



Zakład Ochrony Wód, Wydział Biologii,  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza  
w Poznaniu

**Monitoring jakości wód i osadów dennych jeziora  
Rogoźno i Jeziora Budziszewskiego – etap I**

**DR RENATA DONDAJEWSKA**

**PROF. DR HAB. RYSZARD GOŁDYN**

Współautorzy opracowania:

dr Agnieszka Budzyńska

mgr Wanda Romanowicz-Brzozowska

mgr inż. Piotr Domek

Poznań, czerwiec 2018 r.

## 1. Wstęp

Opracowanie wykonane zostało w ramach umowy nr INTZ.272.77.2017, zawartej w dniu 29.12.2017 r. pomiędzy Gminą Rogoźno z siedzibą: ul. Nowa 2, 64-610 Rogoźno, a Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, z siedzibą: ul. Wieniawskiego 1, 61-712 Poznań.

Monitoring obejmuje jakość wód i osadów dennych dwu jezior znajdujących się w gminie Rogoźno, a mianowicie Jeziora Budziszewskiego i Rogoźno, położonych w biegu Małej Welny, przed jej ujściem do Welny. Jeziora te zostały poddane gruntownej ocenie stanu ekologicznego w roku 2017, w wyniku której ustalono zły stan obydwu jezior. Stan ten ogranicza rekreacyjne wykorzystanie jezior, szczególnie ze względu na silne sinicowe zakwity wody. Ponieważ w ostatnich latach odcięte zostały punktowe źródła zanieczyszczeń obydwu jezior, którymi były oczyszczone ścieki z gminy Skoki uchodzące do dopływu Jeziora Budziszewskiego, oraz ścieki z Rogoźna uchodzące do jeziora, zaproponowano podjęcie działań rekultywacyjnych, których zadaniem miałyby być poprawa jakości wody.

Działanie rekultywacyjne miały obejmować strefy inaktywacji fosforu na dopływie, inaktywację fosforu w toni wodnej, natlenianie wód naddennych w jeziorze Rogoźno oraz biomanipulację. Ze względu na ograniczenia finansowe, w działaniach tych uwzględniono tylko najważniejsze elementy zaproponowanych działań rekultywacyjnych, które są niezbędne dla rozpoczęcia przebudowy ekosystemu jeziornego. W przypadku Jeziora Budziszewskiego zastosowano tylko jedną metodę, a mianowicie biomanipulację. Polegała ona na zarybieniu jeziora w maju podchowanim narybkiem szczupaka. W przypadku jeziora Rogoźno zastosowano dwie metody, a mianowicie biomanipulację oraz inaktywację fosforu w toni wodnej jeziora. Pierwsza metoda polegała na zarybieniu jeziora podchowanim narybkiem szczupaka w maju 2018r., druga – na bezpośrednim dawkowaniu chlorku magnezu i siarczanu żelaza do toni wodnej jeziora za pomocą urządzenia mobilnego, wprowadzającego roztwór tych związków pod powierzchnię jeziora.

Zarówno działania rekultywacyjne, jak i monitoring jezior rozpoczęły się wczesną wiosną 2018 r. Celem prowadzonego monitoringu jest zbadanie jakości wód i osadów dennych jezior Budziszewskiego i Rogoźno w zakresie zbliżonym do ubiegłorocznego oraz na tej podstawie ocena zmian w ekosystemach badanych jezior, zachodzących pod wpływem działań rekultywacyjnych.

## **2. Metody badań**

Badania w I etapie monitoringu Jeziora Budziszewskiego i Rogoźno przeprowadzono dwukrotnie a dodatkowo na jeziorze Rogoźno w ograniczonym zakresie po raz trzeci. Badania prowadzono na dwu stanowiskach położonych na obydwu jeziorach, analogicznie jak w roku 2017. Na Jeziorze Budziszewskim stanowisko I zlokalizowane było na głębocku, stanowisko II w zatoce w pobliżu dopływu. W przypadku jeziora Rogoźno stanowisko I znajdowało się na głębocku, znajdującym się na wysokości miejscowości Owczęglowy, stanowisko II na wysokości miasta Rogoźno.

Badania wskaźników takich jak temperatura wody, stężenie tlenu rozpuszczonego w wodzie, nasycenie wody tlenem, przewodnictwo elektrolityczne, pH i ORP prowadzone były w profilach głębokościowych od powierzchni do dna, co 1 metr. Próbkę do badań laboratoryjnych pobierano z głębokości 1 m oraz ze strefy naddennej każdego stanowiska. W przypadku stratyfikowanego stanowiska I na Jeziorze Budziszewskim dodatkową próbkę pobierano z metalimnionu na głębokości 7 m. Uśrednione próbki do analiz fito- i zooplanktonu pobierane były z warstwy epilimnionu, przy czym zooplankton cagęszczano z 10 l wody na siatce planktonowej, natomiast fitoplankton pobierany był bez zagęszczania.

Po utrwaleniu próbki wody przewożono do laboratorium, gdzie wykonywano z nich oznaczenia fosforanów rozpuszczonych i fosforu całkowitego, azotu amonowego, azotynowego, azotanowego, organicznego i całkowitego, a także składu gatunkowego i liczebności fito- i zooplanktonu. Dodatkowo z epilimnionu pobierano i analizowano próbki wody na stężenie chlorofilu-a oraz sestonu (suchej masy zawiesin).

Próbki osadów pobierano na tych samych stanowiskach co próbki wody. Wykonywano w nich analizy zawartości materii organicznej oraz fosforu a także poszczególnych frakcji fosforu. Po odwirowaniu osadów uzyskiwano wodę interstycjalną, w której oznaczano stężenie fosforanów rozpuszczonych oraz fosforu ogólnego. Dodatkowo w niezaburzonych rdzeniach osadów przewiezionych do laboratorium badano wydzielanie fosforu z osadów do wody nadosadowej. Ze względu na wymagania metodyczne część analiz jeszcze jest w trakcie wykonywania, w związku z czym ich wyniki podane zostaną w raporcie z II etapu monitoringu.

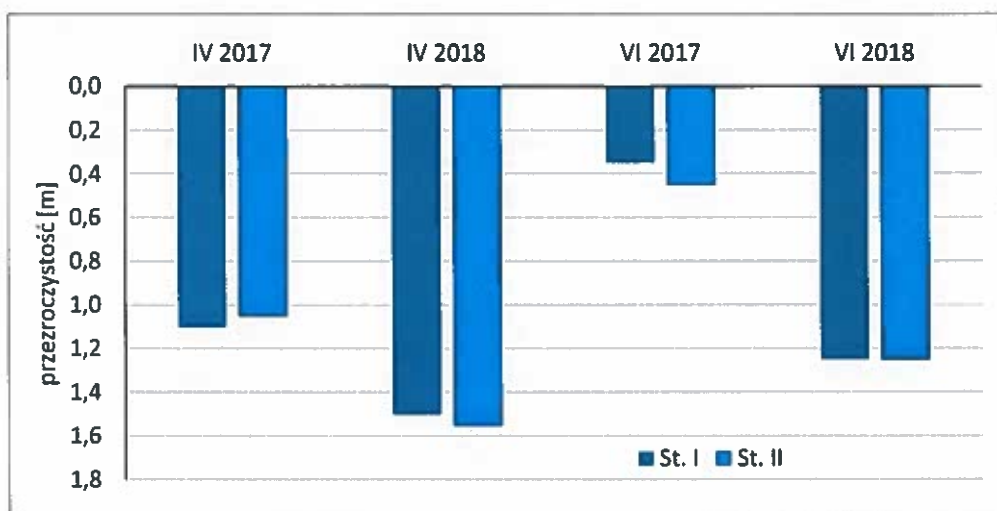
## **3. Wyniki badań wód Jeziora Budziszewskiego**

W trakcie badań przeprowadzonych w kwietniu stwierdzono jeszcze dość równomierną temperaturę wody oraz jej natlenienie w profilu głębokościowym, co wskazuje na pełną wiosenną miksję wody w jeziorze. Woda w całym profilu wykazywała przetlenienie, podczas

gdy w roku ubiegłym tylko do głębokości 5 m. W warstwie powierzchniowej przetlenienie było jednak znacznie mniejsze niż przed rokiem, co związane było z mniej intensywnym rozwojem fitoplanktonu. Potencjał oksydacyjno-redukcyjny był dodatni w całym profilu, wskazując na właściwości utleniające wody.

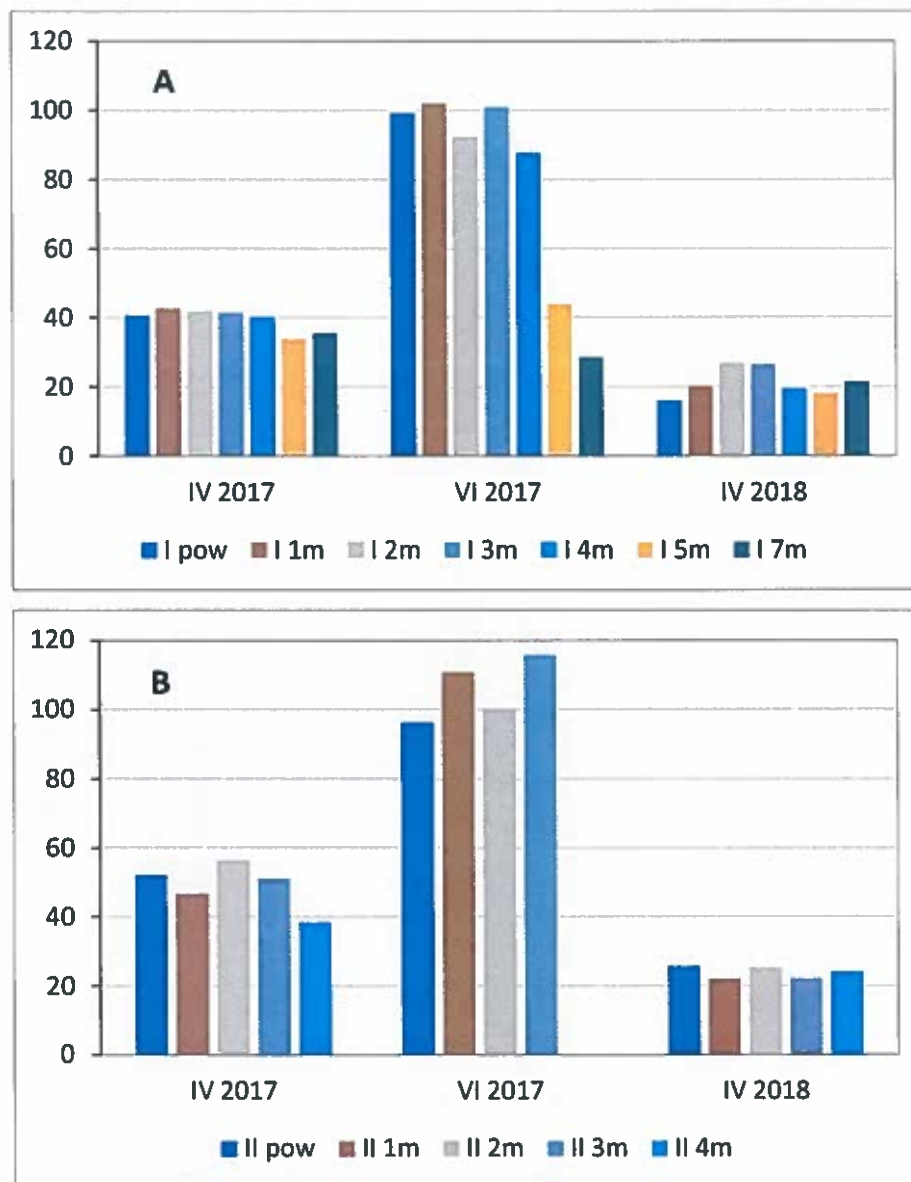
W trakcie badań czerwcowych uchwycono już pełną stratyfikację termiczną wody w profilu pionowym. W stosunku do badań ubiegłorocznych stwierdzono wyższą temperaturę wody w warstwie powierzchniowej i niższą w warstwie naddennej, co wynikało z ostrego gradientu termicznego w metalimnionie. Spowodowało to powstanie ostrej oksykliny, począwszy od 3 m głębokości. Związane jest to z wyjątkowo wczesną i ciepłą wiosną w tym roku, powodującą przyspieszenie procesów mikrobiologicznego rozkładu materii organicznej i zużycie tlenu w warstwach wody nie kontaktujących się z atmosferą, oraz pozbawionych światła i przez to wydzielania tlenu w procesie fotosyntezy.

Przezroczystość wody w trakcie obydwu badań w bieżącym roku była większa niż w roku ubiegłym (rys. 1).



Rys. 1. Porównanie przezroczystości wody w kwietniu i czerwcu 2017 i 2018 roku

Szczególnie widoczna różnica dotyczyła badań czerwcowych, wskazując na mniej liczny fitoplankton w toni wodnej jeziora. Potwierdziły to badania chlorofilu-a, który w roku 2018 wykazywał wyraźnie mniejsze wartości, niż w roku poprzednim (rys. 2). Jest to widoczny wpływ podjętych działań rekultywacyjnych, gdyż wyższa temperatura wody stymuluje rozwój fitoplanktonu, prowadząc do mniejszej przezroczystości wody.

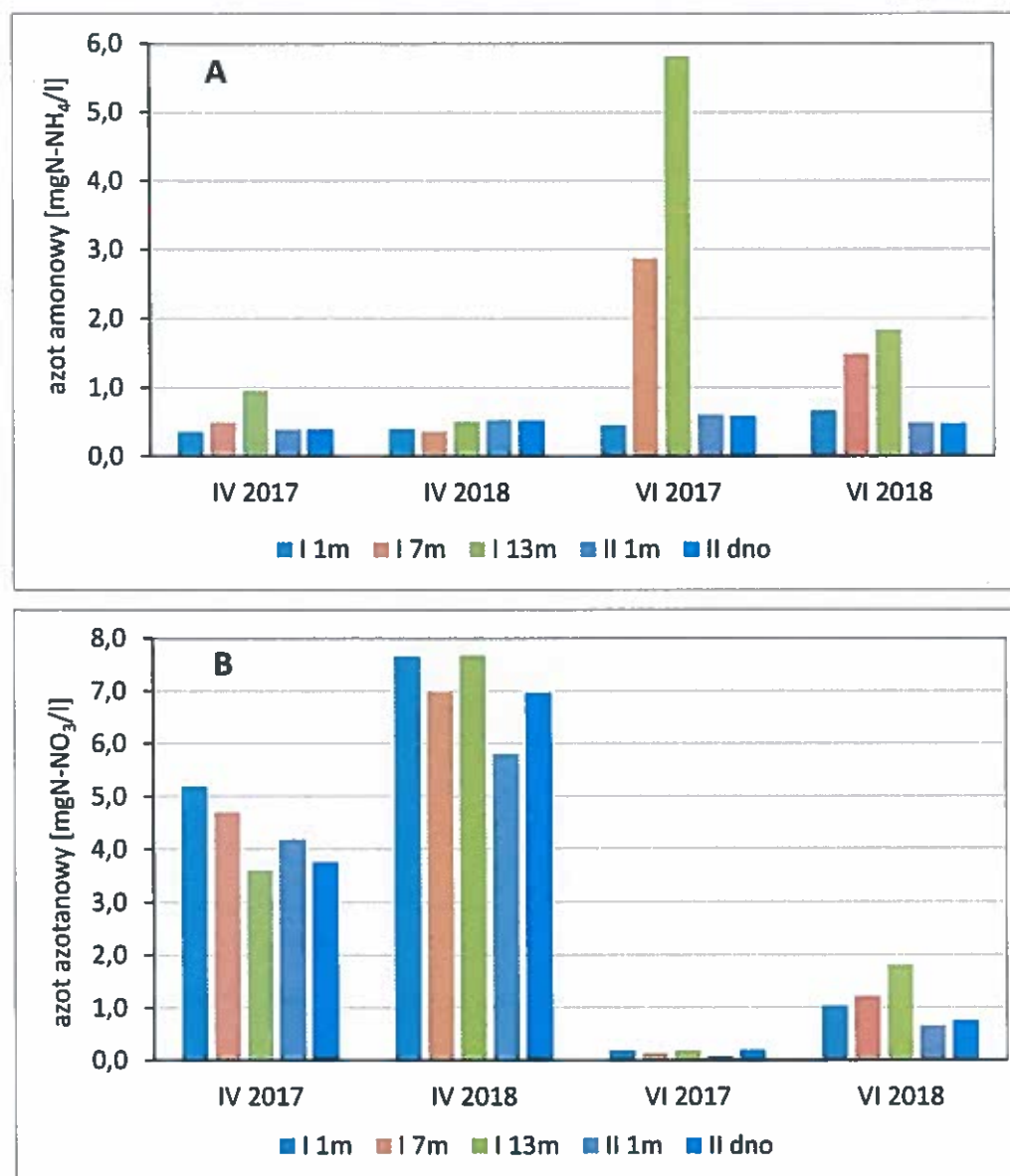


Rys. 2. Stężenie chlorofilu-a ( $\mu\text{g/l}$ ) w Jeziorze Budziszewskim na stanowisku I (A) oraz na stanowisku II (B)

W kwietniu stężenia azotu amonowego były niskie w obydwu latach badań, co związane było z niską temperaturą wody i powolną mineralizacją materii organicznej. W czerwcu stężenia te były znacznie wyższe niż w kwietniu, jednak porównanie obydwu lat badań pokazuje, że w 2018 r. stężenia te były wyraźnie niższe niż w roku poprzednim (rys. 3A). Jest to dobry wskaźnik poprawy jakości wody, jako pierwszy symptom zabiegów rekultywacyjnych.

Wysokie stężenia azotu azotanowego obecne były wiosną obydwu lat, jako wynik wymywania go z rozległej zlewni rolniczej jeziora. Ta forma azotu szybko jest

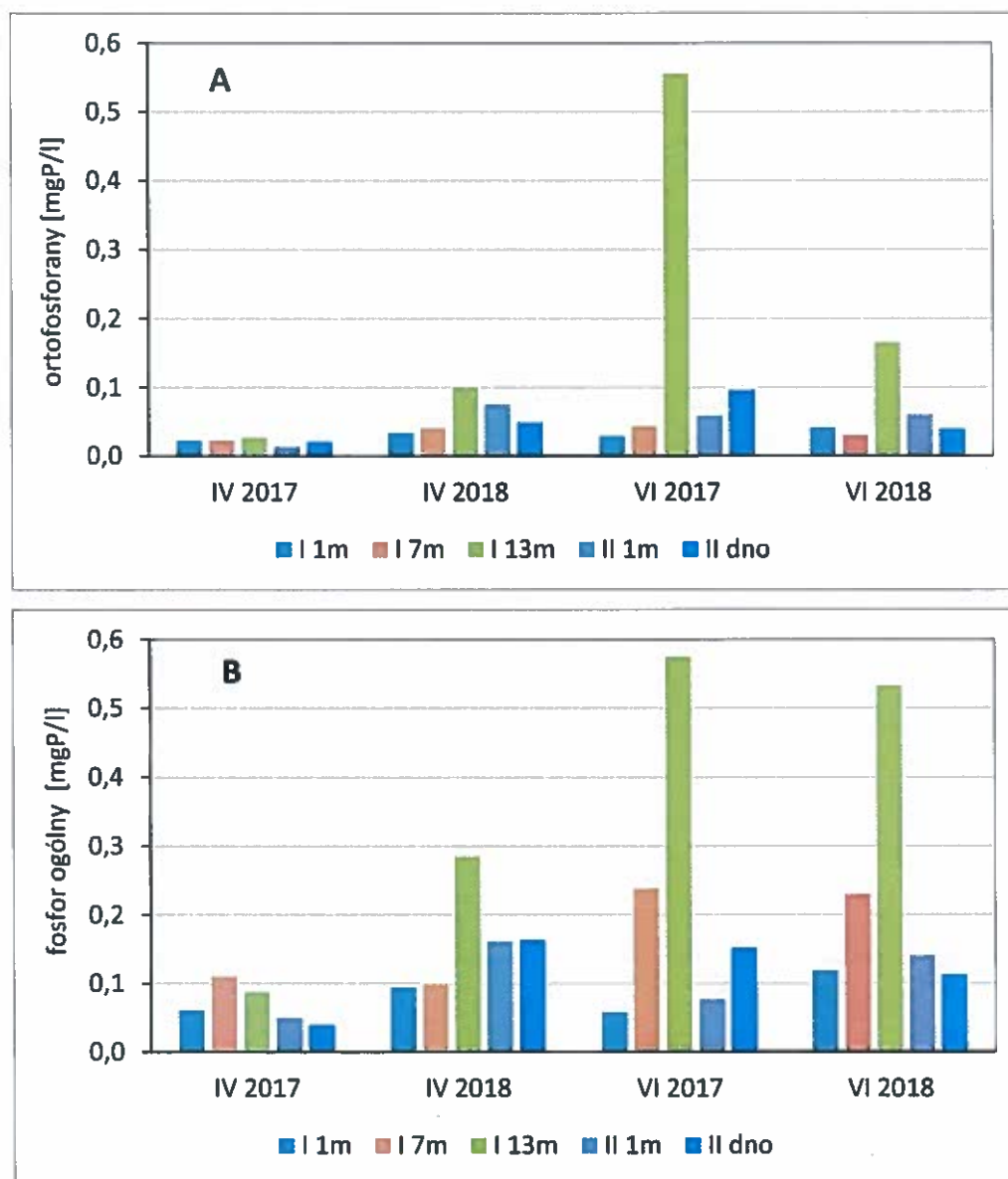
wykorzystywana przez fitoplankton, stąd w czerwcu stężenia jej są bardzo niskie (rys. 3B). W roku 2018 były jednak wyraźnie wyższe niż w roku poprzednim, co jest pozytywnym czynnikiem, gdyż powoduje dłuższe utrzymanie wyższego potencjału oksydacyjno-redukcyjnego w wodzie a także ogranicza rozwój sinic.



Rys. 3. Stężenie azotu amonowego (A) i azotanowego (B) w wodzie Jeziora Budziszewskiego w kwietniu i czerwcu 2017 i 2018 roku

Zarówno fosforany (rys. 4A), jak i fosfor ogólny (rys. 4B) wykazywały nieco wyższe wartości przed rozpoczęciem rekultywacji w kwietniu 2018 niż w analogicznym okresie 2017 roku, co zapewne związane jest z wcześniejszą i cieplejszą wiosną 2018. W czerwcu jednak

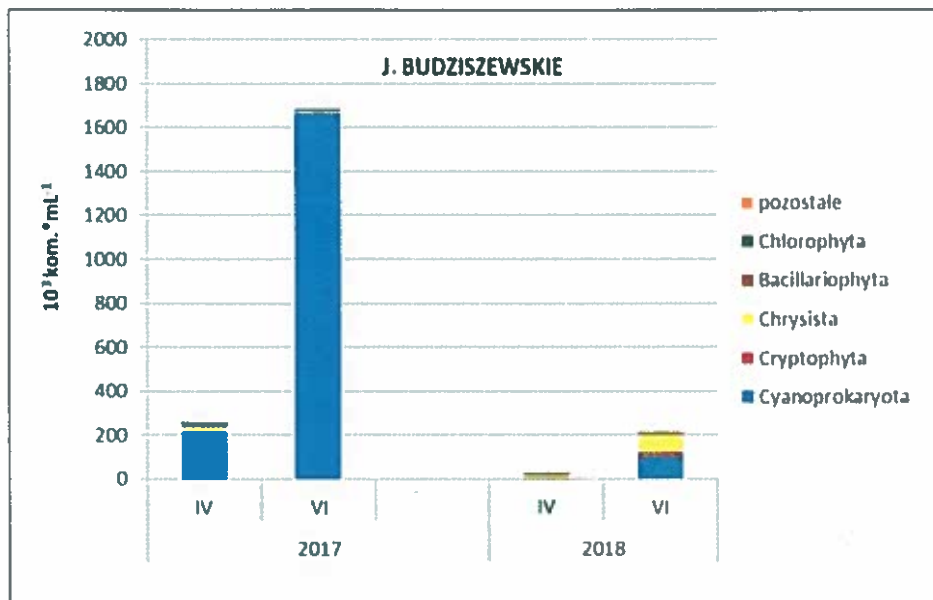
dało się zauważyć nieco niższe stężenia obydwu form fosforu, szczególnie w przypadku wód naddennych. Czynnikiem ten wpływa na mniejszą produkcję fitoplanktonu, zwłaszcza sinic, co jest pożądanym efektem rekultywacji (rys. 5).



Rys. 4. Stężenie fosforanów rozpuszczonych (A) oraz fosforu ogólnego (B) w wodzie Jeziora Budziszewskiego w kwietniu i czerwcu 2017 i 2018 roku

Analiza wiosennych prób z 2018 roku z Jeziora Budziszewskiego wykazała kilkakrotnie niższą liczebność fitoplanktonu zarówno w kwietniu, jak i w czerwcu 2018 r. w porównaniu z rokiem poprzednim (rys. 5). Już od kwietnia 2018 r. w Jeziorze Budziszewskim rozwijało się mniej sinic. Najliczniejszymi grupami były złotowiciowe i okrzemki w kwietniu,

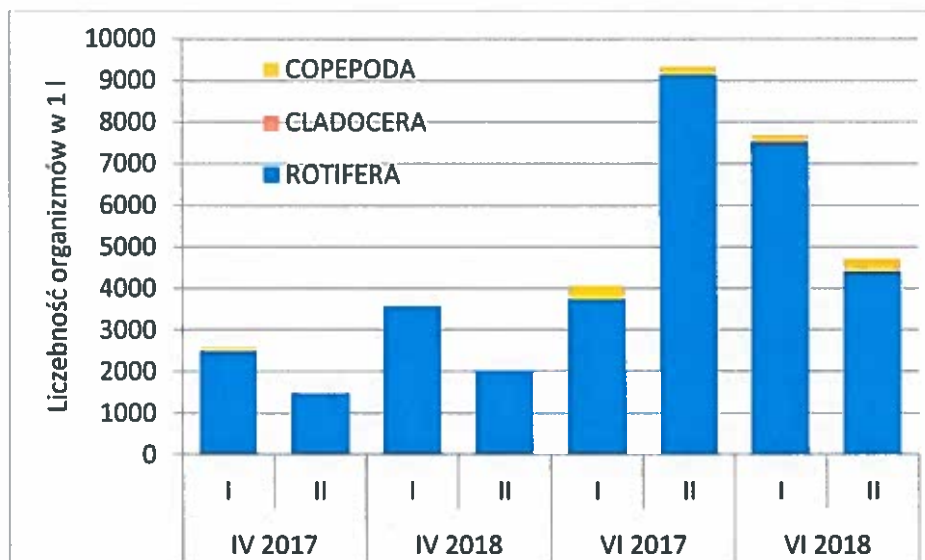
a w czerwcu liczne były złotowciowce i kryptofity. Mniej intensywny rozwój fitoplanktonu wpłynął na większą przezroczystość wody (rys. 1).



Rys. 5. Liczebność poszczególnych grup fitoplanktonu w toni wodnej Jeziora Budziszewskiego wiosną 2017 i 2018 roku

W zooplanktonie wczesnowiosennym (w kwietniu) stwierdzono nieco większą liczebność wrotków w 2018 r. niż w 2017 r., co prawdopodobnie związane jest z wcześniejszą wiosną. W czerwcowym zooplanktonie zanotowano natomiast zmniejszenie liczebności wrotków, pomimo wyraźnie cieplejszej wody, za to zwiększenie liczebności wioślarek (*Cladocera*) (rys. 6). Jest to typowy wynik oddziaływania kaskadowego ryb drapieżnych na narybek karpowatych, wpływający na zwiększenie liczebności skorupiaków planktonowych, uzyskiwany w wyniku zarybienia jeziora podchowanim narybkiem szczupaka.





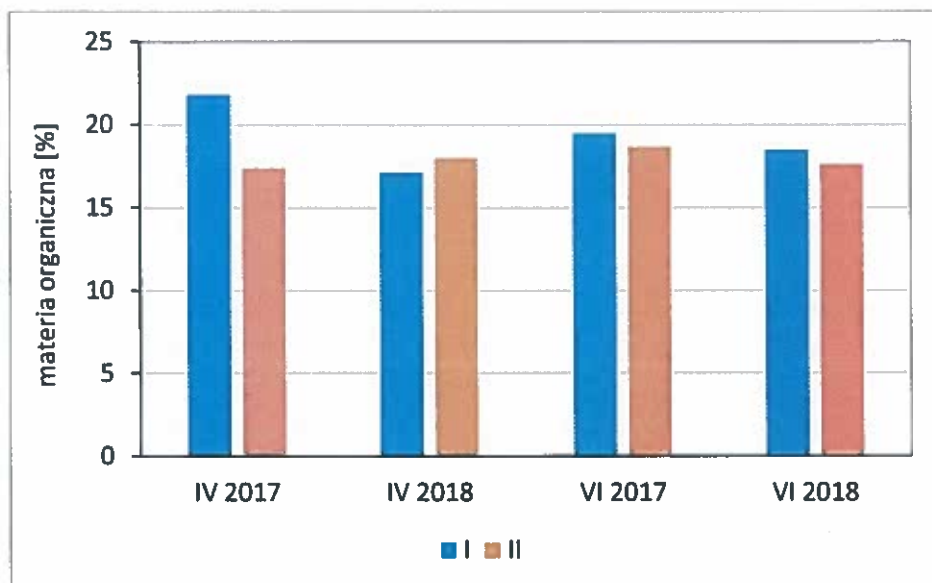
Rys. 6. Zooplankton Jeziora Budziszewskiego wiosną 2017 i 2018 r.

Wioślarki odżywiają się fitoplanktonem, powodując wzrost przezroczystości wody. Szczególnie korzystna jest obecność tych gatunków, które mogą odżywiać się sinicami. Należy do nich *Chydorus sphaericus*, którego w czerwcu 2017 r. nie stwierdzono wogóle, natomiast w 2018 r. średnia jego liczebność wynosiła 62 osobniki/l, a maksymalna na 2 m głębokości – aż 119 osobników/l. Gatunek ten odżywia się nitkowatymi sinicami, co może wyjaśniać wyraźnie mniejszą liczebność sinic w 2018 r. w stosunku do roku poprzedniego.

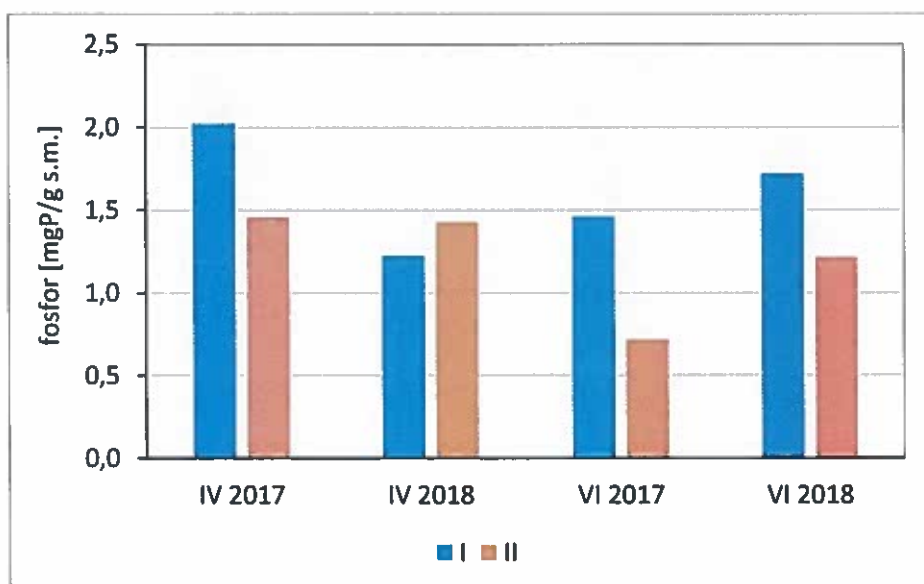
#### 4. Wyniki badań osadów dennych Jeziora Budziszewskiego

W osadach dennych Jeziora Budziszewskiego nadal zalega duża ilość materii organicznej (rys. 7). Wiosną 2018 roku była ona co prawda nieco niższa niż w roku ubiegłym, jednak nadal jest znacznie wyższa niż w większości jezior eutroficznych. Wynika to zapewne z dostarczania do jeziora każdej jesieni dużego ładunku zawieszin organicznych ze spuszcanych stawów rybnych w Skokach.

Zawartość fosforu w osadach dennych w kwietniu uległa wyraźnemu obniżeniu w stosunku do ubiegłego roku. W czerwcu natomiast, na obydwu stanowiskach badawczych doszło do niewielkiego zwiększenia zawartości fosforu (rys. 8). Prawdopodobnie jest to związane z większą obecnością azotanów, które uniemożliwiają redukcję związków żelaza w osadach dennych, ograniczając wydzielanie fosforu.

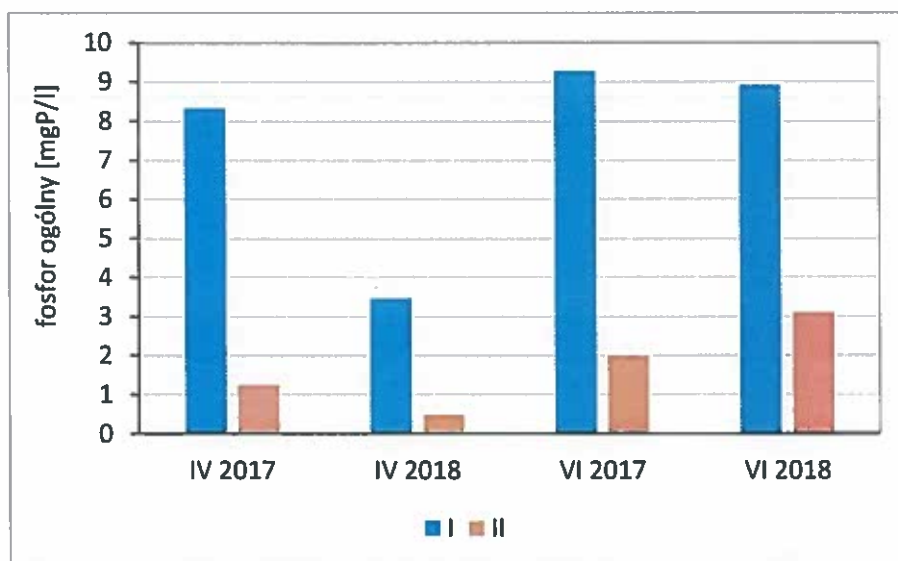


Rys. 7. Procentowa zawartość materii organicznej w osadach Jeziora Budziszewskiego



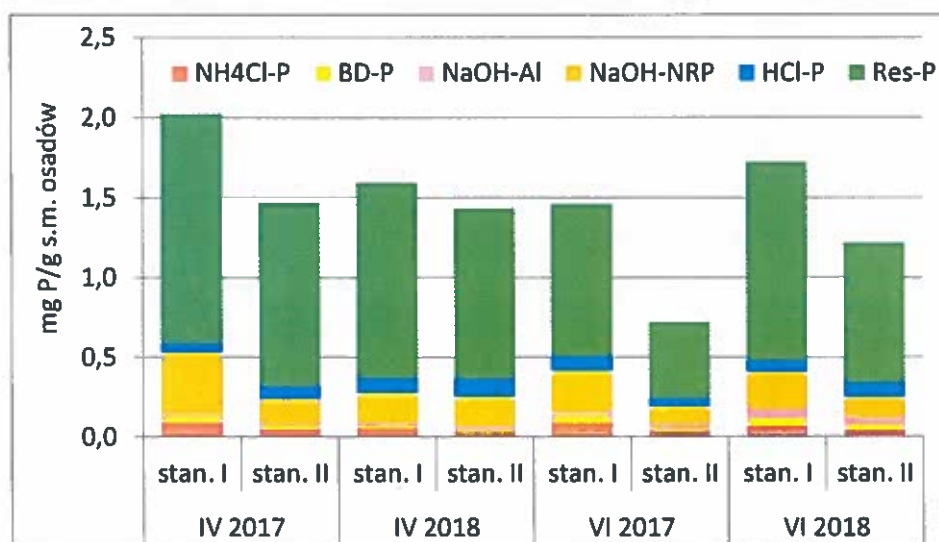
Rys. 8. Zawartość fosforu w osadach dennych Jeziora Budziszewskiego

Zawartość fosforu w wodzie interstycjalnej (śródosadowej), na obydwu stanowiskach badawczych w kwietniu była znacznie niższa niż przed rokiem (rys. 9). W czerwcu natomiast różnice nie były wyraźne i odmiennie na obydwu stanowiskach. Bardzo wysoka zawartość fosforu na stanowisku I znajdującym się w najgłębszym miejscu jeziora, potwierdza znaczenie głęboko położonego dna w wydzielaniu fosforu do toni wodnej, napędzającego eutrofizację jeziora.



Rys. 9. Zawartość fosforu w wodzie interstycjalnej Jeziora Budziszewskiego

Zawartość pierwszych trzech frakcji fosforu (rys. 10), które cechują się dużą dostępnością biologiczną, łatwo ulegając wydzieleniu do toni wodnej, nieco zmalała w stosunku do roku ubiegłego. Jest to pozytywny sygnał zmian w ekosystemie pod wpływem rekultywacji, choć na razie zmiany te są niewielkie.



Rys. 10. Zawartość poszczególnych frakcji fosforu w osadach dennych Jeziora Budziszewskiego

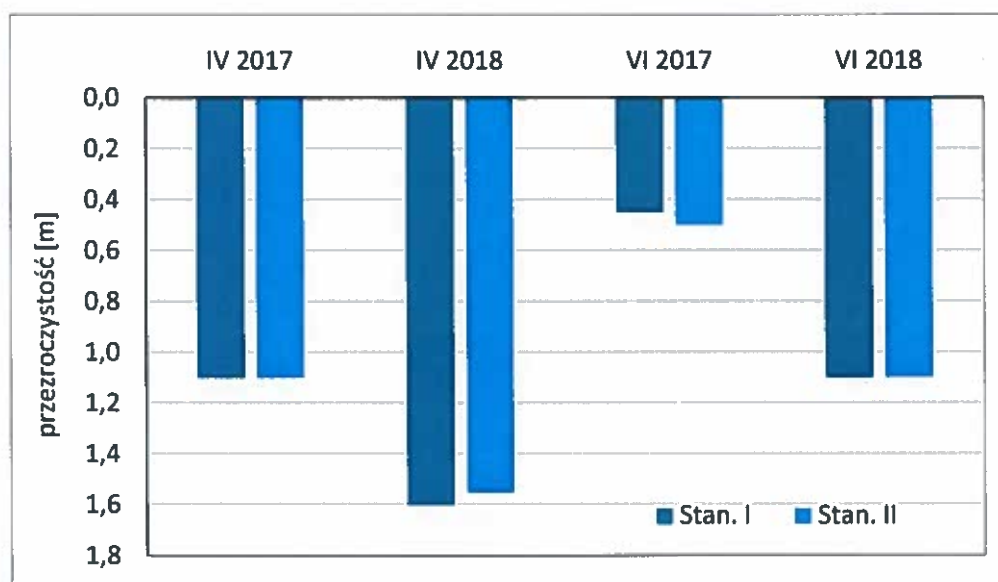
Szczególnie korzystne jest zmniejszenie się zasilania wewnętrznego z osadów dennych na obydwu stanowiskach badawczych. W ubiegłym roku wynosiło 16,77 i 5,19 mgP/m<sup>2</sup>·d, odpowiednio na stanowisku I i II, natomiast w roku bieżącym tylko 7,1 i 1,23 mgP/m<sup>2</sup>·d. Jest

to zapewne wynik zwiększonej ilości azotanów, które utrudniają wydzielanie fosforanów z dna do toni wodnej.

## 5. Wyniki badań wód jeziora Rogoźno

Jezioro Rogoźno należy do jezior polimiktycznych, mieszających się wielokrotnie w ciągu roku pod wpływem wiatru. W trakcie badań wiosennych stwierdzono jednak obecność wyraźnych dwóch warstw termicznych – epilimnionu i metalimnionu. Pierwsza z nich dobrze nagrzana obejmowała górną warstwę wody do głębokości 2 m, natomiast druga sięgała od 2 m do dna. W ubiegłym roku chłodniejszy metalimnion obejmował tylko niewielką strefę wody poniżej 5 m głębokości. Różnica ta wynika z innych warunków termicznych w bieżącym roku, a mianowicie wczesnej i bardzo ciepłej wiosny. Spowodowało to szybkie nagrzanie powierzchniowej warstwy wody i ostry gradient termiczny poniżej głębokości 2 m.

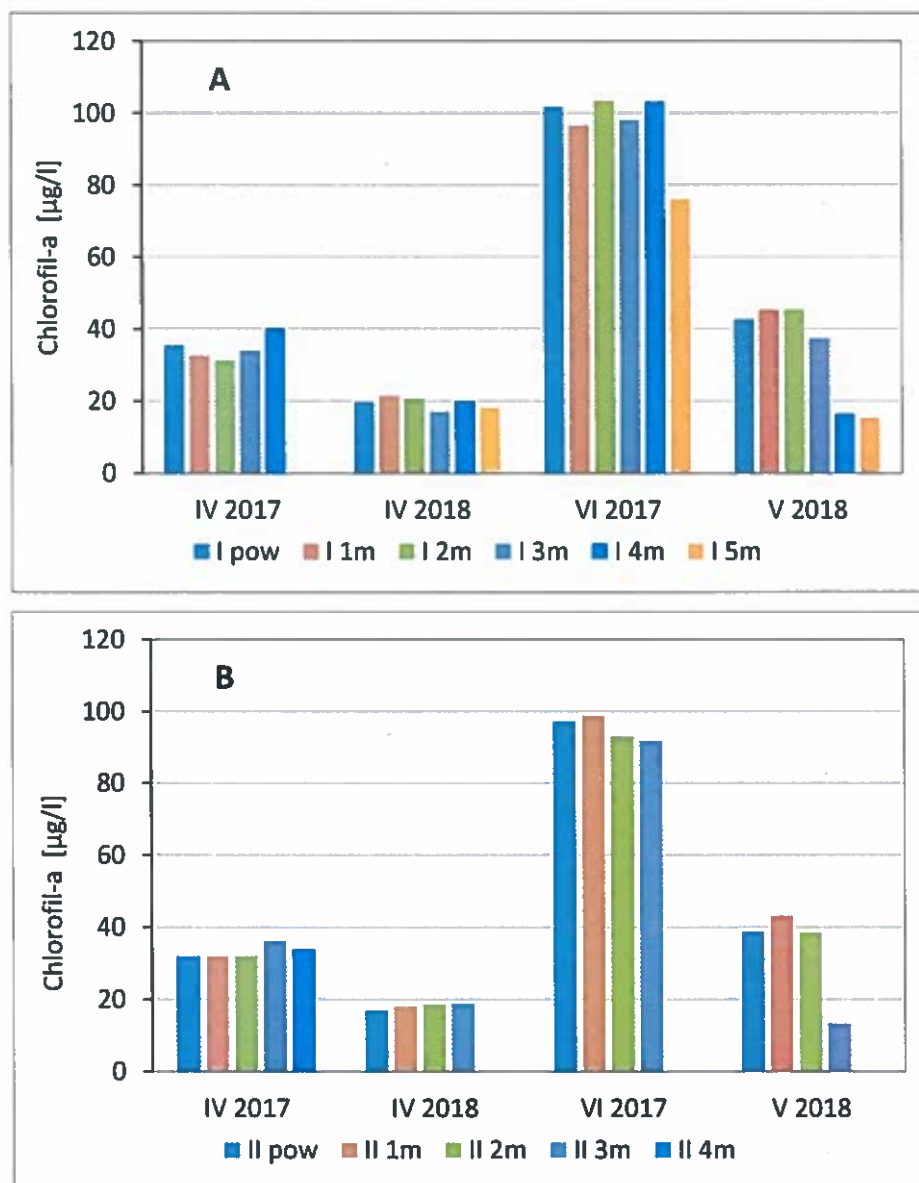
Przezroczystość wody na obydwu stanowiskach badawczych była podobna, jednak w stosunku do danych z roku ubiegłego uległa wyraźnemu zwiększeniu (rys. 11). Dotyczy to szczególnie danych z czerwca, gdy była ona ponad dwukrotnie większa. Świadczy to o mniejszej ilości fitoplanktonu w wodzie, dzięki czemu światło słoneczne jest mniej rozpraszane i głębiej wnika do toni wodnej.



Rys. 11. Przezroczystość wody w jeziorze Rogoźno wiosną 2017 i 2018 r.

Potwierdzają to badania chlorofilu-a, stanowiącego dobry wskaźnik biomasy fitoplanktonu. Na obydwu stanowiskach badawczych jego ilość w roku 2018 była wyraźnie

mniejsza, niż w roku 2017 (rys. 12). Wyraźna różnica dała się zauważyć już w kwietniu, po pierwszym zabiegu inaktywacji fosforu. Kolejne zabiegi spowodowały ponad dwukrotne obniżenie stężenia chlorofilu-a na obydwu stanowiskach badawczych. Na stanowisku I w miejscowości Owczegłowy zawsze stwierdzano nieco wyższe stężenia chlorofilu niż na stanowisku II w Rogoźnie. Jest to związane z napływem do jeziora żyzniejszych wód rzeką Małą Welną. W trakcie przepływu wody przez jezioro biogeny ulegały inaktywacji w wyniku stosowanych zabiegów rekultywacyjnych, dzięki czemu na wysokości Rogoźna obserwowano mniejszą produkcję fitoplanktonu (niższe wartości chlorofilu-a).



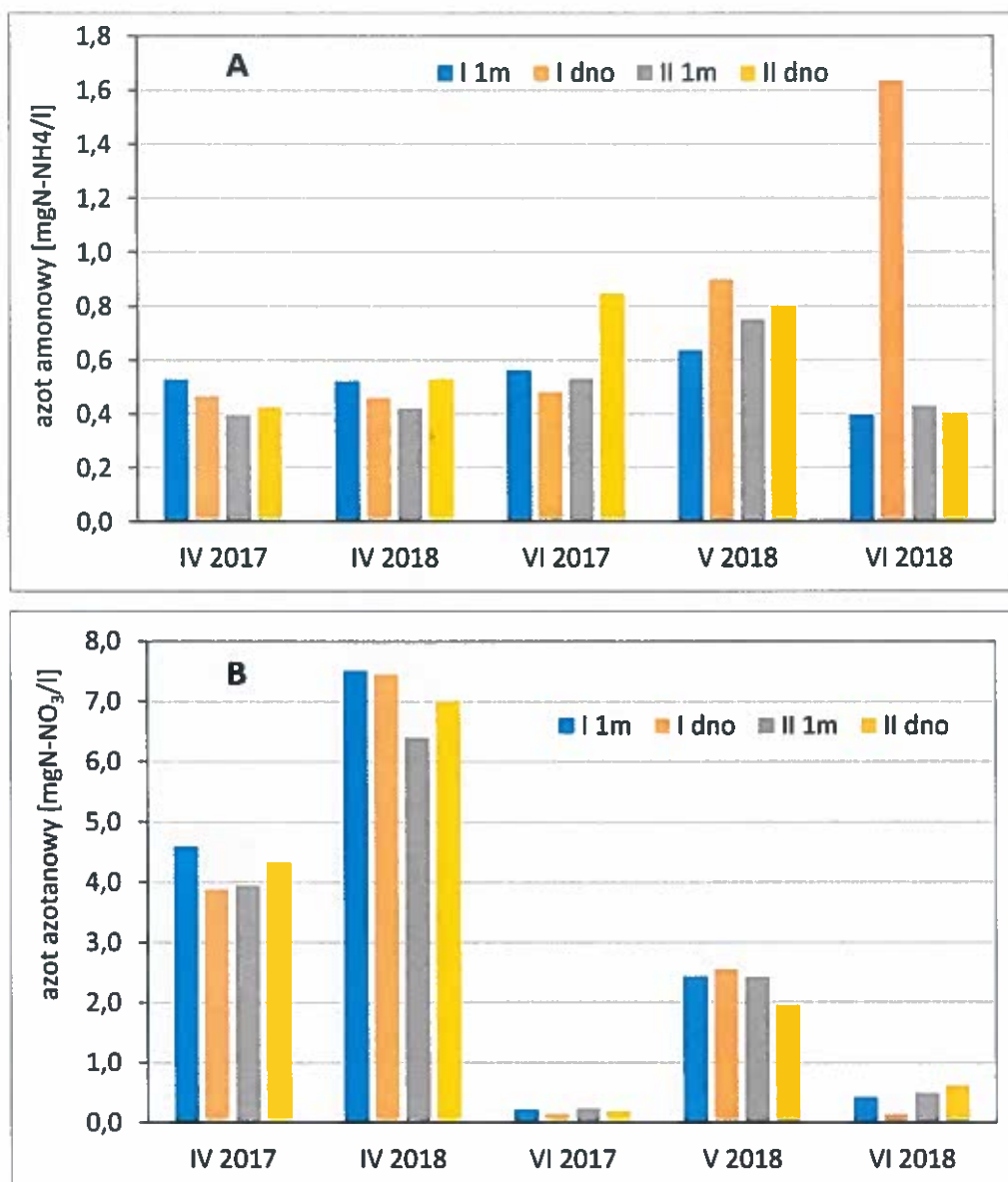
Rys. 12. Stężenie chlorofilu-a w wodzie jeziora Rogoźno na stanowisku I (A) oraz na stanowisku II (B)

Stężenie azotu amonowego w kwietniu było na tym samym poziomie, co przed rokiem (rys. 13A). W wyniku wzrostu temperatury wody w maju jego stężenie wzrosło, jako wynik intensywnego rozkładu materii organicznej. W czerwcu jednak, mimo że temperatura wody była jeszcze wyższa, stwierdzono bardzo silne obniżenie jego stężenia, za wyjątkiem strefy naddennej głęboczek, gdzie doszło do deficytu tlenowego w osadach dennych. W takich warunkach zatrzymany zostaje proces nitryfikacji, utleniający azot amonowy do azotanowego, przy nadal aktywnym rozkładzie materii organicznej i wydzielaniu azotu amonowego.

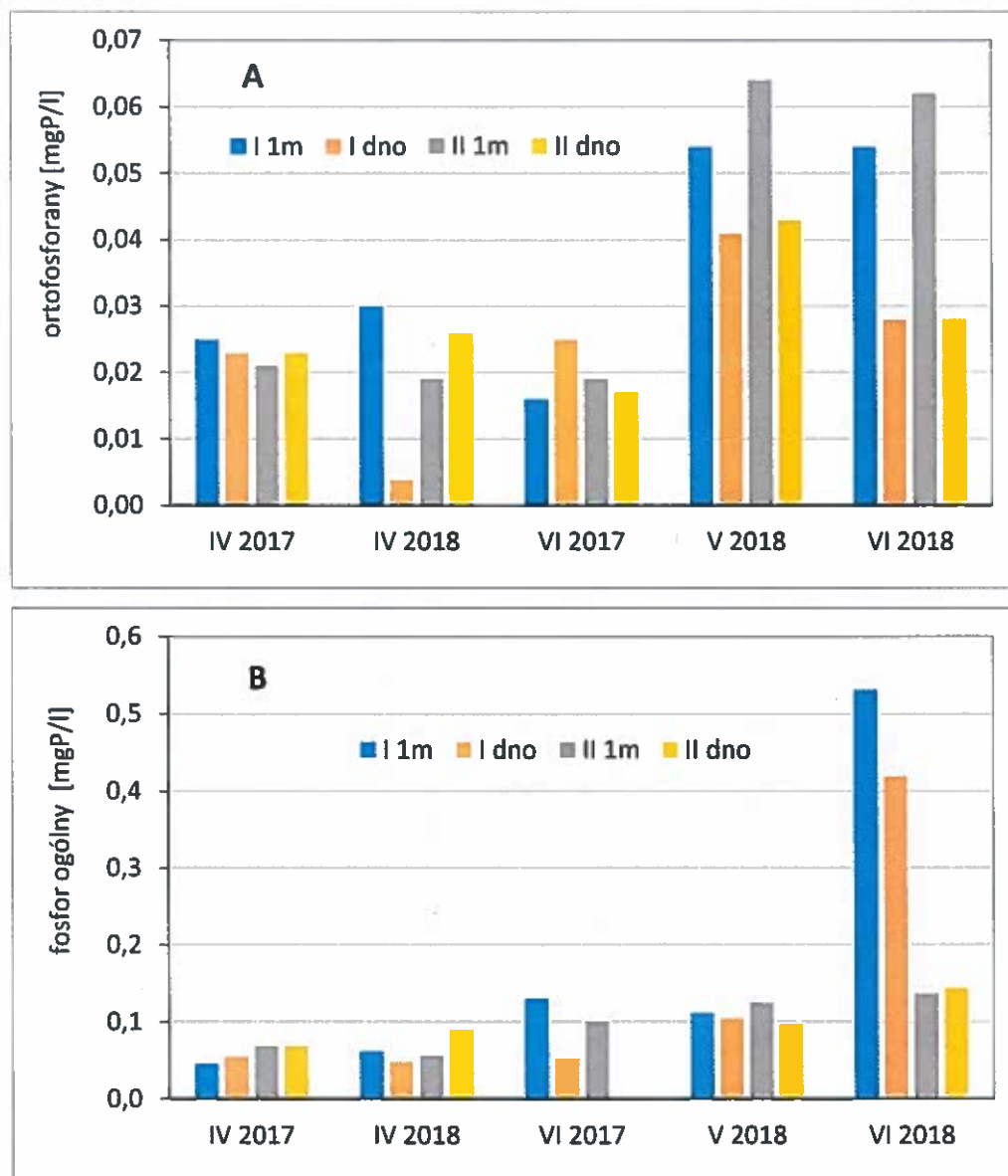
Azot azotanowy wykazywał wyższe stężenie w roku 2018 niż w 2017, co związane jest z większym wymywaniem tej formy azotu z terenów rolniczych w zlewni. Do czerwca jego stężenie zmalało wielokrotnie, w wyniku wykorzystywania przez fitoplankton. W roku 2018 w czerwcu stężenie to nadal było nieco wyższe niż w roku 2017 (rys. 13B), co ma pozytywny wpływ na zmniejszenie wydzielania fosforu z osadów dennych.

Stężenie fosforanów rozpuszczonych początkowo było bardzo niskie (poniżej 30  $\mu\text{g/l}$ ), podobnie jak przed rokiem. W maju i w czerwcu wzrosło ono dwukrotnie, szczególnie w strefie powierzchniowej obydwu stanowisk (rys. 14). Jest to prawdopodobnie skutek prowadzonych zabiegów rekultywacyjnych, w wyniku których dochodzi do zmniejszenia ilości fitoplanktonu. Obecna w jeziorze dużo mniejsza niż przed rokiem ilość fitoplanktonu nie była w stanie wykorzystać zawartej w wodzie mineralnej formy fosforu.

Stężenie fosforu ogólnego kształtowało się w zasadzie na podobnym poziomie, jak w roku ubiegłym, pomimo bardzo niekorzystnych warunków termicznych (wysoka temperatura wody, sprzyjająca rozwojowi sinic). Wyjątkowo wysokie, bo 4-krotnie wyższe niż na stanowisku II, było stężenie fosforu ogólnego w czerwcu na stanowisku I (rys. 14B). Wynikało to albo z incydentalnego zanieczyszczenia wody w tym rejonie sływem zanieczyszczeń ze zlewni, albo dopływem wysokich stężeń fosforu z wodami Małej Wełny. Kolejne badania wykażą czy jest to stała tendencja, związana np. z mineralizacją osadów w strefie ujścia Małej Wełny do jeziora, czy też chwilowe zanieczyszczenie o trudnej do ustalenia genezie.



Rys. 13. Stężenie azotu amonowego (A) oraz azotu azotanowego w wodzie jeziora Rogoźno wiosną 2017 i 2018 roku

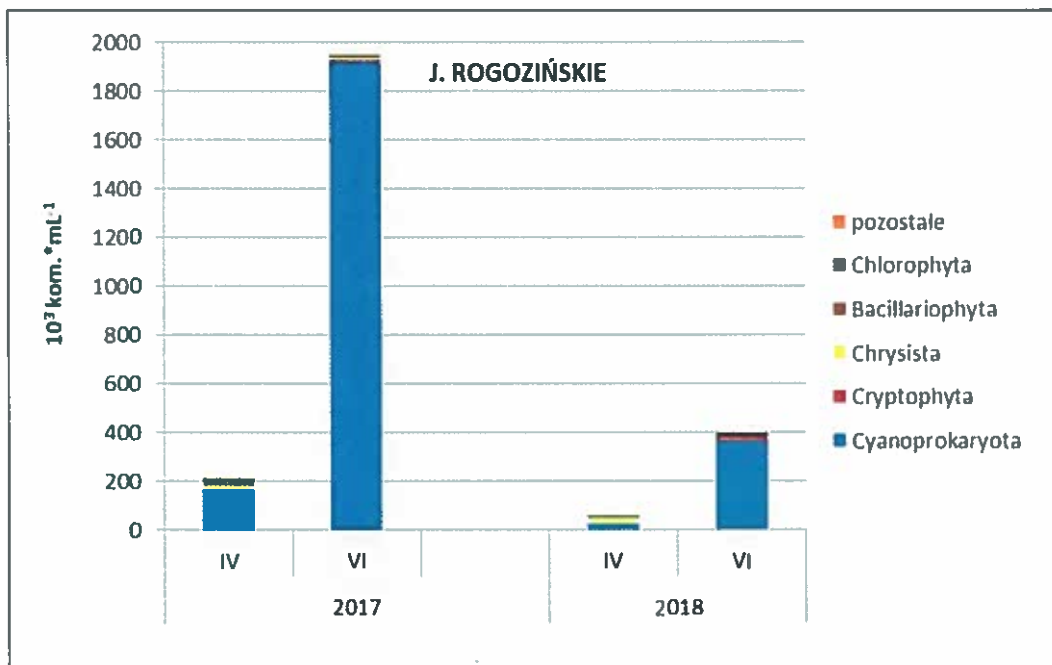


Rys. 14. Stężenie fosforanów rozpuszczonych (A) i fosforu ogólnego (B) w wodzie jeziora Rogoźno w roku 2017 i 2018

Liczebność fitoplanktonu jeziora Rogoźno uległa prawie 5-krotnemu obniżeniu, w stosunku do roku poprzedniego. Wiosną zamiast sinic liczne były złotowiciowce i okrzemki, natomiast w czerwcu pomimo ilościowej przewagi sinic, znaczny był udział kryptofitów. Świadczy to o gwałtownym pogorszeniu się warunków rozwoju fitoplanktonu sinicowego w jeziorze, w wyniku prowadzonych prac rekultywacyjnych, pomimo sprzyjającej ich rozwojowi wysokiej temperatury wody. Zabiegi rekultywacyjne wpłynęły więc na rozpoczęcie przebudowy zbiorowiska fitoplanktonowego, z bezwzględnej dominacji sinic w roku

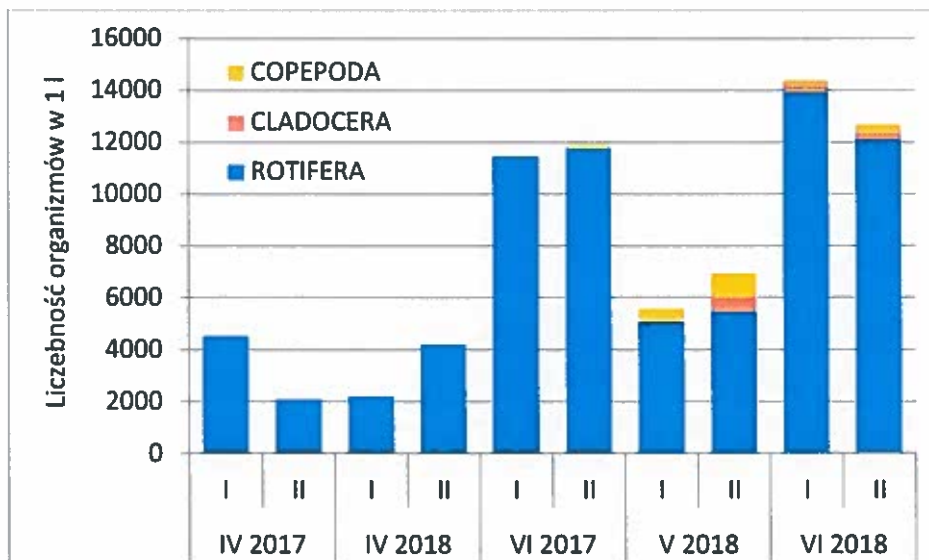


ubiegłym, w zbiornisko o zróżnicowanym składzie taksonomicznym i większej różnorodności gatunkowej.



Rys. 15. Liczebność fitoplanktonu w epilimnionie jeziora Rogoźno w roku 2018, na tle danych z roku 2017

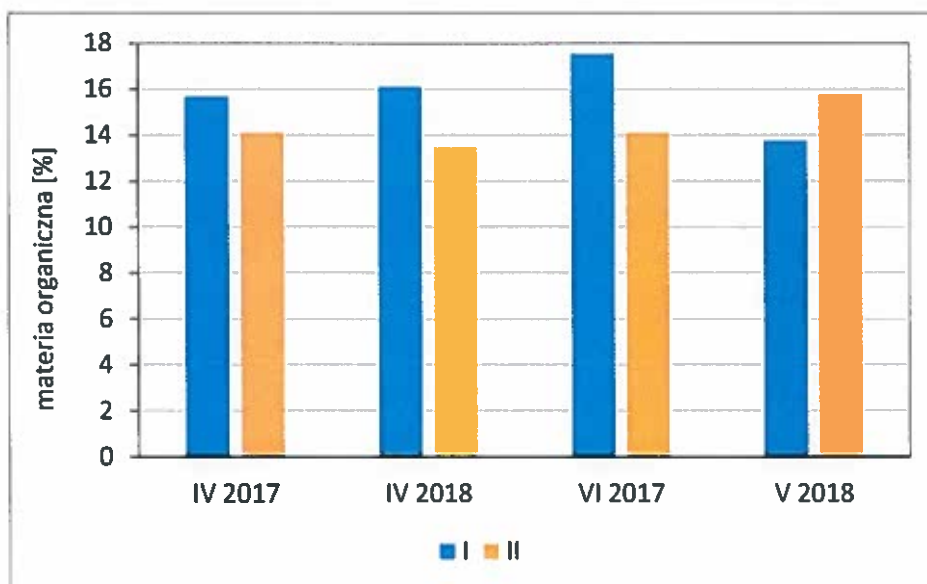
Zooplankton wiosną 2017 roku był zupełnie zdominowany przez wrotki (Rotifera), co jest cechą charakterystyczną jezior hipertroficznego. W 2018 r. liczebność wrotków wzrastała w kolejnych miesiącach, podobnie jak w roku ubiegłym, jednak zwiększała się też liczebność skorupiaków planktonowych. Już w maju zwiększyła się liczebność zarówno wioślarek (Cladocera), jak i widłonogów (Copepoda) (rys. 16). W czerwcu nadal utrzymywała się duża ich liczebność, dochodząca do 350 wioślarek w litrze wody na stanowisku I w warstwie powierzchniowej (średnio 262 osobn./l). W składzie gatunkowym co prawda dominowały mniejsze taksony: *Bosmina coregoni* i *Chydorus sphaericus*, jednak ten drugi znany jest z aktywnego wyżerania nitkowatych sinic. Dość duży udział miała też *Daphnia cucullata*, która również potrafi odżywiać się sinicami. Wysoka liczebność tych wioślarek była zapewne jedną z głównych przyczyn wyraźnego obniżenia się liczebności sinic w fitoplanktonie, w stosunku do danych z 2017 r.



Rys. 16. Liczebność zooplanktonu w jeziorze Rogoźno w 2018 r. na tle danych z 2017 r.

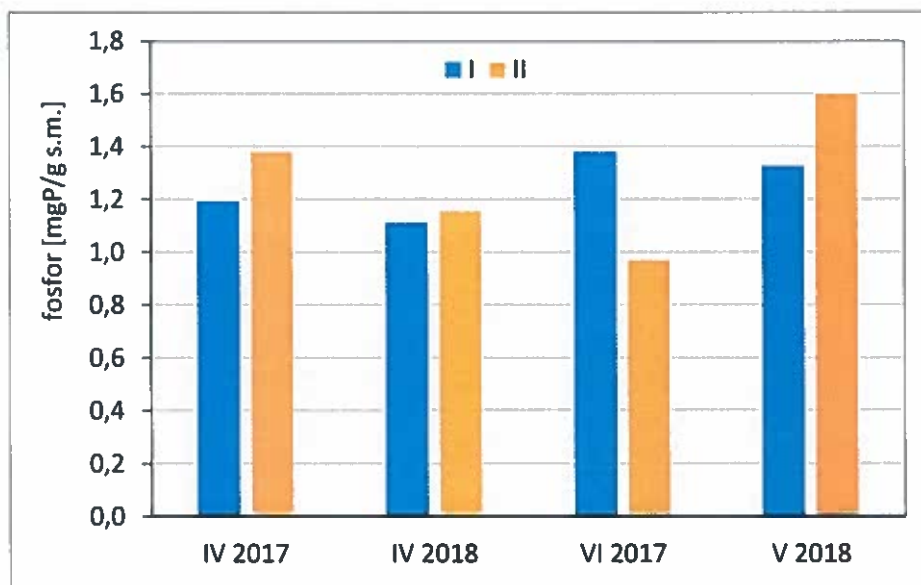
## 6. Wyniki badań osadów dennych jeziora Rogoźno

Zawartość materii organicznej w osadach dennych nie zmieniła się zasadniczo w ciągu ostatniego roku (rys. 17). Nieznacznie obniżyła się ona w maju na stanowisku I, natomiast wzrosła na stanowisku II. Zawartość materii organicznej w tym jeziorze jest przeciętna dla jezior eutroficznych, nie powinna więc stanowić zagrożenia dla powodzenia rekultywacji tego jeziora.



Rys. 17. Zawartość materii organicznej wiosną w osadach dennych jeziora Rogoźno

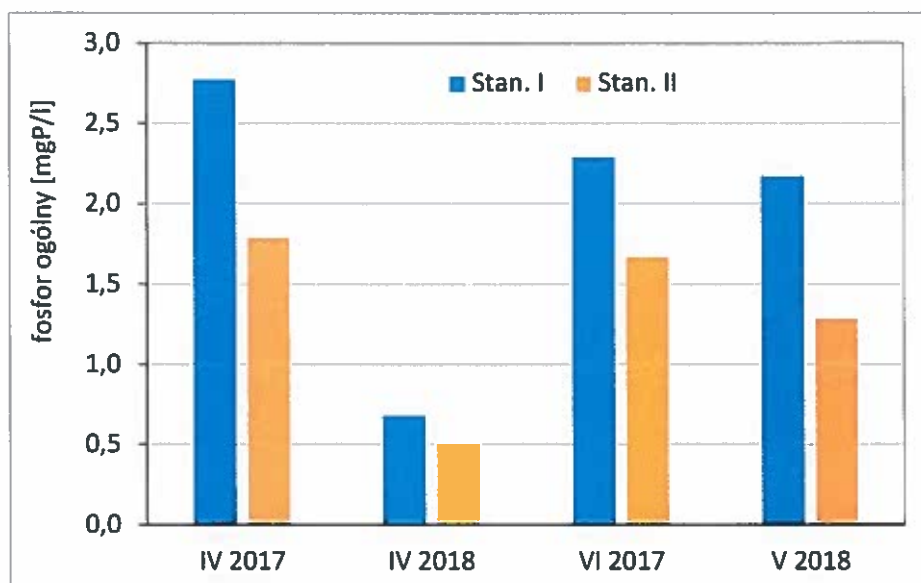
Zawartość fosforu w osadach dennych również nie zmieniła się zasadniczo w ciągu ostatniego roku, za wyjątkiem stanowiska II w maju, gdzie zwiększyła się ona istotnie (rys. 18). Związane to było z mniejszym wydzielaniem fosforu z osadów do toni wodnej, jako wynik prowadzonych działań rekultywacyjnych, głównie inaktywacji tego pierwiastka w toni wodnej. Zastosowane związki chemiczne strącają bowiem fosfor w postaci nierozpuszczalnej do osadów dennych.



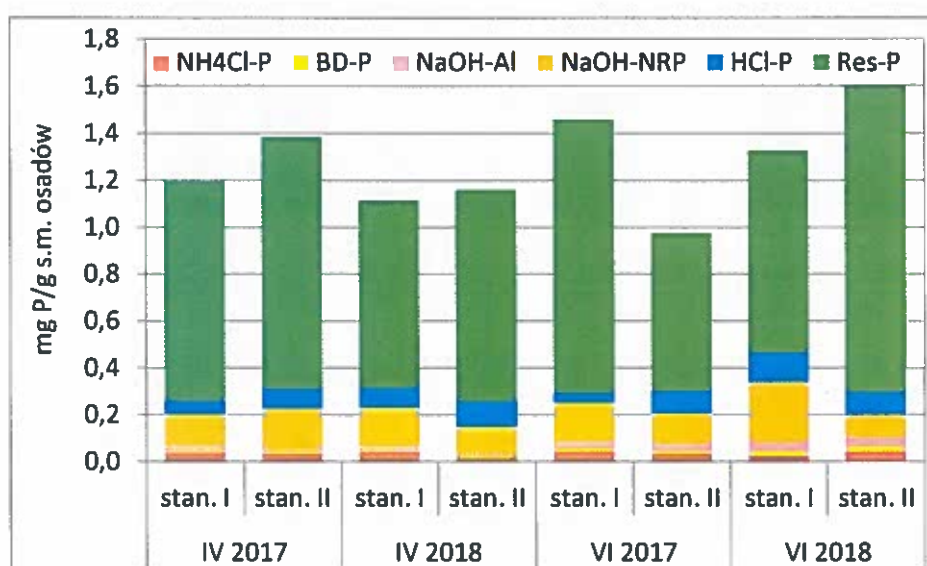
Rys. 18. Fosfor w osadach dennych jeziora Rogoźno wiosną 2018 r. na tle danych z 2017 r.

Zawartość fosforu w wodzie interstycjalnej (śródosadowej) wyraźnie zmniejszyła się w 2018 r. w stosunku do danych z 2017 r. (rys. 19). Świadczy to o mniejszym wydzielaniu się fosforu z osadów dennych do toni wodnej, gdyż woda interstycjalna stanowi ogniwo pośrednie, skąd fosfor na drodze dyfuzji lub z pęcherzykami gazów wydostaje się z osadów.

Spośród poszczególnych frakcji fosforu w osadach dennych wyraźnie dominowała frakcja Res-P, czyli fosforu trwale zdeponowanego w osadach (rys. 20). Fosfor łatwo biodostępny, czyli sumaryczna zawartość pierwszych trzech jego frakcji była niewielka, gdyż mieściła się w zakresie 3,29-7,61% całkowitej zawartości P w osadach. W bieżącym roku była ona nieco niższa niż w roku ubiegłym, gdyż średnio wynosiła 5,36%, natomiast w roku 2017 – 5,74%. Wskazuje to na mniejsze możliwości wydzielanie fosforu z osadów do toni wodnej.



Rys. 19. Zawartość fosforu ogólnego w wodzie interstycjalnej w osadach dennych jeziora Rogoźno



Rys. 20. Zawartość poszczególnych frakcji fosforu w osadach dennych jeziora Rogoźno

Wydzielanie to zwiększyło się w bieżącym roku na stanowisku I w pobliżu miejscowości Owczegłowy z  $2,55 \text{ mgP/m}^2 \cdot \text{d}$  w roku 2017, na  $3,46 \text{ mgP/m}^2 \cdot \text{d}$  w 2018 r., wskazując na stały dopływ z wodami Małej Wełny nowych ładunków fosforu, okresowo odkładanych do osadów dennych. Jednocześnie jednak wydzielanie fosforu uległo bardzo wyraźnemu obniżeniu na wysokości Rogoźna (stanowisko II) z  $3,1 \text{ mgP/m}^2 \cdot \text{d}$  na  $1,88 \text{ mgP/m}^2 \cdot \text{d}$ . Wskazuje to na duże znaczenie procesu rekultywacji, w wyniku którego jony fosforu z toni wodnej są trwale wiązane i deponowane w osadach dennych.

## 7. Podsumowanie i wnioski

W wyniku podjętych działań rekultywacyjnych w Jeziorze Budziszewskim i jeziorze Rogoźno rozpoczęta została przebudowa ich ekosystemów, umożliwiającą poprawę jakości wody. Pomimo krótkiego okresu, jaki minął od rozpoczęcia rekultywacji, dają się już zauważyć pierwsze symptomy zmian:

- zwiększyła się przezroczystość wody w obydwu jeziorach,
- zmniejszeniu uległy stężenia azotu amonowego w toni wodnej,
- stężenia fosforanów utrzymują się na niskim poziomie, ograniczającym produkcję pierwotną fitoplanktonu,
- rozpoczęła się przebudowa składu fitoplanktonu z sinicowego na mieszany, z dużym udziałem złotowiciowców, okrzemek i kryptofitów,
- silnie została ograniczona liczebność sinic planktonowych,
- zwiększyła się liczebność wioślarek w zooplanktonie, w tym gatunków aktywnie odżywiających się sinicami,
- zmniejszeniu uległo zasilanie wewnętrzne jeziora fosforem z osadów dennych.

Zmiany te świadczą o trafnie dobranych działaniach naprawczych badanych ekosystemów. W kolejnych miesiącach tego roku należy się skupić na utrzymaniu niskich stężeń fosforanów w toni wodnej jezior, co skutecznie będzie obniżało liczebność sinic w fitoplanktonie. Wskazane jest zwrócenie szczególnej uwagi na obszary wlotowe rzeki do obydwu jezior, gdyż wnosi ona ciągle nowe ładunki biogenów. W strefach położonych w pobliżu dopływu odłożone są do osadów dennych duże pokłady materii organicznej, która ulega mikrobiologicznemu rozkładowi, wydzielając do wody mineralne formy fosforu i azotu. Jesienią wskazane jest ponowne zarybienie jeziora podchowanim narybkiem gatunków drapieżnych, co pozwoli zmniejszyć liczebność ryb karpiowatych i zwiększyć liczebność zooplanktonu skorupiakowego, ograniczającego fitoplankton. Wskazane jest również przeprowadzenie jesiennych odłowów selekcyjnych, zmniejszających pogłowie dorosłych ryb karpiowatych, co zmniejszy liczebność ich narybku w następnym roku.

Konieczne jest dalsze monitorowanie zmian zachodzących w jeziorach pod wpływem rekultywacji, by stwierdzić kierunek zmian zachodzących w ekosystemie. Pozwoli to na zastosowanie niezbędnych korekt, w przypadku zadziałania mechanizmów sprzężenia zwrotnego lub innych nieprzewidzianych czynników, osłabiających oddziaływanie podjętych działań rekultywacyjnych.