

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr Magdaleny Marii Pawlik

pt. "Pine pollen: A key component found in the surface waters of the Baltic Sea
(Pyłek sosny, istotny składnik wód powierzchniowych Bałtyku)"

Recenzja została sporządzona w odpowiedzi na pismo DS/220/24 z dnia 26 czerwca 2024 r. podpisane przez dr. hab. Monikę Kędra, prof. IO PAN, Przewodniczącą Rady Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk.

Struktura, problematyka i cele badawcze

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska została przygotowana w Zakładzie Fizyki Środowiska, Instytutu Fizyki, Akademii Pomorskiej w Słupsku (obecnie Instytutu Geografii, Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku) pod kierunkiem dr hab. Dariusza Ficka, prof. UP. Praca została przygotowana w języku angielskim, jako zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. "Pine pollen: A key component found in the surface waters of the Baltic Sea (Pyłek sosny, istotny składnik wód powierzchniowych Bałtyku)". Na 115 stronach zawarto: stronę tytułową, podziękowania, spis treści, zestawienie stosowanych skrótów i symboli oraz rozszerzone streszczenie obejmujące wstęp, przegląd wyników uzyskanych w poszczególnych publikacjach oraz wnioski i podsumowanie wraz ze spisem literatury cytowanej w streszczeniu, a także cztery publikacje, stanowiące osiągnięcie naukowe oraz oświadczenia współautorów publikacji i podziękowania. Dodatkowo praca zawiera tłumaczenie na język polski strony tytułowej, zestawienia stosowanych skrótów i symboli oraz rozszerzonego streszczenia. Do pracy dołączono płytę CD-R, na której zapisano sześć plików w formacie .pdf. Plik „Rozprawa doktorska” zawierający wszystkie wymienione elementy rozprawy oraz osobne pliki poszczególnych publikacji wchodzących w skład cyklu: „1_Publikacja1”, „2_Publikacja2”, „3_Publikacja3”, „3_Załącznik do publikacji 3” i „4_Publikacja4”.

Nie jest dla mnie zrozumiałe, dlaczego „3_Załącznik do publikacji 3” stanowi odniesienie do czwartej publikacji cyklu, i nie zawiera dodatkowych ilustracji „Supplemental figures for Pollen in the Baltic Sea as viewed from space (...)” jak w pliku Rozprawa doktorska.pdf.

Załączone oświadczenie współautora publikacji, w przypadku artykułów 1, 2 i 4, jednoznacznie potwierdza dominujący, 90% udział Doktorantki w powstaniu dzieła. Jednak w przypadku artykułu nr. 3 dołączono oświadczenia jedynie pięciu z ośmiu współautorów. Dodatkowo nie precyzują one procentowego wkładu poszczególnych autorów, stąd trudno o jednoznaczną ocenę wkładu Doktorantki, poza opisanym w artykule udziałem w zebraniu danych, pisaniu, edycji i wprowadzaniu poprawek po recenzji oraz pozyskaniem finansowania.

Przedstawiony do oceny cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, dotyczy pyłku sosny, jako składnika materii zawieszanej (SPM), która obok substancji rozpuszczonych, stanowi jedną z najważniejszych grup składników wody morskiej, w aspekcie ich wpływu zarówno na właściwości optyczne wody, jak i udziału w bilansie pierwiastków biogennych i związków organicznych wprowadzanych do morza. Poruszony przez Doktorantkę temat należy uznać za ważny i nowatorski, co potwierdza niewielka liczba publikacji naukowych opisujących stan wiedzy w zakresie badań tego składnika wody zarówno w Bałtyku, jak i w innych akwenach. Doktorantka w swoich badaniach skupia się na holistycznym określeniu wpływu pyłku sosny na ekosystem Bałtyku, analizując zagadnienie zarówno od strony metodycznej, gdzie zaproponowała metodę pomiaru koncentracji pyłku w środowisku wodnym oraz określiła jego właściwości geometryczne i optyczne, jak również aplikacyjnym, wykorzystując opracowany algorytm, określiła zasięg występowania pyłku w wodach powierzchniowych Bałtyku oraz oszacowała jego udział w SPM i bilansie pierwiastków biogennych.

Doktorantka sformułowała trzy hipotezy badawcze. W pierwszej, zakłada, że „pyłek sosny jest istotnym, do tej pory nie uwzględnionym składnikiem wód, który pełni, szczególnie w okresie wiosennym, istotną rolę w ekosystemie Bałtyku”. Druga hipoteza dotyczy możliwości opracowania metodyki umożliwiającej pomiar koncentracji pyłku *in situ* w środowisku wodnym oraz określenie zasięgu występowania pyłku w wodach Bałtyku technikami satelitarnymi. Trzecia hipoteza dotyczy zasięgu występowania i mówi, że „pyłek sosny jest obserwowany nie tylko w strefie przybrzeżnej, lecz także na całym obszarze Morza Bałtyckiego.” W celu potwierdzenia hipotez Doktorantka zdefiniowała szereg cząstkowych celów badawczych, z których za najważniejsze uznała: (1) zbadanie wybranych charakterystyk geometrycznych, optycznych oraz chemicznych ziaren pyłku sosny; (2) opracowanie i przetestowanie metody umożliwiającej pomiar *in vitro* oraz *in situ* koncentracji ziaren pyłku sosny występujących w warstwie powierzchniowej Morza Bałtyckiego; (3) zaplanowanie i przeprowadzenie badań eksperymentalnych na morzu oraz zebranie zbioru danych empirycznych umożliwiających określenie koncentracji pyłku wraz z pozostałymi parametrami biogeochemicznymi wody morskiej w warstwie powierzchniowej morza oraz (4) określenie zakresu zmian przestrzennych i czasowych koncentracji ziaren pyłku sosny w wodach powierzchniowych Morza Bałtyckiego.

Publikacja nr 1

Pawlik, M., Ficek, D., 2016. Pine pollen grains in coastal waters of the Baltic Sea. *Int. J. Oceanological and Hydrobiological Studies*, 2016, 45(1), 35–41, <https://doi.org/10.1515/ohs-2016-0004>

W pierwszej pracy, opublikowanej w 2016 roku w czasopiśmie *Oceanological and Hydrobiological Studies* (40 pkt. MEiN) Doktorantka przedstawia wyniki badań uzyskane podczas ekspedycji badawczych zrealizowanych na obszarze Bałtyku Południowego w latach 2012-2014. W czasie rejsów na poszczególnych stacjach pomiarowych pobrano próbki wody powierzchniowej do analiz laboratoryjnych oraz przeprowadzono *in situ* ciągły pomiar koncentracji i rozkładu wielkości zawiesin przy wykorzystaniu analizatora rozkładu wielkości cząstek LISST-100X (Sequoia Inc., USA), na transektach pomiędzy nimi. Obserwacje mikroskopowe pobranych próbek wody potwierdziły ilościową dominację pyłku sosny, z maksimum w rozmiarach z zakresu 29,1 – 78,4 μm , nad cząsteczkami występujących w tym okresie gatunków fitoplanktonu i zooplanktonu. Założono, że koncentracja zawiesin o rozmiarach średnic zarówno poniżej jak i powyżej wyznaczonego zakresu maksimum dla ziaren pyłku, stanowi tło, które nie jest uwzględniane w szacowaniu koncentracji pyłku, a poziom sygnału tła pomiędzy wartościami granicznymi zmienia się liniowo. Takie

uproszczenie pozwoliło na **opracowanie metodyki wydzielenia pyłku sosny z całości substancji zawieszonych w wodzie morskiej oraz oszacowanie ich względnej i bezwzględnej koncentracji, która stanowi jedno z ważniejszych osiągnięć ocenianej dysertacji**. Analizy przeprowadzone z zastosowaniem opracowanej metodyki, wykazały dużą zmienność przestrzenną koncentracji pyłku sosny w strefie brzegowej Ustki oraz pozwoliły na stwierdzenie, że lokalnie jego koncentracja w powierzchniowej warstwie morza przekracza nawet 40% całości materii zawieszanej stanowiąc jej dominujący składnik. Uzyskane wyniki upoważniają do stwierdzenia, że obecność pyłku sosny może poważnie wpłynąć na jakość teledetekcyjnego określania właściwości optycznych wód i pomiar stężeń optycznie ważnych składników w niej zawartych (chlorofil a, TSM, CDOM) w zakresie 450–550 nm, gdyż znacząco zwiększa absorpcję w obszarze fal krótkich widma (<500 nm), co stwierdzili Keller i Matrai (1998).

W publikacji wykorzystano właściwie jedynie dane z pomiarów z 2014 roku. Nasuwa się pytanie, czy w czasie rejsów w latach 2012 i 2013 nie przeprowadzono pomiarów w profilu pionowym, pozwalających chociaż w punktowy sposób na uwzględnienie wyników koncentracji w warstwie przypowierzchniowej?

Szkoda, że w przeprowadzonej analizie nie uwzględniono warunków środowiskowych, które mogłyby przyczynić się do pełniejszego rozpoznania obrazu zjawiska, np. długości okresu pylenia, określenia początku i maksimum a także czynników wpływających na transport, takich jak kierunek i siła wiatru, kierunek i wysokość fali znacznej oraz opady, które determinują ilość pyłku dostarczaną do akwenu. Wydaje się, że kontekst środowiskowy jest niezbędny w celu szacowania ilości pyłku dostarczanego do akwenu a co za tym idzie wpływu wielkości koncentracji zawiesiny oraz jego udziału w bilansie dostarczanych pierwiastków biogennych w kontekście całego zbiornika – gdyż pomiary ze statku, nawet prowadzone w transektach, mają charakter punktowy i dają ograniczone możliwości oceny zróżnicowania przestrzennego zawiesiny.

W badaniach dla roku 2014 nie przeprowadzono również chociażby wstępnej analizy zmienności stężenia SPM mierzonej z danych satelitarnych (z okresu pylenia sosny chociażby z 2014 roku dostępnych w systemie SatBałtyk) na potwierdzenie tezy znacznego wpływu pyłków na „zakłamanie” czy niedokładność algorytmów stężenia SPM lub chociaż na potwierdzenie zwiększenia koncentracji w tym okresie.

Publikacja nr 2

Pawlik, M. M., Ficek, D., 2022. Validation of measurements of pine pollen grain concentrations in Baltic Sea waters. *Oceanologia* 64, 233–243, <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2021.11.001>

Druga praca cyklu, opublikowana w 2022 roku w czasopiśmie *Oceanologia* (100 pkt. MEiN), jest typową pracą metodyczną, w której Doktorantka przeprowadziła szereg eksperymentów laboratoryjnych w celu określenia charakterystyk pyłku sosny w środowisku wodnym oraz weryfikacji i walidacji zaproponowanej wcześniej metodyki określania jego koncentracji. Do badań wykorzystano pyłek sosny (*Pinus sylvestris*) zebrany bezpośrednio z kwiatostanów męskich drzew zlokalizowanych w pobliżu strefy przybrzeżnej Bałtyku w okresie ich pylenia. Po określeniu, za pomocą mikroskopu optycznego, ich wielkości i wyznaczeniu średnic zastępczych ESD_v i ESD_s , zmierzono za pomocą przyrządów wykorzystywanych standardowo do pomiaru rozkładów wielkości zawiesin (LISST-100X oraz licznik Coultera), charakterystyki optyczne oraz koncentracje ziaren pyłku sosny w środowisku wodnym nie zanieczyszczonym innymi składnikami wód oraz w wodzie morskiej zawierającej w

swoim składzie inne zawiesiny, dla próbek o stężeniach 10, 20, 25, 30, 50, 75 i 100% zawiesiny wody destylowanej. Uzyskane **wyniki eksperymentów umożliwiły poznanie rozkładu rozmiarów ziaren pyłku sosny występujących w rejonach Bałtyku Południowego a także potwierdziły, że w przypadku dużych koncentracji pyłku w wodzie morskiej, opracowana metodyka analizy widm rozkładów wielkości cząstek, umożliwia wydzielenie z całości zawiesin, frakcji związanej tylko z ziarnami pyłku sosny oraz określenie ich koncentracji *in situ*.**

Zastanawia fakt, dlaczego przy szacowaniu stężeń pyłku sosny zmieniono wartości przedziałów rozmiarów cząstek pyłku z zakresu 29,1 – 78,4 μm (Publikacja 1, Figure 4) na zakres 24,6 - 92,6 μm (Publikacja 2, Figure 5), co znacząco wpływa na uzyskane wyniki koncentracji zawiesiny. Czy ten zabieg oznacza, że opracowana metodyka określania stężenia pyłku sosny wymaga każdorazowo modyfikacji zakresu wartości przedziałów wielkości zaobserwowanych cząstek pyłku?

Publikacja 3

Hu, C., Qi, L., English, D. C., Wang, M., Mikelsons, K., Barnes, B. B., Pawlik, M. M., Ficek, D., 2023. Pollen in the Baltic Sea as viewed from space. Remote Sensing of Environment, Volume 284, 113337, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113337>

Trzeci artykuł, opublikowany w 2023 roku w najwyżej punktowanym czasopiśmie, Remote Sensing of Environment (200 pkt. MEiN), koncentruje się na badaniu wpływu obecności pyłku sosny w wodach Bałtyku na pomiary zdalne oraz detekcji rozkładu przestrzennego zawiesiny pyłku sosny na zdjęciach satelitarnych Morza Bałtyckiego, wykonanych w okresie 2000-2021 za pomocą różnych instrumentów (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS), the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometers (MODIS), the Medium Resolution Imaging Spectrometer (MERIS), and the Ocean and Land Colour Instrument (OLCI) oraz wysokorozdzielczy MultiSpectral Instrument (MSI)). W celu określenia charakterystyk spektralnych pyłku sosny przeprowadzono eksperyment, w którym do pomiaru widma oświetlenia odgórnego $E_d(\lambda)$ oraz radiacji oddolnej $L_u(\lambda)$, wykorzystano hiperspektralny radiometr HyperPro (Satlantic, Kanada). W zakresie fal krótkich promieniowania widzialnego (350-400 nm) wartości refleksyjności $R(\lambda)$ pyłku sosny były najniższe, następnie szybko rosły dla fal dłuższych 400-460 nm, osiągając przy 550 nm wysokie wartości, które utrzymywały się na tym poziomie aż do 800 nm. Wyznaczone na tej podstawie wartości refleksyjności $R(\lambda)$ potwierdziły unikalny kształt krzywej spektralnej, pozwalający odróżnić pyłek sosny od innych składników wody morskiej (np. fitoplanktonu, plastiku, oleju).

Określenie właściwości optycznych pyłku sosny na podstawie satelitarnie wyznaczonych widm refleksyjności, umożliwiło przeprowadzenie analizy skumulowanego zasięgu występowania pyłku w wodach Bałtyku w latach 2000-2021. Zarówno zasięg jak i długość okresu występowania pyłku sosny w wodach powierzchniowych Bałtyku wykazały dużą zmienność czasową i przestrzenną. Kluczowym odkryciem jest to, że w niektórych latach od 10 maja do 16 czerwca ziarna pyłku sosny (*Pinus sylvestris*) można znaleźć w wodach powierzchniowych nie tylko strefy brzegowej, ale na całym obszarze Bałtyku, zaś poza tym oknem czasowym nie odnotowano obecności pyłku. Z 22 zbadanych lat, 14 wykazało obecność pyłku sosny w wodach powierzchniowych Morza Bałtyckiego. Nie jest jasne, dlaczego w niektórych latach nie odnotowano obecności pyłku. Bez dalszych badań można jedynie spekulować, że przyczyną była mniejsza produkcja lub niekorzystny kierunek wiatru bądź opady w okresie pylenia, które uniemożliwiły transport tych drobnych cząstek. Niemniej w ostatnich latach, szczególnie w 2018 i 2021, zaobserwowano zwiększenie zasięgu występowania pyłku w

wodach Bałtyku, co jest zgodne z wcześniejszymi badaniami (Ziska i Caulfield, 2000; Albertine i in., 2014), które potwierdzają większą produkcję pyłku przy wzroście temperatury i stężenia CO₂ przy równoczesnym wcześniejszym rozpoczęciu i wydłużeniu okresu pylenia.

Szkoda, że Doktorantka nie spróbowała rozwinąć badań w tym kierunku i znaleźć korelacji pomiędzy zasięgiem i okresem występowania pyłku w wodach powierzchniowych a czynnikami wpływającymi na długość okresu pylenia sosny oraz warunkami meteorologicznymi odpowiedzialnymi za transport pyłku, takimi jak choćby temperatura powietrza i opady oraz kierunek i siła wiatru.

Ponieważ ziarna pyłku sosny zawierają znaczną ilość węgla (49,5% w suchej masie pyłku (Rosel i in., 2012)), może on być również istotnym źródłem węgla dla Morza Bałtyckiego w skali lokalnej. Tylko w 2018 roku, szacowana ilość dodatkowo dostarczonego do Bałtyku pyłku wyniosła 26 000 ton, co jest równoważne 12 870 tonom węgla. **Odkrycia te mają istotne implikacje nie tylko dla właściwości biooptycznych wód Bałtyku i wpływu cząsteczek pyłków na dokładności określanych metodami zdalnymi innych optycznie znaczących składników wody morskiej, ale też dla ekologii tego środowiska łącznie z bilansem obiegu węgla i zdalnego wykrywania morskich śmieci. Uzyskane wyniki badań jednoznacznie wskazują, że w okresie wiosennym, pyłek sosny stanowi istotny i do tej pory nie uwzględniany, składnik wody, wnoszący okresowo do wód Bałtyku znaczne ilości substancji biogenicznych oraz węgla, modyfikując zachodzące w tym morzu procesy, który powinien być uwzględniany w analizach cykli biogeochemicznych, gdyż jego nieuwzględnienie, może prowadzić do błędnych interpretacji.** Wyniki badań Doktorantki, oprócz bezsprzecznej wartości naukowej, mają również potencjał aplikacyjny i powinny zostać wykorzystane do udoskonalenia i walidacji algorytmów służących do zdalnych pomiarów składu i właściwości wody morskiej na podstawie danych satelitarnych, w tym do pomiaru parametru uważanego za główny wskaźnik produktywności akwenu - stężenia chlorofilu a.

Nasuwa się również pytanie, czy możliwe jest teledetekcyjne rozróżnienie widma pyłku sosny na powierzchni od widma pyłku zawieszonego w wodzie? W pracy przeprowadzono badania widma tylko pyłków unoszących się na powierzchni, ale przecież w wyniku oddziaływania falowania, część pyłku zanim opadnie na dno zbiornika, ulega zawieszeniu w toni wodnej. Pojawia się pytanie, czy opracowana metoda, choćby pośrednio uwzględnia też pyłek zawieszony? Jeśli nie, to czy nieuwzględnienie tego składnika nie wpływa znacząco na zaniżenie określonej koncentracji pyłku i dalej szacowanej na jej podstawie ilości dostarczanego do ekosystemu węgla?

Publikacja 4

Pawlik, M. M., Ficek, D., 2023. Spatial Distribution of Pine Pollen Grains Concentrations as a Source of Biologically Active Substances in Surface Waters of the Southern Baltic Sea. *Water*, 15, 978. <https://doi.org/10.3390/w15050978>

W czwartej pracy opublikowanej w czasopiśmie *Water* (100 pkt. MEiN) Doktorantka przeprowadziła badania, których celem było określenie przestrzennego zróżnicowania koncentracji pyłku w warstwie powierzchniowej Bałtyku Południowego oraz wykazanie znaczącego wpływu pyłku na zmianę koncentracji oraz składu zawiesiny SPM, a także potwierdzenie, że pyłek w miesiącu maju stanowi istotne, do tej pory nieuwzględniane w analizach, źródło substancji istotnych dla funkcjonowania ekosystemu. Pomiaru wykonano podczas rejsu w maju 2018 roku stosując opracowaną wcześniej metodykę. Zaobserwowano znaczne koncentracje pyłku nie tylko w strefie przybrzeżnej, ale także na wodach otwartych, na stacjach oddalonych od lądu o ponad 60 km, poza bezpośrednim

oddziaływaniem rzek, co potwierdza wyniki uzyskane za pomocą analiz teledetekcyjnych, zaprezentowane w trzeciej publikacji cyklu. Na poszczególnych stacjach pomiarowych została zmierzona bezwzględna koncentracja pyłku oraz jej udział w odniesieniu do pozostałej części zawiesiny SPM. Pomiar koncentracji względnej potwierdził udział pyłku w zawieszynie sięgający 30%, a miejscami nawet 50% i to zarówno w strefie przybrzeżnej Bałtyku jak i w wodach otwartych. Zmienność koncentracji pyłku jest bardzo duża, nawet na stacjach oddalonych od siebie zaledwie o kilka kilometrów. Stężenie pyłku waha się od 0,5 do 14,7 $\mu\text{l l}^{-1}$, co stanowi 10–49,2% SPM w zakresie wielkości 1,25–250 m. Nie zaobserwowano korelacji pomiędzy koncentracją pyłku a takimi parametrami jak: biomasa fitoplanktonu mierzona koncentracją chlorofilu *a*, zasolenie, czy temperatura, co sugeruje, że obecny w wodzie powierzchniowej pyłek nie jest efektem doływu wód z lądu, tylko został dostarczony drogą powietrzną i przemieszczany w wyniku oddziaływania wiatru, falowania i prądów morskich.

W celu określenia biologicznego wpływu pyłku na funkcjonowanie ekosystemu Bałtyckiego, przeanalizowano również jego skład chemiczny. Zmierzono zawartość węgla C, azotu N i fosforu P w pyłku pozyskanym z sosen rosnących blisko brzegu Bałtyku. Uzyskane poziomy tych pierwiastków wyniosły: 47,66% C, 0,32% P i 2,50% N. Potwierdzona (Rösel i in. 2012), bardzo wysoka biodostępność tej allochtonicznej cząsteczkowej materii organicznej (POM) oraz zmierzone znaczne koncentracje pyłku sosny na poszczególnych stacjach, upoważniają Doktorantkę do stwierdzenia, że **pojawienie się w wodach o niskiej zawartości składników odżywczych nawet niewielkich ilości pyłku może znacznie zwiększyć dostępność tych niezbędnych pierwiastków w wodzie, co jednoznacznie potwierdza hipotezę o istotnej roli pyłku sosny w ekosystemie Bałtyku. Dotychczas nieanalizowana, obecność pyłków sosny, choć krótkotrwała, stanowi znaczący wkład materii organicznej do tego ekosystemu i może znacząco zmodyfikować biogeochemiczne cykle materii organicznej, składników odżywczych i energii.**

Doktorantka sama zauważa, że analiza wielkości strumieni pyłków dostarczanych do Bałtyku byłaby wysoce pożądana, biorąc pod uwagę pogarszającą się eutrofizację i rozszerzające się strefy beztlenowe w tym morzu, które charakteryzuje się bardzo ograniczoną wymianą wody ze światowym oceanem.

Wskazana byłaby również analiza czasowej zmienności utrzymywania się pyłku sosny na powierzchni morza oraz procesu opadania na dno zbiornika. Określenie tylko chwilowej koncentracji powierzchniowej i szacowanie na jej podstawie udziału pyłku w całkowitym bilansie jako źródła dostarczanych pierwiastków biogenych i związków organicznych wprowadzanych do akwenu, bez uwzględnienia tych, które uległy zawieszeniu w wodzie i opadły na dno zbiornika, może być obarczone dużym błędem.

Uwagi

Poniżej wyszczególniono fragmenty pracy, które budzą zastrzeżenia recenzenta. Należy jednak podkreślić, że żadna z wymienionych uwag nie odnosi się merytorycznie do zasadniczej części pracy.

Brak skali na Rysunku 2 i Rysunku 11 rozprawy doktorskiej, który powoduje brak bezpośredniej możliwości określenia odległości, co jest uciążliwe w przypadku gdy autorka powołuje się w tekście na Rysunek 2 uzasadniając potwierdzenie podczas rejsu dużych koncentracji pyłku w odległościach powyżej 50 km od brzegu, opisanych przez Dyakowską (1959) a na Rysunek 11 dowodząc znaczącego zróżnicowania koncentracji zawiesiny na stacjach rozmieszczonych w odległości 10 km. Wprowadzie

na Rysunku 2 umieszczono współrzędne geograficzne, ale moim zdaniem, nie są one wystarczające aby w szybki sposób określić odległości pomiędzy obiektami i potwierdzić lub wykluczyć poprawność stwierdzeń. Na Rysunku 11 (zresztą podobnie jak na Rysunku 12) nie umieszczono nawet współrzędnych geograficznych, więc na takiej podstawie można co najwyżej stwierdzić, że obiekty są bliżej lub dalej ale nie, że odległość pomiędzy nimi wynosi ok 10 km.

W spisie literatury umieszczono 40 pozycji cytowanych w rozszerzonych streszczeniach. W większości przypadków został on przygotowany starannie, jednak Doktorantka nie ustrzegła się kilku drobnych pomyłek:

Brak cytowania w streszczeniach pozycji *Qi i in., 2021* zawartej w spisie, ale jest cytowanie *Qi i in., 2020*, ale takiej pozycji brakuje w spisie literatury. Brak jednej publikacji czy pomyłka?

Rosel i in., 2011 cytowany w wersji angielskiej i w spisie literatury, natomiast w wersji polskiej cytowana jest pozycja *Rosel i in. 2012*, która nie została umieszczona w spisie literatury? Co ciekawe, artykuł *Rosel i in., 2012* znajduje w spisie literatury 4 publikacji w czasopiśmie *Water* i to jest dokładnie ten sam artykuł.

W tekście s. 41 jest cytowanie „*Woźniaka i in. 2011*” – powinno być *Woźniak i in. 2011*

Przy pozycjach: *Schiewer 2008, Szefer 2002, Proctor 1996, Emelyanow 2002, Dyakowska 1959*, nie podano liczby stron, pomimo, że została ona podana przy *Hesselman 1919*.

Ponadto, w pracy występują pojedyncze błędy merytoryczne i stylistyczne, takie jak:

błędy merytoryczne

s.26 „(...) Transport powietrzny pyłku sosny jest wynikiem złożonych sił natury, które obejmują czynniki związane z *klimatem*, biosferą oraz geomorfologią. (...)” - raczej chodzi o czynniki meteorologiczne?

s. 29 „(...) Lokalizacja stacji pomiarowych, na których zaobserwowano *duże koncentracje* ziaren pyłku sosny w wodach powierzchniowych południowego Bałtyku (...)” – duże czyli jakie?

s. 38 „(...) Lokalizacja stacji pomiarowych na południowym Bałtyku w maju 2018 roku (kolorem żółtym oznaczono stacje, gdzie zaobserwowano *duże koncentracje pyłku*) (...)” – duże czyli jakie? Od jakiego poziomu stwierdza się dużą koncentrację?

skrótowy myślowe

s. 27 „(...) Dlatego można przypuszczać, że nawet niewielkie koncentracje pyłku mogą być bardzo istotne dla funkcjonowania *ekosystemu* (...)” – o jaki ekosystem dokładnie chodzi?; „(...) Dlatego w niniejszej rozprawie doktorskiej przeprowadzono *badania nie tylko na morzu, ale także w laboratorium* (...)” – skrótowy, potoczny opis

s. 28 „(...) Wymienione cele badawcze zostały *opisane* w czterech artykułach naukowych (...)” - cele badawcze raczej zostały zrealizowane lub przetestowane a wyniki zostały opisane w artykułach?

s.38 „(...) W pracy podjęto także próby oszacowania wielkości strumienia pyłku oraz związanego z nim węgla dla obszaru Bałtyku.(...)”

błędy stylistyczne i powtórzenia

s. 26 „(...) Uświadomiłam sobie istnienie dużej luki w zagadnieniach dotyczących *dopływu* pyłku z lasów sosnowych do Bałtyku (...)”; „(...) Jak pokazują liczne badania drogą powietrzną pyłek sosny może być przenoszony na znaczne odległości *od źródła ich produkcji* (...)”

s. 27 „(...) obecność dużej koncentracji pyłku w postaci żółtego nalotu nie jest niczym wyjątkowym nawet w centralnych obszarach *Bałtyku*. Czasami w *Bałtyku* koncentracje pyłku są tak duże, że tworzą wyraźną warstwę na powierzchni (...); „(...) *Zagadnienia* dotyczące pyłku sosny w środowisku morskim są bardzo słabo poznane. Przeprowadzenie pomiarów bezpośrednio w wodzie morskiej jest bardzo złożonym *zagadnieniem*. (...)”

s. 28 „(...) oraz zebranie zbioru danych empirycznych (...)”

s.29 „(...) Przyrząd LISST-100X mierzący *koncentrację i rozkład wielkości zawiesin* (PSD – ang. *particle size-distribution*) umożliwił ciągły pomiar *in situ* (na transektach i poszczególnych stacjach pomiarowych), *rozkładów wielkości i koncentracji objętościowej zawiesin* morskich (...)”

s. 30 „(...) Analiza zebranego w czasie rejsu materiału umożliwiła opracowanie odpowiedniej metodyki *umożliwiającej* pomiar koncentracji pyłku bezpośrednio w wodzie morskiej. (...)” – jednego rejsu? Czy trzech rejsów 2012, 2013 i 2014?

s. 32 „(...) a następnie dla każdego pyłku wyznaczono *średnicę zastępczą* ESD_v (średnica kuli o objętości równej objętości cząstki nieregularnej) i ESD_s (średnica cząstki nieregularnej przybliżona kulą o powierzchni równej powierzchni cząstki nieregularnej).(...)” - powinno być *średnice zastępcze*

s. 36 „(...) Pomiary $R(\lambda)$ pokazały, że pyłek ma unikalny kształt widma, pozwalający odróżnić *je* od innych składników wody morskiej (...)” powinno być *go*?

s. 40 „(...) *Znaczne* koncentracje pyłku zaobserwowano nie tylko w strefie przybrzeżnej, ale także w *znacznych* odległościach od brzegu (...)”

Ocena pracy

Przedstawiony do oceny cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, opublikowanych w renomowanych czasopismach o zasięgu międzynarodowym, dotyczący pyłku sosny, jako istotnego składnika wód powierzchniowych *Bałtyku*, oceniam wysoko uwzględniając zarówno przemyślaną strategię planowania i prowadzenia procesu badawczego jak i samo wykonanie eksperymentów naukowych zarówno na morzu jak i w laboratorium. Należy podkreślić, że chociaż stanowiące rozprawę doktorską publikacje są współautorskie, to wkład Doktorantki w ich powstanie na każdym etapie jest znaczący.

Poruszony przez Doktorantkę temat należy uznać za ważny i nowatorski a sformułowane cele za ambitne. W wyniku przeprowadzonych badań, pani mgr Magdalena Pawlik zrealizowała wszystkie postawione cele badawcze: (1) określiła charakterystyki geometryczne, spektralne oraz chemiczne ziaren pyłku sosny; (2) opracowała i przetestowała metody umożliwiające pomiar *in vitro* oraz *in situ* koncentracji ziaren pyłku sosny występujących w warstwie powierzchniowej Morza *Bałtyckiego*; (3) przeprowadziła badania eksperymentalne na morzu oraz zebrała dane empiryczne umożliwiające określenie koncentracji pyłku wraz z pozostałymi parametrami biogeochemicznymi wody morskiej w warstwie powierzchniowej morza oraz (4) określiła zakres zmian przestrzennych i czasowych koncentracji ziaren pyłku sosny w wodach powierzchniowych Morza *Bałtyckiego* w latach 2000-2021.

Wyniki badań przeprowadzonych w ramach przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej pani mgr Magdaleny Pawlik, upoważniają do stwierdzenia, że pyłek sosny unoszący się w powierzchni wody, szczególnie w okresie wiosennym, stanowi znaczący optycznie element środowiska wód powierzchniowych, i stanowi, do tej pory nieuwzględniane w analizach, istotne źródło substancji niezbędnych dla funkcjonowania ekosystemu *Bałtyku*. Zjawisko to, choć występuje sezonowo jest jednocześnie powszechne obserwowane. Pomimo tego, dotychczas nie doczekało się szczegółowej

dyskusji w literaturze naukowej. Dlatego też warto docenić omawianą pracę jako jedno z pierwszych, pionierskich opracowań, podejmujące ten temat w sposób systematyczny i naukowo uzasadniony.

Warto również zwrócić uwagę, że chociaż prezentowane badania prowadzone były głównie na Bałtyku, to analizowane zjawisko nie jest ograniczone wyłącznie do tego akwenu, ale występuje również w innych zbiornikach zarówno morskich jak i śródlądowych. Ten fakt potwierdzają, wciąż jednak nieliczne publikacje, opisujące obecność pyłków w wodach powierzchniowych w różnych częściach świata. Podobnie jak w przypadku Bałtyku, prowadzone tam badania, dotychczas nie dostarczyły jednak wystarczającej wiedzy na temat wpływu pyłków na optyczne właściwości przypowierzchniowej warstwy wody tych akwenów. Z perspektywy globalnej konieczne są dalsze badania, które pozwolą na dokładniejsze rozpoznanie charakterystyki tego zjawiska oraz jego wpływu na ekosystemy wodne.

Biorąc pod uwagę taki punkt widzenia, omawiana praca nie ma jedynie lokalnego znaczenia, lecz wnosi istotny wkład do szerszej dyskusji naukowej. Przedstawione w niej rezultaty, zwłaszcza te dotyczące metodologii badań pyłków oraz analizy ich właściwości optycznych, mogą okazać się przydatne również w badaniach innych akwenów morskich. Zatem zastosowane podejścia i narzędzia badawcze mają potencjał, by być wykorzystane w przyszłych badaniach, pozwalając na lepsze zrozumienie szerszego wpływu pyłków roślinnych na środowisko wodne, zarówno w kontekście lokalnym, jak i globalnym.

Reasumując, cele przedstawionej do oceny rozprawy uważam za ambitne, przeprowadzony proces badawczy potwierdza dojrzałość naukową Doktorantki a uzyskane wyniki stanowią cenny wkład nie tylko w rozwój badań nad rolą pyłku sosny w funkcjonowaniu ekosystemu Bałtyku, ale mogą zostać wykorzystane również w szerszym aspekcie, w określaniu roli pyłku w środowisku wodnym w kontekście globalnym.

W mojej ocenie przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr. Magdaleny Pawlik, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorantka wykazała umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej a uzyskane wyniki stanowią cenny wkład w rozwój nauki. **Praca spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim** w świetle ustawy z dnia 14 marca 2023r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. Nr 65), ustawy z dnia 18 marca 2011r. o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. nr 84 poz. 455) wraz z późniejszymi zmianami oraz w oparciu o rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora(Dz. U. z dnia 30 stycznia 2018r. poz. 261). **W związku z powyższym wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie o dopuszczenie Pani mgr Magdaleny Marii Pawlik do dalszych etapów przewodu doktorskiego.**

z wyrazami szacunku,



Joanna Dudzińska-Nowak