

# AUTOREFERAT w języku polskim

przedstawiający opis dorobku oraz osiągnięć naukowych na stopień  
naukowy doktora habilitowanego

**Dziedzina: Nauki o Ziemi**

**Dyscyplina: Oceanologia**

Dr Grażyna Pazikowska-Sapota

Instytut Morski w Gdańsku

Zakład Ochrony Środowiska

**1. Imię i Nazwisko**

**Grażyna Pazikowska-Sapota**

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

16.11.1984 – **magister Oceanografii** w zakresie Oceanografia biologiczna; Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego.

23.03.2001 – **doktor nauk o Ziemi** w zakresie Oceanologii; Wydział Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego; Rozprawa doktorska pt. *Bioakumulacja węglowodorów chlorowanych w sieci troficznej Zatoki Gdańskiej* wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Anny Szaniawskiej (recenzenci: prof. dr hab. Jan Marcin Węsławski, prof. dr hab. Jerzy Falandysz).

**3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

3.07.2006 - do chwili obecnej: **adiunkt** – specjalista do realizacji projektów; Instytut Morski w Gdańsku, Zakład Ochrony Środowiska (pełny etat)

1.07.1995 – 2.07.2006: **asystent, adiunkt** od 1.06.2001; Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział Morski w Gdyni (pełny etat)

1.05.1995 – 30.06.1995: **specjalista**; Ministerstwo Współpracy Gospodarczej z Zagranicą, Centralny Inspektorat Standaryzacji (pełny etat)

1.08.1986 – 30.04.1995: **oceanograf, asystent** od 1.08.1994; Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Oddział Morski w Gdyni (pełny etat)

15.01.1985 – 31.07.1986: **referent**; Wydawnictwo Morskie, Redakcja Techniki i Gospodarki Morskiej (pełny etat)

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

**a) tytuł osiągnięcia naukowego**

***Trwałe zanieczyszczenia organiczne i metale ciężkie – wskaźniki antropopresji w ocenie jakości bałtyckich osadów dennych***

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

Lp.	Publikacja	Punkty MNiSW 2016	IF (rok wydania)
1.	<b>Sapota G., 2006.</b> Persistent organic pollutants (POPs) in bottom sediments from the Baltic Sea. Oceanological and Hydrobiological Studies Vol. XXXV, No. 4, 295-306	15	0,28
2.	Staniszewska M., Burska D., <b>Sapota G.</b> , Bogdaniuk M., Borowiec K., Nosarzewska I., Bolatek J., <b>2011.</b> The relationship between the concentrations and distribution of organic pollutants and black carbon content in benthic sediments in the Gulf of Gdańsk, Baltic Sea, Marine Pollution Bulletin, 62, 1464-1475	40	2,503
3.	Bogdaniuk M., <b>Sapota G.</b> , Dembska G., Aftanas B., <b>2012.</b> Determination of PAHs and PCBs in the Polish area of shipwreck exploration, Polish Journal of Environmental Studies, vol. 21, no 2, 297-306	15	0,462
4.	Dembska G.; <b>Sapota G.</b> , Bogdaniuk M., Blazauskas N., Suzdalev S., Zegarowski L., Hac B., Aftanas B., <b>2012.</b> Preliminary results of the analysis of dumping sites in SE Baltic region on example of Gdynia dumping site, IEEE Xplore Digital Library, Baltic International Symposium (BALTIC), 2012 IEEE/Oceanic Engineering Society, Klaipeda, 08-11.05.2012, Lithuania, Digital Object Identifier: 10.1109/BALTIC.2012.6249213, s. 1-7, (ISSN: 2150-6027, Print ISBN: 978-1-4673-1413-8)	30	1,81
5.	<b>Sapota G.</b> , Dembska G., Bogdaniuk M., Holm G., <b>2012.</b> Environmental policy and legislation on dredged material in the Baltic Sea region — Analysis, IEEE Xplore Digital Library, Baltic International Symposium (BALTIC), 2012 IEEE/Oceanic Engineering Society, Klaipeda, 08-11.05.2012, Lithuania, Digital Object Identifier: 10.1109/BALTIC.2012.6249171, s. 1-15, (ISSN: 2150-6027, Print ISBN: 978-1-4673-1413-8)	30	1,81
6.	Gubelit Y., Polyak Y., Dembska G., <b>Pazikowska-Sapota G.</b> , Zegarowski Ł., Kochura D., Krivorotov D., Podgornaya E., Burova O., Maazouzi Ch., <b>2016.</b> Nutrient and metal pollution of the eastern Gulf of Finland coastline: sediments, macroalgae, microbiota, Science of Total Environment, 550, 806-819, <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.122">http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.122</a>	40	4,9
	<b>Suma</b>	<b>170</b>	<b>11,765</b>

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

Antropopresja to ogół działań człowieka (planowych i przypadkowych) mających wpływ na środowisko przyrodnicze. Ogólnie można powiedzieć, że wszelkie przemiany krajobrazu wywołane przez działalność człowieka, są efektem antropopresji (Balon i Maciejowski 2012). Rozróżnia się czynniki antropopresji (różne formy działalności człowieka w środowisku np. zabudowania, uprawa gleby, przemysł, komunikacja, hodowla, turystyka i inne) oraz rodzaje antropopresji, czyli konkretne oddziaływania człowieka na środowisko, wywołane przez czynniki antropopresji. Należą do nich np. emisja hałasu, zaśmiecianie, emisja zanieczyszczeń powietrza, zanieczyszczenie wody przez zrzuty ścieków oraz zanieczyszczenie osadów (Balon i Malara 1993).

Definicja pojęcia „zanieczyszczenie” — (ang. *pollution*) wg Konwencji Helsińskiej (HELCOM 1992, Konwencja Helsińska 1992) oznacza „wprowadzenie przez człowieka, bezpośrednio lub pośrednio do morza, łącznie z ujściami rzek, substancji lub energii, które mogą stwarzać zagrożenie dla zdrowia człowieka, niszczyć żywe zasoby i morskie ekosystemy, stwarzać utrudnienie w dozwolonym użytkowaniu morza łącznie z rybołówstwem, pogarszać jakość użytkowanej wody morskiej oraz prowadzić do zmniejszenia walorów rekreacyjnych morza”. Jest to definicja spójna z przyjętą przez inne międzynarodowe akty prawne, m.in. Konwencję OSPAR (1988) oraz Ramową Dyrektywę ws. Strategii Morskiej (ang. *Marine Strategy Framework Directive – MSFD*) (RDSM 2008).

Osady dennie są integralną częścią środowiska wodnego i tworzą swoiste nisze ekologiczne stanowiące miejsca bytowania, odżywiania, rozmnażania oraz wzrostu wielu organizmów wodnych. Osady zalegające na dnie zbiorników wodnych magazynują materię mineralną i organiczną, która w ten sposób jest czasowo lub trwale wyłączona z jej obiegu w ekosystemie wodnym. W konsekwencji wszystkie zanieczyszczenia spływające ciekami do zbiorników wodnych oraz rozpuszczone w toni wodnej dostają się do osadów dennych. Jest to proces obserwowany we wszystkich zbiornikach wodnych. Dlatego stan osadów dennych odzwierciedla stopień zanieczyszczenia całego zbiornika.

Zanieczyszczenie współczesnych osadów dennych stanowi jeden z ważniejszych problemów środowiskowych, bowiem zatrzymane w nich szkodliwe metaloidy, metale, związki organiczne i metaloorganiczne mogą negatywnie oddziaływać na zasoby biologiczne i często pośrednio na zdrowie człowieka. Struktura i skład osadów czynią je naturalnym sorbentem, na którym zachodzi zatrzymywanie i akumulacja różnorodnych substancji zanieczyszczających. Powrót tych substancji do toni wodnej jest możliwy m.in. dzięki zjawisku resuspensji. Część zanieczyszczeń może ponownie być uruchamiania do wody w efekcie procesów biochemicznych przebiegających w osadach i chemicznego rozkładu zanieczyszczeń, na skutek mechanicznego naruszenia wcześniej odłożonych

zanieczyszczonych osadów oraz podczas transportu, bądź tzw. bagrowania (Bordas i Bourg 2001, Sjoblom i in. 2004, Uścińowicz 2011). Procesy te mogą wpływać na biodostępność substancji szkodliwych dla organizmów morskich. W konsekwencji zarówno zanieczyszczenia organiczne, jak i metale ciężkie występujące w osadach, mogą akumulować się na każdym poziomie sieci troficznej i w wyniku procesu biomagnifikacji osiągać wartości, które są toksyczne dla organizmów żywych (Kawano i in. 1988, Geyer i in. 1994, Kamrin i Ringer 1994, Fisk i in. 1998, Looser i Balschmitter 1988, Burton i Landrum 2003, Tremblay i in. 2005, Sapota i in. 2005). W zanieczyszczonych osadach dennych wykrywane są najczęściej podwyższone stężenia metali, trwałych zanieczyszczeń organicznych (Koistinen i in. 1997, Gromiec 2001, Andrulowicz i in. 2008) oraz farmaceutyków, które odgrywają coraz większą rolę w zanieczyszczeniu środowiska (Nehring i in. 2016, The Guardian 2018, WHO 2018).

Metale śladowe są naturalnymi składnikami skorupy ziemskiej oraz wód morskich i śródlądowych, ale również wprowadzane są do środowiska morskiego poprzez działalność człowieka (głównie przemysł stoczniowy i chemiczny) (Alzieu 2000). Niektóre metale śladowe, takie jak cynk, miedź, kobalt, molibden i magnez są w małych ilościach konieczne do funkcjonowania organizmów żywych, podczas gdy inne, takie jak rtęć, kadm i ołów, nie wydają się spełniać żadnej funkcjonalnej roli (Andrulowicz i in. 2008). Jednak wszystkie metale w podwyższonych stężeniach wykazują działanie niekorzystne wobec organizmów żywych. Za szczególnie szkodliwe dla środowiska uważa się metale i metaloidy takie jak: srebro, arsen, beryl, chrom, miedź, rtęć, nikiel, ołów, antymon, selen i tal (Sparks 2005, Andrulowicz i in. 2008, Uścińowicz 2011).

Trwałe zanieczyszczenia organiczne (TZO) (ang. *Persistent Organic Pollutants*, POPs) stanowią szczególną grupę wśród substancji niebezpiecznych dla środowiska naturalnego (Ballschmitter i in. 1981, Ballschmitter 1991, Ballschmitter 1996, Heberer i Dünnebier 1999, Ballschmitter i in. 2002, Andrulowicz i in. 2008, EPA 2009). Konwencja Sztokholmska z 2001 r. klasyfikuje je jako związki najbardziej niebezpieczne i uciążliwe dla środowiska, głównie ze względu na ich trwałość, toksyczność oraz zdolność do bioakumulacji (Stockholm Convention 2001). Są to związki głównie pochodzenia antropogenicznego, które trudno ulegają degradacji chemicznej, fotolitycznej i biologicznej (Scheringer 1996a,b, Paasivirta 2000, Pfeifer i Ballschmitter 2001). Do grupy TZO należą m.in.: polichlorowane bifenylole (PCB), pestycydy chloroorganiczne (np. DDT i jego metabolity, izomery HCH), heksachlorobenzen (HCB) oraz wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA). TZO są słabo rozpuszczalne w wodzie i dobrze rozpuszczalne w tłuszczach, co wpływa na możliwość ich akumulacji w osadach dennych oraz w tkankach organizmów żywych (Collier i in. 1978, Kawano i in. 1988, Kennish i Ruppel 1996, Koistinen i in. 1997, Fisk i in. 1998, Andrulowicz i in. 2008). TZO dostają się do morza wraz ze spływem rzeczny i w wyniku transportu atmosferycznego i opadów atmosferycznych (deszcz, śnieg, pyły) (Ballschmitter 1992, Iwata i in. 1993, Ramamoorthy i

Ramamoorthy 1997, Howsam i Jones 1998, Beyer i in. 2000, Birch i in. 2001, Lindstrom 2001, Ballschmiter i in. 2002, Reiss i in. 2004, Rocher i in. 2004, Andrulewicz i in. 2008, Jiao i in. 2009, Teršič i in. 2009, Uścińowicz 2011). TZO zaadsorbowane na powierzchni pyłów transportowane są przez prądy powietrzne na znaczne odległości od miejsc ich stosowania (np. z rejonów tropikalnych). Obecność tych związków stwierdzono w rejonach nieuprzemysłowionych, np. Arktyki i Antarktyki (Tanabe i in. 1982, 1983, Oehme i Manö 1984, Barrie 1986, Murray i Andren 1992, Iwata i in. 1993, Wodarg i Greave 1996, Kargulewicz i Olendrzyński 2002, Niemirycz 2006, Żukowska i in. 2007, Smaranda i Gavrilesco 2008, Jiao i in. 2009). Oddziaływanie TZO na organizmy żywe może prowadzić do uszkodzenia układu immunologicznego, dysfunkcji układu hormonalnego, rozrodczego oraz nerwowego, a także zaburzeń funkcjonowania narządów wewnętrznych (wątroby, trzustki, nerek, układu pokarmowego) i zmian wynikających z właściwości kancerogennych, mutagennych, embriotoksycznych i teratogennych tych związków (Kargulewicz i Olendrzyński 2002, Czarnomski 2003, Czarnomski i Izak 2008, EPA 2009, Skowron i Małuch 2015).

Istotnym procesem związanym z zanieczyszczeniem osadów morskich jest pogłębianie będące konsekwencją działań na rzecz utrzymania portów i dróg wodnych. Wzrost znaczenia portów morskich oraz zwiększenie przeładunków kontenerowych, będące wynikiem globalizacji światowej gospodarki wiąże się z koniecznością utrzymania żeglowności torów wodnych oraz kanałów i basenów portowych, czyli prowadzenia systematycznych prac pogłębiarskich o różnej intensywności, których efektem są znaczne objętości urobku konieczne do zagospodarowania. Wydobyty urobek czerpalny (w zależności od jego rodzaju i stopnia zanieczyszczenia) może być gospodarczo wykorzystany, odkładany na polach refulacyjnych lub zatapiany na wydzielonych obszarach dna morskiego - tzw. kłapowiskach (London Convention 2002, Barcelo i Petrovic 2007, Bortone i Palumbo 2007, Heise 2007, Bray 2008, Uścińowicz 2011, HELCOM 2015). Ze względu na to, że osady są ostatecznym rezerwuarem wielu zanieczyszczeń, ponowne ich umieszczenie w morzu stwarza potencjalne zagrożenie dla życia biologicznego w danym zbiorniku, bowiem w sprzyjających warunkach może nastąpić uwolnienie zanieczyszczeń z osadu do toni wodnej i w efekcie ponowne uruchomienie ich obiegu w środowisku (Barcelo i Petrovic 2007, Uścińowicz 2011).

Morze Bałtyckie jest słonawym (średnio 7 PSU) i płytkim (średnio 53 m) wewnątrzkontynentalnym morzem szelfowym, o ograniczonej możliwości wymiany wód z Morzem Północnym przez trzy cieśniny: Sund, Wielki Bełt i Mały Bełt. Wyraźna stratyfikacja gęstościowa i termiczna utrudniają mieszanie się dobrze natlenionych warstw wód powierzchniowych ze słabo natlenionymi wodami głębinowymi. Liczne rzeki wpadające do Bałtyku są podstawową przyczyną dodatniego bilansu wody słodkiej, czyli przewagi dopływu wody słodkiej nad odpływem w rezultacie parowania (Łomniewski i in. 1975, Cyberska 1990, Gerlach 1994, Andrulewicz i in. 2008). Te specyficzne cechy powodują, że Bałtyk znajduje się pod silną antropopresją będącą wynikiem

intensywnego rozwoju demograficznego i gospodarczego dziewięciu krajów nadbałtyckich (Andrulewicz i in. 2008). Zanieczyszczenie strefy brzegowej wpływa negatywnie na funkcjonowanie całego środowiska, a w konsekwencji na zdrowie człowieka, jak również na obniżenie walorów rekreacyjnych, estetycznych, turystycznych i gospodarczych regionu. Wieloletnie badania wykazały, że metale śladowe oraz TZO (pestycydy chloroorganiczne, PCB i WWA) występują w Bałtyku zarówno w materii nieożywionej (osady denne), jak i ożywionej (tkanki roślin i zwierząt na wszystkich poziomach troficznych) (Backlund i in. 1992, Singh i Agarwal 1995, Wodarg i Greave 1996).

Obszar południowego Bałtyku, który został objęty badaniami jest regionem atrakcyjnym rekreacyjnie i turystycznie, a jednocześnie rejonem pozostającym pod silną antropopresją. Zanieczyszczenia dostają się tu wraz ze splywem rzeczny (m.in. Wisłą, Odrą, Niemnem, Newą), transportem atmosferycznym, jak również w wyniku intensywnej działalności dużych portów i aglomeracji miejskich (np. Szczecin-Świnoujście, Gdańsk, Gdynia, Kaliningrad, Kłajpeda). W rejonie południowego Bałtyku zlokalizowane są liczne ośrodki przemysłu stoczniowego, papierniczego, farmaceutyczno-kosmetycznego, chemicznego oraz rafinerie (Rocznik Statystyczny Województwa Pomorskiego 2017, [https://en.wikipedia.org/wiki/Baltic\\_region](https://en.wikipedia.org/wiki/Baltic_region), <http://www.bpoports.com/bpo-about.html>, Uścińowicz 2011). Obecnie na obszarze południowo-wschodniego Bałtyku znajduje się ponad 20 kłapowisk (z czego 9 zlokalizowanych jest wzdłuż polskiego wybrzeża), które są wykorzystywane do składowania urobku czerpalnego. Nie ulega wątpliwości, że wprowadzane do środowiska zanieczyszczenia akumulują się w osadach dennych. Dlatego też w celu określenia stanu zbiornika konieczne jest zbadanie osadów, których jakość ma istotny wpływ na środowisko. Jednocześnie procesy legislacyjne oraz obowiązujące akty prawne dotyczące zagospodarowania urobku czerpalnego muszą być ujednoczone i jasno sprecyzowane. Obecna polityka morska, regulacje prawne, jak również podejmowane wysiłki badawcze, próbują uwzględnić różne aspekty problemu zanieczyszczenia osadów, jednak te przepisy i działania nie są spójne i nie przyczyniają się do sprawnego zarządzania (Bortone i Palumbo 2007). Jak dotąd nie opracowano na poziomie europejskim wszechstronnych i jednolitych dokumentów strategicznych dotyczących zanieczyszczenia osadów, a w szczególności zarządzania urobkiem. W związku z powyższym podjęta praca wpisuje się w te zagadnienia. W pracy podjęłam się wykazania synergistycznego działania na środowisko wielu czynników i zwrócenia uwagi, że nie wystarczy znajomość tylko jednego elementu, ale konieczne jest szersze spojrzenie na problem wpływu zanieczyszczonych osadów na środowisko Morza Bałtyckiego.

## Omówienie osiągniętych wyników

Podstawą niniejszej rozprawy habilitacyjnej jest sześć publikacji przedstawionych w punkcie 4.b). Celem podjętych prac była szeroko zakrojona analiza antropopresji łącząca badania o charakterze podstawowym (zbadanie obecności metali oraz trwałych zanieczyszczeń organicznych w osadach dennych Bałtyku i urobku czerpalnym) wraz z wykazaniem trendów czasowych zmian oraz oceną stanu środowiska i stopnia zagrożenia jakie stanowią zanieczyszczone osady. Zajęłam się również analizą aktów prawnych (krajowych i międzynarodowych) dotyczących zagospodarowania urobku czerpalnego i oceną potencjalnych zagrożeń związanych z tym problemem. W badaniach laboratoryjnych skupiłam się na analizie zawartości metali ciężkich, pestycydów chloroorganicznych (DDT i jego metabolitów, izomerów HCH - heksachlorocykloheksanu), HCB – heksachlorobenzenu, siedmiu kongenerów polichlorowanych bifenyli (PCB)) oraz szesnastu wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA). Oceny stanu i stopnia zanieczyszczenia osadów dennych poszczególnymi zanieczyszczeniami dokonano na podstawie badań laboratoryjnych przeprowadzonych w wieloletniej serii czasowej. Przeprowadzone badania miały charakter interdyscyplinarny łączący chemię, ekologię oraz analizy statystyczne uzyskanych wyników badań.

Aby osiągnąć założone cele wykorzystałam wiedzę, metody oraz umiejętności zdobyte w trakcie mojej dotychczasowej drogi naukowej, poczynając od poboru próbek, prac terenowych i laboratoryjnych, po prace studialne, analizy statystyczne oraz opracowanie i interpretację uzyskanych wyników.

W pierwszej publikacji zatytułowanej *Persistent organic pollutants (POPs) in bottom sediments from the Baltic Sea*, **Sapota G., 2006** (pkt. 4b, poz. 1) przedstawiłam wyniki badań osadów dennych pobieranych z obszaru Zalewu Wiślanego, Zatoki Puckiej, Zatoki Gdańskiej, Basenu Bornholmskiego oraz Zalewu Szczecińskiego w dwóch seriach pomiarowych (1996-2000 oraz 2001-2005) monitoringu HELCOM Combine. Próbkę zostały pobrane przy zastosowaniu sondy rdzeniowej Niemistö z ośmiu wytypowanych stacji pomiarowych. Przy wyborze miejsc pobierania próbek osadów dennych brano pod uwagę ogólne warunki hydrodynamiczne (dominujące kierunki i prędkość prądów oraz głębokość), ponieważ czynniki te decydują o kierunku i prędkości rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń. W każdym punkcie pomiarowym oraz każdej serii pobrano trzy rdzenie osadów o miąższości do 31 cm, które podzielono na warstwy (2 cm; od 0 do 10 cm oraz 15-17 cm, 22-24 cm oraz 29-31 cm). W tych osadach po określeniu składu granulometrycznego oznaczyłam zawartość DDT i jego metabolitów, izomerów HCH oraz kongenerów PCB – 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180. Ponieważ są to związki pochodzenia antropogenicznego, na ich podstawie można również wnioskować jaka jest jakość osadów.

Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały silny wpływ presji antropogenicznej na jakość osadów dennych w obszarze objętym badaniami. Większe zanieczyszczenie badanymi substancjami



wykazują osady pochodzące z Zalewów: Szczecińskiego i Wiślanego. W przypadku Zalewu Szczecińskiego jest to wynikiem wpływu lądowych źródeł zanieczyszczeń jakim jest port Szczecin-Świnoujście i rzeka Odra oraz morfologii samego akwenu (częściowo zamknięta laguna). To sprawia, że jest to obszar szczególnie narażony na wpływy antropogeniczne, ponieważ zanieczyszczenia wnoszone z obszaru zlewni Odry nie dostają się bezpośrednio do Bałtyku, ale są częściowo akumulowane przez osady Zalewu Szczecińskiego. W przypadku Zalewu Wiślanego zanieczyszczenia wnoszone są w wyniku spływu zanieczyszczeń rzekami z obszarów rolniczych. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na przeprowadzenie analizy statystycznej, oszacowanie tempa spadku zawartości analizowanych związków oraz zidentyfikowanie obszarów o różnym tempie spadku TZO. Obszar o największym tempie spadku zawartości TZO w osadach (średnio 50%) obejmuje osady z głębokich stacji na otwartym morzu (Głębia Gdańska, Głębia Bornholmska). Dla obszaru Zatoki Puckiej oraz styku Zatoki Puckiej i Zatoki Gdańskiej wykazano średni spadek zawartości TZO o około 40%. Najmniejszy spadek (średnio 30%) oszacowano w osadach dennych z obszarów będących pod największym wpływem antropogenicznym (Zalew Szczeciński i Zalew Wiślany). W prezentowanym okresie niewiele jest wyników badań obejmujących tak duży obszar i dotyczących zawartości i rozmieszczenia trwałych zanieczyszczeń organicznych w profilach pionowych osadów dennych. Z uwagi na powyższy fakt, wyniki przeprowadzonych badań stanowią odniesienie do kolejnych badań prowadzonych w tym rejonie.

W 2007 r. kontynuowałam prace badawcze nad rodzajem antropopresji jakim jest zanieczyszczenie osadów dennych Bałtyku (Staniszewska M., Burska D., **Sapota G.**, Bogdaniuk M., Borowiec K., Nosarzewska I., Bolałek J., **2011**, *The relationship between the concentrations and distribution of organic pollutants and black carbon content in benthic sediments in the Gulf of Gdańsk, Baltic Sea*, Mar. Pol. Bull, no 62, 1464-1475) (pkt. 4b, poz. 2). Rdzenie osadów dennych zostały pobrane w Zatoce Gdańskiej, w Głębi Gdańskiej oraz z obszarów będących pod wpływem antropogenicznym: wzdłuż Mierzei Wiślanej (na wschód od ujścia Wisły), z Kłapowiska Gdańsk oraz w Porcie Gdańsk (Nabrzeże Węglowe – próbki pobrane w 2003 r.). Próbki pobrano sondą rdzeniową Niemistö. Pobrane rdzenie osadów podzielono na następujące segmenty: 0-2, 2-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm, z wyjątkiem stacji zlokalizowanej na kłapowisku, gdzie z przyczyn technicznych zebrano rdzeń o długości 10 cm.

Podjęta praca miała na celu uzupełnienie bazy danych dotyczących TZO w osadach dennych o rozkład wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) w profilach pionowych osadów dennych z obszarów o różnym stopniu narażenia na wpływy antropogeniczne. Ponieważ wiadomo, że WWA zawierające więcej niż 4 pierścienie dominują w osadach (Sanchez-Gracia i in. 2010), w próbkach badano zawartość fluorantenu, pirenu, benzo(a)antracenu, benzo(k)fluorantenu,

benzo(a)pirenu, dibenzo(ah)anhracenu, benzo(ghi)perylenu, jak również kongenerów PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153 i 180).

W prezentowanej pracy stwierdzono, że bliskość źródeł emisji ma największy wpływ na zawartość zanieczyszczeń hydrofobowych w osadach dennych Zatoki Gdańskiej. Znaczącą rolę odgrywa transport materii niesionej przez Wisłę w kierunku Zatoki Gdańskiej. Całkowite stężenia PCB i WWA w zebranych osadach wzrastały zauważalnie wraz ze wzrostem odległości od ujścia Wisły, gdy charakter dna morskiego zmieniał się z transportowego na akumulacyjny. Najwyższe stężenia WWA i PCB stwierdzono w osadach zebranych w Porcie Gdańsk. Wykazano również, że obok materii organicznej mającej zdolność akumulowania zanieczyszczeń hydrofobowych, takie własności wykazuje również tzw. „czarny węgiel” (*ang. black carbon – BC*). Czarny węgiel jest jednym z ważniejszych czynników, które wpływają na zatrzymywanie zanieczyszczeń hydrofobowych w osadach dennych (Jonkers i Koelmans 2002, Chin-Chang i in. 2006, Koelmans i in. 2006). Z powodu okluzji w sadzach i cząstkach węgla związki hydrofobowe stają się bardzo silnie związane z cząstkami stałymi. Silne wiązanie między toksycznymi związkami i węglem w osadzie ogranicza transport hydrofobowych związków organicznych do kolumny wody i zmniejsza ryzyko wtórnego wprowadzenia tych zanieczyszczeń do ekosystemu (Jonkers i Koelmans 2002, Ghosh i in. 2003, Huang i in. 2003, Ahrens i Depree 2004, Koelmans i in. 2006). Napływ nowych porcji węgla z atmosfery powoduje sorpcję hydrofobowych związków organicznych rozpuszczonych w wodzie, co wzmaga tzw. "efekt oczyszczający" w zbiorniku wodnym (Bucheli i Gustafsson 2003, Ahrens i Depree 2004). Można powiedzieć, że czarny węgiel odgrywa pozytywną rolę w środowisku morskim, ponieważ umożliwia "stabilne" unieruchomienie hydrofobowych zanieczyszczeń organicznych w osadach (Accardi-Dey i Gschwend 2003, Koelmans i in. 2006).

W podjętej pracy wykazano również znaczącą rolę czarnego węgla w akumulacji WWA i PCB w osadach, czego efektem są wyniki uzyskane dla osadów portowych. Najwyższe wartości współczynnika korelacji ( $r = 0,76-0,92$ ,  $p < 0,05$ ) dla zależności między stężeniami zanieczyszczeń organicznych, a materią organiczną, zawartością węgla organicznego i czarnego otrzymano w osadach portowych o niskiej zawartości materii organicznej (<5%) i wysokim udziale czarnego węgla w całkowitym węglu (do 40%), co prawdopodobnie wpłynęło na silniejsze możliwości sorpcyjne osadów portowych. Port w Gdańsku znajduje się w pobliżu dużej aglomeracji miejskiej, która emituje duże ilości czarnego węgla do atmosfery, szczególnie zimą. Uzyskane niższe wartości współczynnika korelacji dla zależności między całkowitymi stężeniami PCB i WWA a zawartością czarnego węgla w osadach zebranych w Zatoce Gdańskiej i blisko ujścia Wisły można wytłumaczyć rozcieńczeniem i rozplywem zanieczyszczeń.

W kolejnej pracy rozszerzono rejon badań zanieczyszczeń antropogenicznych w strefie brzegowej o obszar o innej charakterystyce. Badania prowadzono wzdłuż linii brzegowej wschodniej Zatoki Fińskiej. Wyniki badań przedstawiono w publikacji pt. *Nutrient and metal pollution of the eastern Gulf of Finland coastline: sediments, macroalgae, microbiota* (Gubelit Y., Polyak Y., Dembska G., **Pazikowska-Sapota G.**, Zegarowski Ł., Kochura D., Krivorotov D., Podgornaya E., Burova O., Maazouzi Ch., **2016.**, Science of Total Environment, 550, 806-819) (pkt. 4b, poz. 6). Do badań zostało wybranych dziesięć miejsc pobierania próbek zlokalizowanych na północnym i południowym wybrzeżu Zatoki Newskiej oraz w wewnętrznej i zewnętrznej części ujścia rzeki Newy. Próbkę powierzchniowych osadów dennych oraz makroglonów były pobierane na głębokości 0,5 m. Celem badań było określenie stężenia i dystrybucji metali w osadach powierzchniowych wzdłuż wschodniego wybrzeża Zatoki Fińskiej oraz znalezienie możliwych związków z makroglonami i mikroorganizmami. Badania miały również na celu ujawnienie możliwych wpływów elektrowni jądrowej zlokalizowanej w tym rejonie na środowisko. Ponadto na obszarze, który został wytypowany do badań występuje gromadzenie się dużych ilości zielonych makroglonów, których biomasa może stanowić dodatkowe źródło składników odżywczych, a także może zintensyfikować zanieczyszczenie osadów. Biorąc pod uwagę złożoność ekosystemu Zatoki Fińskiej założono również możliwość zmiany składu organizmów heterotroficznych, które regulują cykle biogeochemiczne w kierunku form tolerujących metale w zanieczyszczonych osadach. Tolerancja drobnoustrojów wydaje się być skorelowana ze stężeniami metali w osadach. Wyższe poziomy tolerancji stwierdzono w próbkach osadów z bardziej zanieczyszczonych stacji. Makroglony, które masowo rozwijały się w strefie przybrzeżnej, wykazały wysoki poziom bioakumulacji metali. Analizy zawartości węgla, azotu i fosforu w tkankach glonów pozwoliły na oszacowanie dodatkowego obciążenia składnikami biogennymi z nagromadzonej gnijącej biomasy glonów w strefie przybrzeżnej wschodniej Zatoki Fińskiej.

Stwierdzono istotną rolę zakwitów będących wynikiem wysokiej trofii w strefie przybrzeżnej na zwiększoną akumulację metali w związku ze wzrostem zawartości materii organicznej. Podjęte badania wykazały, że ołów, miedź i cynk są głównymi metalami zanieczyszczającymi wody i osady u wybrzeży wschodniej Zatoki Fińskiej. Wpływ elektrowni jądrowej był wyraźnie widoczny w sąsiedztwie jej lokalizacji i wyrażał się wysokimi stężeniami molibdenu, niklu oraz miedzi w wodzie. Natomiast stężenie metali w osadach korelowało z obecnością mikroorganizmów (bakterie, grzyby) tolerujących metale. Dodatnia korelacja ( $R = 0,66$ ) została stwierdzona pomiędzy względną obfitością tolerancyjnych bakterii i grzybów. Większość próbek osadów wykazała wysoką względną obfitość mikroorganizmów tolerujących metale. W strefie przybrzeżnej znaleziono także makroglony, które wykazały wysoki stopień biokoncentracji metali (*Cladophora glomerata* i *Ulva intestinalis*). W odróżnieniu do otwartej Zatoki Gdańskiej, ukształtowanie dna strefy brzegowej Zatoki Fińskiej sprzyja gromadzeniu się materii organicznej, której rozkład może spowodować wystąpienie warunków

beztlenowych i przyczyniać się do remobilizacji metali zgromadzonych w osadach dennych. W wyniku przeprowadzonych badań najwyższe stężenia metali w osadach stwierdzono w miejscach o gęsto zalegającej ciągłej warstwie świeżej lub rozkładającej się biomasy makroglonów w warunkach niedotlenienia. Nie znaleziono korelacji między stężeniem metali w glonach i osadach oraz między biomasą glonów i zawartością metali w osadach.

Kolejnym etapem badań nad presją antropogeniczną były prekursorskie badania nad oceną zagrożenia jakie dla środowiska morskiego stanowią wraki statków (czynnik antropopresji) i związane z ich obecnością prawdopodobieństwo zanieczyszczenia osadów (Bogdaniuk M., **Sapota G.**, Dembska G., Aftanas B., **2012**, *Determination of PAHs and PCBs in the Polish area of shipwreck exploration*, Pol J Environ Stud., vol 21, no 2, 297-306) (pkt. 4b, poz. 3). Zbadano wpływ na środowisko poprzez pomiar szesnastu WWA (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, dibenzo(ah)antracen, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)piren) oraz siedmiu PCB (28, 52, 101, 118 138, 153, 180). Ze względu na problemy z dokładnym pozycjonowaniem i trudności związane z pobieraniem próbek, praktycznie nie prowadzi się badań dotyczących stopnia zanieczyszczenia osadów w rejonie wraków, jak również ich wpływu na skład gatunkowy, biologię i ekologię organizmów żyjących na wrakach i w bliskim sąsiedztwie tego obszaru. Jednakże wrak może być nietypową niszą ekologiczną dla niektórych gatunków bentosu i ryb (Gregory 1995, Wheeler 2002, Coelho 2012). Jednocześnie, jeśli wrak uwalnia toksyczne związki, takie jak np. WWA lub węglowodory ropopochodne, substancje te mogą powodować znaczące zmiany w organizmach żyjących w obrębie wraku i jego bliskim sąsiedztwie (Namieśnik i in. 1993, Szarejko i Namieśnik 2009, Zietz i in. 2001). W konsekwencji może to doprowadzić do znacznego zubożenia bioróżnorodności w pobliżu wraku (Namieśnik i in. 1993, Witt 1995, Zietz i in. 2001, Szarejko i Namieśnik 2009). Dlatego aby ocenić stopień zagrożenia dla środowiska jaki stanowią wraki statków w rejonie południowego Bałtyku konieczne jest określenie stopnia zanieczyszczenia osadów dennych na możliwie rozległym obszarze wokół nich. W badaniach zajęto się wrakami okrętów Orion i Schlessien znajdującymi się w Zatoce Pomorskiej oraz wrakiem statku Neuwerk zlokalizowanym w Zatoce Puckiej i wrakiem statku rybackiego w Zatoce Gdańskiej. Ponieważ istotnym elementem prawidłowej oceny stanu środowiska jest wytypowanie reprezentatywnych miejsc pobierania próbek, analizowane obszary zostały dokładnie zbadane przy zastosowaniu sondy wielowiązkowej SeaBat 8101 oraz cyfrowego sonaru bocznego DF 1000. W oparciu o wyniki tych badań pobrano próbki osadów dennych w punktach zlokalizowanych możliwie najbliżej wraków oraz w punktach tzw. referencyjnych w odległości około 1 km od wraków. Próbki powierzchniowej warstwy osadów dennych pobrano czerpakiem Van Veen'a, natomiast rdzenie osadów (do długości 1 m) pobrano przy zastosowaniu wibrosondy.

Przeprowadzone badania wykazały, że wraki mogą być źródłem zanieczyszczeń i stanowić swoiste „hot spot's” w obszarze ich posadowienia. Wykazano również różną intensywność zanieczyszczenia wybranych do badań obszarów. Zdecydowanie najbardziej zanieczyszczonym obszarem okazał się wrak statku Neuwerk znajdującego się na dnie Zatoki Puckiej. Wysoki poziomem stężeń badanych związków stwierdzono zarówno w próbkach pobranych w miejscu posadowienia wraku, jak i w znacznej odległości od tego miejsca. Jest jednak wysoce prawdopodobne, że zanieczyszczenie pochodzi nie tylko z samego wraku, ale również z innych źródeł, np. spływ ze zlewni rzek Reda i Kacza, a także zrzutów ścieków przemysłowych ze stoczni, zakładów przetwórstwa rybnego oraz dużego portu morskiego w Gdyni. Natomiast w Zatoce Pomorskiej stwierdzono punktowe gromadzenie zanieczyszczeń w miejscu położenia wraku okrętu Orion, ze szczególnie wysokim stężeniem związków WWA w próbkach osadów dennych.

Istotny wpływ antropogeniczny na środowisko morskie mają miejsca składowania urobku czernopalnego pochodzącego z pogłębiania torów wodnych i basenów portowych. Deponowanie urobku może generować negatywne skutki i zakłócać naturalnie występującą równowagę w ekosystemie wodnym. Dlatego w kolejnej pracy (Dembska G.; **Sapota G.**, Bogdaniuk M., Blazauskas N., Suzdalev S., Zegarowski L., Hac B., Aftanas B., **2012**. *Preliminary results of the analysis of dumping sites in SE Baltic region on example of Gdynia dumping site*, IEEE Xplore Digital Library, IEEE/OES, Digital Object Identifier: 10.1109/BALTIC.2012.6249213, s. 1-7) (pkt. 4b, poz. 4) skupiono się na analizie potencjalnego oddziaływania Kłapowiska Gdynia na środowisko morskie. Jako wskaźnik stopnia zanieczyszczenia osadu wybrano metale, ponieważ zawartość tych elementów w osadach portowych może być wysoka w związku z działalnością portów, ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu stoczniowego. Badania prowadzono w ramach dużego międzynarodowego projektu ECODUMP (Application of ecosystem principles for the location and management of offshore dumping sites in SE Baltic region) realizowanego w latach 2012-2014 w ramach Programu Współpracy Transgranicznej Południowego Bałtyku (WTPB.02.01.00-72-016/10). W ramach projektu badano również zawartość trwałych zanieczyszczeń organicznych (WWA i PCB, PCDD i PCDF). Wyniki tych badań zostały opisane w innych opracowaniach (zał. 4, pkt II. E, poz. 43, 103). Na podstawie wcześniej wykonanych badań batymetrycznych za pomocą sondy wielowiązkowej SeaBat 8101 oraz przetworzeniu zebranych danych, wygenerowano mapę badanego obszaru obrazującą rozkład głębokości na Kłapowisku Gdynia. To pozwoliło na wytypowanie 29 punktów pomiarowych, z których pobrano rdzenie osadów (do głębokości 3 m i średnicy 10 cm) przy zastosowaniu wibro-sondy. Po dokonaniu opisu makroskopowego rdzenie zostały podzielone na warstwy odpowiadające zidentyfikowanym warstwom geologicznym. Do analiz laboratoryjnych wydzielono 131 próbek.

W wyniku przeprowadzonych badań poszerzono istniejącą bazę danych odnośnie zawartości metali w osadach Zatoki Gdańskiej o szczególny rodzaj osadu jakim jest urobek czerpalny, w którym określono zawartość labilnej formy metali: ołowiu - Pb, miedzi - Cu, niklu - Ni, chromu - Cr, glinu – Al. Dodatkowo zidentyfikowano procesy zachodzące podczas deponowania i składowania urobku czerpalnego. Wyniki rozpoznania tych procesów zostały w trakcie dalszych prac wykorzystane do stworzenia modelu rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z osadu do słupa wody. Rodzaj osadów zdeponowanych na Kłapowisku Gdynia nie różni się zasadniczo od struktury geologicznej powierzchniowej warstwy dna w tym obszarze (głównie piasek drobnoziarnisty i muł piaszczysty). Stwierdzone stężenia badanych metali w warstwie powierzchniowej osadów były poniżej dozwolonych poziomów granicznych określonych w polskich przepisach. Zaobserwowano natomiast wysoką korelację pomiędzy Cr i Al oraz pomiędzy Ni i Al. Współczynnik korelacji ( $R^2$ ) dla tych elementów wyniósł  $>0,950$ , co może wskazywać, że Cr i Ni w badanych osadach są pochodzenia naturalnego (nie antropogenicznego). W przypadku Pb, Cu i Cd nie znaleziono korelacji z Al. Może to wskazywać, że te metale są pochodzenia antropogenicznego. Podobną sytuację w osadach portowych zaobserwowano podczas wcześniejszych badań (Dembska i in. 2004).

Jak wspomniano powyżej, pogłębianie jest procesem koniecznym z wielu powodów, m.in. aby zapobiec powodziom, ułatwić żeglugę, utrzymać funkcjonowanie portów oraz aby umożliwić wszystkie zastosowania danego systemu wodnego (prace konserwacyjne i rozbudowa). Jednakże, proces ten wiąże się również z problemem zagospodarowania wydobytych osadów. Deponowanie w środowisku wodnym urobku z pogłębiania torów wodnych i basenów portowych może przynosić negatywne skutki i zakłócać naturalnie występującą równowagę w ekosystemie wodnym. Również przemieszczanie zanieczyszczonych osadów stanowi znaczne zagrożenie dla środowiska, wymuszając specjalne ich traktowanie określone normami prawnymi. Dlatego w następnym etapie prac dotyczących szeroko pojętego problemu antropogenicznego wpływu na jakość osadów dennych i środowisko morskie, zajęłam się analizą aktów prawnych (krajowych i międzynarodowych) dotyczących urobku czerpalnego (Sapota G., Dembska G., Bogdaniuk M., Holm G., 2012. *Environmental policy and legislation on dredged material in the Baltic Sea region — Analysis*, IEEE Xplore Digital Library, IEEE/OES, Digital Object Identifier: 10.1109/BALTIC.2012.6249171, s. 1-15) (pkt. 4b, poz. 5). Rocznie wydobywa się kilka milionów metrów sześciennych osadów, z których duża część deponowana jest na specjalnie wytypowanych miejscach (kłapowiskach) w obszarze Morza Bałtyckiego. Jest to działanie korzystne ekonomicznie, jednak prowadzone w sposób nieprawidłowy może stanowić realne zagrożenie dla środowiska morskiego. Aby zminimalizować oddziaływanie zanieczyszczonych osadów na środowisko, utworzono odpowiednie przepisy oraz opracowano wytyczne dotyczące proponowanych rozwiązań tego problemu. Jednakże wszechstronny dokument strategiczny dotyczący rozwiązania tego problemu na poziomie Europy nie został jeszcze

opracowany. Deponowanie urobku w Morzu Bałtyckim jest regulowane przez Konwencję Londyńską 1972 - Konwencję o zapobieganiu zanieczyszczaniu morza przez zatapianie odpadów i innych substancji (London Convention 1972) oraz wymogi Konwencji HELCOM - Konwencji o ochronie środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego (HELCOM Convention 1992, HELCOM 2015). W konwencji HELCOM brakuje szczegółowych wytycznych dotyczących wyznaczania lokalizacji miejsc deponowania i składowania urobku oraz zasad dalszego zarządzania tymi miejscami.

W omawianej pracy szczegółowo przeanalizowałam przepisy prawne obowiązujące na poziomie międzynarodowym, jak również krajowe przepisy dotyczące gospodarki urobkiem czerpalnym obowiązujące w krajach nadbałtyckich. Prace prowadzone były w ramach dużego międzynarodowego projektu SMOCS – Sustainable Management of Contaminated Sediments in the Baltic Sea Region, który był realizowany w latach 2009-2012 w ramach Baltic Sea Region Programme 2007-2013. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono istotne różnice w ustawodawstwie krajów bałtyckich dotyczące między innymi procedur uzyskiwania pozwoleń środowiskowych, klasyfikacji osadów, granicznych wartości określonych dla poszczególnych zanieczyszczeń oraz sposobów i możliwości dalszego zagospodarowania osadów. Największe różnice dotyczą limitów zanieczyszczeń i klasyfikacji osadów w celu określenia, kiedy osad jest zanieczyszczony, ponieważ bardzo trudno jest jednoznacznie zdefiniować termin "wartość dopuszczalna" w odniesieniu do zanieczyszczeń. Jednakże wszystkie definicje mają na celu określenie takich wartości substancji zanieczyszczających, które nie spowodują niepożądanych zmian w ekosystemie, np. zalecenia HELCOM mają na celu osiągnięcie poziomu blisko naturalnego. W przypadku zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego wartość ta wynosi zero. Limity ustanowione w poszczególnych krajach bałtyckich są bardzo różne (Bortone i Palumbo 2007, Bray 2008). W przeprowadzonej analizie położono szczególny nacisk na czynniki i rodzaje antropopresji i zwrócono uwagę, że zunifikowane podejście krajów nadbałtyckich do problemu zanieczyszczenia środowiska przełoży się pozytywnie na poprawę jego jakości. Aspektem wdrożeniowym przeprowadzonej analizy są proponowane zmiany w wytycznych dotyczących zrównoważonego zarządzania urobkiem czerpalnym, m.in. wprowadzenie w krajach bałtyckich jednolitego systemu oceny stopnia zanieczyszczenia urobku poprzez zastosowanie wartości granicznych (m.in. dla TZO i metali ciężkich).

#### **Główne wnioski wynikające z osiągnięcia naukowego:**

Wyniki, które zaprezentowałam w 6 omawianych publikacjach dotyczących szeroko zakrojonych badań rodzajów antropopresji (zanieczyszczenie pestycydami chloroorganicznymi, polichlorowanymi bifenylami – PCB, wielopierścieniowymi węglowodorami aromatycznymi – WWA, metalami ciężkimi oraz deponowanie urobku czerpalnego) i ich wpływu na jakość osadów dennych,

które w połączeniu z analizą aktów prawnych dotyczących urobku czerpanego i deponowanego w morzu mogą być przydatne przy ocenie stopnia zanieczyszczenia całego zbiornika.

Wyniki posłużyły do sformułowania następujących wniosków:

- Na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1996-2005, dotyczących stężeń TZO (pestycydy chloroorganiczne, PCB) w osadach z obszaru Zalewu Wiślanego, Zatoki Puckiej, Zatoki Gdańskiej, Basenu Bornholmskiego i Zalewu Szczecińskiego oraz analizy statystyczne uzyskanych wyników zidentyfikowałam obszary, o różnej intensywności spadku zawartości analizowanych TZO. Obszar o największym spadku zawartości TZO w osadach (średnio 50%) obejmuje osady z głębokich stacji na otwartym morzu (Głębia Gdańska, Głębia Bornholmska). Dla obszaru Zatoki Puckiej oraz styku Zatoki Puckiej i Zatoki Gdańskiej średni spadek zawartości TZO wyniósł około 40%. Najmniejszy spadek (średnio 30%) oszacowano w osadach dennych z obszarów będących pod największym wpływem antropogenicznym (Zalew Szczeciński i Zalew Wiślany). Podjęta praca jest istotna, ponieważ w prezentowanym okresie niewiele jest wyników badań obejmujących tak duży obszar i dotyczących zawartości i rozmieszczenia trwałych zanieczyszczeń organicznych w profilach pionowych osadów dennych. Wyniki przeprowadzonych badań stanowią podstawę do kolejnych badań prowadzonych w tym rejonie.
- Wykazałam, że bliskość źródeł emisji ma największy wpływ na zawartość zanieczyszczeń hydrofobowych w osadach dennych Zatoki Gdańskiej. Znaczącą rolę odgrywa także transport materii organicznej niesionej przez Wisłę w kierunku Zatoki Gdańskiej. W oparciu o wyniki z badań obecności czarnego węgla (pochodzącego głównie z procesów spalania) w osadach dennych wykazałam jego związek z intensywnością kumulacji zanieczyszczeń organicznych w osadach. Osady denne o niskiej zawartości materii organicznej, ale wysokim udziale czarnego węgla w całkowitym węglu (np. osady portowe) wykazują silniejsze właściwości sorpcyjne. Znajomość stosunku węgla czarnego do organicznego w osadach dostarcza wstępnych informacji o transporcie zanieczyszczeń w morzu oraz potencjalnie zgromadzonych w nich zanieczyszczeń hydrofobowych (np. WWA, PCB).
- Stwierdziłam istotną rolę zakwitów będących wynikiem wysokiej trofii w strefie przybrzeżnej Zatoki Fińskiej na zwiększoną akumulację metali w związku ze wzrostem zawartości materii. Najwyższe stężenia metali w osadach wystąpiły w miejscach o gęsto zalegającej ciągłej warstwie świeżej lub rozkładającej się biomasy makroglonów w warunkach niedotlenienia. Podjęte badania wykazały, że ołów, miedź i cynk są głównymi metalami zanieczyszczającymi wody i osady u wybrzeży wschodniej Zatoki Fińskiej. Wpływ elektrowni jądrowej był wyraźnie widoczny w sąsiedztwie jej lokalizacji i wyrażał się wysokimi stężeniami molibdenu, niklu oraz miedzi w



wodzie. Wykazałam, że stężenie metali w osadach korelowało z obecnością mikroorganizmów (bakterie, grzyby) tolerujących metale ( $R = 0,66$ ). Nie znaleziono korelacji między stężeniem metali w glonach i osadach oraz między biomasą glonów i zawartością metali w osadach. W odróżnieniu do otwartej Zatoki Gdańskiej, ukształtowanie dna strefy brzegowej Zatoki Fińskiej sprzyja gromadzeniu się materii organicznej, której rozkład może spowodować wystąpienie warunków beztlenowych i przyczynić się do remobilizacji metali zgromadzonych w osadach dennych.

- Przeprowadziłam prekursorskie badania dotyczące stopnia zanieczyszczenia osadów w rejonie wraków oraz ich wpływu na środowisko. Przeprowadzone badania zawartości szesnastu WWA (naftalen, acenaftylen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, chrysen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)piren, dibenzo(ah)anhracen, benzo(ghi)perylen, indeno(1,2,3-cd)piren) w osadach dennych wykazały, że wraki mogą być źródłem zanieczyszczeń i stanowić swoiste „hot spot’s” w obszarze ich posadowienia. Wykazałam również różną intensywność zanieczyszczenia wybranych do badań obszarów. Najbardziej zanieczyszczone rejony, które potencjalnie mogą oddziaływać na stan środowiska to obszar posadowienia wraku statku Neuwerk znajdującego się na dnie Zatoki Puckiej oraz miejsce położenia wraku okrętu Orion, gdzie stwierdzono punktowe gromadzenie zanieczyszczeń w osadach dennych.
- Przeprowadziłam analizę potencjalnego oddziaływania Kłapowiska Gdynia na środowisko morskie. Jako wskaźnik jakości osadu wybrano metale, ponieważ zawartość tych elementów w osadach portowych może być wysoka w związku z działalnością portów, ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu stoczniowego. W oparciu o badania zawartości labilnej formy metali: ołowiu, miedzi, niklu, chromu oraz glinu, przeprowadzonych w urobku czerpalnym pobranym na kłapowsku Gdynia, zidentyfikowałam procesy zachodzące podczas deponowania i składowania urobku czerpalnego. Istnieje wysoka korelacja pomiędzy Cr i Al oraz pomiędzy Ni i Al. Współczynnik korelacji ( $R^2$ ) dla tych elementów wyniósł  $>0,950$ , co wskazuje, że Cr i Ni w badanych osadach są pochodzenia naturalnego (nie antropogenicznego). W przypadku Pb, Cu i Cd nie znaleziono korelacji z Al. Wskazuje to, że te metale są pochodzenia antropogenicznego.
- Dokonałam analizy rozporządzeń i aktów prawnych międzynarodowych oraz krajowych obowiązujących w państwach nadbałtyckich. W przeprowadzonej analizie położono szczególny nacisk na oddziaływania antropogeniczne i zwrócono uwagę, że zunifikowane podejście krajów nadbałtyckich do problemu zanieczyszczenia środowiska przełoży się pozytywnie na poprawę jego jakości. Aspektem wdrożeniowym przeprowadzonej analizy są proponowane zmiany w wytycznych dotyczących zrównoważonego zarządzania urobkiem czerpalnym, m.in.

wprowadzenie w krajach bałtyckich jednolitego systemu oceny stopnia zanieczyszczenia urobku poprzez zastosowanie wartości granicznych (m.in. dla TZO i metali ciężkich), które powinny być uwzględnione przy przygotowywaniu wszechstronnego dokumentu strategicznego dotyczącego rozwiązania tego problemu na poziomie Europy.

#### **Znaczenie badań:**

Przeprowadzone badania mają charakter nowatorski, ponieważ stanowią interdyscyplinarne studium łączące aspekty ekologiczne, chemiczne oraz prawno-ekonomiczne w kontekście szeroko pojętego zagadnienia jakim jest wpływ czynników antropogenicznych na stan osadów dennych południowego Bałtyku.

Opisane nowatorskie wyniki stanowią przesłanki, które powinny być uwzględnione przy przygotowywaniu dalszych regulacji prawnych oraz ograniczeń stosowania dotyczących urobku czerpalnego i deponowania go w morzu.

Istotne wydaje się również zwrócenie uwagi na obecność czarnego węgla (pochodzącego głównie z procesów spalania) w osadach dennych i jego związek z intensywnością kumulacji zanieczyszczeń. Wprowadzenie odpowiednich regulacji w sektorze grzewczym może wpłynąć na zmniejszenie dopływu czarnego węgla do środowiska, a pośrednio również na zmniejszenie stężeń TZO i metali ciężkich w osadach dennych. Również znajomość stosunku węgla czarnego do organicznego w osadach może dostarczyć wstępnych informacji na temat potencjalnie zgromadzonych w nich zanieczyszczeń hydrofobowych.

Innym problemem jest zwrócenie również uwagi na fakt, że prace związane z czerpaniem i odkładaniem urobku mogą w szczególności miejscowo zagrozić tarłu ryb, np. śledzia, który jest podstawowym gatunkiem eksploatowanym przez rybołówstwo przybrzeżne. Planując prace refulacyjne należy uwzględnić okresy tarła ryb. Proces deponowania urobku czerpalnego może wpłynąć także na okresowe zakłócenie tarła oraz na wypłoszenie z danego rejonu ryb płaskich (np. stornia, skarp) (Wolnomiejski 1997).

#### **Plany naukowe:**

- Przeprowadzone badania zainspirowały mnie do podjęcia dalszych „kroków” w celu poznania nowych zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego, które wprowadzane są do środowiska naturalnego
- Kolejne moje plany badawcze wiążą się z badaniami nad poznaniem tzw. pojawiających się zanieczyszczeń (**Contaminants of Emerging Concern, CECs**) w Zalewie Wiślanym i Lagunie Weneckiej. CECs definiuje się jako syntetyczne lub występujące naturalnie substancje chemiczne, które wcześniej nie były wykrywane (lub były wykrywane w znacznie mniejszych stężeniach) oraz

nie są często monitorowane w środowisku, ale które mogą przedostać się do środowiska i wywołać niekorzystne skutki ekologiczne, jak również dla zdrowia ludzkiego. Pojawiające się zanieczyszczenia są ważne, ponieważ ryzyko, jakie stanowią dla zdrowia ludzkiego i środowiska naturalnego, nie jest jeszcze w pełni zrozumiałe. Realizacja tych planów będzie odbywać się w ramach międzynarodowego projektu **CLAMOR (emerging Contaminants in LAGoons: MOonitoring and management strategies)** złożonego do INTERREG CENTRAL EUROPE. W ramach projektu, który rozpocznie się w 2019 r. nawiążę współpracę naukowo-badawczą m.in. z Uniwersytetem w Wenecji (Włochy), Consortium for the coordination of research activities concerning the Venice Lagoon System (CORILA) (Włochy), Helmholtz Centre for Environmental Research (Niemcy)

- Planuję również kontynuację badań dotyczących problemów związanych z urobkiem czerpalnym oraz jego zagospodarowaniem, wykorzystując również doświadczenia ekspertów zrzeszonych w międzynarodowej grupie eksperckiej Central Dredging Association (CEDA), której jestem członkiem
- Moje plany badawcze wiążą się również z bardzo aktualnym problemem jakim są **zanieczyszczenia atmosfery przez statki**. Przepisy o zapobieganiu zanieczyszczeniu powietrza przez statki określono w Aneksie VI do konwencji MARPOL 73/78, który został do niej dodany w 1997 roku i wszedł w życie 19 maja 2005 roku. Przepisy dotyczą ograniczeń emisji szkodliwych dla środowiska substancji, do których należą tlenki azotu (NOx), tlenki siarki (SOx), zanieczyszczenie stałe (PM) substancji zubożające warstwę ozonową (halony i freony) oraz lotne związki organiczne (VOCs). Zmieniony w 2015 r. załącznik VI wprowadził m.in. bardziej rygorystyczne limity zawartości siarki w paliwie żegludowym stosowanym w obszarach kontroli emisji SOx, w tym na Morzu Bałtyckim. Na statkach wprowadza się nowe technologie kontroli emisji. Do nich należy instalacja systemu oczyszczania spalin, tzw. scrubber. Jednakże ocena efektywności oraz utylizacja zużytych systemów stanowią problem, który wymaga opracowania stosownych rozwiązań.

## Literatura

- Accardi-Dey A., Gschwend P.M. Reinterpreting literature sorption data considering both absorption into organic carbon and adsorption onto black carbon. *Environ. Sci. Technol.* 37, 99-106, 2003
- Ahrens M.J., Depree C.V. Inhomogeneous distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in different size and density fractions of contaminated sediment from Auckland Harbour, New Zealand: an opportunity for migration. *Mar. Pollut. Bull.* 48, 341-350, 2004
- Alzieu C. Environmental impact of TBT: the French experience. *Science of the Total Environment* 258: 99-102, 2000

- Andrulewicz E., Szymelfenig M., Urbański J., Węśławski J.M., Węśławski S. Morze Bałtyckie – o tym warto wiedzieć, Zeszyty Zielonej Akademii, zeszyt nr 7, 2008, [on line] [dostęp 28.06.2018]. Dostępne w:  
[http://cgis.oig.ug.edu.pl/CentrumGIS/dane/morze\\_baltyckie.pdf](http://cgis.oig.ug.edu.pl/CentrumGIS/dane/morze_baltyckie.pdf)
- Backlund P., Holmbom B., Lepakoski E. Industrial Emissions and Toxic Pollutants. Abo Akademi University, The Baltic Environment, Session 5, Upsala 1992
- Balicka M. Międzynarodowe konwencje jako globalne narzędzie zarządzania chemikaliami. Chemia, Zdrowie, Środowisko, Biuletyn BSIPCh, Nr 2, Marzec 2011
- Ballschmiter K., Global distribution of organic compounds. Environ. Carcinogen. Rev. C9, 1-46, 1991
- Ballschmiter K. Transport and fate of organic compounds in the global environment. Angew. Chem. Int. Ed. Engl. 31(5), 487–515, 1992
- Ballschmiter K. Persistent, ecotoxic, and bioaccumulative compounds and their possible environmental effects. Pure. Appl. Chem. 68, 1771–1780, 1996
- Ballschmiter K., Hackenberg R., Jarman W.M., Looser R., Man-made chemicals found in remote areas of the world: the experimental definition for POPs. Environ. Sci. Pollut. Res. 9(4), DOI: 10.1007/BF02987503, 274-288, 2002
- Ballschmiter K., Scholz Ch., Buchert H., Zell M., Figge K., Polzhofer K., Hoerschelmann H., Studies of global baseline pollution. Fresenius Z. Anal. Chem. 309(1), 1-7, 1981
- Balon J., Maciejowski W., Geoekologia dla architektów krajobrazu, Instytut Architektury Krajobrazu, Politechnika Krakowska, Kraków, 2012
- Balon J., Malara H., Wpływ człowieka na środowisko przyrodnicze ziemi myślenickiej. [W:] German K. (red.) Monografia Ziemi Myślenickiej t. 3, Geografia, Universitas, Kraków, 117-128, 1993
- Barcelo D., Petrovic D. (eds.). Sustainable management of sediment resources. Vol. 1, Sediment Quality and Impact Assessment of Pollutants, ELSEVIER, 333 pp., 2007, ISBN-13: 978-0-444-51967-7
- Barrie L.A., Arctic air pollution: an overview of current knowledge. Atmosph. Environ. 20, 643-663, 1986
- Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal. Text of Convention [on line] [dostęp 28.06. 2018]. Dostępne w:  
<http://www.basel.int/text/documents.html>
- Beyer A., Mackay D., Matthies M., Wania F., Webster E. Assessing long-range transport potential of persistent organic pollutants. Environ Sci Technol 34, 699–703, 2000
- Birch G., Siaka M., Owens C. The source of anthropogenic heavy metals in fluvial sediments of a rural catchment: Cocks River, Australia. Water, Air, Soil Pollut., 126, 1/2: 13-35, 2001
- Bordas F., Bourg A. Effect of solid/liquid ratio on the remobilization of Cu, Pb, Cd and Zn from polluted river sediment. Water, Air, Soil Pollut., 128: 391–400, 2001
- Bortone G., Palumbo L. (eds.). Sustainable management of sediment resources. Vol. 2, Sediment and Dredged Material Treatment, ELSEVIER, 209 pp., 2007, ISBN-13: 978-0-444-51963-4

- Bray R.N. (ed.). Environmental aspects of dredging, Taylor & Francis Group, 386 pp., 2008, ISBN: 978-0-415-45080-5
- Breitholtz M., Hill C. Bengtsson B.E., Toxic Substances and Reproductive Disorders in Baltic Fish and Crustaceans, *Ambio* 30, 210-216, 2001
- Bucheli T.D., Blum F., Desaulles A., Gustafson O. Polycyclic aromatic hydrocarbon, black carbon, and molecular markers in soils of Switzerland. *Chemosphere* 56, 1061–1076, 2004
- Burton G.A., Landrum P.F. Toxicity of sediments. In: Middleton, G.V., Church, M.J., Corigilo, M., Hardie, L.A., Longstaffe, F.J. (Eds.), *Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 748–751, 2003
- Chin-Chang H., Gwo-Ching G., Santschi P., Wade T. Relationship between carbonaceous materials and polychlorinated biphenyls (PCBs) in the sediments of the Danshui River and adjacent coastal areas, Taiwan. *Chemosphere* 65, 1452–1461, 2006
- Coelho R., Monteiro P., Abecasis D., Blot J.Y., Gonçalves J.M.S. Macrofauna assemblages in a XVII<sup>th</sup> century shipwreck: comparison with those on natural reefs and sandy bottoms, *Brazilian Journal of Oceanography*, 60(4), 447-462, 2012
- Collier B.D., Cox G.W., Johanson A.W., Miller Ph.C., *Ekologia dynamiczna*. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 544 s., 1978
- Cyberska B., *Temperatura wody. Zasolenie wód Basenu Gdańskiego*. [W:] A. Majewski (red.), *Zatoka Gdańska*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 187-204, 237-255, 1990
- Czarnomski K. Priorytety w gospodarce odpadami trwałymi zanieczyszczeń organicznych (TZO). Materiały Seminarium - Priorytety Krajowego Programu Wdrażania Konwencji Sztokholmskiej, GF/POL/SEM.3/R.8, Warszawa 2003
- Czarnomski K., Izak E. Trwałe zanieczyszczenia organiczne w środowisku, Instytut Ochrony Środowiska, Materiały informacyjne, Warszawa 2008
- Dembska G., Gryniewicz M., Wiśniewski S., Aftanas B. Physical and chemical investigation of the state of the Gdańsk dumping ground as a site for disposing sea-area dredged spoils, *Protection of air and waste problems*, vol. 38, no. 1, 2004
- EPA, Persistent Organic Pollutants: A Global Issue, A Global Response. December 2009 [on line] [dostęp 28.06.2018 r.] Dostępne w: <https://www.epa.gov/international-cooperation/persistent-organic-pollutants-global-issue-global-response>
- Fisk A.T., Norstrom R.J., Cymbalisty C.D., Muir D.C.G. Dietary Accumulation and Depuration of Hydrophobic Organochlorines: Bioaccumulation parameters and their relationship with the octanol/water partition coefficient. *Environ. Toxicol. Chem.* 17, 951–961, 1998
- Gerlach S.A., Oxygen conditions improve when the salinity in the Baltic Sea decreases. *Mar. Pollut. Bull.* 28(7), 413-416, 1994
- Geyer H.J., Scheunert I., Brugemaann R., Matthies M., Steinberg Ch., Zitko V., Kettrup A., Garrison W. The Relevance of Aquatic Organisms Lipid Content to the Toxicity of Lipophilic

- Chemicals: Toxicity of Lindane to Different Fish Species, *Ecotox. Environ. Safety* 28, 53-70, 1994
- Gregory D. Experiments into deteriorating characteristics of materials on the Duart Point wreck site: an interim report, *Int. J. Naut. Archaeol.* 24, 61-65, 1995
- Gromiec M.J. Rola Parlamentu Europejskiego w pracach nad Ramową Dyrektywą Wodną, *Gospodarka Wodna* 12, 500-502, 2001
- Ghosh U., Zimmerman J.R., Luthy R.G. PCB and PAH speciation among particle types in contaminated harbor sediments and effects on PAH bioavailability. *Environ. Sci. Technol.* 37, 2209–2217, 2003
- Heberer T., Dünnebier U., DDT metabolite bis(chlorophenyl)acetic acid: the neglective environmental contaminant. *Environ. Sci. Technol.* 33, 23646-2351, 1999
- Heise S. (ed.). Sustainable management of sediment resources. Vol. 3, *Sediment Risk Mngement and Communication*, ELSEVIER, 278 pp., 2007, ISBN-13: 978-0-444-51965-8
- HELCOM Guidelines for Management of Dredged Material at Sea and HELCOM Reporting Format for Management of Dredged Material at Sea Adopted by HELCOM 36-2015 on 4 March 2015
- HELCOM Convention 1992. [on line] [dostęp 28.06.2018 r.] Dostępne w:  
<http://www.helcom.fi>
- Howsam M., Jones K. Sources of PAHs in the environment. [W:] PAHs and related compounds: 137-174. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1998
- Huang W., Peng P., Yu Z., Fu J. Effects of organic matter heterogeneity on sorption and desorption of organic contaminants by soils and sediments. *Appl. Geochem.* 18, 955–972, 2003
- Iwata H., Tanabe S., Sakai N., Tatsukawa R. Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface, seawater and the role of ocean on their global transport and fate. *Environ. Sci. Technol.* 27, 1080–1098, 1993
- Jiao L., Zheng G., Minh T., Richardson B., Chen L., Zhang Y., Yeung L., Lam J., Yang X., Lam P., Wong M. Persistent toxic substances in remote lake and coastal sediments from Svalbard, Norwegian Arctic: Levels, sources and fluxes. *Environ. Pollut.* 157, 1342-1351, 2009
- Jonkers M.T., Koelmans A.A. Sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated biphenyls to soot and soot-like materials in the aqueous environment: mechanistic considerations. *Environ. Sci. Technol.* 36, 3725-3734, 2002
- Kamrin M.A., Ringer R.K. PCB residues in mammals: a review, *Toxicol. Environ. Chem.* 41, 63-84, 1994
- Kargulewicz I., Olendrzyński K. Emisja do atmosfery trwałych zanieczyszczeń organicznych, *Archiwum Odlewnictwa, Rocznik* 2, Nr 3, 2002, PAN – Katowice PL ISSN 1642-5308
- Kawano M., Inoue T., Wada T., Hidaka H., Tatsukawa R. Bioconcentration and residue patterns of chlordane compounds in marine animals: invertebrates, fish, mammals, and seabirds. *Environ Sci Technol* 22, 792–797, 1988
- Kennish M.J., Ruppel B.E., DDT contamination in selected estuarine and coastal marine finfish and shellfish of New Jersey. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 31, 256-262, 1996

- Koelmans A.A., Jonkers M.T.O., Cornelissen G., Bucheli T.D., Van Noort P.C.M., Gustafsson O. Black carbon: the reverse of its dark side. *Chemosphere* 63, 365–377, 2006
- Koistinen J., Stenman O., Haahti H., Suonperae M., Paasivirta J. Polychlorinated diphenyl ethers, dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and biphenyls in seals and sediment from the Gulf of Finland. *Chemosphere* 35, 1249–1269, 1997
- Konwencja Helsińska, HELCOM 1992, Dz.U. 2000 nr 28 poz. 347
- Konwencja OSPAR (98/249/WE), Dziennik Urzędowy Wspólnot Europejskich z dn. 7 października 1997, L 104, 03.04.1998. [on line] [dostęp 28.06.2018 r.] Dostępne w: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128061/>
- Lindstrom M. Urban land use influences on heavy metal fluxes and surface sediment concentrations of small lakes. *Water, Air, Soil Pollut.*, 126, 3–4: 363–383, 2001
- Lloyd-Smith M. The Synergy of Chemical Conventions; Opportunities and Obstacles – an NGO Perspective. [on line] [dostęp 28.06.2018 r.] Dostępne w: <http://cwm.unitar.org/publications/publications/cbl/synergy/pdf/cat1/submission/ipen.pdf>
- London Convention (1972), Guidelines for the sampling of sediment intended disposal at sea. Doc. LC/SG 25/11/Add.1, 2002.
- Looser R., Ballschmiter K. Biomagnification of polychlorinated biphenyls (PCBs) in freshwater fish. *Fresenius J. Anal. Chem.* 360, 816–819, 1998
- Łomniewski K., Mańkowski W., Zaleski J., *Morze Bałtyckie*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, 5-31, 1975
- Murray M.W., Andren A.W. Precipitation scavenging of polychlorinated biphenyl congeners in the Great Lakes region, *Atmosph. Environ.* 26A, 883-897, 1992
- Namieśnik J., Górecki T., Wardencki W., Zygmunt B., Torres L. Secondary effects and pollutants of the environment, *Pol J Environ Stud.*, vol. 1, no 3, 5-28, 1993
- Nehring I., Staniszevska M., Falkowska L., Human hair, Baltic Grey Seal (*Halichoerus grypus*) fur and Herring Gull (*Larus argentatus*) feathers as accumulators of bisphenol A and alkylphenols, *Arch Environ Contam Toxicol.* No. 72(4), 552-561, 2016.  
DOI: 10.1007/s00244-017-0402-0
- Niemirycz E. Halogenowe związki organiczne w ekosystemach wodnych i odpływ tych związków do Morza Bałtyckiego, Gdynia 2006
- Normant M., Chrobak M., Szaniawska A. The Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (Decapoda: Grapsidae) from Polish waters, *Oceanol.* 42, 233-237, 2002
- Oehme M., Manö S., The long-range transport of organic pollutants to the Arctic. *Fres. Z. Analyt. Chem.* 319, 141-146, 1984
- OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material at Sea (Agreement 2014-06)
- Paasivirta J. (ed). New types of persistent halogenated compounds. [In:] *The Handbook of Environmental Chemistry*, Vol 3, Part K, Springer Verlag, Heidelberg, 2000

- Pfeifer O., Ballschmiter K. Halogenated methyl-phenyl ethers (anisols) in the environment: Determination of vapor pressures, aqueous solubilities, Henry's law constants, and gas/water- (K<sub>gw</sub>), n-octanol-water- (K<sub>ow</sub>) and gas /n-octanol (K<sub>go</sub>) partition coefficients. *Fresenius J. Anal. Chem.* 271, 598–606, 2001
- Ramamoorthy S., Ramamoorthy S. Chlorinated organic compounds in the environment. Lewis Publishers, 1997
- RDSM ( 2008/56/WE) Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej z dn. 17 czerwca 2008, L 164/19, 25.6.2008. [on line] [dostęp 28.06.2018 r.] Dostępne w:  
[www.hel.u.g.edu.pl/pro-baltic/Dyrektywa\\_ramowa\\_w\\_sprawie\\_strategii\\_morskiej.pdf](http://www.hel.u.g.edu.pl/pro-baltic/Dyrektywa_ramowa_w_sprawie_strategii_morskiej.pdf)  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0056&from=EN>
- Reiss D., Rihm B., Thoni C., Faller M. Mapping stock at risk and release of zinc and copper in Switzerland - dose response functions for runoff rates derived from corrosion rate data. *Water, Air, Soil Pollut.*, 159: 101–113, 2004
- Rocher V., Azimi S., Gasperi J., Beuvin L., Muller M., Moilleron R., Chebbo G. Hydrocarbons and metals in atmospheric deposition and roof runoff in Central Paris. *Water, Air, Soil Pollut.*, 159: 67–86, 2004
- Rocznik Statystyczny Województwa Pomorskiego 2017, Wyd. Urząd Statystyczny w Gdańsku, Gdańsk, ISSN 1640-0046
- Sanchez-Gracia L., Cato I., Gustafsson O. Evaluation of the influence of black carbon on the distribution of PAHs in sediments from along the entire Swedish continental shelf. *Mar. Chem.* 119, 44–51, 2010
- Sapota G., Szaniawska A., Normant M. Contamination by persistent organic pollutants of the invasive species from the Baltic Sea region. *Oceanological and Hydrobiological Studies vol. XXXIV Supplement 1*, 239-248, 2005
- Scheringer M. Persistence and spatial range as endpoints of an exposure-based assessment of organic chemicals. *Environ Sci Technol* 30, 1652–1659, 1996a
- Scheringer M. Persistence and spatial range as endpoints of an exposure-based assessment of organic chemicals (Vol 30, PG 1652, 1996). *Environ Sci Technol* 30, 2660–2660, 1996b
- Singh D.K., Agarwal H.C., Persistence of DDT and nature of bound residues in soil at higher altitude. *Environ. Sci. Technol.* 29, 2162-2174, 1995
- Sjoblom A., Håkansson K., Allard B. River water metal speciation in a mining region – the influence of wetlands, limning, tributaries, and groundwater. *Water, Air, Soil Pollut.*, 152: 173–194, 2004
- Skowron P., Małuch I. Trwałe związki organiczne zanieczyszczające środowisko przyrodnicze i żywność, Projekt „Kształcenie kadr dla innowacyjnej gospodarki opartej na wiedzy w zakresie agrochemii, chemii i ochrony środowiska (Inno-AgroChemOś)”, 2015
- Smaranda C., Gavrilescu M. Migration and fate of persistent organic pollutants in the atmosphere – a modeling approach, *EEMJ* 7(6), 743-761, 2008
- Sparks D. Toxic metals in the environment: the role of surfaces. *Elements*, 1, 4: 193, 2005



- Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. Text of Convention [on line] [dostęp 28.06.2018]. Dostępne w:  
<http://chm.pops.int/TheConvention/Overview/TextoftheConvention/tabid/2232/Default.aspx>
- Szarejko A., Namieśnik J. The Baltic Sea as a dumping site of chemical munitions and chemical warfare agents. *Chem. Ecol.* 25, 13-26, 2009
- Tanabe S, Hidaka H., Kawano M., Tatsukawa R., Global distribution and atmospheric transport of chlorinated hydrocarbons: HCH isomers and DDT compounds in the Western Pacific, Eastern Indian and Antarctic Ocean. *J. Ocean. Soc. Japan.* 38, 137-148, 1982
- Tanabe S, Hidaka H., Tatsukawa R., PCBs and chlorinated hydrocarbon pesticides in Antarctic atmosphere and hydrosphere. *Chemosphere* 12, 277-288, 1983
- Teršič T., Gosar M., Šajn R. Impact of mining activities on soils and sediments at the historical mining area in Podjubeľ, NW Slovenia. *J. Geochem. Explor.*, 100: 1-10, 2009
- The Guardian, 1 June 2018, Antibiotic apocalypse: EU scraps plans to tackle drug pollution, despite fears of rising resistance [on line] [dostęp 28.06.2018]. Dostępne w:  
<https://www.theguardian.com/environment/2018/jun/01/antibiotic-apocalypse-eu-scrap-plans-to-tackle-drug-pollution-despite-fears-of-rising-resistance>; Tagesschau, 01.06.2018, [Medikamente in Umwelt – Nebenwirkungen weiter zu befürchten](http://www.tagesschau.de/inland/arsneimittel-umwelt-101.html)  
<http://www.tagesschau.de/inland/arsneimittel-umwelt-101.html>
- Tremblay L., Kohl S.C., Ric, J.A., Gagne J.P. Effects of temperature, salinity and dissolved humic substances on the sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons to estuarine particles. *Mar. Chem.* 96, 21-35, 2005
- Uścińowicz Sz. (red.), *Geochemia osadów powierzchniowych Morza Bałtyckiego*, Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, 2011, ISBN 978-83-7538-813-8
- Wheeler A.J. Environmental controls on shipwreck preservation: the Irish context, *J. Archaeol. Sci.* 29, 1149-1159, 2002
- WHO, AMR in the WHO European Region, 2018, [on line] [dostęp 28.06.2018]. Dostępne w:  
<http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/antimicrobial-resistance/about-amr/amr-in-the-who-european-region>
- Witt G. Polycyclic aromatic hydrocarbons in water and sediment of the Baltic Sea, *Mar. Pollut. Bull.* 31, 237-248, 1995
- Wodarg D., Graeve M., Distribution of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the pelagial of the Pomeranian Bay, *Oceanol. Stud.* 4, 39-45, 1996
- Wolnomiejski N., *Hydrobiologiczna charakterystyka otwartych wód Wolińskiego Parku Narodowego (Zalew Szczeciński, Zatoka Pomorska)*. Woliński Park Narodowy [maszynopis], 1997
- Zietz B. P., Nordholt G., Ketseridis G., Pfeiffer E.H., Mutagenicity of Baltic seawater and the relation to certain chemical and microbiological parameters. *Mar. Pollut. Bull.* 42, 845-851, 2001
- Żukowska B., Pacyna J., Namieśnik J., Modelowanie procesów migracji zanieczyszczeń organicznych w środowisku wodnym, *ECE S, 14(S4)*, 199-216, 2007.

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

Moja kariera zawodowa od samego początku związana była z morzem i jego problemami. Moje zainteresowanie morzem i badaniami środowiska morskiego rozwinęło się jeszcze w liceum (lata 1975-1979) i zaowocowało w 1979 r. wyborem kierunku studiów: oceanografia biologiczna na Wydziale Biologii i Nauk o Ziemi Uniwersytetu Gdańskiego. W trakcie studiów zajmowałam się badaniem wartości energetycznej organizmów bentosowych, czego efektem była moja praca magisterska pt. *Wartość energetyczna omułka (*Mytilus edulis*) z Zatoki Gdańskiej w zależności od wieku i klasy długości*, której promotorem była prof. dr hab. Anna Szaniawska. Pracę z wynikiem bardzo dobrym obroniłam w 1984 r. Wyniki tej pracy zostały opublikowane w 1987 r. (zał. 4, pkt II. D, a) publikacje przed doktoratem, poz. 1).

W 1985 r. podjęłam pracę w Wydawnictwie Morskim, w Redakcji czasopisma Technika i Gospodarka Morska, gdzie miałam możliwość zapoznania się z szerokim spektrum zagadnień związanych z morzem (m.in. zarządzanie i gospodarka morska oraz obowiązujące przepisy prawne). Wiedzę i doświadczenie zdobyte w tej pracy wykorzystałam w latach późniejszych mojej pracy podczas realizacji międzynarodowych projektów.

W 1986 r. rozpoczęłam pracę w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, w Oddziale Morskim w Gdyni, gdzie zajęłam się badaniem zawartości substancji biogennych w wodzie morskiej w ramach Zintegrowanego Programu Monitoringu Morza Bałtyckiego HELCOM/COMBINE realizowanego przez IMGW. W następnych latach rozszerzyłam zakres zainteresowań o badania abiotycznych (woda, zawiesina, osady) i biotycznych (plankton, bentos, ryby) elementów środowiska morskiego pod względem zanieczyszczenia trwałymi związkami organicznymi (TZO), jak również związanymi z tym zagadnieniami analitycznymi i metodycznymi. W pierwszych latach pracy brałam również regularnie udział w rejsach monitoringowych na statku badawczym r/v Hydromet, a później r/v Baltica. Podczas rejsów, których celem są badania kontrolne prowadzone w polskiej strefie Morza Bałtyckiego, uczestniczyłam w pobieraniu próbek wody morskiej, powierzchniowych i rdzeniowych osadów dennych, jak również w pobieraniu próbek organizmów morskich: zooplanktonu i fitoplanktonu za pomocą siatek planktonowych oraz zoobentosu z zastosowaniem czerpacza oraz dragi dennej. Próbki pobierane były do badań parametrów fizykochemicznych, biologicznych oraz substancji zanieczyszczających: metali ciężkich i trwałych związków organicznych. Udział w rejsach pozwolił mi na zapoznanie się prawidłowymi procedurami pobierania próbek, co ma zasadnicze znaczenie w procesie zapewnienia jakości analiz dla ostatecznego wyniku badań. Wiedza ta jest również niezbędna do właściwej interpretacji wyników w aspekcie środowiskowym. Swoją wiedzę oraz umiejętności praktyczne w pobieraniu próbek wody oraz zastosowaniu specyficznych procedur do analiz TZO doskonaliłam w 1994 r. w rejsie na niemieckim statku badawczym r/v Gauss należącym

do Niemieckiej Agencji Morskiej i Hydrograficznej w Hamburgu. Doświadczenie zdobyte we współpracy z niemieckimi naukowcami zaowocowało opracowaniem metody oznaczania pestycydów chloroorganicznych i PCB w próbkach wody morskiej polegającej na ekstrakcji do fazy stałej, jaką jest amberlit XAD-2. Metoda została zgłoszona do ICES (International Council for the Exploration of the Seas) jako propozycja rutynowej metodyki. Metodę wprowadziłam także do rutynowych analiz wody morskiej wykonywanych w IMGW. Szeroko zakrojone badania prowadziłam w ramach Zintegrowanego Programu Monitoringu Morza Bałtyckiego HELCOM/COMBINE oraz badań własnych. Szczególnie godne podkreślenia są badania zawartości TZO (m.in.: polichlorowanych bifenyli, DDT i jego metabolitów, izomerów HCH, HCB) w próbkach morskich, które prowadziłam przy wykorzystaniu techniki chromatografii gazowej – GC/ECD i GC/FID oraz chromatografii gazowej w połączeniu z spektrometrem mas - GC/MS.

Wyniki tego etapu mojej działalności naukowej zostały upowszechnione w dziesięciu publikacjach (zał. 4, pkt II. D, a) publikacje przed doktoratem, poz. 2-11) oraz w formie 1 referatu i 5 posterów na konferencjach naukowych o zasięgu ogólnopolskim i międzynarodowym (zał. 4, pkt II. K, a) referaty przed doktoratem, poz. 1, b) postery przed doktoratem, poz. 1-6).

W tym czasie również poszerzałam swoją wiedzę oraz doskonaliłam umiejętności analityczne na 2 krajowych i 2 międzynarodowych kursach (zał. 4, pkt II. L, a) staże, poz. 1-4). W 1995 r. uczestniczyłam w miesięcznym kursie zorganizowanym przez Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA) i SSPA Maritime Consulting AB. Celem szkolenia było poszerzenie wiedzy nt. zapobiegania rozlewom olejowym na morzu, jak również praktyczne zapoznanie się z najnowszymi technikami i stosowanym sprzętem. Wiedzę zdobytą podczas szkolenia miałam okazję wykorzystać w późniejszym etapie mojej pracy przy projekcie realizowanym na rzecz Ministerstwa Środowiska. Natomiast w ramach współpracy polsko-szwedzkiej w latach 1995-1997 odbyłam staż naukowy na Uniwersytecie w Lund (Szwecja) na Wydziale Ekotoksykologii pod kierunkiem prof. Pera Larssona. W ramach stażu dopracowywałam metodyki oznaczania trwałych zanieczyszczeń organicznych w próbkach środowiskowych oraz prowadziłam badania zawartości TZO (kongenerów PCB, DDT i jego metabolitów, izomerów HCH, HCB) w wodzie, osadach dennych, próbkach zawiesiny, planktonu, organizmach bentosowych i rybach. Opracowane przeze mnie metody zostały wykorzystane do oznaczania węglowodorów chlorowanych i polichlorowanych bifenyli w próbkach monitoringowych analizowanych w ramach Zintegrowanego Programu Monitoringu Morza Bałtyckiego HELCOM/COMBINE. Natomiast wyniki badań oraz analizy zależności między poziomem zanieczyszczenia a zawartością lipidów oraz miejscem zajmowanym przez dany organizm w piramidzie troficznej, zawarłam w rozprawie doktorskiej pt. *Bioakumulacja węglowodorów chlorowanych w sieci troficznej Zatoki Gdańskiej*, której promotorem była prof. dr hab. Anna Szaniawska.

Rozprawę doktorską obroniłam w marcu 2001 r. na Wydziale Biologii, Geografii i Oceanologii Uniwersytetu Gdańskiego. Stworzony przeze mnie model sieci troficznej oraz bioakumulacji i biomagnifikacji poszczególnych TZO dla Zatoki Gdańskiej jest do dzisiaj wykorzystywany jako przykład na zajęciach dydaktycznych związanych z problemami zanieczyszczenia Morza Bałtyckiego. Wyniki tego etapu działalności naukowej zostały również przedstawione w 10 publikacjach (wyszczególnionych w zał. 4, pkt II. A, poz. 1-3; pkt II. D, b) publikacje po doktoracie, poz. 1-6) oraz w formie 5 referatów i 9 posterów na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym (zał. 4, pkt II. K, c) referaty po doktoracie, poz. 1, 3, 5, 6, 7, d) postery po doktoracie, poz. 1-8, 11)

W 2006 roku rozpoczęłam pracę w Instytucie Morskim w Gdańsku w Zakładzie Ochrony Środowiska jako adiunkt, gdzie poza obowiązkami funkcyjnymi (z-ca Kierownika Zakładu, Kierownik Techniczny Laboratorium, Kierownik ds. Jakości) zakres mojej pracy obejmuje sporządzanie wniosków projektowych, prowadzenie projektów krajowych i międzynarodowych, sporządzanie ekspertyz, opracowań, raportów i sprawozdań z wynikami badań, raportów z badań monitoringowych środowiska oraz raportów ocen oddziaływania na środowisko inwestycji realizowanych na morzu. Dotyczy to problematyki wydobywania, kłapowania, a także praktycznego zastosowania tzw. urobku czerpalnego z portów i torów wodnych, składowania odpadów oraz planów zagospodarowania odpadów, inwestycji takich jak rurociągi i gazociągi posadawiane w dnie Bałtyku oraz budowa farm wiatrowych.

Praca w IMG jest kontynuacją mojej dotychczasowej kariery naukowej, co wyraziło się kontynuacją badań TZO w osadach z rejonu północnego Spitsbergenu oraz w tkance mięśniowej i wątrobach dorsza *Gadus morhua* L. z rejonu SW Morza Barentsa. Wyniki badań zostały przedstawione w 2 publikacjach (zał. 4, pkt II. A, poz. 5 i 7) oraz w formie 1 referatu i 1 posteru na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym (zał. 4, pkt II. K, c) referaty po doktoracie, poz. 4; d) postery po doktoracie, poz. 10).

W tym czasie w kręgu moich zainteresowań w ramach pracy naukowo-badawczej znalazły się kolejne grupy zanieczyszczeń antropogenicznych jakimi są metale, zanieczyszczenia metaloorganiczne oraz tzw. dioksyny. Wyniki badań dotyczących metali zostały przedstawione w 4 publikacjach (zał. 4, pkt I. B, poz. 6; pkt II.D, b) publikacje po doktoracie, poz. 14, 15, 17), wielu opracowaniach (zał. 4, pkt II. E) oraz w formie 4 posterów na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym (zał. 4, pkt II. K, d) postery po doktoracie, poz. 22, 33, 34, 66). Spośród związków metaloorganicznych zajęłam się badaniem związków cynoorganicznych (tributylocyny – TBT, dibutylocyny – DBT i monobutylocyny – MBT), które wykazują wysoką tendencję do sorpcji na cząstkach stałych (zawiesina, osady denne) i stanowią istotne zagrożenie dla biocenozy morskich. Prace naukowo-badawcze z zakresu analiz związków cynoorganicznych prowadziłam również w

ramach działalności statutowej finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (zał. 4, pkt II. I, poz. 24). Wynikiem przeprowadzonych badań było opracowanie procedury badawczej oznaczania związków butylocyny w osadach oraz akredytowanie tych analiz w Laboratorium ZOŚ. Nadmienię, że Laboratorium ZOŚ jest jedynym w Polsce laboratorium posiadającym akredytację PCA na ww. badania. Wyniki badań TBT zostały także przedstawione w dwóch publikacjach (zał. 4, pkt II. D, b) publikacje po doktoracie, poz. 12 i 13). Pierwsza publikacja obejmowała zagadnienia metodyczne związane z oznaczaniem związków cyny w osadach morskich, druga dotyczyła występowania i przemian związków cynoorganicznych w morskich osadach dennych oraz możliwości „zatrzymania” TBT w osadach podczas procesu stabilizacji. Wyniki badań zostały również przedstawione w formie 3 referatów i 3 posterów na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym (zał. 4, pkt II. K, c) referaty po doktoracie, poz. 16, 23, 32; d) postery po doktoracie, poz. 32, 38, 40). Do jednych z najbardziej niebezpiecznych zanieczyszczeń należą również dioksyny obejmujące grupę 75 polichlorowanych dibenzo-p-dioksyn (PCDD) oraz 135 polichlorowanych dibenzofuranów (PCDFs), z których 17 ma najbardziej toksyczne właściwości oraz dioksynopodobnych polichlorowanych bifenyli (dl-PCB). Bardzo szerokie studium uwarunkowań dystrybucji dioksyn w osadach z kłapowisk strefy przybrzeżnej Zatoki Gdańskiej i okolic port Kłajpeda przeprowadziłam w ramach projektu ECODUMP oraz prac naukowo-badawczych realizowanych jako działalność statutowa finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (zał. 4, pkt II. I, poz. 29). Wyniki badań zostały przedstawione w formie 1 publikacji, 4 referatów i 2 posterów na konferencjach naukowych o zasięgu krajowym i międzynarodowym (zał. 4, pkt II. D, b) publikacje po doktoracie, poz. 16; pkt II. K, c) referaty po doktoracie, poz. 2, 18, 29, 33; d) postery po doktoracie, poz. 53, 57).

Praca w IMG została również ukierunkowana na szeroko pojęte zagadnienia związane z gospodarką morską oraz zarządzaniem zasobami środowiska morskiego. Praca badawczo-rozwojowa w zakresie problematyki wydobywania, zagospodarowania i zarządzania urobkiem czerpalnym została wsparta dwoma dużymi międzynarodowymi projektami: SMOCS i ECODUMP. Celem projektu **SMOCS (Sustainable Management of Contaminated Sediments)** (zał. 4, pkt II. I, poz. 1) było zbadanie możliwości zastosowania technologii stabilizacji osadów pochodzących z pogłębiania obszarów portowych jako alternatywnej drogi zagospodarowania zanieczyszczonego urobku. W ramach projektu przeprowadzono z powodzeniem dwa studia przypadku: w szwedzkim porcie Gävle oraz fińskim porcie Kokkola. Unikalne wyniki uzyskane w skali całego projektu pozwoliły na opracowanie wytycznych do zrównoważonego zagospodarowania zanieczyszczonych osadów, których jestem współautorem. Przewodnik uzyskał również przychylne rekomendacje HELCOM do stosowania w rejonie Morza Bałtyckiego. W ramach krajowego projektu współfinansowanego do międzynarodowego projektu SMOCS finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa

Wyższego (zał. 4, pkt II. I, poz. 2) uzyskałam również fundusze na zakup aparatury (Multiwave 3000 - system do mineralizacji mikrofalowej próbek firmy Anton Paar, Destylarka K-360 oraz piec do mineralizacji ze skrubierem firmy Buschi), która pozwoliła na rozszerzenie zakresu działalności Laboratorium ZOŚ. Projekt SMOCS został również projektem flagowym Strategii Unii Europejskiej dla regionu Morza Bałtyckiego. W 2012 r. wraz z przedstawicielami Zarządu Morskiego Portu Gdynia S.A. (partner projektu) za projekt pt. „Wykonanie nawierzchni placowej w Porcie Gdynia z wykorzystaniem metody stabilizacji zanieczyszczonego urobku w ramach projektu SMOCS” zdobyłam **I nagrodę w kategorii Specjalny Pomysł Innowacyjny** na I Forum Innowacji Transportowych, które odbyło się w Krakowie.

Prestżowym osiągnięciem było również zaproszenie mnie w 2010 r. jako organizatora sesji tematycznej na konferencji **The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Asia/Pacific Conference**, która odbyła się w Guangzhou (Chiny), gdzie również w formie referatu prezentowałam wyniki projektu SMOCS.

Jednym z celów projektu **ECODUMP (Application of ecosystem principles for the location and management of offshore dumping sites in SE Baltic region)** (zał. 4, pkt II. I, poz. 4) było opracowanie kompleksowych wytycznych dotyczących ekosystemowej metodyki wyboru miejsca deponowania osadów czerpalnych w morzu oraz zarządzania przybrzeżnymi kładowiskami w południowo-wschodnim rejonie Morza Bałtyckiego w kontekście zmniejszenia zagrożeń dla środowiska i przyrody morskiej oraz poprawy jakości korzystania z zasobów morskich. Drugim celem było opracowanie wytycznych do program monitorowania i kontroli miejsc deponowania urobku. W efekcie powstały przewodniki w języku polskim i angielskim (zał.4, pkt II. D c) poz. 3 i 4, pkt. II. E, poz. 6, 52). Istotny jest fakt, że według opracowanego programu od 2019 r. będzie prowadzony monitoring miejsc deponowania urobku zlokalizowanych w polskiej strefie południowego Bałtyku. Rezultaty prac przeprowadzonych w obu projektach były również prezentowane w formie 23 referatów i 21 posterów na licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych (zał. 4, pkt II. K, c) referaty po doktoracie, poz. 8-17, 19- 30, 33; d) postery po doktoracie, poz. 32, 38-47, 50, 51, 53-56, 58- 61).

Moje doświadczenie w kwestii badania zagadnień związanych z urobkiem czerpalnym oraz jego późniejszym zagospodarowaniem znajduje również uznanie w branży portowej, co przejawia się stałą współpracą z Portami w Gdyni i Gdańsku. W latach 2014-2015 byłam kierownikiem projektu realizowanego dla Zarządu Morskiego Portu Gdynia S.A. pt. **Badanie osadów dennych z akwenów portowych przeznaczonych pod realizację projektu „Pogłębianie toru podejściowego i akwenów wewnętrznych Portu Gdynia etap I-III”**. Był to niezwykle istotny dla Portu Gdynia projekt ściśle związany ze strategią jego rozwoju. W ramach projektu wykonano prekursorską ocenę osadów przeznaczonych do tzw. „wyczerpania”. Na podstawie zestawienia własności analizowanych

substancji oraz wyników badań stężeń poszczególnych składników dla każdej ze 195 analizowanych próbek osadu dennego wyliczono % masowy dla poszczególnych grup substancji określonych w załączniku nr 3 do Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 13.05.2004 r. w sprawie warunków, w których uznaje się, że odpady nie są niebezpieczne (Dz. U. 2004 r., Nr 128 poz. 1347). Procent masowy dla substancji rakotwórczych (kategoria 1, 2), rakotwórczych (kategoria 3), szkodliwych na rozrodczość (R60 i R61), szkodliwych na rozrodczość (R62 i R63), mutagennych (R46) oraz mutagennych (R40) obliczono jako sumy stężeń składników zakwalifikowanych do danej grupy substancji. Na tej podstawie określono, że osad pobrany w rejonie dawnej stoczni Marynarki Wojennej jest zanieczyszczony i nie może być odłożony na kłapowisku. W ramach tego projektu powstały 3 ekspertyzy i 3 obszerne opracowania uwzględniające opis wyników badań wraz z ekspertyzą potencjalnego oddziaływania inwestycji na środowisko (zał. 4, pkt II. E, poz. 8, 9, 32, pkt III. M, poz. 15-17).

Moja działalność naukowa, szczególnie związana z problematyką wydobywania, zagospodarowania i zarządzania urobkiem czerpалnym, została doceniona na arenie międzynarodowej i w 2016 r. zostałam zaproszona jako przedstawiciel Polski do udziału w pracach międzynarodowej grupy eksperckiej **Central Dredging Association (CEDA)** - CEDA Environment Commission (**CEC**), zajmującej się m.in. rozwiązywaniem problemów związanych z pogłębianiem oraz promowaniem zrównoważonych metod i opracowywaniem wytycznych do zagospodarowania urobku czerpалnego. Do zadań grupy należy również wspieranie rządów państw oraz organów odpowiedzialnych za zarządzanie urobkiem poprzez dostarczanie wiedzy eksperckiej, ułatwianie współpracy przy pomocy multidyscyplinarnej sieci kontaktów zawodowych oraz przez wymianę doświadczeń. CEDA jest częścią World Organization of Dredging Associations (WODA) działającą na obszarze Europy. W 2018 r. organizowałam międzynarodowe Sympozjum **CEDA-MIG Joint Symposium on Advances in Dredging Technology**, gdzie prowadziłam również jedną z sesji tematycznych.

Od początku mojej pracy w IMG kontynuuję także badania dotyczące substancji biogennych w środowisku morskim, które rozpoczęłam w IMGW na samym początku mojej kariery zawodowej. Długoletnie doświadczenie w tej dziedzinie zaowocowało udziałem w **konsorcjum PolMar** oraz współautorstwem „Koreferatu do raportu TargRev (HELCOM)” wykonanego dla Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (zał. 4, pkt III. E, poz. 1). Prowadzenie tego typu badań jest nadal bardzo istotne, ponieważ ładunki substancji odżywczych dostające się do Bałtyku są nadal stosunkowo wysokie, a eutrofizacja pozostaje jednym z najpoważniejszych zagrożeń środowiska morskiego. Brałam również udział w szeroko zakrojonych badaniach warunków fizyko-chemicznych wód i osadów dennych środkowego wybrzeża Morza Bałtyckiego. Badania m.in. zawartości trwałych zanieczyszczeń organicznych, metali oraz substancji biogennych prowadzono w ramach projektów zamawianych

dotyczących badania środowiska morskiego na potrzeby oddziaływania morskich farm wiatrowych na Bałtyku (zał. 4, pkt II. E, poz. 55-69, pkt III. M, poz. 3-12) oraz gazociągu podmorskiego (zał. 4, pkt II. E, poz. 109, 110, pkt III. M, poz. 13, 14). Przeprowadzone kompleksowe badania oraz rozpoznane zależności pomiędzy parametrami posłużyły do oceny oddziaływania na środowisko planowanych inwestycji oraz uzyskania pozwoleń środowiskowych na budowę. Badania substancji biogenych prowadziłam również w ramach działalności statutowej finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (zał. 4, pkt II. I., poz. 17, 23, 30). Wyniki wieloletnich badań zostały zaprezentowane w 4 publikacjach (zał. 4, pkt I. B, poz. 6; pkt II. D, b) publikacje po doktoracie, poz. 7, 9, 10) oraz wielu opracowaniach, ekspertyzach i raportach (zał. 4, pkt II. E). Rezultaty badań były również prezentowane w formie 1 referatu oraz 17 posterów na licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych (zał. 4, pkt II. K, b) postery przed doktoratem, poz. 5; c) referaty po doktoracie, poz. 34; d) postery po doktoracie, poz. 1, 9, 12, 14, 15, 17, 19, 20, 23, 24, 27, 28, 35, 52, 63, 64).

Koordynowałam również prace monitoringowe stanu środowiska jako kierownik trzech projektów: **Wykonanie badań monitoringowych stanu środowiska w rejonie Grupowej Oczyszczalni ścieków „Dębogórze” w Dębogórze-Wybudowanie (2014-2015), Monitoring elementów fizykochemicznych wód powierzchniowych na obszarze projektu LIFE13 NAT/PL/000050 "Renaturyzacja sieci hydrograficznej w Basenie Środkowym doliny Biebrzy. Etap II" (2015-2018)** oraz **Badanie stanu jakości wód Kanału Raduni (wraz z oceną oraz odniesieniem do badań z roku 2012)**, a także uczestniczyłam w projekcie **Pilotażowe wdrożenie monitoringu gatunków i siedlisk morskich w latach 2015-2018** (zał. 4, pkt II. I, poz. 13; pkt III. F, poz. 2-4). Istotą tego projektu jest opracowanie planu monitoringu oraz opracowanie metody oceny stanu zachowania gatunków i siedlisk morskich oraz stanu środowiska wód morskich na potrzeby wdrażania Dyrektywy Siedliskowej i Ramowej Dyrektywy ws. Strategii Morskiej, opracowanie metodyk badań wraz z instrukcjami i formularzami do prowadzenia i gromadzenia obserwacji terenowych na stanowiskach badawczych (monitoringowych) dla gatunków i siedlisk morskich, dla których nie ma opracowanych powszechnie przyjętych metodyk oraz korekta w razie konieczności metodyk istniejących, w tym metodyk Państwowego Monitoringu Środowiska. W ramach tego projektu przygotowano wstępny projekt techniczny bazy danych poświęconej tematyce monitoringu gatunków i siedlisk morskich, której zadaniem będzie wspomaganie procesu gromadzenia wyników z badań (prac terenowych) oraz wspieranie procesu zarządzania monitoringiem (z tzw. modułem do wspierania sieci obserwacyjnej).

Kolejnym obszarem moich zainteresowań naukowych są zanieczyszczenia olejowe. To zainteresowanie rozwinęło się już na początku mojej kariery zawodowej, kiedy w 1995 r. uczestniczyłam w miesięcznym kursie zorganizowanym przez Swedish International Development Cooperation Agency (SIDA) i SSPA Maritime Consulting AB. Celem szkolenia było poszerzenie wiedzy nt. zapobiegania rozlewom olejowym na morzu, jak również praktyczne zapoznanie się z



najnowszymi technikami i stosowanym sprzętem. Wiedzę zdobytą podczas szkolenia miałam okazję wykorzystać w latach 2012-2016 przy realizacji projektu na rzecz Ministerstwa Środowiska. Projekt był jednym z elementów wspierających Krajowy Plan Gospodarki Odpadami. Jest to niezwykle ważny aspekt gospodarki morskiej, ponieważ użytkowanie morza, jak każda inna działalność gospodarcza powoduje powstawanie odpadów. W przypadku normalnej eksploatacji odpady, w tym również odpady olejowe gromadzone są w portach. Zarządzanie i zagospodarowanie tych odpadów objęte jest portowymi planami gospodarki odpadami i ten system powiązany jest z wojewódzkimi planami gospodarki odpadami (WPGO) i dalej z planem krajowym (KPGO). Jednakże w przypadku incydentalnego zanieczyszczenia morza niezależnie od natury (celowe, bądź na skutek wypadku) oraz miejsca pochodzenia (morze - ląd) powstają dwa strumienie odpadów, których zagospodarowanie nie jest objęte ani portowym planami, ani KPGO. Polska, jako państwo jest stroną międzynarodowych konwencji chroniących środowisko morskie w pojęciu ogólnym (Konwencja OPRC), a w szczególności środowisko Morza Bałtyckiego (Konwencja Helsińska) i posiada plany reagowania w przypadku incydentalnego zanieczyszczenia morza. Natomiast głównym celem realizowanego projektu było powiązanie Krajowego Planu Zwalczania Zagrożeń i Zanieczyszczeń Środowiska Morskiego oraz Krajowego Planu Gospodarki Odpadami tak, aby powstające w wyniku akcji zwalczania zanieczyszczeń odpady olejowe mogły być zagospodarowane racjonalnie i w zgodzie zarówno z interesem państwa, jak i lokalnej społeczności. Projekt został poprzedzony przez wykonanie pracy pt. „Studium przygotowawcze do realizacji projektu pn.: Plan zagospodarowania odpadów z rozlewów olejowych powstałych na skutek wypadków morskich”. (zał. 4, pkt II. I, poz. 6, 12). Rezultatem projektu są dwa obszerne raporty (zał. 4, pkt III. M, poz. 1-2) oraz seria szkoleń nt. „Planu zagospodarowania odpadów z rozlewów olejowych pochodzących z wypadków morskich” dla przedstawicieli administracji morskiej, które zostały przeprowadzone w Gdańsku, Słupsku i Szczecinie w 2016 r., a których byłam współorganizatorem oraz jednym z wykładawców.

Równoległe prowadziłam również prace naukowo-badawcze nad zanieczyszczeniem wód i osadów dennych związkami ropopochodnymi w ramach działalności statutowej finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (zał. 4, pkt II. I, poz. 19, 20, 25, 28) oraz badań własnych i komercyjnych. Efektem tych badań są liczne ekspertyzy i opracowania (zał. 4 pkt II. E), 3 publikacje i 1 monografia (zał. 4, pkt II. A, poz. 8; pkt II. D, b) publikacje po doktoracie, poz. 11, 13, 18; c) monografie, autorstwo rozdziału, prace o zasięgu międzynarodowym lub krajowym, poz. 2) oraz 6 posterów przedstawionych na konferencjach o zasięgu krajowym i międzynarodowym (zał. 4, pkt II. K, d) postery po doktoracie, poz. 31, 36, 40, 48, 49, 62).

Poza działalnością naukowo-badawczą od 2013 r. pełnię także funkcje kierownicze w Zakładzie Ochrony Środowiska. W latach 2013-2016 pełniłam obowiązki Kierownika Technicznego Laboratorium. Zakres moich obowiązków związanych z tą funkcją obejmował m.in. pieczę nad

aparaturą badawczą będącą na wyposażeniu Laboratorium, co wiąże się ze znajomością obsługi oraz stosowania różnorodnych technik i metod badawczych (wagowych, potencjometrycznych, konduktometrycznych, spektrofotometrycznych, chromatograficznych, spektrometrycznych oraz metody IR). Do moich obowiązków należało również przygotowywanie wniosków na zakup aparatury, prowadzenie rejestru wyposażenia pomiarowego oraz rejestru odczynników i certyfikowanych materiałów odniesienia (CRM), opracowywanie harmonogramu wzorcowania wyposażenia pomiarowego w celu zapewnienia spójności pomiarowej zgodnie z wymogami normy PN-EN ISO/IEC 17025 – Ogólne wymagania dotyczące laboratoriów badawczych i wzorcujących.

Od 2016 r. pełnię także obowiązki z-cy Kierownika Zakładu Ochrony Środowiska oraz Kierownika ds. Jakości. Ta ostatnia funkcja związana jest z zapewnieniem ciągłości akredytacji Laboratorium ZOŚ nadanej przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA). W ramach moich obowiązków jako Kierownika ds. Jakości zajmuję się opracowywaniem polityki jakości oraz wdrażaniem właściwego systemu zarządzania jakością w Laboratorium ZOŚ, który obejmuje nadzór nad dokumentami, przegląd zamówień i ofert, obsługę klienta, nadzorowanie niezgodnych z wymaganiami badań, audyty wewnętrzne i zewnętrzne oraz działania korygujące i zapobiegawcze, nadzór nad zapisami, przeglądy zarządzania i walidacje metod badawczych. Funkcja Kierownika ds. Jakości wiąże się z dużą odpowiedzialnością za utrzymanie akredytacji Laboratorium, która przekłada się na wymierne korzyści jakimi są m.in. zwiększenie prestiżu Laboratorium, usprawnienie jego działalności, stosowanie wysokiej klasy aparatury badawczej, jasno sprecyzowane zakresy odpowiedzialności i uprawnień kadry, możliwość doskonalenia systemu zarządzania oraz uzyskiwanie wyników badań o dużej dokładności i wiarygodności. Uzyskiwanie wiarygodnych wyników, szczególnie w przypadku pomiarów środowiskowych jest kwestią podstawową, ze względu na to, że stanowią one podstawę oceny stanu środowiska w zakresie różnych parametrów i służą do podejmowania decyzji odnośnie zarządzania środowiskiem. Jednym ze sposobów kontrolowania jakości prowadzonych oznaczeń jest udział w badaniach biegłości (PT) i porównaniach międzylaboratoryjnych (ILC). W trakcie swojej pracy brałam udział osobiście, jak również koordynowałam udziałem Laboratorium ZOŚ w wielu tego typu badaniach i porównaniach organizowanych przez instytucje krajowe i międzynarodowe. Wyniki uzyskane zarówno przez mnie, jak i Laboratorium ZOŚ potwierdziły naszą biegłość analityczną w szerokim zakresie analiz, czego wyrazem jest certyfikat akredytacji (nr AB 646) Polskiego Centrum Akredytacji. Bardzo dobre wyniki uzyskiwane w badaniach biegłości oraz doświadczenie w wykonywaniu analiz w wodach morskich znalazły swoje odzwierciedlenie w zaproszeniu Laboratorium ZOŚ do udziału w certyfikacji materiałów odniesienia (CRM) w zakresie substancji biogenych w wodzie morskiej przez firmę EUROFINS.

Prace nad walidacją metod analitycznych jako kluczowego elementu weryfikacji ich przydatności do określonych celów w Laboratorium były również przedmiotem prac naukowo-badawczych prowadzonych w ramach działalności statutowej finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (zał. 4, pkt II. I., poz. 18, 19, 20, 25, 28). Rezultaty prac związanych z opracowywaniem i walidacją metod zostały również zaprezentowane w rozdziale monografii **Chromatografia w praktyce**, 5 publikacjach (zał. 4, pkt II. A, poz. 6; pkt II. D, b) publikacje po doktoracie, poz. 9, 10, 12, 18; pkt II. D, c) monografie, autorstwo rozdziału, prace o zasięgu międzynarodowym lub krajowym, poz. 2) oraz przedstawione w formie 10 posterów na licznych konferencjach krajowych i międzynarodowych (zał. 4, pkt II. K, d) postery po doktoracie, poz. 25, 26, 29, 30, 31, 36, 37, 48, 49, 52).

W 2015 i 2016 roku opublikowałam, na zaproszenie czeskiego Wydawnictwa 2 THETA ASE, rozdziały o metodach pobierania próbek wody morskiej w książkach pt. **Pobieranie próbek środowiskowych cz. I i II.**

Ukończyłam także szkolenia organizowane przez PCA oraz POLLAB z zakresu metrologii, systemu zarządzania laboratorium oraz dokumentowania systemu zarządzania po nowelizacji normy PN-EN ISO/IEC 17025 (zał. 4, pkt III. L, b) szkolenia, poz. 1, 3, 4).

Innym wymiarem mojej pracy w IMG jest stała współpraca międzynarodowa, utrzymywanie kontaktów z zagranicznymi instytucjami naukowymi oraz szukanie nowych tematów, wyzwań i możliwości współpracy, jak również rozszerzanie zakresu i możliwości badawczych Laboratorium ZOŚ. Efektem tej części mojej działalności są liczne wnioski projektowe, które przygotowywałam i składałam do programów zarówno krajowych, jak i międzynarodowych. Cztery wnioski (w tym jeden grant aparaturowy) złożone przeze mnie do programów krajowych oraz pięć wniosków złożonych do programów międzynarodowych uzyskało finansowanie. Natomiast dwa wnioski złożone w 2018 r. do programów UE oczekują na recenzje.

W ostatnich latach byłam też wielokrotnie zapraszana do recenzowania artykułów naukowych w renomowanych międzynarodowych czasopismach, takich jak: "Desalination" (1 recenzja), „Science of the Total Environment” (1 recenzja), „Journal of Soils and Sediments” (1 recenzja), „Oceanological and Hydrobiological Studies” (1 recenzja), „Logistyka” (4 recenzje), co zaowocowało napisaniem w sumie **9 recenzji**. Wszystkie te recenzje napisane były w języku angielskim.

Aktualnie jestem kierownikiem z ramienia Instytutu Morskiego w Gdańsku w projekcie **Modelowanie wpływu gospodarstw rolnych i struktur użytkowania terenu zlewni na przykładzie Gminy Puck na jakość wód lądowych i morskich zlokalizowanych w strefie przybrzeżnej Morza Bałtyckiego - Zintegrowany Serwis informacyjno-predykcyjny WaterPUCK**, realizowanego w ramach Programu BIOSTRATEG NCBiR. Projekt jest realizowany w latach 2017–2020. Głównym celem

projektu jest ocena wpływu gospodarstw rolnych i struktury użytkowania Gminy Puck na zanieczyszczenie zlewni wód powierzchniowych, gruntowych i w konsekwencji morskich związkami azotu, fosforu i pestycydami w rejonie Zatoki Puckiej **za pomocą modeli komputerowych**. W ramach tego projektu Instytut Morski prowadzi badania zawartości pestycydów (również nowej generacji oraz ich metabolitów) w glebach, rowach melioracyjnych, ciekach i wodach podziemnych. Wyniki posłużą do walidacji i zasilenia modeli komputerowych. Serwis informacyjno-predykcyjny **WaterPUCK** z kolei pozwoli na kompleksowe spojrzenie na całość procesów, ich predykcję oraz wpływ na statut środowiskowy Zatoki Puckiej. Dzięki innowacyjnemu podejściu będzie możliwe oszacowanie wpływu badanych czynników na procesy zachodzące w Zatoce Puckiej. Pionierskie jest kompleksowe podejście do problemu – połączenie badań in situ, prac teoretycznych i modelowych oraz wzięcie pod uwagę czynników pomijanych przy wcześniejszych badaniach.

### Podsumowanie

**(dokładne zestawienie znajduje się w Załączniku nr 4)**

- Po uzyskaniu stopnia doktora brałam **udział w 20 projektach (w tym 11 komercyjnych)**, spośród których w **8** byłam kierownikiem. Sześć z tych projektów to projekty międzynarodowe finansowane przez Komisję Europejską. Trzy projekty są bieżąco realizowane.
- Ogółem w skład mojego dorobku wchodzi **56 oryginalnych prac**. Po doktoracie opublikowałam **45 prac naukowych**: w tym 16 artykułów w czasopismach z bazy Journal Citation Reports (JCR) i 29 w innych czasopismach międzynarodowych i krajowych znajdujących się poza bazą JCR lub jako rozdziały w książkach (lub monografiach). Odliczając przedłożone osiągnięcie naukowe mój dorobek publikacyjny po doktoracie obejmuje **39 publikacji**.
- Jestem też autorką i współautorką **270** opracowań i ekspertyz, w tym **49** raportów dokumentujących prace naukowo-badawcze w ramach projektów oraz **17** ekspertyz wykonanych na zamówienie.
- Sumaryczny **Impact Factor (IF)** moich publikacji według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania to **15,698**
- Według bazy Web of Science mój **Indeks Hirscha (h-indeks)** wynosi **3**, a liczba cytowań: **67** (dane z dnia 21.09.2018 r.)  
Według bazy Scopus mój **Indeks Hirscha = 4**, a liczba cytowań = **41** (dane z dnia 21.09.2018 r.)

- Sumaryczna punktacja MNiSW za publikacje naukowe po uzyskaniu stopnia doktora wynosi: **340 pkt**, a po odjęciu 170 pkt za osiągnięcie habilitacyjne wynosi **170 pkt**
- Byłam autorem lub współautorem **35** prezentacji (referatów) z czego **29** wygłosiłam osobiście oraz **73** posterów prezentowanych na konferencjach międzynarodowych i krajowych
- Wykonałam łącznie **9** recenzji artykułów dla renomowanych czasopism międzynarodowych i krajowych
- Organizowałam i prowadziłam sesję tematyczną na konferencji **The Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) Asia/Pacific Conference**, GUANGZHOU (Chiny) w 2010 r., **Seminarium podsumowujące projekt SMOCS** (Sustainable Management of Contaminated Sediments) w 2012 r. oraz **CEDA-MIG Joint Symposium on Advances in Dredging Technology** w 2018 r., gdzie prowadziłam jedną z sesji tematycznych
- Od 2016 r. jestem członkiem grupy eksperckiej **Central Dredging Association (CEDA)**, **CEDA Environment Commission (CEC)** zajmującej się problemem zagospodarowania urobku czerpalnego. Od 2018 r. jestem ekspertem w Sekcjach **IMO: Ochrony Środowiska Morskiego (MEPC)** oraz **Zapobiegania i Reagowania na Zanieczyszczenia (PPR)**. Brałam też udział w warsztatach eksperckich grupy **HELCOM/BSAP (Baltic Sea Action Plan)** oraz naradzie grupy **HELCOM/LAND** dotyczących opracowania wskaźników i celów w odniesieniu do substancji niebezpiecznych
- Brałam też udział w programach i wydarzeniach edukacyjnych i popularno-naukowych: np. w ramach Bałtyckiego Festiwalu Nauki i 65-Wszechnicy Biebrzańskiej. Oceniałam osiągnięcia (wykłady i plakaty) młodych naukowców na Konferencji „CHEMIA, GEOCHEMIA I OCHRONA ŚRODOWISKA MORSKIEGO” oraz prowadziłam szkolenia dla przedstawicieli administracji morskiej. W Zakładzie Ochrony Środowiska byłam opiekunem 3 staży oraz prowadziłam szkolenia z Systemu Zarządzania Laboratorium i Polityki Jakości dla 9 stażystów
- Wykonałam również **15 prac naukowo-badawczych** w ramach działalności statutowej finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, z czego byłam kierownikiem **5 prac**
- w Zakładzie Ochrony Środowiska (ZOŚ) pełniłam funkcję Kierownika Technicznego Laboratorium (2013-2016) oraz pełnię obecnie funkcję z-cy Kierownika ZOŚ (od 2016 r.) i Kierownika ds. Jakości (od 2016 r.).

*Gracyna Pawłowska-Sapota*