

dr hab. inż. Michał Stefaniuk
prof. Uczelni,
Akademia Górniczo – Hutnicza im. St. Staszica
w Krakowie, 30 – 059 Kraków,
Al. A. Mickiewicza 30

Kraków 30.07.2021 r.

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Agaty Bury

pt. „Badanie zmian sezonowych w wektorach indukcyjnych pochodzących z danych obserwacyjnych geomagnetycznych w celu oceny efektów źródłowych istotnych dla badań magnetotellurycznych”

1. Wstęp

Recenzję rozprawy doktorskiej autorstwa mgr Agaty Bury pt. *„Badanie zmian sezonowych w wektorach indukcyjnych pochodzących z danych obserwacyjnych geomagnetycznych w celu oceny efektów źródłowych istotnych dla badań magnetotellurycznych”* opracowałem na podstawie pisma Pana dr hab. Mariusza Majdańskiego, prof. PAN, Zastępcy Dyrektora Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk ds. Naukowych, z dnia 1.06.2021 r., o znakach IGF-SN-420-14/21. Rozprawa została wykonana w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, pod kierunkiem Pani promotor dr hab. Anny Neski, prof. PAN. Stwierdzam, że powyższa rozprawa pod względem tematyki mieści się w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych, w dyscyplinie naukowej nauk o Ziemi i środowisku.

Rozprawa doktorska zgodnie z wymogami Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. 2018 poz. 1668) powinna zawierać *oryginalne rozwiązanie przez Doktoranta określonego zagadnienia naukowego oraz wykazywać jego ogólną wiedzę teoretyczną w danej dyscyplinie naukowej i umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej*. W recenzji przedstawiam analizę rozprawy w aspekcie oryginalności przedstawionego w niej zagadnienia naukowego, a także jej elementów, potwierdzających wiedzę teoretyczną i inne wymagane umiejętności Doktorantki.

Rozprawa przedstawiona została w postaci pięciu rozdziałów, z których piąty zawiera wnioski i podsumowanie. Analiza przedstawiona została w odniesieniu do treści każdego z rozdziałów, a na jej podstawie została sformułowana ogólna ocena rozprawy doktorskiej.

Główną treść rozprawy poprzedza streszczenie w językach: polskim i angielskim, zawierające sformułowanie celu pracy i ogólne omówienie wykonanych badań oraz uzyskanych rezultatów. Rozprawę uzupełniają:

- Bibliografię (Spis literatury) liczącą 41 pozycji, w tym 35 w języku angielskim, 3 w języku niemieckim i 3 w języku polskim. Autorka rozprawy jest wyłącznym autorem jednego z zamieszczonych w spisie artykułów;
- Spis ilustracji zawierający 40 pozycji;
- Spis tabel zawierający 2 pozycje.

Rozprawa liczy 79 stron i jest ilustrowana stosunkowo dobrze dobranymi ilustracjami. Układ pracy jest przejrzysty, korekta tekstu staranna chociaż wkradły się nieliczne niezbędne do skorygowania błędy.

2. Analiza rozdziałów rozprawy

Rozdział pierwszy zatytułowany „Wstęp” zawiera w trzech podrozdziałach ogólne omówienie grupy metod magnetotellurycznych (1.1), teoretyczne podstawy tych metod (1.2) oraz sformułowanie celu badań i opis struktury wykonanych prac badawczych, która znajduje odzwierciedlenie w układzie rozprawy doktorskiej (1.3). W podrozdziale 1.1 Autorka definiuje pojęcie metody magnetotellurycznej oraz zamieszcza podstawowe informacje nt. elementów charakterystycznych metody, warunków jej wykorzystania i wymienia dziedziny, w których znajduje ona zastosowanie. Następnie omawia warianty metody wyodrębnione na podstawie zakresów częstotliwości i wykorzystywanych składowych ziemskiego pola elektromagnetycznego. Podrozdział ten ma charakter pobieżnego przeglądu informacyjnego, zarysującego szerokie tło przedstawionych badań i opracowany został na podstawie szeregu cytowanych pozycji literaturowych. **W mojej opinii Autorka popełniła jednak pewne niekonsekwencje, związane być może z informacjami zawartymi w wykorzystanej literaturze. Metodę magnetotelluryczną określa jako metodę pola naturalnego, pomijając funkcjonujące od dawna metody wykorzystujące źródła sztuczne. Jest to uzasadnione biorąc pod uwagę przedstawiony w pracy zakres badań, jednak wymieniając obszary zastosowań metody uwzględnia również takie, w których wykorzystywane są raczej (lub wyłącznie) metody źródeł sztucznych. Autorka zamiennie używa określenia „metoda” lub „metody”, a wprowadzając dwie klasyfikacje „wariantów metody” wykazuje jednak, że mamy do czynienia z „grupą metod” o pewnych wspólnych cechach i założeniach. Ponadto**

w części wstępnej podrozdziału 1.2 Autorka pisze, że metody magnetotelluryczne bazują na pomiarach i analizie poziomych składowych pola elektromagnetycznego na powierzchni Ziemi, natomiast w podrozdziale 1.1.2 w grupie metod magnetotellurycznych umieszcza metodę sondowań geomagnetycznych, która ogranicza się do składowych pola magnetycznego, uwzględniając także składową pionową.

W podrozdziale 1.2 Autorka omawia fizyczno-matematyczne podstawy grupy metod magnetotellurycznych, zwracając uwagę na określenie tzw. funkcji przejścia zależnych m.in. od rozkładu przewodności elektrycznej w ośrodku geologicznym oraz na fundamentalne (i wspólne) dla grupy metod magnetotellurycznych założenie płaskiej fali elektromagnetycznej, propagującej prostopadle do powierzchni Ziemi. Zależności istotne dla prezentowanej pracy wywodzi z równań Maxwella uzupełnionych o tzw. równania materiałowe, poprzez równanie „telegrafistów” do równania Helmholtza. Są to fundamentalne równania i rozwiązania elektrodynamiki klasycznej nie wymagające chyba komentarza. Niemniej czuję się trochę „skonfundowany” zupełnym brakiem odwołań do literatury przedmiotu. Jedyną pracą, na którą Autorka się powołuje jest niepublikowana, niemieckojęzyczna praca Heinricha Brassego z 2003 r., odnosząca się raczej do pojęcia „płaskiej fali elektromagnetycznej”. Szczególną uwagę Doktorantka poświęca założeniu „fali płaskiej”. Jak wspomniałem powyżej, jest to w mojej opinii „konstytucyjne” założenie dla grupy metod magnetotellurycznych, będące cechą wspólną dla tych metod. Szczególna uwaga poświęcona temu zagadnieniu jest w pełni uzasadniona, biorąc pod uwagę temat pracy, prezentowane w niej zagadnienia i wykonane badania. Autorka temu zagadnieniu poświęca dwa podrozdziały: 1.2.2 poświęcony rozważaniom teoretycznym i 1.2.4 poświęcony omówieniu sytuacji, kiedy założenie fali płaskiej nie jest spełnione. Powyższe podrozdziały przedziela podrozdział 1.2.3 poświęcony omówieniu pojęcia funkcji przejścia i sposobom ich wyznaczania. Taki układ podrozdziałów drugiego rzędu uważam za uzasadniony i logiczny. W podrozdziale 1.2.3 wprowadzone zostaje pojęcie „fali płaskiej” i przedyskutowane warunki w jakich taka fala występuje. W kolejnym omówione zostają funkcje przejścia, które wyznaczane są w trakcie przetwarzania danych pomiarowych i odzwierciedlają zmienność rozkładu przewodnictwa w ośrodku geologicznym. Są one zależne od częstotliwości zmian pola elektromagnetycznego, natomiast nie są zależne od geometrii źródła, jeśli warunek „płaskiej fali” jest spełniony. W podrozdziale poświęconym funkcjom przejścia omówione zostały wektory indukcyjne będące funkcjami przejścia w wariacie sondowań geomagnetycznych. Ta metoda i odpowiednie funkcje

przejścia są przedmiotem przeprowadzonych przez Autorkę badań. Następny rozdział poświęcony został omówieniu sytuacji kiedy fundamentalne założenie fali płaskiej nie jest spełnione. Autorka omawia przypadek zakłóceń elektromagnetycznych wywołanych przez źródła sztuczne oraz przechodzi do właściwego tematu pracy czyli zaburzeń geometrii pola elektromagnetycznego Ziemi związanych z prądami jonosferycznymi. **W jednym zdaniu wspomina o zjawiskach rezonansowych związanych z „liniami stałego pola geomagnetycznego” czyli kwituje możliwość (fakt?) pojawiania się pól elektromagnetycznych mających źródła naturalne w ośrodku geologicznym. Choć nie jest to główny temat prezentowanej pracy, uważam, że w pracy poświęconej zaburzeniom geometrii źródła pola magnetotellurycznego zasadne byłoby szersze omówienie wspomnianego powyżej zagadnienia.** Podrozdział 1.2 Autorka kończy uzasadnieniem potrzeby badania efektów „źródłowych” ze względu na ich wpływ na wyniki badań magnetotellurycznych, w które wpisuje się niniejsza praca doktorska.

Rozdział drugi poświęcony został omówieniu danych wykorzystanych w pracy. Są to dane publicznie dostępne i pochodzą ze światowej sieci obserwatoriów geomagnetycznych. Na początku, w podrozdziale 2.2, Autorka omawia ziemskie pole magnetyczne, w szczególności jego składowe w trzech stosowanych układach współrzędnych, które są mierzone w obserwatoriach na powierzchni Ziemi, podając zależności pozwalające na wzajemne ich przeliczanie. Podrozdział 2.2 poświęcony został omówieniu zintegrowanej sieci obserwatoriów geomagnetycznych „INTERMAGNET”, które pokrywają nieregularnie powierzchnię kuli ziemskiej. Publicznie udostępnione dane z tej sieci odnoszące się do rejestracji zmiennego pola magnetotellurycznego wykorzystane zostały w pracy do konstrukcji i analizy zmienności wektorów indukcyjnych. Obok danych magnetycznych Autorka w pracy wykorzystała także dane dotyczące aktywności zórz polarnych zarejestrowane w fińskim obserwatorium w Sondakyla (podrozdział 2.3) oraz dane dotyczące zmiennej aktywności słońca (podrozdział 2.4). W pracy wykorzystane zostały dane z 30 odpowiednio dobranych obserwatoriów rozrzuconych po całym świecie. Listę tych obserwatoriów ze współrzędnymi lokalizacyjnymi zawiera tabela 2.1. Krótki opis ich rozmieszczenia przedstawiony został w podrozdziale 2.5. **Do rozdziału nr 2 nie zgłaszam uwag.**

W rozdziale 3 Autorka omawia zagadnienia metodyki przeprowadzonych badań. Sprowadzają się one do obliczeń i analizy różnicowych wektorów indukcyjnych dla miesięcy

letnich (czerwiec, lipiec, sierpień) i zimowych (grudzień, styczeń, luty), z lat 1995-2009.

Policzone zostały:

- uśrednione wektory dla całego okresu obliczeniowego,
- wektory obrazujące różnice między sezonowe i sezonowe w skali roku,
- wektory różnicowe pomiędzy średnimi dla całego okresu obliczeniowego i określonych lat dla sezonu letniego i zimowego,
- wektory różnicowe pomiędzy wartościami dla sezonu letniego i zimowego z wyłączeniem dni z zaobserwowaną aktywnością zorzową.

Ponadto podjęta została próba określenia związku pomiędzy aktywnością słoneczną a wybranymi wektorami różnicowymi w skali rocznej.

W pierwszym etapie (podrozdział 3.1) wykonane zostały obliczenia charakteryzujące różnice pomiędzy sezonem letnim i zimowym dla całego okresu obliczeniowego. Analiza wykonana została dla 30 stacji, wyselekcjonowanych z sieci światowej tak, aby położone były w różnych szerokościach geograficznych. Wektory indukcyjne i różnicowe obliczone zostały dla 24 okresów wariacji ziemskiego pola elektromagnetycznego, w zakresie od ok. 500 s do 100000 s. **Autorka niestety nie podaje zakresu zmienności okresów, można je natomiast w przybliżeniu odczytać z zamieszczonego przykładowego rysunku.** Na przykładowej mapie z zaznaczonymi wektorami różnicowymi (dla okresu 2560 sek.) widoczna jest znacząca ich zmienność. Duże wartości różnic pojawiają się w rejonach subpolarnych.

W etapie 2 (podrozdział 3.2) omówione zostały obliczenia i analizy zmierzające do identyfikacji źródła zmian sezonowych. Analizy wykonane zostały dla 12 wyselekcjonowanych stacji europejskich, położonych na różnych szerokościach geograficznych i odnosiły się do zmian rocznych pomiędzy sezonem letnim i zimowym, oraz zmian dla sezonu letniego i zimowego odniesionych do średnich całego okresu obliczeniowego.

Autorka w rozdziale metodycznym pomija problemy przetwarzania danych pomiarowych, cytując jedną pracę autorstwa Egberta i Bookera z 1986 r., określając zastosowane procedury jako „podejście klasyczne”. **Mam wątpliwości, czy przetwarzanie typu „robust” będące przedmiotem cytowanego artykułu można określić jako „klasyczne”.** Jest to raczej współczesny standard w przetwarzaniu danych w metodach magnetotellurycznych, szczególnie zakłóconych i wdrożony został po okresie „klasycznego” przetwarzania danych dla pojedynczego punktu pomiarowego, a także wdrożeniu pomiarów i przetwarzania referencyjnego. Brak informacji nt. przetwarzania danych pociąga za sobą zapewne brak

omówienia przytoczonego błędu pomiarowego, w szczególności sposobu jego obliczania. Z dalszej części tekstu można się domyślić, że „błąd” ten ma charakter wariancji(?). Pomijając wspomnianą pracę Egberta i Bookera Autorka **nie cytuje żadnej literatury źródłowej, co sugeruje, że zamieszczone w rozdziale procedury opracowania i interpretacji danych zostały opracowane na potrzeby prezentowanej pracy.**

W rozdziale 4 Autorka przedstawia i analizuje wyniki badań. Podobnie, jak przy omawianiu metodyki badań w podrozdziale 4.1, przedstawione zostało zagadnienie zmienności sezonowej. Obecność tego zjawiska potwierdzają przedstawione na rysunkach rozkłady uśrednionych wektorów różnicowych, pomiędzy sezonami letnimi i zimowymi, obliczone dla trzech stacji magnetycznych, położonych w wysokich, średnich i niskich szerokościach geomagnetycznych. W następnym podrozdziale drugiego rzędu (4.1.2) Doktorantka przedstawia i analizuje zmienność wektorów różnicowych w zależności od szerokości geomagnetycznej. Przykładowe wyniki, w postaci rozkładu wektorów różnicowych dla trzech okresów (903 s, 2560 s i 10240 s), przedstawione zostały na mapach świata dla 30-stu stacji geomagnetycznych. Dla dwóch okresów (2560 s i 10240 s) przedstawione zostały wykresy zależności składowej rzeczywistej wektorów różnicowych dla kierunków południkowego i równoleżnikowego. Wnioski z tej analizy Autorka ujmuje w sześciu punktach, potwierdzając wyraźną zależność wektorów różnicowych od szerokości geomagnetycznych, od niemal niezauważalnych dla strefy okołorównikowej do bardzo wyraźnej zmienności wartości i kierunków wektorów w strefach około polarnych. Wyraźna tendencja wzrostowa pojawia się w zakresie szerokości 30° - 60° szerokości geomagnetycznej, natomiast szerokość 60° stanowi ewidentną granicę w zachowaniu wektorów różnicowych.

Odnoszę wrażenie, że Doktorantka nie wykorzystała w pełni uzyskanych wyników obliczeń. Wyniki przedstawione zostały wybiórczo, dla tylko dwóch – trzech okresów, w postaci graficznej. Nie komentuje wyraźnie widocznej zależności od długości okresów i pomija wyniki obliczone dla okresów najkrótszych, które dla prospekcyjnej magnetotelluryki są jednak skrajnie długie. Przedstawiając zależność składowych wektora różnicowego od szerokości geomagnetycznych, Autorka ogranicza się do bardzo długich okresów i pomija np. zależność długości wektora rzeczywistego lub modułu wektora zespolonego od szerokości geomagnetycznej. Analizując zamieszczone figury odnoszę wrażenie, że prosty zabieg przedstawienia wartości bezwzględnych składowych rzeczywistych uporządkowałby przebieg analizowanej zależności.

W podrozdziale 4.2 Autorka podejmuje próbę identyfikacji źródeł obserwowanych zmienności wektorów, na podstawie danych różnicowych pochodzących z 12 europejskich obserwatoriów magnetycznych, wykazując (potwierdzając) odrębne charakterystyki tych zmian dla szerokości geomagnetycznych poniżej i powyżej 60° . Dla stacji położonych poniżej 60° szerokości geomagnetycznej (szerokości średnie) wektory różnicowe są stosunkowo niewielkie i bardziej jednorodnie ułożone. Zmienności mają charakter sezonowy, a wektory różnicowe zdominowane są przez wysoką aktywność pola geomagnetycznego w miesiącach letnich i wyraźnie niższą w miesiącach zimowych. Przykładowe zmienności wektorów różnicowych pokazane zostały na sześciu rysunkach dla trzech wybranych stacji i trzech długich okresów (1181 s, 3233 s, 7927 s). **Materiał, podobnie jak w poprzednim podrozdziale, przedstawiony został wybiórczo, nie dając czytelnikowi szansy np. na prześledzenie wektorów różnicowych w zależności od okresów dla jednej stacji pomiarowej.**

Charakterystyka zmienności wektorów różnicowych dla szerokości geomagnetycznych powyżej 60° przedstawiona została na przykładzie dwóch stacji pomiarowych. W tej strefie wektory różnicowe są bardziej zmienne i zdominowane przez aktywność geomagnetyczną w miesiącach zimowych, w szczególności dla składowych południkowych wektorów. W dalszych podrozdziałach Autorka próbuje ocenić zależność rozkładu wektorów różnicowych z aktywnością słoneczną (4.2.2) oraz aktywnością zorzową (4.2.3). Wykres aktywności słonecznej w analizowanym okresie pomiarowym zestawiony został z odpowiednimi wykresami zmian wektorów różnicowych, dla dwóch stacji pomiarowych położonych powyżej i poniżej 60° szerokości geomagnetycznej. W obydwu przypadkach **wizualne porównanie** wykresów nie potwierdza związków aktywności słońca z aktywnością geomagnetyczną. Wylimitowanie dni z obserwowaną aktywnością zórz polarnych na stacji Sodankyla także nie spowodowało istotnych zmian w rozkładzie i wielkościach wektorów różnicowych.

Rozdział nr 5 zatytułowany „Wnioski i podsumowanie” zawiera zgodnie z nazwą przede wszystkim uporządkowane podsumowanie konkluzji przedstawionych w poprzednim rozdziale wynikowym. Autorka kończy rozdział dwuzdaniową rekomendacją (?) dla potencjalnych dalszych badań efektów związanych z burzami magnetycznymi oraz ich rozszerzenia na wpływy efektów źródłowych na tensor impedancji.

Ogólna ocena rozprawy

Wymieniony w tytule rozprawy doktorskiej problem badań wpływu efektów źródłowych na wyniki badań z wykorzystaniem metod magnetotellurycznych dotyczy zagadnienia istotnego dla rozwoju metod elektromagnetycznych wykorzystujących źródła naturalne, w szczególności źródła związane z prądami w jonosferze. Wyniki badań mogą znaleźć zastosowanie do korekty wyników głębokich, regionalnych badań magnetotellurycznych i geomagnetycznych. Uzyskane rezultaty poszerzają zakres wiedzy o zaburzeniach jonosferycznych pól źródłowych niezbędnej dla dalszych badań i rozwoju metodycznego sondowań geomagnetycznych i magnetotellurycznych. Pomimo szeregu zamieszczonych powyżej uwag rozprawę doktorską oceniam **pozytywnie**. Stanowi ona zwartą i logiczną całość, zredagowana została zwięźle i klarownie.

Uwagi krytyczne i zalety pracy:

Zalety pracy

Podstawową zaletą recenzowanej pracy jest podjęcie problemu ilościowych badań wpływu efektów źródłowych na wyniki przetwarzania i interpretacji danych pomiarowych w grupie metod magnetotellurycznych, istotnego dla dalszego rozwoju metod elektromagnetycznych wykorzystujących źródła naturalne, w szczególności źródła związane z prądami w jonosferze.

W pracy przedstawione zostały wyniki obszernej analizy ilościowej wpływu efektów źródłowych na wektory indukcyjne w zależności od okresu wariacji pola i lokalizacji względem ziemskiego pola geomagnetycznego.

Badania, w tym prace obliczeniowe, wykonane zostały zgodnie z zasadami spójnej i przejrzystej metodyki.

Wyniki pracy tworzą zbiór danych będących podstawą do dalszych badań ogólnych i aplikacyjnych odnoszących się do wpływu anomalnych prądów jonosferycznych na wyniki badań w grupie metod elektromagnetycznych i magnetycznych wykorzystujących naturalne zmienne pole elektromagnetyczne Ziemi.

Układ pracy jest klarowny i logiczny, napisana została zwięźle ze stosunkowo niewielką ilością błędów merytorycznych i logicznych.

Uwagi krytyczne

Rozdziały wstępne napisane zostały maksymalnie skrótowo, może nawet pobieżnie z bardzo „oszczędnym” cytowaniem literatury, co jest mankamentem pracy, biorąc pod uwagę, że jednym z warunków stawianych kandydatom do stopnia doktora jest dobrze udokumentowana znajomość badań powiązanych z tematem pracy i jej szerokiego tła.

Bardzo skrótowo Autorka traktuje m.in. prezentację badań naturalnych efektów źródłowych w metodach magnetotellurycznych, pomijając ich przegląd historyczny, chociaż kilka pozycji w dołączonym spisie literatury świadczy, że pewne badania z tego zakresu były wcześniej wykonywane.

Autorka nie wykorzystuje w pracy pełnego zestawu wyników wykonanych obliczeń i analiz prezentując selektywnie dobrane przykłady, co niestety rodzi podejrzenie dobierania wyników potwierdzających założone tezy.

Wyniki obliczeń prezentowane są w postaci graficznej, co determinuje subiektywność oceny, w szczególności, kiedy poszukujemy wzajemnych związków danych o charakterze statystycznym. Autorka pomija obszerny aparat statystycznej analizy danych empirycznych wyciągając wnioski raczej subiektywne i arbitralne.

Nie zostały przedstawione wyniki obliczeń dla prospekcyjnego pasma magnetotellurycznego (poniżej 1000 s) tak, że rezultaty badań można odnosić tylko do super głębokich sondowań magnetotellurycznych i sondowań geomagnetycznych.

Próba powiązania obserwowanych efektów z aktywnością słońca i aktywnością zórz polarnych okazała się nieskuteczna. Nie została podjęta realna próba wyjaśnienia genezy obserwowanych anomalii, ani też opracowania ich modelu fizycznego i matematycznego pozwalającego na zastosowanie do korekty obliczanych funkcji przejścia.

3. SPEŁNIANIE WYMOGÓW STAWIANYM PRACOM DOKTORSKIM

3.1. Zasadność wyboru tematu rozprawy

Wybór tematu rozprawy doktorskiej mgr Agaty Bury uznaję za w pełni uzasadniony potrzebami nauki i prac prospekcyjnych.

3.2. Ocena tezy rozprawy

Tezy pracy nie zostały jasno sformułowane, chociaż można się ich domyślić czytając

streszczenie i dalsze podrozdziały odnoszące się do potrzeby wykonania badań i celu pracy. Wskazane jest, w mojej opinii, ich przedstawienie w trakcie publicznej obrony.

3.3. Zagadnienia naukowe samodzielnie rozwiązane przez Doktorantkę

W rozprawie można dostrzec pewne istotne rozwiązania metodyczne. Pozwoliły one na wykonanie przez Doktorantkę rozległych analiz i uzyskanie oryginalnych wyników. Na ich podstawie sformułowała ona szereg interesujących wniosków o znaczeniu naukowym i potencjalnie praktycznych. Osobiście, za najważniejsze zagadnienia rozwiązane samodzielnie przez Doktorantkę uważam następujące:

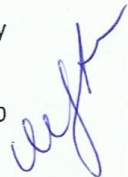
- wykonanie obszernych badań wpływu „złamania” warunku płaskiej fali elektromagnetycznej na wyniki przetwarzania i interpretacji danych w grupie metod magnetotellurycznych;
- opracowanie spójnej i w znaczącym stopniu oryginalnej metodologii badań i interpretacji wyników;
- „kwantyfikacja” i ilościowa ewaluacja wpływu nie zachowania warunku płaskiej fali elektromagnetycznej na wektory indukcyjne;
- zgromadzenie zbioru danych i wyników obliczeń tworzących podstawę dla dalszych analiz.

3.4. Ocena poprawności przeprowadzonych analiz, uzyskanych wyników i wniosków

W rozwiązaniu analizowanych problemów Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością problematyki geofizycznej oraz umiejętnością realizacji obliczeń z wykorzystaniem zaawansowanego oprogramowania specjalistycznego. Kolejne etapy badawcze przedstawione w rozprawie doktorskiej były realizowane prawidłowo i starannie. Stąd uzyskane wyniki należy uznać za wiarygodne. Stwierdzenia i wnioski jakie pojawiają się w treściach rozprawy oparte są na uzyskanych wynikach analiz i obliczeń.

3.5. Ocena znajomości przedmiotu zagadnienia przez Doktorantkę

Mgr Agata Bury wykazała się dobrą znajomością podstaw teoretycznych i wielu specjalistycznych zagadnień związanych z szeregiem złożonych problemów z zakresu metod geofizycznych, szczególnie metod elektromagnetycznych. Wiedza ta pozwoliła Doktorantce na uzyskanie interesujących i oryginalnych wyników, posiadających wartość naukową i potencjalnie praktyczną. Znajomość zagadnienia będącego przedmiotem rozprawy



doktorskiej potwierdza także przytoczona specjalistyczna literatura zagraniczna i krajowa, którą Doktorantka wykorzystała w treściach rozprawy. Znajomość przedmiotu badań zaprezentowaną przez mgr Agatę Bury oceniam jako wystarczająco dobrą.


4. WNIOSEK KOŃCOWY

Na podstawie przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „*Badanie zmian sezonowych w wektorach indukcyjnych pochodzących z danych obserwacyjnych geomagnetycznych w celu oceny efektów źródłowych istotnych dla badań magnetotellurycznych*” autorstwa mgr Agaty Bury stwierdzam, że Doktorantka:

- potwierdziła umiejętność samodzielnego formułowania problemów naukowych oraz organizacji i prowadzenia procesu badawczego dla ich rozwiązania wraz z analizą i prezentacją wyników;
- posiada dobre przygotowanie merytoryczne do realizacji nowych i złożonych problemów naukowo-badawczych w zakresie geofizyki w szczególności metod elektromagnetycznych wykorzystujących źródła naturalne;
- zrealizowała zaplanowany program badawczy, który zawiera nowe elementy poznawcze i stwarza perspektywę dalszych badań naukowych i wykorzystania praktycznego;
- wykazuje wysoki poziom wiedzy w obszarze dyscypliny geofizyka, szczególnie w zakresie metod elektromagnetycznych.

Rozprawa doktorska autorstwa mgr Agaty Bury spełnia więc wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce”. Na tej podstawie wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk o **dopuszczenie mgr Agaty Bury** do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora, w tym do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Kraków, 30 lipca 2021 r.


dr hab. inż. Michał Stefaniuk
prof. Uczelni