

Dr inż. Stanisław Tokarski, Centrum Energetyki AGH, Główny Instytut Górnictwa,  
Dr hab. inż. Tomasz Chmielniak, prof. nadzw. ICHPW, Akademia Górniczo-Hutnicza, Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla

# Przesiadka z dwusetek na nowe bloki klasy 1 000 MW

Wrzesień 2017 roku zapisze się w historii nie tylko zmianą systemu edukacji, ale także pierwszą synchronizacją nowego bloku energetycznego 1075 MW w Elektrowni Kozienice należącej do Spółki Enea Wytwarzanie - Grupa ENEA. Należy pogratulować zarówno Inwestorowi, jak i Wykonawcy i trzymać kciuki za równie sprawne zakończenie inwestycji w Opolu i Jaworznie. Nowe bloki energetyczne istotnie bowiem wzmocnią Krajowy System Elektroenergetyczny i umożliwią wymianę „pokoleniową” bloków starej generacji.

Kiedy więc możemy pożegnać się z dwusetkami? W jakim zakresie i ilości należy je modernizować, zgodnie z wymogami konkluzji BAT i potrzebami regulacyjnymi?

## ■ Nowe bloki w systemie: reżim pracy i ekonomia

Praca w systemie elektroenergetycznym kilku bloków klasy 1000 MW stanowić będzie dla OSP nowe doświadczenie. Na początku eksploatacji liczyć się należy z możliwością częstszych niedyspozycyjności tych jednostek (okres oswojania). Z czym to się wiąże dla pozostałych jednostek wytwórczych i dla systemu? Wydaje się, że nowe bloki powinny być prowadzone przez operatora w miarę ze stałym, wysokim obciążeniem, co pozwoliłoby na

zapewnienie wyższej sprawności generacji energii elektrycznej, obniżyło jednostkową emisyjność, w tym również dwutlenku węgla. System energetyczny jednak pracuje ze znaczną zmiennością (rys. 1) i nowe bloki szybko wpadną w pułapkę pracy regulacyjnej. Należy zatem rozważyć dwa zagadnienia:

1. Zwiększenie produkcji energii elektrycznej w godzinach nocnych i wykorzystanie jej między innymi do ogrzewania elektrycznego i elektromobilności - po obniżonej cenie, tak aby z jednej strony wypłaszczyć krzywą obciążenia, a z drugiej podjąć skuteczną walkę ze smogiem pochodzącym z niskiej emisji [4],
2. Regulacyjno-rezerwującej pracy jednostek klasy 200 MW. Trzeba założyć, że przez pierwsze lata pracy nowych bloków opera-

tor systemu musi zapewnić sobie „moc wirującą” w starych jednostkach, bowiem wypadnięcie 1000 MW z systemu stanowi zawsze duże wyzwanie. W jaki sposób przygotować stare bloki do nowej (regulacyjnej) funkcji w systemie będzie najbliższym wyzwaniem dla operatorów tych jednostek.

Ceny energii elektrycznej na giełdach europejskich pozostają w trendzie spadkowym i nie przekraczają 40 EUR/MWhe. Prognozy cen energii dla nowych jednostek w latach kiedy podejmowano decyzje o ich budowie szacowano znacznie wyżej. Koszt wyprodukowania 1 MWhe przez blok klasy 1000 MW, uwzględniając koszty kapitałowe, pozostaje więc aktualnie na wyższym poziomie niż możliwa do uzyskania cena. Czy rynek mocy mo-

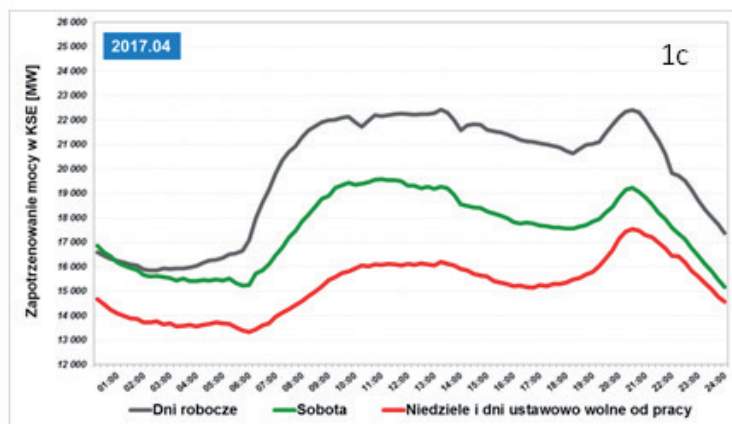
że być mechanizmem zapewniającym ich rentowność? Wydaje się, że maksymalna efektywna produkcja nowych bloków (czas pracy i pełne obciążenie) oraz mechanizmy rynku mocy zapewnią wystarczające przychody dla uzyskania rentowności budowanych bloków klasy 1000 MW. Niemniej polityka klimatyczna UE i przewidywany wzrost ceny uprawnień do emisji stanowią poważne zagrożenie co do ich przyszłej rentowności. Stąd właśnie widmo ewentualnych „kosztów osieroconych” będzie spędzać sen z powiek ich właścicieli.

### ■ Miks energetyczny okresu przejściowego (2020-2035)

Zagadnienie miks energetyczny w 2030 roku, z perspektywą 2050 budzi zawsze żywe reakcje na każdej konferencji i każdym spotkaniu z udziałem polityków. Gospodarka, inwestorzy i firmy energetyczne oczekują na przygotowywany przez rząd projekt nowej Polityki energetycznej. W jaki sposób i czy w ogóle zaprezentowany w niej będzie pożądany miks energetyczny w perspektywie 2050 r.? Trudno odpowiedzieć na to pytanie. Może ten „święty Graal” energetyki w ogóle nie istnieje?

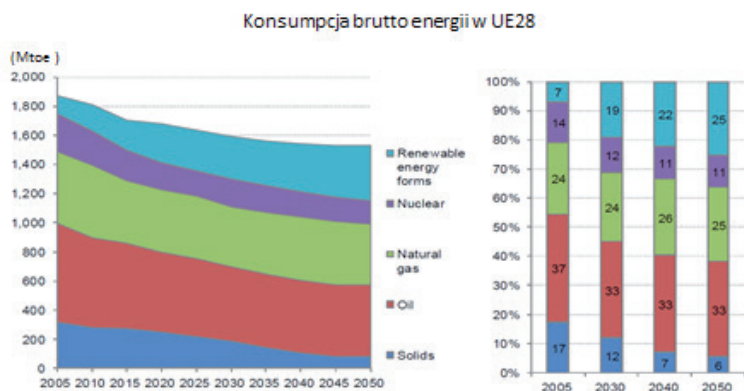
Jeśli spojrzeć na opublikowany jesienią 2016 r. dokument Komisji Europejskiej, prognozujący produkcję i konsumpcję energii pierwotnej przez mieszkańców krajów unijnych [1], oparty o symulacje przeprowadzone na modelu PRIMES, w którym założono odbiegający od ambicji klimatycznych, prawdopodobny scenariusz rozwoju krajów obszaru UE, to okazuje się, że w konsumowanej w roku docelowym energii, tylko 50% pochodzić będzie ze źródeł odnawialnych (rys. 2). Należy tu wspomnieć o ambicjach w tym zakresie przedstawionych w Energy Roadmap 2050 [2], które sięgają 80% energii odnawialnej w 2050 r. w zużyciu finalnym. Zapewne pomiędzy ambicjami a scenariuszem

## Zmienność zapotrzebowania na moc w KSE



Rys. 1. Krzywa zapotrzebowania KSE w ciągu doby. Źródło: dane z prezentacji PTPIREE, 2017 r.

## Jak prognozować? EU Reference Scenerio 2016



Source: PRIMES

Źródło: EU Reference Scenerio 2016

Rys. 2. Konsumpcja energii brutto w UE [2]

referencyjnym mieści się ten, który ma szansę wydarzyć się w rzeczywistości.

Z polskim scenariuszem mogą być pewne kłopoty, ale wydaje się, że zmieści się gdzieś pod tzw. „krzywą polityków” (Rys. 3.), sporządzoną na podstawie wypowiedzi oficjeli w ostatnim okresie, a prognozami Komisji Europejskiej. Jeżeli przyjąć tzw. scenariusz referencyjny z doku-

mentu Program dla sektora górnictwa węgla kamiennego w Polsce [3], według którego zapotrzebowanie na węgiel kamienny w 2030 r. wyniesie 57-58 mln ton węgla energetycznego, to jesteśmy na krzywej polityków. Jak tempo zmian technologicznych i behawioralnych wpłynie na odchodzenie od węgla w produkcji energii elektrycznej i ciepła po 2030 trudno dziś przewi-

dzień, ale zazwyczaj te zmiany następują szybciej niż przypuszczaliśmy.

### ■ Problemy eksploatacji bloków energetycznych - nowe rozwiązania

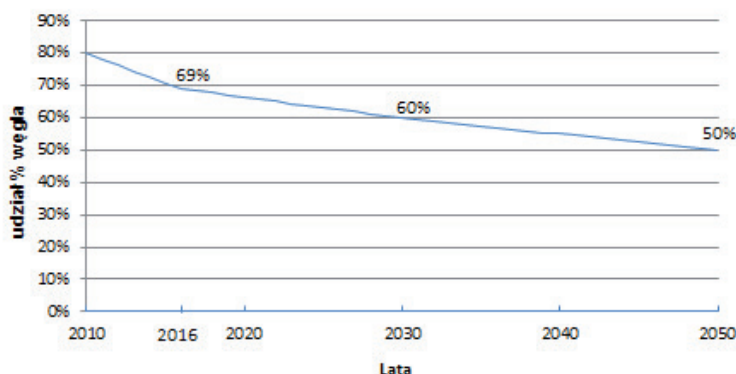
Znaczące zmniejszenie w przyszłości wykorzystania węgla w krajowej energetyce jest oczywiste, niemniej mimo wszystko węgiel w perspektywie średnioterminowej wciąż będzie pełnił trudną do przewidzenia, ale istotną rolę w naszym miksie paliwowym. Wynika to z jednej strony z braku możliwości szybkiej wymiany układów węglowych, z drugiej, co bardziej istotne - stosunkowo tani i długoterminowy dostęp do węgla jest podstawą krajowego bezpieczeństwa energetycznego. W związku z powyższym, należy spodziewać się, że do 2050 r. jego udział wahać się będzie na poziomie 30-50%, co potwierdzają również wyniki szeregu analiz, np. wykonywanych na potrzeby dokumentu „Polityka Energetyczna Polski 2050” (patrz również wyniki ankiety - w kolejnym podrozdziale).

Jednym z podstawowych problemów związanych z eksploatacją bloków węglowych będą z pewnością uwarunkowania środowiskowe, w tym szczególnie konieczność obniżenia emisji CO<sub>2</sub>. Z prowadzonych analiz już dzisiaj wynika, że stan rozwoju tradycyjnych technologii węglowych nie pozwoli na takie podniesienie sprawności generacji, które umożliwiłoby przekroczenie magicznego poziomu emisji CO<sub>2</sub> wynoszącego 550 kg/MWh. Osiągnięcie takiej emisji względnej CO<sub>2</sub> wymagałoby sprawności układu energetycznego na poziomie co najmniej 60% [5, 6]. Koniecznymi zatem będą działania dodatkowe, związane z wykorzystywaniem wraz z węglem paliw niskoemisyjnych, w tym odnawialnych oraz separacji CO<sub>2</sub>. O ile stosowanie wraz z węglem paliw odnawialnych, czy niskoemisyjnych jest realne i uzasadnione, o tyle obniżenie emisji poprzez wychwytywanie CO<sub>2</sub> jest problematyczne. Trudność związana z wychwytem CO<sub>2</sub> wynika nie tyle

## Nowa polityka energetyczna.

### Między bezpieczeństwem energetycznym a ambicjami.

Udział węgla w wytwarzaniu energii elektrycznej w perspektywie 2050



Rys. 3. Udział węgla w miksie energetycznym. Krzywa polityków.  
Źródło: Opracowanie własne

z braku możliwości technicznych realizacji procesu, ile z jego energochłonności, a przede wszystkim z braku pomysłu na zagospodarowanie ditlenku węgla po separacji.

Ostatnio dużą popularnością cieszy się koncepcja DUO-BLOKU, która z jednej strony zapewnia wysoką elastyczność układu, a z drugiej poprzez integrację z wysokosprawnymi układami gazowymi i wykorzystywaniem paliw biodegradowalnych może zapewnić niski poziom emisji CO<sub>2</sub>. Innym rozpatrywanym kierunkiem rozwoju jest stosowanie przedpaleniska np. w postaci reaktora zgazowania dla przetwarzania paliw odnawialnych. Koncepcja ta budzi również zainteresowanie ze względu na możliwość efektywnego wykorzystania paliw odpadowych, w tym mułów węglowych.

Obecnie, również w naszym kraju zainteresowanie budzi koncepcja IGCC - niedoceniana, ale posiadająca duży potencjał rozwojowy, związany z możliwością poprawy sprawności, a wynikający m.in. z możliwości obniżenia energochłonności procesu (produkcja tlenu) oraz z rozwoju technologii zgazowania i turbin gazowych. Obecnie zainteresowanie budzą no-

we układy IGCC powstające w Japonii (technologia MHPS) i pozwalające na osiąganie sprawności netto 48%. Powodzenie tej inwestycji zarówno z punktu widzenia sprawności procesu jak i jego ekonomiki produkcji może przyczynić się do rozpowszechnienia technologii, również w naszym kraju [7]. Przełom w postrzeganiu technologii zgazowania, jako elementu układu produkcji energii może dokonać się poprzez demonstrację w skali przemysłowej układów zgazowania węgla z ogniwami paliwowymi. Układ taki pozwala ograniczyć emisję CO<sub>2</sub> do poziomu 550 g/kWh. Zaawansowane prace w tym zakresie realizowane są m.in. w Japonii przy wykorzystaniu nowej technologii zgazowania w reaktorze dyspersyjnym EAGLE [8].

Aspekty środowiskowe funkcjonowania węglowych bloków energetycznych to nie tylko emisja CO<sub>2</sub>. Stale zaostrzające się przepisy w tej kwestii powodują, że konieczna jest separacja coraz to nowych, często śladowych substancji stanowiących zanieczyszczenie powietrza. Ich separacja nie stanowi tak wielkiego problemu jak obniżenie emisji CO<sub>2</sub>, ale wymusza instalację nowych lub optymalizację istniejących układów oczyszczania spalin,

co niesie za sobą problemy eksploatacyjne i podnosi koszty produkcji [9].

## ■ Debata o przyszłości

Podczas V już Konferencji Technicznej „Realizacja i Eksploatacja Bloków na Parametry Nadkrytyczne”, która odbyła się w dniach 22-24 listopada 2017 r. w Kazimierzu Dolnym/Kozienicach, uczestnicy mieli możliwość wziąć udział w dyskusji z ekspertami na temat kształtu energetyki w okresie przejściowym. Zarówno nowobudowane bloki klasy 1000 MW, jak i stare bloki klasy 200 MW będą przez pewien czas współistnieć na rynku, najprawdopodobniej będzie to już rynek dwutowarowy: energii i mocy. Ponad stu uczestników Konferencji wzięło udział w ankiecie odpowiadając na następujące pytania:

3. Czy nowe bloki energetyczne będą rentowne?

- TAK, ale w przypadku wprowadzenia rynku mocy,
- TAK, przy pełnym obciążeniu przez operatora systemu, niezależnie od wprowadzenia rynku mocy,
- NIE, przy spadających cenach energii elektrycznej bloki nigdy się nie zwrócą inwestorom.

4. Miks energetyczny okresu przejściowego (2030-2035) [%]:

- Węgiel,
- Gaz,
- OZE,
- Energia jądrowa,
- Energetyka prosumencka,
- Klastry/gminy samowystarczalne energetycznie,
- Inne.

5. Czy modyfikując układ technologiczny albo zawartość składu paliwa możliwa jest emisja poniżej 550g CO<sub>2</sub>/kWh w elektrowniach węglowych?

- TAK, można przygotować paliwa mieszane (biomasa, RDF, ...), adaptowalne do istniejących jednostek,

- TAK, jest możliwa przy układzie duobloku z kotłami wielopaliwowymi,

- NIE, wymóg emisji CO<sub>2</sub> poniżej 550 g/kWh eliminuje bloki węglowe z dostępności do mechanizmów rynku mocy.

Na pytanie pierwsze **dotyczące rentowności bloków węglowych 45% uczestników odpowiedziało, że wierzy w rynek mocy, jako skuteczny mechanizm, który zapewni rentowność nowych bloków.** 27% odpowiadających nie wierzy w możliwość rentownej pracy budowanych bloków węglowych, a tyle samo obstarwiło maksymalne, ciągłe obciążenie, jako czynnik zapewniający zyskowość eksploatacji.

**Miks energetyczny okresu przejściowego według uczestników to: węgiel - 56%, gaz - 15%, OZE -16%, energetyka jądrowa - 3%, energetyka prosumencka i klastrowa to 10%.** Zakładając, że klastry i instalacje domowe to w większości OZE, możemy przyjąć MIKS:

■ węgiel:	56%
■ gaz:	15%
■ OZE:	26%
■ Energetyka jądrowa:	3%.

Potencjał rozwoju OZE uznać należy za istotny czynnik w wyborach dokonanych przez uczestników.

Na pytanie czy jest możliwe przygotowanie paliwa opartego o węgiel, bądź takie skonfigurowanie hybrydowych jednostek generacyjnych, aby **zapewnić emisję dwutlenku węgla poniżej 550 kg/MWh, uczestnicy ankiety w ilości 55% przedstawili swoje sceptyczne stanowisko. Tylko 18%** jest zdania przeciwnego. Ponad jedna czwarta prezentuje pogląd, że konfiguracja z kotłami wielopaliwowymi jest właściwym i możliwym rozwiązaniem.

W dywagacjach o „świętym Graalu” energetyki, o miksie energetycznym, znów można by narysować jakąś krzywą uczestników pewnej konferencji w Kazimierzu i za 10 lat wyciągnąć ją na światło dzienne. Jak blisko i jak

daleko nasze prognozy odbiegną od realiów 2030 r. nie sposób dziś przewidzieć. Wydaje się, że w planach inwestycyjnych wielkiej energetyki i tej małej, obywatelskiej, nie umiemy przewidzieć przyszłości, musimy sami ją kształtować. □

Literatura:

- 1) EU Reference Scenerio 2016.
- 2) Energy Roadmap 2050, <https://ec.europa.eu>.
- 3) Program dla sektora górnictwa węgla kamiennego w Polsce, 2016 r.
- 4) Stanisław Tokarski, Taryfa antysmogowa dla elektryfikacji ciepłownictwa - dociążenie nowych bloków węglowych w dolinach nocnych, V Konferencja Techniczna Realizacja Bloków na Parametry Nadkrytyczne, Kazimierz Dolny, 22-24 listopada 2017.
- 5) Krzysztof Badyda, Pakiet Zimowy a polska energetyka, V Konferencja Techniczna Realizacja Bloków na Parametry Nadkrytyczne, Kazimierz Dolny, 22-24 listopada 2017.
- 6) Tadeusz Chmielniak, Henryk Łukowicz, Paweł Pilarz; Instalacje węglowe wytwarzania elektryczności z emisją poniżej 550 g CO<sub>2</sub>/kWh, V Konferencja Techniczna Realizacja Bloków na Parametry Nadkrytyczne, Kazimierz Dolny, 22-24 listopada 2017.
- 7) Tomasz Chmielniak, Marek Ściążko, Aleksander Sobolewski, Technologia i efektywność energetyczna zgazowania węgla, V Konferencja Techniczna Realizacja Bloków na Parametry Nadkrytyczne, Kazimierz Dolny, 22-24 listopada 2017.
- 8) Hiroshi SANO: NEDO's Clean Coal Technology Development for reduction of CO<sub>2</sub> emissions; NEDO, 12. 6. 2016 r.
- 9) Agata Wirth, Dostosowanie bloku nadkrytycznego w TAURON Wytwarzanie SA - Oddział Elektrownia Łagisza do wymagań BAT, V Konferencja Techniczna Realizacja Bloków na Parametry Nadkrytyczne, Kazimierz Dolny, 22-24 listopada 2017.