

Dr hab. inż. Tomisław Gołębiowski, prof. PK

Kraków, 15.07.2016 r.

Politechnika Krakowska

Wydział Inżynierii Środowiska

Instytut Geotechniki

Zakład Geodezji, Geofizyki i Geologii Inżynierskiej

ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

tel.: (12) 628-31-97; e-mail: goleb@wis.pk.edu.pl

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Mikołaja Łyskowskiego

**pt. „*Rozpoznanie historycznych warstw antropogenicznych metodami geofizycznymi
uzupełnione analizami geochemicznymi*”**

Rozprawa doktorska została przygotowana na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie (WGGiOŚ AGH); promotorem pracy był dr hab. inż. Sławomir Porzucek (z WGGiOŚ AGH), a promotorem pomocniczym dr inż. Marta Wardas-Lasoń (również z WGGiOŚ AGH).

Praca składa się z 10 rozdziałów, liczy 117 stron, w tym 2 strony początkowe, 1 strona ze spisem treści, 3 strony spisu figur, tabel i zdjęć, 2 strony zawierające słownik pojęć używanych w pracy, 8 stron bibliografii (91 pozycji) oraz 6 stron dokumentacji fotograficznej. W pracy umieszczono 25 figur, 5 tabel oraz 9 zdjęć.

Strukturę rozprawy można przyjąć za poprawną – po Wstępie i Studium Literaturowym opisano miejsca badań terenowych, następnie opisano zastosowane metody badawcze oraz metodykę prac terenowych, laboratoryjnych i przetwarzanie danych pomiarowych; w kolejnych rozdziałach zaprezentowano wyniki badań oraz przeprowadzono ich interpretację; pracę podsumowano Wnioskami Końcowymi. Jak wspomniano powyżej, Autor wzbogacił pracę o dokumentację fotograficzną przedstawiającą materiał uzyskany podczas wierceń oraz fotografie dokumentujące badania terenowe.

W rozprawie doktorskiej Autor przeprowadził analizę przydatności wybranych metod geofizycznych, tj. metody georadarowej, tomografii elektrooporowej oraz badań kappametrem

(tzn. wyznaczenie podatności magnetycznej) do określenia przebiegów dawnych naturalnych i antropogenicznych cieków wodnych na terenie Plant w Krakowie oraz w rejonie dworu Goińskich (czy nie powinno być Gnoińskich?) w Nowym Siole (miejscowość koło Lubaczowa). Głównym miejscem badań były Planty krakowskie, gdzie wyznaczono dwa poligony pomiarowe, tzn. w rejonie ulic Wiślnej i Franciszkańskiej oraz przy skrzyżowaniu ulicy Dominikańskiej i Św. Gertrudy. Wyniki badań w Nowym Siole (miejsce poddane niewielkiej antropopresji) potraktowano jako wyniki porównawcze do badań prowadzonych w Krakowie, gdzie wyznaczone rejony badań poddane były w przeszłości silnej antropopresji. Wyniki badań geofizycznych były podstawą do wyznaczenia miejsc, w których przeprowadzono wiercenia kontrolne w celu rozpoznania podłoża gruntowego, a próbki gruntów pobrane z otworów wykorzystano do wykonania analiz geochemicznych. Podczas analiz geochemicznych oznaczono zawartość niklu, żelaza, miedzi i ołowiu w próbkach (dodatkowo w Nowym Siole oznaczono zawartość cynku) oraz wyznaczono podstawowe wskaźniki fizykochemiczne, tj. odczyn pH, potencjał oksydacyjno-redukcyjny Eh oraz przewodność elektrolityczną właściwą PEW. Wyznaczenie zawartości metali w próbkach gruntu oraz określenie wskaźników fizykochemicznych, poza weryfikacją informacji geofizycznych, pozwoliło na oszacowanie stopnia przekształcenia środowiska naturalnego. Z powyższych dwóch akapitów wynika cel pracy, tzn. analiza możliwości zastosowania kompleksowych badań geofizycznych i geochemicznych do detekcji dawnych naturalnych i antropogenicznych cieków wodnych, co pokazuje, że rozprawa doktorska ma w dużej mierze charakter praktyczny. Wyniki przeprowadzonych prac pozwalają na określenie metodyki pomiaru, przetwarzania i kompleksowej interpretacji podczas detekcji historycznych cieków wodnych, zasypanych obecnie materiałem antropogenicznym.

Druga i trzecia teza zdefiniowana w pracy (str. 11), tj.:

Teza 2 – *„Uzupełnienie badań geofizycznych analizami geochemicznymi pozwala na dokładniejsze rozpoznanie historycznych warstw antropogenicznych”* oraz

Teza 3 – *„Komplementarność metod geofizycznych i geochemicznych umożliwia wskazanie poziomów użytkowych oraz warstw zanieczyszczonych metalami”*

wydają się być zdefiniowane poprawnie, ponieważ nie stosuje się obecnie standardowo kompleksowego podejścia geofizyczno-geochemiczno-geologicznego w archeologii.

Niestety pierwsza teza, tj.:

Teza 1 – *„Nieinwazyjne metody geofizyczne pozwalają na lokalizację miejsc do przeprowadzenia badań archeologicznych”*

jest stwierdzeniem oczywistego faktu; wybrane metody geofizyczne od wielu lat stosowane są w archeologii światowej jak i polskiej, jako metody rekonesansowe.

W rozdziale drugim rozprawy Autor przedstawił Studium Literaturowe. Ten rozdział wydaje się być przygotowany nieco pobieżnie. Doktorant co prawda zacytował wiele prac innych autorów i zespołów badawczych, natomiast informacje o metodyce badań, przetwarzania i interpretacji, a zwłaszcza wnioski płynące z poszczególnych, zacytowanych prac są potraktowane bardzo ogólnie i skrótowo. W obecnej formie Studium Literaturowe byłoby jak najbardziej poprawne, gdyby stanowiło część artykułu, lecz wydaje się być niewystarczające w pracy doktorskiej, w której analiza osiągnięć i rozwiązań proponowanych przez inne zespoły badawcze jest podstawą zdefiniowania celu i tezy rozprawy. Po przeczytaniu Studium Literaturowego, nie wiadomo do końca czy rozwiązania proponowane przez Autora w doktoracie są zupełnie nową koncepcją, czy jest to kontynuacja lub modyfikacja wcześniejszych rozwiązań. Art. 13, ust. 1 Ustawy „*O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*” mówi, że rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego; biorąc pod uwagę ten zapis ustawowy, Studium Literaturowe jest jednym z ważniejszych elementów doktoratu, ponieważ pozwala ono ocenić na ile praca jest nowatorska i oryginalna oraz, co najważniejsze, czy nie jest ona plagiatem.

W rozprawie doktorskiej autor założył, że dawne ciekły wodne, zasypane obecnie materiałem antropogenicznym (najczęściej gruzem) będzie można zlokalizować przy pomocy wybranych metod geofizycznych, tj. przy pomocy metody georadarowej (GPR) oraz tomografii elektrooporowej (ERT). Zastosowanie zaproponowanych metod geofizycznych w archeologii nie jest zagadnieniem nowatorskim. Jak pokazują wyniki badań GPR z dwóch miejsc na Plantach krakowskich, metoda GPR raczej nie dała oczekiwanych rezultatów, natomiast należy podkreślić, że metoda ta pozwoliła jednoznacznie okonturować dawną fosę w miejscowości Nowe Sioło. Metoda ERT (zastosowana tylko na stanowiskach w Krakowie) pozwoliła na jednoznaczne wyznaczenie przebiegu fos w rejonie Plant.

Analiza wskaźników fizykochemicznych (tj. pH, potencjał Eh oraz przewodność PEW), jak również badania podatności magnetycznej nie do końca wykazywały korelację z wyznaczonymi na próbkach gruntu zawartościami metali (tj. Cu, Fe, Ni, Pb, Zn).

Oryginalność rozprawy doktorskiej zawiera się przede wszystkim w kompleksowym podejściu do rekonesansu archeologicznego, co nie jest obecnie na pewno podejściem standardowym. Połączenie wyników badań metodami GPR i ERT, otworowego rozpoznania

geologicznego oraz wyników badań laboratoryjnych (tj. wskaźników fizykochemicznych, podatności magnetycznej i określenie zawartości wybranych metali w próbkach gruntu) jest z pewnością nowatorskim podejściem autora do rozwiązania postawionego problemu badawczego. Należy w tym miejscu podkreślić, że większość prac związanych z realizacją doktoratu Autor przeprowadził samodzielnie, m.in. przeprowadził georadarowe badania terenowe wraz z przetwarzaniem i interpretacją radargramów, wykonał większość wierceń i pobrał próbki wykonując na nich analizę gruntów; w pozostałych pracach miał znaczący udział, m.in. w badaniach, przetwarzaniu i interpretacji danych ERT oraz w badaniach laboratoryjnych.

Przebieg cieków wodnych, młynówek, kolektorów ściekowych oraz części fos istniejących kiedyś w Krakowie nie został do dnia dzisiejszego dostatecznie rozpoznany, dlatego wyniki uzyskane w ramach realizacji doktoratu mogą stać się ważnym elementem poszerzającym wiedzę historyczną i archeologiczną. Dokładna lokalizacja dawnych i niezainwentaryzowanych dotychczas kolektorów wodno-ściekowych istniejących pod historycznym centrum Krakowa jest bardzo istotna z punktu widzenia stabilności budynków (zwłaszcza zabytkowych) oraz pozwoliłaby na dokładniejsze rozpoznanie dróg migracji zanieczyszczeń w gruncie. Z tego też powodu temat podjęty przez Autora wydaje się szczególnie istotny, a zaproponowana w pracy kompleksowa (tzn. geofizyczno-geochemiczno-geologiczna) metodyka badawcza wydaje się być szczególnie predysponowana do poszukiwania obiektów historycznych w rejonach, gdzie nie można pozwolić sobie na prowadzenie typowych (tzn. inwazyjnych) badań archeologicznych, tak jak ma to miejsce m.in. w historycznej części Krakowa.

Niejasności pojawiające się w rozprawie doktorskiej przedstawiono poniżej w punktach i zachęca się Autora, aby odniósł się do nich podczas publicznej obrony pracy.

1. Z teorii metody georadarowej wynika, że nie uzyska się raczej pozytywnych rezultatów, jeśli w podłożu występują utwory o niskich opornościach elektrycznych, np. mułki „wzbogacone” różnymi metalami, wypełniające koryta dawnych cieków wodnych, ponieważ utwory takie powodują silny wzrost tzw. „ohmic attenuation”; dodatkowo dawne ciek wodne są obecnie zasypane gruzem, co powodowało wzrost tzw. „scattering attenuation”; oba typy tłumienia raczej eliminują metodę GPR z badań w wytypowanych miejscach na Plantach. Taki wniosek, podaje sam Autor, np. jeden z wniosków podsumowujący badania przy ul. Wiślniej brzmi (str. 69): *„Dodatkowych informacji nie wniosły również pomiary georadarem. Mimo wcześniej uzyskanych pozytywnych wyników (Wardas i in., 2010; Łyskowski, 2011; Łyskowski*

i Wardas-Lasoń, 2012) obecnie prowadzone prace przy użyciu anten nieekranowanej 200 MHz i ekranowanej 250 MHz nie przyniosły spodziewanych rezultatów”; inny wniosek podsumowujący badania przy ul. Dominikańskiej brzmi (str. 78): *„Analizując wyniki pomiarów georadarowych można stwierdzić, że podobnie jak w przypadku pomiarów na obszarze przy ul. Wiślniej, badania te nie przyniosły oczekiwanych rezultatów”*. Podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej warto byłoby przeprowadzić analizę, dlaczego w tym samym miejscu badań pomiary georadarowe wykonane w latach 2010-2011 dały trudne do interpretacji lecz pozytywne wyniki (Wardas i in., 2010; Łyskowski, 2011; Łyskowski i Wardas-Lasoń, 2012), a kilka lat później zarejestrowano nieinterpretowalne radargramy.

2. Bardzo dobrze opisano nawarstwienia historyczne w Krakowie, niestety opis historyczny dla miejscowości Nowe Sioło jest znacznie uboższy; wynika to najprawdopodobniej z braku wystarczającej ilości materiału faktograficznego i historycznego dostępnego dla miejscowości Nowe Sioło.
3. Na str. 31 Autor opisuje zjawisko tłumienia fali elektromagnetycznej; dlaczego pominięte zostało „tłumienie rozproszeniowe” (tzw. „scattering attenuation”), które w miejscach poddanych silnej antropopresji (np. Kraków) ma zazwyczaj znacznie większe znaczenie niż tłumienie związane ze wzrostem przewodności elektrycznej ośrodka.
4. Jeśli pomiar został wykonany poprawnie, to rewerberacje rejestrowane na radargramach nie pochodzą od „pracy elektroniki anteny” - funkcja przetwarzania „Background Removal” służy do eliminacji efektów generowanych przez zupełnie inne zjawisko.
5. Drugie zdanie w podrozdziale 6.1.1 brzmi: *„Ważnym jest powtórzenie, że historia tego obszaru (przy ulicy Wiślniej) jednoznacznie opisuje go jako zalewowy i pokryty stawami, z tego względu nie jest możliwe wskazanie zarysu granic cieków wodnych, np. fosy”*; na str. 69 Autor pisze: *„Cały obszar (przy ulicy Wiślniej) jest dość problematyczny w kwestii precyzyjnej interpretacji. Niemożliwe jest jednoznaczne wyznaczenie przebiegu historycznych cieków wodnych, a jedynie oddzielenie warstw pochodzących od osadów oraz zasypów”*; Dlaczego więc, nie wybrano innego rejonu na Plantach, gdzie interpretacja wyników byłaby łatwiejsza i jednoznaczna, tym bardziej, że większość profili ERT i GPR oraz odwiertów zaprojektowano przy ul. Wiślniej nad dawnym stawem, więc nie było możliwości porównania danych w rejonie bez osadów dennych i z osadami.

6. Dlaczego przy ul. Wiślniej profile ERT od 1 do 4 nie przebiegały po linii profili GPR o numerach I-IV (pomiaru antenami 100 MHz) lub dlaczego nie wykonano pomiarów antenami 200/250 MHz po liniach profili ERT od 1 do 4? Wykonanie pomiarów po tych samych profilach ułatwiłoby korelację wyników i kompleksową interpretację.
7. Przy ul. Wiślniej i Dominikańskiej pomiary ERT i GPR prowadzono w odstępie kilku miesięcy; wiercenia i pobór próbek do badań laboratoryjnych prowadzone były jeszcze w innym okresie czasu; Czy nie było możliwości wykonania wszystkich badań kilka dni pod rząd, przy tych samych lub podobnych warunkach wilgotnościowych panujących w gruncie; rozłożenia badań w czasie wpłynęło najprawdopodobniej na rozbieżność w wynikach, co sugeruje sam Autor na str. 63: *„Zmiany w poziomie wód gruntowych spowodowane w czasie między pomiarem geofizycznym a wykonaniem otworu wiertniczego mogą prowadzić do niejednoznacznej interpretacji”*, lub na str. 65: *„Zmiany mogą wynikać z faktu znaczącej różnicy czasowej między wykonywanymi analizami”*.
8. Dlaczego na Fig.4 porównywane są wyniki z profilu GPR-IV z ERT-3, a nie z ERT-1?
9. Dlaczego dla radargramów zarejestrowanych przy ul. Wiślniej antenami 100 MHz przyjęto do konwersji czasowo-głębokościowej prędkość 6,5 cm/ns, a dla anten 200/250 MHz prędkość 9 cm/ns, a na str. 69 podano, że z badań WARR określono prędkość 8,7 cm/ns ?
10. Wyniki badań geofizycznych i geochemicznych przy ul. Wiślniej interpretowane są w rozprawie doktorskiej poprzez ich porównanie z wynikami z lat 2010-2011 przedstawionymi w artykule Łyskowski i Wardas-Lasoń (2012); warto byłoby zamieścić w rozprawie najważniejsze wyniki z tego artykułu, aby czytelnik miał łatwiejszą możliwość analizy porównawczej wyników.
11. Na Fig. 6, 17, 18, 25 krzywe podatności magnetycznej i przewodności PEW nie do końca odwzorowują zmienność zawartości metali w próbkach; na str. 66 Autor pisze: *„Niejednoznaczne wydaje się również stwierdzenie, że pomierzone wartości wskaźnika podatności magnetycznej uśrednionej oraz dla frakcji >0.18 mm zachowują się często odmiennie do przebiegu zmian wartości stężenia poszczególnych metali ...”* oraz na tej samej stronie *„Zależności wskaźników fizycznych i chemicznych również nie odzwierciedlają się wyraźnie w rozkładzie procentowego udziału poszczególnych frakcji ...”*; na str. 83 autor pisze: *„Podobnie jak przy ul. Wiślniej pomierzone wskaźniki fizykochemiczne, pH i potencjał Eh (np. Fig.20), nie wskazują na jednoznaczną i uwarunkowaną określonym czynnikiem tendencję. Nie można też na ich podstawie*

wskazać i wyróżnić poszczególnych warstw litologicznych”. Nasuwa się więc pytanie, w jakim stopniu analizowane wskaźniki mogą być przydatne w prospekcji archeologicznej.

12. Na str.65 pominięto analizę zmienności zawartości Ni w próbkach.
13. Autor przeprowadził wiele profilowań metodą GPR i ERT w układzie profili równoległych, co pozwala na przygotowanie obrazu 3D rozkładu anomalii; niestety w pracy zamieszczono jedynie kilka, wybranych wyników z przeprowadzonych prac, tzn. na Fig.7 brak wyników dla profili 5,6 i 11,12; na Fig.8 pokazano 1 radargram z 8 zarejestrowanych; na Fig.12 pokazano 4 z 14 wyników; na Fig.15 i 16 pokazano 2 z 26 zarejestrowanych radargramów; na Fig.24 pokazano 4 z 10 profili); Dlaczego nie pokazano wszystkich wyników badań w wizualizacji 3D ze szczegółową analizą wybranych, reprezentatywnych dla danego miejsca wyników w układzie 2D ?
14. Wszystkie wyniki badań ERT powinny być przedstawiane w takiej samej skali kolorów, co pozwoliłoby łatwiej przeprowadzić wizualną analizę porównawczą.
15. Na Fig. 9, 19, 20 krzywe obrazujące zmienność zawartości metali w próbkach nie do końca wskazują, że to osady cieków wodnych i fos (tj. mułki) są głównym miejscem koncentracji metali; na str. 87 Autor pisze: „*Analiza zmian stężeń metali w tym otworze (otwór SPD-2) nie jest prosta, gdyż nie wykazuje jakichkolwiek prawidłowości czy tendencji*”. Nasuwa się więc pytanie, na ile takie badania można potraktować jako jednoznaczny wskaźnik w prospekcji archeologicznej.
16. Profile geofizyczne kończą się przed ul. Dominikańską (Fig.14); na podstawie jakich danych (czy historycznych ?) wyznaczono przebieg starszej fosy około?
17. Dlaczego profile do badań GPR i ERT (Fig.10,11,14) nie zaprojektowano prostopadle do przebiegu fosy miejskiej?

Stronę redakcyjną rozprawy doktorskiej (tzn. poprawność językową, jakość materiałów graficznych, opracowanie figur i tabel) można przyjąć ogólnie za poprawną. Poniżej zamieszczono główne uwagi techniczne i merytoryczne do Autora.

1. Zbyt małe czcionki w opisach osi na wynikach badań GPR i ERT.
2. Dostyc często pojawiają się w pracy drobne błędy stylistyczne i merytoryczne, które należy poprawić przed ewentualnym oddaniem pracy do druku.
3. Podpis do Fig.1 pod figurą i w Spisie Figur jest różny.
4. Na Fig.1 powinny zostać zaznaczone rejony badań na Plantach.
5. Wzory w pracy powinny być numerowane.

6. Podczas pomiarów ohm-mapper'em (str. 12) czy metodami elektrooporowymi (str. 33) nie mierzymy oporności tylko ją wyliczamy z prawa Ohma.
7. „ λ ” w pierwszym wzorze na str. 30 nie jest zdefiniowana.
8. W trzecim wzorze na str. 30 oraz w przypisie dolnym na str. 91 pomyłkowo użyto znaku splotu zamiast mnożenia.
9. Przy definicjach i wzorach nie podano jednostek.
10. Względna przenikalność elektryczna „ ϵ_r ” nie jest wyrażana w [Np/m].
11. Na stronie 32 Autor podaje wzór na współczynnik odbicia „ Γ ” nie definiując czym jest we wzorze impedancja właściwa.
12. Na Fig. 2 i 3 oraz 10 i 11 powinny zostać zaznaczone położenia cieków wodnych, fos i stawów.
13. Na końcu str. 54 pomyłono nazwę oprogramowania, powinno być Res2DInv i Res3DInv, a nie Res2DMod i Res3DMod.
14. Na wszystkich radargramach w pracy brak jest skali kolorów.
15. Na Fig.9 nie zamieszczono wyników z otworu MKM-2.
16. Dlaczego wyniki z otworu MKM-5 (Fig.9) i otworu OKM-3 (Fig.19) prezentowane są tylko w zakresie głębokości ok. 4.0-5.5?
17. W podpisie Fig.20 nie podano informacji, dla którego otworu pokazano krzywe z badań geochemicznych; czy jest to otwór SPD-2?

Podsumowanie

Art. 13, ust. 1 Ustawy „*O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki*” mówi, że rozprawa doktorska:

- 1) powinna stanowić oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz
- 2) wykazywać ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w danej dyscyplinie naukowej oraz
- 3) wykazać umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Mgr inż. Mikołaj Łyskowski spełnił wszystkie wymienione powyżej wymagania ustawowe, tzn.:

- Ad. 1) kompleksowe badania geofizyczne, geochemiczne i geologiczne w potencjalnych miejscach występowania dawnych cieków wodnych, są niestandardowym i oryginalnym sposobem rozwiązania postawionego problemu naukowego;

- Ad. 2) w rozprawie doktorskiej na etapie analizy teoretycznej, przetwarzania i kompleksowej interpretacji danych Autor wykazał się wystarczającą wiedzą teoretyczną oraz praktyczną w zakresie geofizyki inżynierskiej i geochemii;
- Ad. 3) jak wynika z samej rozprawy doktorskiej oraz dokumentacji fotograficznej, Autor samodzielnie przeprowadził większość prac terenowych oraz prac na etapie przetwarzania i kompleksowej interpretacji danych.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Mikołaja Łyskowskiego pt. *„Rozpoznanie historycznych warstw antropogenicznych metodami geofizycznymi uzupełnione analizami geochemicznymi”* spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim, określone w Ustawie z dnia 14.03.2003 roku *”O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki”* w związku z tym stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Wybawski