

**Autoreferat**  
**przedstawiający opis dorobku oraz osiągnięć naukowych i dydaktycznych**  
**na stopień naukowy doktora habilitowanego**  
**dziedzina: Nauki o Ziemi**  
**dyscyplina: Oceanologia**

**dr Jacek Bełdowski**

**Instytut Oceanologii PAN Sopot 2015**

1. Imię i Nazwisko

**Jacek Bełdowski**

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

- 2004            **Doktor Nauk o Ziemi** w zakresie oceanologii (9 lipiec 2004 r.), Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii, Instytut Oceanografii, praca doktorska pt. „Uwarunkowania oraz znaczenie stężeń i specjacji rtęci w osadach dennych zachodniej części Basenu Gdańskiego.” - praca wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Janusza Pempkowiaka.
- 1998            **Magister oceanografii** (28 sierpień 1998 r.), Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii, Instytut Oceanografii, praca magisterska pt. „Zróżnicowanie geograficzne i sezonowe koncentracji metali ciężkich i śladowych w osobnikach *Mytilus trosullus* i *Cerastoderma glaucum* z rejonu Zatoki Gdańskiej” - praca magisterska wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Macieja Wołowicza.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/ artystycznych.

Od 2014 **Instytut Oceanologii PAN**, Zakład Chemii i Biochemii Morza,

, stanowisko: Specjalista środowiskowej aparatury badawczej

2004- 2014 - **Instytut Oceanologii PAN**, Zakład Chemii i Biochemii Morza,

, stanowisko: adiunkt.

2000-2004    **Instytut Oceanologii PAN**, Zakład Chemii i Biochemii Morza,

, stanowisko: asystent.

1998-2004    **Środowiskowe Studium Doktoranckie**, Uniwersytet Gdański Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii.

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.):

Centralna Komisja do Spraw Stopni i Tytułów informuje, że ww. wniosek powinien być sporządzony, wraz z załącznikami, zgodnie z ROZPORZĄDZENIEM MINISTRA NAUKI I SZKOLNICTWA WYSZEGO z dnia 3 października 2014 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora, (Dz. U. z 2014 r., poz. 1383)

a) tytuł osiągnięcia naukowego:

**Rozpoznanie procesów wpływających na rozmieszczenie i mobilność rtęci w osadach dennych**

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

**4.b I. Bełdowski J.,** Pempkowiak J., Miotk M. (2009) „Mercury fluxes through the sediment water interface and bioavailability of mercury in Southern Baltic Sea sediments” *Oceanologia* 51,263-285. IF=0,613

**4.b II Bełdowski J.,** Miotk M, Bełdowska M., Pempkowiak J. 2014., Total, methyl and organic mercury in sediments of the Southern Baltic Sea. *MAR POLLUT BULL*, 87:388-395. IF=2.991

**4.b III Bełdowski, J.,** Miotk, M.,Zaborska A. & Pempkowiak, J. (2014). Distribution of sedimentary mercury off Svalbard, European Arctic. *Chemosphere*, 122, 190-198. IF: 3.854

**4.b IV Bełdowski J.,** Miotk M., Pempkowiak J. 2015Methylation index as means of quantification of the compliance of sedimentary mercury to be methylated. *Environ Monit Assess.* Aug;187(8):498. doi: 10.1007/s10661-015-4716-y. Epub 2015 Jul 10. IF: 1.679

**4.b V Jędruch A., Bełdowski J.,** Bełdowska M., (2015), Long-term changes and distribution of mercury concentrations in surface sediments of the Gdansk Basin (Southern Baltic Sea). *Journal of Soils and Sediments*, 15, 2487-2497, IF: 2.139

**4.b VI.** Saniewska D., Bełdowska M., Bełdowski J., Saniewski M., Kwaśniak J., Falkowska L., 2010 Distribution of mercury in different environmental compartments in the aquatic ecosystem of the coastal zone of Southern Baltic Sea. *Journal of Environmental Science* 22 (8): 1-7.

**Sumarycznie IF: 12.275**  
**sumarycznie punkty MNiSW: 180**

c) omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania.

## Wprowadzenie

Do mórz i oceanów, w wyniku procesów naturalnych i działalności człowieka trafia wiele substancji niebezpiecznych, takich jak metale ciężkie i śladowe. W drugiej połowie XX wieku szybki rozwój cywilizacyjny przyczynił się do szczególnie intensywnego transportu zanieczyszczeń antropogenicznych do mórz. Po przedostaniu się do ekosystemów morskich, wiele z tych substancji jest transportowanych do osadów dennych. Po zdeponowaniu do osadów dennych, substancje niebezpieczne mogą przedostawać się z powrotem do kolumny wody na drodze dyfuzji z wód porowych czy erozji wierzchnich warstw osadów (Boudreau, 1997). Substancje te mogą także bezpośrednio wpływać na organizmy bentosowe, a poprzez nie być także absorbowane przez organizmy z sieci troficznej. Efektywność tych procesów zależy od podatności substancji chemicznych na akumulację (biodostępność) oraz procesów fizycznych i chemicznych zachodzących w osadach dennych i w kolumnie wody. Na szczególną uwagę zasługują substancje wysoce toksyczne, do których należy rtęć

Rtęć charakteryzuje się znaczną mobilnością środowiskową, jest akumulowana przez organizmy żywe, a jej związki organiczne mogą ulegać biomagnifikacji, osiągając w organizmach z wyższych poziomów troficznych stężenia od 10 000 do 100 000 razy większe niż w otoczeniu (Manahan, 2010). Nawet niewielkie ilości rtęci w organizmach żywych powodują zaburzenia działania wielu białek i enzymów, a ponadto pierwiastek ten blokuje transport przez błony komórkowe, działa mutagennie i teratogennie, zaś u organizmów posiadających centralny układ nerwowy - silnie neurotoksycznie (Boening, 2000). Zanieczyszczenie środowiska przyrodniczego rtęcią stanowi problem globalny (Pacyna i in., 2006; Peng i in. 2009).

Rozmieszczenie rtęci w osadach dennych zależy od jej fizycznego transportu, tekstury osadów, ich składu mineralogicznego, warunków oksydacyjno-redukcyjnych, zawartości materii organicznej oraz procesów sorpcji-desorpcji (Boening, 2000; French, 1999). Czynniki te mają również wpływ na jej biodostępność i toksyczność tego pierwiastka (Bełdowski i Pempkowiak 2007, Avramescu 2011). Osady denne mogą być zatem zarówno odbiornikiem jak i źródłem rtęci (Zoumis i in., 2001)

W drugiej połowie XX wieku stężenia metali śladowych w osadach dennych były z reguły powiązane z silnymi lokalnymi źródłami tych metali. W przypadku rtęci takie źródła to

procesy wysokotemperaturowe, jak np. hutnictwo czy produkcja cementu, przemysł przetwórczy (zwłaszcza chemiczny i celulozowy), elektrotechniczny (np. produkcja lamp fluorescencyjnych) a także rolnictwo, w którym w XX wieku używano jeszcze zapraw nasiennych zawierających rtęć (Porcella i in., 1996). Rtęć obecna w morskich osadach dennych pochodzi ze wszystkich wymienionych źródeł, przy czym w Bałtyku największe stężenia zaobserwowano w pobliżu zakładów przemysłu celulozowego w Zatoce Botnickiej oraz przemysłu chemicznego - na Głębi Arkońskiej (Leivuori, 2002). Obecnie, gdy emisje rtęci zostały znacząco zmniejszone, stężenie rtęci w osadach powierzchniowych zależy nie tylko od działalności człowieka, lecz także warunkowana jest przez procesy biogeochemiczne.

M. in. rtęć zawarta w osadach dennych może ulegać absorpcji przez organizmy bentosowe. Zarówno przyswajalność przez organizmy żywe jak i mobilność rtęci w środowisku przyrodniczym zależą od proporcji form fizyczno-chemicznych tego metalu – specjacji. W osadach dennych przemiany diagenetyczne oraz działalność mikroorganizmów powodują ustalenie nowych równowag fizyko – chemicznych, a więc zmianę specjacji rtęci. Konsekwencją tych procesów jest remobilizacja, stabilizacja bądź bioakumulacja rtęci (Bełdowski i Pempkowiak 2009).

Proporcje między różnymi formami rtęci w osadach dennych pozostają w delikatnej równowadze. Jedną z transformacji form rtęci związana jest z wczesną diagenetą materii organicznej, polegającą na przemianie kwasów fulwowych w huminowe a następnie w nierozpuszczalne huminy (Pempkowiak, 1991); kolejną jest efektem redukcji siarczanów do siarczków (Boening, 2000), w warunkach beztlenowych, które dominują w podpowierzchniowych warstwach osadów. Wymienione formy rtęci ulegają stabilizacji, albo w formie związków z huminami - albo jako nierozpuszczalny siarczek rtęci (Jackson, 1998). Jednakże procesy stabilizacji mogą ulec odwróceniu, zależnie od zmian warunków środowiskowych, może również dojść do metylacji rtęci na skutek procesów biotycznych i abiotycznych (Boening, 2000, Bełdowski i Pempkowiak 2009).

W wyniku procesów transportu i depozycji metal ten może trafiać na obszary lądowe i morskie, także znajdujące się w znacznej odległości od źródła reemisji.

**Powyższe obserwacje skłoniły mnie do postawienie następujących celów badawczych:**

- Rozpoznanie zmienności czasowej i przestrzennej specjacji i stężeń rtęci w osadach Bałtyckich.
- Zbadanie czynników wpływających na rozmieszczenie rtęci w morzu w dwóch kontrastowych akwenach: zanieczyszczonym (Bałtyk) i niezanieczyszczonym (Spitsbergen)
- Określenie istotności i wpływu parametrów środowiskowych na stężenie i biodostępność rtęci w rejonie pod silnym wpływem antropogenicznym (Morze Bałtyckie) i oddalonych od wpływu człowieka rejonach arktycznych (Spitsbergen)

## Omówienie osiągniętych wyników

### Zmienność czasowa i przestrzenna specjacji i stężeń rtęci w osadach Bałtyckich

Powszechnym problemem związanym z analizami rtęci w osadach morskich jest czynnik losowy, związany z niehomogenicznością osadów dennych (tzw. mozaikowością), oraz zmianami sezonowymi i wieloletnimi składu chemicznego osadów – co dotyczy zarówno stężenia materii organicznej, ilości minerałów ilastych jak i stężenia rtęci. Jest to właściwość osadów dennych, która może powodować znaczne różnice stężenia rtęci, nawet w skali lokalnej (Winterhalter, 2001; Zalewska i Suplińska, 2013; Bełdowski i in. 2014; Zaborska i in., 2014;). Może to powodować i zmierzona stężenia rtęci nie będą reprezentatywne dla danego rejonu, jeżeli wynika będą z analizy pojedynczej próbki. Aby oszacować znaczenie efektu przeprowadzono szereg badań opublikowanych w dwóch artykułach (**4b II i 4b V**). Przeanalizowano tam stężenie rtęci całkowitej oraz jej form związanych z węglem, w tym rtęci organicznej i metylortęci. Stwierdzono, że zmienność sezonowa stężenia rtęci całkowitej w rejonach akumulacji w obrębie jednej stacji wahała się od 5 do 33%, oprócz jednego przypadku na głębi Bornholmskiej, gdzie osiągnęła 67%. Zmienność związana z mozaikowością natomiast wahała się w granicach od 9 do 34%. Tak więc ogólna niepewność pojedynczego wyniku, wyrażona jako odchylenie standardowe wynosi około 20%. W przypadku rtęci „organicznej” zmienność sezonowa wahała się od 4 do 32%, co było porównywalne do zmienności związanej z mozaikowością (4-32%). Podobne obserwacje poczyniono dla metylortęci, której zmienność związana z mozaikowością (4-36%) i sezonowa (2-34%) przekłada się na całkowitą niepewność wynoszącą średnio około 15%.

Odmienne sytuacje odnotowano w rejonach przybrzeżnych, gdzie zmienność sezonowa, wyrażona jako względne odchylenie standardowe średniej sięga 103, 115 i 121% odpowiednio dla rtęci całkowitej, organicznej i metylortęci, podczas gdy zmienność wynikająca z niehomogeniczności osadów osiąga odpowiednio 77, 44 i 45%. Te różnice przypisano zarówno do jej dynamiki płytkowodnych osadów dennych jak i zmiennemu w czasie dopływowi rtęci z wodami rzecznyymi. Ten ostatni czynnik bezpośrednio kontroluje skład osadów dennych w tych rejonach (Huzarska, 2013).

Współczesny dopływ rtęci do osadów obliczony dla rejonu badań był dużo niższy niż ten odnotowany w latach dziesięciu dwudziestego wieku, lecz charakteryzował się znaczną zmiennością. Obserwacja trendów czasowych pozwala stwierdzić, że nawet we względnie krótkim, kilkuletnim okresie można zaobserwować wysoką zmienność stężenia rtęci w osadach powierzchniowych, zarówno w wodach przybrzeżnych jak i pełnomorskich. Warstwy osadów pobrane do badań miały miąższość 5 cm, co odpowiada okresowi depozycji od 7 do 31 lat, w zależności od rejonu. Zaobserwowana zmienność wieloletnia sugeruje, że mieszanie osadów, remobilizacja rtęci i skomplikowane cykle sedymentacji/resuspensji, powszechne w wodach przybrzeżnych, sprawiają, że oszacowanie stężenia rtęci w danym rejonie w oparciu o jednokrotne pomiary jest niezwykle trudne. Ponadto, zaobserwowane zmiany nie mają charakteru systematycznego trendu, który można by przypisać historii emisji rtęci do środowiska. Zaobserwowano trendy malejące stężenia rtęci w osadach dennych, jednak dane zawierają także zmienność wynikającą z innych przyczyn, takich jak mieszanie osadów, zmienny dopływ materii organicznej czy osadów o innym uziarnieniu, co wprowadza czynnik zaburzający, sprawiający, że współczynniki determinacji ( $r^2$ ) mieszczą się w przedziale od 0,16 do 0,59, za wyjątkiem osadów mulistych zatoki Puckiej (0,89). Zaobserwowana zmienność krótkookresowa, zwłaszcza w rejonach przybrzeżnych, wynika z czynników związanych z warunkami pogodowymi, takimi jak częstotliwość sztormów, wielkość zlodzenia, oraz z remobilizacji rtęci z osadów i jej transportem między poszczególnymi rejonami dna. Z obserwacji wynika, że w dobie znacznych redukcji emisji rtęci do środowiska morskiego, stężenia tego metalu w osadach odzwierciedlają w większym

stopniu efekty naturalnych procesów biogeochemicznych niż bezpośredni wpływ czynników antropogenicznych.

Uzyskane wyniki sugerują, że lokalna średnia zmienność różnych form rtęci w osadach, określona przez wzgląd na odchylenie standardowe jest bliska 20%. Najwyższa zmienność odnotowana jest w rejonach przybrzeżnych, co sugeruje, iż zwłaszcza w tych rejonach charakterystyka lokalnych stężeń form rtęci nie może być oparta na wynikach pochodzących z pojedynczych próbek.

### Rozmieszczenie rtęci w morzu zanieczyszczonym (Bałtyk) i niezanieczyszczonym (Spitsbergen)

W przeciwieństwie do Bałtyku dopływ rtęci do Arktyki Europejskiej, w tym archipelagu Svalbard, odbywa się poprzez długodystansowy transport atmosferyczny (AMAP, 2011) oraz na skutek wietrzenia skał zawierających ten metal (Pempkowiak i in., 1999), czy lokalnych wpływów antropogenicznych (Drenvick i in., 2012). Jest to jednakże dopływ znacznie mniejszy niż w rejonach bezpośrednio narażonych na działalność człowieka (AMAP, 2011). Rejon Spitsbergenu jest również interesujący ze względu na skomplikowany układ prądów morskich, transportujących zarówno ciepłe jak i zimne masy wody (Walczowski, 2013), oraz niedawne ocieplanie się klimatu w tym regionie (Piechura i Walczowski, 2009). Stąd podjęto próbę określenia wpływu czynników środowiskowych na obieg rtęci w osadach dennych Spitsbergenu przedstawioną w publikacji **4.b III**. Rozpatrywane czynniki obejmowały możliwe lokalne zanieczyszczenia, tło geologiczne, warunki hydrologiczne, typ osadów oraz zawartość materii organicznej. Zmierzone stężenia rtęci całkowitej, poszczególnych operacyjnych frakcji rtęci II uzyskanych na drodze ekstrakcji sekwencyjnej oraz metylortęci. Zgodnie z raportem AMAP (AMAP, 2011), depozycja atmosferycznej rtęci jest jednym z głównych źródeł tego metalu w Arktyce. Wyniki modelowania matematycznego wskazują na istnienie wzrastającego trendu północ-południe w depozycji atmosferycznej (AMAP, 2011), który powinien znaleźć odzwierciedlenie w osadach gdzie ten proces dominuje. Stężenia rtęci zmierzone w badaniach własnych w osadach z Morza Barentsa potwierdzają istnienie tego trendu. Jednakże nie został on zaobserwowany we fiordach Spitsbergenu, co sugeruje, że inne procesy dominują w tych rejonach, jeśli chodzi o dopływ rtęci. Odnotowano znaczne różnice w stężeniach rtęci, nawet w przypadku osadów pobranych z tego samego fiordu. Może to być spowodowane różnicami w składzie materiału pochodzącego z wietrzenia skał. Istotne znaczenie tego materiału podkreślają wyższe stężenia rtęci w materiale gruboziarnistym fiordów Spitsbergenu niż w drobnoziarnistych osadach Morza Barentsa (nawet dziesięciokrotne). Istotną dla stężenia rtęci jest materia organiczna. Tak więc, po pierwsze, osady bogate w materię organiczną są wzbogacone w rtęć, po drugie zaś, ekstrakcja sekwencyjna wykazała wyższe stężenia mobilnych form rtęci w osadach bogatszych w materię organiczną. Ponadto, najbardziej toksyczna forma rtęci – metylortęć, występowała w wyższych stężeniach w osadach o wyższej zawartości materii organicznej. Potwierdza to hipotezę Jiang i in. (2011) o dominującej roli adsorpcji rtęci przez plankton w jej transporcie do osadów dennych w Arktyce. Lokalne źródła antropogeniczne, sugerowane jako dominujące w Isfjordzie (Drenvick i in., 2012) nie zostały zaobserwowane w badaniach własnych. Prawdopodobnie wynika to z maskowania ich sygnału przez inne źródła, takie jak spływ z lodowców i wietrzenie skał. Zwłaszcza to ostatnie źródło wydaje się istotne, podobnie jak w przypadku innych metali ciężkich w rejonie Spitsbergenu (Pempkowiak i in., 1999).

Aby określić różnice znaczenia poszczególnych czynników wpływających na rozmieszczenie stężeń i specjacji rtęci, przeprowadzono podobne badania w akwenu narażonym na silny

wpływ antropogeniczny. Stężenia rtęci całkowitej w osadach Bałtyckich trzykrotnie przekraczają wartości tłowe (Pempkowiak i in., 1998) (**4b II**). Zmienność przestrzenna rtęci całkowitej była związana głównie z typem osadów. Rtęć była związana głównie z frakcją drobną osadów i materią organiczną, co potwierdzały wysokie współczynniki korelacji (R Spearmana 0,81 dla frakcji mulistej osadów i 0,79 dla materii organicznej) – podobne zależności obserwowano także w innych rejonach Bałtyku Południowego (Bełdowski i Pempkowiak, 2007). Zaobserwowano także wzrost stężenia rtęci całkowitej wraz z rosnącą odległością od brzegu, a co za tym idzie głębokością. Najwyższe stężenia rtęci całkowitej i metylortęci zaobserwowano w rejonie Głębi Gdańskiej, co potwierdza tezę o transporcie tego metalu w obszary spokojnej sedimentacji. Wraz ze wzrostem głębokości następuje osłabienie dynamiki środowiska, a co za tym idzie osady powierzchniowe zawierają większy udział frakcji odpowiedzialnych za sorpcję rtęci. Ten proces był zwłaszcza widoczny w pobliżu ujścia Wisły, gdzie całkowita zawartość rtęci wzrastała wraz z odległością od brzegu i głębokością. Jednakże wartości stężenia rtęci normalizowanego na zawartość frakcji drobnej malały wraz ze zwiększającą się odległością od ujścia. Sugeruje to, że Wisłę jest istotnym źródłem rtęci dla osadów Bałtyckich. Odwrotny trend dla stężenia nie normalizowanego wynika z faktu iż bogaty w rtęć drobny materiał dopływający wodami rzeczными jest mieszany z materiałem piaszczystym o niższym stężeniu tego metalu, co powoduje „rozcieńczenie” rtęci w osadach. Znaczna zmienność stężeń rtęci w Zatoce Puckiej sugeruje bezpośredni dopływ z lokalnych źródeł antropogenicznych – co wynika ze znacznych rozbieżności stężeń rtęci całkowitej normalizowanej na frakcję drobną osadów i materię organiczną.

Stężenia metylortęci zmierzone w ramach naszych badań są charakterystyczne dla zanieczyszczonych rejonów anoksycznych w wielu rejonach świata. Udział rtęci organicznej w rtęci całkowitej w Bałtyku to średnio 2%, co odpowiada innym rejonom morskim narażonym na bezpośredni wpływ człowieka (Bloom i Katon, 2000; Bloom i in., 2003; Martian-Doimeadios i in., 2000; Miller i in., 1995; Renneberg i Dudas, 2001). Jednakże udział ten jest znacznie wyższy niż w osadach Spitsbergenu (0,2-0,7%). Występuje liniowa zależność między rtęcią organiczną a metylortęcią, zaś średni udział tej formy rtęci w całkowitej rtęci organicznej to około 63%. Sugeruje to, iż mimo że te dwie formy rtęci są ze sobą powiązane, rtęć organiczna zawiera także inne formy rtęci oprócz MeHg. Obydwie formy rtęci korelują z potencjałem redoks ( $R=-0,75$  dla Me Hg i  $R=-0,71$  dla HgOrg). Sugeruje to, że głównym źródłem rtęci organicznej w osadach Bałtyckich jest transformacja in-situ w warunkach beztlenowych. Wysokie stężenie metylortęci w ujściu Wisły, oraz wysokie wartości potencjału redoks w tym rejonie, wskazują także na istotny dopływ tych form rtęci z wodą rzeczną.

Zaobserwowane zmiany czasowe stężeń i specjacji rtęci w osadach przybrzeżnych i pełnomorskich wynikają zarówno ze zmian dopływu rtęci do osadów jak i lokalnych przemian biogeochemicznych. W publikacji **4.b VI** autorzy ocenili wkład poszczególnych komponentów ekosystemu, które mogą być odpowiedzialne za zmiany dopływu rtęci – zawiesinie i planktonowi oraz tym, które mogą wpływać na obieg rtęci w osadach – makrofitobentosowi. Rejon badań obejmował zatokę o ograniczonej wymianie wody z otwartym morzem, okolice zindustrializowane, ujście rzeki oraz otwarte morze. W badaniach zmierzono stężenia rtęci w badanych elementach ekosystemu, oraz wyznaczono współczynniki biokoncentracji (BCF) dla organizmów planktonowych i makrofitobentosu. Najwyższe stężenia, a co za tym idzie największe dopływy do osadów zaobserwowano w ujściach rzek, wysokie stężenia w wodzie i makrofitach zaobserwowano w zatoce o ograniczonej wymianie wody, jednakże największą



zmienność stężeń rtęci w wodzie i makrofitach zaobserwowano w strefie zindustrializowanej. Zostało to przypisano spływowi lądowemu, a także prądom transportującym zawiesinę z pobliza ujść rzecznych w inne rejony. Zależności statystyczne zaobserwowane w uzyskanych danych pozwalają przypuszczać, że największy wpływ na strumień rtęci trafiający do osadów dennych mają: jakość i ilość martwej materii organicznej, biomasa oraz skład gatunkowy fito i zoo planktonu. W zimie dodatkowym czynnikiem jest topniejący śnieg, zwłaszcza w strefie zindustrializowanej. Czynniki te wydają się kontrolować ilość rtęci w wodzie i zawiesinie w większym stopniu niż pora roku. Stężenia rtęci w makrofitach wydaje się być istotnie wyższa zimą – co jest wynikiem wyższej zawartości mobilnych frakcji rtęci w wodach porowych i ograniczenia wzrostu. Wydaje się, że zimą makrofity przyczyniają się do obniżenia zawartości frakcji mobilnych rtęci w osadach. W okresie ciepłym natomiast stężenia w morskich roślinach naczyniowych są niższe, ze względu na przyrost biomasy, lecz być może także transportu rtęci z roślin do systemu korzeniowego i dyfuzji do wód porowych.

#### Czynniki warunkujące biodostępność rtęci w osadach dennych w rejonie pod silnym wpływem antropogenicznym (Morze Bałtyckie) i oddalonych od wpływu człowieka rejonach arktycznych (Spitsbergen)

Rtęć może być remobilizowana z osadów w wyniku procesów fizycznych, jak dyfuzja czy resuspensji, a także przyswajana przez organizmy bentosowe (zoobentos, fitobentos), którymi z kolei mogą się żywić drapieżniki pelagiczne. Organizmy takie jak bakterie czy detrytusożercy mogą również zmieniać rozmieszczenie i specjację rtęci w osadach. W artykule (**Publikacja 4.b I**) oszacowano wpływ czynników fizycznych, takich jak resuspensja czy dyfuzja, dla remobilizacji rtęci. Przepływy związane z dyfuzją zostały obliczone na podstawie stężeń rozpuszczonej i łatwo ekstrahowanej frakcji rtęci w wierzchniej warstwie osadów dennych, zaś przepływy wynikające z resuspensji oszacowano na podstawie modelowania matematycznego prędkości prądów przydennych i erozji osadów, oraz stężenia rtęci całkowitej (HgTOT). Strumień powrotny rtęci, zgodnie z wyliczeniami może dochodzić do 50% rocznego dopływu tego metalu (wyliczonego na podstawie prędkości sedymentacji i stężeń rtęci w zawiesinie) w mulistych osadach zachodniego skłonu Głębi Gdańskiej i Głębi Arkońskiej. Podobne wartości strumieni powrotnych rtęci wyliczono dla piaszczystych osadów Zatoki Gdańskiej. Na podstawie wykonanych obliczeń można stwierdzić, że ilości rtęci uwalniane z osadów piaszczystych są, w niektórych przypadkach, większe niż dopływ rtęci netto do osadów mulistych w rejonach akumulacji. Może to świadczyć o tym, że rtęć w trakcie transportu z rejonów płytkich do basenów akumulacji jest częściowo uwalniana do wody. Ponieważ stężenia metylortęci (MeHg) charakteryzują się dużą zmiennością, związaną z brakiem homogeniczności (mozaikowością) osadów (**Publikacja 4 b II**; Pempkowiak et al., 1998), zaś pomiary tej formy rtęci są kosztowne i skomplikowane, zaproponowano inny wskaźnik biodostępności rtęci – indeks metylacyjny. Koncepcja indeksu polega na ocenie zdolności rtęci do metylacji in situ. Jej zaletą jest ocena ilościowa, bowiem indeks metylacyjny „wylicza się” z równania uwzględniającego stężenie i formy rtęci w osadach. Indeks metylacyjny ma istotne znaczenie środowiskowe, gdyż w przeciwieństwie do stężenia MeHg w osadach, reprezentuje ogólne trendy, nie zaś chwilową sytuację. Takie podejście jest preferowane przez wielu autorów na całym świecie (np. Avramescu i in., 2011). Z reguły stosuje się szacowanie prędkości metylacji poprzez stosowanie rtęci znakowanej izotopowo. W artykule (**Publikacja 4 b I**) zaproponowano wyznaczenie indeksu metylacyjnego, opartego

na stężeniach labilnych, nieorganicznych form rtęci oraz straty przy prażeniu, która może mieć wpływ na aktywność mikrobiologiczną, i co za tym idzie metylację. Pierwotna koncepcja nie uwzględniała potencjału oksydacyjno redukcyjnego osadów. Zatem wyznaczano wartość indeksu oddzielnie dla osadów natlenionych i beztlenowych. Wiarygodność indeksu została zweryfikowana poprzez zbadanie korelacji ze stężeniami metylortęci w rybach z badanych rejonów Morza Bałtyckiego. Wykazywano statystycznie istotne korelacje z tymi wartościami, nie zbadano jednak korelacji ze stężeniami metylortęci w osadach. W kolejnych badaniach rozwinęto koncepcję indeksu metylacyjnego oraz zweryfikowano jego korelację ze stężeniami metylortęci zmierzonymi w osadach dennych (**Publikacja 4.b IV**). W tym celu posłużono się podobnie jak uprzednio stężeniem mobilnych frakcji rtęci (II), ale dodatkowo wykorzystano stężenie materii organicznej, aktywność bakterii sulfo redukcyjnych (SRB) i potencjał redoks, gdyż te właściwości osadów mają wpływ na proces metylacji rtęci w osadach dennych. Wyliczenia zostały przetestowane w kilku odmiennych środowiskach sedymentacyjnych, różniących się zarówno stężeniami mobilnych form rtęci, udziałem rtęci ze źródeł antropogenicznych, jak i geologicznym pochodzeniem osadów dennych czy też stężeniami materii organicznych (Spitsbergen, Głębie Bałtyckie, rejony przybrzeżne Bałtyku). Zbadano korelację między czynnikami środowiskowymi wykorzystywanymi w równaniu i stężeniami metylortęci. Przeprowadzono normalizację wartości potencjału redoks poprzez dodanie stałej wartości (1000 mEV), zaś liczebność bakterii SRB została zlogarytmowana w celu uniknięcia wpływu dużej rozpiętości danych na wynik. Przetestowano rozmaite zależności, preferując takie, które przy zachowaniu kryterium poprawności fizyczno-chemicznej, wykazywały największą korelację z zaobserwowanymi stężeniami metylortęci w osadach. W równaniu zaproponowanym w publikacji 4 b IV sumę frakcji mobilnej uwzględniono bezpośrednio, jako substrat metylacji, zaś stężenie węgla organicznego i potencjał redox powiązano z liczebnością bakterii SRB. Taki sposób uwzględnienia liczebności bakterii SRB w równaniu, wynikał z faktu, iż nieobecność tych bakterii ogranicza metylację do abiotycznej, która jest znacznie wolniejsza od metylacji biotycznej (Cossa i in., 2009; Krishnamurthy, 1992). Finalne zależności przybrały postać:

$$MI = \sum Hg_{mob} * \left( \frac{POC}{1000 + Eh} \right) * \exp(\log(SRB + 1))$$

Gdzie:

MI – potencjał metylacyjny

$\sum Hg_{mob}$  - suma stężenia mobilnej rtęci (II) [ng/g]

POC – stężenie węgla organicznego [mg/g]

SRB – liczebność bakterii sulfo redukcyjnych

Celowo zrezygnowano ze współczynników cyfrowych, mimo faktu iż ich użycie prowadziło by do lepszego odzwierciedlenia stężeń metylortęci w osadach. Jednakże zachowanie równania w formie ogólnej, sprawia iż indeks metylacyjny jest raczej estymacją zdolności osadów do metylacji rtęci niż próbą oszacowania stężenia MeHg.

Wartości wyliczonego wskaźnika porównano do stężeń metylortęci w osadach uzyskując istotną zgodność ( $r^2 = 0.73$  do  $0.89$ , w zależności od rejonu – najniższą zgodność odnotowano w osadach Spitsbergenu, najwyższą w osadach Głębi Bałtyckich). Analiza wartości MI w poszczególnych rejonach sugeruje, iż wielkość ta faktycznie odzwierciedla zdolność rtęci do metylacji in situ. Równanie to po dodaniu dodatkowych współczynników empirycznych, stosownych do danego akwenu, może być użyte do wyznaczania prędkości metylacji.

## Możliwe wykorzystanie wyników

### Oszacowanie stanu biodostępności rtęci w osadach

Na podstawie przeprowadzonych badań wyodrębniono szereg procesów, które wpływają na biodostępność rtęci w osadach, a także zależności, jakie zachodzą między poszczególnymi czynnikami środowiskowymi a metylacją czy remobilizacją rtęci. Umożliwia to wyznaczenie rejonów najbardziej wrażliwych na antropogeniczny dopływ tego metalu, w których prawdopodobieństwo transformacji rtęci do jej najbardziej toksycznych, organicznych form jest najwyższe. Wyznaczenie kompleksowego indeksu metylacyjnego wpisuje się w obecny trend badania prędkości i warunków metylacji. Ogólny charakter wyznaczonego równania i powiązanie go z parametrami środowiskowymi pozwala na zastosowanie tego parametru w wielu rejonach świata, w odróżnieniu od istniejących badań prędkości metylacji, które ograniczone są do konkretnych akwenów. Opisanie zależności między mobilnymi formami rtęci (II) a całkowitą rtęcią organiczną i metylortęcią może być wykorzystane w tworzeniu modeli biogeochemicznych opisujących obieg rtęci w przyrodzie, i prognozujących przepływy tego metalu między poszczególnymi komponentami środowiska.

### Wyznaczenie czynników odpowiedzialnych za rozmieszczenie rtęci w osadach

Rozpoznanie zmienności czasowej i przestrzennej rtęci, a także jej form organicznych, umożliwia zaplanowanie bardziej reprezentatywnych badań ekosystemów narażonych na bezpośredni wpływ człowieka a także rejonów polarnych. Uwzględnienie wpływu innych niż antropogeniczne źródeł rtęci w tych rejonach umożliwi wyznaczenie wartości tłowych, wynikających z dopływu tego metalu w wyniku wietrzenia skał czy spływu z lodowców. Zapewni to lepsze zrozumienie ekosystemów arktycznych i skupienie się na dopływie rtęci w wyniku globalnych zmian klimatycznych, co ma wielkie znaczenie dla przyrody w tym regionie świata. Studia nad rozmieszczeniem przestrzennym i zmiennością czasową stężeń poszczególnych form rtęci w osadach umożliwiają także dokładniejszą interpretację danych środowiskowych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu na organizmy morskie. Zagadnienia dotyczące rozmieszczenia rtęci w poszczególnych komponentach środowiska morskiego i ich relacji do biodostępności rtęci zawartych w osadach dennych pozwalają na szersze spojrzenie na obieg rtęci w środowisku morskim i lepsze zrozumienie roli, jaką pełnią w nim osady denne.

## Literatura

- AMAP, 2011. AMAP Assessment 2011: Mercury in the Arctic. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway, 193 pp.
- Avramescu, M.L. et al., 2011. Biogeochemical factors influencing net mercury methylation in contaminated freshwater sediments from the St. Lawrence River in Cornwall, Ontario, Canada. *Science of the Total Environment*, 409(5): 968-978.
- Beldowski, J., Pempkowiak, J., 2007. Mercury transformations in marine coastal sediments as derived from mercury concentration and speciation changes along source/sink transport pathway (Southern Baltic). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 72, 370-378.
- Beldowski J., Pempkowiak J., Mercury concentration and solid phase speciation changes in the course of early diagenesis in marine coastal sediments (Southern Baltic Sea). *Marine and Freshwater Research* 60, 745-757.
- Beldowski, J., Miotk, M., Beldowska, M. and Pempkowiak, J., 2014. Total, methyl and organic mercury in sediments of the Southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 87: 388-395.
- Bloom, N.S., Katon, J., 2000. Application of selective extractions to the determination of mercury speciation in mine tailings and adjacent soils., *Assessing and Managing Mercury from Historic and Current Mining Activities Conference*. US Environmental Protection Agency, San Francisco, CA, pp. 73-78.
- Bloom, N.S., Preus, E., Katon, J., Hiltner, M., 2003. Selective extractions to assess the biogeochemically relevant fractionation of inorganic mercury in sediments and soils. *Anal Chim Acta* 479, 233-248.
- Boening, D.W., 2000. Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere* 40, 1335-1351.
- Boudreau B.P., 1997. Diagenetic Models and Their Implementation: Modelling Transport and reactions in Aquatic Sediments. Springer – Verlag, Heidelberg, 414 stron
- Cossa, D., Averty, B., Pirrone, N. (2009). The origin of methylmercury in open Mediterranean waters. *Limnology and Oceanography*, 54(3), 837-844,
- Drevnick P.E., Yang H., Lamborg C.H., Rose N.L., 2012. Net atmospheric mercury deposition to Svalbard: Estimates from lacustrine sediments. *ATMOS ENVIRON.*, 59: 509- 513.
- French, K.J., Scruton, D.A., Anderson, M.R., Schneider, D.C., 1999. Influence of physical and chemical characteristics on mercury in aquatic sediments. *Water Air and Soil Pollution* 110, 347-362.
- Huzarska, K., 2013. Spatial distribution of biological and physical sediment parameters in the western Gulf of Gdansk. *Oceanologia* 55, 453-470.
- Jackson T.A., 1998. Mercury in aquatic ecosystem. [w:] *Metal metabolism in Aquatic Environment*. Langston J., Bebiano M.J. (red.). Chapman & Hall, Londyn, 178 - 249
- Jiang S., Liu X., Chen Q., 2011. Distribution of total mercury and Methyl mercury in lake sediments in Arctic Ny-Ålesund. *Chemosphere*, 83, 1108–1116.
- Krishnamurthy, S. (1992). Biomethylation and Environmental Transport of Metals. *Journal of Chemical Education*, 69(5), 347-350.
- Leivuori M., 2002. Sediments reflect the state of the Baltic Sea. Finnish Institute of Marine Research Publications, 1-8
- Manahan, S.E., 2010. Environmental chemistry, 9th ed. CRC Press, Boca Raton, 743 pp.
- Miller, E.L., Dobb, D.E., Heithmar, E.M., 1995. Speciation of mercury in soils by sequential extraction, USEPA Metal Speciation and Contamination of Surface Water Workshop. US EPA, Jekyll Island, GA, USA.
- Pacyna, E.G., Pacyna, J.M., Steenhuisen, F., Wilson, S., 2006. Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000. *Atmospheric Environment* 40, 4048-4063.
- Pempkowiak, J., 1991. Complexing Properties of Humic Substances Isolated from Sea-Water - the Contribution of These Substances to Complexing Capacities of Water from the Baltic Sea and Geochemical Implications of This Phenomenon. *Humic Substances in the Aquatic and Terrestrial Environment* 33, 339-348
- Pempkowiak, J., Cossa, D., Sikora, A. and Sanjuan, J., 1998. Mercury in water and sediments of the southern Baltic Sea. *Science of the Total Environment*, 213(1-3): 185-192.
- Pempkowiak J., Sikora A., Biernacka E., 1999. Speciation of heavy metals in marine sediments vs their bioaccumulation by mussels. *Chemosphere*, 39, 313-321.
- Peng, J.F., Song, Y.H., Yuan, P., Cui, X.Y., Qiu, G.L., 2009. The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazardous Materials* 161, 633-640
- Piechura J., Walczowski W., 2009. Warming of the West Spitsbergen Current and sea ice north of Svalbard. *Oceanologia* 51, 147-164.
- Porcella DB., Chu P., Allan MA., 1996. Inventory of North American mercury emissions to the atmosphere: relationship to the global mercury cycle: [w:] Baeyens W., Ebinghaus R., Vasiliev O. (red.) *Global and regional mercury cycles: sources, fluxes and mass balances NATO-ASI Series 2. Environment vol 21*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, strony 179 -190

- Renneberg, A.J., Dudas, M.J., 2001. Transformations of elemental mercury to inorganic and organic forms in mercury and hydrocarbon co-contaminated soils. *Chemosphere* 45, 1103-1109.
- Walczowski W., 2013. Frontal structures in the West Spitsbergen current margins. *Ocean Science* 9 , 957-975.
- Winterhalter, B., 2001. On Sediment Patchiness at the BASYS coring site, Gotland Deep, Baltic Sea. *BALTICA*, 14: 18-23.
- Zaborska, A., Winogradow, A. and Pempkowiak, J., 2014. Caesium-137 distribution, inventories and accumulation history in the Baltic Sea sediments. *Journal of Environmental Radioactivity*, 127: 11-25.
- Zalewska, T. and Suplinska, M., 2013. Anthropogenic radionuclides Cs-137 and Sr-90 in the southern Baltic Sea ecosystem. *Oceanologia*, 55(3): 485-517.
- Zoumis, T., Schmidt, A., Grigorova, L., Calmano, W., 2001. Contaminants in sediments: remobilisation and demobilisation. *Science of the total Environment* 266, 195-202.

## Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych (artystycznych).

W latach 1993-1998 byłem studentem magisterskich studiów dziennych na kierunku Oceanografia, prowadzonych na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego. Po II roku studiów wybrałem specjalność oceanografia biologiczna. W roku 1997 uzyskałem stypendium rządu Duńskiego z funduszu Demokratifonden i uczęszczałem przez drugi semestr czwartego roku na Denmark's International Study Program, prowadzony wspólnie przez Uniwersytet w Roskilde i Uniwersytet Kopenhaski. Zajęcia obejmowały zagadnienia z biologii Morza, Ekologii Morza oraz kręgowców morskich. W latach 1997 - 1998, jeszcze jako student brałem udział w międzynarodowym projekcie Atmospheric Load, BASYS (Baltic Sea System Study), 5 Program Ramowy UE MAS3-CT96-0058, w którym między innymi badano metale, formy azotu i makroskładniki w atmosferze nad Bałtykiem. W ramach tego projektu uczestniczyłem w 2 miesięcznych kampaniach badawczych: letniej (1997) i zimowej (1998). W zebranych próbkach analizowałem liczebność bakterii zawartych w aerozolu, uczestniczyłem także w pobieraniu próbek opadów w celu badania stężeń metali, w tym rtęci. Było to moje pierwsze zadanie naukowo-badawcze.

Pracę magisterską pod tytułem „Zróżnicowanie geograficzne i sezonowe koncentracji metali ciężkich i śladowych w osobnikach *Mytilus trossulus* i *Cerastoderma glaucum* z rejonu Zatoki Gdańskiej” - pod kierunkiem prof. dr hab. Macieja Wołowicza wykonałem w zakładzie ekologii morza Uniwersytetu Gdańskiego i częściowo na wydziale farmacji Akademii Medycznej w Gdańsku. Od 1998 roku rozpocząłem studia w Środowiskowym Studium Doktoranckim z Biologii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego, pod kierunkiem prof. dr hab. Inż. Janusza Pempkowiaka. Przez pierwsze lata zajmowałem się procesami dotyczącymi zawieszonych materii przydennej (Fluffy Layer Suspended Matter) oraz statystyczną analizą danych dotyczących stężenia metali w zawieszynie, jako uczestnik programu FP 4 /MAST III/ BASYS 3a/ Coast to Basin Fluxes (1996-1999). W ramach wykonywania prac związanych z zawiesziną przydenną uzyskałem grant wewnętrzny programu EU MAST III BASYS pozwalający na wzięcie udziału w zaawansowanym dwutygodniowym kursie analizy systemów morskich na wyspie Vilm w Niemczech. Prezentacja wyników na sympozjum Młodych Oceanografów w Gdyni w roku 2002 została nagrodzona Nagrodą im. Prof. Wiktorowej.

Zebrane wyniki zostały zaprezentowane w publikacjach oraz na konferencji w formie posterów i referatów:

### Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports

- Staniszewski, K. Pazdro, J. Beldowski, K. Emeis, T. Leipe, J. Pempkowiak. “Temporal and spatial changes of cadmium in near bottom suspended matter of the Pomeranian Bay – Arkona Deep System” *Oceanologia*, 42 , 483 –491
- K. Pazdro, A. Staniszewski, J. Beldowski, K. Emeis, T. Leipe, J. Pempkowiak. Variations in organic matter bound in fluffy layer suspended matter from the Pomeranian Bay” - *Oceanologia*, 43 , 405-420
- J. Pempkowiak, J. Beldowski, K. Pazdro, A. Staniszewski, T. Leipe, K. Emeis „The contribution of the fine sediment fraction to the Fluffy Layer Suspended Matter (FLSM)” - *Oceanologia*, 44, 513-527
- Pempkowiak J., Beldowski J., Pazdro K., Staniszewski A., Zaborska A., Leipe T., Emeis K “Factors influencing fluffy layer suspended matter (FLSM) properties in the Odra River – Pomeranian Bay – Arkona Deep System (Baltic Sea) as derived by principal components analysis (PCA), and cluster analysis (CA)” *Hydrology and Earth System Sciences*, 9, 1–14, 2005

### Publikacje w czasopismach spoza wykazu

- Staniszewski, K. Pazdro, J. Beldowski, K. Emeis, T. Leipe "Cadmium in suspended matter of the Baltic Sea" Zeszyty Naukowe Komitetu "Czlowiek i Srodowisko" PAN, 26, 299-305

#### Referaty

- Beldowski J., Multivariate statistical analysis, School of Marine systems, Vilm, Niemcy, 1999
- Pazdro K., Beldowski J. Heavy metals and Fatty Acids in FLSM referat Basys 3a Coast to Basin Fluxes Workshop, Kopenhaga, Dania 1999
- Pazdro K., Piotrowska-Szypryt M., Staniszewski A., Beldowski J., Pempkowiak J. Content of selected organic and inorganic components of fluffy layer suspended matter in the transect from the Odra river to Arkona Basin. referat 3rd Basys 3a Coast to Basin Fluxes Workshop, Aarhus, Dania 1999.04
- Beldowski J., Udział zawiesiny naddennej we frakcji drobnoziarnistej osadów, Referat Sympozjum Młodych Oceanografów, Gdynia, Poland 25 October 2002
- Beldowski J., Pempkowiak J., Emeis K-Ch. Fine fraction of sediments contribute to the Fluffy Layer Suspended Matter. Referat 9th International Symposium On The Interactions Between Sediments And Water, Banff, Kanada, May 5 - 10, 2002
- Beldowski J., Pempkowiak J., Emeis K., Fluffy Layer suspended matter transport and properties in Odra River/Arkona Deep system. Referat The Southern Baltic Seacoast under Global Change -German-Polish Seminar, Hamburg, Germany, 3 - 7 June 2003
- Pempkowiak J., Beldowski J., Pazdro K., Staniszewski A., Leipe T., Emeis K-Ch. On Factors Influencing composition on Fluffy Layer suspended matter in the Pomeranian Bay-Arkona Deep system. Referat: Baltic Sea Science Congress, Helsinki, Finland, 24-28 August 2003
- Janusz Pempkowiak, Jacek Beldowski Zastosowanie wybranych metod statystycznej analizy wielowymiarowej w geochemii morza i nie tylko, referat VIII Konferencja „Chemia, Geochemia i Ochrona środowiska Morskiego, Sopot, 2008, 8

#### Postery

- Pempkowiak J., Pazdro K., Staniszewski A., Piotrowska-Szypryt M., Beldowski J., Leipe T., Emeis K.C., Fine fraction of sediments contributes to FLSM, poster BASYS Annual Science Conference, IOW, Warnemuende, Germany 1999-09.
- Pempkowiak J., Pazdro K., Staniszewski A., Piotrowska-Szypryt M., Beldowski J., Leipe T., Emeis K. Materia mi dzy osadem a wod . Zawieszona materia przydena (FLSM). Poster IV Konferencja Chemia, Geochemia i Ochrona środowiska Morskiego, Sopot 2000
- Pempkowiak J., Pazdro K., Staniszewski A., Piotrowska-Szypryt M., Beldowski J., Leipe T., Emeis K. Pochodzenie, skład i przenoszenie zawiesiny przydennej z rejonów przybrze nych do rejonu sedimentacji w Bałtyku południowym (Uj cie winy, Zatoka Pomorska Gł bia Arko ska). Poster IV Konferencja Chemia, Geochemia i Ochrona środowiska Morskiego, Sopot 2000
- Staniszewski A., Pazdro K., Beldowski J., Emeis K., Leipe T., Pempkowiak J. Kadm w zawieszynie naddennej Morza Bałtyckiego. Poster IV Konferencja Chemia, Geochemia i Ochrona środowiska Morskiego, Sopot 2000
- Pazdro K., Staniszewski A., Beldowski J., Sawicka M., Emeis K., Leipe T., Pempkowiak J. Organic matter changes in sediments and fluffy layer of suspended matter from the Pomeranian Bight, Baltic Sea poster Baltic Sea Science Congress 2001 -Past, Present and Future - A Joint Venture, November 25-29, 2001 Sztokholm, Szwecja

Jednocześnie kontynuowałem badania rozpoczęte w czasie pracy magisterskiej dotyczące stężenia metali ciężkich i śladowych a także innych zanieczyszczeń w organizmach morskich. Wziąłem udział w projekcie 01-27FP 5 /BEEP Biological Effects of Environmental Pollution (2001-2004), oraz ELOISE, projektu we współpracy z instytutem IFREMER z Nantes, Francja, dotyczącego biogeochemii zanieczyszczeń w Morzu Bałtyckim gdzie współuczestniczyłem w analizie zebranych danych dotyczących zanieczyszczenia środowiska i jego wpływu na organizmy. W wymienionych projektach zajmowałem się głównie analizą statystyczną danych środowiskowych, i uczestniczyłem w sześciu rejsach badawczych na pokładzie s/y „Oceania”, gdzie brałem udział w pobieraniu próbek osadów i organizmów oraz zbieraniu danych środowiskowych. Współpracowałem także z naukowcami z zakładu Chemii i Biochemii Morza IOPAN przy pracach związanych z obiegiem zanieczyszczeń i ich wpływem na organizmy.

Wyniki zostały przedstawione w następujących pracach i wystąpieniach konferencyjnych:

#### Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports

- J Pempkowiak., M. Radłowska, G. Kupryszewski, J. Beldowski, R. Głosnicka. 2001 " Western Blotting versus ELISA detection of stress proteins induced in blue mussel *Mytilus Edulis* exposed to Cadmium and Tributyl Tin" – Biomarkers., 6, 400-405

- Pempkowiak J., Walkusz-Miotk J., Beldowski J., Walkusz W. Concentrations of heavy metals in Copepoda and Cladocera from the Southern Baltic” – *Chemosphere*. 2006 Mar;62(10):1697-708.

#### Referaty

- Albalat A., Potrykus J., Beldowski J., Pempkowiak J., Porte C., Assessment of organotin pollution along the polish coast (Baltic Sea) by using mussel and fish. Referat 3rd International Symposium on Functioning of Coastal Ecosystems in Various Geographical Regions, Gdynia, Polska, 2001
- Beldowski J., Kopecka J., Pempkowiak J., Baltic Biomarkers Database structure and operation. Referat BEEP Biological Effects of Environmental Pollution, Work Package 2 workshop, Wilno, 3-8 May 2003.
- Beldowski J., Beldowska M., Urbanski J., Pempkowiak J., Heavy and trace metal deposition patterns in the vicinity of the harbour dumpsite Referat International Sediment Water Interaction Symposium 2011, Dartington, Anglia,
- Beata Szymczycha, Jacek Beldowski, Mirosław Darecki, Report on the Harmful Substances in the Baltic Sea referat Spotkanie robocze Projektu Stardust, 2012-01-30 - 31 Sztokholm, Szwecja

#### Postery

- Kopecka J., Pempkowiak J., Beldowski J., Walkusz-Miotk J., Pazdro K. Statistical approach to biomarker response to chemical contaminants in organisms (fish and Mussel) from Gdańsk Bay. Setac Europe 14th annual meeting. A Pan-European perspective. Praga, Czechy, 2004.
- Pazdro K., Beldowska M., Staniszewski A., Beldowski J. Accumulation of persistent organic contaminants in semipermeable membrane devices (SPMD) and caged mussels in relations to water concentrations in the Gulf of Gdańsk. 1st International Passive Sampling Workshop and Symposium IPSW 2004, Czeskie Budziejowice,
- Ksenia Pazdro, Grzegorz Siedlewicz, A. Biak-Bielska, Piotr Stepnowski, Jacek Beldowski, Pharmaceuticals residues in the Southern Baltic Sea Poster 8th Baltic Sea Science Congress, 22-26 sierpień 2011, Sankt Petersburg, Rosja

W kolejnych latach zajmowałem się opracowaniem metody sekwencyjnej ekstrakcji rtęci z osadów dennych oraz metodyką pobierania próbek do analiz metali śladowych, a także wstępną interpretacją wyników specjacji rtęci w osadach. Uzyskane wyniki były podstawą do uzyskania grantu promotorskiego „Obieg rtęci w Zatoce Gdańskiej” – projekt KBN (P04E 05143) pod kierownictwem Prof. dr Hab. Inż. Janusza Pempkowiaka oraz grantu podróznego Fundacji Nauki Polskiej na przedstawienie wyników badań na konferencji International Association for Sediment Water Sciences w Banff, w Kanadzie.

Zastosowanie metody ekstrakcji sekwencyjnej rtęci z osadów dennych posłużyło do oszacowania transformacji rtęci w osadach dennych w trakcie wczesnej diagenety oraz w trakcie transportu z rejonów przybrzeżnych do rejonów akumulacji. Współpracowałem także z naukowcami z zakładu Chemii i Biochemii Morza IOPAN podczas badań nad przemianami i migracją metali w osadach dennych podczas wczesnej diagenety. W trakcie badań współpracowałem z czterema magistrantami profesora Janusza Pempkowiaka, którzy zajmowali się tematyką dotyczącą rtęci w osadach dennych. Podczas badań odbyłem pięć rejsów badawczych w rejon południowego Bałtyku na pokładzie statku s/y „Oceania” należącego do IOPAN oraz jeden na pokładzie statku r/v „Professor Albrecht Penck” należącego do Instytutu Badań Morza Bałtyckiego w Warnemuende, Niemcy. Uzyskane wyniki zostały wykorzystane w trakcie pisania pracy doktorskiej pt. „Uwarunkowania oraz znaczenie stężeń i Specjacji rtęci w osadach dennych zachodniej części Basenu Gdańskiego.” - pod kierunkiem prof dr hab.inż Janusza Pempkowiaka, obronionej w roku 2004 na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego.

Wyniki zostały przedstawione w następujących pracach i wystąpieniach konferencyjnych:

#### Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports

- J. Beldowski, J. Pempkowiak “Horizontal and vertical variabilities of mercury concentration and speciation in sediments of the Gdansk Basin, Southern Baltic Sea” *Chemosphere* 52, 645–654  
Beldowski, J., Pempkowiak, J. Mercury transformations in marine coastal sediments as derived from mercury



concentration and speciation changes along source/sink transport pathway (Southern Baltic). *Estuarine Coastal and Shelf Science* 72, 370-378

- Beldowski J., Pempkowiak J., Mercury concentration and solid phase speciation changes in the course of early diagenesis in marine coastal sediments (Southern Baltic Sea). *Marine and Freshwater Research* 60, 745-757.

#### Publikacje i monografie w czasopiśmie poza wykazu

- J. Pempkowiak, J. Beldowski, „Metoda pomiaru rtęci w osadach dennych” (Method of Mercury speciation measurements in bottom sediments) in „Problemy Analityczne Oznaczania rtęci i jej form specyjalnych w próbkach rodowiskowych” J. Siepak ed., UAM, Slubice, Polska, 120-140

#### Referaty

- Beldowski J. Występowanie i przyczyny powstawania pionowych gradientów form rtęci w Zatoce Gdańskiej. Referat, V Konferencja Chemia, Geochemia i Ochrona środowiska Morskiego, Sopot 2002
- Stanisławski A., Beldowski J., Walkusz-Miotk J., Lejman A., Pempkowiak J. Zmiana właściwości chemicznych osadów dennych Południowego Bałtyku w procesie wczesnej diagenety. Referat, V Konferencja Chemia, Geochemia i Ochrona środowiska Morskiego, Sopot 2002
- Beldowski J., Pempkowiak J., Frakcjonowanie rtęci w Osadach dennych. Referat Kierunki Rozwoju Analizy Chemicznej W Zakresie środowiska, Edukacja Ekologiczna, Slubice, Polska, 21-22 2003,
- Beldowski J. Geochemistry of sedimentary mercury in the source-sink system. The case of the Vistula River- Gdansk Bay- Southern Baltic system. Referat: 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, Estuaries and Enclosed Seas under Changing Environmental Conditions, Warnemuende, Niemcy, 7-11 Maj 2006
- Beldowski J., Pempkowiak J., Changes of sedimentary mercury speciation and bioavailability in the course of coast to basin transport Referat: European Geosciences Union General Assembly 2006, 02-07 Kwiecień, Wiedeń Austria
- Beldowski J., Pempkowiak J., Zmiany struktury i specjacji rtęci w trakcie wczesnej diagenety w osadach przybrzeżnych morza Bałtyckiego Referat, Ogólnopolska konferencja naukowa „Rtęć w środowisku – identyfikacja zagrożeń dla życia człowieka, 9-11 maja 2007.
- Jacek Beldowski, Janusz Pempkowiak, Agata Zaborska, Karol Kulisowski, Biogeochemical Fluxes in the Arctic Front Zone”, referat: EUR-OCEANS annual meeting, 25-26 April 2007, Glyfada (Ateny), Grecja

#### Postery

- Stanisławski A., Beldowski J., Kopecka J., Emeis K., Pempkowiak J. Dating and concentrations of selected heavy metals in bottom sediments of Arkona Deep. Poster III International conference „Trace metals Effects on Organisms and Environment. Sopot, 2000
- Beldowski J., Sumara K., Pempkowiak J., Mercury concentration and speciation in vertical profiles of sediment cores from the Bay of Gdańsk, poster 15th International symposium on environmental biogeochemistry - "Biogeochemical Processes and Cycling of Elements in the Environment", Wrocław, 2001
- Beldowski J., Sumara K., Pempkowiak J., Mercury concentration and speciation in vertical profiles of sediment cores from the Bay of Gdańsk, poster European land and ocean Interaction Studies, 4th ELOISE Open Science Meeting, Rende, Włochy, 2001
- Beldowski J., Sumara K., Pempkowiak J., Mercury concentration and speciation in vertical profiles of sediment cores from the Bay of Gdańsk, poster Baltic Sea Science Congress 2001 -Past, Present and Future - A Joint Venture, November 25-29, 2001 Sztokholm, Szwecja
- Beldowski J., Sumara K., Pempkowiak J. Spatial variability of mercury concentration and speciation in surficial sediments of the Gdańsk Basin. Poster Baltic Sea Science Congress 2001 -Past, Present and Future - A Joint Venture, November 25-29, 2001 Sztokholm, Szwecja
- Stanisławski A., Beldowski J., Kopecka J., Pazdro K., Emeis K., Pempkowiak J. Dating and concentrations of selected sediments of the Arkona Deep, Baltic Sea Poster Symposium on the Occasion of the 80th Anniversary of the Sea Fisheries Institute, Variability of the Baltic Sea environment and living resources: Responses to climate change and anthropogenic pressure, Gdynia, Polska, 2001
- Stanisławski A., Beldowski J., Kopecka J., Pazdro K., Emeis K., Pempkowiak J. Dating and concentrations of selected sediments of the Arkona Deep, Baltic Sea poster Baltic Sea Science Congress 2001 -Past, Present and Future - A Joint Venture, November 25-29, 2001 Sztokholm, Szwecja
- Beldowski J., Pempkowiak J. Mercury concentration and speciation in vertical profiles of sediment cores from the Bay of Gdansk. Poster 9th International Symposium On The Interactions Between Sediments And Water, Banff, Kanada, May 5 - 10, 2002

W kolejnych latach podjąłem próbę syntezy uzyskanych wyników i oszacowania ich znaczenia dla obiegu rtęci w basenie Gdańskim, uwzględniając także zagadnienia związane z dopływem rtęci w strefie brzegowej. Obejmowało to zwłaszcza dopływ rtęci z wodami rzek, zarówno w formie zawieszanej jak i rozpuszczonej, zagadnienia związane z wykorzystaniem zlewni oraz stężenia materii organicznej w wodach rzecznych. Poszerzyłem swoje zainteresowania badawcze także o rtęć zawartą w kolumnie wody i zawiesinie, a także w organizmach żywych. Uczestniczyłem także w badaniach rtęci zawartej w deszczach, gdzie pracowałem

zarówno przy analizie próbek jak i podczas interpretacji danych, zajmując się dopływem atmosferycznym rtęci do Bałtyku. Badania te wykonywałem we współpracy z naukowcami z Uniwersytetu Gdańskiego.

#### Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports

- Saniewska, D., Beldowska, M., Beldowski J., J druch A., Saniewski, M., Falkowska L. Mercury loads into the sea associated with extreme flood. *Environmental pollution*, 191, 93-100
  - Saniewska, D., Beldowska, M., Beldowski, J., Falkowska L. Mercury in precipitation at urbanized coastal zone of Baltic (Poland). *AMBIO*, 43:871–877.
  - Saniewska, D., Beldowska, M., Beldowski, J., Saniewski, M., Szubska M., Romanowski A., Falkowska L. The impact of land use and season on the riverine transport of mercury into the marine coastal zone. *Environ Monit Assess* 186:7593–7604
- Publikacje i monografie w czasopismach spoza wykazu
- M. Beldowska, D. Murawiec, J. Kwa niak, J. Beldowski, M. Saniewski, L. Falkowska. 2010. Mercury in environmental compartments in the polish part of southern Baltic Sea. *The Proceedings of 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, 636-640, ISBN978-83-928986-5-8
  - Magdalena Beldowska, Agnieszka Jedruch, Jacek Beldowski, Marta Szubska, Justyna Kobos, Stella Mudrak-Cegiołka, Bożena Graca, Aleksandra Zgrundo, Marcelina Ziółkowska, Joanna Kielczewska, Ewelina Lewandowska, Katarzyna Wasowska, Lucyna Falkowska Rtec w strefie brzegowej Zatoki Puckiej (południowy Bałtyk). W: L. Falkowska (red..) *Rtec w srodowisku. Identyfikacja zagrozen dla zdrowia czlowieka*. Wydawnictwo Uniwersytetu Gdanskiego, Gdansk 2013. 97-103

#### Referaty

- Saniewska D., Beldowska M., Beldowski J., Saniewski M., Szubska M., Romanowski A., Kwa niak J., Falkowska L. St enia rt ci w wybranych elementach ekosystemu strefy brzegowej Południowego Bałtyku. *Gdynia, Uniwersytet Gda ski*, 2010, II, 73-80
- Szymczycha B., Miotk M., Beldowski J., Pempkowiak J., Mercury concentrations in seepage water from the Hel district, II ogólnopolska Konferencja Naukowa, Referat: „Rt w rodowisku- Identyfikacja zagro e dla zdrowia czlowieka”. *Gdynia, Uniwersytet Gda ski*, 2010,
- Jacek Beldowski , Marta Szubska , Magdalena Beldowska Seasonal Changes Of Mercury Speciation in the Coastal Sediments, *International Conference on Mercury as a Global Pollutant , Jeju, Korea, Czerwiec 2015*

#### Postery

- Beldowski J., Pempkowiak J., Transport of river associated Mercury in the Gulf of Gda sk Poster European Conference on Coastal Zone Research: an ELOISE Approach, Gdańsk, Poland 24 - 27, 2003.
- Beldowski J., Pempkowiak J., River derived mercury in the Gulf of Gda sk Poster Baltic Sea Science Congress, Helsinki, Finland, 24-28 August 2003.
- Beldowska M., D. Murawiec, J. Kwa niak, J. Beldowski, M. Saniewski, L.Falkowska Mercury cycle in the southern baltic sea ecosystem., poster 9th International Conference on Mercury as a global Pollutant 7-12.06.2009 Guiyang, Chiny,
- M. Beldowska, D. Saniewska, J. Kwa niak, J. Beldowski, M. Saniewski, L. Falkowska, Mercury in environmental compartments in the polish part of Southern Baltic Sea Poster 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 19-23 Wrzesie 2010, Gda sk.
- Saniewska, Dominika, Beldowska, Magdalena, Beldowski, Jacek, Saniewski, Michał, Szubska, Marta, Romanowski, Andrzej, Fila, Grzegorz, Falkowska, Lucyna Input Pathways Of Mercury In The Coastal Zone Of The Gulf Of Gdansk, The Southern Baltic Sea, Poster The 10th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP) 24-29.07. 2011 Halifax, Kanada
- Beldowska M., J druch A., Kobos J., Mudrak-Cegiołka S., Beldowski J., Szubska M., Lewandowska A., Falkowska L. Mercury concentrations in phytoplankton and zooplankton in the coastal zone of Gulf of Gdansk, through the year. Poster: 13th Baltic Sea Science Congress 26-30.08.2013 Kłajpeda, Litwa
- Beldowska M., J druch A., Beldowski J., Kobos J., Mudrak-Cegiołka S., Zgrundo A., Ziółkowska M., Jankowska K., Kotlarska E., Szubska M., Graca B., Kielczewska J., Variability of mercury concentrations in plankton and benthos of the coastal zone of Southern Baltic Sea through the year. Poster: 11th International Conference on Mercury as a Global Pollutant 28.07-01.08.2013 Edynburg, Wielka Brytania
- J druch A., Beldowska M., Beldowski J., Zgrundo A., Ziółkowska M., Szubska M., Graca B., Jankowska K., Kotlarska E., Kielczewska J. Variability of mercury concentrations in sediments and benthos of the coastal zone of puck bay (Southern Baltic Sea), through the year "Poster: 13th Baltic Sea Science Congress 26-30.08.2013 Kłajpeda, Litwa
- Beldowska M., J druch A., Beldowski J., Ziółkowska M Hg in sediments and zoobenthos as a function of thermally anomalous winter, in the southern Baltic Sea region. Poster: IASWS 2014 Symposium, July 15-18, Grahamstown, South Africa

W kolejnych latach kontynuowałem badania dotyczące obiegu rtęci w Bałtyku, poszerzając je o zagadnienia związane ze współczynnikami podziału zawiesina/woda dla metali w

sedymentującej zawiesinie. Było to podstawą do uzyskania grantu N N306 392936 „*Rola stratyfikacji wód w usuwaniu toksycznych metali z wód Bałtyckich*”, którego byłem kierownikiem. Skoncentrowałem się zwłaszcza na transformacjach toksycznych metali w rejonach stratyfikacji wód. Poszerzyłem także badania o badanie stężeń innych niż rtęć metali w wodzie i zawiesinie (ołów, kadm, neodym i hafn). Aby zbadać zależności stężeń metali od rozmiaru zawiesiny nawiązałem współpracę z zakładem optyki Morza w IOPAN (Dr. Mirosław Darecki, Dr. Hab. Sławomir Sagan), co wzbogaciło moje badania o pomiary spektrum rozmiaru zawiesiny za pomocą laserowego czujnika rozpraszania światła in situ (LISST). Skonstruowałem także we współpracy z warsztatem mechanicznym IOPAN całkowicie teflonową pompę do pobierania próbek wody morskiej z zadanej głębokości w zakresie 1-200m, z precyzją rzędu 10 cm. Prędkości opadania zawiesiny zostały wyliczone we współpracy z prof. Stanisławem Masselem z zakładu Dynamiki IOPAN. W trakcie realizacji badań kierowałem sześcioma rejsami bałtyckimi na pokładzie s/y Oceania. W 2011 roku poprowadziłem jako kierownik naukowy międzynarodowy rejs bałtycki na pokładzie s/y Oceania, z naukowcami z Wielkiej Brytanii, Niemiec i Szwecji w ramach programu GEOTRACES, gdzie w sposób kompleksowy badano metale w wodzie morskiej.

Zebrane wyniki zostały zebrane w formie publikacji i wystąpień konferencyjnych:

#### **Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports**

- Tian-Yu Chen, Roland Stumpf, Martin Frank, Jacek Bełdowski, Michael Staubwasser Contrasting geochemical cycling of hafnium and neodymium in the central Baltic Sea, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Volume 123, 15 December 2013, Pages 166–180

#### **Publikacje i monografie w czasopismach spoza wykazu**

- Jacek Bełdowski, Magdalena Bełdowska Mercury partitioning between solid and suspended phases in the southern Baltic Sea. *Roczniki Ochrony środowiska*, 2008, 10, 123-133
- Bełdowski J., Bełdowska M., Kuli ski K., Darecki M., Vertical mercury, cadmium and lead distribution at two stratified stations in the Southern Baltic Sea, *The Proceedings of 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment*, 537-540, ISBN978-83-928986-5-8
- Jacek Bełdowski , Magdalena Bełdowska, Karol Kuli ski, Mirosław Darecki, Vertical mercury, cadmium and lead distribution at two stratified stations in the Southern Baltic Sea., w: *Heavy Metals in the Environment*, Ed. Jerome Nriagu, Bernd Market, Marten Stavenga, Maralte Books, 237-256

#### **Referaty**

- Bełdowski J., Bełdowska M., Darecki M, Particulate mercury mobilization in the water stratification areas in the Southern Baltic referat International Conference on Mercury as a Global Pollutant, 7-12.06.2009, Guiyang, Chiny,
- Bełdowski J., Bełdowska M., Kuli ski K., Darecki M., Rt w rejonie wyst powania piknokliny w południowym Bałtyku. II ogólnopolska Konferencja Naukowa, „Rt w środowisku- Identyfikacja zagro e dla zdrowia człowieka”. Gdynia, Uniwersytet Gda ski, 2010,
- Jacek Bełdowski, Magdalena Bełdowska, Karol Kuli ski, Mirosław Darecki, Vertical mercury, cadmium and lead distribution at two stratified stations in the Southern Baltic Sea Referat 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 19-23 Wrzesie 2010, Gda sk.
- M. Miotk, J. Bełdowski, J. Walkusz-Miotk, J. Pempkowiak, Metale ci kie w zawiesinie Morza Bałtyckiego referat Sekcja Chemii Morza Komitetu Bada Morza PAN, 15.04.2010, Sopot
- Jacek Bełdowski, Karol Kuli ski, Stanisław Massel, Lead transport through water stratification areas in the Southern Baltic Referat 8th Baltic Sea Science Congress, 22-26 sierpie 2011, Sankt Petersburg, Rosja
- Jacek Bełdowski, Magdalena Bełdowska, Karol Kuli ski, Miotk Michał, Sagan Sławomir, Massel Stanisław, Mercury vertical transport in the stratified water column Referat The 10th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP) 24-29.07. 2011 Halifax, Kanada

#### **Postery**

- Bełdowski J., Bełdowska M., Pryputniewicz D., Burska D., Magulski R, Falkowska L.. Mercury partitioning between solid and suspended phases In the southern Baltic SeaPoster: Baltic Sea Science Congress Rostock, 19-22 marca 2007
- Bełdowski J., Bełdowska M., Kuli ski K., Darecki M. Selected toxic metals profiles in the water stratification areas in the Southern Baltic. Poster Baltic Sea Science Congress, 7-21.08.2009, Tallin, Estonia,

W roku 2006 w ramach programu Niemieckiego Ministerstwa Nauki i Edukacji FILGAS zostało mi przyznane stypendium na roczny staż po-doktorski w Instytucie Badań Morza Bałtyckiego w Warnemuende, Niemcy, co umożliwiło poszerzenie moich zainteresowań badawczych o obieg węgla w przyrodzie i zagadnienia związane z wymianą woda atmosfera. Badania obejmowały dopływ węgla organicznego i nieorganicznego rzekami do Morza Bałtyckiego, wpływ mikrowarstwy powierzchniowej na wymianę woda/atmosfera, a także obieg węgla w Morzu Bałtyckim. Te zagadnienia były również tematem mojego uczestnictwa w grantie FP6 EUR-Oceans i CARBOOCEAN. Współpracowałem także z zakładem Biochemii Morza IOPAN w pracach dotyczących wpływu podwyższonych stężeń dwutlenku węgla na organizmy planktonowe. Badania kontynuowałem w latach 2007 i 2008 w ramach kolejnego projektu po-doktorskiego „*Contribution of rivers Odra and Vistula to the Baltic Sea carbon cycle*” w ramach EUR-OCEANS, pod opieką profesora Janusza Pempkowiaka z IOPAN i Dr. Bernd Schneidera z IOW Warnemuende. Projekt wykonywałem w Instytucie Badań Morza Bałtyckiego w Warnemuende, Niemcy. W ramach badań nad obiegiem węgla kierowałem dwoma rejsami badawczymi s/y „Oceania”, jednym rejsem badawczym statku r/v „Professor Albrecht Penck” należącego do Instytutu Badań Morza Bałtyckiego w Warnemuende, Niemcy, oraz wzięłem udział w rejsie Bałtyckim statku r/v Maria S Meriam, należącym do Instytutu Badań Morza Bałtyckiego w Warnemuende, Niemcy.

Zebrane wyniki zostały zebrane w formie publikacji i wystąpień konferencyjnych:

**Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports**

- Bełdowski J., Löffler A., Schneider B. Joensuu L. “Distribution and biogeochemical control of total CO<sub>2</sub> and alkalinity in the Baltic Sea” *Journal of Marine Systems* 81, 252-259

**Referaty**

- Jacek Bełdowski, Influence of surface films on Air-Sea gas exchange Referat: Polsko-Niemieckie Seminarium Naukowe The role of the air/sea interface for the marine and atmospheric biogeochemical cycles, Starbienenino, 26 – 28. czerwiec 2006.
- Jacek Bełdowski, Bernd Schneider. Surface film influence on the air/sea gas exchange. Referat: Baltic Sea Science Congress Rostock, Niemcy 19-22 marca 2007
- Jacek Bełdowski, Karol Kuli ski, Bernd Schneider, Contribution of rivers Odra and Vistula to Baltic Sea Carbon Cycle Referat 8th Baltic Sea Science Congress, 22-26 sierpień 2011, Sankt Petersburg, Rosja

**Postery**

- Alicja Kosakowska, Janusz Pempkowiak, Karol Kuli ski, Jacek Bełdowski, Effects of high CO<sub>2</sub> concentrations on the *Phaeodactylum tricornutum* (bacillariophyceae) and *Nodularia spumigena* (cyanophyta) growth and organic matter production. Poster Baltic Sea Science Congress, 7-21.08.2009, Tallin, Estonia
- Kuli ski K., Bełdowski J., Pempkowiak J., She J., Short and medium time dynamics of carbon exchange between the Baltic Sea and the North Sea. Poster Baltic Sea Science Congress, 7-21.08.2009, Tallin, Estonia,

W trakcie badań nad obiegiem rtęci w przyrodzie zainteresowałem się także Arktyką europejską, co znalazło swoje odzwierciedlenie w osiągnięciu habilitacyjnym. Wzięłem udział w czterech rejsach s/y „Oceania” w rejon południowego Spitsbergenu, gdzie pobierałem próbki do swoich badań, a także dla innych naukowców Zakładu Chemii i Biochemii Morza IOPAN. Zajmowałem się zarówno obiegiem węgla w Arktyce europejskiej, jak i procesami wpływającymi na rozmieszczenie rtęci w osadach Spitsbergenu i Morza Barentsa. Badania nad składem osadów dennych obejmowały także ich właściwości mikrobiologiczne, mogące wpływać na obieg metali. Procesy dotyczące rtęci w Arktyce europejskiej były także częścią doktoratu Dr. Michała Miotk, którego byłem pomocniczym opiekunem naukowym.

Zebrane wyniki zostały zebrane w formie publikacji i wystąpień konferencyjnych:

**Publikacje i monografie w czasopismach spoza wykazu**

- Janusz Pempkowiak, Tymon Zieliński, Tomasz Petelski, Agata Zaborska, Jacek Beldowski, Recent Alterations Of Aerosol Concentration, Mercury Distribution And Organic Matter Deposition In The Arctic, Papers On Global Change, 18, 23–33, 2011

**Referaty**

- Jacek Beldowski, Janusz Pempkowiak, Agata Zaborska, Karol Kuliński, Biogeochemical Fluxes in the Arctic Front Zone”, referat: EUR-OCEANS annual meeting, 25-26 April 2007, Glyfada (Ateny), Grecja

**Postery**

- Agata Zaborska, Carlo Papucci, Jacek Beldowski, Janusz Pempkowiak. Sediment characteristics and sedimentation rates in an Arctic fjord (Kongsfjorden, Svalbard) Poster: 9th International Estuarine Biogeochemistry Symposium, Estuaries and Enclosed Seas under Changing Environmental Conditions, Warnemuende, Niemcy, 7-11 Maj 2006

W roku 2007 poszerzyłem moje badania nad rtęcią w środowisku morskim o studia nad jej biodostępnością i remobilizacją z osadów do wody. Badania te uwzględniały opracowane uprzednio formy rtęci uzyskiwane w wyniku ekstrakcji sekwencyjnej, a także rtęć organiczną i metylortęć. Procesy te były także częścią doktoratu Dr. Michała Miotk, którego byłem pomocniczym opiekunem naukowym. Znalazło to odzwierciedlenie w dorobku habilitacyjnym. Badania te obejmowały rejon Bałtyku oraz Południowego Spitsbergenu, i dotyczyły zarówno mobilnych form rtęci (II) jak i całkowitej rtęci organicznej i metylortęci. Badania obejmowały także studia metodyczne nad dostosowaniem metody analitycznej oznaczania całkowitej rtęci organicznej do środowiska morskiego. Współpracowałem także z zakładem dynamiki IOPAN (Prof. Andrzej Jankowski), aby obliczyć prędkości prądów przydennych w rejonie badań.

**Publikacje i monografie w czasopismach spoza wykazu**

- Miotk M., Beldowski J., Pempkowiak J., Przepływy rtęci na granicy osad/woda i biodostępność rtęci w osadach południowego Morza Bałtyckiego, II ogólnopolska Konferencja Naukowa, „Rtęć w środowisku- Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka”. Gdynia, Uniwersytet Gdański, 2010, II, 81-86(abstrakt i podpisy rysunków, tabeli w języku angielskim).
- M. Miotk, J. Beldowski, J. Pempkowiak. Mercury fluxes through the sediment water interface and bioavailability of mercury in southern Baltic Sea sediments. The Proceedings of 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 618, ISBN978-83-928986-5-8
- M. Miotk, J. Beldowski and J. Pempkowiak. Mercury and Methylmercury in Southern Baltic Sea Sediments E3S Web of Conferences 1, 16005 (2013)

**Referaty**

- Jacek Beldowski. Strumienie rtęci na granicy woda/osad i biodostępność rtęci w osadach południowego Bałtyku. Referat VII Międzynarodowa Konferencja Naukowo – Techniczna Obieg Pierwiastków W Przyrodzie Bioakumulacja - Toksyczność – Przeciwdziałanie Integracja Europejska, 27 - 28 Wrzesień 2007, Warszawa.
- Beldowski J., Mercury exchange between uppermost sediments and the fluffy layer of suspended matter (FLSM) referat: 11th International Symposium on the Interactions between Sediments and Water, 17-22 luty, 2008, Esperance, Australia,
- M. Miotk, J. Beldowski, J. Pempkowiak, Przepływy rtęci na granicy osad/woda i biodostępność rtęci w osadach południowego Morza Bałtyckiego Referat II Konferencja Naukowa Rtęć w środowisku – Identyfikacja Zagrożeń dla Zdrowia Człowieka, 12-14 maja 2010, Gdynia.

**Postery**

- Miotk, J. Beldowski, J. Pempkowiak Mercury fluxes through the sediment water interface and bioavailability of mercury in southern Baltic Sea sediments Poster 15th International Conference on Heavy Metals in the Environment, 19-23 Wrzesień 2010, Gdańsk.
- Michał Miotk, Jacek Beldowski, Janusz Pempkowiak Bioavailability and methylation potential of mercury in southern Baltic Sea sediments, The 10th International Conference on Mercury as a Global Pollutant (ICMGP), 24-29.07 2011 Halifax, Kanada,
- Michał Miotk, Jacek Beldowski, Janusz Pempkowiak Mercury fluxes through the sediment water interface and bioavailability of mercury in southern Baltic Sea sediments, poster 12th International Symposium on the Interactions between Sediment and Water, 19-23 Czerwiec 2011, Dartington, Anglia,
- Miotk M., Beldowski J., Pempkowiak J. Mercury and Methylmercury in Southern Baltic Sea Sediments, poster 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment 2012-09-22 – 2012.09.27 Rzym, Włochy,

W latach 2011 i 2013, jako główny wykonawca wziąłem udział w grantie NCN : *Rt w środowisku morskim na tle anomalii pogodowych*. 2011-2013 r. Projekt badawczy NCN 2011/01/B/ST10/07697. Nawiązywało to do moich wcześniejszych prac związanych z dopływem rtęci do środowiska z wodami rzecznyymi. Pozwoliło to na poszerzenie moich zainteresowań o wpływ czynników związanych z klimatem na środowisko morskie, i co za tym idzie na parametry środowiskowe związane z obiegiem rtęci, oraz kontynuowanie prac w tym zakresie rozpoczętych w 2001r. W dobie zmniejszonego dopływu zanieczyszczeń do środowiska, procesy geochemiczne mają większy wpływ na rozmieszczenie pierwiastków w przyrodzie niż działalność człowieka. Ze względu na powiązanie obiegu pierwiastków z klimatem, globalne zmiany klimatyczne mogą wywierać wpływ na stężenia rtęci w poszczególnych komponentach środowiska oraz jej biodostępność. Ze względu na posiadane doświadczenie, w projekcie zajmowałem się komponentami środowiska związanymi z zawiesiną i dnem morskim. Działalność ta zaowocowała następującymi publikacjami oraz wystąpieniami konferencyjnymi:

#### **Publikacje i monografie w czasopiśmie spoza wykazu**

- M. Beldowska, A. J druch, J. Beldowski and M. Szubska E3S Web of Conferences 1, 06002 (2013), Mercury concentration in the sediments as a function of changing climate in coastal zone of Southern Baltic Sea – preliminary results,
- Beldowska M., Jedruch A., Beldowski J., Szubska M., Kobos J., Mudrak-Cegiołka S., Graca B., Zgrundo A., Ziółkowska M., Kielczewska J., Lewandowska E., Wasowska K., Falkowska L. 2013. *Rt w strefie brzegowej Zatoki Puckiej (południowy Bałtyk)*, W: *Rt w środowisku Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka*, L. Falkowska (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk, 97-103.

#### **Referaty**

- M. Beldowska, A. J druch, J. Beldowski and M. Szubska Mercury concentration in the sediments as a function of changing climate in coastal zone of Southern Baltic Sea – preliminary results. Referat ICHMET 2012: 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment 2012-09-22 – 2012.09.27 Rzym, Włochy
- Jacek Beldowski, Magdalena Beldowska, Agnieszka J druch, Marta Szubska, Justyna Kobos, Aleksandra Zgrundo, Bożena Graca, Stella Mudrak-Cegiołka, Marcelina Ziółkowska, Joanna Kielczewska, Katarzyna Jankowska, Ewa Kotlarska Mercury in the coastal zone of Southern Baltic Sea as a function of changing climate - preliminary results" referat: 11th International Conference on Mercury as a Global Pollutant 28.07-01.08.2013 Edynburg, Wielka Brytania
- Magdalena Beldowska, Agnieszka Jedruch, Jacek Beldowski, Marta Szubska, Justyna Kobos, Stella Mudrak-Cegiołka, Bożena Graca, Aleksandra Zgrundo, Marcelina Ziółkowska, Joanna Kielczewska, Ewelina Lewandowska, Katarzyna Wasowska, Lucyna Falkowska Wpływ anomalii pogodowych na transformacje i mobilność Hg w strefie brzegowej Zatoki Gdańskiej Referat: III Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Rt w środowisku – Identyfikacja zagrożeń dla zdrowia człowieka 2013.05.08-10 Gdynia

#### **Postery**

- Beldowski J., Sumara K., Pempkowiak J., Variability of the Baltic Sea environment and living resources: Responses to climate change and anthropogenic pressure Poster Symposium on the Occasion of the 80th Anniversary of the Sea Fisheries Institute, Gdynia, Polska, 22-23 June 2001,
- Magdalena Beldowska, Jacek Beldowski, Agnieszka Jedruch, Marta Szubska, Justyna Kobos, Stella Mudrak-Cegiołka, Aleksandra Zgrundo, Marcelina Ziółkowska, Bożena Graca, Katarzyna Jankowska, Ewa Kotlarska, Joanna Kielczewska. Mercury Concentration In The Coastal Zone Of Gulf Of Gdansk As A Function Of Changing Climate–Preliminary Results" poster 13th Baltic Sea Science Congress 26-30.08.2013 Kłajpeda, Litwa,
- Beldowska M., Beldowski J., J druch A., Zgrundo A., Ziółkowska M., Szubska M., Graca B., Jankowska K., Kotlarska E Influence of weather anomalies on Hg remobilization from sediments in the southern Baltic Sea region. Referat: IASWS 2014 Symposium, July 15-18, Grahamstown, South Africa
- Magdalena Beldowska, Jacek Beldowski. The Impact Of Extreme Events And Climate Warming On Mercury Cycling In The Coastal Zone, International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Jeju, Korea, Czerwiec 2015

W roku 2010 zająłem się badaniami nad bronią chemiczną zatopioną w Bałtyku. Wraz z Akademią Marynarki Wojennej i Wojskową Akademią Techniczną sformułowałem podstawowe założenia międzynarodowego projektu, który miałby na celu oszacowanie zagrożenia środowiskowego związanego z obecnością zatopionej amunicji chemicznej w osadach dennych. Następnie przystąpiłem do dalszej rozbudowy konsorcjum, aby utworzyć interdyscyplinarny projekt badawczy poświęcony tym zagadnieniom. Na spotkaniu

roboczym partnerów ustalono, że IOPAN będzie partnerem wiodącym, zaś ja zostałem wybrany koordynatorem projektu, co następnie zatwierdziła dyrekcja IOPAN. Projekt został złożony do finansowania w Baltic Sea Region Programme, programie współpracy transgranicznej Morza Bałtyckiego, i otrzymał status projektu flagowego. W Czerwcu 2011 projekt CHEMSEA został zatwierdzony i otrzymał finansowanie w wysokości 4.8 Mln Euro. Ogółem zrzeszał 11 instytucji z Polski, Litwy, Niemiec, Finlandii i Szwecji. Projekt był prezentowany na 14 konferencjach, wyniki zostały częściowo opublikowane w recenzowanych czasopismach (3 opublikowane, 4 w druku). Od samego początku projekt CHEMSEA cieszył się dużym zainteresowaniem mediów, co zaowocowało artykułami w prasie polskiej i zagranicznej (37 artykułów, w tym jeden w *The Economist*), dokumentami w telewizji polskiej i zagranicznej (18 krótkich doniesień) i pojawieniem się relacji z rejsów projektu w dwóch dokumentach telewizyjnych – w telewizji 3 Sat i Arte. W trakcie projektu kierowałem sześcioma rejsami s/y „Oceania” w rejonie południowego i środkowego Bałtyku. Ogółem w trakcie trwania projektu CHEMSEA prowadziłem 6 spotkań projektu, jedną konferencję naukową i jedną sesję tematyczną na międzynarodowej konferencji Baltic Sea Science Congress w Kłajpedzie, Litwa. Uczestniczyłem także w trzech warsztatach dotyczących zatopionej Amunicji, w Polsce, na Litwie i na Łotwie. Byłem również członkiem komitetu organizacyjnego międzynarodowej konferencji International Dialogue for Underwater Munitions w 2012r. w San Juan, w Puerto Rico. Podczas projektu CHEMSEA zakupiona została aparatura badawcza (m. in. młynek kulowy, przystawka do oznaczeń form arsenu do spektrometru plazmy indukcyjnie wzbudzonej, wieloparametryczna badawcza do badania prądów morskich), która jest obecnie wykorzystywana przez zespół badawczy w IOPAN, stanowiąc bazę dla obecnych i przyszłych projektów.

W trakcie formowania konsorcjum CHEMSEA skontaktowałem się z generalnym Inspektorem Ochrony Środowiska (GIOŚ), aby dodać do projektu aspekty współpracy z administracją państwową. Zostałem zaproszony przez GIOŚ jako ekspert strony polskiej do prac w grupie specjalnej HELCOM MUNI, która zajmowała się uaktualnieniem raportu HELCOM na temat zatopionej amunicji. W latach 2010-2011 przygotowałem trzy obszerne opracowania na ten temat na zamówienie GIOŚ, które zostały następnie przedstawione na forum HELCOM MUNI i włączone do raportu. W związku z faktem, iż opracowania przygotowane przez stronę niemiecką i polską obejmowały najwięcej materiału, wytypowano Profesora Nielsa Petera Ruehl'a i mnie na współprzewodniczących grupy. W kolejnych latach współprzewodniczyłem czterem spotkaniom grupy HELCOM Muni, byłem także członkiem drafting Comitee, odpowiedzialnego za przygotowanie szkicu raportu. Ogółem napisałem około 60% tekstu w raporcie „Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea. Report of the ad hoc Expert Group to Update and Review the Existing Information on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea”, i uczestniczyłem we wprowadzaniu zmian w odpowiedzi na uwagi recenzentów wyznaczonych przez poszczególne państwa – finalnej kompilacji dokonał dr Tobias Knobloch. W trakcie trwania prac grupy uczestniczyłem w trzech spotkaniach roboczych i współprzewodniczyłem czterem kolejnym.

Po zakończeniu prac HELCOM MUNI w 2013 roku, powołana została kolejna grupa specjalna HELCOM w ramach HELCOM RESPONSE, pod nazwą SUBMERGED. Przygotowuje ona obecnie raport na temat niebezpiecznych obiektów (wraków, niebezpiecznych ładunków, amunicji chemicznej i konwencjonalnej) na dnie Morza Bałtyckiego. Podobnie jak w przypadku MUNI, jestem współprzewodniczącym, wraz z Dr Jensem Sternhaimem z Niemiec. Jak dotąd współprzewodniczyłem dwóm spotkaniom roboczym – w Szczecinie i w Bonn, Niemcy.

W trakcie trwania projektu CHEMSEA skontaktowała się ze mną kwatera główna Sojuszu Północnoatlantyckiego, z prośbą o napisanie projektu będącego kontynuacją projektu CHEMSEA w ramach Science for Peace and Security NATO. Otrzymałem grant na zaplanowanie projektu -Planning Grant, Towards Monitoring of Dumped Munitions Threat. NATO SPS.EAP.SFP 984589. W roku 2013 projekt ten został napisany i zatwierdzony, otrzymując finansowanie w wysokości 1.1 mln Eur. Obejmuje on 8 instytucji z Polski, Niemiec, Litwy, Szwecji, Danii, Estonii, Rosji i Kanady. Podobnie jak w przypadku poprzedniego projektu jestem jego głównym koordynatorem. W ramach projektu udało mi się pozyskać Autonomiczny Pojazd Podwodny (AUV) wyposażony w sonar boczny KLEIN 3500, pracujący z częstotliwością 900 Hz – jest to jedyne takie urządzenie w Polsce, a także inną aparaturę badawczą, m. in. *Spektrometr rentgenowski (TXRF), co rozbudowuje istniejącą bazę sprzętową IOPAN*. W trakcie trwania projektu kierowałem sześcioma rejsami s/y „Oceania” na Bałtyku, wziąłem udział w rejsie statku r/v „Walther Herwig III” należącego do von Thuenen Institute, Niemcy, 43, udział w rejsie R/V Alliance, na Morze Śródziemne, we współpracy z CMRE NATO, rejsie r/v „Clupea” we współpracy z von Thuenen Institute oraz rejsie r/v „Vejunas” we współpracy z Lithuanian Environmental Protection Agency. W ramach projektu prowadziłem cztery spotkania robocze oraz przewodziłem sesji specjalnej na międzynarodowej konferencji Science for Environment 2015, w Aarhus, w Danii.

Prace w tej tematyce zaowocowały następującymi publikacjami i wystąpieniami konferencyjnymi:

#### **Publikacje naukowe w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports**

- Beldowski J., Long T. 2012, Chemical Munitions Search and Assessment Project—Towards Creating Risk Assessment Tools for the Baltic Sea, *Marine Technology Society Journal* 46, 28-37.
- Beldowski J., Szubska M., Emelyanov E., Garnaga G., Drzewiska A., Beldowska M., Vanninen P., Östin A., Fabisiak J. Arsenic concentrations in Baltic Sea Sediments close to Chemical Munitions dumpsites, *Deep Sea Research II*, DOI: 10.1016/j.dsr2.2015.03.001;
- Beldowski J., Klusek Z., Szubska M., Turja R., Bulczak A.I., Rak D., Brenner M., Lang T., Kotwicki L., Grzelak K., Jakacki J., Fricke N., Östin A., Olsson U., Fabisiak J., Garnaga G., Rattfelt Nyholm J., Majewski P., Broeg K., Söderström M., Vanninen P., Popiel S., Lehtonen K., Berglind R. Chemical Munitions Search & Assessment – an evaluation of the dumped munitions problem in the Baltic Sea, *Deep Sea Research II*, DOI: 10.1016/j.dsr2.2015.01.017

#### **Publikacje i monografie w czasopismach spoza wykazu**

- Beldowski J., M. Szubska, E. Emelyanov. Spatial variability of Arsenic Concentrations in Baltic Sea surface sediments in relation to Sea Dumped Chemical Munitions. *E3S Web of Conferences*. 2013;116002 DOI 10.1051/e3sconf/20130116002
- Tobias Knobloch (Dr.), Jacek Beldowski, Claus Böttcher, Martin Söderström, Niels-Peter Rühl, Jens Sternheim Chemical Munitions Dumped in the Baltic Sea. Report of the ad hoc Expert Group to Update and Review the Existing Information on Dumped Chemical Munitions in the Baltic Sea (HELCOM MUNI) *Baltic Sea Environment Proceeding (BSEP) No. 142* Number of pages: 128 ISSN 0357-2994
- Jacek Beldowski, Jacek Fabisiak, Stanisław Popiel, Anders Östin, Ulf Olsson, Paula Vanninen, Anu Lastumäki, Thomas Lang, Nicolai Fricke, Matthias Brenner, Rune Berglind, Janina Baršiene, Zygmunt Klusek, Bartłomiej P. Czech, Martin



Söderström, Kari Lehtonen, Marta Szubska, Galina Garnaga, Vitalijus Malejevas, Harri Koskela, Jarosław Michalak, Raisa Turja, Mia Halme, Thomas Sandström, Ulf Bickmeyer, Katja Broeg, Dzenan Sahovic, Adam Olejnik, Jan Fidler  
CHEMSEA Findings, Institute of Oceanology Polish Academy of Sciences, Gdańsk, 86pp, ISBN : 978-83-936609-1-9

### Referaty

- Jacek Beldowski., Amunicja chemiczna – odnalezienie i oszacowanie - status Projektu CHEMSEA, referat konferencja KBM PAN, Sopot, 2011
- Jacek Beldowski, Amunicja chemiczna zatopiona w M. Bałtyckim – poszukiwania i ewaluacja Referat XIII Konferencja Naukowa Polskiego Towarzystwa Medycyny i Techniki Hiperbarycznej 18-20 Listopada 2011
- Jacek Beldowski, Chemical Munitions Search & Assess (CHEMSEA) Project – Towards creating risk assessment tools for the Baltic Referat International Dialogue on Underwater Munitions, 13-15 Kwietnia 2011, Sopot,
- Bartłomiej Pczek, Jacek Fabisiak, Jacek Beldowski, The Concept and aims of the chemical munitions search and assessment programme (CHEMSEA) Referat International Seminar On Environmental Effects Related To Waste Originating From Sea-Dumped Chemical Munitions, 20 Września 2011, Wilno, Litwa,
- Jacek Beldowski., Updates on Baltic Dumpsites referat II International Workshop On Environmental Effects Related To Waste Originating From Sea-Dumped Chemical Munitions, 5 Listopad 2012, Gdynia,
- Jacek Beldowski. Amunicja chemiczna – odnalezienie i oszacowanie - status Projektu CHEMSEA Referat X Konferencja pt. „CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA RODOWISKA MORSKIEGO 18 Październik 2012 Sopot
- Jacek Beldowski. CHEMSEA Project Status II Spotkanie Projektu CHEMSEA, 2012-02-29 – 03.02 Sztokholm, Szwecja,
- Jacek Beldowski. Draft Chapters 3,5, 7 and 8, of the Draft report on Dumped Chemical Munitions Spotkanie Grupy Specjalnej ds. Zatopionej Amunicji, HELCOM MUNI, 2012-05-13 – 16, Kaliningrad, Rosja Referat
- Jacek Beldowski. Polish Activities in regard to Baltic Sea Dumped Chemical Munitions Spotkanie organizacyjne ds. Zatopionej Amunicji, organizacyjne 4 konferencji International Dialogue for Underwater Munitions, 2012-06-11 - 14 San Juan, Puerto Rico Referat
- Jacek Beldowski. All Partner Activities within the CHEMSEA project – current status Referat 3 Spotkanie Projektu CHEMSEA, 2012-09-12 – 2012.09.14 Helsinki, Finlandia
- Beldowski J., M. Szubska, E. Emelyanov, Spatial variability of Arsenic Concentrations in Baltic Sea surface sediments in relation to Sea Dumped Chemical Munitions. Referat ICHMET 2012: 16th International Conference on Heavy Metals in the Environment 2012-09-22 – 2012.09.27 Rzym, Włochy
- Jacek Beldowski, Chemical munitions risk assessment – a complex approach referat 4 konferencja International Dialogue for Underwater Munitions 2012-09-27 – 2012.10.03 San Juan, Puerto Rico,
- Jacek Beldowski, CHEMSEA progress and links to the Draft report Referat Spotkanie Grupy Specjalnej ds. Zatopionej Amunicji, HELCOM MUNI, 2012-10-22 - 26 Kopenhaga, Dania
- Marta Szubska, Jacek Beldowski Arsenic levels in the Baltic Sediments II Spotkanie Projektu CHEMSEA, 2012-02-29 – 03.02 Sztokholm, Szwecja,
- P. Vanninen, M. Soderstrom, Y. Nygren, A. Ostin, S. Popiel, J. Nawala, M. Szubska, J. Beldowski, G. Garnaga. Analysis of Chemical Warfare Agent Related Chemicals in Baltic Sea Samples taken within the CHEMSEA Project. Referat: 13th Baltic Sea Science Congress 26-30.08.2013 Kłajpeda, Litwa
- U. Olsson, Z. Klusek and J. Beldowski Anthropogenic Impact Identification In The Gotland Deep (Carea) Using Sidescan Sonar Images Processing Referat: 13th Baltic Sea Science Congress 26-30.08.2013 Kłajpeda, Litwa
- J. Beldowski, J. Fabisiak, S. Popiel, R. Berglind, P. Vanninen, A. Lastumaki, T. Lang, K. Broeg, U. Olsson, G. Garnaga and J. Baršiene Chemical Munitions Risk Assessment – A Complex Approach Referat: 13th Baltic Sea Science Congress 26-30.08.2013 Kłajpeda, Litwa
- Beldowski J., Szubska M., Beldowska M Concentrations of mercury in sediments from chemical weapon dumpsites located In the Baltic Sea. poster 11th International Conference on Mercury as a Global Pollutant 28.07-01.08.2013 Edynburg, Wielka Brytania
- J. Barsiene, L. Butrimaviciene, W. Grygiel, A. Michailovas, J. Beldowski, T. Jackunas Geno-Cytotoxicity Levels in Fish from Chemical Munitions Dumpsites (Baltic Sea). Referat: 13th Baltic Sea Science Congress 26-30.08.2013 Kłajpeda, Litwa
- Jacek Beldowski, Tobias Knobloch, Jens Sternheim, Martin Soderstrom. HELCOM MUNI work in regard to waste originating from Chemical Weapons in the Baltic Sea Referat: Side event at the OPCW Conference, Haga, Holandia,
- Jacek Beldowski, Paula Vanninen, Anders Ostin. Towards the Monitoring of Dumped Munitions Threats (MODUM) Referat: Workshop on Defence Against Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Agents 22-24 Październik 2013 Bruksela, Belgia
- Jacek Beldowski WP6 CHEMSEA project Status, modelling and Guidelines Referat Workshop WP6 projektu CHEMSEA, 3-5.06.2013 Sztokholm, Szwecja
- Jacek Beldowski CHEMSEA Project findings Referat CHEMSEA Final Conference, 13-14.02.2014, Warszawa
- Jacek Beldowski, „Bro chemiczna w Morzu Bałtyckim - od poszukiwań do monitoringu" Referat Konferencja Parlamentarna Morza Bałtyckiego 25-26.08.2014, Olsztyn
- Jacek Beldowski, Chemical Munitions – from Search to monitoring Referat: 5th International Dialogue for Dumped Munitions, 28 -29 May 2014, Halifax, Kanada,
- Jacek Beldowski, Marta Szubska, Magdalena Beldowska, Emelyan Emelyanov, Galina Garnaga, Anna Drzewiska, Paula Vanninen, Anders Ostin, Jacek Fabisiak, Arsenic concentrations in Baltic Sea sediments close to Chemical Munition dumpsites Referat: IASWS 2014 Symposium July 15-18 Grahamstown, South Africa

- Jacek Bełdowski, Chemical Munitions- From Search to monitoring, Lunch-time briefing in European Parliament, 28 Stycznia 2015, Bruksela, Belgia
- Jacek Bełdowski, Hans Sanderson, Thomas Lang, Anders Ostin, Terry Long, Algirdas Stankevicius, Vadim Paka, Mikhel Khaljurand Towards the Monitoring of dumped munitions threat – MODUM project overview 3rd International conference on Environmental Monitoring and Assessment, Październik 2015, Aarhus, Dania

#### Postery

- Jacek Bełdowski, Prezentacja projektu CHEMSEA w ramach Project Village Baltic Sea, Baltic Growth, Baltic Environment' The 4th Annual Forum Of The Eu Strategy For The Baltic Sea Region 10-13 Listopada 2013
- Karolina Gbka, Jacek Bełdowski, Magdalena Bełdowska Mercury Concentration In The Baltic Sea Sediments In The Ammunition Dumpsites, International Conference on Mercury as a Global Pollutant, Jeju, Korea, Czerwiec 2015

#### Ekspertyzy

- Stworzenie opracowania pt. RAPORT dotyczący kwestii zawartych w decyzjach nr 23 i 24, podjętych na 1 spotkaniu Grupy Ekspertkiej dotyczącej aktualizacji i rewizji dostępnych informacji o zatopionej broni chemicznej w Morzu Bałtyckim „HELCOM MUNI 1/2010” Na zamówienie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska
- Współautorstwo opracowania REPORT concerning the issues included in Decisions no. 23 and 24, made at the 1st Meeting of the Expert Group concerning updating and reviewing available information on chemical weapons dumped in the Baltic Sea “HELCOM MUNI 1/2010” Jacek BEŁDOWSKI, Jacek FABISIAK, Tadeusz KASPEREK, Stanisław POPIEL, Ed: Stanisław Neffe Na zamówienie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska
- Stworzenie opracowania pt. 1st operational Draft of HELCOM MUNI report regarding the Baltic Sea submarine chemical munitions, Na zlecenie HELCOM i Głównego inspektoratu Ochrony Środowiska

#### Udział w zespołach eksperckich

- Ekspert strony polskiej w grupie specjalnej HELCOM MUNI – 2010
- Współprzewodniczący grupy specjalnej HELCOM MUNI – 2011-2013 Komisja Helsińska, Współprzewodniczenie zespołowi ekspertów opracowującym ten raport na temat problemu amunicji chemicznej zatopionej w Bałtyku,
- Współprzewodniczący grupy specjalnej HELCOM Submerged – 2014-2015

#### Inne osiągnięcia

- Broń chemiczna zatopiona w Morzu Bałtyckim / Jacek Bełdowski, Anna Sosnowska, Andrzej Podkościelny Aura - 2013, nr 8, s. 19-22
- Jacek Bełdowski BRO CHEMICZNA W MORZU BAŁTYCKIM. Mówi Wiek 650(1) 2015. 29-32
- Telewizja Gdańsk, Panorama 27.09.2011, informacja o konferencji otwierającej projekt CHEMSEA
- Dziennik Bałtycki, Pomorze: Groźny arsenał na dnie Zatoki Gdańskiej, wywiad dla p. Kazimierza Netki, 30.09.2011
- Wywiad dla Newslettera Gospodarki Morskiej
- Wywiad dla Gazeta.pl 14.05.2012 Maciej Ostrowski, „Chemsea- oszacowa zagrożenie”
- 06.09.2012 Krzysztof Katka, "Oceania" zbada Bałtyk. Znajd zatopioną broń chemiczną?
- Wywiad dla Pan European Networks 16.12.2011 Chemical weapons could pollute waters
- Wywiad dla The Economist - The ticking time-bomb at the bottom of the Baltic Sea - The Economist – 21.11. 2013
- Wywiad dla Głos Koszaliński - Bałtyk straszy chemią! Bomba w ciemności - Głos Koszaliński – 09.11.012
- Wywiad dla „The Scotsman” – 19.09.2013 Baltic Sea threatened by wartime chemical weapons
- 18.09.2012 Transmisja z rejsu “Oceanii” w TVN 24 w programie „Polska i świat”
- Wywiad dla „Rzeczpospolitej” – 26.08 “Bałtyk straszy Bronią chemiczną”
- Wywiad dla tygodnika „Przebieg” – “Bałtyk Pełen Iperytu” Przebieg, 11/2013
- Udział w godzinowym filmie dokumentalnym, telewizja 3sat, 20.15, 24.10.
- Udział w 90 minutowym dokumencie „Chemical Munitions Dumped at Sea”, 2013, Nicolas Koutsikas, Arte TV
- Wywiad dla PAP 12 Wrzesień 2013
- Wywiad dla I Programu Polskiego Radia na temat Zanieczyszczenia rtęcią Morza Bałtyckiego
- Wywiady dla TVN24 11 Stycznia, 14 czerwca, 12 Wrzesień, 18 wrzesień, 24 wrzesień, 26 października 2013, 28 Października
- Udział w audycji „Wieczór naukowy z jedynek” Polskiego Radia program 1, 10.10.2013
- Udział w audycji „Radio Szczecin na Wieczór” 29.10.2013
- Jacek Bełdowski Udział w Wieczorze Naukowym Polskiego Radia, program I
- Jacek Bełdowski Udział w audycji Radiowa Akademia Nauk Tok-FM

W trakcie swojej kariery naukowej w IOPAN wykonywałem także prace eksperckie. Byłem twórcą opracowania dla Portu Gdynia, dotyczącego walorów przyrodniczych siedliska dennego w rejonie „klapowiska” i toru podejściowego do Portu i ich wpływu na obszar Natura 2000. Wykonałem także trzy recenzje projektów badawczych i dziewięć recenzji artykułów z listy JCR. Uczestniczyłem także jako ekspert w spotkaniu dotyczącym środowiskowych aspektów rurociągu Nordstream II.

**Ekspertyzy**

- Wykonanie ekspertyzy pt. „Badanie walorów przyrodniczych siedliska dennego w rejonie „klapowiska” i toru podejściowego do Portu Gdynia oraz wpływu projektowanych inwestycji na obszary Natura 2000 „Opracowanie wykonane na zlecenie Zarządu Morskiego Portu Gdynia S.A

**Udział w zespołach eksperckich**

- Udział w spotkaniu dotyczącym środowiskowych aspektów rozbudowy rurociągu NORDSTREAM w Stralsundzie, 26.06.2013

**Podsumowanie działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora**

Po uzyskaniu stopnia doktora kierowałem sześcioma projektami badawczymi, finansowanymi przez Narodowe Centrum Nauki, Baltic Sea Region Programme i NATO SPS. Łącznie otrzymałem finansowanie w wysokości 1063886 PLN oraz 5907000 EUR. W ramach dofinansowania zostały zakupione Autonomiczny Pojazd Podwodny, wieloparametryczna platforma do badania prądów morskich oraz m.in. Spektrometr rentgenowski (TXRF), rozbudowa Spektrometru w plaźmie indukcyjnie wzbudzonej o chromatograf cieczerwody, pompa teflonowa do pobierania wody morskiej, matryca pułapek sedymentacyjne, młynki kulowe. Aparatura ta jest wykorzystywana przez pracowników IOPAN i często stanowi bazę laboratoryjną do powstawania kolejnych projektów. Jako wykonawca brałem udział w realizacji trzech projektów finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, programie operacyjnym zintegrowana gospodarka, projekcie współpracy transgranicznej Baltic Sea Region Programme, dwóch projektach BONUS+ oraz projekcie FP6 EU (Więcej informacji w wykazie). Realizacja projektów umożliwiła mi: wygłoszenie 66 referatów, zaprezentowanie 41 posterów na międzynarodowych i polskich konferencjach (Załącznik 4: pkt. II. podpkt. K), napisanie 30 publikacji w języku angielskim i polskim, w tym: **28** oryginalnych prac opublikowanych w języku angielskim, a w tym **17** w czasopiśmie indeksowanych przez Filadelfijski Instytut Informacji Naukowej (ISI) (Załącznik 4: pkt. I podpkt. B oraz pkt. II. podpkt. A oraz D). Łącznie suma punktów MNiSW za publikacje po uzyskaniu stopnia doktora wynosi **616** punktów, a sumaryczny impact factor (IF) z roku opublikowania wynosi: **43,54**. Szczegóły prezentuję w Tabeli 1. Według bazy Web of Science uzyskałem Indeks Hirsha: **8**, a moje artykuły były cytowane w **137** publikacjach (bez autocytowań).

**Tabela 1. Publikacje, których jestem autorem/współautorem w latach 2001- kwiecień 2015**

| okres                                      | liczba wszystkich publ. | liczba publikacji w j. ang. |               | liczba publ. w j. z. pol. | pkt. MNiSW | IF w roku publ. |
|--|-------------------------|-----------------------------|---------------|---------------------------|------------|-----------------|
|  |                         | publ. z IF                  | publ. bez IF* |                           |            |                 |
| <b>ogółem</b>                              | <b>38</b>               | <b>23</b>                   | <b>12</b>     | <b>3</b>                  | <b>639</b> | <b>43,781</b>   |
| przed doktoratem                           | 8                       | 6                           | 1             | 1                         | 33         | 5,299           |
| <b>ogólnie po doktoracie</b>               | <b>30</b>               | <b>17</b>                   | <b>11</b>     | <b>2</b>                  | <b>606</b> | <b>38,482</b>   |
| osi gnicie naukowe                         | 6                       | 6                           | 0             | 0                         | 180        | 12,275          |
| dorobek naukowy (bez osi gnicia naukowego) | 24                      | 11                          | 11            | 2                         | 426        | 26,207          |

Mój dorobek naukowy po uzyskaniu stopnia doktora był trzykrotnie nagradzany nagrodą dyrektora IOPAN za działalność publikacyjną.(2010, 2012, 2013) (Załącznik 4, punkt II, J).

### Podsumowanie działalności dydaktycznej po uzyskaniu stopnia doktora

W trakcie mojej działalności po doktoracie opiekowałem się ośmioma praktykantami, w trakcie działalności laboratoryjnej i rejsów morskich, byłem także pomocniczym opiekunem naukowym doktoranta Michała Miotka.

Moje doświadczenie naukowo-dydaktyczne wykorzystałem również pięciokrotnie podczas Bałtyckiego Festiwalu Nauki i Pikniku Naukowego, w latach 2003 – 2011 (Zał. 4: pkt. III. podpkt. A). Wygłosiłem również wykład dla studentów na Uniwersytecie Śląskim oraz wykład dla młodzieży o badaniach w Arktyce (Zał. 4: pkt. III. podpkt. Q)

### Planowane przyszłe badania

Obecnie realizuję projekt badawczy finansowany przez NCN „*Remobilizacja rtęci z lądu do morza pod wpływem intensywnych zjawisk meteorologiczno-hydrologicznych*” (NCN 2014/13/B/ST10/02807, w latach 2015 – 2018), którego jestem głównym wykonawcą. Szacuję, że zakończy się on sześcioma publikacjami w impaktowanych czasopismach.

Realizuję również projekt naukowy Science for Peace and Security NATO, *Towards Monitoring of Dumped Munitions Threat.*, MODUM, NATO SPS.EAP.SFP 984589, którego jestem kierownikiem. Projekt zakończy się w październiku 2016. Szacuję, iż projekt zakończy się pięcioma publikacjami w impaktowanych czasopismach oraz książką wydaną w ramach NATO ASI series.

Obecnie uzyskałem projekt pt. *Decision Aid for Munition Management* (DAIMON) w ramach programu Interreg, który ma na celu precyzyjne szacowanie ryzyka środowiskowego związanego z zatopioną amunicją. W ramach tego projektu zamierzam we współpracy z partnerami (3 Instytucje z Polski, 1 z Litwy, 3 z Niemiec, 2 z Finlandii, 1 ze Szwecji, 1 z Norwegii i 1 z Holandii) zająć się opracowaniem nowych metod szacowania ryzyka związanego z bronią chemiczną i konwencjonalną zalegającą na dnie Bałtyku. Wyniki projektu będą podstawą do napisania około 7 publikacji w recenzowanych czasopismach.

