

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Komorowskiej pt. „Ocena krajowego zapotrzebowania na stałe paliwa kopalne w pespektywie 2040 roku na tle wdrożenia rynku mocy ” napisanej pod kierunkiem dr hab. inż. Lidii Gawlik prof. IGSMiE PAN.

Recenzja została wykonana na podstawie Uchwały nr 6/II/2020 Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia PAN w Krakowie z dnia 02.07.2020 r.

1. Wybór i sformułowanie tematu pracy

Praca, dotyczy aktualnych zagadnień związanych z rynkiem mocy i wdrożenia jego rozwiązań w ramach dotychczas funkcjonującego rynku energii w Polsce. Rynek ten po zmianach w 2018 roku, stał się rynkiem dwutowarowym, gdzie przedmiotem obrotu jest nie tylko energia elektryczna ale również obowiązek mocy.

Podjęta w pracy problematyka stanowi ważny i strategiczny obszar zagadnień, gdyż jest związana z przyszłym zabezpieczeniem dostaw energii elektrycznej dla Polski. Wynika to z jednej strony ze wzrastającego udziału energetyki odnawialnej, która z natury rzeczy jest niestabilnym źródłem energii, a z drugiej z polityki dekarbonizacji jak również przestarzałych mocy wytwórczych oraz potencjalnie zwiększającym się zapotrzebowaniem na energię elektryczną.

W związku z powyższym rynek mocy i tym samym wynagradzanie za utrzymywanie zdolności wytwórczych, zwłaszcza, w konwencjonalnych źródłach, pozwoli na ich funkcjonowanie i nie usuwanie ich z systemu na skutek nieefektywności ekonomicznej. Taki proces zachodziłby w przypadku jednotowarowego obrotu na rynku energii. W konsekwencji, zmiany struktury rynku energii w Polsce wpłyną na procesy wytwarzania a jednocześnie będą oddziaływać na zapotrzebowanie na paliwa kopalne wykorzystywane w konwencjonalnych jednostkach wytwarzania energii elektrycznej.

W pracy doktorskiej podjęto próbę określenia ilościowego zapotrzebowania na paliwa kopalne w krajowym systemie elektroenergetycznym do 2040 roku, w świetle zmian rynku energii przy wykorzystaniu modelowania matematycznego.

Przyjęty temat pracy narzucił określenie hipotezy badawczej oraz celu głównego popartego celami cząstkowymi. Znalazły one odzwierciedlenie w strukturze pracy opartej na logicznych rozdziałach i treściach w nich zaprezentowanych.

Tematyka pracy została zrealizowana w pięciu rozdziałach z których trzy mają charakter teoretyczny oparty na badaniach literaturowych, natomiast dwa kolejne dotyczą badań empirycznych. Badania literaturowe są związane z:

- charakterystyką stanu publikacji dotyczących budowania modeli optymalizacji w świetle funkcjonującego rynku mocy i obszarów z nim związanych;
- przedstawieniem sektora elektroenergetycznego w Polsce, w którym zaprezentowano sektor wytwarzania energii elektrycznej w Polsce oraz sektor wydobycia surowców energetycznych związany z wydobyciem węgla kamiennego i brunatnego;
- analizą rozwiązań charakterystycznych dla rynku mocy i rodzajów wynagradzania za utrzymywanie obowiązku mocy funkcjonujących na świecie;

Badania empiryczne dotyczą

- opracowania modelu matematycznego wykorzystującego programowanie liniowe dla określenia zapotrzebowania na paliwa kopalne w przyjętych do analizy dwóch scenariuszach badawczych;
- analiz i dyskusji otrzymanych wyników z symulacji dla przyjętych scenariuszy badawczych, które zostały oparte na koncepcji opracowanego modelu matematycznego.

Opracowany model matematyczny stanowi narzędzie analizy równowagi cząstkowej związane z ilościowym określeniem zapotrzebowania tylko na węgiel kamienny i węgiel brunatny dla krajowego systemu wytwarzania do 2040 roku. Przyjęte założenia wykorzystują przeprowadzone aukcje na rynku mocy, które miały miejsce w 2018 roku, a dotyczyły dostaw na lata 2021-2025. W sensie technicznym model optymalizacji bazuje na pewnym uproszczeniu związanym z przyjęciem rozwiązania bazującego na programowaniu liniowym.

Konkludując, recenzowana praca ma znaczenie dla rozpatrywania bezpieczeństwa energetycznego naszego kraju, stanowiąc określone źródło oceny rynku energii i zmian na nim zachodzących. Jednocześnie należy zwrócić uwagę, że rozwiązanie dotyczące wdrożenia rynku

mocy wprowadza obrót dwutowarowy i daje możliwości osiągnięcia przychodów jednostkowym wytwórczym, które na skutek nieefektywności ekonomicznej mogłyby być usuwane z systemu.

Wynagradzanie za utrzymywanie zdolności wytwórczych, jak wykazała doktorantka, zmieni zapotrzebowanie na surowce energetyczne obejmujące stałe paliwa kopalne. Oszacowanie tych zmian i ich analiza może stanowić przesłankę dla kierunków wyznaczenia sprawiedliwej transformacji energetycznej Polski zgodnej ze zrównoważonym rozwojem w świetle ekonomicznym, społecznym i środowiskowym. Tym samym, Doktorantka podejmując wskazana problematykę wpisuje się w istotny nurt prac naukowych poruszających strategiczne problemy rynku elektroenergetycznego.

2. Ocena struktury pracy w świetle realizacji tematyki i celu głównego.

Struktura pracy jest przejrzysta i służy realizacji założonych w rozprawie doktorskiej celów. Tworzy ją wprowadzenie, nienumerowany rozdział prezentujący cel główny i cele cząstkowe wraz z hipotezą badawczą, pięć rozdziałów, wnioski końcowe oraz stosowne spisy literatury, tabel i rysunków.

Wprowadzenie do pracy ma charakter problemowy, w którym wyjaśniona została potrzeba wprowadzenia rynku mocy w Polsce oraz jego konsekwencje w postaci oddziaływania na rynek energii oraz na przedsiębiorstwa elektroenergetyczne. Odniesiono się do zagrożeń funkcjonujących w systemie wytwarzania i dystrybucji energii do odbiorców. Konkluzją tej części jest stwierdzenie nawiązujące do tematyki pracy, a związane z potrzebą analizy zmian ilościowych w zapotrzebowaniu na paliwa kopalne takie jak węgiel kamienny i węgiel brunatny. Zmiany tego zapotrzebowania, w stosunku do przyjmowanych w praktyce scenariuszy będą determinowane wprowadzonym rynkiem mocy i utrzymywaniem zdolności wytwórczych, które mogłyby być usuwane z rynku energii na skutek potencjalnej nierentowności. W efekcie można uznać, że poczynione w tej części wyjaśnienia stanowiły wystarczające przesłanie do podjęcia tematyki pracy.

We wprowadzeniu nie zostały określone cel pracy, cele cząstkowe oraz hipoteza badawcza, ponieważ Doktorantka umieściła je w wydzielonym osobnym i nienumerowanym rozdziale pracy. Cel główny pracy jest zgodny z przyjętą tematyką i dla jej realizacji został poparty trzema celami cząstkowymi. Znalazły one odzwierciedlenie w strukturze pracy stanowiąc kolejne jej rozdziały. Logiczne powiązanie celów pozwoliło określić hipotezę badawczą, którą Doktorantka starała się udowodnić poprzez przyjęcie odpowiedniej metodyki badań. Dla potwierdzenia przyjęte zostały dwa scenariusze, których założenia zostały opisane i wyjaśnione. Warto zauważyć, że przyjęta w pracy hipoteza, na skutek przyjętej w Unii

Europejskiej polityki dekarbonizacji, może nie jest odkrywcza a jednocześnie przewidywalna. Jednak skala zmian i jej zwartościowanie może stanowić ważne i ciekawe narzędzie dla realizacji polityki akceptowalnego społecznie rozwoju gospodarczego i sprawiedliwej transformacji energetycznej w krajach takich jak Polska.

W pierwszym rozdziale zaprezentowane zostały analizy literaturowe w trzech obszarach zagadnień według przyjętej klasyfikacji. Pozwoliła ona zidentyfikować obszary: modelowania systemów paliwowo – energetycznych, planowania zapotrzebowania na paliwa i energię oraz analiz rynków mocy w krajach gdzie one funkcjonują. Do każdego z obszarów przypisano odpowiadające zakresem stosowne pozycje literaturowe.

W rozdziale drugim scharakteryzowano sektor elektroenergetyczny w Polsce według przyjętych zależności wynikających z łańcucha wartości charakterystycznego w tej branży. W pierwszej kolejności opisano rynek energii przed zmianami kiedy występował na nim obrót jednotowarowy. Z kolei, w kontekście zmian zaprezentowano również strukturę mocy wytwórczych występujących w grupach kapitałowych oraz stan techniczny instalacji wraz z ich planowaną fluktuacją. W dalszej części opisano paliwa kopalne w postaci węgla kamiennego i brunatnego i wskazano ich producentów.

Rozdział trzeci został w całości poświęcony rynkowi mocy. Scharakteryzowano potrzebę wynagradzania za utrzymywanie zdolności wytwórczych i wskazano ich wpływ na rynki energii. Zdefiniowano podstawowe pojęcia i określono zależności charakterystyczne dla omawianych rozwiązań. Szczególnie wartościowe jest przedstawienie rodzajów mechanizmów występujących na rynku mocy z których zaprezentowano płatność za moc, rezerwę strategiczną, opcje niezawodnościowe, aukcje mocy i zobowiązania na moc. Na tym tle przedstawiono rozwiązanie rynku mocy wdrożone w Polsce w 2018 roku z jednoczesnym uwypukleniem jego cech charakterystycznych zarówno tych pozytywnych jak i negatywnych.

W rozdziale czwartym zaprezentowano model matematyczny bazujący na programowaniu liniowym. Scharakteryzowano podejście przyświecające Doktorantce co do skonstruowania aparatu badawczego. Wskazano funkcję celu i warunki ograniczające zapewniające osiągnięcie wyników potwierdzających przyjęty cel pracy i hipotezę badawczą. Równocześnie model został opisany w ujęciu matematycznym pozwalającym na zaimplementowanie go w środowisku MATLAB. Analizy zapotrzebowania na paliwa kopalne w systemie elektroenergetycznym zostały przeprowadzone dla dwóch przyjętych scenariuszy.

W rozdziale piątym skoncentrowano się na analizie otrzymanych wyników. Analizy dotyczą zmian udziału paliw kopalnych w strukturze mocy osiągalnej w systemie elektroenergetycznym oraz w strukturze produkcji energii elektrycznej. Oceniono ilościowy

wpływ rynku mocy na dwutowarowym rynku energii w stosunku do scenariusza zakładającego rynek jednotowarowy. Przeprowadzone analizy i otrzymane wyniki obejmują okres do 2040 roku.

Całość pracy kończy podsumowanie i wnioski, które syntetycznie prezentują najważniejsze efekty przeprowadzonych analiz. Doktorantka sprecyzowała dziesięć wniosków, które w głównej mierze pochodzą z części praktycznej pracy związanej z rozdziałem piątym. Jednocześnie zaprezentowane rezultaty pozwalają potwierdzić hipotezę badawczą i uznać że cel główny pracy został zrealizowany.

3. Merytoryczna ocena pracy

Za ważne osiągnięcia naukowe Doktorantki można uznać:

- w obszarze badań literaturowych:

1. zdefiniowanie obszarów badawczych dla oceny literaturowej, według klasyfikacji potwierdzającej zgodność z przyjętą tematyką,
2. usystematyzowanie podmiotów funkcjonujących w polskim systemie elektroenergetycznym zwłaszcza w obszarach: wydobywania stałych paliw kopalnych, wytwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej,
3. przedstawienie rozwiązań dla rynku mocy z mechanizmami wynagradzania za utrzymanie zdolności wytwórczych; na uwagę zasługuje przede wszystkim określenie zalet i wad każdego z przytoczonych rozwiązań.

- w obszarze badań praktycznych:

1. zbudowanie modelu optymalizacji opartego na programowaniu liniowym, a wykorzystującego podejście Economic Dispatch Problem dla określenia struktury wytwarzania przy jak najniższym koszcie funkcjonowania systemu elektroenergetycznego,
2. zdefiniowanie ograniczeń w modelu, które w sposób matematyczny opisują rzeczywistość konieczną do znalezienia rozwiązania dla przyjętej funkcji celu,
3. dobór dwóch scenariuszy funkcjonowania rynku energii, które poddane analizie umożliwiły uzyskanie wniosków potwierdzających realizację celu pracy,

- określenie dynamiki zmian dotyczących zapotrzebowania na węgiel kamienny i węgiel brunatny do 2040 roku w krajowym systemie elektroenergetycznym, które stanowią mogą narzędzie do projektowania przyszłych zdolności wydobywczych w zakładach górniczych,

Podsumowując, osiągnięcia naukowe recenzowanej pracy należy rozpatrywać pozytywnie

4. Uwagi dyskusyjne i krytyczne

- Waga podjętej w pracy tematyki oraz przyjęte w tym kontekście hipoteza badawcza i cele są spójne i zależne. Jednocześnie wynikające z nich cele cząstkowe determinują strukturę pracy. Tym samym, wydaje się, że wprowadzenie oraz część wydzielona w postaci celu, hipotezy i układu pracy mogłyby stanowić jeden rozdział o charakterze wstępu. Oczywiście nie jest to reguła i można spotkać różne podejścia m.in. takie jak zaprezentowała Doktorantka niemniej spójność treści jak i również potencjalne opublikowanie pracy w formie książkowej przemawiałaby za sugerowanym rozwiązaniem.
- W rozdziale pierwszym Doktorantka zaproponowała klasyfikacje obszarów badawczych według których przeprowadziła analizę literatury. Trzy obszary badawcze zostały zaprezentowane zgodnie z przyjętą systematyką i obejmują 115 artykułów i monografii. Brakuje jednak krytycznego ujęcia przytaczanej literatury, która umożliwiałaby głębsze spojrzenie na poruszane w nich problemy. Szczególnie odnosi się to do zaprezentowania płynących z nich wniosków i potencjalnej selekcji efektów prezentowanych dociekań naukowych pod kątem problemów poruszanych w pracy.
- Zaprezentowany w rozdziale czwartym model matematyczny jest z pewnością osiągnięciem i wkładem własnym Doktorantki, niemniej przyjęcie programowania liniowego do rozwiązania problemu powoduje, że wszystkie funkcje o charakterze funkcji celu, jak i równań i nierówności ograniczających są liniowe. Mimo, że Doktorantka, przytacza literaturę uzasadniając takie rozwiązanie, powstaje jednak pytanie o zbytne upraszczanie rzeczywistości.
- Przyjęcie wielu ograniczeń i ich opisanie poprzez funkcje liniowe stanowiły pewne założenia do modelu, natomiast analizowany horyzont czasu do 2040, skłaniają do zastanowienia się nad wrażliwością przyjętych zmiennych, ich zmianami w okresie

czasu oraz wpływem na funkcję celu. Tym samym analizowany model można byłoby rozszerzyć o analizę ryzyka i metody jego ograniczania.

5. W rozdziale czwartym (np. str 80) Doktorantka, wykorzystuje pojęcie dochodu i wyniku finansowego. Z uwagi na fakt, że jedno i drugie oznacza to samo w sensie ekonomicznym, to jednak wynik jest kategorią finansową natomiast dochód jest kategorią podatkową. Wydaje się, że Doktorantka mogłaby ujednoczyć terminologię i raczej stosować termin „wynik finansowy”
6. Zaprezentowane wnioski wskazują, że scenariusz zapotrzebowania na paliwa kopalne z funkcjonującym rynkiem mocy spowolni postępującą dekarbonizację w Polsce. Powstaje pytanie jak otrzymane wyniki mogłyby się zmienić w przypadku założenie znacznego wzrostu zużycia energii w Polsce i tym samym większego jej wytwarzania. Takiego scenariusza należy oczekiwać mając na uwadze szukanie dodatkowych przychodów przez firmy energetyczne np. poprzez rozwój rynku elektromobilności w Polsce.

Wniosek końcowy

Stwierdzam, że praca doktorska Pani mgr inż. mgr inż. Aleksandry Komorowskiej pt. „Ocena krajowego zapotrzebowania na stałe paliwa kopalne w pespektywie 2040 roku na tle wdrożenia rynku mocy ” stanowi oryginalny i samodzielny dorobek naukowy.

Zrealizowana praca dotyczy dyscypliny naukowej „górnictwo i geologia inżynierska” i świadczy o ogólnej wiedzy teoretycznej Doktorantki oraz jej umiejętnościach do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w tej dyscyplinie. Należy dodać, że w chwili obecnej dyscyplina „górnictwo i geologia inżynierska” na skutek zmian legislacyjnych wpisuje się w nową dyscyplinę naukową o nazwie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka.

Doktorantka sformułowała hipotezę oraz cel główny zgodnie z tematyką pracy i zdefiniowała cele cząstkowe wspierające realizację przyjętych założeń. Ogólny układ pracy odzwierciedla logiczne powiązania rozwiązywanych problemów naukowych. Za szczególnie wartościowe należy uznać dociekania naukowe związane propozycją i weryfikacją modelu matematycznego określającego przyszłe zapotrzebowania na stałe paliwa kopalne w świetle funkcjonowania rynku mocy w pespektywie do 2040 roku

Podsumowując, stwierdzam, że recenzowana praca doktorska Pani mgr inż. Aleksandry Komorowskiej spełnia wymagania określone w art. 13 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dn. 14 marca 2003 r. i wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Aleksander Furtek