

Dr hab. inż. Tomasz Tymiński, prof. UPWr
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Inżynierii Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
ul. Grunwaldzka 55
50-357 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej pt. „Modelowanie przepływu w przepławkach dla ryb”

Pani mgr inż. Marty Puzdrowskiej

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

1. Podstawa formalna wykonania recenzji

Recenzję opracowano na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego Pana dr. hab. Artura Magnuszewskiego, prof. UW (pismo nr RN.462.4.19.RNesm. 25/X/2019 z dnia 10 grudnia 2019 r.) w związku z Uchwałą Nr 23/2019/X Rady Naukowej IMGW-PIB z dnia 5 grudnia 2019 r.

Ocenę wykonano zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w zakresie Sztuki (tekst jedn. Dz.U. z dn. 27 września 2017 r., poz. 1789), Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora (DZ.U. Nr 196 poz. 1165) oraz Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 roku w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodach doktorskich, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (DZ. U. z 2018 r. poz. 261). Do zlecenia załączona została następująca dokumentacja, którą wykorzystano do wykonania ww. recenzji:

- rozprawa doktorska w formie spójnego tematycznie cyklu 4 publikacji, zawierająca kserokopie artykułów,
- oświadczenia współautorów prac naukowych włączonych do jednotematycznego cyklu publikacji, określające (merytorycznie i procentowo) ich indywidualny udział.

Zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 roku o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w zakresie Sztuki (tekst jedn. Dz.U. z dn. 27 września 2017 r., poz. 1789): „*Rozprawa doktorska może mieć formę maszynopisu książki, książki wydanej lub spójnego tematycznie zbioru rozdziałów w książkach wydanych, spójnego tematycznie zbioru artykułów opublikowanych lub przyjętych do druku w czasopiśmie naukowych, określonych przez ministra właściwego do spraw nauki na podstawie przepisów dotyczących finansowania nauki [...]*”.

Z powyższej specyfikacji wynika zatem, że Pani mgr inż. Marta Puzdrowska spełnia wymogi formalne dotyczące formy przedłożonej rozprawy doktorskiej.

2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Przedstawioną do oceny rozprawę doktorską mgr inż. Marty Puzdrowskiej stanowi cykl czterech powiązanych tematycznie prac zatytułowany: „Modelowanie przepływu w przepławkach dla ryb”. Dwie prace opublikowano w czasopiśmie (*Fluids; Journal of Ecological Engineering*), które znajdują się w aktualnym wykazie czasopism i wydawnictw dla monografii naukowych, ogłoszonym przez MNiSW w 2019 roku. Znalazło to odzwierciedlenie w ich wyższej ocenie punktowej. Dwie pozostałe – to prace spoza ministerialnego wykazu (*AgriEngineering; WIT: Transactions on Ecology and the Environment: River Basin Management*), w tym jedna z nich ma znamiona rozdziału w zagranicznej książce naukowej, bądź monografii naukowej (Wyd. WIT – Wessex Institute of Technology). Są to następujące publikacje (zachowano numerację przyjętą w dysertacji):

- [1] **Puzdrowska M.**, Heese T. (2019a). Experimental studies on the spatial structure and distribution of flow velocities in bolt fishways. *Journal of Ecological Engineering*, 20 (11), 82-99, DOI 10.12911/22998993/113044 [wg MNiSW - 40 pkt.; IF = 0] (udział Doktorantki 70%).
- [2] **Puzdrowska M.**, Heese T. (2019b). Turbulent kinetic energy in bolt fishway. *AgriEngineering*, 1 (2), 265-282, DOI 10.3390/agriengineering1020020 [wg MNiSW - 5 pkt.; IF = 0] (udział Doktorantki 70%).
- [3] **Puzdrowska M.**, Heese T. (2019c). Detailed research on the turbulent kinetic energy's distribution in fishways in reference to the bolt fishway. *Fluids*, 4 (2), 64, DOI 10.3390/fluids4020064 [wg MNiSW - 40 pkt.; IF = 0] (udział Doktorantki 70%).
- [4] **Puzdrowska M.**, Heese T. (2019d). Turbulent kinetic energy in fish passes of various types of construction. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 234 (10), River Basin Management, 81-90, DOI 10.2495/RBM190091 [wg MNiSW - 5 pkt.; IF = 0] (udział Doktorantki 70%).

Wszystkie prace opublikowano w roku 2019 i wszystkie ukazały się w języku angielskim. Stanowią je oryginalne prace twórcze, które zostały opracowane w tym samym dwuosobowym zespole autorskim (wspólnie z Promotorem), gdzie Doktorantka jest pierwszym autorem, przy czym Jej udział jest dominujący i wynosi w każdym przypadku **70%**. Wkład merytoryczny i procentowy udział Doktorantki potwierdzony został, dołączonym do wniosku, oświadczeniem współautorów. Upoważnia ono do stwierdzenia, iż udział mgr inż. Marty Puzdrowskiej w powstaniu ww. publikacji oraz przeprowadzeniu prac badawczych jest znaczący merytorycznie i obejmuje takie elementy pracy naukowej jak: zebranie i analizę danych, sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań, metodyki i procedur badawczych, wykonanie pomiarów (terenowych i laboratoryjnych), wielowariantowych symulacji komputerowych, a także umiejętność opracowania i analizy wyników badań z wykorzystaniem zaawansowanych narzędzi badawczych (tu: oprogramowanie Matlab), sformułowania wniosków, jak również umiejętność wizualizacji i prezentacji wyników badań.

Należy podkreślić, że Doktorantka była laureatką konkursu „GRANT PLUS”, projektu współfinansowanego z Funduszy Europejskich i Urzędu Marszałkowskiego Województwa Dolnośląskiego (Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Priorytet VIII, Działanie 8.2. Transfer Wiedzy, Poddziałanie 8.2.2. Regionalne Strategie Innowacji. Nr decyzji DG-G/3291/12), a badania terenowe przepławki (2012-2013) były elementem realizacji tego projektu.

Na podstawie punktacji MNiSW łączna suma punktów za przedstawiony cykl publikacji Doktorantki wynosi 90 punktów. Wobec 70% udziału Doktorantki wartość publikacyjną dysertacji należy wycenić na 63 punkty. Wszystkie publikacje są wg mojej oceny ściśle ze sobą powiązane, co nie rodzi żadnych wątpliwości, że stanowią „spójny tematycznie zbiór prac” spełniający wymogi ustawowe.

Przedstawiona do recenzji dysertacja mgr inż. Marty Puzdrowskiej liczy łącznie 108 stron formatu A4 i zawiera: krótkie streszczenia pracy w językach: polskim i angielskim, a następnie nieco rozszerzone kompendium przybliżające problem i obszar badawczy, ogólny zarys zrealizowanej pracy, streszczenia publikacji, uzyskane wyniki i wnioski, wykaz piśmiennictwa, a także załączone kopie czterech ww. angielskojęzycznych publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe.

3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Tematyka rozprawy jest jak najbardziej aktualna i potrzebna. Dotyczy ona interesującego naukowo i ważnego pod względem praktycznym problemu zachowania ciągłości ekologicznej cieków przekształconych antropogenicznie, a w szczególności przegrodzonych budowłami wodnymi. Przykładem rozwiązań technicznych udrażniających cieki ekologicznie są przepławki dla ryb. Projektanci mają szerokie możliwości wyboru typu przepławki. Jednak, budowa przejść dla ryb nie może ograniczać się jedynie do katalogowego doboru typu przepławki, nawet w przypadku, gdy jej zwymiarowanie hydrauliczne zgodne jest z obowiązującymi normami inżynierskimi. O przypadkach takich alarmuje m.in. literatura fachowa w Niemczech, gdzie nasycenie przepławkami jest niewspółmiernie większe niż w Polsce, lecz ich skuteczność funkcjonowania budzi wiele zastrzeżeń. Należy jednak wyraźnie podkreślić, że działania mające na celu zachowanie „korytarzy ekologicznych” w rzekach są zagadnieniem trudnym i złożonym, które wymaga interdyscyplinarnej wiedzy specjalistycznej m.in. z inżynierii środowiska, lecz także ichtiologii. Problem ustalenia i zapewnienia warunków przepływu w przepławce właściwych dla migrującej ichtiofauny determinuje poprawne zaprojektowanie i funkcjonowanie tego urządzenia. Niewątpliwie, bardzo przydatne w takim przypadku są laboratoryjne badania modelowe oraz różnego rodzaju symulacje komputerowe (stanowią one istotny element ocenianej dysertacji). Doktorantka bardzo słusznie stwierdza, iż kluczowe znaczenie ma rozpoznanie i analiza rozkładu przestrzennego parametrów hydrodynamicznych, takich jak: prędkość przepływu, turbulentna energia kinetyczna (*TKE*), stopień intensywności turbulencji (*Tu*), turbulentne naprężenia Reynoldsa (τ_{xy} , τ_{xz} , τ_{yz}), a zwłaszcza poznanie trójwymiarowej struktury (3D) strumienia wewnątrz przepławki. Zdaniem Doktorantki posługiwanie się jedynie wielkościami uśrednionymi (np. prędkości przepływu w przekrojach charakterystycznych) jest niewystarczające. W swoich badaniach preferuje Ona analizy 3D i koncentruje się na

turbulentnych cechach przepływu, których miarą jest parametr *TKE*. Takie podejście do problemu uważam za poprawne i jak najbardziej właściwe.

Turbulentne charakterystyki strumienia wody wewnątrz przepławek dla ryb, wciąż jeszcze należą do słabo poznanych. Cykl publikacji stanowiący rozprawę doktorską mgr inż. Marty Puzdrowskiej wzbogaca doniesienia literaturowe i pogłębia aktualny stan wiedzy na temat hydrodynamicznych warunków przepływu w przepławkach ryglowych.

We „Wprowadzeniu” do dysertacji (rozdz. 1), przybliżającym problem badawczy, Autorka przeprowadziła krótkie (dwustronicowe) studium literaturowe dotyczące projektowania przepławek w aspekcie ich efektywnego funkcjonowania, kładąc szczególny nacisk na konieczność uwzględniania charakterystyki ichtiologicznej (skład gatunkowy, cechy motoryczne i behawioralne ryb) i hydrologicznej danego ciekę oraz hydrodynamicznych warunków przepływu wewnątrz przepławki. To ostatnie zagadnienie było elementem prac badawczo-laboratoryjnych, które przeprowadziła na oryginalnym modelu przepławki ryglowej z ruchomymi, obrotowymi ryglami.

Przy okazji realizacji głównych celów rozprawy doktorskiej (rozdz. 2) jakim były: 1) „rozpoznanie zjawisk hydrodynamicznych zachodzących podczas przepływu wody w przepławkach typu ryglowego, stanowiących nowe rozwiązanie urządzeń do pokonywania stopni wodnych przez ichtiofaunę”, a także 2) „opracowanie wytycznych do projektowania, w celu standaryzacji geometrii przepławek ryglowych, co stworzy możliwość stosowania tych urządzeń na wszystkich polskich rzekach, bez konieczności prowadzenia dodatkowych badań” – Doktorantka sformułowała następujące hipotezy badawcze:

- 1) „turbulentne cechy przepływu, ich przestrzenny rozkład i związana z nimi zmienność pola prędkości wody mają zasadnicze znaczenie dla efektywności pracy przepławki. Przez odpowiedni dobór parametrów geometrycznych komory przepławki oraz umieszczonej w niej rygli możliwe jest osiągnięcie wymaganego poziomu efektywności pracy przepławki dla różnych wartości przepływu w rzece.”
- 2) „na podstawie przeprowadzonych badań i obliczeń turbulentnych cech przepływu możliwe jest wykazanie istnienia bariery turbulentnej dla migracji ichtiofauny przez przepławki ryglowe oraz określenie warunków jej występowania.”

Osiągnięcie poznawczych i jednocześnie użytkowych celów pracy nie byłoby możliwe bez przyjęcia odpowiedniej metodyki i zakresu badań, obejmujących m.in. badania pola prędkości i turbulencji przepływu na modelach fizycznych przepławek, przestrzenne modelowanie przepływu turbulentnego, identyfikację jego cech i mechanizmów rozkładu, analizę wyników pomiarów z wykorzystaniem profesjonalnego oprogramowania (Matlab), a także próbę opracowania teorii dotyczącej wpływu badanych parametrów hydraulicznych na efektywność funkcjonowania przepławki.

Rezultaty podjętych badań – realizacji celów rozprawy i odpowiedzi na postawione hipotezy badawcze – zostały szczegółowo przedstawione w rozdziale 3 dysertacji, a zwłaszcza w rozdziale 6 – stanowiącym jej integralną część – zbiorze 4 monotematycznych publikacji (zamieszczonych w załącznikach 6.1 do 6.4). Stanowią one logiczny i spójny ciąg opracowań naukowych, ukierunkowanych na rozwiązanie ważnego i wieloaspektowego problemu naukowego. Niestety, oceniając dobór czasopism, w których Doktorantka opublikowała swoje prace, można mieć pewien niedosyt. Nie wszystkie z nich są rozpoznawalne w środowisku naukowym i żadna nie może poszczycić się *współczynnikiem wpływu* (Impact Factor), jednak aż 3 z nich są notowane w renomowanej bazie Scopus. Wszystkie publikacje pozytywnie przeszły procedurę redakcyjną, a ich zawartość merytoryczna uzyskała akceptację recenzentów wydawniczych, co mogło utwierdzić Doktorantkę o słuszności wybranej drogi. Być może też, niektóre uwagi i wątpliwości zawarte w niniejszej ocenie (rozdz. 3.1) były już wyjaśnione na drodze korespondencji z recenzentami publikacji i dlatego nie ma pewnych informacji w przedstawionej dysertacji.

W przypadku pierwszej publikacji pt. “Experimental studies on the spatial structure and distribution of flow velocities in bolt fishways” [1], Doktorantka skoncentrowała się na badaniach deformacji trójwymiarowej struktury przestrzennej turbulentnego strumienia (w tym prędkości przepływu) wywołanej zmianą geometrii przegród (rygli i szczelin) wewnątrz przepławki. Zasadniczym elementem testów laboratoryjnych na modelach fizycznych (modele A, B) i terenowych (model C), były pomiary (sondą ADV) trzech składowych przestrzennych, chwilowych prędkości przepływu w określonych punktach przekrojów charakterystycznych (przy czym modele A i C z modelem B różnią się lokalizacją głównej szczeliny migracyjnej). Uzyskane wyniki, opracowane komputerowo profesjonalnym narzędziem badawczym *Matlab*, posłużyły Doktorantce do analizy kształtu, wielkości i rozmieszczenia wirów w komorze przepławki. Wykazała Ona m.in., że przy wzroście liczby szczelin w ryglu, w komorze powstaje więcej struktur wirowych, lecz cechują się one wtedy mniejszą średnicą, co wg Autorki stworzy bardziej dogodne warunki do migracji ryb, oraz że decydujący wpływ ma lokalizacja szczelin w ryglach przepławek. Np. naprzemianległe położenie głównych szczelin migracyjnych skutkuje rozproszeniem obszarów większych prędkości i niższymi wartościami maksymalnymi, niż w przypadku prostoliniowego ułożenia głównej trasy przepływu migracyjnego (uwaga poniżej: rozdz. 3.1/pkt. 5).

Ciekawe naukowo są również spostrzeżenia Doktorantki, że wielkość wirów zależy nie tylko od przepływu, lecz jest determinowana geometrią i liczbą szczelin przelewowych, a w szczególności, iż szerokie szczeliny z progiem wpływają na silne

uwarstwienie przepływu oraz tworzenie się struktur wirowych szerokich w koronie, lecz o zróżnicowanych w pionie średnicach. Natomiast, wiry o średnicach wyrównanych w pionach obserwowano w przypadku pionowych i wąskich szczelin.

Ponadto, analiza rozkładu przestrzennego prędkości przepływu doprowadziła Doktorantkę do oryginalnego, lecz dyskusyjnego (szczegóły poniżej: rozdz. 3.1/pkt. 3 i 8) wniosku, iż: „szczeliny dodatkowe, o mocno wydłużonym wymiarze pionowym, są bezpośrednio odpowiedzialne za obniżenie występowania lokalnych maksimów wartości prędkości przepływu....[które]....odnotowywane były przy dnie kanału.”

Druga publikacja pt. „Turbulent kinetic energy in bolt fishway” [2] zawiera kontynuację badań [1] ukierunkowaną na szczegółową analizę przestrzennych rozkładów turbulentnej energii kinetycznej (TKE) dla przepławek typu ryglowego. Oprócz parametru (TKE), uzyskane wyniki pomiarów umożliwiły Doktorantce wyznaczenie tzw. znormalizowanej turbulentnej energii kinetycznej, rozumianej jako \sqrt{TKE}/U , odniesionej do średniej prędkości miejscowej (U). W tym przypadku analizy skupiły się na oddziaływaniu hydraulicznym dodatkowych szczelin przelewowych i sztywnej zabudowy koryta (rygli) i dotyczyły jedynie badań na modelach laboratoryjnych. Doprowadziły one Doktorantkę do kilku ważnych i ciekawych wniosków m.in., że największe wartości turbulentnej energii kinetycznej (TKE) występują w obszarach interakcji struktur przepływu, jako efekt oddziaływania strumieni wody, wypływających z dodatkowych szczelin (pólek) przelewowych, a jej maksima związane są z występowaniem prądów wstecznych w obrębie struktur wirowych. Doktorantka wykazała również, że sztywne rygle (uwaga: rozdz. 3.1/pkt. 6) istotnie wpływają na strukturę turbulencji, a w szczególności na wartości i rozkład przestrzenny parametrów hydrodynamicznych w przepławce. Od geometrii rygli zależy m.in. położenie i wielkość obszaru redukcji TKE . Dużą rolę odrywa tu ich wysokość i jej relacja względem napelnienia, przy czym obecność niższych rygli w przegrodzie wpływa na wyhamowanie redukcji wartości TKE , a im niższy jest próg szczeliny przelewowej, tym większa będzie turbulencja strumienia w obszarze tuż poza nią.

W kolejnej publikacji „Detailed research on the turbulent kinetic energy's distribution in fishways in reference to the bolt fishway” [3], Doktorantka przedstawiła szczegółowe badania warunków powstawania turbulentnej energii kinetycznej w rejonie wylotu ze szczeliny przelewowej i jej dystrybucji w przestrzeni komory przepławki (modele laboratoryjne A i B), w aspekcie analizy wpływu wprowadzonej przez nią cechy strumienia turbulentnego, którą nazwała potencjałem strumienia i uzależniła m.in. od wymiarów geometrycznych: szczeliny (współczynnik geometrii szczeliny – s) i przestrzeni komory (współczynnik geometrii komory – p). Wg Autorki potencjał strumienia jest cechą charakterystyczną dla typu przepławki, przy czym im jest on niższy tym szybciej przeobraża się główny strumień migracyjny, co skutkuje wysokimi wartościami TKE . Ważne są też inne obserwacje i analizy Doktorantki dotyczące mechanizmu zjawiska np., iż „produkcja TKE jest konsekwencją powstania obszarów wysokiej intensywności turbulencji, której wystąpienie skutkuje zwiększonym rozpadem strumienia.” A także wykazanie, iż potencjał strumienia ma wpływ na dystrybucję i wielkość energii (TKE) w strumieniu migracyjnym, a w szczególności w rejonie wypływu ze szczeliny przelewowej (dotyczy różnych typów przepławek), przy czym wartość potencjału odwrotnie proporcjonalnie zależy od wartości współczynnika s , czyli od geometrii szczeliny lub otworu. W przepławce ryglowej, odmiennie niż w przypadku innych typów przepławek, „przepływ w obszarze głównym cechuje się bardzo niską produkcją TKE ”, zaś wielkość energii (TKE) w obszarach zawirowań związana jest ze wzajemną interakcją różnych struktur przepływu, bądź hydraulicznym oddziaływaniem dna i ścian koryta. Tę część badań Doktorantki również oceniam pozytywnie.

W ostatniej pracy cyklu „Turbulent kinetic energy in fish passes of various types of construction” [4] Doktorantka na podstawie badań własnych i danych literaturowych, skupiła się na analizach wartości i dystrybucji turbulentnej energii kinetycznej, którą uzależniła od potencjału strumienia w różnych typach przepławek (szczelinowych, ryglowych i komorowych). Oceniając konstrukcje o porównywalnej wielkości, wykazała Ona, że przepławki ryglowe charakteryzują się największym potencjałem strumienia (najmniejszą TKE). Przeprowadzone analizy pozwoliły Autorce na ustalenie początkowo przybliżonej zależności dla parametru (M), którą następnie ulepszyła poprzez poszukiwania najlepszego dopasowania do wartości oczekiwanych (\sqrt{TKE}). Ich uwieńczeniem jest propozycja uniwersalnej formuły (dla różnych typów przepławek), do prognozowania wartości TKE tuż za otworem wypływowym, poprzez parametr $(MH) \sim (\sqrt{TKE})$, która uwzględnia m.in. wydatek, spad i geometrię przepławki, w tym szczelin lub otworów migracyjnych. Może on stanowić pomocne narzędzie przy projektowaniu nowych przepławek lub modernizacji istniejących, w aspekcie oceny hydraulicznych warunków przepływu i ich ewentualnej korekty.

W swoich publikacjach Doktorantka pokazała, że analiza warunków przepływu w przepławce ryglowej, na podstawie wyłącznie poziomych, płaskich charakterystyk przepływu, jest niewystarczająca i należy uwzględnić również pionowe rozkłady hydrodynamicznych cech przepływu, w kierunkach pobocznych do strumienia głównego. Powyższą opinię Doktorantki uważam za trafną i również oceniam pozytywnie.

Rozprawę kończy rozdział 4 (str. 31-32) pt. „Wnioski”, w którym oprócz zbiorczego przedstawienia i podsumowania, zawartych w poszczególnych artykułach i omówionych powyżej, wyników swojej pracy, Autorka rekomenduje przepławkę ryglową, jako konstrukcję techniczną o warunkach hydrodynamicznych najbardziej odpowiednich dla migrującej ichtiofauny.

3.1. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Podczas studiowania rozprawy recenzentowi nasunęły się następujące uwagi, w przypadku, których Autorka dysertacji proszona jest o ustosunkowanie się do nich w trakcie publicznej obrony:

- 1) Interdyscyplinarność podjętej problematyki ma wyraz w turbulentnych cechach przepływu z jednej strony (hydromechanika) oraz efektywności przejścia dla ryb z drugiej (ichtiologia). Obu można przypisać pewną miarę np. tym pierwszym - parametr Tu , bądź TKE . Natomiast, skuteczność działania przepławk wyrażana jest: (1) procentem liczby ryb danego gatunku, które pokonały przeszkodę w stosunku do liczby wszystkich ryb usiłujących ją pokonać, (2) opóźnieniem w migracji tzn. czasem zużyтым na pokonanie przeszkody. Obowiązują oceny (bardzo dobra, dobra, słaba, zła), przy czym bardzo dobra jest wtedy, gdy 100% ryb pokonuje przeszkodę, a opóźnienie migracji nie przekracza kilku godzin, zaś zła, gdy mniej niż 70% ryb pokonuje przeszkodę z opóźnieniem większym niż kilka dni. Skuteczność zalecaną mają przepławki, które 95% ryb pokonuje w czasie krótszym niż kilka godzin [Larinier et al. 2003, Zgrabczyński 2007, Bartnik i in. 2011]. Aby stwierdzić, że przepławka ma określony poziom efektywności funkcjonowania (sprawność) konieczny jest więc np. monitoring (na obiektach w naturze) lub testy ichtiologiczne (np. laboratoryjne). Mając na uwadze hipotezy badawcze dysertacji oraz przyjęte założenie, iż „sprawność (przepławki) będzie osiągać...poziom 95% dla wybranych...gatunków ryb” (str. 17) pojawia się wątpliwość, iż nie została badawczo „domknięta” druga część obu hipotez. Doktorantka w dysertacji nie zamieściła informacji o weryfikacji badań od strony ichtiologicznej. Być może pomiary skuteczności były prowadzone (np. przy okazji badań terenowych na przepławce w Rzeszowie) i wtedy wskazane byłoby powiększenie cyklu publikacji o dodatkową pracę na ten temat. Uważam, że w przedłożonej formie, mamy do czynienia z dysertacją przede wszystkim z mechaniki płynów (odpowiedni jest tytuł rozprawy), z perspektywą implikacji wyników badań do problematyki przepławk dla ryb.
- 2) W badaniach laboratoryjnych na modelach fizycznych przepławk (modele A i B) przyjęto skalę geometryczną 1:5 ($S_L = 5$) dla wymiarów liniowych, zaś prędkość i natężenie przepływu przeliczono zgodnie z hydrodynamicznym kryterium podobieństwa Froude'a (tu: $S_V = 22,4$ a $S_Q = 55,9$). Z treści wynika, iż badania w laboratorium wykonano dla przepływu $Q_M = 38$ l/s ([1], str. 85), co w naturze odpowiada $Q_N = 2,14$ m³/s, zaś pomiary hydrometryczne na obiekcie rzeczywistym (model C, rz. Wisłoka, Rzeszów) wykonano dla przepływu $Q_N = 1,6$ m³/s ([1], str. 86), czyli $Q_N = 28$ l/s w laboratorium. Cechy turbulentne strumienia analizowano m.in. w aspekcie porównania wszystkich trzech wariantów (modele A, B i C). Dotyczy to również parametrów (TKE) i (MH), i kwestii ich poprawnego przeliczenia i interpretacji w warunkach rzeczywistych. Doktorantka jest tego świadoma, gdyż w swojej dysertacji zaznacza, że: „Sam współczynnik nie jest doskonały z powodu dużej wrażliwości na efekt skali i dopiero porównanie modeli o zbliżonej skali wielkości...daje wiarygodną informację o prognozie produkcji TKE ” (dysertacja, str. 18). Jednak, w innej części pracy (również str. 18) Doktorantka stwierdza: „...wzór (MH) jest pozbawiony problemu braku wiarygodności z uwagi na skalę obiektu...”. Niestety, w tej formie dysertacji (cykl publikacji) brak jest tablic z wynikami pomiarów. Nie zamieszczono ich w żadnym z artykułów i dlatego trudno jest odnieść się do problemu wiarygodności wyników modelowania, stąd sugestia Doktorantki iż, otrzymane przez nią wyniki można bezpośrednio przenieść na nowoprojektowane przepławki (dysertacja, str. 16) – wymaga szerszych wyjaśnień.
- 3) Niewątpliwie, Doktorantka zgromadziła bogaty materiał badawczy, poprzez pomiary laboratoryjne i terenowe, a także wielowariantowe symulacje (wizualizacje) komputerowe i ich analizy. Jednak w kilku przypadkach, pewne wątpliwości może budzić kwestia opracowania wyników pomiarów. Np. w przypadku profili prędkości przepływu ([1], str. 94, Rys. 6), trudno jest znaleźć uzasadnienie dla nagłego (skokowego) wzrostu prędkości miejscowej strumienia głównego, w jednym punkcie pomiarowym na głębokości kilku centymetrów nad szorstkim (!) dnem ($h_M = 1÷4$ cm), w przekrojach „a” (model A) oraz „d” (model B). Podobnie dziwić mogą niektóre profile prędkości i parametru TKE przedstawione w publikacji [2] np.:
 - Rys. 3, str. 272 (model A, przekrój „c”, pion nr 1),
 - Rys. 6, str. 276 (model B, przekrój „c”, pion nr 5),
 - Rys. 7, str. 277 (model B, przekrój „c”, pion nr 16),a także obraz przestrzennego rozkładu turbulentnej energii kinetycznej (TKE) zamieszczony na Rys. 2, str. 271 (model A, przekrój „b”), zwłaszcza, że wspomniane przekroje (szczególnie „c” i „d”) w konstrukcji przepławki nie wyróżniają się niczym szczególnym. Dotyczą one wolnej przestrzeni, nawet nie zaburzonej ryglami ([2], str. 269, Rys. 1).

Nie można wykluczyć, że być może te anomalie zarejestrowane jedynie w punkcie i w niewielkiej odległości od szorstkiego dna (m.in. wyłożonego kamieniami o frakcji 1÷2 cm), to tzw. błędy grube, wynikające ze specyfiki sondy ADV (jej stosunkowo dużych wymiarów zaburzających pole przepływu, nieregularnej ekspozycji wiązek pomiarowych itp.), które nie zostały należycie odfiltrowane w programie *Matlab* i w efekcie zafalszowały rezultat końcowy. W takich przypadkach, przy formułowaniu daleko idących wniosków naukowych, należy zachować szczególną ostrożność.

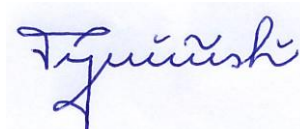
- 4) Uważam również, że może wzbudzać duże kontrowersje metoda dokonywania pomiarów miejscowej prędkości przepływu w 3 punktach znajdujących się na głębokości kilku centymetrów poniżej zwierciadła wody (napelnienie $h_M = 16, 18$ i 20 cm). Doktorantka zamieściła jej opis w publikacji ([3], str. 4-5): „Ze względu na odległość między punktem pomiaru a głowicą sondy ADV równą 5 cm, dla pomiaru prędkości 4 cm pod zwierciadłem wody ($h_M = 16$ cm) sondę ADV pochyłano. Potem zwiększano przepływ i w tym samym punkcie pomiar powtarzano, lecz tym razem z sondą ustawioną pionowo...Podwyższano przepływ tak, że skutkowało to zwiększeniem napelnienia przepławki z 22 do 25 cm”. Biorąc pod uwagę, że wszelkie analizy zawarte w dysertacji odnoszono do wymiarów rzeczywistych, opisany zabieg charakteryzowałby się przyrostem głębokości o 15 cm oraz pojawieniem się w komorze przepławki dodatkowej objętości $3,6$ m³ wody. Czy nadal byłyby to porównywalne warunki hydrauliczne? Proszę o komentarz w tej sprawie.
- 5) Uważam, że bardzo źle sformułowano w dysertacji (oraz załączonych publikacjach) niektóre wnioski. Nie trudno o wrażenie sprzeczności podanych informacji. Np. „Maksima wartości *TKE*...zlokalizowane są głównie w strefie przydennej...” (dysertacja, str. 31/10), a zaraz poniżej: „Największe wartości *TKE* widoczne są w ...górnjej części pionów...” (dysertacja, str. 31/11). Równie mylące jest: „Naprzemienne ułożenie głównych szczelin migracyjnych powoduje...wartości maksymalne strumienia są niższe niż w przypadku liniowego...” (dysertacja, str. 31/4), lecz poniżej Doktorantka stwierdza, że to: „...liniowe ułożenie głównych szczelin migracyjnych skutkuje obniżeniem wartości...*TKE*...” (dysertacja, str. 31/5). Dziwić może, że takie niedopatrzienia umknęły uwadze recenzentów wydawniczych publikacji.
- 6) Niestety, w tekście rozprawy znalazło się kilka mylących i niefortunnych sformułowań np.: „Szywność zabudowy koryta przepławki wpływa na strukturę turbulencji...”, a w innym miejscu: „Szywna zabudowa koryta przepławki w postaci rygli wpływa na pojawienie się obszarów redukcji *TKE*...” (dysertacja, str. 31/6, także [2], str. 280). Otóż, znanych jest wiele prac naukowych, z których wynika, że także „sprężysta zabudowa koryta przepławki w postaci rygli wpływa na pojawienie się obszarów redukcji turbulencji” (np. Tymiński i Kałuża, 2013). Przecież celem dysertacji nie były badania wpływu szywności, bądź sprężystości rygli, lecz oddziaływania hydraulicznego rygli, więc nie do końca zrozumiałą jest akcent położony na cechy mechaniczne zabudowy.
- 7) Problem analizowany przez Doktorantkę ma w mechanice płynów swoje analogie. Znane jest np. zjawisko modelowania turbulentnego strumienia powietrza wypływającego z otworów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, które mogą mieć różną formę – również pionowych szczelin i ich kombinacji. Innym przykładem jest zagadnienie wypływu przez duży otwór zatopiony, a jeszcze innym – przez różnego rodzaju przystawki (np. Weisbacha), nasadki, dysze wylotowe (także prostokątne), prądownice itp. Do opisu powyższych przypadków wykorzystywane są bezwymiarowe, empiryczne współczynniki (niekiedy, podobnie jak „*MH*” obliczane ze złożonych formuł), które uwzględniają wpływ warunków początkowych (nie tylko geometrycznych) na cechy i kształtowanie się strumienia (np. μ , φ , α , m_0 i in.). W niektórych przypadkach określana jest także tzw. moc strumienia w przekroju wylotowym, wyrażana w [J/s] i interpretowana m.in. jako szybkość zmian energii kinetycznej strumienia. Doktorantka zdecydowała się na autorskie rozwiązanie, wprowadzając nowy parametr (*MH*), powiązany również z potencjałem strumienia, który (*MH*) niefortunny skażony został jednostką (czy wykorzystano procedurę analizy wymiarowej?). Zasadna jest więc prośba o doprecyzowanie definicji potencjału strumienia oraz pytanie interpretację fizyczną tych wielkości (również *MH*). Na czym zdaniem Doktorantki polega zaleta wprowadzenia i stosowania właśnie takiego parametru (*MH*)?
- 8) Rozpoznając cechy turbulencji przepływu w przejściach dla ryb, Doktorantka zaproponowała ciekawe i oryginalne podejście do kwestii ich opisu poprzez wprowadzenie pojęcia potencjału strumienia oraz zdefiniowanie parametru (*MH*), który m.in. uwzględnia wpływ geometrii przepławek, a z drugiej strony jest utożsamiany z pierwiastkiem kwadratowym z turbulentnej energii kinetycznej (\sqrt{TKE}) i umożliwia prognozowanie wielkości (*TKE*) w centralnej części szczeliny wylotowej. Zdaniem recenzenta, takie ujęcie problemu wymaga jeszcze dalszych badań, przede wszystkim o charakterze weryfikacyjnym, mając zwłaszcza na uwadze problem powtarzalności eksperymentu.

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Mimo zawartych w recenzji uwag krytycznych, stwierdzam, że nie obniżają one istotnie wartości dysertacji, a mogą stanowić przyczynek do dyskusji naukowej rozpoczętej na publicznej obronie rozprawy.

Rozprawa doktorska mgr inż. Marty Puzdrowskiej stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego o dużym znaczeniu praktycznym i wykazuje, że jej Autorka ma wystarczający zasób wiedzy teoretycznej i specjalistycznej z zakresu uprawianej dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych.

Biorąc powyższe pod uwagę, w oparciu o przedłożoną do recenzji rozprawę doktorską „Modelowanie przepływu w przepławkach dla ryb”, wnoszę do Wysokiej Rady Naukowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowego Instytutu Badawczego o dopuszczenie mgr inż. Marty Puzdrowskiej do publicznej obrony rozprawy doktorskiej i wnioskuję o dalsze przeprowadzenie czynności przewodu doktorskiego, bowiem spełnia ona wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 roku o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz Stopniach i Tytule w zakresie Sztuki (t.j. Dz.U. z dn. 27 września 2017 r., poz. 1789).



dr hab. inż. Tomasz Tyimiński, prof. nadzw.
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu