

Koncepcja strategiczna modernizacji bloków klasy 200 MW oraz koncepcja DUOBLOKu

Rafał Browarski, Wojciech Zygmąński – ENERGOPROJEKT-KATOWICE

Streszczenie

W referacie przedstawiono aktualne prognozy dla polskiej energetyki i przewidywane zapotrzebowanie mocy elektrycznej brutto JWCD. Na tym tle przedstawiono proponowane ramowe założenia dla modernizacji bloków 200 MW i ich rolę w krajowym systemie energetycznym. Przedstawiono przewidywane wyłączenia bloków w energetyce zawodowej, bilanse mocy, typowe uszkodzenia kotła i turbiny bloków klasy 200 MW, oraz wskaźniki niezawodnościowe. Nakreślono koncepcje standardowych modernizacji bloków 200 MW i możliwe do osiągnięcia efekty i korzyści, oraz możliwe rozwiązania techniczne w zakresie wyspy kotłowej. Przedstawiono proponowany program modernizacji bloków 200 MW wg idei konsorcjum Rafako S.A., EPK S.A. - Tauron Wytwarzanie S.A.

Przedstawiono koncepcję DUOBLOKu. Polega ona na wprowadzeniu, w miejsce dwóch bloków 200 MW, nowego układu nadkrytycznego. Obejmuje on dwa kotły zasilające jedną turbinę klasy 500 - zainstalowaną w miejsce dwóch turbin 200. DUOBLOK pracuje na parametrach pary rzędu 28 MPa, 600-610°C i uzyskuje sprawności netto na poziomie 45%.

1. Wstęp

Zgodnie z prognozami Operatora Systemu Przesyłowego w ciągu najbliższej dekady, w zależności od zakresu dostosowania się jednostek wytwórczych energii elektrycznej do nowych wymogów środowiskowych UE, z Krajowego Systemu Energetycznego zostanie wycofanych od 10% do 30% istniejącej mocy konwencjonalnych. W skrajnym przypadku już w roku 2020 może dojść do sytuacji, w której Polska nie będzie miała wymaganego poziomu nadwyżki mocy, a po roku 2025 może nastąpić deficyt mocy. Historycznie podstawą Krajowego Systemu Energetycznego były i są bloki o mocy 200 MW wybudowane w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. W Polsce tej klasy powstało 63 bloków, a obecnie czynnych jest około 56 bloków. Tak więc bloki te pracują już 40 i 50 lat, a niektóre nawet 60 lat. Większość tych bloków przeszła dość gruntowne modernizacje.

2. Prognozy Polskiej Energetyki

Prognozy dla polskiej energetyki wskazują, że po 2025 r. mogą wystąpić deficyty mocy. Mogą one mieć charakter okresowy - związany z niestabilnością źródeł odnawialnych. Należy uwzględnić, że istniejące bloki 200 MW będą systematycznie odstawiane z eksploatacji - w sumie ok. 10 000 MW.

Problem odbudowy mocy w blokach węglowych - przystosowanych do nowych uwarunkowań i wymagań - powinien być w Polsce poważnie rozważony.

Węgiel, jako paliwo jest w naszej części świata źle postrzegany. Ma to różne przyczyny, w tym nie do końca uwidaczniane interesy gospodarcze. Polska musi uwzględniać własne uwarunkowania i potrzeby, oraz powinna opracować spójny dla całego systemu program działania.

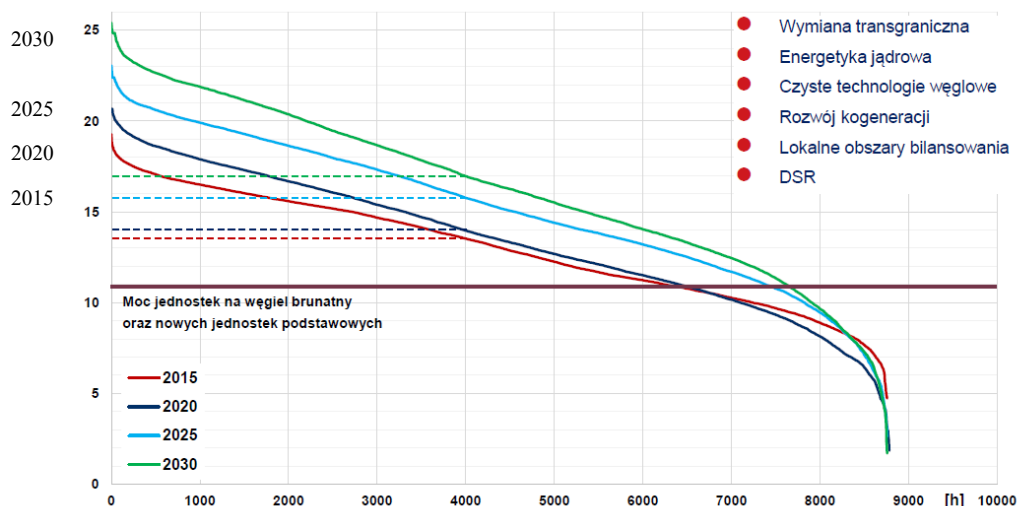
Ponadto nie można odrzucać obiektywnych zalet węgla jako paliwa. Szczególnie - jako bezpiecznych źródeł surowca i bezpiecznego magazynowania - specyficzny, ale prosty magazyn energii.

Wydaje się, że nie należałoby dalej kontynuować wprost polityki inwestycyjnej ostatnich lat - z budową bloków węglowych mocy 500 - 1000 MW, bez elementu powtarzalności i nie do końca nastawionych na pełnienie funkcji regulacyjnych w systemie.

Obecne potrzeby regulacyjne systemu można szacować na co najmniej 8000 MW.

3. Zapotrzebowanie mocy elektrycznej brutto

Na rys. 1 przedstawiono zapotrzebowanie mocy elektrycznej brutto JWCD [GW] - wykres uporządkowany (autorstwa PSE).



Rys. 1. Zapotrzebowanie mocy elektrycznej brutto

Analiza prezentowanego wykresu doprowadza do kilku podstawowych wniosków:

1. Nastąpi zdecydowany podział na jednostki podstawowe, podszczytowe i szczytowe.
2. Głównym atutem jednostek podstawowych będzie bardzo wysoka sprawność wytwarzania energii elektrycznej (ok. 46,5% netto).
3. Głównym atutem jednostek podszczytowych będzie elastyczność i wysoka sprawność wytwarzania energii elektrycznej (ok. 45% netto).
4. Głównym atutem jednostek szczytowych powinny być niskie nakłady inwestycyjne oraz możliwość szybkiego uruchomienia i odstawienia, koszt wytworzenia energii elektrycznej może być wyższy w porównaniu z jednostkami podstawowymi i podszczytowymi.

4. Modernizacja bloków 200 MW - proponowane ramowe założenia

Krajowa energetyka zawodowa bazuje w całości na zamortyzowanych i sukcesywnie wyłączanych z eksploatacji 24 blokach 120 MW, 56 blokach 200 MW, 16 blokach 360 MW oraz dwóch blokach 500 MW. Ponadto eksploatowane są 3 nowo wybudowane bloki na parametry nadkrytyczne o łącznej mocy 1800 MW, a kolejne 4 o sumarycznej mocy 3200 MW są w budowie. Strategią inwestycyjną w źródła energii elektrycznej dla Polski, gwarantującą przy tym: bezpieczeństwo energetyczne kraju, stabilność, pewność i ciągłość dostaw jest modernizacja już istniejących elektrowni opartych o bloki 200 MWe. Nakłady modernizacyjne, nawet przy wymianie kotłów i turbin parowych na nowe (np. w przypadku wariantu w tzw. DuoBlok) o wyższych parametrach termicznych pary świeżej, są mniejsze w porównaniu z nakładami na nowe bloki węglowe na parametry nadkrytyczne, w których trzeba budować całą infrastrukturę elektrowni, a która w modernizowanych już istnieje. Jednostkowe koszty wytwarzania energii elektrycznej w zmodernizowanych blokach nawet przy koniecznym zakupie pozwoleń na emisję CO₂ są niższe od kosztów w nowych blokach węglowych.

Proponowane założenia ramowe dla modernizacji bloków 200 MW są następujące :

- restrukturyzacja wydobycia węgla kamiennego i brunatnego,
- kompleksowa ocena bloków 200 MW nadających się do rewitalizacji,
- rewitalizacja 30 bloków 200 MW (wydłużenie życia technicznego bloku o 150 tys. h, zwiększenie elastyczności, obniżenie min. technicznego, badania i wymiana elementów krytycznych) w okresie do 2030 roku - ok. 6 GW,
- aukcje na rewitalizację bloków 200 MW - podstawowy mechanizm zarządzania równowagą procesu transformacji polskiej energetyki do 2025 r. Aukcje powinny zapewnić realizację całego programu rewitalizacji około 30 bloków 200 MW z wykorzystaniem wsparcia,
- pozostałe aukcje (towarzyszące) na OZE: kolektory PV ok. 2 GW, mini i mikro źródła i elektrownie gazowe i biogazowe ok. 4 GW, elektrownie wiatrowe ok. 2 GW, integracja gospodarki odpadami i produkcja energii z odpadów - w zależności od zbilansowanych zasobów,
- rozwój w zakresie aukcji na Rynek Mocy (negocjacje kształtu z UE),
- program rozwojowy obejmujący: ogniwa, magazynowanie energii, rozproszone źródła energii, innowacyjne technologie produkcji energii i ciepła, inteligentne usługi sieciowe itp. - stworzenie podstaw do przyszłego modelu obiegu zamkniętego gospodarki (trend UE).

5. Bloki 200 MW w Krajowym Systemie Energetycznym oraz przewidywane wyłączenia

Eksploatowane obecnie w Krajowym Systemie Energetycznym bloki klasy 200 MW przedstawiono w tab. 1.

Elektrownia	Jednostki	Moc zainstalowana	Lata uruchomienia	Układ chłodzenia
<i>El. Rybnik</i>	8 x 200 MW	1775 MW	1974÷78	otwarty / zamknięty
<i>El. Łaziska</i>	4 x 200 MW	910 MW	1972	zamknięty
<i>El. Jaworzno</i>	6 x 200 MW	1345 MW	1977÷79	zamknięty
<i>El. Połaniec</i>	8 x 200 MW	1800 MW	1979÷83	otwarty
<i>El. Dolna Odra</i>	7 x 200 MW	1600 MW	1974÷77	otwarty
<i>El. Ostrołęka</i>	3 x 200 MW	647 MW	1972	otwarty
<i>El. Kozienice</i>	8 x 200 MW	1600 MW	1972-75	otwarty
<i>El. Pątnów</i>	6 x 200 MW	1200 MW	1967÷69	otwarty
<i>El. Turów</i>	6 x 200 MW	1200 MW	1998-2005 1971	zamknięty
RAZEM	56x200 MW	11 200 MW		
węgiel kamienny	44x200 MW	8 800 MW	~40 lat eksploatacji	30 otwarty/14 zamknięty

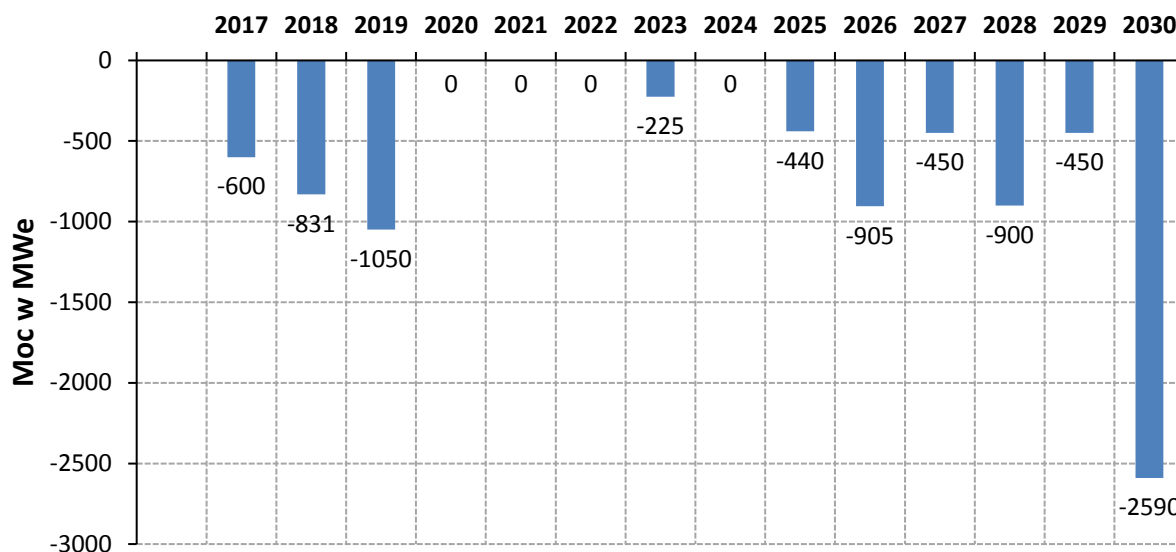
Tab. 1. Bloki 200 MW w Krajowym Systemie Energetycznym

W przypadku zaniechania dalszej modernizacji bloków energetycznych w elektrowniach zawodowych, oraz braku dostosowania ich do nowych wymogów środowiskowych UE, bloki będą wycofywane z Krajowego Sytemu Energetycznego. Harmonogram przewidywanych wyłączeń bloków energetycznych przedstawiono w tab. 2.

HARMONOGRAM WYŁĄCZENIA BLOKÓW					
2015-2020		2021-2030		>2030	
	MW		MW		MW
Adamów 1-5	600	Jaworzno III 1, 6	1345	Bełchatów 3-14	3874
Bełchatów 1, 2	740	Kozienice 1-4	885	Dolna Odra 5-8	908
Dolna Odra 1, 2	454	Łaziska 9-12	905	Jaworzno II 3	50
Blachownia 1, 2	100	Ostrołęka 2,3	460	Konin B	50
Kozienice 1-3	660	Połaniec 1,2,3	709	Kozienice 5-10	2020
Łagisza 6, 7	240	Rybnik 1-6	1350	Łagisza B 10	460
Łaziska 1, 2	250	Siersza 1,2	306	Opole 1-4	1532
Ostrołęka 1	221			Pątnów 1-2	444
Pątnów 3,4,6	600			Połaniec 4-9	1153
Siersza 3, 6	251			Rybnik 7-8	450
Skawina 3-6	440			Siersza 1, 2	306
Stalowa Wola 7, 8	250			Turów 1-6	1488

Tab. 2. Harmonogram wyłączenia bloków

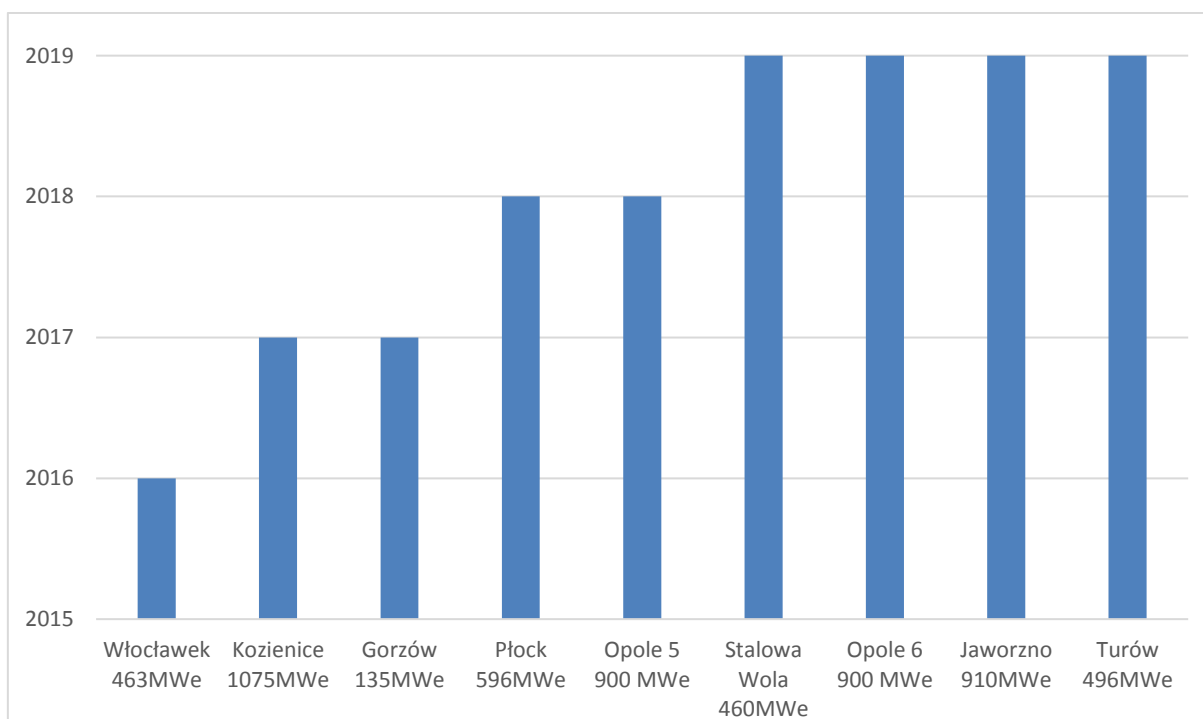
Natomiast w tab. 3 przedstawiono harmonogram wycofywanie mocy wytwórczych z Krajowego Systemu Energetycznego.



Tab. 3. Harmonogram wyłączenia mocy

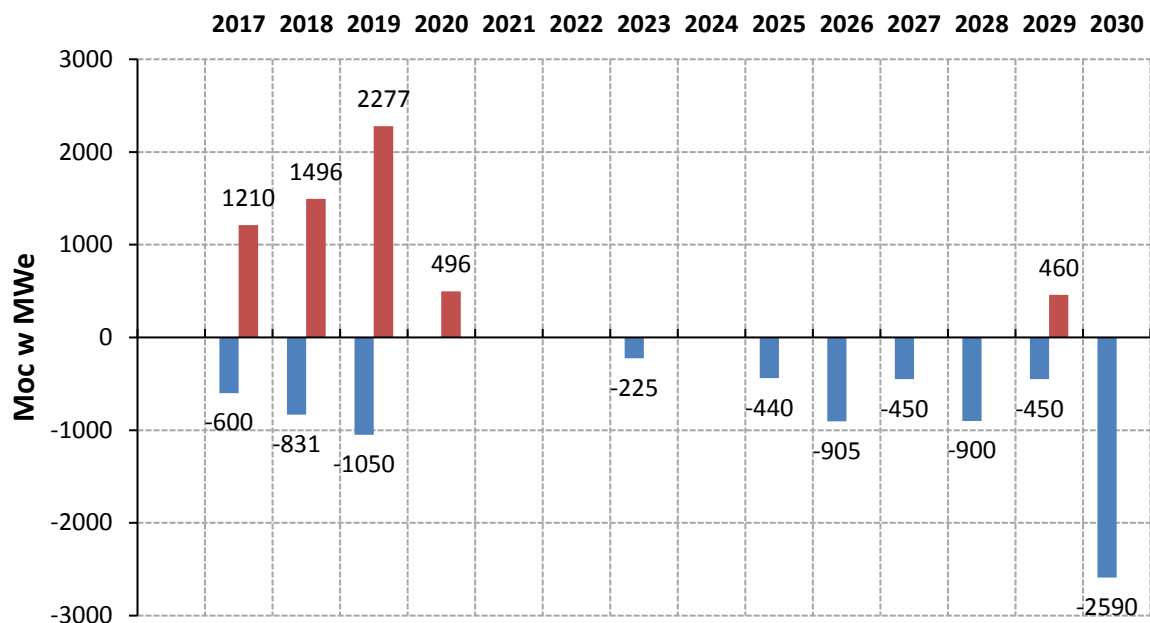
6. Energetyka zawodowa – bilans mocy

W ramach największych inwestycji w polskiej energetyce zawodowej powstały lub powstają obecnie bloki energetyczne o łącznej mocy 6100 MW. W tab. 4 przedstawiono harmonogram oddawania do eksploatacji nowych mocy wytwórczych.



Tab. 4. Harmonogram oddawania do eksploatacji nowych mocy wytwórczych

Poprzez porównanie danych z tab. 3 dotyczącej wyłączenia mocy wytwórczych i danych z tab. 4 włączenia nowych mocy wytwórczych dochodzimy do bilansu mocy dla Krajowego Systemu Energetycznego w latach 2017 do 2030. Wyniki obliczeń przedstawiono w tab. 5.



Tab. 5. Energetyka zawodowa - bilans mocy

Wyniki bilansu mocy wskazują, że po roku 2022 w Krajowym Systemie Energetycznym może wystąpić znaczny deficyt mocy, powodujący obniżenie bezpieczeństwa energetycznego kraju. Nowe konkluzje BAT oraz wyeksploatowanie jednostek wytwórczych, powoduje że bez solidnego zastrzyku finansowego, elektrownie nie będą w stanie wypełnić nowych norm. Najwyższa Izba Kontroli w swoim raporcie o stanie Polskiej Energetyki wskazała „Polska stoi przed koniecznością istotnego zwiększenia nakładów na infrastrukturę energetyczną. W zależności od wybranego wariantu rozwoju sektora energetycznego, wysokość bieżących inwestycji w moce wytwórcze powinna sięgnąć od 26 do 37 mld zł rocznie, a największe inwestycje w sektorze energetycznym powinny zostać poniesione do roku 2020”.

7. Typowe uszkodzenia kotła bloku 200 MW

W kotłach bloków 200 MW, w zależności od elementu rejestruje się następujące postacie uszkodzeń:

Układ parowo-wodny

- nieszczelności rur podgrzewacza wody,
- nieszczelności i pęknięcia rur ekranowych,
- nieszczelności i pęknięcia rur przegrzewaczy pary,
- pęknięcia spoin w komorach przegrzewaczy,
- pęknięcia na krawędziach otworów komór,
- pęknięcia w obszarach otworów walczaka,
- nieszczelności włączów, króćców pomiarowych i spoin walczaka,
- pęknięcia separatorów wewnętrznych walczaków,
- pęknięcia króćców rur opadowych.

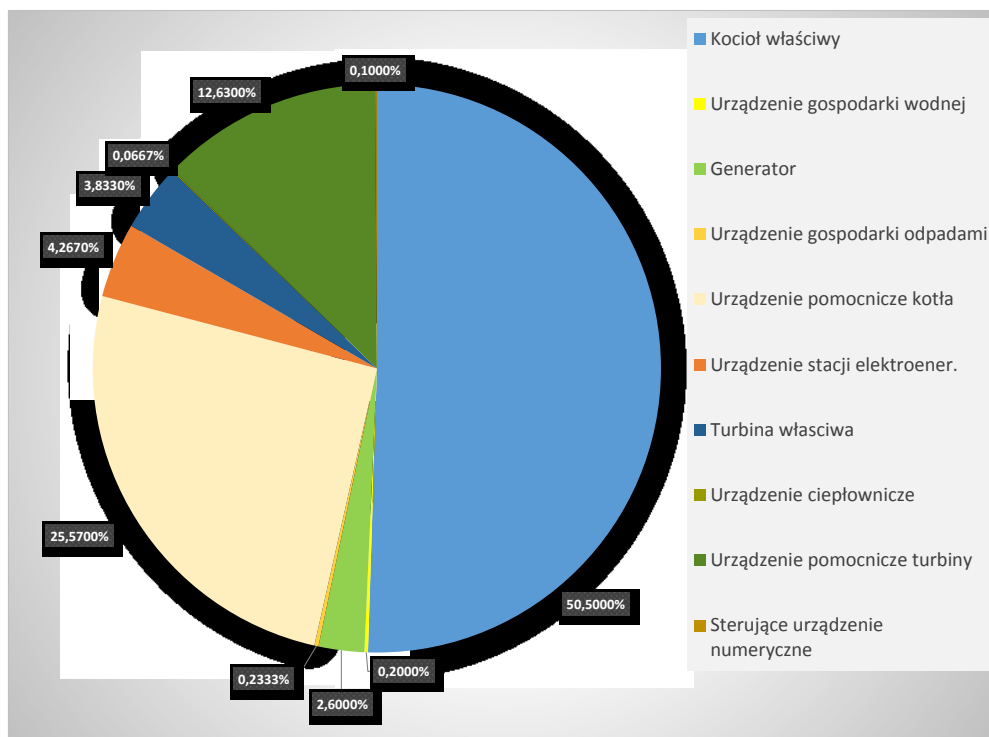
Komora paleniskowa

- szlakowanie palników,
- uszkodzenie obudowy palników,
- uszkodzenie leja popiołowego,
- uszkodzenie obmurza.

Rurociągi WP/WT

- pęknięcie spoin,
- pęknięcie kolan lub/i trójników w miejscach szczególnie wytężonych,
- nieszczelność króćców.

Awaryjność urządzeń bloku (ARE) przedstawiono na wykresie – rys. 2.



Rys. 2. Awaryjność urządzeń bloku (ARE)

8. Typowe uszkodzenia turbiny bloku 200 MW

W turbinach bloków 200 MW, w zależności od elementu rejestruje się następujące postacie uszkodzeń:

Wirniki

- pęknięcia w rowkach termicznych, wrębach łopatkowych, otworach centralnych wirników akcyjnych,
- pęknięcia na krawędziach otworów w tarczach wirnikowych, na krawędziach otworów nitowych, w obszarach przejścia tarczy w wał,
- pęknięcia w rowkach wpustowych wirników części NP,
- skrzywienie wału,
- pęknięcie lub urwanie łopatek,
- pęknięcie spoin tarcz kierowniczych,
- ugięcie tarcz kierowniczych,
- pęknięcie bandaży,
- ubytki białego metalu łożysk,
- wycieki oleju z układu smarowego.

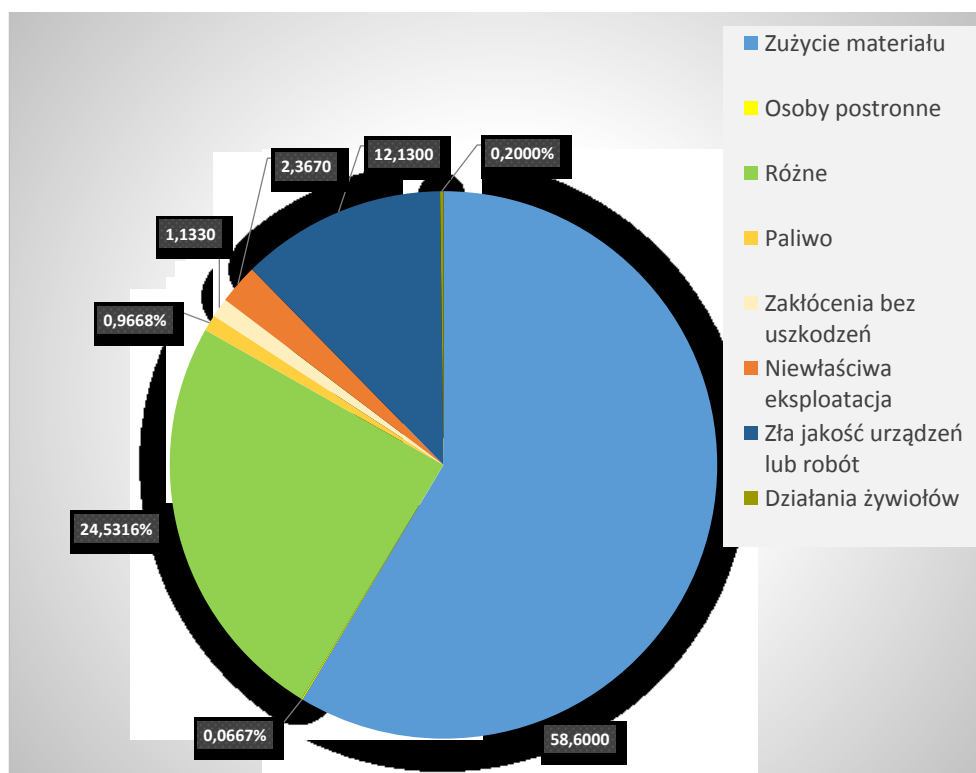
Korpusy

- pęknięcie powierzchniowe, szczególnie w okolicach odwodnień i króćców upustowych oraz w obszarze przejścia kadłuba w kołnierz,
- deformacja kadłuba,
- pęknięcie szpilek,
- przytarcie dławic.

Skraplacz

- perforacja rurek skraplacza,
- zanieczyszczenie powierzchni wymiany ciepła,
- spadek przepływu wody chłodzącej.

Przyczyny awarii (ARE) w turbinach przedstawiono na wykresie – rys. 3.



Rys. 3. Przyczyny awarii (ARE) w turbinach

9. Wskaźniki niezawodnościowe

Rejestrowane awarie w blokach energetycznych i statystyki wykazują, że przyczyną awarii bloku jest w 50% kocioł, w 26% turbina, w 14% generator, a w 10% pozostałe układy. Zatem na urządzeniach, a zdecydowanie na ich elementach krytycznych badania diagnostyczne i zabiegi modernizacyjno-inwestycyjne powinny być zdeterminowane.

Najważniejszym zadaniem KSE jest zapewnienie wszystkim odbiorcom ciągłości dostaw energii elektrycznej o odpowiedniej jakości i możliwie najniższych kosztach jej wytwarzania. Wielkie awarie systemowe (tzw. black'outy), jakie zaistniały w ostatnich latach w USA, Wielkiej Brytanii i we Włoszech wykazały, że pozbawienie zasilania w energię elektryczną w całym systemie jest realne i może zaistnieć praktycznie w każdym kraju. Wskaźniki wskazują, że decydujący wpływ na dyspozycyjność czasową krajowych bloków 200 MW ma awaryjność kotłów – celem jest zatem, aby w obrębie kotłów poszukiwać możliwości zmniejszenia liczby wyłączeń awaryjnych (zwłaszcza poszczególnych powierzchni ogrzewalnych).

10. Standardowa modernizacja bloku 200 MW

Poprzez standardowe modernizacje bloku 200 MW możliwe do osiągnięcia efekty przedstawiono w tab. 6.

Parametr zakładany przed modernizacją.	Bloki kondensacyjne po modernizacji (węgiel brunatny) 2x220 MWe
Minimalna sprawność wytwarzania energii elektrycznej brutto po modernizacji, [%] Sprawność przed modernizacją - BLOK ok. 33,5% - KOCIOŁ ok. 84%	BLOK = ok. 39,5% (wzrost sprawności o ok. 6,0%) KOCIOŁ = ok. 89,9% (wzrost sprawności o ok. 6,0%)
Roczne zmniejszenie zużycia węgla, [t/rok]	ok.143 000
Roczne zmniejszenie emisji CO ₂ , [t/rok]	ok.156 780
Roczne zmniejszenie emisji NO _x , [t/rok]	ok. 4 625
Roczne zmniejszenie emisji pyłu, [t/rok]	ok. 278

Tab. 6. Standardowa modernizacja bloku 200 MW - możliwe do osiągnięcia efekty

Standardowa modernizacja bloków 200 MW to wymierna korzyść w postaci:

- znacznej poprawy wszystkich wskaźników ekologicznych (emisyjnych) w zakresie CO₂, NO_x, pyłu,
- zwiększenia bezpieczeństwa pracy i komfortu załogi,
- wzrostu dyspozycyjności i elastyczności jednostek, oraz przedłużenia czasu ich efektywnej eksploatacji,
- wzrostu mocy elektrycznej,
- zwiększenia sprawności wytwarzania energii elektrycznej,
- zmniejszenia jednostkowego zużycia ciepła,
- wymiernego efektu ekonomicznego.

Możliwe rozwiązania techniczne w zakresie wyspy kotłowej powodujące zwiększenie elastyczności bloku 200 MW są następujące:

- rozszerzenie zakresu spalnego paliwa,
- modernizacja układu młyny – palniki,
- zmiany konstrukcyjne komory spalania (redukcja objętości i wysokości z wprowadzeniem ścian szczelnych),
- przystosowanie układu paliwowego do pracy kotła na min. technicznym ok. 30% (np. praca na dwóch młynach),
- monitorowanie i optymalizacja procesu spalania w kotle,
- obejście na wodzie zasilającej ECO kotła z recyrkulacją dla niskich obciążeń,
- pośrednie magazynowanie pyłu węglowego.

Możliwe rozwiązania techniczne w zakresie wyspy maszynowej powodujące zwiększenie elastyczności bloku 200 MW są następujące:

- redukcja naprężeń elementów grubościennych turbiny podczas startu,
- modernizacja układu uszczelnień turbiny,
- zapewnienie obejścia podgrzewaczy regeneracyjnych wody zasilającej WP, wraz z koniecznym zamykaniem zaworów parowych z upustów, może być również wykorzystywane do produkcji dodatkowych ilości energii przez około 20 - 30 minut. W ten sposób obejście podgrzewaczy wody zasilającej może stanowić element bardzo szybkiej reakcji dostosowanej do kontroli częstotliwości,
- instalacja systemów przechowywania wody zasilającej pod wysokim ciśnieniem. Układ jest zdolny do szybkiego dostarczania 5% więcej mocy w istniejących blokach 200 MWe. Podgrzewacze wody zasilającej NP są wyposażone w obejście, w którym umieszcza się pionowe cylindryczne zbiorniki magazynowe (na zasadzie akumulatora ciepła). Te zbiorniki zawierają zarówno zimny, jak i gorący kondensat, a każdy wzrost przechowywania gorącej wody wypiera zimną wodę i odwrotnie, gdy wymagana jest redukcja mocy, zbiorniki są napełniane gorącym kondensatem, pobieranym ze strumienia wylotowego zbiornika magazynującego,
- inne metody dostępne technicznie do regulacji pierwotnej obejmują: regulację dławieniem zaworów regulacyjnych turbiny, dławienie kondensatu, obejście podgrzewaczy wody zasilającej, obejście stopniowe korpusu WP oraz zainstalowanie systemu magazynowania termicznego, który może również zwiększyć zakres obciążenia bloku 200 MW+.

11. Modernizacja bloków wg idei konsorcjum Rafako S.A., EPK S.A. - Tauron Wytwarzanie S.A.

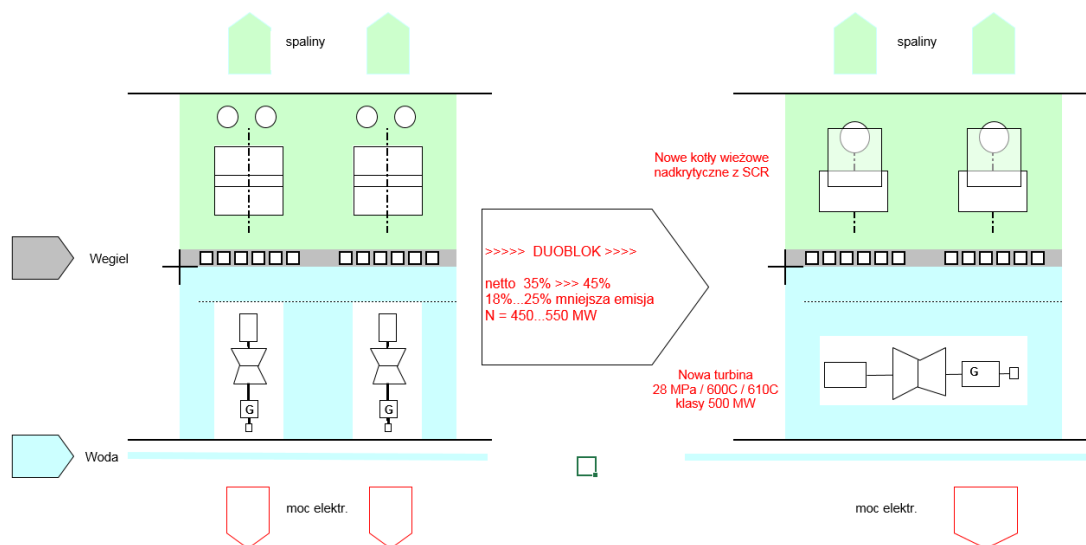
W zakresie modernizacji bloków klasy 200 MW konsorcjum Rafako S.A., EPK S.A., oraz Tauron Wytwarzanie S.A. proponuje ideę Increased Flexibility Control and Monitoring System (IFCAMS). IFCAMS to skrócenie czasu naboru i zrzutu mocy oraz zmniejszenie kosztów operacyjnych zwianych z licznymi awariami bloków (dzięki obniżeniu bieżącego minimum technicznego). System ten umożliwia elastyczne działanie elektrowni przy minimalnej integracji z istniejącą infrastrukturą. Zaproponowane rozwiązanie zostanie opracowane dla dwóch głównych typów elektrowni:

- elektrownie, których elastyczność może zostać zwiększona bez modernizacji, lecz przy założonym zwiększeniu tempa zużycia.
- elektrownie, których modyfikacja jest zalecana w celu bezpiecznego zwiększenia ich elastyczności.

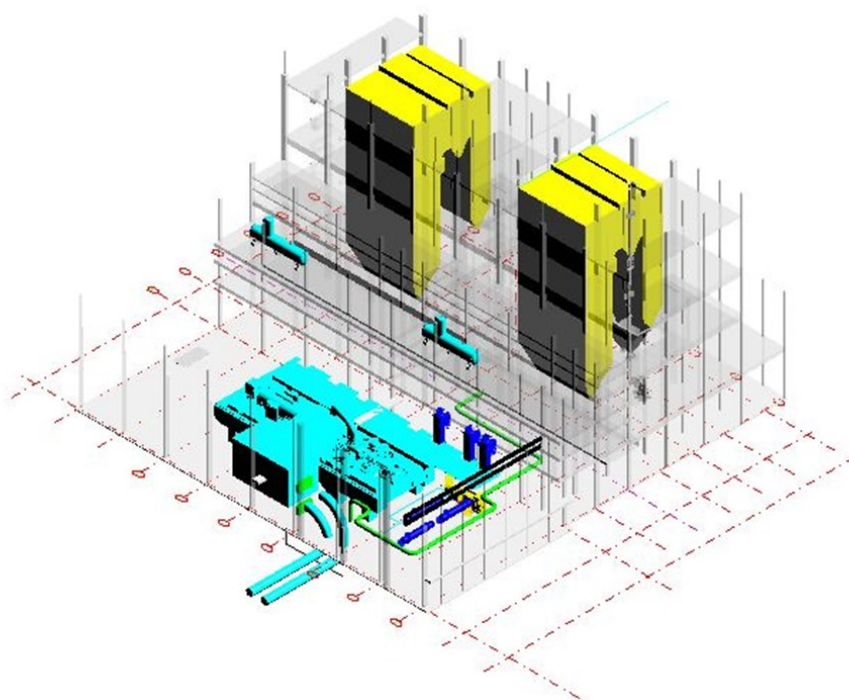
Główne założenia dla idei IFCAMS to monitorowanie temperatur, kontrolowanie zużycia oraz diagnostyka urządzeń.

12. DUOBLOK klasy 500 - możliwość „głębokiego odtworzenia” bloków 200 MW

Koncepcja DUOBLOK jest jedną z możliwości „głębokiego odtworzenia” bloków 200 MW. Koncepcja zakłada wymianę urządzeń w zakresie budynku głównego, w tym kotłów i turbin. Zakłada postawienie w miejsce dwóch istniejących bloków jednego DUOBLOK, z dwoma kotłami i jedną turbiną o mocy 450 ... 550 MW (klasa 500 MW). Dopuszcza się przy tym możliwość pozostawienia niektórych instalacji technologicznych, np. galerii nawęglania z bunkrownią i młynami (po niezbędnym remoncie odtworzeniowym) oraz ustroju budowlanego budynku głównego.



Rys. 4. DUOBLOK - idea rozwiązania

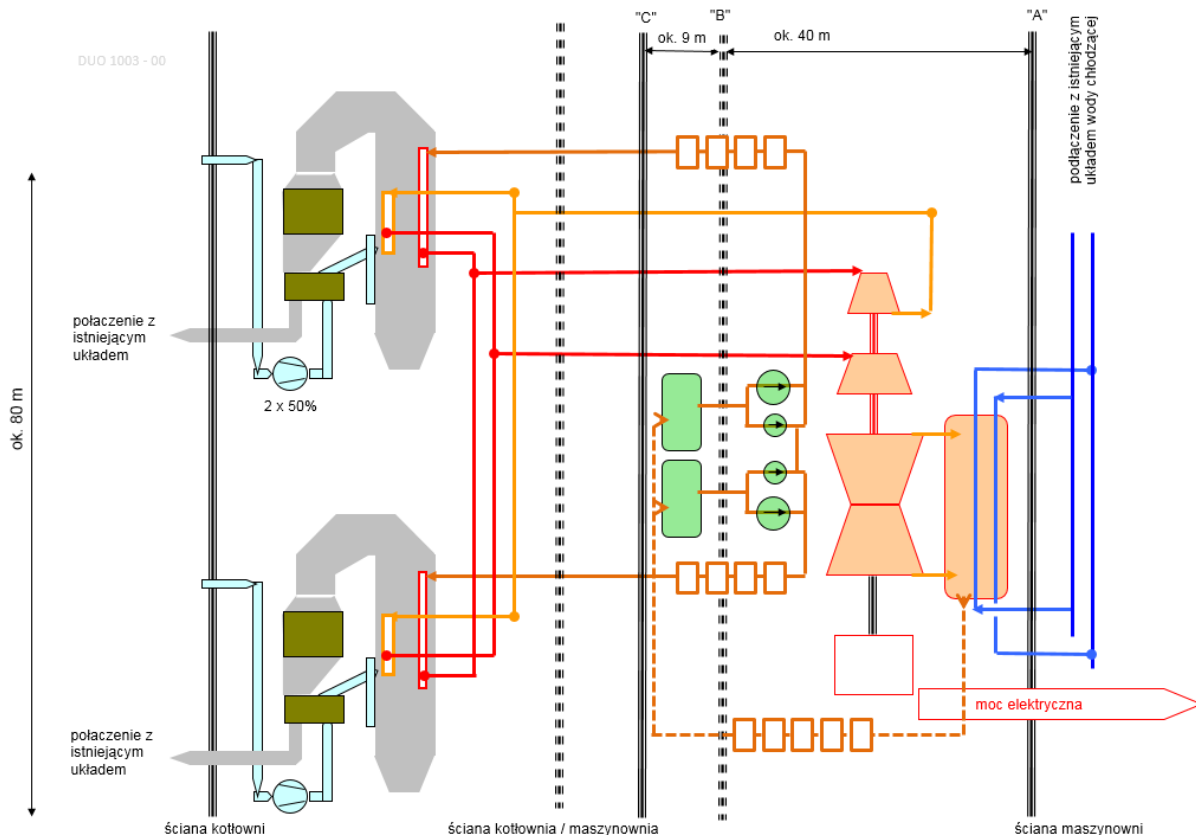


Rys. 5. DUOBLOK - koncepcja przestrzenna

Wstawienie DUOBLOK, a nie monobloków, wynika z kilku przesłanek, a w szczególności:

- wysoka sprawność bloku wymaga wysokich parametrów pary, a te z kolei determinują zastosowanie turbin o mocy klasy 500 MW,
- rozwiązanie z dwoma kotłami pracującymi na jedną turbinę daje większe możliwości regulacyjne - w tym pracę na min. obciążeniu rzędu 20%, przy zachowaniu zdolności do szybkiego podjazdu z mocą. Podwyższone własności dynamiczne są coraz bardziej pożądane z uwagi na coraz większy udział mocy pochodzącej z elektrowni wiatrowych.

Jeżeli chodzi o urządzenia i obiekty pozostałe - poza budynkiem głównym - zakłada się ich dalsze wykorzystanie z niezbędnymi remontami odtworzeniowymi. Istotnym aspektem jest ograniczony wzrost mocy elektrowni (lub pozostawienie jej na tym samym poziomie), przy jednocześnie wyższej sprawności. W rezultacie, nie pojawia się wzrost obciążenia takich instalacji jak układ chłodzenia, układ wyprowadzenia i oczyszczania spalin, czy układ nawęglania.



Rys. 6. DUOBLOK - schemat ideowy

13. Rozwój prac nad DUOBLOKiem

Analizy i studia nad koncepcją DUOBLOKu rozpoczęto w „Energoprojekcie - Katowice” w latach 2010 - 2014. Wykonano między innymi Studium Wykonalności dla EI. Dolna Odra.

W latach 2014 - 2016 DUOBLOK był przedmiotem Projektu: „Niskoemisyjne innowacyjne technologie rekonstrukcji elektrowni węglowych z blokami o mocy 200 MW” DUO-BIO, wspomaganego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju”.

Projekt ten był realizowany przez:

- Instytut Energetyki w Warszawie,
- Energoprojekt – Katowice,
- RAFAKO w Raciborzu,
- Politechnikę Śląską w Gliwicach.

Głównymi założeniami wyjściowymi były:

- wielkość kotła 680 t/h,
- parametry pary 28.5 MPa, 600 / 610°C,
- węgiel 21.5 MJ/kg,
- parametry ekologiczne - zgodnie z konkluzjami BAT.

W wyniku optymalizacji układu cieplnego określono parametry bloku:

- moc brutto / netto na poziomie - 530 MW / 480 MW,
- sprawność nominalna netto (dla ciśnienia w kondensatorze 3 kPa) - 45%,
- jednostkowa emisja CO₂ - ok. 700 g / kWh.

Najistotniejsze wyzwania techniczne - wynikające z podstawowych założeń funkcjonalnych dla DUOBLOKu, jak również z nowych wymagań dla pracy bloków węglowych w systemie, dotyczyły w szczególności:

- opracowania konstrukcji kotła nadkrytycznego o wydajności ok. 680 t/h (mniejszej w relacji do kotłów ok. 1300 t/h w układach mono-blokowych 500 MW) – z uwzględnieniem ograniczeń przestrzennych po istniejących kotłach,
- opracowania rozwiązań i konfiguracji przestrzennej maszynowni - o podwojonej mocy turbiny w stosunku do stanu istniejącego, pozwalającej na pozostawienie głównych poziomów maszynowni - głównie poziomu suwnicy - z uwagi na konieczność pracy suwnicy również na potrzeby sąsiednich bloków,
- dostosowania bloku - zarówno po stronie kotła jak i turbiny, do nocnej / weekendowej pracy na minimalnych obciążeniach na poziomie 20% (i niżej), z jednoczesnym szybkim przechodzeniem do pracy z wyższymi wydajnościami.

Przyjęto, że o ile kotły dla DUOBLOKu wymagają nowej konstrukcji, o tyle układ cieplny po stronie turbiny i maszynowni może być w dużym stopniu oparty na obecnych rozwiązaniach monobloków nadkrytycznych klasy 500, a także duobloków podkrytycznych np. Elektrowni Janschwalde (6 duobloków po 500 MW i parametrach 178 bar, 530 / 535°C). Przykładem zastosowania duobloków nadkrytycznych jest ostatnio wybudowana Elektrownia Samcheok - Korea z turbinami po 1000 MWe i kotłami fluidalnymi o parametrach 257 bar, 603 / 603°C.



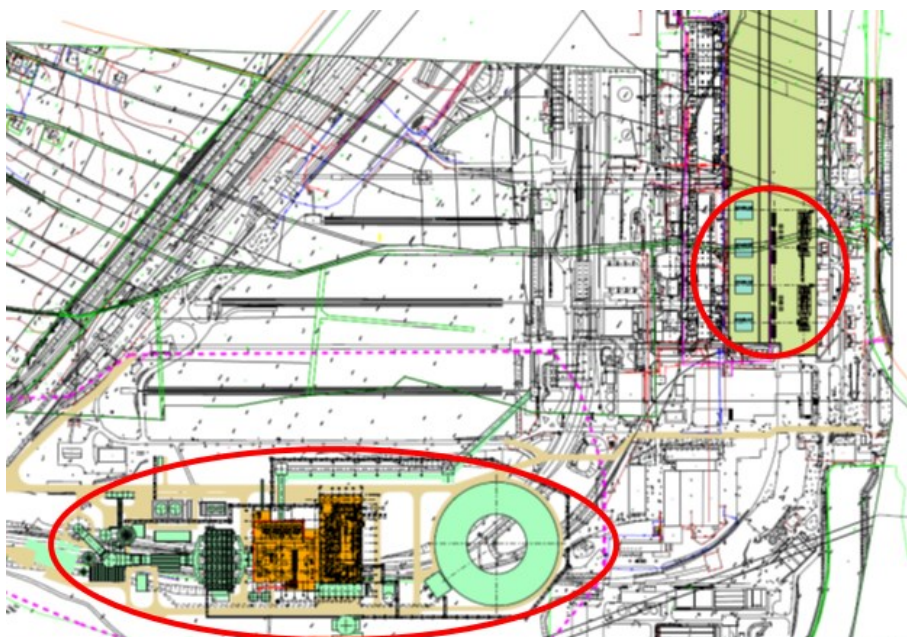
Rys. 7. Elektrownia Samcheok z duoblokami po 1000 MWe

Do prac nad DUOBLOKiem został włączony SIEMENS z nowymi rozwiązaniami dla turbin klasy 500, oraz analizami dynamiki bloku. W odniesieniu do uwarunkowań lokalizacyjnych analizowano głównie sytuację El. Kozienice, El. Jaworzno, El. Dolna Odra.

Nakłady inwestycyjne DUOBLOKu określono na poziomie 2.3 ... 2.5 mld PLN. Oszczędności w stosunku do nowo budowanego monobloku oszacowano na poziomie 25 ... 30%. Wynikają one głównie z wykorzystania układów poza budynkiem głównym, oraz braku konieczności budowy nowych połączeń zewnętrznych elektrowni wymaganych dla nowego bloku.

Końcowym opracowaniem Projektu DUO-BIO było „Techniczne studium wykonalności”. Całość projektu została zaprezentowana w Ministerstwie Energii w grudniu 2016r. Projekt był, między innymi, dwukrotnie prezentowany na POWERGEN.

W pierwszej połowie 2017 r. prowadzono intensywną prezentację DUOBLOKu jako potencjalnego rozwiązania dla nowego bloku dla El. Dolna Odra. Niestety dotychczasowe decyzje poszły w innym kierunku.

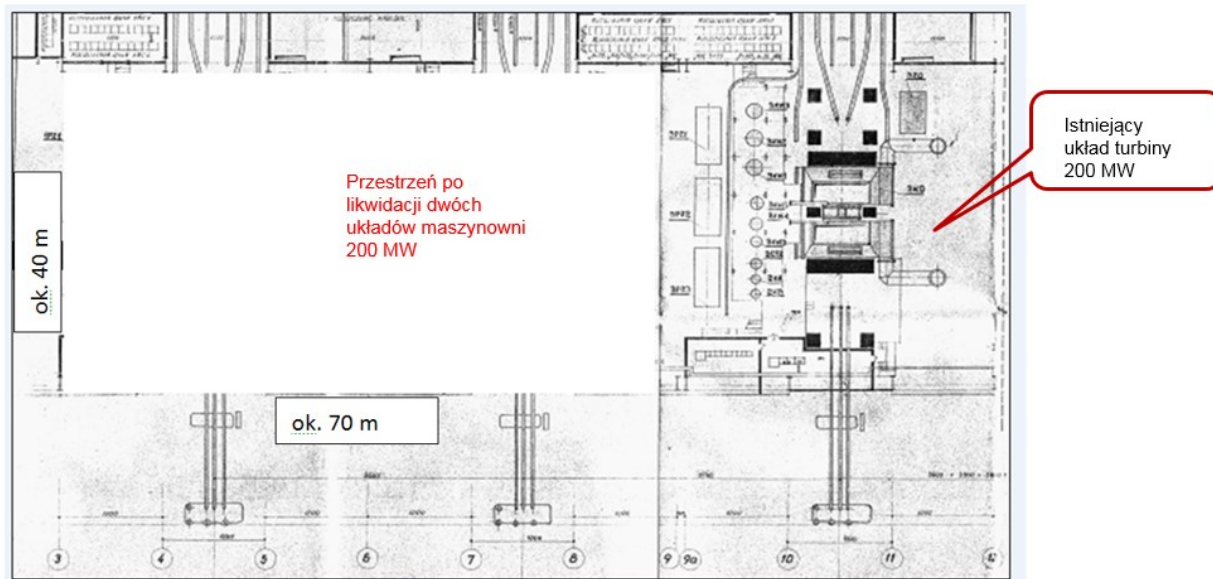


Rys. 8. Porównanie zakresu inwestycji dla nowego monobloku 1000 MW i dwóch DUOBLOKów

14. Rozwiązania techniczne DUOBLOKU

Projekt kotła dla DUOBLOKU został wykonany w RAFAKO. Przyjęto układ dwuciągowy z niewielkim podniesieniem dachu w stosunku do stanu istniejącego.

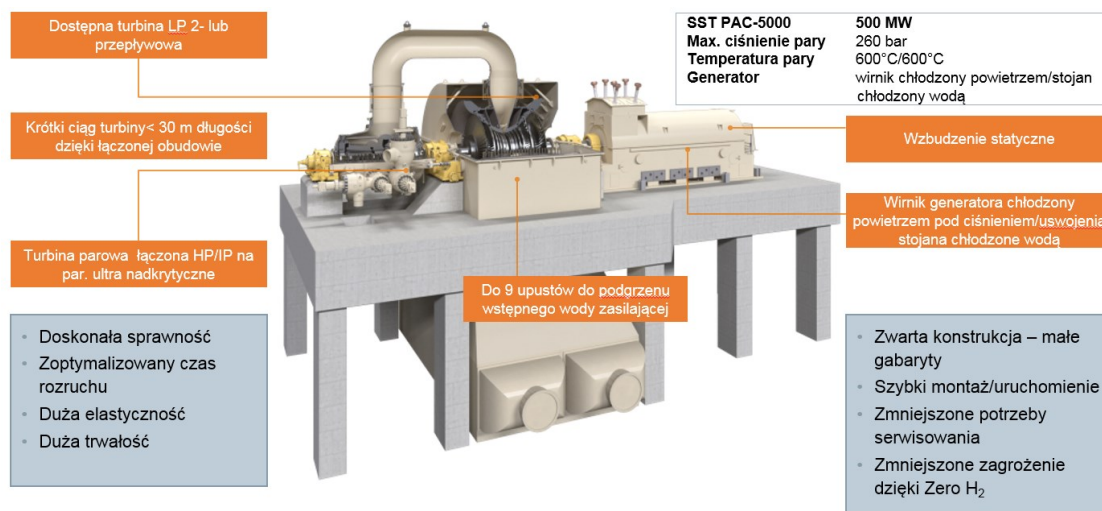
W odniesieniu do rozwiązań przestrzennych maszynowni założono, że w istniejącej maszynowni budynku głównym uwolniona zostanie przestrzeń po dwóch blokach 200 MW – jak pokazano na rys. 8.



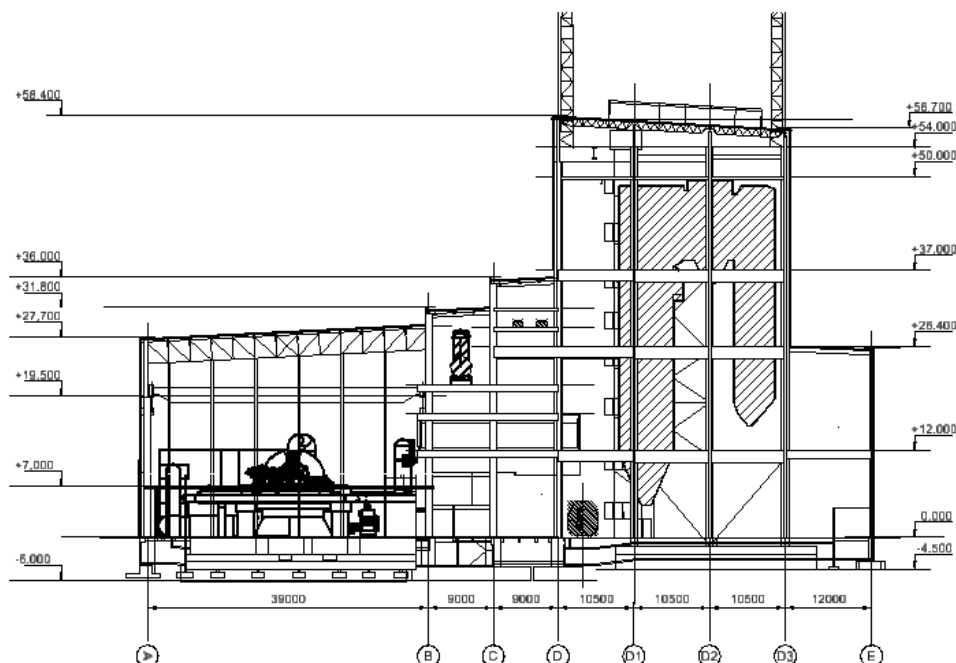
Rys. 9. Uwarunkowania lokalizacyjne dla maszynowni DUOBLOKU

Jak już wspomniano wcześniej, przyjęto założenie o pozostawieniu istniejącego poziomu suwnicy. Aby spełnić to założenie, przyjęto rozwiązanie z bocznym kondensatorem – zmniejszającym wysokość poziomów turbiny, lub alternatywnie zastosowanie rozwiązania z niskim kondensatorem pod turbiną.

W ramach współpracy z firmą SIEMENS zaproponowano koncepcyjne rozwiązanie dla takiego układu.



Rys. 10. Nadkrytyczna turbina parowa Siemens SST-PAC 5000



Rys. 11. DUOBLOK - przekrój przez budynek główny

15. Zalety DUOBLOKów

Należy podkreślić zalety związane z koncepcją DUOBLOKów:

1. DUOBLOK pozwala na osiągnięcie sprawności netto na poziomie 45% - odpowiadającej nowym blokom klasy 500.
2. DUOBLOK umożliwia wykorzystanie znacznej części istniejącej infrastruktury elektrowni - głównie poza budynkiem głównym, w związku z czym, pozwala na obniżenie kosztów inwestycyjnych do 30% w stosunku do całkowitego nowego bloku.
3. DUOBLOK - w zakresie maszynowni, przyjmuje analogiczne - sprawdzone rozwiązania jak dla bloków nadkrytycznych klasy 500.
4. DUOBLOK należy uznać za rozwiązanie istotnie korzystniejsze z punktu widzenia bezpieczeństwa energetycznego niż układy monoblokowe, gdyż nawet wypadnięcie jednego kotła utrzymuje blok na połowie wydajności.
5. DUOBLOK ma zwiększony zakres regulacyjności - do poziomu 20% na paliwie podstawowym (przy pracy z jednym kotłem).
6. DUOBLOK nie wprowadza urządzeń ani układów niosących ze sobą ryzyka technicznego.

7. DUOBLOK przy większej liczbie zastosowań daje korzyści wynikające ze standaryzacji rozwiązań.
8. Można zakładać istotne skrócenie cyklu realizacji, szczególnie przy wyprzedzających - znacznie zaawansowanych pracach projektowych.

Jakie wady i utrudnienia:

1. DUOBLOK ze swej istoty ma więcej powiązań technologicznych i układów regulacyjnych niż monoblok.
2. Realizacja DUOBLOKu wiąże się z wejściem w istniejącą, pracującą strukturę elektrowni, koniecznością wielorakich uzgodnień i bardzo dobrej współpracy z kadrami eksploatacyjnymi.

16. Podsumowanie

Rewitalizacja bloków objęta programem modernizacji bloków klasy 200 MW z punktu widzenia sukcesu transformacji krajowej energetyki w horyzoncie do 2050 roku jest największą szansą na wyhamowanie dynamiki jej degradacji technicznej.

Stosunkowo niskie nakłady inwestycyjne programu modernizacji bloków klasy 200 MW w zakresie rewitalizacji bloków, jednocześnie z mechanizmem zwiększenia popytu na krajowy węgiel energetyczny, pozwoli wydłużyć konkurencyjność cenową energetyki dużej skali względem energetyki z innych źródeł.

Program modernizacji bloków klasy 200 MW powinien być negocjowany jako jeden z elementów strategii transformacji polskiej energetyki w rozmowach z KE.

Bloki rewitalizowane w programie modernizacji bloków klasy 200 MW powinny stanowić znaczny potencjał w regulacji systemu KSE dla rosnącego udziału OZE tj.: energetyka wiatrowa, PV itp.

Co dalej z Projektem DUOBLOKów?

Decydująca jest kwestia węgla jako paliwa energetycznego i założeń dla energetyki węglowej.

Czy stwierdzenie, że po 2025 r. nie będzie nowych inwestycji „węglowych” należy rozumieć bezwzględnie i szeroko, czy też odtworzenie mocy „węglowej” po części bloków 200 MW będzie wpisane „zdroworozsądkowo” w strategię dalszych działań?

Doświadczenia z budową nowych bloków w Polsce wskazują, że całkowity cykl inwestycyjny od wstępnej decyzji inwestycyjnej do oddania do eksploatacji trwa ok. 10 lat. W przypadku DUOBLOKów byłoby możliwość jego skrócenia. Jednakże, zakładając celowość oddania pierwszego DUOBLOKu na lata 2024 ... 26 istnieje potrzeba możliwie szybkich - wstępnych decyzji inwestycyjnych.

Jako minimum dla podtrzymania Projektu konieczne byłoby wytypowanie dwóch, trzech lokalizacji najbardziej predysponowanych do budowy DUOBLOKu, oraz wykonanie Studium Wykonalności przynajmniej dla jednej z nich.

W ramach tego Studium przeprowadzona byłaby dalsza optymalizacja DUOBLOKu i uściślenia rozwiązań w aspekcie lokalnych uwarunkowań. Szczegółowej analizie należałoby poddać kwestie fundamentów dla kotłów i turbiny w aspekcie sytuacji gruntowej oraz potencjalnego wykorzystania istniejących fundamentów.

Równie dokładnie należałoby przeanalizować wszelkie uwarunkowania związane z instalacjami międzyblokowymi, w tym układu nawęglania. Należałoby wykonać szczegółową inwentaryzację dla całości infrastruktury zewnętrznej poza budynkiem głównym.

Literatura

- [1] Żmija M., Zygmiański W., Klepacki F. - Energoprojekt - Katowice S.A. - „Drugie życie” elektrowni z blokami 200 MW, Konferencja „Inwestycje w Energetyce i Kierunki Przebudowy Bloków 200 MW. Blok Duo-BIO. Bełchatów 2016.
- [2] Chmielniak T., Łukowicz H., Pilarz P. - Politechnika Śląska - Elastyczność cieplna turbozespołu pracującego w układzie Duobloku, Konferencja „Inwestycje w Energetyce i Kierunki Przebudowy Bloków 200 MW. Blok Duo-BIO. Bełchatów 2016.
- [3] Rusin A., Łukowicz H., Nowak G. - Politechnika Śląska - Badanie stanów wytrzymałościowych wirników turbiny dla nienominalnych i ustalonych stanów pracy Duobloku, Konferencja „Inwestycje w Energetyce i Kierunki Przebudowy Bloków 200 MW. Blok Duo-BIO. Bełchatów 2016.
- [4] Hernas A., Kościelniak B., Mościcki A., Pronobis M., Maj I., Mlonka-Mędrała A. - Politechnika Śląska - Przydatność stali austenitycznych do zastosowania w kotłach bloku Duo-BIO Konferencja „Inwestycje w Energetyce i Kierunki Przebudowy Bloków 200 MW. Blok Duo-BIO. Bełchatów 2016.
- [5] Hernik B. - Politechnika Śląska; Zabłocki W., Żelazko O., Latacz G. - RAFAKO S.A. - Badania numeryczne nowoprojektowanego kotła nadkrytycznego BP-680 dla Duobloku Konferencja „Inwestycje w Energetyce i Kierunki Przebudowy Bloków 200 MW. Blok Duo-BIO. Bełchatów 2016.