

Em. prof. zw. dr hab. inż. Joanna Pinińska
Uniwersytet Warszawski
Zakład Geomechaniki

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Jarosława Kosa
p.t.

"Stateczność stoków osuwiskowych w oparciu o właściwości fizyczno-mechaniczne skał i gruntów oraz pomiary inklinometryczne"

Niniejsza recenzję sporządzono na podstawie decyzji Rady Naukowej
Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego,
w ślad za otrzymanym odnośnym pismem Dyrektora PIG-PIB
z dnia 10.05.2019 r.

Wprowadzenie

Rozprawa doktorska mgr inż. Jarosława Kosa jest rezultatem wielu lat badań i doświadczeń projektowych Autora, poświęconych przeciwdziałaniu zjawiskom osuwiskowym na Fliszu Karpackim, wywoływanych działalnością antropogeniczną.

Bezpośrednim celem pracy jest *„charakterystyka stateczności zboczy w warunkach złożonej budowy geologicznej fliszu karpackiego ze szczególnym ukierunkowaniem na poszukiwanie optymalnej metody ustalania geometrii powierzchni poślizgu przemieszczającej się po zboczu masy gruntowej”*.

Realizację tego celu Doktorant przeprowadza na podstawie analizy ponad 100 opracowań geologiczno-inżynierskich na obszarze Karpat Zewnętrznych, Zapadliska Przedkarpackiego oraz Niecki Miechowskiej, wykonanych przez Przedsiębiorstwo Geologiczne w Krakowie. Z pośród tych obfitych materiałów wybiera przykładowe dziewięć charakterystycznych zdarzeń katastroficznego naruszenia stateczności zboczy, które poddaje kompleksowej analizie kartograficznej, długoterminowym badaniom polowym, nawiązuje do niejednorodności parametrów geotechnicznych gruntów koluwalnych, a po akwizycji i opracowaniu wyników badań terenowych i laboratoryjnych, całość uzyskanych danych poddaje analizie numerycznej pod względem warunków stanu równowagi mas ziemnych na tle zróżnicowania regionalnego.

Tekst rozprawy wraz z literaturą, spisem wykorzystanych norm oraz streszczeniami w języku polskim i angielskim liczy 156 stron. Literatura

przedmiotu, zawiera 169 pozycji. Tekst uzupełniony jest osobnym tomem załączników o objętości około 192 stron (nienumerowanych).

Załączniki dokumentują przeprowadzone przez Autora numeryczne analizy stateczności zboczy oraz współczynników bezpieczeństwa w wybranych przez Autora lokalizacjach. Dla poszczególnych lokalizacji rozważane są liczne warianty porównawcze różniące się metodami obliczeń, sposobem parametryzacji cech gruntów oraz geometrią powierzchni poślizgu.

Tekst rozprawy podzielony jest na 6 podstawowych rozdziałów obejmujących *Wstęp* (1), *Metodykę badań* (2), *Charakterystykę obszaru badań i uwarunkowania geologiczne ruchów masowych w Polsce Południowej* (3), *Charakterystykę wybranych osuwisk* (4), *Wyniki badań laboratoryjnych i pomiarów inklinometrycznych w obliczeniach stateczności* (5). Całość rozprawy opatrzona jest *Wnioskami* (6).

W tekście wydzielić można część ogólną, na którą składają się pierwsze trzy rozdziały: wstęp, uwagi ogólne z wprowadzeniem i metodyką prac terenowych, wprowadzenie w budowę geologiczną rejonu badań wraz z zarysem litologii osadów w wybranych lokalizacjach, omówienie warunków hydrogeologicznych oraz historia badań procesów osuwiskowych w Karpatach.

W części tej przedstawiona jest zatem droga badawcza Autora prowadząca do założonego celu, obejmująca wybór i charakterystykę terenową wybranych obszarów osuwiskowych oraz stosowane metody laboratoryjne i polowe wraz z instrumentacją. Część ta liczy 36 stron.

Część druga, obejmująca rozdziały 4 i 5 oraz wnioski, poświęcona jest głównemu wątkowi pracy, a więc autorskiej analizie geologiczno-inżynierskiej przebiegu procesów osuwiskowych w wybranych dziewięciu lokalizacjach oraz analizie porównawczej i dyskusji nad skutecznością ocen stateczności zboczy na drodze stosowania uproszczonych parametrów normowych oraz na drodze rzeczywistych pomiarów polowych i badań laboratoryjnych.

Część ta liczy 89 stron i stanowi cenny, **własny**, szczegółowo udokumentowany **wkład Autora** w poznanie procesów **rzeczywistego** przebiegu **przemieszczania się mas ziemnych** w wybranych, podatnych na procesy osuwiskowe **osadach fliszowych**.

Analiza realizacji celu rozprawy

Rozległy temat podatności osuwiskowej osadów fliszowych, podejmowany przez wielu autorów i rejestrowany przez wiele historycznych wydarzeń katastroficznych, Doktorant analizuje w świetle współczesnej wiedzy, skupiając się na niezmiernie istotnym elemencie jakim jest znajomość dynamiki przemieszczeń osuwiskowych mas ziemnych oparta na rzeczywistych obserwacjach i pomiarach polowych z zastosowaniem inklinometrów.

Jest to metodyka istotna dla optymalizacji całego procesu dokumentowania geologiczno-inżynierskiego, gdyż badania polowe

umożliwiają monitorowanie zmiennego pola odkształceń masy osuwiskowej, wyznaczenie ich wartości krytycznych i docelowo mogą stać się narzędziem ostrzegania przed nadchodzącą katastrofą. Są także cennym materiałem do prognozowania warunków geologiczno-inżynierskich metodami analogii na terenach sąsiednich.

Zgodnie z klasyczną „Metodologią projektowania w inżynierii skalnej” Z.T. Bieniawskiego (1992) są to niezbędne środki do spełnienia jednej z sześciu zalecanych przez Niego zasad poprawnego projektowania, jakim jest ograniczenie do „*minimum niepewności geologicznej*”.

Podjęta przez Doktoranta problematyka zmierza w tym kierunku, tak pod względem naukowych aspektów poznawczych co do charakteru regionalnych uwarunkowań geologicznych generujących lokalne procesy osuwiskowe jak i metodycznych, określających niezbędne projektowe minima badawcze zapewniające wiarygodne stosowanie metod obliczeniowych.

Zamierzone cele, Autor realizuje posługując się przykładami wybranych autorsko, dużych zagrożeń osuwiskowych, położonych w odmiennych jednostkach strukturalnych fliszu karpackiego: płaszczowiny magurskiej, śląskiej, podśląskiej, grybowskiej oraz niecki miechowskiej i zapadliska przedkarpackiego. Są to udokumentowane, aktywne obszary osuwiskowe, na których naruszenie stateczności miało charakter antropogeniczny związany z inżynierskimi obiektami drogowymi, kolejowymi, budynkami mieszkalnymi lub niedostatecznie zagłębionymi murami oporowymi.

Jako wiodącą metodę badawczą Doktorant wybrał szczegółowo zaplanowane badania otworowe z zastosowaniem inklinometrów, dzięki którym monitorował dynamikę przemieszczeń mas koluwalnych w profilu pionowym i poziomym osuwiska. Uzyskane dane wskazują jak łatwo naruszona może być do znacznych głębokości graniczna równowaga zbocza, nawet przy niewielkiej aktywności budowlanej lub po opadach.

Przy współczesnej, wysokiej przydatności do wyznaczania obszarów osuwiskowych zdalnych technik kartograficznych takich jak zdjęcia lotnicze, interferometria radarowa a szczególnie lidar, jest relatywnie łatwo ustalić zasięgi obszarów zagrożonych procesem osuwiskowym. Są to jednak obserwacje dotyczące zjawisk powierzchniowych. Dla praktyki budowlanej ingerującej z natury w głębsze partie podłoża, istotną rolę odgrywa zasięg głębokościowy przemieszczeń, charakter powierzchni poślizgu po której te przemieszczenia następują i ich zróżnicowana prędkość w zależności od położenia obiektu w masie osuwiskowej, w tym również przejawy pełzania.

Tak podczas realizacji obiektu jak i podczas jego eksploatacji procesy te można łatwo uaktywnić jak również mając właściwe informacje skutecznie modyfikować. Stąd Autor słusznie przywiązuje w swych rozważaniach tak wielką wagę do właściwego, terenowego rozpoznania struktury wgłębnej

osuwiska a w szczególności do wyznaczenia jego rzeczywistej powierzchni poślizgu.

Dobór tematyki badawczej jest więc zasadny i przydatny tak dla celów poznawczych jak i praktycznych, a przykłady na których Doktorant prowadzi ukierunkowane analizy są dobrane właściwie.

Zebrawszy odpowiednie dane terenowe i laboratoryjne, Doktorant realizuje swój cel badawczy i wartościuje wiarygodność współczynnika bezpieczeństwa zboczy uzyskiwanego przy zastosowaniu kompleksowych obserwacji terenowych z zastosowaniem pomiarów inklinometrycznych oraz na podstawie pośrednich metod obliczeniowych i parametrów normowych, gdzie jako przykład wykorzystuje normę PN –B 03020 wraz z podziałem gruntów na A, B, C, D.

Z punktu widzenia współczesnego dokumentowania geologiczno-inżynierskiego i geotechnicznego związanego z zaleceniami Eurokodu 7, wydaje się to zbyt wsteczne. Zważywszy jednak, że Doktorant jest doświadczonym, czynnym praktykiem trzeba zdawać sobie sprawę, że do chwili obecnej w większości dokumentacji ta właśnie norma jest niestety powszechnie stosowana. Wyrażne wskazanie przez Doktoranta jej uproszczeń, niedokładności oraz całkowitego niedostosowania do opisu osadów fliszowych jest więc bardzo istotne.

Winą Doktoranta jest jednak brak szerszego omówienia tego problemu już na początku pracy i konsekwentnego kontynuowania tego wątku w tekście z wyraźnym negowaniem przydatności tej polskiej (starej) normy. Już nawet przedstawione w pracy przykłady uaktywniania się starych osuwisk oraz niedostatecznego zagłębienia zapobiegawczych murów oporowych są bowiem jednoznacznym dowodem jej niedoskonałości.

Kluczowym dla rozprawy, jest jej rozdział 5 pt. „*Wyniki badań laboratoryjnych i pomiarów inklinometrycznych w obliczeniach stateczności*”.

Doktorant prezentuje w nim uzyskane na podstawie szczegółowej terenowej analizy charakterystyki geologiczno-inżynierskie poszczególnych osuwisk, geometrię powierzchni poślizgu oraz przedstawia autorskie modele obliczeniowe, które porównuje z modelami wynikającymi z przyjęcia uproszczonych danych parametrycznych.

Każdy z przykładów opatrzony jest szczegółową mapą geologiczno-inżynierską oraz przekrojem z wydzieleniem warstw geologiczno-inżynierskich.

Zastrzeżenia budzą jednak tak niewyjaśnione metody doboru (opisu?) warstw jak i sposób przyporządkowania im parametrów. Z tekstu wynika, że Autor boryka się z tym problemem, gdyż już we wstępie zastrzega, że „*zmienność koluwiów jest trudna do zidentyfikowana* oraz „*upoważnia do przyjęcia założenia, że utwory koluwalne stanowią w przekrojach obliczeniowych masyw jednorodny*” (str.9) . Dalej w podrozdziale 5.1 stwierdza

słusznie, że *”osuwiska fliszu karpackiego wykazują cechy profilu zwietrzelinowego”* oraz wspomina o *„właściwej interpretacji podłoża”* skalnego i zastrzega: *„Wraz z głębokością zostały udokumentowane utwory skalne, które w warstwie przypowierzchniowej są spękane, rozsypliwe, a następnie przechodzą w koluwalne pakiety skalne.”* (str.90). Dochodzi też do oczywistego wniosku, że *„ważną rzeczą jest szczegółowa ocena skał i pakietów skalnych”*. Nie realizuje jednak tego zamierzenia, podobnie jak nie interpretuje relacji upadów litego podłoża do warstw wydzielonych w masie koluwalnej.

Problemom tym Autor winien poświęcić więcej uwagi, szczególnie że ocena niejednorodności i zmienności mas koluwalnych tak jak i zmienności zwietrzelin w profilu pionowym (przejście od skały nienaruszonej, poprzez mieszanie fragmentów gruzowych w typową zwietrzelinę gliniastą), jest nie tylko w warunkach fliszowych problemem powszechnym.

Posiadając odpowiednie dane terenowe, Autor powinien bardziej zdecydowanie wyrazić swe poglądy lub posłużyć wybraną dowolną klasyfikacją stanu rozdrobnienia masywu skalnego lub analogia do opisu stref profilu wietrzeniowego o różnym stopniu zgruzowania lub zasadami oceny stopnia zwietrzenia z normy PN-EN-ISO 14689-1 lub nawiązać do norm PN-EN-ISO 14688-1 oraz 2 (na wszystkie powołuje się w spisie norm), w których terminologia geotechnicznego nazewnictwa skał i gruntów jest zidentyfikowana. Przy posiadanym zasobie rozpoznania terenowego mógł także utworzyć jednolite wydzielania (opisy) własne.

Zamiast tego wydziela (rozdziela) warstwy geologiczno-inżynierskie na podstawie bardzo ogólnych kryteriów (geneza i parametry wytrzymałościowe ?) i opisuje je w *„dokumentacyjny”*, niespójny dla analizowanych obszarów sposób, trudny do ich porównania. W konsekwencji np. w tab. 3 w można spotkać warstwę gruntową IIa opisaną : *„pył, pył z iłem, ił z pyłem i piaskiem, ił z pyłem, ił”*. Wg. jakiej normy lub klasyfikacji to wydzielenie ?

Niedopowiedzianą sprawą jest także metoda ustalenia parametrów (charakterystycznych, bliżej nie zdefiniowanych) w tak wielo-składnikowych warstwach. Co znaczą zwroty *”poprzez znaczną ilość wydzielonych warstw geologiczno-inżynierskich dla poszczególnych osuwisk dokonywano uśrednienia wartości parametrów gruntowych i skalnych”* lub ustalono je *„metodami statystycznymi”*. Jakie są liczebności danych, przedziały wartości oraz zmienność. Niekonsekwentne jest także wyjaśnienie u góry str. 126 *„zastosowano celowo wysokie parametry wytrzymałościowe jak dla skał”*?

Autor zapewne zdaje sobie sprawę z tych niedociągnięć gdyż przy przyporządkowaniu wybranym warstwom parametrów geotechnicznych zastrzega, że koluwia *„w części powierzchniowej”* budują utwory spoiste o różnej konsystencji, a ich stopień plastyczności może ulegać zmianie pod wpływem *„warunków hydrometeorologicznych (?)* i poświęca zagadnieniu zmiany konsystencji gruntów przy nawodnieniu, osobne rozważania.

Należy więc sądzić, że powyższe niejasności wynikają z braku odpowiednich autorskich komentarzy i braku szerszej dyskusji nad uzyskiwanymi wynikami badań, podczas gdy bezpośrednio badania terenowe na podstawie których „*każde osuwisko zostało rozpoznane powierzchniowo i wglębnie*” upoważniało Doktoranta (o czym wspomniano wcześniej), do większej odwagi w unifikacji opisów i własnej bardziej uniwersalnej klasyfikacji i interpretacji rodzajów gruntu budujących koluwia osuwiskowe.

Ciekawy materiał podstawowy stanowią natomiast obserwacje powierzchni poślizgu obserwowane na podstawie śladów ścięć widocznych na rdzeniach wiertniczych (szkoda, że w pracy nie zamieszczono odnośnej dokumentacji rdzeni, choćby przykładowej). Stanowią one nawiązanie do wiodącej problematyki dysertacji, dokumentowania rzeczywistych przemieszczeń mas ziemnych w całej masie koluwialnej, rejestrowanych w osi poprzecznej i podłużnej osuwiska przy zastosowaniu inklinometrów.

Na podstawie tych ostatnich, Autor ustala złożoną dynamikę procesu przemieszczeń zachodzących w poszczególnych partiach osuwiska: przyspieszanie oraz spowalnianie tego procesu lub nakładanie się i uaktywnianie kilku generacji przemieszczeń w rzeczywistych wartościach. Dane te zwizualizowane na diagramach i przekrojach geologicznych charakteryzują jednoznacznie złożoność procesu przemieszczania się koluwiów zwietrzelinowych na fliszu i wskazują na częstą, ich graniczną równowagę.

Przytoczone przez Autora konkretne dane stanowią bardzo cenny materiał poznawczy i winny być poddane dalszym szczegółowym analizom na tle zmienności profilu geologicznego zwietrzelin, prędkości przemieszczeń i ich zróżnicowania w kierunku poprzecznym i podłużnym. Znaczenie tych pomiarów dla celów praktyki inżynierskiej może być stale rozwijane i stosowane do wprowadzania odkształceniowych kryteriów równowagi granicznej zbcocy zagrożonych procesami osuwiskowymi.

Efektom dwutorowego podejścia Doktoranta do zagadnień oceny stateczności zbcocy jest kilkaset wariantowych obliczeń ich współczynnika bezpieczeństwa. Dane te wskazują jednoznacznie jak rozbieżne mogą być rezultaty oceny stateczności i jak zawyżone wartości ocen bezpieczeństwa uzyskiwane są na drodze uproszczeń, niewłaściwych metod obliczeniowych oraz stosowania parametrów normowych. Stąd syntezą pracy jest zaproponowany przez Doktoranta schemat postępowania przy projektowaniu i wykonywaniu badań geologiczno-inżynierskich na terenach osuwiskowych. Proponowane działania mają uogólniony charakter przeglądowy, jednakże z bardzo istotnym podkreśleniem roli wstępnych rozważań ekonomicznych, konieczności kartowania geologiczno-inżynierskiego zagrożonego rejonu inwestycji oraz szczegółowego przestrzennego rozpoznania otworowego z pomiarami inklinometrycznymi zasięgu mas koluwialnych. Wykazują

wyraźnie, że konsekwencją „oszczędności” w dokumentowaniu geologiczno-inżynierskim i ograniczaniu zakresu rozpoznania geologicznego są błędne decyzje, katastrofy inżynierskie i środowiskowe.

Podsumowując całość dysertacji, uważam że osiągnięcia naukowe Doktoranta są znaczące. Polegają na zgromadzeniu, przetworzeniu i interpretacji niezwykle bogatego, podstawowego materiału pomiarowego dotyczącego procesu przemieszczania się mas osuwiskowych w warunkach fliszowych, przedstawieniu własnej interpretacji przebiegu procesów osuwiskowych, w tym wykazanie zróżnicowania pola prędkości przemieszczeń oraz odkształceń mas osuwiskowych w wybranych rejonach badawczych.

Wątki pracy poruszają także problemy natury ogólnej, dotyczące wyboru optymalnych metod rozpoznania geologicznego tak aby stan „*geologicznej niepewności*”, towarzyszący każdej inwestycji na terenach osuwiskowych był ograniczany. Zaslugą doktoranta jest tu także przypomnienie, że właściwości skał i gruntów nie mogą być sposób prosty i jednoznaczny parametryzowane tabelarycznie (normowo) tak jak innych materiałów konstrukcyjnych w budownictwie, a całość warunków inżyniersko-geologicznych na fliszu karpackim, jak wykazuje Autor na tle analizy wydarzeń historycznych, ma nie tylko wymiar lokalny lecz zależy od specyfiki regionalnej oraz losowych zdarzeń klimatycznych i globalnych.

Niedopracowana jest natomiast strona redakcyjna rozprawy. Występuje w niej wiele usterek stylistycznych, skrótów myślowych i zwrotów kolokwialnych co utrudnia lub wypacza rozumienie intencji Autora.

Szczegółowe uwagi stylistyczne i redakcyjne, zaznaczone zostały w tekście pracy i wskazane Doktorantowi, a niejasności sformułowań, niespójności i niedopatrzenia merytoryczne i opisowe przedyskutowane i wyjaśnione w bezpośredniej rozmowie z Doktorantem. Należy sądzić, że zostaną one z łatwością uwzględnione przy przygotowaniu pracy lub jej fragmentów do druku.

Poniżej przedstawiono zatem główne problemy **niedociągnięć redakcyjnych**

- Brak nawiązania tekstu do ilustracji oraz załączników. Szczególnie brak komentarza do załączników, które „żyją odrębnym życiem”, a objaśnienia na zamieszczonych przekrojach są często niepełne i odmienne graficznie. Dane z załączników trudno weryfikować z tabelą 4 oraz zrozumieć podstawę wyłączenia z rozważań niektórych z 5 metod obliczeniowych.

- Wiele podstawowych opisów geologicznych robi wrażenie przekopiowanych „z dokumentacji” wskutek czego niektóre anonsonowane wątki jak np. RQD czy dane dotyczące opisu warstw lub niezgodności uwarstwienia podłoża w stosunku do koluwiów, nie są dalej podejmowane.

- Opisy osuwisk nie są ujednolicone pod względem treści i zawartości. Brak w nich odniesień do konfiguracji podłoża (w różny sposób zaznaczanego graficznie na przekrojach). Terminologia: osuwiska lub obszary lub łamana powierzchnia poślizgu są niejasne.

- Liczne są usterki gramatyczne i stylistyczne jak np. *”osuwiska leżały na różnych jednostkach tektonicznych i posiadały dane związane z monitoringiem wgłębnym.”* lub *„powierzchnia poślizgu była modelowana na podstawie danych z prac terenowych i badań laboratoryjnych”* lub *„osuwisko ma kierunek zbliżony do równoleżnikowego”*.

- W opisach gruntów, wydzieleniach warstw geologiczno-inżynierskich, tabelach i rycinach panuje chaos terminologiczny. Przykładowo: Ochojno (str.56): warstwa I: grunty sztuczne, warstwa II: czwartorzędowe grunty ilasto – pylaste w obrębie koluwium, warstwa III: iłołupki, łupki i piaskowce w obrębie koluwium (już bez wieku!), warstwa IV: utwory fliszowe? lub dalej Sadowie: warstwa II: koluwium –pył, pył z iłem, Ił z pyłem i piaskiem, Ił z pyłem. Co za mieszanina, skąd ta terminologia? W tabelach występują jeszcze inne opisy, których przykłady można mnożyć. W kontekście tych zróżnicowanych opisów nie wiadomo jak do warstw przypisywano parametry charakterystyczne lub jak zastosowano normę PN –B- 03020 .

- W tekście występują powtórzenia. Szczególnie w rozdziałach 3 oraz 4. Opisy podobnych lokalizacji w rozdziałach wstępnych nie zawsze nie są adekwatne do opisów szczegółowych w następnych rozdziałach.

-Wnioski wymagają skrócenia do bardziej klarownej formy

Uwagi końcowe

Rozprawa mgr. Jarosława Kosa jest samodzielnym dorobkiem naukowym Doktoranta z zakresu dyscypliny geologia, w dziedzinie nauk o Ziemi i stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Doktorant zaprezentował w niej znajomość dotychczasowego stanu wiedzy oraz realizację zamierzonego celu badawczego. Udokumentowanie przewodniej tezy pracy poparł wyczerpującymi obliczeniami numerycznymi.

Dysertacja świadczy o doświadczeniu Doktoranta w pracy terenowej, umiejętności doboru warsztatu badawczego oraz samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych.

Zgodnie z Ustawą z dnia 14 marca 2003 o stopniach i tytule naukowym, wnoszę zatem o przyjęcie opiniowanej rozprawy i dopuszczenie mgr. Jarosława Kosa do dalszego toku postępowania.

Warszawa, 23 lipca 2019 r.

