



dr hab. Michał Woszczyk prof. UAM  
Zakład Geologii i Paleogeografii Czwartorzędu  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
u. B. Krygowskiego 10  
61-680 Poznań

Poznań dn. 04.04.2019 r.

## Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Maurycego Żarczyńskiego

### 1. Uwagi ogólne

P. mgr Maurycy Żarczyński przedłożył do recenzji rozprawę doktorską p.t. „*Zmiany środowiska w ciągu ostatnich 2000 lat zapisane w mikrofacjach i geochemii osadów warwowych Jeziora Żabińskiego (północno-wschodnia Polska)*” wykonaną pod kierunkiem prof. UG dr hab. Wojciecha Tylmanna.

Podstawą rozprawy są trzy współautorskie artykuły naukowe Doktoranta opublikowane w I. 2018 i 2019. Są to w kolejności zawartej w rozprawie następujące publikacje:

- 1) Żarczyński M., Tylmann W., Goslar T., 2018. Multiple varve chronologies for the last 2000 years from the sediments of Lake Żabińskie (northeastern Poland) – Comparison of strategies for varve counting and uncertainty estimations. *Quaternary Geochronology* 47, 107-119, w dalszej części recenzji zwany A1
- 2) Żarczyński M., Szymańska J., Tylmann W., 2019. Grain-size distribution and structural characteristics of varved sediments from Lake Żabińskie (northeastern Poland). *Quaternary* 2, 8, 1-15 – A2.
- 3) Żarczyński M., Wacnik A., Tylmann W., 2019. Tracing lake mixing and oxygenation regime using the Fe/Mn ratio in varved sediments: 2000 year-long record of human-induced changes from Lake Żabińskie (NE Poland). *Science of the Total Environment* 657, 585-596 – A3.

Wszystkie trzy artykuły zostały opublikowane w recenzowanych międzynarodowych czasopismach naukowych, w tym dwóch o ugruntowanej wieloletniej renomie (*Quaternary Geochronology* –  $IF_5 = 3,300$  oraz *Science of the Total Environment* –  $IF_5 = 4,984$ ) oraz w jednym z nowych i mniej znanych czasopism (*Quaternary*), które ukazuje się od r. 2018 i nie posiada jeszcze wskaźnika cytowań (IF) oraz nie jest ujęte w wykazie czasopism punktowanych MNiSW.

W/w artykuły opatrzone są Autoreferatem w języku angielskim (z polskojęzycznym streszczeniem) liczącym 48 stron i zawierającym zarys podjętej problematyki badawczej na tle bardzo wnikliwego przeglądu literatury liczącego 149 pozycji, opis obszaru badań i wykorzystanych metod badawczych, a także syntetyczne omówienie wyników wraz z ich interpretacją i konkluzjami z nich wynikającymi.

W rozprawie zawarte są też oświadczenia Doktoranta i współautorów publikacji określające procentowy nakład pracy każdego z nich w poszczególnych artykułach. Z oświadczeń tych wynika, iż:

- a) Doktorant był głównym pomysłodawcą badań (jego udział w projektowaniu każdej z prac wyniósł 50%)
- b) w każdej z publikacji Doktorant wniósł dominujący wkład w zakresie zbierania i analizy danych (odpowiednio 75 – 90% i 60%)
- c) Doktorant był głównym autorem manuskryptów (50% udział w interpretacji wyników, 80% udział w opracowaniu grafiki i 60% udział w redakcji tekstu).

Zważywszy na zaawansowanie i różnorodność metodyczną prac, a także logiczną i spójną interpretację, powyższe wskaźniki świadczą, w moim przekonaniu, o godnej uznania samodzielności i dojrzałości naukowej Doktoranta.

Wszystkie publikacje stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej są zwarłe tematycznie i bazują na ok. 6-m-ciąższości rdzeniu osadów Jeziora Żabińskiego pobranym w l. 2011-2012. Osady te, z uwagi na warwową strukturę, zostały przez Doktoranta poddane szczegółowym i wysokorozdzielczym analizom zmierzającym do ustalenia chronostratygrafii oraz rekonstrukcji przemian środowiskowych w jeziorze i jego zlewni w ciągu ostatnich 2000 lat. Doktorant jasno sformułował dwie hipotezy robocze odnoszące się do (i) wskaźnikowej roli warw biogenicznych w zakresie odtwarzania procesów biogeochemicznych w badanym jeziorze oraz (ii) istnienia związku przyczynowo-skutkowego między działalnością człowieka a reżimem mitycznym Jeziora Żabińskiego.

O ile pierwsza z powyższych hipotez jest moim zdaniem się nieco zbyt oczywista, wobec powszechnie znanego faktu, iż w strukturze warw zapisują się procesy biogeochemiczne, to druga zawiera w sobie niewątpliwy element nowatorski. Tym hipotezom zostały podporządkowane trzy zadania badawcze, silnie korespondujące z kolejnymi publikacjami cyklu.

W toku postępowania badawczego Doktorant zebrał imponujący materiał badawczy, który został niezwykle starannie opracowany, w tym szczególnie pod kątem statystycznym, i na tej podstawie sformułowane zostały konkluzje mające istotne implikacje paleolimnologiczne w wymiarze uniwersalnym.

## 2. Tematyka artykułów

W **A1** Doktorant wydzielił mikrofacje warw w analizowanym profilu oraz dokonał porównania 5 różnych metod ustalania chronologii warwowej osadów. Trzy z wykorzystanych metod są powszechnie stosowane w warwochronologii, ale Doktorant zaproponował też własne podejście polegające na półautomatycznym zliczaniu pików Ca uzyskanych ze skanowania  $\mu$ XRF profilu osadów. Na tym ostatnim elemencie zasadza się oryginalność publikacji. Co prawda finalnie metoda ta okazała się mniej dokładna niż podejście wykorzystujące szlify mikroskopowe, ale jej walorem jest większy obiektywizm w identyfikacji warw oraz znacząco mniejsza czaso- i pracochłonność. Z dociekań Doktoranta wypływa też wniosek, że jakość wyników uzyskiwanych poprzez półautomatyczne zliczanie pików może być nieco poprawiona przez włączenie do analizy dodatkowych markerów geochemicznych bądź połączenie jej z analizą mikrofacjalną.

W **A2** Doktorant skupił się na analizie cech teksturalnych i strukturalnych osadów warwowych takich jak miąższność lamin kalcytowych, miąższność lamin ciemnych czy wskaźniki uziarnienia. Ciekawym rezultatem było wyodrębnienie 5 komponentów teksturalnych osadów (tzw. *end-members*), które ujawniły istotne statystycznie związki ze zmiennymi geochemicznymi (np. Ti, TIC czy Mn). Świadczy to o tym, że różne procesy limnologiczne i biogeochemiczne zachodzące w jeziorze skutkują depozycją materiału o nieco odmiennych rozkładach uziarnienia (np. agregaty klastyczno-węglanowe scementowane tlenkami Mn/Fe różnią się granulometrycznie od materiału allochtonicznego czy endogenicznego kalcytu). W omawianej pracy dokonano też genetycznej interpretacji mikrofacji oraz porównania ich struktury uziarnienia. Każdej z facji przypisano specyficzne cechy, choć kwestia istotności statystycznej występujących między nimi różnic nie została wyjaśniona.

W **A3** autorzy przeanalizowali zmienność geochemiczną osadów, głównie w zakresie stosunku Fe/Mn, powszechnie używanego w paleolimnologii jako wskaźnik natlenienia w kolumnie wodnej. Zauważono, że zmiany wartości tego indeksu korespondują ze zrekonstruowanymi palinologicznie zmianami użytkowania zlewni w taki sposób, że spadki Fe/Mn, świadczące o podwyższonym natlenieniu, przypadają na fazy wylesienia okolic jeziora. Na tej podstawie sformułowany został wniosek, iż odsłonięcie jeziora na działanie wiatru przekłada się na głębsze mieszanie pionowe wód, a w konsekwencji prowadzi do osłabienia stratyfikacji i wymusza zmiany specjacji oraz rozpuszczalności Fe i Mn. Wobec zebranego materiału dowodowego kwestia istnienia ciągu przyczynowo-skutkowego między stopniem zalesienia zlewni, a hydrodynamiką wód jeziornych i dalej procesami

biogeochemicznymi w toni wodnej wydaje się rozstrzygnięta, choć w artykule brakuje wyjaśnienia jak Doktorant wyobraża sobie mechanizm przenoszenia energii wiatru na dynamikę wód w Jeziorze Żabińskim.

### 3. Ocena rozprawy doktorskiej

Naukowa jakość artykułów składających się na niniejszą rozprawę została już dogłębnie zweryfikowana na etapie recenzji w czasopismach, w których prace te zostały opublikowane. Zarówno *Quaternary Geochronology* jak i *Science of the Total Environment* znane są z wysokiego poziomu merytorycznego przyjmowanych do druku artykułów. I rzeczywiście w przedłożonych mi do oceny pracach Doktoranta trudno dopatrzeć się jakichkolwiek istotnych uchybień metodycznych, interpretacyjnych czy edytorskich. To samo dotyczy właściwie także Autoreferatu, który ma przejrzystą i logiczną strukturę oraz napisany jest bardzo dobrym językiem angielskim, choć w tym przypadku dostrzegłem kilka drobnych mankamentów.

Rozprawa doktorska p. mgr Żarczyńskiego bazuje na unikatowym materiale badawczym jakim są rocznie laminowane osady jeziorne i wpisuje się w ogólnoswiatowy trend badań paleośrodowiskowych o niezwykle wysokiej (< 1 roku) rozdzielczości czasowej dostarczających trudnych do przecenienia danych paleoklimatologicznych, paleohydrologicznych, paleoekologicznych etc, chętnie publikowanych przez najlepsze światowe periodyki naukowe. Osiągnięcie tak dużej rozdzielczości jest możliwe nie tylko dzięki znalezieniu stanowiska osadów warwowych, ale także dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod i technik analitycznych, w tym głównie spektrometrii  $\mu$ XRF oraz badań szlifów mikroskopowych. Z kolei możliwość skorzystania z tych metod wymaga solidnego przygotowania merytorycznego. W przypadku Doktoranta oznaczało to zagłębienie się w trudną problematykę geochemiczną. Muszę przyznać, że jestem pełen uznania dla znawstwa jakim p. Maurycy Żarczyński wykazał się interpretując mikrostrukturę warw, rozpoznając ich skład mineralny, poprawnie opisując warunki formowania różnych faz mineralnych czy też dyskutując procesy związane z obiegiem i przemianami form Fe i Mn w systemach jeziornych. Nawet jeżeli w pewnej części była to dyskusja teoretyczna.

Dlatego też sformułowane poniżej refleksje o lekkim zabarwieniu polemicznym, nie deprecjonując jakości ocenianej rozprawy, mają na celu zwrócenie uwagi Doktoranta na te aspekty, które mogą mieć znaczenie dla jego przyszłych inicjatyw badawczych.

- 1) Prace Doktoranta dotyczące chronologii osadów Jeziora Żabińskiego (głównie A1) silnie odwołują się do wcześniejszego artykułu Bonk i in. (2015) opublikowanego w *Geochronometria* 41, 159-171. Autorzy przywołanego artykułu opracowali chronologię warwową dla górnej 3,5-metrowej części tego samego profilu obejmującej ostatnie millenium. Niestety, zarówno w A1 jak i przede wszystkim w Autoreferacie zabrakło informacji o zakresie wykorzystania danych Bonk i in. (2015). Chodzi głównie o to czy praca Doktoranta polegała na wydłużeniu chronologii zbudowanej przez poprzedników poprzez doliczenie warw jedynie dla przedziału czasowego 1000 AD– przełom CE/BCE, czy też warwy były liczone dla całego rdzenia (od osadów współczesnych do 2000 lat wstecz)?
- 2) W A2 moją uwagę zwróciła metodyka przygotowania próbek do analizy uziarnienia z wykorzystaniem laserowego analizatora wielkości cząstek (LDM). Muszę przyznać, że do tej pory nie spotkałem się z praktyką usuwania materii organicznej poprzez prażenie w temperaturze 550°C. Jakkolwiek tę metodę stosuje się w standardowej analizie geochemicznej zmierzającej do określenia zawartości materii organicznej w próbkach środowiskowych, to nie jestem przekonany czy jest to właściwe podejście dla analizy granulometrycznej osadów drobnofrakcyjnych. Wiadomo bowiem, że oddziaływanie tak wysokiej temperatury powoduje z jednej strony dehydratację i dehydroksylację minerałów ilastych, a z drugiej tworzy wieloskładnikowe spieki. Skutkuje to niewątpliwie zmianami cech teksturalnych, które w tej skali analizy mogą mieć pewien wpływ na wyniki. Zasadniczo do usuwania materii organicznej

rekomenduje się NaOCl bądź  $H_2O_2$  (Bieganowski i in. 2018; *Advances in Agronomy* 151, 215-279), choć oczywiście ten ostatni silny utleniacz mocno zakwaszając środowisko reakcji (pH ok. 4) jest potencjalnie agresywny wobec węglanów i powoduje ich częściowe rozpuszczanie. Jednocześnie faktem jest, że – według mojej wiedzy – nie istnieje ujednolicona procedura przygotowania próbek do analiz LDM, co usprawiedliwia różne podejścia. Rekomendowałbym jednak skorzystanie z doświadczeń agrofizyków z lubelskiego ośrodka PAN (patrz np. przywołana wyżej publikacja), którzy mają w swoim dorobku przynajmniej kilka prac metodycznych dotyczących wspomnianych analiz. Można tam znaleźć nie tylko wskazówki co do sposobu usuwania materii organicznej, ale też np. co do sensowności stosowania różnego rodzaju dyspergentów czy ustawień mocy i czasu ultradźwięków.

- 3) Jak już wcześniej wspomniałem jednym z najbardziej frapujących wniosków Doktoranta jest wykazanie wpływu odlesienia na reżim miktyczny jeziora (A3). Należy przy tym podkreślić, że podobny wniosek sformułowali nieco wcześniej Hernandez-Almeida i in. (2017; *The Holocene* 27, 258-270), co zdaje się umknęło uwadze Doktoranta. W świetle zgromadzonych danych konkluzja ta wydaje się całkowicie poprawna, zwłaszcza, że Jezioro Żabińskie leży w rejonie o dużej wietrzności, a odlesieniu uległ obszar na E i SE od jeziora, położony na linii dominujących tam wiatrów. Jednak wchodząc głębiej w to zagadnienie okazuje się, że mechanizm odpowiedzialny za przenoszenie energii wiatru na jezioro nie został przez autorów wyjaśniony. Autorzy stwierdzają jedynie, że odsłonięcie jeziora w wyniku odlesienia spowodowało zwiększenie drogi oddziaływania wiatru na powierzchnię wody, co zainicjowało mieszanie kolumny wodnej, a z Fig. 8 Autoreferatu można wywnioskować nawet, że mieszanie to sięgało praktycznie do warstwy przydennej. Szkoda, że zagadnieniu temu nie poświęcono więcej uwagi, bo jeśli rzeczywiście mamy tutaj do czynienia z głębokim mieszaniem indukowanym przez wiatr, to może się okazać, że w jeziorze Żabińskim rozwija się dość specyficzny i rzadko opisywany typ cyrkulacji o charakterze oscylacyjnym w postaci sejsz wewnętrznych bądź upwellingów. W czasie trwania tych zjawisk (dni bądź tygodnie) może dochodzić do znacznego przesuwania termokliny (i zapewne chemokliny) w głąb toni wodnej (Kalf, 2001), co rzeczywiście skutkować może poprawą warunków tlenowych w hipolimnionie. W jeziorach polskich – według mojej wiedzy – zjawisko to nie zostało udokumentowane, mimo że w światowej literaturze limnologicznej jest ono dobrze znane, nawet w jeziorach o stosunkowo niewielkich rozmiarach (np. Toolik, Baldeggersee). W moim przekonaniu ten aspekt pracy Doktoranta otwiera nowe pole badawcze i stanowi przykład (paradoksalny?) roli paleolimnologii dla pełniejszego zrozumienia współczesnych i przyszłych procesów funkcjonowania jezior. Z drugiej strony pojawia się pytanie czy tak zdefiniowany czynnik hydrodynamiczny jest jedynym możliwym wyjaśnieniem relacji między odlesieniem a zmianą wartości Fe/Mn w osadach Jeziora Żabińskiego? Hernandez-Almeida i in. (2017) wspominają, że w 2 poł. XIX i początkowych dekadach XX stulecia na obszarze Pojezierza Mazurskiego, w tym w bezpośrednim sąsiedztwie Jeziora Żabińskiego prowadzone były różne prace hydrotechniczne, istotnie wpływające na lokalny obieg wody. Hernandez-Almeida i in. (2017) w kontekście tych zmian interpretują zmiany składu izotopowego C i O osadów węglanowych w jeziorze. Czy zatem nie zachodzi możliwość, że zmodyfikowany obieg wody wpłynął też na reżim tlenowy badanego jeziora, bądź na bilans dostarczanego doń Fe i Mn? Sądzę ponadto, że na zmianę wartości Fe/Mn mogły, przynajmniej częściowo rzutować procesy zachodzące w pozbawionych pokrywy leśnej glebach zlewni jeziora. Boyle (2001) w swoim przeglądzie metod geochemicznych stosowanych w paleolimnologii poświęca temu zagadnieniu nieco uwagi. Wiadomym jest, że wycięcie lasu powoduje radykalną zmianę stosunków wodnych w glebie, a są też publikacje pokazujące, że odlesieniu towarzyszy zakwaszenie wód gruntowych (np. Małek i in. 2014; *Fol. Forest. Pol. A*, 56, 3, 141-148). Musimy pamiętać, że specjacja Mn i Fe, zarówno w glebie jak i w osadach zależy także od pH, zaś pole stabilności  $MnO_2$  jest przesunięte względem  $Fe(OH)_3$  w kierunku wyższych wartości pH (Brookins 1988). Możliwe

zatem, że spadek pH gleb skutkował selektywną mobilizacją Mn i wzrostem jego stężenia w wodach jeziornych, a w konsekwencji spadkiem Fe/Mn. Wreszcie czynnikiem, który może wpływać na zmiany głębokości mieszania pionowego wód są wahania poziomu wody w jeziorze. Zdaję sobie sprawę, że ich rekonstrukcja (nawet jakościowa) na podstawie profili osadów pelagialu jest trudna, ale jednym ze stosunkowo prostych wskaźników jest stosunek okrzemek planktonicznych do bentonicznych. Jak wynika z przywoływanej już kilkakrotnie publikacji Hernandezza-Almeidy i in. (2017) analiza subfosylnych okrzemek była wykonywana dla górnej części sekwencji osadowej Jeziora Żabińskiego (od 1000 AD do współczesności). Może więc te dane mogłyby wyjaśnić nieco w tym względzie?

- 4) W Autoreferacie oraz A2 spostrzegłem drobną nieścisłość terminologiczną polegającą na stosowaniu rozróżnienia między „materia mineralną” i „węglanami”. Z kontekstu rozumiem, że określenie „materia mineralna” jest używane w odniesieniu do składników klastycznych. De facto węglany też są składnikiem mineralnym, choć zazwyczaj nie są MINEROGENICZNE tylko BIOGENICZNE.
- 5) Fig. 8 w Autoreferacie jest nie do końca zrozumiała i chyba nieco nieścisła. Chodzi w głównej mierze o symbole znajdujące się w obrębie sygnatury jeziora oznaczające przypuszczalnie różne procesy obiegu materii, strącanie/rozpuszczanie  $\text{CaCO}_3$  itp. Odniosłem wrażenie, że rycina ta nie w pełni koresponduje z wykresami geochemicznymi (Fig. 7A-D), do których się odwołuje. Ponadto na Fig. 8 zakradł się lapsus w postaci błędnego oznaczenia kierunku zmian Fe/Mn w okresie 1 (Period 1). Zamiast „low Fe/Mn” jest „high Fe/Mn”. Warto też zwrócić uwagę, że Fig. 6 Autoreferatu, zaczerpnięta z A1, jest w tym miejscu zupełnie niezrozumiała, gdyż nie zawarto w tekście adekwatnego dla niej objaśnienia. Dopiero lektura artykułu A1, w którym znajduje się szczegółowy opis procedury zliczania warw i rachuby niepewności umożliwia odczytanie tej ryciny.
- 6) Niezrozumiała jest dla mnie Fig. 6 w A1 w części przedstawiającej rozkład wskaźnika VQI. Z pracy Bonk i in. (2015) wynika, że jest to wskaźnik jakościowy, którego wartości mają charakter skali porządkowej w zakresie liczb całkowitych od 1 do 3. Wydaje mi się, że z Fig. 6 można wyciągnąć wniosek, że VQI przybiera też wartości nie będące liczbami całkowitymi.

#### 4. Wnioski

Rozprawa doktorska p. mgr Maurycego Żarczyńskiego jest opracowaniem reprezentującym bardzo wysoki poziom merytoryczny i w kilku aspektach ma niewątpliwie charakter nowatorski. Sformułowane wnioski są dobrze udokumentowane i przedyskutowane na tle najnowszej literatury przedmiotu. Doktorant wykazał się umiejętnością formułowania problemów naukowych, planowania badań oraz trafnego doboru metod badawczych umożliwiających rozwiązywanie tych problemów.

W związku w powyższym stwierdzam, iż przedłożona rozprawa spełnia wymogi formalne określone w Ustawie Prawo o szkolnictwie wyższym z dn. 20 lipca 2018 r. niniejszym składam wniosek do Rady Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego o dopuszczenie p. mgr Maurycego Żarczyńskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Ponadto wnoszę o wyróżnienie rozprawy.

