

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
L.nia.....	25.07.2016
Nr dz.....	.....zał.....
Ref.....	.....

Prof. zw. dr hab. inż. Artur Radecki-Pawlik  
Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Kraków 2016-07-20

## RECENZJA

**rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ reżimu hydrologicznego i morfologii koryta na warunki tlenowe rzek”, autorstwa Pani mgr Agnieszki Rajwy-Kuligiewicz, wykonanej pod kierunkiem Prof. dr hab. Pawła M. Rowińskiego**

*Ocenę wykonano na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Geofizyki PAN z dnia 15.06.2016*

### I. Wstęp

Tematyka będąca treścią recenzowanej rozprawy jest ważna z punktu widzenia poznania warunków tlenowych rzek i ich związku zarówno z budową koryt rzecznych, jak również wpływem budowli hydrotechnicznych na zmiany ilości tlenu w cieku. Jasny i dobrze sprecyzowany cel badań, którym jest identyfikacja kluczowych czynników wpływających na natlenienie rzek, określenie stopnia ingerencji danego czynnika w stężenie tlenu rozpuszczonego oraz czasu, w którym wpływ danego czynnika jest dominujący tworzy ciekawą dysertację, przedstawioną w formie czterech zwartych publikacji o zasięgu międzynarodowym, poprzedzonych wstępem w języku polskim i angielskim wraz z podaną literaturą.

W pracy autorka pokazuje, że wpływ czynników hydrologicznych na natlenienie wód rzecznych zależy w głównej mierze od morfologii koryta rzecznej i jej stanu troficznego. Rzeki charakteryzujące się dużym udziałem roślinności korytowej odznaczają się wyższymi amplitudami dobowych wahań tlenu rozpuszczonego, aniżeli rzeki niezarośnięte. Ponadto, wykazano, że stężenia tlenu rozpuszczonego w rzece podlegają cyklicznym zmianom i są skorelowane z czynnikami hydrologicznymi i meteorologicznymi w różnych skalach czasowych. Uzyskane wyniki potwierdziły również bezpośredni wpływ zjawisk ekstremalnych, takich jak powódzie i okresy niskiego przepływu, na natlenienie rzek. Wykazano również, że budowle hydrotechniczne odgrywają istotną rolę w przenikaniu tlenu

do wody, aczkolwiek ich skuteczność zależy przede wszystkim od początkowego deficytu tlenowego w rzece.

Uważam, że opisane w dysertacji zjawiska są ciekawe a praca wnosi nowe wartości dla nauki a także praktyki zarówno z dziedziny geofizyki, geografii fizycznej, hydrologii jak i ukazuje wiele nowych aspektów dla inżynierów zajmujących się utrzymaniem koryt rzecznych. Z tego względu pracę uważam za wartościową.

## **II. Ocena merytoryczna**

### **II/ 1. Wybór tematu**

Wybór tematu dysertacji przez autorkę nie budzi zastrzeżeń i sprecyzowany jest, jak wspomniano wyżej, w sposób jasny. Zagadnienie przedstawiono w postaci czterech zwartych publikacji:

- [1] Agnieszka Rajwa, Robert J. Bialik, Mikołaj Karpiński, Bartłomiej Luks (2014) Dissolved oxygen in rivers: concepts and measuring techniques. In: R.J. Bialik, M. Majdański, M. Moskalik (Eds.) *GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences, Achievements, History and Challenges in Geophysics*, Springer, 337–350, DOI: 10.1007/978-3-319-07599-0\_19
- [2] Agnieszka Rajwa-Kuligiewicz, Robert J. Bialik, Paweł M. Rowiński (2015a) Dissolved oxygen and water temperature dynamics in lowland rivers over various timescales. *Journal of Hydrology and Hydromechanics*, 63(4), 353–363, DOI: 10.1515/johh-2015-0041
- [3] Agnieszka Rajwa-Kuligiewicz, Robert J. Bialik, Paweł M. Rowiński (2016) Wavelet characteristics of hydrological and dissolved oxygen time series in a lowland river. *Acta Geophysica*, 64(3), 649-669, DOI: 10.1515/acgeo-2016-0023
- [4] Agnieszka Rajwa-Kuligiewicz, Robert J. Bialik, Paweł M. Rowiński (2015b) Experimental investigations on the oxygen transfer efficiency at low-head hydraulic structures. In: P.M. Rowiński, A. Marion (Eds.) *GeoPlanet: Earth and Planetary Sciences, Hydrodynamic and Mass Transport at Freshwater Interfaces*, Springer, 115–127, DOI: 10.1007/978-3-319-27750-9\_10

Każda z publikacji, której autorka dysertacji jest pierwszym autorem, jest o zasięgu międzynarodowym. Prace zostały zrecenzowane i wydrukowane w poważnych czasopismach naukowych w języku angielskim.

## II/ 2. Określenie celów i ich realizacja

Cele rozprawy realizowane są w przedstawionych publikacjach stanowiących podstawę dysertacji.

W pierwszym artykule (Rajwa i in., 2014) omówiono praktyczne aspekty badania natlenienia wód oraz następujące techniki umożliwiające pomiar tlenu rozpuszczonego w wodzie: metoda chemiczna Winklera (metoda miareczkowania), metody elektrochemiczne (polarograficzna i galwaniczna) oraz metoda optyczna. W oparciu o pomiary terenowe (na Narwi, Wiśle, i Świdrze), przetestowano efektywność czujnika optycznego i galwanicznego, które następnie zostały wykorzystane do realizacji pomiarów zaprezentowanych w późniejszych pracach. Wyniki przeprowadzonych badań terenowych pozwoliły jednoznacznie stwierdzić, że pomiary *in situ* dają znacznie pełniejszą informację o zmienności stężenia tlenu rozpuszczonego w rzece, aniżeli analizy laboratoryjne, które mimo wysokiej dokładności, pozbawione są informacji o warunkach hydrodynamicznych, w jakich próbka wody została pobrana.

W drugim artykule (Rajwa-Kuligiewicz i in., 2015) przeanalizowano serie czasowe stężenia tlenu rozpuszczonego i temperatury wody w powiązaniu z danymi meteorologicznymi (opad atmosferyczny) i hydrologicznymi (przepływ oraz stany rzeczne) z dwóch różnych morfologicznie rzek nizinnych (anastomozującej i jednokorytowej). Celem pracy była analiza zmian stężenia tlenu rozpuszczonego na tle zmieniających się warunków hydrologicznych i meteorologicznych. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że czynniki odpowiedzialne za powstanie nieliniowości związku między temperaturą wody a stężeniem tlenu rozpuszczonego w wodzie, są obserwowane w różnych skalach czasowych. W przypadku pogody bezdeszczowej i stacjonarnego przepływu zależność między temperaturą wody a stężeniem tlenu przyjmuje kształt pętli na wykresie zależności wskazując tym samym na zjawisko histerezy tlenowej.

W trzecim artykule (Rajwa-Kuligiewicz i in., 2016) skupiono się na identyfikacji cykliczności w szeregach czasowych stężenia tlenu rozpuszczonego oraz ich korelację z cyklicznością w hydrologicznych i meteorologicznych szeregach czasowych. Celem było określenie czasu wystąpienia danego czynnika hydrologicznego lub meteorologicznego, długości jego wpływu na stężenia tlenu rozpuszczonego oraz jego korelacji ze stężeniem tlenu rozpuszczonego w rzece. W pracy wykorzystano dane pochodzące z monitoringu jakościowego wód powierzchniowych, monitoringu hydrologicznego oraz

meteorologicznego. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że widmo falkowe stężenia tlenu rozpuszczonego zawiera głównie składowe wysokoczęstotliwościowe związane z cyklem dobowym. Natomiast składowe średniczęstotliwościowe (od 1 tygodnia do 1 miesiąca) oraz niskoczęstotliwościowe pojawiają się głównie w widmach falkowych przepływów rzecznych, stanów rzecznych oraz opadu atmosferycznego. Wyniki koherencji falkowej szeregów czasowych pokazały, że stężenia tlenu rozpuszczonego są wysoko skorelowane z temperaturą wody w trzech cyklach: dobowym, 3-50 dni oraz rocznym.

W czwartym artykule (Rajwa-Kuligiewicz i in., 2015) poruszono problem wpływu budowli piętrzących na natlenienie rzek. Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że budowle piętrzące w znacznym stopniu wpływają na efektywność przenikania tlenu rozpuszczonego, jednak ich wpływ na natlenienie rzeki ma charakter lokany, ograniczający się w dużej mierze do niecki wypadowej poniżej budowli hydrotechnicznej. Stwierdzono również, że efektywność transferu tlenu zmienia się w ciągu doby dla tych samych budowli i podobnych warunków przepływu, co wynika ze zmienności deficytu tlenowego kształtowanego przez procesy biochemiczne, takie jak respiracja i fotosynteza.

Najważniejszymi wnioskami z przeprowadzonych prac są:

- Stwierdzenie występowania w widmach mocy fluktuacji tlenu rozpuszczonego, temperatury wody i stanów rzecznych obszaru skalowania o charakterze potęgowym z wykładnikiem  $-1$ . Tego typu skalowanie wskazuje na istnienie zjawiska samopodobieństwa i jest zauważalne w zakresie częstotliwości od 12 godzin, do co najmniej 1 roku.
- Wykazanie cykliczności w szeregach czasowych tlenu rozpuszczonego, temperatury wody, przepływu, stanów rzecznych, promieniowania krótkofalowego i opadu atmosferycznego.
- Identyfikacja głównych czynników kształtujących zmienność tlenową w rzekach takich jak temperatura wody, stany rzeczne oraz opad, ich składowych periodycznych oraz momentów wystąpienia w czasie.
- Wniosek, że w zależności od występującej cykliczności w szeregach czasowych, wpływ czynników hydrologicznych i meteorologicznych na stężenie tlenu może mieć charakter liniowy z opóźnieniem lub nieliniowy.
- Potwierdzenie, że występujące między temperaturą wody i stężeniem tlenu rozpuszczonego opóźnienie czasowe odpowiada za zjawisko histerezy, która przyjmuje

kształt pętli na wykresie zależności. Zależność między temperaturą wody a tlenem rozpuszczonym przyjmuje kształt zamkniętej pętli histerezy szczególnie w okresie stabilnej, bezdeszczowy pogody i stacjonarnego przepływu.

- Stwierdzenie, że budowle hydrotechniczne znacząco wpływają na efektywność transferu tlenu, jednakże ich wpływ na warunki tlenowe w rzece poniżej budowli piętrzącej ma w dużej mierze charakter lokalny. Wyniki pokazały, że stężenie tlenu rozpuszczonego w rzece poniżej budowli piętrzącej spada wraz z odległością od konstrukcji.
- Wniosek, że efektywność przenikania tlenu na budowlach hydrotechnicznych nie jest wartością stałą. Wyniki badań wykazały, że efektywność transferu tlenu zmienia się w ciągu doby dla tej samej budowli i podobnych warunków przepływu. Powodem tego są zmiany deficytu tlenowego w ciągu dnia.

### **III. Uwagi dyskusyjne i pytania**

Podczas studiowania rozprawy recenzentowi nasunęły się następujące pytania. O odpowiedź proszona jest autorka dysertacji:

1. W jaki sposób autorka rozumie sformułowanie „reżim hydrologiczny” ciek.
2. W jaki sposób można zróżnicować poziom tlenu (efektywność przenikania) w zależności od rodzaju budowli hydrotechnicznej (np. wysokie zapory lub jazy).

### **IV. Wniosek końcowy**


Stwierdzam, że praca doktorska Pani mgr Agnieszki Rajwy-Kuligiewicz stanowi ważny wkład w badaniach nad poznaniem mocy strumienia i jej wykorzystaniem w analizie systemów fluwialnych. Doktorantka wykazała się znajomością podjętej problematyki, umiejętnością analizy i wnioskowania. Zamierzone cele pracy zostały osiągnięte.

Biorąc pod uwagę:

- podjęcie bardzo ważnego tematu, wymagającego również wiedzy interdyscyplinarnej,

- dokonanie naukowej analizy dostępnych danych w oparciu o przegląd najnowszej literatury,
- przeprowadzenie pomiarów terenowych, analiz i badań w oparciu o prawidłowo dobraną metodykę,
- właściwą analizę otrzymanych wyników,

uznają, że rozprawa doktorska autorstwa Pani mgr Agnieszki Rajwy-Kuligiewicz pt. „Wpływ reżimu hydrologicznego i morfologii koryta na warunki tlenowe rzek”, spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim, Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o tytule i stopniach naukowych (Dz. U. Nr 65, poz. 595) i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



*Prof. zw. dr hab. inż. Artur Radecki-Pawlik*