

Dr hab. inż. Tomasz Tymiński, prof. UPWr
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Inżynierii Środowiska
Zakład Modelowania Hydrodynamicznego
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
pl. Grunwaldzki 24
50-363 Wrocław

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ deflektorów na warunki hydromorfologiczne
panujące w małej rzece nizinnej na przykładzie rzeki Flinty”**

Pana mgr inż. Stanisława Zaborowskiego

*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 Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu Pana prof. dr. hab. inż. Mariusza Sojki (pismo nr WI.4000.25.2024 z dnia 17 października 2024 r.) w związku z Uchwałą nr 2/II/2024 Rady Naukowej Dyscypliny IŚGiE z dnia 30 września 2024 r.

Ocenę wykonano zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (tekst jedn. Dz.U. z dnia 20 stycznia 2020 r., poz. 85, rozdz. 2 „Stopień doktora”). 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 Doktoranta i współautorów prac naukowych włączonych do jedno-tematycznego cyklu publikacji, określające (merytorycznie i procentowo) ich indywidualny udział.

Zgodnie z art. 187.1. pkt. 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (tekst jedn. Dz.U. z dn. 20 stycznia 2020 r., poz. 85): „Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych,... także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej”.

Z powyższej specyfikacji wynika zatem, że Pan mgr inż. Stanisław Zaborowski spełnia wymogi formalne dotyczące formy przedłożonej rozprawy doktorskiej.

2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Przedstawioną do oceny rozprawę doktorską mgr. inż. Stanisława Zaborowskiego stanowi cykl czterech powiązanych tematycznie prac zatytułowany: „Wpływ deflektorów na warunki hydromorfologiczne panujące w małej rzece nizinnej na przykładzie rzeki Flinty”. Są to następujące publikacje (*zachowano numerację przyjętą w dysertacji*):

- I. **Zaborowski S.**, Kałuża T., Radecki–Pawlik A. (2021). Deflektory – nowoczesne proekologiczne budowle renaturyzacyjne w korytach rzecznych. [W:] Gorczyca E., Radecki–Pawlik A., Krzemień K. (red.). *Procesy fluwialne a utrzymanie rzek i potoków górskich*. Monografia. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński; Kraków, 503–518.
MNiSW (2021) = 20 pkt.; IF = 0 (udział Doktoranta 60%).
- II. **Zaborowski S.**, Kałuża, T., Rybacki M., Radecki–Pawlik A. (2023). Influence of river channel deflector hydraulic structures on lowland river roughness coefficient values: the Flinta river, Wielkopolska Province, Poland. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2023, 23(1), 79–97. doi.org/10.1016/j.ecohyd.2022.10.002
MNiSW (2023) = 100 pkt.; IF (2022) = 2,7 (udział Doktoranta 70%).
- III. **Zaborowski S.**, Kałuża T., Jusik S. (2023). The Impact of Spontaneous and Induced Restoration on the Hydromorphological Conditions and Macrophytes, Example of Flinta River. *Sustainability*. 2023; 15(5), 4302. doi.org/10.3390/su15054302
MNiSW (2023) = 100 pkt.; IF (2022) = 3,3 (udział Doktoranta 70%).
- IV. **Zaborowski S.**, Kałuża T., Jusik S., Dysarz T., Hämmerling M. (2024). Environmental Restoration and Changes of Sediment and Hydrodynamic Parameters in a Section of a Renaturalised Lowland Watercourse. *Sustainability*. 2024; 16(10): 3948. doi.org/10.3390/su16103948
MNiSW (2024) = 100 pkt.; IF (2022) = 3,3 (udział Doktoranta 60%).

Wymienione wyżej prace opublikowano w latach 2021-2024. Pierwsza z nich (I) to rozdział w monografii naukowej w języku polskim, a trzy pozostałe (II-IV) to artykuły naukowe w języku angielskim, opublikowane w renomowanych i rozpoznawalnych w środowisku naukowym czasopismach ze współczynnikiem wpływu IF (*Sustainability* i *Ecohydrology & Hydrobiology*). Stanowią je oryginalne prace twórcze, które zostały opracowane w kilkusobowych (3 do 5) zespołach autorskich, gdzie w każdym przypadku Doktorant jest pierwszym autorem, a Jego udział jest dominujący i wynosi od 60% do 70%. Wkład merytoryczny i procentowy udział Doktoranta potwierdzony został dołączonymi do wniosku oświadczeniami współautorów. Upoważnia ono do stwierdzenia, iż udział mgr. inż. Stanisława Zaborowskiego w powstaniu ww. publikacji oraz przeprowadzeniu prac badawczych jest znaczący merytorycznie i obejmuje takie elementy pracy naukowej jak: zebranie i analizę literatury problemowej, sformułowanie problemu badawczego, opracowanie koncepcji badań, metodyki i procedur badawczych, wykonanie pomiarów terenowych (hydraulika deflektorów, ocena elementów hydromorfologicznych /RHS, HIR/ oraz Makrofitowa Metoda Oceny Rzek, dla badanego odcinka rzeki Flinty) i laboratoryjnych (badania rumowiska), symulacji komputerowych (HEC-RAS), a także umiejętność opracowania i analizy wyników badań, sformułowania wniosków oraz wizualizacji i prezentacji wyników badań.

Na podstawie punktacji MNiSW (zgodnie z rokiem wydania publikacji) łączna suma punktów za przedstawiony cykl publikacji wynosi 320. Uwzględniając udział Doktoranta (60-70%) wartość publikacyjną dysertacji należy wycenić na 212 punktów. Natomiast sumaryczny Impact Factor (IF) publikacji według listy Journal Citation Reports (JCR) wynosi IF = 9,3.

Dodam w tym miejscu, że chociaż najstarszy w ogólnym dorobku Doktoranta artykuł opublikowano stosunkowo niedawno (w roku 2020), Doktorant jest już widoczny i cytowany w bazach naukowych (14.11.2024: Scopus 43, Web of Science 38 razy), zaś Jego indeks Hirscha IH = 4. Wszystkie prace są według mojej oceny spójne tematycznie i ściśle ze sobą związane, co nie rodzi żadnych wątpliwości, że stanowią one „*zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych*” spełniający wymogi ustawowe.

Przedstawiona do recenzji dysertacja mgr. inż. Stanisława Zaborowskiego liczy łącznie (wraz z załącznikiem) 173 strony formatu A4 i zawiera: streszczenia pracy w językach: polskim i angielskim, a następnie krótkie wprowadzenie (wstęp) przybliżające problem badawczy, przedstawienie celów naukowych, zakresu pracy i hipotez badawczych, opis przyjętej metodyki i charakterystykę obiektu badań, a następnie – w rozdziale „Wyniki” – ogólny zarys zrealizowanej pracy w formie streszczenia publikacji, ukierunkowany na przedstawienie weryfikacji postawionych hipotez badawczych. Całość dopełnia dyskusja wyników badań, wnioski i podsumowanie oraz wykaz piśmiennictwa. Do pracy dołączono załącznik, który zawiera kopie czterech ww. publikacji stanowiących osiągnięcie naukowe.

3. Ocena merytoryczna rozprawy doktorskiej

Deflektory (ostrogi) inicjują i intensyfikują procesy fluwialne. Te o konstrukcji biotechnicznej są przydatne zwłaszcza w tzw. naturalnej regulacji rzek, bądź renaturyzacji, która jest dziedziną jeszcze stosunkowo młodą. Literatura tematyczna nie obfituje w nadmiar doniesień o badaniach deflektorów roślinnych (wiklinowych), a ich oddziaływanie hydromorfologiczne wciąż jest słabo rozpoznane. Znamienne jest przy tym, iż uchwalone w tym roku Rozporządzenie nr 2024/1991 Parlamentu Europejskiego i Rady „W sprawie odbudowy zasobów przyrodniczych” (*Nature Restoration Law*) zakłada m.in. renaturyzację 25 000 km rzek w UE, do 2030 r. Należy spodziewać się, że w najbliższej przyszłości renaturyzacja rzek w naszym kraju będzie coraz częściej realizowana. W związku z powyższym, podjętą *tematykę badawczą dysertacji uznać należy za jak najbardziej trafną, aktualną i potrzebną* (wartą kontynuacji), gdyż dotyczy ona interesującego naukowo i ważnego pod względem praktycznym problemu. Rozprawa doktorska mgr. inż. Stanisława Zaborowskiego wzbogaca doniesienia literaturowe i pogłębia aktualny stan wiedzy na temat hydromorfologicznego i ekologicznego oddziaływania deflektorów wiklinowych. Uważam również, że tytuł rozprawy jest właściwy i odpowiada treści.

We „Wstępie” do dysertacji (rozd. 1), przybliżającym problem badawczy, Autor przeprowadził krótkie studium literaturowe kładąc nacisk na potrzebę szczegółowych badań deflektorów roślinnych w aspekcie ich przydatności w proekologicznej inżynierii rzecznej.

Przy okazji realizacji trzech głównych celów rozprawy doktorskiej (rozd. 2) jakimi były: 1) „rozpoznanie przebiegu procesu renaturyzacji rzeki z wykorzystaniem deflektorów”; 2) „określenie dynamiki zmian hydromorfologicznych w korycie cieków w trakcie procesu renaturyzacji rzeki”, a także 3) identyfikacja możliwości inicjowania procesów renaturyzacyjnych za pomocą deflektorów wiklinowych – Doktorant wyróżnił cztery cele szczegółowe rozprawy (każdemu z nich poświęcił osobną publikację w cyklu). Są to:

1. Analiza możliwości wykorzystania deflektorów wiklinowych, do przeprowadzenia procesu renaturyzacji niewielkich cieków nizinnych (publikacja nr I);
2. Analiza zmian wartości uśrednionych współczynników szorstkości dla koryta rzeki nizinnej, w której wprowadzono zestaw deflektorów w celu zainicjowania procesów renaturyzacji (publikacja nr II);
3. Ocena wpływu podjętych działań renaturyzacyjnych na stan hydromorfologiczny cieków oraz na makrofity (publikacja nr III);

4. Określenie dynamiki zmian hydromorfologicznych w korycie cieków podczas procesu renaturyzacji rzeki z wykorzystaniem deflektorów wiklinowych (publikacja nr IV).

Realizacja ww. celów badawczych rozprawy umożliwiła Doktorantowi weryfikację przyjętych na wstępie (rozd. 2) trzech hipotez badawczych, gdzie założył, iż:

- 1) Deflektory intensyfikują procesy hydromorfologiczne i wpływają na poprawę stanu hydromorfologicznego cieków przekształconych (H1).
- 2) Deflektory wiklinowe poprawiają stan ekologiczny rzeki poprzez wzrost zróżnicowania mikro- i mezosiedlisk (H2).
- 3) Wpływ deflektorów wiklinowych na warunki przepływu w czasie wezbrań jest niewielki (H3).

Podsumowując tę część oceny stwierdzam, że cele rozprawy są poprawne i trafnie określone, w perspektywie postawionych hipotez badawczych, które też są właściwe i wynikają wprost ze studiów literaturowych oraz oceny dotychczasowego stanu wiedzy.

Osiągnięcie poznawczych i jednocześnie użytecznych celów pracy nie byłoby możliwe bez przyjęcia odpowiedniej metodyki i zakresu badań, które wraz z obiektem badań przedstawił Autor w 3-cim rozdziale dysertacji („Materiały i metodyka”), a szczegółowo scharakteryzował w tworzących cykl publikacji (I-IV). Badania prowadzono przez 6 lat (2018-2023) na dwóch 500 m odcinkach Flinty, małej rzeki nizinnej w Wielkopolsce. Pierwszy z nich (A) stanowił odcinek referencyjny tzn. bez prac utrzymaniowych, z naturalnymi procesami hydromorfologicznymi. W odcinek badawczy (B), w przeszłości poddawany pracom utrzymaniowym i niemal prostoliniowy, wbudowano współprądowo trzy wiklinowe deflektory o konstrukcji ażurowej.

Zakres badań oddziaływania tych deflektorów obejmował takie zagadnienia jak: geodezyjne pomiary zmian geometrii koryta, pomiary hydrometryczne (głównie rozkładu prędkości), a następnie wyznaczenie prędkości dynamicznej i naprężeń stycznych w aspekcie zmian morfologicznych koryta, a także badania terenowe i laboratoryjne zmian rumowiska rzeczno-ekologicznego. Ważną częścią badań Doktoranta była ocena hydromorfologicznych elementów stanu ekologicznego wód (RHS, HIR), a także badania makrofitów (MMOR). Całość warsztatu naukowego Doktoranta dopełnia wykorzystanie symulacji komputerowych (program HEC-RAS) do analizy oddziaływania hydraulicznego deflektorów wiklinowych w czasie wezbrań.

Podsumowując stwierdzam, że wszelkie pomiary (terenowe i laboratoryjne), a także obliczenia i symulacje wykonane zostały przy wykorzystaniu właściwych metod, narzędzi i urządzeń, zgodnie z obowiązującymi zasadami i normami. Zastosowana w dysertacji metodyka nie budzi zastrzeżeń – jest jak najbardziej poprawna, wybór metod uzasadniony, a metody szczegółowo opisane (dysertacja str. 19-26, kserokopie publikacji str. 50-158). Uważam też, że należy docenić duży zakres wykonanych badań i związane z tym czasochłonność i nakład pracy Doktoranta.

Rezultaty podjętych badań – realizacji celów rozprawy i odpowiedzi na postawione hipotezy badawcze – zostały przez Autora syntetycznie przedstawione w rozdziale 4 dysertacji („Wyniki”), zaś ich szczegółowy opis znaleźć można w stanowiącym integralną część dysertacji załączniku – zbiorze 4 monotematycznych publikacji (kserokopie str. 50-158). Stanowią one logiczny i spójny ciąg opracowań naukowych, ukierunkowanych na rozwiązanie ważnego i wieloaspektowego problemu naukowego.

Pierwsza publikacja cyklu pt. „Deflektory – nowoczesne proekologiczne budowle renaturyzacyjne w korytach rzecznych” [I], to głównie studium literaturowe, które traktować można jako szczegółowe wprowadzenie do problematyki rozprawy, w tym przedstawienie aktualnego stanu wiedzy nt. deflektorów rzecznych. Na tym tle Doktorant pokazał istotę przeprowadzonych przez siebie badań terenowych na rzece Flincie, lecz również wyniki własnych pomiarów i obserwacji.

Znamienne jest przy tym, iż wg literatury (np. Rana et al. 2017) pozytywny wpływ renaturyzacji na ekosystem rzeczny widoczny jest po kilku latach, podczas gdy Doktorant badając deflektory wiklinowe wykazał, że pierwsze korzystne zmiany w morfologii dna rz. Flinty pojawiły się już po pół roku. Ta intensyfikacja procesów fluwialnych i zwiększenie różnorodności morfologicznej wynikała wg Autora z oddziaływania deflektorów m.in. na rozkład przestrzenny prędkości, lokalizację nurtu (odsunięty od brzegu, meandrujący), a także dynamikę zmian transportu rumowiska. Zaobserwowano przy tym m.in., iż materiał denny w pobliżu deflektorów został przepłukany (zmieniła się wielkość uziarnienia), a w obszarach tuż za nimi pojawiły się wypłycenia korzystne dla naturalnej sukcesji roślinnej. Badania przedstawione w publikacji nr I, podobnie jak te w artykule nr II, ukierunkowane zostały na weryfikację pierwszej hipotezy badawczej [H1] (str. 4).

Na wstępie publikacji nr II pt. "Influence of river channel deflector hydraulic structures on lowland river roughness coefficient values: the Flinta river,..." Doktorant zamieścił obszerny przegląd literatury tematycznej, a następnie szczegółową charakterystykę obszaru własnych badań (odcinka rz. Flinty), konstrukcji i lokalizacji w cieku badanych deflektorów wiklinowych, jak również, prowadzonych systematycznie przez 3 lata, pomiarów hydrometrycznych. W kwestii uzyskanych wyników zwraca uwagę przedstawione przez Doktoranta studium przypadku, które potwierdziło możliwość efektywnego działania deflektora, nie tylko dla stosunkowo dużych przepływów i prędkości ($v > 0,6-0,9$ m/s; wg Adynkiewicz-Piragas, 2008), lecz również dla znacznie mniejszych prędkości na poziomie 0,1-0,3 m/s. Na podstawie przeprowadzonych badań i zebranych danych Doktorant stwierdził, że ażurowe deflektory przepływu mają znaczący wpływ na kształt koryta rzeki (Rys. 10, 11/II). Zaobserwował przy tym dużą dynamikę zmian w korycie, które dotyczą jego kształtu i prędkości (Rys. 8/II).

Oprócz hydromorfologicznego aspektu oddziaływania deflektorów, swoją uwagę Doktorant skoncentrował także na badaniach wpływu deflektorów wiklinowych na warunki przepływu w czasie wezbrań. Zagadnieniu temu poświęcona jest główna część publikacji nr II, w celu weryfikacji trzeciej hipotezy badawczej [H3] (str. 4). W oparciu o badania terenowe, NMT i oprogramowanie HEC-RAS wykorzystano symulacje komputerowe. Zbudowano 13 modeli (1D) dla 4 zestawów danych różniących się geometrią przekrojów, wartościami przepływów i układem zwierciadła wody. Deflektory przedstawiono jako: 1) modyfikację przekrojów, 2) przelewy, 3) modyfikację współczynnika Manninga w jednym przekroju lub 4) na odcinku. Model kalibrowano za pomocą współczynników szorstkości „ n ”. W zależności od sposobu uwzględnienia deflektorów w programie HEC-RAS wykonano łącznie 44 symulacje (Tab. 3/II), uwzględniając głównie przepływy najczęściej występujące oraz powodziowe (Q1%).

Na podstawie uzyskanych wyników Doktorant stwierdził również, że wpływ deflektorów na średnią szorstkość (opory przepływu) przy wezbraniach jest nieznaczny i nie powoduje dodatkowego zagrożenia powodziowego (Rys. 11/II). Dla przepływu Q1% oddziaływanie deflektorów wiklinowych nie miało istotnego wpływu na przepustowość badanego odcinka rzeki, a jedynie w pobliżu deflektorów można było zaobserwować niewielkie obniżenie zwierciadła wody (0,02-0,03 m) w porównaniu z modelem sprzed działań renaturyzacyjnych. Największy efekt działania deflektorów zaobserwował Doktorant przy stosunkowo niskich stanach i przepływach wody, co Jego zdaniem ma korzystny wpływ na procesy renaturyzacyjne zachodzące w korycie rzeki (Tab. 5, 6/II) (*śluszenie!*).

W pracy przeanalizowano również wartości współczynnika szorstkości „ n ” dla koryta rzeki Flinty po zastosowaniu deflektorów. Zaobserwowana duża zmienność szorstkości „ n ” może według Doktoranta wskazywać na wpływ deflektorów, ale także na zmiany spowodowane obecnością roślinności w korycie (pozytywne w aspekcie renaturyzacji). Wyniki wykazały niewielką różnicę w średniej szorstkości dla całego odcinka w porównaniu do modelu

referencyjnego, a dla przepływu Q1% różnice wartości współczynnika „n” można nawet uznać za pomijalne.

Wyniki modelowania doprowadziły Doktoranta także do dość zaskakującego (zdaniem recenzenta) wniosku, iż implementacja do HEC-RAS (1D) ażurowych deflektorów roślinnych w postaci lokalnego wzrostu chropowatości dna - jest najkorzystniejszym rozwiązaniem. Niewykluczone jednak, że w przypadku 2D-modelowania deflektorów wiklinowych wynik mógłby być inny (opinia Doktoranta?).

Kolejna, trzecia publikacja (III) cyklu (“The Impact of Spontaneous and Induced Restoration on the Hydromorphological Conditions and Macrophytes, Example of Flinta River”) to również raport z badań przemian hydromorfologicznych odcinka Flinty z deflektorami (weryfikacja hipotezy H1), lecz przede wszystkim prezentacja wyników badań poprawy stanu ekologicznego rzeki poprzez wzrost zróżnicowania mikro- i mezosiedlisk, jako efektu działania deflektorów wiklinowych. Ten etap badań zrealizował Doktorant w celu weryfikacji hipotezy badawczej nr 2 [H2] (str. 4). Analizując zmiany pola prędkości po wprowadzeniu deflektorów zauważył On, że linia uprzywilejowanych prędkości przyczyniła się do powstania układu plos, odsypisk i bystrzy pomiędzy deflektorami. Badania Doktoranta jednoznacznie wskazują (Rys. 10/III), iż to zróżnicowanie morfologiczne koryta rzeki wzbogaciło możliwość wyboru siedlisk i przyrost liczby gatunków makrofitów. Powstanie zróżnicowanych warunków mikrosiedliskowych potwierdził Doktorant analizując zmiany składu rumowiska w korycie, które zilustrował m.in. na Rys. 6/III. W okresie zaledwie jednego roku zaobserwował On wzrost uziarnienia frakcji d_{50} od 0.3 mm do 4.0 mm wzdłuż linii nurtu, przy czym przy deflektorach dominowała frakcja żwirowa, a poniżej nich strefy drobnoziarniste (Autor zanotował tu zmniejszenie średnicy $d_{50\%}$ materiału dennego z 2.50 mm do 0.18 mm), zasiedlane sukcesywnie przez szuwały jeżogłówki gałęzistej. Doktoranta potwierdził wynikami własnych badań, iż „wzrost heterogeniczności materiału dennego zapewnia zróżnicowane warunki do bytowania gatunkom makrofitów i makrobezkręgowców o różnych preferencjach siedliskowych (Szalkiewicz et al. 2022)”. Na szczególną uwagę (i pozytywną ocenę) zasługuje tu, zbiorcze przedstawienie wyników badania makrofitów, jakie Doktorant zamieścił na Rys. 10/III oraz ich szczegółowa analiza. Dla odcinka z deflektorami i odcinka referencyjnego, porównywał On zmienność w czasie liczby taksonów, pokrycia dna roślinnością, wskaźnika bioróżnorodności (*Shannon-Wienera*), a także zmienność wartości Makrofitowego Indeksu Rzecznego (MIR). W każdym przypadku Doktorant wykazał przyrost wartości ww. parametrów makrofitowych (np. wskaźnika bioróżnorodności od 0.5 do 0.95, a pokrycia roślinnością z 23 do 35%), co świadczy o bardzo korzystnym wpływie deflektorów na wzrost zróżnicowania mikro- i mezosiedlisk i poprawę stanu ekologicznego rzeki.

W przypadku ostatniej publikacji (nr IV) pt. “Environmental Restoration and Changes of Sediment and Hydrodynamic Parameters...”, Doktorant również skoncentrował się na badaniach zmian hydromorfologicznych i stanu ekologicznego koryta rzeki Flinty, w celu weryfikacji drugiej i trzeciej hipotezy badawczej [H2, H3] (str. 4). Posłużyły temu głównie badania rumowiska i naprężeń stycznych, na bazie pomiarów terenowych i obliczeń wspomaganych modelowaniem HEC-RAS (tu: również 2D). Przykładowe wyniki obliczeń rumowiska dennego przedstawił Autor w Tab. 4/IV, przykładową wizualizację rozkładu przestrzennego prędkości - na Rys. 7/IV, a rozkładu przestrzennego naprężeń stycznych na Rys. 8/IV. Doktorant wykazał, iż wprowadzenie deflektorów spowodowało znaczący, choć sukcesywny wzrost wartości naprężeń ścinających (od $0,0241 \text{ N/m}^2$ w 2018 r. do $0,2761 \text{ N/m}^2$ w 2023 r.) oraz lokalnych współczynników szorstkości (od $0,045 \text{ s}\cdot\text{m}^{-1/3}$ przed wprowadzeniem deflektorów do $0,070 \text{ s}\cdot\text{m}^{-1/3}$ w 2023 r.). Wg Autora największe wartości naprężeń występują w linii nurtu w pobliżu deflektorów na brzegach wklęsłych. Natomiast poniżej deflektorów, w ich cieniu hydrodynamicznym, naprężenia styczne są zauważalnie mniejsze.

Ponadto, na podstawie analiz próbek osadów początkowo zaobserwowano erozję i akumulację materiału dennego, a następnie stabilizację wielkości cząstek. Zaobserwowano różnice w wielkości ziaren, zwłaszcza w przekroju poprzecznym deflektorów.

W kwestii hydraulicznego oddziaływania deflektorów wiklinowych na warunki przepływu, ciekawe wyniki badań zamieścił Autor na Rys. 11/IV. Jest to porównanie wyników pomiarów położenia zwierciadła wody (13.06.2023) i *dwuwymiarowego* modelowania w programie HEC-RAS (2D), dla pomierzonego przepływu $Q = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$, gdzie uzyskano nadzwyczaj dobrą zgodność modelowania. Wyniki symulacji HEC-RAS dla przepływu o prawdopodobieństwie wystąpienia 1% ($Q = 11,97 \text{ m}^3/\text{s}$) doprowadziły Doktoranta do ciekawego naukowego spostrzeżenia, że wraz ze wzrostem przepływu i napełnienia koryta (w szczególności po wystąpieniu wody z brzegów), wpływ deflektorów zanika, a ich oddziaływanie traci na znaczeniu już podczas przepływów większych niż średnie.

Podsumowując stwierdzam, że uzyskane przez Doktoranta wyniki badań stanowią niewątpliwie Jego indywidualny wkład w dyscyplinę naukową. Wyniki te są wiarygodne i nie budzą wątpliwości, ani zastrzeżeń merytorycznych. Zostały one również poprawnie opracowane i skomentowane. Podziwiam także sugestię Doktoranta, że można uznać je za uniwersalne w odniesieniu do typowych, uregulowanych i wyprostowanych małych cieków nizinnych z piaszczystym dnem.

Doktorant odnosząc się do doniesień literaturowych przeprowadził również dyskusję (rozd. 5) wyników własnych badań koncentrując się na zagadnieniach takich jak:

- 1) Skuteczność działania deflektorów a wielkość przepływu w rzece;
- 2) Wpływ deflektorów na poprawę warunków hydromorfologicznych (w tym np. kwestia zmiany kształtu przekroju poprzecznego, szorstkości koryta, struktury rumowiska, krętości cieku, jego profilu podłużnego itp.);
- 3) Proekologiczny aspekt zastosowania deflektorów (napowietrzanie wody, wspomaganie samooczyszczania cieku i rozwoju makrofitów, a także tworzenia się siedlisk dla ryb i makrobezkręgowców - wzrostu bioróżnorodności);
- 4) Deflektory jako inicjatory procesów morfodynamicznych (renaturyzacyjnych);
- 5) Związek warunków przepływu z przekształceniami koryta;
- 6) Wpływ interakcji między roślinnością w korycie i strukturą przepływu na procesy hydromorfologiczne w aspekcie renaturyzacji.

Wśród doniesień literaturowych znaleźć można pewne analogie do wyników i wniosków z badań Doktoranta. Dotyczy to zwłaszcza silnego związku reżimu przepływu i przekształceń morfologicznych koryta, który został potwierdzony przez Doktoranta w pomiarach na rzece Flincie, gdzie przekształcenia te zainicjowano wprowadzając do prostoliniowego koryta deflektory roślinne.

Muszę przyznać, że dwustronicowy rozdział 5 pt. „Dyskusja”, choć nie obszerny objętościowo, a raczej w formie krótkiego, lecz wieloaspektowego przekazu z częstym nawiązaniem do badań innych naukowców (nie „przegadany”), sprawia bardzo pozytywne wrażenie. Z przeprowadzonej dyskusji wynika jasno, że uzyskane przez Doktoranta wyniki badań oddziaływania deflektorów potwierdzają doniesienia literaturowe, a także powiększają dotychczasowy stan wiedzy (zwłaszcza w przypadku ostróg wiklinowych).

Rozprawę kończy rozdział 6 (str. 41-42) pt. „Wnioski i podsumowanie”, w którym oprócz zbiorczego przedstawienia i podsumowania, zawartych w poszczególnych publikacjach cyklu i omówionych powyżej, wyników swoich badań, Autor rekomenduje deflektory wiklinowe jako skuteczne narzędzie w działaniach mających na celu poprawę stanu ekologicznego niewielkich

cieków nizinnych przekształconych antropogenicznie. Stwierdzam iż, perspektywa implikacji wyników badań Doktoranta do praktyki ma pełne uzasadnienie w rezultatach ocenianej rozprawy doktorskiej.

Reasumując całość: układ i struktura pracy, a także podział treści w poszczególnych jej częściach (publikacjach cyklu) są poprawne, a *zawartość naukowo-badawcza dysertacji mgr. inż. Stanisława Zaborowskiego nie budzi zastrzeżeń merytorycznych*. Kwestia doboru i aktualności literatury tematycznej, jak również studiów literaturowych przeprowadzonych przez Doktoranta w kierunku przedstawienia aktualnego stanu wiedzy, dyskusji i określenia celów badawczych, została już pozytywnie oceniona przez recenzentów redakcyjnych dla poszczególnych publikacji tworzących dysertację. Ja w tym przypadku skupiłem się na ocenie kompleksowej (całości rozprawy) w aspekcie realizacji przez Doktoranta założonych celów i weryfikacji hipotez badawczych dla dysertacji jako całości. Stwierdzam też, że część bibliograficzna dysertacji jest poprawna (aktualna, właściwie dobrana i skomentowana), nie mam zastrzeżeń i ją również oceniam pozytywnie.

3.1. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

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

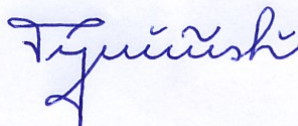
- 1) Budowle lekkie w inżynierii rzecznej stanowią szczególny rodzaj przepuszczalnych konstrukcji regulacyjnych, służących do kierowania prądem wody i wywoływania efektów morfologicznych w korycie. W literaturze fachowej (np. Wołoszyn et al. 1994) znaleźć można opinie, że w naszych warunkach klimatycznych ostrogi typu lekkiego (np. deflektory wiklinowe) mają jednak *ograniczone zastosowanie*, zwłaszcza przy niskich stanach wody, gdy zatopienie ostróg jest nieduże, również ze względu na zjawiska lodowe (zamarzanie rzek, uderzenia kry lodowej itp.). Jaka jest opinia Doktoranta w tej sprawie?
- 2) Mając na uwadze specyfikę procesów fluwialnych, a w szczególności zjawiska erozji, transportu i akumulacji materiału rzecznej, należy spodziewać się kolmatacji badanych deflektorów „ażurowych” i zmiany ich właściwości wraz z upływem czasu. Podobny problem dotyczy rumoszu roślinnego oraz zwykłych śmieci niesionych przez wodę. Rodzi się więc pytanie, czy stopień porowatości („gęstość”) konstrukcji deflektora wiklinowego ma zdaniem Doktoranta wpływ na jego oddziaływanie hydrauliczne, a co za tym idzie zmiany hydromorfologiczne koryta rzeki?
- 3) W literaturze przedmiotowej (np. Mokwa 2002; Wolski et al. 2020, 2024; Tymiński et al. 2017) znaleźć można doniesienia o badaniach wpływu na warunki hydrauliczne w cieku podobnych deflektorów „ażurowych”, ale zbudowanych nie z wikliny (*Salix purpurea L.*), lecz z trzciny (*Phragmites communis Trin. /Phragmites australis/*; inny gatunek roślin, inne właściwości biomechaniczne /np. elastyczność/, inna zdolność do przetrwania długotrwałych zalewów). Czy zdaniem Doktoranta, mając na uwadze Jego własne badania i obserwacje, również i w tym przypadku można spodziewać się podobnego do deflektorów wiklinowych wpływu trzciny na morfologię koryta? Na czym według Doktoranta polega zaleta stosowania właśnie takiego gatunku roślin (*Salix purpurea L.*) jako budulca do konstruowania ostróg rzecznych?

4. Podsumowanie i wnioski końcowe

Stwierdzam, iż założone przez Doktoranta na wstępie pracy cele badawcze zostały osiągnięte, a przyjęte hipotezy badawcze (patrz str. 3-4 niniejszej recenzji) przekonywująco udowodnione, poprzez terenowe badania eksperymentalne oraz symulacje komputerowe, jak również odpowiednio skomentowane w konkluzjach dysertacji.

Rozprawa doktorska mgr. inż. Stanisława Zaborowskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje, że jej Autor ma wystarczający zasób wiedzy teoretycznej i specjalistycznej w ramach uprawianej dyscypliny naukowej oraz umiejętność samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych. Rezultaty badań Doktoranta przedstawione w dysertacji mają również duże znaczenie praktyczne, zwłaszcza w nowoczesnej proekologicznej inżynierii rzecznej, w tym renaturyzacji rzek.

Biorąc pod uwagę walory naukowe, poznawcze i aplikacyjne przedłożonej do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „Wpływ deflektorów na warunki hydromorfologiczne panujące w małej rzece nizinnej na przykładzie rzeki Flinty”, którą oceniam pozytywnie, wnoszę do Wysokiej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu o dopuszczenie mgr. inż. Stanisława Zaborowskiego do publicznej obrony i wnioskuję o dalsze przeprowadzenie czynności przewodu doktorskiego, bowiem spełnia ona wszystkie wymogi stawiane pracom doktorskim określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (tekst jedn. Dz.U. z dnia 20 stycznia 2020 r., poz. 85, rozdz. 2 „Stopień doktora / Nadawanie stopnia doktora”, art. 186, pkt. 3 oraz art. 187).



dr hab. inż. Tomasz Tyimiński, prof. UPWr