

dr hab. inż. Piotr Krzywiec, prof. nadzw. ING PAN
Instytut Nauk Geologicznych PAN
ul. Twarda 51/55
00-818 Warszawa
email: piotr.krzywiec@twarda.pan.pl

Warszawa, 2017/06/05

Recenzja rozprawy doktorskiej
Pani mgr inż. Małgorzaty Słoty-Valim zatytułowanej
„Geomechaniczny model ośrodka geologicznego jako narzędzie poszukiwań,
udostępniania i eksploatacji złóż niekonwencjonalnych”

Recenzowana praca doktorska została przygotowana w Instytucie Nafty i Gazu pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Haliny Jędrzejowskiej-Tyczkowskiej. Łącznie ze spisem literatury liczy ona 215 stron i składa się z sześciu rozdziałów (pięciu numerowanych i jednego nienumerowanego (spisu literatury): **I. Wprowadzenie, II. Krótki zarys historyczny, aktualna sytuacja i doświadczenia w zakresie stosowania zagadnień geomechaniki w przemyśle naftowym, III. Charakterystyka ośrodka geologicznego w ujęciu zasad mechaniki, IV. Zastosowanie zagadnień geomechanicznych w przemyśle naftowym przy charakterystyce, projektowaniu, udostępnianiu i zarządzaniu złożami o charakterze niekonwencjonalnym, V. Dyskusja i podsumowanie, Literatura.** Praca jest dość stosunkowo dobrze zilustrowana, jednak część figur (szczególnie w kluczowym rozdziale IV) jest zbyt mała i przez to słabo czytelna, w wielu przypadkach nie da się odczytać opisów skali etc. Przed ewentualną publikacją należałoby to bez wątpienia poprawić.

W rozdziale I (**Wprowadzenie**) Doktorantka syntetycznie omawia bardzo szerokie zagadnienie jakim jest kwestia tzw. niekonwencjonalnych złóż węglowodorów a tam tle - rolę geomechaniki w poszukiwaniu i udostępnianiu tego typu złóż. Krótko wspomniała też o głównym narzędziu, którego używała w swoich pracach tj. o symulatorze geomechanicznym VISAGE będącym częścią „rodziny” oprogramowania Petrel firmy Schlumberger. Omówiona w tym rozdziale została kwestia danych niezbędnych do prowadzenia analiz i modelowań z zakresu geomechaniki oraz zaprezentowany został scenariusz (*workflow*) realizacji tego typu prac. Rozdział ten zawiera również wprowadzenie do prac badawczych wykonanych przez Doktorantkę – są w nim krótko omówione *case studies* opracowane przez nią z wykorzystaniem modelowań geomechanicznych opartych na metodzie elementów skończonych. Cele zrealizowanych badań zostały zdefiniowane poprzez podanie celu zasadniczego i celu dodatkowego (pośredniego). Celem zasadniczym była „ocena potencjału badawczego, który niesie wykorzystanie geomechanicznych modeli (...) na różnych etapach pracy z niekonwencjonalnym obiektem złożowym (...)”. Celem dodatkowym, czyli jak to zostało określone w tym rozdziale – pośrednim, było „(...) opracowanie uniwersalnego schematu procedur prowadzących do konstrukcji modeli geomechanicznych i pozwalających na przeprowadzenie analizy geomechanicznej danego obiektu (...)”. Jak z tego wynika, Doktorantka prowadziła swoje prace bardziej pod kątem metodycznym niż w kontekście rozwiązania konkretnych problemów badawczych. Na zakończenie rozdziału w 6 punktach przedstawione zostały podstawowe tezy pracy doktorskiej.

Rozdział II (**Krótki zarys historyczny, aktualna sytuacja i doświadczenia w zakresie stosowania zagadnień geomechaniki w przemyśle naftowym**) zawiera syntetyczne omówienie historii prac wchodzących w zakres bardzo szeroko rozumianej geomechaniki ze szczególnym uwzględnieniem tej problematyki w kontekście przemysłu naftowego. Największy nacisk został tu położony na kwestię szczelinowania hydraulicznego czyli zabiegu o kluczowym znaczeniu dla produkcji węglowodorów z tzw. złóż niekonwencjonalnych. Na trzech przykładach pochodzących z USA (złóże Goose Creek w Teksasie), Wielkiej Brytanii (złóże Ekofisk, Morze Północne) oraz Kanady (złóże Joselyn w Albercie) Doktorantka omówiła negatywne skutki jakie może mieć w przemyśle naftowym pominięcie analiz z zakresu geomechaniki.

W rozdziale III (**Charakterystyka ośrodka geologicznego w ujęciu zasad mechaniki**), w jego pierwszym podrozdziale zatytułowanym **Teoria, definicje, parametry**, Doktorantka zamieściła syntetyczne omówienie podstaw teoretycznych swoich badań omawiając takie pojęcia jak sprężystość ośrodka skalnego, jego wytrzymałość, naprężenia na niego oddziaływujące i ciśnienia porowe, oraz główne parametry takie jak statyczne i dynamiczne moduły sprężystości, parametry wytrzymałościowe i metody ich wyznaczania, kryterium zniszczenia Coulomba-Mohra oraz pola naprężeń wraz z szerokim spektrum procesów na nie wpływających. Omawiając podstawowe systemy uskokowe (str. 42) Doktorantka odniosła się do materiałów zamieszczonych na internetowym blogu studentki-magistrantki z USA, duże lepszym podejściem byłoby omówienie tego zagadnienia (i innych z nim powiązanych) w nawiązaniu do jakiegoś nowoczesnego podręcznika geologii strukturalnej / tektoniki. To bez wątplenia znak naszych czasów, że źródeł internetowych wszyscy coraz częściej korzystamy, ale również wśród nich są źródła lepsze (np. Wikipedia) jak i gorsze. W przypadku pracy doktorskiej dotyczącej geomechaniki skorzystanie ze źródła bardziej podstawowego czyli z jakiegoś dobrego podręcznika geologii strukturalnej / tektoniki byłoby bez wątplenia bardzo korzystne - jak to opisałem poniżej, Doktorantce zabrakło nieco wiedzy z zakresu tej właśnie problematyki dla w pełni poprawnego zinterpretowania uzyskanych przez nią wyników, i częścią problemu był bez wątplenia niekompletny *background* z zakresu geologii strukturalnej. Drugi podrozdział zatytułowany **Charakterystyczne cechy niekonwencjonalnych złóż węglowodorów** zawiera krótkie omówienie złóż węglowodorów takich jak piaski bitumiczne, złoża typu *tight gas*, złoża tzw. gazu łupkowego (*shale gas*) i ropy łupkowej (*shale oil*) oraz złoża gazu ziemnego związane z pokładami węgla kamiennego (CBM). W kontekście tego typu złóż podkreślono rolę specjalnych zabiegów ich udostępniania czyli szczelinowania hydraulicznego, które to zabiegi bardzo mocno zależą od własności geomechanicznych przewiercanego górotworu. Te właśnie właściwości są zasadniczym obiektem rozważań w recenzowanej pracy doktorskiej.

Rozdział IV (**Zastosowanie zagadnień geomechanicznych w przemyśle naftowym przy charakterystyce, projektowaniu, udostępnianiu i zarządzaniu złożami o charakterze niekonwencjonalnym**) to *crème de la crème* całej rozprawy doktorskiej. Zawarte są w nim wyniki analiz wykonanych przez Doktorantkę, pokazujących w jaki sposób zagadnienia z zakresu geomechaniki mogą znaleźć zastosowanie w różnego rodzaju pracach związanych z poszukiwaniem i udostępnianiem niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. W pracy zostały

zaprezentowane cztery przykłady takich zastosowań. Pierwszy z nich to przykład teoretyczny opracowany w trakcie pobytu badawczego w Colorado School of Mines w USA, trzy kolejne przykłady dotyczą różnego rodzaju złóż z obszaru Polski: złoża związane z piaskowcami kambryjskimi występującymi w basenie bałtyckim na obszarze Morza Bałtyckiego, złoża (póki co – tylko potencjalne) gazu łupkowego związane z utworami ordowiku – dolnego syluru w lądowej części basenu bałtyckiego, oraz nagromadzeń gazu ziemnego w pokładach węgla kamiennego na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (złoża typu CBM).

Pierwszy podrozdział (IV.1) dotyczący optymalizacji szczelinowania w sytuacji zmian współczesnego pola naprężeń wywołanego eksploatacją węglowodorów rozpoczyna się omówieniem problematyki zabiegów szczelinowania hydraulicznego nie tylko na etapie udostępniania złoża ale również w trakcie jego dalszej eksploatacji w celu intensyfikacji wydobywania (tzw. szczelinowanie wtórne). Zagadnienie to, a w szczególności problem reorientacji szczelinowatości, było problemem, którym Doktorantka zajęła się w swoich modelowaniach. Wyniki przeprowadzonych przez nią symulacji zostały omówione w – niestety dość krótkim – podrozdziale IV.1.5. Wykazano, że ze zmianą ciśnienia porowego wywołanego symulowaną w modelu eksploatacją węglowodorów ulega zmianie wartość i kierunek naprężeń poziomych. Pokazano, że po roku symulowanej produkcji rotacja minimalnego i maksymalnego naprężenia poziomego może w pewnych przypadkach sięgnąć nawet 45° co ma duże implikacje dla planowania zabiegów szczelinowania wtórnego. Wykazano, że kluczową rolę odgrywa tu zmiana ciśnienia porowego (redukowanego w trakcie eksploatacji). Wyniki symulacji pozwoliły również na określenie optymalnego momentu rozpoczęcia zabiegów szczelinowania wtórnego w celu intensyfikacji wydobywania. Pewnym mankamentem tej części doktoratu jest brak dyskusji na temat tego jak uzyskane wyniki mają się do podobnych prac realizowanych wcześniej bądź to przez ośrodki akademickie bądź przemysłowe. Jako geologowi – geofizykowi trudno mi ocenić na ile uzyskane wyniki są nowatorskie, spodziewałbym się jednak, że tego typu symulacje musiały być już wykonywane w związku z bardzo szeroko prowadzonymi w USA szczelinowaniami, warto było napisać jak uzyskane przez Doktorantkę wyniki lokują się na tle tych prac.

Drugi podrozdział (IV.2) zawiera opis wyników uzyskanych dla pierwszego z rzeczywistych „poligonów badawczych”. Było nim złoża B8, na którym operatorem jest firma Lotos Petrobaltic. Problemem eksploatacyjnym jest zabieg zatłaczania wody, który ma na celu odbudowę ciśnienia złożowego i intensyfikację wydobywania. Efekty tego typu zabiegów w sposób bezpośredni zależą od współczesnego pola naprężeń, i właśnie to zagadnienie było tematem rozważań zaprezentowanych w tym podrozdziale. W krótkim tekście dotyczącym budowy geologicznej basenu bałtyckiego (dość nieszczęśliwie zatytułowanym „Położenie geologiczne”) Doktorantka omówiła główne elementy budowy i ewolucji geologicznej tego obszaru. Niestety, tekst ten jest bardzo słabo napisany, zawiera też szereg błędów, w tym takich, które mają niemałe znaczenie dla przeprowadzonych analiz. Nie wiedzieć czemu został on opracowany z zupełnym pominięciem polskiej literatury geologicznej, w oparciu o dość słabe opracowanie opublikowane pod redakcją Harffa i innych (2011). Pierwszym wspomnianym w tej części tekstu etapem ewolucji geologicznej jest prekambryjsko – wczesnokambryjska destrukcja kratonu wschodnioeuropejskiego, co zostało określone jako początki formowania się basenu Morza Bałtyckiego - jest to bez wątpienia błędne określenie bo paleozoiczny basen

bałtycki geologicznie nie ma nic wspólnego ze współczesnym Morzem Bałtyckim. Wg. Doktorantki powstanie basenu sylursko-dewońskiego było połączone z kompresją NW-SE – dla polskiego segmentu basenu bałtyckiego nie jest to prawda, kolizja kaledońska miała generalnie kierunek SW-NE, i taki też kierunek miała związana z nią regionalna kompresja działająca na przedpolu orogenu kaledońskiego. Dotyczy to wprost obiektu B8, analizowanego pod kątem strukturalno-geomechanicznym przez Doktorantkę. W tekście tym napisano również, iż w obrębie wyniesienia Łeby (gdzie znajduje się obiekt B8) wystąpiła znaczna reaktywacja deformacji kaledońskich w karbonie i permie, co przy braku osadów tego wieku jest dość kontrowersyjną i trudną do udowodnienia tezą. Nieprawdziwe też jest stwierdzenie, jakoby strefa uskokuwa Bornholm – Darłowo wchodziła w skład strefy Teisseyre'a-Tornquista i że w jej obrębie występowały znaczne ruchy tektoniczne w permie i karbonie. Inna rzecz, że strefa ta położona jest wiele kilometrów na zachód od obszaru badań, i jej ewolucji tektoniczna nie ma większego znaczenia dla zrealizowanych modelowań. Dokładnie to samo tyczy się strefy Sorgenfreia-Tornquista, wspomnianej w kontekście ewolucji mezozoicznej. Szkoda, że Doktorantka nie podała jakichś faktów dotyczących mezozoicznej ewolucji obszaru, którym się zajmowała, gdyż ten etap mógł mieć niemałe znaczenie dla powstania naturalnej szczelinowości widocznej na danych sejsmicznych, których analizą się zajmowała. Po omówieniu tła geologicznego Autorka przedstawiła wyniki obliczeń naprężeń wykonanych w oparciu o dane z kilku otworów z rejonu złoża B8. Brakuje w tym miejscu syntetycznej informacji o szczegółowej litologii i stratygrafii analizowanych utworów dolnego paleozoiku, co pozwoliłoby na lepsze powiązanie własności geomechanicznych z budową geologiczną tego rejonu. W kolejnym podrozdziale (IV.2.3) Doktorantka podjęła próbę analizy szczelinowości związanej ze współczesnym polem naprężeń. Do rozdziału tego mam najwięcej zastrzeżeń. W jego początkowej części Autorka napisała, że ze względu na brak dla utworów środkowego kambriu danych z *breakout*ów do wyznaczenia współczesnych kierunków naprężeń podstawowych wykorzystwała dane sejsmiczne. W tym celu użyła opcji *Ant Tracking*, za pomocą której zinterpretowała dane sejsmiki 3D (pisząc przy okazji o analizie „wolumenu prędkości sejsmicznych” – czy to jednak jest poprawne, czy interpretacja nie dotyczyła danych amplitudowych, co sugeruje np. mapę strukturalną stropu Cm2pp?). Azymuty zadane w trakcie interpretacji za pomocą algorytmu *Ant Tracking* odpowiadały regionalnym kierunkom naprężeń znanym z literatury. Ten element przeprowadzonej analizy jest dla mnie zupełnie niezrozumiały. Doktorantka napisała, że „*Opis szczelin na podstawie danych sejsmicznych pozwala na ocenę ilościową oraz określenie orientacji dużo większej populacji szczelin, przez co możliwe jest wyznaczenie ogólnego trendu ich orientacji, który z kolei może przekładać się na definicję oddziałującego na ośrodek skalny systemu paleonaprężeń lub naprężeń aktualnych, o ile nie uległy zmianie od momentu powstania opisywanych szczelin*”. Wynikałoby z tego, że rozpatruje ona dwa możliwe scenariusze: albo sieć uskokuwa widoczna na stopie jednej z formacji kambryjskiej (rys. 4.2.10) powstała w efekcie oddziaływania współczesnych pól naprężeń, albo pole naprężeń odpowiedzialne za jej powstanie w przeszłości geologicznej (najprawdopodobniej w paleozoiku) do dziś nie uległo zmianie. Oba te scenariusze są zupełnie nierealistyczne. Skały prekambryjskie znajdowały się przez ponad 500 mln lat w bardzo różnych (tak co do wartości jak i orientacji) polach naprężeń związanych z kolejnymi fazami ewolucji geologicznej tego obszaru (z których tylko niektóre zostały wspomniane przez Doktorantkę w części dotyczącej tła geologicznego), współcześnie widoczna na danych sejsmicznych sieć uskokuwa nie

ma wiele wspólnego ze współczesnym polem naprężeń, które nawiasem mówiąc nie są w tym rejonie związane z żadnymi istotnymi procesami tektonicznymi i z pewnością w znikomym stopniu (o ile w ogóle) wpływają na zuskokowanie skał kambryjskich. Problem ten pojawia się również w roz. V (str. 193) gdzie wprost zostało napisane, iż wykartowane na sejsmice nieciągłości powstać miały w „permokarbonie” (cokolwiek by to miało znaczyć), co jest tezą dość ryzykowną. Zupełnie niejasna jest jednakowoż sprawa relacji powstałej w przeszłości geologicznej sieci spękań do współczesnego pola naprężeń, będącego w wykonanych modelowaniach warunkiem brzegowym. Moim zdaniem ta część doktoratu powinna być zostać dużo szczegółowiej przemyślana, być może warto byłoby to jakos zmodyfikować.

Drugi poligon badawczy opisany został w podrozdziale IV.2. W tym przypadku były to utwory ordowiku – dolnego syluru, będące w ostatnich latach celem intensywnych badań w kontekście występowania złóż gazu łupkowego. Kluczowym elementem wydobywania tego typu gazu są zabiegi szczelinowania, zaś ich powodzenie zależy od poprawnie skonstruowanego modelu geomechanicznego. Tym właśnie zagadnieniem zajęła się Doktorantka. Po krótkim wstępie omówiona została budowa geologiczna obszaru badań – są to zaledwie dwa, bardzo lakonicznie napisane akapity, tak jak poprzednio niekompletne co do opisu historii tektonicznej, mającej bezpośredni wpływ na naturalną szczelinowatość badanych łupków. Figura zamieszczona w tym fragmencie doktoratu pokazuje „*mapę strukturalną stropu osadów łupkowych*” jednak Autorka nie wyjaśniła co pod tym pojęciem się kryje i jakie jest źródło tej mapy (bo chyba nie ona ją opracowała?). Model opracowany został w programie Petrel, szkoda jednak, że na kilku figurach nie pokazano budowy geologicznej zobrazowanej na danych sejsmiki 3D. Model porowatości i gęstości opracowany został w oparciu o dane otworowe (nie są to wyniki Doktorantki), parametry sprężyste obliczone zostały z uwzględnieniem danych sejsmicznych 3D. Były one analizowane dla 6 interwałów, które zostały zidentyfikowane m.in. w oparciu o litologię i wartości TOC jako interwały interesujące pod względem złożowym. Wyniki obliczeń pokazano na szeregu figur, jednak są one dość małe (połowa strony A4) a przez to słabo czytelne. Dla dwóch wybranych interwałów bogatych w materię organiczną (nazwanych Source 2 i Source 3) przeprowadzono modelowanie reakcji na szczelinowanie hydrauliczne. Pierwszym krokiem było obliczenie średnich wartości charakteryzujących je parametrów takich jak moduł Younga, współczynnik Poissona, moduł sprężystości poprzecznej oraz moduł sprężystości objętościowej. W tej części analizy zabrakło niestety omówienia sieci uskokowej w obrębie utworów dolnego paleozoiku, co bez wątpienia miałoby znaczenie dla kwestii naturalnej szczelinowatości, wpływającej na zabiegi szczelinowania. Obliczone dynamiczne parametry sprężyste przeliczone następnie zostały na odpowiadające im parametry statyczne, co zostało wykonane za pomocą m.in. sieci neuronowych. W analizach tych odczuwalny jest brak bardziej szczegółowego modelu geologicznego pokazującego zmienność litologiczną etc. – jedynie na str. 132 znajduje się krótka wzmianka o występowaniu dwóch litotypów, co jednak nie zostało szerzej objaśnione. Pewnym problemem jest utożsamienie podstawowych wydzieleni chronostratygraficznych z podziałem litologicznym (litostratygrafia; str. 136), gdyż wymienione przez Doktorantkę wydzielenia (kenozoik, kreda, jura, trias) w żadnym razie nie są homogeniczne pod względem litologii (rozdzielenie litologiczne zostały wykonane tylko dla utworów cechsztynu ze względu na obecność soli). Wartości parametrów sprężystych przypisane zostały poszczególnym wydzieleniom

stratygraficznym w bardzo zgeneralizowany sposób w oparciu o dane literaturowe (tabela 4.3.9 – brakuje w niej *nota bene* triasu). Po obliczeniu przestrzennego rozkładu ciśnienia porowego Doktorantka postawiła tezę, iż znaczna obserwowana zmienność lateralna jego wartości wywołana jest jak to określiła „izolacją o charakterze tektonicznym”, jednak tego szczegółowiej nie wyjaśniła ani nie uzasadniła. Szkoda również, że do tej części swoich prac nie wykorzystwała danych sejsmicznych, co pozwoliłoby na wyższy stopień integracji jej modelowań, wspominając zaledwie, że jest to coś co być może zostanie wykonane w przyszłości. Po wykonaniu szeregu wstępnych obliczeń i modelowań Autorka zaprezentowała w podrozdziale IV.3.5 wyniki symulacji geomechanicznych czyli rozkłady naprężeń w obrębie analizowanych łupków dolnego paleozoiku, a następnie omówiła wynikający z jej analiz optymalny sposób szczelinowania. Ostatnia fragment części poświęconej „łupkowemu poligonowi badawczemu” z basenu bałtyckiego dotyczy 1D analizie stabilności ściany otworu Lubocino-1. Doktorantka postawiła wniosek, iż niezgodność między skonstruowanym przez nią modelem a wynikami pomiarowymi obrazującymi stan otworu świadczą na niekorzyść pomiarów (profilowanie mikroopornościowe) które określiła mianem najbardziej wątpliwych. Tego typu wniosek nie w pełni mnie przekonuje, dyskusja powinna dotyczyć również odwrotnego scenariusza tj. kwestii uproszczeń i niedoskonałości modelu, które mogły doprowadzić do niezgodności z danymi pomiarowymi.

Podrozdział IV.4 zawiera opis trzeciego „poligonu badawczego”. Był nim rejon kopalni węgla kamiennego „Zofiówka” znajdującej się w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW). Od strony geologicznej (wiek obiektu złożowego, typ złoża, tektonika etc.) rejon ten jest zupełnie odmienny od basenu bałtyckiego, zupełnie inne są też problemy złożowe: wydobywanie gazu ziemnego wiąże się tam z zabiegami szczelinowania pokładów węgla i procesem ich odmetanowania. Budowa geologiczna omówiona została w podrozdziale IV.4.1. Jest on niesłychanie krótki, tekst zajmuje zaledwie pół strony, do tego dodana została administracyjna mapka lokalizacyjna i nadzwyczaj uproszczony przekrój geologiczny. Tak skromny opis budowy tektonicznej tego rejonu jest dużym brakiem gdyż zagadnienie to ma duże znaczenie dla modelowań geomechanicznych. W tekście tym znajduje się również nieprawdziwe stwierdzenie jakoby obszar KWK „Zofiówka” znajdował się w obrębie zapadliska przedkarpackiego podczas gdy mioceńskie utwory zapadliska przykrywają tę część GZW, w obrębie której znajduje się obiekt badań, w kontekście budowy i ewolucji geologicznej (w tym rozwoju sieci uskokowej w zmiennych polach naprężeń) i modelowań geomechanicznych ma to duże znaczenie. Prace nad konstrukcją modelu geomechanicznego była dwuetapowa. W pierwszym etapie skonstruowany został bardziej ogólny model dla obszaru całej kopalni – Doktorantka napisała, iż był on oparty na wszystkich dostępnych danych archiwalne jednak model ten nie został w ogóle zilustrowany i szerzej omówiony. Na rys. 4.4.2 pokazana została jakoby mapa strukturalna spągu pokładu 412 m.in. z lokalizacją tego modelu – trudno tam jednak odnaleźć jakiegokolwiek struktury etc., treść geologiczna tej mapy jest dla mnie zupełnie niezrozumiała. Drugim etapem była konstrukcja modelu szczegółowego dla południowego fragmentu ściany D2. W rozdziale IV.4.3 opisano procedurę parametryzacji modelu szczegółowego – w tym właśnie miejscu szczególnie dał się odczuć brak poprawnie opisanego tła geologicznego, odpowiednio szczegółowych przekrojów geologicznych, analizy strukturalnej etc., opis konstrukcji modelu ogranicza się do kwestii parametrów geomechanicznych, wspomniane są ich rozkłady przestrzenne jednak bez poprawnie przedstawionego

modelu geologicznego trudno to do końca zrozumieć. Nie ma również omówienia kwestii uwzględnienia w modelu wyrobisk, szybów i chodników ulokowanych w obrębie kopalni i ich wpływu na rozkłady naprężeń (zagadnienie to pojawia się dopiero na etapie omawiania wyników modelowań geochemicznych). W tekście pojawiają się też odniesienia do „profilu litologicznych”, „typów litofacjalnych skał” oraz „facji” ale brak jest opisu tego aspektu budowy geologicznej analizowanego obszaru. Modele pokazane na fig. 4.4.4 i następnych są zdecydowanie zbyt małe, opisy są b. słabo czytelne. Podpisy odnoszą się do kopalni „Zofiówka” ale nie wiadomo czy chodzi o ogólny model dla całej kopalni czy też o model szczegółowy. W efekcie przeprowadzonych modelowań geomechanicznych Doktorantka określiła optymalny jej zdaniem kierunek otworów poziomych do zabiegów stymulujących wydobywanie gazu.

W rozdziale V (**Dyskusja i podsumowanie**) Doktorantka syntetycznie omówiła uzyskane wyniki. W jego pierwszej części przypomniane zostały dwa zasadnicze cele, jaki sobie postawiła: cel podstawowy czyli ocena potencjału badawczego związanego z możliwością tworzenia modeli geomechanicznych, oraz cel szczegółowy czyli opracowanie optymalnego schematu procedur prowadzących do konstrukcji modeli geomechanicznych. Wyniki w kontekście zrealizowania celu podstawowego nie zostały tu zbyt dokładnie omówione, więcej miejsca poświęcono kwestii optymalnego *workflow* stosowanego w modelowaniach geomechanicznych. Po omówieniu spraw ogólnych Doktorantka zamieściła podsumowanie wyników swoich prac dla wszystkich czterech „poligonów badawczych”.

Reasumując, można stwierdzić, iż pomimo pewnych braków recenzowany doktorat to ciekawe studium z pogranicza geofizyki i geomechaniki. Praca stanowi samodzielny dorobek Doktorantki i dokumentuje jej wiedzę teoretyczną dotyczącą różnych aspektów geofizyki i geomechaniki. Biorąc to pod uwagę stwierdzam, że praca Pani mgr inż. Małgorzaty Słoty-Valim zatytułowana „Geomechaniczny model ośrodka geologicznego jako narzędzie poszukiwań, udostępniania i eksploatacji złóż niekonwencjonalnych” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w stosownej Ustawie o stopniach i tytule naukowym, i w związku z tym wnioskuje do Rady Naukowej WGGiOŚ AGH o dopuszczenie Doktorantki do dalszego postępowania w przewodzie doktorskim.