

Stacjonarne Studia Doktoranckie
Ekologii i Ochrony Środowiska

Piotr Jerzy Knysak

Wpływ człowieka na ekosystemy źródlane na podstawie różnorodności okrzemek i ich autekologii

Human impact on crenic ecosystems based on
the diversity of diatoms and their autecology

Praca doktorska

wykonana w Katedrze Algologii i Mykologii
Instytutu Ekologii i Ochrony Środowiska

pod kierunkiem
prof. UŁ dr hab. Joanny Żelaznej-Wieczorek

Spis treści

1.	Wstęp	1
2.	Przedmiot, obiekt i cel badań	6
2.1.	Okrzemki (Bacillariophyta), jako obiekt badań	6
2.2.	Okrzemki jako organizmy wskaźnikowe stanu środowiska wodnego	8
2.3.	Cechy obiektów krenologicznych – źródeł	11
2.4.	Cel i zakres badań	16
3.	Teren badań	18
3.1.	Charakterystyka obiektów krenologicznych wybranych do badań	21
3.2.	Oddziaływanie człowieka na źródłiska – szacowanie nasilenia	37
4.	Materiał i metody	41
4.1.	Prace terenowe	41
4.2.	Prace laboratoryjne	42
4.3.	Analiza jakościowa i ilościowa zbiorowisk okrzemek	43
4.4.	Analiza ekologiczna zbiorowisk okrzemek	48
5.	Wyniki	50
5.1.	Warunki fizyczne i chemiczne wód obiektów krenologicznych	50
5.2.	Ocena różnorodności gatunkowej i autekologia okrzemek	53
5.2.1.	Podwódka (PD)	66
5.2.2.	Podwierzchowiec (PO)	81
5.2.3.	Bukowa Góra (BG)	94
5.2.4.	Troniny (TR)	103
5.2.5.	Kochlew (KO)	113
5.2.6.	Wolbórka (WO)	122
5.2.7.	Wardzyń (WA)	132
5.2.8.	Pustułka (PU)	141
5.2.9.	Piękne (PI)	150
5.2.10.	Głowa (GL)	159
5.2.11.	Ciosny (CI)	168
5.2.12.	Łagiewniki (LA)	178
6.	Dyskusja	189

6.1. Oddziaływanie człowieka na ekosystemy źródlane	189
6.2. Warunki środowiska abiotycznego źródeł	192
6.3. Różnorodność gatunkowa okrzemek w źródłach	196
6.4. Struktura i dynamika zbiorowisk okrzemek	197
6.5. Charakterystyka ekologiczna źródeł na podstawie okrzemek	203
6.6. Okrzemki zagrożone występujące w badanych źródłach	210
6.7. Ochrona źródeł	212
7. Podsumowanie i wnioski	214
8. Streszczenie (Abstract)	220
9. Podziękowania	225
10. Literatura	226
11. Dokumentacja fotograficzna	238
12. Aneks	256

Od autora

Cele, hipoteza badawcza i wyniki kolejnych etapów realizacji niniejszej pracy doktorskiej zostały zaprezentowane w formie referatów, a także poddane dyskusji akademickiej podczas konferencji naukowych z zakresu fykologii oraz krenologii.

11th Central European Diatom Meeting (Czechy, Praga, 22-25.03.2017)

Referat: *Anthropogenic impact on springs in the light of the analysis of taxonomical and ecological diversity of diatoms*

Źródła Polski, Ostoja geo- i bioróżnorodności (Polska, Białystok, 18-20.09.2017)

Referat: *Przekształcenia antropogeniczne mikroflory okrzemek w źródłach Polski Środkowej*

25th International Diatom Symposium (Niemcy, Berlin, 25-30.06.2018)

Referat: *Anthropogenic impact on springs with various level of isolation from direct & indirect human influence, based on diatom analysis*

38th International Conference of the Polish Phycological Society (Polska, Kielce-Sandomierz, 4-7.06.2019)

Referat: *Long-term studies of three karst crenic habitats under potential human impact in the light of changes in diatom communities*

First Place Winner in the Competition for Young Scientists

Źródła finansowania:

Dotacje na finansowanie działalności polegającej na prowadzeniu badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich (Rozporządzenie MNiSW z 11 września 2015 r.), przyznawane w latach 2016, 2017 i 2018, przez Dziekana Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Łódzkiego. W ramach przyznanego dofinansowania prowadzony był projekt: *Analiza taksonomiczna zbiorowisk okrzemek z wytypowanych nisz źródłiskowych na terenie województwa łódzkiego – etapy 1-3.*

1. Wstęp

Źródła są jednym z najcenniejszych składników krajobrazów, różniących się znacząco od większości typów wód powierzchniowych, szczególnie biorąc pod uwagę panujące w nich specyficzne warunki fizyczne oraz chemiczne. Ze względu na niewielkie powierzchnie i współcześnie niewielkie znaczenie gospodarcze, należą do ekosystemów stosunkowo słabo poznanych. Obecnie, w warunkach szybkiego rozwoju cywilizacyjnego, stanowią one przykład środowisk, które zachowały cechy charakterystyczne dla ekosystemów i siedlisk nieprzekształconych antropogenicznie. Przez lata, źródła dawały dostęp do słodkiej, niezanieczyszczonej wody pitnej oraz użytkowej, zwłaszcza na terenach nizinnych, umożliwiając przetrwanie i rozwój społeczny człowieka. Wraz z rozwojem wiedzy o procesach hydrogeologicznych i hydrobiologicznych, należy spojrzeć na te unikatowe ekosystemy wodne przez pryzmat ich właściwej ochrony. Problem ochrony źródeł wiąże się z zaniedbaniami już na poziomie stanowienia prawa. W celu wskazania działań niezbędnych dla ochrony źródeł – obiektów krenologicznych (gr. *krénē* – źródło), konieczne jest zintensyfikowanie hydrobiologicznych prac badawczych dotyczących tych ekosystemów, w tym objęcie ich ciągłym biomonitoringiem (Cantonati 1998; Cantonati i in. 2007, Nowicka-Krawczyk, Żelazna-Wieczorek 2017).

Źródła pełnią istotną rolę w zachowaniu różnorodności na poziomie gatunkowym, ekosystemowym, jak i krajobrazowym. Badania hydrobiologiczne źródeł mają duże znaczenie poznawcze i jednocześnie są dowodem na istotną funkcję jaką pełnią one we wzbogacaniu różnorodności biologicznej terenów, na których występują. Badania hydrologiczne i hydrogeologiczne wzbogacają wiedzę o złożonych procesach hydrochemicznych zachodzących w wodach podziemnych zasilających źródła, zwłaszcza o zanieczyszczeniach rejestrowanych w ich wypływach. Względnie stabilne, jednak wrażliwe na oddziaływanie człowieka, warunki abiotyczne opisujące te ekosystemy sprzyjają pojawianiu się organizmów charakterystycznych dla nich – krenobiontów. Źródła stanowią również ostoje ekologiczne o nadal dobrym stanie jakości środowiska, na przykład o zachowanych warunkach oligotroficznych (Moniewski 2004, Taxböck 2016). Przekształcenie wód podziemnych spowodowane działalnością człowieka przyczynia się do wypierania z naturalnych mikrosiedlisk krenobiontów, zubażając różnorodność biologiczną,

w tym eliminując gatunki rzadkie, potencjalnie nowe dla nauki lub zagrożone wyginięciem uwzględnione na czerwonych listach (Cantonati i in. 2006, 2012). Przedstawicielami organizmów autotroficznych zasiedlających źródła są okrzemki (Bacillariophyta). Te jednokomórkowe mikroskopijne glony, wraz z sinicami (Cyanoprokaryota), stanowią główną grupę producentów pierwotnych w ekosystemach źródłanych. Jednocześnie, okrzemki są wskazywane jako bardzo dobre wskaźniki zmian środowiska, na tle globalnego ocieplenia, rosnącego promieniowania UV-B, eutrofizacji lub zakwaszenia wód (Cantonati i in. 2001). Jak podkreślili w swojej pracy Żelazna-Wieczorek i Ziułkiewicz (2007), źródła, ze względu na unikatowe relacje czynników abiotycznych i biotycznych oraz istotną funkcję wód podziemnych w tych ekosystemach, czynią z nich bardzo cenny przedmiot badań ekologicznych.

Okrzemki ekosystemów źródłanych, jako przedmiot badań. Pierwsze badania algoflory źródeł w Polsce przypadają na przełom XIX i XX wieku i dotyczyły one głównie obszaru polskich Tatr (Gutwiński 1888, 1909) oraz Wigierskiego Parku Narodowego (Wołoszyńska 1922). Rys historyczny badań algologicznych w źródłach opisała w swojej monografii Żelazna-Wieczorek (2011).

W późniejszych dekadach kolejne obszary źródłiskowe były obejmowane badaniami algologicznymi, np. Wyżyna Krakowsko-Częstochowska (Kubik 1970; Waszkiewicz, Żelazna-Wieczorek 1999; Wojtal 2001, 2003a, b, 2004a, b, 2006, 2013; Wojtal, Kwadrans 2006; Żelazna-Wieczorek, Bik 2009), Dolina Dolnej Wisły (Paczuska, Paczuski 1999), Wielkopolska (Paczuska 1999), a także strefa przybrzeżna Morza Bałtyckiego (Starmach 1969) i Tucholski Park Krajobrazowy (Sitkowska, Żelazna-Wieczorek 2002). Mikroflora okrzemkowa stanowiła również przedmiot szczegółowych, aczkolwiek dotychczas nielicznych badań w źródłach na terenie Bieszczadów Zachodnich (Żelazna-Wieczorek 2012, Żelazna-Wieczorek, Knysak 2017, Żelazna-Wieczorek, Mostowik 2019). W Polsce Środkowej pierwsze badania algoflory krenologicznej obejmowały Rezerwat Niebieskie Źródła (Brutkowska 1952, Rakowska 1996). Prowadzono także badania mikroflory źródeł o wysokim stopniu zasolenia znajdujących się w pobliżu Łęczycy (Pliński 1969, Żelazna-Wieczorek i in. 2015). Badano również źródła zlokalizowane na Wyżynie Wieluńskiej (Żelazna-Wieczorek, Mamińska 2006), występujące na terenie Załęczańskiego Parku

Krajobrazowego w dolinie rzeki Warty oraz te, w bezpośrednim sąsiedztwie miasta Łodzi (np. Żelazna-Wieczorek, Ziułkiewicz 2004, 2007a, b, 2008, 2009; Żelazna-Wieczorek i in. 2010). Wymienione prace naukowe dotyczyły głównie okrzemek i sinic badanych w ujęciu florystycznym, taksonomicznym i ekologicznym. W 2011 roku Żelazna-Wieczorek opublikowała monografię dotyczącą różnorodności gatunkowej okrzemek oraz zmian w czasie ich zbiorowisk w źródłach, na podstawie badań prowadzonych w latach 2003-2005, w obiektach znajdujących się na terenie Łódzkiego Obszaru Metropolitalnego. W pracy tej autorka przeanalizowała szerokie spektrum parametrów fizycznych, chemicznych i biologicznych opisujących badane źródła oraz ich związek z bezpośrednim i pośrednim oddziaływaniem na nie człowieka. Praca stanowi również bogate źródło dokumentacji ikonograficznej okrzemek występujących w tych źródłach. Źródła występujące w granicach miasta Łodzi i w jej najbliższym otoczeniu były również obiektem badań sinic, pod kątem taksonomii i ekologii tej grupy organizmów (Nowicka-Krawczyk, Żelazna-Wieczorek 2017). W badaniach tych istotnym zagadnieniem był również wpływ stresu antropogenicznego na źródła. Autorki zaproponowały wprowadzenie klasyfikacji, która uwzględnia czynniki bezpośredniego i pośredniego oddziaływania człowieka na ekosystemy źródlane i ich potencjalny wpływ na strukturę i dynamikę zbiorowisk sinic.

Ekologiczne badania obiektów krenologicznych i organizmów dla nich charakterystycznych, w tym krenobiontów, prowadzone były szeroko poza granicami Polski. Agenda włoskiego projektu CRENODAT zakładała długoterminowe, począwszy od roku 1999, ustandaryzowane, badania mikroflory organizmów zasiedlających źródła we włoskich Alpach, m.in. na terenie Parku Przyrody Adamello-Brenta (Adamello-Brenta Nature Park) (Cantonati i in. 2010). Projekt ten, umożliwił kompleksowe zbadanie różnorodności gatunkowej okrzemek i ich autekologii oraz określenie wpływu czynników antropogenicznych na badane obiekty krenologiczne (Cantonati 1998, 2012; Cantonati i in. 2005; 2007). Kolejne badania obejmowały zbiorowiska okrzemek w źródłach krasowych położonych w centralno-wschodniej części Sardynii (Włochy). Przeanalizowano bioindykacyjny potencjał mikroflory okrzemkowej w kontekście oceny jakości wód, ze wskazaniem źródeł stanowiących zasoby wody pitnej dla ludności lokalnej, szczególnie w przypadku deficytu wody dobrej jakości na tym obszarze (Lai i in. 2016). W Szwajcarii

prowadzono badania obiektów krenologicznych w aspekcie ich różnorodności gatunkowej okrzemek oraz pojemności środowiskowej źródeł jako refugium dla gatunków wrażliwych i zagrożonych (Taxböck i in. 2017). Badania monitoringowe organizmów peryfitynowych występujących w źródłach limnokrenicznych i reokrenicznych prowadzone były także w Himalajach, w dolinie Doon (Indie). Wykazano, że okrzemki stanowią dominujący składnik tych ekosystemów oraz podkreślono istotną rolę obiektów krenologicznych w podtrzymywaniu różnorodności krenobiontów (Chauhan, Sharma 2016). Denys i Oosterlynck (2015) przedstawili wyniki badań mikroflory okrzemkowej w źródłach wapiennych, objętych programem Natura 2000 w Belgii, potwierdzając również ważną funkcję obiektów krenologicznych w zachowaniu różnorodności biologicznej. Źródła, w których są relatywnie stabilne oraz optymalne warunki hydrochemiczne, sprzyjają obecności okrzemek wrażliwych na zanieczyszczenia antropogeniczne. Jednocześnie wskazali na konieczność uwzględniania specyfiki danego regionu w analizie różnorodności gatunkowej, struktury zbiorowisk oraz analizy statusu ochronnego. Z kolei Teittinen i Soininen (2015) opublikowali wyniki badań dotyczące dyspersji okrzemek, na podstawie analizy 50 źródeł borealnych w Finlandii wskazując, że bogactwo gatunkowe oraz struktura zbiorowisk okrzemek jest związana z chemizmem wody. Lai i in. (2019) po analizie diatomologicznej 16 termo-mineralnych (geotermalnych) obiektów krenologicznych, w latach 2015-2017, zlokalizowanych w Auvergne (Francja) i Sardynii (Włochy), zaobserwowali wysoki stopień niepodobieństwa biologicznego badanych źródeł. Podkreślili, że czynniki klimatyczne mogą być główną przyczyną wpływającą na rozmieszczenie gatunków okrzemek w źródłach o tym samym typie geologicznym.

Przedstawione powyżej kierunki badań diatomologicznych związane z obiektami krenologicznymi, podkreślają ich istotną rolę w dostarczaniu wartościowych danych na temat stanu środowiska przyrodniczego. Wskazują one także, na niezadowalający stan wiedzy o ekosystemach zależnych od wód podziemnych w porównaniu do analogicznych badań, dotyczących rzecznych lub jeziornych ekosystemów wodnych.

Przedmiotem badań, których wyniki przedstawiono w niniejszej pracy, były zbiorowiska okrzemek, ich struktura i dynamika, w źródłach zasilanych z trzecio- i czwartorzędowych utworów geologicznych w Polsce Środkowej. W tym celu

przeprowadzono analizę archiwalnego materiału diatomologicznego (1998-2014) wraz z teraźniejszym (2016-2018), pochodzącym z tych samych stanowisk. Przeanalizowano wpływ otoczenia źródeł w kontekście bezpośredniego i pośredniego oddziaływania człowieka na obiekty krenologiczne i przedstawiono przesłanki do rozszerzenia ochrony źródeł.

2. Przedmiot, obiekt i cel badań

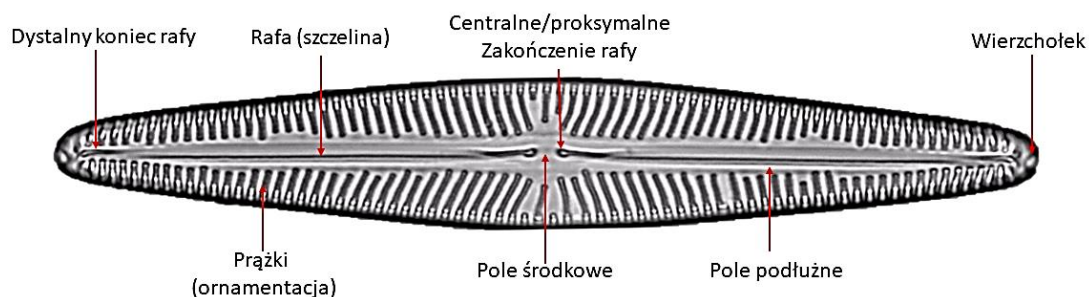
2.1. Okrzemki (Bacillariophyta), jako obiekt badań

Okrzemki (Bacillariophyta) są najliczniejszą, kosmopolityczną grupą, autotroficznych, jednokomórkowych glonów. Zasiedlają one niemalże wszystkie ekosystemy wodne oraz te, w których panują odpowiednie warunki wilgotnościowe umożliwiające ich rozwój, będąc jednym z głównych producentów pierwotnej materii organicznej – w wyniku procesu fotosyntezy. Specyficzna budowa komórki czyni z nich grupę organizmów pionierskich oraz sprawia, że mogą zasiedlać również zdegradowane ekosystemy wodne lub bytować w ekstremalnych, naturalnych warunkach środowiskowych (Rakowska 2001). Krzemionkowa budowa ściany komórkowej okrzemek jest jedną z najbardziej istotnych cech, która odróżnia je od pozostałych grup glonów. Są najwydajniejszymi, jednokomórkowymi glonami pod względem zachodzących procesów przyswajania i przetwarzania substancji odżywczych (Round i in. 2007). Liczba gatunków okrzemek szacowana jest według niektórych badaczy na 100 000 do 500 000, dotychczas zostało opisanych ponad 20 000 (Lange-Bertalot, Moser 1994; Ligowski 1998). Według Stoermera i Smola (1999) szacunki rzeczywistej liczby gatunków okrzemek są jednak mało dokładne o czym również pisali m.in. Guillard i Kilham (1977) i Mann i Droop (1996).

Te jednokomórkowe, eukariotyczne organizmy osiągają rozmiar od 1,5 do 500 μm i wyróżniają się na tle innych grup glonów charakterystyczną budową pektynowej ściany komórkowej, która wysycona jest uwodnioną krzemionką ($\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$), o strukturze opalu tworząc tzw. pancerzyk (*theca*). Pancerzyk zbudowany jest z dwóch niezrośniętych, ściśle zachodzących na siebie okryw, z wieczka (*epitheca*) i denka (*hypoteca*). Górna i dolna powierzchnia wieczka i denka nazywana jest okrywą (*valva*), natomiast pasem obwodowym nazywane są ich ściany boczne, które zazwyczaj pozbawione są ornamentacji (*epicingulum* – pas obwodowy wieczka, *hypocingulum* – pas obwodowy denka) (Round i in. 1990; Pliński, Witkowski 2009). Powierzchnie okryw są ornamentowane mikrostrukturami, które są unikatowe dla gatunku i stanowią podstawę w identyfikacji taksonomicznej. Identyfikacja jest oparta na następujących cechach morfologicznych okrzemek: kształt okrywy, szerokość

i długość okrywy, liczba prążków w 10 μm , kształt pola środkowego, kształt szczeliny i jej zakończenia (Pliński, Witkowski 2009).

Struktury ornamentacji pancerzyków uwidaczniają się w formie prążków (*striae*), wyrostków, żeberek, punktów, kamer (*alewole*) lub rzędów areol i kresek (*lineole*). Prążki są to wydrążenia w skorupce okrzemek i stanowią najbardziej charakterystyczny element ornamentacji pancerzyka. Duże, koliste lub też owalne, wieloboczne kamery oddzielone są od siebie areolami – krzemionkowymi listewkami. Mogą także występować narosty krzemionkowe na skorupce, określane żeberkami. Alweole to zagłębienia o nieckowatym kształcie, znajdujące się na wewnętrznej stronie okrywy. Jeżeli występują one wzdłuż osi apikalnej to są ograniczone przez żeberka transapikalne, w przypadku, gdy występują na zewnętrznej stronie okrywy ograniczone są przez rzędy areol (Pliński, Witkowski 2009). Morfologiczne cechy pancerzyka okrzemek istotne w procesie identyfikacji przedstawia rycina 1.



Ryc. 1. Schemat budowy okrywy okrzemki na przykładzie okrzemki pierzastej *Navicula striolata* (Grunow) Lange-Bertalot.

Ze względu na typ budowy oraz różnice w sposobie tworzenia systemu pierwotnych i wtórnych elementów ściany komórkowej okrzemek wyróżniono ich dwie grupy: okrzemki centryczne (*centrice*) i pierzaste (*pennate*) (Pliński, Witkowski 2009). Okrzemki centryczne zazwyczaj mają okrągłe lub eliptyczne okrywy, o nieskończonej liczbie osi symetrii. Ornamentacja okryw ma charakter promienisty lub bezładny. Środek okrywy jest gładki i zwany jest polem środkowym. Kształt okryw u okrzemek pierzastych jest w większym stopniu zróżnicowany niż u okrzemek centrycznych, wynika to z faktu, iż posiadają trzy osie symetrii, oś główną, poprzeczną i podłużną, które przecinają się w centralnym punkcie komórki okrzemki. Końce okryw są wydłużone i mogą być jednakowo lub różnie wykształcone. Okrywy

okrzemek pierzastych mogą przyjmować kształt m.in. eliptyczny, romboidalny, lancetowaty, klamerkowy. Ponadto, budowa ich części centralnej jest bardziej skomplikowana niż centrycznych a ma to związek z obecnością lub brakiem systemu szczeliny (*raphe*). Wyróżniono okrzemki jednoszczelinowe (np. *Cocconeis* sp., *Achnanthes* sp.), dwuszczelinowe (np. *Pinnularia* sp., *Navicula* sp.) oraz bezszczelinowe (np. *Fragilaria* sp.) (Pliński, Witkowski 2009). Do głównych funkcji szczeliny należy wydzielanie śluzu, który bierze udział w ruchu okrzemki, a także w procesie przytwierdzenia jej do podłoża (*Gomphonema* sp. – styliki).

Komórka okrzemki zawiera jądro komórkowe, zlokalizowane na mostku cytoplazmatycznym, aparat Golgiego, mitochondria oraz chloroplasty o zróżnicowanej liczbie, rozmiarze i kształcie. Obecność w komórce okrzemek chlorofilu a i c, fukoksantyny i β – karotenoidów determinuje barwę chloroplastów. Innym czynnikiem wpływającym na ich barwę jest miejsce występowania okrzemek. Jaśniejsza barwa chloroplastów obserwowana jest u gatunków planktonowych, natomiast okrzemki obecne w warstwie bentosu przyjmują barwę zbliżoną do koloru brązowego. W trakcie procesu fotosyntezy powstaje materiał zapasowy, który odkłada się w komórce w postaci kropli tłuszczu (substancje lipidowe) oraz chryzolaminaryny (polisacharyd) (Pliński, Witkowski 2009).

2.2. Okrzemki jako organizmy wskaźnikowe stanu środowiska wodnego

Okrzemki wykazują się dużą wrażliwością wobec parametrów środowiskowych, takich jak promieniowanie słoneczne, temperatura wody, warunki wilgotnościowe, zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie, odczyn wody, prędkość nurtu, zawartość azotu organicznego i węgla organicznego w wodzie. Istotną rolę w rozwoju okrzemek pełnią pierwiastki biogeniczne (fosfor, azot, żelazo, krzem, węgiel) obecne w środowisku wodnym. Zmiany w proporcjach wymienionych czynników środowiskowych w ekosystemach wodnych kształtują strukturę zbiorowisk okrzemek w nich obecnych. Reakcja biologiczna okrzemek na powyższe warunki, czyni z nich jedną z najdokładniejszych grup organizmów wskaźnikowych stanu środowiska wodnego, co umożliwia szerokie zastosowanie okrzemek w biologicznej ocenie jakości wód płynących i stojących. Na tej podstawie można przeprowadzać analizę zmian zachodzących w środowisku wodnym, jak na przykład

stopnia zakwaszenia wód, zanieczyszczenia materią organiczną (saprobia), procesu eutrofizacji i jego zaburzeń (trofia) lub też zmian klimatycznych (Rakowska 2001). Zagadnienie wykorzystania okrzemek jako organizmów o bardzo dobrych właściwościach indykacyjnych w zróżnicowanych ekosystemach wodnych opisali, między innymi, Whitton i in. (1991), Stevenson i Pan (1999), Stoermer i Smol (1999), Eloranta i Soininen (2002), Rakowska (2003), Cantonati i in. (2007), Potapova i Charles (2007), Vanormelingen i in. (2008), Żelazna-Wieczorek (2011), Blanco i in. (2012), Kelly i in. (2012), Szczepocka i in. (2014, 2015, 2016), Żelazna-Wieczorek i in. (2015), Żelazna-Wieczorek i Nowicka-Krawczyk (2015), Poikane i in. (2016), Szczepocka i Żelazna-Wieczorek (2018). W ciągu ostatnich kilku dekad, wartości wskaźnikowe okrzemek były wielokrotnie poddawane weryfikacji, podobnie jak oparte na nich systemy ekologiczne, w tym opracowane przez Hofmann (1994) oraz Van Dam i in. (1994). Na podstawie wymienionych systemów ekologicznych można określić odczyn wody, jej zasolenie, zapotrzebowanie na tlen, przyswajalność azotu, stan saprobii oraz trofii, a także warunki wilgotnościowe. Podstawą modyfikacji wartości wskaźnikowych okrzemek są dane pochodzące z coraz bardziej zaawansowanych metod analizowania struktury zbiorowisk okrzemek: dominacji, biomasy, metabolizmu okrzemek, stężenia chlorofilu oraz produkcji pierwotnej (Rakowska 2001).

Analizując różnorodność gatunkową okrzemek, ich autekologię oraz wartości wskaźnikowe, opracowano indeksy okrzemkowe, które umożliwiają określenie stanu saprobii i trofii. Do najczęściej stosowanych indeksów należą: IPS – Specific Pollution Sensitivity Index (Coste, Ayphassorho 1991), GDI – Generic Diatom Index (Coste, Ayphassorho 1991) oraz TDI – Trophic Diatom Index (Kelly, Whitton 1995).

Do opisywania struktury zbiorowisk okrzemek jednym z podstawowych narzędzi są współczynniki dotyczące bogactwa gatunkowego (wskaźnik Margalefa), wskaźników różnorodności biologicznej (Shannona) i równomierności (wskaźnik Pielou) oraz różnorodności gatunkowej (wskaźnik Simpsona). Wymienione powyżej wskaźniki są szeroko stosowane w przypadku badań źródeł pod kątem mikroflory okrzemkowej (Żelazna-Wieczorek 2011).

Niekorzystne warunki środowiskowe, stresory środowiskowe, mogą wpłynąć na cykl rozwojowy okrzemek zaburzając morfologię okrywy, powodując zmiany charakteryzujące się brakiem symetrii, nienaturalnym obrysem, nietypowym układem

szczelin lub zaburzonym układem prążków (Falasco i in. 2009). Osobniki okrzemek o tak zniekształconych okrywach określane są mianem form teratologicznych. Do najczęściej wymienianych w literaturze przedmiotu czynników teratogennych należą: wysoka temperatura wody i powietrza (prowadząca do zjawiska suszy), zaburzony stopień zasolenia wody, wysoka koncentracja materii organicznej oraz pierwiastków biogenicznych, zaburzony nurt wody, utrzymujące się zwiększone natężenie promieniowania świetlnego (radiacja UV) lub obecność metali ciężkich, takich jak: kadm, chrom, ołów, cyna, nikiel i miedź. Obecność form teratologicznych okrzemek w ekosystemie wodnym może pełnić funkcję informacyjną o ich zanieczyszczeniu metalami ciężkimi, co w biologicznej ocenie jakości wód może stanowić wartościowe dopełnienie (Dziengo-Czaja i in. 2008).

Podstawy prawne biologicznej oceny wód. Istotnym aspektem stosowania biologicznej oceny jakości wód oraz stanu/statusu ekologicznego są uwarunkowania prawne. W krajach należących do Unii Europejskiej wiążącym dokumentem w sprawie jakości wód jest Ramowa Dyrektywa Wodna (2000/60/WE) (RDW) Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. Założeniem dokumentu jest ustanowienie ram wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej Państw Członkowskich, porządkowanie i koordynacja funkcjonującego ustawodawstwa wodnego oraz ochronę wody przed zanieczyszczeniem, w tym obecności/eliminacji substancji priorytetowych, w oparciu o ustalone warunki referencyjne, specyficzne dla typów cieków w danym kraju (Czoch, Kulesza 2006). W Polsce zakładano utrzymanie lub uzyskanie co najmniej dobrych warunków ekologicznych wód oraz dobrego ich stanu chemicznego do 2015 roku, obecnie okres ten został wydłużony do roku 2027. Ramowa Dyrektywa Wodna objęła wody śródlądowe, podziemne, przejściowe oraz przybrzeżne, ustanawiając jednocześnie system zarządzania zlewniowego na terenie Unii Europejskiej, pomijając w ten sposób podział administracyjny państw (Szczepocka i in. 2014). System ten zakłada współpracę Państw Członkowskich w zakresie prowadzenia stałego monitoringu zanieczyszczeń transgranicznych, wprowadzania zrównoważonego gospodarowania wodą oraz eliminację wskazanych substancji zanieczyszczających. Innowacją Ramowej Dyrektywy Wodnej było wprowadzenie obowiązkowej, biologicznej oceny jakości wód, przeprowadzanej na podstawie elementów biologicznych (organizmów

obecnych w środowisku wodnym), tj. fitoplanktonu, fitobentosu (okrzemki), makrofitów, zoobentosu i ichtiofauny. Elementy hydromorfologiczne (reżim hydrologiczny, morfologia) oraz elementy fizyczne i chemiczne (stan fizyczny, tlen, materia organiczna, biogeny, zasolenie, substancje priorytetowe) zostały wskazane jako wspierające (Panek 2011). Obecnie w Polsce szczegółowe ustalenia Ramowej Dyrektywy Wodnej dotyczące biologicznej oceny są zaimplementowane w postaci Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. (Dz.U. 2016 poz. 1187), w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych, Ustawy Prawo Wodne z dnia 20 lipca 2017 r. (Dz.U. 2017 poz. 1566) oraz Ustawy Prawo Ochrony Przyrody z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 880). Okrzemki, uwzględniając ich bardzo dobre właściwości bioindykacyjne, zostały ujęte w postaci Multimetrycznego Indeksu Okrzemkowego (IO), z uwzględnieniem podziału powierzchniowych wód płynących na typ cieków oraz wartościami granicznymi wskaźnika jakości wód właściwej dla jednej z pięciu klas jakości wód (Dz.U. 2016 poz. 1187). Jednak w rozporządzeniu nie uwzględniono źródeł i źródłowych odcinków cieków.

2.3. Cechy obiektów krenologicznych – źródeł

Krenologia to odrębny dział nauki hydrogeologii, który charakteryzuje się dużym stopniem interdyscyplinarności, uwzględniając problematykę badawczą z zakresu hydrobiologii oraz hydrogeochemii. Zajmuje się ona badaniem naturalnych, skoncentrowanych, samoczynnych wypływów wód podziemnych na powierzchnię ziemi (Chełmicki 2001). Warunki fizyczne i chemiczne wód podziemnych oraz źródłanych, w różnym stopniu, kształtowane są przez rodzaj warstwy wodonośnej (warstwowa, szczelinowa, uskokowa, krasowa, porowa) alimentującej obiekt krenologiczny, który również warunkuje jak silna jest ta relacja (Ziułkiewicz 2016). Najistotniejszymi procesami wpływającymi na charakter wód wodonośca jest wytrącanie się frakcji stałych z wody, reakcje utleniania i redukcji, procesy sorpcji na granicy faz, fluktuacje/powstawanie związków chemicznych lub też ługowanie skał (Macioszczyk, Dobrzyński 2002). Należy, jednakże zaznaczyć, że chemizm wód źródłanych może zostać zaburzony w wyniku emisji pyłów i gazów (na tle antropogenicznym) wskutek zachodzących procesów atmosferycznych (ogniska

zanieczyszczeń wielkoobszarowych), obecności składowisk odpadów (ogniska zanieczyszczeń małopowierzchniowych), zanieczyszczeń punktowych, liniowych lub też nadmiernej eksploatacji wód podziemnych, która prowadzi do zmian reżimu hydrodynamicznego wód w podziemnych zbiornikach (Chełmicki 2002).

Źródła występują na obszarach, na których powierzchnia ziemi przecina statyczne zwierciadło wody podziemnej lub warstwę wodonośną. Jest to przejaw naturalnego drenażu poziomego wodonośnego, w wyniku, którego odprowadzona zostaje retencjonowana woda podziemna na powierzchnię ziemi, zasilając przy tym istniejące już cieki powierzchniowe lub je tworząc. Czynnikiem wpływającymi na występowanie źródeł oraz ich właściwości ma wpływ budowa geologiczna podłoża, na którym są one zlokalizowane, rzeźba terenu, promieniowanie słoneczne oraz klimat (Bajkiewicz-Grabowska, Mikulski 1999).

Klasyfikacja źródeł. Uwzględniając siłę motoryczną odpowiedzialną za wypływ wód podziemnych (ciśnienie hydrostatyczne, siła ciężkości) wyróżniono trzy typy źródeł: spływowe, podpływowe oraz lewarowe. Kolejny podział źródeł powstał na podstawie analizy warunków geologicznych w jakich woda podziemna wydostaje się na powierzchnię ziemi, wyróżniono w nim źródła warstwowe, szczelinowe, uskokowe oraz krasowe. Istotnym kryterium podziału źródeł jest położenie i stosunek niszy źródłiskowej względem cech morfologicznych rzeźby terenu. Na tej podstawie wyróżniono źródła grzbietowe, stokowe, dolinne, zboczowe, krawędziowe, tarasowe, przykorytowe oraz korytowe (Pazdro, Kozerski 1990). Uwzględniając litologiczny charakter źródeł, wyróżniono w literaturze obiekty krenologiczne: deluwalne, osuwiskowe, sandrowe, morenowe, zwietrzelinowe, rumoszowe oraz skalne.

Ważnym dla badań hydrobiologicznych kryterium stosowanym do klasyfikowania źródeł są warunki termiczne, które je charakteryzują. Ogólny ich podział zakłada występowanie źródeł stałotermicznych (homotermicznych) oraz zmiennotermicznych (heterotermicznych).

Wśród pierwszej grupy wyodrębniono dwa systemy klasyfikowania:

- w ujęciu Pazdro i Kozerskiego (1990) i Tomaszewskiego (1996) - zimne, chłodne, zwykłe i termalne;
- VII klas termicznych w ujęciu Wieczystego (1982) – wyjątkowo chłodne (<0°C, I klasa), bardzo chłodne (0-4°C, II klasa), chłodne (4-20°C, III klasa), ciepłe (20-

37°C, IV klasa), gorące (37-42°C, V klasa), bardzo gorące (42-100°C, VI klasa), wyjątkowo gorące (>100°C, VII klasa).

Z kolei źródła heterotermiczne zostały zaklasyfikowane jako obiekty krenologiczne, w których główną rolę w ocenie reżimu termicznego stanowi średnia roczna temperatury okolicy źródła (Pietkiewicz 1958, za Moniewskim 2004).

Istotnym aspektem charakterystyki obiektów krenologicznych jest ich wydajność, która wyrażana jest, między innymi, przy użyciu skali Meinzera, uwzględniającej ilość wody zasilającej źródło w danej jednostce czasu. Wyróżnionych zostało osiem klas wydajności (Moniewski 2007):

- I klasa – wydajność źródła ≥ 10000 l/s,
- II klasa – wydajność źródła ≥ 1000 do 10000 l/s,
- III klasa – wydajność źródła ≥ 100 do 1000 l/s,
- IV klasa – wydajność źródła ≥ 10 do 100 l/s,
- V klasa – wydajność źródła ≥ 1 do 10 l/s,
- VI klasa – wydajność źródła $\geq 0,1$ do 1 l/s,
- VII klasa – wydajność źródła $\geq 0,01$ do 0,1 l/s,
- VIII klasa – wydajność źródła $< 0,01$ l/s.

Jednym z najważniejszych aspektów związanych z klasyfikowaniem obiektów krenologicznych w kontekście badań biologicznych, w tym diatomologicznych, jest ujęcie dotyczące ich typu hydrobiologicznego, który determinowany jest przez warunki środowiskowe oddziałujące na zbiorowiska organizmów w nich obecnych. W 1926 roku Thienemann (Żelazna-Wieczorek 2011) przyjął następujący podział źródeł ze względu na typ hydrobiologiczny:

- źródła limnokreniczne – wypływ wód podziemnych punktowy, woda stagnuje w niszy źródliskowej w naturalnych zagłębieniach lub powstałych w wyniku działalności człowieka, odpływ wód następuje zgodnie z ukształtowaniem rzeźby terenu, dno niszy źródliskowej ma charakter piaszczysty/piaszczysto-mulisty;
- źródła reokreniczne – wypływ wód podziemnych punktowy, woda odpływa zgodnie z ukształtowaniem rzeźby terenu, dno niszy źródliskowej ma charakter piaszczysty/kamienisty;
- źródła helokreniczne – wypływ wód podziemnych nieskoncentrowany - obszarowy, woda odpływa w formie niewielkich cieków lub odparowuje, nisza źródliskowa oraz pobliski teren są zabagnione/podmokłe.

Biotop źródeł, w których odpływ wody następuje zgodnie z nachyleniem terenu, przy jednocześnie dużej wydajności wypływu wód podziemnych, będzie sprzyjał rozwojowi zbiorowisk reofilnych. W niszach, w których woda ma tendencję do stagnowania, płytka nisza źródłiskowa i niska wydajność źródła, notowane będą organizmy limnofilne, charakterystyczne również dla ekosystemów wód stojących.

Biota źródeł. Źródła są unikatowymi miejscami przecięcia się „świata” wewnętrznego pod powierzchnią ziemi oraz zewnętrznego – na powierzchni ziemi, obejmując litosferę, hydrosferę oraz biosferę. Są one określane mianem stref buforowych – ekotonów, na których powierzchni mogą rozwijać się organizmy lądowo-wodne (subaerofityczne) lub wodno-lądowe (hydrofityczne) (Cantonati i in. 1998). W źródłach notowane są organizmy o zróżnicowanej zdolności do adaptacji względem dynamiki warunków siedliskowych. Gatunki przystosowane do dużej dynamiki zmian czynników środowiskowych będą cechowały się większą odpornością na pojawienie się „stresorów” środowiskowych, jednak organizmy mniej odporne na nie mogą zostać wyparte z ekosystemu. Dotyczy to zarówno fauny, jak i flory, obecnej w mikrosiedliskach źródłanych, która ukształtowała się wskutek relatywnie stabilnych warunków mikroklimatycznych (warunki wilgotnościowe, temperatura wody, nasłonecznienie, stopień izolacji) (Moniewski 2004). Specyficzne warunki hydrochemiczne oraz hydrogeologiczne sprzyjają różnorodności organizmów w nich obecnych. Mają one przełożenie na pojawianie się w niszach źródłiskowych gatunków rzadkich lub zagrożonych, reliktowych oraz endemicznych, niespotykanych również w otoczeniu nisz źródłanych. Wyżej wymienione gatunki notowane są w źródłach, które nie podlegają presji wynikającej z aktywności człowieka i nie zostały dotychczas przez niego przekształcone (Wilk-Woźniak, Wojtal 2005; Żelazna-Wieczorek 2011). Gatunki charakterystyczne dla obiektów krenologicznych określane są mianem krenobiontów oraz krenofili, obok których w źródłach występują również organizmy o szerokim spektrum tolerancji na czynniki środowiskowe (Whitford, Schumacher 1963; Sabater, Roca 1990; Cantonati i in. 1996; Cantonati 1998; Żelazna-Wieczorek 2011; Nowicka-Krawczyk, Żelazna-Wieczorek 2017).

Antropogeniczne zagrożenia dla ekosystemów źródłanych. Ekosystemy źródlane są podatne na bezpośredni i pośredni wpływ człowieka, który często jest wynikiem braku postrzegania ich istotnej roli, jako wartościowego składnika krajobrazu

i przyrody. Takie podejście skutkuje klasyfikowaniem źródeł, najczęściej punktowych wypływów, głównie pod kątem walorów użytkowych. Zwłaszcza dotyczy to obszarów wiejskich, na których stanowią one źródło wody pitnej lub są wykorzystywane w innych celach gospodarczo-rolniczych (stawy hodowlane ryb, łowiska komercyjne, instalacje hydrotechniczne). Przekształcenie lub zaburzenie naturalnych warunków wypływu wód podziemnych na powierzchnię na terenach wiejskich, ma miejsce tam, gdzie sieć wodociągowa ma ograniczony zasięg oraz występują trudności techniczne z założeniem studni (zwierciadło wód podziemnych znajduje się na dużej głębokości). Tego typu bezpośrednia ingerencja człowieka w obiekty krenologiczne prowadzi do nieodwracalnych zmian biocenotycznych w niszach źródłiskowych, takich jak zanikanie gatunków wrażliwych na zanieczyszczenia, zmiany typu hydrobiologicznego źródeł, z reokrenicznego na limnokreniczny, zniszczenie unikatowych zbiorowisk organizmów przez przekształcenie/przebudowanie wypływu w ujęcie wody (Jankowski, Molenda 2007). Według danych za rok 1997 określono, że 20% wszystkich obiektów krenologicznych w regionie łódzkim wykorzystywanych jest jako stałe źródło wody, a kolejne 17% będzie w przyszłości również przeznaczone do celów użytkowych lub już jest częściowo zagospodarowanych (Moniewski 2004). Dużym zagrożeniem dla jakości wód podziemnych wypływających w niszach źródłiskowych są ścieki gromadzone w nieszczelnych szambach, ze względu na ograniczony zasięg kanalizacji na terenach wiejskich i średnio zurbanizowanych lub odprowadzanie ich do nieużywanych studni w gospodarstwach rolnych. Efektem tego jest znaczące i trwałe obniżanie jakości wód podziemnych. W przypadku źródeł położonych na terenach zurbanizowanych obserwuje się ich zaśmiecanie i zadeptywanie, zasypywanie, a także zakładanie cembrowin. Jednocześnie brak jest odpowiednich rozwiązań na szczeblu lokalnym, które mogłyby działać na rzecz ochrony ich stanu ekologicznego. Negatywny wpływ na naturalny charakter źródeł ma również bliskość szlaków komunikacyjnych, w tym głównie ruchu/transportu drogowego. Traktowanie obszarów źródłiskowych jako nieużytki, sprzyja wyrębowi drzewostanu otaczającego nisze źródłiskowe, co skutkuje drastyczną zmianą warunków wilgotnościowych w źródle, czego efektem jest zachwianie równowagi ekosystemu oraz ekspansja gatunków światłolubnych. Jednym z największych zagrożeń dla istnienia nieprzekształconych źródeł są prace związane z pozyskiwaniem surowców naturalnych, których skutkiem jest głębokie odwodnienie i w rezultacie zmniejszenie wydajności lub zanikanie źródeł. Przykładem takich działań jest

funkcjonowanie kopalni, szczególnie odkrywkowych, żwirowni oraz intensywne eksploatacja zespołów studni głębinowych. Obserwowano także, celowe zasypywanie źródeł (Moniewski 2004; Cantonati i in. 2015; Nowicka-Krawczyk, Żelazna-Wieczorek 2017).

Następstwem wymienionych powyżej działań są zmiany właściwości warunków hydrologicznych, hydrochemicznych oraz zanieczyszczenie wód podziemnych zasilających obiekty źródlane.

2.4. Cel i zakres badań

Zimnowodne źródła, z ekologicznego punktu widzenia, stanowią strefę ekotonową, łączącą wody podziemne z powierzchnią ziemi, dając przy tym początek powierzchniowym ciekom wodnym. Ze względu na stosunkowo niewielkie powierzchnie nisz źródłanych w porównaniu do innych ekosystemów wodnych (rzeki, jeziora) oraz względnie stabilne warunki środowiskowe (wydajność źródła, temperatura wody) są wyjątkowymi i zarazem cennymi biologicznie składnikami środowiska oraz krajobrazu. Mnogość mikrosiedlisk obecnych w obiektach krenologicznych umożliwia jednoczesną koegzystencję wielu organizmom, w tym taksonom, które są rzadkie, zagrożone lub występujące wyłącznie w warunkach naturalnych lub do nich zbliżonych. Obiekty krenologiczne są wrażliwe na negatywny wpływ wynikający z działalności człowieka a organizmy w nich obecne, wypierane są przez te bardziej odporne na zaburzony charakter siedliska (Cantonati i in. 2007).

W pracy postawiono, następującą hipotezę badawczą:

Źródła to ekosystemy o potencjalnie wysokiej stabilności środowiskowej w warunkach antropopresji, zapewniające zachowanie różnorodności gatunkowej okrzemek.

Celem pracy jest rozpoznanie różnorodności gatunkowej i ekologicznej okrzemek bentosowych obecnych w obiektach krenologicznych, zlokalizowanych na trzecio- i czwartorzędowych utworach geologicznych Polski Środkowej. Przeprowadzone, w wybranych źródłach, badania ich mikroflory okrzemkowej umożliwią udzielenie odpowiedzi na następujące pytania:

- Jaka jest różnorodność gatunkowa okrzemek w zimnowodnych obiektach krenologicznych o zróżnicowanym typie hydrobiologicznym?
- Jakie czynniki hydrochemiczne i antropogeniczne wpływają na kształtowanie się zbiorowisk okrzemek w źródłach na trzeciorzędowych i czwartorzędowych utworach geologicznych?
- Czy możliwe jest wskazanie gatunków okrzemek charakterystycznych dla źródeł będących pod zróżnicowanym wpływem człowieka?
- Czy izolacja źródeł od presji antropogenicznej wpływa na różnorodność gatunkową okrzemek?
- Czy możliwe jest opracowanie uniwersalnej klasyfikacji źródeł na podstawie zróżnicowanego sposobu i nasilenia oddziaływania człowieka na te ekosystemy?

Udzielenie odpowiedzi na postawione pytania będzie możliwe dzięki przeprowadzeniu regularnych badań w wybranych zimnowodnych obiektach krenologicznych na terenie województwa łódzkiego, w tym przeprowadzeniu analizy jakościowej oraz ilościowej struktury zbiorowisk okrzemek, analizie wpływu parametrów fizycznych, chemicznych oraz hydrologicznych na nie, w odniesieniu do typu hydrobiologicznego badanych wpływów wód podziemnych.

W tym celu:

- wykonano analizę składu jakościowego i ilościowego okrzemek bentosowych, z wykorzystaniem standardowych metod badań, uwzględnieniem aktualnego piśmiennictwa taksonomicznego oraz kluczy ikonograficznych;
- przeprowadzono klasyfikację badanych ekosystemów źródłanych na podstawie autekologii zidentyfikowanych taksonów okrzemek z uwzględnieniem systemu ekologicznego Van Dama i in. (1994);
- wykonano analizę zróżnicowania zbiorowisk okrzemek w zależności od abiotycznych parametrów środowiska (parametry fizyczne i chemiczne) oraz stopnia nasilenia wpływu człowieka.

3. Teren badań

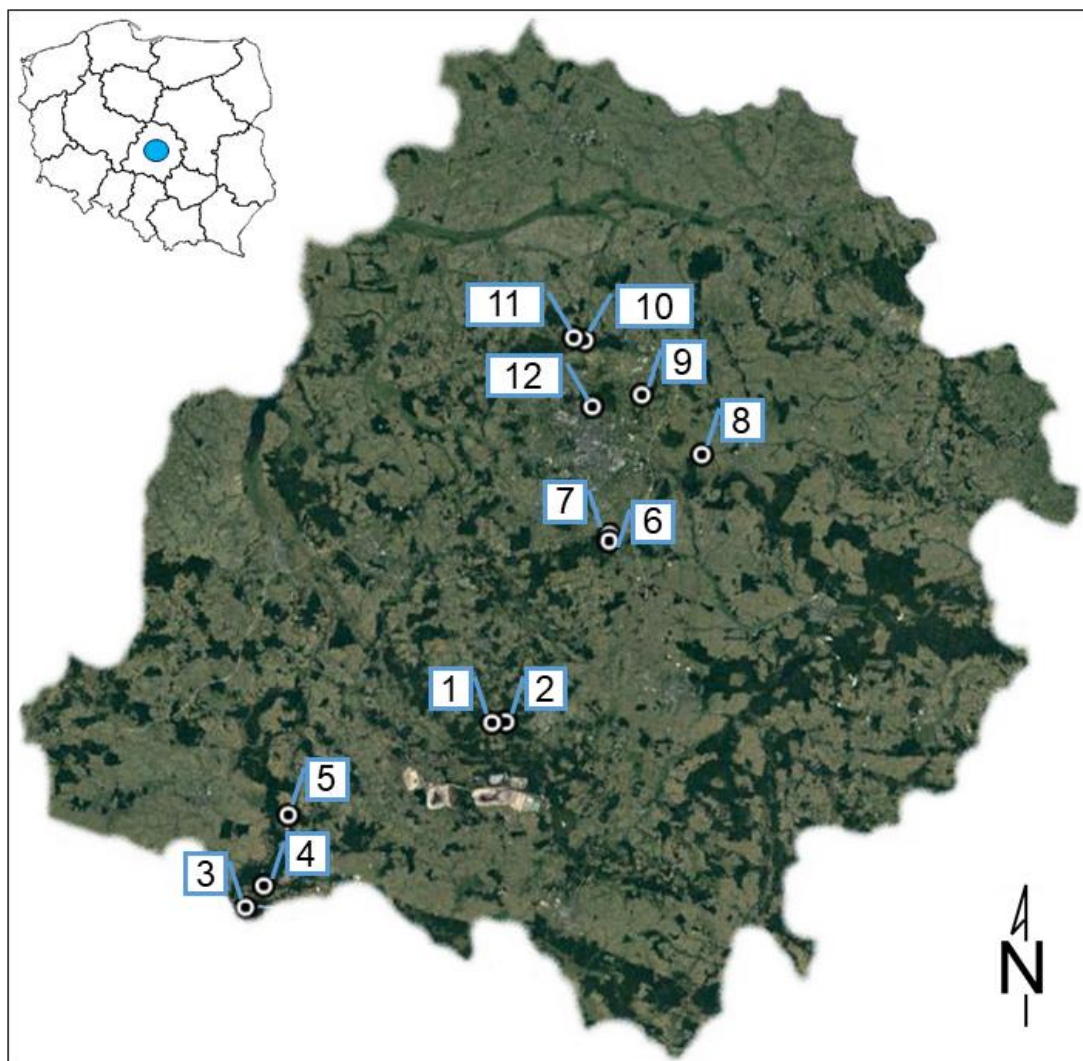
Dwanaście źródeł wybranych do badań jest zlokalizowanych w Polsce Środkowej, tj. w tej jej części, która pod względem administracyjnym stanowi województwo łódzkie (Ryc. 2). Wyróżniającą cechą Polski Środkowej jest jej położenie przejściowe między nizinami a wyżynami, co dobrze obrazuje zmienność fizycznogeograficzna i geobotaniczna (Krzemiński, Papińska 1993, Krysiak 2009). Zgodnie z podziałem fizycznogeograficznym Kondrackiego (2002) część północna i środkowa terenu badań jest usytuowana w prowincji Niżu Środkowoeuropejskiego oraz w dwóch podprowincjach – Nizin Środkowopolskich i Pojezierza Wielkopolskiego. W tym obszarze zlokalizowane jest 9 z 12 źródeł, mianowicie:

- źródła Podwierzchowiec i Podwódka, które są położone na granicy mezoregionów Kotliny Szczercowskiej i Wysoczyzny Bełchatowskiej;
- źródła Ciosny i Głowa – położone na granicy mezoregionów Równiny Łowicko-Błońskiej i Wysoczyzny Łaskiej;
- źródła Wardzyń i Wolbórka – położone na granicy mezoregionów Wysoczyzny Bełchatowskiej i Wzniesień Łódzkich;
- źródła Piękne, Pustułka i Łagiewniki – położone w mezoregionie Wzniesień Łódzkich.

Mezoregiony Kotlina Szczercowska i Wysoczyzna Łaska należą do makroregionu Niziny Południowowielkopolskiej, Równina Łowicko-Błońska jest częścią makroregionu Niziny Środkowomazowieckiej, a Wysoczyzna Bełchatowska i Wzniesienia Łódzkie są składnikami makroregionu Wzniesień Południowomazowieckich.

Trzy pozostałe źródła, Bukowa Góra, Troniny i Kochlew to obiekty krenologiczne zlokalizowane już w prowincji Wyżyny Polskie i w podprowincji Wyżyna Śląsko-Krakowska oraz w mezoregionie Wyżyna Wieluńska – części makroregionu Wyżyna Woźnicko-Wieluńska.

Nazwy źródeł zostały przyjęte na potrzeby niniejszej pracy i są powiązane z nazwami geograficznymi, topograficznymi lub funkcjonującymi w literaturze przedmiotu.



Ryc. 2. Lokalizacja badanych obiektów krenologicznych na tle zasięgu przestrzennego województwa łódzkiego: 1 – Podwódka (**PD**), 2 – Podwierzchowiec (**PO**), 3 – Bukowa Góra (**BG**), 4 – Troniny (**TR**), 5 – Kochlew (**KO**), 6 – Wolbórka (**WO**), 7 – Wardzyń (**WA**), 8 – Pustułka (**PU**), 9 – Piękne (**PI**), 10 – Głowa (**GL**), 11 – Ciosny (**CI**), 12 – Łągiewniki (**LA**) (opracowanie na podstawie: OpenStreetMap, CC BY-SA 2.0)

Większość wybranych do badań obiektów krenologicznych zlokalizowana jest na czwartorzędowych utworach geologicznych, a tylko trzy z nich na utworach trzeciorzędowych (źródła: Bukowa Góra, Troniny, Kochlew). Osady czwartorzędowe, które powstały w wyniku oddziaływania zlodowacenia środkowopolskiego Warty, mają istotny wpływ na warunki hydrogeologiczne badanego obszaru oraz na występowanie powierzchniowych wypływów wód podziemnych (Żelazna-Wieczorek 2011). Grubość warstwy powierzchniowej pokrywy osadów czwartorzędowych wynosi od 1 do 150 metrów i złożona jest z następujących osadów glacialnych: piaski i żwiry akumulacji sandrowej, piaski gliniaste i gliny zwałowe akumulacji dennomorenowej, piaski i żwiry pagórków morenowych. Obecność

piasków fluwioglacjalnych kształtuje przepuszczalność utworów powierzchniowych, która jest przestrzennie zróżnicowana (Turkowska 2001).

Źródła położone na utworach trzeciorzędowych występują na obszarze północno-wschodniej części Wyżyny Wieluńskiej, która stanowi część płyty jurajskiej. Obecne są na tym terenie również górnourajskie wapienie skaliste, których system szczelin oraz zalegające na nich piaski i skały ilaste sprzyjały powstaniu źródeł krasowych (Olaczek, Czyżewska 1986).

Na uwagę zasługuje obszar strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich, na którym położonych jest pięć badanych obiektów krenologicznych. Strefa wypływów wód podziemnych w województwie łódzkim jest zasobna i wyróżnia się w skali całego kraju. Zbliżony obraz wypływów wód podziemnych w Polsce widoczny jest jedynie w pasie pojezierzy (Maksymiuk, Mela 1995; Moniewski 2004; Żelazna-Wieczorek 2011). Zmienność przepływów i odpływów rzecznych determinowana jest przez czynniki klimatyczne i nieklimatyczne oraz przez działania podejmowane przez człowieka. Odpływ rzeczny na terenie województwa łódzkiego ulega również zmianom sezonowym. Nie bez znaczenia dla zasobów wód podziemnych regionu łódzkiego jest działalność górnicza, odprowadzanie ścieków komunalnych i przemysłowych oraz obecność zjawisk krasowych. Czynniki te sprawiają, że odpływ podziemny wód wzrasta (Jokiel, Maksymiuk 1988). Obszar strefy krawędziowej Wzniesień Łódzkich zróżnicowany jest morfologicznie. Ze względu na skokowe spadki nachylenia terenu, wyróżniono pięć poziomów morfologicznych: I – 210-283 m n.p.m., II – 185-210 m n.p.m., III – 165-185 m n.p.m., IV – 140-165 m n.p.m., V – 140 m n.p.m. (Klatkova 1972).

W centralnej części regionu łódzkiego znajduje się pas wypukłych form terenu (Garb Łódzki), który przecina zlewnię Odry (od strony zachodniej) i Wisły (od strony wschodniej), pełniąc rolę działu wodnego I. rzędu. Wody w utworach czwartorzędowych, w zależności od miąższości osadów, mogą występować na głębokości od 10 do 60 m p.p.t.. Najzasobniejsze są obszary wód międzymorenowych, które zlokalizowane są na osadach rzeczno-limnicznych interglacjału mazowieckiego oraz na osadach piaszczysto-żwirowych zlodowacenia południowopolskiego. Natomiast najmniejsza zasobność wód jest typowa dla trzeciorzędowych utworów geologicznych, co jest zgodne z charakterem litologicznym osadów oraz ich miąższością a przez to ograniczonym zasięgiem przestrzennym (Maksymiuk, Olaczek 2001).

Znacząca ilość wód podziemnych zalegająca w warstwach wodonośnych w strefie wymiany wód powierzchniowych i podziemnych bierze udział w odpływie rzeczonym. W wymianie tej, istotną rolę pełnią źródła oraz bezpośredni kontakt poziomów wodonośnych z rzekami. Rozkład przestrzenny odpływu wód podziemnych w województwie łódzkim jest związany z rozkładem zasilania oraz charakterem litologicznym wodonośców. Odpływ wód podziemnych w środkowej części województwa wynosi od 1,7 do 3,5 $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$, natomiast wyższe wartości odpływu obserwuje się w dorzeczu górnej Warty oraz Pilicy. W dorzeczu Bzury odnotowano najniższe wartości odpływu wód podziemnych i oscylują one w przedziale 0,8-2,7 $\text{dm}^3/\text{s}\cdot\text{km}^2$ (Maksymiuk, Olaczek 2001).

3.1. Charakterystyka obiektów krenologicznych wybranych do badań

Wybrane do badań źródła scharakteryzowano przez: określenie współrzędnych geograficznych, odniesienie do położenia i morfologii terenu, zakres wydajności, typ morfologiczny niszy źródłiskowej, rodzaj podłoża zgodny z normą PN-EN ISO 14688-1, typ hydrobiologiczny źródła oraz typ utworów geologicznych (Tab. 1).

Ze względu na reżim termiczny źródeł oraz szerokość geograficzną, badane obiekty krenologiczne zostały sklasyfikowane jako źródła zimne (zimnowodne). Są to źródła, w których temperatura wód podziemnych odpowiada średniej rocznej temperaturze powietrza na powierzchni terenu, na którym znajduje się źródło. Oznacza to również, że zmiany temperatury wody w niszach źródłiskowych mieszczą się w przedziale 2-4°C w skali roku, co związane jest słabym wpływem na ich termikę warunków atmosferycznych (Moniewski 2004).

Są to następujące obiekty krenologiczne:

Podwódka (PD). Źródło Podwódka (Ryc. 3, 4) położone jest na terenie częściowo zadrzewionym, w bezpośrednim sąsiedztwie łąk, zabudowy domów jednorodzinnych oraz obszarów rolniczych. Nisza źródła znajduje się około 40 metrów od drogi gminnej o niskim natężeniu ruchu. Nazwa – Podwódka, została przyjęta od nazwy miejscowości, na terenie której źródło jest położone. Obszar niszy jest ogólnodostępny, przez co, jest on narażony na zadeptywanie przez mieszkańców oraz turystów w okresie letnim. Środkową część źródłiska przecina betonowy most.

Tabela 1. Charakterystyka wybranych obiektów krenologicznych (Moniewski 2004, Żelazna-Wieczorek 2011, Ziulkiewicz 2016, Nowicka-Krawczyk i Żelazna-Wieczorek 2017)

Źródło	Współrzędne geograficzne	Morfologia terenu	Zakres wydajności [l/s]	Wydajność w skali Meinzera	Typ morfologiczny niszy	Rodzaj podłoża	Typ hydrobiologiczny	Typ utworów geologicznych
Podwódka (PD)	N: 51°21'14.2" E: 19°15'10.8"	Dolinne, podskarpowe	13-19	IV	Otwarta	Piasek, żwir	Reokren	Czwartorzędowe
Podwierzchowiec (PO)	N: 51°21'21.6" E: 19°17'07.7"	Dolinne	7,6-11,4	IV	Otwarta	Piasek, żwir	Reokren	Czwartorzędowe
Bukowa Góra (BG)	N: 51°02'10.5" E: 18°41'20.0"	Dolinne	5,12-14,36	V	Niecka	Piasek	Limnokren	Trzeciorzędowe
Troniny (TR)	N: 51°05'55.7" E: 18°43'47.9"	Podskarpowe, przykorytowe	3,8-20,8	IV	Otwarta	Piasek, żwir	Reokren	Trzeciorzędowe
Kochlew (KO)	N: 51°12'17.9" E: 18°46'50.8"	Basenowe	19,5-57,5	IV	Otwarta	Piasek	Limnokren	Trzeciorzędowe
Wolbórka (WO)	N: 51°37'39.26" E: 19°30'52.04"	Dolinne	16,9-51,6	IV	Otwarta	Piasek, muł	Reokren	Czwartorzędowe
Wardzyń (WA)	N: 51°38'13.63" E: 19°30'52.04"	Dolinne	4,4-7,8	V	Ocembrowana	Piasek	Limnokren	Czwartorzędowe
Pustułka (PU)	N: 51°45'33.20" E: 19°43'38.53"	Dolinne, przykorytowe	0,4-0,7	VI	Otwarta	Piasek	Reokren	Czwartorzędowe
Piękne (PI)	N: 51°50'38.63" E: 19°34'46.32"	Dolina, terasa	0,6-1	VI	Niecka	Piasek	Limnokren	Czwartorzędowe
Głowa (GL)	N: 51°55'15.76" E: 19°26'18.33"	Podstokowe	1-1,5	V	Otwarta	Piasek	Reokren	Czwartorzędowe
Ciosny (CI)	N: 51°55'28.3" E: 19°24'44.4"	Podstokowe	9,6-20	IV	Niecka	Piasek	Reokren	Czwartorzędowe
Łągiewniki (LA)	N: 51°49'27.03" E: 19°27'45.41"	Dolinne, terasowe	1,4-3,5	V	Otwarta	Piasek, żwir	Reokren	Czwartorzędowe

Nisza źródła jest rozległa, o podłużnym kształcie i erozyjnym charakterze, zlokalizowana na czwartorzędowych utworach geologicznych, a jej powierzchnia wynosi około 850 m². Woda podziemna wypływa grawitacyjnie spod zachodniej skarpy, a następnie wraz z odpływem wód opada kąt nachylenia niszy w kierunku wschodnim. Odpływ z całej niszy tworzy jeden strumień o wartkim nurcie. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii IV (Tab. 1). Średnia roczna temperatura wody wynosi 10,2°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy źródłiskowej wynosi 4,2°C.

Podłoże niszy wyścielone jest piaskiem oraz żwirem. Na dnie niszy, głównie w środkowej części, znajdują się również obumarłe fragmenty roślin: gałęzie, łodygi i liście. Drzewa liściaste oraz krzewy porastają bezpośrednie otoczenie źródła, co powoduje, że w sezonie wegetacyjnym powierzchnia niszy jest częściowo zacieniona.

Ze względu na dużą powierzchnię niszy, wyznaczono w niej dwa miejsca poboru prób: A - przy wypływie (Ryc. 3), B - w części środkowej niszy (Ryc. 4). Próby algologiczne pobierane były z powierzchni 1 m². Pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych, oraz pobór prób wody do badań wykonywanych w warunkach laboratoryjnych, dokonywano w miejscu poboru prób B.



Ryc. 3. Źródło Podwódka (PD) – miejsce poboru prób A - wypływ (kwiecień 2017).



Ryc. 4. Źródło Podwódka (PD) – miejsce poboru prób B – środek niszy (kwiecień 2016).

Podwierzchowiec (PO). Źródło znajduje się w pobliżu wsi Podwierzchowiec na terenie lasu ochronnego dla wód i miast (okresowy zrąb lasu) (Ryc. 5, 6). Jest to las mieszany z udziałem sosny, dębu szypułkowego, olszy i jesionu, z gęsto rozwiniętym podszytem. Ze względu na położenie i stopień odizolowania, zarówno od zabudowań gospodarczych, jak i drogi o średnim natężeniu ruchu (DK74), nisza ta nie jest narażona na bezpośrednie oddziaływanie człowieka.

Nisza źródła ma charakter erozyjny o podłużnym kształcie i powierzchni około 680 m². Nisza zlokalizowana jest na czwartorzędowych utworach geologicznych. Woda wypływa spod czoła niewysokiej skarpy (do 1,5 m) formując strugę, która po 20 metrach tworzy główny strumień odpływowy. W strefie wypływu, szerokość niszy wynosi około 2 metry, a w części centralnej ponad 10 metrów. W części odpływowej natomiast następuje jej zwężenie do szerokości około 3 metrów. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii IV (Tab. 1). Podłoże niszy wyścielone jest piaskiem, żwirem i kamieniami w strefie wypływu, w części środkowej – piaskiem i żwirem. Średnia roczna temperatura wody wynosi 9,7°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 4,6°C.

Ze względu na dużą powierzchnię niszy wyznaczono dwa miejsca poboru prób: A – przy wypływie (Ryc. 5), B – w części środkowej niszy (Ryc. 6). Pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych, oraz pobór prób wody do badań wykonywano w obu miejscach, z powierzchni 1 m².



Ryc. 5. Źródło Podwierzchowiec (PO) – miejsce poboru prób A - wypływ (kwiecień 2017).



Ryc. 6. Źródło Podwierzchowiec (PO) – miejsce poboru prób B - środek niszy (kwiecień 2017).

Bukowa Góra (BG). Źródło położone jest w rezerwacie przyrody Bukowa Góra na terenie Załęczańskiego Parku Krajobrazowego (Ryc. 7). Jest to jedyny rezerwat ścisły typu leśnego na terenie tego parku krajobrazowego. W 1959 roku ochronie poddano pozostałości lasu bukowego o powierzchni 0,69 ha. Ukształtowanie powierzchni terenu rezerwatu jest nierówne, z licznymi zagłębieniami, z których większość znajduje się w południowo-wschodniej jego części.



Ryc. 7. Źródło Bukowa Góra (kwiecień 2017).

Nisza źródła ma charakter śródleśny, jest dobrze izolowana od bezpośredniego wpływu człowieka. W jej pobliżu brak jest zabudowań domów jednorodzinnych oraz gospodarstw rolnych, a także dróg o dużym nasileniu ruchu. Nisza ma charakter dolinny z widocznymi na jej dnie pulsującymi wypływami wód podziemnych. Obiekt ten zlokalizowany jest na trzeciorzędowych utworach geologicznych, zasila bezimienny potok leśny, który stanowi dopływ strumienia – Sucha Struga. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii V (Tab. 1). Podłoże niszy stanowi piasek, który poza wypływami, przykryty jest rozkładającą się materią organiczną – liśćmi bukowymi. W okresie wegetacyjnym, od maja do października, nisza jest silnie ocieniona. Średnia roczna temperatura wody wynosi $9,5^{\circ}\text{C}$, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi $1,3^{\circ}\text{C}$.

W badanym źródle wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był z piaszczystego dna, około 1,5 m od brzegu niszy, z powierzchni 1 m^2 .

Troniny (TR). Źródło Troniny znajduje się na obszarze pomnika przyrody nieożywionej „Granatowe Źródła” w pobliżu miejscowości Stara Wieś (Ryc. 8). Wypływ ten stanowi jeden z trzech badanych obiektów krenologicznych znajdujących

się w Załęczańskiego Parku Krajobrazowego. W trakcie prac terenowych obserwowano umiarkowany wpływ bezpośredniego oddziaływania człowieka, przeważnie w okresie wiosenno-letnim, w trakcie wzmożonego ruchu turystycznego. W okolicy znajdują się pojedyncze zabudowania domów letniskowych i jednorodzinnych oraz kilka większych ośrodków rekreacyjno-rehabilitacyjnych.

Wypływ źródła usytuowany jest u podstawy zalesionej skarpy i woda odpływa bezpośrednio do starorzecza rzeki Warty. Źródło zasilane jest z trzeciorzędowych utworów geologicznych. Nisza ma głębokość maksymalną około 40 cm i powierzchnię oszacowaną na 6 m². Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii IV (Tab. 1). Podłoże niszy stanowi piasek i żwir. Średnia roczna temperatura wody wynosi 9,9°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 0,8°C.

W badanym źródle wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był bezpośrednio przy wypływie z powierzchni 1 m².



Ryc. 8. Źródło Troniny – wypływ (kwiecień 2017).

Kochlew (KO). Źródło położone jest na terenie Załęczańskiego Parku Krajobrazowego w miejscowości Kochlew (Ryc. 9). Wypływ ma również nazwę – Źródło Św. Floriana i stanowi pomnik przyrody nieożywionej. Źródło zlokalizowane jest na prawym brzegu Warty, w miejscu otoczonym zwartym zalesieniem. Od

zachodniej strony (drogi asfaltowej) znajdują się liczne łąki oraz niewielkie tereny uprawne. Źródło jest ogólnodostępne, oznakowane i narażone na bezpośredni wpływ człowieka jako atrakcja turystyczna, w tym na zaśmiecanie. W pobliżu znajdują się również gospodarstwa rolne oraz zabudowa domów jednorodzinnych. Źródło nie jest wykorzystywane w celach gospodarczych. Od kwietnia 2017 roku, w wyniku ingerencji bobrów w odpływ ze źródła, poziom wody w niszy i wokół niej podniósł się o ponad metr (Ryc. 10).



Ryc. 9. Źródło Kochlew (Źródło Św. Floriana) – wypływ (kwiecień 2016).



Ryc. 10. Źródło Kochlew (Źródło Św. Floriana) – rozlewisko powstałe nad niszą, w wyniku budowy żeremii bobrowych (kwiecień 2017).

Badany wypływ wód podziemnych jest wywierzykiem krasowym, położonym na trzeciorzędowych utworach geologicznych. Źródło charakteryzuje się dużą wydajnością, również w skali kraju, osiągając nawet 57 l/s. W skali Meinzera obiekt został zaklasyfikowany do kategorii IV (Tab. 1). Podłoże niszy jest piaszczyste. Średnia roczna temperatura wody wynosi 10,7°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 0,8°C.

Materiał pobierany był w centralnym wypływie wód podziemnych, z głębokości 1,5 metra i z powierzchni 1 m².

Wolbórka (WO). Źródło znajduje się w rezerwacie przyrody „Wolbórka” (Ryc. 11), który był powołany w 1959 roku (o powierzchni 35 ha) na terenie lasów tuszyńskich (powiat łódzki-wschodni), w celu zachowania fragmentu naturalnego lasu olszowego u źródeł rzeki Wolbórki. Jest to nisza śródleśna, dobrze izolowana od bezpośredniego wpływu człowieka, otoczona głównie olchami. Dno niszy jest grząskie, głównie w strefie krawędziowej. W pobliżu źródła brak jest zabudowy komunalnej oraz gospodarczo-rolnej. Od strony zachodniej w promieniu około 300 metrów znajduje się trasa szybkiego ruchu – DK1. W północno-wschodniej części lasu, w promieniu około 4 km, położona jest trasa S8, jako południowa obwodnica miasta Łodzi, której budowa rozpoczęła się w roku 2012 (Nowicka-Krawczyk i Żelazna-Wieczorek 2017). Obiekt ten potencjalnie narażony jest na obszarowe zanieczyszczenia, związane z ciężkim transportem drogowym.

Nisza źródła ma charakter erozyjny o nieregularnym kształcie i szacunkowej powierzchni około 1250 m². Dno niszy jest piaszczysto-muliste, w środkowej części natomiast widoczne jest podłoże piaszczysto-żwirowe, miejscami pokryte martwą materią organiczną pochodzenia roślinnego. Wypływ wód podziemnych występuje w kilku miejscach w niszy oraz punktowo spod skarpy. Odpływ wód z niszy składa się z 2-3 strug, nisza nachylona jest w kierunku północnym. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii IV (Tab. 1). Średnia roczna temperatura wody wynosi 9,6°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 4,2°C.

W badanym źródle wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody.

Materiał pobierany był w północnej części niszy źródłiskowej, w pobliżu wypływu, na powierzchni 1 m².



Ryc. 11. Źródło Wolbórka – nisza źródłiskowa (kwiecień 2016).

Wardzyń (WA). Źródło znajduje się na terenie rolniczym, u podnóża kopuły torfowo-wapiennej, pokrytej olchowym lasem, bezpośrednio przylegając do obszaru średnio zalesionego (Ryc.12). W pobliżu znajdują się liczne zabudowania domów jednorodzinnych oraz gospodarstw rolnych. Nisza źródłiskowa jest ogólnodostępna, co sprawia, że jest w dużym stopniu narażona na zaśmiecanie oraz zadeptywanie. W przeszłości była wykorzystywana jako źródło wody do celów gospodarczych i rolniczych, o czym świadczy obecność betonowej cembrowiny przy jednym z wypływów. Bliskość terenów rolniczych sprawia, że badany obiekt krenologiczny narażony jest na intensywny dopływ pierwiastków biogenicznych (intensywne nawożenie pól uprawnych), również w wyniku spływu powierzchniowego.

Wody podziemne wypływają grawitacyjnie na powierzchnię niszy źródłiskowej spod krawędzi kopuł torfowo-martwicowych (związanych z węglanem wapnia). Wody te charakteryzują się w zauważalnym stopniu zanieczyszczeniem na tle antropogenicznym, systematycznie odnotowywanym w ciągu 30 letnich obserwacji (podwyższony poziom azotanów i azotynów, wysoki udział twardości niewęglanowej) (Ziułkiewicz 2012).

Źródło zlokalizowane jest na czwartorzędowych utworach geologicznych. Dno niszy pokryte jest głównie piaskiem oraz żwirem, miejscami widoczna jest martwa materia organiczna pochodzenia roślinnego. Wypływająca woda tworzy kilka strug oraz niewielkie rozlewiska z tymczasowo stagnującą wodą. Woda odpływająca z niszy zasila rzekę Wolbórkę. Powierzchnia niszy szacowana jest na 170 m². Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii V (Tab. 1). Średnia roczna temperatura wody wynosi 9,8°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 1,2°C.



Ryc. 12. Źródło Wardzyń – nisza źródłiskowa (kwiecień 2017).

W badanym źródle wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był w środkowej części niszy źródłiskowej, w pobliżu ocembrowanego wypływu, z powierzchni 1 m².

Pustulka (PU). Badany obiekt krenologiczny (Ryc. 13, 14) to źródło przykorytowe, położone na lewym brzegu rzeki Mrogi, w górnym odcinku jej biegu. Źródło otoczone jest lasem mieszanym, który powoduje jego silne zacinienie, niezależnie od pory roku. Względnie duża odległość (około 1000 metrów) od zabudowań domów jednorodzinnych oraz gospodarstw rolnych sprzyja jego izolacji. Po prawej stronie koryta rzecznej znajdują się grunty o przeznaczeniu rolniczym.

Nisza ma charakter erozyjny, o nieregularnym kształcie i powierzchni około 2,5 m². Wody zasilające źródło pochodzą głównie z poziomu podmorenowego (Ziułkiewicz 2016). Woda wypływa z całej powierzchni dna niszy, które pokryte jest piaskiem, następnie woda odprowadzana jest bezpośrednio do kryta rzeki Mrogi, w postaci kilku niewielkich odpływów, o długości od 1,5 do 2 metrów. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii V (Tab. 1). Średnia roczna temperatura wody wynosi 9,2°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 2,7°C.



Ryc. 13. Źródło Pustułka – nisza źródłiskowa (kwiecień 2016).

W badanym źródle wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był w środkowej części niszy źródłiskowej, z powierzchni 1 m². W okresie wiosennym nisza narażona jest na okresowe zalewanie przez wody roztopowe z pobliskich pól uprawnych, podnoszące poziom wody w rzece, co uniemożliwia pobór prób (Ryc. 14).



Ryc. 14. Źródło Pustułka – nisza źródłiskowa zalana przez wody roztopowe (styczeń 2018). Strzałką oznaczono położenie źródła.

Piękne (PI). Źródło położone jest w dolinie rzeki Młynówki (Ryc. 15), w pobliżu rezerwatu przyrody „Struga Dobieszkowska”. Rozległa nisza źródłiskowa znajduje się w otoczeniu intensywnie użytkowanych pól uprawnych, przez co jest narażona na dopływ substancji biogenicznych, w tym w wyniku spływu powierzchniowego. Krawędź niszy źródłiskowej otoczona jest rzędem drzew oraz krzewów, jednak dostęp do niszy jest stosunkowo łatwy, co czyni ją podatną na zaśmiecanie oraz zadeptywanie. W przeszłości, wody źródlane tego obiektu były wykorzystywane do celów gospodarczych (przekaz ustny - mieszkańcy).

Nisza zlokalizowana jest na czwartorzędowych utworach geologicznych, u podstawy piaszczystej wydmy. Wody podziemne wypływają ze środkowej części źródłiska, pod ciśnieniem, o czym świadczy wyraźne pulsujące piaszczyste podłoże. Woda z niszy odpływa do cieku będącego dopływem Młynówki (Ziułkiewicz 2016). Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii VI (Tab. 1). Podłoże niszy stanowi piasek, a strefa brzegowa jest porośnięta roślinami zielnymi. Średnia roczna temperatura wody wynosi 7,5°C, wśród badanych źródeł jest to najniższa odnotowana średnia roczna temperatura. Roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 0,5°C.

W badanym źródle wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był w środkowej części niszy źródliskowej, z powierzchni 1 m².



Ryc. 15. Źródło Piękne – nisza źródliskowa (kwiecień 2016).

Głowa (GL). Źródło (Ryc. 16) zlokalizowane jest w miejscowości Kolonia Głowa (k. Zgierza), w pobliżu drogi wojewódzkiej nr 702. W sąsiedztwie niszy (około 15 metrów w linii prostej) znajdują się: duży obiekt gastronomiczny, ferma kurza, gospodarstwa domowe oraz domki letniskowe. Źródło ze względu na swoje położenie jest narażone na kontakt ze ściekami komunalnymi oraz zanieczyszczeniami wynikającymi z dużego natężenia ruchu samochodowego. Gęsta roślinność zielna oraz olchy utrudniają dostęp do niszy, zwłaszcza w okresie wegetacyjnym.

Wypływ wód podziemnych w niszy źródliskowej ma stosunkowo niedużą powierzchnię (3-4 m²) oraz słabo zarysowany kształt. Znajduje się on jest pod skarpą południowo-wschodnią, jego dno pokryte jest piaskiem i żwirem oraz fragmentami roślin. Źródło zasilane jest przez swobodne osady sandru, które charakteryzują się dobrze wykształconym poziomem wodonośnym (Jokiel, Moniewski 2000). Nachylenie niszy jest nieduże, środkową jej część przecina nasyp drogowy a poniżej jego zlokalizowana jest grobla spiętrzająca wodę oraz rozlewisko (Moniewski 2004). Wody wypływające z niszy źródliskowej zasilają rzekę Dzierżaną. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii V (Tab. 1). Średnia roczna

temperatura wody wynosi 7,7°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 0,7°C.



Ryc. 16. Źródło Głowa – wypływ (kwiecień 2016).

W badanym źródle wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był z największego wypływu zlokalizowanego pod stokiem SE, z powierzchni 1 m².

Ciosny (CI). Obiekt krenologiczny (Ryc. 17) położony jest na terenie prywatnej działki rolniczej we wsi Ciosny-Sady. Nisza, jej strona południowa, jest częściowo ogrodzona od strony polnej drogi. W pobliżu źródła znajdują się domy jednorodzinne, nieużytki i pola uprawne, które stanowią potencjalne źródło substancji biogenicznych. Wschodnią, nieogrodzoną stronę niszy porastają sosny oraz robinia akacjowa. W odległości około 1 km w linii prostej od źródła znajduje się autostrada A2, a system jej odwodnienia przenika do wód zasilających źródło. Powierzchnia niszy szacowana jest na 8100 m², ma nieregularny, lekko owalny kształt ze skarpami o wysokości około 3 m. W południowej części niszy zauważalne są efekty erozji wstecznej i powierzchniowej, w większym stopniu niż w jej wschodniej i zachodniej części. Wody podziemne wypływają w kilku miejscach, grawitacyjnie spod skarpy południowej oraz wschodniej. Widoczne są również wypływy ciśnieniowe (pulsujące

piaski) w zachodniej części niecki (Ziułkiewicz 2016). Formująca się główna struga odpływowa w części wschodniej zasila rzekę Ciosenkę. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii IV (Tab. 1). Podłoże niszy w miejscu poboru prób pokryte jest piaskiem. Średnia roczna temperatura wody wynosi 9,6°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 4,15°C.



Ryc. 17. Źródło Ciosny – nisza źródłiskowa (kwiecień 2016).

W badanym obiekcie krenologicznym wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był z wypływu w pobliżu południowej skarpy, z powierzchni 1 m².

Łagiewniki (LA). Badany obiekt krenologiczny jako jedyny znajduje się w granicach miasta Łodzi, we wschodniej części Lasu Łagiewnickiego (Ryc. 18). Ze względu na położenie niszy źródłiskowej, narażona jest ona na zaśmiecanie i zdeptywanie zwłaszcza w okresie wiosenno-letnim. W odległości 300 metrów od niszy, znajduje się droga o wysokim natężeniu ruchu samochodowego, ulica Łagiewnicka.

Źródło położone jest na lewym stoku doliny rzeki Bzury, przyjmując kształt amfiteatralny, z rozproszonymi wypływami wód podziemnych. Zasilanie następuje z utworów naglinowych (Ziułkiewicz 2016). Powierzchnia niszy pokryta jest głównie piaskiem i żwirem, miejscami widoczne są średniej wielkości kamienie. Miejscami

dno niszy pokryte jest dużą ilością materiału roślinnego, pochodzącego z drzew liściastych, którymi nisza jest otoczona. Odpływ z niszy zasila wody rzeki Bzury. Wydajność źródła w skali Meinzera została zaklasyfikowana do kategorii V (Tab. 1). Średnia roczna temperatura wody wynosi 9,2°C, a roczna amplituda temperatury wody w niszy wynosi 2,8°C.



Ryc. 18. Źródło Łagiewniki – nisza źródłiskowa (lipiec 2017).

W badanym obiekcie krenologicznym wytypowano jedno miejsce poboru prób algologicznych, do pomiarów parametrów fizycznych i chemicznych oraz do poboru prób wody. Materiał pobierany był z górnej części niszy źródłiskowej, z powierzchni 1 m².

3.2. Oddziaływanie człowieka na źródła – szacowanie nasilenia

Nowicka-Krawczyk i Żelazna-Wieczorek (2017) zaproponowały 4- stopniową skalę umożliwiającą oszacowanie nasilenia antropopresji na obiekty krenologiczne.

W skali (0-3) uwzględniono następujące parametry:

- odległość niszy od najbliższej drogi;
- odległość od najbliższych zabudowań;
- rodzaj zagospodarowania terenu;
- narażenie na bezpośredni wpływ człowieka.

W przypadku wystąpienia wartości skrajnej danej cechy ogólny stopień nasilenia antropopresji jest podnoszony o jedną kategorię. Wartości wymienionych cech nasilenia antropogenicznego dla badanych obiektów krenologicznych zestawiono w Tabeli 2, zgodnie z klasyfikacją za Nowicką-Krawczyk i Żelazną-Wieczorek (2017):

Narażenie na bezpośredni wpływ człowieka: **0** – nisza izolowana; **1** – nisza pod niewielkim wpływem bezpośredniemu, zlokalizowana na terenie będącym własnością prywatną; **2** – nisza narażona na bezpośrednie oddziaływanie człowieka, zlokalizowana na terenie ogólnodostępnym, jednak izolowanym ze względu na warunki naturalne (zwarłe zadrzewienie z silnie rozwiniętym podszytem oraz podmokłym i grząskim gruncie); **3** – nisza pod wpływem bezpośredniego oddziaływania człowieka, na terenie łatwo dostępnym.

Rodzaj zagospodarowania terenu: **0** – nisza śródleśna w dużej odległości od miasta i obszarów rolniczych; **1** – nisza leśna, w otoczeniu obszarów rolniczych; **2** – nisza leśna na obszarze zurbanizowanym; **3** – nisza na terenie otwartym, na obszarze rolniczym.

Odległość niszy od najbliższej drogi: **0** – drogi w odległości 100 m i więcej od niszy; **1** – drogi w odległości od 25 do 100 m od niszy; **2** – drogi w bezpośrednim sąsiedztwie niszy, do 25 m; **3** – drogi w odległości do 500 m od niszy, charakteryzujące się wysokim natężeniem ruchu (droga krajowa, autostrada).

Odległość niszy od najbliższych zabudowań: **0** – zabudowania w odległości powyżej 250 m od niszy; **1** – zabudowania w odległości od 100 do 250 m od niszy; **2** – zabudowania w odległości od 50 do 100 m od niszy; **3** – zabudowania w bezpośrednim sąsiedztwie niszy, do 50 m.

Tabela 2. Wartości cech i stopień nasilenia antropopresji na badane źródła na podstawie obserwacji własnych, według klasyfikacji Nowicka-Krawczyk i Żelazna-Wieczorek (2017)

Źródło	Odległość od drogi	Odległość od zabudowań	Otoczenie źródła	Narażenie na bezpośrednią ingerencję	Stopień nasilenia antropopresji [wynik]
Podwódka	1	2	3	3	3
Podwierzchowiec	3	0	0	0	1
Bukowa Góra	0	0	0	0	0
Troniny	1	1	1	2	2
Kochlew	1	1	1	2	2
Wolbórka	3	0	0	0	1
Wardzyń	1	2	1	3	2
Pustułka	0	0	1	2	1
Piękne	1	1	2	3	2
Głowa	3	2	2	2	2
Ciosny	1	2	2	1	2
Łagiewniki	3	2	2	3	3

Wśród wytypowanych obiektów krenologicznych na podstawie przyznanych wartości cech wyróżnia się źródło, które scharakteryzowano jako całkowicie izolowane od wpływu człowieka – Bukowa Góra, znajdujące się na terenie rezerwatu przyrody. Zwarte zalesienie, duża odległość od ruchu drogowego, brak zabudowań komunalnych oraz obiektów przemysłowych sprawia, że naturalny charakter tego źródła potencjalnie jest w najmniejszym stopniu narażony na zaburzenia. Słabe oddziaływania antropogeniczne wskazano również dla obiektów krenologicznych: Podwierzchowiec, Wolbórka, Troniny, Kochlew oraz Pustułka. Źródła te są dobrze izolowane od bezpośredniego wpływu człowieka ze względu na lokalizację (nisze śródleśne lub częściowo śródleśne), jednak mogą występować inne parametry potencjalnie zaburzające ich naturalny charakter źródła, takie jak droga szybkiego ruchu, tereny rolnicze, zabudowa domów jednorodzinnych. Źródłami, których naturalny charakter jest w średnim stopniu zaburzony są Wardzyń, Piękne, Głowa, Kochlew, Troniny i Ciosny. Źródła te oprócz bezpośredniego narażenia na oddziaływanie człowieka, jak zdeptywanie oraz zaśmiecanie, są potencjalnie zagrożone w wyniku pośrednich oddziaływań człowieka, takich jak spływ

powierzchniowy substancji biogenicznych z pól uprawnych do niszy, kontakt ze ściekami komunalnymi, wpływ zanieczyszczeń obszarowych – system odwodnienia autostrady, bliskość dróg o dużym natężeniu ruchu.

Obiektami krenologicznymi najbardziej narażonymi na negatywny bezpośredni i pośredni wpływ wynikający z działalności człowieka są Łagiewniki oraz Podwódka. Źródło Łagiewniki jako jedyne znajduje się w granicach Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej i najsilniej narażone jest na bezpośredni i pośredni wpływ człowieka przez: rozdeptywanie, zaśmiecanie oraz wpływ zanieczyszczeń obszarowych, również tych związanych z utrzymaniem dróg miejskich w okresie zimowym. Natomiast, otwarty charakter niszy źródłiskowej Podwódka, sprawia, że dostęp do niej jest niekontrolowany i nieograniczony, szczególnie w okresie wiosenno-letnim. Źródło to położone jest na obszarze rolniczym, w sąsiedztwie zabudowań gospodarczych, co wskazuje na bardzo niski stopień izolacji od negatywnego pośredniego wpływu człowieka.

4. Materiał i metody

Materiały. Materiał badawczy obejmuje próby algologiczne zebrane w latach 2016-2018 oraz archiwalny materiał z lat 1998-2014 zdeponowany w kolekcji Katedry Algologii i Mykologii Uniwersytetu Łódzkiego. Szczegółowy wykaz zebranych prób w danych latach został przedstawiony w tabeli 3.

Archiwalny materiał pobierany był podczas badań źródeł w Polsce Środkowej prowadzonych przez dr hab. Joannę Żelazną-Wieczorek, prof. UŁ oraz dr hab. Macieja Ziulkiewicza, prof. UŁ.

Próby archiwalne i z lat 2016-2018 (łącznie 246 prób) pobierane były z tych samych stanowisk, miejsc poboru prób oraz stosując taką samą procedurę.

Tabela 3. Zestawienie wszystkich prób algologicznych dla poszczególnych lat z badanych źródeł

Źródłisko	Rok poboru próby													
	1998	1999	2000	2001	2003	2004	2005	2011	2013	2014	2016	2017	2018	
PDA								x	x	x	x	x	x	
PDB								x	x	x	x	x	x	
POA								x	x	x	x	x	x	
POB								x	x	x	x	x	x	
BG	x	x	x	x							x	x	x	
TR	x	x	x	x							x	x	x	
KO	x	x	x	x			x				x	x	x	
WO								x	x	x	x	x	x	
WA								x	x	x	x	x	x	
PU					x	x	x	x	x	x	x	x	x	
PI					x	x	x	x	x	x	x	x	x	
GL					x	x	x	x	x	x	x	x	x	
CI					x	x	x	x	x	x	x	x	x	
LA					x	x	x	x	x	x	x	x	x	

4.1. Prace terenowe

Próby fitobentosowe pobierano raz na kwartał, od kwietnia 2016 roku, przez okres dwóch lat. Badania na obszarach objętych ochroną prawną prowadzone były na podstawie decyzji wydanych przez właściwe Regionalne Dyrekcje Ochrony Środowiska (WPN.I.6205.30.2016.MKI, WPN-I.6205.40.2016.DB.2, WPN.6205.2.2012.HG).

Zebrano 8 prób z każdego z wytypowanych miejsc poboru prób, a ich pobór został podzielony na dwa dni prac terenowych. Materiał z nisz źródłiskowych zbierano zachowując tę samą kolejność, w pierwszym dniu zaczynając od źródła Bukowa Góra, przez źródła Troniny, Kochlew, Podwódka aż do źródła Podwierzchowiec. W drugim dniu próby pobierano od źródła Wolbórka, przez źródła Wardzyń, Piękne, Pustułka, Łągiewniki, Głowa do źródła Ciosny. Materiał do badań pobierany był w odległości do około 1 metra od wypływu. W przypadku źródeł Podwódka i Podwierzchowiec wyznaczono również drugie miejsce poboru prób w części środkowej niszy, ze względu na wielkość ich powierzchni. Próby opisano przy użyciu następującego sposobu kodowania:

XY DDMRR Z, gdzie,

XY – skrót pochodzący od nazwy źródła, złożony z dwóch liter (PD – Podwódka, PO – Podwierzchowiec, BG – Bukowa Góra, TR – Troniny, KO – Kochlew, WO – Wolbórka, WA – Wardzyń, PU – Pustułka, PI – Piękne, GL – Głowa, CI – Ciosny, LA – Łągiewniki);

DDMMRR – skrócona data poboru próby (dzień, miesiąc, rok);

Z – znak rozróżniający wypływ (A) oraz część środkową niszy (B), dotyczy źródeł: Podwódka oraz Podwierzchowiec.

Próby fitobentosowe pobierane były przy użyciu szklanej pipety do pojemników o objętości 125 ml, zgodnie z zaleceniami sposobu poboru prób dla podłoży zwirowych i piasku (Cantonati i in. 2007). Ponadto, jednocześnie z poborem prób do badań okrzemek pobierano próby wody do oznaczenia stężenia jonów ortofosforanowych, amonowych i azotanowych. *In situ* wykonywano pomiary następujących parametrów fizycznych i chemicznych: przewodnictwa elektrolitycznego wody (urządzenie pomiarowe Elmetron CP-401), odczynu wody (urządzenie pomiarowe Elmetron CC-401), natlenienia wody (urządzenie pomiarowe Elmetron COG-1) i temperatury wody (urządzenie pomiarowe Elmetron CP-401).

4.2. Prace laboratoryjne

W celu uzyskania oczyszczonych okryw okrzemek z pozostałości materii organicznej, pobrany materiał algologiczny poddawany był działaniu mieszaniny 96% kwasu siarkowego (H_2SO_4) oraz 30% kwasu chromowego ($H_2Cr_2O_7$). Otrzymany roztwór pozostawiany był na 48 do 72 godzin. Następnie, z prób zlewano mieszaninę kwasów znad osadu, kilkakrotnie przemywając go wodą destylowaną i każdorazowo

odwirowując (przez 3 minuty przy 3500 obrotów/min). Po zakończeniu czynności przemywania, otrzymano biało-szary osad, złożony z oczyszczonych pancerzyków okrzemek. Analiza jakościowa i ilościowa okrzemek wykonywana była na podstawie trwałych preparatów mikroskopowych. W tym celu osad okrzemkowy наносono na szkiełka nakrywkowe, następnie pozostawiano je aż do pełnego odparowania wody ze szkiełka (temperatura pokojowa, czas wysychania około 12 godzin). Szkiełka nakrywkowe zatapiano w syntetycznej żywicy Naphrax® (o współczynniku załamania 1,73), podgrzewając preparat do temperatury 275°C w celu utrwalenia oczyszczonego materiału okrzemkowego przez odparowanie z żywicy rozpuszczalnika – toluenu.

Analiza stężenia wybranych jonów została przeprowadzona z wykorzystaniem metody fotometrycznej – Spectroquant® (Merck-Millipore).

W metodzie wykorzystano testy MSDS (Material Safety Data Sheet) do oznaczeń stężeń: NO₃-N, NH₄-N oraz PO₄-P. Stężenia zostały wyrażone w mg/l. Zastosowano procedury: dla jonów azotanowych zgodnie z instrukcją, metoda analogiczna z DIN 38405 D9 i ISO 7890/; dla jonów ortofosforanowych metoda analogiczna z EPA 365,2+3, metodami standardowymi US 4500-P E, EN 1189 D11 oraz ISO 6878/1; dla jonów amonowych metoda analogiczna z EPA 350.1, APHA 4500-NH₃ F, ISO 7150-1 oraz z DIN 38406-5.

4.3. Analiza jakościowa i ilościowa zbiorowisk okrzemek

Analiza jakościowa i ilościowa zbiorowisk okrzemek przeprowadzona została na podstawie preparatów trwałych. Identyfikacja gatunkowa wykonana była z wykorzystaniem mikroskopu świetlnego Nikon Eclipse *i50* (powiększenie 10 x 100, obiektyw: planachromatyczny, olejowo-immersyjny, 100 x/1.25). Okrzemki oznaczano do rangi gatunku, z uwzględnieniem odmiany oraz formy, na podstawie morfologicznych cech diagnostycznych. W przypadku obecności gatunków trudnych w oznaczeniu podczas klasycznej analizy w mikroskopie świetlnym, korzystano ze skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM) Phenom X Pro, w Pracowni Obrazowania Mikroskopowego i Specjalistycznych Technik Biologicznych, Wydziału Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Łódzkiego. Identyfikacja taksonomiczna okrzemek została wykonana na podstawie kluczy ikonograficznych: Krammer i Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b, 1997), Lange-Bertalot (1993, 2001, 2004), Lange-Bertalot i Moser (1994), Lange-Bertalot i Metzeltin (1996), Lange-

Bertalot i Genkal (1999), Lange-Bertalot i in. (2017), Krammer (1997a, b, 2000, 2002, 2003), Levkov (2009), Levkov i in. (2006, 2007), Metzeltin i Witkowski (1996), Moser i in. (1998), Żelazna-Wieczorek (2011); oraz następujących publikacji Bukhtiyarova i Round (1996), Cox (2006), Håkansson (2002), Lange-Bertalot (1996, 1980, 1979), Lange-Bertalot i Simonsen (1978), Mann (1989), Morales (2005), Reichardt (1997, 2001), Wetzel i in. (2015).

Analizę ilościową zbiorowisk okrzemek przeprowadzono na podstawie metody zaproponowanej przez Żelazną-Wieczorek (2011). W każdym preparacie zliczano 500 okryw okrzemek w kolejnych polach widzenia w pasie preparatu, przy jednoczesnym oznaczaniu do gatunku. Następnie, przeglądano dziesięć sąsiadujących ze sobą pasów w celu identyfikacji taksonów okrzemek, które nie zostały zidentyfikowane przy zliczaniu do 500 okryw. Dokumentacja fotograficzna okrzemek została wykonana przy użyciu kamery mikroskopowej OPTA-TECH serii HDMI, o rozdzielczości 3840x2040 (sensor: 1/2.7" SONY).

W celu scharakteryzowania struktury i dynamiki zbiorowisk okrzemek badanych źródeł zastosowano wskaźniki różnorodności gatunkowej, stałość występowania oraz analizę podobieństwa zbiorowisk okrzemek.

Określono procentowy udział każdego gatunku w danej próbie z uwzględnieniem całkowitej liczby okryw. Tabela 4 przedstawia przyjętą klasyfikację procentowego udziału gatunkowego w próbach, która posłużyła do określenia gatunków dominujących, subdominujących, influentów oraz gatunków akcesorycznych (Kawecka, Eloranta 1994, Rakowska 2001).

Tabela 4. Klasyfikacja procentowego udziału gatunków na podstawie Rakowskiej (2001)

Rola gatunku	Udział procentowy
Dominant	> 5 %
Subdominant	2-5 %
Influent	1-2 %
Gatunek akcesoryczny	< 1 %

Określono również klasy stałości występowania (Tabela 5) dla wszystkich zidentyfikowanych gatunków okrzemek na podstawie wzoru (Tümpinga i Friedricha (1999):

$$C = \frac{k_i}{k} \times 100\%$$

Gdzie:

C – współczynnik stałości wyrażony w [%]

k_i – liczba wszystkich prób, w których obecny był dany gatunek

k – liczba wszystkich analizowanych prób

Tabela 5. Klasy stałości występowania gatunków, klasyfikacja na podstawie Tümpinga i Friedricha (1999)

Częstotliwość występowania gatunku	Udział procentowy
Eukonstant (absolutnie stały)	75-100 %
Konstant	50-75 %
Aksesoryczny	25-50 %
Przypadkowy	1-25 %

Do określenia bogactwa gatunkowego badanych zbiorowisk okrzemek, zastosowano wskaźnik Margalefa (Clarke, Gorley 2015):

$$d = (S - 1) / \log N$$

Gdzie:

S – liczba wszystkich gatunków

N – liczba wszystkich osobników

Do określenia różnorodności gatunkowej okrzemek w badanych próbach zastosowano wskaźnik różnorodności biologicznej Shannona, na podstawie wzoru (Clarke, Gorley 2015):

$$H' = - \sum_i p_i \log(p_i)$$

Gdzie:

p_i – stosunek liczby okryw okrzemek danego gatunku do liczby wszystkich okryw okrzemek ze wszystkich gatunków: $p_i = \frac{n_i}{N_i}$

n_i – liczba okryw okrzemek danego gatunku

N_i – liczba wszystkich okryw okrzemek wszystkich gatunków

Następnie określono wskaźnik równomierności w wersji indeksu równomierności Pielou, na podstawie wzoru (Clarke, Gorley 2015):

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\log S}$$

Gdzie:

H'_{max} – maksymalna możliwa wartość indeksu różnorodności Shannona.

S – liczba gatunków

Dodatkowo wyliczono odwrócony współczynnik różnorodności gatunkowej Simpsona (Clarke, Gorley 2015):

$$1 - \lambda' = 1 - \{\sum_i N_i (N_i - 1)\} / \{N(N - 1)\}$$

Gdzie:

n_i – liczba okryw okrzemek danego gatunku

N_i – liczba wszystkich okryw okrzemek wszystkich gatunków

Na podstawie współczynnika Bray-Curtis'a wykonano analizę podobieństwa jakościowego i ilościowego zbiorowisk okrzemek, uwzględniając wszystkie próby z obiektów krenologicznych. Współczynnik Bray-Curtis'a wyliczono na podstawie wzoru (Clarke, Gorley 2015):

$$P_{jk} = 100 \left\{ 1 - \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p |y_{ij} + y_{ik}|} \right\}$$

Gdzie:

y_{ij} – przedstawia wartość w „ i ” wierszu i w „ j ” kolumnie w macierzy danych, tj. dla liczebności „ i ” gatunku w j próbie ($i=1, 2, \dots, p; j=1, 2, \dots, n$).

y_{ik} – liczebność „ i ” gatunku w k próbie. $|y_{ij} - y_{ik}|$ przedstawia wartość bezwzględną różnicy

Wykorzystano również metodę skalowania wielowymiarowego (ang. Multidimensional Scaling – MDS). Metoda MDS posłużyła do analizy relacji między zbiorowiskami okrzemek a danymi obiektami krenologicznymi w czasie i przestrzeni (odległość oraz rozmieszczenie na osiach XY lub XYZ wskazują na podobieństwa albo różnice między nimi). Procedura ta, oparta jest na inwersji współczynnika podobieństwa Bray-Curtis'a, ma na celu ukazanie zmiennych ukrytych wpływających

na badane obiekty. Jeśli wartość stresu nie jest zbyt duża, i wynosi poniżej 0,1, to wynik przeprowadzonej analizy MDS przedstawia silne zależności lub wzorce między badanymi obiektami. Zastosowano również transformację analizy MDS typu „Shade plot”. Transformacja ta jest użytecznym narzędziem do opisywania struktury zbiorowisk organizmów w danym kontekście badawczym. Stanowi ona wizualną reprezentację danych w macierzy danych liczbowych, gdzie im większa wprowadzona wartość w danej komórce, tym ciemniejszy jest jej odcień lub barwa wybranego koloru. Białe wypełnienie komórki oznacza brak gatunków, zaś całkowicie czarne jego największą wartość (Clarke, Gorley 2015).

Do określenia relacji między czynnikami środowiskowymi a strukturą zbiorowisk okrzemek i ich wpływu na liczebność populacji okrzemek wykorzystano analizę głównych składowych (ang. Principal Component Analysis – PCA). Analiza ta prowadzona była w odniesieniu do następujących zmiennych: temperatura wody, tlen rozpuszczony w wodzie, odczyn wody, przewodnictwo elektrolityczne, stężenia jonów azotanowych, ortofosforanowych i amonowych.

W celu wskazania podobieństwa lub jego braku dla badanych prób zastosowano hierarchiczną analizę klastrową (ang. Hierarchical Cluster Analysis – HCA). Została ona oparta na współczynniku podobieństwa Bray-Curtis’a. Przy interpretacji analizy HCA dla badanych obiektów krenologicznych przyjęto 50% graniczny poziom podobieństwa prób.

Ponadto, w badaniach posłużono się analizą SIMPER, która również oparta jest na współczynniku podobieństwa Bray-Curtis’a (i jego inwersji). Przedstawia poziom podobieństwa i niepodobieństwa (wyrażonego w punktach procentowych) między danymi grupami prób. Analiza SIMPER umożliwia wskazanie gatunków okrzemek (zmiennych), które w największym stopniu wpływały na podobieństwo lub niepodobieństwo badanych źródeł. Wskazuje ona również, które gatunki mają największą wagę w obserwowanych różnicach między danymi zbiorowiskami okrzemek (Clarke, Warwick 2001).

Analizy wskaźników różnorodności gatunkowej, podobieństwa na podstawie współczynnika Bray-Curtis’a, analizy HCA, MDS, w tym transformacji „Shade plot” oraz analiza SIMPER zostały wykonane korzystając z programu komputerowego PRIMER-E (wersja 7.0.13, Quest Research Limited, New Zealand). Do wykonania analizy PCA wykorzystano program komputerowy CANOCO (wersja 5.2, Microcomputer Power, United States of America).

4.4. Analiza ekologiczna zbiorowisk okrzemek

W celu przeanalizowania wymagań ekologicznych okrzemek, zidentyfikowanych na podstawie analizy jakościowej i ilościowej, względem wybranych warunków środowiska wodnego, posłużono się aktualną literaturą dotyczącą ekologii okrzemek oraz rozbudowaną bazą z danymi o taksonomii i autekologii okrzemek programu komputerowego OMNIDIA (wersja 6.0.6, IRSTEA Bordeaux, France). Do analizy warunków środowiskowych na podstawie okrzemek wykorzystano system ekologiczny Van Dama i in. (1994), zawierający informacje dotyczące preferencji okrzemek wobec następujących warunków fizycznych i chemicznych środowiska: natlenienie, wilgotność, odczyn wody, saprobia, trofia oraz zasolenie i zapotrzebowanie metaboliczne na azot cząsteczkowy. W niniejszej pracy uwzględniono sześć parametrów środowiskowych (Tabela 6). Dodatkowo, program OMNIDIA (wersja 6.0.6, IRSTEA Bordeaux, France) do poniższej klasyfikacji ekologicznej uwzględnia w wynikach udział gatunków o nieokreślonych wymaganiach dotyczących poszczególnych warunków środowiskowych.

Tabela 6. Klasyfikacja ekologiczna okrzemek według systemu ekologicznego Van Dama i in. (1994)

odczyn wody	1 – acydobiontyczne	– gatunki optymalnie występujące przy pH < 5,5
	2 – acydofilne	– gatunki głównie występujące przy pH < 7
	3 – obojętne	– gatunki głównie występujące przy pH = 7
	4 – alkalifilne	– gatunki głównie występujące przy pH > 7
	5 – alkalibiontyczne	– gatunki wyłącznie występujące przy pH > 7
	6 – indyferentne	– gatunki bez określonego optimum
zasolenie	1 – słodkowodne	– Cl ⁻ <100 [mg/l]; zasolenie <0,2 [‰]
	2 – słodko-brakiczne	– Cl ⁻ <500 [mg/l]; zasolenie <0,9 [‰]
	3 – brakiczno-słodkie	– Cl ⁻ 500-1000 [mg/l]; zasolenie 0,9-1,8 [‰]
	4 – brakiczne	– Cl ⁻ 1000-5000 [mg/l]; zasolenie 1,8-9,0 [‰]
natlenienie	1 – bardzo wysokie	– 100% natlenienia
	2 – wysokie	– 75% natlenienia
	3 – średnie	– 50% natlenienia
	4 – niskie	– 30% natlenienia
	5 – bardzo niskie	– 10% natlenienia
saprobia	1 – oligosaprobowe	– gatunki występujące w warunkach oligosaprobowych
	2 – β-mezosaprobowe	– gatunki występujące w warunkach β-mezosaprobowych
	3 – α-mezosaprobowe	– gatunki występujące w warunkach α-mezosaprobowych
	4 – α-mezo-polisaprobowe	– gatunki występujące w warunkach α-mezo-saprobowych do polisaprobowych
	5 – polisaprobowe	– gatunki występujące w warunkach polisaprobowych
trofia	1 – oligotroficzne	– gatunki występujące w warunkach oligotroficznych
	2 – oligo-mezotroficzne	– gatunki występujące w warunkach od oligotroficznych do mezotroficznych
	3 – mezotroficzne	– gatunki występujące w warunkach mezotroficznych
	4 – mezo-eutroficzne	– gatunki występujące w warunkach od mezo- do eutroficznych
	5 – eutroficzne	– gatunki występujące w warunkach eutroficznych
	6 – hipereutroficzne	– gatunki występujące w warunkach hipereutroficznych
	7 – oligo-eutroficzne	– gatunki występujące w warunkach od oligo- do mezotroficznych
wilgotność	1	– gatunek nigdy lub bardzo rzadko występuje poza środowiskiem wodnym
	2	– gatunek występuje głównie w środowisku wodnym, czasami w mokrych miejscach
	3	– gatunek występuje głównie w środowisku wodnym, jednak równie często spotykany w mokrych i wilgotnych miejscach
	4	– gatunek występuje głównie w mokrych i wilgotnych miejscach lub w tymczasowo suchych miejscach
	5	– gatunek niemal wyłącznie występuje poza środowiskiem wodnym

5. Wyniki

5.1. Warunki fizyczne i chemiczne wód obiektów krenologicznych

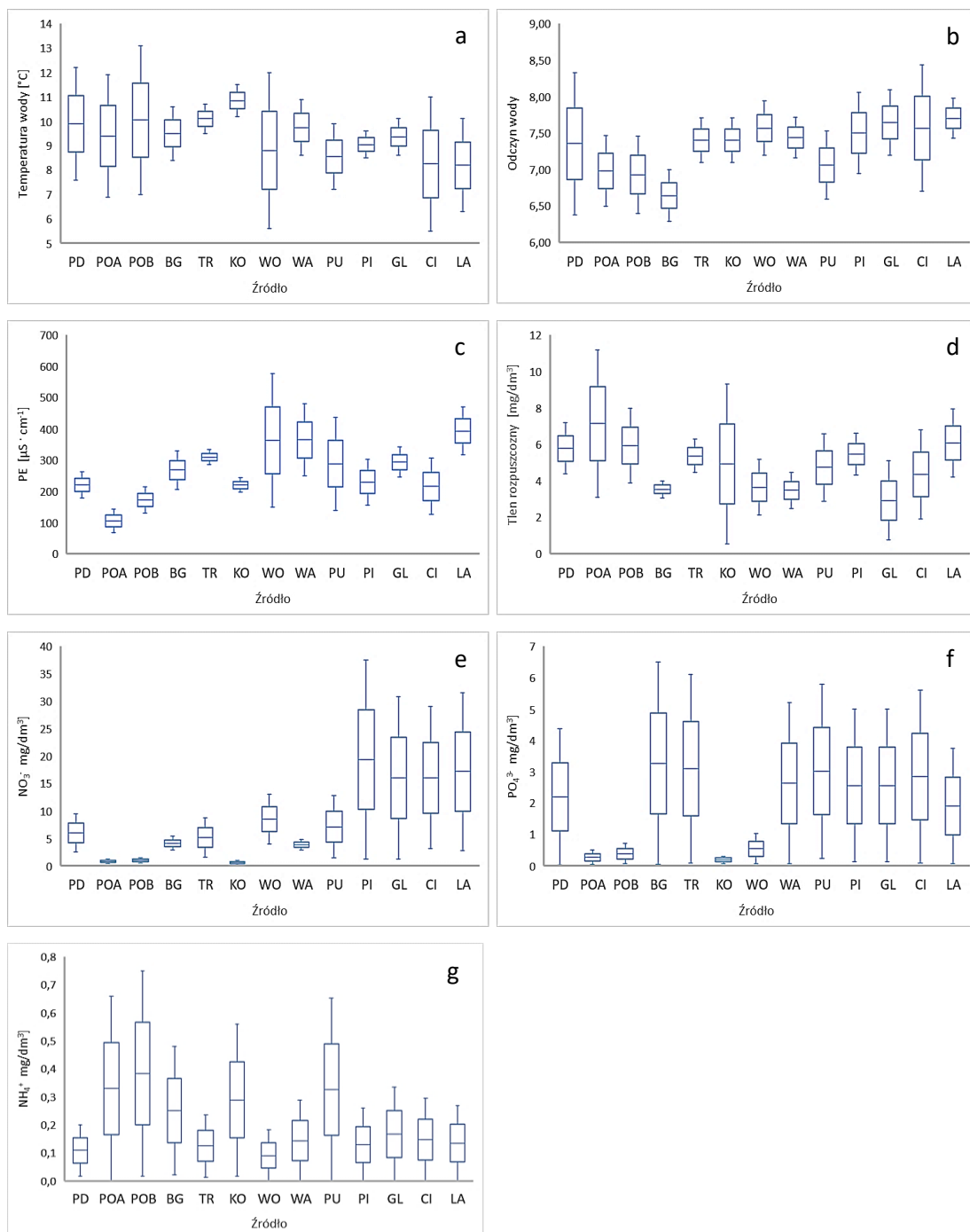
W badanych obiektach krenologicznych wykonano pomiary wybranych parametrów fizycznych i chemicznych wody, których wyniki zostały przedstawione w Tabeli 7. Dla źródeł Podwódka (**PO**), Podwierzchowiec (**POA**, **POB**), Wolbórka (**WO**), Wardzyń (**WA**) dane dotyczące parametrów pochodzą z badań prowadzonych w latach 2016-2018. Dla źródeł Bukowa Góra (**BG**), Troniny (**TR**), Kochlew (**KO**) w pracy wykorzystano, dostępne dane archiwalne z lat 1998-2001. Dla pozostałych obiektów krenologicznych (Pustułka - **PI**, Piękne - **PI**, Głowa - **GL**, Ciosny - **CI**, Łagiewniki - **LA**) dysponowano pełnymi danymi dotyczącymi parametrów hydrochemicznych wody, zarówno z okresu poboru prób archiwalnych (2003-2005), jak i z bieżących (2016-2018).

Temperatura wody (Ryc. 19a). Najwyższą temperaturę wody w badanych źródłach odnotowano w Podwierzchowcu w części środkowej (POB) i wynosiła ona ponad 13°C, najniższa zaś została odnotowana w źródle Ciosny 5,5°C. Największą amplitudę temperatury wody odnotowano w źródłach Wolbórka (WO), Podwierzchowiec część środkowa (POB), Podwierzchowiec wypływ (POA) i Ciosny (CI). Najmniejszą amplitudę temperatury wody odnotowano dla źródeł Troniny (TR), Kochlew (KO) i Piękne (PI).

Odczyn wody (Ryc. 19b). W badanych obiektach krenologicznych mediana odczynu wody znajdowała się w przedziale od 6,6 do 7,7, co wskazuje na zróżnicowanie warunków pod względem odczynu wody, od lekko kwasowego, przez warunki obojętne aż do zasadowych. Najniższa wartość pH (6,3) została odnotowana w źródle Bukowa Góra (BG), a najwyższa w źródle Ciosny (CI) (8,44).

Tabela 7. Zakres wartości parametrów fizycznych i chemicznych wody w badanych obiektach krenologicznych, na podstawie pomiarów w latach 1998-2018

Parametr/Źródło	PD	POA	POB	BG	TR	KO	WO	WA	PU	PI	GL	CI	LA
Temperatura wody [°C]	7,6-12,2	6,9-11,9	7-13,1	8,4-10,6	9,5-10,7	10,2-11,5	5,6-12	8,6-10,9	7,2-9,9	8,5-9,6	8,6-10,1	5,5-11	6,3-10,1
Odczyn wody	6,4-8	6,5-7,5	6,4-7,5	6,3-7	7-7,8	6,2-8,2	7,2-8	7,2-7,7	6,6-7,5	6,9-8	7,2-8,1	6,7-8,5	7,4-8
Przewodnictwo elektrolityczne [$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$]	178-263	67-143	131-214	207-329	286-333	197-244	150-577	250-480	140-437	156-303	246-342	126-306	317-470
Tlen rozpuszczony [mg/dm^3]	4,4-7,18	3,1-11,2	3,9-7,98	3,08-4	4,45-6,3	0,54-9,3	2,13-5,18	2,49-4,47	2,9-6,59	4,32-6,62	0,75-5,1	1,91-6,79	4,21-7,96
NO_3 [mg/dm^3]	2,49-9,5	0,38-1,2		2,85-5,38	1,6-8,8	0,13-1,04	3,95-13,1	2,87-4,87	1,48-12,8	1,2-37,47	1,2-30,9	3,17-29	2,81-31,6
PO_4 [mg/dm^3]	0,03-4,37	0,04-0,5		0,04-6,5	0,08-6,1	0,06-0,31	0,07-1,03	0,07-5,2	0,24-5,8	0,13-5	0,13-5	0,1-5,6	0,06-3,75
NH_4 [mg/dm^3]	0,02-0,2	0-0,66		0,1-0,198	0,01-0,24	0,02-0,56	0-0,18	0-0,29	0-0,65	0-0,26	0-0,34	0-0,3	0-0,27



Ryc. 19. Zakres, kwartył 25 - 75 i mediana wartości parametrów fizycznych i chemicznych wody w badanych źródłach: **a** - temperatura wody, **b** - odczyn wody, **c** - przewodnictwo elektrolityczne wody, **d** - tlen rozpuszczony, **e** - jony azotanowe, **f** - jony ortofosforanowe, **g** - jony amonowe.

Przewodnictwo elektrolityczne (EC) (Ryc. 19c). Mediana wartości przewodnictwa elektrolitycznego w badanych źródłach znajdowała się w przedziale 115 - 433 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Najwyższa wartość została odnotowana w źródle Łagiewniki (LA), wysoki odczyt EC może być związany z zanieczyszczeniami na tle antropogenicznym w obrębie miasta Łodzi. Najniższą wartość EC odnotowano

w źródle Podwierzchowiec - wypływ (POA), która może być powiązana z wysokim stopniem izolacji niszy źródłiskowej od bezpośredniego i pośredniego wpływu wynikającego z działalności człowieka (nisza śródleśna).

Tlen rozpuszczony (Ryc. 19d). Największą wartość mediany tlenu rozpuszczonego w wodzie odnotowano w źródle Podwierzchowiec - wypływ (POA) - 6,48 mg/dm³, najmniejszą zaś (2,18 mg/dm³) w źródle Głowa (GL). Najmniejsze wahania poziomu tlenu rozpuszczonego w wodzie odnotowano w źródle Bukowa Góra (BG), największą amplitudę stężenia tlenu rozpuszczonego w wodzie odnotowano w źródle Kochlew (KO) i w Podwierzchowiec, w wypływie (POA).

Azotany (NO₃⁻) (Ryc. 19e). Stężenie jonów azotanowych w badanych źródłach znajdowało się w przedziale od 0,47 do 20,46 (mg/ dm³). Najniższe stężenie zostało odnotowane w źródle Kochlew (KO), największa zaś w źródle Piękne (PI) i jednocześnie źródło to charakteryzują się największą odnotowaną amplitudą stężenia jonów azotanowych.

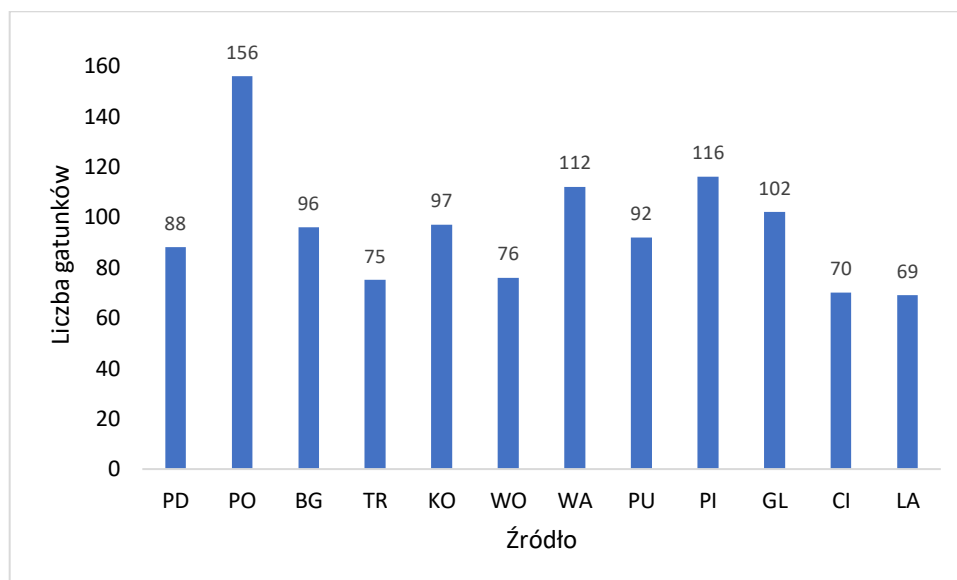
Ortofosforany (PO₄³⁻) (Ryc. 19f). Zakresy stężeń jonów fosforanowych charakteryzowały się stosunkowo dużymi wahaniami w większości badanych obiektów krenologicznych, z wyjątkiem źródeł Podwierzchowiec - wypływ (POA), Podwierzchowiec - środek (POB) i Kochlew (KO). Najniższe stężenie odnotowano w źródle Kochlew (KO) (0,13 mg/dm³), największe zaś w źródle Bukowa Góra (BG) - 2,19 mg/dm³.

Jon amonowy (NH₄⁺) (Ryc. 19g). Największe stężenia jonów amonowych odnotowano w źródłach Podwierzchowiec - wypływ (POA), Podwierzchowiec - środek (POB), Kochlew (KO) i Pustułka (PU). Jednocześnie, stężenie jonu amonowego w tych źródłach ulegało dużym wahaniami. Największe stężenie jonów amonowych (0,66 mg/dm³) odnotowano w źródle Podwierzchowiec część środkowa (POB), najmniejsze zaś w źródłach Wolbórka (WO) i Wardzyń (WA).

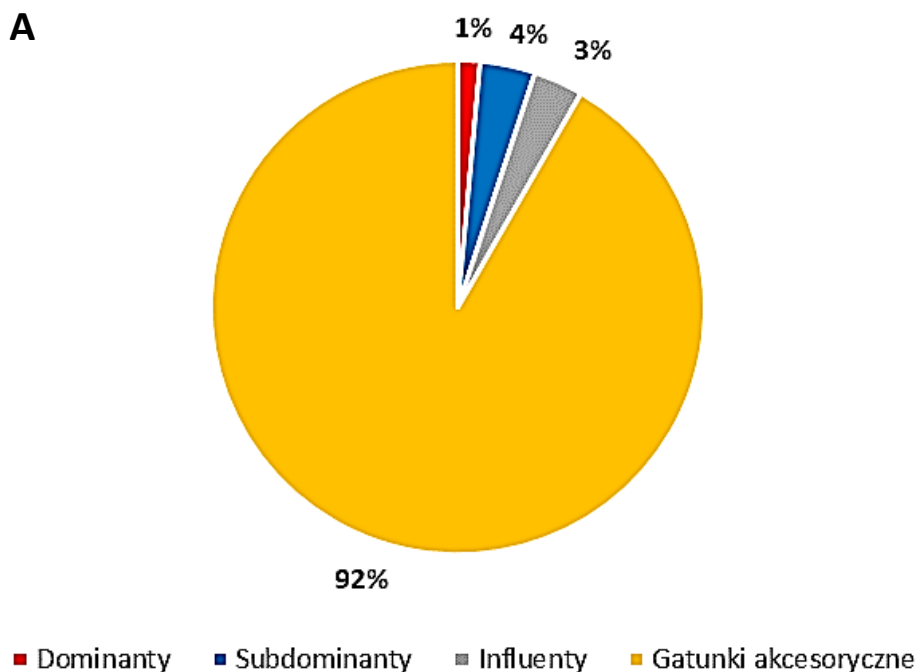
5.2. Ocena różnorodności gatunkowej i autekologia okrzemek

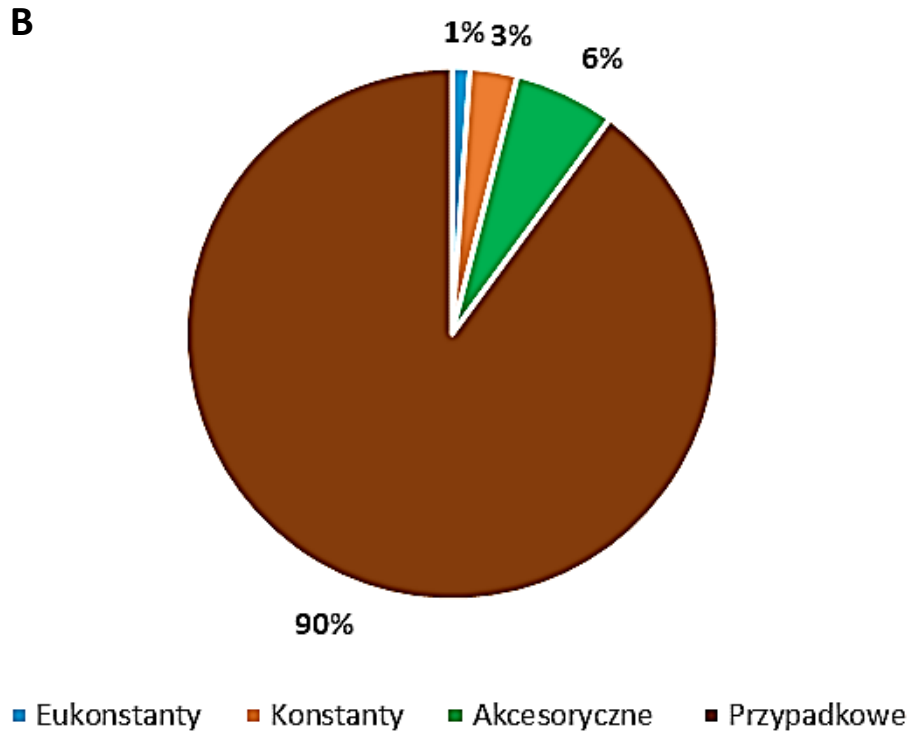
Analiza taksonomiczna zbiorowisk okrzemek w wybranych źródłach została przeprowadzona na podstawie 246 prób, z 12 obiektów krenologicznych obejmujących 14 miejsc poboru prób (Tabela 3) z lat 1998 - 2018. Oznaczono łącznie 278 taksonów okrzemek. Najwięcej taksonów okrzemek zidentyfikowano w źródle

Podwierzchowiec (156) i Piękne (116), najmniej zaś w źródle Łagiewniki (69) oraz Ciosny (70) (Ryc. 20). Zidentyfikowane taksony okrzemek z badanych źródeł wraz z liczbą okryw zostały zestawione w tabeli - Aneks 1. Gatunki okrzemek, w tym charakterystyczne dla badanych źródeł oraz rzadko w nich notowane, zostały udokumentowane w postaci 212 zdjęć (Pl. I – VIII).

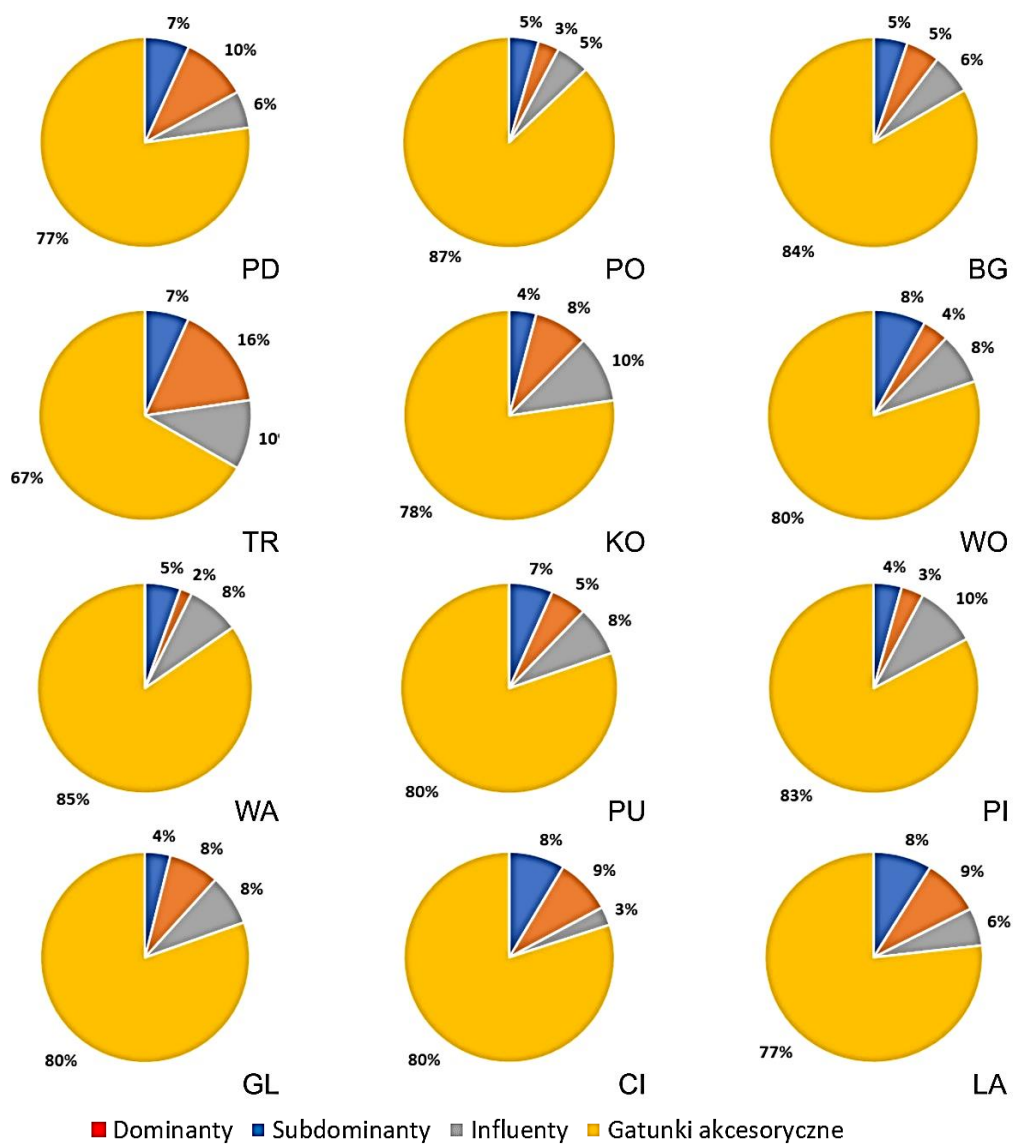


Ryc. 20. Liczba zidentyfikowanych taksonów okrzemek w poszczególnych źródłach.

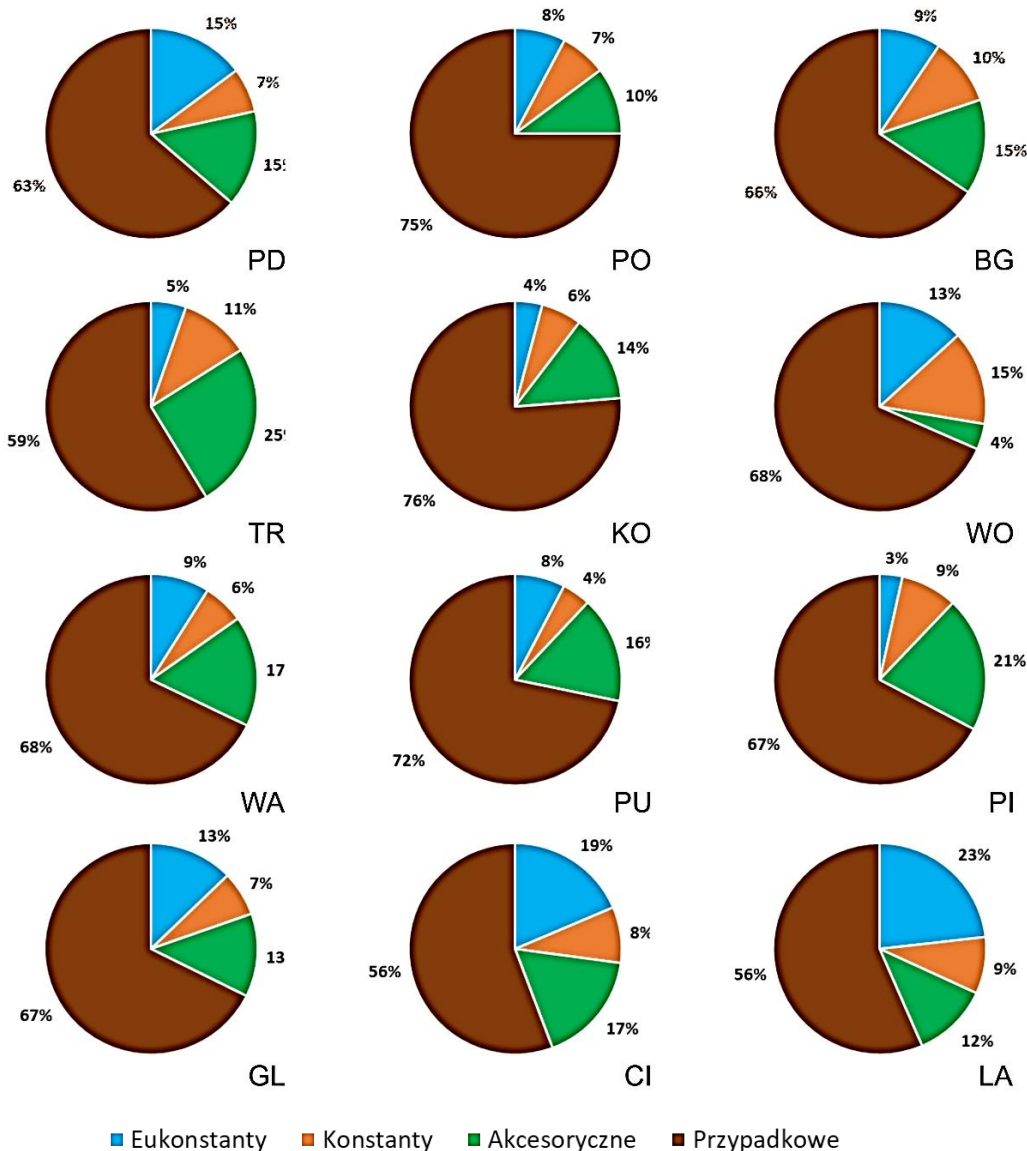




Ryc. 21. **A** - udział gatunków dominujących, subdominujących, influentów i gatunków akcesorycznych we wszystkich próbach; **B** - udział gatunków absolutnie stałych, stałych, akcesorycznych i przypadkowych we wszystkich próbach.



Ryc. 22. Udział gatunków dominujących, subdominujących, influentów i gatunków akcesorycznych w badanych źródłach.



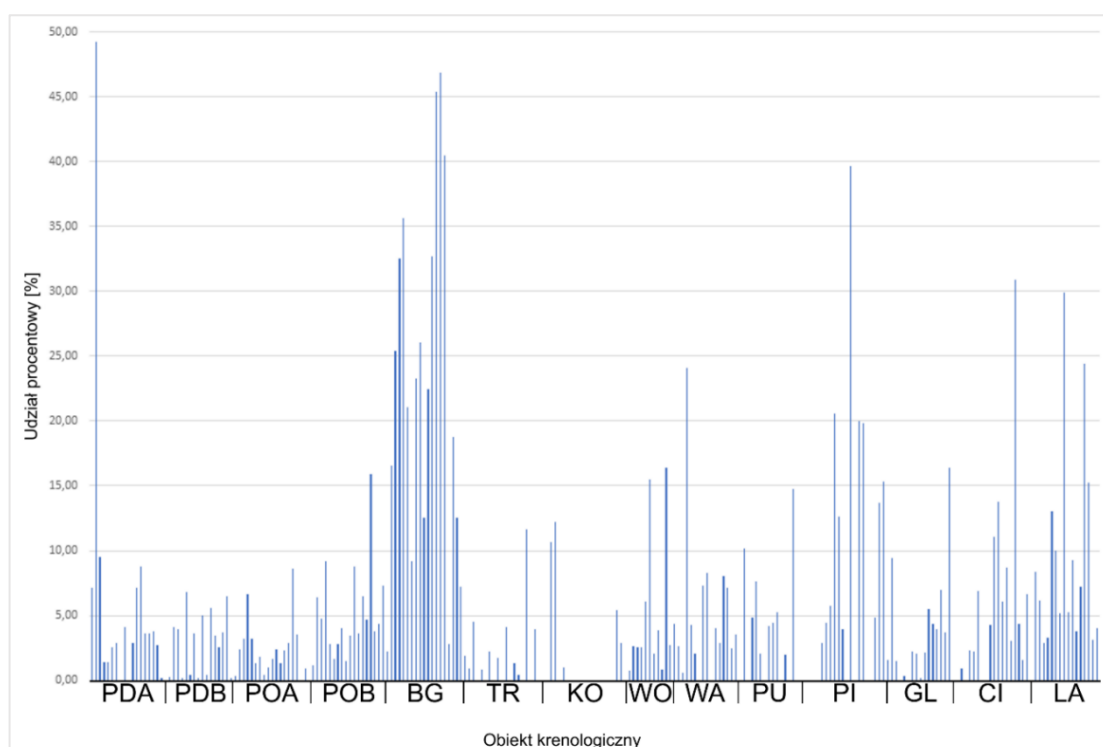
Ryc. 23. Udział gatunków ze względu na klasy stałości w badanych źródłach.

W badanych źródłach główną grupę stanowiły gatunki akcesoryczne (92%), najmniej liczną grupę stanowiły natomiast dominanty (1%) (Ryc. 21a). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek we wszystkich próbach, stwierdzono, że najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (90%), zaś najmniej liczną grupę stanowiły eukonstanty (1%) (Ryc. 21b). Szczegółową analizę udziału gatunków dominujących, subdominujących, influentów i gatunków akcesorycznych (Ryc. 22) oraz analizy kategoryzacji gatunków ze względu na klasy stałości (Ryc. 23) w poszczególnych obiektach krenologicznych, przedstawiono w dalszych podrozdziałach pracy.

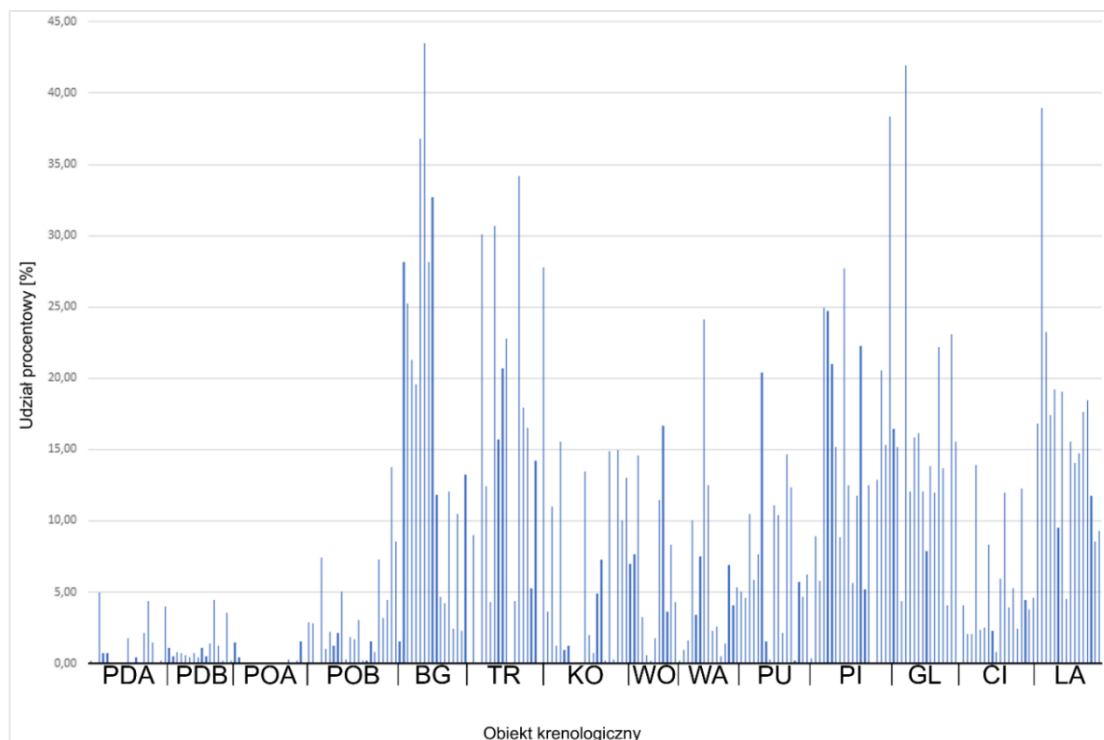
Gatunkami absolutnie stałymi we wszystkich badanych źródłach były: *Achnantheidium minutissimum*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, natomiast gatunkami stałymi były: *Amphora copulata*, *A. pediculus*, *Cocconeis lineata*, *C. pseudolineata*, *Karayevia clevei*, *Navicula striolata*, *Nitzschia linearis* i *Platessa conspicua*.

Do gatunków dominujących we wszystkich próbach zostały zaliczone: *Achnantheidium minutissimum*, *Cocconeis pseudothumensis*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Do gatunków subdominujących we wszystkich próbach zostały zaliczone: *Amphora pediculus*, *C. lineata*, *C. pseudolineata*, *Navicula striolata*, *Nitzschia linearis*, *Planothidium lanceolatum*, *Platessa conspicua* i *Staurosirella pinnata*.

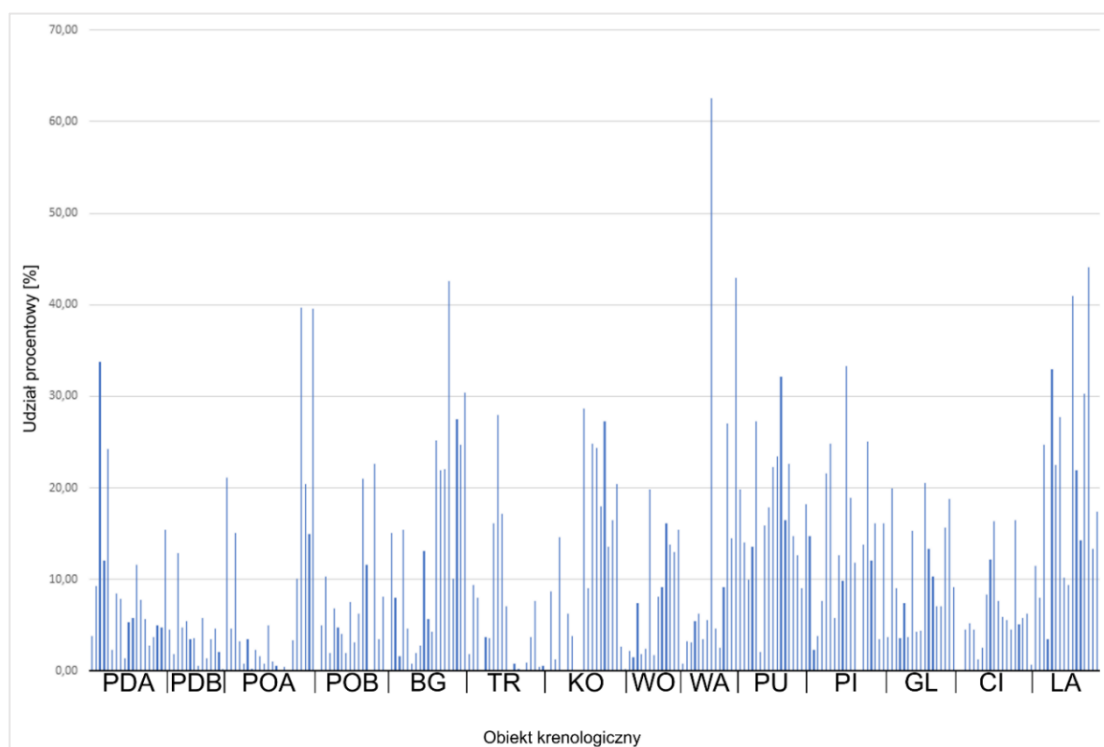
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi we wszystkich próbach były: *Achnantheidium minutissimum* (Ryc. 24), *Planothidium dubium* (Ryc. 25), *P. frequentissimum* (Ryc. 26).



Ryc. 24. Procentowy udział *Achnantheidium minutissimum* we wszystkich badanych próbach (246 prób).



Ryc. 25. Procentowy udział *Planothidium dubium* w wszystkich badanych próbach (246 prób).

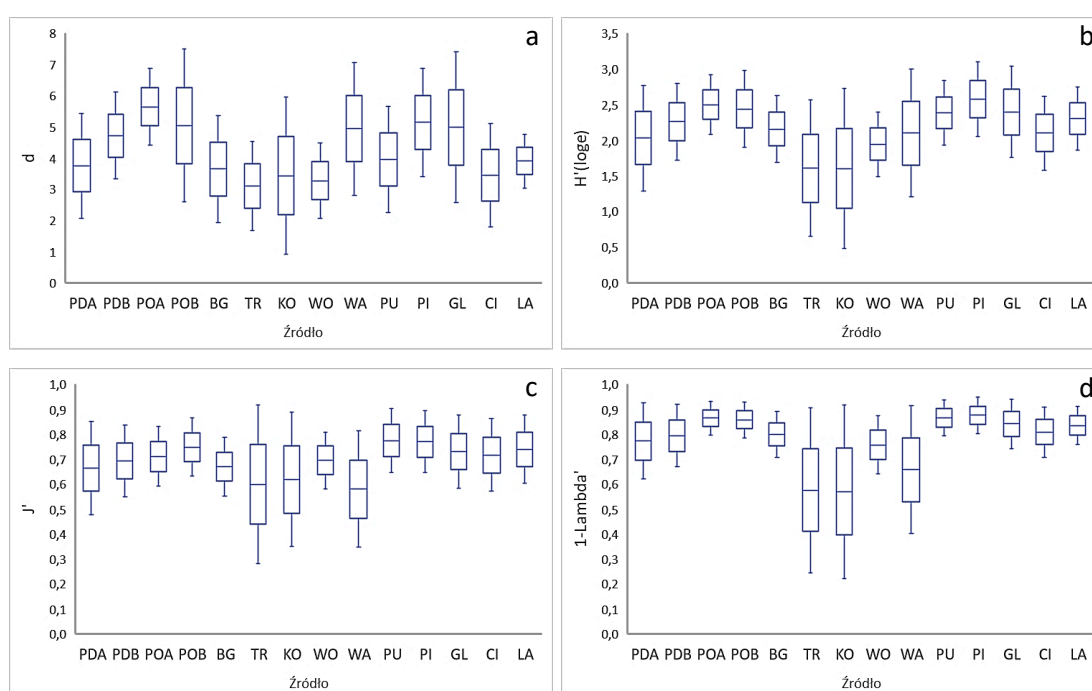


Ryc. 26. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum*, we wszystkich badanych próbach (246 prób).

Achnanthydium minutissimum został zidentyfikowany w 192 próbach z 246 prób. Wysoki udział procentowy - 46,88%, został odnotowany w próbie ze źródła Bukowa Góra (BG) 13.07.2016 (Ryc. 24).

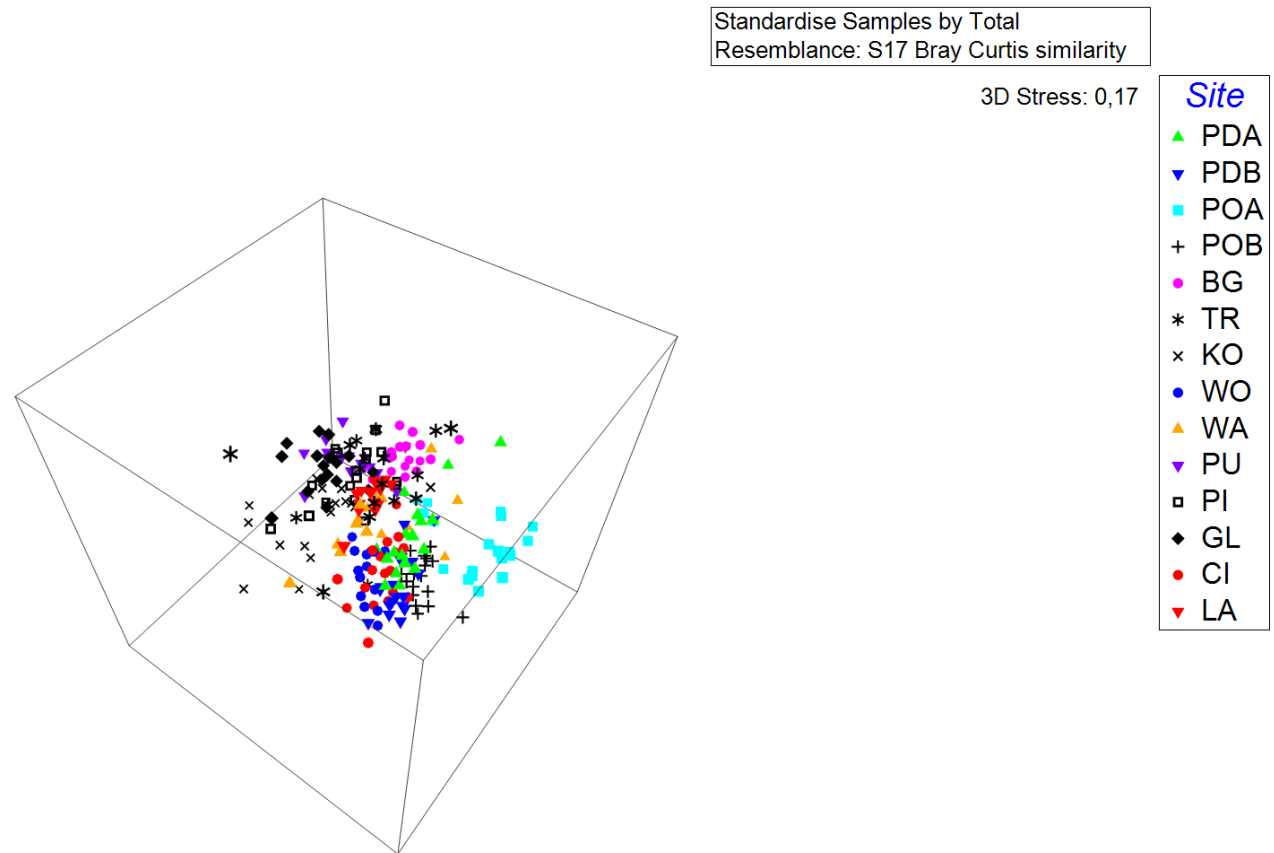
Planothidium dubium został zidentyfikowany w 215 próbach z 246 prób. Wysoki udział procentowy - 43,48%, został odnotowany w próbie ze źródła Bukowa Góra z 17.10.2000 (Ryc. 25).

Planothidium frequentissimum został zidentyfikowany w 231 próbach z 246 prób. Wysoki udział procentowy - 62,48%, został odnotowany w próbie ze źródła Wardzyń z 15.04.2016 (Ryc. 26).



Ryc. 27. Zakres, kwartył 25 – 75 i mediana wskaźnika Margalefa - bogactwo gatunkowe (a), wskaźnika Shannona - różnorodność biologiczna (b), indeksu Pielou - równomierność zbiorowisk okrzemek (c) oraz współczynnika Simpsona - różnorodność gatunkowa (d).

Analiza zakresów zmienności bogactwa gatunkowego, wskaźników różnorodności oraz równomierności zbiorowisk okrzemek w badanych obiektach krenologicznych podkreśliła ich wysoki stopień zróżnicowania. Jednocześnie niskie wartości wskaźnika Shannona i współczynnika Simpsona wskazują na dominację niewielkiej grupy gatunków okrzemek, co szczególnie zaobserwowano w źródłach Kochlew (KO), Troniny (TR) oraz w źródle Wardzyń (WA) (Ryc. 27).



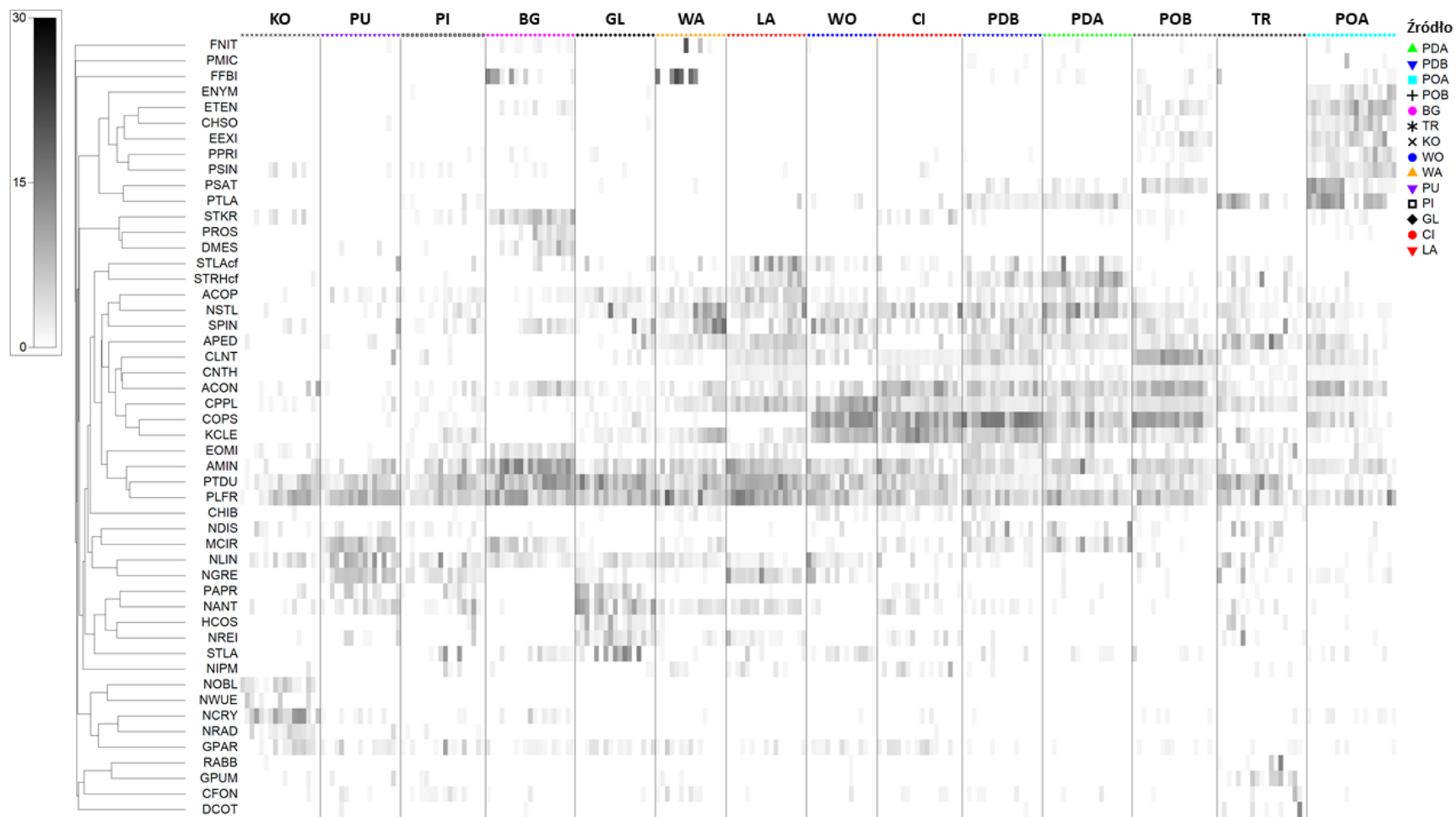
Ryc. 28. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla wszystkich badanych obiektów krenologicznych na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS) (**PDA** - Podwódka wypływ, **PDB** - Podwódka część środkowa, **POA** - Podwierzchowiec wypływ, **POB** - Podwierzchowiec część środkowa, **BG** - Bukowa Góra, **TR** - Troniny, **KO** - Kochlew, **WO** - Wolbórka, **WA** - Wardzyń, **PU** - Pustułka, **PI** - Pięknę, **GL** - Głowa, **CI** - Ciosny, **LA** - Łagiewniki).

Przeprowadzona analiza skalowania wielowymiarowego (MDS-3D) ukazała zróżnicowanie pomiędzy 14 miejscami poboru prób. Najbardziej podobnymi do siebie są źródła Ciosny (CI), Wolbórka (WO), Podwódka wypływ i Podwódka część środkowa (PDA, PDB) oraz Podwierzchowiec część środkowa (POB). Podobnym zróżnicowaniem jakościowym i ilościowym zbiorowisk okrzemek charakteryzują się źródła Bukowa Góra (BG), Piękne (PI), Pustułka (PU), Łagiewniki (LA) i Głowa (GL). Podobieństwo względem innych miejsc poboru prób zauważalne jest również w źródle Wardzyń (WA). Najmniej podobnymi miejscami poboru prób względem pozostałych są: Podwierzchowiec wypływ (POA), Kochlew (KO) i Troniny (TR) (Ryc. 28).

W celu wytypowania gatunków charakterystycznych dla zbiorowisk okrzemek w badanych obiektach krenologicznych zastosowano transformację danych typu „Shade plot” (Ryc. 29) na podstawie podobieństwa Bray-Curtis’a oraz analizę SIMPER (Aneks 2 i Aneks 3), której wyniki omówiono w dalszych podrozdziałach.

Na podstawie analizy transformacji danych typu „Shade plot” można zaobserwować istotną rolę *Fragilarioforma bicapitata* (FFBI) i *Fragilarioforma nitzschoides* (FNIT) w wyróżnieniu zbiorowiska okrzemek w źródle Wardzyń, spośród pozostałych źródeł. Źródło Podwierzchowiec – wypływ (POA), na tle badanych obiektów krenologicznych charakteryzują największym stopniu gatunki okrzemek *Planothidium lanceolatum* (PTLA), *Psammothidium subatomoides* (PSAT), *Eunotia tenella* (ETEN) i *Eunotia exigua* (EEXI). W źródłach Podwierzchowiec – środek niszy (PDB), Wolbórka (WO) i Ciosny (CI) na odrębność zbiorowisk okrzemek wpływ ma obecność *Cocconeis pseudothumensis* (COPS), *Karayevia clevei* (KCLE) i *Cocconeis pseudolineata* (CPPL). W źródle Kochlew (KO) wyraźnie zaznacza się obecność gatunków okrzemek *Navicula cryptocephala* (NCRY), *Navicula oblonga* (NOBL) i *Navicula radiosa* (NRAD). W źródłach Wardzyń (WA), Podwódka, w obu miejscach poboru prób (PDA, PDB), Łagiewniki (LA) i Ciosny (CI) obecność *Navicula striolata* (NSTL), ma wpływ na stopień podobieństwa między próbami. Na odrębności zbiorowisk okrzemek w źródle Troniny (TR) w największym stopniu wpływa obecność *Gomphonema pumilum* (GPUM), *Rhoicosphenia abbreviata* (RABB), *Caloneis fontinalis* (CFON) i *Humidophila contenta* (DCOT), natomiast w źródle Pustułka (PU) można zaobserwować istotny wpływ grupy gatunków: *Meridion circulare* (MCIR), *Nitzschia linearis* (NLIN), *Navicula gregaria* (NGRE) i *Parlibellus protractoides* (PAPR).

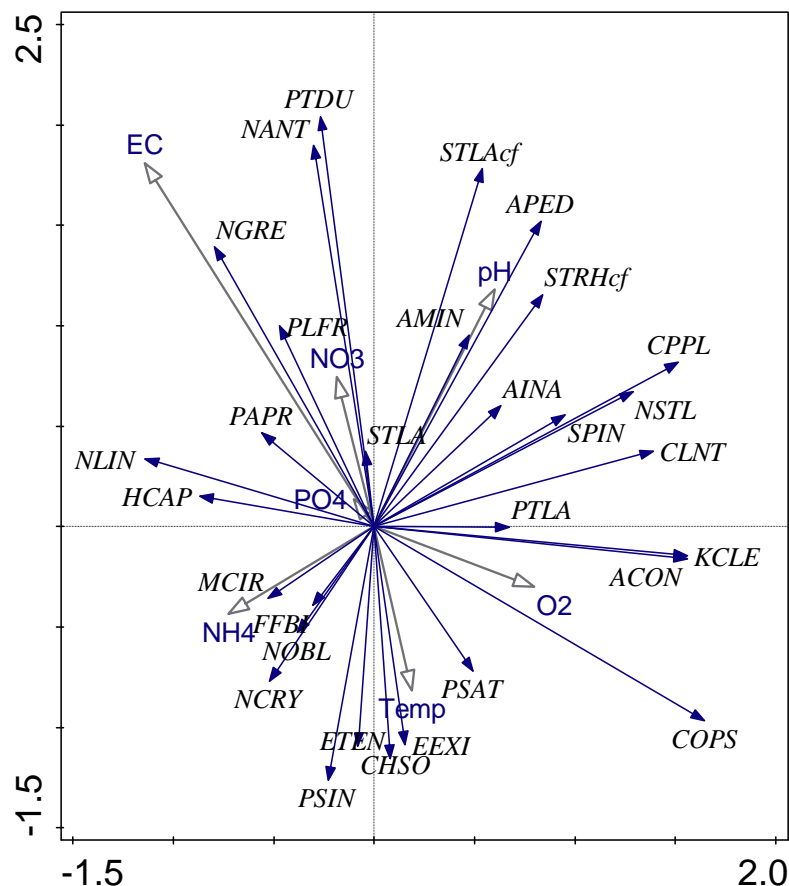
Wyższe podobieństwo źródeł LA, WO, CI, PDB, POB, POA i TR charakteryzowane jest przez obecność *Amphora copulata* (ACOP), *Navicula striolata* (NSTL), *Cocconeis lineata* (CLNT), *Staurosirella pinnata* (SPIN), *Karayevia clevei* (KCLE) i *Sellaphora nigri* (EOMI). Natomiast obecność *Achnanthydium minutissimum* (AMIN), *Planothydium dubium* (PTDU) i *Planothydium frequentissimum* (PLFR) nie wpływa na zróżnicowanie badanych obiektów krenologicznych (Ryc. 29).



Ryc. 29. Transformacja danych liczbowych typu „Shade plot” dla 50 gatunków mających największy wpływ na podobieństwo i niepodobieństwo zbiorowisk okrzemek badanych źródeł.

Do zbadania zależności pomiędzy wartościami parametrów fizycznych i chemicznych (temperatura wody - Temp, odczyn wody - pH, przewodnictwo elektrolityczne wody - EC, tlen rozpuszczony - O₂, stężenie jonów azotanowych - NO₃, fosforanowych - PO₃, amonowych - NH₄), a strukturą jakościową i ilościową zbiorowisk okrzemek, wykonano analizę głównych składowych - PCA. Analizę przeprowadzono z uwzględnieniem wcześniej wytypowanych gatunków charakterystycznych. Gradient odchylenia standardowego zmiennych zależnych wyniósł 2,7, natomiast czwarta oś ordynacji wyjaśniła 52,09% zmienności (Ryc. 30).

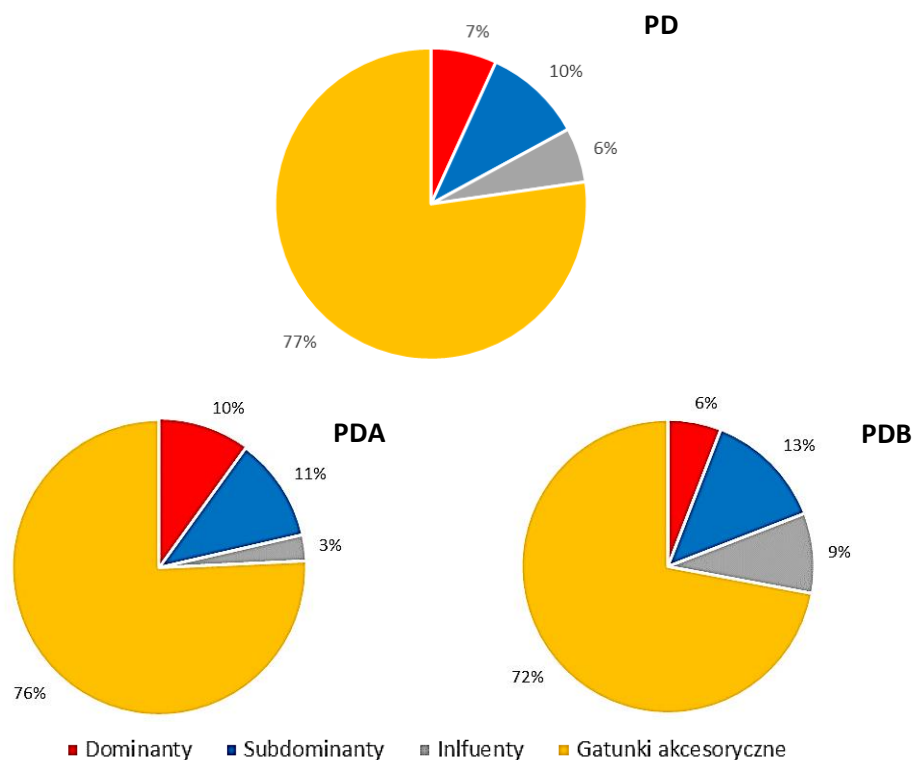
Na podstawie przeprowadzonej analizy PCA stwierdzono, że największy wpływ na kształtowanie się zbiorowisk okrzemek miało przewodnictwo elektrolityczne wody (EC). Dodatnią zależność występowania w warunkach podwyższonego przewodnictwa elektrolitycznego wykazały: *Planothidium dubium* (PTDU), *Navicula antonii* (NANT) oraz *N. gregaria* (NGRE); natomiast ujemną zależność występowania wykazały: *Cocconeis pseudothumensis* (COPS), *Eunotia exigua* (EEXI) i *Psammothidium subatomoides* (PSAT). Wraz ze wzrostem odczynu wody zaobserwowano w zbiorowiskach zwiększony udział *Staurosirella* cf. *lapponica* (STLAcf), *Amphora pediculus* (APED), *Staurosirella* cf. *rhomboides* (STRHcf) oraz *Achnanthydium minutissimum* (AMIN), z kolei ujemna zależność występowania gatunków w odniesieniu do odczynu wody, została zaobserwowana w przypadku: *Navicula cryptotenella* (NCRY), *N. oblonga* (NOBL) i *Fragilarioforma bicapitata* (FFBI). Z temperaturą wody (TEMP) oraz stężeniem tlenu rozpuszczonego w wodzie (O₂) korelowały dodatnio *Pinnularia sinistra* (PSIN), *Chamaepinnularia soehrensii* (CHSO), *Eunotia tenella* (ETEN), *Eunotia exigua* (EEXI), *Psammothidium subatomoides* (PSAT), *Karayevia clevei* (KCLE), *Platessa conspicua* (ACON) oraz *Cocconeis pseudothumensis* (COPS). Natomiast parametrami, które wykazywały słabe oddziaływanie różnicujące obecność w zbiorowiskach gatunków charakterystycznych okrzemek były: stężenie jonów amonowych i fosforanowych (Ryc. 30).



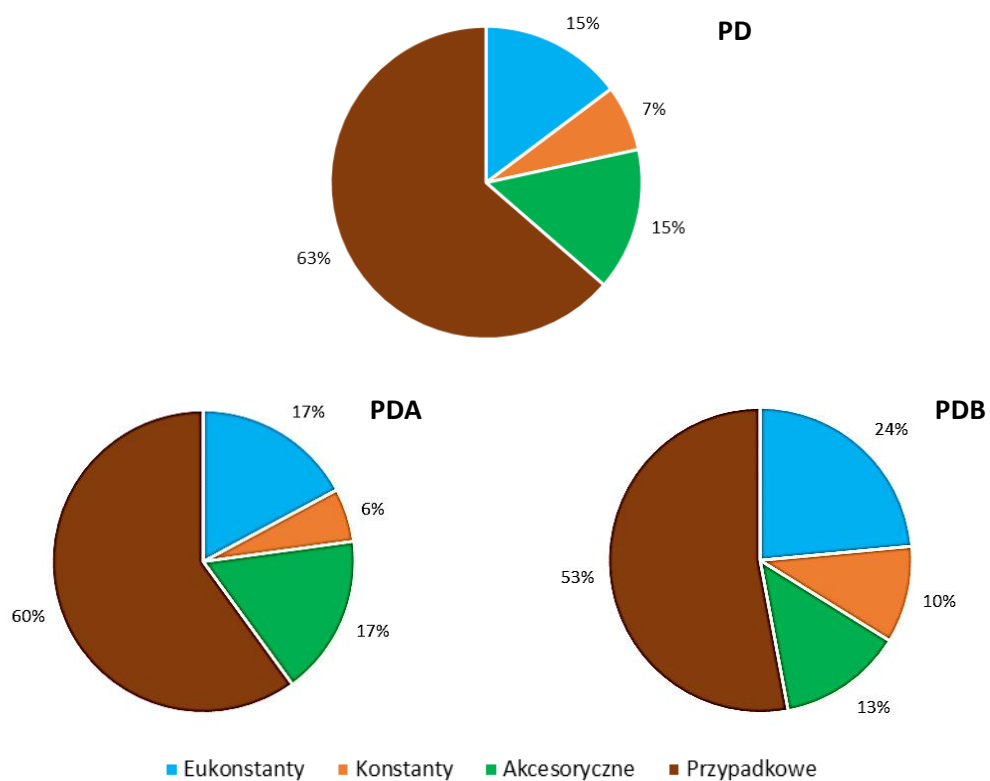
Ryc. 30. Diagram ordynacji bezpośredniej, metodą PCA, prezentujący wpływ parametrów fizycznych i chemicznych na występowanie gatunków charakterystycznych okrzemek w badanych źródłach.

5.2.1. Podwódka (PD)

Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Podwódka (PD) została przeprowadzona na podstawie 36 prób (Tabela 3 i Aneks 1), uwzględniając przy tym rozdział na próby pobrane z wypływu (PDA - 19 prób) oraz z części środkowej (PDB - 17 prób). W całym obiekcie krenologicznym oznaczono łącznie 88 taksonów okrzemek, w tym w wypływie (PDA) - 71, a w części środkowej niszy (PDB) - 69. Zidentyfikowane taksony okrzemek należą do 33 rodzajów (PDA - 30, PDB - 28) (Aneks 1).



Ryc. 31. Udział gatunków dominujących, subdominujących, influentów i akcesorycznych w źródle Podwódka (PD), z podziałem na wypływ (PDA) i część środkową (PDB).



Ryc. 32. Udział gatunków ze względu na klasy stałości w źródle Podwódka (PD), z podziałem na wypływ (PDA) i część środkową (PDB).

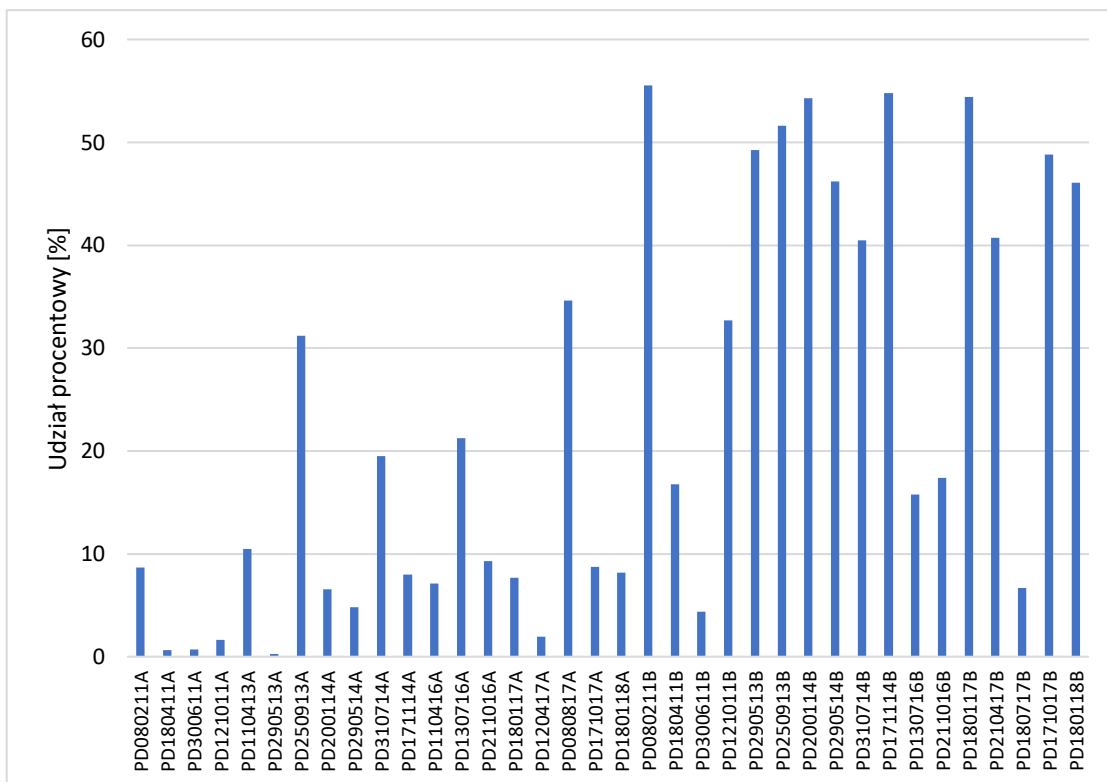
Główną grupę w źródle Podwódka (PD) stanowiły gatunki akcesoryczne - 77% (Ryc. 31 PDA), przy czym w wypływie (PDA) stanowiły one 76% (Ryc. 32 PDA) a w części środkowej niszy (PDB) 72% (Ryc. 31 PDB). Gatunki dominujące i subdominujące stanowiły 17%, natomiast wystąpiły różnice w ich liczebności pomiędzy wypływem (PDA) – 10%, a częścią środkową niszy (PDB) – 6% (Ryc. 31).

Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Podwódka (PD), można zaobserwować, że główną grupę stanowiły gatunki przypadkowe - 63% (Ryc. 32 PD), przy czym w wypływie (PDA) stanowiły one 60% (Ryc. 32PDA), a w części środkowej niszy (PDB) - 53% (Ryc. 32 PDB). Gatunki absolutnie stałe i stałe stanowiły 22%, podobnie jak w przypadku gatunków dominujących i subdominujących wystąpiły różnice w ich liczebności w wypływie i w części środkowej niszy (Ryc. 32 PDA, PDB).

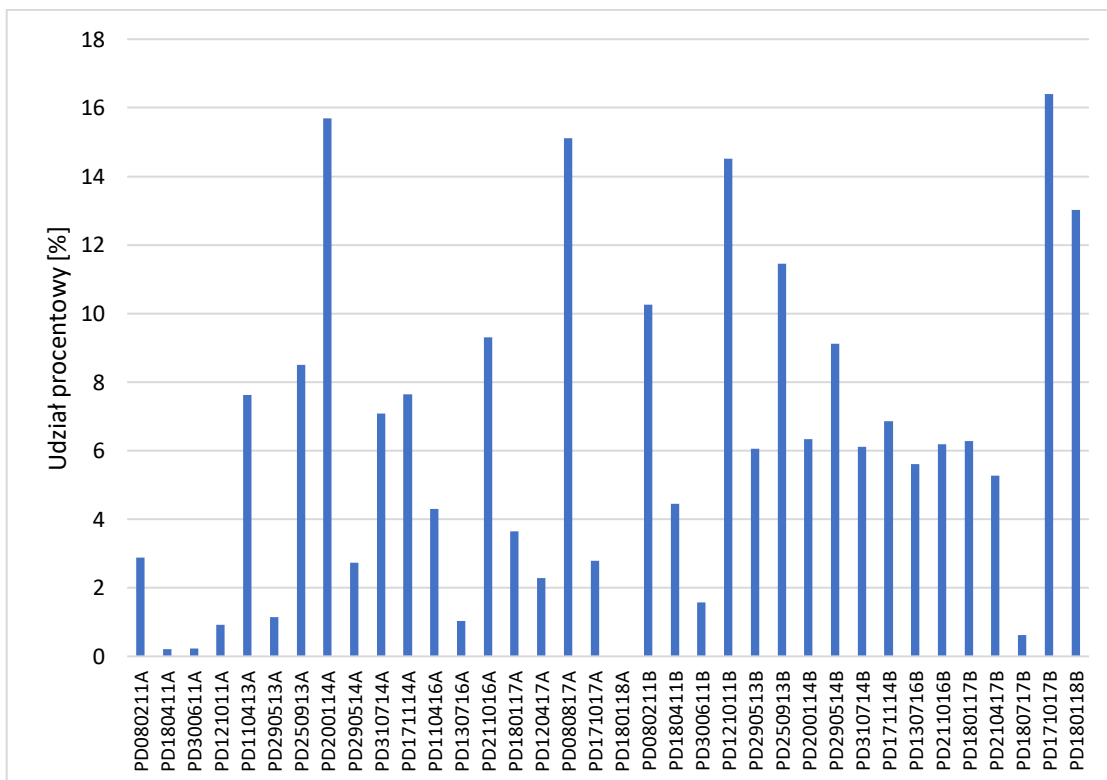
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Achnantheidium minutissimum*, *Amphora pediculus*, *Cocconeis neothumensis*, *C. pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Meridion circulare*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, *P. lanceolatum*, *Platessa conspicua* i *Staurosirella* cf. *rhomboides*. Gatunkami stałymi były: *Amphora copulata*, *Cocconeis lineata*, *C. neodiminuta*, *Sellaphora nigri*, *Navicula atomoides*, *Staurosirella* cf. *lapponica* i *S. pinnata*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Podwódka zaliczono: *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei*, *Navicula striolata*, *Planothidium frequentissimum*, *Platessa conspicua* i *Staurosirella* cf. *rhomboides*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Amphora pediculus*, *Cocconeis lineata*, *Cocconeis pseudolineata*, *Meridion circulare*, *Nitzschia dissipata* var. *dissipata*, *Planothidium lanceolatum* i *Staurosirella* cf. *lapponica*.

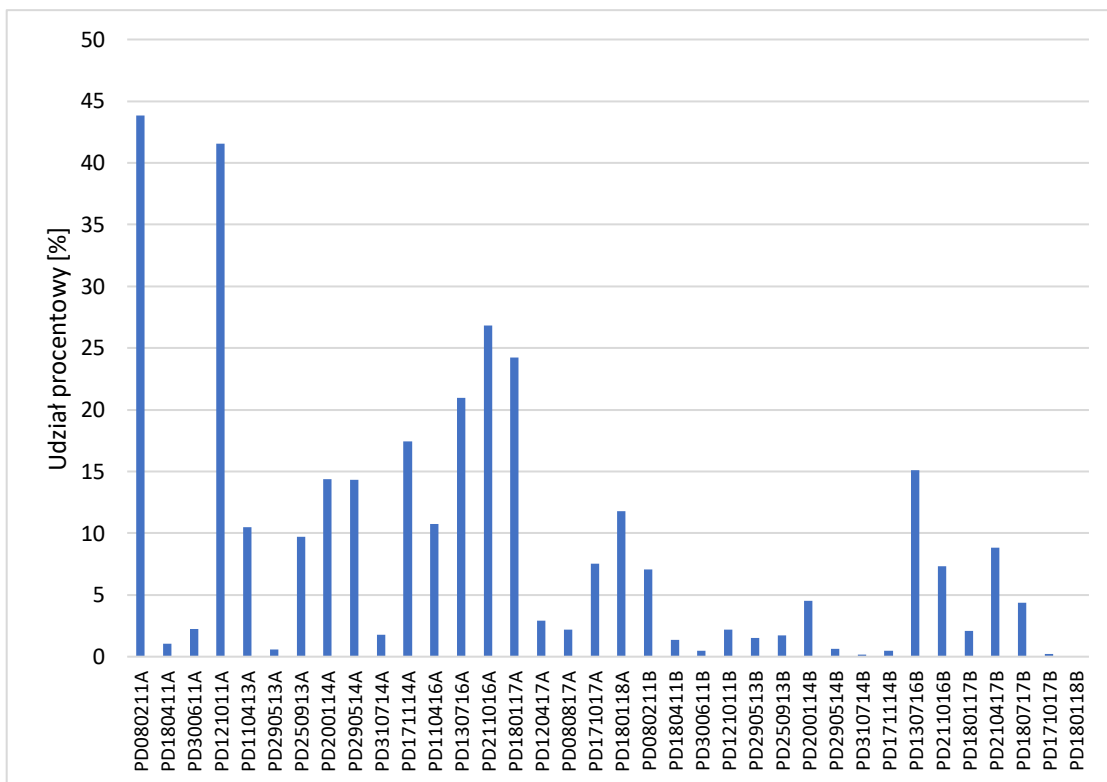
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Podwódka były: *Cocconeis pseudothumensis* (Ryc. 33), *Karayevia clevei* (Ryc. 34), *Navicula striolata* (Ryc. 35), *Planothidium frequentissimum* (Ryc. 36), *Platessa conspicua* (Ryc. 37) i *Staurosirella* cf. *rhomboides* (Ryc. 38).



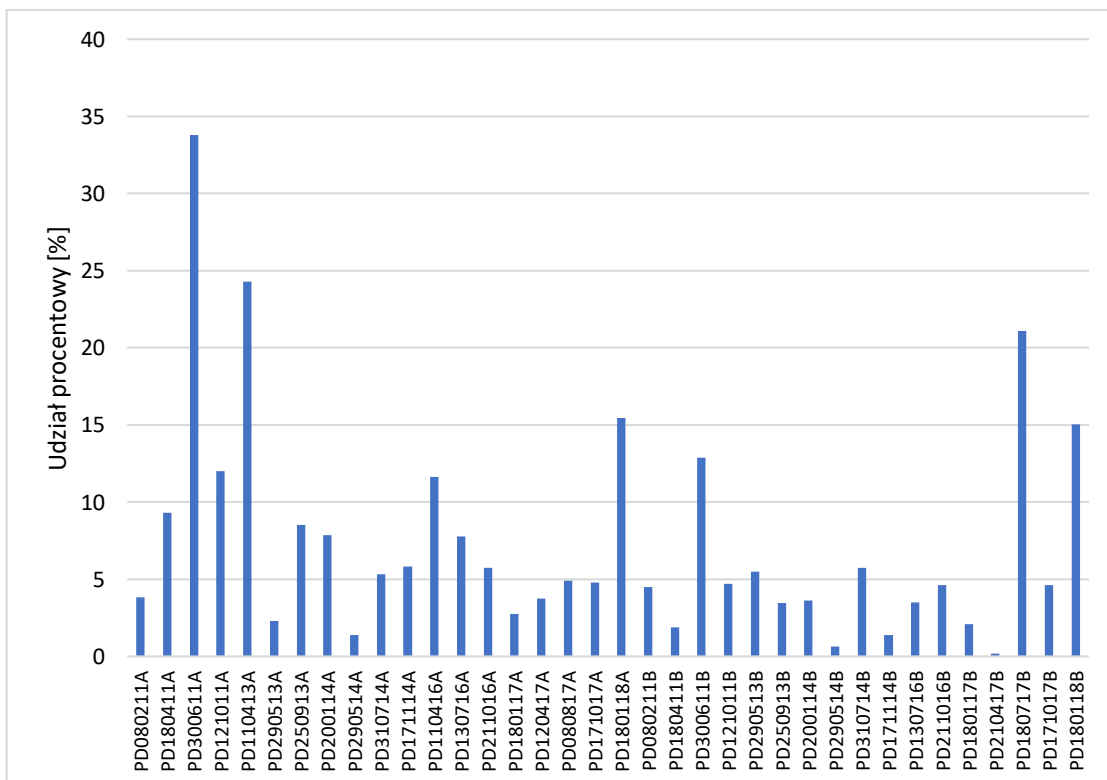
Ryc. 33. Procentowy udział *Cocconeis pseudothumensis* w próbach ze źródła Podwódka.



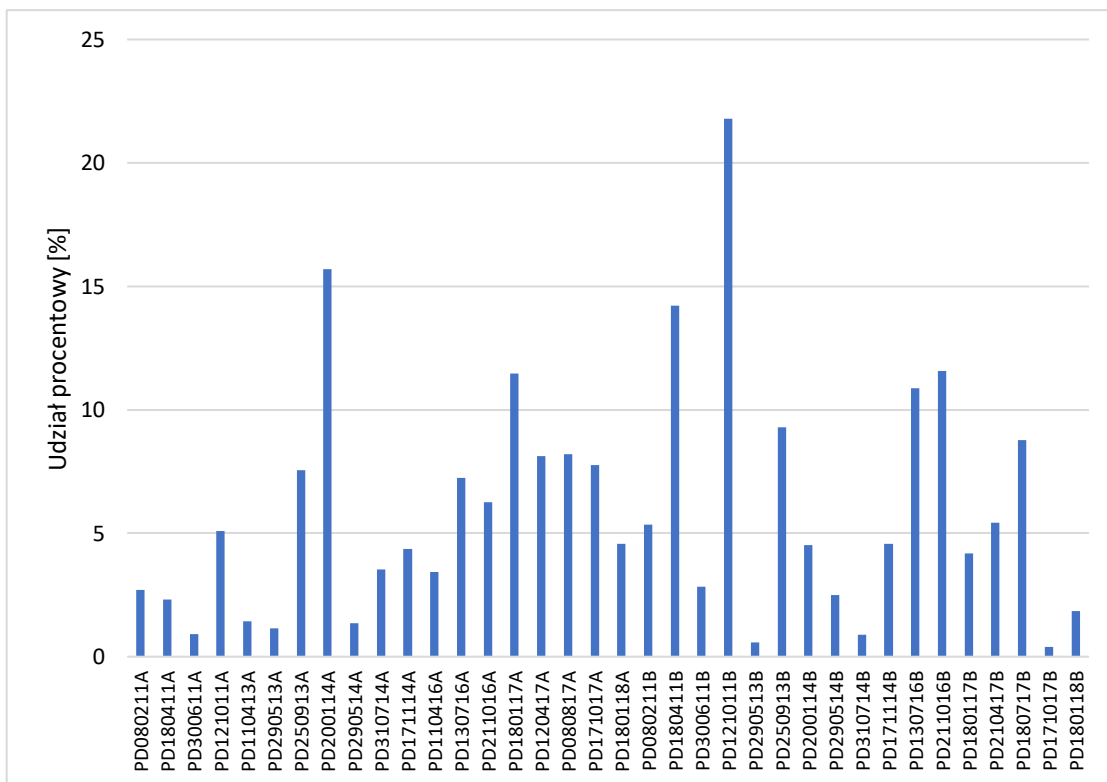
Ryc. 34. Procentowy udział *Karayevia clevei* w próbach ze źródła Podwódka.



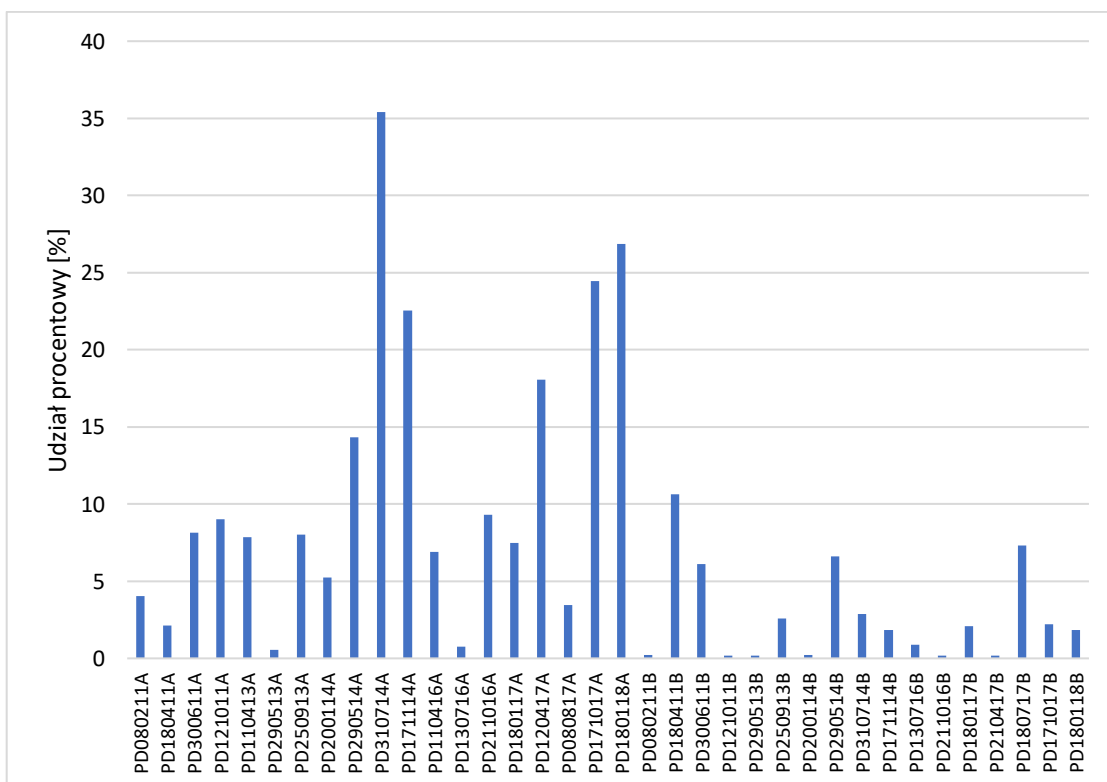
Ryc. 35. Udział procentowy *Navicula striolata* w próbach ze źródła Podwódka.



Ryc. 36. Udział procentowy *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Podwódka.



Ryc. 37. Udział procentowy *Platessa conspicua* w próbach ze źródła Podwódka.



Ryc. 38. Udział procentowy *Staurosirella cf. rhomboides* w próbach ze źródła Podwódka.

Cocconeis pseudothumensis został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Podwódka (PD). Wysoki jego udział procentowy (od 40,47 do 55,56%) został

odnotowany w 11 próbach części środkowej (PDB). W wypływie (PDA) wysoki udział procentowy (od 21,24 do 34,61%) stwierdzono w 3 próbach. Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach w wypływie (PDA) w 2011 roku i raz w 2013 roku (Ryc. 33).

Karayevia clevei nie został zidentyfikowany tylko w jednej próbie w wypływie (PDA) z 18.01.2018. Wysoki udział procentowy tego gatunku odnotowano w 3 próbach (od 15,12 do 16,40 %), w 2 próbach z wypływu (PDA) z 20.01.2014, 08.07.2017, oraz w jednej z części środkowej (PDB) z 17.10.2017. Nielicznie był on reprezentowany w 4 próbach (od 0,21 do 0,92%), z czego w 3 próbach w wypływie (PDA) z 18.04.2011, 30.06.2011 i 21.10.2011 oraz w 1 próbie w części środkowej (PDB) z 18.07.2017 (Ryc. 34).

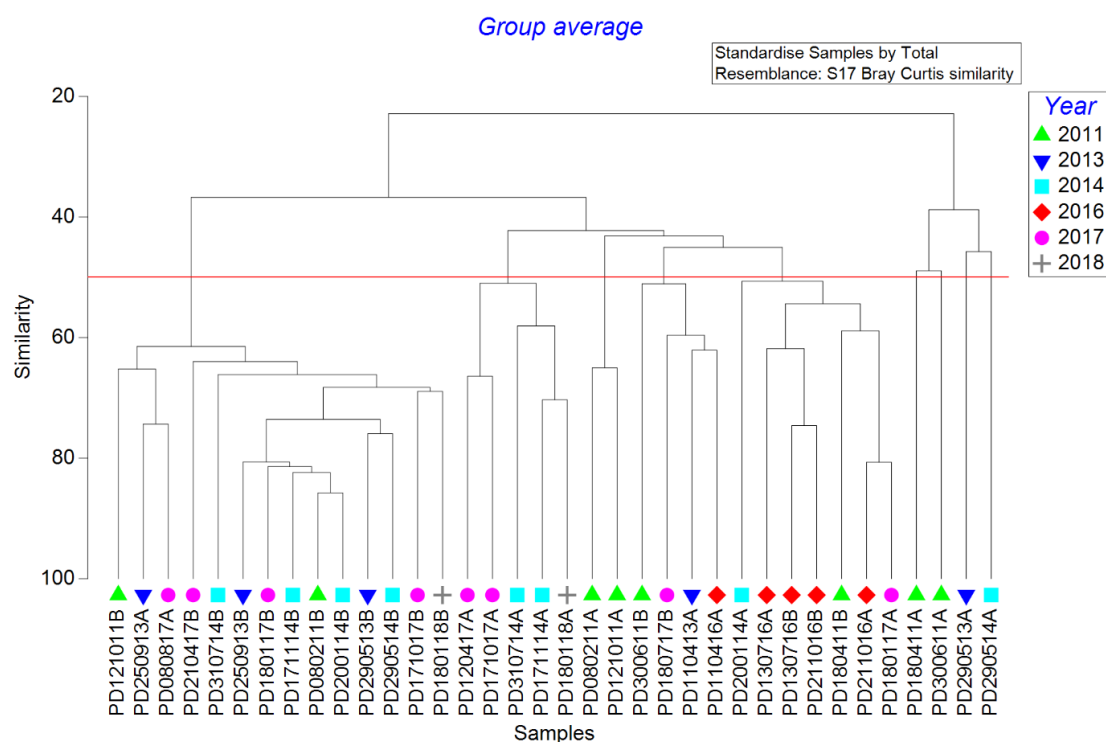
Navicula striolata nie został zidentyfikowany tylko w jednej próbie ze źródła Podwódka (PD) z 18.01.2018, w części środkowej (PDB). Wysoki udział procentowy tego gatunku odnotowano w 2 próbach (od 41,57 do 43,85%) w wypływie (PDA) z 08.02.2011 i 12.10.2011. Wysoki udział procentowy tego gatunku w części środkowej, został odnotowany z 13.07.2016. Nielicznie był on reprezentowany w 6 próbach, w tym w 1 próbie z wypływu z 29.05.2013 oraz w 5 próbach z części środkowej (PDB) z 31.07.2014, 17.10.2017, 17.11.2014, 30.06.2011 i 29.05.2014 (Ryc. 35).

Planothidium frequentissimum został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Podwódka (PD). Wysoki udział procentowy (od 21,09 do 33,79%) został odnotowany w 3 próbach, z czego w 2 z wypływu (PDA) z 30.06.2011, 11.04.2013 oraz w jednej próbie w części środkowej (PDB) z 18.07.2017. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z części środkowej z 21.04.2017 i 29.05.2014 (Ryc. 36).

Platessa conspicua został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Podwódka (PD). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 14,21 do 21,78%) został odnotowany w 3 próbach, w tym w 1 próbie z wypływu (PDA) z 20.01.2014 oraz w 2 próbach z części środkowej (PDB) z 12.01.2011 i 18.04.2011. Nielicznie był on reprezentowany w 4 próbach (0,40 do 0,91%), z czego w 1 próbie z wypływu z 30.06.2011, oraz w 3 próbach z części środkowej z 17.10.2017, 29.05.2013 i 31.07.2014 (Ryc. 37).

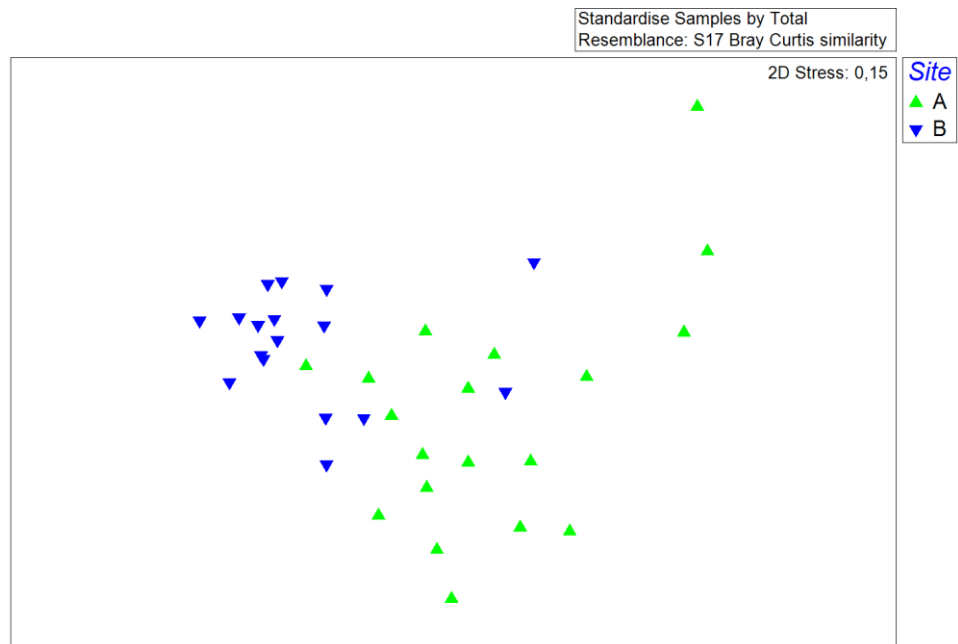
Staurosirella cf. *rhomboides* został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Podwódka (PD). Wysoki jego udział procentowy (od 22,55 do 35,40%) został odnotowany w 4 próbach z wypływu (PDA) z 17.10.2017, 31.07.2014,

18.01.2018, 17.11.2011. Nielicznie był on reprezentowany w 9 próbach (od 0,17 do 0,78%), z czego w 2 próbach z wypływu (PDA) oraz w 7 próbach z części środkowej (PDB) (Ryc. 38).



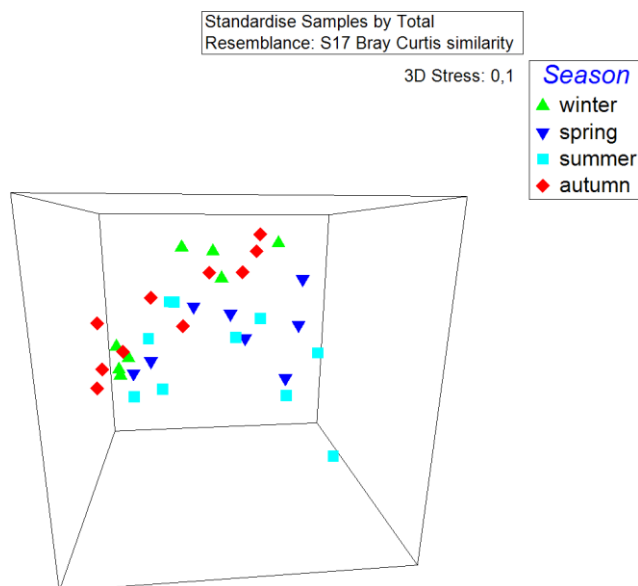
Ryc. 39. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo (similarity) jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year) dla źródła Podwódka (PD).

Na podstawie przeprowadzonej hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić odrębność prób wiosennych z wypływu z pierwszego okresu badań. Odrębną grupę o podobieństwie ponad 60% stanowią głównie próby zebrane z części środkowej niszy (Ryc. 39).



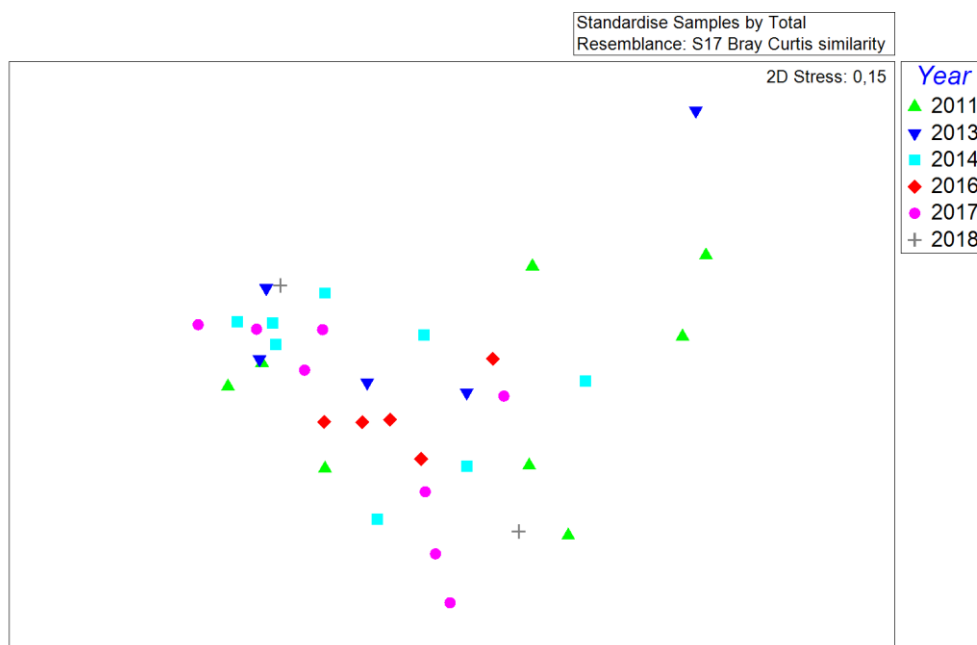
Ryc. 40. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w źródle Podwódka (PD), ze względu na miejsce poboru próby (site) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) (A - wypływ, B - część środkowa).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) ukazała zróżnicowanie pomiędzy dwoma miejscami poboru prób w obrębie niszy źródła Podwódka (PD). Podobieństwo pomiędzy próbkami ze środkowej części niszy jest wyższe niż w części oznaczonej jako wypływ (Ryc. 40).



Ryc. 41. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w źródle Podwódka (PD) ze względu na pory roku (season: winter - zima, spring - wiosna, summer - lato, jesień - autumn) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorącej pod uwagę zmiany sezonowe można zauważyć, że występuje podobieństwo między próbkami z okresu zimowego i jesiennego. Odrębną grupę stanowią próby z wiosny i lata, które są bardziej zróżnicowane (Ryc. 41).



Ryc. 42. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w źródle Podwódka (PD), ze względu na rok poboru prób (year) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS).

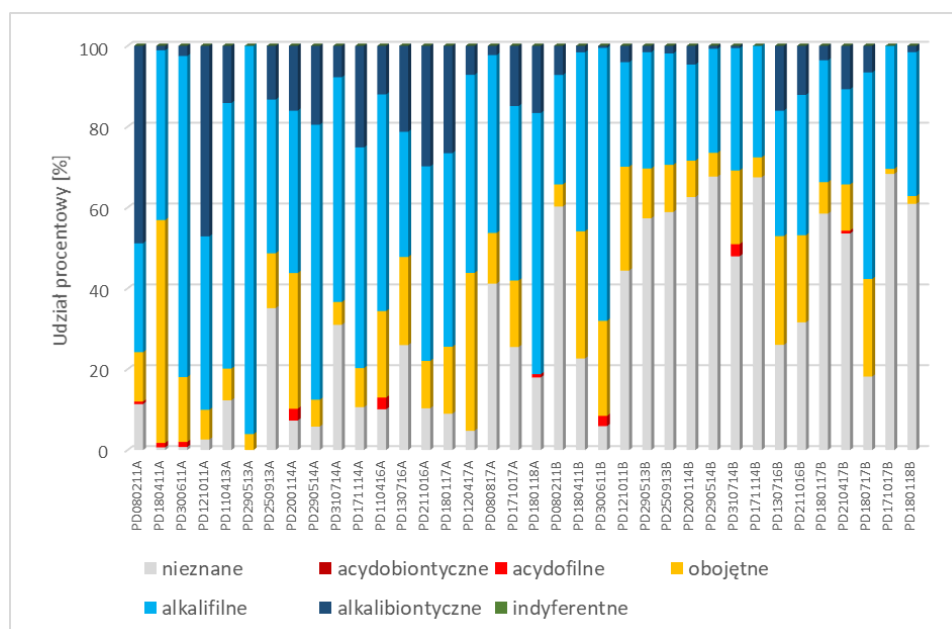
Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) uwzględniającej zmiany na przestrzeni czasu nie zaobserwowano odrębności prób (Ryc. 42).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki wpływające na podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego - Podwódka wypływ (PDA). Średnie podobieństwo w wypływie ukształtowało się na poziomie 40,56% i największy wpływ na nie miały: *Navicula striolata*, *Staurosirella* cf. *rhomboides*, *Planothidium frequentissimum* i *Cocconeis pseudothumensis* (Aneks 2). Średnie podobieństwo w części środkowej (POB) ukształtowało się na poziomie 55,11%, największy wpływ na nie miały: *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei* i *Platessa conspicua* (Aneks 2). Gatunki okrzemek odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa prób pomiędzy miejscem poboru prób Podwódka wypływ (PDA) a pozostałymi źródłami zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie

niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Kochlew (KO) - 90,47% oraz Głowa (GL) - 85,04%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródeł: Podwódka środek (PDB) - 65,25% oraz Podwierzchowiec wypływ (POA) - 65,25%. Analizując relację PDA i KO, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa prób miała wpływ obecność w PDA - *Navicula striolata*, *Staurosirella* cf. *rhomboides*, *Cocconeis pseudothumensis* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność *Hippodonta capitata*, *Navicula cryptocephala*, *N. oblonga*, *N. radiosa* i *Nitzschia wuellerstorffii*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach PDA i GL, miała wpływ obecność w PDA - *Navicula striolata*, *Staurosirella* cf. *rhomboides* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność *Staurosirella lapponica*, *Parlibellus protractoides* i *Planothidium dubium*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach PDA i PDB miała wpływ obecność w PDA - *Navicula striolata*, *Staurosirella* cf. *rhomboides* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność *Nitzschia dissipata* var. *dissipata* i *Staurosirella* cf. *lapponica* oraz *Platessa conspicua*. Analizując ostatnią wymienioną relację źródeł, w największym stopniu na dany poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach PDA i POA miała wpływ obecność w PDA - *Navicula striolata*, *Staurosirella* cf. *rhomboides*, *Cocconeis pseudothumensis* oraz nieobecność gatunków - *Chamaepinnularia soehrensii*, *Eunotia exigua*, *E. tenella* i *Pinnularia sinistra*.

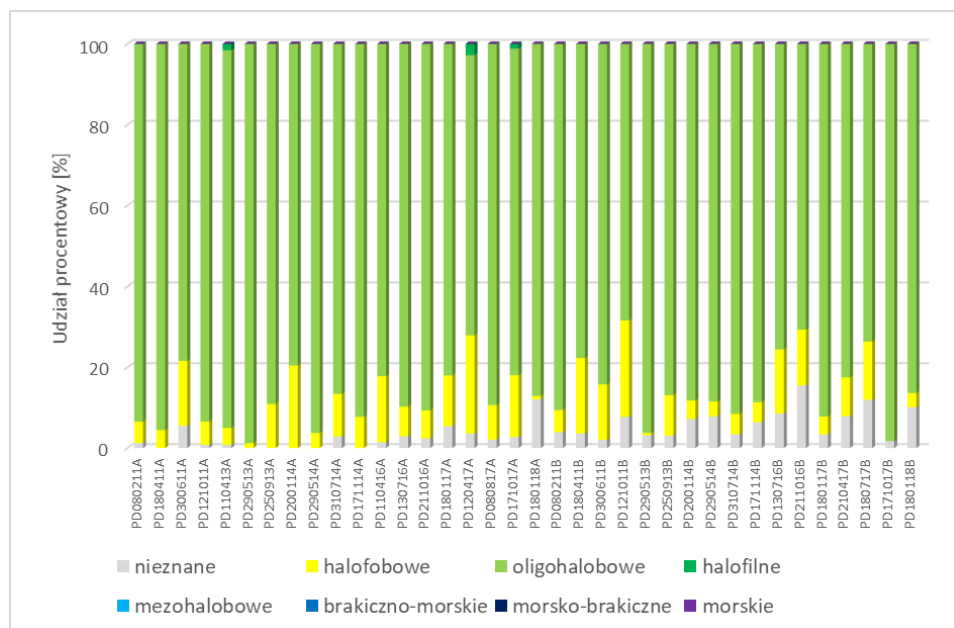
Gatunki okrzemek odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa prób pomiędzy źródłem Podwódka - część środkowa (PDB) a pozostałymi źródłami, zostały zestawione w tabeli (Aneks 2). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w relacji do źródeł: Kochlew (KO) - 91,80% oraz Pustułka (PU) - 88,74%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Podwierzchowiec - część środkowa (POB) - 65,25%. Analizując relację PDB i KO, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w PDB - *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei* i *Platessa conspicua* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Hippodonta capitata*, *Navicula oblonga*, *N. radiosa* i *Nitzschia wuellerstorffii*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach PDB i PU miała wpływ obecność w PDB - *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei* i *Platessa conspicua* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność *Navicula gregaria* i *Surirella minuta*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Podwódka. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie danych programu OMNIDIA.



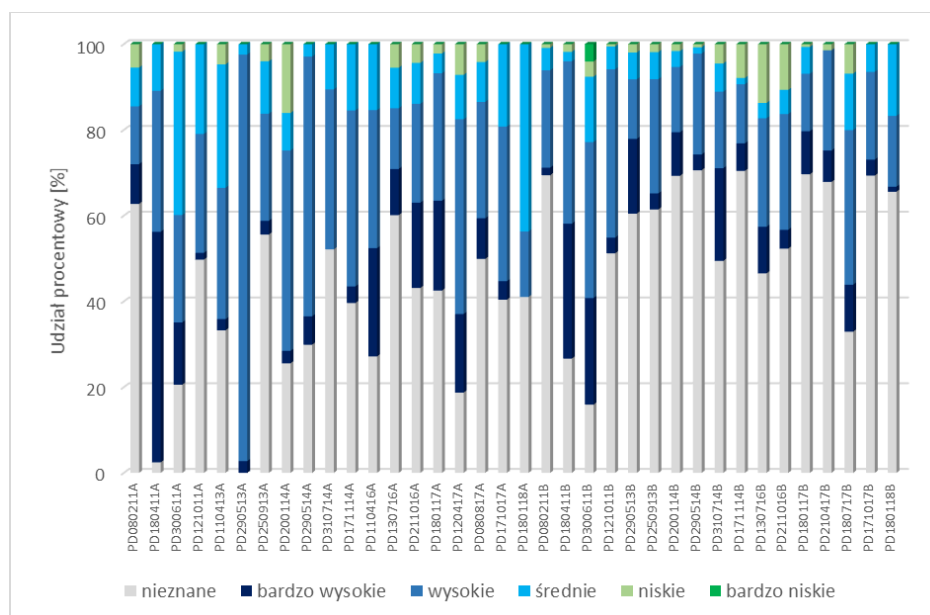
Ryc. 43. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwódka (PD) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Podwódka (PD), dla wypływu (PDA) i części środkowej (PDB), można zauważyć, że najczęściej gatunków należało do grupy alkalifili co wskazuje na warunki odczynu wody jako słabo zasadowe. W części środkowej niszy występują gatunki, dla których nie zostały określone wymagania wobec odczynu wody, stanowią one nawet powyżej 60% w próbie (Ryc. 43).



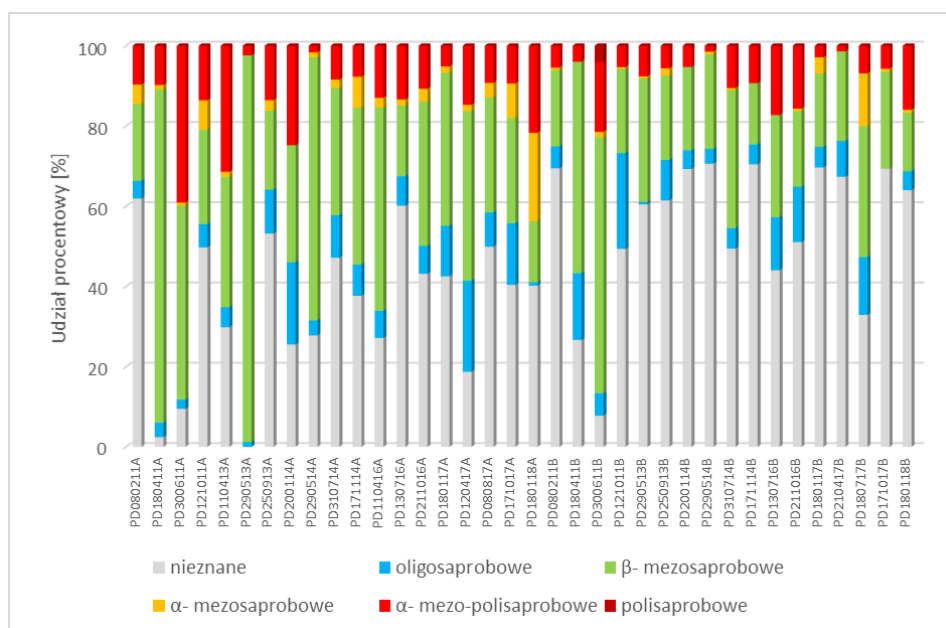
Ryc. 44. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwódka (PD) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Podwódka (PD), dla wypływu (PDA) i części środkowej (PDB) określono, że zdecydowana większość zidentyfikowanych okrzemek w próbach to gatunki oligohalobowe. Mniejszy udział stanowią okrzemki zaklasyfikowane jako halofobowe. W próbach obecne są również gatunki o nieokreślonych preferencjach wobec stopnia zasolenia (Ryc. 44).



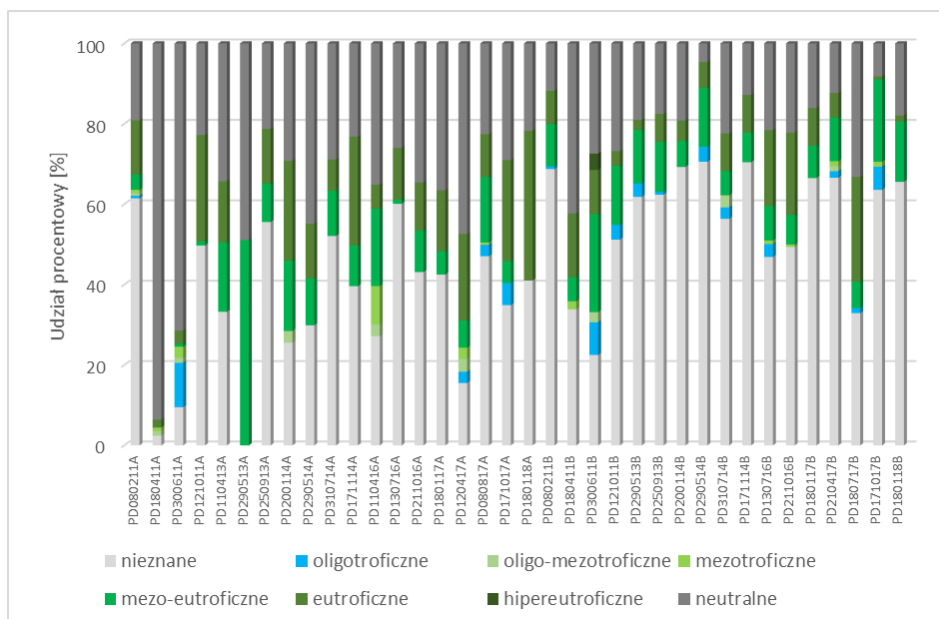
Ryc. 45. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwódka (PD) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia dla źródła Podwódka (PD), dla wypływu (PDA) i części środkowej (PDB) można zaobserwować, że zdecydowana większość gatunków ma nieokreślone wymagania odnośnie warunków tlenowych. Na podstawie gatunków, o określonych preferencjach wobec natlenienia wody, gatunki o bardzo wysokim i wysokim stanowią główną grupę (Ryc. 45).



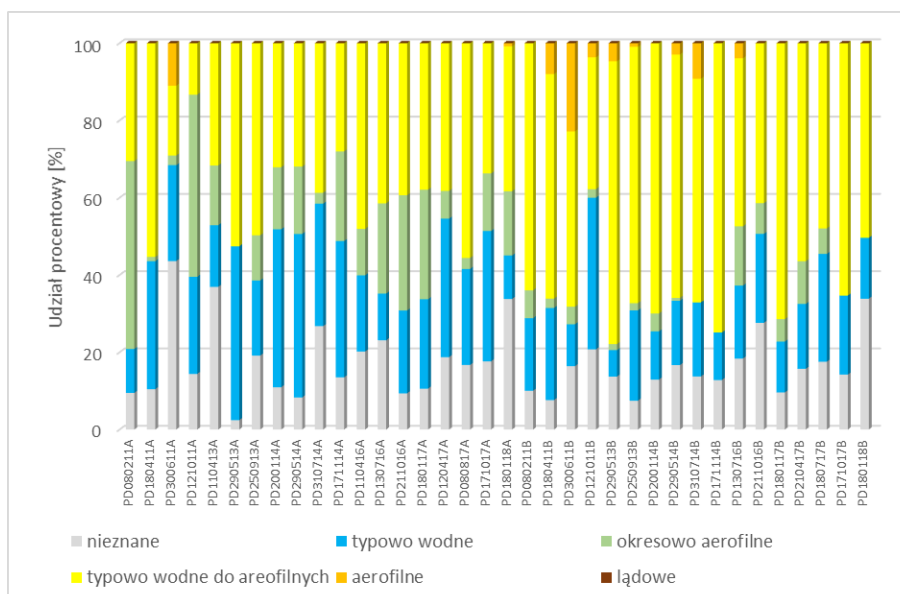
Ryc. 46. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwódka (PD) w odniesieniu do saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii źródła Podwódka (PD), dla wypływu (PDA) i części środkowej (PDB), można określić, pod względem zawartości materii organicznej, jako wody β -mezosaprobowe. W badanym źródle stwierdzono również obecność okrzemek wskazujących na wody α -mezo-polisaprobowe i w dużo mniejszym stopniu na oligosaprobowe. Należy podkreślić, że wśród zidentyfikowanych gatunków w źródle Podwódka liczna grupa okrzemek nie ma określonych preferencji w odniesieniu do saprobii (Ryc. 46).



Ryc. 47. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwódka (PD) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Podwódka (PD), dla wypływu (PDA) i części środkowej (PDB), można wskazać, że główną grupę stanowią gatunki neutralne. W źródle zostały zidentyfikowane również gatunki wskazujące na eutroficzny lub mezo-eutroficzny charakter wód. Najwięcej jednak zidentyfikowanych gatunków nie ma określonych preferencji dotyczących stopnia żyzności wód (Ryc. 47).

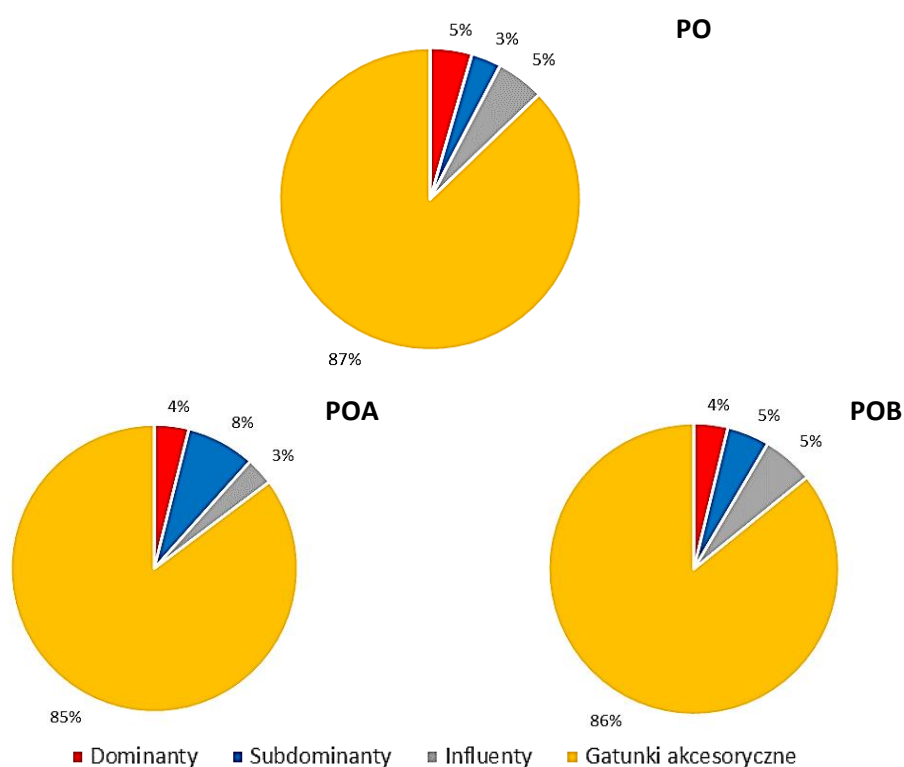


Ryc. 48. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwódka (PD) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

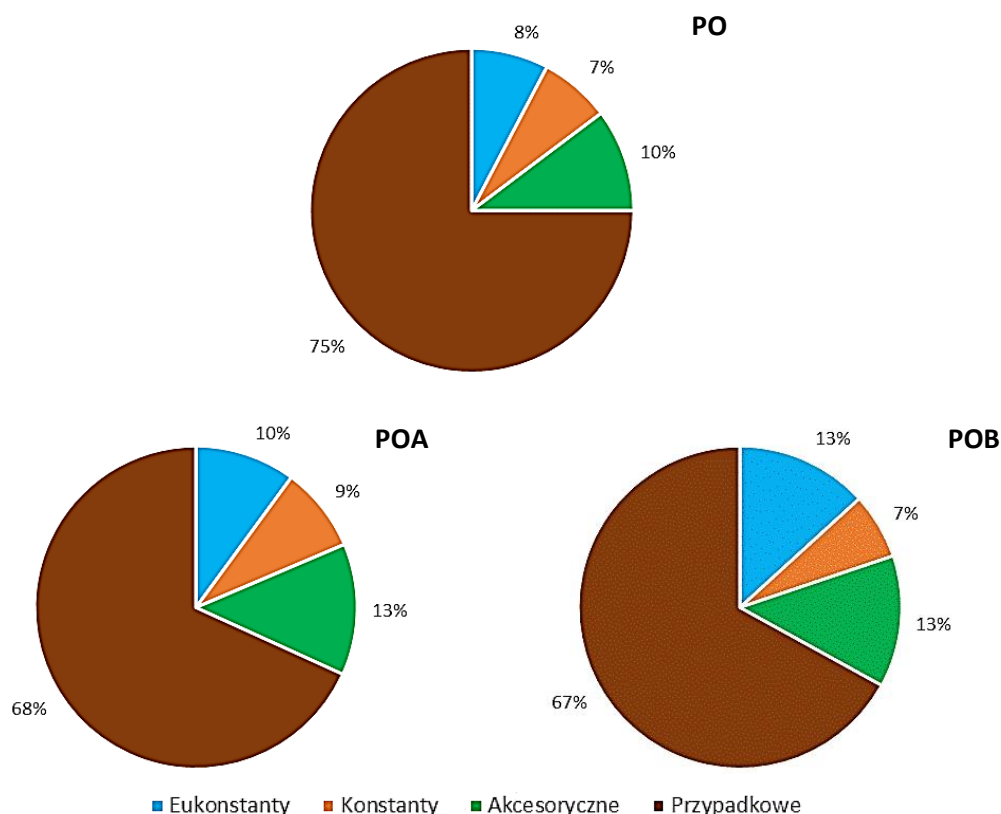
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Podwódka (PD), dla wypływu (PDA) i części środkowej (PDB) można stwierdzić, że zdecydowana większość zidentyfikowanych okrzemek wskazuje na przystosowanie do warunków aerofilnych (Ryc. 48).

5.2.2. Podwierzchowiec (PO)

Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Podwierzchowiec (PO) została przeprowadzona na podstawie 37 prób (Tabela 3 i Aneks 1) uwzględniając przy tym podział na dwa miejsca poboru prób, z wypływu (POA - 19 prób) oraz z części środkowej (POB - 18). W źródle oznaczono łącznie 157 taksonów okrzemek (POA - 129, POB - 106). Zidentyfikowane taksony okrzemek należą do 49 rodzajów (POA - 44, POB - 35) (Aneks 1).



Ryc. 49. Udział gatunków dominujących, subdominujących, influentów i gatunków akcesorycznych ze źródła Podwierzchowiec (PO) z podziałem na wypływ (POA) i część środkową (POB).



Ryc. 50. Udział gatunków ze względu na klasy stałości ze źródła Podwierzchowiec (PO) z podziałem na wpływ (POA) i część środkową (POB).

Główną grupę w źródle Podwierzchowiec (PO) stanowiły gatunki akcesoryczne - 87% (Ryc. 49 PO), przy czym w wpływie (POA) stanowiły one 85% (Ryc. 49 POA), a w części środkowej niszy (POB) - 86% (Ryc. 49 POB). Gatunki dominujące i subdominujące stanowiły 8%, natomiast wystąpiły różnice w proporcjach pomiędzy gatunkami subdominującymi a influentami w wpływie i w części środkowej (Ryc. 49 POA, POB).

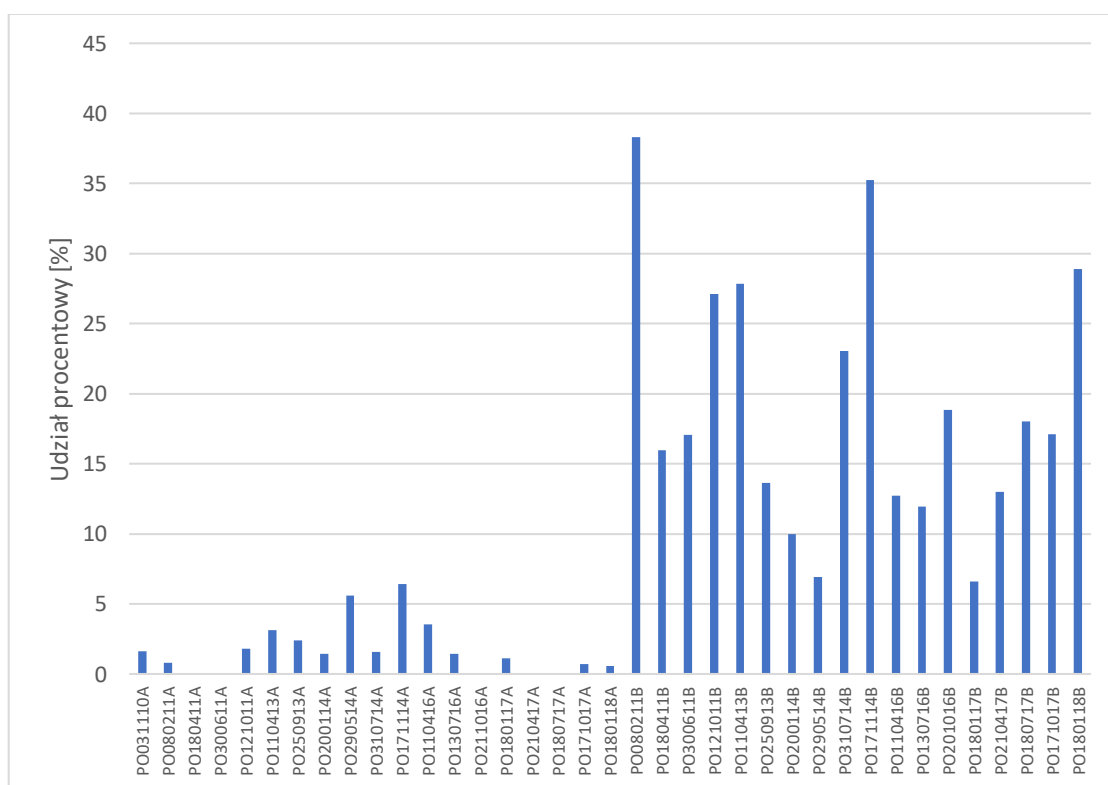
Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Podwierzchowiec (PO), można zaobserwować, że główną grupę stanowiły gatunki przypadkowe - 75% (Ryc. 50 PO), przy czym w wpływie (POA) stanowiły one 68% (Ryc. 50 POA) i na podobnym poziomie w części środkowej niszy (POB) 67% (Ryc. 50 POB). Gatunki absolutnie stałe i stałe stanowiły 15% i podobnie jak w przypadku gatunków subdominujących i influentów wystąpiły różnice w proporcjach ich liczebności w wpływie i części środkowej niszy (Ryc. 50 POA, POB)

Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Achnanthidium minutissimum*, *Amphora pediculus*, *Cocconeis lineata*, *C. neodiminuta*,

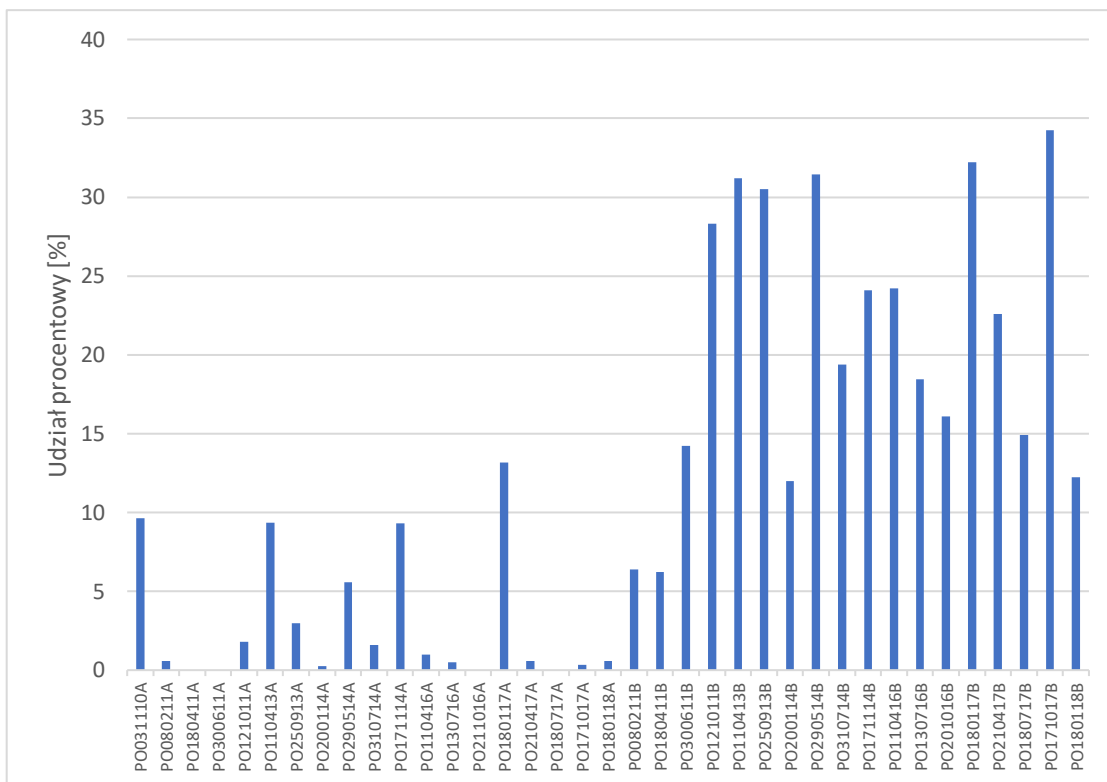
C. neothumensis, *C. pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Eunotia tenella*, *Navicula striolata*, *Planothidium frequentissimum* i *Psammothidium subatomoides*. Gatunkami stałymi były: *Chamaepinnularia soehrensii*, *Eunotia exigua*, *E. nymanniana*, *E. paludosa*, *Karayevia clevei*, *Pinnularia perirrorata*, *P. sinistra*, *Planothidium dubium*, *Psammothidium daonense* i *Staurosirella pinnata*,

Gatunkiem dominującym w próbach ze tego źródła jest *Platessa conspicua*, natomiast do gatunków subdominujących zaliczono: *Achnanthidium minutissimum*, *Amphora pediculus*, *Eunotia exigua* i *Pinnularia sinistra*.

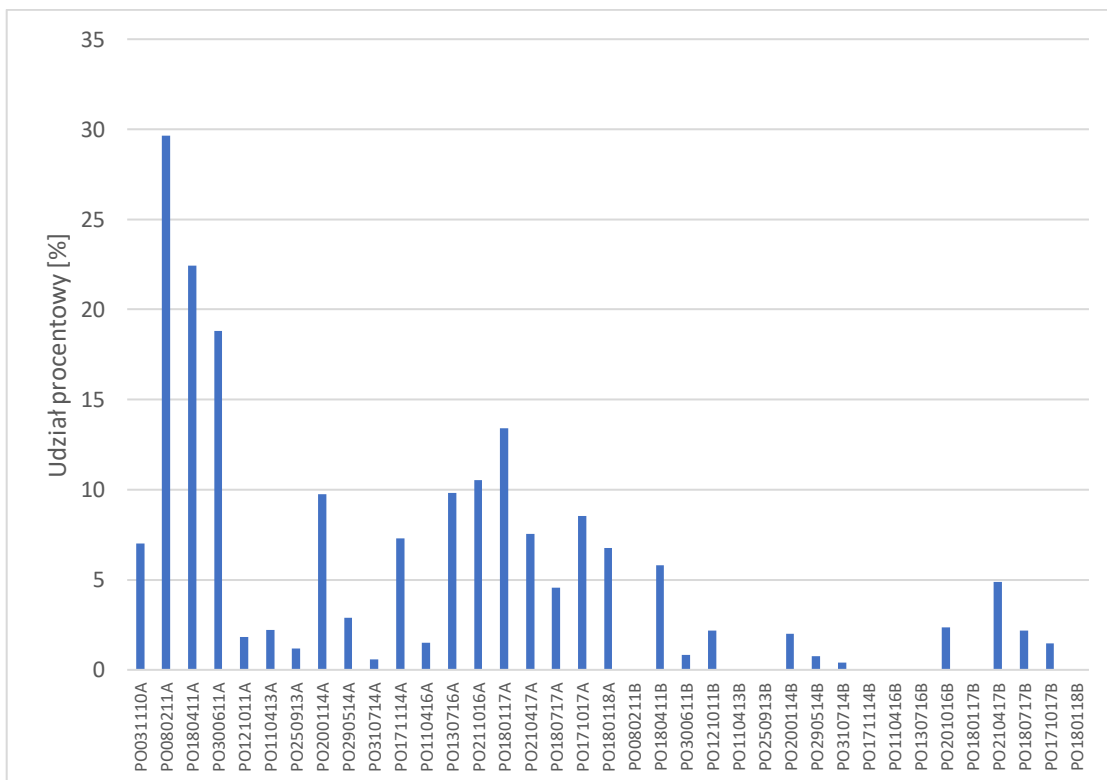
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Podwierzchowiec były: *Cocconeis lineata* (Ryc. 51), *C. pseudothumensis* (Ryc. 52), *Eunotia tenella* (Ryc. 53), *Planothidium frequentissimum* (Ryc. 54), *Platessa conspicua* (Ryc. 55) i *Psammothidium subatomoides* (Ryc. 56).



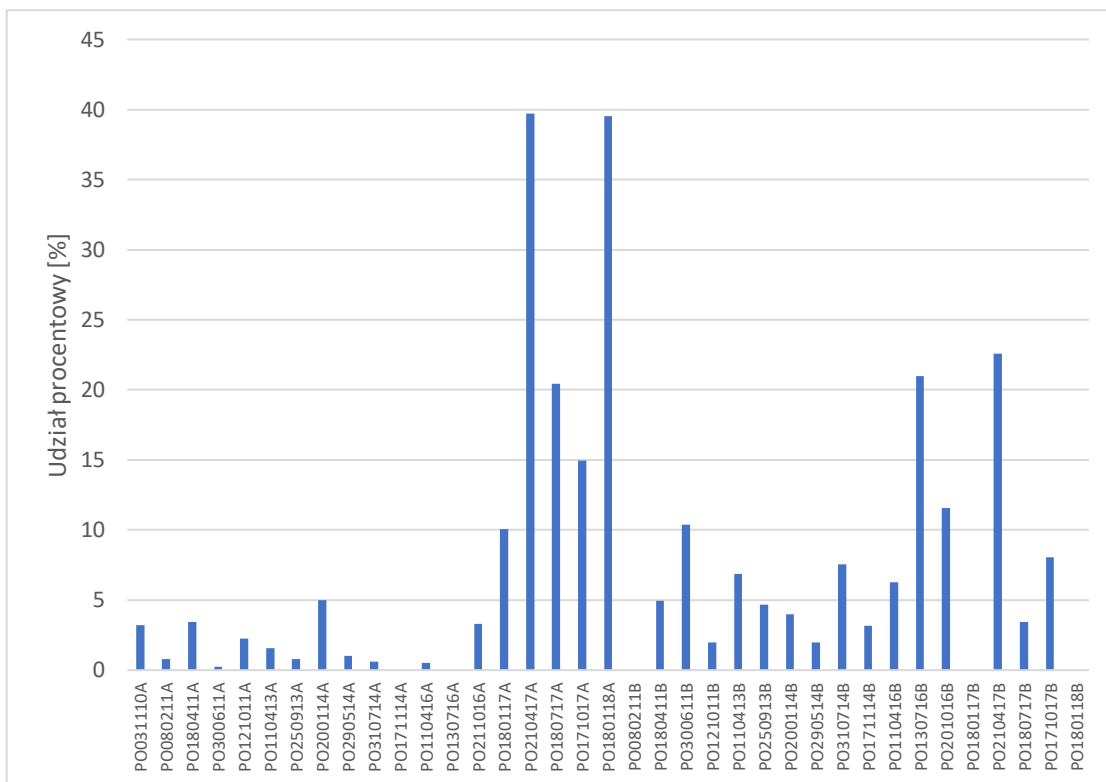
Ryc. 51. Procentowy udział *Cocconeis lineata* w próbach ze źródła Podwierzchowiec.



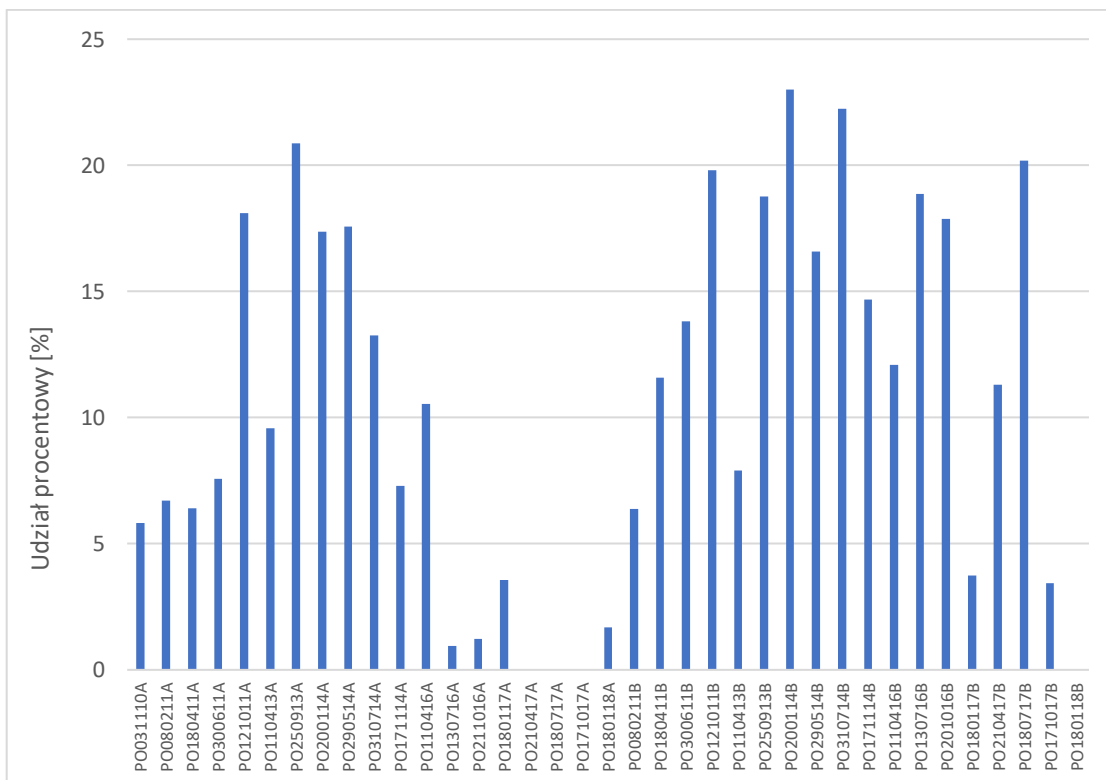
Ryc. 52. Procentowy udział *Cocconeis pseudothumensis* w próbach ze źródła Podwierzchowiec.



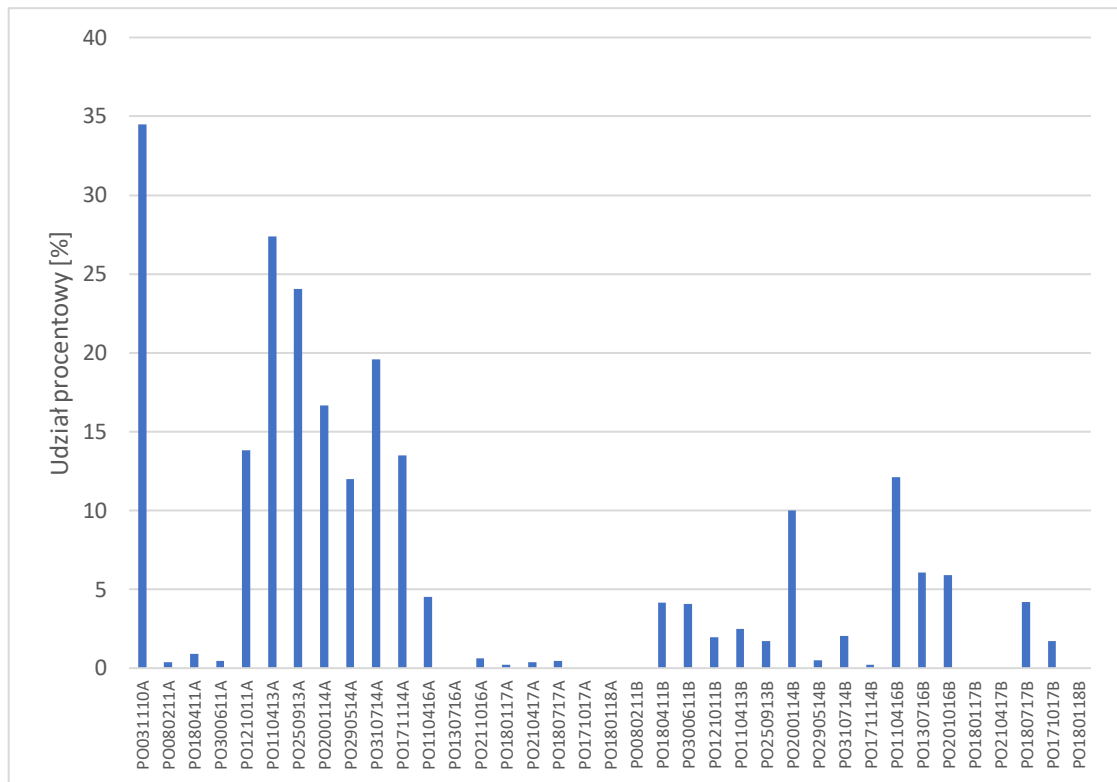
Ryc. 53. Procentowy udział *Eunotia tenella* w próbach ze źródła Podwierzchowiec.



Ryc. 54. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Podwierzchowiec.



Ryc. 55. Procentowy udział *Platessa conspicua* w próbach ze źródła Podwierzchowiec.



Ryc. 56. Procentowy udział *Psammothidium subatomoides*, w próbach ze źródła Podwierzchowiec.

Cocconeis lineata nie został zidentyfikowany w 5 próbach ze źródła Podwierzchowiec (PO). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 23,06 do 38,30%) został odnotowany w 6 próbach w części środkowej (POB) z 08.02.2011, 17.11.2014, 18.01.2018, 11.04.2013, 12.10.2011 i 31.07.2014. Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach z wypływu (POA) (od 0,56 do 0,79%) z 18.01.2018, 17.10.2017 i 08.02.2011. W pozostałych próbach z wypływu udział procentowy nie przekroczył najniższej wartości udziału procentowego z części środkowej - 6,61% (Ryc. 51).

Cocconeis pseudothumensis nie został zidentyfikowany w 4 próbach ze źródła Podwierzchowiec (PO). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 28,32 do 34,23%) został odnotowany w 6 próbach w części środkowej (POB) z 17.10.2017, 18.01.2017, 29.05.2014, 11.04.2013, 25.09.2013 i 12.10.2011. Nielicznie reprezentowany był w 6 próbach z wypływu (POA) (od 0,24 do 0,59%) z 20.01.2014, 17.10.2017, 13.07.2016, 18.01.2018, 21.04.2017 i 08.02.2011 (Ryc. 52).

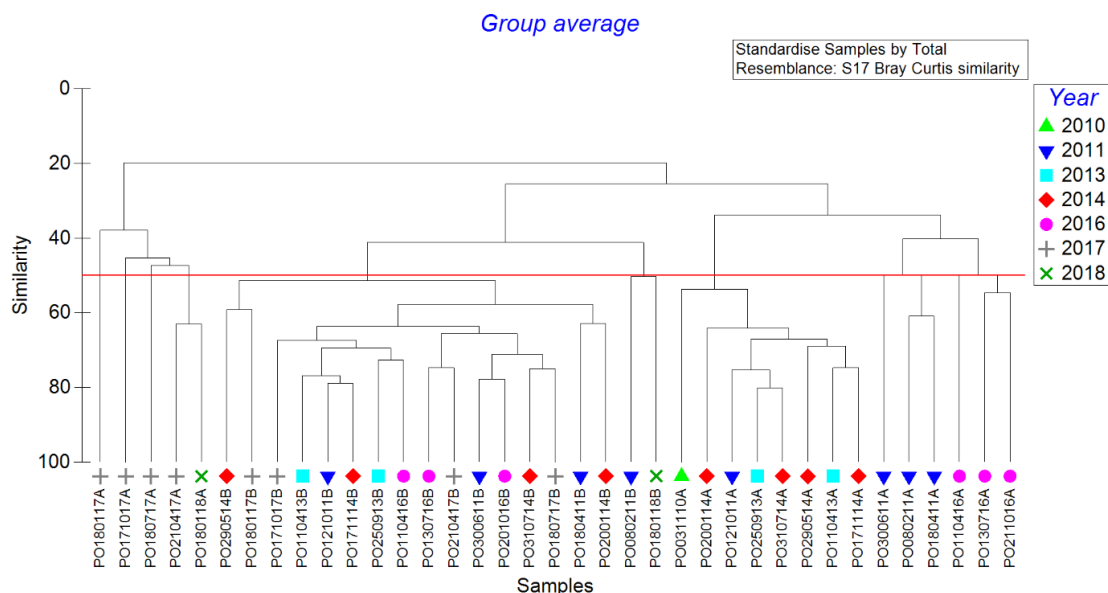
Eunotia tenella nie został zidentyfikowany w 7 próbach z części środkowej źródła Podwierzchowiec (POB). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 18,81 do 29,64%) odnotowano w 3 próbach w wypływu (POA) z 08.02.2011, 18.04.2011 i

30.06.2011. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w próbach z części środkowej (Ryc. 53).

Planothidium frequentissimum nie został zidentyfikowany w 5 próbach ze źródła Podwierzchowiec (PO). Wysoki jego udział procentowy (od 20,45 do 39,70%) został odnotowany w 3 próbach w wypływie (POA) z 21.04.2017, 18.01.2018 i 18.07.2017 oraz w części środkowej (POB) w 2 próbach z 21.04.2017 i 13.07.2016. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 5 próbach w wypływie (POA) (Ryc. 54).

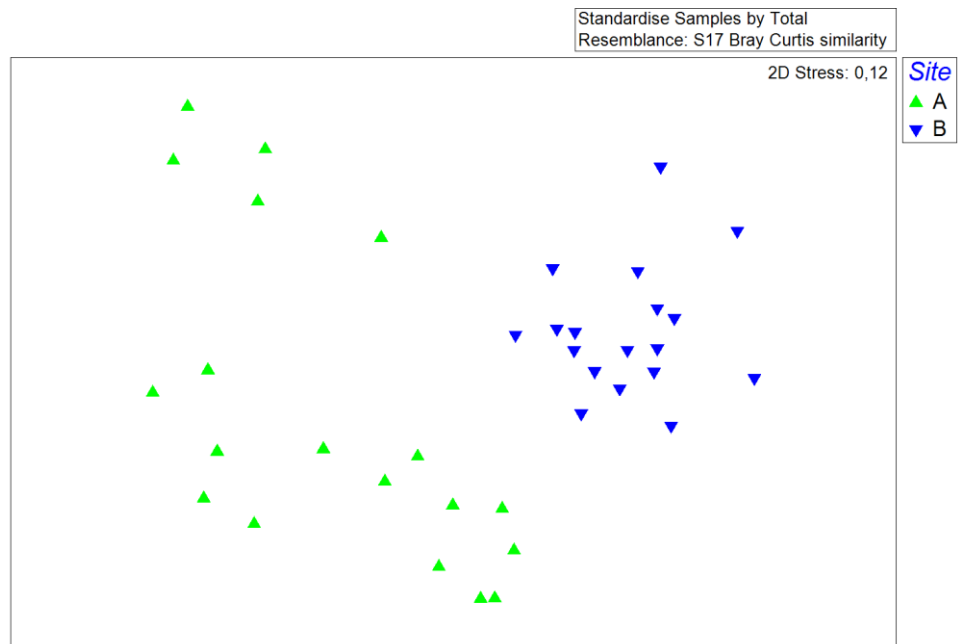
Platessa conspicua nie został odnotowany w 4 próbach ze źródła Podwierzchowiec (PO). Wysoki jego udział procentowy (od 20,18 do 23%) został odnotowany w jednej próbce z wypływu (POA) z 25.09.2014 oraz w 3 próbach z części środkowej (POB) z 20.01.2014, 31.07.2014 i 18.07.2017 (Ryc. 55).

Psammothidium subatomoides nie został odnotowany w 7 próbach ze źródła Podwierzchowiec (PO). Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w 3 próbach z wypływu (POA) (od 24,06 do 34,47%) z 03.11.2010, 11.04.2013 i 25.09.2013. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 8 próbach (od 0,21 do 0,92%), z czego w 6 próbach z wypływu i 2 w próbach z części środkowej z 12.11.2014 i 29.05.2014 (Ryc. 56).



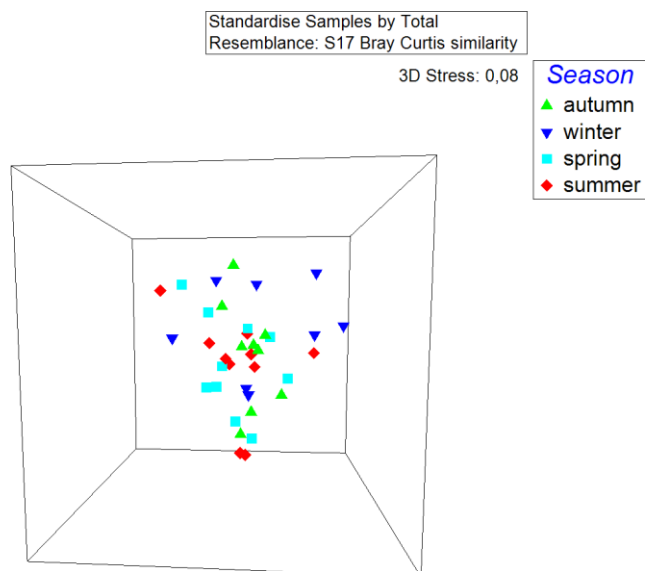
Ryc. 57. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Podwierzchowiec (PO).

Na podstawie analizy klasterowej wyodrębniono próby z lat 2017 - 2018 z wypływu jako osobną grupę. Odrębną grupę stanowią wszystkie próby zebrane ze środkowej części (POB) źródła (Ryc. 57).



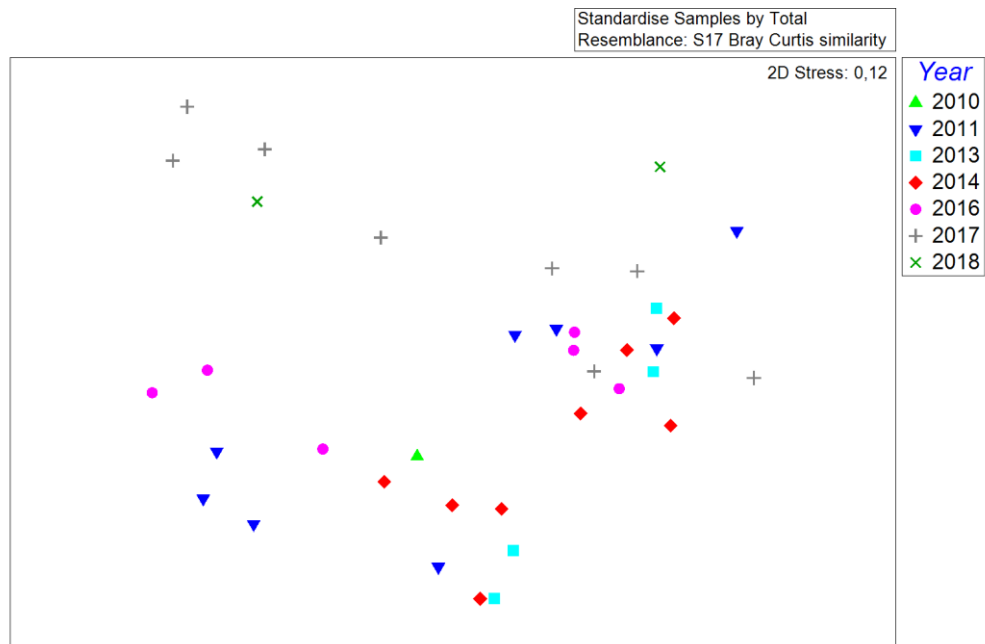
Ryc. 58. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Podwierzchowiec (PO) ze względu na miejsce poboru próby (site) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) (A - wypływ, B - część środkowa).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) ukazała wyraźne zróżnicowanie pomiędzy dwoma miejscami poboru próbnymi w obrębie źródła Podwierzchowiec, dla wypływu (POA) oraz dla części środkowej (POB) (Ryc. 58).



Ryc. 59. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Podwierzchowiec (PD) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) nie wykazała zróżnicowania sezonowego w źródle Podwierzchowiec (Ryc. 59).



Ryc. 60. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródle Podwierzchowiec (PD) ze względu na rok poboru prób (year) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

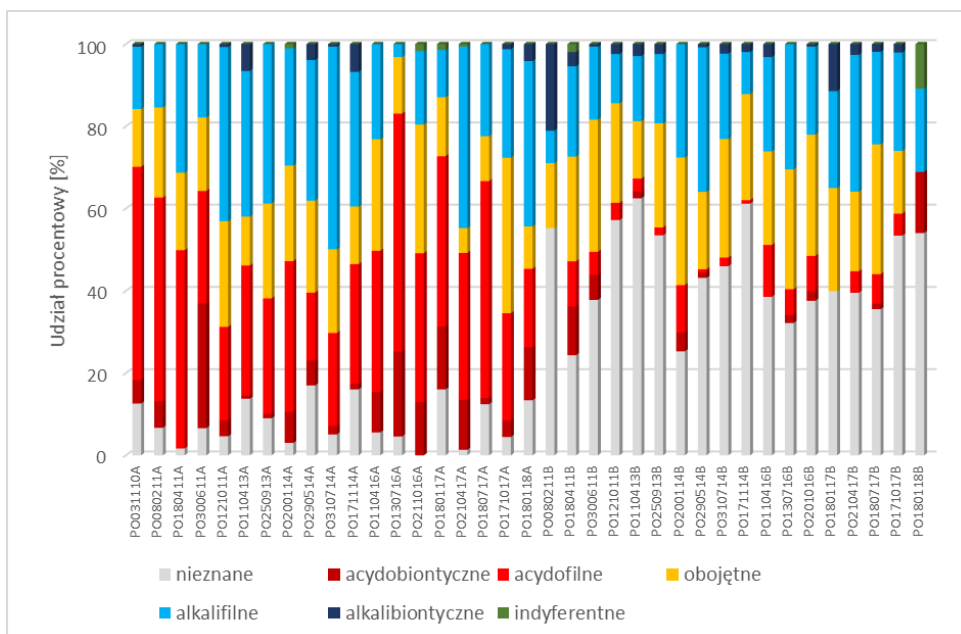
Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można zauważyć, że 4 próby pochodzące roku 2017 oraz jedna próba z 2018 roku z miejsca poboru – wypływ, są odmienne od pozostałych prób (Ryc. 60).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Podwierzchowiec (PO). Średnie podobieństwo w wypływie (POA) ukształtowało się na poziomie 35,86% i największy wpływ na nie miały *Planothidium lanceolatum*, *Psammothidium subatomoides* i *Eunotia tenella* (Aneks 2). Średnie podobieństwo w części środkowej (POB) ukształtowało się na poziomie 56,96% i największy wpływ na nie miały *Cocconeis pseudothumensis*, *C. lineata* i *Platessa conspicua* (Aneks 2). Gatunki okrzemek odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Kochlew (KO) - 92,68% oraz Piękne (PI) - 90,30%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Podwódka wypływ (PDA) - 65,25%. Analizując relację POA i KO, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w POA miała

wpływ obecność - *Planothidium lanceolatum*, *Psammothidium subatomoides* i *Eunotia tenella* oraz nieobecność - *Navicula oblonga*, *N. radiosa*, *Nitzschia wuellerstorffii*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach POA i PDA miała wpływ obecność w POA - *Planothidium lanceolatum*, *Psammothidium subatomoides* i *Eunotia tenella* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Staurosirella* cf. *lapponica*, *Nitzschia dissipata* var. *dissipata* i *Karayevia clevei*.

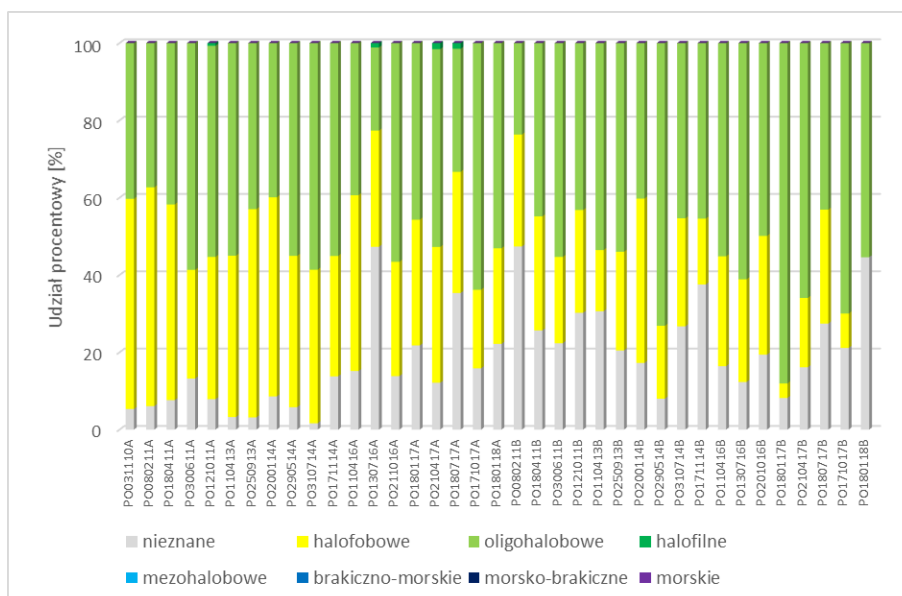
Gatunki okrzemek odpowiedzialne za niepodobieństwo zbiorowisk okrzemek pomiędzy źródłem Podwierzchowiec, część środkowa (POB) a pozostałymi źródłami, zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu o źródła: Kochlew (KO) - 90,17% oraz Pustułka (PU) - 87,65%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Podwódka środek (PDB) - 57,31%. Analizując relację POB i KO, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w POB - *Cocconeis pseudothumensis*, *C. lineata* i *Platessa conspicua* oraz nieobecność lub niska średnia liczebności - *Hippodonta capitata*, *Navicula oblonga*, *N. radiosa*, *Nitzschia wuellerstorffii*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach POB i PU miała wpływ obecność w POB - *Cocconeis pseudothumensis*, *C. lineata* i *Platessa conspicua* oraz nieobecność lub niska średnia liczebności - *Surirella minuta* oraz *Meridion circulare*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Podwierzchowiec. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



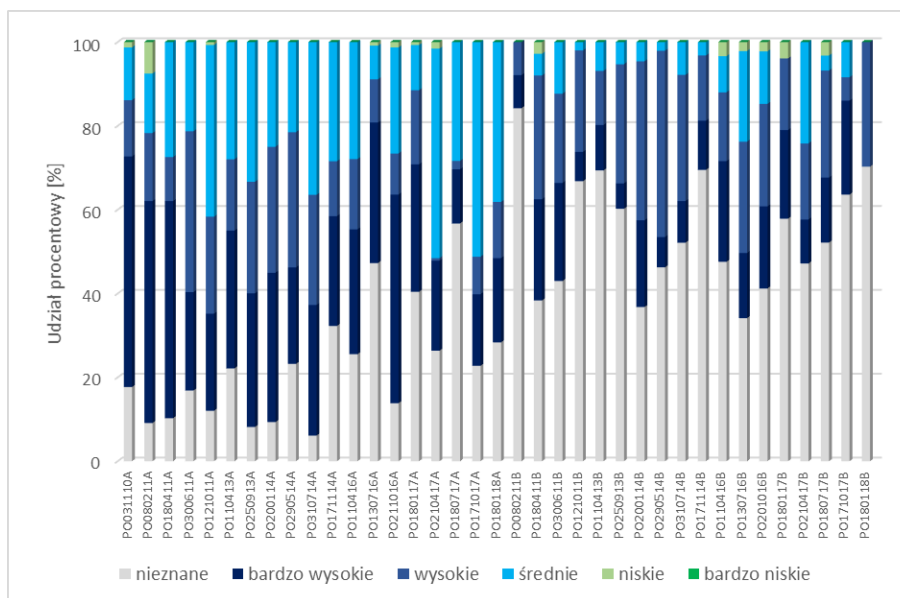
Ryc. 61. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwierzchowiec (PO) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994.).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Podwierzchowiec (PO), dla wypływu (POA) i części środkowej (POB) można zauważyć wyraźne zróżnicowanie udziału gatunków preferujących wody o obniżonym pH, acydobionty i acydofile, w wypływie, natomiast w części środkowej ich udział był wyraźnie mniejszy. Również w części środkowej, znaczny udział miała grupa okrzemek o nieokreślonych wymaganiach w odniesieniu do odczynu wody (Ryc. 61).



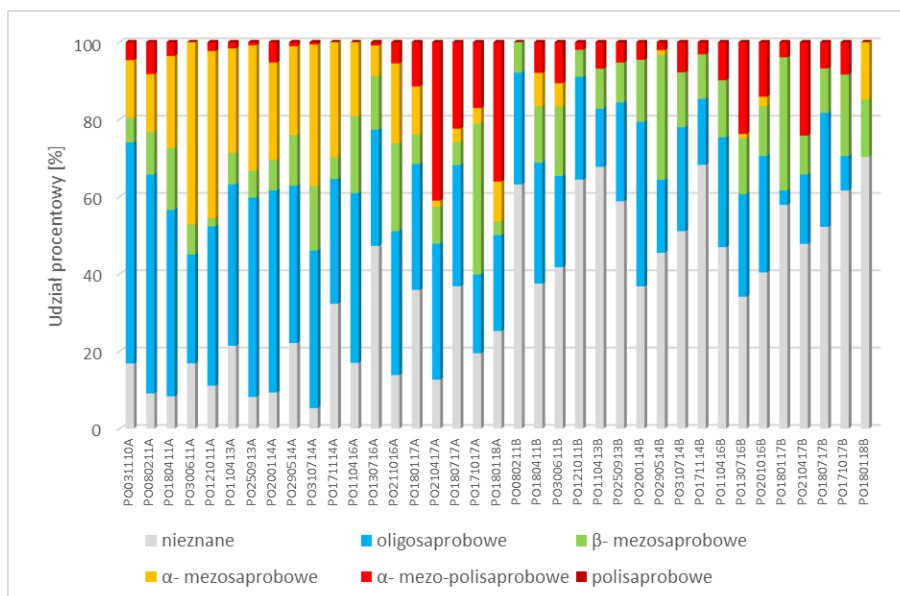
Ryc. 62. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwierzchowiec (PO) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994.).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Podwierzchowiec (PO), dla wypływu (POA) i części środkowej (POB) można stwierdzić, że dominującą grupę stanowią gatunki halofobowe i oligohalobowe (Ryc. 62).



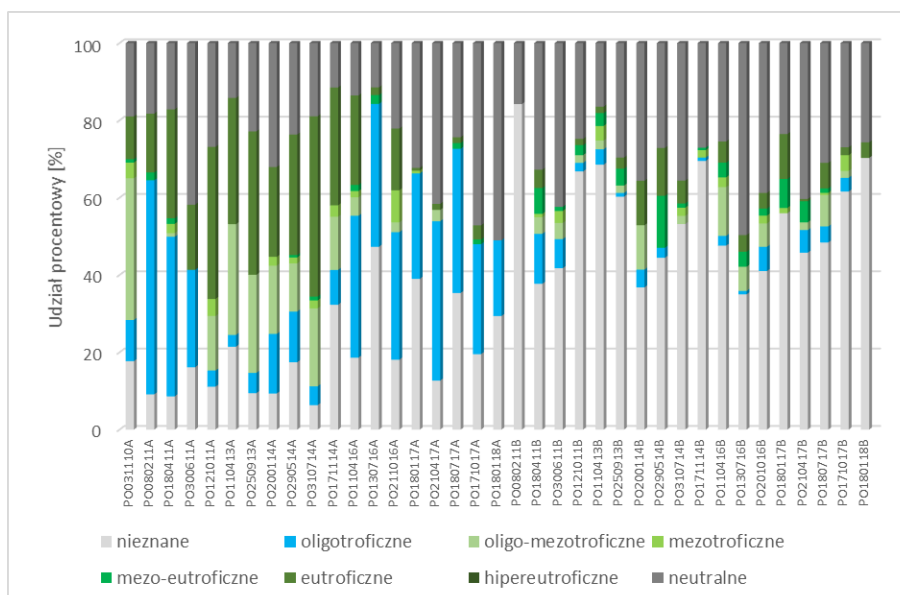
Ryc. 63. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwierzchowiec (PO) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia dla źródła Podwierzchowiec (PO), dla wypływu (POA) i części środkowej (POB) można zauważyć, że główną grupę stanowią gatunki o wysokich wymaganiach względem stopnia natlenienia wody. Jednak w części środkowej niszy około 50% odnotowanych gatunków nie ma określonych wymagań wobec natlenienia wody (Ryc. 63).



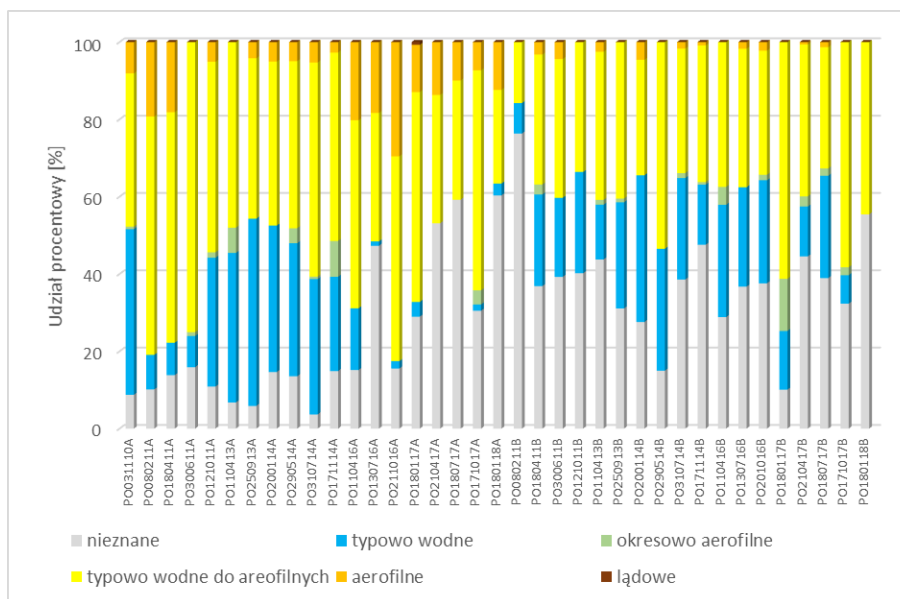
Ryc. 64. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwierzchowiec (PO) w odniesieniu do saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Podwierzchowiec (PO), dla wypływu (POA) i części środkowej (POB), można określić warunki pod względem zawartości materii organicznej jako od oligo- do mezosaprobowych. W części środkowej ponad połowa zidentyfikowanych gatunków nie ma określonych wymagań wobec saprobii (Ryc. 64).



Ryc. 65. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwierzchowiec (PO) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Podwierzchowiec (PO), dla wypływu (POA) i części środkowej (POB), warunki można określić względem żyzności jako wody oligo-mezotroficzne w wypływie, w części środkowej występują gatunki o szerokim zakresie tolerancji wobec trofii. Jednocześnie w części środkowej, ponad 50%, stanowią gatunki o nieokreślonych wymaganiach pod względem trofii (Ryc. 65).



Ryc. 66. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Podwierzchowiec (PO) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Podwierzchowiec (PO), dla wypływu (POA) i części środkowej (POB), można zauważyć, że większość zidentyfikowanych okrzemek w badanym źródle wskazuje na warunki wilgotnościowe od typowo wodnych do aerofilnych (Ryc. 66).

4.2.3. Bukowa Góra (BG)

Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Bukowa Góra została przeprowadzona na podstawie 19 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 96 taksonów okrzemek, które należą do 34 rodzajów (Aneks 1).

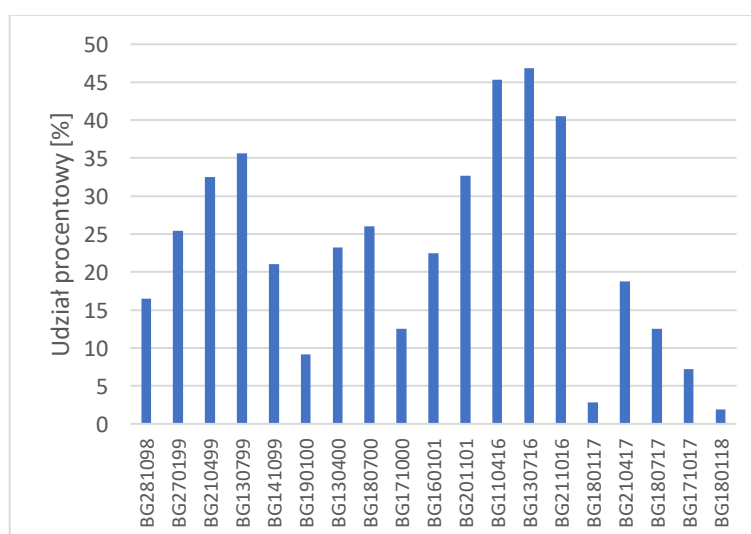
Najczęściej notowanymi, w próbach ze źródła Bukowa Góra, były gatunki akcesoryczne (84%), zaś najmniej liczną grupę stanowiły dominanty - 5% i subdominanty - 5% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Bukowa Góra, najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (66%), najmniej liczną grupę stanowiły eukonstanty - 9% (Ryc. 23).

Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Achnantheidium minutissimum*, *Frustulia vulgaris*, *Meridion circulare*, *Nitzschia linearis*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, *Sellaphora nigri*, *S. saugerresii* i *Stauroneis kriegei*.

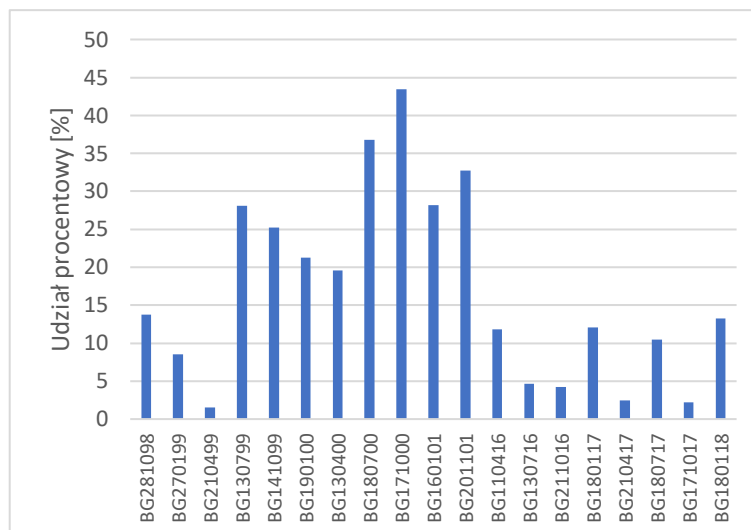
Gatunkami stałymi w badanym źródle były: *Adlafia minuscula*, *Diatoma mesodon*, *Gomphonema parvulum*, *Nitzschia acidoclinata*, *N. frustulum*, *Platessa conspicua*, *Psammothidium rossii*, *Stauroneis phoenicenteron*, *Staurosirella lapponica* i *S. pinnata*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Bukowa Góra zaliczono: *Achnantheidium minutissimum*, *Fragilarioforma bicapitata*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum* i *Stauroneis kriegei*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Diatoma mesodon*, *Meridion circulare*, *Platessa conspicua*, *Sellaphora nigri* i *S. saugerresii*.

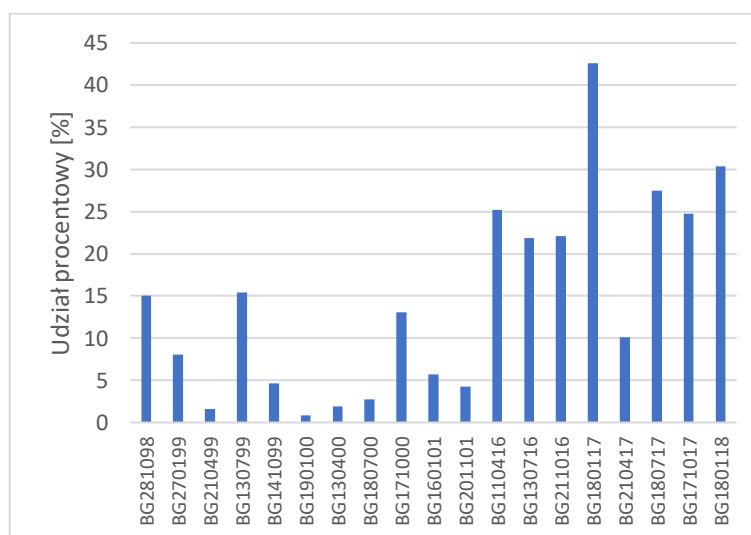
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Bukowa Góra były: *Achnantheidium minutissimum* (Ryc. 67), *Planothidium dubium* (Ryc. 68) i *P. frequentissimum* (Ryc. 69).



Ryc. 67. Procentowy udział *Achnantheidium minutissimum* w próbach ze źródła Bukowa Góra.



Ryc. 68. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Bukowa Góra.

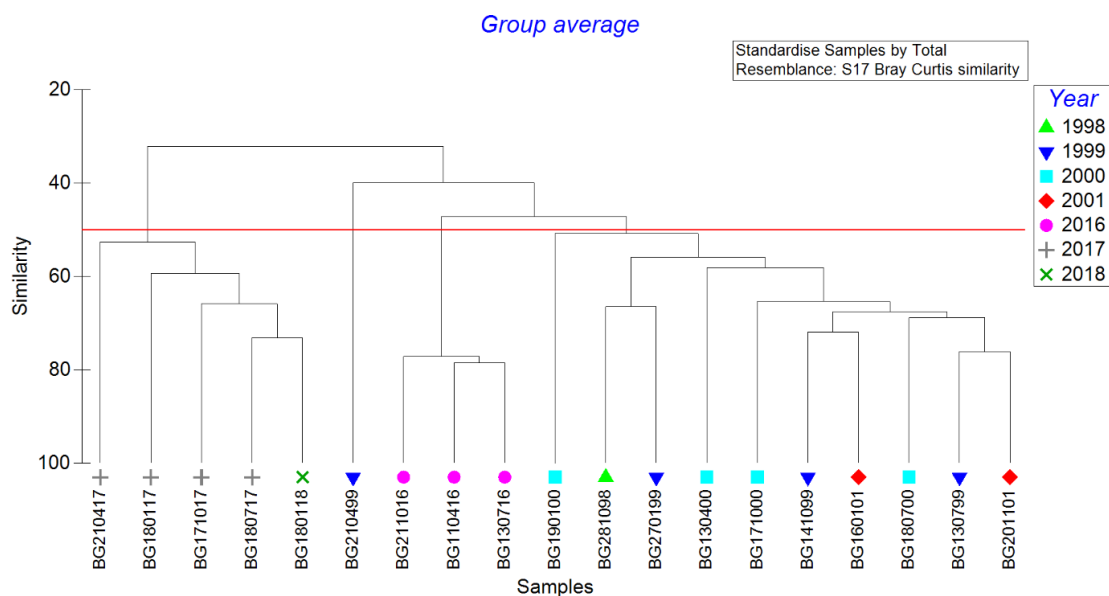


Ryc. 69. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Bukowa Góra.

Achnantheidium minutissimum został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Bukowa Góra (BG). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 40,51 do 46,88%) został odnotowany w 3 próbach z 13.07.2016, 11.04.2016, 11.10.2016. Nielicznie był on w 2 próbach z 18.01.2018 i 18.01.2017 (Ryc. 67).

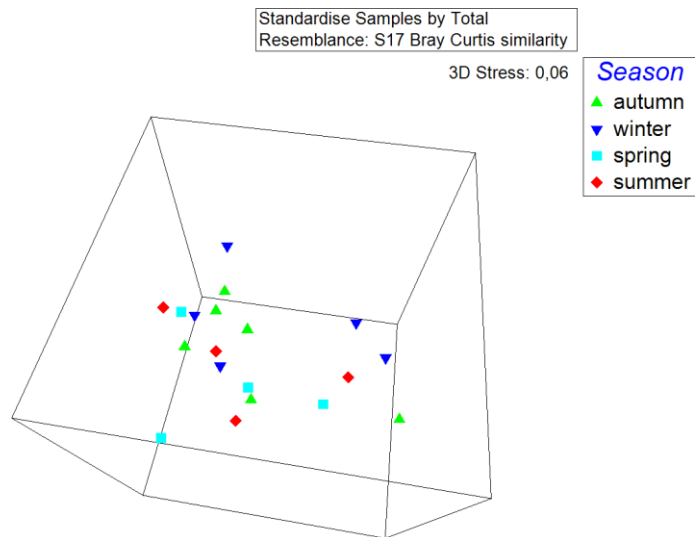
Planothidium dubium został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Bukowa Góra (BG). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 32,69 do 43,48%) został odnotowany w 3 próbach z 17.10.2000, 18.07.2000 i 20.11.2001 (43,48%). Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach (od 1,57 do 2,42%) z 21.04.1999, 17.10.2017 oraz 21.04.2017 (Ryc. 68).

Planothidium frequentissimum został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Bukowa Góra (BG). Wysoki udział procentowy tego gatunku został odnotowany w 2 próbach z 18.01.2017 i 18.01.2018. Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach (od 0,85 do 1,92%) z 19.01.2000, 21.04.1999 i 13.04.2000 (Ryc. 69).



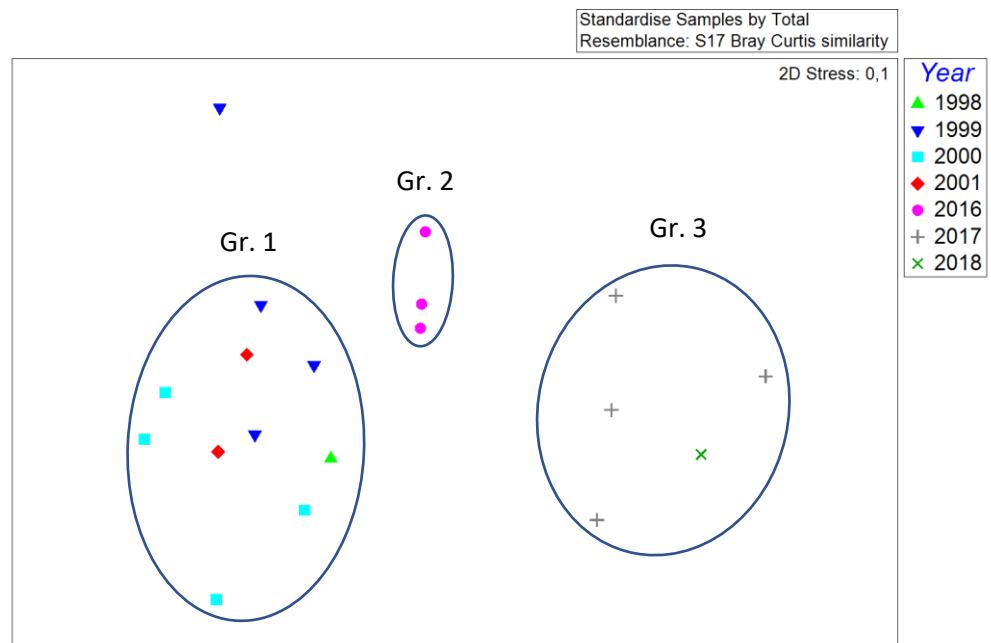
Ryc. 70. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Bukowa Góra (BG).

Na podstawie przeprowadzonej hierarchicznej analizy kłasterowej można stwierdzić, że próby pochodzące z roku 2017 i 2018 stanowią odrębną grupę od pozostałych dat poboru prób. Również 3 próby z 2016 roku charakteryzują się wysokim podobieństwem próba do próby - około 80% oraz niepodobieństwem do pozostałych prób (Ryc. 70).



Ryc. 71. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Bukowa Góra (BG) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę zmiany sezonowe nie wykazała ich wyraźnej obecności w źródle Bukowa Góra (Ryc. 71).



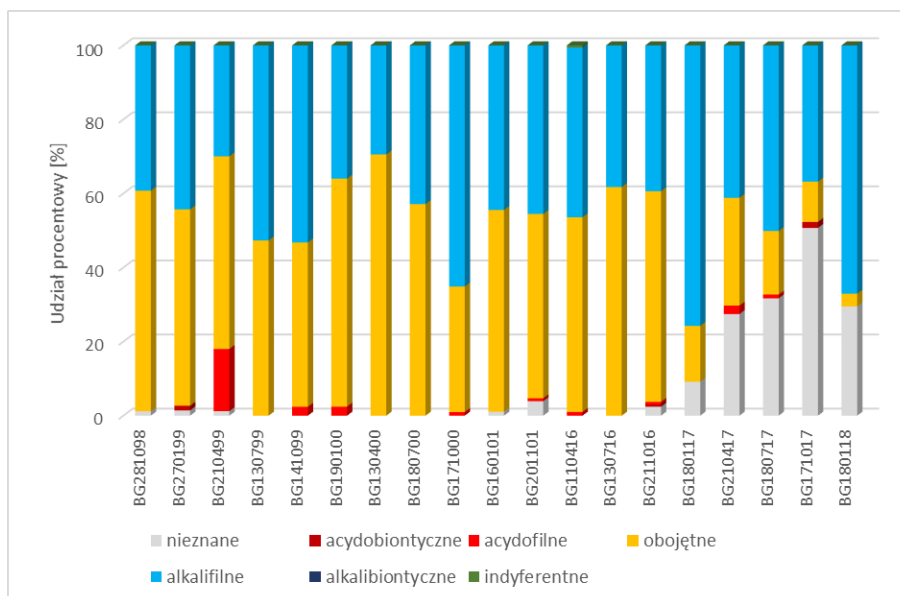
Ryc. 72. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Bukowa Góra (BG) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można zauważyć, że próby

pobrane z lat 2017 i 2018 stanowią odrębną grupę (3), również próby z 2016 roku (Gr. 2) różnią się od prób z pierwszego okresu badawczego z lat 1998-2001 (Ryc. 72).

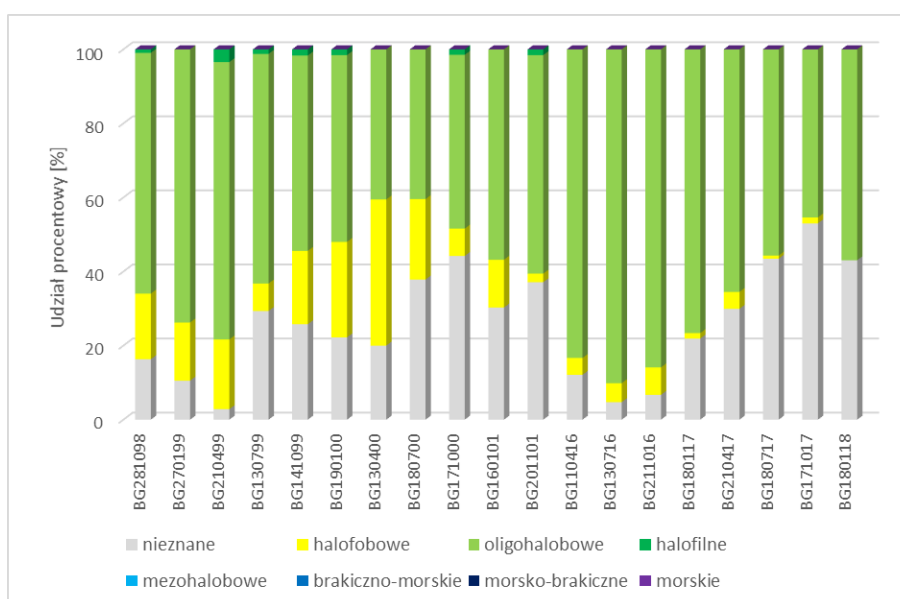
Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Bukowa Góra (BG). Średnie podobieństwo w źródle ukształtowało się na poziomie 45%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle *Achnanthydium minutissimum*, *Planothydium dubium* oraz *P. frequentissimum* (Aneks 2). Gatunki odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi źródłami, zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Podwierzchowiec wypływ (POA) - 89,25% oraz Podwódka środek niszy (PDB) - 85,99%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Piękne (PI) - 70,72%. Analizując relację BG i POA, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność - *Achnanthydium minutissimum*, *Planothydium dubium* oraz *Planothydium frequentissimum* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Eunotia exigua*, *Planothydium lanceolatum* oraz *Psammothidium subatomoides*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach BG i PI miała wpływ obecność w BG - *Achnanthydium minutissimum*, *Planothydium dubium*, *P. frequentissimum* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Amphora ovalis* oraz *Navicula gregaria*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Bukowa Góra. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



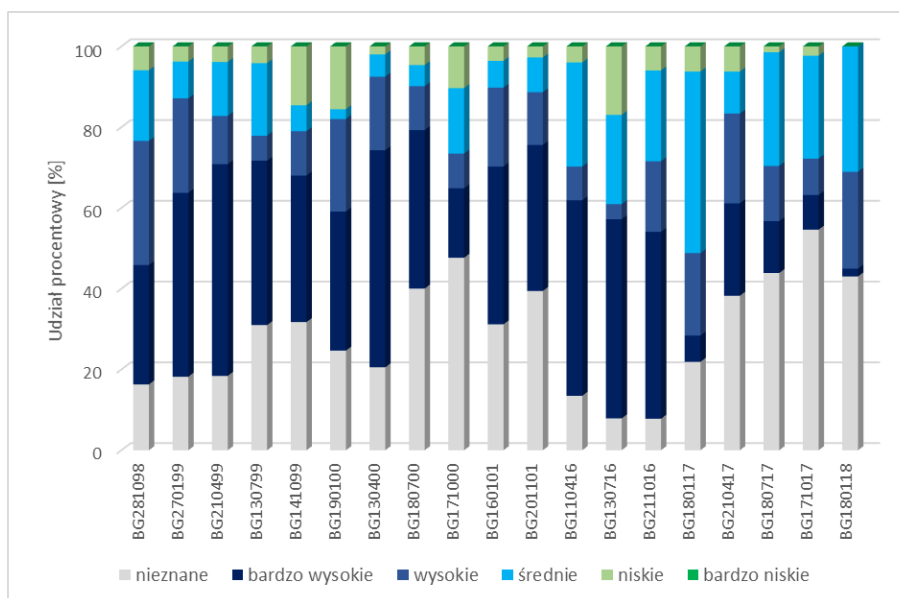
Ryc. 73. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Bukowa Góra (BG) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody w źródle Bukowa Góra (BG) można zauważyć, że najczęściej zidentyfikowanych gatunków okrzemek należało do obojętnych i alkalifili. Odnotowano również obecność gatunków acydofilnych. Niewielka część zidentyfikowanych w tym źródle gatunków nie posiada określonych wymagań wobec odczynu wody, szczególnie zaznacza się obecność tych gatunków w ostatnim okresie prowadzonych badań (Ryc. 73).



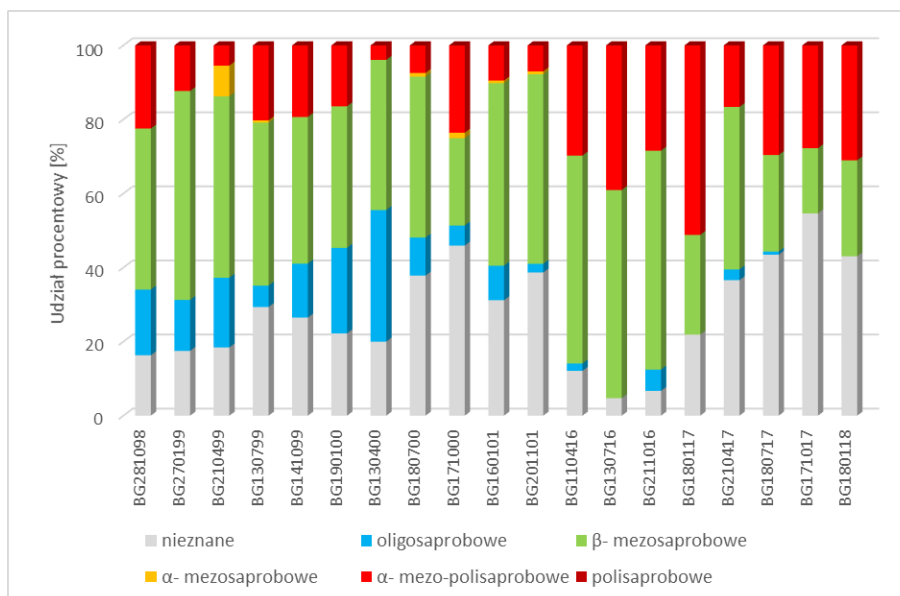
Ryc. 74. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Bukowa Góra (BG) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Bukowa Góra (BG) można zauważyć, że zdecydowana większość zidentyfikowanych gatunków to okrzemki oligohalobowe i halofobowe. W badanym źródle została również odnotowana grupa okrzemek o nieznanym preferencjach w odniesieniu do stopnia zasolenia wody (Ryc. 74).



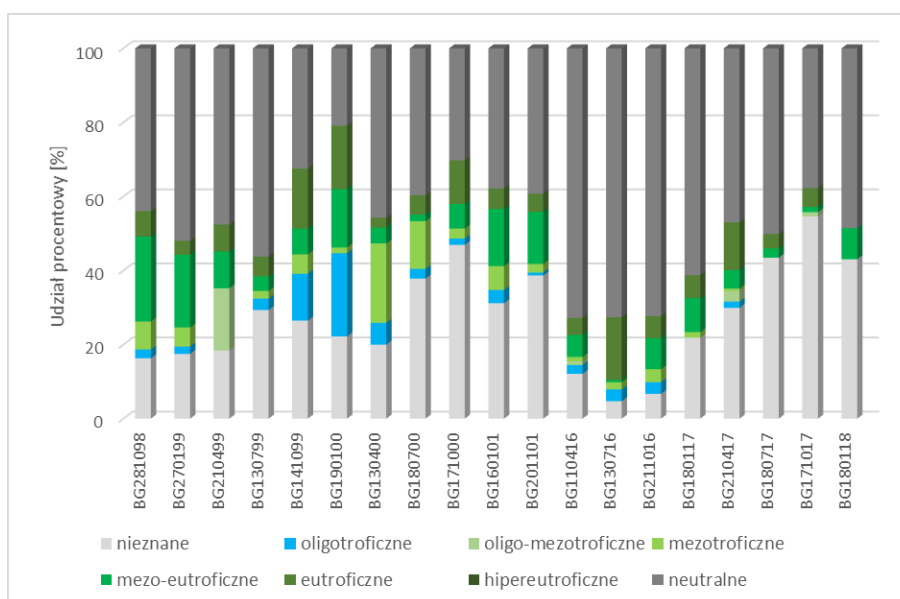
Ryc. 75. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Bukowa Góra (BG) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wody dla źródła Bukowa Góra (BG) można zauważyć, że najliczniej występowały gatunki preferujące bardzo wysoki stopień natlenienia wody, mniej licznie gatunki o wysokim i średnim stopniu natlenienia. Istotną część zidentyfikowanych gatunków stanowiły te o nieokreślonych preferencjach dotyczących natlenienia wody (Ryc. 75).



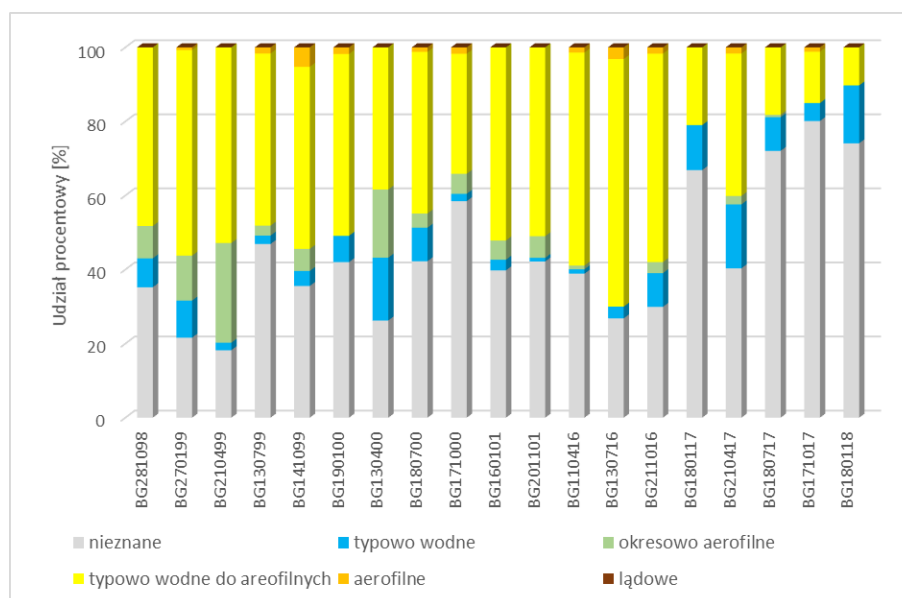
Ryc. 76. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Bukowa Góra (BG) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii warunki dla źródła Bukowa Góra (BG) można określić pod względem zawartości materii organicznej jako wody przeważnie β-mezosaprobowe. W badanym źródle stwierdzono również obecność gatunków okrzemek wskazujących na wody α-mezo-polisaprobowe. Istotną część zidentyfikowanych gatunków stanowiły te o nieokreślonych preferencjach dotyczących saprobii (Ryc. 76).



Ryc. 77. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Bukowa Góra (BG) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Bukowa Góra (BG) można wskazać obecność głównie gatunków o szerokim spektrum tolerancji i tolerujących warunki mezotroficzne. Również należy zwrócić uwagę na obecność gatunków o nieokreślonych wymaganiach wobec trofii (Ryc. 77).



Ryc. 78. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Bukowa Góra (BG) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Bukowa Góra (BG) można zauważyć obecność dwóch najliczniejszych grup okrzemek w badanym źródle. Pierwsze to gatunki, które klasyfikują warunki wilgotnościowe w źródle na od typowo wodnych do aerofilnych, drugą zaś stanowią gatunki o nieokreślonych wymaganiach (Ryc. 78).

4.2.4. Troniny (TR)

Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Troniny została przeprowadzona na podstawie 19 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 76 taksonów okrzemek, które należą do 37 rodzajów (Aneks 1).

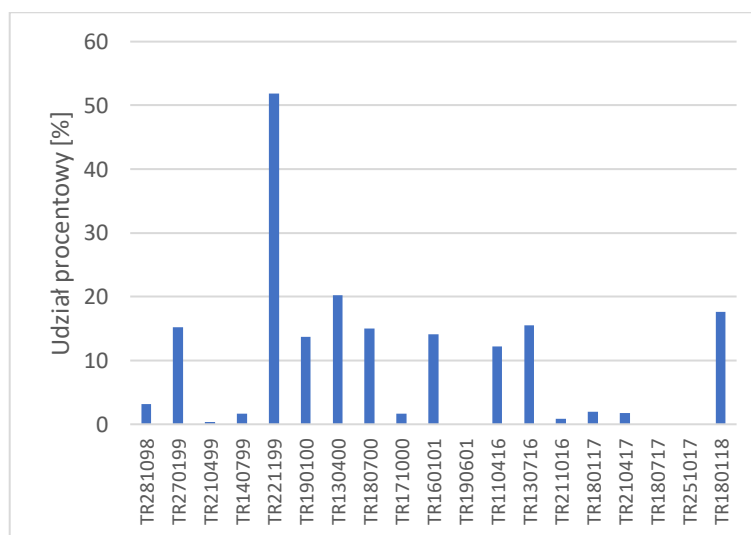
Najczęściej notowanymi, w próbach ze źródła Troniny, były gatunki akcesoryczne (67%), zaś najmniej liczną grupę stanowiły dominanty - 7% i subdominanty - 5% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek

w próbach ze źródła Troniny, można stwierdzić, że najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (59%), a najmniej liczną grupę stanowiły eukonstanty - 5% (Ryc. 23).

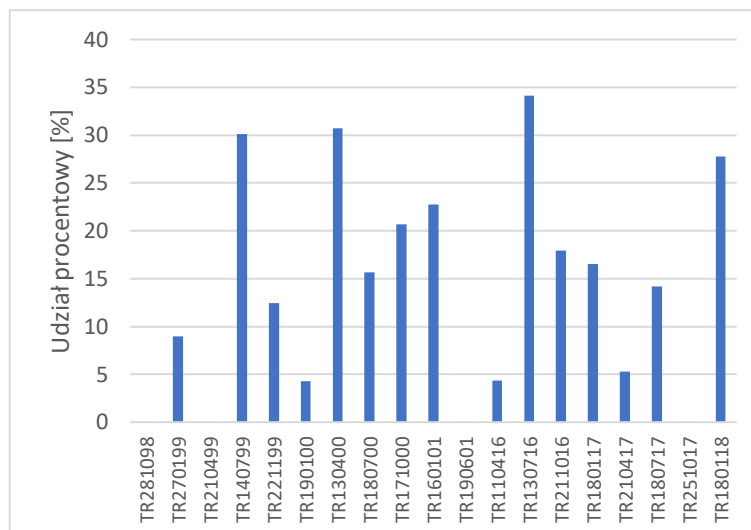
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Amphora pediculus*, *Cocconeis pseudolineata*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Gatunkami stałymi były: *Achnantheidium minutissimum*, *Amphora copulata*, *A. inariensis*, *Gomphonema pumilum*, *Karayevia clevei*, *Navicula striolata*, *Planothidium lanceolatum* i *Platessa conspicua*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Troniny zaliczono: *Amphora pediculus*, *Humidophila contenta*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum* i *P. lanceolatum*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Amphora copulata*, *A. inariensis*, *Campylodiscus hibernicus*, *Cocconeis pseudolineata*, *Gomphonema pumilum*, *Karayevia clevei*, *Navicula reinhardtii*, *Navicula atomoides*, *Nitzschia dissipata* var. *dissipata*, *Rhoicosphenia abbreviata*, *Sellaphora nigri*, *Staurosirella* cf. *rhomboides* i *S. pinnata*.

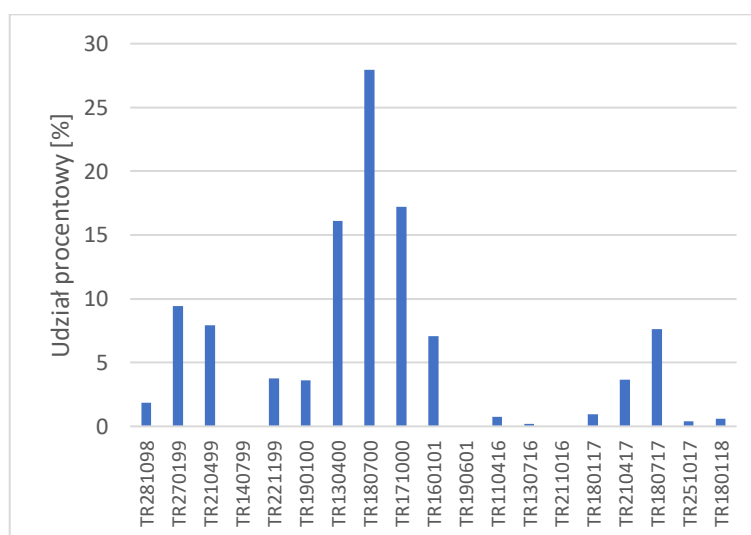
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Troniny były: *Amphora pediculus* (Ryc. 79), *Planothidium dubium* (Ryc. 80) i *P. frequentissimum* (Ryc. 81).



Ryc. 79. Procentowy udział *Amphora pediculus* w próbach ze źródła Troniny.



Ryc. 80. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Troniny.

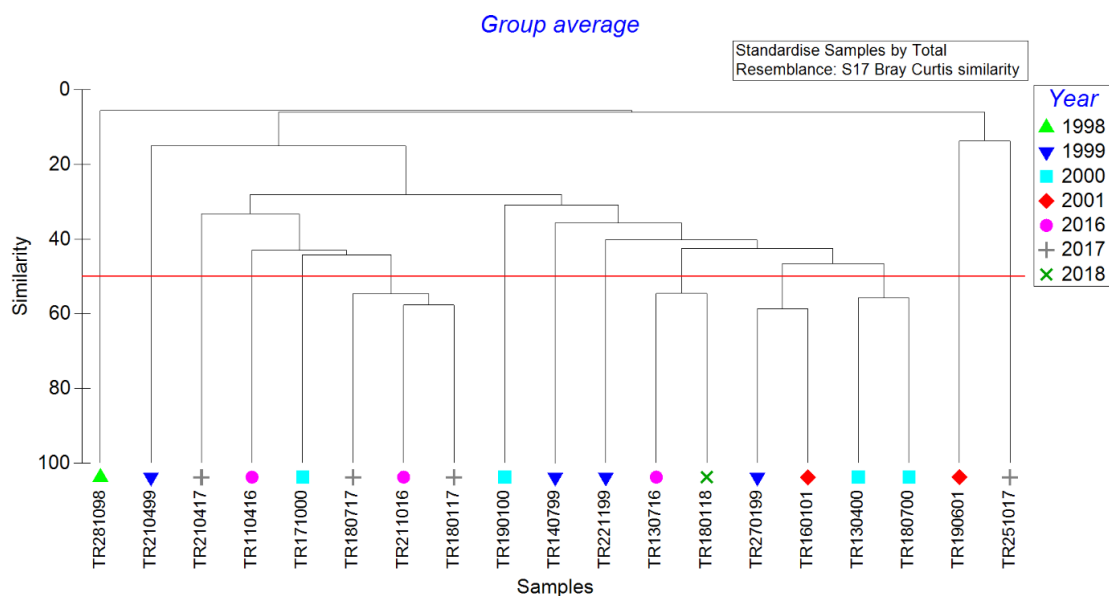


Ryc. 81. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Troniny.

Amphora pediculus nie został zidentyfikowany we 3 próbach ze źródła Troniny (TR). Wysoki udział procentowy tego gatunku odnotowano w 2 próbach z 21.11.1999 i 13.04.2000. Nielicznie był on reprezentowany w 6 próbach (od 0,36 do 1,94%) z 21.04.1999, 21.10.2016, 17.10.2000, 14.07.1999, 21.04.2017 i 18.01.2017 (Ryc. 79).

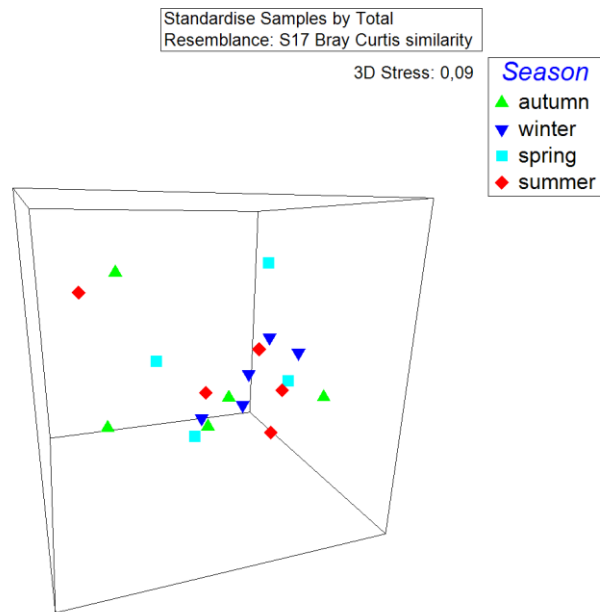
Planothidium dubium nie został zidentyfikowany w 4 próbach ze źródła Troniny (TR). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 20,08 do 34,15%) odnotowano w 3 próbach z 13.07.2016, 13.04.2000 i 14.07.1999. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 3 próbach (od 4,27 do 5,25%) z 19.01.2000, 11.04.2016 i 21.04.2017 (Ryc. 80).

Planothidium frequentissimum nie został zidentyfikowany w 3 próbach ze źródła Troniny (TR). Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 16,10 do 27,97%) odnotowano w 3 próbach z 18.07.2000, 17.10.2000 i 13.04.2000. Nielicznie był on reprezentowany w 4 próbach (od 0,19 do 0,97%) z 13.07.2016, 25.10.2017, 18.01.2018 i 18.01.2017 (Ryc. 81).



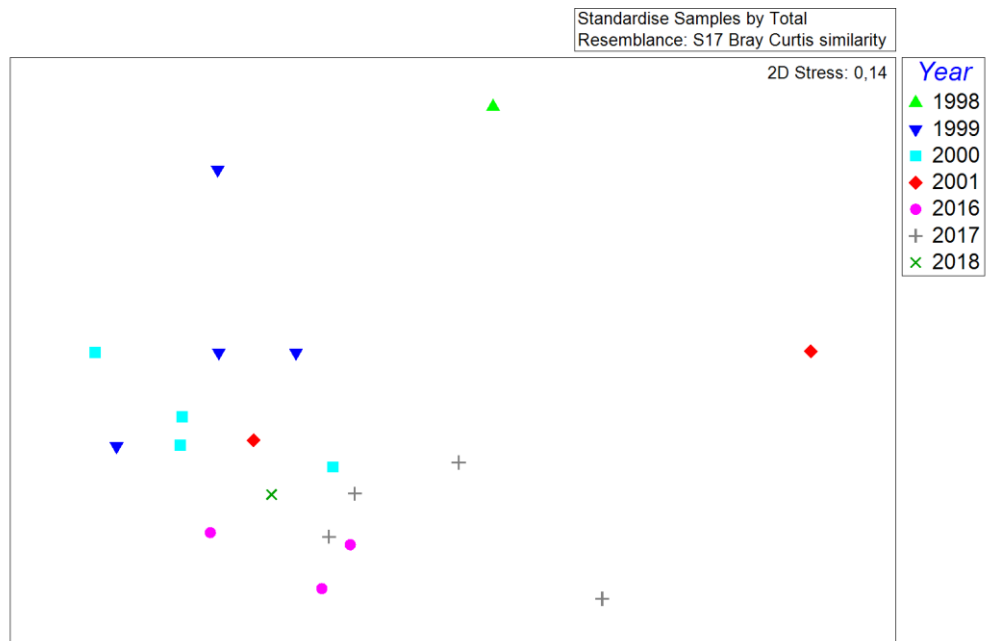
Ryc. 82. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Troniny (TR).

Na podstawie przeprowadzonej hierarchicznej analizy klastrowej można stwierdzić, że 4 próby: z 28.10.1998 oraz z 19.06.2001, 25.10.2017 i 10.04.1999, są wyraźnie mniej podobne do pozostałych prób. Zaznacza się grupowanie zgodnie z latami prowadzonych badań (Ryc. 82).



Ryc. 83. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Troniny (TR) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) uwzględniająca zmiany sezonowe nie wykazała ich obecności w źródle Troniny (Ryc. 83).



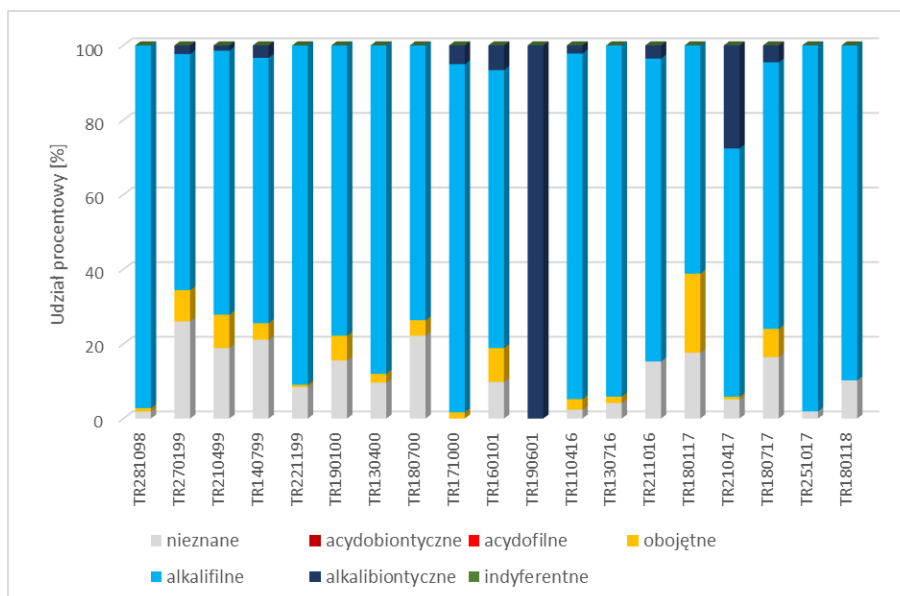
Ryc. 84. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Troniny (TR) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu można zauważyć, że w większości

przypadków próby z danych okresów badawczych są do siebie podobne, z wyjątkiem 4 prób: 25.10.2017, 19.06.2001, 10.04.1999 i 28.10.1998 (Ryc. 84).

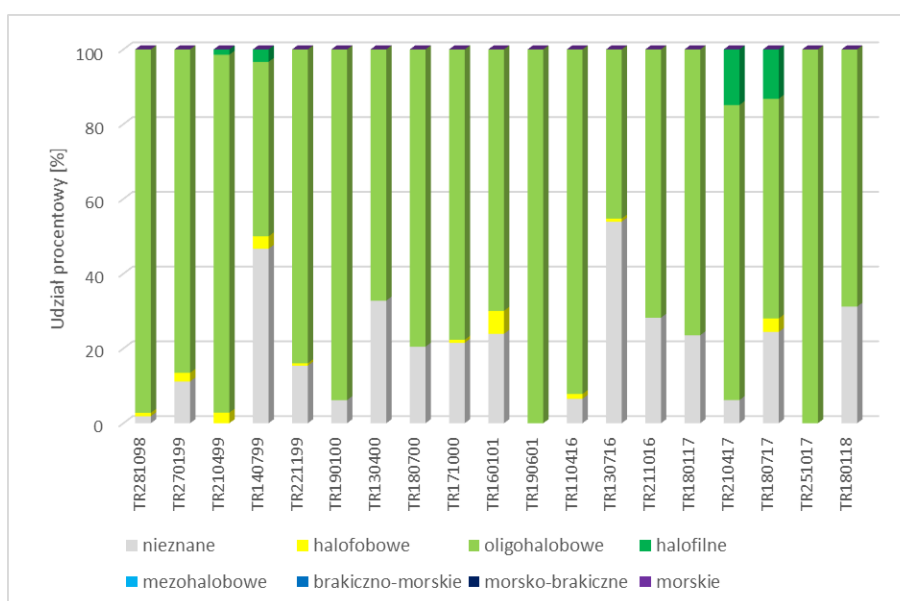
Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Troniny (TR). Średnie podobieństwo w źródle ukształtowało się na poziomie 24,20%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Planothidium dubium*, *Amphora pediculus* i *Planothidium lanceolatum* (Aneks 2). Gatunki odpowiedzialne za niepodobieństwo zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi źródłami zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Kochlew (KO) - 89,62% oraz Podwierzchowiec środek (POB) - 86,26%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Piękne (PI) - 72,98%. Analizując relację pomiędzy źródłami Troniny i Kochlew, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w TR - *Planothidium dubium*, *Amphora pediculus*, *Planothidium lanceolatum* oraz nieobecność lub niska średnia liczebności - *Navicula oblonga*, *N. radiosa* oraz *Nitzschia wuellerstorffii*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach Troniny i Piękne miała wpływ obecność w TR - *Planothidium dubium*, *Amphora pediculus*, *Planothidium lanceolatum* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Staurosirella lapponica*, *Frustulia vulgaris* oraz *Navicula antonii*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Troniny. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



Ryc. 85. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Troniny (TR) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

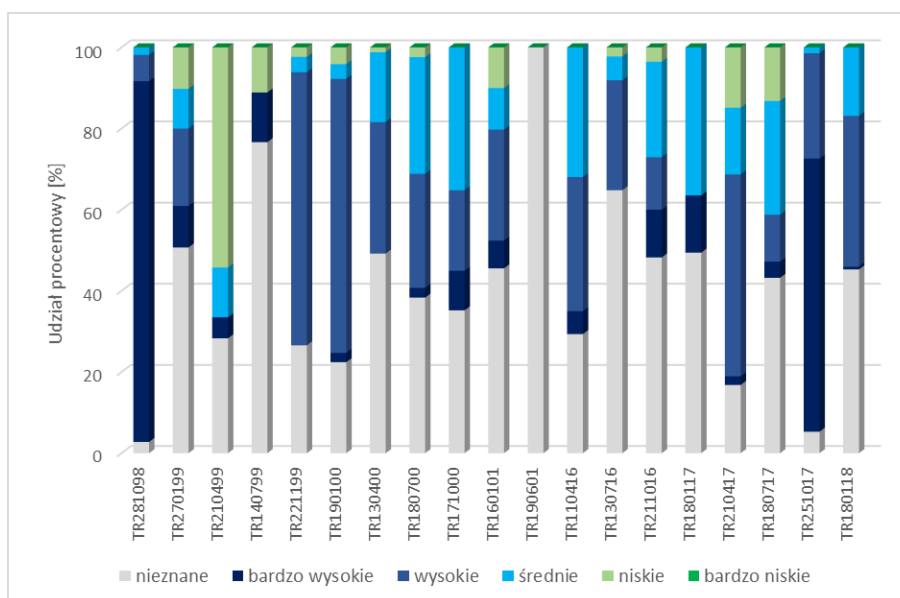
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Troniny (TR) można zauważyć, że najwięcej zidentyfikowanych gatunków należy do alkalifili (Ryc. 85). Próba TR190601 charakteryzowała się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



Ryc. 86. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Troniny (TR) w odniesieniu do stanu zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

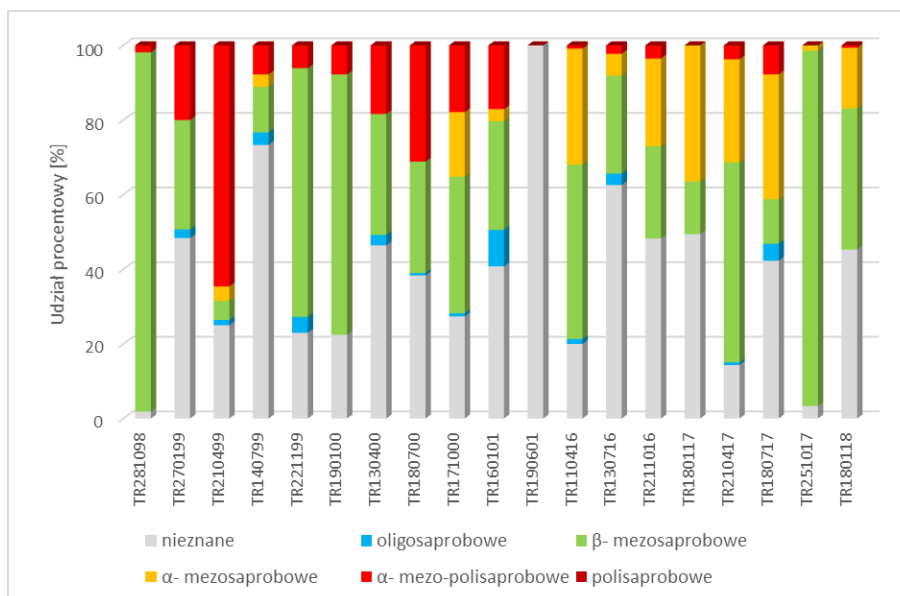
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Troniny (TR) można zauważyć, że zdecydowaną większość

gatunków stanowią oligohaloby. W badanym źródle zostały również odnotowane gatunki okrzemek o nieznanych preferencjach w odniesieniu do stopnia zasolenia wody (Ryc. 86). Próba TR190601 charakteryzowała się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



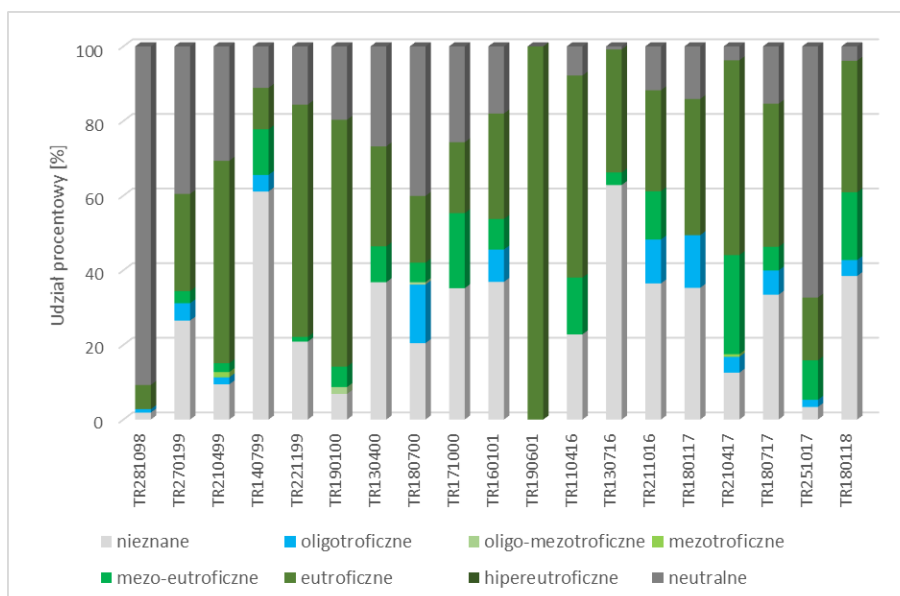
Ryc. 87. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Troniny (TR) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia dla źródła Troniny (TR) można zauważyć, że w większości prób występowały gatunki preferujące wysoki stopień natlenienia wody. Natomiast, istotną część zidentyfikowanych gatunków stanowiły te o nieokreślonych preferencjach dotyczących natlenienia wody (Ryc. 87). Próba TR190601 charakteryzowała się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



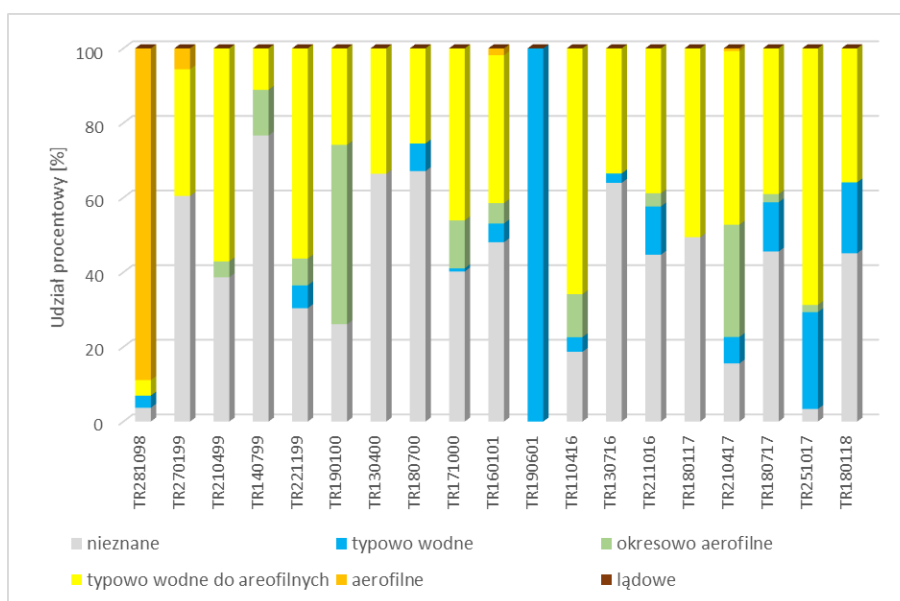
Ryc. 88. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Troniny (TR) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Troniny (TR) można określić warunki pod względem zawartości materii organicznej jako wody przeważnie β-mezosaprobowe. Należy wskazać obecność okrzemek tolerujących podwyższoną zawartość materii organicznej w pierwszym okresie badań (1999-2001). Część zidentyfikowanych gatunków nie posiadało określonych wymagań względem obciążenia saprobią (Ryc. 88). Próba TR190601 charakteryzowała się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



Ryc. 89. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Troniny (TR) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Troniny (TR) można określić pod względem żyzności wody jako przeważnie eutroficzne z udziałem gatunków okrzemek wskazujących na neutralny, mezo-eutroficzny i w niewielkim stopniu na oligotroficzny charakter wód. Część zidentyfikowanych gatunków nie posiadało określonych preferencji dotyczących stopnia żyzności wód (Ryc. 89). Próba TR190601 charakteryzowała się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



Ryc. 90. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Troniny (TR) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Troniny (TR) można zauważyć, że zdecydowana większość zidentyfikowanych okrzemek w badanym źródle klasyfikuje warunki wilgotnościowe od typowo wodnych do aerofilnych. Udział okrzemek z badanego źródła o nieopisanych preferencjach warunków wilgotnościowych był znaczny (Ryc. 90). Próba TR190601 charakteryzowała się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).

4.2.5. Kochlew (KO)

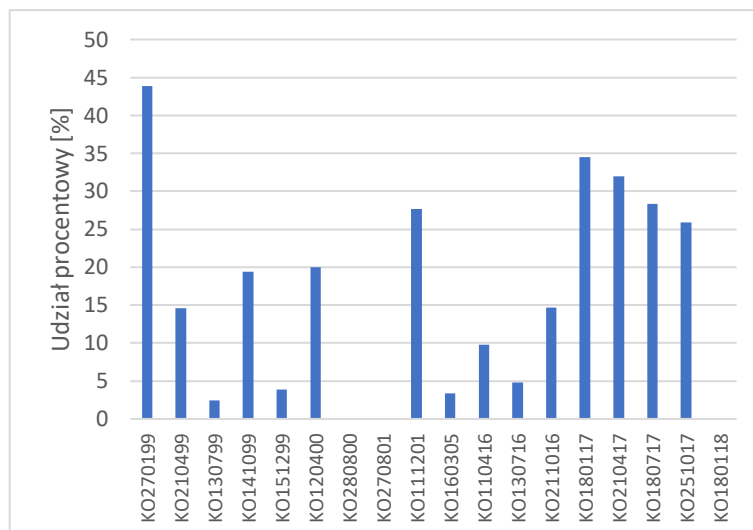
Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Kochlew została przeprowadzona na podstawie 18 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 97 taksonów okrzemek, które należą do 34 rodzajów (Aneks 1).

Najczęściej notowanymi w próbach ze źródła Kochlew (KO) były gatunki akcesoryczne (78%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły dominanty - 4% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Kochlew (KO), można stwierdzić, że najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (76%), najmniej liczną grupę stanowiły eukonstanty - 4% (Ryc. 23).

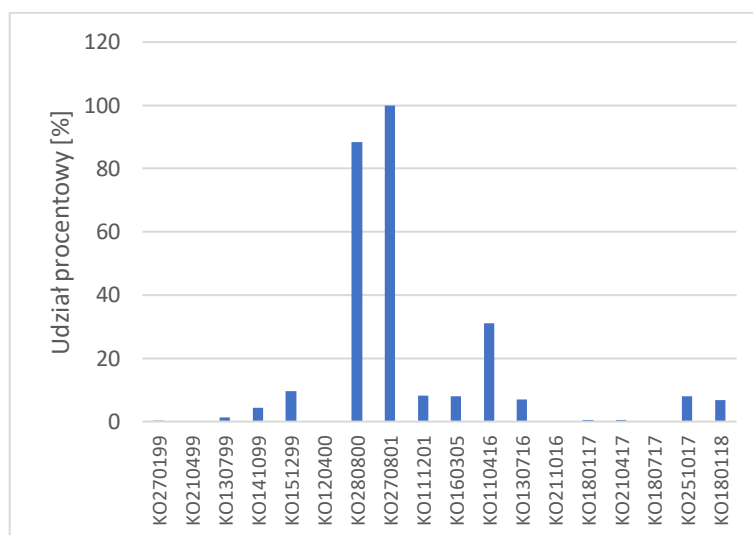
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Navicula cryptocephala*, *N. oblonga*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Gatunkami stałymi były: *Eunotia bilunaris*, *Gomphonema parvulum*, *G. utae*, *Hippodonta capitata*, *Navicula radiosa* i *Nitzschia linearis*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Kochlew zaliczono: *Navicula cryptocephala*, *N. oblonga*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Gomphonema parvulum*, *Hippodonta capitata*, *Navicula radiosa*, *Nitzschia gracilis*, *N. linearis*, *N. wuellerstorffii*, *Platessa conspicua* i *Sellaphora pupula*.

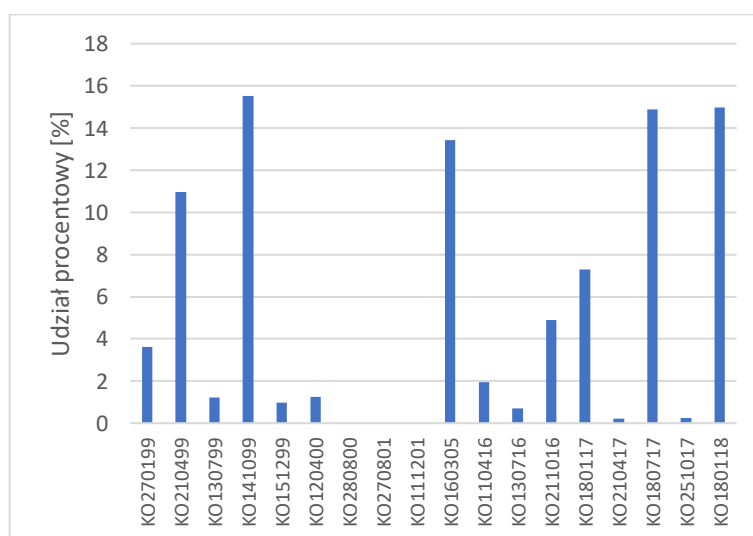
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Kochlew były: *Navicula cryptocephala* (Ryc. 91), *Navicula oblonga* (Ryc. 92), *Planothidium dubium* (Ryc. 93) i *P. frequentissimum* (Ryc. 94).



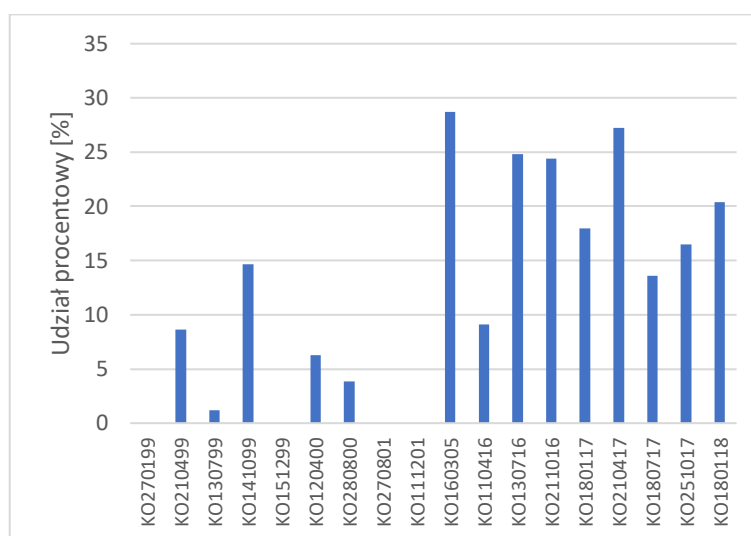
Ryc. 91. Procentowy udział *Navicula cryptocephala* w próbach ze źródła Kochlew.



Ryc. 92. Procentowy udział *Navicula oblonga* w próbach ze źródła Kochlew.



Ryc. 93. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Kochlew.



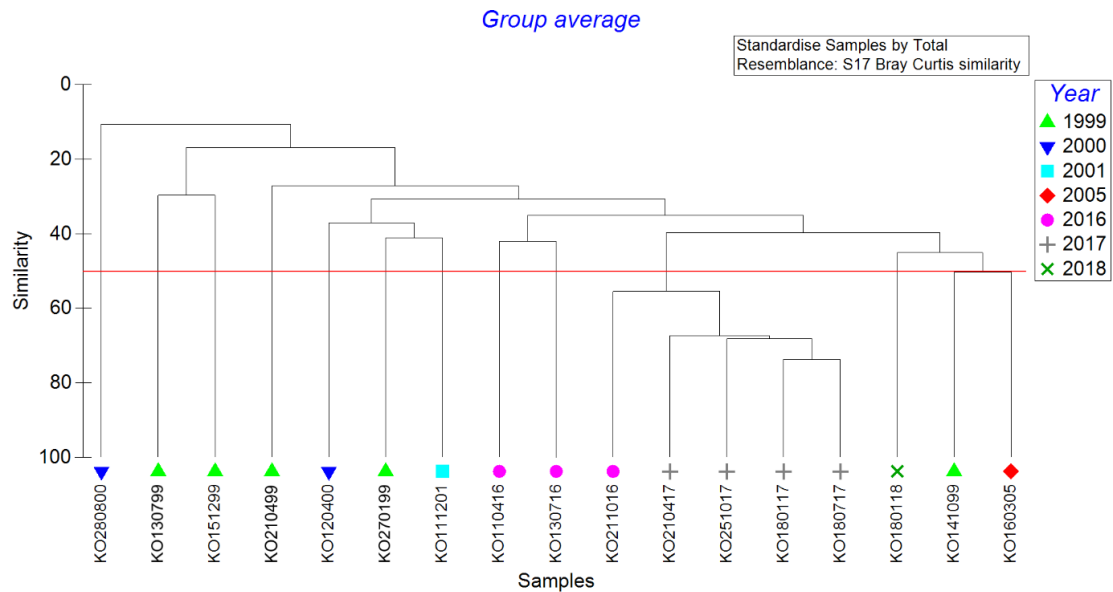
Ryc. 94. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Kochlew.

Navicula cryptocephala nie został zidentyfikowany w 3 próbach ze źródła Kochlew. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 31,97 do 43,84%) odnotowano w 3 próbach z 27.01.1999, 18.01.2017 i 21.04.2017. Nielicznie był on reprezentowany w 4 próbach (od 2,44 do 4,83%) z 13.07.1999, 16.03.2005, 15.12.1999 i 21.10.2016 (Ryc. 91).

Navicula oblonga nie został zidentyfikowany w 4 próbach ze źródła Kochlew. W próbie z dnia 27.08.2001 jego udział procentowy wyniósł 100% (nie stwierdzono obecności innych gatunków w badanym preparacie). Pozostałe najwyższe udziały procentowe zostały odnotowane w dwóch próbach z 11.04.2016 oraz 28.08.2000. Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach (od 0,36 do 0,45%) z 27.01.1999, 18.01.2017 i 21.04.2017 (Ryc. 92).

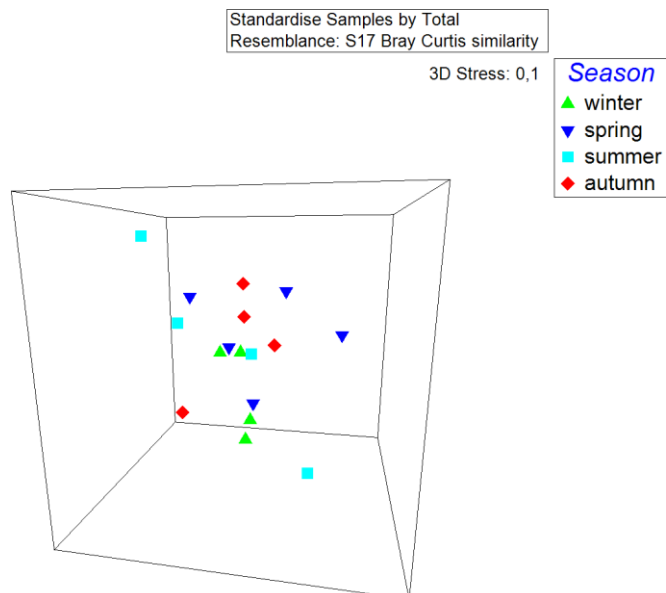
Planothidium dubium nie został zidentyfikowany w 3 próbach ze źródła Kochlew. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 13,44 do 15,52%) został odnotowany w 4 próbach z 14.10.1999, 18.01.2018, 18.07.2017 i 16.03.2005. Nielicznie był on reprezentowany w 4 próbach (od 0,23 do 0,96%) z 21.04.2017, 25.10.2017, 13.07.2016 i 15.12.1999 (Ryc. 93).

Planothidium frequentissimum nie został zidentyfikowany w 4 próbach ze źródła Kochlew. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 20,41 do 28,68%) został odnotowany w 4 próbach z 16.03.2005, 13.07.2016, 21.10.2016 i 18.01.2018. Nielicznie był on reprezentowany w jednej próbie z 13.07.1999 (1,22%) (Ryc. 94).



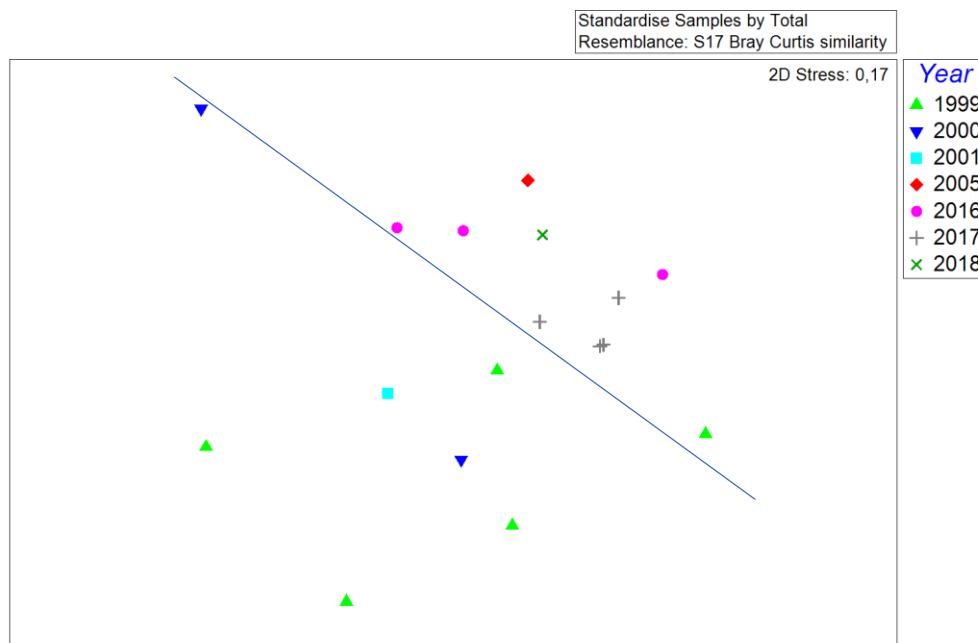
Ryc. 95. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Kochlew (KO).

Analiza klasterowa uwidoczniała, że najwyższe podobieństwo wykazują próby zebrane od października 2016, a następnie przez cały 2017 rok. Próby z lat 1999-2001 wykazują mniejsze podobieństwo próba do próby (Ryc. 95).



Ryc. 96. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Kochlew (KO) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę sezonowość nie wykazała jej wyraźnej obecności w źródle Kochlew (Ryc. 96).



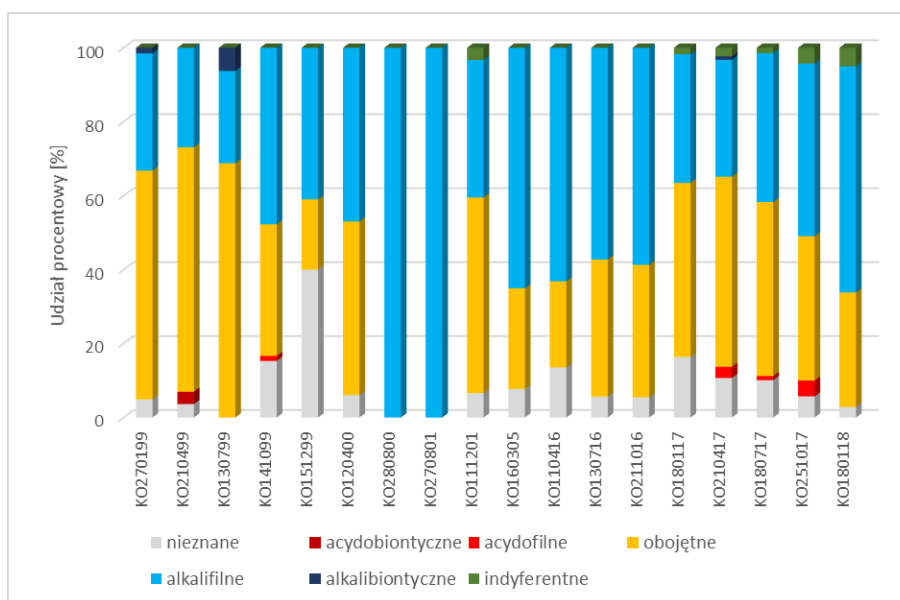
Ryc. 97. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Kochlew (KO) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można zauważyć różnice w podobieństwie między próbkami pochodzącymi z pierwszego okresu badawczego (1999-2005) i próbkami z drugiego okresu badawczego (2016-2018) (Ryc. 97).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Kochlew (KO). Średnie podobieństwo w źródle ukształtowało się na poziomie 29,75%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Navicula cryptocephala*, *N. oblonga* i *Planothidium frequentissimum* (Aneks 2). Gatunki okrzemek odpowiedzialne za niepodobieństwo zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi źródłami zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł Podwierzchowiec (POA) - 92,68% oraz Podwódka środek (PDB) - 91,80%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Pustułka (PU) - 81,18%. Analizując relację KO i POA, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w KO - *Navicula cryptocephala*, *N. oblonga* i *Planothidium frequentissimum* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Chamaepinnularia soehrensii*,

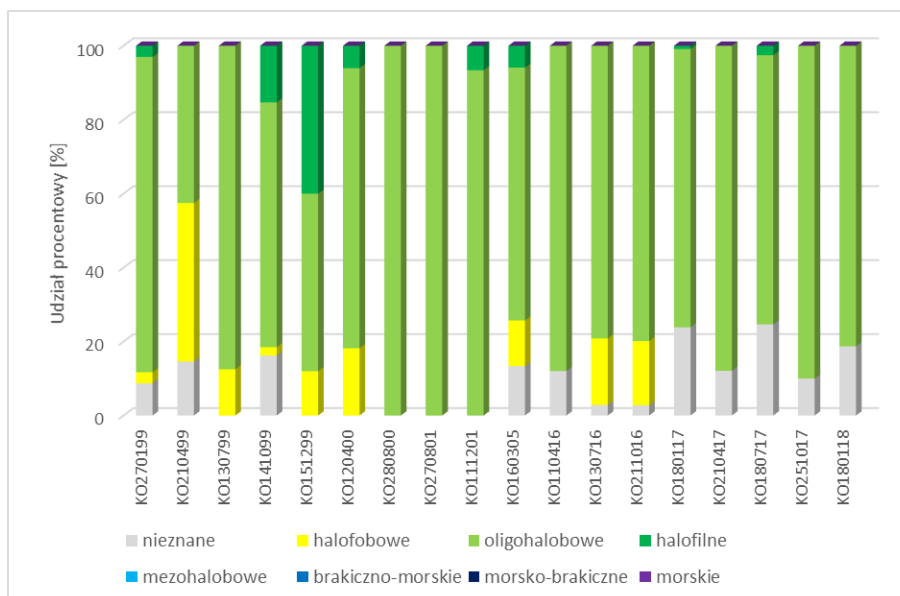
Cocconeis pseudothumensis, *Eunotia exigua*, *E. nymanniana*, *E. tenella*, *Planothidium lanceolatum*, *Psammothidium subatomoides*, *Pinnularia perirrorata* i *P. schoenfelderi*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach KO i PDB miała wpływ obecność w KO - *Navicula cryptocephala*, *N. oblonga*, *Planothidium frequentissimum*, oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Cocconeis lineata*, *C. pseudothumensis* i *Karayevia clevei*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Kochlew. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek dostępne w bazie programu OMNIDIA.



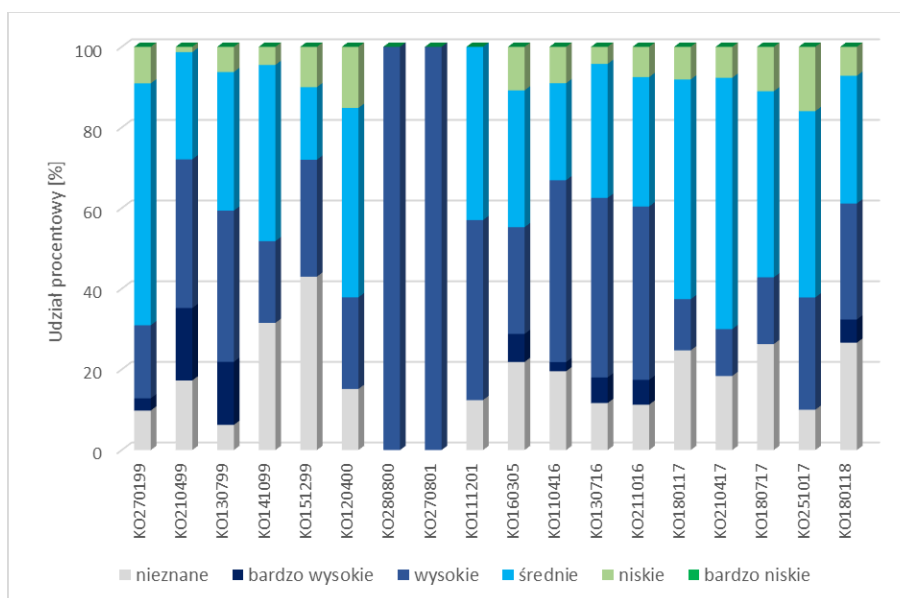
Ryc. 98. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Kochlew (KO) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Kochlew (KO) można zauważyć, że ponad połowa gatunków okrzemek należała do grupy alkalifili, drugą grupę stanowiły zaś gatunki obojętne. Taki udział gatunków wskazuje na warunki słabo zasadowe (Ryc. 98). Próby KO280800 i KO270801 charakteryzowały się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



Ryc. 99. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Kochlew (KO) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

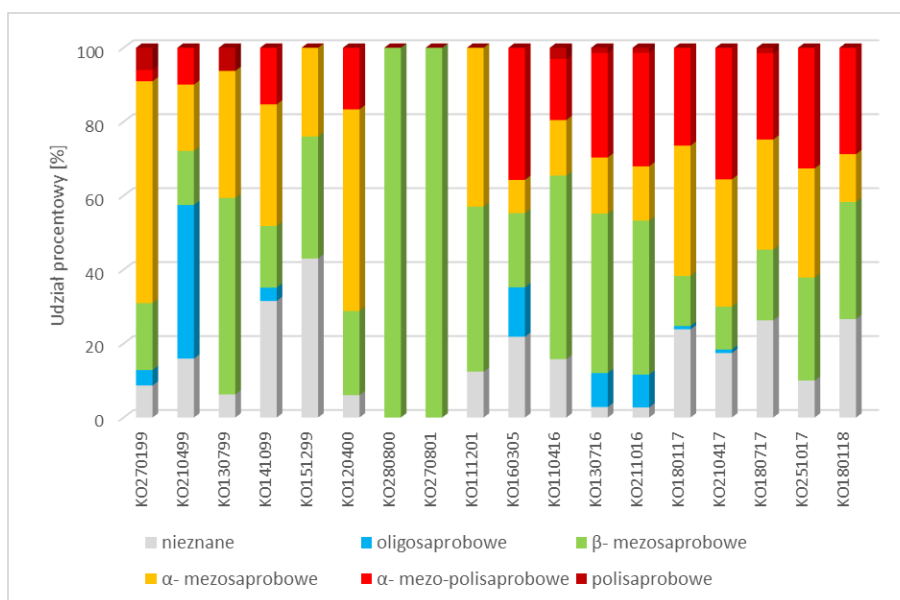
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Kochlew (KO) można zauważyć, że większość to gatunki oligohalobowe (Ryc. 99). Próby KO280800 i KO270801 charakteryzowały się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



Ryc. 100. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Kochlew (KO) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

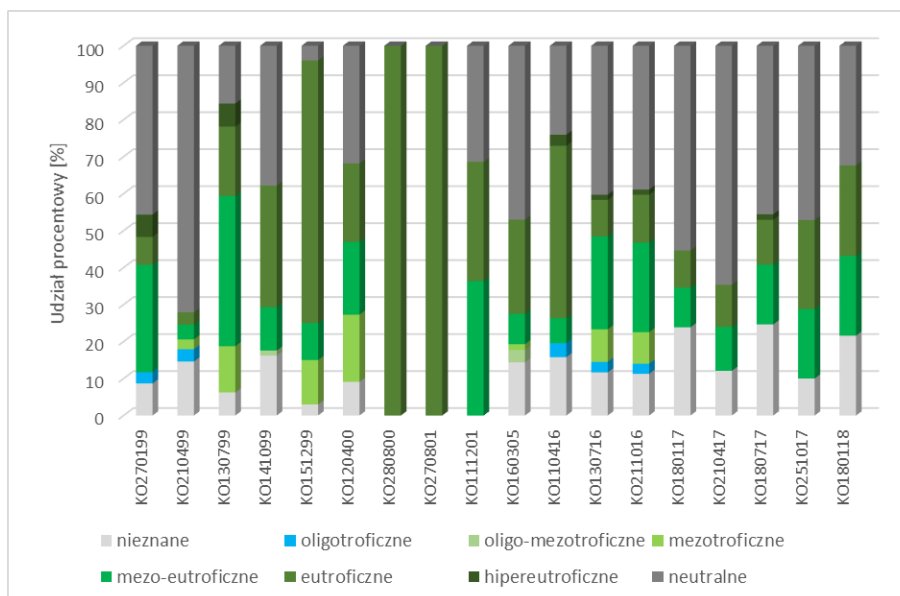
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wód dla źródła Kochlew (KO) można zauważyć, że najliczniej

występowały gatunki preferujące wysoki stopień ich natlenienia. Część zidentyfikowanych gatunków ma nieokreślone preferencje dotyczące natlenienia wody (Ryc. 100). Próby KO280800, KO270801 charakteryzowały się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



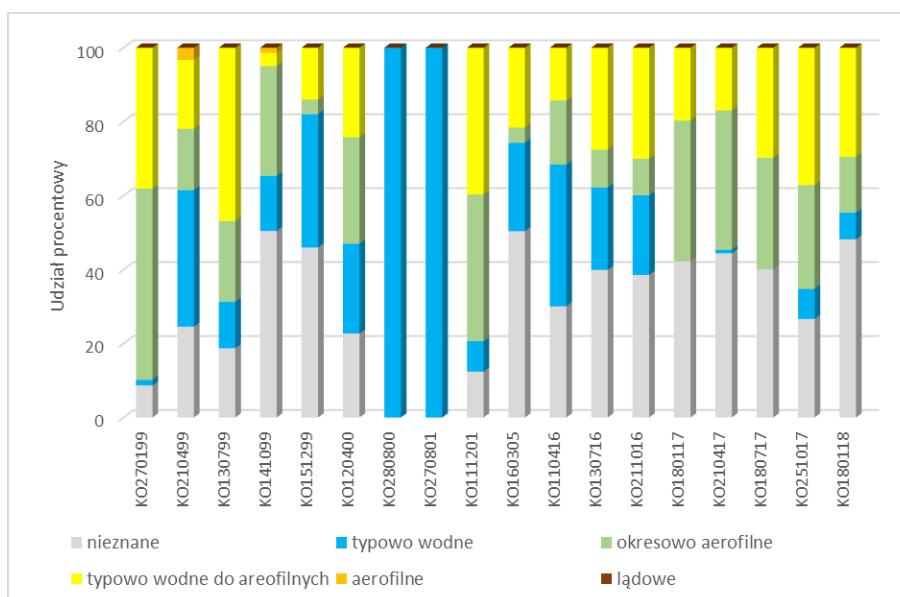
Ryc. 101. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Kochlew (KO) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Kochlew (KO) można określić, że pod względem zawartości materii organicznej to warunki β-mezosaprobowe i α-mezosaprobowe. Widoczna jest również różnica w udziale w zbiorowisku okrzemek, gatunków preferujących warunki polisaprobowe na przestrzeni czasu; wraz z upływem lat, wzrasta udział gatunków wskazujących na warunki polisaprobowe (Ryc. 101). Próby KO280800 i KO270801 charakteryzowały się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



Ryc. 102. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Kochlew (KO) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Kochlew (KO) można określić pod względem żyzności jako wody, w których występują gatunki o obojętnych wymaganiach i w mniejszym stopniu preferujące warunki eutroficzne. Zauważalny jest również wzrost na przestrzeni czasu, udziału gatunków o obojętnych wymaganiach względem trofii (Ryc. 102). Próby KO280800 i KO270801 charakteryzowały się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).



Ryc. 103. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Kochlew (KO) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Kochlew (KO) można zauważyć, że zidentyfikowane gatunki okrzemek wykazują różne preferencje wobec warunków wilgotnościowych, od typowo wodnych do aerofilnych, do okresowo aerofilnych. Znaczna część gatunków okrzemek z badanego obiektu krenologicznego ma nieokreślone preferencje wobec odnośnie warunków wilgotnościowych (Ryc. 103). Próby KO280800 i KO270801 charakteryzowały się niską różnorodnością gatunkową i liczbą okryw (Aneks 1).

4.2.6. Wolbórka (WO)

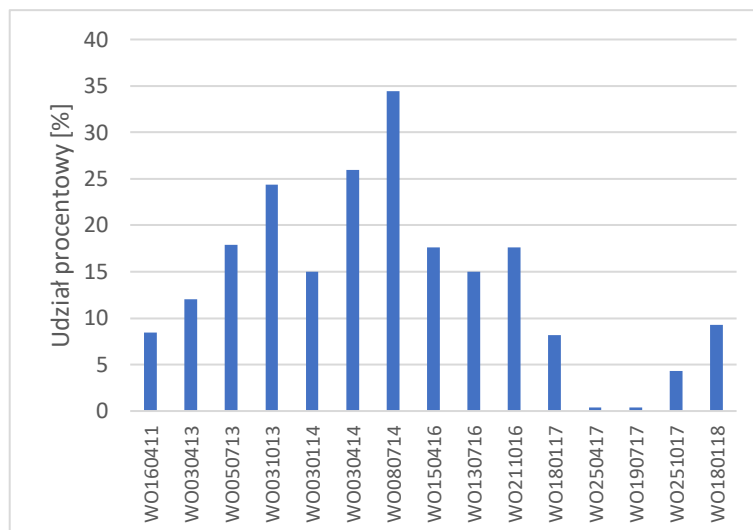
Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródłisku Wolbórka została przeprowadzona na podstawie 15 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 77 taksony okrzemek, które należą do 30 rodzajów.

Najczęściej notowanymi w próbach ze źródła Wolbórka (WO) były gatunki akcesoryczne (80%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły subdominanty - 8% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Wolbórka (WO), najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (68%), najmniej liczną grupę stanowiły akcesoryczne - 4% (Ryc. 23).

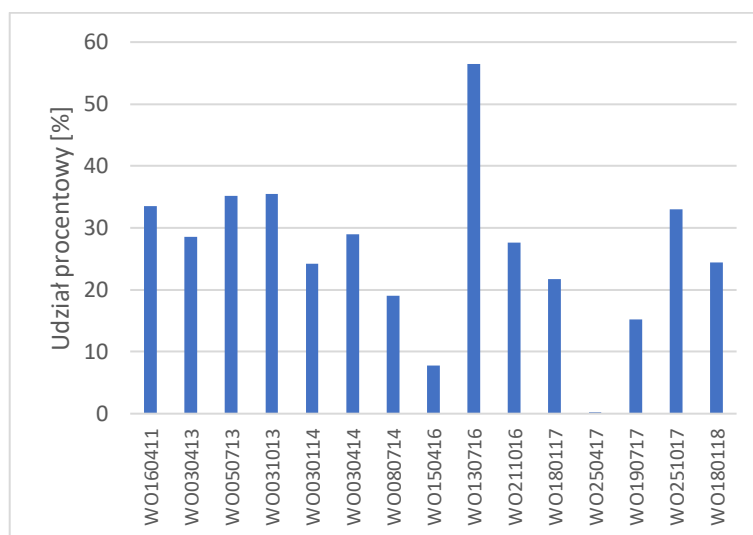
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Achnantheidium minutissimum*, *Amphora ovalis*, *Cocconeis pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Navicula striolata*, *Nitzschia linearis*, *Planothidium frequentissimum* i *Staurosirella pinnata*. Gatunkami stałymi były: *Amphora copulata*, *Cocconeis disculus*, *C. lineata*, *Gomphonema micropus*, *G. parvulum*, *Karayevia ploenensis*, *Navicula gregaria*, *Platessa conspicua*, *Staurosirella cf. lapponica* i *S. lapponica*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Wolbórka zaliczono: *Cocconeis pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Karayevia clevei*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum* i *Staurosirella pinnata*. Do gatunków subdominujących w próbach ze źródła Wolbórka zaliczono: *Achnantheidium minutissimum*, *Navicula gregaria* i *Nitzschia linearis*.

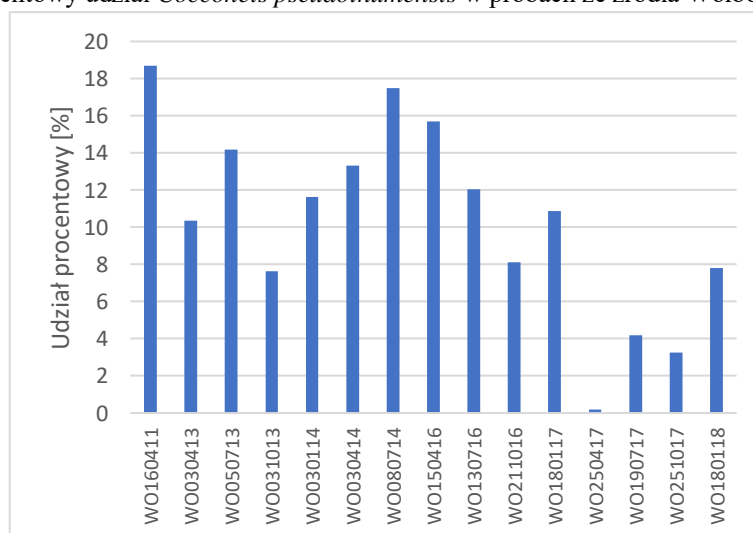
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Wolbórka były: *Cocconeis pseudolineata* (Ryc. 102), *C. pseudothumensis* (Ryc. 103), *Karayevia clevei* (Ryc. 104), *Planothidium dubium* (Ryc. 105), *P. frequentissimum* (Ryc. 106) i *Staurosirella pinnata* (Ryc. 107).



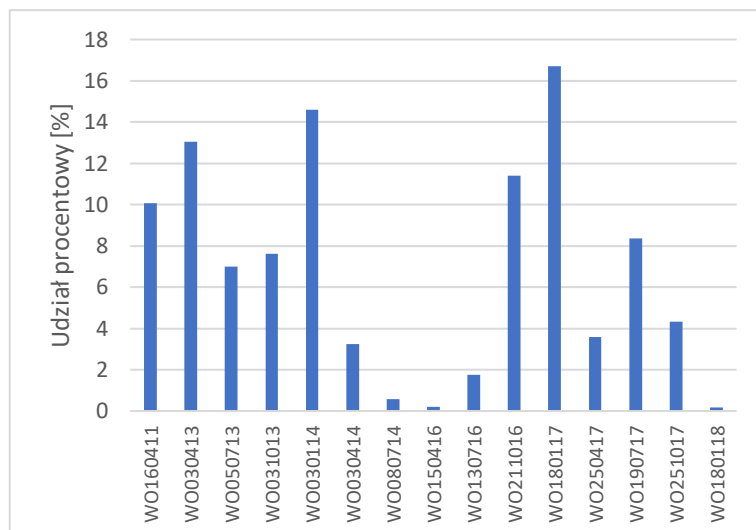
Ryc. 102. Procentowy udział *Cocconeis pseudolineata* w próbach ze źródła Wolbórka.



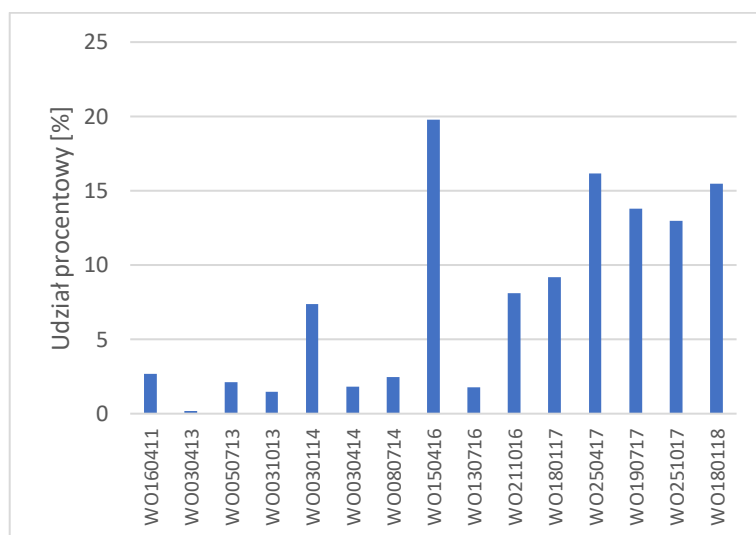
Ryc. 103. Procentowy udział *Cocconeis pseudothumensis* w próbach ze źródła Wolbórka.



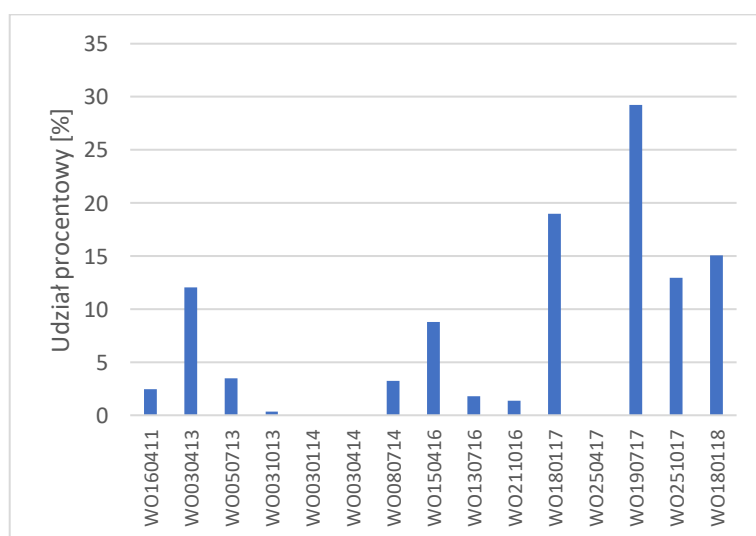
Ryc. 104. Procentowy udział *Karayevia clevei* w próbach ze źródła Wolbórka.



Ryc. 105. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Wolbórka.



Ryc. 106. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Wolbórka.



Ryc. 107. Procentowy udział *Staurosirella pinnata* w próbach ze źródła Wolbórka.

Cocconeis pseudolineata został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wolbórka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 24,35 do 34,41%) odnotowano w próbach z 08.07.2014, 30.04.2014 i 30.10.2013. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z 19.07.2017 i 25.04.2017 (Ryc. 102).

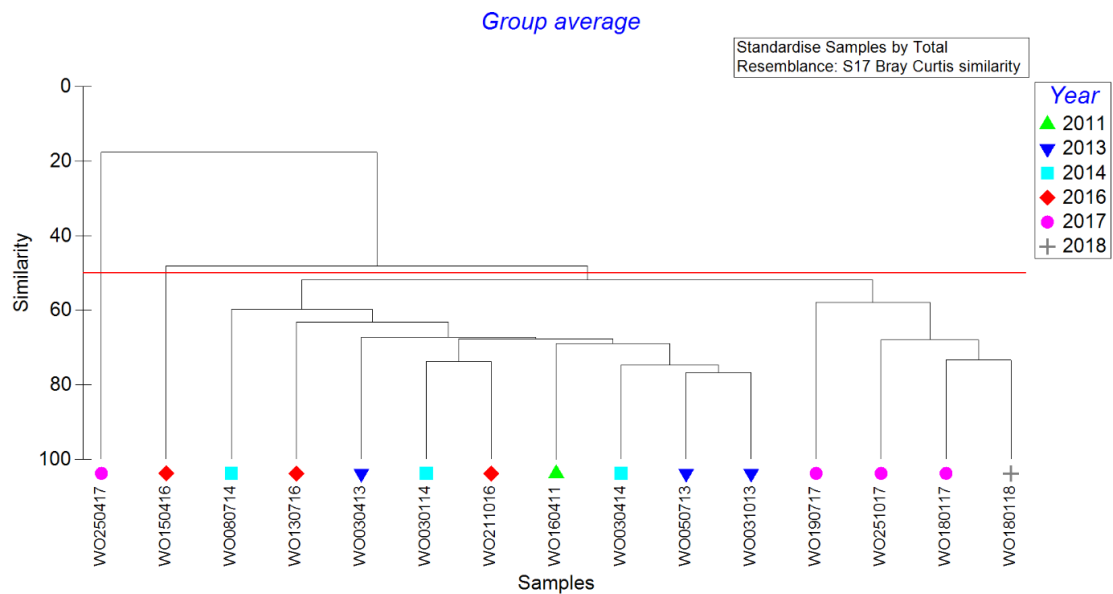
Cocconeis pseudothumensis został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wolbórka. Wysoki jego udział procentowy odnotowano w jednej próbie z 13.07.2016. Nielicznie był on reprezentowany również w jednej próbie z 25.04.2017 (Ryc. 103).

Karayevia clevei został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wolbórka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 15,70 do 18,69%) odnotowano w próbach z 16.04.2011, 08.07.2016 i 15.04.2016. Nielicznie był on reprezentowany w jednej próbie z 25.04.2017 (Ryc. 104).

Planothidium dubium został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wolbórka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 13,04 do 16,70%) został odnotowany w 3 próbach z 18.01.2017, 03.01.2014 i 03.04.2013. Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach (od 0,19 do 0,57%) z 18.01.2018, 15.04.2016 i 08.07.2014 (Ryc. 105).

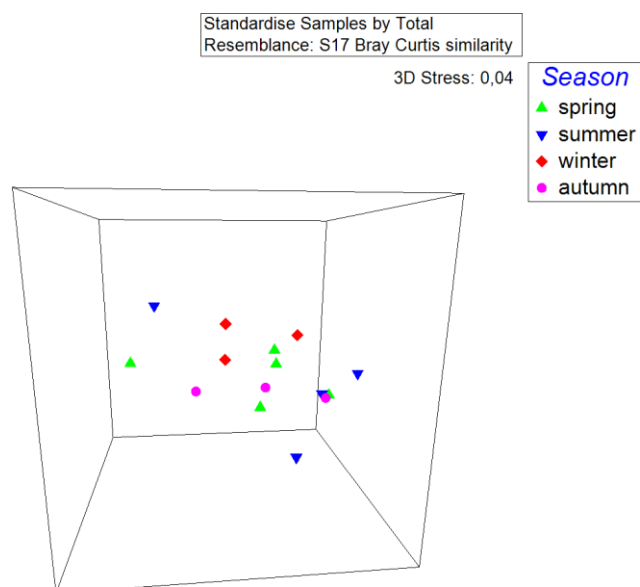
Planothidium frequentissimum został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wolbórka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 15,56 do 19,78%) odnotowano w 3 próbach z 15.04.2016, 25.04.2017 i 18.01.2018. Nielicznie był on reprezentowany w jednej próbie z 03.04.2013. (Ryc. 106).

Staurosirella pinnata nie został zidentyfikowany w 3 próbach ze źródła Wolbórka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 15,08 do 29,22%) odnotowano w 3 próbach (od 15,08 do 29,22%) z 19.07.2017, 18.01.2017, 18.01.2018. Nielicznie był on reprezentowany w jednej próbie z 03.10.2013 (Ryc. 107).



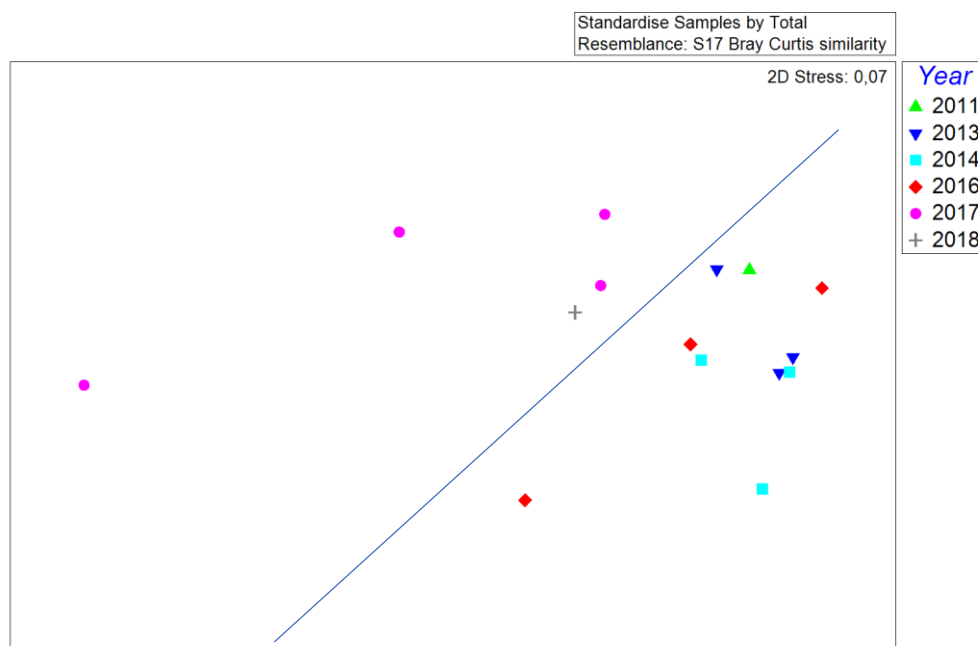
Ryc. 108. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Wolbórka (WO).

Na podstawie przeprowadzonej hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić, że zdecydowana większość prób jest do siebie w dużym stopniu podobna, z wyjątkiem jednej próby z 15.04.2017. Wysokim podobieństwem charakteryzują się również 4 próby z 19.07.2017, 25.10.2017, 18.01.2017 i 18.01.2018 (Ryc. 108).



Ryc. 109. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Wolbórka (WO) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) uwzględniająca zmiany sezonowe nie wykazała ich obecności w źródle Wolbórka (Ryc. 109).



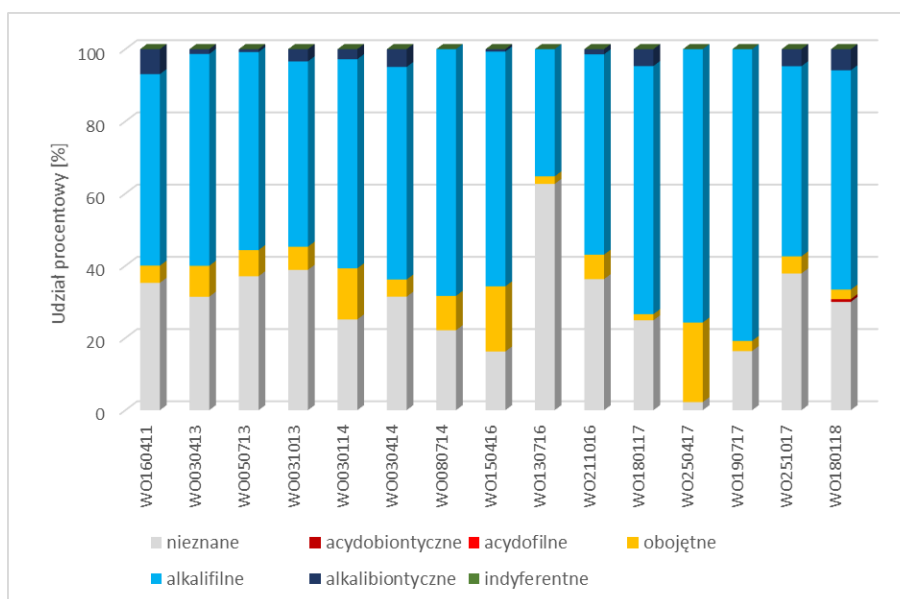
Ryc. 110. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Wolbórka (WO) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można zauważyć, że próby z lat 2017 i 2018 stanowią odrębną grupę w stosunku do prób pochodzących z pierwszego okresu badawczego (2011-2014) (Ryc. 110).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Wolbórka (WO). Średnie podobieństwo w źródle ukształtowało się na poziomie 52,39%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Cocconeis pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Karayevia clevei* i *Planothidium frequentissimum* (Aneks 2). Przeprowadzona analiza SIMPER wskazała również gatunki odpowiedzialne za niepodobieństwo zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi, które zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Kochlew (KO) - 88,93% oraz Podwierzchowiec wypływ (POA) - 87,93%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo odnotowano w odniesieniu do źródła Podwódka

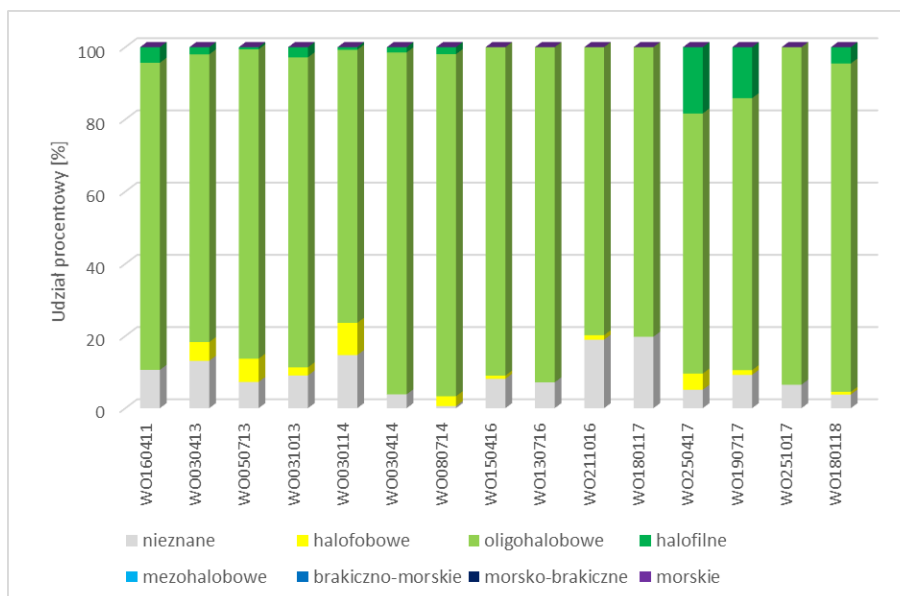
środek (PDB) - 57,48%. Analizując relację WO i KO, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w WO - *Cocconeis pseudolineata*, *C. pseudothumensis* i *Karayevia clevei* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Hippodonta capitata*, *Navicula oblonga*, *N. radiosa* i *Nitzschia wuellerstorffii*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach WO i POA miała wpływ obecność w WO - *Cocconeis pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Karayevia clevei* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Chamaepinnularia soehrensii*, *Eunotia exigua*, *E. tenella*, *Pinnularia sinistra* i *Psammothidium subatomoides*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Kochlew. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



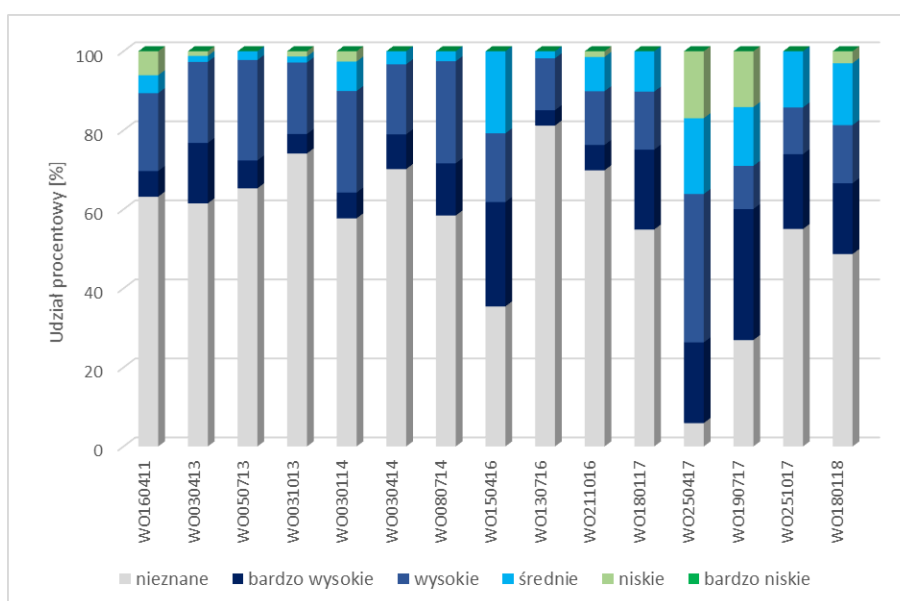
Ryc. 111. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wolbórka (WO) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Wolbórka (WO) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków należy do grupy alkalifili. Stwierdzono również obecność w próbach gatunków o nieznanym preferencjach w odniesieniu do odczynu wody (Ryc. 111).



Ryc. 112. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wolbórka (WO) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

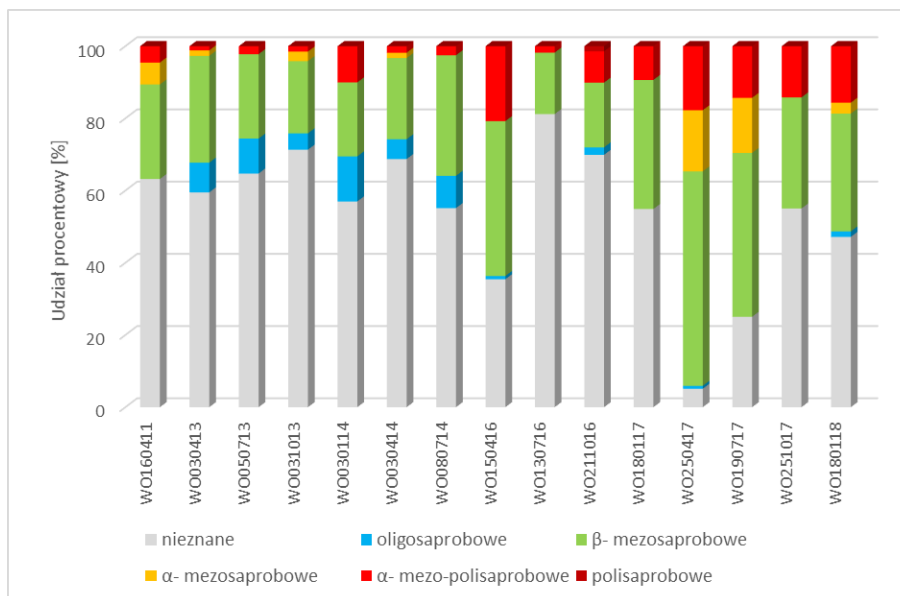
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Wolbórka (WO) można zauważyć, że zdecydowana większość to gatunki oligohalobowe. Zaznacza się udział gatunków halofilnych w próbie z kwietnia i lipca 2017 roku (Ryc. 112).



Ryc. 113. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wolbórka (WO) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

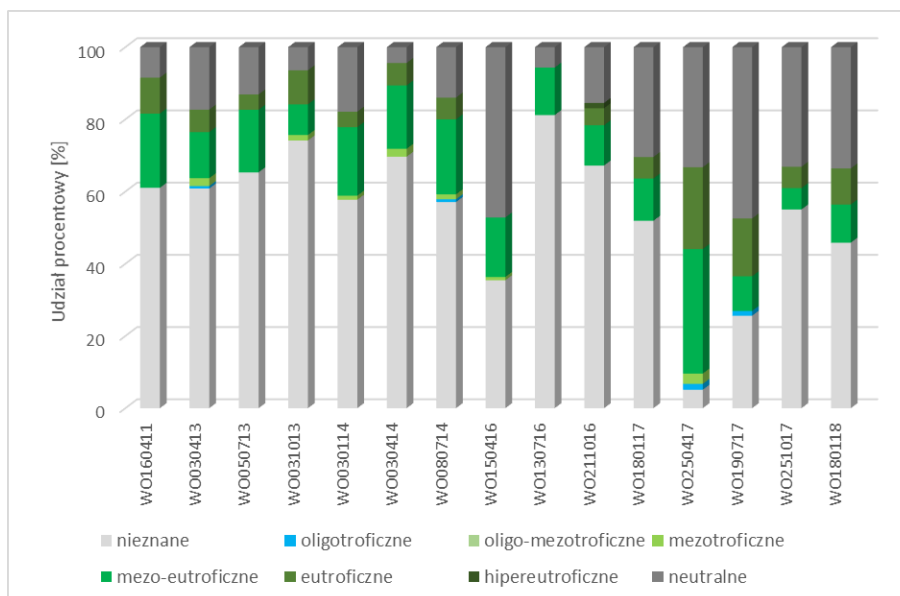
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wody dla źródła Wolbórka (WO) można zauważyć, że najliczniej

reprezentowane były gatunki o nieokreślonych preferencjach dotyczących natlenienia wody. Pozostałe gatunki wykazują na wysokie wymagania wobec natlenienia wody (Ryc. 113).



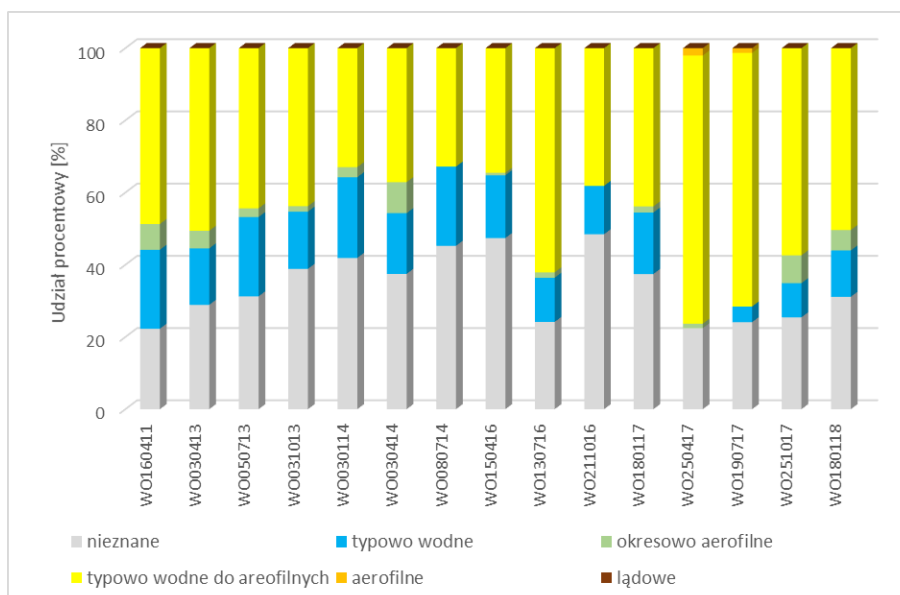
Ryc. 114. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wolbórka (WO) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Wolbórka (WO) można określić, że pod względem zawartości materii organicznej są to warunki przeważnie β-mezosaprobowe. W badanym źródle stwierdzono również obecność gatunków wskazujących na wody α-mezo-polisaprobowe. Najlicniejszą grupę stanowiły jednak okrzemki o nieokreślonych preferencjach dotyczących saprobii, co utrudnia precyzyjną ocenę stanu saprobii badanego źródła (Ryc. 114).



Ryc. 115. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wolbórka (WO) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Wolbórka (WO) można stwierdzić, że duża grupa zidentyfikowanych gatunków okrzemek cechuje się tolerancją wobec podwyższonej trofii. Najlicniejszą grupę stanowiły jednak okrzemki o nieokreślonych preferencjach dotyczących stopnia żyzności wód, co utrudnia precyzyjną ocenę stanu trofii badanego źródła (Ryc. 115).



Ryc. 116. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wolbórka (WO) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Wolbórka (WO) można zauważyć, że zdecydowana

większość zidentyfikowanych okrzemek w badanym źródle to gatunki od typowo wodnych do aerofilnych. Znaczna część gatunków okrzemek z badanego źródła ma nieokreślone preferencje wobec warunków wilgotnościowych (Ryc. 131).

4.2.7. Wardzyń (WA)

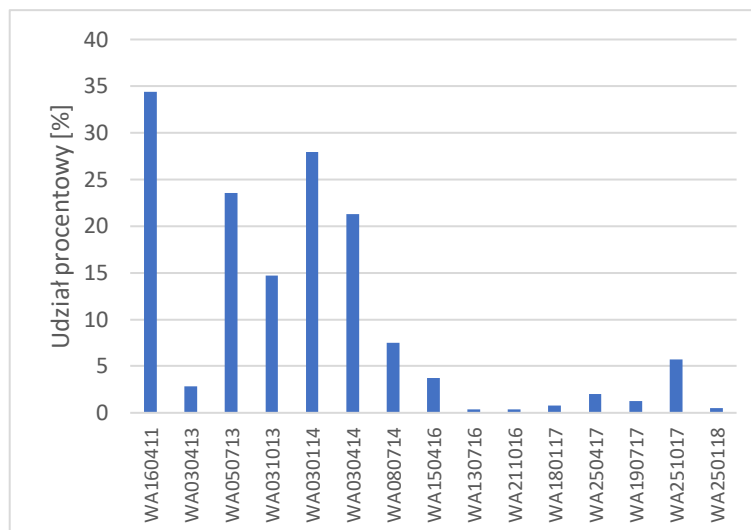
Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Wardzyń została przeprowadzona na podstawie 15 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 113 taksony okrzemek, które należą do 38 rodzajów (Aneks 1).

Najczęściej notowanymi, w próbach ze źródła Wardzyń (WA), były gatunki akcesoryczne (85%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły subdominanty - 2% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Wardzyń (WA), najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (68%), najmniej liczną grupę stanowiły konstanty - 6% (Ryc. 23).

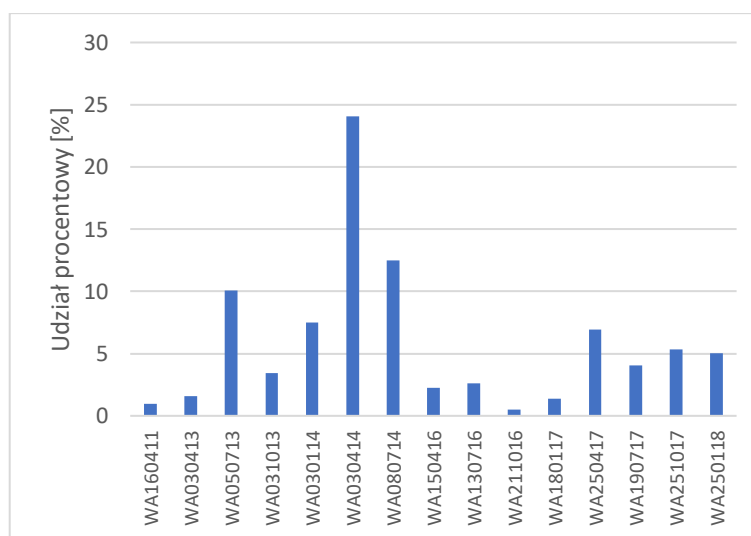
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Achnanthydium minutissimum*, *Amphora copulata*, *A. pediculus*, *Cocconeis pseudolineata*, *Karayevia clevei*, *Navicula antonii*, *N. striolata*, *Nitzschia linearis*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Gatunkami stałymi były: *Campylodiscus hibernicus*, *Gomphonema micropus*, *Meridion circulare*, *Nitzschia acidoclinata*, *Platessa conspicua*, *Sellaphora saugerresii* i *Staurosirella pinnata*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Wardzyń zaliczono: *Fragilarioforma bicapitata*, *F. nitzschioides*, *Navicula striolata*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum* i *Staurosirella pinnata*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Achnanthydium minutissimum* i *Karayevia clevei*.

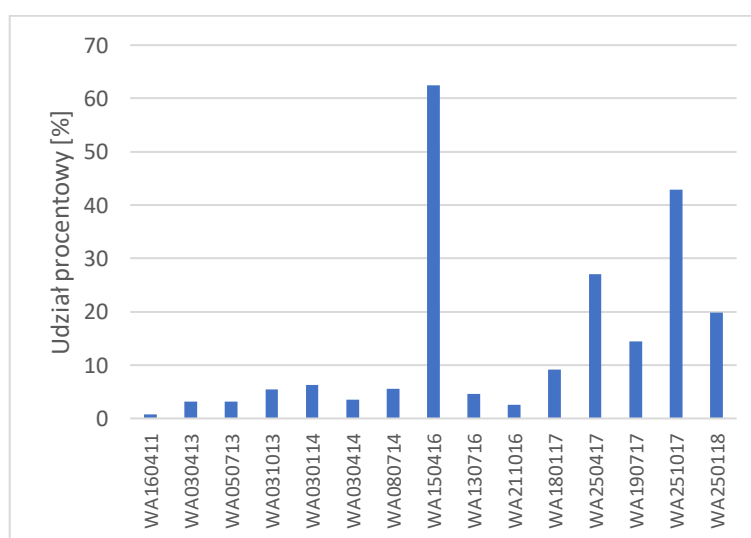
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Wardzyń były: *Navicula striolata* (Ryc. 116), *Planothidium dubium* (Ryc. 117), *P. frequentissimum* (Ryc. 118) i *Staurosirella pinnata* (Ryc. 119).



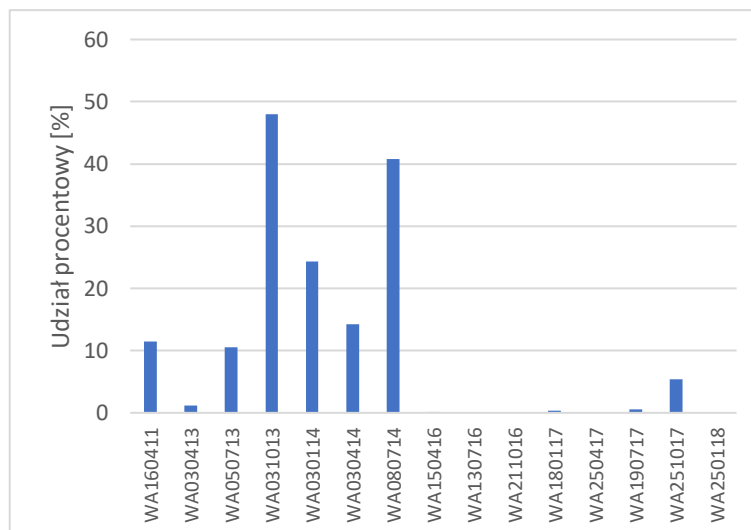
Ryc. 116. Procentowy udział *Navicula striolata* w próbach ze źródła Warzyw.



Ryc. 117. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Warzyw.



Ryc. 118. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Warzyw.



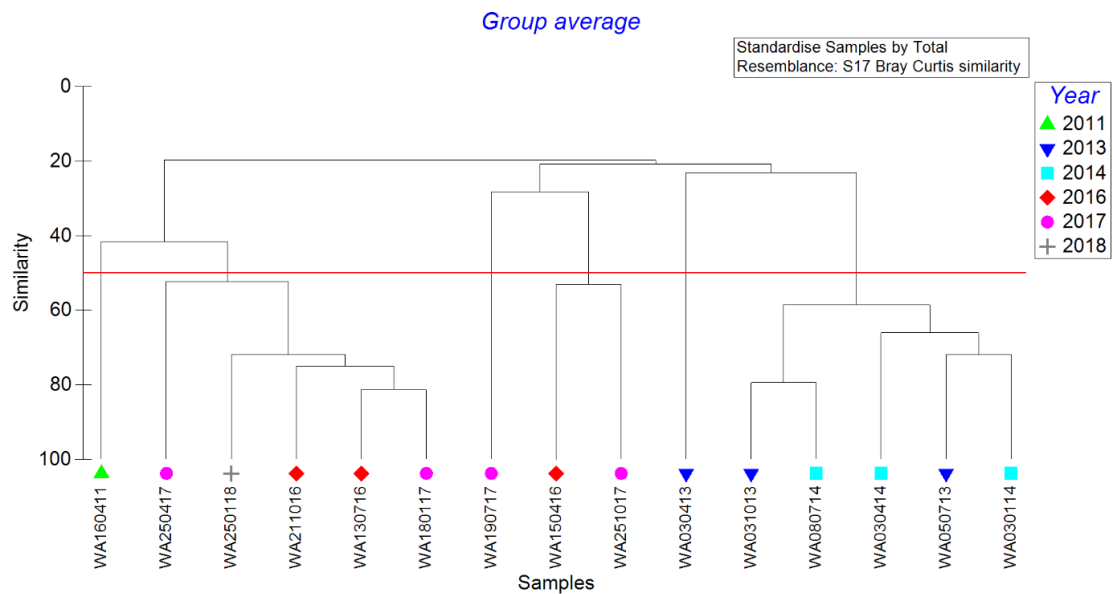
Ryc. 119. Procentowy udział *Staurosirella pinnata* w próbach ze źródła Wardzyń.

Navicula striolata został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wardzyń. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 21,32 do 34,42%) odnotowano w 4 próbach z 16.04.2011, 03.01.2013, 05.07.2013 i 03.04.2014. Nielicznie był on reprezentowany w 4 próbach (od 0,34 do 0,78%) z 13.07.2016, 21.10.2016, 18.01.2017 i 25.01.2018 (Ryc. 116).

Planothidium dubium został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wardzyń. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w jednej próbie z 03.04.2014. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 2 próbach z 21.10.2016 i 16.04.2011 (Ryc. 117).

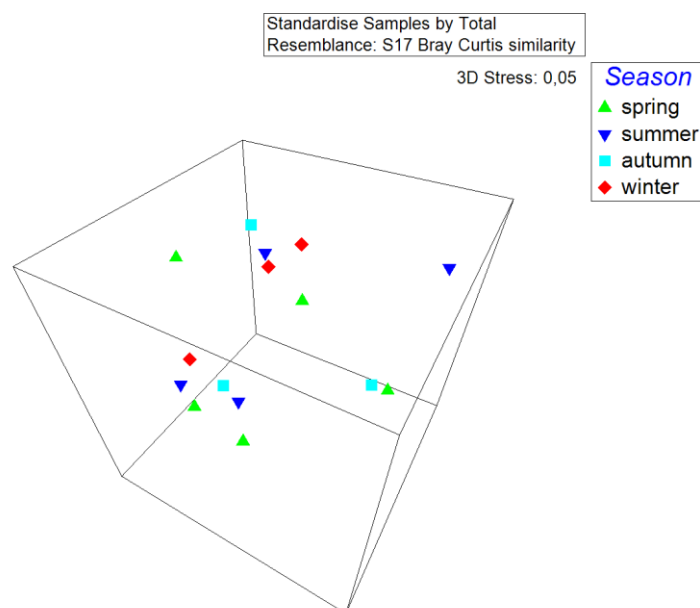
Planothidium frequentissimum został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Wardzyń. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w 2 próbach z 15.04.2016 i 25.10.2017. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w jednej próbie z 16.04.2011 (Ryc. 118).

Staurosirella pinnata nie został zidentyfikowany w 5 próbach ze źródła Wardzyń. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 24,36 do 47,95%) został odnotowany w 3 próbach z 03.10.2013, 08.07.2014 i 03.01.2014. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w próbach (od 0,19 do 0,53%) z lat 2016 - 2018 (Ryc. 119).



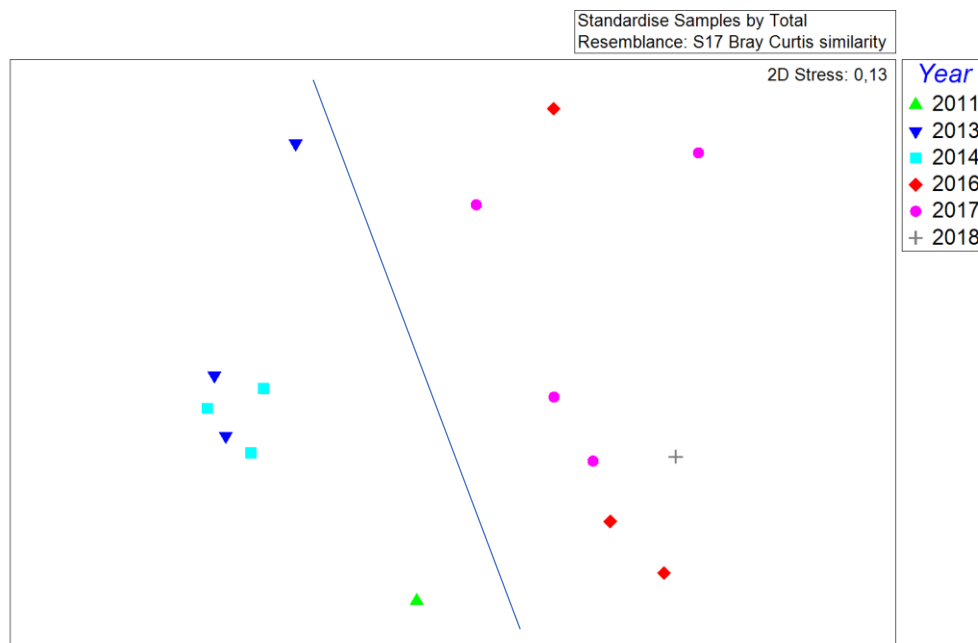
Ryc. 120. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Wardzyny (WA).

Na podstawie hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić, że próby pochodzące z lat 2013, 2014 są w większym stopniu do siebie podobne niż z lat 2016-2018 (Ryc. 120).



Ryc. 121. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Wardzyny (WA) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę sezonowość nie wykazała jej wyraźnej obecności w źródle Wardzyny (Ryc. 121).



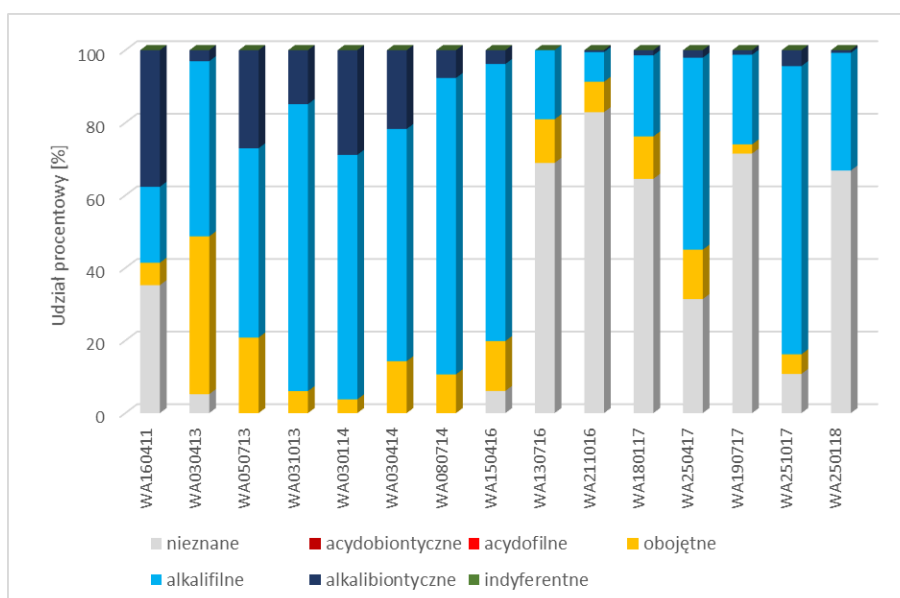
Ryc. 122. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Wardzyń (WA) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można wskazać odrębność prób z dwóch okresów badawczych (Ryc. 122).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Wardzyń (WA). Średnie podobieństwo w źródle kształtowało się na poziomie 30,25%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Fragilarioforma bicapitata*, *Planothidium frequentissimum* i *Staurosirella pinnata* (Aneks 2). Przeprowadzona analiza SIMPER wskazała również gatunki odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi, które zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Podwierzchowiec wypływ (POA) - 89,96% oraz Kochlew (KO) - 87,58%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Łągiewniki (LA) - 73,26%. Analizując relację WA i POA, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w WA - *Fragilarioforma bicapitata*, *Planothidium frequentissimum* i *Staurosirella pinnata* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Chamaepinnularia soehrensii*, *Eunotia exigua*,

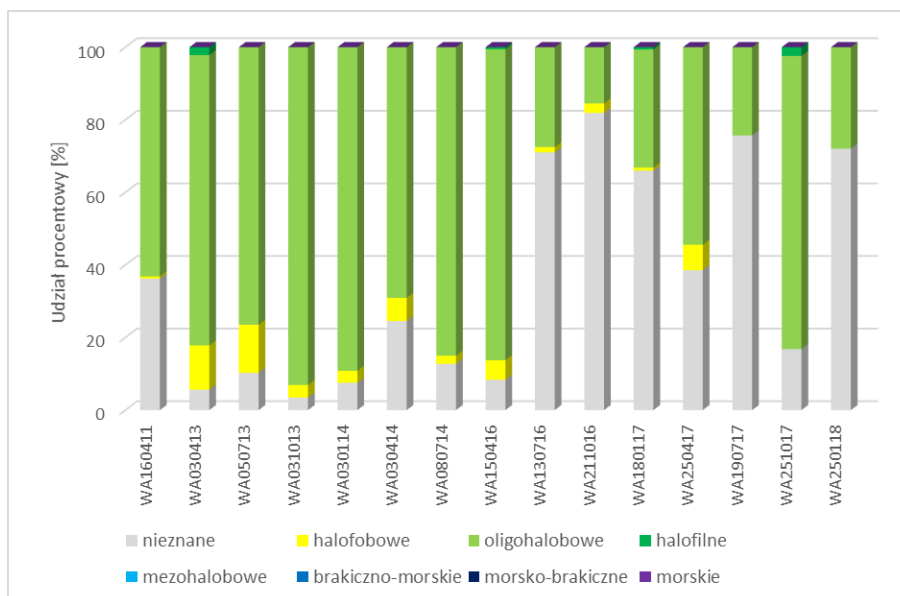
E. tenella, *Pinnularia sinistra*, *Planothidium lanceolatum*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach WA i KO miała wpływ obecność - *Fragilarioforma bicapitata*, *Planothidium frequentissimum* i *Staurosirella pinnata* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Navicula oblonga*, *N. radiosa* i *Nitzschia wuellerstorffii*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Wardzyń. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



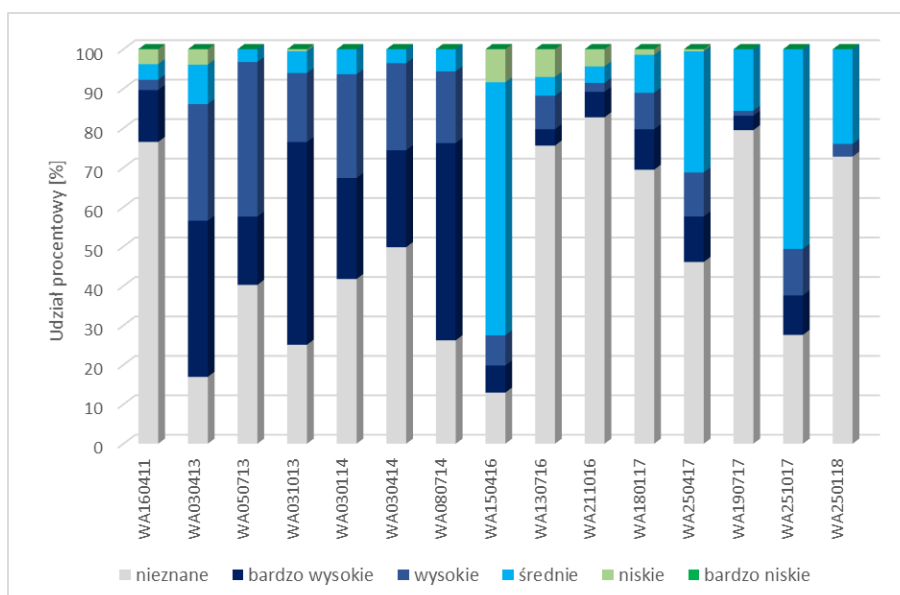
Ryc. 123. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wardzyń (WA) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Wardzyń (WA) można zauważyć, że większość gatunków należała do grupy alkalifili, którym towarzyszyły obojętne i alkalibiontyczne. Udział gatunków okrzemek o takich wymaganiach wskazuje na odczyn zasadowy. Zauważalna jest również obecność w próbach, szczególnie w okresie 2016-2018, gatunków o nieznanym preferencjach w odniesieniu do odczynu wody (Ryc. 123).



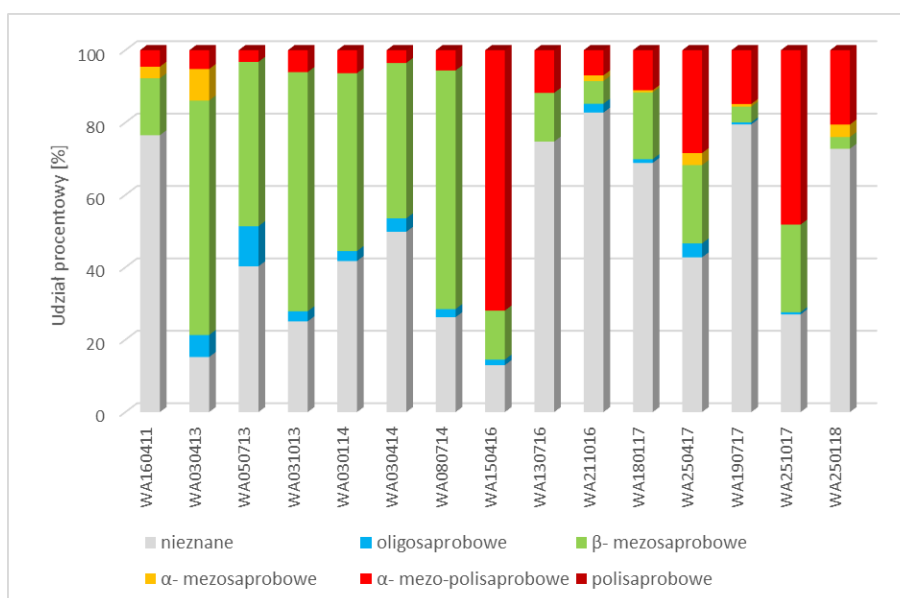
Ryc. 124. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wardzyn (WA) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Wardzyn (WA) można wskazać, że zdecydowana większość gatunków to gatunki oligohalobowe. Istotną grupę stanowiły szczególnie w latach 2016-2018, okrzemki o nieopisanych wymaganiach dotyczących zasolenia wody (Ryc. 124).



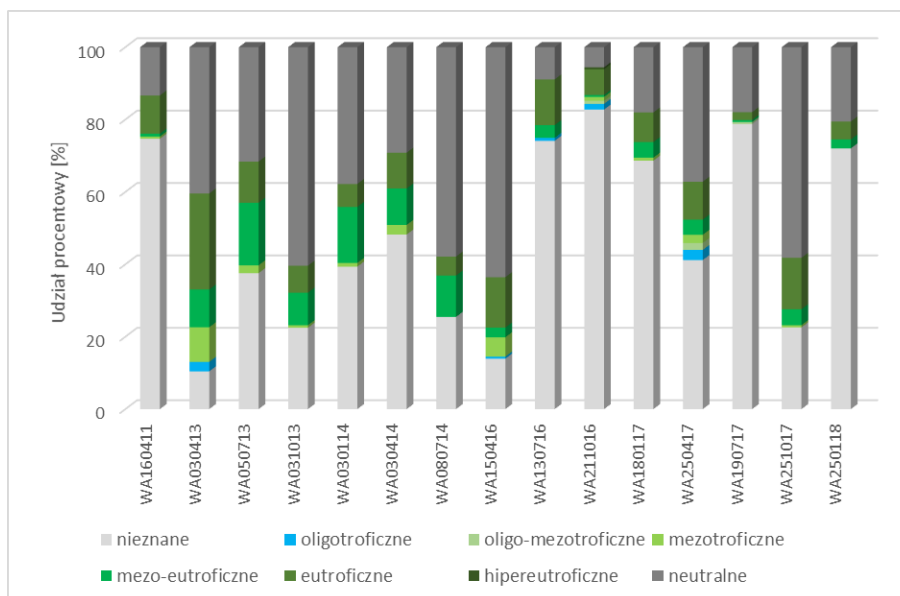
Ryc. 125. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wardzyn (WA) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia dla źródła Wardzyń (WA) można zauważyć, że znaczna część zidentyfikowanych gatunków nie posiada określonych preferencji dotyczących natlenienia wody. Na podstawie gatunków o określonych wymaganiach można określić stopień natlenienia wody jako wysoki. W latach 2016-2018 widoczny jest spadek udziału gatunków o wysokich wymaganiach względem natlenienia wody (Ryc. 125).



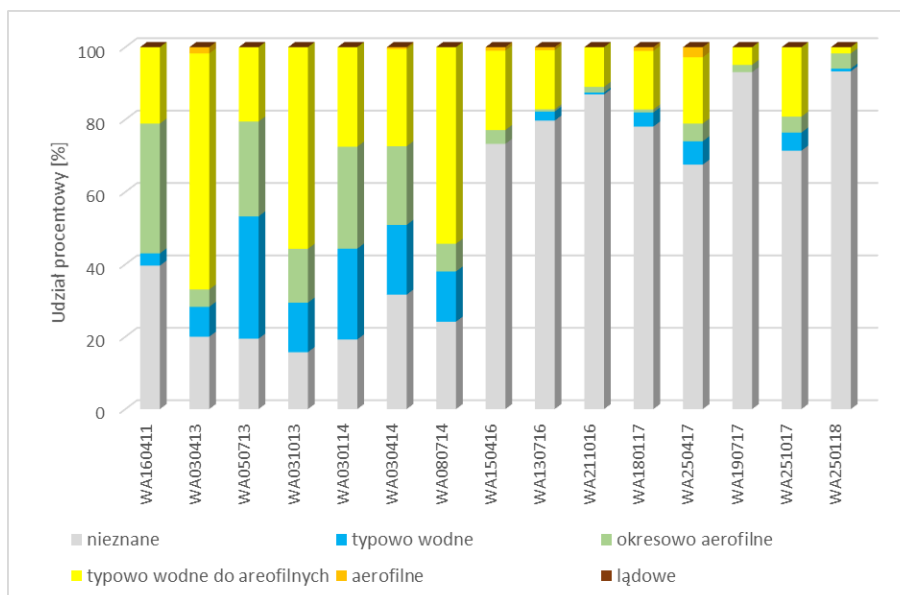
Ryc. 125. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wardzyń (WA) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Wardzyń (WA) można określić warunki jako β-mezosaprobowe, jednak w latach 2016-2018 stwierdzono obecność okrzemek wskazujących na wody α-mezo-polisaprobowe. Najliczniejszą jednak grupę stanowiły gatunki o nieokreślonych preferencjach dotyczących saprobii (Ryc. 125).



Ryc. 126. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wardzyń (WA) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Wardzyń (WA) można określić, że znaczący udział mają gatunki o szerokim zakresie tolerancji wobec żyzności. Najliczniejszą grupę zidentyfikowanych gatunków stanowiły gatunki o nieokreślonych preferencjach dotyczących stopnia żyzności wód (Ryc. 126).



Ryc. 127. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Wardzyń (WA) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Wardzyń (WA) można zauważyć, że zdecydowana większość zidentyfikowanych okrzemek to gatunki od typowo wodnych do aerofilnych, do typowo wodnych i okresowo aerofilnych. Większość gatunków z tego źródła zidentyfikowanych w latach 2016-2018 nie posiada określonych preferencji wobec warunków wilgotnościowych (Ryc. 127).

4.2.8. Pustułka (PU)

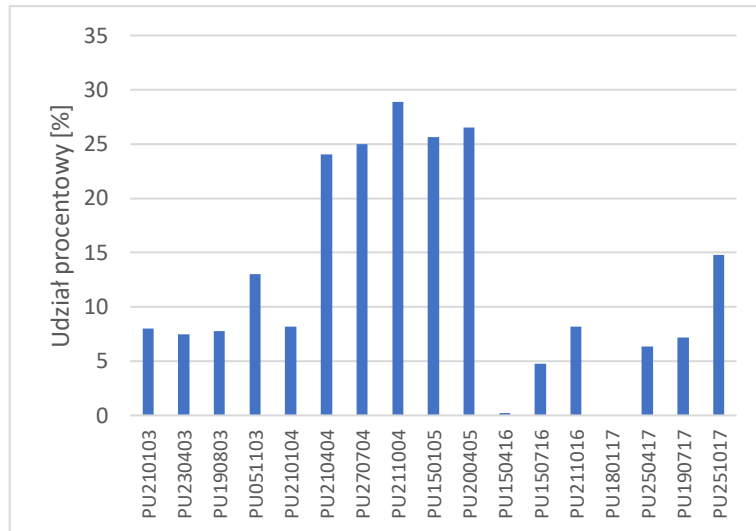
Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Pustułka została przeprowadzona na podstawie 17 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 92 taksony okrzemek, które należą do 39 rodzajów (Aneks 1).

Najczęściej notowanymi, w próbach ze źródła Pustułka (PU), były gatunki akcesoryczne (80%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły subdominanty - 5% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze tego źródła, najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (72%), najmniej liczną grupę stanowiły gatunki stałe - 4% (Ryc. 23).

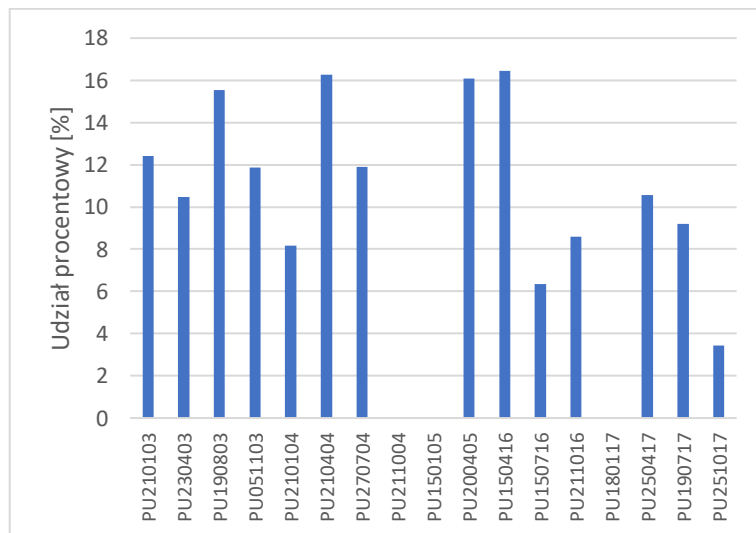
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Meridion circulare*, *Navicula antonii*, *N. gregaria*, *Nitzschia linearis* i *Planothidium frequentissimum*. Gatunkami stałymi były: *Achnantheidium minutissimum*, *Gomphonema parvulum*, *Hippodonta capitata* i *Navicula slesvicensis*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Pustułka zaliczono: *Meridion circulare*, *Navicula gregaria*, *Nitzschia linearis*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum* i *Surirella minuta*. Do gatunków subdominujących w próbach ze źródła Pustułka zaliczono: *Achnantheidium minutissimum*, *Hippodonta capitata*, *Navicula antonii*, *N. slesvicensis* i *Parlibellus protractoides*.

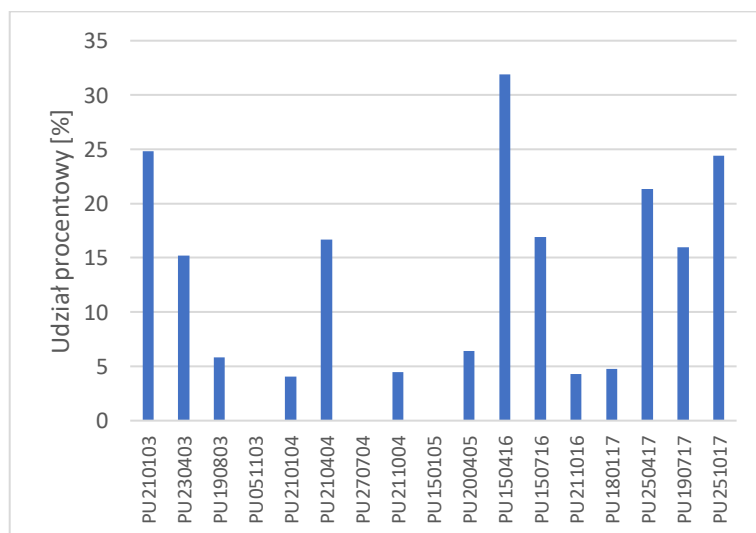
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Pustułka były: *Meridion circulare* (Ryc. 128), *Navicula gregaria* (Ryc. 129), *Nitzschia linearis* (Ryc. 130), *Planothidium dubium* (Ryc. 131), *P. frequentissimum* (Ryc. 132) i *Surirella minuta* (Ryc. 133).



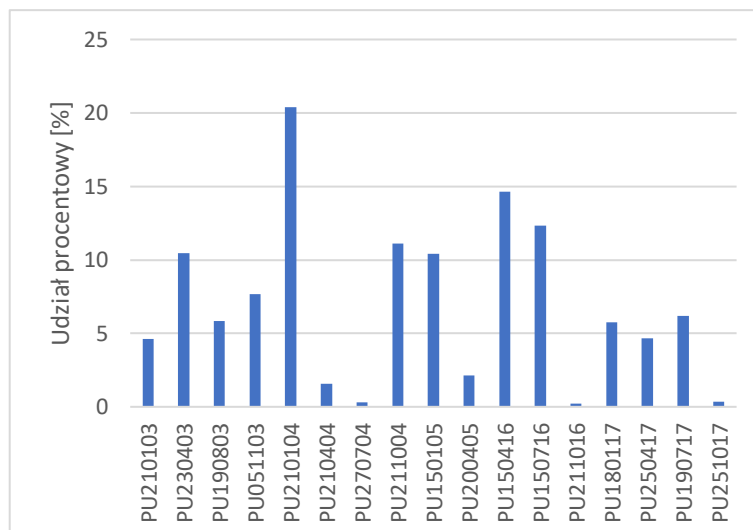
Ryc. 128. Procentowy udział *Meridion circulare* w próbach ze źródła Pustulka.



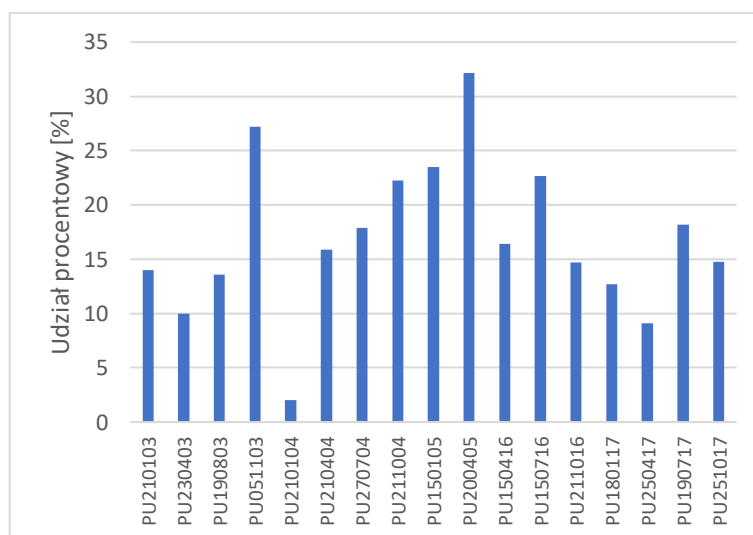
Ryc. 129. Procentowy udział *Navicula gregaria* w próbach ze źródła Pustulka.



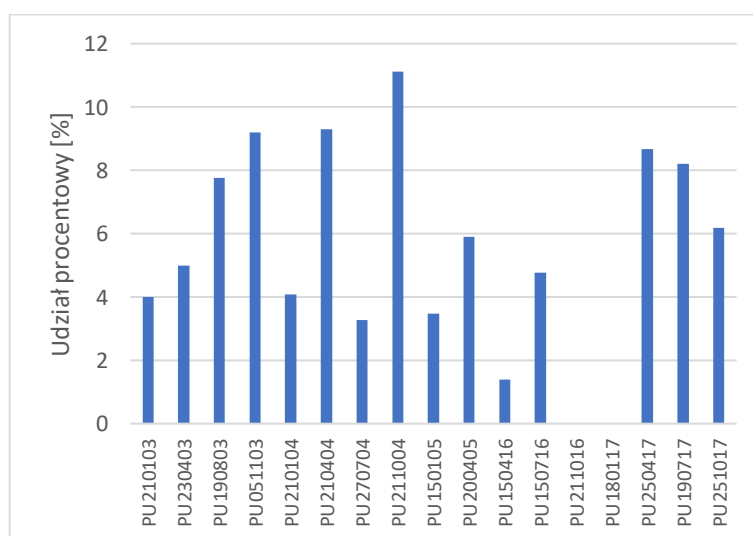
Ryc. 130. Procentowy udział *Nitzschia linearis* w próbach ze źródła Pustulka.



Ryc. 131. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Pustulka.



Ryc. 132. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Pustulka.



Ryc. 133. Procentowy udział *Surirella minuta* w próbach ze źródła Pustulka.

Meridion circulare nie został zidentyfikowany tylko w jednej próbie ze źródła Pustułka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 24,03 do 28,89%) odnotowano w 5 próbach z 21.10.2004, 20.04.2005, 15.01.2005, 27.07.2004 i 21.04.2004 (Ryc. 128).

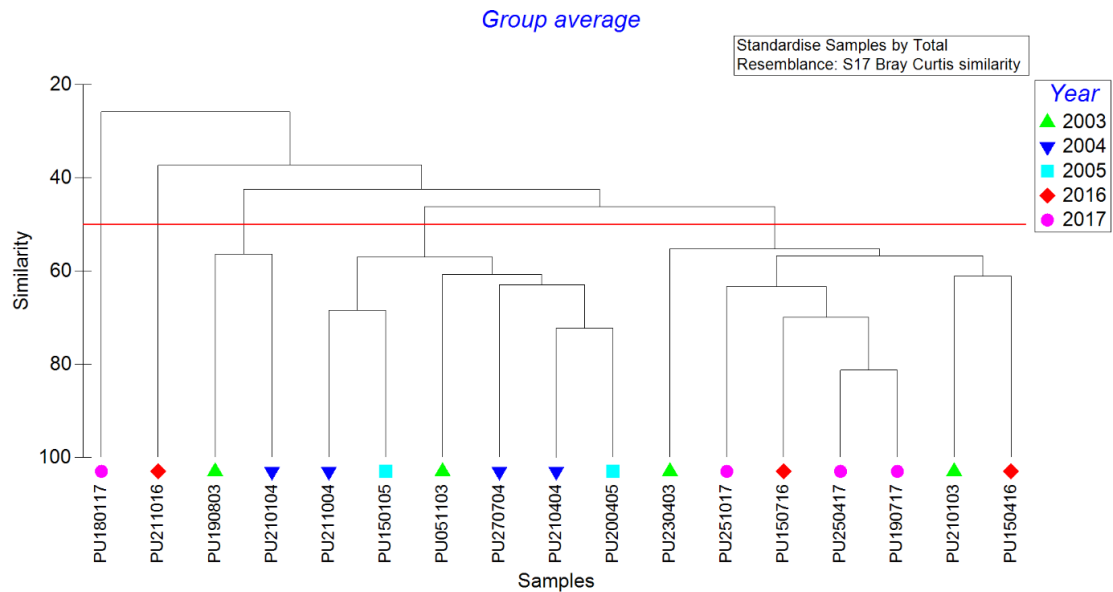
Navicula gregaria nie został zidentyfikowany w 2 próbach ze źródła Pustułka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 15,53 do 16,44%) został odnotowany w 4 próbach z 21.04.2004, 19.08.2003, 15.04.2016 i 20.04.2005 (Ryc. 129).

Nitzschia linearis nie został zidentyfikowany w 3 próbach ze źródła Pustułka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 24,80 do 31,88%) odnotowano w 3 próbach z 15.04.2016, 21.01.2003 i 25.10.2017 (Ryc. 130).

Planothidium dubium został odnotowany we wszystkich próbach ze źródła Pustułka. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w jednej próbie z 21.01.2004. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 3 próbach (od 0,20 do 0,34%) z 21.10.2016, 27.07.2004 i 25.10.2017 (Ryc. 131).

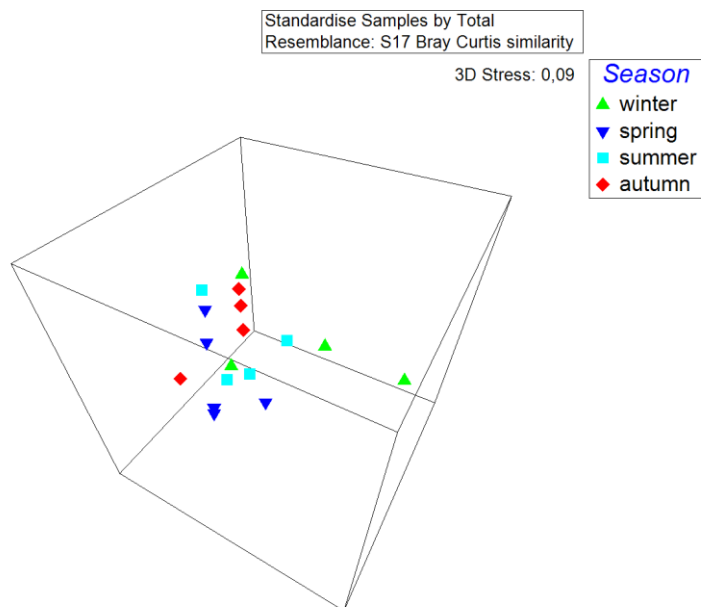
Planothidium frequentissimum został odnotowany we wszystkich próbach ze źródła Pustułka. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 22,22 do 32,17%) odnotowano w 4 próbach z 20.04.2005, 05.11.2003, 15.07.2016 i 21.10.2004. Nielicznie był on reprezentowany w jednej próbie z 21.01.2004. (Ryc. 132).

Surirella minuta nie został zidentyfikowany w 2 próbach ze źródła Pustułka. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w jednej próbie z 21.10.2004. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w jednej próbie z 15.04.2016 (Ryc. 133).



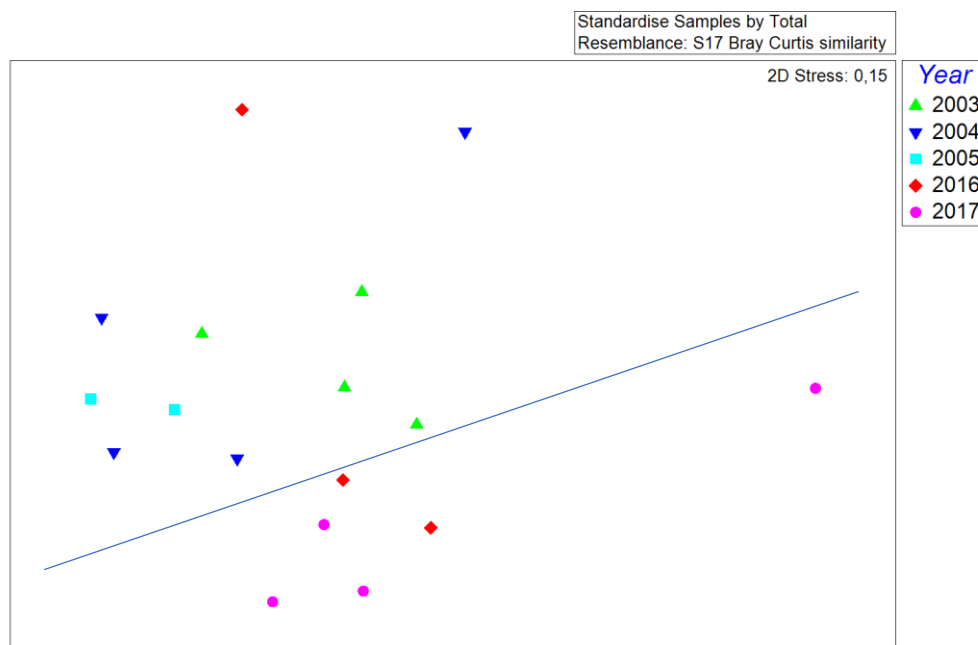
Ryc. 134. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Pustułka (PU).

Na podstawie hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić, że próba z dnia 18.01.2017 oraz 21.10.2016 są nie podobne do pozostałych prób. Ponadto, odmienną grupę stanowią próby z lat 2003-2005 oraz większość prób z 2016-2017 (Ryc. 134).



Ryc. 135. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w źródle Pustułka (PU) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę sezonowość wykazała duże podobieństwo między 3 jesiennymi próbkami z 05.11.2003, 21.10.2004, i 21.10.2016 (Ryc. 135).



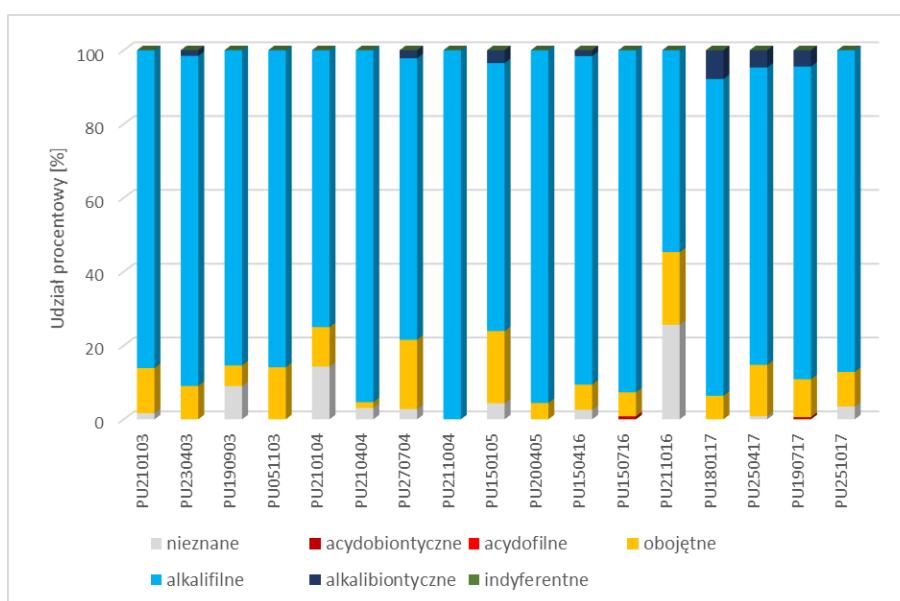
Ryc. 136. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Pustułka (PU) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można zauważyć podobieństwo prób pochodzących z lat 2016 i 2017 (Ryc. 136).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Pustułka (PU). Średnie podobieństwo w źródle kształtowało się na poziomie 45,93%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Planothidium frequentissimum*, *Meridion circulare* i *Nitzschia linearis* (Aneks 1). Przeprowadzona analiza SIMPER wskazała również gatunki odpowiedzialne za niepodobieństwo zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi, które zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Podwierzchowiec wypływ (POA) - 91,86% oraz Podwódka środek (PDB) - 88,74%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Łagiewniki (LA) -

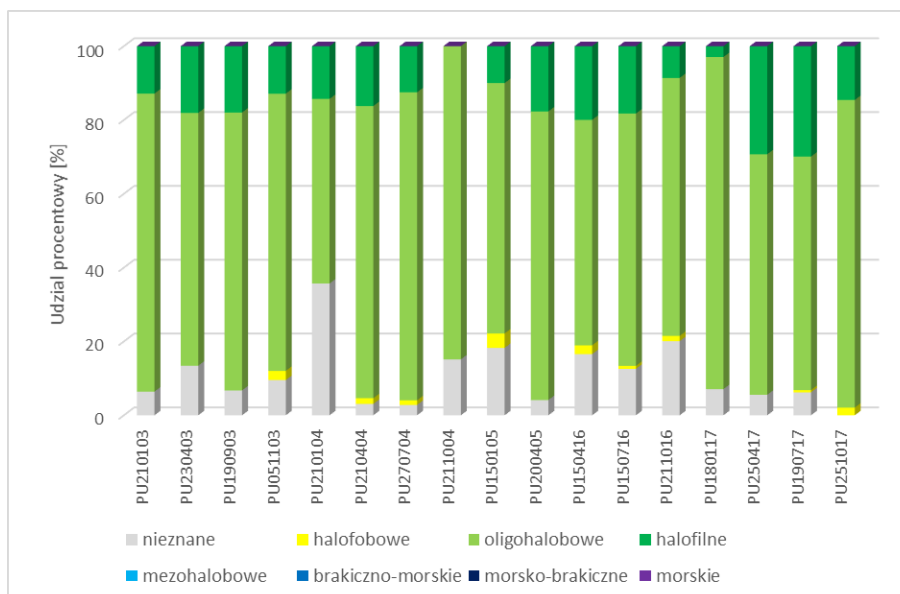
71,11%. Analizując relację PU i POA, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w PU - *Planothidium frequentissimum*, *Meridion circulare* i *Nitzschia linearis* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Eunotia exigua*, *E. nymanniana*, *E. tenella*, *Planothidium lanceolatum*, *Pinnularia perirrorata* i *Psammothidium subatomoides*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach PU i PDB miała wpływ obecność w PU - *Planothidium frequentissimum*, *Meridion circulare* i *Nitzschia linearis* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Karayevia clevei* i *Cocconeis pseudothumensis*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Pustułka. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



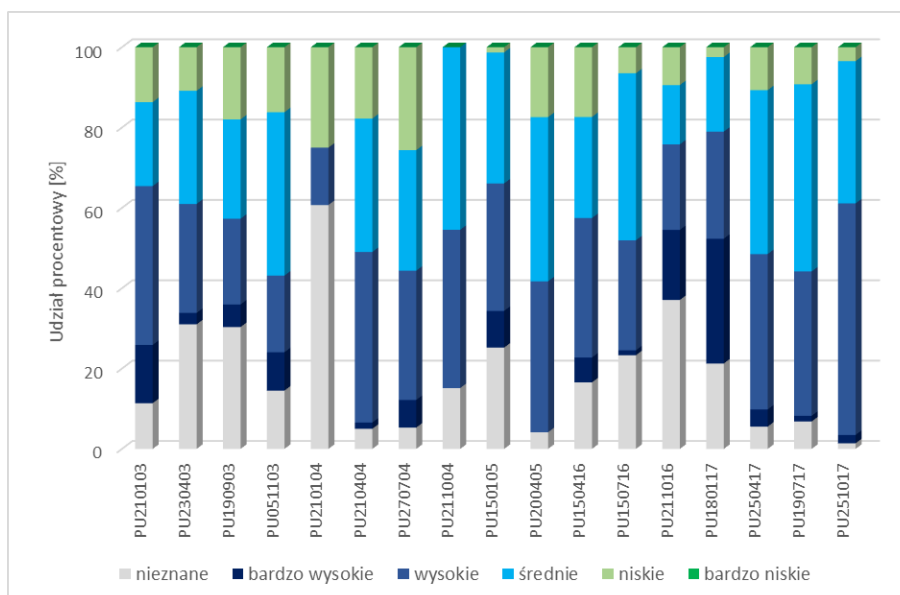
Ryc. 137. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Pustułka (PU) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Pustułka (PU) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków należała do grupy alkalifili. Na podstawie zidentyfikowanych gatunków można określić odczyn wody w źródle jako zasadowy (Ryc. 137).



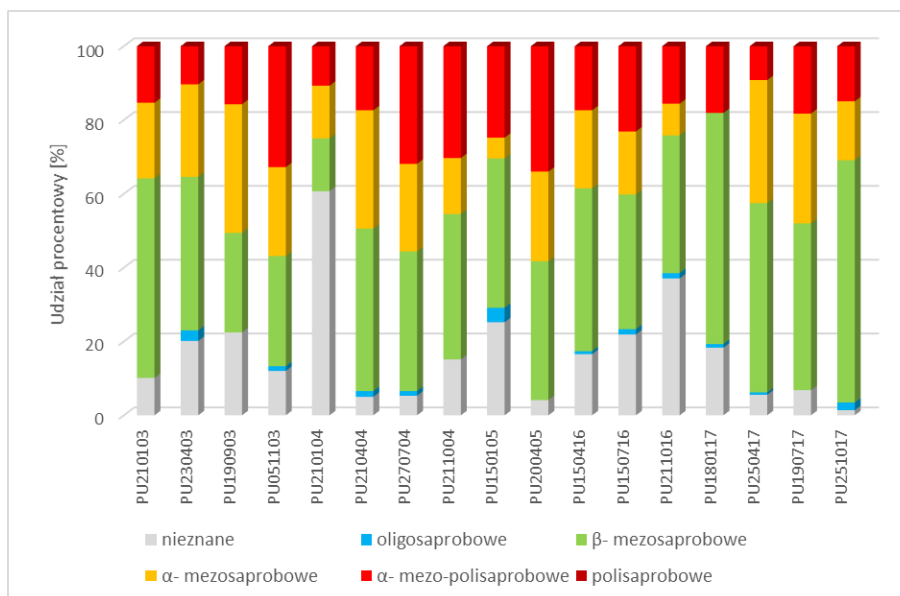
Ryc. 138. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Pustułka (PU) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Pustułka (PU) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków to gatunki oligohalobowe (Ryc. 138).



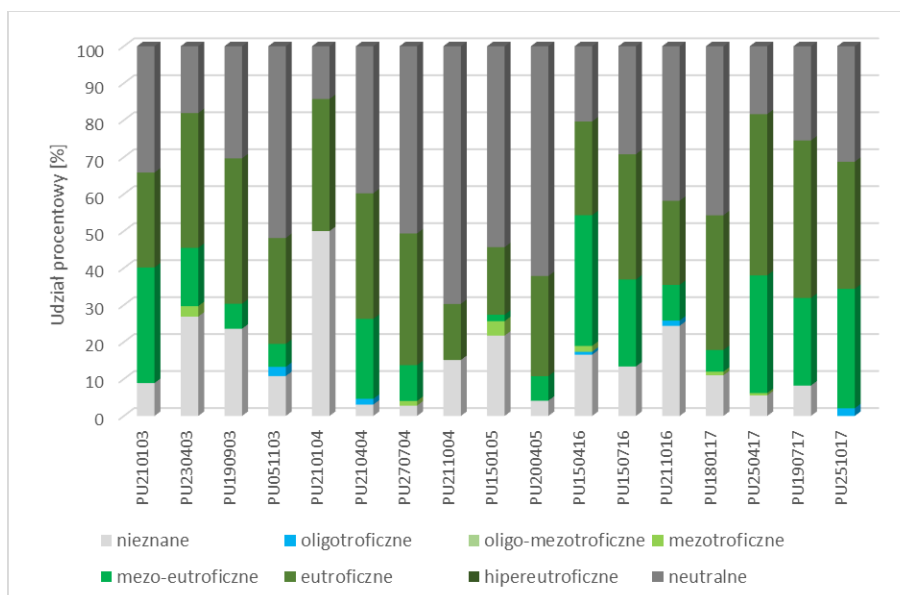
Ryc. 139 Udział procentowy grup okrzemek w źródle Pustułka (PU) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wody dla źródła Pustułka (PU) można zauważyć, że w najliczniej występowały gatunki preferujące wysokie lub średnie natlenienie wody (Ryc. 139).



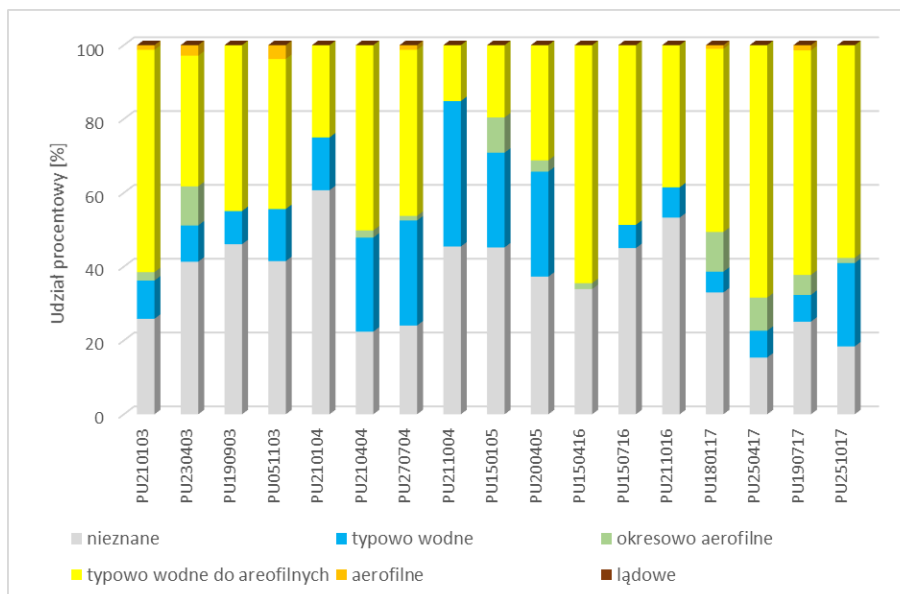
Ryc. 140. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Pustulka (PU) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Pustulka (PU) można odnotować udział gatunków o wymaganiach wobec zawartości materii organicznej w wodzie od β -mezosaprobów do α -mezo-polisaprobów, główną grupę stanowiły gatunki β -mezosaprobowe (Ryc. 140).



Ryc. 141. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Pustulka (PU) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Pustułka (PU) można określić pod względem żyzności je jako wody mezo-eutroficzne z udziałem gatunków o szerokiej tolerancji wobec trofii (Ryc. 141).



Ryc. 142. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Pustułka (PU) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Pustułka (PU) można zauważyć, że większość zidentyfikowanych okrzemek o znanych wymaganiach wilgotnościowych, to gatunki od typowo wodnych do aerofilnych i typowo wodnych. Jednak istotna część zidentyfikowanych gatunków okrzemek ma nieokreślone preferencje wobec warunków wilgotnościowych (Ryc. 142).

4.2.9. Piękne (PI)

Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Piękne została przeprowadzona na podstawie 18 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 116 taksonów okrzemek, które należą do 39 rodzajów (Aneks 1).

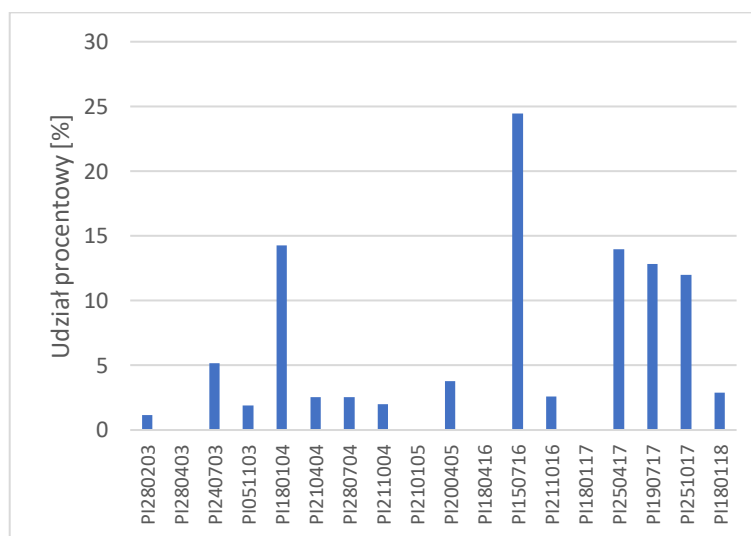
Najczęściej notowanymi, w próbach ze źródła Piękne (PI) były gatunki akcesoryczne (83%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły subdominanty - 3% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła

Piękne (PI), najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (67%), najmniej liczną grupę stanowiły eukonstanty - 3% (Ryc. 23).

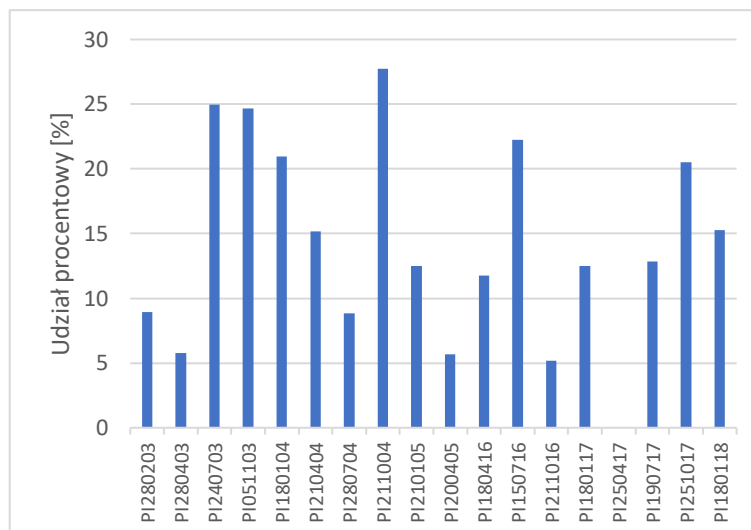
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Navicula gregaria*, *Placoneis paraelginensis*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Gatunkami stałymi były: *Achnantheidium minutissimum*, *Amphora copulata*, *A. ovalis*, *Caloneis fontinalis*, *Frustulia vulgaris*, *Gomphonema parvulum*, *Karayevia clevei*, *Navicula antonii*, *N. atomoides*, *Nitzschia linearis* i *Sellaphora nigri*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Piękne zaliczono: *Achnantheidium minutissimum*, *Navicula gregaria*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Frustulia vulgaris*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula antonii* i *Staurosirella lapponica*.

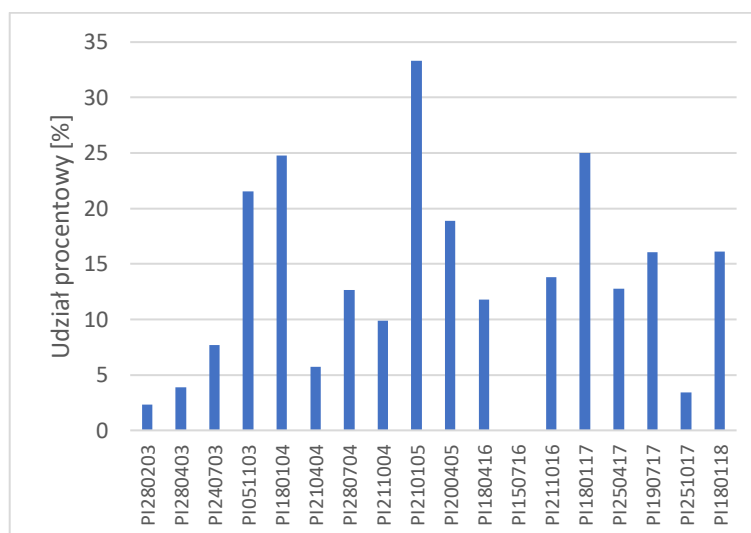
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Piękne były: *Navicula gregaria* (Ryc. 143), *Planothidium dubium* (Ryc. 144) i *Planothidium frequentissimum* (Ryc. 146).



Ryc. 143. Procentowy udział *Navicula gregaria* w próbach ze źródła Piękne.



Ryc. 144. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Piękne.



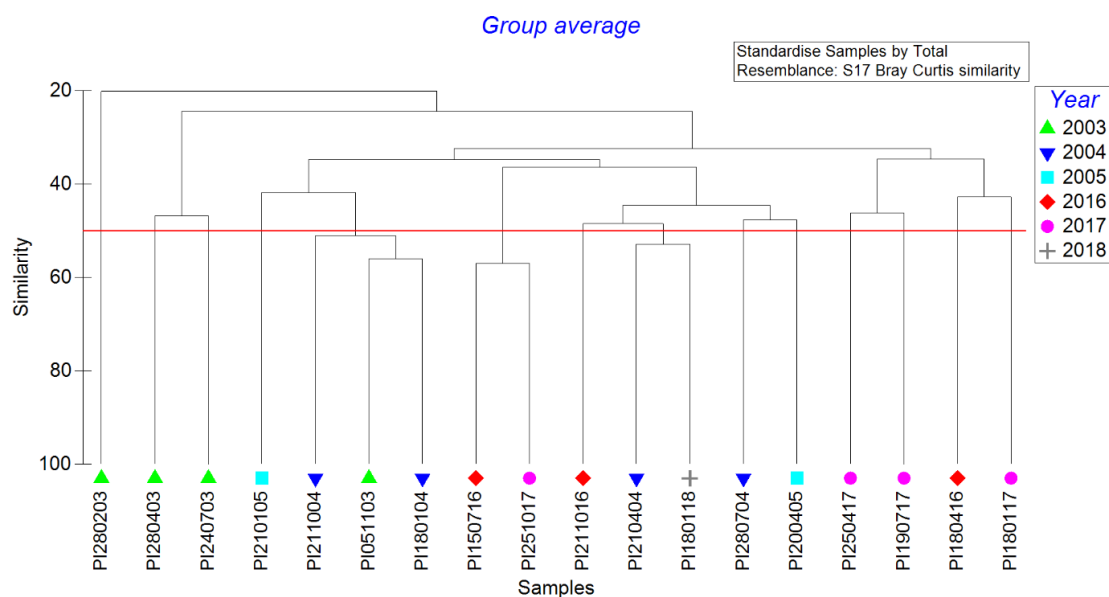
Ryc. 145. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Piękne.

Navicula gregaria nie został zidentyfikowany w 4 próbach ze źródła Piękne. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w jednej próbce z 15.07.2016. Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach (od 1,16 do 1,98%) z 28.02.2003, 05.11.2003 i 21.10.2004 (Ryc. 143).

Planothidium dubium nie został zidentyfikowany tylko w jednej próbce ze źródła Piękne. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 20,51 do 27,72%) został odnotowany w 6 próbach z 18.01.2004, 15.07.2016, 05.11.2003, 05.11.2003, 24.07.2003, 21.10.2004 i 25.10.2017 (Ryc. 144).

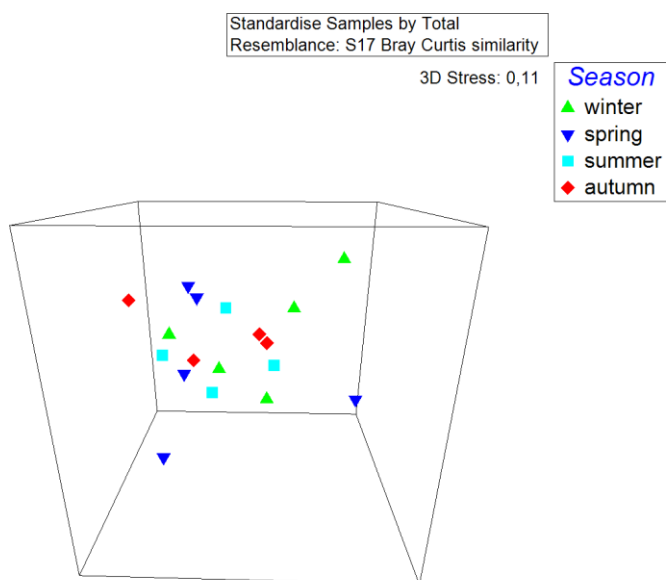
Planothidium frequentissimum nie został zidentyfikowany w jednej próbce ze źródła Piękne. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w 2 próbach

z 21.01.2005 i 18.01.2017. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 3 próbach (od 2,33 do 3,85%) z 28.02.2003, 25.10.2017 i 28.04.2003 (Ryc. 145).



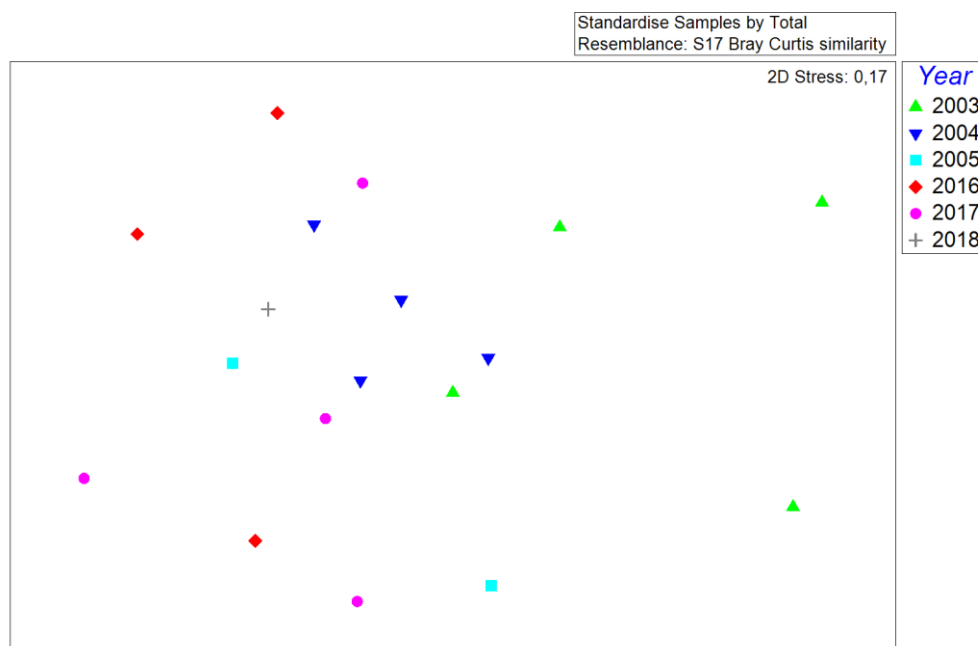
Ryc. 146. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Piękne (PI).

Na podstawie hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić, że próby są do siebie niepodobne, bez wyraźnej tendencji zmian w czasie prowadzenia badań (Ryc. 146).



Ryc. 147. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w źródle Piękne (PI) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę sezonowość nie wykazała jej w źródle Piękne (Ryc. 147).



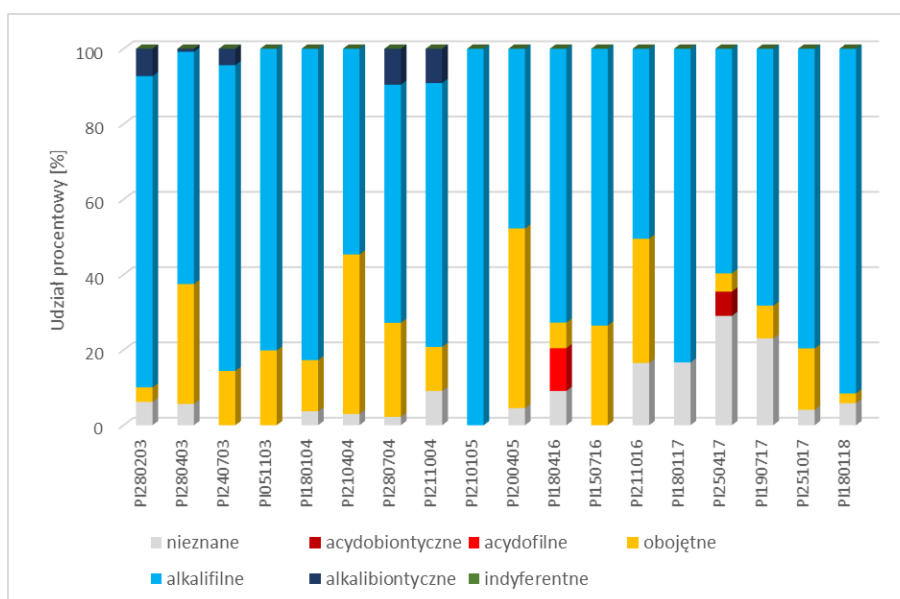
Ryc. 148. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Piękne (PI) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorąca pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) ukazała brak wyraźnych tendencji zmian (Ryc. 148).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Piękne (PI). Średnie podobieństwo w źródle ukształtowało się na poziomie 32,14%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, *Achnanthidium minutissimum* i *Navicula gregaria* (Aneks 2). Przeprowadzona analiza SIMPER wskazała również gatunki odpowiedzialne za niepodobieństwo zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi, które zostały zestawione w tabeli (Aneks 1). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Podwierzchowiec wypływ (POA) - 90,30% oraz Podwódka środek (PDB) - 85,32%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Łagiewniki (LA) - 67,55%. Analizując relację PI i POA,

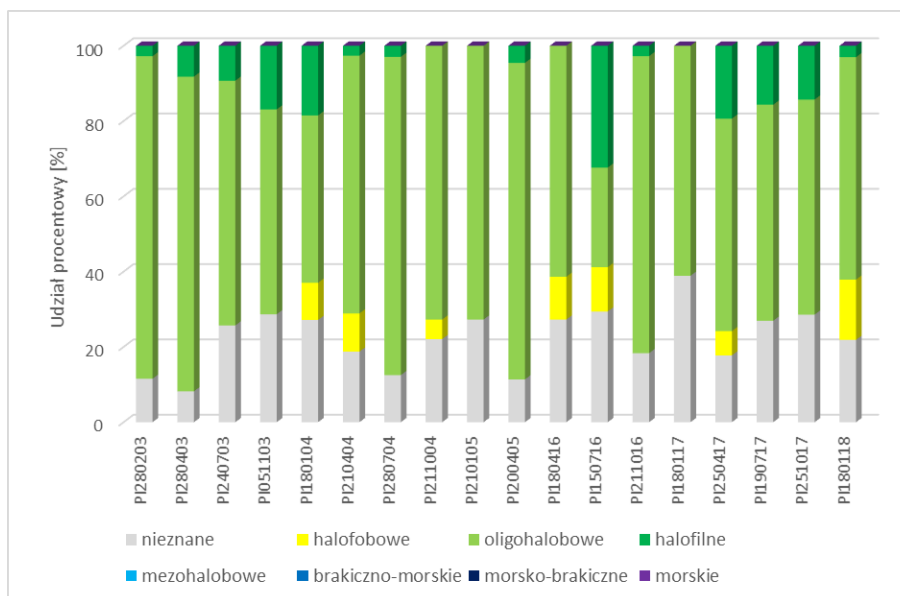
w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w PI - *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, *Achnanthydium minutissimum* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Chamaepinnularia soehrensensis*, *Eunotia exigua*, *E. tenella*, *E. paludosa* i *Psammothidium subatomoides*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach PI i PDB miała wpływ obecność w PI - *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, *Achnanthydium minutissimum* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Staurosirella cf. rhomboides*, *Amphora pediculus* i *Mayamaea fossalis*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Pięknę. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



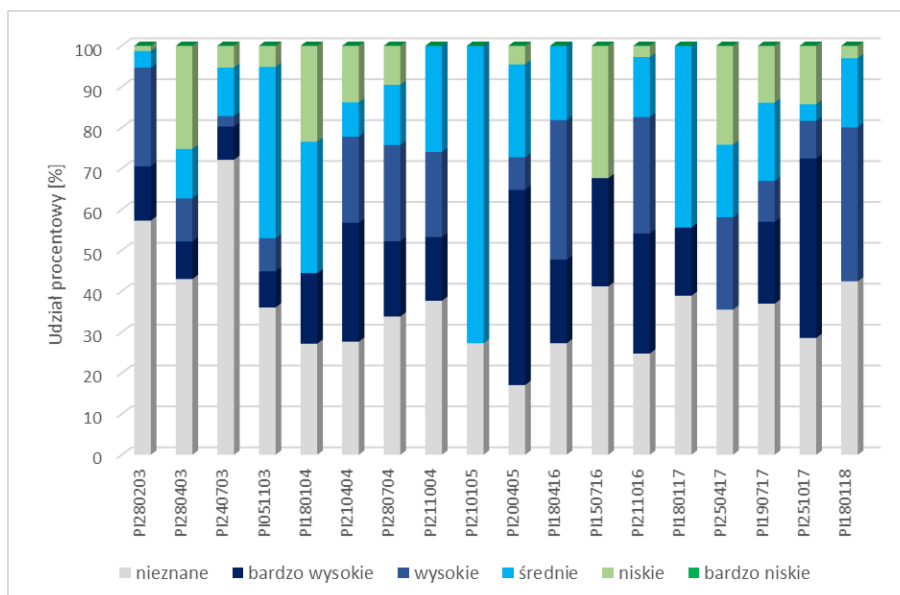
Ryc. 149. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Pięknę (PI) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Pięknę (PI) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków należała do grupy alkalifili. Odnotowano również gatunki obojętne w pierwszym okresie badań a w próbach z kwietnia 2016 i 2017, odpowiednio gatunki acydofilne i acydobionty (Ryc. 148).



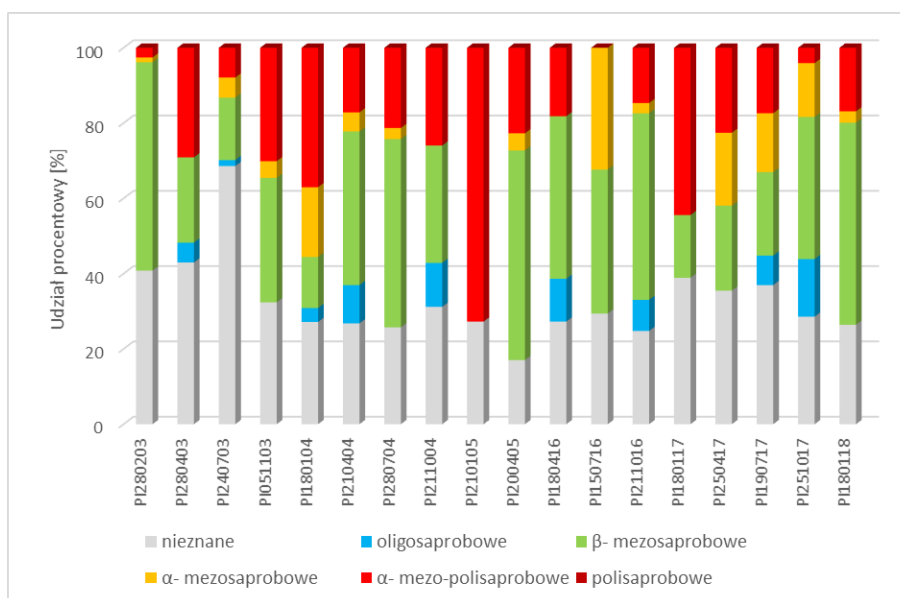
Ryc. 150. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Piękne (PI) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Piękne (PI) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków to gatunki oligohalobowe. Zaznacza się obecność gatunków okrzemek o nieopisanych wymaganiach dotyczących zasolenia (Ryc. 150).



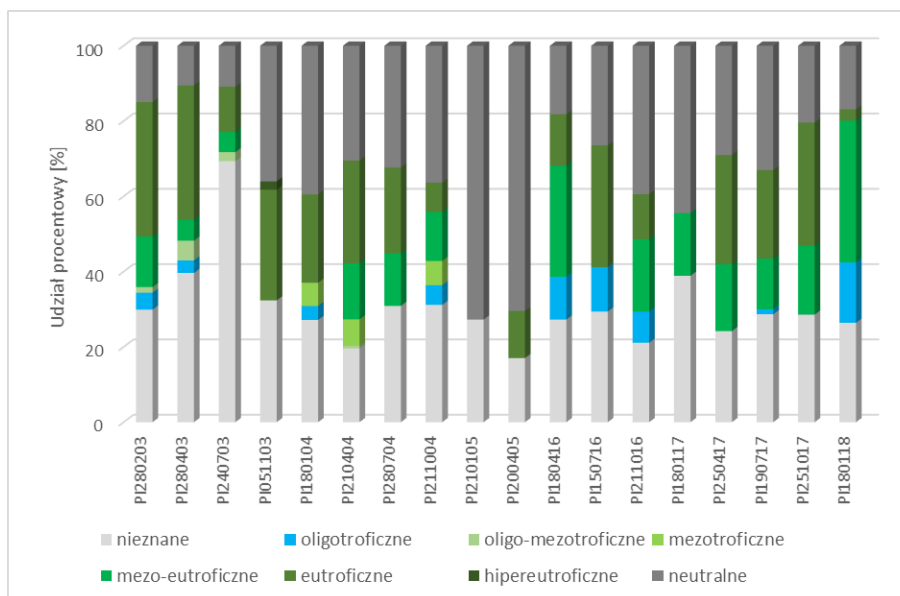
Ryc. 151. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Piękne (PI) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wody dla źródła Piękne (PI) można zauważyć, że znaczącą część stanowią gatunki tolerujące niską lub średnią zawartość tlenu. Istotną grupę stanowiły również okrzemki o nieopisanych wymaganiach wobec natlenienia wody (Ryc. 151).



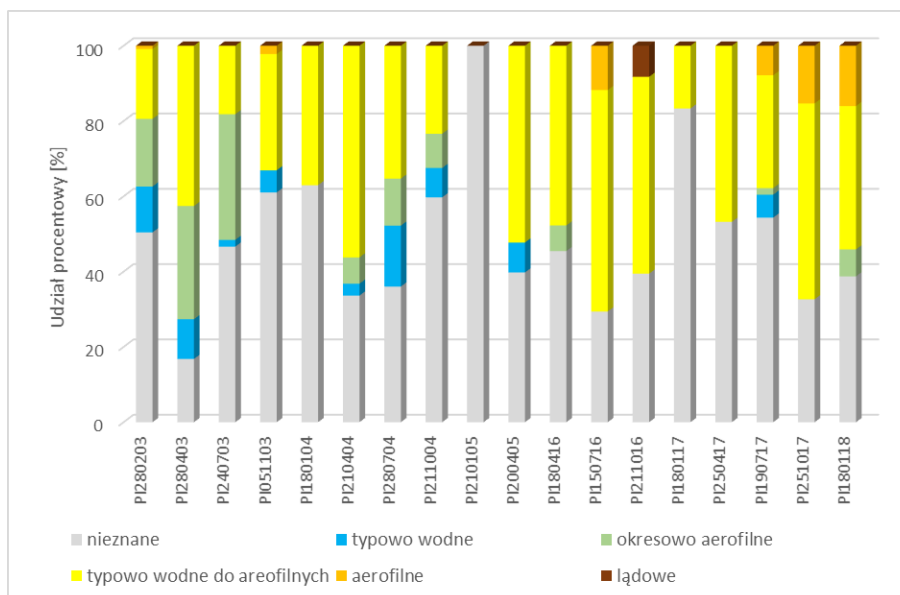
Ryc. 152. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Piękne (PI) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii w źródle Piękne (PI) można określić warunki jako β-mezosaprobowe do α-mezo-polisaprobowych, szczególnie w okresie jesienno-zimowym. Istotną grupę stanowiły gatunki o nieokreślonych preferencjach dotyczących zanieczyszczenia saprobowego (Ryc. 152).



Ryc. 153. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Piękne (PI) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Piękne (PI) można stwierdzić, że odnotowane gatunki posiadają szerokie spektrum tolerancji na obecność substancji biogenicznych, które podkreśla udział gatunków preferujących warunki eutroficzne. Istotną grupę stanowiły również gatunki o nieokreślonych preferencjach dotyczących żyzności wody (Ryc. 153).



Ryc. 154. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Piękne (PI) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Piękne (PI) można stwierdzić, że większość odnotowanych gatunków okrzemek o znanych wymaganiach wilgotnościowych preferuje warunki od typowo wodnych do aerofilnych. Jednakże, blisko połowa gatunków nie posiadała określonych preferencji dotyczących warunków wilgotnościowych, co utrudnia jednoznaczne określenie warunków wilgotnościowych tego źródła (Ryc. 154).

4.2.10. Głowa (GL)

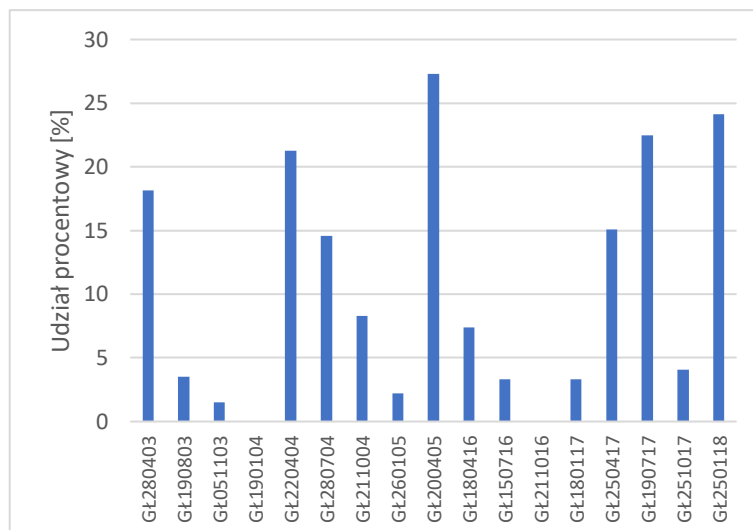
Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Głowa została przeprowadzona na podstawie 17 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 102 taksony okrzemek, które należą do 36 rodzajów (Aneks 1).

Najczęściej notowanymi, w próbach ze źródła Głowa (GL) były gatunki akcesoryczne (80%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły dominanty - 4% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Głowa (GL), najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (67%), najmniej liczną grupę stanowiły gatunki stałe - 7% (Ryc. 23).

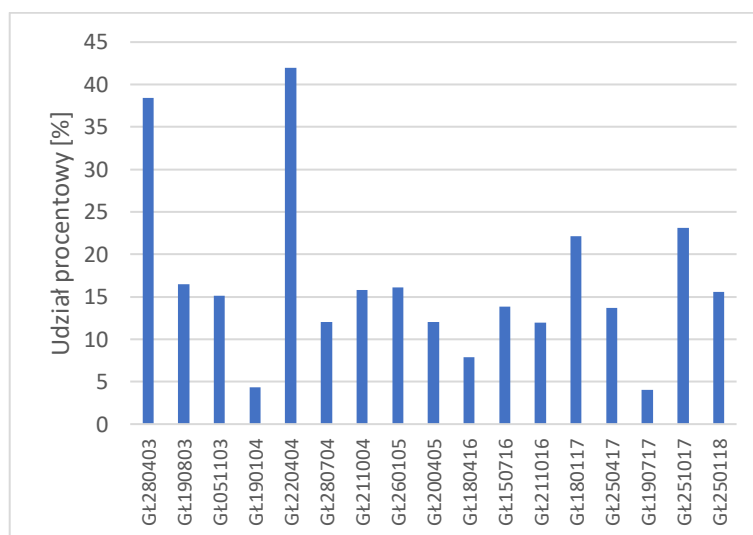
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Amphora copulata*, *A. inariensis*, *Geissleria decussis*, *Hippodonta costulata*, *Navicula antonii*, *N. reinhardtii*, *N. striolata*, *Nitzschia linearis*, *Parlibellus protractoides*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Gatunkami stałymi były: *Gomphonema parvulum*, *Karayevia clevei*, *Navicula gregaria*, *N. moskalii*, *N. upsaliensis*, *Platessa conspicua* i *Staurosirella lapponica*.

Do gatunków dominujących w próbach ze źródła Głowa zaliczono *Navicula antonii*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum* i *Staurosirella lapponica*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Achnanthidium minutissimum*, *Hippodonta costulata*, *Navicula reinhardtii*, *N. striolata*, *Nitzschia linearis*, *Parlibellus protractoides*, *Psammothidium bioretii* i *Staurosirella pinnata*.

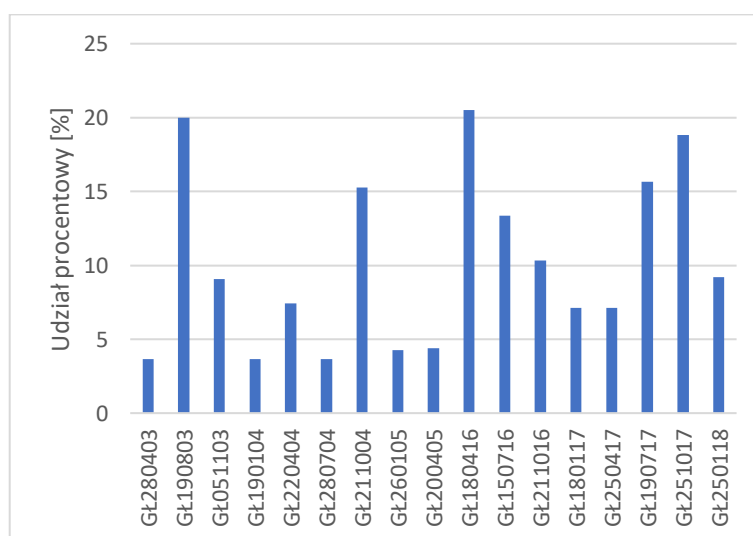
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Głowa były: *Navicula antonii* (Ryc. 155), *Planothidium dubium* (Ryc. 156) i *P. frequentissimum* (Ryc. 157).



Ryc. 155. Procentowy udział *Navicula antonii* w próbach ze źródła Głowa.



Ryc. 156. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Głowa.

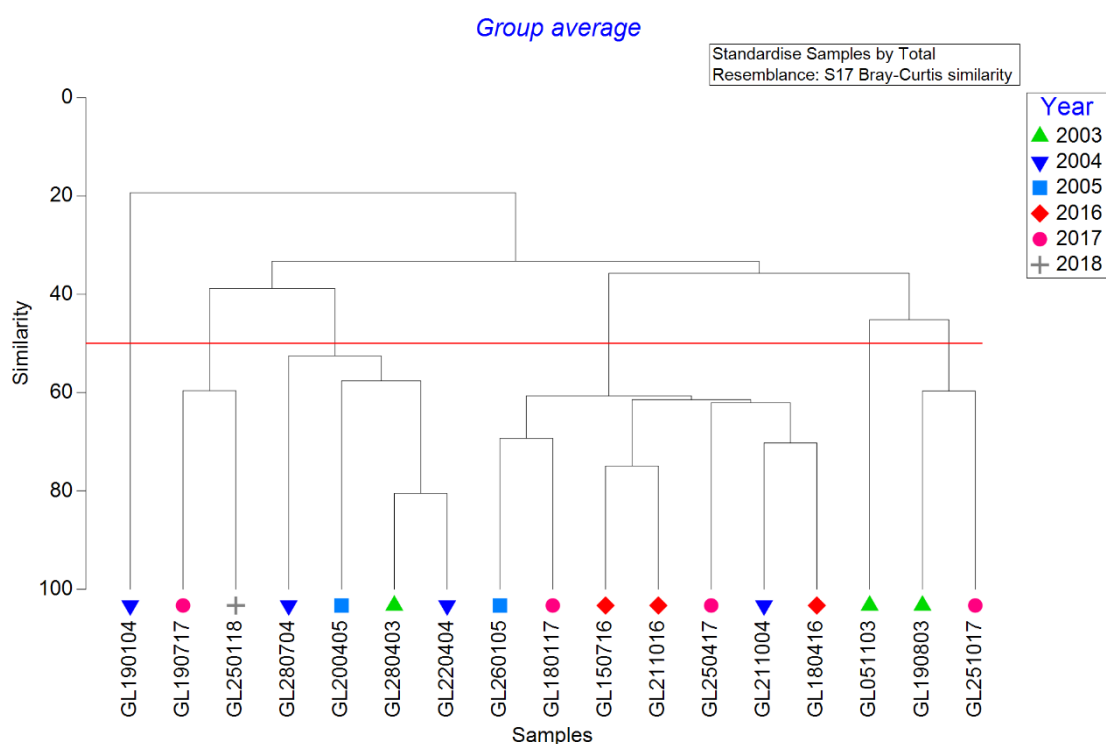


Ryc. 157. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Głowa.

Navicula antonii nie został zidentyfikowany w 2 próbach ze źródła Głowa. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 21,24 do 27,32%) odnotowano w 4 próbach z 20.04.2005, 25.01.2018, 19.07.2017 i 22.04.2004. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z 05.11.2003 i 26.01.2005. (Ryc. 155).

Planothidium dubium został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Głowa. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w 2 próbach z 22.04.2004 i 28.04.2003. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 2 próbach z 19.07.2017 i 19.01.2004 (Ryc. 156).

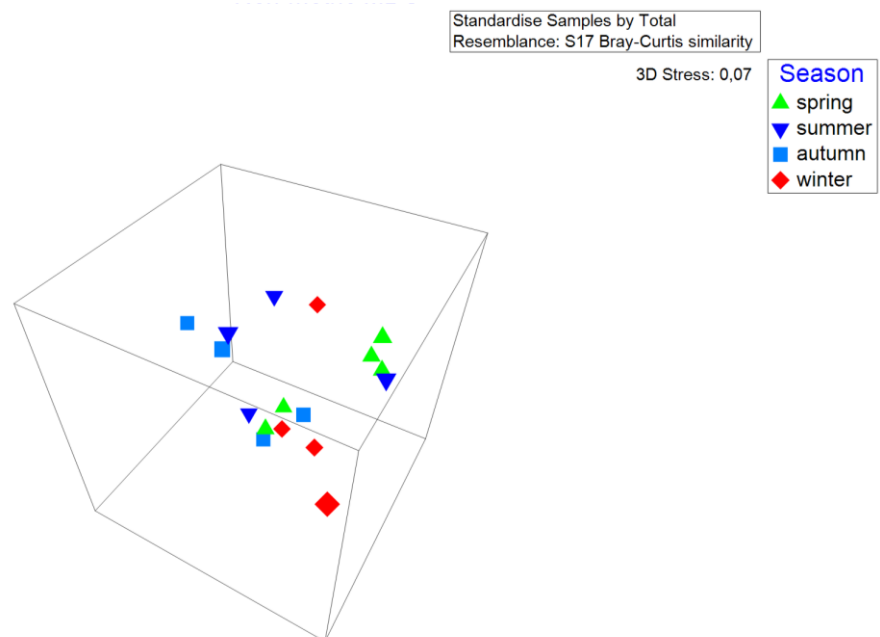
Planothidium frequentissimum został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Głowa. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w 2 próbach z 18.04.2016 i 19.08.2003. Najmniej licznie był on reprezentowany w 3 próbach (od 3,64 do 3,66%) z 19.01.2004, 28.07.2004 i 28.04.2003 (Ryc. 157).



Ryc. 158. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Głowa (GL).

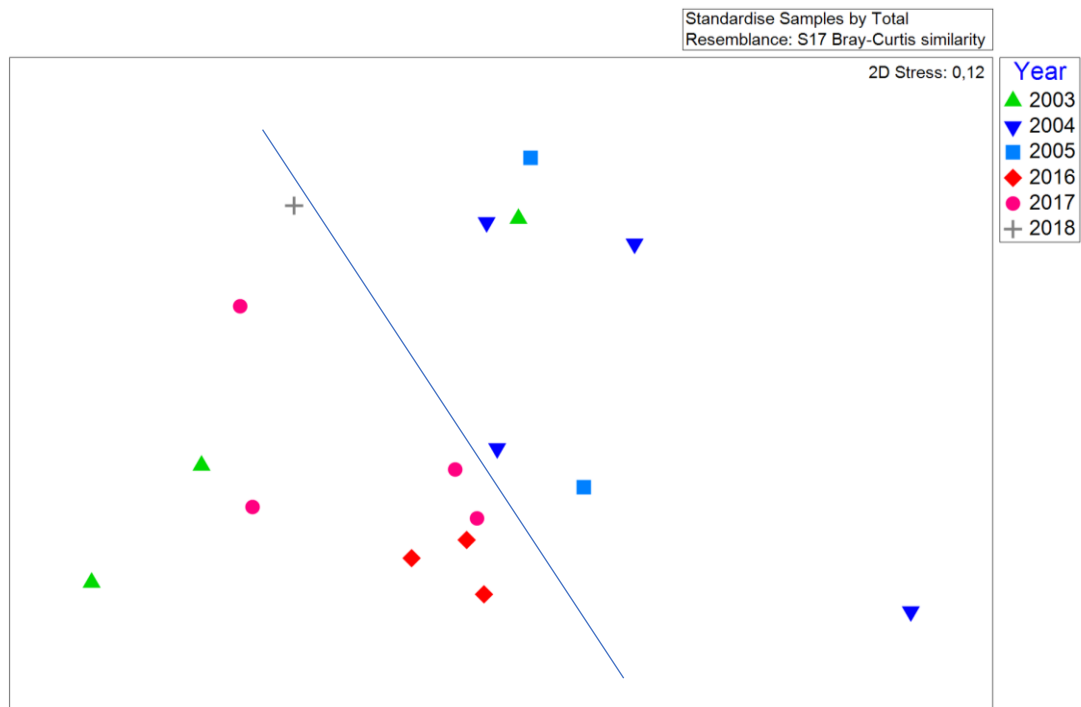
Na podstawie hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić, że 7 prób z 26.01.2005, 18.01.2017, 15.07.2016, 21.10.2016, 25.04.2017, 21.10.2004 i 18.04.2016 jest do siebie w większym stopniu podobna niż w stosunku do pozostałych prób z danych okresów badawczych. Próba z 19.01.04 jest niepodobna do

innych prób. Analiza nie wykazała jednak wyraźnego podobieństwa między próbkami pochodzącymi z tego samego okresu badawczego (Ryc. 158).



Ryc. 159. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Głowa (GL) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę sezonowość nie wykazała jej w źródle Głowa (Ryc. 159).



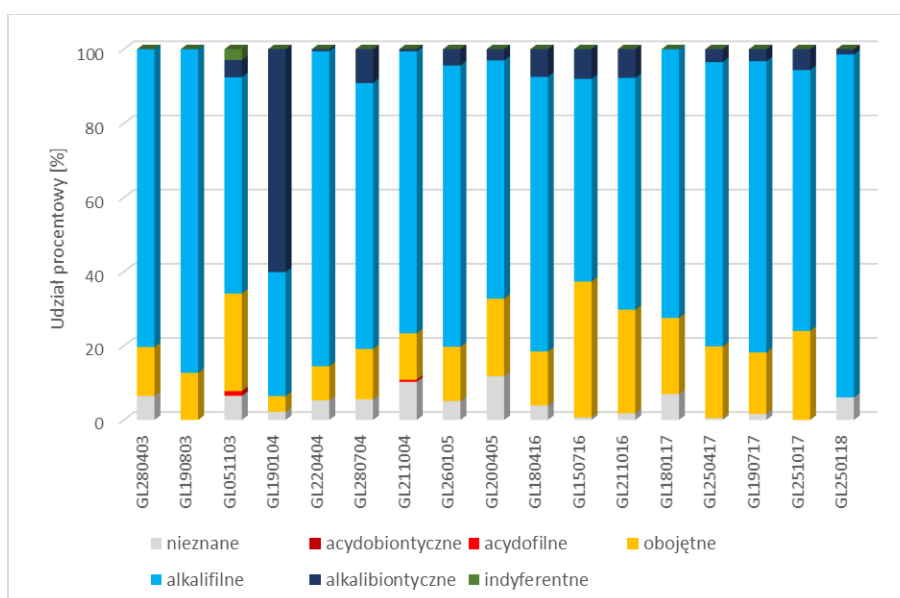
Ryc. 160. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Głowa (GL) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można zauważyć podobieństwo między próbkami z danych okresów badawczych z wyjątkiem 2 prób z 2003 roku (Ryc. 160).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Głowa (GL). Średnie podobieństwo w źródłisku ukształtowało się na poziomie 38,69%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, *Staurosirella lapponica* i *Navicula antonii* (Aneks 2). Przeprowadzona analiza SIMPER wskazała również gatunki odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi źródłami, które zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Podwierzchowiec wypływ (POA) - 91,08% oraz Podwódka środek (PDB) - 87,22%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Łagiewniki (LA) - 68,79%. Analizując relację GL i POA, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ

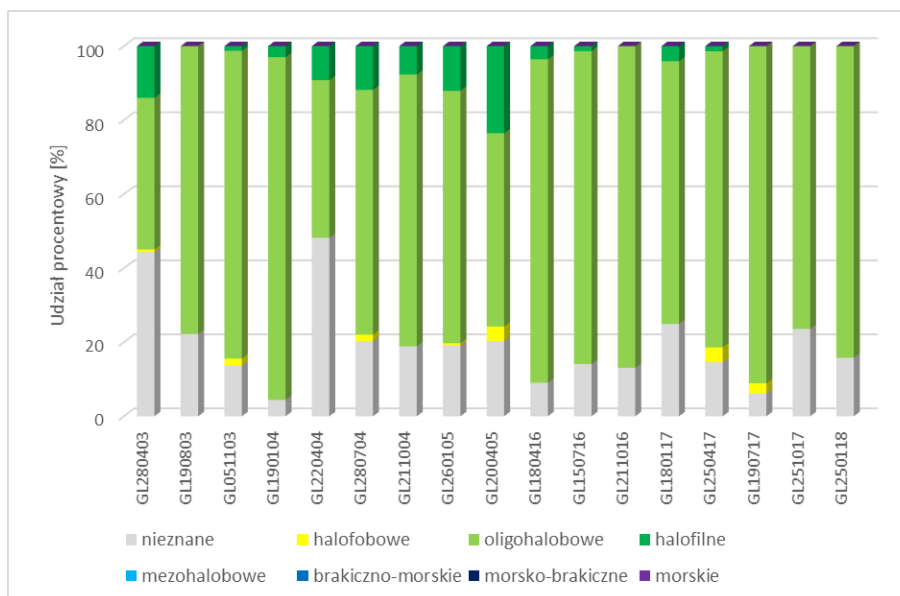
obecność w GL - *Planothidium dubium*, *Staurosirella lapponica* i *Navicula antonii* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Eunotia exigua*, *E. tenella* i *Planothidium lanceolatum*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach GL i PDB miała wpływ obecność w GL - *Planothidium dubium*, *Staurosirella lapponica* i *Navicula antonii* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Nitzschia dissipata* var. *dissipata*, *Staurosirella* cf. *rhomboides* i *Meridion circulare*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Głowa. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



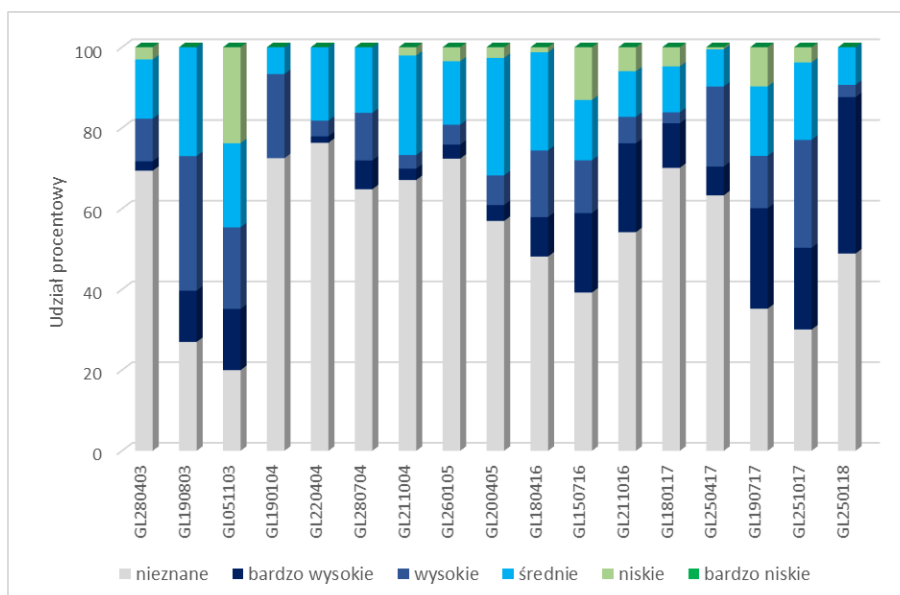
Ryc. 161. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Głowa (GL) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Głowa (GL) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków należała do alkalifili, odnotowano również gatunki obojętne. Na podstawie zidentyfikowanych gatunków można określić warunki panujące w źródle jako słabo zasadowe (Ryc. 161).



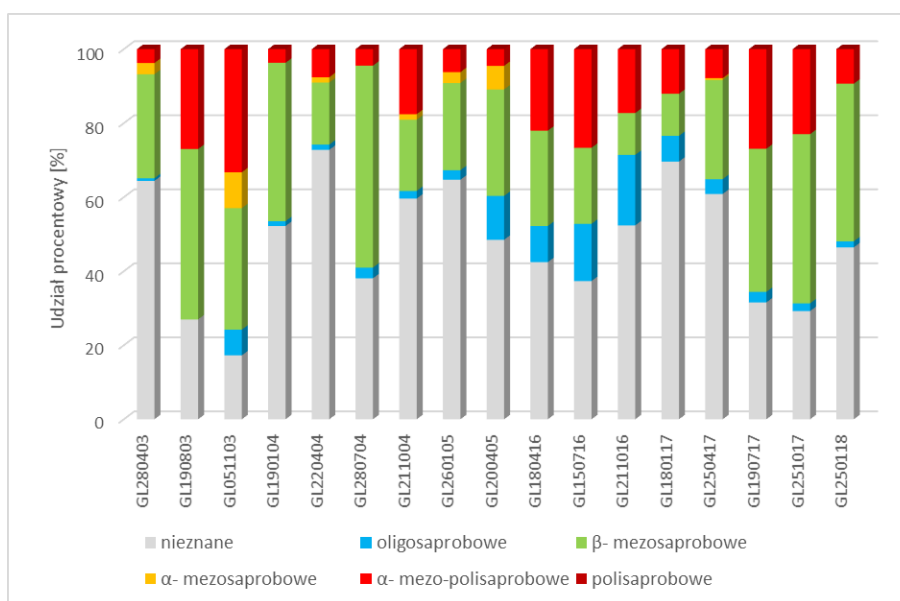
Ryc. 162. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Głowa (GL) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Głowa (GL) można zauważyć, że zdecydowana większość to gatunki oligohalobowe, odnotowano również gatunki halofilne. Zaznacza się również obecność okrzemek o nieokreślonych wymaganiach dotyczących zasolenia (Ryc. 162).



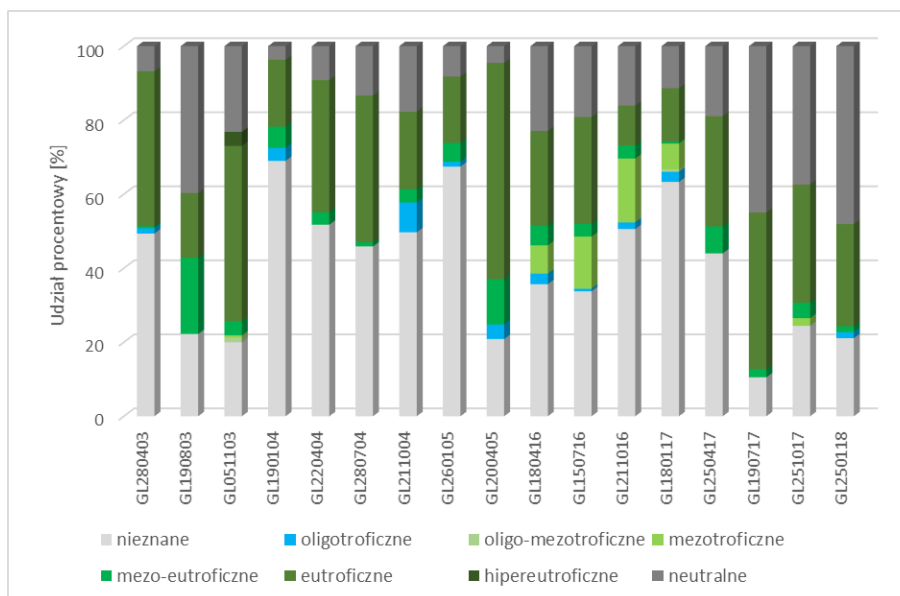
Ryc. 163. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Głowa (GL) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wody dla źródła Głowa (GL) można stwierdzić, że wśród gatunków o określonych wymaganiach najwyższy udział miały gatunki o wysokich i średnich wymaganiach wobec natlenienia wody. Zauważalna jest również sezonowość zmian w udziale gatunków o określonych wymaganiach dla warunków natlenia wody. Jednak, znaczący udział miały gatunki o nieokreślonych wymaganiach wobec natlenienia wody (Ryc. 163).



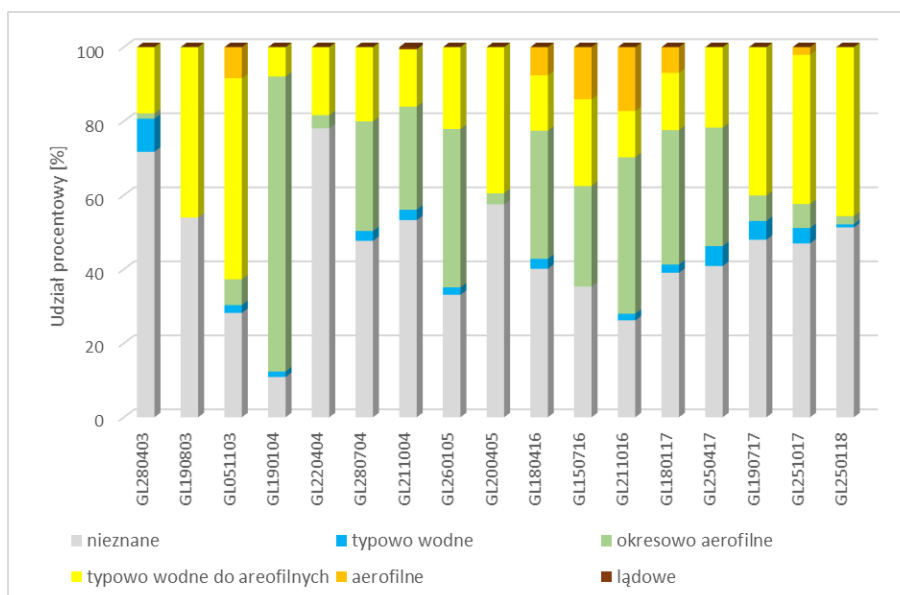
Ryc. 164. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Głowa (GL) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Głowa (GL) można określić stopień obciążenia materią organiczną jako wody od przeważnie β-mezosaprobowe do α-mezo-polisaprobowe, szczególnie w próbach z lata. Jednak, ponad połowa zidentyfikowanych gatunków nie posiada określonych preferencji dotyczących saprobii, co utrudnia ocenę stanu saprobii badanego źródła (Ryc. 164).



Ryc. 165. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Głowa (GL) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Głowa (GL), warunki można określić pod względem żyzności jako wody eutroficzne, o wysokim udziale gatunków o szerokim zakresie tolerancji. Znaczna część zidentyfikowanych gatunków nie ma określonych preferencji dotyczących stopnia żyzności wód, co utrudnia ocenę stanu trofii badanego źródła (Ryc. 165).



Ryc. 165. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Głowa (GL) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Głowa (GL) można zauważyć, że większość zidentyfikowanych okrzemek, o znanych wymaganiach wilgotnościowych, w badanym źródle to gatunki okresowo aerofilne i typowo wodne do aerofilnych. Blisko połowa zidentyfikowanych gatunków okrzemek należy do grupy o nieokreślonych preferencji warunków wilgotnościowych (Ryc. 165).

4.2.11. Ciosny (CI)

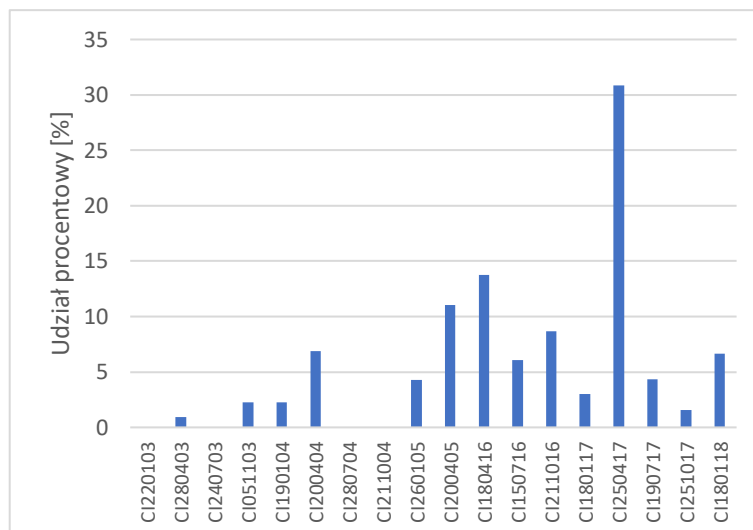
Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródle Piękne została przeprowadzona na podstawie 18 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 70 taksonów okrzemek, które należą do 29 rodzajów (Aneks 1).

Najczęściej notowanymi w próbach ze źródła Ciosny (CI) były gatunki akcesoryczne (80%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły influenty - 3% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Ciosny (CI), najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (56%), najmniej liczną grupę stanowiły konstanty - 8% (Ryc. 23).

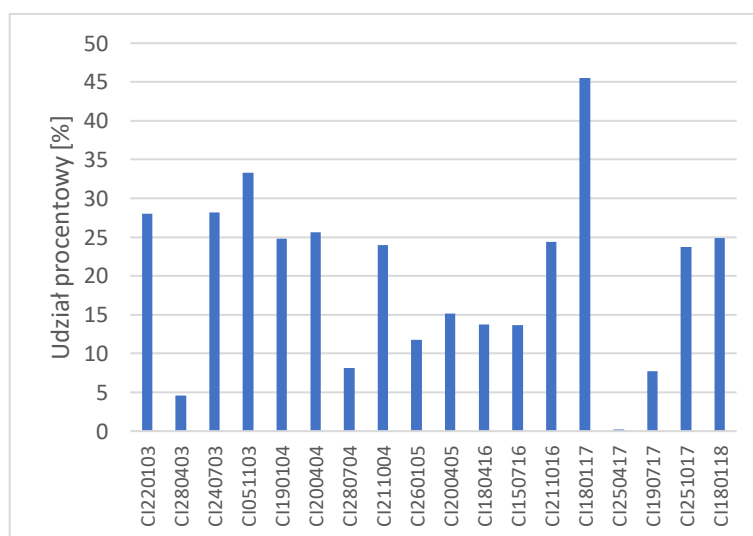
Gatunkami absolutnie stałymi w badanym źródle były: *Achnanthydium minutissimum*, *Amphora inariensis*, *A. ovalis*, *Cocconeis lineata*, *C. neodiminuta*, *C. pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Karayevia clevei*, *Navicula striolata*, *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum*, *Platessa conspicua* i *Staurosira crassa*. Gatunkami stałymi były: *Campylodiscus hibernicus*, *Cocconeis neothumensis*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula antonii*, *Sellaphora bacillum* i *Stauroneis kriegeri*.

Do gatunków dominujących zaliczono: *Achnanthydium minutissimum*, *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei*, *Navicula striolata*, *Planothidium frequentissimum* i *Platessa conspicua*, a do gatunków subdominujących zaliczono: *Amphora inariensis*, *Cocconeis pseudolineata*, *Nitzschia perminuta*, *Planothidium*, *Sellaphora bacillum* i *Staurosira crassa*.

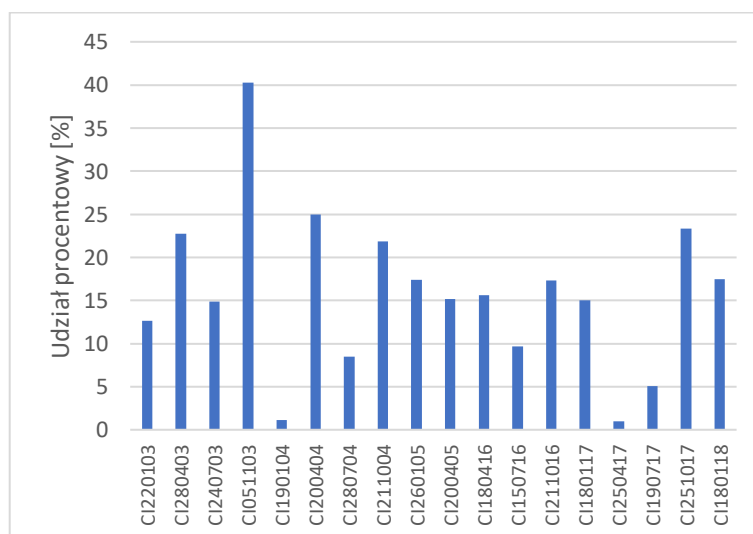
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Ciosny były: *Achnanthydium minutissimum* (Ryc. 166), *Cocconeis pseudothumensis* (Ryc. 167), *Karayevia clevei* (Ryc. 168), *Navicula striolata* (Ryc. 169), *Planothidium frequentissimum* (Ryc. 170) i *Platessa conspicua* (Ryc. 171).



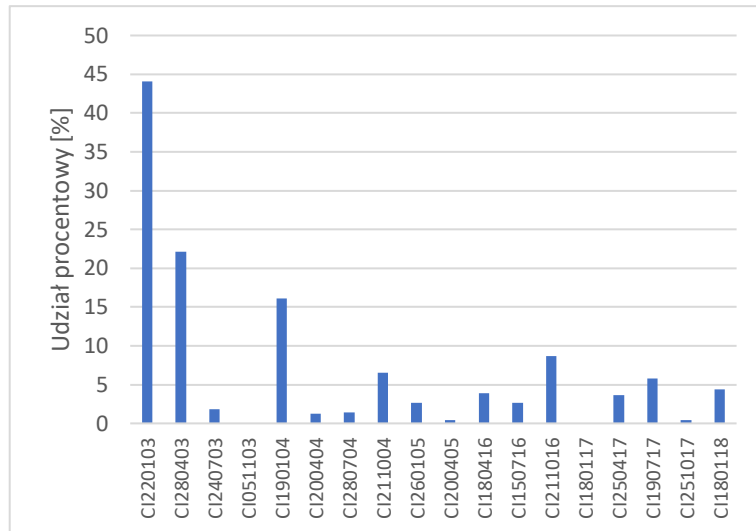
Ryc. 166. Procentowy udział *Achnanthydium minutissimum* w próbach ze źródła Ciosny.



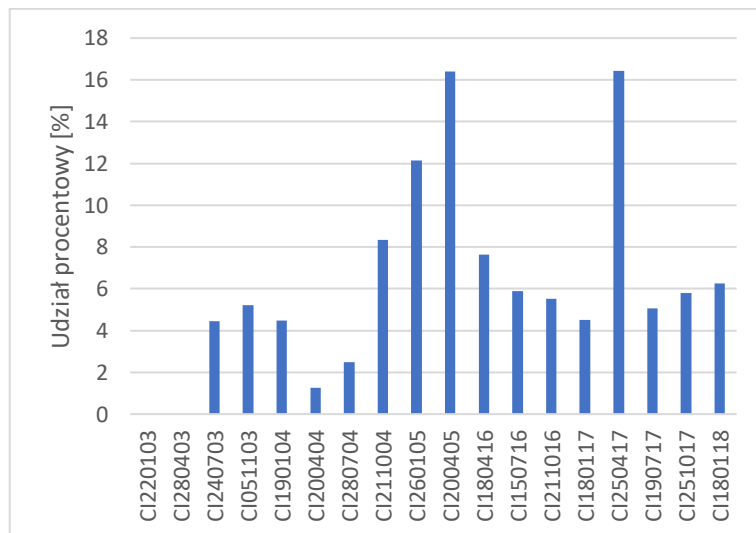
Ryc. 167. Procentowy udział *Cocconeis pseudothumensis* w próbach ze źródła Ciosny.



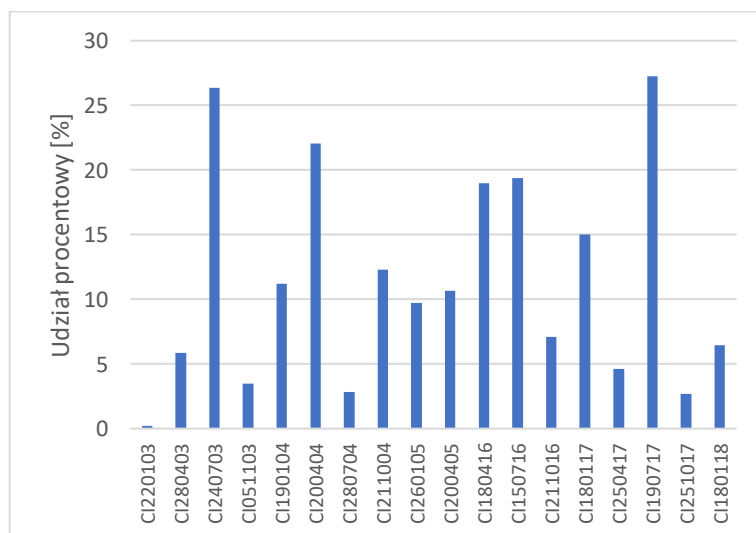
Ryc. 168. Procentowy udział *Karayevia clevei* w próbach ze źródła Ciosny.



Ryc. 169. Procentowy udział *Navicula striolata* w próbach ze źródła Ciosny.



Ryc. 170. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Ciosny.



Ryc. 171. Procentowy udział *Platessa conspicua* w próbach ze źródła Ciosny.

Achnantheidium minutissimum nie został zidentyfikowany w 4 próbach ze źródła Ciosny. Największy jego udział procentowy został odnotowany w jednej próbie z 25.04.2017. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z 28.04.2003 i 25.10.2017. Wyższy udział zaznacza się w próbach z lat 2016-2018 (Ryc. 166).

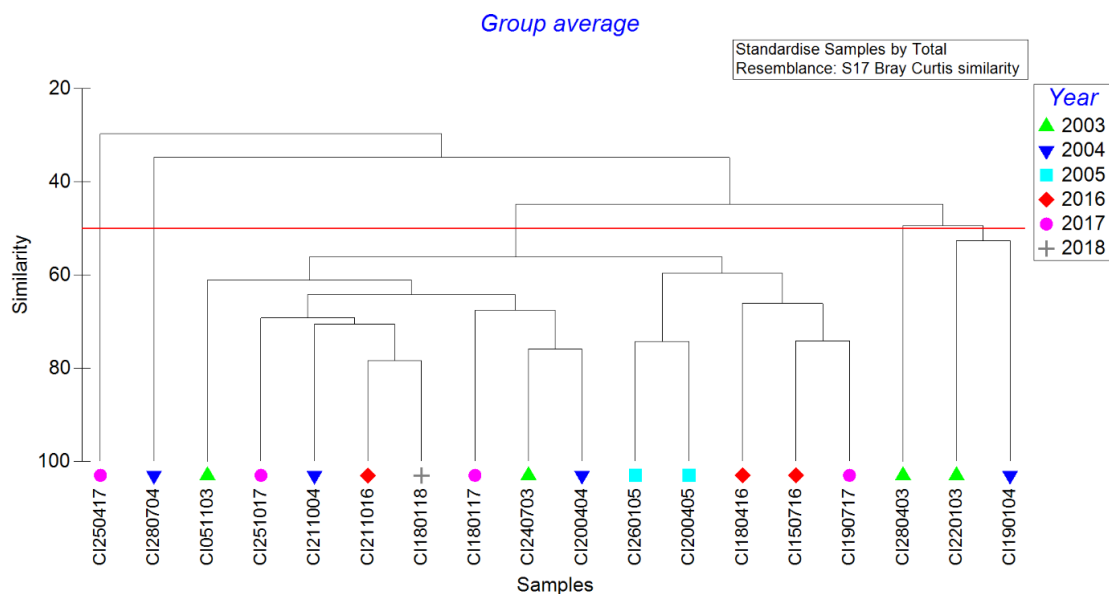
Cocconeis pseudothumensis został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Ciosny jako gatunek dominujący z udziałem ponad 25% w 4 próbach. Gatunek ten nie był notowany w próbie z 25.04.2017 i nielicznie w próbie z 28.04.03 (Ryc. 167).

Karayevia clevei został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Ciosny. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w jednej próbie z 05.11.2003. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z 25.04.2017 i 19.04.2004 (Ryc. 168).

Navicula striolata nie został zidentyfikowany w 2 próbach ze źródła Ciosny. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 16,11 do 44,09%) został odnotowany w 3 próbach z 22.01.2003, 28.04.2003 i 19.01.2004. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z 25.10.2017 i 20.04.2005 (Ryc. 169).

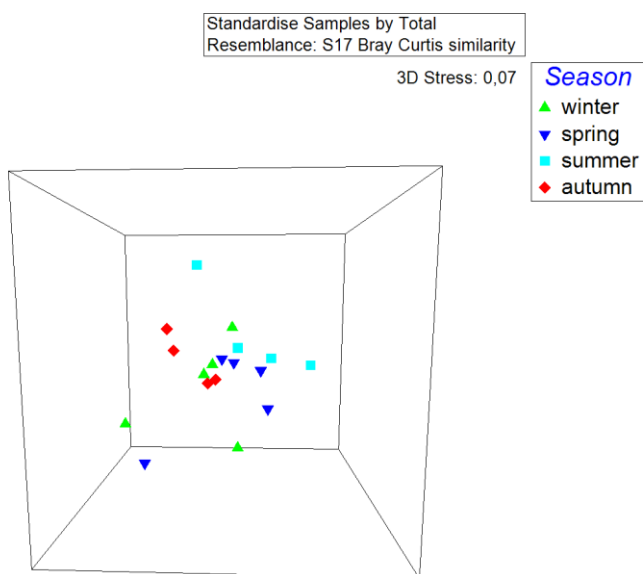
Planothidium frequentissimum nie został zidentyfikowany w 2 próbach ze źródła Ciosny. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w 2 próbach z 25.04.2017 i 20.04.2005. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z 20.04.2004 i 28.07.2004 (Ryc. 170).

Platessa conspicua został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Ciosny. Wysoki udział procentowy tego gatunku (od 22,03 do 27,26%) został odnotowany w 3 próbach z 19.07.2017, 24.07.2003 i 20.04.2004. Nielicznie był on reprezentowany w jednej próbie z 22.01.2003 (Ryc. 171).



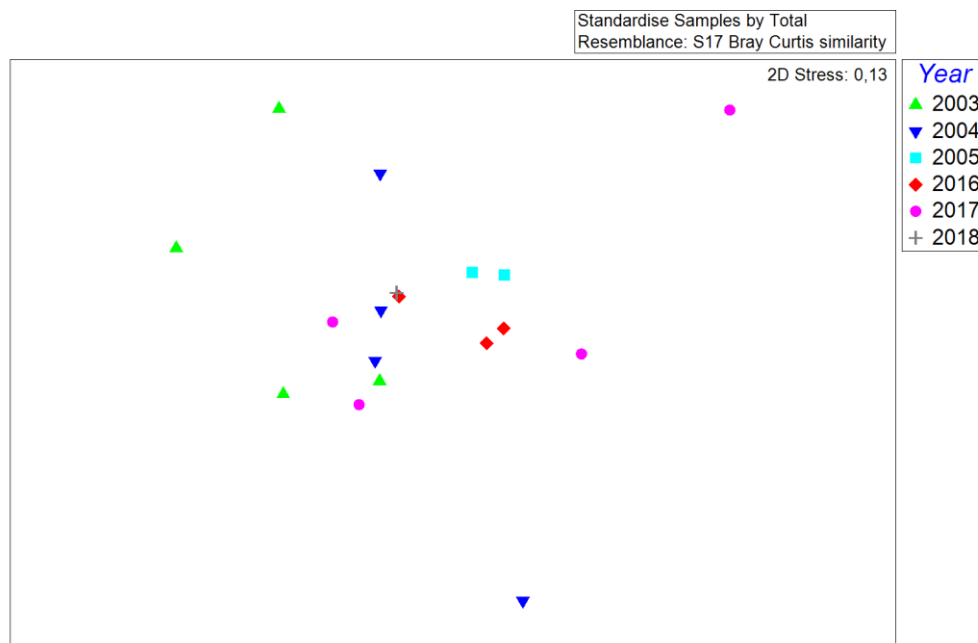
Ryc. 172. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Ciosny (CI).

Na podstawie przeprowadzonej hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić, że większość prób z obu okresów badań jest do siebie podobna z wyjątkiem prób z kwietnia 2017 roku i lipca 2004 roku. Analiza nie wykazała również podobieństwa między próbkami z tego samego okresu badawczego (Ryc. 172).



Ryc. 173. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Ciosny (CI) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę sezonowość nie wykazała jej obecności w badanym źródle (Ryc. 173).



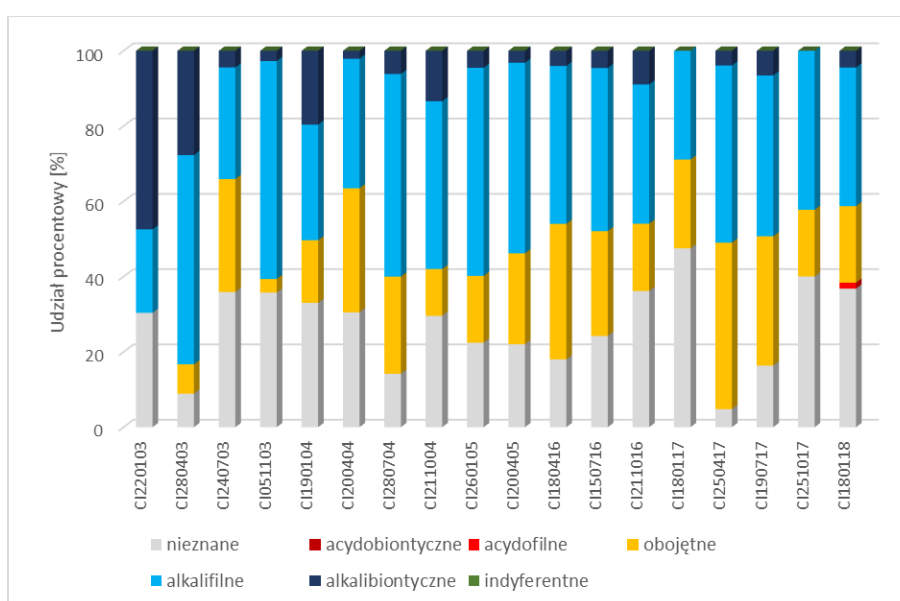
Ryc. 174. Zróznicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Ciosny (CI) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) można zauważyć, że nie zaznacza się tendencja zmian w czasie prowadzenia badań (Ryc. 174).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Ciosny (CI). Średnie podobieństwo w źródłisku ukształtowało się na poziomie 38,39%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei* i *Platessa conspicua* (Aneks 2). Przeprowadzona analiza SIMPER wskazała również gatunki odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi źródłami, które zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Kochlew (KO) - 88,37% oraz Pustułka (PU) - 86,06%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Wolbórka (WO) - 58,01%. Analizując relację CI i KO, w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w CI - *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei* i *Platessa conspicua* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Hippodonta capitata*, *Navicula oblonga*, *Nitzschia gracilis*

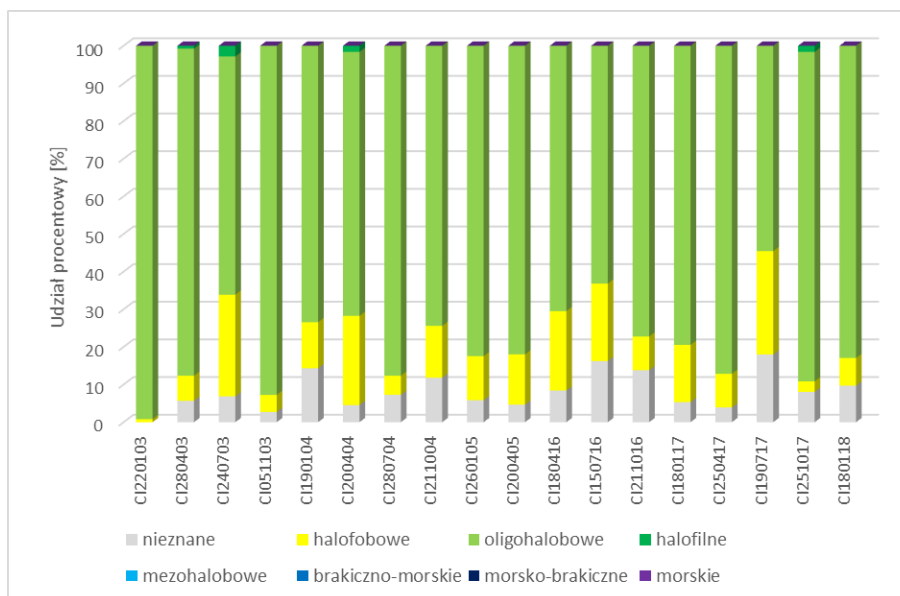
i *N. wuellerstorffii*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach CI i WO miała wpływ obecność w CI - *Cocconeis pseudothumensis*, *Karayevia clevei* i *Platessa conspicua* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Navicula gregaria* i *Nitzschia linearis*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Ciosny. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



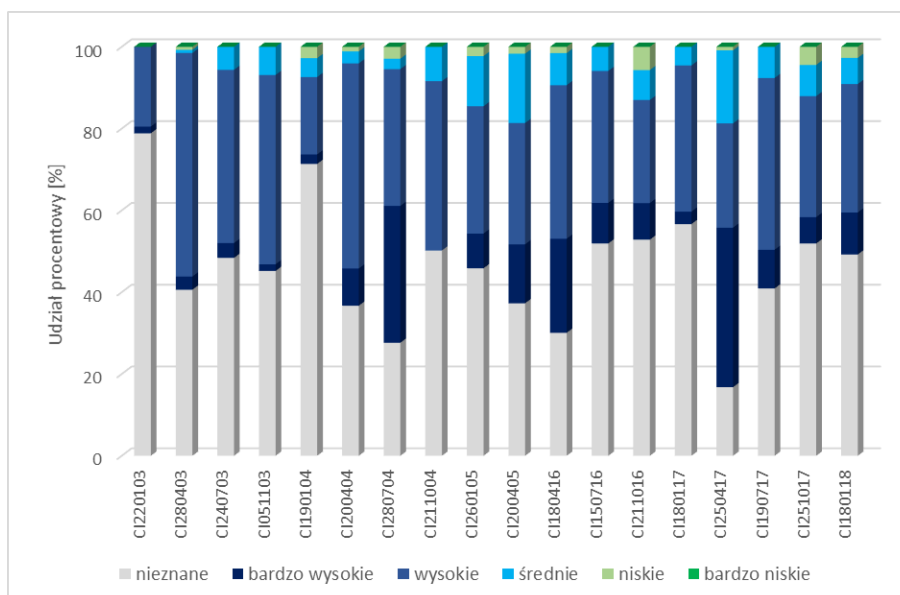
Ryc. 175. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Ciosny (CI) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Ciosny (CI) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków należała do grupy alkalifili i gatunków obojętnych. Odnotowano również znaczący udział alkaibiontów głównie w pierwszym okresie badawczym. Część zidentyfikowanych gatunków stanowią te o nieznanym preferencjach w odniesieniu do odczynu wody (Ryc. 175).



Ryc. 176. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Ciosny (CI) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

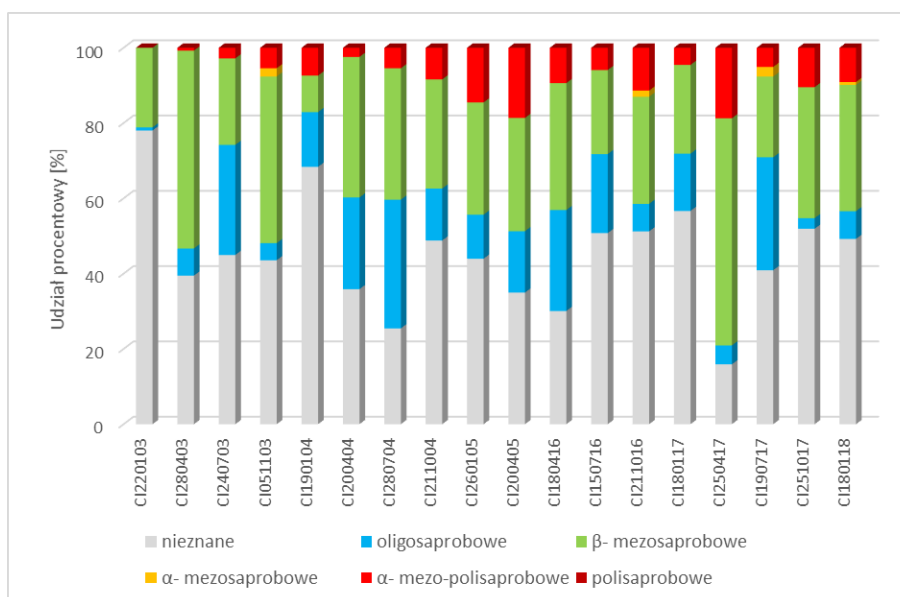
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Ciosny (CI) można stwierdzić, że zdecydowana większość zidentyfikowanych okrzemek to gatunki oligohalobowe i halofobowe (Ryc. 176).



Ryc. 177. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Ciosny (CI) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

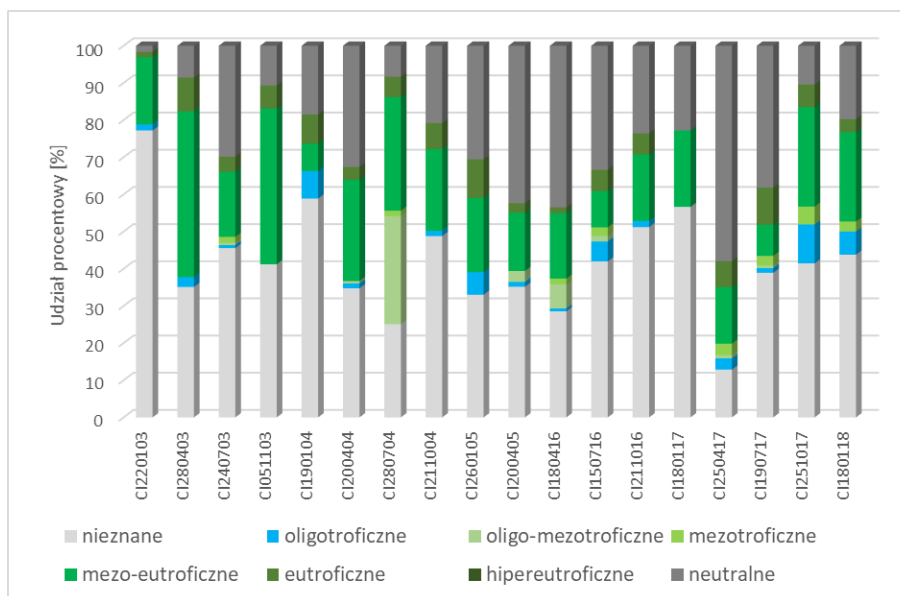
Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wody dla źródła Ciosny (CI) można zauważyć, że wśród zidentyfikowanych gatunków występowały głównie te o określonych wymaganiach

jako wysokie. Natomiast znaczny udział miały gatunki o nieokreślonych wymaganiach wobec natlenienia wody (Ryc. 177).



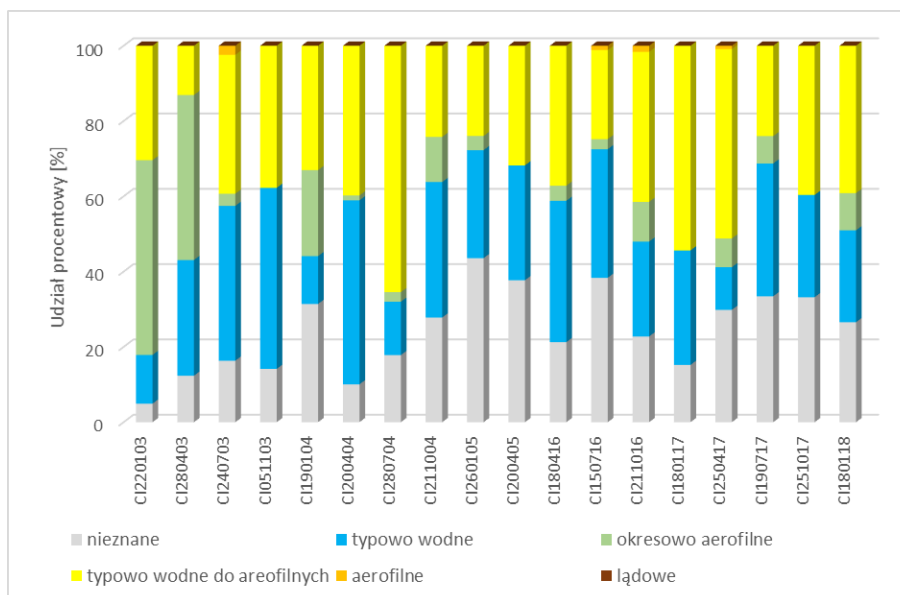
Ryc. 178. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Ciosny (CI) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Ciosny (CI) można określić stopień obciążenia materią organiczną wód jako wody przeważnie β-mezosaprobowe, z udziałem gatunków oligosaprobowych. W badanym źródle stwierdzono również obecność gatunków okrzemek wskazujących na wody α-mezo-polisaprobowe, głównie zimą i wiosną 2005 roku i wiosną 2017 roku. Znaczną grupę stanowiły również gatunki okrzemek o nieokreślonych preferencjach wobec saprobii (Ryc. 178).



Ryc. 179. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Ciosny (CI) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Ciosny (CI), warunki w nim panujące można określić pod względem żyzności jako wody mezo-eutroficzne, z udziałem gatunków o szerokiej tolerancji wobec trofii. Znaczna część zidentyfikowanych okrzemek nie posiada określonych preferencji dotyczących żyzności wód (Ryc. 179).



Ryc. 180. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Ciosny (CI) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Głowa (GL) można zauważyć, że zdecydowana większość zidentyfikowanych okrzemek, o znanych wymaganiach wilgotnościowych, to gatunki typowo wodne i typowo wodne do aerofilnych (Ryc. 180).

4.2.12. Łagiewniki (LA)

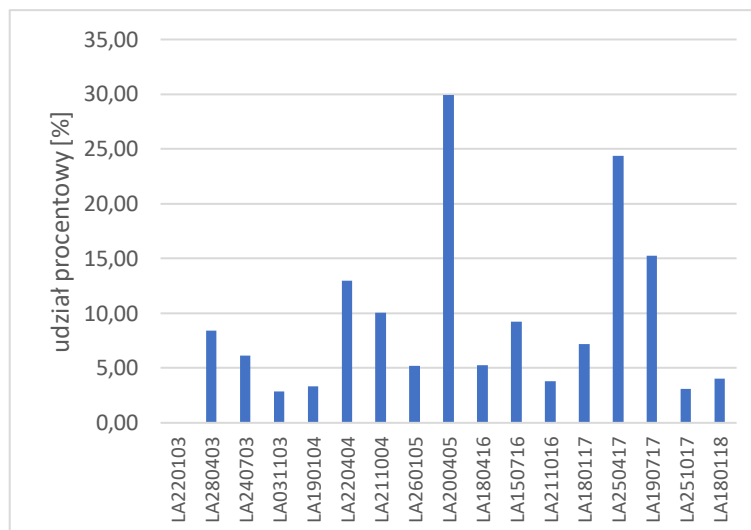
Charakterystyka różnorodności gatunkowej. Analiza zbiorowisk okrzemek w źródliku Piękne została przeprowadzona na podstawie 17 prób (Tabela 3 i Aneks 1). W źródle oznaczono łącznie 69 taksonów okrzemek, które należą do 24 rodzajów (Aneks 1).

Najczęściej notowanymi, w próbach ze źródła Łagiewniki (LA) były gatunki akcesoryczne (77%), zaś najmniej liczna grupę stanowiły influenty - 6% (Ryc. 22). Na podstawie analizy klas stałości gatunków okrzemek w próbach ze źródła Łagiewniki (LA), najliczniejszą grupę stanowiły gatunki przypadkowe (56%), najmniej liczną grupę stanowiły konstanty - 9% (Ryc. 23).

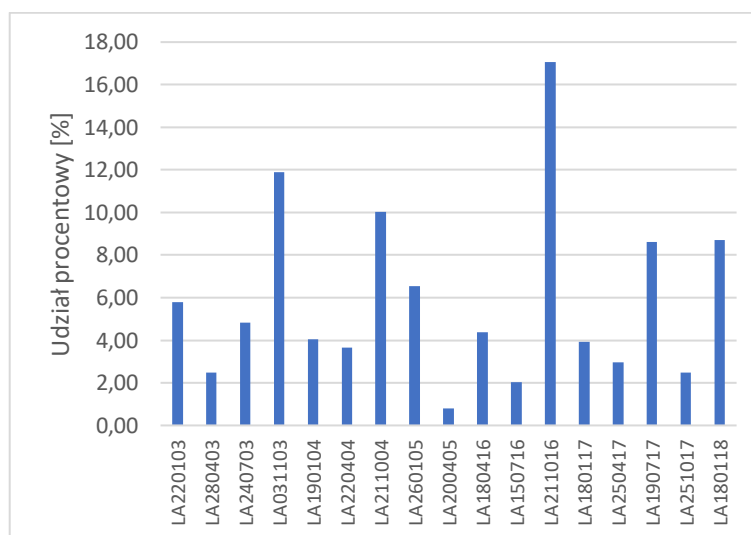
Gatunkami absolutnie stałymi były: *Achnanthydium minutissimum*, *Amphora copulata*, *A. pediculus*, *Cocconeis euglypta*, *C. lineata*, *C. neodiminuta*, *C. neothumensis*, *C. pseudolineata*, *Navicula antonii*, *N. gregaria*, *N. reinhardtii*, *N. striolata*, *Planothydium dubium*, *P. frequentissimum*, *Staurosirella* cf. *lapponica* i *S.* cf. *rhomboides*. Gatunkami stałymi były: *Amphora inariensis*, *Gomphonema micropus*, *Karayevia clevei*, *Navicula atomoides*, *Nitzschia linearis*, *Platessa conspicua* i *Sellaphora nigri*.

Do gatunków dominujących w źródle Łagiewniki zaliczono: *Achnanthydium minutissimum*, *Cocconeis pseudolineata*, *Navicula gregaria*, *Planothydium dubium*, *P. frequentissimum* i *Staurosirella* cf. *lapponica*. Do gatunków subdominujących zaliczono: *Amphora copulata*, *A. pediculus*, *Cocconeis lineata*, *Navicula antonii*, *N. striolata* i *Staurosirella* cf. *rhomboides*.

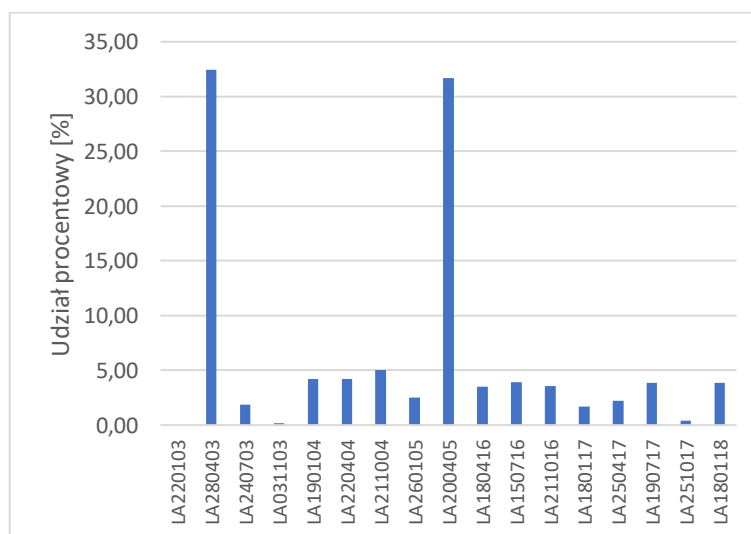
Gatunkami jednocześnie absolutnie stałymi i dominującymi w próbach ze źródła Łagiewniki były: *Achnanthydium minutissimum* (Ryc. 181), *Cocconeis pseudolineata* (Ryc. 182), *Navicula gregaria* (Ryc. 183), *Planothydium dubium* (Ryc. 184), *P. frequentissimum* (Ryc. 185) i *Staurosirella* cf. *lapponica* (Ryc. 186).



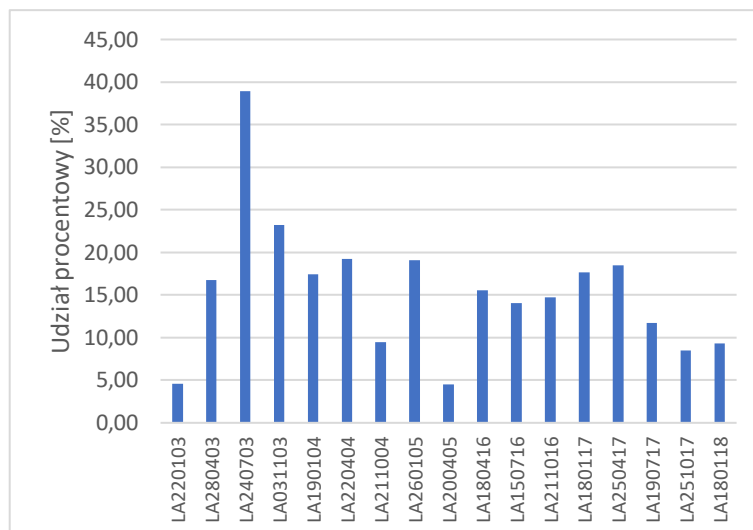
Ryc. 181. Procentowy udział *Achnanthydium minutissimum* w próbach ze źródła Łagiewniki.



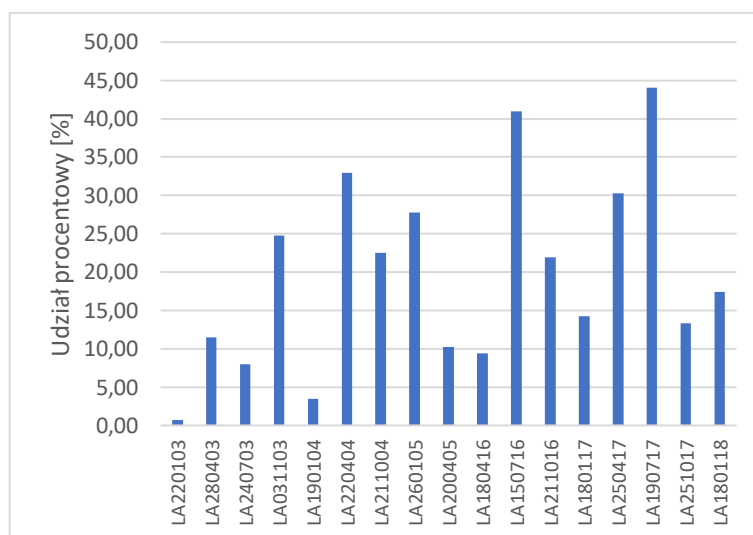
Ryc. 182. Procentowy udział *Cocconeis pseudolineata* w próbach ze źródła Łagiewniki.



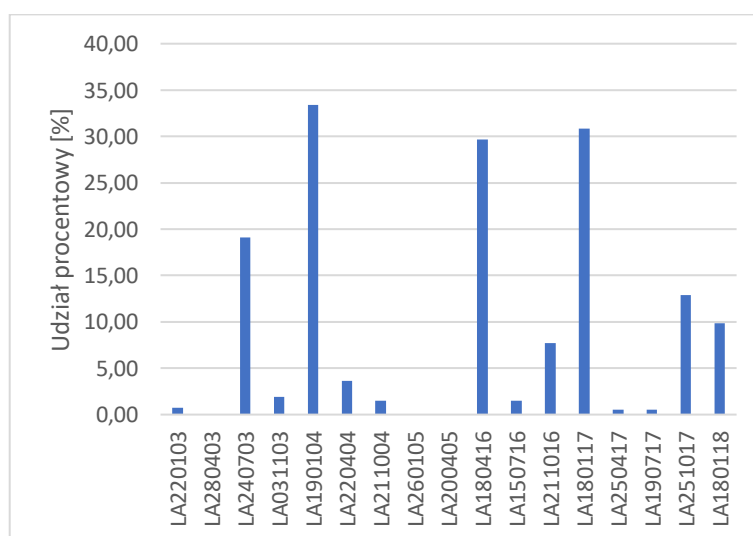
Ryc. 183. Procentowy udział *Navicula gregaria* w próbach ze źródła Łagiewniki.



Ryc. 184. Procentowy udział *Planothidium dubium* w próbach ze źródła Łagiewniki.



Ryc. 185. Procentowy udział *Planothidium frequentissimum* w próbach ze źródła Łagiewniki.



Ryc. 186. Procentowy udział *Staurosirella cf. lapponica* w próbach ze źródła Łagiewniki.

Achnantheidium minutissimum nie został zidentyfikowany tylko w jednej próbie ze źródła Łagiewniki. Wysoki udział procentowy tego gatunku został odnotowany w 2 próbach z 20.04.2005 i 25.04.2017. Nielicznie był on reprezentowany w 3 próbach (od 2,88 do 3,30%) z 03.11.2003, 25.10.2017 i 21.10.2016 (Ryc. 181).

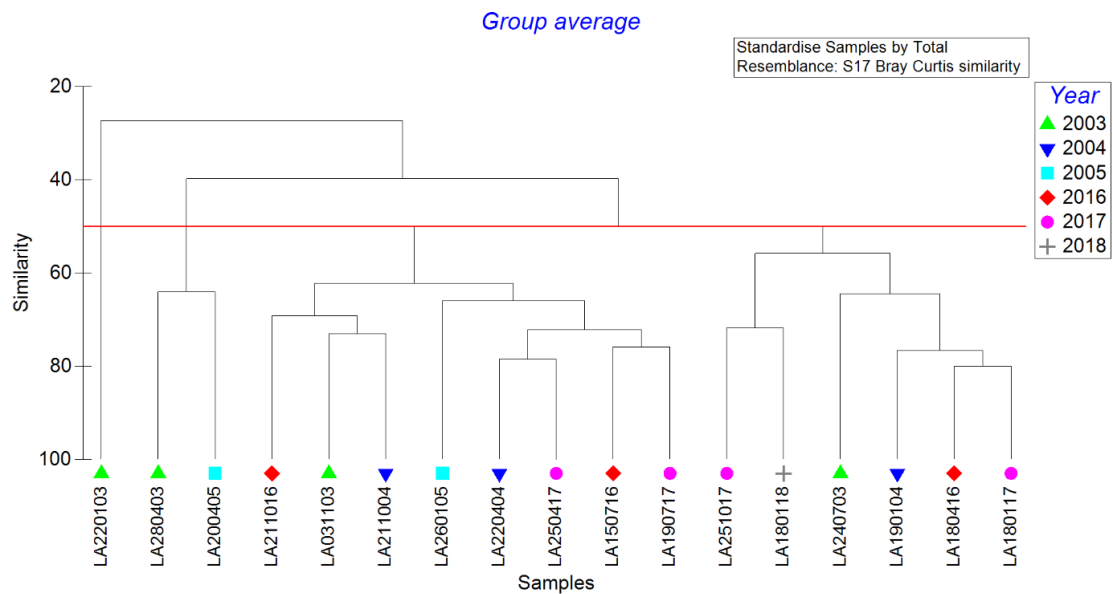
Cocconeis pseudolineata został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Łagiewniki. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w jednej próbie z 21.10.2016. Nielicznie był on reprezentowany w jednej próbie z 20.04.2005 (Ryc. 182).

Navicula gregaria nie został zidentyfikowany tylko w jednej próbie ze źródła Łagiewniki. Wysoki jego udział procentowy został odnotowany w 2 próbach z kwietnia 2003 i 2005 roku. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 2 próbach z 03.11.2003 i 25.10.2017 (Ryc. 183).

Planothidium dubium został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Łagiewniki z wysokim udziałem procentowym od 8,52 do 23,22%, największy udział został odnotowany w próbie z 24.07.2003. Nielicznie był on reprezentowany w 2 próbach z 20.04.2005 i 22.01.2003 (Ryc. 184).

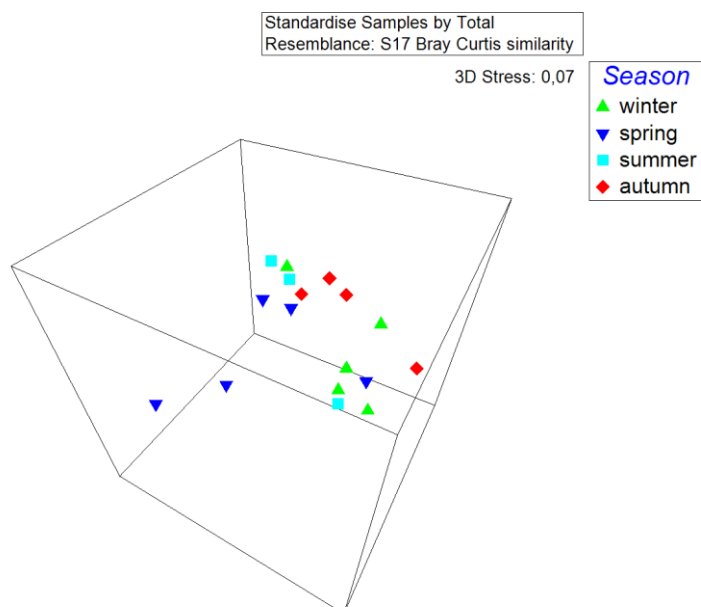
Planothidium frequentissimum został zidentyfikowany we wszystkich próbach ze źródła Łagiewniki. Wysoki udział procentowy tego gatunku (32,97 i 44,04%) został odnotowany w 2 próbach z 15.07.2016 i 19.07.2017. Najmniej licznie był on reprezentowany w jednej próbie z 22.01.2003 (Ryc. 185).

Staurosirella cf. *lapponica* nie został zidentyfikowany w 3 próbach ze źródła Łagiewniki. Podczas prowadzenia badań obserwowano znaczne różnice w udziale procentowym tego gatunku w próbie. Wysoki jego udział procentowy (od 29,67 do 33,39%) został odnotowany w 3 próbach z 19.01.2004, 18.01.2017 i 18.04.2016. Nielicznie reprezentowany był ten gatunek w 3 próbach (od 0,55 do 0,72%) z 19.07.2017, 25.04.2017 i 22.01.2003 (Ryc. 186).



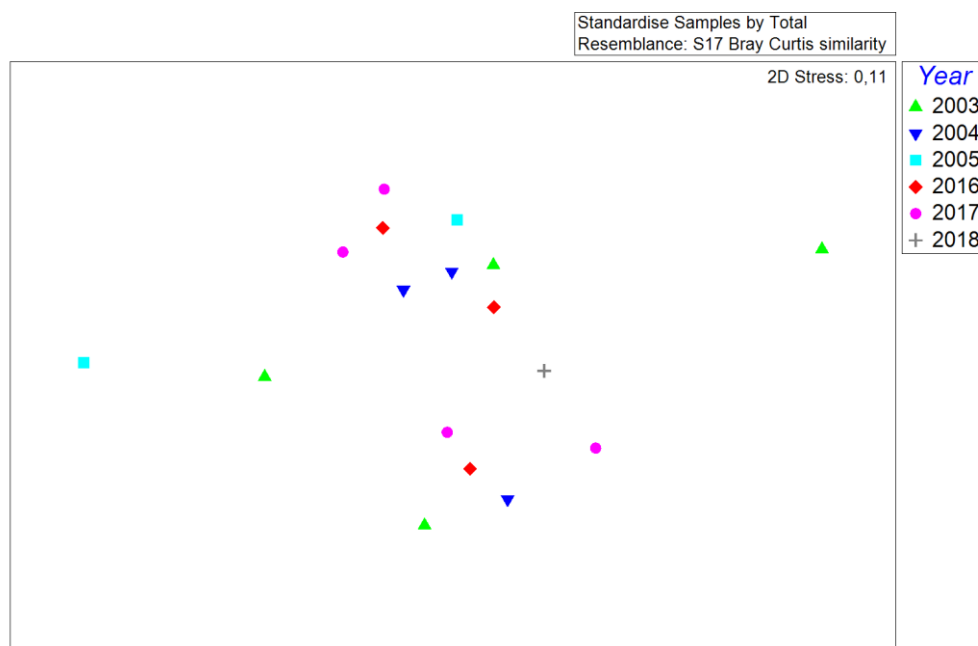
Ryc. 187. Grupowanie prób ze względu na ich podobieństwo jakościowe i ilościowe na przestrzeni lat poboru prób (year), dla źródła Łagiewniki (LA).

Na podstawie przeprowadzonej hierarchicznej analizy klasterowej można stwierdzić, że próba z dnia 22.01.2003 wyraźnie jest niepodobna do pozostałych prób. Również niepodobne względem pozostałych są dwie próby z kwietnia 2003 i 2005 roku. Analiza nie wykazała również grupowania na podstawie podobieństwa między próbami pochodzącymi z tego samego okresu badawczego (Ryc. 187).



Ryc. 188. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Łagiewniki (LA) ze względu na pory roku (season: autumn - jesień, winter - zima, spring - wiosna, summer - lato) na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D).

Analiza skalowania wielowymiarowego (MDS - 3D) biorąca pod uwagę sezonowość nie wykazała jej obecności źródłisku Łagiewniki (Ryc. 188).



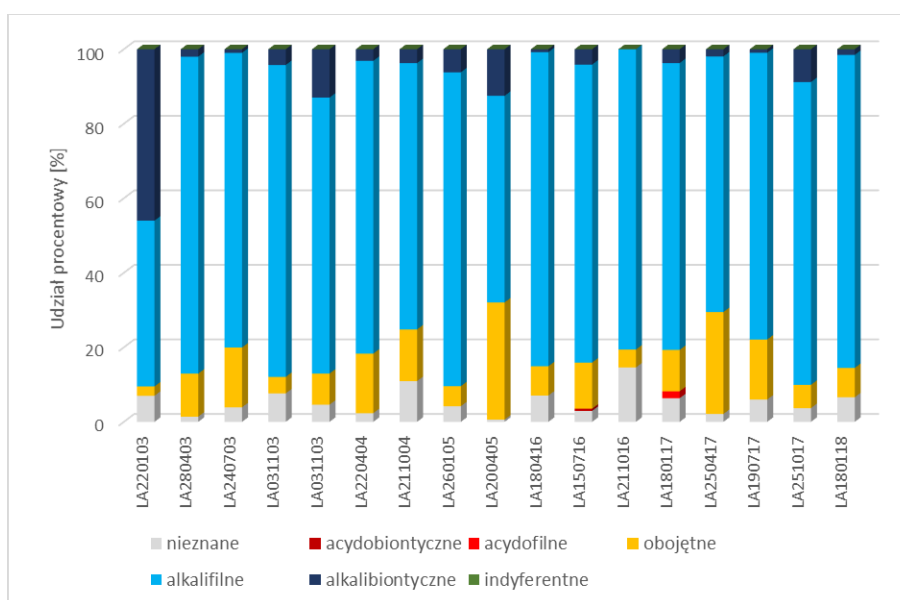
Ryc. 189. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek dla źródła Łagiewniki (LA) ze względu na rok (year) poboru prób na podstawie skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D).

Na podstawie analizy skalowania wielowymiarowego (MDS - 2D) biorącej pod uwagę zmiany na przestrzeni czasu (lata poboru prób) nie można zauważyć tendencji zmian w czasie (Ryc. 189).

Na podstawie analizy SIMPER wskazano gatunki odpowiedzialne za podobieństwo zbiorowisk w obrębie badanego obiektu krenologicznego Łagiewniki (LA). Średnie podobieństwo w źródłisku ukształtowało się na poziomie 50,17%. Największy wpływ na podobieństwo zbiorowisk okrzemek w tym źródle miały *Planothidium frequentissimum*, *P. dubium* i *Staurosirella* cf. *lapponica* (Aneks 2). Przeprowadzona analiza SIMPER wskazała również gatunki odpowiedzialne za stopień niepodobieństwa zbiorowisk okrzemek pomiędzy badanym źródłem a pozostałymi źródłami, które zostały zestawione w tabeli (Aneks 3). Największe średnie niepodobieństwo zostało odnotowane w odniesieniu do źródeł: Podwierzchowiec wypływ (POA) - 86,20% oraz Podwierzchowiec środek (PDA) - 77,97%. Natomiast, najmniejsze średnie niepodobieństwo zostało zaobserwowane w odniesieniu do źródła Piękne (PI) - 67,55%. Analizując relację LA i POA,

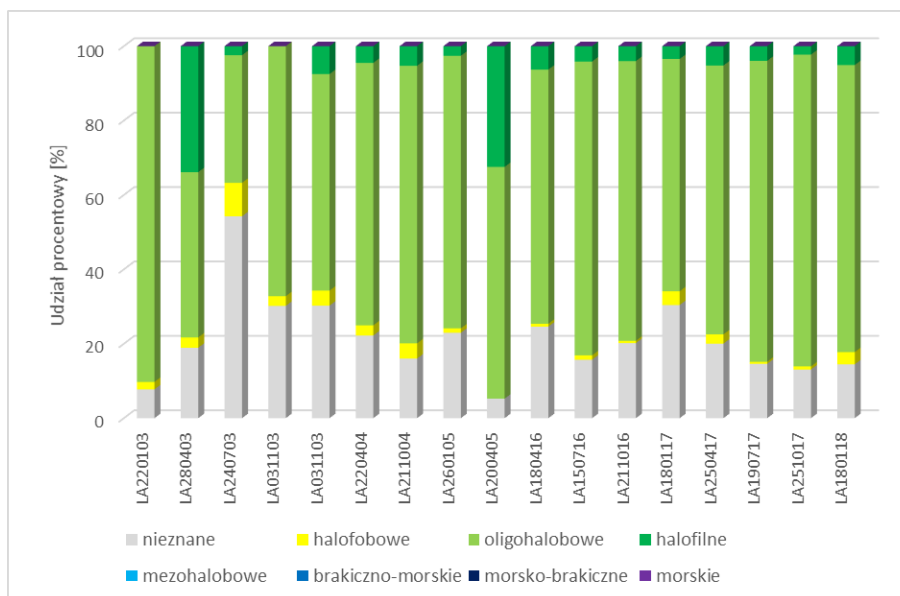
w największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk miała wpływ obecność w LA - *Planothidium frequentissimum*, *P. dubium* i *Staurosirella* cf. *lapponica* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Chamaepinnularia soehrensii*, *Eunotia exigua*, *E. tenella* i *Psammothidium subatomoides*. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk w źródłach LA i PDB miała wpływ obecność w LA - *Cocconeis pseudothumensis* oraz nieobecność lub niska średnia liczebność - *Navicula gregaria*, *Nitzschia linearis* i *Platessa conspicua*.

Charakterystyka ekologiczna źródła Łagiewniki. Na podstawie klasyfikacji systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), przeprowadzono analizę wybranych parametrów środowiskowych (Tabela 6) uwzględniając wartości wskaźnikowe okrzemek, dostępne w bazie programu OMNIDIA.



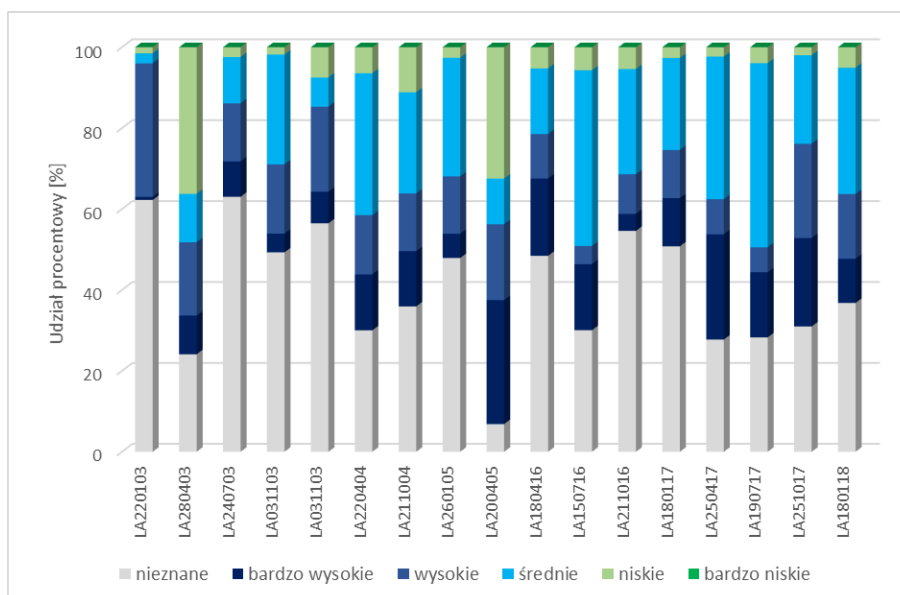
Ryc. 190. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Łagiewniki (LA) w odniesieniu do odczynu wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do odczynu wody dla źródła Łagiewniki (LA) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków należała do grupy alkalifili. Na podstawie preferencji dotyczących odczynu wody zidentyfikowanych gatunków można określić warunki panujące w źródle jako wody o odczynie zasadowym (Ryc. 190).



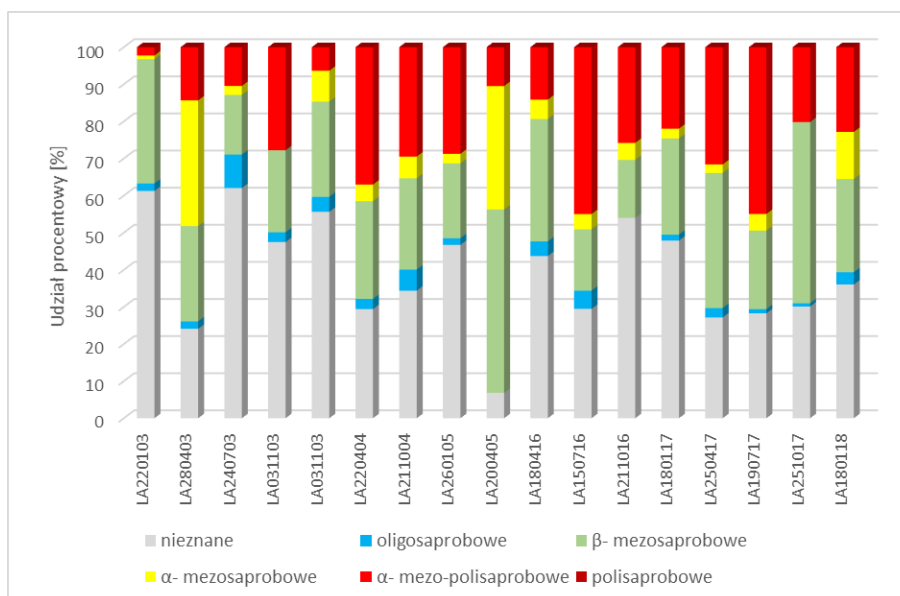
Ryc. 191. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Łągiewniki (LA) w odniesieniu do stopnia zasolenia na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia zasolenia dla źródła Łągiewniki (LA) można zauważyć, że zdecydowana większość gatunków to gatunki oligohalobowe. W badanym źródle zostały jeszcze odnotowane gatunki halofilne w próbach z kwietnia 2003 i 2005 roku. Część zidentyfikowanych okrzemek nie posiadała opisanych wymagań dotyczących zasolenia wody (Ryc. 191).



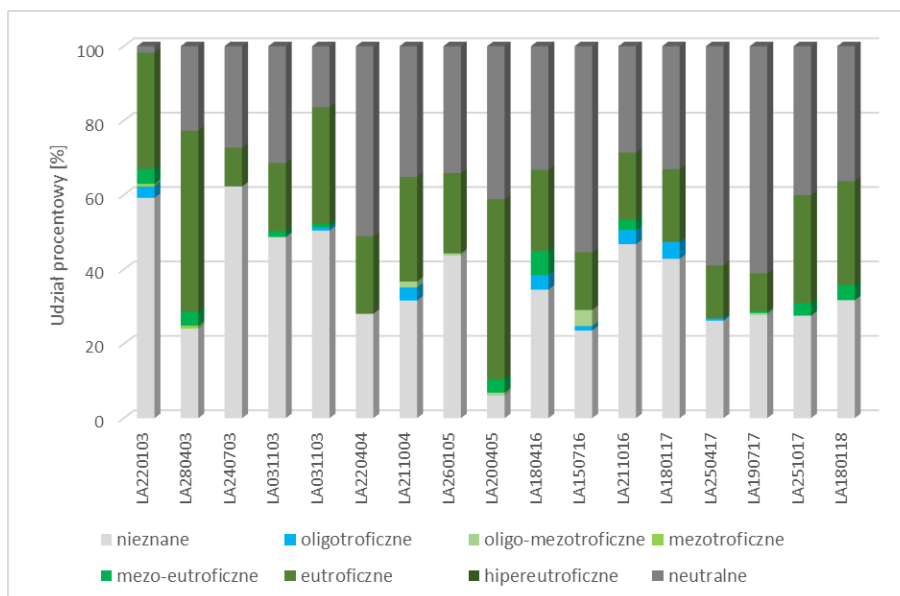
Ryc. 192. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Łągiewniki (LA) w odniesieniu do stopnia natlenienia wody na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do stopnia natlenienia wody w źródle Łagiewniki (LA) można zauważyć, że odnotowano głównie gatunki preferujące średni lub wysoki poziom natlenienia wody. Natomiast wysoki udział mają gatunki o nieokreślonych wymaganiach wobec natlenienia wody (Ryc. 192).



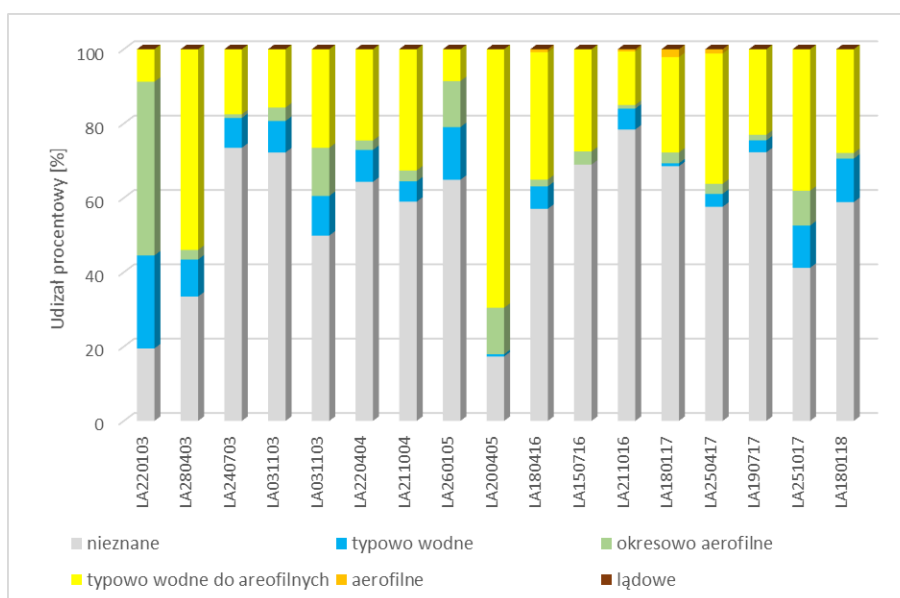
Ryc. 193. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Łagiewniki (LA) w odniesieniu do stanu saprobii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do saprobii dla źródła Łagiewniki (LA) można określić stopień obciążenia materią organiczną jako warunki od β-mezosaprobowych do α-mezo-polisaprobowych. Znaczącą grupę okrzemek stanowiły te o nieokreślonych wymaganiach dotyczących saprobii (Ryc. 193).



Ryc. 194. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Łagiewniki (LA) w odniesieniu do stanu trofii na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do trofii dla źródła Łagiewniki (LA) można określić warunki pod względem żyzności jako wody eutroficzne z wysokim udziałem gatunków o szerokim zakresie tolerancji wobec trofii. Znacząca część zidentyfikowanych okrzemek nie posiada określonych preferencji dotyczących stopnia żyzności wód (Ryc. 194).



Ryc. 195. Udział procentowy grup okrzemek w źródle Łagiewniki (LA) w odniesieniu do warunków wilgotnościowych na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dam i in. (1994).

Na podstawie klasyfikacji ekologicznej okrzemek w odniesieniu do warunków wilgotnościowych dla źródła Łagiewniki (LA) można zauważyć, że większość zidentyfikowanych okrzemek, o znanych wymaganiach wilgotnościowych, to gatunki typowo wodne do aerofilnych. Ponad połowa zidentyfikowanych okrzemek z tego źródła ma jednak nieokreślone preferencje wobec warunków wilgotnościowych, co utrudnia ich precyzyjne określenie (Ryc. 195).

6. Dyskusja

6.1. Oddziaływanie człowieka na ekosystemy źródlane

Ochrona środowiska przyrodniczego w XXI wieku powinna być synonimem mobilizacji społeczności międzynarodowej na rzecz wzrostu świadomości ekologicznej. Jednym z głównych celów jest ochrona ograniczonych zasobów wód powierzchniowych i podziemnych, od których zależy funkcjonowanie i bezpieczeństwo człowieka. Zagrożenia antropogeniczne wobec ekosystemów wodnych są dobrze zidentyfikowane. Są one związane głównie z: przemysłem górniczym, obecnością otwartych obiegów chłodniczych w instalacjach przemysłowych, zanieczyszczeniem termicznym wód; rolnictwem – wzrastającą wodochłonnością, intensywnym nawożeniem i stosowaniem pestycydów; urbanizacją – wzrostem produkcji ścieków komunalnych, rozrostem kanalizacji na terenach wiejskich, ograniczeniem infiltracji powierzchniowej, koncentracją zapotrzebowania na wodę pitną; komunikacją – zanieczyszczeniem smogowym oraz intensywnym rozwojem infrastruktury drogowej (Lake i in. 2000, Søndergaard i Jeppesen 2007, Żelazna-Wieczorek 2011, Wojtal 2013, Gutry-Korycka i in. 2014, Nowicka-Krawczyk i Żelazna-Wieczorek 2017). Coraz częściej rozpoznawane są substancje chemiczne stanowiące nowe zagrożenie dla zasobów wodnych i ich biocenoz. Jednym ze źródeł tych substancji są środki farmakologiczne, na przykład: hormony, leki β -adrenolityczne, antybiotyki, substancje wykorzystywane w chemioterapii lub powszechnie i szeroko stosowane leki przeciwzapalne i przeciwbólowe (Palmer 2008, Matamoros i in. 2009, Gromiec i in. 2014). Wody powierzchniowe są w większym stopniu ekspozowane na zanieczyszczenia atmosferyczne i te z powierzchni ziemi (związki organiczne, substancje toksyczne, mikroorganizmy chorobotwórcze), niż wody podziemne, które są izolowane przez warstwy geologiczne. Jednak, warstwy wodonośne mogą ulegać sezonowym wahaniom zasilania infiltracyjnego, docierającego w dłuższym okresie czasu, stanowiąc jednocześnie źródło dopływu ścieków, w tym paliw i olejów (dioksyne, metale ciężkie), pozostałości po nawozach rolniczych i innych substancji niebezpiecznych dla środowiska. Ładunek azotanów i fosforanów dostarczony do warstw wodonośnych może być widoczny w wypływach wód podziemnych w długim okresie czasu - dziesięciolecia (Kilroy i Coxon 2005, Okoń i in. 2010, Żurek i in. 2017), inaczej niż jak jest to obserwowane w przypadku

powierzchniowych wód płynących, które są narażone na intensywny i dynamiczny dopływ substancji biogenych z pól uprawnych lub z zrzutu ścieków komunalnych i przemysłowych. Według danych uzyskanych w ramach monitoringu diagnostycznego prowadzonego na obszarze Polski, wynikającego z ustaleń Ramowej Dyrektywy Wodnej (2000/60/WE), stan jednolitych części wód podziemnych (JCWPd), w latach 2006-2009 wskazywał dobrą i zadowalającą jakość w 60%, a w 40% niezadawalającą i złą. Natomiast, stan jednolitych części wód powierzchniowych (JCWP), w latach 2007-2008 określono jako w 70% – zły, a dobry zaledwie w około 6%. Ponadto, opublikowane dane obarczone są wysoką niedokładnością wynikającą z dużych braków ilościowych, od 55 do 70% JCWP (Gromiec i in. 2014).

Szczególnym przypadkiem wód powierzchniowych są samoczynne wypływy wód podziemnych – źródła, które wyróżniają się względnie stabilnymi warunkami abiotycznymi oraz różnorodnością gatunkową, stanowią one także, potencjalne schronienie dla gatunków rzadko występujących. Sprawia to, że ochrona tych ekosystemów jest niezmiernie istotna ze względu na jakość pozostałych typów wód powierzchniowych, w tym głównie wód płynących. Obecność w biocenozach źródeł mikroflory okrzemkowej umożliwia przeprowadzenie biologicznej oceny jakości ekosystemów źródłanych i określenie potencjalnych ośrodków zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego (Cantonati i in. 2007, Żelazna-Wieczorek 2011, Wojtal 2013, Żelazna-Wieczorek i Knysak 2017, Szczepocka i Żelazna-Wieczorek 2018). Wśród różnych grup organizmów wskaźnikowych, okrzemki cechuje wysoki stopień dokładności przeprowadzanej, na podstawie zmian w czasie i przestrzeni struktury ich zbiorowisk, biologicznej oceny jakości ekosystemów wodnych. Są one bardzo dobrym wskaźnikiem warunków środowiska wodnego, zachodzących w nim przemian i są powszechnie stosowane przez liczne ośrodki naukowe i monitoringowe.

Rozpoznanie różnorodności gatunkowej i ekologicznej okrzemek bentosowych źródeł, zlokalizowanych na trzecio- i czwartorzędowych utworach geologicznych w Polsce Środkowej, jest istotnym aspektem w ocenie wpływu działalności człowieka na te ekosystemy. Podstawą wytypowania źródeł do badań była zaproponowana przez Nowicką-Krawczyk i Żelazną-Wieczorek (2017) klasyfikacja stopnia nasilenia antropopresji, uwzględniająca następujące kryteria: sposób zagospodarowania terenu, odległość źródła od dróg i zabudowań oraz narażenie na bezpośrednią ingerencję

człowieka. Wysoki (3) stopień nasilenia antropopresji, według przyjętej klasyfikacji ustalono dla czterech źródeł: Podwódka, Piękne, Głowa i Łagiewniki; średni (2) – dla dwóch źródeł: Wardzyń i Ciosny; niski (1) – dla pięciu źródeł: Podwierzchowiec, Troniny, Kochlew, Wolbórka i Pustułka; najniższy (0) – dla źródła Bukowa Góra.

Zagadnienie presji antropogenicznej w kontekście ekosystemów źródłanych poruszane jest rzadko. Wymaga ono obserwacji zmian, tendencji zmian lub ich braku w dynamice przestrzennej i czasowej struktury zbiorowisk organizmów. Wiąże się to z prowadzeniem ciągłych, długoterminowych prac badawczych, również z uwzględnieniem bioindykacji. Podstawą tego wniosku są między innymi wyniki badań bioty trzydziestu obiektów krenologicznych, na terenie Adamello-Brenta Regional Park, położonego w południowo-wschodnich Alpach, prowadzonych w latach 1992-1996 (Cantonati i Ortler 1998, Cantonati 1998) i dalszych prac z tego obszaru prowadzonych przez włoski zespół w latach 2004-2007, w ramach projektu CRENODAT. W projekcie tym, wytypowano blisko sześćset źródeł w celu zbadania wpływu antropogenicznego na nie, obserwacji potencjalnych zmian sezonowych oraz zmian warunków środowiskowych, na podstawie analizy zbiorowisk organizmów krenobiotycznych (Cantonati i in. 2005, 2007, 2007; Cantonati i Spitale 2011). Wśród badanych grup mikroorganizmów, okrzemki zostały wskazane jako odpowiednie „narzędzie” do prowadzenia długoterminowych prac monitoringowych ekosystemów źródłanych, ze względu na duże bogactwo gatunkowe w większości siedlisk i wysoki potencjał informacyjny o warunkach hydrochemicznych, morfologicznych oraz fizycznych. Podstawą tego potencjału jest obecnie bardzo dobry i systematycznie zwiększający się stan poznania w zakresie taksonomii i autekologii okrzemek. Nie bez znaczenia, dla wyboru okrzemek jako „narzędzia”, jest również minimalizacja wpływu badań na źródła, ponieważ prace związane z poborem materiału diatomologicznego charakteryzuje niski stopień złożoności i fizycznej ingerencji w niszę źródłiskową, a także ich duży stopień powtarzalności (Spitale i Cantonati 2011). W Polsce badania diatomologiczne w źródłach, znajdujących się pod presją antropogeniczną, które są zlokalizowane w bezpośrednim zasięgu oddziaływania obszaru zurbanizowanego, zostały przeprowadzone przez Żelazną-Wieczorek (2011), również w odniesieniu do przesłania wynikającego z projektu CRENODAT.

6.2. Warunki środowiska abiotycznego źródeł

Wybrane obiekty krenologiczne regionu łódzkiego objęte były wcześniej badaniami, które obejmowały między innymi, systematyczne pomiary parametrów fizycznych i chemicznych, źródła: Pustułka, Piękne, Łagiewniki, Głowa i Ciosny, (Grupa 1) badane były w latach 2003-2005 (Żelazna-Wieczorek 2011); w latach 2012-2014, źródła Wardzyń i Wolbórka (Grupa 2) (Nowicka-Krawczyk, Żelazna-Wieczorek 2017); oraz pozostałe obiekty krenologiczne wytypowane do badań: Podwódka, Podwierzchowiec (Grupa 3); Bukowa Góra, Troniny i Kochlew (Grupa 4). Zgromadzone w wyniku tych badań dane wykorzystane zostały do analizy w celu uchwycenia potencjalnych zmian wybranych parametrów środowiska w czasie.

W źródłach należących do Grupy 1 (15 lat) analizowane parametry fizyczne i chemiczne kształtujące zbiorowiska okrzemek wykazały zbliżone średnie wartości z obu okresów badawczych. Odnotowane różnice średnich wartości temperatury wody dla tych źródeł wynosiły od 0,2 do 1°C, przy czym największy wzrost temperatury wody odnotowano w źródle Ciosny. Biorąc pod uwagę odczyn wody – różnice średnich wartości, pomiędzy latami prowadzenia badań, wynosiły od 0,1 do 0,5 w skali pH, największy spadek odczynu wody odnotowano w źródle Łagiewniki. Średnie wartości przewodnictwa elektrolitycznego różniły się pomiędzy badanymi okresami od 36 do 90 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, największy spadek średniej wartości tego parametru został odnotowany w źródle Pustułka. Różnice w zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie wynosiły od 0,4 do 1,44 mg/l, przy czym największy spadek odnotowano w źródle Łagiewniki. Wartości stężenia jonów amonowych (NH_4^+) były znacząco niższe w drugim okresie badawczym w źródłach z Grupy 1. Różnice w średnich wartościach stężeń jonów amonowych wynosiły od 0,1 do 0,46 mg/l, a największy spadek zanotowano w źródle Głowa. Podobną zależność zaobserwowano także dla wartości stężeń jonów azotanowych (NO_3^-). Różnice wartości średnich stężeń tych jonów wynosiły od 6,15 do 25,26 mg/l, a największy spadek zanotowano w źródle Piękne. Natomiast stężenie jonów fosforanowych (PO_4^{3-}) w źródłach Grupy 1 było wyższe w drugim okresie badawczym. Różnice wartości stężenia tych jonów wynosiły od 0,41 do 1,79 mg/l, a największy wzrost stężenia zaobserwowano w źródle Pustułka.

W Grupie 2 (6 lat), dla obu źródeł, Wardzyń i Wolbórka, odnotowano wzrost średniej temperatury wody odpowiednio o 1,1-1,4°C w drugim okresie badawczym, natomiast nie zaobserwowano istotnych zmian odczynu wody. Odnotowano natomiast spadek średniej wartości przewodnictwa elektrolitycznego wody w źródle Wolbórka w drugim okresie badawczym o 190 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. W źródle Wardzyń wartości przewodnictwa elektrolitycznego wody utrzymywały się na stałym poziomie. Analizując różnice w wartościach średnich stężeń jonów NO_3^- , NH_4^+ i PO_4^{3-} , można zauważyć spadek stężenia jonów azotanowych w obu źródłach w drugim okresie badawczym - różnice wynosiły od 27,99 do 29,84 mg/l. W źródle Wolbórka odnotowano spadek wartości średniej stężenia jonów amonowych o 1,79 mg/l, natomiast w źródle Wardzyń nie odnotowano zmian stężenia tych jonów. Odnotowano jednak w drugim okresie badawczym wzrost średniego stężenia jonów fosforanowych w źródle Wardzyń o 1,35 mg/l a w źródle Wolbórka o 0,17 mg/l.

W Grupie 3 (6 lat), obejmującej źródła Podwódka i Podwierzchowiec, można stwierdzić, że badane parametry: przewodnictwo elektrolityczne, temperatura wody i odczyn wody są stabilne w czasie prowadzenia badań.

Pomiary parametrów fizycznych i chemicznych w źródłach Bukowa Góra, Troniny i Kochlew (Grupa 4) były prowadzone w latach 1998-2001 i 2016-2018 (21 lat). Przewodnictwo elektrolityczne wody we wszystkich trzech źródłach, w obu okresach pomiarów kształtowało się na stabilnym poziomie o średniej wartości w źródle Bukowa Góra wynoszącej 301 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, w źródle Troniny – 317 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ a w źródle Kochlew – 249 $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$. Również nie odnotowano zmian odczynu wód badanych nisz źródłanych i odpowiednio wynosiły one 6,5, 7,55, 7,53. Natomiast średnia temperatura wody wzrosła we wszystkich trzech źródłach w czasie prowadzenia badań odpowiednio o 1,6, 1,3 i 1,2°C. Pomiary stężeń jonów NO_3^- , NH_4^+ i PO_4^{3-} w źródłach Grupy 4 wykonywano w latach 2016-2018.

Obecność jonów azotanowych w wodach podziemnych jest głównym wskaźnikiem ich zanieczyszczenia, a wysokie stężenia tych jonów świadczą o słabym stopniu izolacji od czynników zewnętrznych, takich jak ścieki bytowo-gospodarcze i w dużym stopniu zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego (Żurek 2007, Cantonati in. 2007). Zakres stężeń jonów azotanowych dla wód podziemnych, znajduje się w przedziale od 2,4 do 3,3 mg/l na obszarach leśnych i od 4 do 16 mg/l na obszarach upraw rolnych (Macioszczyk i Dobrzyński 2002). W dziewięciu z 12. badanych

źródeł: Podwódka, Bukowa Góra, Troniny, Wolbórka, Pustułka, Łagiewniki położonych na obszarze leśnym oraz Piękne, Głowa i Ciosny, znajdujące się na obszarze upraw rolnych, przekroczone zostały wartości określone dla stężeń jonów azotanowych w wodach podziemnych niezaburzonych. Ponadto, jednoczesne występowanie podwyższonych stężeń jonów fosforanowych ($>0,2$ mg/l) stanowi podstawę do określenia wód podziemnych alimentujących źródła, jako silnie zanieczyszczone związkami biogenicznymi. Może to również wskazywać na znaczny wpływ człowieka na chemizm wód podziemnych (Fac-Beneda 2009).

Wysokie stężenie jonów fosforanowych w śródlęskiej niszy źródłiskowej w Bukowej Górze, może być związane z typem podłoża geologicznego, na którym jest ono zlokalizowane. Są to utwory trzeciorzędowe, o charakterze krasu na podłożu węglanowym. Chemizm wód alimentujących tę niszę źródłiskową, podobnie jak wód szczelinowych, podatny jest w dużym stopniu na wpływ wynikający z działalności człowieka. Zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne są dynamicznie rozprowadzane w związku z szybkim przepływem wód w szczelinach krasowych, które przenikają bezpośrednio z opadów atmosferycznych lub wraz z wodami powierzchniowymi. Ponadto, podczas krążenia wody w strefie zasilania między szczelinami, w znacznym stopniu ograniczone są procesy jej samooczyszczania, a nieswoiste substancje dla wód podziemnych, jak pestycydy lub detergenty, przedostają się wraz z nimi do nisz źródłiskowych (Macioszczyk i Dobrzyński 2002). Warto jednak zauważyć, że w przypadku pojawienia się zanieczyszczeń o kwaśnym odczynie mogą być one buforowane/neutralizowane przez dużą ilość węglanów, które związane są z obecnością skał osadowych jak wapień, dolomity i piaskowce wapniste (Chełmicki 2002). Mechanizm ten, związany jest z powszechnie występującym systemem równowagi węglanowej w wodach podziemnych $\text{CaCO}_3\text{—H}_2\text{O—CO}_2$. Wartość odczynu wody jest kontrolowana przez równowagę węglanową, która wynika z aktualnych relacji stężeń wolnego dwutlenku węgla i jonów wodorowęglanowych. Wpływa to na zdolność utrzymywania stałego odczynu wody przez wody podziemne w przypadku pojawienia się zanieczyszczeń (Witczak i Adamczyk 1995).

W przypadku stwierdzenia podwyższonych wartości stężeń jonów amonowych przy jednoczesnym niskim poziomie stężeń jonów azotanowych i azotynowych można wnioskować o niedawnym dopływie zanieczyszczeń do niszy źródłiskowej i o bliskiej odległości źródła tych zanieczyszczeń (Cantonati i in. 2007).

Stale podwyższony poziom stężenia jonów azotanowych i azotanowych świadczy o przewlekłym i stabilnym doprowadzaniu zanieczyszczeń do wód podziemnych zasilających ekosystemy źródlane (Macioszczyk i Dobrzyński 2002; Żelazna-Wieczorek 2011). Źródłami, w wodach których zaobserwowano okresowe obniżenie stężenia jonów azotanowych i jednocześnie wzrost stężenia jonów amonowych, są: Podwódka – kwiecień, Podwierzchowiec – lipiec, Bukowa Góra – lipiec, Troniny – lipiec, Wolbórka – październik, Wardzyń – październik, Piękne – lipiec, Głowa – lipiec i październik, Ciosny – lipiec, Łagiewniki – lipiec i październik. Stwierdzona zależność może być związana z niższymi średnimi miesięcznymi opadami atmosferycznymi oraz może być efektem stosowania nawozów sztucznych w rolnictwie oraz wykonywania zabiegów agrotechnicznych (Czajkowska 2010, Żurek 2017). Ilość przedostających się azotanów z nawozów używanych powszechnie w rolnictwie, poniżej strefy korzeniowej roślin, szacowana jest na od 9,7 do 36,1% ze 100 kg N ha⁻¹, w zależności od parametrów gleby i warunków klimatycznych, co stanowi bardzo poważne zagrożenie dla wód podziemnych (Adetunji 1994).

W badaniach źródeł na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej, Wojtal i Sobczyk (2012) dla 13. źródeł krasowych określili stężenia jonów azotanowych na wyższym średnim poziomie o 16 mg/l, niż w przypadku źródeł krasowych badanych na obszarze Wyżyny Wieluńskiej. Niższe wartości stężenia tych jonów zanotowano w pozostałych badanych obiektach krenologicznych, znajdujących się na czwartorzędowych utworach geologicznych, w drugim okresie badawczym (2016-2018). Cantonati i in. (1998a) podaje przedział wartości stężenia jonów azotanowych dla źródeł wysokogórskich od 1,5 do 3 mg/l. Podobny, niski, zakres stężenia tych jonów zaobserwowano w przypadku dwóch źródeł Polski Środkowej, Podwierzchowiec i Kochlew, które są bardzo dobrze lub średnio izolowane od wpływu antropogenicznego. Nowicka-Krawczyk i Żelazna-Wieczorek (2017) w trakcie badań źródeł na obszarach silnie zurbanizowanych odnotowały stężenia jonów azotanowych w przedziale od 17,5 do 66,9 mg/l.

6.3. Różnorodność gatunkowa okrzemek w źródłach

Zimnowodne obiekty krenologiczne charakteryzuje względnie duża stabilność warunków środowiskowych w porównaniu do innych ekosystemów wód śródładowych (Moniewski 2004, Cantonati 2007, Czachorowski 2007, Taxböck i Preisig 2007, Cantonati i in. 2012, Nowicka-Krawczyk i Żelazna-Wieczorek 2017). Decydujący wpływ na warunki kształtujące źródło jako biotop, mają przede wszystkim warunki geologiczne i hydrologiczne. W 12 wytypowanych do badań źródłach Polski Środkowej, różniących się stopniem izolacji od presji antropogenicznej, zidentyfikowano 278 taksonów okrzemek należących do 58 rodzajów. Podstawą analizy taksonomicznej było 246 prób bentosowych, zebranych w czterech sezonach badawczych w latach 1998-2018. Wyższą różnorodność gatunkową okrzemek w 10. źródłach z regionu łódzkiego wykazała Żelazna-Wieczorek (2011), która zidentyfikowała w nich 456 taksonów. Jednak badania prowadzone przez nią były przez 30 miesięcy, z poborem prób raz w miesiącu. Obszerne badania diatomologiczne dotyczące struktury zbiorowisk okrzemek w źródłach na terenie Polski Południowej przeprowadziła Wojtal (2013). Badaniami objęte były 62 obiekty krenologiczne, zlokalizowane między innymi w Tatrach, Beskidzie Sądeckim, Beskidzie Niskim oraz na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej, z których próby pobierane były: we wrześniu i listopadzie 2004, październiku 2008 i na przestrzeni miesięcy od maja do września 2009. W wyniku tych badań zidentyfikowano 520 taksony okrzemek, co jest związane z liczebnością i różnorodnością badanych źródeł (Wojtal 2013).

Podczas pierwszego okresu badań w Adamello-Brenta Regional Park zidentyfikowano 254 taksony okrzemek, na podstawie 110 prób pochodzących z 30 górskich źródeł. Jednak próby zostały pobrane tylko raz z każdego z badanych źródeł, w okresie letnim 1993, 1995 i wiosennym 1996 (Cantonati 1998). W trakcie badań 21 źródeł w Islandii, Nowej Zelandii i Kenii oznaczono 251 taksonów, na podstawie 224 prób, które pobierane były w zróżnicowanych porach roku, w latach 2001, 2002 i 2004 (Owen i in. 2008). W wyniku badań przeprowadzonych w 28 źródłach w Pirenejach, zostało oznaczonych 198 taksonów okrzemek, na podstawie prób z okresu letniego w 1987 roku (Sabater i Roca 1990). Natomiast, 188 taksonów okrzemek odnotowano w 13 źródłach położonych na obszarze Karpat Zachodnich na podstawie 39 prób pobranych jednorazowo w maju 2006 roku (Fránková i in. 2009). W 13 źródłach

występujących na wapiennym podłożu w południowej części Flandrii (północna część Belgii), Denys i Oosterlynck (2015) oznaczyli 310 taksonów okrzemek na podstawie jednorazowego poboru prób w październiku 2011 roku.

Analizy zbiorowisk okrzemek ze źródeł regionu łódzkiego wykazała, że poszczególne źródła były zróżnicowane pod względem liczby zidentyfikowanych taksonów okrzemek. Najwięcej taksonów okrzemek – 156, oznaczono w źródle Podwierzchowiec, które reprezentuje typ hydrobiologiczny – reokren, o rozległej niszy źródłiskowej, zasilane z czwartorzędowych utworów geologicznych. W źródle tym ze względu na zróżnicowane warunki środowiskowe wytypowano dwa miejsca poboru prób, w wypływie i części środkowej niszy. Ponadto, źródło to wyróżnia wysoki stopień izolacji od wpływu antropogenicznego. Wymienione przesłanki mogły wpłynąć na uzyskaną liczbę zidentyfikowanych taksonów okrzemek w źródle Podwierzchowiec. Natomiast, najmniejsze zróżnicowanie taksonomiczne odnotowano w źródłach Łagiewniki – 69 taksony, Ciosny – 70, Troniny – 75 i Wolbórka – 76, które reprezentują ten sam typ hydrobiologiczny - reokren. Cechą różnicującą wymienione cztery źródła jest stopień nasilenia oddziaływania człowieka. Źródło Łagiewniki, wśród wyżej wymienionych znajduje się pod najsilniejszą presją antropogeniczną. Antropogeniczna modyfikacja warunków hydrochemicznych w pozostałych trzech źródłach jest zróżnicowana, od średniego do niskiego stopnia.

6.4. Struktura i dynamika zbiorowisk okrzemek

Podstawą analizy struktury i dynamiki zbiorowisk okrzemek w źródłach Polski Środkowej było określenie stałości występowania i liczebności zidentyfikowanych w nich 278 taksonów. Dla wszystkich badanych źródeł gatunki absolutnie stałe stanowiły 1%, natomiast gatunki stałe 3%. Główną kategorię pod względem stałości występowania stanowił gatunki przypadkowe.

Największy udział gatunków absolutnie stałych i stałych został odnotowany w źródłach: Łagiewniki – 32%, Wolbórka – 28% i Ciosny – 27%. Wysoki udział gatunków, których obecność potwierdzono w większości prób przy jednocześnie ich niskiej liczebności wskazuje na względną stabilność zbiorowisk okrzemek (Żelazna-Wieczorek 2011). Wymienione źródła należą do typu hydrobiologicznego – reokren, o rozległych niszach i dużej wydajności. W przypadku źródła Łagiewniki, warunki

abiotyczne są w znacznym stopniu zaburzone ze względu na długotrwałą, silną antropopresję. Odnotowany wysoki udział gatunków absolutnie stałych i stałych w tym źródle związany jest z obecnością gatunków o szerokiej amplitudzie ekologicznej, szeroko rozprzestrzenionych w różnych ekosystemach wód śródlądowych, na przykład *Achnanthydium minutissimum*, *Navicula gregaria* i *Planothydium frequentissimum*. Źródło Wolbórka znajduje się na terenie rezerwatu przyrody i ze względu na lokalizację, jest w niskim stopniu narażone na oddziaływanie wynikające z bezpośredniego wpływu człowieka. Jednak, spośród wszystkich badanych źródeł, w tym źródle odnotowano najwyższą wartość przewodnictwa elektrolitycznego, co związane jest oddziaływaniem na wody podziemne zanieczyszczeń z dróg o dużym natężeniu ruchu. Źródło Ciosny, które jest w niewielkim stopniu izolowane od bezpośredniego i pośredniego wpływu człowieka, charakteryzuje się wysoką zmiennością stężenia jonów azotanowych i fosforanowych. Zmienność ta wynika z zaburzeń antropogenicznych, związanych z prowadzonymi uprawami rolnymi w otoczeniu niszy oraz bliskim sąsiedztwem zabudowy domów jednorodzinnych.

We wszystkich badanych źródłach zostało odnotowanych 15 gatunków okrzemek: *Achnanthydium minutissimum*, *Adlafia minuscula*, *Amphora copulata*, *Caloneis fontinalis*, *Cocconeis pseudolineata*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula antonii*, *N. striolata*, *Nitzschia acidoclinata*, *N. dissipata* var. *dissipata*, *Nitzschia linearis*, *Planothydium dubium*, *P. frequentissimum*, *Sellaphora nigri* i *Staurosirella pinnata*. W poszczególnych źródłach występowały one z różnym udziałem procentowym. Gatunkami stałymi a jednocześnie notowanymi z wysokim udziałem procentowym w próbie były: *Planothydium frequentissimum*, który był dominantem we wszystkich 14 miejscach poboru prób; *Planothydium dubium*, który był dominantem w 10 źródłach (BG, TR, KO, WO, WA, PU, PI, GL, CI i LA) i subdominantem w 2 źródłach (PD i POB) oraz *Achnanthydium minutissimum*, który był dominantem w 9 źródłach (POB, BG, WO, WA, PU, PI, GL, CI i LA) i subdominantem w 4 pozostałych (PD, POA, TR i KO). Wymienione gatunki były również odnotowane jako stałe i dominujące w źródłach badanych przez Wojtal (2013) i Żelazną-Wieczorek (2011). Gatunki występują przeważnie w wodach o odczynie zasadowym, co potwierdzają również wyniki badań przeprowadzonych przez Cantonatiego (1998); Weruma i Lange-Bertalota (2004); Żelazną-Wieczorek i Mamińską (2006); Żelazną-Wieczorek i Bik (2009).

Gatunkami występującymi jako liczne i często notowane tylko w jednym źródle były: *Gomphonema utae* (KO), *Navicula slesvicensis* (PU), *Navicula oblonga* (KO), *Staurosira crassa* (CI), *Eunotia exigua* (PO). Według Żelaznej-Wieczorek (2011), Cantonatiego i in. (2006), Weruma i Lange-Bertalota (2004), gatunki stałe, jednocześnie liczne tylko w jednym lub w dwóch źródłach, odzwierciedlają w większym stopniu warunki środowiskowe aktualnie w nich panujące niż gatunki okrzemek obecne w większości badanych obiektów krenologicznych.

Analiza podobieństwa pomiędzy wszystkimi próbami w badanych źródłach, przeprowadzona w celu uchwycenia zmienności w czasie, w tym zmienności sezonowej zbiorowisk okrzemek, ukazała tendencję do zmienności sezonowej jedynie w czterech źródłach: Podwódka, Kochlew, Wolbórka i Pustułka. Brak zmienności sezonowej w badanych źródłach jest zgodny z obserwacjami zawartymi w pracach Żelaznej-Wieczorek (2011), Cantonatiego (1998) oraz Weruma i Lange-Bertalota (2004). Wskazali oni na znikomą obecność zmian sezonowych lub ich całkowity brak w obiektach źródłanych. Obserwowana zmienność jakościowa i ilościowa zbiorowisk okrzemek z tych samych miesięcy, w danym okresie badawczym, może wynikać ze zmian temperatury wody lub powtarzających się oddziaływań antropogenicznych, na przykład z zimowego utrzymania dróg (Żelazna-Wieczorek 2011).

Analizując zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w badanych źródłach, ze względu na rok poboru próby, zaobserwowano wysokie podobieństwo pomiędzy wszystkimi próbami w źródłach: Podwódka, Podwierzchowiec, Troniny i Bukowa Góra. W przypadku źródeł: Kochlew, Wolbórka, Wardzyń, Pustułka i Głowa zaobserwowano wysokie niepodobieństwo pomiędzy próbami archiwalnymi (1998-2014) a próbami z lat 2016-2018. Ponadto, w źródłach Piękne, Ciosny i Łagiewniki stopień niepodobieństwa między próbami na przestrzeni całego okresu badawczego jest wysoki, co może wskazywać na utratę integralności ekosystemowej. Obiekty te, znajdują się pod stałą presją wynikającą z działalności i aktywności człowieka na obszarach, na których położone są nisze źródliskowe. Ruch turystyczny, rolnictwo, obecność zabudowy jednorodzinnej zaburzają naturalny charakter źródeł, powodując utratę względnie stabilnych warunków środowiskowych i występowanie regularnych zmian w strukturze zbiorowisk okrzemek, w czasie i przestrzeni.

Badane źródła są do siebie w dużym stopniu niepodobne pod względem jakościowego i ilościowego zróżnicowania zbiorowisk okrzemek w nich występujących. Zastosowana analiza SIMPER, wykazała, że najniższa wartość

niepodobieństwa występuje między źródłami Podwódka i Podwierzchowiec i wyniosła ona 57,31%. Obiekty te, położone są względem siebie w odległości mniejszej niż 10 km w linii prostej, zlokalizowane na czwartorzędowych utworach geologicznych, posiadające ten sam typ hydrobiologiczny – reokren oraz zbliżoną wydajność wypływu wód podziemnych. Jednak, źródła te w różnym stopniu są narażone na wpływ czynników antropogenicznych – Podwódka jest źródłem słabo izolowanym, natomiast źródło Podwierzchowiec – jest dobrze izolowane. W największym stopniu na poziom niepodobieństwa zbiorowisk okrzemek w środkowej części PDB i POB wpłynęła obecność w obu źródłach, jednak z różnym udziałem w próbie *Cocconeis pseudothumensis*, *C. lineata*, *Karayevia clevei* i *Platessa conspicua*.

Najwyższy stopień niepodobieństwa – 92,68%, został odnotowany między źródłami Podwierzchowiec wypływ (POA) i Kochlew (KO). W największym stopniu na poziom niepodobieństwa tych źródeł miała wpływ obecność gatunków POA - *Planothidium lanceolatum*, *Psammothidium subatomoides* i *Eunotia tenella* oraz nieobecność gatunków, których występowanie odnotowano w źródle Kochlew - *Navicula oblonga*, *N. radiosa* i *Nitzschia wuellerstorffii*. Wpływ na to zróżnicowanie ma przede wszystkim podłoże geologiczne. Podwierzchowiec wypływ (POA) zlokalizowany jest na utworach czwartorzędowych, a źródło Kochlew (KO) na utworach trzeciorzędowych. Podłoże geologiczne kształtuje warunki chemiczne i fizyczne, między innymi zróżnicowane warunki tlenowe wód podziemnych oraz dopływ zanieczyszczeń obecnych w wodach alimentujących. Ponadto, źródło Kochlew (KO) charakteryzuje się jednym z najwydajniejszych wypływów wód podziemnych na terenie województwa łódzkiego i w porównaniu do wydajności źródła Podwierzchowiec (POA), różnica w maksymalnych odnotowanych wartościach wydajności sięga około 45 l/s. Źródła te prezentują inny typ hydrobiologiczny, POA – reokren, a KO – limnokren, oraz różnią się odczynem wody, co wpłynęło na najwyższy stopień niepodobieństwa pomiędzy zbiorowiskami okrzemek.

Na podstawie transformacji danych typu „Shade Plot” i analizy SIMPER wskazano 28 gatunków charakterystycznych dla badanych źródeł. Analiza wykazała jako gatunki charakterystyczne te, które odnotowano jako gatunki absolutnie stałe i jako dominanty lub subdominanty we wszystkich źródłach: *Achnanthidium minutissimum*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*. Natomiast gatunkami

charakterystycznymi w poszczególnych badanych źródłach określono te okrzemki, których występowanie odnotowano tylko w jednym źródle lub w grupie źródeł, lub udział gatunku w danym źródle był wysoki w odniesieniu do innych źródeł lub był on stale obecny w jednym ze źródeł. Gatunkami tymi dla badanych źródeł są: *Amphora inariensis*, *A. pediculus*, *Chamaepinnularia soehrensensis*, *Cocconeis lineata*, *C. pseudolineata*, *C. pseudothumensis*, *Eunotia exigua*, *E. tenella*, *Fragilarioforma bicapitata*, *Hippodonta capitata*, *Karayevia clevei*, *Meridion circulare*, *Navicula antonii*, *N. cryptocephala*, *N. gregaria*, *N. oblonga*, *N. striolata*, *Nitzschia linearis*, *Parlibellus protractoides*, *Pinnularia sinistra*, *P. lanceolatum*, *Platessa conspicua*, *Psammothidium subatomoides*, *Staurosirella lapponica*, *S. pinnata*. Gatunki te, w największym stopniu wpływały na zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w poszczególnych źródłach, jak i na stopień niepodobieństwa pomiędzy wszystkimi badanymi ekosystemami źródłanymi.

Analiza głównych składowych (PCA), uwzględniająca gatunki charakterystyczne, analizowane parametry fizyczne, chemiczne i hydrochemiczne, pozwoliła stwierdzić, że zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w badanych obiektach krenologicznych, jest determinowane w największym stopniu przez przewodnictwo elektrolityczne wody, odczyn i temperaturę wody, a w dalszej kolejności przez stężenia jonów fosforanowych, azotanowych i amonowych. Świadczy to o antropogenicznej modyfikacji chemizmu wód w niszach źródłiskowych zwłaszcza na obszarach rolniczych i średnio zurbanizowanych. Okrzemkami, których występowanie związane było z wyższym przewodnictwem elektrolitycznym są: *Planothidium dubium*, *Navicula antonii* oraz *N. gregaria*. Temperatura wody w największym stopniu miała wpływ na liczebności – *Psammothidium subatomoides*, *Cocconeis pseudothumensis*, *Chamaepinnularia soehrensensis* i *Eunotia exigua*, natomiast wyższe wartości odczynu wody na gatunki – *Amphora pediculus*, *Cocconeis pseudolineata* i *Staurosirella cf. lapponica*; *Chamaepinnularia soehrensensis*, *Eunotia exigua*, *E. tenella* i *Pinnularia sinistra*. Z podwyższoną koncentracją jonów azotanowych związane było występowanie gatunków – *Planothidium dubium*, *P. frequentissimum* i *Hippodonta capitata*; a jonów amonowych – *Meridion circulare*, *Navicula cryptocephala*, *N. oblonga*, *Fragilarioforma bicapitata*. Dodatni wpływ jonów fosforanowych obserwowany był w relacji do *Hippodonta capitata* i *Nitzschia linearis*.

Cantonati i in. (2012) w wyniku badań mikroflory południowo-wschodnich Alp w ramach projektu CRENODAT, opublikowali wnioski dotyczące istotnej roli typów ekosystemów źródłanych w procesie kształtowania struktury zbiorowisk glonów. Wskazali również, grupę parametrów fizycznych i chemicznych, które w największym stopniu je modyfikowały. Do najważniejszych autorzy zaliczyli: odczyn wody, przewodnictwo elektrolityczne i temperaturę wody oraz rodzaj podłoża, zacienienie i stężenie jonów azotanowych w wodzie. Czynniki środowiska wodnego wskazanymi na podstawie badań 14 źródeł Polski Środkowej o najsilniejszym wpływie na kształtowanie się zbiorowisk okrzemek były przewodnictwo elektrolityczne wody oraz jej odczyn. Lai i in. (2019) w badaniach źródeł termo-mineralnych zaobserwowali, że największy wpływ na zbiorowiska okrzemek miał odczyn wody oraz stężenie jonów wodorowęglanowych. Podobne obserwacje poczyniła Wojtal (2013) dla źródeł słodkowodnych, gdzie najważniejszymi czynnikami wpływającymi na skład okrzemek było przewodnictwo elektrolityczne, a w dalszej kolejności temperatura wody oraz stężenie jonów potasu. Jednocześnie autorka zauważyła, że w przypadku obecności oddziaływań antropogenicznych na obiekty źródłane decydującymi czynnikami wpływającymi na rozkład gatunków był tlen rozpuszczony w wodzie, jony magnezu, potasu i stężenie jonów azotanowych. Gatunki wskazane przez Wojtal (2013), charakteryzujące się dużą tolerancją na przewodnictwo właściwe, to między innymi *Navicula cincta*, *N. veneta* i *Nitzschia frustulum*. W źródłach o dobrej izolacji od zanieczyszczeń odnotowała ona największą liczebność gatunków okrzemek słabo poznanych i rzadko występujących, jak na przykład *Diatomella balfouriana*, *Microcostatus krasskei*, *Navicula angusta*, *Nupela silvahercynia* i *Psammothidium acidoclinatum*. Autorka stwierdziła również, że wśród badanych źródeł na obszarze Polski Południowej, w największym stopniu zanieczyszczone są źródła związane z podłożem węglanowym. W źródłach tych podwyższone stężenie jonów azotanowych, sprzyja występowaniu gatunków okrzemek kosmopolitycznych, również jako dominantów w zbiorowisku, na przykład *Achnanthidium minutissimum*, *Amphora pediculus*, *Meridion circulare*, *Planothidium lanceolatum*, *P. frequentissimum* i *Staurosirella pinnata*. Jednakże, podkreśliła, że mimo zauważalnych zmian w naturalnym charakterze części badanych źródeł, pełnią one w dalszym ciągu ważną funkcję w podtrzymywaniu różnorodności biologicznej, która wynika ze zróżnicowanych właściwości morfologicznych nisz źródłiskowych, utworów geologicznych

na których są położone oraz rodzaju zagospodarowania terenów, do których przylegają. Żelazna-Wieczorek (2011) wskazała na konieczność krytycznego podejścia przy wskazywaniu pojedynczego czynnika środowiskowego lub ich grupy, kształtujących zbiorowisko okrzemek. Do najważniejszych przyczyn zaliczyła: trudność w wyizolowaniu i analizie danego czynnika, zwłaszcza gdy grupa czynników jest ze sobą ściśle powiązana; antagonistyczne i synergistyczne relacje warunków środowiskowych; wąskie zakresy niektórych parametrów środowiskowych zniekształcające wynik analiz matematycznych oraz niemożność zdiagnozowania wszystkich czynników wpływających na strukturę zbiorowisk okrzemek. Wskazała ponadto, zagadnienia, które powinny stanowić podstawę w badaniach zbiorowisk okrzemek w obiektach krenologicznych. Konieczne jest:

- uwzględnienie typu hydrobiologicznego źródła oraz rodzaju podłoża w niszy źródłiskowej,
- określenie zawartości w wodach źródłanych jonów wapnia, siarczanów, stężenia jonów azotanowych, przewodnictwa elektrolitycznego oraz odczynu wody;
- oszacowanie bezpośredniego i pośredniego wpływu wynikającego z działalności człowieka, który często przejawia się przekroczonymi wartościami stężeń jonów azotanowych, fosforanowych i siarczanów w źródłach położonych w pobliżu lub na terenach rolniczych, oraz podwyższonymi stężeniami jonów sodu, chlorków i siarczanów dla źródeł związanymi z obszarami zurbanizowanymi.

6.5. Charakterystyka ekologiczna źródeł na podstawie okrzemek

Wartości wskaźnikowe okrzemek są podstawą systemu ekologicznego Van Dama i in. (1994), dzięki któremu możliwe jest określenie parametrów fizycznych i warunków środowiskowych, takich jak odczyn wody, jej zasolenie i natlenienie, poziom saprobii i trofii oraz warunki wilgotnościowe. Analiza zbiorowisk okrzemek oparta o tę klasyfikację umożliwia określenie stanu i zaobserwowanie zmian tych parametrów w ekosystemach wodnych, w czasie.

W tabeli 11 podsumowano ocenę biologiczną warunków środowiska wodnego badanych źródeł, która została przeprowadzona na podstawie preferencji ekologicznych zidentyfikowanych taksonów okrzemek.

Tabela 11. Charakterystyka ekologiczna źródeł – wskazanie warunków panujących w źródłach na podstawie preferencji ekologicznych okrzemek zgodnie z klasyfikacją Van Dama i in. (1994)

Źródło / Parametr	pH	Zasolenie / gatunki	Warunki tlenowe - wymagania gat.	Warunki saprobowe	Warunki troficzne	Warunki wilgotnościowe
Powdówka (PD)	słabo zasadowe	oligoahalobowe	bardzo wysokie wysokie	β -mezosaprobowe	obojętne	aerofilne
Podwierzchowiec wypływ (POA)	lekko kwaśne	halofobowe oligoahalobowe	wysokie	oligosaprobowe / mezosaprobowe	oligo- mezotroficzne	typowo wodne / aerofilne
Podwierzchowiec środek (POB)	słabo zasadowy	halofobowe oligoahalobowe	wysokie	oligosaprobowe / mezosaprobowe	obojętne	typowo wodne / aerofilne
Bukowa Góra (BG)	słabo zasadowe	oligoahalobowe halofobowe	bardzo wysokie	β -mezosaprobowe	obojętne mezotroficzne	typowo wodne / aerofilne
Troniny (TR)	zasadowe	oligoahalobowe	wysokie	β -mezosaprobowe	eutroficzne	typowo wodne / aerofilne
Kochlew (KO)	zasadowe	oligoahalobowe	wysokie	β -mezosaprobowe / α -mezosaprobowe	obojętne eutroficzne	typowo wodne aerofilne do okresowo aerofilne
Wolbórka (WO)	zasadowe	oligoahalobowe	wysokie	β -mezosaprobowe	obojętne	typowo wodne / aerofilne
Wardzyń (WA)	słabo zasadowe	oligoahalobowe	wysokie	β -mezosaprobowe	obojętne	typowo wodne aerofilne do typowo wodnych i okresowo aerofilne
Pustułka (PU)	zasadowe	oligoahalobowe halofilne	wysokie średnie	β -mezosaprobowe	mezo- eutroficzne obojętne	typowo wodne / aerofilne
Piękne (PI)	słabo zasadowe	oligoahalobowe	niskie średnie	β -mezosaprobowe / α -mezosaprobowe	obojętne eutroficzne	typowo wodne / aerofilne
Głowa (GL)	słabo zasadowe	oligoahalobowe	wysokie średnie	β -mezosaprobowe / α -mezo-polisaprobowe	obojętne	typowo wodne do aerofilnych i okresowo aerofilne
Ciosny (CI)	słabo zasadowe	oligoahalobowe	wysokie	β -mezosaprobowe / oligosaprobowe	mezo- eutroficzne obojętne	typowo wodne / aerofilne
Łagiewniki (LA)	słabo zasadowe	oligoahalobowe	średnie wysokie	β -mezosaprobowe	eutroficzne obojętne	typowo wodne / aerofilne

Na podstawie systemu ekologicznego Van Dama i in. (1994) stwierdzono, że odczyn wody w większości badanych ekosystemów źródłanych był słabo zasadowy lub zasadowy. Pod względem odczynu wody wyróżnia się źródło Podwierzchowiec wypływ (POA), w którym na podstawie wartości wskaźnikowych, obecnych w nim okrzemek, w tym gatunków acydofilnych: *Psammothidium subatomoides*, *Eunotia tenella*, *E. nymanniana*, *Chamaepinnularia soehrensii*, *Pinnularia sinistra*, *P. perirrorata*, *P. silvatica* i *P. subcapitata* określono odczyn wody jako lekko kwaśny.

Porównując dane z Tabeli 11 z odczytami pomiarów *in situ* można zauważyć, że dane pomiarowe wskazywały przeważnie niższe zakresy pH, poza czterema źródłami: Wolbórką (WO), Wardzynie (WA), Głową (GL) i Łagiewnikami (LA). Ponadto, w źródle Piękne (PI), odnotowano obecność gatunku acydofilnego *Pinnularia nodosa* w okresach wiosennych, którego obecność jednak nie wpłynęła na określenie odczynu wody badanym źródle. Zasadowy odczyn wody został określony na podstawie oceny biologicznej, w obu okresach badawczych, w źródłach Troniny (TR), Kochlew (KO), Wolbórka (WO) i Pustułka (PU). Gatunkami okrzemek, które preferują podwyższone wartości pH, były: *Amphora ovalis* (WO), *A. pediculus* (TR, WO), *Campylodiscus hibernicus* (WO), *Cocconeis placentula* (TR, WO), *Cymatopleura solea* (KO, PU), *Fragilaria capucina* (WO), *F. parasitica* (WO), *Gomphonema olivaceum* (KO), *Gyrosigma acuminatum* (PU), *Hippodonta capitata* (KO), *H. costulata* (TR), *Karayevia clevei* (TR, WO), *Navicula antonii* (TR, PU), *N. cryptocephala* (KO), *N. gregaria* (WO, PU), *N. integra* (PU), *N. menisculus* (PU), *N. oblonga* (KO), *N. slesvicensis* (PU), *N. tripunctata* (WO), *N. veneta* (KO), *Nitzschia dissipata* (TR, KO, PU), *Planothidium lanceolatum* (TR), *Platessa conspicua* (TR, KO, WO), *Sellaphora bacillum* (KO), *Stauroneis smithii* (KO), *Surirella minuta* (PU). Wymienione gatunki okrzemek, w systemie ekologicznym zaproponowanym przez Van Dama i in. (1994) zostały zaklasyfikowane jako gatunki alkalifilne, w badanych źródłach charakteryzowały się dużą liczebnością i wysoką klasą stałości.

We wszystkich badanych obiektach krenologicznych, na podstawie systemu ekologicznego Van Dama i in. (1994), stwierdzono obecność taksonów występujących wyłącznie w wodach słodkich – halofobowe lub je preferujących – oligohalobowe. Zasolenie badanych źródeł na podstawie wartości wskaźnikowych zidentyfikowanych okrzemek, jest mniejsze niż 0,2‰. W źródle Pustułka (PU)

stwierdzono liczne występowanie gatunków okrzemek, które tolerują wyższy poziom zasolenia wód (<0,9‰) są to: *Navicula gregaria*, *N. integra*, *N. slesvicensis*, *Parlibellus protractoides* i *Caloneis amphisbaena*. Obecność halofili, *Navicula gregaria*, *Cocconeis disculus* i *Nitzschia frustulum*, została również odnotowana w źródle Wolbórka. W źródle Łagiewniki *Navicula gregaria* został odnotowany w próbach w obu okresach badawczych, przy czym w pierwszym najliczniej, jednak jego obecność nie wpłynęła na określenie stopnia zasolenia wód w tej niszy źródliskowej. Gatunek ten, w systemie Van Dama i in. (1994) klasyfikowany jest do halofili i powszechnie występuje w wodach źródłanych o zarejestrowanym podwyższonym stężeniu chlorków (Żelazna-Wieczorek 2011). Jest on podawany jako gatunek kosmopolityczny, powszechnie występujący w powierzchniowych wodach słodkich (Pouličková i in. 2010). Obecność halofili w próbach z tych źródeł (PU, WO, LA) może wynikać z sezonowych działań związanych z utrzymaniem dróg i w konsekwencji, przenikaniem jonów chlorkowych do wód w niszach źródłanych.

W większości badanych źródeł warunki tlenowe, na podstawie systemu ekologicznego Van Dam i in. (1994), zostały określone jako wysokie i średnie. Natomiast w dwóch źródłach, Podwódka (PD) i Bukowa Góra (BG), jako bardzo wysokie. Źródło Podwódka, to rozległa nisza źródliskowa, należy do typu hydrobiologicznego – reokren o dużej wydajności i o kamienisto-piaszczystym podłożu. O określeniu warunków tlenowych w tym źródle jako wysokich, zadecydował liczny udział *Achnanthydium minutissimum*, który jest klasyfikowany jako gatunek wymagający bardzo dobrego natlenienia wody. Bardzo dobre warunki tlenowe w niszy źródliskowej Bukowa Góra, mimo obciążenia martwą materią organiczną mogą być związane z usytuowaniem źródła na utworach krasowych, które charakteryzuje duża infiltracja dobrze natlenionych wód opadowych i powierzchniowych. Tlen rozpuszczony w wodach podziemnych jest zazwyczaj pochodzenia atmosferycznego i odgrywa ważną rolę w procesie rozkładu i mineralizacji zanieczyszczeń biologicznych, wspomagając tym samym proces samooczyszczania się tych wód (Macioszczyk i Dobrzyński 2002). O określeniu warunków tlenowych jako wysokie w źródle Bukowa Góra zadecydowała obecność *Achnanthydium minutissimum* oraz *Diatoma mesodon*, *Psammothidium rossii*, *P. rechtense*, *Staurosira pinnata*, *Frustulia vulgaris*, *Eunotia paludosa*. W źródle Piękne odnotowano gatunki preferujące niskie warunki tlenowe, takie jak, licznie notowana *Gomphonema parvulum*, a także *Sellaphora nigri* i *Navicula gregaria*.

Achnantheidium minutissimum jest gatunkiem preferującym podwyższone stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie, co sprzyja jego występowaniu w niszach źródłiskowych (Żelazna-Wieczorek 2011). Wojtal i Sobczyk (2012) zaobserwowali podobną zależność występowania tego gatunku w źródłach krasowych, przy niższych wartościach przewodnictwa elektrolitycznego wody. Natomiast *Gomphonema parvulum*, gatunek preferujący niskie warunki tlenowe, był licznie notowany również w źródłach na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej (Wojtal 2003a).

Obciążenie materią organiczną w badanych obiektach krenologicznych zostało określone na podstawie wartości wskaźnikowych okrzemek, uwzględnionych w systemie ekologicznym Van Dama i in. (1994). We wszystkich źródłach stwierdzono występowanie gatunków głównie preferujących warunki β -mezosaprobowe. Jednak ze względu na saprobię wyróżnia się źródło Podwierzchowiec (PO), w którym odnotowano większy udział gatunków okrzemek preferujących warunki oligosaprobowe, świadczące o niskim stopniu obciążenia wody materią organiczną, zwłaszcza w strefie eukrenalu. Gatunkami preferującymi warunki oligosaprobowe, których występowanie odnotowano w tym źródle były: *Platessa conspicua*, *Eunotia tenella*, *E. nymanniana*, *E. paludosa*, *Chamaepinnularia soehrensii*, *Psammothidium subatomoides*, *P. bioretii* i *P. daonense*. Warunki oligosaprobowe określono również w źródle Ciosny (CI) i podobnie jak w źródle Podwierzchowiec, zadecydowała o tym liczna obecność *Platessa conspicua* oraz *Cocconeis pseudothumensis*, *Geissleria decussis*, *Nitzschia perminuta* i *Karayevia ploenensis*. *Platessa conspicua* była odnotowana jako gatunek stały w źródle na podłożu wapiennym, w korycie rzeki Warty (Żelazna-Wieczorek i Mamińska 2006). Cantonati (1998b) odnotował występowanie tego gatunku na obszarze Dolomitów Brenta w Alpach Wschodnich, jedynie w źródłach wapiennych. Warunki α -mezo-polisaprobowe, wskazujące na wysoki stopień obciążenia materią organiczną, określono dla źródła Głowa (GL). Gatunkami, które występowały licznie w tym źródle i mają przypisaną wartość wskaźnikową jako gatunki preferujące wody obciążone materią organiczną to: *Planothidium frequentissimum*, *Gomphonema parvulum* oraz *Sellaphora saugerresii*. Cantonati (2012) w badaniach źródeł węglanowych na terenie Parku Narodowego Dolomiti Bellunesi, podaje, że *Planothidium frequentissimum* występuje pospolicie w źródłach o zaburzonych i niestabilnych warunkach środowiskowych. Został on również odnotowany jako gatunek o wysokiej stałości występowania w wapiennych strumieniach,

zlokalizowanych na obszarze Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, będących pod silnym oddziaływaniem antropogenicznym (Wojtal i Sobczyk 2006, Wojtal 2009, 2013). Gatunek ten notowany jest często w obiektach krenologicznych, z dużą liczebnością i wysoką stałością występowania, zwłaszcza w źródłach o zaburzonym charakterze warunków hydrochemicznych (Żelazna-Wieczorek 2011). Gatunki preferujące warunki α -mezo-polisaprobowe, jak *Planothidium frequentissimum*, *Sellaphora seminulum*, *S. nigri*, *S. saugerresii* i *Gomphonema parvulum*, zostały odnotowane także w źródle Bukowa Góra (BG), które wyróżnia się wysokim stopniem izolacji od wpływu antropogenicznego, jednak dno niszy źródłiskowej pokryte jest martwą materią organiczną, głównie w postaci opadłych liści buka (*Fagus sylvatica* L.).

Badane źródła zostały sklasyfikowane ze względu na warunki troficzne, na podstawie udziału okrzemek o określonych wymaganiach według systemu ekologicznego Van Dama i in. (1994). Siedem źródeł: Podwódka (PD), Kochlew (KO), Bukowa Góra (BG), Wolbórka (WO), Wardzyń (WA), Piękne (PI) i Głowa (GL), charakteryzowało się najliczniejszym występowaniem gatunków okrzemek o szerokim spektrum tolerancji na zawartości w wodzie substancji biogennej. Wspólnymi dla tych źródeł gatunkami były: *Planothidium frequentissimum*, *Achnanthydium minutissimum*, *Staurosira pinnata*, *Meridion circulare* i *Platessa conspicua*. Najniższe obciążenie substancjami biogenymi wśród badanych obiektów krenologicznych zaobserwowano w źródle Podwierzchowiec, w którym warunki ze względu na trofię określono jako oligo-mezotroficzne. Stałe, liczne występowanie, *Psammothidium subatomoides* – gatunku określanego jako oligo – mezotroficzny, zdeterminowało określenie stanu trofii. Gatunek ten, był licznie notowany w strumieniach alpejskich, zlokalizowanych na równinie jezior Macun (Szwajcaria, 2620-2668 m n.p.m.), charakteryzujących się bardzo niskimi wartościami przewodnictwa elektrolitycznego (5,7-14,1 μ S) (Robinson i Kawecka 2007). Ponadto, został on zidentyfikowany w źródle Borzago, w trakcie długoterminowych (14-16 lat) badań dotyczących dynamiki zmian zbiorowisk okrzemek w naturalnych źródłach alpejskich (Spitale i Cantonati 2011). Gatunek ten odnotowany był również w większości zaburzonych antropogenicznie źródeł zlokalizowanych na obszarze Wzniesień Łódzkich (Żelazna-Wieczorek 2011). Mezo-eutroficzne warunki określono dla źródeł Pustułka (PU) i Ciosny (CI). W obu wymienionych obiektach krenologicznych, gatunkami silnie wpływającymi na wskazanie warunków

troficznych były *Nitzschia linearis* oraz *Hippodonta capitata*, *Nitzschia dissipata*, *Karayevia clevei*, *Stauroneis anceps* i *S. kriegeri*. Jak podaje Żelazna-Wieczorek (2011), obecność *Nitzschia linearis* w badanych źródłach świadczy o podwyższonym stanie trofii. Angeli i in. (2010), stwierdzili obecność tego gatunku w źródłach w południowo-wschodnich Alpach będących pod średnim wpływem antropogenicznym i wskazali go jako jeden ze wskaźników podwyższonego stanu trofii. Najwyższy poziom trofii w badanych źródłach, określono dla niszy źródłiskowej Łagiewniki (LA) - eutrofia. Gatunkami, które w największym stopniu zdecydowały o określeniu warunków eutroficznych w tym źródle są *Amphora copulata*, *A. pediculus*, oraz *Navicula gregaria*, *N. antonii*, *Sellaphora seminulum* i *Nitzschia frustulum*.

Na podstawie systemu ekologicznego Van Dama i in. (1994) określono warunki wilgotnościowe badanych źródeł. W jedenastu badanych obiektach krenologicznych stwierdzono występowanie gatunków okrzemek w większości typowo wodnych: *Meridion circulare*, *Platessa conspicua*, *Karayevia clevei*, *Navicula oblonga*, *Amphora ovalis*, *Campylodiscus hibernicus*, *Cymatopleura solea* i *Psammothidium subatomoides*. Stwierdzono również liczny udział gatunków preferujących warunki wilgotnościowe od wodnych do aerofilnych: *Planothidium lanceolatum*, *Cocconeis pseudothumensis*, *Nitzschia dissipata*, *N. palea*, *N. linearis*, *N. acidoclinata*, *Hippodonta capitata*, *Stauroneis smithii*, *Navicula gregaria*, *Geissleria decussis*, *Gomphonema parvulum*, *Reimeria sinuata*, *Achnanthydium minutissimum* i *Frustulia vulgaris*. W źródle Wardzyń (WA) i Głowa (GL) odnotowano również gatunki okresowo aerofilne, w obu źródłach gatunkami najsilniej wpływającymi na tę kategorię były *Navicula striolata* i *N. reinhardtii* oraz występujące z mniejszym udziałem *Melosira varians*, *Hippodonta costulata* i *Staurosira lapponica*. Natomiast w strefie eukrenalu źródła Podwódka (PD), występowały licznie gatunki aerofilne *Adlafia minuscula* i *Mayamaea fossalis*.

6.6. Okrzemki zagrożone występujące w badanych źródłach

Wśród 278 zidentyfikowanych gatunków okrzemek w źródłach zlokalizowanych w Polsce Środkowej 34 z nich, zostało odnotowanych w Czerwonej liście glonów w Polsce (Siemińska i in. 2006). Status zagrożenia gatunków przedstawia Tabela 12.

Tabela 12. Status zagrożenia okrzemek zidentyfikowanych w badanych źródłach. Kategorie Czerwonej listy glonów w Polsce (Siemińska i in. 2006): E – Wymierające, V – Narażone, R – Rzadkie

Gatunek	Kategorie zagrożenia			
	E	V	R	
<i>Eunotia botuliformis</i> Wild, Nörpel & Lange-Bertalot	x			
<i>Eunotia intermedia</i> (Krasske) Nörpel & Lange-Bertalot	x			
<i>Navicula striolata</i> (Grunow) Lange-Bertalot	x			
<i>Nitzschia bavarica</i> Hustedt	x			
<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith	x			
<i>Pinnularia schoenfelderi</i> Krammer	x			
<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer	x			
<i>Pinnularia viridiformis</i> Krammer	x			
<i>Stausirella lapponica</i> (Grunow) Williams & Round	x			
<i>Chamaepinnularia soehrensii</i> (Krasske) Lange-Bertalot & Krammer		x		
<i>Cocconeis pseudothumensis</i> Reichardt		x		
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg		x		
<i>Eunotia paludosa</i> Grunow		x		
<i>Navicula menisculus</i> Schumann		x		
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve		x		
<i>Psammothidium lauenburgianum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		x		
<i>Psammothidium subatomoides</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round		x		
<i>Sellaphora bacillum</i> (Ehrenberg) Mann		x		
<i>Stauroneis gracilis</i> Ehrenberg		x		
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg		x		
<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing		x		
<i>Caloneis fontinalis</i> (Grunow) Cleve-Euler			x	
<i>Caloneis schumanniana</i> (Grunow) Cleve			x	
<i>Cocconeis disculus</i> (Schumann) Cleve			x	
<i>Fragilarioforma nitzschoides</i> (Grunow) Lange-Bertalot			x	
<i>Geissleria acceptata</i> (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin			x	
<i>Geissleria decussis</i> (Østrup) Lange-Bertalot & Metzeltin			x	
<i>Navicula cariocincta</i> Lange-Bertalot			x	
<i>Navicula moskali</i> Metzeltin, Witkowski & Lange-Bertalot			x	
<i>Navicula oblonga</i> (Kützing) Kützing			x	
<i>Navicula upsaliensis</i> (Grunow) M. Peragallo			x	
<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve			x	
<i>Parlibellus protractoides</i> (Hustedt) Witkowski & Lange-Bertalot			x	
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) Williams & Round			x	
RAZEM	34	9	12	13

Gatunki okrzemek wskazane jako wymierające (E) były notowane przeważnie w źródłach o względnie niskim stopniu oddziaływania człowieka, w źródle Podwierzchowiec wypływ (POA), Podwierzchowiec część środkowa (POB) i Bukowa Góra (BG). Gatunkiem określonym jako wymierający a odnotowanym we wszystkich badanych obiektach krenologicznych jest *Navicula striolata*. Jednak jako gatunek dominujący występował w źródle o niskim stopniu izolacji od bezpośredniego i pośredniego wpływu człowieka – Podwódka, zarówno w wypływie (PDA) jak i w części środkowej (PDB). W źródle Podwierzchowiec (POA, POB), które jest dobrze izolowane od wpływu człowieka, ma on status gatunku absolutnie stałego, a w źródle Ciosny (CI) jednocześnie był gatunkiem absolutnie stałym i dominującym.

Trudności w identyfikacji taksonomicznej okrzemek, liczne zmiany w ich systematyce, zbyt wąsko określone wymagania środowiskowe okrzemek oraz słabo rozpoznana lokalna mikroflora okrzemek sprzyja nieścisłościom obecnym w czerwonych listach (Żelazna-Wieczorek 2011, Wojtal 2013). Jak podaje Żelazna-Wieczorek (2011), występowanie gatunków wymierających (E), narażonych (V) i rzadkich (R) związane jest ze stopniem oddziaływania człowieka na źródła. Istotny jest stopień ich izolacji od antropopresji oraz czas przez jaki obserwowane są negatywne skutki oddziaływania człowieka w źródłach. Obiekty krenologiczne o niezaburzonych warunkach naturalnych lub w niewielkim stopniu zaburzone, charakteryzują się dużą różnorodnością gatunkową i sprzyjają pojawianiu się gatunków okrzemek zagrożonych, pełniąc rolę refugium (Taxböck i Preisig 2007, Żelazna-Wieczorek 2011, Wojtal 2013). Cantonati i in. (2006) wskazują źródła jako wrażliwe siedliska, które stanowią doskonałą podstawę do długoterminowych badań monitoringowych zmian środowiska, dostarczając informacji o zachodzących procesach w wodach podziemnych, zanieczyszczeniach rejestrowanych w wypływach i ich oddziaływaniu na organizmy krenofilne. Analogiczne wnioski zostały przedstawione przez Żelazną-Wieczorek (2011) w trakcie badań źródeł znajdujących się w zasięgu oddziaływania Łódzkiej Aglomeracji Miejskiej. W źródłach tych, będących pod zróżnicowanym wpływem antropogenicznym odnotowano ponad 50 gatunków okrzemek umieszczonych w wykazie Czerwonej listy glonów (Siemińska 2006). Gatunkami zidentyfikowanymi w trakcie badań źródeł Polski Środkowej oraz podczas badań źródeł w zasięgu oddziaływania aglomeracji łódzkiej (Żelazna-Wieczorek 2011), o kategorii wymierające (E) są: *Eunotia intermedia*, *Navicula*

striolata, *Pinnularia viridiformis* i *P. nodosa*. Zostały one zidentyfikowane w obiektach krenologicznych znajdujących się pod słabym wpływem wynikającym z aktywności człowieka. Obecność gatunków zagrożonych w źródłach związana jest z wyróżniającymi te ekosystemy warunkami środowiskowymi – niskimi stężeniami pierwiastków biogenicznych oraz materii organicznej, stałymi warunkami termicznymi i wpływem wód podziemnych o względnie niezaburzonych parametrach hydrochemicznych.

Identyfikowane są również nowe zagrożenia dla nisz źródłanych, na przykład związane ze zwiększonym udziałem gatunków inwazyjnych, zarówno flory, jak i fauny w niszach źródłiskowych. Dotyczy to głównie źródeł znajdujących się pod silnym wpływem antropogenicznym, mającym związek z rolnictwem i hodowlą zwierząt. W rezultacie spada różnorodności biologiczna w niszach źródłiskowych oraz ekosystemowa integralność obiektów krenologicznych (Nielson i in. 2019). Globalne zmiany klimatyczne oraz presja antropogeniczna mogą przekształcać siedliska, w tym źródła i źródłowe odcinki rzek, sprzyjając pojawianiu się także gatunków okrzemek potencjalnie ekspansywnych, jak *Didymosphenia geminata* (Noga i in. 2016).

6.7. Ochrona źródeł

Unikatowe ekosystemy wodne - źródła, w Polsce w dalszym ciągu nie są objęte odpowiednimi prawnymi normami ochrony, zarówno przed celową jak i niecelową ingerencją ze strony człowieka (Moniewski 2004, Symonides 2008, Gielniak 2010). Przyczyn takiego stanu jest wiele. Do najważniejszych z nich należy niewątpliwie zaliczyć niewystarczający stan wiedzy społeczeństwa o znaczeniu naturalnych wpływów wód podziemnych dla stabilizacji odpływów rzecznych, wspomaganie funkcjonowania człowieka na użytkach zielonych, prewencyjnej roli w postawianiu podmokłości. Obiekty źródłiskowe nie powinny być postrzegane jedynie przez pryzmat gospodarczego wykorzystywania ich jako źródło wody słodkiej lub jako miejsce kultu religijnego o istotnych walorach historyczno-kulturalnych. Ponadto, źródła nie zawsze są nanoszone na plany geodezyjne, mapy topograficzne lub uwzględniane w ewidencjach gruntów (Moniewski 2004). Stosunkowo niewielkie rozmiary nisz źródłiskowych w porównaniu z innymi ekosystemami wód

powierzchniowych oraz ich rzadkość występowania również sprzyjają pomijaniu ich w opracowaniach planów ochrony, na przykład jako rezerwatów przyrody. Może to skutkować brakiem ochrony czynnej obiektów krenologicznych, potencjalnie modyfikując hydrodynamikę źródeł, obniżając jakość wód źródłanych, sprzyjając tym samym zanikaniu unikalnych krenologicznych biocenoz (Gielniak 2010). Nisze źródłiskowe mogą być objęte ochroną w formie pomników przyrody, jednak stanowią one jedynie ich niewielki odsetek. Jednak, zarówno pomniki przyrody, jak i rezerwat przyrody, nie są w stanie zagwarantować ograniczenia dopływu zanieczyszczeń do wód podziemnych zasilających źródła (Moniewski 2004). Kolejną istotną przyczyną braku odpowiedniej ochrony źródeł jest ich niewystarczający stopień zbadania, zarówno w skali lokalnej, jak i całej Polski Środkowej, dlatego tak istotne są starania różnych podmiotów: środowisk naukowych, społecznych, administracji publicznej, aby wspierać działania na rzecz zmiany obecnego stanu (Kucharski, Filipiak 1999, Kurowski i in. 2008).

Zakwalifikowanie źródeł do ekosystemów specjalnej troski wydaje się być słusznym i naturalnym krokiem, w przyszłości mogącym prowadzić do objęcia ich właściwą ochroną prawną, ze względu na wysoką wartość przyrodniczą. Podstawą do uwzględnienia ich w tej kategorii ekosystemów jest konieczność prowadzenia działań na rzecz zachowania różnorodności na poziomie ponadgatunkowym, analogicznie do funkcjonowania ochrony gatunków w Polsce (Symonides 2007). Takie podejście może pomóc w staraniach na rzecz wprowadzenia stałego monitoringu ekosystemów źródłanych, a także w zwiększeniu świadomości wśród lokalnych społeczności oraz organów ochrony przyrody o istotnej roli ekologicznej źródeł, tak, aby w porę zastosować odpowiednie środki ochronne.

7. Podsumowanie i wnioski

Ekosystemy źródlane pełnią ważną rolę w zachowaniu różnorodności biologicznej, ekologicznej i krajobrazowej na obszarze swojego występowania. Wyjątkowy charakter ekosystemów źródlanych na tle innych wód powierzchniowych determinuje zasilanie ich wodami podziemnymi, zapewniającymi względnie stabilne warunki abiotyczne kształtujące strukturę zasiedlających je zbiorowisk organizmów.

Badania podjęte w celu weryfikacji postawionej hipotezy badawczej zostały przeprowadzone w 12 wybranych obiektach krenologicznych w Polsce Środkowej. Ocena oddziaływania bezpośredniego i pośredniego człowieka na źródła została przeprowadzona z wykorzystaniem potencjału wskaźnikowego okrzemek wobec warunków środowiska wodnego i zmian w nim zachodzących. Dla określenia warunków aktualnie charakteryzujących wybrane źródła, próby bentosowe okrzemek zbierane były raz na kwartał, od kwietnia 2016 roku do stycznia 2018 roku. W celu zaobserwowania potencjalnych zmian warunków środowiska wodnego badanych źródeł w czasie, do badań wykorzystano również próby archiwalne z lat 1998 – 2014, zebrane w różnych odstępach czasu dla poszczególnych źródeł.

Kryterium doboru źródeł do badań był zróżnicowany stopień izolacji od bezpośredniego i pośredniego wpływu wynikającego z aktywności człowieka na danym obszarze. Podstawą wstępnej klasyfikacji źródeł ze względu na stopień ich izolacji od presji antropogenicznej były: odległość od dróg, zabudowań, rodzaj otoczenia źródłiska i poziom narażenia na bezpośrednią ingerencję w niszy źródłiskowej, zgodnie z propozycją skali izolacji zaproponowaną przez Nowicką-Krawczyk i Żelazną-Wieczorek (2017).

Wniosek – szacowanie nasilenia oddziaływania człowieka. Zastosowana w przeprowadzonych badaniach wybranych źródeł Polski Środkowej skala odpowiada zaobserwowanym zaburzeniom w niszach źródłiskowych. Jednakże, aby mogła być ona powszechnie stosowana do wstępnej oceny narażenia źródeł na presję wynikającą z działalności człowieka zasadna jest, propozycja jej rozszerzenia o kryterium jakim jest typ podłoża geologicznego, co znajduje uzasadnienie w świetle przeprowadzonych badań.

Parametr ten uwzględnia dynamikę przenikania do wód podziemnych substancji chemicznych oraz przemiany geochemiczne, które mają wpływ

na parametry fizyczne i chemiczne wód w ich wpływie. W konsekwencji czynniki powyższe pełnią istotną rolę przy pogorszeniu się jakości warunków abiotycznych w niszy źródłiskowej. W przypadku źródeł zlokalizowanych na trzeciorzędowych utworach geologicznych, podlegających zjawisku krasowienia, może dochodzić do szybszego przenikania zanieczyszczeń z atmosfery i wód powierzchniowych do wód alimentujących źródła. Zanieczyszczenia te związane są głównie z intensywnym rozwojem rolnictwa i nadmiernym stosowaniem środków ochrony roślin, pracami górniczymi lub kontaktem ze ściekami komunalno-bytowymi. Zastosowaną klasyfikację należy poszerzyć więc o parametr uzupełniający jakim jest typ podłoża geologicznego. W proponowanym ujęciu wartość 0 przypisana zostaje obiektom krenologicznym zlokalizowanym na utworach czwartorzędowych i nie zmienia podstawowej klasyfikacji, natomiast wartość 1 – przypisana zostaje źródłom zasilanym z utworów trzeciorzędowych podlegających krasowieniu oraz podnosi stopień narażenia o 1. W przypadku gdy stopień narażenia oszacowany na podstawie parametrów podstawowych przyjmuje wartość maksymalną 3, ocena podłoża geologicznego nie zmienia wyniku klasyfikacji. Zastosowanie szacowania nasilenia oddziaływania człowieka na ekosystemy źródlane umożliwi wskazanie źródeł o wysokim priorytecie objęcia ich ochroną prawną i praktyczną uzasadnioną szybciej zachodzącym procesem degradacji w wyniku niekorzystnych zmian wywołanych działalnością człowieka na obszarze zasilania źródła.

W celu poznania warunków abiotycznych badanych ekosystemów źródłiskowych i ich zmian w czasie przeprowadzono analizę parametrów fizycznych i chemicznych oraz ocenę biologiczną na podstawie wymagań środowiskowych zidentyfikowanych w badanych źródłach okrzemek.

Na potrzeby analizy parametrów fizycznych i chemicznych, obejmujących przewodnictwo elektrolityczne wody, temperaturę wody, tlen rozpuszczony, wartość odczynu wody oraz stężenia jonów NO_3^- , NH_4^+ i PO_4^{3-} , badane ekosystemy źródlane zestawiono w cztery grupy, uwzględniając różne przedziały czasu, w których prowadzone były badania. Takie podejście przy badaniu warunków abiotycznych charakteryzujących źródła znajdujące się pod wpływem oddziaływań antropogenicznych, pozwoliło na ocenę ich aktualnego stanu oraz uchwycenie tendencji zmian w czasie.

Wniosek – parametry fizyczne i chemiczne jako wskaźniki wpływu człowieka.

W badanych źródłach odnotowano wartości parametrów fizycznych i chemicznych, które świadczą o oddziaływaniu bezpośrednim lub pośrednim człowieka. Za jeden z głównych wskaźników takiego wpływu na wody źródlane uznawane jest podwyższone stężenie jonów azotanowych, którego przekroczone normy zostały stwierdzone zarówno w źródłach zlokalizowanych na terenach wiejskich, jak i leśnych; o różnym stopniu izolacji od bezpośredniego i pośredniego wpływu związanego z aktywnością człowieka. Źródła, w których zaobserwowano, równocześnie z podwyższonym stężeniem jonów azotanowych, dodatkowo wzrost stężenia jonów fosforanowych, co wskazuje na zanieczyszczenia związkami biogenicznymi, można określić jako znajdujące się pod silną presją związaną z rolnictwem oraz oddziaływaniem obszarów zurbanizowanych.

Analizując zmiany w czasie wybranych warunków abiotycznych, w większości badanych ekosystemów źródłanych, zaobserwowano niewielkie zmiany w wartościach przewodnictwa elektrolitycznego, odczynu wody i tlenu rozpuszczonego; zarówno w źródłach zlokalizowanych na czwartorzędowych utworach geologicznych jak i na trzeciorzędowych. Obserwacje te potwierdzają stabilizujący wpływ wód podziemnych na warunki środowiskowe ekosystemów źródłanych. Należy jednak zwrócić uwagę na odnotowany wzrost temperatury wód w prawie wszystkich badanych źródłach, a zwłaszcza w obiektach krenologicznych zlokalizowanych na trzeciorzędowych utworach geologicznych – Bukowa Góra, Troniny i Kochlew. Wzrost temperatury wody w badanych obiektach krenologicznych, średnio o ponad 1°C w czasie prowadzenia badań, świadczy o dynamice warunków termicznych wód podziemnych zasilających źródła w ostatnim dwudziestoleciu. Obserwacja ta wpisuje się w globalny trend zmian klimatycznych, przejawiający się nie tylko wzrostem średniej temperatury powietrza i wód powierzchniowych, ale również wód podziemnych.

Przeprowadzona analiza struktury i dynamiki zbiorowisk okrzemek badanych źródeł pozwoliła na rozpoznanie różnorodności gatunkowej okrzemek, wskazanie gatunków charakterystycznych oraz określenie głównych czynników wpływających na odrębność pod względem jakościowym i ilościowym zbiorowisk okrzemek poszczególnych źródeł.

W trakcie badań zidentyfikowano, na podstawie 246 prób, łącznie 278 gatunków okrzemek należących do 59 rodzajów. Liczba gatunków w poszczególnych źródłach wynosiła od 69 do 156. Największe zróżnicowanie gatunkowe zostało odnotowane w rozległej, izolowanej od wpływu człowieka śródleśnej niszy źródłiskowej, w której do badań wyznaczono dwa miejsca poboru prób – źródło Podwierzchowiec.

Gatunkami występującymi licznie i jako gatunki stałe we wszystkich badanych źródłach są *Achnanthydium minutissimum*, *Planothydium dubium* i *P. frequentissimum*, które nie różnicują jednak badanych obiektów krenologicznych. Na odrębność badanych źródeł na podstawie analizy zbiorowisk okrzemek wpływ miało 25 gatunków charakterystycznych. Gatunki te występowały w jednym źródle lub jedynie w kilku, jednak istotnie różnił się ich udział w strukturze zbiorowiska poszczególnych źródeł. Na różnorodność gatunkową wpływ ma również obecność w źródłach licznych gatunków akcesorycznych i przypadkowych. W badanych źródłach istotną grupę okrzemek, która podnosi wartość przyrodniczą tych ekosystemów, stanowią 34 gatunki zaliczane do wymierających, zagrożonych i rzadkich w algoflorze Polski. Gatunki te odnotowano głównie w źródłach dobrze izolowanych od bezpośredniego wpływu człowieka, które w większym stopniu zasiedlone są przez okrzemki preferujące warunki stenotermiczne i oligotroficzne, jednocześnie struktura zbiorowisk okrzemek tych źródeł nie uległa zmianom w czasie.

Wniosek – zróżnicowanie taksonomiczne okrzemek. Na podstawie analizy różnorodności gatunkowej okrzemek stwierdzono wysoki stopień zróżnicowania pomiędzy badanymi źródłami oraz integralność biotyczną w poszczególnych badanych źródłach na tle zmian warunków fizycznych i chemicznych zachodzących w nich w czasie. Świadczy to również o względnie dużej stabilności środowiskowej i odporności na zaburzenia badanych obiektów krenologicznych Polski Środkowej.

Podstawę powyższego wnioskowania dała również analiza przeprowadzona w celu wytypowania czynnika lub grupy czynników wpływających na występowanie i liczebności gatunków charakterystycznych w badanych źródłach. W największym stopniu na obecność lub brak tych gatunków okrzemek w źródłach miały następujące czynniki: przewodnictwo elektrolityczne i odczyn wody oraz w mniejszym stopniu, podwyższona koncentracja jonów azotanowych, fosforanowych i amonowych.

Zidentyfikowane gatunki okrzemek o określonych wartościach wskaźnikowych umożliwiły przeprowadzenie biologicznej oceny jakości warunków środowiska wodnego w badanych obiektach krenologicznych, na podstawie klasyfikacji ekologicznej Van Dama i in. (1994). Większość badanych obiektów krenologicznych charakteryzowała się słabo zasadowym odczynem wody, a w czterech źródłach (Troniny, Kochlew, Wolbórka i Pustułka), stwierdzono zasadowy odczyn wody. Spośród badanych źródeł, pod względem odczynu wody, wyróżnia się Podwierzchowiec – wypływ, w którym odczyn wody na podstawie analizy zbiorowisk okrzemek określono jako lekko kwaśny. We wszystkich niszach źródłiskowych stwierdzono dominację gatunków okrzemek oligohalobowych, preferujących zasolenie wód źródłanych na poziomie mniejszym niż 0,2‰. Warunki tlenowe w większości źródeł utrzymywały się na bardzo wysokim lub wysokim poziomie, przy czym warunki saprobowe były zróżnicowane; od warunków odpowiadających oligosaprobii do mezosaprobii. Oceniając warunki panujące w źródłach ze względu na zawartość substancji biogenicznych wykazano, że główną grupę stanowiły gatunki okrzemek określane jako obojętne wobec trofii lub mezo-eutroficzne. Zbiorowiska okrzemek badanych źródeł wykazywały obecność gatunków preferujących warunki od typowo wodnych, przez typowo wodne do aerofilnych oraz okresowo aerofilne.

Wniosek – warunki środowiskowe źródeł na podstawie autekologii okrzemek.

Badane źródła w większości wykazują cechy ekosystemów w niewielkim stopniu przekształconych w wyniku bezpośredniej i pośredniej działalności człowieka. Pomimo przesłanek wynikających z analiz parametrów fizycznych i chemicznych wody, świadczących o przekształceniu warunków abiotycznych w wyniku działalności człowieka, analiza zbiorowisk okrzemek jako składnika biotycznego tych ekosystemów, pozwala stwierdzić, że źródła są odporniejsze na zmiany zachodzące w środowisku, co wyróżnia je z pośród innych ekosystemów wód powierzchniowych.

Źródła stanowią ostoje dla okrzemek preferujących „naturalny” charakter siedlisk wód powierzchniowych. Potwierdzeniem tej obserwacji jest występowanie w nich gatunków rzadkich oraz zagrożonych wyginięciem lub wyparciem z ekosystemów wód płynących. Okrzemki te mogłyby zasiedlać inne ekosystemy wodne o zbliżonych warunkach środowiskowych oraz uzupełniać zbiorowiska w niżej położonych odcinkach wód płynących, zwiększając ich różnorodność gatunkową, po przeprowadzonych zabiegach mających na celu przywrócenie pierwotnego

charakteru tych ekosystemów i ograniczeniu zaburzeń wynikających z działalności człowieka.

Źródła jako ekosystemy wodne zależne od wód podziemnych są obiektami, które wymagają ochrony prawnej. Dotychczasowy brak przepisów jednoznacznie regulujących ich status przyczynia się do degradacji unikatowych biocenoz i biotopów, odgrywających istotną rolę w podtrzymywaniu różnorodności gatunkowej okrzemek i organizmów z innych grup taksonomicznych. Wiąże się to również z niskim stanem wiedzy o źródłach i ich roli ekologicznej, ale również społeczną i kulturową rolę im przypisywaną. Obiekty krenologiczne stanowią również bardzo dobre siedliska, ekosystemy do prowadzenia badań monitoringowych stanu środowiska oraz stanu wód podziemnych, których jakość ma bezpośredni wpływ na funkcjonowanie człowieka. Konieczne jest wyznaczenie referencyjnych ekosystemów dla obiektów krenologicznych, w sposób analogiczny do rozwiązań przyjętych dla innych typów wód powierzchniowych. W tym działaniu, warto wykorzystać zaproponowaną skalę oceny stopnia izolacji ekosystemów źródłanych od wpływu antropogenicznego.

Streszczenie (Abstract)

Przedmiotem badań było określenie potencjalnych zmian w czasie warunków środowiska wodnego źródeł znajdujących się pod wpływem działalności człowieka, na podstawie analizy okrzemek stanowiących składnik biotyczny tych ekosystemów.

Okrzemki (Bacillariophyta) są organizmami wskaźnikowymi powszechnie stosowanymi w biologicznej ocenie jakości wód powierzchniowych. Są one również bardzo dobrymi bioindykatorami dla ekosystemów zależnych od wód podziemnych, do jakich należą obiekty krenologiczne. Coraz szersze wykorzystanie tej grupy mikroorganizmów do oceny jakości środowisk wodnych, wynika między innymi z ich szerokiego rozprzestrzenienia w skali globalnej i lokalnej oraz dużej wrażliwości na zmiany parametrów fizycznych, chemicznych i hydromorfologicznych ekosystemów wodnych. Zmiany te związane są oddziaływaniem człowieka na środowisko przyrodnicze.

W celu weryfikacji postawionej hipotezy, że:

źródła, to ekosystemy o potencjalnie wysokiej stabilności środowiskowej w warunkach antropopresji zapewniające zachowanie różnorodności gatunkowej okrzemek,

wytypowano 12 obiektów krenologicznych z obszaru Polski Środkowej, zlokalizowanych w województwie łódzkim. Wybrane źródła różnią się cechami hydromorfologicznymi, co wpływa na zróżnicowanie typów hydrobiologicznych. Większość z badanych źródeł (9), zasilana jest z czwartorzędowych utworów geologicznych, a trzy obiekty krenologiczne wybrane do badań, znajdujące się na południu województwa łódzkiego, zasilane są z trzeciorzędowych utworów geologicznych.

Analiza materiału diatomologicznego obejmowała dwa okresy badań źródeł. Pierwszy okres dotyczy lat 1998 – 2014 i obejmuje próby archiwalne, zdeponowane w zbiorach Katedry Algologii i Mykologii, drugi okres to lata 2016 – 2018 (próby własne). W obu okresach badawczych, próby pobierane były taką samą metodą, raz na kwartał, z powierzchni dna niszy źródłiskowej, zachowując to samo miejsce poboru prób. W warunkach *in situ*, wykonano pomiar wybranych parametrów fizycznych i chemicznych wody: przewodnictwa elektrolitycznego, odczynu i temperatury wody. Jednocześnie z poborem prób okrzemkowych, pobrano próby wody z nisz źródłiskowych do analizy stężenia jonów: azotanowych, fosforanowych

i amonowych, których podwyższona zawartość może świadczyć o zaburzeniach antropogenicznych.

Podstawą pracy była analiza struktury zbiorowisk okrzemek w badanych źródłach a następnie określenie warunków środowiskowych charakteryzujących źródła na podstawie autekologii okrzemek z wykorzystaniem klasyfikacji ekologicznej Van Dama i in. (1994). We wszystkich badanych źródłach odnotowano 278 taksonów okrzemek, przy czym poszczególne źródła różniły się pod względem różnorodności gatunkowej, od 69 do 156 taksonów. Gatunkami absolutnie stałymi i dominującymi we wszystkich próbach były: *Achnantheidium minutissimum*, *Planothidium dubium* i *P. frequentissimum*, które jednak nie różnicują badanych źródeł. Natomiast gatunkami różnicującymi poszczególne źródła, jest dwadzieścia pięć gatunków okrzemek charakterystycznych, które zostały wytypowane na podstawie analizy SIMPER i Shade plot. W badanych źródłach zimnowodnych na występowanie gatunków charakterystycznych największy wpływ miało przewodnictwo elektrolityczne oraz odczyn wody i jej i temperatura.

Charakterystyka ekologiczna badanych źródeł przeprowadzona na podstawie wymagań okrzemek wobec wybranych parametrów środowiska wodnego wskazuje na zaburzenie ich stanu troficznego oraz zwiększone obciążenie wody materią organiczną. Jednocześnie stwierdzono, na podstawie przeprowadzonych analiz wody, podwyższoną koncentrację jonów azotanowych, amonowych oraz fosforanowych, co świadczy o zaburzeniu związanym z działalnością człowieka. Zmiany te są również wyraźnie widoczne w źródłach izolowanych od bezpośredniego wpływu człowieka, zlokalizowanych na trzeciorzędowych utworach geologicznych. Źródła te w krótszym czasie mogą przejawiać negatywne skutki wynikające z antropogenicznych przemian zachodzących w ich otoczeniu.

Źródła dobrze izolowane od bezpośredniego wpływu człowieka w większym stopniu zasiedlone były przez okrzemki preferujące warunki stenotermiczne i oligotroficzne a struktura zbiorowisk okrzemek w występujących w tych źródłach nie uległa zmianom w czasie. Źródła te stanowią również ostoje dla okrzemek wrażliwych, rzadkich lub wymierających, wzbogacając różnorodność biologiczną, zarówno w skali lokalnej, jak i Polski.

Wody podziemne zasilające źródła kształtują względnie stabilne warunki środowiskowe nawet w warunkach nasilającej się antropopresji. Jednak, w przypadku braku działań ograniczających wpływ człowieka, który modyfikuje warunki

środowiska wodnego źródeł, ulegną one degradacji w wyniku zubożenia różnorodności biologicznej i zakłócenia integralności ekosystemowej. Współczesne zagrożenia związane z intensyfikacją rolnictwa, urbanizacją oraz turystyką, powodują nieodwracalną utratę „naturalnego” charakteru ekosystemów źródłanych. W najbliższych dekadach konieczne będzie podejmowanie skutecznych działań prewencyjnych oraz ochronnych również w przypadku ekosystemów zależnych od wód podziemnych. Kluczowymi działaniami powinna być edukacja promująca konieczność ochrony źródeł, wdrażanie interdyscyplinarnego podejścia do badań naukowych obiektów krenologicznych oraz zastosowanie właściwych działań ochronnych, również w aspekcie prawnym.

Abstract

The subject of the study was to evaluate the environmental capacity and stability of crenic habitats in relation to anthropogenic interactions, basing on spatial and temporal dynamics in the diatom communities. These autotrophic microorganisms are indicators commonly used in the biological assessment of the quality and ecological status of surface waters. Moreover, they have been proofed as good bio-indicators also for groundwater dependent ecosystems, such as springs. Intensive use of diatoms in the aquatic environment's quality assessment is related mainly to their broad distribution and a high sensitivity to changes of physical, chemical and hydromorphological parameters of aquatic ecosystems, mostly caused by the human impact on the environment.

In order to test the hypothesis that:

springs are ecosystems with potentially high environmental stability under the impact of anthropogenic pressure, ensuring the preservation of diatom species diversity,

twelve crenic habitats located in the Łódź Voivodeship (Central Poland) were selected for evaluation. Selected springs are characterized by the variety of hydromorphological features, which results in the diversity of their hydrobiological types. Most of the crenic habitats (9) are supplied with groundwater from Quaternary geological sediments, while three, located in the South of the Łódź Voivodeship are supplied from Tertiary geological sediments.

The analysis of diatomaceous material comprised two periods of spring research. The first one concerned the years 1998-2014 and included archival samples deposited in the collection of the Department of Algology and Mycology (UŁ), while the second period encompassed recently collected samples between 2016 and 2018. In both research periods, samples were collected with the use of the same methodological approach – quarterly, from the bottom of the spring niche, maintaining the same spot of sampling. Selected physical and chemical parameters of water were measured *in situ*, such as electrolytic conductivity, water pH reaction and water temperature. Simultaneously, water samples were taken for hydrochemical analyses of the nitrates, phosphates and ammonium ions concentration. Increased concentration of these hydrochemical factors in aquatic ecosystems is a symptom of anthropogenic disturbances; therefore, they were selected for the environmental investigations of the studied spring niches.

In this work, species diversity of diatoms in the studied springs was determined, as well as the environmental conditions on the basis of diatoms' autecology with the use of the ecological classification of Van Dam et al. (1994). In total, 278 diatoms taxa were identified in the studied springs. Basing on mathematical analyses, including Shade plot and SIMPER, twenty-eight species were found to be characteristic for crenic habitats. Among these species, three: *Achnantheidium minutissimum*, *Planothidium dubium* and *P. frequentissimum* were constant and dominant in all samples; however, they were not recognized as the differentiation factor.

The occurrence of diatom species in the studied springs was determined in the first place by electrolytic conductivity, then by water pH reaction and lastly by water temperature. The ecological characteristics of the studied aquatic ecosystems indicated a trophic state disorder and an increased load of organic matter. An increased concentration of nitrates, ammonium and above all phosphate ions, indicating an anthropogenic disturbance, was also observed. These symptoms were clearly visible in springs located on Tertiary geological sediments, where negative effects resulting from human activity appeared after a short period of time. Springs which were well isolated from direct human impact were more commonly inhabited by diatom species preferring stenothermal and oligotrophic conditions. Also, the structure of diatom communities did not change over time. Such crenic habitats may be concerned as refuges for sensitive, rare or endangered diatoms.

Environmental conditions in spring niches are mainly determined by the groundwater and by the springs' hydrobiological type. Groundwater supplying the springs forms relatively stable environmental conditions also in case of increasing human impact. However, even if actions to limit anthropogenic influence are undertaken, springs still undergo natural disturbances that may affect biodiversity and ecosystem integrity.

The present threat associated with the intensification of agriculture, urbanization and tourism makes crenic habitats highly exposed to irreversible loss of its natural character. The challenge for societies in the upcoming decades will be to take effective, preventive and protective measures for groundwater dependent ecosystems. The key to achieve a success in spring ecosystems protection are the interdisciplinary studies of crenic sites and extensive educational campaigns, to implement appropriate legal actions focused on the protection and conservation of springs.

Podziękowania

Pragnę złożyć serdeczne podziękowania Pani prof. UŁ dr hab. Joannie Żelaznej-Wieczorek za nieocenioną pomoc udzieloną w trakcie przygotowywania pracy doktorskiej, cierpliwość i wyrozumiałość oraz motywację do krytycznego spojrzenia na problematykę badawczą. Szczególne podziękowania pragnę złożyć Pani Profesor za pomoc w jasnym formułowaniu myśli naukowej oraz inspirację do zgłębiania zagadnień naukowych.

Chciałem wyrazić głęboką wdzięczność Pani prof. dr hab. Krystynie Czyżewskiej za konstruktywną krytykę i nieocenioną pomoc w redagowaniu pracy.

Wyrazy wdzięczności składam pracownikom i doktorantom Katedry Algologii i Mykologii na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytetu Łódzkiego, zwłaszcza Pani dr Ewelinie Szczepockiej i Pani dr Paulinie Nowickiej-Krawczyk za przekazaną wiedzę, pomoc w zakresie technik eksperymentalnych, laboratoryjnych, analiz matematycznych oraz prawdziwie naukową atmosferę w pracy.

Pani dr hab. Małgorzacie Ruszkiewicz-Michalskiej, Pani dr hab. Izabeli Kałuckiej, Pani dr Dominice Ślusarczyk oraz Panu dr. Mariuszowi Hachulce za słowa mobilizujące do pracy naukowej.

Rafałowi Olszyńskiemu oraz Izabeli Skrobek za pomoc, życzliwość oraz dzielenie radości i trosk dnia życia codziennego doktoranta.

Pani Grażynie Samek za pomoc w sprawach formalnych i życzliwość każdego dnia.

Literatura

- Adetunji, M. T. 1994. Nitrogen application and underground water contamination in some agricultural soils of South Western Nigeria. *Fertilizer research*, 37(2), 159-163.
- Angeli, N., Cantonati, M., Spitale, D., Lange-Bertalot, H. 2010. A comparison between diatom assemblages in two groups of carbonate, low-altitude springs with different levels of anthropogenic disturbances. *Fottea*, 10(1), 115-128.
- Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z. 1999. *Hydrologia ogólna*. PWN, Warszawa.
- Blanco, S., Cejudo-Figueiras, C., Tudesque, L., Bécares, E., Hoffmann, L., Ector, L. 2012. Are diatom diversity indices reliable monitoring metrics? *Hydrobiologia*, 695(1), 199-206.
- Bonettini, A. M., Cantonati, M. 1996. Macroinvertebrate assemblages of springs of the River Sarca catchment (Adamello-Brenta Regional Park, Trentino, Italy). *Crustacea*, 5, 71-78.
- Brutkowska, M. 1952. *Studia nad glonami Niebieskich i niektórych innych źródeł w okolicy Tomaszowa Mazowieckiego [Studien über der Blauen und einigen anderen Quellen in der Gegend von Tomaszów Mazowiecki]*. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 21(3), 417-424.
- Bukhtiyarova, L., Round, F. E. 1996. Revision of the genus *Achnanthes* sensu lato. *Psammothidium*, a new genus based on *A. marginulatum*: In memory of John Carter who contributed greatly to the discovery of many *Achnanthes* species. *Diatom research*, 11(1), 1-30.
- Cantonati, M. 1998. Diatom communities of springs in the Southern Alps. *Diatom Research*, 13(2), 201-220.
- Cantonati, M., Corradini, G., Jüttner I., Cox, E. J. 2001. Diatom assemblages in high mountain streams of the Alps and the Himalaya. *Nova Hedwigia Beiheft*, 123, 37-62.
- Cantonati, M., Bertuzzi, E., Spitale, D. (ed.). 2007. *The spring habitat: biota and sampling methods*. Museo tridentino di scienze naturali, 1-350.
- Cantonati, M., Bertuzzi, E., Gerecke, R., Ortler, K., Spitale, D. 2005. Long-term ecological research in springs of the Italian Alps: six years of standardised sampling. *Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie: Verhandlungen*, 29 (2), 907-911.
- Cantonati, M., Bertuzzi, E., Scalfi, A. 2010. CRENODAT (Biodiversity Assessment and Integrity Evaluation of Springs of Trentino (Italian Alps) and Long-term Ecological Research): Project Design and Preliminary Results. In *Integrated Watershed Management*. Springer, Dordrecht, 121-132.
- Cantonati, M., Füreder, L., Gerecke, R., Jüttner, I., Cox, E. J. 2012. Crenic habitats, hotspots for freshwater biodiversity conservation: toward an understanding of their ecology. *Freshwater Science*, 31 (2), 463-480.
- Cantonati, M., Gerecke, R., Bertuzzi, E. 2006. Springs of the Alps—sensitive ecosystems to environmental change: from biodiversity assessments to long-term studies. *Hydrobiologia*, 562 (1), 59-96.

- Cantonati, M., Komárek, J., Montejano, G. 2015. Cyanobacteria in ambient springs. *Biodiversity and Conservation*, 24 (4), 865-888.
- Cantonati, M., Ortler, K. 1998. Using spring biota of pristine mountain areas for long-term monitoring. *IAHS PUBL*, (248), 379-385. '98 Conference held at Merano/Meran, Italy, April 1998). *IAHS Publ.* 248, 379-385.
- Cantonati, M., Rott, E., Spitale, D., Angeli, N., Komárek, J. 2012. Are benthic algae related to spring types? *Freshwater Science*, 31 (2), 481-498.
- Chauhan, A., Sharma, R. C. 2016. Ecological study of periphyton diversity in crenic habitat of Sahashradhara (Garhwal Himalayas, India). *International Journal of Environment*, 5 (1), 79-95.
- Chełmicki W. 2002. Woda – zasoby, degradacja, ochrona. PWN, Warszawa, 1-305.
- Chełmicki W. (red.). 2001. Źródła Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej i Miechowskiej. Zmiany w latach 1973-2000, IGiGP UJ, Kraków, 1-128.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N. 2015. Getting started with PRIMER v7. PRIMER-E: Plymouth, Plymouth Marine Laboratory, 1-296.
- Clarke, K. R. Warwick, R. M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E Ltd, Plymouth Marine Laboratory, UK, 1-176.
- Coste M., Ayphassorho H. 1991. Étude de la qualité des eaux du Bassin Artois – Picardie a l'aide des communautés de diatomées benthiques (Application des indices diatomiques). Rapport Cemagref. Bordeaux – Agence de l'Eau Artois-Picardie, Douai, 1-277.
- Cox, E. J. 2006. Raphe loss and spine formation in *Diadesmis gallica* (Bacillariophyta) – an intriguing example of phenotypic polymorphism in a diatom. *Nova Hedwigia*, 130, 163-176.
- Czachorowski, S. 2007. Fauna źródeł-stan poznania i perspektywy badań. W: Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne (red. P. Jokiel i in.), 55-61.
- Czajkowska, A. 2010. Stopień zanieczyszczenia związkami biogennymi płytkich wód podziemnych w zagospodarowanej rolniczo części zlewni Bierawki. *Górnictwo i Geologia*, 5 (4), 91-104.
- Czoch, K., Kulesza, K. 2006. Warunki referencyjne specyficzne dla typów cieków w Polsce jako podstawa do prac nad oceną ekologicznego stanu wód płynących. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, (4/3), 25-36.
- Denys, L., Oosterlynck, P. 2015. Diatom assemblages of non-living substrates in petrifying Cratoneurion springs from lower Belgium. *Fottea*, 15 (2), 123-138.
- Dziengo-Czaja, M., Koss, J., Matuszak, A. 2008. Teratological forms of diatoms (Bacillariophyceae) as indicators of water pollution in the western part of Puck Bay (southern Baltic Sea). *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 37 (2), 119-132.
- Eloranta, P., Soininen, J. 2002. Ecological status of some Finnish rivers evaluated using benthic diatom communities. *Journal of Applied Phycology*, 14 (1), 1-7.
- Fac-Beneda J., 2009. Hydrologiczne i hydrochemiczne cechy wody źródeł na obszarach młodoglacjalnych, W: Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych, (red. R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda), Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 390-398.

- Falasco, E., Bona, F., Ginepro, M., Hlúbiková, D., Hoffmann, L., Ector, L. 2009. Morphological abnormalities of diatom silica walls in relation to heavy metal contamination and artificial growth conditions. *Water SA*, 35 (5), 595-606.
- Fránková, M., Bojková, J., Pouličková, A., Hájek, M. (2009). The structure and species richness of the diatom assemblages of the Western Carpathian spring fens along the gradient of mineral richness. *Fottea*, 9 (2), 355-368.
- Gielniak, P. 2010. Ochrona bierna źródeł w rezerwatach przyrody regionu łódzkiego. *Przegląd Przyrodniczy*, 21 (2), 79-86.
- Gromiec, M., Sadurski A., Zalewski M., Rowiński, P. 2014. Zagrożenia związane z jakością wody. *Nauka*, 1, 99-112.
- Guillard R. R. L., Kilham, P. 1977. The ecology of marine planktonic diatoms. In: Werner D. (ed.), *The biology of diatoms*. Oxford University Press, Oxford, UK, 372-469.
- Gutry-Korycka, M., Sadurski, A., Kundzewicz, Z. W., Pociask-Karteczka, J., Skrzypczyk, L. 2014. Zasoby wodne a ich wykorzystanie. *Nauka*, 1 (2014), 77-98.
- Gutwiński, R. 1888. Przyczynek do znajomości okrzemek tatrzańskich (*Bacillariaceae taterense*). *Sprawozdanie Komisji Fizjograficznej, Akademia Umiejętności, Kraków*, 22, 138-150.
- Gutwiński, R. 1909. Flora glonów tatrzańskich. [Flora algarum montium Tatrensium] *Bulletin International de L'Academie des Science de Cracove, Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles*, 4, 415-560.
- Håkansson, H. 2002. A compilation and evaluation of species in the general *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family Stephanodiscaceae. *Diatom Research*, 17 (1), 1-39.
- Hofmann, G. 1994. Aufwuchs-diatomeen in Seen und ihre Eignung als Indikatoren der Trophie. *J. Cramer*, 1-241.
- Jankowski, A. T., Molenda, T. 2007. Wpływ antropopresji na warunki hydrologiczno-hydrochemiczne źródeł. W: Jokieli P., Moniewski P., Ziulkiewicz M. (red.). *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 222-224.
- Jokieli, P., Maksymiuk Z. 1988. Wpływ kopalni odkrywkowej „Bełchatów” na zmiany odpływu, *Dokumentacja Geograficzna*, (4), 79-94.
- Jokieli, P., Moniewski P., 2000. Warunki gromadzenia i drenażu oraz kierunki ochrony zasobów wód podziemnych w strefie podmiejskiej Łodzi, na przykładzie zlewni Dzierżanej. *Acta Universitatis Lodzensis. Folia Geographica Physica*, 5, 29-48.
- Kawecka, B., Eloranta, P. V. 1994. *Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1-251.
- Kelly, M. G., Gómez-Rodríguez, C., Kahlert, M., Almeida, S. F., Bennett, C., Bottin, M., Marvan, P. 2012. Establishing expectations for pan-European diatom based ecological status assessments. *Ecological Indicators*, 20, 177-186.
- Kelly, M. G., Whitton, B. A. 1995. The trophic diatom index: a new index for monitoring eutrophication in rivers. *Journal of Applied Phycology*, 7 (4), 433-444.
- Kilroy, G., Coxon, C. 2005. Temporal variability of phosphorus fractions in Irish karst springs. *Environmental Geology*, 47 (3), 421-430.

- Kiss, K.T., J. Padisák K. É. Szabó (ed.) 2006. 6th International Symposium on use of algae for monitoring rivers. Hungary, Balatonfüred, 12-16 Sept. 2006, 179-183.
- Klatkova, H. 1972. Paleogeografia Wyżyny Łódzkiej i obszarów sąsiednich podczas zlodowacenia warciańskiego. *Acta Geographica Lodziensia*, 28: 1-220.
- Kondracki, J. 2002. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1-444.
- Krammer, K. 1997a. Die cymbelloiden Diatomeen. 1. Allgemeines und *Encyonema* part. *Bibliotheca Diatomologica*, J. Cramer, Berlin-Stuttgart, 36, 1-382.
- Krammer, K. 1997b. Die cymbelloiden Diatomeen. 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* und *Cymbellopsis*. *Bibliotheca Diatomologica*, J. Cramer, Berlin – Stuttgart, 37, 1-469.
- Krammer, K. 2000. The genus *Pinnularia*. In: H. Lange-Bertalot (ed.) *Diatoms of Europe*. A. R. G. Ganther Verlag K. G., 1-703.
- Krammer, K. 2002. *Cymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.) *Diatoms of Europe*. A. R. G. Ganther Verlag K. G., 1-584.
- Krammer, K. 2003. *Cymbopleura*, *Delicata*, *Navicymbulla*, *Gomphocymbellopsis*, *Afrocymbella*. In: H. Lange-Bertalot (ed.) *Diatoms of Europe*. A. R. G., Ganther Verlag K. G., 1-876.
- Krammer, K., Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (ed.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Veb G. Fischer Verlag, Jena, 1-611.
- Krammer, K., Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (ed.) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Veb G. Fischer Verlag, Jena, 1-600.
- Krammer, K., Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae 4. Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema* Gesamtliteraturverzechnis Teil 1 - 4. In: H. Ettl., J. Gerloff, H. Heyning, D. Mollenhauer (ed.): *Süßwasserflora von Mitteleuropa*. Veb G. Fischer Verlag, Stuttgart – Jena, 1-437.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. 1986. Bacillariophyceae 1. Naviculaceae In: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* Ettl H., Gerloff J., Heyning H., Mollenhauer D. (red). 2/1. G. Fischer Verlag, Jena, 1-876.
- Krammer, K., Lange-Bertalot, H. 1997. Bacillariophyceae. 2. Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: H. Ettl, et al. (eds.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, 2/2, 1-611.
- Krysiak, S. 2009. Podział regionalny i charakterystyka abiotycznych składników środowiska przyrodniczego. W: J.K. Kurowski (red.), *Szata roślinna Polski Środkowej*. Towarzystwo Ochrony Krajobrazu i Wydawnictwo Eko-Graf, Łódź, 7-28.
- Krzemiński, T., Papińska, E. 1993. Ukształtowanie powierzchni i geneza rzeźby. W: S. Pączka (red.), *Środowisko geograficzne Polski Środkowej*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 20-62.
- Kubik, B. 1970. Okrzemki trzech źródeł potoku Będkówka (Wyżyna Krakowsko-Częstochowska). [The occurrence of Bacillariophyceae in three springs of Będkówka stream (Cracow – Częstochowa Jurassic region) Southern Poland]. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 16(4), 549-561.

- Kucharski, L., Filipiak, E. 1999. Szata roślinna obszarów źródliskowych środkowej Polski i jej ochrona. Źródła Polski, Stan badań, Monitoring i Ochrona. Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Olsztyn, 87-94.
- Kurowski, J. K., Kiedrzyński, M., Łuczak, M., Gielniak, P. 2008. Śródleśne źródła – problemy waloryzacji i ochrony na przykładzie regionu łódzkiego. Studia i Materiały Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej, 10(2 [18]), 218-235.
- Lai, G. G., Beauger, A., Wetzel, C. E., Padedda, B. M., Voldoire, O., Lugliè, A., Ector, L. 2019. Diversity, ecology and distribution of benthic diatoms in thermo-mineral springs in Auvergne (France) and Sardinia (Italy). PeerJ, 7, e7238.
- Lai, G. G., Padedda, B. M., Wetzel, C. E., Lugliè, A., Sechi, N., Ector, L. 2016. Epilithic diatom assemblages and environmental quality of the Su Gologone karst spring (central eastern Sardinia, Italy). Acta Botanica Croatica, 75(1), 129-143.
- Lake, P. S., Palmer, M. A., Biro, P., Cole, J., Covich, A. P., Dahm, C., Verhoeven, J. O. S. 2000. Global Change and the Biodiversity of Freshwater Ecosystems: Impacts on Linkages between Above-Sediment and Sediment Biota: All forms of anthropogenic disturbance – changes in land use, biogeochemical processes, or biotic addition or loss – not only damage the biota of freshwater sediments but also disrupt the linkages between above-sediment and sediment-dwelling biota. BioScience, 50(12), 1099-1107.
- Lange-Bertalot, H. 1979. *Simonsenia*, a new genus with morphology intermediate between *Nitzschia* and *Surirella*. Bacillaria, 2, 127-136.
- Lange-Bertalot, H. 1980. New Species, Combinations and Synonyms in the genus *Nitzschia*. Bacillaria, 3, 41-77.
- Lange-Bertalot H. 1993. 85 New taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to Süßwasserflora von Mitteleuropa Vol. 2/1-4. Bibliotheca Diatomologica, 27, 1-454.
- Lange-Bertalot, H. 1996. Rote Liste der limnischen Kieselalgen (Bacillariophyceae) Deutschlands. Schrittenreihe für Vegetationskunde, 28, 633-677.
- Lange-Bertalot H. 2001. *Navicula sensu stricte*, 10 Genera Separated from *Navicula sensu lato*, Frustulia. In: H. Lange-Bertalot (ed.) Diatoms of Europe. A. R. G. Gantner Verlag K. G., 1-526.
- Lange-Bertalot H. 2004. Annotated Diatom Micrographs. Iconographia Diatomologica 13. A. R. G. Gantner Verlag K. G. 1-480.
- Lange-Bertalot H., Genkal S. I. 1999. Diatoms from Siberia I. Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky-Shar Strait). Iconographia Diatomologica 6: 1-295.
- Lange-Bertalot H., Hofmann G., Werum M., Cantonati M. 2017. Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species Used in Ecological Assessment. M. Cantonati, M.G. Kelly, H. Lange-Bertalot (eds) 942. Koeltz Botanical Books.
- Lange-Bertalot H., Metzeltin D., Witkowski A. 1996. *Hippodonta* gen. nov. Umschreibung und Begründung einer neuen Gattung der Naviculaceae. Iconographia Diatomologica 4, 247-276.

- Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 1996. Indicators of oligotrophy, 800 Taxa representative of three ecologically distinct lake types. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany, 1-390.
- Lange-Bertalot, H., Moser, G. 1994. *Brachysira*, Monographie der Gattung und *Naviculadicta* nov. gen. Bibliotheca Diatomologica, J. Cramer, Berlin-Stuttgart, 29, 1-212.
- Lange-Bertalot, H., Simonsen, R. 1978. A Taxonomic Revision of the Nitzschiae lanceolatae Grunow. 2. European and Related Extra-European Fresh Water and Brackish Water Taxa. Bacillaria, 1, 11-111.
- Levkov, Z. 2009. Amphora sensu lato. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Diatoms of Europe. Diatoms of European inland waters and comparable habitats, A. R. G. Gantner Verlag K. G., 5, 1-916.
- Levkov, Z., Krstic, S., Metzeltin, D., Nakov, T. 2007. Diatoms of Lakes Prespa and Ohrid. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Iconographia Diatomologica, A. R. G. Gantner Verlag K. G., 16, 1-611.
- Levkov, Z., Nakov, T. Metzeltin, D. 2006. New species and combination from the genus *Sellaphora* Mereschkowsky from Macedonia. Diatom Research, 21, 297-312.
- Ligowski, R. 1998. Okrzemki w morskim ekosystemie Antarktyki. Kosmos, 4(47), 471-498.
- Macioszczyk A., Dobrzyński D. 2002. Hydrogeochemia strefy aktywnej wymiany wód podziemnych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1-448.
- Maksymiuk Z., Mela A. 1995. Źródła Polski Środkowej. Acta Universitatis Lodzianensis. Folia Geographica, 20, 109-117.
- Maksymiuk Z., Olaczek, R., 2001. Indywidualność przyrodnicza regionu łódzkiego. W: Liszewski S. (red.), Zarys monografii województwa łódzkiego. Funkcja regionalna Łodzi i jej rola w kształtowaniu województwa. Łódzkie Towarzystwo Naukowe. 49-51.
- Mann, D. G. 1989. The Diatom Genus *Sellaphora*: Separation from *Navicula*. British Phycological Journal, 24, 1-20.
- Mann, D. G., Droop, S. J. M. 1996. Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. In: Biogeography of freshwater algae Springer, Dordrecht, 19-32.
- Matamoros, V., Duhec, A., Albaigés, J., Bayona, J. M. 2009. Photodegradation of carbamazepine, ibuprofen, ketoprofen and 17 α -ethinylestradiol in fresh and seawater. Water, air, and soil pollution, 196(1-4), 161.
- Metzeltin, D., Witkowski, A. 1996. Diatomeen der Bären-Insel. In: H. Lange-Bertalot (ed.), Iconographia Diatomologica, 4, 1-232. Koeltz Scientific Books, Königstein, Germany.
- Moniewski P. 2004. Źródła okolic Łodzi. Acta Geographica Lodzianensis, 87, Wyd. ŁTN, Łódź, 1-140.
- Moniewski, P. 2007. Podstawowe pojęcia, typologie i klasyfikacje współczesnej krenologii. W: Jokiel P. Moniewski P., Ziulkiewicz M. (red.), Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne, Wydział Nauk Geograficznych UŁ, Wyd. Regina Poloniae, Częstochowa, 1-91.

- Morales, E. A. 2005. Observations of the morphology of some known and new fragilarioid diatoms (Bacillariophyceae) from rivers in the USA. *Phycological Research*, 53, 113-133.
- Moser, G., Lange-Bertalot H., Metzeltin D. 1998. Insel der Endemiten, Geobotanisches Phänomen Neukaledonien. *Bibliotheca Diatomologica*, 38, 1-464. J. Cramer, Berlin-Stuttgart.
- Nielson, K. G., Gill, K. M., Springer, A. E., Ledbetter, J. D., Stevens, L. E., Rood, S. B. 2019. Springs ecosystems: vulnerable ecological islands where environmental conditions, life history traits, and human disturbance facilitate non-native plant invasions. *Biological Invasions*, 1-19.
- Noga, T., Rybak, M., Stanek-Tarkowska, J., Pajaczek, A., Kochman-Kedziora, N., Peszek, L. 2016) Ekspansja okrzemki *Didymosphenia geminata* (Lyngbye) M. Schmidt w potokach bieszczadzkich. *Roczniki Bieszczadzkie*, 24, 305-311.
- Nowicka-Krawczyk, P., Żelazna-Wieczorek, J. 2017. Dynamics in cyanobacterial communities from a relatively stable environment in an urbanised area (ambient springs in Central Poland). *Science of the Total Environment*, 579, 420-429.
- Okoń, D., Rozkowski, J. 2010. Ocena oddziaływania czynników geogenicznych i antropogenicznych na środowisko stref źródłiskowych i jego biotycznych elementów w obszarze Parku Krajobrazowego Orlich Gniazd. *Prądnik. Prace i Materiały Muzeum im. Prof. Wł. Szafera*, 20.
- Olaczek R., Czyżewska K. 1986. Załęczański Park Krajobrazowy. Charakterystyka wartości, ich ochrona i wykorzystanie. *Acta Universitatis Lodzensis Folia Zoologica*, 1-201.
- Owen, R. B., Renaut, R. W., Jones, B. 2008. Geothermal diatoms: a comparative study of floras in hot spring systems of Iceland, New Zealand, and Kenya. *Hydrobiologia*, 610(1), 175-192.
- Paczuska, B. 1999) Okrzemki ze źródła na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego. [Diatoms from a spring in Wielkopolski National Park]. *Źródła Polski. Stan badań, monitoring i ochrona. Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Olsztyn*, 139-144.
- Paczuska, B., Pacuski, R. 1999. Głony sześciu źródeł Doliny Dolnej Wisły. [Algae from six springs from the Lower Vistula Valley]. *Źródła Polski. Stan badań, monitoring i ochrona. Wyższa Szkoła Pedagogiczna, Olsztyn*, 145-148.
- Palmer, P. M., Wilson, L. R., O'Keefe, P., Sheridan, R., King, T., Chen, C. Y. 2008. Sources of pharmaceutical pollution in the New York City Watershed. *Science of the total environment*, 394(1), 90-102.
- Panek, P. 2011. Wskaźniki biotyczne stosowane w monitoringu wód od czasu implementacji w Polsce Ramowej Dyrektywy Wodnej. *Przegląd Przyrodniczy*, 22(3), 111-123.
- Pazdro, Z., Kozerski, B. 1990. *Hydrogeologia ogólna*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 1-624.
- Pliński, M. 1969. Okrzemki słonego źródła w Pełczyskach pod Ozorkowem. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Łódzkiego*, 2(31), 123-136.
- Pliński, M., Witkowski, A. 2009. Okrzemki-Bacillariophyta (Diatoms). *Flora Zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy)*, Uniwersytet Gdański, 1-250.

- Podlaska M. 2010. Sukcesion ungenutzter Moorwiesen in Dolny Śląsk. TELMA. 40: 105-118.
- Poikane, S., Kelly, M., Cantonati, M. 2016. Benthic algal assessment of ecological status in European lakes and rivers: challenges and opportunities. *Science of the Total Environment*, 568, 603-613.
- Potapova, M., Charles, D. F. 2007. Diatom metrics for monitoring eutrophication in rivers of the United States. *Ecological indicators*, 7(1), 48-70.
- Pouličková, A., Veselá, J., Neustupa, J., Škaloud, P. 2010. Pseudocryptic diversity versus cosmopolitanism in diatoms: a case study on *Navicula cryptocephala* Kütz. (Bacillariophyceae) and morphologically similar taxa. *Protist*, 161(3), 353-369.
- Rakowska, B. 1996. Diatom communities occurring in Niebieskie Źródła near Tomaszów Mazowiecki, Central Poland [1963-1990]. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 41(2), 639-655.
- Rakowska, B. 2001. Studium różnorodności okrzemek ekosystemów wodnych Polski niżowej. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. Łódź, 1-75.
- Rakowska, B. 2003. Okrzemki – organizmy, które odniosły sukces. *Kosmos*, 2(52), 307-314.
- Reichardt, E. 1997. Taxonomische Revision des Artenkomplexes um *Gomphonema pumilum* (Bacillariophyceae). *Nova Hedwigia*, 65, 99-129.
- Reichardt, E. 2001. Revision of the species around *Gomphonema truncatum* and *G. capitatum*. In: R. Jahn, J.P. Kociolek, A. Witkowski, P. Compère (eds), Lange-Bertalot, Festschrift: 187-224. Gantner, Ruggell.
- Robinson, C. T., Kawecka, B. 2007. Benthic diatoms of an Alpine stream/lake network in Switzerland. *Aquatic Sciences-Research Across Boundaries*, 69(4), 584-589.
- Round, F. E., Crawford, R. M., Mann, D. G. 1990. *Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge university University Press, 1-574.
- Round, F.E., Bukhtiyarova, L. 1996. Four new genera based on *Achnanthes* (*Achnanthidium*) together with a re-definition of *Achnanthidium*. *Diatom Research*, 11 (2), 345-361.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 19 lipca 2016 r. w sprawie form i sposobu prowadzenia monitoringu jednolitych części wód powierzchniowych i podziemnych [Dz. U. z 2016 r., poz. 1178].
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych [Dz. U. z 2016 r., poz. 1187].
- Sabater, S., Roca, J. R. 1990. Some factors affecting distribution of diatom assemblages in Pyrenean springs. *Freshwater Biology*, 24(3), 493-507.
- Siemińska, J., Bąk, M., Dziedzic, J., Gąbka, M., Gregorowicz, P., Mrozińska, T., Witkowski, A. 2006. Red list of the algae in Poland. W: Z. Red list of plants and fungi in Poland. Polish Academy of Sciences, Kraków, 35-52.
- Sitkowska, M., Żelazna-Wieczorek, J. 2002. Zróżnicowanie taksonomiczne i siedliskowe glonów w zlewni Suskiej Strugi na terenie Tucholskiego Parku Krajobrazowego. W: M. Ławrynowicz, B. Różga (red.), *Tucholski Park*

- Krajobrazowy 1985-2000. Stan poznania. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 424-440.
- Søndergaard, M., Jeppesen, E. 2007. Anthropogenic impacts on lake and stream ecosystems, and approaches to restoration. *Journal of applied ecology*, 44(6), 1089-1094.
- Spitale, D., Cantonati, M. 2011. Understanding the natural variability of diatom assemblages in springs of the Adamello-Brenta Nature Park (south-eastern Alps) on a temporal scale. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie*, 179(2), 137-149.
- Starmach, K. 1969. Glony źródeł na wybrzeżu morskim w Chłapowie. [Algae of Springs on the sea coast at Chłapowo (Northern Poland)]. *Fragmenta Floristica et Geobotanica*, 15 (4), 503-511.
- Stevenson, R. J., Pan, Y. 1999. Assessing environmental conditions in rivers and streams with diatoms. *The diatoms: applications for the environmental and earth sciences*, 1(4), 57-85.
- Stoermer, E. F., Smol, J. P. 1999. Applications and uses of diatoms: prologue. *The diatoms: Applications for the environmental and earth sciences*, 3-10.
- Symonides, E. 2007. *Ochrona przyrody*, wyd. Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 1-784
- Symonides, E. 2008. Ocena stanu różnorodności biologicznej. *Studia BAS (10 Ochrona przyrody)*, 33-55.
- Szczepocka, E., Kruk, A., Rakowska, B. 2015. Can tolerant diatom taxa be used for effective assessments of human pressure? *River research and applications*, 31(3), 368-378.
- Szczepocka, E., Szulc, B., Szulc, K., Rakowska, B., Żelazna-Wieczorek, J. 2014. Diatom indices in the biological assessment of the water quality based on the example of a small lowland river. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 43(3), 265-273.
- Szczepocka, E., Nowicka-Krawczyk, P., Knysak, P., Żelazna-Wieczorek, J. 2016. Long term urban impacts on the ecological status of a lowland river as determined by diatom indices. *Aquatic ecosystem health & management*, 19(1), 19-28.
- Szczepocka, E., Żelazna-Wieczorek, J. 2018. Diatom biomonitoring-scientific foundations, commonly discussed issues and frequently made errors. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 47(3), 313-325.
- Taxböck, L. 2016. Diatom biodiversity, distribution patterns and spring types in near-natural Swiss springs. *Verlag nicht ermittelbar*, 1-151.
- Taxböck, L., Linder, H. P., Cantonati, M. 2017. To What Extent Are Swiss Springs Refugial Habitats for Sensitive and Endangered Diatom Taxa? *Water*, 9(12), 1-967.
- Taxböck, L., Preisig, H. R. 2007. The diatom communities in Swiss springs: A first approach. *Botanischer Garten und Botanisches Museum*, 163-168.
- Teittinen, A., Soinen, J. 2015. Testing the theory of island biogeography for microorganisms' patterns for spring diatoms. *Aquatic Microbial Ecology*, 75(3), 239-250.

- Tomaszewski J.T. 1996. Badanie naturalnych wypływów wód podziemnych. W: M. Gutry-Korycka, H. Werner-Więckowska (red.) Przewodnik do hydrograficznych badań terenowych. PWN, Warszawa, 104-116.
- Tümping, W. Friedrich, G. (ed.) 1999. Methoden der biologischen Wasseruntersuchung. Jena. Stuttgart. Lübeck. Ulm. G. Fischer Verlag, 133-153.
- Turkowska K. 2001. Budowa geologiczna i rzeźba tereny, W: S. Liszewski (red.), Zarys monografii województwa łódzkiego, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, 51-60.
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody. Dz. U. z 2004 nr 92 poz. 880.
- Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. Prawo wodne. Dz. U. 2017, poz. 1566.
- Van Dam, H., Mertens, A., Sinkeldam, J. 1994. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. Netherland Journal of Aquatic Ecology, 28(1), 117-133.
- Vanormelingen, P., Verleyen, E., Vyverman, W. 2008. The diversity and distribution of diatoms: from cosmopolitanism to narrow endemism. Biodiversity and conservation, 17(2), 393-405.
- Waszkiewicz, D., Żelazna-Wieczorek, J. 1999. The second discovery of *Vaucheria ornithocephala* (Xanthophyceae) in Poland. Fragmenta Floristica et Geobotanica, 44 (1), 202-204.
- Werum, M., Lange-Bertalot, H., Reichardt, E. 2004. Diatomeen in Quellen: unter hydrogeologischen und anthropogenen Einflüssen in Mitteleuropa und anderen Regionen (Vol. 13). Gantner Publishing, 1-480.
- Wetzel, C. E., Ector, L., Van de Vijver, B., Compere, P., Mann, D. G. 2015. Morphology, typification and critical analysis of some ecologically important small naviculoid species (Bacillariophyta). Fottea/Czech Phycological Society. Praha, Czech Republic, 2007, currens, 15(2), 203-234.
- Whitford, L. A., Schumacher, G. J. 1963. Communities of algae in North Carolina streams and their seasonal relations. Hydrobiologia, 22(1-2), 133-196.
- Whitton, B. A., Rott, E., Friedrich, G. 1991. Use of algae for monitoring rivers. Journal of Applied Phycology, 3(3), 287-287.
- Wieczysty, A. 1982. Hydrogeologia inżynierska. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1-815.
- Wilk-Wozniak, E., Wojtal, A. 2005. Different aspects of algal studies-some remarks. Oceanological and Hydrobiological Studies, 34(Suppl. 3), 177-185.
- Williams, D.M. Round, F.E. 1987. Revision of the genus *Fragilaria*. Diatom Research, 2(2), 267-288.
- Witczak S., Adamczyk A. 1995. Katalog wybranych fizycznych i chemicznych wskaźników zanieczyszczeń wód podziemnych i metod ich oznaczania. Tom I i II. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Wojtal, A. 2001. New or rare species of the genus *Navicula* (Bacillariophyceae) in the diatom flora of Poland. Polish Botanical Journal, 46 (2), 161-167.
- Wojtal, A. 2003a. Diatoms of the genus *Gomphonema* Ehr. (Bacillariophyceae) from a karstic stream in the Krakowsko-Częstochowska Upland. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 72(3), 213-220.

- Wojtal, A. 2003b. Diatoms of the families Amphipleuraceae and Brachysiraceae from the Wyżyna Krakowsko-Częstochowska Upland (S Poland). Polish Botanical Journal, 48 (1), 55-61.
- Wojtal, A. 2004a. New or rare species of the genera *Achnantheidium* and *Psammothidium* (Bacillariophyceae) in the diatom flora of Poland. Polish Botanical Journal, 49 (2), 215-220.
- Wojtal, A. 2004b. New locality of *Diademsis tabellariaeformis* (Krasske) Lange-Bertalot et Wojtal (Bacillariophyceae) in Europe. Algological Studies, 112, 89-94.
- Wojtal, A. 2006. Use of diatoms for monitoring springs in Southern Poland. In: E. Ács, Wojtal, A. 2009. The Diatoms of Kobyłanka 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. Bibliotheca Diatomologica, 59, 1-436.
- Wojtal, A., 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., Sobczyk, Ł. 2012. The influence of substrates and physicochemical factors on the composition of diatom assemblages in karst springs and their applicability in water quality assessment. Hydrobiologia, 695(1), 97-108.
- Wojtal, A. Z., Kwandrans, J. 2006. Diatoms of the Wyżyna Krakowsko-Częstochowska Upland (S Poland) - Coscinodiscophyceae (Thalassiosirophyceae). Polish Botanical Journal, 51 (2), 177-207.
- Wołoszyńska, J. 1922. Winter-Flora der Morenenquellen des Wigry Sees. Kosmos, 47 (1-3), 305-326.
- Ziułkiewicz, M. 2012. Jakość wód powierzchniowych w strefie podmiejskiej Łodzi na przykładzie Moszczenicy. Gospodarka Wodna, 12, 511-520.
- Ziułkiewicz, M. 2016. Hydrogeochemia źródeł w strefie krawędziowej Wzniesień Łódzkich. Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- 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. A. R. G., Gantner, 1-419.
- Żelazna-Wieczorek, J. 2012. Okrzemki Bacillariophyta źródeł i odcinków źródłowych potoków w górnym odcinku rzeki San. Roczniki Bieszczadzkie, 20, 220-229.
- Żelazna-Wieczorek, J., Bik, A. 2009. Dynamika zbiorowisk okrzemek w źródłach o różnym typie hydrobiologicznym. [Dynamics of diatom communities in springs of different hydrobiological types]. Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica, 16 (1), 155-167.
- 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., Maminska, M. 2006. Algoflora and vascular flora of a limestone spring in the Warta River valley. Acta Societatis Botanicorum Poloniae, 75(2), 131-143.

- Żelazna-Wieczorek, J., Mostowik, K. 2019. Różnorodność gatunkowa okrzemek Bieszczadzkiego Parku Narodowego – okrzemki źródła Elizy na Połoninie Wetlińskiej = Diversity of diatoms of the Bieszczady National Park – diatoms of the Eliza spring on Połonina Wetlińska. *Roczniki Bieszczadzkie*, 27, 345-360.
- Żelazna-Wieczorek, J., Nowicka-Krawczyk, P. 2015. The cascade construction of artificial ponds as a tool for urban stream restoration – the use of benthic diatoms to assess the effects of restoration practices. *Science of the Total Environment*, 538, 591-599.
- Żelazna-Wieczorek, J., Olszyński, R. M., Nowicka-Krawczyk, P. 2015. Half a century of research on diatoms in athalassic habitats in central Poland. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 44(1), 51-67.
- Żelazna-Wieczorek, J., Sochacka, J., Ziułkiewicz, M. 2010. Zróżnicowanie zbiorowisk okrzemek w źródłach rezerwatu Struga Dobieszkowska. Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce VI. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 165-175.
- Żelazna-Wieczorek, J., Ziułkiewicz, M. 2004. Algae communities in springs of Łódź Hill scarp with diversified hydrochemical conditions. *Teka Komisji Ochrony i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego*, I, 322-330.
- Żelazna-Wieczorek, J., Ziułkiewicz, M. 2007. Influence of hydrochemical conditions on diatoms in a limnocrenic spring. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 36(1), 57-65.
- Żelazna-Wieczorek, J., Ziułkiewicz, M. 2007a. Okrzemki bentosowe źródła Dobieszków na tle warunków siedliskowych. [Benthic diatoms of the Dobieszków spring on 156 the background of habitat conditions]. W: P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.). *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*, 265-279. Regina Poloniae, Częstochowa.
- Żelazna-Wieczorek, J., Ziułkiewicz, M. 2007b. Influence of hydrochemical conditions on diatoms in a limnocrenic spring. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 36, Suppl. 1, 57-65.
- Żelazna-Wieczorek, J., Ziułkiewicz, M. 2008. *Hildenbrandia rivularis* (Rhodophyta) in Central Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 77 (1), 41-47.
- Żelazna-Wieczorek, J., Ziułkiewicz, M. 2009. Using benthic diatoms in the assessment of spring water quality in suburban areas. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 38, Suppl. 2, 121-131.
- Żurek, A. 2007. Ocena wpływu obszarowych ognisk zanieczyszczeń na jakość wód podziemnych na podstawie obserwacji w źródłach, W: P. Jokiel, P. Moniewski, M. Ziułkiewicz (red.). *Źródła Polski. Wybrane problemy krenologiczne*. Wyd. Nauk Geogr. UŁ, Łódź.
- Żurek, A. J., Wachniew, P., Witczak, S. 2017. Ocena wielkości współczynnika potencjalnej redukcji azotanów w wodach podziemnych dla obszaru Polski. *Przegląd Geologiczny*, 65(11/2), 1416–1420.

Dokumentacja fotograficzna

Plansze I-VIII

Dokumentacja fotograficzna zidentyfikowanych taksonów okrzemek charakterystycznych dla badanych źródeł oraz rzadko w nich notowanych

Plansza I

pow. 1500x

1-7. *Karayevia clevei* (Grunow) Bukhtiyarova

8-9. *Karayevia ploenensis* (Hustedt) Bukhtiyarova

10-15. *Cocconeis pseudothumensis* Reichardt

16-17. *Cocconeis neothumensis* Krammer

18-21. *Platessa conspicua* (A. Mayer) Lange-Bertalot

22-23. *Psammothidium bioretii* (Germain) Bukhtiyarova & Round

24-27. *Psammothidium subatomoides* (Hustedt) Bukhtiyarova & Round

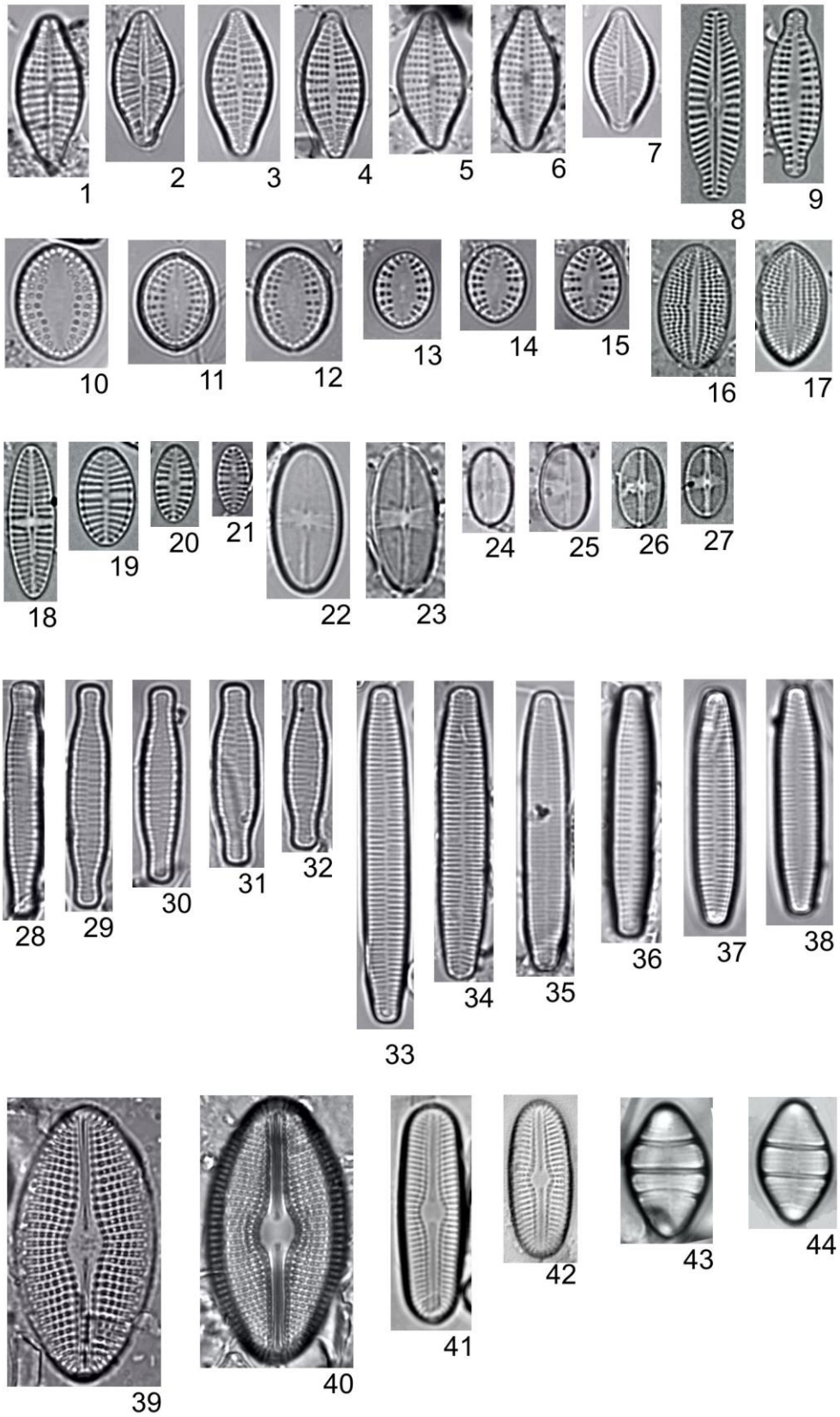
28-32. *Fragilarioforma bicapitata* (A. Mayer) D.M. Williams & Round

33-38. *Fragilarioforma nitzschioides* (Grunow) Lange-Bertalot

39-40. *Diploneis krammeri* Lange-Bertalot & Reichardt

41-42. *Diploneis fontanella* Lange-Bertalot

43-44. *Diatoma mesodon* (Ehrenberg) Kützing (= *Odontidium mesodon* (Ehrenberg) Kützing)



Plansza II

pow. 1500x

1. *Eunotia bilunaris* (Ehrenberg) Schaarschmidt

2-4. *Eunotia exigua* (Brébisson) Rabenhorst

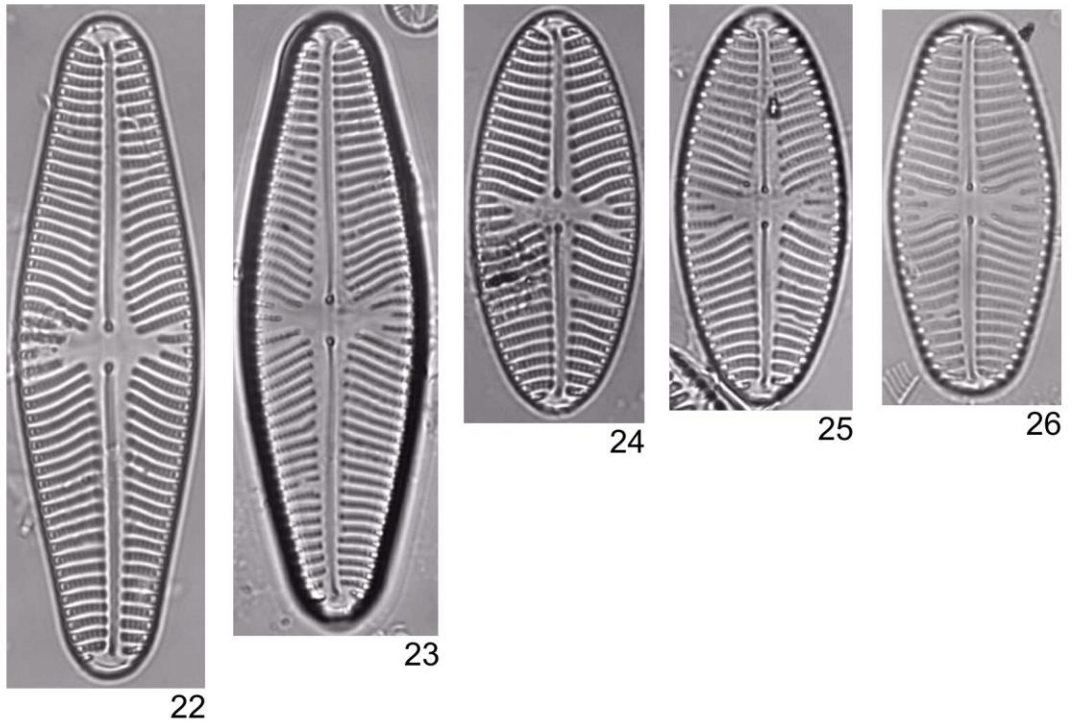
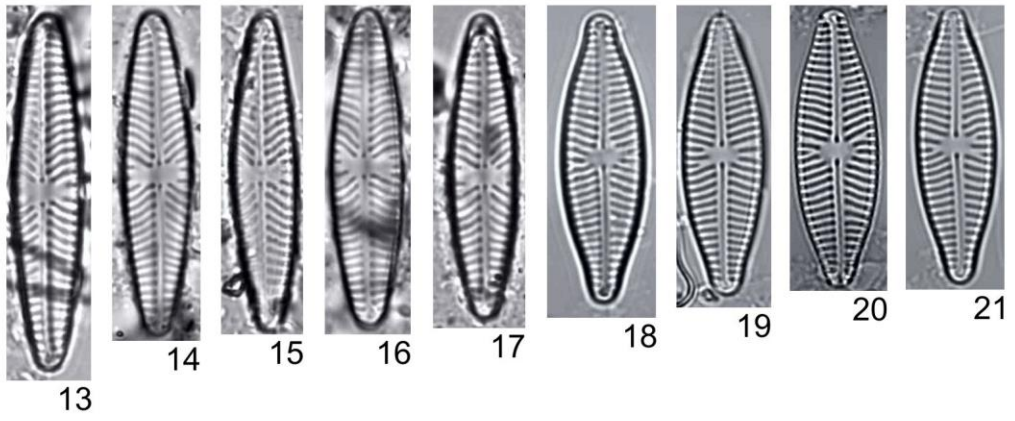
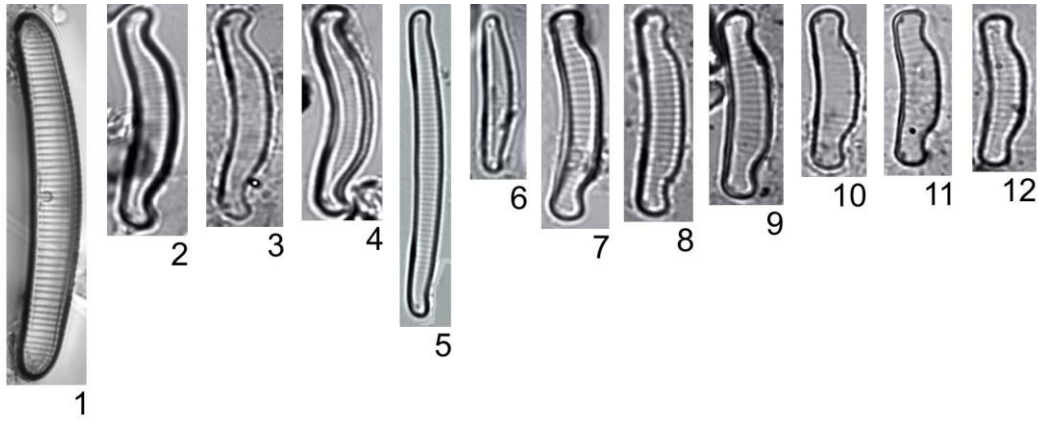
5-7. *Eunotia paludosa* Grunow

8-12. *Eunotia tenella* (Grunow) Hustedt

13-17. *Navicula cari* Ehrenberg

18-21. *Navicula moskalii* Metzeltin, Witkowski & Lange-Bertalot

22-26. *Navicula reinhardtii* (Grunow) Grunow



Plansza III

pow. 1500x

1. *Navicula oblonga* (Kützing) Kützing

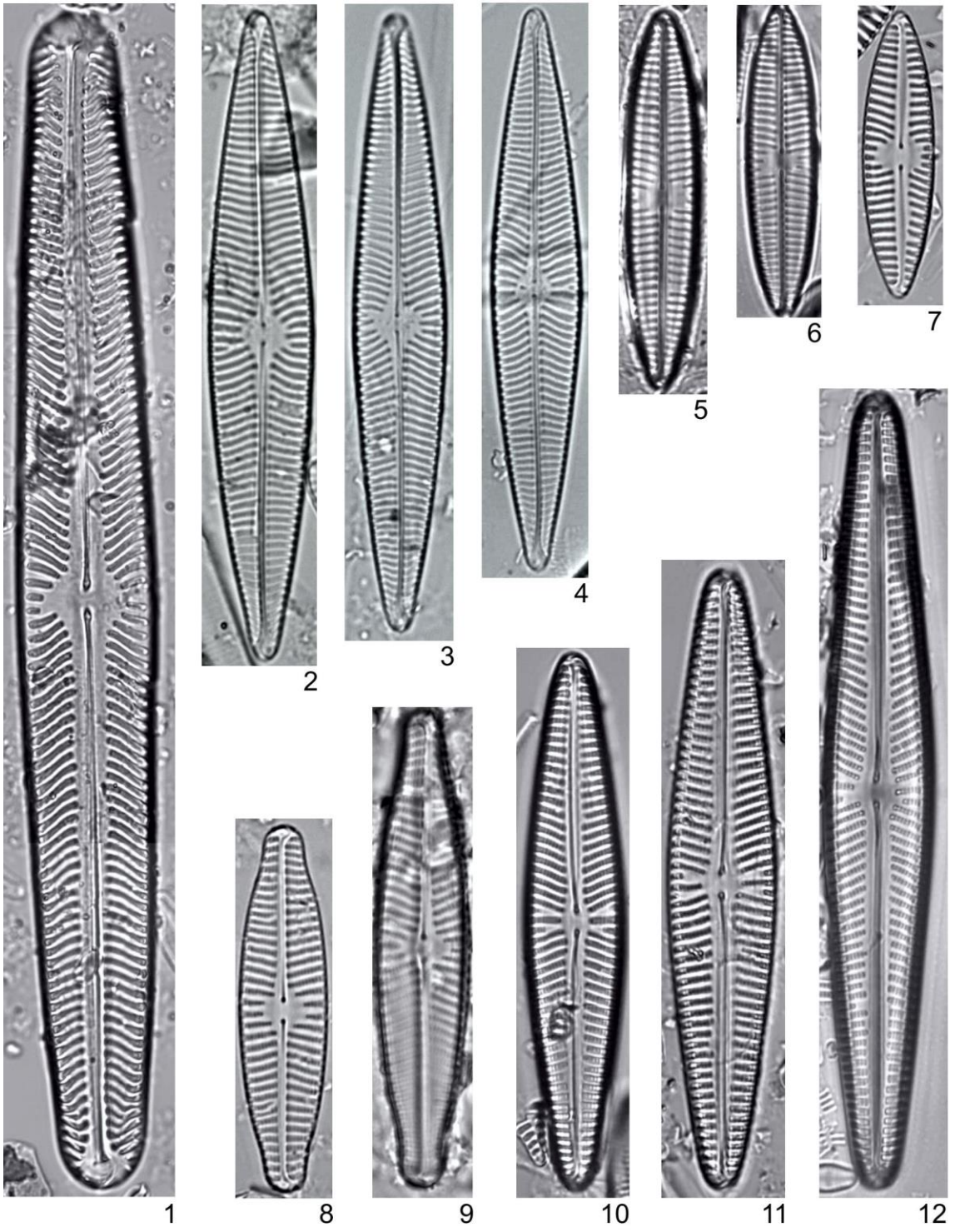
2-4. *Navicula radiosa* Kützing

5-6. *Navicula tripunctata* (O.F. Müller) Bory

7. *Navicula moenofranconica* Lange-Bertalot

8-9. *Navicula slesvicensis* Grunow

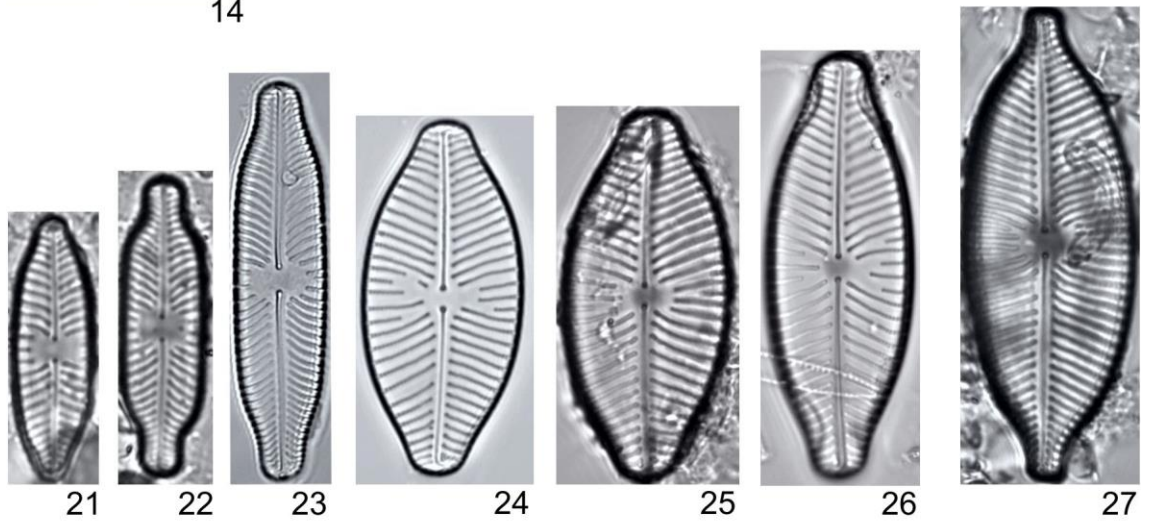
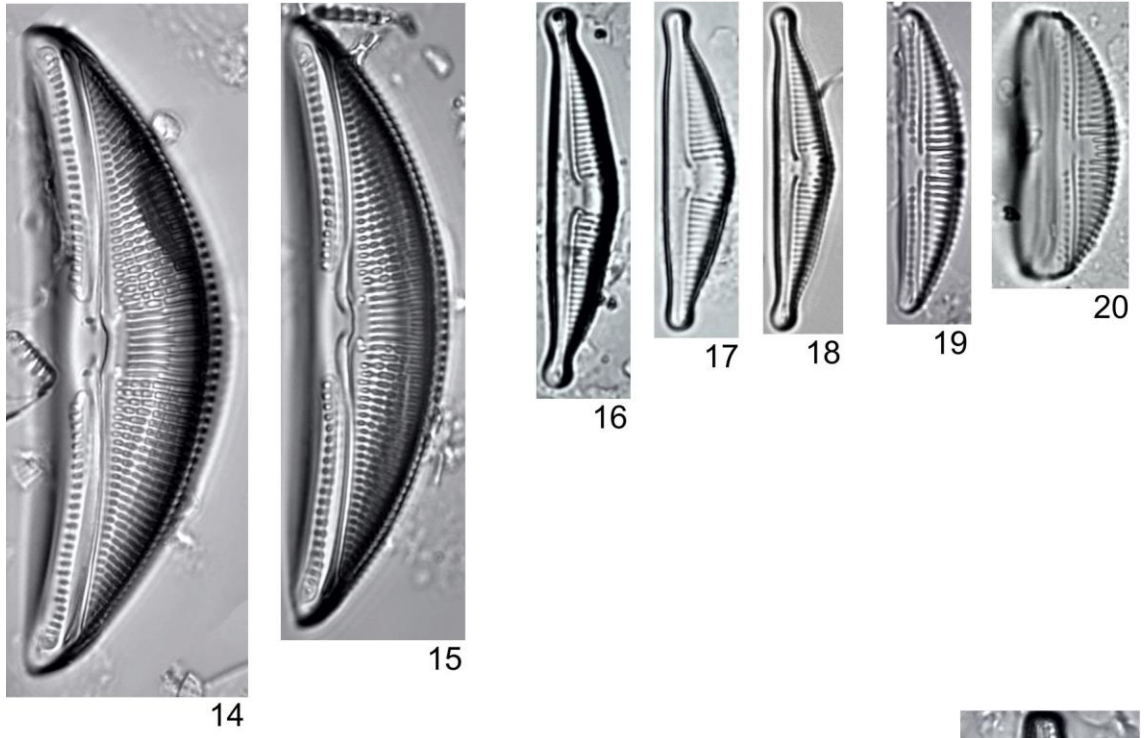
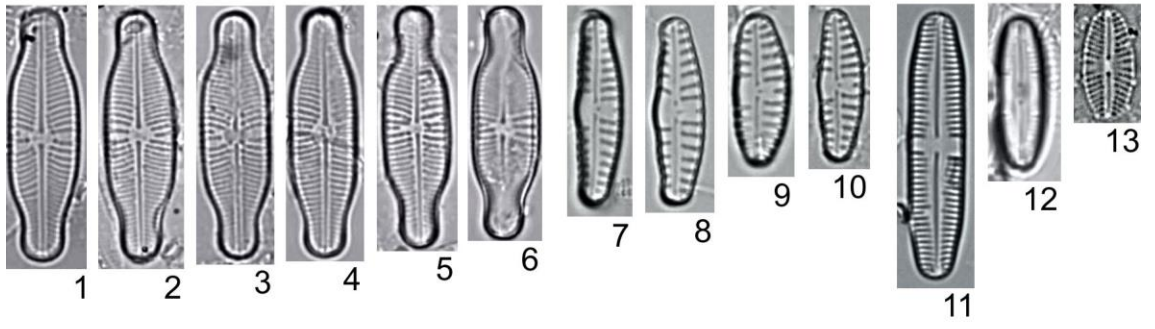
10-12. *Navicula striolata* (Grunow) Lange-Bertalot



Plansza IV

pow. 1500x

- 1-6. *Parlibellus protractoides* (Hustedt) Witkowski, Lange-Bertalot & Metzeltin
- 7-10. *Reimeria sinuata* (Gregory) Kociolek & Stoermer
11. *Caloneis tenuis* (Gregory) Krammer
12. *Caloneis fontinalis* (Grunow) Lange-Bertalot
13. *Mayamaea fossalis* (Krasske) Lange-Bertalot
- 14-15. *Amphora ovalis* (Kützing) Kützing
- 16-18. *Halamphora normanii* (Rabenhorst) Levkov
- 19-20. *Amphora polonica* Żelazna-Wieczorek & Lange-Bertalot
21. *Placoneis ignorata* (Schimanski) Lange-Bertalot
22. *Placoneis paraelginensis* Lange-Bertalot
23. *Placoneis rostrata* (A. Mayer) Cox
- 24-26. *Placoneis gastrum* (Ehrenberg) Mereschkowsky
27. *Placoneis placentula* (Ehrenberg) Mereschkowsky (= *Paraplaconeis placentula* (Ehrenberg) Kulikovskiy & Lange-Bertalot)



Plansza V

pow. 1500x

1-2. *Stauroneis gracilis* Ehrenberg

3-5. *Stauroneis anceps* Ehrenberg

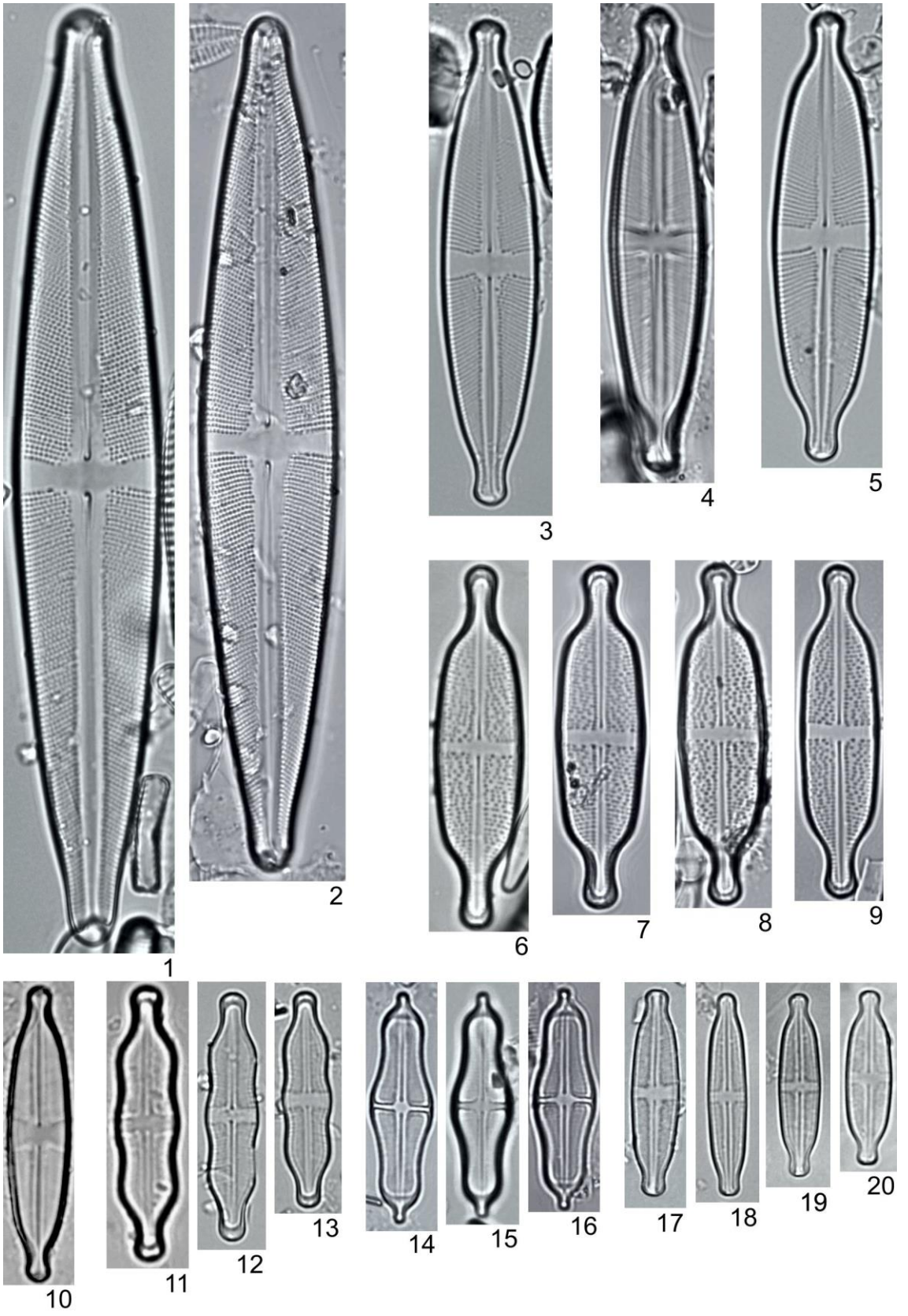
6-9. *Stauroneis lauenburgiana* Hustedt

10. *Stauroneis pseudagrestis* Lange-Bertalot & Werum

11-13. *Stauroneis leguminopsis* Lange-Bertalot & Krammer

14-16. *Stauroneis smithii* Grunow

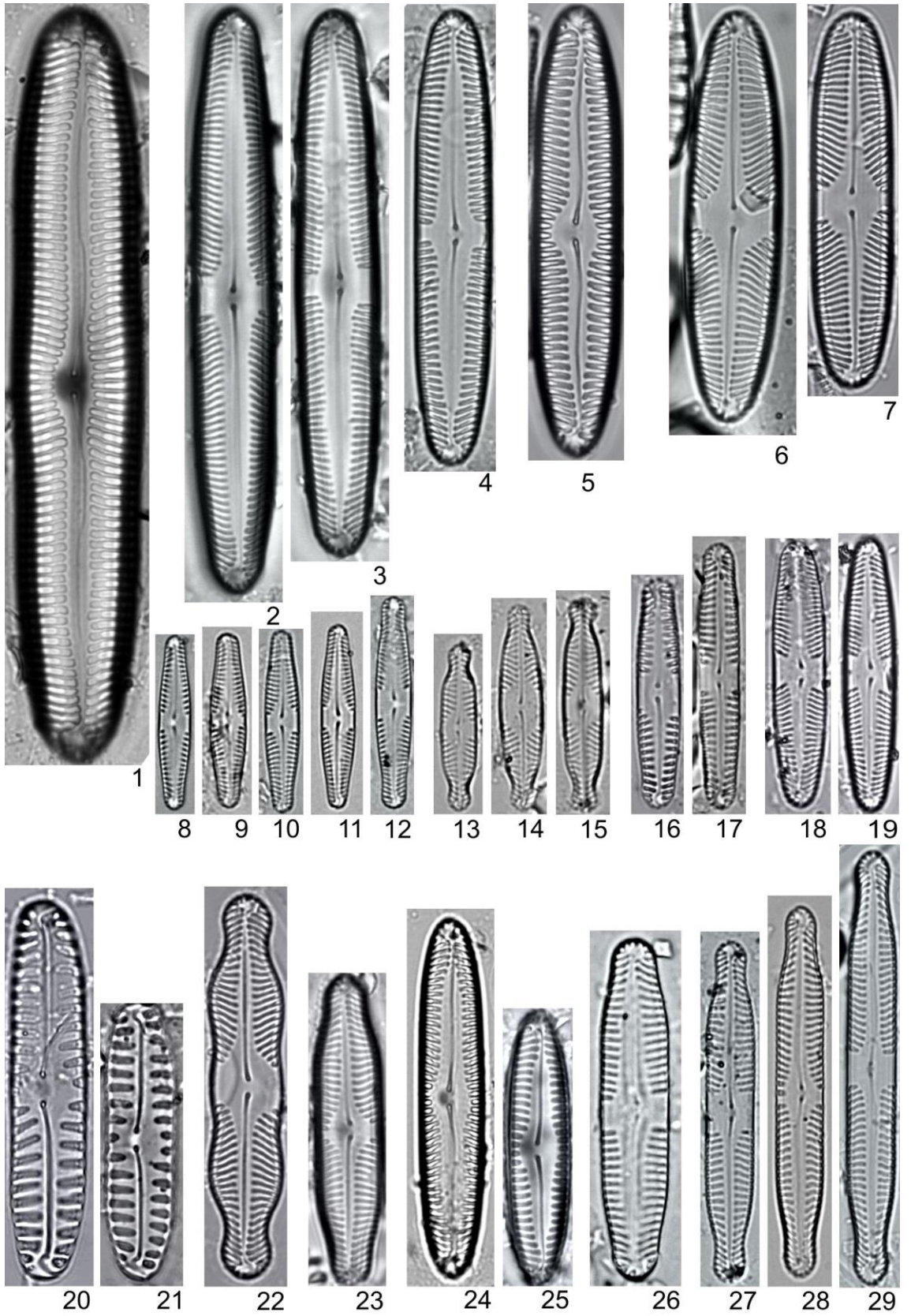
17-20. *Stauroneis kriegeri* Patrick



Plansza VI

pow. 1500x

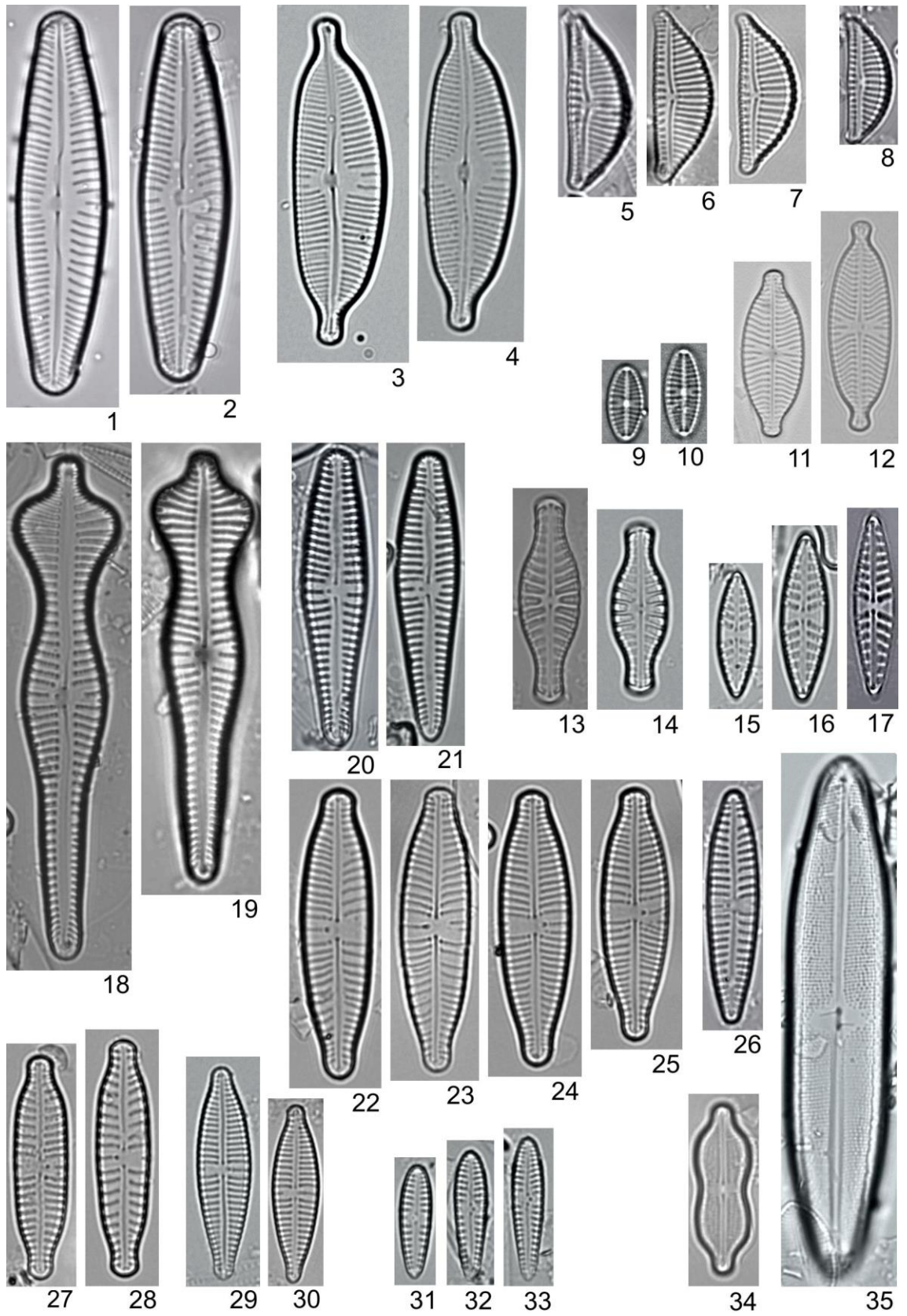
1. *Pinnularia viridiformis* Krammer
- 2-4. *Pinnularia pseudogibba* Krammer
5. *Pinnularia frequentis* Krammer
- 6-7. *Pinnularia brebissonii* (Kützing) Rabenhorst
- 8-12. *Pinnularia perrirorata* Krammer
- 13-15. *Pinnularia schroeterae* Krammer
- 16-17. *Pinnularia sinistra* Krammer
- 18-19. *Pinnularia schoenfelderi* Krammer
- 20-21. *Pinnularia borealis* Ehrenberg
22. *Pinnularia grunowii* Krammer
23. *Pinnularia microstauron* var. *nonfasciata* Krammer
- 24-25. *Pinnularia isselana* Krammer
26. *Pinnularia nodosa* (Ehrenberg) W. Smith
- 27-29. *Pinnularia subcapitata* var. *elongata* Krammer



Plansza VII

pow. 1500x

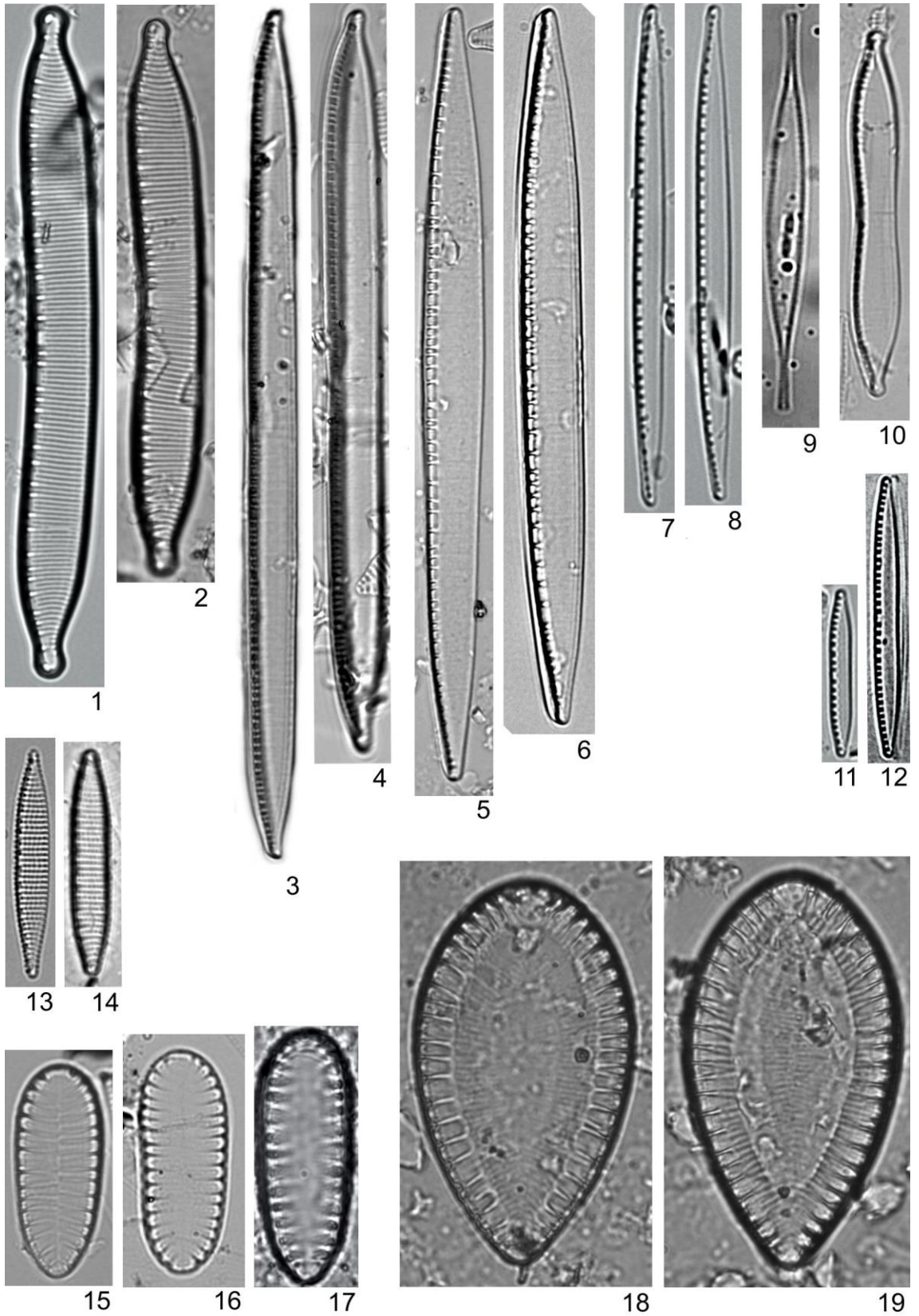
- 1-2. *Cymbopleura subaequalis* (Grunow) Krammer
- 3-4. *Cymbopleura naviculiformis* (Auerswald) Krammer
- 5-7. *Encyonema ventricosum* (C. Agardh) Grunow
8. *Encyonema minutum* (Hilse) D.G. Mann
- 9-10. *Geissleria acceptata* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin
- 11-12. *Geissleria decussis* (Hustedt) Lange-Bertalot & Metzeltin
- 13-14. *Hippodonta capitata* (Ehrenberg) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski
- 15-17. *Hippodonta costulata* (Grunow) Lange-Bertalot, Metzeltin & Witkowski
- 18-19. *Gomphonema acuminatum* Ehrenberg
- 20-21. *Gomphonema subclavatum* Ehrenberg
- 22-25. *Gomphonema micropus* Kützing
26. *Gomphonema utae* Lange-Bertalot & Reichardt
- 27-28. *Gomphonema productum* (Grunow) Lange-Bertalot & Reichardt
- 29-30. *Gomphonema parvulum* (Kützing) Kützing
- 31-33. *Gomphonema pumilum* (Grunow) Reichardt & Lange-Bertalot
34. *Neidium binodiforme* Krammer
35. *Neidium affine* (Ehrenberg) Pfitzer



Plansza VIII

pow. 1500x

- 1-2. *Hantzschia calcifuga* Reichardt & Lange-Bertalot
- 3-4. *Nitzschia linearis* (C. Agardh) W. Smith
- 5-6. *Nitzschia recta* Hantzsch
- 7-8. *Nitzschia bavarica* Hustedt
9. *Nitzschia acicularis* (Kützing) W. Smith
10. *Nitzschia hamburgiensis* Lange-Bertalot
- 11-12. *Nitzschia acidoclinata* Lange-Bertalot
- 13-14. *Nitzschia bulnheimiana* (Rabenhorst) H.L. Smith
- 15-17. *Surirella minuta* Brébisson ex Kützing
- 18-19. *Surirella ovalis* Brébisson



Aneks I

Lista wszystkich zidentyfikowanych taksonów okrzemek ze wszystkich badanych źródeł, z całego okresu badawczego, z uwzględnieniem liczby okryw – Załącznik nr 1 na płycie DVD, katalog główny (nazwa pliku: Załącznik_1.xlsx)

Aneks II

Podobieństwo prób na podstawie udziału procentowego zidentyfikowanych taksonów okrzemek w poszczególnych źródłach – analiza SIMPER

Takson	Średnia liczebność [%]	Średnie podobieństwo	Podobieństwo/SD	Wpływ [%]	Skumulowany wpływ [%]
1	2	3	4	5	6
PDA - Średnie podobieństwo: 40,56					
NSTL	13,93	6,89	1	16,99	16,99
STRHcf	11,29	5,97	1,16	14,72	31,71
PLFR	9	5,02	1,59	12,38	44,08
COPS	10,06	4,94	1,04	12,18	56,26
ACON	5,43	3,28	1,45	8,08	64,34
KCLE	4,9	2,29	0,89	5,64	69,99
MCIR	8,02	2,27	0,49	5,6	75,59
PDB - Średnie podobieństwo: 55,11					
COPS	37,4	27,3	1,58	49,53	49,53
KCLE	7,65	5,24	1,83	9,5	59,03
ACON	6,45	3,33	1,13	6,04	65,07
PLFR	5,61	2,84	1,22	5,15	70,22
POA - Średnie podobieństwo: 35,86					
PTLA	14,47	7,29	0,85	20,32	20,32
ETEN	8,75	4,6	1,17	12,82	33,14
ACON	7,82	3,89	0,88	10,85	43,99
PSAT	8,92	2,98	0,51	8,31	52,3
PLFR	7,76	2,03	0,46	5,65	57,95
EEXI	4,96	1,79	0,72	4,98	62,93
CHSO	4,23	1,59	0,73	4,43	67,36
PSIN	3,85	1,58	0,89	4,4	71,75
POB - Średnie podobieństwo: 56,96					
COPS	21,04	15,72	2,17	27,61	27,61
CLNT	19,02	13,73	2,38	24,11	51,72
ACON	13,46	9,43	1,56	16,56	68,28
AMIN	5,21	3,39	2,09	5,95	74,23
BG - Średnie podobieństwo: 45					
AMIN	22,8	14,83	1,5	32,96	32,96
PTDU	16,86	9,59	1,19	21,31	54,27
PLFR	14,61	7,83	1,05	17,4	71,67
TR - Średnie podobieństwo: 24,20					
PTDU	13,99	7,3	0,9	30,15	30,15
APED	9,83	3,75	0,67	15,5	45,65
PTLA	7,49	2,17	0,42	8,98	54,63
PLFR	5,74	1,94	0,62	8,03	62,67
CPPL	3,13	1,53	0,88	6,32	68,99
AINA	3,6	1,17	0,51	4,81	73,8
KO - Średnie podobieństwo: 29,75					
NCRY	16,76	8,84	0,95	29,71	29,71
PLFR	12,78	6,84	0,92	23,01	52,72
NOBL	10,23	2,17	0,55	7,29	60
PTDU	5,42	2,09	0,59	7,02	67,02
HCAP	3,98	1,5	0,64	5,03	72,06

WO - Średnie podobieństwo: 52,39					
COPS	26,09	18,8	1,82	35,88	35,88
CPPL	14,05	8,55	1,31	16,32	52,2
KCLE	10,37	7,28	1,67	13,89	66,09
PLFR	7,69	3,95	0,95	7,53	73,62
WA - Średnie podobieństwo: 30,25					
FFBI	21,52	6,18	0,38	20,44	20,44
PLFR	14,06	5,46	0,89	18,05	38,49
NSTL	9,8	3,55	0,61	11,75	50,24
PTDU	5,88	2,81	1,2	9,28	59,52
SPIN	10,46	2,68	0,43	8,85	68,37
AMIN	4,97	2,06	0,9	6,82	75,18
PU - Średnie podobieństwo: 45,93					
PLFR	16,88	12,81	2,41	27,89	27,89
MCIR	12,71	7,31	1,17	15,92	43,81
NGRE	9,25	5,98	1,2	13,01	56,82
NLIN	11,59	5,85	0,9	12,74	69,56
PTDU	6,98	3,75	1,06	8,16	77,72
PI - Średnie podobieństwo: 32,14					
PTDU	14,2	9,58	1,62	29,81	29,81
PLFR	13,27	8,06	1,33	25,09	54,89
AMIN	9,08	3,37	0,63	10,48	65,37
NGRE	5,63	2,12	0,68	6,59	71,97
GL - Średnie podobieństwo: 38,69					
PTDU	16,74	11,45	2,15	29,59	29,59
PLFR	10,2	6,76	1,77	17,47	47,07
NANT	10,39	5,03	0,85	12,99	60,06
STLA	11,64	3,75	0,43	9,69	69,75
PAPR	4,8	1,8	0,64	4,66	74,41
CI - Średnie podobieństwo: 38,39					
COPS	19,87	13,42	1,55	26,7	26,7
KCLE	15,78	10,6	1,6	21,09	47,79
ACON	11,45	6,63	1,26	13,19	60,98
PLFR	6,21	3,66	1,32	7,28	68,26
PTDU	4,91	2,7	1,27	5,37	73,64
LA - Średnie podobieństwo: 50,17					
PLFR	19,61	12,26	1,45	24,45	24,45
PTDU	15,49	11,21	2,29	22,35	46,8
AMIN	8,89	4,77	1,36	9,51	56,31
CPPL	5,9	3,61	1,68	7,19	63,5
STLAcf	9,05	2,84	0,5	5,65	69,15
APED	4,22	2,68	1,46	5,34	74,49

Aneks III

Niepodobieństwo pomiędzy źródłami na podstawie udziału taksonów okrzemek w poszczególnych źródłach – analiza SIMPER

Takson	Średnia liczebność [%]	Średnia liczebność [%]	Średnie niepodobieństwo	Niepodobieństwo/S D	Wpływ [%]	Skumulowany wpływ [%]
1	2	3	4	5	6	7
PDA & PDB - Średnie niepodobieństwo: 65,25						
	PDA	PDB				
COPS	10,06	37,4	14,73	1,76	22,57	22,57
NSTL	13,93	3,41	6,05	1,04	9,28	31,85
STRHcf	11,29	2,71	4,78	1,06	7,32	39,17
MCIR	8,02	1,45	3,89	0,7	5,96	45,13
PLFR	9	5,61	3,49	0,95	5,35	50,47
KCLE	4,9	7,65	2,79	1,43	4,27	54,75
NDIS	3,8	2,33	2,67	0,5	4,09	58,84
AMIN	5,84	2,79	2,64	0,53	4,04	62,88
ACON	5,43	6,45	2,56	1,16	3,93	66,8
STLAcf	3,86	1,4	2,29	0,48	3,51	70,31
PDA & POA - Średnie niepodobieństwo: 65,25						
	PDA	POA				
PTLA	3,02	14,47	6,61	1,24	7,96	7,96
NSTL	13,93	1,16	6,57	1,07	7,91	15,87
STRHcf	11,29	0,22	5,56	1,17	6,7	22,57
PLFR	9	7,76	5,14	1	6,18	28,75
COPS	10,06	3,01	4,44	1	5,34	34,09
PSAT	0,45	8,92	4,41	0,84	5,31	39,4
ETEN	0	8,75	4,38	1,16	5,27	44,67
MCIR	8,02	0,02	4	0,69	4,81	49,48
ACON	5,43	7,82	3,15	1,27	3,79	53,27
AMIN	5,84	2,35	2,58	0,51	3,1	56,38
EEXI	0	4,96	2,48	0,75	2,99	59,37
KCLE	4,9	0,27	2,35	1,03	2,83	62,2
CHSO	0	4,23	2,12	0,83	2,55	64,75
STLAcf	3,86	0	1,93	0,4	2,32	67,07
NDIS	3,8	0,1	1,93	0,36	2,32	69,39
PSIN	0	3,85	1,93	0,81	2,32	71,71
PDA & POB - Średnie niepodobieństwo: 71,17						
	PDA	POB				
CLNT	0,37	19,02	9,32	2,07	13,1	13,1
COPS	10,06	21,04	7,23	1,61	10,15	23,25
NSTL	13,93	1,51	6,42	1,05	9,01	32,27
STRHcf	11,29	0,05	5,62	1,18	7,9	40,17
ACON	5,43	13,46	4,73	1,62	6,65	46,82
MCIR	8,02	0,03	4	0,68	5,61	52,43
PLFR	9	6,58	3,65	0,99	5,13	57,56
AMIN	5,84	5,21	2,87	0,6	4,03	61,59
KCLE	4,9	2,55	2,22	1,07	3,13	64,72
STLAcf	3,86	0,01	1,93	0,4	2,71	67,43
NDIS	3,8	0,06	1,91	0,36	2,68	70,11

PDA & BG - Średnie niepodobieństwo: 82,67						
	PDA	BG				
AMIN	5,84	22,8	10,06	1,54	12,17	12,17
PTDU	1,1	16,86	7,94	1,3	9,61	21,77
NSTL	13,93	0,02	6,96	1,11	8,41	30,19
PLFR	9	14,61	5,77	1,19	6,98	37,17
STRHcf	11,29	0	5,65	1,19	6,83	44
COPS	10,06	0,02	5,02	1,05	6,07	50,07
MCIR	8,02	4,14	4,26	0,84	5,16	55,23
FFBI	0,05	6,98	3,49	0,54	4,22	59,45
STKR	0,03	5,89	2,93	1,07	3,55	63
KCLE	4,9	0,01	2,45	1,05	2,96	65,96
ACON	5,43	2,7	2,33	1,26	2,82	68,77
STLAcf	3,86	0,44	1,99	0,42	2,41	71,18
PDA & TR - Średnie niepodobieństwo: 82,28						
	PDA	TR				
PTDU	1,1	13,99	6,68	1,25	8,12	8,12
NSTL	13,93	1,21	6,5	1,06	7,9	16,02
STRHcf	11,29	3,39	5,47	1,16	6,65	22,67
COPS	10,06	0,09	4,99	1,04	6,06	28,73
APED	2,67	9,83	4,51	0,81	5,48	34,22
PLFR	9	5,74	4,08	1,06	4,96	39,17
MCIR	8,02	0,68	4,01	0,71	4,88	44,05
PTLA	3,02	7,49	3,9	0,93	4,74	48,79
SPIN	2,5	4,17	2,86	0,47	3,48	52,26
AMIN	5,84	1,66	2,83	0,55	3,44	55,7
NDIS	3,8	2,42	2,66	0,52	3,24	58,93
KCLE	4,9	2,53	2,56	1,1	3,11	62,05
DCOT	0	5,02	2,51	0,26	3,05	65,1
ACON	5,43	0,71	2,46	1,32	2,99	68,09
STLAcf	3,86	1,03	2,16	0,46	2,62	70,71
PDA & KO - Średnie niepodobieństwo: 90,47						
	PDA	KO				
NCRY	0	16,76	8,38	1,27	9,26	9,26
NSTL	13,93	0,29	6,88	1,11	7,6	16,87
STRHcf	11,29	0,16	5,58	1,17	6,17	23,04
PLFR	9	12,78	5,3	1,38	5,86	28,9
NOBL	0	10,23	5,11	0,49	5,65	34,55
COPS	10,06	0	5,03	1,05	5,56	40,11
MCIR	8,02	0,07	3,99	0,68	4,41	44,52
ACON	5,43	3,01	3,41	0,95	3,77	48,29
AMIN	5,84	1,72	3,11	0,6	3,43	51,72
PTDU	1,1	5,42	2,59	0,96	2,86	54,58
KCLE	4,9	0	2,45	1,06	2,71	57,29
NDIS	3,8	1,22	2,27	0,44	2,51	59,8
NWUE	0	4,15	2,08	0,44	2,29	62,09
HCAP	0	3,98	1,99	0,89	2,2	64,29
STLAcf	3,86	0	1,93	0,4	2,13	66,42
ACOP	3,27	0,08	1,62	0,83	1,79	68,22
NRAD	0	3,2	1,6	0,65	1,77	69,98
PTLA	3,02	0	1,51	0,87	1,67	71,65
PDA & WO - Średnie niepodobieństwo: 71,34						
	PDA	WO				
COPS	10,06	26,09	9,53	1,58	13,36	13,36

NSTL	13,93	1,69	6,34	1,04	8,89	22,25
CPPL	2,88	14,05	5,99	1,39	8,4	30,65
STRHcf	11,29	0,07	5,61	1,18	7,87	38,52
MCIR	8,02	0,09	3,98	0,68	5,58	44,1
PLFR	9	7,69	3,82	1,14	5,36	49,46
KCLE	4,9	10,37	3,69	1,54	5,17	54,63
SPIN	2,5	7,32	3,65	0,93	5,12	59,74
PTDU	1,1	6,85	3,11	1,26	4,36	64,1
AMIN	5,84	4,38	3,03	0,6	4,25	68,35
ACON	5,43	1,76	2,28	1,27	3,2	71,55
PDA & WA - Średnie niepodobieństwo: 77,41						
	PDA	WA				
FFBI	0,05	21,52	10,77	0,76	13,91	13,91
NSTL	13,93	9,8	6,62	1,2	8,56	22,47
PLFR	9	14,06	6,23	0,83	8,04	30,51
STRHcf	11,29	0,09	5,6	1,18	7,24	37,75
SPIN	2,5	10,46	5,36	0,77	6,92	44,67
COPS	10,06	0,01	5,02	1,05	6,49	51,16
MCIR	8,02	0,85	3,9	0,69	5,04	56,2
AMIN	5,84	4,97	3,26	0,64	4,21	60,41
KCLE	4,9	4,6	2,72	1,16	3,51	63,92
FNIT	0,03	5,24	2,63	0,31	3,4	67,32
PTDU	1,1	5,88	2,62	0,91	3,38	70,7
PDA & PU - Średnie niepodobieństwo: 83,57						
	PDA	PU				
NSTL	13,93	0,26	6,87	1,1	8,22	8,22
MCIR	8,02	12,71	6,19	1,29	7,41	15,62
NLIN	0,01	11,59	5,79	1,19	6,93	22,55
STRHcf	11,29	0	5,65	1,19	6,76	29,31
PLFR	9	16,88	5,58	1,62	6,68	35,99
COPS	10,06	0,05	5,01	1,05	5,99	41,99
NGRE	0,03	9,25	4,62	1,68	5,52	47,51
PTDU	1,1	6,98	3,16	1,21	3,78	51,29
AMIN	5,84	3,25	3,05	0,61	3,65	54,94
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	3,25	58,19
ACON	5,43	0,18	2,64	1,4	3,16	61,35
KCLE	4,9	0	2,45	1,06	2,93	64,28
STLAcf	3,86	1,07	2,32	0,47	2,77	67,05
NDIS	3,8	1,04	2,17	0,43	2,6	69,65
SPIN	2,5	1,43	1,82	0,57	2,17	71,82
PDA & PI - Średnie niepodobieństwo: 84,04						
	PDA	PI				
PTDU	1,1	14,2	6,61	1,73	7,86	7,86
NSTL	13,93	1,26	6,59	1,08	7,84	15,7
STRHcf	11,29	0,02	5,64	1,18	6,71	22,41
AMIN	5,84	9,08	5,05	0,88	6,01	28,42
PLFR	9	13,27	4,91	1,27	5,84	34,26
COPS	10,06	0,36	4,9	1,03	5,83	40,09
MCIR	8,02	0,22	3,96	0,68	4,71	44,8
NGRE	0,03	5,63	2,8	0,85	3,34	48,14
NLIN	0,01	5,17	2,58	0,63	3,08	51,21
ACON	5,43	1,05	2,46	1,33	2,93	54,14
KCLE	4,9	1,53	2,22	1,05	2,64	56,78
NDIS	3,8	0,92	2,15	0,42	2,55	59,33

STLAcf	3,86	0,28	1,98	0,41	2,36	61,69
STLA	0,2	3,46	1,79	0,41	2,13	63,82
ACOP	3,27	1,04	1,55	0,88	1,84	65,66
SPIN	2,5	1,37	1,48	0,72	1,76	67,42
PTLA	3,02	0,49	1,4	0,83	1,66	69,08
CPPL	2,88	0,6	1,38	1,02	1,64	70,73
PDA & GL - Średnie niepodobieństwo: 85,04						
	Group	Group				
PTDU	1,1	16,74	7,83	1,57	9,2	9,2
NSTL	13,93	3,48	7,12	1,1	8,38	17,58
STLA	0,2	11,64	5,82	0,82	6,84	24,42
STRHcf	11,29	0,03	5,63	1,18	6,62	31,04
NANT	0,04	10,39	5,18	1,14	6,09	37,13
COPS	10,06	0,51	4,85	1,02	5,7	42,83
MCIR	8,02	0,1	3,98	0,68	4,68	47,52
PLFR	9	10,2	3,7	1,14	4,35	51,87
AMIN	5,84	3,54	2,95	0,59	3,47	55,33
SPIN	2,5	3,62	2,64	0,56	3,11	58,44
ACON	5,43	0,41	2,52	1,33	2,96	61,4
PAPR	0,06	4,8	2,39	0,88	2,81	64,2
KCLE	4,9	0,64	2,28	1,02	2,68	66,88
STLAcf	3,86	0,91	2,17	0,46	2,56	69,44
NDIS	3,8	0,01	1,9	0,36	2,24	71,67
PDA & CI - Średnie niepodobieństwo: 68						
	PDA	CI				
COPS	10,06	19,87	7,24	1,45	10,64	10,64
NSTL	13,93	6,99	6,53	1,08	9,6	20,24
KCLE	4,9	15,78	6,08	1,41	8,95	29,19
STRHcf	11,29	0,14	5,58	1,17	8,2	37,39
ACON	5,43	11,45	4,13	1,19	6,07	43,47
MCIR	8,02	0,48	3,91	0,68	5,75	49,22
AMIN	5,84	5,7	3,61	0,68	5,3	54,52
PLFR	9	6,21	3,25	0,93	4,77	59,29
PTDU	1,1	4,91	2,13	1,12	3,14	62,43
STLAcf	3,86	0,48	2,03	0,43	2,98	65,41
NDIS	3,8	0,02	1,9	0,36	2,8	68,21
CPPL	2,88	4,04	1,65	1,26	2,43	70,64
PDA & LA - Średnie niepodobieństwo: 73,22						
	PDA	LA				
PTDU	1,1	15,49	7,2	1,81	9,83	9,83
PLFR	9	19,61	7,15	1,31	9,76	19,59
NSTL	13,93	4,41	6,68	1,06	9,12	28,71
STLAcf	3,86	9,05	5,13	0,84	7,01	35,72
COPS	10,06	0	5,03	1,05	6,87	42,59
STRHcf	11,29	2,81	4,96	1,11	6,78	49,36
AMIN	5,84	8,89	4,27	0,82	5,84	55,2
MCIR	8,02	0	4,01	0,69	5,47	60,68
NGRE	0,03	6,19	3,08	0,64	4,21	64,88
ACOP	3,27	4,85	2,35	1,01	3,21	68,09
ACON	5,43	1,15	2,3	1,25	3,14	71,23
PDB & POA - Średnie niepodobieństwo: 82,93						
	PDB	POA				
COPS	37,4	3,01	17,32	1,98	20,88	20,88
PTLA	1,29	14,47	6,95	1,22	8,38	29,26

PSAT	0,41	8,92	4,42	0,84	5,33	34,6
ETEN	0	8,75	4,38	1,16	5,28	39,88
PLFR	5,61	7,76	4,3	0,83	5,19	45,06
KCLE	7,65	0,27	3,7	1,77	4,46	49,52
ACON	6,45	7,82	3,47	1,29	4,18	53,7
EEXI	0	4,96	2,48	0,75	2,99	56,69
CHSO	0	4,23	2,12	0,83	2,55	59,24
PSIN	0	3,85	1,93	0,81	2,32	61,57
SPIN	3,72	0,22	1,8	1,04	2,17	63,74
NSTL	3,41	1,16	1,66	0,9	2,01	65,74
CLNT	4,23	1,69	1,64	1,31	1,98	67,72
ENYM	0	3,19	1,6	0,65	1,92	69,65
PPRI	0,02	3,19	1,59	0,65	1,91	71,56
PDB & POB - Średnie niepodobieństwo: 57,31						
	PDB	POB				
COPS	37,4	21,04	11,13	1,78	19,41	19,41
CLNT	4,23	19,02	7,43	1,6	12,96	32,37
ACON	6,45	13,46	4,72	1,58	8,24	40,61
KCLE	7,65	2,55	3,04	1,5	5,31	45,92
PLFR	5,61	6,58	3,01	1,04	5,26	51,17
AMIN	2,79	5,21	1,78	1,12	3,11	54,28
SPIN	3,72	1,57	1,68	1,07	2,93	57,22
NSTL	3,41	1,51	1,63	0,89	2,84	60,05
PSAT	0,41	3,17	1,53	0,94	2,66	62,72
APED	2,66	2,71	1,46	0,99	2,54	65,26
STRHcf	2,71	0,05	1,34	0,89	2,34	67,6
MAFO	2,54	0,19	1,28	0,69	2,23	69,83
NDIS	2,33	0,06	1,17	0,47	2,04	71,86
PDB & BG - Średnie niepodobieństwo: 85,99						
	PDB	BG				
COPS	37,4	0,02	18,69	2,13	21,73	21,73
AMIN	2,79	22,8	10,14	1,56	11,8	33,53
PTDU	1,13	16,86	7,9	1,29	9,19	42,72
PLFR	5,61	14,61	5,89	1,15	6,85	49,57
KCLE	7,65	0,01	3,82	1,84	4,44	54,02
FFBI	0,02	6,98	3,49	0,54	4,06	58,08
STKR	0,07	5,89	2,91	1,06	3,39	61,46
ACON	6,45	2,7	2,85	1,12	3,31	64,78
CLNT	4,23	0	2,12	1,56	2,46	67,24
MCIR	1,45	4,14	2,03	0,89	2,36	69,59
NSTL	3,41	0,02	1,7	0,86	1,98	71,57
PDB & TR - Średnie niepodobieństwo: 83,92						
	PDA	TR				
COPS	37,4	0,09	18,66	2,13	22,23	22,23
PTDU	1,13	13,99	6,67	1,25	7,95	30,18
APED	2,66	9,83	4,56	0,82	5,44	35,61
PTLA	1,29	7,49	3,78	0,83	4,51	40,12
KCLE	7,65	2,53	3,41	1,61	4,07	44,19
PLFR	5,61	5,74	3,25	1,02	3,87	48,06
SPIN	3,72	4,17	3,14	0,54	3,74	51,8
ACON	6,45	0,71	2,99	1,1	3,56	55,36
DCOT	0,01	5,02	2,51	0,26	2,99	58,35
STRHcf	2,71	3,39	2,35	0,72	2,8	61,15
EOMI	2,24	3,51	2,17	0,58	2,59	63,74

GPUM	0	3,85	1,92	0,68	2,29	66,03
NDIS	2,33	2,42	1,88	0,73	2,24	68,28
CLNT	4,23	0,77	1,83	1,37	2,18	70,45
PDB & KO - Średnie niepodobieństwo: 91,80						
	PDB	KO				
COPS	37,4	0	18,7	2,13	20,37	20,37
NCRY	0,01	16,76	8,38	1,27	9,13	29,5
PLFR	5,61	12,78	5,33	1,35	5,81	35,31
NOBL	0	10,23	5,11	0,49	5,57	40,88
ACON	6,45	3,01	3,84	0,98	4,19	45,07
KCLE	7,65	0	3,83	1,84	4,17	49,23
PTDU	1,13	5,42	2,5	0,92	2,72	51,96
CLNT	4,23	0	2,12	1,56	2,3	54,26
NWUE	0	4,15	2,08	0,44	2,26	56,52
HCAP	0	3,98	1,99	0,89	2,17	58,69
SPIN	3,72	0,39	1,79	1,04	1,95	60,64
AMIN	2,79	1,72	1,73	1,16	1,88	62,52
NSTL	3,41	0,29	1,71	0,88	1,87	64,39
NRAD	0	3,2	1,6	0,65	1,74	66,13
NDIS	2,33	1,22	1,48	0,6	1,61	67,74
NLIN	0,27	2,81	1,39	0,91	1,52	69,26
NIGR	0	2,73	1,37	0,56	1,49	70,75
PDB & WO - Średnie niepodobieństwo: 57,48						
	PDB	WO				
COPS	37,4	26,09	10,53	1,71	18,31	18,31
CPPL	1,69	14,05	6,36	1,45	11,06	29,37
SPIN	3,72	7,32	3,49	1,01	6,07	35,44
PLFR	5,61	7,69	3,34	1,24	5,8	41,25
PTDU	1,13	6,85	3,05	1,24	5,31	46,55
KCLE	7,65	10,37	2,94	1,47	5,12	51,67
ACON	6,45	1,76	2,83	1,1	4,93	56,6
AMIN	2,79	4,38	1,88	0,93	3,27	59,88
CLNT	4,23	1,7	1,78	1,42	3,1	62,97
NLIN	0,27	3,22	1,59	0,4	2,77	65,74
NSTL	3,41	1,69	1,57	0,93	2,73	68,47
STRHcf	2,71	0,07	1,34	0,9	2,34	70,81
PDB & WA - Średnie niepodobieństwo: 81,11						
	PDB	WA				
COPS	37,4	0,01	18,69	2,13	23,05	23,05
FFBI	0,02	21,52	10,76	0,76	13,27	36,32
PLFR	5,61	14,06	6,01	0,76	7,41	43,73
SPIN	3,72	10,46	5,31	0,81	6,55	50,28
NSTL	3,41	9,8	4,61	0,94	5,68	55,96
KCLE	7,65	4,6	3,15	1,54	3,88	59,84
ACON	6,45	1,74	2,86	1,09	3,52	63,36
FNIT	0	5,24	2,62	0,31	3,23	66,59
PTDU	1,13	5,88	2,52	0,87	3,11	69,7
AMIN	2,79	4,97	2,15	0,84	2,65	72,35
PDB & PU - Średnie niepodobieństwo: 88,74						
	PDB	PU				
COPS	37,4	0,05	18,68	2,13	21,05	21,05
PLFR	5,61	16,88	6,2	1,73	6,98	28,03
MCIR	1,45	12,71	5,81	1,28	6,55	34,58
NLIN	0,27	11,59	5,71	1,19	6,43	41,01

NGRE	0	9,25	4,63	1,68	5,21	46,23
KCLE	7,65	0	3,83	1,84	4,31	50,54
ACON	6,45	0,18	3,15	1,14	3,55	54,09
PTDU	1,13	6,98	3,11	1,19	3,5	57,59
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	3,06	60,65
CLNT	4,23	1,03	2,38	1,38	2,69	63,34
SPIN	3,72	1,43	2,36	0,88	2,66	65,99
AMIN	2,79	3,25	1,79	1,12	2,02	68,01
NSTL	3,41	0,26	1,68	0,86	1,89	69,91
NANT	0,24	3,23	1,57	1,06	1,77	71,68
PDB & PI - Średnie niepodobieństwo: 85,32						
	PDB	PI				
COPS	37,4	0,36	18,52	2,11	21,71	21,71
PTDU	1,13	14,2	6,6	1,75	7,73	29,44
PLFR	5,61	13,27	5,09	1,3	5,96	35,4
AMIN	2,79	9,08	4,2	0,91	4,92	40,32
KCLE	7,65	1,53	3,24	1,55	3,8	44,12
ACON	6,45	1,05	2,99	1,12	3,5	47,62
NGRE	0	5,63	2,81	0,85	3,3	50,92
NLIN	0,27	5,17	2,56	0,63	3	53,92
CLNT	4,23	0,9	2,13	1,5	2,5	56,42
STLA	0,35	3,46	1,84	0,42	2,16	58,57
NSTL	3,41	1,26	1,76	0,93	2,06	60,63
SPIN	3,72	1,37	1,75	1,08	2,05	62,68
STRHcf	2,71	0,02	1,35	0,9	1,58	64,26
NDIS	2,33	0,92	1,32	0,56	1,55	65,81
APED	2,66	0,04	1,31	0,98	1,54	67,35
MAFO	2,54	0,04	1,27	0,67	1,49	68,84
GPAR	0,03	2,52	1,26	0,47	1,48	70,32
PDB & GL - Średnie niepodobieństwo: 87,22						
	PDB	GL				
COPS	37,4	0,51	18,45	2,1	21,15	21,15
PTDU	1,13	16,74	7,81	1,57	8,95	30,1
STLA	0,35	11,64	5,83	0,83	6,69	36,79
NANT	0,24	10,39	5,1	1,13	5,85	42,64
PLFR	5,61	10,2	3,63	1,3	4,16	46,8
KCLE	7,65	0,64	3,54	1,69	4,06	50,85
ACON	6,45	0,41	3,04	1,1	3,49	54,34
SPIN	3,72	3,62	3,04	0,73	3,49	57,83
NSTL	3,41	3,48	2,72	0,56	3,12	60,95
PAPR	0,01	4,8	2,4	0,88	2,75	63,69
CLNT	4,23	0,24	2,01	1,48	2,3	65,99
NREI	0,05	3,62	1,79	0,95	2,05	68,05
AMIN	2,79	3,54	1,72	1,03	1,97	70,02
PDB & CI - Średnie niepodobieństwo: 58,45						
	PDB	CI				
COPS	37,4	19,87	11,71	1,71	20,03	20,03
KCLE	7,65	15,78	5,14	1,32	8,79	28,83
ACON	6,45	11,45	4,28	1,23	7,33	36,16
NSTL	3,41	6,99	3,44	0,71	5,89	42,05
PLFR	5,61	6,21	2,62	1,08	4,47	46,52
AMIN	2,79	5,7	2,54	0,8	4,34	50,87
PTDU	1,13	4,91	2,05	1,08	3,51	54,38
CLNT	4,23	0,59	1,83	1,36	3,14	57,51

SPIN	3,72	0,79	1,71	1,04	2,93	60,44
CPPL	1,69	4,04	1,39	1,05	2,38	62,82
APED	2,66	0,33	1,37	1,03	2,34	65,16
STRHcf	2,71	0,14	1,32	0,89	2,26	67,42
MAFO	2,54	0	1,27	0,67	2,17	69,59
STCS	0	2,5	1,25	1,29	2,14	71,74
PDB & LA - Średnie niepodobieństwo: 77,97						
	PDB	LA				
COPS	37,4	0	18,7	2,13	23,99	23,99
PLFR	5,61	19,61	7,8	1,36	10	33,99
PTDU	1,13	15,49	7,18	1,82	9,21	43,2
STLAcf	1,4	9,05	4,53	0,82	5,81	49
AMIN	2,79	8,89	3,46	0,94	4,43	53,43
KCLE	7,65	0,88	3,44	1,66	4,41	57,85
NGRE	0	6,19	3,09	0,65	3,97	61,81
ACON	6,45	1,15	2,85	1,06	3,65	65,46
NSTL	3,41	4,41	2,64	0,6	3,39	68,85
ACOP	0,56	4,85	2,24	0,9	2,88	71,73
POA & POB - Średnie niepodobieństwo: 76,41						
	POA	POB				
COPS	3,01	21,04	9,11	1,96	11,93	11,93
CLNT	1,69	19,02	8,66	1,89	11,34	23,27
PTLA	14,47	0,01	7,23	1,2	9,47	32,73
PLFR	7,76	6,58	4,62	0,91	6,05	38,78
ACON	7,82	13,46	4,57	1,49	5,98	44,77
PSAT	8,92	3,17	4,46	0,99	5,83	50,6
ETEN	8,75	1,27	3,92	1,06	5,13	55,73
EEXI	4,96	1,91	2,53	0,82	3,31	59,04
CHSO	4,23	0,14	2,07	0,81	2,7	61,74
PSIN	3,85	0,06	1,9	0,8	2,49	64,24
AMIN	2,35	5,21	1,83	1,11	2,39	66,63
ENYM	3,19	0,2	1,58	0,65	2,07	68,7
APED	2,21	2,71	1,55	1	2,03	70,72
POA & BG - Średnie niepodobieństwo: 89,25						
	POA	BG				
AMIN	2,35	22,8	10,31	1,57	11,55	11,55
PTDU	0,42	16,86	8,23	1,34	9,22	20,77
PTLA	14,47	0	7,24	1,2	8,11	28,88
PLFR	7,76	14,61	7,03	1,23	7,88	36,76
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	5	41,76
ETEN	8,75	0,4	4,2	1,12	4,71	46,46
FFBI	0,19	6,98	3,51	0,54	3,94	50,4
ACON	7,82	2,7	3,51	1,19	3,93	54,34
STKR	0,28	5,89	2,82	1,03	3,16	57,5
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,78	60,28
CHSO	4,23	0,01	2,11	0,82	2,37	62,64
MCIR	0,02	4,14	2,06	0,82	2,31	64,96
PSIN	3,85	0,04	1,91	0,8	2,14	67,1
ENYM	3,19	0	1,6	0,65	1,79	68,89
PPRI	3,19	0,07	1,57	0,64	1,76	70,65
POA & TR - Średnie niepodobieństwo: 88,20						
	POA	TR				
PTDU	0,42	13,99	6,87	1,25	7,79	7,79
PTLA	14,47	7,49	6,72	1,27	7,62	15,41

APED	2,21	9,83	4,68	0,82	5,3	20,71
PLFR	7,76	5,74	4,65	0,85	5,27	25,98
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	5,06	31,04
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	4,96	36
ACON	7,82	0,71	3,72	1,16	4,22	40,22
DCOT	0	5,02	2,51	0,26	2,85	43,07
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,81	45,88
SPIN	0,22	4,17	2,12	0,34	2,4	48,28
CHSO	4,23	0	2,12	0,83	2,4	50,68
PSIN	3,85	0	1,93	0,81	2,18	52,86
GPUM	0	3,85	1,92	0,68	2,18	55,05
EOMI	0,29	3,51	1,81	0,44	2,05	57,09
AINA	0,49	3,6	1,8	0,85	2,04	59,13
STRHcf	0,22	3,39	1,75	0,48	1,98	61,11
ENYM	3,19	0	1,6	0,65	1,81	62,92
PPRI	3,19	0	1,6	0,65	1,81	64,73
COPS	3,01	0,09	1,49	0,74	1,69	66,42
RABB	0	2,93	1,46	0,28	1,66	68,08
CPPL	0,48	3,13	1,42	1,1	1,61	69,69
EUPA	2,82	0	1,41	0,74	1,6	71,29
POA & KO - Średnie niepodobieństwo: 92,68						
	POA	KO				
NCRY	0,2	16,76	8,31	1,27	8,96	8,96
PTLA	14,47	0	7,24	1,2	7,81	16,77
PLFR	7,76	12,78	6,51	1,31	7,02	23,79
NOBL	0	10,23	5,11	0,49	5,52	29,31
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	4,81	34,12
ACON	7,82	3,01	4,44	1,08	4,79	38,91
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	4,72	43,63
PTDU	0,42	5,42	2,64	0,93	2,85	46,48
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,68	49,16
CHSO	4,23	0	2,12	0,83	2,28	51,44
NWUE	0	4,15	2,08	0,44	2,24	53,68
HCAP	0,04	3,98	1,98	0,89	2,13	55,82
PSIN	3,85	0,77	1,85	0,81	2	57,82
NRAD	0	3,2	1,6	0,65	1,72	59,54
ENYM	3,19	0	1,6	0,65	1,72	61,26
PPRI	3,19	0	1,6	0,65	1,72	62,98
AMIN	2,35	1,72	1,58	1,05	1,71	64,69
COPS	3,01	0	1,51	0,74	1,62	66,32
EUPA	2,82	0,2	1,42	0,76	1,53	67,85
NLIN	0,06	2,81	1,4	0,88	1,51	69,36
PSHO	2,79	0	1,4	0,96	1,51	70,87
POA & WO - Średnie niepodobieństwo: 87,93						
	POA	WO				
COPS	3,01	26,09	11,77	1,88	13,38	13,38
PTLA	14,47	0,16	7,2	1,2	8,19	21,57
CPPL	0,48	14,05	6,81	1,49	7,75	29,32
KCLE	0,27	10,37	5,06	2	5,75	35,07
PLFR	7,76	7,69	4,85	1	5,51	40,58
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	5,07	45,65
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	4,98	50,63
SPIN	0,22	7,32	3,6	0,86	4,1	54,73
ACON	7,82	1,76	3,53	1,16	4,02	58,75

PTDU	0,42	6,85	3,29	1,28	3,74	62,49
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,82	65,31
CHSO	4,23	0	2,12	0,83	2,41	67,72
PSIN	3,85	0	1,93	0,81	2,19	69,91
AMIN	2,35	4,38	1,77	0,82	2,01	71,92
POA & WA - Średnie niepodobieństwo: 89,86						
	POA	WA				
FFBI	0,19	21,52	10,78	0,76	12	12
PLFR	7,76	14,06	7,27	0,89	8,09	20,09
PTLA	14,47	0	7,24	1,2	8,05	28,14
SPIN	0,22	10,46	5,2	0,7	5,79	33,93
NSTL	1,16	9,8	4,68	0,87	5,21	39,14
PSAT	8,92	0,03	4,45	0,83	4,95	44,09
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	4,87	48,96
ACON	7,82	1,74	3,59	1,18	4	52,96
PTDU	0,42	5,88	2,79	0,95	3,1	56,06
FNIT	0,05	5,24	2,64	0,31	2,94	59
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,76	61,76
KCLE	0,27	4,6	2,23	0,83	2,48	64,23
AMIN	2,35	4,97	2,14	0,82	2,38	66,61
CHSO	4,23	0	2,12	0,83	2,36	68,97
PSIN	3,85	0	1,93	0,81	2,14	71,11
POA & PU - Średnie niepodobieństwo: 91,86						
	POA	PU				
PLFR	7,76	16,88	7,36	1,86	8,01	8,01
PTLA	14,47	0	7,24	1,2	7,88	15,89
MCIR	0,02	12,71	6,34	1,36	6,9	22,8
NLIN	0,06	11,59	5,77	1,19	6,29	29,08
NGRE	0,23	9,25	4,55	1,69	4,96	34,04
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	4,85	38,89
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	4,76	43,66
ACON	7,82	0,18	3,86	1,17	4,2	47,86
PTDU	0,42	6,98	3,35	1,24	3,65	51,5
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	2,96	54,46
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,7	57,16
CHSO	4,23	0,05	2,1	0,82	2,29	59,45
PSIN	3,85	0,02	1,92	0,8	2,09	61,54
AMIN	2,35	3,25	1,74	1,07	1,89	63,43
NANT	0,02	3,23	1,61	1,05	1,76	65,18
ENYM	3,19	0	1,6	0,65	1,74	66,92
PPRI	3,19	0	1,6	0,65	1,74	68,66
COPS	3,01	0,05	1,5	0,74	1,63	70,29
POA & PI - Średnie niepodobieństwo: 90,30						
	POA	PI				
PTLA	14,47	0,49	7,12	1,21	7,89	7,89
PTDU	0,42	14,2	6,91	1,81	7,65	15,54
PLFR	7,76	13,27	6,41	1,35	7,1	22,64
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	4,94	27,58
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	4,85	32,42
AMIN	2,35	9,08	4,25	0,91	4,7	37,13
ACON	7,82	1,05	3,7	1,17	4,09	41,22
NGRE	0,23	5,63	2,75	0,84	3,05	44,27
NLIN	0,06	5,17	2,57	0,62	2,85	47,12
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,75	49,87

CHSO	4,23	0	2,12	0,83	2,34	52,21
PSIN	3,85	0,26	1,85	0,79	2,05	54,26
STLA	0,24	3,46	1,8	0,41	2	56,26
ENYM	3,19	0,06	1,59	0,65	1,76	58,02
PPRI	3,19	0,09	1,57	0,64	1,74	59,75
COPS	3,01	0,36	1,51	0,76	1,67	61,42
EUPA	2,82	0	1,41	0,74	1,56	62,98
PSHO	2,79	0,1	1,38	0,97	1,53	64,52
GPAR	0,09	2,52	1,26	0,47	1,4	65,92
FVUL	0,01	2,41	1,2	0,75	1,33	67,25
APED	2,21	0,04	1,1	0,74	1,22	68,47
CLNT	1,69	0,9	1,08	0,82	1,2	69,67
NANT	0,02	2,16	1,08	0,46	1,2	70,87
POA & GL - Średnie niepodobieństwo: 91,08						
	POA	GL				
PTDU	0,42	16,74	8,16	1,64	8,96	8,96
PTLA	14,47	0	7,24	1,2	7,95	16,9
STLA	0,24	11,64	5,82	0,82	6,39	23,29
PLFR	7,76	10,2	5,3	1,22	5,82	29,11
NANT	0,02	10,39	5,19	1,14	5,69	34,81
PSAT	8,92	0,01	4,46	0,83	4,89	39,7
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	4,81	44,51
ACON	7,82	0,41	3,77	1,16	4,14	48,65
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,72	51,37
PAPR	0,02	4,8	2,4	0,88	2,63	54
CHSO	4,23	0,07	2,1	0,82	2,3	56,31
NSTL	1,16	3,48	1,98	0,39	2,17	58,48
PSIN	3,85	0,01	1,92	0,81	2,11	60,59
SPIN	0,22	3,62	1,85	0,39	2,04	62,63
NREI	0,01	3,62	1,8	0,96	1,98	64,61
PBIO	1,27	3,1	1,71	0,79	1,88	66,49
AMIN	2,35	3,54	1,63	0,93	1,79	68,27
ENYM	3,19	0,07	1,59	0,65	1,75	70,02
POA & CI - Średnie niepodobieństwo: 83,98						
	POA	CI				
COPS	3,01	19,87	8,72	1,6	10,38	10,38
KCLE	0,27	15,78	7,76	1,71	9,24	19,62
PTLA	14,47	0,14	7,2	1,2	8,58	28,19
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	5,31	33,5
ACON	7,82	11,45	4,41	1,31	5,26	38,76
PLFR	7,76	6,21	4,39	0,9	5,23	43,99
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	5,21	49,2
NSTL	1,16	6,99	3,35	0,65	3,99	53,19
AMIN	2,35	5,7	2,52	0,77	3	56,19
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,95	59,15
PTDU	0,42	4,91	2,3	1,17	2,74	61,88
CHSO	4,23	0	2,12	0,83	2,52	64,4
PSIN	3,85	0,11	1,9	0,8	2,26	66,66
CPPL	0,48	4,04	1,78	1,23	2,12	68,79
ENYM	3,19	0	1,6	0,65	1,9	70,69
POA & LA - Średnie niepodobieństwo: 86,20						
	POA	LA				
PLFR	7,76	19,61	8,62	1,46	10,01	10,01
PTDU	0,42	15,49	7,53	1,91	8,74	18,74

PTLA	14,47	0,34	7,16	1,2	8,3	27,05
STLAcf	0	9,05	4,52	0,78	5,25	32,3
PSAT	8,92	0	4,46	0,83	5,17	37,47
ETEN	8,75	0	4,38	1,16	5,08	42,55
ACON	7,82	1,15	3,6	1,15	4,18	46,72
AMIN	2,35	8,89	3,59	0,97	4,16	50,89
NGRE	0,23	6,19	3	0,63	3,49	54,37
CPPL	0,48	5,9	2,71	1,33	3,15	57,52
EEXI	4,96	0	2,48	0,75	2,88	60,4
ACOP	0,15	4,85	2,37	0,94	2,75	63,15
NSTL	1,16	4,41	2,21	0,48	2,57	65,72
CHSO	4,23	0	2,12	0,83	2,46	68,17
PSIN	3,85	0,01	1,92	0,81	2,23	70,4
POB & BG - Średnie niepodobieństwo: 83,47						
	POB	BG				
COPS	21,04	0,02	10,51	2,39	12,59	12,59
CLNT	19,02	0	9,51	2,12	11,39	23,98
AMIN	5,21	22,8	9,19	1,46	11	34,98
PTDU	2,41	16,86	7,42	1,24	8,89	43,87
PLFR	6,58	14,61	5,89	1,18	7,05	50,93
ACON	13,46	2,7	5,73	1,75	6,87	57,8
FFBI	0,2	6,98	3,52	0,54	4,21	62,01
STKR	0,1	5,89	2,9	1,06	3,47	65,48
MCIR	0,03	4,14	2,06	0,82	2,47	67,95
CPPL	3,23	0,04	1,6	1,71	1,91	69,86
PSAT	3,17	0	1,59	0,93	1,9	71,76
POB & TR - Średnie niepodobieństwo: 86,26						
	POB	TR				
COPS	21,04	0,09	10,47	2,38	12,14	12,14
CLNT	19,02	0,77	9,12	2,02	10,58	22,72
ACON	13,46	0,71	6,42	1,93	7,45	30,16
PTDU	2,41	13,99	6,35	1,26	7,36	37,52
APED	2,71	9,83	4,6	0,82	5,34	42,86
PTLA	0,01	7,49	3,75	0,75	4,34	47,2
PLFR	6,58	5,74	3,54	1,07	4,1	51,31
DCOT	0	5,02	2,51	0,26	2,91	54,22
SPIN	1,57	4,17	2,46	0,41	2,85	57,06
AMIN	5,21	1,66	2,23	1,29	2,59	59,65
GPUM	0	3,85	1,92	0,68	2,23	61,88
KCLE	2,55	2,53	1,82	0,86	2,11	63,99
EOMI	0,36	3,51	1,79	0,44	2,08	66,07
AINA	0,35	3,6	1,79	0,84	2,07	68,14
STRHcf	0,05	3,39	1,7	0,46	1,97	70,11
POB & KO - Średnie niepodobieństwo: 90,17						
	POB	KO				
COPS	21,04	0	10,52	2,39	11,67	11,67
CLNT	19,02	0	9,51	2,12	10,54	22,21
NCRY	0,09	16,76	8,35	1,27	9,26	31,47
ACON	13,46	3,01	6,72	1,87	7,45	38,92
PLFR	6,58	12,78	5,31	1,36	5,89	44,81
NOBL	0	10,23	5,11	0,49	5,67	50,48
AMIN	5,21	1,72	2,59	1,54	2,87	53,35
PTDU	2,41	5,42	2,53	1,06	2,81	56,16
NWUE	0	4,15	2,08	0,44	2,3	58,46

HCAP	0	3,98	1,99	0,89	2,21	60,67
NRAD	0	3,2	1,6	0,65	1,77	62,44
PSAT	3,17	0	1,59	0,93	1,76	64,2
CPPL	3,23	0,37	1,45	1,5	1,61	65,81
NLIN	0,46	2,81	1,43	0,93	1,58	67,4
NIGR	0,03	2,73	1,37	0,57	1,52	68,92
APED	2,71	0,23	1,36	0,88	1,51	70,43
POB & WO - Średnie niepodobieństwo: 63,09						
	POB	WO				
CLNT	19,02	1,7	8,66	1,87	13,72	13,72
COPS	21,04	26,09	6,37	1,26	10,09	23,81
ACON	13,46	1,76	6,01	1,83	9,53	33,35
CPPL	3,23	14,05	5,82	1,4	9,23	42,57
KCLE	2,55	10,37	4,25	1,71	6,74	49,32
PLFR	6,58	7,69	3,53	1,28	5,6	54,92
SPIN	1,57	7,32	3,46	0,89	5,49	60,41
PTDU	2,41	6,85	2,82	1,25	4,48	64,88
AMIN	5,21	4,38	2,11	1,02	3,35	68,23
NLIN	0,46	3,22	1,69	0,43	2,68	70,91
POB & WA - Średnie niepodobieństwo: 83,03						
	POB	WA				
FFBI	0,2	21,52	10,78	0,76	12,99	12,99
COPS	21,04	0,01	10,51	2,39	12,66	25,65
CLNT	19,02	0,15	9,43	2,1	11,36	37,01
PLFR	6,58	14,06	6,16	0,8	7,42	44,43
ACON	13,46	1,74	6,04	1,82	7,27	51,7
SPIN	1,57	10,46	5,2	0,73	6,27	57,97
NSTL	1,51	9,8	4,61	0,87	5,55	63,51
FNIT	0,01	5,24	2,63	0,31	3,16	66,68
PTDU	2,41	5,88	2,37	0,87	2,85	69,53
AMIN	5,21	4,97	2,33	0,95	2,81	72,34
POB & PU - Średnie niepodobieństwo: 87,65						
	POB	PU				
COPS	21,04	0,05	10,5	2,39	11,97	11,97
CLNT	19,02	1,03	9,16	1,98	10,45	22,42
ACON	13,46	0,18	6,65	1,99	7,59	30,01
MCIR	0,03	12,71	6,34	1,36	7,23	37,24
PLFR	6,58	16,88	6	1,69	6,84	44,08
NLIN	0,46	11,59	5,65	1,17	6,44	50,52
NGRE	0,03	9,25	4,62	1,68	5,27	55,79
PTDU	2,41	6,98	2,86	1,19	3,27	59,06
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	3,1	62,15
AMIN	5,21	3,25	2,26	1,28	2,58	64,73
NANT	0,02	3,23	1,61	1,05	1,84	66,57
PSAT	3,17	0	1,59	0,93	1,81	68,38
CPPL	3,23	0,26	1,57	1,7	1,79	70,17
POB & PI - Średnie niepodobieństwo: 84,30						
	POB	PI				
COPS	21,04	0,36	10,34	2,34	12,27	12,27
CLNT	19,02	0,9	9,1	1,97	10,79	23,06
ACON	13,46	1,05	6,3	1,89	7,48	30,53
PTDU	2,41	14,2	6,06	1,62	7,19	37,72
PLFR	6,58	13,27	5,05	1,31	5,99	43,71
AMIN	5,21	9,08	4,16	1,01	4,93	48,64

NGRE	0,03	5,63	2,8	0,85	3,33	51,96
NLIN	0,46	5,17	2,61	0,65	3,09	55,06
STLA	0,27	3,46	1,82	0,41	2,15	57,21
PSAT	3,17	0	1,59	0,93	1,88	59,09
CPPL	3,23	0,6	1,44	1,51	1,7	60,8
APED	2,71	0,04	1,35	0,86	1,6	62,39
KCLE	2,55	1,53	1,34	0,91	1,59	63,98
GPAR	0,14	2,52	1,27	0,48	1,5	65,48
FVUL	0,11	2,41	1,2	0,76	1,42	66,9
NANT	0,02	2,16	1,08	0,46	1,28	68,18
NSTL	1,51	1,26	1,05	0,84	1,24	69,43
SPIN	1,57	1,37	1,02	0,98	1,2	70,63
POB & GL - Średnie niepodobieństwo: 86,29						
	POB	GL				
COPS	21,04	0,51	10,26	2,32	11,9	11,9
CLNT	19,02	0,24	9,39	2,09	10,88	22,77
PTDU	2,41	16,74	7,21	1,44	8,36	31,13
ACON	13,46	0,41	6,55	1,97	7,59	38,72
STLA	0,27	11,64	5,83	0,82	6,76	45,48
NANT	0,02	10,39	5,19	1,14	6,01	51,49
PLFR	6,58	10,2	3,69	1,31	4,28	55,76
PAPR	0,01	4,8	2,4	0,88	2,78	58,54
SPIN	1,57	3,62	2,28	0,5	2,64	61,18
AMIN	5,21	3,54	2,1	1,14	2,44	63,62
NSTL	1,51	3,48	2,05	0,41	2,37	65,99
NREI	0	3,62	1,81	0,96	2,1	68,09
APED	2,71	1,48	1,68	0,84	1,95	70,03
POB & CI - Średnie niepodobieństwo: 60,40						
	POB	CI				
CLNT	19,02	0,59	9,21	2,05	15,26	15,26
KCLE	2,55	15,78	6,87	1,54	11,37	26,63
COPS	21,04	19,87	5,71	1,37	9,45	36,08
ACON	13,46	11,45	4,44	1,48	7,35	43,43
NSTL	1,51	6,99	3,27	0,64	5,42	48,84
PLFR	6,58	6,21	2,9	1,12	4,81	53,65
AMIN	5,21	5,7	2,68	0,9	4,44	58,09
PTDU	2,41	4,91	1,91	1,09	3,16	61,25
PSAT	3,17	0	1,59	0,93	2,63	63,88
APED	2,71	0,33	1,4	0,9	2,32	66,2
CPPL	3,23	4,04	1,31	1,11	2,16	68,36
STCS	0	2,5	1,25	1,29	2,07	70,43
POB & LA - Średnie niepodobieństwo: 76,83						
	POB	LA				
COPS	21,04	0	10,52	2,39	13,69	13,69
CLNT	19,02	2,07	8,47	1,86	11,03	24,72
PLFR	6,58	19,61	7,58	1,33	9,86	34,58
PTDU	2,41	15,49	6,58	1,64	8,56	43,15
ACON	13,46	1,15	6,23	1,9	8,11	51,26
STLAcf	0,01	9,05	4,52	0,78	5,89	57,14
AMIN	5,21	8,89	3,11	0,92	4,04	61,19
NGRE	0,03	6,19	3,08	0,64	4,01	65,2
ACOP	0,2	4,85	2,35	0,93	3,06	68,26
NSTL	1,51	4,41	2,17	0,48	2,83	71,09
BG & TR - Średnie niepodobieństwo: 82,68						

	BG	TR				
AMIN	22,8	1,66	10,67	1,62	12,91	12,91
PTDU	16,86	13,99	6,77	1,36	8,19	21,1
PLFR	14,61	5,74	6,28	1,21	7,6	28,7
APED	0	9,83	4,92	0,8	5,95	34,64
PTLA	0	7,49	3,75	0,75	4,53	39,17
FFBI	6,98	0,37	3,57	0,56	4,32	43,49
STKR	5,89	0	2,95	1,07	3,56	47,06
DCOT	0,01	5,02	2,51	0,26	3,04	50,1
SPIN	1,41	4,17	2,41	0,4	2,92	53,01
EOMI	2,47	3,51	2,23	0,6	2,69	55,71
MCIR	4,14	0,68	2,11	0,87	2,55	58,25
GPUM	0	3,85	1,92	0,68	2,33	60,58
AINA	0,02	3,6	1,8	0,81	2,18	62,76
STRHcf	0	3,39	1,69	0,46	2,05	64,8
CPPL	0,04	3,13	1,55	1,14	1,88	66,68
RABB	0	2,93	1,46	0,28	1,77	68,45
SSEM	2,83	0,71	1,38	0,94	1,67	70,12
BG & KO - Średnie niepodobieństwo: 82,66						
	BG	KO				
AMIN	22,8	1,72	10,71	1,62	12,96	12,96
NCRY	0,65	16,76	8,19	1,26	9,91	22,87
PTDU	16,86	5,42	6,91	1,24	8,36	31,23
PLFR	14,61	12,78	6,1	1,33	7,38	38,61
NOBL	0	10,23	5,11	0,49	6,19	44,79
FFBI	6,98	0	3,49	0,54	4,22	49,02
STKR	5,89	1,08	2,74	1,05	3,31	52,33
ACON	2,7	3,01	2,43	0,59	2,94	55,27
NWUE	0	4,15	2,08	0,44	2,51	57,78
MCIR	4,14	0,07	2,06	0,82	2,49	60,27
HCAP	0,04	3,98	1,98	0,89	2,4	62,67
NRAD	0	3,2	1,6	0,65	1,93	64,6
NLIN	1,55	2,81	1,43	1,12	1,74	66,34
NIGR	0,24	2,73	1,42	0,6	1,71	68,05
SSEM	2,83	0,12	1,39	0,89	1,68	69,73
EOMI	2,47	0,85	1,24	1,05	1,5	71,23
BG & WO - Średnie niepodobieństwo: 81,81						
	BG	WO				
COPS	0,02	26,09	13,03	2,05	15,93	15,93
AMIN	22,8	4,38	9,63	1,49	11,77	27,7
CPPL	0,04	14,05	7,01	1,52	8,56	36,26
PTDU	16,86	6,85	6,41	1,2	7,84	44,1
PLFR	14,61	7,69	5,74	1,21	7,02	51,11
KCLE	0,01	10,37	5,18	2,03	6,33	57,44
FFBI	6,98	0	3,49	0,54	4,27	61,71
SPIN	1,41	7,32	3,47	0,89	4,24	65,95
STKR	5,89	0	2,95	1,07	3,6	69,55
MCIR	4,14	0,09	2,05	0,82	2,51	72,06
BG & WA - Średnie niepodobieństwo: 76,96						
	BG	WA				
FFBI	6,98	21,52	11,57	0,91	15,03	15,03
AMIN	22,8	4,97	9,52	1,49	12,38	27,41
PLFR	14,61	14,06	7,58	1,09	9,85	37,26
PTDU	16,86	5,88	6,73	1,21	8,75	46

SPIN	1,41	10,46	5,2	0,73	6,76	52,76
NSTL	0,02	9,8	4,89	0,87	6,35	59,11
STKR	5,89	0	2,95	1,07	3,83	62,94
FNIT	0,15	5,24	2,67	0,31	3,47	66,41
KCLE	0,01	4,6	2,3	0,84	2,98	69,4
MCIR	4,14	0,85	2,01	0,86	2,62	72,01
BG & PU - Średnie niepodobieństwo: 75,84						
	BG	PU				
AMIN	22,8	3,25	10,06	1,54	13,26	13,26
PTDU	16,86	6,98	6,41	1,2	8,45	21,72
PLFR	14,61	16,88	5,65	1,47	7,46	29,17
MCIR	4,14	12,71	5,33	1,26	7,02	36,2
NLIN	1,55	11,59	5,32	1,16	7,02	43,22
NGRE	0	9,25	4,63	1,68	6,1	49,32
FFBI	6,98	0	3,49	0,54	4,6	53,92
STKR	5,89	0	2,95	1,07	3,88	57,81
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	3,58	61,39
NANT	0,02	3,23	1,61	1,05	2,13	63,51
SSEM	2,83	0,12	1,4	0,9	1,85	65,36
SPIN	1,41	1,43	1,34	0,5	1,76	67,12
ACON	2,7	0,18	1,34	0,73	1,76	68,89
DMES	2,44	0,3	1,24	0,65	1,64	70,52
BG & PI - Średnie niepodobieństwo: 70,72						
	BG	PI				
AMIN	22,8	9,08	8,92	1,43	12,61	12,61
PTDU	16,86	14,2	5,89	1,34	8,33	20,94
PLFR	14,61	13,27	5,81	1,33	8,21	29,15
FFBI	6,98	0	3,49	0,54	4,94	34,09
NGRE	0	5,63	2,81	0,85	3,98	38,07
STKR	5,89	0,47	2,8	1,04	3,96	42,02
NLIN	1,55	5,17	2,57	0,68	3,63	45,65
MCIR	4,14	0,22	2,03	0,82	2,88	48,53
STLA	0,69	3,46	1,95	0,45	2,75	51,28
ACON	2,7	1,05	1,46	0,82	2,06	53,34
SSEM	2,83	0,29	1,38	0,9	1,95	55,29
GPAR	0,34	2,52	1,28	0,49	1,81	57,1
FVUL	0,59	2,41	1,23	0,82	1,74	58,84
DMES	2,44	0,05	1,22	0,63	1,72	60,56
EOMI	2,47	0,91	1,11	1,04	1,57	62,12
NANT	0,02	2,16	1,08	0,46	1,53	63,65
PROS	1,94	0	0,97	0,49	1,37	65,03
SPIN	1,41	1,37	0,97	0,97	1,37	66,39
PPAE	0,45	1,69	0,89	1,05	1,26	67,65
AOVA	0	1,65	0,83	0,67	1,17	68,82
KCLE	0,01	1,53	0,77	0,71	1,08	69,9
ADMS	1,01	0,69	0,68	0,69	0,97	70,87
BG & GL - Średnie niepodobieństwo: 75,84						
	BG	GL				
AMIN	22,8	3,54	9,92	1,53	13,09	13,09
PTDU	16,86	16,74	6,24	1,3	8,22	21,31
STLA	0,69	11,64	5,84	0,84	7,7	29
PLFR	14,61	10,2	5,35	1,26	7,06	36,06
NANT	0,02	10,39	5,19	1,14	6,84	42,9
FFBI	6,98	0	3,49	0,54	4,6	47,5

STKR	5,89	0	2,95	1,07	3,88	51,39
PAPR	0	4,8	2,4	0,88	3,16	54,55
SPIN	1,41	3,62	2,23	0,49	2,94	57,49
MCIR	4,14	0,1	2,05	0,82	2,71	60,2
NREI	0	3,62	1,81	0,96	2,39	62,59
NSTL	0,02	3,48	1,74	0,34	2,29	64,88
PBIO	0	3,1	1,55	0,63	2,04	66,92
HCOS	0	3,06	1,53	0,57	2,02	68,94
SSEM	2,83	1,64	1,52	1,01	2,01	70,94
BG & CI - Średnie niepodobieństwo: 81,45						
	BG	CI				
COPS	0,02	19,87	9,92	1,8	12,18	12,18
AMIN	22,8	5,7	9,46	1,49	11,61	23,8
KCLE	0,01	15,78	7,88	1,73	9,68	33,47
PTDU	16,86	4,91	6,71	1,18	8,24	41,71
PLFR	14,61	6,21	5,69	1,16	6,98	48,69
ACON	2,7	11,45	4,92	1,27	6,03	54,73
FFBI	6,98	0	3,49	0,54	4,28	59,01
NSTL	0,02	6,99	3,49	0,66	4,28	63,29
STKR	5,89	1,73	2,91	1,05	3,57	66,86
MCIR	4,14	0,48	2,01	0,83	2,46	69,33
CPPL	0,04	4,04	2	1,39	2,45	71,78
BG & LA - Średnie niepodobieństwo: 69,18						
	BG	LA				
AMIN	22,8	8,89	8,43	1,41	12,18	12,18
PLFR	14,61	19,61	7,04	1,34	10,17	22,35
PTDU	16,86	15,49	5,87	1,35	8,49	30,84
STLAcf	0,44	9,05	4,47	0,79	6,46	37,3
FFBI	6,98	0	3,49	0,54	5,05	42,34
NGRE	0	6,19	3,09	0,65	4,47	46,81
STKR	5,89	0	2,95	1,07	4,26	51,07
CPPL	0,04	5,9	2,93	1,43	4,23	55,3
ACOP	0,16	4,85	2,35	0,93	3,4	58,71
NSTL	0,02	4,41	2,2	0,47	3,18	61,88
APED	0	4,22	2,11	1,65	3,05	64,93
MCIR	4,14	0	2,07	0,82	3	67,93
STRHcf	0	2,81	1,41	0,7	2,03	69,96
SSEM	2,83	0,2	1,38	0,89	1,99	71,95
TR & KO - Średnie niepodobieństwo: 89,62						
	TR	KO				
NCRY	0,08	16,76	8,35	1,27	9,32	9,32
PTDU	13,99	5,42	6	1,28	6,7	16,02
PLFR	5,74	12,78	5,63	1,33	6,28	22,3
NOBL	0	10,23	5,11	0,49	5,71	28
APED	9,83	0,23	4,89	0,81	5,45	33,46
PTLA	7,49	0	3,75	0,75	4,18	37,64
DCOT	5,02	0	2,51	0,26	2,8	40,44
SPIN	4,17	0,39	2,17	0,35	2,42	42,85
NWUE	0	4,15	2,08	0,44	2,32	45,17
HCAP	0,29	3,98	2	0,91	2,23	47,39
GPUM	3,85	0,12	1,93	0,69	2,15	49,55
EOMI	3,51	0,85	1,91	0,48	2,13	51,68
AINA	3,6	0,21	1,8	0,82	2,01	53,69
NLIN	1,84	2,81	1,78	0,91	1,98	55,67

STRHcf	3,39	0,16	1,73	0,47	1,93	57,6
ACON	0,71	3,01	1,72	0,4	1,92	59,52
NRAD	0	3,2	1,6	0,65	1,78	61,3
NDIS	2,42	1,22	1,5	0,76	1,67	62,97
RABB	2,93	0,07	1,49	0,28	1,66	64,63
CPPL	3,13	0,37	1,48	1,13	1,65	66,29
AMIN	1,66	1,72	1,39	0,74	1,55	67,84
NIGR	0,01	2,73	1,37	0,56	1,53	69,37
KCLE	2,53	0	1,26	0,55	1,41	70,78
TR & WO - Średnie niepodobieństwo: 82,02						
	TR	WO				
COPS	0,09	26,09	13,01	2,05	15,86	15,86
CPPL	3,13	14,05	5,89	1,38	7,18	23,03
PTDU	13,99	6,85	5,67	1,32	6,91	29,94
APED	9,83	1	4,7	0,79	5,73	35,67
SPIN	4,17	7,32	4,69	0,76	5,71	41,39
KCLE	2,53	10,37	4,52	1,75	5,51	46,89
PLFR	5,74	7,69	3,79	1,2	4,62	51,51
PTLA	7,49	0,16	3,74	0,76	4,56	56,07
DCOT	5,02	0	2,51	0,26	3,06	59,13
NLIN	1,84	3,22	2,13	0,53	2,6	61,73
AMIN	1,66	4,38	2,06	0,9	2,51	64,24
GPUM	3,85	0,01	1,92	0,68	2,34	66,58
NGRE	1,67	2,64	1,82	0,65	2,22	68,8
AINA	3,6	0,04	1,8	0,81	2,19	70,99
TR & WA - Średnie niepodobieństwo: 83,81						
	TR	WA				
FFBI	0,37	21,52	10,8	0,77	12,88	12,88
PLFR	5,74	14,06	6,52	0,83	7,78	20,66
SPIN	4,17	10,46	6,18	0,75	7,38	28,04
PTDU	13,99	5,88	5,94	1,3	7,09	35,13
NSTL	1,21	9,8	4,62	0,86	5,51	40,64
APED	9,83	1,9	4,56	0,8	5,44	46,07
PTLA	7,49	0	3,75	0,75	4,47	50,54
FNIT	0	5,24	2,62	0,31	3,13	53,67
KCLE	2,53	4,6	2,57	0,96	3,07	56,74
DCOT	5,02	0	2,51	0,26	2,99	59,74
AMIN	1,66	4,97	2,37	0,86	2,83	62,57
GPUM	3,85	0,09	1,93	0,68	2,3	64,87
AINA	3,6	0,02	1,8	0,81	2,15	67,01
EOMI	3,51	0,09	1,76	0,43	2,1	69,11
STRHcf	3,39	0,09	1,71	0,46	2,04	71,15
TR & PU - Średnie niepodobieństwo: 83,96						
	TR	PU				
PLFR	5,74	16,88	6,53	1,75	7,77	7,77
MCIR	0,68	12,71	6,1	1,31	7,27	15,04
PTDU	13,99	6,98	5,69	1,32	6,77	21,81
NLIN	1,84	11,59	5,49	1,19	6,54	28,35
APED	9,83	1,02	4,78	0,81	5,69	34,04
NGRE	1,67	9,25	4,37	1,61	5,2	39,24
PTLA	7,49	0	3,75	0,75	4,46	43,7
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	3,23	46,94
SPIN	4,17	1,43	2,66	0,41	3,16	50,1
DCOT	5,02	0,07	2,53	0,26	3,01	53,11

GPUM	3,85	0,32	1,96	0,71	2,33	55,45
AINA	3,6	0	1,8	0,8	2,14	57,59
AMIN	1,66	3,25	1,78	0,92	2,12	59,71
EOMI	3,51	0,06	1,76	0,43	2,1	61,81
STRHcf	3,39	0	1,69	0,46	2,02	63,83
NANT	0,54	3,23	1,59	1,09	1,89	65,72
CPPL	3,13	0,26	1,55	1,15	1,84	67,56
RABB	2,93	0	1,46	0,28	1,74	69,3
NREI	2,13	0,93	1,41	0,47	1,68	70,98
TR & PI - Średnie niepodobieństwo: 80,28						
	TR	PI				
PTDU	13,99	14,2	5,58	1,46	6,95	6,95
PLFR	5,74	13,27	5,5	1,36	6,85	13,81
APED	9,83	0,04	4,9	0,8	6,11	19,91
AMIN	1,66	9,08	4,38	0,89	5,46	25,37
PTLA	7,49	0,49	3,74	0,78	4,66	30,03
NGRE	1,67	5,63	2,96	0,91	3,69	33,72
NLIN	1,84	5,17	2,86	0,72	3,56	37,28
DCOT	5,02	0	2,51	0,26	3,13	40,41
SPIN	4,17	1,37	2,42	0,4	3,02	43,42
GPUM	3,85	0,27	1,95	0,7	2,43	45,85
EOMI	3,51	0,91	1,86	0,47	2,32	48,17
AINA	3,6	0,75	1,79	0,88	2,23	50,4
STLA	0	3,46	1,73	0,39	2,16	52,56
STRHcf	3,39	0,02	1,7	0,46	2,11	54,67
KCLE	2,53	1,53	1,56	0,76	1,94	56,61
CPPL	3,13	0,6	1,48	1,15	1,84	58,45
RABB	2,93	0	1,46	0,28	1,82	60,27
NDIS	2,42	0,92	1,37	0,77	1,7	61,98
CHIB	2,44	0,14	1,27	0,27	1,58	63,55
GPAR	0,15	2,52	1,27	0,48	1,58	65,13
FVUL	0,3	2,41	1,21	0,79	1,5	66,64
NREI	2,13	0,37	1,21	0,39	1,5	68,14
ACOP	2,06	1,04	1,2	0,65	1,49	69,63
NANT	0,54	2,16	1,19	0,52	1,48	71,11
TR & GL - Średnie niepodobieństwo: 79,95						
	TR	GL				
PTDU	13,99	16,74	6,07	1,34	7,59	7,59
STLA	0	11,64	5,82	0,81	7,28	14,87
NANT	0,54	10,39	5,04	1,13	6,31	21,18
APED	9,83	1,48	4,87	0,82	6,09	27,28
PLFR	5,74	10,2	4,19	1,38	5,24	32,52
PTLA	7,49	0	3,75	0,75	4,69	37,2
SPIN	4,17	3,62	3,5	0,49	4,37	41,58
DCOT	5,02	0	2,51	0,26	3,14	44,72
NREI	2,13	3,62	2,43	0,87	3,04	47,76
PAPR	0,02	4,8	2,39	0,88	3	50,76
NSTL	1,21	3,48	1,95	0,39	2,43	53,19
GPUM	3,85	0	1,92	0,68	2,41	55,6
AINA	3,6	1,32	1,83	0,94	2,29	57,88
AMIN	1,66	3,54	1,79	0,91	2,24	60,13
EOMI	3,51	0,12	1,76	0,43	2,21	62,33
HCOS	1,04	3,06	1,74	0,67	2,18	64,51
STRHcf	3,39	0,03	1,7	0,46	2,12	66,63

NLIN	1,84	2,3	1,62	0,73	2,02	68,65
PBIO	0,05	3,1	1,55	0,64	1,94	70,59
TR & CI - Średnie niepodobieństwo: 83,52						
	TR	CI				
COPS	0,09	19,87	9,89	1,8	11,84	11,84
KCLE	2,53	15,78	7,01	1,55	8,4	20,24
PTDU	13,99	4,91	5,87	1,28	7,03	27,28
ACON	0,71	11,45	5,43	1,35	6,5	33,78
APED	9,83	0,33	4,89	0,81	5,86	39,63
PTLA	7,49	0,14	3,75	0,76	4,49	44,12
NSTL	1,21	6,99	3,25	0,63	3,89	48,01
PLFR	5,74	6,21	3,24	1,13	3,88	51,89
AMIN	1,66	5,7	2,73	0,8	3,27	55,16
DCOT	5,02	0	2,51	0,26	3,01	58,17
SPIN	4,17	0,79	2,25	0,36	2,69	60,86
AINA	3,6	2,5	1,97	1,07	2,36	63,22
GPUM	3,85	0	1,92	0,68	2,3	65,52
EOMI	3,51	0,46	1,84	0,45	2,2	67,72
STRHcf	3,39	0,14	1,71	0,47	2,05	69,77
CPPL	3,13	4,04	1,59	1,26	1,9	71,68
TR & LA - Średnie niepodobieństwo: 72,98						
	TR	LA				
PLFR	5,74	19,61	8,06	1,38	11,04	11,04
PTDU	13,99	15,49	5,6	1,42	7,67	18,71
APED	9,83	4,22	4,49	0,87	6,16	24,87
STLAcf	1,03	9,05	4,46	0,81	6,11	30,98
AMIN	1,66	8,89	3,97	1,06	5,44	36,42
PTLA	7,49	0,34	3,77	0,77	5,16	41,58
NGRE	1,67	6,19	3,32	0,72	4,56	46,13
SPIN	4,17	1,8	2,61	0,43	3,58	49,71
DCOT	5,02	0	2,51	0,26	3,44	53,15
ACOP	2,06	4,85	2,49	0,99	3,41	56,56
STRHcf	3,39	2,81	2,43	0,7	3,33	59,89
CPPL	3,13	5,9	2,13	1,16	2,92	62,81
NSTL	1,21	4,41	2,12	0,47	2,91	65,72
GPUM	3,85	0	1,92	0,68	2,64	68,36
EOMI	3,51	0,72	1,83	0,46	2,51	70,86
KO & WO - Średnie niepodobieństwo: 88,93						
	KO	WO				
COPS	0	26,09	13,04	2,05	14,67	14,67
NCRY	16,76	0,01	8,38	1,27	9,42	24,09
CPPL	0,37	14,05	6,88	1,51	7,73	31,82
KCLE	0	10,37	5,18	2,03	5,83	37,65
PLFR	12,78	7,69	5,14	1,38	5,78	43,42
NOBL	10,23	0	5,11	0,49	5,75	49,17
SPIN	0,39	7,32	3,59	0,87	4,03	53,21
PTDU	5,42	6,85	3,21	1,35	3,61	56,82
AMIN	1,72	4,38	2,38	1,03	2,68	59,5
NLIN	2,81	3,22	2,3	0,63	2,58	62,08
ACON	3,01	1,76	2,09	0,5	2,35	64,43
NWUE	4,15	0	2,08	0,44	2,33	66,76
HCAP	3,98	0	1,99	0,89	2,24	69
NRAD	3,2	0	1,6	0,65	1,8	70,8
KO & WA - Średnie niepodobieństwo: 87,58						

	KO	WA				
FFBI	0	21,52	10,76	0,76	12,29	12,29
NCRY	16,76	0,01	8,38	1,27	9,57	21,85
PLFR	12,78	14,06	7,26	1,09	8,29	30,15
SPIN	0,39	10,46	5,22	0,7	5,96	36,1
NOBL	10,23	0	5,11	0,49	5,84	41,94
NSTL	0,29	9,8	4,86	0,88	5,55	47,49
PTDU	5,42	5,88	3,15	1,15	3,6	51,09
AMIN	1,72	4,97	2,63	0,94	3	54,09
FNIT	0	5,24	2,62	0,31	2,99	57,09
KCLE	0	4,6	2,3	0,84	2,63	59,72
ACON	3,01	1,74	2,08	0,5	2,37	62,09
NWUE	4,15	0	2,08	0,44	2,37	64,46
HCAP	3,98	0,08	1,97	0,89	2,25	66,71
NRAD	3,2	0	1,6	0,65	1,83	68,53
NLIN	2,81	1,69	1,48	1,1	1,7	70,23
KO & PU - Średnie niepodobieństwo: 81,18						
	KO	PU				
NCRY	16,76	0,43	8,22	1,26	10,12	10,12
MCIR	0,07	12,71	6,33	1,36	7,79	17,92
PLFR	12,78	16,88	5,23	1,46	6,44	24,36
NLIN	2,81	11,59	5,14	1,18	6,33	30,69
NOBL	10,23	0	5,11	0,49	6,3	36,99
NGRE	0	9,25	4,63	1,68	5,7	42,69
PTDU	5,42	6,98	3,28	1,33	4,04	46,72
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	3,34	50,07
NWUE	4,15	0	2,08	0,44	2,56	52,62
HCAP	3,98	2,16	2	1,1	2,47	55,09
AMIN	1,72	3,25	1,96	0,91	2,42	57,51
NRAD	3,2	0,24	1,61	0,67	1,99	59,49
NANT	0,81	3,23	1,59	1,11	1,96	61,46
ACON	3,01	0,18	1,55	0,35	1,91	63,37
GPAR	2,43	1,63	1,48	0,99	1,82	65,19
NIGR	2,73	0	1,37	0,56	1,68	66,87
PAPR	0,2	2,42	1,22	0,75	1,51	68,38
SPUP	2,3	0,26	1,19	0,71	1,46	69,84
NSLE	0	2,05	1,02	0,93	1,26	71,1
KO & PI - Średnie niepodobieństwo: 82,13						
	KO	PI				
NCRY	16,76	0,02	8,37	1,27	10,2	10,2
PTDU	5,42	14,2	5,41	1,48	6,58	16,78
PLFR	12,78	13,27	5,35	1,41	6,52	23,3
NOBL	10,23	0	5,11	0,49	6,23	29,52
AMIN	1,72	9,08	4,5	0,91	5,48	35,01
NLIN	2,81	5,17	2,83	0,79	3,45	38,46
NGRE	0	5,63	2,81	0,85	3,43	41,88
NWUE	4,15	0	2,08	0,44	2,53	44,41
HCAP	3,98	0,1	1,96	0,89	2,39	46,8
ACON	3,01	1,05	1,85	0,43	2,25	49,05
GPAR	2,43	2,52	1,8	0,74	2,19	51,24
STLA	0	3,46	1,73	0,39	2,11	53,35
NRAD	3,2	0,35	1,59	0,66	1,93	55,28
NIGR	2,73	0	1,37	0,56	1,66	56,95
NANT	0,81	2,16	1,28	0,56	1,56	58,5

FVUL	0	2,41	1,2	0,75	1,46	59,97
SPUP	2,3	0,24	1,18	0,7	1,44	61,41
PPAE	0,78	1,69	0,9	1,14	1,1	62,51
GUTA	1,76	0	0,88	0,79	1,07	63,58
NDIS	1,22	0,92	0,87	0,68	1,06	64,65
AOVA	0	1,65	0,83	0,67	1,01	65,65
NTAN	1,42	0,28	0,79	0,51	0,96	66,61
KCLE	0	1,53	0,77	0,71	0,93	67,55
SPIN	0,39	1,37	0,75	0,74	0,91	68,46
NSTL	0,29	1,26	0,72	0,57	0,87	69,33
EOMI	0,85	0,91	0,67	0,79	0,82	70,14
KO & GL - Średnie niepodobieństwo: 81,14						
	KO	GL				
NCRY	16,76	0	8,38	1,27	9,96	9,96
PTDU	5,42	16,74	6,27	1,23	7,45	17,42
STLA	0	11,64	5,82	0,81	6,92	24,33
NOBL	10,23	0	5,11	0,49	6,08	30,41
NANT	0,81	10,39	4,98	1,13	5,92	36,33
PLFR	12,78	10,2	4,82	1,47	5,73	42,06
PAPR	0,2	4,8	2,37	0,88	2,82	44,88
NWUE	4,15	0	2,08	0,44	2,47	47,34
AMIN	1,72	3,54	2,05	0,98	2,44	49,79
HCAP	3,98	0,89	1,99	0,94	2,36	52,14
SPIN	0,39	3,62	1,92	0,4	2,28	54,43
NSTL	0,29	3,48	1,82	0,35	2,16	56,58
NREI	0,03	3,62	1,8	0,95	2,14	58,72
NLIN	2,81	2,3	1,72	0,99	2,05	60,77
ACON	3,01	0,41	1,61	0,37	1,92	62,69
NRAD	3,2	0	1,6	0,65	1,9	64,59
GPAR	2,43	1,68	1,55	0,86	1,85	66,44
PBIO	0	3,1	1,55	0,63	1,84	68,28
HCOS	0	3,06	1,53	0,57	1,82	70,1
KO & CI - Średnie niepodobieństwo: 88,37						
	KO	CI				
COPS	0	19,87	9,93	1,8	11,24	11,24
NCRY	16,76	0,11	8,34	1,27	9,44	20,68
KCLE	0	15,78	7,89	1,74	8,93	29,61
ACON	3,01	11,45	5,91	1,36	6,68	36,29
NOBL	10,23	0	5,11	0,49	5,79	42,08
PLFR	12,78	6,21	5,11	1,37	5,78	47,85
NSTL	0,29	6,99	3,47	0,66	3,93	51,78
AMIN	1,72	5,7	2,95	0,85	3,34	55,12
PTDU	5,42	4,91	2,79	1,26	3,15	58,28
NWUE	4,15	0	2,08	0,44	2,35	60,63
HCAP	3,98	0	1,99	0,89	2,25	62,88
CPPL	0,37	4,04	1,86	1,29	2,11	64,99
NRAD	3,2	0,01	1,6	0,65	1,81	66,79
NLIN	2,81	0,83	1,5	0,95	1,7	68,49
NIGR	2,73	0	1,37	0,56	1,55	70,04
KO & LA - Średnie niepodobieństwo: 82,37						
	KO	LA				
NCRY	16,76	0	8,38	1,27	10,18	10,18
PLFR	12,78	19,61	6,84	1,34	8,3	18,48
PTDU	5,42	15,49	5,69	1,38	6,91	25,38

NOBL	10,23	0	5,11	0,49	6,21	31,59
STLAcf	0	9,05	4,52	0,78	5,49	37,09
AMIN	1,72	8,89	4,2	1,13	5,09	42,18
NGRE	0	6,19	3,09	0,65	3,76	45,93
CPPL	0,37	5,9	2,78	1,35	3,37	49,31
ACOP	0,08	4,85	2,4	0,95	2,91	52,22
NSTL	0,29	4,41	2,23	0,48	2,7	54,92
NWUE	4,15	0	2,08	0,44	2,52	57,44
APED	0,23	4,22	2,05	1,6	2,48	59,92
HCAP	3,98	0,06	1,98	0,89	2,4	62,32
ACON	3,01	1,15	1,85	0,44	2,25	64,57
NRAD	3,2	0	1,6	0,65	1,94	66,51
NLIN	2,81	0,56	1,41	0,96	1,71	68,22
STRHcf	0,16	2,81	1,4	0,7	1,69	69,92
NIGR	2,73	0	1,37	0,56	1,66	71,58
WO & WA - Średnie niepodobieństwo: 77,96						
	WO	WA				
COPS	26,09	0,01	13,04	2,05	16,72	16,72
FFBI	0	21,52	10,76	0,76	13,8	30,53
CPPL	14,05	1,51	6,43	1,45	8,25	38,78
PLFR	7,69	14,06	6,27	0,86	8,04	46,82
SPIN	7,32	10,46	6,06	0,96	7,77	54,59
NSTL	1,69	9,8	4,53	0,86	5,82	60,4
KCLE	10,37	4,6	3,99	1,59	5,12	65,52
PTDU	6,85	5,88	3,07	1,21	3,94	69,46
FNIT	0,01	5,24	2,63	0,31	3,37	72,83
WO & PU - Średnie niepodobieństwo: 82,26						
	WO	PU				
COPS	26,09	0,05	13,02	2,05	15,83	15,83
CPPL	14,05	0,26	6,92	1,51	8,42	24,25
MCIR	0,09	12,71	6,32	1,36	7,68	31,93
NLIN	3,22	11,59	5,78	1,19	7,02	38,96
PLFR	7,69	16,88	5,42	1,45	6,58	45,54
KCLE	10,37	0	5,18	2,03	6,3	51,84
NGRE	2,64	9,25	4,24	1,61	5,15	57
SPIN	7,32	1,43	3,97	0,91	4,82	61,82
PTDU	6,85	6,98	3,05	1,34	3,7	65,52
SUMI	0	5,43	2,71	1,69	3,3	68,82
AMIN	4,38	3,25	2,31	1,03	2,8	71,62
GPAR	0,45	2,52	1,3	0,5	1,66	65,68
FVUL	0	2,41	1,2	0,75	1,54	67,22
CLNT	1,7	0,9	1,12	0,76	1,43	68,64
NANT	0,09	2,16	1,09	0,46	1,39	70,03
WO & GL - Średnie niepodobieństwo: 80,49						
	WO	GL				
COPS	26,09	0,51	12,82	2,03	15,93	15,93
CPPL	14,05	0,58	6,8	1,49	8,45	24,38
STLA	1,23	11,64	5,86	0,88	7,28	31,66
PTDU	6,85	16,74	5,63	1,15	7	38,66
NANT	0,09	10,39	5,16	1,14	6,41	45,07
KCLE	10,37	0,64	4,9	1,94	6,09	51,16
SPIN	7,32	3,62	4,46	0,89	5,54	56,7
PLFR	7,69	10,2	3,64	1,41	4,52	61,22
PAPR	0	4,8	2,4	0,88	2,98	64,2

AMIN	4,38	3,54	2,17	0,94	2,69	66,89
NLIN	3,22	2,3	2,07	0,53	2,57	69,47
NSTL	1,69	3,48	2,06	0,42	2,55	72,02
WO & CI - Średnie niepodobieństwo: 58,01						
	WO	CI				
COPS	26,09	19,87	7,05	1,28	12,15	12,15
CPPL	14,05	4,04	5,6	1,36	9,66	21,81
ACON	1,76	11,45	5,09	1,29	8,77	30,57
KCLE	10,37	15,78	4,55	1,23	7,85	38,42
SPIN	7,32	0,79	3,51	0,87	6,05	44,47
PLFR	7,69	6,21	3,2	1,37	5,52	49,99
NSTL	1,69	6,99	3,18	0,62	5,48	55,47
AMIN	4,38	5,7	2,89	0,88	4,98	60,45
PTDU	6,85	4,91	2,74	1,33	4,73	65,18
NLIN	3,22	0,83	1,8	0,46	3,1	68,28
NGRE	2,64	0,01	1,32	0,52	2,27	70,55
WO & LA - Średnie niepodobieństwo: 71,95						
	WO	LA				
COPS	26,09	0	13,04	2,05	18,13	18,13
PLFR	7,69	19,61	7,22	1,3	10,04	28,17
CPPL	14,05	5,9	5,16	1,32	7,17	35,34
PTDU	6,85	15,49	5,03	1,28	6,99	42,33
KCLE	10,37	0,88	4,8	1,91	6,67	49
STLAcf	0,89	9,05	4,42	0,79	6,15	55,15
SPIN	7,32	1,8	3,59	0,92	4,99	60,14
AMIN	4,38	8,89	3,59	1,01	4,99	65,13
NGRE	2,64	6,19	3,38	0,74	4,7	69,82
ACOP	0,4	4,85	2,3	0,92	3,2	73,02
WA & PU - Średnie niepodobieństwo: 81,30						
	WA	PU				
FFBI	21,52	0	10,76	0,76	13,24	13,24
PLFR	14,06	16,88	7,39	1,3	9,09	22,33
MCIR	0,85	12,71	6,02	1,31	7,41	29,74
SPIN	10,46	1,43	5,49	0,74	6,75	36,49
NLIN	1,69	11,59	5,33	1,17	6,56	43,04
NSTL	9,8	0,26	4,83	0,87	5,95	48,99
NGRE	0,16	9,25	4,58	1,68	5,63	54,62
PTDU	5,88	6,98	3,08	1,16	3,79	58,41
SUMI	0,01	5,43	2,71	1,69	3,33	61,74
FNIT	5,24	0,02	2,63	0,31	3,23	64,98
AMIN	4,97	3,25	2,54	0,95	3,12	68,1
KCLE	4,6	0	2,3	0,84	2,83	70,93
WO & PI - Średnie niepodobieństwo: 78,32						
	WO	PI				
COPS	26,09	0,36	12,89	2,04	16,45	16,45
CPPL	14,05	0,6	6,79	1,49	8,67	25,12
PTDU	6,85	14,2	4,82	1,4	6,16	31,28
PLFR	7,69	13,27	4,81	1,3	6,14	37,42
KCLE	10,37	1,53	4,56	1,81	5,82	43,25
AMIN	4,38	9,08	4,33	0,97	5,52	48,77
SPIN	7,32	1,37	3,51	0,89	4,48	53,25
NLIN	3,22	5,17	3,28	0,68	4,19	57,44
NGRE	2,64	5,63	3,04	0,94	3,88	61,32
STLA	1,23	3,46	2,11	0,51	2,7	64,02

GPAR	0,45	2,52	1,3	0,5	1,66	65,68
FVUL	0	2,41	1,2	0,75	1,54	67,22
CLNT	1,7	0,9	1,12	0,76	1,43	68,64
NANT	0,09	2,16	1,09	0,46	1,39	70,03
WA & PI - Średnie niepodobieństwo: 79,64						
	WA	PI				
FFBI	21,52	0	10,76	0,76	13,51	13,51
PLFR	14,06	13,27	6,98	1,06	8,76	22,27
PTDU	5,88	14,2	5,28	1,47	6,63	28,9
SPIN	10,46	1,37	5,22	0,73	6,56	35,46
NSTL	9,8	1,26	4,75	0,89	5,96	41,42
AMIN	4,97	9,08	4,49	1	5,64	47,06
NGRE	0,16	5,63	2,77	0,84	3,48	50,55
FNIT	5,24	0	2,62	0,31	3,29	53,84
NLIN	1,69	5,17	2,61	0,69	3,27	57,11
KCLE	4,6	1,53	2,25	0,93	2,83	59,94
STLA	0,04	3,46	1,74	0,39	2,19	62,13
GPAR	0,76	2,52	1,4	0,54	1,76	63,89
NANT	1,45	2,16	1,32	0,62	1,66	65,55
FVUL	0,04	2,41	1,2	0,75	1,51	67,06
ACON	1,74	1,05	1,08	0,77	1,35	68,41
APED	1,9	0,04	0,93	1,31	1,17	69,58
AOVA	0,13	1,65	0,83	0,7	1,04	70,62
WA & GL - Średnie niepodobieństwo: 79,49						
	WA	GL				
FFBI	21,52	0	10,76	0,76	13,54	13,54
PTDU	5,88	16,74	6,25	1,29	7,87	21,41
PLFR	14,06	10,2	6,11	0,89	7,68	29,09
SPIN	10,46	3,62	5,93	0,79	7,46	36,55
STLA	0,04	11,64	5,82	0,81	7,32	43,87
NSTL	9,8	3,48	5,42	0,87	6,82	50,68
NANT	1,45	10,39	4,72	1,09	5,94	56,62
FNIT	5,24	0	2,62	0,31	3,3	59,92
AMIN	4,97	3,54	2,45	0,91	3,09	63
PAPR	0	4,8	2,4	0,88	3,02	66,02
KCLE	4,6	0,64	2,2	0,84	2,77	68,79
NREI	0,26	3,62	1,73	0,93	2,17	70,96
WA & CI - Średnie niepodobieństwo: 78,47						
	WA	CI				
FFBI	21,52	0	10,76	0,76	13,71	13,71
COPS	0,01	19,87	9,93	1,8	12,65	26,36
KCLE	4,6	15,78	6,29	1,41	8,01	34,38
PLFR	14,06	6,21	5,86	0,76	7,47	41,85
NSTL	9,8	6,99	5,43	0,96	6,92	48,77
SPIN	10,46	0,79	5,2	0,71	6,63	55,4
ACON	1,74	11,45	5,11	1,29	6,52	61,91
AMIN	4,97	5,7	3,07	0,87	3,92	65,83
FNIT	5,24	0	2,62	0,31	3,34	69,17
PTDU	5,88	4,91	2,52	0,99	3,22	72,39
WA & LA - Średnie niepodobieństwo: 73,26						
	WA	LA				
FFBI	21,52	0	10,76	0,76	14,69	14,69
PLFR	14,06	19,61	8,58	1,29	11,71	26,4
PTDU	5,88	15,49	5,65	1,45	7,71	34,11

SPIN	10,46	1,8	5,28	0,74	7,21	41,32
NSTL	9,8	4,41	5,17	0,89	7,06	48,38
STLAcf	0,44	9,05	4,49	0,79	6,13	54,51
AMIN	4,97	8,89	3,67	0,99	5,01	59,52
NGRE	0,16	6,19	3,04	0,64	4,15	63,67
FNIT	5,24	0	2,62	0,31	3,58	67,25
CPPL	1,51	5,9	2,35	1,17	3,2	70,45
PU & PI - Średnie niepodobieństwo: 71,71						
	PU	PI				
MCIR	12,71	0,22	6,27	1,35	8,74	8,74
NLIN	11,59	5,17	5,53	1,22	7,71	16,45
PTDU	6,98	14,2	4,82	1,39	6,72	23,17
PLFR	16,88	13,27	4,75	1,38	6,63	29,8
AMIN	3,25	9,08	4,37	0,94	6,09	35,89
NGRE	9,25	5,63	3,91	1,53	5,46	41,34
SUMI	5,43	0,2	2,64	1,67	3,68	45,03
NANT	3,23	2,16	1,96	0,92	2,73	47,75
STLA	0	3,46	1,73	0,39	2,41	50,17
GPAR	1,63	2,52	1,65	0,62	2,3	52,47
PAPR	2,42	1,13	1,38	0,88	1,92	54,38
SPIN	1,43	1,37	1,32	0,48	1,84	56,22
FVUL	0,33	2,41	1,21	0,79	1,68	57,9
HCAP	2,16	0,1	1,07	0,89	1,5	59,4
NSLE	2,05	0	1,02	0,93	1,43	60,83
CLNT	1,03	0,9	0,91	0,39	1,28	62,1
PPAE	0,06	1,69	0,83	1,04	1,16	63,26
AOVA	0	1,65	0,83	0,67	1,15	64,42
NUSA	0,69	1,13	0,82	0,61	1,14	65,56
ACOP	1,01	1,04	0,77	0,86	1,07	66,63
KCLE	0	1,53	0,77	0,71	1,07	67,7
NDIS	1,04	0,92	0,71	0,93	0,98	68,68
NSTL	0,26	1,26	0,69	0,58	0,97	69,65
STLAcf	1,07	0,28	0,66	0,31	0,92	70,57
PU & GL - Średnie niepodobieństwo: 74,80						
	PU	GL				
MCIR	12,71	0,1	6,31	1,36	8,44	8,44
STLA	0	11,64	5,82	0,81	7,78	16,22
PTDU	6,98	16,74	5,68	1,17	7,6	23,82
NLIN	11,59	2,3	5,31	1,18	7,1	30,92
PLFR	16,88	10,2	4,62	1,43	6,17	37,09
NANT	3,23	10,39	4,49	1,13	6	43,08
NGRE	9,25	0,71	4,4	1,69	5,88	48,96
SUMI	5,43	0	2,71	1,69	3,63	52,59
PAPR	2,42	4,8	2,43	1,01	3,25	55,84
SPIN	1,43	3,62	2,36	0,45	3,16	59
AMIN	3,25	3,54	2,11	1,03	2,82	61,82
NSTL	0,26	3,48	1,78	0,35	2,38	64,2
NREI	0,93	3,62	1,77	1	2,36	66,56
PBIO	0,45	3,1	1,59	0,68	2,12	68,68
HCOS	0,14	3,06	1,53	0,57	2,05	70,73
PU & CI - Średnie niepodobieństwo: 86,06						
	PU	CI				
COPS	0,05	19,87	9,91	1,8	11,52	11,52
KCLE	0	15,78	7,89	1,74	9,17	20,68

MCIR	12,71	0,48	6,17	1,34	7,16	27,85
PLFR	16,88	6,21	5,79	1,64	6,72	34,57
ACON	0,18	11,45	5,65	1,39	6,56	41,13
NLIN	11,59	0,83	5,6	1,18	6,51	47,64
NGRE	9,25	0,01	4,62	1,68	5,37	53,01
NSTL	0,26	6,99	3,44	0,65	4	57,01
AMIN	3,25	5,7	2,87	0,88	3,34	60,35
PTDU	6,98	4,91	2,77	1,25	3,22	63,57
SUMI	5,43	0,08	2,69	1,68	3,12	66,69
CPPL	0,26	4,04	1,96	1,38	2,28	68,97
NANT	3,23	1,02	1,55	1,12	1,8	70,77
PU & LA - Średnie niepodobieństwo: 71,11						
	PU	LA				
MCIR	12,71	0	6,35	1,36	8,93	8,93
PLFR	16,88	19,61	5,74	1,34	8,07	17,01
NLIN	11,59	0,56	5,61	1,17	7,89	24,9
PTDU	6,98	15,49	5,07	1,3	7,14	32,04
STLAcf	1,07	9,05	4,67	0,82	6,56	38,6
NGRE	9,25	6,19	4,66	1,4	6,55	45,15
AMIN	3,25	8,89	3,76	1,04	5,29	50,44
CPPL	0,26	5,9	2,86	1,4	4,02	54,46
SUMI	5,43	0,12	2,67	1,68	3,75	58,21
ACOP	1,01	4,85	2,29	0,94	3,21	61,43
NSTL	0,26	4,41	2,19	0,47	3,07	64,5
APED	1,02	4,22	1,85	1,48	2,6	67,1
SPIN	1,43	1,8	1,51	0,51	2,12	69,22
CLNT	1,03	2,07	1,43	0,83	2,01	71,24
PI & GL - Średnie niepodobieństwo: 71,22						
	PI	GL				
STLA	3,46	11,64	6,26	0,89	8,78	8,78
NANT	2,16	10,39	4,93	1,14	6,93	15,71
PTDU	14,2	16,74	4,87	1,18	6,84	22,55
PLFR	13,27	10,2	4,35	1,32	6,11	28,66
AMIN	9,08	3,54	4,33	0,95	6,08	34,74
NLIN	5,17	2,3	2,77	0,72	3,89	38,63
NGRE	5,63	0,71	2,66	0,83	3,74	42,37
PAPR	1,13	4,8	2,34	0,92	3,29	45,66
SPIN	1,37	3,62	2,23	0,49	3,14	48,79
NSTL	1,26	3,48	2,08	0,41	2,92	51,71
NREI	0,37	3,62	1,83	0,98	2,57	54,28
GPAR	2,52	1,68	1,7	0,59	2,39	56,66
HCOS	0,54	3,06	1,65	0,62	2,31	58,97
PBIO	0,02	3,1	1,55	0,63	2,18	61,15
FVUL	2,41	0,06	1,2	0,75	1,68	62,83
SSEM	0,29	1,64	0,86	0,69	1,21	64,05
NUSA	1,13	1,19	0,86	0,9	1,21	65,25
AOVA	1,65	0,01	0,83	0,68	1,16	66,41
NMOK	0	1,65	0,82	0,73	1,16	67,57
PPAE	1,69	0,14	0,82	1,04	1,15	68,72
KCLE	1,53	0,64	0,81	0,82	1,13	69,85
ACOP	1,04	1,46	0,77	0,98	1,09	70,94
PI & CI - Średnie niepodobieństwo: 80,85						
	PI	CI				
COPS	0,36	19,87	9,77	1,78	12,09	12,09

KCLE	1,53	15,78	7,24	1,61	8,96	21,04
ACON	1,05	11,45	5,34	1,33	6,61	27,65
PTDU	14,2	4,91	5,24	1,46	6,48	34,13
PLFR	13,27	6,21	4,78	1,28	5,91	40,04
AMIN	9,08	5,7	4,69	1,01	5,8	45,84
NSTL	1,26	6,99	3,42	0,67	4,24	50,08
NGRE	5,63	0,01	2,81	0,85	3,48	53,55
NLIN	5,17	0,83	2,66	0,67	3,28	56,84
CPPL	0,6	4,04	1,84	1,3	2,27	59,11
STLA	3,46	0	1,73	0,39	2,14	61,25
GPAP	2,52	0,95	1,38	0,55	1,71	62,95
NANT	2,16	1,02	1,28	0,57	1,58	64,54
STCS	0	2,5	1,25	1,29	1,55	66,08
NIPM	0,4	2,25	1,23	0,39	1,53	67,61
AINA	0,75	2,5	1,2	0,94	1,49	69,1
FVUL	2,41	0	1,2	0,75	1,49	70,59
PI & LA - Średnie niepodobieństwo: 67,55						
	PI	LA				
PLFR	13,27	19,61	6,47	1,3	9,57	9,57
AMIN	9,08	8,89	4,89	1,14	7,23	16,79
STLAcf	0,28	9,05	4,5	0,79	6,65	23,44
PTDU	14,2	15,49	4,36	1,29	6,44	29,88
NGRE	5,63	6,19	3,72	0,83	5,5	35,38
CPPL	0,6	5,9	2,71	1,32	4,01	39,39
NLIN	5,17	0,56	2,57	0,64	3,8	43,19
NSTL	1,26	4,41	2,32	0,51	3,43	46,62
ACOP	1,04	4,85	2,15	0,89	3,17	49,8
APED	0,04	4,22	2,09	1,63	3,09	52,89
STLA	3,46	0,48	1,89	0,43	2,79	55,68
NANT	2,16	2,06	1,48	0,74	2,19	57,87
STRHcf	0,02	2,81	1,4	0,7	2,07	59,94
GPAP	2,52	0,23	1,28	0,48	1,89	61,83
SPIN	1,37	1,8	1,22	0,77	1,8	63,63
CLNT	0,9	2,07	1,21	1,06	1,79	65,43
FVUL	2,41	0	1,2	0,75	1,78	67,2
KCLE	1,53	0,88	0,85	0,9	1,25	68,45
PPAE	1,69	0,01	0,84	1,04	1,24	69,7
AOVA	1,65	0,02	0,83	0,68	1,22	70,92
GL & CI - Średnie niepodobieństwo: 81,81						
	GL	CI				
COPS	0,51	19,87	9,7	1,77	11,86	11,86
KCLE	0,64	15,78	7,6	1,68	9,28	21,14
PTDU	16,74	4,91	6,2	1,24	7,58	28,73
STLA	11,64	0	5,82	0,81	7,11	35,84
ACON	0,41	11,45	5,54	1,37	6,77	42,6
NANT	10,39	1,02	4,89	1,11	5,98	48,59
NSTL	3,48	6,99	4,21	0,66	5,15	53,73
PLFR	10,2	6,21	3,3	1,27	4,04	57,77
AMIN	3,54	5,7	2,8	0,86	3,42	61,19
PAPR	4,8	0,44	2,32	0,88	2,84	64,03
SPIN	3,62	0,79	2,03	0,43	2,48	66,51
CPPL	0,58	4,04	1,9	1,35	2,32	68,83
NREI	3,62	0,82	1,71	0,96	2,09	70,92
GL & LA - Średnie niepodobieństwo: 68,79						

	GL	LA				
PLFR	10,2	19,61	6,47	1,27	9,41	9,41
STLA	11,64	0,48	5,84	0,83	8,5	17,91
PTDU	16,74	15,49	4,61	1,06	6,71	24,61
NANT	10,39	2,06	4,53	1,06	6,59	31,2
STLAcf	0,91	9,05	4,5	0,81	6,55	37,74
AMIN	3,54	8,89	3,64	1,01	5,29	43,04
NSTL	3,48	4,41	3,19	0,51	4,64	47,68
NGRE	0,71	6,19	2,88	0,61	4,19	51,86
CPPL	0,58	5,9	2,77	1,36	4,02	55,89
SPIN	3,62	1,8	2,4	0,52	3,49	59,38
PAPR	4,8	0,01	2,4	0,88	3,49	62,87
APED	1,48	4,22	2,21	1,37	3,21	66,07
ACOP	1,46	4,85	2,11	0,89	3,07	69,15
NREI	3,62	1,14	1,83	0,94	2,66	71,81
CI & LA - Średnie niepodobieństwo: 75,54						
	CI	LA				
COPS	19,87	0	9,93	1,8	13,15	13,15
KCLE	15,78	0,88	7,5	1,67	9,93	23,08
PLFR	6,21	19,61	7,46	1,32	9,88	32,95
PTDU	4,91	15,49	5,61	1,41	7,42	40,37
ACON	11,45	1,15	5,24	1,31	6,94	47,31
STLAcf	0,48	9,05	4,49	0,79	5,94	53,26
NSTL	6,99	4,41	4,03	0,67	5,34	58,6
AMIN	5,7	8,89	3,91	1	5,18	63,78
NGRE	0,01	6,19	3,09	0,64	4,09	67,87
ACOP	0,31	4,85	2,33	0,93	3,08	70,95