



Politechnika
Śląska



UCZELNIA
BADAWCZA
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

Analiza wpływu jednorodności fizyko-chemicznej mieszanek paliwowych spalanych w instalacji CFB1300 na jej awaryjność

ROZPRAWA DOKTORSKA

Mgr inż. Agata Wirth – Ljungquist

Rozprawa doktorska napisana pod kierunkiem naukowym:
prof. dr hab. inż. Janusza Kotowicza

Promotor Pomocniczy: dr inż. Aleksander Iwaniak

Dyscyplina: Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka

Gliwice, 2023

Podziękowania:

Promotorowi dziękuję za wsparcie i pomoc w realizacji pracy, uwagi oraz sugestie a także wskazanie właściwego kierunku badań.

Promotorowi pomocniczemu dziękuję za konsultacje rozwiązań technologicznych oraz cierpliwość i czas poświęcony na dyskusje.

Dziękuję Panu Rafałowi Bryjakowi i moim opiekunom z ramienia przedsiębiorców: Pani Małgorzacie Szyrak, oraz Panu Stanisławowi Tazbirowi za pomoc w przygotowaniu danych do pracy i czas temu poświęcony.

Dziękuję firmie Sumitomo Foster Wheeler Energia Polska Sp. z o.o. za wkład wniesiony do projektu modernizacji układów technologicznych nadkrytycznego kotła fluidalnego CFB 1300 w Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza a także spółkom:

Tauron Wytwarzanie SA

PGE SA

PGE GiEK SA

za wyrażenie zgody na kontynuację mojej pracy doktorskiej.

SPIS TREŚCI:

1.	WSTĘP	7
2.	CEL I ZAKRES PRACY	15
3.	KOTŁY FLUIDALNE W ENERGETYCE	18
4.	NADKRYTYCZNY BLOK ENERGETYCZNY Z KOTŁEM FLUIDALNYM	25
4.1.	PARAMETRY PRACY ORAZ KONSTRUKCJA KOTŁA	25
4.2	STANDARDY EMISYJNE	30
4.3	DANE PROJEKTOWE POLA PALIWOWEGO	31
5.	SKŁADOWISKO WĘGLA	33
6.	UKŁAD PODAWANIA PALIWA I ODBIORU POPIOŁU	36
6.1	NAWĘGLANIE	36
6.2	ODPROWADZANIE POPIOŁU LOTNEGO.....	38
6.3	ODPROWADZANIE POPIOŁU DENNEGO	39
7.	WĘGIEL KAMIENNY W PROCESIE FLUIDALNEGO SPALANIA	42
7.1	JAKOŚĆ WĘGLA I JEJ WPŁYW NA EKSPLOATACJĘ KOTŁA	43
7.2	SPIEKANIE WĘGLA I SKŁONNOŚĆ DO ZANIECZYSZCZANIA RUR PAROWNIKA.....	44
7.3	PIERWIASTKI I ZWIĄZKI CHEMICZNE W WĘGLU I POPIELE.....	46
7.4	CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ROZDROBNIENIE MATERIAŁU SYPKIEGO.	49
7.5	WPŁYW ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH NA ŚCIERALNOŚĆ POPIOŁU	55
8.	PODATNOŚĆ TRANSPORTOWA	58
9.	KIERUNKI DOSTAW WĘGLA	62
10.	NAWĘGLANIE BLOKU	70
11.	PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE WĘGLA	72
12.	SKŁAD CHEMICZNY POPIOŁU	81
13.	JAKOŚĆ WĘGLA KAMIENNEGO A SKŁAD CHEMICZNY POPIOŁU ...82	
13.1	WSKAŹNIKI R _s , SR, Fu, AK	82
13.2	ZAWARTOŚCI TLENKÓW W POPIELE.....	89
14.	ANALIZA PROCESU NAWĘGLANIA	96
15.	RODZAJE I PRZYCZYNY UBYTKÓW MOCY	104
16.	WYBRANE PROBLEMY EKSPLOATACYJNE W LATACH 2017÷2020 I SPOSOBY ICH ROZWIĄZANIA	117
16.1	PROBLEMY EKSPLOATACYJNE.....	117
16.2	DZIAŁANIA PODJĘTE W ZWIĄZKU Z EROZJĄ ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH.....	125
16.3.	PROBLEMY EKSPLOATACYJNE ZWIĄZANE Z GRANULACJĄ WĘGLA I AWARYJNOŚCIĄ WYBRANYCH WĘZŁÓW TECHNOLOGICZNYCH. PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ.....	133
16.3.1	OPIS PROBLEMÓW.....	133
16.3.2.1	PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ W ZAKRESIE POPRAWY GRANULACJI PALIWA I MODERNIZACJI UKŁADÓW TECHNOLOGICZNYCH.....	136

17. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE	147
LITERATURA	157
SPIS RYSUNKÓW	160
SPIS TABEL	164
LISTA ZAŁĄCZNIKÓW	166
STRESZCZENIE	169
ABSTRACT	172
ZAŁĄCZNIKI.....	175

Wykaz ważniejszych oznaczeń:

A – amplituda [m]

AFBC – atmosferyczny kocioł fluidalny (Atmospheric Fluidised Bed Combustion Boiler)

AK – indeks alkaliczności

b – dylatacja (oznaczana zgodnie z ISO 349)

BFB – kocioł fluidalny ze złożem bąbelkowym (Bubbling Fluidized Bed Boiler)

CFB – kocioł fluidalny ze złożem cyrkulacyjnym (Circulating Fluidized Bed Boiler)

CFB 1300 - kocioł fluidalny ze złożem cyrkulacyjnym o wydajności 1300 ton pary/h

CZH – Centrala Zaopatrzenia Hutnictwa

DCS – system sterowania pracą bloku (Distributed Control System)

d_z^* – rozmiar ziaren [mm]

EC – elektrociepłownia

ECO – ekonomizer – podgrzewacz wody

Fu – wskaźnik skłonności do zanieczyszczania powierzchni grzewczych

GRA – (Grey Relational Analysis) - teoria szarych systemów – metodologia analizy i oceny systemów złożonych

GRDS – Global Research and Development Services – organizator konferencji

H – wysokość słupka węglowego [mm]

IGS – IGS Europe s.r.o – dostawca innowacyjnych rozwiązań z zakresu ochrony powierzchni

K_{af} – stała szybkości ścierania

K_{as} – szybkość ścierania popiołu przesiewanego [m/s]

KKS - System identyfikacji urządzeń elektrowni (Kraftwerk Kennzeichensystem)

KSE – Krajowy System Elektroenergetyczny

OFz – oznaczenie typu kotła wg Rafako (opromieniowany, fluidalny)

OZE – odnawialne źródła energii

$q_{v,gr,daf}$ - ciepło spalania węgla kamiennego [MJ/kg]

PGE GiEK SA – Polska Grupa Energetyczna Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna SA

PGG – Polska Grupa Górnicza SA

PKE – Południowy Koncern Energetyczny SA

R – refleksyjność witrynu [‰] (zgodnie z PN-ISO 7404-5)

R_{as} – współczynnik szybkości ścierania przy zadanej amplitudzie drgań

RI – zdolność spiekania (zgodnie z PN-G-04508)

R_s - wskaźnik zużycia (Slagging Index lub Babcock Index)

R_s – współczynnik szybkości ścierania

S – scenariusz zapotrzebowania na węgiel (WYS., NIS., MIN.)

SR – wskaźnik stosunku SiO_2 (Silica Ratio)

UAR – układ automatycznej regulacji

u^* - prędkość fluidyzacji [m/s]

u_g – średnia prędkość gazu w przekroju poprzecznym komory paleniskowej [m/s]

u_{mf} – minimalna prędkość fluidyzacji [m/s]

V^{daf} – zawartość części lotnych w węglu [‰]

W_{ex}^r – wilgoć przemijająca [‰]

W_r^t – zawartość wilgoci [‰]

ZG – Zakład Górniczy

σ_H – wytrzymałość na rozciąganie słupka węglowego [Pa]

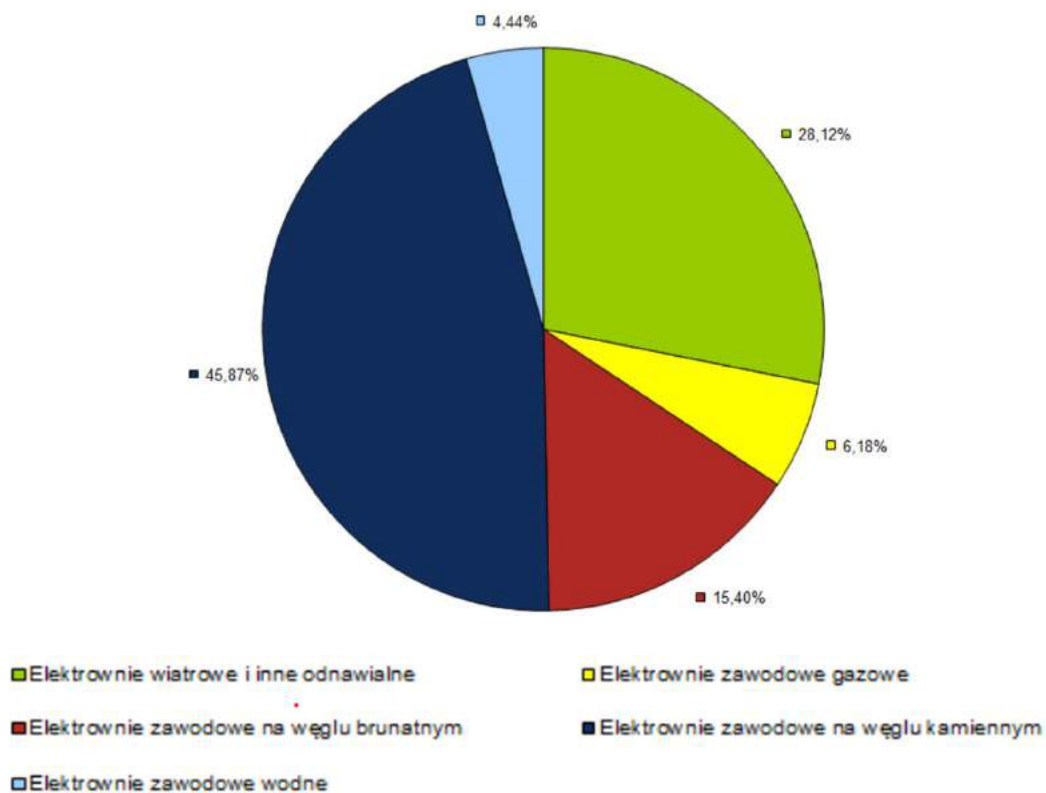
σ_o – podatność transportowa [Pa]

1. WSTĘP

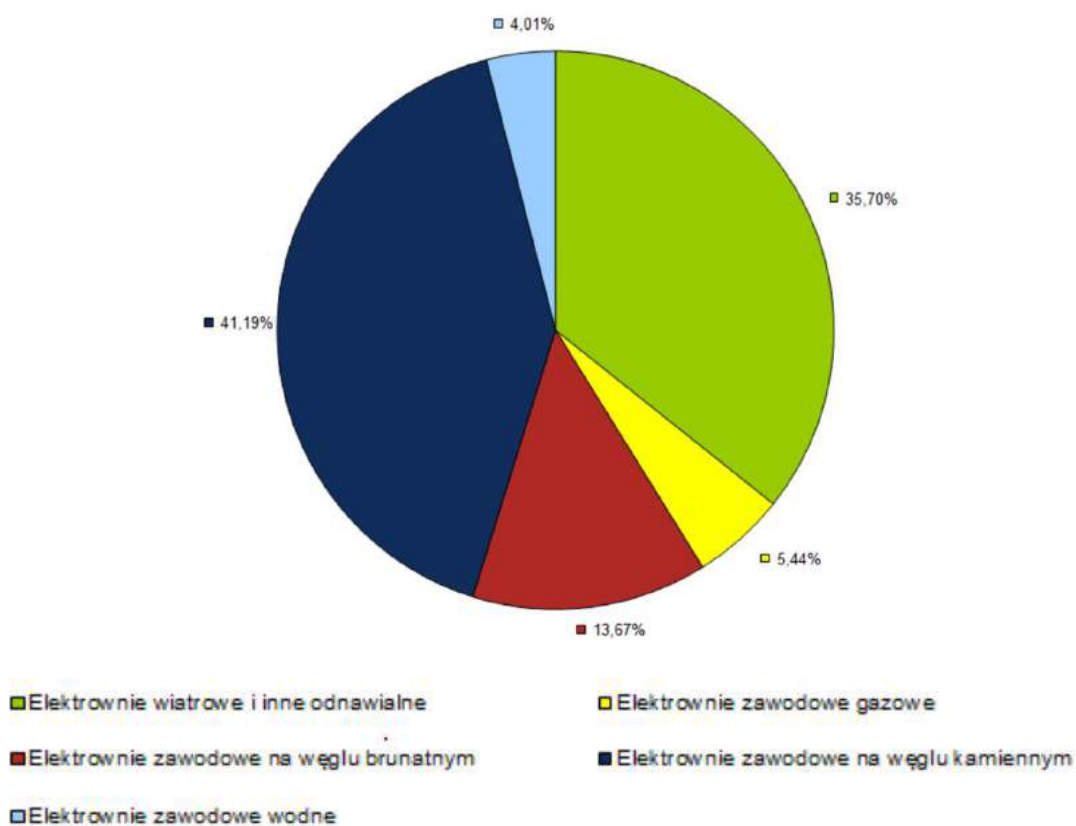
W Polsce energia elektryczna ciągle wytwarzana jest w znaczącej części z węgla kamiennego oraz węgla brunatnego. Są to podstawowe surowce, których złoża stanowią naturalne zasoby kraju. Jest to szczególnie istotne w aspekcie zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego państwa polskiego.

W ostatnich latach notuje się w Polsce wzrost produkcji energii z jednostek OZE. Polskie Sieci Elektroenergetyczne w swoich raportach rocznych różnicują jednostki wytwórcze w zależności od rodzaju paliwa i bilansują je za każdy rok. Poniżej na rysunkach 1.1÷1.4. przedstawiono moce zainstalowane oraz osiągalne w roku 2021 i 2022 z różnych źródeł. Z wykresów wynika, jak tylko w ciągu jednego roku spadła moc zainstalowana jednostek spalających węgiel kamienny oraz brunatny. Procentowo zmniejszył się również udział jednostek opalanych gazem na korzyść elektrowni wiatrowych oraz innych źródeł odnawialnych. Źródła odnawialne nie są stabilne i regulowane, są silnie zależne od warunków pogodowych oraz pór roku, wobec czego moce dostępne dla odbiorców muszą być rezerwowane przez pozostałe jednostki wytwórcze oparte na paliwach kopalnych, które ciągle jeszcze mają wysoki udział w produkcji energii elektrycznej.

Niezbędna rezerwacja musi być zapewniona do czasu, w którym jednostki oparte na paliwie węglowym będą mogły zostać zastąpione efektywnymi magazynami energii, bilansującymi inteligentną sieć elektroenergetyczną. Do tego czasu, pracujące źródła energii spalające paliwa kopalne muszą być utrzymywane w gotowości do pracy na każde wezwanie Operatora sieci przesyłowej i muszą kompensować ubytki mocy wywołane zmiennym zapotrzebowaniem oraz niestabilną pracą siłowni wiatrowych i słonecznych.

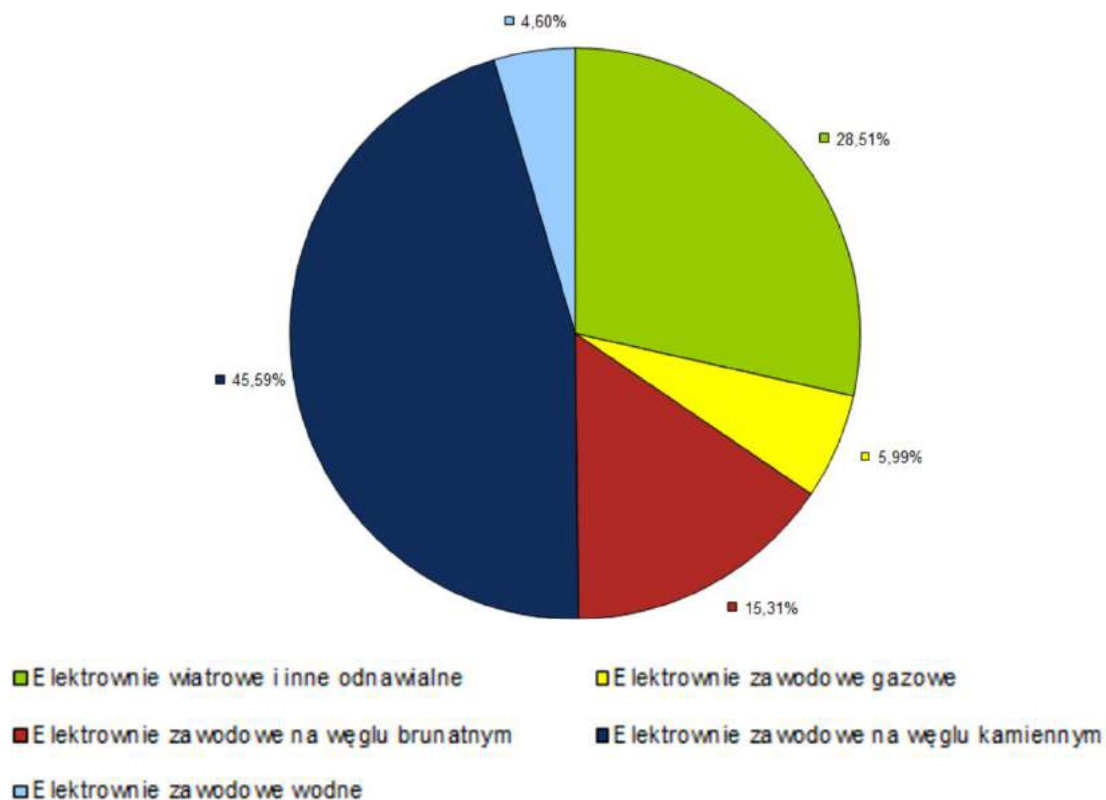


Rysunek 1.1. Struktura procentowa mocy zainstalowanej w KSE stan na 31.12.2021r. [1]

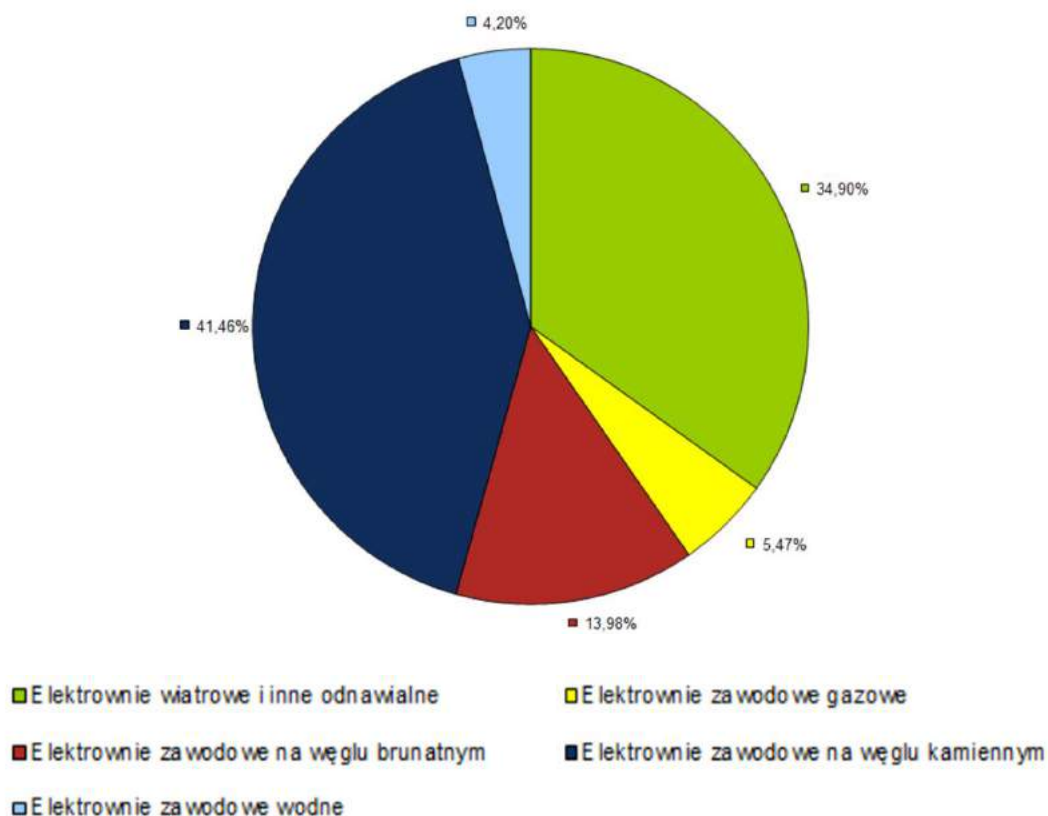


Rysunek 1.2. Struktura procentowa mocy zainstalowanej w KSE stan na 31.12.2022r. [2]

Porównano również jak wygląda, rok do roku moc osiągalna zainstalowanych źródeł energii. Z poniższych rysunków wynika, że znacząco wzrósł udział jednostek OZE w pracy na potrzeby odbiorców energii elektrycznej. Pamiętać należy, że szczególnie ostatni okres czasu doprowadził do zmian struktury korzystania z jednostek wytwórczych nie tylko z powodu trudnej sytuacji geopolitycznej, ale również potrzeby zbudowania niezależności energetycznej oraz wzrostu cen energii.



Rysunek 1.3. Struktura procentowa mocy osiągalnej w KSE stan na 31.12.2021r. [1]



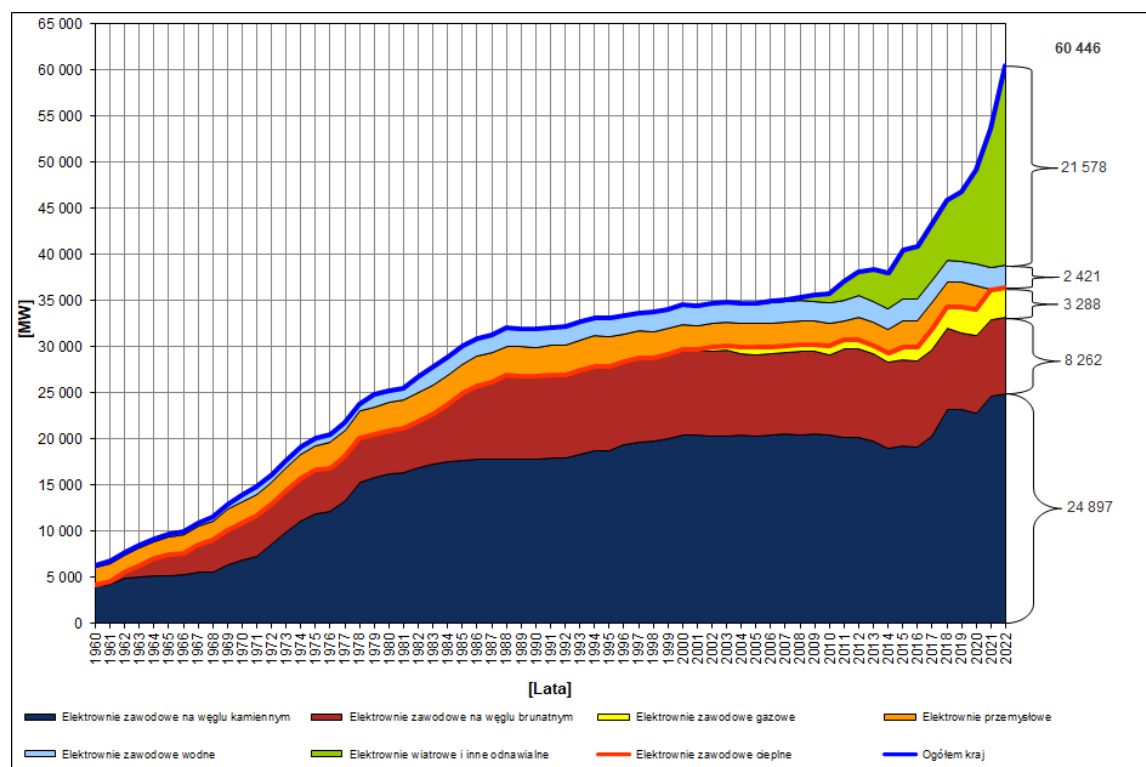
Rysunek 1.4. Struktura procentowa mocy osiągalnej w KSE stan na 31.12.2022 r. [2]

Z uwagi na wprowadzane regulacje unijne i krajowe, które oferują system wsparcia dla jednostek wytwarzających energię odnawialną, źródła te rozwijają się oraz stopniowo wypierają wyeksploatowane najstarsze bloki energetyczne. Ponadto wydobywanie paliw kopalnych, szczególnie węgla nie tylko jest coraz droższe ale produkt ten jest coraz gorszej jakości na skutek wyeksploatowania złóż, a ten którego jakość jest dobra pozyskiwany jest z coraz głębszych i trudno dostępnych pokładów.

Po wycofaniu z użytkowania bloków o mocy 120 MWe, przyszła kolej na rezygnację z eksploatacji bloków klasy 200 MWe. Spółki energetyczne, chcąc skorzystać z dodatkowej możliwości pozyskania środków, planują wydzielić ze swoich struktur źródła konwencjonalne, które stanowią rezerwę strategiczną i regulacyjną dla sieci elektroenergetycznej, kompensując nieregulowalne i niestabilne elektrownie słoneczne i wiatrowe. Poniżej na Rysunku 1.5 przedstawiono dynamikę zmian udziału źródeł energii elektrycznej w polskim rynku.

Ostatnie kilka lat pokazuje tendencje rozwojowe poszczególnych źródeł energii. Jak wspomniano wyżej, coraz trudniej dostępne, droższe i gorszej jakości paliwo węglowe traci na znaczeniu nie tylko z uwagi na cenę, ale również z powodu wyeksploatowania instalacji, które do tej pory produkowały energię elektryczną i zapewniały stabilizację sieci przesyłowej.

Obecnie, obowiązek dostarczania energii elektrycznej do Operatora, wymusza na elektrowniach właściwe utrzymanie floty produkcyjnej. Jednostki wytwórcze budowane w latach 70-tych i 80-tych borykają się nie tylko ze wzrostem cen materiałów i usług ale również z brakiem dostępności części zamiennych do starszych jednostek z uwagi na wycofanie wielu elementów konstrukcyjnych z produkcji i konieczności produkowania pojedynczych, drogich detali. Nowe technologie rozwinęły się na tyle, że zaprzestano produkcji starszych rozwiązań.



Rysunek 1.5. Dynamika wzrostu mocy zainstalowanej w KSE w latach 1960-2022 [3]

Jak już wspomniano, dużą rolę w poprawnej pracy dominującej części istniejących bloków energetycznych stanowi jakość paliwa. Wiele czynników zależnych od jego parametrów ma wpływ na ilość wyprodukowanej energii oraz dyspozycyjność instalacji. Podstawowe dane określone w dokumentacji handlowej są niewystarczające na etapie projektowania kotłów. Jak dowiedziono w niniejszej

pracy również skład fizykochemiczny paliwa ma ogromne znaczenie i wpływ na eksploatację oraz koszty utrzymania urządzeń.

Na poniższym rysunku 1.6 wskazano przykładowo, parametr deklarowany i rzeczywisty dotyczący wartości opałowej, która może się różnić.

Lp.	Producent	Rodzaj	Deklarowana wartość opałowa [MJ/kg]	Rzeczywista wartość opałowa* [MJ/kg]
1.	KWK Marcel	orzecz	30	32,20
2.	KWK Wieczorek	orzecz	29	29,80
3.	Nie określony	miał węglowy	-	29,59
4.	KWK Bobrek	ekogroszek	28	26,79
5.	KWK Wesola	orzecz	28	26,23
6.	KWK Jankowice	ekogroszek	29	26,18
7.	KWK Wesola	ekogroszek	29	25,26
8.	KWK Chwałowice	ekogroszek	27	25,14
9.	ZG Sobieski	orzecz	23	23,93
10.	KWK Piast	orzecz	25	23,40
11.	KWK Piast	orzecz	25	22,03
12.	Zabrzańska Płuczka	miał węglowy	26	20,88
13.	KWK Piast-Odsiew	miał węglowy	18	20,03
14.	prometeus24.pl	ekogroszek	20	19,85
15.	infinitem.waw.pl	miał węglowy	19	19,19

* Niepewność pomiaru rzeczywistej wartości opałowej w laboratorium wynosi +/- 0,25 MJ/kg

**Kolorem czerwonym zaznaczono próbki,
w których rzeczywista wartość opałowa była niższa niż deklarowana.**

Badanie wykonane przez Instytut Chemicznej Przeróbki Węgla, przeprowadzono na losowo wybranych próbkach ze składów węgla w sprzedaży detalicznej w Małopolsce i na Śląsku w październiku 2017.

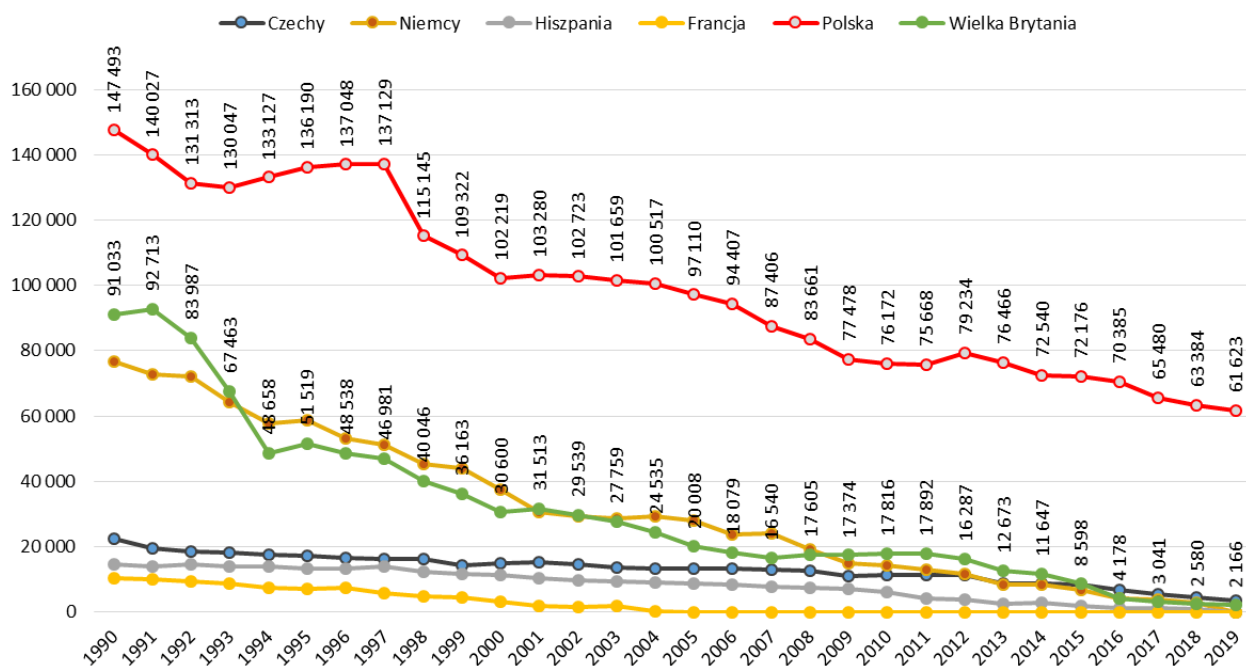
Rysunek 1.6. Porównanie deklarowanej i rzeczywistej wartości opałowej węgla [4]

Pomimo trendu, który wynika z analizy danych Operatora systemu, bloki konwencjonalne będą pracowały zgodnie z przyjętą strategią jeszcze kilka lat, o ile pozwolą na to przepisy dotyczące norm emisji. Będą stanowiły niezbędną rezerwę mocy w oparciu o posiadane zasoby naturalne.

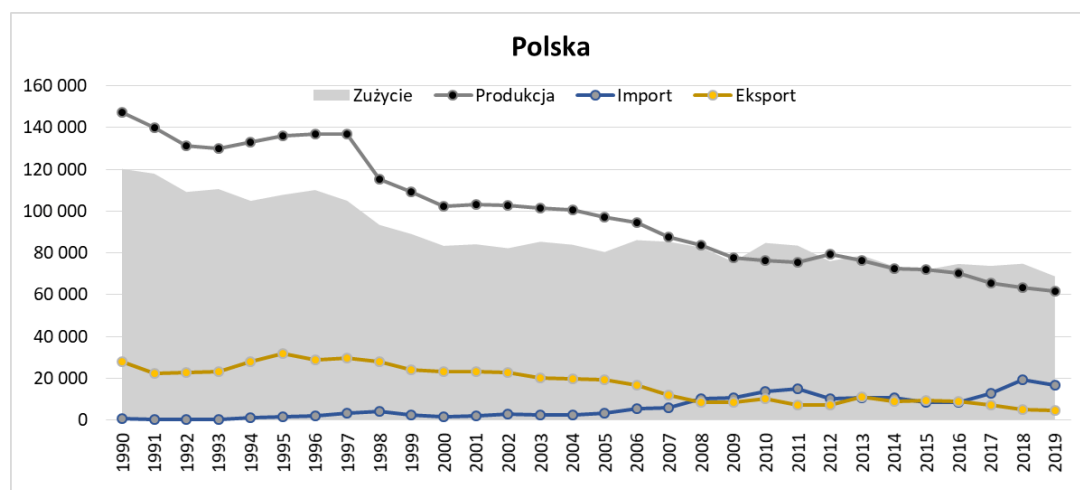
Szczególnie w ostatnim, trudnym okresie czasu jednostki konwencjonalne opalane węglem zapewniają bezpieczeństwo energetyczne kraju.

Na rysunkach 1.7. ÷ 1.8. przedstawiono dane, w jaki sposób zmieniało się na przestrzeni ostatnich dekad wydobycie węgla, związane bezpośrednio również z zapotrzebowaniem na ten surowiec w krajach UE i w Polsce. Jest to tendencja spadkowa związana między innymi z wycofywaniem starych bloków z kotłami

spalającymi węgiel oraz rozwojem OZE. Pomimo, iż w ostatnim okresie (2-3 lat) importowano węgiel z wielu nowych kierunków, tendencja ta nadal się utrzymuje. Wg analizy scenariuszowej bilansu podaży-popytu węgla kamiennego w Polsce do 2040 r.[6] przewiduje się, że zapotrzebowanie na węgiel do celów energetycznych będzie spadać (rys. 1.9).



Rysunek 1.7. Produkcja węgla kamiennego w wybranych krajach Unii Europejskiej w latach 1990 -2019 [tys. ton] [5]



Rysunek 1.8. Produkcja i zużycie węgla kam. w Polsce w latach 1990 - 2019 [tys. ton] [5]



Rysunek 1.9. Prognoza zapotrzebowania na węgiel do celów energetycznych w scenariuszach wysokim, niskim i minimalnym (wg analizy scenariuszowej bilansu podaży-popytu węgla kamiennego w Polsce do 2040 r.) [6]

W niniejszej pracy na przykładzie jednostki wytwórczej zainstalowanej w Tauron Wytwarzanie SA Odział Elektrownia Łagisza przeanalizowano dane dotyczące parametrów jakościowych spalane go węgla w latach 2017 ÷ 2020 w odniesieniu do jego parametrów projektowych, podstawowych i handlowych. Przeprowadzono badania i analizę wpływu tych parametrów na pracę bloku, jego dyspozycyjność i co istotne awaryjność.

2. CEL I ZAKRES PRACY

W pracy dokonano analizy pracy bloku energetycznego opartego na nadkrytycznym kotle fluidalnym CFB1300 spalającym różne gatunki węgla energetycznych. Miała ona na celu identyfikację przyczyn zaniżeń mocy bloku i awarii układu podawania paliwa oraz określenia ewentualnej zależności tych zdarzeń od rodzaju spalanych miałów energetycznych. Dokonano porównania parametrów eksploatacyjnych przedmiotowego kotła z wybranego okresu (miesiące letnie i zimowe) z wartościami określającymi wartości wytwórczo-produkcyjne (moc / ilość energii elektrycznej wytworzonej).

Eksploatacja jednostki wytwórczej pracującej w parametrach nadkrytycznych z kotłem fluidalnym przy braku dostaw paliwa na jakie ta jednostka została zaprojektowana, powoduje różne problemy, w szczególności w obszarach:

- składowania i podawania paliwa do kotła, gdzie zmienna jakość, kaloryczność oraz parametry fizyko-chemiczne silnie wpływają na koszty zmienne wytwarzania;
- elementów roboczych układów podawania paliwa i odbioru popiołu powodując ich erozję, zmniejszając dyspozycyjność i generując zaniżenia produkcji;
- części ciśnieniowej - erozja ekranów parownika;
- pracy w dedykowanym oknie temperaturowym złoża fluidalnego – zmienna kaloryczność powoduje nieustalone stany temperaturowe, wymagające studzenia złoża poprzez np. zwiększenie prędkości fluidyzacji (powodujące erozję ekranów);
- stabilnej pracy całej jednostki wytwórczej silnie uzależnionej m.in. od stabilnej, projektowej i podstawowej jakości paliwa.

Wstępna analiza problemu wykazała, że na ilość wyprodukowanej energii elektrycznej ma wpływ rodzaj i jakość spalanych paliw. Tym samym czynniki te wpływają na stopień realizacji planu produkcji oraz na koszty wytwarzania.

Ustalenie odpowiedniego składu i jakości mieszanek paliwowych

w przypadku zmiany jakości węgla lub dostawców oraz modernizacja układu podawania paliwa powinny umożliwić wydłużenie czasu pracy bloku.

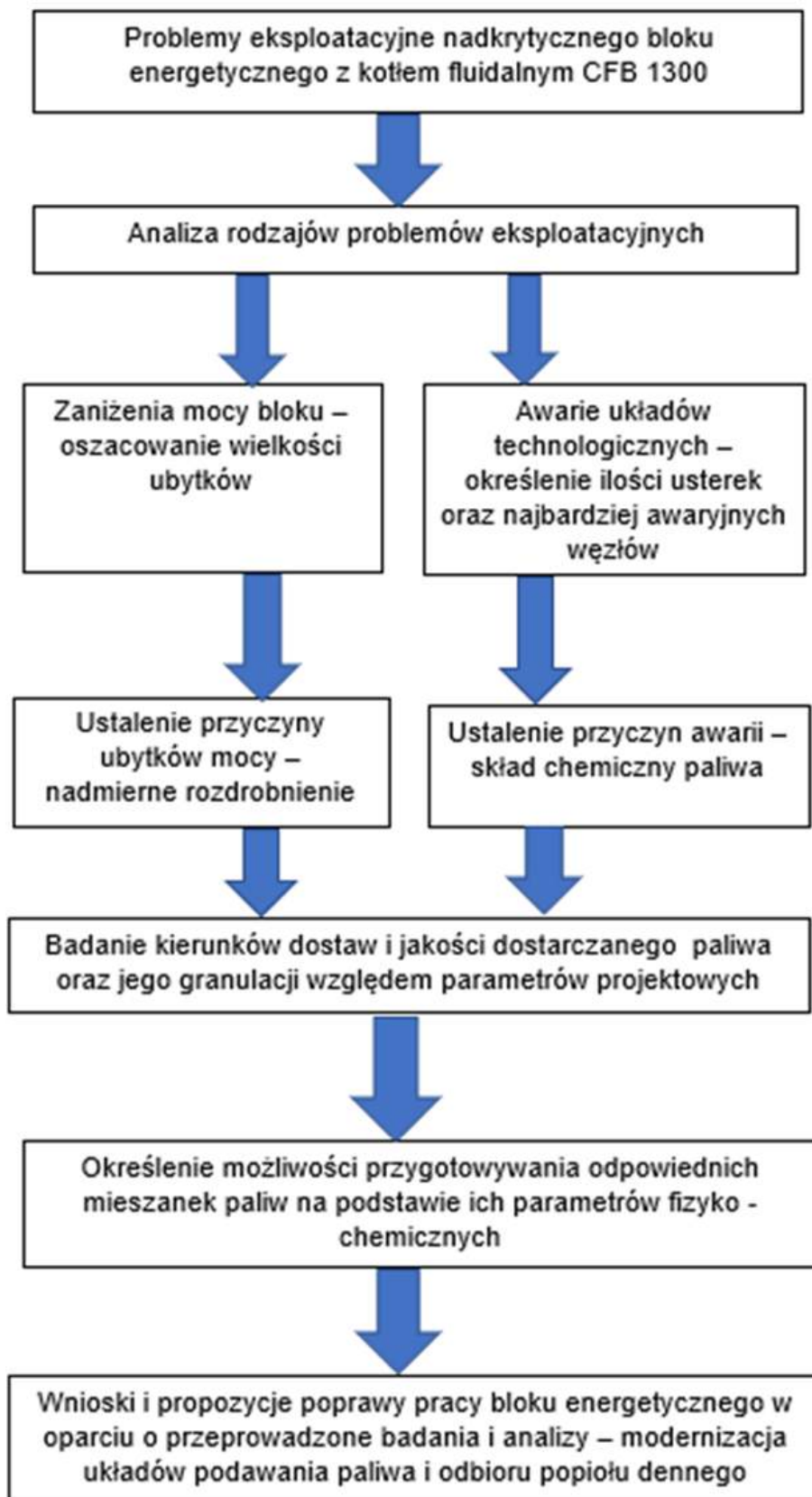
Powinny wpłynąć także na wzrost ilości produkowanej energii elektrycznej, obniżenie awaryjności układu podawania paliwa, a tym samym poprawę dyspozycyjności oraz obniżenie kosztów eksploatacji. Jednym z głównych celów przedmiotowej analizy jest również identyfikacja węzłów o najmniejszej dyspozycyjności w układzie podawania paliwa wraz z określeniem przyczyn tego stanu.

Zadaniem postawionym w pracy doktorskiej było określenie optymalnego składu paliwa oraz przygotowanie koncepcji modernizacji układu nawęglania. W związku z powyższym spodziewanymi efektami będą:

- opisanie składu fizyko-chemicznego mieszanki;
- zebranie informacji o wpływie paliwa na erozję elementów konstrukcyjnych jednostki wytwórczej (m.in. układ podawania paliwa, układ odprowadzania popiołu, komora paleniskowa);
- opracowanie optymalnej mieszanki z dostępnych rodzajów węgla;
- przygotowanie uśrednionego jakościowo paliwa;
- uzyskanie lepszej jego transportowalności poprzez przygotowanie odpowiedniej granulacji paliwa;
- opracowanie koncepcji modernizacji układu podawania paliwa;
- stabilniejsza praca kotła (regulacja UAR), w tym ograniczenie zaniżeń mocy.

Celem pracy doktorskiej jest dokonanie analizy wpływu jednorodności fizyko-chemicznej mieszanek węgla na awaryjność urządzeń instalacji kotła nadkrytycznego CFB1300, a także określenie, które czynniki są przyczyną spadku dyspozycyjności bloku nr 10 w Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza oraz w jaki sposób można te ubytki ograniczyć.

Celem realizacji powyższego przyjęto metodykę prowadzenia badań, którą schematycznie przedstawiono na rysunku 2.1.



Rysunek 2.1. Schemat blokowy przyjętej w pracy metodyki prowadzenia badań

3. KOTŁY FLUIDALNE W ENERGETYCE

Jednostki wytwórcze spalające węgiel kamienny i brunatny oparte są na wielu rozwiązaniach konstrukcyjnych. Jednymi z nowszych są bloki energetyczne wykorzystujące kotły nadkrytyczne, dające lepszą sprawność urządzenia oraz kotły fluidalne, które dzięki swojej konstrukcji są w stanie spalać paliwo (węgle) gorszej jakości przy zachowaniu wymagań środowiskowych.

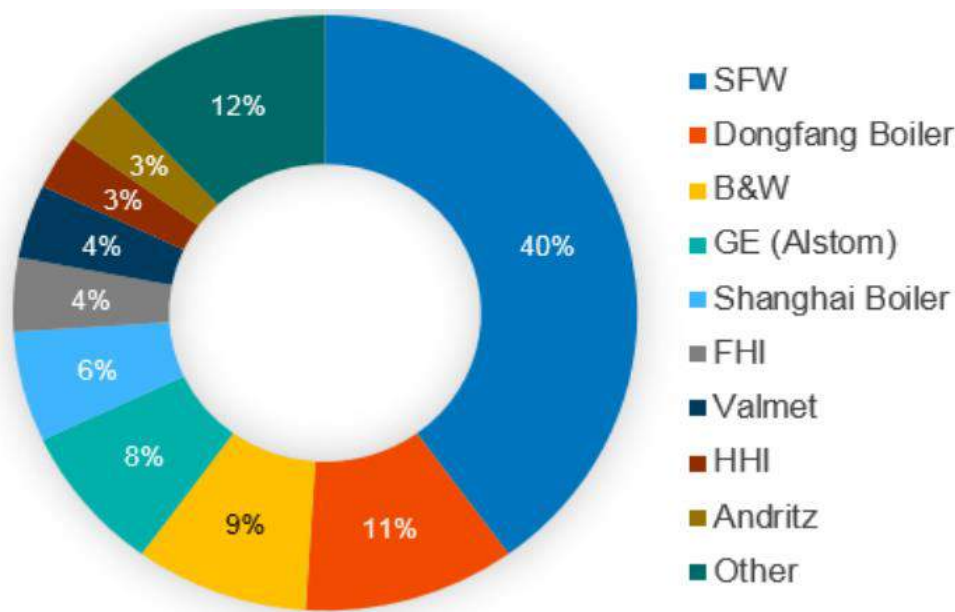
Kotły te są nowoczesną generacją rozwiązań inżynierskich wykorzystującą paleniska atmosferyczne, w tym paleniska ze złożem cyrkulacyjnym. Proces spalania odbywa się we fluidyzacyjnej warstwie materiału (dynamicznej zawiesiny drobnych cząsteczek ciała stałego w strumieniu gazu poruszającego się z dołu do góry) składającej się z węgla, piasku, sorbentu i popiołu. Istotnym elementem paleniska jest zespół dysz doprowadzających powietrze od dołu pod odpowiednim ciśnieniem (dla rozpatrywanej jednostki jest to wartość od około 45 do 55 mbar w zależności od obciążenia bloku [7]).

Zaletą tej technologii jest wysoka sprawność spalania węgla (około 98%), niska emisja zanieczyszczeń do środowiska (w tym tlenków azotu oraz tlenków siarki). Parametry te stanowią istotną wartość przy analizie dalszej opłacalności eksploatacji węglowych bloków energetycznych z uwagi na coraz wyższe wymagania środowiskowe.

Kotły fluidalne konstruowane i budowane są również jako kotły wielopaliwowe mogące spalać jednocześnie węgiel, biomasę czy paliwo RDF. Uniwersalność tego rozwiązania powoduje, że jednostki te mogą spełniać również przyszłe oczekiwania środowiskowe przy obniżeniu ryzyka ewentualnej, kosztownej modernizacji [8]. Obecnie w Polsce i na świecie pracuje ponad kilkaset bloków energetycznych, dla których źródłem pary jest kocioł o tej właśnie konstrukcji.

Zaletą, którą jest możliwość spalania gorszej jakości węgla, biomasy oraz mieszanki różnych gatunków paliw przy zachowaniu wymagań środowiskowych stanowi istotny argument dla uwzględnienia tej technologii przy projektowaniu nowych inwestycji.

Na rys. 3.1. przedstawiono światowy udział w rynku producentów kotłów fluidalnych. Do roku 2016 wybudowano około 415 takich jednostek o łącznej mocy 40 GW.



Rysunek 3.1. Światowy rynek kotłów CFB w latach 2007-2016 [9]

Rozwój technologii fluidalnej obserwowany jest również w Polsce. Poniżej w Tabeli 3.1. zestawiono chronologicznie wyspecyfikowano krajowe jednostki wytwórcze.

Tabela 3.1. Zestawienie wybranych eksploatowanych w Polsce kotłów fluidalnych wraz z ich parametrami [8],[28]

Lp.	Nazwa firmy	Rok oddania	Typ kotła	Moc	Paliwo
1	Polpharma Starogard Gdański	1993	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	2 x 60,2 MWe	Węgiel kamienny
2	EC Żerań, Warszawa	1997	OFz A ze złożem cyrkulacyjnym	315 MWth	Węgiel kamienny
3	EC Bielsko-Biała	1997	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	165 MWth	Węgiel kamienny
4	Stora Enso Elektrociepłownia Ostrołęka	1997	Z pęcherzykową warstwą fluidalną	30 MWth	Biomasa, węgiel kamienny, odpady produkcji papieru, kora

5	PGE GiEK S.A Oddział Elektrownia Turów	1998	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	2 x 235 MWe	Węgiel brunatny
6	PKE S.A., Jaworzno II	1999	Ze złożem cyrkulacyjnym typu Compact	2 x 70 MWe	Węgiel kamienny, muły węglowe
7	EC Tychy	1999	CFB Cymic z cyklonem wewnętrznym	38 MWe 70 MWth	Węgiel kamienny
8	PGE GiEK S.A Oddział Elektrownia Turów	2000	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	235 MWe	Węgiel brunatny
9	PKE SA EC Katowice S.A.	2000	CFB ze złożem cyrkulacyjnym – cyklon chłodzony parą	120 MWe	Węgiel kamienny, muły węglowe
10	EC Żerań, Warszawa	2001	OFz B ze złożem cyrkulacyjnym - cyklon chłodzony parą	315 MWth	Węgiel kamienny
11	PKE SA Elektrownia Siersza	2001, 2003	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	2 x 338.5 MWth	Węgiel kamienny
12	PGE GiEK S.A oddział Elektrownia Turów	2002- 2004	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	3 x 260 MWe	Węgiel brunatny
13	EC Chorzów Elcho	2003 - 2005	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	2 x 113 MWe	Węgiel kamienny
14	Świecie	2003, 2009	CFB ze złożem cyrkulacyjnym, PWF-100	164 MWth 71 MWth	Węgiel kamienny, biomasa
15	Tauron Wytwarzanie S.A. Oddział Elektrownia Łagisza	2009	Parametry nadkrytyczne CFB ze złożem cyrkulacyjnym typu Compact	460 MWe	Węgiel kamienny
16	Fortum Power and Heat Polska	2010	CFB Compact	120 MWth /64 MWe	Węgiel kamienny, biomasa

	Sp. z o. o. w Częstochowie				pochodzenia leśnego i agro
17	Stora Enso Poland Ostrołęka	2010	CFB Cymic	164 MWth	biomasa, węgiel kamienny, odpady produkcji papieru, kora
18	Kogeneracja SA Wrocław	2010	BFB	76 MWth	biomasa, odpady agro
19	PGE GiEK SA Oddział Elektrownia Dolna Odra – EC Szczecin	2011	BFB	183 MWth	Biomasa
20	Dalkia Łódź SA	2011	BFB	129 MWth	Biomasa, odpady agro
21	PAK Konin	2012	CFB	154 MWth 55 MWe	Biomasa – 20% odpady
22	GDF Sues Połaniec	2012	CFB	447 MWth /190 MWe	Biomasa leśna – 20% agro
23	Tauron Wytwarzanie S.A. EC Bielsko- Biała	2012	CFB	157 MWth /50 MWe	Węgiel kamienny
24	EC Białystok	2012	BFB	75 MWth	Biomasa, węgiel kamienny, odpady produkcji papieru
25	Tauron Wytwarzanie S.A. Jaworzno II	2012	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	139.7 MWth	Biomasa, odpady
26	Tauron Ciepło Sp. z o.o.	2012	BFB	38 MWe /70 MWt	Biomasa
27	Tauron Ciepło Sp. z o.o.	2015	CFB ze złożem cyrkulacyjnym	50 MWe /86 MWt	Węgiel kamienny

Istnieją różne rozwiązania konstrukcyjne kotłów fluidalnych. W odniesieniu do ciśnienia panującego w komorze rozróżnia się kotły:

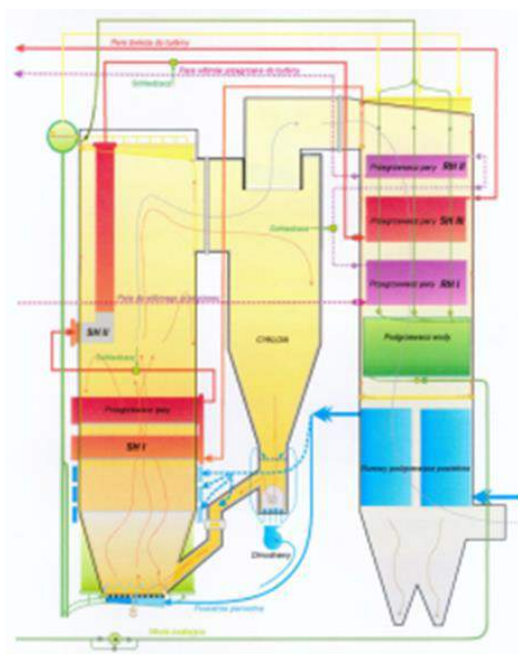
1. atmosferyczne (AFBC),
2. ciśnieniowe (PFBC),

3. hybrydowe ciśnieniowe.

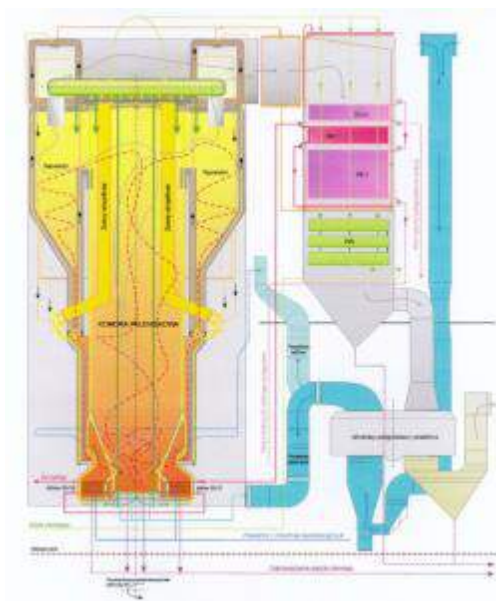
Kotły atmosferyczne oraz ciśnieniowe można podzielić na kotły:

- z pęcherzykową warstwą fluidalną (BFBC),
- z cyrkulacyjną warstwą fluidalną (CFBC),
- z binarną warstwą fluidalną (MSFB),
- kotły CIRCOFLUID (II ciąg kotła o lekkiej konstrukcji),
- z wewnętrzną cyrkulacyjną warstwą fluidalną (ICFB).

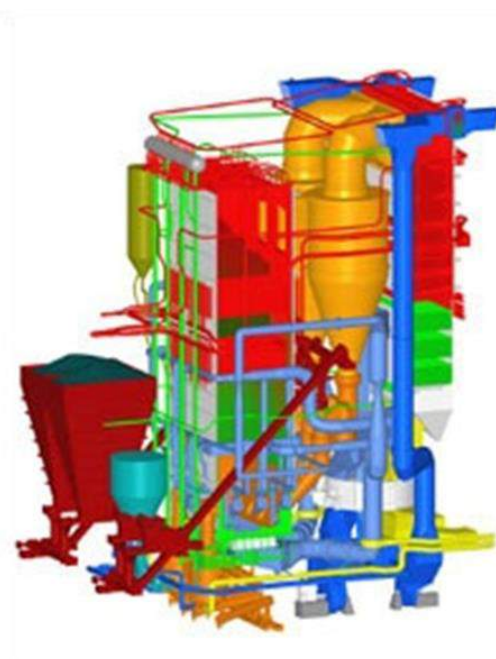
Przykładowe, wybrane konstrukcje kotłów fluidalnych pracujących w polskich elektrowniach przedstawiono na rysunkach 3.2÷3.5.



Rysunek 3.2. Kocioł OE667 jest kotłem z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 667 t/h opalany węglem brunatnym. Producentem kotła jest firma Sumitomo Foster Wheeler



Rysunek 3.3. Kocioł OE700 (CFB Compact) jest kotłem z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 703,8 t/h, opalany węglem brunatnym. Producentem kotła jest Foster Wheeler Energia Oy i Foster Wheeler Energia Polska



Rysunek 3.4. Kocioł fluidalny OFz-425 z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 424,8 t/h, opalany węglem kamiennym. Producentem kotła jest Rafako SA



Rysunek 3.5. Kocioł fluidalny OFz-230 z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 230,4 t/h, opalany węglem kamiennym. Producentem kotła jest Rafako SA

4. NADKRYTYCZNY BLOK ENERGETYCZNY Z KOTŁEM FLUIDALNYM

Blok energetyczny o mocy 460 MWe wybudowany został dla Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza i oddany do eksploatacji w roku 2009. Ta centralnie dysponowana jednostka wytwórcza oparta jest na fluidalnym kotle nadkrytycznym CFB 1300, którego Dostawcą jest konsorcjum Foster Wheeler Energia Oy oraz Foster Wheeler Energia Polska. Jest to najnowszy kocioł fluidalny dużej mocy zainstalowany i pracujący w Polsce.



Rysunek 4.1. Widok nadkrytycznego bloku energetycznego nr 10 z kotłem fluidalnym CFB 1300 w Elektrowni Łagisza

4.1. PARAMETRY PRACY ORAZ KONSTRUKCJA KOTŁA

Przepływowy kocioł o parametrach nadkrytycznych, w którym wykorzystano technologię spalania z cyrkulacyjnym złożem fluidalnym (CFB) stanowi wytwornicę pary dla turbiny parowej z przegrzewem międzystopniowym. Z turbiną współpracuje generator typu 50WT23E. W skład układu chłodzenia bloku wchodzi chłodnia kominowa. Spaliny wyprowadzone są poprzez chłodnię kominową, która jest jednocześnie emitorem spalin. Blok posiada wysokociśnieniowe (WP) stacje

redukcyjno – schładzające, obejście części WP turbiny i niskociśnieniowe (NP) stacje obejściowe części SP-NP turbiny. Blok energetyczny pracuje przy obciążeniu podstawowym, częściowym, z regulacją częstotliwości oraz z obciążeniem na potrzeby własne. Parametry nadkrytycznego kotła fluidalnego CFB 1300 eksploatowanego w Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza przedstawiono w Tabeli 4.1. oraz Tabeli 4.2. Ujęto w nich podstawowe wymiary komory paleniskowej oraz podstawowe parametry eksploatacyjne.

Tabela 4.1. Wymiary komory paleniskowej nadkrytycznego kotła fluidalnego CFB 1300

Parametr	Wymiar
Przekrój komory spalania na poziomie dna dyszowego	27,6 m x 5,3 m (szerokość dna dyszowego x głębokość dna dyszowego) = 146,28 m²
Przekrój kotła na wysokości 8,95 m od dna dyszowego	27,6 m x 10,6 m = 292,56 m²
Całkowita wysokość komory spalania	48 m
Poziom dysz powietrza wtórnego	2 m, 4 m, 6 m od dna dyszowego

Tabela 4.2. Parametry podstawowe nadkrytycznego kotła fluidalnego CFB 1300

Kocioł fluidalny CFB 1300	
Wytwórca	Foster Wheeler Energia
Typ kotła	Kocioł CFB, przepływowy BF 1300-27,5/560/580/290
Wydajność maksymalna trwała (MWT)	361 kg/s
Para z przegrzewu wtórnego	305,7 kg/s
Ilość stopni przegrzewu pary świeżej	4
Ilość stopni przegrzewu pary wtórnej	2
Temperatura pary świeżej	560 °C
Ciśnienie pary świeżej	27,5 MPa
Temperatura pary wtórnje przegrzanej	580 °C
Ciśnienie pary wtórnje przegrzanej	5,03 MPa
Temp. pary do wtórnego przegrzewu	315,1 °C
Temperatura wody zasilającej	289,6 °C
Spraw. obl. kotła brutto przy 100% WT	94,8 %
Minimalna wydajność trwała	40 %

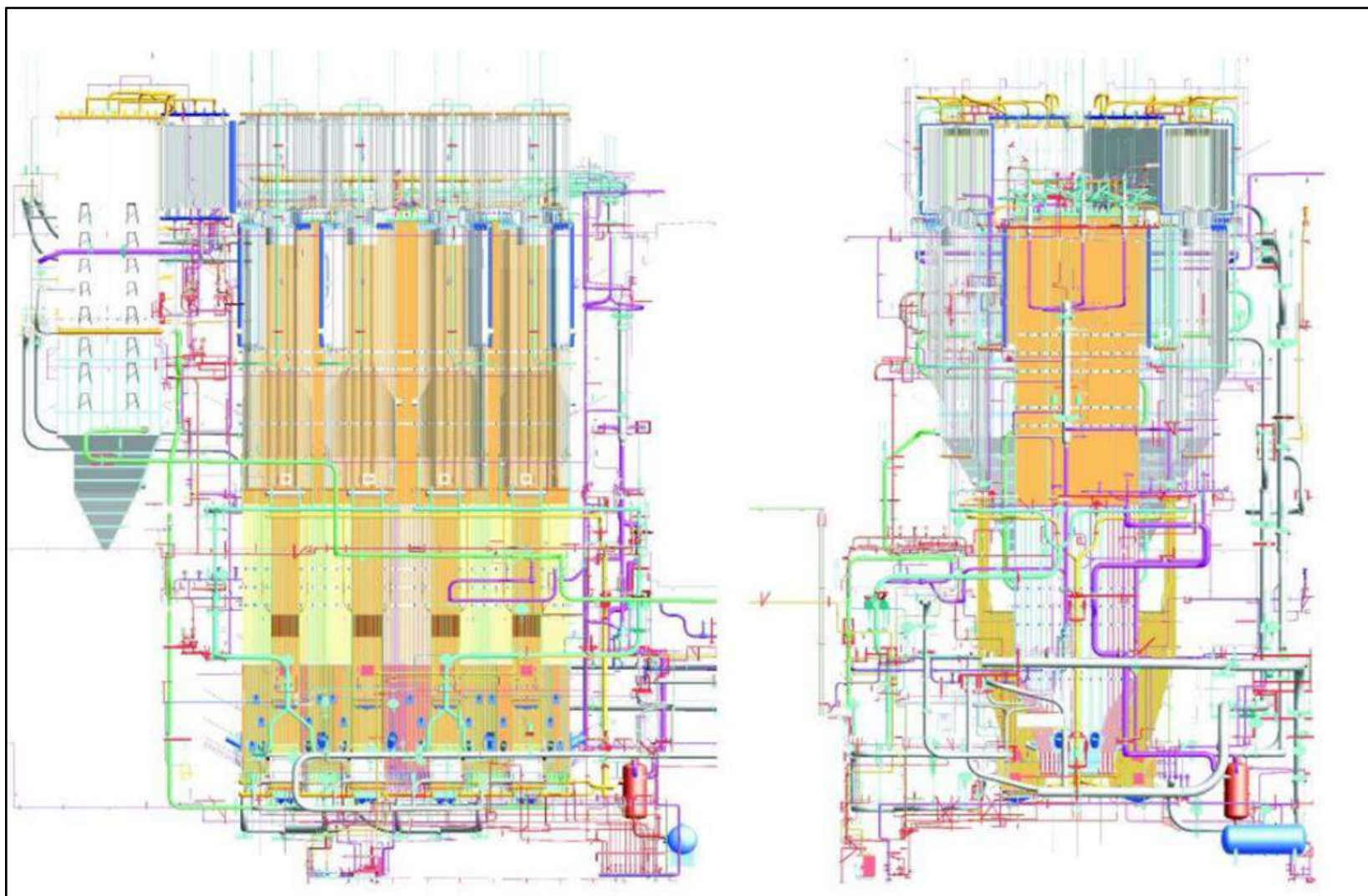
Konstrukcyjnie kocioł posiada zabudowane pionowe rury typu Benson, wyposażony jest w osiem kompaktowych separatorów materiału sypkiego, usytuowanych wzdłuż dłuższych ścian bocznych po cztery na każdej stronie. Separatory, zbudowane ze ścian o konstrukcji przeponowej posiadają przekrój ośmiokątny. Separatory zabezpieczone są odpornym na erozję materiałem ogniotrwałym. W tej samej technologii zbudowana jest instalacja nawrotu materiału sypkiego do komory INTREX, zintegrowanej ze ścianami bocznymi. INTREX posiada uszczelnienie ściennie typu „wall seal”. W komorach wymienników INTREX cyrkulujący materiał sypki oddaje ciepło do czynnika roboczego poprzez zintegrowany z nim przegrzewacz pary i dogrzewacz wody zasilającej.

Komora spalania wyposażona jest w punkty nawrotu materiału sypkiego z INTREX (syfony o przekroju prostokątnym), punkty podawania paliwa, sorbentu, piasku oraz recykulującego popiołu lotnego.

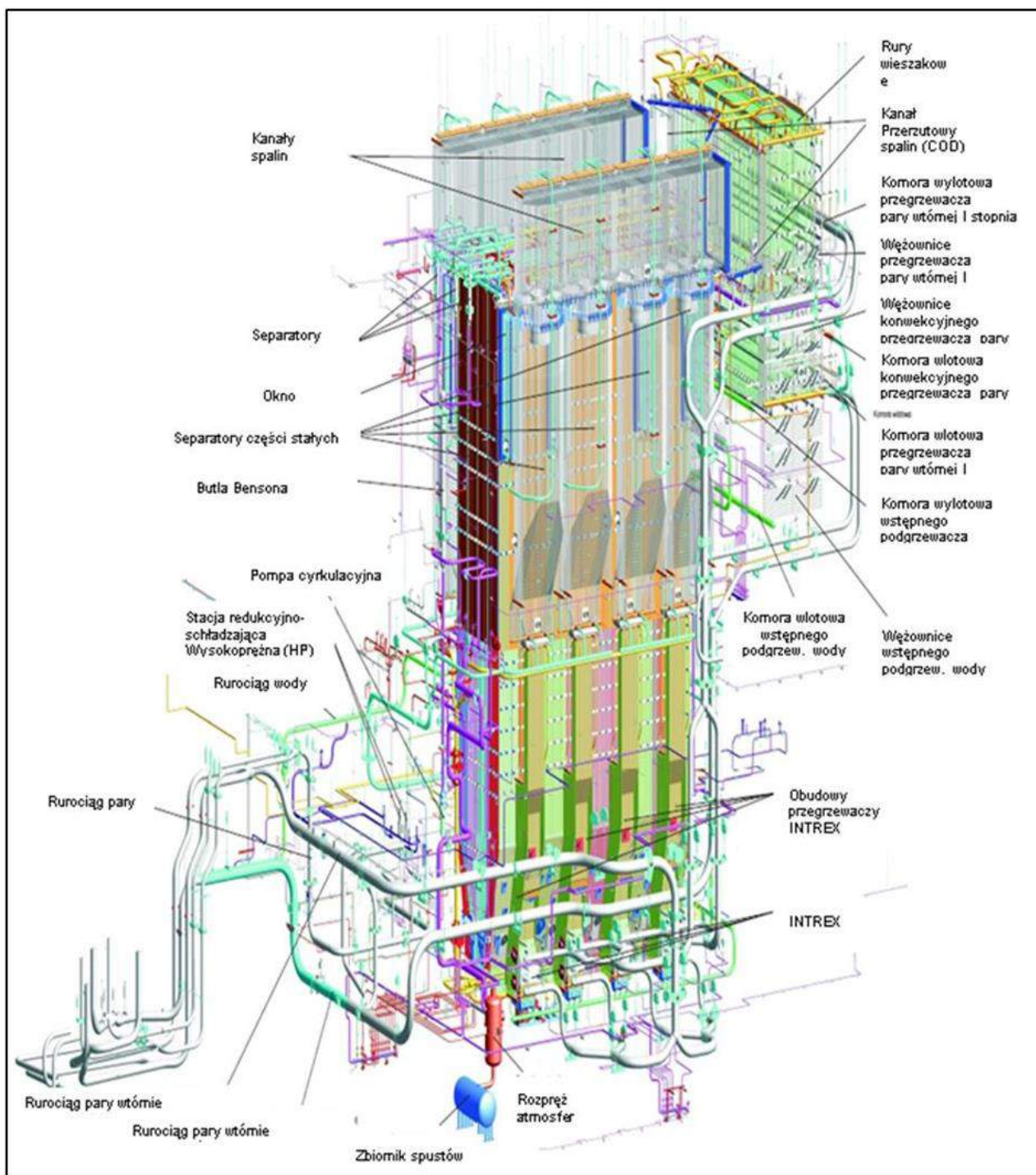
Konstrukcja kotła CFB Compact zawiera m.in.:

- komorę paleniskową chłodzoną wodą,
- separatory cząstek stałych chłodzone parą,
- kanały: komora paleniskowa - separatory,
- Intrex - przegrzew końcowy pary z obudową chłodzoną wodą,
- układ obejścia pary - regulacja temperatury pary wtórnie przegrzanej,
- podajniki ślimakowe chłodzone wodą do odprowadzania popiołu dennego, które eliminują boczne schładzaczki popiołu,
- regeneracyjny obrotowy podgrzewacz powietrza.

Powietrze pierwotne fluidyzuje złożę w komorze paleniskowej, natomiast powietrze wysokoprężne z dmuchaw utrzymuje złożę bąbelkowe w komorach przegrzewaczy INTREX. Dopalenie węgla w komorze paleniskowej zapewnia powietrze wtórne, doprowadzane powyżej złoża. Aby zapewnić wymagany poziom tlenków azotu NO_x, optymalny proces spalania prowadzony jest pod kontrolą systemu nadzoru pracy bloku (DCS) [10]. Sylwetkę kotła przedstawiono na Rysunku 4.2. natomiast schemat poglądowy kotła wraz z instalacjami na Rysunku 4.3.



Rysunek 4.2. Kocioł CFB 1300 [7]



Rysunek 4.3. Schemat poglądowy kotła CFB 1300 wraz z instalacjami [7]

4.2 STANDARDY EMISYJNE

Blok energetyczny z kotłem CFB 1300 spełnia wymagania norm określających dopuszczalne wartości emisji. W poniższej tabeli (Tabela 4.3.) przedstawiono standardy emisyjne bloku nr 10.

Tabela 4.3. Standardy emisyjne dla bloku nr 10 z nadkrytycznym kotłem fluidalnym

Nr / Nazwa emitora / Nazwa miejsca emisji	Substancja	Standardy emisyjne od 1 stycznia 2016 r. [mg/Nm ³ , spaliny suche 6% O ₂]	Graniczne wielkości emisyjne (średnioroczne) od 17 sierpnia 2021r. [mg/Nm ³ , spaliny suche [6% O ₂]	Graniczne wielkości emisyjne (średnio dobowe) od 17 sierpnia 2021 r. [mg/Nm ³ , spaliny suche [6% O ₂]
CFB 1300 E4	tlenki azotu	200	175	220
	dwutlenek siarki	200	180	220
	Pył	20	8	14
	HCl	-	20 ¹⁾	-
	HF	-	7	-
	Hg	-	0,004	-
	NH ₃	-	10	-

¹⁾ zgodnie z udzielonym odstępstwem do 31.12.2030 r. obowiązuje wartość 400 mg/Nm³

Tabela 4.4. przedstawia średnioroczny wskaźnik emisji CO, który mierzony jest na emitorze spalin E4. Konstrukcja kotła spełnia wymagania Konkluzji BAT.

Tabela 4.4. Średnioroczna wskaźnikowa emisja CO dla bloku nr 10

Nr / Nazwa emitora / Nazwa miejsca emisji	Substancja	Wskaźnikowa wielkość emisyjna (średnioroczna) od 17 sierpnia 2021 r. [mg/Nm ³]	Spełnienie wymagań Konkluzji BAT
CFB 1300 E4	CO	140	w pełnym zakresie pracy bloku, tj. od 100 do 40 % wydajności maksymalnej trwałej (WMT)

4.3 DANE PROJEKTOWE POLA PALIWOWEGO

Aby analiza była właściwie przeprowadzona należy zdefiniować paliwo projektowe i podstawowe. Paliwo projektowe to paliwo, dla którego dostawca kotła gwarantuje dotrzymanie parametrów pracy zgodnie z kontraktem. Na tej podstawie przeprowadzane są obliczenia, bilanse, zapotrzebowanie na media. Jeżeli parametry spalane go węgla nie mieszczą się w projektowym polu paliwowym ale dochowane są parametry paliwa podstawowego wówczas dostawca gwarantuje dotrzymanie parametrów kontraktowych tylko z uwzględnieniem krzywych korekcyjnych przez siebie przedstawionych. Paliwo nie spełniające parametrów paliwa podstawowego wyłącza odpowiedzialność dostawcy kotła (VGB-R 101 H).

W Tabeli 4.5. zestawiono parametry paliwa projektowego i paliwa podstawowego, które zostały przewidziane do spalania w przedmiotowej jednostce wytwórczej. Parametry te zostały uwzględnione przy budowie tego kotła i zgodnie z założeniami technicznymi powinny być utrzymywane w czasie jego eksploatacji.

Tabela 4.5. Parametry paliwa projektowego dla kotła CFB 1300

Parametry paliwa – węgiel kamienny				
Stan roboczy	Jednostka	Zakres paliwa podstawowego	Zakres paliwa projektowego	Całkowity zakres paliw
Dolna wartość opałowa (Stan roboczy)	MJ/kg	19 - 22	20	18 - 23
Wilgotność całkowita	%	max 16	12	6 - 23
Wilgotność przemijająca	%	max 10	max 10	max 10
Wilgotność higroskopijna	%	max 8	-	-
Popiół (stan roboczy)	%	max 25	23	10 - 25
Siarka (stan roboczy)	%	max 1.2	1.2	0.6 – 1.4
Gęstość nasypowa	kg/m ³	N/A	900	N/A
Stan analityczny:				
Węgiel	%	52 - 60	58.69	

Wodór	%	3.3 – 4.2	4.17	
Tlen	%	6.1 - 8.9	11.31	
Azot	%	1.3 - 1.7	0.83	
Siarka	%	max. 1.2	1.42	0.7 – 1.7
Popiół	%	max.	23.57	
Chlor	%	max. 0.4	max. 0.4	max. 0.4
Części lotne, V ^(DAF)	%	33 – 40	36	
Analiza popiołu (wagowo-%)				
SiO ₂	%	45 - 51		
TiO ₂	%	N/A		
Al ₂ O ₃	%	24 - 27		
Fe ₂ O ₃	%	7.8 – 8.8		
MgO	%	2.8 – 3.8		
CaO	%	3.5 – 5.3		
Na ₂ O	%	0.7 – 1.1		
K ₂ O	%	1.9 – 2.8		
P ₂ O ₅	%	0.1 – 0.1		
SO ₃	%	N/A		
Granulacja paliwa				
100 %, mniej niż	mm	32	32	
90 %, mniej niż	mm		10	
50 %, mniej niż	mm		2	
mniej niż 10 % poniżej	mm		0,4	

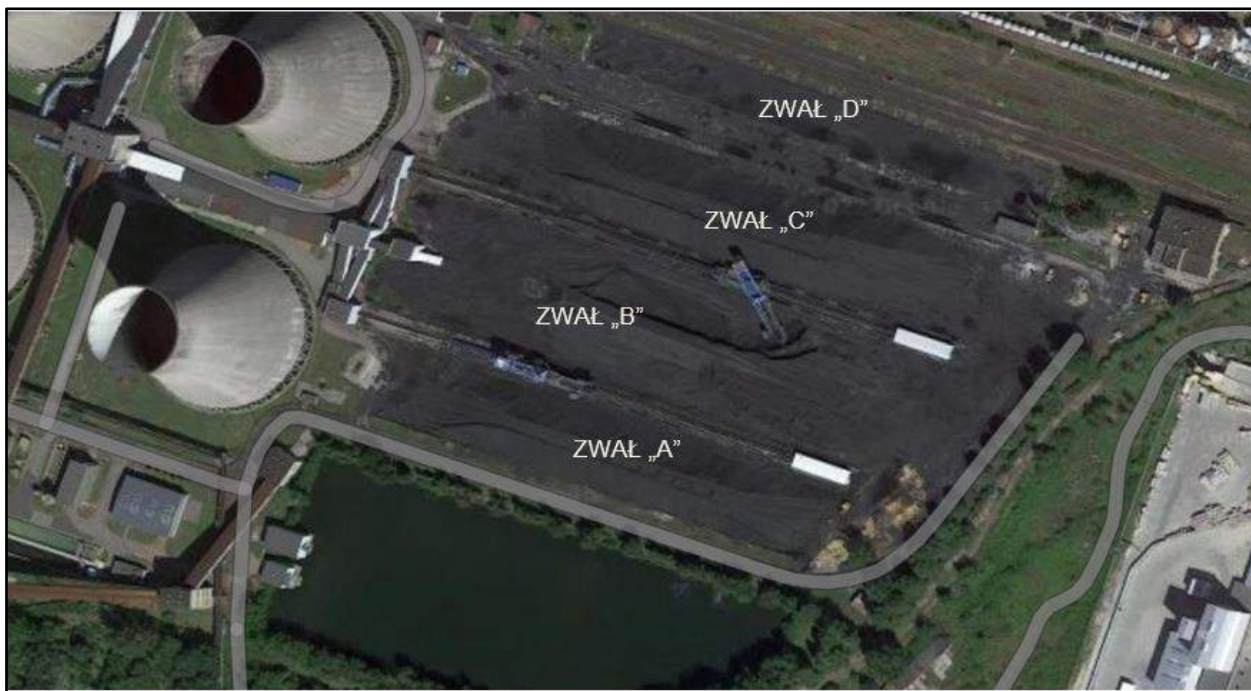
5. SKŁADOWISKO WĘGLA

Zasady bezpiecznego składowania i łączenia na zwałach sortymentów węgla różnych grup regulowała wycofana we wrześniu 2021r. norma PN-G-07010:1994 pt.: „Węgiel kamienny i brykiety z węgla kamiennego. Składowanie”. Wytyczne w niej zawarte do tej pory determinują wewnętrzne regulacje, które obowiązują w spółkach zajmujących się handlem, składowaniem i spalaniem węgla. Według nich określa się geometrię zwału węgla, który powinien mieć kształt bryły o trapezowym pionowym przekroju poprzecznym oraz nachylenie zboczy zwałów, które powinno być mniejsze od kąta naturalnego zsypu węgla o około 5÷10 stopni. Składowisko powinno mieć drogi dojazdowe dla sprzętu ciężkiego, zwały nie powinny mieć wyższej wysokości niż 8m jeżeli zwałowanie cechuje się luźnym sypaniem węgla. Przy zagęszczaniu spychaczami i walcem wysokość zwału nie jest znormalizowana [11]. W przypadku, gdy węgiel składowany jest dłużej niż czas bezpiecznego składowania (wg normy jest to zależne od stopnia samozapalności w zakresach od Gr. I – 138 dni do Gr. V – 21 dni), należy zagęścić składowany węgiel.

Teren pod składowisko powinien spełniać m.in. następujące wymagania, w tym winien być:

- odpowiednio utwardzony i wytrzymały na działanie sprzętu ciężkiego pracującego na zwałach,
- suchy, położony wyżej od miejsc gromadzenia się wód w czasie opadów atmosferycznych,
- usytuowany z dala od rurociągów z parą, źródeł ciepła, przewodów elektrycznych, kanałów wodnych itp.,
- osłonięty od bezpośredniego nasłonecznienia i od strony najczęściej wiejących wiatrów.

Na rysunku 5.1. przedstawiono składowisko węgla Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza.



Rysunek 5.1. Składowisko węgla Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza

Z uwagi na możliwość samozapłonu węgla składowisko powinno być kontrolowane przyrządami do kontroli temperatury wewnątrz zwałów [11].

Z udostępnionych przez Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza analiz wynika, że składowisko własne elektrowni wymaga modernizacji, która obejmować powinna następujące zadania [11]:

- Montaż kamer pozwalających monitorować miejsca rozładunku dostaw węgla i sposób ich zagęszczenia w obrębie całego składowiska;
- Zabezpieczenie zwałów wysokimi ekranami od strony zachodniej przed oddziaływaniem chłodni kominowej (mgłą wodną i silnymi ruchami powietrza) oraz południowej przed nasłonecznieniem i oddziaływaniem pary wodnej ze zbiornika wodnego;
- Likwidację muru oporowego od strony południowej zwału A i zagospodarowanie pasa zieleni między nimi i drogą w celu poszerzenia drogi, zmniejszenia nachylenia południowego zbocza oraz udostępnienie tego zbocza dla sprzętu ciężkiego lub zmniejszenie pojemności zwału poprzez wyznaczenie drogi dla sprzętu ciężkiego wzdłuż muru oporowego;

- Wyposażenie składowiska w urządzenia do zagęszczania o działaniu wibracyjnym i nacisku nie mniejszym niż 0,6 MPa;
- Wyposażenie składowiska w urządzenie do zagęszczania zboczy zwałów.

Wyszczególnione powyżej zadania oprócz zapewnienia bezpieczeństwa magazynowania paliwa, ułatwią logistykę oraz przygotowanie odpowiednich mieszanek węgla.

6. UKŁAD PODAWANIA PALIWA I ODBIORU POPIOŁU

6.1 NAWĘGLANIE

Zgodnie z potrzebami, paliwo produkcyjne dla Elektrowni Łagisza dostarczane jest transportem kolejowym i samochodowym. Miął węglowy dostarczony transportem kolejowym, rozładowywany jest z wykorzystaniem wywrotnic wagonowych oraz zespołu ciągów przenośników taśmowych, węzłów przesypowych i ładowarko-zwałowarek na składowisko węgla. Na składowiskach, zgodnie z wymogami przepisów, węgiel jest przyzrywany, uśredniany i zagęszczany. Miął węglowy dostarczony transportem samochodowym, rozładowywany jest bezpośrednio na składowisku, a następnie przyzrywany i zagęszczany.

Elektrownia Łagisza posiada magazyn węgla, gdzie deponuje się paliwo na zwałach A, B i C. Na zwałach A i C składowane jest węgiel I i II grupy samozapalności, węgiel ten pochodzi od tych samych dostawców, a na zwale B węgiel IV i V grupy, węgle z III grupy zapalności nie były dostępne w badanym okresie. Pomiędzy zwałami A i B oraz B i C znajdują się ładowarko – zwałowarki czerpakowe posadowione na torowisku.

Tabela 6.1. Czas bezpiecznego składowania węgla w luźno usypanych zwałach dla umownej temperatury początkowej węgla 10 °C

Grupa samozapalności	I	II	III	IV	V
Czas bezpiecznego składowania T dla sortymentów miałowych [doba]	138	86	54	34	21

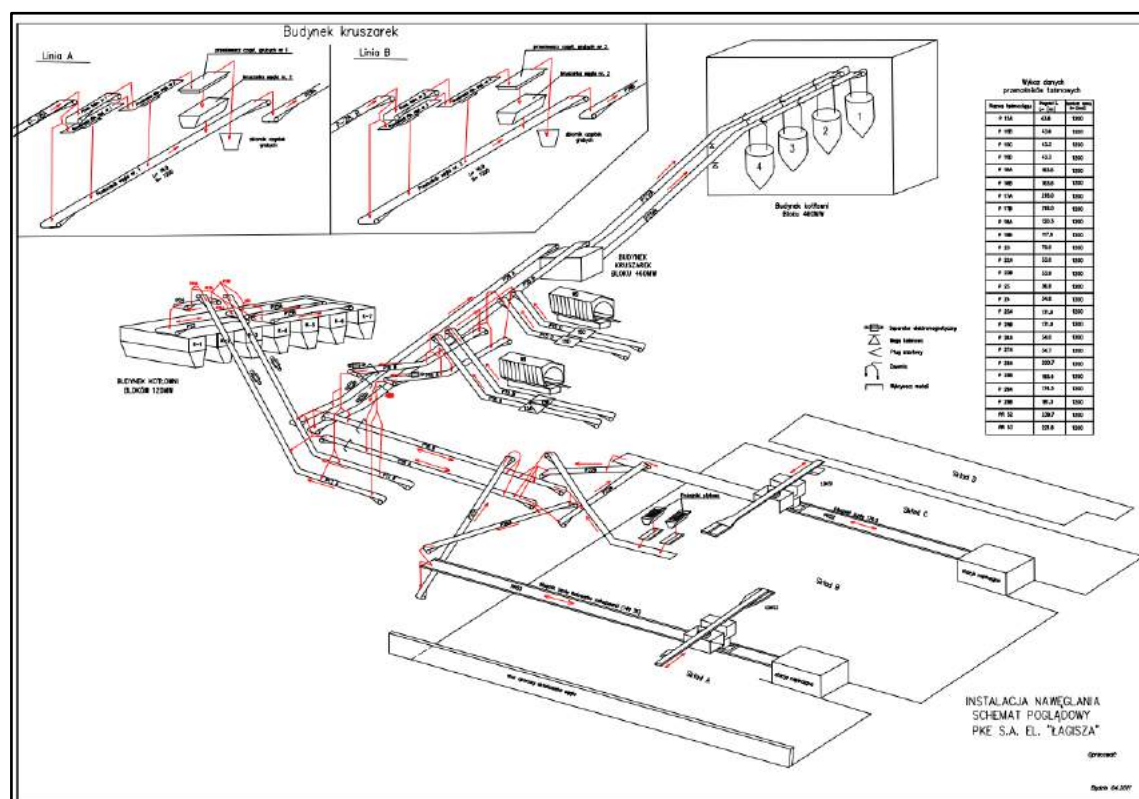
Zapotrzebowanie na węgiel dla znamionowego obciążenia bloku 460 MW wynosi 54 kg/s, a pojemność jednego zasobnika węgla wynosi 800t. W przypadkach nadzwyczajnych istnieje możliwość podawania bezpośredniego z wagonów na potrzeby produkcji.

Na poniższym Rysunku 6.1. przedstawiono schemat poglądowy układu podawania paliwa.

Węgiel pobierany jest ze składowiska i transportowany taśmociągami do węzła przesyłowego. Taśmociągi nawęglania zewnętrznego zabudowane są w układzie redundantnym, zapewniającym rezerwę eksploatacyjną jednym z nich [10]. Z węzła przesyłowego jest on podawany do zespołu kruszarek, które mają za zadanie przygotować odpowiednie uziarnienie paliwa produkcyjnego.

Każdy zespół kruszarek posiada odsiewacz rolkowy o rolkach eliptycznych ustawionych naprzemiennie, w którym - po odsianiu - frakcja gruba trafia do kruszarki młotkowej. Zadaniem kruszarki (granulatora) jest rozdrobnienie miálu do frakcji wymaganej przez kocioł.

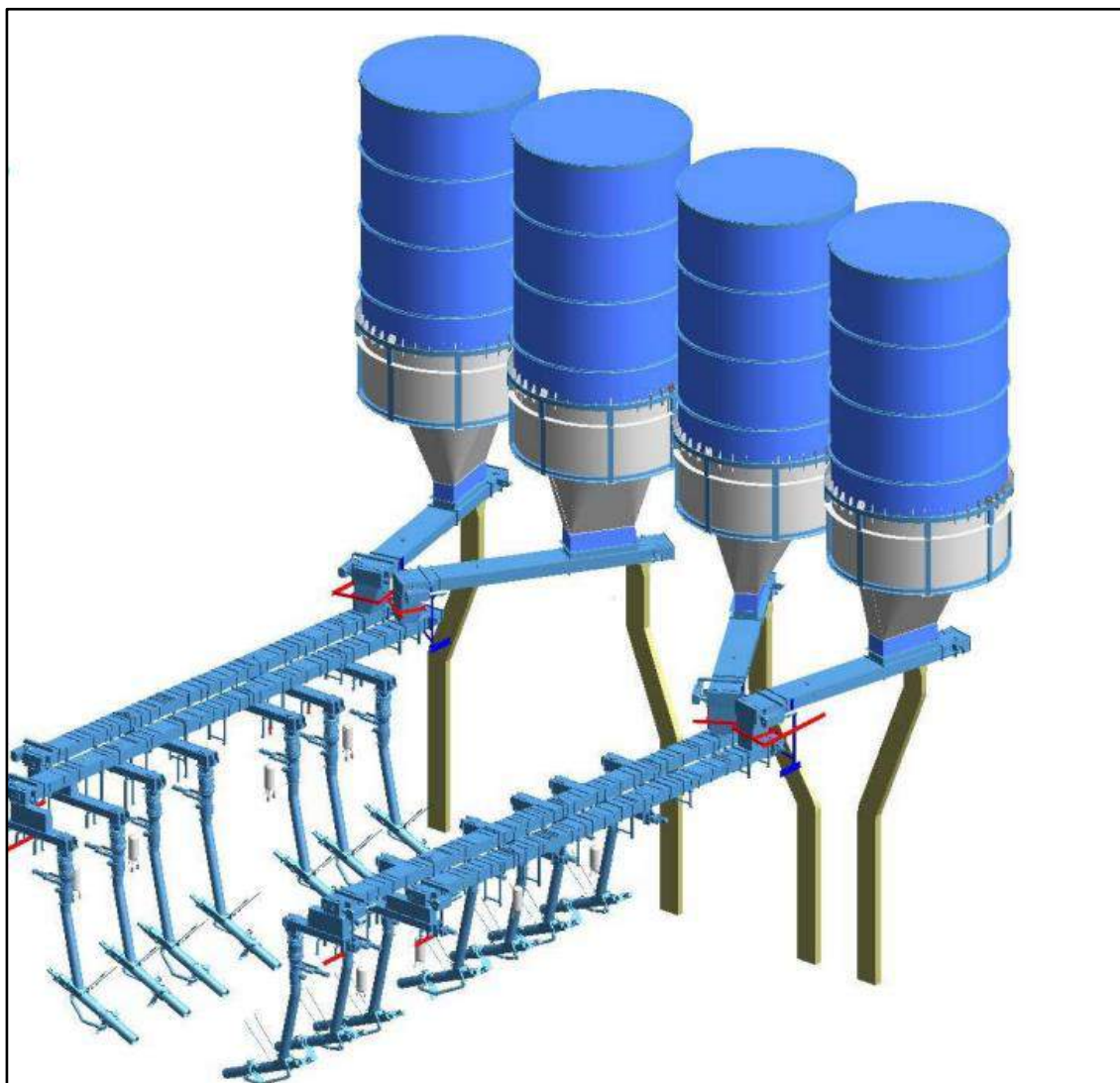
Tak przygotowany miál węglowy – rozdrobniony i wolny od zanieczyszczeń (złom, kamień itp.) – podawany jest bezpośrednio do zasobników przykotłowych bloku



Rysunek 6.1. Schemat poglądowy zewnętrznego układu nawęglania bloku 460 MW [7]

Zależnie od sytuacji ruchowej, miál węglowy przez kruszarkownię może być transportowany różnymi drogami – z pominięciem całkowitym przesiewaczy i granulatora, z wykorzystaniem jednego przesiewacza i granulatora lub z wykorzystaniem dwóch przesiewaczy i granulatora.

Z zasobników przykotłowych paliwo jest dalej transportowane podajnikami zgrzeblowymi, które połączone są przesypami węgla. Jak widać na Rysunku 6.2. układ podawania paliwa jest mocno rozbudowany, z dużą ilością rozwiązań konstrukcyjnych. Po przejściu przez podajniki zgrzeblowe, węgiel trafia do komory paleniskowej poprzez podajniki śrubowe.



Rysunek 6.2. Schemat poglądowy wewnętrznego układu nawęglania kotła

6.2 ODPROWADZANIE POPIOŁU LOTNEGO

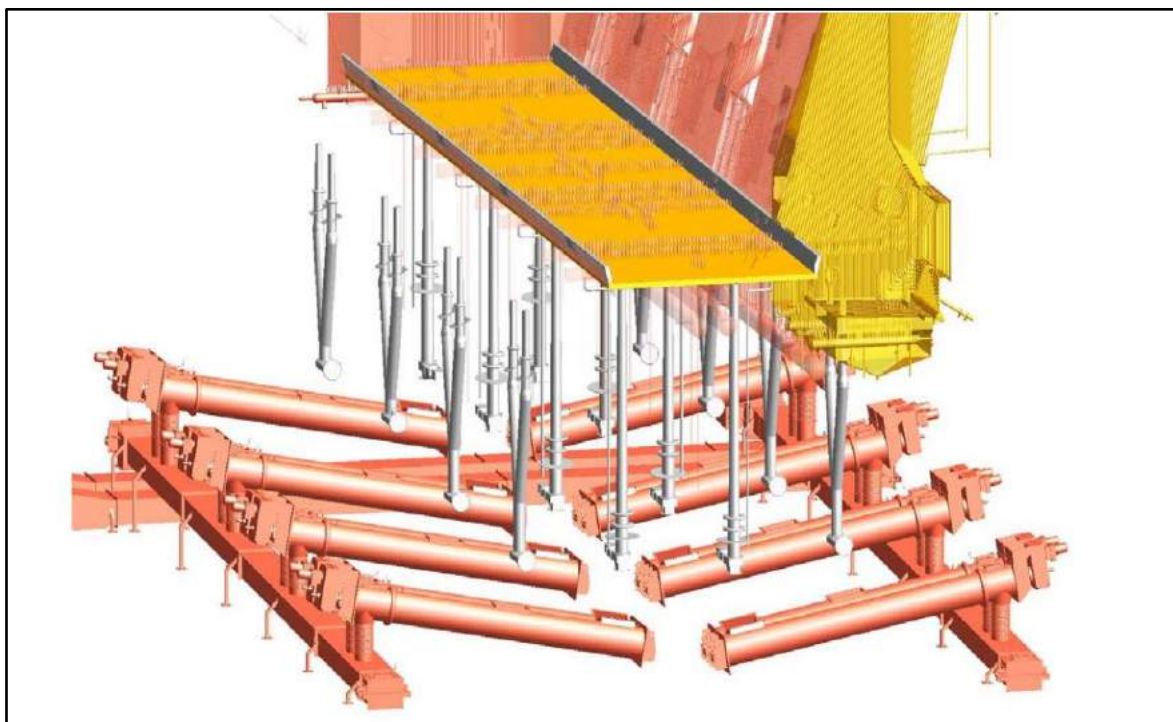
Popiół lotny z podgrzewacza wody (ECO) i podgrzewacza powietrza, przesyłany jest do zbiornika retencyjnego popiołu lotnego V-4000 transportem pneumatycznym, a następnie wysyłany jest do odbiorców.

Również popiół z elektrofiltru przesyłany jest bezpośrednio do zbiornika retencyjnego. Ponadto, układ jest tak zaprojektowany aby popiół z pierwszej strefy elektrofiltru mógł być zawracany powrotem do kotła. Użytkowa pojemność zbiornika wynosi $3\ 800\text{m}^3$ [10].

6.3 ODPROWADZANIE POPIOŁU DENNEGO

Po odprowadzeniu popiołu dennego z komory paleniskowej ulega on schłodzeniu w schładzaczach ślimakowych a dalej jest transportowany przenośnikami zgrzeblowymi do punktu odbioru przez kolejne elementy instalacji.

Poniższy Rysunek 6.3. przedstawia układ odbioru popiołu dennego.

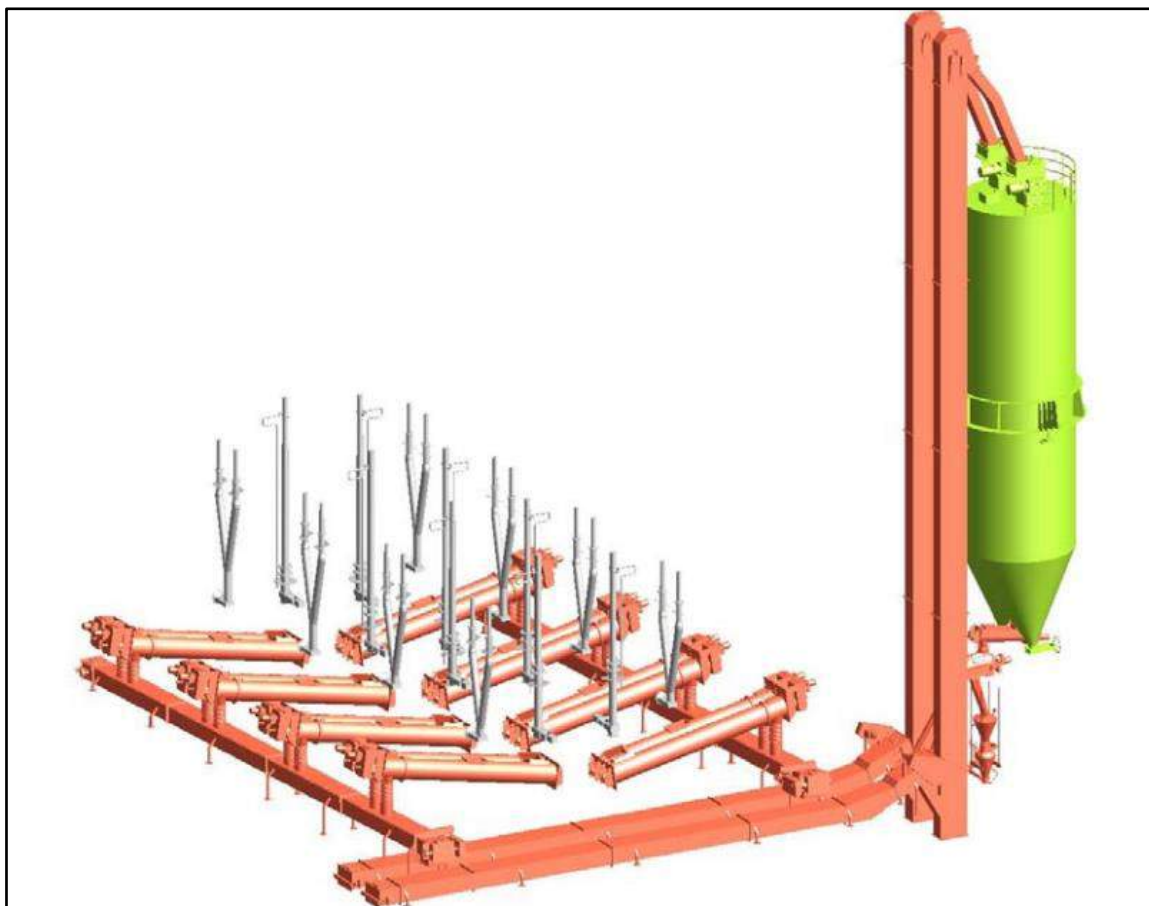


Rysunek 6.3. Układ odbioru popiołu dennego spod kotła

Po przetransportowaniu podajnikami zgrzeblowymi popiół trafia poprzez podajniki kubelkowe do zbiornika pośredniego popiołu dennego (gdzie popiół jest wstępnie zmagazynowany w celu dalszej dystrybucji), który zlokalizowany jest w kotłowni.

Przed zbiornikiem zabudowano układ przesiewania i kruszenia popiołu, jego maksymalna granulacja wynosi 6 - 8mm.

Ogólny widok układu transportu popiołu dennego do zbiornika pośredniego przedstawia Rysunek 6.4.



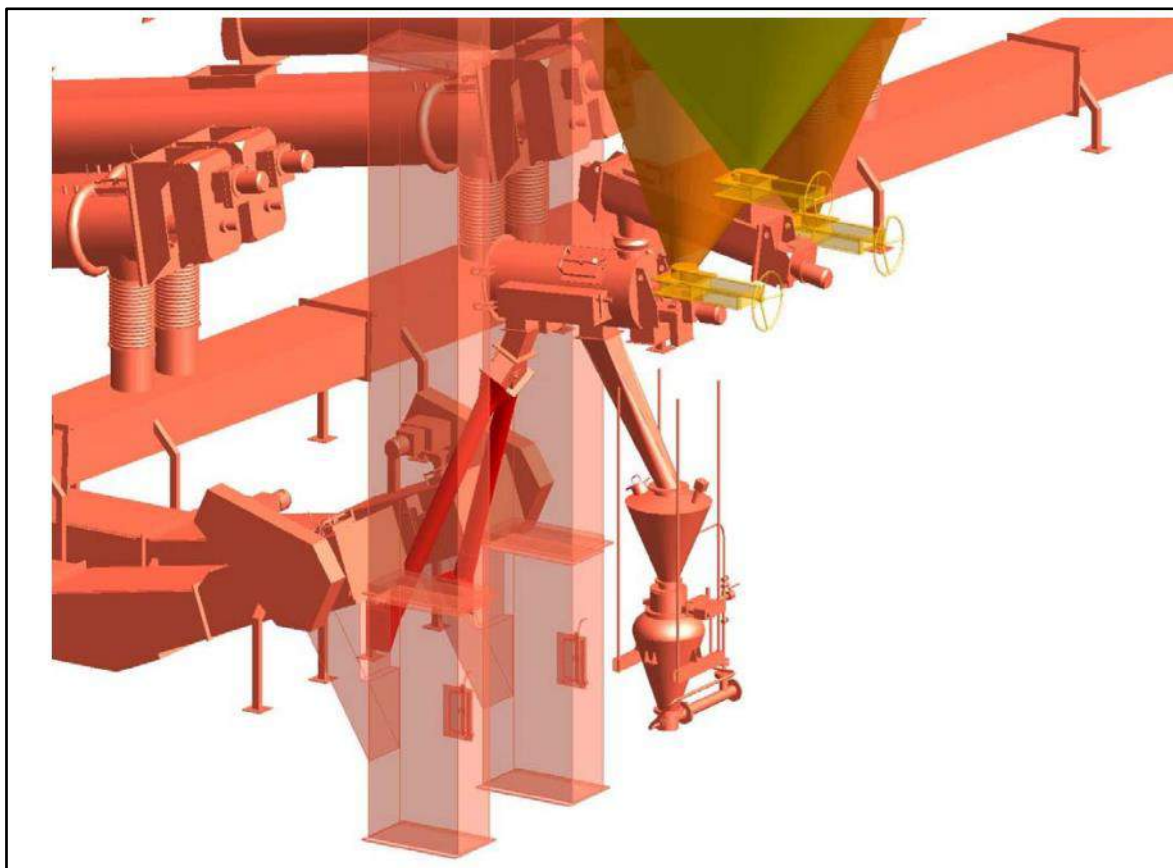
Rysunek 6.4. Układ transportu popiołu dennego do zbiornika pośredniego

Zbiornik pośredni popiołu dennego, który znajduje się w kotłowni, wyposażony jest w trzy króćce wylotowe. Jeden z nich służy do recyrkulacji popiołu.

Popiół ze zbiornika pośredniego jest okresowo transportowany do zewnętrznego zbiornika retencyjnego popiołu dennego, o pojemności $V=2000\text{m}^3$.

Popiół ten, odpowiednio przesiany podawany jest do zbiornika materiału złoża. Jeżeli zaistnieje taka potrzeba jest on podawany transportem pneumatycznym do komory paleniskowej. Układ obsługują trzy zespoły pomp transportu pneumatycznego.

Poniżej na Rysunku 6.5. przedstawiono powiększony fragment opisanej wyżej instalacji, która w razie potrzeby np. uzupełnienia materiału złoża wprowadza popiół do komory paleniskowej.



Rysunek 6.5. Układ odprowadzania popiołu dennego ze zbiornika pośredniego z instalacją nawrotu do komory paleniskowej

7. WĘGIEL KAMIENNY W PROCESIE FLUIDALNEGO SPALANIA

Od jakości spalanego paliwa zależy nie tylko ilość wyprodukowanej energii ale również przeniesiony skutek oddziaływania na elementy kotła oraz urządzenia podawcze węgla i odbiorcze popiołu.

Właściwości węgla kamiennego zależą od warunków, w jakich powstawał. Główną rolę odegrały wysoka temperatura i ciśnienie, podczas procesów diagenetycznych oraz metamorficznych.

Węgiel kamienny zawiera następujący skład pierwiastkowy [33]:

- węgiel - C - od 75 do 97%,
- wodór - H - od 2 do 6%,
- tlen – O – od 1 do 18%,
- azot – N – od 0,5 do 2%,
- siarka – S – od 0,2 do 2%.

Substancja organiczna będąca głównym składnikiem węgla kamiennego jest zanieczyszczona **substancją mineralną** w ilości osiągnącej nawet wartość 40%. W skład tej substancji mineralnej wchodzi m.in.

- Al_2O_3 - tlenek glinu (korund),
- Fe_2O_3 - tlenek żelaza (hematyt),
- SiO_2 , - dwutlenek krzemu (krzemionka) a także
- tlenki Ca, Na, K, S.

W niewielkich ilościach występują także pierwiastki takie jak: Cu, Pb, Cd, Hg itp. Jakość węgla zależy od warunków geologicznych, które determinowały jego skład fizyko – chemiczny.

Rozróżniamy kilka typów handlowych węgla, a jak wspomniano na wstępie, w zależności od warunków jakie panowały w czasie gdy powstawał, zależą jego właściwości fizyko-chemiczne. Właściwości te determinują wykorzystanie węgla

kamiennego a klasyfikację zestawiono w poniższej Tabeli 7.1., która wskaźnikowo opisuje jego typy. Jak wiadomo jest on wykorzystywany m.in. w energetyce, koksownictwie, gazownictwie oraz powszechnie stosowany dla wszystkich typów kotłów i palenisk przemysłowych i domowych.

Tabela 7.1. Typy węgla kamiennego(wg Normy PN-G-97002:2018-11)

Typ węgla		Wskaźniki					
Nazwa	Wyróżnik ^{a)}	V ^{daf} ,%	R, %	RI	b	Q _{v,gr,daf} , MJ/kg	
Węgiel płomienny	31.1	> 34	≥ 0,4	0-5	-	≤ 31	
	31.2					>31	
Węgiel gazowo - płomienny	32.1	> 30	≥ 0,6	5-20	-	-	
	32.2			20-40		-	
Węgiel gazowy		33	> 27	≥ 0,6	40-55	-	-
Węgla koksowe	Węgiel gazowo - koksowy	34.1	> 27	> 0,7	> 60	< 0	-
		34.2				≥ 0	-
	Węgiel ortokoksowy	35.1	21-30	> 1,0	> 70	< 50	-
		35.2	20-26	≥ 1,2		> 50	-
	Węgiel metakoksowy	36	< 22	≥ 1,3	> 45	-	-
Węgiel semikoksowy	37	14-22	≥ 1,3	> 5	-	-	
Węgiel chudy		38	14-28	≥ 1,3	< 5	-	-
Węgiel antracytowy		41	10-14	1,3-2,0	-	-	-
Antracyty	Ortoantracyt	42	3-10	≥ 2,0	-	-	-
	Metaantracyt	43	< 3	-	-	-	-
^{a)} Dla węgla spełniającego wymagania więcej niż jednego typu, klasyfikuje się go do typu węgla o wyższym wyróżniku							

gdzie:

V^{daf} – zawartość części lotnych w węglu [%]

R – refleksyjność wityrynytu [%] (zgodnie z PN-ISO 7404-5)

RI – zdolność spiekania (zgodnie z PN-G-04508)

b – dylatacja (oznaczana zgodnie z ISO 349)

Q_{v,gr,daf} - ciepło spalania węgla kamiennego [MJ/kg]

7.1 JAKOŚĆ WĘGLA I JEJ WPŁYW NA EKSPLOATACJĘ KOTŁA

Istotną rolę odgrywa udział pierwiastkowy oraz materia mineralna, która jako niepalna zawarta jest w popiele. Jest ona niepożądaną substancją w węglu powodującą problemy eksploatacyjne, podobnie jak związki chemiczne

powstające w wyniku syntezy poszczególnych pierwiastków chemicznych na skutek oddziaływania temperatury w procesie spalania.

7.2 SPIEKANIE WĘGLA I SKŁONNOŚĆ DO ZANIECZYSZCZANIA RUR PAROWNIKA

Podczas procesu spalania substancja mineralna formuje spieki na zewnętrznej powierzchni rur części ciśnieniowej od strony komory paleniskowej, które pogarszają wymianę ciepła i wpływają na spadek sprawności jednostki wytwórczej. Dlatego też podczas projektowania kotła podstawowymi danymi, jakie bierze pod uwagę konstruktor są parametry paliwa. Od tego zależy technologiczność instalacji i związana z tym późniejsza ich eksploatacja. Zawartość procentowa substancji mineralnej oraz zanieczyszczeń zawartych w węglu oddziałują również na układy nawęglania i odżużlania powodując ich szybsze zużycie i tym samym spadek dyspozycyjności, co wykazano w niniejszym opracowaniu.

Badania [12] pozwoliły na wyznaczenie wskaźników, które scharakteryzowały skłonność węgla do zanieczyszczania rur parownika w kotłach energetycznych. Analiza ta wykazała, że wskaźniki te uzależnione są od:

- zawartości popiołu;
- składu chemicznego;
- temperatury topnienia popiołu.

Do wskaźników tych zalicza się np.:

- **Wskaźnik żużlowania (Slagging Index lub Babcock Index) – R_s**

$$R_s = \frac{Fe_2O_3 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O}{SiO_2 + Al_2O_3 + TiO_2} S_t^d \quad (7)$$

gdzie:

CaO, Na₂O, K₂O – zawartość tlenków w popiele w [%];

S_t^d – zawartość siarki całkowitej w węglu w stanie suchym;

Wartość R_s określa skłonność do żużlowania węgla.

Węgiel o niskiej skłonności do żużlowania (z niską zawartością popiołu) posiada wskaźnik R_s mniejszy od 0,6 ($R_s < 0,6$); wskaźnik węgla R_s ze średnią skłonnością do żużlowania (ze średnią zawartością popiołu) utrzymuje się w granicach pomiędzy 0,6 a 2,0 ($0,6 < R_s < 2,0$); wysoka skłonność do żużlowania węgla (wysoka zawartość popiołu) to przedział wartości wskaźnika R_s od 2,0 do 2,6 ($2,0 < R_s < 2,6$), natomiast węgiel z bardzo wysoką skłonnością do żużlowania (bardzo wysoka zawartość popiołu), to wskaźnik o wartości wyższej od 2,6 ($R_s > 2,6$).

- **Wskaźnik stosunku SiO_2 (Silica Ratio) – SR**

$$SR = \frac{SiO_2}{SiO_2 + Fe_2O_3 + CaO + MgO} 100 \quad (7.1)$$

Dla wartości wskaźnika SR większego od 72 ($SR > 72$) przyjmuje się, że węgiel ma niską skłonność do żużlowania; średnią skłonnością do żużlowania cechuje się węgiel o wartości wskaźnika SR w granicach pomiędzy 56 a 75 ($65 < SR < 75$), natomiast wskaźnik SR na poziomie mniejszym od 65 ($SR < 65$) to węgiel z wysoką skłonnością do żużlowania.

- **Wskaźnik skłonności do zanieczyszczania powierzchni grzewczych (Fouling Index) – Fu**

$$Fu = R_s \frac{Na_2O + K_2O}{S_t^d} \quad (7.2)$$

gdzie:

R_s – wskaźnik żużlowania wg wzoru (7)

S_t^d – zawartość siarki całkowitej w węglu w stanie suchym

Wartość Fu mniejsza od 0,6 ($Fu < 0,6$) to węgiel z brakiem skłonności do zanieczyszczania; wartości wskaźnika Fu o pomiędzy 0,6 a 40,0 ($0,6 < Fu < 40,0$) oznaczają, że węgiel ma dużą skłonność do zanieczyszczania, a wartość tego wskaźnika powyżej 40,0 ($Fu > 40,0$) wskazuje, że węgiel posiada bardzo wysoką skłonnością do zanieczyszczania.

- **Indeks alkaliczności AK**

$$AK = (Na_2O + 0,9659 K_2O) \frac{A^d}{100} \quad (7.3)$$

gdzie:

A^d – zawartość popiołu w węglu w stanie suchym [%]

Wartość indeksu alkaliczności AK na poziomie mniejszym od 0,3 ($AK < 0,3$) charakteryzuje węgle wykazujące niskie skłonności do zanieczyszczania powierzchni grzewczych kotłów, średnie skłonności do zanieczyszczania to węgle o wartości indeksu AK zawarte w granicach od 0,3 do 0,45 ($0,3 < AK < 0,45$), natomiast węgle o wartości indeksu AK powyżej 0,6 ($AK > 0,6$) posiadają bardzo wysokie skłonności do zanieczyszczania.

Na podstawie tych wskaźników zauważono, że skłonności węgla do żużlowania są odwrotnie proporcjonalne do zawartości popiołu a wzrost zawartości popiołu obniża ryzyko zanieczyszczenia ścian parownika.

Wobec powyższego powiązано zależności wskaźników oraz przypadków zanieczyszczania ścian parowników oraz żużlowania węgla w następujący sposób:

- zmniejszenie tendencji do żużlowania - spadek wartości wskaźnika R_s , wzrost wskaźnika stosunku $SiO_2 - SR$, z uwagi na zawartość krzemu i korundu.
- zmniejszenie wartości wskaźnika zanieczyszczania powierzchni grzewczych F_u wraz ze wzrostem zawartości popiołu,
- zwiększenie się liczby alkaliczności AK powoduje zwiększenie zanieczyszczenia powierzchni ogrzewalnych.

7.3 PIERWIASTKI I ZWIĄZKI CHEMICZNE W WĘGLU I POPIELE

Poza spiekaniem węgla i skłonnością do zanieczyszczania rur parownika przez produkty jego spalania (opisanymi przez właściwe wskaźniki), na elementy układu technologicznego oddziałują również pierwiastki chemiczne oraz ich związki. Występują one w substancji organicznej, która w zależności od pochodzenia

węgla jest istotną częścią strumienia masy paliwa trafiającego do komory paleniskowej.

Paliwa pochodzenia naturalnego, w tym węgiel kamienny, są mieszaniną substancji organicznej, wilgoci oraz substancji mineralnej. Udział poszczególnych składników (w podziale analitycznym) w węglu kamiennym [29], wynosi:

- substancja organiczna: 50 ÷ 98%;
- wilgoć: 1 ÷ 18%;
- substancja mineralna: 2 ÷ 30%.

Najistotniejsza i najbardziej pożądana jest substancja organiczna, jest ona źródłem surowca do procesów chemicznych i „produkcji” energii, wilgoć natomiast i substancja mineralna to balast, który nie ma wykorzystania w tym procesie.

Substancja mineralna – tworzą ją nieorganiczne związki chemiczne. Ilość tej substancji zależy od złoża, z którego wydobyty jest węgiel, jego położenia geograficznego i głębokości pokładu. Udział substancji mineralnej w paliwie waha się od kilku do kilkudziesięciu procent przeliczając na węgiel suchy. Substancję mineralną tworzy pierwotny materiał roślinny, materiał skalny oraz domieszki gruntu naniesione w różnym okresie czasu. Mieszanina ta po spaleniu zamienia się w popiół. Procesy chemiczne zachodzące podczas spalania oddziałują na substancję mineralną i dlatego popiół różni się od niej pod względem ilości i jakości.

Rozróżnia się dwa rodzaje substancji mineralnej [29]:

- a) zewnętrzną, która jako mieszanina fizyczna zawarta w paliwie stałym zawiera elementy substancji organicznej takie jak np. przerosty. W składzie tej substancji znajdują się krzemiany, glinokrzemiany, siarczki, węglany, chlorki oraz siarczany. Substancję mineralną zewnętrzną można usunąć podczas przeróbki mechanicznej (płukanie, flotacja, inne) uzyskując bardziej wartościowe handlowo paliwo dzięki pozbyciu się balastu niepożądanego w procesie spalania.
- b) wewnętrzną, którą nie można usunąć metodami przeróbki mechanicznej z uwagi na chemiczne związki metali z kwasami huminowymi, woskowymi i żywicznymi w postaci soli (związki metaloorganiczne).

Do składu substancji mineralnej zewnętrznej i wewnętrznej wchodzi związek chemiczny pierwiastków takich jak: Si, Ca, Al., Fe, S, Mg, Na, K, Mn, Ti, Cl, P, As, U. Można również doszukać się małych ilości związków chemicznych z pierwiastkami: Zn, Mo, Cu, V, Be, Ba, Ge, Sc, Zr, Hf, Sr, Ni, Pb, Ag, Au, Co.

Popiół – produkt procesu spalania substancji organicznej; charakter i skład popiołu znacznie różni się od substancji mineralnej z uwagi na utlenianie w komorze spalania kotła energetycznego. Ze względu na temperaturę spalania, popiół z kotłów fluidalnych różni się także pod względem składu chemicznego od popiołów spalanych z tych samych węgli w innych kotłach o odmiennych konstrukcjach palenisk. Wpływ na fizyko-chemiczny skład popiołu ma również proces suchego odsiarczania.

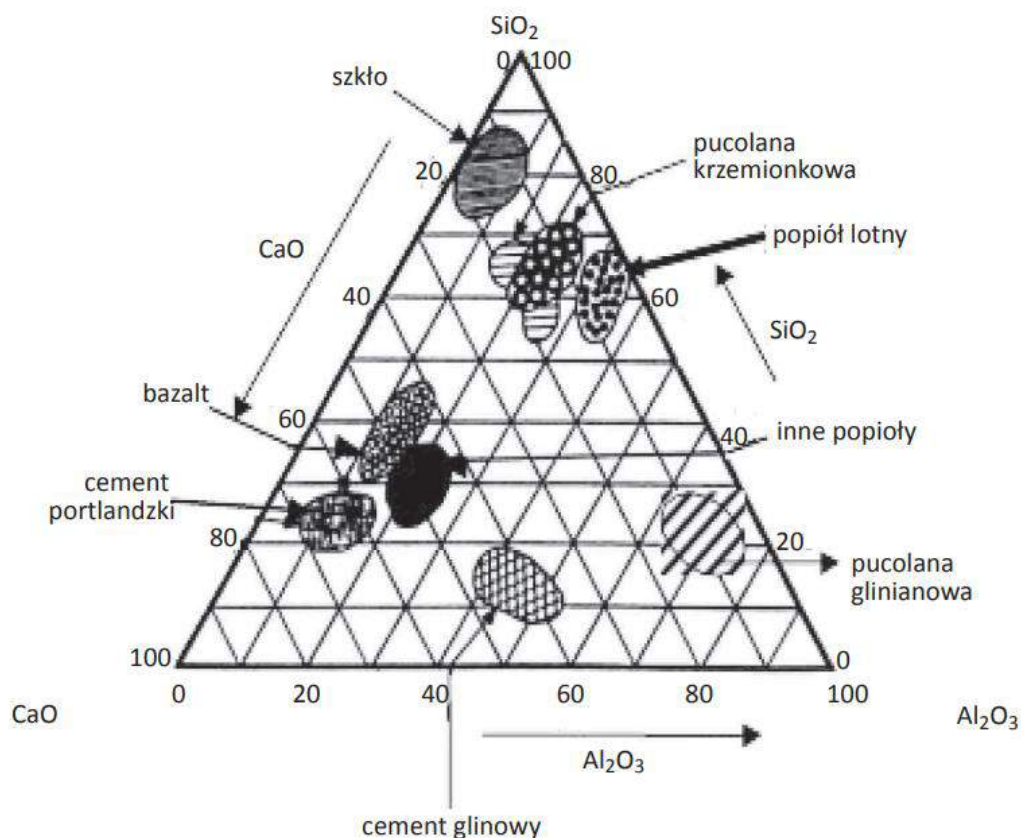
W wyniku oddziaływania wysokiej temperatury w komorze spalania przemianom m.in. ulegają [29]:

- węglany, które rozkładają się wydzielając dwutlenek węgla $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$,
- krzemiany i glinokrzemiany tracą wodę krystalizacyjną,
- piryt FeS_2 utlenia się do Fe_2O_3 i SO_2
- węglan wapnia rozkłada się na tlenek wapnia i może wiązać SO_2 do siarczynu wapnia CaSO_3 i dalej do siarczanu wapnia CaSO_4 ,
- chlorki metali alkalicznych, np. NaCl przechodzą do fazy gazowej
- związki metaloorganiczne utleniają się.

Reakcje te sprawiają, że ilość popiołu jest zazwyczaj mniejsza niż ilość pierwotnej substancji mineralnej. Pierwiastki występują głównie w formie różnego rodzaju tlenków.

Popioły różnią się od siebie nie tylko w zależności od rodzaju spalanego paliwa ale również od warunków spalania, które są różne w kotłach pyłowych od tych panujących w kotłach fluidalnych. Różnica ta widoczna jest w składzie fazowym z uwagi na niższą temperaturę spalania w kotłach fluidalnych. Faza szklista występuje w niewielkiej ilości oraz brak jest przepalonego wapna. Tworzą się glinokrzemiany (illit), anhydryt, tlenek wapnia. Na poniższym rysunku (rys.7.1.)

popioły lotne zestawiano z innymi substancjami. Charakteryzują się one zawartością CaO na poziomie 40% oraz zawartością SiO₂ na poziomie 60%.



Rysunek 7.1. Diagram Keila – Rankina z obszarami o skl. popiołów fluidalnych wg [13]

Popioły fluidalne są trudne do scharakteryzowania z uwagi na to, że cechują się dużą zmiennością składników chemicznych.

7.4 CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ROZDROBNIENIE MATERIAŁU SYPKIEGO.

Z opisanych w literaturze analiz nad rozkładem ziarnowym popiołów pochodzących ze spalania węgla kamiennego w kotłach fluidalnych [8] wynika, że można wyspecyfikować kilka czynników wpływających na wielkość poszczególnych frakcji. W praktyce frakcje naturalnego materiału sypkiego zależą m.in. od sposobu jego wydobywania i rozdrobnienia mechanicznego. Od tego zależy kształt i rozmiar ziaren. Jest to materiał polidispersyjny (monodispersyjny jest mało prawdopodobny).

Podczas procesu spalania w komorze paleniskowej kotła fluidalnego materiał ten ulega dalszym zmianom na skutek ścierania, rozpadu, aglomeracji oraz unosu drobnych części. Rozdrobnienie materiału sypkiego wpływa na warunki i proces fluidyzacji.

W literaturze materiał sypki rozróżnia się w różny sposób, przy czym w niniejszej pracy posłużono się klasyfikacją Geldarda [30] według której, materiał sypki podzielono pod względem jego gęstości i rozmiaru ziaren na cztery grupy:

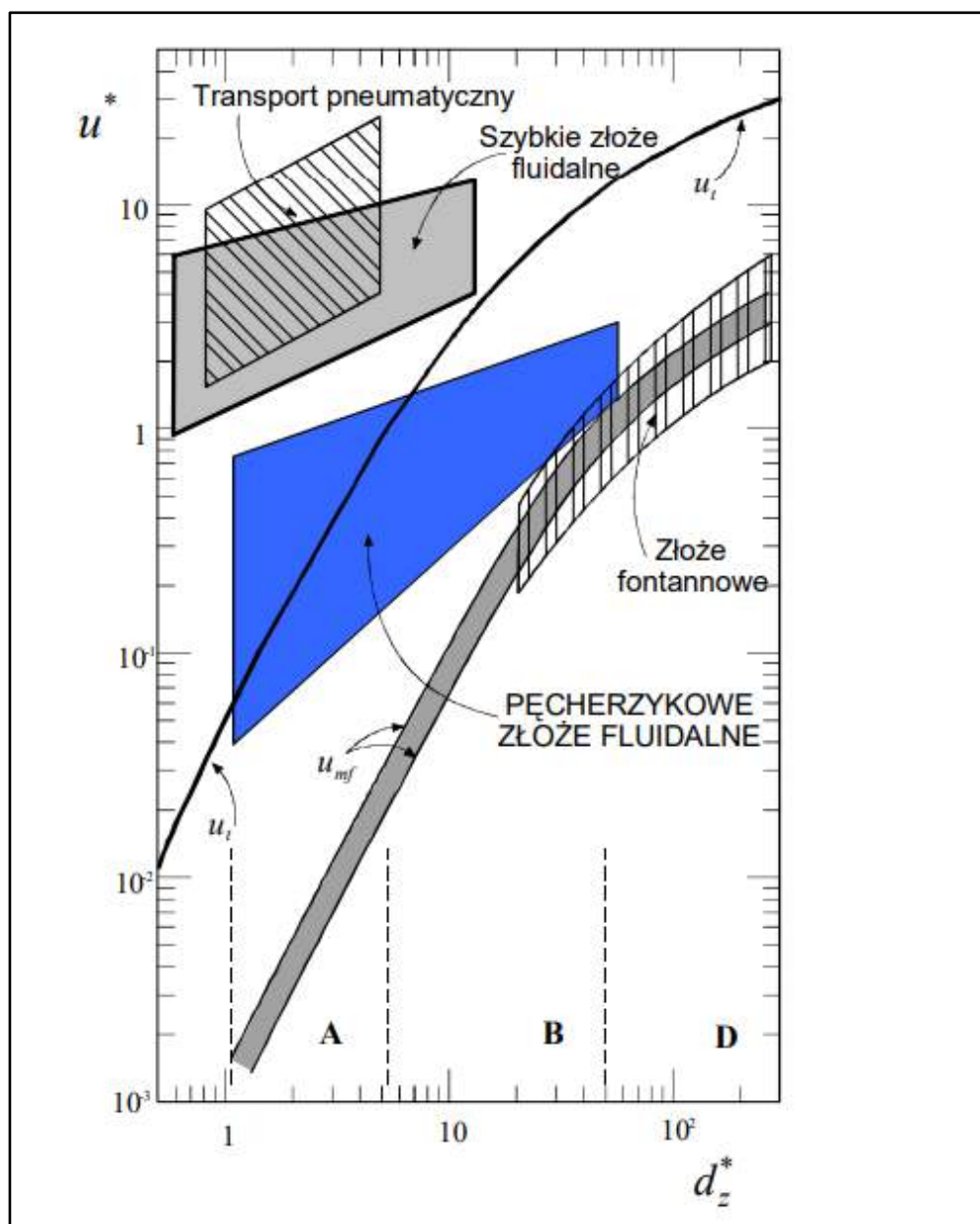
Grupa A – wyróżnia się tworzeniem pęcherzy gazowych (nie przekraczających 100 mm) na początku fluidyzacji, kiedy prędkość cząstek przepływających ku górze warstwy jest większa od prędkości gazu. Na skutek tej właściwości grupa A cechuje się intensywną cyrkulacją wywołaną przepływem tych pęcherzy. Po zaniku dopływu gazu złoża osiada bardzo powoli.

Grupa B – materiał tej grupy wyróżnia się łatwością fluidyzacji i tworzeniem rosnących pęcherzy gazu na skutek ich łączenia się. Główną cechą jest intensywna i masowa fluidyzacja a po zaniku dopływu gazu złoża w krótkim czasie zapada się.

Grupa C – materiał tej grupy charakteryzuje się małymi rozmiarami cząstek, trudno poddaje się fluidyzacji i wykazuje cechy aglomeracyjne.

Grupa D – posiada cząstki ciężkie, dużych rozmiarów, pęcherze gazu utworzone w tych warstwach mają prędkość mniejszą od gazu fluidyzującego.

Diagram przedstawiony na rys. 7.2. obrazuje zależność prędkości fluidyzacji u^* i rozmiar ziaren d_z^* .



Rysunek 7.2. Diagram fazowy zachowania się cząstek poszczególnych grup materiału sypkiego [30]

Po analizie czynników wpływających na rozdrobnienie materiału sypkiego skupiono się na substratach warstwy fluidalnej.

Według literatury [8] wprowadzane do komory paleniskowej strumienie masy to:

- węgiel (jako element palny),
- popiół,
- sorbent.

Dodatkowym materiałem jest specjalnej jakości piasek, który tworzy wraz z węglem, popiołem i sorbentem warstwę, w której zachodzi proces spalania.

Konstrukcja badanego kotła, wyposażona w 8 cyklonów separujących (Rysunek 4.3), służących do zawracania dużych ziaren materiału do komory paleniskowej, wydłuża czas utrzymania cząstek w złożu w celu umożliwienia ich całkowitego spalania.

Aby dokonać analizy, jakie czynniki wpływają na erozyjność układów nadawy i odprowadzania popiołu, należy wrócić do zjawisk, które występują podczas frakcjonowania popiołu w złożu fluidalnym. **Przebieg tych zjawisk wynika również ze składu pierwiastkowego paliwa.**

Procesy, które towarzyszą rozdrobnieniu materiałów złoża fluidalnego, można wyspecyfikować jako:

- spalanie (tylko ziarna węgla),
- rozpad na mniejsze ziarna czyli fragmentacja,
- ścieranie czyli przechodzenie z większej do mniejszej granulacji.

Analiza tego ostatniego zagadnienia pozwoli na wyprowadzenie wniosków dotyczących wpływu zawartości pierwiastków w węglu na erozję zewnętrznych układów podawczych i odbiorczych kotła.

W kotłach typu CFB oraz BFB wiele zachodzących zjawisk zależy od składu złoża i opisanych wyżej grup materiału sypkiego. Jego hydrodynamika, transfer ciepła oraz spalanie mają wpływ na sprawność procesów technologicznych. Analiza laboratoryjna dla obu typów jednostek oraz doświadczenia praktyczne pokazują, że ponad 90% składu złoża to popiół z węgla. Cząstki mogą przebywać w złożu 3 – 4 godziny, a w tym czasie ścierają się ze ścianami komory paleniskowej oraz innymi cząstkami powodując ich rozpad na mniejsze frakcje. Proces ten nazywa się ścieraniem materiału sypkiego (popiołowym) [7],[14].

Charakterystykę ścieralności cząstek stałych często opisuje się współczynnikiem szybkości ścierania R_s lub stałą szybkości ścierania K_{af} wg wzoru:

$$R_s = -\frac{1}{m} \frac{dm}{dt} \quad (7.4)$$

gdzie:

m – masa cząstek stałych w danym zakresie wielkości i danym czasie

$\frac{dm}{dt}$ – czasowy współczynnik zmienności masy [14]

W złożu fluidalnym stałą szybkość ścierania K_{af} określa się wzorem:

$$K_{af} = \frac{R_s}{u_g - u_{mf}} \quad (7.5)$$

gdzie:

u_g – średnia prędkość gazu w przekroju poprzecznym komory paleniskowej [m/s]

u_{mf} – minimalna prędkość fluidyzacji [m/s]

W związku z powyższymi zależnościami sposób ścierania popiołu i jego charakterystykę determinują parametry pracy kotła.

Wśród parametrów pracy kotła parametr u_g jest najważniejszy dla danego popiołu ponieważ wskaźnik ścierania węgla R_s jest wprost proporcjonalny do $u_g - u_{mf}$. Wśród właściwości cząstek, ich wielkość ma szczególne znaczenie, albowiem współczynnik szybkości ścierania węgla R_s w komorze paleniskowej kotłów fluidalnych jest odwrotnie proporcjonalny do średniej średnicy cząstek [15]. Z kolei stała szybkości ścierania K_{af} popiołów dla tego samego węgla rozkłada się wykładniczo wraz ze wzrostem wielkości cząstek [16].

Innymi niż własności fizyczne są własności chemiczne popiołów i są one równie ważne. Rodzaj i zawartość pierwiastków oraz związków chemicznych wpływa na prędkość rozpadu cząstek podczas procesu spalania. Podczas przeprowadzonych badań [17] stwierdzono, że krzem Si oraz wapń Ca odgrywają ważną rolę w ścieraniu popiołu. Im wyższa zawartość krzemu lub niższa zawartość wapnia tym popiół jest mniej podatny na ścieranie – tym jest twardszy i trudniej ulega rozpadowi na mniejsze frakcje. Zgodnie z tymi badaniami stwierdza się, że największy wpływ na stałą szybkości ścierania K_{af} mają kolejno:

- tlenek wapnia CaO
- hematyt Fe_2O_3
- metakaolinit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7$
- kwarc SiO_2

Opierając się na wnioskach z badań popiołów z różnych węgli [14] spalanych w kotłach fluidalnych na całym świecie, oceniono wpływ poszczególnych związków chemicznych w popiele na szybkość ścierania. Przebadano węgle antracytowe,

brunatne, bitumiczne, niskiej jakości muły oraz zawierające skałę płoną. Eksperymentalnie wyznaczono stałą K_{af} .

Zastosowana metoda badawcza polegała na statycznym spalaniu surowego węgla i odsianiu powstałego w ten sposób popiołu [18,19,20,21].

Po przeprowadzeniu procesu spalania, popiół przesiano na sześć wąskich frakcji. Każdą z nich spalono oddzielnie w piecu laboratoryjnym w temperaturze 850°C , zbliżonej do temperatury spalania w kotle fluidalnym. Powstały z każdej z próbek popiół przesiano na specjalnych wytrząsarkach przy zadanej amplitudzie wynoszącej 2 mm. Przesiewanie zatrzymywano co 10 min i badano odsiany materiał. Uzyskano w ten sposób skumulowany rozkład wielkości cząstek. Po pewnym czasie, który wynosił od 30 do 60 min., skumulowany rozkład wszystkich sześciu frakcji stał się prawie identyczny, a proces ścierania ustabilizował się.

Na bazie tych pomiarów określono stałą szybkości ścierania popiołu przesiewanego K_{as} wg poniższej zależności [19]:

$$K_{as} = \frac{R_{as}}{A^2} \quad (7.6)$$

gdzie:

K_{as} – szybkość ścierania popiołu przesiewanego

R_{as} – jest faktycznie równe R_s

A – amplituda drgań przesiewacza

Badania te wykazały, że opisany wyżej proces jest bardzo zbliżony do warunków, jakie panują w złożu fluidalnym podczas spalania. Poprzez odpowiednie skorelowanie wartości średniej prędkości gazu w przekroju poprzecznym komory paleniskowej u_g z amplitudą drgań wytrząsarki względem energii układu, stała szybkości ścierania popiołu przesiewanego K_{as} może być przekształcona w K_{af} z akceptowalną dokładnością.

Ocena wpływu składników chemicznych i mineralnych na stałą szybkości ścierania K_{af}

Aby ocenić wpływ składników chemicznych i mineralnych na K_{af} należy oprzeć się na opracowanej metodzie analizy i oceny systemów złożonych GRA (Grey Relational Analysis) znanej pod nazwą „teoria szarych systemów” [22,23,24].

Metoda ta pozwala na skuteczne rozwiązywanie skomplikowanych zależności między wieloma czynnikami i zmiennymi. Służy ona w tym przypadku wyznaczeniu stałej K_{af} dla poszczególnych związków chemicznych zawartych w popiele [32].

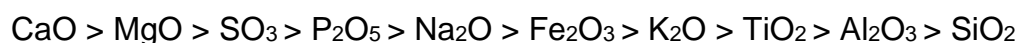
Tabela 7.2. Wartości stałej szybkości ścierania K_{af} wybranych związków chem. [14]

Związek chemiczny	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Wartość K_{af}	0,84	0,82	0,79	0,75	0,74	0,71	0,63	0,60	0,51	0,45

Jak wynika z badań, koncentracja w popiele takich związków jak krzemionka (SiO₂) i korund (Al₂O₃) wskazują na niską wartość K_{af} , a popiół trudniej rozpada się na mniejsze frakcje, czyli jest odporny na ścieranie podczas przebywania w złożu. Oznacza to, że jest twardy i trudny do rozdrobnienia. Z kolei zawartość CaO czy MgO to wysoka wartość stałej ścierania K_{af} .

7.5 WPŁYW ZWIĄZKÓW CHEMICZNYCH NA ŚCIERALNOŚĆ POPIOŁU

Na podstawie powyższego opisu, zgodnie z przeprowadzonymi badaniami nad rozpadaniem się cząstek podczas spalania w złożu fluidalnym, wnioskuje się, że na rozdrobnienie popiołu mają wpływ związki chemiczne wg następującej kolejności:



Popiół o dużej zawartości CaO i małej ilości SiO₂ oraz Al₂O₃ ma największą wartość K_{af} , co zgodne jest z badaniami według literatury opisującej ten proces [17].

Jeżeli powyższe związki chemiczne znajdują się w popiele, to oznacza, że również znajdują się w węglu jako paliwie wsadowym. Od składu fizyko – chemicznego paliwa zależy zatem, jakie związki chemiczne otrzymamy w popiele i jaki mają one wpływ na stałą K_{af} .

Zidentyfikowano ponad 20 typów faz mineralnych w węglu surowym i zostały one podzielone na 5 grup:

- silikaty – kwarc, kaolinit, illit;
- tlenki i wodorotlenki – hematyt, geotyt;
- siarczany – gips, anhydryt;
- węglany – kalcyt, dolomit, syderyt;
- siarczki – piryt, markazyt itp.

Po spaleniu węgla w kotle, mogą się uformować nowe fazy związków chemicznych w popiele. W praktyce doliczono się ich ponad 50 [25].

W przeprowadzonych badaniach [14], zidentyfikowano te, które wpływają na ścieralność popiołową. W przypadku dużej zawartości CaO oraz SO₃ fazą dominującą jest CaSO₄. Związek ten jest identyfikowany również dla popiołów o zawartości CaO i SO₃ od jednego do dziesięciu procent. Dla popiołów, w masie których zawartość CaO i SO₃ jest mniejsza od 0,2% tej fazy nie wykryto.

W przypadku oznaczenia dużej ilości kwarcu (SiO₂) i korundu (Al₂O₃) w węglu, fazą dominującą będą krzemiany. W temperaturze 850^oC mogą pojawiać się również fazy takie jak:

- metakaolinit – Al₂Si₂O₇;
- metailit – Al₂AlSi₃O₁₁.

Powyższe analizy powstawania różnych faz pozwoliły na określenie wg tej samej metody stałej K_{af} (Tabela 7.2. i 7.3.) dla poszczególnych związków chemicznych.

Tabela 7.3. Stała szybkości ścierania K_{af} dla faz mineralnych [14]

Związek chemiczny	CaSO ₄	Fe ₂ O ₃	Al ₂ Si ₂ O ₇	Al ₂ AlSi ₃ O ₁₁	SiO ₂
Wartość K _{af}	0,79	0,71	0,60	0,58	0,53

W Tabeli 7.4. dla grupy analizowanych minerałów przedstawiono ich twardość w skali Mohsa. Jak wynika z przedstawionych danych, spadek wartości K_{af} wskazuje na wzrost twardości minerałów mierzonej w skali Mohsa.

Tabela 7.4. Wpływ minerałów na wartość K_{af} wyjaśnia ich odporność na ścieranie oraz twardość w skali Mohs'a [14]

Związek chemiczny	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	$CaSO_4$	CaO	$(Al_2Si_2O_5(OH)_4)$	$KAl_4[Si_7AlO_{20}]OH_4$
Twardość wg skali Mohsa	9,0	7,0	6,0	3,5	1,8	2,3	1,5

Ponieważ trudno jest określić twardość metakaolinitu ($Al_2Si_2O_7$) oraz metaitlitu ($KAl_2AlSi_3O_{11}$), wskazano zamiennie wartość kaolinitu ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$) oraz illitu $KAl_4[Si_7AlO_{20}]OH_4$ jako ich odpowiedników.

W ślad za powyższymi tabelami, wzrost twardości w skali Mohs'a będzie obniżać wartości obliczone wg metody GRD dla metakaolinitów oraz illitów i metaitlitów. Wzrost masy frakcji miękkich będzie związane ze wzrostem wartości K_{af} , a zatem będą one bardziej podatne na ścieranie.

Podsumowując: wysoka zawartość kwarcu SiO_2 oraz korundu Al_2O_3 wpływa na małą skłonność popiołu na ścieranie, a więc na małą wartość K_{af} . Z zawartością tych związków chemicznych popiół jest twardy i daje grube frakcje po spalaniu.

Dokonana analiza składu chemicznego popiołu oraz wpływu poszczególnych związków chemicznych na wzajemne oddziaływanie cząstek podczas spalania w złożu fluidalnym pozwala wysnuć wnioski, że podobne właściwości będzie posiadały węgle w przypadku tych samych ich składników.

Jeżeli kwarc, korund, hematyt są minerałami twardymi, to mają one duży wpływ na eksploatację urządzeń bloku energetycznego.

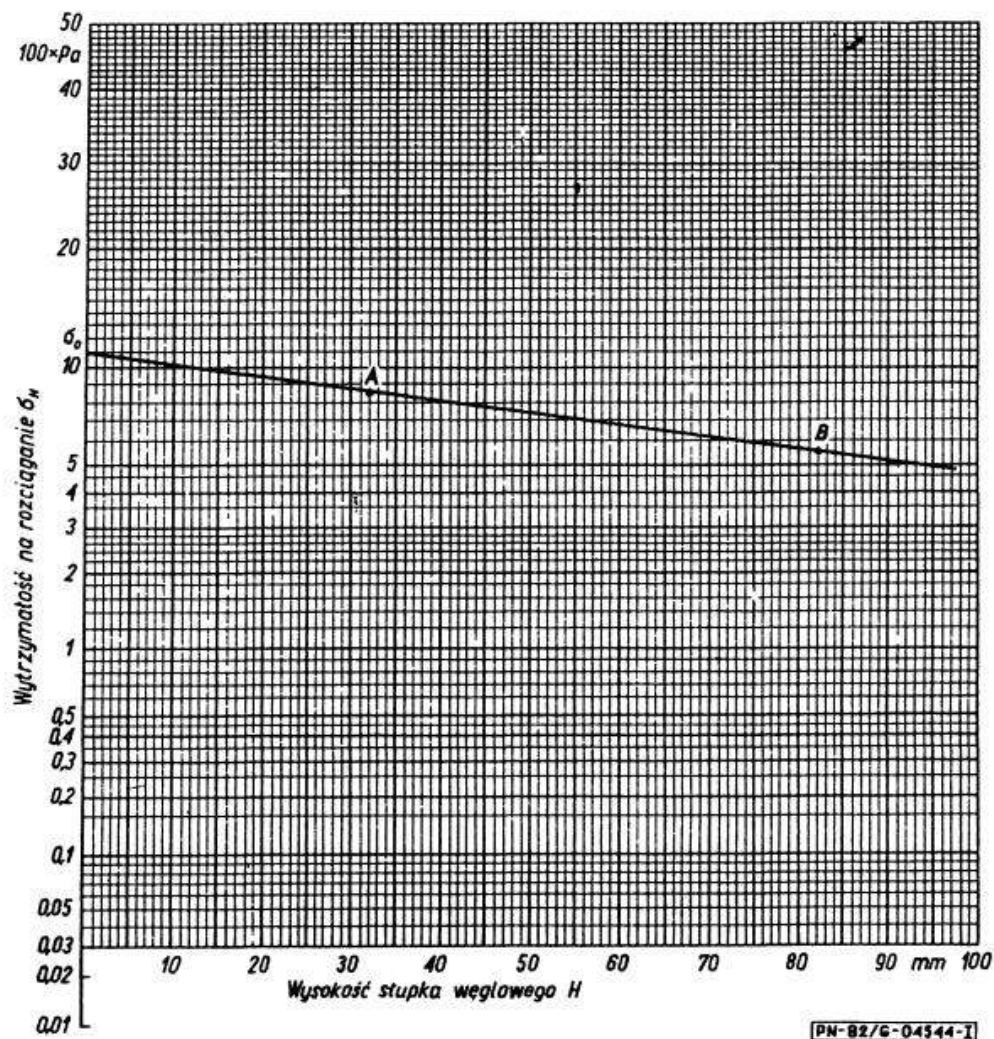
Analizę dostaw węgla oraz jego jakości przedstawiono w kolejnych rozdziałach.

8. PODATNOŚĆ TRANSPORTOWA

Trzecią cechą, po zużłowaniu i zanieczyszczeniu powierzchni grzewczych kotłów, oddziałującą na układy transportu węgla oraz odprowadzania popiołu i żużla jest jego podatność transportowa.

Definicja podatności transportowej paliwa opisana została w nieobowiązującej już normie Polskiego Komitetu Normalizacji, Miar i Jakości PN-82 G-04544 – „Węgiel Kamienny - Oznaczanie wskaźnika podatności transportowej metodą GIG” [26]. Norma ta definiuje podatność transportową węgla jako „zespół właściwości fizykomechanicznych mających wpływ na zachowanie się sortymentów węgla kamiennego drobnych, miałowych, mułowych podczas załadunku, transportu, wyładunku, składowania itp.”[26], natomiast sam wskaźnik podatności transportowej określany jest jako „liczba wyrażająca wielkość wytrzymałości na rozciąganie teoretycznego słupka węglowego o wysokości 0 mm”[26].

Sama metoda polega na pomiarze, jak opisano wyżej, wytrzymałości na rozciąganie specjalnie uformowanych słupków węgla, które mają różne wysokości. Wyniki pomiarów zestawia się w odpowiednio opisanej siatce półlogarytmicznej i odczytuje się wskaźnik z wykresu (Rysunek 8.1.). Na wykresie wytrzymałość na rozciąganie σ_H podano w [Pa] natomiast wysokość słupka węglowego H w [mm].



Rysunek 8.1. Zależność wytrzymałości na rozciąganie od wysokości słupka węglowego uformowanego wg PN-82 G-04544

Podatność transportowa jest bardzo istotną cechą węgla głównie zależną od:

- wilgoci;
- składu ziarnowego;
- składu mineralnego.

Poza wartością opalową, zawartością siarki oraz zawartością popiołu istotny wpływ na przydatność węgla ma jego zdolność do transportu i dozowania do komory paleniskowej kotła.

W tym konkretnym przypadku, dotyczącym Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza często zdarza się, że dostarczane sortymenty paliwa oklejały wagony, przenośniki oraz przesypy instalacji podawczych. W analizowanych

latach była to główna przyczyna zaniżeń mocy bloku w związku z niewystarczającą ilością węgla dostarczaną do kotła, spowodowaną niewystarczającą przepustowością układów podawczych paliwa, na których się oklejał. Niska podatność transportowa powodowała przestoje instalacji w celu ich oczyszczenia, a także liczne awarie.

Przeprowadzone badania [27] [wykazały największy wzrost wskaźnika podatności transportowej dla granulacji poniżej 0,5 mm, natomiast dla frakcji powyżej 3 mm jest on bliski zeru. Dla frakcji grubszych zawartość wilgoci nie wpływa istotnie na obniżenie transportowalności.

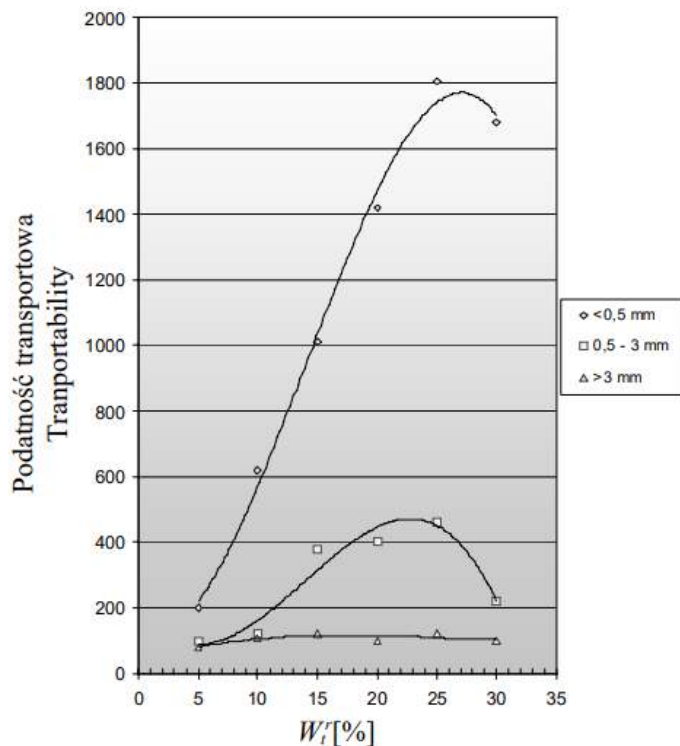
Im paliwo jest bardziej wilgotne tym jego transportowalność jest mniejsza – jednakże dzieje się tak do pewnej granicznej wilgotności, po której spada wytrzymałość słupka węglowego na rozciąganie.

Duży wpływ na podatność transportową mają materiały ilaste zawarte w materii mineralnej węgla. Pod wpływem wilgoci stają się one plastyczne i wzrasta ich lepkość co można zaobserwować w praktyce podczas dostarczania paliwa [27].

Podatność transportowa wyrażona w [Pa] pogarsza się w miarę wzrostu wilgotności oraz wielkości ziaren. Na Rysunku 8.2. widać wyraźnie, że dla granulacji paliwa mniejszej od 0,5 mm następuje istotne pogorszenie się właściwości transportowych aż do zawartości wilgoci W_t [%] na poziomie 25%. Podobnie, chociaż w mniejszym stopniu, ma to miejsce dla granulacji od 0,5 mm do 3 mm. Dla frakcji powyżej 3 mm zawartość wilgoci ma najmniejsze znaczenie na pogorszenie się tego wskaźnika.

Przy wilgotności powyżej 25% następuje upłynnienie strumienia masy i podatność transportowa poprawia się przyjmując niższe wartości.

Najniższą transportowalnością cechują się drobne frakcje ziarnowe poniżej 0,5 mm. W tym przypadku wzrost wilgoci znacząco wpływa na pogorszenie (obniżenie) podatności transportowej, a tym samym wzrost wskaźnika.



Rysunek 8.2. Zależność pomiędzy wilgotnością i podatnością transportową w zależności od granulacji węgla [27]

Z uwagi na własności transportowe węgla, został on podzielony na trzy odmiany. W poniższej Tabeli 8.1. zestawiono sortymenty węgla, wskaźnik podatności transportowej oraz podatność transportową z przypisaniem do odmiany.

Tabela 8.1. Podział węgla na odmiany wg podatności transportowej [27]

Sortyment	Wskaźnik podatności transportowej	Podatność transportowa	Symbol odmiany
Miały	do 1000	normalna	A
	od 1000 do 2000	średnio obniżona	B
	powyżej 2000	znacznie obniżona	C
Muły	do 1000	normalna	A
	do 3000	średnio obniżona	B
	powyżej 3000	znacznie obniżona	C

W przypadku miałów energetycznych zawierających ziarna bardzo drobne ich podatność może się zmienić podczas transportu z klasy A do klasy C, w której transportowalność jest bardzo niska. [27]

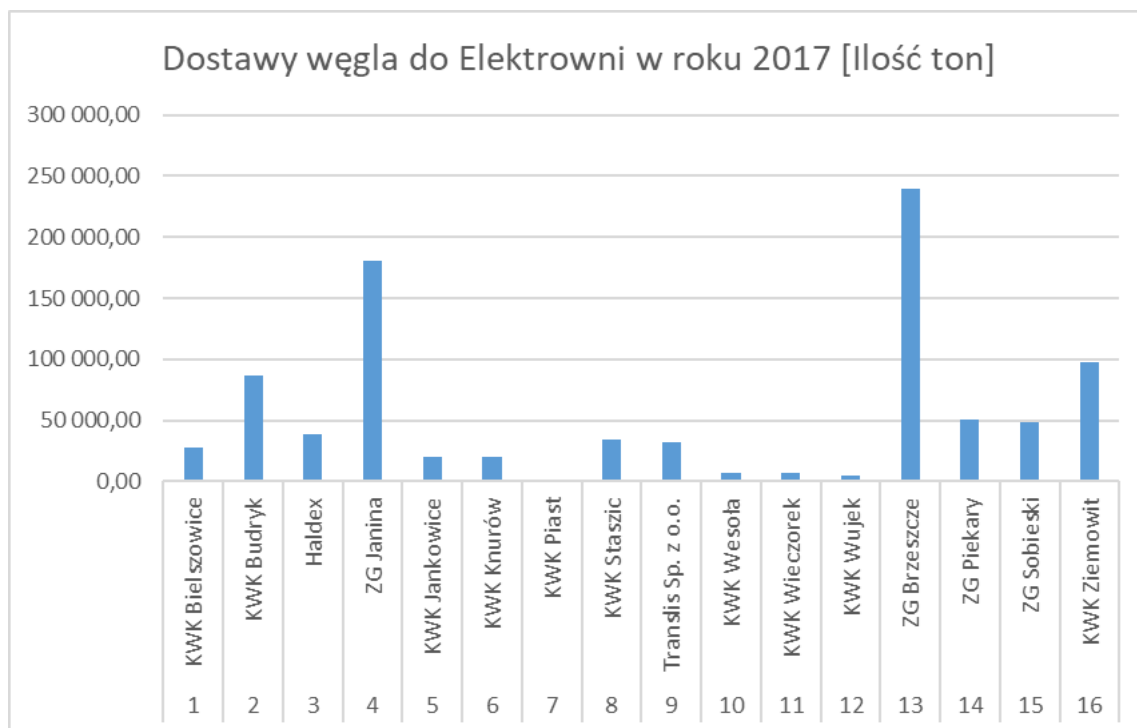
9. KIERUNKI DOSTAW WĘGLA

W rozdziale dokonano analizy źródeł dostaw węgla w latach 2017 – 2020. Jak wynika z danych zamieszczonych poniżej, główne kierunki obejmowały dostawy z kopalń własnych Grupy Kapitałowej elektrowni, tj. Zakładu Górniczego Brzeszcze oraz Janina i Sobieski wchodzących w skład spółki Tauron Wydobycie SA. Pozostałe dostawy pochodzą z Grupy PGG oraz JSW i pośredników (Translis Sp. z o.o., ZG Piekary, Węglkokoks SA).

W roku 2017 dostarczono **898 093 ton** węgla z kierunków wskazanych w Tabeli 9.1. oraz na Rysunku 9.1.

Tabela 9.1. Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2017

Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2017		
Lp.	Kierunek dostaw	[Ilość ton]
1	KWK Bielszowice	27 591,36
2	KWK Budryk	86 490,00
3	Haldex	39 221,14
4	ZG Janina	180 234,91
5	KWK Jankowice	20 567,15
6	KWK Knurów	19 754,89
7	KWK Piast	2 000,05
8	KWK Staszic	34 894,67
9	Translis Sp. z o.o.	32 567,14
10	KWK Wesoła	6 837,70
11	KWK Wieczorek	6 975,15
12	KWK Wujek	4 561,60
13	ZG Brzeszcze	239 134,86
14	ZG Piekary	51 119,05
15	ZG Sobieski	49 020,37
16	KWK Ziemowit	97 123,55
RAZEM		898 093,59



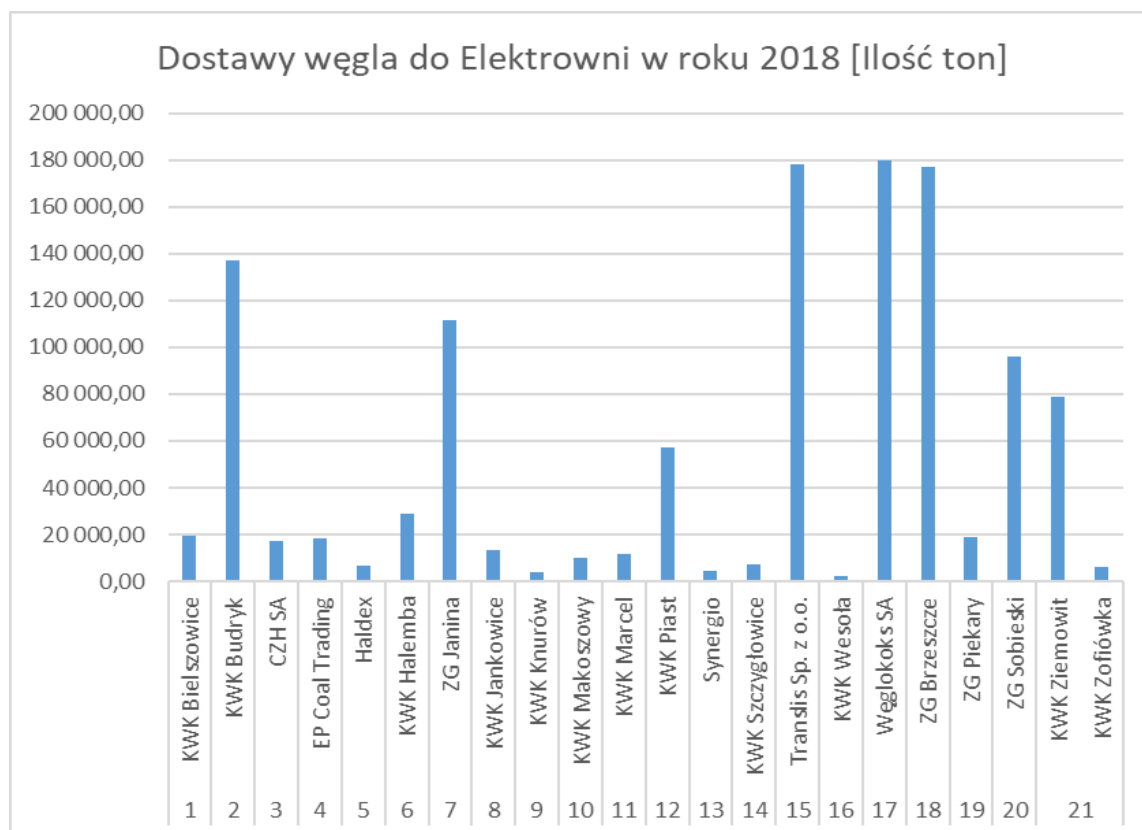
Rysunek 9.1. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2017

W roku 2018 dostarczono **1 184 067 ton** węgla z kierunków wskazanych w Tabeli 9.2. oraz na Rysunku 9.2.

Tabela 9.2. Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2018

Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2018		
Lp	Kierunek dostaw	[Ilość ton]
1	KWK Bielszowice	19 369,70
2	KWK Budryk	137 106,00
3	CZH SA	17 466,54
4	EP Coal Trading	18 423,15
5	Haldex	6 704,68
6	KWK Halemba	28 715,74
7	ZG Janina	111 482,00
8	KWK Jankowice	13 539,10
9	KWK Knurów	4 132,65
10	KWK Makoszowy	9 919,78
11	KWK Marcel	11 874,45
12	KWK Piast	57 223,50
13	Synergio	4 207,18
14	KWK Szczygłowice	7 467,40
15	Translis Sp. z o.o.	177 948,00
16	KWK Wesoła	1 989,00

17	Węglkoks SA	179 910,36
18	ZG Brzeszcze	176 982,72
19	ZG Piekary	18 724,50
20	ZG Sobieski	96 060,30
21	KWK Ziemowit	78 552,52
22	KWK Zofiówka	6 268,08
RAZEM		1 184 067,35



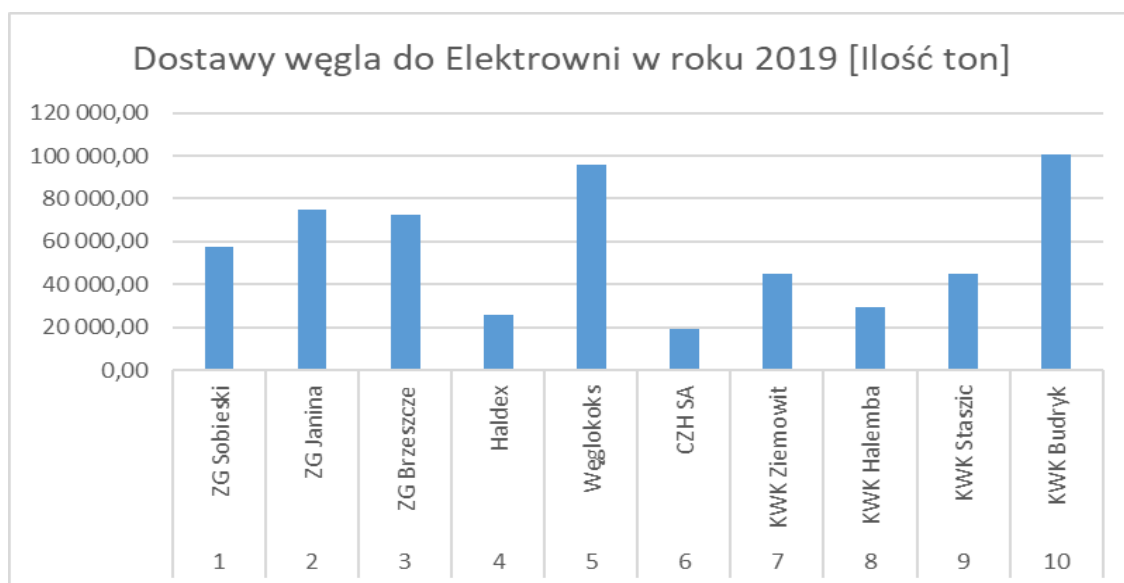
Rysunek 9.2. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2018

W roku 2018 dominował węgiel ze spółki Węglkoks SA, Translis Sp. z o.o., Zakładów Górniczych Tauron Wydobywanie SA oraz KWK Budryk wchodzącej w skład JSW SA. Ponadto sprowadzano węgiel z Grupy PGG i mniejsze ilości od innych dostawców.

W roku 2019 dostarczono **565 861 ton** węgla z kierunków wskazanych w Tabeli 9.3. oraz na Rysunku 9.3.

Tabela 9.3. Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2019

Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2019		
Lp	Kierunek dostaw	[Ilość ton]
1	ZG Sobieski	57 469,85
2	ZG Janina	74 796,10
3	ZG Brzeszcze	72 318,63
4	Haldex	26 056,12
5	Węglokoks	95 545,69
6	CZH SA	19 254,97
7	KWK Ziemowit	45 117,60
8	KWK Halemba	29 512,12
9	KWK Staszic	44 936,35
10	KWK Budryk	100 854,00
RAZEM		565 861,43



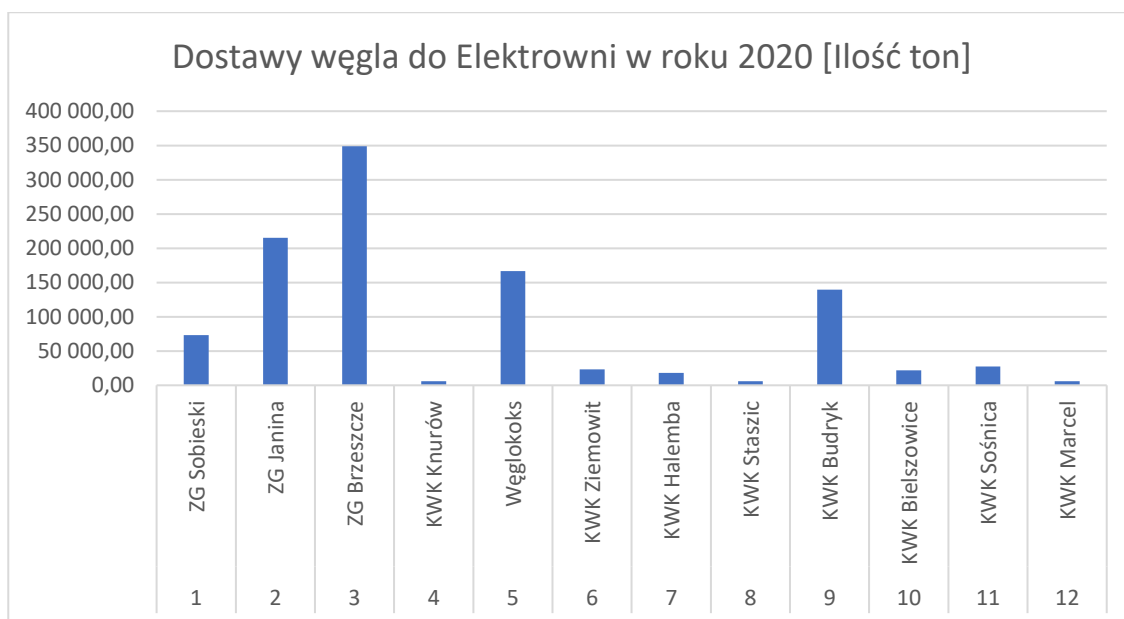
Rysunek 9.3. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2019

W roku 2019 ilość węgla dostarczonego do elektrowni była znacznie niższa z uwagi na przeprowadzony remont kapitalny bloku nr 10. Dominowały dostawy z kopalń własnych oraz spółki Węglokoks SA oraz KWK Budryk wchodzącej w skład Jastrzębskiej Spółki Węglowej.

W roku 2020 dostarczono **1 052 674 ton** węgla z kierunków wskazanych w Tabeli 9.4. oraz na Rysunku 9.4.

Tabela 9.4. Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2020

Dostawy węgla do Elektrowni w roku 2020		
Lp	Kierunek dostaw	[Ilość ton]
1	ZG Sobieski	73 235,08
2	ZG Janina	215 416,34
3	ZG Brzeszcze	349 034,44
4	KWK Knurów	6 070,10
5	Węglkokoks	166 859,89
6	KWK Ziemowit	23 262,15
7	KWK Halemba	17 871,62
8	KWK Staszic	5 979,64
9	KWK Budryk	139 791,00
10	KWK Bielszowice	21 745,10
11	KWK Sośnica	27 429,22
12	KWK Marcel	5 980,10
RAZEM		1 052 674,68



Rysunek 9.4. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2020

Podobnie jak w roku 2019 główne dostawy przyjmowane na składowisko węgla w Elektrowni Łagisza pochodziły z kopalń własnych oraz spółki Węglkokoks SA i KWK Budryk.

Tabela 9.5. przedstawia ilość węgla dostarczonego w latach 2017 – 2020 od poszczególnych dostawców.

Tabela 9.5. Dostawcy węgla w latach 2017 - 2020

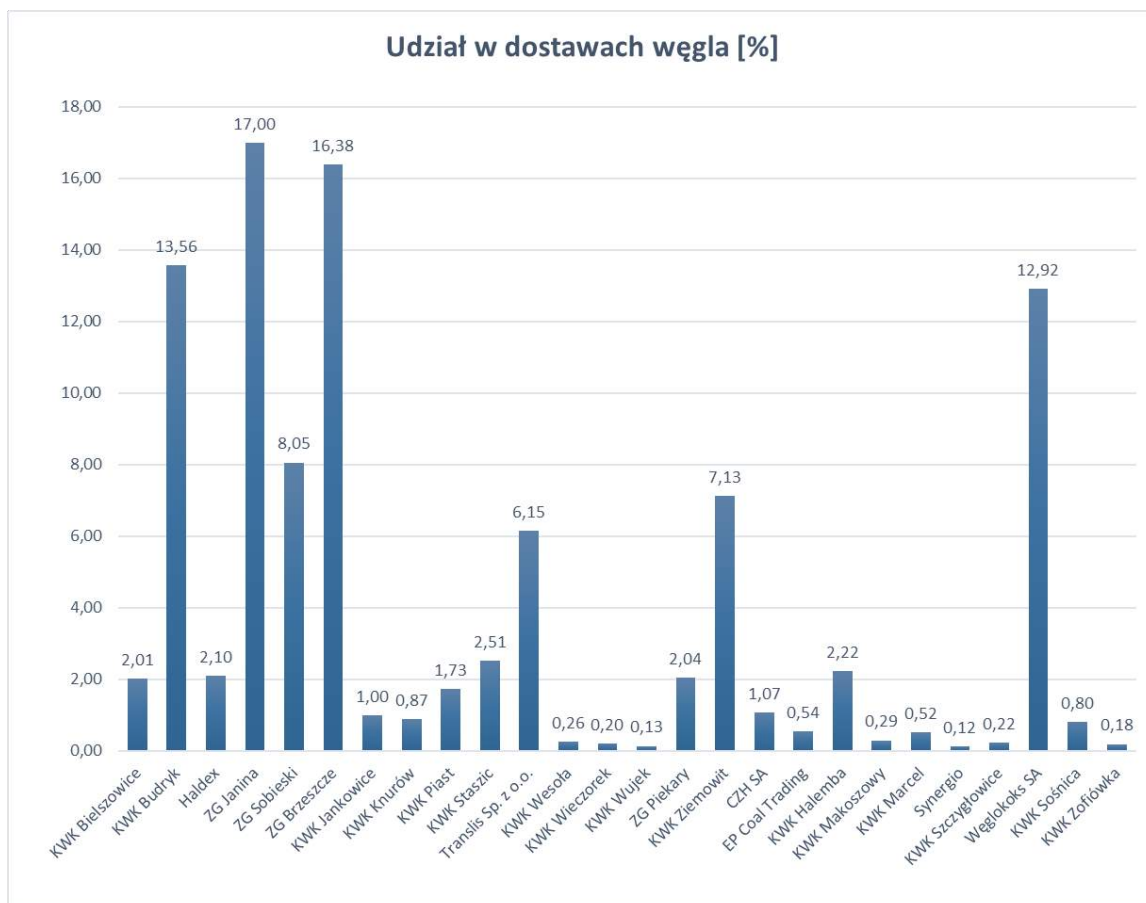
Dostawcy węgla w latach 2017 – 2020					
Dostawca węgla	2017	2018	2019	2020	SUMA [tony]
KWK Bielszowice	27 591,36	19 369,70	0,00	21 745,10	68 706,16
KWK Budryk	86 490,00	137 106,00	100 854,00	139 791,00	464 241,00
Haldex	39 221,14	6 704,68	26 056,12	0,00	71 981,94
ZG Janina	180 234,91	111 482,00	74 796,10	215 416,34	581 929,35
ZG Sobieski	49 020,37	96 060,30	57 469,85	73 235,08	275 785,60
ZG Brzeszcze	239 134,86	176 982,72	72 318,63	72 318,63	560 754,84
KWK Jankowice	20 567,15	13 539,10	0,00	0,00	34 106,25
KWK Knurów	19 754,89	4 132,65	0,00	6 070,10	29 957,64
KWK Piast	2 000,05	57 223,50	0,00	0,00	59 223,55
KWK Staszic	34 894,67	0,00	44 936,35	5 979,64	85 810,66
Translis Sp. z o.o.	32 567,14	177 948,00	0,00	0,00	210 515,14
KWK Wesola	6 837,70	1 989,00	0,00	0,00	8 826,70
KWK Wieczorek	6 975,15	0,00	0,00	0,00	6 975,15
KWK Wujek	4 561,60	0,00	0,00	0,00	4 561,60
ZG Piekary	51 119,05	18 724,50	0,00	0,00	69 843,55
KWK Ziemowit	97 123,55	78 552,52	45 117,60	23 262,15	244 055,82
CZH SA	0,00	17 466,54	19 254,97	0,00	36 721,51
EP Coal Trading	0,00	18 423,15	0,00	0,00	18 423,15
KWK Halemba	0,00	28 715,74	29 512,12	17 871,62	76 099,48
KWK Makoszowy	0,00	9 919,78	0,00	0,00	9 919,78
KWK Marcel	0,00	11 874,45	0,00	5 980,10	17 854,55
Synergio	0,00	4 207,18	0,00	0,00	4 207,18
KWK Szczygłowice	0,00	7 467,40	0,00	0,00	7 467,40
Węglokoks SA	0,00	179 910,36	95 545,69	166 859,89	442 315,94
KWK Sośnica	0,00	0,00	0,00	27 429,22	27 429,22
KWK Zofiówka	0,00	6 268,08	0,00	0,00	6 268,08
Razem: 3 423 981,24 ton					

Poniżej przedstawiono ranking dostawców węgla wg ilości dostarczonego paliwa. Jak wynika z zestawienia, w latach 2017 ÷ 2020 (rys. 9.5.) najwięcej węgla pochodziło z kopalń GK Tauron tj.: z ZG Janina (17%), ZG Brzeszcze (16,38%) oraz ZG Sobieski (8,05%). Spoza Grupy Kapitałowej był spalany węgiel głównie z KWK Budryk (13,56%), kopalni należącej do Spółki JSW SA. oraz z KWK Ziemowit (7,13%)z PGG SA. Dostawy z firmy Węglokoks SA (12,92%) oraz

Translis Sp. z o.o. (6,15% - z tej ostatniej zaprzestano dostaw od roku 2019) to mieszanki różnych gatunków węgla przygotowanych przez te spółki na własnych placach magazynowych lub transportowanych bezpośrednio z portów morskich.



Rysunek 9.5. Zestawienie dostawców węgla w latach 2017 – 2020 dotyczący ilości dostarczonego węgla.



Rysunek 9.6. Procentowy udział dostawców węgla w latach 2017 – 2020

Dostawy węgla realizowane są wg ustalonego harmonogramu i realizowane transportem kolejowym oraz samochodowym. Każda dostawa jest badana pod kątem jakości dostarczonego paliwa.

nr 10, polegającej na zabudowie wymiennika ciepłowniczego, cały wolumen dostaw spalany jest tylko w tej jednostce wytwórczej, która obecnie pracuje zarówno na potrzeby generacji energii elektrycznej jak i dostaw ciepła, co wymaga od niej wysokiej dyspozycyjności.

Jakość podawanego węgla bada się pobierając próbki zarówno z transportu na potrzeby rozliczeń z dostawcami oraz bezpośrednio z taśmociągów. Próbki badane są w Akredytowanym Laboratorium Tauron Wytwarzanie SA oraz są zlecane badania innym podmiotom posiadającym wymagane certyfikaty.

11. PARAMETRY FIZYKOCHEMICZNE WĘGLA

W pracy przeanalizowano badania węgla dostarczanego do Elektrowni Łagisza oraz popiołu powstającego podczas jego spalania, które są wykonywane przez laboratoria akredytowane, zarówno własne spółki Tauron Wytwarzanie jak i zlecane na zewnątrz. Obejmują one szereg parametrów fizyko-chemicznych w stanie analitycznym, roboczym, suchym i bezpopiołowym. Badane są między innymi następujące parametry:

- Wartość opałową;
- Zawartość popiołu;
- Zawartość siarki;
- Zawartość części lotnych;
- Zawartość wilgoci;
- Zawartość węgla;
- Zawartość wodoru;
- Zawartość azotu;
- Wskaźniki dylatometryczne;
- Temperatury topliwości popiołu;
- Zdolność spiekania wg Rogi;
- Wskaźnik samozapalności;
- Podatność transportową.

Poniżej wyniki badań parametrów węgla z przykładowej próbki z dnia 25.02.2020r.

Jak przedstawiono w Tabeli 11.1. (Tabela 11.1) bada się stan analityczny węgla obejmujący parametry takie jak zawartość wilgoci, popiołu czy siarki. Można dzięki temu odnieść się do wartości zakontraktowanych w dostawach i właściwie je rozliczyć handlowo (na podstawie podpisanych umów).

Dodatkowo pomiary zawartości wilgoci przemijającej i całkowitej oraz zawartość popiołu mierzy się również dla stanu roboczego a dla stanu suchego m.in. zawartość siarki całkowitej i popiołu. Dla stanu suchego bezpopiołowego zawartość części lotnych i ciepło spalania.

Tabela 11.1. Analiza fizykochemiczna węgla – próbka W 2136

Oznaczenia	Jedn. miary	Próbka dostarczona	Próbka wzbogacon a	Oznaczenia	Jedn. miary	Próbka dostarczona	Próbka wzbogacon a	
		Wynik wraz z niepewnością rozszerzoną (k=2, P=95)				Wynik wraz z niepewnością rozszerzoną (k=2, P=95)		
STAN ANALITYCZNY								
Zawartość wilgoci w próbce analitycznej	%	7,04 ± 0,50	5,38 ± 0,67	Zawartość siarki całkowitej	%		0,64 ± 0,08	
				Zawartość siarki pirytovej	%		-	
Zawartość popiołu	%	16,85 ± 0,23	5,80 ± 0,41	Zawartość siarki siarczanowej	%	-	-	
Zawartość części lotnych	%	-	32,75 ± 1,16	Zawartość siarki popiołowej	%	-	-	
Ciepło spalania	<i>kJ/kg</i>	-	27 909 ± 149	Zawartość siarki palnej	%	-	-	
Wartość opałowa	<i>kJ/kg</i>	-	26 730	Zawartość siarki organicznej	%	-	-	
Zdolność spiekania według Rogi	-	-	0 ± 2	Zawartość węgla całkowitego	%	-	-	
Wskaźnik wolnego wydymania	-	-	-	Zawartość węgla organicznego	%	-	-	
Wskaźniki dylatometr	kontrakcja	%	-	-	Zawartość wodoru	%	-	-
	dylatacja	%	-	-	Zawartość azotu	%	-	-
	Temperatura:				Zawartość tlenu	%	-	-
	mięknienia	°C	-	-	Zawartość CO ₂ węglanowego	%	-	-
	kontrakcji	°C	-	-	Zawartość węgle węglanowego	%	-	-
	dylatacji	°C	-	-	Gęstość rzeczywista	<i>g/cm³</i>	-	-
Temp. topności popiołu	Atmosfera: utleniająca*	redukująca*		Wskaźnik podatności przemiałowej Hardgrove'a	-	49±4	-	
	spiekania	°C	970 ± 37	930 ± 28	Refleksyjność wityritu	%	-	-
	mięknienia	°C	1250 ± 45	1200 ± 40	Odchylenie	%	-	-
	topnienia	°C	1370 ± 41	1300 ± 29	Zawartość	%	-	-
	plynięcia	°C	1400 ± 44	1360 ± 29	Zawartość	%	-	-
Wskaźnik fixed	%	-	-	Zawartość	%	-	-	
Zawartość części	%	-	-	Zaw. subst.	%	-	-	

STAN ROBOCZY							
Zawartość wilgoci przemijającej	%	13,50	-	Zawartość części lotnych	%	-	-
Zawartość wilgoci całkowitej	%	19,59	-	Zawartość siarki całkowitej	%	-	-
Zawartość popiołu	%	14,58	-	Wartość opalowa	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	-	-
STAN SUCHY							
Zawartość popiołu	%	18,13	6,13	Ciepło spalania	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	-	-
Zawartość siarki całkowitej	%	-	0,68	Wartość opalowa	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$		
STAN SUCHY BEZPOPIOŁOWY							
Zawartość części lotnych	%		36,87	Ciepło spalania	$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$		31422
Typ węgla według PN-G-97002:1982		31.2		Kod klasyfikacji międzynarodowej			

* Atmosfera utleniająca - powietrze, atmosfera redukująca - mieszanka CO+CO₂ w stosunku obj. 3:2.

W Tabeli 11.2. (Tabela 11.2.) zawarto pomiary wskaźnika samozapalności węgla. Dane te są wykorzystywane np. przy jego składowaniu.

Tabela 11.2. Badania dodatkowe – wskaźnik samozapalności – próbka W 2136

Oznaczenie	Metody badawcze	Symbol	Jednostka	Wynik wraz z niepewnością rozszerzoną (k=2, P=95)
Wilgoć przemijająca	PN-G-04511:1980 pkt 2.1*	W_{ex}	%	13,50
Zawartość wilgoci w próbce analitycznej	PN-G-04560:1998	W^a	%	7,04 ± 0,5
	PN-G-04511:1980 pkt 2.4.1*			-
Zawartość popiołu	PN-ISO 1171:2002	A^a	%	-
	PN-G-04560;1998			16,85 ± 0,23
WSKAŹNIK SAMOZAPALNOŚCI				
Wskaźnik samozapalności	PN-G-04558:1993	Sz''	°C/min	42 ± 3
Wskaźnik samozapalności		Sz^a	°C/mln	123 ± 11
Energia aktywacji		A	kJ/mol	45
Grupa samozapalności		-	-	V

Słonność do samozapalenia		-	-	bardzo duża słonność do samozapalenia
* - norma wycofana bez zastąpienia				

Tabela 11.3. (Tabela 11.3.) zawiera informację na temat podatności transportowej węgla oraz wilgoci przemijającej.

Tabela 11.3. Badania dodatkowe – podatność transportowa – próbka W 2136

Oznaczenie	Metody badawcze	Symbol	Jednostka	Wynik wraz z niepewnością rozszerzoną (k=2, P=95)
Wilgoć przemijająca	PN-G-04511:1980 pkt 2.1*	W_{ex}	%	13,50
Podatność transportowa	PN-G-04544:1982*	σ_0	Pa	135 ± 59 odmiana A
* - norma wycofana bez zastąpienia				

Wykonuje się również analizy sitowe węgla pozwalające określić granulację dostarczonego paliwa. Przykładowe analizy z roku 2017 przedstawione zostały w tabeli 11.4., natomiast przykładowe rozszerzone dane z lat 2018 – 2020 znajdują się w Załącznikach 1 – 3.

Tabela 11.4. Przykład analizy sitowej węgla w 2017r.

Data/ godzina	Materiał do badań	nawęglanie	Analiza sitowa PN ISO 1953						
			>31,5	>10,0	>2,00	>1,00	>0,4	>0,2	<0,2
			%	%	%	%	%	%	%
02.10.2017r godz. 15:30	Węgiel	Skład B, P29A	0	8,46	47,43	15,24	15,91	5,15	7,8
02.10.2017r godz. 23:50	Węgiel	Skład B, P29A	0	14,4	37,9	13,86	14,94	8,4	10,5
03.10.2017r godz. 4:00	Węgiel	Skład B, P29B	0	2,49	48,44	14,58	11,73	10,49	12,3
03.10.2017r godz. 7:00	Węgiel	Skład B, P29B	0	1,45	26,89	34,54	27,2	6,05	3,86
03.10.2017r godz. 16:30	Węgiel	Brzeszcze, P29A	0	7,5	56,57	14,39	9,68	5,01	6,84

03.10.2017r godz. 23:15	Węgiel	Brzeszcze, P29A	0	4,55	51,13	16,41	13,26	5,68	8,97
04.10.2017r godz. 2:10	Węgiel	Skład B, P29B	0	3,33	44,51	15,53	13,38	9,83	13,42
04.10.2017r godz. 6:45	Węgiel	Piekary, P29B	0	7,19	46,99	13,48	12,39	10,34	9,6
04.10.2017r godz. 15:30	Węgiel	Skład B, P29A	0	4,38	50,34	21,49	15,32	4,65	3,81
04.10.2017r godz. 22:50	Węgiel	Skład C, P29A	0	6,37	34,85	23,65	16,4	7,77	10,96
05.10.2017r godz. 7:15	Węgiel	Skład B, P29A	0	7,51	57,1	20,27	9,48	3,03	2,61
05.10.2017r godz. 15:20	Węgiel	Janina, P29A	0	3,65	61,63	17,1	8,85	4,2	4,55
05.10.2017r godz. 22:30	Węgiel	Janina, P29A	0	4,95	36,12	18,46	18,18	10,46	11,84
06.10.2017r godz. 6:45	Węgiel	Skład B, P29B	0	2,61	39,63	29,17	15,66	5,49	7,43
06.10..2017r godz. 15:20	Węgiel	Skład B, P29A	0	10,2	39,71	17	14,1	8,12	10,92
06.10.2017r godz. 22:40	Węgiel	Skład B, P29A	0	7,67	41,66	23,49	14,02	6,05	7,11
07.10.2017r godz. 7:00	Węgiel	Skład B, P29A	0	8,62	43,82	16,68	13,1	8,15	9,64
07.10.2017r godz. 15:30	Węgiel	Skład B, P29A	0	3,99	40,31	19,15	15,14	8,77	12,64
07.10.2017r godz. 22:40	Węgiel	Skład B, P29A	0	2,64	40,29	19,15	15,79	8,37	13,76
08.10.2017r godz. 7:20	Węgiel	Skład , P29A	0	8,69	55,05	12,67	10,34	5,62	7,63

W badanym okresie przeanalizowano również kierunki dostaw z uwzględnieniem granulacji paliwa. Próbkę są pobierane za kruszarkami, a więc już po procesie odsiania i rozdrobnienia najgrubszych frakcji (układ technologiczny opisano w Rozdziale 6), niemniej jednak najdrobniejsze części przechodzą przez sita i omijają układ kruszenia.

Na podstawie raportów z analizy sitowej wyodrębniono okres, w którym nawęglano blok bezpośrednio z dostaw z pominięciem składowiska w celu

zebrania informacji jaki udział poszczególnych frakcji zawierają węgle dostarczane od największych dostawców. Wartości przekroczone zaznaczono kolorem czerwonym.

Zestawienie to zawiera poniższa Tabela 11.5.

Tabela 11.5. Granulacja węgla od największych Dostawców

Dostawca	Frakcja po odsianiu na sitach i po kruszarkach [%]				*Ilość dostaw z pominięciem składowiska w okresie 2017 - 2018
	10 – 32 [mm]	2 – 10 [mm]	0,4 – 2 [mm]	0 - 0,4 [mm]	
ZG Brzeszcze	7,15	44,54	32,61	15,70	43
ZG Janina	8,86	44,55	30,61	15,99	25
KWK Ziemowit	5,95	40,18	35,00	18,86	11
KWK Budryk	4,92	38,11	35,20	21,77	24
ZG Sobieski	8,31	44,39	32,85	14,46	11

* - od roku 2019 pobór próbek nie wskazuje kierunku dostawy

Tabela 11.5. pokazuje, że po przejściu przez układ rozdrabniania paliwa, frakcja najdrobniejsza jest przekroczone od 44,6 % do 177,7% w odniesieniu do parametrów paliwa projektowego przytoczonych w Tabeli 4.5. w części dotyczącej granulacji paliwa. Największe przekroczenie występuje w przypadku KWK Budryk (JSW SA) oraz KWK Ziemowit (PGG SA).

Średnio o około 50% przekroczenie to występuje w przypadku Zakładów Górniczych Brzeszcze, Janina i Sobieski.

Dalsze badania dostarczanego paliwa obejmują parametry handlowe, na podstawie których Tauron Wytwarzanie SA rozlicza się z kopalniami.

Akredytowane Laboratorium własne Tauron Wytwarzanie SA **codziennie** wykonuje szereg badań na potrzeby rozliczeń z dostawcami oraz dla służb eksploatujących blok. Poza analizami sitowymi węgla są to jego parametry jakościowe (handlowe).

Przykładową tabelę (Tabela 11.6.), przedstawiono poniżej, pozostałe przykłady z lat 2018 – 2020 znajdują się w załącznikach (Załączniki 4-6). Kolorem czerwonym oznaczono wartości większe od zalecanych przez Dostawcę kotła dla paliwa podstawowego.

Tabela 11.6. Przykład parametrów węgla w 2017r.

Data/ godzina	Materiał do badań	Oznaczany parametr, (stan: analityczny, roboczy/*) / jednostka / identyfikacja metody				
		Wartość opałowa Q_i^r	Popiół A^r	Wilgoć całkowita W_t^r	Siarka całkowita S_t^r	Wilgoć przemijająca W_{ex}^r
		kJ/kg	%	%	%	%
		PN-81/G- 04513	PN-G- 04560	PN-80/G- 04511 p.2.3.2.	PN-G- 04584:200 1	PN-80/G- 04511
01.04.2017 Godz. 7:00	Węgiel z bloku 10 linia 1,2,3,4	20 691	15,8	15,2	1,14	10,4
02.04.2017 Godz. 9:00	jw.	20 267	14,7	17,0	1,21	12,1
03.04.2017 Godz. 7:00	jw.	21 217	17,5	13,2	0,99	9,2
04.04.2017 Godz. 7:00	jw.	21 778	18,1	10,6	1,14	13,5
05.04.2017 Godz. 7:00	jw.	19 294	16,1	18,1	1,13	12,8
06.04.2017 Godz. 7:00	jw.	20 768	20,2	12,3	1,19	8,6
07.04.2017 Godz. 7:00	jw.	20 694	24,1	10,8	0,92	8,0
08.04.2017 Godz. 7:00	jw.	19 336	19,4	15,8	1,13	10,4
09.04.2017 Godz. 7:00	jw.	19 447	19,0	15,9	1,28	10,5
10.04.2017 Godz. 7:00	jw.	20 061	15,4	17,0	1,42	11,1
11.04.2017 Godz. 7:00	jw.	20 064	17,3	16,7	1,00	12,21
12.04.2017 Godz. 9:00	jw.	21 086	14,2	16,1	0,99	10,98

13.04.2017 Godz. 7:00	jw.	19 562	20,6	14,4	1,15	10,40
14.04.2017 Godz. 7:00	jw.	18 023	22,8	15,6	1,27	9,11
16.04.2017 Godz. 7:00	jw.	20 491	13,7	17,5	1,41	12,66
17.04.2017 Godz. 7:00	jw.	20 833	15,8	14,9	1,21	11,19
18.04.2017 Godz. 7:00	jw.	20 050	18,9	14,1	1,19	10,46
19.04.2017 Godz. 7:00	jw.	21 112	24,9	10,2	0,83	9,03
20.04.2017 Godz. 7:00	jw.	19 516	18,9	15,8	1,13	12,19
21.04.2017 Godz. 7:00	jw.	21 171	25,2	9,8	0,88	8,83

Wszystkie powyższe pomiary są wykonywane od pięciu do siedmiu razy w tygodniu i służą do rozliczeń z dostawcami węgla, jak również wykorzystywane są do analizy pracy jednostki wytwórczej.

W ramach prowadzonych badań wykonuje się również okresowo oznaczenie związków chemicznych oraz pierwiastków w węglu. Dostawca kotła nie określił ilości związków chemicznych w węglu.

W tabeli poniżej (Tabela 11.7.) zestawiono dane dotyczące zawartości poszczególnych związków chemicznych oraz pierwiastków w węglu.

Tabela 11.7. Skład chemiczny węgla - tlenki (2017r.)

Kopalnia	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	BaO	TiO ₂
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Janina	7,2	0,02	3,57	1,37	0,51	0,35	0,38	0,27	0,01	0,14
Wesoła	8,3	0,02	3,31	1,23	0,22	0,31	1,02	0,67	0,02	0,18
Piast	13,4	0,03	6,17	3,12	0,49	0,67	0,67	0,61	0,02	0,23
Bielszowice	13,3	0,14	7,25	1,55	0,23	0,94	0,77	0,65	0,04	0,31
Haldex	15,7	0,12	7,72	1,83	0,24	1,03	0,79	0,58	0,04	0,34
Janina	8,7	0,07	3,64	1,61	0,55	0,47	0,39	0,27	0,01	0,15
Wujek	15,6	0,13	6,79	2,85	0,35	1,07	0,74	0,63	0,03	0,36
Sobieski	9,0	0,05	3,85	1,86	0,24	0,37	0,44	0,27	0,01	0,16
Piast	10,1	0,05	5,10	1,31	0,49	0,41	0,74	0,51	0,01	0,18
Ziemowit	12,6	0,02	5,42	2,63	0,45	0,57	0,59	0,54	0,01	0,21
Staszic	13,6	0,08	6,02	1,60	0,37	0,74	0,70	0,66	0,03	0,20
Brzeszcze	13,8	0,07	7,06	1,67	0,30	0,69	1,06	0,50	0,03	0,24
Knurów	19,3	0,18	9,34	2,33	0,42	1,14	0,88	0,85	0,04	0,31
Bolesław Śmiały	17,5	0,12	9,58	1,67	0,40	0,96	0,70	0,70	0,04	0,30
Budryk	12,6		7,54	2,24			0,71	0,75	0,03	0,29

W Tabeli 4.5, w Rozdziale 4.3 – Jakościowe dane projektowe pola paliwowego (dane kontraktowe) przedstawiono parametry **paliwa projektowego i podstawowego**, które określa Dostawca kotła wraz z jego granulacją oraz zawartością tlenków w popiele. W niniejszym Rozdziale zebrano wszystkie dane dotyczące **rzeczywistych** parametrów węgla w celu porównania ich z danymi kontraktowymi paliwa i popiołu. W kolejnych rozdziałach zamieszczona została analiza porównująca parametry dostarczanego węgla z parametrami węgla wymaganego przez Dostawcę kotła.

12. SKŁAD CHEMICZNY POPIOŁU

Istotnym elementem wpływu spalanych mieszanek paliwowych na awaryjność instalacji w przedmiotowym kotle jest zawartość tlenków w powstającym popiele. W poniższej Tabeli 12.1 przedstawiono zawartość tlenków w popiele na podstawie przykładów wykonywanych badań. Kolorem czerwonym oznaczono wartości za wysokie.

Tabela 12.1 Skład chemiczny popiołu – tlenki (2017r.)

Kopalnia	Tlenek, zawartość [%]									
	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	BaO	TiO ₂
Janina	50,8	0,14	25,3	9,73	3,58	2,48	2,71	1,91	0,068	1
Wesoła	50,2	0,15	20	7,44	1,36	1,86	6,2	4,08	0,12	1,09
Piast	51,1	0,1	23,5	11,9	1,86	2,55	2,56	2,32	0,063	0,87
Bielszowice	50,5	0,53	27,51	5,87	0,86	3,57	2,92	2,46	0,14	1,17
Haldex	52,2	0,4	25,6	6,07	0,79	3,41	2,62	1,94	0,13	1,13
Janina	52,4	0,43	22,05	9,77	3,35	2,82	2,36	1,66	0,08	0,93
Wujek	51,7	0,42	22,55	9,47	1,15	3,55	2,47	2,1	0,11	1,2
Sobieski	53,44	0,27	22,96	11,08	1,43	2,2	2,62	1,61	0,059	0,93
Piast	50,6	0,25	25,66	6,61	2,46	2,06	3,71	2,58	0,049	0,92
Ziemowit	51,7	0,08	22,24	10,81	1,84	2,35	2,44	2,23	0,053	0,87
Staszic	52,48	0,32	23,28	6,19	1,43	2,87	2,72	2,54	0,11	0,79
Brzeszcze	51,86	0,26	26,61	6,29	1,15	2,61	3,98	1,88	0,13	0,92
Knurów	52,25	0,48	25,24	6,29	1,13	3,07	2,37	2,3	0,12	0,85
Bolesław Śmiały	52,3	0,37	28,56	4,98	1,2	2,86	2,09	2,09	0,12	0,88
Budryk	47,86		28,59	8,51			2,69	2,85	0,13	1,1

13. JAKOŚĆ WĘGLA KAMIENNEGO A SKŁAD CHEMICZNY POPIOŁU

W Rozdziałach 7, 8, 9, 10, 11 oraz 12 opisano :

- wskaźniki, parametry i indeksy, które wskazują na skłonności węgla do zużłowania, zanieczyszczania ścian komory paleniskowej oraz wpływ tlenków i zawartość składników śladowych na ścieralność popiołową węgla
- wpływ granulacji i zawartości wilgoci w węglu na jego transportowalność,
- kierunki i ilość dostaw,
- raporty z nawęglania bloku,
- granulację węgla wg próbek pobranych z taśmociągów podczas nawęglania,
- skład chemiczny popiołu.

Wszystkie dane dotyczące węgla i popiołu zostały udostępnione przez Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza oraz Akredytowane Laboratorium chemiczne Spółki.

13.1 WSKAŹNIKI R_s , SR , F_u , AK

Obliczone w Tabeli 13.1. (Tabela 13.1.) wskaźniki odnoszą się do skłonności węgla do zużłowania oraz tworzenia osadów a w konsekwencji do zanieczyszczania rur parownika.

Obliczone według zależności (7) wartości wskaźników zużłowania R_s wskazują, że paliwo dostarczane od wszystkich dostawców cechowało się **niską skłonnością do zużłowania** wynikającą bezpośrednio z dużej zawartości glinokrzemianowych związków chemicznych, jak np. SiO_2 oraz Al_2O_3 w porównaniu do zawartości hematytu (Fe_2O_3) oraz związków alkalicznych, np. tlenku wapnia (CaO), czy tlenku magnezu MgO (skład popiołów pokazano w Tabeli 12.1). Powyższe potwierdza wskaźnik SR (Silica Ratio), wskazujący na znaczną zawartość SiO_2 w stosunku do sumy pozostałych głównych związków chemicznych w popiele.

Podobnie jest w przypadku wskaźnika SR . Wszystkie węgle z rozpatrywanych w Tabeli 13.1. (Tabela 13.1.) przypadków wykazuje **niską skłonność do zużłowania**.

Wyniki obliczeń wskaźnika **Fu** (wskaźnik skłonności do zanieczyszczania powierzchni grzewczych), który - zgodnie ze wzorem (7.2) - jest wprost proporcjonalny do iloczynu wskaźnika zużłowania R_s oraz sumy zawartości Na_2O i K_2O , a także odwrotnie proporcjonalny do zawartości siarki S w węglu (wartości oznaczone w stanie suchym) wskazują, że **węgiel z badanych kopalń posiada dużą skłonność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej**.

Wartości wskaźnika F_u oscylują pomiędzy wartością $F_u = 0,68$ do $F_u = 1,67$, co oznacza, że jest to węgiel **o wysokiej skłonności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej** ($0,6 < F_u < 40,0$) (Tabela 13.1.). Odnotowano **bardzo wysoką skłonność do zanieczyszczania** występuje u wszystkich analizowanych dostawców.

Zgodnie z analizowaną tabelą (Tabela 13.1.) wskaźnik **AK** przekroczony jest w 8 przypadkach z 14 rozpatrywanych. Oznacza to, że węgiel ten posiada również **duże skłonności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej**.

Dla węgla z KWK Piast – 0,48, KWK Bielszowice – 0,48, Haldex – 0,54, KWK Wujek – 0,63, KWK Ziemowit – 0,45, KWK Staszic – 0,47, KWK Knurów – 0,62 oraz KWK Bolesław Śmiały – 0,62 wskaźnik **AK** wskazuje, że posiadają one również duże i bardzo duże skłonności do zanieczyszczania, co w połączeniu z wysokim wskaźnikiem **Fu** stwarza duże ryzyko wystąpienia tego problemu na powierzchniach ogrzewalnych kotła.

W poniższej tabeli (Tabela 13.1.) kolorem czerwonym oznaczono duże skłonności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej. Kolor czarny oznacza wartości wskaźników jako niskie i średnie.

Tabela 13.1. Wskaźniki skłonności węgla do zużłowania i zanieczyszczenia ścian komory paleniskowej

SKŁONNOŚĆ WĘGLA DO ZANIECZYSZCZANIA RUR PAROWNIKA					
Data	Dostawca	Wskaźnik Rs niska skłonność do zużłowania (niska zawartość popiołu) Rs < 0,6 średnia skłonność do zużłowania (średnia zawartość popiołu) 0,6 < Rs < 2,0 wysoka skłonność do zużłowania (wysoka zawartość popiołu) 2,0 < Rs < 2,6 bardzo wysoka skłonność do zużłowania (bardzo wysoka zawartość popiołu) Rs > 2,6	Wskaźnik SR niska skłonność do zużłowania SR > 72 średnia skłonność do zużłowania 65 < SR < 72 wysoka skłonność do zużłowania SR < 65	Wskaźnik Fu brak skłonności do zanieczyszczenia Fu < 0,6 duża skłonność do zanieczyszczenia 0,6 < Fu < 40,0 bardzo wysoka skłonność do zanieczyszczenia Fu > 40,0	Wskaźnik AK niskie skłonności do zanieczyszczenia AK < 0,3 średnie skłonności do zanieczyszczenia 0,3 < AK < 0,45 duże skłonności do zanieczyszczenia 0,45 < AK < 0,6 bardzo duże skłonności do zanieczyszczenia AK > 0,6
14.07.2017	ZG Janina	0,41	77,97	1,62	0,33
17.07.2017	KWK Wesola	0,14	73,91	0,95	0,21
18.07.2017	KWK Piast	0,27	75,28	1,24	0,48
20.07.2017	KWK Bielszowice	0,12	81,78	0,91	0,48
20.07.2017	Haldex	0,10	83,08	0,81	0,54
27.07.2017	ZG Janina	0,41	79,17	1,67	0,39
21.07.2017	KWK Wujek	0,18	78,64	1,19	0,63
21.07.2017	ZG Sobieski	0,40	77,73	0,90	0,24
21.07.2017	KWK Piast	0,21	79,69	1,03	0,38
21.07.2017	KWK Ziemowit	0,48	76,96	1,11	0,45
22.07.2017	KWK Staszic	0,11	82,09	0,90	0,47
24.07.2017	ZG Brzeszcze	0,06	81,02	0,77	0,39
24.07.2017	KWK Knurów	0,12	82,66	0,84	0,62
24.07.2017	KWK Bolesław Śmiały	0,23	85,10	0,68	0,62
27.07.2017	KWK Budryk	0,15	77,31		

Tabela 13.2. Zestawienie wskaźników dotyczących zużłowania i zanieczyszczenia ścian komory paleniskowej dla dostarczanego węgla

Dostawca	<i>Skłonność węgla do zużłowania i zanieczyszczenia ścian komory paleniskowej – według Rozdziału 7 zestawione w Tabeli 13.1.</i>
ZG Janina	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 17%</p> <p>Wskaźnik zużłowania Rs w badanych obu próbach wyniósł Rs = 0,41. Oznacza to niską skłonność węgla do zużłowania (Rs < 0,6). Wartość ta powiązana jest z niską zawartością popiołu w paliwie.</p> <p>Wartość wskaźnika stosunku SiO₂ (Silica Ratio) wynosi SR = 77,97 a dla drugiej próby SR = 79,17 co wskazuje na niską skłonność do zużłowania (SR > 72).</p> <p>Wskaźniki opisujące skłonność paliwa do zanieczyszczenia powierzchni grzewczych czyli wskaźnik Fu oraz indeks alkaliczności AK przyjęły wartości dla obu prób:</p> <p>Fu = 1,62 ; Fu = 1,67 – oznacza to duże skłonności do zanieczyszczenia powierzchni, jednakże zaznaczyć należy, że wskaźnik Fu dla takiej cechy paliwa zawiera się w granicach 0,6 < Fu < 40,0, a więc jego wartość dla węgla z ZG Janina znajduje się w obszarze niższych wartości co pozwala na wniosek, że ta skłonność istnieje lecz zależec może np. od wysokiej zawartości siarki całkowitej w węglu w stanie suchym – wzór (7.2), co jest cechą tego kierunku.</p> <p>Indeks AK dla obu prób wyniósł:</p> <p>AK = 0,33 ; AK = 0,39 – oznacza to średnie skłonności do zanieczyszczenia ze wskazaniem na tendencję do niskiej, gdyż indeks dla tej cechy zawiera się w granicach 0,3 < AK < 0,45 a więc lokuje się bliżej wartości mniejszych w tym zakresie.</p> <p>Paliwo dostarczane z ZG Janina ma małe tendencje do zużłowania, cecha ta charakteryzuje węgle z niską zawartością popiołu. Wartość wskaźnika Fu jest za wysoka i wskazuje na tendencje węgla do zanieczyszczenia ścian komory paleniskowej. Wskaźnik AK dla węgla z tej kopalni wynosi 0,33</p>

	co oznacza, że posiada on średnie skłonności do zanieczyszczania.
ZG Sobieski	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 8,5%</p> <p>Wskaźnik zużłowania R_s wyniósł $R_s = 0,40$, co oznacza niską skłonność węgla do zużłowania. Podobnie jak w opisie wyżej, wartość ta powiązana jest z niską zawartością popiołu w paliwie.</p> <p>Wartość wskaźnika stosunku SiO_2 (Silica Ratio) wynosi $SR = 77,73$ i również wskazuje na niską skłonność do zużłowania.</p> <p>Wskaźniki opisujące skłonność paliwa do zanieczyszczania powierzchni grzewczych czyli wskaźnik F_u oraz indeks alkaliczności AK przyjęły wartości:</p> <p>$F_u = 0,9$ – przy tej wartości wskaźnika dla zakresu $0,6 < F_u < 40,0$ oznacza stosunkowo małą skłonność do tworzenia zanieczyszczeń na elementach parownika.</p> <p>Indeks alkaliczności osiągnął wartość $AK = 0,24$. Jest to wartość mówiąca o niskiej skłonności do zanieczyszczania ($AK < 0,3$).</p> <p>Paliwo dostarczane z ZG Sobieski ma niską skłonność do zużłowania oraz zanieczyszczania ścian komory paleniskowej kotła.</p>
ZG Brzeszcze	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 16,38%</p> <p>Wskaźnik zużłowania R_s wyniósł $R_s = 0,06$, co oznacza bardzo niską skłonność węgla do zużłowania.</p> <p>Wartość wskaźnika stosunku SiO_2 (Silica Ratio) wynosi $SR = 81,02$ i nie ma skłonności do zużłowania.</p> <p>Wskaźniki opisujące skłonność paliwa do zanieczyszczania powierzchni grzewczych czyli wskaźnik F_u oraz indeks alkaliczności AK przyjęły wartości:</p> <p>Wskaźnik skłonności do zanieczyszczania powierzchni ogrzewalnych wyniósł $F_u = 0,77$ – przy tej wartości wskaźnika również oznacza stosunkowo małą skłonność do tworzenia zanieczyszczeń na elementach parownika.</p>

	<p>Indeks alkaliczności osiągnął wartość $AK = 0,39$. Jest to średnia skłonności do zanieczyszczania powierzchni ogrzewalnych ($0,3 < AK < 0,45$).</p> <p>Paliwo dostarczane z ZG Brzeszcze nie ma skłonności do zużłowania, oraz średnią zdolność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej kotła.</p>
KWK Ziemowit	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 7,13%</p> <p>Wskaźnik zużłowania R_s wyniósł $R_s = 0,48$, co oznacza niską skłonność węgla do zużłowania.</p> <p>Wartość wskaźnika stosunku SiO_2 (Silica Ratio) wynosi $SR = 76,96$ i również wskazuje na niską skłonność do zużłowania.</p> <p>Wskaźniki opisujące skłonność paliwa do zanieczyszczania powierzchni grzewczych czyli wskaźnik F_u oraz indeks alkaliczności AK przyjęły wartości:</p> <p>Wskaźnik skłonności do zanieczyszczania powierzchni ogrzewalnych $F_u = 1,11$ co podobnie w przypadku trzech pierwszych kierunków dostaw również oznacza stosunkowo małą skłonność do deponowania na powierzchniach ogrzewalnych kotła zanieczyszczeń ($0,6 < F_u < 40,0$).</p> <p>Indeks alkaliczności osiągnął wartość $AK = 0,45$. Wartość ta według tego wskaźnika wykazuje średnie skłonności do zanieczyszczania powierzchni ogrzewalnych z tendencją do dużych ($0,3 < AK < 0,45$).</p> <p>Oba wskaźniki zależą również od zawartości popiołu oraz od zawartości siarki całkowitej w węglu w stanie suchym (wzory 7.2 oraz 7.3).</p> <p>Paliwo dostarczane z KWK Ziemowit ma niską skłonności do zużłowania, oraz średnią zdolność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej kotła. Ta ostatnia wartość uzależniona jest, jak wskazano wyżej, od zawartości popiołu oraz od zawartości siarki całkowitej w węglu w stanie suchym.</p>
KWK Budryk	Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 13,56%

	<p>Wskaźnik zużłowania Rs wyniósł $R_s = 0,15$, jest to bardzo niska skłonność węgla do zużłowania.</p> <p>Wartość wskaźnika stosunku SiO_2 (Silica Ratio) wynosi $SR = 77,31$ i podobnie jak pierwszy wskaźnik osiągnął wartość w takim samym przedziale.</p> <p>Wskaźniki opisujące skłonność paliwa do zanieczyszczania z uwagi na brak danych dotyczących zawartości K_2O oraz Na_2O w popiele nie zostały obliczone.</p> <p>Paliwo dostarczane z KWK Budryk nie ma skłonności do zużłowania, nie można natomiast się wypowiedzieć na temat zdolności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej.</p>
Wnioski	<p>Opisane i ujęte w Tabeli 13.1. (Tabela 13.1.) kopalnie stanowią największą grupę dostawców węgla do elektrowni. Ich parametry dotyczące wskaźników R_s i SR świadczą o niskiej i bardzo niskiej skłonności do zużłowania.</p> <p>Wskaźniki opisujące zdolność węgla do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej F_u oraz AK są następujące:</p> <ol style="list-style-type: none">1. ZG Janina - wartość wskaźnika F_u jest najwyższa ze wszystkich rozpatrywanych kierunków dostaw. Węgiel ten posiada dużą skłonność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej,2. ZG Sobieski - ma niską skłonność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej,3. ZG Brzeszcze - posiada średnią zdolność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej,4. KWK Ziemowit – posiada średnią zdolność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej kotła. Wartość ta uzależniona jest od zawartości popiołu oraz od zawartości siarki całkowitej w węglu w stanie suchym,5. KWK Budryk - nie można się wypowiedzieć na temat zdolności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej z uwagi na brak danych dotyczących zawartości K_2O oraz Na_2O w popiele.

13.2 ZAWARTOŚCI TLENKÓW W POPIELE

W Tabeli 13.3. przedstawiono parametry popiołu z paliwa projektowego i podstawowego związane z zawartością tlenków w popiele.

Tabela 13.3. Zawartość wybranych składników w popiele z paliwa projektowego zakładanego do spalania w analizowanym kotle (wartości w %)

Składnik	Zawartość [%]
SiO ₂	45 - 51
Al ₂ O ₃	24 - 27
Fe ₂ O ₃	7,8 – 8,8
MgO	2,8 – 3,8
CaO	3,5 – 5,3
Na ₂ O	0,7 – 1,1
K ₂ O	1,9 – 2,8
P ₂ O ₅	0,1 – 0,1
TiO ₂	N/A
SO ₃	N/A

Porównując dane projektowe i wyniki pomiarów węgla spalane w latach 2017 – 2020 w Elektrowni Łagisza, zauważa się przekroczenia zawartości krzemu SiO₂, tlenku fosforu P₂O₅, hematytu Fe₂O₃, oraz tlenku sodu Na₂O; ponadto przekroczenie zawartości korundu w popiele Al₂O₃ wykazano w dostawach z kopalni Budryk. Ta specyfikacja dotyczy największych dostawców węgla do elektrowni.

Przekroczenia zawartości tlenków w popiele z paliwa dostarczanego od największych dostawców w stosunku do wartości paliwa projektowego i podstawowego zestawiono w Tabeli 13.4. Przekroczenia zaznaczono pogrubioną czerwoną czcionką, z kolei pogrubioną czcionką niebieską zaznaczono wartości za niskie odnosząc do wartości projektowych przytoczonych wg Tabeli 13.3. Należy podkreślić, że najwięksi dostawcy, w tym kopalnie własne, stanowią około 60% wszystkich dostaw węgla dla elektrowni.

Tabela 13.4. Przekroczenia zawartości tlenków w popiele węgla dostarczanego do elektrowni w stosunku do węgla projektowego i podstawowego - najwięksi dostawcy

Dostawca	Tlenek, zawartość [%]									
	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	BaO	TiO ₂
Twardość [skala Mohsa]	7	1	9	6	1	1	2	3		6,2
Janina	50,8	0,14	25,3	9,73	3,58	2,48	2,71	1,91	0,068	1
Janina	52,4	0,43	22,05	9,77	3,35	2,82	2,36	1,66	0,08	0,93
Sobieski	53,44	0,27	22,96	11,08	1,43	2,2	2,62	1,61	0,059	0,93
Ziemowit	51,7	0,08	22,24	10,81	1,84	2,35	2,44	2,23	0,053	0,87
Brzeszcze	51,86	0,26	26,61	6,29	1,15	2,61	3,98	1,88	0,13	0,92
Budryk	47,86		28,59	8,51			2,69	2,85	0,13	1,1

W uzupełnieniu, w Tabeli 13.5. przedstawiono dane dotyczące zawartości tlenków dla pozostałych analizowanych dostaw. Podobnie jak w przypadku największych dostawców, w badanych paliwach stwierdzono przekroczenia zakładanych maksymalnych zawartości glinokrzemianów oraz (w niektórych przypadkach) także związków alkalicznych. Tutaj również przekroczenia zaznaczono pogrubioną czerwoną czcionką. Pogrubioną czcionką niebieską zaznaczono wartości za niskie odnosząc do wartości projektowych wg Tabeli 13.3.

Tabela 13.5. Przekroczenia zawartości tlenków w popiele węgla dostarczanego do elektrowni w stosunku do węgla projektowego i podstawowego – pozostali dostawcy

Kopalnia	Tlenek, zawartość [%]									
	SiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CaO	MgO	BaO	TiO ₂
Twardość [skala Mohsa]	7	1	9	6	1	1	2	3		6,2
Wesoła	50,2	0,15	20	7,44	1,36	1,86	6,2	4,08	0,12	1,09
Piast	51,1	0,1	23,5	11,9	1,86	2,55	2,56	2,32	0,063	0,87
Bielszowice	50,5	0,53	27,51	5,87	0,86	3,57	2,92	2,46	0,14	1,17
Haldex	52,2	0,4	25,6	6,07	0,79	3,41	2,62	1,94	0,13	1,13
Wujek	51,7	0,42	22,55	9,47	1,15	3,55	2,47	2,1	0,11	1,2
Piast	50,6	0,25	25,66	6,61	2,46	2,06	3,71	2,58	0,049	0,92
Staszic	52,48	0,32	23,28	6,19	1,43	2,87	2,72	2,54	0,11	0,79
Knurów	52,25	0,48	25,24	6,29	1,13	3,07	2,37	2,3	0,12	0,85
Bolesław Śmiały	52,3	0,37	28,56	4,98	1,2	2,86	2,09	2,09	0,12	0,88

Przekroczenia zawartości wybranych związków w popiele (m.in. SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O) świadczą tym samym również o wysokiej zawartości tych związków w paliwie.

Przekroczenia zaznaczono pogrubioną czerwoną czcionką. Pogrubioną czcionką niebieską zaznaczono wartości za niskie.

W Tabeli 13.6. zestawiono zawartości wybranych tlenków w paliwie suchym i w popiele ze spalanego w roku 2017 węgla. Dostawca nie określił zawartości poszczególnych związków chemicznych w paliwie.

Tabela 13.6. Ciepło spalania oraz zawartości wybranych związków chemicznych w paliwie oraz popiele (stan suchy)

Data	Dostawca	Ciepło spalania [MJ/kg]	Zawartość składnika w paliwie								Zawartość składnika w popiele								
			Chlor %	SiO ₂ %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	Popiół [-]	S %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	P ₂ O ₅ %	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	TiO ₂ %
14.07.2017	Janina	26,2	0,352	7,2	0,51	0,35	3,57	1,37	0,14	1,54	3,58	2,48	9,73	2,71	1,91	0,14	50,8	25,3	1
17.07.2017	Wesoła	25,0	0,255	8,3	0,22	0,31	3,31	1,23	0,17	0,48	1,36	1,86	7,44	6,2	4,08	0,15	50,2	20	1,09
18.07.2017	Piast	24,2	0,313	13,4	0,49	0,67	6,17	3,12	0,26	0,97	1,86	2,55	11,9	2,56	2,32	0,1	51,1	23,5	0,87
20.07.2017	Bielszowice	24,2	0,097	13,3	0,23	0,94	7,25	1,55	0,26	0,59	0,86	3,57	5,87	2,92	2,46	0,53	50,5	27,51	1,17
20.07.2017	Haldex	23,5	0,145	15,7	0,24	1,03	7,72	1,83	0,30	0,53	0,79	3,41	6,07	2,62	1,94	0,4	52,2	25,6	1,13
27.07.2017	Janina	26,2	0,378	8,7	0,55	0,47	3,64	1,61	0,17	1,55	3,35	2,82	9,77	2,36	1,66	0,43	52,4	22,05	0,93
21.07.2017	Wujek	22,5	0,266	15,6	0,35	1,07	6,79	2,85	0,30	0,74	1,15	3,55	9,47	2,47	2,1	0,42	51,7	22,55	1,2
21.07.2017	Sobieski	25,9	0,120	9,0	0,24	0,37	3,85	1,86	0,17	1,64	1,43	2,2	11,08	2,62	1,61	0,27	53,44	22,96	0,93
21.07.2017	Piast	23,8	0,487	10,1	0,49	0,41	5,10	1,31	0,20	0,95	2,46	2,06	6,61	3,71	2,58	0,25	50,6	25,66	0,92
21.07.2017	Ziemowit	22,6	0,271	12,6	0,45	0,57	5,42	2,63	0,24	1,81	1,84	2,35	10,81	2,44	2,23	0,08	51,7	22,24	0,87
22.07.2017	Staszic	23,9	0,291	13,6	0,37	0,74	6,02	1,60	0,26	0,54	1,43	2,87	6,19	2,72	2,54	0,32	52,48	23,28	0,79
24.07.2017	Brzeszcze	25,6	0,166	13,8	0,30	0,69	7,06	1,67	0,27	0,30	1,15	2,61	6,29	3,98	1,88	0,26	51,86	26,61	0,92
24.07.2017	Knurów	25,2	0,151	19,3	0,42	1,14	9,34	2,33	0,37	0,64	1,13	3,07	6,29	2,37	2,3	0,48	52,25	25,24	0,85
24.07.2017	Bolesław Śmiały	22,1	0,161	17,5	0,40	0,96	9,58	1,67	0,34	1,41	1,2	2,86	4,98	2,09	2,09	0,37	52,3	28,56	0,88
27.07.2017	Budryk	25,3	0,165	12,6			7,54	2,24	0,26	0,82			8,51	2,69	2,85		47,86	28,59	1,1

Jak wynika z przeprowadzonych analiz (Tabele od 13.1. do 13.6.) badane węgle mają duże zawartości glinokrzemianów takich jak np. korund lub kwarc, a to z kolei ma niekorzystny wpływ na eksploatację zarówno układu podawania paliwa jak i odbioru popiołu dennego, zwłaszcza, że związki glinokrzemianowe cechują wysokie twardości w skali Mohsa (Tabela 13.7.), czego skutkiem może być przyspieszone zużycie erozyjne, zwłaszcza powierzchni metalowych (ekrany, pęczki wymienników konwekcyjnych oraz rury niepokryte wymurówką, itp.).

Tabela 13.7. Twardość według skali Mohsa dla wybranych tlenków

Tlenek	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Twardość	2	3	2	1	1	6	1	6,2	9	7

Najtwardsze tlenki to Al₂O₃, który posiada najwyższą twardość i posiada w związku z tym duże właściwości ściernie (korund używany jest do piaskowania powierzchni w celu ich przygotowania przed nałożeniem np. powłok ochronnych). Również wysoką twardość posiada SiO₂ (kwarc), tlenek tytanu TiO₂ oraz hematyt Fe₂O₃.

Charakterystykę węgla pod względem zawartości tlenków w popiele przedstawia poniższa Tabela 13.8.

Tabela 13.8. Charakterystyka węgla – zawartość tlenków w popiele

Dostawca	Opis zawartości tlenków w popiele w odniesieniu do parametrów projektowych paliwa oraz analizy pierwiastkowej węgla i popiołu
ZG Janina	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 17%</p> <p>W porównaniu do parametrów projektowych paliwa węgiel z ZG Janina zawartość hematytu (Fe₂O₃) oraz P₂O₅ jest za wysoka, natomiast zawartość kwarcu (SiO₂) oraz korundu (Al₂O₃) utrzymuje się w dopuszczalnych granicach.</p> <p>Węgiel ten, z uwagi na przekroczoną wartość hematytu wpływa na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p>
ZG Sobieski	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 8,5%</p> <p>W porównaniu do parametrów projektowych paliwa węgiel z ZG Sobieski zawartość hematytu (Fe₂O₃), kwarcu (SiO₂), Na₂O oraz P₂O₅ jest za wysoka, natomiast zawartość oraz korundu (Al₂O₃)</p>

	<p>utrzymuje się poniżej dopuszczalnych granic. Pozostałe tlenki utrzymują się poniżej wartości dopuszczalnych.</p> <p>Węgiel z ZG Sobieski z uwagi na przekroczoną wartość hematytu, oraz kwarcu może w dużym stopniu oddziaływać na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p>
ZG Brzeszcze	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 16,38%</p> <p>W porównaniu do parametrów projektowych paliwa węgiel z ZG Brzeszcze zawartość kwarcu (SiO_2), Na_2O oraz P_2O_5 jest za wysoka, zawartość korundu (Al_2O_3) mieści się w dopuszczalnych granicach, natomiast zawartość hematytu (Fe_2O_3) utrzymuje się poniżej dopuszczalnych granic. Pozostałe tlenki utrzymują się w wartościach dopuszczalnych lub poniżej.</p> <p>Zawartość SiO_2 w dostarczonym paliwie przekracza wartości rekomendowane i wpływa na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p>
KWK Ziemowit	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 7,13%</p> <p>W porównaniu do parametrów projektowych paliwa węgiel z KWK Ziemowit zawartość kwarcu (SiO_2), hematytu (Fe_2O_3) oraz Na_2O jest za wysoka, zawartość korundu (Al_2O_3) mieści się w dopuszczalnych granicach, natomiast zawartość P_2O_5 utrzymuje się poniżej dopuszczalnych granic. Pozostałe tlenki utrzymują się w wartościach dopuszczalnych lub poniżej.</p> <p>Przekroczona w stosunku do rekomendowanej wartość SiO_2 oraz Fe_2O_3 może w dużym stopniu oddziaływać na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p>
KWK Budryk	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 13,56%</p> <p>W porównaniu do parametrów projektowych paliwa węgiel z KWK Budryk zawartość korundu (Al_2O_3) jest za wysoka. Pozostałe tlenki utrzymują się w wartościach dopuszczalnych lub poniżej. Paliwo z KWK Budryk zawiera większą od rekomendowanej zawartość Al_2O_3, wpływa zatem na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p>

Wnioski	<p>W przeprowadzonej analizie najwięcej hematytu Fe_2O_3 znajdowało się w węglu z ZG Janina, ZG Sobieski oraz KWK Ziemowit.</p> <p>Najwyższą zawartość SiO_2 (kwarcu) zawierał węgiel z ZG Sobieski, ZG Brzeszcze oraz KWK Ziemowit.</p> <p>W węglu z KWK Budryk przekroczona jest rekomendowana zawartość Al_2O_3 (korund).</p> <p>Pozostała zawartość tlenków w paliwie mieści się w dopuszczalnych granicach lub jest niższa od rekomendowanej.</p> <p>Popiół z największych kierunków dostaw zawiera tlenki, które wpływają na erozję elementów transportu żużła. Z uwagi na to, że znajdują się również w paliwie ich podobny wpływ wywierany jest na układ podawania paliwa.</p>
----------------	--

W podsumowaniu przedstawionych w niniejszym rozdziale danych można stwierdzić, że przygotowywanie optymalnych zakładanych mieszanek paliwowych spełniających wymagania jednostki wytwórczej jest trudne do osiągnięcia ze względu na zmienność parametrów dostarczanych węgli. Wpływ na to ma zarówno skład chemiczny węgla, który zależy od geologii obszaru wydobywania, jak i jego granulacja, która zawiera ponadnormatywną ilość frakcji najdrobniejszej poniżej 0,4mm.

Należy podkreślić, że spośród analizowanych kierunków dostaw najodpowiedniejszym składnikiem mieszanek paliwowych jest węgiel z ZG Janina w Libiążu. W odniesieniu do innych węgli odznacza się bowiem niską zawartością glinokrzemianów. Niestety zawiera bardzo dużo frakcji drobnej.

Podkreślić należy, że obecny układ technologiczny pozwala na przygotowanie mieszanek paliwa w skład których mogą wchodzić węgle o zbliżonych parametrach z takich kopalń jak np. KWK Wesoła czy KWK Piast.

14. ANALIZA PROCESU NAWĘGLANIA

Czynnikiem mającym bardzo istotny wpływ na parametry pracy kotła fluidalnego (jak również innych typów kotłów) jest jakość węgla. W pracy dokonano analizy pracy bloku energetycznego opartego na nadkrytycznym kotle fluidalnym spalającym różne gatunki węgla energetycznych. Dostarczany węgiel porównano z projektowym polem paliwowym.

Badaniu poddano cały proces produkcyjny związany z transportem węgla, tj.:

- kierunki dostaw;
- parametry jakościowe węgla;
- proces nawęglania zasobników przykotłowych.

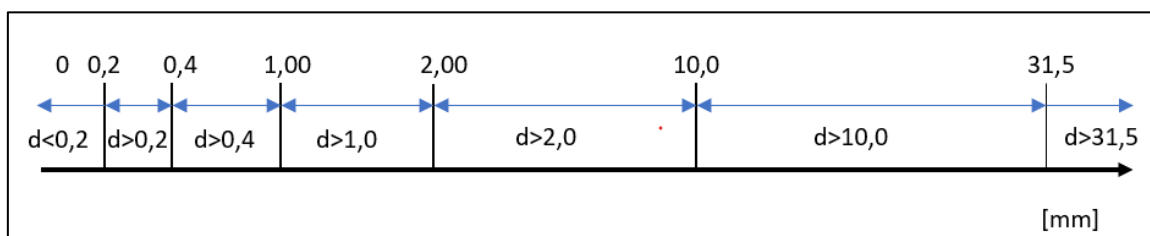
Dostawy węgla realizowane były wg ustalonego harmonogramu i odbywały się transportem kolejowym oraz samochodowym. Każda dostawa była (i jest) badana pod kątem jakości dostarczonego paliwa. Próbkę węgla do badań pobierane są na taśmociągach za kruszarkami.

Rozpoczynając od danych dotyczących ile i jakiego paliwa dostarczono do zasobników przykotłowych, mając wiedzę co do czasu przebywania mieszanki z danego dnia w tych zasobnikach można w przybliżeniu określić jakie paliwo trafiło do kotła. Śledzenie procesu rozpoczęto od zapoznania się z jakością dostawy kolejowej lub samochodowej, charakterem dostawy do zasobników, wynikiem pomiaru jakości mieszanki pobranej z taśmociągów aż po spalenie w komorze paleniskowej.

Analiza ta, wykonana jako pierwsza z analiz będących przedmiotem pracy, została przeprowadzona dla wybranych miesięcy lat 2017 – 2020 i miała za zadanie odnieść się do procesu produkcji energii elektrycznej w powiązaniu z awariami kotła, układu podawania paliwa, wielkością ubytków mocy oraz historią zaniżeń mocy wraz z ich przyczynami. Szczegółowemu badaniu poddano wybrane miesiące letnie i zimowe, aby uwzględnić zmienne warunki pogodowe.

Zbieranie danych w omawianym zakresie dotyczyło zarówno składu paliwa jak i jego cech fizycznych. Od tych parametrów zależy stabilny przepływ paliwa od składowiska węgla aż do komory paleniskowej.

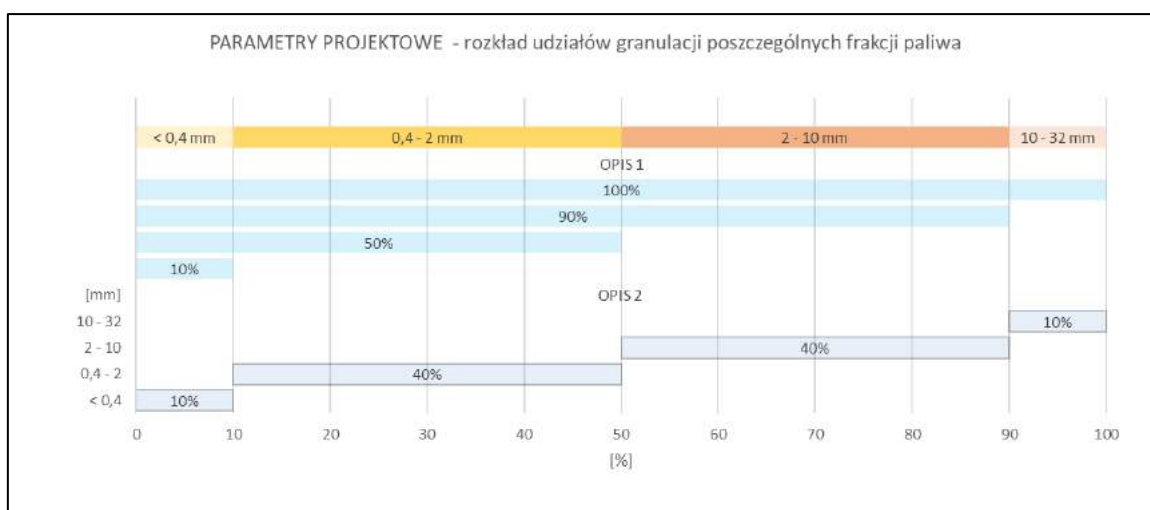
Akredytowane laboratorium Spółki TAURON Wytwarzanie wykonuje codziennie analizę sitową podawanego do kotła węgla. Paliwo odsiewane jest na sitach o oczkach o wymiarach 0,2 mm, 0,4 mm, 1,0 mm, 2,0 mm, 10,0 mm oraz 31,5 mm. Graficznie przedstawia to poniższy rysunek (Rysunek 14.1).



Rysunek 14.1. Rozmiar oczek sit stosowanych w laboratorium TAURON Wytwarzanie SA.

Przykłady analiz sitowych znajdują się w Tabeli 11.4 oraz Załącznikach 1 – 3.

Dostawca kotła określił dla paliwa projektowego (Tabela 4.5) udział procentowy poszczególnych frakcji w ogólnej masie paliwa, a przedstawia to poniższy rysunek (Rysunek 14.2).



Rysunek 14.2. Udziały procentowe poszczególnych frakcji ziarnowych paliwa projektowego.

W związku z podanymi wartościami należało odnieść wymaganą przez Dostawcę granulację do wyników otrzymywanych na sitach. Rezultatem jest utworzenie czterech zamiast siedmiu frakcji ziarnowych, zgodnie z danymi dla paliwa projektowego, które zawarte zostały w Tabeli 14.1 oraz Załącznikach od 7 do 17.

W tabeli tej oraz załącznikach czerwoną pogrubioną czcionką przedstawiono przekroczenia parametrów dostarczanego do elektrowni węgla względem granulacji węgla projektowego, dla którego w masie dostarczanego paliwa:

- ziaren o wielkości mniejszej lub równej 0,4 mm ($z \leq 0,4$) powinno być nie więcej niż 10% (sita o oczkach $d = 0,2$ mm i $d = 0,4$ mm);
- ziaren większych od 0,4 mm ale mniejszych lub równych 2 mm ($2 \geq z > 0,4$) powinno być nie więcej niż 40% (sita o oczkach $d = 1,0$ mm i $d = 2,0$ mm);
- ziaren większych od 2 mm ale mniejszych lub równych 10 mm ($10 \geq z > 2$) powinno być nie więcej niż 40% (sito o oczku $d = 10$ mm);
- ziaren o wielkości powyżej 10 mm ($z > 10$) powinno być nie więcej niż 10%.

Najwięcej przekroczeń odnotowano dla ziaren o wielkości mniejszej lub równej 0,4 mm, jednakże parametrów paliwa projektowego nie spełniają również pozostałe frakcje. Dodatkowe przykłady zawarto w Załącznikach 7 -17.

Tabela 14.1. Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – październik 2017

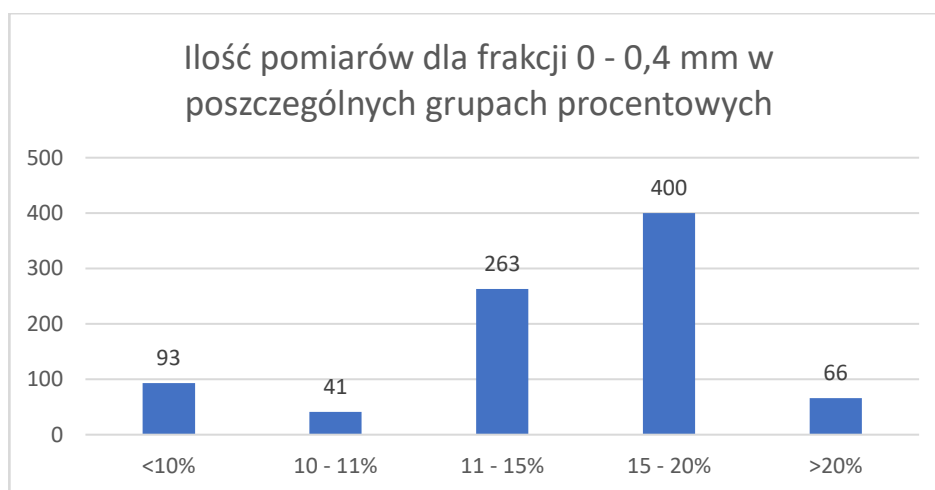
Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe październik 2017				Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalała 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
Data	I nawęgl. 6:00 - 14:00 II nawęgl. 14:00 - 22:00 III nawęgl. 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A,B lub C - nawęgl. zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opalała Q _i	Popiół A _r	Wilgoć całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgoć przemijająca W _{rex}
	Dostawca paliwa	Rodzaj transportu		z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
02-10-2017	Skład B - 1 540 ton	Nawęglanie zewnętrzne ze składu B Elektrowni (Skład B, P29A)	02.10.2017r godz 15:30	8,46	47,43	31,15	12,95	21371	18,5	13,8	0,7	10,7
			02.10.2017r godz 23:50	14,4	37,9	28,8	18,9					
24-10-2017	I nawęgl. Skład C - 630 ton; Skład B - 410 ton II nawęgl. Budryk 29 - 760 ton, III nawęgl. Budryk 29 - 320 ton; Łącznie - 2 780 ton	Skład C, P29B	24.10.2017r godz 7:30	19,06	59,91	15,46	5,57	20050	20	15	0,79	11,1
		Skład B, P29A	24.10.2017r godz 11:15	1,71	40,65	36,07	21,58					
		Budryk, P29A	24.10.2017r godz 15:20	2,23	39,59	30,01	28,17					
		Skład C, P29A	24.10.2017r godz 22:45	7,76	46,41	32,99	12,85					
27-10-2017	I nawęgl. Janina 51 - 898,35 ton II nawęgl. Skład A - 500 ton, Skład B - 137,96 ton Łącznie - 1 536,31 ton	Janina, P29A	27.10.2017r godz 7:30	10,2	45,08	30,54	14,18	20333	15,9	16,6	0,96	12,1
		Janina, P29B	27.10.2017r godz 7:30	28,92	40,9	18,96	11,3					
		Skład A, P29B	27.10.2017r godz 18:20	6,33	34,07	52,29	7,31					
30-10-2017	I nawęgl. Skład A - 447,44 ton; Brzeszcze 68 - 300 ton II nawęgl. Skład A - 950,46 ton, III nawęgl. Skład A - 315,6 ton; Piast 1 - 603 ton Łącznie - 2 616,5 ton	Skład A, P29B	30.10.2017r godz 7:00	2,33	31,93	47,67	18,06	19094	21,1	16,3	0,87	11,3
		Skład A, P29A	30.10.2017r godz 14:40	4,04	21,69	48,99	25,29					
		Ziemowit(Piast), P29A	30.10.2017r godz 3:30	6,43	45,61	31,37	16,59					

Prześledzono 863 pobrane do analizy sitowej próbki. W pierwszej kolejności skupiono się na frakcji o wielkości ziarna mniejszej niż 0,4 mm z uwagi na jego zawartość (udział) w odniesieniu do wartości rekomendowanej przez Dostawcę kotła. Zbadano ilość przypadków, w których podczas nawęglania procentowy udział tej granulacji został przekroczony ponad 10% (Tabela 4.5.). W poniższym studium przypadku podzielono przekroczenia na ich wielkość procentową i odniesiono do ilości zdarzeń, w których to przekroczenie nastąpiło.

Na liczbę 863 pomiarów:

- **93** przypadki - udział do 10% frakcji najdrobniejszej w nadawie (zgodnej z rekomendacją Dostawcy)
- **41** przypadków - udział od 10 do 11% frakcji najdrobniejszej w nadawie
- **263** przypadki - udział od 11 - 15% frakcji najdrobniejszej w nadawie
- **400** przypadków - udział od 15 - 20% frakcji najdrobniejszej w nadawie
- **66** przypadków - udział powyżej 21% frakcji najdrobniejszej w nadawie

Wynik przedstawia poniższy Rysunek 14.2. (Rysunek 14.2)



Rysunek 14.3. Statystyka przypadków przekroczenia udziału frakcji do 0,4 mm w procesie nawęglania.

Jak można zaobserwować, na przeanalizowane 863 pomiary tylko 93 przypadki spełniały wymagania dotyczące udziału najmniejszych cząstek do 0,4 mm. Stanowi to zaledwie 10,77% ogólnej ilości paliwa w nadawie. Pozostała ilość

węgla tj. 89,23% zawiera większą ilość niż rekomendowana (projektowa). Najwięcej, bo aż w 400 przypadkach przekroczenie wyniosło od 50 do 100%.

Z kolei dla frakcji od 0,4 do 2 mm, na liczbę zebranych 863 pomiarów stwierdzono:

- **116** przypadków - udział od 40 do 60% frakcji 0,4 – 2 mm w nadawie
- **3** przypadki - udział od 60 do 100% frakcji 0,4 – 2 mm w nadawie.

Pozostała część tej frakcji zawierała:

- **23** przypadki - udział od 0 do 24% frakcji 0,4 – 2 mm w nadawie;
- **538** przypadków - udział od 24 do 36% frakcji 0,4 – 2 mm w nadawie
- **183** przypadków - udział od 36 do 40% frakcji 0,4 – 2 mm w nadawie

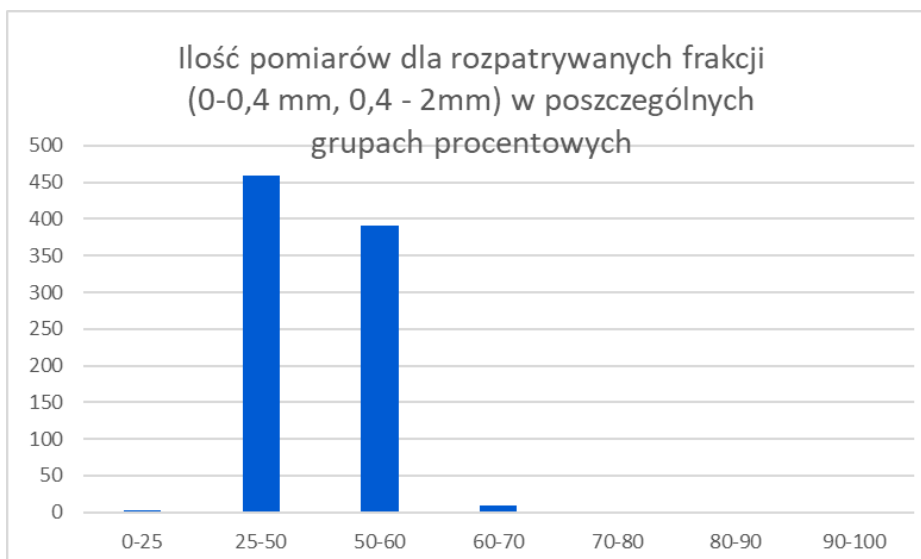
Z uwagi na istotność zawartości frakcji najdrobniejszej w 50% strumieniu masy paliwa (0 – 2mm) podsumowano wyniki tej analizy.

Dane dla paliwa projektowego w zakresie granulacji zakładają udział obu najdrobniejszych frakcji **do 50%** w nadawie paliwa, tzn. najdrobniejszą frakcję od 0 do 0,4 mm (maksymalnie 10% udziału w nadawie) oraz frakcję od 0,4 do 2mm maksymalnie 40% w nadawie), przez co sumarycznie powinny one stanowić wymaganą połowę udziału.

Dla tego kryterium, dla zebranych 863 pomiarów stwierdzono:

- **462** przypadki - udział do 50% frakcji 0 – 2 mm w nadawie
- **401** przypadków - udział powyżej 50% frakcji 0 - 2mm w nadawie.

Zatem w 46% badanych przypadków nastąpiło przekroczenie wymaganego 50-cio procentowego udziału w nadawie sumy frakcji o granulacji 0 - 2mm. Świadczy to o stosowaniu zbyt rozdrobnionego paliwa w stosunku do założonych danych projektowych producenta kotła, przy czym dodatkowo aż w 84% przypadkach stwierdzono zbyt duży udział frakcji najdrobniejszej 0 – 0,4 mm (maksymalnie do 10%).



Rysunek 14.4. Statystyka przypadków udziału frakcji od 0 – 2 mm w procesie nawęglania

Sygnalizowane problemy eksploatacyjne związane są zatem m.in. z niedotrzymaniem parametrów handlowych węgla takich jak kaloryczność, zawartość wilgoci, zawartość siarki i popiołu, które w większości przypadków nie mieszczą się w projektowym polu paliwowym kotła.

Ponadto nieodpowiednia granulacja dostarczanego paliwa, która zawiera dużą ilość frakcji drobnej, względem parametrów paliwa projektowego ujętego w Tabeli 4.5, wiąże się z niską podatnością transportową paliwa, której szczególnie niekorzystny wpływ odnotowuje się podczas produkcji energii elektrycznej.

Dodatkowym czynnikiem utrudniającym utrzymanie urządzeń w sprawności jest erozyjny wpływ węgla i popiołu na elementy konstrukcyjne jednostki wytwórczej.

W badanym horyzoncie czasowym tj. w latach 2017 – 2020 zaobserwowano spadek efektywności produkcji, zaniżenia mocy oraz awarie układów podawczych węgla, części ciśnieniowej parownika lub instalacji odprowadzania żużla.

Wnioski powyżej przytoczone pozwoliły skupić się nad kolejnymi analizami dotyczącymi:

- rodzajów ubytków mocy;
- awaryjności układów nawęglania;
- awaryjności części ciśnieniowej kotła;

- awaryjności układów odpopielania;
- awaryjności układów odżużlania

oraz porównaniem ich z jakością fizykochemiczną podawanego paliwa w celu znalezienia rozwiązania w postaci mieszanek dedykowanych węgla lub modernizacji konstrukcji elementów bloku energetycznego.

15. RODZAJE I PRZYCZYNY UBYTKÓW MOCY

Zebrano dane eksploatacyjne z wybranych miesięcy w okresie letnim i zimowym lat 2017 - 2020 oraz porównano z planami produkcyjnymi. Wstępna analiza wykazała uzależnienie ilości wyprodukowanej energii elektrycznej od rodzaju spalanych paliw, a tym samym stopnia realizacji planu produkcji oraz wpływ na koszty wytwarzania. W pierwszej kolejności poddano analizie strukturę ubytków mocy, ich rodzaju i występowania.

Ubytki te można podzielić głównie na:

- Spowodowane niską podatnością transportową oznaczaną w systemie monitorowania produkcji jako transportowalność paliwa;
- Spowodowane awariami i usterkami układów podawania paliwa;
- Spowodowane awariami układu transportu popiołu;
- Problemami eksploatacyjnymi związanymi z nadmiarem popiołu i brakiem drożności zsyków żużla;
- Układ regulacji kotła reagującym na zdarzenia związane z powyższymi przypadkami.

Na podstawie oryginalnych, dziennych zestawień ubytków mocy udostępnionych przez Tauron Wytwarzanie SA, których przykład podano w Tabeli 15.1., można w sumarycznym zestawieniu dla wszystkich elektrowni odczytać wartości ubytków tylko dla Oddziału Elektrownia Łagisza. Pozostałe przykłady znajdują się w Załącznikach 18 – 25. Dane, które przeanalizowano, powiązano w niniejszej pracy z granulacją dostarczanego paliwa (m.in. pod kątem jego transportowalności) oraz zawartością takich związków jak korund, kwarc i hematyt wpływających na degradację układów technologicznych.

Tabela 15.1. Zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – przykład dla doby 26.10.2017r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2017-10-26

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Jaworzno 3 B1	JW3 2-01	225	85	85	85	85	190	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	530
Główna przyczyna:			Rozpoczęcie RA															
Jaworzno 3 B3	JW3 1-03	225	20	20	20	20	20	20	20	20								160
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Jaworzno 3 B4	JW3 2-04	225	30	30	30													90
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Jaworzno 3 B5	JW3 2-05	220	80	80	80		50											290
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łagisza B10	LGA 4-10	460	60	60	60	60	60	60	97,5	130	150	150	140	130	120	90	90	1 458
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 2 B2	LZA21-02	125	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	825
Główna przyczyna:			Układ regulacji kotła i nawęglanie - Awaria zespołu młynowego															
Łaziska 3 B09	LZA31-09	230	15	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	5	280
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 3 B10	LZA31-10	225	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	1 275
Główna przyczyna:			Układ spalin i powietrza															
Łaziska 3 B11	LZA32-11	225	18,75	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	6,25	350
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Siersza B1	SIA 1-01	153			3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		36
Główna przyczyna:			Praca w pomiarach															
Suma			448,75	460	463	353	508	268	305,5	338	338	338	328	318	308	278	241,25	5 294

Poniżej podsumowano wszystkie (w rozpatrywanych okresach czasu) ubytki spowodowane niską podatnością transportową (transportowalnością), która związana jest z brakiem drożności układów podawczych paliwa, oklejaniem się węgla na elementach łańcuchów, zgrzebeł, naściennych podajników śrubowych oraz innych elementach układu transportowego takich jak np. węzły przesypowe. Wszystkie te przypadki opisane są w przyczynach ubytku jako „Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa”.

Tabela 15.2. Zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] za lata 2017 – 2020 oraz początek 2021r. spowodowane niską podatnością transportową węgla

Przyczyna ubytku	Suma [MWh]
2017	
Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa	32 826,76
2018	
Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa	35 017,25
2019	
Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa	35 13,48
2020	
Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa	18 489,76
2021	
Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa	29 697,06
Suma końcowa	119 544,31

Jak wynika z powyższej tabeli, z powodu niskiej podatności transportowej dostarczanego węgla blok wyprodukował 119 544,31 MWh mniej niż mógłby, pomimo istniejącego zapotrzebowania w sieci.

Podobnie jak w przypadku niskiej podatności transportowej, z systemu sterowania pracą bloku wyselekcjonowano usterki i awarie związane z układem nawęglania i odżużlania.

W wyniku awarii i usterek układów podawczych węgla i odbiorczych popiołu bloku nr 10 wyspecyfikowano najbardziej awaryjne obszary technologiczne (Tabela 15.3.) oraz zestawiono ilość ubytków mocy nimi spowodowaną (Tabela 15.4.) .

Tabela 15.3. Zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] za lata 2017 – 2020 oraz początek 2021r. spowodowane awariami układów technologicznych

Przyczyna ubytku	Suma [MWh]
2017	35 104,33
Odżużlanie i odpopielanie	513,67
Odżużlanie i odpopielanie - Awaria układu transportu popiołu	1 186,35
Odżużlanie i odpopielanie - Nadmiar popiołu	2 799,81
Układ regulacji kotła i nawęglanie	9 425,98
Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	20 174,52
Układ regul. kotła i nawęgl. - Usterka / Nieprawidłowe działanie	1 004
2018	54 128,15
Odżużlanie i odpopielanie	3 625
Odżużlanie i odpopielanie - Nadmiar popiołu	19 159,36
Odżużlanie i odpopielanie - Niedrożne kanały żużłowe	21 36,67
Układ regulacji kotła i nawęglanie	6 847,84
Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	22 359,28
2019	4 543,4
Odżużlanie i odpopielanie - Nadmiar popiołu	2 993,5
Układ regulacji kotła i nawęglanie	756,4
Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	793,5
2020	56 985,14
Odżużlanie i odpopielanie - Awaria układu transportu popiołu	3 888,26
Odżużlanie i odpopielanie - Nadmiar popiołu	3 772,57
Układ regulacji kotła i nawęglanie	1 339,5
Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	8 267,03
Układ regul. kotła i nawęgl. - Usterka / Nieprawidłowe działanie	39 717,78
2021	49 291,24
Odżużlanie i odpopielanie - Nadmiar popiołu	12 182,11
Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	37 109,13
Suma końcowa	200 052,26

Przeanalizowane ubytki mocy w latach 2017 – 2020 oraz początek roku 2021 pozwalają określić kilka przyczyn braku projektowej dyspozycyjności analizowanej jednostki wytwórczej.

Tabela 15.4. Sumaryczne ubytki mocy brutto [MWh] za lata 2017 – 2020 oraz początek 2021r. z uwzgl. lokalizacji awarii

Odżużlanie i odpopielanie	Odżużlanie i odpopielanie - Awaria układu transportu popiołu	Odżużlanie i odpopielanie - Nadmiar popiołu	Układ regulacji kotła i nawęglanie	Odżużlanie i odpopielanie - Niedrożne kanały żużłowe	Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	Układ regulacji kotła i nawęglanie - Usterka / Nieprawidłowe działanie
513,67	1 186,35	2 799,81	9 425,98	2136,67	20 174,52	1 004
3 625	3 888,26	19 159,36	6 847,84		22 359,28	39 717,78
		2 993,5	756,4		793,5	
		3 772,57	1 339,5		8 267,03	
		12 182,11			37 109,13	
4 138,67	5 074,61	40 907,35	18 369,72	2 136,67	88 703,46	40 721,78

W analizowanych latach 2017 – 2020 oraz na początku 2021 roku z powodu ubytków mocy wynikających z awarii i niedrożności urządzeń utracono szacowane korzyści finansowe wynikające z niewygenerowanych 200 052,26 MWh.

Największy udział w tych ubytkach miały awarie podajników węgla, z powodu tych awarii nie wyprodukowano **88 703,46 MWh**, z powodu niewydolności układu odbioru popiołu nie wyprodukowano **40 907,35 MWh**. Kolejnym powodem ubytków na poziomie **40 721,78 MWh** były usterki w układzie nawęglania bloku oraz UAR kotła. Pozostałe ubytki były wynikiem nieprawidłowej pracy urządzeń niewymienionych wcześniej. Po przeanalizowaniu jakości węgla oraz awarii urządzeń technologicznych kotła zestawiono wszystkie dane, aby móc sporządzić graficzny wykres przedstawiający eksploatację bloku z uwzględnieniem mocy bloku, ubytków granulacji węgla oraz okresów naprawczych urządzeń. Tabele zestawieniowe wykonano dla wybranych miesięcy z lat 2017 – 2020. Tabelę z października 2017 roku przedstawiono poniżej, pozostałe stanowią Załączniki 26 do 35.

Tabela 15.5. Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – październik 2017

Elektrownia Łągisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe październik 2017								Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl. 6:00 - 14:00 II nawęgl. 14:00 - 22:00 III nawęgl. 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A,B lub C - nawęgl. zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _i	Popiół A'	Wilgość całkowita Wrt	Siarka całkowita Srt	Wilgość przemijająca Wrex
								z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
								%	%	%	%					
					Dostawca paliwa	Rodzaj transportu					kJ/kg	%	%	%	%	
02-10-2017	Układ regulacji kotła i nawęglanie	3 962	05E1-10HDA13	Instalacja przenośników śrubowych popiołu dennego HDA13, pęknięty kompensator rurociągu odbioru popiołu z INTREX 3 do dźwigni popiołu HDA13AF202	Skład B - 1 540 ton	Nawęglanie zewnętrzne ze składu B Elektrowni (Skład B, P29A)	02.10.2017r godz 15:30	8,46	47,43	31,15	12,95	21371	18,5	13,8	0,7	10,7
							02.10.2017r godz 23:50	14,4	37,9	28,8	18,9					
24-10-2017	bez uwag w systemie		05E1-10HHE42	Instalacja dozownika siłnikowego i podajnika ściennego węgla HHE42, HHE42 podajnik ścienne węgla Łuźna przekładnia	I nawęgl. Skład C - 630 ton; Skład B - 410 ton II nawęgl. Budryk 29 - 760 ton; III nawęgl. Budryk 29 - 320 ton; Łącznie - 2 780 ton	Skład C, P29B	24.10.2017r godz 7:30	19,06	59,91	15,46	5,57	20050	20	15	0,79	11,1
							24.10.2017r godz 11:15	1,71	40,65	36,07	21,58					
							24.10.2017r godz 15:20	2,23	39,59	30,01	28,17					
							24.10.2017r godz 22:45	7,76	46,41	32,99	12,85					
27-10-2017	Parametry/ transportowalność paliwa	1 755	05E1-10HHE10	Instalacja podajnika zgrzeblowego węgla HHE10 spod silosu, przebita ciałem obcym obudowa podajnika węgla HHE10AF301	I nawęgl. Janina 51 - 898,35 ton II nawęgl. Skład A - 500 ton, Skład B - 137,96 ton Łącznie - 1 536,31 ton	Janina, P29A	27.10.2017r godz 7:30	10,2	45,08	30,54	14,18	20333	15,9	16,6	0,96	12,1
							27.10.2017r godz 7:30	28,92	40,9	18,96	11,3					
							27.10.2017r godz 18:20	6,33	34,07	52,29	7,31					
30-10-2017	Parametry/ transportowalność paliwa	1 180		I nawęgl. Skład A - 447,44 ton; Brzeszcze 68 - 300 ton II nawęgl. Skład A - 950,46 ton; III nawęgl. Skład A - 316,6 ton; Piast 1 - 603 ton Łącznie - 2 616,5 ton	Skład A, P29B	Skład A, P29A	30.10.2017r godz 7:00	2,33	31,93	47,67	18,06	19094	21,1	16,3	0,87	11,3
							30.10.2017r godz 14:40	4,04	21,69	48,99	25,29					
							30.10.2017r godz 3:30	6,43	45,61	31,37	16,59					

Łącznie w latach 2017 – 2020 i początkiem roku 2021 niska podatność transportowa paliwa oraz awarie urządzeń technologicznych były przyczynami ubytków w produkowanej energii elektrycznej. Ubytki spowodowane niską podatnością transportową paliwa wyniosły 119 544,31 MWh natomiast ubytki spowodowane awariami urządzeń osiągnęły poziom 200 052,26 MWh liczony od potencjalnej mocy maksymalnej bloku możliwej do osiągnięcia, gdyby tych ubytków nie było.

Sumarycznie jest to 319 596,57 MWh mniej niż oczekiwano, pomimo istniejącego zapotrzebowania w sieci elektroenergetycznej.

Wszystkie dane zebrano graficznie na poniższym Rysunku 15.1. Są to ubytki mocy w latach 2017 – 2020 oraz początek 2021 roku, przy uwzględnieniu awarii i niewłaściwej struktury granulacji węgla.

Jak już opisano w Rozdziale 14 , uwzględniono wszystkie, tj. 863 pomiary próbek. Założenia, które przyjęto w celu sporządzenia takiego wykresu opierają się na danych projektowych, wg których uziarnienie frakcji paliwa podzielono na 4 grupy, przy czym najmniejsze i największe ziarna nie powinny stanowić więcej niż 10% w każdej z grup, a pozostałe ziarna powinny zawierać się w proporcjach do 40% w każdej z grup. Łączny sumaryczny udział wszystkich frakcji stanowi 100%.

Na Rysunku 15.1. (Rysunek 15.1.) każda z wymienionych frakcji ma swój rodzaj znacznika. Znaczniki w kolorze żółtym, znajdujące się na dole wykresu informują o pojawiających się awariach i usterkach oraz wykonywanych naprawach na układach technologicznych odżużlania (HDA) lub nawęglania (HHE). Wysokość położenia znacznika wskazuje ilość tych sytuacji. Im wyżej dany znacznik, tym więcej napraw było w danym okresie. Z uwagi na różne rodzaje usterek i awarii, informuje on tylko o występowaniu zdarzenia, nie mówi natomiast o jego zakresie.









Ponadto, wszystkie znaczniki opisane są poniżej i identyfikują różne frakcje – od najdrobniejszej - dla wartości do 0,4 mm (znacznik czarny z żółtą obwódką) do wielkości ziaren od 10 do 32 mm (znacznik zielony z żółtą obwódką).

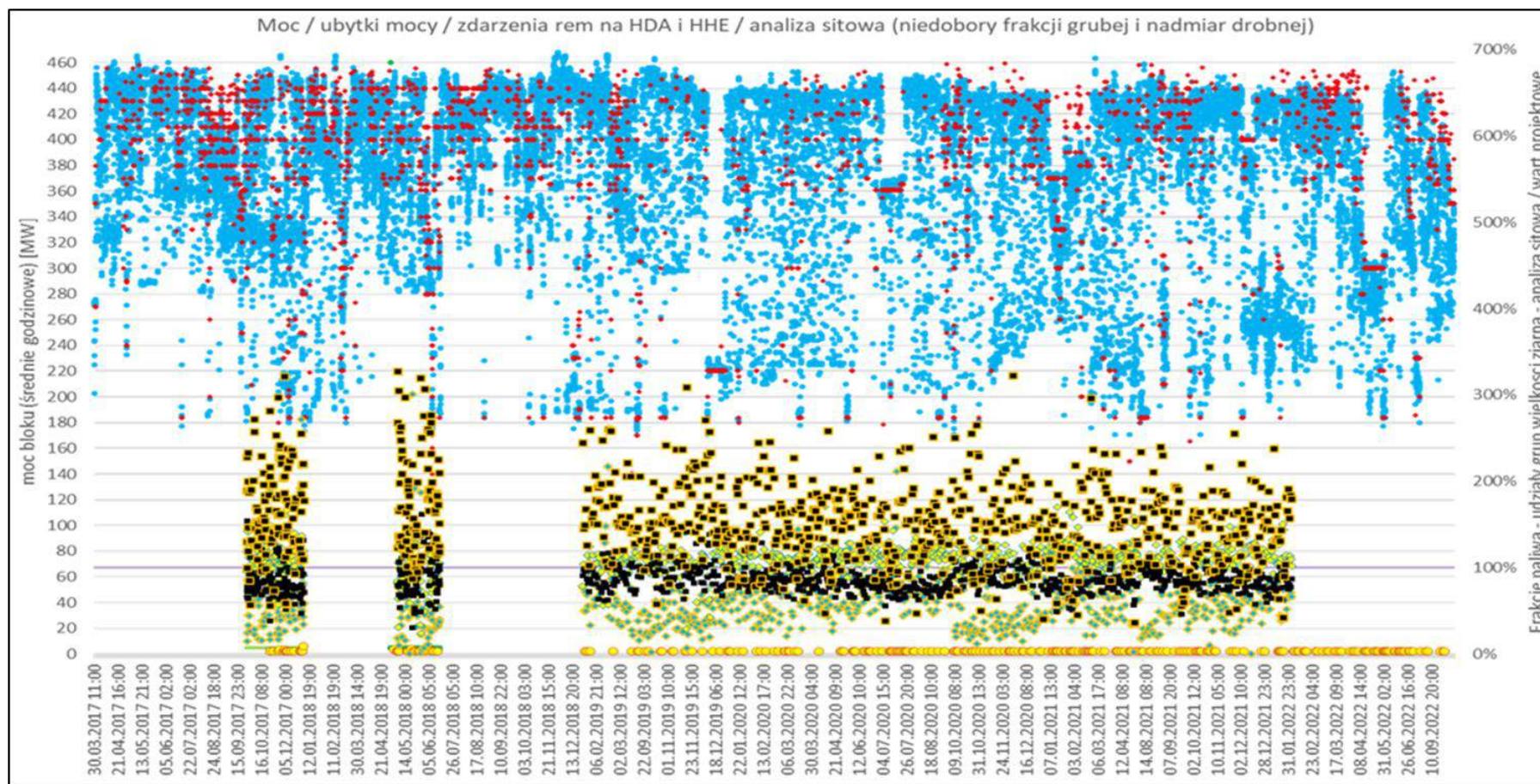
Dodatkowo, kolorem niebieskim oznaczono moc bloku, kolorem czerwonym - poziom ubytku mocy w stosunku do mocy maksymalnej – odczytany z raportów dobowych (Załączniki 18 – 25).

Na rysunku (Rysunek 15.1.) dane są pokazane jako stosunek zmierzonej wartości do wartości wzorcowej (10 lub 40%) dla danej grupy. W idealnym przypadku wszystkie znaczniki powinny spotkać się na linii odniesienia równej 100% (linia szara wg prawej osi). W rzeczywistości mamy do czynienia z odchyłkami, gdzie nadmiar danej frakcji powoduje pokazanie jej znacznika powyżej szarej osi odniesienia, a niedomiar położenie znacznika poniżej tej wartości.

Z wykresu można odczytać, położenie znaczników. Bardzo duże odchylenia ponad linią szarą, wykazują frakcje bardzo małe do 0,4 mm, natomiast frakcje bardzo duże od 10 mm do 32 mm widać głównie poniżej tej linii. Świadczy to o zbyt dużej ilości bardzo małych frakcji paliwa i niedoborze dużych. Dodatkowo widać, że stan ten jest permanentny (cały czas występujące tego samego typu odchyłki), okresowo pogłębiany dużymi dysproporcjami szczególnie dla danych nad szarą linią odniesienia. Obrazuje to znaczne przekroczenia ilości danej frakcji w stosunku do danych projektowych.

Oznaczenia na rysunku 15.1:

-  - moc bloku (średnie godzinowe) [MW]
-  - oznaczenie zgłoszenia usterek HDA i HHE (tylko znacznik)
-  - wymuszone zniżenie mocy bloku (ubytki)
-  - udział frakcji bardzo dużych (10-32mm)
-  - udział frakcji dużych (2-10mm)
-  - udział frakcji małych (0,4-2mm)
-  - udział frakcji bardzo małych (0-0,4mm)
-  - poziom odniesienia dla udziału frakcji (100%, czyli wartość optymalna)



Rysunek 15.1. Sumaryczne zestawienie ubytków mocy z awariami układów technologicznych i granulacją węgla podawanego do kotła w wybranych okresach lat 2017 – 2022

Analiza wykazuje, że występuje zbieżność nadmiaru najdrobniejszej frakcji w połączeniu z jej niską podatnością transportową (cecha charakterystyczna takich najdrobniejszych frakcji co opisano w Rozdziale 8), ma to z kolei związek z dyspozycyjnością urządzeń. Dalej zostało opisane, w jaki sposób dokonano analizy danych. Poniższa tabela (Tabela 15.6.) zawiera średni udział poszczególnych frakcji dla wszystkich danych otrzymanych z Tauron Wytwarzanie SA za lata 2017 – 2021.

Tabela 15.6. Średnie wartości poszczególnych frakcji węgla w latach 2017 – 2021

Analiza sitowa (pozostałość na sitach) w/g PN-ISO 1953							
Grupa	A	B	C	D	E	F	G
Wymiar [mm]	>31,5	>10,0	>2,00	>1,00	>0,4	>0,2	<0,2
Udział ilościowy [%]	0,03	5	40,02	20,94	17,22	7,91	8,88

Kolejna Tabela 15.7. przedstawia **projektowy** rozkład sitowy paliwa. Wielkości ziaren paliwa zostały podzielone na 4 grupy, przy czym każda z nich ma określone rozmiary (przedział od / do podany w milimetrach) oraz optymalną ilość określoną jako procent z wszystkich ziaren.

Tabela 15.7. Projektowy rozkład sitowy paliwa

Rozkład sitowy paliwa [%]		MAX	MAX	MAX	MAX
		10	40	40	10
Wielkość ziarna [mm]	od	10	2	0,4	0
	do	32	10	2	0,4
Zakres		1	2	3	4

Podobnie jak to miało miejsce w Rozdziale 14, na tym etapie również przeanalizowano wszystkie 863 pomiary próbek w analizowanym okresie, jak również pogrupowano je. Z porównania Tabeli 15.6. oraz Tabeli 15.7. wynika, że

wielkości pomiarowe (7 grup danych) należy we właściwy sposób zmodyfikować, aby móc przełożyć je na interpretację w stosunku do założeń projektowych opisanych w 4-ech zakresach danych – co niniejszym wykonano.

Analiza sitowa wykazała, że praktycznie nie występują frakcje powyżej 31,5 mm, a dodatkowo obie grupy A i B mieszczą się wielkościowo w zakresie 1. Grupa C wprost stanowi zakres 2. Analogicznie zostały połączone grupy D i E do jednego zakresu nr 3, gdyż obie mieszczą się w nim wymiarowo. Podobnie zostały zgrupowane najmniejsze mierzone frakcje, gdyż obie grupy F i G wielkościowo mieszczą się w zakresie 4 założeń projektowych.

Suma wszystkich udziałów z analizy sitowej stanowi 100%

W podanym wyżej przykładzie suma frakcji z grup (po zaokrągleniu do liczb całkowitych) kształtuje się następująco:

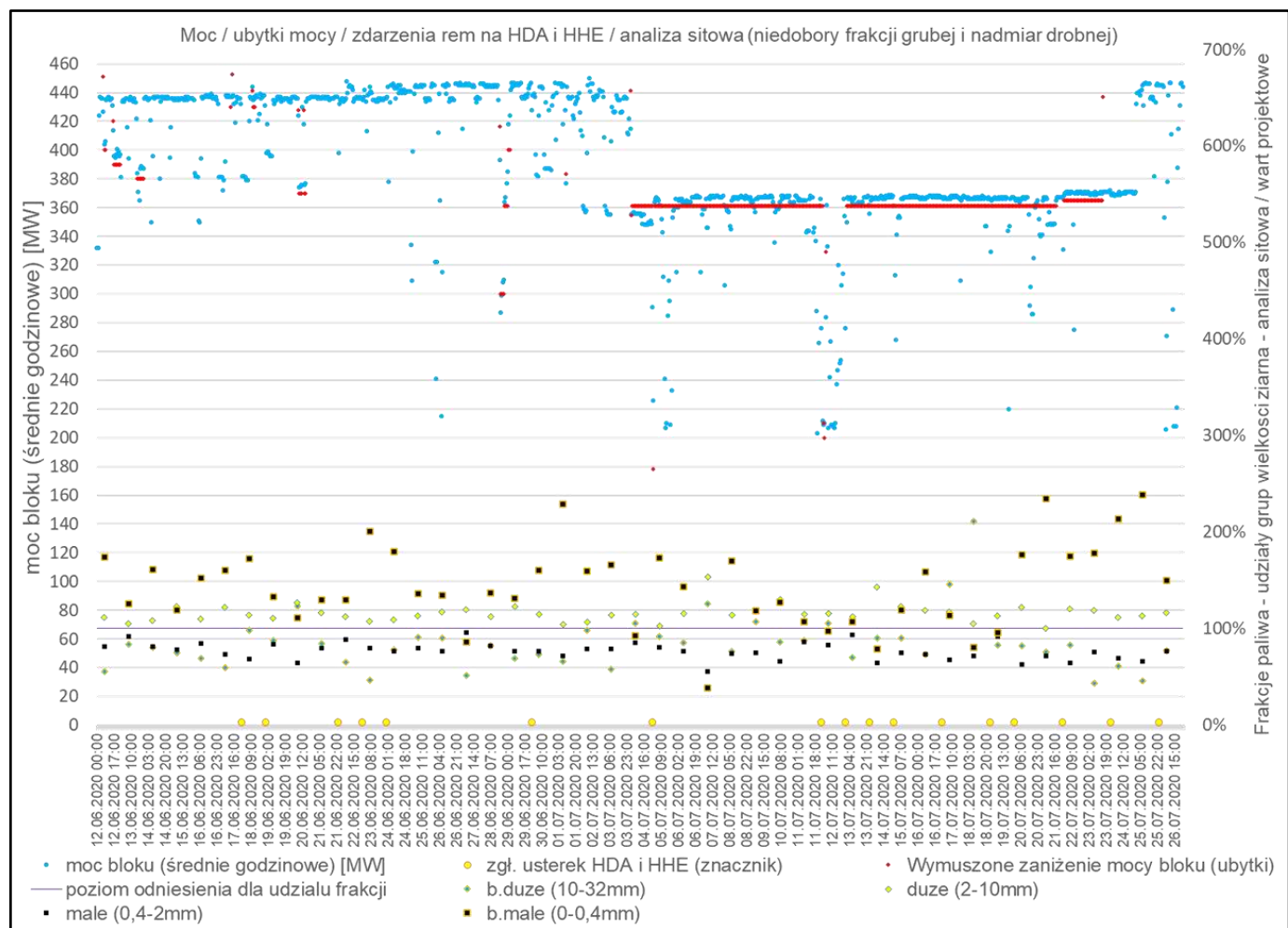
- A+B = 5 % -> zakres 1 (wartość do 10%)
- C = 40 % -> zakres 2 (wartość do 40%)
- D+E = 38 % -> zakres 3 (wartość do 40%)
- F+G = 17 % -> zakres 4 (wartość mniej niż 10%)

Taki rozkład oznacza, że **frakcje dla zakresu 1, 2 i 3, mieszczą się w udziałach procentowych rekomendowanych dla paliwa projektowego (Tabela 4.5)**, natomiast **frakcji bardzo małych w zakresie 4 tj. poniżej 0,4 mm, jest o 7% za dużo**. Przygotowanie danych do prezentacji na wykresie polegało na podzieleniu wartości zmierzonych przez wartości rekomendowane przez Dostawcę kotła. Jak już wcześniej nadmieniono, im wynik jest bliższy 100% (oznaczonych na wykresie linią szarą), tym dana wartość (udział) jest bliższy wartości rekomendowanej, natomiast im wynik bardziej różni się od 100% (na wykresie punkt pomiarowy oddalony jest od szarej linii), tym danej frakcji jest więcej lub mniej w stosunku do rekomendowanej. Rozkład danych na wykresie oscyluje wokół wartości 100%. Każde odchylenie od tej linii świadczy o niewłaściwych proporcjach granulacji podawanego paliwa, przy czym najbardziej problematyczne są odchyłki od normy dla ziaren największych i najmniejszych (z zakresów 1 i 4) ze względu na

wymaganie dostawcy kotła, aby było ich mało (czyli są dopuszczalne, ale w ograniczonym do 10% zakresie).

Na Rysunku 15.2. zestawiono ubytki mocy, awarie oraz granulacje paliwa dla okresu pomiędzy 12.06.2020r. a 26.07.2020r. Zgodnie z powyższym opisem, znaczniki frakcji bardzo drobnej do 0,4 mm znacząco przekraczają wartość rekomendowaną w analizowanym okresie. Oznacza to odczuwalne pogorszenie transportowalności, szczególnie w przypadku niekorzystnych warunków atmosferycznych (opady deszczu, duża zawartość wilgoci, a zimą opady śniegu i temperatura poniżej 0°C).

W dniach 04.07.2020r. – 22.07.2020r. czerwoną linią zaznaczono zniżenie mocy bloku do poziomu 360 MWe. W ślad za długotrwałym stanem sytuacji, gdzie nadmierna ilość frakcji drobnej utrudnia transport węgla do komory paleniskowej (od 12.06.2020r.), a udział niepożądanych tlenków w składzie fizyko-chemicznym utrzymuje się poziomie wyższym od rekomendowanego przez Dostawcę, pojawiają się w konsekwencji usterki i awarie urządzeń (znaczniki żółte na dole Rysunku 15.2.). Nadmienić należy, że zdarzenia te pojawiają się po pewnym okresie eksploatacji na skutek długotrwałego oddziaływania czynników degradujących elementy robocze. Z tego powodu analizowany okres obejmuje ponad czteroletnią eksploatację bloku, aby móc zaobserwować zjawiska podczas niej występujące.



Rysunek 15.2. Zestawienie ubytków mocy z awariami układów technologicznych i granulacją węgla 12.06.2020 – 26.07.2020

16. WYBRANE PROBLEMY EKSPLOATACYJNE W LATACH 2017÷2020 I SPOSOBY ICH ROZWIĄZANIA

16.1 PROBLEMY EKSPLOATACYJNE

W latach 2017÷2020 miały miejsce liczne problemy eksploatacyjne nadkrytycznego bloku energetycznego z kotłem fluidalnym CFB 1300.

Należą do nich m.in.:

- Problemy z rozładunkiem węgla – skład ziarnowy, skład mineralny oraz wilgoć powodują oklejanie się wagonów kolejowych, występują trudności z rozładunkiem do zasobników szczelinowych, obsługa musi doczyszczać wagony i usuwać zalegające wzdłuż wagonów zwęglone węgiel. Dodatkowo proces ten utrudniają warunki atmosferyczne w okresie jesienno – zimowym;
- Usterki i awarie spowodowane erozją elementów takich jak: zgrzebła, łańcuchy, ślizgi podajników, naścienne śrubowe podajniki węgla;
- Usterki i awarie instalacji odbioru popiołu;
- Usterki i awarie rurociągów odprowadzających popiół;
- Awaryjne części ciśnieniowej komory paleniskowej, dna dyszowego, zsyków żużla z komory paleniskowej do układu odprowadzania żużla.

Powyższe problemy powodują zakłócenia ciągłości produkcji, które są identyfikowane w systemie sterowania pracą bloku i generują ubytki mocy (Rozdział 15).

Rysunek 16.1. przedstawia rozładunek węgla w okresie jesienno – zimowym 2017÷2018. Oklejone wagony wymagają doczyszczania po rozładunku i generują dodatkowy czas postoju składu kolejowego..



Rysunek 16.1. Rozładunek paliwa – przykład oklejanie się wagonów węglem o niskiej podatności transportowej

Poniższy rys. 16.2. obrazuje zaleganie węgla na kratkach bunkra szczelinowego.



Rysunek 16.2. Rozładunek paliwa – przykład blokowania się węgla na kratkach rozładowniczych zasobnika szczelinowego

Drobna frakcja i wilgotność paliwa powoduje zapychanie się instalacji i blokowanie podajników, które na skutek wielokrotnego przeciążenia ulegają uszkodzeniom.



Rysunek 16.3. Układ podawania węgla – przykład uszkodzonego wału naściennego podajnika węgla

Rysunek 16.4. pokazuje kolejny przykład awarii układu podawania paliwa. Podobnie jak w poprzednim przypadku erozja i zmęczenie materiału spowodowały pęknięcie tulei łańcucha podajnika zgrzeblowego.



Rysunek 16.4. Układ podawania węgla – przykład uszkodzonego łańcucha podajnika węgla



Rysunek 16.5. Układ podawania węgla – przykład uszkodzonego zgrzebła i ślizgów podajnika węgla

Poniżej przedstawiono na rys. 16.6. uszkodzone pióra podajnika węgla.



Rysunek 16.6. Układ podawania węgla – przykład erozyjnego uszkodzenia podajnika ściennego



Rysunek 16.7. Komora paleniskowa – przykład erozyjnego uszkodzenia ekranu parownika



Rysunek 16.8. Komora paleniskowa – przykład erozyjnego uszkodzenia ekranów parownika w narożu kotła



Rysunek 16.9. Komora paleniskowa – wymiana uszkodzonych dysz fluidyzacyjnych



Rysunek 16.10. Komora paleniskowa – odkształcone w wyniku przegrzania zsypy żuźla (duża ilość popiołu zalegająca w złożu fluidalnym utrzymuje wysoką temperaturę w dnie dyszowym)



Rysunek 16.11. Instalacja odprowadzania popiołu dennego – uszkodzenia podajników ślimakowych zużyła



Rysunek 16.12. Instalacja odprowadzania popiołu – wielokrotnie naprawiane uszkodzenia erozyjne



Rysunek 16.13. Instalacja odprowadzania popiołu – wielokrotnie naprawiane uszkodzenia erozyjne

16.2 DZIAŁANIA PODJĘTE W ZWIĄZKU Z EROZJĄ ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Do problemów eksploatacyjnych kotła CFB 1300, układu podawania paliwa i odbioru popiołu zaliczyć można:

- Erozję rur parownika;
- Erozję dysz powietrza pierwotnego;
- Erozję dysz powietrza wtórnego;
- Erozję układu podawania paliwa;
- Erozję układu odbioru popiołu dennego;
- Erozję układu transportu pneumatycznego popiołu.

Awarie związane z erozją ekranów parownika dość skutecznie rozwiązano podczas prac modernizacyjnych w latach 2017 – 2019. W tym czasie powołano w Tauron Wytwarzanie SA zespół ekspertów składający się ze specjalistów Spółki, przedstawicieli uczelni wyższych: Centrum Energetyki AGH, Politechniki Śląskiej, Politechniki Częstochowskiej oraz przedstawicieli Sumitomo Foster Wheeler.

Prace obejmowały m.in. takie zagadnienia jak:

- nałożenie powłoki odpornej na erozję na rury parownika w komorze paleniskowej;
- wymianę dysz strzałkowych rusztu;
- modernizację dysz powietrza wtórnego;
- modyfikację zabezpieczenia powierzchni X-wall;
- zabudowę kierownic w kanałach nawrotnych IntreX;
- modernizację wlotów do separatorów oktagonalnych.

W roku 2018 w remoncie kapitalnym ostatecznie wykonano zabezpieczenie komory paleniskowej metodą firmy IGS. Powłoka IGS 8450 została nałożona technologią metalizacji natryskowej na ściany membranowe w kotle od poziomu 0 m nad obmurzem (beton ogniotrwały) do 7,7 m powyżej, o różnych grubościach nominalnych 0,5 mm - 0,75 mm. Całość powłoki uszczelniono przy użyciu IGS 6022. Aplikację powłok ochronnych przedstawiono na rys.16.14. oraz rys. 16.15. Poprawy one znacząco funkcjonowanie kotła w obrębie komory paleniskowej.



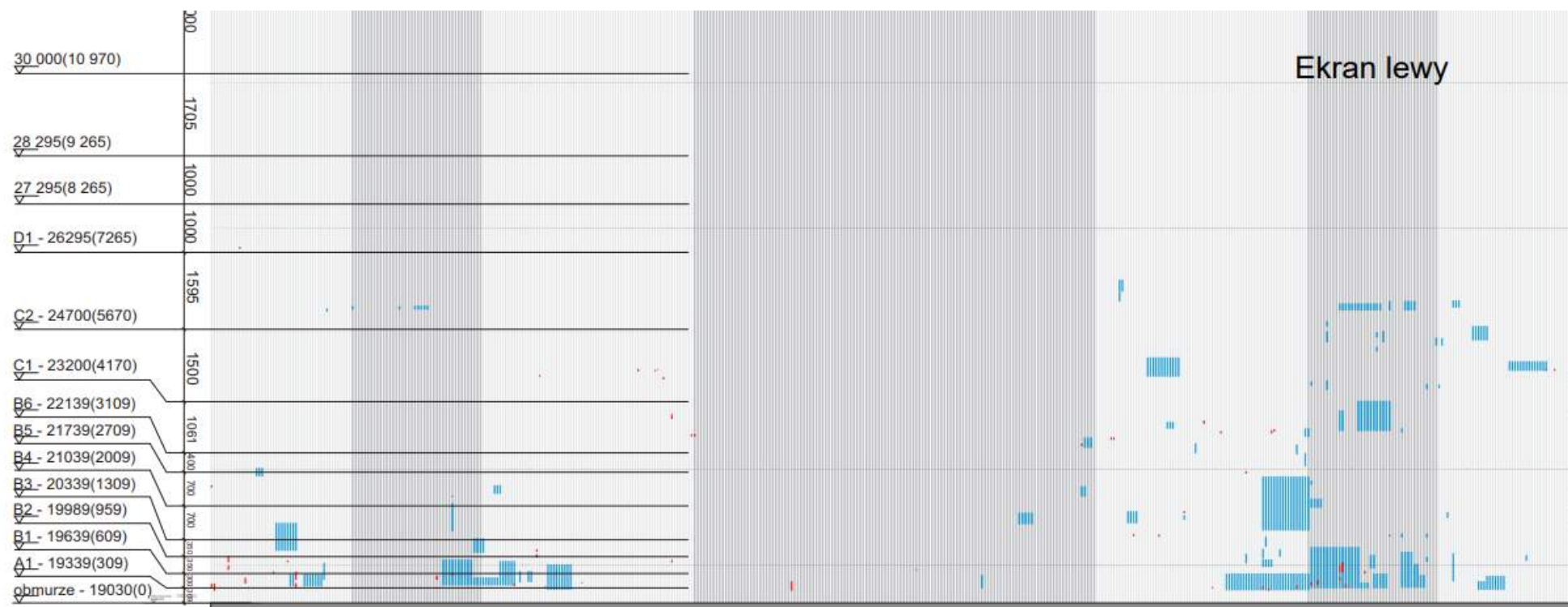
Rysunek 16.14. Powłoka nałożona metodą metalizacji natryskowej IGS 8450



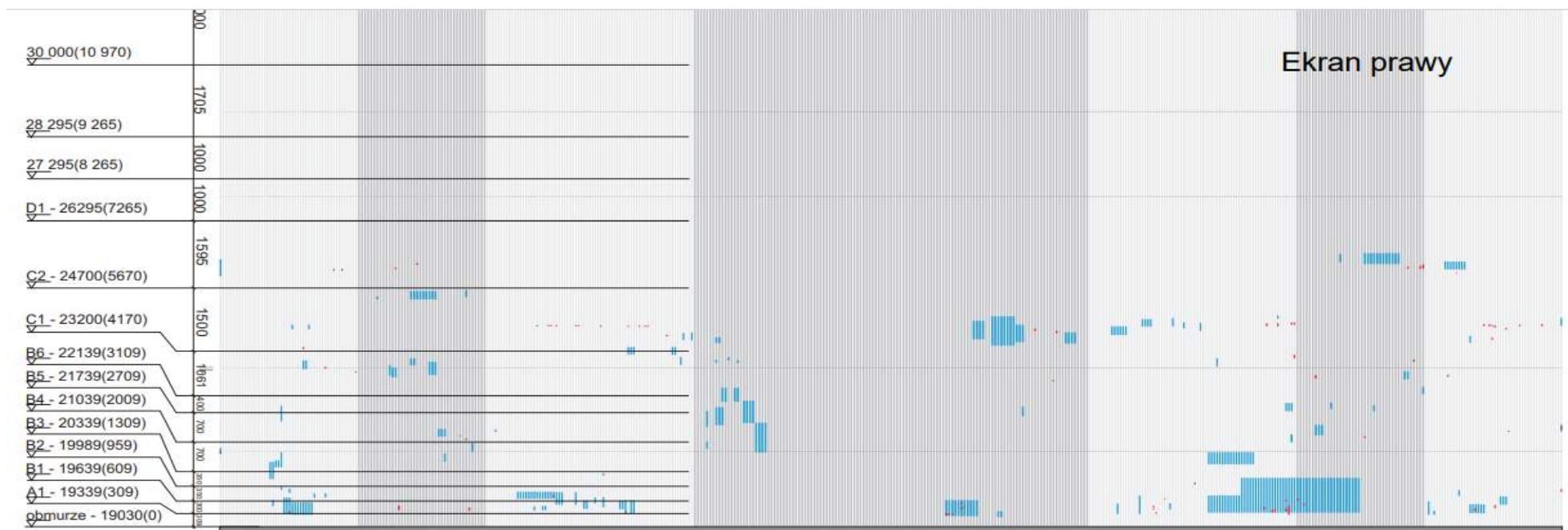
Rysunek 16.15. Uszczelniacz IGS 6022 i przejścia bez uszczelniacza

Od czasu aplikacji metalizacji metodą IGS nie ma konieczności wymiany rur ekranowych oraz ich napawania. Erozja została skutecznie ograniczona. Jest to wynik całościowych prac nad poprawą dyspozycyjności kotła rekomendowanych przez powołany zespół. W każdym corocznym postoju planowym wykonywane są pomiary grubości warstwy metalizacji, a w miejscach ewentualnych ubytków warstwa jest uzupełniana do zalecanej grubości. Mapę z obszarami, w których wykonywano uzupełnienia warstwy metalizacji zamieszczono na rys. 16.16.

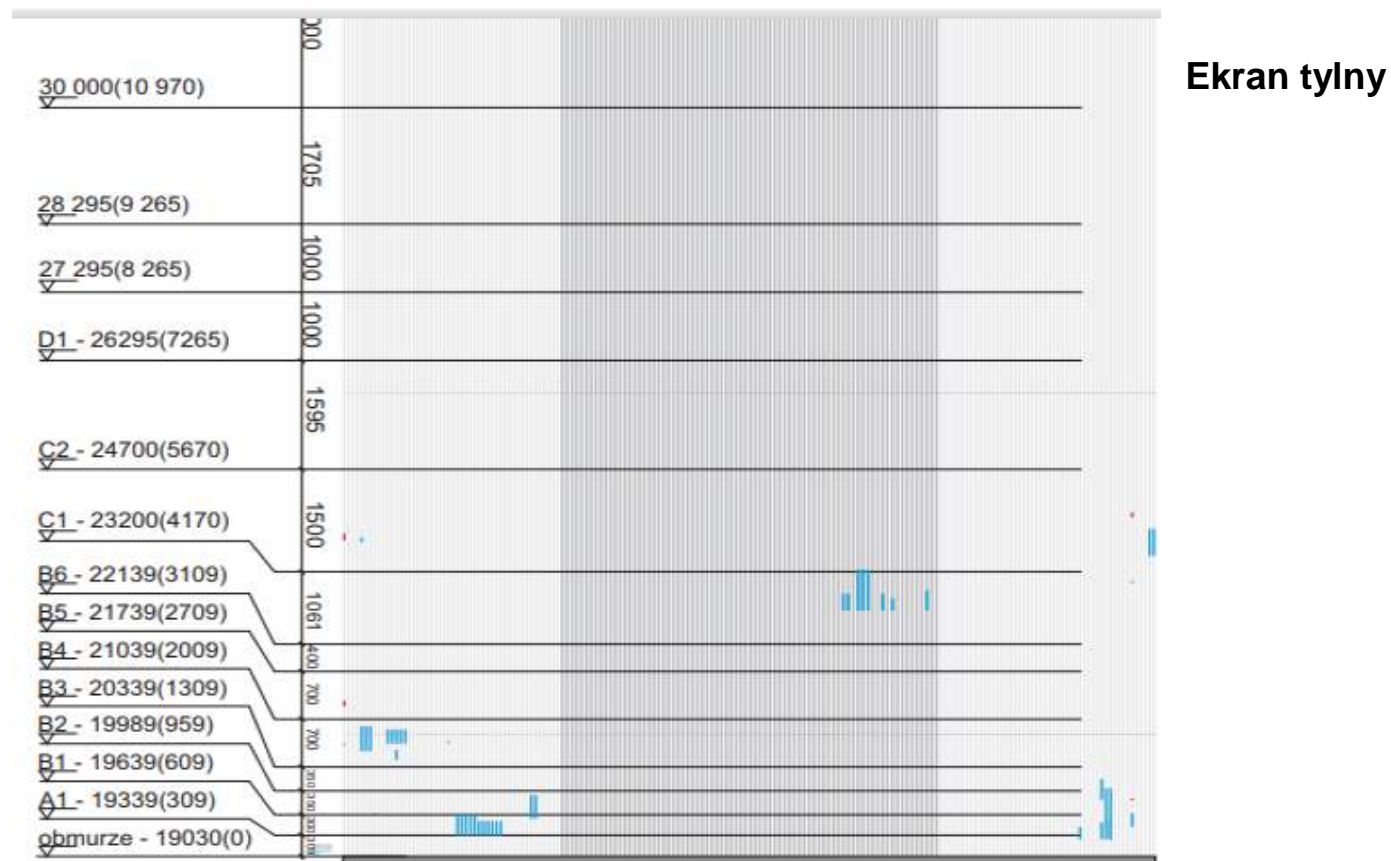
Kolorem niebieskim zaznaczono obszary, w których odtworzono powłokę podczas remontów wykonywanych w latach 2019 – 2020. Podobne prace zostały wykonane na pozostałych ekranach – szczegóły przedstawiono na rys. 16.17., 16.18., i 16.19.



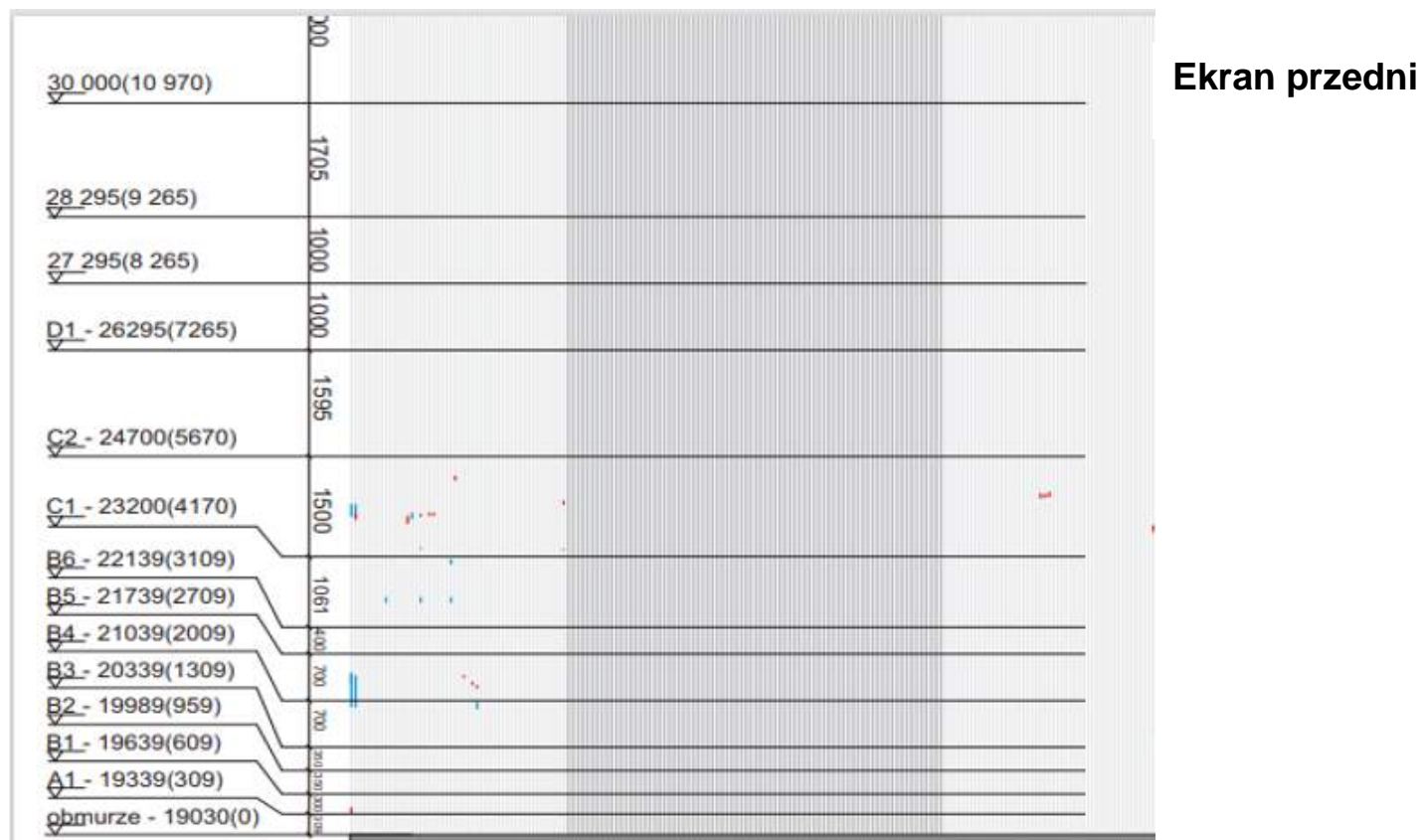
Rysunek 16.16. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran lewy



Rysunek 16.17. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran prawy



Rysunek 16.18. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran tylny



Rysunek 16.19. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran przedni

Podczas remontu średniego w roku 2021 wymieniono ostatnie obszary napawanych lub odkształconych rejonów ścian i rur na granicy grubości obliczeniowej, kończąc tym samym wieloletni cykl prawidłowej profilacji ścian.

Naprawy wynikające z diagnostyki:

Tabela 16.1. Kryterium naprawy rur ekranowych komory paleniskowej

Rura	Bez naprawy	Naprawa przez napawanie
31,8 mm x 7,1 mm	Powyżej 6,0 mm	5,9 – 4,0 mm
38,0 mm x 8,0 mm	Powyżej 6,5 mm	6,4 – 5,0 mm

Poniżej przedstawiono zakres prac przeprowadzonych w 2021 roku.

Ekran tylny

- rury \varnothing 38 mm nr 51 – 73 (23 szt.) dł. min. 3,5 m
- rura \varnothing 31,8 mm nr 173 (1 szt.) dł. min. 1 m

Ekran przedni

- rury \varnothing 31,8 mm nr 49, 50 (2 szt.) dł. min. 2 m
- rury \varnothing 38 mm nr 67 – 74 (8 szt.) dł. min. 2 mm

Ekran lewy

- rury \varnothing 38 mm nr 200 – 264 (65 szt.) dł. 5,5 m

Jak wynika z powyższego zakresu prac, problem związany z erozją ścian komory paleniskowej występuje w znacznie mniejszym stopniu w porównaniu do wcześniejszego okresu czasu.

Jeżeli podczas inspekcji dronem sporadycznie identyfikuje się miejscowe uszkodzenia (wyłobienia w warstwie metalizacji lub początki uszkodzenia materiału rur) to w zależności od ich wielkości są one dopuszczane do dalszej pracy lub przygotowywane poprzez szlifowanie a następnie uzupełniane przez miejscowe napawanie (do 5 cm²) i po naprawie powtórnie metalizowane.

Od remontu kapitalnego nie ma konieczności napraw powierzchni ekranowych parownika.

W kotłach fluidalnych nie obserwuje się zanieczyszczania powierzchni grzewczych parownika osadami z uwagi na działanie erozyjne złoża, tak więc ta cecha węgla nie wpływa na efektywność pracy kotła.

16.3. PROBLEMY EKSPLOATACYJNE ZWIĄZANE Z GRANULACJĄ WĘGLA I AWARYJNOŚCIĄ WYBRANYCH WĘZŁÓW TECHNOLOGICZNYCH. PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ.

16.3.1 OPIS PROBLEMÓW

Jak wynika z przeprowadzonej analizy ilości awarii, najwięcej problemów eksploatacyjnych sprawiał układ podawania paliwa oraz układ odprowadzania żużla. Stosunkowo mało awarii dotyczyło układu transportu popiołu lotnego a w przypadku elektrofiltru nie odnotowano żadnych zdarzeń. Układ transportu popiołu lotnego nie wpływa istotnie na zaniżenia mocy bloku. Również w związku z realizacją przez Tauron Wytwarzanie SA części zadań obejmujących komorę paleniskową należy ten obszar uznać za ustabilizowany. Zachodzi jednak potrzeba zaimplementowania dodatkowych rozwiązań dotyczących:

- składu paliwa - możliwych do przygotowania odpowiednich rodzajów mieszanek węgla
- zmian w układach podawania paliwa i odbioru żużla.

MIESZANKI WĘGLA

Parametry węgla projektowego zostały opisane w Rozdziale 4 Tabela 4.5. Natomiast, po wykonaniu analizy paliwa pod kątem wielkości wskaźników zanieczyszczania ścian komory paleniskowej i żużlowania oraz zawartość tlenków w popiele i węglu w Rozdziale 13 wskazuje się, że mieszanki węgla, których głównym składnikiem jest węgiel z Zakładu Górniczego Janina w Libiążu, są najodpowiedniejsze dla nadkrytycznego kotła fluidalnego CFB 1300 pracującego w Elektrowni Łagisza - Tabela 13.6. Niestety, jak również wykazały analizy, posiada on bardzo dużo frakcji drobnej tak samo jak i pozostałe węgle urabiane metodą kombajnową. Składnikami takich mieszanek mogą być węgle o zbliżonych parametrach i tutaj wskazuje się m.in. kopalnie KWK Wesoła czy KWK Piast Tabela 13.6.

Zatem najskuteczniejszym sposobem na poprawę pracy bloku nr 10 wydaje się być modernizacja układów nawęglania i odżużlania, wskazanych jako najbardziej awaryjnych w Rozdziale 15, Tabela 15.3.

AWARYJNOŚĆ WĘZŁÓW TECHNOLOGICZNYCH

W związku z tym, że w latach 2007 – 2020 dokonano przeglądu wszystkich awarii zaistniałych w układach technologicznych kotła można było wyciągnąć następujące wnioski:

- awaryjność w obszarze komory paleniskowej spadła dzięki podjętym działaniom Tauron Wytwarzanie SA opisanym wcześniej;
- zaobserwowano niską awaryjność układu odpopielania;
- najwięcej awarii miało miejsce na naściennych oraz zgrzeblowych podajnikach węgla;
- odnotowano liczne awarie w układzie odprowadzania popiołu dennego.

Dane pozyskano z systemu sterowania pracą bloku, gdzie widoczne są wszystkie zdarzenia mające wpływ na produkcję.

Poniżej przedstawiono przykładową listę takich zdarzeń. Na potrzeby niniejszej pracy przeanalizowano czteroletni okres eksploatacji. Zestawienia tabelaryczne odzwierciedlają codzienną obsługę urządzeń. Przy dokonywaniu codziennych obchodów przez służby ruchu zauważone usterki przekazywane są do służb remontowych, które decydują o sposobie oraz terminie naprawy.

Awarie i usterki infrastruktury krytycznej elektrowni usuwane są w trybie natychmiastowym. Poniżej zestawienie obejmujące IV kwartał 2017r. (Tabela 16.2) Przykłady z lat 2018 – 2020 znajdują się w Załącznikach 36 – 38.

Tabela 16.2. Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - IV kwartał 2017

Obiekt KKS	Opis zdarzenia na obiekcie	Data rejestracji ZR
05E1-0HHE10	przebita ciałem obcym obudowa podajnika węgla HHE10AF301	27.10.2017
05E1-10HHE12	uszkodzony wąż podajnika HHE22 i rączka wężu podajnika HHE12	17.11.2017
05E1-10HHE12	HHE12 - przeciążą się i wypada dozownik węgla - linia węgla nr.1 w postoju	22.11.2017
05E1-10HHE12	zablokowany podajnik HHE12.brak możliwości zasypania piaskiem .przepuszcza bardzo mocno kłapa zsykowa.	22.11.2017

05E1-10HHE12	zablokowany podajnik HHE12.brak możliwości zasypania piaskiem .przepuszcza bardzo mocno kłapa zsypowa.	22.11.2017
05E1-10HHE12	mocno przepuszcza kłapa pneumatyczna na rurze zsypowej HHE12	27.11.2017
05E1-10HHE14	nieszczelne przewody pary gaśniczej do rur zsypowych węgla nr14/23/33/34/44 oraz zatkane nr12 i 35	29.12.2017
05E1-10HHE20	luźne łańcuchy na przenośnikach zgrzeblowych węgla HHE11, HHE20, HHE21, HHE31 i HHE41.	22.12.2017
05E1-10HHE20	nieszczelność na przesypie z podajnika HHE20 na HHE21	05.12.2017
05E1-10HHE20	nieszczelność na dławicy od strony napędu podajnika HHE20	14.12.2017
05E1-10HHE20	nieszczelność na obudowie podajnika węgla HHE20 -przy zrzucie na HHE21 poz +23 m	20.12.2017
05E1-10HHE21	luźne łańcuchy na przenośnikach zgrzeblowych węgla HHE11, HHE20, HHE21, HHE31 i HHE41.	22.12.2017

Po przeanalizowaniu wszystkich usterek utworzono listę najbardziej awaryjnych węzłów układów technologicznych kotła (Tabela 16.3).

Tabela 16.3. Ranking awaryjności układów technologicznych kotła CFB 1300

Nazwa obiektu	Ilość awarii w badanym okresie
HHE - Podajnik przyścienny węgla	367
HHE - Podajnik węgla	74
HHE - Podajnik łańcuchowy węgla	61
HHE - Podajnik śrubowy	52
HDA - Śrubowy podajnik popiołu chłodzony wodą	47
HDA - Łańcuchowy podajnik popiołu chłodzony wodą	17
HDA - Podajnik kubelkowy popiołu	13
Inne zdarzenia - przeglądy i naprawy	395

Najbardziej awaryjnymi urządzeniami bloku były podajniki przyścienne węgla, odnotowano w ciągu badanego okresu czasu aż 367 takich zdarzeń. Statystycznie największe problemy eksploatacyjne sprawia układ podawania paliwa. Jest to związane z właściwościami fizyko-chemicznymi węgla, jego erozyjnym działaniem na układy transportu paliwa oraz niską podatnością transportową, która utrudnia znacząco płynną nadawę węgla do komory paleniskowej, co zostało wykazane.

16.3.2.1 PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ W ZAKRESIE POPRAWY GRANULACJI PALIWA I MODERNIZACJI UKŁADÓW TECHNOLOGICZNYCH.

Od roku 2022, z uwagi na zaistniałą sytuację związaną z brakiem węgla na rynku poszerzyło się spektrum dostawców również spoza Europy, co oznacza, że jednostka wytwórcza powinna uniezależnić się od kierunków dostaw.

GRANULACJA PALIWA

Jednym z największych problemów eksploatacyjnych jest niska podatność transportowa węgla. Sposobem rozwiązania tego zagadnienia jest propozycja zabudowy granulatora frakcji drobnej po odsiewaczu rolkowym.

Istnieją konstrukcje granulatorów specjalnego przeznaczenia do produkcji granulatu z węgla, głównie z mułów. Zgodnie z DTR kotła maksymalne zapotrzebowanie na paliwo wynosi 54 kg/s, co daje 194,4 t/h. Z przeprowadzonej w latach 2017 – 2018 szczegółowej analizy nawęglania, odbywającego się bezpośrednio z wagonów do zasobników przykotłowych wynika, że ilość najdrobniejszej frakcji poniżej 0,4 mm to wartość około 17%. Udział procentowy od poszczególnych dostawców jest różny i przedstawiony został w Rozdziale 11 w Tabeli 11.5. (Tabela 11.5.).

Jak zaobserwowano, dziesięcioprocentowy, zalecany udział frakcji do grubości ziarna 0.4 mm jest przekroczony i wynosi od 15,7% do 21,77 % co oznacza, że wartości te są większe od zalecanych od 57% do 117,7%.

Odnosząc się do maksymalnej wydajności nadawy, ilość ton na poziomie rekomendowanej dziesięcioprocentowej frakcji drobnej to 19,44 t/h. Zważywszy na to, że 10% frakcji najdrobniejszej jest wartością akceptowalną pozostałe 117,7% należałoby zgranulować a w tym przypadku ilość ta wynosi 22,88 t/h. W związku z tym **granulator o wydajności około 25 t/h byłby wystarczający dla tej instalacji.**

Urządzenie takie przerabia drobną frakcję (np. mułu) do postaci granulatu. Najczęściej spotykane jest na kopalniach w zakładach wzbogacania i przeróbki węgla, wszędzie tam, gdzie konieczne jest zminimalizowanie odpadu poprodukcyjnego w procesie wydobywania.

Konstrukcja przewiduje zabudowę obrotowego bębna z układem podawania (nadawą) o parametrach, które są wynikiem ich odseparowania po odsiewaczu rolkowym będącym elementem układu podawania paliwa. Nadawa do bębna może odbywać się za pomocą szczelnych przenośników o odpowiednio dobranej konstrukcji. Aby granulat mógł powstać, jako lepiszcze można zastosować wapno palone. Rekomendacja ta wynika z doświadczeń projektu Grey2Green realizowanego w Tauron Polska Energia SA razem z Tauron Wydobycie SA (ZG Janina), Tauron Wytwarzanie SA (Oddział Elektrownia Łagisza) oraz Tauron Ciepło Sp. z o.o. (Zespół Elektrociepłowni Bielsko – Biała Elektrociepłownia nr 2 w Czechowicach – Dzierżycach) w latach 2013 – 2014.

Cały proces granulacji z udziałem lepiszcza następuje podczas obrotu bębna.

Po zakończeniu procesu granulacji materiał powinien zostać podany na podajniki węgla za odsiewaczem lub podajniki zabudowane bezpośrednio przed komorą paleniskową.

Przykładowy granulator wyposażony jest m.in. w:

- bęben o odpowiedniej prędkości obrotowej,
- system automatycznego smarowania bębna,
- przenośniki nadawy i odbioru granulatu,

dotatkowo instalacja może posiadać:

- dozownik celkowy,
- zasuwy nożowe,
- zbiornik pośredni

w zależności od lokalizacji granulatora. Granulator można opomiarować a wyniki pomiarów zaimplementować do logiki systemu DCS bloku.

Zabudowanie urządzenia o odpowiedniej wydajności wymaga odrębnego projektu w uzgodnieniu z Dostawcą kotła.

Poniżej przedstawiono sylwetkę proponowanego granulatora (Rysunek 16.20.). Jednostki takie są dostępne w handlu a **wykonawca deklaruje dostosowanie konstrukcji do wymagań klienta.**



Rysunek 16.20. Granulator mułków [31]

MODERNIZACJE UKŁADÓW TECHNOLOGICZNYCH

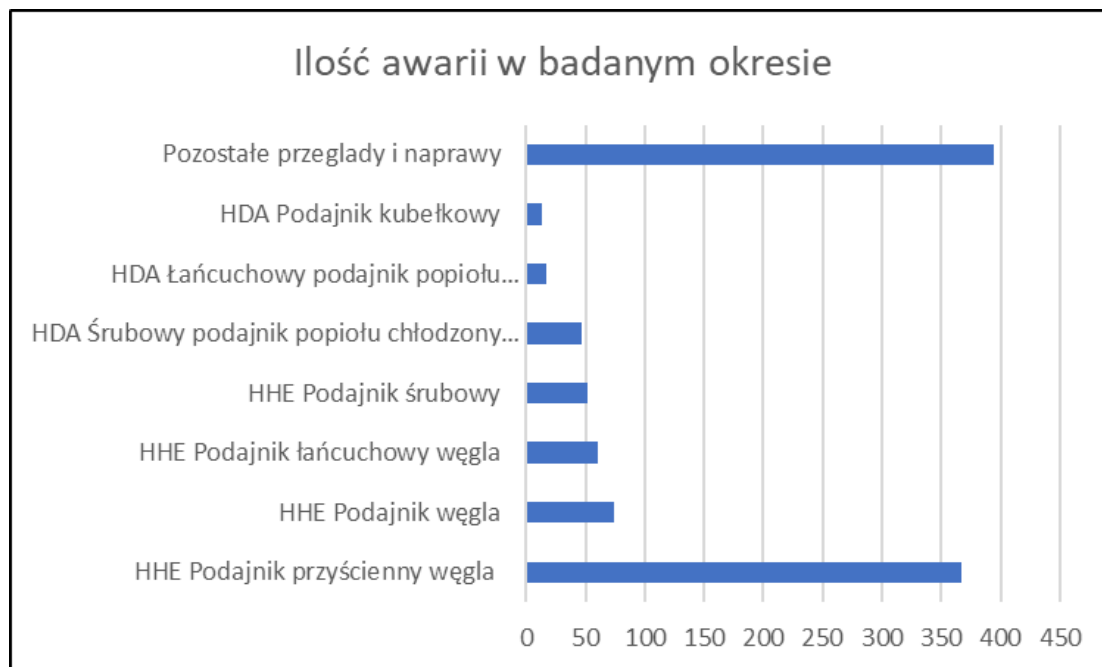
Przedstawione tu modernizacje odnoszą się do najbardziej newralgicznych węzłów technologicznych układu podawania paliwa oraz odbioru popiołu dennego.

Propozycje te dotyczą:

- podajnika przyściennego węgla
- kompensatora pionowego powietrza wtórnego
- obudowy podajnika przyściennego węgla
- rury zsypanej węgla
- dozowników węgla
- zasuw szpilkowych pod silosami węgla
- chłodnicy popiołu dennego

Jak wynika ze statystyki awaryjności układów technologicznych kotła CFB 1300, najwięcej problemów sprawia układ podawania paliwa oraz układ odzuzłania. Zagadnienie to zostało opisane w Rozdziale 16.3. a ranking awaryjności układów technologicznych kotła CFB 1300 ujęto w Tabeli 16.3.

Na podstawie tej tabeli sporządzono rys. 16.21., który przedstawia graficznie ilość awarii urządzeń nawęglania i odbioru popiołu dennego.

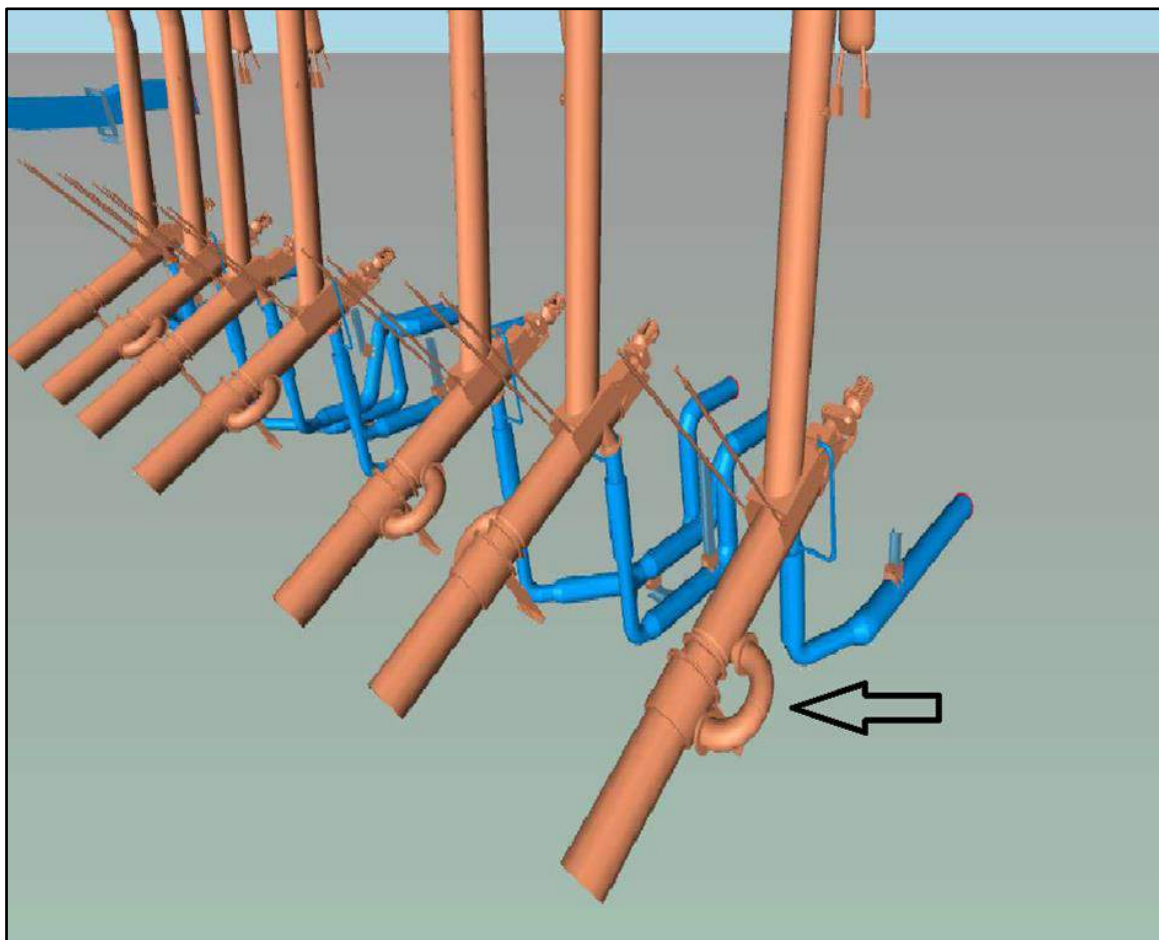


Rysunek 16.21. Ilość awarii urządzeń nawęglania i odbioru popiołu dennego

Propozycje modernizacji układu podawania paliwa i odbioru popiołu przygotowane zostały przy współpracy z Dostawcą kotła.

PODAJNIK PRZYŚCIENNY WĘGLA

Obecnie obudowa podajnika zawiera wskazany na poniższym Rysunku 19.3. bypass powietrza wtórnego. Założeniem dla tego bypassu jest użycie szybra zamykającego obudowę w przypadku usterki wału podajnika. Po odstawieniu kotła w krótkim czasie można wysunąć wał na zewnątrz, zamknąć szyber i pracować bez jednego podajnika. Z tej opcji elektrownia skorzystała tylko raz. Obecnie szybry są zdemontowane. Obudowa w tej formie – z bypassem, wprowadza dużo trudności związanych z centrowaniem wału – obudowa łączona z dwóch części. Nie tylko wydłuża to czas postoju podajnika, ale dodatkowo generuje dużo nieszczelności erozyjnych na samym bypass'e z uwagi na to, że do tych elementów dostaje się powietrze wtórne z pyłem.

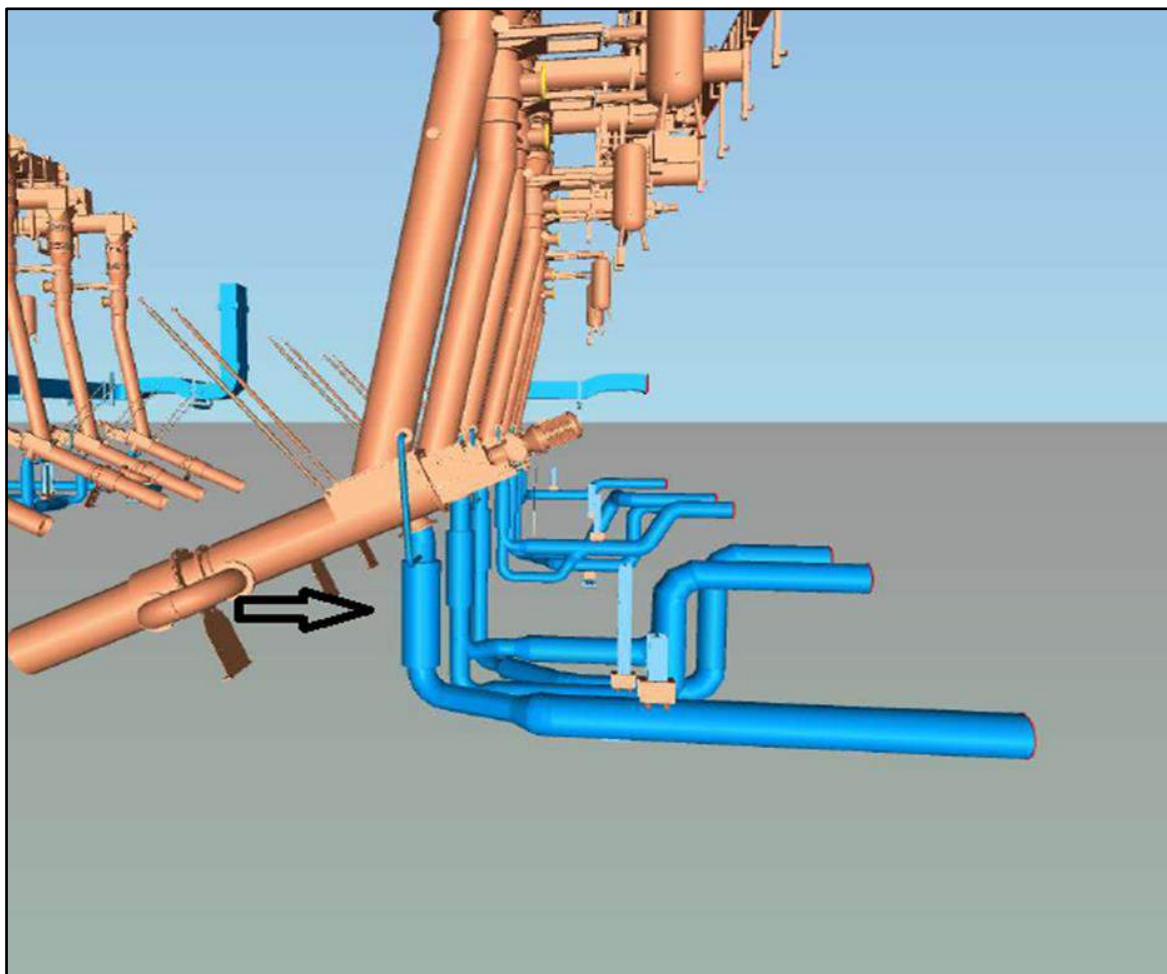


Rysunek 16.22. Propozycja konstrukcji podajnika przyściennego węgla

Proponowane rozwiązanie: likwidacja elementu łączenia obudowy (bypass), wykonanie obudowy jako jednolitej całości bez bypassu powietrza wtórnego. **Modernizacja skróci czas naprawy podajnika i zmniejszy ilość napraw nieszczelności erozyjnych tej części instalacji.**

KOMPENSATOR PIONOWY POWIETRZA WTÓRNEGO

Wskazany pionowy kompensator zabudowany jest na rurociągu powietrza wtórnego. Powietrze wtórne z pyłem z obrotowego podgrzewacza powietrza przepływa w kierunku do podajnika. W momencie odstawienia kotła pył odkłada się w przestrzeni kompensatora pomiędzy mieszkim a rurą wewnętrzną w kompensatorze, doprowadzając do jego zablokowania, podczas którego następować może jego uszkodzenie a w konsekwencji do nieprawidłowej pracy układu kompensacji podajnika naściennego węgla co powoduje dalsze problemy eksploatacyjne do wyłączenia awaryjnego włącznie.



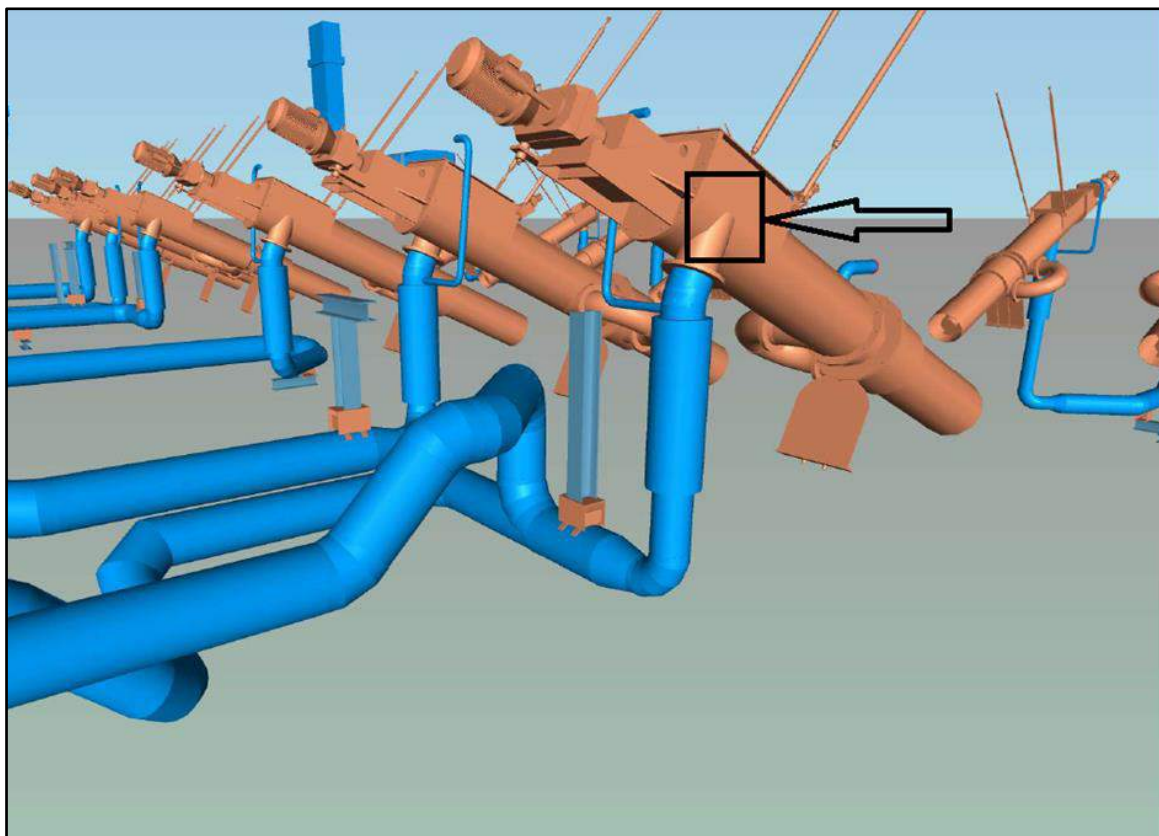
Rysunek 16.23. Propozycja modernizacji układu powietrza wtórnego – zabudowa kompensatora poziomego wraz z przeprojektowaniem układu rurociągów

Proponowane rozwiązanie: przeprojektować układ rurociągów z zabudową kompensatora w pozycji poziomej (tak jak w przypadku powietrza pierwotnego) aby wyeliminować odkładanie się pyłu w przestrzeni kompensacji wydłużeń.

Rozwiązanie to zmniejszy ryzyko awarii układu.

OBUDOWA PODAJNIKA PRZYŚCIENNEGO WĘGLA

Obecnie wpadające do płaszcza obudowy powietrze wtórne zawierające pył z obrotowego podgrzewacza powietrza uderza w bok obudowy i powoduje silną erozję miejscową doprowadzając do nieszczelności elementu konstrukcji.

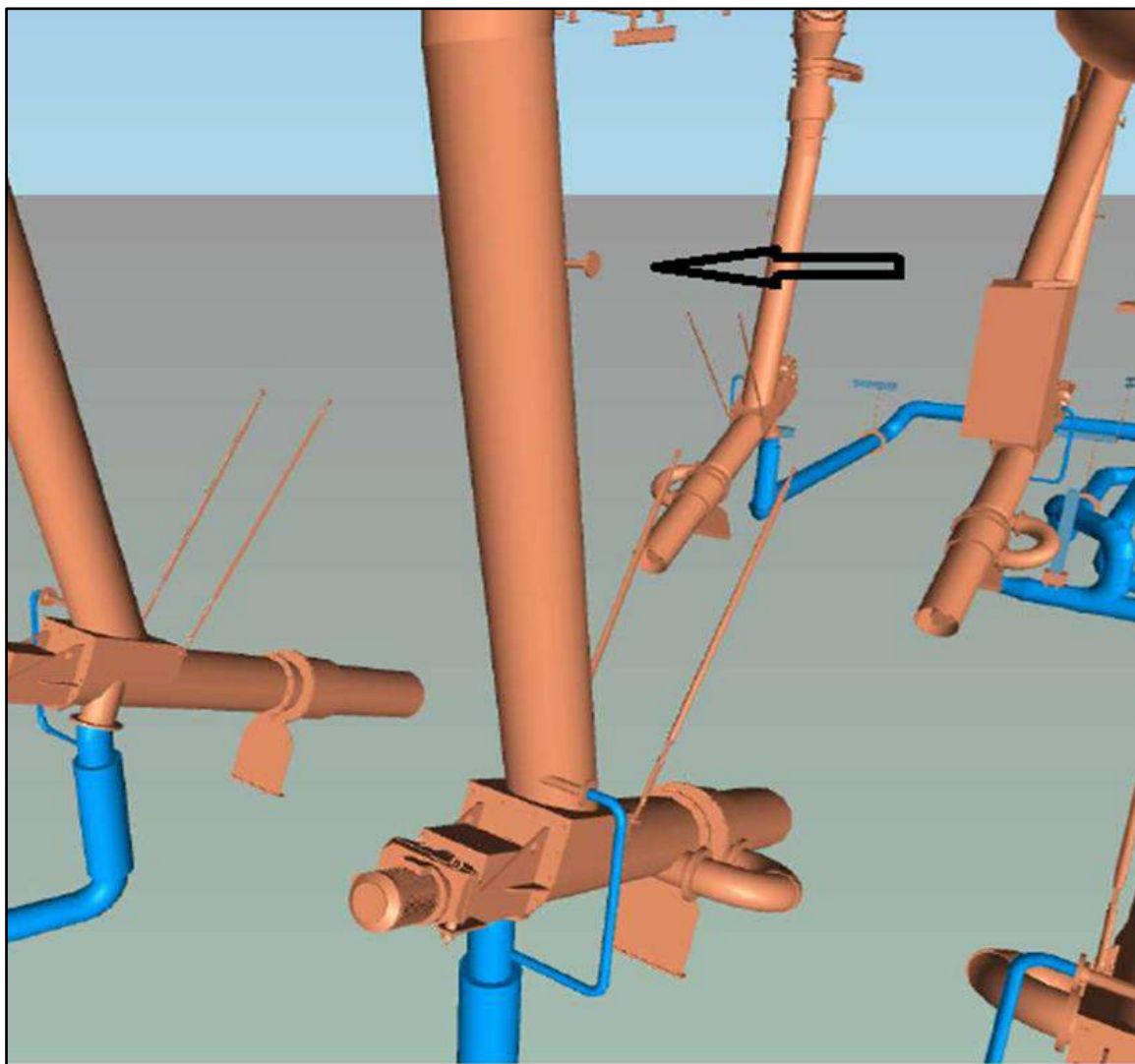


Rysunek 16.24. Propozycja modernizacji podajnika przyściennego węgla

Propozycja rozwiązania: wykonanie wskazanego rejonu obudowy z materiału bardziej odpornego na ścieranie. Dodatkowo sugerowane jest rozwiązanie wlotu rurociągu powietrza skierowanego w kierunku przepływu, a nie pod kątem prostym (jak na powyższym schemacie). **Dzięki takiemu rozwiązaniu ograniczone zostaną usterki związane z erozyjną nieuszczelnością obudowy.**

RURA ZSYPOWA WĘGLA

Wskazany na poniższym rysunku (rys. 19.6) króciec pary gaśniczej do odblokowania rur zsypanych węgla jest niewystarczający aby skutecznie udrażniać instalację z uwagi na jednokierunkowe działanie strugi. Pozostała część powierzchni rury pozostaje nieoczyszczona powodując szybki przyrost warstwy węgla osadzającego się we wnętrzu kanału i oklejanie się drobnych cząstek wzdłuż zsyphu powodując problemy z transportem paliwa.

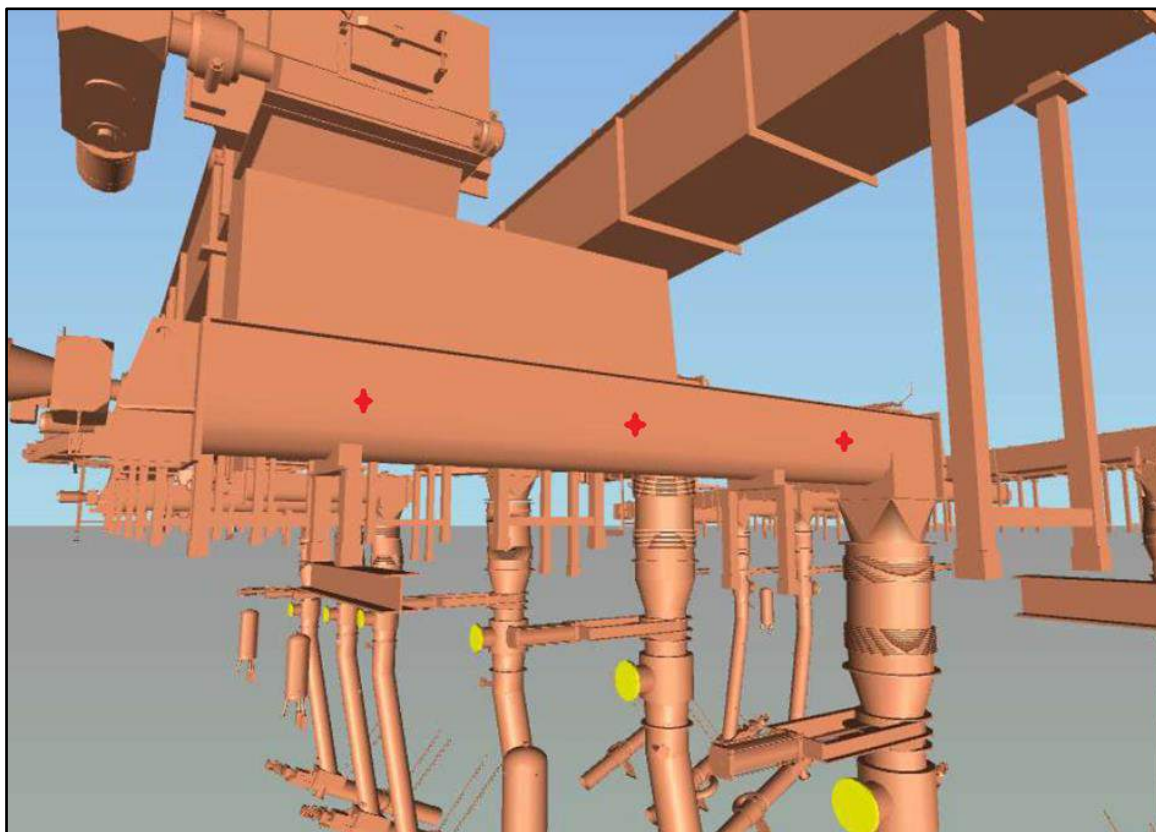


Rysunek 16.25. Propozycja modernizacji układu podawania paliwa w rejonie rury zsympowej węgla

Propozycja rozwiązania: zaprojektowanie i zabudowa 3 sztuk króćców pary gaśniczej na wysokości rury z zaworami odcinającymi przy każdym króćcu. **Usprawni to likwidację nawisów węgla i tym samym poprawi płynność nadawy.**

DOZOWNIKI WĘGLA

Blokowanie się dozowników węgla na poziomie +21 metrów występuje z uwagi na podwyższoną jego temperaturę (szczególnie przy jego wysokiej lotności). Sytuacje takie powodują zagrożenie utrzymania ciągłości eksploatacji z uwagi na konieczne interwencje związane z możliwością powstania pożaru.

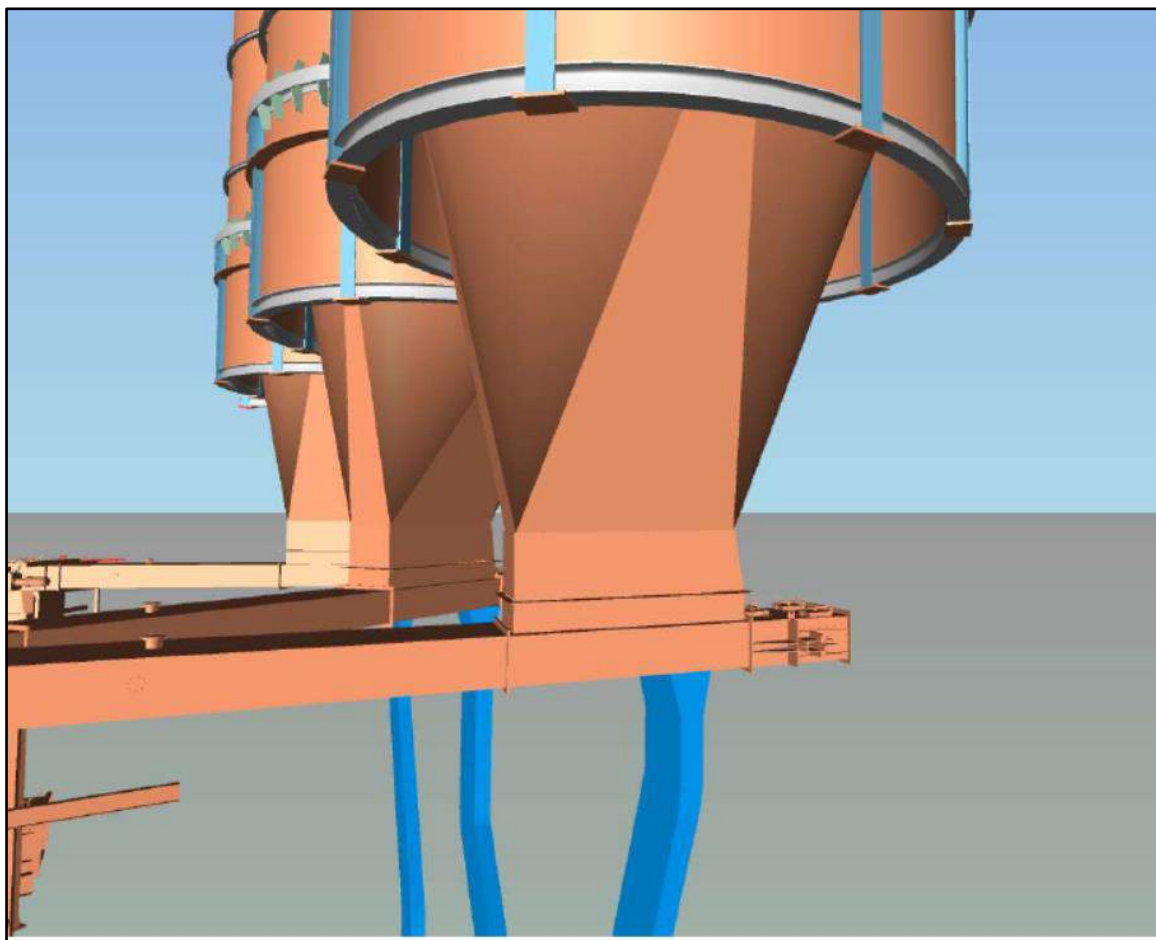


Rysunek 16.26. Modernizacja dozowników węgla na poziomie +21m

Propozycja rozwiązania: zaprojektowanie i zabudowa dodatkowych króćców pary gaśniczej na obudowach. **Rozwiązanie to zwiększy bezpieczeństwo pracy instalacji.**

ZASUWA SZPILKOWA POD SILOSEM WĘGLA

Ręczna zasawa szpilekowa odcinająca pod silosem węgla konstrukcyjnie jest kłopotliwa i zabiera dużo czasu przy otwieraniu i zamykaniu zasobnika. Wymaga dużego fizycznego wysiłku obsługi instalacji w celu zmiany położenia szpilek, konstrukcja jest nieergonomiczna, stwarzająca zagrożenia w miejscu pracy, jest przestarzała i usterkowa. Obecnie, na tego typu instalacjach stosuje się zautomatyzowane zasawy nożowe z napędem hydraulicznym.

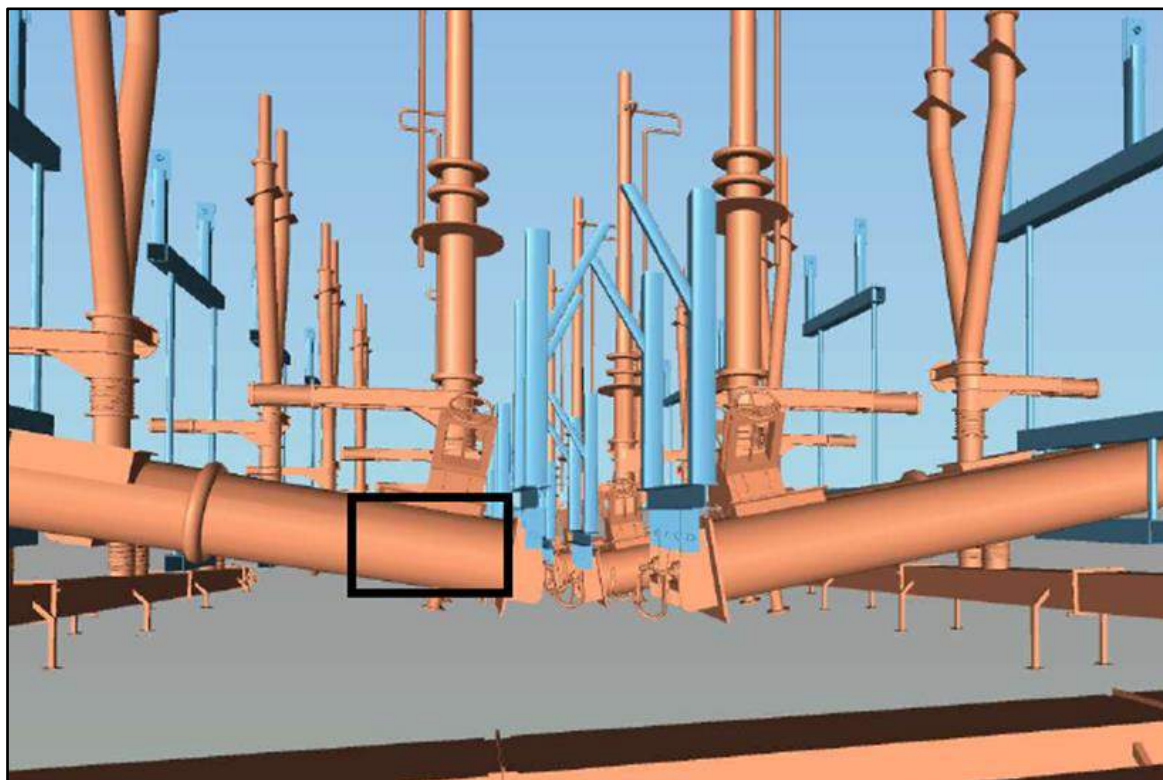


Rysunek 16.27. Propozycja wymiany ręcznej zasuwę szpilkowej pod silosem węgla na zasuwę nożową z napędem hydraulicznym

Propozycja rozwiązania: zastosowanie zasuwę nożowej hydraulicznej. Dzięki temu rozwiązaniu skróci się czas odcięcia zasobnika węgla od podajnika oraz poprawi bezpieczeństwo pracy.

CHŁODNICA POPIOŁU DENNEGO

Wał chłodnicy popiołu dennego poddawany jest zużyciu erozyjnemu w rejonie zrzutu popiołu dennego z komory paleniskowej co prowadzi do powstawania nieszczelności wodnych wału i częstych usterek wymagających odstawienia układu odżużlania i związanych z nim zaniżeń mocy bloku generujących ubytki.



Rysunek 16.28. Propozycja modernizacji chłodnicy popiołu dennego

Propozycja rozwiązania: wykonanie wału wraz z zastosowaniem warstwy ochronnej (np. napawanie) we wskazanym rejonie lub zastosowanie powłok ochronnych aplikowanych metodą natryskiwania cieplnego.

17. PODSUMOWANIE, WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza od 2009 roku eksploatuje blok energetyczny o mocy 460 MWe. Kocioł cyrkulacyjnym złożem fluidalnym CFB 1300 jest konstrukcją prototypową, innowacyjną z uwagi na nadkrytyczne parametry pracy.

Parametry techniczne kotła ujęte zostały w Rozdziale 4. obejmują:

- Wymiary komory paleniskowej – Tabela 4.1.
- Parametry podstawowe nadkrytycznego kotła fluidalnego – Tabela 4.2.
- Standardy emisyjne dla bloku nr 10 z nadkrytycznym kotłem fluidalnym – Tabela 4.3.
- Średnioroczną wskaźnikową emisję CO dla bloku nr 10 – Tabela 4.4.
- Parametry paliwa projektowego – Tabela 4.5.

Problemy eksploatacyjne towarzyszyły tej jednostce wytwórczej od samego początku. Od chwili jej uruchomienia borykano się z licznymi awariami i usterkami, gdzie dominującą rolę odgrywała nadmierna erozja elementów konstrukcyjnych kotła.

W ciągu ponad 10 lat eksploatacji zdiagnozowano kilkanaście obszarów o wysokiej awaryjności, głównie związanych z erozją. Tauron Wytwarzanie SA wspólnie z Dostawcą kotła, Centrum Energetyki AGH, Politechniką Śląską oraz Politechniką Częstochowską powołał zespoły zadaniowe aby zdiagnozować przyczyny niskiej dyspozycyjności bloku nr 10.

Przeprowadzone przez tych ekspertów analizy objęły zagadnienia związane z procesami zachodzącymi w komorze paleniskowej takimi jak prędkość fluidyzacji złoża, jego temperatura, skuteczność separacji materiału złoża, erozja rur parownika, dysz powietrza pierwotnego i wtórnego. Na bazie tych danych zidentyfikowano obszary, które poddano modernizacji. Należały do nich m.in. przywrócenie właściwej geometrii ścian komory paleniskowej, która odkształciła się na skutek nierównomiernych rozpliwów temperatur i licznych napraw ubytków erozyjnych rur parownika, wykonano aplikację powłok ochronnych na ekranach, zmodyfikowano dysze powietrza pierwotnego, opracowano technologię

zabezpieczenia przed pękaniem spoin przegrzewaczy Intrex oraz wiele innych działań ograniczających ryzyka powstawania awarii w tym obszarze.

W systemie monitorowania pracy bloku nr 10 w analizowanym okresie w latach 2017 – 2020 sygnalizowane i odnotowywane problemy związane były z niską podatnością transportową paliwa. Dostarczany węgiel sprawiał problemy przy rozładunku, oklejał wagony, sprawiał, że wydłużał się czas postoju wagonów, występowała konieczność ich doczyszczania i ponownej kontroli na wagach. Podczas transportu podajnikami węgla oklejał elementy podawcze utrudniając pracę taśmociągów, podajników zgrzeblowych i śrubowych, oklejał węzły przesypowe przez co dostarczanie paliwa do zasobników przykotłowych węgla było długotrwałe, a ilość transportowanego materiału zmienna w czasie.

Zdiagnozowano również i w tym przypadku erozję elementów podawczych, generującą przestoje podajników węgla, podajników odbioru żużla i konieczność okresowego ich wyłączenia z eksploatacji na czas naprawy. Te zdarzenia powodowały spadek dyspozycyjności urządzeń i związanych z tym ograniczeń w produkcji energii elektrycznej powodując zaniżenia mocy.

W związku z powyższym, w niniejszej pracy podjęto się analizy fizyko-chemicznej węgla spalanego w omawianej jednostce wytwórczej i porównania wyników tej analizy z parametrami paliwa projektowego i podstawowego (Tabela 4.5.).

W pierwszej kolejności przeanalizowano i zlokalizowano przyczyny problemów eksploatacyjnych związanych ze spalaniem paliwem. Do przyczyn tych zaliczono:

1. **Ponadnormatywne rozdrobnienie paliwa** – Dostawca kotła przewidział udział frakcji najdrobniejszej poniżej 0,4 mm w ilości mniejszej niż 10% (Tabela 4.5.) a w dostarczonym węglu wartości te są wyższe, średnio wynoszą około 17% za badany okres, ale zdarzają się sytuacje, że wartość ta znacznie przekracza 30% (Rozdział 14, Rozdział 15, Załączniki 7 - 17). Układ rozdrabniania paliwa posiada stałą prędkość obrotową (brak falowników na napędach). Próbkę pobierane są za kruszarkami a więc w miejscu nadawy, w której następuje połączenie strumieni paliwa z sit i kruszerek. Powstająca granulacja drobna wiąże się z niską podatnością transportową węgla, na którą dodatkowo wpływ ma wilgoć uzależniona od zmiennych warunków atmosferycznych. Podatność transportową węgla

kamiennego opisano w Rozdziale 8. Po przeanalizowaniu lat 2017 – 2020 i początku 2021r. podsumowano ilość ubytków mocy, wyrażonej w MWh, spowodowanej tym zjawiskiem i wynoszą one **119 544,31 MWh**.

2. **Awarie i usterki układów podawania paliwa i odbioru popiołu** – analiza informacji z danych systemowych elektrowni (DCS) pozwoliła na określenie najbardziej awaryjnych węzłów technologicznych oraz ustalenie ilości ubytków w badanym okresie dla każdego z nich (Tabela 15.4.). Problemy eksploatacyjne powstawały głównie na skutek erozji elementów układów transportowych takich jak, zgrzebła, łańcuchy, podajniki śrubowe węgla itp. Erozja ta jest wynikiem zawartości tlenków glinu, żelaza i krzemu czyli korundu, hematytu i kwarcu. Łączna ilość ubytków wynikająca z awarii układów podawania paliwa i odbioru żużla w latach 2017 – 2020 i początku 2021r. wynosi **200 052,26 MWh**.

Łącznie, w wyniku powyższych przyczyn wyprodukowano o 319 596,57 MWh mniej niż oczekiwano, pomimo istniejącego zapotrzebowania w sieci elektroenergetycznej.

W pracy przeanalizowano ilość i kierunki dostaw węgla, jego jakość i granulację, proces nawęglania a także określono największych Dostawców. Dane te porównano z parametrami węgla projektowego i podstawowego, po czym zestawiono je z rejestrem ubytków mocy bloku i zdarzeń awaryjnych (Tabela 15.2. i Tabela 15.3.).

Przeprowadzone badania wykazały, że granulacja węgla oraz jego parametry fizyko-chemiczne, w tym, skład tlenków zawartych w popiele i paliwie mają wpływ na awaryjność instalacji i przyczyniają się do powstawania ubytków mocy.

W szczególności wysoka, w porównaniu z określoną przez Dostawcę kotła, zawartość tlenków wymienionych wyżej, czyli tlenków glinu, żelaza i krzemu (Tabela 13.2., Tabela 13.3. oraz Tabela 13.4.) sprawia, że erozyjny wpływ węgla oraz popiołu ma dominujące znaczenie, albowiem są to tlenki o wysokiej twardości w 10 – cio stopniowej skali Mohsa: Al_2O_3 – 9, Fe_2O_3 – 6 oraz SiO_2 – 7 (Tabele jak wyżej).

Wszystkie informacje zostały zebrane w poniższej Tabeli 17.1.

Tabela 17.1. Charakterystyka węgla od głównych dostawców

Dostawca	Charakterystyka paliwa
ZG Janina	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 17%</p> <p>Węgiel o małych tendencjach do zużłowania (wpływ niskiej zawartości popiołu), posiada skłonności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej, które (zanieczyszczanie) uzależnione jest od zawartości siarki całkowitej w węglu w stanie suchym.</p> <p>Przekroczona w stosunku do rekomendowanej wartość Fe_2O_3 (twardość 6 w skali Mohsa), oddziałuje w sposób erozyjny na elementy instalacji i wpływa na zużycie elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p> <p>W wyniku przeprowadzonej analizy, granulacja paliwa z ZG Janina ma przekroczoną ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) o 59,9%.</p> <p>Podsumowanie: Węgiel z ZG Janina dostarczany do Elektrowni Łagisza w udziale 17% wszystkich dostaw. Posiada małą tendencję do zużłowania, cecha ta charakteryzuje węgle z niską zawartością popiołu. Wartość wskaźnika Fu jest za wysoka i wskazuje na tendencje węgla do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej. Wskaźnik AK dla węgla z tej kopalni wynosi 0,33 co oznacza, że posiada on średnie skłonności do zanieczyszczania. Skłonności te nie odgrywają większej roli w przypadku kotłów fluidalnych z uwagi na dominujące oddziaływanie procesu fluidyzacji na elementy komory paleniskowej. Zawartość hematytu w węglu i popiele może wpływać na erozję układu podawania paliwa i odbioru popiołu oraz elementy parownika.</p> <p>Przekroczona jest również ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) o 59,9% co wpływa na obniżenie jego podatności transportowej i wpływa negatywnie na pracę bloku.</p>
ZG Sobieski	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 8,5%</p> <p>Węgiel o małych tendencjach do zużłowania, nie posiada skłonności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej.</p> <p>Z uwagi na przekroczoną wartość Fe_2O_3 (twardość 6 w skali Mohsa) , oraz SiO_2 (twardość 7 w skali Mohsa) może w dużym stopniu oddziaływać na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p>

	<p>ZG Sobieski ma przekroczoną ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) o 44,6%. I w tym przypadku jest to niekorzystne i wpływa na obniżenie podatności transportowej węgla.</p> <p>Podsumowanie: Udział w dostawach do Elektrowni Łagisza węgla z ZG Sobieski wynosi 8,5% i jest on o połowę mniejszy od ilości dostarczanej z ZG Janina.</p> <p>Posiada małą tendencję do zużłowania i brak skłonności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej.</p> <p>Przekroczona w stosunku do rekomendowanej zawartość hematytu (Fe_2O_3) oraz kwarcu (SiO_2) w węglu i popiele może istotnie wpływać na erozję układu podawania paliwa i odbioru popiołu oraz elementy parownika.</p> <p>Ponadto przekroczona ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) o 44,6% wpływa na obniżenie jego podatności transportowej.</p>
<p>ZG Brzeszcze</p>	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 16,38%</p> <p>Węgiel z ZG Brzeszcze nie ma skłonności do zużłowania ale posiada średnią zdolność do zanieczyszczania ścian powierzchni parownika.</p> <p>W kwestii dotyczącej zawartości tlenków, w porównaniu do parametrów projektowych paliwa posiada za wysoką zawartość kwarcu (SiO_2) (twardość 7 w skali Mohsa) i głównie z tego powodu może oddziaływać na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p> <p>W przypadku ZG Brzeszcze przekroczenie ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) wynosi 57% i również wiąże się z obniżeniem podatności transportowej węgla.</p> <p>Podsumowanie: Ilość dostarczanego węgla z ZG Brzeszcze wynosi 16,38% i jest zbliżone do ilości dostarczanej z ZG Janina.</p> <p>Węgiel ten nie ma skłonności do zużłowania, natomiast średnią skłonność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej, co nie ma istotnego wpływu w przypadku kotłów fluidalnych.</p> <p>Przekroczona w stosunku do rekomendowanej zawartość kwarcu (SiO_2) może wpływać na erozję elementów technologicznych kotła i urządzeń transportu węgla i popiołu.</p> <p>Ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) przekroczyła wartość rekomendowaną o 57%.</p>
<p>KWK Ziemowit</p>	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 7,13%</p>

	<p>Paliwo z KWK Ziemowit posiada niską skłonność do zużłowania ale z uwagi na zawartość popiołu i siarki całkowitej jego zdolność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej jest średnia.</p> <p>W porównaniu do parametrów projektowych paliwa węgiel z KWK Ziemowit posiada za wysoką zawartość SiO₂ (twardość 7 w skali Mohsa) oraz Fe₂O₃ (twardość 6 w skali Mohsa). Przekroczona zawartość tych tlenków może w dużym stopniu oddziaływać na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p> <p>KWK Ziemowit ma przekroczoną ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) o 88,86%. I w tym przypadku jest to niekorzystne i wpływa na obniżenie podatności transportowej węgla.</p> <p>Podsumowanie: W przypadku KWK Ziemowit ilość dostarczanego węgla wynosi 7,13% i kopalnia ta jest najmniejszym udziałowcem wśród głównych dostawców.</p> <p>Węgiel ma niską skłonności do zużłowania oraz do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej.</p> <p>Podobnie jak dla ZG Sobieski ma przekroczoną wartość Fe₂O₃, oraz SiO₂ co wpływa na zużycie erozyjne elementów konstrukcyjnych układów transportu oraz rur parownika.</p> <p>Ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) przekroczyła wartość rekomendowaną o 88,6% i jest jedna z najwyższych wśród głównych kierunków dostaw.</p>
KWK Budryk	<p>Udział w dostawach w latach 2017 – 2020 – 13,56%</p> <p>Z uwagi na brak danych nie można wypowiedzieć się na temat zdolności do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej dla węgla z tej kopalni. Natomiast nie posiada on skłonności do zużłowania.</p> <p>W porównaniu do parametrów projektowych paliwa węgiel z KWK Budryk zawartość Al₂O₃ (twardość 9 w skali Mohsa) jest za wysoka.</p> <p>Z uwagi na przekroczoną wartość tego związku może oddziaływać na erozję elementów układu podawania paliwa i odbioru popiołu.</p> <p>KWK Budryk posiada przekroczoną ponad dwukrotnie ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) bo aż o 117,7% w stosunku do rekomendowanej. Wpływa to bardzo niekorzystne na podatność transportową węgla, szczególnie w przypadku opadów atmosferycznych, które dodatkowo pogarszają ten wskaźnik.</p> <p>Podsumowanie: KWK Budryk dostarcza 13,56% węgla do Elektrowni Łagisza.</p>

	<p>Węgiel nie ma skłonności do żużlowania natomiast brak danych do obliczenia wskaźników Fu oraz AK nie pozwala na określenie jego wpływu na zanieczyszczanie ścian komory paleniskowej.</p> <p>Węgiel posiada przekroczoną w stosunku do rekomendowanej wartość Al_2O_3. Tlenek ten wpływa istotnie na erozję konstrukcji z uwagi na jego twardość w skali Mohsa wynoszącą 9.</p> <p>Ilość frakcji najdrobniejszej (0 – 0,4mm) przekroczyła wartość rekomendowaną o 117,7% i jest najwyższą wartością wśród głównych kierunków dostaw.</p>
Wnioski	<p>Najwięksi dostawcy węgla stanowią łącznie prawie 63% wszystkich dostaw jakie zostały dostarczone do elektrowni.</p> <p>W przeprowadzonej analizie najwięcej hematytu Fe_2O_3 (twardość 6 w skali Mohsa) znajdowało się w popiele z ZG Janina, ZG Sobieski oraz KWK Ziemowit.</p> <p>Najwyższą zawartość SiO_2 (twardość 7 w skali Mohsa) zawierał popiół z ZG Sobieski, ZG Brzeszcze oraz KWK Ziemowit.</p> <p>W popiele z KWK Budryk przekroczona jest rekomendowana zawartość Al_2O_3 (twardość 9 w skali Mohsa).</p> <p>Podana ilość tlenków dla wszystkich węgli zależna jest od zawartości popiołu w paliwie (Tabela 13.4).</p> <p>Pozostała zawartość tlenków mieści się w dopuszczalnych granicach lub jest niższa od rekomendowanej.</p> <p>Dostarczany węgiel ma niską lub średnią skłonność do żużlowania, skłonność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej nie wpływa na eksploatację z uwagi na kocioł ze spalaniem w złożu fluidalnym.</p> <p>Wszystkie węgle od głównych dostawców mają przekroczoną ilość frakcji najdrobniejszej (od 44,6% do 117,7%). Przekroczona ilość frakcji najdrobniejszej cechuje wszystkie kierunki dostaw co wskazuje na technologię urabiania węgla metodą kombajnową a zgodnie z Tabelą 4.5, Dostawca kotła rekomenduje aby udział frakcji poniżej 0,4 mm nie przekraczał 10%.</p> <p>Analiza pozostałych dostawców również wykazała podobne cechy.</p> <p>Podsumowanie:</p> <p>Na podstawie przeprowadzonych analiz, przy założeniu, że wskaźnik zanieczyszczania ścian komory paleniskowej nie wpływa na eksploatację w przypadku kotła z paleniskiem</p>

<p>fluidalnym, rekomenduje się sporządzanie mieszanek paliwowych z ZG Janina, ZG Sobieski i ZG Brzeszcze z uwagi na:</p> <ul style="list-style-type: none">• brak lub małe skłonności do zużłowania,• najmniejszą ilość frakcji najdrobniejszej (zaw. od 44,6% do 59,9%) co ma duży wpływ na podatność transportową,• brak przekroczonej zawartości najtwardszego z tlenków Al_2O_3 (twardość 9 w skali Mohsa) <p>Pozostałe węgle powinny być dodatkiem w mieszankach rekomendowanych.</p> <p>Dodatkowo, aby ograniczyć frakcję najdrobniejszą rekomenduje się zabudowę granulatora w instalacji transportu paliwa za odsiewaczami węgla oraz modernizację instalacji wg propozycji zawartych w Rozdziale 16.3.2. w celu poprawy jej dyspozycyjności.</p>
--

Zrealizowano plan badań zgodnie z przyjętą metodyką (Rysunek 2.1)

Przeanalizowano i opisano:

- rodzaj problemów eksploatacyjnych
- źródła tych problemów z podziałem na zaniżenia mocy bloku oraz awarie układów technologicznych
- przyczyny ich powstawania
- kierunki dostaw, jakość i granulacje dostarczanego paliwa względem parametrów projektowych
- możliwości przygotowania mieszanek paliwowych na podstawie wykonanych analiz
- wnioski i propozycje poprawy pracy bloku energetycznego w oparciu o przeprowadzone badania i analizy.

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz można stwierdzić, że parametry handlowe dostarczanego paliwa nie obrazują jego istotnych właściwości związanych z negatywnym wpływem na eksploatację urządzeń, a są jedynie parametrami służącymi rozliczeniom pomiędzy Dostawcą a Odbiorcą obejmującymi w głównej mierze wartość energetyczną paliwa i związaną z nią cenę.

Wartość energetyczna paliwa nie jest wystarczającym gwarantem jego jakości.

Pozostałe parametry węgla, takie jak odpowiednia granulacja czy skład chemiczny węgla i popiołu, wpływają na dyspozycyjność urządzeń krytycznych kotła, czyli przez to na zdolność do wyprodukowania w jednostce wytwórczej określonej ilości energii, a zdolność ta musi uwzględniać zdarzenia eksploatacyjne.

Węgiel dostarczany do polskich elektrowni posiada różną jakość. Dodatkowo trudno jest ustabilizować kierunki dostaw aby mieć pewność co do jego chociażby zbliżonej jednorodności. W samych kopalniach eksploatuje się różne poziomy wydobywcze o różnym składzie chemicznym węgla. Żadne z analizowanych paliw nie spełnia parametrów jakościowych węgla podstawowego rekomendowanego przez Dostawcę kotła.

W związku z powyższym, aby uniknąć ryzyk związanych właśnie z tym zjawiskiem oraz z nadmiernym rozdrobnieniem węgla i jego erozyjnym wpływem na instalacje i urządzenia zaproponowano następujące rozwiązania:

1. Przygotowanie odpowiednich mieszanek węgla, opartych na wytypowanych kierunkach dostaw (Tabela 17.1.).
2. Dokonanie pomiarów granulacji węgla przed kruszarkami w celu określenia udziału poszczególnych frakcji w nadawie.
3. Wykonanie analizy porównawczej granulacji całej nadawy przed i po kruszarkach (obecny punkt poboru próbek). Celem jej wykonania jest określenie wpływu ich przemiału na zawartość najdrobniejszych frakcji w ogólnej masie paliwa trafiającej do komory spalania.
4. Rozważenie możliwości zabudowy falowników na napędach kruszarek w celu uzyskania wymaganego uziarnienia poprzez zmianę prędkości obrotowej młotków wg krzywej kruszenia (zależność granulacji od prędkości

obrotowej elementów kruszących), która w związku z tym powinna zostać opracowana.

5. Zgranulowanie najdrobniejszej frakcji paliwa. W tym celu proponuje się zabudowę urządzenia, które w procesie technologicznym połączy z udziałem odpowiedniego lepiszcza najdrobniejsze cząstki w większe frakcje (Rozdział 16.3.2.). Właściwa (zgodna z projektową) granulacja poprawi płynność nadawy i ustabilizuje proces spalania w komorze paleniskowej.
6. Modernizację najbardziej awaryjnych węzłów technologicznych w tym np. proponuje się dokonać zmian konstrukcyjnych układu podajników przyściennych węgla, zabudować kompensator poziomy w układzie powietrza wtórnego, zabudować zasuwę nożową z napędem hydraulicznym pod zasobnikami węgla (obecnie ręczna zasuwa szpilkowa) czy też zabezpieczyć antyerozyjnie wał chłodnicy popiołu dennego (Rozdział 16.3.2).

Propozycje te pozwolą na usprawnienie transportu węgla ze składowiska do komory paleniskowej, obniżenie czasu nawęglania, ustabilizowanie procesu spalania, zmniejszenie ilości sytuacji awaryjnych i podniesienie dyspozycyjności bloku energetycznego oraz jego produktywności.

Z uwagi na to, że modernizacje wymagają zebrania doświadczeń eksploatacyjnych, proponuje się stopniowe wdrażanie nowych rozwiązań. Warto zwrócić większą uwagę na dobór odpowiednich materiałów, z których wykonuje się elementy urządzeń. Ich indywidualne rozwiązania, mogą być wykorzystane w innych obiektach, gdyż problemy takie występują również w pozostałych elektrowniach.

Warto również rozszerzyć badanie składu chemicznego węgla i popiołu, aby wszystkie parametry były poddawane analizie pod kątem długiego oddziaływania procesów erozyjnych na instalacje. Bardzo rzadko wykonuje się również badania na zawartość macerałów w węglu a jego część mineralna, w połączeniu z udziałem najdrobniejszych frakcji, przyczynia się do obniżania podatności transportowej.

LITERATURA

- [1] https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2021#t1_2
- [2] https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2022#r1_1
- [3] https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-kse/raporty-roczne-z-funkcjonowania-kse-za-rok/raporty-za-rok-2022#r1_2
- [4] https://smoglab.pl/wp-content/uploads/2018/03/tabela_raport_wegiel_1.png
- [5] <https://www.locja.pl/raport-rynkowy/produkcja-i-zuzycie-wegla-w-polsce-i-unii-europejskiej,200>
- [6] <https://businessinsider.com.pl/gielda/surowce/instytut-jagiellonski-obecne-braki-wegla-sa-przejsciove-w-kolejnych-latach-bedzie/0s3x2hc>
- [7] Instrukcja eksploatacji kotła z urządzeniami pomocniczymi bloku nr 10 460 MW – Foster Wheeler, Będzin marzec 2009
- [8] Bis Z.: Kotły fluidalne Teoria i praktyka, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2010.
- [9] <https://powermeetings.eu/konferencja/forum-technologie-w-energetyce-spalanie-biomasy/wp-content/uploads/sites/13/2017/04/04-Sumitomo.pdf>
- [10] Energotechnika – Energorozruch SA: Instrukcja Prowadzenia Ruchu Bloku 460 MW w Elektrowni Łagisza, PKE SA 2009
- [11] GIG: Opracowanie wytycznych prawidłowego łączenia dostaw węgla kamiennego na składowisku w celu minimalizacji zagrożenia samozapłonem: Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza, Tauron Wytwarzanie SA Jaworzno 2017
- [12] Hamala K.; L. Róg: Wpływ składu chemicznego i właściwości fizykochemicznych węgla oraz ich popiołów na wskaźniki zużycia i zanieczyszczania powierzchni grzewczych kotłów energetycznych: Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko, Kwartalnik 3/2004
- [13] https://www.researchgate.net/figure/Position-of-Mako-volcanic-tuffs-on-Ternary-Keil-Rankin-diagram-for-the-CaO-SiO-2-Al-2-O_fig5_331735700
- [14] Tao Wang; Hairui Yang; Yuxin Wu; Qing Liu; Junfu Lv; Hai Zhang: Experimental Study on the Effects of Chemical and Mineral Components on the Attrition Characteristics of Coal Ashes for Fluidized Bed Boilers: ACS Publications - Energy&Fuels 2012

- [15] Donsi G.; Massimilla L.; Miccio M. - Carbon fines production and elutriation from the bed of a fluidized coal combustor. *Combust. Flame* 1981
- [16] Wang J.W.; Zhao X.M.; Li S.H.; Yang H.R.; Lv J.F.; Yue G.X. – Influence of coal ash components on attrition characteristics in circulating fluidized bed. *J. Chem. Ind. Eng. (China)* 2007
- [17] Winter F.; Liu X. – Attrition behavior of coal under circulation fluidized bed combustion conditions. In *Proceedings of the 17th International Conference on Fluidized Bed Combustion*; Jacksonville, FL, May 18 – 21, 2003
- [18] Tang Z.; Yue G.X.; Qian M.; Jaud P. – The experimental investigation on the coal ash formation in CFB combustion. In *Proceedings of the 16th International Conference on Fluidized Bed Combustion*; Reno, NV, May 13 – 16, 2001
- [19] Yang H. R.; Yue G.X.; Xiao X. B.; Lv J. F.; Liu Q. – ID modeling on the material balance in CFB boiler. *Chem. Eng. Sci.* 2005
- [20] Tang Z.; Yue G.X.; Qian M.; – Experimental investigation on the coal ash size formation in CFB combustion. In *Proceedings of the 40th IEA FBC Meeting*; Turku, Finland, May 24 – 25, 2000
- [21] Yang H. R.; Wirsum R.; Lv J. F.; Xiao X. B.; Yue G.X. – Semiempirical technique for predicting ash size distribution in CFB boilers. *Fuel Process. Technol.* 2004
- [22] Zeng G. M.; Jiang R.; Huang G. H.; Xu M.; Li J. B. – Optimization of wastewater treatment alternative selection by hierarchy grey relational analysis. *J. Environ. Manage.* 2007
- [23] Deng J. L. – *The Primary Methods of Grey System Theory*, 2nd ed.; Huazhong University of Science and Technology Press: Wuhan, China, 2005
- [24] Moran J.; Granada E.; Miguez J. L.; Porteiro J. – Use of grey relational analysis to assess and optimize small biomass boilers. *Fuel Process. Technol.* 2006
- [25] Dubiński J.; Turek M.; Aleksa H. – Węgiel kamienny dla energetyki zawodowej w aspekcie wymogów ekologicznych: *Prace Naukowe GIG Górnictwo i Środowisko*, Kwartalnik 2/2005
- [26] PN-82 G-04544 – „Węgiel Kamienny - Oznaczanie wskaźnika podatności transportowej metodą GIG”
- [27] Wawrzynkiewicz W. – Czynniki wpływające na zmienność podatności transportowej węgla energetycznych: *Inżynieria Mineralna* - styczeń – czerwiec 2003

- [28] Nowak W., Bednarek M. - Instytut Zaawansowanych Technologii Energetycznych, Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Politechnika Częstochowska: „Energetyka Ciepła i Zawodowa” – nr 4/2013
- [29] Politechnika Wroclawska – Technologia Chemiczna Surowce i nośniki energii – Laboratorium, Wrocław 2012
- [30] Perry R.H., Chemical Engineer's Handbook, Seventh Edition, McGraw-Hill, New York, 1997
- [31] <https://grupamarat.pl/oferta-produkcyjna/granulatory/>
- [32] Deng J.L. – Control problems of grey systems; China, 1982 Systems and Control Letters – Elsevier Science Direct

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1.1. Struktura procentowa mocy zainstal. w KSE stan na 31.12.2021r.	8
Rysunek 1.2. Struktura procentowa mocy zainstal. w KSE stan na 31.12.2022r.	8
Rysunek 1.3. Struktura procentowa mocy osiągalnej w KSE stan na 31.12.2021r.	9
Rysunek 1.4. Struktura procentowa mocy osiągalnej w KSE stan na 31.12.2022 r.	10
Rysunek 1.5. Dynamika wzrostu mocy zainstalowanej w KSE w latach 1960÷2022	11
Rysunek 1.6. Porównanie deklarowanej i rzeczywistej wartości opałowej węgla]	12
Rysunek 1.7. Produkcja węgla kamiennego w wybranych krajach Unii Europejskiej w latach 1990 -2019 [tys. ton]	13
Rysunek 1.8. Produkcja i zużycie węgla kam. w Polsce w latach 1990 - 2019 [tys. ton]	13
Rysunek 1.9. Prognoza zapotrzebowania na węgiel do celów energetycznych w scenariuszach wysokim, niskim i minimalnym	14
Rysunek 2.1 Schemat blokowy przyjętej metodyki prowadzenia badań	17
Rysunek 3.1 Światowy rynek kotłów CFB – lata 2007 – 2016	19
Rysunek 3.2. Kocioł OE667 jest kotłem z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 667 t/h opalany węglem brunatnym. Producentem kotła jest firma Sumitomo Foster Wheeler.....	22
Rysunek 3.3. Kocioł OE700 (CFB Compact) jest kotłem z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 703,8 t/h, opalany węglem brunatnym. Producentem kotła jest Foster Wheeler Energia Oy i Foster Wheeler Energia Polska.....	23
Rysunek 3.4. Kocioł fluidalny OFz-425 z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 424,8 t/h, opalany węglem kamiennym. Producentem kotła jest Rafako SA.....	23
Rysunek 3.5. Kocioł fluidalny OFz-230 z cyrkulacyjną warstwą fluidalną z paleniskiem atmosferycznym, oraz naturalną cyrkulacją po stronie wody i pary, o wydajności pary 230,4 t/h, opala ny węglem kamiennym. Producentem kotła jest Rafako SA.....	24
Rysunek 4.1. Widok nadkrytycznego bloku energetycznego nr 10 z kotłem fluidalnym CFB 1300 w Elektrowni Łagisza	25

Rysunek 4.2. Kocioł CFB 1300	28
Rysunek 4.3. Schemat poglądowy kotła CFB 1300 wraz z instalacjami	29
Rysunek 5.1. Składowisko węgla Tauron Wytwarzanie SA Oddział Elektrownia Łagisza	34
Rysunek 6.1. Schemat poglądowy zewnętrznego układu nawęglania bloku 460 MW	37
Rysunek 6.2. Schemat poglądowy wewnętrznego układu nawęglania kotła	38
Rysunek 6.3. Układ odbioru popiołu dennego spod kotła	39
Rysunek 6.4. Układ transportu popiołu dennego do zbiornika pośredniego	40
Rysunek 6.5. Układ odprowadzania popiołu dennego ze zbiornika pośredniego z instalacją nawrotu do komory paleniskowej	41
Rysunek 7.1. Diagram Keila – Rankina z obszarami o skł. popiołów fluidalnych	49
Rysunek 7.2. Diagram fazowy zachowania się cząstek poszczególnych grup materiału sypkiego	51
Rysunek 8.1. Zależność wytrzymałości na rozciąganie od wysokości słupka węglowego uformowanego wg PN-82 G-04544	59
Rysunek 8.2. Zależność pomiędzy wilgotnością i podatnością transportową w zależności od granulacji węgla	61
Rysunek 9.1. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2017	63
Rysunek 9.2. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2018	64
Rysunek 9.3. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2019	65
Rysunek 9.4. Dostawy węgla do Elektrowni Łagisza w roku 2020	66
Rysunek 9.5. Zestawienie dostawców węgla w latach 2017 – 2020 dotyczący ilości dostarczonego węgla	68
Rysunek 9.6. Procentowy udział dostawców węgla w latach 2017 – 2020	69
Rysunek 14.1. Rozmiar oczek sit stosowanych w laboratorium TAURON Wytwarzanie SA	97
Rysunek 14.2. Udziały procentowe poszczególnych frakcji ziarnowych paliwa projektowego	97
Rysunek 14.3. Statystyka przypadków przekroczenia udziału frakcji do 0,4 mm w procesie nawęglania	100
Rysunek 14.4. Statystyka przypadków udziału frakcji od 0 – 2 mm w procesie nawęglania	102

Rysunek 15.1. Sumaryczne zestawienie ubytków mocy z awariami układów technologicznych i granulacją węgla podawanego do kotła w wybranych okresach lat 2017 – 2022.....	112
Rysunek 15.2. Zestawienie ubytków mocy z awariami układów technologicznych i granulacją węgla 12.06.2020 – 26.07.2020	1166
Rysunek 16.1. Rozładunek paliwa – przykład oklejanie się wagonów węglem o niskiej podatności transportowej j.....	118
Rysunek 16.2. Rozładunek paliwa – przykład blokowania się węgla na kratkach rozładowniczych zasobnika szczelinowego.....	118
Rysunek 16.3. Układ podawania węgla – przykład uszkodzonego wału naściennego podajnika węgla	119
Rysunek 16.4. Układ podawania węgla – przykład uszkodzonego łańcucha podajnika węgla.....	119
Rysunek 16.5. Układ podawania węgla – przykład uszkodzonego zgrzebła i ślizgów podajnika węgla	120
Rysunek 16.6. Układ podawania węgla – przykład erozyjnego uszkodzenia podajnika naściennego.....	120
Rysunek 16.7. Komora paleniskowa – przykład erozyjnego uszkodzenia ekranu parownika	121
Rysunek 16.8. Komora paleniskowa – przykład erozyjnego uszkodzenia ekranów parownika w narożu kotła	121
Rysunek 16.9. Komora paleniskowa – wymiana uszkodzonych dysz fluidyzacyjnych	122
Rysunek 16.10. Komora paleniskowa – odkształcone w wyniku przegrzania zsypy żużla (duża ilość popiołu zalegająca w złożu fluidalnym utrzymuje wysoką temperaturę w dnie dyszowym)	122
Rysunek 16.11. Instalacja odprowadzania popiołu dennego – uszkodzenia podajników ślimakowych żużla	123
Rysunek 16.12. Instalacja odprowadzania popiołu – wielokrotnie naprawiane uszkodzenia erozyjne	123
Rysunek 16.13. Instalacja odprowadzania popiołu – wielokrotnie naprawiane uszkodzenia erozyjne	124
Rysunek 16.14. Powłoka nałożona metodą metalizacji natryskowej IGS 8450 .	126
Rysunek 16.15. Uszczelniacz IGS 6022 i przejścia bez uszczelnacza	126
Rysunek 16.16. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran lewy	127

Rysunek 16.17. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran prawy	128
Rysunek 16.18. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran tylny	129
Rysunek 16.19. Mapa z obszarami, w których wykonano uzupełnienia metalizacji w latach 2019 – 2020 – ekran przedni.....	130
Rysunek 16.20. Granulator mułów	138
Rysunek 16.21. Ilość awarii urządzeń nawęglania i odbioru popiołu dennego .	139
Rysunek 16.22. Propozycja konstrukcji podajnika przyściennego węgla	140
Rysunek 16.23. Propozycja modernizacji układu powietrza wtórnego – zabudowa kompensatora poziomego wraz z przeprojektowaniem układu rurociągów	141
Rysunek 16.24. Propozycja modernizacji podajnika przyściennego węgla	142
Rysunek 16.25. Propozycja modernizacji układu podawania paliwa w rejonie rury zsypanej węgla	143
Rysunek 16.26. Modernizacja dozowników węgla na poziomie +21m	144
Rysunek 16.27. Propozycja wymiany ręcznej zasuwy szpilkowej pod silosem węgla na zasuwę nożową z napędem hydraulicznym	145
Rysunek 16.28. Propozycja modernizacji chłodnicy popiołu dennego.....	146

SPIS TABEL

Tabela 3.1. Zestawienie wybranych eksploatowanych w polsce kotłów fluidalnych wraz z ich parametrami	19
Tabela 4.1. Wymiary komory paleniskowej nadkrytycznego kotła fluidalnego CFB 1300	26
Tabela 4.2. Parametry podstawowe nadkrytycznego kotła fluidalnego CFB 1300	26
Tabela 4.3. Standardy emisyjne dla bloku nr 10 z nadkrytycznym kotłem fluidalnym.....	30
Tabela 4.4. Średnioroczna wskaźnikowa emisja co dla bloku nr 10	30
Tabela 4.5. Parametry paliwa projektowego dla kotła CFB 1300	31
Tabela 6.1. Czas bezpiecznego składowania węgla w luźno usypanych zwałach dla umownej temperatury początkowej węgla 10 °C	36
Tabela 7.1. Typy węgla kamiennego(wg normy PN-G-97002:2018-11)	43
Tabela 7.2. Wartości stałej szybkości ścierania k_{af} wybranych związków chemicznych	55
Tabela 7.3. Stała szybkości ścierania k_{af} dla faz mineralnych	56
Tabela 7.4. Wpływ minerałów na wartość k_{af} wyjaśnia ich odporność na ścieranie oraz twardość w skali Mohs'a	57
Tabela 8.1. Podział węgla na odmiany wg podatności transportowej	61
Tabela 9.1. Dostawy węgla do elektrowni w roku 2017	62
Tabela 9.2. Dostawy węgla do elektrowni w roku 2018	63
Tabela 9.3. Dostawy węgla do elektrowni w roku 2019	65
Tabela 9.4. Dostawy węgla do elektrowni w roku 2020	66
Tabela 9.5. Dostawcy węgla w latach 2017 - 2020.....	67
Tabela 10.1. Raport z nawęglania bloku nr 10 – 23.12.2019r.	70
Tabela 10.2. Raport z nawęglania bloku nr 10 – 22.04.2020r.	70
Tabela 11.1. Analiza fizykochemiczna węgla – próbka w 2136	73
Tabela 11.2. Badania dodatkowe – wskaźnik samozapalności – próbka W 2136	74
Tabela 11.3. Badania dodatkowe – podatność transportowa – próbka W 2136.....	75
Tabela 11.4. Przykład analizy sitowej węgla w 2017r.	75
Tabela 11.5. Granulacja węgla od największych dostawców	77
Tabela 11.6. Przykład parametrów węgla w 2017r.	78
Tabela 11.7. Skład chem. węgla - tlenki (2017r.).....	80
Tabela 12.1. Skład chemiczny popiołu – tlenki (2017r.)	81
Tabela 13.1. Wskaźniki skłonności węgla do zużłowania i zanieczyszczania ścian komory paleniskowej.....	84
Tabela 13.2. Zestawienie wskaźników dotyczących zużłowania i zanieczyszczania ścian komory paleniskowej dla dostarczanego węgla	85

Tabela 13.3. Zawartość wybranych składników w popiele z paliwa projektowego zakładanego do spalania w analizowanym kotle (wartości w %)	89
Tabela 13.4. Przekroczenia zawartości tlenków w popiele węgla dostarczanego do elektrowni w stosunku do węgla projektowego i podstawowego - najwięksi dostawcy.....	90
Tabela 13.5. Przekroczenia zawartości tlenków w popiele węgla dostarczanego do elektrowni w stosunku do węgla projektowego i podstawowego – pozostali dostawcy	90
Tabela 13.6. Ciepło spalania oraz zawartości wybranych związków chemicznych w paliwie oraz popiele (stan suchy).....	92
Tabela 13.7. Twardość według skali Mohsa dla wybranych tlenków.....	93
Tabela 13.8. Charakterystyka węgla – zawartość tlenków w popiele	93
Tabela 14.1. Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – październik 2017	99
Tabela 15.1. Zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – przykład dla doby 26.10.2017r.....	105
Tabela 15.2. Zgłoszone ubytki mocy brutto [mwh] za lata 2017 – 2020 oraz początek 2021r. Spowodowane niską podatnością transportową węgla	106
Tabela 15.3. Zgłoszone ubytki mocy brutto [mwh] za lata 2017 – 2020 oraz początek 2021r. spowodowane awariami układów technologicznych	107
Tabela 15.4. Sumaryczne ubytki mocy brutto [mwh] za lata 2017 – 2020 oraz początek 2021r. z uwzgl. lokalizacji awarii	108
Tabela 15.5. Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – październik 2017	109
Tabela 15.6. Średnie wartości poszczególnych frakcji węgla w latach 2017 – 2021	113
Tabela 15.7. Projektowy rozkład sitowy paliwa.....	113
Tabela 16.1. Kryterium naprawy rur ekranowych komory paleniskowej	131
Tabela 16.2. Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - IV kwartał 2017.....	134
Tabela 16.3. Ranking awaryjności układów technologicznych kotła CFB 1300	135
Tabela 17.1. Charakterystyka węgla od głównych dostawców	150

LISTA ZAŁĄCZNIKÓW

- Załącznik 1 – Przykład analizy sitowej węgla w 2018r.
- Załącznik 2 – Przykład analizy sitowej węgla w 2019r.
- Załącznik 3 – Przykład analizy sitowej węgla w 2020r.
- Załącznik 4 – Przykład parametrów węgla w 2018r.
- Załącznik 5 – Przykład parametrów węgla w 2019r.
- Załącznik 6 – Przykład parametrów węgla w 2020r.
- Załącznik 7 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – listopad 2017
- Załącznik 8 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – grudzień 2017
- Załącznik 9 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – maj 2018
- Załącznik 10 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – czerwiec 2018
- Załącznik 11 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – styczeń 2019
- Załącznik 12 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – marzec 2019
- Załącznik 13 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – listopad 2019
- Załącznik 14 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – grudzień 2019
- Załącznik 15 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – sierpień 2020
- Załącznik 16 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – wrzesień 2020

- Załącznik 17 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – październik 2020
- Załącznik 18 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 03.10.2017r.
- Załącznik 19 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 26.10.2017r.
- Załącznik 20 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 22.11.2017r.
- Załącznik 21 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 04.12.2017r.
- Załącznik 22 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 07.05.2018r.
- Załącznik 23 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 28.05.2018r.
- Załącznik 24 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 05.06.2018r.
- Załącznik 25 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 15.06.2018r.
- Załącznik 26 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – listopad 2017
- Załącznik 27 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – grudzień 2017
- Załącznik 28 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – maj 2018
- Załącznik 29 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – czerwiec 2018
- Załącznik 30 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – styczeń 2019
- Załącznik 31 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – marzec 2019
- Załącznik 32 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – listopad 2019
- Załącznik 33 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – sierpień 2020

Załącznik 34 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – wrzesień 2020

Załącznik 35 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – październik 2020

Załącznik 36 – Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - II kwartał 2018

Załącznik 37 – Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - I kwartał 2019

Załącznik 38 – Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - I kwartał 2020

STRESZCZENIE

W pracy dokonano analizy wpływu jakości paliwa na ubytki w produkcji energii elektrycznej oraz awaryjność urządzeń transportu węgla i odbioru żużla bloku energetycznego z nadkrytycznym kotłem fluidalnym CFB 1300. Badania głównie obejmowały lata 2017÷2020 oraz częściowo rok 2021. W systemie monitorowania pracy bloku nr 10 sygnalizowane i odnotowywane problemy związane były z niską podatnością transportową paliwa. Dostarczany węgiel sprawiał problemy przy rozładunku, oklejał wagony, sprawiał, że wydłużał się czas postoju wagonów, występowała konieczność ich doczyszczania i ponownej kontroli na wagach. Podczas transportu podajnikami węgla oklejał elementy podawcze utrudniając pracę taśmociągów, podajników zgrzeblowych i śrubowych, oklejał węzły przesypowe przez co dostarczanie paliwa do zasobników przykotłowych węgla było długotrwałe, a ilość transportowanego materiału zmienna w czasie.

Zdiagnozowano również erozję elementów podawczych, generującą przestoje podajników węgla, podajników odbioru żużla i konieczność okresowego ich wyłączenia z eksploatacji na czas naprawy. Te zdarzenia powodowały spadek dyspozycyjności urządzeń i związanych z tym ograniczeń w produkcji energii elektrycznej.

Przyjęta metodyka prowadzenia badań oparła się na otrzymanych danych procesowych i pozwoliła opisać dwie przyczyny problemów eksploatacyjnych związanych z parametrami dostarczanego paliwa. Pierwszą z nich były ubytki w produkcji energii elektrycznej spowodowane nadmiernym rozdrobnieniem paliwa, drugą przyczyną były ubytki wynikające z usterek układów transportu węgla i odbioru żużla. Ubytki te liczone były od potencjalnej mocy maksymalnej bloku, która była możliwa do osiągnięcia, gdyby tych ubytków nie było. Wartość ta stanowiła produkcję mniejszą niż oczekiwano, pomimo istniejącego zapotrzebowania w sieci elektroenergetycznej.

W związku z powyższym, kolejnym krokiem w przyjętej metodyce była analiza wszystkich kierunków dostaw węgla do elektrowni pod kątem parametrów handlowych i fizyko-chemicznych, w tym granulacji dostarczanego paliwa oraz jakości popiołu powstającego w procesie spalania. Skupiła się ona wokół największych dostawców, którzy stanowią łącznie prawie 63% wszystkich dostaw

jakie zostały dostarczone do elektrowni. Dane te porównano z parametrami projektowymi badanej jednostki wytwórczej i zestawiono je z rejestrem ubytków mocy bloku i zdarzeń awaryjnych.

Analizy te wykazały niską podatność transportową węgla, spowodowaną większym od określonego w projekcie udziałem frakcji najdrobniejszej. Jak pokazują wyniki, wszystkie węgle od głównych dostawców mają przekroczoną ilość tej frakcji (od 44,6% do 117,7%). Ponadto parametry fizyko-chemiczne, w tym, skład tlenków zawartych w popiele i paliwie mają wpływ na awaryjność instalacji i przyczyniają się do obserwowanych problemów eksploatacyjnych. W szczególności zawartość tlenków o wysokiej twardości w 10 – cio stopniowej skali Mohsa tj. tlenków glinu, żelaza i krzemu sprawia, że erozyjny wpływ węgla oraz popiołu ma istotny wpływ na zużywanie się elementów konstrukcyjnych układu transportu węgla i żużla.

Ponadto dostarczany węgiel ma niską lub średnią skłonność do żużlowania natomiast skłonność do zanieczyszczania ścian komory paleniskowej nie wpływa na eksploatację z uwagi na typ kotła (CFB).

Zgodnie z przyjętą metodyką, zarekomendowano sporządzanie mieszanek paliwowych z kopalń, dla których węgiel wykazuje takie cechy jak brak lub małe skłonności do żużlowania, najmniejszy udział frakcji najdrobniejszej (zaw. od 44,6% do 59,9%) co wpływa na poprawę podatności transportowej oraz brak przekroczonej zawartości najtwardszego z tlenków czyli tlenku glinu (twardość 9 w skali Mohsa). Pozostałe węgle powinny być dodatkiem w mieszankach rekomendowanych. Dodatkowo, aby ograniczyć frakcję najdrobniejszą rekomenduje się zabudowę granulatora w instalacji transportu paliwa za odsiewaczami węgla oraz modernizację instalacji transportu paliwa i żużla w celu poprawy ich dyspozycyjności.

Propozycje te dotyczą:

- podajnika przyściennego węgla - zlikwidowanie elementu łączenia obudowy (bypass) i wykonanie obudowy jako jednolitej całości bez bypassu powietrza wtórnego. Modernizacja skróci czas naprawy podajnika i zmniejszy ilość napraw nieszczelności erozyjnych tej części instalacji.

- kompensatora pionowego powietrza wtórnego - przeprojektowanie układu rurociągów z zabudową kompensatora w pozycji poziomej aby wyeliminować odkładanie się pyłu w przestrzeni kompensacji wydłużeń. Rozwiązanie to zmniejszy ryzyko awarii układu.
- obudowy podajnika przyściennego węgla - wykonanie wskazanego rejonu obudowy z materiału bardziej odpornego na ścieranie. Dodatkowo sugerowane jest rozwiązanie wlotu rurociągu powietrza skierowanego w kierunku przepływu (a nie pod kątem prostym). Dzięki takiemu rozwiązaniu ograniczone zostaną usterki związane z erozyjną nieszczelnością obudowy.
- rury zsypanej węgla - zaprojektowanie i zabudowa 3 sztuk króćców pary gaśniczej na wysokości rury z zaworami odcinającymi przy każdym króćcu. Usprawni to likwidację nawisów węgla i tym samym poprawi płynność nadawy.
- dozowników węgla - zaprojektowanie i zabudowa dodatkowych króćców pary gaśniczej na obudowach. Rozwiązanie to zwiększy bezpieczeństwo pracy instalacji.
- zasuw szpilkowych pod silosami węgla - zastosowanie zasuw nożowej hydraulicznej. Dzięki temu rozwiązaniu skróci się czas odcięcia zasobnika węgla od podajnika oraz poprawi bezpieczeństwo pracy.
- chłodnicy popiołu dennego - wykonanie wału wraz z zastosowaniem warstwy ochronnej (np. napawanie) we wskazanym rejonie lub zastosowanie powłok ochronnych aplikowanych metodą natryskiwania cieplnego.

ABSTRACT

The paper analyzes the impact of fuel quality on losses in electricity production and the failure rate of coal transport and slag collection devices in a power unit with a CFB 1300 supercritical fluidized bed boiler. The research mainly covered the years 2017-2020 and partly 2021 and recorded problems were related to the low transportability of the fuel. The delivered coal caused problems during unloading, it covered the wagons, made the standstill time of the wagons longer, and it was necessary to clean them and check them again on the scales. During transport with feeders, the coal was sticking to the feeding elements, making it difficult for the belt conveyors, scraper and screw feeders, it was sticking to the transfer nodes, which made the supply of fuel to the coal bunkers long-lasting, and the amount of transported material was variable over time.

Erosion of feeding elements was also diagnosed, generating downtime of coal feeders and slag collection feeders, and the need to periodically shut them down for the period of repair. These events caused a decrease in the availability of devices and the related limitations in electricity production.

The adopted research methodology was based on the obtained process data and allowed to describe two causes of operational problems related to the parameters of the supplied fuel. The first of them were losses in electricity production caused by excessive fragmentation of the fuel, the second reason were losses resulting from defects in the coal transport and slag collection systems. These losses were calculated from the potential maximum power of the unit, which would have been possible to achieve if there were no such losses. This value represented less production than expected, despite the existing demand in the power grid.

In connection with the above, the next step in the adopted methodology was the analysis of all directions of coal supply to the power plant in terms of commercial and physico-chemical parameters, including the granulation of the supplied fuel and the quality of the ash generated in the combustion process. It focused on the largest suppliers, who together account for almost 63% of all supplies delivered to the power plant. These data were compared with the design parameters of the tested generating unit and compared with the register of block power losses and emergency events.

These analyzes showed low transportability of coal, caused by a higher share of the finest fraction than specified in the project. As the results show, all coals from major suppliers exceed the amount of this fraction (from 44.6% to 117.7%). In addition, physical and chemical parameters, including the composition of oxides contained in the ash and fuel, affect the failure rate of the installation and contribute to the observed operational problems. In particular, the content of oxides with high hardness in the 10-degree Mohs scale, i.e. aluminum, iron and silicon oxides, causes that the erosive effect of coal and ash has a significant impact on the wear of structural elements of the coal and slag transport system.

In addition, the supplied coal has a low or medium tendency to slagging, while the tendency to foul the walls of the combustion chamber does not affect the operation due to the type of boiler (CFB). In accordance with the adopted methodology, it was recommended to prepare fuel mixtures from mines, for which coal exhibits such characteristics as no or low tendency to slagging, the smallest share of the finest fraction (from 44.6% to 59.9%), which improves transportability and the lack of exceeded content of the hardest of the oxides, i.e. aluminum oxide (hardness 9 on the Mohs scale). Other coals should be an addition in the recommended mixtures.

In addition, in order to reduce the finest fraction, it is recommended to install a granulator in the fuel transport installation behind coal sifters and to modernize the fuel and slag transport installation in order to improve their availability.

These proposals concern:

- wall coal feeder - elimination of the casing connection element (bypass) and construction of the casing as a single whole without a secondary air bypass. The modernization will shorten the repair time of the feeder and reduce the number of repairs for erosion leaks in this part of the installation.
- vertical secondary air compensator - redesign of the pipeline system with the compensator installed in a horizontal position to eliminate dust deposition in the expansion compensation space. This solution will reduce the risk of system failure.
- housing of the wall coal feeder - making the indicated area of the housing from a material more resistant to abrasion. Additionally, it is suggested to have the air

pipeline inlet directed in the direction of flow (and not at a right angle). Thanks to this solution, faults related to erosive casing leaks will be limited.

- coal chute pipe - design and installation of 3 pieces of fire extinguishing steam stub pipes at the height of the pipe with shut-off valves at each stub pipe. This will facilitate the removal of coal overhangs and thus improve the smoothness of the feed.
- coal dispensers - design and installation of additional extinguishing steam connections on the housings. This solution will increase the operational safety of the installation.
- pin gate valves under coal silos - use of a hydraulic knife gate valve. Thanks to this solution, the time needed to disconnect the coal container from the feeder will be shortened and work safety will be improved.
- bottom ash cooler - construction of a shaft with the application of a protective layer (e.g. surfacing) in the indicated area or use of protective coatings applied by thermal spraying.

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1 – Przykład analizy sitowej węgla w 2018r.

Data/ godzina	Materiał do badań	nawęglanie	Analiza sitowa PN ISO 1953						
			>31,5	>10,0	>2,00	>1,00	>0,4	>0,2	<0,2
			%	%	%	%	%	%	%
14.05.2018r godz. 6:50	Węgiel	Budryk, P29B	0	1,57	31,22	18,21	19,26	14,26	15,47
14.05.2018r godz. 15:15	Węgiel	Skład A, P29B	0	7	54,58	14,87	12,09	5,3	6,15
14.05.2018r godz. 23:15	Węgiel	Bielszowice, P29B	0	6,45	49,09	15,98	13,81	6,86	7,81
15.05.2018r godz. 7:30	Węgiel	Bielszowice, P29B	0	5,48	49,54	15,49	13,15	7,29	9,06
15.05.2018r godz. 15:10	Węgiel	Ziemowit, P29B	0	6,91	47,81	16,3	15,91	6,02	7,04
15.05.2018r godz. 23:15	Węgiel	Brzeszcze, P29A	0	7,8	49,69	16,55	15,78	5,72	4,45
16.05.2018r godz. 6:45	Węgiel	Ziemowit, P29B	0	9,3	40,57	12,6	15,3	8,7	13,53
16.05.2018r godz. 15:00	Węgiel	Ziemowit, P29B	0	9,37	41,99	12,92	15,99	7,95	11,78
16.05.2018r godz. 22:40	Węgiel	Sobieski, P29B	0	4,12	38,93	18,92	18,67	8,86	10,48
17.05.2018r godz. 6:50	Węgiel	Skład B, P29B	0	4,31	41,82	15,13	18,71	8,85	11,2
17.05.2018r godz. 15:00	Węgiel	Piast, P29B	0	9,44	42,47	13,1	16,12	7,49	11,37
17.05.2018r godz. 22:40	Węgiel	Skład B, P29B	0	7,57	47,95	15,84	11,6	7,68	9,35
18.05.2018r godz. 7:00	Węgiel	Skład B, P29B	0	0	23,83	33,37	30,36	6,08	5,97
18.05.2018r godz. 15:20	Węgiel	Ziemowit, P29B	0	9,53	48,74	16,88	10,85	5,43	8,56
18.05.2018r godz. 0:45	Węgiel	Bielszowice, P29B	0	6,72	37,75	17,46	19,75	11,13	7,19
18.05.2018r godz. 0:45	Węgiel	Bielszowice, P29A	0	4,62	44,7	24,74	14,74	5,01	6,2
19.05.2018r godz. 8:00	Węgiel	Skład B, P29B	0	6,44	47,83	18,06	11,53	6,77	9,36
19.05.2018r godz. 15:20	Węgiel	Skład A, P29B	0	6,13	56,5	15,33	10,39	4,34	7,3
19.05.2018r godz. 22:40	Węgiel	Skład B, P29B	0	7,09	32,95	21,25	22,95	7,33	8,44
20.05.2018r godz. 7:10	Węgiel	Skład B, P29B	0	6	37,89	19,33	13,91	8,88	14

Załącznik 2 – Przykład analizy sitowej węgla w 2019r.

Data/ godzina	Materiał do badań	Miejsce poboru, blok 460 MW	Analiza sitowa w/g PN-ISO 1953						
			>31,5	>10,0	>2,00	>1,00	>0,4	>0,2	<0,2
			%	%	%	%	%	%	%
12.01.2019 godz. 7:00	Węgiel	uśredniona próbka z 4 zasobników węgla, (poziom 21 m)	0	4,95	41,63	21,24	17,64	6,89	7,64
13.01.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	7,26	38,32	21,91	17,63	6,88	8
14.01.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0,03	5	40,02	20,94	17,22	7,91	8,88
15.01.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	6,86	45,85	19,02	15,67	5,99	6,59
16.01.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	5,58	42,35	16,25	16,67	7,85	11,28
17.01.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	3,53	7,83	49,56	16,44	12,41	5,84	4,38
18.01.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	3,31	36,17	16,17	18,46	10,14	15,74
03.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	9,67	35,93	21,86	16,98	7,43	8,13
04.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	5,55	45,79	17,7	14,64	7,18	9,14
05.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	6,31	42,11	21,22	15,21	6,48	8,67
06.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	5,59	37,16	18,63	18	8,01	12,61
07.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.)	0	8	41,8	15,88	16,4	7,28	10,59
08.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	7,76	41,9	19,2	16,09	7,81	7,23
09.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	9,16	46,04	13,62	11,86	6,75	12,57
10.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	6,82	44,77	16,12	14,62	6,68	10,99
11.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	11,23	38,2	14,67	16,3	7,93	11,67
12.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	10,13	41,78	13,55	14,84	7,3	12,38
13.02.2019 godz. 7:00	Węgiel	jw.	0	6,3	22,6	22,95	23,43	12,25	12,46

Załącznik 3 – Przykład analizy sitowej węgla w 2020r.

Data/ godzina	Materiał do badań	Miejsce poboru, blok 460 MW	Analiza sitowa w/g PN-ISO 1953						
			>31,5	>10,0	>2,00	>1,00	>0,4	>0,2	<0,2
			%	%	%	%	%	%	%
02.04.2020 godz.7:00	Węgiel	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	0	8,63	43,26	15,53	15,81	8,81	7,94
03.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	8,87	42,71	15,58	16,25	9,08	7,51
04.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	7,11	43,79	15,2	15,3	10,4	8,2
05.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	5,45	43,72	18,44	17,65	7,88	6,85
06.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	4,68	48,45	16,56	16,84	7,77	5,7
07.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	6,49	41,14	18,2	18,46	8,19	7,51
08.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	6,94	46	14,45	14,65	8,04	9,92
09.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	5,92	47,33	15,98	13,37	7,27	10,13
10.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	5,03	43,63	20,33	17,67	7,59	5,75
11.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	4,49	43,44	21,31	18,79	8,16	3,8
12.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	17,07	49,68	17,23	11,34	3,42	1,25
13.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	6,11	46	19,32	17,75	5,74	5,08
14.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	5,36	41,72	17,4	17,34	7,28	10,9
15.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	4,31	36,46	15,59	17,83	11,08	14,72
16.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	7,9	46,01	16,89	13,91	6,48	8,81
17.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	5,72	47,81	21,03	16,04	4,68	4,71
18.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	6,6	50,55	17,79	16,61	4,47	3,97
19.04.2020 godz.7:00	Węgiel	jw.	0	2,65	38,82	25,77	17,49	6,08	9,2

Załącznik 4 – Przykład parametrów węgla w 2018r.

Data/ godzina	Materiał do badań	Oznaczany parametr, (stan: analityczny, roboczy/*) / jednostka / identyfikacja metody				
		Wartość opałowa Q_i^r	Popiół A^r	Wilgoć całkowita W_t^r	Siarka całkowita S_t^r	Wilgoć przemijająca W_{ex}^r
		kJ/kg	%	%	%	%
		PN-81/G- 04513	PN-G- 04560	PN-80/G- 04511 p.2.3.2.	PN-G- 04584:2001	PN-80/G- 04511
09.01.2018 Godz. 7:00	Węgiel z bloku 10 linia 1,2,3,4	21136	19,9	13,2	0,62	10,6
10.01.2018 Godz.11:00	jw.	23613	15,3	10,9	0,61	7,7
11.01.2018 Godz. 7:00	jw.	21739	18,1	13,3	0,71	10,8
12.01.2018 Godz. 7:00	jw.	22108	17,4	12,9	0,76	10,7
22.01.2018 Godz. 7:00	jw.	20477	18,9	14,5	0,87	11,3
23.01.2018 Godz. 7:00	jw.	19269	16,3	18,9	1,09	11,5
24.01.2018 Godz. 7:00	jw.	20277	18,6	15,9	0,84	12,4
25.01.2018 Godz. 7:00	jw.	24279	17,7	7,5	0,44	6,2
26.01.2018 Godz. 7:00	jw.	22741	21,3	8,3	0,46	6,5
27.01.2018 Godz. 7:00	jw.	21996	21,3	8,5	0,80	5,9
28.01.2018 Godz.7:00	jw.	21509	22,1	10,7	0,61	9,2
29.01.2018 Godz. 7:00	jw.	20656	21,7	12,8	0,69	10,8
30.01.2018 Godz. 7:00	jw.	21568	22,2	9,6	0,60	7,4
31.01.2018 Godz. 7:00	w.	21094	21,6	11,9	0,62	9,6

Załącznik 5 – Przykład parametrów węgla w 2019r.

Data/ godzina	Materiał do badań	Oznaczany parametr, (stan: analityczny , roboczy/*) / jednostka / identyfikacja metody				
		Wartość opałowa Q_r	Popiół A_r	Wilgoć całkowita W_r	Siarka całkowita S_r	Wilgoć przemijająca W_{ex}
		kJ/kg	%	%	%	%
		PN- 81/G- 04513	PN-G- 04560	PN-80/G- 04511 p.2.3.2.	PN-G- 04584:200 1	PN-80/G- 04511
08.01.2019 Godz. 7:00	Węgiel z bloku 10 linia 1,2,3,4	22 003	16,2	12,9	0,34	9,7
09.01.2019 Godz. 7:00	jw.	21 802	13,6	15,3	0,60	11,6
10.01.2019 Godz. 7:00	jw	18 234	23,5	14,1	1,22	10,1
11.01.2019 Godz. 7:00	jw	19 154	23,2	14,6	0,71	11,7
12.01.2019 Godz. 7:00	jw	21 264	16,9	14,0	0,41	10,2
13.01.2019 Godz. 7:00	jw	21 160	17,4	13,5	0,45	10,2
14.01.2019 Godz. 7:00	jw	20 689	20,0	12,6	0,43	9,4
15.01.2019 Godz. 7:00	jw	21 011	14,7	15,3	0,36	10,7
16.01.2019 Godz. 7:00	jw	21 698	13,5	14,6	0,41	9,8
17.01.2019 Godz. 7:00	jw	20 126	13,5	18,2	0,87	10,2
18.01.2019 Godz. 7:00	jw	21 033	16,9	14,8	0,42	11,6
03.02.2019 Godz. 7:00	jw	20 802	19,7	12,3	0,44	12,3
04.02.2019 Godz. 7:00	jw	19 025	21,8	14,6	0,91	11,3
05.02.2019 Godz. 7:00	jw	18 927	20,5	16,5	0,82	11,7

Załącznik 6 – Przykład parametrów węgla w 2020r.

Data/ godzina	Materiał do badań	Oznaczany parametr, (stan: analityczny, roboczy/*) / jednostka / identyfikacja metody				
		Wartość opałowa Q_i^r	Popiół A^r	Wilgoć całkowita W_t^r	Siarka całkowita S_t^r	Wilgoć przemijająca W_{ex}^r
		kJ/kg	%	%	%	%
		PN- 81/G- 04513	PN-G- 04560	PN-80/G- 04511 p.2.3.2.	PN-G- 04584:200 1	PN-80/G- 04511
02.01.2020 Godz. 7:00	Węgiel z bloku 10 linia 1,2,3,4	19 679	20,1	15,0	1,07	11,3
03.01.2020 Godz. 7:00	jw.	19 408	25,0	12,1	0,77	9,8
04.01.2020 Godz. 7:00	jw.	18 515	21,5	16,5	1,12	13,0
05.01.2020 Godz. 7:00	jw.	19 376	21,1	15,4	1,10	12,1
06.01.2020 Godz. 7:00	jw.	19 354	21,5	14,7	1,09	11,3
07.01.2020 Godz. 7:00	jw.	19 132	20,6	15,6	1,08	11,4
08.01.2020 Godz. 7:00	jw.	20 716	22,8	11,1	0,71	8,7
22.01.2020 Godz. 7:00	jw.	22 042	21,8	9,1	0,45	7,4
23.01.2020 Godz. 7:00	jw.	22 796	21,6	7,6	0,45	6,0
24.01.2020 Godz. 7:00	jw.	22 136	22,3	8,0	0,43	6,7
25.01.2020 Godz. 7:00	jw.	21 797	22,1	9,6	0,55	7,1
26.01.2020 Godz. 7:00	jw.	20 446	21,0	12,8	0,92	8,9
27.01.2020 Godz. 7:00	jw.	19 652	21,0	14,8	1,08	10,7
28.01.2020 Godz. 7:00	jw.	20 848	24,4	9,8	0,57	7,5

Załącznik 7 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – listopad 2017

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe listopad 2017				Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A,B lub C - nawęgl. zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego								
				z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)	Wartość opałowa Q _r	Popiół A _r	Wilgoć całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgoć przemijająca W _{rex}
				%	%	%	%	kJ/kg	%	%	%	%
03-11-2017	Remont bieżący bloku											
21-11-2017	I nawęgl Skład B - 670 ton; Brzeszcze 78 - 248,8 ton	Skład B, P29B	21.11.2017r godz 11:10	1,7	37,7	46,78	13,86	brak wyników				
	II nawęgl Brzeszcze 78 - 1 100 ton	Brzeszcze, P29B	21.11.2017r godz 15:15	4,8	47,83	32,81	14,58					
	III nawęgl Brzeszcze 79 - 1 116,75 ton Łącznie - 3 135,55 ton	Brzeszcze, P29B	21.11.2017r godz 22:40	2,96	31,73	49,2	16,12					
22-11-2017	I nawęgl Skład B - 300 ton; Brzeszcze 79 - 400 ton II nawęgl Sobieski 19 - 1 331,15 ton III nawęgl Piekary 18 - 848,8 ton Łącznie - 2 879,95 ton	Brzeszcze, P29A	22.11.2017r godz 6:40	8,29	41,22	32,12	18,37	22388	19,4	11	0,46	8,8
		Sobieski, P29B	22.11.2017r godz 15:30	2,28	49,65	25,31	22,76					
		Piekary, P29B	22.11.2017r godz 23:20	7,88	37,77	30,45	23,89					
23-11-2017	I nawęgl Skład B - 750 ton II nawęgl Brzeszcze 80 - 1 342 ton III nawęgl Skład B - 400 ton; Brzeszcze 80 - 644 ton Łącznie - 3 136 ton	Skład B, P29B	23.11.2017r godz 8:00	6,15	38,77	38,9	16,19	18582	17,1	19,7	1,4	13,2
		Brzeszcze, P29A	23.11.2017r godz 15:30	4,42	40,24	32,73	22,61					
		Brzeszcze, P29B	23.11.2017r godz 23:00	3,93	26,72	45,2	24,15					

Załącznik 8 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – grudzień 2017

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe grudzień 2017				Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A,B lub C - nawęgl. zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _f kJ/kg	Popiół A ^f %	Wilgość całkowita W _{rt} %	Siarka całkowita S _{rt} %	Wilgość przemijająca W _{wrx} %
				z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
	Dostawca paliwa	Rodzaj transportu		%	%	%	%					
03-12-2017	I nawęgl Skład B - 540 ton	Skład B, P29B	03.12.2017r godz 11:00	6,92	36,5	43,02	13,56	brak wyników				
	II nawęgl Skład B - 790 ton	Skład B, P29B	03.12.2017r godz 15:15	6,03	42,63	30,94	20,4					
	III nawęgl Skład B - 830 ton; Skład C - 370 ton Łącznie - 2 530 ton	Skład B, P29B	03.12.2017r godz 23:00	8,54	46,96	25,91	18,6					
04-12-2017		Skład B, P29B	04.12.2017r godz 7:00	2,66	30,77	34,44	32,13	19627			0,96	12
	I nawęgl Skład B - 800 ton; Brzeszcze 86 - 591,9 ton	Brzeszcze, P29B	04.12.2017r godz 15:15	5,63	38,69	35,14	20,53					
	II nawęgl Brzeszcze 86 - 830 ton III nawęgl Janina 55 - 1 530 ton Łącznie - 3 364,9 ton	Janina, P29B	04.12.2017r godz 23:30	4,41	56,71	27,71	11,17					
05-12-2017	I nawęgl Skład B - 430 ton; Janina 55 - 699,9 ton	Janina, P29B	05.12.2017r godz 7:00	6,69	64,37	23,14	5,8	23562	15,8	11,5	0,54	9,5
	II nawęgl Skład B - 1 250 ton	Skład B, P29B	05.12.2017r godz 15:00	6,9	66,62	20,67	5,83					
	III nawęgl Skład B - 1 280 ton Łącznie - 3 659,9 ton	Skład B, P29B	05.12.2017r godz 23:40	7,73	40,84	33,64	17,79					

Załącznik 9 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – maj 2018

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe maj 2018				Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A, B lub C - nawęgl. zewn. Inne dostawy - samochoły	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego								
				z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)	Wartość opałowa Q _i	Popiół A _r	Wilgoć całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgoć przemijająca W _{rex}
	Dostawca paliwa	Rodzaj transportu		%	%	%	%	kJ/kg	%	%	%	%
07-05-2018	I nawęgl Skład B - 335,3 ton; Ziemowit 8 - 700 ton	Skład B, P29A	07.05.2018r go dz 7:15	1,78	32,68	53,29	12,26	21440	20,5	11,1	1,15	4,5
	II nawęgl Ziemowit 8 - 285,75 ton; Brzeszcze 58 - 480 ton; Skład B - 426,44 ton	Ziemowit, P29B	07.05.2018r go dz 15:00	7,79	33,69	31,71	26,82					
	III nawęgl Brzeszcze 58 - 324 ton; Skład B - 456 ton Łącznie - 3 007,49 ton	Skład B, P29A	07.05.2018r go dz 22:40	1,9	12,38	53,06	32,67					
09-05-2018	I nawęgl Janina 13 - 520 ton; Ziemowit 9 - 480 ton	Janina, P29B	09.05.2018r go dz 7:15	10,89	54,7	21,68	12,74	19421	20,7	15,5	0,85	9,3
	II nawęgl Ziemowit 9 - 494,7 ton; Bieszczce 61 - 399,85 ton	Ziemowit, P29B	09.05.2018r go dz 14:50	3,24	32	38,99	25,78					
	III nawęgl Budryk 24 - 950 ton; Łącznie - 3 044,21 ton	Budryk, P29B	09.05.2018r go dz 22:50	7,17	40,14	32,87	19,82					
10-05-2018	I nawęgl Budryk 24 - 200 ton; Bielszowice 3 - 786 ton	Budryk, P29B	10.05.2018r go dz 7:15	4,22	43,44	26,07	26,26	20890	24,5	9,7	0,79	6,7
	II nawęgl Bielszowice 3 - 400 ton; Budryk 25 - 240 ton, Skład B - 429,74 ton	Bielszowice, P29A	10.05.2018r go dz 10:00	6,64	39,78	36,58	16,99					
	III nawęgl Budryk 25 - 1 160 ton; Łącznie - 3 215,74 ton	Bielszowice, P29B	10.05.2018r go dz 15:00	5,28	47,93	33,15	13,62					
		Budryk, P29B	10.05.2018r go dz 22:30	3,35	32,93	38,99	24,75					

Załącznik 10 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – czerwiec 2018

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe czerwiec 2018				Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A, B lub C - nawęgl. zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego								
				z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)	Wartość opalowa Q _r	Popiół A _r	Wilgość całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgość przemijająca W _{rex}
	Dostawca paliwa	Rodzaj transportu		%	%	%	%	kJ/kg	%	%	%	%
01-06-2018	I nawęgl Skład B - 600 ton; Skład A - 635,92 ton II nawęgl Skład B - 625,16 ton; Budryk 29 - 1080 ton III nawęgl Skład B - 400 ton; Budryk 29 - 971 ton Łącznie - 4 312,08 ton	Skład B, P29B	01.06.2018r godz 6:40	0,69	19,86	51,84	27,6	19 094	25,4	12,7	0,97	7,7
		Skład B, P29B	01.06.2018r godz 15:10	4,48	42,75	38,74	14,02					
		Budryk, P29B	01.06.2018r godz 23:00	3,03	27,86	38,41	30,7					
04-06-2018	I nawęgl Skład B - 600 ton; Skład A - 661,92 ton II nawęgl Skład A - 1 150 ton III nawęgl Skład C - 610 ton; Skład B - 490 ton Łącznie - 3 511,92 ton	Skład B, P29B	04.06.2018r godz 7:30	1,87	21,75	50,34	26,04	20 707	26,3	9,4	0,6	7,9
		Skład A, P29B	04.06.2018r godz 15:30	1,12	24,35	56,6	17,93					
		Skład C, P29B	04.06.2018r godz 22:40	1,12	23,32	52,99	21,44					
05-06-2018	I nawęgl - Skład A - 835,56 ton II nawęgl - Skład A - 500 ton; Piast 8 - 826 ton III nawęgl - Piast 8 - 758,40 ton Łącznie - 2 919,96 ton	Skład A, P29B	05.06.2018r go dz 7:20	2,95	22,85	31,67	18,97	21 019	26,9	8,2	0,67	6,5
		Skład A, P29B	05.06.2018r go dz 15:30	6,06	45,7	31,67	16,57					
		Piast, P29B	05.06.2018r go dz 23:10	13,84	50,47	23,52	12,17					
06-06-2018	I nawęgl - Skład A - 702,94 ton; Piast 8 - 440 ton II nawęgl - Marcel 1 - 1 000 ton III nawęgl - Marcel 1 - 767 ton Łącznie - 2 909,94 ton	Piast, P29B	06.06.2018r go dz 7:20	2,84	22,84	55,37	18,94	20 164	20	13,1	0,86	8,5
		Ruch Marcel, P29B	06.06.2018r go dz 15:15	4,28	40,93	36,78	18					
		Ruch Marcel, P29B	06.06.2018r go dz 22:50	2,71	32,72	38,91	25,63					

Załącznik 11 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – styczeń 2019

Elektrownia Łągisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe styczeń 2019			Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _f	Popiół A _r	Wilgoć całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgoć przemijająca W _{rex}
			z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
			%	%	%	%					
10.01.2019	Skład B - 3 510,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,75	31,54	36,29	24,41	18 234	23,5	14,1	1,22	10,1
15.01.2019	I nawęgl CZH Braniewo - 826,6 tony II nawęgl Skład B - 1 050,0 ton III nawęgl Skład B - 1 420,0 ton Łącznie - 3 296,6 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,86	45,85	34,69	12,58	21 011	14,7	15,3	0,36	10,7
17.01.2019	Skład C - 2 790,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	11,36	49,56	28,85	10,22	20 126	13,5	18,2	0,87	10,2
18.01.2019	I nawęgl Skład C - 1 450,0 ton II nawęgl Janina - 1 290,0 ton Łącznie - 2 740,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	3,31	36,17	34,63	25,88	21 033	16,9	14,8	0,42	11,6

Załącznik 12 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – marzec 2019

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe marzec 2019			Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy s itowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _r _i	Popiół A _r	Wilgoć całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgoć przemijająca W _{rex}
	Dostawca paliwa		z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
01.03.2019	I nawęgl Skład C - 1 040,0 ton II nawęgl Skład B - 500,0 ton Brzeszcze - 559,6 ton III nawęgl Skład B - 721,15 ton Łącznie - 2 870,75 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	3,86	36,62	41,54	17,98	19 027	25,9	12,7	0,73	9,5
06.03.2019	Janina - 3 941,4 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	5,54	47,1	35,32	12,03	19 008	15,3	19,7	0,99	nie oznaczono
08.03.2019	I nawęgl Skład B - 1 240,0 ton II nawęgl Skład A - 1 275,65 ton III nawęgl Skład A - 244,55 ton Skład B - 1 060,0 ton Łącznie - 3 820,2 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	5,86	45,15	33,91	15,06	19 579	13,9	19,4	0,81	nie oznaczono
09.03.2019	I nawęgl Skład A - 1 250,0 ton II nawęgl Skład B - 1 200,0 ton III nawęgl Skład A - 920,0 ton Łącznie - 3 370,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,9	42,11	32,47	20,51	19 826	22,7	13,1	0,65	nie oznaczono
13.03.2019 - 17.03.2019	nie nawęglano - odstawienie bloku do usunięcia nieszczelności	nie pobrano próbek	nie dokonano analizy								

Załącznik 13 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – listopad 2019

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe listopad 2019			Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalała 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%			
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opalała Q _f kJ/kg	Popiół A _r %	Wilgość całkowita W _{rt} %	Siarka całkowita S _{rt} %	Wilgość przemijająca W _{rex} %			
					z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)						2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)	
	Dostawca paliwa				%	%						%	%	
04.11.2019	I nawęgl Staszic - 290,78 tony; Węgloko ks - 995,0 ton II nawęgl Ziemowit - 709,3 tony Węgloko ks - 494,2 tony III nawęgl Ziemowit - 270,0 ton Sobieski - 949,0 ton Łącznie - 3 708,28 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,5	48,68	35,49	11,32	21 255	23,1	10	0,51	7,8			
05.11.2019	I nawęgl Budryk - 972,0 ton; II nawęgl Węgloko ks - 1 776,5 tony III nawęgl Skład B - 600,0 ton Brzeszcze - 665,4 tony Łącznie - 3 413,9 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,34	43,09	34,35	15,22	19 449	21,8	13,4	1,33	9,2			
06.11.2019	I nawęgl Halemba - 1 238,15 tony; II nawęgl Węgloko ks - 958,89 tony Ziemowit - 300,0 ton III nawęgl Ziemowit - 774,2 tony Sobieski - 360,0 ton Łącznie - 3 631,24 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,2	44,08	39,28	12,44	23 669	11,2	12,8	0,44	9,3			
09.11.2019	Skład C - 3 870,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	2,83	30,7	42,77	23,69	21 568	19,3	11,5	0,97	8,1			

Załącznik 14 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – grudzień 2019

Elektrownia Łągisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe grudzień 2019			Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalaowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
			Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego								
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do an Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)	Wartość opalaowa Q _f	Popiół A _r	Wilgoć całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgoć przemijająca W _{rex}
	Dostawca paliwa		%	%	%	%	kJ/kg	%	%	%	%
03.12.2019	I nawęgl Skład C - 870,0 ton; Budryk - 511,0 ton II nawęgl Skład C - 1 435,45 ton; III nawęgl Halemba - 791,05 ton Budryk - 440,0 ton Łącznie - 4 047,5 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,88	46,76	33,06	13,3	20 462	16,5	16,6	0,98	12,8
04.12.2019	I nawęgl Budryk - 812,0 ton; Ziemowit - 690,0 ton II nawęgl Ziemowit - 1287,0 ton III nawęgl Węglkokoks - 990,0 ton Łącznie - 3 779,0 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	1,69	46,3	41,1	10,91	21 487	21,4	10,3	0,89	8
06.12.2019	I nawęgl Staszic - 818,55 tony; Budryk - 180,0 ton II nawęgl Budryk - 1 560,0 ton; III nawęgl Budryk - 265,0 ton Sobieski - 1 000,0 ton Łącznie - 3 823,55 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	3,82	44,79	29,38	22,01	20 803	19,6	12,6	0,87	9,2
13.12.2019	Budryk - 2 431,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	2,02	17,06	55,2	25,71	21 200	25,7	10,2	0,59	9,3
15.12.2019	Skład C - 2 400,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,38	40,67	36,25	16,7	20 871	22	11,4	0,93	8,7

Załącznik 15 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – sierpień 2020

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe sierpień 2020			Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _i	Popiół A _r	Wilgość całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgość przemijająca W _{rex}
			z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
			%	%	%	%					
Dostawca paliwa							kJ/kg	%	%	%	%
11.08.2020	I nawęgl Haldex - 287,89 tony; Janina - 970,0 ton II nawęgl Węglokoks - 170,0 ton Janina - 525,95 ton III nawęgl Węglokoks - 1 050,0 ton Łącznie - 3 003,84 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,32	44,9	33,44	15,33	23 115	12,8	12,5	0,63	8,4
12.08.2020	I nawęgl Węglokoks - 872,93 tony; Brzeszcze - 460,0 ton II nawęgl Brzeszcze - 1 200,0 ton III nawęgl Brzeszcze - 288,5 tony Janina - 690,0 ton Łącznie - 3 511,43 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,66	52,3	29,65	11,38	21 335	14,4	14,4	0,96	9
18.08.2020	Brzeszcze - 452,3 ton Janina - 2 568,3 tony Łącznie - 3 020,6 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	5,05	46,03	36,03	12,88	22 543	22,7	8	0,59	5,6
19.08.2020	Brzeszcze - 1 946,59 tony Janina - 1 593,5 tony Łącznie - 3 540,09 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,94	50,81	26,37	14,87	21 749	14,7	13,5	0,95	7,3
20.08.2020	I nawęgl Janina - 1 100,0 ton II nawęgl Węglokoks - 700,0 ton Janina - 541,35 ton III nawęgl Węglokoks - 1 294,0 ton Łącznie - 3 635,35 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,17	46,63	30,12	16,08	21 695	20,5	10,8	0,59	7,9

Załącznik 16 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – wrzesień 2020

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe wrzesień 2020			Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy s itowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q_i^r	Popiół A^r	Wilgoć całkowita Wrt	Siarka całkowita Srt	Wilgoć przemijająca Wrex
	z > 10 (max 10%)		10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)	%					
	Dostawca paliwa										
02.09.2020	Janina - 3 227,1 ton Brzeszcze - 375,0 ton Łącznie - 3 602,1 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	9,56	43,62	32,65	14,17	20 515	18,6	14,7	0,94	10,6
03.09.2020	Brzeszcze - 779,65 tony Janina - 1 518,45 ton Bobrek - 470,0 ton Łącznie - 2 768,1 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	8,66	46,09	30,61	14,66	20 189	14,5	18,3	1,14	13,2
04.09.2020	Skład C - 1 200,0 ton Skład B - 2 646,0 ton Łącznie - 3 846,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,91	46	31,94	14,14	19 625	17,3	17,2	1,12	11,7
05.09.2020	Skład C - 4 270,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,59	44,91	34,85	12,64	21 999	21,1	9,7	0,68	6,7
06.09.2020	Skład C - 3 100,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,75	54,2	32,27	6,78	21 483	22,2	10,6	0,68	8,2

Załącznik 17 – Przykładowe zestawienie kierunków nawęglania z parametrami fizykochemicznymi paliwa – październik 2020

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe październik 2020 Od dnia 10.09.2020 do dnia 09.10.2020 - Remont bloku			Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%
Data	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy skłowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q_i	Popiół A^r	Wilgoć całkowita Wrt	Siarka całkowita Srt	Wilgoć przemijająca Wrex
			$z > 10$ (max 10%)	$10 \geq z > 2$ (max 40%)	$2 \geq z > 0,4$ (max 40%)	$z \leq 0,4$ mm (max 10%)					
			%	%	%	%					
Dostawca paliwa							kJ/kg	%	%	%	%
09.10.2020	Skład B - 820,0 ton Skład A - 5 412,0 ton Łącznie wraz z procesem rozpalania kotła od dnia 07.10.2020r. 6 232,0 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	8,95	46,57	30,5	13,99	21 058	23,8	9,8	0,59	7,8
10.10.2020	Skład A - 3 780,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	2,67	29,79	42,49	25,04	20 710	26,4	10,1	0,56	9
11.10.2020	Skład A - 3 810,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	1,94	43,13	38,49	16,44	21 712	21,3	10,6	0,44	8,5
12.10.2020	I nawęgl Skład A - 700,0 ton Skład B - 650,0 ton II nawęgl Skład A - 1 450,0 ton III nawęgl Skład A - 1 290,0 ton Łącznie - 4 090,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	3,37	50,33	38,98	7,32	21 071	21	12,6	0,52	10,2
14.10.2020	Skład A - 1 990,4 tony Skład B - 2 060,0 ton Łącznie - 4 050,4 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	8,45	46,61	28,87	16,08	20 093	24,6	12,2	0,53	10,2

Załącznik 18 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 03.10.2017r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2017-10-03

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Jaworzno 3 B6	JW3 2-06	225		25	25	25	25	25	25	25								175
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska B10	LGA 4-10	460	20	20	20	10	10	10	50	90	90	90	90	45				545
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 3 B09	LZA31-09	230											20	20	20	20	10	90
Główna przyczyna:			Układ spalin i powietrza - Nietrzymane parametry SCR															
Łaziska 3 B11	LZA32-11	225									5	10	10			10	5	40
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 3 B12	LZA32-12	225		22,5	30	30												83
Główna przyczyna:			Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa młynów															
Siersza B2	SIA 1-02	153	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	1 125
Główna przyczyna:			Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla															
Suma			95	142,5	150	140	110	110	150	190	170	175	195	140	95	105	90	2 058

Załącznik 19 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 26.10.2017r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2017-10-06

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Jaworzno 3 B3	JW3 1-03	225					15	30										45
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Usuwanie bieżących usterek															
Jaworzno 3 B5	JW3 2-05	220	2,5	10	10	5										25		53
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łagisza B6	LGA 2-06	120	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	30	30	30	30		470
Główna przyczyna:			Ubytek z powodu ciepłownictwa															
Łagisza B10	LGA 4-10	460	60	60	60	60	60	177,5	150	80	80	40	40	40	30	30	30	998
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 2 B1	LZA21-01	125				117,88	102,23	75,93	13,75									310
Główna przyczyna:			Zakończenie RA															
Łaziska 2 B2	LZA21-02	125	30	30										3,75	15	15		94
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 3 B09	LZA31-09	230														11,25	7,5	19
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 3 B11	LZA32-11	225												11,25	15	15	7,5	49
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Suma			127,5	135	105	217,88	212,23	318,43	198,75	115	115	75	70	85	90	126,25	45	2 036

Załącznik 20 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 22.11.2017r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2017-11-22

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Jaworzno 3 B1	JW3 2-01	225									45	45	45	11,25	15	15	3,75	180
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Jaworzno 3 B2	JW3 2-02	225							71,25	R	R	R	R	R	R	R	149,4	221
Główna przyczyna:			Układ regulacji kotła i nawęglanie - Awaria zespołu młynowego															
Jaworzno 3 B3	JW3 1-03	225							31,25	85	85	75	45	37,5	30	30		419
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Jaworzno 3 B5	JW3 2-05	220									15	15	15	7,5				53
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Jaworzno 3 B6	JW3 2-06	225									15	15	15	15	15	15		90
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łagisza B6	LGA 2-06	120	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	113,38	94,85	41,85			250
Główna przyczyna:			Zakończenie RA															
Łagisza B7	LGA 2-07	120	20,5	41	41					30,75	41	41	41	41	10,25			308
Główna przyczyna:			Ubytek z powodu ciepłownictwa															
Łagisza B10	LGA 4-10	460	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	900
Główna przyczyna:			Układ regulacji kotła i nawęglanie - Usterka / Nieprawidłowe działanie															
Łaziska 3 B09	LZA31-09	230			15	15	15	15	33,75	90	90	2,5	10	10	10	10	10	326
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 3 B12	LZA32-12	225			5	10	10	10	10	10	10							65
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Siersza B2	SIA 1-02	153	R	R	R	R	R	143,28	125,65	106,23	5,75	23	23	23	33	33		516
Główna przyczyna:			Zakończenie RA / Inna przyczyna - Przekroczenie parametrów chemicznych w obiegu															
Suma			80,5	101	121	85	85	228,28	331,9	381,98	366,75	276,5	367,38	300,1	215,1	163	223,15	3 327

W miesiącu listopadzie 2017 r. blok nr 10 został odstawiony do remontu bieżącego. Uruchomiony został 21 listopada.

Załącznik 21 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 04.12.2017r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2017-12-04

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Jaworzno 3 B1	JW3 2-01	225	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	225
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Przekroczenie dopuszczalnych parametrów															
Jaworzno 3 B2	JW3 2-02	225						5	10	47,5	85	20	20	20				208
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Jaworzno 3 B3	JW3 1-03	225								7,5	10	10	10	10	10	10		68
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Łagisza B6	LGA 2-06	120	41,85															42
Główna przyczyna:			Zakończenie RA															
Łagisza B7	LGA 2-07	120										20	40	40	40			140
Główna przyczyna:			Ubytek z powodu ciepłownictwa															
Łagisza B10	LGA 4-10	460						15	60	60	60	60	60	60	60			435
Główna przyczyna:			Parametry / transportowalność paliwa															
Łaziska 3 B10	LZA31-10	225	21,25	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	63,75		1 105
Główna przyczyna:			Układ spalin i powietrza - Naprawa wentylatora ciągu															
Łaziska 3 B12	LZA32-12	225						12,5	25	25	25	10	10	10				118
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Suma			78,1	100	100	100	100	132,5	195	240	280	220	240	240	210	88,75	15	2 339

Załącznik 22 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 07.05.2018r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2018-06-05

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Łaziska B10	LGA 4-10	460	180	160	160	160	160	160	160	160	150	150	150	150	150	150	150	2 350
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa / Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla															
Łaziska 3 B09	LZA31-09	230	57,5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	58
Główna przyczyna:			Rozpoczęcie RA															
Łaziska 3 B12	LZA32-12	225			10	10	10	10	5									45
Główna przyczyna:			Układ spalin i powietrza															
Siersza B2	SIA 1-02	153			2,5	5	5	5	5	5								28
Główna przyczyna:			Turbina - Zakłócenia w układzie pary technologicznej															
Suma			237,5	160	172,5	175	175	175	170	165	150	150	150	150	150	150	150	2 480

Załącznik 23 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 28.05.2018r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2018-05-28

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Jaworzno 3 B1	JW3 2-01	225											42,5	85	85	85		298
	Główna przyczyna:		Ograniczenie sieciowe															
Jaworzno 3 B2	JW3 2-02	225											42,5	85	85	85		298
	Główna przyczyna:		Ograniczenie sieciowe															
Jaworzno 3 B3	JW3 1-03	225							18,75	18,75								38
	Główna przyczyna:		Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Jaworzno 3 B6	JW3 2-06	225											42,5	85	85	85		298
	Główna przyczyna:		Ograniczenie sieciowe															
Łagisza B10	LGA 4-10	460	90	80	80	99	99	99	99	99	99	118	175	175	175	175	175	1 837
	Główna przyczyna:		Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla															
Łaziska 3 B09	LZA31-09	230	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	54	58	762
	Główna przyczyna:		Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa młynów															
Łaziska 3 B12	LZA32-12	225															15	15
	Główna przyczyna:		Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa															
Siersza B1	SIA 1-01	153				48	48	48	48	48	48	48	48	48	48			480
	Główna przyczyna:		Ograniczenie sieciowe															
Siersza B2	SIA 1-02	153				48	48	48	48	48	48	48	48	48	48			480
	Główna przyczyna:		Ograniczenie sieciowe															
Suma			140	130	130	245	245	245	263,75	263,75	245	264	448,5	576	576	484	248	4 504

Załącznik 24 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 05.06.2018r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2018-06-05

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Łaziska B10	LGA 4-10	460	180	160	160	160	160	160	160	160	150	150	150	150	150	150	150	2 350
Główna przyczyna:			Inna przyczyna - Parametry / transportowalność paliwa / Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla															
Łaziska 3 B09	LZA31-09	230	57,5	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	58
Główna przyczyna:			Rozpoczęcie RA															
Łaziska 3 B12	LZA32-12	225			10	10	10	10	5									45
Główna przyczyna:			Układ spalin i powietrza															
Siersza B2	SIA 1-02	153			2,5	5	5	5	5	5								28
Główna przyczyna:			Turbina - Zakłócenia w układzie pary technologicznej															
Suma			237,5	160	172,5	175	175	175	170	165	150	150	150	150	150	150	150	2 480

Załącznik 25 – Przykładowe zgłoszone ubytki mocy brutto [MWh] – 15.06.2018r.

Zgłoszone ubytki mocy brutto w godz. 8-22 dla doby: 2018-06-15

Elektrownia	Blok	moc	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Suma
Łagisza B10	LGA 4-10	460	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	135	276	276	276	2 448
Główna przyczyna:			Odżużlanie i odpopielanie - Nadmiar popiołu															
Łaziska 3 B10	LZA31-10	225	45	45	180	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	270
Główna przyczyna:			Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa młynów / Rozpoczęcie RA															
Suma			180	180	315	135	135	135	135	135	135	135	135	135	276	276	276	2 718

Załącznik 26 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – listopad 2017

Elektrownia Łągisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe listopad 2017							Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgoć całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgoć przemijająca max 10%	
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony. Skład A,B lub C - nawęgl. zewn. Imie dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _d	Popiół A ₁	Wilgoć całkowita W _{wt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgoć przemijająca W _{wex}
								z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
					Dostawca paliwa	Rodzaj transportu					brak wyników					
21-11-2017	Rozruch bloku po remoncie bieżącym	699			I nawęgl Skład B - 870 ton; Brzeszcze 78 - 248,8 ton	Skład B, P29B	21.11.2017r godz 11:10	1,7	37,7	46,78	13,86	22388	19,4	11	0,46	8,8
					II nawęgl Brzeszcze 78 - 1 100 ton III nawęgl Brzeszcze 79 - 1 116,75 ton łącznie - 3 136,55 ton	Brzeszcze, P29B	21.11.2017r godz 15:15	4,8	47,83	32,81	14,58					
						Brzeszcze, P29B	21.11.2017r godz 22:40	2,96	31,73	49,2	16,12					
22-11-2017	Układ regulacji kotła i nawęglanie - usterka/nieprawidłowe działanie	900	05E1-10HHE12	Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ściennego węgla HHE12, uszkodzony wąż podajnika HHE22 i rączka wążu podajnika HHE12, HHE12 - przeociąga się i wypada dozownik węgla - linia węgla nr1 w postoju Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ściennego węgla HHE12, zablokowany podajnik HHE12, brak możliwości zasypiania piaskiem, przepuszcza bardzo mało kłosa zsypana.	I nawęgl Skład B - 300 ton; Brzeszcze 79 - 400 ton	Brzeszcze, P29A	22.11.2017r godz 6:40	8,29	41,22	32,12	18,37	22388	19,4	11	0,46	8,8
					II nawęgl Sobieski 19 - 1 331,15 ton III nawęgl Piekary 18 - 848,8 ton łącznie - 2 879,95 ton	Sobieski, P29B	22.11.2017r godz 15:30	2,28	49,65	25,31	22,76					
						Piekary, P29B	22.11.2017r godz 23:20	7,88	37,77	30,45	23,89					
23-11-2017	Przekroczenie i dopuszczalnych parametrów	500			I nawęgl Skład B - 750 ton II nawęgl Brzeszcze 80 - 1 342 ton III nawęgl Skład B - 400 ton; Brzeszcze 80 - 644 ton łącznie - 3 136 ton	Skład B, P29B	23.11.2017r godz 8:00	6,15	38,77	38,9	16,19	18582	17,1	19,7	1,4	13,2
						Brzeszcze, P29A	23.11.2017r godz 15:30	4,42	40,24	32,73	22,61					
						Brzeszcze, P29B	23.11.2017r godz 23:00	3,93	26,72	45,2	24,15					
24-11-2017	bez uwag w systemie		05E1-10HHE42	Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ściennego węgla HHE42, HHE42 podajnik ścienny węgla luźna przekładnia	I nawęgl Skład B - 1 100 ton II nawęgl Janina 53 - 1 270 ton III nawęgl Skład B - 540 ton; Janina 53 - 518,25 ton łącznie - 3 428,25 ton	Skład B, P29B	24.11.2017godz 7:10	6,14	38,32	32,83	22,71	brak wyników				
						Janina, P29A	24.11.2017godz 15:30	7,88	42,48	27,58	22,06					

Załącznik 27 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – grudzień 2017

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe grudzień 2017					Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wielkość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max 1,2%	Projektowa wielkość przemijająca max 10%			
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KK S	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A,B lub C - nawęgl. zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do o analizy sitoowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _d	Popiół A'	Wilgoć całkowita Wrt	Siarka całkowita Srt	Wilgoć przemijająca Wrex
								z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
03-12-2017	Awaria bloku - powstanie niebezpiecznej ośmieniowej przegrzewacza pary wtórnej - Intrex nr 3		05E1-10HHE34	Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ściennego węgla HHE34, podajnik przyścienny HHE34 - urwane powietrze obciążające do podajnika	I nawęgl Skład B - 540 ton	Skład B, P29B	03.12.2017r godz 11:00	6,92	36,5	43,02	13,56	brak wyników				
					II nawęgl Skład B - 790 ton	Skład B, P29B	03.12.2017r godz 15:15	6,03	42,63	30,94	20,4					
					III nawęgl Skład B - 830 ton; Skład C - 370 ton Łącznie - 2 530 ton	Skład B, P29B	03.12.2017r godz 23:00	8,54	46,96	25,91	18,6					
04-12-2017	Parametry/ transportowalność paliwa	435	05E1-10HHE42	Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ściennego węgla HHE42, HHE42 - niedrożny wąż pary gaśniczej do rury zsypowej węgla	I nawęgl Skład B - 800 ton; Brzeszcze 80 - 591,9 ton	Skład B, P29B	04.12.2017r godz 7:00	2,66	30,77	34,44	32,13	19627		16,9	0,96	12
					II nawęgl Brzeszcze 80 - 830 ton	Brzeszcze, P29B	04.12.2017r godz 15:15	5,63	38,69	35,14	20,53					
					III nawęgl Janina 55 - 1 530 ton Łącznie - 3 364,9 ton	Janina, P29B	04.12.2017r godz 23:30	4,41	56,71	27,71	11,17					
05-12-2017	Parametry/ transportowalność paliwa	387	05E1-10HHE20	Instalacja podajnika zgrzeblowego węgla HHE20 spod siosu, niebezpieczność na przesypie z podajnika HHE20 na HHE21	I nawęgl Skład B - 430 ton; Janina 55 - 659,9 ton	Janina, P29B	05.12.2017r godz 7:00	6,69	64,37	23,14	5,8	23562	15,8	11,5	0,54	9,5
					II nawęgl Skład B - 1 250 ton	Skład B, P29B	05.12.2017r godz 15:00	6,9	66,62	20,67	5,83					
					III nawęgl Skład B - 1 280 ton Łącznie - 3 659,9 ton	Skład B, P29B	05.12.2017r godz 23:40	7,73	40,84	33,64	17,79					
06-12-2017	Układ regulacji kota i nawęglanie - naprawa podajników węgla	1 160	05E1-10HHE43	Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ściennego węgla HHE43, dozownik węgla HHE43 - wyrwany ze śrubami wąż nad przesypem do rury zsypowej węgla. przesyp nadal zasypany węglem od kłapy pneumatycznej do wżasu.	I nawęgl Skład B - 780 ton;	Skład B, P29A	06.12.2017r godz 7:45	5,9	40,03	40,38	13,68	20529	21,4	13,2	0,7	10,7
					II nawęgl Janina 55 - 1 200 ton	Janina, P29B	06.12.2017r godz 15:00	10,3	46,22	29,02	14,5					
					III nawęgl Janina 55 - 460,95 ton; Budryk 34 - 450 ton Łącznie - 2 890,95 ton	Janina, P29B	06.12.2017r godz 23:35	5,75	48,34	31,08	14,82					
07-12-2017	Układ regulacji kota i nawęglanie - naprawa podajników węgla	3 585	05E1-10HHE32	Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ściennego węgla HHE32, urwane zawiesia ko mpenzatora rury zsypowej węgla HHE32, ko mpenzator uszkodzony - wyprostowane harmonijki i wygięty mo cno w „S” , rura zsypowa oparta się o inne rurociągi - może zaraz pęknąć. BHP!	I nawęgl Budryk 34 - 300 ton;	Budryk P29A	07.12.2017r godz 10:30	5,11	39,61	31,56	23,73	18177	17,5	20	1,41	14,7
					II nawęgl Brzeszcze 87 - 708,9 ton	Brzeszcze, P29B	07.12.2017r godz 15:00	6,54	38,28	33,65	21,52					
					III nawęgl Brzeszcze 87 - 688,4 ton Łącznie - 1 697,3 ton	Brzeszcze, P29B	07.12.2017r godz 23:30	6,1	39,02	37,68	17,2					

Załącznik 28 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – maj 2018

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe maj 2018								Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 8:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - węgony, Skład A, B lub C - nawęgl zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opala wa Q _d kJ/kg	Popiół A ₁ %	Wilgość całkowita W _{rt} %	Siarka całkowita S _{rt} %	Wilgość przemijająca W _{rez} %
					Dostawca paliwa	Rodzaj transportu		z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
07-05-2018	Parametry/ transportowałość paliwa	1 320	05E1-10HHE10	Instalacja podajnika zgrzeblowego węgla HHE10 spod silosu, zerwany łańcuch i wyrwane zgrzeblko podajnika węgla HHE10AF301	I nawęgl Skład B - 355,3 ton; Ziemowit 8 - 700 ton	Skład B, P29A	07.05.2018r godz 7:15	1,78	32,68	53,29	12,26	21440	20,5	11,1	1,15	4,5
					II nawęgl Ziemowit 8 - 285,75 ton; Brzeszcze 58 - 480 ton; Skład B - 426,44 ton	Ziemowit, P29B	07.05.2018r godz 15:00	7,79	33,69	31,71	26,82					
					III nawęgl Brzeszcze 58 - 324 ton; Skład B - 458 ton Łącznie - 3 007,49 ton	Skład B, P29A	07.05.2018r godz 22:40	1,9	12,38	53,06	32,67					
09-05-2018	Parametry/ transportowałość paliwa	1 140	05E1-10HHE34	Instalacja dozownika ślimakowego i podajnika ścieżkowego węgla HHE34, nie kreśli pierścieni na dławicy/podajnika przysięmego HHE34	I nawęgl Janina 13 - 520 ton; Ziemowit 9 - 480 ton	Janina, P29B	09.05.2018r godz 7:15	10,89	54,7	21,68	12,74	19421	20,7	15,5	0,85	9,3
					II nawęgl Ziemowit 9 - 494,7 ton; Brzeszcze 61 - 399,85 ton	Ziemowit, P29B	09.05.2018r godz 14:50	3,24	32	38,99	25,78					
					III nawęgl Budryk 24 - 950 ton; Łącznie - 3 044,21 ton	Budryk, P29B	09.05.2018r godz 22:50	7,17	40,14	32,87	19,82					
10-05-2018	Przekroczenie dopuszczalnych parametrów	1 075			I nawęgl Budryk 24 - 200 ton; Bielszowice 3 - 788 ton	Budryk, P29B	10.05.2018r godz 7:15	4,22	43,44	26,07	26,26	20890	24,5	9,7	0,79	6,7
					II nawęgl Bielszowice 3 - 400 ton; Budryk 25 - 240 ton - Skład B - 429,74 ton	Bielszowice, P29A	10.05.2018r godz 10:00	6,64	39,78	36,58	16,99					
					III nawęgl Budryk 25 - 1 180 ton; Łącznie - 3 215,74 ton	Bielszowice, P29B	10.05.2018r godz 15:00	5,28	47,93	33,15	13,62					
						Budryk, P29B	10.05.2018r godz 22:30	3,35	32,93	38,99	24,75					

Załącznik 29 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – czerwiec 2018

E elektrownia Łągisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe czerwiec 2018									Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalać 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Nazwa kopalni - wagony, Skład A, B lub C - nawęgl zewn. Inne dostawy - samochody	Data pobrania próbki do analizy sitowej	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opalać Q _i kJ/kg	Popiół A'	Wilgość całkowita Wrt	Siarka całkowita Srt	Wilgość przemijająca Wrex
									z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
						Dostawa paliwa	Rodzaj transportu		%	%	%	%					
01-06-2018	Parametry/ Transportowalność paliwa	930	930	05E1-10HHE43	Instalacja dozownika slimkowego i podajnika ściennego węgla HHE43, HHE43 - dziura na obudowie dozownika węgla, poz.22m	I nawęgl Skład B - 600 ton; Skład A - 635,92 ton II nawęgl Skład B - 625,16 ton; Budryk 29 - 1080 ton	Skład B, P29B	01.06.2018r godz 6:40	0,69	19,86	51,84	27,6	19 094	25,4	12,7	0,97	7,7
				05E1-10HHE23	Instalacja dozownika slimkowego i podajnika ściennego węgla HHE23, HHE23 - Brak śruby w kompensatorze na rurze zsypowej węgla pod dozownikiem śrubowym węgla.	III nawęgl Skład B - 400 ton; Budryk 29 - 971 ton Łącznie - 4 312,08 ton	Skład B, P29B	01.06.2018r godz 15:10	4,48	42,75	38,74	14,02					
						Budryk, P29B	01.06.2018r godz 23:00	3,03	27,86	38,41	30,7						
04-06-2018	Parametry/ Transportowalność paliwa	1 870	1 870	05E1-10HHE41	Instalacja przenośnika zgrzeblowego linia węgla HHE41, wyregulowac lanouchy podajników zgrzeblowych HHE 31/41	I nawęgl Skład B - 600 ton; Skład A - 661,92 ton II nawęgl Skład A - 1 150 ton III nawęgl Skład C - 610 ton; Skład B - 490 ton Łącznie - 3 511,92 ton	Skład B, P29B	04.06.2018r godz 7:30	1,87	21,75	50,34	26,04	20 707	26,3	9,4	0,6	7,9
				05E1-10HHE35	Instalacja dozownika slimkowego i podajnika ściennego węgla HHE35, nieszczelne dławice podajników przysięmiennych HHE 14/23/32/35		Skład A, P29B	04.06.2018r godz 15:30	1,12	24,35	56,6	17,93					
				05E1-10HHE32	Instalacja dozownika slimkowego i podajnika ściennego węgla HHE32, nieszczelne dławice podajników przysięmiennych HHE 14/23/32/35		Skład C, P29B	04.06.2018r godz 22:40	1,12	23,32	52,99	21,44					
				05E1-10HHE31	Instalacja przenośnika zgrzeblowego węgla HHE31, wyregulowac lanouchy podajników zgrzeblowych HHE31/41												
				05E1-10HHE23	Instalacja dozownika slimkowego i podajnika ściennego węgla HHE23, nieszczelne dławice podajników przysięmiennych HHE 14/23/32/35												
				05E1-10HHE14	Instalacja dozownika slimkowego i podajnika ściennego węgla HHE14, nieszczelne dławice podajników przysięmiennych HHE 14/23/32/35												

Załącznik 30 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – styczeń 2019

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MW styczeń 2019						Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalała 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%	
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opalała Q _d kJ/kg	Popiół A' %	Wilgość całkowita Wrt %	Siarka całkowita Srt %	Wilgość przemijająca Wrex %
							z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
06.01.2019	Postój bloku od 24.12.2018 - 07.01.2019		05E1-10HHE13AF302	Podajnik ścieenny węgla HHE13 - mocno grzeje się łożysko od strony dławicy wału.	nie nawęglano	nie pobrano próbek	nie dokonano analizy								
08.01.2019	Postój bloku od 24.12.2018 - 07.01.2019		05E1-10HDA51AJ101	Zablokowana kruszarka popiołu dennego HDA51AJ101		średnio na próbka z 2 zasobników węgla. (poziom 21 m)	nie dokonano analizy				22 003	16,2	12,9	0,34	9,7
			05E1-10HHE25AF302	Dozownik węgla HHE25 - zatarta śruba na 2 wiatrze od przesyłu											
			05E1-10HHE23AF302	Nieszczelna o budowa podajnika ścieennego węgla HHE23.											
10.01.2019	Parametry / transportowalność paliwa	74	05E1-10HHE33AF302	Główna praca podajnika ścieennego HHE33.	Skład B - 3 510,0 ton	średnio na próbka z 2 zasobników węgla. (poziom 21 m)	7,75	31,54	36,29	24,41	18 234	23,5	14,1	1,22	10,1
			05E1-10HHE22AF201	Uszkodzony wąż na zsyple dozownika HHE22 poziom 21m.											
15.01.2019			05E1-10HHE	Nieszczelne dławice podajników węgla i mimośrodowa praca wałów.	I nawęgl CZH Braniewo - 326,6 tony II nawęgl Skład B - 1 050,0 ton III nawęgl Skład B - 1 420,0 ton Łącznie - 3 296,6 tony	średnio na próbka z 2 zasobników węgla. (poziom 21 m)	6,86	45,85	34,69	12,58	21 011	14,7	15,3	0,36	10,7
17.01.2019	Układ regulacji koła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla / Parametry / transportowalność paliwa	875	05E1-10HHE23AF302	Zablokowany podajnik węgla ścieenny HHE23.											
			05E1-10HHE22AF302	Uszkodzony wąż nad przesyłem dozownika węgla HHE22	Skład C - 2 790,0 ton	średnio na próbka z 2 zasobników węgla. (poziom 21 m)	11,36	49,56	28,85	10,22	20 126	13,5	18,2	0,87	10,2
			05E1-10HHE20AF301	Nieszczelność na zsyple węgla z przenośnika HHE20 do HHE21.											
18.01.2019	Układ regulacji koła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla / Parametry / transportowalność paliwa	850			I nawęgl Skład C - 1 450,0 ton II nawęgl Janina - 1 290,0 ton Łącznie - 2 740,0 ton	średnio na próbka z 2 zasobników węgla. (poziom 21 m)	3,31	36,17	34,63	25,88	21 033	16,9	14,8	0,42	11,6

Załącznik 31 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – marzec 2019

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWE marzec 2019						Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalała 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%	
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy s iłowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opalała Q _d	Popiół A'	Wilgość całkowita Wrt	Siarka całkowita Srt	Wilgość przemijająca Wrex
					Dostawca paliwa		z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
01.03.2019	Inna przyczyna przyczyna - Po uruchomieniu z postępu remontu węgla / Pzekroczenie dopuszczalnych parametrów	292	05E1-10HHE12AF201	Nie działają mechanicznie 2 obijaki pneumatyczne i młotki na ruroch zsykowych i kieszeniach dozowników węgla HHE12 i HHE35.	I nawęgl - 1 040,0 ton II nawęgl - 500,0 ton Bieżące - 559,6 ton III nawęgl - 721,15 ton Łącznie - 2 870,75 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	3,86	36,62	41,54	17,98	19 027	25,9	12,7	0,73	9,5
			05E1-10HHE34AF302	Nieszczelna dławica oraz bicie promieniowe waku podajnika ściennego HHE34.											
06.03.2019			05E1-10HHE23AF302	Zablokowana tuleja ochronna waku na podajniku ściennym HHE23.	Janina - 3 941,4 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	5,54	47,1	35,32	12,03	19 008	15,3	19,7	0,99	nie oznaczono
08.03.2019	Odzulfianie i odpopielanie - Nadmiar popiołu / Parametry / transport walność paliwa	787	05E1-10HHE33AF302	Nieszczelna dławica (duży ubytek węgla) HHE33 ścienny podajnik węgla.	I nawęgl - 1 240,0 ton II nawęgl - 1 275,05 ton III nawęgl - 244,55 ton Łącznie - 3 820,2 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	5,86	45,15	33,91	15,06	19 579	13,9	19,4	0,81	nie oznaczono
			05E1-10HHE25AF201	Nieszczelny wlot poziomy na dozowniku węgla HHE25.											
			05E1-10HHE12AF201	Nieszczelne dławice dozowników węgla HHE12 i HHE22.											
			05E1-10HHE42AF302	Luźna przekładnia (bije i hałasuje) podajnika ściennego węgla HHE42.											
09.03.2019			05E1-10HHE42AF302	Uszkodzone łożysko główne waku podajnika ściennego HHE42.	I nawęgl - 1 250,0 ton II nawęgl - 1 200,0 ton III nawęgl - 920,0 ton Łącznie - 3 370,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,9	42,11	32,47	20,51	19 826	22,7	13,1	0,65	nie oznaczono
13.03.2019 - 17.03.2019	Kocioł - Nieszczelny kocioł	203			nie nawęglano - odstawienie bloku do usunięcia nieszczelności	nie pobrano próbek	nie dokonano analizy								

Załącznik 32 – Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – listopad 2019

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe listopad 2019						Granulacja projektu wa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalała 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%	
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00 Dostawa paliwa	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opalała w Q _r kJ/kg	Popiół A _r %	Wilgość całkowita W _{rt} %	Siarka całkowita S _{rt} %	Wilgość przemijająca W _{rex} %
							z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
04.11.2019			05E1-10HHE12AF302	Nieszczelna dławica śoennego podajnika węglu HHE12.	I nawęgl - 290,78 tony; Węglkoks - 995,0 ton II nawęgl - Ziemowit - 709,3 tony Węglkoks - 494,2 tony III nawęgl - Ziemowit - 270,0 ton Sobieski - 949,0 ton Łącznie - 3 708,28 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,5	48,68	35,49	11,32	21 255	23,1	10	0,51	7,8
05.11.2019			05E1-10HHE41AF301	Nieszczelna dławica przenośnika zgrzeblowego węgla HHE 41.	I nawęgl - Budryk - 972,0 ton; II nawęgl - Węglkoks - 1 776,5 tony III nawęgl - Skład B - 600,0 ton Brzeszcze - 605,4 tony Łącznie - 3 413,9 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,34	43,09	34,35	15,22	19 449	21,8	13,4	1,33	9,2
			05E1-10HHE	Nieszczelne dławice dozowników węgla HHE: 14, 22, 24, 34.											
06.11.2019			05E1-10HHE	Nieszczelne dławice dozowników węgla HHE 42 i 32.	I nawęgl - Halemba - 1 238,15 tony; II nawęgl - Węglkoks - 958,89 tony Ziemowit - 300,0 ton III nawęgl - Ziemowit - 774,2 tony Sobieski - 360,0 ton Łącznie - 3 631,24 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,2	44,08	39,28	12,44	23 669	11,2	12,8	0,44	9,3
09.11.2019			05E1-10HHE34AF201	Obrwanie mocowanie dławicy dozownika HHE34 od strony napędu.	Skład C - 3 870,0 ton	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	2,83	30,7	42,77	23,69	21 568	19,3	11,5	0,97	8,1
12.11.2019			05E1-10HDA	Nieszczelność na rozdzielaczu powietrza AKPIA przy silowniku zasowy 10HDA14AA151 w garniacza śrubowego popiołu demego HDA14 poz. 0m pod kotłem.	I nawęgl - Ziemowit - 1 000,0 ton; Budryk - 400,0 ton II nawęgl - Budryk - 788,5 tony Staszio - 1 000,0 ton III nawęgl - Staszio - 480,55 tony Budryk - 613,0 ton Łącznie - 4 282,05 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,18	44,76	31,28	19,78	22 008	20,4	10	0,59	7,9
18.11.2019			05E1-10HHE	Nieszczelne dławice śoennych podajników węglu HHE 23 i 25.	I nawęgl - Budryk - 900,0 ton; II nawęgl - Skład C - 207,88 tony Brzeszcze - 642,88 tony Halemba - 578,45 tony III nawęgl - Halemba - 500,0 ton Budryk - 800,0 ton Łącznie - 3 421,13 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	4,75	56,21	28,93	10,11	20 338	24,4	10,5	0,53	8,8

Załącznik 33 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – sierpień 2020

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe sierpień 2020						Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%	
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów w paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _d	Popiół A _f	Wilgość całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgość przemijająca W _{rex}
							z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
11.08.2020			05E1-10HHE13AF201	Zablokowana tuleja na dozowniku węgla HHE13.	I nawęgl Haldex - 287,89 tony; Janina - 970,0 ton II nawęgl Węgielkoks - 170,0 ton Janina - 525,95 ton III nawęgl Węgielkoks - 1 050,0 ton Łącznie - 3 003,84 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,32	44,9	33,44	15,33	23 115	12,8	12,5	0,63	8,4
12.08.2020			05E1-10HHE20AF301	HHE20 nieszczelność na obudowie przenośnika zgrzeblowego węgla	I nawęgl Węgielkoks - 872,83 tony; Brzeszcze - 460,0 ton II nawęgl Brzeszcze - 1 200,0 ton III nawęgl Brzeszcze - 288,5 tony Łącznie - 3 511,43 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,66	52,3	29,65	11,38	21 335	14,4	14,4	0,96	9
			05E1-10HHE25AF201	Zablokowana tuleja na dozowniku węgla HHE25											
18.08.2020	Układ regulacji koła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	73	05E1-10HDA	Nieszczelność pyłowa pod przesiewaczem popiołu (poziom 17 m).	Brzeszcze - 452,3 ton Janina - 2 568,3 tony Łącznie - 3 020,6 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	5,05	46,03	36,03	12,88	22 543	22,7	8	0,59	5,6
			05E1-10HDA32AF301	Luźny/tańcuch na podajniku popiołu HDA32.											
19.08.2020	Układ regulacji koła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	73			Brzeszcze - 1 948,59 tony Janina - 1 593,5 tony Łącznie - 3 540,09 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,94	50,81	26,37	14,87	21 749	14,7	13,5	0,95	7,3
20.08.2020			05E1-10HHE11AF301	Nieszczelność na stole podajnika zgrzeblowego HHE11.	I nawęgl Janina - 1 100,0 ton II nawęgl Węgielkoks - 700,0 ton Janina - 541,35 ton III nawęgl Węgielkoks - 1 294,0 ton Łącznie - 3 635,35 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,17	46,63	30,12	16,08	21 695	20,5	10,8	0,59	7,9

Załącznik 34 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – wrzesień 2020

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe wrzesień 2020						Granulacja projektu wa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opałowa 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%	
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opałowa Q _i	Popiół A _t	Wilgość całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgość przemijająca W _{rex}
							z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
02.09.2020	Układ regulacji kota i nawęglanie - Naprawa podajników węgla Parametry / transportowość paliwa	640	05E1-10HHE33AF302	Luźna przekładnia podajnika ściennego HHE33 oraz zablokowanie węglem.	Janina - 3 227,1 tony Brzeszcze - 375,0 ton Łącznie - 3 602,1 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	9,56	43,62	32,65	14,17	20 515	18,6	14,7	0,94	10,6
			05E1-10HHE14AF302	Nieszczelna rura zsykowa HHE14 węgla oraz popękana obudowa podajnika ściennego HHE14.											
03.09.2020	Parametry / transportowość paliwa	1 147	05E1-10HHE25AF302	Zablokowany ścienny podajnik węgla HHE25.	Brzeszcze - 779,85 tony Janina - 1 518,45 ton Bobrek - 470,0 ton Łącznie - 2 768,1 tony	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	8,66	46,09	30,61	14,66	20 189	14,5	18,3	1,14	13,2
04.09.2020	Parametry / transportowość paliwa	612			Skład C - 1 200,0 tbn Skład B - 2 846,0 tbn Łącznie - 3 846,0 tbn	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,91	46	31,94	14,14	19 625	17,3	17,2	1,12	11,7
05.09.2020	Parametry / transportowość paliwa	239			Skład C - 4 270,0 tbn	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	7,59	44,91	34,85	12,64	21 999	21,1	9,7	0,68	6,7
06.09.2020	Parametry / transportowość paliwa	679	05E1-10HHE33AF302	Nieszczelna obudowa podajnika naściennego węgla HHE33.	Skład C - 3 100,0 tbn	uśredniona próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	6,75	54,2	32,27	6,78	21 483	22,2	10,6	0,68	8,2
			05E1-10HHE14AF201	Wyciek oleju z przekładni dozownika HHE14.											
			05E1-10HHE22AF201	Wygięty ślimak w alu dozownika węgla HHE22 na wysokości przesypu (bb kuje się węgiel).											

Załącznik 35 - Przykładowe zestawienie ubytków mocy, awarii, kierunków dostaw i parametrów jakościowych – październik 2020

Elektrownia Łagisza blok LGA 4-10 moc 460 MWe październik 2020 Od dnia 10.09.2020 do dnia 09.10.2020 - Remont bloku						Granulacja projektowa 32 mm mniej niż 100% (10%) 10 mm mniej niż 90% (40%) 2 mm mniej niż 50% (40%) 0,4 mm mniej niż 10%				Projektowa wartość opalała 18 000 - 23 000 kJ/kg	Projektowe parametry popiołu 10% - 25%	Projektowa wilgość całkowita max 16%	Projektowa zawartość siarki całkowitej max. 1,2%	Projektowa wilgość przemijająca max 10%	
Data	Przyczyna zgłoszonego ubytku mocy	Suma w MWh	KKS	Lokalizacja przyczyny	I nawęgl - 6:00 - 14:00 II nawęgl - 14:00 - 22:00 III nawęgl - 22:00 - 6:00	Miejsce i godzina pobrania próbki do analizy sitowej w danym dniu - 7:00	Wielkość ziarna "z" [mm] wg parametrów paliwa projektowego				Wartość opalała Q _i kJ/kg	Popiół A'	Wilgość całkowita W _{rt}	Siarka całkowita S _{rt}	Wilgość przemijająca W _{rex}
							z > 10 (max 10%)	10 ≥ z > 2 (max 40%)	2 ≥ z > 0,4 (max 40%)	z ≤ 0,4 mm (max 10%)					
09.10.2020	Inna przyczyna przyczyna - Po uruchomieniu z postoiu remontowego/ Przekroczenie dopuszczalnych parametrów	3 009	05E1-10HHE34AF302	Zablokowana tuleja na podajniku śoiennym HHE34.	Skład B - 820,0 ton Skład A - 5 412,0 ton Łącznie wraz z procesem rozpalania kotła od dnia 07.10.2020r. 8 232,0 tony	uśrednio na próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	8,95	46,57	30,5	13,99	21 058	23,8	9,8	0,59	7,8
			05E1-10HHE23AF302	Nieszczelność na obudowie podajnika śoiennego HHE23AF302.											
10.10.2020	Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla Parametry/ transportowalność paliwa	479	05E1-10HHE	Zablokowana tuleja na wale dozownika węgla HHE25.	Skład A - 3 780,0 ton	uśrednio na próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	2,67	29,79	42,49	25,04	20 710	26,4	10,1	0,56	9
			05E1-10HHE20AF301	Nieszczelność na obudowie podajnika zgrzeblowego węgla HHE20 - od strony HHE30.											
11.10.2020	Inna przyczyna - Parametry/ transportowalność paliwa	30	05E1-10HHE32AF302	Nieszczelna dławica podajnika śoiennego HHE32.	Skład A - 3 810,0 ton	uśrednio na próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	1,94	43,13	38,49	16,44	21 712	21,3	10,6	0,44	8,5
			05E1-10HHE	Wywrwany przewód powietrza sprężonego sterowania objakiem podajnika HHE24AF302											
12.10.2020			05E1-10HHE33AF302	Nieszczelna dławica podajnika śoiennego węgla HHE33.	I nawęgl Skład A - 700,0 ton Skład B - 850,0 ton II nawęgl Skład A - 1 450,0 ton III nawęgl Skład A - 1 290,0 ton Łącznie - 4 090,0 ton	uśrednio na próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	3,37	50,33	38,98	7,32	21 071	21	12,6	0,52	10,2
			05E1-10HHE35AF302	Zablokowana tuleja walu podajnika śoiennego HHE35AF302.											
			05E1-10HHE41AF301	Nieszczelna dławica zgrzeblowego przelotnika węgla HHE41AF301.											
			05E1-10HHE44AF302	Praca mimośrodowa przekładni podajnika węgla HHE44AF302.											
14.10.2020	Inna przyczyna - Przekroczenie dopuszczalnych parametrów/ Układ regulacji kotła i nawęglanie - Naprawa podajników węgla	350	05E1-10HHE	Nieszczelne dławice podajników śoiennych HHE32, HHE33, HHE34.	Skład A - 1 990,4 tony Skład B - 2 050,0 ton Łącznie - 4 050,4 tony	uśrednio na próbka z 2 zasobników węgla, (poziom 21 m)	8,45	46,61	28,87	16,08	20 093	24,6	12,2	0,53	10,2
			05E1-10HHE35AF302	Zacina się tuleja walu podajnika węgla HHE35AF302.											
			05E1-10HHE 42AF201	serwis skrzyżki po miarowej na szożowniku HHE 42AF201B (demonтаж i montaż)											

Załącznik 36 – Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - II kwartał 2018

Obiekt KKS	Opis zdarzenia na obiekcie	Data rejestracji ZR
05E1-10HHE34	nie obraca się pierścień na dławicy podajnika przyściennego HHE34	09.05.2018
05E1-10HHE	nieszczelne dławice podajników naściennych węgla	16.05.2018
05E1-10HHE22	nieszczelność dozownika węgla HHE22	20.05.2018
05E1-10HHE23	nieszczelne dławice podajników przyściennych węgla HHE23;32;35	20.05.2018
05E1-10HHE34	HHE34 - nieszczelność na połączeniu kołnierzowym przesypu z rurą zsypową - wydmuchany sznur uszczelniający	23.05.2018
05E1-10HHE31	nieszczelność na obudowie podajnika zgrzeblowego HHE31 przy tylnej klapie od strony napędu	24.05.2018
05E1-10HHE23	nieszczelna dławica na podajniku przyściennym HHE23	27.05.2018
05E1-10HHE44	niesprawny dozownik węgla HHE44 - prawdopodobnie pęknięty wał	27.05.2018
05E1-10HHE43	HHE43 - uszkodzona obudowa dozownika węgla. poz.22m	01.06.2018
05E1-10HHE31	konieczna regulacja łańcuchów podajników zgrzeblowych HHE31/41	04.06.2018
05E1-10HHE32	nieszczelne dławice podajników przyściennych HHE 14/23/32/35	04.06.2018
05E1-10HHE41	uszkodzony łańcuch podajnika węgla HHE41AF301B	05.06.2018
05E1-10HHE44	konieczna kontrola pracy dozownika węgla HHE44 - stuki, tarcie na łożyskach, krzywy wał	09.06.2018
05E1-10HHE	wymienić uszkodzone włazy i pokrywy podajników zgrzeblowych i ślimakowych węgla bloku 10	11.06.2018
05E1-10HHE32	awaria dozownika węgla HHE32	22.06.2018
05E1-10HHE44	awaria dozownika węgla HHE44	22.06.2018
05E1-10HHE44	remont układu nawęglania wewnętrznego	27.06.2018

Załącznik 37 – Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - I kwartał 2019

Obiekt KKS	Opis zdarzenia na obiekcie	Data rejestracji ZR
05E1-10HHE13AF302	podajnik ścienny węgla HHE13 - grzeje się łożysko od strony dławicy wału.	06.01.2019 20:01
05E1-10HDA51AJ101	zablokowana kruszarka popiołu dennego HDA51AJ101	08.01.2019 09:22
05E1-10HHE25AF302	dozownik węgla HHE25 - zatarta śruba na 2 włączach od przesypu.	08.01.2019 21:37
05E1-10HHE33AF302	głośna praca podajnika ściennego HHE33.	10.01.2019 08:03
05E1-10HHE22AF201	uszkodzony włącz na zsywie dozownika HHE22 poziom 21m.	10.01.2019 22:26
05E1-10HHE23AF302	zablokowany podajnik węgla ścienny HHE23.	17.01.2019 07:03
05E1-10HHE20AF301	nieszczelność na zsywie węgla z przenośnika HHE20 do HHE21.	17.01.2019 19:42
05E1-10HHE13AF302	uszkodzone łożysko oraz wykrzywiony wał podajnika ściennego węgla HHE13.	24.01.2019 15:33
05E1-10HHE13AF201	dozownik węgla 10HHE13 poz. 21m - nieszczelna obudowa	25.01.2019 17:40
05E1-10HHE22AF201	uszkodzone pióro ślimaka dozownika węgla HHE22.	29.01.2019 11:31
05E1-10HHE23AF302	nieszczelna przekładnia podajnika ściennego HHE23.	31.01.2019 11:07
05E1-10HHE25AF201	nieszczelny dozownik węgla HHE25 oraz brak nakrętek na obudowie.	02.02.2019 04:49
05E1-10HHE12AF201	nieszczelny dozownik węgla HHE12 pomiędzy objakiem a włączem.	02.02.2019 04:53
05E1-10HHE23AF302	nieszczelna przekładnia podajnika ściennego HHE23.	04.02.2019 08:36
05E1-10HHE22AF302	urwana rama przekładni podajnika ściennego HHE22.	07.02.2019 12:13
05E1-10HHE10AF301	nieszczelna obudowa podajnika zgrzeblowego HHE10 od strony HHE20 - zaklinowano doraźnie do czasu naprawy.	10.02.2019 08:06
05E1-10HHE12AF302	nieszczelność na chłodzeniu obudowy podajnika węgla HHE12AF302.	13.02.2019 23:33
05E1-10HHE22AF302	oberwane zawiesie podajnika ściennego HHE22 (poziom + 13 m).	14.02.2019 09:47

Załącznik 38 – Fragment Rejestru zdarzeń awaryjnych - I kwartał 2020

Obiekt KKS	Opis zdarzenia na obiekcie	Data rejestracji ZR
05E1-10HHE	nieszczelności olejowe na przekładniach podajników węgla HHE12AF201, HHE14AF201, HHE34AF201, HHE35AF201.	02.01.2020 09:35
05E1-10HHE12AF201	zablokowany dozownik węgla HHE12 - stalowe elementy w węglu.	04.01.2020 05:41
05E1-10HHE13AF302	zablokowany podajnik ścienny węgla HHE13AF302 złomem stalowym.	04.01.2020 16:29
05E1-10HHE24AF302	nieszczelność na korpusie podajnika ściennego HHE24.	08.01.2020 16:14
05E1-10HHE23AF201	nieszczelna przekładnia dozownika HHE23.	14.01.2020 16:24
05E1-10HHE43AF201	dozownik węgla HHE43 - ukręcony wał podajnika.	16.01.2020 13:51
05E1-10HHE44AF302	obluzowana przekładnia podajnika ściennego HHE44.	20.01.2020 11:20
05E1-10HHE44AF302	podajnik węgla ścienny HHE44 - luźna przekładnia.	29.01.2020 10:28
05E1-10HHE42AF201	HHE42 - dozownik węgla - nieszczelność na obudowie.	29.01.2020 11:14
05E1-10HDA32AF301	HDA32 - długi wygarniacz zgrzeblowy popiołu dennego - głośna praca przekładni oraz luźny łańcuch.	29.01.2020 11:20
05E1-10HHE24AF302	nieszczelność na spawie podajnika ściennego HHE24.	31.01.2020 00:54
05E1-10HDA	wyrodowane koła i łańcuch przekładni Galla przenośnika zgrzeblowego HDA32	06.02.2020 09:36
05E1-10HHE24AF302	pęknięta obudowa podajnika ściennego HHE24.	07.02.2020 12:11
05E1-10HHE	nieszczelne dławice podajników ściennych węgla HHE12, HHE13, HHE23.	17.02.2020 01:15
05E1-10HHE23AF302	zablokowana tuleja wału podajnika HHE23AF302	19.02.2020 00:14
05E1-10HHE	nieszczelna dławica podajnika zgrzeblowego 10HHE31AF301, zablokowana tuleja ochronna podajnika naściennego 10HHE35AF302	28.02.2020 07:51
05E1-10HHE13AF302	podwyższona temperatura łożyska podajnika naściennego HHE13. Metaliczne tarcie wewnątrz oprawy.	02.03.2020 13:26