

UNIwersytet Szczeciński

Instytut Ekonomii i Finansów



MACIEJ GOMÓŁKA

Autoreferat pracy doktorskiej

**KIERUNKI TRANSFORMACJI POLITYKI
ENERGETYCZNEJ POLSKI W ASPEKCIE POLITYKI
KLIMATYCZNO-ENERGETYCZNEJ UNII
EUROPEJSKIEJ**

Promotor:

dr hab. Wojciech Drożdż, prof. US

Uniwersytet Szczeciński

Instytut Zarządzania

Katedra Logistyki

Promotor pomocniczy:

dr hab. Agnieszka Budziewicz-Guźlecka

Uniwersytet Szczeciński

Instytut Gospodarki Przestrzennej i Geografii
Społeczno-Ekonomicznej

Katedra Polityki Społeczno-Ekonomicznej

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Jacek Kamiński

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi
i Energią PAN

Pracownia Ekonomiki Energetyki

dr hab. Krzysztof Zamasz, prof. PŚ

Politechnika Śląska

Wydział Organizacji i Zarządzania

SZCZECIN 2021

Spis treści

1. Uzasadnienie wyboru tematu	3
2. Hipoteza badawcza oraz cele pracy.....	5
3. Struktura pracy	6
4. Zakres, źródła i metody badawcze	7
5. Metodyka badawcza i wyniki przeprowadzonych badań.....	8
5.1 Model prognozy efektywności ekonomicznej procesu energetycznego opartego o krajowe węgle – metodyka badań i wyniki	9
5.2. Badanie ankietowe – metodyka badań i wyniki.....	15
6. Wnioski końcowe	20

1. Uzasadnienie wyboru tematu

Podstawowym celem polityki energetycznej jest dostarczenie energii elektrycznej w skuteczny i bezpieczny sposób, po konkurencyjnej cenie, w sposób efektywny ekonomicznie. Polski system elektroenergetyczny oparty jest o węgiel kamienny oraz brunatny. Zasobność krajowych pokładów węgla oraz moce wytwórcze oparte o ten surowiec od połowy XX w. stanowiły podstawę polskiej energetyki. W konsekwencji, przez lata ponad 90% energii elektrycznej konsumowanej w Polsce pochodziło z krajowych źródeł węglowych. Czyniło to Polskę jednym z najmniej zależnych energetycznie, ale także najmniej zdywersyfikowanych energetycznie, krajów świata. Stan ten był niezachwiany i niekwestionowany do momentu transformacji ustrojowej z początku lat 90. XX w., która pociągnęła za sobą restrukturyzację polskiego górnictwa. W kolejnych latach, w wyniku akcesji Polski do Unii Europejskiej, polska energetyka objęta została regulacjami, mającymi fundamentalny wpływ na funkcjonowanie sektora. Założenia pakietu klimatyczno-energetycznego oraz unijne regulacje środowiskowe nałożyły na polski system elektroenergetyczny dodatkową presję. Problem był potęgowany faktem, że z czasem, zasoby krajowego węgla stały się coraz mniej dostępne, a infrastruktura wytwórcza - z uwagi na poziom wyeksploatowania - wymagała coraz większych nakładów inwestycyjnych. Równocześnie, na energetykę coraz silniej zaczęły oddziaływać trendy globalizacji, związane z rozwojem technologii odnawialnych źródeł energii. Tymczasem, Wspólnota Europejska, od ponad dekady, stara się być liderem walki ze zmianami klimatycznymi oraz propagatorem wdrażania niskoemisyjnej gospodarki. Wyrazem dążenia do dekarbonizacji Europy jest pakiet klimatyczno-energetyczny, który kładzie nacisk na trzy filary: redukcję emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie efektywności energetycznej oraz rozwój odnawialnych źródeł energii. Plany Komisji Europejskiej zakładają dojście do zeroemisyjnej gospodarki w perspektywie do 2050 r. Jednym ze środków, który ma przyczynić się do realizacji tego celu jest zbiór regulacji energetycznych zwanych pakietem zimowym. Efektem prowadzenia przez Komisję Europejską ambitnej polityki klimatyczno-energetycznej jest trwająca w krajach członkowskich transformacja źródeł pozyskiwania energii elektrycznej cechująca się stopniowym odchodzeniem od paliw konwencjonalnych kosztem technologii niskoemisyjnych, bądź źródeł odnawialnych. Gospodarką, która ze

względu na swoją wysoką emisyjność, w największym stopniu odczuwa zachodzące w Brukseli reformy jest Polska. W efekcie, stanowisko polskiego rządu w kwestiach zwiększania ambicji realizacji unijnej polityki energetycznej za każdym razem charakteryzowało się zdecydowanym sprzeciwem. Mimo protestów Polski oraz koalicji państw cechujących się zbliżoną strukturą wytwarzania energii elektrycznej, kraje członkowskie popierające zintensyfikowanie reform energetycznych w Unii Europejskiej stanowią większość. Co więcej, internalizacja rynków energetycznych sprawiła, że na efektywność ekonomiczną, w większym stopniu, zaczęły oddziaływać globalne ceny paliw, węgla, energii elektrycznej ze źródeł kopalnych i odnawialnych, czy uprawnień do emisji CO₂ (EUA).

Powyższe przyczyniło się do zachwiania *status quo* polskiej elektroenergetyki, co potwierdziły trzy zjawiska. Po pierwsze - zmniejszenie się efektywności ekonomicznej produkcji energii elektrycznej z krajowych węgla, które ma miejsce w kluczowych etapach procesu energetycznego. Spadek rentowności procesu wydobywania, w połączeniu z rosnącymi kosztami wytwarzania energii sprawiają, że całkowity jej koszt ze źródeł węglowych rośnie. Po drugie - wzrost całkowitego kosztu energii węglowej, przy rosnących cenach uprawnień EUA oraz malejących kosztach wytwarzania ze źródeł odnawialnych i gazowych sprawia, że konkurencyjność energii elektrycznej z krajowych węgla zmniejsza się względem źródeł mniej emisyjnych. Po trzecie - zmiana otoczenia międzynarodowego, o której wspomniano powyżej, wpływa na transformację systemu elektroenergetycznego. Już od kilkunastu lat obserwować można zmianę istotności źródeł pochodzenia paliw energetycznych oraz struktury wytwarzania energii elektrycznej w Polsce. Proces ten w najbliższych latach nabierze tempa, co potwierdzone jest rządowymi strategiami energetycznymi oraz analizami niezależnych instytucji. Wynika z nich, że zmiana struktury wytwarzania energii elektrycznej w Polsce będzie polegać na zmniejszeniu się dominującej roli energetyki węglowej, opartej o krajowe zasoby.

Strategiczną decyzją, przed jaką stoją polskie władze jest wybór celu, na który te koszty zostaną w najbliższych dekadach poniesione. Zmiana struktury wytwarzania energii elektrycznej, a co za tym idzie adaptacja wiążąca się z odejściem od energii z węgla i zastąpienia jej energią z gazu, energią jądrową czy z odnawialnych źródeł będzie niezwykle kosztowna. Jednakże, w długim terminie może to znacząco zwiększyć konkurencyjność i efektywność polskiej gospodarki. Z drugiej strony,

możliwy jest scenariusz zakładający utrzymanie, wymianę i modernizację mocy węglowych skierowany na *mitygację* kosztów uczestnictwa w programie klimatyczno-energetycznym Unii Europejskiej, związanych z dalszym emitowaniem gazów cieplarnianych. Wśród przedstawicieli grup energetycznych oraz przedsiębiorstw energochłonnych, będących uczestnikami europejskiego systemu handlu uprawnieniami do emisji EU ETS istnieje różnica zdań, który z modeli może okazać się bardziej opłacalny. Kluczową kwestią wydaje się być, jak w najbardziej optymalny sposób dokonać transformacji polskiej energetyki, aby zwiększyć bezpieczeństwo energetyczne, utrzymując równocześnie konkurencyjność polskiej gospodarki.

Rezultaty badań przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej starają się zbliżyć czytelnika do odpowiedzi na powyżej opisaną problematykę.

2. Hipoteza badawcza oraz cele pracy

Prowadzone badania miały na celu zweryfikowanie postawionej hipotezy, zgodnie z którą „Przyjęcie węgla kamiennego i brunatnego jako podstawy polskiego sektora energetycznego jest w kontekście polityki energetycznej UE ekonomicznie nieopłacalne, a w dłuższej perspektywie zmniejsza również poziom bezpieczeństwa energetycznego Polski”.

Weryfikacja hipotezy została prowadzona poprzez dążenie do osiągnięcia celu głównego. Było nim „wykazanie, że w długoterminowym ujęciu (perspektywa do 2030 r.) opłacalność ekonomiczna wytwarzania energii elektrycznej z konwencjonalnych źródeł węglowych obniży się, co wpłynie negatywnie na stan polskiej gospodarki oraz bezpieczeństwo energetyczne”.

Osiągnięcie celu głównego, wsparte zostało wyznaczeniem celów pomocniczych, które określono w następujący sposób:

- a) przedstawienie czynników wpływających na efektywność i opłacalność ekonomiczną oraz analiza opłacalności wydobycia oraz wytwarzania energii z węgla kamiennego i brunatnego w Polsce i na świecie,
- b) oszacowanie wpływu unijnych regulacji klimatyczno-energetycznych na polską energetykę,

- c) identyfikacja i przeanalizowanie możliwości i kierunków transformacji sektora energetycznego Polski w perspektywie do 2030/2050 r.

3. Struktura pracy

Przygotowana rozprawa doktorska ma charakter teoretyczno-empiryczny z elementami postulatycznymi. Zawarta w niej problematyka badawcza poruszona została we wstępie, sześciu rozdziałach (z czego cztery stanowią część teoretyczną, jeden empiryczną, a jeden postulatyczną) oraz zakończeniu. Konstrukcja rozprawy, jak i zakres tematyczny poszczególnych jej rozdziałów posłużyły do realizacji wyznaczonych celów oraz weryfikacji przyjętych hipotez.

W Rozdziale 1. przybliżono część teoretyczną ekonomicznych uwarunkowań funkcjonowania i rozwoju energetyki. Przeanalizowano teorię efektywności ekonomicznej wraz z elementami na nią wpływającymi. Opisany został proces energetyczny oraz aspekty ekonomiki energetyki, w tym mierniki efektywności energetycznej produkcji energii elektrycznej. W Rozdziale 2. omówiona została polityka energetyczna Polski. Analizie poddane zostały zasoby paliw energetycznych, infrastruktura energetyczna, elementy wpływające na popyt i podaż energii elektrycznej i ciepła oraz strategie energetyczne opublikowane w ostatnich latach. W kolejnej części - Rozdział 3. – przybliżona została unijna polityka klimatyczno-energetyczna, która wyznacza kierunek transformacji europejskiej gospodarki w niskoemisyjną w perspektywie do 2050 r. Szczególny nacisk położono na regulacje pakietu klimatyczno-energetycznego, zbiór regulacji tworzących tzw. pakiet zimowy oraz energetyczną mapę drogową. Rozdział 4. dotyczy analizy efektywności ekonomicznej wykorzystania węgla kamiennego i brunatnego jako paliwa energetycznego. W tej części zgłębiono: koszty pojawiające się podczas wydobycia oraz wytwarzania energii z krajowych węgli oraz kształtowanie się efektywności ekonomicznej tych procesów. W kolejnym rozdziale – Rozdział 5 – przedstawione zostały wyniki badania potwierdzającego hipotezę przyjętą w pracy. Badanie składało się z dwóch części: Modelu prognozy efektywności ekonomicznej procesu energetycznego opartego o krajowe węgle (zawierającego dane historyczne, dzięki którym można zaobserwować dotychczasowe trendy i dokonać próby projekcji w przyszłość) oraz kwestionariusza ankiety, który miał na celu zebranie opinii

specjalistów związanych z energetyką dotyczącej kierunków rozwoju polityki energetycznej Polski. W ostatnim rozdziale - Rozdział 6. – opisano światowe trendy w energetyce oraz wskazano możliwości i kierunki transformacji polskiej energetyki w perspektywie do 2030 oraz 2050 r. w oparciu o alternatywne źródła emisyjne oraz źródła niskoemisyjne. Do rozprawy dołączono także dwa załączniki, w których zaprezentowano Model prognozy efektywności ekonomicznej procesu energetycznego opartego o krajowe węgle (Załącznik 1.) oraz wyniki badania ankietowego przeprowadzonego w ramach pracy doktorskiej (Załącznik 2.).

4. Zakres, źródła i metody badawcze

Przedmiotem i jednocześnie głównym obszarem badań podjętym w pracy są uwarunkowania i otoczenie prawno-gospodarcze związane z energetyką węglową w Polsce, jak również międzynarodowe uwarunkowania prawne związane z realizacją unijnej polityki klimatyczno-energetycznej.

Badaniem w ramach rozprawy zostały objęte podmioty biorące udział w procesie energetycznego łańcucha wartości, hurtowi odbiorcy i konsumenci energii elektrycznej, spółki będące uczestnikami systemu handlu uprawnieniami do emisji a także organy administracji publicznej RP oraz UE.

Prowadzone w ramach rozprawy badania skupiały się na instytucjach funkcjonujących na terenie Polski. W ramach badań uwzględniono kontekst trendów regionalnych (Unia Europejska) oraz globalnych.

Zakres czasowy rozprawy obejmuje wybrane dane wtórne, ze szczególnym uwzględnieniem okresu 1989-2018. Pozyskane dane pierwotne dotyczą przede wszystkim projekcji możliwych scenariuszy w perspektywie do 2030 r. (zaprezentowany model oraz wyniki badania ankietowego) oraz do 2050 r. (wyniki badania ankietowego dotyczące możliwej struktury wytwarzania energii elektrycznej).

W rozprawie wykorzystano dwa rodzaje źródeł informacji:

- a) źródła informacji pierwotnych, które pochodziły z wypełnionego badania ankietowego, przeprowadzonego w ramach pracy doktorskiej,
- b) źródła informacji wtórnych, na które składały się m.in.: pozycje bibliograficzne, obejmujące krajową i zagraniczną literaturę przedmiotu (łącznie 229 zawartych pozycji literatury), dokumenty o charakterze

legislacyjnym, w tym w szczególności akty prawa polskiego i unijnego (42 pozycje), materiały statystyczne, branżowe i tematyczne raporty i opracowania (154 pozycje) oraz liczne źródła internetowe.

W ramach poszczególnych etapów rozprawy doktorskiej zastosowano następujące metody badawcze:

- a) metoda krytycznej analizy literatury oraz pozostałych materiałów stanowiących źródła informacji wtórnych,
- b) metoda zbierania danych ze źródeł pierwotnych (w ramach przeprowadzonego badania ankietowego metodą ankietową) oraz wtórnych (z przytoczonej w pracy literaturze),
- c) metoda analizy danych statystycznych ze źródeł pierwotnych (pochodzących z zebranych danych empirycznych) i wtórnych,
- d) metoda analizy logicznej wykorzystana przy tworzeniu modelu oraz analizy otrzymanych w wyniku badań wyników,
- e) metoda syntezy, umożliwiająca łączenie w całość wyodrębnionych przez analizę elementów składowych rozprawy,
- f) metoda analizy matematyczno-statystycznej, umożliwiająca jakościowe i ilościowe przedstawienie wyników badań pierwotnych i wtórnych,
- g) metody wnioskowania indukcyjnego i dedukcyjnego, zastosowane przy interpretacji i syntezie wyników badań oraz przy tworzeniu modelu.

Dokonana na podstawie analizy danych pierwotnych i wtórnych analiza problemu badawczego umożliwiła realizację celu pracy oraz sformułowanie wniosków w zakresie podjętej tematyki.

5. Metodyka badawcza i wyniki przeprowadzonych badań

Rozprawa, obok rozważań teoretycznych w zakresie ekonomiki energetyki, analizy polskiego systemu elektroenergetycznego oraz otoczenia międzynarodowego, miała na celu zbadać, jakie powinny być kierunki rozwoju i transformacji polskiej energetyki. Badanie zostało skonstruowane tak, aby odpowiedzieć na następujące obszary problemowe:

- a) kształtowanie się kosztów w energetyce węglowej, na każdym etapie procesu energetycznego,
- b) efektywność ekonomiczna energetyki węglowej,
- c) konkurencyjność ekonomiczna energetyki węglowej względem innych źródeł,
- d) kierunki transformacji energetyki, ze szczególnym uwzględnieniem struktury wytwarzania energii elektrycznej w Polsce.

Badanie składało się z dwóch części. Pierwsza z nich to Model prognozy efektywności ekonomicznej procesu energetycznego opartego o krajowe węgle. Model kalkulacyjny stworzony w arkuszu kalkulacyjnym Excel oparty został o dane historyczne, dzięki którym można było zaobserwować dotychczasowe trendy i dokonać próby projekcji na przyszłość. Drugie badanie przeprowadzone zostało w oparciu o kwestionariusz ankiety, który miał na celu zebranie opinii specjalistów związanych z energetyką dotyczącej kierunków rozwoju polityki energetycznej Polski.

5.1 Model prognozy efektywności ekonomicznej procesu energetycznego opartego o krajowe węgle – metodyka badań i wyniki

Pierwszą częścią badania przeprowadzonego w ramach niniejszej rozprawy było opracowanie Modelu prognozy efektywności ekonomicznej procesu energetycznego opartego o krajowe węgle za okres 2011-2018, z projekcją do 2030 r. Model kalkulacyjny obejmował okres 2011-2030. Za okres 2011-2018 w Modelu przedstawiono dane historyczne. Okres 2019-2030 jest oparty o prognozę danych. Wszystkie dane historyczne pozyskane zostały w sposób rzetelny oraz wykorzystane tak, aby w jak najbardziej obiektywny sposób odzwierciedlić rzeczywiste ceny. Dane wejściowe wykorzystane w Modelu można podzielić na następujące kategorie: makroekonomiczne, ceny na rynkach energetycznych, kosztowe, wskaźniki energetyczne. W modelu wzięto pod uwagę zarówno czynniki wpływające na efektywność ekonomiczną poszczególnych etapów procesu energetycznego, takich jak: ceny sprzedaży paliw i energii, koszty związane z danym procesem, ale także zbadano jak kształtowała się konkurencyjność energii pochodzącej ze źródeł węglowych względem energii ze źródeł alternatywnych. W modelu przeanalizowano:

- a) kształtowanie się poziomu kosztów oraz efektywności ekonomicznej produkcji energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego,
- b) porównanie konkurencyjności produkcji energii elektrycznej ze źródeł węglowych z produkcją energii elektrycznej opartą o źródła alternatywne, tj. gaz ziemny oraz OZE.

W celu oszacowania kształtowania się poziomu efektywności ekonomicznej produkcji energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego w Modelu wzięto pod uwagę następujące zmienne:

- a) koszty produkcji energii elektrycznej, które oparte są o koszty w poszczególnych segmentach procesu produkcji energii elektrycznej, tj.: wydobycie paliwa, logistyka paliwa, wytwarzanie energii elektrycznej oraz dystrybucja energii elektrycznej,
- b) ceny energii elektrycznej na rynku hurtowym,
- c) końcowy koszt pozyskania paliwa na potrzeby wytwórcze (obejmujący koszty wydobycia paliwa wraz z logistyką paliwa) oraz koszty wytwarzania, w tym:
 - a. ceny zakupu uprawnień do emisji CO₂ – EUA,
 - b. ceny opłat środowiskowych związanych z segmentem wytwarzania,
- d) koszty amortyzacji w segmencie wytwarzania związane ze zwiększonymi działaniami inwestycyjnymi, wynikającymi z regulacji unijnych oraz wieku węglowych jednostek wytwórczych,
- e) koszty wytwarzania energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego oraz brunatnego (OPEX),

Kształtowanie się poziomu efektywności ekonomicznej produkcji energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego zostało oszacowane w oparciu o:

- a) zastosowanie modelu S-P¹ dla segmentu wytwarzania energii elektrycznej,

¹ Model S-P (ang. *sales – purchase*), który można zastosować w celu analizy kosztów energii elektrycznej pozyskanej z paliw kopalnych. Korzyścią modelu jest to, że zawiera on koszty wcześniejszych etapów procesu energetycznego, tj. koszty całkowite wydobycia paliwa, koszty całkowite logistyki paliwa oraz część kosztów wytwarzania energii elektrycznej. Kalkulację efektywności ekonomicznej oblicza się przez różnicę ceny sprzedaży energii elektrycznej (S) i kosztów, na które składają się: cena zakupu węgla (w przypadku elektrowni węglowych) loco jednostka wytwórcza, koszt zakupu uprawnień do emisji CO₂ związany z wyprodukowaniem jednostki energii (MWh) oraz koszt opłat środowiskowych, wynikających z przepisów prawa.

- b) kalkulację efektywności ekonomicznej produkcji energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego, wyrażonej wskaźnikiem EBIT,
- c) kalkulację efektywności ekonomicznej produkcji energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego, wyrażonej wskaźnikiem EBITDA,
- d) przedstawienie jednostkowego kosztu produkcji (JMP).

W tym zakresie stworzony Model miał na celu zbadanie poprawności następujących tez:

- a) koszt produkcji energii elektrycznej opartej o krajowe paliwo węglowe (węgiel kamienny) cechuje trend wzrostowy (w najbliższych latach będzie wzrastał),
- b) efektywność ekonomiczną produkcji energii elektrycznej (wyrażoną w kalkulacji S-P, marży EBIT, EBITDA i JMP) z krajowego paliwa węglowego (węgiel kamienny) cechuje trend spadkowy (w najbliższych latach będzie się obniżać).

W celu porównania konkurencyjności produkcji energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego z produkcją energii elektrycznej opartą o źródła alternatywne, tj. gaz ziemny oraz OZE, w Modelu wzięto pod uwagę następujące zmienne:

- a) ceny energii elektrycznej na rynku hurtowym,
- b) ceny poszczególnych paliw użytych do procesu produkcji energii elektrycznej (w Modelu: węgiel kamienny, gaz ziemny, OZE: energia wiatrowa lądowa (ang. *on-shore*) oraz energia słoneczna),
- c) ceny zakupu uprawnień do emisji CO₂ – EUA,
- d) wskaźniki emisji (WE, wyrażone w kg CO₂/kWh) dla poszczególnych paliw wykorzystywanych w procesie wytwarzania energii elektrycznej,
- e) sprawność netto instalacji wytwórczych opartych na poszczególnych źródłach;
- f) ceny świadectw pochodzenia energii PMOZE_A (tzw. „zielonych certyfikatów”),
- g) koszty LCOE² poszczególnych źródeł odnawialnej energii.

² Metoda LCOE (ang. *levelized cost of energy*) szacuje bieżącą wartość netto kosztu jednostkowego energii elektrycznej w całym cyklu życia jednostki wytwórczej.

Porównanie konkurencyjności produkcji energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego z produkcją energii elektrycznej opartą o źródła alternatywne, tj. gaz oraz OZE zostało oszacowane w oparciu o:

- a) kalkulację marży generacji, opartej o marże: dark spread³, spark spread⁴ oraz green spread⁵,
- b) kalkulacje marży generacji, uwzględniające koszt zakupu uprawnień EUA, opartej o marże: CDS⁶, CSS⁷, CGS⁸,
- c) kalkulacje konkurencyjności produkcji energii elektrycznej z jednego źródła w stosunku do produkcji energii elektrycznej ze źródła alternatywnego, opartej o model FLSW⁹ dla paliw węgiel kamienny vs. gaz ziemny oraz węgiel kamienny vs. OZE.

W tym zakresie stworzony Model miał na celu udowodnienie następujących tez:

- a) konkurencyjność produkcji energii elektrycznej z krajowego paliwa węglowego (węgiel kamienny) względem paliw alternatywnych (gaz ziemny) cechuje trend spadkowy (w najbliższych latach będzie się obniżać),
- b) wzrost cen uprawnień EUA powoduje zwiększenie konkurencyjności produkcji energii elektrycznej ze źródeł mniej emisyjnych kosztem źródeł węglowych. Tym samym konkurencyjność energii ze źródeł węglowych, kosztem źródeł alternatywnych, podlega trendowi spadkowemu (wytwarzanie energii elektrycznej z gazu ziemnego i OZE stanie się bardziej opłacalne ekonomicznie niż wytwarzanie energii elektrycznej z węgla, w stosunku do dnia dzisiejszego).

Spośród analizowanych w niniejszej pracy elementów procesu energetycznego w Modelu skupiono się na segmencie wytwarzania. Wynika to z kilku powodów.

³ wskaźnik marży generacji brutto z węgla.

⁴ wskaźnik marży generacji brutto z gazu ziemnego.

⁵ wskaźnik marży generacji brutto z OZE.

⁶ wskaźnik marży generacji netto z węgla (uwzględniający koszt zakupu uprawnień do emisji CO₂).

⁷ wskaźnik marży generacji netto z gazu ziemnego (uwzględniający koszt zakupu uprawnień do emisji CO₂).

⁸ wskaźnik marży generacji netto z OZE (uwzględniający subwencje w postaci „zielonych certyfikatów”).

⁹ Model służący do oceny konkurencyjności produkcji energii elektrycznej z dwóch różnych źródeł opartych o różne paliwa. Analiza FLSW pozwala podjąć decyzję o wyborze najbardziej opłacalnego źródła wytwarzania, przy panujących w danym momencie warunkach rynkowych (cena paliw, cena uprawnień do emisji).

Po pierwsze, segment wytwarzania energii elektrycznej jest kluczowy w procesie kształtowania struktury wytwarzania energii elektrycznej w gospodarce. Po drugie, większość kluczowych czynników mających wpływ na wyniki prognoz Modelu (opisanych powyżej) skupia się w tym obszarze. Po trzecie, zmienne, które analizuje niniejsza praca, tj. regulacje unijne mające negatywny wpływ na opłacalność ekonomiczną wytwarzania energii elektrycznej z węgla (m.in. koszty uprawnień do emisji CO₂, regulacje środowiskowe, wymogi modernizacyjne) powiązane są bezpośrednio z segmentem wytwarzania. Po czwarte, zaproponowane w Modelu kalkulacje efektywności ekonomicznej, w ramach analizy segmentu wytwarzania, zawierają w sobie wszystkie kluczowe koszty procesu energetycznego, mającego wpływ na jego koszt ogólny, tj. koszty wydobycia i logistyki paliwa węglowego (zawarte w cenie paliwa loco jednostka wytwórcza), koszty wytwarzania (OPEX), koszty opłat środowiskowych, koszty zakupu uprawnień do emisji CO₂.

Przeprowadzona w ramach Modelu analiza pozwoliła na podjęcie następujących konkluzji, potwierdzających wcześniej przytoczone tezy:

- a) Koszt energii elektrycznej z krajowego węgla kamiennego będzie się zwiększać. Z uwagi na: zwiększające się koszty procesu energetycznego rozpoczynającego się na etapie wydobycia krajowego węgla kamiennego oraz koszty logistyki paliwa (odpowiedzialne za 58% kosztów całkowitych wytwarzania, wzrost o 33%), koszty operacyjne (odpowiedzialne za 13% całkowitych kosztów, wzrost o 55%) i środowiskowe (odpowiedzialne za 1% całości kosztów, wzrost o 71%) wytwarzania energii elektrycznej, aż po koszty związane z emisją gazów cieplarnianych (odpowiedzialne za 28% kosztów wytwarzania, wzrost o 62%), całkowity koszt wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach opartych o węgiel kamienny wzrośnie, w oparciu o założenia Modelu, o 43% w 2030 r. w stosunku do 2018 r.
- b) Rentowność energetyki węglowej obniży się. Całkowite koszty wytwarzania energii elektrycznej z węgla kamiennego, rosnące w tempie szybszym niż ceny energii elektrycznej na rynku hurtowym, przyczynią się do zmniejszenia się rentowności energetyki węglowej wyrażonej we wskaźnikach rentowności S-P, EBITDA, EBIT oraz JMP. Średnie roczne wskaźniki rentowności dla energii z krajowego węgla kamiennego, porównując okres historyczny 2011-

2018 do okresu prognozowanego 2019-2030, zmniejszą się odpowiednio o 126%, 267%, 163% oraz 279%.

- c) Kluczowym czynnikiem wpływającym na rentowność energetyki węglowej od strony przychodowej jest cena energii elektrycznej. Utrzymująca się na odpowiednio wysokim poziomie cena energii elektrycznej pozwala na utrzymanie marży dla produkcji energii elektrycznej ze źródeł węglowych. W przypadku znacznego wzrostu kosztów energii ze źródeł węglowych w nadchodzących latach, w celu utrzymania marży pojawi się presja na wzrost cen energii elektrycznej. Taka sytuacja ma miejsce od 2017 r. W długim okresie, alternatywne źródła energii, dzięki niższym kosztom, a przez to generowaniu wyższej marży, będą w stanie zaoferować energię elektryczną po niższej cenie. W momencie osiągnięcia przez energię elektryczną zbyt wysokiej ceny równoczesna produkcja tańszej energii ze źródeł alternatywnych wywoła presję deprecyjną na energię elektryczną. Spowoduje to dalsze obniżenie się rentowności energetyki węglowej.
- d) Kluczowym czynnikiem wpływającym na rentowność energetyki węglowej od strony kosztowej jest cena zakupu węgla kamiennego oraz uprawnień do emisji EUA. Cena zakupu krajowego paliwa węglowego *loco* elektrownia stanowi ponad połowę kosztów wytwarzania energii elektrycznej. Zmniejszająca się konkurencyjność krajowego węgla względem węgla importowanego, wraz z rosnącymi kosztami operacyjnymi wydobycia, przyczyni się do kontynuacji wzrostu kosztów zakupu paliwa przez JWCD¹⁰. Innym kluczowym czynnikiem wpływającym na całkowite koszty wytwarzania energii przez elektrownie węglowe są koszty zakupu uprawnień EUA, które stanowią ok. 1/3 całkowitych kosztów produkcji energii. Biorąc pod uwagę porównywanie konkurencyjności energetyki węglowej względem energetyki gazowej czy odnawialnej, wielkość kosztu uprawnień EUA jest decydującym czynnikiem. Wzrost cen uprawnień EUA ponad prognozę przedstawioną w Modelu (co, biorąc pod uwagę obecne – stan grudzień 2019 r. - ceny EUA, jest wysoce prawdopodobne), będzie skutkowało pogorszeniem parametrów opłacalności

¹⁰ JWCD – jednostka wytwórcza centralnie dysponowana.

ekonomicznej dotyczących węgla kamiennego, przedstawionych w Modelu. elektrownie węglowe są koszty zakupu uprawnień EUA, które stanowią ok. $\frac{1}{3}$ całkowitych kosztów produkcji energii. Biorąc pod uwagę porównywanie konkurencyjności energetyki węglowej względem energetyki gazowej czy odnawialnej, wielkość kosztu uprawnień EUA jest decydującym czynnikiem. Wzrost cen uprawnień EUA ponad prognozę przedstawioną w Modelu (co, biorąc pod uwagę obecne – stan grudzień 2019 r. - ceny EUA, jest wysoce prawdopodobne), będzie skutkowało pogorszeniem parametrów opłacalności ekonomicznej dotyczących węgla kamiennego, przedstawionych w Modelu.

5.2. Badanie ankietowe – metodyka badań i wyniki

Drugim elementem badań empirycznych przeprowadzonych w ramach pracy doktorskiej było badanie ankietowe, które miało na celu zebranie opinii specjalistów związanych z energetyką, dotyczącej kierunków rozwoju polityki energetycznej Polski. W badaniu ankietowym poruszono zagadnienia związane z kształtowaniem się kosztów i opłacalności ekonomicznej procesu energetycznego energii elektrycznej pochodzącej z węgla kamiennych i brunatnych, konkurencyjności ekonomicznej energii elektrycznej z węgla względem źródeł alternatywnych oraz kierunków transformacji polskiej energetyki. Celem badania ankietowego było zebranie opinii specjalistów nt. opłacalności ekonomicznej procesu energetycznego opartego na węglach (kamiennym i brunatnym) oraz wskazanie kierunków potencjalnej transformacji polityki energetycznej w perspektywie do 2030 r. oraz 2050 r. Badanie zostało przeprowadzone między 15 kwietnia a 31 sierpnia 2019 r. Narzędziem do przeprowadzenia badania był kwestionariusz ankiety składający się z „metryczki”, 5 segmentów, 17 pytań zamkniętych jednokrotnego wyboru, 4 pytań zamkniętych wartościujących oraz 12 tez. W celu osiągnięcia jak największej liczby zwrotów kwestionariusz ankiety był rozpowszechniany kilkoma kanałami dystrybucji. Dystrybucja kwestionariusza odbywała się drogą tradycyjną, tj. poprzez spotkania z ekspertami, dostarczanie wewnątrz zakładów pracy, a także przez media masowej komunikacji – pocztę elektroniczną, branżowe portale. Podczas prowadzenia badania

umożliwiono zbieranie odpowiedzi kilkoma kanałami. Badani mogli uzupełnić kwestionariusz w wersji papierowej oraz w wersji elektronicznej, poprzez dwie platformy dedykowane do zbierania opinii.

Badaniem objęto przedsiębiorstwa biorące udział w procesie energetycznym, odbiorców/konsumentów energii elektrycznej oraz spółki uczestniczące w systemie handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS). Ankietowani reprezentowali przedsiębiorstwa z sektorów związanych z energetyką (paliwowo-energetyczny, ciepłowniczy, wydobywczy), sektorów energochłonnych (przemysł ciężki, przemysł pozostały, budownictwo, transport/łączność), pozostałych sektorów (handel, konsulting, finanse, usługi inne) oraz organizacje pozarządowe i administrację publiczną. Badanie było skierowane do ekspertów zatrudnionych na stanowiskach specjalistycznych oraz kierowniczych (kierownicy, dyrektorzy, członkowie zarządów). Kwestionariusz ankiety został rozdystrybuowany do ponad 2500 respondentów. W ramach badania ankietowego udało się zebrać 400 odpowiedzi, co stanowi 16-procentowy wskaźnik zwrotu odpowiedzi.

Pytania zawarte w kwestionariuszu ankiety w dużej mierze dotyczyły przyszłości. Ankietowani pytani byli o możliwe scenariusze oraz prognozowane kształtowanie się poszczególnych zjawisk. W większości pytania dotyczyły perspektywy 2030 r. Prognozy obejmowały zatem okres od dziś do 2030 r. Kwestionariusz ankiety podzielony był na 5 segmentów, które dotyczyły:

- a) wydobycia paliwa. Zawierał pytania dotyczące prognozowanej dostępności złóż węglowych, przyszłych poziomów wydobycia oraz prognozowanego kształtowania się kosztów i zyskowności górnictwa węglowego,
- b) wytwarzania energii elektrycznej. Zawierał pytania dotyczące prognozowanego kształtowania się kosztów, zyskowności oraz czynników kosztotwórczych związanych z unijnymi regulacjami wytwarzania energii elektrycznej z węgla,
- c) opłacalności ekonomicznej procesu energetycznego. Zbierał informacje nt. najważniejszych czynników wpływających na opłacalność ekonomiczną energii elektrycznej z węgla oraz możliwych trendów kształtowania się opłacalności i kosztów,

- d) konkurencyjności ekonomicznej energii elektrycznej z węgla względem źródeł alternatywnych. Koncentrował się na porównaniu kosztów energii elektrycznej z poszczególnych źródeł i możliwej ich ewolucji,
- e) kierunków transformacji polskiej energetyki. Skupiał się na prognozie przyszłej pozycji paliwa węglowego w strukturze wytwarzania energii elektrycznej w Polsce, jego wpływie na konkurencyjność gospodarki oraz bezpieczeństwo energetyczne, priorytetach kierunków transformacji polskiej energetyki do 2030 r. oraz możliwej krajowej strukturze wytwarzania energii elektrycznej do 2030 oraz 2050 r.

Odpowiedzi ankietowanych zostały zebrane i poddane analizie matematyczno-statystycznej. Na podstawie wyników badania ankietowego wysnuto cztery główne konkluzje, poparte opiniami specjalistów. Należą do nich:

- a) Proces produkcji energii elektrycznej z krajowych węgla będzie w perspektywie do 2030 r. cechować coraz mniejsza zyskowność i większe koszty całkowite. Na zmniejszoną zyskowność i opłacalność ekonomiczną całego procesu energetycznego opartego na krajowym paliwie węglowym (co potwierdza 62% badanych), mają wpływ przede wszystkim rosnące koszty całkowite w kluczowych etapach procesu energetycznego, tj. na etapie wydobywania oraz wytwarzania energii elektrycznej (za czym opowiada się 77% ankietowanych). Zmniejszona dostępność złóż węglowych (za którą opowiada się 68% ankietowanych) będzie miała między innymi przełożenie na zmniejszone wydobywanie krajowych węgla (co potwierdza 72% ankietowanych). Powyższe spowodować może wzrost kosztów całkowitych w górnictwie (za którym opowiada się 81% respondentów w przypadku węgla kamiennego). W celu utrzymania zyskowności na niezmiennym poziomie sektor wydobywczy będzie musiał zwiększyć ceny węgla. Podwyższone ceny węgla spowodują z kolei zwiększenie kosztów po stronie jednostek wytwórczych. Koszty całkowite na etapie wytwarzania wzrosną (z taką tezą zgadza się 80% badanych), głównie z powodu wymogów unijnych regulacji energetyczno-środowiskowych (co potwierdza 88% ankietowanych, wskazując także najwyższe wskaźniki istotności jako czynniki kosztotwórcze procesu energetycznego). Zwiększone koszty wytwarzania oraz rosnące koszty uczestnictwa w systemie EU ETS (ponad 51% ankietowanych uważa, że cena

- uprawnień EUA będzie wyższa niż 25 euro/tonę), w celu utrzymania zyskowności na niezmiennym poziomie, będą wywierać coraz większą presję na wzrost cen energii elektrycznej (z taką tezą zgadza się 86% ankietowanych).
- b) Proces produkcji energii elektrycznej z krajowych węgli będzie w perspektywie do 2030 r. tracić na konkurencyjności względem innych źródeł (gazu ziemnego, OZE). Koszty całkowite produkcji energii elektrycznej z alternatywnych źródeł, tj. gazu ziemnego i OZE, w przeciwieństwie do energii z węgla, mogą się obniżyć lub pozostać bez zmian (jak uważa 51% ankietowanych w przypadku gazu ziemnego oraz 65% ankietowanych w przypadku OZE). Co więcej, wydajność produkcji OZE zwiększy się (co potwierdza 74% respondentów). Powyższe spowoduje, że konkurencyjność energii ze źródeł alternatywnych względem źródeł węglowych zwiększy się (co w przypadku OZE potwierdza 54% ankietowanych). Wysoka cena energii elektrycznej, spowodowana presją rosnących kosztów całkowitych procesu energetycznego produkcji energii elektrycznej z węgla (o którym mowa w poprzedniej konkluzji), będzie faworyzować tańszą energię z importu lub energię pochodzącą ze źródeł odnawialnych (co potwierdza 66% ankietowanych). Energia z odnawialnych źródeł stanie się bardziej konkurencyjna, a niższe koszty jej produkcji będą powodować negatywną presję na ceny energii elektrycznej.
- c) Rola energii z węgla kamiennego i brunatnego w strukturze wytwarzania energii elektrycznej w Polsce będzie sukcesywnie spadać. Mimo faktu, że obecnie ponad 75% energii elektrycznej produkowane jest węgla kamiennego i brunatnego, stanowisko w sprawie tego paliwa jest przedmiotem podzielonych opinii, w kontekście jego roli w budowaniu bezpieczeństwa energetycznego oraz konkurencyjności gospodarczej Polski (o czym świadczy polaryzacja odpowiedzi udzielonych przez respondentów). Co więcej, akceptacja społeczna dla energii z węgla będzie spadać (co potwierdza 68% respondentów). Potencjalne oparcie transformacji polskiej energetyki na węglu nie jest rozwiązaniem pewnym (podzielone opinie respondentów w tej materii). Wątpliwości budzi przede wszystkim negatywny wpływ unijnych regulacji klimatyczno-energetycznych na energetykę węglową (potwierdzony przez 90% ankietowanych), brak konkretnych alternatyw zastosowania węgla

krajowych (wyrażony brakiem zdania dotyczącego alternatywnych sposobów wykorzystania węgla przez badanych) oraz niechęć do inwestowania w energetykę węglową (działania związane z energetyką węglową, tj. budowa nowych kopalni, nowych mocy węglowych, modernizacja mocy węglowych wskazane przez ankietowanych jako najniższe priorytety w transformacji polskiej energetyki). Rozwiązaniem powyższych wątpliwości jest dywersyfikacja źródeł wytwarzania energii elektrycznej w przyszłości (za którą opowiada się 66% ankietowanych, wskazując jako drugi najważniejszy priorytet transformacji polskiej energetyki), która docelowo spowoduje zmniejszenie udziału energii z węgla w krajowej strukturze wytwarzania energii elektrycznej (za czym opowiada się 57%). Ankietowani w przeprowadzonym badaniu wskazali, że rola energii elektrycznej z węgla kamiennego i brunatnego może zmniejszyć się z ponad 75% w 2018 r. do ok. 41% w 2030 r. i dalej do ok. 28% w 2050 r.

- d) Głównym kierunkiem transformacji polskiej energetyki powinna być dywersyfikacja źródeł wytwórczych. Dywersyfikacja źródeł wytwórczych została określona przez ankietowanych jako drugi najistotniejszy priorytet transformacji krajowej energetyki (wskazany przez ankietowanych wskaźnik istotności 4,02). Wskazana przez respondentów potencjalna struktura wytwarzania energii elektrycznej zakłada rozwój wszystkich źródeł wytwarzania i zwiększenie ich udziału kosztem źródeł węglowych. Prognoza zakłada wzrost udziału OZE w strukturze wytwarzania energii (określony przez ankietowanych wskaźnik istotności 3,92) z obecnych 19,2% do 27,4% (wraz z energetyką prosumencką) w 2030 r. i 36,1% (wraz z energetyką prosumencką) w 2050 r. Co ciekawe, udział OZE wskazany przez respondentów jest niższy niż planowana przez UE pozycja OZE w strukturze wytwarzania energii (odpowiednio 30% w 2030 r. oraz 50% w 2050 r.). Istotny udział w mocach odnawialnych ma mieć w przyszłości energia pochodząca z mikroinstalacji (ich rozwój określony przez ankietowanych jako wskaźnik istotności 3,73). Ankietowani wykazali, że udział energii prosumenckiej w 2030 r. oraz w 2050 r. mógłby osiągnąć odpowiednio ponad 7% i ponad 9% względem 0,3% w 2018 r. Źródło, które dziś jest trzecim najistotniejszym źródłem, tj. energia z gazu ziemnego, ma zwiększyć swój udział trzykrotnie

z 5,1% w 2018 r. do 15,7% w 2030 r. oraz 16,5% w 2050 r. Energia produkowana z gazu ziemnego ze względu na niższą emisyjność, przy równocześnie rosnących cenach uprawnień EUA, może stanowić w przyszłości źródło zapewniające energię bazową, zastępując tym samym w tej roli moce węglowe. Źródłem wspierającym może zostać ropa naftowa. Ankietowani potwierdzili, że jej rola mogłaby się kształtować w przedziale 3,3-4,6% w perspektywie lat 2030-2050. W strukturze wytwarzania energii elektrycznej powinno znaleźć się także nowe źródło, tj. energia jądrowa (działanie wskazane przez ankietowanych jako niski priorytet transformacji energetyki – wskaźnik istotności 3,28). Mimo niskiej priorytetyzacji kierunków transformacji polskiej energetyki oraz długiego czasu realizacji inwestycji elektrowni jądrowej, ankietowani zaznaczyli obecność źródła atomowego już w 2030 r. na poziomie 9,35%. Rola energii jądrowej w perspektywie do 2050 r. miałyby wzrosnąć do 14,2%.

W ramach badań empirycznych, na podstawie zebranych danych pierwotnych dowiedziono, że efektywność ekonomiczna wytwarzania energii elektrycznej z krajowych węgla podlega trendowi spadkowemu. Wykazano, że konkurencyjność wytwarzania energii elektrycznej z węgla, w okresie prognozy, będzie się obniżać, kosztem energii ze źródeł mniej emisyjnych. Wyniki modelu poparte zostały przeprowadzonym badaniem ankietowym, które – obok udowodnienia powyższych - wskazało możliwe kierunki transformacji energetyki, ze szczególnym uwzględnieniem struktury wytwarzania energii elektrycznej w Polsce.

6. Wnioski końcowe

Rozprawa doktorska stanowi próbę rozwiązania ważnego oraz aktualnego problemu, z którym spotykają się przedsiębiorstwa energetyczne w praktyce gospodarczej. Przygotowana dysertacja stanowi połączenie podsumowania wiedzy teoretycznej z rozwiązaniami praktycznymi. Postulowane w pracy rozwiązania problemu badawczego odnoszą się do ważnych aspektów gospodarki finansowej energetycznego łańcucha wartości. Kompleksowe podejście do badań dało podstawę do weryfikacji przyjętych hipotez i przedstawienia rekomendacji. Liczna i szeroka grupa badawcza, od której zebrane zostały odpowiedzi w ramach kwestionariusza

ankiety pozwoliła na praktyczne podejście do analizy efektywności ekonomicznej energetyki opartej zarówno na krajowych paliwach węglowych, a także gazie ziemnym i odnawialnych źródłach energii. Uzyskane wyniki badań, są podstawą do sformułowania wniosków końcowych, w ramach których wykazano, że proces produkcji energii elektrycznej z krajowych węgla będzie w perspektywie do 2030 r. charakteryzować się coraz większymi kosztami całkowitymi. Wpłynie to na zmniejszenie się efektywności ekonomicznej i rentowności energetyki węglowej. Powyższe spowoduje obniżenie się konkurencyjności energii opartej o krajowe węgle energetyczne względem innych źródeł (gazu ziemnego, OZE). To w konsekwencji sprawi, że rola energii z węgla kamiennego i brunatnego w strukturze wytwarzania energii elektrycznej w Polsce będzie sukcesywnie spadać. Głównym kierunkiem transformacji polskiej energetyki będzie dywersyfikacja źródeł wytwórczych. Potwierdza to hipotezę pracy, która mówi o tym, że przyjęcie węgla kamiennego i brunatnego jako podstawy polskiego sektora energetycznego jest w kontekście polityki energetycznej UE ekonomicznie nieopłacalne. W dłuższej perspektywie zmniejsza również bezpieczeństwo energetyczne Polski. Powyższe dowodzi, że przyjęta w rozprawie hipoteza została zweryfikowana pozytywnie, a zakładane cele badawcze udało się osiągnąć. W rozprawie wykazano, że unijny program obejmujący regulacje klimatyczne, energetyczne i środowiskowe jest i będzie podstawowym czynnikiem, warunkującym opłacalność energetyki węglowej. Dotyczy to takich czynników, jak: ceny uprawnień EUA, rosnące koszty środowiskowe, wynikające z zaostrzających się wymogów unijnych regulacji, polityka dekarbonizacji i redukcji emisji GHG, promocja odnawialnych źródeł energii. W efekcie unijna polityka dekarbonizacji europejskiej gospodarki będzie negatywnie wpływać na konkurencyjność polskiej gospodarki, o ile nie podejmie się kroków zmierzających do zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego w zmieniającym się otoczeniu. Rząd polski powinien w najbliższej przyszłości rozpocząć działania legislacyjno-inwestycyjne, zmierzające do transformacji polskiego sektora energetycznego, w kierunku dywersyfikacji źródeł wytwórczych. W długim okresie pozwoli to na minimalizację negatywnych skutków ekonomicznych polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej, utrzymanie konkurencyjności gospodarczej oraz zmniejszenie wykorzystania węgla do produkcji energii elektrycznej, przy równoczesnym utrzymaniu bezpieczeństwa energetycznego.