

Uniwersytet w Białymstoku
Wydział Biologii



Agnieszka Joanna Ochocka

Struktura zooplanktonu jako miara stanu ekologicznego jezior

Zooplankton structure as a measure of the ecological status of lakes

Streszczenie rozprawy doktorskiej
w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych
dyscyplinie nauki biologiczne

wykonanej pod kierunkiem:
dra hab. inż. Macieja Karpowicza,
w Katedrze Ekologii Wód

Białystok, 2022

Streszczenie

Zooplankton jest powszechnie uznawany za kluczowy element pelagicznej sieci troficznej. Pogorszenie jakości wody wywołane postępującą eutrofizacją powoduje zmiany w jego składzie taksonomicznym, strukturze wielkościowej, liczebności i biomacie, dlatego zespół ten ma potencjał do wykorzystania w ocenie stanu ekologicznego jezior. Wartość indykacyjna zooplanktonu w ocenie warunków troficznych znana jest z literatury od dawna, a zooplanktonowe wskaźniki stosowane są do oceny trofii ekosystemów jeziornych. Pomimo to zooplankton nie został uwzględniony w systemie oceny wód, zgodnym z wymogami Ramowej Dyrektywy Wodnej (EC, 2000). Cele pracy obejmowały: (i) przetestowanie wskaźników bazujących na strukturze zespołu zooplanktonu jezior stratyfikowanych, w celu wytypowania najbardziej wrażliwych na eutrofizację, (ii) charakterystykę struktury zooplanktonu w warunkach referencyjnych oraz (iii) opracowanie metody oceny stanu ekologicznego bazującej na strukturze zooplanktonu.

W pracy przetestowano wrażliwość wskaźników planktonowych na nasilenie eutrofizacji, w tym nowoopracowanego wskaźnika Body Size Index (BSI) opartego na wielkości osobników gatunku *Daphnia cucullata*. Kolejnym etapem prac, koniecznym dla opracowania metody oceny stanu ekologicznego, było wyznaczenie jezior spełniających kryteria warunków referencyjnych oraz analiza struktury zasiedlających je zespołów zooplanktonu. W rezultacie zaproponowany został nowy indeks multimetryczny Zooplankton Index for Polish Lakes' Assessment (ZIPLAs).

Uzyskane dane zostały przeanalizowane z zastosowaniem szeregu technik statystycznych, w tym analizy wariancji ANOVA (wykazanie zróżnicowania pomiędzy jeziorami referencyjnymi i niereferencyjnymi na podstawie parametrów fizyczno-chemicznych oraz sposobu zagospodarowania zlewni), wielowymiarowej analizy RDA (zależności pomiędzy zmiennymi środowiskowymi a składem taksonomicznym zooplanktonu), korelacji rang Spearmana (zależność pomiędzy parametrami eutrofizacji a wskaźnikami zooplanktonowymi), analizy SIMPER (wskazanie taksonów rozróżniających jeziora referencyjne od niereferencyjnych). Zastosowanie wskaźnika Indicator Value (IndVal) pozwoliło na wytypowanie gatunków charakterystycznych dla jezior referencyjnych.

Wykazano, że warunki panujące w jeziorach miały istotny wpływ na zasiedlające je zwierzęta planktonowe, co przekładało się na różnice w ich składzie gatunkowym, liczebności i biomacie. Testowane wskaźniki wykazały zróżnicowaną reakcję na wzrost koncentracji biogenów. Najbardziej wrażliwymi wskaźnikami (wartości wskaźników rosły gwałtownie) na

wzrost koncentracji fosforu ogólnego (TP) w zakresie od 10 do 35 $\mu\text{g P L}^{-1}$ były wskaźniki wyliczone na podstawie udziału procentowego gatunków wysokiej trofii z grup Crustacea i Rotifera, w puli wszystkich gatunków wskaźnikowych oraz indeks wyrażający stosunek biomasy do liczebności Crustacea. Wskaźnik Margalefa oraz udział Cyclopoida w liczebności Crustacea były wrażliwe zarówno w niskich ($<35 \mu\text{g L}^{-1}$), jak i wysokich ($>60 \mu\text{g L}^{-1}$) koncentracjach TP. Z kolei wskaźniki oparte na liczebności Rotifera, biomasy Cyclopoida oraz stosunku liczebności Cyclopoida do Cladocera okazały się wysoce wrażliwe przy koncentracji TP przekraczającej $60 \mu\text{g L}^{-1}$. Wyniki badań wykazały, że *Daphnia cucullata* osiąga większe rozmiary ciała w jeziorach oligotroficznych i mezotroficznych, natomiast wraz ze wzrostem trofii w populacji zaczynają dominować osobniki o mniejszych rozmiarach. Na podstawie otrzymanych wyników zaproponowany został prosty i użyteczny wskaźnik bazujący na rozmiarach ciała zwierząt planktonowych - BSI.

Jako punkt wyjścia do stworzenia metody oceny stanu ekologicznego opracowano charakterystykę zooplanktonu jezior referencyjnych oraz wskazano gatunki charakterystyczne dla tych jezior, w tym *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, *Ascomorpha ecaudis*, *Collotheca pelagica* i *Gastropus stylifer*. Na podstawie struktury zooplanktonu, wyliczono wskaźniki, które następnie zostały przetestowane wobec parametrów eutrofizacji w celu opracowania multimetrycznego indeksu zooplanktonowego. W ostatnim etapie prac opracowano metodę oceny stanu ekologicznego jezior stratyfikowanych, indeks ZIPLA_S (Zooplankton Index for Polish Lakes' Assessment) na podstawie stopnia przekształceń struktury zooplanktonu w odniesieniu do warunków referencyjnych. Indeks ZIPLA_S silnie koreluje (korelacja rang Spearmana) ze wszystkimi parametrami eutrofizacji – najsilniej z SD ($r = 0,86$), nieco słabiej z TP ($r = -0,74$) i TN ($r = 0,68$). Granice klas opracowano na podstawie wartości wskaźników w jeziorach referencyjnych. Uzyskane wyniki pokazują, że indeks ZIPLA_S może być wykorzystany jako wiarygodne narzędzie w monitoringu stanu ekologicznego jezior.

Summary

Zooplankton is widely recognized as a key component of the pelagic trophic web. The deterioration of the water quality caused by eutrophication affects the taxonomic composition, size structure, abundance, and biomass of zooplankton, therefore zooplankton has the potential to be used in the assessment of the ecological status of lakes. It has been used as an indicator of trophic status for a long time. Nevertheless, zooplankton was not included in the water assessment system compliant with the Water Framework Directive requirements (EC, 2000). The aims of the dissertation included: (i) testing the zooplankton indices calculated based on the structure of the zooplankton community from stratified lakes in order to select the most sensitive indices of eutrophication pressure, (ii) the characteristics of the zooplankton structure in reference conditions, (iii) the development of a zooplankton based-method for assessing the ecological status of lakes.

The first stage of the work was to test sensitivity of zooplankton indicators to the eutrophication parameters. The next stage was to determine lakes meeting the criteria of reference conditions and to analyze the structure of the zooplankton communities inhabiting them. As a result, a new multimetric index Zooplankton Index for Polish Lakes' Assessment (ZIPLAS) was proposed.

The data were analyzed using several statistical techniques, including ANOVA (demonstrating the differences in physicochemical parameters and the land use in the catchment between reference and non-reference lakes), multidimensional RDA (relationship between environmental variables and the zooplankton taxonomic composition), Spearman's rank correlation (relationship between eutrophication parameters and zooplankton indices), SIMPER analysis (identification of taxa distinguishing reference lakes from non-reference lakes). The Indicator Value (IndVal) index revealed the species characteristics for the reference lakes.

The tested zooplankton indices showed three types of responses to the increases in nutrient concentration. The percentage share of Crustacea and Rotifera species indicative of high trophic in the indicative group's numbers, and the ratio of biomass to Crustacea numbers were the most sensitive (index values increased rapidly) to low phosphorus concentration ($TP < 35 \mu\text{g L}^{-1}$). The Margalef index and percentage share of Cyclopoid biomass in total biomass of Crustacea were very sensitive in both low ($< 35 \mu\text{g L}^{-1}$) and high ($> 60 \mu\text{g L}^{-1}$) TP concentrations. Indices based on Rotifera numbers, the biomass of Cyclopoida, and biomass ratio of Cyclopoid to Cladocera were highly sensitive at TP concentrations above $60 \mu\text{g L}^{-1}$.

The results showed that *Daphnia cucullata* grows larger in low trophic conditions, while the body length and width significantly decreased with increasing trophic status. We have shown that the body size of the planktonic cladocerans can be used as an indicator of the trophic status of lakes, and we proposed a simple and useful Body Size Index (BSI).

The first step to develop a zooplankton based-method to assess ecological status was the description of the zooplankton structure of reference lakes. The characteristic species for these lakes were identified, including *Bosmina (Eubosmina) coregoni*, *Ascomorpha ecaudis*, *Collotheca pelagica* and *Gastropus stylifer*. Then zooplankton indices were calculated and tested against eutrophication parameters. Finally, the ZIPLAs multimetric index (Zooplankton Index for Polish Lakes' Assessment) was developed to assessment of the ecological status of stratified lakes. ZIPLAs responds clearly to eutrophication indicators - the strongest with Secchi disc visibility (Spearman's rank correlation $r = 0.86$) and slightly weaker with total phosphorus ($r = -0.74$), total nitrogen ($r = 0.68$). The boundaries values of ZIPLAs were established based on the zooplankton indices values from reference lakes. The ZIPLAs index can be used as a valuable tool in the monitoring the ecological status of lakes.