



Poznań, dnia 2.06.2022

dr hab. Marcin Słowik, prof. UAM

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Michała Dąbrowskiego

pt. „*Analiza struktur geologicznych i obiektów antropogenicznych w osadach czwartorzędowych metodą georadarową*”,

wykonanej pod kierunkiem dr hab. inż. Arkadiusza Krawca, prof. UMK i przedłożonej Radzie
Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Wskazanie i ocena celu pracy

Celem rozprawy doktorskiej było zbadanie efektywności i możliwości zastosowania metody georadarowej do analiz struktur i obiektów w osadach czwartorzędowych na obszarze Niżu Polskiego. Uważam, że cel pracy został jasno sformułowany i w rzetelny sposób zrealizowany. Przetawione w pracy wyniki badań oparte są o pomiary georadarowe, różnorodne pod względem zastosowanego sprzętu pomiarowego i budowy geologicznej badanych stanowisk, a także narzędzi służących do przetwarzania danych georadarowych. Przeprowadzone pomiary geofizyczne zostały odniesione do danych geologicznych pochodzących z wierceń lub odsłoneń.

Ocena układu rozprawy doktorskiej

Przedłożona praca liczy 144 strony i ma przejrzystą i spójną strukturę. Wprowadzenie i część metodyczna liczą 21 stron, przedstawienie wyników badań 97 stron, a dyskusja i podsumowanie 26 stron. W mojej opinii proporcje są odpowiednie ze względu na konieczność przedstawienia szczegółowych wyników badań geofizycznych z różnych stanowisk pomiarowych. Praca zawiera 104 ryciny, co podkreśla staranność Autora w udokumentowaniu uzyskanych wyników, w tym prezentacji etapów przetwarzania echogramów.

Ocena merytoryczna rozprawy

Niniejszą część recenzji podzieliłem na uwagi ogólne oraz szczegółowe. Moje uwagi ogólne są następujące:

1. Rozdział dotyczący przeglądu literatury wymaga poprawy przed przekazaniem rozprawy doktorskiej do publikacji.
2. Na uznanie zasługuje przedstawienie, również przy pomocy licznych przykładów graficznych, metodyki i wyników pomiarów georadarowych. Dużą zaletą pracy jest pokazanie pomiarów georadarowych obrazujących różne środowiska sedimentacyjne, a także obszary przekształcone przez człowieka. Ważnym praktycznym aspektem przedstawionych badań jest zademonstrowanie użyteczności różnych nowoczesnych systemów georadarowych, różnych częstotliwości anten oraz pokazanie użyteczności różnych rodzajów oprogramowania do obróbki uzyskanych echogramów. Praca może stać się pewnego rodzaju praktycznym przewodnikiem wskazującym, jakie obecnie dostępne systemy georadarowe można wykorzystać do badań nad zmianami zachodzącymi w środowisku przyrodniczym w przeszłości.
3. Dyskusję nad wynikami badań należy wzbogacić o porównanie z możliwościami wcześniej stosowanych systemów georadarowych i technikami obróbki danych geofizycznych.

Moje uwagi szczegółowe są następujące:

Rozdział 3 „Przegląd dotychczasowych badań georadarowych”

W rozdziale tym Autor dokonuje przeglądu literatury dotyczącej zastosowań pomiarów georadarowych. Pominięto tutaj szereg istotnych pozycji literatury, opisujących podstawy działania i zastosowania metody georadarowej jak m. in. prace Jol'a and Smith'a (1995), Neal'a (2004), Vandenberghe i van Overmeerena (1997), czy też Aspirona i Aignera (1999). Prace te należały do początkowego etapu badań nad zmianami zachodzącymi w środowisku przyrodniczym w przeszłości przy wykorzystaniu bezinwazyjnych technik geofizycznych. Z tej wiedzy korzystali później wymienieni w tym rozdziale naukowcy z polskich ośrodków naukowych. W przypadku publikacji przedłożonej rozprawy doktorskiej, przegląd literatury powinien być przedstawiony w chronologicznym porządku osiągnięć naukowych, bez podziału na osiągnięcia polskich ośrodków i reszty świata. Poniżej podaję dane bibliometryczne wymienionych publikacji:

Aspiron U., Aigner T. (1999). Towards realistic aquifer models: three-dimensional georadar surveys of Quaternary gravel deltas (Singen Basin, SW Germany). *Sedimentary Geology* 129, 281-297.

Jol H.M., Smith D.G. (1995). Ground penetrating radar surveys of peatlands for oilfield pipelines in Canada. *Journal of Applied Geophysics* 34, 109-123.

Neal A. (2004). Ground penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. *Earth-Science Reviews* 66, 261-330.

Vanderberghe J., van Overmeeren R.A. (1999). Ground penetrating radar images of selected fluvial deposits in the Netherlands. *Sedimentary Geology* 128, 245-270.

Rozdział 4 „Metoda georadarowa i możliwości jej zastosowania”

Autor pracy w dobry sposób przedstawia zasadę działania metody georadarowej. Szczegółowo zostały tu omówione zależności między prędkością fali elektromagnetycznej a dielektrycznymi właściwościami różnych rodzajów osadów oraz wód powierzchniowych i gruntowych. W tej części pracy ważny jest podrozdział „Rozdzielczości w badaniach georadarowych”, w którym zostały przedstawione rozdzielczości pomiarowe anten georadarowych o różnych częstotliwościach. Ważną sprawą poruszoną w tej części pracy jest dobór anteny o odpowiedniej rozdzielczości w stosunku do badanego „problemu” natury geologicznej czy też geotechnicznej. W przypadku publikacji pracy warto będzie, zarówno w tym rozdziale jak i w dyskusji, podkreślić informacje, że w obecnych systemach georadarowych, w stosunku do wcześniej stosowanych rozwiązań technicznych, jest możliwość jednoczesnego pomiaru antenami o różnych częstotliwościach.

Rozdział 5.1. „Zarys metodyki badań georadarowych 2D i 3D oraz techniki interpretacji danych”. Warto podać w poszczególnych podrozdziałach, ile odsłoneń i wierceń wykorzystano do interpretacji poszczególnych pomiarów georadarowych. Początkowa część tego rozdziału jest tak naprawdę kontynuacją opisu metod badań. Są tu przedstawione istotne informacje m. in. dotyczące porównania echogramów z danymi uzyskanymi poprzez wiercenia. Jest to cenna, metodyczna część pracy; sugerowałbym jednak wyraźne oddzielenie ogólnych, metodycznych informacji, od opisu metod pomiarowych zastosowanych na poszczególnych stanowiskach badawczych.

Ryc. 25. Zwracam uwagę na pełniejsze korzystanie z „nie-internetowych” źródeł. Myślę, że w przypadku zaprezentowania schematu biegu i upadu warstw źródło „geo-turystyka.pl” nie jest najlepszym wyborem.

Rozdział 5.2. „Badania metodą georadarową 2D na stanowisku Młyniec”.

W moim odczuciu dopiero od tego miejsca Autor pracy zaczyna przedstawiać wyniki swoich pomiarów.

Ryc.46. Warto było dodać tutaj legendę z oznaczeniami symboli i kolorów użytych do interpretacji echogramu. Warto też dodać do rycin informacje, jaka była częstotliwość anteny georadarowej użytej do pomiarów?

Rozdział 5.3. „Analiza osadów rzecznych i eolicznych na stanowisku Jarki w dolinie Zielonej Strugi metodą 2D.”

Rozdział ten w bardzo szczegółowy sposób przedstawia metodykę postępowania przy pomiarach, porównanie z danymi z wierceń oraz ostateczną interpretację po uwzględnieniu ukształtowania powierzchni terenu. Warto jednak część informacji, np. dotyczących zasad tworzenia modelu prędkościowego, przedstawić w oddzielnym podrozdziale, dotyczącym metod badań przyjętych na poszczególnych stanowiskach badawczych.

Rozdział 5.4. „Zastosowanie metody 3D w badaniach osadów na stanowisku Jedwabno w dolinie Drwęcy.”

Ryc.70. W badaniach użyto anteny o częstotliwościach 200 i 700 MHz – brakuje tutaj informacji, jakiej częstotliwości pomiar jest zobrazowany na tej rycinie?

Ryc.71. Warto dodać do ryciny legendę jakie struktury czy formy kopalne (np. wspomniany w opisie ryciny kanał glacialny) odzwierciedlają przedstawione chmury punktów.

Na uwagę w tym rozdziale zasługują trójwymiarowe obrazy przedstawiające warstwę osadów zidentyfikowanych na echogramach oraz przedstawienie możliwości połączenia echogramów z pomiarów o różnych częstotliwościach za pomocą procedury Data Fusion. Należy jednak zaznaczyć, że przedstawiona tu interpretacja echogramów byłaby pełniejsza, gdyby obrazy georadarowe były skonfrontowane z danymi wierceń, tak jak zostało to zrobione na stanowisku Jarki (rozdział 5.3). Ponadto nie jest jasne, w jaki sposób określono zasięg głębokościowy pomiarów na badanym stanowisku. Autor na stronie 79 podaje, że wyniósł on 7 m pod powierzchnią terenu.

Rozdział 5.5 „Analiza możliwości zastosowania georadaru 2D w procesie ingresji wód morskich w rejonie Władysławowa.”

We wstępnej części tego rozdziału brakuje informacji, jaka była częstotliwość anteny? Takie informacje warto też podać na rycinie z echogramem (ryc. 80). Warto by też było podjąć próbę zestawienia pomiaru georadarowego z badaniami geoelektrycznymi. Czy te pomiary zostały przeprowadzone wzdłuż tej samej linii co badanie georadarowe? Warto pokazać lokalizację pomiaru geoelektrycznego i podjąć dyskusję, w jaki sposób uzupełniają się te dwie różne metody geofizyczne?

Rozdział 5.6. „Badania 2D na stanowisku Krasne koło Suwałk.”

Ta część badań została wykonana w zdecydowanie najbardziej wymagających warunkach dla pomiarów georadarowych. Przyczyną była przypowierzchniowa warstwa gliny. Ta część pracy byłaby lepsza, gdyby bezpośrednio na echogramach zostały umieszczone dane z dostępnych wierceń.

Rozdział 5.7. „Zastosowanie metody georadarowej 2D i 3D do identyfikacji obiektów antropogenicznych”

W rozdziale tym brakuje podania częstotliwości zastosowanej anteny georadarowej. Ciekawym aspektem przeprowadzonych badań jest zilustrowanie śladów dawnych zabudowań poprzez trójwymiarowe obrazy georadarowe, które umożliwiają utworzenie tzw. „time slices”, czyli swego rodzaju map ilustrujących przestrzenny układ obiektów lub struktur osadów. Bardzo ciekawym przykładem było tu wykorzystanie map historycznych do zaplanowania pomiarów georadarowych, dzięki którym możliwa była identyfikacja dawnych wałów obronnych. Istotne znaczenie miała tu kalibracja uzyskanych echogramów w oparciu o płytkie odsłonięcia ukazujące pozostałości dawnych fortyfikacji.

Rozdział 6. „Dyskusja na temat wyników”

Rozdział ten stanowi podsumowanie przeprowadzonych badań. W moim odczuciu warto by było przeprowadzić tu porównanie przedstawionych badań z wcześniejszymi badaniami prowadzonymi przy wykorzystaniu wcześniejszych generacji georadarów, dotyczącymi struktur osadów, czy też obiektów antropogenicznych. Porównanie takie można by było przeprowadzić pod kątem stosowanych systemów georadarowych i technik obróbki danych. W ten sposób bardziej można by było podkreślić wartość nowoczesnych rozwiązań pomiarowych pokazanych w pracy.

Rozdział 7. „Podsumowanie”

W mojej opinii ważne w tym rozdziale jest podkreślenie znaczenie dostępności danych geologicznych pochodzących z wierceń, odkrywek lub wkopów. Istotne jest również wskazanie przez autora dwóch rodzajów interpretacji i związane z tym ograniczenia w interpretacji echogramów bez znajomości litologii badanego terenu.

Wniosek końcowy

W podsumowaniu pragnę podkreślić, że Pan mgr Michał Dąbrowski w pełni zrealizował założony cel pracy. Wykazał się on dużą wiedzą i umiejętnościami w obszarze prowadzonych badań.

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr. Michała Dąbrowskiego „*Analiza struktur geologicznych i obiektów antropogenicznych w osadach czwartorzędowych metodą georadarową*” w pełni odpowiada wymaganiom koniecznym do uzyskania stopnia doktora określonym w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. Z 2020 r. Poz. 85 ze zm.).

W związku z powyższym zwracam się do Rady Dyscypliny Nauki o Ziemi i Środowisku Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie Pana mgr. Michała Dąbrowskiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Manuela Stowicki