

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

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Dawida Szattena

„Wpływ działalności człowieka na procesy fluwialne dolnego odcinka Brdy”

Ocena doboru tematu i celu pracy

Praca dotyczy odcinka dolnego biegu Brdy, w okresie powojennym silnie przekształconego przez budowę kaskady zbiorników, z których Jezioro Koronowskie jest największe, a zbiorniki Tryszczyn i Smukała pełnią rolę zbiorników wyrównawczych. Poniżej kaskady znajduje się skomplikowany układ połączenia Kanału Bydgoskiego z odcinkiem miejskim Brdy i ujściowym zbiornikiem przy śluzie i jazie Czersko Polskie. Ten układ jest skomplikowany pod względem hydraulicznym, ponieważ zawiera w sobie elementy retencji (zbiorniki), transformacji fal wezbraniowych (koryta rzeczne) i sterowania (jazy, elektrownie, śluzy). Opisanie hydrologii i hydrauliki tego układu jest już ambitnym zadaniem, autor pracy wyznaczył sobie jeszcze trudniejsze zadanie, a mianowicie poznanie dynamiki transportu rumowiska zawieszonoego. Jest to tematyka trudna, a jednocześnie interesująca z następujących powodów. Transport osadów rzecznych doprowadza do tzw. zamulania zbiorników, czyli stopniowego wypełniania ich czaszy, co skutkuje spadkiem pojemności retencyjnej. Spadek objętości zbiornika ma niekorzystny wpływ na funkcjonowanie obiektu, ogranicza możliwość sterowania odpływem, zmniejszają się zasoby energetyczne rzeki, pojawiają się też problemy dotyczące jakości środowiska naturalnego. Z drugiej strony transport zawiesiny wiąże się z cechami jakości wody, nadmierna erozja gleb, czy też splukiwanie osadów z powierzchni nieprzepuszczalnych w miastach w sposób nieunikniony oznacza problemy ze zwiększoną koncentracją biogenów i innych zanieczyszczeń. Dodatkowym utrudnieniem jest nieustalony przepływ wody, który w przypadku kaskady zbiorników ma charakter szybkozmienny. Zależności między nawet tak prostymi charakterystykami jak stan wody i przepływ w ruchu nieustalonym tracą jednoznaczny przebieg, a na krzywych przepływu pojawia się zjawisko histerezy. Podobnie jest z koncentracją zawiesiny, gdzie dodatkowo pojawia się problem ograniczonego źródła osadów i rozcieńczenia. Dodatkowym utrudnieniem jest sam pomiar zawiesiny w rzece, rzecz zawiała ze względu na przestrzenne zróżnicowanie koncentracji w przekrojach poprzecznych koryta rzecznoego, w profilu podłużnym rzeki, a także przy szybko zmieniających się parametrach hydraulicznych ruchu nieustalonego. Autor wyznaczając cel pracy podjął się więc ambitnego zadania, którego celem ma być poznanie źródeł pochodzenia osadów,

określenie właściwości zawiesiny i sposobu jej transportu przez kaskadę zbiorników na dolnej Brdzie. Nie bez znaczenia jest też przydatność podjętej tematyki badań, które znajdują zastosowanie w gospodarce wodnej, a także w ochronie środowiska. Badany problem ma szersze tło, ponieważ transportowana zawiesina trafia do Wisły, a ostatecznie do Zatoki Gdańskiej i Bałtyku, co przekłada się na stan tego akwenu. Podsumowując, należy stwierdzić, że temat pracy został dobrany właściwie i jest istotny z punktu widzenia naukowego i praktycznego.

Ocena użytych metod

Problem osadów transportowanych jako zawiesina należy widzieć w różnych skalach przestrzennych, od zlewni do wielkości poszczególnych form korytowych. Patrząc na największą skalę przestrzenną, autor przedstawił warunki fizycznogeograficzne zlewni Brdy i dokonał obliczeń potencjalnej wielkości erozji gleb według metody USLE.

Ważną częścią pracy jest ocena długoterminowych zmian jakości wody rzecznej, do czego posłużyły dane z monitoringu Wojewódzkich Inspektoratów Ochrony Środowiska w Gdańsku i Bydgoszczy. Tutaj na marginesie warto wspomnieć, że samo korzystanie z ogromnego zasobu danych z monitoringu WIOŚ jest dużym przedsięwzięciem. Dane te zanim posłużą do obliczeń muszą być skrzętnie sprawdzone pod względem kompletności w wymiarze czasu i lokalizacji punktów pomiarowych.

Mówiąc o źródłach osadów autor nie zapomniał o takich procesach jak resuspensja zgromadzonych osadów przez falowanie wiatrowe, czy też erozja brzegów. W przypadku uruchomienia osadów przez falowanie wykonał pomiary terenowe w kanale lateralnym Jeziora Koronowskiego i w głównym basenie zbiornika koło m. Pieczyska. Na uznanie zasługuje fakt że pomiary terenowe polegające na poborze prób wody wykonano w lutym 2013 r. przy prędkości wiatru dochodzącej do 35 m/s.

W celu określenia objętości zdeponowanego lub wyerodowanego osadu na Jeziorze Koronowskim i Torze Regatowym Brdyujście autor przeprowadził pomiary batymetryczne za pomocą echosondy i odbiornika GPS. Rozstaw przekrojów poprzecznych wynosił 100-150 m, a łączna długość profili sondowania osiągnęła 254 km. Wykonano także przekroje niwelacyjne dawnego koryta Brdy, które badano pod kątem przebiegu deformacji w procesie tzw. płukania koryta przez kontrolowany zrzut wody z Jeziora Koronowskiego. Wykonano 42 przekroje niwelacyjne na odcinku 3,3 km długości koryta, przed operacją płukania koryta i po jego zakończeniu.

Pochwalam decyzję doktoranta o zastosowaniu ręcznej interpolacji mapy batymetrycznej

Jeziora Koronowskiego. Przy dużym zbiorze danych pomiarowych można wprawdzie uprościć zadanie przez zastosowanie któregoś z algorytmów automatycznej interpolacji, jednak wynik nie będzie zadawalający, ze względu na brak informacji o ukształtowaniu czasy zbiornika w strefach dawnego koryta rzecznego lub strefach brzegowych. Wiedza geomorfologiczna i hydrologiczna pomaga przy rysowaniu poziomic planu batymetrycznego, który staje się bardziej wiarygodny.

W czasie zrzutu wody z Jeziora Koronowskiego pobierano próby wody w 11 profilach, równocześnie mierzono stany wody na samodzielnie zbudowanych wodowskazach. Pomiarów wykonywano z krokiem czasowym nieumożliwiającym określenia pętlicowej zależności między napełnieniem koryta i koncentracją zawiesiny, czas eksperymentu to jedna doba.

Na pochwałę zasługuje aktywność doktoranta w pracach terenowych. Poznanie dynamiki transportu zawiesiny, który jest skojarzony z przepływem wody, wymaga wykonania wielu pomiarów terenowych z krótkim krokiem czasowym, jednocześnie w licznych przekrojach na odcinku badanej kaskady zbiorników. Wypełnienie tak postawionego programu badawczego wymagało dobrej organizacji pracy i zapewne zorganizowanie odpowiednio licznego zespołu badawczego.

Doktorant sięgnął także po wzory empiryczne do których zalicza się USLE czyli uniwersalne równanie strat glebowych. W tym równaniu stosowanym do oszacowania wielkości erozji gleb w poszczególnych zlewniach cząstkowych potrzebne są parametry opisujące długość stoków, rodzaj gleb, stosowane techniki upraw itp. Tego rodzaju parametry można obliczyć za pomocą GIS, co zostało dokonane w tej pracy, z zastosowaniem baz danych przestrzennych. Podobne podejście przyjęto przy charakterystyce zlewni cząstkowych, dla których w systemie GIS obliczono gęstość sieci rzecznej, średni spadek doliny rzecznej, jeziorność, wskaźnik retencyjności.

Do oszacowania tempa zamulania zbiorników zastosowano wzory empiryczne opisujące sprawność zbiornika do przechwytywania zawiesiny. Wykorzystano m.in. wzory Brune'a, Łopatina, Drozda, Churchilla, Karauszewa, Gilla, Heinemanna. Ta długa lista wskazuje na fakt, że doktorant zapoznał się z obfitą literaturą tematu, docierając nawet do mniej znanych wzorów.

Materiał pobrany w postaci prób został opracowany pod kątem określenia koncentracji zawiesiny. Do poboru prób stosowano batometr PIHM, a w laboratorium wykonano tradycyjne analizy wagowo-sączkowe i do rozkładu uziarnienia stosowano laserowy miernik uziarnienia. Moje uznanie znajduje fakt posługiwania się batometrem PIHM, który był stosowany przez kilka dziesięcioleci do pomiarów zawiesiny na posterunkach hydrologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Dzięki temu mamy możliwość porównania uzyskanych wyników pomiaru koncentracji zawiesiny z danymi historycznymi, które obejmują większość dużych rzek w Polsce.

Opracowanie charakterystyk morfometrycznych zbiorników było możliwe dzięki zastosowaniu długiej listy wskaźników, które obliczono na podstawie cyfrowych planów

batymetrycznych.

Ocena uzyskanych wyników

Autorowi pracy udało się osiągnąć zdefiniowany we wstępie cel badań. Wykonane pomiary terenowe i obliczenia dały odpowiedź o źródłach materiału zawieszono i dynamice jego transportu w odcinku dolnej Brdy.

Do głównych osiągnięć badawczych doktoranta zaliczam ustalenie rozkładu unoszenia w profilu podłużnym rzeki, wzbogacone o informacje dotyczące zmian uziarnienia, dynamiki sezonowej i możliwości resuspensji. Cennym wynikiem jest określenie tempa sedymentacji w zbiornikach, co przekłada się na określenie objętości retencyjnej i projekcję czasu eksploatacji zbiorników.

Bardzo ciekawe wyniki zebrano w trakcie eksperymentu polowego jakim było płukanie koryta Brdy, w czasie którego prowadzono szczegółowe pomiary zawiesiny i parametrów hydraulicznych koryta. Wynik (rys. 43) w postaci zależności między C_s i Q potwierdza prawidłowość zjawiska histerezy, typowej dla szybkozmiennego przepływu nieustalonego. W pracy zabrakło jednak szerszego omówienia fizycznych podstaw tego zjawiska.

Brakuje porównania wyników własnych pomiarów koncentracji zawiesiny (próby pobrane batometrem PIHM) z wynikami uzyskanymi z monitoringu WIOŚ. Różnica może być znaczna jeśli pomiary WIOŚ to tzw. zmącenie, czyli wartość uzyskana pośrednio metodami pomiaru tłumienia siły strumienia światła. Warto także, może w przyszłości, zająć się rozdziałem zawiesiny na część organiczną i mineralną. W zbiornikach sztucznych rozwija się w warunkach eutrofizacji duża ilość fitoplanktonu, który może znacząco zwiększać masę materiału zawieszono.

Nie znalazłem w tekście danych na podstawie, których ustalono wysoki współczynnik korelacji (str. 93) między koncentracją zawiesiny zmierzoną metodą wagowo-sączkową i optyczną.

Uzyskane wyniki mas transportowanej zawiesiny przeliczono na wskaźnik denudacji jednostkowej. Jest on bardzo niski jak na warunki polskie, jednak zabrakło w tekście głębszej dyskusji na ten temat. Ciekawe byłoby odniesienie do literatury, a także obliczenie wskaźników dla lat charakterystycznych (mokrych i suchych).

Czytelnik chciałby wiedzieć więcej jaka metoda posłużyła do wyznaczenia lat charakterystycznych w przebiegu odpływu Brdy w profilu Piła Młyn, pokazanych na rys. 13 (str. 35). Czy była to metoda oparta na wartościach percentylowych, czy też zastosowano własne progi rozgraniczające.

Nie jest przekonujący podział Zbiornika Koronowskiego na część rzeczną i jeziorną, wykorzystujący tylko dane morfometryczne czaszy. Dla funkcjonowania zbiornika ważniejszym

parametrem jest prędkość przepływu wody. Od tego zależy czy będzie następowała sedimentacja rumowiska unoszonego, czy też będzie ono dalej transportowane. Ponadto przebieg procesów biologicznych, takich jak wzrost liczebności fitoplanktonu, także zależy od dynamiki wody, czyli głównie prędkości przepływu. Ten parametr można stosunkowo prosto policzyć z warunku ciągłości przepływu, jako prędkość średnią w przekroju. Optymalne byłoby zastosowanie modelu hydrodynamicznego, który pozwoliłby właściwie zróżnicować baseny i strefy korytowe w obrębie Jeziora Koronowskiego.

Niedosyt budzi opis ze str. 101, na której mowa o udziale roztworów w masie całkowitego transportu produktów erozji zlewni. Doktorant pisze, że udział rumowiska rozpuszczonego wzrósł do 98 % w 2009 r. Czy nie jest spowodowane zwiększeniem wydajności oczyszczalni ścieków, a także intensyfikacją rolnictwa ?

Bardzo cenny jest fragment pracy w którym porównano wzory empiryczne na ubytek objętości Jeziora Koronowskiego z faktycznie pomierzoną objętością zatrzymanych osadów, oszacowaną z pomiarów batymetrycznych. Ten wynik zasługuje na osobną publikację, ponieważ wzory empiryczne są dość często używane w obliczeniach inżynierskich.

Uwagi redakcyjne

Praca liczy 166 stron i ma układ typowy dla prac z zakresu nauk przyrodniczych. Praca rozpoczyna się od omówienia problemu badawczego i zastosowanych metod. Taki układ jest wygodny dla czytelnika, bo w jednym rozdziale zebrano wszystkie informacje o zastosowanych metodach pomiarowych i wzorach empirycznych. W dalszej części znajduje się ogólna charakterystyka środowiska zlewni dolnej Brdy i budowli hydrotechnicznych. Autor zajął się następnie omówieniem głównego procesu jakim jest transport rumowiska unoszonego w systemie fluwialnym Brdy, czyli od stoku przez, transport w korycie i zbiornikach przepływowych, aż do ujścia do Wisły.

Tekst naukowy powinien charakteryzować się precyzją sformułowań, do takich nie należy pojęcie antropopresji, które dziwnie brzmi w zdaniu „erozja wodna oraz antropopresja stanowią główne źródło dostawy rumowiska zawieszzonego...” (str. 5). Antropopresja to przecież także inne formy oddziaływania człowieka na środowisko.

Zapewne chodzi o Szczegółową Mapę Geologiczną Polski, którą autor przywołuje na str. 23, w kontekście omawiania litologii zlewni.

Określenie prądy strumieniowe (str. 65) jest zaczerpnięte z meteorologii, w tym przypadku

lepiej mówić o prądach wiatrowych lub grawitacyjnym przepływie wody.

Zawiesinę utrzymuje w toni wodnej pionowa składowa prędkości (str. 82). Nie jest potrzebne dzielenie zawiesiny i unosin, bo to jest materiał, który trafia łącznie do batometu.

Wysoczyzna Świecka to nazwa geograficzna, więc pisze się ją dużymi literami (str. 106).

Konkluzja

Praca została oparta na solidnym materiale empirycznym zebranych samodzielnie przez doktoranta. Uzyskane wyniki są oryginalne i wnoszą wiele nowych informacji o systemie denudacji i transportu zawiesiny w dolnym odcinku Brdy. Wiele danych i wyników zebranych w pracy może być z powodzeniem publikowane, ponieważ rzucają nowe światło na funkcjonowanie nizinnego systemu fluwialnego zabudowanego kaskadą zbiorników.

Uważam, że przedłożona mi praca spełnia warunki sformułowane w ustawie z dnia 14 III 2003 r. o stopniach naukowych (Dziennik Ustaw nr 65, poz. 595, art. 13.1) z późniejszymi zmianami i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN o przyjęcie pracy i dopuszczenie mgr Dawida Szattena do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Warszawa 13 XII 2016

