

dr Tomasz Wolski  
Wydział Nauk o Ziemi  
Uniwersytet Szczeciński  
ul. Mickiewicza 18, 70-383 Szczecin

Szczecin, 2017-06-30

## AUTOREFERAT

### 1. Imię i Nazwisko

Tomasz Wolski

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

- Magister geografii, specjalność - geografia morza, Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk o Morzu, tytuł pracy magisterskiej - *Sezonowa i wieloletnia zmienność wahań poziomu wód Morza Bałtyckiego*, data: 17.07.1996 r., promotor pracy – prof. dr hab. inż. Bernard Wiśniewski
- Doktor nauk o Ziemi, specjalność – geografia, Uniwersytet Szczeciński, Wydział Nauk Przyrodniczych, tytuł rozprawy doktorskiej - *Prądy jeziora Dąbie i ich związek z reżimem hydrologicznym obszaru ujściowego Odry*, data: 07.02. 2005 r., promotor rozprawy – prof. dr hab. inż. Bernard Wiśniewski

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

- od 01.10. 1996 - do chwili obecnej – Uniwersytet Szczeciński
- w okresie: 01.10.1996 r. – 30.09.2004 r. asystent w Zakładzie Oceanografii Fizycznej, Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego
  - od 01.10.2004 – 31.03.2005 – wykładowca w Zakładzie Oceanografii Fizycznej, Wydziału Nauk Przyrodniczych Uniwersytetu Szczecińskiego
  - w okresie od 01.04.2005 do 30.09.2014 – adiunkt w Zakładzie Oceanografii Fizycznej, Wydziału Nauk Przyrodniczych (od września 2008 – Wydziału Nauk o Ziemi) Uniwersytetu Szczecińskiego
  - od 01.10.2014 do chwili obecnej - adiunkt w Pracowni Hydrologii Morskiej Strefy Brzegowej , Wydziału Nauk o Ziemi, Uniwersytetu Szczecińskiego

### 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:

#### a) tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym jest rozprawa habilitacyjna (monografia) pt. *Czasowa i przestrzenna charakterystyka ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego*.

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

**Tomasz Wolski**, *Czasowa i przestrzenna charakterystyka ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego*, 2017, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Rozprawy i Studia T. (MXXXVI) 952,

recenzenci wydawniczy: *prof. dr hab. Adam Choiński, prof. UG, dr hab. Roman Cieśliński*

**c) omówienie celu osiągnięcia naukowego oraz jego najważniejszych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania**

Podstawowe materiały badawcze na których oparta została moja rozprawa habilitacyjna zostały zebrane w ramach realizacji projektu naukowego Narodowego Centrum Nauki – pt. „Ekstremalne poziomy wód na wybrzeżach Morza Bałtyckiego” (projekt 2011/01/B/ST10/06470), którym kierowałem w latach 2011-2014 (projekt omówiono w części 5.3g autoreferatu). Po zakończeniu projektu kontynuowałem szczegółowe, wieloaspektowe badania i analizy dotyczące ekstremalnych poziomów wód morza Bałtyckiego, które następnie przedstawiłem w opublikowanej w 2017 roku rozprawie habilitacyjnej. Przy pisaniu monografii wykorzystałem też moje wcześniejsze prace badawcze (monografia współautorska i artykuły), w swoich treściach nawiązujące do zagadnień ujętych w rozprawie (omówiono je w części 5.1 autoreferatu).

Oryginalnym moim osiągnięciem w rozwój badań nad hydrologią Bałtyku jest ujęte w rozprawie **przedstawienie problemu występowania ekstremalnych poziomów morza i wezbrań sztormowych w ujęciu przestrzennym – w odniesieniu do całości wybrzeży Morza Bałtyckiego wraz z Cieśninami Duńskimi**. Dotychczasowe prace poświęcone wezbraniom sztormowym i ekstremalnym poziomom morza (poza niektórymi publikacjami dotyczącymi modelowania poziomów morza) dotyczyły w większości przypadków wybrzeży poszczególnych państw nadbałtyckich albo obejmowały tylko część bałtyckich wybrzeży.

Drugim moim ważnym wkładem w badania Morza Bałtyckiego jest przedstawiona w rozprawie **próba uwzględnienia w analizach ekstremalnych poziomów morza, czynnika tzw. fali barycznej (poduszki wodnej pod niżem) czyli zniekształcenia powierzchni morza przez szybki i głęboki niż baryczny**. Dotychczas czynnik ten był niedoceniony w literaturze światowej, a na plan pierwszy w publikacjach z zakresu oceanografii wysuwana była przede wszystkim aktywna rola wiatru, co nie pozwoliło na pełne wytłumaczenie mechanizmu kształtowania się zdarzeń ekstremalnych, jakimi są powodzie w strefie

brzegowej morza a także bardzo niskie poziomy morza zagrażające bezpieczeństwu żeglugi oraz stabilności budowli hydrotechnicznych.

**Celem pracy było zaprezentowanie czasowej i przestrzennej charakterystyki ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego poprzez analizę tendencji wieloletnich zmian poziomów ekstremalnych i ustalenie ich geograficznego wzorca.**

**Przyjęto tezę, iż do wystąpienia ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego, zmieniających się na skutek zmian klimatu, przyczyniają się w różnym stopniu napelnienie Bałtyku, oddziaływanie wiatru oraz zniekształcenie powierzchni morza przez szybki niż baryczny, a samo rozmieszczenie tych ekstremów zależy przede wszystkim od ekspozycji części wybrzeży w stosunku do torów niżów, charakterystyki batymetrycznej i morfologicznej strefy brzegowej oraz lokalizacji wodowskazów w stosunku do otwartych akwenów Morza Bałtyckiego.**

Osiągnięcie celu pracy było możliwe poprzez wykonanie poszczególnych zadań badawczych, które wynikły z moich wieloletnich badań nad problematyką zmian poziomu morza. Do najważniejszych zadań badawczych zrealizowanych w rozprawie habilitacyjnej należą:

- ustalenie geograficznego wzorca w rozmieszczeniu ekstremalnych poziomów morza zarówno z okresu wielolecia jak i z okresów sezonowych ,
- analizę zmian ekstremalnych poziomów morza w wieloleciu 1960–2010 a także wyznaczenie prawdopodobieństwa ich występowania,
- obliczenie stopnia zależności pomiędzy wskaźnikami cyrkulacji atmosfery a maksymalnymi, średnimi i minimalnymi poziomami morza,
- ustalenie głównych typów wezbrań sztormowych oraz charakterystykę ich przebiegu podczas wybranych sytuacji sztormowych,
- porównanie danych pomiarowych poziomu morza z danymi prognostycznymi modelu HIROMB.

Aby wszystkie zadania badawcze zostały zrealizowane, w pierwszej kolejności zgromadziłem **szeroki zbiór rzeczywistych danych obserwacyjnych poziomów morza** dla kilkudziesięciu stacji wodowskazowych (od 37 do 49) z wielolecia 1960–2010 . Okres ten został wybrany jako możliwie najdłuższy przedział czasowy wynikający z różnej dostępności danych pomiarowych poziomów morza w państwach nadbałtyckich. Drugą niezbędną czynnością służącą realizacji postawionych zadań było **przyjęcie jednego poziomu odniesienia** dla różnych systemów wysokości w pomiarach poziomu morza, stosowanych i

obowiązujących w państwach nadbałtyckich. Pozwoliło mi to na przestrzenne zobrazowanie parametrów ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego. **Cenną właściwością tej pracy jest to, iż zebrane dane hydrologiczne są danymi wysokiej rozdzielczości z pomiarem poziomu morza przeprowadzonym co godzinę.** Taka właściwość danych źródłowych, połączona z długim, 51-letnim okresem analizowanych zjawisk, nie była spotykana w dotychczasowych pracach badawczych dotyczących hydrologii Morza Bałtyckiego.

W **rozdziale pierwszym** rozprawy habilitacyjnej zawarłem genezę pracy oraz przedstawiłem cel i zadania badawcze pracy.

We wstępie **drugiego rozdziału** przy pomocy analizy skupień wydzieliłem osiem akwenów Morza Bałtyckiego charakteryzujących się podobnym rytmem wahań poziomów wód (Bałtyk Zachodni, Cieśniny Duńskie z Skagerrakiem i Kattegatem, Bałtyk Południowy, Bałtyk Centralny, Bałtyk Północny, Zatoka Botnicka, Zatoka Fińska oraz Zatoka Ryska). Było to niezbędne w celu przeprowadzenia dalszych analiz ekstremalnych poziomów morza ale dokonywanych już w ramach regionalizacji geograficznych stacji pomiarowych. Dalsza część rozdziału to charakterystyka fizjograficzna obszaru badań oraz tych elementów klimatu, które mają wpływ na dynamikę wód (cyrkulacja atmosfery, niż baryczne, pole wiatru).

**Trzeci rozdział pracy** to charakterystyka uwarunkowań wystąpienia ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego. Zawarto w nim opis czynników kształtujących poziomy wód Bałtyku, definicje i kryteria wydzielenia wezbrań sztormowych, przegląd literatury dotyczący wezbrań sztormowych na Bałtyku. Zasadnicza część trzeciego rozdziału pracy służy wyjaśnieniu genezy ekstremalnych poziomów wód na Morzu Bałtyckim. Wyjaśniłem w nim wpływ trzech zasadniczych czynników powodujących występowanie ekstremalnych poziomów morza, które są efektem wezbrań i obniżeń sztormowych na wybrzeżach Bałtyku. Są to następujące czynniki [A9, D1]<sup>1</sup>:

- a) napelnienie Bałtyku (stan wyjściowy przed wystąpieniem danego poziomu ekstremalnego, )
- b) oddziaływanie styczne wiatru na danym akwenie (kierunki wiatru – dobrzegowe, odbrzegowe, prędkości wiatru i czas ich trwania),

---

<sup>1</sup> **A – numeracja publikacji z pkt. II A wykazu opublikowanych prac naukowych (załącznik 4 wniosku habilitacyjnego)**

**D – numeracja publikacji z pkt. II D wykazu opublikowanych prac naukowych (załącznik 4 wniosku habilitacyjnego)**

- c) zniekształcenie powierzchni morza przez szybko przemieszczające się nad Bałtykiem nize baryczne ( $\geq 16$  m/s), wywołujące tzw. falę baryczną (poduszkę wodną pod niżem) oraz generujące sejszopodobne wahania poziomu morza na Bałtyku.

**Czwarty rozdział** rozprawy habilitacyjnej porusza problematykę zróżnicowania geodezyjnych poziomów referencyjnych dla wybrzeży Morza Bałtyckiego. Uważam go za kluczowy rozdział pracy gdyż zawarte w nim rozwiązania (dostosowanie danych poziomów wód do jednego poziomu referencyjnego) były podstawą do dalszych analiz ekstremalnych poziomów morza zawartych w kolejnych rozdziałach pracy. Ten ważny problem badawczy rozwiązałem w dysertacji habilitacyjnej poprzez **odniesienie pozyskanych serii poziomów wód do jednego poziomu odniesienia jakim jest poziom NAP** funkcjonujący w ramach Europejskiego Wysokościowego Systemu Odniesienia (EVRS). Odpowiednie przekształcenia dokonano przy pomocy europejskiego portalu geodezyjnego Coordinate Reference Systems oraz w konsultacjach z instytutami hydrologicznymi państw nadbałtyckich. Wstępne wyniki harmonizacji poziomów wód Bałtyku, które opracowałem na niepełnej liczbie stacji wodowskazowych w ramach projektu naukowego NCN opublikowano w pracy [D24].

**W piątym rozdziale** mojej rozprawy habilitacyjnej opisałem pozyskany materiał badawczy – serie obserwacyjne poziomów morza jak również zbiór danych meteorologicznych (mapy synoptyczne, wartości ciśnienia atmosferycznego, parametry wiatru). Łącznie w pracy wykorzystano godzinowe dane maksymalnie z 49 stacji wodowskazowych w różnych zakresach czasowych. Dalsza część rozdziału piątego poświęcona jest opisowi metod badawczych, którymi posłużono się w analizach statystycznych jak również w analizach prawdopodobieństwa ekstremalnych poziomów morza.

**W rozdziale szóstym** przeprowadziłem analizy tendencji ekstremalnych poziomów wód w wieloleciu 1960-2010. Analizy te wykazały dla większości wodowskazów istnienie wyraźnej tendencji wzrostu liczby godzin występowania wysokich poziomów morza ( $\geq 70$  cm ponad NAP), wzrostu częstości wezbrań sztormowych, a także wzrostu wysokości maksymalnych rocznych poziomów morza. W okresie 1960–2010 średnio dwukrotnie zwiększyła się na Bałtyku liczba godzin z wysokimi poziomami morza a wzrost wysokości maksymalnych rocznych poziomów Morza Bałtyckiego wyniósł około  $3 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$  dla całego akwenu. Z drugiej strony zaobserwowano spadek liczby godzin z niskimi poziomami morza ( $\leq -70$  cm względem zera NAP), a także niejednoznaczne tendencje w zmianach wysokości minimalnych rocznych poziomów morza. Główną przyczyną takiego obrazu zmian jest

intensyfikacja splotu mas powietrza z kierunku zachodniego, wzrost aktywności cyklonicznej czyli nasilenia się cyrkulacji zachodniej, szczególnie widoczne w II połowie XX wieku. Ta interpretacja znajduje swoje potwierdzenie w wielu pracach badawczych dotyczących Bałtyku: Heyena i in. (1996), Suursaara i Sooäär (2007), Johansson i in. (2001), Miętusa i in. (2004), Jakusik i in. (2010). Część badaczy uważa, iż oprócz zmian w cyrkulacji atmosferycznej za wzrosty ekstremów poziomów morza odpowiada wzrost średniego poziomu Bałtyku (Rotnicki i Borzyszkowska, 1999).

**Jednym z głównych moich osiągnięć przedstawionych w rozprawie habilitacyjnej jest ustalenie tzw. geograficznego wzorca ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego** czyli wyraźnych prawidłowości regulujących występowaniem tych poziomów.

Według tego wzorca najwyższe ekstremalne poziomy morza występują w największym nasileniu w najbardziej wewnętrznych częściach wielkich zatok wschodniego i północno-wschodniego wybrzeża Bałtyku - Zatoki Ryskiej, Zatoki Fińskiej i Zatoki Botnickiej. Akweny Bałtyku Zachodniego a w szczególności Zatoka Meklemburska i Kilońska, należą do obszarów o najgłębszych obniżeniach sztormowych i najczęstszych niskich i bardzo niskich poziomach morza. Szwedzkie wybrzeże Bałtyku Centralnego i Północnego to akweny najmniej narażone na ekstremalne, zarówno wysokie, jak i niskie poziomy morza.

W dalszej części rozdziału 6 wyznaczyłem teoretyczne poziomy morza wraz z prawdopodobieństwem ich wystąpienia na podstawie rocznych poziomów maksymalnych i minimalnych zarejestrowanych na 37 stacjach wodowskazowych Morza Bałtyckiego w okresie 1960–2010. Otrzymane wyniki wskazują, że wysokości wody teoretycznej na poszczególnych stacjach wodowskazowych zależą od ich lokalizacji, a rozmieszczenie wody teoretycznej, np. wody stuletniej, jest zgodne z geograficznym wzorcem rozmieszczenia poziomów ekstremalnych. Z kolei porównanie wysokości teoretycznych maksymalnych poziomów morza dla dwóch okresów: 1910–1960 oraz 1960–2010 wykazało iż okres powtarzalności występowania tych poziomów (tzw. return period) uległ zredukowaniu co świadczy o stałym wzroście maksymalnych rocznych poziomów morza w ostatnim półwieczu. Wyznaczone w rozprawie habilitacyjnej teoretyczne poziomy morza oraz prawdopodobieństwo ich wystąpienia służą nie tylko rozpoznaniu zjawisk ekstremalnych poziomów morza i wezbrań sztormowych, ale także mogą znaleźć zastosowanie praktyczne – jako wskazówka dla projektów budowli i urządzeń hydrotechnicznych w strefach brzegowych Morza Bałtyckiego.

**Rozdział siódmy** rozprawy habilitacyjnej dotyczy analizy ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego w ciągu roku (zmiany sezonowe). Najważniejszym efektem tych analiz było ustalenie **czasu występowania wysokich ( $\geq 70$  cm) i niskich ( $\leq -70$  cm) poziomów morza w poszczególnych miesiącach roku. Ten rezultat badawczy zwizualizowany w postaci map wybrzeży Morza Bałtyckiego nie był dotychczas prezentowany w literaturze dotyczącej oceanografii i hydrologii Bałtyku. Może mieć on również znaczenie praktyczne dla służb ochrony brzegów czy też funkcjonowania torów podejściowych i portów. Czas występowania (liczba godzin) poziomów wysokich i poziomów niskich maleje od maksimum w styczniu do minimum w miesiącach maj – sierpień, a następnie wzrasta do stycznia następnego roku. Z przebiegiem rocznym czasu występowania ekstremalnych poziomów morza dobrze koresponduje liczba wezbrań sztormowych, które przeważają w miesiącach jesienno-zimowych i występują sporadycznie w okresie letnim. Przebieg roczny wezbrań sztormowych, których efektem jest występowanie wysokich i niskich poziomów morza, jest zgodny z roczną zmiennością cyrkulacji atmosferycznej zarówno w skali lokalnej, jak i regionalnej oraz globalnej. Najwyższe liczby wezbrań jesienno-zimowych to głównie efekt częstych niżów barycznych znad północnego Atlantyku w okresie największej intensyfikacji cyrkulacji zachodniej, zwłaszcza Oscylacji Północnoatlantyckiej (dodatnia faza NAO), a także wysokiego stopnia napełnienia Bałtyku. Natomiast brak wezbrań wiosenno-letnich na Bałtyku lub wezbrania sporadyczne wiążą się z osłabieniem aktywności cyrkulacyjnej atmosfery w tym okresie a także z niskim stopniem napełnienia Bałtyku.**

Potwierdzeniem wpływu zmienności cyrkulacji na ekstremalne poziomy morza było zbadanie stopnia zależności pomiędzy analizowanymi średnimi, maksymalnymi i minimalnymi poziomami Bałtyku a wskaźnikami cyrkulacji strefowej NAO i AO oraz wskaźnikiem cyrkulacji południkowej SCAND dla wszystkich miesięcy roku w wieloleciu 1960–2010. Otrzymane wyniki wskazują na **występowanie najsilniejszych związków pomiędzy NAO i AO a poziomami wód w miesiącach zimowych oraz w dalszej kolejności jesiennych.** Następną prawidłowością, którą da się zaobserwować w przeprowadzonych analizach, jest przestrzenne zróżnicowanie korelacji i jej wzrost wartości na głównych osiach Bałtyku z zachodu – na wschód oraz z południa na północ, szczególnie dobrze widoczne w miesiącach jesienno-zimowych. Takie zróżnicowanie może wynikać z tego, że przy dodatniej fazie NAO i AO (wysokie wartości) zachodnie masy powietrza rozprawdzają wody od Cieśnin Duńskich na wschodnie i północne krańce Morza Bałtyckiego, powodując nachylenie powierzchni Bałtyku z północnego wschodu na

południowy zachód. To wzmacnia wpływ indeksu NAO na poziomy morza w północno-wschodniej części i osłabia efekt w południowo-zachodniej części. Jest to zgodne z wnioskami w pracach Johansson i in. (2003), Jevrejevej i in. (2005), Ekmana (2007, 2009), czy Suursaara i Sooäär (2007) oraz Jaagusa i Suursaara (2013).

**Rozdział ósmy pracy** w którym ustaliłem trzy główne typy wezbrań sztormowych z dominującym udziałem czynnika je wywołującego jest najobszerniejszą częścią monografii habilitacyjnej. W rozdziale tym szczegółowo opisałem osiem sytuacji sztormowych, charakteryzujących się różnym stopniem napełnienia Bałtyku, wysokością wezbrania lub obniżenia sztormowego oraz zróżnicowanymi cechami niżu barycznego (prędkości postępowej niżu, ciśnienia w centrum układu, toru przemieszczania się, prędkości, kierunku i czasu oddziaływania wiatru). Na podstawie powyższych charakterystyk przyporządkowałem trzy sytuacje do typu wiatrowego, trzy kolejne do typu z przeważającym udziałem podciśnienia oraz dwie sytuacje, w których nie można było jednoznacznie określić czynnika dominującego w generacji wezbrania do typu mieszanego. Opis każdej sytuacji sztormowej kończy się podsumowaniem, w którym zawarto specyfikę danego wezbrania oraz zwizualizowano postępującą deformację powierzchni akwenu poprzez mapy chwilowych poziomów wód Morza Bałtyckiego z wybranego dnia i godziny sztormu. Sądzę iż ta wizualizacja przyczyniła się do łatwiejszego zrozumienia przestrzennych procesów dynamiki wód Bałtyku oraz ubogaciła sam opis wezbrania. Po przeprowadzonych analizach sytuacji sztormowych ustaliłem w pracy **znamienne cechy wezbrania z dominującym udziałem czynnika podciśnienia oraz wezbrania wiatrowego** co uważam za ważne moje osiągnięcie. Powyższe charakterystyki zostały umieszczone w podrozdziale 8.3 rozprawy.

**W rozdziale dziewiątym** rozprawy habilitacyjnej dokonałem swoistego podziału Morza Bałtyckiego na akweny o zróżnicowanym stopniu podatności na występowanie ekstremalnych poziomów wód. Zaprezentowałem również lokalną specyfikę poszczególnych akwenów pod kątem ekspozycji wybrzeży względem kierunku niebezpiecznych torów niżów barycznych, stosunków batymetrycznych poszczególnych akwenów, a także ich usytuowania względem otwartych wód Bałtyku. Przeprowadzone analizy potwierdzają założenia geograficznego wzorca rozmieszczenia ekstremalnych poziomów wód z wielolecia.

**Rozdział dziesiąty** rozprawy habilitacyjnej jest próbą odpowiedzi na pytanie – w jakim stopniu prognoza modelu oddaje rzeczywisty obraz chwilowych poziomów wód Morza Bałtyckiego? Pytanie to nabiera szczególnego znaczenia w sytuacjach wystąpienia ekstremalnych poziomów morza oraz ochronie brzegów i infrastruktury w strefie brzegowej.



Dlatego w niniejszym rozdziale rozprawy porównałem topografię powierzchni Bałtyku wyznaczoną z poziomów rzeczywistych (obserwowanych) oraz z prognozy modelu hydrodynamicznego HIROMB dla wybranych terminów obserwacji wodowskazów podczas czterech sytuacji sztormowych. Porównanie to wykazało, że pomimo coraz doskonalszych metod modelowania matematycznego, rosnącej ilości danych wejściowych oraz wzrastającej szybkości obliczeniowej komputerów **nadal występują znaczne różnice pomiędzy danymi prognostycznymi a danymi obserwacyjnymi w sytuacjach sztormowych**. Szczególnie duże różnice powyżej 60 cm wystąpiły dla wodowskazów zlokalizowanych w zatokach, gdzie dynamika zmienności poziomu wód jest najtrudniejsza w prognozowaniu. Model HIROMB z jednej strony najczęściej niedoszacowywał obniżen poziomów wód, szczególnie w Bałtyku Zachodnim (Zatoka Meklemburska, Zatoka Kilońska), natomiast z drugiej strony zawyżał wysokości wezbrań, głównie na obszarach Bałtyku Północnego oraz zatok: Fińskiej, Botnickiej i Ryskiej.

## **GLÓWNE OSIĄGNIĘCIA, UNIKALNE I UTYLITARNE ELEMENTY ROZPRAWY HABILITACYJNEJ**

Do głównych moich osiągnięć w rozprawie habilitacyjnej należy:

1. Utworzenie banku danych pomiarowych poziomów wód Morza Bałtyckiego o wysokiej rozdzielczości z rejestracją poziomu morza przeprowadzaną co godzinę (rozdział 5 pracy). Taka właściwość danych źródłowych, pochodzących z kilkudziesięciu stacji wodowskazowych (od 37 do 49) połączona z długim, 51-letnim okresem analizowanych zjawisk (1960-2010), nie była spotykana w dotychczasowych pracach badawczych dotyczących hydrologii Morza Bałtyckiego i daje szerokie możliwości analityczne zwłaszcza podczas sytuacji sztormowych. Dzięki szczegółowym danym można zobrazować chwilowy stan topografii powierzchni morza z wybranego dnia i godziny wielolecia 1960-2010 co sprzyja zrozumieniu przestrzennych procesów dynamiki wód Bałtyku. Dane hydrologiczne o wysokiej rozdzielczości umożliwiają również dokonywanie dokładnych ilościowych statystyk za cały analizowany okres.
2. Przyjęcie jednego poziomu referencyjnego, jakim jest poziom Normaal Amsterdams Peil (NAP), na którym oparty jest Europejski Wysokościowy System Odniesienia (EVRS) (rozdział 4 pracy). Dzięki temu przeliczono dane obserwacyjne poziomów wód morskich z poszczególnych państw nadbałtyckich do poziomu NAP i uzyskano obraz powierzchni

Bałtyku w jednolitym układzie wysokościowym. Umożliwiło to przedstawienie problemu występowania ekstremalnych poziomów morza i wezbrań sztormowych w ujęciu przestrzennym – w odniesieniu do całości wybrzeży Morza Bałtyckiego wraz z Cieśninami Duńskimi. Dotychczasowe publikacje oceanologiczne poświęcone wezbraniom sztormowym i ekstremalnym poziomom morza dotyczyły w większości przypadków wybrzeży poszczególnych państw nadbałtyckich lub wybranych akwenów Bałtyku.

3. Ustalenie geograficznego wzorca ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego czyli wyraźnych prawidłowości regulujących występowanie tych poziomów (podrozdział 6.3 pracy) a także określenie stopnia podatności poszczególnych akwenów Bałtyku na poziomy ekstremalne (rozdział 9 pracy). Znajomość specyfiki występowania ekstremalnych poziomów wód na różnych akwenach Bałtyku zawarta w monografii habilitacyjnej pozwoli na udoskonalenie metod operacyjnego prognozowania wezbrań i obniżeń sztormowych, jak również na dokładniejszą ocenę wpływu zmian klimatycznych na zagrożenia związane z występowaniem ekstremalnych poziomów morza.
4. Opracowanie map czasu występowania wysokich i niskich poziomów wód Morza Bałtyckiego dla poszczególnych miesięcy roku (podrozdział 7.2 pracy). Ten rezultat badawczy nie był dotychczas prezentowany w literaturze dotyczącej oceanografii i hydrologii Bałtyku. Może mieć on również znaczenie praktyczne dla służb ochrony brzegów czy też funkcjonowania torów podejściowych i portów a także w projektowaniu morskich budowli hydrotechnicznych czy zabezpieczeń przeciw powodziowych .
5. Docenienie i podkreślenie czynnika zniekształcenia powierzchni morza przez szybki głęboki i koncentryczny niż baryczny (czynnik podciśnienia- tzw. fala baryczna czyli poduszka wodna pod niżem) (rozdział 3 i 8 pracy). W dotychczasowej literaturze wyjaśniającej genezę ekstremalnych poziomów morza faworyzowany był czynnik wiatrowy, co nie pozwoliło na pełne wytłumaczenie procesów kształtowania się powodzi sztormowych lub zbyt niskich poziomów morza zagrażających bezpieczeństwu żeglugi i pracy portów.
6. Ustalenie znamienych cech wezbrania z dominującym udziałem czynnika podciśnienia dynamicznego niżu oraz wezbrania wiatrowego co może ułatwić działanie służb ochrony brzegu podczas zagrożeń wynikających z występowania powodzi sztormowych na danym odcinku wybrzeża (podrozdział 8.3 pracy). Poznanie cech wezbrania sztormowego pozwoli ponadto podwyższyć precyzję modeli hydrodynamicznych i pogodowych które

operacyjnie prognozują zjawiska ekstremalne w strefie brzegowej (poziomy morza, wysokości fal, prędkości i kierunki wiatru)

7. Wyznaczenie w pracy teoretycznych najwyższych i najniższych poziomów morza oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia dla kilkudziesięciu stacji wodowskazowych Morza Bałtyckiego (podrozdział 6.4 i załącznik nr 1 pracy). Parametry te służą nie tylko rozpoznaniu zjawisk ekstremalnych poziomów morza i wezbrań sztormowych, ale także mogą znaleźć szerokie zastosowanie praktyczne. Takie prognozy probabilistyczne potrzebne są w inżynierii strefy brzegowej, posadowieniu budowli hydrotechnicznych, określeniu rzędnych nabrzeży portowych i przeciwpowodziowych wałów ochronnych. Prawdopodobieństwo wystąpienia ekstremalnych poziomów wód ma również zastosowanie w zabudowie urbanistycznej i przemysłowej strefy brzegowej (np. w bezpieczeństwie eksploatacji elektrowni atomowych czy terminalach przeładunku gazu).
8. Wykazanie znaczących różnic podczas sytuacji sztormowych pomiędzy danymi pomiarowymi poziomu morza z danymi prognostycznymi pochodzącymi z najbardziej zaawansowanego obecnie na Bałtyku modelu hydrodynamicznego HIROMB (rozdział 10 rozprawy). Analiza porównawcza zawarta w monografii może przyczynić się do poprawienia sprawdzalności prognoz modeli hydrodynamicznych podczas zdarzeń sztormowych

## **5. Omówienie dorobku naukowego i pozostałych osiągnięć naukowo – badawczych**

### **5.1 Prace naukowe zgodne z tematyką rozprawy habilitacyjnej – zmienności poziomów wód oraz charakterystyki wezbrań sztormowych na polskim wybrzeżu i innych wybrzeżach Bałtyku**

Moje główne zainteresowanie badawcze obejmujące zasadniczą część dorobku naukowego to wahania poziomu wód, ich zmienność a także charakterystyka wezbrań sztormowych na polskim wybrzeżu i innych wybrzeżach Bałtyku. Ta tematyka towarzyszy mi od początku działalności naukowej (praca magisterska). Osobą, która ukształtowała moje zainteresowania badawcze, jest prof. Bernard Wiśniewski z Akademii Morskiej w Szczecinie, który wcześniej był moim wieloletnim opiekunem naukowym, przełożonym a obecnie stał się najbliższym współpracownikiem naukowym oraz współautorem większości moich publikacji. Bardzo cenię sobie również współpracę z prof. Stanisławem Musielakiem, dyrektorem Instytutu Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego. Zagadnieniem badawczym, który bardzo często przewija się w moich publikacjach to określenie tempa i

tendencji zmian poziomu morza oraz próba ich interpretacji. Analizy te wskazują na **wzrost poziomów morza zarówno średnich jak i maksymalnych w XIX i XX w. oraz wyraźne przyspieszenie tego wzrostu w ostatnich 60-ciu latach [A5, A7, D22, D23]**. Przykładowo dla Świnoujścia (okres 1811-2010) tempo wzrostu średnich rocznych poziomów morza wyniosło 0,48 mm/rok (około 5 cm / 100 lat) a dla Gdańska (okres 1886-2010) 1,61 mm/rok (16 cm/100 lat). Natomiast w ostatnim okresie (lata 1947-2010) wartości wzrostowych trendów poziomu morza są dużo wyższe (Świnoujście 1,2 mm/rok, Gdańsk 2,5 mm/rok). Dodatkowo obserwuje się wzrost amplitudy pomiędzy maksymalnymi i minimalnymi poziomami morza. Według naszych analiz **jest możliwe iż w przeciągu 100 lat na polskim wybrzeżu nastąpi wzrost poziomu morza w przedziale od 10 do 25 cm [A5, A7]**. Wartość ta jest wyraźnie niższa od prognoz zakładanych przez IPCC, które prognozują wzrost średniego poziomu morza do roku 2100 od 28 do 98 cm. W świetle powyższych wyników na eustatyczną, globalną koncepcję zmian poziomu mórz i oceanów nakładają się również czynniki lokalne. Bałtyk jest morzem wewnętrznym i zmiany wiekowe poziomu morza uwarunkowane są kontaktem z Atlantykiem. Poza wpływem globalnego ocieplenia, ekspansji termicznej (rozszerzalność cieplna wód), topnieniem lodowców i pokrywy lodowej na poziom morza mogą mieć także wpływ zmiany w lokalnych polach wiatru czy też pionowe ruchy skorupy ziemskiej w danym rejonie wybrzeża. Jednakże wyraźnie wyższe tempo zmian poziomu morza na polskim wybrzeżu w ostatnich 60-latach w porównaniu ze zmianami ponad 100-letnimi potwierdza główną rolę zmian klimatycznych, zmian cyrkulacji atmosfery (indeksu NAO) i większej ilości wezbrań sztormowych we wzroście poziomu morza. O tym ostatnim zagadnieniu pisałem w swojej monografii habilitacyjnej (2 i 6 rozdział pracy).

Obok wieloletniej zmienności i tendencji poziomów morza głównym zainteresowaniem badawczym, który przewija się w moich publikacjach to występowanie ekstremalnych poziomów morza oraz charakterystyki wezbrań sztormowych na polskim wybrzeżu oraz w obszarze ujściowym Odry. Do najważniejszych pozycji poruszających tą tematykę należy wymienić (chronologicznie): [D48, D49, D1, A2, A6, D19]. Wśród powyższej literatury pozycją podsumowującą, uzupełniającą i rozszerzającą wyniki badań wcześniejszych publikacji jest współautorska monografia: Wiśniewski, Wolski 2009 – *Katalogi wezbrań i obniżeń sztormowych poziomów morza oraz ekstremalne poziomy wód na polskim wybrzeżu [D1]*, która jest rezultatem prac zadania 5.6.3 projektu badawczego *Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce*. Istotnym celem tej publikacji było **zaprezentowanie katalogów wezbrań i obniżeń sztormowych poziomu**

**morza na polskim wybrzeżu w odniesieniu do poziomów przeciwpowodziowych ostrzegawczych i alarmowych uwzględnianych przez służby bezpieczeństwa żeglugi, osłony portów oraz służby ochrony wybrzeża.** W monografii tej na podstawie danych archiwalnych, roczników hydrologicznych i danych IMGW stworzyłem wraz z współautorem katalog wezbrań sztormowych obejmujący 252 zdarzenia z okresu 1947-2007 oraz katalog obniżeń sztormowych poziomów morza zawierający 107 terminów obniżeń za lata 1947-2006. Statystyczne analizy danych zawartych w katalogach wskazują iż liczba wezbrań sztormowych (poziom  $\geq 70$  cm względem zera wodowskazu) na polskim wybrzeżu wyraźnie wzrastała od 2 do 6 sztormów rocznie. Dużo większa jest też liczba wystąpień wezbrań sztormowych na zachodnim odcinku polskiego wybrzeża (Świnoujście – Kołobrzeg) w porównaniu do wybrzeża środkowego lub wschodniego. Gdyby uwzględnić tylko liczbę bardzo wysokich wezbrań sztormowych w poszczególnych portach (1 m ponad zero wodowskazu), to w Świnoujściu wystąpiły one w 50 przypadkach, w Kołobrzegu 53, w Uście 30, we Władysławowie 27 i w Gdańsku 40 przypadkach. W przeciwieństwie do wezbrań sztormowych liczba obniżeń sztormowych (poziom  $\leq -70$  cm względem zera wodowskazu) wzrastała tylko nieznacznie – średnio od 1,3 do 2,2 rocznie w okresie 1947-2006. Obniżenia te występowały nierównomiernie polskim wybrzeżu. Na podstawie zebranych i zweryfikowanych najdłuższych ciągów obserwacyjnych przeprowadziłem dodatkowo we współautorskiej monografii długoletnią prognozę probabilistyczną wystąpienia maksymalnych i minimalnych poziomów morza dla 5 portów polskiego wybrzeża. Przykładowo z prognozy tej wynika, iż woda 1000-letnia maksymalna może w porcie Kołobrzeg osiągnąć poziom 750,2 cm czyli 2,5 m powyżej zera wodowskazu, natomiast woda 1000-letnia minimalna może wynieść w tym samym porcie 357,5 cm czyli 143,5 cm poniżej zera wodowskazu. W pracy tej zawarto również charakterystykę zmian sezonowych ekstremalnych poziomów morza. **Wyznacznikiem tej książki jest stabelaryzowany zbiór archiwalnych, historycznych i współczesnych danych ekstremalnych poziomów morza** co pozwala na wykorzystanie wyników do dalszych prac badawczych zastępując uciążliwe poszukiwania rozproszonych danych z różnych źródeł.

**Ukończona praca nad książką podsunęła mi pomysł stworzenia katalogów wezbrań sztormowych i wykonania charakterystyki ekstremalnych poziomów wód ale obejmujących już całość wybrzeży Morza Bałtyckiego.** Stąd mój wniosek do Narodowego Centrum Nauki o środki na finansowanie projektu badawczego: „*Ekstremalne poziomy wód*

na wybrzeżach Morza Bałtyckiego”. Starania moje zakończyły się sukcesem i w końcu 2011 roku mogłem rozpocząć pracę w projekcie NCN nr 2011/01/B/ST10/06470.

Z uwagi na to iż prognozy probabilistyczne wystąpienia ekstremalnych poziomów morza mają szerokie znaczenie praktyczne, **samodzielne wdrożenie przez mnie metodyki wyznaczania poziomów teoretycznych z określonym prawdopodobieństwem ich wystąpienia w moich badaniach i publikacjach uważam za swój znaczący sukces naukowy**. W opracowaniu metodyki analiz prawdopodobieństwa oparłem się na takich pozycjach źródłowych jak: Gumbel 1958, Kaczmarek 1970, Massel 1992, Byczkowski A. 1996, Ozga-Zielińska, Brzeziński 1997. Najpełniej metodykę tą zaproponowałem i zapoczątkowałem w współautorskich publikacjach [A2, D50] jak również w omówionej już monografii [D1]. W obliczeniach stosowałem rozkład Gumbela i Pearsona dla poziomów maksymalnych oraz rozkład Fishera-Tippetta III typu i Pearsona III typu dla poziomów minimalnych oraz metodę największej wiarygodności i metodę kwantyli. Rozkład Gumbela z uwagi na jego charakterystykę uznałem jako najbliższy rozkładowi empirycznemu. Zaletą rozkładu Gumbela jest brak wśród estymowanych parametrów dolnego ograniczenia obszaru zmiennej losowej  $X$ . Estymowanie dolnego lub górnego ograniczenia rozkładu w rozkładzie Pearsona napotyka na poważne trudności z uwagi na subiektywny sposób jego wyznaczania. W cytowanych pracach [A2, D1, D50] uzyskane wyniki teoretycznych, maksymalnych jak i minimalnych poziomów wód porównywałem z wynikami innych badaczy dla tych samych wodowskazów – Wróblewskiego (1975, 1992) oraz Buchholza (1991). Porównanie wykazało różnicę od kilku do kilkunastu cm dla różnych wartości prawdopodobieństwa. Główną przyczyną powyższych różnic jest odmienny sposób wyznaczenia dolnego ograniczenia rozkładu oraz różną długość serii obserwacyjnej.

W pracy [A6] na przykładzie sytuacji sztormowych z 1955, 1967 i 1993 r. wraz z współautorem omówiłem genezę i aspekty fizyczne wezbrania sztormowego na polskim wybrzeżu. Zarówno w tej publikacji jak i pozostałych moich pracach dotyczących wezbrań sztormowych podkreśliłem rolę zniekształcenia powierzchni morza przez szybki, głęboki i koncentryczny niż baryczny wywołujące tzw. falę baryczną (poduszkę wodną pod niżej) oraz generujące sejszopodobne wahania poziomu morza.

Kolejne moje prace współautorskie są efektem prac wyżej wspomnianego projektu naukowego NCN 2011/01/B/ST10/06470 i obejmują analizy poziomów wód na całym wybrzeżu Bałtyku. Należy tu wymienić prace (chronologicznie): [D24, A9, A11, D53]. Publikacje te choć miały charakter wstępny lub obejmowały tylko część analiz ukierunkowały

## załącznik nr 2

moją pracę nad wybranymi zagadnieniami monografii habilitacyjnej (m.in. harmonizacja poziomów wód czy też analizy sytuacji sztormowych). Dlatego też zastosowaną w tych publikacjach metodykę powtórzyłem i rozwinąłem w swojej monografii. Jednocześnie najważniejsze wyniki powyższych publikacji w postaci wniosków, tabel i rycin zacytowałem w monografii habilitacyjnej. Warto dodać iż przy pracy nad powyższymi publikacjami nawiązałem współpracę z badaczami z państw nadbałtyckich, którzy pomogli mi zrozumieć specyfikę rejestracji poziomów morza w swoich krajach.

W pracy [A12] badałem wraz z współautorami związek między typami cyrkulacji atmosferycznej a poziomem wody u brzegów południowego Bałtyku (wybrzeże niemieckie i polskie). Wyniki analiz wskazują, iż najsilniejsze związki występują w miesiącach chłodnej pory roku, zwłaszcza w styczniu, lutym i marcu głównie ze względu na dużą aktywność cyrkulacyjną atmosfery. Nieznacznie silniejsze są te związki z cyrkulacją o kierunkach dolądowych (W+NW+N) niż z cyrkulacją o kierunkach odlądowych (E+SE+S). Siła tych związków rośnie w kierunku wschodnim co znajduje potwierdzenie w mojej monografii (podrozdział 7.3).

Obok zainteresowań występowaniem ekstremalnych poziomów wód w Morzu Bałtyckim w badaniach zajmowałem się również zmiennością poziomów wód w skomplikowanym hydrograficznie i hydraulicznie obszarze jakim jest ujściowy odcinek Odry. Te zagadnienie zostało poruszone w kilku współautorskich publikacjach (chronologicznie): [D5, D30, D1, D19]. Uzyskane wyniki prac wskazują na typowo rzeczny charakter wahań poziomów wód dla śródlądowej stacji wodowskazowej Gozdowice (duża rozpiętość poziomów wody związana z występowaniem roztopowych i opadowych wezbrań oraz letnio –jesiennych niżówek) oraz rzeczno-morskie zmiany poziomu wód dla wodowskazów leżących bliżej ujścia Odry (Szczecina - Odra Zachodnia, Podjuch – Odra Wschodnia, Trzebieży –Roztoka Odrzańska). Na poziomy wody w Szczecinie i Trzebieży wpływ mają kilkudniowe lub kilkunastodniowe zmiany poziomu wody w Bałtyku (Zatoka Pomorska) i Zalewie Szczecińskim (odmorskie cofki, niżówki). Natomiast gwałtowne kilkugodzinne, zmiany obniżenia poziomu wód w morzu (Świnoujście) w mniejszym stopniu wpływają na obniżenie poziomu wód w ujściowym odcinku Odry.

W moich pracach dotyczących Odry przeprowadziłem również analizę probabilistyczną wystąpień ekstremalnych poziomów wód dla wodowskazów śródlądowych (chronologicznie): [D1, D50 D19]. Może **mieć ona zastosowanie w hydrologicznych uwarunkowaniach prowadzenia żeglugi śródlądowej**. Ważnym aspektem tych analiz jest

wyznaczenie prawdopodobieństwa wystąpienia poziomu tzw. Wielkiej Wody Żeglownej (WWŻ), powyżej którego żegluga jest niemożliwa lub niebezpieczna. I tak prawdopodobieństwo WWŻ, wynosi dla Gozdowic 25%, (woda 4-letnia) natomiast dla wodowskazu Szczecin wynosi 14,29% (woda 7-letnia). Wskazane jest też wykorzystywać rozkłady prawdopodobieństwa do wyznaczania dodatkowych parametrów żeglugowych np. określenia średniej niskiej wody żeglownej (SNWŻ) czy też głębokości tranzytowych.

## **5.2 Prace naukowe stanowiące pozostały dorobek publikacyjny - o tematyce odrębnej od głównego osiągnięcia naukowego**

Problematyka badawcza moich pozostałych prac naukowych jest zróżnicowana i wynika z wielu zainteresowań zawodowych. Zasadniczo zainteresowania te obejmują 4 zakresy tematyczne:

- a) genezie i strukturze prądów Jeziora Dąbie w powiązaniu z procesami hydrologicznymi i meteorologicznymi zachodzącymi w estuarium Odry
- b) warunków hydrometeorologicznych mających wpływ na bezpieczeństwo żeglugi morskiej, funkcjonowania portów i innych dziedzin gospodarki
- c) turystyki morskiej
- d) wpływie warunków meteorologicznych na procesy pylenia roślin i grzybów pleśniowych

### **5.2 a) prace naukowe dotyczące genezy i struktury prądów Jeziora Dąbie w powiązaniu z procesami hydrologicznymi i meteorologicznymi zachodzącymi w estuarium Odry**

Moje inne zainteresowania naukowe obok zmienności poziomów morza i wezbrań sztormowych to tematyka prądów wodnych na akwenach przybrzeżnych w szczególności prądów jeziora Dąbie. Moje zainteresowania badaniem prądów wodnych zaczęło się w końcu lat 90-tych wraz z zakupem do Zakładu Oceanografii Fizycznej Uniwersytetu Szczecińskiego precyzyjnego, dwuwymiarowego i punktowego prądomierza akustycznego 2DACM. Dzięki konsultacjom z Instytutem Morskim w Gdańsku i rejsowi na ich statku *Doktor Lubecki* (lipiec 1999 r.) zaznajomiłem się z metodyką pomiarów prądów co później wykorzystałem w samodzielnych rejsach pomiarowych po jeziorze Dąbie, Zalewie Szczecińskim czy też Odrze Wschodniej i Zachodniej. Wyniki moich pierwszych testowych pomiarów prądów znalazły swoje odzwierciedlenie w pracy [D41]. Kolejne moje publikacje były efektem realizacji projektu naukowego KBN,(nr 6 PO4E 045 20 – opisany w części 5.3a autoreferatu)



oraz wyników rozprawy doktorskiej dotyczącej prądów jeziora Dąbie [D6, D7, D29, D45, D51].

W pracach (chronologicznie): [D29, D45, D51] wykazałem, że **złożoność układu hydrograficznego dolnej Odry sprzyja tworzeniu się takich związków hydraulicznych, które wymuszają przepływy pomiędzy jeziorem Dąbie a pozostałymi elementami układu w obu kierunkach**. Przy normalnym spadku poziomów wód w ujściowym odcinku Odry do Zalewu (ustabilizowany spływ), poza Regalicą także południowe cieką łączące jezioro z Odłą Zachodnią (Orli Przesmyk, Duńczyca wprowadzają wody do jeziora a północne cieką (Iński Nurt, Baina) wyprowadzają. Natomiast podczas wysokich poziomów wód na Zalewie Szczecińskim mogą wystąpić w ciekach łączących jezioro z Odłą Zachodnią dwukierunkowe przepływy lub w pełni wsteczne przepływy wód w całych przekrojach. Efekt wstecznych kierunków prądów (tzw. cofka) odzwierciedla się również w centralnych punktach jeziora a nawet w ujściu Regalicy.

W publikacji [D7] zaprezentowałem bilans wód jeziora Dąbie, które to zgdnienie nie było wcześniej poruszone w pracach badawczych z uwagi na wielkość i skomplikowany układ hydrologiczny akwenu. Bilans wyznaczyłem różnymi metodami w różnych skalach czasowych. Najpełniejszy bilans obejmował okres 1948-1990 i został oparty o model hydrauliczny Odry wg. Buchholza (1991) w którym zastosowano podział procentowy przepływów wód w poszczególnych węzłach hydrologicznych w zależności od zróżnicowanych przepływów wód w Gozdowicach i poziomie wód w Trzebieży (zalew). **Zestawienie składników bilansu jeziora Dąbie może stanowić podstawę do poprawnego ujęcia obiegu materii w jeziorze i jej wpływu na ekosystem, który mieści w obszarze Natura 2000.** Dodatkowym osiągnięciem związanym z bilansem wodnym jest wyznaczenie nowego współczynnika globalnej wymiany wód. Według moich obliczeń cała objętość wody w jeziorze wymienia się 65 razy w roku czyli co 5 dni i 14 godzin [według Mikulskiego (1970) to 56 razy].

W pracy [D6] opracowałem i porównałem modele batymetryczne jeziora Dąbie na podstawie archiwalnych map głębokości z roku 1962 i 1996. Efektem końcowym tych porównań była wykonana przez mnie w programie ArcGis **mapa akumulacji i erozji, która uwidoczniła postępujący proces zamulania niektórych obszarów jeziora.** Obliczyłem także wielkość zalegania i określiłem zróżnicowanie intensywności procesów akumulacji i erozji (93% powierzchni akwenu zajmują procesy akumulacyjne). **Układ krzywych batygraficznych poszczególnych modeli, świadczy o zmniejszeniu objętości misy**

jeziornej i zmniejszeniu się średniej głębokości akwenu. Wyzaczyłem również tempo współczesnej sedymentacji w jeziorze (0, 6 cm/ rok), które wykorzystałem w stworzeniu scenariuszy zamulania jeziora Dąbie za 150, 200, 300 i 450 lat.

## **5.2 b) prace naukowe obejmujące problematykę wpływu warunków hydrometeorologicznych na bezpieczeństwo żeglugi morskiej, funkcjonowania portów i innych dziedzin gospodarki**

Częścią mojej tematyki badawczej obok zmian poziomu morza i charakterystyki prądów wodnych były analizy warunków hydrometeorologicznych mających wpływ na bezpieczeństwo żeglugi morskiej, funkcjonowania portów i innych dziedzin gospodarki. Porty wraz z całą swoją infrastrukturą należą do tych wyjątkowych przedsiębiorstw gospodarki narodowej, w których większość prac (przewozy, przeładunki, składowanie) wykonywana jest na wolnym powietrzu. Tak więc szczegółowe monitorowanie i prognozowanie czynników hydrometeorologicznych nabiera dużego praktycznego znaczenia. W współautorskich pracach: [D2, D42] przedstawiłem czynniki hydrometeorologiczne wpływające na pracę w porcie szczecińskim i torze wodnym Szczecin –Świnoujście jak również metody ich monitorowania. Do najważniejszych z tych czynników należą: wiatr, widzialność, opad, zlodzenie, poziom wody. Na podstawie zebranej przez mnie dokumentacji spółek portowych oraz procedur kapitanatu portu w Szczecinie i Świnoujściu **ustaliłem jakie konkretnie i przy jakich krytycznych wartościach parametrów hydrometeorologicznych występują ograniczenia w funkcjonowaniu żeglugi statków różnych typów, ograniczenia w pracy urządzeń portowych oraz ograniczenia samego przeładunku i składowania masy towarowej.** Wraz z współautorem opisałem istniejący stan zabezpieczenia służb i administracji portów w informację pogodową w ramach istniejącego systemu kontroli żeglugi VTS.

Do zbliżonych tematycznie prac badawczych należy praca [D18] w której to wraz z współautorem przedstawiłem charakterystykę sezonowych warunków hydrometeorologicznych Pacyfiku w obszarze pola Clarion–Clipperton. Dodatkowo na podstawie źródeł internetowych zaprezentowałem aktualny monitoring służb pogodowych dla strefy około równikowej obszaru Pacyfiku (mapy prognoz i analizy hydrometeorologicznych, monitoring i ostrzeżenia o cyklonach tropikalnych i tsunami, stacje morskie – automatyczne boje pomiarowe). W pracy tej znalazły się również stawiane przez autorów **propozycje osłony pogodowej czyli zabezpieczenia w informację pogodową**

**statków i platform wydobywczych górnictwa morskiego** zarówno z powierzchni oceanu, z toni wodnej jak i dna morskiego.

Z kolei w publikacji [D44] przeanalizowałem wraz z współautorem pracy parametry wiatru mierzone na masztach pomiarowych w miejscach postawienia przyszłych elektrowni wiatrowych na Pomorzu Zachodnim. Z naszych analiz wynikają bardzo silne zależności pomiędzy prędkościami wiatru mierzonymi na 20, 30 i 40 m wysokości (wsp. korelacji > 0,9). Najważniejszy rezultat badań to ustalenie iż **podstawowym pomiarem wiatru pod lokalizację elektrowni wiatrowych powinien być pomiar na wysokości 20 m**. Można go użyć do ekstrapolacji pomiarów na wyższych wysokościach 30 i 40 m przy użyciu nomogramów i wzorów.

### 5.2 c) prace naukowe dotyczące turystyki morskiej

Kolejna grupa moich publikacji powstała na marginesie głównych zainteresowań naukowych i dotyczy szeroko pojętej turystyki morskiej. Prace, które powstały w tym zakresie wiążą się z wykładanym przez mnie przedmiotem *Turystyka morska i nadmorska* na kierunku *turystyka i rekreacja* oraz problematyką seminariów, które wiele lat prowadziłem na tym kierunku. Są to głównie artykuły o charakterze przeglądowym oparte o literaturę przedmiotu oraz źródła internetowe. Do najistotniejszych z nich można zaliczyć trzy pozycje (chronologicznie): [D33, D34, B36]. W pracy [B33] wraz z współautorem opisałem przebieg zjawiska tsunami z grudnia 2004 r.. Jednak główną częścią pracy były wykonane przez mnie obliczenia czasu teoretycznego przyjscia tsunami, średniej prędkości fali dla 13 portów oceanu Indyjskiego oraz zestawienia tych danych z wartościami pomierzonymi. W kolejnej współautorskiej publikacji [D34], obok opisu armatorów promowych na Bałtyku oraz wielkości przewozów zidentyfikowałem czynniki pogodowe i hydrologiczne utrudniające żeglugę pasażerską. Natomiast w pracy [D36], wraz z współautorami opisałem anatomie fal surfingowych, ich klasyfikację oraz objaśniłem fizjografię akwenów surfingowych. Dodatkowo w pracy ujęto opis zagrożeń zdrowotnych wynikających z uprawiania surfingu.

## **5.2 d) prace naukowe opisujące wpływ warunków meteorologicznych na procesy pylenia roślin i grzybów pleśniowych**

Odrębną ale ważną częścią mojego dorobku naukowego są publikacje współautorskie dotyczące wpływu warunków meteorologicznych na procesy pylenia roślin. Ta tematyka badawcza wynika z mojej wieloletniej współpracy ze specjalistkami z zakresu botaniki i aerobiologii dr hab. Małgorzatą Puc oraz dr hab. Agnieszką Grinn-Gofroń z Wydziału Biologii Uniwersytetu Szczecińskiego. Powiązanie obrazów pylenia z danymi meteorologicznymi stanowi bardzo cenny aspekt badań aerobiologicznych. Badania aerobiologiczne prowadzone są w wielu krajach Europy a konieczność ich wykonywania wynika z obserwowanego w ostatnich dziesięcioleciach lawinowego wzrostu uczuleń alergeny pyłku roślinnego i zarodniki grzybów pleśniowych. Zjawisko to odnotowuje się szczególnie intensywnie na obszarach uprzemysłowionych i w dużych miastach. Ocenia się, że choroby alergiczne występują u ok. 15-20% populacji.

Oprócz indywidualnego rytmu pylenia roślin do najistotniejszych czynników wpływających wędrowkę i zawartość pyłku w atmosferze należą warunki pogodowe, tj. wiatr, temperatura, nasłonecznienie, wilgotność powietrza opady oraz zanieczyszczenia atmosfery. Bardzo duża liczba wzajemnie skorelowanych parametrów wpływających często w sposób nieliniowy na koncentrację pyłków roślin i zarodników grzybów w powietrzu wskazała na potrzebę zastosowania w analizie tego typu danych, zaawansowanych metod statystycznych: sztucznych sieci neuronowych (ANN) oraz wielowymiarowych drzew regresyjnych (MRT). Wyniki działania tych modeli opisano między innymi w współautorskich pracach: **[A3, A4, A10]**. Mój udział w tych badaniach aerobiologicznych polegał na zgromadzeniu danych meteorologicznych i zanieczyszczeń powietrza, opracowaniu wejściowym tych danych pod zaawansowane modele ANN i MRT oraz nakreśleniu tła meteorologicznego punktu pomiarowego stężeń pyłku. Przykładowym efektem działania powyższych modeli jest wysokie stężenie zarodników grzybów pleśniowych *Cladosporium* i *Alternaria*, które można przewidzieć z dobrą dokładnością 3 dni wcześniej na podstawie zarejestrowanych danych meteo i zanieczyszczeń. W najbliższej przyszłości planuję zastosowanie modeli sztucznych sieci neuronowych (ANN) oraz wielowymiarowych drzew regresyjnych (MRT) w analizach wahań poziomu morza.

**Za najważniejsze moje osiągnięcie w zakresie badań aerobiologicznych uważam zastosowanie rozkładu Gumbela, którego wcześniej używałem do wyznaczenia prawdopodobieństwa teoretycznych poziomów morza. Rozkład ten posłużył w długoletnich**

prognozach maksymalnych wartości stężeń pyłku i innych cech sezonu pyłkowego, które to prognozy umożliwiają unikanie dużych dawek alergenu i minimalizowanie objawów alergii pyłkowej. W pracy [A8] w oparciu o rozkład Gumbela wyznaczyłem metodą największej wiarygodności, teoretyczne, prawdopodobne maksymalne poziomy stężenie pyłku, datę wystąpienia początku sezonów i wartości maksymalnej stężenia pyłku oraz liczbę dni z przekroczoną wartością progową, a także dni, gdy objawy alergii wystąpią u wszystkich uczulonych dla: Poaceae (trawy), *Artemisia* (bylica) i *Ambrosia* (ambrozja). Przykładowo, z 90% prawdopodobieństwem: sezon pyłkowy traw rozpocznie się 4 maja, maksymalne stężenie pyłku będzie wynosiło  $105,5 \text{ z/m}^3$  i wystąpi 8 czerwca; liczba dni powyżej  $30 \text{ z/m}^3$  (pierwsze objawy alergii) wyniesie 40 dni, a z objawami u wszystkich uczulonych ( $<50 \text{ z/m}^3$ ) – 16,5 dnia. Modele probabilistyczne wykonane dla rodzajów Poaceae, *Artemisia* i *Ambrosia* są pierwszymi tego typu opracowaniami na świecie.

### 5. 3 Uczestnictwo w projektach naukowych

W moim dotychczasowym dorobku naukowym poza publikacjami należy wymienić również uczestnictwo w siedmiu w projektach badawczych spośród których dwoma kierowałem a w pięciu byłem wykonawcą.

#### 5.3 a) Kierownik projektu 6 PO4E 045 20

W okresie od 2001-04-01 do 2002-06-30 byłem kierownikiem oraz głównym wykonawcą grantu Komitetu Badań Naukowych - *Struktura i dynamika prądów jeziora Dąbie*, nr projektu 6 PO4E 045 20. Przedmiotem badań tego projektu badawczego z uwagi na szczególną rolę jeziora Dąbie jako akwenu przepływowego, w którym zachodzi aktywny transport rumowiska niesionego przez wody Odry Wschodniej było rozpoznanie genezy, struktury i dynamiki prądów pod wpływem zmieniających się warunków hydrologicznych (zmiany poziomów wód, zjawisko cofki) i meteorologicznych (kierunki i prędkości wiatru). W czasie trwania projektu odbyłem 6 rejsów pomiarowych po jeziorze Dąbie w różnych warunkach pogodowych i w różnych porach roku. Ponadto uzupełniłem materiał badawczy dodatkowymi danymi hydrologicznymi i meteorologicznymi z różnych instytucji (IMGW, Urząd Morski w Szczecinie, RZGW –Szczecin.).

Zebrany w projekcie materiał pomiarowy pozwolił mi na:

- zobrazowanie układów prądów jeziora Dąbie,

## załącznik nr 2

- ukazanie wpływu zmian poziomu wód na odcinku Zatoka Pomorska-Zalew Szczeciński-Odra na kształtowanie się prądów jeziora
- charakterystyki prądów poprzez analizę statystyczną pomierzonych parametrów prądów i parametrów wiatrów (analiza skupień, macierze korelacji, estymatory miar statystycznych).

Uzyskane w projekcie wyniki wskazywały na złożoność właściwej interpretacji charakterystyki prądów w akwenie o skomplikowanym układzie hydrologicznym co było przyczyną kontynuacji badań w tym zakresie. Takie badania kontynuowałem po zakończeniu projektu realizując 7 dodatkowych rejsów pomiarowych po jeziorze Dąbie. Wyniki prac projektu zostały ujęte w rozprawie doktorskiej, opublikowane w pracach: [D29, D45, D51] oraz zaprezentowane na konferencjach [K8, K9, K11, K17]<sup>2</sup>.

Mój udział w całości prac projektu to 100%.

### 5.3 b) Wykonawca w projekcie 2 P04G 099 29

W latach 2005-2008 uczestniczyłem w charakterze wykonawcy w projekcie KBN *Wybrane aeroalergeny w powietrzu Szczecina (ziarna pyłku roślin i spory grzybów mikroskopowych)*. (projekt nr: 2 P04G 099 29, kierownik – dr Małgorzata Puc). Celem projektu była wieloaspektowa analiza składu aeroplanktonu Szczecina w okresie 2-letnim, (2006 – 2007), która posłużyła do określenia stopnia narażenia mieszkańców Szczecina na alergogeny pyłek oraz spory grzybów mikroskopowych.

Mój udział pracy w tym projekcie polegał na:

- zestawieniu, opracowaniu i weryfikacji dobowych danych pogodowych dla okresu 2006-2007,
- przeliczeniu wybranych danych meteo z jednostek anglosaskich na układ SI
- współudziale w podstawowych analizach statystycznych (analizy ilościowe, korelacje)

Wybrane wyniki projektu z moim udziałem zostały opublikowane w: [D12, D13, D17]

Mój udział w całości prac tego projektu oceniam na 10 %.

---

<sup>2</sup> **K - numeracja konferencji z pkt. II K wykazu referatów i posterów na konferencjach (załącznik 4 wniosku habilitacyjnego)**

### 5.3 c) Wykonawca zadania 5.6.3 w projekcie PBZ-KBN-086/PO4/2003

W latach 2007-2009 byłem wykonawcą zadania 5.6.3 *Częstość pojawiania się i rozkład przestrzenny katastroficznych spięrzeń wody w strefie brzegowej Bałtyku* –w ramach projektu zamawianego MNiSzW „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce - PBZ-KBN-086/PO4/2003, kierownik zadania 5.6.3.– prof. Bernard Wiśniewski)

Mój udział pracy w tym projekcie polegał na:

- weryfikacji ekstremalnych poziomów morza dla portów polskiego wybrzeża – Świnoujścia, Kołobrzegu, Ustki, Władysławowa, Gdańska . Weryfikacja ta dotyczyła ustalenia dokładnej daty wystąpień oraz dokładnej wartości osiągniętego ekstremum poziomu morza na podstawie analizy porównawczej z różnych danych źródłowych – mareogramów, danych cyfrowych IMGW, dzienników portowych, roczników hydrologicznych, opublikowanych prac badawczych
- zestawieniu zdarzeń ekstremalnych w katalogu wezbrań sztormowych w okresie 1947-2007 oraz w katalogu obniżzeń sztormowych w okresie 1947-2006
- analizie statystycznej danych liczbowych z katalogów – analiza ilościowa, sezonowość, tendencje zmian ekstremów poziomów morza (analizy te zawarto w tabelach i rycinach dokumentacji grantu oraz opublikowanych artykułach)
- współdziałale w opisie sytuacji sztormowych i interpretacji wyników badań

Najważniejsze ustalenia projektu z moim udziałem zostały ujęte we współautorskiej monografii [D1] (została omówiona w punkcie 5.1 autoreferatu) oraz opublikowano w artykułach: [D16, D48, D49] a także zaprezentowano na konferencjach: [K24, K26, K27, K28]. Wyniki zadania 5.6.3 w postaci dokumentacji tabelarycznej przesłano również na geoserwer Uniwersytetu Śląskiego (serwer całego projektu).

Mój udział całości prac w zadaniu 5.6.3 szacuję na 50%.

### 5.3 d) Wykonawca zadania- *Wykonanie mapy rozmieszczenia prądów wodnych w jeziorze Wigry*

W latach 2009-2011 byłem wykonawcą zadania: „*Wykonanie mapy rozmieszczenia prądów wodnych w jeziorze Wigry*” będącego elementem projektu *Ochrona jeziora Wigry ze szczególnym uwzględnieniem gatunków i siedlisk objętych siecią Natura 2000* współfinansowanego przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Infrastruktura i Środowisko oraz przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Projekt ten realizowany był przez Stowarzyszenie „Człowiek i Przyroda” przy współudziale Wigierskiego Parku Narodowego.

Moje wykonanie zadania w tym projekcie polegało na:

- opracowaniu metodyki pomiaru prądów jeziora Wigry wraz z zaplanowaniem poligonu pomiarowego (20 stanowisk pomiarowych)
- pomiarze prądów wodnych jeziora Wigry prądomierzem akustycznym (pomiar przy powierzchni i dnie) oraz pomiarach towarzyszących (pomiar głębokości stanowiska pomiarowego, pomiar kierunku i prędkości wiatru) podczas 2 rejsów pomiarowych w maju 2009 r. oraz w sierpniu 2010 r.
- interpretacji i analizy zebranego materiału pomiarowego

Najważniejsze wyniki projektu: Charakter prądów przypowierzchniowych jeziora Wigry można określić, jako dryfowy. W okresach słabnięcia wiatru i w trakcie występowania cisz prądy przypowierzchniowe tracą na regularności a ich prędkości maleją. Średnie prędkości prądów przy powierzchni przyjmują wartości około 6 cm/s Natomiast prądy przydenne jeziora Wigry mają złożoną genezę wynikającą z dużej zmienności i niestałości ruchu wód w obrębie akwenu w szczególności w warunkach słabych wiatrów lub okresach bezwietrznych. Rozkład prądów przydennych jest dodatkowo komplikowany urozmaiconą morfologią dna jeziora stąd duży rozrzut kierunków wektorów prądów. Rezultaty mojej pracy badawczej ująłem w sprawozdaniu [E3]<sup>3</sup> oraz zaprezentowałem również podczas sympozjum [K40]. Wyniki te mają być również opublikowane w postaci rozdziału w planowanej monografii jeziora Wigry.

Mój udział w całości prac zadania projektu to 100%.

---

<sup>3</sup> E – numeracja z pkt. II E wykazu opracowań zbiorowych, katalogów zbiorów, dokumentacji prac badawczych, ekspertyz (załącznik 4 wniosku habilitacyjnego)



### 5.3 e) Wykonawca w projekcie : N N305 367738

W latach 2010-2012 uczestniczyłem jako wykonawca w projekcie KBN *Zanieczyszczenia powietrza i warunki pogodowe a zagrożenie alergenami pyłku roślin w atmosferze Szczecina*” (projekt nr: N N305 367738, kierownik – dr Małgorzata Puc). Celem projektu była wielopłaszczyznowa analiza zmienności aeroplanktonu Szczecina w okresie ponad 2-letnim (2010-2012, która posłużyła do zbadania zależności pomiędzy warunkami pogodowymi i zanieczyszczeniami powietrza a narażeniem mieszkańców Szczecina na alergenny pyłku w cyklu dobowym i sezonowym.

Mój udział pracy w tym projekcie polegał na:

- zestawieniu, opracowaniu i weryfikacji dobowych danych pogodowych i parametrów zanieczyszczeń powietrza dla okresu 2010-2012,
- przeliczeniu wybranych danych meteo z jednostek anglosaskich na układ SI
- analizach statystycznych - m.in. korelacji Spearmana oraz zaproponowaniu i zastosowaniu rozkładu Gumbela i metody największej wiarygodności do wyznaczenia teoretycznych, maksymalnych poziomów stężeń pyłku, dat wystąpienia początku sezonów oraz liczby dni z przekroczoną wartością progową dla danego taksonu (zastosowanie tego rozkładu opisano w części 5.2d autoreferatu).

#### Najważniejsze wyniki projektu związane z moim udziałem:

Przeprowadzono analizy probabilistyczne maksymalnych stężeń pyłku dla gatunków: trawy, bylica, ambrozja oraz innych gatunków roślin. Pojawianie się oraz dyspersja pyłku roślin w powietrzu wykazuje statystycznie istotną korelację z analizowanymi czynnikami pogodowymi oraz zanieczyszczeniami powietrza. Uzyskane informacje o wzajemnych zależnościach pomiędzy wszystkimi czynnikami mogą przyczynić się do unikania ich skumulowanego wpływu na nasilanie objawów alergii pyłkowej

Wyniki prac z moim udziałem w projekcie zostały zaprezentowane na konferencjach [**K 33, K 34, K35, K39, K46**]

Mój udział w całości prac tego projektu oceniam na 15 %.

### 5.3 f) Współwykonawca w projekcie nr: N509495438

W latach 2010-2012 wykonałem pracę naukowo-badawczą jako współwykonawca zadania 2.1 oraz 5.2 w ramach projektu badawczego Akademii Morskiej w Szczecinie - „*Zintegrowany system programowania tras statków na oceanach w aspekcie bezpieczeństwa statku, ładunku i ludzi*”, projekt NCN nr N509495438/170/INM/2010.

Moja praca w ramach zadania 5.2. – **Bank danych o charakterystykach prędkościowych statków** polegała na wykonaniu opracowań statystycznych wyników pomiarów i obserwacji dotyczących charakterystyk prędkościowych statku w zależności od wysokości i kierunku (kąta kursowego) fali oraz prędkości i kierunku (kąta kursowego) wiatru. Opracowania te wykonałem dla 11 typów statków masowych (zarówno z ładunkiem jak i w balaście) na podstawie obserwacji i pomiarów załóg statków z 55 podróży morskich. Do obliczeń prędkości statku  $V$  jako % prędkości początkowej  $V_0$  zastosowałem wielomian kwadratowy dwóch zmiennych jako statystyczną zależność parametrów wiatru i fali

Najważniejsze wyniki projektu z moim udziałem: Powstał szczegółowy bank danych wraz z tabelami i wykresami 2W i 3W charakterystyk 11 typów statków masowych PŻM dla potrzeb programowania drogi morskiej statku. Wyniki opracowania zostały opublikowane w raporcie [E4].

Mój udział w opracowaniu raportu zadania 5.2 [E4] oceniam na 40 %.

W ramach tego samego projektu, zadania 2.1– **Ograniczenie żeglugi na skutek fali tsunami** moja praca obejmowała następujące zagadnienia:

- opis przebiegu zjawiska tsunami z dnia 11 marca 2013 r. na Wyspach Japońskich oraz opis zniszczeń statków i infrastruktury brzegowej na skutek fali tsunami
- opis funkcjonowania systemów ostrzegania przed tsunami
- rekomendacje dla statków podczas tsunami w porcie oraz w strefie brzegowej
- wykonanie obliczeń teoretycznego czasu przybycia fali tsunami do 91 pacyficznych portów oraz porównanie go z czasem obserwowanym fali
- wykonanie modyfikacji znanego z literatury wzoru, który zawyżał czas nadejścia fali według odległości liczonych po ortodromie. Poprawienie wzoru wykonałem narzędziem solver - nieliniowej optymalizacji (Generalized Reduced Gradient). Zoptymalizowany wzór znacznie poprawił wyniki czasu teoretycznego przybycia nadejścia fali tsunami.

## załącznik nr 2

Najważniejsze wyniki projektu z moim udziałem: zostały zawarte w raporcie [E5]. Ponadto wyniki zadania 2.1 opublikowano w dwóch współautorskich artykułach [D20, D21] oraz zaprezentowano na konferencji [K44, K45].

Mój udział w opracowaniu raportu zadania 2.1 [E5] oceniam na 50%.

### 5.3 g) Kierownik projektu NCN 2011/01/B/ST10/06470

W 2011 r. pozyskałem grant Narodowego Centrum Nauki nr 2011/01/B/ST10/06470, pt. „*Ekstremalne poziomy wód na wybrzeżach Morza Bałtyckiego*” którym kierowałem i realizowałem wraz z zespołem projektowym w latach 2011-2014.

Celem projektu było rozpoznanie występowania i zmienności ekstremalnych poziomów wód wzdłuż wybrzeży Morza Bałtyckiego. Cel ten osiągnięto poprzez realizację poszczególnych zadań badawczych zaplanowanych w projekcie.

Mój wkład pracy polegał na:

- zgromadzeniu danych hydrologicznych oraz terminowych danych meteorologicznych z okresu 1960-2010 czyli w możliwie najdłuższym przedziale czasowym dostępności danych poziomów morza z narodowych instytutów hydrologiczno-meteorologicznych państw nadbałtyckich. W państwach tych z uwagi na zróżnicowany stopień rozwoju technologii pomiarowej i digitalizacji danych dostępne były niejednolite serie obserwacyjne poziomów morza różniące się długością czasu, kompletnością rejestracji oraz poziomem odniesienia (dlatego w projekcie nie uwzględniono wcześniej zaplanowanego okresu od 1945 roku).
- stworzeniu katalogów wezbrań sztormowych oraz katalogów ekstremalnie niskich poziomów morza wg. wcześniej przyjętych kryteriów dla 37 wodowskazów o najdłuższych seriach pomiarowych. Katalogi te wzbogaciłem o dodatkowe parametry nie zaplanowane w projekcie a mianowicie: amplitudę wzrostu lub spadku wezbrania i obniżenia poziomu morza. Rozbudowa katalogów była możliwą dzięki stworzeniu przez współwykonawcę Pawła Kaczmarka specjalistycznego oprogramowania (w środowisku Borland Turbo C++), które nie było wcześniej zaplanowane w projekcie.
- wykonaniu ilościowych analiz statystycznych i graficznych umieszczonych w katalogach wezbrań sztormowych, ekstremalnie wysokich i niskich poziomów morza.

## załącznik nr 2

- wyznaczeniu poziomów charakterystycznych oraz poziomów teoretycznych z określonym prawdopodobieństwem ich wystąpienia
- wykonaniu charakterystyki najbardziej ekstremalnych wezbrań sztormowych w ramach której obliczyłem statyczny i dynamiczny wzrost poziomu morza, zestawilem obserwowane poziomy morza oraz cechy niżu barycznego wywołującego dane wezbranie sztormowe, wykonałem przestrzenną wizualizację i opis analizowanego materiału (współpraca Bernard Wiśniewski, Andrzej Giza).

Rola pozostałych wykonawców projektu:

- prof. Bernard Wiśniewski – współdział przy analizie sytuacji sztormowych, rozwiązywanie problemów związanych z fizycznymi aspektami wezbrań sztormowych.
- mgr Andrzej Giza, Tomasz Zawiślak - wykonanie szablonu map ekstremalnych poziomów wód Morza Bałtyckiego podczas wezbrań sztormowych w programie ArcGIS
- mgr Paweł Kaczmarek - wykonanie aplikacji komputerowych wyznaczających i obliczających parametry wezbrań i obniżeń sztormowych: *Data analyzer* , *Data analyzer –Low*, oraz bazę danych pod Access do zarządzania danymi
- mgr Marzena Wereszka - wykonanie digitalizacji i weryfikacji danych poziomów morza fińskich stacji wodowskazowych

Jako kierownik tego projektu badawczego swój całościowy udział prac w projekcie oceniam na 80 % w stosunku do pozostałych wykonawców.

Najważniejsze wyniki projektu: Osiągnięte w trakcie realizacji projektu efekty badawcze przedstawiono w publikacjach [A9, A11, D19, D22 - D24, D38, D53] oraz zaprezentowano na konferencjach i sympozjach w postaci referatów i posterów w kraju i za granicą [K43, K47-K51, K53, K55, K56]. Po zakończeniu projektu zasadnicza część jego materiałów badawczych posłużyła mi do dalszych szczegółowych, wieloaspektowych analiz i interpretacji, które zawarłem w opublikowanej w roku 2017 roku w monografii habilitacyjnej.

## **GLÓWNE I UTYLITARNE OSIĄGNIĘCIA DOROBKU NAUKOWEGO (POZA ROZPRAWĄ HABILITACYJNĄ)**

1. Opracowanie katalogów wezbrań (okres 1947-2007) i obniżeń sztormowych (okres 1947-2006) na polskim wybrzeżu. Katalogi te zostały stworzone pod kątem wymagań użytkowników takich jak: służby przeciwpowodziowe, służby bezpieczeństwa żeglugi i osłony portów oraz służby ochrony wybrzeża i hydrotechniczne.
2. Podkreślenie czynnika deformacji powierzchni morza przez szybki, głęboki i koncentryczny niż baryczny. Czynniki te były dotychczas niedoceniane w literaturze wyjaśniającej mechanizmy kształtowania się zdarzeń ekstremalnych (wezbrań i obniżeń sztormowych)
3. Wyznaczenie tempa i tendencji wiekowych zmian poziomu morza na polskim wybrzeżu a także zaobserwowanie iż w ostatnich kilkudziesięciu latach wzrost poziomu morza uległ znacznemu przyspieszeniu co należy wiązać ze zmianami klimatycznymi ale także czynnikami lokalnymi. Według tych analiz jest możliwe iż w przeciągu 100 lat na polskim wybrzeżu nastąpi wzrost poziomu morza w przedziale od 10 do 25 cm co jest wartością wyraźnie niższą od prognoz zakładanych przez IPCC
4. Wdrożenie metodyki wyznaczania poziomów teoretycznych wody z określonym prawdopodobieństwem ich wystąpienia w badaniach i publikacjach dotyczących polskiego wybrzeża oraz ujściowego odcinka Odry. Z uwagi na to iż prognozy probabilistyczne wystąpienia ekstremalnych poziomów morza mają szerokie zastosowanie praktyczne (bezpieczeństwo żeglugi morskiej i śródlądowej, ochrona brzegów, hydrotechnika) moje prace badawcze nabrały dodatkowego, użytkowego znaczenia.
5. Wieloaspektowa praca badawcza dotycząca jeziora Dąbie –akwenu przepływowego o dużym znaczeniu środowiskowym, transportowym i turystycznym. W ramach tej pracy wyjaśniłem zagadnienia wcześniej nie poruszane w badaniach hydrologicznych dolnego odcinka Odry:
  - rozpoznanie i wykonanie charakterystyki prądów jeziora Dąbie w różnych warunkach hydrologicznych
  - opracowanie bilansu wodnego jeziora oraz wyznaczenie tempa wymiany wód

## załącznik nr 2

- opracowanie mapy akumulacji i erozji jeziornej, oszacowanie kubatury i intensywności tych procesów a także stworzenie scenariuszy zamulania jeziora Dąbie za 150, 200, 300 i 450

Wszystkie powyższe rezultaty stanowią podstawę do poprawnego zrozumienia obiegu materii w jeziorze (materiał osadowy, zanieczyszczenia komunalne) oraz jego wpływu na ekosystem dla obszaru Natura 2000. Mogą mieć również praktyczne znaczenie w przeciwdziałaniu zamulania funkcjonującego na jeziorze Dąbie toru wodnego wykorzystywanego w transporcie barkowym i żeglarstwie.

6. Opracowanie statystyczne charakterystyk prędkościowych wybranych typów statków masowych będących w eksploatacji Polskiej Żeglugi Morskiej dla potrzeb obliczeń nawigacyjnych w zależności od parametrów falowania i wiatru.
7. Wykonanie modyfikacji dostępnego w literaturze oceanograficznej wzoru na czas przyścia fali tsunami. Nowy wzór optymalizuje różnicę czasową między zarejestrowanym czasem podróży fali a czasem teoretycznym wynikającym z obliczeń.
8. Zastosowanie w badaniach aerobiologicznych rozkładu Gumbela. Rozkład ten posłużył w długoletnich prognozach maksymalnych wartości stężeń i innych cech sezonu pyłkowego, które to prognozy umożliwiają unikanie dużych dawek alergenu i minimalizowanie objawów alergii pyłkowej. Modele probabilistyczne wykonane dla rodzajów Poaceae, Artemisia i Ambrosia są pierwszymi tego typu opracowaniami na świecie.

## Zestawienie liczbowe i punktowe publikacji mojego dorobku naukowego

Typ publikacji	Przed doktoratem			Po doktoracie			Publikacje (liczba)	
	liczba	Punkty IF	Punkty MNiSW	liczba	Punkty IF	Punkty MNiSW	polskojęzyczne	angielskojęzyczne
w czasopiśmie posiadających Impact Factor (baza JCR)	1	0,851	16	12	19,153	294	-	13
w czasopiśmie nie posiadających Impact Factor (IF)	4	-	6	23	-	137	13	14
autorstwo rozdziału w monografii	1	-	4	9	-	40	9	1
w recenzowanych, zwartych wydawnictwach pokonferencyjnych	6	-	8	9	-	22	9	6
autorstwo monografii lub podręcznika	-	-	-	2	-	37	2	-
<b>Razem</b>	<b>12</b>	<b>0,851</b>	<b>34</b>	<b>55</b>	<b>19,153</b>	<b>530</b>	<b>33</b>	<b>34</b>
<b>Sumaryczny Impact Factor: 20,004</b>								
<b>Suma punktów KBN/MNiSW: 564</b>								
<b>Łączna liczba publikacji: 67</b>								

## Literatura obcych autorów cytowana w autoreferacie

- Buchholz, W. (1991). *Monografia Dolnej Odry. Hydrologia I hydrodynamika*. „Prace IBW PAN”, nr 25, Gdańsk
- Byczkowski, A. (1996). *Hydrologia tom I i II*, Wydawnictwo SGGW, Warszawa,
- Ekman, M. (2007). *A secular change in storm activity over the Baltic Sea detected through analysis of sea level data*, „Small Publications in Historical Geophysics”, 16, 1–13.
- Ekman, M. (2009). *The Changing Level of the Baltic Sea Turing 300 Years: A Clue to Understanding the Earth*, Summer Institute for Historical Geophysics, Aland Islands, 155.
- Gumbell, E.J. (1958). *Statistics of Extremes*, Columbia University Press,.
- Heyen, H., Zorita, E., von Storch, H. (1996). *Statistical downscaling of monthly mean North Atlantic air-pressure to sea-level anomalies in the Baltic Sea*, „Tellus”, 48A, 312–323.
- Jaagus, J., Suursaar, Ü. (2013). *Long-term storminess and sea level variations on the Estonian coast of the Baltic Sea in relation to large-scale atmospheric circulation*, „Estonian Journal of Earth Science”, 62, 2, 73–92.

- Jakusik, J., Wójcik, R., Biernacik, D., Pilarski, M., Miętus, M., Wójcik, R. (2010). *Zmiany poziomu morza wzdłuż polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego. Rezultaty projektu KLIMAT*, w: *Klimat Polski na tle klimatów Europy. Zmiany i ich konsekwencje*, E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.), seria „Studia i Prace z Geografii i Geologii” 16, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, 219–234.
- Jevrejeva, S., Moore, J.C., Woodworth, P.L., Grinsted, A. (2005). *Influence of large-scale atmospheric circulation on European sea level: results based on the wavelet transform method*, „Tellus”, 57A, 183–193.
- Johansson, M., Boman, H., Kahma, K., Launiainen, J. (2001). *Trends in sea level variability in the Baltic Sea*, „Boreal Environment Research”, 6, 159–179.
- Johansson, M., Kahma, K., Boman, H. (2003). *An Improved Estimate for the Long-Term Mean Sea Level on the Finnish Coast*, „Geophysica”, 39(1-2), 51–73.
- Kaczmarek, Z. (1970). *Metody statystyczne i meteorologiczne w hydrologii i meteorologii*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa,
- Massel, S. (red.) 1992. *Poradnik hydrotechnika. Obciążenia budowli hydrotechnicznych wywołane przez środowisko morskie*, Biblioteka Inżynierii Morskiej, Wyd. Morskie, Gdańsk,
- Miętus, M., Filipiak, J., Owczarek, M. (2004). *Klimat wybrzeża południowego Bałtyku. Stan obecny i perspektywy zmian*, w: *Środowisko polskiej strefy południowego Bałtyku – stan obecny i przewidywanie zmiany w przededniu integracji europejskiej*, J. Cyberski (red.), GTN, 11–44.
- Mikulski Z. (1970) *Kształtowanie się bilansu wodnego jezior w Polsce* „Przegląd Geograficzny”, 42, 3 IG PAN, PWN Warszawa 438-448
- Ozga-Zielińska, M., Brzeziński, J. (1997). *Hydrologia stosowana*, Wyd. PWN, Warszawa,
- Rotnicki, K., Borzyszkowska, W. (1999). *Przyspieszony wzrost poziomu morza i jego składowe na polskim wybrzeżu Bałtyku w latach 1951–1990*, w: *Ewolucja systemów nadmorskich Południowego Bałtyku*, R.K. Borówka (red.), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań – Szczecin, 141–160.
- Suursaar, Ü., Sooäär, J. (2007). *Decadal variations in mean and extreme sea level values along the Estonian coast of the Baltic Sea*, „Tellus”, 59A, 249–260
- Wróblewski, A. (1975). *Prawdopodobieństwo maksymalnych rocznych poziomów Morza Bałtyckiego w Nowym Porcie, Kołobrzegu i Świnoujściu*, „Oceanology” no. 6, 37–53.
- Wróblewski, A. (1992). *Analisis and forecast of long-term sea level changes along the Polish Baltic Sea coast, Part I. Annual sea level maxima*, „Oceanologia”, 33, 65–85.

Tomasz Wdowski