MONITORING WÓD PO ZAKOŃCZENIU PROJEKTU PT.: "REKULTYWACJA JEZIORA GOŁDAP W UZDROWISKU GOŁDAP" W ROKU 2020

Raport końcowy z realizacji monitoringu wód jeziora Gołdap w roku 2020

Zleceniodawca: Gmina Gołdap
Pl. Zwycięstwa 14
19-500 Gołdap

Realizacja: AQUA REVITA
TOMASZ HEESE
ul. Mahoniowa 10
75-639 Koszalin

Gołdap, 30 września 2020

1. Monitoring wód jeziora Gołdap - cele

Monitoring wód jeziora Gołdap wykonany w roku 2020 został zrealizowany w oparciu o wytyczne wynikające z pozwolenia wodnoprawnego nr OŚ-PŚ.7322.7.1.2016 z dnia 18.10.2016. Przedstawiony raport końcowy za rok 2020 jest podsumowaniem monitoringu jeziora Gołdap prowadzonego w roku 2020 w maju i sierpniu.

Badania przeprowadzono podobnie jak wcześniej zgodnie z metodyką zaproponowaną w trakcie monitoringu prowadzonego w czasie zabiegu rekultywacji i aktualnie obowiązującymi przepisami. Badania obejmowały właściwości fizyko-chemiczne wody, zespoły organizmów wodnych - fitoplanktonu, zooplanktonu, bentosu oraz właściwości osadów dennych obejmujących ocenę biodostępnych form fosforu (Heese i in., 2018).

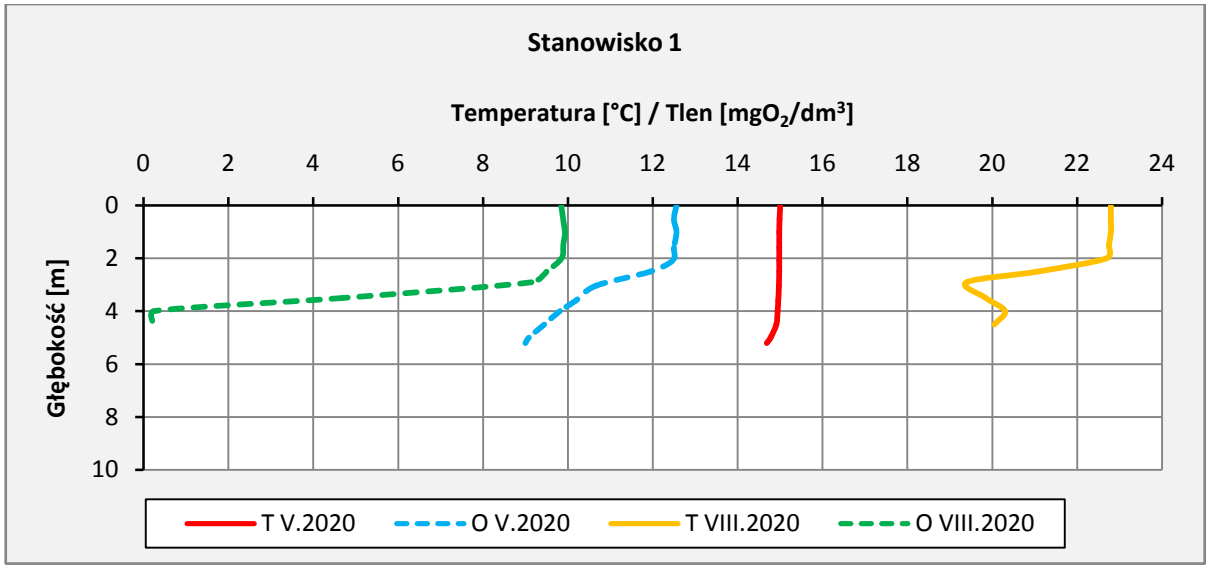
Obecna klasyfikacja jakości wód jest zgodna z aktualnie obowiązującymi przepisami prawa Dz. U. 2019. poz. 2149 z dnia 7 listopada 2019.

2. Badania parametrów fizyko-chemicznych wód

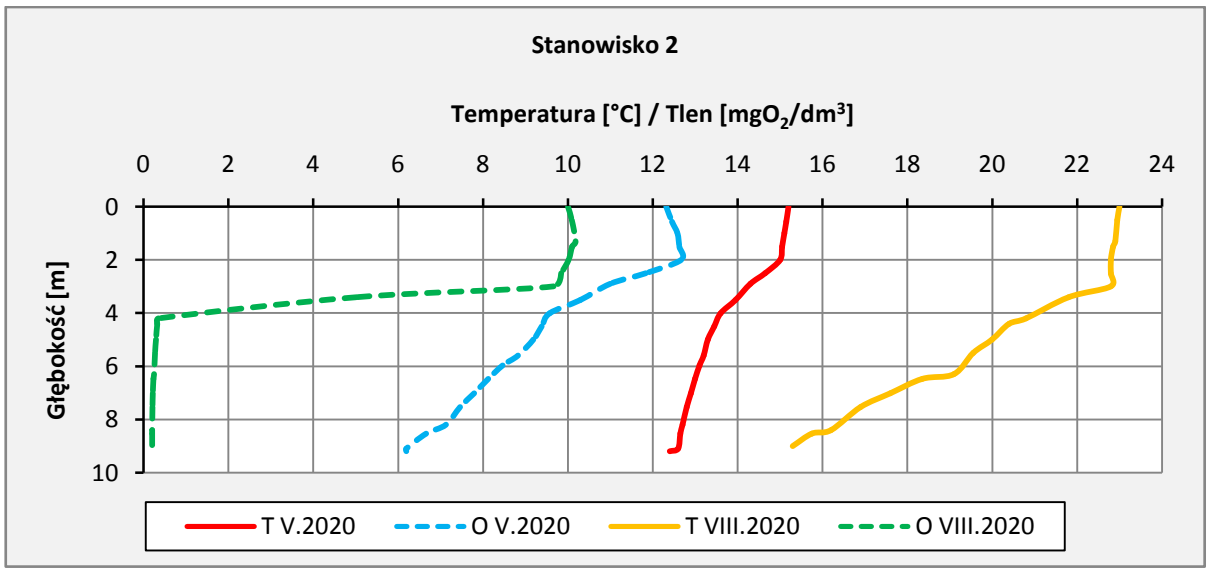
Zapewniając możliwość porównania i powtarzalności, zgodnie z zasadami monitoringu, badania parametrów fizyko-chemicznych wód prowadzono opierając się na stosowanej uprzednio metodyce badawczej. Próby wód pozyskiwano z trzech stanowisk na jeziorze oznaczonych numerami od 1 do 3. Oprócz tego przebadano także wody dopływu rzeki Jarki oraz odpływu - rzeki Gołdapy.

Otrzymane wyniki badań przedstawione zostały w postaci graficznej i tabelarycznej. Analiza profili termiczno-tlenowych wykazała zakładanie się słabego uwarstwienia termicznego już w maju na głębokości 2 m lub nieco poniżej (Ryc. 1-3). W większym stopniu dotyczyło to pojawienia się oksykliny (patrz ryc. 1). Zjawisko to było szczególnie dobrze widoczne w okresie letnim. Badania prowadzone latem, wykazały także powtarzające się co roku, deficyty tlenowe pojawiające się w strefie naddennej stanowisk 1 i 2. Niedobór tlenu w tych strefach przełożył się na zmiany parametrów fizyko-chemicznych wody. Ich zestawienie przedstawione zostało w tab. 1 i 2. W odniesieniu do 2019 roku nie odnotowano jednak spadku potencjału redox do wartości ujemnych. Należy mieć jednak na uwadze, że wartości uzyskane w strefie naddennej w dalszym ciągu informują o przewadze procesów redukcyjnych nad utleniającymi. W dalszym ciągu notuje się wysokie zapotrzebowanie na

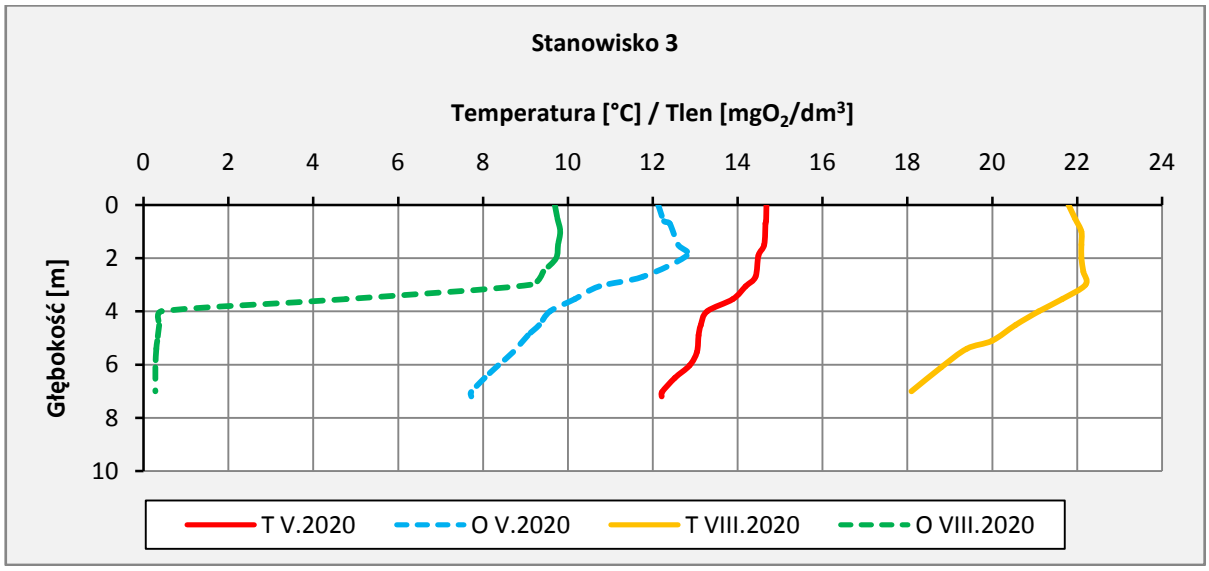
tlen, co jest szczególnie dobrze widoczne w próbkach pozyskanych w okresie letnim charakteryzujące się podwyższonymi wartościami BZT_5 (Tabela 2).



Ryc. 1. Profil temperaturowo-tlenowy na stanowisku 1; oznaczenia: O - stężenie tlenu w mg-dm^3, T - temperatura w °C



Ryc. 2. Profil temperaturowo-tlenowy na stanowisku 2; oznaczenia: O - stężenie tlenu w mg-dm^3, T - temperatura w °C



Ryc. 3. Profil temperaturowo-tlenowy na stanowisku 3; oznaczenia: O - stężenie tlenu w mg-dm^3, T - temperatura w °C

Tab. 1. Zestawienie danych z badań profili 1, 2 i 3 oraz Jarki i Gołdapy w maju 2020

Stanowisko	Głębokość [m]	Temp [°C]	Tlen [mgO$_2$/dm^3]	pH	Redox [mV]	Przewod.ność [µS/cm]	Zasolenie [‰]	Chlorki [mg/dm^3]	TDS [mg/dm^3]	BZT$_5$ [mgO$_2$/dm^3]
Gołdap 1p	0,3	15,00	12,56	9,10	132	398	0,22	3,23	289	< o
Gołdap 1d	5,2	14,69	9,00	9,14	121	395	0,22	3,59	290	1
Gołdap 2p	0,3	15,20	12,32	9,07	153	398	0,21	3,24	288	1
Gołdap 2śr	4,0	13,60	9,57	8,86	147	388	0,22	3,45	292	2
Gołdap 2d	9,2	12,40	6,19	8,52	148	382	0,22	3,93	295	2
Gołdap 3p	0,0	14,68	20,22	9,07	115	394	0,21	2,86	288	< o
Gołdap 3śr	4,0	13,28	9,58	8,89	111	384	0,22	3,00	291	0
Gołdap 3d	7,2	12,21	7,72	8,44	117	379	0,22	3,36	295	1
Jarka (dopływ)	0,0	16,10	10,57	8,72	148	267	0,14	3,42	189	2
Gołdapa (odpływ)	0,0	17,60	10,87	9,00	134	424	0,22	3,11	290	3

Tab. 2. Zestawienie danych z badań profili 1, 2 i 3 oraz Jarki i Gołdapy w sierpniu 2020

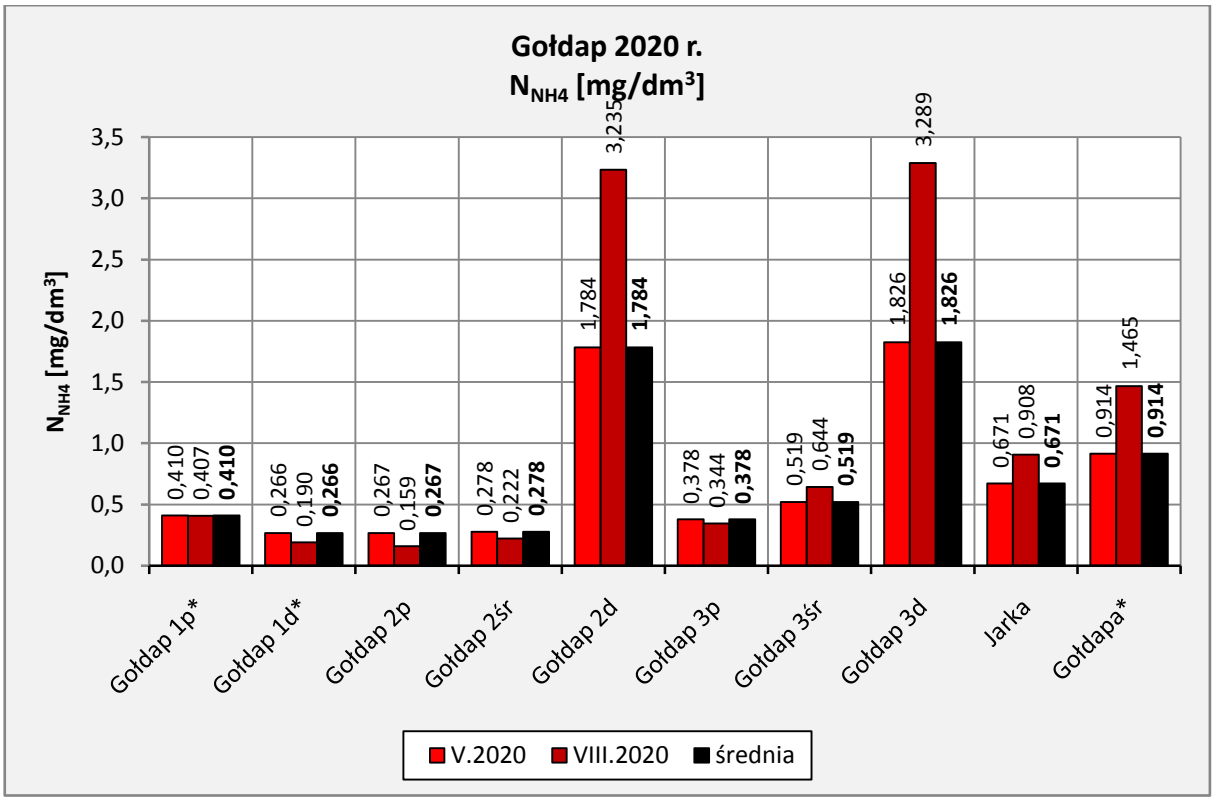
Stanowisko	Głębokość [m]	Temp [°C]	Tlen [mgO_2/dm^3]	pH	Redox [mV]	Przewod.ność [µS/cm]	Zasolenie [‰]	Chlorki [mg/dm^3]	TDS [mg/dm^3]	BZT_5 [mgO_2/dm^3]
Gołdap 1p	0,0	22,80	9,84	8,25	295	389	0,18	1,89	239	14
Gołdap 1d	4,5	22,80	9,84	7,49	120	450	0,20	2,55	276	15
Gołdap 2p	0,0	23,00	10,00	8,26	300	382	0,17	1,94	237	10
Gołdap 2śr	4,5	19,15	5,10	7,64	224	434	0,20	2,19	269	13
Gołdap 2d	9,0	15,30	0,20	7,19	24	557	0,26	2,90	345	22
Gołdap 3p	0,0	21,80	9,69	8,17	287	381	0,18	1,75	239	11
Gołdap 3śr	3,5	19,95	4,99	7,73	295	405	0,19	1,95	263	11
Gołdap 3d	7,0	18,10	0,28	7,29	19	483	0,24	2,53	327	24
Jarka (dopływ)	0,2	17,30	8,48	8,72	148	274	0,14	3,42	189	< o
Gołdapa (odpływ)	0,2	20,80	4,57	9,00	134	454	0,22	3,11	290	7

< o - poniżej oznaczalności

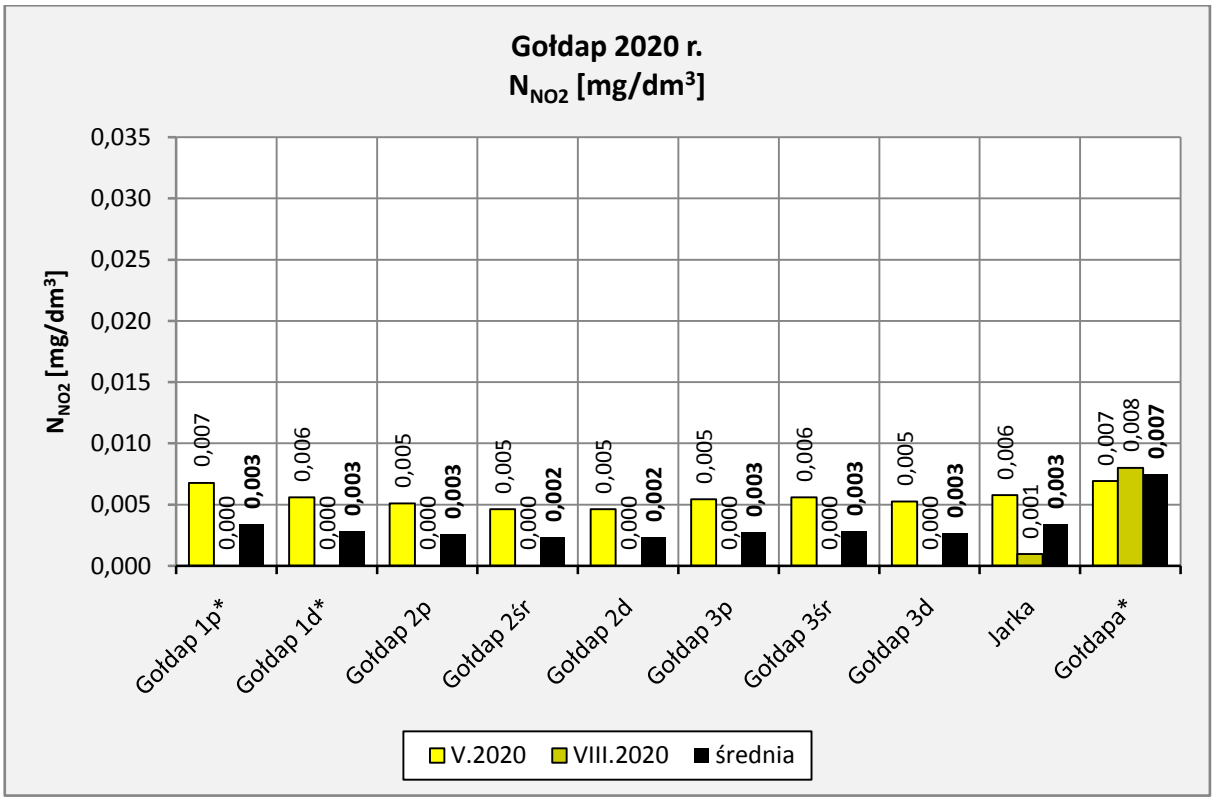
Wysokiej zawartości BZT_5 towarzyszy w strefie naddennej podwyższone stężenie azotu amonowego w próbkach 2d i 3d (Ryc. 4). Pod względem średniego sezonowego stężenia tej formy azotu, uzyskano wartości zbliżone do tych, uzyskanych w 2019 roku.

Zmiany procesów generujących proporcje ilościowe między poszczególnymi formami azotu, są bardzo dynamiczne i zależą od warunków meteorologicznych, hydrologicznych oraz biologicznych. W odniesieniu do 2019 roku, stwierdzono większą dynamikę tych przemian, o czym świadczą niższe stężenia azotu azotynowego (Ryc. 5).

Niewielkie różnice ilościowe w odniesieniu do ubiegłego roku stwierdzono także w przypadku azotu azotanowego. Forma ta wystąpiła w większych ilościach w próbach pobranych w maju (Ryc. 6). Świadczy to o rozpoczynającym się wówczas sezonie wegetacyjnym, który rozpoczął się wyjątkowo wcześnie gdyż w okresie łagodnej zimy nie wystąpiło zjawisko zalodzenia! Miało to istotne konsekwencje na zjawiska hydrochemiczne i biologiczne.

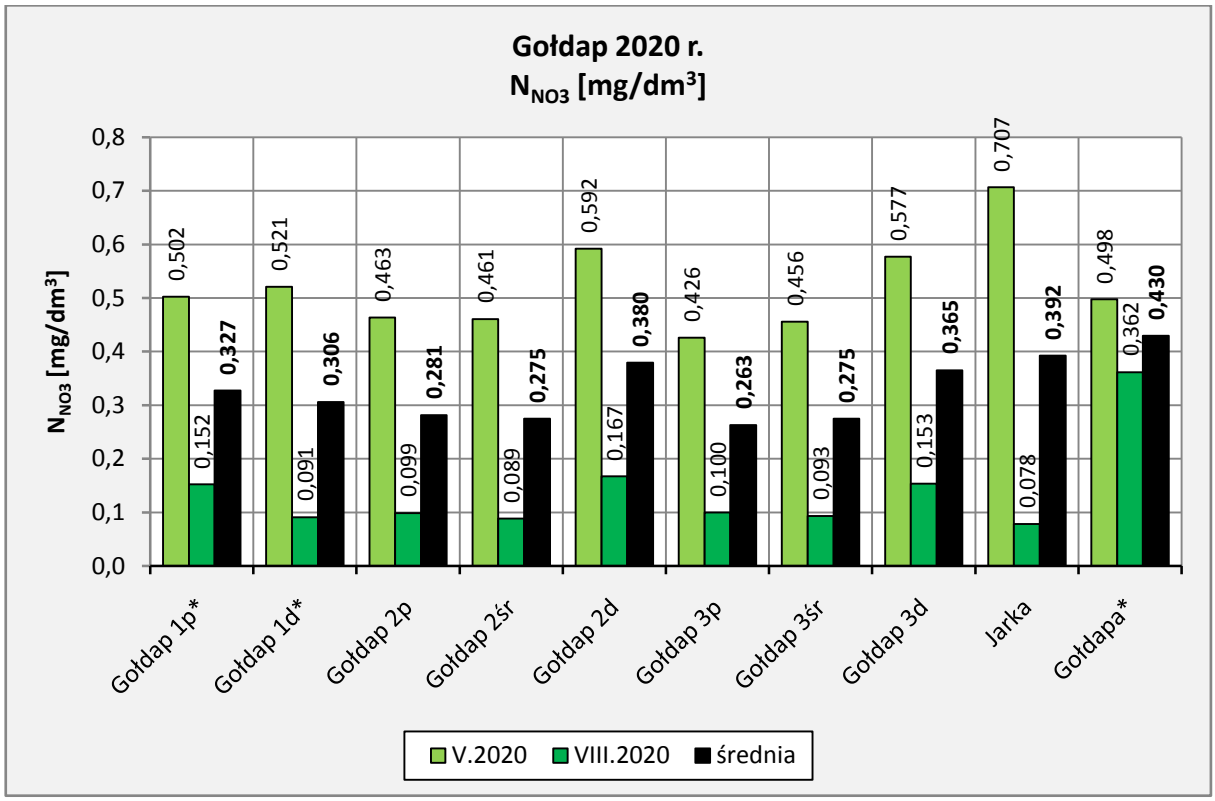


Ryc. 4. Stężenie azotu amonowego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)



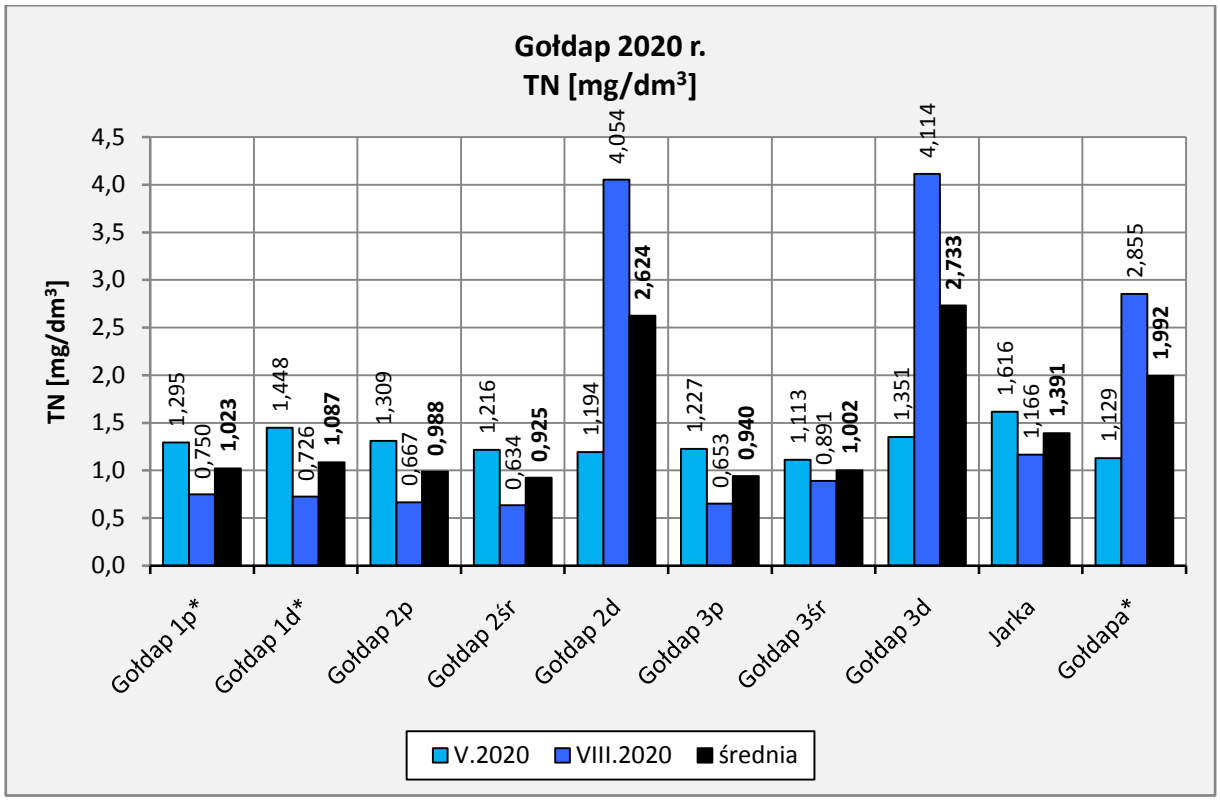
Ryc. 5. Stężenie azotu azotynowego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)

Niekorzystnym zjawiskiem obserwowanym z zlewni jeziora Gołdap w 2020 roku jest wzrost stężeń azotu azotanowego w wodzach rzeki Jarki, głównego dopływu zasilającego jezioro Gołdap (Ryc. 6). Stężenie azotu azotanowego stwierdzone w jej wodach w maju, było najwyższe w skali roku. Ciągły dopływ dużych ilości tej najłatwiej przyswajalnej formy azotu, w dalszym ciągu jest odpowiedzialny za intensywny rozwój glonów latem. Do ważnych obserwacji należy stwierdzenie wysokich zawartości tej formy azotu w odpływie w rzece Gołdapie w sierpniu nie spotykane w wodach jeziora. Można stwierdzić, że na tym odcinku poniżej odpływu z jeziora do mostu na ulicy Stadionowej następuje dodatkowe źródło zanieczyszczeń (Ryc. 6 i 7).



Ryc. 6. Stężenie azotu azotanowego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)

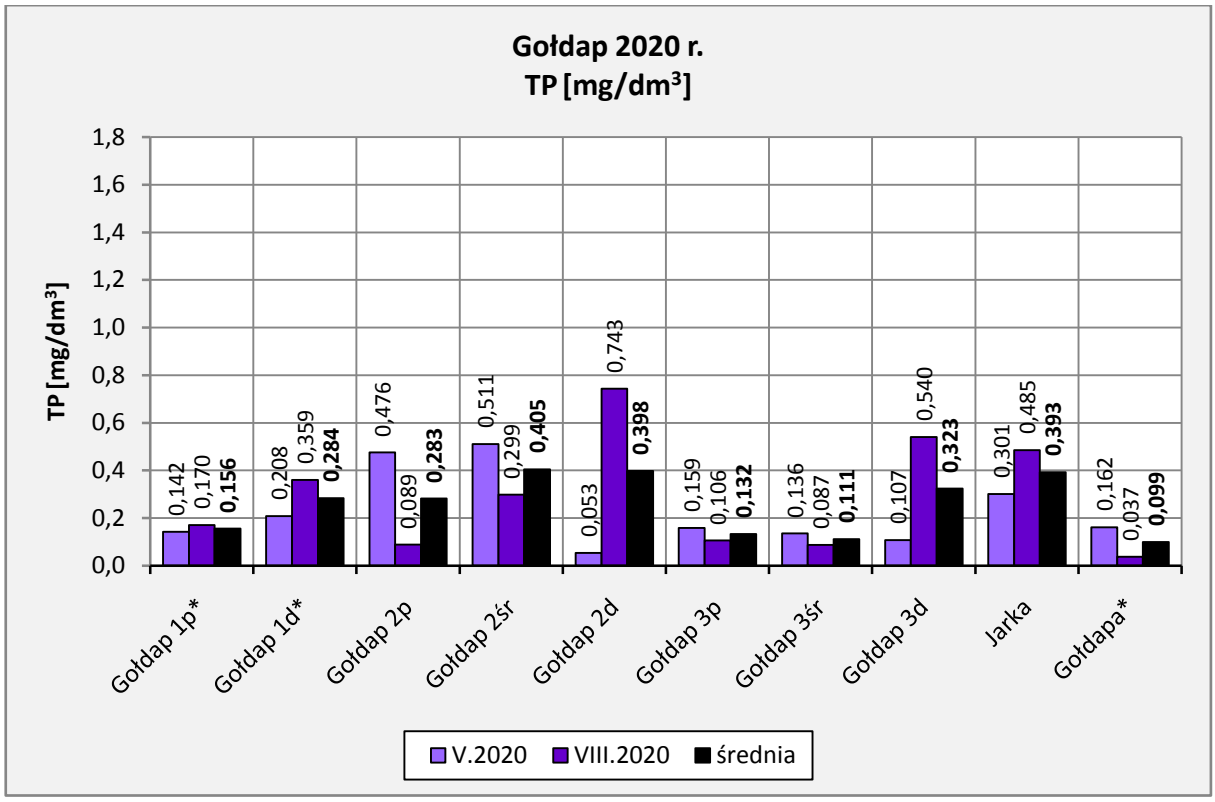
W związku z wystąpieniem niewielkich różnic ilościowych poszczególnych form azotu, także jego ogólna zawartość okazała się zbliżoną do tej, odnotowanej w 2019 roku (Ryc. 7). Ważnym składnikiem ogólnej puli azotu okazał się azot amonowy. W mniejszych ilościach notowano azot organiczny i azotanowy.



Ryc. 7. Stężenie azotu całkowitego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)

W przypadku drugiego istotnego pierwiastka biogennego - fosforu, jego średnie ogólne stężenie w 2020 r. dla całego zbiornika wyniosło 0,261 mg/dm^3. Wartość ta w rozumieniu oceny jakości wód, w dalszym ciągu wskazuje na stan poniżej dobrego. Nie mniej jednak jest ona niższa od wartości uzyskanej w roku ubiegłym 2019, która była prawie dwukrotnie wyższa (0,426 mg/dm^3). Największe ilości fosforu ogólnego stwierdzono w najgłębszej części jeziora (Ryc. 8).

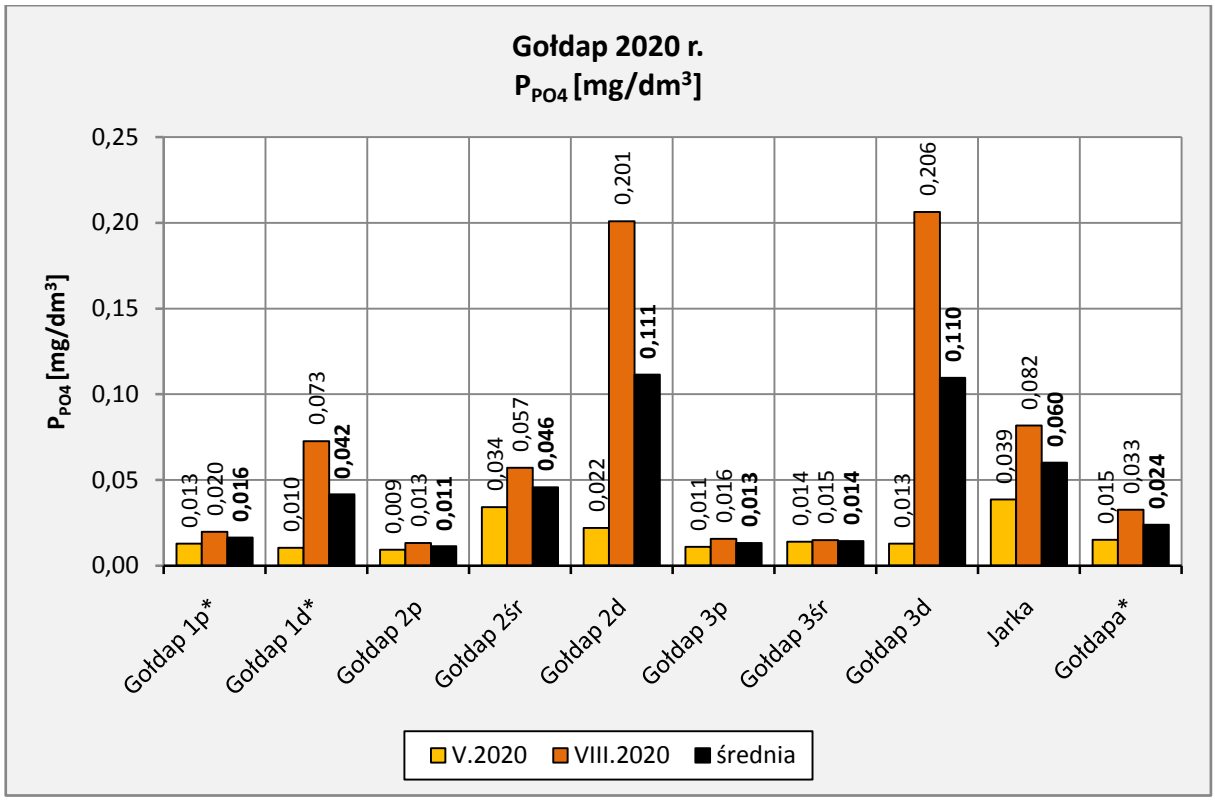
Odwrotnie przedstawiła się sytuacja związana ze stężeniem fosforu fosforanowego. Jego średnie stężenie w wodach Jeziora Gołdap w 2020 roku było praktycznie dwukrotnie wyższe (0,045 mg/dm^3) niż w roku ubiegłym (0,026 mg/dm^3). Należy jednak pamiętać, że jest to wartość uśredniona z kilku warstw wody. Wartość ta łączy w sobie ubogie w fosforany wody powierzchniowe, gdzie są one intensywnie konsumowane przez glony i strefę naddenną, gdzie ze względu na brak światła nie dochodzi do produkcji pierwotnej fitoplanktonu.



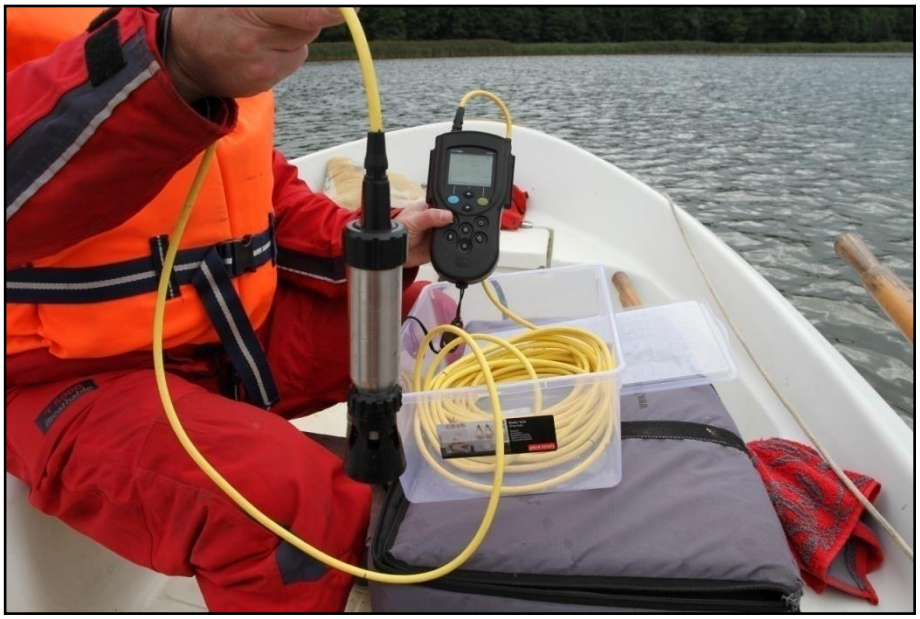
Ryc. 8. Stężenie fosforu ogólnego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)

Utrzymywanie się wyższych stężeń fosforanów w strefie naddennej, niesie ze sobą pewien potencjał ochrony przed zwiększeniem intensywności zakwitów. Zakładając relatywnie stabilne warunki meteorologiczne, pozwalające na zachowanie uwarstwienia termicznego, istnieje pewne prawdopodobieństwo, że fosforany zgromadzone nad dnem nie zostaną włączone do ponownego obiegu w strefie produkcji pierwotnej.

Pewnym problemem pozostają wyższe stężenia fosforanów utrzymujące się w wodach rzeki Jarki. Są one niewiele niższe od wartości uzyskanych w 2019 roku. Negatywnym jest pojawienie się wyższych stężeń w sierpniu (Ryc. 9). O ile opisane powyżej, hipotetyczne warunki pogodowe mogą być w stanie ograniczyć przedostawanie się fosforanów do wyższych partii toni wodnej, tak stały dopływ biogenów za pośrednictwem rzeki, może skutecznie niwelować efekt przeprowadzonego zabiegu.



Ryc. 9. Stężenie fosforu fosforanowego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)



Ryc. 10. Do pomiaru profili tlenowych wykorzystywano precyzyjny tlenomierz firmy HACH model HQ40d multi

3. Badania zespołu fitoplanktonu

Próby do badań fitoplanktonu pozyskane zostały z trzech głębokości stanowiska 2 i 3. Podstawę merytoryczną stanowiły zalecenia metodyczne obowiązujące w Polsce (Hutorowicz i Pasztaleniec, 2011). Próby pozyskano w dniach 26.05. i 25.08.2020 r.

Dla zespołu fitoplanktonu określono skład jakościowy oraz ilościowy przy wykorzystaniu mikroskopu świetlnego. W opisie taksonomicznym posłużono się najaktualniejszym dostępnym nazewnictwem. W przypadku analizy ilościowej za osobnika przyjmowano pojedyncze komórki, cenobia lub kolonie. W przypadku form nitkowatych za jednego osobnika przyjmowano fragment nici o długości 100 µm.

Biomasę fitoplanktonu określono jako iloczyn ilości oraz objętości komórki, która określona była poprzez przyrównanie kształtu danego taksonu do odpowiedniej bryły geometrycznej (Kawecka i Eloranta, 1994; Hutorowicz, 2009). Wyniki przedstawiono w mg/dm^3. Strukturę dominacji określono według zakresów przyjętych przez Kasprzaka i Niedbałę (1981).

Oprócz oceny składu jakościowego i ilościowego zespołu fitoplanktonu, wyznaczono również wartość multimetriksa fitoplanktonowego (PMPL), głównie dla celów porównawczych pomimo mniejszej ilości prób niż wymagana. Przeliczenia wykonane zostały na podstawie wytycznych zaproponowanych przez Hutorowicza i Pasztaleniec (2011). Do obliczeń wykorzystano wzory dla jezior stratyfikowanych o wartości współczynnika Schindlera większej niż 2. W jego skład wchodzą następujące metriksy: „chlorofil *a*" (oznaczany w oparciu o normę PN-86/C-05560/02 (1986)), „biomasa ogólna" oraz „biomasa sinic".

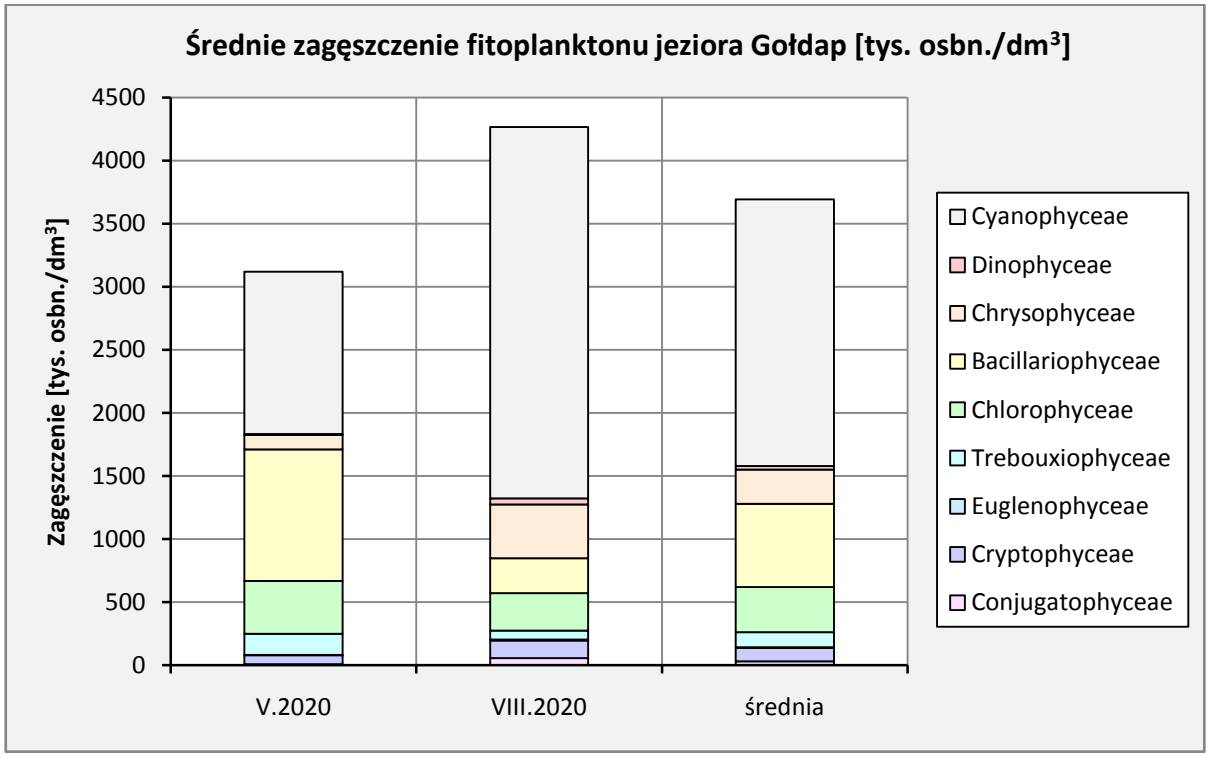
W pozyskanych próbach odnotowano ogółem występowanie 83 taksonów. To o 12 taksonów mniej niż w ubiegłym 2019 roku. Większą różnorodnością charakteryzował się fitoplankton pozyskany w maju (Tabela 4).

Wskaźnikiem, którego wartość uległa nieznacznemu podwyższeniu było średnie roczne zagęszczenie organizmów planktonowych. W roku 2020 uzyskało ono wartość 3691 tys. osbn./dm^3 (Ryc. 11). Kluczową w tej sytuacji okazała się wysoka liczebność fitoplanktonu w maju. Była ona praktycznie trzykrotnie wyższa niż w roku 2019. Wynika ona najprawdopodobniej ze stosunkowo łagodnej zimy i szybszego niż w roku ubiegłym nagrzewania się wody. Świadczy o tym przede wszystkim relatywnie wysoki jak na tę porę roku udział sinic w całym zbiorowisku. Organizmy te preferują pełnię lata, kiedy wysoka

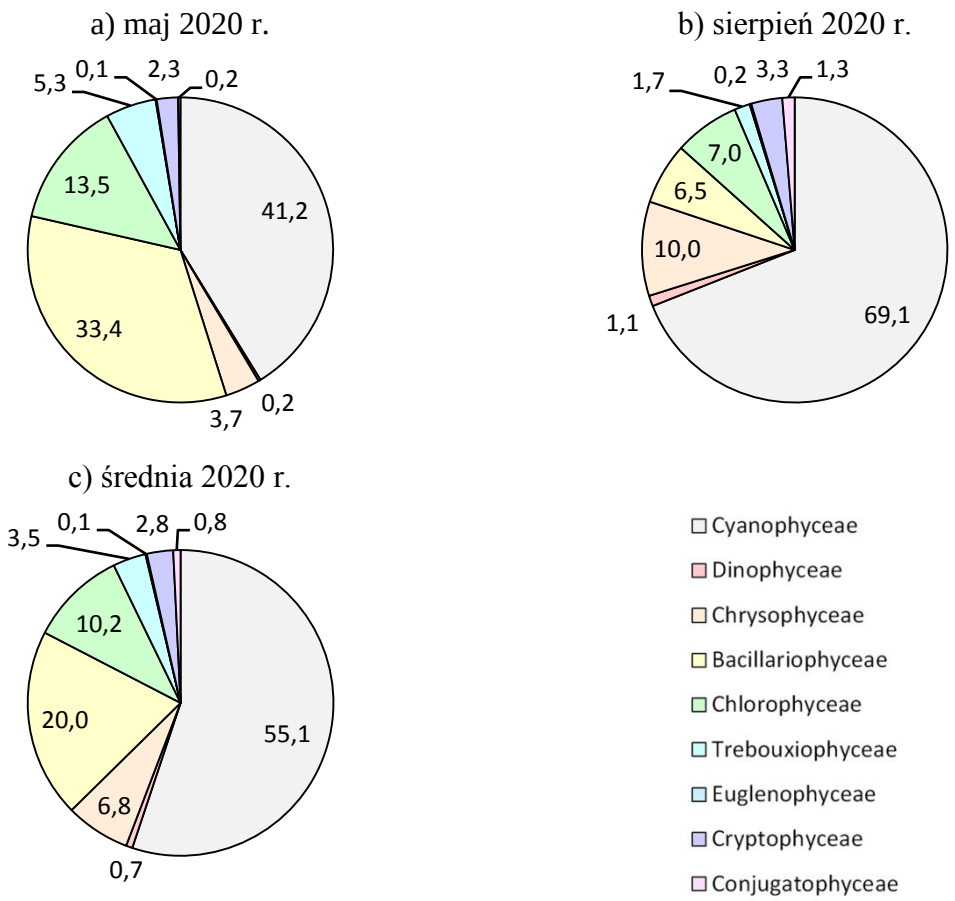
temperatura, stwarza im dogodne warunki rozwoju. W roku 2020 sinice dominowały zarówno wiosną, jak i w lecie (Ryc. 12). W maju ich konkurencję stanowiły głównie okrzemki i zielenice. W sierpniu pozostałe grupy organizmów miał znaczenie akcesoryczne.

Tabela 3. Ilość poszczególnych taksonów fitoplanktonu Jeziora Gołdap w 2020r.

Klasa	V.2020	VIII.2020	Ogółem
Cyanophyceae	11	14	**18**
Dinophyceae	1	3	**4**
Chrysophyceae	4	4	**5**
Bacillariophyceae	13	10	**15**
Chlorophyceae	19	7	**21**
Trebouxiophyceae	3	4	**5**
Euglenophyceae	2	2	**4**
Cryptophyceae	4	3	**4**
Conjugatophyceae	1	7	**7**
Suma	**58**	**54**	**83**



Ryc. 11. Zagęszczenie fitoplanktonu (tys. osobn./dm^3) jeziora Gołdap w 2020 roku

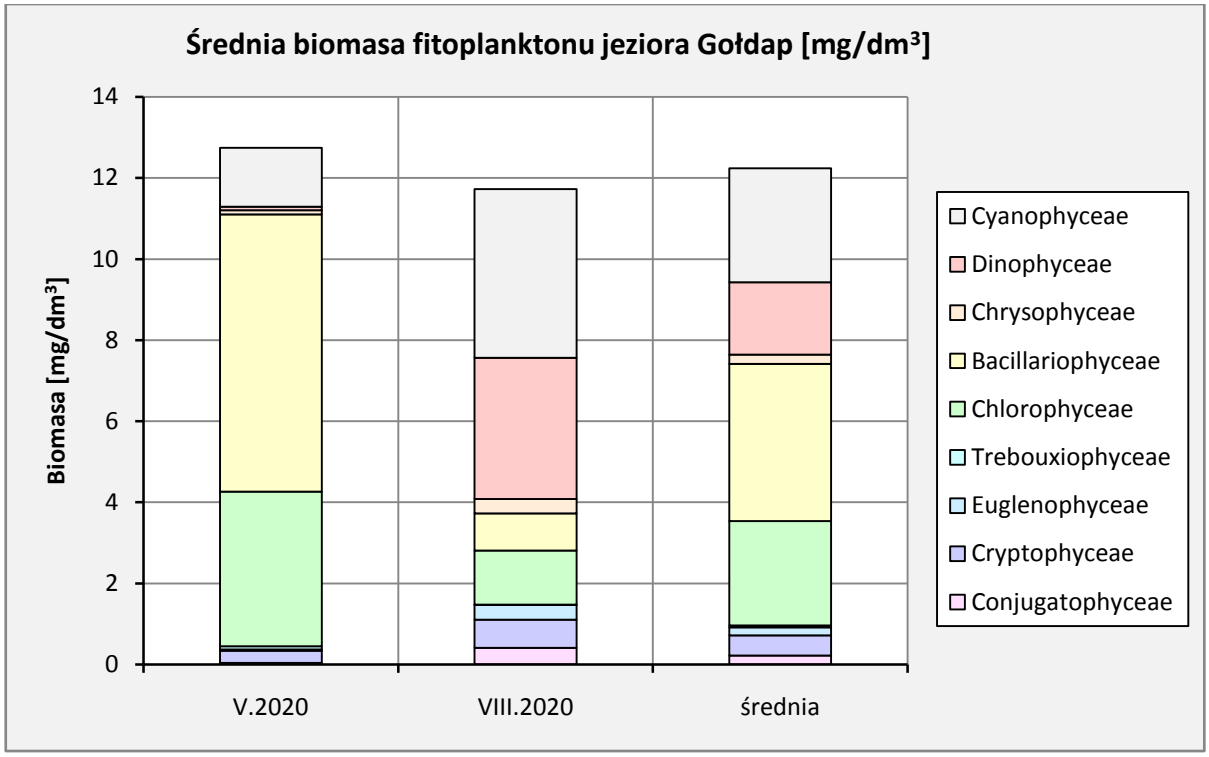


Ryc. 12. Udział poszczególnych grup taksonomicznych w średnim rocznym zagęszczeniu fitoplanktonu Jeziora Gołdap [%]

Pomimo dużego udziału sinic w planktonie majowym, dominantem okazała się okrzemka *Cyclotella meneghiniana*. To pospolicie występujący gatunek, pojawia się w wodach o różnym stopniu zanieczyszczenia. W sierpniu dominowały notowane także w latach ubiegłych - sinice z rodzaju *Oscillatoria* (ok. 32%). W mniejszych ilościach notowano rodzaje takie jak: *Planktothrix*, *Limnothrix* i *Aphanizomenon*. Większość występujących w planktonie Jeziora Gołdap sinic - to formy nitkowate. Ich duża liczebność może po części wynikać ze sposobu szacowania ilości poszczególnych osobników. Należy pamiętać, że w przypadku form nitkowatych, za jednego osobnika przyjmuje się fragment nici o długości 100 μm.

Inaczej przedstawiała się sytuacja z biomasą badanego zbiorowiska fitoplanktonu. Średnia roczna wartość tego parametru była praktycznie dwukrotnie wyższa od tej, którą uzyskano w 2019 roku. Wyniosła ona ok. 12,2 mg/dm^3 (Ryc. 13). Była to najwyższa określona dla Jeziora Gołdap biomasa fitoplanktonu. Stwierdzono w niej wyraźną dominację okrzemek (Bacillariophyceae). Poza nimi, istotnymi okazały się sinice, dinofity i zielenice (Ryc. 14). Ciała Dinophyceae okryte są pancerzykami, co powoduje że są one relatywnie

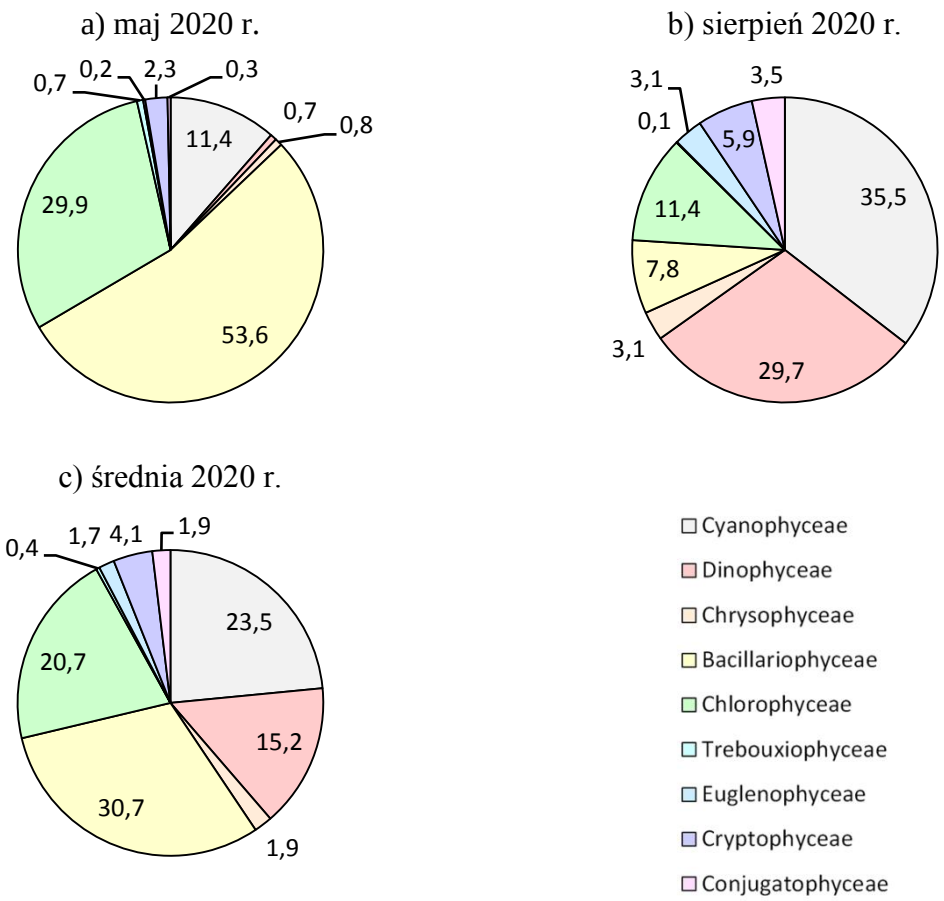
"ciężkim" elementem fitoplanktonu. Wysoki udział zielenic jest z kolei efektem występowania znacznych ilości kolonijnych form zielenic. Pozytywnym zjawiskiem był odpowiednio niższy udział biomasy sinic.



Ryc. 13. Biomasa fitoplanktonu Jeziora Gołdap w 2020 roku

W maju, największą biomasę stwierdzono dla organizmów z rodzaju Cyclotella oraz trudnych do jednoznacznej identyfikacji (ujętych w zbiorczą grupę Chlorophyta non det.) z gromady zielenic. W kolejnym miesiącu badań większego znaczenia w biomasie nabrały sinice, aczkolwiek dominantem okazał się duży dinofit należący do gatunku *Ceratium hirundinella*.

Wykaz poszczególnych taksonów fitoplanktonu oraz ich liczebność i biomasę przedstawiono odpowiednio w tabelach 4 i 5. Podobnie jak miało to miejsce w latach ubiegłych, na podstawie zebranych danych, wyznaczono wartość wskaźnika PMPL. Na podstawie ocen cząstkowych metriksów "biomasa ogólna fitoplanktonu", "biomasa sinic" oraz "chlorofil *a*". uzyskano wartość kwalifikującą stan jeziora jako umiarkowany (III klasa). W odniesieniu do roku 2019, jakość wód oceniana na podstawie zbiorowiska fitoplanktonu uległa poprawie o jedną klasę.



Ryc. 14. Udział poszczególnych grup taksonomicznych w średniej biomasie fitoplanktonu Jeziora Gołdap [%]

Ryc. 15. Przezroczystość wody z powodu wysokiej biomasy fitoplanktonu osiągała wartość wyrażona widocznością SD wynosiła w sezonie w granicach od 0,5 do 1m

Tabela 4. Liczebność poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2020 roku

Takson	26.05.2020		25.08.2020		średnia 2020	
	L	L[%]	L	L[%]	L	L[%]
Aphanizomenon flosaquae	61	2,0	330	7,7	195	4,8
Aphanizomenon sp.	6	0,2	67	1,6	36	0,9
Dolichospermum planctonicum	104	3,3	11	0,3	57	1,8
Dolichospermum spiroides			19	0,4	9	0,2
Limnothrix lauterbornii			163	3,8	81	1,9
Limnothrix redekei	252	8,1	344	8,1	298	8,1
Limnothrix sp.	259	8,3			130	4,2
Merismopedia tranquilla			30	0,7	15	0,3
Merismopedia sp.			15	0,3	7	0,2
Microcystis botrys	7	0,2			4	0,1
Microcystis wesenbergii			22	0,5	11	0,3
Microcystis sp.	7	0,2	15	0,3	11	0,3
Oscillatoria planctonica			93	2,2	46	1,1
Oscillatoria sp.	272	8,7	1381	32,4	827	20,6
Planktothrix agardhii	22	0,7	448	10,5	235	5,6
Planktothrix sp.	113	3,6			56	1,8
Pseudanabaena sp.	181	5,8			91	2,9
Woronichinia compacta			7	0,2	4	0,1
Ceratium hirundinella			26	0,6	13	0,3
Ceratium furcoides			7	0,2	4	0,1
Gyrodinium helveticum	7	0,2			4	0,1
Peridinium bipes			15	0,3	7	0,2
Amphora ovalis	2	0,1			1	0,03
Asterionella formosa	9	0,3	41	1,0	25	0,6
Aulacoseira ambigua			33	0,8	17	0,4
Aulacoseira granulata var. angustissima	196	6,3	4	0,1	100	3,2
Cyclotella meneghiniana	370	11,9	33	0,8	202	6,3
Cyclotella stelligera	70	2,3			35	1,1
Cyclotella sp.	241	7,7	4	0,1	122	3,9
Cymbella sp.	2	0,1			1	0,03
Diatoma elongatum			19	0,4	9	0,2
Fragilaria crotonensis	74	2,4	33	0,8	54	1,6
Navicula lanceolata	2	0,1			1	0,01
Nitzschia acicularis	7	0,2	63	1,5	35	0,9
Nitzschia palea	9	0,3	7	0,2	8	0,2
Stephanodiscus sp.	15	0,5			7	0,2
Ulnaria acus	44	1,4	41	1,0	43	1,2
Chrysococcus minutus	39	1,2	33	0,8	36	1,0
Chrysococcus sp.	69	2,2	333	7,8	201	5,0
Dinobryon cylindricum	4	0,1			2	0,1
Dinobryon divergens	4	0,1	44	1,0	24	0,6
Dinobryon sp.			15	0,3	7	0,2
Cryptomonas curvata	2	0,1	4	0,1	3	0,1
Cryptomonas marssonii	15	0,5			7	0,2
Cryptomonas ovata	41	1,3	30	0,7	35	1,0
Cryptomonas sp.	13	0,4	107	2,5	60	1,5

Tabela 4 c.d. Liczebność poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2020 roku

Takson	26.05.2020		25.08.2020		średnia 2020	
	B	B[%]	B	B[%]	B	B[%]
Chlorophyta non det.	161	5,2	126	3,0	144	4,1
Ankistrodesmus arcuatus	6	0,2			3	0,1
Asterococcus superbus	26	0,8			13	0,4
Binuclearia lauterbornii			130	3,0	65	1,5
Coelastrum microporum	19	0,6			9	0,3
Desmodesmus armatus	6	0,2			3	0,1
Desmodesmus bicaudatus	7	0,2			4	0,1
Desmodesmus communis	106	3,4	11	0,3	58	1,8
Desmodesmus opoliensis	6	0,2			3	0,1
Desmodesmus sp.	9	0,3			5	0,1
Kirchneriella obesa	22	0,7			11	0,4
Monactinus simplex	2	0,1			1	0,03
Monoraphidium contortum	4	0,1			2	0,1
Pediastrum duplex	2	0,1			1	0,03
Pseudopediastrum boryanum	7	0,2			4	0,1
Scenedesmus ecornis	2	0,1			1	0,03
Tetraedrön caudatum	4	0,1	15	0,3	9	0,2
Tetraedrön minimum	6	0,2	4	0,1	5	0,1
Tetradesmus lagerheimii	6	0,2	7	0,2	6	0,2
Tetrastrum triangulare			4	0,1	2	0,04
Tetrastrum sp.	22	0,7			11	0,4
Actinastrum hantzschii	11	0,4	44	1,0	28	0,7
Chlorella vulgaris			11	0,3	6	0,1
Crucigenia tetrapedia	119	3,8	7	0,2	63	2,0
Koliella longiseta			7	0,2	4	0,1
Lemmermannia komarekii	37	1,2			19	0,6
Closterium aciculare	7	0,2	7	0,2	7	0,2
Closterium acutum			7	0,2	4	0,1
Cosmarium granatum			4	0,1	2	0,04
Cosmarium reniforme			4	0,1	2	0,04
Staurastrum chaetoceras			15	0,3	7	0,2
Staurastrum pingue var. planctonicum			7	0,2	4	0,1
Staurastrum sp.			7	0,2	4	0,1
Euglena viridis			4	0,1	2	0,04
Euglenaformis proxima	2	0,1			1	0,03
Lepocinclis acus	2	0,1			1	0,03
Phacus orbicularis			4	0,1	2	0,04
Suma	**3119**	**100,0**	**4263**	**100,0**	**3691**	**100,0**
Cyanophyceae	1285	41,2	2944	69,1	2115	55,1
Dinophyceae	7	0,2	48	1,1	28	0,7
Chrysophyceae	115	3,7	426	10,0	270	6,8
Bacillariophyceae	1043	33,4	278	6,5	660	20,0
Chlorophyceae	420	13,5	296	7,0	358	10,2
Trebouxiophyceae	167	5,3	70	1,7	119	3,5
Euglenophyceae	4	0,1	7	0,2	6	0,1
Cryptophyceae	70	2,3	141	3,3	106	2,8
Conjugatophyceae	7	0,2	56	1,3	31	0,8

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci

Tabela 5. Biomasa poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2020 roku

Takson	26.05.2020		25.08.2020		średnia 2020	
	B	B{%]	B	B{%]	B	B{%]
Aphanizomenon flosaquae	0,120	0,9	0,647	5,5	0,384	3,2
Aphanizomenon sp.	0,011	0,1	0,131	1,1	0,071	0,6
Dolichospermum planctonicum	0,427	3,3	0,046	0,4	0,236	1,9
Dolichospermum spiroides			0,101	0,9	0,051	0,4
Limnothrix lauterbornii			0,066	0,6	0,033	0,3
Limnothrix redekei	0,058	0,5	0,080	0,7	0,069	0,6
Limnothrix sp.	0,082	0,6			0,041	0,3
Merismopedia tranquilla			0,005	0,04	0,003	0,02
Merismopedia sp.			0,003	0,02	0,001	0,01
Microcystis botrys	0,032	0,3			0,016	0,1
Microcystis wesenbergii			0,097	0,8	0,048	0,4
Microcystis sp.	0,032	0,3	0,065	0,6	0,048	0,4
Oscillatoria planctonica	0,000		0,037	0,3	0,018	0,2
Oscillatoria sp.	0,398	3,1	2,021	17,3	1,210	10,2
Planktothrix agardhii	0,043	0,3	0,858	7,3	0,450	3,8
Planktothrix sp.	0,216	1,7			0,108	0,8
Pseudanabaena sp.	0,038	0,3			0,019	0,2
Woronichinia compacta			0,006	0,05	0,003	0,02
Ceratium hirundinella			2,592	22,1	1,296	11,1
Ceratium furcoides			0,239	2,0	0,119	1,0
Gyrodinium helveticum	0,087	0,7			0,043	0,3
Peridinium bipes			0,652	5,6	0,326	2,8
Amphora ovalis	0,036	0,3			0,018	0,1
Asterionella formosa	0,059	0,5	0,261	2,2	0,160	1,3
Aulacoseira ambigua			0,015	0,1	0,007	0,1
Aulacoseira granulata var. angustissima	0,028	0,2	0,001	0,0	0,015	0,1
Cyclotella meneghiniana	3,686	28,9	0,332	2,8	2,009	15,9
Cyclotella stelligera	0,565	4,4			0,283	2,2
Cyclotella sp.	2,165	17,0	0,033	0,3	1,099	8,6
Cymbella sp.	0,003	0,02			0,002	0,01
Diatoma elongatum			0,014	0,1	0,007	0,1
Fragilaria crotonensis	0,041	0,3	0,018	0,2	0,030	0,2
Navicula lanceolata	0,004	0,03			0,002	0,01
Nitzschia acicularis	0,004	0,03	0,037	0,3	0,021	0,2
Nitzschia palea	0,003	0,02	0,002	0,02	0,002	0,02
Stephanodiscus sp.	0,024	0,2			0,012	0,1
Ulnaria acus	0,218	1,7	0,200	1,7	0,209	1,7
Chrysococcus minutus	0,034	0,3	0,029	0,3	0,032	0,3
Chrysococcus sp.	0,061	0,5	0,295	2,5	0,178	1,5
Dinobryon cylindricum	0,002	0,02			0,001	0,01
Dinobryon divergens	0,002	0,02	0,028	0,2	0,015	0,1
Dinobryon sp.			0,010	0,1	0,005	0,04
Cryptomonas curvata	0,015	0,1	0,030	0,3	0,023	0,2
Cryptomonas marssonii	0,021	0,2			0,010	0,1
Cryptomonas ovata	0,201	1,6	0,146	1,2	0,173	1,4
Cryptomonas sp.	0,063	0,5	0,519	4,4	0,291	2,5

Tabela 5 c.d. Biomasa poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2020 roku

Takson	26.05.2020		25.08.2020		średnia 2020	
	B	B{%]	B	B{%]	B	B{%]
Chlorophyta non det.	1,613	12,7	1,261	10,8	1,437	11,7
Ankistrodesmus arcuatus	0,001	0,0			0,000	0,003
Asterococcus superbus	0,805	6,3			0,403	3,2
Binuclearia lauterbornii			0,007	0,1	0,004	0,03
Coelastrum microporum	0,193	1,5			0,096	0,8
Desmodesmus armatus	0,007	0,1			0,004	0,03
Desmodesmus bicaudatus	0,003	0,02			0,001	0,01
Desmodesmus communis	0,348	2,7	0,037	0,3	0,192	1,5
Desmodesmus opoliensis	0,008	0,1			0,004	0,03
Desmodesmus sp.	0,015	0,1			0,007	0,1
Kirchneriella obesa	0,007	0,1			0,003	0,03
Monactinus simplex	0,092	0,7			0,046	0,4
Monoraphidium contortum	0,0002	0,002			0,000	0,001
Pediastrum duplex	0,124	1,0			0,062	0,5
Pseudopediastrum boryanum	0,563	4,4			0,282	2,2
Scenedesmus ecornis	0,001	0,01			0,001	0,01
Tetraedrön caudatum	0,002	0,02	0,009	0,1	0,006	0,05
Tetraedrön minimum	0,015	0,1	0,010	0,1	0,013	0,1
Tetradesmus lagerheimii	0,010	0,1	0,013	0,1	0,011	0,1
Tetrastrum triangulare			0,001	0,01	0,000	0,004
Tetrastrum sp.	0,006	0,05			0,003	0,02
Actinastrum hantzschii	0,0002	0,002	0,001	0,01	0,001	0,004
Chlorella vulgaris			0,003	0,03	0,001	0,01
Crucigenia tetrapedia	0,073	0,6	0,005	0,04	0,039	0,3
Koliella longiseta			0,001	0,01	0,000	0,004
Lemmermannia komarekii	0,010	0,1			0,005	0,04
Closterium aciculare	0,041	0,3	0,041	0,3	0,041	0,3
Closterium acutum			0,006	0,05	0,003	0,02
Cosmarium granatum			0,021	0,2	0,010	0,1
Cosmarium reniforme			0,157	1,3	0,078	0,7
Staurastrum chaetoceras			0,042	0,4	0,021	0,2
Staurastrum pingue var. planctonicum			0,073	0,6	0,037	0,3
Staurastrum sp.			0,047	0,4	0,024	0,2
Euglena viridis			0,021	0,2	0,011	0,1
Euglenaformis proxima	0,017	0,1			0,009	0,1
Lepocinclis acus	0,011	0,1			0,005	0,04
Phacus orbicularis			0,340	2,9	0,170	1,5
Suma	**12,746**	**100**	**11,707**	**100**	**12,226**	**100**
Cyanophyceae	1,458	11,4	4,161	35,5	2,809	23,5
Dinophyceae	0,087	0,7	3,482	29,7	1,784	15,2
Chrysophyceae	0,100	0,8	0,361	3,1	0,231	1,9
Bacillariophyceae	6,836	53,6	0,912	7,8	3,874	30,7
Chlorophyceae	3,813	29,9	1,337	11,4	2,575	20,7
Trebouxiophyceae	0,083	0,7	0,009	0,1	0,046	0,4
Euglenophyceae	0,028	0,2	0,361	3,1	0,195	1,7
Cryptophyceae	0,299	2,3	0,695	5,9	0,497	4,1
Conjugatophyceae	0,041	0,3	0,408	3,5	0,224	1,9

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci

4. Badania zespołu zooplanktonu

Próbki wody celem badań zooplanktonu prowadzone były zbieżnie z badaniami planktonu roślinnego - te same terminy, stanowiska oraz głębokości. Ocena stanu jakościowego oraz ilościowego zooplanktonu realizowana była przy użyciu mikroskopu świetlnego. Analizy ilościowe zooplanktonu przeprowadzono zgodnie z metodami używanymi w badaniach hydrobiologicznych (Wetzel i Likens, 2000). Przy zliczaniu organizmów brano pod uwagę stadia rozwojowe organizmów zwierzęcych. Wyniki przeliczano na ilość osobników występujących w 1 dm^3 wody. Biomasę wyznaczono na podstawie przeliczników długości i masy (Starmach, 1955; Hillbricht-Ilkowska i Patalas, 1967). Wyniki podano w mg/dm^3. Podobnie jak w przypadku fitoplanktonu, strukturę dominacji określono według zakresów przyjętych przez Kasprzaka i Niedbałę (1981).

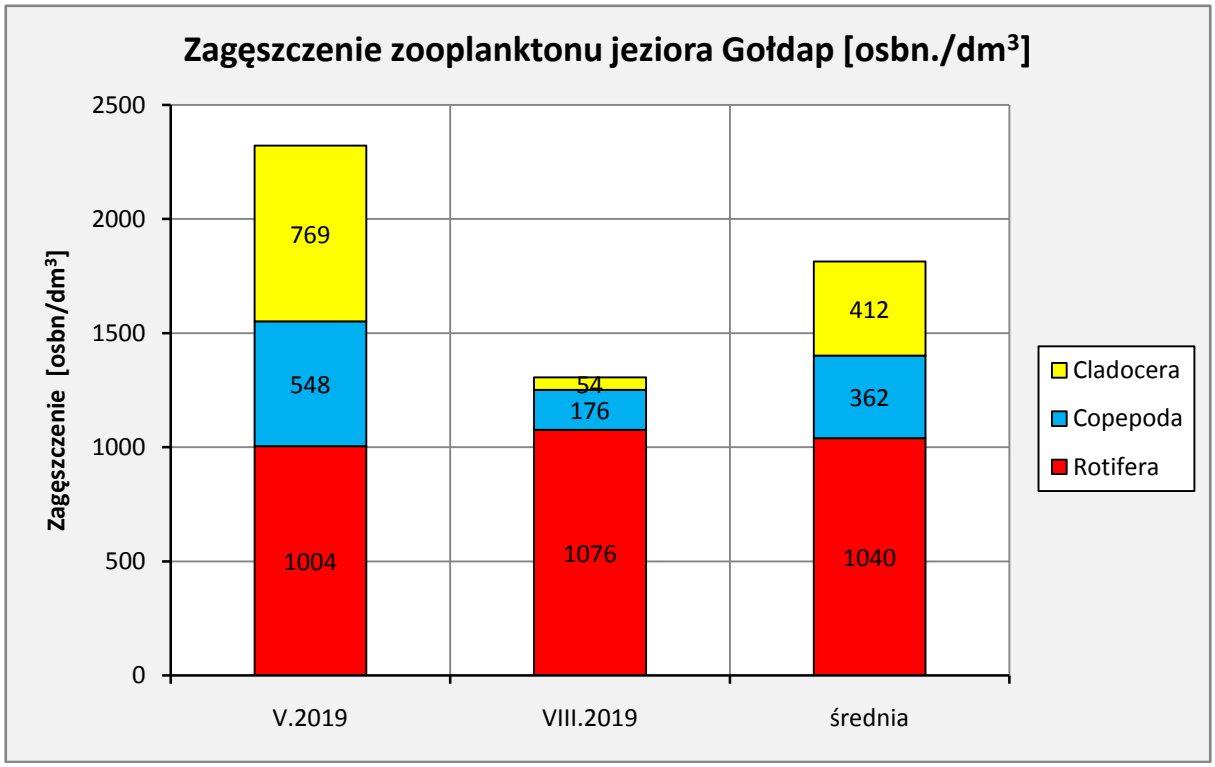
Stan trofii zbiornika oceniono na podstawie analiza jakościowo-ilościowej zespołu zooplanktonu. Posłużono się w tym celu wzorami regresji, zaproponowanymi przez Ejsmont-Karabin (2013) dla zbiorowisk wrotków oraz skorupiaków planktonowych. Zarówno w przypadku wskaźników opartych o zespół wrotków, jaki i skorupiaków planktonowych, ostateczna wartość wskaźników trofii, wyznaczona została jako średnia ze wskaźników cząstkowych.

W próbach pochodzących z 2020 roku stwierdzono ogółem występowanie 36 taksonów zooplanktonu (w 2019 stwierdzono 45 taksonów). Jako osobne taksony wyodrębniono dwie formy młodociane widłonogów. Różnice w ilości taksonów stwierdzonych w maju a sierpniu były niewielkie. W maju oznaczono 24 taksony, a w sierpniu - 26 (z wyłączeniem form młodocianych widłonogów). Najbardziej różnorodnymi pod względem gatunkowym okazały się wrotki. Ogółem oznaczono 21 różnych taksonów. Podobnie jak w latach poprzednich w maju stwierdzono większą różnorodność taksonomiczną wioślarek, a w sierpniu wrotków planktonowych (Tab. 6).

Tab. 6. Ilość poszczególnych taksonów zooplanktonu Jeziora Gołdap w 2020 roku

Grupa taksonomiczna	V.2020	VIII.2020	Ogółem
Rotifera (wrotki)	12	17	**21**
Copepoda (widłonogi)	6 (+2 f.m.)*	4 (+2 f.m.)*	**6 (+2 f.m.)***
Cladocera (wioślarki)	6	5	**9**
Suma	**24 (+2 f.m.)**	**26 (+2 f.m.)**	**36 (+2 f.m.)**

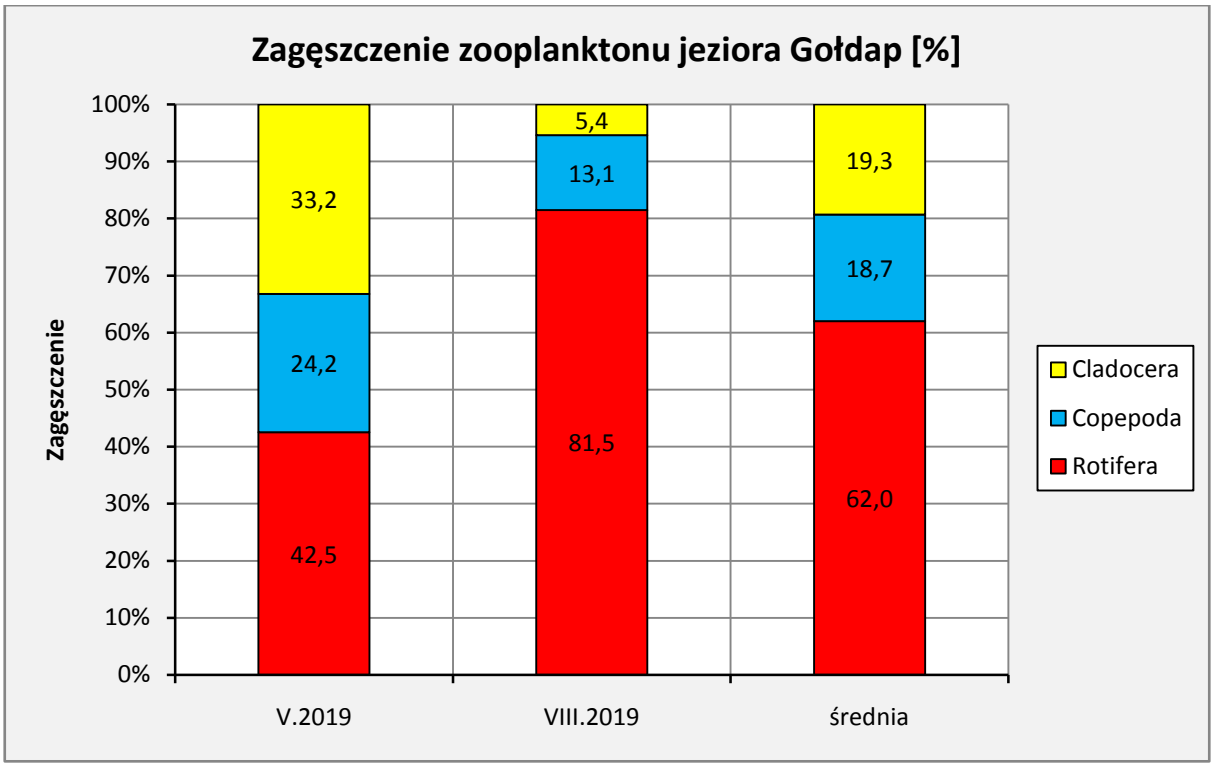
Średnie sezonowe zagęszczenie zooplanktonu wyniosło 1814 osobn./dm^3. Wartość ta była pośrednią, między ilościami zooplanktonu notowanymi w latach poprzednich. W 2018 roku stwierdzono występowanie 1477 osobn./dm^3, a w 2019 - 2091 osobn./dm^3 (Ryc. 16).



Ryc. 16. Zagęszczenie zooplanktonu jeziora Gołdap w 2020 roku w osobn./dm^3

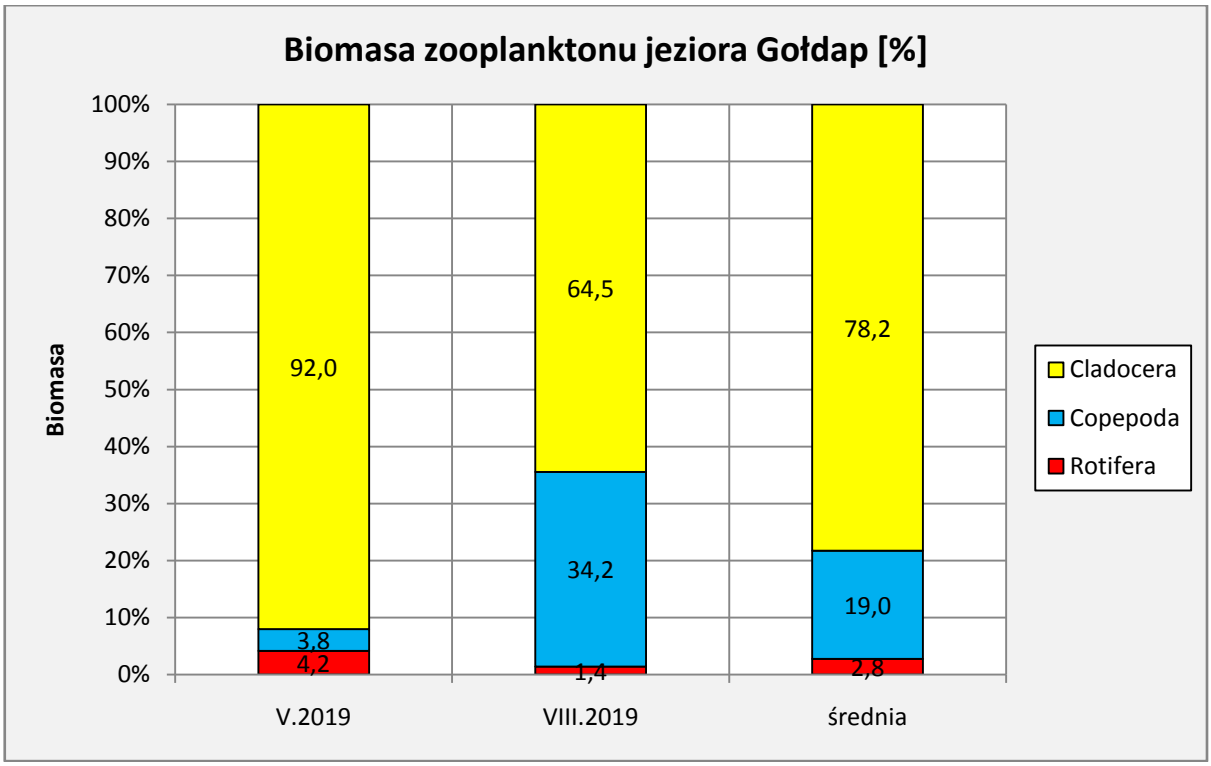
Niezależnie od terminu badań, w wodach jeziora Gołdap dominowały wrotki planktonowe. W maju stanowiły one średnio 43%, a w sierpniu - 81% ogółu (Ryc. 17). Na skutek zmiany bazy pokarmowej dostępnej w sierpniu, ilości wioślarek i widłonogów uległy znacznej redukcji. W maju dominantem okazała się *Keratella cochlearis* (23% ogółu), która stanowiła także istotny element zooplanktonu w sierpniu. Oprócz niej istotnymi okazała się także wioślarka *Bosmina coregoni* (17%) oraz formy młodociane widłonogów - naupliusy (14%).

W sierpniu dominowały bezkolcowe wrotki *Keratella tecta* (31% ogółu). Poza wymienionym uprzednio wrotkiem z gatunku *Keratella cochlearis,* istotnym składnikiem zooplanktonu w sierpniu okazał się *Pompholyx sulcata* (13%).

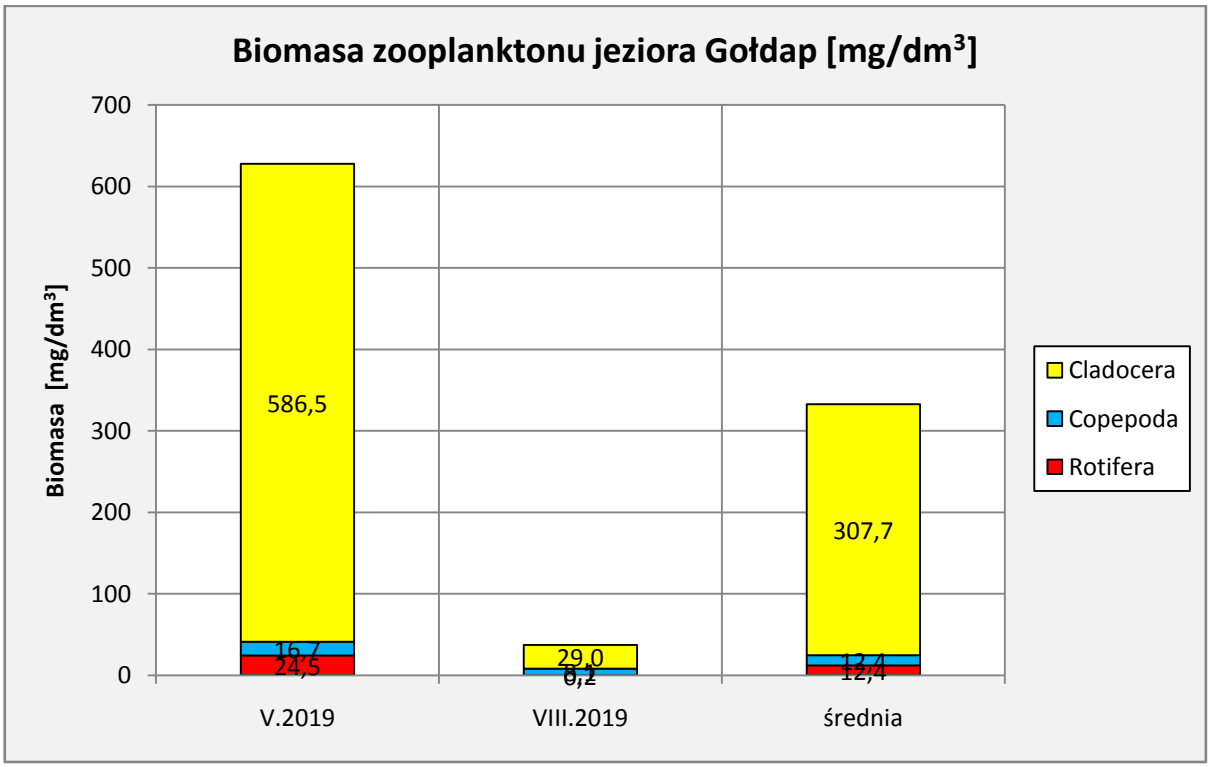


Ryc. 17. Udział poszczególnych grup taksonomicznych w liczebności ogólnej zooplanktonu Jeziora Gołdap w 2020 roku

Podobnie jak to miało miejsce w przypadku poprzednich badań, struktura dominacji w biomasie zooplanktonu, przedstawiała się odwrotnie. W związku z większymi rozmiarami ciała, dominantami ponownie okazały się wioślarki (Ryc. 18). Odnosząc średnią sezonową wartość biomasy całego zbiorowiska zooplanktonu do lat wcześniejszych, odnotowano jej istotny wzrost. W 2018 roku parametr ten wynosił zaledwie 29,4 mg/dm^3. Rok 2019 przyniósł wzrost wartości biomasy do 198,4 mg/dm^3. W roku 2020 średnia sezonowa wartość biomasy wzrosła do 332,5 mg/dm^3 (Ryc. 19). To korzystna tendencja, aczkolwiek gatunkiem, który podwyższa wartość biomasy jest drobna wioślarka *Bosmina coregoni* (średnio 48% ogółu). Pożądanym jest wzrost udziału dużych wioślarek, takich jak chociażby *Daphnia pulex*. Wpływ na niewielki udział większych taksonów w zooplanktonie mają przede wszystkim uboższa baza pokarmowa w okresie letnim oraz (prawdopodobna) presja ze strony ryb planktonożernych, które występują w Jeziorze Gołdap w dużych ilościach.



Ryc. 18. Udział poszczególnych grup taksonomicznych w biomasie ogólnej zooplanktonu Jeziora Gołdap w 2020 roku



Ryc. 19. Biomasa zooplanktonu jeziora Gołdap w 2020 roku w mg/dm^3

Na podstawie przeprowadzonych analiz składu jakościowego oraz ilościowego określone zostały wartości wskaźników trofii. Na podstawie indeksu opartego o wykorzystanie wrotków, stwierdzono niską eutrofię zbiornika (Tab. 7). W dalszym ciągu, zasadniczym problemem pozostaje dominacja drobnych form wrotków, żywiących się głównie bakteriami i detrytusem. Taką samą jakość wód uzyskano na podstawie wskaźnika opartego o skład jakościowy i ilościowy zespołu skorupiaków planktonowych (Tab. 8).

Liczebność oraz biomasa poszczególnych taksonów zooplanktonu, przedstawiona została w tabelach 9 i 10.

Tab. 7. Wartość wskaźnika zooplanktonowego dla Jeziora Gołdap (wrotki planktonowe)

Wskaźnik	V.2020	VIII.2020	średnia
Liczebność wrotków (N, osbn./dm^3)	55,9	56,8	56,4
Biomasa całkowita (B, mg m.m./dm^3)	100,5	84,8	97,0
Udział % bakteriożerców w liczebności ogólnej (BAK, %)	50,3	59,4	54,9
Udział % formy tecta w populacji *Keratella cochlearis* (TECTA, %)	51,0	64,4	57,8
Stosunek biomasy do liczebności (B:N, mg m.m./osobn.)	3,1	7,9	3,8
Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w liczebności zespołu wskaźnikowego (WWT, %)	60,3	60,3	60,3
Średnia	**53,5**	**55,6**	**55,0**

Politrofia | Wysoka eutrofia | Niska eutrofia | Wysoka mezo-eutrofia | Niska mezo-eutrofia | Mezotrofia | Oligotrofia

Tab. 8. Wartość wskaźnika zooplanktonowego dla Jeziora Gołdap (skorupiaki planktonowe)

Wskaźnik	V.2019	VIII.2019	średnia
Liczebność Crustacea (N, osobn./dm^3)	70,7	55,2	65,6
Biomasa Crustacea (B, mg m.m./dm^3)	96,7	77,2	91,9
Udział biomasy Cyclopoida w całkowitej biomasie Crustacea (CB, %)	43,8	54,7	45,6
Stosunek biomasy Cyclopoida do biomasy Cladocera (CY/CL)	44,2	52,9	45,6
Stosunek liczebności Cyclopoida do liczebności Calanoida (CY/CA)	49,5	60,1	52,7
Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w liczebności zespołu wskaźnikowego (WWT, %)	59,3	64,2	60,6
Średnia	**60,7**	**60,7**	**60,3**

Politrofia | Wysoka eutrofia | Niska eutrofia | Wysoka mezo-eutrofia | Niska mezo-eutrofia | Mezotrofia | Oligotrofia

Tabela 9. Liczebność poszczególnych taksonów zooplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2020 roku

Takson	26.05.2020		25.08.2020		Średnia 2020	
	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%
Pompholyx sulcata	27	0,8	191	13,0	**109**	**6,9**
Asplanchna herrickii	54	2,1			**27**	**1,1**
Asplanchna priodonta	11	0,5			**5**	**0,2**
Anuraeopsis fissa			96	7,8	**48**	**3,9**
Brachionus angularis	31	1,6			**15**	**0,8**
Brachionus diversicornis	5	0,4			**3**	**0,2**
Kellicottia longispina	178	7,8	5	0,3	**91**	**4,1**
Keratella cochlearis	570	22,9	152	13,5	**361**	**18,2**
Keratella quadrata	32	1,5	8	0,9	**20**	**1,2**
Keratella tecta	19	1,0	453	31,4	**236**	**16,2**
Polyarthra dolichoptera	31	1,0	13	1,1	**22**	**1,1**
Polyarthra longiremis	14	0,8	3	0,2	**8**	**0,5**
Polyarthra vulgaris			17	1,9	**9**	**0,9**
Polyarthra sp.	5	0,3	13	0,6	**9**	**0,4**
Trichocerca elongata			12	0,8	**6**	**0,4**
Trichocerca jenningsi			2	0,1	**1**	**0,1**
Trichocerca longiseta			8	0,4	**4**	**0,2**
Trichocerca pusilla			37	3,4	**19**	**1,7**
Trichocerca rousseleti			18	1,9	**9**	**1,0**
Trichocerca similis			22	1,8	**11**	**0,9**
Trichocerca sp.			27	2,4	**14**	**1,2**
nauplius	336	13,8	42	3,5	**189**	**8,7**
copepodit	63	3,1	17	1,5	**40**	**2,3**
Eudiaptomus gracilis	54	2,4	8	0,8	**31**	**1,6**
Acanthocyclops sp.	10	0,5			**5**	**0,2**
Cyclops strenuus	13	0,8			**7**	**0,4**
Cyclops sp.	65	3,1	22	1,2	**43**	**2,2**
Mesocyclops leuckarti	5	0,4	27	1,6	**16**	**1,0**
Mesocyclops sp.	3	0,2	60	4,4	**31**	**2,3**
Bosmina coregoni	425	17,2	15	1,1	**220**	**9,2**
Bosmina longirostris	106	5,3			**53**	**2,7**
Bosmina sp.	58	3,0			**29**	**1,5**
Chydorus sphaericus			27	2,8	**14**	**1,4**
Daphnia cucullata	33	1,1	2	0,1	**18**	**0,6**
Daphnia pulex	145	6,5			**72**	**3,2**
Daphnia sp.			3	0,6	**1**	**0,3**
Bythotrephes longimanus	2	0,1			**1**	**0,1**
Polyphemus pediculus			7	0,8	**4**	**0,4**

Suma	**2321**	**100,0**	**1306**	**100,0**	**1814**	**100,0**
Rotifera	**1004**	**42,5**	**1076**	**81,5**	**1040**	**62,0**
Copepoda	**548**	**24,2**	**176**	**13,1**	**362**	**18,7**
Cladocera	**769**	**33,2**	**54**	**5,4**	**412**	**19,3**

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci

Tabela 10. Biomasa poszczególnych taksonów zooplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2020 roku

Takson	26.05.2020		25.08.2020		Średnia 2020	
	B	B%	B	B%	B	B%
Pompholyx sulcata	0,01	0,001	0,04	0,3	**0,03**	**0,2**
Asplanchna herrickii	24	4,1			**12,1**	**2,0**
Asplanchna priodonta	0,2	0,04			**0,1**	**0,02**
Anuraeopsis fissa			0,01	0,04	**0,003**	**0,02**
Brachionus angularis	0,02	0,004			**0,01**	**0,002**
Brachionus diversicornis	0,01	0,002			**0,004**	**0,001**
Kellicottia longispina	0,03	0,01	0,001	0,01	**0,02**	**0,01**
Keratella cochlearis	0,1	0,01	0,02	0,2	**0,04**	**0,1**
Keratella quadrata	0,03	0,004	0,01	0,1	**0,02**	**0,04**
Keratella tecta	0,001	0,0003	0,02	0,1	**0,01**	**0,1**
Polyarthra dolichoptera	0,01	0,002	0,01	0,04	**0,01**	**0,02**
Polyarthra longiremis	0,01	0,002	0,002	0,04	**0,01**	**0,02**
Polyarthra vulgaris			0,01	0,04	**0,003**	**0,02**
Polyarthra sp.	0,004	0,001	0,01	0,02	**0,01**	**0,01**
Trichocerca elongata			0,04	0,3	**0,02**	**0,1**
Trichocerca jenningsi			0,001	0,002	**0,0004**	**0,001**
Trichocerca longiseta			0,003	0,01	**0,002**	**0,003**
Trichocerca pusilla			0,004	0,03	**0,002**	**0,02**
Trichocerca rousseleti			0,002	0,02	**0,001**	**0,01**
Trichocerca similis			0,01	0,0	**0,003**	**0,02**
Trichocerca sp.			0,01	0,1	**0,01**	**0,1**
nauplius	0,1	0,01	0,01	0,04	**0,05**	**0,03**
copepodit	1,3	0,3	0,3	1,2	**0,8**	**0,7**
Eudiaptomus gracilis	3,4	0,6	0,5	1,8	**1,9**	**1,2**
Acanthocyclops sp.	1,6	0,3			**0,8**	**0,2**
Cyclops strenuus	2,3	0,8			**1,1**	**0,4**
Cyclops sp.	7,7	1,6	2,7	5,8	**5,2**	**3,7**
Mesocyclops leuckarti	0,3	0,1	1,4	6,4	**0,8**	**3,3**
Mesocyclops sp.	0,1	0,1	3,2	18,8	**1,7**	**9,5**
Bosmina coregoni	466,3	70,9	16,3	26,6	**241,3**	**48,8**
Bosmina longirostris	1,7	0,4			**0,9**	**0,2**
Bosmina sp.	26,8	6,1			**13,4**	**3,1**
Chydorus sphaericus			0,2	1,2	**0,1**	**0,6**
Daphnia cucullata	13,9	1,6	1,0	2,6	**7,5**	**2,1**
Daphnia pulex	70,8	12,1			**35,4**	**6,1**
Daphnia sp.			1,8	13,7	**0,9**	**6,8**
Bythotrephes longimanus	6,9	0,9			**3,4**	**0,4**
Polyphemus pediculus			9,6	20,3	**4,8**	**10,2**

Suma	**627,8**	**100,0**	**37,3**	**100,0**	**332,5**	**100,0**
Rotifera	**24,5**	**4,2**	**0,2**	**1,4**	**12,4**	**2,8**
Copepoda	**16,7**	**3,8**	**8,1**	**34,2**	**12,4**	**19,0**
Cladocera	**586,5**	**92,0**	**29,0**	**64,5**	**307,7**	**78,2**

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci

5. Badania zespołu makrozoobentosu

Próby makrozoobentosu pobierane były w 6 punktach zgodnie ze wcześniejszą metodyką. Zebrane organizmy zostały policzone i oznaczone do rangi rodziny (z wyjątkiem organizmów z rzędu Oligochaeta). Do oceny wyników wykorzystano następujące wskaźniki:

- BMWP-PL (Biomonitoring Working Party),
- wskaźnik bioróżnorodności Margalefa,
- ASPT (Average Score Per Taxon),
- wskaźnik Shannona-Wienera, TBI (Trent Biotic Index), GOLD (Gastropoda, Oligochaeta, Diptera)
- procentowy udział Diptera.

Ryc. 20. Próbki bentosu pobierano czerpaczem Ekmana

Określenia jakości wód za pomocą makrozoobentosu dokonano zgodnie z metodyką opisaną w raporcie wiosennym na początku wegetacji z 2020 roku. Organizmy znalezione w próbach na wszystkich stanowiskach zaklasyfikowano do 11 taksonów (Tabela 11). Najwięcej taksonów - 10 - znaleziono na stanowisku 3b, najmniej zaś (4 taksony) - na stanowiskach 1a oraz 1 b w obszarze otwartego plosa. Największą liczebnością charakteryzowały się ślimaki z rodziny Valvatidae. Na trzech stanowiskach: 2b, 3a oraz 3b wyraźnie dominowały one liczebnie nad organizmami z pozostałych grup. Na stanowisku 1a dominowały muchówki z rodziny Chironomidae, na stanowisku 1b dominowały organizmy

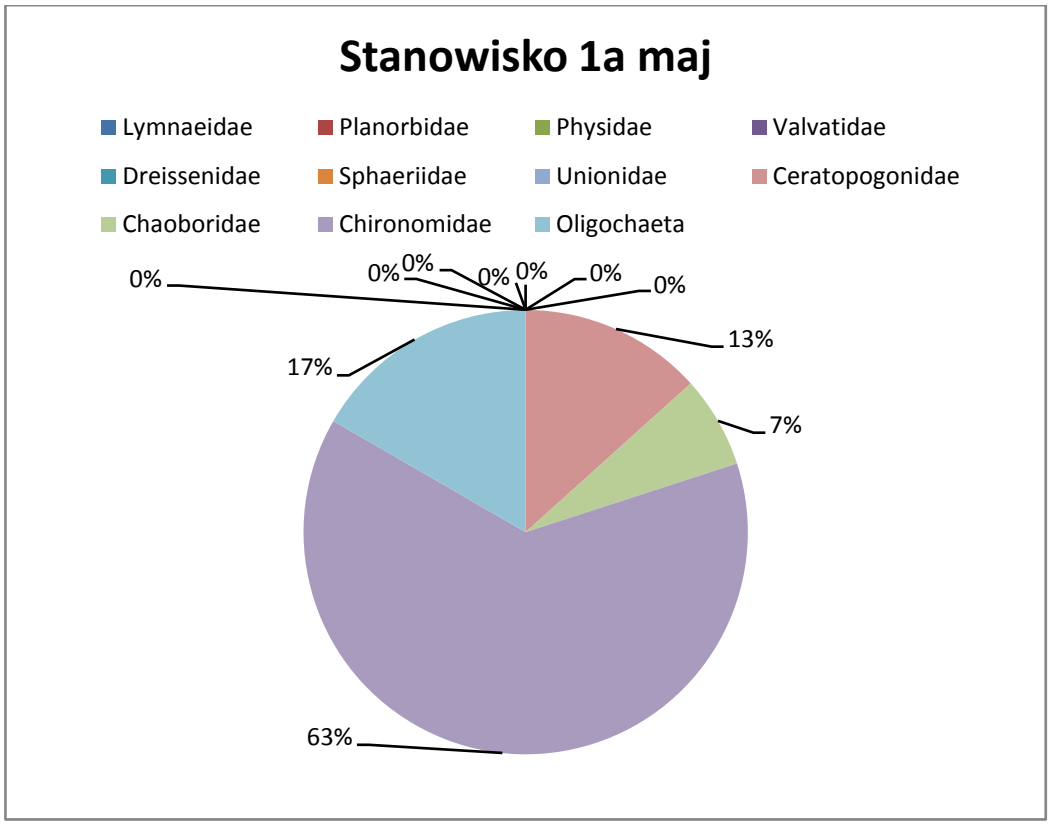
z rzędu Oligochaeta, z kolei na stanowisku 2a przeważały muchówki z rodziny Ceratopogonidae.

Tabela 11. Liczebność organizmów na poszczególnych stanowiskach (1a, 1b,....3a, 3.b)

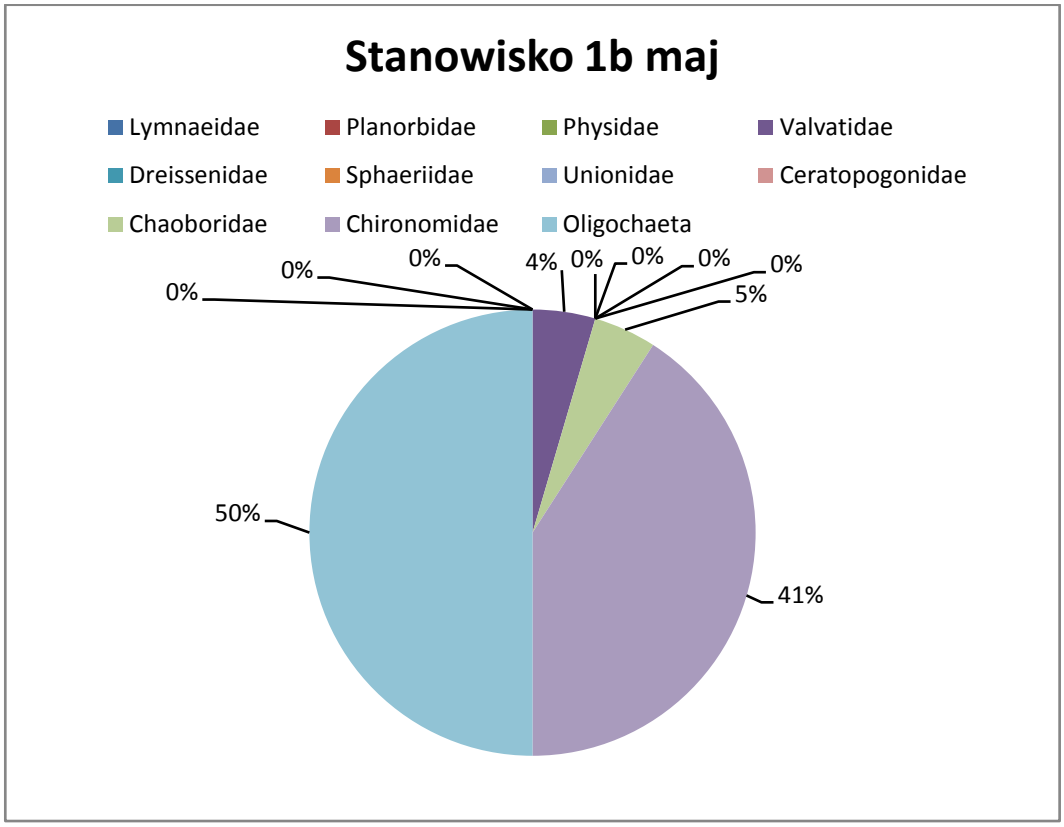
	Stanowisko 1a maj	Stanowisko 1b maj	Stanowisko 2a maj	Stanowisko 2b maj	Stanowisko 3a maj	Stanowisko 3b maj
Lymnaeidae	0	0	16	48	64	64
Planorbidae	0	0	0	16	16	64
Physidae	0	0	0	0	0	16
Valvatidae	0	16	224	288	2608	2864
Dreissenidae	0	0	0	16	16	16
Sphaeriidae	0	0	48	32	32	80
Unionidae	0	0	0	0	0	32
Ceratopogonidae	64	0	448	0	80	0
Chaoboridae	32	16	64	16	0	32
Chironomidae	304	144	176	112	304	192
Oligochaeta	80	176	128	48	32	48

Najważniejszą różnicą pomiędzy próbami z maja 2019 roku oraz próbami z poprzednich lat jest brak ślimaków z rodziny Hydrobiidae, wśród organizmów bentosowych pobranych w roku 2019. Może to być spowodowane nieco innych terminem poboru, niż w poprzednich latach lub zmianami w tempie wegetacji. Wegetacja z powodu braku zalodzenia nastąpiła w 2020 roku wyraźnie wcześniej. Wzrosła za to liczba znajdowanych ślimaków Valvatidae.

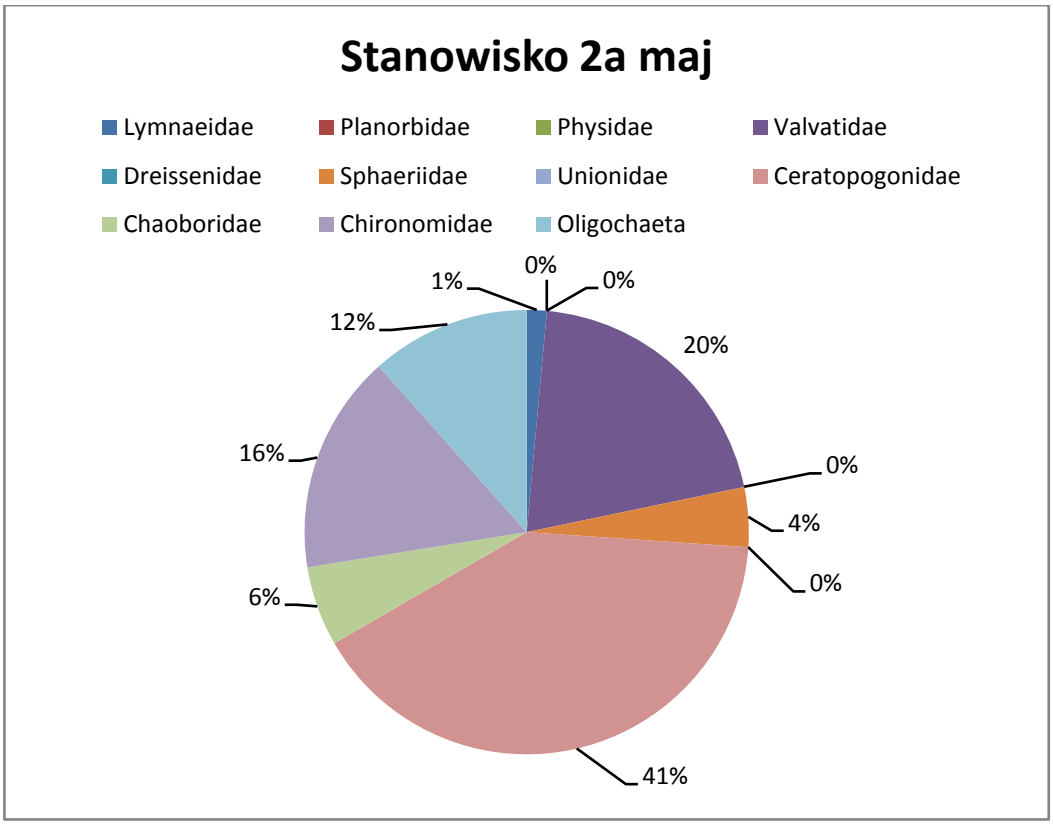
Na poniższych wykresach przedstawiono rozkład procentowy liczebności poszczególnych taksów na wszystkich stanowiskach w maju 2019 roku (Ryc. 21 - 26).



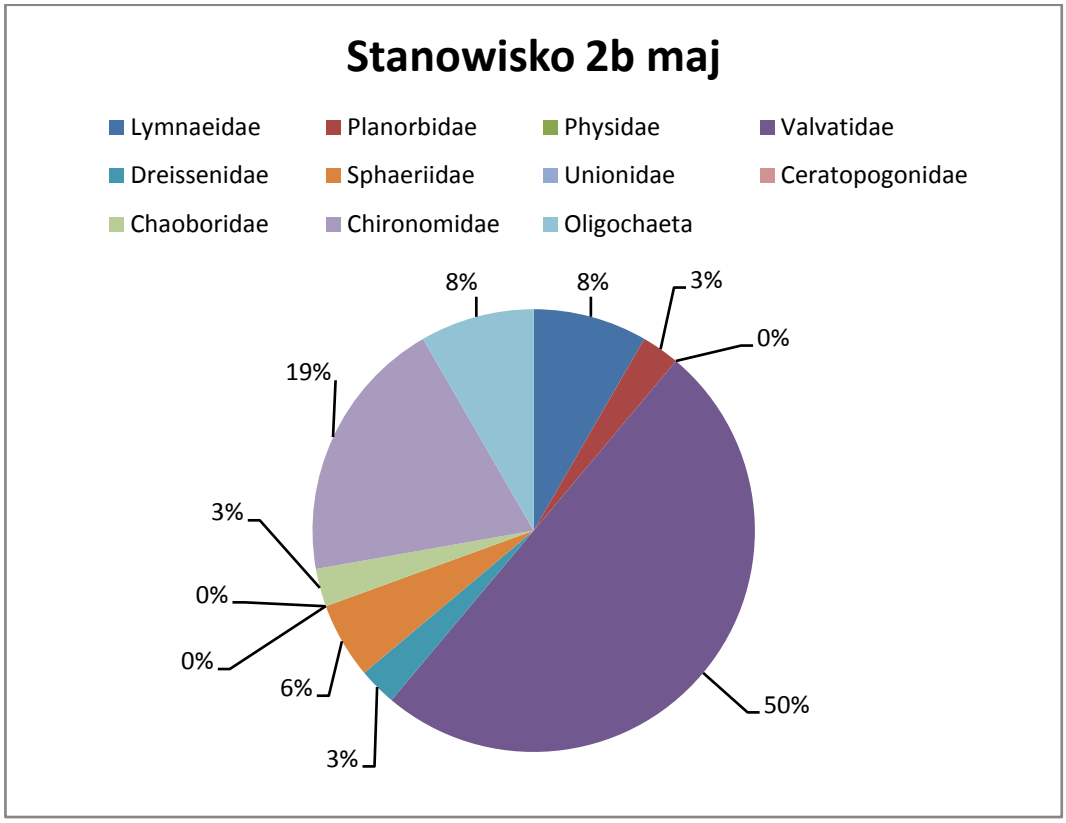
Ryc. 21. Wartości procentowe liczebności poszczególnych taksów na stanowisku 1a



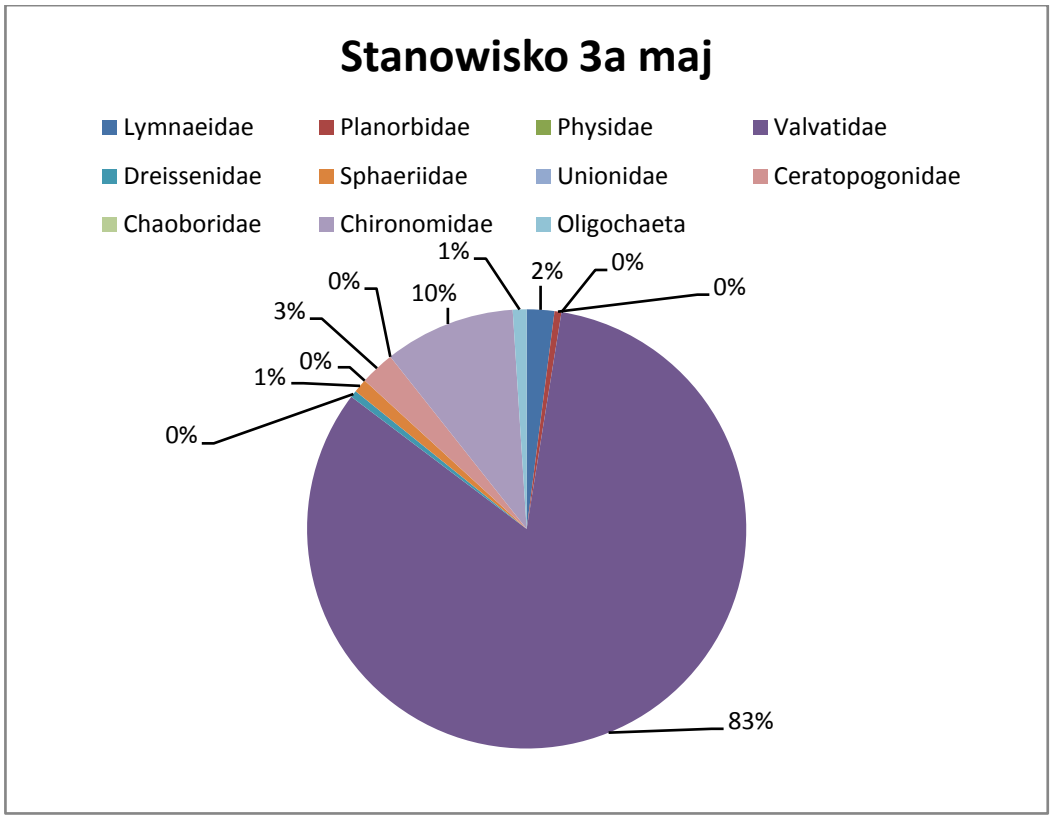
Ryc. 22. Wartości procentowe liczebności poszczególnych taksonów na stanowisku 1b



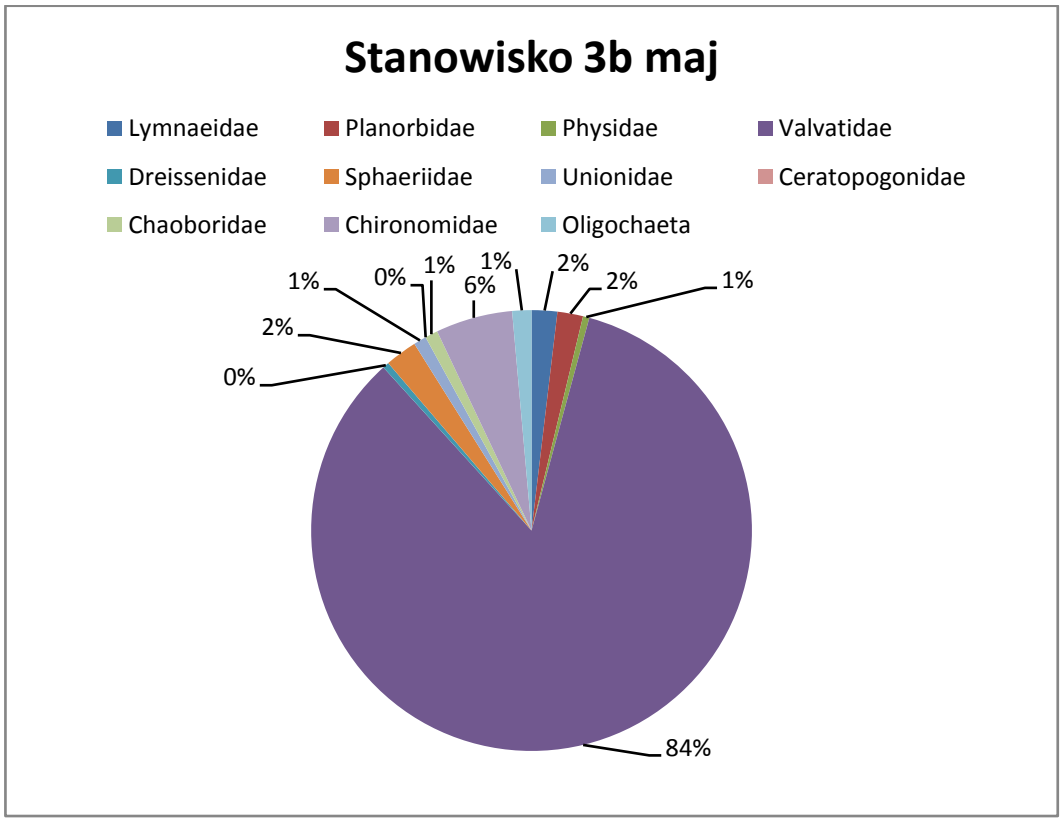
Ryc. 23. Wartości procentowe liczebności poszczególnych taksonów na stanowisku 2a



Ryc. 24. Wartości procentowe liczebności poszczególnych taksonów na stanowisku 2b



Ryc. 25. Wartości procentowe liczebności poszczególnych taksonów na stanowisku 3a



Ryc. 26. Wartości procentowe liczebności poszczególnych taksonów na stanowisku 3b

Podsumowanie badań oceny makrozoobentosu zaprezentowano w tabeli 12, zaznaczając kolorami klasyfikację, co do jakości. Najkorzystniej wypadł wskaźnik bioróżnorodności Margalefa gdzie mamy do czynienie nawet z II klasą. Pozostałe wskaźniki wydają się typowe dla strefy dennej jezior eutroficznych. Warunki tlenowe przy dnie nawet na znacznych głębokościach zapewniają dobry rozwój makrozoobentosu, ważnego składnika pokarmu ryb bentosożernych. Stanowiska najgłębsze 1a i 1b mają klasę V choć to wynika z ograniczeń klasyfikacji makrozoobentosu jezior w stosunku do zastosowanej metodyki. Można stwierdzić, że makrozoobentos stref głębszych w jeziorze jest typowy dla zbiorników eutroficznych.

Tabela 12. Wartości wskaźników na poszczególnych stanowiskach oraz wartości referencyjne tych wskaźników

	BMWP-PL	Indeks bioróżnorodności Margalefa	ASPT	Shannon-Wiener	TBI	GOLD	% Diptera
Stanowisko 1a maj	9	1,924	2,250	0,651	2	100,0	83,3
Stanowisko 1b maj	13	2,057	3,250	0,645	2	95,5	45,5
Stanowisko 2a maj	19	3,185	2,714	1,497	3	75,4	62,3
Stanowisko 2b maj	30	4,307	3,750	1,581	3	41,7	22,2
Stanowisko 3a maj	34	3,082	4,250	0,958	3	15,7	12,2
Stanowisko 3b maj	40	3,949	4,000	1,413	3	11,7	6,6

Legenda z zakresami dla danej klasy

I	>100	>5,5			10-9		
II	70-99	4-5,49			8-7		
III	40-69	2,5-3,99			6-5		
IV	10-39	1-2,49			4-3		
V	<10	<1			2-1		

6. Specjacja fosforu w osadach

Badaniami objęto podobnie jak w latach poprzednich osady denne, które nakierowane były na określenie zawartości poszczególnych form fosforu. W tym celu posłużono się zmodyfikowaną metodą Psennera i in. (1988) (Lewandowski 2002, Da-Peng i Yong 2010). Z każdego z 6 stanowisk badanego profilu pozyskiwano rdzeń osadów dennych, który dzielono na 2 warstwy o następujących miąższościach:

- 1 → 0-2,0 cm
- 2 → 2,1-5,0 cm

W ramach badań dla każdej próbki przeanalizowano frakcje fosforu (Tabela 13) zaprezentowane na ryc. 27 - 30. Wyniki podawano w przeliczeniu na gram suchej masy osadu.

Tabela 13. Frakcje fosforu w osadach dennych (opracowano na podstawie: Gonsiorczyk i in. 1998, Kisand 2005, Ribeiro i in. 2008)

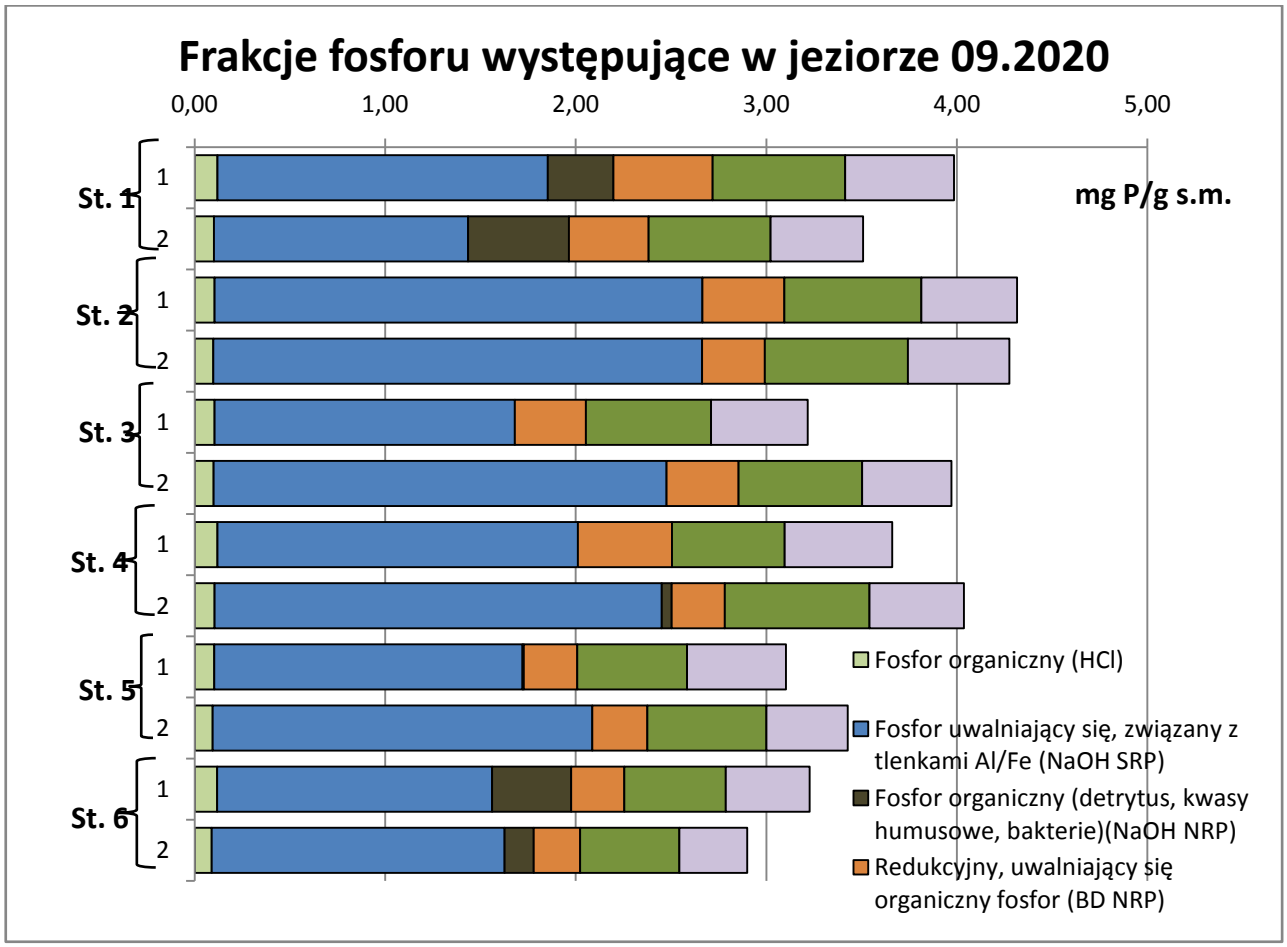
Oznaczenie frakcji	Charakterystyka
NH_4Cl SRP	Fosfor biodostępny, luźno związany lub zaadsorbowany na powierzchni osadów.
NH_4Cl NRP	Frakcja rozpuszczalna o wielkości cząstek mniejszej niż 0,45 µm.
BD SRP	Fosforany zaadsorbowane głównie na powierzchni wodorotlenków metali takich jak żelazo czy glin. Frakcja wrażliwa na zmiany potencjału redoks.
BD NRP	Organiczna frakcja fosforu, występująca głównie w połączeniach z substancjami humusowymi. Wrażliwa na zmiany potencjału redoks.
NaOH SRP	Fosfor związany z tlenkami metali, głównie żelazem i glinem, wymienny z OH^-, fosfor nieorganiczny rozpuszczalny w zasadach.
NaOH NRP	Fosfor wchodzący w skład mikroorganizmów, detrytusu, związków humusowych, polifosforanów i fosfolipidów.
HCl SRP	Fosfor związany z węglanami, fosfor apatytowy, śladowo zhydrolizowany fosfor organiczny.
HCl NRP	Frakcja fosforu organicznego, wrażliwa na niskie pH.
RP	Fosfor rezydualny

Oznaczenia:
BD - *bicarbonate/dithionite* ($NaHCO_3$+$Na_2S_2O_4$)
SRP - fosfor rozpuszczony reaktywny (*soluble reactive P*)
NRP - fosfor niereaktywny (*non reactive P*)

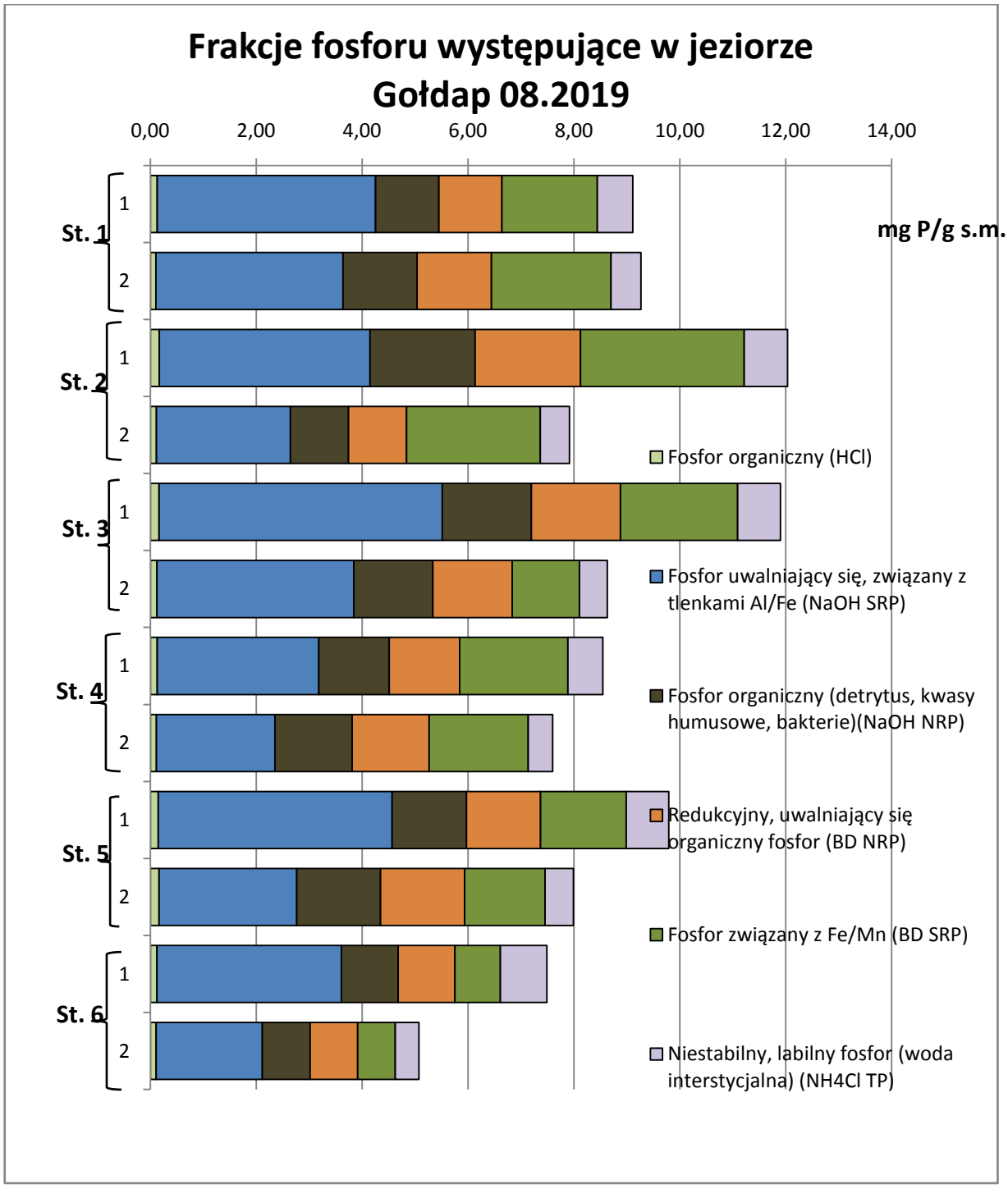
W Sierpniu 2020 roku w osadach dominuje frakcja fosforu związana z tlenkami glinu i żelaza (Ryc. 27). Ta frakcja może być uwalniana z osadów do wód interstycjalnych i przy silnej resuspencji osadów wędrować do wód nadosadowych i przy kolejnym mieszaniu się kolumny wody jesienią powrócić do toni wodnej. Obserwujemy w kolejnych sezonach spadek zawartości frakcji fosforu w osadach powierzchniowych. I tak w sierpniu 2019 stwierdzono

tam dwukrotnie wyższe wartości niż obecnie dochodzące do 8-12 mg P/g s. m. (Ryc. 28). W roku 2020 zanotowano około 4 mg P/g s. m. Więcej obserwowano w 2019 roku fosforu organicznego, i to mogło wynikać z procesu sedymentacji materii organicznej i jej bioturbulencji w osadach przez ryby karpiowate i organizmy makrozoobentosu. Jest to efekt penetracji osadów przez ryby czasami do głębokości nawet kilku cm (wyjątkowo kilkanaście np. karp). Podobnie obserwujemy spadek zawartości fosforu uwalnianego do osadów (Ryc. 29). W roku 2019 w sierpniu uwalnianych form fosforu było około 4 mg P/g s. m. tj. prawie dwukrotnie więcej niż pod koniec okresu wegetacji w 2020 (Monitoring wód ... 2019).

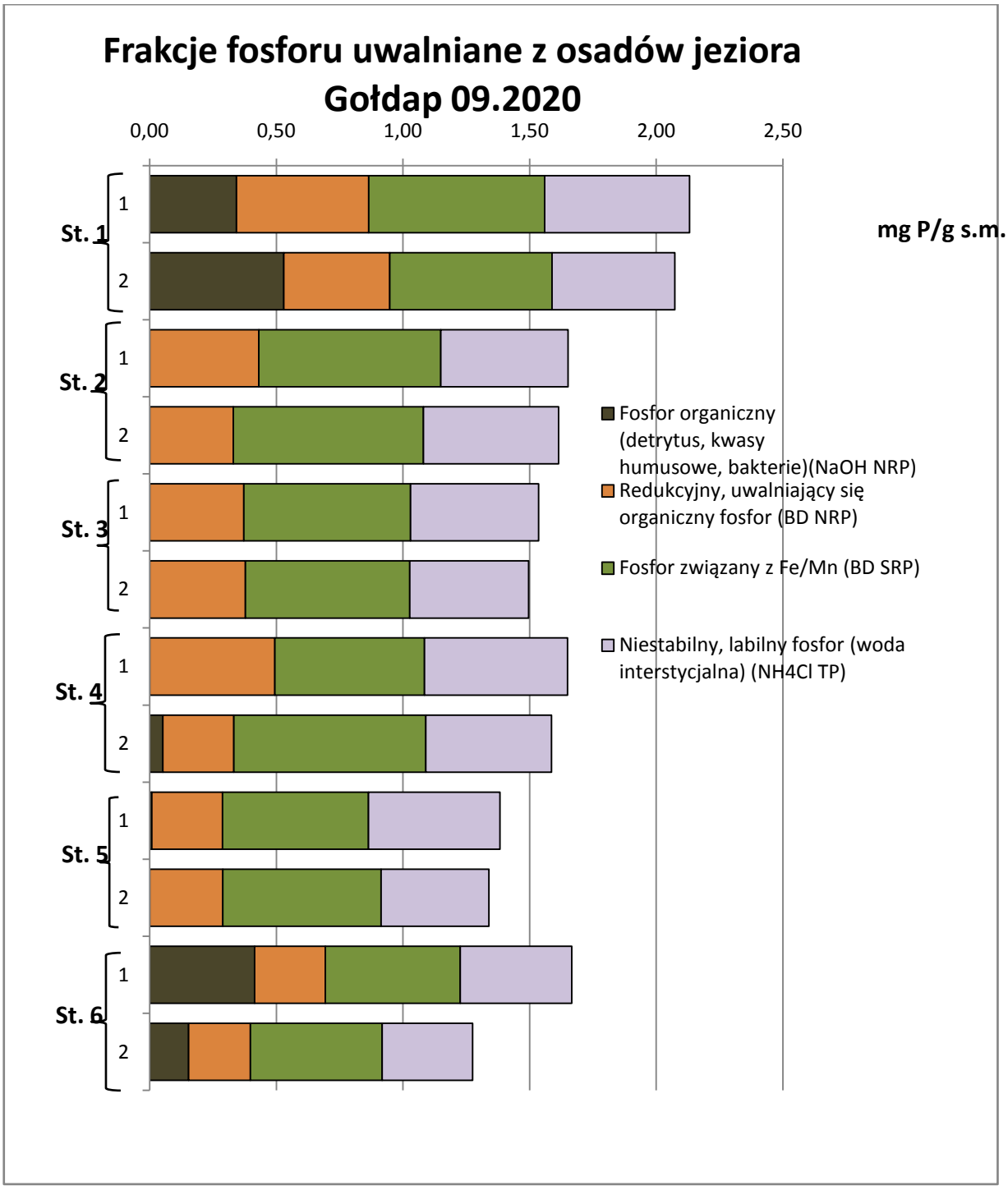
Podobnie jak w 2019 roku ilość fosforu dostępnego w 2020 mieściła się w granicach 30 - 50 % (Ryc. 30). Oczywiście to nie oznacza, że cały biodostępny fosfor zostanie przekazany do toni wodnej w kolejnym sezonie wegetacyjnym. Dodatni potencjał redox na znacznym obszarze monitorowanego dna jeziora (poza głęboczkiem) wskazuje na ciągłe możliwości zatrzymywania w osadach różnych form fosforu podatnych na uwalnianie przy ujemnych wartościach potencjału redox (patrz tabela 1 i 2).



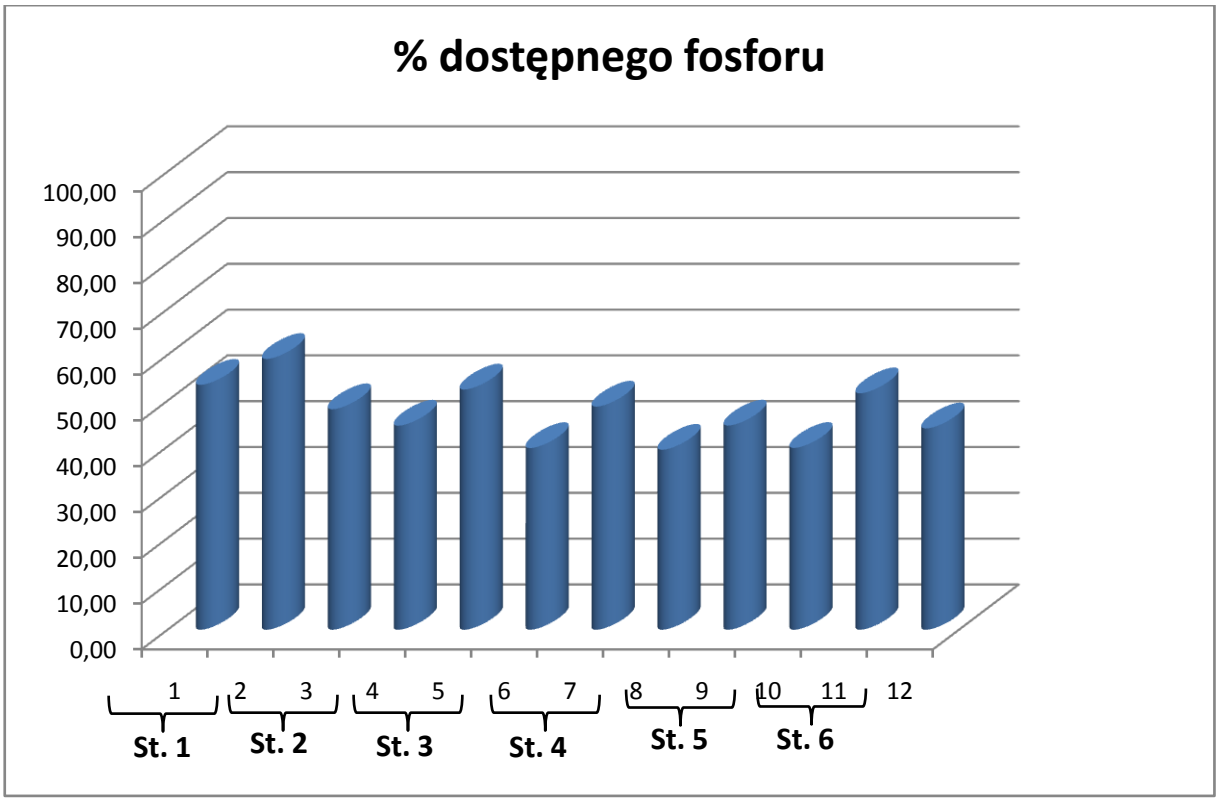
Ryc. 27. Frakcje fosforu w osadach na badanym profilu 6 stanowisk na głębokości 2 cm miąższości (1) i na głębokości do 5 cm miąższości (2) w sierpniu 2020



Ryc. 28. Frakcje fosforu w osadach na badanym profilu 6 stanowisk na głębokości 2 cm miąższości (1) i na głębokości do 5 cm miąższości (2) w sierpniu 2019



Ryc. 29. Frakcje fosforu w osadach na badanym profilu 6 stanowisk na głębokości 2 cm miąższości (1) i na głębokości do 5 cm miąższości (2)



Ryc. 30. Procentowy udział fosforu dostępnego w sierpniu 2020r. osadach jeziora Gołdap

7. Ocena stanu ekologicznego Jeziora Gołdap

Na podstawie zebranych danych dokonano oceny stanu ekologicznego Jeziora Gołdap (Tab. 14). Podobnie jak w roku ubiegłym, Jezioro Gołdap zaklasyfikowane zostało do IV klasy jakości wód (stan słaby). Pozytywnym aspektem jest poprawa stanu, na którą wskazuje wskaźnik fitoplanktonowy. Klasa uzyskana na jego podstawie musiała zostać jednak obniżona, ze względu na niżą jakość środowiska uzyskaną na podstawie makrobezkręgowców bentosowych. Ocena stanu jeziora na podstawie tego wskaźnika, funkcjonuje od niedawna. W celu lepszego dostosowania się do nowej metodyki planuje się zmianę sposobu jego wyznaczania w kolejnym roku badawczym.

W dalszym ciągu zbiornik obciążony jest wysokim ładunkiem fosforu. Głównym winowajcom w tej sytuacji jest najprawdopodobniej dopływ ze zlewni, szczególnie rzeką Jarką, która w tym roku wniosła do jeziora dość wysokie ładunki fosforu. Konsekwencją dopływu fosforu jest zakwit fitoplanktonu i będący jego następstwem spadek przejrzystości wody.

Tabela 14. Ocena stanu ekologicznego wód Jeziora Gołdap w 2020 roku

Termin	PMPL	LMI	Przezroczystość [m]	Średnie nasycenie hypolimnionu tlenem [%]	Przewodność w 20°C [µS/cm]	Azot ogólny [mg/dm^3]	Fosfor ogólny [mg/dm^3]
V.2019	-	-	0,90	-	390	1,3	0,224
VIII.2019	-	-	0,55	2,1	435	1,6	0,299
Średnia	**2,86**	**0,208**	**0,73**	**2,1**	**412,5**	**1,4**	**0,261**
Stan	**umiarkowany**	**słaby**	**poniżej dobrego**	**poniżej dobrego**	**dobry-bardzo dobry**	**dobry-bardzo dobry**	**poniżej dobrego**

Niewielki potencjał ekologiczny zooplanktonu, wymaga z kolei interwencji w piramidę troficzną zbiornika. Planowane w tym roku odłowy ryb, które miały na celu uwolnienie zooplanktonu z nadmiernej presji ryb planktonożernych, nie mogły zostać przeprowadzone ze względu na sytuację pandemiczną w naszym kraju. W związku z tym, że muszą one zostać przeprowadzone w odpowiednich ku temu warunkom, zostały one przeniesione na przyszły rok tj. 2021. Planuje się odłowić około 4000 kg ryb karpiowatych tj. około 26 kg z hektara licząc jedynie Polską część jeziora. Uznaje się za kluczowe wsparcie ochrony jeziora przez usunięcie konsumentów czyli drobnych ryb planktonożernych redukujących aktywnych filtratorów (duży zooplankton) mogących kontrolować zakwity fitoplanktonu. Obserwowane zmiany kierunkowe w zgrupowaniu fitoplanktonu są bardzo korzystne. Obecnie obserwujemy dominację okrzemek!

8. Ocena stanu ekologicznego wód Jarki i Gołdapy

Na podstawie uzyskanych wyników oba cieki sklasyfikowano, jako posiadające stan chemiczny poniżej dobrego. Podobnie jak w roku ubiegłym, najbardziej niepokojącym parametrem okazało się stężenie fosforu ogólnego.

Badania przepływu wykonane dla obu rzek, wykazały wyraźny wzrost przepływu wody na Jarce oraz relatywnie niedużą zmianę tego parametru na Gołdapie (Tabela 16). Czynnikiem, który o tym zdecydował był przede wszystkim większy przepływ odnotowany

na rzece Jarce w maju. Był on praktycznie dwukrotnie wyższy niż miało to miejsce w analogicznym okresie w roku ubiegłym.

Tabela 15. Ocena stanu ekologicznego Jarki i Gołdapy

Parametr	Jarka (dopływ) (20)	Gołdapa (odpływ) (20)
Grupa wskaźników charakteryzujących stan fizyczny, w tym warunki termiczne		
Temperatura [°C]	16,70	19,20
Zawiesina ogólna [mg/dm^3]	1,41	3,41
Grupa wskaźników charakteryzujących warunki tlenowe (warunki natlenienia) i zanieczyszczenia organiczne		
Tlen rozpuszczony [mgO_2/dm^3]	9,53	7,72
BZT_5 [mgO_2/dm^3]	1,0	8,5
TOC [mg/dm^3]	9,8	7,6
Grupa wskaźników charakteryzujących zasolenie		
Przewodność [µS/cm]	271	439
Substancje rozpuszczone [mg/dm^3]	188	293
Siarczany [mg/dm^3]	<25	<25
Chlorki [mg/dm^3]	3,42	3,11
Wapń [mgCa/dm^3]	153,7	104,3
Magnez [mgMg/dm^3]	15,4	17,8
Twardość ogólna [mg$CaCO_3$/dm^3]	436	326
Grupa wskaźników charakteryzujących zakwaszenie (stan zakwaszenia)		
Odczyn pH	8,7	9,0
Zasadowość ogólna [mg$CaCO_3$/ dm^3]	5,5	4,0
Grupa wskaźników charakteryzujących warunki biogenne (substancje biogenne)		
Azot amonowy [mgN_{NH4}/dm^3]	0,671	0,914
Azot Kjeldahla [mgN/dm^3]	0,995	1,555
Azot azotanowy [mgN_{NO3}/dm^3]	0,392	0,430
Azot azotynowy [mgN_{NO2}/dm^3]	0,003	0,007
Azot ogólny [mgN/dm^3]	1,391	1,992
Fosfor fosforanowy [mgP_{PO4}/dm^3]	0,060	0,024
Fosfor ogólny [mgP/dm^3]	0,393	0,099

Oznaczenia:

- stan bardzo dobry
- stan dobry
- stan poniżej dobrego

Pomimo niewątpliwie korzystnego zjawiska jakim był dopływ większej ilości wody, tak fakt iż wniosła ona duże ładunki biogenów jest zjawiskiem negatywnym. Na podstawie bilansu przedstawionego w Tabeli 17, stwierdzić można że w przypadku azotu - rzeką Gołdapą odprowadzane są jego większe ilości, niż ma to miejsce w przypadku dopływu. Niekorzystnym pozostaje fakt wprowadzania praktycznie czterokrotnie wyższego ładunku fosforu ogólnego do zbiornika, niż odprowadzania go za pośrednictwem odpływu. Oznacza to, że ładunek ten obciąża zbiornik, podlega procesom przemian chemicznych, dzięki którym dochodzi do wtórnego obiegu tego pierwiastka. Pozytywnym zjawiskiem jest to, że jezioro Gołdap odznacza się cały czas potencjałem dodatnim w retencjonowaniu fosforu. Należy te szacunki przyjąć jako przybliżone bo oparte są o oznaczenia chwilowe. Badania takie, celem bilansowania, muszą być przeprowadzone ze znacznie większą częstotliwością przy różnych przepływach.

Tabela 16. Wartości przepływu wyznaczonych dla rzeki Jarki i Gołdapy

Rzeka	Przepływ [m^3/s]					
	28.05.2019	27.08.2019	Średnia 2019	26.05.2020	25.08.2020	Średnia 2020
Jarka	0,3880	0,1430	**0,2655**	0,7699	0,1386	**0,4543**
Gołdapa	0,7889	0,2822	**0,5356**	0,7073	0,2136	**0,4605**

Tabela 17. Przybliżony, oparty o chwilowe ładunki, bilans biogenów dopływających i wypływających z Jeziora Gołdap w 2020

Rzeka	Dopływ/Odpływ [m^3/rok]	Azot ogólny [mgN/m^3]	Ładunek azotu ogólnego [kgN/rok]	Fosfor ogólny [mgP/m^3]	Ładunek fosforu ogólnego [kgP/rok]
Jarka	14 326 805	1 391	**19 928,6**	393	**5 630,4**
Gołdapa	14 522 328	1 992	**28 928,5**	99	**1 437,7**

9. Podsumowanie

Do najważniejszych zagrożeń utrzymania pożądanych tendencji poprawy jakości wody obserwowanych po zabiegu rekultywacji jeziora Gołdap należą:

- wysokie ładunki fosforu ogólnego wnoszone rzeką Jarką szczególnie w okresie wiosennym przed początkiem intensywnej wegetacji,
- wysoka biomasa i liczebność ryb karpiowatych głównie leszcza i krąpia wpływająca na zależności troficzne w zbiorniku przyczyniając się do silnej presji ograniczając latem biomasę dużych wydajnych filtratorów mogących potencjalnie ograniczyć zakwity fitoplanktonu,
- zmiany klimatu powodujące ograniczenie naturalnych zjawisk limnologicznych, brak zalodzenia w okresie zimowym sezonu 2019/2020 skutkowało przyspieszeniem wegetacji i w maju 2020 mieliśmy już 3-krotny wzrost biomasy sinic niż w podobnym okresie w roku 2019 co jednocześnie przełożyło się na wysoką biomasę fitoplanktonu wiosną (wyższą niż latem) i konsumpcją fosforu fosforanowego ($P\text{-}PO_4$).

Zjawiska pozytywne wynikające z działań rekultywacyjnych z zastosowaniem glinki bentonitowej wzbogaconej lantanem to:

- w roku 2020 średnia sezonowa wartość biomasy zooplanktonu wyniosła 332,5 mg/dm^3, to jest ponad 10-krotnie więcej niż w 2018 roku. Gatunkiem, który obecnie podwyższa wartość biomasy jest drobna wioślarka *Bosmina coregoni*. W 2018 roku parametr ten wynosił zaledwie 29,4 mg/dm^3. Rok 2019 przyniósł wzrost wartości biomasy do 198,4 mg/dm^3,
- utrzymujący się dodatni potencjał redox na większości powierzchni dna zbiornika ograniczający wtórne wydzielanie fosforu z osadów, nawet w głęboczku na stanowisku 2 nad dnem obserwuje się potencjał redox o wartościach dodatnich,
- spadek zawartości fosforu ogólnego w stosunku do roku 2019 prawie o połowę licząc jako średnią z różnych głębokości kolumny wody i 3 wytypowanych stanowiskach,
- stężenia związków mineralnych i organicznych azotu utrzymują sie podobnym poziomie jak w 2019, obecnie w 2020 zawartości azotu ogólnego jest klasyfikowana jako stan bardzo dobry/dobry,
- poprawa indeksu fitoplanktonowego, wskaźnika PMPL o jedna klasę w górę.

Działania ograniczająca zagrożenia jakości wód jeziora Gołdap w roku 2021 winny być nakierowane na ochronę zalewni rzeki Jarki. Głównie działania kontrolne celem wyeliminowania zanieczyszczeń incydentalnych (np. takie zjawisko prawdopodobnie wystąpiło pod koniec sierpnia 2020). Drugie zadanie bardzo ważne to kontrolowane odłowy ryb karpiowatych poprzez usunięcie biomasy w ilości około 4000 kg. To zadanie należy potraktować jako pilne i do realizacji wiosna 2021.

10. Materiały źródłowe (wybrane)

Dz.U. 2019 poz. 2149. *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 7 listopada 2019 r. w sprawie klasyfikacji stanu ekologicznego, potencjału ekologicznego i stanu chemicznego oraz sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych a także środowsikowych norm jakości dla substancji priorytetowych.*

PN-86/C-05560/02. *Woda i ścieki : badania zawartości chlorofilu w wodach powierzchniowych : oznaczanie chlorofilu a w glonach planktonowych metodą spektrofotometryczną monochromatyczną z poprawką na feopigmenty a.*

Ejsmont-Karabin, J., 2013. Ocena stanu troficznego wód jeziornych na podstawie zooplanktonu. W: H. Ciecierska i M. Dynowska, redaktorzy *Biologiczne metody oceny stanu środowiska Tom 2. Ekosystemy wodne. Podręcznik metodyczny.* wydanie pierwsze red. Olsztyn: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pp. 129-149.

Heese, T., Pikuła, K.; Szelągowska, M.; Wilczak, A.; Zakościelna, A.; Arciszewski, M., 2018. *Monitoring jeziora Gołdap z oceną postępu rekultywacji*. Koszalin. Politechnika Koszalińska. (maszynopis)

Monitoring *wód po zakończnieu projektu pt.: Rekultywacai jeziora Gołdap w uzdrowiku Gołdap*. ARTH - AQUA REVITA TOMASZ HEEESE, (maszynopis), Koszalin, 2020

Hillbricht-Ilkowska, A., Patalas, K., 1967. Metody oceny produkcji biomasy oraz niektóre problemy metodyki ilościowej zooplanktonu. *Ekol. Pol., Ser. B*, Issue 13, p. 139–172.

Hutorowicz, A., 2009. *Standardowe objętości komórek do szacowania biomasy wybranych taksonów glonów planktonowych wraz z określeniem sposobów pomiarów i szacowania.* Olsztyn: Instytut Rybactwa Śródlądowego w Olsztynie.

Hutorowicz, A., Pasztaleniec, A., 2011. Ocena stanu ekologicznego jezior z wykorzystaniem fitoplanktonu. W: *Biologiczne metody oceny stanu środowiska Tom2. Ekosystemy wodne. Podręcznik metodyczny.* Olsztyn: Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, pp.38-58.

Kasprzak, K. i Niedbała, W., 1981. Wskaźniki biocenotyczne stosowane w badaniach ilościowych. W: M. Górny i L. Grüm, redaktorzy *Metody stosowane w zoologii gleby.* wydanie pierwsze red. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, pp. 397-416.

Kawecka, B. i Eloranta, P., 1994. Zarys ekologii glonów wód słodkich i środowisk lądowych. wydanie pierwsze Warszawa: Wydawnictwo PWN.

Starmach, K., 1955. *Metody badania planktonu.* Warszawa: PWRiL.