

Autoreferat

1. Imię i nazwisko

Dorota Burska

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

Doktor Nauk o Ziemi w zakresie Oceanologii

Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii, Instytut Oceanografii, 2000, *Krótkookresowe zmiany stężeń pierwiastków biogenicznych w głębokowodnej strefie Basenu Gdańskiego w sezonie wiosennym.*

Magister oceanografii w zakresie oceanografia fizyczna

Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii, Instytut Oceanografii, 1993, *Krótkookresowe zmiany stężeń form azotu nieorganicznego w wodach Głębi Gdańskiej.*

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych

2011-2015 Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii (od 2011 Wydział Oceanografii i Geografii), Instytut Oceanografii, Zakładu Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego, stanowisko: starszy wykładowca.

2000-2011 Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii, Instytut Oceanografii, Zakładu Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego, stanowisko: adiunkt.

2007-2014 Kaszubsko Pomorska Szkoła Wyższa w Wejherowie, Wydział Społeczno-Przyrodniczy, Katedra Ochrony Środowiska, stanowisko: starszy wykładowca.

4. Wskazanie osiągnięcia* wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.):

a) tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego

Materia organiczna w zawieszynie i osadach Zatoki Gdańskiej

b) (autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, recenzenci wydawniczy)

Szczegółowy opis mojego udziału w powstaniu każdej z publikacji, wchodzącej w skład osiągnięcia naukowego, został przedstawiony w wykazie prac naukowych (zał.4; I B).

1. Pryputniewicz D., Falkowska L., **Burska D.**, 2002, *Adenosine triphosphate in the marine boundary layer in the southern Baltic Sea*, *Oceanologia*, 44 (4), 461-473,
 2. **Burska D.**, Pryputniewicz D., Falkowska L., 2005, *Stratification of particulate organic carbon and nitrogen in the Gdańsk Deep*, *Oceanologia*, 47 (2): 201-217,
 3. Bradtke K., **Burska D.**, Matciak M., Szymelfenig M., 2005, *Suspended particulate matter in the Hel upwelling region (the Baltic Sea)*, *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 34, (Supplement 2), 75-94,
 4. **Burska D.**, Szymelfenig M., 2005, *The upwelling of nutrients in the coastal area of the Hel Peninsula*, *Stud. Oceanol. Hydrobiol.* 34, Suppl. 2, 67-85,
 5. Łukawska-Matuszewska K., **Burska D.**, 2011, *Phosphate exchange across the sediment-water interface under oxic and hypoxic/anoxic conditions in the southern Baltic Sea*. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 40 (2), 57-71,
 6. Staniszewska M., **Burska D.**, Sapota G., Bogdaniuk M., Borowiec K., Nosarzewska I. Bolałek J., 2011, *The relationship between the concentrations and distribution of organic pollutants and black carbon content in benthic sediments in the Gulf of Gdansk, Baltic Sea*, *Marine Pollution Bulletin* , 62 (7), 1464- 1475,
 7. Łukawska-Matuszewska K., **Burska D.**, Niemirycz E., 2009, *Toxicity assessment by Microtox; in sediments, pore waters and sediment saline elutriates in the Gulf of Gdańsk (Baltic Sea)*, *CLEAN - Soil, Air, Water*, 37 (7), 592 – 598.
- c) Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy/prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania)

Wprowadzenie

Współczesne badania dopływu i degradacji materii organicznej w środowisku morskim dotyczą w szczególności akwenów przybrzeżnych, silnie zanieczyszczonych i podatnych na eutrofizację. Stężenia materii organicznej w toni wodnej i w osadach dennych tych akwenów są zazwyczaj wysokie z uwagi na bezpośredni dopływ materii organicznej z lądu oraz wysoką produkcję pierwotną spowodowaną wpływem soli biogenicznych.

Prowadzi to do intensyfikacji procesów degradacji i towarzyszących im przemian materii organicznej. Cząstki organiczne podczas opadania ulegają degradacji, w rezultacie stale ubożeją w fosfor, azot i węgiel, stając się tym samym źródłem zregenerowanego azotu i fosforu. Obecność barier gęstościowych ogranicza sedimentację zawieszin organicznych, zwiększa ich retencję w warstwach płytszych morza i przyspiesza krążenie węgla oraz pierwiastków biogenicznych w środowisku. Podwyższony ładunek materii organicznej docierający do osadów wzmacnia zużycie tlenu w procesie mineralizacji, co podwyższa ryzyko oraz zasięg występowania deficytów tlenowych.

Cechy morfologiczne Bałtyku są, obok wielokrotnie wyższej niż naturalna dostawy rzekami azotu i fosforu, ważnym czynnikiem wpływającym na podatność tego akwenu na eutrofizację. Utrudniają one wymianę wód, utrudniają odpływ wód i przedłużają czas retencji pierwiastków, a dodatkowo ograniczają możliwość odświeżenia zasobów tlenu w wodach przydennych.

W Zatoce Gdańskiej, rozważając dystrybucję zawieszin organicznych w toni wodnej i osadach, należy uwzględnić obok intensywności produkcji pierwotnej i stratyfikacji

gęstościowej również dopływ materii organicznej z wodami Wisły oraz procesy hydrodynamiczne. Położenie frontu hydrologicznego rzeki jest zależne od wielkości jej przepływu oraz prędkości i kierunku wiatru. W większości przypadków w Zatoce Gdańskiej wody Wisły są transportowane w kierunku wschodnim i północno-wschodnim. Transport wód Wisły może również odbywać się wzdłuż Półwyspu Helskiego. W sprzyjających warunkach w płytkiej strefie przybrzeżnej tego obszaru możemy obserwować upwelling. Rejon wokół półwyspu jest obszarem o skomplikowanej hydrodynamicie, w której transport wód morskich odbywa się zarówno w kierunku pionowym jak i poziomy, co może modyfikować dystrybucję zawieszin i ich składników chemicznych.

Badania dotyczące zawieszonych materii i jej składu jakościowego dostarczają informacji o transferze materiału pomiędzy jego źródłem a miejscem, w którym zostanie on zdeponowany. Zawiesziny tworzą cząstki o zróżnicowanych kształtach i rozmiarach, zbudowane z zarówno materii organicznej – w postaci żywych organizmów oraz detrytusu, jak i nieorganicznej. Cząstki te powstają w morzu (w wyniku produkcji biologicznej, procesów niszczenia dna i brzegu lub wytracania z materii rozpuszczonej) bądź też są do niego wnoszone z wodami rzek, opadami lub przynoszone przez wiatr. Naturalna materia organiczna pochodzenia lądowego bądź morskiego składa się z heterogenicznej mieszaniny cząstek i molekuł o odmiennych fizycznych (np.: wielkość, porowatość) i chemicznych (grupy funkcyjne, rozpuszczalność) właściwościach. Zmiany w składzie materii organicznej w czasie reprezentują średnie ważone zmiany w składzie każdego z komponentów. Mieszanina takiej materii charakteryzuje się różnymi czasami obiegu.

Zawiesina organiczna i jej jakość jest zatem istotnym elementem w krążeniu pierwiastków biogenicznych, a rozpoznanie czynników kontrolujących ten obieg należy do ważnych zadań naukowych. Procesy asymilacji i mineralizacji materii organicznej zachodzą w krótkiej skali czasu od godzin do dni. W literaturze światowej niewiele jest prac dotyczących dobowych fluktuacji zawieszonych materii organicznej w środowisku morskim. W latach 70 ubiegłego wieku badania dobowej zmienności wskaźników biomasy planktonu prowadzili naukowcy z MIR w Gdyni. Około 20 lat później interdyscyplinarne badania krótkookresowych fluktuacji parametrów fizycznych, chemicznych i biologicznych w kolumnie wody Głębi Gdańskiej rozpoczęła dr Lucyna Falkowska. Od 1994 roku uczestniczyłam w tych badaniach zajmując się substancjami biogenicznymi i tlenem. Analiza krótkookresowej zmienności zawieszin organicznych w odniesieniu do warstw granicznych w morzu stanowi kontynuację tych badań. W ocenie przepływu materii w środowisku wodnym ważne jest ustalenie ilości i jakości materii docierającej do dna morskiego. Strumienie węgla i azotu organicznego, wówczas określone, są pierwszymi tego typu danymi w głębokowodnej części Zatoki Gdańskiej. Realizacja tych badań w obszarze oddalonym od lądowych źródeł materii daje możliwość odnoszenia uzyskanych wyników wyłącznie do produkcji pierwotnej. Szczególnie interesującym aspektem było również rozważanie wpływu dobowej termokliny na wielkość retencji węgla i azotu, szczególnie w kontekście podtrzymywania/ inhibitowania procesu produkcji pierwotnej w okresie późnej wiosny.

Usuwanie zawiesziny z warstwy powierzchniowej związane jest m.in. z jej opadaniem w kierunku dna. Wraz z ze wzrostem głębokości spada ilość zawiesziny organicznej, wzrasta jej stopień degradacji oraz stężenie powracających do obiegu soli odżywczych. W pewnych warunkach może dochodzić do wyniesienia wód z większych głębokości, wynoszących zdegradowaną materię i substancji biogeniczne na powierzchnię wody. Może też odbywać się zapadanie dobrze natlenionych wód powierzchniowych ze „świeżą” materią organiczną.

W stratyfikowanym, żyznym Morzu Bałtyckim zidentyfikowano kilkadziesiąt rejonów, w których dochodzi do pionowego przemieszczania się wód.

Do takich rejonów należy również pas wód przybrzeżnych wzdłuż Półwyspu Helskiego. Przybrzeżny upwelling i downwelling to procesy nieregularne i charakteryzujące się różną intensywnością, zależną od siły i czasu trwania wiatru ale i ukształtowania dna morskiego. Częstotliwość występowania obu procesów w obszarze badań jest wysoka a dodatkowo w sąsiedztwie Cypla Helskiego zjawiska te należą do wyjątkowo silnych. Mimo, iż w strefie brzegowej są to ważne procesy pionowego mieszania, to do czasu realizacji badań opisanych w poniższych publikacjach, brak było prac o zmianach w polu zawiesiny i trofii wywołanych tym zjawiskiem w rejonie Basenu Gdańskiego. O ile informacje o upwellingu, jako przyczynie podwyższonych stężeń substancji biogenicznych, pojawiały się w literaturze dotyczącej tego akwenu (raporty IMGW), to o wpływie tego procesu na pole zawiesiny brak jakichkolwiek doniesień.

Strumień materii organicznej docierającej do osadów jest wypadkową intensywnością jej źródeł oraz procesów redukujących jej ilość w trakcie jej opadania. Wzbogacenie osadów morskich w materię organiczną, szczególnie podatną na degradację, intensyfikuje procesy biogeochemiczne w szczególności wpływa na wielkość i kierunek wymiany substancji chemicznych pomiędzy osadami a wodą. Dotychczasowe badania wymiany substancji biogenicznych na granicy woda-osad dotyczyły rejonów głębokowodnych Basenu Gdańskiego, w obszarach poniżej głębokości halokliny lub gdy osady znajdowały się w obrębie tego przewarstwienia (zał.4; II A-10). Te ostatnie rejony dna morskiego są to szczególnie interesujące, ze względu na możliwość erozji halokliny na styku z dnem morskim. W literaturze dotyczącej Zatoki Gdańskiej brak jest informacji o wielkości i kierunku wymiany soli odżywczych na granicy woda – osad w obszarach płytszych gdy osady położone są na głębokości powyżej halokliny. Ważne procesy kontrolujące mineralizację materii organicznej w osadach tych rejonach to: dostawa stosunkowo świeżej materii organicznej, intensywne procesy dynamiczne (mieszanie, resuspensja) i obecność organizmów bentosowych.

W osadach morskich prócz węgla organicznego pochodzenia naturalnego, o różnym stopniu degradacji obecny jest również węgiel antropogeniczny reprezentowany przez sadzę. Do środowiska morskiego ta frakcja węgla dostaje się z wodami rzecznyymi i z atmosfery. Cechą charakterystyczną sadzy jest jej słaba reaktywność (nie podlega biodegradacji) i silne właściwości sorpcyjne w przypadku substancji organicznych. Rozpoznanie zawartości sadzy w osadach może mieć ważne znaczenie dla opisu wielu procesów w środowisku morskim w tym transportu trwałych zanieczyszczeń organicznych. Wiedza ta pozwoli określić również udział trwale odłożonego węgla organicznego w osadach, co uzupełni informację dotyczącą bilansu tego pierwiastka w Zatoce Gdańskiej.

Wyniki, które zaprezentowałam poszerzają dotychczasową wiedzę o materii organicznej i jej głównych składowych w zawieszynie i osadach morskich. Informacje dotyczące zawartości węgla, azotu i fosforu w warstwie powierzchniowej jak i w profilu pionowym osadów Zatoki Gdańskiej są dość dobrze opisane. W znacznie mniejszym stopniu dostępne są dane o zawartości tych pierwiastków w zawieszynie morskiej. Znacząca część tych informacji została zebrana i zaprezentowana w monografii *Geochemia osadów powierzchniowych Morza Bałtyckiego* (m.in.: Burska, 2011; Burska i Graca, 2011, Graca i in., 2011; zał.4; II D-6,7,9).

Zgodnie z informacją w punkcie I B (zał. 4), osiągnięcia składające się na moją pracę habilitacyjną zawarte są w 7 publikacjach w czasopismach obecnie cytowanych według listy Journal Citation Reports. Ich łączny IF wynosi 5,24 (zgodnie z rokiem publikacji), a wartość punktowa według MNiSW wynosi 155 (zgodnie z wykazem czasopism naukowych z 2014).

Wyniki opisane w tych publikacjach są odzwierciedleniem moich postępów w pracach dotyczących ilości i jakości materii organicznej w wodach i osadach Zatoki Gdańskiej ze szczególnym uwzględnieniem geochemiczno-fizycznych granic w morzu.

Poniżej przedstawiono opis celu naukowego i głównych osiągnięć każdej z prac włączonych do osiągnięcia naukowego. Prace podzielono na dwie tematyczne części:

- a) ilość i jakość zawiesiny organicznej w toni wodnej - zmienność przestrzenna i czasowa (publikacje 1-4),
- b) naturalna i antropogeniczna materia organiczna w osadach – obszary depozycji i/lub uwalniania substancji chemicznych, w tym substancji niebezpiecznych (publikacje 5-7).

Ocenę krótkookresowej zmienności ilości i jakości zawiesin organicznych w odniesieniu do warstw granicznych w toni wodnej Głębi Gdańskiej prezentują dwie prace:

Pryputniewicz D., Falkowska L., **Burska D.**, 2002, *Adenosine triphosphate in the marine boundary layer in the southern Baltic Sea*, Oceanologia, 44 (4), 461-473, udział 30%

Burska D., Pryputniewicz D., Falkowska L., 2005, *Stratification of particulate organic carbon and nitrogen in the Gdańsk Deep*, Oceanologia, 47 (2), 201-217, udział 65%

W pierwszym artykule zaprezentowane zostały badania dotyczące biomasy organizmów żywych stanowiących zawiesinę, a wyrażonej poprzez koncentrację ATP. Próbkę do analiz pobierano głównie w rejonie otwartych wód Basenu Gdańskiego ale także w strefie przybrzeżnej Zatoki Puckiej (w rejonie Helu). Odbywało się to w ramach kilkudniowych (od 3 do 9 dni) kampanii pomiarowych na początku maja (1997, 2000) i w drugiej połowie czerwca (1996, 2000). Próbkę zawiesiny pobierane były zawsze z mikrowarstwy powierzchniowej morza (10 μm) i wód podpowierzchniowych (15 cm), a jedynie w czerwcu 1996 roku badania obejmowały również kolumnę wody od powierzchni (0,5 m) do dna (102 m).

Najważniejszym celem tego artykułu było scharakteryzowanie zmienności koncentracji ATP w otwartych wodach Głębi Gdańskiej. Uzyskane wyniki odniesiono do warstw granicznych w morzu: granicy woda-atmosfera (mikrowarstwa powierzchniowa i warstwa podpowierzchniowa) oraz przewarstwień gęstościowych w kolumnie wody: sezonowo i dobowo zmiennej termokliny i stałej w dłuższym okresie czasu halokliny. Fluktuacje biomasy żywych mikroorganizmów w zawieszynie rozpatrywano również w kontekście oddziaływania promieniowania słonecznego (PAR, UV-B), jak również wybranych parametrów meteorologicznych (prędkości wiatru, zachmurzenia, temperatury powietrza). Dyskusja tej zmienności i zależności pomiędzy omawianymi parametrami dotyczyła warstwy eufotycznej w tym szczególnie mikrowarstwy.

Przeprowadzone badania wskazały, że podwyższone koncentracje ATP w kolumnie wody wystąpiły w obrębie wszystkich rozpatrywanych warstw granicznych, z najwyższymi wartościami na/poniżej dolnej granicy halokliny. Dwukrotnie mniejsze średnie koncentracje ATP odnotowano na/powyżej górnej granicy termokliny, będącej również dolną granicą warstwy eufotycznej. Obecność piknokliny termicznej i zasoleniowej znalazło odbicie w zwiększonej zmienności

analizowanego parametru. Szczególnie wysokie blisko 150% wahania koncentracji ATP obserwowano w górnej warstwie halokliny.

W warstwie eufotycznej zmiany koncentracji ATP wykazały ścisłą korelację z fazą dnia. W porze jasnej odnotowano inhibitowanie produkcji ATP, a zatem niższe jego stężenia, szczególnie widoczne było to w mikrowarstwie powierzchniowej morza. Wobec wzrostu radiacji w ciągu dnia, wzrost koncentracji ATP w tej warstwie obserwowano wieczorem i w fazie ciemnej, prawdopodobnie jako efekt namnażania się heterotrofów. Ze względu na dużą zmienność parametrów meteorologicznych i/lub zamianą autotrofów na heterotrofy nie zaobserwowano dobowego cyklu zmian stężeń ATP w mikrowarstwie powierzchniowej morza i wodzie podpowierzchniowej. Do spadku koncentracji ATP przyczyniał się: wzrost prędkości wiatru, zmniejszone zachmurzenie przy bardzo małych prędkościach wiatru oraz duże wahania stosunku UV-B/PAR. Największe koncentracje ATP odnotowano gdy jednocześnie wystąpiły trzy czynniki meteorologiczne: dość wysoka temperatura powietrza, duże zachmurzenie i niewielka prędkość wiatru (do około 6 m s^{-1}). W warstwie eufotycznej za wzrost ATP odpowiadała produkcja pierwotna i wtórna, a w przypadku wód naddennych obecność organizmów heterotroficznych biorących udział w procesie mineralizacji materii organicznej.

Przedstawione w drugim artykule badania dotyczyły ilości (SPM, POC, PON, Chl *a*, feo *a*) i jakości (POC/PON, POC/Chl *a*, feo *a*/Chl *a*) zawiesin organicznych. Parametry te rozpatrywałam w czasie (zmienność dobową) oraz w profilu pionowym. Ważnym zadaniem, którego realizacji podjęłam się w trakcie prowadzonych wówczas prac na morzu, było określenie wielkości pionowych strumieni węgla i azotu organicznego docierających do różnych głębokości morza i do dna. Wykorzystałam w tym celu pułapki sedymentacyjne. W polskiej strefie Bałtyku tego typu badania są fragmentaryczne i do czasu opublikowania niniejszej pracy dotyczyły jedynie całkowitej ilości materii docierającej do dna morskiego.

Badania prowadzone były z dużą częstotliwością, przez 10 dni, na standardowych głębokościach, z jednostki ORP *Kopernik*. Pobranie tak dużej ilości materiału było możliwe dzięki pracy licznego zespołu, w tym doktorantów i studentów Oceanografii. Podczas rejsu wystawiłam podwójne pułapki sedymentacyjne na pięciu poziomach (1,5, 15, 30, 70, 95 m) uwzględniając strukturę termohalinową i położenie warstw granicznych w morzu. W oparciu o zebrany w półdobowych i dobowych pułapkach materiał, wyliczyłam strumienie POC i PON.

Przeprowadzone badania pozwoliły wykazać, że późną wiosną w wodach otwartych Basenu Gdańskiego materia organiczna (SPM, POC, PON) charakteryzowała się od około 20 do 40% zmiennością na poszczególnych głębokościach. Najwyższe fluktuacje tych parametrów wystąpiły w termoklinie i haloklinie. Wraz ze wzrostem głębokości obserwowano typowy spadek koncentracji POC i PON oraz wzrost stopnia degradacji materii organicznej. Molowy stosunek POC/PON, który pozwala na ocenę tego procesu, najwyższe wartości osiągał na górnej granicy halokliny. Stwierdziłam, że zmienność zawieszonych materii, szczególnie w warstwie eufotycznej, miała charakter dobowy zarówno w odniesieniu do jej ilości jak i jakości. W przebiegu tym obserwowałam m.in. naprzemienne występowanie Chl *a* i feo *a*. Wysokie koncentracje Chl *a* wystąpiły w godzinach porannych i wieczornych. Wysoką proporcję feo *a*/Chl *a* z jednoczesnym wzrostem stosunku POC/PON obserwowałam nocą i w godzinach okołopołudniowych, co wskazywało na intensyfikację procesów degradacji materii organicznej w tym czasie. W nocy w warstwie powierzchniowej, zawiesina była zubożona w azot, w podobnym zakresie jak zawiesina z głębokości około 70 m.

Pułapki sedymentacyjne wystawiane były w cyklu 12 godzinnym, mimo iż w tym okresie dzień był przeszło 4 godz. dłuższy. Materiał osadowy z pułapki „dziennej” nie obejmował zatem

całego cyklu jasnego, zaś pułapka „nocna” była powiększona o dodatkowy materiał. Z tego też powodu nie do końca mogłam jednoznacznie wskazać na różnice między dniem a nocą, zarówno w ilości jak i jakości transportowanej w kierunku dna materii. Mimo to w blisko 65% wyników opadanie POC w ciągu nocy był intensywniejsze (nawet 1,5 razy) niż w ciągu dnia. W przypadku PON obserwowałam dokładnie odwrotną sytuację.

Wyliczyłam, że w okresie prowadzonych badań, strumienie PON były od 5 do 20 razy mniejsze od strumieni POC, które zmieniały się w zakresie od 0,1 do 2 g m⁻² d⁻¹. Oszacowałam, że średnio w ciągu doby 28% węgla i 40% azotu ulega retencji w 15 metrowej warstwie powierzchniowej. Wskazuje to, iż azot jest o 12% bardziej efektywnie mineralizowany niż węgiel. Preferencyjne usuwanie azotu w stosunku do węgla występowało od powierzchni do dna, z największą intensywnością tego procesu nocą nad termokliną. Na ilość materii organicznej opadającej z warstwy eufotycznej miała wpływ termoklina - jej siła i położenie. W trakcie badań obserwowałam m.in. pojawienie się na głębokości 5 m wtórnej termokliny. Ograniczała ona transport zawiesiny poniżej tego przewarstwienia. Spowodowało to średnio dwukrotne większą koncentrację POC i PON w pułapce usytuowanej na głębokości 1,5 m niż w poprzednich dniach i jednocześnie zmniejszenie strumienia materii w pułapce głębszej.

Wpływ upwellingu przybrzeżnego na dystrybucję zawiesin organicznych w toni wodnej, w odniesieniu do zmiennej sezonowo stratyfikacji termicznej i sezonu wegetacyjnego zaprezentowano w dwóch kolejnych artykułach.

Bradtke K., **Burska D.**, Matciak M., Szymelfenig M., 2005, *Suspended particulate matter in the Hel upwelling region (the Baltic Sea)*, Oceanological and Hydrobiological Studies, 34, (Supplement 2), 75-94, udział 30%

Burska D., Szymelfenig M., 2005, *The upwelling of nutrients in the coastal area of the Hel Peninsula*, Oceanological and Hydrobiological Studies, 34, (Supplement 2), 67-85, udział 50 %

Ocenę zmienności warunków troficznych oraz ilości i jakości zawiesin organicznych w rejonie upwellingu prowadziłam w oparciu o materiał badawczy zebrany w sezonie wegetacyjnym w latach 2000-2002 w ramach projektu kierowanego przez dr hab. Marię Szymelfenig. Badaniom podlegała kolumna wody: w centrum upwellingu, w strefie przejściowej oraz poza obszarem oddziaływania upwellingu, na stacji referencyjnej. Rozpoczęcie prac terenowych poprzedzone było określeniem terminu wystąpienia, czasu trwania oraz położenia centrum upwellingu (parametry meteorologiczne, model hydrodynamiczny, zdjęcia satelitarne temperatury powierzchniowej morza). Odbyło się 7 rejsów, w trakcie których obserwowano wynoszenie wód z głębszych warstw morza do warstwy powierzchniowej.

W większości przypadków stacja upwellingowa znajdowała się nie dalej niż 1-2 km od linii brzegowej. Zmieniała się jednak lokalizacja tych zdarzeń wzdłuż Półwyspu Helskiego. Badania prowadzono dwa razy w okolicy Władysławowa i Jastarni i trzy razy w rejonie Chałup. Trzy razy badaliśmy upwelling latem (lipiec, sierpień), a dwa razy wiosną (kwiecień, maj) i jesienią (wrzesień). Ze względu na silną sezonowość zarówno stężeń soli odżywczych oraz tlenu jak i koncentracji zawiesiny w Zatoce Gdańskiej wyniki rozpatrywano według pór roku, w których wykonano pomiary. Z danych monitoringowych IMGW dotyczących wód południowego Bałtyku wynikało, iż warunki, które mogły mieć wpływ na te parametry w badanym obszarze nie wykazały istotnych różnic w latach 2000-2002. Z tego powodu zmiany między roczne zostały pominięte.

W celu wyróżnienia mas wody o różnych cech zawiesiny jak również różnej trofii dane z każdego rejsu poddano analizie statystycznej. Klasyfikacji dokonano w oparciu o metodę grupowania statystycznego według algorytmu Warda. W analizowanych okresach badawczych wydzielono trzy klasy zawiesinowe (za wyjątkiem 28.08.2002) i trzy klasy chemiczne. Największe różnice dotyczyły zazwyczaj klasy 1 – „wód upwellingowych” i klasy 3 – „wód otaczających”

Celem pierwszego z artykułów było określenie różnic ilościowych (zawiesina całkowita, zawieszony węgiel i azot organiczny, chlorofil *a*, liczba cząstek) i jakościowych (POC/PON, POC/Chl *a*, przeciętne rozmiary cząstek) zawiesiny w wodach o różnej charakterystyce termiczno-zasoleniowej.

W efekcie prowadzonych badań stwierdziłam, że w otwartych wodach Zatoki Gdańskiej wzdłuż Półwyspu Helskiego koncentracja zawiesiny całkowitej mieściła się w zakresie wartości typowym dla strefy przybrzeżnej otwartych wód, a zawieszony węgiel organiczny stanowił w niej przeciętnie 30-40%. Koncentracja POC mieściła się w dość szerokim zakresie od wartości poniżej 0,1 do blisko 2,5 mg dm⁻³, a najwyższe koncentracje tego parametru odnotowywałam w wodach powierzchniowych na stacji referencyjnej. Wartości tego rzędu dotychczas uznawane były za bardziej typowe w wodach wewnętrznej Zatoki Gdańskiej (szczególnie w rejonie rozplywu wód Wiślanych) niż w otwartych wodach południowego Bałtyku. Tymczasem najniższe koncentracje POC (dominujące w centrum upwellingu) w sezonie wegetacyjnym obserwowałam wcześniej jedynie w wodach pośrednich Głębi Gdańskiej (30-50 m). Tak niskie wartości POC (< od 0,1 mg dm⁻³) w warstwie powierzchniowej występują jedynie w wodach otwartych zimą. Wody wynoszone w pobliżu Półwyspu Helskiego mogą zatem pochodzić z „ubogich w zawiesinę” warstw pośrednich z głębszych rejonów otwartych wód Bałtyku.

Prowadzone badania pozwoliły wykazać, iż w obszarze, w którym na powierzchnię wynoszone są wody z głębszych warstw możemy lokalnie obserwować obniżenie koncentracji masowej i liczbowej zawiesiny oraz zawieszoności węgla i azotu organicznego. Jak silny jest ten spadek to zależy od siły i czasu trwania tego zjawiska, lokalizacji wzdłuż Półwyspu Helskiego oraz sezonowej zmienności koncentracji zawiesiny organicznej. Największe różnice w koncentracji zawiesiny stwierdziłam latem (lipiec i sierpień) gdy zewnętrzne wody powierzchniowe były bogate w fitoplankton, a dodatkowo pozostał jeszcze detrytus po zakwicie wiosennym. Występowanie silnej termokliny w tym okresie ograniczało opadanie cząstek, przeciwdziało mieszaniu wód i przemieszczaniu zawiesin w pionie. Wynoszone wody były więc stosunkowo ubogie w zawiesinę. Inną sytuację obserwowałam jesienią.

Koncentracje zawiesiny w miejscu wystąpienia upwellingu były podobne lub nawet nieco wyższe niż w wodach otaczających. W tym czasie zanikająca termoklina sprzyjała mieszaniu wody i opadaniu cząstek. Ich wyrównane stężenie obserwowałam w prawie całej kolumny wody stacji referencyjnej. Wówczas różnica w wynoszonych wodach może być niewielka. Innym wyjaśnieniem takiej sytuacji może być fakt pojawienia się wcześniejszego zakwitu w efekcie wyniesienia do warstwy powierzchniowej substancji biogenicznych (szczególnie azotanów i krzemianów). We wrześniu 2000 roku w centrum upwelling obecne było skupisko fitoplanktonu zdominowanego przez *Coscinodiscus granii*, typowe dla października i listopada.

W pracy zaprezentowałam również zmiany jakości materii organicznej. W sezonie wegetacyjnych, w obszarze prowadzonych badań stopień degradacji materii organicznej (molowy stosunek POC/PON) mieścił się w szerokim zakresie od 5,1 do 14,8. Najbardziej zdegradowaną zawiesinę stwierdziłam w dniu 13.05.2005 w całej kolumnie stacji upwellingowej i w głębszych wodach stacji referencyjnej. Upwelling zlokalizowany był wówczas najbliżej Cypla Helskiego,

w rejonie gdzie rozpoczyna się gwałtowny uskok dna, a głębokość szybko rośnie do ponad 60 m. Wydaje się być prawdopodobne, że wynoszenie wód odbywało się wzdłuż tego skłonu z jeszcze głębszych obszarów Zatoki Gdańskiej. Tak wysokie, a nawet wyższe proporcje POC/PON odnotowałam we wcześniejszych badaniach dotyczących krótkookresowej zmienności zawieszonych form tych pierwiastków w wodach Głębi Gdańskiej. Materię zubożoną w azot (POC/PON > 17) stwierdziłam wówczas w wodach powierzchniowych nocą jak również w wodach głębszych od 30 do 90 m.

Stosunki POC/Chl *a* i POC/PON zmieniały się z sezonu na sezon zarówno w wodach otaczających i upwellingowych. W warstwie powierzchniowej na stacji referencyjnej stosunek POC/PON wykazywał typowy sezonowy przebieg zmian, z najniższymi wartościami wczesną wiosną i jesienią (~7) i podwyższonymi latem. Wartość tej proporcji powyżej 8 w okresie letnim jest efektem intensywnej mineralizacji materii organicznej wspomaganą wyższą temperaturą wody i procesem fotodegradacji. Stosunek POC/PON w wynoszonych wodach był wyższy od otaczających wód w kwietniu, maju i na początku sierpnia, niższy w lipcu, pod koniec sierpnia i we wrześniu.

Celem kolejnego artykułu było określenie zmian stężeń substancji biogenicznych i tlenu w obszarze występowania upwellingów i downwellingów. Są to zdarzenia nieregularne o zmiennym czasie trwania i terminie wystąpienia w ciągu roku oraz różnej lokalizacji. Uzyskane dane są pierwszymi tego typu w południowej części Bałtyku. Dyskutując uzyskane wyniki należy uwzględnić kilka uwag. Po pierwsze liczba stacji i ich lokalizacja, nie zawsze była odpowiednia do pełnego opisu zjawiska. Obserwowano np.: brak podobieństwa pomiędzy głębokimi wodami na stacji referencyjnej a wyniesionymi na powierzchnię, co sugerowało, że podpływanie wód odbywało się z innego kierunku niż wcześniej założony. Wynoszenie wód odbywało się blisko lądu, który mógł być dodatkowym źródłem analizowanych substancji. Mimo tych zastrzeżeń zaobserwowano pewne prawidłowości.

Stężenie tlenu różniło się pomiędzy badanymi obszarami jednak kierunek zmian był zmienny w czasie. Do początku sierpnia, stężenie tlenu w wynoszonych wodach było niższe niż w rejonie referencyjnym, natomiast od końca sierpnia sytuacja była odwrotna. Związane to było z różnicami rozpuszczalności tlenu w wodach o różnej temperaturze jak również z intensywnością produkcji pierwotnej. Jednocześnie wody wynoszone na powierzchnię nigdy nie były przesycone, a najniższe nasycenie tlenem (<75%) w tych wodach odnotowano w drugiej połowie września.

W warstwie powierzchniowej na stacji w centrum upwellingu stężenia azotanów, amoniaku, fosforanów i krzemianów były najczęściej wyraźnie wyższe niż w wodach powierzchniowych na stacji referencyjnych. Wody wynoszone na powierzchnię były bogatsze w fosfor i krzem w stosunku do azotu. Wyraźnie wyższe stężenia fosforanów obserwowano gdy wynoszenie wód odbywało się bliżej Cypla Helmskiego. W rejonie tym wody mogą być prawdopodobnie wynoszone z głębokości większych nawet niż 60 m. W wodach tych stężenia soli odżywczych oraz proporcje w jakich występują zależą od zmiennej w sezonie intensywności mineralizacji materii organicznej i warunków tlenowych.

Podczas badań prowadzonych w maju odnotowano bardzo wysokie stężenia fosforanów, sięgające $6 \mu\text{mol dm}^{-3}$ w wodach powierzchniowych na stacji upwellingowej i $1,1 \mu\text{mol dm}^{-3}$ na stacji referencyjnej. Centrum upwellingu wystąpiło wówczas bardzo blisko brzegu, również odległość między badanymi stacjami była niewielka. Wysokie stężenia fosforanów w powierzchniowych wodach wokół Cypla Helmskiego nie są rzadkie. W kwietniu 2014 na stacji monitoringowej (ZN4) położonej niedaleko miejsca, w którym prowadziłam badania, w wodach

podpowierzchniowych obserwowano stężenia fosforanów sięgające $1 \mu\text{mol dm}^{-3}$, a na głębokości 20 m stężenie tego jonu było nawet 2 razy wyższe. Tak wysokie stężenia fosforanów w centrum upwellingu mogą wskazywać, że wody podchodziły z większych głębokości i wynikały z silnej mineralizacji materii organicznej po wiosennym zakwicie fitoplanktonu. Proces ten był wspomagany dostępem tlenu, którego dyfuzji nie ograniczała tworząca się dopiero stratyfikacja termiczna. Wysokie stężenie silnie zmineralizowanej materii organicznej ($C/N > 14$) wraz z wysokim poziomem składników odżywczych, stwierdzono tylko podczas tego zdarzenia upwellingowego.

Druga część osiągnięcia naukowego związana jest z naturalną i antropogeniczną materią organiczną w osadach Basenu Gdańskiego i jej rolą w uwalnianiu z osadów substancji chemicznych, w tym substancji niebezpiecznych.

Łukawska-Matuszewska K., **Burska D.**, 2011, *Phosphate exchange across the sediment-water interface under oxic and hypoxic/anoxic conditions in the southern Baltic Sea*. Oceanological and Hydrobiological Studies, 40 (2), 57-71, udział 40%

Staniszewska M., **Burska D.**, Sapota G., Bogdaniuk M., Borowiec K., Nosarzewska I. Bolalek J., 2011, *The relationship between the concentrations and distribution of organic pollutants and black carbon content in benthic sediments in the Gulf of Gdansk, Baltic Sea*, Marine Pollution Bulletin, 62 (7), 1464- 1475, udział 40%

Łukawska-Matuszewska K., **Burska D.**, Niemirycz E., 2009, *Toxicity assessment by Microtox; in sediments, pore waters and sediment saline elutriates in the Gulf of Gdańsk (Baltic Sea)*, CLEAN - Soil, Air, Water, 37 (7), 592 – 598, udział 40%

Głównym celem pierwszego z tej serii artykułów było określenie różnic w strumieniu fosforanów na granicy woda-osad pomiędzy natlenionymi osadami przybrzeżnymi, a stale niedotlenionymi lub beztlenowymi osadami w głębokim obszarze morskim. Badania prowadziłam wiosną i jesienią w latach 2005 oraz 2007-2010, w południowej części Morza Bałtyckiego. Strumienie fosforanów wyznaczyłam na 11 stacjach, o różnej głębokości, hydrochemicznych cechach wody naddennej i reżimie termiczno-zasoleniowym. Dodatkowo w wybranych osadach tlenowych i beztlenowych oznaczono wilgotność osadów, zawartość węgla organicznego, azotu całkowitego oraz form fosforu.

W oparciu o diagram TS wód naddennych wyróżniłam dwa obszary. W pierwszym z nich znalazły się stacje o głębokości 55 -70 m, na których wody naddenne cechowały się zasoleniem niższym niż 10 PSU i temperatura poniżej $7 \text{ }^\circ\text{C}$. Stacje były zlokalizowane w sąsiedztwie Cypla Helskiego. Płytką stację (50 m) o zasoleniu typowym dla pierwszej grupy, jednak o znacznie wyższej, sięgającej $16 \text{ }^\circ\text{C}$ temperaturze wyodrębniłam w wodach otwartego morza. W obszarze drugim znalazły się trzy stacje z rejonu Głębi Gdańskiej, jeden z jej zachodniego skłonu oraz dwie stacje w głębokiej części Zatoki Gdańskiej, po jednej w jej zachodniej i wschodniej części. Wody naddenne na tych stacjach miały zasolenie wyższe niż 10 PSU i temperaturę powyżej $6 \text{ }^\circ\text{C}$. Hypoksję lub anoksję w wodach naddennych obserwowałam jedynie w rejonie najgłębszym, poniżej halokliny. Za wyjątkiem wschodniej części Zatoki Gdańskiej, gdzie stężenia fosforanów w wodach naddennych przekraczały $20 \mu\text{mol dm}^{-3}$, pozostałe były od 3 do 10 razy mniejsze.

Do oszacowania strumieni fosforanów na granicy woda osad skorzystano z pierwszego prawa Ficka lub z metody inkubacji rdzeni osadów. Pierwszy sposób zakłada się, że na wymianę substancji chemicznych oddziałuje głównie dyfuzja molekularna. Daje to najbardziej wiarygodne wyniki w przypadku osadów z głębokich akwenów, w których wody naddenne i osady są

beztlenowe, a wpływ organizmów dennych i dyfuzja turbulenta jest ograniczona. Dlatego najbardziej wiarygodne są strumienie dla osadów położonych na głębokości >100 m. Strumienie w pozostałych przypadkach mogą być niedoszacowane. Na stacjach płytszych (<65), na których znaleziono faunę denną w celu oszacowania strumienia fosforanów inkubowano rdzenie osadów.

Strumienie fosforanów w Basenie Gdańskim wykazały silne zróżnicowanie przestrzenne. Stwierdziłam wyraźne różnice pomiędzy obszarami płytkimi i głębokimi. Najwyższe, sięgające kilkudziesięciu $\mu\text{mol m}^{-2} \text{h}^{-1}$ strumienie fosforanów z osadu do wody odnotowałam w przypadku osadów płytszych (<70 m). Ten wysoki strumień do wody fosforanów związany był z wysokim tempem mineralizacji materii organicznej i szybkim obiegiem fosforu ze względu na obecność makrofauny oraz zwiększoną intensywność procesów hydrodynamicznych. W obszarze otwartego morza, szybki obieg materii organicznej w tlenowych warunkach i dodatkowo w wyższej temperaturze powoduje usunięcie P z organicznych osadów. Z tego powodu osady tam są ubogie w fosfor organiczny, co odzwierciedla wysoki stosunek C:P w detrytusie. Dominującym związkiem fosforu w tych osadach jest fosfor związany z wapniem, forma fosforu typowa dla płytkiego obszaru o dobrze natlenionej wodzie naddennej.

W płytkich osadach, położonych na granicy Zatoki Gdańskiej i Puckiej, obserwowano sytuację, w której stężenie fosforanów w wodach naddennych obniżane było na skutek pobierania tego jonu przez osady. Odpowiedzialne były za to najprawdopodobniej organizmy bentosowe, które zakłócały zarówno strukturę jak i skład chemiczny osadów. Aktywność makrofauny m.in. zwiększa wnikanie tlenu do osadu, a tym samym powoduje zwiększenia odkładania fosforu w osadzie. Obniżanie w wodach naddennych stężenia fosforanów może być wynikiem działania procesów hydrodynamicznych. Wzdłuż Półwyspu Helskiego występują silne upwellingi i downwellingi. Mogą one powodować, że bogate w fosforany wody naddenne są zastępowane wodami powierzchniowymi o niższych stężeniach fosforanów. To z kolei może stymulować wymianę na granicy woda - osad i w efekcie zubażać osady w ten związek.

Strumienie fosforanów z osadów położonych w obrębie dna transportowego i akumulacyjnego były nawet kilkunastokrotnie niższe niż strumienie z osadów płytkich. Niski strumień PO_4^{3-} z tych osadów związany był prawdopodobnie z długotrwałym ich narażeniem na warunki niedotlenienia lub beztlenowe. W efekcie czego doszło do wyczerpana (dostępnych w tych warunkach redoks) form fosforu tj. fosforu luźno związanego oraz fosforu związanego z żelazem. Osady w głębokich rejonach Basenu Gdańskiego są zubożone w labilną formę fosforu organicznego, który jest związany ze świeżą autochtoniczną materia organiczną. Znaczna głębokość i stratyfikacja gęstościowa w tych wodach powoduje przedłużenie pobytu zawiesiny w kolumnie wody i usunięcie organicznej formy fosforu z zawiesiny w procesie degradacji.

Jednak w materii organicznej zakumulowanej w tych osadach obserwowałam niski stosunek C:P wskazujący na nadwyżkę fosforu organicznego. Był to jednak fosfor w formie odpornej na degradację, refrakcyjny. Wysoki udział refrakcyjnej formy Org-P w osadach głębokiego obszaru Zatoki Gdańskiej można częściowo wytłumaczyć dodatkiem substancji organicznych, pochodzenia lądowego. Materia ta jest bardziej odporna na rozkład przez drobnoustroje niż materia morska, a dodatkowo może być wzbogacona w antropogeniczne związki fosforu organicznego.

Przedstawione w publikacji wyniki uzupełniają wiadomości o roli obszarów płytszych, w których na procesy wymiany substancji chemicznych pomiędzy osadem i wodą oddziaływać będą również organizmy (bioturbacja i bioirygacja) i zwiększona dynamika (m.in. mieszanie do dna, przemieszczenie wód cieplejszych w głębsze części akwenu, resuspensja).

Jakość materii organicznej występującej w osadach determinuje wielkość i kierunek substancji chemicznych na granicy woda-osad. Dwa kolejne artykuły dotyczą udziału sadzy (antropogenicznego węgla organicznego) w materii organicznej zdeponowanej w osadach. Ważne właściwości sadzy to brak reaktywności i silne właściwości sorpcyjne.

Pierwsze badania dotyczące zawartości sadzy w osadach Zatoki Gdańskiej wykonałam w kwietniu 2007. W osadach obok zawartości sadzy oznaczałam zawartość materii organicznej (LOI) oraz węgla całkowitego (TC). Pobrane zostały też próbki do analiz dwóch związków z grupy trwałych zanieczyszczeń organicznych (TZO): wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) i polichlorowanych bifenyli (PCB). Wykonano także granulometrię osadów chcąc potwierdzić, że za sorpcję substancji organicznych są odpowiedzialne najdrobniejsze cząstki osadu.

Rdzenie osadów, w których badano ww. parametry pobrano ze strefy przybrzeżnej, która była pod wpływem silnej antropopresji. Wzięto pod uwagę osady piaszczyste z Portu Gdynia oraz z miejsca składowania urobku czerpального głównie z pogłębiania kanałów portowych i torów podejściowych do portów (klapowisko Gdynia). Pozostałe stacje znajdowały się w rejonie gdzie możliwa jest depozycja osadów mulistych i ilastych. Część płytszą (60-75 m) reprezentowały osady zlokalizowane od ujścia Wisły w kierunku wschodnim, a głębszą (>100 m) osady zachodniej części Głębi Gdańskiej. Uwzględniając warunki termohalinowej stratyfikacji wód Morza Bałtyckiego osady z płytszych stacji zlokalizowane były na głębokości położenia górnej granicy halokliny. Poniżej tego przewarstwienia znajdowała się jedynie stacja na Głębi Gdańskiej. Obecność silnej halokliny wpływa na panujące poniżej tego przewarstwienia warunki tlenowe, a te na odkładanie lub uwalnianie substancji chemicznych z osadów.

Głównym celem podjętych przeze mnie badań było rozpoznanie zawartości BC w osadach Zatoki Gdańskiej (również w głąb osadu), ustalenie obszarów, które są wzbogacone w tę formę węgla organicznego. Ważne było również ustalenie czy istnieje zależność pomiędzy zawartością BC a badanymi parametrami w osadzie.

W oparciu o uzyskane wyniki wskazałam, że wpływ na zawartości BC w osadach dennych Zatoki Gdańskiej odgrywa transport materiału niesionego z wodami Wisły i warunki jego sedymentacji. Stężenia BC w osadach znacząco rosły wraz ze zwiększaniem odległości od ujścia Wisły, w większym stopniu w kierunku wschodnim niż północnym, wraz ze zmianą dna od transportowego do akumulacyjnego. Udział BC w całkowitym węglu w osadach powierzchniowych rósł od ok 12% w osadach naprzeciw ujścia Wisły do 15% w osadach mulistych w kierunku północno wschodnim. Osady muliste w rejonie Głębi Gdańskiej charakteryzowały się mniejszym udziałem BC w TC niż we wschodniej części Zatoki Gdańskiej.

Odmienne na tym tle prezentowały się osady piaszczyste w Porcie Gdynia i na klapowisku Gdynia. W tym przypadku udział BC w TC w osadach sięgał nawet 40%. Uzyskano dla tych osadów silną korelację pomiędzy zawartością BC a trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi (WWA i PCB). Zależność ta była silniejsza niż w pozostałych badanych osadach. Można zatem wnioskować, że w tych obszarach to głównie antropogeniczny węgiel organiczny prowadzi do oczyszczania toni wodnej absorbując zanieczyszczenia organiczne. Potwierdzeniem, iż za sorpcję odpowiedzialny jest BC był również brak zależności pomiędzy udziałem najdrobniejszej frakcji osadu a WWA i PCB w przypadku osadów piaszczystych. Jest to związane z rozmiarem cząstek BC, które częściej mieszczą się w zakresie wielkości 0,063 - 0,125 mm oraz 0,250-0,500 mm, niż poniżej 0,063 mm.

Inna możliwość to brak labilnej materii organicznej w tych osadach, która mogłaby zapełnić centra adsorpcyjne na sadzy. W oparciu o analizę korelacji pomiędzy materią organiczną

a zawartością TZO stwierdzono wyraźny wpływ jej jakości i ilości na siłę tej zależności. W rejonie, w którym prowadziłam badania do osadów dociera bardzo zróżnicowana materia. W wyniku dopływu substancji biogenicznych w rozplywie wód Wisły obserwujemy silną produkcję pierwotną, dodatkowo dociera tu z wodami słodkimi terygeniczna materia organiczna, w tym humus glebowy, sadza itp. Również w tym obszarze na skutek m.in. gradientu zasolenia dochodzi do flokulacji i wytrącania cząstek organicznych. Może zatem dochodzić do sorpcji części TZO na kwasach humusowych i fulwowych, mimo iż sadza jest nawet tysiąc razy lepszym sorbentem, a także do zajmowania przez labilną materię organiczną centr sorpcji na sadzy oraz do selektywnej, wynikającej z budowy TZO sorpcji na materii organicznej.

Uzyskane wyniki, wskazujące na istotną zależność pomiędzy sadzą a zawartością TZO w osadach Zatoki Gdańskiej, spowodowały, że kontynuowałam badania dotyczące zawartości tej antropogenicznej formy węgla organicznego i jego roli w środowisku morskim. Ważnym zadaniem prowadzonych prac badawczych było również określenie toksyczności osadów i ustalenie czy istnieje zależność pomiędzy ilością i jakością materii organicznej w osadach i składem chemicznym wód interstycjalnych i naddennych. W celu oznaczenia toksyczności osadów zastosowano testy *Microtox*. Wyniki pomiarów toksyczności osadów są istotnym wskaźnikiem opisu stanu habitatów wodnych. Toksyczność wielu substancji chemicznych nie jest znana, często jest efektem synergetycznych i antagonistycznych oddziaływań różnych składowych obecnych w osadach. Biodostępność związków chemicznych może zmieniać się z warunkami środowiska. W takiej sytuacji analiza pojedynczych substancji może nie odzwierciedlać środowiskowego zagrożenia wywołanego składem chemicznym osadów. Stąd próba oceny całkowitej toksyczności osadów Zatoki Gdańskiej.

W badaniach uwzględniłam osady piaszczyste położone bliżej linii brzegowej. Były to osady w sąsiedztwie ujścia Wisły oraz położone po jego wschodniej i zachodniej stronie między izobatami ok. 20-30 m. Osady pobrałam również z zachodniej części Zatoki Gdańskiej, ze stacji zlokalizowanych na profilu Cypel Helski - Głębia Gdańska (pomiędzy izobata 60 a 100 m). Pod uwagę brałam dwucentymetrowa warstwę osadów powierzchniowych. Dobór stacji nie był przypadkowy jest to m.in. obszar występowania zjawisko upwellingu i downwellingu jak również drugi po wschodnim kierunku wyprowadzania wód Wisły z Zatoki Gdańskiej. Wcześniej opisane prace wskazywały na istotną rolę dynamicznych procesów wspomagających procesy usuwania substancji chemicznych z osadów i wód naddennych i wynoszenia ich na powierzchnię morza w tym rejonie.

W obszarze prowadzonych badań jedynie w przypadku najgłębszych stacji w wodach naddennych występowały niedobory tlenowe. Osady charakteryzowały się różną zawartością węgla całkowitego, zgodnie z wcześniejszą wiedzą od niskich wartościach (<0,7%) w osadach piaszczystych do wysokich (ponad 7%) w rejonie Głębi Gdańskiej. Również stopień degradacji materii opisany stosunkiem C/N był zmienny od wartości około 10 w rejonie głębokowodnym do wartości wskazujących na znaczące zubożenie osadów piaszczystych w azot, z maksimum tego stosunku powyżej 30 w osadach po zachodniej stronie ujścia Wisły. W przypadku tych osadów wskazywałoby to na sprzyjające warunki mineralizacji materii organicznej.

Najwyższą zawartość BC odnotowałam w osadach położonych w zachodniej części Zatoki Gdańskiej. Była to blisko dwukrotnie wyższa wartość niż w najgłębszej części badanego obszaru, zarówno w tych jak i we wcześniejszych badaniach. Udział BC w całkowitej zawartości węgla malał od 35% w okolicy krańca Helu do 13% w zachodniej części Głębi Gdańskiej. Porównując wcześniejsze wyniki w najgłębszej części Basenu Gdańskiego zarówno ilość BC w osadach jak i udział tej formy węgla w TC rósł z zachodu na wschód. Przeszło 20% udział

sadzy w TC odnotowano również w ujściu Wisły, jednak najwyższy (blisko 40%) udział odnotowałam w osadach płytkowodnych na wschód od tej stacji. W przypadku osadów z ujścia Wisły i okolic Helu wzrost udziału sadzy w TC może być związany z intensywnymi procesami dynamicznymi (np. falowaniem), które powodują resuspensję osadów. W efekcie labilna materia organiczna zostaje zdegradowana a w osadzie pozostaje niereaktywna sadza.

Stwierdzono silną korelację pomiędzy zawartością sadzy w osadach a ich toksycznością. Jest ona znacząco wyższa niż między węglem całkowitym a toksycznością. Wykazano również korelację pomiędzy labilną częścią węgla organicznego a toksycznością eluatu. Sugerując to, że degradacja tej frakcji węgla organicznego może powodować desorpcję np. TZO. W obszarach o dużym udziale labilnej frakcji węgla w sprzyjających warunkach (np., dostarczanie cieplejszych, bardziej zasobnych w tlen wód) może zachodzić uwalnianie wcześniej zaadsorbowanych zanieczyszczeń organicznych. W ten sposób zanieczyszczenia organiczne ponownie są włączane do obiegu w toni wodnej.

Najbardziej toksycznymi osadami okazały się osady ze stacji zlokalizowanej na północ od cypla helskiego, były one ponad dwukrotnie bardziej toksyczne niż osady ze stacji położonej w obrębie zachodniej części Głębi Gdańskiej i pięciokrotnie bardziej toksyczne niż osady na stanowisku w pobliżu Cypla Helskiego. Toksyczność osadów z tego rejonu była wyższa niż w osadach Wisły i portowych. Stwierdzono, że spośród osadów piaszczystych, nie były toksyczne jedynie te, które pobrano z zachodniej części wewnętrznej Zatoki Gdańskiej.

Inaczej sytuacja wyglądała w przypadku wód porowych. Toksyczne okazały się wody porowe z Głębi Gdańskiej, przedpola Wisły i obszaru na zachód od niego. W przypadku eluatów z osadów toksyczność wykazywały jedynie osady z obszary będących pod bezpośrednim wpływem wód Wisły i na zachód. Pozostałe osady charakteryzowały się niską toksycznością w tym zakresie.

Główne wnioski wynikające z osiągnięcia naukowego

1. Rozpoznałam krótkookresową zmienność koncentracji zawiesin organicznych w otwartych wodach południowego Bałtyku na przełomie maja i czerwca. Ustaliłam wpływ stratyfikacji gęstościowej, termicznej i zasoleniowej, na: koncentrację zawieszonoego węgla i azotu organicznego, stopień degradacji materii organicznej oraz ilość i jakość materii docierającej do poszczególnych głębokości morza i dna. Określiłam jak duża jest różnica w retencji węgla i azotu organicznego w warstwie eufotycznej z uwzględnieniem roli w tym procesie dobowej i sezonowej termokliny. Wskazałam, że węgiel organiczny w tym okresie jest usuwany przez sedymentację w większym stopniu niż azot w: (i) całej kolumnie wody z maksimum nad i pod termokliną i (ii) nocy.
2. Rozpoznałam dystrybucję zawieszonych materii organicznej i pierwiastków biogenicznych w strefie wód przybrzeżnych wzdłuż Półwyspu Helskiego. Udowodniłam, że w obszarze badań na zmienność tych parametrów w toni wodnej miał wpływ proces upwellingu. Ustaliłam, że w wyniesionych wodach ilość i jakość zawiesin organicznych oraz stężenie soli odżywczych i proporcje w jakich występują te związki zależały od: sezonu wegetacyjnego, rozwoju stratyfikacji termicznej i miejsca wystąpienia upwellingu. Obserwowałam, że w stosunku do wód otaczających wody wynoszone były uboższe w zawiesinę wiosną i latem a nieco bogatsze jesienią. Stwierdziłam, że stężenia substancji biogenicznych zawsze były wyższe w centrum upwellingu, a wynoszone wody były bogatsze w fosforany i krzemiany niż rozpuszczanie nieorganiczne związki azotu. Jednocześnie wskazałam, że istotnym dla kształtowania pola

- zawieszanej materii organicznej jak również soli odżywczych jest ukształtowanie dna w rejonie Półwyspu Helskiego. Wraz ze zbliżaniem do krańca Helu, gdy rośnie nachylenie dna morskiego, wody podnoszone są z większych głębokości Zatoki Gdańskiej. W wodach głębszych stężenia soli odżywczych są wysokie na skutek mineralizacji materii organicznej a proporcje w jakich występują zależne są od zmiennych warunków tlenowych.
3. Uzupełniłam informacje dotyczące wielkości i kierunku strumieni fosforanów na granicy-woda osad w Basenie Gdańskim. Stwierdziłam, że osady badanej płytkiej strefy morza (<70 m), w których obecne są organizmy bentosowe, mogą zmieniać swoją rolę w zależności od sezonu. Wiosną dostawa świeżej materii organicznej i jej mineralizacja w dobrych warunkach tlenowych generuje strumień fosforanów do wód naddennych. Jesienią osad pobierał fosforany, a odpowiedzialna za to była prawdopodobnie wysoka aktywność organizmów bentosowych, natleniających osad a tym samym zwiększających możliwość odkładania w nim fosforu. W osadach położonych poniżej halokliny, zauważyłam, że ze względu na długotrwałe występujące warunki anoksji/ hypoksji osady były zubożone w formy fosforu zależne od warunków redoks (P zaadsorbowany i związany z Fe) – skutkiem tego strumienie fosforanów z osadów do wód naddennych były niskie.
 4. Rozpoznałam zmiany zawartość sadzy (BC) w warstwie powierzchniowej jak i profilu pionowym osadów Zatoki Gdańskiej. Ustaliłam, że w większości osadów udział tej frakcji węgla organicznego w węglu całkowitym stanowi około kilkanaście %. Wskazałam, że osady wzbogacone w sadzę (>20%) znajdują się zarówno blisko źródeł tego zanieczyszczenia (w ujściu i rozplwywie Wisły, osady portowe) ale także w pewnym oddaleniu od nich (północno-zachodniej części Zatoki Gdańskiej). Ustaliłam, że za taki stan rzeczy mogą być odpowiedzialne warunki hydrodynamiczne: transportujące w te obszary sadzę z różnych źródeł i sprzyjające jej sedymentacji i/lub usuwające z kolumny wody labilną materię organiczną (prądy morskie, upwelling, downwelling, rozplwyw wód Wisły, resuspensja). Określiłam typową wielkość cząstek sadzy i powiązałam jej zawartość z występowaniem toksycznych zanieczyszczeń organicznych i wysoką toksycznością osadów. Wskazałam na możliwość wykorzystania tej formy antropogenicznego węgla organicznego do opisu transportu zanieczyszczeń w morzu. W Zatoce Gdańskiej wskazałam miejsce charakteryzujące się bardzo wysoką toksycznością osadów oraz wysoką zawartością w nich antropogenicznego węgla organicznego. Rejon ten stanowi potencjalne źródło wtórnego zanieczyszczenia substancjami toksycznymi wód morskich.

Plany naukowe

W najbliższym czasie moje prace naukowe nadal będą związane z obiegiem węgla i pierwiastków biogenicznych w toni wodnej i osadach. Obecnie realizuje trzy tematy badawcze. Pierwszy z nich to określenie wielkości strumienia sadzy do dna różnych obszarów Basenu Gdańskiego i ustalenie znaczenia „trwałego” odkładania tej formy węgla organicznego w osadach w ostatnim stuleciu. Część tego zadania jest realizowana w ramach projektu Eutrofizacja wód szelfowych jako mechanizmu osłabiającego efektywność pompy biologicznej, którego jestem wykonawcą (zał. 4; II I-7).

Będę nadal kontynuowała badania dotyczące przestrzennej i sezonowej wielkości strumienia materii organicznej i jej podstawowych składowych w środowisku morskim. Część tego zadania realizuję obecnie w ramach projektu COCOA (zał. 4; II I-1). Ma on wskazać funkcję strefy przybrzeżnej Zatoki Puckiej jako filtra biorącego udział w przemianach węgla i związków biogenicznych.

W oparciu o dotychczas przeprowadzone badania (wynoszenie wód z większych głębokości wokół Cypla Heskiego, duża zawartość BC w osadach, najwyższa z pośród badanych toksyczność osadów i eluatu) postawiłam prowadzić dalsze prace związane z wyjaśnieniem roli osadów zachodniej części Zatoki Gdańskiej w dostarczaniu substancji toksycznych do wód morskich. Dane środowiskowe dotyczące organizmów bentosowych w tym rejonie wskazują na częste ich deformacje (informacja ustna dr Katarzyna Smolarz), a przyczyny takiego stanu nie zostały ustalone. Podjęcie tego tematu będzie się wiązało z kompleksowymi badaniami osadów i toni wodnej, na które będę chciała pozyskać środki.

Wykorzystanie wyników

Prowadzone przeze mnie badania mogą mieć również praktyczne zastosowanie. Analiza koncentracji zawieszonego węgla organicznego (POC) oraz proporcji POC/Chl *a* w różnych obszarach morskich, w tym zmienność obu parametrów w czasie, jest niezbędna m.in. do: modelowania zachodzących w morzu procesów zasilania systemu w energię słoneczną, weryfikacji istniejących modeli, które tworzą na podstawie pomiarów satelitarnych mapy parametrów środowiskowych (np. SatBałtyk).

Zawartość BC w środowisku morskim wpływa na dystrybucję, specjacje i biodostępność m.in. trwałych zanieczyszczeń organicznych. Dlatego informacja o zawartości sadzy (BC) w osadach morskich może być dobrym wskaźnikiem oceny rozprzestrzeniania zanieczyszczeń i ekspozycji na nie organizmów żywych. Wiedza ta może być podstawą do oceny ryzyka środowiskowego: ustalania priorytetów, co do których związków i miejsc należy pilnie podjąć działania naprawcze i/lub podjęcia decyzji o ograniczeniu dostawy substancji chemicznych, których odkładanie w osadach morskich nie jest trwałe.

5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

W latach 1988-1993 byłam studentką magisterskich studiów dziennych na kierunku Oceanografia, prowadzonych na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego. Ukończyłam specjalność oceanografia fizyczna, a tytuł magistra otrzymałam dnia 29 czerwca 1993. Z prowadzeniem badań naukowych zetknęłam się już na studiach. Uczestniczyłam wówczas w eksperymencie naukowym AMBER 1992 z udziałem pracowników naukowych Instytutu Oceanografii UG oraz IFREMER. W projekcie *Chemical analyses of flux between water and suspend solids* wykonywałam analizy substancji biogenicznych w próbkach pobranych z wystawionych na dnie Zatoki Puckiej kloszy bentosowych. Prace te miały charakter interdyscyplinarny, obok naukowców zajmujących się chemią wód i osadów w projekcie uczestniczyli biolodzy i geolodzy morza. Były to również pierwsze moje doświadczenia związane z szacowaniem strumieni substancji biogenicznych na granicy woda-osad.

Po ukończeniu studiów podjęłam pracę jako specjalista pomiarów morskich w Biurze Hydrograficznym Rzeczypospolitej Polskiej w Gdyni (BHRP). W tym czasie uzyskałam uprawnienia do obsługi, wówczas pierwszej w Polsce, hydrograficznej sondy wielowiązkowej, sonaru bocznego jak również zapoznałam się z opracowaniem map batymetrycznych w systemie Hydromap. Prace prowadzone w tym zakresie pozwoliły mi m.in. na: poznanie ukształtowania dna morskiego strefy przybrzeżnej w tym Zalewu Szczecińskiego i Wiślanego jak również obszarów będących pod wpływem antropopresji (m.in.: tory podejściowe, kotwiczowiska, porty morskie), zapoznanie się z nowoczesnymi systemami prowadzenia sondażu morskich, rozpoznanie struktury termohalinowej badanych obszarów morskich.

Od września 1994 roku podjęłam studia doktoranckie na Środowiskowych Studiach Doktoranckich z Biologii i Oceanologii przy Uniwersytecie Gdańskim (do marca 1995 nadal pracując w BHRP). Kontynuowałam wówczas badania, podjęte w pracy magisterskiej. Jednak o ile pisząc tę pracę opierałam się głównie na danych archiwalnych (jedynie w 1990 roku brałam udział w rejsie, analizowałam chemiczne i mierzyłam fizyczne parametry wody morskiej) to od 1994 roku byłam zaangażowana w przygotowanie programu badawczego, organizację rejsów jak również brałam czynny udział w wykonywanych przez większy zespół pomiarach i analizach laboratoryjnych.

W następnych latach prowadziłam badania krótkookresowej (od godzin do kilku dni) zmienności trofii otwartych wód Zatoki Gdańskiej w aspekcie długotrwałej eutrofizacji Bałtyku i zachodzących zmian klimatycznych. Analizę stężeń substancji biogenicznych, tlenu i wskaźników biomasy (chlorofil a, feofityny, ATP) prowadziłam w odniesieniu do parametrów hydrologicznych oraz okresu wegetacyjnego. Wykonywane badania dotyczyły całej kolumny wody od powierzchni do dna (oparte o standardowe głębokości). Materiał zebrany w ciągu kilkudniowych kampanii pomiarowych, prowadzonych przez kolejne lata pozwolił mi obserwować periodyczność zmian parametrów fizyczno-chemicznych w pelagialu jak również zmienność wieloletnią. Ważnym elementem, który podjęłam w swych badaniach był pionowy transport dyfuzyjny substancji biogenicznych w okresie wiosennym. Strumienie te rozpatrywałam na granicy warstw gęstościowych, w haloklinie i termoklinie.

Wyniki uzyskiwane na poszczególnych etapach pracy naukowej publikowałam jak również prezentowałam na licznych konferencjach i seminariach. Pierwszy mój artykuł opisywał zmiany stężeń rozpuszczonego krzemu w wodach Głębi Gdańskiej, w latach 1988-1995 (zał.4; II A-17). W wodach powierzchniowych obserwowano wówczas stężenia krzemianów poniżej $1 \mu\text{mol dm}^{-3}$, i jednocześnie spadek stężenia tego pierwiastka w stosunku do azotu i fosforu. W konsekwencji krzem limitował wczesnowiosenną produkcję pierwotną w głębokowodnej części Basenu Gdańskiego. Powodowało to zastępowanie zakwitów okrzemkowych innymi organizmami planktonowymi, dla których krzem nie był wymagany. Za te zmiany odpowiedzialny był głównie proces eutrofizacji Morza Bałtyckiego.

Wśród konferencji na których prezentowałam swoje wyniki są o zasięgu międzynarodowym, takie jak: CBO (Sopot, 1994), BMSC (Ronne, 1996), BSSC (Rostock-Warnemunde, 1998), BMB i ECSA (Mariehamn, 1997) oraz krajowym np.: *Chemia, geochemia i ochrona środowiska morskiego* (Sopot, 1998), seminaria Instytutu Oceanografii UG. Wśród tematów znalazły się: *Wpływ procesów dynamicznych na okresowe zmiany składników odżywczych w Głębi Gdańskiej*, *Krótkookresowe zmiany stężeń substancji biogenicznych i tlenu na tle stratyfikacji gęstościowej toni wodnej Głębi Gdańskiej*, *Dobowe zależności między chlorofilem-a, składnikami odżywczymi i promieniowaniem słonecznego*, *Niektóre okresowe zależności pomiędzy rozpuszczonymi i zawieszonymi substancjami w mikrowarstwie i podpowierzchniowej warstwie morza a stężeniem pęcherzyków gazów w Morzu Bałtyckim*, *Dobowa zmienność współczynnika absorpcji UV w mikrowarstwie powierzchni morza w Basenie Gdańsku*, *Pionowe zmiany dystrybucji i dobowe koncentracja ATP w wodach otwartych Głębi Gdańskiej*.

Prace badawcze, związane z krótkookresową zmiennością parametrów chemicznych i fizycznych, były możliwe dzięki projektom naukowym, w których uczestniczyłam (zał.4; II I-14,15,16). W kierowanym przez siebie projekcie (1998-1999) głównym celem było *Określenie dobowych zmian stężeń substancji biogenicznych wynikających ze zmiennego natężenia fotosyntezy w warstwie eufotycznej*. Projekt ten oparłam o pomiary i analizy, które

przeprowadziłam w czerwcu 1996 roku w rejonie Głębi Gdańskiej. Całkowitą materię organiczną określiłam oznaczając koncentrację węgla organicznego w zawiesinie, chlorofilu *a* (jako wskaźnika biomasy fitoplanktonu), feofityny oraz adenozyntrifosforanu (biomasa żywych mikroorganizmów: m.in. fito i zooplanktonu, bakterii). Prace nad opracowaniem metody oznaczania ATP w zawiesinie rozpoczęłam w 1995 roku jednak dopiero pozyskanie finansowania pozwoliło mi na analizę ATP w zebranych wcześniej próbkach (zał.4; II I-14). Dobową zmienność biomasy (w tym ATP) w warstwie eufotycznej w kontekście zmian stężeń substancji biogenicznych zaprezentowałam w pracy doktorskiej (rozdział 6.22, str. 132).

W lipcu 2000 roku uzyskałam tytuł doktora Nauk o Ziemi w zakresie Oceanologii za przygotowanie rozprawy doktorskiej pt.: *Krótkookresowe zmiany stężeń pierwiastków biogenicznych w głębokowodnej strefie Basenu Gdańskiego w sezonie wiosennym*. Promotorem mojej pracy była dr hab. Lucyny Falkowskiej, a recenzentami byli: prof. dr hab. Zbigniew Witek oraz prof. dr hab. Krzysztof Korzeniewski. Na wniosek recenzentów rozprawa została wyróżniona przez Radę Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii.

Do najważniejszych osiągnięć mojej pracy zaliczam: oszacowanie pionowych strumieni dyfuzji soli pokarmowych i tlenu z warstw głębszych i wskazanie na ważną rolę w uzupełnianiu zasobów substancji biogenicznych w warstwie produktywnej, podtrzymującej a nawet stymulującej proces fotosyntezy; rozpatrzenie proporcji w jakich występowały substancje biogeniczne i tlen w różnych warstwach i okresach; ustalenie, że odzwierciedleniem sukcesji fitoplanktonu jest „sukcesja” substancji biogenicznych, prowadząca do zmiany czynnika limitującego z azotu wczesną wiosną do fosforu późną wiosną; wskazanie w dobowej zmienności stężeń soli pokarmowych i zawiesin organicznych 12-godzinne go cyklu zmian, za który odpowiedzialny był wzrost radiacji słonecznej w południe oraz nocna aktywność heterotrofów; ustalenie, że wczesną wiosną maksymalne stężenia chlorofilu pojawiały się wcześniej rano, podczas gdy pod koniec sezonu wiosennego pierwszy wzrost chlorofilu występował przed południem; określenie periodyczności zmian badanych parametrów i stwierdzenie, że częstość i wielkość fluktuacji stężeń pierwiastków biogenicznych i zawiesin organicznych warunkowana jest okresowością ruchu falowego i w warunkach formującej się wiosną stratyfikacji termicznej wyznacza rytm zmian w całej warstwie izohalinowej.

W roku 2000 zostałam zatrudniona w Zakładzie Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego UG kierowanym przez prof. dr hab. Jerzego Bolałka. Prowadzone do tego czasu badania dotyczące hydrochemicznej charakterystyki toni wodnej otwartych wód Basenu Gdańskiego poszerzyłam o nowe: obszary badawcze (np.: strefa przybrzeżna, rejony polarne), komponenty środowiska (zawiesiny, osady, organizmy) jak również analizowanie parametry (np.: formy siarki, czarny węgiel). Nadal kontynuowałam prace w rejonie Głębi Gdańskiej. Tak, też było w 2001 (początek czerwca) i 2002 (początek maja) roku. Badałam wówczas dobową zmienności zawieszonych substancji chemicznych (C, N, P, BSi) oraz wielkość strumieni opadającej materii, docierającej do poszczególnych poziomów morza i do osadów. Uzyskane wyniki pozwoliły mi określić m.in.: pionowy profil węgla i azotu organicznego, fosforu całkowitego i krzemionki biogenicznej w zawiesinie oraz proporcje C/N, C/P i C/BSi w jakich, w niej występują; wielkość i jakość opadając materii; różnice w wielkości strumieni C, N, P pomiędzy nocą i dniem, wskazując nawet na dwukrotnie wyższe strumienie materii w nocy; jakość opadającej materii, zasadniczo bardziej zdegradowanej w ciągu nocy (zał.4; I B-2; II D-9; III B-17,18,20,23). Pionowe strumienie C, N, P i Si należą do pierwszych wyników w obszarze Basenu Gdańskiego.

Prowadzone, corocznie od 15 lat wiosną i/lub jesienią, w rejonie Głębi Gdańskiej badania parametrów fizyczno-chemicznych w toni wodnej jak również w osadach znalazły swoje odzwierciedlenie w opracowaniach naukowych (zał.4; II A-12,16; II K-19,20; III B 27-34).

Ważnym dla trofii zbiornika są źródła substancji biogenicznych, intensywność ich dostarczania i zasięg oddziaływania. Swoje badania prowadziłam w trzech rejonach, w których do wód powierzchniowych dostarczane są węgiel i pierwiastki biogeniczne w formie zawieszonyj i rozpuszczonej. Był to obszary: rozplywu wód Wisły; występowania, wówczas jeszcze nie rozpoznanego, upwellingu helskiego oraz zrzutu oczyszczonych ścieków do Zatoki Puckiej z oczyszczalni w Dębogórze. Badania w tym ostatnim obszarze miały charakter monitoringu przed i poinwestycyjnego związanego z wyprowadzenia kolektora ścieków z oczyszczalni w głąb Zatoki Puckiej. Prowadzone w latach 2008-2011 prace prócz informacji dotyczącej fizycznych, chemicznych i biologicznych parametrów wody i osadów pozwoliły dokonać analizy zmian wieloletnich w tym rejonie (zał.4; III M-3). Blisko 30 lat wcześniej wykonano badania w tym samym obszarze i w zbliżonym zakresie analizowanych parametrów. Badania te były prezentowane w monografii *Zatoka Pucka*.

Fizyczno-chemiczną charakterystykę wód w rejonie Zatoki Gdańskiej, będącej pod wpływem wód Wisły, mogłam wykonać uczestnicząc w rejsie badawczym na statku Professor Albrecht Penck. Badania te przeprowadziłam na przełomie lutego i marca 2000 i 2001 roku we współpracy z dr Maren Voss z Instytutu Badań Morza Bałtyckiego w Warnemünde (IOW) oraz dr Marianną Pastuszką z MIR w Gdyni. W trakcie rejsu w obszarze badań obok podstawowych parametrów hydrologicznych i optycznych analizowano stężenia substancji biogenicznych i skład zawiesin. W próbkach pobranych z 25 stacji oznaczyłam koncentrację zawieszonygo węgla i azotu organicznego oraz krzemionkę biogeniczną. Koncentracje krzemionki biogenicznej wówczas oznaczone, obok uzyskanych w tym samym roku wyników BSi w wodach Głębi Gdańskiej, w tym strumieniu opadającej BSi, stanowią pierwsze informacje dotyczące tego parametru w Zatoce Gdańskiej (zał.4; II D-9, III B-18).

W latach 2000-2003 realizowałam projekt kierowany przez dr hab. Marię Szymelfenig, który dotyczył: *Roli upwellingów w kształtowaniu produktywności biologicznej wzdłuż polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego*. Był to projekt z logistycznego punktu widzenia ogromnie wymagający. Najważniejszym etapem było przewidzenie, w oparciu o prognozę pogody, model hydrodynamiczny oraz zdjęcia satelitarne, miejsca wystąpienia upwellingu. Kolejnym problemem było dotarcie do wskazanego wcześniej obszaru w czasie trwania tego zjawiska. Wykonanie zaplanowanych pomiarów i pobranie próbek do dalszych analiz stanowiło jedynie dopełnienie cyklu badawczego. W ciągu trzech lat udało nam się zidentyfikować tylko 7 takich sytuacji. Kompleksowe prace z zakresu biologii, chemii i fizyki morza prowadzone były we współpracy z naukowcami z Morskiego Instytutu Rybackiego. W tym interdyscyplinarnym zespole naukowym byłam odpowiedzialna za analizę substancji biogenicznych i tlenu oraz podstawowego składu chemicznego zawiesin. Efektem przeprowadzonych badań było przygotowanie wystąpień na seminariach i konferencjach (zał.4; II K-14,17) oraz moje autorstwo lub współautorstwo w 4 artykułach (I B-3,4; II A-9,13). W 2006 roku, wraz z kolegami realizującymi projekt, za cykl artykułów będących efektem prowadzonych badań otrzymałam nagrodę zespołową Rektora I stopnia (zał.4; II J-2). Dwie prace, dotycząca składu zawiesin morskich oraz zmian w dystrybucji substancji biogenicznych i tlenu zostały włączone do osiągnięcia naukowego.

Wnioski z tych badań spowodowały, iż w dalszych swoich pracach naukowych potraktowałam rejon występowania upwellingu helskiego jako szczególnie poligon badawczy. W roku 2007 roku prowadziłam w tym obszarze badania w ramach projektu BW pt: *Pionowe*

strumienie materii organicznej i jej podstawowych składników w kolumnie wody wokół cypla helskiego (II F-19). Prace prowadziłam od marca do listopada, w cyklu dwu-miesięcznym, na trzech stacjach badawczych. Najważniejsze wnioski to: jest to rejon, w którym istnieją silne zmiany fizycznych i chemicznych parametrów (m.in.: zasolenie i temperatury, natlenienia i pH, substancji biogenicznych) wpływających na skład i biodostępność materii (zał.4; II E-4). Z jednej strony często wzdłuż półwyspu helskiego przemieszczane są z prądami wzdłuż brzegowymi stosunkowo „ubogie” w zawiesinę i sole pokarmowe wody z północno-zachodniej części wybrzeża, z drugiej wyprowadzane są w kierunku przeciwnym bogate w te parametry wody Wisły. Występują zatem jednocześnie warunki troficzne sprzyjające wysokiej produkcji biomasy w tym rejonie i warunki hydrodynamiczne ułatwiające wypadanie materii szczególnie w strefie frontalnej. W rejonie tym dodatkowo obecne są upwellingi i downwellingi. Pierwsze z nich wynoszą sole pokarmowe oraz zdegradowaną zawiesinę (może przenosić rozpuszczone i zaadsorbowane związki ku powierzchni i czynić je biodostępnymi). Downwellingi tymczasem przenoszą dobrze natlenione wody wraz z labilną materią organiczną ku głębszym warstwom wspomagając tlenową mineralizację materii organicznej.

Jeszcze podczas studiów doktoranckich podjęłam się prac dotyczących zawartości materii organicznej i jej podstawowych składników chemicznych w osadach morskich. W 1996 roku w ramach współpracy z MIR i realizacji projektu: *The influence of Oder River on the ecosystem of Pomeranian Bay*, finansowanym przez Fundację Współpracy Polsko-Niemieckiej, analizowałam zawartość węgla i azotu organicznego w osadach Zatoki Pomorskiej w materiale zebranym w marcu i lipcu 1996 roku oraz w maju i październiku 1997 roku. Wraz z pozostałymi wykonanymi analizami (zawartości całkowitego i organicznego fosforu, straty przy prażeniu, potencjału redoks) pozwoliło to stwierdzić, że procesy zachodzące w kolumnie wody oraz w wodach wpływającej rzeki znajdowały odzwierciedlenie w składzie chemicznym osadów Zatoki Pomorskiej (zał.4; II A-15). W osadach zauważono m.in.: wczesnowiosenną dominację okrzemek w składzie fitoplanktonu; intensywny napływ allochtonicznej, bogatej w fosfor, materii wniesionej do Zatoki z wodami Świny; skutki powodzi, która miała miejsce w południowej Polsce latem 1997 roku.

W Basenie Gdańskim badania dotyczące składu chemicznego osadów i zawiesin prowadziłam od 2000 roku. Prace te odbywały we współpracy z Morskim Instytutem Rybackim, a kierownikiem projektu pt.: *Obieg pierwiastków biogenicznych w ekosystemie estuarium południowego Bałtyku* był prof. dr hab. Zbigniew Witek. Pobieranie próbek odbywało się w trakcie trzech trzytygodniowych rejsów (wrzesień 2000, kwiecień 2001, czerwiec 2002) na r/v Baltica. W rejonie Basenu Gdańskiego pobrałam w sumie materiał z blisko 50 stacji badawczych. W osadach i zawieszynie analizowałam zawartość węgla i azotu organicznego oraz krzemionki biogenicznej, a w wodach interstycjalnych substancje biogeniczne, siarkowodor jak również warunki redoks. Jednym z ważnych elementów tego projektu była ocena wielkości strumienia opadającej materii organicznej (węgla, azotu i fosforu) oszacowana w oparciu o metodę pułapek sedymentacyjnych.

W efekcie tych badań sklasyfikowano osady Basenu Gdańskiego ze względu na zawartość węgla, azotu i krzemu, skład chemiczny wód interstycjalnych oraz wielkość i kierunek strumienia na granicy woda-osad. Oszacowano całkowitą ilość C, N, P w różnych typach osadów, wskazując na istotne odkładanie tych pierwiastków w osadach pomiędzy izobata 10-80 m. Określono sezonowe zmiany strumienia węgla, azotu i fosforu w wodach Basenu Gdańskiego. Wskazano, że materia mineralna docierająca do dna tylko w ujściu Wisły oraz w sąsiedztwie cypla helskiego dominowała nad materia organiczną. Stwierdzono również że średnie strumienie węgla i azotu

organicznego w Basenie Gdańskim były blisko dwukrotnie niższe niż w Zatoce Ryskiej i ponad czterokrotnie niższe niż w Zatoce Fińskiej.

Rezultaty badań stanowią ogromną bazę danych. Były one prezentowane na licznych konferencjach (zał.4; II K-16,18; III B-10,12,13,19,22), zostały opublikowane w czasopiśmie naukowych o zasięgu międzynarodowych (zał.4; II A-10,11,) oraz ujęte w monografii *Geochemia osadów powierzchniowych Morza Bałtyckiego* (zał.4; II D-4,5,6,7,9). Wiedza o środowisku osadów morskich i rejonach intensywnego docierania materii organicznej była podstawą realizowania kolejnych projektów zarówno krajowych jak i międzynarodowych (np.:HYPER, COCOA, MarineCO2).

Ważnym z punktu widzenia obiegu materii w Zatoce Gdańskiej jest jej strefa przybrzeżna. Jest to obszar będący pod bezpośrednią, często silną antropopresją. Z jednej strony negatywne oddziaływanie związane jest z dostarczaniem zwiększonej ilości azotu i fosforu wpływających na obieg materii organicznej w tym środowisku. Z drugiej strony bliskość portów morskich, przemysłu czy aglomeracji miejskiej powoduje dostarczanie również innych zanieczyszczeń w tym substancji niebezpiecznych. Innym aspektem dotyczącym szczególnie tej strefy są różnego typu prace hydrotechniczne naruszające dno morskie. Takim naruszeniem dnia było pozyskiwanie osadu z dna Zatoki Puckiej do refulacji plaż. W efekcie powstały wąskie, sztucznie wydrążone jamy, położone w niewielkiej odległości od linii brzegowej, równoległe wzdłuż Półwyspu Helskiego. Badania w których uczestniczyłam w latach 2002-2003 koncentrowały się na wyrobisku „Kuźnica II” (zał.4; II I-13).

Uzyskane wyniki dotyczące zawartości węgla i azotu organicznego oraz pigmentów wskazywały na wysoką zawartość materii organicznej w tej jamie. Stanowiła ona pułapkę dla materii organicznej produkowanej w sąsiadującym obszarze. Mineralizacja materii organicznej zebranej w wyrobisku była źródłem fosforanów i amoniaku i stymulowała produkcję pierwotną w tym obszarze (zał.4; II A-14; III B-15,21,24).

Kontynuacją tych badań były prace realizowane we współpracy z Instytutem Morskim w Gdańsku. W kierowanym przez Panią dr L. Kruk Dowgiałło projekcie nadrzędnym celem było przygotowanie przyrodniczych podstaw i uwarunkowań do programu rekultywacji wyrobisk porefulacyjnych w Zatoce Puckiej. Prace dotyczące chemizmu wód naddennych i osadów prowadzono w obrębie wszystkich wyrobisk, w czterech sezonach w części głębokiej jak również w płytkich osadach niezmiennych. Materię organiczną oceniano poprzez zawartości węgla i azotu organicznego oraz pigmentów jak również wykorzystując wskaźniki jakości jej (C/N, Chl *a*/C, Chl *a*/Chl *a*+*feo a*). Uzyskane dane potwierdziły wcześniejsze informacje, że jamy stanowią pułapkę dla materii organicznej (zał.4; II D-12,16,17; II K-12). Stwierdzono, że; w osadach wyrobisk z Zalewu Puckiego jest nawet dwukrotnie więcej materii organicznej niż w wyrobiskach z Zatoki Puckiej; degradacja materii organicznej w wyrobiskach prowadzi do pogarszania jakości osadów (szczególnie w lipcu), obecności siarkowodoru i obniżenia potencjału redoks; na ilość materii w wyrobisku i jej zmienność w ciągu roku istotny wpływ mają warunki hydrodynamiczne, które sprzyjają akumulacji w wyrobiskach Władysławowo i Chałupy a zwiększają wynoszenie materii miarę oddalania od tego obszaru (wyrobiska: Kuźnica II i I, Jastarnia).

Sezonowe zmiany stężeń substancji biogenicznych oraz zawartości węgla, azotu i fosforu w zawieszynie i osadach płytkowodnej strefy przybrzeżnej badałam we współpracy z Instytutem Oceanologii PAN, w ramach projektu COSA (2003-2005) a w latach 2005-2007 we współpracy z dr Aleksandrą Zgrundo (IO UG). W obydwu przypadkach celem badań było określenie roli osadów piaszczystych w obiegu węgla, azotu i fosforu. Prace prowadzono w Zatoce Puckiej na płytkiej (0,5-1 m) stacji w okolicy Helu i Gdyni, a próbki wody, zawiesziny i osady pobierano

z częstotliwością od 1 do 4 razy w miesiącu. Stwierdzono wyraźne różnice pomiędzy badanymi obszarami co do ilości analizowanych parametrów jak i proporcji, w których występują. Wyraźnie wyższe koncentracje zawiesiny obserwowano w rejonie Gdyni, a osady odzwierciedlały przebieg zmian zawiesiny w kolumnie wody, bezpośrednio lub w krótkim odstępie czasu (zał.4; II D-5).

W latach 2003-2005 uczestniczyłam w międzynarodowym projekcie COST-IMPACT dotyczącym *oszacowania kosztów wpływu połowów dennych na bioróżnorodność i przebieg procesów w ekosystemach morskich* (zał.4; II I-6). Projekt, kierowany przez dr Melanie Austen (Plymouth Marine Laboratory), realizowany był w trzech różnych zbiornikach morskich: w Morzu Śródziemnym, Morzu Północnym i Morzu Bałtyckim. Badane akweny różnią się m.in.: trofią, typem osadów, fauna denną, intensywnością trałowań, rodzajem używanego sprzętu połowowego. Jednym z istotnych elementów projektu był aspekt socjoekonomiczny m.in. próba oszacowania kosztów utraty bioróżnorodności w środowisku morskim. Prace badawcze w Bałtyku prowadzili pracownicy naukowcy z Morskiego Instytutu Rybackiego w Gdyni oraz ZChMiOŚM UG. Jednym z koniecznych etapów w projekcie było przygotowanie i przeprowadzenie eksperymentów przepływowych, pozwalających na oszacowanie strumieni substancji chemicznych na granicy woda-osad. W tym zakresie korzystałam z doświadczeń kolegów z Grecji (IMBC) i Norwegii (NIVA). Przed rozpoczęciem badań i eksperymentów w Morzu Bałtyckim uczestniczyłam w dwutygodniowym cyklu prac terenowych i laboratoryjnych w Instytucie Biologii Morza na Krecie (Institute of Marine Biology of Crete, Iraklion), gdzie realizowana była część projektu obejmująca wschodnią część Morza Śródziemnego (zał.4; III L-2).

W Morzu Bałtyckim podobnie jak w pozostałych obszarach morskich: szacowano strumienie soli odżywczych i tlenu z obszarów trałowanych i nietrałowanych; w próbkach osadów i zawiesin oznaczano zawartość węgla, azotu i chlorofilu, a wodach porowych i naddennych oznaczano stężenia substancji biogenicznych i tlenu; badania prowadzono dwukrotnie w sezonie wegetacyjnym (początek okresu wegetacyjnego i jego środek, marzec i lipiec 2003); próbki pobierano z czterech stanowisk (każde składające się z obszaru trałowanego i nie trałowanego), zlokalizowanych w rejonach Zatoki Gdańskiej o różnej intensywności połowów.

W obszarach trałowanych stwierdzono: resuspensję silnie uwodnionej powierzchniowej warstwy osadu i jej resedymencję; wzrost uwalniania amoniaku, fosforanów i krzemianów z osadu jako efekt mechanicznego oddziaływania w trakcie trałowania; nasilenie nityfikacji po trałowaniu, wynikające z natlenienia osadu i uwalnianie azotanów i azotynów do wody naddennej; w osadach wyższą zawartość węgla oraz zwiększony udział węgla pochodzenia fitoplanktonowego, co mogło wynikać ze wzrostu produkcji pierwotnej w słupie wody nad badanym obszarem; w osadach różnice w profilach pionowych organicznego węgla i azotu dotyczyły jedynie 2-cm warstwy powierzchniowej, wskazujący na brak mieszania wywołanego trałowaniem. Różnice w strumieniach substancji odżywczych pomiędzy obszarami trałowanymi i nie trałowanymi stwierdzono jeszcze w obszarach Greckich. W przypadku organizmów bentosowych jedynie w osadach Bałtyckich nie stwierdzono wpływu połowów dennych na ich skład i ilości (zał.4; II E-6,7; II K-15; III B-14,42,43).

Zawartość węgla organicznego w różnych komponentach środowiska morskiego, w szczególności w osadach morskich wykorzystywana jest często jako wskaźnik sumarycznego zanieczyszczenia materią organiczną. W osadach Morza Bałtyckiego węgiel organiczny pochodzić może również z lądu i stanowić od 10 do 30% całkowitego węgla organicznego. Jest to jednak głównie materia pochodzenia naturalnego, resztki zwierzęce i roślinne, humusu glebowy. Inną podfrakcją węgla organicznego w osadach jest sadza. Składa się ona przede

wszystkim z bepostaciowego węgla, którego źródłem są procesy niepełnego spalania biomasy i paliw kopalnych. Sadza nie ulega transformacji w środowisku i można ją wykorzystać jako wskaźnik bezpośredniego antropogenicznego zanieczyszczenia atmosfery lub osadów. W przypadku atmosfery często używa się nazwy węgiel elementarny (EC) podczas gdy w odniesieniu do osadów częściej czarny węgiel (BC). Ze względu na niewielkie rozmiary sadzy, różny kształt i porowatość uważa się również, że posiada ta forma węgla zdolność sorpcji rozpuszczonych substancji organicznych.

Badania dotyczące zawartości węgla i jego form w atmosferze prowadziłam w ramach projektu BW pt. *Węgiel organiczny i elementarny w aerozolach strefy brzegowej Zatoki Gdańskiej* (na przykładzie Gdyni) we współpracy z dr A. Lewandowską (zał.4; II I-20). Zbierane w latach 2003-2005 aerozole na stacji zlokalizowanej na dachu budynku IO UG miały na celu określenie: sezonowych zmian zawieszanej materii (PM_{10}) i węglowych aerozoli (TC, OC, EC, IC) w atmosferze strefy brzegowej obszaru zurbanizowanego. Były to pierwsze tego typu badania w strefie nadmorskiej Zatoki Gdańskiej. W oparciu o uzyskane wyniki określono: wzajemne proporcje pomiędzy składowymi węgla, molowe stosunki węgla do azotu w organicznych aerozolach, stężenie wtórnego węgla organicznego. Materia węglowa stanowiła średnio 25% zawieszonych aerozoli a jej udział w materii zawieszanej (PM_{10}) w okresie chłodnym był tylko 7% wyższy w stosunku do okresu ciepłego. Koncentracja azotu całkowitego była pięciokrotnie wyższa w chłodnym okresie niż w okresie ciepłym, a intensywniejsze usuwanie tego pierwiastka z aerozoli spowodowało wzrost molowych stosunków TC/TN. Średnie wartości OC/EC odpowiadały wartościom obserwowanym w rejonach zurbanizowanych. W okresie chłodnym obserwowano stosunki tej proporcji niższe od 1, co wskazuje na znaczny udział aerozoli antropogenicznych, pochodzących ze spalania paliw w samochodach zwłaszcza diesla. Maksymalne wartości tej proporcji sięgające nawet 16 (obserwowane latem) wskazywały na obecność wtórnych aerozoli organicznych w rejonie Gdyni. Wyniki zostały zaprezentowane na konferencji (zał.4; II E-5, III B-11), a kolejny wynik obejmujące lata 2007/2008 zostały również opublikowane (zał.4; II A-6). W ramach tej współpracy miałam możliwość przeprowadzenia porównania metod oznaczania form węgla z wykorzystaniem analizatora CHN. Próbkę były analizowane w laboratorium Ispra Joint Research Centre we Włoszech.

Do osadów morskich sadza jest dostarczana z atmosfery jednak głównie z odpływem rzeczny. Pirogeniczne cząstki uważane są za znacznie bardziej efektywny sorbent wielu substancji organicznych, w tym PCB i WWA, niż pozostała część materii organicznej obecna w osadach. W osadach przybrzeżnych innych akwenów stwierdzono występowanie sadzy w szerokim zakresie od kilku do kilkudziesięciu %. Badania dotyczące BC w osadach Zatoki Gdańskiej prowadziłam we współpracy z dr Marta Staniszewską z IO UG i dr Grażyną Sapotą z Instytutu Morskiego w Gdańsku. Efektem wspólnych prac było m.in.: wydzielenie obszarów o podwyższonym udziale BC w całkowitej zawartości węgla i stwierdzenie dodatkowej zależności pomiędzy badanymi trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi (TZO), a zawartością BC w osadach morskich. Wyniki badań prowadzonych w kwietniu 2007 roku zostały opublikowane i stanowią podstawę osiągnięcia naukowego (zał.4; I B-7).

Kolejne prace dotyczące zawartości BC w osadach morskich zostały przeprowadzone w latach 2011-2012 i wiązały się z moim udziałem w projekcie kierowanym przez dr Martę Staniszewską. Tym razem badania obejmowały płytkie wody strefy brzegowej (20-40 m), rozpatrywały zmienność sezonową BC i kolejną grupę substancji organicznych - alkilofenole. W projekcie odpowiedzialna byłam za przeprowadzenie badań środowiskowych, oznaczenie podstawowych parametrów fizyczno-chemicznych osadów, w tym oznaczenie form węgla oraz

dyskusję zawartości alkilofenoli w osadach w kontekście jakości materii (C/N) w tym udziału BC. Uzyskane wyniki były prezentowane na konferencjach i seminariach oraz opublikowane (zał.4; II-2; K-3; III B-1,2). Ostatnia publikacja dotycząca tego tematu, została przyjęta do druku w 2015 roku i jest po korekcie edytorskiej (zał.4; II A-1).

Obok prac związanych z zawartością BC i poszczególnych substancji organicznych w osadach morskich prowadziłam badania dotyczące toksyczności osadów morskich. Badania te realizowałam w ramach projektu NCN, którego kierownikiem była dr hab. Elżbieta Niemirycz. Wyniki pomiarów toksyczności osadów są istotnym wskaźnikiem opisu stanu habitatów wodnych. Większość chemicznych związków ma różne drogi narażenia a toksyczność wielu jest nieznana. Co więcej toksyczność wielu z nich jest efektem synergetycznych i antagonistycznych interakcji różnych składowych obecnych w osadach a biodostępność tych związków chemicznych może zmieniać się z warunkami środowiska. W takiej sytuacji analiza pojedynczych substancji może nie odzwierciedlać środowiskowego zagrożenia wywołanego osadami. Biorąc pod uwagę, iż istnieje zależność pomiędzy zawartością BC w osadach i trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi podjęto badania w celu stwierdzenia wpływu zawartości BC na toksyczność osadów. Prace badawcze prowadzone we wrześniu 2007 roku w Zatoce Gdańskiej, wykazały, że większość analizowanych osadów jest toksyczna i że istnieje silna dodatnia zależność pomiędzy toksycznością osadów a zawartością w nich BC. Wynik zostały opublikowane, a praca została włączona do dorobku naukowego stanowiącego osiągnięcie naukowe (zał.4; II B-6).

Szczególnym obszarem, m.in. ze względu na wrażliwość na zmiany klimatu, którego dotyczyły moje badania jest Arktyka. W wodach wschodniej części Morza Grenlandzkim analizowałam poziomy i pionowy rozkład stężeń substancji biogenicznych (zał.4; III B-36). Realizowałam to zadanie we współpracy z dr Iloną Goszczko z Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie. Z fiordów, jezior i równi pływowych północnej części Spitsbergenu badałam osady i wody naddenne. Zawartość materii organicznej w osadach i stężenia soli odżywczych w wodach naddennych stanowiły odniesienie do dyskusji o zawartości w osadach PCB i WWA oraz osadów jako środowiska życia bakterii tlenowych (zał.4; II A-5,8; II K-4). Inspiratorem tych badań była dr Barbara Wojtasik z Instytutu Biologii UG.

Kolejne badania dotyczyły również środowiska polarnego. Na przełomie 2009/2010 roku brałam udział w ekspedycji naukowej na statku naukowo-badawczym „Akademik Ioffe” w ramach współpracy z Instytutem Oceanologii im. P.P. Szyrsova Rosyjskiej Akademii Nauk. Poligonem badawczym były strefy mieszania się wód Atlantyku z wodami Oceanów: Indyjskiego (Basen Agulhas) i Spokojnego (Cieśnina Drake'a). Stanowią one również potencjalną drogę transportu materii organicznej i zaadsorbowanych na jej powierzchni zanieczyszczeń z wód szelfowych Ameryki Pd. i Afryki w kierunku pelagicznej strefy Oceanu Południowego. W trakcie rejsu przeprowadzono szereg badań z m.in. z chemii, biologii i toksykologii. Obok naukowców z Rosji i Francji w rejsie uczestniczyła dziewięcioosobowa grupa składająca się z pracowników naukowych i doktorantów Instytutu Oceanografii. Pracami zespołu kierował prof. dr hab. Maciej Wołowicz. W trakcie rejsu zebrano bogaty materiał badawczy (próbki z ponad 80 stacji), którego dalsza analiza była możliwa dzięki pozyskanemu z NCN projektowi naukowemu (zał.4; II I-10). Jednym z ważnych celów realizowanych w oparciu o zebrany materiał była ocena wpływu stref frontalnych na zróżnicowanie ilościowo-jakościowe zawiesiny. W ramach tego zadania określono rozkłady rozmiarów cząstek, koncentrację zawiesiny, jej podstawowy skład chemiczny (C, N, P, BSi,) oraz zawartość w niej wybranych zanieczyszczeń (PCB, WWA, Hg, Cd, Pb). Najważniejsze wnioski z badań to: związek lokalizacji frontów ze strefami występowania wód o zwiększonej koncentracji zawiesiny, istnienie różnic w składzie chemicznym zawiesiny w wyodrębnionych

masach wodnych; zawartość rtęci oraz TZO w zawieszinie wskazują na ich źródła i sposób rozprzestrzeniania się (zał.4; II E-1,2,3).

W ostatnich latach w związku z obserwowanymi zmianami klimatycznymi wysuwane są hipotezy o możliwości zmian zachodzących również w rejonach polarnych. Rodzi się pytanie czy i w jaki sposób będzie to wpływało na obiegi biogeochemiczne pierwiastków takich jak C, N, P czy Si? Czy i w jakim zakresie docierają do odległych rejonów polarnych zanieczyszczenia wytwarzane przez człowieka? Jaka jest rola materii organicznej w tym transporcie?

Postawione pytania jak również wstępne wnioski z prowadzonych badań Oceanu Południowego były podstawą do powstania programu monitoringu pt; *Monitoring geochemiczny środowiska antarktycznego oraz zmienność funkcjonowania w obrębie biotycznych elementów środowiska Zatoki Admiralicji* na Polskiej Stacji Antarktycznej im. H. Arctowskiego (zał.4; II K-2, III A-1). Prace są wykonywane we współpracy z Instytutem Biochemii i Biofizyki PAN w Warszawie. W realizację tego projektu zaangażowani są pracownicy z Instytutu Oceanografii m.in.: dr Anna Chodnicka-Panasiuk- inicjatorka współpracy, dr Ewa Szymczak, dr Dorota Pryputniewicz-Flis i dr Katarzyna Łukawska-Matuszewska. Zaplanowane prace badawcze powtarzają badania w zakresie warunków troficznych środowiska morskiego, które prowadzone były w tym obszarze w latach 70 ubiegłego wieku, i poszerzają o nowe badania m.in. ilość i jakość materii organicznej w toni wodnej i osadach jak również trwałych zanieczyszczeń organicznych. W maju tego roku dotarły do IO UG pierwsze próbki pobrane z Zatoki Admiralicji w trakcie XXXIX Polskiej Wyprawy Antarktycznej. Jednym z zadań monitoringu będzie porównanie danych współczesnych

Od roku 2014 jestem także zaangażowana w dwa projekty międzynarodowe: COCOA koordynowany ze strony polskiej przez dr hab. prof. UG Urszulę Janas (zał.4; II I-1;) oraz MarineCO2 kierowany przez dr hab. prof. UG Adama Sokołowskiego (zał.4; II I-2;). Pierwszy z nich dotyczy określenia roli strefy brzegowej w obiegu soli odżywczych. Jest to kontynuacja prac prowadzonych w projekcie HYPER, w którym badałam strumienie substancji odżywczych w rejonach hypoksji lub anoksji (zał.4; II I-3; I B-5; II K-3,5; III B-6,7,8,37-41). Wcześniejsze rozpoznanie zmienności procesów zachodzących rozpoznanie szczegółowe środowisk płytkowodnych w tym tego projektu jest wcześniejsza wiedza o zmienności analizowanych parametrów zarówno w osadzie jak i w wodzie w Zatoce Puckiej. Projekt ten realizowany jest przez naukowców z wszystkich państw bałtyckich (m.in. Danii, Niemiec, Finlandii, Szwecji, Litwy, Rosji) i ma na celu ustalenie wpływu różnego typu ekosystemów przybrzeżnych na obieg węgla i substancji biogenicznych. Jednym z zadań tego projektu jest prezentacja uzyskanych wyników szerokiemu gronu odbiorców i wskazanie roli tych najbardziej narażonych na działania człowieka obszarów wodnych dla Bałtyku, szczególnie w kontekście prognozowanych zmianach klimatycznych.

Drugi projekt jest kontynuacją wcześniejszej współpracy w ramach projektu UE ECO2 (zał.4; III B-35). Zadaniem moim i grupy współpracowników jest ocena wpływu zakwaszania wód morskich na skład chemiczny osadów, a zatem i warunki życia organizmów morskich, w tym szczególnie organizmów bentosowych. W tym celu przeprowadzony zostanie eksperyment w kontrolowanych warunkach, naturalnych i zmienionych z uwzględnieniem obecności różnych grup organizmów bentosowych. Kontrolowane będą m.in. temperatura oraz ciśnienie. Eksperymenty realizowane będą w laboratorium SINTEF/NTNU w Trondheim.

Od wielu lat współpracuję z pracownikami Oceanologii PAN w Sopocie w zakresie oceny wód powierzchniowych południowego Bałtyku pod względem ilości i jakości zawieszin

organicznych. Współpracę zapoczątkował w 2004 roku śp. dr Sławomir Kaczmarek. Ponownie została ona wznowiona w 2007 roku przez dr hab. Sławomira Woźniaka a obecnie kontynuowana jest w ramach projektu SatBałtyk przez dr Joannę Stoń. Uzyskane w tym okresie dane były przedstawione w postaci raportów jak również na prezentowane na konferencjach i spotkaniach roboczych (zał.4; II K-1, III M-1). Rok 2015 jest ostatnim rokiem projektu i obok wykorzystania danych do walidacji modelu planowany jest również obszerny artykuł opisujący zmienność w.w. wymienionych parametrów.

Podsumowanie

W swojej pracy naukowej szczególną wagę przykładam do interdyscyplinarności prowadzonych badań. Efektem tego jest udział w wielu projektach naukowych i współpraca z naukowcami reprezentującymi różne dziedziny wiedzy oraz jednostki badacze. Wspólnym mianownikiem moich zainteresowań naukowych i prowadzonej w związku z tym działalności naukowej jest zmienna w czasie i w przestrzeni charakterystyka węgla i pierwiastków biogenicznych w formie zawieszonych i rozpuszczonych oraz procesy związane z transformacją materii w toni wodnej i w osadach. Materię tę charakteryzuję poprzez zawartość w niej węgla, azotu, fosforu czy krzemu. Transformacja materii zachodzącej w zmiennych warunkach środowiskowych pozwala na ustalenie kierunku przepływu soli biogenicznych będących produktem procesów mineralizacji i/lub rozpuszczania składowych zawieszonych lub obecnych w osadach materii. Ważnym w tym kontekście jest rozważenie intensywności tych procesów w obszarach o różnej sile procesów hydrodynamicznych oraz oddziaływaniu antropogenicznym.

Ogółem w skład mojego dorobku wchodzi 24 oryginalne prace (21 po doktoracie) opublikowane w języku angielskim w czasopismach obecnie indeksowanych według listy Journal Citation Reports (JCR). Sumaryczny *impact factor* (IF) zgodny z rokiem publikacji wynosi 20,54, a sumaryczna liczba punktów MNiSW (dla roku 2014) ma wartość 495. Informacje zawarte w publikacjach były 122 razy cytowane, a według bazy Web of Science wartość indeksu H=7.

Jestem autorem lub współautorem 17 rozdziałów w recenzowanych monografiach (w tym 7 zarówno w języku polskim jak i angielskim) Wyniki badań prezentowałam na licznych konferencjach i sympozjach, będąc autorem lub współautorem 63 referatów i posterów (52 po doktoracie). Zostałam wyróżniona zespołową Nagrodą Rektora UG za cykl publikacji *Rola upwellingów w kształtowaniu produktywności biologicznej wzdłuż polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego* oraz nagrodą za najlepszy artykuł dotyczący zagadnień ochrony środowiska morskiego opublikowany w 2011 na łamach kwartalnika *Oceanological and Hydrobiological Studies*. Recenzowałam 3 artykuły naukowe w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Jestem promotorem pomocniczym dwóch prac doktorskich.

W trakcie mojej pracy naukowej byłam kierownikiem w 6 i wykonawcą w 14 projektach naukowych, w tym 4 międzynarodowych. Obecnie realizuje 3 projekty naukowe, w tym 2 UE.

Szeroki zakres prowadzonych przeze mnie prac badawczych był możliwy dzięki współpracy z naukowcami z różnych instytucji m.in.: Polskiej Akademii Nauk, Morskiego Instytutu Rybackiego, Państwowego Instytutu Geologicznego, Instytut Morski w Gdańsku, Instytutu Budownictwa Wodnego, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN w Warszawie. W tym czasie współpracowałam m.in. z: prof. dr hab. Zygmuntem Kluskiem, prof. dr hab. Zbigniewem Witkiem, dr hab. Barbarą Urban-Malinga, dr Janem Warzochą, dr Barbara Paplińska, dr Jackiem Nowackim, dr Lidią Kruk-Dowgiałło, dr hab. Elżbietą Łysiak - Pastuszek. Współpracowałam

również z naukowcami z poza Polski, m.in. z: Maren Voss, Melanie Austin, Morten Schaanning, Cris Smith, Jacob Carstensen, Murat Van Ardelan

Współpraca z pracownikami naukowymi innych dyscyplin naukowych prowadziła do powstania prac naukowych w zakresie badań morza o charakterze interdyscyplinarnych (zał.4; II A-3,5,7, K-1,2,11,13; III B-3,9).

Osiągnięcia dydaktyczne, popularyzatorskie i organizacyjne

Działania na rzecz Uniwersytetu Gdańskiego podejmowałam gdy byłam jeszcze doktorantem (zał.4; III C). Reprezentowałam wówczas głos doktorantów w wyborach Rektora UG (1996) i przygotowywałam plany zajęć dla kierunku Oceanografia (1996-1999). Od 2000 roku już jako pracownik Uniwersytetu Gdańskiego brałam udział w pracach różnych komisji instytutowych i wydziałowych. Byłam m.in. członkiem Rady Wydziału jako przedstawiciel adiunktów (2008-2012), przewodniczącą Komisji Rekrutacyjnej na kierunku Biologia, Geografia, Oceanografia i Ochrona Środowiska (2005/2006), przewodniczącą i członkiem Komisji egzaminacyjnych egzaminów dyplomowych (2011-2014). Jestem członkiem Komisji Instytutu Oceanografii UG do spraw Krajowych Ram Kwalifikacji (KRK) dla kierunku Geologia (od 2012) i Ichtiologia morska (od 2014).

W latach 1994-2014, w ramach swoich obowiązków dydaktycznych, prowadziłam kilkanaście różnych przedmiotów, przed wszystkim na kierunku Oceanografia i Geologia (zał.4; III I). Znacząca część prowadzonych przeze mnie kursów ma charakter autorski. Pierwszymi takimi zajęciami były ćwiczenia: *Zastosowanie komputerów w oceanografii (1994-1999)*. Studenci kierunku Oceanografia Chemiczna poznawali edytory tekstu, arkusze kalkulacyjne oraz oprogramowanie specjalistyczne (*Surfer i Statistica*). Od 1994 roku pod opieką prof. dr hab. Lucyny Falkowskiej (wówczas dr) prowadziłam *Ćwiczenia specjalistyczne w morzu i strefie brzegowej*, a od 1996 ćwiczenia z *Oceanografii chemicznej*. Zdobyta wiedza i praktyczne umiejętności stały się podstawą do samodzielnego prowadzenia tych zajęć jak również od ponad 10 lat kierowania nimi. W tym czasie przygotowałam jednorodne wytyczne dla prowadzących zajęcia, dbałam o odpowiednie przygotowanie laboratorium chemicznego i rozwój bazy sprzętowej, przygotowywałam doktorantów do prowadzenia zajęć i sprawowałam nadzór nad przebiegiem ćwiczeń. W trakcie prac na morzu kierowałam: przebiegiem interdyscyplinarnych badań południowego Bałtyku, realizacją programu zajęć dydaktycznych i indywidualnych badań do prac magisterskich oraz pracami badawczymi prowadzonymi przez naukowców. W ramach zajęć są m.in.: wykonywane pomiary hydrologiczne, hydroakustyczne, optyczne; pobierane próbki osadów, wody i materiału biologicznego do analiz chemicznych, biologicznych i geologicznych; analizowane w laboratorium pokładowym wybrane substancje chemiczne.

Swoje doświadczenia związane z prowadzeniem obu zajęć prezentowałam w czerwcu 2014 roku na Seminarium Dobre Zwyczaje Akademickie w Naukach Przyrodniczych - *Ocenianie w dydaktyce akademickiej* (zał.4; III J).

Ważnym autorskim przedmiotem, który przygotowałam i nadal prowadzę jest *Pracownia analizy elementarnej zawiesin i osadów (od 1995 roku)*. Możliwość wprowadzenia tych zajęć związana była z powierzeniem mi obsługi analizatora elementarnego CHNS/O Perkin Elmer 2400. Bardzo istotnego wsparcia analitycznego udzieliły mi wówczas Pani mgr Ewa Godzisz (Wydział Chemii Analitycznej, Politechnika Warszawska) jak również Pani mgr Małgorzata Przytarska (Wydział Chemii, Uniwersytet Gdański). Obecnie zajęcia dotyczące wiedzy o

metodach oznaczania podstawowego składu chemicznego (C,H,N,S) poszczególnych komponentów środowiska (osadów morskich, gleb, zawiesin, organizmów) i stechiometrii ekologicznej realizowane są jako wykład i ćwiczenia.

W trakcie swojej dotychczasowej pracy opiekowałam się licznymi pracami dyplomowymi (zał.4; III J). Przygotowywałam studentów do realizacji prac licencjackich i magisterskich m.in. poprzez zaplanowanie badań terenowych i laboratoryjnych oraz zabezpieczenie stanowiska pracy i środków finansowych na realizację koniecznych prac. W latach 2000-2014 wypromowałam 26 magistrów kierunków Oceanografia i Ochrona Środowiska oraz 16 licencjatów kierunku Ochrona Środowiska. W tym czasie byłam recenzentem 28 prac dyplomowych. Obecnie jestem opiekunem pomocniczym dwóch prac doktorskich realizowanych w Zakładzie Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego IO UG.

W roku 2008 zaproponowano mi napisanie *Instrukcji do laboratorium* z przedmiotu *Oceanografia chemiczna* w ramach realizowanego przez Akademię Morską I etapu budowy i tworzenia Akademii Rybołówstwa w Namibii. Kolejnym zadaniem w ramach tej współpracy było napisanie podręcznika do przedmiotu „*Oceanografia Chemiczna*” (II etap). Został on wydany w 2014 r. (zał.4; II D-1) w języku portugalskim i będzie wykorzystywany przez studentów i nauczycieli powstającej w Angoli uczelni wyższej.

Aktywność popularyzująca naukę wiązała się z przekazywaniem wiedzy o środowisku wodnym, naturalnych procesach w nim zachodzących, źródłach i skutkach zanieczyszczenia zbiorników wodnych i o sposobach ich ochrony. W szczególności o potrzebie ochrony wód Morza Bałtyckiego. W latach 2005-2010 wielokrotnie brałam udział w *Bałtyckim Festiwalu Nauki*. W tym czasie: koordynowałam imprezy realizowane przez Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego, współorganizowałam i uczestniczyłam w 15 imprezach naukowych (piknikach, warsztatach i konkursach), a na 8 z nich pozyskałam finansowanie z WFOŚ w Gdańsku. Wykonanie zadań podjętych w ramach *BFN* było możliwe dzięki bardzo dobrej współpracy ze studentami, doktorantami i pracownikami licznie angażującymi się w te działania. Odbiorcami informacji o środowisku morskim byli przede wszystkim mieszkańcy Gdyni, zarówno dzieci, młodzież jak i dorośli.

W latach 2009-2014 byłam kierownikiem patronatu, którego podjął się Uniwersytet Gdański, nad działaniami ekologicznymi Zespołu Szkół w Goręczynie. W tym czasie w szkole odbyły się liczne zajęcia edukacyjne (wykłady, warsztaty terenowe i laboratoryjne, stoiska naukowe), których realizacji podjęli się pracownicy i doktoranci Wydziału Oceanografii i Geografii oraz Wydziału Biologii UG. Zajęcia prowadzone były m.in. w ramach: Młodzieżowego Sejmiku Ekologicznego w Goręczynie; projektu edukacyjnego *Jezioro Ostrzyce na drodze do Morza Bałtyckiego* (pozyskanego wraz ze szkołą z WFOŚ w Gdańsku) i konferencji podsumowującej jej rezultaty oraz wizyt uczniów w IO (Gdynia, 2013). Odbiorcami byli uczniowie szkół gimnazjalnych i średnich, nauczyciele oraz przedstawiciele społeczności lokalnej (m.in.: samorządu lokalnego, Lokalnej Grupy Rybackiej, Kaszubskiego Parku Krajobrazowego) głównie z powiatu kościerskiego i kartuskiego.

Uczestniczyłam również w projekcie edukacyjnym *Rozwój przez kompetencje* kierowanym przez Uniwersytet w Białymstoku (2009-2012). Przygotowałam i poprowadziłam ponad 30 czterogodzinnych wykładów pokazowych, które dotyczyły chemii środowiska w szczególności środowiska wodnego (np.: *Bojowe środki trujące w Bałtyku*, *Gospodarstwo domowe źródłem zanieczyszczeń chemicznych*, *Zasoby wody w Polsce i na świecie*, *Zanieczyszczenia ropopochodne w środowisku morskim*, *Deficyt wody na świecie i w Polsce*, *Wykorzystanie metod optycznych w chemii analitycznej*). Wiedzę o obiegu substancji

chemicznych w środowisku, konsekwencjach zanieczyszczenia środowiska i metodach wykorzystywanych w badaniach naukowych przekazałam uczniom w ponad 20 szkołach gimnazjalnych województwa pomorskiego.

Obok zajęć dydaktycznych i popularyzatorskich ważną częścią mojej pracy było prowadzenie rejsów naukowych. Rejsy o charakterze naukowo-dydaktycznym realizowane były we współpracy z Marynarką Wojenną RP a naukowo - badawczym głównie z Morskim Instytutem Rybackim - Instytutem Badawczym w Gdyni (zał.4; III Q). Od 1994 do 2002 brałam udział w przygotowaniach i realizacji 9 rejsów ze studentami i pracownikami naukowymi IO UG, a od 2003 roku byłam ich kierownikiem (19 rejsów). W latach 2000-2002 byłam odpowiedzialna za przygotowanie i realizację prac w zakresie badań chemicznych osadów i zawiesin w trzech trzytygodniowych rejsach na h/v Baltica. Kierownikiem prowadzonych badań w ramach współpracy między Zakładem Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego IO UG a Zakładem Oceanografii MIR-IB był prof. dr hab. Zbigniew Witek. Brałam również udział w przygotowaniach organizacyjnych rejsu w rejon Antarktyki.

Moje doświadczenie organizacyjne dotyczące rejsów jak również prowadzenia laboratoriów zostały wykorzystane w działaniach na rzecz rozbudowy Instytutu Oceanografii. W latach 2004-2006 byłam członkiem Międzyzakładowego Zespołu ds. budowy i wyposażenia nowego gmachu Oceanografii, a od roku 2012 jestem członkiem Międzyzakładowego Zespołu ds. budowy nowego statku szkoleniowo-badawczego. W obu przypadkach moja praca związana była m.in. z: uczestnictwem w spotkaniach roboczych zespołu, przygotowaniem odpowiednich dokumentów/wytycznych do projektów budowy oraz udziałem w przetargach dotyczących specjalistycznego wyposażenia/sprzętu zarówno budynku jak i statku (zał.4; III Q). W 2013 zostałam zaproszona jako ekspert ds. budowy laboratorium *Oceanografii chemicznej*. Zadanie, wykorzystujące moje doświadczenie w organizowaniu pracy laboratoriów chemicznych, wykonywałam w ramach projektu budowy i tworzenia Akademii Rybołówstwa w Namibii, realizowanego przez firmę Navimor i Akademię Morską.

W trakcie dotychczasowej pracy na UG przygotowywałam seminaria, sympozja i konferencje. Byłam m.in.: członkiem komitetu organizacyjnego *VI Ogólnopolskiej Konferencji Metodycznej Ochrona Środowiska na studiach przyrodniczych* (1998) i Sympozjum *Głębia Gdańska w świetle badań oceanograficznych prowadzonych we współpracy z Marynarką Wojenną Rzeczypospolitej Polskiej* w Gdyni (1997), sekretarzem międzynarodowego sympozjum *Functioning of coastal ecosystems in various geographical regions* (2001) oraz dwukrotnie (2001, 2007) współorganizatorem Zjazdu Oceanografów. W 2004 roku wraz z pracownikami Morskiego Instytutu Rybackiego zorganizowałam międzynarodowe warsztaty *Fisheries Workshop* w ramach projektu COST-IMPACT (2004). Obok partnerów realizujących ten projekt (MIR, UG, PLYMOUTH) uczestniczyły w nim osoby/instytucje potencjalnie zainteresowane wykorzystaniem uzyskanych wyników (Stakeholders). Były to osoby z Polski oraz państw reprezentujących Europę wschodnią: Litwy, Łotwy i Estonii. W 2013 roku byłam organizatorem seminarium naukowego *Od wiedzy do praktyki* poświęconego 25-leciu współpracy Instytutu Oceanografii UG z Marynarką Wojenną RP.

Kolejnym istotnym doświadczeniem w pracy naukowej było pozyskanie i realizacja europejskiego projektu naukowego COST- IMPACT (5th UE). Kierownikiem części realizowanej przez Zakład Chemii Morza i Ochrony Środowiska Morskiego IO UG był prof. dr hab. Jerzy Bolałek. W ramach tego projektu byłam osobą odpowiedzialną m.in. za: kontakt z liderem projektu dr Melanie Austen (UK) oraz pozostałymi partnerami (m.in.: IMBC, NIVA, MIR-IB); koordynację prac z polskim partnerem, przygotowanie rozliczeń finansowych, rozliczenie

końcowe projektu i archiwizację dokumentów po ustawowym czasie od zakończenia projektu. Był to bardzo ważny okres w mojej pracy, w którym przechodziłam intensywne szkolenie w zakresie prowadzenia projektów europejskich, zderzając się z trudnymi realiami wprowadzania tego typu projektów w Polsce (zał.4; III Q).

Dobota Burska