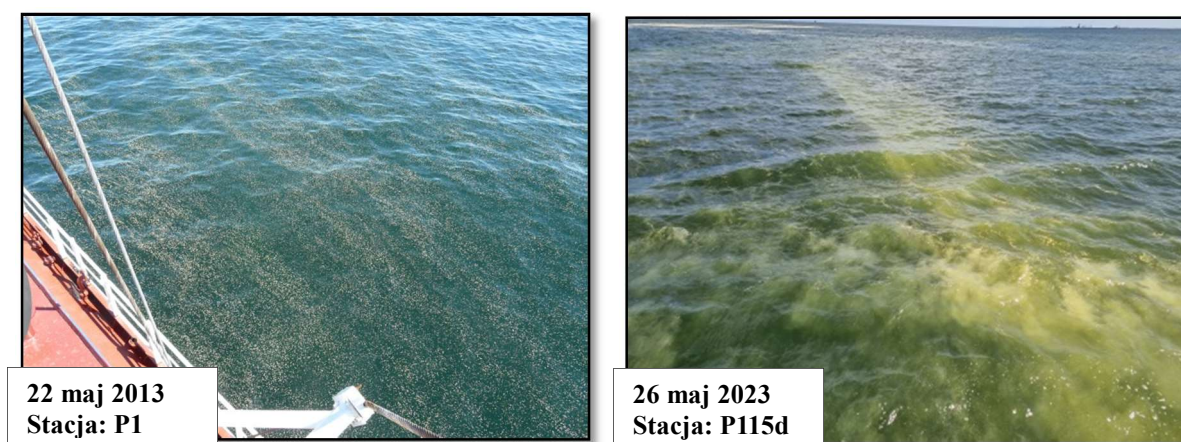


2.1. ABSTRACT IN POLISH (Streszczenie w języku polskim)

2.2.1. Wstęp

Materia zawieszona (SPM - suspended particulate matter), obok substancji rozpuszczonych, stanowi jedną z najważniejszych grup składników wody morskiej. W morzu zawiesina powstaje głównie w wyniku produkcji biologicznej, abrazji brzegów i dna, a także w procesach wytrącania z materii rozpuszczonej. Z zewnątrz zawiesiny dostarczane są głównie przez rzeki, atmosferę i wody podziemne. Koncentracja zawiesiny w wodach podlega zmienności sezonowej (związanej zarówno z cyklicznymi spływami wód rzecznych, pyleniem roślin jak i sezonowymi fluktuacjami fitoplanktonu) oraz regionalnej. Jak pokazują badania Pempkowiak i in. (2002) koncentracja zawiesiny w wodach otwartych Południowego Bałtyku zmienia się od 0,27 do 1,78 mg dm⁻³. Największe koncentracje zawiesin obserwuje się w strefie brzegowej, zalewach i estuariach, a w szczególności w ujściach rzek od 0,36 do 35 mg dm⁻³ (Eisma i in., 1991; Krężel i Cyberski, 1993; Emelyanov, red., 2002; Schiewer 2008). Częsteczki zawiesin odpowiedzialne są m.in. za transport, akumulację i transformację wielu związków chemicznych (np. substancji biogenicznych, węgla, metali i trwałych zanieczyszczeń organicznych wprowadzanych do morza) (np. Szefer, 2002; Tuner i Millward, 2002). Zawiesiny wpływają również na właściwości optyczne wody, oddziałując ze światłem w procesach absorpcji i rozpraszania modyfikują kolor wody, który stanowi podstawowe źródło informacji w satelitarnym monitoringu akwenów.

Prowadzenie przez wiele lat badań wód Morza Bałtyckiego oraz bezpośrednie uczestnictwo w rejsach badawczych spowodowało, że zainteresowałam się żółtą zawiesiną pokrywającą znaczne obszary morza w okresie wiosennym (Rysunek 1).



Rysunek 1. Widok unoszącego się pyłku sosny na powierzchni wód Bałtyku (widok z pokładu statku).
Źródło: archiwum autorki

Obserwacje mikroskopowe pokazały, że jest to unoszący się na powierzchni wody pyłek sosny. Próby znalezienia bliższych informacji o tym fenomenie natury wykazały, że dotychczasowy stan wiedzy w zakresie badań tego składnika wody na obszarze Bałtyku, a także w innych morzach jest bardzo niewielki. W literaturze międzynarodowej istniała jedynie krótka wzmianka o zamiarze przeprowadzenia badań pyłku obecnego w Zatoce Maine w USA (Keller i Matrai, 1998).

Uświadomiłam sobie istnienie dużej luki w zagadnieniach dotyczących dopływu pyłku z lasów sosnowych do Bałtyku, jego wpływu na ten wrażliwy ekosystem, a także na temat obecności pyłku w Bałtyku, metodach jego pomiaru w środowisku wodnym i jego właściwościach optycznych. Wyniki niniejszej dysertacji nie tylko uzupełniają tę wiedzę w wymienionym wyżej zakresie, ale także mogą przyczynić się do znacznego polepszenia interpretacji zdjęć satelitarnych. W przyszłości mogą zostać one wykorzystane do udoskonalenia algorytmów satelitarnych służących do pomiarów zdalnych składu i właściwości wody, w tym do pomiaru parametru uważanego za główny wskaźnik produktywności akwenu - stężenia chlorofilu *a*. Rezultaty tej pracy powinny zostać uwzględnione w analizach cykli biogeochemicznych w Morzu Bałtyckim. Pyłek sosny w okresie wiosennym wydaje się być istotnym, do tej pory nie uwzględnianym składnikiem wnoszącym okresowo do wód Bałtyku znaczne ilości substancji biogenicznych oraz węgla modyfikując tym samym zachodzące w tym morzu procesy. Stąd też zbadanie obecności i właściwości pyłku wydaje się być dobrym uzasadnieniem nowatorskiego charakteru rozprawy doktorskiej.

Przeprowadzone w ramach dysertacji badania obejmują sezon pylenia sosny. Badania wykonane podczas rejsów badawczych odnoszą się do obszaru Bałtyku Południowego, zaś badania satelitarne obejmują obszar całego Bałtyku. Źródłem pyłku dostarczanego w bardzo dużych ilościach do wód Bałtyku w okresie wiosennym są lasy sosnowe porastające znaczne obszary lądu otaczającego to śródlądowe morze (Richardson i Rundel, 2000; EUFORGEN 2009; Nobisa i in., 2012; Houston Durrant i in., 2016). Transport powietrzny pyłku sosny jest wynikiem złożonych sił natury, które obejmują czynniki związane z klimatem, biosferą oraz geomorfologią. Jak pokazują liczne badania drogą powietrzną pyłek sosny może być przenoszony na znaczne odległości od źródła ich produkcji (Hesselman 1919; Erdtman 1938; Dyakowska 1948, 1959; Środoń 1960; Harmata i Olech 1991; Benkman 1995; Proctor i in., 1996; Rousseau i in. 2008; Robledo-Arnuncio 2011; Sitters i in., 2015; Szczepanek i in. 2017). Transport drogą powietrzną oraz unoszenie się w początkowym okresie na powierzchni wody ułatwia ziarnom pyłku ich specyficzna budowa obejmująca dwa worki powietrzne. Daleki

transport i redepozycja mogą także mieć miejsce w przypadku przenoszenia pyłku przez płynące wody (wpływające do morza rzeki oraz prądy morskie). Powoduje to, że 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 nadając wodzie żółtą barwę (Rysunek. 1). Determinuje to w znacznym stopniu właściwości optyczne powierzchni wody m.in. modyfikując kolor morza (patrz Rysunek 1) oraz znacząco zmienia koncentrację oraz skład zawiesiny SPM. Wiele prac wskazuje, że zawiesina pyłku sosny jest również ważnym źródłem makroelementów dostarczanych do ekosystemów wodnych (Richerson i in., 1970; Doskey i Ugoagwu, 1989; Cole i in., 1990; Graham i in., 2006; Rösel i in., 2012). Dlatego można przypuszczać, że nawet niewielkie koncentracje pyłku mogą być bardzo istotne dla funkcjonowania ekosystemu.

Zagadnienia dotyczące pyłku sosny w środowisku morskim są bardzo słabo poznane. Przeprowadzenie pomiarów bezpośrednio w wodzie morskiej jest bardzo złożonym zagadnieniem. Pomiary muszą być zrealizowane w limitach czasowych ograniczonych okresem pylenia sosny i w akwencie, w którym nastąpiła depozycja pyłku. Dodatkowo warunki pogodowe panujące na morzu muszą być odpowiednie, tak aby możliwe było prowadzenie badań. Dlatego w niniejszej rozprawie doktorskiej przeprowadzono badania nie tylko na morzu, ale także w laboratorium.

Przy realizacji pracy sformułowano następujące hipotezy badawcze:

1. Pyłek sosny jest istotnym, do tej pory nie uwzględnionym składnikiem wód, który pełni, szczególnie w okresie wiosennym, istotną rolę w ekosystemie Bałtyku.
2. Można opracować metody umożliwiające pomiar jego koncentracji w środowisku wodnym *in situ* oraz określenie zasięgu występowania pyłku w wodach Bałtyku technikami satelitarnymi.
3. Obecność pyłku jest obserwowana nie tylko w strefie przybrzeżnej, lecz także na całym obszarze Morza Bałtyckiego.

Realizacja tematu badań wymagała zdefiniowania, m.in. szeregu cząstkowych celów badawczych, z których najistotniejsze to:

- 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.
- 4) Określenie zakresu zmian przestrzennych i czasowych koncentracji ziaren pyłku sosny w wodach powierzchniowych Morza Bałtyckiego.

Wymienione cele badawcze zostały opisane w czterech artykułach naukowych o zasięgu międzynarodowym, z tzw. listy filadelfijskiej, które składają się na niniejszą rozprawę doktorską. W pierwszym artykule opisano metodę pomiaru tego składnika zawiesin oraz przedstawiono wyniki pomiarów koncentracji pyłku *in situ* w strefie przybrzeżnej Bałtyku w okolicach Ustki (Polska). Już pierwsze pomiary pyłku przeprowadzone w wodzie morskiej pokazały, że może on lokalnie stanowić nawet składnik dominujący w występującej w Bałtyku zawieszynie SPM. W drugiej pracy szczegółowo pokazano rezultaty walidacji i weryfikacji zaproponowanej metody pomiaru pyłku miernikiem LISST-100X w warunkach laboratoryjnych oraz licznikiem Coultera (Multisizer 4 Coulter Cell Analyzer - Beckman Coulter). Praca pokazała dużą skuteczność zaproponowanej metody pomiaru pyłku w środowisku morskim. Trzeci artykuł prezentuje laboratoryjne pomiary refleksyjności pyłku oraz metodę zdalnego wykrywania pyłku w wodach Bałtyku przy wykorzystaniu metod satelitarnych. Zaprezentowane tam mapy potwierdzają obecność pyłku sosny na niemalże całym obszarze Morza Bałtyckiego. W ostatniej pracy przedstawiono wyniki pomiarów przestrzennego zróżnicowania koncentracji pyłku w wodach powierzchniowych Bałtyku Południowego. Na poszczególnych stacjach pomiarowych została zmierzona bezwzględna koncentracja pyłku oraz jej udział w odniesieniu do pozostałej części zawieszyny SPM. W pracy tej przeanalizowano skład chemiczny pyłku sosny wskazując, że zawarte w nim substancje powinny mieć istotny wpływ na funkcjonowanie ekosystemu Bałtyckiego.