

*Teledetekcja satelitarna zakwitów cyjanobakterii i analiza ich wpływu na zdalne pomiary wybranych właściwości fizycznych wód Morza Bałtyckiego*

Celem rozprawy doktorskiej było określenie wpływu zakwitów cyjanobakterii na właściwości fizyczne wód wyznaczane metodami satelitarnymi w obszarze występowania ich kumulacji przypowierzchniowych, a szczególnie nitkowatych cyjanobakterii *Dolichospermum* sp., *Aphanizomenon flos aquae* i *Nodularia spumigena*, które najczęściej dominują podczas letnich zakwitów planktonu fotosyntetyzującego w Morzu Bałtyckim. Dokonano przeglądu dostępnych metod i weryfikacji podstaw ich zastosowania pod kątem odpowiedzi na pytanie, które z nich pozwoliłyby efektywnie monitorować zmienność przestrzenną i czasową zakwitów w Morzu Bałtyckim. Zaproponowano użycie indeksu CI, który był wcześniej testowany w obszarze Wielkich Jezior w Ameryce Północnej (Wynne i in., 2013). Przeprowadzone analizy potwierdziły podobieństwo widm radiacji wychodzącej z wody w rejonach zakwitów nitkowatych cyjanobakterii w obydwu akwenach i wykazano obecność lokalnego maksimum wartości refleksyjności zdalnej przy długości fali ok. 708 nm w widmach zarejestrowanych podczas zakwitów cyjanobakterii w Bałtyku Południowym, dzięki czemu spełnione są założenia niezbędne do użycia indeksu CI. Daje to podstawę do zastosowania go w Morzu Bałtyckim.

W rozprawie doktorskiej zbadany został także wpływ przypowierzchniowych zakwitów cyjanobakterii na pomiary satelitarne wykonywane w pozostałych zakresach spektralnych promieniowania elektromagnetycznego (podczerwień, mikrofała), w celu oceny możliwości wykorzystania także tych zakresów spektralnych do zdalnej detekcji zakwitów, co istotnie zwiększyłoby operacyjne możliwości pozyskiwania informacji o zakwitach m.in. uniezależniając ją od pokrycia chmurami badanych obszarów. Nie uzyskano rezultatów pozwalających na niezależną detekcję zakwitów w oparciu tylko o te zakresy spektralne, ale pokazano jak zakwity wpływają na określane zdalnie w tych zakresach spektralnych parametry fizyczne. Za pomocą indeksu CI została stworzona maska obszarów występowania agregatów cyjanobakterii tuż przy powierzchni, która została porównana z rozkładami przestrzennymi temperatury oraz szorstkości powierzchni morza. Pokazano, że maska ta skutecznie wskazuje sytuacje kiedy prawdopodobieństwo wpływu kumulacji na lokalne zróżnicowanie przestrzenne temperatury wody lub zmniejszenie szorstkości powierzchni morza jest wysokie i może być ona używana do interpretacji i oceny jakości obrazów satelitarnych w zakresach podczerwonym i mikrofalowym.

Na podstawie wybranej optymalnej metody zdalnej detekcji kumulacji zakwitów cyjanobakterii, przeanalizowano długookresowe trendy w charakterystykach przestrzennych i czasowych intensywności letnich zakwitów cyjanobakterii. W tym celu przeanalizowano serie danych satelitarnych dla lat 2002 – 2018. Potwierdzono niewielki trend wzrostowy długości trwania sezonu zakwitów cyjanobakterii, czyli okresu od dnia pojawienia się kumulacji przypowierzchniowych do dnia, kiedy są one obserwowane po raz ostatni w danym roku. Bezwzględna ilość dni z obecnością kumulacji cyjanobakterii nie wykazała jednak trendu wzrostowego, za wyjątkiem południowej części Zatoki Botnickiej. Biomasa cyjanobakterii była tam zawsze bardzo niska, ale w ostatnich latach zaczęła rosnąć, a krótkotrwałe kumulacje przypowierzchniowe cyjanobakterii zaczęły się tam pojawiać rokrocznie. W ramach pracy określono także jakie czynniki środowiskowe determinują intensywność i czas trwania przypowierzchniowych zakwitów cyjanobakterii oraz zaproponowano zależności statystyczne, które umożliwiłyby ich predykcję.