

"Czy ryby adaptują się do zakwitów sinicowych"

Nr UMO-2012/05/B/NZ8/00980

Koordinator: Prof. dr hab. Małgorzata Godlewska

Problem i główny cel projektu

Toksyczne zakwity sinicowe stanowią problem natury globalnej. Ich masowy charakter wpływa na prawidłowe funkcjonowanie naturalnych ekosystemów wodnych, wód rekreacyjnych i wody przeznaczonej do spożycia. Toksyny produkowane przez sinice stanowią poważne zagrożenie dla organizmów wodnych. W szczególności dla ryb, w których toksyny mogą się akumulować, a pośrednio dla człowieka, który pije skażoną wodę i spożywa skażone ryby. Szczególnie narażone na procesy eutrofizacji, którym towarzyszą toksyczne zakwity sinicowe są płytkie nizinne zbiorniki zaporowe. Przykładem takiego zbiornika jest Zbiornik Sulejowski, w którym corocznie w okresie lata obserwowane są zakwity sinicowe oraz produkowane przez sinice mikrocytyny o działaniu hepatotoksycznym.

Podstawowym celem projektu było określenie przestrzennego współwystępowania ryb i sinic (z uwzględnieniem genotypów toksycznych) oraz sprawdzenie czy ryby reagują na obecność sinic w wodzie i w jaki sposób. Podjęto także kompleksową ocenę zagrożenia dla ryb ze strony sinic produkujących mikrocytyny. Nasza główna hipoteza, oparta na pilotażowych badaniach migracji ryb w zbiorniku Sulejowskim zakładała, że ryby w sposób aktywny unikają sinic wędrując z miejsc objętych zakwitami do miejsc, gdzie jest ich mniej lub nie ma w ogóle. Wyjaśnienie zależności pomiędzy biologicznymi elementami ekosystemu (struktura gatunkowo-wielkościowa ryb oraz obfitość i skład fito- i zooplanktonu) oraz abiotycznymi (zawartość tlenu, temperatura, stężenia fosforu i azotu, zawartość i stężenie toksyn) pozwoliły na lepsze zrozumienie funkcjonowania silnie zeutrofizowanych ekosystemów oraz wyjaśnienie wzajemnych relacji pomiędzy rybami i sinicami.

Pomiary

Jednoczesne przestrzenne rozmieszczenie ryb i sinic w skali całego zbiornika było rejestrowane za pomocą echosondy SIMRAD EY60 emitującej sygnał poziomo na częstotliwości 200 kHz. Równoległe z pomiarami hydroakustycznymi były prowadzone pomiary fluorescencji fikocyjaniny *in vivo*, która, jak pokazały wcześniejsze badania, jest pozytywnie skorelowana z biomasą sinic. Pomiary fikocyjaniny miały na celu monitorowanie powstawania i rozprzestrzeniania się zakwitu, a jednocześnie miały posłużyć do kalibracji akustycznych pomiarów sinic. Dodatkowo na 14 stacjach (umieszczonych w sieci transektów akustycznych) były prowadzone punktowe pomiary parametrów fizykochemicznych i pobierane próbki do pomiarów biologicznych i toksykologicznych. Za pomocą wontonów umieszczonych w 1) strefie zakwitu i 2) wolnej od niego, były przeprowadzone odłowy ryb w celu oceny ich składu gatunkowego i struktury wielkościowej. W celu oceny zagrożenia ryb, w tkankach dominujących gatunków (płoc, leszcz) były przeprowadzone pomiary stężenia hepatotoksyn sinicowych, mikrocytyn, metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej HPLC z detekcją diodową.

Najważniejsze osiągnięcia projektu:

1. Badania wykazały, że ryby w sposób aktywny unikają miejsc objętych zakwitami, migrując do miejsc, gdzie jest mniej sinic, lub nie ma ich wcale (Rys 1)
2. Ryby w zbiorniku Sulejowskim (dwa dominujące gatunki: płoc i leszcz), pomimo występowania zakwitów sinicowych nie zawierały mikrocytyn ani w mięśniach, ani w wątrobie i nerkach
3. Badania wykazały, że metody hydroakustyczne mogą być wykorzystane nie tylko do rejestracji rozmieszczenia i biomasy ryb, ale również do identyfikacji zakwitu i obserwacji jego rozwoju oraz przestrzennego przemieszczania się

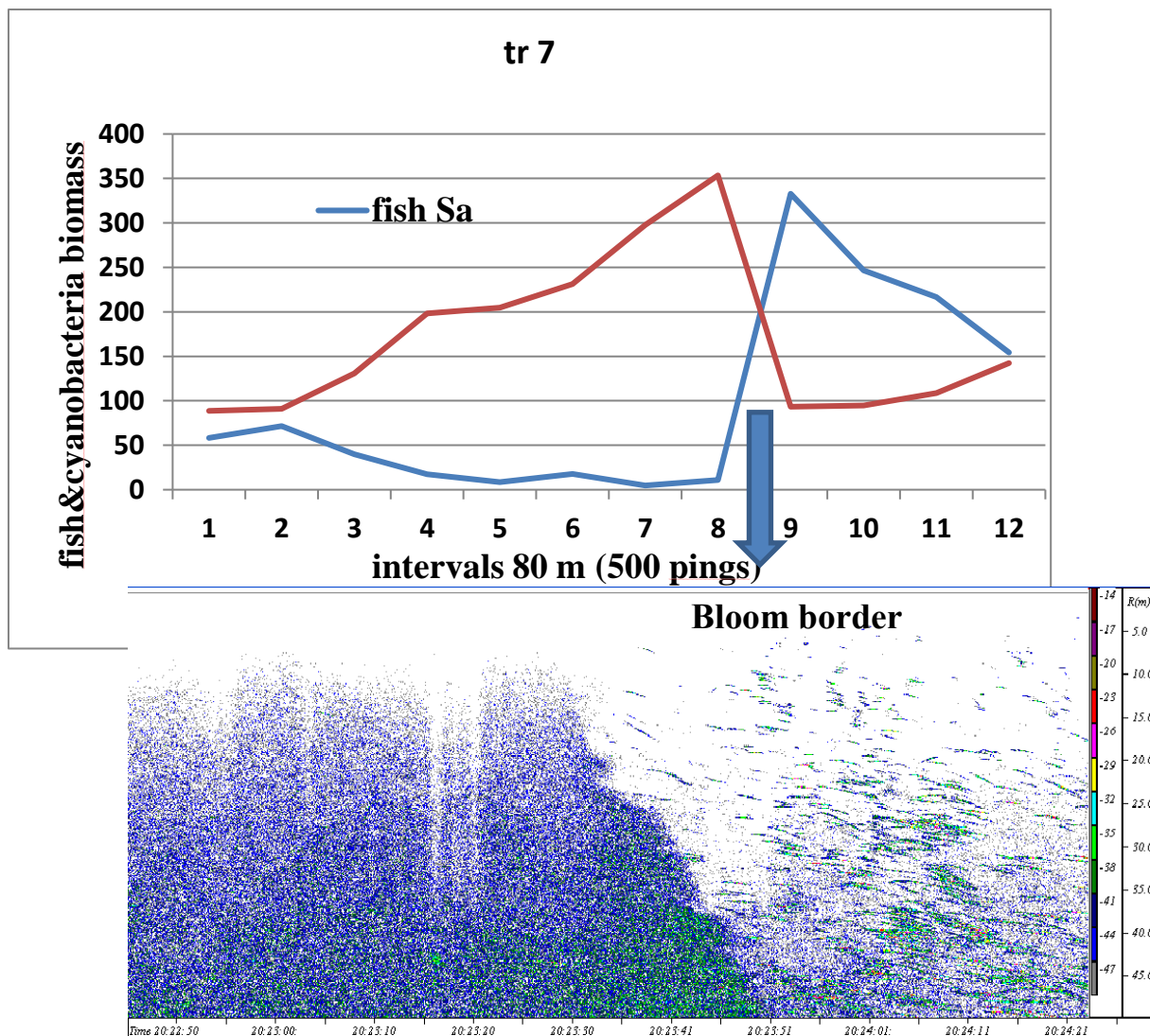


Fig 1. Biomasa ryb i sinic wyrażona w jednostkach akustycznych, jako współczynnik odbicia dźwięku na jednostkę powierzchni S_a [$m^2 ha^{-1}$] w funkcji odległości. Strzałka pokazuje przejście przez granicę zakwitnięcia, a poniżej echogram obrazujący sinice (po lewej) i liczne ślady ryb (po prawej)

Znaczenie dla nauki

Ekosystemy wodne charakteryzują się wysoką dynamiką zmian struktur i procesów w czasie i przestrzeni. Ekohydrologia, która ukierunkowana jest na „process oriented thinking”, korzysta z różnych metod kwantyfikacji tych procesów. Zastosowane w projekcie metody takie jak pomiar fluorescencji *in vivo*, oraz hydroakustyczna ocena rozmieszczenia ryb i sinic są technikami nieinwazyjnymi dla środowiska, co powoduje, że stanowią one preferowane metody badawcze. Metody hydroakustyczne, które są bezkontaktowe (nie niszczą ani obiektu badań ani środowiska), dostarczają danych przestrzennych o wysokiej rozdzielczości, i pozwalają na przebadanie dużych obszarów w krótkim czasie. Metody te są nowatorskie w skali nie tylko Polski, ale i Europy, a nawet świata, i wydaje się, że mają przed sobą ogromną przyszłość. Pozytywne wyniki tego projektu, potwierdzające ich skuteczność i wysoką precyzję powinny się przyczynić do coraz powszechniejszego ich stosowania przy jednoczesnym ograniczeniu destrukcyjnych metod tradycyjnych, co będzie z korzyścią dla nauki i środowiska wodnego. Ma to szczególne znaczenie dla monitoringu wymaganego przez Ramową Dyrektywę Wodną. Metody hydroakustyczne są standardem CEN dla oceny liczebności

ryb, jednak ani w Polsce ani w szeregu innych krajów europejskich nie są one jeszcze powszechnie stosowane.

Dzięki projektowi stało się możliwe opublikowanie po raz pierwszy w literaturze światowej, że sinice mogą być rejestrowane za pomocą echosondy rybackiej jednocześnie z rybami (w dotychczasowej literaturze przedmiotu były one traktowane jako zakłócenie, które należało usunąć), co w przyszłości pozwoli na lepsze zrozumienie wzajemnych relacji pomiędzy rybami i zakwitami sinicowymi. Ponadto wyniki projektu sugerują, że ultradźwięki mogą mieć istotny wpływ na pogorszenie kondycji sinic, a więc być wykorzystywane do ich usuwania. Takie doniesienia na podstawie pomiarów laboratoryjnych pojawiają się w literaturze już od kilku lat (Wu et al. 2011), jednak dotychczas nikt nie pokazał skuteczności tej metody w warunkach „in situ”. Potwierdzenie tej hipotezy dałoby tanie, efektywne i bezpieczne dla środowiska narzędzie usuwania zakwitów sinicowych, co w świetle obecnych światowych problemów z eutrofizacją i oczekiwanych zmian spowodowanych zmianami klimatycznymi jest nie do przecenienia.

Publikacje

1. Godlewska M., Izydorczyk K., Kaczkowski Z., Jóźwik A., Długoszewski B., Ye S. Lian Y. and Guillard J. 2016. Do fish and blue-green algae blooms coexist in space and time? *Fish. Res.* 173: 93-100, IF 1.903, 30 pkt
2. Kaczkowski Z., Wojtal-Frankiewicz A, Gągała I., Mankiewicz-Boczek J., Jaskulska A., Frankiewicz P., Izydorczyk K., Jurczak T., Godlewska M., 2017. Relationships between cyanobacteria, zooplankton and fish in sub-bloom conditions in the Sulejów Reservoir. *Journal of Limnology*, DOI:10.4081/jlimnol.2017.1521, IF 1.178, 25 pkt
3. Godlewska M., Balk H., Kaczkowski Z., Jurczak T., Mankiewicz-Boczek J., Fish escape from *Microcystis* bloom – evidence from simultaneous hydroacoustic measurements of fish and cyanobacteria and gillnet catches, *Fish Res.* Praca złożona

Prezentacje na konferencjach:

- **XXXII Congress of the International Society of Limnology (SIL), Budapest, Hungary, 4-9 August 2013**

Referat: Do microcistis bloom affect fish spatial distribution and their migrations? An example of the Sulejów Reservoir, Poland (Małgorzata Godlewska, Katarzyna Izydorczyk, Piotr Frankiewicz, Tomasz Jurczak, and Jakub Wojtalik)

- **The 2nd International Conference and Exhibition on Underwater Acoustics (UA2014), 22-27 June 2014, Rhodes, Greece**

Referat zaproszony: Do fish and blue algae blooms coexist in space? (Małgorzata Godlewska, Katarzyna Izydorczyk, Shaowen Ye, Bronisław Długoszewski, Marta Cendrowska)

- **Ecology of Fish in Lakes and Reservoirs EcoFiL 2014, 8-11 September 2014 Ceske Budejovice, Czech Republic**

Referat: Do fish and blue-green algae blooms coexist in space and time?(Małgorzata Godlewska, Katarzyna Izydorczyk, Bronisław Długoszewski, ShaowenYe and Yuxi Lian)

➤ **8-th ShallowLakes Conference, 12-17 Oct. 2014, Antalya, Turkey**

Referat: Dynamics of cyanobacterial bloom, zooplankton and fish biomass and spatial distributions in shallow Sulejów Reservoir, Poland(Małgorzata Godlewska, Joanna Mankiewicz-Boczek, Ilona Gągała, Katarzyna Izydorczyk, Adrianna Wojtal-Frankiewicz , Zbigniew Kaczkowski, Tomasz Jurczak , Bronisław Długoszewski , Aleksandra Jaskulska and Sebastian Ratajski)

➤ **10th Symposium on Cladocera, 28 September – 3 October 2014, Lednice, Czech Republic**

Plakat z prezentacją: Response of an antioxidant systems of *Daphnia* under spatial differences of toxic cyanobacteria concentrations in the eutrophic reservoir (Wojtal-Frankiewicz A., Bernasińska J., Gwoździński K., Frankiewicz P., Jurczak T., Godlewska M.)

➤ **XXXIII Int. Conference of the Polish Phycological Society, 19-22.05.14, Gdynia – Cetniewo, Poland.**

Referat: Toxic cyanobacteria in the Sulejow Reservoir – the occurrence and threat (Gągała I., Pawełczyk, J., Jurczak, T., Jaskulska, A., Izydorczyk, K., Jaros, D., Karwaciak, I., Kokociński, M., Godlewska, M., Pułaski, Ł., Dziadek, J., Mankiewicz-Boczek, J.) ISBN 978-83-7865-222-9.

Streszczenie angielskie

In the past decades, increasing eutrophication has led to frequent outbreaks of cyanobacterial blooms both in freshwater and in marine environments. Toxins produced by cyanobacteria threaten not only aquatic animals, including fish in which they may accumulate, but also people who may be exposed to cyanotoxins by consumption of contaminated fish. Shallow lowland dam reservoirs are particularly vulnerable to eutrophication followed by harmful algal blooms, it is why we choose as a study place the Sulejowski Reservoir, in which blooms occur regularly during summer time. Measurements were conducted during summer seasons of 2013-2015. Project aimed at assessing the fish spatial distribution in relation to cyanobacterial bloom occurrence and its toxicity. We hypothesize that fish can actively escape from the areas covered by blue-green algae blooms, and in this way avoid or substantially limit their intoxication. Both fish and cyanobacteria spatial distributions were measured with hydroacoustics, a non invasive method, which is safe for the environment and provides high resolution spatial data at a high speed. The main aim of the project has been fully reached and confirmed our hypothesis that fish can escape from cyanobacterial bloom. The echograms of the “bloom border” have shown in a spectacular way, that fish crowded in a clean water just at the border, while very few fish were found within the bloom. Estimated acoustically fish and cyanobacterial biomass were showing opposite trends with less fish encountered as intensity of bloom was increasing. There was a clear mismatch in spacial distribution of the maxima of fish and cyanobacterial biomass. Mean fish density for the investigated area was nearly three times lower in 2013 and 2015 (230 and 188 fish ha⁻¹ accordingly), when cyanobacterial blooms were present, than in 2014 (623 fish ha⁻¹) when the bloom was absent. This difference could be caused by the migration of some fish into the upper part of the reservoir (not covered by our measurements due to too shallow depths), where as a result of dominating wind directions blooms usually are not observed and environmental conditions are much better. The highest biomass of cyanobacteria including toxic genotypes was recorded in 2015, while the lowest in 2014. Microbiological analyses confirmed that in years 2013-2015 intracellular toxins were present, but no toxins were detected in water. Also no microcistins were discovered in the tissue of dominating fish species, roach and bream, neither in muscles no in such sensitive organs like liver and kidney. This means that either fish were able effectively avoid the

intoxication by cyanobacterial bloom, or toxin concentrations were too low to be detected with the methods applied (HPLC with diode array detection). It has been shown for the first time in this project that cyanobacteria can be measured by the scientific echosounder simultaneously with fish (until now they were removed as unwanted noise), which in the future should allow better understanding of the relationships between fish and cyanobacteria. Additionally results of the project suggest that ultrasound can have some negative effects on cyanobacteria (we have observed diminishing area covered by the bloom in consecutive days of measurements, reason for which at present is unknown and ultrasound is one of the hypotheses). There are some reports about the destructive effects of ultrasound on cyanobacteria, but proved only in laboratory conditions (Wu et al. 2011). Confirmation that it works also in natural ecosystems would give the managers an effective tool for cyanobacteria removal. Thus, hydroacoustics could be used not only to monitor presence and development of the cyanobacterial bloom, but also to control/remove it. This issue is very important in the light of existing world problems with eutrophication and expected negative changes due to global warming.