

dr hab. Marek Kęsek, prof. AGH
Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami
Akademia Górniczo-Hutnicza
Al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków
e-mail: kesek@agh.edu.pl

Kraków 11.08.2022 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Marcina Malca nt.
Optymalizacja pozyskiwania węgla kamiennego przez energetykę zawodową z
uwzględnieniem wybranych regulacji środowiskowych
napisanej pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jacka Kamińskiego

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie Uchwały nr 5/11/2022 Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie z dnia 07.07.2022 r. przekazanej przez Zastępcę Dyrektora Instytutu ds. Ogólnych dr hab. inż. Michała Kopacza, profesora IGSMiE PAN, pismem nr AO-520-13/18 wraz z egzemplarzem rozprawy doktorskiej.

2. Ocena formalna pracy

W przekazanej mi do recenzji rozprawie doktorskiej, Autor wydzielił cztery rozdziały, a także wprowadzenie i podsumowanie pracy wraz z wnioskami. Praca liczy (łącznie z bibliografią, spisami tablic i rysunków oraz streszczeniami) 189 stron. Struktura pracy ma logiczny układ, części pracy są właściwie uporządkowane i nie ma w nich dysproporcji objętościowych. W pracy przedstawiono kolejno: istotę problemu, hipotezę badawczą, cel główny oraz cele cząstkowe pracy, stan badań w obszarze optymalizacji pozyskiwania węgla kamiennego w sektorze paliwowo-energetycznym (Rozdział 1 pracy), identyfikację i analizę kluczowych czynników wpływających na decyzję o doborze węgla w oparciu o jego parametry jakościowe koszty oraz pochodzenie (Rozdział 2 pracy), autorską koncepcję budowy modelu umożliwiającego optymalizację pozyskiwania węgla kamiennego z uwzględnieniem wybranych regulacji środowiskowych (Rozdział 3 pracy) oraz omówienie wyników badań w formie scenariuszowej (Rozdział 4 pracy).

W pracy doktorskiej, Doktorant w sposób uzasadniony powołał się na 169 pozycji literaturowych, na które składały się publikacje uznanych autorów zarówno zagranicznych jak i polskich. W pozycjach literaturowych znalazły się także odwołania do źródeł internetowych

zawierających aktualne ustawy, rozporządzenia, ceny oraz stawki opłat. Należy podkreślić dużą aktualność cytowanych pozycji. Autor w bardzo dobry sposób zilustrował przedstawiane treści za pomocą starannie opracowanych rysunków, wykresów i schematów (50 pozycji) oraz zestawień tabelarycznych (57 pozycji), efektywnie ułatwiając w ten sposób czytelnikowi zrozumienie treści rozprawy. Język pracy jest odpowiednio dostosowany do zagadnień o charakterze technicznym, zrozumiały i pozbawiony zbędnych ozdobników literackich. Autor wykazał w ten sposób umiejętność redagowania tekstów o charakterze naukowym.

3. Ocena merytoryczna

Po przeanalizowaniu treści rozprawy stwierdzam, że podjęta w niej problematyka bez wątplenia mieści się w dyscyplinie górnictwo i geologia inżynierska, a obecnie Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka. Przedstawione w pracy zagadnienia dotyczą zarówno górnictwa jako producenta paliw, energetyki jako odbiorcy oraz skutków środowiskowych produkcji energii.

Badania literaturowe podjęte przez Autora dotyczyły głównie tematyki optymalizacji pozyskiwania węgla kamiennego w sektorze paliwowo energetycznym. Wyniki tych badań przedstawiono w podziale na optymalizację ukierunkowaną na producentów węgla, pośredników w handlu węglem (zajmujących się przygotowaniem odpowiednich mieszanek), oraz nabywców – przedsiębiorstwa energetyki przemysłowej.

Analiza stanu literatury w podjętym obszarze (w której to części powołano się na 49 pozycji literaturowych), doprowadziła Autora do słusznej konkluzji o konieczności rozbudowania istniejących w tym zakresie modeli, o czynniki związane z parametrami jakościowymi węgla, przekładającymi się na koszty ochrony środowiska i kosztów uprawnień do emisji CO₂. Zauważona luka stała się powodem podjęcia opisanych w niniejszej rozprawie badań.

Autor postawił hipotezę badawczą, że **uwzględnienie kosztów ochrony środowiska oraz uprawnień do emisji CO₂ na etapie planowania dostaw węgla kamiennego prowadzi do redukcji kosztów związanych z pozyskaniem i wykorzystaniem tego paliwa w elektrowniach zawodowych**, a uzyskane i opisane w pracy wyniki, w mojej ocenie, potwierdzają jej słuszność.

Aby dowieść trafności postawionej hipotezy, Autor wskazał główny cel pracy jako **ilościową analizę potencjału redukcji kosztów związanych z pozyskaniem i wykorzystaniem węgla kamiennego w elektrowniach zawodowych, w rezultacie uwzględnienia w procesie planowania dostaw tego paliwa, kosztów ochrony środowiska oraz uprawnień do emisji CO₂**.

Analiza ta została przeprowadzona z zastosowaniem przyjętej metodyki badawczej, którą było opracowanie optymalizacyjnego modelu matematycznego, zaimplementowanego w środowisku GAMS, opierającego się na opracowanej przez Autora metodzie, sformułowanej w głównym celu pracy. Autor podjął się niełatwego zadania ze względu na dużą liczbę czynników i ich zmienność, które należy ująć w procesie modelowania prowadzącego do optymalizacji

pozyskiwania węgla kamiennego przez energetykę zawodową z uwzględnieniem wybranych regulacji środowiskowych.

Rozwój komputerowych technik obliczeniowych spowodował, że *de facto* jedynym ograniczeniem rozwiązywania zagadnień optymalizacyjnych stał się odpowiedni dobór elementów i postaci modelu. Jedynym, ale jakże istotnym i często skomplikowanym w realizacji.

Budowa modelu matematycznego wymaga odpowiedniego doboru parametrów wejściowych i wyjściowych modelu. Dlatego też Autor, jako pierwszy z celów cząstkowych, słusznie postawił sobie identyfikację czynników wpływających na wymagania jednostek wytwórczych względem parametrów paliwa wykorzystywanego do produkcji energii elektrycznej i ich wpływu na emisję substancji szkodliwych dla środowiska. W ramach tych rozważań skoncentrowano się na:

- prognozie podaży węgla do celów energetycznych uwzględniającej aktualne zdolności podażowych, prognozy żywotności aktualnie działających kopalń oraz perspektywy uruchomienia kopalń nowych,
- określeniu głównych parametrów jakościowych decydujących o cenie węgla oraz wpływających na przydatność w energetyce zawodowej,
- najważniejszych regulacjach dotyczących wymogów środowiskowych dla energetyki zawodowej,
- wpływie parametrów jakościowych węgla na emisję substancji szkodliwych obejmujących skalę emisji i opłaty z nimi związane oraz koszty ograniczenia emisji,
- prognozach kosztów nabycia węgla z uwzględnieniem kosztów transportu drogą morską lub lądową.

Należy zaznaczyć, że Autor bardzo wnikliwie przeanalizował powyższe czynniki, co w późniejszym etapie pozwoliło mu na prawidłowe uwzględnienie ich w modelu matematycznym.

Drugim celem cząstkowym jaki zaproponował i zrealizował Autor, była budowa własnego, oryginalnego aparatu badawczego w postaci modelu matematycznego pozwalającego ocenić stopień redukcji kosztów pozyskania i wykorzystania węgla kamiennego w elektrowniach zawodowych, z uwzględnieniem doboru węgla o parametrach pozwalających na obniżenie kosztów związanych z ochroną środowiska i emisją CO₂. Przyjęta koncepcja zakładała jako cel minimalizację łącznych kosztów związanych z pozyskaniem i wykorzystaniem (w którym zawarte są także koszty środowiskowe) węgla kamiennego, przy założonych ograniczeniach odpowiadających zapotrzebowaniu ilościowemu i jakościowemu jednostek wytwórczych, zdolnościom produkcyjnym dostawców oraz możliwościom logistycznym transportu węgla, które w bardzo dobry sposób zostały przedstawione w rozdziale 3.5. Schemat modelu został odpowiednio zilustrowany rysunkiem 3.1. Poprawne działanie modelu uwarunkowane jest istnieniem równań określających oddziaływanie parametrów wejściowych na minimalizowane

koszty. Autor zaproponował i uzasadnił 31 postaci równań liniowych wiążących wytypowane parametry z minimalizowanym kosztem. W tym miejscu może nasuwać się pytanie o to, czy modelowanie w oparciu o programowanie liniowe jest jedynym właściwym wyborem. Wybór ten Autor uzasadnia analizą literatury przedmiotu nie przedstawiając innych alternatyw. W mojej opinii koncepcja ta wydaje się również możliwa do zastosowania, pozostaje jednak mały niedosyt wyraźniejszego umotywowania tego wyboru. Nie da się jednak odmówić Autorowi wnikliwości z jaką podszedł do problemu modelowania, widocznej w przyjętej szczegółowości tworzenia równań i doboru parametrów. Dodatkowo o poprawności działania zbudowanego modelu świadczą wyniki etapu kalibracji i analizy wrażliwości modelu, gdzie modelowane wartości odpowiadają wartościom oczekiwany.

Pozytywnie oceniam zaproponowaną przez Autora koncepcję przygotowania scenariuszy badawczych. Zostały one zbudowane w oparciu o modelowanie w trzech warstwach: koszty dostaw węgla, koszty ochrony środowiska oraz koszty uprawnień do emisji CO₂. W pierwszym scenariuszu optymalizowana jest pierwsza warstwa, a pozostałe warstwy zostają dodane jako wartości funkcji w wyznaczonym punkcie, w drugim optymalizowane są dwie warstwy, a następnie dodawana jest część związana z kosztami emisji CO₂, natomiast w trzecim scenariuszu optymalizowane są jednocześnie wszystkie trzy warstwy. Pozwala to uwidocznic na ile optymalizowanie kosztów ochrony środowiska oraz uprawnień do emisji CO₂ wpływa na całkowite koszty ponoszone przez elektrownie zawodowe i jednocześnie pozwala na zweryfikowanie przyjętej w pracy hipotezy badawczej.

Trzecim i ostatnim celem jak postawił sobie w rozprawie Doktorant była ocena ilościowa wpływu uwzględnienia kosztów ochrony środowiska oraz kosztów uprawnień do emisji CO₂ w procesie planowania dostaw węgla, na redukcję kosztów związanych z pozyskaniem i zużyciem węgla w elektrowniach zawodowych przy zastosowaniu zaproponowanej metody optymalizacji. Cel ten został zrealizowany, a opisany w Rozdziale 4. W tabelach 4.1, 4.2 oraz 4.3 zaprezentowano wyniki optymalizacji z użyciem zaproponowanego modelu dla przyjętych scenariuszy. Wyniki te po szczegółowej i wielopłaszczyznowej interpretacji potwierdzają postawioną na wstępie pracy hipotezę.

4. Uwagi dyskusyjne i polemiczne

1. Bez wątplenia zakres pozycji literaturowych na jakie powołuje się Autor jest bardzo szeroki. Wiedza, którą nabył w trakcie badań literaturowych z pewnością uzmysłowiła mu złożoność podjętych badań. W mojej ocenie, jednak informacje dotyczące badań innych naukowców przytoczone w Rozdziale 1, mogłyby być nieco bardziej rozbudowane. W moim odczuciu (ale jest to być może tylko moje subiektywne odczucie) we wstępie do pracy brakuje wyraźnego podkreślenia wagi podjętej tematyki, która jest z pewnością niebagatelna.

2. W punkcie 2.6 (Koszty transportu węgla – dokładnie 2.6.1.) Autor zauważył dwukrotny wzrost kosztów transportu drogą morską mający miejsce w ostatnim okresie, zatem słusznie poświęcił dużo uwagi elementom budującym ten koszt. Chciałbym zapytać, jaka jest opinia Autora co do zmian tego rodzaju kosztów transportu w obecnej sytuacji geopolitycznej, czy przewiduje wzrost cen węgla w krajach jego pochodzenia, czy też może ranga tego kosztu transportu spadnie z uwagi na zwiększenie wydobycia polskiego węgla?

3. Proszę o uzasadnienie przyjęcia niezmiennej ceny węgla energetycznego na rynku krajowym w perspektywie najbliższych 18 lat.

4. Co było powodem przyjęcia modelu deterministycznego, opartego na programowaniu liniowym, nieuwzględniającym stochastyczności zjawisk?

5. W trakcie tworzenia modeli matematycznych często obserwuje się wzajemne korelacje parametrów wejściowych, które negatywnie oddziałują na modelowany parametr poprzez redundancję informacji. Czy Autor ma pewność że w jego modelu nie występują takie przypadki?

6. Czy w ocenie doktoranta, sytuacja w której przedsiębiorstwo energetyczne zaopatruje się w węgiel kamienny u najwygodniejszych pod względem logistyki dostawców (bez uwzględniania czynników środowiskowych) niesie za sobą dużo wyższe koszty pozyskania i wykorzystania węgla niż wyliczone przez model jako optymalne, w kontekście dodatkowych kosztów, związanych z obsługą skomplikowanych często procesów logistycznych oraz mniejszego ryzyka nieterminowości dostaw?

7. Czy doktorant brał pod uwagę rozważenie dodatkowego scenariusza, który powstałby po zamianie kolejności optymalizacji kosztów ochrony środowiska z kosztami uprawnień do emisji CO₂?

Mam również trzy małe uwagi redakcyjne:

- str. 24 – zamiast 137 m²; powinno być 137 km²,
- str. 28 – zamiast „popytu”; powinno być „podaży”,
- str. 74 – na końcu zdania są dwie kropki; powinna być jedna.

5. Wniosek końcowy

Przedstawioną do oceny rozprawę doktorską mgr inż. Marcina Malca, oceniam pozytywnie zarówno pod względem formalnym jak i merytorycznym. Poziom merytoryczny rozprawy, mimo małych uwag, uważam za wysoki, a układ treści tworzy logiczną i spójną całość. Rozprawa opisuje oryginalne, autorskie rozwiązanie problemu naukowego mające jednocześnie duży potencjał aplikacyjny.

W mojej ocenie rozprawa spełnia warunki określone w art. 13. Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki. (Dz. U. 2003.65.595 z późn. zm.) w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz.1669).

Wobec powyższego wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN w Krakowie o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pana mgra inż. Marcina Malca nt. *Optymalizacja pozyskiwania węgla kamiennego przez energetykę zawodową z uwzględnieniem wybranych regulacji środowiskowych* do publicznej obrony oraz dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Marek Kęsek