

R e c e n z j a
rozprawy doktorskiej mgr inż. Marii PRZYŁUCKIEJ
na temat „Geostatystyczna analiza uwarunkowań osiadań terenu zidentyfikowanych
przy pomocy interferometrii satelitarnej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia
Węglowego”

Recenzję opracowałem na podstawie pisma p.o. dyrektora Państwowego Instytutu Geologicznego - Państwowego Instytutu Badawczego z dnia 14.10.2016 r., znak NK/118/228/2016 wystosowanego zgodnie z Uchwałą Rady Naukowej PIG-PIB. Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. Marek Graniczny.

1. Wstęp

Doktorantka zajęła się monitorowaniem przemieszczeń pionowych powierzchni terenu pod wpływem eksploatacji górniczej pokładów węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, w czasie jej prowadzenia i po zakończeniu (na terenach pogórnich). Monitorowania przy wykorzystaniu interferometrii radarowej. W szczególności trzech technik Differential SAR Interferometry (DInSAR), Persistent Scatterer Interferometry (PSInSARTM, PSI) oraz SqueeSAR, które różnią się między sobą. Każda kolejna technika daje większe możliwości opisu przemieszczeń pionowych i ich wykorzystania.

Jest to aktualny problem w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym, znany również w Europie i na świecie. Świadczą o tym referaty wygłaszane na konferencjach, na przykład w Polsce z cyklu Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych lub Bezpieczeństwa Obiektów na Terenach Górniczych, a także przez PIG-PIB.

M. Przyłucka podjęła odważną próbę testowania wymienionych wyżej technik pomiarowych w czterech rejonach, na obszarach dwóch miast Bytomiu i Katowicach gdzie prowadzona była i jest intensywna eksploatacja górnicza oraz w Będzinie, gdzie jest teren pogórnicy.

Wiedza o deformacjach i szkodach górniczych bazuje głównie na obserwacjach terenowych. Stosowanie nowoczesnej techniki pomiarowej poszerza opis deformacji, przede wszystkim na obszernym powierzchniowo terenie GZW, pomiarów wykonywanych jednocześnie (w tym samym czasie). Nawiązuje do klasycznych geodezyjnych pomiarów deformacji, które są od lat prowadzone na terenach górniczych, z tej możliwości Doktorantka skorzystała. Ponadto wykorzystuje możliwość prowadzenia analizy powstałych obniżen bazując na zgromadzonych dotychczas i gromadzonych nadal danych z radarów na satelitach.

Recenzent jest uprawnionym mierniczym górniczym przez Wyższy Urząd Górniczy z wieloletnim doświadczeniem w zakresie kształtowania się deformacji powierzchni spowodowanych podziemną eksploatacją górniczą i w tym szczególnie aspekcie oceniałem pracę doktorską Marii Przyłuckiej

2. Szczegółowa analiza rozprawy

Praca zawiera 114 stron (8 rozdziałów), spis literatury (80 pozycji) oraz streszczenia w języku polskim i angielskim, a także spis akronimów i oznaczeń. Nie jest pracą obszerną, napisaną bardzo syntetycznie, co jest jej zaletą.

Rozdział 1. We wstępie Autorka pisze o celu rozprawy, historii i zakresie pomiarów z radarów na satelitach. Jest napisany syntetycznie i dobrze, bo wynika z niego, jaki jest zakres badań „(...) porównano wyniki uzyskane z różnych zestawów danych, zbadano ich wzajemną komplementarność oraz możliwości łączenia?”. Natomiast efektem ma być przedstawienie możliwości statystycznego opracowania danych z PSI połączenie danych z różnych zestawów punktów PS i interferogramów, dla opracowania map obniżeń (a nie deformacji). Ponadto przedstawienie ich w aspekcie warunków geologicznych i górniczych.

Rozdział 2 pracy zawiera kompendium wiedzy z zakresu: charakterystyki terenu badań, powstawania deformacji powierzchni i historii badań interferometrycznych w GZW. Zawiera dużo danych o geologii, historii górnictwa i prowadzonej eksploatacji górniczej. Zdaniem recenzenta rozdział ten nie jest dopracowany, gdyż zamieszczone w nim informacje nie są jednakowej wagi i dobrze uporządkowane. Na usprawiedliwienie Autorki mogę podać, że tematyka podrozdziałów 2.1 i 2.2 może stanowić zakres monografii (280 stron¹).

Z kolei **rozdział 3** zawiera kompendium wiedzy z InSAR i geostatystyki. Syntetyczne przedstawienie *aktualnego i zweryfikowanego* stanu wiedzy (a nie historii) jest trudne i wymaga doświadczenia gdyż zakres wiedzy o geostatystyce jest obszerny i wymagał znajomości obszernej literatury, jej selekcji i oceny. Czy się to Autorce udało? Z jego treści wynika, że Autorka posiada niezbędną wiedzę w przedmiocie badań. Cenne jest podsumowanie podrozdziału 3.1 z którego wynika luka badawcza, którą Autorka będzie uzupełniała. Podrozdział 3.2 jest przekonujący co do drogi którą Doktorantka podąża, tj. wybór metody analizy geostatystycznej i oprogramowania komputerowego do osiągnięcia celu.

W **podrozdziale 4.1** scharakteryzowano obszar badań to jest rejon trzech miast i uskoku kłodnickiego, czynnych i zlikwidowanych kopalń w ich obrębie. Temu przyporządkowano zestawy danych z 6 satelitów. Świadczy on o wiedzy Autorki o kopalniach w GZW jak i możliwościach wykorzystania danych z satelitów jakie wykorzystwała w prowadzeniu badań. Ponadto zawiera wyniki wyznaczonych obniżeń.

Rejon Katowice (KWK Wujek i satelit Envisat I i ALOS) – obejmuje zmiany wysokościowe w przedziale czasowym od 05.03.2005 do 29.09.2010r., gdzie wydzielono obszary stabilne (brak obniżeń) i niestabilne (gdzie są obniżenia), a także obszar w północno-zachodniej części O.G. KWK Wujek gdzie w okresie od 05.07.2011 do 21.06.2012, wystąpiły obniżenia rzędu 20 cm.

Rejon Bytom (KWK Bobrek-Centrum i dane z satelity TerraSAR-X) – obejmuje zmiany wysokościowe zanotowane w okresie od 5.11.2011 do 21.06.2012r. Jest to okres czasu bezpośrednio poprzedzający czas, kiedy w Bytomiu w dzielnicy Karb na przełomie lipca i sierpnia 2011 nastąpiła awaria w 4 ciągach segmentów budynków. Z rys. 4.4 wynika wyraźnie gdzie prowadzono eksploatację pod dzielnicami Karb i Miechowice. Ten przykład świadczy jednak o pewnych ograniczeniach metody – rejestracji przyrostu znacznych obniżeń w krótkim okresie czasu (w rejonie dzielnicy Miechowice – w części północnej w wymienionym wyżej okresie przyrost obniżeń wynosił około 1,4 m!

Rejon Będzin (teren pogórnicy kilku zagłębiowskich kopalń i dane z satelit ERS (od 17.05.1992 do 09.04.2003r.) i Envisat II (od 4.11.2002 do 13.09.2010r.), obejmuje okres rejestracji to jest okres, kiedy już nie prowadzono eksploatacji górniczej.

Podrozdział 4.2 zawiera syntetyczny opis zgromadzonych materiałów górniczych i mierniczych, a **4.3** wykaz analizowanych materiałów geologicznych.

Rozdział 5. Zdaniem recenzenta należy traktować jako jeden z zasadniczych recenzowanej pracy, dotyczy ona analizy powolnych obniżeń, co ma miejsce zwłaszcza na zamkniętych kopalniach. Rozpoczyna się od podania algorytmu porównywania obniżeń

¹Kowalski A., 2015.: Deformacje powierzchni w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa. Katowice

pomierzonych i określonych za pomocą technologii PSInSAR z satelit Envisat I, Envisat II, TSX i ERS. W szczególności, znaczenie poznawcze znajduje się w podrozdziale 5.3, który dotyczy zmian wysokości powierzchni terenu zamkniętych kopalń. Nowością jest przedstawienie wielkopowierzchniowych zmian wysokości powierzchni, a także średnich przemieszczeń punktów PS i zmian lustra wody z szybami, w których odbywa się pompowanie wody, a jednocześnie są piezometrami, w których mierzy się rzędne lustra wody.

Rozdział 6 jest drugim zasadniczym w pracy doktorskiej, z uwagi na próbę wykorzystania danych z trzech satelitów ALOS (okres 22.2.2007-25.5.2008), TSX (okres 05.07.2011-21.06.2012) i Sentinel (okres 26.11.2015-25.03.2016) do identyfikacji terenów podlegających deformacjom w północnej części GZW.

Do wykazania potencjału techniki satelitarnej w pierwszej części wykazano niecki w północnej części GZW. Doktorantka sformułowała wniosek, że analiza danych z kilku satelitów umożliwia wyznaczanie niecek, a także tezę, że na ich podstawie można określać pośrednio tereny w których mogą wystąpić uszkodzenia budynków (szkody górnicze).

W rejonie Katowice, analizowano dane z satelity ALOS i wyspecyfikowano 4 niecki spowodowane eksploatacją kopalni Wujek i 5 nieckę w polu Panewniki. Wykazano zgodność danych geodezyjnych z wartościami obniżenia jakie uzyskano po złożeniu interferogramów. Uzyskano obszary gdzie wystąpiły obniżenia, których nie mierzono metodami geodezyjnymi. Podobne wnioski dotyczą rejonu Bytom, a szczególnie zachodnich części jego dzielnic Miechowice i Karb, rys. 6.5.g.

Rozdział 7 jest trzecim zasadniczym pracy, w którym Autorka podjęła próbę kompleksowej oceny pomierzonych przy pomocy technologii InSAR przemieszczeń pionowych. W rozdziale tym wykonano kompleksową analizę łączącą obrazy rastrowe z wartościami niewielkich obniżenia. Była to droga do wykonania map w dwu etapach:

Etap I - połączenie informacji z rastrowej w formie punktowej i przyporządkowanie punktowi zbioru danych PS.

Etap II – interpolacja zbioru danych punktowych kolejno dwoma metodami Simple Krigingu i symulacji Gaussa.

Wykorzystując tą procedurę w **podrozdziale 7.1** przedstawiono mapy obniżenia dla obszarów Katowice i Bytom.

Recenzentowi bliski jest rejon Bytomia (dysponuje wynikami pomiarów obniżenia i odkształceń poziomych z tego rejonu). Uzyskane wynikowe mapy za okres 05.07.2011-21.06.2012r. mają związek przyczynowy z eksploatacją (od zachodu) ściany 18a w pokładzie 510 w. (dzielnica Miechowice), ściany 4 w pokładzie 503 oraz końcówki ściany 1 w górnej warstwie pokładu 504 (dzielnica Karb).

Podrozdział 7.2 zawierają próbę analizy obniżenia w kontekście uwarunkowań geologicznych, konkretnie strefy uskoku Kłodnickiego, z której nie wynikają istotne wnioski o charakterze poznawczym lub utylitarnym. Wnioski wynikające z analizy frontów eksploatacyjnych i pomierzonych obniżenia (podrozdział 7.3) są oczywiste, potwierdzają już znaną wiedzę z zakresu tzw. niecek nieustalonych². **Podrozdział 7.4** zawiera próbę powiązania pomierzonych obniżenia (a dokładniej nachyleń) z uszkodzeniem budynków na przykładzie budynków dzielnicy Miechowice. Ocena zastosowania w praktyce proponowanej metody wymaga dalszych badań. W praktyce do oceny zagrożenia budynków stosuje się dwa inne wskaźniki odkształcenie poziome i krzywiznę pionową. Natomiast obrót jest wykorzystywany do kwalifikacji budynków do rektyfikacji – pionowania.

Rozdział 8 wnioski, zawierają stwierdzenia z analiz i wyników zawartych we wcześniejszych rozdziałach oraz że zastosowane przetworzenie danych InSAR i ich

² Kowalski A. 2007. Nieustalone górnicze deformacje powierzchni w aspekcie dokładności prognoz. Prace Naukowe GIGnr 871. Główny Instytut Górnictwa. Katowice

kompleksowa analiza przy zastosowaniu metody geostatystycznych umożliwia dokumentowanie zmian obniżeń powierzchni terenu górniczego i pogórniczego.

3. Uwagi do opiniowanej rozprawy

Tematyka podjęta przez Autorkę i zakres pracy pozwolił Jej wykazać się wiedzą, jaką uzyskała w zakresie badań obniżeń powierzchni, zwłaszcza przy zastosowaniu techniki InSAR.

Dobór literatury jest subiektywny, dominują pozycje zakresu geologii i interferometrii. 27 pozycji, co stanowi 34% tej literatury zagraniczna. Odczuwam niedosyt, dotyczący braku pozycji literatury o badaniach InSAR ze środowiska AGH i KGHMu³.

W zakresie klasycznych szkód górniczych dobór literatury nie jest najlepszy, na przykład pisze „(...) osiadania górnicze na terenie GZW były obiektem badań (Borecki 1980), (Kwiatkiewicz 1997), (Paleczek 2009) i (Konopko 2010), co budzi u recenzenta dyskomfort. Brakuje nazwisk Witolda Budryka, Stanisława Knothego, a ze współczesnych badaczy np.: Jana Białka, Bernarda Drzęzli, Piotra Strzałkowskiego i Jana Zycha – z Politechniki Śląskiej, czy: Ryszarda Hejmanowskiego, Janusza Ostrowskiego, Edwarda Popiołka czy Wiesława Piwowarskiego z Akademii Górniczo-Hutniczej, a także Mariana Kawuloka z Instytutu Techniki Budowlanej. Proszę o ustosunkowanie się do uwag dotyczących braku w. w. literatury.

Autorka utożsamia osiadania z deformacjami, a tak nie jest. Deformacje to zniekształcenia, które ilościowo są opisywane przemieszczeniami pionowymi (obniżeniami) i poziomymi oraz ich pochodnymi – nachyleniami, krzywiznami oraz odkształceniami poziomymi. Przez geodetów górniczych przemieszczenia pionowe są nazywane obniżeniami, osiadania wiąże się z przemieszczeniem pionowym budynku pod wpływem jego ciężaru, albo dodatkowe osiadania na skutek tzw. rozpełzania (odkształceń poziomych o charakterze rozciągania).

Rozdział 2 w przypadku publikacji wymaga nowego opracowania, zawiera dużo szczegółów, jednak nie daje pełnego, a jednocześnie ogólnego obrazu opisu Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego.

Niektóre rysunki są nieczytelne, np. 2.3 i 2.4.

W odniesieniu do radarogramów pozyskiwanych z satelitów Sentinel i technologii DInSAR proszę podać, jakie są jej dokładności określania obniżeń, na przykład w stosunku do wyników klasycznej niwelacji technicznej i jakie są ograniczenia w jej stosowaniu w terenie?

Uwaga do rozdziału 7.4. Doktorantka ma prawo poszukiwać nowych metod oceny zagrożenia powierzchni, zwłaszcza, że wykorzystuje do tego celu zalecenia Eurocodu 7. Jednak, należałoby nawiązać do polskiej praktyki, polskiej szkoły oceny zagrożenia budynków deformacjami górniczymi, w tym zakresie polskie doświadczenia są bogate. W 2000r. zostały wydane *Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej*

³ Sopata P., 2007: Wykorzystanie Satelitarnej Interferometrii Radarowej InSAR w badaniach i prognozowaniu pogórnich zmian powierzchni terenu. AGH. Kraków (praca doktorska)

Popiołek E., Sopata P., 2008: Możliwości wykorzystania metody InSAR w monitoringu zagrożenia terenów górniczych. VII Konferencja Naukowo-Techniczna. Ochrona Środowiska na Terenach Górniczych. Szczyrk. 4-6.06.2008

Popiołek E., 2009: Ochrona Terenów Górniczych. Wydawnictwa AGH. Kraków

Popiołek E. i inni., 2002: Zastosowanie interferometrii radarowej do wielkopowierzchniowych pomiarów odkształceń pionowych terenów górniczych LGOM w celu ograniczenia klasycznych pomiarów deformacji. AGH. Kraków. Praca naukowa na zlecenie KGHM Polska Miedź

Popiołek E. i inni., 2008: Analiza przemieszczeń pionowych terenów górniczych kopalń KGHM Polska Miedź S.A. z wykorzystaniem techniki interferometrii satelitarnej. AGH. Kraków. Praca naukowa na zlecenie KGHM Polska Miedź

z uwagi na ochronę obiektów budowlanych, przez GIG, które zostały przez Komisję do spraw Ochrony Powierzchni przy Wyższym Urzędzie Górniczym pozytywnie zaopiniowane i zalecone do stosowania w polskim górnictwie podziemnym. Czy Doktorantce znana jest polska klasyfikacja terenów górniczych (zagrożeń dla budynków)?

4. Ocena rozprawy

Oceniając rozprawę doktorską, recenzent powinien odpowiedzieć na pytanie czy spełnione zostały wymogi ustawy dotyczącej rozwiązania problemu naukowego oraz wykazać, czy Doktorantka posiada wiedzę teoretyczną w odpowiedniej dyscyplinie naukowej i umiejętności samodzielnego prowadzenia przez Nią pracy naukowej?

Problemem naukowym, który rozwiązywała Doktorantka jest opis obniżeń górniczych poprzez wykorzystanie obserwacji geodezyjnych oraz ich modelowanie przy pomocy technologii InSAR.

Z przeprowadzonej przez Doktorantkę analizy stanu wiedzy i prowadzonych badań w rozprawie mogę stwierdzić, że posiada Ona niezbędną wiedzę i umiejętności do samodzielnego prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska, a w szczególności w obszarze monitorowania wpływów podziemnej eksploatacji górniczej na powierzchnię.

Doktorantka przedstawiła w rozprawie doktorskiej rozwiązanie problemu naukowego, w sposób zgodny ze współczesną wiedzą i możliwościami technicznymi prowadzenia badań. Wykazała znajomość problematyki monitorowania deformacji na terenach górniczych i umiejętności rozwiązywania problemów badawczych, przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii INSAR oraz obróbki danych przy zastosowaniu geostatystyki. Przedstawiona rozprawa doktorska spełnia wymagania ustawowe.

W zakończeniu podjąłem próbę punktowej oceny rozprawy, przyjmując subiektywnie pewne kryteria, w skali ocen od 1-2, którą przedstawiłem w tabeli zamieszczonej poniżej, oraz ocenę wynikową w skali 1-5.

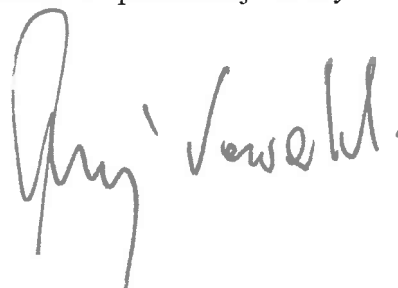
Uwzględniając 14 kryteriów, oraz przyjmując, że wysokiej ocenie- odpowiadają 2 punkty, ocenie średniej 1 punkt, to praca uzyskała 22 punktów na możliwe 28, co odpowiada w przeliczeniu ocenie 4 przy maksymalnej 5 (ocena 5 – dotyczy pracy wybitnej).

Kryterium oceny	wysoka	średnia
Wkład doktoranta w rozwój uprawianej dyscypliny naukowej		1
Czy jest coś nowego i oryginalnego w pracy, co jest twórcze?	2	
Jak głęboko został ujęty problem i jaki jest jego zakres	2	
Dobór literatury dla tematu pracy		1
Poprawność zbierania i opracowania materiałów	2	
Dobór metod badań	2	
Poprawność wnioskowania		1
Czy temat został wyczerpany?	2	
Czy autor nawiązuje do dotychczasowych osiągnięć w danej dziedzinie		1
Czy zostały przyjęte poprawnie założenia w nawiązaniu do stanu wiedzy?		1
Możliwości wykorzystania pracy w nauce i praktyce	2	
Umiejętność doboru graficznych i statystycznych technik zastosowanych w pracy	2	
Oznaczenia i zapis wzorów	2	
Strona graficzna pracy		1
Suma punktów	16	6

4. Wnioski

Po szczegółowej analizie rozprawy doktorskiej mgr Marii Przyłuckiej na temat „*Geostatystyczna analiza uwarunkowań osiadań terenu zidentyfikowanych przy pomocy interferometrii satelitarnej na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego*” stwierdzam, że rozprawa stanowi rozwiązanie przez Doktorantkę zagadnienia naukowego i wykazuje Jej wiedzę w zakresie będącym przedmiotem rozprawy.

Rozprawa ta spełnia wymagania Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14.03.2003 r., (Dz.U nr 65, poz 595 z późniejszymi zmianami oraz, że rozprawę można dopuścić do publicznej obrony.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "Prof. Siewek". The signature is stylized with a large, looping initial 'P' and a long, sweeping horizontal stroke.