

Recenzja rozprawy doktorskiej
Pana mgr. Daniela Raka
„Struktura i dynamika warstw przydennych w rejonie Basenu Bornholmskiego, Rynny
Słupskiej i Głębi Gdańskiej”

wykonanej w Instytucie Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie pod kierunkiem
naukowym dr. hab. Waldemara Walczowskiego, prof. nadzw. IO PAN

Podstawę formalną wykonania recenzji stanowi pismo Zastępcy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie dr. hab. Sławomira Sagana, prof. nadzw. IO PAN z dnia 1 marca 2018 roku. Recenzja została opracowana zgodnie z ustawą z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz.U. z 2016 r., Nr 65, poz. 882 ze zm.) oraz § 6 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 3 października 2014 r. *w sprawie szczegółowego przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora* (Dz. U. z 2014 r., poz. 1383).

Na wstępie, chcąc podkreślić znaczenie podjętej przez Pana mgr. Daniela Raka tematyki badawczej, pragnę zaznaczyć, że współczesne problemy mórz związane z dynamiką i właściwościami wody morskiej, które mają wpływ zarówno na środowisko biotyczne, jak i abiotyczne stanowią jeden z ważniejszych i interesujących problemów naukowych. Morze Bałtyckie jako akwen zamknięty, w słabym stopniu połączone z Oceanem Światowym, przy równocześnie dużym zasilaniu wodami słodkimi, stanowi dość nietypowy rezerwuuar wody o słabym zasoleniu. Ma to wpływ na jego strukturę hydrotermiczną, a przede wszystkim na kształtowanie warunków tlenowych, co kształtuje jego ekologię. Szczególnie ważne jest jeszcze lepsze rozpoznanie roli epizodycznych wlewów wód o większym zasoleniu i gęstości

do Bałtyku, zwłaszcza w ujęciu przestrzennym. Istotne także jest określenie wpływu wlewów w skali długookresowej oraz ocena ich transformacji. Nie bez znaczenia są współczesne zmiany klimatu, które również determinują reżim wód morskich, co odzwierciedla się między innymi różną rolą wspomnianych wlewów, a nawet osłabieniem ich intensywności oraz skróceniem czasu trwania odświeżenia wód Bałtyku, zwłaszcza w warstwach przydennych. Może to mieć negatywne konsekwencje dla procesów i środowiska Bałtyku, również w krótkookresowej skali czasu.

W przedstawionej do oceny pracy doktorskiej Pan mgr Daniel Rak podjął się ważnego, a zarazem trudnego zadania wieloaspektowego rozpoznania zmienności czasowej i przestrzennej właściwości fizycznych wody morskiej w akwenach Bałtyku Południowego. Szczególną uwagę poświęcił zmianom temperatury, zasolenia i zawartości tlenu rozpuszczonego, następujących w Bałtyku pod wpływem adwekcji wód wlewowych. W mojej opinii szczególnie ważne było zbadanie zmienności natlenienia wód i oszacowanie skali czasowej dotlenienia warstwy przydennej wywołanej wlewami. Doktorant dokonał tego przede wszystkim na podstawie analizy danych pomiarowych uzyskanych podczas badań wykonanych przez r/v Oceania, w których bardzo często uczestniczył, z wykorzystaniem wielu technik pomiarowych stosowanych w tego typu badaniach. Badania prowadzone przez Instytut Oceanologii PAN w Sopocie dają gwarancję rzetelności prac terenowych i dokładności pozyskanych danych.

Rozprawę doktorską Pana mgr. Daniela Raka stanowi praca zatytułowana „*Struktura i dynamika warstw przydennych w rejonie Basenu Bornholmskiego, Rynny Słupskiej i Głębi Gdańskiej*”. Składa się ona ze streszczenia, 5 głównych rozdziałów (z licznymi podrozdziałami) oraz spisu literatury. Liczy 112 stron, 51 rycin oraz 7 tabel.

W pierwszej części dysertacji Pan mgr Daniel Rak przedstawił interesujący *Wstęp*, w którym słusznie zwrócił uwagę, że fenomen Morza Bałtyckiego wynika z równowagi zasolenia w jakiej znajdują się jego wody, z uwagi na znaczny dopływ wód słodkich i ograniczony wpływ wód słonych z Morza Północnego. Podkreśla On również fakt, że obok temperatury i zasolenia, bardzo istotną cechą wody morskiej wpływającą na strukturę życia biologicznego jest zawartość tlenu rozpuszczonego w wodzie, podając najważniejsze zagrożenia z tym związane.

Zakres terytorialny badań obejmował przede wszystkim Bałtyk Południowy. Jest to dobrze rozpoznany akwen morski, posiadający znaczącą literaturę, na którym od wielu lat pracuje ośrodek sopocki. Szczegółowym analizom zostały poddane Basen Bornholmski, Rynna Słupska i Głębia Gdańska. Jak podkreśla Autor zasadniczym celem pracy było

zbadanie zmienności czasowej (sezonowej i wieloletniej) oraz przestrzennej właściwości fizycznych wody morskiej w tych akwenach, ze szczególnym uwzględnieniem wieloletniej zmienności właściwości fizycznych warstwy przydennej, uwzględniającej proces wlewów wód słonych z Morza Północnego. Należy podkreślić, że cele pracy zostały przedstawione jasno i w sposób wymagany dla tego typu rozpraw naukowych, choć uważam, że zbyt skromnie w stosunku do uzyskanych wyników i przeprowadzonych analiz.

W pracy zabrakło przeglądu literatury w klasycznym ujęciu. Jednakże chciałbym zaznaczyć, że osobiście niekoniecznie jestem zwolennikiem takiego podejścia, gdyż liczne odniesienia do wybranych publikacji Doktorant przedstawił opisując poszczególne zagadnienia i problemy, co udokumentował 53 pozycjami literatury, z których zdecydowana większość jest w języku angielskim. Świadczy to o dużej wiedzy, jaką posiada On w zakresie podjętej tematyki badawczej.

W kolejnym rozdziale Doktorant dokonał szczegółowej charakterystyki Morza Bałtyckiego. Zrobił to w bardzo jasny sposób, zwracając uwagę na najważniejsze właściwości jego wód oraz podkreślając znaczenie poszczególnych basenów, rynien i progów w hydrografii całego Bałtyku. W ten sposób opisał on batymetrię Morza Bałtyckiego, opisując jego poszczególne akweny. W dalszej części tego rozdziału scharakteryzował między innymi temperaturę wód, podkreślając ich sezonowe zmiany w różnych warstwach. Następnie wykonał ciekawą analizę zlodzenia Bałtyku, zwracając również uwagę na zależność pomiędzy indeksem NAO (Oscylacji Północnego Atlantyku) a zasięgiem lodu w Bałtyku, która wynika ze związku tego indexu z globalną cyrkulacją powietrza i wód oceanicznych. Opisał również specyficzną warstwę dicothermalną, związaną z morzami, na których tworzy się lód. Uważam, że ciekawym uzupełnieniem tej części pracy byłaby próba wyjaśnienia jak ta „stara zimowa woda” zmienia się wskutek procesów związanych z przemianami zasolenia i temperatury wody, w nawiązaniu do ostatnich zmian klimatycznych wpływających na stopień zlodzenia Bałtyku, który znacznie różni się, chociażby w stosunku do lat 70. XX wieku.

Doktorant opisał również zasolenie wód Bałtyku i czynniki na nie wpływające, jak również zmiany położenia halokliny, która odgrywa bardzo ważną rolę w kształtowaniu wielu procesów zachodzących w masie wodnej. Przedstawił również bardzo ważny problem, jakim jest natlenienie wód morskich, które ma podstawowe znaczenie dla funkcjonowania i życia organizmów wodnych oraz bierze udział w naturalnych procesach oczyszczania wód. Zagadnienie to jest szczególnie ważne w świetle powstawania przy dnie warstw beztlenowych, co powoduje między innymi zwiększone wydzielanie fosforu, czy nawet siarkowodoru. W dalszej części została przedstawiona cyrkulacja wód Bałtyku, z wyraźnym

zaznaczeniem, że głębokie baseny Bałtyku Południowego połączone są przez kanały, w których przepływ uzależniony jest przez dwie składowe: barotropową oraz baroklinową. Cyrkulację w warstwie powierzchniowej i głębinowej w Morzu Bałtyckim Autor przedstawił na interesujących schematach (ryciny 6 i 7). Uważam, że schemat na rysunku 6 powinien być dokładniej opisany, nie tylko w podpisie, co by znacznie ułatwiło jego percepcję.

Zakończeniem rozdziału charakteryzującego Morze Bałtyckie jest bardzo istotny opis adwekcji wód wlewowych z Morza Północnego, które są jedynym procesem, który zapewnia wymianę wód w warstwie głębokiej, a ich cykl niestety nie jest ustalony i ma charakter losowy. Ponadto wlewy o intensywności średniej albo większej, występują znacznie rzadziej niż wlewy słabe, a częstotliwość występowania głównych wlewów pod koniec XX wieku, zmniejszyła się. Główną oś transportu słonych wód wlewowych z Morza Północnego do Bałtyku Doktorant przedstawił na bardzo ciekawej rycinie 8. Należy podkreślić, że szczegółowa charakterystyka Morza Bałtyckiego przedstawiona przez Pana mgr. Daniela Raka odznacza się zwięzłością i świadczy o dużym zrozumieniu podjętej tematyki badawczej.

W wyczerpujący sposób Doktorant przedstawił zastosowane dane pomiarowe i metody badawcze. Dane obserwacyjne wykorzystane w pracy zebrane zostały w czasie 69 rejsów statku badawczego Instytutu Oceanologii PAN, r/v Oceania, podczas których wykonano 57344 profili pomiarowych. Pochodzą one z Bałtyku Południowego, z przedziału czasowego pomiędzy latami 1998 i 2015. Pomiary zostały wykonane z użyciem wielu urządzeń (między innymi sondy holowanej CTD), a także czujników i prądomierzy, których działanie Doktorant bardzo dokładnie opisał. Choć muszę przyznać, że niekiedy zbyt szczegółowo, zwłaszcza w opisie zastosowanego oprogramowania zbędne były np. fragmenty typu: „...*modyfikacja programu pozwalała uruchomić ten program w środowisku Windows 95*”, etc., gdyż jest to oczywiste, że stosuje się jego różne wersje. W tej samej części pracy dokonał On opisu wykonanej obróbki danych. Na uwagę zasługuje fakt, że wszystkie wykorzystane w analizie programy MATLAB zostały napisane przez autora. Ilość zastosowanych metod badawczych wzbudza podziw i wyraźnie podkreśla jak ważną rolę w pracy one stanowiły, a która praktycznie wyczerpuje ich zakres w podjętym temacie. Rozważna analiza zastosowanych metod, a także ich błędów (np. w metodzie VMADCP, wynikających z ruchu statków) i problemów z nimi związanych (np. sposób montowania prądomierzy) świadczą o dużej dojrzałości naukowej Pana mgr. Daniela Raka. Warto też zaznaczyć, że Doktorant brał udział i osobiście zbierał dane w 37 rejsach hydrograficznych r/v Oceania na Bałtyku Południowym, a w 22 z nich pełnił funkcję kierownika naukowego.

Najważniejszą część dysertacji stanowi rozdział opisujący uzyskane wyniki, podzielony na trzy główne podrozdziały. W pierwszym z nich pt. „*Struktura, zmienność sezonowa i wieloletnia kolumny wody w badanych akwenach*”, Doktorant scharakteryzował między innymi strukturę warstw wody w pionie i ich miąższości w badanych akwenach w latach 1998-2015. Jest to bardzo ważne uzupełnienie dotychczasowego stanu wiedzy w tym zakresie. Sądzę jednak, że zabrakło (obok tabeli z miąższością warstw), zwięzłego zestawienia średnich głębokości ich zalegania, a zwłaszcza termokliny i halokliny, pomimo tego, że w tekście często jest to opisywane. Ponadto pojawiają się tu wyjaśnienia niektórych pojęć (np. termokliny, czy halokliny), co w wynikach pracy uważam za niepotrzebne.

Następnie Doktorant przedstawił interesującą analizę długookresowej zmienności wybranych właściwości wody w badanych akwenach. Przeanalizował on rozkład temperatury, zasolenia oraz natlenienia wody w pionie i w czasie w Basenie Bornholmskim, Rynnie Słupskiej i Głębi Gdańskiej. Stwierdza On, że zakres zmian jak i zawartość tlenu rozpuszczonego w warstwie przydennej Bałtyku Właściwego ściśle zależą od adwekcji wód przydennych i maleją wraz z odległością od Cieśnin Duńskich, a w Głębi Gdańskiej warunki niedotlenienia mają charakter permanentny. W tym miejscu chciałbym zwrócić uwagę, że w niektórych tytułach podrozdziałów i podpisach rycin zabrakło uszczegółowienia o jakie parametry chodzi, bądź są one nieco niejasne. Dodatkowo niektóre fragmenty tej części pracy mogłyby być pominięte, gdyż wiele informacji statystyczno-wielkościowych zawarto na bardzo dobrych grafikach, a niektóre są powtórzeniami. Niezależnie od tych drobnych uwag jest to bardzo ważny fragment rozprawy, stanowiący niezbędne tło do dalszych analiz i realizacji założonych celów. Należy także stwierdzić, że Doktorant musiał tu włożyć wyjątkowo dużo pracy, by tak szeroko uwzględnić wszystkie aspekty zmienności opisywanych właściwości wód analizowanych akwenów.

Kolejny podrozdział nosi tytuł „*Sezonowa zmienność temperatury wody oraz zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie i rozkład temperatury wraz z głębokością*” i przedstawia bardzo interesujące wyniki zmienności poszczególnych właściwości wód Bałtyku w wieloleciu 1994-2015. Sezonowe uwarunkowania zmian temperatury wody Doktorant przedstawił na bardzo ciekawych rycinach, zwłaszcza o numerach od 22 do 25. Stwierdza on między innymi, że w bilansie energetycznym Bałtyku Właściwego największe znaczenie ma dochodzące promieniowanie krótkofalowe oraz strumień ciepła odczuwalnego. Zauważa również, że poniżej halokliny korelacja pomiędzy temperaturą wody i powietrza gwałtownie spada, co potwierdza mniejszą zależność pomiędzy zmianami temperatury wód głębokich a atmosferą. W interesujący sposób opisał sezonowe zmiany stężenia tlenu rozpuszczonego,

zaznaczając, że gęste wody Bałtyku, znajdujące się poniżej halokliny odseparowane są od źródeł tlenu, co powoduje że w głębinach Bałtyku często panują warunki beztlenowe, a jedynie wraz z adwekcją wód wlewowych, tlen jest w stanie dostać się do najgłębszych basenów. Doktorant potwierdza także prawidłowość, że maksymalne natlenienie wiosną ma związek ze wzmożonym procesem fotosyntezy w tym czasie, a po osiągnięciu wiosennego maksimum następuje systematyczne zużycie tlenu w wodzie. W tym miejscu pojawia się pytanie czy Autor próbował może to wiązać również ze zwiększonym zasilaniem natlenionymi wodami licznych rzek po roztopach wiosennych, które uchodzą do Południowego Bałtyku, wpływając również na stopień zasolenia? Czy raczej nie ma to w tym przypadku większego znaczenia?

W kolejnym podrozdziale Doktorant przedstawił szczegółową charakterystykę warstwy głębokiej, ze szczególnym uwzględnieniem wieloletniej zmienności temperatury i zasolenia w warstwie przydennej, w odniesieniu do głównych wlewów z Morza Północnego, jakie miały miejsce w latach 1993, 2002 oraz 2014. Na podstawie szczegółowej analizy wnioskuje On, że w skali wielolecia zasolenie w Morzu Bałtyckim podlega nieznacznym fluktuacjom. Jednakże najistotniejszy jak sądzę, jest tu fakt zaprezentowania najnowszych, bardzo szczegółowych danych zasolenia Bałtyku na różnych głębokościach i w poszczególnych akwenach. Doktorant zauważa, że w Basenie Bornholmskim i Rynnie Słupskiej powrót do średniej wartości zasolenia po wlewie z 2003 zajął około dwóch lat. Uważam, że ciekawym uzupełnieniem rozważań nad problematyką zmienności zasolenia Morza Bałtyckiego byłaby krótka analiza jej wpływu na warunki biologiczne, choć oczywiście zdaję sobie sprawę, że nie to było zasadniczym tematem przedstawionej dysertacji. Chciałbym zaznaczyć, że swoją precyzyjną i dokładną analizą zagadnień przedstawionych w tej części pracy Doktorant po raz kolejny dał świadectwo swojej naukowej dociekliwości.

W mojej opinii szczególnie ciekawy jest podrozdział zatytułowany „*Transformacja wód wlewowych po głównym wlewie z grudnia 2014*”, w którym Pan mgr. Daniel Rak bardzo szczegółowo opisał transformację wód Bałtyku Właściwego wywołaną sytuacją wlewową, na przykładzie wlewu z grudnia 2014, wspartą przykładami z wlewu z roku 2002. Stwierdza On, że trakcie tego wlewu, w styczniu 2015, średnie powierzchniowe zasolenie było podobne do zaobserwowanego we wcześniejszych latach, a w drugim miesiącu od rozpoczęcia wlewów 2002 i 2014 sygnał zasolenia dotarł do Głębi Gdańskiej. Jednakże jego najistotniejszą konkluzją jest stwierdzenie, że po ostatnim wlewie w Basenie Bornholmskim już po upływie 10 miesięcy, od jego rozpoczęcia, wody beztlenowe ponownie pojawiły się w warstwie poniżej halokliny. W Rynnie Słupskiej spadek zawartości tlenu był nieznacznie wolniejszy,

zajął 11 miesięcy, natomiast wody beztlenowe nie opuściły przydennych obszarów Głębi Gdańskiej przez cały okres wlewowy. Sądzę, że ciekawa byłaby odpowiedź na pytanie: na ile wystarczające i zabezpieczające warunki tlenowe Bałtyku są ostatnie wlewy i czy rzeczywiście ich rola słabnie, czy raczej jest to kwestia ich intensywności w poszczególnych przypadkach? Pomimo pewnych uwag i zapytań, jedynie o charakterze dyskusyjnym, uważam, że jest to jeden z najważniejszych fragmentów rozprawy, stanowiący istotny naukowy wkład w rozwój hydrologii Bałtyku i współczesnej oceanografii.

Ostatnią częścią wyników badań jest podrozdział poświęcony dynamice wód Bałtyku Właściwego, na podstawie pomiarów w 35 przekrojach, na których mierzono prądy morskie. Doktorant szczegółowo przeanalizował ich prędkości i rozkład. Następnie scharakteryzował cyrkulację przydenną i stwierdził między innymi, że dotychczasowe badania modelowe i teorie dotyczące buforującego znaczenia Głębi Gdańskiej w transporcie wód wlewowych nie są jednoznaczne.

Pracę kończy syntetyczny rozdział, w którym Doktorant dokonał zwięzłego podsumowania i przedstawił najważniejsze wyniki swoich badań. Pozwoliły mu one stwierdzić, że nie wszystkie dotychczasowe teorie dotyczące warunków hydrodynamicznych Bałtyku są w pełni aktualne, a procesy jakie w nim zachodzą charakteryzują się często odmiennymi cechami w poszczególnych akwenach. Bardzo ważna wydaje mi się również ocena roli wlewów wód z Morza Północnego, jakiej Doktorant dokonał w świetle najnowszych wyników badań. Moją szczególną uwagę zwrócił fakt, że pomimo tego, że ostatni wlew z grudnia 2014 roku był jednym z najsilniejszych wlewów od 1880 roku, to nie odświeżył on wszystkich basenów Morza Bałtyckiego. Autor bardzo rozsądnie zauważa, że niezbędne jest prowadzenie długookresowych i stacjonarnych pomiarów w tych rejonach, przede wszystkim poprzez monitorowanie obszarów pod kątem wielkości transportu gęstych wód z Morza Północnego oraz określenie jego krótko i długookresowych zmian. Dokonana szczegółowa, a zarazem ostrożna analiza świadczy o dużej umiejętności wnioskowania przez Pana mgr. Daniela Raka.

Chciałbym w tym miejscu wyrazić swoją uwagę do tytułu pracy, który wydaje się zbyt skromny w stosunku do zawartej treści. Nie dotyczy ona struktury i dynamiki TYLKO warstw przydennych, ale wszystkich. Nie jest to oczywiście uwaga krytyczna, a raczej próba podkreślenia ilości oraz znaczenia przeprowadzonych i opisanych badań.

Autor nie uniknął drobnych powtórzeń np. na stronie 56: „*Głębokość zalegania halokliny zmienia się przestrzennie i zależy od odległości od Cieśnin Duńskich, jak i od okresów wlewów z Morza Północnego*”; czy na str. 71: „*Im wyższa temperatura,*

rozpuszczalność tlenu maleje”. W części opisującej wyniki badań niektóre fragmenty miały charakter opisu metod (np. str. 71). W pracy wystąpiły drobne błędy literowe i stylistyczne, głównie o charakterze edytorskim, które nie mają wpływu na jej merytoryczny charakter, a które przedstawiłem w załączonym do recenzji aneksie.

Przedstawione uwagi, w większości o charakterze porządkowym, wyjaśniającym lub dyskusyjnym, nie umniejszają wartości recenzowanej rozprawy i nie mają wpływu na jej jednoznacznie pozytywną i wysoką ocenę. Wynikają one z obowiązku wyrażenia przez recenzenta opinii, postawienia pewnych pytań i chęci podjęcia dyskusji naukowej.

Stwierdzam, że Pan mgr Daniel Rak podjął się bardzo trudnego zadania kompleksowego opisu i analizy warunków zmienności czasowej (sezonowej i wieloletniej) oraz przestrzennej właściwości fizycznych wody ze szczególnym uwzględnieniem warstwy przydennej w akwenach Bałtyku Południowego. Jest to bardzo ważna praca w historii badań Bałtyku, z ciekawymi nowymi oraz zaktualizowanymi poglądami na temat jego hydrodynamiki. Szczególnie istotne jest nowe spojrzenie na warunki tlenowe, zasolenia i termiczne. Przede wszystkim jednak zaprezentował on najnowsze dane i analizy transformacji wód wlewowych z Morza Północnego, które jak wiadomo są niezmiernie ważne dla życia morskiego i cykli biogeochemicznych. Wszystko to nadaje pracy wysoką wartość naukową, wymaganą dla tego typu opracowań. A tematyka pracy doskonale włącza się w nurt współczesnej oceanografii. Szczególny podziw budzi duży wachlarz zastosowanych metod pomiarowych.

Podsumowując jestem przekonany, że przedstawiona rozprawa doktorska, zatytułowana *„Struktura i dynamika warstw przydennych w rejonie Basenu Bornholmskiego, Rynny Słupskiej i Głębi Gdańskiej”*, w pełni spełnia wymagania stawiane przez odpowiednie przepisy prawne dotyczące prac doktorskich i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie o dopuszczenie Pana mgr. Daniela Raka do dalszych etapów postępowania w przewodzie doktorskim.

Na zakończenie pragnę jeszcze raz podkreślić, że uzyskane przez Doktoranta wyniki stanowią znaczące uzupełnienie dotychczasowej wiedzy z zakresu warunków hydrograficznych i zmian zachodzących w badanym rejonie Bałtyku Właściwego. Ponadto przedstawił On nowe, albo odmienne poglądy na temat uwarunkowań hydrodynamicznych Bałtyku, a zwłaszcza roli i znaczenia wlewow wód z Morza Północnego. W związku z tym, ze względu na dużą wartość naukową dokonanej analizy oraz jej dokładność, skrupulatność, szczegółowość oraz dojrzały sposób wnioskowania zwracam się do Wysokiej Rady o jej wyróżnienie.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'I. Sobota', is centered at the top of the page. The signature is written in a cursive style with a large initial 'I'.

Dr hab. Ireneusz Sobota, prof. UMK

Aneks do recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr. Daniela Raka pt. „Struktura i dynamika warstw przydennych w rejonie Basenu Bornholmskiego, Rynny Słupskiej i Głębi Gdańskiej”, zawierający poprawki i sugestie zmian tekstu rozprawy

1. Autor używa często pojęcia przepływu - wyrażanego w ms^{-1} , co raczej wskazuje na prędkość płynięcia wody; przepływ jest pojęciem opisującym objętość wody
2. Na stronach 64 i 66, ryciny są opisane tym samym, kolejnym numerem 22.

Strona 14, wers 6: po *poziomów* powinno być *głębokości*

Strona 19, wers 1: po *fizycznych* powinno być *wody*

Strona 21, rysunek 1: proponuję nazwy przesunąć, żeby nie zasłaniały batymetrii

Strona 23, wers 21: jest '*starej zimowej wody*' powinno być „*starej zimowej wody*”, w celu ujednolicenia zapisu, gdyż w dalszej części pracy częściej jest „,”

Strona 25, rysunek 3: opisy osi itp. powinny być w języku polskim, a nie angielskim, albo w jednym i drugim. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku innych rycin

Strona 25, wers 3: jest *zapada się chyba* lepiej byłoby *opada*

Strona 27, rysunek 4: brak jednostek zasolenia w objaśnieniach

Strona 27, wers 9: są symbole &, a powinny być *i*

Strona 28, wers 23: znak minus w m^{-3} nie wygląda na poprawny zapis

Strona 31, rysunek 5: opisy powinny być w j. polskim, ponadto w objaśnieniach jest zapis *ml/l* a powinno być *ml l⁻¹*

Strona 34, *Beszczynskiej-Möller, 2004* – brak w spisie literatury

Strona 38, rysunek 9: opisy powinny być w języku polskim

Strona 40, rysunek 10: opisy powinny być w języku polskim. Czemu miesiące stanowią liczby ujemne?

Strona 55, rysunek 17: po *temperatura* powinno być *wody*, ponadto warto podawać w podpisie ryciny jakiego okresu dotyczy

Strona 55, tabela 2: dla porządku wszystkie wartości powinny mieć dwa miejsca po przecinku (np. 5,60; 1,00)

Strona 56, wers 1: zamiast *Pionowe rozmieszczenie soli* raczej powinno być np. *pionowy rozkład zasolenia wody*

Strona 56, ostatni wers: jest & powinno być *i*

Strona 58, rysunek 19: jest *mg/l* powinno być *mg l⁻¹*

Strona 64, wers 1: jest *podąża* za lepiej, żeby było *zmienia się* wraz z

Strona 64, wers 10: jest *danymi pomiarowymi* powinno raczej być *wartościami temperatury wody i powietrza*

Strona 65, wers 7 i 8: jest *'starej zimowej wody'* a powinno być „*starej zimowej wody*”

Strona 65, ostatni wers: po *z warunkami* powinno być *panującymi*

Strona 66-68, rysunki 22-24: po *temperatury* powinno być *wody*, może warto również spróbować zamienić kolejne dni roku na konkretne daty

Strona 69, rysunek 25: po *temperatury* powinno raczej być *wody na poszczególnych głębokościach*,

Strona 70-71, tabele 5-7: chyba bym raczej zatytułował *Charakterystyka temperatury wody....na wybranych głębokościach*. W tytule kolumny po *Współczynnik korelacji* powinno być *po między ...*, bo jest niejasne

Strona 76, wers 3: po wyrazie *głębokiej* są dwie kropki, a powinna być jedna

Strona 81, rysunek 31: opisy powinny być po polsku. Co oznaczają kolory powinno być wyjaśnione w podpisie albo na rycinie.

Strona 83, wers: 17: *Rak, 2012* – brak w spisie literatury

Strona 87, wers przedostatni: jest *halokiny*, a powinno być *halokliny*

Strona 89, wers 21: jest *przesiąk* a powinno być *przesiąka*

Strona 91, wers 2: jest *m/s* a powinno być *ms⁻¹*

Strona 91, wers 6: jest *m/s* a powinno być *ms⁻¹*

Strona 91, wers 6: jest *zostało* a powinno być *zostały*

Strona 91, rysunek 39: wydaje mi się, że zamiast *przepływu* powinno być *prędkości*, żeby było zgodne z opisem osi

Strona 92, wers 2: po *przepływu* powinna być kropka

Strona 92, wers 3:, jest *wynosil* powinno być *wynosily*

Strona 92-98: rysunki powinny być w języku polskim

Strona 92-98, rysunki 40-45: jest *m/s* powinno *ms⁻¹*

Strona 96: *Bulczak i inni, 2016* – w spisie literatury jest *2015*

Strona 96, wers ostatni: jest *pulsacjach* powinno być *pulsacji*

Strona 98, rysunek 46: jest *system* powinno być *systemu*

Strona 100, rysunek 48: jest *m/s* powinno być *ms⁻¹*

Strona 101, rysunek 49: jest *cm/s* powinno być *cms⁻¹*

Strona 101, rysunek 50: po *gęstości* powinno być *wody*

Strona 103, rysunek 51: jest *m/s* powinno być *ms⁻¹*

