

Wydział Biologii
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu
ul. Umultowska 89, 61-614 Poznań

**STAN JAKOŚCI WÓD
JEZIORA DUROWSKIEGO
OD PAŹDZIERNIKA DO GRUDNIA
2010 ROKU**

prof. dr hab. Ryszard Gołdyn – *Zakład Ochrony Wód*

dr Beata Messyasz – *Zakład Hydrobiologii*

dr Katarzyna Kowalczyńska-Madura – *Zakład Ochrony Wód*

dr Sławomir Cerbin – *Zakład Hydrobiologii*

Poznań, grudzień 2010

Treść opracowania

| | Str. |
|---|-------------|
| 1.Podstawy opracowania | 3 |
| 2.Metody badań | 4 |
| 3.Zmiany sezonowe parametrów fizyczno-chemicznych i chlorofilu a | 8 |
| 3.1.Temperatura wody | 8 |
| 3.2. Przezroczystość wody | 12 |
| 3.3. Azot i fosfor | 12 |
| 3.4. Osady denne | 17 |
| 3.5. Pozostałe wskaźniki | 19 |
| 3.6. Chlorofil-a | 20 |
| 4. Zooplankton | 22 |
| 5. Zmiany w strukturze gatunkowej i ilościowej fitoplanktonu | 24 |
| 6. Podsumowanie | 35 |
| 7. Literatura | 37 |
| 8. Spis kluczy fykologicznych | 37 |

1. Podstawy opracowania

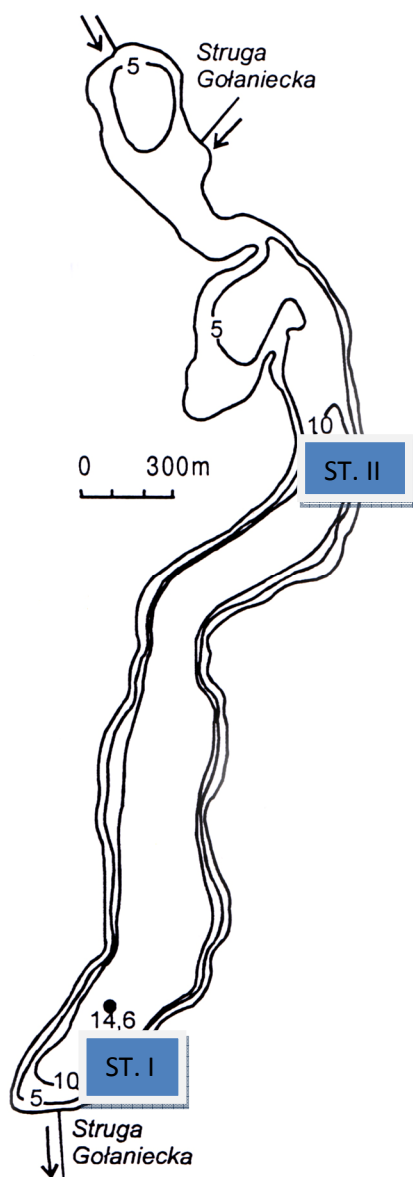
Podstawą opracowania jest umowa zawarta z Urzędem Gminy w Wągrowcu nr TI.TI.-2222/2/10 z dnia 7 stycznia 2010r. Na jej podstawie dokonano opracowania wyników 3-krotnych badań Jeziora Durowskiego, przeprowadzonych od października do grudnia 2010 r. Opracowanie to stanowi czwarty etap wyżej wymienionej umowy. Jego celem jest przedstawienie wyników fizyczno-chemicznych i biologicznych (fitoplankton, zooplankton) ekosystemu Jeziora Durowskiego (fot. 1), uzyskanych w czwartym kwartale tego roku.

Grudzień 2010



Fot. 1. Południowy fragment Jeziora Durowskiego objęty opracowaniem w okresie grudnia 2010r.

2. Metody badań



Badania ekosystemu Jeziora Durowskiego przeprowadzono 3-krotnie (od października do grudnia 2010r. włącznie), na dwóch stanowiskach badawczych (ryc. 1). Stanowisko I położone jest w miejscu o największej głębokości, wynoszącej 14,6 m (tzw. głęboczek). Stanowisko II położone jest w północnej części jeziora w początkowej części basenu o głębokości 10 m. W trakcie badań wykonywano w przekroju pionowym co 1 m pomiary temperatury wody, stężenia tlenu rozpuszczonego, pH oraz przewodnictwa elektrolitycznego. Próbkę wody pobierano na trzech głębokościach przekroju pionowego w kolumnie wody, charakterystycznych dla trzech warstw termicznych: epi- (1 m), meta- (na st. I – 7 m; II – 5 m) i hypolimnionu (na st. I – 12 m; II – 8 m). W laboratorium oznaczano z nich następujące wskaźniki fizyczno-chemiczne: stężenie azotu amonowego, azotynowego, azotanowego, organicznego i ogólnego, fosforanów rozpuszczonych i ogólnych oraz chlorofil-a. Próbkę do oznaczeń biogenów utrwalone zostały

Ryc. 1. Mapa batymetryczna Jeziora Durowskiego.

chloroformem, a do oznaczeń chlorofilu-a przewożone były w stanie żywym. Analizy fizyczno-chemiczne wykonano zgodnie z Polskimi Normami (Siepak 1992; Elbanowska i in. 1999).

Materiał fykologiczny do badań struktury taksonomicznej, ilościowej i biomasy fitoplanktonu pobierano każdorazowo w tych samych punktach profilu pionowego, bezpośrednio do butelek politylenotereftalanu o objętości 1,5 l i utrwalano płynem Lugola. Następnie próby sedymentowano do odpowiedniej objętości, nie mniejszej niż 10 ml.

Skład gatunkowy fitoplanktonu uzyskano przy użyciu mikroskopu świetlnego OLYMPUS z wykorzystaniem obiektywów 20x i 40x. Przy określaniu składu taksonomicznego wykorzystano aktualne klucze fykologiczne obejmujące poszczególne grup glonów (spis za literaturą). Analiza ilościowa została wykonana w komorze o objętości 1,25 ml próby. Biomagę glonów uzyskano na podstawie iloczynu liczebności poszczególnych taksonów z ich objętością. Kształt poszczególnych gatunków przyporządkowano do figury geometrycznej i na tej podstawie obliczono objętość konkretnego taksonu (Starmach 1989, Rott 1981). Koncentracja biomasy fitoplanktonu została podana w mg/l.

Próby wody do badań struktury zbiorowisk zooplanktonu pobierano z 3 głębokości, tych samych co fitoplankton – powierzchnia (1 m), głębokość odpowiadająca strefie metalimnionu oraz w strefie naddanej. W przypadku rzeki Strugi Gołanieckiej próby pobrano z powierzchni. Z każdej głębokości pobierano 5 litrów wody i zagęszczano siatką planktonową o średnicy oczek 25 μ m. Materiał konserwowano na miejscu formaliną.

Aby ustalić skład taksonomiczny zooplanktonu, próby przeglądano pod mikroskopem świetlnym przy powiększeniach: 50x, 100x i 200x. Jeśli cechy kluczowe nie były widoczne izolowano badane osobniki i przeprowadzono preparację. W przypadku widłonogów (Copepoda) preparowano V parę odnóży, a wioślarki (Cladocera) prześwietlano w płynie Hoyer'a. Do oznaczeń wykorzystano klucze:

- Inspekcja Ochrony Środowiska. widłonogi Copepoda: Cyclopoida. Klucz do oznaczania. Rybak J.I. i Błędzki L.A. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa 2005.

- Krebstiere, Crustacea. Kiemen – Und Blattfuesser. Branchiopoda. Fischlause, Branchiura. FlöBner. Gustav Fisher Verlag Jena 1972.

- Fauna Ślódzkodna Polski. Zeszyt 32A i 32 B. Wrotki – Rotifera. pod redakcją Stanisława Radwana. Oficyna Wydawnicza Tercja 2004.

W celu wykonania analizy ilościowej próby zooplanktonu zostały zagęszczone do objętości, w której 1ml próbki odpowiada 1L pobranej wody. Zooplankton (Rotifera, Copepoda i Cladocera) liczono na szkiełku w 0,5 ml podpróbkach. Analiz dokonano przy użyciu mikroskopu świetlnego Zeiss Axioplan, przy powiększeniach 50 do 200 razy.

Próby wody do analizy stężenia chlorofilu-a zagęszczono na sączkach Whatmann GF/C a następnie poddano ekstrakcji w acetonie. Pomiarów ekstynkcji dokonano za pomocą spektrofotometru przed i po zakwaszeniu 0,1 M HCl.

Ponadto, bezpośrednio w terenie zmierzono również przezroczystość wody za pomocą krążka Secchiego.

Jednocześnie przy pomocy czerpacza typu Kajak lub Nurek pobierana była powierzchniowa (10 cm) warstwa osadów dennych. W próbkach tych oznaczano zawartość fosforu ogólnego oraz jego poszczególnych połączeń (frakcji) według schematu funkcjonowania zaproponowanego przez Psennera i in. (1988). Fosfor ogólny oznaczano metodą molibdenianową z kwasem askorbinowym jako reduktorem. frakcjonowanie fosforu wykonywano z mokrej próbki osadów o objętości 1 cm³. Oznaczono w niej zawartość:

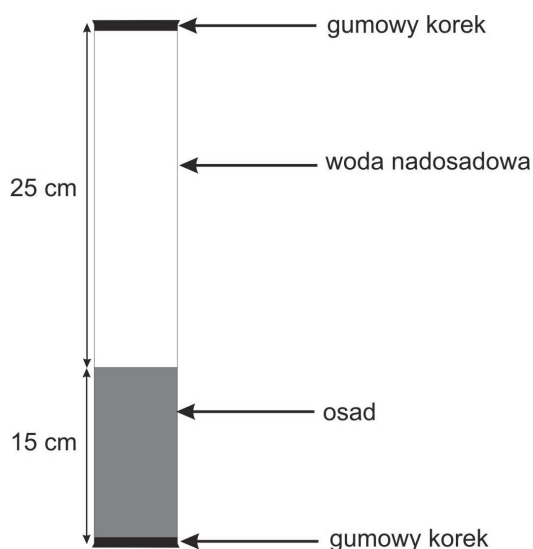
- fosforu luźno związanego (NH₄Cl-P);
- fosforu związanego z żelazem (Fe-P);
- fosforu związanego z glinem i materią organiczną (NaOH-P);
- fosforu związanego z wapniem (HCl-P)

oraz fosforu pozostałego, stanowiącego różnicę pomiędzy zawartością fosforu ogólnego oraz sumą jego poszczególnych frakcji. Po każdym etapie ekstrakcji próbka była odwirowywana a w uzyskanym roztworze oznaczano zawartość fosforu metodą molibdenianową z kwasem askorbinowym jako reduktorem.

W pobranych próbkach osadów analizowano również zawartość materii organicznej z wysuszonej w 105 °C próbki, poprzez jej wyprażenie w pecu muflowym w temperaturze 550°C przez 4 godziny. Z różnicy wagi przed i po wyprażeniu obliczono procentową zawartość materii organicznej (Myślińska 2001).

W osadach analizowano także stężenie fosforu w wodzie interstycjalnej (śródosadowej). Uzyskiwano ją poprzez odwirowanie próbek osadów w wirówce przy szybkości 3000 obr./min.

Badania zasilania wewnętrznego Jeziora Durowskiego prowadzone były metodą *ex situ*, z wykorzystaniem niezaburzonych rdzeni osadów dennych. Rdzenie pobierano w październiku przy pomocy zmodyfikowanego rurowego chwytacza dna z dwóch wyznaczonych stanowisk badawczych (po 3 rdzenie z każdego stanowiska). Przezroczyste rury z pobranym osadem zamykano gumowymi korkami (ryc. 2). Po przewiezieniu do laboratorium rdzenie osadów ekspozowano w ciemności, przez okres 2 tygodni. Eksperymenty prowadzono w temperaturze oraz warunkach tlenowych zbliżonych do panujących w danej porze roku w jeziorze. Od momentu rozpoczęcia doświadczenia, w odstępach co 2 - 4 dni, w wodzie nadosadowej z każdego rdzenia, analizowano stężenie fosforu ogólnego metodą spektrofotometryczną z kwasem askorbinowym jako reduktorem. Po pobraniu próbki wody nadosadowej do analizy, uzupełniano wodę w rurze do poprzedniej objętości, dolewając wodę o znanym stężeniu fosforu, pobraną z warstwy naddennej w jeziorze na danym stanowisku. Pozwoliło to na przeanalizowanie zmian zachodzących w wodzie nadosadowej oraz określenie średniego wydzielania fosforu w przeliczeniu na m² osadu w ciągu doby.



Ryc. 2. Schemat niezaburzonego rdzenia z osadem dennym.

3. Zmiany sezonowe parametrów fizyczno-chemicznych i chlorofilu a

3.1. Temperatura wody, pH, przewodnictwo elektrolityczne i koncentracja tlenu

Temperatura wody zmieniała się proporcjonalnie do obserwowanej temperatury powietrza. W październiku obserwowano ujednoczenie temperatury wody w warstwie od powierzchni do głębokości 9m. Warstwa przydenna pozostawała wciąż nie wymieszana po okresie stratyfikacji letniej. Sytuacja ta dotyczyła zarówno stanowiska I jak i II. Ponadto na obu stanowiskach stwierdzono podobną zależność w przypadku wysycenia wody tlenem (spadek w warstwie przydennej), pH (spadek) oraz koncentracji przewodnictwa elektrolitycznego (wzrost). W listopadzie i grudniu wystąpiła już całkowita miksja wód i odnotowano ujednoczenie badanych parametrów fizycznych i chemicznych w całym profilu pionowym. Na początku grudnia wystąpiły bardzo niskie temperatury powietrza (od -8 °C do -17 °C) co spowodowało, że od brzegu zaczęła zakładać się pokrywa lodu, większa i grubsza w części północnej jeziora gdzie zlokalizowane jest stanowisko II.

Stanowisko I

| 11.10.2010 | | | | | |
|--------------|----------|----------------------|------------------|------|----------------|
| stanowisko I | Temp. °C | mg O ₂ /l | % O ₂ | pH | przewod. μS/cm |
| 0m | 11,85 | 7,93 | 73,5 | 7,35 | 525 |
| 1m | 11,86 | 7,86 | 72,8 | 7,35 | 525 |
| 2m | 11,86 | 7,72 | 71,5 | 7,35 | 525 |
| 3m | 11,86 | 7,64 | 70,8 | 7,35 | 525 |
| 4m | 11,86 | 7,67 | 71,0 | 7,35 | 524 |
| 5m | 11,86 | 7,63 | 70,6 | 7,35 | 524 |
| 6m | 11,85 | 7,56 | 70,0 | 7,35 | 524 |
| 7m | 11,85 | 7,57 | 70,1 | 7,35 | 524 |
| 8m | 11,85 | 7,55 | 69,9 | 7,35 | 524 |
| 9m | 11,10 | 1,21 | 11,1 | 7,10 | 538 |
| 10m | 7,64 | 0,36 | 3,1 | 7,10 | 555 |
| 11m | 6,95 | 0,27 | 2,2 | 7,10 | 559 |
| 12m | 6,71 | 0,23 | 1,9 | 6,92 | 566 |
| 13m | 6,58 | 0,19 | 1,5 | 6,92 | 570 |
| 14m | 6,16 | 0,15 | 1,3 | 6,85 | 608 |

| 02.11.2010 | | | | | |
|--------------|-------------|----------------------|------------------|------|-------------------|
| stanowisko I | Temp. °C | mg O ₂ /l | % O ₂ | pH | przewod. μS/cm |
| 0m | 8,20 | 1,93 | 17,6 | 7,62 | 434 |
| 1m | 8,10 | 1,84 | 15,7 | 7,62 | 433 |
| 2m | 8,10 | 1,74 | 14,8 | 7,63 | 433 |
| 3m | 8,10 | 1,73 | 14,8 | 7,65 | 433 |
| 4m | 8,10 | 1,73 | 14,7 | 7,65 | 433 |
| 5m | 8,10 | 1,61 | 13,6 | 7,65 | 433 |
| 6m | 8,10 | 1,61 | 13,7 | 7,66 | 433 |
| 7m | 8,10 | 1,60 | 13,6 | 7,66 | 433 |
| 8m | 8,10 | 1,56 | 13,1 | 7,66 | 433 |
| 9m | 8,10 | 1,55 | 13,2 | 7,66 | 433 |
| 10m | 8,10 | 1,03 | 8,3 | 7,65 | 434 |
| 11m | 8,10 | 1,27 | 9,6 | 7,64 | 434 |
| 12m | 8,10 | 0,12 | 1,0 | 7,61 | 435 |
| 13m | 7,00 | 0,14 | 1,1 | 7,43 | 444 |
| 14m | 6,40 | 0,12 | 1,0 | 7,35 | 452 |

| 02.12.2010 | | | | | |
|--------------|-------------|----------------------|------------------|------|-------------------|
| stanowisko I | Temp. °C | mg O ₂ /l | % O ₂ | pH | przewod. μS/cm |
| 0m | 2,9 | 9,27 | 69,3 | 8,14 | 478 |
| 1m | 2,9 | 9,19 | 68,2 | 7,87 | 478 |
| 2m | 2,9 | 9,07 | 67,1 | 7,69 | 478 |
| 3m | 2,9 | 9,02 | 67,1 | 7,59 | 478 |
| 4m | 3,1 | 8,65 | 65,2 | 7,48 | 481 |
| 5m | 3,1 | 8,65 | 64,7 | 7,43 | 482 |
| 6m | 3,3 | 8,43 | 63,5 | 7,39 | 483 |
| 7m | 3,3 | 8,40 | 63,0 | 7,34 | 483 |
| 8m | 3,3 | 8,24 | 61,7 | 7,29 | 483 |
| 9m | 3,4 | 8,21 | 62,9 | 7,20 | 483 |
| 10m | 3,4 | 8,19 | 61,3 | 7,22 | 483 |
| 11m | 3,4 | 8,12 | 61,1 | 7,20 | 484 |
| 12m | 3,4 | 8,05 | 60,7 | 7,19 | 484 |
| 13m | 3,5 | 8,01 | 60,6 | 7,17 | 484 |
| 14m | 3,5 | 7,94 | 59,8 | 7,17 | 485 |

W trakcie prowadzenia badań na stanowisku I w październiku odnotowano pogorszenie się warunków tlenowych w kolumnie wody od głębokości 9m do warstwy przydennej. W listopadzie ze względu na przemieszanie wody do samego dna warunki tlenowe uległy poprawie. Koncentracja tlenu przy dnie nie przekraczała jednak 1 mgO₂/l. Analizując parametr przewodnictwa elektrolitycznego stwierdzono dla listopada i grudnia podobny zakres wartości 433-485 μS/cm. Różnice w wartościach przewodnictwa elektrolitycznego pomiędzy strefą epilimnionu i hypolimnionu były najbardziej wyraźne w październiku. Miksja wód wyraźnie kształtowała równomierne

rozmieszczenie produkcji pierwotnej w kolumnie wody z pH poniżej 7,7. Miało to także wpływ na wyraźną poprawę przezroczystości wody na tym stanowisku. Należy jednak podkreślić, że pierwsze całkowite wymieszanie wody w profilu pionowym na początku listopada mogło przyczyni się do większej mętności wody przez krótki okres czasu ze względu na podniesienie zawiesiny materii organicznej z warstwy przydennej. Efektem była mniejsza o 20 cm przezroczystość wody w tym miesiącu w stosunku do października.

Stanowisko II

| 11.10.2010 | | | | | |
|---------------|----------|----------------------|------------------|------|----------------|
| stanowisko II | Temp. °C | mg O ₂ /l | % O ₂ | pH | przewod. μS/cm |
| 0m | 11,78 | 7,83 | 72,4 | 7,49 | 524 |
| 1m | 11,66 | 7,76 | 71,6 | 7,49 | 524 |
| 2m | 11,60 | 7,65 | 70,5 | 7,48 | 524 |
| 3m | 11,57 | 7,56 | 69,6 | 7,48 | 524 |
| 4m | 11,56 | 7,47 | 68,7 | 7,48 | 524 |
| 5m | 11,56 | 7,49 | 68,9 | 7,48 | 524 |
| 6m | 11,56 | 7,47 | 68,7 | 7,48 | 524 |
| 7m | 11,55 | 7,45 | 68,5 | 7,48 | 524 |
| 8m | 11,54 | 7,45 | 68,5 | 7,20 | 524 |
| 9m | 7,90 | 0,29 | 2,5 | 7,10 | 562 |
| 10m | 7,14 | 0,24 | 2,0 | 7,10 | 565 |
| 10,5 m | 6,73 | 0,19 | 1,6 | 7,02 | 572 |

| 02.11.2010 | | | | | |
|---------------|----------|----------------------|------------------|------|----------------|
| stanowisko II | Temp. °C | mg O ₂ /l | % O ₂ | pH | przewod. μS/cm |
| 0m | 8,20 | 4,72 | 40,4 | 7,86 | 433 |
| 1m | 8,20 | 4,40 | 37,8 | 7,84 | 433 |
| 2m | 8,20 | 4,26 | 36,2 | 7,82 | 433 |
| 3m | 8,20 | 4,29 | 36,7 | 7,82 | 433 |
| 4m | 8,20 | 4,19 | 36,0 | 7,81 | 433 |
| 5m | 8,20 | 4,23 | 36,3 | 7,81 | 432 |
| 6m | 8,10 | 4,27 | 36,3 | 7,81 | 432 |
| 7m | 8,10 | 4,27 | 36,7 | 7,82 | 432 |
| 8m | 8,10 | 4,30 | 36,6 | 7,82 | 432 |
| 9m | 8,10 | 4,30 | 36,5 | 7,82 | 432 |
| 10m | 8,10 | 4,68 | 39,7 | 7,82 | 431 |

| 03.12.2010 | | | | | |
|-------------------|----------|----------------------|------------------|------|----------------|
| stanowisko II | Temp. °C | mg O ₂ /l | % O ₂ | pH | przewod. μS/cm |
| 0m | 2,9 | 9,29 | 69,4 | 8,10 | 478 |
| 1m | 2,9 | 9,17 | 68,7 | 7,82 | 479 |
| 2m | 2,9 | 9,08 | 67,3 | 7,63 | 477 |
| 3m | 2,9 | 9,03 | 67,2 | 7,55 | 478 |
| 4m | 3,0 | 8,59 | 65,6 | 7,47 | 481 |
| 5m | 3,1 | 8,52 | 64,5 | 7,44 | 482 |
| 6m | 3,2 | 8,44 | 63,8 | 7,38 | 483 |
| 7m | 3,3 | 8,40 | 63,2 | 7,34 | 483 |
| 8m | 3,3 | 8,23 | 61,9 | 7,25 | 483 |
| 9m | 3,4 | 8,20 | 61,8 | 7,20 | 484 |
| 10m | 3,4 | 8,20 | 61,5 | 7,20 | 484 |

Stanowisko II charakteryzowało się zbliżonymi wartościami temperatury wody, przewodnictwa elektrolitycznego i pH w stosunku do stanowiska I. Podobnie jak w okresie zimowym i wiosennym różnica pomiędzy badanymi stanowiskami dotyczyła nieznacznie lepszych warunków tlenowych, które stwierdzono w listopadzie 2010r. na stanowisku II – od 4 do 5 mg/l a. W tym samym czasie na stanowisku I stężenie tlenu nie przekraczało 2 mg/l. W grudniu na obu stanowiskach odnotowano dobre natlenienie wód w całej kolumnie wody ze stężeniem tlenu powyżej 8 mg/l.

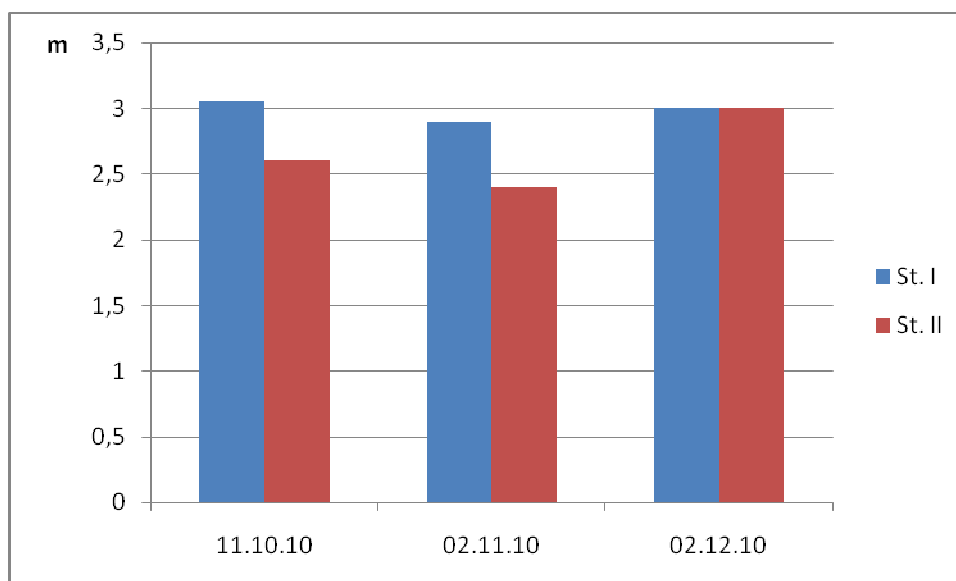
Struga Gołaniecka

| Struga Gołaniecka | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------------------|------------------|------|----------------|--------|
| | Temp. °C | mg O ₂ /l | % O ₂ | pH | przewod. μS/cm | ORP |
| 11.10.2010 | 11,1 | 9,72 | 109,2 | 8,73 | 592 | -104,9 |
| 02.11.2010 | 7,5 | 5,96 | 50,9 | 7,94 | 448 | -58,9 |
| 03.12.2010 | 2,0 | 16,07 | 128,7 | 8,09 | 497 | -116,4 |

Wody Strugi Gołanieckiej charakteryzowały się wyraźnie zwiększonymi do wód Jeziora Durowskiego wartościami przewodnictwa elektrolitycznego i pH. Natlenienie wód Strugi Gołanieckiej we wszystkich analizowanych miesiącach było zbliżone i oscylowało w granicach od 5,96 do 9,72 mg/l od października do listopada oraz 16,07 mg/l w grudniu. W kolejnych miesiącach odnotowano stopniowy spadek temperatury wody wraz ze zmianami temperatury powietrza.

3.2. Przezroczystość wody

Przezroczystość wody w Jeziorze Durowskim wahała się od 2,4 m w listopadzie na stanowisku II do 3,05 m w październiku 2010 roku na stanowisku I (ryc. 3). Średni zakres przezroczystości wody dla tego zbiornika wynosił w analizowanym okresie 2,98 m (1,92 m w okresie X-XII 2009) na stanowisku I i 2,67 m (1,90 m w okresie X-XII 2009) na stanowisku II. W obu przypadkach uzyskane wartości tego parametru fizycznego wskazują na wyraźną poprawę przezroczystości wody.



Ryc. 3. Zmiany wartości przezroczystości wody mierzonej krążkiem Secchiego w jeziorze Durowskim w okresie od października do grudnia 2010r.

3.3. Azot i fosfor

Azot amonowy (mgN/l)

| | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|-------------------|-----|----------|----------|----------|
| I | 1m | 0,91 | 1,32 | 1,30 |
| | 7m | 1,00 | 1,52 | 1,45 |
| | 12m | 3,33 | 1,95 | 1,46 |
| II | 1m | 0,92 | 1,28 | 1,41 |
| | 5m | 0,95 | 1,31 | 1,48 |
| | 8m | 2,60 | 1,29 | 1,52 |
| Struga Gołaniecka | | 0,84 | 1,86 | 1,82 |

Stężenia azotu amonowego w wodach Jeziora Durowskiego w październiku 2010 roku ulegały podwyższeniu wraz ze wzrostem głębokości. Wahały się od 0,91mgN/l na głębokości 1 metra do 3,33 mgN/l nad dnem na stanowisku **1** i od 0,92 mgN/l do 2,60 mgN/l w tych samych warstwach na stanowisku **2**. W kolejnych miesiącach uległy one wyrównaniu w całym przekroju pionowym. Były one zbliżone na obu stanowiskach badawczych i mieściły się w zakresie od 1,28 mgN/l do 1,95 mgN/l.

W dopływającej do jeziora Strudze Gołanieckiej odnotowano wzrost stężeń azotu amonowego od października do listopada. Wahały się one od 0,84 mgN/l do 1,86 mgN/l.

Azot azotynowy (mgN/l)

| | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|--------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| I | 1m | 0,006 | 0,006 | 0,001 |
| | 7m | 0,005 | 0,004 | 0,001 |
| | 12m | 0,001 | 0,001 | 0,001 |
| II | 1m | 0,005 | 0,005 | 0,001 |
| | 5m | 0,006 | 0,006 | 0,001 |
| | 8m | 0,001 | 0,006 | 0,001 |
| Struga Gołaniecka | | 0,002 | 0,002 | 0,005 |

Stężenia azotu azotynowego w wodach Jeziora Durowskiego były niewielkie i ulegały obniżeniu w kolejnych miesiącach prowadzenia badań. Na obu stanowiskach badawczych wahały się one od 0,001 mgN/l do 0,006 mgN/l.

W wodach dopływającej do jeziora Strugi Gołanieckiej koncentracje tej formy azotu również były niewielkie. W październiku i listopadzie wyniosły one 0,002 mgN/l a w grudniu wzrosły do 0,005 mgN/l.

Azot azotanowy (mgN/l)

| | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|--------------------------|-----|----------|----------|----------|
| I | 1m | 0,65 | 0,62 | 1,04 |
| | 7m | 0,65 | 0,54 | 0,96 |
| | 12m | 0,47 | 0,47 | 0,96 |
| II | 1m | 0,65 | 0,61 | 1,07 |
| | 5m | 0,57 | 0,59 | 1,07 |
| | 8m | 0,47 | 0,51 | 1,07 |
| Struga Gołaniecka | | 0,59 | 0,42 | 1,63 |

Koncentracje azotanów w wodach Jeziora Durowskiego w okresie październik-grudzień 2010 roku były zbliżone na obu stanowiskach badawczych. Uległy one niewielkiemu podwyższeniu w kolejnych miesiącach prowadzenia badań. Mieściły się one w przedziale od 0,47 mgN/l do 1,07 mgN/l.

W wodach dopływającej do jeziora Strugi Gołanieckiej w badanym okresie, najniższe stężenia azotu azotanowego odnotowano w listopadzie (0,42 mgN/l) a najwyższe w grudniu (1,63 mgN/l).

Azot organiczny (mgN/l)

| | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|--------------------------|-----|----------|----------|----------|
| I | 1m | 2,80 | 0,85 | 1,57 |
| | 7m | 2,92 | 1,07 | 1,70 |
| | 12m | 0,38 | 1,34 | 2,04 |
| II | 1m | 1,95 | 1,24 | 2,23 |
| | 5m | 2,76 | 1,98 | 2,37 |
| | 8m | 1,21 | 2,15 | 2,34 |
| Struga Gołaniecka | | 2,03 | 1,92 | 1,75 |

W przekroju pionowym Jeziora Durowskiego stężenia azotu organicznego w okresie październik – grudzień 2010 roku na stanowisku **1** mieściły się w zakresie od 0,38 mgN/l do 2,92 mgN/l a na stanowisku **2** od 1,21 mgN/l do 2,76 mgN/l.

W wodach Strugi Gołanieckiej w kolejnych miesiącach zawartość organicznej formy fosforu ulegała obniżeniu. Wartość najwyższą odnotowano w październiku (2,03 mgN/l) a najniższą w grudniu – 1,75 mgN/l.

Azot ogólny (mgN/l)

| | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|--------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| I | 1m | 3,72 | 2,18 | 2,87 |
| | 7m | 3,93 | 2,59 | 3,15 |
| | 12m | 3,71 | 3,29 | 3,50 |
| II | 1m | 2,88 | 2,53 | 3,64 |
| | 5m | 3,72 | 3,30 | 3,85 |
| | 8m | 3,81 | 3,44 | 3,85 |
| Struga Gołaniecka | | 2,87 | 3,78 | 3,58 |

W przekroju pionowym Jeziora Durowskiego zawartość azotu ogólnego w okresie październik – listopad 2010 roku ulegała podwyższeniu wraz z głębokością na obydwu stanowiskach badawczych. Na stanowisku **1** koncentracje tej formy azotu mieściły się w zakresie od 2,18 mgN/l do 3,93 mgN/l. Z kolei na stanowisku **2** wahały się one od 2,53 mgN/l do 3,85 mgN/l.

W wodach Strugi Gołanieckiej najniższe stężenie azotu ogólnego odnotowano w październiku - 2,87 mgN/l a najwyższe w listopadzie 3,78 mgN/l.

Fosforany rozpuszczone (mgP/l)

| | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|----------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| I | 1m | 0,001 | 0,001 | 0,022 |
| | 7m | 0,006 | 0,006 | 0,022 |
| | 12m | 0,092 | 0,047 | 0,022 |

| | | | | |
|--------------------------|----|-------|-------|-------|
| II | 1m | 0,001 | 0,001 | 0,018 |
| | 5m | 0,006 | 0,004 | 0,018 |
| | 8m | 0,034 | 0,011 | 0,022 |
| Struga Gołaniecka | | 0,032 | 0,004 | 0,020 |

W październiku i listopadzie 2010 roku stężenia fosforanów rozpuszczonych w wodach Jeziora Durowskiego ulegały podwyższeniu wraz ze wzrostem głębokości zwłaszcza na stanowisku **1**. W grudniu nastąpiło ich wyrównanie w przekroju pionowym zbiornika. W okresie październik-grudzień koncentracje fosforanów wahały się od 0,001 mgP/l do 0,092 mgP/l na stanowisku **1** i od 0,001 mgP/l do 0,034 mgP/l na stanowisku **2**.

W wodach dopływającej do jeziora Strugi Gołanieckiej najwyższe stężenie fosforanów rozpuszczonych stwierdzono w październiku – 0,032 mgP/l a najniższe w listopadzie - 0,004 mgP/l.

Fosfor ogólny (mgP/l)

| | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|--------------------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
| I | 1m | 0,028 | 0,051 | 0,080 |
| | 7m | 0,034 | 0,051 | 0,086 |
| | 12m | 0,105 | 0,079 | 0,086 |
| II | 1m | 0,032 | 0,053 | 0,074 |
| | 5m | 0,041 | 0,061 | 0,079 |
| | 8m | 0,055 | 0,061 | 0,084 |
| Struga Gołaniecka | | 0,039 | 0,046 | 0,060 |

W przypadku fosforu ogólnego w okresie jesiennym 2010 roku obserwowano podobną zmienność jak dla fosforanów rozpuszczonych. W październiku i w listopadzie stwierdzono wzrost stężeń tej formy fosforu wraz z głębokością w przekroju pionowym jeziora natomiast w grudniu ich wyrównanie. Na stanowisku **1** koncentracje tej formy fosforu w październiku wahały się od 0,028 mgP/l do 0,105 mgP/l, a na stanowisku **2**

od 0,032 mgP/l do 0,055 mgP/l. W listopadzie i grudniu mieściły się one w przedziale od 0,051 mgP/l do 0,086 mgP/l na obu stanowiskach badawczych.

W dopływających do jeziora wodach Strugi Gołanieckiej w okresie jesiennym 2010 roku stężenia fosforu ogólnego ulegały podwyższeniu w kolejnych miesiącach prowadzenia badań. Wartość najniższą stwierdzono w październiku - 0,039 mgP/l a najwyższą w grudniu - 0,060 mgP/l.

3.4. Osady denne

Fosfor ogólny (mgP/g s.m.)

| | 11.10.10 | 02.11.10 |
|------|----------|----------|
| St.1 | 1,16 | 1,30 |
| St.2 | 1,12 | 1,25 |

Zawartość fosforu ogólnego w osadach dennych Jeziora Durowskiego w okresie od października do listopada 2010 roku wahała się od 1,16 mgP/g s.m. do 1,30 mgP/g s.m na stanowisku 1 i od 1,12 mgP/g s.m do 1,25 mgP/g s.m na stanowisku 2. W kolejnych miesiącach ilość fosforu w osadach dennych ulegała podwyższeniu.

Frakcje fosforu ogólnego w osadach dennych

Stanowisko 1

| Frakcje P | | |
|----------------------|----------|----------|
| | 11.10.10 | 02.11.10 |
| NH ₄ Cl-P | 0,108 | 0,111 |
| Fe-P | 0,087 | 0,089 |
| NaOH-P | 0,026 | 0,029 |
| NaOH-NRP | 0,288 | 0,263 |
| HCl-P | 0,249 | 0,261 |
| Res-P | 0,399 | 0,545 |

Stanowisko 2

| Fracje P | | |
|---------------------------|----------|----------|
| | 11.10.10 | 02.11.10 |
| NH₄Cl-P | 0,109 | 0,100 |
| Fe-P | 0,077 | 0,093 |
| NaOH-P | 0,020 | 0,027 |
| NaOH-NRP | 0,269 | 0,273 |
| HCl-P | 0,214 | 0,241 |
| Res-P | 0,429 | 0,514 |

Analizując udział poszczególnych frakcji fosforu ogólnego w osadach dennych Jeziora Durowskiego stwierdzono, iż na obu stanowiskach badawczych, podobnie jako to miało miejsce w poprzednich miesiącach prowadzenia badań, największy udział wykazywała frakcja Res-P. Średni udział tej frakcji na stanowisku 1 wyniósł 38% a na stanowisku 2 – 39 %. Najmniejszy udział miała frakcja NaOH-P (frakcja charakteryzująca fosfor występujący w połączeniach z glinem). Jej udział wyniósł około 2% na obu stanowiskach badawczych.

Wydzielanie fosforu z osadów dennych (mgP m⁻²d⁻¹)

| | st.1 | st.2 |
|-------------------------|------|------|
| PO_{4r} | 2,64 | 0,14 |
| PO_{4og} | 3,40 | 0,17 |

Badania zasilania wewnętrznego w fosfor z osadów dennych w okresie jesiennym prowadzono w warunkach zbliżonych do panujących w tym okresie w jeziorze. Na obu stanowiskach badawczych podobnie jak w okresie letnim odnotowano przewagę uwalniania fosforu z osadów dennych do wody nadosadowej. Proces ten intensywniej zachodził na stanowisku 1, gdzie wydzielanie fosforu dochodziło do 2,64 mgP m⁻²d⁻¹ w przypadku fosforanów rozpuszczonych i do 3,40 mgP m⁻²d⁻¹ dla fosforu ogólnego. Na stanowisku 2 uwalnianie fosforu z osadów do wody naddennej było

znacznie niższe i wynosiło 0,14 mgP m⁻²d⁻¹ dla fosforanów rozpuszczonych i 0,17 mgP m⁻²d⁻¹ dla fosforu ogólnego.

3.5. Pozostałe wskaźniki

Stanowisko 1

| Parametr | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|---------------|----------------|----------|----------|----------|
| Azot ogólny | <i>gN/kg</i> | 6.7 | 8.9 | 4.9 |
| Siarczany | <i>gSO4/kg</i> | 5.3 | 5.5 | 2.5 |
| Żelazo ogólne | <i>gFe/kg</i> | 2.57 | 4.18 | 5.6 |
| Wapń | <i>gCa/kg</i> | 311 | 304 | 322 |
| Magnez | <i>gMg/kg</i> | 3.9 | 3.5 | 4.6 |

Stanowisko 2

| Parametr | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|---------------|----------------|----------|----------|----------|
| Azot ogólny | <i>gN/kg</i> | 7.6 | 9.5 | 5.6 |
| Siarczany | <i>gSO4/kg</i> | 3.3 | 4.1 | 3.5 |
| Żelazo ogólne | <i>gFe/kg</i> | 2.01 | 4.3 | 5.3 |
| Wapń | <i>gCa/kg</i> | 305 | 302 | 282 |
| Magnez | <i>gMg/kg</i> | 3.8 | 3.8 | 3.4 |

Azot ogólny

W okresie od października do grudnia 2010 roku koncentracja azotu ogólnego w osadach dennych Jeziora Durowskiego podobnie jak w miesiącach poprzednich była nieco wyższa na stanowisku 2. Na stanowisku 1 jego zawartość wahała się od 4,9 gN/kg do 8,9 gN/kg. Z kolei na stanowisku 2 od 5,6 gN/kg do 9,5 gN/kg. Wartości najwyższe odnotowano w listopadzie a najniższe w grudniu.

Siarczany

Zawartość siarczanów w osadach dennych Jeziora Durowskiego w okresie jesiennym 2010 roku na stanowisku **1** wahała się ona od 2,5 gSO₄/kg do 5,5gSO₄/kg. Z kolei na stanowisku **2** od 3,3 gSO₄/kg do 4,1 gSO₄/kg.

Wapń

Zawartość wapnia w osadach dennych Jeziora Durowskiego w okresie jesiennym 2010 roku wahała się od 304 gCa/kg do 322 gCa/kg na stanowisku **1** i od 282 gCa/kg do 305 gCa/kg na stanowisku **2**. Odnotowane wartości były nieco wyższe na stanowisku **1**.

Magnez

Koncentracja magnezu w osadach dennych Jeziora Durowskiego jesienią uległa podwyższeniu w porównaniu z wartościami odnotowanymi w okresie letnim. Na stanowisku **1** mieściła się w zakresie od 3,5 gMg/kg do 4,6 gMg/kg. Z kolei na stanowisku **2** wahała się ona od 3,4 gMg/kg do 3,8 gMg/kg.

Żelazo

Koncentracja żelaza w osadach dennych Jeziora Durowskiego w okresie jesiennym 2010 roku ulegała zwiększeniu w kolejnych miesiącach prowadzenia badań na obu stanowiskach badawczych. Wartości najniższe odnotowano w październiku (2,57 gFe/kg na stanowisku **1** i 2,01 gFe/kg na stanowisku **2**). Z kolei zawartość maksymalna przypadła na grudzień – 5,6 gFe/kg na stanowisku **1** i 5,3 na stanowisku **2**.

3.6. Chlorofil a

Wartości chlorofilu-a każdorazowo były wyższe w rzece Strudze Gołanieckiej niż odnotowane na obu stanowisku w warstwie powierzchniowej jeziora Durowskiego. Równocześnie na stanowisku II w warstwie powierzchniowej odnotowano nieznacznie wyższe wartości tego parametru biologicznego niż na stanowisku I co wyraźnie wskazuje na Strugę Gołaniecką jako źródło dopływu wód o słabej jakości. W październiku na obu stanowiskach koncentracja chlorofilu była najwyższa w warstwie przydennej i wyrównana w warstwie powierzchniowej i środkowej kolumny wody. Związane to było jeszcze z niecałkowitą miksją wody do samego dna w jeziorze.

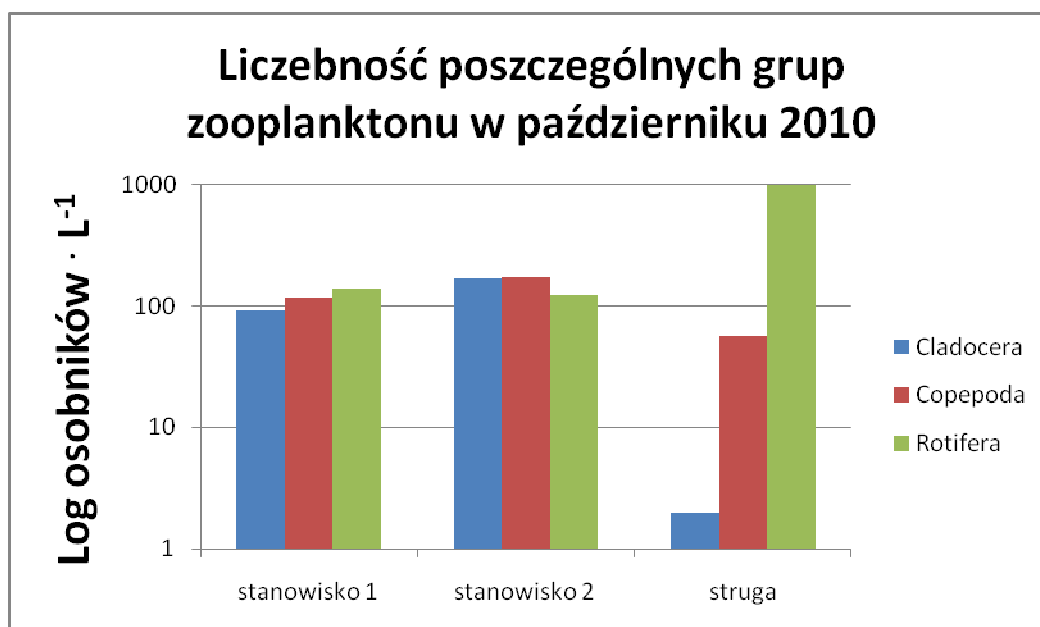
Wyższe wartości stężenia chlorofilu-a w warstwie przydennej w październiku korelowało z większą liczebnością sinic, głównie *Limnothrix redekei*. W kolejnych miesiącach odnotowano wyraźny spadek stężenia chlorofilu-a na obu stanowiskach jeziornych.

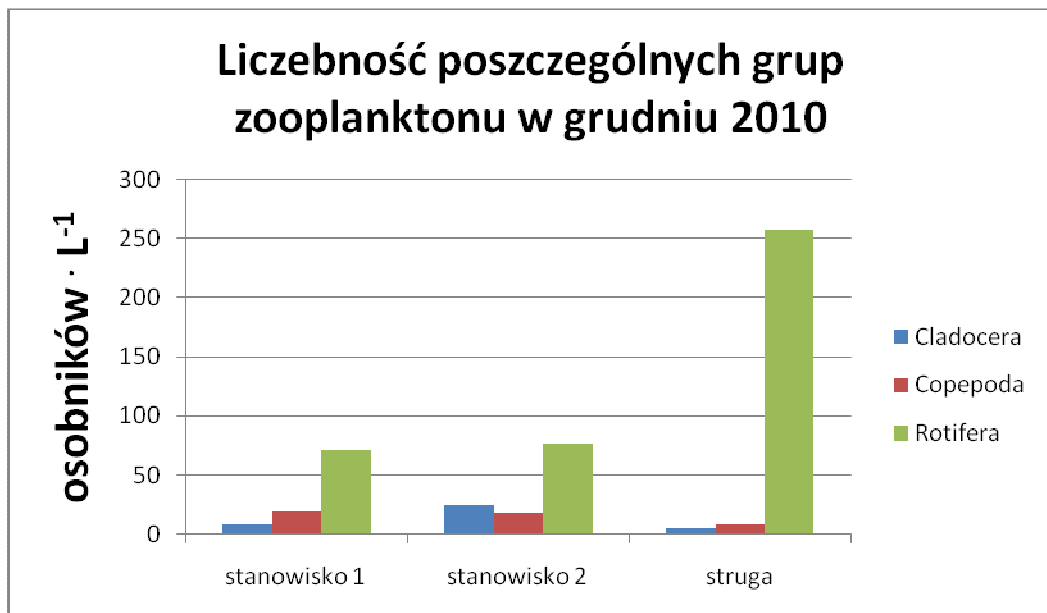
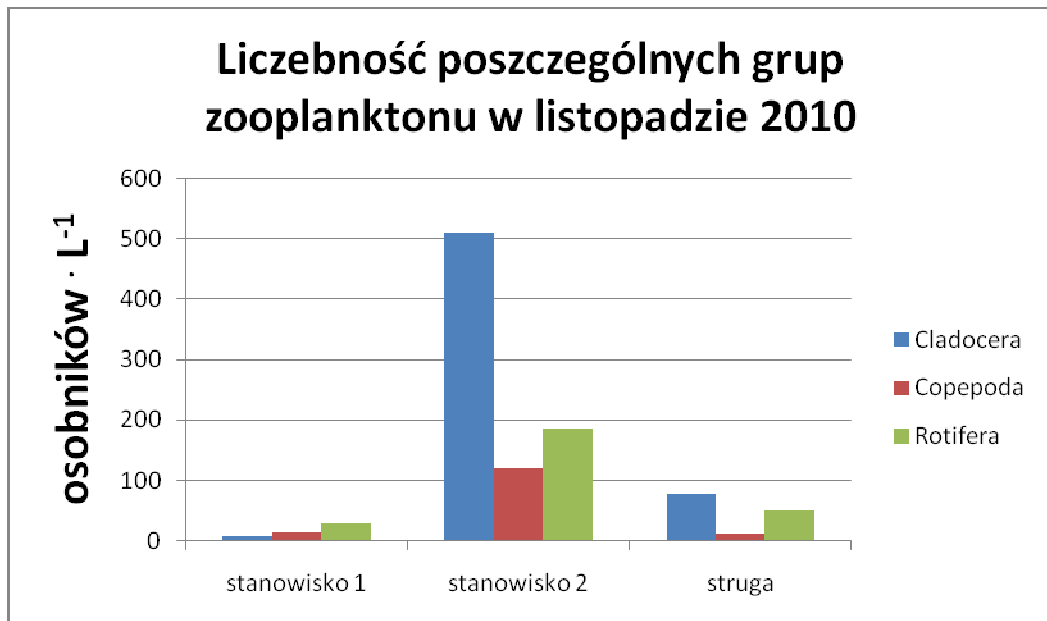
| Chl-a µg/l | | 11.10.10 | 02.11.10 | 02.12.10 |
|-----------------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| I | 1m | 5,84 | 1,61 | 4,06 |
| | 7m | 6,20 | 1,71 | 3,64 |
| | 12m | 16,67 | 3,71 | 3,21 |
| II | 1m | 9,53 | 1,10 | 4,28 |
| | 5m | 10,26 | 0,86 | 4,06 |
| | 8m | 17,96 | 1,18 | 3,85 |
| Struga Gołaniecka | | 83,4 | 42,47 | 51,75 |

4. Zooplankton

W październiku udział wioślarek w ogólnej liczebności zooplanktonu był bardzo wyraźnie zaznaczony na stanowisku 1 i 2 (ryc. 4; Uwaga: liczebności na osi Y są podane jako logarytm). Dominowała *Bosmina coregoni* (154os/L). Występowały również *Daphnia cucullata*, *D. hyalina* i *Diaphanosoma brachyurum*. W kilkakrotnie większych liczebnościach niż w poprzednim kwartale. Podobna sytuacja miała również miejsce w listopadzie. Podobnie jak poprzednio jest to tylko zmiana ilościowa a nie jakościowa – nie stwierdzono nowych gatunków, związanych, np. z niższą trofią. W grudniu liczebność wioślarek jak i całego zooplanktonu spadła, co można tłumaczyć normalną sukcesją sezonową (spadek temperatury, krótszy dzień, tworzenie się pokrywy lodowej).

Niestety, cały czas można zauważyć negatywny wpływ Strugi Gołanieckiej, gdzie dominują wrotki, poza pojedynczym epizodem w listopadzie. Stwierdzono także wzrost ich liczebności w grudniu.





Ryc. 4. Zestawienie liczebności poszczególnych grup zooplanktonu na poszczególnych stanowiskach badawczych od października do grudnia 2010 roku.

5. Zmiany w strukturze gatunkowej i ilościowej fitoplanktonu

W Jeziorze Durowskim i w Strudze Gołanieckiej w ciągu 3 miesięcy poboru prób w okresie od października do grudnia 2010 roku oznaczono łącznie 138 taksonów glonów prokariotycznych i eukariotycznych, należących do 7 grup systematycznych: *Cyanoprokaryota*, *Bacillariophyceae*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta*, *Cryptophyta*, *Dinophyta* i *Chrysophyceae*. W oparciu o system Van den Hoek i inni (1995) oznaczono taksony o następującej przynależności taksonomicznej:

KRÓLESTWO: PROCARYOTA

Gromada: *Cyanoprokaryota/Cyanophyceae* SACHS 1874

Rząd: *Chroococcales* WETTST 1924

Rodzina: *Microcystaceae* ELENK 1933

Podrodzina: *Merismopedioideae* (ELENK.) KOM. et ANAGN. 1986

Merismopedia punctata Meyen
Merismopedia tenuissima Lemm.
Aphanocapsa incerta (Lemm.) Drouet et Daily
Cyanogranis feruginea (Wawrik) Hindak

Podrodzina: *Microcystoideae* KOM. et ANAGN. 1986

Chroococcus minutus (Kütz.) Nägeli
Chroococcus turgidus (Kütz.) Nägeli
Microcystis aeruginosa Kütz.
Microcystis flos-aquae (Wittrock) Kirchner

Rząd: *Oscillatoriales* ELENK. 1934

Rodzina: *Pseudanabaenaceae*

Podrodzina: *Limnothrichoideae* ANAGN. et KOM. 1987

Limnothrix lauterbornii (Schmid.) Anagn.
Limnothrix redekei (Van Goor) Meffert

Podrodzina: *Leptolyngbyoideae* ANAGN. et KOM. 1987

Lyngbya contorta Lemm.

Planktolyngbya limnetica (Lemm.) Kom.-Legn. et Cronberg

Rodzina: *Phormidiaceae* ANAGN. et KOM. 1987

Podrodzina: *Phormidioideae* ANAGN. et KOM. 1987

Planktothrix agardhii (Gom.) Anagn. et Kom.

Podrodzina: *Spirulinoideae* ANAGN. et KOM. 1987

Spirulina laxissima W. West

Rząd: *Nostocales* (BORZI 1914) GEITL. 1925

Rodzina: *Nostocaceae* DUMORT 1829

Podrodzina: *Anabaenoideae* (BORN. Et FLAH.) KIRCHN. 1900

Aphanizomenon flos-aquae (L.) Ralfs

Aphanizomenon aphanizomenoides (Forti) Hort. & Kom.

Aphanizomenon issatschenkoi (Ussac.) Pros. – Lavrenko

Podrodzina: *Pseudanabaenoideae*

Pseudanabaena limnetica (Lemm.) Kom.

KRÓLESTWO: *EUCARYOTA*

Gromada: *Heterokontophyta*

Klasa: *Bacillariophyceae*

Rząd: *Centrales*

Podrząd: *Coscinodiscineae*

Rodzina: *Thalassiosiraceae* LUBOUR 1930, EMEND, HASLE 1973

Cyclotella ocellata Pantoschek

Cyclotella operculata (Ag.) Kütz.

Cyclotella radiosa (Grun.) Lemm. [*Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz.]

Cyclotella meneghiniana Kütz.

Stephanodiscus hantzschii Grun.

Rząd: Pennales

Podrząd: Araphidineae

Rodzina: Fragilariaceae HUSTEDT 1930

Asterionella formosa Kitt
Fragilaria capucina Desmazieres
Staurosira construens (Ehr.- Grun.) Lange-Bertalot
Fragilaria crotonensis Kitt.
Fragilaria ulna (Nitzsch) Lange-Bertalot
Fragilaria ulna var. *angustissima* Sippen

Podrząd: Raphidineae

Rodzina: Achnanthaceae KÜTZING 1944

Achnanthes exigua Grun. in Cleve et Grun.
Achnanthes minutissima Kütz.
Achnanthes conspicua A. Mayer
Cocconeis placentula Ehr.

Rodzina: Naviculaceae KÜTZING 1944

Amphora ovalis Kütz.
Amphora pediculus (Kütz.) Grun.
Caloneis amphisbaena (Bory) Cleve
Caloneis bacillum (Grun.) Meresz.
Cymbella affinis Kütz.
Cymbella lanceolata (Ehr.) Kirchner
Cymbella minuta Hilse ex. Rabenh.
Gomphonema acuminatum Ehr.
Gomphonema olivaceum (Horn.) Breb.
Gomphonema parvulum Kütz.
Navicula cincta (Ehr.) Kütz.
Navicula dicephala (Ehr.) W. Smith
Placoneis gastrum (Ehr.) Meresch.
Navicula gregaria Donkin
Navicula tripunctata (O. F. Müller) Bory
Navicula radiosa Kütz.
Placoneis placentula (Ehr.) Cox
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehr.

Rodzina: Epithemiaceae GRUNOW 1960

Epithemia smithii Carruth.

Rodzina: *Bacillariaceae* EHRENBERG 1840

Nitzschia palea (Kütz.) W. Smith
Nitzschia recta Hantzsch.

Klasa: *Chrysophyceae* PASCHER 1914

Rząd: *Chrysomonadales*

Rodzina: *Dinobryonaceae* EHRENBERG 1838

Dinobryon bavaricum Imhof

Rodzina: *Ochromonadaceae* SENN 1900

Erkenia subaequicilliata Skuja

Gromada: *Chlorophyta*

Klasa: *Chlorophyceae*

Rząd: *Chlamydomonadales*

Rodzina: *Chlamydomonadaceae* G.M. SMITH 1920

Chlamydomonas globosa Snow
Chlamydomonas passiva Skuja
Chlamydomonas reinhardtii Dangeard

Rząd: *Chlorococcales* MARCHAND 1895

Rodzina: *Palmellaceae* LEMMERMANN 1915

Characium angustatum A. Braun

Rodzina: *Palmellaceae* LEMMERMANN 1915

Sphaerocystis planctonica (Korš) Bourrelly

Rodzina: *Hydrodictaceae* COHN 1880

Pediastrum boryanum (Turp.) Menegh
Pediastrum tetras (Ehr.) Ralfs

Rodzina: *Botryococcaceae* WILLE 1909

Dictyosphaerium pulchellum Wood

Rodzina: Treubariaceae (KORŠ.) FOTT 1960

Schroederia planctonica (Skuja) Philipose
Treubaria schmidlei (Schroeder) Fott et Kovač.
Treubaria planctonica (G. M. Smith) Kors.
Treubaria triappendiculata Bern.

Rodzina: Oocystaceae BOHLIN 1901

Eutetramorus planctonicus (Kours.) Bourr.
Kirchneriella contorata var. *elegans* (Playf.) Kom.
Kirchneriella incurata Belcher et Swale
Lagerheimia balatonica (Scherffel) Hind.
Oocystis lacustris Chodat

Rodzina: Chlorellaceae BRUNTHALER 1915

Ankistrodesmus bibrianus (Reinsch.) Kors.
Ankistrodesmus falcatus (Corda) Ralfs
Chlorobion braunii (Näg) Komarek
Monoraphidium arcuatum (Korš.) Hindák
Monoraphidium contortum (Thur.) Kom.-Legn.
Monoraphidium griffithii (Berk.) Kom.-Legn.
Monoraphidium komarkovae Nygaard
Monoraphidium mirabile (W. et G.S. West) Pankow
Monoraphidium irregulare (G. M. Sm.) Kom.-Legn.
Monoraphidium tortile (G. M. Sm.) Kom.-Legn.
Tetraëdron minimum (A.Br.) Hansgirg
Tetraëdron triangulare Koršikov

Rodzina: Coelastraceae WILLE 1909

Coelastrum astroideum De Notaris
Coelastrum reticulatum (Dang.) Senn

Rodzina: Scenedesmaceae OLTMANN 1904

Crucigenia tetrapedia (Kichner) W. et G.S. West
Desmodesmus communis (Hegew.) Hegew.
Desmodesmus grahneissii (Heynig) Fott
Desmodesmus maximus (W. et G.S. West) Hegew.
Desmodesmus subspicatus (R. Chod.) Hegew. et A. Schmid
Didymocystis planctonica Korš.
Didymocystis bicellularis (Chod.) Kom.
Scenedesmus acuminatus (Lager.) Chodat
Scenedesmus intermedius Chodat

Scenedesmus linearis Kom.
Scenedesmus obtusus Meyen
Scenedesmus dimorphus (Turp.) Kütz.
Scenedesmus ecornis (Ehr. ex. Ralfs) Chod.
Scenedesmus spinosus Chod.
Tetradesmus crocinii Fott et Kom.
Tetrastrum staurogeanieforme (Schroed.) Lemm.
Tetrastrum glabrum (Roll) Ahlstr. et Tiff.

Klasa: *Ulvophyceae*

Rząd: *Ulotrichales*

Rodzina: *Ulotrichaceae*

Ulothrix zonata (Weber et Moor) Kütz.

Rodzina: *Koliellaceae* HINDAK 1996

Koliella longiseta (Vischer) Hindák

Rodzina: *Elakatotrichaceae* HINDAK 1965

Elakatothrix acuta Pascher
Elakatothrix spirostoma (Reverdin) Hindák

Klasa: *Charophyceae*

Rząd: *Zygnematales*

Podrząd: *Desmidinae*

Rodzina: *Desmidiaceae*

Cosmarium abbreviatum Raciborski
Cosmarium impressulum Elfv.
Cosmarium phaseolus Bréb. in Ralfs
Cosmarium regnellii Wille
Cosmarium tenue Mask.
Closterium acutum var. *variabile* (Lemm.) Krieg.
Closterium gracile Breb. in Ralfs
Staurastrum gracile Ralfs
Staurastrum chaetoceros (Schroed.) W. Smith

Gromada: *Euglenophyta*

Klasa: *Euglenophyceae*

Rząd: *Euglenales*

Rodzina: *Euglenaceae* STEIN 1878

Euglena limnophila Lemm.
Euglena pisciformis Klebs
Euglena caudate Hübner
Euglena viridis (O.F.Müller) Ehr.
Phacus mirabilis Pochmann
Trachelomonas hispida (Perty) Stein
Trachelomonas planctonica Svirenko
Trachelomonas volvocina Ehr.

Gromada: *Cryptophyta*

Klasa: *Cryptophyceae*

Rząd: *Cryptomonadales* EHRENBERG 1838

Rodzina: *Cryptomonadaceae* EHRENBERG 1838

Cryptomonas erosa Ehr.
Cryptomonas marssonii Skuja
Cryptomonas ovata Ehr.
Cryptomonas gracilis Skuja
Cryptomonas rostrata Troit. emend Kiselev
Chroomonas acuta Uterm.
Rhodomonas minuta Skuja

Gromada: *Dinophyta*

Klasa: *Dinophyceae*

Rząd: *Peridiniales* SCHÜTT 1896

Rodzina: *Gymnodiniaceae* (BERGH) SCHÜTT 1896

Gymnodinium albulum Lindemann
Gymnodinium aeruginosum Stein

Rodzina: *Ceratiaceae* (SCHÜTT) LINDEMANN 1928

Ceratium hirundinella (O.F. Müller) Bergh.

Rodzina: *Peridiniaceae* EHRENBERG 1838

Peridiniopsis berolinense Lemm.
Peridiniopsis cunningtonii Lemm.
Peridiniopsis elpatiewskyi (Ostenfeld) Bourrelly
Peridinium cinctum (O. F. Müller) Ehr.

W tabeli 1 zestawiono liczbę taksonów glonów reprezentujących poszczególne grupy taksonomiczne glonów planktonowych w okresie od października do grudnia 2010 roku. Podobnie jak w okresie letnim i jesiennym największe bogactwo gatunkowe niezależnie od stanowiska i okresu badań odnotowano dla zielenic, okrzemek i następnie sinic. Łącznie dla obu stanowisk badawczych w profilu pionowym kolumny wody i w Strudze Gołanieckiej stwierdzono obecność 18 taksonów sinic. Stanowisko II charakteryzowało się mniejszym o 1 takson bogactwem gatunkowym niż umiejscowione w części południowej jeziora stanowisko I. W Strudze Gołanieckiej stwierdzono tylko 96 taksonów glonów.

Tabela 1. Zestawienie liczby taksonów fitoplanktonu w Jeziorze Durowskim

| Grupa taksonomiczna | X - XII st. I | X - XII st. II | X - XII Struga Gołaniecka | Łączna liczba taksonów |
|----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|---------------------------------------|
| <i>Cyanoprokaryota</i> | 14 | 13 | 12 | 18 |
| <i>Bacillariophyceae</i> | 23 | 26 | 29 | 36 |
| <i>Cryptophyceae</i> | 7 | 7 | 7 | 7 |
| <i>Dinophyceae</i> | 6 | 7 | 7 | 7 |
| <i>Chlorophyta</i> | 44 | 39 | 33 | 60 |
| <i>Euglenophyta</i> | 5 | 6 | 7 | 8 |
| <i>Chrysophyceae</i> | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Razem | 101 | 100 | 96 | 138 |

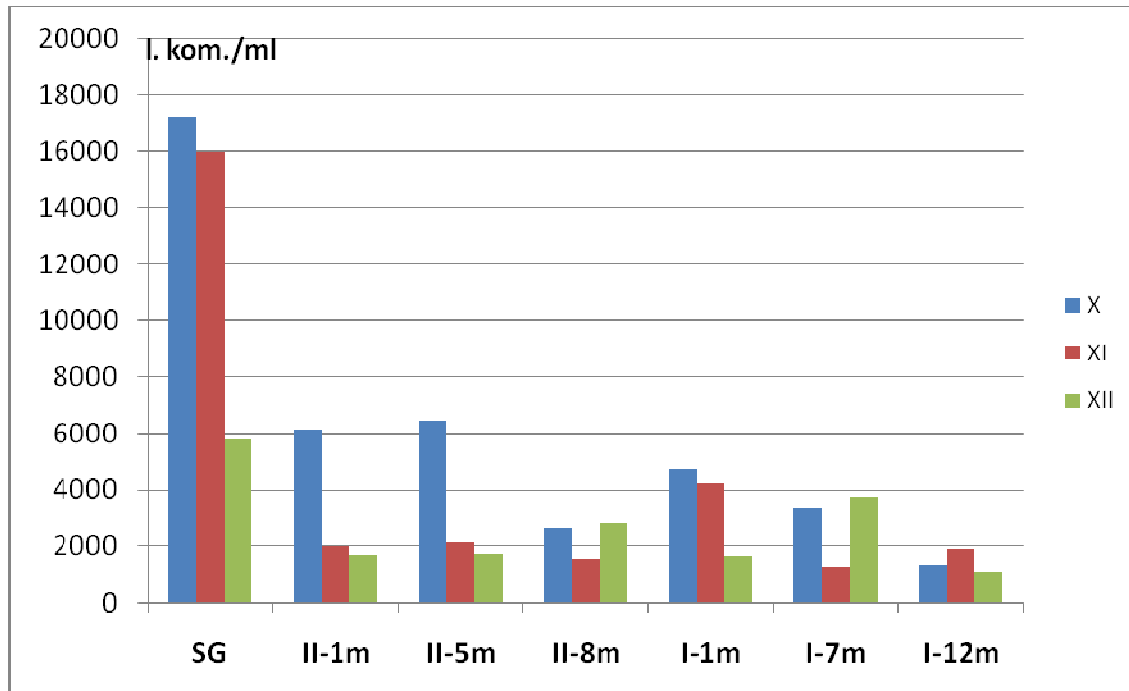
Podobnie jak w pierwszym i drugim kwartale badań także od października do grudnia zbiorowisko fitoplanktonu było zdominowane przez sinice (Tab. 2). Niezmiennie Struga Gołaniecka okazuje się źródłem dużej ilości sinic (73,75%) wprowadzanych do jeziora. Analizując udział sinic w strukturze ilościowej fitoplanktonu stwierdzono wyraźny wzrost ich liczebności w profilu pionowym w kolumnie wody z największymi koncentracjami w strefie naddanej (59% na st. I i 42% na st. II). Na strukturę ilościową zbiorowisk fitoplanktonu miały także udział okrzemki (do 22%) i kryptofity (do 21%). Okrzemki reprezentowały głównie *Asterionella formosa*, *Fragilaria ulna*, *Fragilaria ulna* var. *angustissima*, *Cyclotella ocellata*. Bardzo wyraźnie utrzymywał się duży udział kryptofitów (5 taksonów z rodzaju *Cryptomonas*) w liczebności i biomacie fitoplanktonu co wskazuje na duże ilości materii organicznej w wodzie występującej w postaci zawiesiny. Pozostałe grupy taksonomiczne reprezentowane były nielicznie.

Tabela 2. Zestawienie średniego procentowego udziału poszczególnych grup glonów w całkowitej liczebności fitoplanktonu na stanowiskach badawczych Jeziora Durowskiego i Strugi Gołanieckiej od X do XII 2010 roku.

| Średnie z 3 poborów | SG | II- 1m | II- 5m | II- 8m | I - 1m | I - 7m | I- 12m |
|----------------------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|
| <i>Cyanoprokaryota</i> | 73,75 | 35,60 | 38,55 | 59,08 | 13,50 | 40,69 | 42,44 |
| <i>Bacillariophyceae</i> | 1,87 | 21,36 | 19,99 | 15,60 | 22,52 | 21,32 | 9,55 |
| <i>Cryptophyceae</i> | 7,47 | 19,34 | 18,59 | 10,12 | 23,75 | 20,96 | 5,34 |
| <i>Dinophyceae</i> | 0,52 | 0,31 | 0,24 | 0,16 | 0,21 | 0,21 | 0,29 |
| <i>Chlorophyta</i> | 3,22 | 3,56 | 3,64 | 4,31 | 12,04 | 4,62 | 34,44 |
| <i>Euglenophyta</i> | 0,38 | 0,12 | 0,06 | 0,26 | 0,08 | 0,14 | 0,08 |
| <i>Chrysophyceae</i> | 12,79 | 19,71 | 18,93 | 10,47 | 27,90 | 12,06 | 7,86 |
| Średnia całkowita liczba kom./ml | 13007 | 3252 | 3417 | 2320 | 3505 | 2778 | 1426 |

Analizując całkowitą liczebność fitoplanktonu w październiku i listopadzie stwierdzono prawie 3-krotnie większą liczbę komórek glonów w Strudze Gołanieckiej niż w jeziorze Durowskim (ryc. 5). Podobna tendencja utrzymała się także w grudniu, przy czym różnica ta była mniejsza. W Strudze Gołanieckiej w obrębie fitoplanktonu wyraźnym dominantem niezależnie od miesiąca badań była sinica *Limnithrix redekei* (Tab. 3). Bardzo licznie wystąpiły także: *Planktolyngbya limnetica*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Pseudanabaena limnetica* i *Planktothrix agardhii*.

W październiku 2010 r. w jeziorze Durowskim wyodrębniono dwa główne taksony dominujące w fitoplanktonie: sinicę *Limnithrix redekei* (głównie stanowisko I) i okrzemkę *Asterionella formosa* (stanowisko I) (Tab. 3). W listopadzie sinice dominowały tylko w głębszych warstwach w kolumnie wody. W obrębie dominantów pojawiły się także złotowiciowiec *Erkenia subaequiciliata* (ze względu na małe rozmiary komórek nie osiągnęła dużego znaczenia w biomacie całkowitej fitoplanktonu) i kryptofit *Rhodomonas minuta*. Na stanowisku I dominowała także drobna zielenica *Monoraphidium contortum*. W obu miesiącach odnotowano zwiększoną liczebność okrzemki *Cyclotella ocellata*, która w całkowitej liczebności fitoplanktonu stanowiła od 1,2 do 7,2%.



Ryc. 5. Zestawienie całkowitej liczby komórek fitoplanktonu na poszczególnych stanowiskach badawczych w okresie od października do grudnia 2010 roku.

W grudniu dominacja sinicy *Limnothrix redekei* była bardzo wyraźna na obu stanowiskach jeziornych i mieściła się w zakresie 25,6 – 63,8% na stanowisku I oraz 26,5 – 66,9% (Tab. 3). W strukturze biomasy fitoplanktonu liczniej wystąpiły także bruzdnice: *Peridiniopsis cuningtonii*, *Peridiniopsis berolinense* i *Ceratium hirundinella*. Udział bruzdnic w zbiorowiskach fitoplanktonu w kolejnych miesiącach na poszczególnych stanowiskach był zbliżony i nie przekraczał 0,31%. Udział zielenic w zbiorowiskach fitoplanktonu był niewielki, za wyjątkiem warstwy naddanej na stanowisku I gdzie notowano wzrost udziału *Monoraphidium contortum* w zbiorowisku fitoplanktonu.

Tabela 3. Zestawienie taksonów dominujących z ich udziałem procentowym w całkowitej liczebności fitoplanktonu na stanowiskach badawczych Jeziora Durowskiego i Strugi Gołanieckiej od X do XII 2010 roku (Erk. – *Erkenia*; Aphaniz. – *Aphanizomenon*; Monorap. - *Monoraphidium*).

| Stano- wisko | PAŹDZIERNIK 2010 | LISTOPAD 2010 | GRUDZIEŃ 2010 |
|------------------------|--|---|--|
| Struga Goł. | <i>Limnothrix redekei</i> - 48,3 <i>Erk. subaequiciliata</i> - 21,1 <i>Aphaniz. flos-aquae</i> - 6,2 | <i>Limnothrix redekei</i> – 69,4 <i>Planktothrix agardhii</i> – 9,7 | <i>Limnothrix redekei</i> – 66,3 <i>Erkenia subaequiciliata</i> -6,5 <i>Planktothrix agardhii</i> – 4,4 |
| II – 1 m | <i>Limnothrix redekei</i> – 37,0 <i>Asterionella formosa</i> – 24,7 | <i>Erk. subaequiciliata</i> – 29,3 <i>Rhodomonas minuta</i> – 23,8 <i>Limnothrix redekei</i> – 13,1 | <i>Limnothrix redekei</i> – 26,5 <i>Erk. subaequiciliata</i> – 21,2 <i>Aphaniz. flos-aquae</i> – 7,4 <i>Rhodomonas minuta</i> – 7,1 |
| II – 5 m | <i>Limnothrix redekei</i> – 38,5 <i>Asterionella formosa</i> – 22,1 | <i>Erk. subaequiciliata</i> – 38,1 <i>Limnothrix redekei</i> – 22,7 | <i>Limnothrix redekei</i> – 27,7 <i>Erk. subaequiciliata</i> – 16,9 <i>Rhodomonas minuta</i> – 15,8 |
| II – 8 m | <i>Limnothrix redekei</i> – 45,2 <i>Asterionella formosa</i> – 22,3 | <i>Limnothrix redekei</i> – 43,0 <i>Erk. subaequiciliata</i> – 19,1 <i>Rhodomonas minuta</i> – 7,4 | <i>Limnothrix redekei</i> – 66,9 <i>Erk. subaequiciliata</i> – 7,8 <i>Planktothrix agardhii</i> – 5,9 |
| I – 1 m | <i>Asterionella formosa</i> – 37,5 <i>Rhodomonas minuta</i> – 31,1 | <i>Erk. subaequiciliata</i> – 46,3 <i>Monorap. contortum</i> – 21,9 | <i>Erk. subaequiciliata</i> – 25,6 <i>Limnothrix redekei</i> – 24,7 <i>Aphaniz. flos-aquae</i> – 9,9 |
| I – 7 m | <i>Asterionella formosa</i> – 41,3 <i>Rhodomonas minuta</i> – 32,2 | <i>Erk. subaequiciliata</i> – 33,5 <i>Limnothrix redekei</i> – 16,6 | <i>Limnothrix redekei</i> – 63,8 <i>Erk. subaequiciliata</i> – 8,3 |
| I – 12 m | <i>Limnothrix redekei</i> – 36,5 <i>Asterionella formosa</i> – 10,9 | <i>Monorap. contortum</i> – 59,5 <i>Limnothrix redekei</i> – 22,8 | <i>Limnothrix redekei</i> – 38,9 <i>Planktothrix agardhii</i> – 13,2 <i>Erk. subaequiciliata</i> – 12,9 |

6. Podsumowanie

- Badania na Jeziorze Durowskim prowadzono od października do grudnia 2010 roku na stanowisku obejmującym najgłębsze miejsce jeziora (st. I) i w basenie o głębokości 10 m (st. II). Próby pobierano konsekwentnie na początku każdego miesiąca, w profilu pionowym wody.
- Oznaczone parametry fizyczno-chemiczne w październiku ze względu na brak całkowitego wymieszania wód wykazały zróżnicowanie na dwie warstwy: górną z ujednoczonymi wartościami analizowanych parametrów i dolną (od głębokości 8m) z niższymi stężeniami tlenu a wyższymi przewodnictwa elektrolitycznego. W okresie od listopada do grudnia ze względu na miksję wód nie stwierdzono znaczącego zróżnicowania wartości analizowanych parametrów na poszczególnych głębokościach w kolumnie wody.
- Zmiany parametrów fizyczno-chemicznych miały ścisły związek z analizowanym sezonem, co związane było z miksją jesienną wody. Zimowe warunki pogodowe spowodowały zakładanie się pokrywy lodu już na początku grudnia.
- Przezroczystość wody w Jeziorze Durowskim wahała się od 2,4 m w listopadzie na stanowisku II do 3,05 m w październiku 2010 roku na stanowisku I. Średni zakres przezroczystości wody dla tego zbiornika wynosił w analizowanym okresie 2,98 m (1,92 m w okresie X-XII 2009) na stanowisku I i 2,67 m (1,90 m w okresie X-XII 2009) na stanowisku II. W obu przypadkach uzyskane wartości tego parametru fizycznego wskazują na wyraźną poprawę przezroczystości wody.
- Na obu stanowiskach badawczych podobnie jak w okresie letnim odnotowano przewagę uwalniania fosforu z osadów dennych do wody nadosadowej. Proces ten intensywniej zachodził na stanowisku **1**, gdzie wydzielanie fosforu dochodziło do 2,64 mgP m⁻²d⁻¹ w przypadku fosforanów rozpuszczonych i do 3,40 mgP m⁻²d⁻¹ dla fosforu ogólnego. Na stanowisku **2** uwalnianie fosforu z osadów do wody naddennej było znacznie niższe.
- W październiku i listopadzie udział wioślarek w ogólnej liczebności zooplanktonu był bardzo wyraźnie zaznaczony na obu stanowiskach badawczych. W większych liczebnościach niż wcześniej występowały *Daphnia cucullata*, *D. hyalina* i

Diaphanosoma brachyurum. Negatywny wpływ Strugi Gołanieckiej wiąże się z ciągłą dominacją wrotków (*Rotifera*) w obrębie zbiorowisk zooplanktonu w tej rzece i świadczy o silnej eutrofii jej wód.

- W okresie 3 miesięcy prowadzonych badań zidentyfikowano łącznie 138 taksonów glonów planktonowych, z wyraźnym największym bogactwem gatunkowym w obrębie zielenic (*Chlorophyta*), okrzemek (*Bacillariophyceae*) oraz sinic (*Cyanoprokaryota*).

- Zmiany składu gatunkowego w zbiorowiskach fitoplanktonu dotyczyły całkowitej liczby taksonów obserwowanych w poszczególnych miesiącach i zmian ich udziału w całkowitej liczebności glonów planktonowych. Zbiorowisko fitoplanktonu zdominowane było nadal przez sinice ale w październiku obserwowano również współdominację okrzemek (głównie *Asterionella formosa*). Swoją obecność w strukturze ilościowej zaznaczyły bardzo wyraźnie kryptofity, które należą do organizmów miksotroficznych i preferują zawiesinę materii organicznej jako źródło swojego pokarmu. Reprezentowane były głównie przez *Rhodomonas minuta*, *Cryptomonas erosa*, *Cryptomonas ovata*, *Cryptomonas rostrata*,.

- Od października do grudnia w obrębie sinic wyraźnym dominantem niezależnie od miesiąca badań i analizowanej głębokości była *Limnothrix redekei*. Bardzo licznie wystąpiły także: *Aphanizomenon flos-aquae* i *Planktothrix agardhii*. W całkowitej liczebności fitoplanktonu duży udział posiadał także przedstawiciel złotowiciowców – *Erkenia subaequiciliata* ale ze względu na niewielkie rozmiary komórek nie odegrał ten gatunek znaczącej roli w biomacie fitoplanktonu.

- W strukturze biomasy fitoplanktonu swój udział zaznaczyły także okrzemki, szczególnie: *Fragilaria ulna*, *Fragilaria ulna* var. *angustissima*, *Cyclotella radiosa* i *Asterionella formosa*.

- Przeprowadzone badania w oparciu o parametry biologiczne jak i fizyczno-chemiczne wykazały eutroficzny charakter wód Jeziora Durowskiego, z wyraźnie mniejszymi stężeniami chlorofilu a i biomasy fitoplanktonu i większym udziałem okrzemek, złotowiciowców i zielenic w stosunku do notowanych dla tego okresu wartości w roku 2008 i 2009. Wyraźnie Struga Gołaniecka posiada wody o złej jakości co rzutuje na stan wód (wskaźniki biologiczne) jeziora Durowskiego.

7. Literatura

- ELBANOWSKA H., ZERBE J., SIEPAK J. 1999. Fizyczno-chemiczne badania wód. Wydawnictwo Naukowe PWN, Poznań.
- GOŁDYN R., MESSYASZ B. 2008. Stan jakości wód i możliwości rekultywacji Jeziora Durowskiego. Wydział Biologii UAM, maszynopis.
- MYŚLIŃSKA E. 2001. Grunty organiczne i laboratoryjne metody ich badań. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 208 str.
- PSENNER R., BOSTRÖM B., DINKA M., PETTERSSON K., PUCSKO R., SAGER M. 1988. Functionation of phosphorus in suspended matter and sediment. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 30, 83-112.
- ROTT E. 1981. Some results for phytoplankton counting intercalibrations –Schweiz. Z. Hydrol. 43 (1): 34-62.
- SIEPAK J. 1992. Fizyczno-chemiczna analiza wód i gruntów. Wydawnictwo UAM, Poznań, skrypt.
- STARMACH K. 1989. Plankton roślinny wód słodkich. PWN Warszawa-Kraków: 496 str.
- VAN DEN HOECK C., MANN D.G., JAHNS H.M. 1995. Algae. An introduction to phycology. Cambridge University Press. 623 str.

8. Spis kluczy fykologicznych

- Anagnostidis K., Komárek J.** 1986. Modern approach to the classification of *Cyanophytes*. 2 – *Chroococcales*. Arch. Hydrobiol., **2**: 157–226.
- Anagnostidis K., Komárek J.** 1988. Modern approach to the classification of *Cyanophytes*. 3 – *Oscillatoriales*. Arch. Hydrobiol. (Suppl.), **80**: 327–427.
- Anagnostidis K., Komárek J.** 1989. Modern approach to the classification of *Cyanophytes*. 4 – *Nostocales*. Arch. Hydrobiol. (Suppl.), **82**: 327–427.
- Ettl H.** 1978. Xantophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T. 3/1, *VEB Gustav Fischer*, Verlag. Jena: 2–530.
- Ettl H., Gärtner G.** 1988. *Chlorophyta* II. *Tetrasporales*, *Chlorococcales*, *Gloeodendrales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T. 10, *VEB Gustav Fischer*, Verlag. Jena: 2–436.
- Häkansson H.** 2002. A compilation and evaluation of species in the general *Stephanodiscus*, *Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family

- Stephanodiscaceae*. W: Serieyssol K, Sullivan M.J. (eds.) Diatom Research. *Biopress Limited*, Bristol, England, **17** (1): 2–139.
- Häusler J.** 1982. Schizomycetes. Bakterien. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T 20, *Gustav Fischer, Verlag*. Jena: 2–588.
- Hegewald E.** 2000. New combinations in the genus *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Scenedesmaceae). *Algological Studies*, **96**: 1–18.
- Hindák F.** 1984. Studies on the *Chlorococcal* Algae (*Chlorophyceae*) III; *VEDA Publishing House of the Slovak Academy of Sciences*, Bratislava: 2–308.
- Hindák F.** 1988. Studies on the *Chlorococcal* Algae (*Chlorophyceae*) IV; *VEDA Publishing House of the Slovak Academy of Sciences*, Bratislava: 2–263.
- Hindák F.** 1988. Studies on the *Chlorococcal* Algae (*Chlorophyceae*) V; *VEDA Publishing House of the Slovak Academy of Sciences*, Bratislava: 2–225.
- Hindák F.** 1996. Key to the unbranched filamentous green algae (*Ulotrichineae*, *Ulotrichales*, *Chlorophyceae*). *Bulletin Slovenskej Botanickéj Spoločnosti pri SAV*, Bratislava, Supplement **1**: 2–77.
- Hindák F.** 2001. Fotografický atlas mikroskopických sinic. *VEDA Publishing House of the Slovak Academy of Sciences*, Bratislava: 5–127.
- Joosten A.M.T.** 2006. Flora of the blue-green algae of the Netherlands. The non-filamentous species of inland waters. Vereniging Voor Veldbiologie, *KNNV Publishing*, Amsterdam: 7–239.
- Krammer K., Lange–Bertalot H.** 1986. *Bacillariophyceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T. 2/1, *VEB Gustav Fischer, Verlag*. Jena: 2–876.
- Krammer K., Lange–Bertalot H.** 1988. *Bacillariophyceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T 2/2, *Gustav Fischer, Verlag*. Jena: 2–596.
- Krammer K., Lange–Bertalot H.** 1991. *Bacillariophyceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T 2/3, *Gustav Fischer, Verlag*. Jena: 2–576.
- Krammer K., Lange–Bertalot H.** 1991. *Bacillarioophyceae*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T 2/4, *Gustav Fischer, Verlag*. Jena: 2–437.
- Komárek J., Fott B.** 1983. *Chlorophyceae* (Grünalgen), Ordnung *Chlorococcales*. Das Phytoplankton des Süßwassers. Die Biennengewässer, Bd. 16, 7 Teil, 1 – 712, 1 Hälfte, E. Schweizerbart, Stuttgart: 2–543.
- Komárek J., Anagnostidis K.** 1999. *Cyanoprokaryota*. 1. Teil: *Chroococcales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T. 19/1, *VEB Gustav Fischer, Verlag*. Heidelberg, Berlin: 2–548.
- Komárek J., Anagnostidis K.** 2005. *Cyanoprokaryota*. 2. Teil: *Oscillatoriales*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T. 19/2, *VEB Gustav Fischer, Verlag*. Heidelberg, Berlin: 2–759.

- Lange–Bertalot H.** 1993. 85 new taxa and much more than 100 taxonomic clarifications supplementary to Süßwasserflora von Mitteleuropa. *VEB Gustav Fischer, Verlag*. Berlin, Stuttgart, *Bibl. Diatom* 2, 1–4: 2–759.
- Lange–Bertalot H.** 2001. *Navicula* sensu stricto, 10 genera separated from *Navicula* sensu lato, Frustulia. W: Lange–Bertalot H. (ed.): Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats. A.R.G. *Gantner Verlag K.G.*, 2: 2–526.
- Popovský J., Pfister L.A.** 1990. *Dinophyceae (Dinoflagellida)*. Süßwasserflora von Mitteleuropa; T. 6, *VEB Gustav Fischer, Verlag*. Heidelberg, Berlin: 2–272.
- Starmach K.** 1966. *Cyanophyta – Sinice, Glaucophyta – Glaukofity*. Flora słodkowodna Polski, T. 2, *PWN*, Warszawa: 5–807.
- Starmach K.** 1968. *Chrysophyta I. Chrysophyceae – Żłotowiciowce oraz wiciowce bezbarwne – zooflagellata wolnożyjące*. Flora słodkowodna Polski, T. 5, *PWN*, Warszawa: 5–595.
- Starmach K.** 1968. *Xantophyceae – Różnowiciowce*. Flora słodkowodna Polski, T. 7. *PWN*, Warszawa – Kraków: 5–393.
- Starmach K.** 1972. Zielenice nitkowate: *Ulotrichales, Ulvales, Prasiolales, Sphaeropleales, Cladophorales, Chaetophorales, Trentepohliales, Siphonales, Dichotomosiphonales*. Flora słodkowodna Polski. T.10, *PWN*, Warszawa – Kraków: 5–750.
- Starmach K.** 1974. *Cryptophyceae, Dinophyceae, Raphidiophyceae*. Flora słodkowodna Polski. T. 4. *PWN*, Warszawa – Kraków: 5–520.
- Starmach K.** 1983. *Euglenophyta*. Flora słodkowodna Polski. T. 3, *PWN*, Warszawa – Kraków: 5–594.
- Starmach K.** 1989. Plankton roślinny wód słodkich. Metody badania i klucze do oznaczania gatunków występujących w wodach Europy Środkowej. *PWN*, Warszawa - Kraków: 5-496.
- Wołowski K.** 1998. Taxonomic and environmental studies on euglenophytes of the Kraków-Częstochowa upland (Southern Poland). *Fragmenta Floristica et Geobotanica, Supplementum* 6: 3–192.
- Wołowski K., Hindák F.** 2005. Atlas of Euglenophytes. *VEDA Publishing House of the Slovak Academy of Sciences*, Bratislava: 5–135.