

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Marcina Rabe pt. „Regionalny system alternatywnych źródeł energii”**

**1. Uzasadnienie podjęcia tematu badawczego**

Wzrost gospodarczy oraz rosnący trend demograficzny wpływają na zużycie energii w skali globalnej. Także w Polsce zużycie energii elektrycznej zwiększa się i w 2013 roku był to wzrost o około 0,62 proc. - do 157.980 GWh. Z wytwarzaniem i użytkowaniem energii elektrycznej związana jest emisja gazów cieplarnianych powstających przy spalaniu paliw kopalnych. Szacuje się, że ok. 80% emisji CO<sub>2</sub> wytwarzana jest związane ze spalaniem paliw kopalnych. Co więcej, przewiduje się dalszy wzrost emisji CO<sub>2</sub> na skutek postępującego rozwoju cywilizacyjnego oraz wciąż dużego udziału węgla w popycie na kopalne nośniki energii. Zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> nie będzie możliwe bez ograniczania zużycia paliw kopalnych, zwłaszcza węgla w przestarzałych elektrowniach oraz znacznej poprawy efektywności energetycznej. Niekonwencjonalne źródła energii elektrycznej mogą być więc coraz większym uzupełnieniem w wytwarzaniu energii elektrycznej (obecnie ok. 10%) wskutek ograniczania spalania węgla i rosnących kosztów wydobycia surowców kopalnych. Kluczem do istotnego zwiększenia efektywności wykorzystania energii elektrycznej w Polsce jest zatem przede wszystkim odejście od monokultury węglowej, a zwłaszcza od obecnych nieefektywnych technologii wydobycia i spalania węgla. Racjonalne wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych, tj. wiatru, promieniowania słonecznego, energii powstałej ze spalania biomasy czy z elektrowni wodnych to dość znaczący komponent zrównoważonego rozwoju gospodarczego. Produkcja energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii (OZE) ma charakter regionalny (rozproszony) ze względu na różny poziom występowania surowców do jej wywarzania.

Wybór tematu rozprawy przez Doktoranta jest więc aktualnym problemem badawczym. Praca dotyczy analizy możliwości pozyskiwania alternatywnych źródeł energii w Regionie Zachodniopomorskim. Region ten jest szczególnie predysponowany do produkcji

odnawialnych źródeł energii, zwłaszcza energii wiatrowej i energii z biomasy. W Regionie tym funkcjonuje największa w kraju elektrownia w której energia elektryczna produkowana jest z biomasy. Szczegółowa analiza uwarunkowań do produkcji energii elektrycznej oraz określenie możliwości zwiększenia jej produkcji (prognozy uzyskania energii elektrycznej z OZE) ma znaczenie nie tylko naukowe ale także praktyczne. Uzyskane wyniki należy uznać za interesujące. Dlatego też uważam, że podjęty przez Doktoranta temat badawczy jest problemem aktualnym i w pełni uzasadnionym.

## **2. Struktura pracy, materiał empiryczny, metody badawcze**

Głównym celem pracy była analiza uwarunkowań w regionie zachodniopomorskim do produkcji energii elektrycznej ze szczególnym uwzględnieniem niekonwencjonalnych źródeł energii. Autor jako główny cel metodyczny uznał budowę matematycznego modelu regionalnego systemu energetycznego, powiązanego ze strategią rozwoju regionu w poszczególnych latach. Do Jego oryginalnego wkładu pracy należy zaliczyć przedstawienie kilku scenariuszy regionalnej polityki energetycznej przy uwzględnieniu kryteriów zrównoważonego rozwoju. Dla potrzeb badań Doktorant sformułował hipotezę badawczą:

- „Istnieje celowość i możliwość zbudowania regionalnego systemu pozyskiwania energii ze źródeł alternatywnych, spełniającego zasady zrównoważonego rozwoju, wpływającego na wzrost bezpieczeństwa energetycznego oraz podniesienie efektywności energetycznej i pełnego wykorzystania OZE ”, (s. 13).

Obok hipotezy głównej Doktorant sformułował dość retoryczne dwie hipotezy pomocnicze:

1. „Dotychczas w Polsce brak jest zainteresowania budową regionalnych systemów energetycznych, zarówno ze strony centralnego sektora energetyki, jak i władz regionalnych i lokalnych, wywołanych zmiennością przepisów unijnych i krajowych, które nie sprzyjają rozwojowi energetyki prosumenckiej i odnawialnej”.
2. „W Polsce brak jest odpowiedniej infrastruktury do rozwoju energetyki odnawialnej”.

Materiałem empirycznym były dane pochodzące z wielu źródeł tak krajowych, jak i zagranicznych, m. in. dane empiryczne Eurostatu, OECD i GUS, naukowych instytutów energetyki i paliw, regionalnych instytucji zajmującymi się energetyką. Cennym wkładem Doktoranta jest analiza literatury i czasopism, w tym także zagranicznych zajmujących się

problematyką OZE oraz ich udziałem w wywarzaniu energii elektrycznej. Zakres czasowy badań empirycznych był zmienny i obejmował najczęściej lata 2005 – 2015, w tym 2014 – 2015 to okres prognozowany.

Recenzowana praca - licząca 274 strony tekstu - składa się z siedmiu rozdziałów, wstępu, podsumowania i wniosków, literatury przedmiotu oraz załączników. Autor zaczął realizować temat od przedstawienia celu pracy, materiału badawczego, następnie ujęcia problemu w literaturze przedmiotu, by przejść do analizy wyników badań, rozwinięcia tematu i podsumowania. Układ pracy jest logiczny, a cytowana literatura obejmuje ważniejsze pozycje. Doktorant wykazał się dobrą znajomością omawianych zagadnień, a przede wszystkim znajomością lokalnego rynku energetycznego oraz tendencji zmian produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii tak w ujęciu globalnym (światowym), jak i lokalnym (w Polsce oraz w Regionie Zachodniopomorskim). Mam jednak pewne uwagi dotyczące zamieszczonych tabel w Aneksie. Autor zamieścił tam – moim zdaniem niepotrzebnie – tabele danych empirycznych pozyskanych z różnych źródeł, niewyjaśniając ich wyboru. Natomiast pominął interesujące wyniki obliczeń (rozwiązań optymalnych) oraz analizy wrażliwości dla różnych scenariuszy.

### **3. Wartość merytoryczna pracy**

Praca ma charakter teoretyczno – empiryczny. Do części teoretycznej zaliczam pierwsze pięć rozdziałów, w których Doktorant omówił podstawowe zagadnienia związane z podjętym tematem pracy. W dość szczegółowy i mechaniczny sposób Autor przedstawił aspekty prawne, związane z produkcją energii z surowców odnawialnych bez komentarza o ich wpływie na obecną sytuację produkcji energii elektrycznej jak i perspektywach wzrostu. Interesujący jest rozdział czwarty, gdzie Autor w poprawny sposób przeprowadził analizę wpływu przemysłu i rolnictwa na emisję gazów cieplarnianych. Na szczególną uwagę zasługuje analiza dotycząca produkcji metanu przez rolnictwo, oraz jej wpływ wzrost efektu cieplarnianego o około 18%. W rozdziale piątym, oprócz charakterystyki rynku energii elektrycznej w Polsce, Doktorant kreśli wizję lokalnego rozwoju tego sektora w kontekście wymogów Pakietu energetyczno – klimatycznego do 2020 roku (unijna Mapa Drogowa). Rozdział szósty i siódmy to najważniejsze, autorskie rozdziały w pracy. Przeprowadzona w sposób profesjonalny analiza możliwości produkcji energii odnawialnej w województwie zachodniopomorskim wykazała, że dysponuje ono dużym potencjałem wiatrowym i biomasy, który może być przeznaczony na cele energetyczne. W rozdziale tym Doktorant słusznie

podkreślił pewne ograniczenia, tj. duże obszary Natura 2000, brak infrastruktury przyłączeniowej oraz obecne trudności w przyłączaniu farm wiatrowych.

Rozdział siódmy – według mnie - jest najistotniejszą i najwartościowszą częścią pracy doktorskiej. Doktorant, przy pomocy optymalizacyjnego modelu wielokryterialnego, opracował dziewięć różnych scenariuszy optymalizujących regionalny potencjał energetyczny. Do konstrukcji modeli optymalizacyjnych musimy obliczyć w pierwszej kolejności wielkości parametrów techniczno – ekonomicznych oraz ustalić minimalne lub maksymalne poziomy warunków bilansowych (a nie warunków ubocznych). Praca ta wymagała od Doktoranta dużych nakładów pracy (wielu obliczeń, poszukiwań informacji z wielu źródeł statystycznych, szczególnie lokalnych). Do modelu przyjęto 24 zmienne decyzyjne. Do poszukiwania rozwiązań kompromisowych Doktorant wykorzystał metodę leksykograficzną, uprzednio z powodzeniem stosowaną przez Jego promotora, prof. M. Malickiego. Funkcja celu (minimalizowana) składała się z trzech (czterech w zależności od scenariusza) komponentów:

- kosztów związanych z produkcją,
- kosztów związanych z certyfikatami,
- kosztów ekologicznych oraz
- utraty żyzności gleb.

W modelu optymalizacyjnym minimalizowano tylko jedną funkcją ( $L(x)$ ), która była składową powyższych komponentów, dlaczego nie minimalizowano bezpośrednio wszystkich trzech lub czterech komponentów? Doktorant w rozważanych dziewięciu scenariuszach przyjmował mniej lub bardziej realistyczne założenia dotyczące wielkości uzyskiwanej energii z alternatywnych źródeł energii. Jednocześnie przyjął założenie, że wielkość produkcji energii konwencjonalnej wynosi zero. Domyślam się intencji Autora, który chciał wskazać, że istnieją możliwości pokrycia zapotrzebowania na energię ze źródeł odnawialnych w województwie zachodniopomorskim. W moim przekonaniu jest to mało realna sytuacja (pośrednio potwierdził to także Autor przedstawiając w scenariuszach wielkości kosztów produkcji energii z OZE), raczej należy oczekiwać, że energia pozyskiwana z odnawialnych źródeł będzie uzupełnieniem produkcji energii konwencjonalnej. Doktorant poprawnie przedstawił i zinterpretował wyniki rozwiązań optymalnych uzyskanych w poszczególnych scenariuszach (dość swobodnie porusza się w problematyce zagadnień optymalizacyjnych). Szkoda tylko, że nie przedstawił i nie zanalizował informacji dodatkowych rozwiązań optymalnych (cen dualnych, granic ważności i realizacji oraz przedziałów i granic stabilności

parametrów funkcji celu). Ułatwiłyby one interpretację uzyskanych wyników oraz prawdopodobnie pozwoliłyby na zmniejszenie liczby rozpatrywanych scenariuszy.

#### **4. Konkluzja**

Autor zajął się trudnym i obszernym problemem badawczym, którego rozwiązanie wymagało dużej wiedzy z zakresu ekonomii i finansów oraz badań operacyjnych. Wyniki analizy przedstawione w pracy potwierdzają przyjęte założenie badawcze. Podejście Doktoranta do badanej problematyki w świetle aktualnej wiedzy jest właściwe. Doktorant przedstawił problem badawczy, sformułował hipotezę badawczą, dokonał przeglądu dotychczasowego dorobku naukowego w tym zakresie, zaproponował własne rozwiązania metodyczne i dokonał weryfikacji metod na danych empirycznych. Zaletą pracy jest dobra znajomość omawianych zagadnień, poparta połączeniem teorii z wynikami empirycznymi.

**Biorąc pod uwagę ocenę formalną, metodyczną i merytoryczną pracy należy stwierdzić, że odpowiada ona wymaganiom stawianym pracom doktorskim.**

**Reasumując, uważam, że recenzowana praca spełnia stawiane wymogi i wnoszę o jej przyjęcie oraz dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.**

