



## RECENZJA

### **rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Skoczyńskiej-Gajda pt.: „ Samooczyszczanie i remediacja zakwaszonych zbiorników wodnych na obszarach dawnej eksploatacji węgla brunatnego w rejonie Łęknicy (Łuk Mużakowa)”**

Intensywna eksploatacja paliw kopalnych prowadzi do znacznych przekształceń środowiska przyrodniczego, w tym wód powierzchniowych i podziemnych. Szczególnie silne zmiany antropogeniczne obserwowane są w rejonach wydobywania złóż węgla brunatnych, gdzie w sztucznych zbiornikach wodnych powstałych w miejscu dawnych odkrywek formowany jest specyficzny skład chemiczny określany mianem kwaśnego drenażu górniczego. W zalanych wodą miejscach dawnej eksploatacji węgla tworzą się strefy o charakterze anomalii hydrochemicznych, oddziałujących negatywnie na jakość otaczających je wód powierzchniowych i podziemnych. Analizowany w niniejszej dysertacji rejon Łuku Mużakowa należy do tych obszarów Polski, w którym w wyniku długotrwałej eksploatacji węgla brunatnych doszło do silnego przeobrażenia środowiska przyrodniczego, efektem czego było powstanie największego w Polsce zespołu sztucznych zbiorników wodnych o składzie chemicznym znacznie odbiegającym od przeciętnego składu naturalnych wód powierzchniowych. Podjęta przez Doktorantkę ocena stanu środowiska wodnego jezior i zachodzących w nich procesów hydrogeochemicznych wraz z określeniem możliwości ich oczyszczania jest ambitnym zadaniem badawczym, ważnym zarówno w sensie poznawczym, jak i użytkowym.

### **Ogólna charakterystyka rozprawy**

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Sylwii Skoczyńskiej-Gajda została wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej w Gliwicach z dnia 25 lutego 2011 roku. Promotorem recenzowanej rozprawy jest Dr hab. prof. Krzysztof Labus z Politechniki Śląskiej.

Przedłożona do recenzji rozprawa jest opracowaniem liczącym 191 stron maszynopisu, zawierającego 184 rysunki i 39 tabel. Obejmuje ona kolejno 11 ponumerowanych rozdziałów wraz z bibliografią oraz wykazy rycin, tabel i załączników (w tym 6 fotografii i 2 załączniki tabelaryczne) zamieszczone na 17 nienumerowanych stronach w końcowej części pracy. W rozprawie nie zamieszczono jej streszczenia w języku angielskim.

We wstępie (strony 4-5) doktorantka zwięźle wprowadza w problematykę zmian antropogenicznych w rejonie Łuku Mużakowa, które są analizowane w dalszej części rozprawy.

W rozdziale drugim (str. 6) sformułowano tezę, cel i zakres pracy. Podstawowym celem recenzowanej rozprawy jest charakterystyka hydrogeochemicznego systemu zakwaszonych zbiorników wodnych z rejonu dawnej eksploatacji węgla brunatnego w okolicach Łęknicy wraz z określeniem możliwości ich samooczyszczania oraz doboru odpowiedniej metody remediacji.

Rozdział 3 (strony 7-29) przedstawia charakterystykę obszaru badań, jakim jest położony w południowo-zachodniej Polsce fragment Wzniesień Łużyckich tworzących Wał

Mużakowski, zwany też Łukiem Mużakowa, w którym występuje największe w Polsce zbiorowisko sztucznych jezior powstałych w wyniku działalności górniczej. Rozdział ten podzielony został na 4 podrozdziały opisujące kolejno: lokalizację, budowę geologiczną i tektonikę, hydrografię i warunki hydrogeologiczne oraz zwięzłą charakterystykę działalności górniczej i przekształceń z nią związanych.

W rozdziale 4 (strony 30-35) opisano metodykę, w tym wykonane prace terenowe i laboratoryjne oraz zastosowane obliczenia statystyczne i programy modelujące. Lokalizację punktów badawczych przedstawiono na dwóch mapach hydrograficznych.

Rozdział 5 (strony 36-104) zatytułowany „Hydrogeochemiczny system środowiska analizowanego obszaru” jest najobszerniejszym opracowaniem rozprawy zawierającym oprócz charakterystyki zdeponowanego na zwałowiskach materiału skalnego i hydrochemii systemu wód powierzchniowych i osadów dennych także interpretację procesów hydrogeochemicznych zachodzących w obrębie analizowanych jezior. Rozdział ten jest bardzo bogato ilustrowany, zawiera bowiem aż 118 rysunków, głównie w postaci wykresów zmian analizowanych wskaźników fizyko-chemicznych wód zbiorników.

W rozdziale 6 (strony 105-115) zawarto informację dotyczącą charakterystyki kwaśnego drenażu górniczego (AMD), w tym podstaw teoretycznych opisujących formowanie się chemizmu AMD i czynników odpowiedzialnych za jego powstanie.

Problematyka kwaśnego drenażu górniczego jest również przedmiotem analizy w rozdziale 7 (strony 116-134), w którym Doktorantka przeprowadza symulacje komputerowe z zastosowaniem oprogramowania The Geochemist's Workbench 7.0 do opracowania kinetycznego modelu reakcji formowania się zjawiska AMD w systemie: woda opadowa – zwałowisko – wody zbiorników. Do tego celu wykorzystano cztery warianty modelu uwzględniające różne składowe, w tym oprócz wód składników mineralnych zwałowisk również obecność w nich substancji organicznej, procesów sorpcji i innych procesów chemicznych i biochemicznych związanych z jednowymiarowym transportem.

W rozdziale 8 (strony 135-153) po kilkustronicowym wprowadzeniu w zagadnienia samooczyszczania się wód powierzchniowych Doktorantka przeprowadza ocenę zmian jakości wód zbiorników na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat, wykorzystując wyniki własnych analiz chemicznych z sierpnia 2008 i 2009 roku oraz analiz archiwalnych z lat 80-tych ubiegłego stulecia. Ponadto w celu prześledzenia przemian chemicznych zachodzących w trakcie samooczyszczania się wód zbiorników przeprowadziła modelowanie hydrogeochemiczne z zastosowaniem programu PHREEQC-2.

Kolejny 9 rozdział zawiera obszerny (strony 154-175) opis sposobów remediacji wód powierzchniowych o składzie zmienionym w wyniku kwaśnego drenażu górniczego, opracowany na podstawie literatury.

Dopiero w rozdziale 10 Doktorantka zajmuje się doбором stosownych metod remediacji i oceny ich efektywności przy uwzględnieniu minimalnej ingerencji w środowisko oraz kosztów inwestycyjnych.

Część merytoryczną rozprawy kończy rozdział 11 „Wnioski” (strony 189-191) sformułowane w 11 punktach, w których Doktorantka zawarła odpowiedzi na postawione w początkowej części rozprawy tezy.

Tekst rozprawy zamyka spis literatury, obejmujący 107 pozycji bibliograficznych, w tym 55 prac anglojęzycznych.

## **Ocena układu pracy oraz uwagi krytyczne i dyskusyjne**

Recenzowana praca jest obszernym, lecz starannie napisanym opracowaniem, zawierającym stosunkowo niewielką ilość błędów redakcyjnych. Mimo nie wyodrębnienia w rozprawie wyraźnie części wynikowej i interpretacyjnej układ jej można uznać za

prawidłowy. Zastrzeżenia można mieć do nadmiernej objętości pracy, która wynika m.in. z niepotrzebnego umieszczania w niej informacji teoretycznych zaczerpniętych z literatury. Dotyczy to głównie rozdziału 6 i 9. Informacje te, ważne wprawdzie dla realizacji zadania, ułatwiają czytelnikowi zrozumienie problemu jednak w dysertacji wystarczyłoby odnieść się do stosownej literatury przedmiotu. Dlatego podczas przygotowaniu pracy do druku proponuję ograniczyć objętość tych rozdziałów.

Inne uwagi:

W podrozdziale 3.2 Doktorantka niepotrzebnie łączy w tytule „Budowę geologiczną i tektonikę”, bowiem ta druga jest przecież częścią tej pierwszej. Rozdział ten rozdzielony został później poprawnie na dwie części: litostratygrafię i tektonikę. W opisie budowy geologicznej Autorka wspomina o podłożu krystalicznym jednak charakterystykę litostratygrafii rozpoczyna od permu, pomijając starsze utwory. Konsekwentnie, albo powinna scharakteryzować cały profil litostratygraficzny albo zminimalizować opis podłoża podkenozoicznego a szczegółowiej scharakteryzować kenozoik, którego osady mają przecież istotne znaczenie dla problematyki pracy. Dlatego przy przygotowaniu publikacji do druku proponuję skoncentrować się na opisie młodszych utworów.

W opisie prekambryjsko-paleozoicznego podłoża krystalicznego Doktorantka niezbyt precyzyjnie pisze o „wszystkich trzech orogenezach” odpowiedzialnych za deformacje utworów krystalicznych. Jakie orogenezy ma na myśli i czy tego typu informacja jest tu faktycznie potrzebna?

Ponadto wskazane byłoby pokazanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych na przekrojach, których w pracy brak. Sposób występowania poziomów wodonośnych i ich relacja w stosunku do analizowanych zbiorników są ważne w ocenie łączności wód jeziornych z wodami podziemnymi. Należy również rozważyć ograniczenie w publikacji rozprawy opisu regionalizacji hydrogeologicznej i wydzielanych na Mapie hydrogeologicznej Polski w skali 1: 50 000 jednostek hydrogeologicznych.

Przy publikacji pracy proponuję wyeliminować, występujące w wielu miejscach rozprawy, nienumerowane tytuły odnoszące się do niewielkich fragmentów tekstu.

Na stronie 91 Doktorantka pisze o sumarycznym przepływie równym 0,01 m/s. Czy chodzi tu o natężenia przepływu rzeki (wtedy jednostka byłaby  $m^3/s$ ) czy o prędkość wody, na co wskazuje użyta jednostka m/s?

Nie zlokalizowano na mapie najstarszego zbiornika nr A w okolicach miejscowości Tuplice, wybranego do oceny przemian chemicznych zachodzących w procesie samooczyszczania (str. 144).

Opis jakości wód (str. 27) zwyczajowo rozpoczynamy od charakterystyki mineralizacji lub przewodności elektrolitycznej właściwej a dopiero potem odczynu pH, składu jonowego etc.; Ponadto zasadowość warto przeliczyć na stężenia wodorowęglanów a opis chemizmu wód wzbogacić o informacje o typach wody.

Co Autorka rozumie przez *zmienną* przepuszczalność gruntu a co przez *zróznicowaną*? (str. 33, rys. 4.2)

Czy zamieszczone w rozdziale 9 schematy (Rys. 9.1 do 9.8) są autorskie?

Wyjaśnienia wymagają ponadto następujące problemy:

- Dlaczego ocena procesów hydrogeochemicznych zachodzących w jeziorach oparta została na analizach przeprowadzonych tylko w okresie letnim (sierpień) i czy brane do modelowania procesów fizykochemicznych wyniki obrazujące skład chemiczny ciepłego sezonu mogą być transponowane na pozostałe okresy roku? Rodzi się w związku z tym pytanie: jaki przebieg będą miały omawiane procesy fizykochemiczne w okresie zimowym? Ponadto czy takie podejście metodyczne (wiążące się prawdopodobnie z kosztami analiz i czasem realizacji

rozprawy) nie wpływa na wartości oszacowanych czasów oczyszczania (zobojętniania) wód zbiorników?

- Na jakiej podstawie Doktorantka pisze o wodach dalekiego krążenia zasilających zbiornik 8 (str. 56). Czy głębokość zbiornika wynosząca 20 m i analizowany skład izotopowy wody są wystarczające dla takiego twierdzenia?

- Czy w ocenie odczynu pH wód z lat 80-tych uwzględniano metodę jego oznaczania i ewentualne błędy pomiarowe?

## Wartość merytoryczna pracy

Zaletą recenzowanej rozprawy jest podjęte, ambitne zadanie badawcze, które Doktorantka zrealizowała w stopniu zadowalającym. Z powodzeniem podjęła się próby oceny procesów hydrogeochemicznych zachodzących w sztucznych zbiornikach wodnych objętych wpływem kwaśnego drenażu górniczego oraz sposobów efektywnego oczyszczania zakwaszonych wód. Zaproponowała również określony sposób remediacji z wykorzystaniem beztlenowego mokradła. Oprócz poznawczych aspektów rozprawy bardzo istotny jest więc aspekt użytkowy.

Część interpretacyjna rozprawy zawiera duży ładunek poprawnie przeprowadzonej analizy statystycznej uzyskanych wyników. Widać, że Doktorantka z łatwością porusza się w trudnych często metodycznie zagadnieniach z zakresu statystyki i technik modelowania hydrogeochemicznego.

Słabszą stroną pracy jest jej nadmierna objętość oraz nie uwzględnienie przez Doktorantkę sezonowych zmian składu chemicznego i izotopowego wód analizowanych jezior.

## Uwagi redakcyjne

Przedstawione poniżej uwagi są głównie natury ogólnej lub stylistyczno-redakcyjnej, które nie obniżają wartości rozprawy.

- czytelność map (rys. 3.1, 3.2, 3.5, 4.1, 4.2 i 5.98) jest słaba; barwy na mapie geologicznej różnią się barw w objaśnieniach, co jest przypuszczalnie spowodowane drukiem rysunków wykonanych w różnych programach graficznych,

- roz. 3.2.1. (str. 11) - zgodnie z aktualnym podziałem stratygraficznym nie używa się już terminu trzeciorzęd,

- str. 23 - brak opisu w legendzie do mapy hydrogeologicznej do jednego z wydzielonych stopni zagrożenia,

- w hydrogeochemii zamiast jednostki mg/l stosujemy mg/dm<sup>3</sup>;

- str. 29 – cytowany jest *Żaba, 1977* a w spisie literatury jest rok 1997,

- str. 44, 46 i 47 – nie ma potrzeby oddzielnego wydzielenia parametrów fizykochemicznych i chemicznych. Te pierwsze zawierają przecież także te drugie,

- str. 44 wiersz 13 od dołu – jest środowisk *kwaśnych*, powinno być *redukcyjnych*,

- unikać stosowania skrótu *r-ru* zamiast *roztworu*,

- po skrócie „wg” nie stawia się kropki,

- brak cytowań w tekście ujętych w spisie literatury pozycji: Namiernik, 2000; Nawrocki, 2000; Pigoń, Ruziewicz, 1993; Schlegel, 1996;

- błędy literowe:

- str. 31 wiersz 2 od góry – jest *izzotopowo*, powinno być *izotopowo*,

- str. 51 wiersz 9 od góry – jest *wystepują*, powinno być *występują*,

- str. 52 wiersz 17 od góry – jest *maja*, powinno być *maja*,
- str. 59 wiersz 6 od góry – jest *Rys. 5.27b a* powinno być *5.26*,
- str. 60 ostatni wiersz– jest *6 mg/natomiast*, powinno być *6 mg/l lub 6 mg/dm<sup>3</sup>*,
- str. 83 wiersz 8 od góry – jest *obrótu*, powinno być *obrotu*,
- str. 84 ostatni wiersz– jest *kwaśnie*, powinno być *kwaśne*,
- str. 107 wiersz 2 od góry – jest *kowelit*, powinno być *kowelin*,
- str. 112 wiersz 11 od góry – jest *fromboidalny*, powinno być *framboidalny*,
- str. 123– jest cytowany *Kolas* zamiast *Koldas*,
- str. 180 wiersz 15 od dołu – jest *biodostępnością*, powinno być *biodostępnością*,

## Wniosek końcowy

Pomimo szeregu uwag uważam, że praca mgr inż. Sylwii Skoczyńskiej-Gajda jest dysertacją, w której Autorka osiągnęła postawiony cel. Rozprawa zawiera oryginalne autorskie rozwiązanie postawionego problemu badawczego z zakresu górnictwa i geologii. Doktorantka wykazała się przygotowaniem do prowadzenia badań naukowych oraz dobrym opanowaniem warsztatu badawczego w zakresie stosowalności metod modelowania hydrogeochemicznego i remediacji w badaniach środowiska wodnego.

Recenzowana praca, po uwzględnieniu uwag, powinna zostać opublikowana w postaci autorskiej monografii lub artykułów.

Recenzowana praca spełnia w moim przekonaniu wymogi stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu Ustawy o tytułach i stopniach naukowych z dnia 14.03.2003 roku i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Sylwii Skoczyńskiej-Gajda do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Wrocław, 20 maja 2011

  
 Henryk Marszałek