

ANNA MARZEC*)

Energia z węgla: Świat – Europa – Polska – Niezbędne zmiany

*Energy from coal:
World – Europe – Poland – Essential changes*

Artykuł recenzował Andrzej Karbownik

Słowa kluczowe: węgiel, światowe zasoby, węgiel w EU-25, emisja CO₂, IGCC+CCS, PC+CCS, koszty inwestycyjne, całkowity cykl emisyjny

Keywords: coal, world resources, coal in EU-25, CO₂ emission, IGCC+CCS, PC+CCS, capital requirements, GHG life-cycle assessment

Zasoby i produkcja

Światowe zasoby węgla wynoszą 462 miliardy toe [1] i są wyższe od zasobów ropy i gazu. Ważną cechą zasobów węgla jest to, że występują w wielu krajach i dzięki temu – rynek węgla nie jest tak uzależniony od polityki oraz globalnych karteli, jak ropa i gaz. W Europie znajdują się duże zasoby zarówno węgla kamiennego, jak i brunatnego. Największe zasoby węgla kamiennego występują w Polsce, a następnie (w ich malejącej kolejności) w Czechach, Anglii, Niemczech i Hiszpanii. Najbogatsze złoża węgla brunatnego znajdują się w Niemczech, a następnie w Polsce, Grecji, Czechach, Węgrzech, Bułgarii i Rumunii.

W EU-25 w 2006 roku wyprodukowano 162 miliony ton węgla kamiennego, a ponadto zaimportowano dalsze 235 mln ton. Produkcja węgla brunatnego wyniosła 374 miliony ton [2]. Do krajów produkujących co najmniej 20 milionów ton/rok należą (wymieniono je w porządku alfabetycznym): Anglia, Bułgaria, Czechy, Grecja, Niemcy, Polska, Rumunia, Serbia.

Europejska produkcja węgla stanowi około 14 % światowej produkcji. W Polsce w 2006 roku wyprodukowano 94 mln ton węgla kamiennego (pierwsza pozycja w UE) oraz 61 mln ton węgla brunatnego [2]. Największym producentem tego ostatniego są Niemcy (176 mln t).

Emisja CO₂ z użytkowania węgla

Według danych EIA [3] dla 2005 roku emisja CO₂, pochodząca ze spalania węgla, przedstawia się następująco:

Świat	11,4	mld ton	(40 %)
Europa	1,4	mld ton	(29 %)
Polska	0,198	mld ton	(70 %)

W nawiasach podano jej udział w sumarycznej emisji ze spalania wszystkich paliw kopalnych na danym obszarze. A zatem, węgiel jest odpowiedzialny za około 40 % światowej emisji CO₂ z paliw kopalnych (wynoszącej 28 miliardów ton – 2005 r.), choć produkuje się z niego „tylko” 25 % energii.

Węgiel z uwagi na swój specyficzny skład pierwiastkowy (najwyższą zawartość pierwiastka C oraz najniższą zawartość wodoru) w porównaniu z pozostałymi surowcami kopalnymi, emituje prawie dwukrotnie więcej CO₂ (średnio 106 t CO₂/TJ) niż gaz ziemny (56 t CO₂/TJ).

EU-25 – Rola węgla w produkcji energii i w zatrudnieniu [4]

Niemal w każdym europejskim kraju stosuje się do produkcji energii węgiel, gaz, ropę i surowce odnawialne, jakkolwiek w bardzo różnych proporcjach, a w niektórych także energię jądrową. Największy udział węgla w produkcji energii elektrycznej ma miejsce w Polsce (94 %), w Grecji (~ 60 %), Niemczech (~50 %) i Anglii (~30 %). Stwarza to w tych krajach możliwości moderowania cen energii, bez względu na duże wahania cen ropy i gazu na rynkach światowych.

W całej EU-25 udział węgla w produkcji energii elektrycznej wynosi 30 % (dane dla 2005 r.), a zatrudnienie w przemyśle wydobywczym oraz w węglowym sektorze energetycznym wyniosło 330 tysięcy osób.

Przyszłość węgla

Biorąc pod uwagę duży udział węgla w produkcji energii, zarówno w świecie (25 %), w Europie, jak i w Polsce, nierealne są jakiegokolwiek postulaty całkowitej rezygnacji z produkcji energii z tego surowca w okresie najbliższych 20–30 lat.

*) Autor do korespondencji:

Prof. dr hab. inż. Anna Marzec – marzeca@neostrada.pl

www.amarzec.republika.pl

Z drugiej strony, w pełni uzasadniona jest potrzeba ograniczenia, najpóźniej do roku 2050, globalnej emisji CO₂ do około 10 miliardów ton rocznie. Tylko tak znaczna redukcja (około 65 %) i to dokonana w ciągu pierwszej połowy XXI wieku, może bowiem ograniczyć ocieplenie klimatu do minimum – możliwego jeszcze do osiągnięcia [5]. Są to dane, których w żadnej mierze nie można lekceważyć.

Z tego wynika jednoznaczny wniosek, że użytkowanie węgla musi być skojarzone z wydzielaniem i sekwestracją CO₂ (trwale deponowanie pod ziemią). Użytkowanie węgla musi trwać tak długo, aż uda się zastąpić energię produkowaną z węgla oraz pozostałych kopalin, energią z prawdziwie odnawialnych, bezemisyjnych i bezpiecznych źródeł (słońce, wiatr, geotermia, hydroenergia). Tu szczególną uwagę należy zwrócić na projekt EU-MENA [6], według którego do pełnego zaspokojenia potrzeb energetycznych całej Europy (EU) dojdzie dzięki słonecznym elektrowniom, zlokalizowanym w basenie Morza Śródziemnego, w tym na terenie Środkowego Wschodu (ME) i Północnej Afryki (NA) oraz połączenia tych regionów z europejską siecią przesyłową. Projekt jest niezwykle atrakcyjny, jednak ocena tempa jego realizacji jest na razie niemożliwa.

Stanowisko Unii w sprawie przyszłości węgla zostało przedstawione przez *H. Hilbrechta* (dyrektora EU ds. Konwencyjnych Surowców Energetycznych) w wystąpieniu nt. polityki energetycznej, w Brukseli, dnia 10 stycznia 2007 r. Brzmi ono następująco: /i/ „W Unii węgiel pozostanie w nadchodzących dziesięcioleciach, ważnym surowcem energetycznym, zaspokajającym zapotrzebowanie na energię elektryczną, nie znajdującym pokrycia przez energię odnawialną”. /ii/ „Węgiel będzie miał w Unii kluczowy udział w produkcji energii pod warunkiem stosowania technologii drastycznie zmniejszających emisję, wynikającą z jego spalania” [7].

Wyzwania i bariery na drodze do czystej energii z węgla

W EU-25 duża ilość instalacji wytwarzających energię elektryczną jest w stadium ostatecznego zużycia i powinna być zastąpiona przez nowe instalacje o łącznej mocy 200 GW. Szczególnie pilna potrzeba odnowienia nie tylko mocy produkcyjnych, ale także sieci przesyłowych, występuje w Polsce. Budowa nowych instalacji może być podjęta pod warunkiem, że będą one miały zapewnioną możliwość działania w okresie ich 30-letniej żywotności. Oczywiście, potrzebne są także niezawodne dostawy węgla w tym okresie.

Konieczne zmiany w sektorze produkcji energii z węgla, muszą uwzględniać dwie strategie.

Strategia 1 – jej realizacja powinna polegać na eliminacji instalacji, które charakteryzują się niską (30 % lub niższą) efektywnością termiczną oraz ich zastąpieniu instalacjami o efektywności na poziomie 40–45 %. Pod względem technicznym jest to cel w pełni realny. Na przykład w Japonii już od kilku lat działają cztery takie instalacje (Ultra-Super-Critical technology – USC). Wzrost efektywności oznacza mniejsze zużycie węgla, a zatem – niższą emisję CO₂.

Strategia 2 – to intensywne działania zmierzające do wdrożenia wydzielania i sekwestracji CO₂ w sektorze produkcji energii elektrycznej i ciepła. Technologie wydzielania CO₂ z gazów oraz jego sprężanie i transport są dojrzałe do

przemysłowego zastosowania, natomiast rozpoznanie podziemnych złóż, nadających się do trwałego magazynowania dwutlenku węgla, wymaga czasu i odrębnych działań na terenie każdego kraju.

EU stworzyła sprzyjające warunki finansowe dla wdrożeń produkcji energii z zerową emisją, w ramach ukierunkowanej na ten cel Technologicznej Platformy [8].

A co z tempem zmian w energetyce?

W europejskim (EU-25) sektorze produkcji energii z węgla, emisja CO₂ powinna spaść do roku 2050 o kilkaset mln ton, z poziomu wynoszącego 1,36 miliarda ton w 2005 r. W tej sytuacji, Polska także powinna zredukować emisję w tym sektorze o kilkadziesiąt procent (czyli corocznie o ok. 2,5 mln t).

Trzeba podkreślić, że redukcja emisji CO₂ w sektorze energii nie może być rozumiana jako eliminacja produkcji energii z węgla – to spowodowałoby katastrofę. Eliminacja może nastąpić wyłącznie wówczas, kiedy wielkość produkcji energii z surowców odnawialnych pokryje, w przeważającej mierze, zapotrzebowanie na energię.

Konkluzja jest oczywista: wspomniane zmiany w sektorze węglowym muszą zachodzić w bardzo szybkim tempie. Potrzebna jest do tego efektywna współpraca pomiędzy podmiotami zarządzającymi sektorem energetyki węglowej a kolejnymi rządami, odpowiedzialnymi nie tylko za politykę energetyczną, ale także za politykę klimatyczną.

Zmiany w energetyce węglowej budzą zainteresowanie nie tylko w Polsce

Zarówno świat, jak i Polska muszą jeszcze przez kilkadziesiąt lat produkować część energii z węgla. Kwestią wymagającą rozstrzygnięcia jest wybór najkorzystniejszej technologii dla tej produkcji.

Koszty inwestycyjne jako kryterium wyboru

W roku 2007 w literaturze fachowej ukazały się liczne artykuły, których przedmiotem jest analiza dwu technologii otrzymywania energii z węgla – bezpośrednie spalanie w kotłach pyłowych (PC) oraz zgazowanie węgla zintegrowane z blokiem gazowo-parowym (IGCC), połączonych z wydzielaniem dwutlenku węgla i jego depozycją (CCS). Celem tych analiz było uzyskanie możliwości dokonania właściwego wyboru, tak z punktu widzenia kosztów, jak i ograniczenia emisji CO₂. Jest to niezbędne, bowiem dotąd nie ma przemysłowych instalacji produkcji energii elektrycznej z węgla (w skali 100 MW lub więcej) skojarzonej z technologią CCS. Natomiast korzystną okolicznością jest fakt, że działają już na dużą skalę – ponad milion ton CO₂ na rok – instalacje geologicznej depozycji w Norwegii, Kanadzie i Algierii; nie są one jednak związane z ww. technologiami węglowymi. Koszty technologii CCS mogą stanowić utrudnienie w jej upowszechnieniu. Składają się na nie koszty: wydzielania CO₂ z gazów; sprężania wydzielonego CO₂; transport rurociągiem do miejsca depozycji oraz koszt depozycji.

Poniżej przedstawiono wybrane dane [9], dotyczące kosztów inwestycyjnych budowy elektrowni PC i instalacji IGCC,

zarówno bez, jak i z instalacją CCS oraz koszty produkcji energii elektrycznej dla wszystkich tych przypadków.

	Elektrownia PC	IGCC
Zakresy wartości		
1) koszty inwestycyjne (USD/kW)		
bez CCS	1160 – 1486	1170 – 1565
z CCS	1894 – 2580	1414 – 2270
2) wzrost kosztów inw. z CCS (%)	44 do 74	19 do 66
3) koszt produkcji energii el. (USD/MW)		
bez CCS	43 – 52	41 – 61
z CCS	62 – 86	54 – 79
4) wzrost kosztów prod. en. el. z CCS (%)	18 – 34	9 – 22

Szerokie zakresy wartości wynikają z faktu, że dane pochodzą z opracowań różnych autorów i dotyczą różnych instalacji (300 do 700 MW) oraz nieco różnych surowców – węgla. Koszty podano w USD – 2000 r.

Z dalszych, szczegółowych danych opracowania (dla instalacji 500 MW) wynika, że zarówno koszty inwestycyjne, jak i koszty produkcji energii elektrycznej, są niższe dla technologii IGCC+CCS w porównaniu z elektrownią pyłową PC+CCS.

Technologia IGCC jest obecnie we wczesnym stadium komercjalizacji i dlatego inwestowanie w nią w najbliższym czasie uważa się za ryzykowne. Z tej przyczyny np. rząd USA ostatnio wspiera finansowo inwestycje IGCC.

Redukcja emisji dwutlenku węgla jako kryterium wyboru

Przedmiotem innego studium [10] jest porównanie technologii PC oraz IGCC pod względem ich zdolności do redukcji emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych. Wzięto tu pod uwagę emisję gazów cieplarnianych, związaną z pełnym cyklem inwestycyjnym danego procesu, jego działania i wreszcie – likwidacji instalacji po wyczerpaniu możliwości jej dalszej eksploatacji.

Etap pierwszy obejmuje produkcję materiałów konstrukcyjnych potrzebnych do budowy instalacji (stal, żelazo, stopy niklowe, cement itd.), ich transport na miejsce budowy oraz samą budowę.

Etap drugi to produkcja surowca – węgla i innych mediów, niezbędnych do realizacji procesu technologicznego (m.in. woda czy katalizator dla IGCC; media używane w procesie wydzielania CO₂ itd.) oraz ich transport, a także produkcja ciepła niezbędnego dla realizacji procesu.

Etap ostatni obejmuje likwidację zużytej instalacji łącznie z zagospodarowaniem materiałów po rozbiórce.

Wszystkie te etapy zużywają energię, a z kolei jej produkcja jest źródłem emisji dwutlenku węgla.

Analiza tak złożonego układu (ang. *life cycle GHG assessment*) na pewno nie jest sprawą łatwą. Jest jednak niezbędna z punktu widzenia oceny wpływu każdego procesu technologicznego na emisje gazów cieplarnianych, a zatem i na ocieplenie klimatu. Ostateczny wynik tej analizy wskazuje, że proces IGCC skojarzony z CCS charakteryzuje najniższą całkowitą wartość emisji, wynosząca zaledwie 170 g CO₂/kWh, w porównaniu z 255 g CO₂/kWh dla PC+CCS. Oba te procesy, jeśli nie są skojarzone z technologią CCS, prowadzą do kilkakrotnie wyższej emisji: 860 g CO₂/kWh i 880g CO₂/kWh, odpowiednio dla IGCC i dla PC.

Podsumowanie

Proces produkcji energii za pomocą technologii zgazowania węgla zintegrowanego z układem gazowo-parowym (IGCC), połączony z procesem wydzielania i depozycji dwutlenku węgla (CCS), charakteryzują:

- niższa emisja gazów cieplarnianych,
- niższe koszty inwestycyjne,
- niższe koszty produkcji energii elektrycznej,

w porównaniu z nowoczesną technologią bezpośredniego spalania węgla (kotły pyłowe, warunki nadkrytyczne), także w przypadku jej skojarzenia z technologią CCS.

Dane te wskazują na właściwy kierunek zmian w sektorze produkcji energii z węgla. To instalacje IGCC+CCS winne zastępować elektrownie, kończące swój okres żywotności.

Opracowano na podstawie:

1. BP Statistical Review of World Energy 2005.
2. Euracoal, 2007.
3. EIA – Energy Information Administration DOE, USA www.eia.doe.gov/emeu/international/carbondioxide.html
4. Kavauridis K., Koukouzas N., Coal and sustainable energy supply challenges and barriers. Energy Policy, 2008, t. 36, s. 693.
5. IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change 2007: Synthesis Report – Summary for Policymakers. www.ipcc.ch
6. EU-MENA www.desertec.org/ albo www.trec-eumena.org/
7. Hilbrecht H., Coal in the EU Commission's Package. Coal in Europe Conference, Euracoal, Brussels, January 2007.
8. EU Technology Platform „Zero Emission Power Plants” www.zero-emissionplatform.eu/website
9. Rubin E. et al., Cost and performance of fossil fuel power plants with CO₂ capture and storage. Energy Policy, 2007, t. 35, s. 4444.
10. Naser A.O., Cockerill T.T., Life cycle GHG assessment of fossil fuel power plants with carbon capture and storage. Energy Policy, 2008, t. 36, s. 367.