

## WYKORZYSTANIE OKRZEMEK (*BACILLARIOPHYTA*) DO OCENY JAKOŚCI WÓD RZEKI BIAŁEJ TARNOWSKIEJ

Teresa Noga<sup>1</sup>, Jadwiga Stanek-Tarkowska<sup>2</sup>, Anita Pajączek<sup>2</sup>, Łukasz Peszek<sup>3</sup>,  
Natalia Kochman-Kędziora<sup>3</sup>, Ewa Irlík<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 8B, 35-601 Rzeszów, e-mail: teresa.noga@interia.pl

<sup>2</sup> Katedra Gleboznawstwa Chemii Środowiska i Hydrologii, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 8B, 35-601 Rzeszów

<sup>3</sup> Katedra Agroekologii, Wydział Biologiczno-Rolniczy, Uniwersytet Rzeszowski, ul. Zelwerowicza 8B, 35-601 Rzeszów

### STRESZCZENIE

Rzeka Biała Tarnowska jest prawobrzeżnym dopływem Dunajca. Wypływa z Beskidu Niskiego, płynie na granicy Pogórza Rożnowskiego i Ciężkowickiego, następnie uchodzi do Dunajca na terenie Niziny Nadwiślańskiej. Celem niniejszej pracy było zbadanie różnorodności okrzemek na poszczególnych stanowiskach oraz próba oceny zanieczyszczenia rzeki z wykorzystaniem okrzemek jako wskaźników jakości wód. Wody rzeki Biała Tarnowska charakteryzowały się odczynem zasadowym lub zbliżonym do obojętnego. Wartości stężeń azotanów wskazywały na II klasę jakości, jedynie na ostatnim stanowisku (5) mieściły się w normach odpowiadających I klasie. Na stanowiskach wyznaczonych wzdłuż biegu rzeki zidentyfikowano łącznie 205 taksonów okrzemek. Najbogatszymi w gatunki rodzajami były: *Nitzschia* (29), *Navicula* (21) oraz *Gomphonema* (15). Najczęściej występującym dominantem było *Achnanthydium pyrenaicum* (Hust.) Kobayasi. Bardzo liczne populacje tworzyła także *Navicula lanceolata* (Agardh) Kütz., w dolnym biegu rzeki, na dwóch ostatnich stanowiskach. Celem określenia statusu ekologicznego rzeki Białej Tarnowskiej wykonano analizę struktury zbiorowisk okrzemek. Wyniki analiz przedstawiono za pomocą wybranych indeksów okrzemkowych. Według indeksu IPS Biała Tarnowska posiada dobry status ekologiczny (II klasa) na większości badanych stanowisk. Wartości wskaźnika TDI przedstawiały się najgorzej w klasyfikacji i wskazywały najczęściej na wody słabej i złej jakości (IV i V klasa) zwłaszcza w środkowym i dolnym biegu.

**Słowa kluczowe:** okrzemki, różnorodność, indeksy IPS, GDI, TDI.

## THE USE OF DIATOMS (*BACILLARIOPHYTA*) TO ASSESS WATER QUALITY OF BIAŁA TARNOWSKA RIVER

### Abstract

The Biała Tarnowska River is a right-bank tributary of Dunajec. It flows from the Low Beskid Mountains, flowing on the border of Ciężkowickie and Rożnowskie foothills and then flows into the Dunajec on the territory of Vistula Lowland (Nizina Nadwiślańska). The aim of this work was to investigate the diatoms diversity at the individual sites and attempt to evaluate pollution of the river with the use diatoms as water quality indicators. The waters of Biała Tarnowska River were characterized by alkaline or circumneutral pH. Values of nitrates concentration indicated II water quality class, only at the last site (5) corresponded to the standards for the I class. At the studied sites located along river course 205 diatom taxa were identified. The riches in species were genera: *Nitzschia* (29), *Navicula* (21) and *Gomphonema* (15). The most popular dominant was *Achnanthydium pyrenaicum* (Hust.) Kobayasi. Very numerous communities were created by *Navicula lanceolata* (Agardh) Kütz., at the lower current of river, on two last sites. In order to determine the ecological status of Biała Tarnowska River the analysis of the diatom assemblages structure was performed. The results of the analysis were shown by the selected diatomaceous indices. According to IPS index Biała Tarnowska has a good ecological status (II class) at the most of study sites. Values of TDI index were the worst and indicated poor and bad water quality (IV and V class) especially in middle and lower current.

**Keywords:** diatoms, diversity, indices IPS, GDI, TDI.

## WSTĘP

Ocena cech środowiska w hydrobiologii oparta jest na parametrach fizycznych, chemicznych i biologicznych, w tym również na glonach, które mogą być wykorzystywane do określania zasolenia, trofii, odczynu wody, poziomu tlenu, zawartości wapnia czy zanieczyszczenia. Do oceny stanu środowiska przydatne są gatunki z różnych grup glonów a w szczególności okrzemki, które stanowią najbardziej liczną i zróżnicowaną grupę. Okrzemki posiadają bardzo trwałe pancerzyki, które po obumarciu komórek opadają na dno zbiorników i tworzą osady okrzemkowe. Dzięki nim wykorzystywane są w badaniach geologicznych, archeologicznych i paleolimnologicznych do określania wieku osadów. Są wrażliwe na zmiany czynników środowiskowych, takich jak: światło, wilgotność, temperatura, prędkość prądu, zawartość tlenu, zasolenie, odczyn wody, biogeny, azot i węgiel organiczny [Kawecka, Elooranta 1994, Rakowska 2001, 2003].

Badania monitoringowe z zastosowaniem okrzemek do oceny jakości wód prowadzone są w wielu krajach na szeroką skalę [Prygiel, Coste 1993, Whitton, Rott 1996, Kwandrans i in. 1998, Kawecka, Kwandrans 2000, Prygiel 2002, Żelazowski i in. 2004, Dumnicka i in. 2006, Kelly i in. 2001, Rakowska, Szczepocka 2011]. Powstają programy komputerowe (m.in. OMNIDIA) zawierające taksonomiczną i ekologiczną bazę danych o okrzemkach, wraz z wartościami wskaźnikowymi i stopniem wrażliwości. Na tej podstawie możliwe jest ocenianie jakości wody [Lecointe i in. 1993].

Rzeka Biała Tarnowska w roku 2002 została objęta monitoringiem regionalnym w punktach pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych w Stróżach, Ciężkowicach, Lubaszowej, Koszycach oraz w Tarnowie. Według badań przeprowadzonych przez WIOŚ w 2009 roku wody rzeki Białej od źródła do odcinka ujściowego oceniane były jako bardzo dobrej jakości i zaliczane do I klasy czystości, zaś w odcinku ujściowym, poniżej wylotów ścieków z Zakładów Azotowych i Tarnowskiej Grupowej Oczyszczalni Ścieków jako zadowalające należące do III klasy. Wody rzeki Białej badane były pod względem fizyko-chemicznym, bakteriologicznym, hydrobiologicznym oraz pod względem przydatności do bytowania ryb.

Na rzece Białej Tarnowskiej nie prowadzono jak dotąd badań algologicznych. W latach 2010–2011 po raz pierwszy stwierdzono występowanie

okrzemki *D. geminata* [Noga i in. 2012a]. W latach 70-tych badania algologiczne były prowadzone na Czarnym Dunajcu (źródłowy dopływ Dunajca) i na niektórych dopływach: Piekielnik, potok Czarny, potok Czerwony [Wasylik 1971].

Celem niniejszej pracy było zbadanie różnorodności okrzemek w rzece Biała Tarnowska na poszczególnych stanowiskach oraz próba oceny zanieczyszczenia rzeki z wykorzystaniem okrzemek jako wskaźników jakości wód.

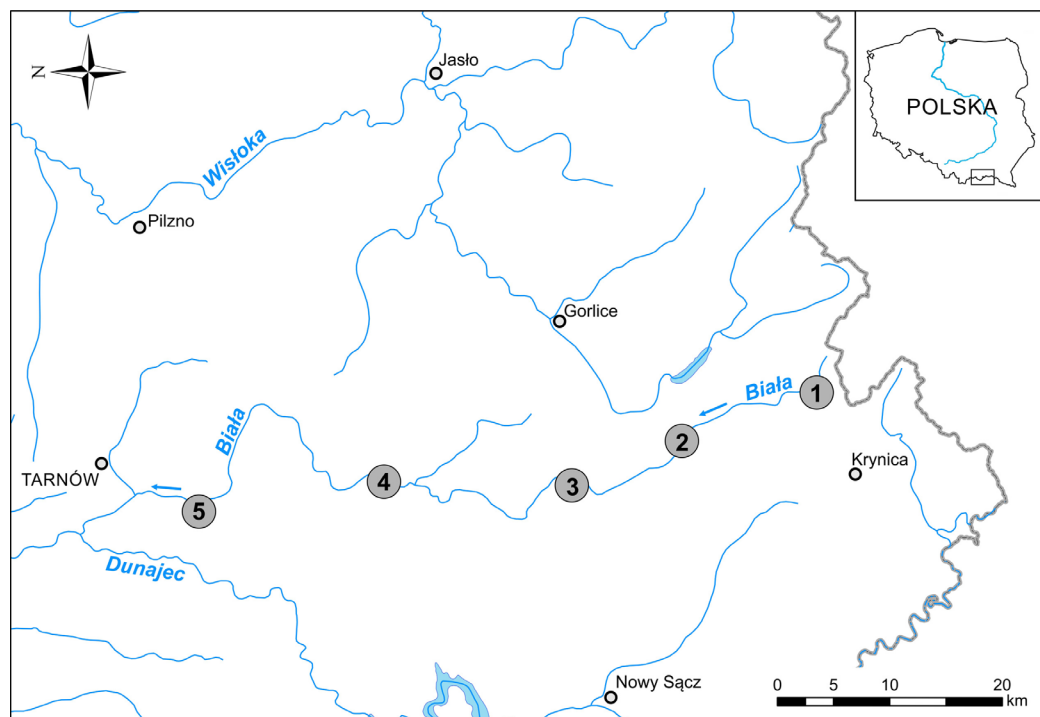
## TEREN BADAŃ

Rzeka Biała Tarnowska (zwana też Białą Dunajecą) wypływa z Beskidu Niskiego, następnie płynie na granicy Pogórza Rożnowskiego i Ciężkowickiego, uchodzi do Dunajca na terenie Niziny Nadwiślańskiej. Jest prawobrzeżnym dopływem Dunajca o długości 101,8 km, powierzchni dorzecza 983,3 km<sup>2</sup>, oraz spadku wahającym się od 6‰ w górnym biegu do 1‰ w dolnym biegu. Zlewnia rzeki zbudowana jest głównie z utworów fliszowych (piaskowców i łupków). Zlewnia w górnym i środkowym biegu ma charakter rolniczy, natomiast w dolnym – przemysłowy, gdzie jest odbiornikiem ścieków m.in. z Zakładów Azotowych w Tarnowie [Figiel i in. 2003, WIOŚ 2009].

## METODYKA

Materiały do badań pobierano w 4 sezonach (od wiosny do jesieni 2010 roku oraz wiosną 2011 roku), z pięciu wyznaczonych wcześniej stanowisk. Stanowisko pierwsze zlokalizowano w pobliżu źródeł Białej we wsi Bieliczna, drugie w Kąclowej naprzeciw cerkwi, trzecie w Bobowej koło stadionu – w pobliżu ujęcia wody, czwarte w Gromniku za przejazdem kolejowym przy moście, natomiast ostatnie w Lubaszowej, za przejazdem kolejowym (rys. 1).

Materiał do badań pobierano z kamieni i mułu a następnie konserwowano w 4% roztworze formaliny. Temperaturę wody, pH oraz przewodnictwo mierzono bezpośrednio w terenie. Wiosną 2011 roku pobrano dodatkowo z każdego stanowiska niewielką ilość wody w celu przeprowadzenia analiz chemicznych na chromatografie PeakNet Dionex 2001–2006 (wersja 6.80) w Wydziałowym Laboratorium Analiz Zdrowotności Środowiska i Materiałów Pochodzenia Rolniczego Uniwersytetu Rzeszowskiego.



Rys. 1. Położenie stanowisk badawczych na rzece Biała Tarnowska  
 Fig. 1. The locality of study sites on the Biała Tarnowska River

Obróbkę laboratoryjną okrzemek wykonano według metod stosowanych przez Kawecką [2012]. Celem uzyskania czystych pancerzyków okrzemek część próby poddawano maceracji w chromiance (mieszanka kwasu siarkowego i dwuchromianu potasu w stosunku 3:1) a następnie materiał przepłukiwano na wirówce (przy 2500 obrotach/min). Trwałe preparaty okrzemkowe zamykano w żywicy syntetycznej Pleurax.

Okrzemki oznaczano przy użyciu mikroskopu świetlnego firmy „Nikon 80i” przy pomocy kluczy: Krammer, Lange-Bertalot [1986–1991], Lange-Bertalot [2001], Krammer [2000], Hofmann i in. [2011].

Liczebność danego gatunku uzyskano poprzez liczenie okazów w losowo wybranych polach widzenia mikroskopu, aż do uzyskania łącznej liczby 300 okryw. Za najliczniejsze uznano te gatunki, których udział w danym zbiorowisku wynosił 5% lub więcej.

Do obliczenia indeksów okrzemkowych wykorzystano program OMNIDIA [Lecoite i in. 1993, wersja 4.2] zawierający również ekologiczną i taksonomiczną bazę danych [Prygiel, Coste 1993].

Celem określenia statusu ekologicznego rzeki Białej Tarnowskiej wykonano analizę struktury zbiorowisk okrzemek. Wyniki analiz przedstawiono za pomocą wybranych indeksów okrzem-

kowych (tab. 1), dla których wyznaczono umownie zakres ekologicznych klas jakości wody i odpowiadający im status ekologiczny [według Dumnicka i in. 2006].

Indeksy zanieczyszczenia organicznego:

- **IPS** – Specific Pollution Sensitivity Index [Coste in CEMAGREF 1982], oraz oparty na rodzajach:
  - **GDI** – Generic Diatom Index [Coste, Ayphasorho 1991].
- Indeksy te przyjmują wartości w skali od 1 do 20 (wraz ze wzrostem wartości wskaźnika wzrasta jakość wody).
- **TDI** – Trophic Diatom Index [Kelly, Whitton 1995], który przyjmuje wartości w skali od 1 do 100 (im wyższa wartość, tym wyższa trofia wody).

Przy interpretacji indeksu TDI należy uwzględnić udział procentowy gatunków charakterystycznych dla zanieczyszczenia organicznego (PT). Przy udziale powyżej 20% PT istnieje możliwość zanieczyszczenia organicznego.

W oparciu o czerwoną listę okrzemek Siemińskiej i in. [2006] wyróżniono gatunki w różnym stopniu zagrożone (kategorie zagrożenia: E – wymierające, V – narażone, R – rzadkie, oraz I – o nieokreślonym zagrożeniu).

**Tabela 1.** Zakresy wartości wskaźników okrzemkowych IPS, GDI i TDI oraz odpowiadające im klasy jakości wody [wg Dumnicka i in. 2006, zmodyfikowane]

**Table 1.** The values of ranges for IPS, GDI and TDI indices and respective water qualities [according to Dumnicka et al. 2006, modified]

IPS	GDI	Jakość wody*	Klasa jakości wody*	Status ekologiczny	TDI	Status troficzny
> 17	> 17	bardzo dobra	I	wysoki	<35	oligotroficzny
15–17	14–17	dobra	II	dobry	35–50	oligo/mezotroficzny
12–15	11–14	zadowalająca	III	średni	50–60	mezotroficzny
8–12	8–11	niezadowalająca	IV	słaby	60–75	eutroficzny
<8	<8	zła	V	zły	>75	hipertroficzny

\* Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z 9 listopada 2011 (Dz. U. No 257, pos. 1545).

According to the Decree of the Minister of the Environment from 9 Nov. 2011.

## WYNIKI

Wody rzeki Biała Tarnowska charakteryzowały się odczynem zasadowym lub zbliżonym do obojętnego. Wartości przewodnictwa elektrolitycznego wahały się od 49  $\mu\text{S}/\text{cm}$  w odcinku źródłowym, w sezonie wiosennym do 530  $\mu\text{S}/\text{cm}$  w odcinku przyujściowym, w sezonie letnim. Wartości stężeń azotanów wskazywały na II klasę jakości, jedynie na ostatnim stanowisku (5) mieściły się w normach odpowiadających I klasie (tab. 2).

Na pięciu stanowiskach wyznaczonych wzdłuż biegu rzeki zidentyfikowano łącznie 205 taksonów okrzemek. Najbogatszymi w gatunki rodzajami były: *Nitzschia* (29), *Navicula* (21) oraz *Gomphonema* (15) (patrz lista gatunków). Wszystkie badane stanowiska charakteryzowały się podobną liczbą taksonów. 22 taksony uzyskały rangę gatunków dominujących, tzn. takich, których liczebność osiągnęła 5% lub więcej na stanowisku. Najczęściej występującym dominantem było *Achnanthydium pyrenaicum* (Hust.) Kobayasi, które dominowało na wszystkich stanowiskach i jednocześnie tworzyło najliczniejsze po-

pulacje w górnym biegu rzeki (nawet do 68% wiosną 2010 roku). Bardzo liczne populacje tworzyła także *Navicula lanceolata* (Ag.) Kütz. w dolnym biegu rzeki, (stanowiska 4 i 5) osiągając do 36% liczebności w sezonie wiosennym. Pozostałe dominanty to: *Achnanthydium minutissimum* (Kütz.) Czarn. var. *minutissimum*, *Amphora pediculus* (Kütz.) Grun., *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenb.) Van Heurck, *Cymbella excisa* Kütz., *Diatoma moniliformis* Kütz., *D. vulgaris* Bory, *Encyonema ventricosum* (Agardh) Grun., *Gomphonema olivaceum* var. *olivaceum* (Horn.) Bréb., *G. tergestinum* (Grun.) Fricke, *Halamphora montana* (Krasske) Levkov, *Melosira varians* Agardh, *Navicula cryptocephala* Kütz., *N. gregaria* Donkin, *N. reichardtiana* Lange-Bert., *N. tripunctata* (O.F. Müller) Bory, *Nitzschia dissipata* (Kütz.) Grun. ssp. *dissipata*, *Reimeria sinuata* (Greg.) Kociolek & Stoermer, *Surirella minuta* (Bréb.) Kütz. i *Ulnaria ulna* (Nitzsch) Compère (rys. 2).

Do określenia jakości wód rzeki Biała wzięto pod uwagę wskaźniki okrzemkowe (IPS, GDI, TDI), które zostały obliczone przy pomocy programu komputerowego OMNIDIA. Wartości

**Tabela 2.** Wartości parametrów fizyko-chemicznych wraz z opisem stanowisk zmierzone w rzece Biała Tarnowska w latach 2010–2011

**Table 2.** The values of physico-chemical parameters measured in Biała Tarnowska River in years 2010–2011

Stanowisko	1	2	3	4	5
Nasłonecznienie	słabe	duże	średnie	średnie	duże
Charakter dna	żwirowo-gliniaste, z pojedynczymi większymi kamieniami w korycie	żwirowo-kamieniste	kamieniste	żwirowo-kamieniste, przy brzegu miejscami nanosy z mułu	kamieniste
Temperatura [°C]	2–7	3–7,4	4–10	5–10	6–11
pH	6,7–7,7	7,0–7,8	7,4–7,9	6,8–7,8	7,1–7,8
Przewodnictwo [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	49–348	99–403	135–382	244–415	255–530
Cl <sup>-</sup> [mg/l]	4,38	4,44	4,69	8,86	9,97
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]	20,26	21,91	21,22	29,63	45,71
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	2,71	2,53	2,55	2,86	0,20



wskaźnika IPS wahały się w zakresie od 13,7 (III klasa jakości) na stanowisku czwartym w lipcu 2010 roku do 18,7 (I klasa) na stanowisku pierwszym w kwietniu 2010 roku. Wartości wskaźnika GDI wahały się w zakresie od 12,1 (III klasa) na stanowisku czwartym w lipcu 2010 roku do 16,8 (II klasa) na stanowisku pierwszym w kwietniu 2010 roku. Najgorzej w klasyfikacji przedstawiały się wartości wskaźnika TDI (Trophic Diatom Index), które wahały się od 36,1 na stanowisku pierwszym w kwietniu 2010 roku (II klasa czystości) do 84,7 na stanowisku piątym również w kwietniu 2011 roku (V klasa czystości). Z indeksem troficznym TDI ściśle wiąże się wartość wskaźnika procentowego zanieczyszczenia organicznego (%PT), który wahał się w zakresie od 1,6 (wody bez znaczących zanieczyszczeń organicznych) na stanowisku pierwszym w kwietniu 2010 roku do 56,9 (wody z zanieczyszczeniami mogącymi wywoływać eutrofizację) na stanowisku piątym również w kwietniu 2010 roku (rys. 3).

W wodach rzeki Białej zidentyfikowano 24 taksony okrzemek znajdujące się na czerwonej liście glonów Polski (11,7% flory). W badanym materiale stwierdzono 5 taksonów wymierających (kategoria E): *Pinnularia rupestris* Hantzsch, *P. schoenfelderi* Krammer, *P. subrupestris* Krammer, *P. viridiformis* Krammer i *Fallacia lenzii* (Hust.) Lange-Bert. 11 taksonów uznano za wybitnie rzadkie (kategoria R): *Amphipleura pellucida* (Kütz.) Kütz., *Caloneis lancetula* (Schulz) Lange-Bert. & Witkowski, *C. molaris* (Grun.) Krammer, *Cymbella helvetica* Kütz., *C. lanceolata* (Agardh) Agardh, *Fallacia subhamulata* (Grun.) D.G. Mann, *Geissleria decussis* (Østrup) Lange-Bert. & Metzeltin, *Navicula upsaliensis* (Grun.) Peragallo, *Parlibellus protractoides* (Hust.) Witkowski, Lange-Bert. & Metzeltin, *Stauroneis thermicola* (Petersen) Lund, *Surirella crumena* Bréb. Ponadto odnotowano 6 taksonów narażonych (kategoria V): *Gomphonema sarcophagus* Greg., *Neidium ampliatus* (Ehrenb.) Krammer, *Pinnularia microstauron* (Ehrenb.) Cleve, *Psammothidium subatomoides* (Hust.) Bukht. & Round, *Stauroneis gracilis* Ehrenb. i *S. phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenb. oraz dwa o nieokreślonym zagrożeniu (kategoria I): *Gomphonema tergestinum* (Grun.) Fricke i *Neidium dubium* (Ehrenb.) Cl.

## DYSKUSJA

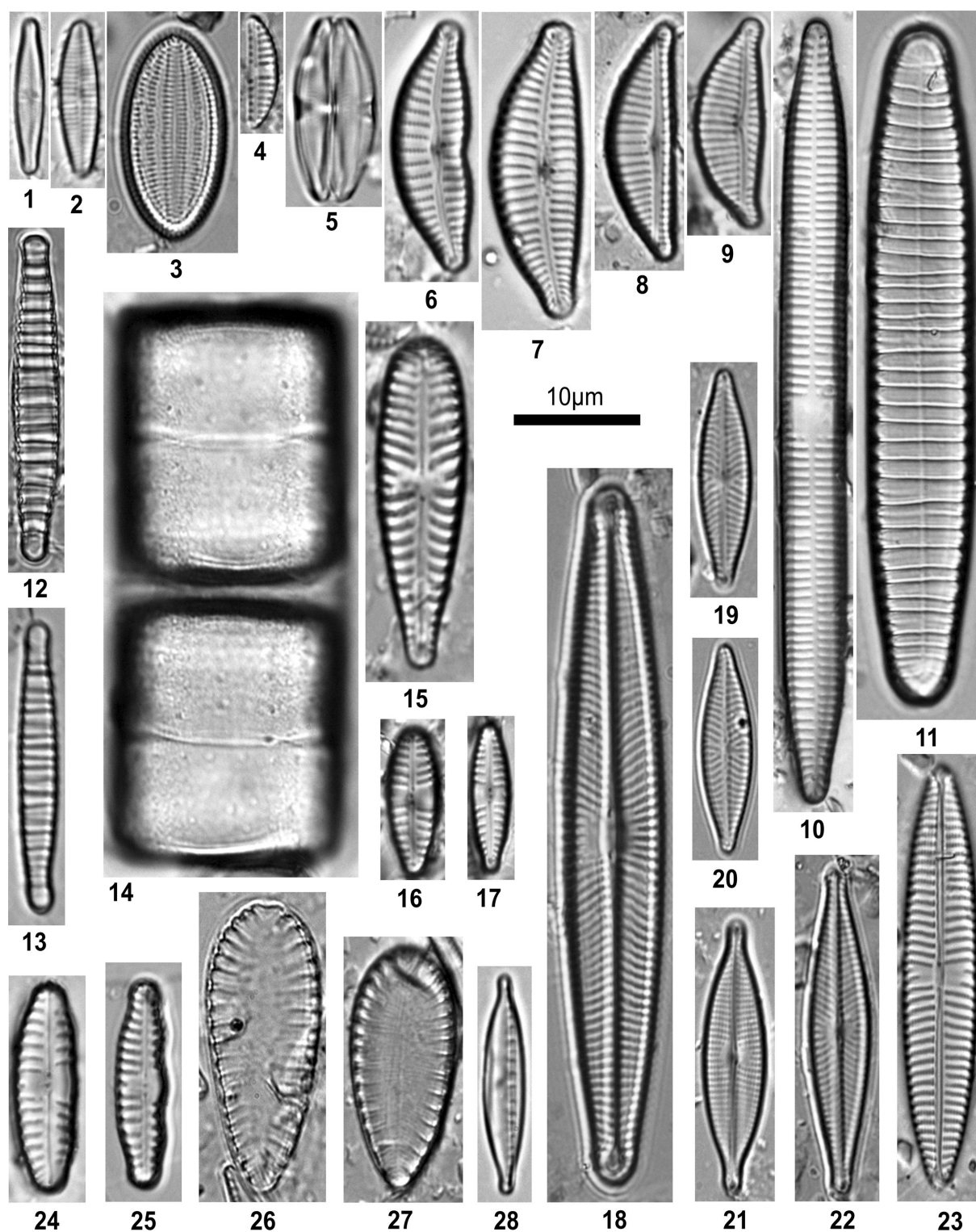
Okrzemki są wykorzystywane jako wskaźniki w ocenie jakości wód różnych ekosystemów, zarówno rzek, jezior jak i gleb, ponieważ wyka-

zują przystosowania do zmieniających się czynników środowiska, takich jak: temperatura, zawartość tlenu, zasolenie, odczyn wody, różnego typu zanieczyszczenia czy zawartość związków biogennych [Rakowska 2001].

Badania algologiczne z wykorzystaniem okrzemek jako indykatorów jakości wód prowadzono na rzece Biała Tarnowska w czterech sezonach badawczych. Wybór stanowisk związany był z różnorodnością zagospodarowania terenu, przez który przepływa rzeka. Wykonane pomiary odczynu wody w obu sezonach badawczych wskazywały wartości zasadowe lub zbliżone do obojętnych. Pomiary przewodnictwa elektrolitycznego na wszystkich stanowiskach w okresie letnim były wyższe niż wiosną, a najwyższą wartość zmierzono w dolnym odcinku rzeki na stanowisku 5 (530  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Większość badanych parametrów chemicznych wiosną 2011 roku wskazywała na bardzo dobry lub dobry stan ekologiczny wód.

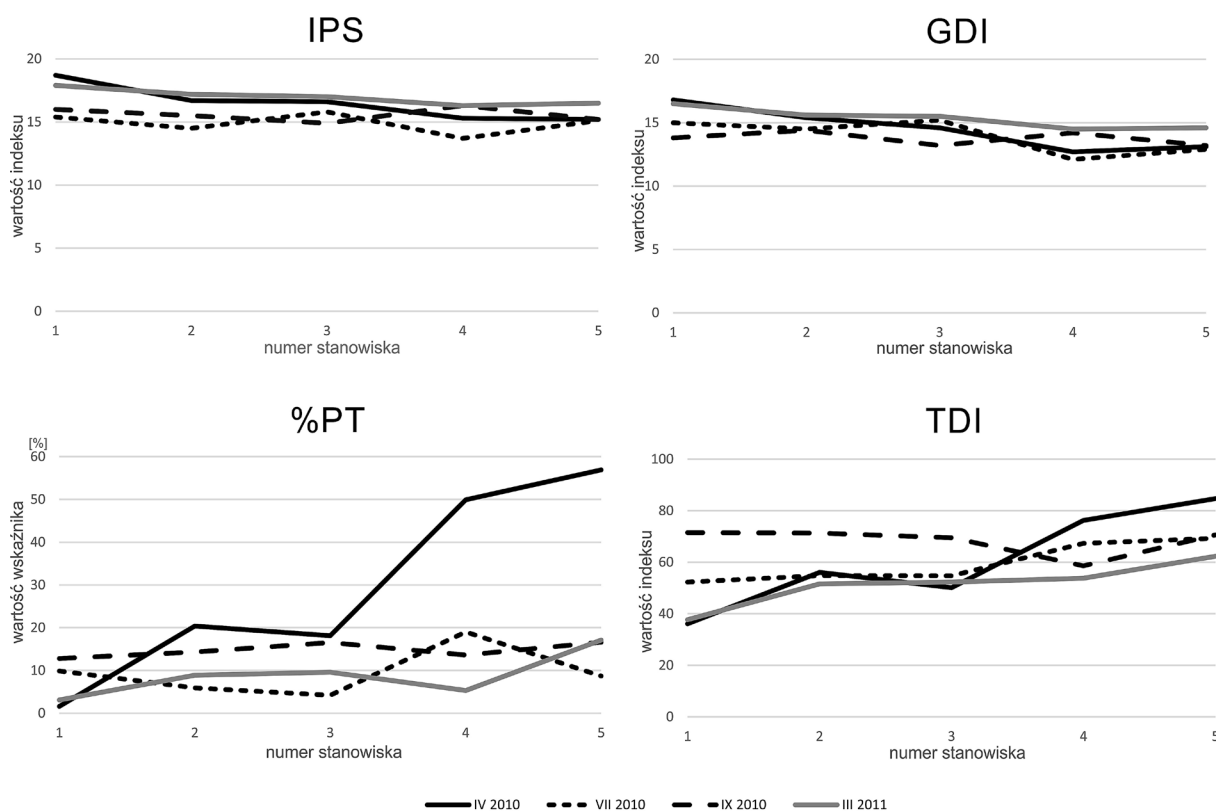
Biologiczną ocenę jakości wody w rzece Biała Tarnowska przeprowadzono za pomocą programu komputerowego OMNIDIA [Lecoite i in. 1993], na podstawie którego obliczono wartości wskaźników TDI, IPS, GDI oraz %PT. Przeprowadzone badania wykazały, iż indeksy zanieczyszczenia organicznego IPS [Coste in CEMAGREF 1982] i GDI [Coste, Ayphassorho 1991] wskazują na lepszą jakość wody w porównaniu z indeksem troficznym TDI [Kelly, Whitton 1995]. Według indeksu IPS Biała Tarnowska posiada dobry status ekologiczny (II klasa) na większości badanych stanowisk. Wartości wskaźnika TDI przedstawiały się najgorzej w klasyfikacji i wskazywały najczęściej na wody słabej i złej jakości (IV i V klasa) zwłaszcza w środkowym i dolnym biegu. Indeksy GDI i IPS najlepiej pozwalają określić klasę wody i to one są rekomendowane do oceny jakości wód, natomiast indeks TDI wskazuje zazwyczaj na niższą klasę [Żelazowski i in. 2004, Dumnicka i in. 2006]. Również badania fizyko-chemiczne przeprowadzone przez WIOŚ w Krakowie potwierdzają dobrą jakość wód Białej, klasyfikując do I klasy odcinek górny i środkowy. Tylko w odcinku dolnym, poniżej wylotu ścieków z Zakładów Azotowych i oczyszczalni ścieków w Tarnowie, stwierdzono III klasę [WIOŚ 2009].

Wody Białej Tarnowskiej pod względem oceny biologicznej charakteryzowały się najlepszą jakością porównywalną z jakością wód w górnym biegu Sanu [Noga i in. 2014b]. Większość badanych w ostatnich latach rzek i potoków na południu Polski odznaczała się znacznie gorszą jakością wód [Noga i in. 2013 a,b,c].



Rys. 2. Taksony najliczniej występujące na badanych stanowiskach;  
 Fig. 2. The most frequent diatom taxa;

1 – *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki var. *minutissimum*, 2 – *A. pyrenaicum* (Hust.) Kobayasi, 3 – *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenb.) Van Heurck, 4 – *Amphora pediculus* (Kütz.) Grunow, 5 – *Halamphora montana* (Krasske) Levkov, 6-7 – *Cymbella excisa* Kütz., 8-9 – *Encyonema ventricosum* (Agardh) Grunow, 10 – *Ulnaria ulna* Compère (Nitzsch), 11 – *Diatoma vulgare* Bory, 12-13 – *D. moniliformis* Kütz., 14 – *Melosira varians* Agardh, 15 – *Gomphonema olivaceum* (Hornemann) Brébisson var. *olivaceum*, 16-17 – *G. tergestinum* (Grunow) M. Schmidt, 18 – *Navicula lanceolata* (Agardh) Ehrenb., 19-20 – *N. reichardtiana* Lange-Bert., 21 – *N. gregaria* Donkin, 22 – *N. cryptocephala* Kütz., 23 – *N. tripunctata* (O.F. Müller) Bory, 24-25 – *Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek & Stoermer, 26-27 – *Surirella minuta* Brébisson, 28 – *Nitzschia. dissipata* (Kütz.) Grunow ssp. *dissipata*.



**Rys. 3.** Wartości indeksów GDI, IPS i TDI oraz procent PT na poszczególnych stanowiskach badawczych w latach 2010–2011

**Fig. 3.** The values of diatomaceous indices GDI, IPS, TDI and %PT at individual studied sites in Biała Tarnowska River in years 2010–2011

Wody rzeki Biała Tarnowska można zaliczyć do żyznych. Przyczyniają się do tego miejscowe zanieczyszczenia – głównie wprowadzanie ścieków komunalnych z sieci osiedleńczej ciągnącej się wzdłuż ciek, a także z Zakładów Azotowych i Tarnowskiej Grupowej Oczyszczalni Ścieków. Na wzrost żyzności wpływa również działalność rolnicza, co potwierdza duża różnorodność gatunkowa na stanowiskach zlokalizowanych w pobliżu nawożonych pól uprawnych. Badany teren jest wyraźnie pagórkowaty co dodatkowo ułatwia spływy nawozów z pól.

Na rzece Biała w badanym materiale stwierdzono 205 taksonów okrzemek, które oznaczano w czterech sezonach badawczych. Wasylik [1971] w swoich badaniach prowadzonych na Czarnym Dunajcu stwierdził występowanie 459 taksonów glonów, z czego 317 stanowiły okrzemki. Rzeki i potoki badane na terenie Podkarpacia charakteryzują się również dużym bogactwem gatunkowym okrzemek [Noga i in. 2014a].

W górnym biegu rzeki masowo rozwijał się *Achnanthydium pyrenaicum* (nawet do 68% w zbiorowisku) oraz licznie towarzyszący *A. minutissimum* var. *minutissimum* (do 20%).

*A. pyrenaicum* jest gatunkiem rozwijającym się w wodach bogatych w wapń, w środowiskach od oligo- do mezotroficznymi. Występuje w warunkach ze średnią do podwyższonej zawartością elektrolitów [Krammer, Lange-Bertalot 1986–1991]. Według Hofmann [1994] preferuje wody od oligo- do  $\beta$ -mezosaprobowych (II–III klasa czystości).

*A. minutissimum* var. *minutissimum* jest gatunkiem kosmopolitycznym, występującym w dużych liczebnościach w wodach z bardzo różnymi warunkami hydrobiologicznymi. Najliczniej występował na stanowisku pierwszym i jest uważany za wskaźnik wód bogatych w tlen. Należy do gatunków wrażliwych na zanieczyszczenia, posiada szeroki zakres pH (4,3–9,2), preferuje potoki górskie, często występuje w potokach tatrzańskich, płynących przez obszary regla [Krammer, Lange-Bertalot 1986–1991, Van Dam i in. 1994, Kawecka 2012].

Środkowy i dolny bieg charakteryzował się licznym występowaniem *Navicula lanceolata* i *N. gregaria*, które określane są jako gatunki halofilne. *N. lanceolata* najlepiej rozwija się w wodach bardziej mezotroficznymi i eutroficznymi [Lange-Bertalot, Steindorf 1996]. Przyczyną tak licznego rozwoju *N. lanceolata* oraz towa-



rzyszających jej w mniejszej ilości *N. gregaria* mogły być zanieczyszczenia komunalne, a także spływy nawozów z pól nasilone w związku z obfitymi opadami deszczu w 2010 roku, co mogło powodować wzrost żyzności wód badanej rzeki. Wiele rzek i potoków na terenie województwa podkarpackiego charakteryzuje się podobną strukturą dominacji okrzemek, zwłaszcza w środkowych i dolnych biegach, gdzie wyraźnie zaznaczają się antropogeniczne przekształcenia środowiska [Noga i in. 2014a].

W Białej dominowały taksony świadczące o alkalicznym charakterze wód, m.in. *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Navicula gregaria*, *N. lanceolata*, *Surirella minuta*, występujące przy pH > 7. Licznie występowały też okrzemki neutralne (pH zbliżone do 7), reprezentowane głównie przez *Achnantheidium minutissimum* var. *minutissimum*. Większość okrzemek stanowiły gatunki eutroficzne, które występują w bardzo żyznych wodach [Van Dam i in. 1994].

W rzece Biała Tarnowska na większości badanych stanowisk przeważały okrzemki kosmopolityczne, spotykane w różnych typach siedlisk, jednak oznaczono również takie, które znajdują się na polskiej czerwonej liście glonów [Siemińska i in. 2006]. Wśród okrzemek szczególnie

zagrożonych (kategoria E) większość stanowiły gatunki z rodzaju *Pinnularia*. Rozwijają się zwykle w przekształconych, oligo- do dystroficznych wodach o niskiej zawartości elektrolitów, bogatych w tlen [Krammer 2000, Hofmann i in. 2011]. Na terenie Podkarpacia oznaczane są w postaci pojedynczych okazów, głównie w górnych odcinkach rzek i potoków [Noga i in. 2012b]. Podczas badań prowadzonych w latach 2010–2011 w wodach Białej Tarnowskiej stwierdzono także występowanie *Didymosphenia geminata* (Lyngbe) M. Schmidt [Noga i in. 2012a]. *D. geminata* jest obecnie jedną z najczęściej badanych okrzemek, która rozprzestrzeniła się zarówno na terenie Europy jak i innych kontynentów [Blanco, Ector 2009, Whitton i in. 2009]. Gatunek do niedawna występował bardzo rzadko, zwłaszcza na terenie Europy i znany był z zimnych, oligotroficznych wód [Krammer, Lange-Bertalot 1986–1991].

Dolina, przez którą przepływa rzeka Biała Tarnowska jest cennym ekosystemem, zarówno pod względem przyrodniczym jak i krajobrazowym, dlatego jej część została objęta obszarem Natura 2000. Badania przeprowadzone na rzece wykazały, że rzeka ma dużą zdolność samooczyszczania a jej ochrona jest wskazana zarówno ze względów ekologicznych jak i turystyczno-krajoznawczych.

## Lista taksonów okrzemek oznaczonych w Białej Tarnowskiej w latach 2010–2011

### The list of diatoms taxa indicated in Biała Tarnowska in years 2010–2011

*Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarnecki var. *minutissimum*  
*A. pyrenaicum* (Hust.) Kobayasi  
*Achnantheidium* sp.  
*Adlafia minuscula* (Grunow) Lange-Bert. var. *minuscula*  
*Amphipleura pellucida* (Kütz.) Kütz.  
*Amphora copulata* (Kütz.) Schoeman & Archibald  
*A. inariensis* Krammer  
*A. minutissima* W. Smith  
*A. ovalis* (Kütz.) Kütz.  
*A. pediculus* (Kütz.) Grunow  
*Aulacoseira distans* (Ehrenb.) Simonsen  
*A. granulata* (Ehrenb.) Simonsen  
*Caloneis amphibaena* (Bory) Cleve  
*C. bacillum* (Grunow) Cleve  
*C. lancettula* (Schulz-Danzing) Lange-Bert. & Witkowski  
*C. molaris* (Grunow) Krammer  
*C. silicula* (Ehrenb.) Cleve  
*Caloneis* sp.  
*Cocconeis pediculus* Ehrenb.  
*C. placentula* var. *euglypta* Ehrenb.  
*C. placentula* var. *lineata* (Ehrenb.) Van Heurck  
*C. pseudolineata* (Geitler) Lange-Bert.

*Craticula ambigua* (Ehrenb.) D.G. Mann  
*C. molestiformis* (Hust.) Lange-Bert.  
*Cyclotella distinguenda* Hust.  
*C. meneghiniana* Kütz.  
*Cylindrotheca gracilis* (Brébisson) Grunow  
*Cymatopleura elliptica* (Brébisson) W. Smith  
*C. solea* var. *apiculata* (W. Smith) Ralfs  
*C. solea* (Brébisson) W. Smith var. *solea*  
*Cymbella compacta* Østrup  
*C. excisa* Kütz.  
*C. helvetica* Kütz.  
*C. lanceolata* (Agardh) Agardh var. *lanceolata*  
*C. subcistula* Krammer  
*Cymbopleura amphicephala* (Nägeli) Krammer  
*C. naviculiformis* (Auerswald) Krammer  
*C. subaequalis* (Grunow) Krammer  
*Denticula tenuis* Kütz.  
*Diadsmis contenta* (Grunow) D.G. Mann  
*D. perpusilla* (Grunow) D.G. Mann  
*Diadsmis* sp.  
*Diatoma mesodon* (Ehrenb.) Kütz.  
*D. moniliformis* Kütz.  
*D. vulgaris* Bory  
*Diatoma* sp.  
*Didymosphenia geminata* (Lyngbe) W.M. Smith



- Diploneis fontanella* Lange-Bert.  
*D. krammeri* Lange-Bert. & Reichardt  
*D. separanda* Lange-Bert.  
*Discostella pseudostelligera* (Hust.) Houk & Klee  
*Encyonema minutum* (Hilse) D.G. Mann  
*E. neogracile* Krammer var. *neogracile*  
*E. prostratum* (Berkeley) Kütz.  
*E. silesiacum* (Bleisch) D.G. Mann  
*E. ventricosum* (Agardh) Grunow  
*E. vulgare* Krammer var. *vulgare*  
*Encyonema* sp.  
*Encyonopsis subminuta* Krammer & Reichardt  
*Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bert.  
*E. subminuscula*  
(Manguin) Moser, Lange-Bert. & Metzeltin  
*Eucocconeis flexella* (Kütz.) Cleve  
*E. laevis* (Østurp) Lange-Bert.  
*Eunotia curtagrunonwii*  
Nörpel-Schempp & Lange-Bert.  
*E. diodon* Ehrenb.  
*Fallacia insociabilis* (Krasske) D.G. Mann  
*F. lenzii* (Hust.) D.G. Mann  
*F. subhamulata* (Grunow) D.G. Mann  
*Fragilaria austriaca* (Grunow) Lange-Bert.  
*F. capucina* Desmazières var. *capucina*  
*F. construens* f. *binodis* (Ehrenb.) Hust.  
*F. gracilis* Østurp  
*F. perminuta* (Grunow) Lange-Bert.  
*F. pinnata* (Ehrenb.) D.M. Williams & Round  
*F. vaucheriae* (Kütz.) Petersen  
*Frustulia vulgaris* (Thwaites) De Toni  
*Geissleria decussis* (Østurp) Lange-Bert. & Metzeltin  
*Gomphonema angustatum* (Kütz.) Rabenh.  
*G. italicum* Kütz.  
*G. micropus* Kütz.  
*G. minutum* (Agardh) Agardh  
*G. minusculum* Krasske  
*G. olivaceum* (Hornemann) Brébisson var. *olivaceum*  
*G. parvulum* (Kütz.) Kütz. var. *parvulum*  
*G. pumilum* (Grunow) Reichardt & Lange-Bert.  
*G. sarcophagus* Gregory  
*G. subclavatum* (Grunow) Grunow  
*G. supertergestinum* Reichardt  
*G. tergestinum* (Grunow) M. Schmidt  
*Gomphonema* cf. *parvulum* (Kütz.) Kütz.  
*Gomphonema* sp.  
*Gyrosigma acuminatum* (Kütz.) Rabenh.  
*G. attenuatum* (Kütz.) Rabenh.  
*G. obtusatum* (Sullivant & Warmley) C.S. Boyer  
*G. sciotonense* (Sullivant) Cleve  
*Halamphora montana* (Krasske) Levkov  
*Hantzschia abundans* Lange-Bert.  
*H. amphioxys* (Ehrenb.) Grunow  
*Hippodonta capitata*  
(Ehrenb.) Lange-Bert., Metzeltin & Witkowski  
*Karayevia clevei* (Grunow) Bukht. var. *clevei*  
*Lemnicola hungarica* (Grunow) Round & Basson  
*Luticola mutica* (Kütz.) D.G. Mann  
*L. ventricosa* (Kütz.) D.G. Mann  
*Mayamaea atomus* (Kütz.) Lange-Bert. var. *atomus*  
*M. atomus* var. *permitis* (Hust.) Lange-Bert.  
*Melosira varians* Agardh  
*Meridion circulare* (Gréville) Agardh var. *circulare*  
*M. circulare* var. *constrictum* (Ralfs) Van Heurck  
*Muelleria gibbula* (Cleve) Spaulding & Stoermer  
*Navicula antonii* Lange-Bert.  
*N. capitatoradiata* Germain  
*N. cincta* (Ehrenb.) Ralfs  
*N. cryptocephala* Kütz.  
*N. cryptotenella* Lange-Bert.  
*N. gregaria* Donkin  
*N. kotschyi* Grunow  
*N. lanceolata* (Agardh) Ehrenb.  
*N. novaesiberica* Lange-Bert.  
*N. radiosa* Kütz.  
*N. recens* (Lange-Bert.) Lange-Bert.  
*N. reichardtiana* Lange-Bert.  
*N. rhynchocephala* Kütz.  
*N. rostellata* Kütz.  
*N. tenelloides* Hust.  
*N. tripunctata* (O.F. Müller) Bory  
*N. trivialis* Lange-Bert.  
*N. upsaliensis* (Grunow) Peragallo  
*N. veneta* Kütz.  
*N. vilaplanii*  
(Lange-Bert. & Sabater) Lange-Bert. & Sabater  
*N. viridula* (Kütz.) Ehrenb.  
*Neidium affine* (Ehrenb.) Pfizer  
*N. ampliatum* (Ehrenb.) Krammer  
*N. binodeforme* Krammer  
*N. dubium* (Ehrenb.) Cleve  
*N. hercynicum* Mayer  
*Nitzschia acicularis* (Kütz.) W. Smith  
*N. amphibia* Grunow  
*N. archibaldii* Lange-Bert.  
*N. capitellata* Hust.  
*N. constricta* (Kütz.) Ralfs  
*N. debilis* (Arnott) Grunow  
*N. dissipata* (Kütz.) Grunow ssp. *dissipata*  
*N. dissipata* var. *media* (Hantzsch) Grunow  
*N. dubia* W. Smith  
*N. fonticola* (Grunow) Grunow  
*N. frustulum* (Kütz.) Grunow var. *frustulum*  
*N. heufleriana* Grunow  
*N. inconspicua* Grunow  
*N. linearis* (Agardh) W. Smith  
*N. palea* (Kütz.) W. Smith  
*N. perminuta* (Grunow) Peragallo  
*N. pumila* Hust.  
*N. pura* Hust.  
*N. pusilla* Grunow  
*N. recta* Hantzsch  
*N. sigma* (Kütz.) W. Smith  
*N. sigmoidea* (Nitzsch) W. Smith  
*N. sinuata* (Thwaites) Grunow  
*N. sociabilis* Hust.  
*N. subtilis* (Kütz.) Grunow  
*N. tenuis* W. Smith  
*N. vermicularis* (Kütz.) Hantzsch  
*Nitzschia* cf. *bergii* Cleve-Euler  
*Nitzschia* cf. *brevissima* Grunow  
*Parlibellus protractoides* (Hust.) Witkowski, Lange-Bert. & Metzeltin  
*Pinnularia borealis* Ehrenb. var. *borealis*

*P. borealis* var. *sublinearis* Krammer  
*P. brebissonii* (Kütz.) Rabenh.  
*P. globiceps* Gregory  
*P. microstauron* (Ehrenb.) Cleve  
*P. obscura* Krasske  
*P. oriunda* Krammer  
*P. renata* Krammer  
*P. rupestris* Hantzsch  
*P. schoenfelderi* Krammer  
*P. subrupestris* Krammer  
*P. viridiformis* Krammer  
*Placoneis paraelginensis* Lange-Bert.  
*Planothidium frequentissimum*  
(Lange-Bert.) Lange-Bert.  
*P. lanceolatum* (Brébisson) Lange-Bert.  
*Psammothidium grischunum*  
(Wurthrich) Bukht. & Round  
*P. subatomoides* (Hust.) Bukht. & Round  
*Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek & Stoermer  
*R. uniseriata* Sala, Guerrero & Ferrario  
*Rhoicosphenia abbreviata* (Agardh) Lange-Bert.

*Sellaphora pupula* (Kütz.) Mereschkovsky  
*Stauroneis anceps* Ehrenb.  
*S. gracilis* Ehrenb.  
*S. phoenicenteron* (Nitzsch) Ehrenb.  
*S. separanda* Lange-Bert. & Werum  
*S. smithii* Grunow  
*S. thermicola* (Petersen) Lund  
*Stauroneis* sp. cf. *borrichii* (Petersen) Lund  
*Stauroneis* sp.  
*Stephanodiscus hantzschii* Grunow  
*S. minutulus* (Kütz.) Cleve & Möller  
*Surirella angusta* Kütz.  
*S. brebissonii* Krammer & Lange-Bert.  
var. *brebissonii*  
*S. brebissonii* var. *kuetzingii* Krammer & Lange-Bert.  
*S. crumena* Brébisson  
*S. minuta* Brébisson  
*S. ovalis* Brébisson  
*S. terricola* Lange-Bert. & Alles  
*Ulnaria acus* (Kütz.) M. Aboal  
*U. ulna* Compère (Nitzsch)

## LITERATURA

- Blanco S., Ector L. 2009. Distribution, ecology and nuisance effects of the freshwater invasive diatom *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt: a literature review. *Nova Hedwigia* 88(3-4), 347–422.
- CEMAGREF 1982. Etude de Méthodes Biologiques Quantitatives d'Appréciation de la Qualité des Eaux. Rapport Q.E. Lyon-A.F.B. Rhône-Méditerranée-Corse.
- Coste M., Ayphassorho H. 1991. Étude de la qualité des eaux du Bassin Artois–Picardie à l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). Rapport Cemagref. Bordeaux – Agence de l'Eau Artois–Picardie, Douai, 277 p.
- Dumnicka, E., Jelonek, M., Kwandrans, J., Wojtal, A.Z., Żurek, R. 2006. Ichtiofauna and ecological status of the waters of the Vistula, Raba, Dunajec and Wisloka. Institute of Nature Conservation, Polish Academy of Science, Kraków, 1–220.
- Figiel S., Motak M., Nowicki W., Swajdo J. 2003. *Beskidy: Wyspawy, Sądecki i Niski*. Wydawnictwo Dookoła Polski, Warszawa.
- Hofmann G. 1994. Aufwuchs-Diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *Bibliotheca Diatomologica* 30. J. Cramer, Berlin – Stuttgart.
- Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. 2011. Diatomeen im Süßwasser – Benthos vom Mitteleuropa. Bestimmungsfloren Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. [In:] H. Lange-Bertalot (ed.), A.R.G. Gantner Verlag K.G., 1–908.
- Kawecka B. 2012. Diatom diversity in streams of the Tatra National Park (Poland) as indicator of environmental conditions. *Safer Institute of Botany, Polish Academy of Sciences, Kraków*, 213 p.
- Kawecka B., Eloranta P.V. 1994. *Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych*. PWN, Warszawa.
- Kawecka, B., Kwandrans, J. 2000. Diversity of flora and fauna in the rivers of Cracowian Province–Southern Poland in water quality context. 3. Benthic Cyanobacteria and algae communities. *Acta Hydrobiol.* 42(3-4), 145–173.
- Kelly M.G., Whitton B.A. 1995. The Trophic Diatom Index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7, 433–444.
- Kelly M.G., Adams C., Graves A.C., Jamieson J., Krokowski J., Lycett E.B., Murray-Bligh J., Pritchard S., Wilkins C. 2001. *The Trophic Diatom Index: A User's Manual. Revised Edition*. Environment Agency, Bristol, BS32 4UD, 1–74.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. 1986–1991. *Bacillariophyceae*. 1–4. [In:] Ettl H., J. Gerloff, H. Heyning., D. Mollenhauer (red.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa* 2(1–4). G. Fischer Verlag, Stuttgart – New York – Jena.
- Krammer K. 2000. The genus *Pinnularia*. [W:] H. Lange-Bertalot (red.) *Diatoms of Europe*. Vol. 1. A. R. G. Gantner Verlag K. G., 1–703.
- Kwandrans J., Eloranta P., Kawecka B., Wojtan K. 1998. Use of benthic diatom communities to evaluate water quality in rivers of southern Poland. *J. Appl. Phycol.* 10, 193–201.
- Lange-Bertalot H. 2001. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. *Navicula sensu stricto*, 10 Genera separated from *Navicula sensu lato*, *Frustulia*. [In:] *Diatoms of Europe* 2

- (ed.) H. Lange-Bertalot, A.R.G. Gartner Verlag. K.G., Vaduz, 526 p.
17. Lange-Bertalot H., Steindorf A. 1996. Rote liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. Schrittenreihe für Vegetationskunde 28: 633–677.
  18. Lecointe C., Coste M., Prygiel J. 1993. OMNID-IA: software for taxonomy, calculation of diatom indices and inventories management. Hydrobiol. 269/270, 509–513.
  19. Noga T., Stanek-Tarkowska J., Irlík E., Soliwoda K., Peszek Ł. 2012a. Nowe stanowiska *Didymosphenia geminata* w Ropie i Białej Tarnowskiej (Polska Południowa). Inżynieria Ekologiczna 30, 257–265.
  20. Noga T., Stanek-Tarkowska J., Kocielska-Streb M., Ligęzka R., Kloc U., Peszek Ł. 2012b. Endangered and rare species of diatoms in running and standing waters on the territory of Rzeszów and the surrounding area [In:] Practical Applications of Environmental Research. Nauka dla Gospodarki. nr 3/2012, J. Kostecka, J. Kaniuczak (ed.), 331–340.
  21. Noga T., Stanek-Tarkowska J., Peszek Ł., Pajęczek A., Kowalska S. 2013a. Use of diatoms to assess water quality of anthropogenically modified Matysówka stream. Journal of Ecological Engineering 14(2), 1–11.
  22. Noga T., Stanek-Tarkowska, Pajęczek 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.
  23. Noga T., Stanek-Tarkowska J., Kochman N., Peszek Ł., Pajęczek A., 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(4), 8–23.
  24. Noga T., Kochman N., Peszek Ł., Stanek-Tarkowska J., Pajęczek 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.
  25. Noga T., Stanek-Tarkowska, Pajęczek 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.
  26. Prygiel J. 2002. Mangement of the diatom monitoring network in France. J. Appl. Phycol. 14, 19–26.
  27. Prygiel J., Coste M. 1993. The assessment of water quality in the Artois–Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. Hydrobiologia, 269/270, 343–349.
  28. Rakowska B. 2001. Studium różnorodności okrzemek ekosystemów wodnych Polski niżowej. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 1–77.
  29. Rakowska B. 2003. Okrzemki – organizmy, które odniosły sukces. Kosmos, 52(2–3), 307–314.
  30. Rakowska B., Szczepocka E. 2011. Demonstration of the Bzura River restoration using diatom indices. Biologia 66(3), 411–417.
  31. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004. W sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód. (Dz. U. Nr 32, poz. 284).
  32. Siemińska J., Bąk M., Dziedzic J., Gąbka M., Gregorowicz P., Mrozińska T., Pelechaty M., Owsiany P. M., Pliński M., Witkowski A. 2006. Red list of the algae in Poland – Czerwona lista glonów w Polsce. [In:] Z. Mirek i in. (red.) Red list of plants and fungi in Poland – Czerwona lista roślin i grzybów Polski. Polish Academy of Sciences, Kraków, 35–52.
  33. 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, 117–133.
  34. Wasylík K. 1971. Zbiorowiska glonów Czarnego Dunajca i niektórych jego dopływów– Algal communities in the Czarny Dunajec River (Southern Poland) and in some of its affluents. Fragm. Flor. Geobot., 15, 257–354.
  35. WIOŚ – Kraków 2009. Raport o stanie środowiska w Województwie Małopolskim.
  36. Whitton B.A., Rott E. (ed.) 1996. Use of Algae for Monitoring Rivers II. Institut für Botanik, Universität Innsbruck, 196 p.
  37. Whitton B.A., Ellwood N.T., Kawecka B. 2009. Biology of the freshwater diatom *Didymosphenia*: a review. Hydrobiol. 630, 1–37.
  38. Żelazowski E., Magiera M., Kawecka B., Kwandrans J., Kotowicz J. 2004. Use of algae for monitoring rivers in Poland – in the light of a New law for environmental protection. Oceanological and Hydrobiological Studies, 33(4), 27–39.