka stream (tributaries of the Wisłok River, SE Poland), with particular reference to threatened species. [W:] K. Wołowski, I. Kaczmarska, J.M. Ehrman, A.Z. Wojtal (red.), Current advances in algal taxonomy and its applications: phylogenetic, ecological and applied perspective. W. Szafer Institute of Botany, PolishAcademy of Sciences, Krakow, s. 129–151.

Peszek Ł., Pajączek A., Kochman N., Noga T., Stanek-Tarkowska J. 2014. Dominujące gatunki okrzemek w wodach płynących na terenie Podkarpacia. [W:] J. Gąsior i in. (red.), Acta Carpathica 16: 97–102.

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 Żołynianka and Jagielnia streams. Journal of Ecological Engineering 16(2): 33–51.

Peeters V., Ector L. 2018. Atlas des diatomées des cours d'eau du territoire bourguignon. Volume 2: Monoraphidées, Brachyraphidées. Wyd. Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Bourgogne-Franche-Comté, Dijon, ss. 271.

Pliński M., Witkowski A. 2009. Okrzemki – Bacillariophyta (Diatoms). Cześć I: Okrzemki centryczne (Coscinodiscophyceae). Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, s. 9–25.

Potapowa M. 2006. *Achnanthidium zhakovschikovii* sp. nov. (Bacillariophyta) and related species from rivers of Northwestern Russia. Nova Hedwigia 82(3–4): 399–408.

Potapova M. 2010. *Achnanthidium gracillimum*. [W:] Diatoms of North America. https://diatoms.org/species/achnanthidium_gracillimum, (dostęp w dniu: 22.04.2024).

Potapova M. 2014. Diatoms of Bering Island, Kamchatka, Russia. Beihefte zur Nova Hedwigia 143: 63–102.

Rakowska B. 2001. Studium różnorodności okrzemek ekosystemów wodnych Polski niżowej. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, ss. 77.

Reichardt E. 2018. Die Diatomen in Gebiet der Stadt Treuchtlingen. Band 1 i 2. Wyd. Bayerische Botanische Gesellschaft, München, ss. 1184.

Reizer L. 2016. Plan Urządzenia Lasu. Program ochrony przyrody dla Nadleśnictwa Komańcza. Regionalna Dyrekcja Lasów Państwowych w Krośnie, s. 25–83.

Round F.E., Bukhtyarova L. 1996. Four new genera based on *Achnanthes* (*Achnanthidium*) together with a re-definition of *Achnanthidium*. Diatom Research 11: 345–361.

Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G. 1990. The Diatoms: Biology and morphology of the genera. Wyd. Cambridge University Press, Cambridge, s. 1–747.

Rumrich U., Lange-Bertalot H., Rumrich M. 2000. Diatomeen der Anden von Venezuela bis Patagonien/Feuerland und zwei weitere Beiträge. Diatoms of the Andes from Venezuela to Patagonia/Tierra del Fuego and two additional contributions. Iconographia Diatomologica 9: 1–673.

Rybak M., Noga T., Peszek Ł. 2019. Zbiorowiska okrzemek (Bacillariophyta) potoku Rzeczyca i jego dopływu (Bieszczadzki Park Narodowy). Roczniki Bieszczadzkie 27: 361–384.

Siemińska J., Wołowski K. 2003. Catalogue of prokaryotic and eukaryotic algae noted in Poland. Katalog prokariotycznych i eukariotycznych glonów odnotowanych w Polsce. Wyd. Szafer Intitute of Botany, Polish Academy of Sciences. Kraków, ss. 251.

Skibbe O., Abarca N., Forrest F., Werner P. 2022. Exploring diatom diversity through cultures – a case study from the Bow River, Canada. Journal of Limnology 81(2095): 227–255.

Skulberg O.M. 1996. Terrestrial and limnic algae and cyanobacteria. [W:] A. Elvebakk, P. Prestrud (red.), A catalogue of Svalbard plants, fungi, algae and cyanobacteria. Norsk Polarinstitut Skrifter 198: 383–395, Oslo, Norsk Polarinstitut.

Sołek K. (red.) 2016. Wody powierzchniowe województwa podkarpackiego – identyfikacja wybranych zagrożeń. Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Rzeszów, s. 52–53.

Stebel A., Zubel R., Fudali E., Vončina G., Wierzgoń M., Fojcik B., Staniaszek-Kik M., Wierzcholska S., Szczepański M., Piwowarski B., Smoczyk M., Pisarek W. 2020. Mszaki rezerwatu „Przełom Osławy pod Duszatynem" (Bieszczady Zachodnie). Roczniki Bieszczadzkie 28: 15–40.

Stoyneva-Gärtner M.P., Isheva T., Ivanov P., Uzunov B., Dimitrova P. 2016. Red List of Bulgarian algae. II. Microalgae. Annual of Sofia University, Faculty of Biology, Book 2 Botany, 100. ISSN 0204–9910 (Print), ISSN 2367–9190 (online).

Sulikowska-Drozd A., Abraszewska A., Pietrzak S., Ciupiński Ł. 2016. Ocena stanu populacji skójki gruboskorupowej *Unio crassus* w Bieszczadach. Roczniki Bieszczadzkie 24: 221–237.

Szczęsny B. 2002. Bezkregowce bentosowe Osławy w rezerwacie przyrody „Przełom Osławy pod Duszatynem" (Bieszczady Zachodnie). Roczniki Bieszczadzkie 10: 301–314.

Tambor A., Noga T. 2011. Różnorodność flory okrzemek w rzece Lubcza i potoku Lubenia (Podgórze Rzeszowskie, Polska SE). Rocznik Przemyski 47(3): 105–118.

Täuscher L. 2020. Algen (2. Fassung Algen excl. Armleuchteralgen, Stand: August 2019), (3. Fassung Armleuchteralgen, Stand: August 2019). [W:] Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt (red.), Rote Listen Sachsen-Anhalt. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 1: 55–76.

Täuscher L. 2022. Checklisten und Gefährdungsgrade der Algen des Landes Brandenburg VI. Checkliste und Gefährdungsgrade der Bacillariophyta/Bacillariophyceae sensu lato (Coscinodiscophyceae, Mediophyceae, Fragilariophyceae, Bacillariophyceae sensu stricto). Verhandlungen des Botanischen Vereins von Berlin und Brandenburg 154: 99–154.

Tsoy I.B., Emelyanova E.A. 2021. Atlas diatomovykh vodorosley Daginskogo gryazevogo vulkana (Vostochnyy Sakhalin) [Atlas of diatom algae from the

Daginsky Mud Volcano (East Sakhalin)]. V.i. Il'ichev Pacific Oceanological Institute of the Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences (POI FEB RAS), Vladivostok, s. 1–219.

Van Dam H., Martens A., Sinkeldam J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherlands J. Aquatic Ecol. 28: 117–133.

Van de Vijver B., Ector L., Beltrami M.E., de Haan M., Falasco E., Hlúbiková D., Jarlman A., Kelly M., Novais M.H., Wojtal A.Z. 2011. A critical analysis of the type material of *Achnanthidium lineare* W. Sm. (*Bacillariophyceae*). Algological Studies 136/137: 167–191.

Veen A., Hof C.H.J., Kouwets F.A.C., Berkhout T. 2015. Taxa Watermanagement the Netherlands (TWN) [Rijkswaterstaat Waterdienst, Informatiehuis Water] http://ipt.nlbif.nl/ipt/resource?r=checklist-twn.

Wetzel C.E., Jüttner I., Gurung S., Ector L. 2019. Analysis of the type material of *Achnanthes minutissima* var. *macrocephala* (Bacillariophyta) and description of two new small capitate *Achnanthidium* species from Europe and the Himalaya. Plant Ecology and Evolution 152(2): 340–350.

Wojtal A. 2004. New or rare species of the genera *Achnanthidium* and *Psammothidium* (Bacillariophyceae) in the diatom flora of Poland. Polish Botanical Journal 49(2): 215–220.

Wojtal A.Z. 2009. Diatom flora of the Kobylanka stream near Kraków (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska Upland, S Poland). Polish Botanical Journal 54(2): 129–330.

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.

Wojtal A.Z., Sobczyk Ł. 2006. Composition and structure of epilithic diatom assemblages on stones of different size in a small calcareous stream (S Poland). Algological Studies 119(1): 105–124.

Wojtal A., Ector L., Van de Vijver B., Morales E.A., Blanco S., Piątek J., Smieja A. 2011. The *Achnanthidium minutissimum* complex (Bacillariophyceae) in southern Poland. Algological Studies 136/137: 211–238.

Zarządzenie Regionalnego Dyrektora Ochrony Środowiska w Rzeszowie z dnia 9 listopada 2017 r. w sprawie rezerwatu przyrody „Przełom Osławy pod Duszatynem" Dz. U. Woj. Podkarpackiego, poz. 3699.

Żelazna-Wieczorek J. 2011. Diatom flora in springs of Łódź Hills (Central Poland). Biodiversity, taxonomy and temporal changes of epipsammic diatom assemblages in springs affected by human impact. Diatom Monographs 13: 1–420.

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.

Żelazna-Wieczorek J., Mostowik K. 2019. Różnorodność gatunkowa okrzemek Bieszczadzkiego Parku Narodowego – okrzemki źródła Elizy na Połoninie Wetlińskiej. Roczniki Bieszczadzkie 27: 345–360.

Summary

The research conducted between 2012 and 2022 in the "Przełom Osławy pod Duszatynem" nature reserve revealed the presence of 11 species from the *Achnanthidium* genus (*Achnanthidium affine, A. atomoides, A. eutrophilum, A. gracillimum, A. kranzii, A. lineare, A. minutissimum, A. pyrenaicum, A. straubianum, A. subatomus, A. thienemannii*). The aim of the study was to present new occurrences of the mentioned taxa in the Osława river along with a morphological-ecological description of these diatoms. Samples for the research were collected from 3 sites during the spring and autumn seasons in the meandering section of the Osława river, known as Łokieć. The waters at the sampled sites were commonly characterized by alkaline pH (pH: 6.5–8.0) and usually moderate values of electrical conductivity (89–330 μS cm^{-1}) and calcium ions (11.65–36.56 mg l^{-1}). The values of other chemical parameters (especially phosphates and ammonium nitrogen) were very low (Table 1). Among the 11 identified taxa from the *Achnanthidium* genus, 5 achieved the rank of dominant species (>5%), at least in one research season. Two species, *Achnanthidium subatomus* and *A. minutissimum*, were most frequently dominant. Most identified *Achnanthidium* species do not have specific preferences regarding saprobity parameter; the remaining ones prefer oligo- or β-mesosaprobic waters (I–II class of quality). Their presence in the Osława river indicates good water quality, which is also confirmed by the values of the examined chemical parameters.