

**KAROLINA BARTYŃSKA¹, WIKTORIA BĄK¹, TERESA NOGA¹,
ANITA PORADOWSKA²**

¹Katedra Gleboznawstwa, Chemii Środowiska i Hydrologii, Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Nauk Rolniczych Ochrony i Kształtowania Środowiska, e-mail: tnoga@ur.edu.pl; ORCID 0000-0002-4864-5620,

²Pracownia Architektury Krajobrazu; e-mail: apajaczek@ur.edu.pl; ORCID 0000-0002-8557-5529

**FONTANNY – ELEMENTY MIEJSKIEJ ARCHITEKTURY
I „MIKROREZERWATY” BIORÓŻNORODNOŚCI**

Abstrakt: Glony odgrywają istotną rolę siedliskotwórczą w fontannach i basenach ze względu na stałą obecność wody. Celem prowadzonych badań było zbadanie różnorodności gatunkowej zbiorowisk okrzemek w fontannie miejskiej na terenie Parku Papieskiego w Rzeszowie. Podczas badań przeprowadzonych w latach 2023-2024 zidentyfikowano 101 taksonów okrzemek, z których 7 uzyskało rangę dominantów: *Achnanthes coarctata*, *Achnantheidium minutissimum*, *Cocconeis euglypta*, *Hantzschia amphioxys*, *Humidophila contenta*, *Luticola* sp. i *Nitzschia communis*. Większość z nich zaliczana jest do gatunków aerofilnych, które występują w siedliskach podlegających okresowemu wysychaniu oraz kosmopolitycznych. Na podstawie obliczonych wskaźników ekologicznych w zbiorowisku okrzemek dominowały taksony neutralne i alkalifilne, o szerokim spektrum troficznym i eutroficzne oraz β -mezosaprobowe. Wskaźnik zasolenia wskazywał, że większość okrzemek stanowi taksony tzw. „słodkowodno-słonawe”.

Słowa kluczowe: okrzemki (Bacillariophyta), różnorodność gatunkowa, fontanny

**FOUNTAINS – ELEMENTS OF URBAN ARCHITECTURE
AND BIODIVERSITY “MICRO-RESERVES”**

Abstract: Algae play an important habitat-forming role in fountains and pools due to the constant presence of water. The aim of this study was to assess the species diversity of diatom communities in a city fountain located in the “Park Papieski” in Rzeszów. During the studies conducted in 2023-2024, 101 diatom taxa were identified, seven of which reached dominance: *Achnanthes coarctata*, *Achnantheidium minutissimum*, *Cocconeis euglypta*, *Hantzschia amphioxys*, *Humidophila contenta*, *Luticola* sp., and *Nitzschia communis*. Most of these taxa are aerophilic species occurring in habitats subject to periodic drying as well as cosmopolitan species. Based on calculated ecological indices neutral and alkaliphilous taxa dominated the diatom community with a broad trophic spectrum and eutrophic and β -mesosaprobic characteristics. The salinity index showed that most diatoms belonged to the “freshwater-brackish” taxa.

Keywords: diatoms (Bacillariophyta), species diversity, fountains

I. WSTĘP

Fontanny w krajobrazie miast stanowią popularne i często spotykane urządzenia wodne, których historia sięga kilku tysięcy lat. W Grecji znane są od VI wieku p.n.e., natomiast w Rzymie były budowane powszechnie już dwa tysiące lat temu [Raszka i Kasprzak 2023].

Zbiorniki wodne, w tym m.in. stawy, baseny oraz towarzyszące im fontanny, w których płynąca i tryskająca woda miała zapewniać mieszkańcom miast epoki przemysłowej kontakt z naturą, zaczęły powstawać w przestrzeniach miejskich dopiero w XIX wieku. Obecnie, oprócz funkcji dekoracyjnych, coraz częściej priorytetem dla wielu władz w miastach i projektantów staje się oryginalność i różnorodność rozwiązań związana z zaprojektowaniem zaawansowanych technicznie fontann. Mogą one sprawić, że miasto zyska na atrakcyjności, w tym także turystycznej. Ponadto, w myśl zasad zrównoważonego rozwoju, istotne znaczenie ma podnoszenie jakości przestrzeni miejskiej, które oznacza m.in. zapewnienie mieszkańcom miast kontaktu z przyrodą. Liczne badania wykazują, że elementy natury w najbliższym otoczeniu człowieka, w tym także woda, są niezbędne dla zachowania jego zdrowia fizycznego i psychicznego [Kusińska 2017]. Środowisko miejskie jest przestrzenią w znacznym stopniu przekształconą antropogenicznie, co powoduje zaburzenia w naturalnym cyklu obiegu wody. Zbiorniki wodne mogą oddziaływać pozytywnie na ludzi, m.in. przez niwelowanie wielu negatywnych zjawisk środowiskowych związanych z nadmierną zabudową przestrzeni miejskiej. Tradycyjne gospodarowanie wodą w miastach, ukierunkowane na jak najszybsze odprowadzenie wód opadowych, prowadzi do wzrostu temperatury i nadmiernego wysuszenia powietrza. Niedobór wody przyczynia się do degradacji i zaniku ekosystemów przyrodniczych oraz do zmniejszenia ilości terenów zielonych w miastach, a następnie spadku bioróżnorodności. Wysoka temperatura w miastach, często utrzymująca się przez dłuższy czas, wpływa negatywnie na samopoczucie człowieka, powodując m.in. uczucie zmęczenia i osłabienia [Szczepańska 2010, Bergier i in. 2014, Kusińska 2017].

Wszystkie elementy wodne w przestrzeni publicznej; tj. zbiorniki, fontanny, kaskady, itp. stanowią część systemu SUDS (*Sustainable Urban Drainage System*). Zadaniem SUDS, w projektowaniu zrównoważonym, jest zatrzymywanie wody deszczowej w miejscu opadu, a następnie umożliwienie wsiąkania w grunt, parowania albo przeznaczenie do ponownego użytkowania. Fontanny miejskie są jednym z elementów kształtujących wizerunek miast poprzez różnego rodzaju atrybuty świadczące o wysokiej jakości przestrzeni publicznej, takie jak: bezpieczeństwo użytkowania i komfort, wizerunek miejsca, atrakcyjność funkcjonalna, dostępność a także edukacja [Kusińska 2017].

Fontanny wykorzystywane są niejednokrotnie jako stanowiska do badań naukowych, rozwijają się w nich bowiem różne mikroorganizmy, w tym głównie bakterie, grzyby i glony. Badania nad różnorodnością gatunkową glonów w fontannach prowadzone są stosunkowo rzadko [Hindáková i Hindák 1998]. Częściej wykonywane są badania algologiczne powiązane z ochroną tych obiektów (w tym także zabytkowych). Mikroglony wytwarzają tzw. biofilmy, które prowadzą do degradacji fizycznej i chemicznej materiałów (m.in. kamienia) oraz wykształcają skorupy węglanowe na kamieniu (najczęściej zielenice i sinice) w wyniku metabolizmu fotosyntetycznego [Zurita i in. 2005, Bolívar-Galiano i in. 2020, 2021 oraz literatura tam zamieszczona]. Hodgson i współautorzy [2016] rekomendują natomiast podejmowanie badań nad okrzemkami w fontannach jako substytut do prowadzenia badań terenowych w ramach zajęć laboratoryjnych lub prac dyplomowych realizowanych ze studentami.

Jakość wody w fontannach miejskich w Polsce zazwyczaj badana jest pod kątem mikrobiologicznym [Burkowska-But i in. 2013, Budzińska i in. 2017, Małecka-Adamowicz i Kubera 2017, Włodyka-Bergier i in. 2019] lub chemicznym [Milik i in. 2018, Tandyrak

i in. 2019]. Brakuje badań dotyczących różnorodności glonów, w tym również okrzemek, rozwijających się w tego typu siedliskach.

Celem przeprowadzonych badań było poznanie różnorodności gatunkowej zbiorowisk okrzemek rozwijających się w fontannie znajdującej się na terenie Parku Papieskiego w Rzeszowie oraz charakterystyka morfologiczno-ekologiczna tych mikroorganizmów.

II. TEREN BADAŃ

Na terenie miasta Rzeszowa działa kilkanaście fontann, z których najstarsza, zabytkowa znajduje się na Placu Wolności, natomiast największą i najbardziej znaną jest fontanna multimedialna, zlokalizowana na Placu Armii Krajowej (uruchomiona w 2013 roku).

Do badań wybrano oryginalną i nietypową fontannę, określaną jako „fontanna – strumień”, która znajduje się w środkowej części Parku Papieskiego (przy al. Armii Krajowej) i składa się z dwóch strumieni o długości około 70 m. Strumień wyłożono serycytem – naturalnym, wytrzymałym minerałem. Park zajmuje powierzchnię około 17 hektarów. Został oddany do użytku pod koniec 2015 roku. Południowo-wschodnią część Parku, w której znajdują się stanowiska chronionego zimowita jesiennego, pozostawiono w stanie naturalnym [www 1].

III. MATERIAŁ I METODA PRACY

Materiał do badań pobierano z trzech stanowisk wyznaczonych w fontannie znajdującej się w Parku Papieskim w Rzeszowie (ryc. 1), w czerwcu 2023 roku i w październiku 2024 roku. Bezpośrednio w terenie zmierzono temperaturę wody, pH i przewodnictwo elektrolityczne oraz pobrano niewielką ilość wody do analiz chemicznych, które wykonano w laboratorium Uniwersytetu Rzeszowskiego (chromatograf jonowy Thermo scientific DIONEX ICS–5000+DC). Analizy fizykochemiczne wody na stanowisku 3 wykonano tylko w październiku 2024 roku.

Materiał pobierano pipetą z kamieni i zamulonych osadów na kamieniach do niewielkich plastikowych pojemników (100 ml) z następujących miejsc (ryc. 1):

- 1) osad na kamieniach z wolno płynącą wodą (stanowisko 1),
- 2) osad z kamieni zanurzonych w wodzie, którymi wyłożono brzegi w centralnym, najgłębszym (do 70 cm) miejscu fontanny ze stojącą wodą (stanowisko 2),
- 3) osad na kamieniach w końcowej, płytkiej (5–10 cm) części fontanny ze stojącą wodą (stanowisko 3).

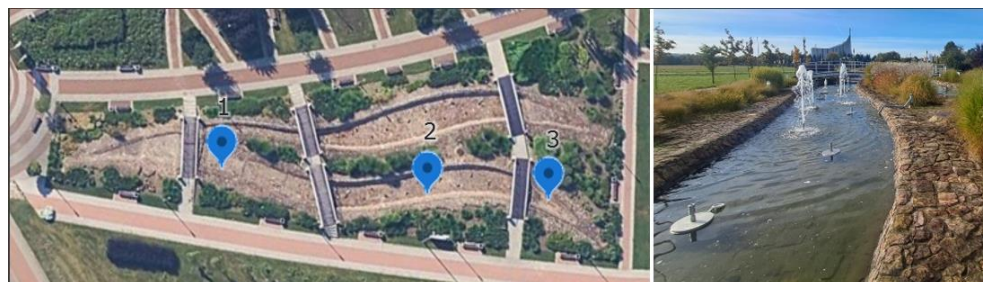
Połowę zebranego materiału poddawano obróbce laboratoryjnej i maceracji w kwasach zgodnie z metodami stosowanymi m.in. przez Kawecką [1980] i Noga i in. [2016], a pozostałą część konserwowano 4% roztworem formaliny. Oczyszczony materiał wykorzystano do przygotowania trwałych preparatów mikroskopowych, które zamykano w żywicy syntetycznej Pleurax.

Okrzemki oznaczano pod mikroskopem świetlnym Carl Zeiss Axio Imager A2, przy użyciu kontrastu interferencyjno-różnicowego Nomarskiego (DIC) oraz obiektywu planapochromatycznego 1.4, przy powiększeniu 1000×. Zdjęcia okrzemek wykonano za pomocą kamery Carl Zeiss AxioCam ICc 5 i skaningowego mikroskopu elektronowego SEM (HITACHI SU 8010). Okrzemki identyfikowano przy pomocy specjalistycznej literatury: Hofmann i in. [2011], Bąk i in. [2012], Levkov i in. [2013], Lange Bertalot i in. [2017].

Liczebność okrzemek uzyskano przez zliczanie wszystkich okryw w losowo wybranych polach widzenia mikroskopu, aż do uzyskania łącznej sumy około 300 okryw. Za dominujące uznano te taksony, których procentowy udział w zbiorowisku wynosił $\geq 5\%$.

Preferencje ekologiczne okrzemek względem pH, zasolenia, saprobii i trofii wyznaczono wykorzystując wskaźniki ekologiczne Van Dama i współautorów [1994]. Kategorie zagrożenia

dla poszczególnych gatunków okrzemek wyróżniono na podstawie Czerwonej listy glonów w Polsce [Siemińska i in. 2006]: E – wymierające, V – narażone, R – rzadkie.



Ryc. 1. Lokalizacja stanowisk (1-3) wyznaczonych w fontannie w Parku Papieskim w Rzeszowie (Źródło: <https://www.google.com/maps>, fot. M. Gryzło)

Fig. 1. Location of stations (1-3) designated in the fountain in Park Papieski in Rzeszów (Source: <https://www.google.com/maps>, photo by M. Gryzło)

IV. WYNIKI I DYSKUSJA

Woda w fontannie na wyznaczonych stanowiskach charakteryzowała się zasadowym odczynem (pH: 7,6-8,5) oraz wysokimi wartościami przewodnictwa elektrolitycznego (700-1370 $\mu\text{S}/\text{cm}$), chlorków (45,21-305,88 mg/l) i siarczanów (50,63-152,91 mg/l). Wartości jonów wapnia zawierały się w przedziale od 30,31 do 66,07 mg/l. Zdecydowanie wyższe wartości wszystkich zmierzonych parametrów odnotowano w październiku 2024 roku, w porównaniu do czerwca 2023 roku (tab. 1).

Tabela 1 – Table 1

Wartości parametrów fizykochemicznych zmierzone na wyznaczonych stanowiskach (1-3) w fontannie w Parku Papieskim w Rzeszowie / Values of physicochemical parameters measured at designated sites (1-3) in the fountain in the 'Park Papieski' in Rzeszów

Stanowisko / Site	1		2		3
Data / Date	06.2023	10.2024	06.2023	10.2024	10.2024
Temperatura / Temperature [°C]	16,8	12,7	16,4	12,3	10,9
pH	8,3	7,6	8,5	7,7	7,7
Przewodnictwo elektrolityczne Electrolitic conductivity [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	700	1166	709	1370	1347
NO_3^- [mg/l]	<0,001	1,83	<0,001	1,78	<0,001
Cl^- [mg/l]	65,05	226,86	45,21	164,74	305,88
SO_4^{2-} [mg/l]	152,91	61,64	106,04	50,63	87,12
Ca^{2+} [mg/l]	41,28	66,07	30,31	35,27	35,13

Podczas badań prowadzonych w dwóch sezonach badawczych w fontannie na terenie Parku Papieskiego w Rzeszowie zidentyfikowano łącznie 101 taksonów okrzemek. Najwięcej taksonów odnotowano w rodzajach *Navicula* (12) oraz *Nitzschia* i *Pinnularia* (po 9 taksonów w każdym rodzaju). Najbardziej różnorodnie były stanowiska 1 (66 taksonów) i 3 (64 taksony). Stanowisko 2 wyróżniało się najniższą różnorodnością gatunkową (26 taksonów). Na stanowisku tym nie

wyróżniono żadnego gatunku w randze dominanta, a liczebność identyfikowanych okrzemek była bardzo niska (<30 okryw) w obydwu sezonach badawczych. Łącznie 7 taksonów (4 na stanowisku pierwszym i 5 na stanowisku trzecim) uzyskało rangę dominanta, tj. osiągnęło $\geq 5\%$ liczebności w zbiorowisku okrzemek (ryc. 2). Najliczniejsze populacje tworzyły *Achnantheidium minutissimum* (30–52%) i *Achnanthes coarctata* (6–16%), które dominowały w każdym sezonie na stanowiskach 1 i 3 (tab. 2).

Tabela 2 – Table 2

Lista taksonów okrzemek zidentyfikowanych na trzech stanowiskach (1–3) wyznaczonych w fontannie w Parku Papieskim w latach 2023–2024 (dominanty pogrubiono i podano dla nich liczebność w %, w nawiasach kwadratowych podano kategorie zagrożenia wg Siemińskiej i współaut. [2006], + oznacza, że takson występował na stanowisku w liczebności <5%) / List of diatom taxa identified at three sites (1–3) designated in the fountain in the 'Park Papieski' in the years 2023–2024 (dominant taxa are in bold and their abundance is given in %, threat categories according to Siemińska et al. [2006] are given in square brackets, + indicates that the taxon occurred at the site with an abundance of <5%)

Stanowisko / Site	1		2		3	
Data / Date	06.23	10.24	06.23	10.24	06.23	10.24
<i>Achnanthes coarctata</i> (Brébisson) Grunow [R]	16%	6%	+	+	6%	7%
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czamecki	37%	30%	+		52%	39%
<i>Achnantheidium eutrophilum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	+				+	
<i>Achnantheidium pyrenaicum</i> (Hustedt) Kobayasi	+					
<i>Adlafia minuscula</i> (Grunow) Lange-Bertalot var. <i>minuscula</i>					+	
<i>Amphora inariensis</i> Krammer		+				
<i>Amphora pediculus</i> (Kützing) Grunow		+			+	+
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen			+			
<i>Aulacoseira</i> sp.		+				+
<i>Caloneis molaris</i> (Grunow) Krammer [R]	+					
<i>Caloneis lancettula</i> (P. Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski [R]					+	
<i>Caloneis langebertalotioides</i> Reichardt	+					
<i>Cocconeis euglypta</i> Ehrenberg	+	+	+	+	+	11%
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg						+
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing					+	+
<i>Cymboplectura inaequalis</i> (Ehrenberg) Krammer				+		
<i>Diploneis</i> cf. <i>krammeri</i> Lange-Bertalot & Reichardt						
<i>Diploneis</i> sp.			+			
<i>Encyonopsis minuta</i> Krammer & Reichardt	+	+				
<i>Encyonopsis subminuta</i> Krammer & Reichardt	+					
<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt					+	
<i>Fallacia insociabilis</i> (Krasske) D.G. Mann					+	
<i>Fallacia subhamulata</i> (Grunow) D.G. Mann [R]		+				
<i>Fragilaria</i> sp.					+	

<i>Fragilariforma nitzschioides</i> (Grunow) Lange-Bertalot [R]		+				
<i>Grunowia tabellaria</i> (Grunow) Rabenhorst		+		+		
<i>Gomphonema capitatum</i> Ehrenberg		+	+	+		+
<i>Gomphonema micropus</i> Kützing					+	
<i>Gomphonema minutum</i> (C. Agardh) C. Agardh						+
<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing				+	+	+
<i>Gomphonema sarcophagus</i> Gregory [V]					+	
<i>Gomphonema utae</i> Lange-Bertalot & Reichardt		+			+	
<i>Gomphonema</i> sp.	+					
<i>Gyrosigma attenuatum</i> (Kützing) Rabenhorst		+				
<i>Gyrosigma obtusatum</i> (Sullivant & Wormley) C.S. Boyer		+				
<i>Gyrosigma sciotoense</i> (W.S. Sullivant) Cleve		+				
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	+	+	+	+	5%	9%
<i>Hantzschia</i> cf. <i>calcifuga</i> Reichardt & Lange-Bertalot					+	+
<i>Halamphora montana</i> (Krasske) Levkov	+	+			+	+
<i>Hippodonta capitata</i> (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski		+			+	+
<i>Humidophila contenta</i> (Grunow) R.L. Lowe, Kociolek, Johansen, Van de Vijver, Lange-Bertalot & Kopalová	15%	7%	+		+	+
<i>Lindavia</i> cf. <i>balatonis</i> (Pantocsek) Nakov, Guillory, Julius, Theriot & Alverson			+			
<i>Luticola acidoclinata</i> Lange-Bertalot [R]		+		+	+	+
<i>Luticola bryophila</i> M. Rybak, Czarnota & Noga					+	+
<i>Luticola nivalis</i> (Ehrenberg) D.G. Mann	+	+	+		+	+
<i>Luticola sparsipunctata</i> Levkov, Metzeltin & A. Pavlov	+	+				
<i>Luticola ventriconfusa</i> Lange-Bertalot						+
<i>Luticola</i> cf. <i>mutica</i> (Kützing) D.G. Mann		+				
<i>Luticola</i> sp.	+	7%	+		+	+
<i>Mayamaea asellus</i> Lange-Bertalot					+	
<i>Mayamaea atomus</i> (Kützing) Lange-Bertalot	+	+			+	
<i>Melosira varians</i> C. Agardh	+				+	
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	+				+	+
<i>Meridion constrictum</i> Ralfs		+		+	+	
<i>Navicula antonii</i> Lange-Bertalot		+				
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	+		+			
<i>Navicula cryptotenella</i> Lange-Bertalot						+
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	+	+			+	
<i>Navicula salinarum</i> var. <i>minima</i> R. Kolbe					+	

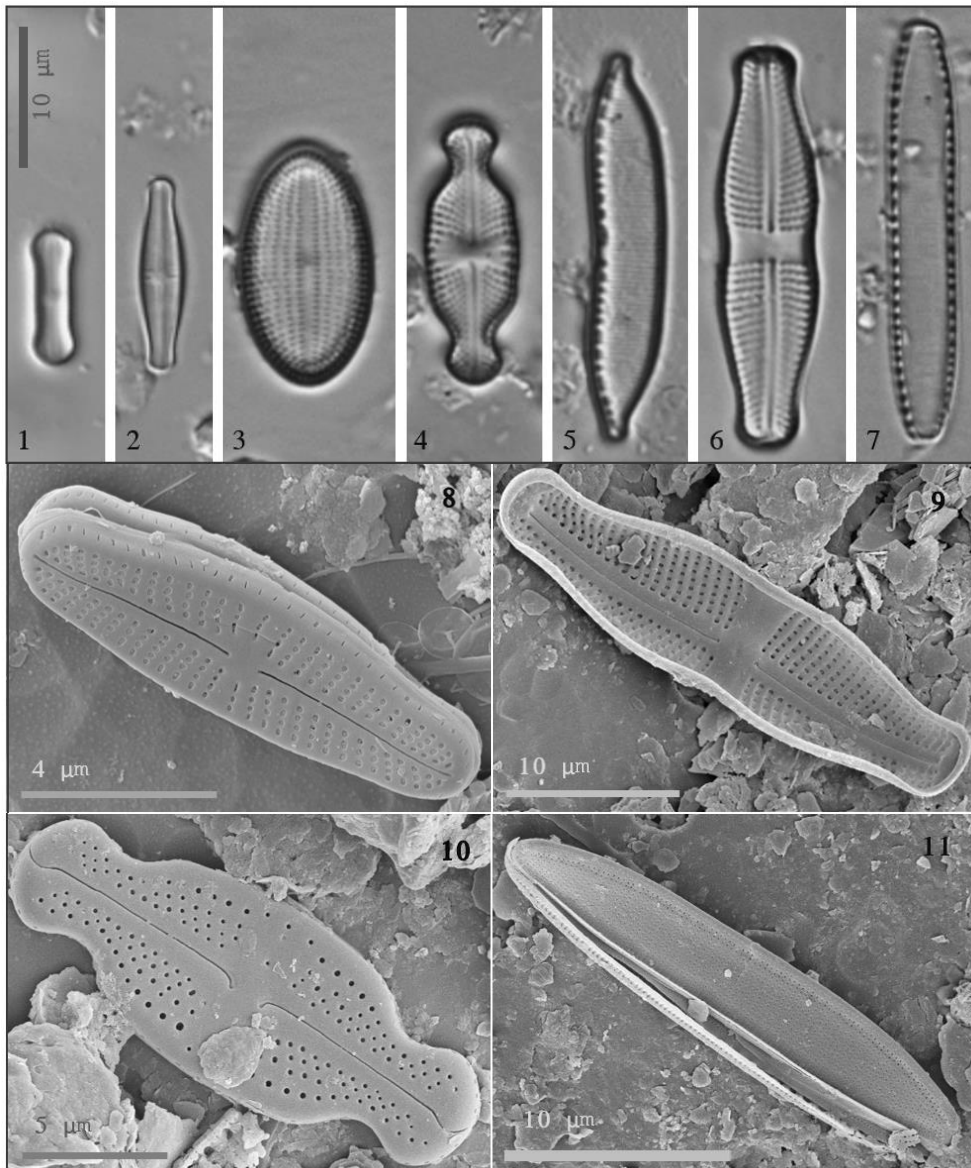
<i>Navicula salinarum</i> Grunow var. <i>salinarum</i>					+	
<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt		+		+		
<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory						+
<i>Navicula trivialis</i> Lange-Bertalot		+			+	+
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) M. Peragallo		+				
<i>Navicula veneta</i> Kützing	+		+		+	+
<i>Navicula</i> sp.	+	+				
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	+	+	+		+	
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow		+	+			+
<i>Nitzschia archibaldii</i> Lange-Bertalot	+					
<i>Nitzschia communis</i> Rabenhorst	+				12%	+
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Rabenhorst		+				+
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith		+				
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	+	+			+	+
<i>Nitzschia pusilla</i> Grunow						+
<i>Nitzschia recta</i> Hantzsch		+				+
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	+				+	+
<i>Pinnularia marchica</i> Schönfelder			+		+	
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske		+				
<i>Pinnularia rombarea</i> var. <i>undulata</i> Krammer	+					
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer [E]	+					
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg		+				
<i>Pinnularia subcommutata</i> Krammer		+				
<i>Pinnularia subgibba</i> var. <i>undulata</i> Krammer	+	+	+		+	
<i>Pinnularia</i> cf. <i>saprotolerans</i> Lange-Bertalot & Metzeltin						+
<i>Planothidium frequentissimum</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	+	+		+	+	+
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson) Lange-Bertalot	+	+	+		+	+
<i>Planothidium</i> cf. <i>victori</i> P.M. Novis, J. Braidwood & C. Kilroy					+	
<i>Platessa conspicua</i> (Mayer) Lange-Bertalot					+	
<i>Pseudostaurosira parasitica</i> (W. Smith) Morales					+	
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (C. Agardh) Lange-Bertalot	+	+		+	+	+
<i>Sellaphora nigri</i> (De Notaris) C.E. Wetzel & Ector		+				
<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkovsky					+	
<i>Stauroneis smithii</i> Grunow						
<i>Stephanodiscus tenuis</i> Hustedt	+					
<i>Surirella angusta</i> Kützing	+				+	

<i>Surirella lacrimula</i> J.D. English						+
<i>Surirella minuta</i> Brébisson	+	+				
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D.M. Williams & Round	+				+	+
<i>Tryblionella debilis</i> Arnott	+	+			+	
<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère	+				+	+
Σ taksonów w sezonie / Σ diatom taxa in season	40	47	18	12	51	39
Σ taksonów na stanowisku / Σ diatom taxa at site	66		26		64	

Na podstawie obliczonych wskaźników ekologicznych, przyjętych za Van Dam i współautorami [1994] wykazano, że w fontannie dominowały okrzemki preferujące wody neutralne (18–68%) i alkalifilne (26–69,5%), w zależności od sezonu badawczego. Pod względem trofii zdecydowanie przeważały okrzemki o szerokim spektrum troficznym (43–59%) i eutroficzne (18–31%), natomiast parametr saprobii wskazywał na dominację okrzemek β-mezosaprobowych (41–61%). Uwzględniono także wskaźnik zasolenia, który wykazał, że większość rozwijających się w fontannie okrzemek znalazła się w grupie tzw. taksonów „słodkowodno-słonawych” (73–82%), które rozwijają się przy zawartości chlorków <500 mg/l. Stwierdzono także występowanie pojedynczych taksonów typowo słonowodnych (<2%), np. *Navicula salinarum* var. *minima*, *N. salinarum* var. *salinarum*, *Tabularia fasciculata*. Wybrane taksony okrzemek prezentuje rycina 3. Wśród oznaczonych okrzemek stwierdzono występowanie 8 taksonów, które wpisano na Czerwoną listę glonów Polski [Siemińska i in. 2006], większość z nich to taksony rzadkie (kategoria R), jeden (*Gomphonema sarcophagus*) zaliczany jest do kategorii V – narażone na wyginięcie a jeden (*Pinnularia viridiformis*) do kategorii E – wymierające (tab. 2).

Woda w fontannie na terenie Parku Papieskiego w Rzeszowie posiadała wysokie wartości przewodnictwa elektrolitycznego, chlorków oraz siarczanów, zwłaszcza w październiku 2024 roku. Fontanny poddawane są zazwyczaj procesom chlorowania, które powodują, że wody charakteryzują się bardzo wysokimi stężeniami chlorków, a w związku z tym także wysokimi wartościami przewodnictwa elektrolitycznego. Zależności tego typu obserwowali także Tandyrak i współautorzy [2019] w fontannach miejskich w Olsztynie, stwierdzając, że w okresie eksploatacji parametry te wzrastały i przekraczały wartości graniczne dla wody pitnej.

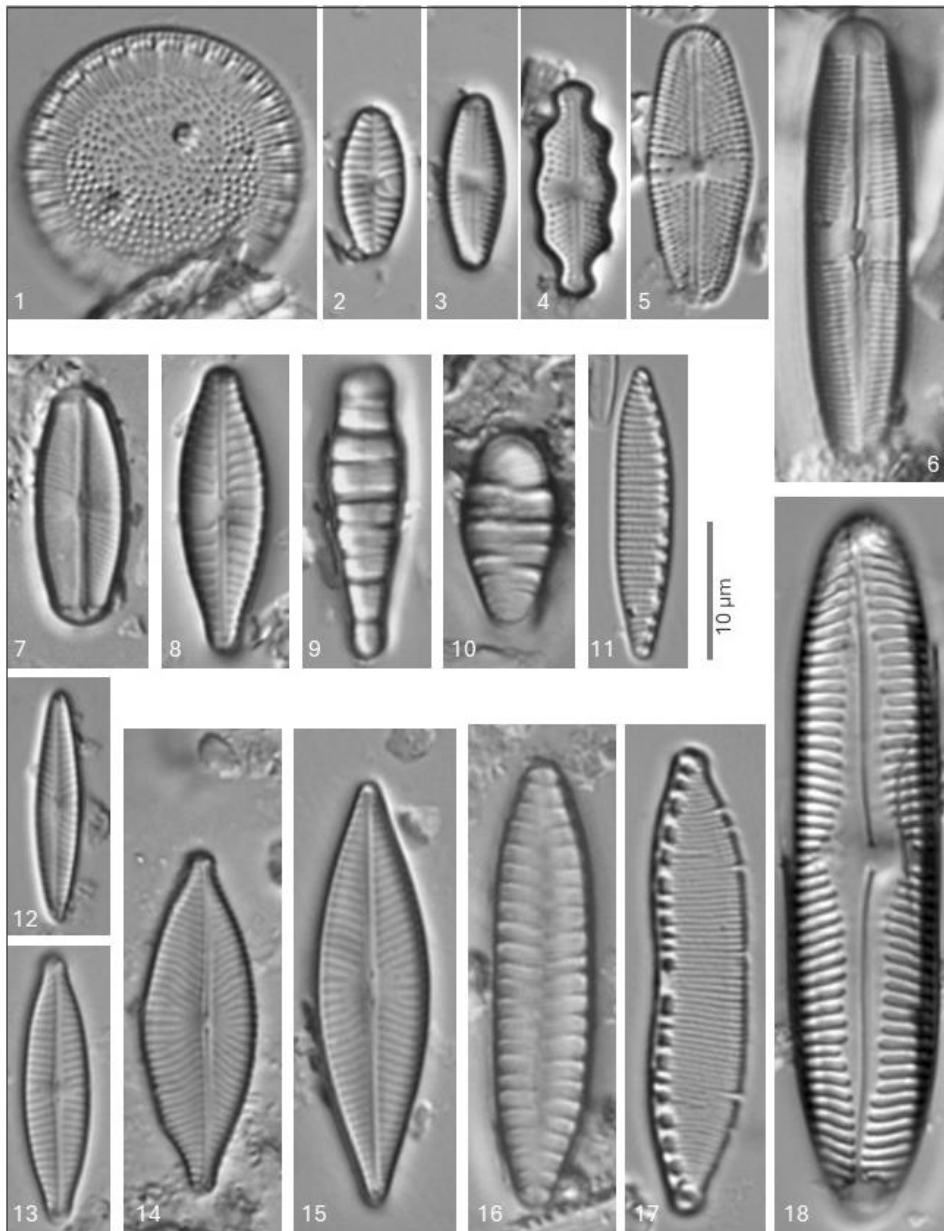
Pomimo regularnych inwestycji w chemiczne i mechaniczne środki do konserwacji fontann i wody, cały czas trwa naturalny proces kolonizacji przez różne mikroorganizmy. Odgrywają one istotną rolę, zwłaszcza w fontannach i basenach ozdobnych, ze względu na stałą obecność wody. Organizmy te odpowiadają za tzw. proces biodeterioracji (in. biodegradacji) dóbr kultury, powodując szereg uszkodzeń fizycznych i chemicznych oraz estetycznych, które badane są w różnych miejscach na świecie [Vázquez-Nion i in. 2016, Ibarra-Gallardo i Novelo 2018, Bolívar-Galiano i in. 2020, 2021 i literatura tam zamieszczona]. Autorzy, prowadzący tego typu badania, podkreślają, że najczęściej rozwijającymi się glonami w fontannach są sinice, zielenice i okrzemki, z których te ostatnie są najmniej różnorodne. Wśród najliczniej rozwijających się okrzemek obserwowane są gatunki z rodzajów *Nitzschia* i *Navicula*, rzadziej wymieniane są rodzaje *Cymbella* lub *Achnanthes*. Okrzemki w tego typu badaniach identyfikowane są zazwyczaj tylko do rodzajów [Zurita i in. 2005, Bolívar-Galiano i in. 2020, 2021].



1: *Humidophila contenta*, 2, 8: *Achnantheidium minutissimum*, 3: *Cocconeis euglypta*, 4, 10: *Luticola* sp., 5: *Hantzschia amphioxys*, 6, 9: *Achnanthes coarctata*, 7, 11: *Nitzschia communis*

Ryc. 2. Dominujące taksony okrzemek (1–7: LM, 8–11: SEM)

Fig. 2. Dominant diatom taxa (1–7: LM, 8–11: SEM)



1: *Lindavia* cf. *balatonis*, 2: *Planothidium frequentissimum*, 3: *Luticola sparsipunctata*, 4: *Luticola nivalis*, 5: *Luticola* cf. *mutica*, 6: *Caloneis molaris*, 7: *Sellaphora pupula*, 8: *Gomphonema sarcophagus*, 9: *Meridion constrictum*, 10: *Meridion circulare*, 11: *Nitzschia amphibia*, 12: *Navicula tenelloides*, 13: *Navicula veneta*, 14: *Navicula salinarum* var. *salinarum*, 15: *Navicula trivialis*, 16: *Surirella angusta*, 17: *Hantzschia* cf. *calcifuga*, 18: *Pinnularia subcommutata*

Ryc. 3. Wybrane taksony okrzemek

Fig. 3. Selected diatom taxa

Badania przeprowadzone w fontannie znajdującej się w Parku Papieskim w Rzeszowie wykazały ogromne bogactwo gatunkowe wśród okrzemek, ponieważ na trzech stanowiskach zidentyfikowano aż 101 taksonów. Większość z nich została stwierdzona w postaci pojedynczych okryw i autorzy zdają sobie sprawę z faktu, że mogą być to gatunki przypadkowe, prawdopodobnie przenoszone również przez zwierzęta, np. psy. Należy podkreślić, że Park Papieski z kompleksem terenów łąkowych, jest ulubionym miejscem wyprowadzania psów przez mieszkańców Rzeszowa, a zwierzęta często wchodzi do wody w fontannie, zwłaszcza w czasie upalnych, letnich dni. Podczas badań obserwowano także ptaki odpoczywające w fontannie (głównie kaczki), które także mogą przenosić okrzemki, np. na piórach [Manning i in. 2021 i literatura tam zamieszczona].

Siedem taksonów uznano za dominujące, a wśród nich najliczniej rozwijający się *Achnanthes minutissimum* – gatunek pionierski i jedna z najczęściej oznaczanych okrzemek o szerokiej amplitudzie ekologicznej, który często rozwija się masowo [Hofmann i in. 2011, Bąk i in. 2012, Lange-Bertalot i in. 2017, Noga i in. 2024]. Okrzemkami dominującymi były także gatunki aerofilne, występujące powszechnie w siedliskach podlegających okresowemu wysychaniu: *Achnanthes coarctata*, *Hantzschia amphioxys*, *Humidophila contenta*. Podobnie inny dominant – *Nitzschia communis* – rozwija się często w siedliskach o zmiennej wilgotności, natomiast optimum występowania posiada w wodach bogatych w elektrolity, aż po brakiczne. Jest gatunkiem odpornym na zanieczyszczenia organiczne [Bąk i in. 2012, Lange-Bertalot i in. 2017]. *Nitzschia communis* występowała najliczniej na trzecim stanowisku w czerwcu 2023 roku. Rangi dominanta nie uzyskała jednak w roku 2024, kiedy wartości przewodnictwa i chlorków wzrosły dwukrotnie w porównaniu do 2023 roku (tab. 1). Obserwacje te potwierdza fakt, że pomimo zdolności do rozwoju w wodach słonych i słonawych, nie jest gatunkiem typowo słonowodnym [Van Dam i in. 1994]. Gatunkami słonowodnymi są natomiast identyfikowane w postaci pojedynczych okryw *Navicula salinarum* var. *minima*, *N. salinarum* var. *salinarum* i *Tabularia fasciculata*. *Navicula salinarum* uznawana jest za kosmopolityczny i szeroko rozprzestrzeniony takson, który miejscami może występować masowo, np. na wybrzeżach morskich czy w ujściach rzek. Rzadziej spotykana jest w wodach słodkich z wysoką zawartością elektrolitów. Różnice w ekologii dla poszczególnych odmian są w dalszym ciągu trudne do sprecyzowania ponieważ w przeszłości włączano je do jednego kompleksu *N. salinarum*. Podobnie *Tabularia fasciculata* często rozwija się w siedliskach brakicznych i morskich, ale w Europie środkowej jest także szeroko rozprzestrzeniona w wodach ze średnią do podwyższonej zawartością elektrolitów, zwłaszcza w środowiskach podlegających wahaniom ciśnienia osmotycznego [Lange-Bertalot 2001, Bąk i in. 2012, Lange-Bertalot i in. 2017].

Fontanna w Parku Papieskim w Rzeszowie okazała się być także miejscem występowania okrzemek, które zostały umieszczone w Czerwonej liście glonów Polski [Siemińska i in. 2006]. Większość z nich stwierdzono tylko w postaci pojedynczych okryw, jednak przyporządkowany do kategorii R (rzadkie) *Achnanthes coarctata* był jednym z głównych dominantów w zbiorowisku okrzemek. Pozostałe taksony rzadkie i zagrożone są stosunkowo często stwierdzane w różnych typach wód na terenie Podkarpacia, w tym również w rzekach i potokach na terenie miasta Rzeszowa. Identyfikowane są jednak zawsze pojedynczo i nigdy nie tworzą licznych populacji [Noga i in. 2012, 2013, 2016].

V. PODSUMOWANIE

Badania prowadzone w wielu krajach, w wodach wypełniających różnego typu fontanny pokazują, że w większości przypadków rozwijają się tam rozmaite glony, które tworzą złożone skupiska, maty lub skorupy. Wielu badaczy uważa, że spośród różnych mikroglonów

zasiedlających fontanny, okrzemki są najrzadziej występującą grupą. Przeprowadzone przez nas wstępne badania nad różnorodnością okrzemek w fontannach miejskich, wykonane w „fontannie – strumieniu” na terenie Parku Papieskiego w Rzeszowie, nie potwierdzają powyższych obserwacji. Dwusezonowe badania na 3 wyznaczonych stanowiskach w obrębie jednej fontanny pozwoliły na wyróżnienie ponad 100 taksonów okrzemek. Autorzy zdają sobie sprawę z nietypowego charakteru fontanny, do której prawdopodobnie trafiają pojedyncze okrywy okrzemek „różnymi drogami” i tym samym przyczyniają się do wzrostu różnorodności gatunkowej (forma strumienia o długości około 70 m, położenie w pobliżu obszarów łkowych oraz odwiedzanie przez liczne zwierzęta, np. ptaki, psy). Z tego względu istnieje potrzeba rozszerzenia badań także na inne fontanny, zarówno na terenie Rzeszowa, jak również w innych miastach oraz porównanie uzyskanych wyników badań.

BIBLIOGRAFIA

1. 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. Wyd. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska. Warszawa. 1-452.
2. Bergier T., Kronenberg J., Wagner I. (red.) 2014. Woda w mieście. Zrównoważony rozwój – zastosowania. Wyd. Fundacja Sendzimira. Kraków. 1-127.
3. Bolívar-Galiano F., Abad-Ruiz C., Sánchez-Castillo P., Toscano M., Romero-Noguera J. 2020. Frequent microalgae in the mountains of the Alhambra and Generalife: identification and creation of a culture collection. *Applied Sciences*. 10. 6603. doi:10.3390/app10186603.
4. Bolivar-Galiano F., Cuzman O.A., Abad-Ruiz C., Sánchez-Castillo P. 2021. Facing phototrophic microorganisms that colonize artistic fountains and other wet stone surfaces: identification keys. *Applied Sciences*. 11. 8787. <https://doi.org/10.3390/app11188787>.
5. Budzińska K., Pyrc N., Szejniuk B., Pasela R., Traczykowski A., Michalska M., Berleć K. 2017. Microbiological contamination of water in fountains located in the Ciechocinek Health Resort. *Annual Set The Environment Protection, Rocznik Ochrona Środowiska*. 19. 181-199.
6. Burkowska-But A., Swiontek-Brzezinska M., Walczak M. 2013. Microbiological contamination of water in fountains located in the city of Toruń, Poland. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 4. 645-648.
7. Hindáková A. i Hindák F. 1998. Green algae of five city fountains in Bratislava (Slovakia). *Biologia*. 53. 481-493.
8. Hodgson J.Y.S., Barber K.O., Hustead Ch.J. 2016. An inquiry-based investigation of freshwater diatom ecology. *The American Biology Teacher*. 78 (8). 664-668.
9. Hofmann G., Werum M., Lange-Bertalot H. 2011. Diatomeen im Süßwasser – Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie. [w:] H. Lange-Bertalot (red.). A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. 1-908.
10. Ibarra-Gallardo C.E. i Novelo E. 2018. Algas y cianoprocariontes epilíticos de la Zona Arqueológica de Yaxchilán, Chiapas, México. *Rev. Mex. Biodivers.* 89. 590-603.
11. Kawecka B. 1980. Sessile algae in european mountains streams. 1. The ecological characteristics of communities. *Acta Hydrobiologica*. 22. 361-420.
12. Kusińska E. 2017. Nowoczesne fontanny w miejskiej przestrzeni publicznej. *Środowisko Mieszkaniowe*. 20. 112-120.

13. Lange-Bertalot H. 2001. *Navicula sensu stricto*. 10 genera separated from *Navicula sensu lato*. *Frustulia*. Diatoms of Europe. 2. 1-526.
14. 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, Schmittgen – Oberreifenberg. 1-942.
15. Levkov Z., Metzeltin D., Pavlov A. 2013. *Luticola* and *Luticolopsis*. Diatoms of Europe. 7. 1-698.
16. Małecka-Adamowicz M. i Kubera Ł. 2017. Jakość mikrobiologiczna wód fontann miejskich zlokalizowanych na terenie Bydgoszczy. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*. 17 (2). 139-147.
17. Manning F.S., Curtis P.J., Walker I.R., Pither J. 2021. Potential long-distance dispersal of freshwater diatoms adhering to waterfowl plumage. *Freshwater Biology*. 66. 1136-1148.
18. Milik J., Pasela R., Budzińska K. 2018. Variability of physical and chemical parameters of water from fountains in health resorts. *E3S Web of Conferences*. 44. 00112. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184400112>.
19. Noga T., Stanek-Tarkowska J., Kocińska-Streb M., Kowalska S., Ligęzka R., Kloc U., Peszek Ł. 2012. Endangered and rare species of diatoms in running and standing waters on the territory of Rzeszów and the surrounding area. [w:] J. Kostecka, J. Kaniuczak (red.). *Practical Applications of Environmental Research*. Nauka dla Gospodarki. 3. 331-340.
20. Noga T., Stanek-Tarkowska J., Peszek Ł., Pajęzek A., Kowalska S. 2013. Use of diatoms to assess water quality of anthropogenically modified Matysówka stream. *Journal of Ecological Engineering*. 14 (2). 1-11.
21. Noga T., Stanek-Tarkowska J., Kloc U., Kochman-Kędziora N., Rybak M., Peszek Ł., Pajęzek A. 2016. Diatom diversity and water quality of a suburban stream: a case study of the Rzeszów city in SE Poland. *Biodiversity Research and Conservation*. 41. 19-34.
22. Noga T., Lis M., Poradowska A. 2024. Występowanie okrzemek z rodzaju *Achnanthes* w rzece Osławie na terenie rezerwatu „Przełom Osławy pod Duszatynem”. *Roczniki Bieszczadzkie*. 32. 43-71.
23. Raszka B. i Kasprzak K. 2023. Woda jako element krajobrazu miast. *Turystyka Kulturowa*. 127 (2). 131-169.
24. Siemińska J., Bąk M., Dziedzic J., Gąbka M., Gregorowicz P., Mrozińska T., Pełchaty M., Owsiany P.M., Pliński M., Witkowski A. 2006. Red list of the algae in Poland – Czerwona lista glonów w Polsce. [w:] 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.
25. Szczepańska M. 2010. Fontanny a rekreacyjna funkcja miasta. *Studia Periegetica*. 4. 149-160.
26. Tandyrak R., Parszuto K., Grochowska J., Augustyniak R., Lopata M., Plachta A. 2019. The pilot study of water chemistry in municipal fountains in Olsztyn (NE Poland). *IOP Conf. Ser., Earth and Environmental Science*. 221. 012114. doi:10.1088/1755-1315/221/1/012114.
27. Włodyka-Bergier A., Bergier T., Stańkowska E., Gajewska D. 2019. Evaluation of microbial quality of water in the fountains in Krakow. *Infrastructure and Ecology of Rural Areas*. 2 (1). 107-118.
28. 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.

29. Vázquez-Nion D., Rodríguez-Castro J., López-Rodríguez M., Fernández-Silva I., Prieto B. 2016. Subaerial biofilms on granitic historic buildings: microbial diversity and development of phototrophic multi-species cultures. *Biofouling*. 32. 657-669.
30. Zurita Y.P., Cultrone G., Castillo P.S., Sebastián E., Bolívar F. 2005. Microalgae associated with deteriorated stonework of the fountain of Bibatauin in Granada, Spain. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 55. 55-61.
31. www 1: <https://erzeszow.pl/45-niezbednik-mieszkanca/16641-parki-w-rzeszowie/16674-park-papieski.html>. (dostęp w dniu 01.12.2025).