

dr hab. Artur Magnuszewski, prof. ucz.  
Zakład Hydrologii  
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych  
Uniwersytet Warszawski

## Recenzja rozprawy doktorskiej

**Piotr Bartold**

### ***„Morfodynamika koryta Wisły w Warszawie i jej znaczenie dla warunków eksploatacji ujęć poddennych wody”***

#### **Ocena doboru tematu i celu pracy**

Wisła jest z punktu widzenia czasu geologicznego bardzo młodą rzeką, która w swoim środkowym biegu ma charakter tranzytowy. Oznacza to, że jej ustrój hydrologiczny jest kształtowany przez górną część dorzecza. Wysoki potencjał powodziowy górnej Wisły i jej dopływów przenosi się na bieg środkowy rzeki. Równocześnie charakterystyczną cechą Wisły jest transport dużych mas osadów zarówno w postaci zawiesiny jak i dennego rumowiska włączonego. Wisła jest więc interesującym przedmiotem badań z punktu widzenia hydrologii. Na ten obraz nakłada się zagospodarowanie warszawskiego odcinka rzeki, nazywane gorsetem warszawskim. Jest to przewężenie koryta Wisły, której wody wielkie muszą przecisnąć się przez ograniczoną budowlami regulacyjnymi i mostami trasę o szerokości zaledwie ok. 450 m. Taka zabudowa trasy regulacyjnej wywołała obserwowane już na początku XX w. obniżanie dna rzeki. Duża dynamika transportu osadów i ich duża masa w postaci materiału dennego były przesłanką dla projektantów do opracowania i budowy poddennego ujęcia surowej wody dla warszawskich wodociągów. Jest to ciekawe rozwiązanie hydrotechniczne, które weszło nawet do literatury opisującej różnego rodzaju ujęcia wody. Takie rozwiązanie wykorzystuje naturalny proces transportu osadów rzecznych, pełniących rolę odnawialnego złoża filtracyjnego. Obszar objęty poborem wody za pomocą drenów ułożonych pod dnem Wisły obejmuje kilometrą 507,1 – 510,6. Jest to ważny odcinek z punktu widzenia bezpieczeństwa powodziowego, a także dynamiki procesów korytowych od których zależy stabilność dna i praca ujęć poddennych.

Tematyka pracy i podjęte badania są na tyle istotne, że zasługują na zajęcie się nimi na poziomie pracy doktorskiej. Warto zwrócić uwagę także na praktyczne znaczenie wyników, ponieważ ich odbiorcą jest Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Warszawie, zaopatrujące w wodę blisko dwu-milionowe miasto.

### **Ocena użytych metod i uzyskanych wyników**

Rozprawa doktorska liczy 97 stron, a jej treść została podzielona na osiem rozdziałów. Dwa ostatnie zawierają dyskusję wyników i wnioski. Pracę kończy spis literatury oraz załączniki.

Rozdział 1 to wstęp, w którym doktorant sformułował cel pracy i hipotezę badawczą. Jako cel pracy ustanowił określenie związku pomiędzy morfodynamiką koryta Wisły w Warszawie na odcinku między Mostem Siekierkowskim, a Mostem Łazienkowskim, a warunkami eksploatacji systemu ujęć poddennych Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji, znajdującego się na tym odcinku.

Jako hipotezę przyjęto założenie że: „Charakter procesów współczesnej erozji i depozycji przebiegających w serii aluwiiów korytowych Wisły stanowiących naturalne złoża filtracyjne zespołu ujęć poddennych warunkowany jest rzeźbą i litologią powierzchni stropowej ich trudno rozmywalnego podłoża oraz oddziaływaniem związanej z korytem infrastruktury”.

Rozdział 2 nosi tytuł „Charakterystyka środowiskowa obszaru badań” i zawarto w nim informacje o środowisku naturalnym badanego odcinka Wisły i jej doliny. Sporo miejsca poświęcono ukształtowaniu i budowie geologicznej otaczającego terenu. Nie jest dla recenzenta zrozumiałe jaki jest związek między tematem pracy a informacjami o ukształtowaniu podłoża krystalicznego, a także warstw skalnych paleozoiku i mezozoiku. W części poświęconej utworom czwartorzędu zabrakło opisu zlodowaceń i historii holocenu w kontekście kształtowania się doliny Wisły z jej tarasami. Od schyłku plejstocenu do czasów historycznych koryto Wisły i procesy fluwialne kształtujące dolinę rzeki ulegały ogromnym przekształceniom wraz ze zmianami klimatu. Zmieniał się układ koryta od roztokowego przez meandrowy do uregulowanego, co ma odzwierciedlenie we współczesnej dynamice form korytowych. Nie ma słowa o pracach geomorfologów fluwialnych, polecam lekturę pracy „Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś” Starkel (2001).

Kolejnym zdziwieniem budzi rozdział o regionalizacji hydrogeologicznej. Czy wykorzystano w dalszej części pracy informacje o warstwach wodonośnych trzeciorzędu? Czy moduł zasobów odnawialnych wiąże się jakoś z eksploatacją ujęć wody z koryta Wisły?

Rozdział 2.5.1 o powierzchniowych obiektach hydrograficznych takich jak źródła, kanały, jeziora, zwiększa objętość tekstu ale nie wnosi żadnych informacji istotnych dla funkcjonowania koryta Wisły.

Podobna uwaga dotyczy rozdziału 2.6 z charakterystyką wybranych elementów meteorologicznych. Czy parowanie terenowe albo temperatura powietrza ma wpływ na procesy korytowe Wisły w Warszawie ?

Zupełnie niezrozumiałe jest rozpisywanie się o użytkowaniu terenu w obszarze zawała albo o zwierzętach zamieszkujących tzw. łęgi warszawskie. Rys 14. to już kuriozum, dlaczego tylko kormoran doczekał się swojej ilustracji w rozprawie doktorskiej ?

W całym rozdziale nie ma niestety dobrego opisu jak przebiegały prace nad regulacją Wisły w Warszawie, jakie były założenia dla powstania gorsetu warszawskiego, w jakim celu i kiedy wykonano budowle regulacyjne na prawym brzegu rzeki. Zupełnym milczeniem pominięto zagadnienie erozji dna w odcinku Wisły w Warszawie, które jest ewidentnie zauważalne przy analizie krzywych natężenia przepływu. To jeden z najbardziej widocznych przejawów erozji dna obejmującej także odcinek Wisły będący przedmiotem badań doktoranta. Pierwsza krzywa przepływu z 1919 r wykazywała już tendencję obniżania się dna.

Bardzo skrótowo opisano warunki hydrologiczne Wisły w Warszawie. Rysunek 12 przedstawia zmienność stanów i przepływów w czasie 4 lat hydrologicznych (2019-2022). Rozumiem, że to był okres badań terenowych ale ciągi pomiarowe są znacznie dłuższe, a z ich analizy w perspektywie półwiecza można sporo wynioskować.

W opisie warunków hydrologicznych zabrakło także informacji o wielkości transportu osadów w postaci zawiesiny i materiału wleczonego. Takie dane są dostępne dzięki pomiarom prowadzonym w IMGW za pomocą batometrów (pomiar zmęcenia i intensywności transportu zawiesiny) oraz tzw. łapaczek (pomiar wleczenia materiału dennego). Spora jest literatura na ten temat, nie została ona wykorzystana.

Rozdział 3 ma tytuł "Zasady działania ujęć poddennych w Warszawie na tle ogólnego przeglądu metod ujmowania wód rzecznych". Niestety tytuł nie odzwierciedla treści. Nie ma tam podanych zasad działania ujęć poddennych w Warszawie, takie informacje znajdziemy dopiero w rozdziale 4.

Niektóre sformułowania są zagadkowe np. "Wody eksploatowane przez człowieka to przede wszystkim: wody powierzchniowe, infiltracyjne, źródlane oraz podziemne." Chciałbym zwrócić uwagę, że źródło to samoczynny wypływ wody podziemnej.

W tej części znajduje się dużo informacji podręcznikowych (rozdział 3.2) razem z ilustracjami, które niczego nie wnoszą do weryfikacji postawionej hipotezy ani zrozumienia działania ujęć poddennych w Warszawie.

W rozdziale 3.2.3 pojawia się definicja strefy hyporeicznej, która brzmi "Według Triska i współautorów (1989) strefę hyporeiczną można podzielić na dwa rodzaje, które różnią się tempem

mieszania się wody. Są to strefa powierzchniowa, która leży bezpośrednio poniżej dna rzeki i która obejmuje prawie 98 % wód powierzchniowych oraz strefa ukryta, która leży na określonej głębokości i która obejmuje 10–98% wód powierzchniowych." Nie jestem w stanie zrozumieć tej różnicy. Ten fragment tekstu został w całości skopiowany z oryginału bez podania źródła - Jekatierynczuk-Rudczyk (2007).

Rozdział 4 zawiera dość szczegółowy opis infrastruktury używanej do czerpania z warstwy aluwów Wisły surowej wody do wodociągów MPWiK w Warszawie. Zawiera interesujące informacje o strukturze ujęć poddennych i ich rozbudowie oraz sposobie eksploatacji.

Rozdział 5 jest najważniejszą częścią pracy zawiera bowiem wyniki pomiarów terenowych i ich analizę, której celem powinna być weryfikacja postawionej na wstępie hipotezy. Rodzaj utworów dennych w korycie ustalono na podstawie własnych płytkich odwiertów w aluwiach (wykonano 51 otworów wierconych w korycie rzeki) oraz danych archiwalnych z Centralnego Banku Danych Geologicznych Państwowego Instytutu Geologicznego. Wykonano także inwentaryzację płycizn i raf kamienistych podczas niskich stanów wody. Uzupełnieniem wierceń były laboratoryjne analizy uziarnienia utworów aluwialnych. Do prac terenowych należało także kartowanie linii brzegowej za pomocą zdjęć lotniczych wykonanych za pomocą bezzałogowego statku powietrznego.

Rozdział 5.1.4 zawiera informacje o pomiarach gradientomierzem konstrukcji prof. M. Marciniaka. Nie jest wyjaśnione jaką wielkość fizyczną mierzy ten instrument, który działa na zasadzie manometru różnicowego. Powstaje pytanie jaki wpływ na pomiar ma fakt, że odbywa się w wodzie płynącej, gdzie powstać może ciśnienie hydrodynamiczne. Czy stopień kolmatacji aluwów ma wpływ na wynik pomiaru? Jakie znaczenie ma wysokość ciśnienia hydrostatycznego na pomiar, w którym nie ma standardowej wysokości zanurzenia wolnego ramienia manometru? Czy różnica ciśnień ulega zmianie w funkcji czasu? To ważne kwestie zwłaszcza w kontekście celu pomiarów opisanych jako: "W celu rozpoznania zasięgu wpływu ujęć infiltracyjnych na dynamikę wód podziemnych zostały przeprowadzone pomiary z wykorzystaniem gradientomierza".

Jak pisze doktorant wyniki pomiaru gradientomierzem zostały poddane interpolacji przy zastosowaniu metody Spline w wersji „tension”. W tym miejscu nasuwa się fundamentalne pytanie o zasadność interpolacji między tak nielicznymi punktami leżącymi na przeciwległych brzegach Wisły.

Następnie jak można wytłumaczyć różne kierunki gradientu ciśnienia na przeciwległych brzegach Wisły między ujęciami PU-2 i PU-3, na odcinku gdzie nie ma drenów. Na uwagę zwraca także oddziaływanie ostróg (punkty a,b,c), które zmieniają pole prędkości. W strefie zaprądowej w cieniu ostrogi mogą pojawić się zamknięte komórki cyrkulacyjne ze wstecznym prądem. Wraca zatem pytanie o wpływ prędkości przepływu na wskazania gradientomierza.

Rozdział 5.3.1 nosi tytuł: "Morfologia dna – mapy hipsometryczne" i zawiera opis metody pomiaru echosondą i sposobu wizualizacji wyników. Znajdziemy tam stwierdzenie, że ze wszystkich metod interpolacji (w programie ArcMap), czyli Inverse Distance Weighting, Kriging, Spline, Topo to raster oraz Natural Neighbor, najlepsze efekty uzyskano przy wykorzystaniu metody Spline. Pytanie brzmi w jaki sposób oceniono wyższość tej metody nad pozostałymi, co było wzorcem albo punktem

odniesienia dla takiego stwierdzenia? Jak mierzono wielkość błędu interpolacji, czy wydzielono zbiór danych kontrolnych używanych do weryfikacji wyniku?

Pomiary batymetryczne wykonano w następujących terminach 15.09.2021, 20.06.2020, 19.05.2020, 16.12.2019, przy różnych stanach wody. Do interpolacji wykorzystano rzędne brzegu ale także inne punkty tzw pomocnicze, których pochodzenie nie zostało wyjaśnione (Rys. 35). Czy punkty pomocnicze były wybierane arbitralnie?

Bardzo ważnym narzędziem badawczym są dwuwymiarowe numeryczne modele hydrauliczne HEC-RAS i FLUENT, o których doktorant wspomina w rozdziale 5.3.5 i 5.3.6. Piszę, że wspomina, bo zagadnienie modeli numerycznych ich kalibracji i weryfikacji to bardzo rozległy temat. Nie dowiemy się z pracy jakie były właściwości siatek obliczeniowych, jak ustalono warunki brzegowe i początkowe, jaki model turbulencji przyjęto. Wreszcie pominięto całkowicie fundamentalne zagadnienie weryfikacji wyników modelowania. Model HEC-RAS w wersji 1D umożliwia także modelowanie bilansu osadów w profilu podłużnym rzeki. Szkoda, że doktorant nie wykorzystał tego typu obliczeń, bo byłyby one bardzo przydatne przy interpretacji mapy bilansu aluwii uzyskanej z pomiarów echosondą.

Rozdział 6 zawiera wyniki badań. Pierwszy podrozdział dotyczy map batymetrycznych uzyskanych z pomiaru echosondą i interpolacji (Rys. 39). Doktorant pisze że niezależnie od stanu Wisły najgłębsze miejsca na analizowanym fragmencie koryta Wisły występują w rynnach (I i II), usytuowanych wzdłuż umocnionych brzegów. Nie jest zaznaczona rynna II, a zapewne chodzi tu o płośnięcie, które układa się w linii nurtu pod wklęsłym brzegiem koryta rzecznoego. Na rysunku batymetrycznym nie podano daty wykonania pomiaru ani stanu wody w Wiśle co ułatwiłoby jego interpretację.

Rozdział 6.2 nosi tytuł "Budowa geologiczna obszaru badań", jest to powtórzenie rozdziału 2.3.3. Czym różni się jedna budowa geologiczna od drugiej ?

W tej części ciekawy jest wynik porównania map miąższości aluwii, co pozwoliło na wskazanie miejsc o dodatnim i ujemnym bilansie osadów po przejściu kulminacji fali wezbraniowej.

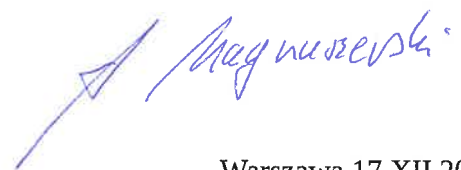
Rozdział 6.4 zawiera omówienie wyników modelowania prędkości przepływu. Rys. 45 pokazuje w skali barwnej jakie były prędkości średnie w pionie w terminach odpowiadających pomiarom batymetrycznym. Szkoda że nie zastosowano jednej legendy barwnej dla wszystkich map bo wtedy łatwiej byłoby je porównywać. Zupełnie niezrozumiałą jest kolejny rys. nazwany wyk. 2, który przedstawia wartości prędkości średniej w funkcji stanu wody na wodowskazie. Pytanie brzmi, co to za prędkość średnia? Model klasy 2D oblicza prędkości średnie w pionie w węzłach siatki obliczeniowej. A więc czy są to wartości z jakiegoś wybranego węzła? Podobne pytanie odnosi się do prędkości maksymalnej.

Dochodzimy wreszcie do rozdziału 7 zawierającego dyskusję wyników. Niestety nie znajdziemy tu odpowiedzi na fundamentalne pytanie rozprawy doktorskiej dotyczące hipotezy postawionej na wstępie. Hipoteza w formie pytania badawczego może być potwierdzona lub odrzucona.

Z uwag redakcyjnych chcę stwierdzić, że tekst rozprawy jest niestarannie przygotowany, pod względem układu i doboru treści. Podpisy pod ilustracjami to raz rys., innym razem fot., a nawet wyk. Duża część tekstu jest powtórzeniem informacji podręcznikowych. Opis warunków fizycznogeograficznych obszaru badań zawiera elementy całkowicie zbędne z punktu widzenia opisywanych procesów. Nie jest zaznaczony wkład Doktoranta przy modelowaniu hydraulicznym przepływów Wisły.

## **Konkluzja**

Podsumowując moje uwagi chciałbym stwierdzić, że Doktorant Piotr Bartold przygotował rozprawę, która w obecnej formie nie spełnia wszystkich wymogów stawianych przez Ustawę „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 r. z późniejszymi zmianami, określone w art. 187 Ustawy (Dz.U.2018; poz. 1668). Wnioskuje o niedopuszczenie Piotra Bartolda do publicznej obrony pracy. Biorąc pod uwagę pozytywne strony pracy, w tym duży udział własnych prac terenowych Doktoranta, sugeruję jej poprawę i ponowne złożenie do recenzji.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Magnum' or similar, with a stylized flourish.

Warszawa 17 XII 2024