

Prof. dr hab. Ryszard K. Borówka  
Zakład Geologii i Paleogeografii  
Wydział Nauk o Ziemi  
Uniwersytet Szczeciński

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr Włodzimierza Juśkiewicza**  
**pt. "Wpływ antropopresji na zróżnicowanie osadów dennych jeziora Gopło"**

Osady jeziorne są od dawna przedmiotem zainteresowania badaczy zajmujących się rozpoznaniem stopnia zanieczyszczenia środowiska geograficznego pod wpływem zróżnicowanej działalności człowieka, zarówno przemysłowej jak i rolniczej. Na wielu obszarach są one bowiem najważniejszym nośnikiem informacji o zmieniających się warunkach środowiskowych, wywołanych czynnikami naturalnymi i antropogenicznymi. Mogą także informować o stopniu poprawy stanu środowiska, np. w rezultacie budowy oczyszczalni ścieków, czy bardziej racjonalnego wykorzystywania nawozów i pestycydów, a także innych substancji chemicznych używanych w przeszłości i obecnie w rolnictwie.

Do tego nurtu zagadnień nawiązuje rozprawa doktorska mgr Włodzimierza Juśkiewicza, w której autor zaprezentował nie tylko charakterystykę stanu zanieczyszczenia osadów jeziora Gopło, ale także przedstawił ocenę czasoprzestrzennej dynamiki zmian zanieczyszczenia pokrywy osadowej w powiązaniu z próbą identyfikacji przyczyn tych zmian.

Całość recenzowanej rozprawy obejmuje 95 stron tekstu (w tym 27 rycin i 21 tabel) oraz 19 stron spisu literatury i 4 strony spisu rycin i tabel. Ponadto w 20 załącznikach rysunkowych przedstawiono całość wyników analiz sedymentologicznych, geochemicznych i geochronologicznych osadów z poszczególnych stanowisk badawczych w formie czytelnych wykresów. Odrębnym załącznikiem jest jeszcze *Opis ochronny wzoru użytkowego sandy do poboru osadów i płynów* (Patent PL 67951 Y1), której twórcą jest mgr Włodzimierz Juśkiewicz. Obszerna i aktualna bibliografia obejmuje 344 pozycje, wśród których zdecydowanie przeważają prace angielskojęzyczne (191). Ponad połowa cytowanych prac (175) ukazała się po 2000 roku, a 48 po roku 2010.

W pięciu rozdziałach wstępnych (49 str.) Doktorant przedstawił cel i zakres pracy, metody badań terenowych, laboratoryjnych i kameralnych, a także interesujący przegląd dotychczasowej wiedzy na temat wpływu antropopresji na osady jeziorne. Tę część rozprawy

kończy rozdział zawierający opis zlewni jeziora Gopło oraz samego jeziora, a także krótka prezentacja historii przemian gospodarczych okolic Gopła w czasach historycznych, ze szczególnym uwzględnieniem lokalizacji i okresu funkcjonowania najważniejszych źródeł zanieczyszczeń przemysłowych i komunalnych występujących w zlewni jeziora. Uwzględniono tu ponadto szacunkowe dane archiwalne z lat 70-tych dotyczące dobowej ilości odprowadzanych ścieków, ich biochemicznego zapotrzebowania na tlen ( $BZT_5$ ), a także ładunku zawiesiny. Przytoczono również dane z lat 90-tych odnoszące się do tzw. zanieczyszczeń obszarowych związanych między innymi z chemizacją rolnictwa, których wskaźnikiem jest roczny ładunek fosforu dostarczanego do jeziora ze zlewni.

Część analityczna rozprawy jest oparta na bogatym materiale dokumentacyjnym uzyskanym w wyniku prac terenowych oraz analiz laboratoryjnych. Przy pomocy sondy własnej konstrukcji do poboru rdzeni osadów jeziornych o niezaburzonej strukturze uzyskano z dna jeziora Gopło 20 rdzeni obejmujących osady powierzchniowe o miąższości od około 30 do maksymalnie 90 cm (średnio 56 cm), o łącznej długości ok. 11,75 m. Z rdzeni tych pobrano łącznie 447 próbek, z których każda reprezentuje segment rdzenia o długości 2,5 cm. W analizowanych próbkach oznaczono:

- uziarnienie osadów metodą laserową;
- zawartość materii organicznej, węglanów oraz pozostałości mineralnej metodą prażenia w temperaturach 550 °C i 925 °C;
- zawartość 8 metali ciężkich (Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Zn, As, Hg) oraz WWA i PCB - w laboratorium Labotest Toruń, metodą spektrometrii absorpcji atomowej.

Ponadto, dla 20 próbek powierzchniowych (od 0-5 cm) z poszczególnych rdzeni oznaczono zawartość fosforu ogólnego. W przypadku 8 rdzeni (nr. 1,2,3,4,5,6,18,20) wykonano oznaczenia wieku osadów metodą ołowiu  $^{210}\text{Pb}$  (w laboratorium Katedry Geomorfologii i Geologii Czwartorzędu UG), co umożliwiło również obliczenie rocznej prędkości ich sedymentacji w ciągu ostatnich 60-80 lat.

Prezentacja procedur badań laboratoryjnych, analiz statystycznych, jak i zastosowanych wskaźników stopnia zanieczyszczenia osadów jest w zasadzie precyzyjna i wyczerpująca. Brakuje jednak bardziej szczegółowego opisu procedury przygotowawczej zastosowanej w odniesieniu do próbek, których uziarnienie analizowano przy pomocy metody laserowej.

W rozdziale 6 (29 str.) pt. *Wyniki badań* przedstawiono m.in. zróżnicowanie litologiczne osadów, stwierdzając że utwory powierzchniowe są najczęściej wykształcone w postaci gytii węglanowej oraz gytii ilasto węglanowej. Określono również zakres zróżnicowania litologii osadów w poszczególnych akwenach jeziora Gopło. Wśród analizowanych osadów

stwierdzono dominację frakcji mułku gruboziarnistego i średnioziarnistego. Piaski drobno- i bardzo drobnoziarniste występują jedynie w nielicznych próbkach (1,5 %) pobranych z rdzeni zlokalizowanych w najbardziej północnej części jeziora. Doktorant zaprezentował również charakterystykę typów granulometrycznych badanych osadów oraz zróżnicowanie ich występowania w poszczególnych profilach oraz akwenach Gopła.

Ważną częścią rozprawy jest podrozdział 6.2 pt. *Modelowanie hydrodynamiczne*, w którym Doktorant w efekcie modelowania dynamiki potencjalnych zmian zanieczyszczenia Gopła wyznacza 12 stref podatności jeziora na rozprzestrzenianie się i zanik zanieczyszczeń. Wynik tego modelowania zaprezentowano graficznie na rycinie 6.7, przy czym zarówno w jej części A jak i w tekście rozprawy nie objaśniono co oznaczają liczby w dolnym lewym narożniku poszczególnych mapek, co oczywiście utrudnia należytą analizę przedstawionego obrazu.

Zróżnicowanie geochemiczne osadów, uwzględniające szczególnie ich zanieczyszczenie metalami ciężkimi oraz trwałymi zanieczyszczeniami organicznymi (WWA i PCB) przeanalizowano w podrozdziale 6.3. Stwierdzono między innymi dość znaczne przekroczenia średnich zawartości miedzi, ołowiu, cynku, niklu i rtęci w stosunku do tła geochemicznego. Jedynie w przypadku kadmu, chromu i arsenu przekroczenia dotyczyły maksymalnych zawartości tych metali. Charakteryzując zanieczyszczenie osadów jeziora Gopło mgr Włodzimierz Juśkiewicz wykorzystał współczynniki zanieczyszczenia ( $C_i$ ) Håkanson'a oraz ich sumę, co pozwoliło nie tylko na określenie sumarycznego stopnia zanieczyszczenia osadów, ale także na wskazanie, że spośród analizowanych pierwiastków wyróżnia się pod tym względem rtęć. Umożliwiło to wysunięcie przypuszczenia o dominującym wpływie rolnictwa na zanieczyszczenie osadów Gopła. Wpływ przemysłu, głównie spożywczego, ogranicza się przede wszystkim do północnego krańca jeziora.

Ołowiowe ( $^{210}\text{Pb}$ ) oznaczenia wieku osadów pozwoliły również na analizę czasoprzestrzennej zmienności stopnia zanieczyszczenia osadów, którego maksimum, jak się okazało, przypadło na lata 1970-1990. Dr Włodzimierz Juśkiewicz przedstawił ciekawą analizę historii zanieczyszczeń metalami związanymi z przemysłem i urbanizacją (Ni, Cd, Pb, Cr, Zn), rolnictwem (Cu, Hg, As), a także trwałych zanieczyszczeń organicznych.

Rozdział 6 kończy się analizą przyczyn zmian zanieczyszczenia osadów, ze wskazaniem źródeł zanieczyszczeń, rozpiętości czasowej ich funkcjonowania oraz dróg migracji do jeziora.

W rozdziale 7 pt. *Ocena zmienności zanieczyszczenia osadów dennych jeziora Gopło* zawarto syntezę i interpretację uzyskanych wyników badań. Zwrócono między innymi uwagę na relacje przyczynowo-skutkowe powodujące zróżnicowanie stopnia zanieczyszczenia

osadów w różnych częściach misy jeziora Gopło, w związku z różnymi źródłami dostawy metali ciężkich i TZO z obszaru zlewni, zarówno w rezultacie działalności przemysłowej jak i rolniczej. Uzyskane wyniki porównano też z rezultatami innych autorów, a zwłaszcza badań monitoringowych prowadzonych przez Inspekcję Ochrony Środowiska. Pozwoliło to na stwierdzenie, że maksima zanieczyszczeń metalami ciężkimi i TZO osadów Gopła z ostatnich 60 lat osiągają poziom zbliżony do charakterystycznego dla jezior najbardziej zanieczyszczonych w Polsce. W rozdziale tym zawarto również cenną informację o teoretycznie możliwym pochodzeniu analizowanych zanieczyszczeń osadów Gopła. Zestawiono ją w formie tabelarycznej, z podziałem na antropogeniczne oraz naturalne pochodzenie zanieczyszczeń.

W omawianym rozdziale, opierając się na danych z literatury przedmiotu, zaprezentowano również przegląd metod stosowanych w rekultywacji zbiorników wodnych (tab. 7.4.), ze wskazaniem ich skuteczności a także możliwości zastosowania w przypadku niektórych, najbardziej zanieczyszczonych akwenów jeziora Gopło.

Do najważniejszych osiągnięć recenzowanej rozprawy zaliczam:

- bardzo dobre wykorzystanie i opracowanie bogatego i różnorodnego materiału analitycznego, w tym zwłaszcza zastosowanie szeregu metod statystycznych oraz modelowania hydrodynamicznego do oceny stanu zanieczyszczenia jeziora Gopło oraz potencjalnego rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń doprowadzanych licznymi ciekami z jego zlewni;
- wyodrębnienie okresów wzmożonej dostawy zanieczyszczeń na podstawie ołowiu ( $^{210}\text{Pb}$ ) datowania osadów w powiązaniu z analizą rozmieszczenia i czasu funkcjonowania ich źródeł w zlewni jeziora Gopło;
- udokumentowanie, że w wyniku poprawy infrastruktury (w tym głównie oczyszczalni ścieków) oraz zmiany przepisów prawnych notuje się stopniową poprawę stanu zanieczyszczeń osadów dennych, nawet w najbardziej obciążonej, północnej części jeziora;
- wskazanie na utrzymującą się od lat 60-tych istotną rolę zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego w związku z chemizacją rolnictwa.

Warto również podkreślić, że recenzowana rozprawa doktorska jest napisana jasnym i zwięzłym językiem oraz została starannie przygotowana od strony edytorskiej.

## Uwagi krytyczne i dyskusyjne

W rozdziale 5 nie przedstawiono informacji na temat budowy geologicznej i hydrogeologii najbliższego otoczenia rynny Gopła, a w konsekwencji potencjalnych możliwości podziemnego zasilania jeziora. Ponadto, zabrakło informacji na temat całkowitej miąższości osadów wypełniających misę jeziora oraz ich stratygraficznym zróżnicowaniu. Nie wiemy, czy pod względem litologicznym osady współczesne różnią się od utworów akumulowanych podczas różnych okresów późnego glacjału i holocenu.

Czy Doktorant brał pod uwagę możliwość wyznaczenia tła geochemicznego dla osadów Gopła, opierając się na średniej zawartości analizowanych elementów w warstwach osadów składanych przed okresem antropopresji ?

W podrozdziale 6.2 niezbyt jasno opisano sytuacje doprowadzające do końcowego efektu przedstawiającego sumaryczny obraz odzwierciedlający nakładające się potencjalne oddziaływanie 72 dopływów do jeziora Gopło na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń, co zaprezentowano na ryc. 6.7.

W analizie dostawy i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń doktorant wziął słusznie pod uwagę przede wszystkim wodną migrację rozpatrywanych substancji. Warto jednak zwrócić uwagę, że w środowisku okolic Gopła, gdzie zdecydowanie dominują grunty rolne, dość istotną rolę może odgrywać migracja atmosferyczna (np. eoliczna związana z deflacją pyłów z pól uprawnych). Z literatury wiadomo, że ten typ migracji odgrywa również istotną rolę w przypadku niektórych metali wprowadzanych od dawna do atmosfery - np. ołowiu. Osobiście stwierdziłem stosunkowo wysokie koncentracje tego metalu w obszarach mocno odizolowanych od wpływów przemysłowych, np. w utworach bagiennych z terenu Puszczy Białowieskiej, gdzie jego koncentracja podczas ostatnich kilkuset lat dochodziła do 40-60 ppm.

Uwagi redakcyjne: zauważyłem powołanie się na str. 87 na tabelę 27, chociaż taka w pracy nie istnieje. Ponadto błędnie zapisano w tekście rozprawy (str. 47) oraz spisie literatury (str. 112) nazwisko: Kaniewski A., a powinno być **Kaniecki A.**

## Podsumowanie

Konkludując stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr Włodzimierza Juśkiewicza jest niewątpliwie przedsięwzięciem ambitnym o znacznej wartości poznawczej. Stanowi ona bardzo wartościowe i wielowątkowe studium prezentujące nie tylko czasoprzestrzenne zmiany stopnia zanieczyszczenia osadów jeziora Gopło, ale także identyfikujące źródła zanieczyszczeń oraz ich migrację, świadcząc zarazem o umiejętności prowadzenia

samodzielnych badań naukowych przez jej autora. Rozprawa ma także znaczną wartość użyteczną, gdyż na jej podstawie można w sposób bardziej świadomy podejmować różnorodne przedsięwzięcia mające na celu poprawę jakości środowiska jeziora Gopło.

Stwierdzam, że opiniowana dysertacja w pełni odpowiada warunkom stawianym rozprawom doktorskim, określonym w ustawie z dnia 14 marca 2003 r., gdyż zawarte jest w niej oryginalne rozwiązanie problemu postawionego we wstępnej części rozprawy. Ponadto, Doktorant w pełni opanował i umiejętnie zastosował metody badań sedymentologicznych, geochemicznych i matematyczno-statystycznych, a także wyciągnął z nich uzasadnione wnioski. Dla potrzeb prowadzonych prac terenowych skonstruował prototyp sondy do poboru osadów, który niewątpliwie będzie przydatny w dalszych badaniach limnologicznych i paleolimnologicznych. Wnioskuje zatem do Wysokiej Rady Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o dopuszczenie mgr Włodzimierza Juśkiewicza do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Szczecin, dnia 10 września 2016 r.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'B. B.', written in a cursive style.