

dr hab. inż. Henryk Kleta, prof. PŚ
Wydział Górnictwa i Geologii
Politechnika Śląska w Gliwicach
ul. Akademicka 2a
43-100 Gliwice

RECENZJA

pracy doktorskiej **mgr inż. Pawła Kamińskiego**

p.t.

Konstrukcja obudowy szybowej i sposób regulacji obciążenia na odcinkach przechodzących przez górotwór solny

Recenzję niniejszej pracy wykonano na zlecenie Dziekana Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii AGH, w Krakowie w wykonaniu uchwały Rady Wydziału z dn. 5 lipca 2018 r. stosownie do wymagań Ustawy¹ (art. 13 ustęp 1).

1. Wprowadzenie

Górnictwo rud miedzi w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym (LGOM) posiada duże znaczenie dla polskiej gospodarki, a region Legnicy, Lubina i Głogowa jest jednym z najlepiej rozwiniętych w skali całego kraju.

¹ [Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki](#) (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami wprowadzone ustawą z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (Dz. U. Nr 84, poz. 455), w brzmieniu obowiązującym od dnia 1 października 2011r.

Charakterystyczne dla tego regionu zaleganie złoża rud miedzi na stosunkowo dużej głębokości zapadającego w kierunku północnym, z nadkładem kenozoicznym charakteryzującym się dużym zawodnieniem i stosunkowo małą wytrzymałością mechaniczną skał, wymaga stosowania specjalnych metod górniczych przy budowie wyrobisk udostępniających. Szczególnie trudnym zagadnieniem jest budowa, a następnie utrzymanie i bezpieczne użytkowanie wyrobisk szybowych. Nowo głębiane szyby w Legnicko-Głogowskim Okręgu Miedziowym przechodzą przez warstwy solne o grubości przekraczającej nawet 150 m zalegające na głębokości ok. 1000 m, warstwy te charakteryzują się zróżnicowanymi własnościami fizyko-mechanicznymi i reologicznymi, co powoduje duże zagrożenie obudowy szybu wynikające z działania ciśnienia deformacyjnego. Reologiczny charakter odkształceń górotworu solnego powoduje specyficzne warunki pracy obudowy wyrobisk górniczych usytuowanych w tych utworach. Zależność reologicznych własności soli od wielkości pierwotnych naprężeń w górotworze w górotworze różnicuje proces pełzania odsłoniętych ociosów. Dotyczy to w szczególności sposobu szybów przechodzących przez grube warstwy soli zalegającej na dużych głębokościach, na których pierwotne ciśnienia pionowe przekraczają wytrzymałość soli na ściskanie.

Na małych głębokościach można nawet zrezygnować z obudowy szybu, osadzając jego wyposażenie bezpośrednio w soli. Przemieszczanie się ociosów solnych w kierunku wybranej przestrzeni przebiega na niewielkich głębokościach bardzo powoli, czemu towarzyszy łagodny proces zagłębiania się końcówek dźwigarów szybowych w sól. Przy małych średnicach takich nieobudowanych szybów nie obserwuje się wybaczania dźwigarów ściskanych osiowo skutkiem wrastania ich końcówek w ociosy solne. Odsłonięte ociosy solne, przemieszczając się w kierunku środka szybu, opływają takie punktowe ograniczenia. Przy braku obudowy szybowej w górotworze solnym, o warunkach użytkowania szybu decyduje prędkość pełzania ociosów. Prędkość pełzania w decydującym stopniu zależy od głębokości danego miejsca szybu i związanej z nią wartością pierwotnych naprężeń w górotworze solnym. Na głębokościach większych należy oczekiwać znacznego przyspieszenia pełzania odsłoniętych ociosów solnych. Pozostawienie odsłoniętych ociosów bez obudowy jest w takich warunkach możliwe jedynie na pewien czas, znacznie krótszy od wymaganego okresu funkcjonowania szybu.

Termin wyczerpania możliwości funkcjonowania szybu, skutkiem postępującego pełzania ociosów, można odsunąć w czasie jedynie przez odpowiednie powiększenie w warstwie soli średnicy głębiego szybu. Przy dużej prędkości pełzania ociosów nawet kilkumetrowe powiększenie średnicy szybu nie gwarantuje utrzymania wymaganych minimalnych odstępów ruchowych. Zaciskanie ociosów solnych stwarza ponadto olbrzymie trudności przy permanentnych rektyfikacjach mocowań wyposażenia szybowego. Wykonanie stabilnej obudowy ostatecznej staje się w takich warunkach nieuniknione, a główną rolę zaczynają pełnić trudności przy doborze takiej obudowy.

2. Treść i zakres pracy doktorskiej

Praca stanowi oryginalne, samodzielne opracowanie liczące 149 stron tekstu, zawiera 132 rysunków i wykresów oraz 11 tabel zamieszczonych w tekście. W rozprawie autor zacytował 83 pozycji literatury związanych z tematyką badań.

Wyniki przeprowadzonych badań oraz studiów literaturowych zostały przedstawione w 9 rozdziałach. Na początku pracy w wprowadzeniu zostały sprecyzowane cele badań oraz teza pracy. Rozdziały od 2 do 4 zawierają syntetyczną charakterystykę budowy geologicznej masywu solnego z rejonu LGOM.

W rozdziale 5 przedstawiono koncepcję obudowy szybu umożliwiającej poprzez okresowe ługowanie calizny solnej z za obudową, dla uzyskania wg tezy pracy efektu zmniejszenia ciśnienia deformacyjnego.

W rozdziale 6 autor zamieścił szczegółowy opis stanowiska badawczego, za pomocą którego przeprowadził badania laboratoryjne procesu ługowania bloku solnego i symulacji zmian obciążenia płyty stanowiącej rodzaj obudowy szybu.

Głównymi rozdziałami, w których przedstawione i omówione zostały wyniki badań to rozdział 7 i rozdział 8. Podsumowanie i wnioski zebrane są w rozdziale 9, po którym zamieszczono spis literatury.

Treść pracy:

Rozdział 1. Wprowadzenie

Autor przedstawił uzasadnienie celowości opracowania nowej konstrukcji obudowy szybowej dla odcinka górotworu solnego na dużej głębokości, zapewniającej możliwość regulacji tzw. ciśnienia deformacyjnego. Podaje, że warunkiem zachowania stateczności szybu na odcinku górotworu solnego jest odpowiednie podparcie ociosu solnego z możliwością jego ługowania, co pozwoli obniżyć nacisk górotworu na obudowę.

Jednocześnie, autor wskazuje na zagadnienia, które powinny być przedmiotem badań dla efektywnego wdrożenia ługowania ociosu solnego zapewniającego uzyskanie efektu obniżenia nacisku górotworu na obudowę szybu.

W podrozdz. 1.1 autor, podkreśla, że upodatkowanie obudowy wyrobiska górniczego pozwala na zwiększenie nośności obudowy i gwarantuje jej stateczność i trwałość.

W podrozdz.1.2. autor przedstawił tezę i cel pracy, wskazując , że zastosowanie w obudowie szybu strefy porowatej, która pozwoli na okresowe wprowadzenie do niej wody słodkiej ługującej ocios solny zapewni długotrwałą eksploatację rury szybowej bez konieczności kosztownych przebudów przy zachowaniu stałości jej geometrii. Równocześnie formułuje cele dysertacji takie jak: analizę konwergencji ociosów solnych w szybach w świetle literatury, przeprowadzenie badań ługowania do celów ograniczenia ciśnień deformacyjnych na obudowę i opracowanie konstrukcji obudowy szybu, która ma umożliwić uniknięcia dużych ciśnień deformacyjnych na obudowę na odcinkach górotworu solnego.

Rozdział 2. Zarys budowy geologicznej masywu solnego w warunkach monokliny przedsudeckiej

Rozdział charakteryzuje budowę geologiczną monokliny przedsudeckiej ze szczególnym uwzględnieniem występowania utworów solnych. Ta charakterystyka prowadzi w pkt. 2.2. do opisu właściwości geomechanicznych soli kamiennej, zwracając szczególną uwagę na zróżnicowane właściwości fizyko-mechaniczne utworów solnych w zależności od genezy ich powstania oraz ciśnienia i temperatury

jakie towarzyszyły ich powstaniu. Autor wyraźnie zaznacza, że różnice właściwości występują nawet dla tych samych wiekowo formacji geologicznych, nawet pochodzących z nieodległych od siebie lokalizacji.

W świetle zwięźle podanych informacji o własnościach reologicznych skały solnej, autor wnioskuje za danymi literaturowymi, że może występować nadmierne obciążenie obudowy szybów w takim górotworze i w efekcie konieczność wykonywania okresowych przebudów obudowy szybowej. Wskazuje, że cyt. „.... konieczne jest zatem takie zaprojektowanie obudowy, aby pełznąca skała solna została usunięta ze światła szybu”.

Rozdział 3. Konwergencja ociosów wyrobiska wykonanego w soli kamiennej w warunkach zagłębia LGOM

Autor przedstawia opis zjawiska pełzania soli, co jego zdaniem powinno być podstawą oszacowania teoretycznego wielkości przemieszczeń ociosu solnego szybu w długim przedziale czasu. W tym celu przedstawia tzw. wyidealizowaną krzywą pełzania, przechodząc do szczegółowego przeglądu literaturowego modeli pełzania soli, poczynając od modeli Maxwella, Kelvina-Voigta i Burgersa, przechodząc do bardziej skomplikowanych modeli reologicznych, uwzględniających m.in. występowanie zmian naprężeń i temperatury oraz mikromechanizmów pełzania. Na podstawie analizy literatury autor formułuje wniosek, że prognozy wielkości konwergencji wyrobiska wykonanego w utworach solnych w wyniku pełzania charakteryzują się znacznym rozrzutem (tabela 3.3.)

Istotnym dla pracy jest pkt. 3.2. (*Wyniki badań pełzania soli przeprowadzonych w rejonie monokliny przedsudeckiej*), w którym autor przedstawił na podstawie literatury i wyników badań m.in. Ośrodka Badawczo-Rozwojowego CHEMKOP w Krakowie i literatury, wielkości konwergencji wyrobisk szybowych wykonanych w utworach solnych w warunkach LGOM. Autor podaje, że średnia konwergencja w szybie SW-4 wynosiła od ok. 0,63 mm/na dobę do 1,62 mm/na dobę, co daje zaciskanie szybu SW-4 w ciągu roku od ok. 0,23 m do ok. 0,59 m.

Równocześnie autor zwraca uwagę na intensywność konwergencji w wyniku pełzania ociosów solnych w szybie, która w pierwszym roku (faza intensywnej

konwergencji) wynosiła 0,25 m, a następnie w kolejnych latach spadała do ok. 0,04-0,07 m/rok.

Jak z powyższego wynika wielkości konwergencji ociosów solnych w szybach LGOM powodują niezwykle trudne warunki deformacyjne dla współpracy obudowy szybu z górotworem.

Rozdział 4. Przegląd obudów szybowych stosowanych w górotworze solnym

Autor w tym rozdziale przedstawił przykładowe rozwiązania konstrukcyjne obudów szybowych stosowanych w górotworze solnym. Rozpoczyna przegląd od stwierdzenia, że wzrost obciążenie obudowy szybu w górotworze solnym na podstawie prac teoretycznych i eksperymentalnych prof. G. Kortasa, prowadzi do zniszczenia obudowy, powołując się na przykład szybu Campi z Kopalni Soli Bochnia.

Autor stwierdza, że niszczenie obudowy szybu jest wynikiem pełzania ociosów solnych na obudowę i małą – niewystarczającą odkształcalnością (podatnością) obudowy. Stwierdza, że takie znaczne pełzanie utworów solnych nie jest w stanie przejść tradycyjna (sztywna) obudowa szybowa, dodając równocześnie, że nie jest znane takie rozwiązanie upodatkowania obudowy, które mogłoby efektywnie współpracować z masywem solnym przez dłuższy czas.

W dalszej części tego rozdziału pracy, autor przedstawił jeszcze konstrukcję szybu Konradsberg w Niemczech zbudowanego w latach 2002-2004 oraz szybu Wapno II w nieistniejącej kopalni soli Wapno w Polsce.

Należy podkreślić, że autor ciekawe przykłady szybów wykonanych na świecie w kopalniach wydobywających sole potasowe (m.in. w Kanadzie, Rosji, Białorusi, Chinach). W tych szybach stosowane są obudowy tubingowe, obudowy wielowarstwowe z zastosowaniem żelbetu, płaszczy stalowych i warstw asfaltowych. Autor przedstawił bardzo szczegółowe rozwiązania techniczne obudów tych szybów.

Szczególnie ciekawym rozwiązaniem (autor nie podaje danych o efektywności tego rozwiązania) jest pozostawienie niezabudowanego odcinka rury szybowej i w zależności od potrzeb (wielkości dopuszczalnej konwergencji ociosów skalnych

ze względów ruchowych) wykonywanie przybierki ociosów - poszerzenie średnicy szybu do wielkości co najmniej nominalnej.

Rozdział 5. Koncepcja konstrukcji obudowy tubingowo-kruszywowej z okresowym ługowaniem calizny solnej

Autor w tym rozdziale rozpoczyna od stwierdzenia, że konwergencja ociosów szybu jest powodem występowania ciśnień deformacyjnych działających na obudowę.

Proponuje, aby „usuwać” przemieszczające się solne ociosy szybowe poprzez ich ługowanie za pomocą „strumienia” cieczy ługującej. Takie rozwiązanie autor proponuje jako lepszą alternatywę niż demontaż uszkodzonej „starej obudowy”, urobienie zapewne mechaniczne nadmiaru skały solnej, która przemieściła się nadmiernie od szybu i zabudowę „nowej obudowy”. Po tym założeniu autor prowadzi rozważania związane z zagadnieniem ługowania soli, prędkości tego zabiegu, wpływu nachylenia ługowanej ścianki bloku solnego, temperatury itp.

Na koniec pkt 5.1. autor przytacza założenia patentu pt. „Sposób regulacji obciążenia obudowy szybowej i obudowa szybowa na odcinkach prowadzących przez skały podatne na ługowanie” udzielonego w 2016 r., którego jest współautorem.

W pkt. 5.2. (*Konstrukcja obudowy szybowej dla warstw górotworu solnego*), autor przedstawił koncepcję obudowy szybu w warstwach solnych podatnych na ługowanie”. Obudowa szybu w podstawowym proponowanym przez autora rozwiązaniu składa się z wewnętrznego pierścienia obudowy ostatecznej tubingowej oraz zewnętrznego pierścienia stanowiącego warstwę wyrównawczą (kontaktową) wykonaną z luźno usypanego kruszywa (proponuje zastosować skały magmowe). W założeniach tej obudowy, autor wskazuje, że warstwa wyrównawcza ma być wykonana z luźno usypanego kruszywa, w której ma odbywać się przepływ cieczy ługującej, posiadać odporność chemiczną i fizyczną na działanie przepływającej wody, która ma ługować pełzające ociosy solne. Dodatkowo autor zakłada, że warstwa wyrównawcza ma posiadać zdolność do znacznych odkształceń, które nazywa prostopadłymi do kierunku sił obciążających od górotworu.

W pkt 5.3. (*Układ rurociągów i armatura*) i pkt 5.4. (*Zarys technologii głębinienia odcinka szybu w górotworze solnym*), podano opisy technologicznego rozwiązania, które zastosowane w praktyce umożliwią realizację koncepcji prowadzenia ługowania ociosów solnych oraz proponowany zarys technologii głębinienia szybu.

Rozdział 6. Autorskie badania laboratoryjne procesu ługowania ściany solnej

W tym rozdziale pracy przedstawiono szczegółowy opis stanowiska badawczego składającego się z układu: siłownik- solna próbka skalna - warstwa kruszywa - płyta stalowa symulująca obudowę szybową. Siłownik umożliwiający zadawanie siły miał modelować oddziaływanie masywu solnego poprzez blok skalny i warstwę wyrównawczą na obudowę szybową.

W tekście recenzji pominąłem opis szczegółowy konstrukcji stanowiska badawczego, jego wyposażenia siłowego, hydraulicznego, elektrycznego, czujników oraz aplikacji pozwalających na kontrolowanie procesu oraz akwizycję danych pomiarowych (str.66-93).

Rozdział 7. Wyniki przeprowadzonych badań i symulacji

Z tekstu wynika, że autor wykonał wiele serii badań, które służyły w początkowym okresie badań przede wszystkim do weryfikacji założeń konstrukcyjnych stanowiska badawczego. Podstawowym założeniem badań było uzyskanie przepływu wody przez warstwę kruszywa, która miała za zadanie powodować ługowanie bloku solnego. Wielowariantowe badania symulacyjne ługowania bloku solnego w aspekcie obniżenia obciążenia płyty stalowej (obudowy), autor przeprowadził dla zmiennych temperatur i zasolenia wody ługującej, zmienności wytwarzanego obciążenia, charakteru kontaktu bloku solnego z kruszywem, ilości wody ługującej i intensywności jej przepływu. W trakcie wykonywanych symulacji autor rejestrował przemieszczenia, ilość przepływającej wody ługującej, siłę (obciążenie) bloku skalnego, prędkość przepływu wody ługującej i jej temperaturę. Wyniki pomiarów przedstawiono na 26 wykresach (rys. 7.8 – 7.33).

W trakcie badań autor zauważył, że istotnym dla efektywnego ługowania bloku solnego ma efekt mostka solnego, który powstaje na kontakcie bloku solnego

z ziarnami kruszywa będącymi drogą przepływu wody ługującej. Przeprowadzenie dodatkowych symulacji dla poznania tego efektu powstającego na kontakcie (styku) ziaren kruszywa z blokiem solnym. Symulacje te autor wykorzystał do budowy modelu rozpuszczania się bloku solnego „napierającego” na ziarna kruszywa, gdzie tworzyły się solne mostki. W wyniku wyestymowania parametrów modelu, autor uzyskał wzory empiryczne wiążące powierzchnię wypustu (mostka solnego) z czasem, temperaturą i intensywnością przepływu wody ługującej. Uzyskane zależności doprowadziły autora do uzyskania wzoru empirycznego na prędkość ługowania bloku solnego. Na szczegółowych wykresach (rys. 7.38 – 7.51) przedstawiono wpływ wielkości przepływu wody ługującej i temperatury wody na czas pomiędzy cyklami ługowania dla określonych prędkości ługowania ociosu solnego (rys. 7.38 – 7.46). Na kolejnych wykresach (rys. 7.47 – 7.51) przedstawiono kształtowanie się zmierzonych przemieszczeń, siły przesuwu i naprężeń w płycie stalowej (symulowanej obudowie szybowej) w funkcji czasu oraz funkcji całkowitego przepływu wody ługującej dla wybranych 5 symulacji.

Rozdział 8. Rezultaty wynikające z przeprowadzonych badań

Rozdział moim zdaniem jest przede wszystkim cenny z uwagi na konieczność skupienia się autora (przy tak szerokiej gamie pomiarów z przeprowadzonych eksperymentów i ich ilości) na wynikach tych eksperymentów, które odpowiadają podstawowym celom badań związanym z przyjętą tezą dysertacji. Z tych względów analiza dotyczyła przede wszystkim wyników badań możliwości ługowania bloku solnego przez przepływającą wodę przez kontaktową warstwę ziarnistą oraz rozpoznania procesów zachodzących podczas ługowania ociosów solnych mających wpływ na zmiany obciążenia symulowanej obudowy szybowej. Następnie autor przedstawił syntetyczną analizę wyników badań, sprowadzając ją do dwóch zgrupowanych przez siebie przypadków, które uznał za najbardziej charakterystyczne dla przyjętej tezy dysertacji. W pierwszej kolejności (w pracy – przypadek I), autor stwierdza, że w czasie ługowania bloku solnego występuje spadek siły obciążającej płytę symulującą obudowę (wykresy na rys. 8.2, 8.4 i 8.6). W wydzielonej drugiej grupie badań (w pracy - przypadek II), autor na podstawie analizy wyników badań formułuje szereg wniosków o jakościowych zmianach

obciążenia płyty stalowej w modelu (symulującej obudowę), relaksacji obciążeń płyty stalowej (w zależności od intensywności ługowania i stopnia zasolenia wody ługującej) w warunkach powstawania mostków solnych na kontakcie blok solny – płyta stalowa.

Rozdział 9. Podsumowanie i wnioski końcowe

Autor w tym rozdziale wskazał na złożoność zachowania się górotworu solnego na dużej głębokości. Formułując wnioski końcowe odnośnie analiz literaturowych związanych z budową szybów na odcinkach górotworu solnego w LGOM uzasadnił celowość swojej koncepcji obudowy szybowej, którą nazywa obudową tubingowo – kruszywową. Stwierdza, że zastosowanie jego koncepcji pozwoli na efektywne rozwiązanie konieczności okresowej przebudowy obudowy szybowej na odcinku warstw solnych. Autor stwierdza, że przedstawione w dysertacji wyniki badań potwierdzają możliwości prowadzenia kontrolowanego procesu ługowania ociosów solnych za obudową tubingowo – kruszywową.

Wnioskuje, że zastosowanie kontrolowanego ługowania utworów solnych za obudową szybową staje się nowym narzędziem w zwalczaniu ciśnienia deformacyjnego. Należy podkreślić, że autor dysertacji zauważa popełnione błędy w założeniach zbudowanego stanowiska badawczego i problemy pomiarowe jakie napotkał w czasie badań.

3. Ocena merytoryczna pracy

Podstawowym i znaczącym osiągnięciem autora jest budowa oryginalnego stanowiska badawczego i przeprowadzenie badań dla znacznej ilości wariantów symulacyjnych.

Na podkreślenie zasługuje, że obecnie niewielu jest badaczy, którzy chcą i wykonują niezwykle trudne i czasochłonne badania laboratoryjne na modelach, a nie ograniczają się tylko do modelowania numerycznego. Autor w dysertacji w oparciu o wyniki przeprowadzonych symulacji starał się udowodnić postawioną tezę pracy. Uważam, że moim zdaniem mu się to udało, w sposób przekonujący

udowodnił za pomocą badań, że możliwe jest prowadzenie ługowania ociosów solnych i uzyskanie efektu zmniejszenia obciążenia obudowy. Właśnie uzyskane wyniki pomiarów przemieszczeń bloku solnego i zmian siły obciążającej potwierdzają korzystny efekt ługowania bloku solnego, a tym samym możliwość zmniejszenia ciśnienia deformacyjnego.

W kontekście wyników pomiarów wykonanych w ramach badań laboratoryjnych przez autora należy zaznaczyć, że bezpośrednie przeniesienie tych wyników na rzeczywisty szyb górniczy wymaga zastosowania pewnej ich korekty. Należy zauważyć, że budowanie modeli doświadczalnych rozmaitych układów lub urządzeń jest powszechną praktyką i jest w pełni uzasadnione (budowane są modele budynków, mostów, zapór wodnych itp.), gdyż wykonanie testów działania takich urządzeń odbywa się bez ponoszenia dużych kosztów czy ryzyka poważnych awarii czy katastrof. Aby móc jednak porównać wyniki badań na modelach z wynikami w skali rzeczywistej konieczna jest znajomość kryteriów podobieństwa, określających pod jakimi warunkami możliwe jest przeniesienie wyników obserwacji z modelu do rzeczywistości.

Przedstawiona praca, jej tematyka i poziom naukowy wskazuje, że autor dysertacji posiada dużą wiedzę praktyczną z zakresu budownictwa szybowego.

Ostatecznie całą pracę należy ocenić bardzo pozytywnie mimo iż poniżej formułuję uwagi krytyczne, wymagające wyjaśnienia na obronie dysertacji i uwzględnienia w dalszych pracach badawczych. Należy podkreślić bogatą część ilustracyjną oraz dobre opracowanie edytorskie i graficzne rozprawy.

4. Uwagi krytyczne i zapytania do pracy

Do uwag krytycznych wymagających wyjaśnienia należą:

- a) Na str 16 autor podał, że z uwagi na bardzo dużą zmienność parametrów sprężystych utworów solnych, należy się spodziewać dużych różnic w skłonności do pełzania formacji solnych. Co autor rozumie przez skłonność do pełzania, jak klasyfikować tę skłonność do pełzania soli ?.

- b) Wymaga wyjaśnienia przedstawiony na str. 18 opis kształtu krzywych w fazie pełzania pierwotnego i stacjonarnego – wydaje się, że przedstawienie na rys. 3.1. wyidealizowanej krzywej pełzania w kontekście opisu jest niewystarczające i wymaga wyjaśnienia.
- c) Na str. 20, podano: cyt. „... innych badaczy (Alan Auld Group)” – brak odnośnika do literatury.
- d) W pracy zdarzają się niezręczne sformułowania i struktury gramatyczne np. na str. 29 zdanie: „stwierdzona średnia konwergencja ociosów szybu na poziomie 1,34 mm/dobę wskazuje, że roczne przemieszczenie ociosów szybu o średnicy wynoszącej w wyłomie 10 m będzie się zmniejszać w skali roku o około 49 cm”.
- e) Na str. 55 zamieszczony jest wzór 5.2 za opracowaniem (Kuntsman i in. 2002) – brak w spisie literatury takiej pozycji.
- f) Na str 55, przy rozpatrywaniu ługowania pionowych ociosów solnych, autor zauważa, że w praktyce konieczne będzie usuwanie nierozpuszczonych fragmentów skalnych, pozostających za obudową tubingową – czy i jak zdaniem autora może być taka operacja wykonana w szybie z zastosowaną szczelną obudową tubingową.
- g) Autor na str. 58 pisze, że granulacja zastosowanego kruszywa jako warstwy wyrównawczej i równocześnie „drogi” dla wody ługującej ociosy solne, ma wpływ na rodzaj przepływu (laminarnego lub turbulentnego), podaje, że wykażą to wyniki przeprowadzonych badań. Proszę o ustosunkowanie się do tego zagadnienia, gdyż zapewne rodzaj przepływu ma wpływ na ługowanie ociosów solnych.
- h) Na str 96 autor podał, że kruszywo w przedstawionym rozwiązaniu konstrukcyjnym obudowy ma kluczowe zadanie – a mianowicie zapewnia kontakt górotworu solnego z obudową, oraz tworzy porowatą strukturę, która będzie swobodnie penetrowana przez wodę ługującą ociosy solne. Czy zdaniem autora nie wystąpi dodatkowe obciążenie obudowy tubingowej.
- i) Czy zdaniem autora w związku z zastosowaniem warstwy kruszywa i rozpoznaniem wykonanymi badaniami przebiegu ługowania soli nie powstaną nierównomierne obciążenia obudowy tubingowej. Jaka modyfikacja

prezentowanej w pracy konstrukcji obudowy tubingowo-kruszywowej może ograniczyć potencjalne nierównomierne jej obciążenie.

- j) Czy opracowana konstrukcja obudowy tubingowo-kruszywowej (jak ją nazywa autor) jest obudową podatną w świetle pkt 1.1 dysertacji.
- k) Proszę o uzasadnienie stwierdzenia ze str. 141, że obudowa tubingowa nie będzie dodatkowo obciążana ciśnieniem hydrostatycznym pochodzącym od solanki w trakcie prowadzenia ługownia soli za obudową tubingową.

5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska w zrozumieniu [Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki](#) (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami to samodzielnie wykonane dzieło poszerzające możliwości budownictwa podziemnego o konkretną nową wiedzę.

W naukach technicznych jest konieczne, aby dodatkowo, aby obok rozwiązania teoretycznego rozprawa doktorska miała charakter użyteczny i mogła być spożytkowana w praktyce.

Oceniana rozprawa doktorska spełnia ten warunek w całości, jest wartościowa z uwagi na przeprowadzone rozpoznanie zagadnienia i wykonane badania laboratoryjne. Praca potwierdza znaczny wkład Autora w zgłębienie wiedzy na temat obudowy szybów w górotworze solnym oraz w kwestii badań laboratoryjnych związanych z poszukiwaniem metod poprawy warunków utrzymania trwałości i funkcjonalności obudowy szybowej.

Mimo szeregu uwag zgłoszonych w rozdziale 4 niniejsze recenzji, stwierdzam, że mgr inż. Paweł Kamiński wykazał się bardzo dużą wiedzą, pracowitością i determinacją w nadaniu swojej rozprawie właściwej formy i odpowiedniego poziomu. Uważam, że w rezultacie osiągnął postawiony sobie cel, dając nauce górniczej cenne obserwacje i sugestie, które na pewno będą pomocne przy projektowaniu głębian kolejnych szybów, jak i utrzymania szybów istniejących w tak trudnych warunkach geologiczno-górniczych jakimi są warunki w monoklinie przedsudeckiej.

Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji praca doktorska **mgr inż. Pawła Kamińskiego** pt. „**Konstrukcja obudowy szybowej i sposób regulacji obciążenia na odcinkach przechodzących przez górotwór solny**” jest udaną próbą samodzielnego rozwiązania problemu naukowego wskazanego w tezie i celu rozprawy.

Stwierdzam, że autor pracy doktorskiej wykazał się wystarczającą (bardzo dobrą) wiedzą z zakresu dyscypliny górnictwo i geologia inżynierska i doświadczeniem praktycznym z zakresu budownictwa szybowego oraz umiejętnościami samodzielnego prowadzenia pracy naukowej poprzez zaprojektowanie i pomyślne przeprowadzenie badań.

W związku z powyższym stwierdzam, że rozprawa spełnia wymagania art. 13 ustęp 1 Ustawy o tytule naukowym i stopniach naukowych z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. RP. Nr 65 poz. 595). Stawiam zatem wniosek i proszę Wysoką Radę Wydziału Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo - Hutniczej o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Pawła Kamińskiego do jej publicznej obrony.

Równocześnie wnioskuję także o wyróżnienie dla rozprawy doktorskiej mgr inż. Pawła Kamińskiego pt. „Konstrukcja obudowy szybowej i sposób regulacji obciążenia na odcinkach przechodzących przez górotwór solny”.

Podpis recenzenta



/dr hab. inż. Henryk Kleta prof. PŚ/

Gliwice, dn. 5.09.2018 r.