MONITORING WÓD PO ZAKOŃCZENIU PROJEKTU PT.: "REKULTYWACJA JEZIORA GOŁDAP W UZDROWISKU GOŁDAP" W ROKU 2019

Raport końcowy z realizacji monitoringu wód jeziora Gołdap w 2019 roku

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

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

Gołdap, 30 września 2019

1. Monitoring wód jeziora Gołdap - cele

Niniejszy raport powstał w oparciu o wytyczne wynikające z pozwolenia wodnoprawnego nr OŚ-PŚ.7322.7.1.2016 z dnia 18 10.2016. Stanowi on podsumowanie monitoringu jeziora Gołdap prowadzonego w roku 2019.

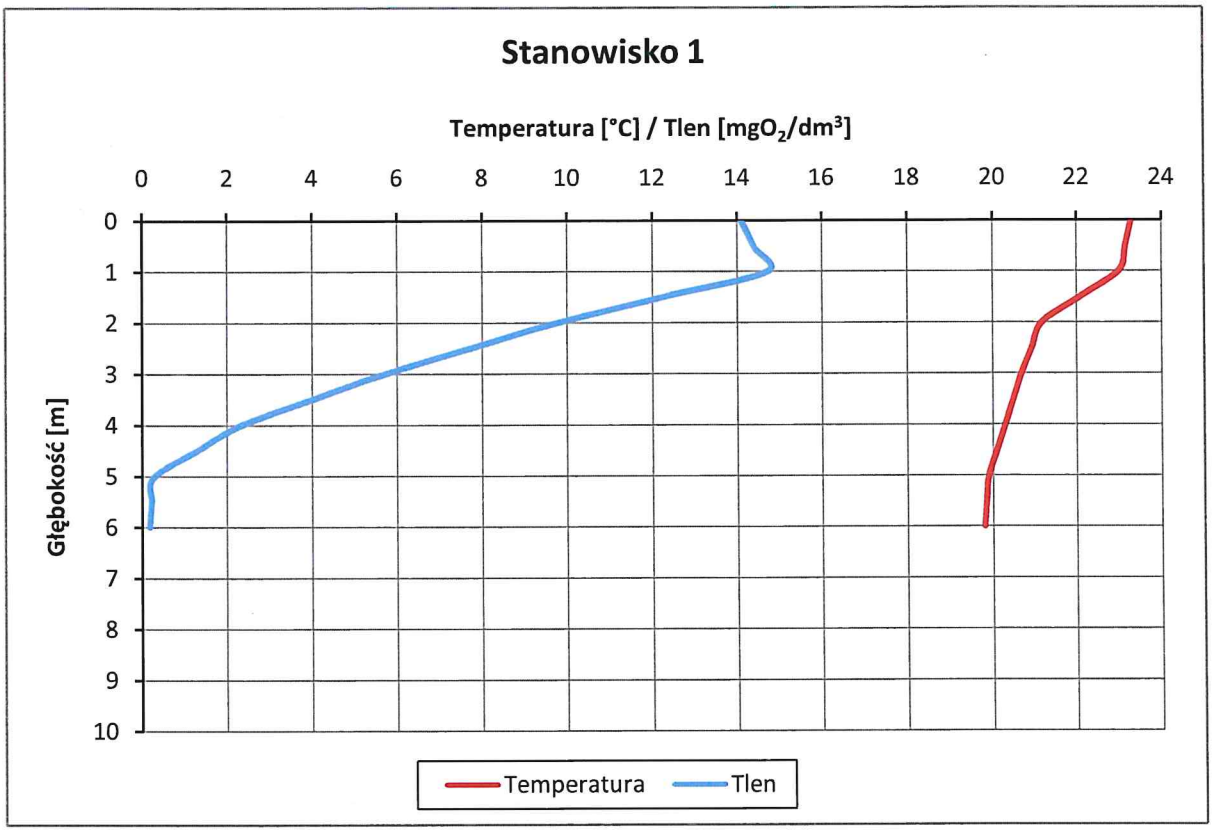
Badania wykonywano zgodnie z metodyką zaproponowaną w trakcie monitoringu prowadzonego w czasie zabiegu rekultywacji oraz aktualnie obowiązującymi przepisami. W ramach badań przeanalizowano właściwości fizyko-chemiczne wody, zespoły organizmów wodnych - fitoplanktonu, zooplanktonu, bentosu oraz właściwości osadów dennych (Heese i in., 2018).

Dnia 02.07.2019 roku uchylono zapisy Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 lipca 2016 r. w sprawie sposobu klasyfikacji stanu jednolitych części wód powierzchniowych oraz środowiskowych norm jakości dla substancji priorytetowych. W związku z brakiem aktualnej podstawy prawnej do określenia stanu ekologicznego wód, wyniki zebrane w ramach niniejszego opracowania odnoszone były do wymienionego uprzednio aktu.

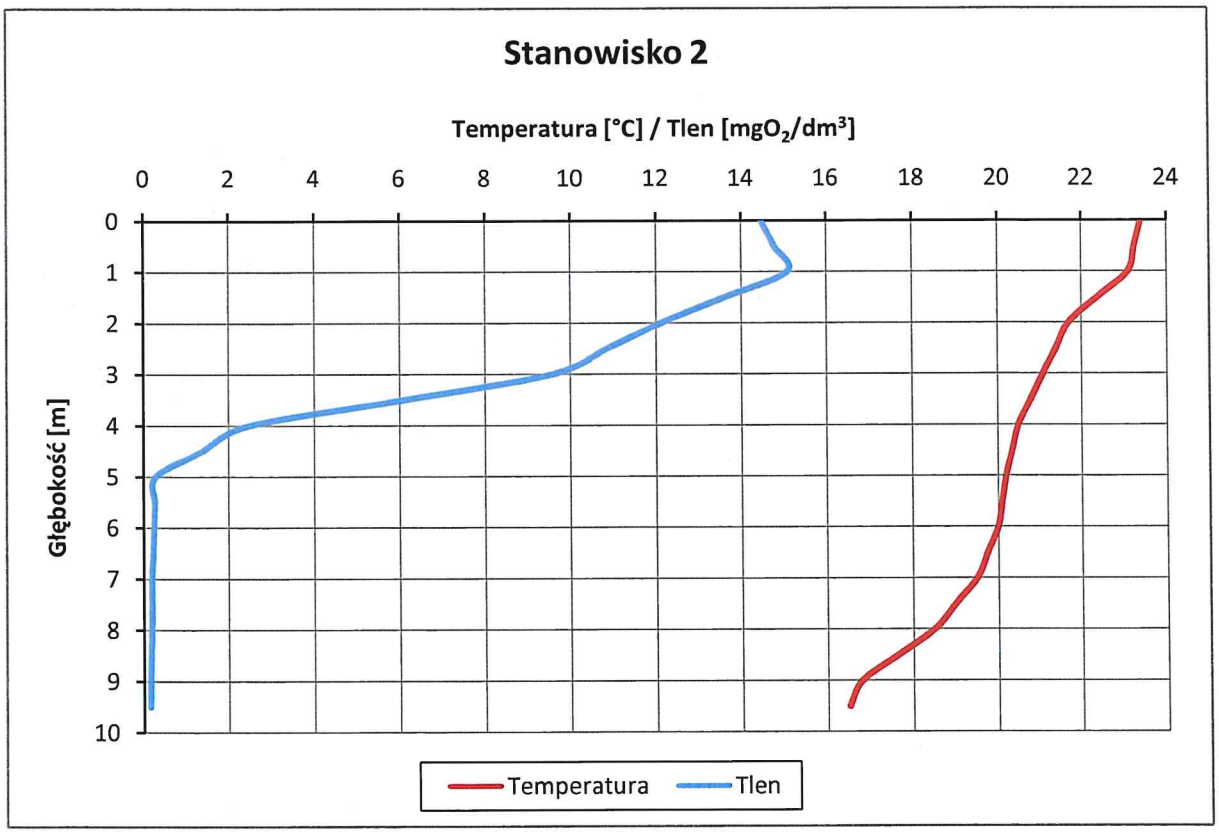
2. Badania parametrów fizyko-chemicznych wód

W celu zachowania powtarzalności danych badania parametrów fizyko-chemicznych wód prowadzono zgodnie ze stosowaną uprzednio metodyką badawczą. Próby wód pozyskiwano z trzech stanowisk na jeziorze oznaczonych numerami od 1 do 3. Stanowisko 1* wyznaczone zostało jako dodatkowe. Oprócz tego przebadano także wody dopływu rzeki Jarki oraz odpływu - rzeki Gołdapy.

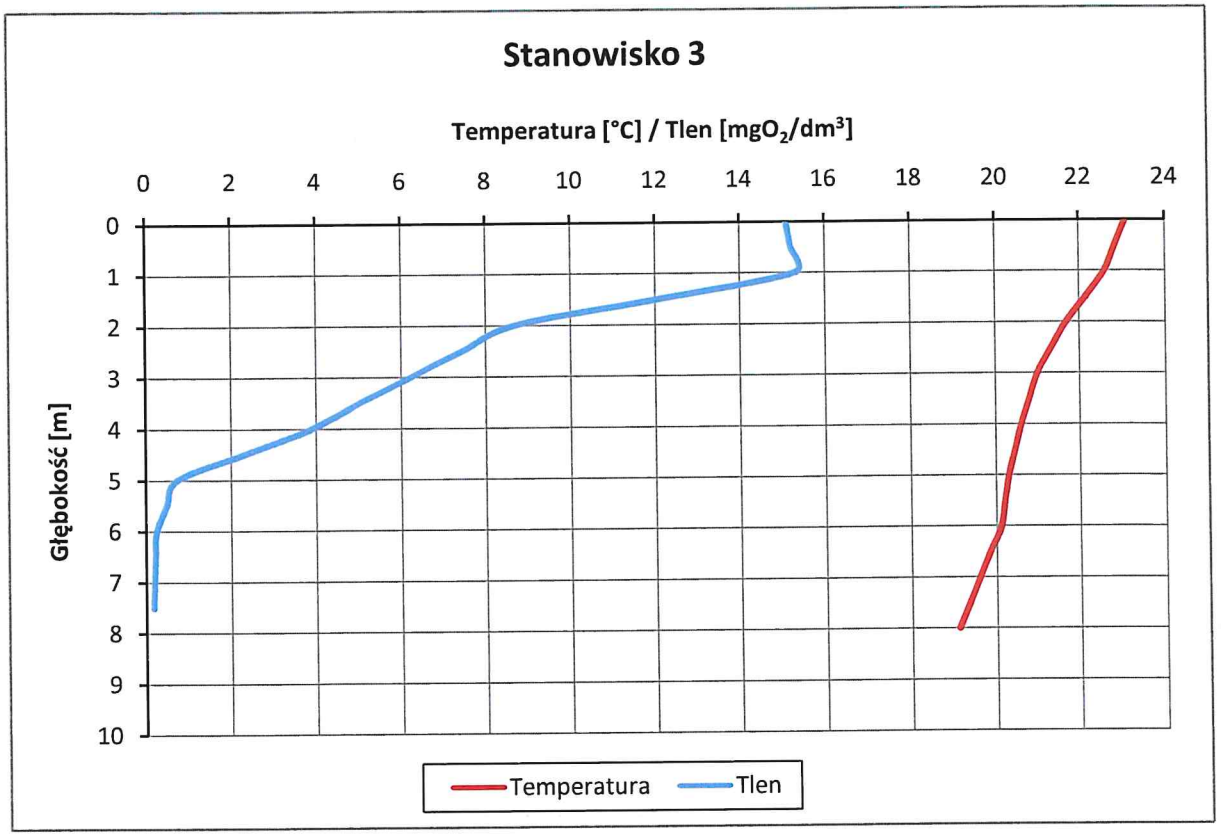
Zebrane wyniki badań przedstawione zostały w postaci graficznej i/lub tabelarycznej. Pod względem termiczno-tlenowym zaobserwowano wykształcenie się słabego uwarstwienia termicznego. Różnica temperatury między warstwą powierzchniową a naddenną w najgłębszym punkcie jeziora (stanowisko 2) wyniosła 7,2°C. Różnice w termice poszczególnych stanowisk były nieznaczne, co może wynikać z różnego stopnia odsłonięcia danego stanowiska badawczego oraz oddziaływania wiatru. W przypadku warunków tlenowych najwyższe stężenia tlenu zaobserwowano w obrębie głębokości 1 m (Ryc. 1-3). Poniżej tej wartości obserwowano stopniowy spadek stężenia tlenu. Na głębokości 5 m notowano już śladowe ilości tlenu. Przełożyło się to na zmiany innych parametrów wody, m.in. potencjału oksydacyjno-redukcyjnego. Wartości tego parametru dla prób pobranych z warstwy naddennej 2d i 3d były ujemne (Tab. 1). W dniu pomiarów panowała bardzo wysoka temperatura wody otwartego plosa dochodząca do ponad 23 °C.



Ryc. 1. Profil temperaturowo-tlenowy na stanowisku 1 Jeziora Gołdap w dniu 27.08.2019 r.



Ryc. 2. Profil temperaturowo-tlenowy na stanowisku 2 Jeziora Gołdap w dniu 27.08.2019 r.



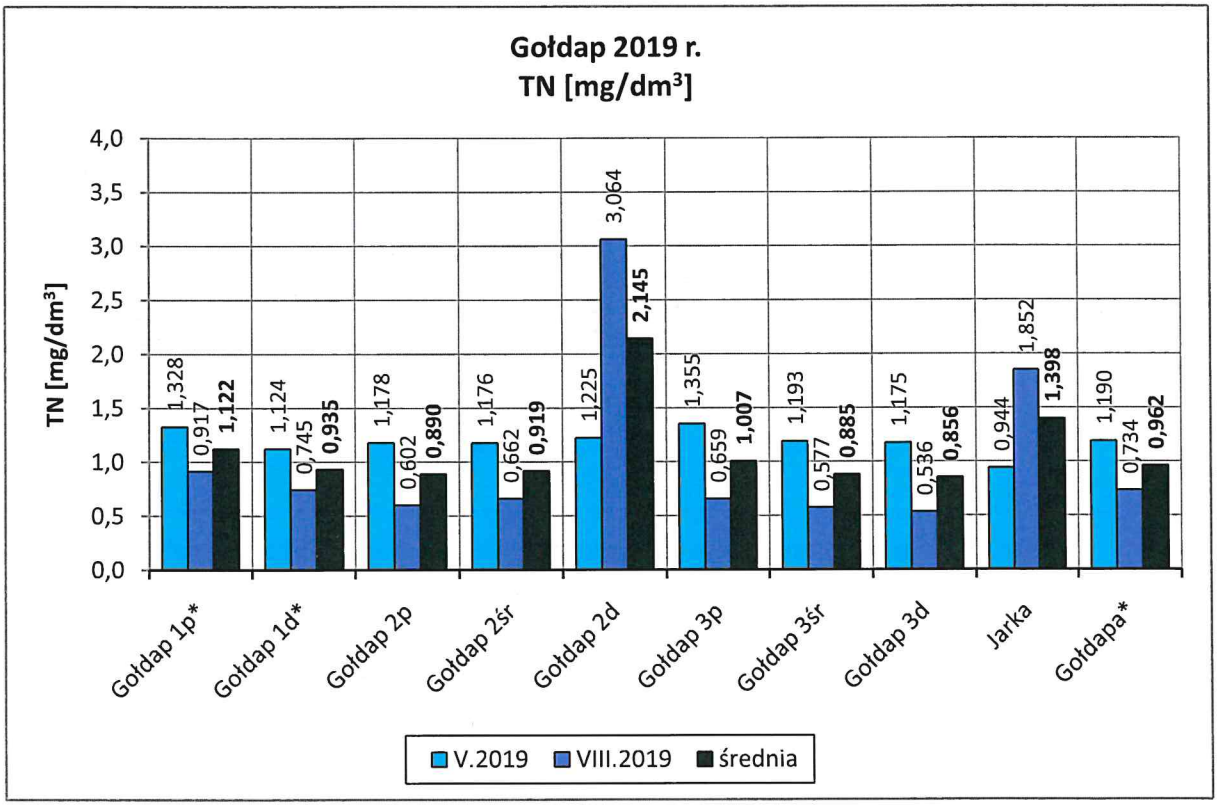
Ryc. 3. Profil temperaturowo-tlenowy na stanowisku 3 Jeziora Gołdap w dniu 27.08.2019 r.

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

Stanowisko	Głębokość [m]	Temp [°C]	Tlen [mgO_2/dm^3]	pH	Redox [mV]	Przewodność [µS/cm]	Zasolenie [‰]	Chlorki [mg/dm^3]	TDS [mg/dm^3]	BZT_5 [mgO_2/dm^3]
Gołdap 1p	0,0	23,30	14,10	8,99	131	363	0,16	0,44	221	17
Gołdap 1d	5,5	19,85	0,22	8,14	121	405	0,19	0,88	264	16
Gołdap 2p	0,0	23,40	14,48	9,05	136	357	0,16	0,79	216	20
Gołdap 2śr	4,0	20,50	2,45	8,28	140	379	0,18	0,79	244	16
Gołdap 2d	9,5	16,50	0,14	7,45	-58	550	0,29	1,14	386	28
Gołdap 3p	0,0	23,10	25,15	9,01	151	349	0,16	0,72	213	22
Gołdap 3śr	4,0	20,60	3,85	8,25	137	378	0,18	0,69	243	20
Gołdap 3d	7,5	19,35	0,17	7,46	-6	507	0,25	0,92	334	20
Jarka (dopływ)	0,2	20,00	8,47	8,39	145	532	0,26	0,73	346	8
Gołdapa (odpływ)	0,2	22,70	9,12	8,38	139	373	0,17	0,75	230	15

O niedoborach tlenu świadczą także bardzo wysokie wartości biologicznego zapotrzebowania na tlen. Takie zjawiska pod koniec lata mogą być indukowane sedymentacją zawiesiny utworzonej z martwych organizmów planktonu. Dodatkowo w zbiorniku obserwowana była bardzo wysoka temperatura wody. Pryz dnie zanotowano ponad 16 °C.

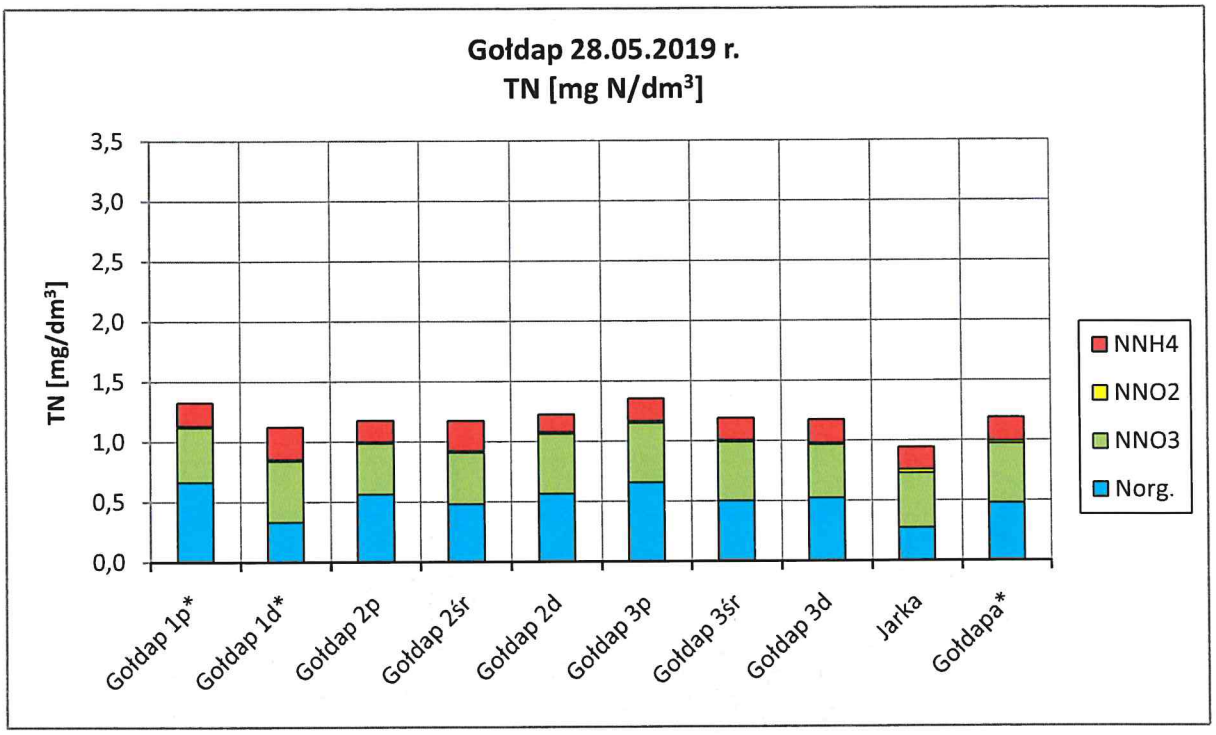
W przypadku stężeń substancji biogennych w wodach jeziora Gołdap stwierdzono niższą zawartość azotu ogólnego dla większości badanych prób. Wyjątkiem okazały się próby pochodzące w warstwy naddennej stanowiska 2 (2d) oraz wody rzeki Jarki (Ryc. 4).



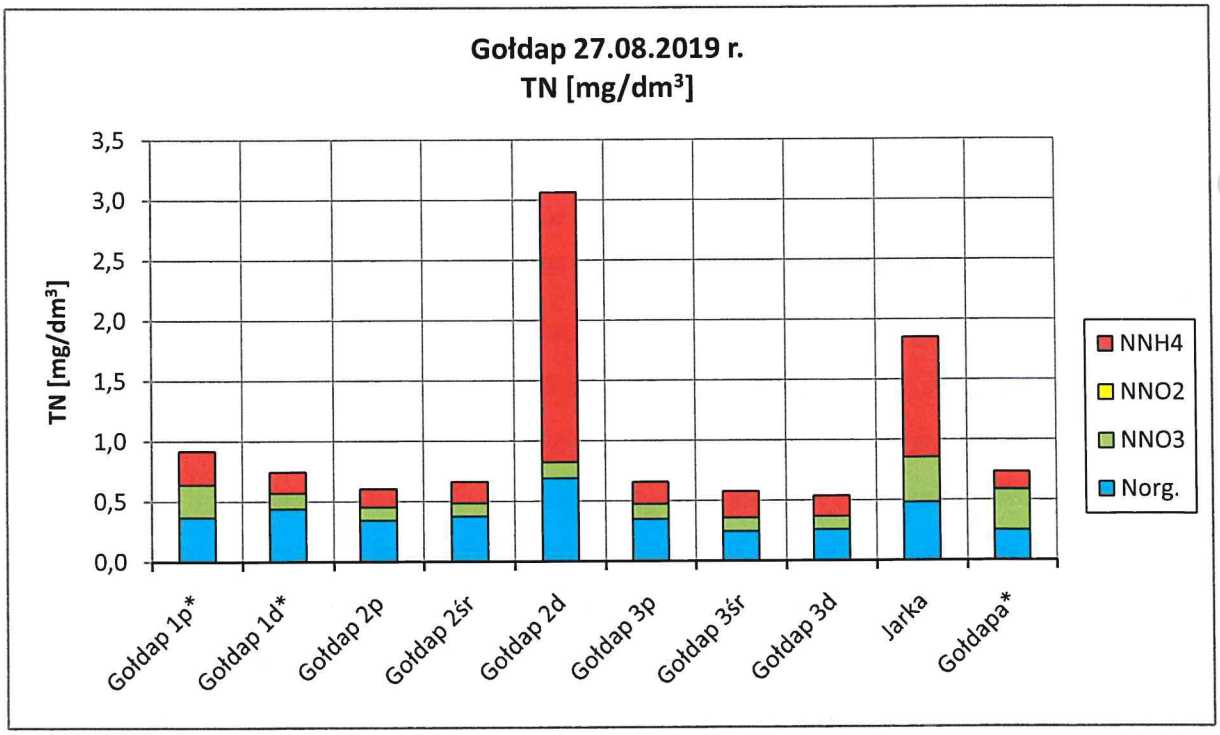
Ryc. 4. Stężenie azotu całkowitego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)

Odpowiadała za to przede wszystkim wysoka koncentracja azotu organicznego. Jedynie w wymienionej uprzednio próbie 2d, większą koncentrację osiągnął azot amonowy. W maju, w wodach jeziora Gołdap stężenia azotu organicznego równoważone były zbliżoną zawartością azotu azotanowego (Ryc. 5). Niższe koncentracje azotu azotanowego (V) w sierpniu wynikają z jego stopniowego zużywania, przez organizmy fitoplanktonowe do jakiego doszło od początku sezonu wegetacyjnego (Ryc. 6). Stężenia azotu azotanowego (V) dla większości prób jeziornych okazały się niższe, praktycznie o połowę (Ryc. 7). Wyjątkową okazała się warstwa powierzchniowa na stanowisku 1. Analiza zebranych wyników, pozwala na wysunięcie tezy o silnym oddziaływaniu na tą strefę wód dopływu - rzeki Jarki.

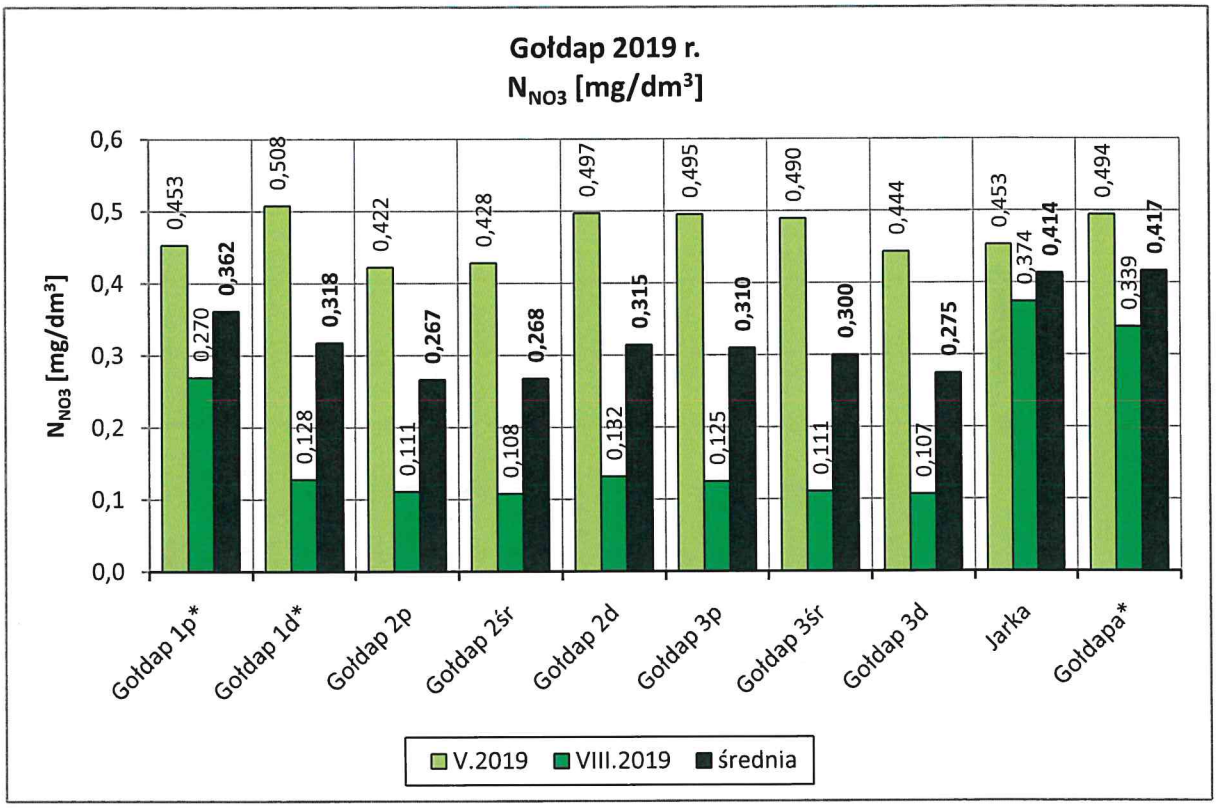
W przypadku wyższych temperatur wody, wymianie podlegają zazwyczaj górne warstwy wody. Stanowi to poważne zagrożenie dla jakości wód jeziornych ponieważ dopływ dużych ilości substancji dostępnych biologicznie może inicjować pojawianie się wtórnych zakwitów.



Ryc. 5. Sumaryczne stężenie poszczególnych form mineralnych i organicznych azotu w wodach Jeziora Gołdap, Jarki i Gołdapy w maju 2019



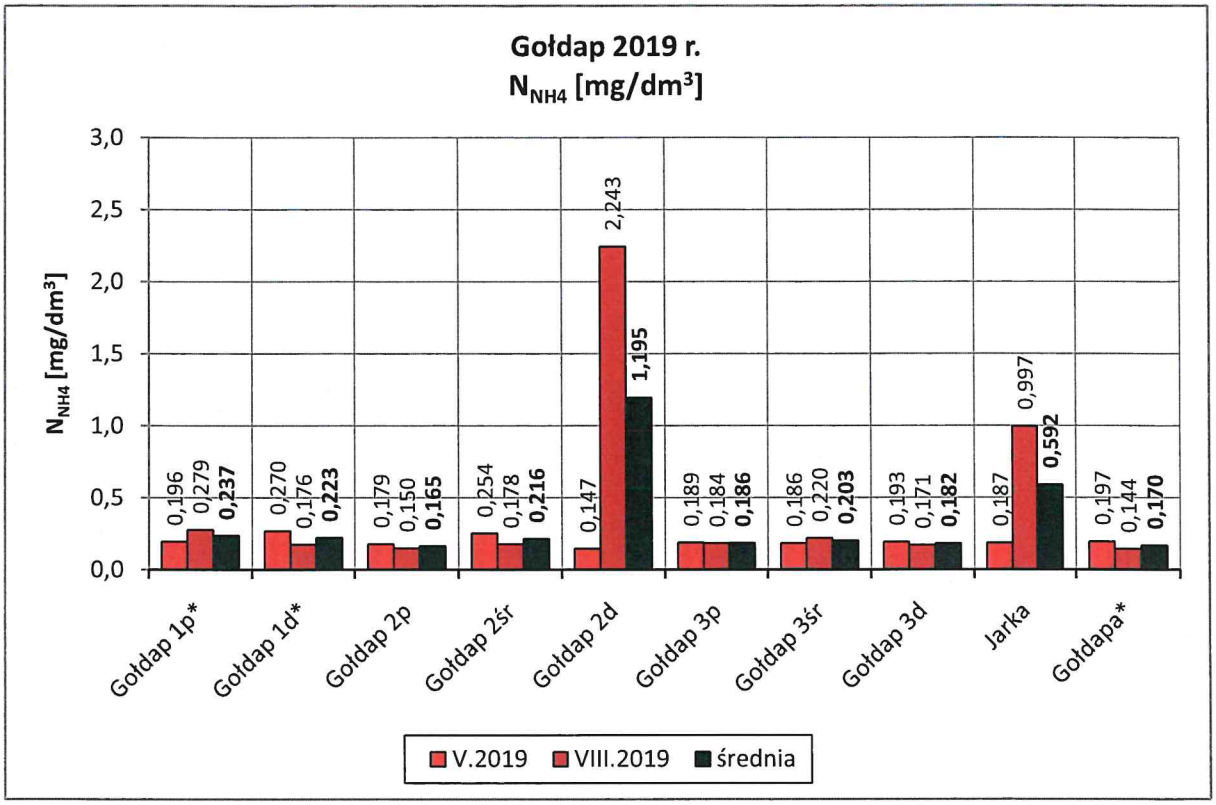
Ryc. 6. Sumaryczne stężenie poszczególnych form mineralnych i organicznych azotu w wodach Jeziora Gołdap, Jarki i Gołdapy w sierpniu 2019



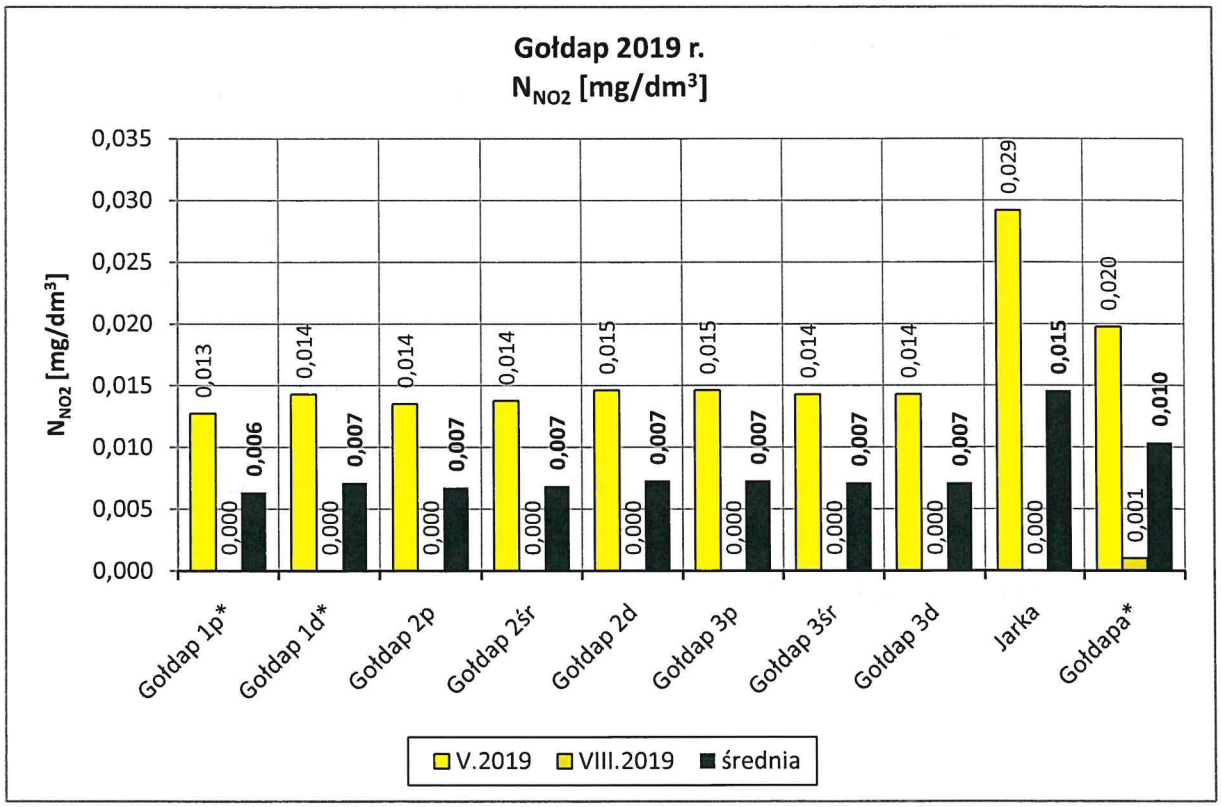
Ryc. 7. Stężenie azotu azotanowego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)

W przypadku stężeń azotu amonowego uzyskane wartości zbliżone były do tych, które stwierdzone zostały w maju. Jak już uprzednio nadmieniono, największe różnice w stężeniach azotu amonowego stwierdzono w próbach 2d oraz wodach rzeki Jarki (Ryc. 8). W przypadku warstwy naddennej stanowiska 2 wynika to z faktu wysokich niedoborów tlenu, które promują procesy beztlenowego rozkładu materii organicznej.

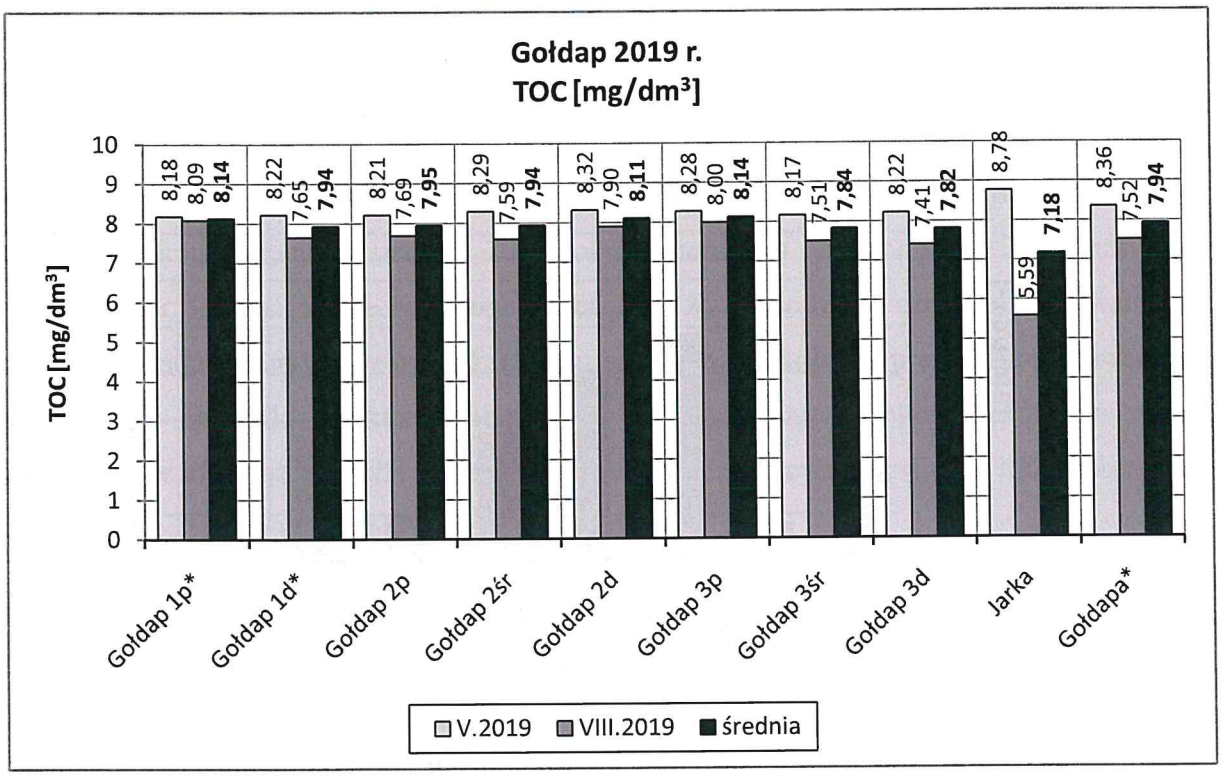
Najniższymi stężeniami charakteryzował się azot azotynowy. W sierpniu 2019 roku, w wodach jeziora Gołdap jego wartość wynosiła praktycznie 0 (Ryc. 9). Świadczyć to może o szybkiej transformacji tej formy – do azotu amonowego, odbywającego się w warunkach obniżonej dostępności tlenu. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że wodach jeziora stwierdzić można duże ilości materii organicznej, czego objawem są wysokie stężenia węgla organicznego (Ryc. 10).



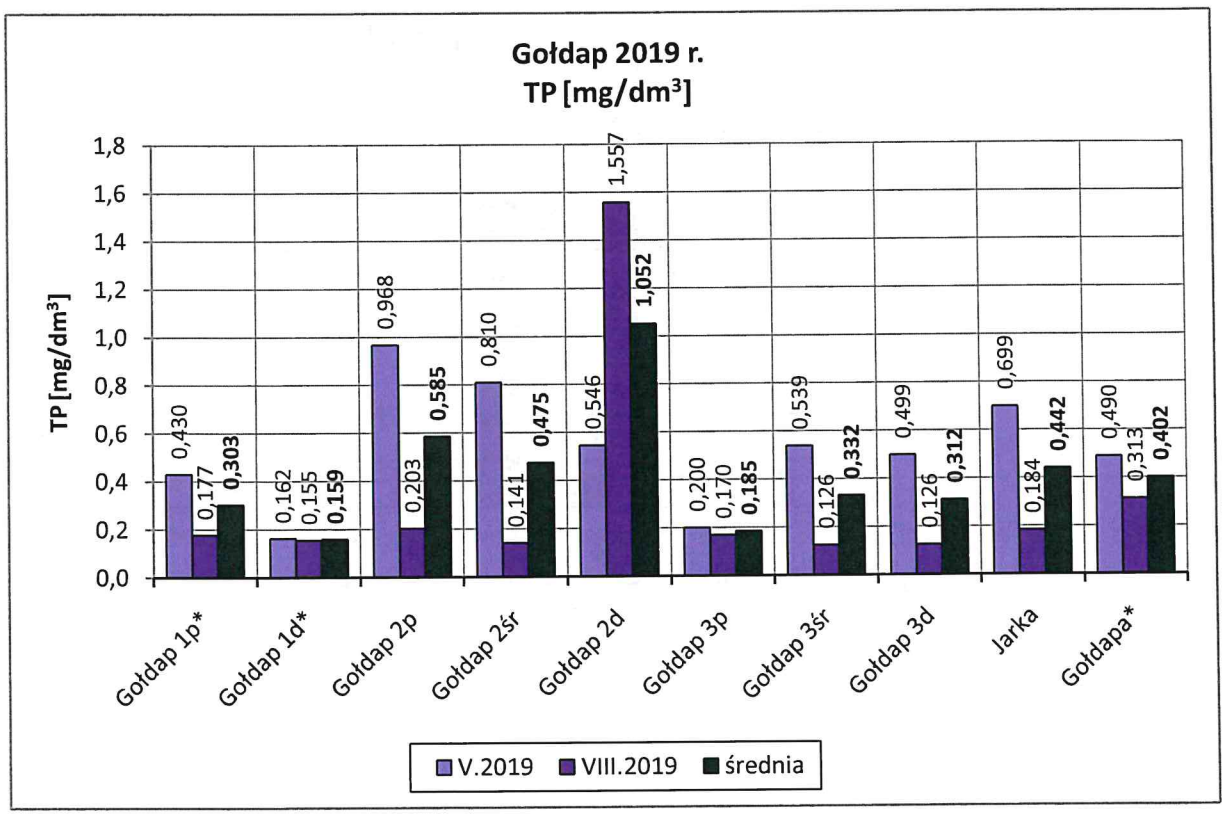
Ryc. 8. Stężenie azotu amonowego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)



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



Ryc. 10. Stężenie ogólnego węgla organicznego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)



Ryc. 11. Stężenie fosforu ogólnego w wodach Jeziora Gołdap (stanowiska 1, 2 i 3) oraz na dopływie (rzeka Jarka) i odpływie (rzeka Gołdapa*)

3. Badania zespołu fitoplanktonu

Badania organizmów fitoplanktonowych prowadzono na stanowiskach głównych 2 i 3. Zgodnie z przyjętymi uprzednio ustaleniami, próby pobierane były z trzech głębokości. Podstawę merytoryczną stanowiły zalecenia metodyczne obowiązujące w Polsce (Hutorowicz i Pasztaleniec, 2011). Próby pozyskano w dwóch terminach - dnia 28.05. i 27.08.2019 r. Ze względu na konieczność uśredniania danych sezonowych, wyniki dotyczące oceny jakości zespołu fitoplanktonu przedstawione zostały w niniejszym końcowym raporcie za 2019r.

Skład jakościowy oraz ilościowy zespołu fitoplanktonu określony został za pomocą 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).

Pomimo mniejszej niż wymagana ilości prób, oprócz oceny składu jakościowego i ilościowego zespołu fitoplanktonu, wyznaczono również wartość multimetriksa fitoplanktonowego (PMPL). 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".

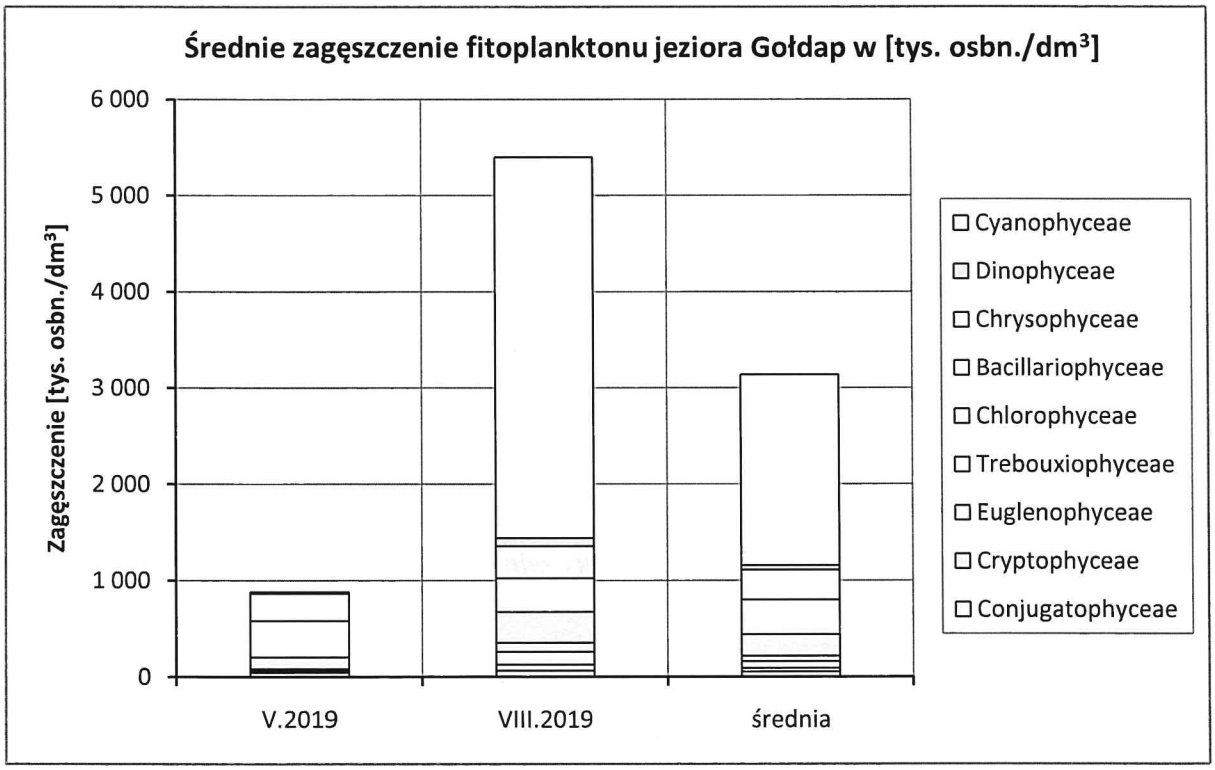
W pozyskanych próbach stwierdzono występowanie 95 taksonów, z czego 60 pojawiło się w maju, natomiast 59 w sierpniu (Tab. 2). W próbach z maja najliczniej reprezentowani byli przedstawiciele okrzemek i zielenic. W lecie, najbardziej różnorodnymi okazały się sinice.

Średnie sezonowe zagęszczenie fitoplanktonu dla jeziora Gołdap wyniosło 3.137 tys. osbn./dm^3 (Ryc. 15). Odnosząc uzyskane wyniki do badań z 2018 roku, można stwierdzić wyraźną redukcję ilości fitoplanktonu. Średnia liczebność fitoplanktonu w 2018 roku wyniosła 5.781 tys. osbn./dm^3. Analizując rok 2019 to większe zagęszczenie planktonu roślinnego stwierdzono w okresie letnim, co spowodowane jest pojawieniem się nitkowatych

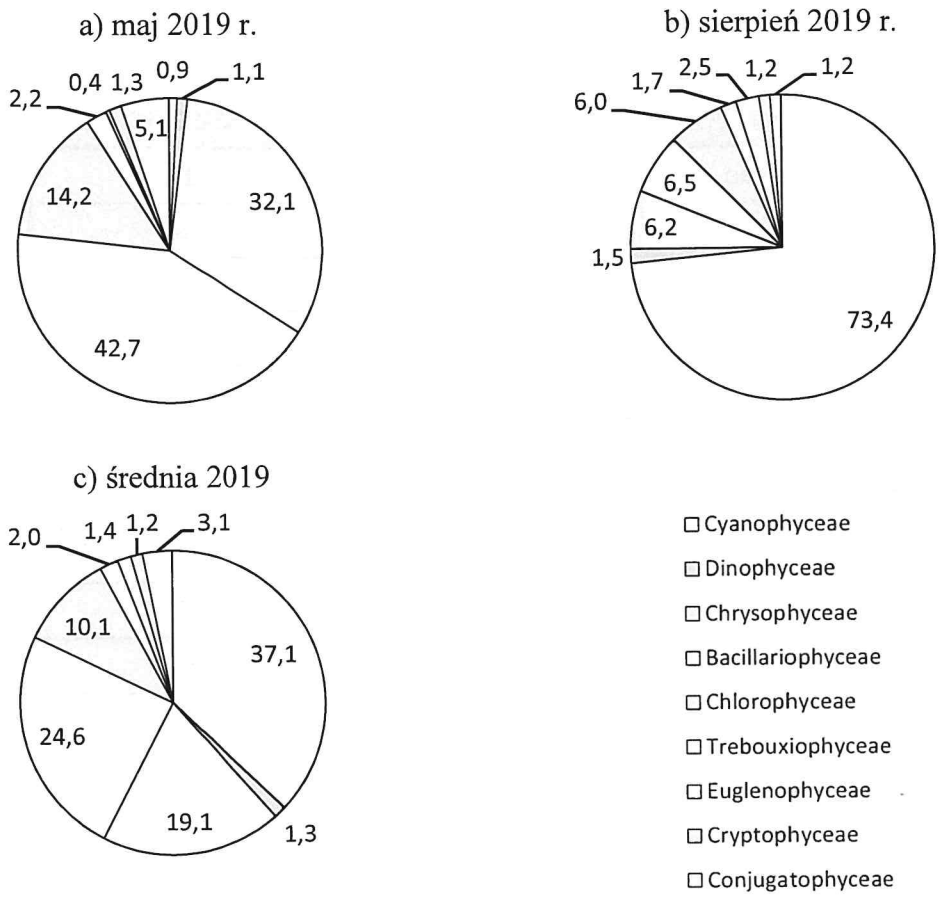
form sinic, które pomimo wyraźnego spadku liczebności w stosunku do roku ubiegłego (2018), w dalszym ciągu stanowią istotny składnik planktonu letniego (Ryc. 16).

Tab. 2. Ilość poszczególnych taksonów fitoplanktonu Jeziora Gołdap

Klasa	V.2019	VIII.2019	Ogółem
Cyanophyceae	10	15	**16**
Dinophyceae	2	6	**8**
Chrysophyceae	4	3	**5**
Bacillariophyceae	16	11	**22**
Chlorophyceae	13	8	**22**
Trebouxiophyceae	2	3	**5**
Euglenophyceae	3	5	**5**
Cryptophyceae	1	3	**4**
Conjugatophyceae	8	5	**8**
Suma	**60**	**59**	**95**



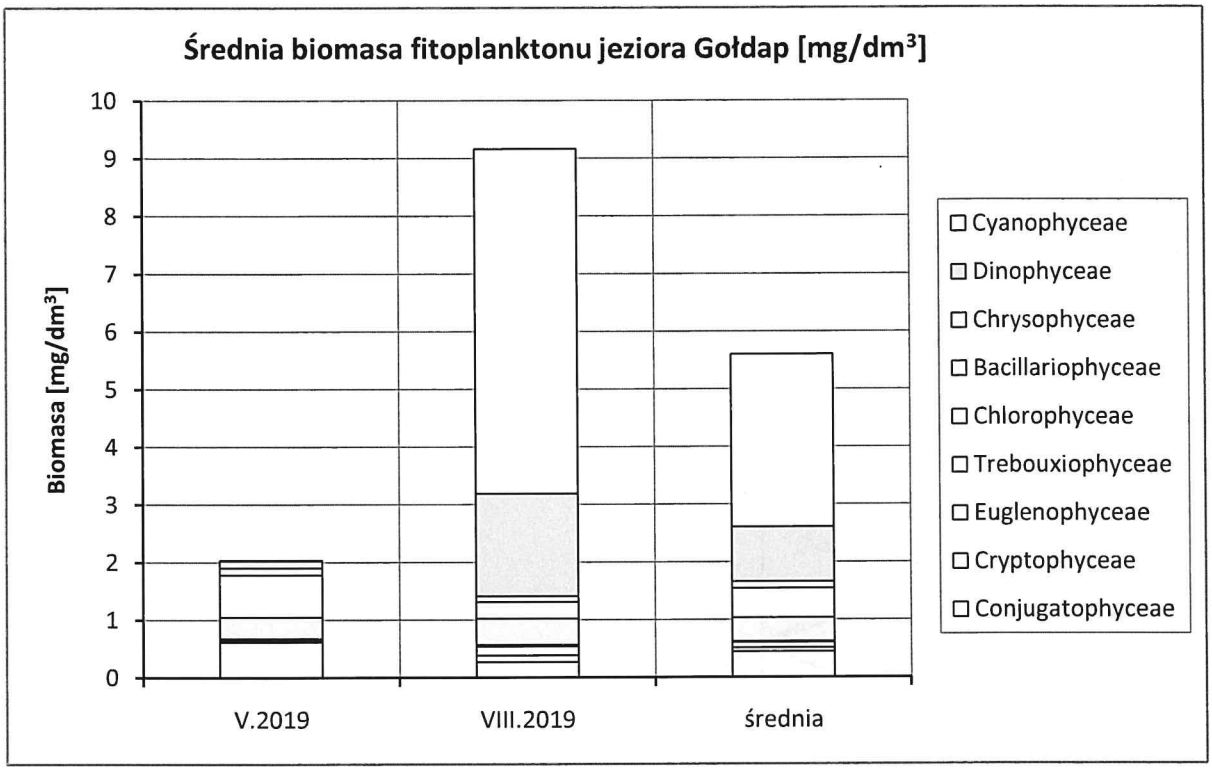
Ryc. 15. Zagęszczenie fitoplanktonu Jeziora Gołdap w 2019 roku



Ryc. 16. Udział poszczególnych grup taksonomicznych fitoplanktonu wiosną i latem oraz ich średnie zagęszczeniu w wodzie Jeziora Gołdap [%]

W sierpniu najistotniejszymi pod względem ilości okazały się sinice z rodzajów *Aphanizomenon* i *Oscillatoria*. Stanowiły one odpowiednio 16,9 i 51,4% ogółu. Pozostałe klasy glonów występowały jedyne akcesorycznie. W przypadku badań zrealizowanych w maju stwierdzono dominację złotowiciowców z rodzaju *Chrysococcus* (27,5%) i okrzemek należących do rodzaju *Stephanodiscus* (18,2%). Obecność złotowiciowców tłumaczyć może żółtawe zabarwienie wody, stwierdzone w maju. Szczególnie korzystnym wydaje się być występowanie gatunku *Chrysococcus minutus* (8,2%), który określany jest jako typowy dla wód oligotroficznych.

Pewnym odzwierciedleniem tendencji pozytywnych zmian w wyniku zabiegu rekultywacji są dane dla biomasy fitoplanktonu. Średnia sezonowa wartość tego parametru dla jeziora Gołdap wyniosła 5,602 mg/dm^3 (Ryc. 17). W roku 2018 wartość ta była wyższa o 35% i wynosiła 8,6 mg/dm^3.

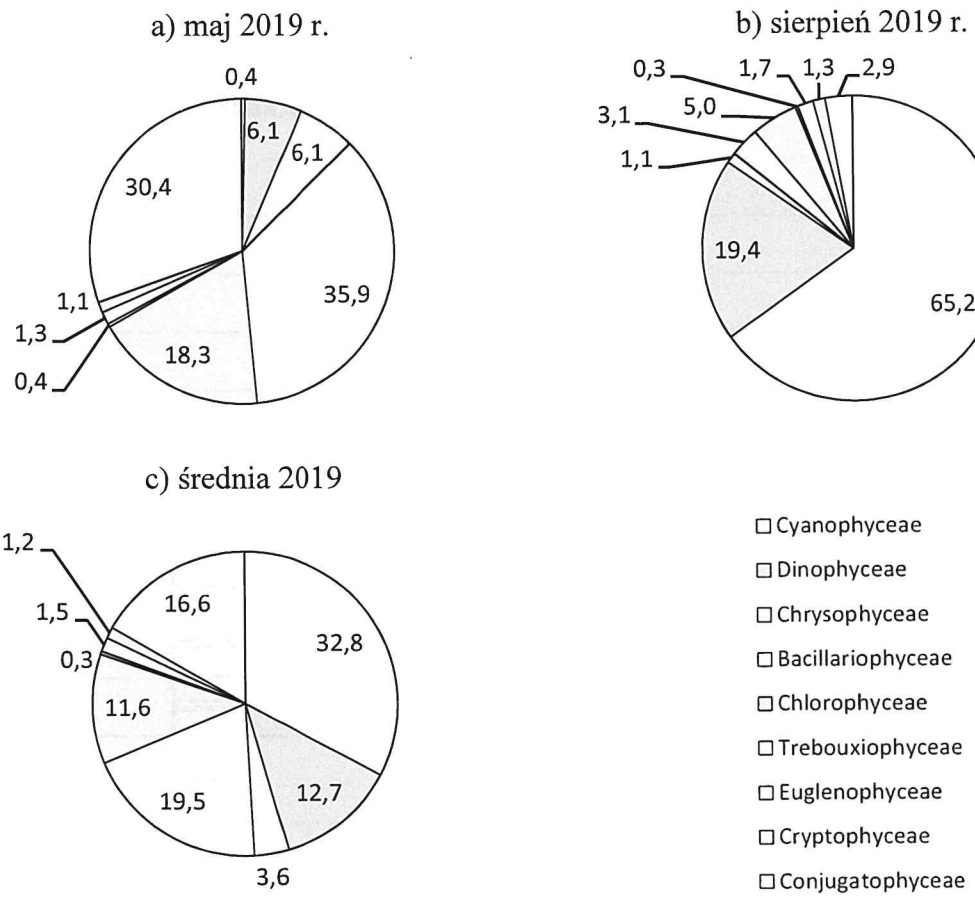


Ryc. 17. Biomasa fitoplanktonu Jeziora Gołdap w 2019 roku

W maju w biomasie dominowały okrzemki (35,9%) i sprężnice (30,4%). W okresie letnim, ze względu na specyficzną budowę dominowały sinice z wymienionych uprzednio rodzajów *Aphanizomenon* i *Oscillatoria* (Ryc. 18).

Wykaz poszczególnych taksonów fitoplanktonu oraz ich liczebność i biomasę przedstawiono odpowiednio w tabelach 3 i 4 (Załączniki).

Na podstawie zebranych danych wyznaczono wartość wskaźnika PMPL. Należy w tym miejscu zaznaczyć iż, jest to wartość przybliżona ponieważ w celu pełnej oceny wymagana jest częstsza ilość pomiarów niż ma to miejsce w przypadku warunków prowadzenia monitoringu po zabiegu rekultywacji. W ramach oceny określono wartości trzech metriksów: "biomasa ogólna fitoplanktonu", "biomasa sinic" oraz "chlorofil *a*". Na podstawie uzyskanych wyników, wartość parametru PMPL wskazała na słaby stan wód jeziornych, o czym decyduje przede wszystkim biomasa sinic obecnych w zbiorniku w okresie letnim.



Ryc. 18. Udział poszczególnych grup taksonomicznych fitoplanktonu wiosną i latem oraz ich średnie zagęszczeniu w wodzie Jeziora Gołdap [%]

4. Badania zespołu zooplanktonu

Badania zooplanktonu prowadzone były równolegle z badaniami planktonu roślinnego w tych samych terminach, stanowiskach oraz głębokościach. Aktualnie w Polsce zespół ten nie jest uwzględniany przy ocenie stanu środowiska, aczkolwiek wnosi on wiele informacji na temat zależności troficznych panujących w środowisku wodnym.

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).

Analiza jakościowo-ilościowa zespołu zooplanktonu, pozwoliła na dokonanie oceny stanu trofii zbiornika. 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.

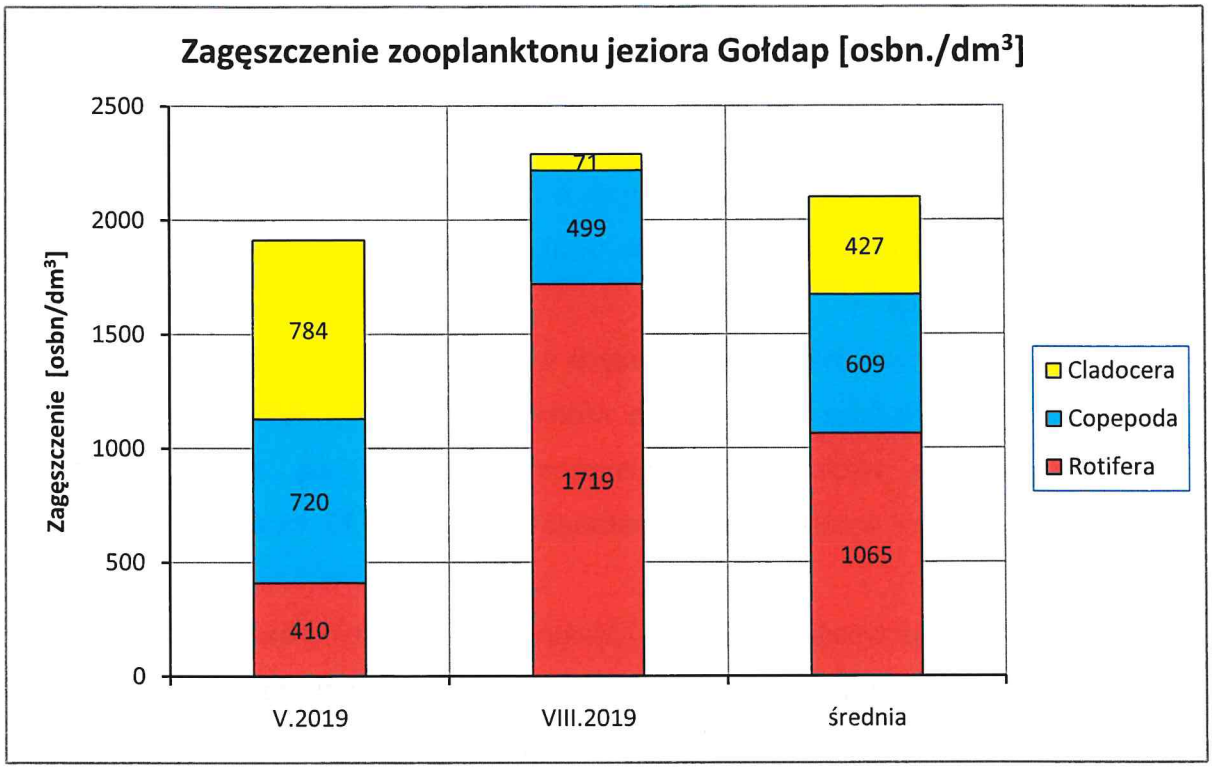
Podczas badań prowadzonych w 2019 roku, stwierdzono występowanie 45 taksonów oraz dwóch form młodocianych widłonogów (Tab. 5). Zarówno w maju, jak i w sierpniu największą różnorodnością gatunkową wykazały się wrotki planktonowe. Ogółem stwierdzono występowanie 29 taksonów, z których 17 występowało późną wiosną a 24 - latem.

W przypadku wioślarek (*Cladocera*) ogółem stwierdzono występowanie 10 taksonów. Szczególnie różnorodnymi okazały się one w maju, kiedy stwierdzono 9 taksonów. W sierpniu liczba ta zmniejszyła się do 4. Obniżeniu uległa także całkowita liczebność wioślarek. Wynika to najprawdopodobniej z dominacji glonów nitkowatych, które są niechętnie lub wcale konsumowane przez wioślarki.

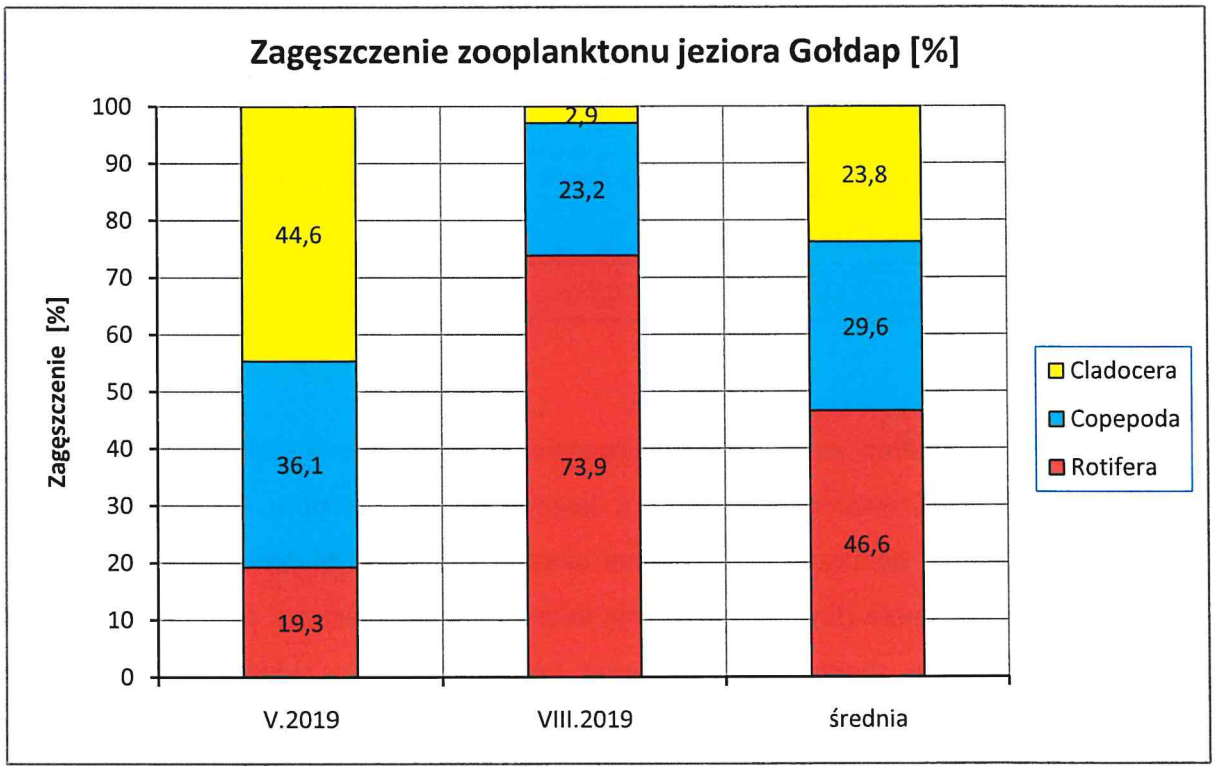
Tab. 5. Biomasa poszczególnych taksonów fitoplanktonu Jeziora Gołdap

Grupa taksonomiczna	V.2019	VIII.2019	Ogółem
Rotifera (wrotki)	17	24	**29**
Copepoda (widłonogi)	5 (+2 f.m.)*	4 (+2 f.m.)*	**6 (+2 f.m.)***
Cladocera (wioślarki)	9	4	**10**
Suma	**31 (+2 f.m.)**	**32 (+2 f.m.)**	**45 (+2 f.m.)**

Średnie sezonowe zagęszczenie zooplanktonu wyniosło 2.091 osobn./dm^3 i było wyższe od notowanej w 2018 r. liczebności tego zespołu - 1.477 osobn./dm^3 (Ryc. 19). W 2019 r. dominującymi formami okazały się wrotki planktonowe, które stanowiły średnio 46,6% zespołu (Ryc. 20). Sytuacja ta jest typową ponieważ, organizmy te charakteryzują się mniejszymi rozmiarami ciała oraz bazą pokarmową składającą się głównie z bakterie i detrytus). W maju w planktonie, co bardzo ważne, dominowały: wioślarka *Bosmina longirostris* (22%) oraz młodociane formy widłonogów (*Copepoda*) (20%). W sierpniu oprócz form młodocianych widłonogów (11%) istotnymi okazały się wrotki: *Pompholyx sulcata* (18%) oraz *Keratella tecta* (11%).



Ryc. 19. Zagęszczenie zooplanktonu Jeziora Gołdap w 2019 roku



Ryc. 20. Udział poszczególnych grup taksonomicznych w ogólnej liczebności zooplanktonu Jeziora Gołdap w 2019 roku

W sierpniu mieliśmy do czynienia z zanikiem licznych wiosną wioślarek. Jedną z przyczyn może być ich intensywne wyżerowaniem przez ryby karpiowate, które ilościowo dominują w prowadzonych odłowach monitorujących.

W biomasie, zgodnie z oczekiwaniami określono odwrotną tendencję. Rozmiary ciała spowodowały większą istotność skorupiaków planktonowych. Średnia sezonowa wartość biomasy zooplankotonu wyniosła w 2019 roku 198,4 mg/dm^3 (Ryc. 21). W analogicznym okresie w 2018 r. wartość ta wyniosła zaledwie 29,4 mg/dm^3. W biomasie dominantami okazały się wioślarki z rodzaju *Bosmina* oraz *Daphnia* (po 19%) (Ryc. 22).

Na podstawie przeprowadzonych analiz składu jakościowego oraz ilościowego określone zostały wartości wskaźników trofii. Na podstawie indeksu opartego o wykorzystanie wrotków, określono że jakość wód jeziora Gołdap odpowiada wysokiej mezo-eutrofii (Tab. 6). Zasadniczym problemem pozostaje dominacja drobnych form wrotków, żywiących się głównie bakteriami i detrytusem.

Gorszą jakość wód wskazał wskaźnik oparty o skład jakościowy i ilościowy zespołu skorupiaków planktonowych. Na jego podstawie stwierdzono występowanie w zbiorniku wysokiej eutrofii (Tab. 7). Zarówno w przypadku wskaźnika opartego o wrotki, jak i skorupiaki, wskazania te nie zmieniły się w odniesieniu do roku 2018. W przypadku wskaźnika *Crustacea* zauważono jednak pozytywne symptomy przebudowy zespołu zooplanktonu. Liczebność oraz biomasa poszczególnych taksonów zooplanktonu , przedstawiona została w tabelach 8 i 9 (załączniki).

Tab. 6. Wartość wskaźnika zooplanktonowego dla Jeziora Gołdap (wrotki planktonowe)

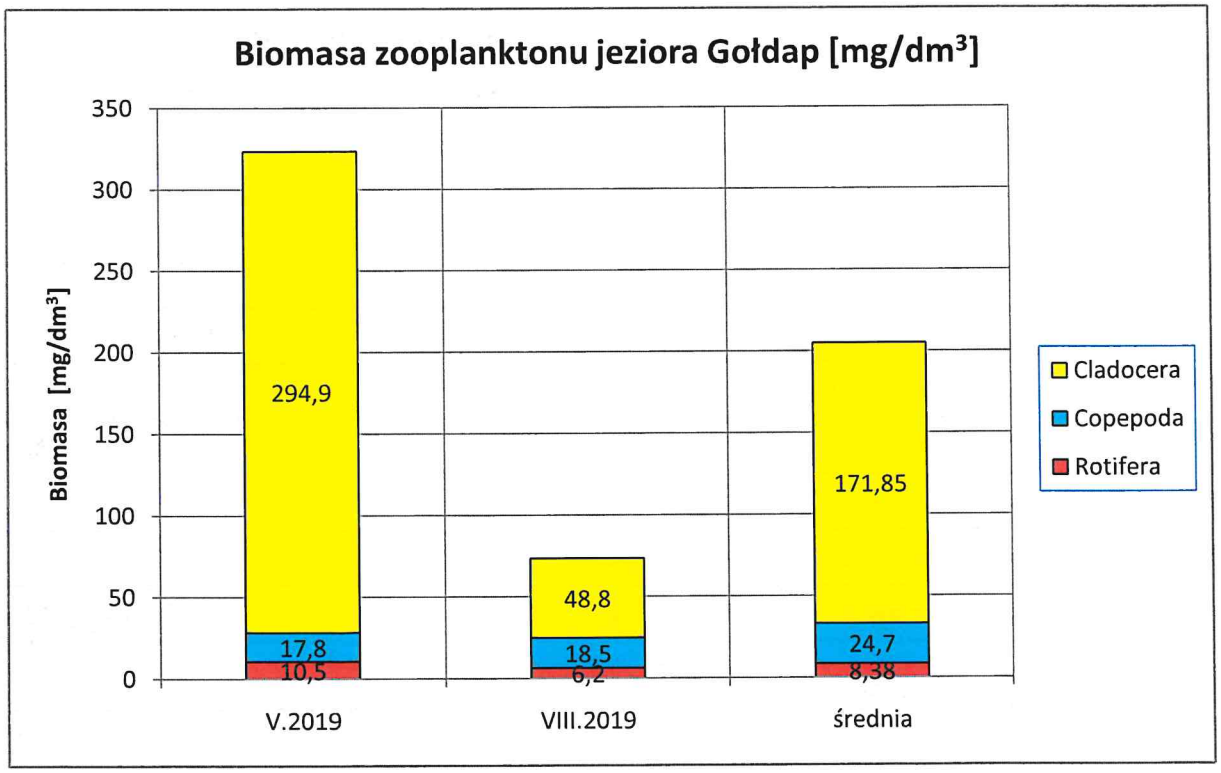
Wskaźnik	V.2019	VIII.2019	średnia
Liczebność wrotków (N, osbn./dm^3)	51,3	59,3	56,7
Biomasa całkowita (B, mg m.m./dm^3)	96,8	88,2	94,0
Udział % bakteriożerców w liczebności ogólnej (BAK, %)	47,0	55,0	51,0
Udział % formy tecta w populacji *Keratella cochlearis* (TECTA, %)	53,7	61,4	59,3
Stosunek biomasy do liczebności (B:N, mg m.m./osobn.)	2,9	7,4	4,6
Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w liczebności zespołu wskaźnikowego (WWT, %)	53,6	60,3	59,2
Średnia	**50,9**	**55,3**	**54,1**

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

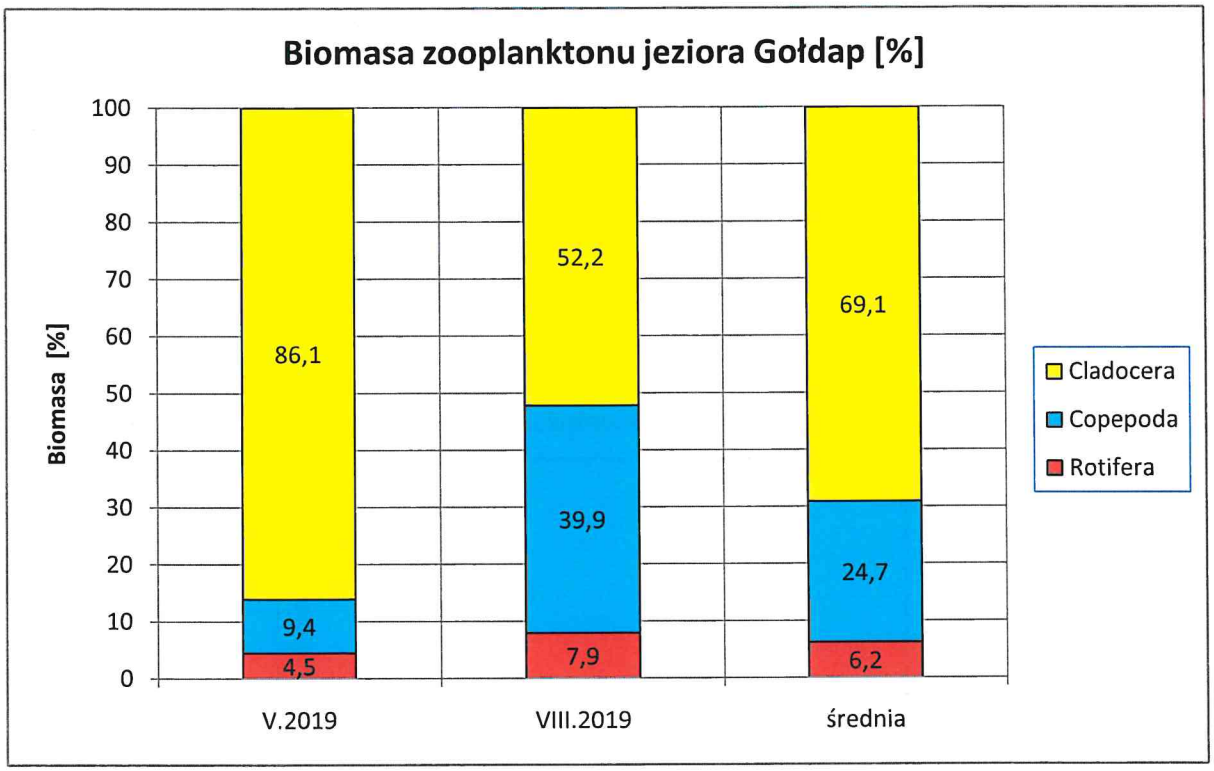
Tab. 7. Wartość wskaźnika zooplanktonowego dla Jeziora Gołdap (skorupiaki planktonowe)

Wskaźnik	V.2019	VIII.2019	średnia
Liczebność Crustacea (N, osobn./dm^3)	72,0	62,8	68,3
Biomasa Crustacea (B, mg m.m./dm^3)	88,5	81,0	85,6
Udział biomasy Cyclopoida w całkowitej biomasie Crustacea (CB, %)	47,6	56,4	50,5
Stosunek biomasy Cyclopoida do biomasy Cladocera (CY/CL)	48,7	54,4	50,8
Stosunek liczebności Cyclopoida do liczebności Calanoida (CY/CA)	55,2	69,2	58,4
Udział gatunków wskaźnikowych wysokiej trofii w liczebności zespołu wskaźnikowego (WWT, %)	61,2	54,2	60,4
Średnia	**62,2**	**63,0**	**62,3**

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



Ryc. 21. Biomasa zooplanktonu Jeziora Gołdap w 2019 roku



Ryc. 22. Udział poszczególnych grup taksonomicznych w biomasie ogólnej zooplanktonu Jeziora Gołdap w 2019 roku

5. Badania zespołu makrozoobentosu

W 2019 roku próby makrozoobentosu pobrano dwukrotnie, w maju i w sierpniu, z 6 stanowisk. Dodatkowo, w sierpniu, pobrano próbę kontrolną z brzegu. Pobór prób odbywał się za pomocą czerpacza Ekmana, a dodatkowej próby w sierpniu, za pomocą siatki bentosowej. Pobrany materiał został przesiany na sicie o średnicy oczek 0,5 mm, a następnie utrwalony za pomocą 70% alkoholu etylowego. W laboratorium pobrane organizmy zostały oznaczone z dokładnością do rangi rodziny, za wyjątkiem rzędu Oligochaeta oraz ogólnej grupy Hydrachnidia (wodopójki) (Czachorowski, 2006; Klimaszyk i Trawiński, 2007; Huggins i Moffet, 1988; Ciecierska i Dynowska, 2013).

W próbach pobranych w maju znaleziono organizmy z 11 taksonów. Najwięcej grup oznaczono na stanowisku 3b, zaś najmniej na stanowiskach 1a oraz 1b. Najwięcej organizmów ze wszystkich grup znaleziono na stanowisku 3b, zaś najmniej na stanowisku 1b. Najliczniej reprezentowaną grupą były ślimaki z rodziny *Valvatidae*. Najmniejszą liczbą przedstawicieli charakteryzowała się rodzina ślimaków *Physidae*.

Próby pobrane w sierpniu charakteryzowały się większą ilością znalezionych taksonów. Dzięki pobraniu próby kontrolnej ich ilość wyniosła aż 18. Najwięcej grup

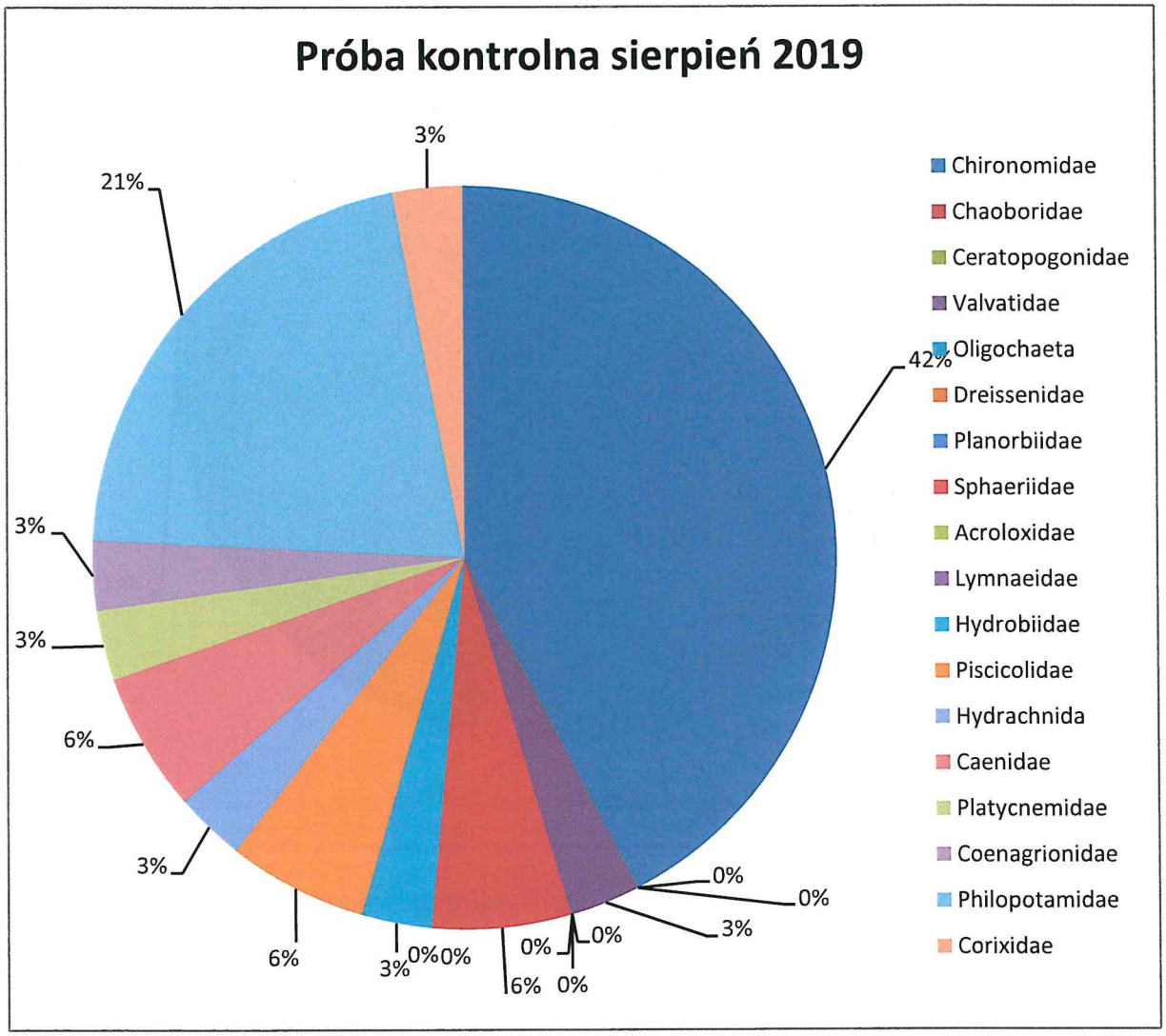
znaleziono w próbie kontrolnej, z kolei najmniej na stanowiskach 1b oraz 2b. W letnim miesiącu poboru prób najliczniejszą grupą, tak samo jak w maju, były ślimaki z rodziny *Valvatidae*. W próbach pobranych ze standardowych stanowisk pojawił się przedstawiciel ślimaka z rodziny *Acrolixidae* - *Acroloxus lacustris*. Ślimak ten preferuje wody czyste. W tabeli 10 przedstawiono zestawienie liczebności poszczególnych grup w sierpniu 2019 roku.

Tabela 10. Liczebność makrozoobentosu z poszczególnych grup w sierpniu 2019

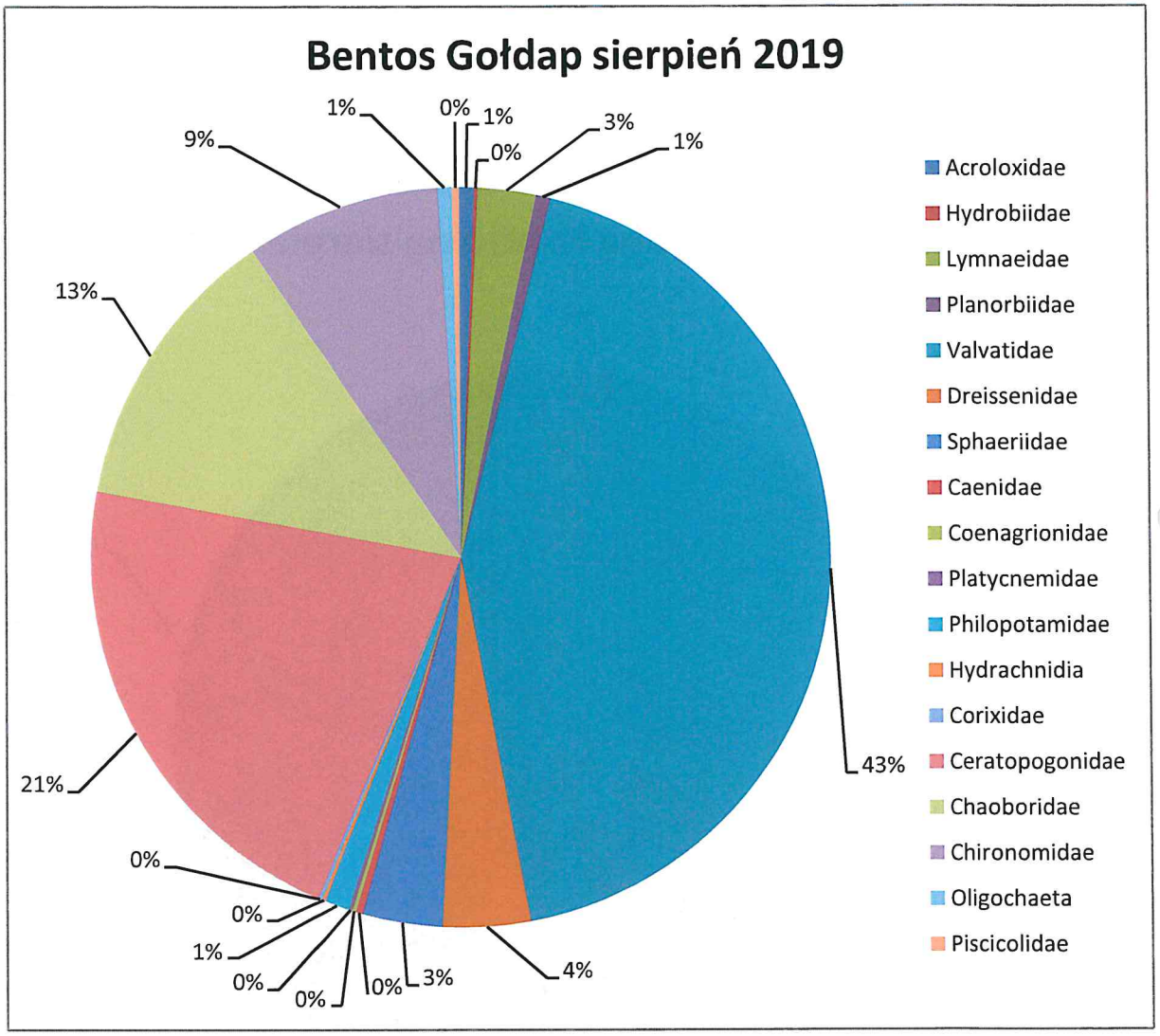
	Stanowisko 1a sierpień 2019	Stanowisko 1b sierpień 2019	Stanowisko 2a sierpień 2019	Stanowisko 2b sierpień 2019	Stanowisko 3a sierpień 2019	Stanowisko 3b sierpień 2019	Próba kontrolna sierpień 2019
Acroloxidae	0	0	0	0	16	0	0
Hydrobiidae	0	0	0	0	0	0	4
Lymnaeidae	0	0	0	0	32	32	0
Planorbiidae	0	0	16	0	0	0	0
Valvatidae	64	32	272	320	128	272	4
Dreissenidae	0	0	16	0	0	80	0
Sphaeriidae	0	0	0	64	16	0	8
Caenidae	0	0	0	0	0	0	8
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	4
Platycnemidae	0	0	0	0	0	0	4
Philopotamidae	0	0	0	0	0	0	28
Hydrachnidia	0	0	0	0	0	0	4
Corixidae	0	0	0	0	0	0	4
Ceratopogonidae	80	64	80	192	112	16	0
Chaoboridae	128	144	16	16	0	16	0
Chironomidae	32	80	32	0	0	16	56
Oligochaeta	16	0	0	0	0	0	0
Piscicolidae	0	0	0	0	0	0	8

Na poniższym wykresie (Ryc. 23) zestawiono liczebność grup organizmów znalezionych w próbie kontrolnej w sierpniu 2019. W próbie kontrolnej znaleziono organizmy z taksonów, których nie było wcześniej na żadnych stanowisku. Stwierdzono tam również przedstawicieli ślimaków z rodziny *Hydrobiidae*. Ślimaki z tej rodziny przestały się

pojawiać na monitorowanych stanowiskach. Prawdopodobną przyczyną może być zmiana rodzaju podłoża po zastosowaniu glinki bentonitowej. Odnalezienie tej rodziny w innym miejscu pokazuje, że nie zniknęły one z jeziora a jedynie ograniczyły miejsca bytowania.



Ryc. 23. Skład procentowy próby kontrolnej z sierpnia 2019



Ryc. 24. Skład procentowy poszczególnych grup makrozoobentosu w sierpniu 2019 roku

Na podstawie większości wartości uzyskanych wskaźników można stwierdzić, że stan jeziora Gołdap uległ nieznacznej poprawie (Tabela 11). Najlepiej w tym zestawieniu wypadła próba kontrolna (Ryc. 23). Wartości wskaźników pozwalają na zaklasyfikowanie tego stanowiska do II klasy czystości. Jednak większość stanowisk klasyfikuje się w stanie słabym (Ryc. 24).

Tabela 11. Zestawienie wartości wskaźników biotycznych w sierpniu 2019

	BMWP-PL	Indeks bioróżnorodności Margalefa	ASPT	Shannon-Wiener	TBI	GOLD	% Diptera
Stanowisko 1a sierpień 2019	13	2,77	2,60	1,19	2	100,0	75,0
Stanowisko 1b sierpień 2019	11	2,10	2,75	1,19	2	100,0	90,0
Stanowisko 2a sierpień 2019	22	3,23	3,67	1,30	3	96,3	29,6
Stanowisko 2b sierpień 2019	12	1,84	3,00	0,75	2	89,2	35,1
Stanowisko 3a sierpień 2019	15	2,80	3,00	1,01	2	94,7	36,8
Stanowisko 3b sierpień 2019	21	3,23	3,50	1,46	3	81,5	11,1
Próba kontrolna sierpień 2019	56	11,52	4,67	1,62	8	48,5	42,4

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

W ramach monitoringu w roku 2019 badaniami objęto także 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 12) zaprezentowane na ryc. 25-27. Wyniki podawano w przeliczeniu na gram suchej masy osadu.

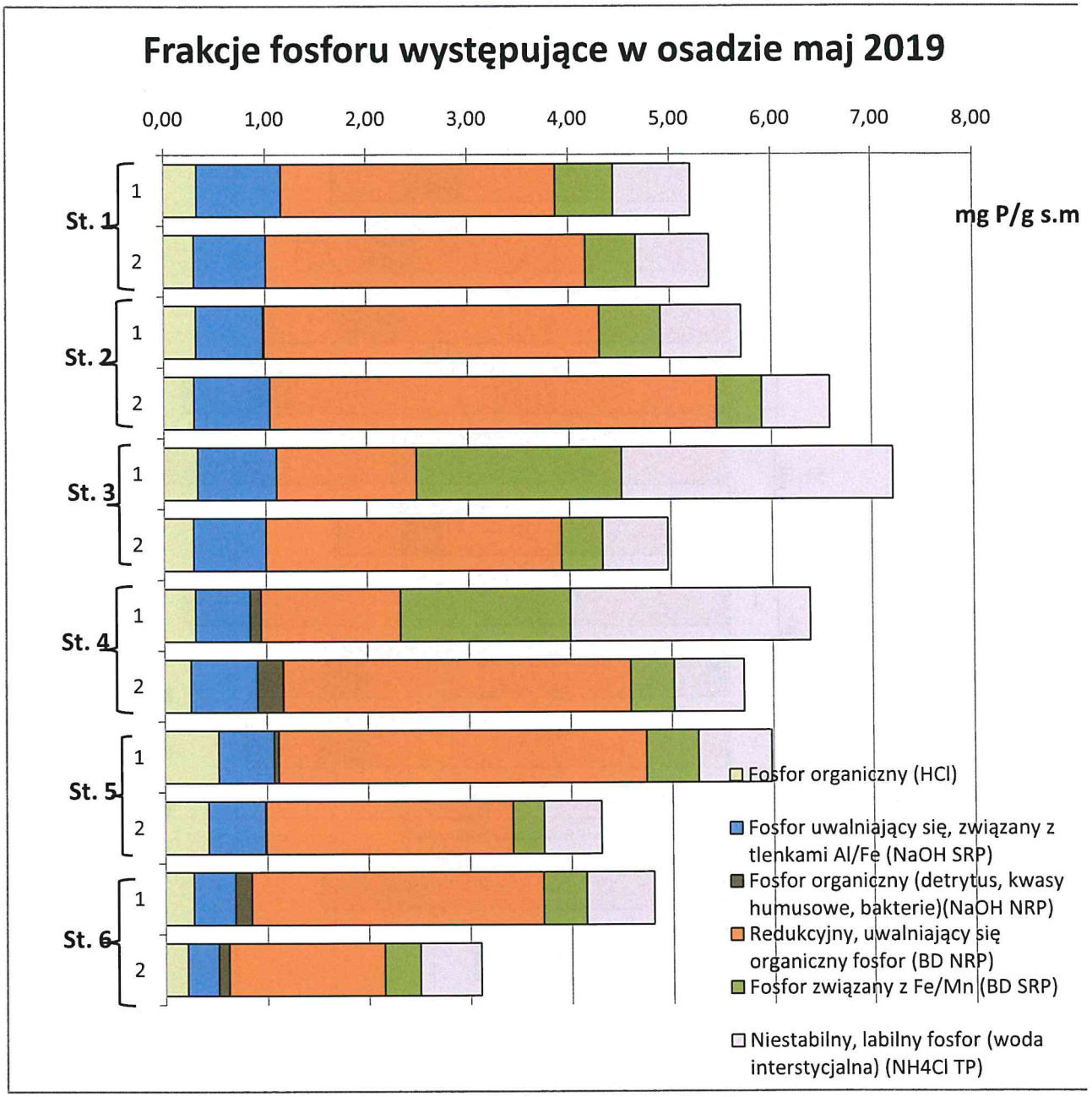
Analiza frakcji wyraźnie pokazuje jaka forma fosforu dominuje w osadach. Ponad 50% fosforu znajduje się we frakcji BD NRP. Jest to frakcja o tendencjach do uwalniania z tym, że należy do frakcji nie reaktywnych NRP. Prawdopodobnie jest to fosfor związany z lantanem wprowadzonym do środowiska wraz z glinką bentonitową w trakcie zabiegu rekultywacji. Być może z uwagi na metodykę oznaczeń uwidocznił się we frakcji fosforu organicznego BD NRP. Warto zwrócić uwagę na ilość fosforu zalegającego w głęboczkach (stanowisko 3 i 4 badanego profilu) w warstwie osadu powierzchniowego do 2 cm miąższości. Tutaj wyraźnie widać większe ilości fosforu związanego we frakcjach fosforu (kolor zielony) związanego z żelazem i manganem oraz fosforem niestabilnym (labilnym) występującym w wodach interstycjalnych pomiędzy porami w osadach. Lepiej to widać na ryc. 26.

Procentowo na całym obszarze monitorowanego dna w osadach znajdują się znaczne ilości fosforu (Ryc. 27) dostępnego z potencjalną możliwością jego uwolnienia. Warunki panujące w tym okresie nad dnem nie pozwalają na uwalnianie fosforu np. z frakcji labilnej czy związanej z żelazem (Fe) czy glinem (Al) tj. NH_4Cl SRP, BD SRP (patrz tabela 12).

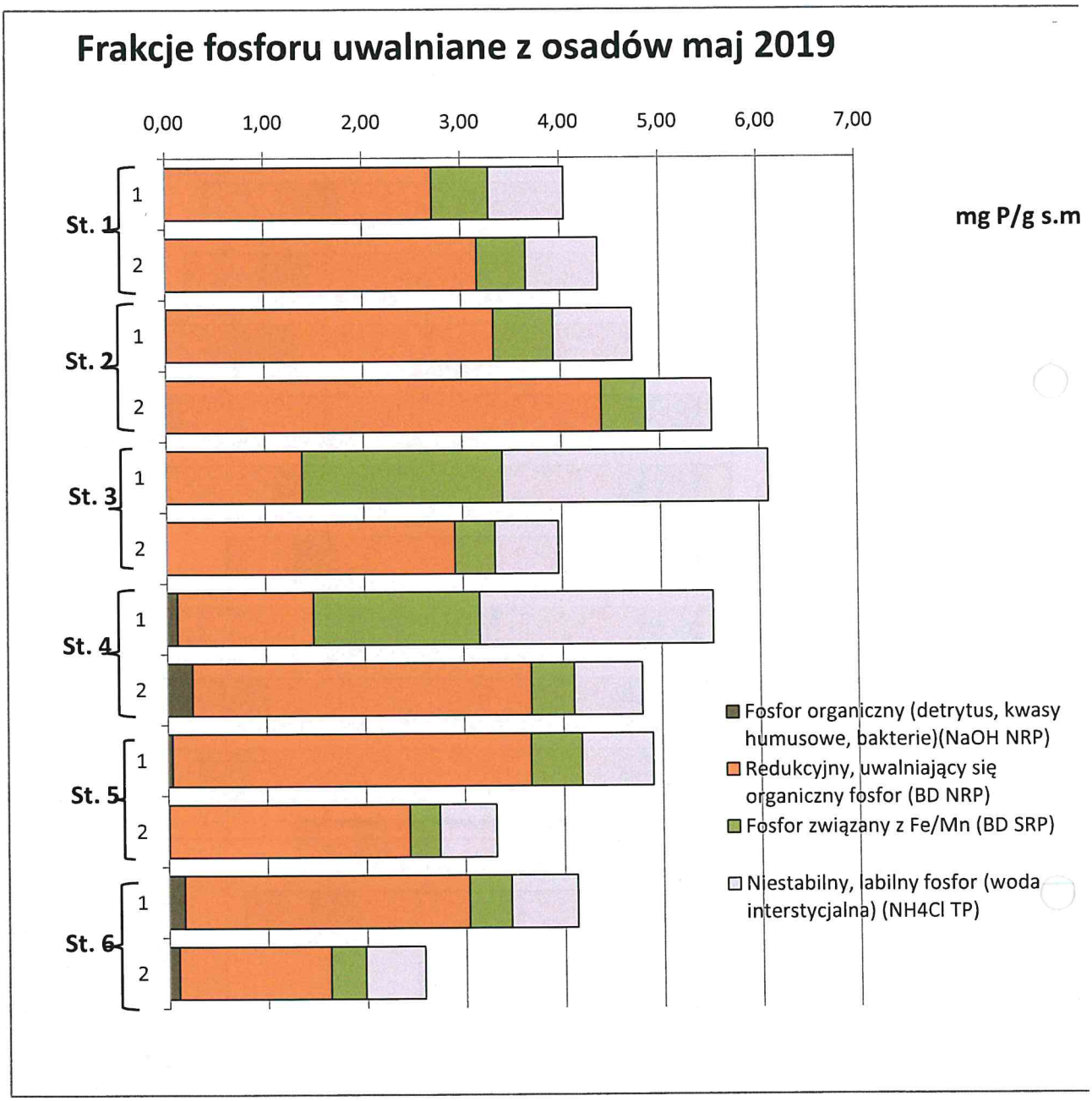
Tabela 12. Frakcje fosforu w osadach dennych (opracowano na podstawie: Gonsiorczyk i in. 1998, Kisand 2005, Ribeiro i in. 2008)

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

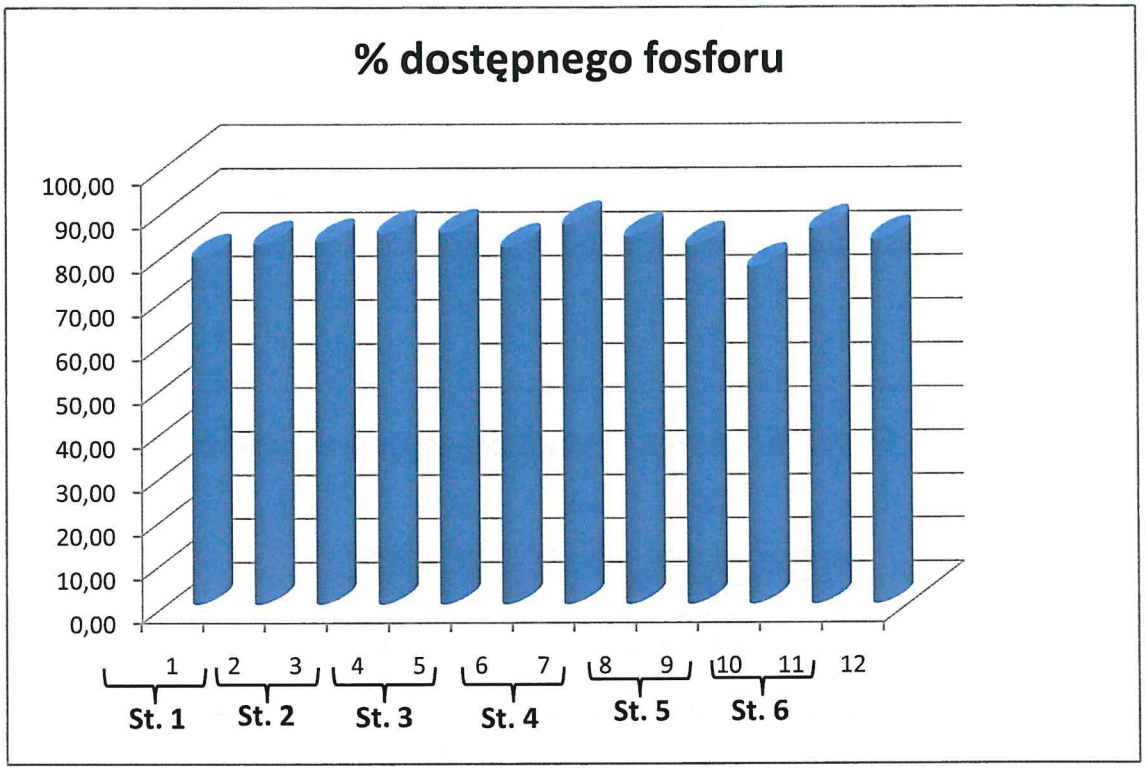
Oznaczenia:
BD - *bicarbonate/dithionite* ($NaHCO_3$+$Na_2S_2O_4$)
SRP - fosfor rozpuszczony reaktywny (*soluble reactive P*)
NRP - fosfor niereaktywny (*non reactive P*)



Ryc. 25. Frakcje fosforu w osadach na badanym profilu 6 stanowisk na głębokości 2 cm miąższości (1) i na głębokości do 5 cm miąższości (2); próba z maja 2019



Ryc. 26. Frakcje fosforu w osadach na badanym profilu 6 stanowisk na głębokości 2 cm miąższości (1) i na głębokości do 5 cm miąższości (2); próba z maja 2019

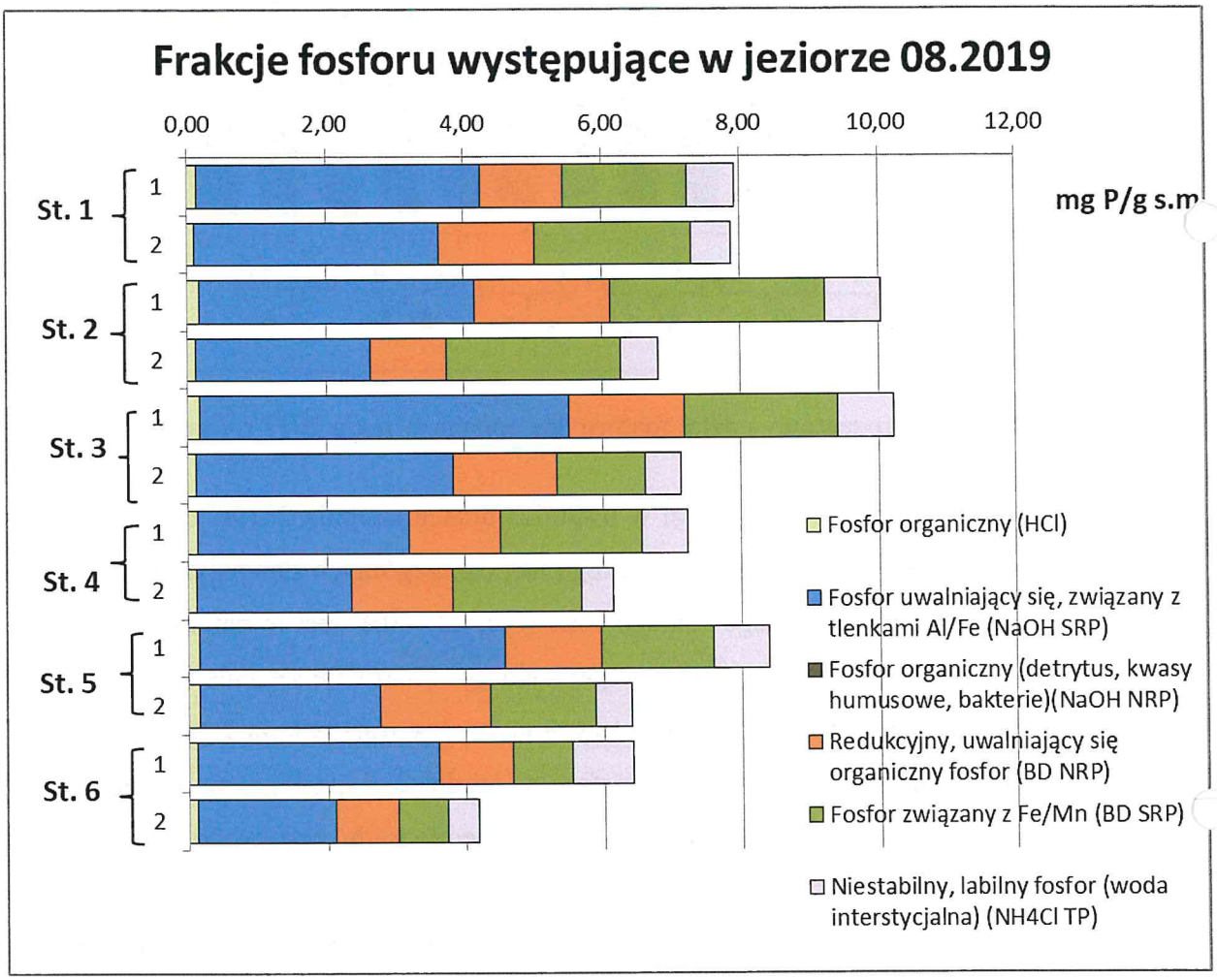


Ryc. 27. Procentowy udział fosforu dostępnego w maju 2019 r. osadach jeziora Gołdap

W osadzie pobranym w ostatnich dniach sierpnia 2019r. z jeziora Gołdap oznaczono większe stężenia fosforu całkowitego na poszczególnych stanowiskach badawczych niż miało to miejsce w maju tego samego roku (ryc. 28 - 30). Jest to naturalne zjawisko występujące w jeziorze pod koniec sezonu wegetacyjnego. Całkowite stężenia fosforu dochodzą do 10 mg P/g s.m. na stanowiskach badawczych nr 2 i 3 w warstwie do 2 cm miąższości. W głębszych warstwach całkowite stężenie fosforu malej do ok 6 mg P/g s.m. Wyjątkiem jest stanowisko pierwsze, gdzie w całej kolumnie pobranego osadu oznaczono podobne stężenie fosforu dochodzące do 8 mg P/ g s.m.

W stosunku do badań z poprzednich miesięcy nastąpiła jednak przemiana dominujących frakcji fosforu. Zdecydowanie na wszystkich stanowiskach badawczych i badanych miąższościach dominuje frakcja NaOH SRP, frakcja fosforu związanego z tlenkami glinu i żelaza, jest to frakcja wrażliwa na potencjał oksydoredukcyjny (Rys. 28). Jeżeli potencjał oksydoredukcyjny jest ujemny następuje uwalnianie się fosforu z tej frakcji. Stanowi ona ok 50% całkowitej puli fosforu zgromadzonego w osadach dennych jeziora Gołdap. Fosfor organiczny, związany z detrytusem, bakteriami, występujący we frakcji NaOH NRP, w ogóle nie wystąpił w osadach w badanym terminie. Znikomy udział w całkowitej puli fosforu ma frakcja najbardziej stabilna czyli HCl, fosfor organiczny. Jego stężenia wynoszą ponad 0,1 mg P/g s.m.

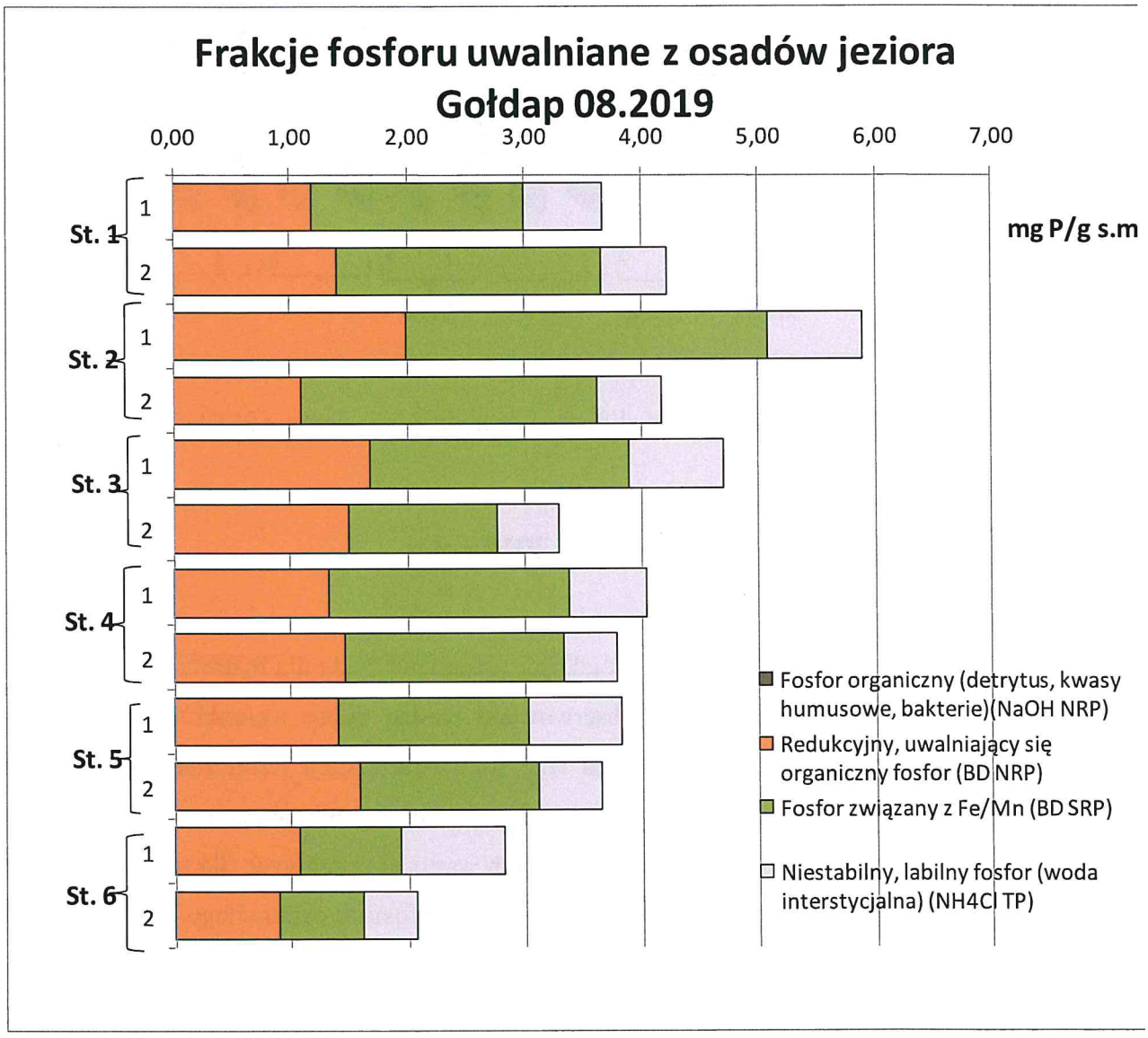
Frakcje fosforu uważana za uwalnialne, tj. BD SRP i BD NRP stanowią w całości ponad 3 mg P/g s.m w całym profilu i na wszystkich stanowiskach badawczych. Większy jest ich udział w warstwach powierzchniowych niż w głębszych (Rys. 29). Frakcja najbardziej mobilna, NH4CL TP, nie przekracza 1 mg P/g s.m. na każdym ze stanowisk badawczych. Ogólny procent fosforu uwalnianego z badanych osadów przedstawiono na rysunku 30.



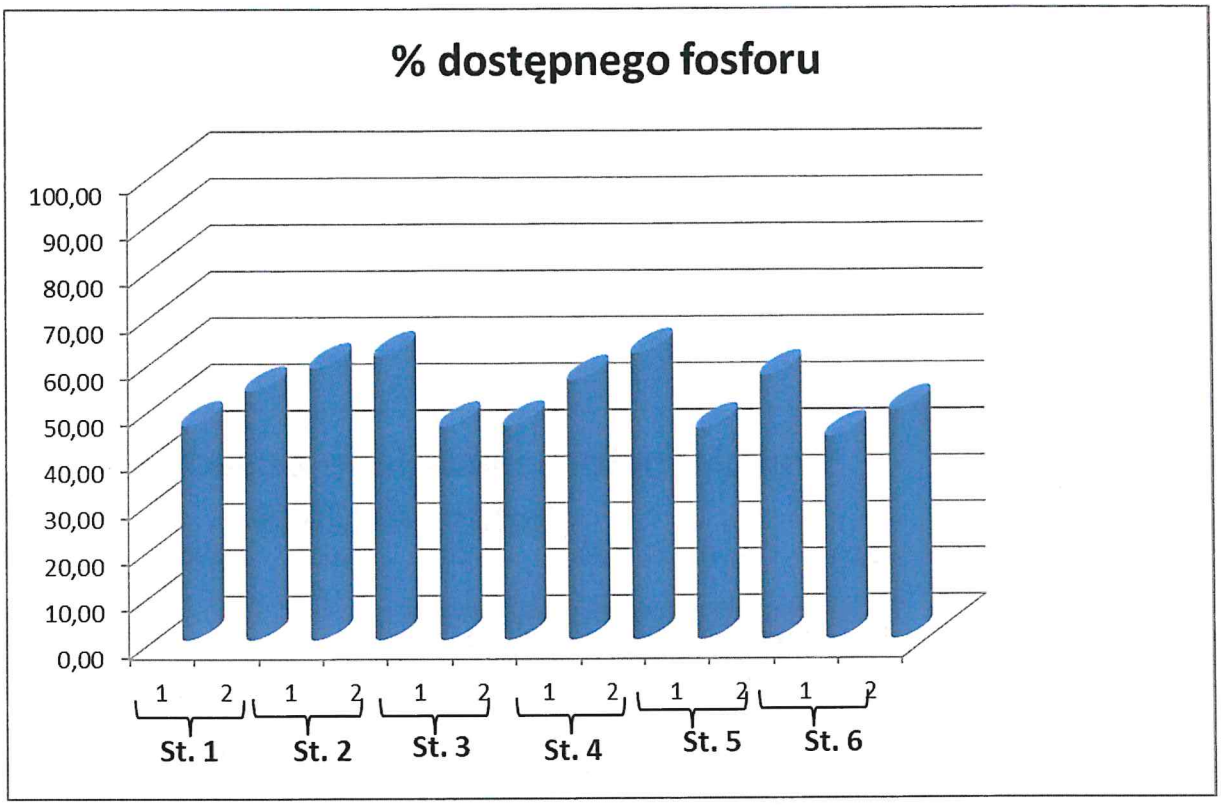
Ryc. 28. Frakcje fosforu w osadach z sześciu stanowisk badawczych, pochodzące z dwóch miąższości - 2 cm miąższości (1) i z głębokości do 5 cm miąższości (2); próba z sierpnia 2019

W warstwach powierzchniowych od 0 do 2 cm na badanych stanowiskach jest mniejszy udział uwalnianego fosforu w stosunku do warstw głębszych, co jest korzystne dla jeziora. Warstwa powierzchniowa ulega większym turbulencją ze strony organizmów wodnych niż głębsze warstwy osadów. W związku z tym należy oczekiwać mniejszego

uwalnianie fosforu z osadów dennych. Ogólnie potencjalna ilość uwalnianych frakcji fosforu nie przekracza 70% (Ryc. 30), co jest korzystnym zjawiskiem dla zbiornika wodnego. Jednak należy pamiętać o dużej ilości fosforu związanego z tlenkami glinu i żelaza, (NaOH SRP), które to uwolnią się w przypadku niskiego potencjały oksydoredukcyjnego. Do takiego uwalniania może dochodzić na niewielkim obszarze głęboczka od głębokości około 9 m (stanowisko 2).



Ryc. 29. Frakcje fosforu uwalniane z osadów dennych z sześciu stanowisk badawczych, pochodzące z dwóch miąższości - 2 cm miąższości (1) i z głębokości do 5 cm miąższości (2); próba z sierpnia 2019



Ryc. 30. Procentowy udział fosforu dostępnego w sierpniu 2019 r. osadach jeziora Gołdap

7. Podsumowanie badań w 2019 roku

Badania monitoringu jakości warunków życia dla hydrobiobiontów wiosną 2019 roku należy uznać za dobre. Obserwowano bardzo dobre warunki tlenowe przy dnie pomimo rozpoczynającego się w maju tego roku stratyfikacji termicznej (patrz. raport 2019 część wiosenna). Jakość wody odznacza się niskimi stężeniami azotu całkowitego (pierwsza klasa) i fosforanów PO_4 nie przekraczających wartości progowych dla stanu intensywnej eutrofii tj., poniżej 0,05 mg PO_4 - P/l. Wysokie stężenie fosforu całkowitego w trakcie badań wiosennych jest wynikiem rozpoczynającego się zakwitu fitoplanktonu. To zjawisko jest bardzo złożone i kolejne badania pod koniec lata tego roku pozwolą na odpowiedź o przyczynach. Przy dnie zbiornika w głęboczkach stanowisko 2 i 3 obserwowano wysokie stężenia tlenu rozpuszczonego mg O_2/l. Potencjał redox był dodatni nawet w warstwie przydennej. Zawartość fosforu biodostępnego w osadach jest pod kontrolą zadanego preparatu w czasie rekultywacji jeziora w latach 2017-2018 tj. glinki bentonitowej wzbogaconej lantanem. Obserwuje się w warstwie powierzchniowej osadów biodostępne formy fosforu, które mogą

przejść do wód interstycjalnych i zasilać wody jeziora w kolejnym sezonie wegetacyjnym. Obserwowane warunki tlenowe nad dnem na całym obszarze jeziora dają gwarancję, że te formy stopniowo będą ulegać przekształceniom w formy o mniejszej biologicznej dostępności.

Ocena warunków życia dla organizmów dennych wypadła, stosując szereg wskaźników dobrze. Nawet głębokie strefy jeziora są zasiedlone przez różnorodne organizmy. Stwierdzane gatunki są typowe dla jezior eutroficznych bogatych w materią organiczną zalegającą na dnie zbiornika. Badania pod koniec lata potwierdziły dobre warunki dla rozwoju makrozoobentosu głębszych warstw jezior i dzięki dodatkowej próbie w strefie litoralu w grupie organizmów stwierdzono osobniki typowe dla wód czystych.

Średnie sezonowe zagęszczenie fitoplanktonu dla jeziora Gołdap wyniosło 3.137 tys. osbn./dm^3. W porównaniu z wynikami badań z 2018 roku, można stwierdzić wyraźną redukcję ilości fitoplanktonu. Średnia liczebność fitoplanktonu w 2018 roku wyniosła 5.781 tys. osbn./dm^3. W sierpniu najistotniejszymi pod względem ilości okazały się sinice z rodzajów *Aphanizomenon* i *Oscillatoria.* Stanowiły one odpowiednio 16,9 i 51,4% ogółu. Pozostałe klasy glonów występowały jedyne akcesorycznie. W przypadku badań zrealizowanych w maju stwierdzono dominację złotowiciowców rodzaju *Chrysococcus* (27,5%) i okrzemek należących do rodzaju *Stephanodiscus* (18,2%). Obecność złotowiciowców tłumaczyć może żółtawe zabarwienie wody, stwierdzone w maju. Szczególnie korzystnym wydaje się być występowanie gatunku *Chrysococcus minutus* (8,2%), który określany jest jako typowy dla wód oligotroficznych.

Pewnym odzwierciedleniem tendencji pozytywnych zmian w wyniku zabiegu rekultywacji są dane dla biomasy fitoplanktonu. Średnia sezonowa wartość tego parametru dla jeziora Gołdap wyniosła 5,602 mg/dm^3. W roku 2018 wartość ta była wyższa o 35% i wynosiła 8,6 mg/dm^3.

Średnie sezonowe zagęszczenie zooplanktonu wyniosło 2.091 osobn./dm^3 i było wyższe od notowanej w 2018 r. liczebności tego zespołu - 1.477 osobn./dm^3. W 2019r. dominującymi formami okazały się wrotki planktonowe, które stanowiły średnio 46,6% zespołu. Sytuacja ta jest typową ponieważ, organizmy te charakteryzują się mniejszymi rozmiarami ciała oraz bazą pokarmową składającą się głównie z bakterie i detrytus). W maju w planktonie, co bardzo ważne, dominowały: wioślarka *Bosmina longirostris* (22%) oraz młodociane formy widłonogów (*Copepoda*) (20%). W sierpniu oprócz form młodocianych widłonogów (11%) istotnymi okazały się wrotki: *Pompholyx sulcata* (18%) oraz *Keratella tecta* (11%). W sierpniu mieliśmy do czynienia z zanikiem licznych wiosną wioślarek. Jedną

z przyczyn może być ich intensywne wyżerowanie przez ryby. Koniecznym wydaje się wprowadzenie ograniczenia ryb karpiowatych głównych konsumentów zooplanktonu o największych rozmiarach tj. wioślarek (*Cladocera*). Jednym z zadań na 2020 -2021 jest prowadzenie odłowów drobnych ryb karpiowatych głównie leszcza i krąpia. Prowadzony przez 3 ostanie lata (2017, 2018 i 2019) monitoring ichtiofauny potwierdza zasadność takich działań.

Obserwowane tendencje zmian w ekosystemie Jeziora Gołdap dotyczą zmian w zespole fitoplanktonu, dla którego stwierdzono spadek biomasy i liczebności. Nastąpiła przebudowa struktury i gatunki sinic obserwowane w latach poprzednich przed zabiegiem. Spadkowi biomasy glonów towarzyszył wzrost biomasy zooplanktonu. Wyjątkowo korzystnym zjawiskiem są obserwacje dominacji dużych planktonowych form zooplanktonu tj. wioślarek.

W sierpniu pod koniec lata braki tlenu obserwowano przy dnie, największe w okolicach głęboczka na głębokościach poniżej 7-8 m. Procentowo w skali zbiornika jest to ilość odtlenionego dna niewielka, co nie powinno decydować o uwalniania zdeponowanego na dnie w osadach fosforu. Pośrednio potwierdza to spadek ilość fosforu biodostępnego pomiędzy wiosną i latem. Oczywiście przy korzystnych warunkach tlenowych przy dnie fosfor związany z takimi pierwiastkami jak żelazo (Fe), mangan (Mn) czy glin (Al) jest zablokowany i niedostępny dla fitoplanktonu.

6. Materiały źródłowe

Dz.U. 2016 poz. 1187. *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.*

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)

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.

ZAŁĄCZNIKI (tabele dla fito i zooplanktonów)

Tab. 3. Liczebność poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%
Aphanizomenon flexuosum			41	0,8	20	0,4
Aphanizomenon flosaquae			767	14,2	383	7,1
Aphanizomenon sp.			104	1,9	52	1,0
Dolichospermum planctonicum			107	2,0	54	1,0
Dolichospermum spiroides			15	0,3	7	0,1
Chroococcus turgidus	2	0,3			1	0,1
Woronichinia compacta			7	0,1	4	0,1
Woronichinia sp.			4	0,1	2	0,03
Microcystis lemmermann,	5	0,6	26	0,5	16	0,5
Oscillatoria lauterbornii			63	1,2	31	0,6
Oscillatoria planctonica			296	5,5	148	2,7
Oscillatoria tenuis			33	0,6	17	0,3
Oscillatoria sp.			2381	44,1	1191	22,1
Snowella lacustris			67	1,2	33	0,6
Merismopedia tenuissima			7	0,1	4	0,1
Limnothrix redekei			41	0,8	20	0,4
Naiadinium polonicum			4	0,1	2	0,03
Ceratium hirundinella	1	0,1	26	0,5	14	0,3
Ceratium furcoides			4	0,1	2	0,03
Gymnodinium sp.			7	0,1	4	0,1
Gyrodinium helveticum	8	1,0			4	0,5
Peridinium bipes			4	0,1	2	0,03
Peridinium cinctum			11	0,2	6	0,1
Peridinium sp.			26	0,5	13	0,2
Nitzschia acicularis	4	0,5	48	0,9	26	0,7
Nitzschia palea	3	0,4			2	0,2
Cymbella cistula	1	0,1			1	0,1
Navicula lanceolata			4	0,1	2	0,03
Navicula sp.	2	0,2			1	0,1
Amphora sp.	1	0,1			1	0,1
Diatoma elongatum			7	0,1	4	0,1
Aulacoseira granulata var. *angustissima*	36	4,1	19	0,3	27	2,2
Lindavia bodanica	1	0,1			1	0,1
Melosira varians	7	0,8			4	0,4
Cyclotella comta	6	0,7	4	0,1	5	0,4
Cyclotella meneghiniana	58	6,6	15	0,3	36	3,4
Cyclotella stelligera	13	1,5			7	0,7
Cyclotella sp.	79	9,0	15	0,3	47	4,6
Stephanodiscus hantzschii	51	5,8			25	2,9
Stephanodiscus neoastraea	5	0,6			2	0,3
Stephanodiscus sp.	105	11,9			52	5,9
Asterionella formosa	2	0,3	44	0,8	23	0,6

Tab. 3. Liczebność poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku cd.

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3		osbn./dm^3	%
Fragilaria crotonensis			178	3,3	89	1,6
Synedra acus			7	0,1	4	0,1
Ulnaria ulna			7	0,1	4	0,1
Chrysococcus minutus	72	8,2	11	0,2	42	4,2
Chrysococcus sp.	169	19,3	285	5,3	227	12,3
Dinobryon divergens	1	0,1	37	0,7	19	0,4
Tabellaria fenestrata	4	0,5			2	0,2
Synura uvella	35	4,0			17	2,0
Cryptomonas curvata			7	0,1	4	0,1
Cryptomonas erosa	8	0,9			4	0,4
Cryptomonas ovata			33	0,6	17	0,3
Cryptomonas sp.	4	0,4	22	0,4	13	0,4
Chlorophyta non det.	38	4,4	241	4,5	140	4,4
Pediastrum duplex	16	1,8			8	0,9
Pseudopediastrum boryanum	5	0,6			3	0,3
Stauridium tetras	3	0,3			1	0,2
Tetraedrön caudatum			7	0,1	4	0,1
Tetraedrön minimum	7	0,8			4	0,4
Tetraedrön sp.	2	0,3	7	0,1	5	0,2
Acutodesmus dimorphus			4	0,1	2	0,03
Willea rectangularis			4	0,1	2	0,03
Coelastrum astroideum	2	0,3			1	0,1
Coelastrum microporum			33	0,6	17	0,3
Coelastrum sp.	2	0,3			1	0,1
Desmodesmus communis	13	1,4	19	0,3	16	0,9
Desmodesmus opoliensis	14	1,6			7	0,8
Scenedesmus arcuatus	4	0,4	7	0,1	6	0,3
Scenedesmus ecornis	2	0,2			1	0,1
Scenedesmus obtusus	2	0,3			1	0,1
Scenedesmus sp.	1	0,1			1	0,1
Tetrastrum triangulare	1	0,1			1	0,1
Monoraphidium minutum	5	0,6			2	0,3
Gonium pectorale	6	0,7			3	0,4
Chlorella vulgaris			85	1,6	43	0,8
Oocystis lacustris	4	0,4			2	0,2
Oocystis sp.	6	0,7			3	0,4
Crucigenia tetrapedia	10	1,1	4	0,1	7	0,6
Lemmermannia triangularis			4	0,1	2	0,03
Closterium aciculare	3	0,3	4	0,1	3	0,2
Closterium acutum	15	1,7	15	0,3	15	1,0
Closterium moniliferum	4	0,4			2	0,2
Cosmarium formosulum	2	0,3			1	0,1
Cosmarium punctulatum			19	0,3	9	0,2

Tab. 3. Liczebność poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku cd.

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%
Cosmarium sp.	2	0,3			1	0,1
Staurastrum chaetoceras	2	0,3	22	0,4	12	0,3
Staurastrum paradoxum	16	1,8	4	0,1	10	0,9
Euglenaformis proxima	2	0,3	4	0,1	3	0,2
Lepocinclis oxyuris	1	0,1	4	0,1	2	0,1
Phacus caudatus			4	0,1	2	0,03
Phacus sp.			4	0,1	2	0,03
Binuclearia lauterbornii			119	2,2	59	1,1
Suma	**879**	**100**	**5 396**	**100**	**3 137**	**100**
Cyanophyceae	**8**	**0,9**	**3 959**	**73,4**	**1 984**	**37,1**
Dinophyceae	**10**	**1,1**	**81**	**1,5**	**46**	**1,3**
Chrysophyceae	**282**	**32,1**	**333**	**6,2**	**308**	**19,1**
Bacillariophyceae	**375**	**42,7**	**348**	**6,5**	**361**	**24,6**
Chlorophyceae	**125**	**14,2**	**322**	**6,0**	**224**	**10,1**
Trebouxiophyceae	**20**	**2,2**	**93**	**1,7**	**56**	**2,0**
Euglenophyceae	**4**	**0,4**	**133**	**2,5**	**69**	**1,4**
Cryptophyceae	**11**	**1,3**	**63**	**1,2**	**37**	**1,2**
Conjugatophyceae	**45**	**5,1**	**63**	**1,2**	**54**	**3,1**

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci

Tab. 4. Biomasa poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%
Aphanizomenon flexuosum			0,020	0,2	0,010	0,1
Aphanizomenon flosaquae			1,505	16,4	0,752	8,2
Aphanizomenon sp.			0,130	1,4	0,065	0,7
Dolichospermum planctonicum			0,562	6,1	0,281	3,1
Dolichospermum spiroides			0,019	0,2	0,010	0,1
Chroococcus turgidus	0,001	0,04			0,000	0,02
Woronichinia compacta			0,002	0,02	0,001	0,01
Woronichinia sp.			0,001	0,01	0,001	0,01
Microcystis lemmermann,	0,007	0,3	0,034	0,4	0,020	0,4
Oscillatoria lauterbornii			0,031	0,3	0,015	0,2
Oscillatoria planctonica			0,145	1,6	0,073	0,8
Oscillatoria tenuis			0,016	0,2	0,008	0,1
Oscillatoria sp.			3,484	38,0	1,742	19,0
Snowella lacustris			0,013	0,14	0,007	0,1
Merismopedia tenuissima			0,002	0,02	0,001	0,01
Limnothrix redekei			0,013	0,1	0,006	0,1
Naiadinium polonicum			0,047	0,5	0,024	0,3
Ceratium hirundinella	0,025	1,2	0,521	5,7	0,273	3,4
Ceratium furcoides			0,119	1,3	0,060	0,7
Gymnodinium sp.			0,106	1,2	0,053	0,6
Gyrodinium helveticum	0,099	4,9			0,049	2,4
Peridinium bipes			0,440	4,8	0,220	2,4
Peridinium cinctum			0,424	4,6	0,212	2,3
Peridinium sp.			0,122	1,3	0,061	0,7
Nitzschia acicularis	0,000	0,01	0,002	0,02	0,001	0,01
Nitzschia palea	0,001	0,05			0,000	0,02
Cymbella cistula	0,017	0,8			0,009	0,4
Navicula lanceolata			0,008	0,1	0,004	0,04
Navicula sp.	0,003	0,2			0,002	0,1
Amphora sp.	0,005	0,3			0,003	0,1
Diatoma elongatum			0,005	0,1	0,003	0,03
Aulacoseira granulata var. *angustissima*	0,020	1,0	0,010	0,1	0,015	0,5
Lindavia bodanica	0,011	0,5			0,005	0,3
Melosira varians	0,030	1,5			0,015	0,7
Cyclotella comta	0,010	0,5	0,006	0,1	0,008	0,3
Cyclotella meneghiniana	0,158	7,7	0,040	0,4	0,099	4,1
Cyclotella stelligera	0,014	0,7			0,007	0,3
Cyclotella sp.	0,088	4,3	0,017	0,2	0,052	2,3
Stephanodiscus hantzschii	0,164	8,1			0,082	4,0
Stephanodiscus neoastraea	0,100	4,9			0,050	2,5
Stephanodiscus sp.	0,108	5,3			0,054	2,6
Asterionella formosa	0,002	0,1	0,038	0,4	0,020	0,3

Tab. 4. Biomasa poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku cd.

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%
Fragilaria crotonensis			0,104	1,1	0,052	0,6
Synedra acus			0,013	0,1	0,007	0,1
Ulnaria ulna			0,043	0,5	0,022	0,2
Chrysococcus minutus	0,023	1,1	0,004	0,04	0,013	0,6
Chrysococcus sp.	0,054	2,7	0,092	1,0	0,073	1,8
Dinobryon divergens	0,000	0,01	0,008	0,1	0,004	0,05
Tabellaria fenestrata	0,004	0,2			0,002	0,1
Synura uvella	0,043	2,1			0,021	1,1
Cryptomonas curvata			0,034	0,4	0,017	0,2
Cryptomonas erosa	0,016	0,8			0,008	0,4
Cryptomonas ovata			0,046	0,5	0,023	0,2
Cryptomonas sp.	0,006	0,3	0,038	0,4	0,022	0,4
Chlorophyta non det.	0,068	3,4	0,429	4,7	0,249	4,0
Pediastrum duplex	0,168	8,2			0,084	4,1
Pseudopediastrum boryanum	0,054	2,6			0,027	1,3
Stauridium tetras	0,008	0,4			0,004	0,2
Tetraedrön caudatum			0,003	0,03	0,002	0,02
Tetraedrön minimum	0,005	0,2			0,002	0,1
Tetraedrön sp.	0,001	0,1	0,004	0,04	0,003	0,1
Acutodesmus dimorphus			0,001	0,01	0,000	0,004
Willea rectangularis			0,001	0,02	0,001	0,01
Coelastrum astroideum	0,000	0,01			0,000	0,01
Coelastrum microporum			0,002	0,03	0,001	0,01
Coelastrum sp.	0,000	0,01			0,000	0,01
Desmodesmus communis	0,009	0,4	0,013	0,1	0,011	0,3
Desmodesmus opoliensis	0,006	0,3			0,003	0,1
Scenedesmus arcuatus	0,001	0,1	0,003	0,03	0,002	0,1
Scenedesmus ecornis	0,001	0,1			0,001	0,03
Scenedesmus obtusus	0,003	0,2			0,002	0,1
Scenedesmus sp.	0,000	0,01			0,000	0,005
Tetrastrum triangulare	0,000	0,01			0,000	0,01
Monoraphidium minutum	0,000	0,003			0,000	0,002
Gonium pectorale	0,046	2,3			0,023	1,1
Chlorella vulgaris			0,023	0,25	0,011	0,1
Oocystis lacustris	0,004	0,2			0,002	0,1
Oocystis sp.	0,001	0,04			0,000	0,02
Crucigenia tetrapedia	0,002	0,1	0,001	0,01	0,002	0,1
Lemmermannia triangularis			0,001	0,01	0,000	0,01
Closterium aciculare	0,014	0,7	0,019	0,2	0,016	0,5
Closterium acutum	0,013	0,6	0,013	0,14	0,013	0,4
Closterium moniliferum	0,540	26,5			0,270	13,3
Cosmarium formosulum	0,003	0,1			0,001	0,1
Cosmarium punctulatum			0,162	1,8	0,081	0,9

Tab. 4. Biomasa poszczególnych taksonów fitoplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku cd.

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%
Cosmarium sp.	0,003	0,1			0,001	0,1
Staurastrum chaetoceras	0,007	0,3	0,0636	0,693	0,035	0,5
Staurastrum paradoxum	0,039	1,9	0,009	0,1	0,024	1,0
Euglenaformis proxima	0,007	0,4	0,011	0,1	0,009	0,2
Lepocinclis oxyuris	0,020	1,0	0,060	0,7	0,040	0,8
Phacus caudatus			0,010	0,1	0,005	0,1
Phacus sp.			0,010	0,1	0,005	0,1
Binuclearia lauterbornii			0,066	0,7	0,033	0,4
Suma	**2,036**	**100**	**9,169**	**100**	**5,602**	**100**
Cyanophyceae	**0,008**	**0,4**	**5,978**	**65,2**	**2,993**	**32,8**
Dinophyceae	**0,124**	**6,1**	**1,780**	**19,4**	**0,952**	**12,7**
Chrysophyceae	**0,125**	**6,1**	**0,103**	**1,1**	**0,114**	**3,6**
Bacillariophyceae	**0,731**	**35,9**	**0,287**	**3,1**	**0,509**	**19,5**
Chlorophyceae	**0,372**	**18,3**	**0,456**	**5,0**	**0,414**	**11,6**
Trebouxiophyceae	**0,007**	**0,4**	**0,025**	**0,3**	**0,016**	**0,3**
Euglenophyceae	**0,027**	**1,3**	**0,157**	**1,7**	**0,092**	**1,5**
Cryptophyceae	**0,023**	**1,1**	**0,118**	**1,3**	**0,070**	**1,2**
Conjugatophyceae	**0,619**	**30,4**	**0,266**	**2,9**	**0,442**	**16,6**

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci

Tab. 8. Liczebność poszczególnych taksonów zooplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%
Conochilus hippocrepis	56	**3,0**			28	**1,5**
Conochilus unicornis	11	**0,6**			6	**0,3**
Conochilus sp.	6	**0,3**			3	**0,1**
Pompholyx complanata			3	**0,1**	1	**0,1**
Pompholyx sulcata	72	**3**	455	**18,1**	263	**10,6**
Pompholyx sp.			150	**5,0**	75	**2,5**
Filinia longiseta			6	**1,1**	3	**0,6**
Asplanchna herrickii	21	**0,9**			10	**0,4**
Asplanchna sp.	3	**0,1**	14	**0,5**	8	**0,3**
Anuraeopsis fissa	8	**0,4**	141	**8,1**	75	**4,3**
Brachionus sp.			17	**0,5**	9	**0,2**
Kellicottia longispina	10	**0,3**	8	**1,2**	9	**0,8**
Keratella cochlearis	152	**7,0**	210	**9,3**	181	**8,2**
Keratella quadrata	5	**0,2**	9	**0,5**	7	**0,3**
Keratella tecta	32	**1,4**	299	**11,2**	166	**6,3**
Ascomorpha saltans	8	**0,4**	16	**1,6**	12	**1,0**
Ascomorpha sp.	3	**0,2**	6	**0,2**	4	**0,2**
Lecane sp.			23	**0,8**	11	**0,4**
Lepadella sp.			20	**0,7**	10	**0,4**
Polyarthra euryptera			3	**0,1**	1	**0,1**
Polyarthra major	2	**0,1**			1	**0,1**
Polyarthra remata	3	**0,2**	42	**1,8**	23	**1,0**
Polyarthra vulgaris	11	**0,7**	17	**0,5**	14	**0,6**
Polyarthra sp.	8	**0,3**	20	**1,1**	14	**0,7**
Trichocerca elongata			26	**1,8**	13	**0,9**
Trichocerca pusilla			6	**0,2**	3	**0,1**
Trichocerca rousseleti			93	**3,0**	46	**1,5**
Trichocerca similis			97	**3,6**	49	**1,8**
Trichocerca sp.			40	**3,0**	20	**1,5**
nauplius	409	**20**	249	**11,4**	329	**15,7**
copepodit	19	**0,8**			9	**0,4**
Eudiaptomus gracilis	46	**2,6**	3	**0,1**	24	**1,4**
Cyclops Müller sp.	25	**1,8**	88	**3,0**	56	**2,4**
Ectocyclops phaleratus	16	**0,7**			8	**0,3**
Mesocyclops leuckarti	105	**5,1**	45	**3,3**	75	**4,2**
Mesocyclops sp.	101	**5,0**	90	**4,8**	95	**4,9**
Microcyclops sp.			24	**0,6**	12	**0,3**
Bosmina coregoni	20	**1,0**	12	**0,5**	16	**0,8**
Bosmina coregoni thersites	14	**1,5**			7	**0,7**
Bosmina longirostris	402	**21,7**			201	**10,9**
Bosmina sp.	164	**8,7**	8	**0,4**	86	**4,6**
Chydorus sphaericus	43	**1,8**			21	**0,9**

Tab. 8. Liczebność poszczególnych taksonów zooplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku cd.

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%	osbn./dm^3	%
Daphnia cucullata	110	**6,3**	40	**1,6**	75	**4,0**
Daphnia pulex	20	**2,4**			10	**1,2**
Daphnia sp.	8	**1,0**			4	**0,5**
Leptodora kindtii	3	**0,2**			1	**0,1**
Polyphemus pediculus			12	**0,5**	6	**0,2**
Suma	**1892**	**100**	**2289**	**100**	**2091**	**100**
Rotifera	**410**	**19,3**	**1719**	**73,9**	**1065**	**46,6**
Copepoda	**720**	**36,1**	**499**	**23,2**	**609**	**29,6**
Cladocera	**784**	**44,6**	**71**	**2,9**	**427**	**23,8**

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci

Tab. 9. Biomasa poszczególnych taksonów zooplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%
Conochilus hippocrepis	0,04	0,02			0,02	0,01
Conochilus unicornis	0,01	0,004			0,003	0,002
Conochilus sp.	0,004	0,003			0,002	0,001
Pompholyx complanata			0,0002	0,0003	0,0001	0,0001
Pompholyx sulcata	0,02	0,01	0,1	0,3	0,1	0,1
Pompholyx sp.			0,02	0,1	0,01	0,03
Filinia longiseta			0,003	0,1	0,001	0,04
Asplanchna herrickii	9,2	3,6			4,6	1,8
Asplanchna sp.	1,2	0,9	5,8	6,2	3,5	3,5
Anuraeopsis fissa	0,0005	0,0003	0,01	0,05	0,004	0,02
Brachionus sp.			0,04	0,04	0,02	0,02
Kellicottia longispina	0,002	0,001	0,002	0,03	0,002	0,02
Keratella cochlearis	0,017	0,008	0,02	0,1	0,02	0,03
Keratella quadrata	0,004	0,002	0,01	0,01	0,01	0,005
Keratella tecta	0,002	0,001	0,02	0,04	0,01	0,02
Ascomorpha saltans	0,002	0,001	0,003	0,03	0,002	0,02
Ascomorpha sp.	0,001	0,0001	0,001	0,01	0,001	0,004
Lecane sp.			0,01	0,03	0,003	0,02
Lepadella sp.			0,01	0,1	0,01	0,04
Polyarthra euryptera			0,005	0,02	0,002	0,01
Polyarthra major	0,002	0,001			0,001	0,0004
Polyarthra remata	0,001	0,0001	0,01	0,03	0,005	0,01
Polyarthra vulgaris	0,004	0,001	0,01	0,01	0,005	0,004
Polyarthra sp.	0,008	0,004	0,02	0,03	0,01	0,02
Trichocerca elongata			0,1	0,6	0,04	0,3
Trichocerca pusilla			0,001	0,003	0,0003	0,002
Trichocerca rousseleti			0,01	0,02	0,01	0,01
Trichocerca similis			0,02	0,1	0,01	0,03
Trichocerca sp.			0,02	0,2	0,01	0,1
nauplius	0,1	0,04	0,1	0,2	0,1	0,1
copepodit	0,4	0,2			0,2	0,1
Eudiaptomus gracilis	2,9	1,2	0,2	1,0	1,5	1,1
Cyclops Müller sp.	2,9	1,8	10,5	8,5	6,7	5,1
Ectocyclops phaleratus	0,7	0,3			0,3	0,2
Mesocyclops leuckarti	5,4	3,0	2,3	11,4	3,8	7,2
Mesocyclops sp.	5,5	2,9	4,9	18,6	5,2	10,8
Microcyclops sp.			0,5	0,3	0,2	0,1
Bosmina coregoni	22,2	7,7	12,6	11,8	17,4	9,8
Bosmina coregoni thersites	15,4	7,5			7,7	3,8
Bosmina longirostris	6,6	2,4			3,3	1,2
Bosmina sp.	75,7	27,9	3,8	10,3	39,8	19,1
Chydorus sphaericus	0,4	0,2			0,2	0,1

Tab. 9. Biomasa poszczególnych taksonów zooplanktonu zidentyfikowanych w Jeziorze Gołdap w 2019 roku

Takson	28.05.2019		27.09.2019		Średnia 2019	
	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%	mg/dm^3	%
Daphnia cucullata	46,0	20,5	16,6	18,2	31,3	19,3
Daphnia pulex	9,6	4,1			4,8	2,0
Daphnia sp.	5,8	2,5			2,9	1,2
Leptodora kindtii	113,3	13,3			56,6	6,6
Polyphemus pediculus			15,8	11,9	7,9	5,9
Suma	323	100	73	100	198,4	100
Rotifera	10,5	4,5	6,2	7,9	8,38	6,2
Copepoda	17,8	9,4	18,5	39,9	18,14	24,7
Cladocera	294,9	86,1	48,8	52,2	171,85	69,1

eudominanci dominanci subdominanci recedenci subrecedenci