

Ocena perspektyw zapotrzebowania na stałe paliwa kopalne w elektroenergetyce zawodowej w aspekcie wybranych regulacji środowiskowych

mgr inż. Przemysław Kaszyński

STRESZCZENIE

Problematyka wpływu regulacji środowiskowych wdrażanych w energetyce zawodowej na zapotrzebowanie na paliwa kopalne jest zagadnieniem, które nabiera szczególnego znaczenia w kontekście specyfiki polskiego sektora paliwowo-energetycznego. Jego silne uzależnienie od węgla, w obliczu prowadzonej przez Komisję Europejską polityki dekarbonizacyjnej, rodzi poważne konsekwencje i wyzwania, zwłaszcza dla górnictwa węgla kamiennego i brunatnego. Przedmiotem badań był krajowy sektor paliwowo-energetyczny. Szczegółnej analizie poddano możliwości długoterminowego (do 2050 r.) utrzymania pozycji węgla kamiennego i brunatnego jako podstawowych nośników energii pierwotnej dla energetyki zawodowej. Istotną była analiza perspektyw podaży węgla kamiennego i brunatnego oraz dokładne odwzorowanie krajowego sektora elektroenergetycznego, będącego głównym odbiorcą węgla wydobywanego w Polsce. Ponadto, analizie poddano elementy i relacje wpływające na stan i rozwój sektora paliwowo-energetycznego, ze szczególnym uwzględnieniem czynników środowiskowych, ale także technologicznych czy ekonomiczno-gospodarczych.

Głównym celem badań przeprowadzonych w rozprawie doktorskiej było ilościowe oszacowanie perspektywnego zapotrzebowania na węgiel kamienny i brunatny w krajowym sektorze elektroenergetycznym do 2050 roku w zależności od wdrażanych regulacji środowiskowych w energetyce zawodowej. W pierwszej kolejności zidentyfikowano kluczowe regulacje środowiskowe w sektorze elektroenergetycznym wpływające na zapotrzebowanie na węgiel w energetyce zawodowej. Zbudowano narzędzie badawcze (model matematyczny) do ilościowej oceny wpływu wybranych regulacji środowiskowych w sektorze elektroenergetycznym na zapotrzebowanie na węgiel kamienny i brunatny do produkcji energii elektrycznej. Następnie opracowano scenariusze badawcze opisujące stan sektora paliwowo-energetycznego wraz z implementacją regulacji środowiskowych.

Do rozwiązania postawionego problemu i osiągnięcia założonych celów zastosowano odpowiednią metodykę badawczą, bazującą na matematycznym modelowaniu systemów. Opracowano długoterminowy model matematyczny wykorzystujący podejście programowania liniowego (*Linear Programming*), w którym odzwierciedlono kluczowe relacje zachodzące pomiędzy sektorem górnictwa węgla kamiennego i brunatnego oraz elektroenergetyką zawodową w kontekście rozważanych regulacji środowiskowych. Model matematyczny został zaimplementowany w systemie modelowania algebraicznego GAMS (*General Algebraic Modeling System*). Przygotowano również zestaw scenariuszy badawczych, w których odzwierciedlono wybrane regulacje środowiskowe. Obliczenia ilościowe przeprowadzono z wykorzystaniem zbudowanego modelu matematycznego dla opracowanych scenariuszy badawczych.

Analiza uzyskanych wyników obejmowała przede wszystkim wielkość zapotrzebowania na węgiel kamienny i brunatny w perspektywie 2050 r. z wyszczególnieniem skutków ilościowych spowodowanych przez poszczególne regulacje środowiskowe. Przeanalizowano także strukturę paliwową produkcji energii elektrycznej, wielkości przyrostu nowych mocy wytwórczych oraz poziom jednostkowych kosztów generacji do 2050 roku. Najważniejsze wnioski płynące z przeprowadzonych badań można sformułować w następujący sposób:

- wybrane regulacje środowiskowe w znacznym stopniu wpływają na przyszłe zapotrzebowanie na węgiel kamienny i brunatny do produkcji energii elektrycznej. Skala tego wpływu jest jednak różna w zależności od przyjętych scenariuszy badawczych;
- największy wpływ na redukcję zapotrzebowania na węgiel kamienny mają ceny uprawnień do emisji dwutlenku węgla oraz zaostrzone normy emisji zanieczyszczeń związane z dyrektywą w sprawie emisji przemysłowych i konkluzjami BAT. Duże znaczenie ma również zwiększony udział jednostek OZE w strukturze produkcji energii elektrycznej;
- w przypadku węgla brunatnego nie powstają żadne nowe jednostki wytwórcze na tym paliwie. W związku z tym odstawienia istniejących jednostek wytwórczych powodują spadek zapotrzebowania we wszystkich scenariuszach do bardzo niskich poziomów, nieprzekraczających 2 mln Mg w 2050 r. Jednak regulacje środowiskowe wpływają na intensywność wykorzystywania tego surowca i sumaryczny poziom zapotrzebowania w całym analizowanym okresie;
- udział węgla w strukturze paliwowej produkcji energii elektrycznej zmienia się pod wpływem badanych regulacji środowiskowych. W największym stopniu dla scenariusza wysokich cen uprawnień do emisji CO₂ oraz zaostrzonych norm emisji zanieczyszczeń pochodzących ze spalania paliw. W obu przypadkach sumaryczny udział węgla kamiennego i brunatnego spada poniżej 50% w strukturze paliwowej wytwarzania energii elektrycznej już od 2037 r. Jest to spowodowane głęboką zmianą technologiczną – w sektorze następuje rozwój energetyki jądrowej;
- zmiany strukturalne zachodzące w elektroenergetyce zawodowej pod wpływem regulacji środowiskowych oddziałują na poziom jednostkowych kosztów wytwarzania energii elektrycznej. Najwyższy wzrost kosztów tej energii dla konsumentów może spowodować system handlu uprawnieniami do emisji CO₂, w sytuacji utrzymywania się wysokich cen uprawnień.

Należy podkreślić, że przeprowadzone w rozprawie doktorskiej badania, opracowana metoda oraz uzyskane wyniki mogą mieć także charakter aplikacyjny i użyteczny, zwłaszcza w kontekście planowania rozwoju sektora paliwowo-energetycznego i podejmowanych strategicznych decyzji, zarówno na poziomie pojedynczego przedsiębiorstwa, grup paliwowo-energetycznych, jak i całego państwa.

An assessment of the prospects of solid fossil fuels demand in the power industry in terms of selected environmental regulations

mgr inż. Przemysław Kaszyński

ABSTRACT

The influence of environmental regulations affecting the use of coal for electricity generation is of central importance to the Polish fuel and energy sector. The high reliance on fossil fuels (coal-fired power plants) and the decarbonization policies promoted by the European Commission pose significant challenges to the national hard coal and lignite mining industry.

The main subject of study was the Polish fuel and energy sector. The possibility of keeping hard coal and lignite as primary energy carriers in a long-term perspective (until 2050) is analyzed. Additionally, the study includes an analysis of long-term outlooks of hard coal and lignite supply, as well as an accurate overview of the present structure of the domestic power generation sector – which is the main consumer of coal in Poland. Furthermore, the study includes elements and relationships influencing the state and development of the fuel and energy sector, with particular emphasis on factors of environmental, technological and economic character.

The main goal of the study presented in this dissertation is a quantitative estimation of future hard coal and lignite demand in the domestic power generation sector until 2050 based on various environmental policy regulations.

First, key environmental regulations that are implemented in the power generation sector and that influence the demand for hard coal and lignite were identified and selected. Then, an analytical tool (mathematical model) was developed for the quantitative estimation of the selected environmental regulations and their effects on the coal demand by the power sector. Next, research scenarios describing the state of the power generation sector and the implementation of the selected environmental regulations were developed.

To achieve the goals set out for this study, a research methodology based on mathematical modeling was applied. Linear Programming was used for the development of a long-term mathematical model reflecting the key relationships between coal and the power generation sector in the context of environmental regulations. The mathematical model was implemented in the General Algebraic Modeling System (GAMS). A number of research scenarios that reflect the selected regulations were generated. Furthermore, the calculations for each research scenario were carried out with the use of the mathematical model.

The analysis of the numerical results obtained from the mathematical model focus on the prospects of hard coal and lignite to 2050 and the quantitative effects caused by the selected environmental regulations. Moreover, the fuel mix for electricity generation, capacity levels of new power plant units and electricity generation costs until 2050 were analyzed.

The main conclusions from the conducted study are as follow:

- the selected environmental regulations highly influence the future demand for hard coal and lignite in the power generation sector. The scope of this influence varies depending on the research scenario;
- the prices of CO₂ emission allowances and stricter emissions standards stemming from the Industrial Emissions Directive and the BAT conclusions have the largest influence on the reduction of hard coal demand;
- in the case of lignite, no new power generating units will be deployed. Hence, in each scenario, the decommissioning of the existing power generation units cause a drop in demand for lignite to very low levels (not higher than 2 million Mg in 2050). Moreover, the environmental regulations have an impact on the use of lignite and its total demand throughout the entire time horizon analyzed;
- there is a significant shift in the share of hard coal in the fuel mix for electricity generation due to the analyzed environmental regulations. The strongest influence is observed in the scenarios of high prices of CO₂ emission allowances and stricter emission standards on power plants. In both cases, starting in 2037, the total share of hard coal and lignite falls below 50% in the fuel mix. This is mainly due to development of nuclear power, which shows a profound technological change in the Polish energy sector.
- structural changes in the power generation sector, as a result of the influence of environmental regulations, have an impact on the costs of electricity generation. The high increase in electricity cost for consumers might be a repercussion of the EU Emission Trading System (EU ETS) if the CO₂ allowances prices remain at high levels.

It is important to highlight that the research, methodology, and presented results in this dissertation are of practical application, particularly within the context of long-term planning and development of the fuel and energy sector; as well as applications in strategic decisions at the national level, energy and mining holding companies and individual enterprises.