

Opis przedmiotu zamówienia.

1. Informacje podstawowe.

1.1. Zamawiający.

Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Sp. z o. o. w Szczecinie
ul. Logistyczna 22, 70-608 Szczecin

1.2. Lokalizacja Zakładu i miejsca wykonania zamówienia.

Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Sp. z o. o. w Szczecinie
ul. Logistyczna 22, 70-608 Szczecin

2. Definicje

- **Zakład/ZUO/Spalarnia Odpadów** – obejmuje swym zakresem Zakład Unieszkodliwiania Odpadów przy ulicy Logistycznej w Szczecinie oraz fragment sieci ciepłowniczej na terenie wewnętrznym Zakładu odprowadzający wyprodukowaną energię cieplną oraz sieć elektroenergetyczną doprowadzającą/odprowadzającą wyprodukowaną energię elektryczną wraz z niezbędną infrastrukturą.
- **Węzeł** – Wydzielony zespół urządzeń i budowli, stanowiących funkcjonalną całość, wchodzący w skład Zakładu. W skład Zakładu wchodzi następujące Węzły:
 - **Węzeł przyjmowania i tymczasowego magazynowania odpadów do procesu spalania (tzw. bunkier odpadów)** - wspólny węzeł dla obydwu Linii Termicznego Przekształcania Odpadów;
 - **Węzeł Spalania Odpadów i Odzysku Ciepła**, oparty na palenisku rusztowym zintegrowanym z kotłem służącym do przekształcania energii zawartej w paliwie w energię cieplną w postaci pary – każda Linia Termicznego Przekształcania Odpadów posiada oddzielny Węzeł Spalania Odpadów i Odzysku Energii;
 - **Węzeł energetycznego wykorzystania pary** – wspólna dla obydwu Linii spalania instalacja składająca się z kolektora pary świeżej z obu kotłów parowych, stacji redukcyjno-schładzających, turbiny parowej wraz z upustami przekształcającą energię zawartą w parze wodnej na energię mechaniczną obrotu wału do napędu generatora energii elektrycznej, wymienników ciepłowniczych (podstawowy i szczytowy) zasilanych parą z upustów bądź ze stacji redukcyjno-schładzających, wymienników regeneracyjnych oraz skraplacza powierzchniowego chłodzonego wodą rzeczną i układu odzysku kondensatu.
 - **Węzeł Mokrego Oczyszczania Spalin (IOS)**, wraz z ciągłym monitoringiem emisji i odprowadzeniem oczyszczonych gazów wylotowych oraz odzysku ciepła ze spalin – każda Linia spalania posiada oddzielny Węzeł Oczyszczania Spalin;
 - **Węzeł Waloryzacji Żużla** wraz z odzyskiem metali żelaznych - wspólny węzeł dla obydwu Linii służący do odprowadzania żużla z kotłów i transportowania go do miejsca sezonowania -hali żużla;
 - **Węzeł Oczyszczania Ścieków (IOŚ)** – wspólny dla obu linii termicznego przekształcania odpadów, którego celem jest oczyszczenie ścieków pochodzących z instalacji oczyszczania spalin (IOS) pochodzących ze spalania odpadów;
 - **Węzeł Ciepłowniczy** wraz z pompami obiegowymi i rurociągami ciepłowniczymi, którego zadaniem jest przesyłanie ciepła do miejskiej sieci ciepłowniczej
- **Linia Termicznego Przekształcania Odpadów** lub **Linia Technologiczna** lub **Linia** - zespół urządzeń realizujący sekwencyjnie ciąg procesów technologicznych, niezbędnych dla termicznego przekształcania odpadów komunalnych, umożliwiającą spalenie odpadów oraz odzysk zawartej w nich energii, składający się z:
 - Węzła Przyjęcia i Przygotowania Odpadów;

- Węzła Spalania i Odzysku Energii;
 - Węzła Oczyszczania Spalin;
 - Systemu sterowania i wizualizacji.
- **Urządzenie** – określone urządzenie lub zespół urządzeń wchodzących w skład Węzła i/lub Linii, dla którego określone są odrębne warunki lub wymogi (np. wydajność).
- **Odpady** – poddawane termicznemu przekształcaniu w Zakładzie odpady komunalne, tj. niesegregowane (zmieszane) odpady komunalne (kod 20 03 01), a także inne odpady (w tym zmieszane substancje i przedmioty) z mechanicznej obróbki odpadów inne niż wymienione w 19 12 11 (kod 19 12 12) powstałe w wyniku przeróbek mechanicznych odpadów komunalnych (stanowiące tzw. balast procesowy), o dużej wartości opałowej i jednocześnie nie posiadające właściwości niebezpiecznych.
- **Duoblok** – układ bloku energetycznego, w którym 2 kotły pracują wspólnie na jedną turbinę parową.
- **Pozostałości** - w odniesieniu do Węzła Waloryzacji Żużla oraz stałych pozostałości z procesu oczyszczania ścieków oraz węzła odprowadzania i magazynowania popiołów z kotłów oraz pyłów z elektrofiltrów, strumienie materiałów odpadowych (pozostałości po procesowych) kierowane i poddawane przetwarzaniu w poszczególnych Węzłach (np. żużel lub stałe pozostałości z oczyszczania ścieków lub popioły z kotłów i pyły z elektrofiltrów).
- **Nominalna wydajność Zakładu/Linii**
 - a) **Nominalna wydajność roczna Zakładu/Linii** – zdolność odpowiednio Zakładu/Linii do przetworzenia określonej masy odpadów w ciągu jednego roku (o nominalnej wartości opałowej), przy założeniu, że maksymalny czas pracy każdej z dwóch Linii wyniesie 7500 godzin pracy a maksymalna dyspozycyjność Zakładu wyniesie maksymalnie 7900 godzin w ciągu roku, przy zachowaniu wymaganych przepisami prawa wielkości emisji i pozostałych parametrów procesu spalania.
 - b) **Nominalna wydajność godzinowa Zakładu/Linii** – zdolność odpowiednio Zakładu/Linii do przetworzenia w ciągu godziny takiej ilości odpadów (o nominalnej wartości opałowej), by przy rocznej dyspozycyjności 7500 h odpowiednio dla Zakładu/Linii, przetworzyć w ciągu roku 150 000 Mg/75 000 Mg odpowiednio przez cały Zakład/każdą Linie z osobna. Średnia wydajność godzinowa Zakładu/Linii musi zapewnić osiągnięcie wymaganej Nominalnej wydajności rocznej Zakładu/Linii, przy uwzględnieniu zakładanej dyspozycyjności Linii (7500 godzin w ciągu roku), przy czym zgodnie z definicją dyspozycyjności Linii, czas potrzebny na wykonanie planowanych 2 rozruchów gorących (po tzw. postoju krótkim) i 1 rozruchu zimnego (po tzw. postoju długim) w ciągu 12 miesięcy pracy wchodzi w okres niedyspozycyjności Linii. Średnia wydajność godzinowa będzie sprawdzona, jako średnia godzinowa ilości przetworzonych odpadów w trakcie trwania pomiarów gwarancyjnych, wykonanych w gwarancyjnym punkcie pomiarowym odpowiadającym nominalnemu punktowi pracy Linii.
- **Rzeczywista maksymalna wydajność godzinowa Zakładu/Linii**
 - a) **Rzeczywista maksymalna wydajność roczna Zakładu/Linii** - zdolność odpowiednio Zakładu/Linii do przetworzenia określonej masy odpadów w ciągu jednego roku (o rzeczywistej wartości opałowej), przy założeniu, że maksymalny czas pracy każdej z dwóch linii wyniesie 7500 godzin pracy a maksymalna dyspozycyjność Zakładu wyniesie maksymalnie 7900 godzin w ciągu roku, przy zachowaniu wymaganych przepisami prawa wielkości emisji i pozostałych parametrów procesu spalania.
 - b) **Rzeczywista maksymalna wydajność godzinowa Zakładu/Linii** – zdolność odpowiednio Zakładu/Linii do przetworzenia w ciągu godziny takiej ilości odpadów (o rzeczywistej wartości opałowej), by przy rocznej dyspozycyjności 7500 h odpowiednio dla Zakładu/Linii, przetworzyć w ciągu roku do 176 000 Mg/88 000 Mg odpowiednio przez cały Zakład/każdą Linie z osobna. Średnia wydajność godzinowa Zakładu/Linii musi zapewnić osiągnięcie wymaganej rzeczywistej wydajności rocznej Zakładu/Linii, przy uwzględnieniu zakładanej dyspozycyjności Linii (7500 godzin w ciągu roku), przy czym

zgodnie z definicją dyspozycyjności Linii, czas potrzebny na wykonanie planowanych 2 rozruchów gorących (po tzw. postoju krótkim) i 1 rozruchu zimnego (po tzw. postoju długim) w ciągu 12 miesięcy pracy wchodzi w okres niedyspozycyjności Linii. Średnia wydajność godzinowa będzie sprawdzona, jako średnia godzinowa ilości przetworzonych odpadów w trakcie trwania pomiarów gwarancyjnych, wykonanych w gwarancyjnym punkcie pomiarowym odpowiadającym rzeczywistemu punktowi pracy linii.

- **Nominalny Punkt Pracy** – punkt pracy Linii określony dwoma parametrami określonymi jako nominalne:
 - Nominalna wartość opałowa odpadów – 10,5 MJ/kg;
 - Nominalna wydajność godzinowa Linii – 10 Mg/h odpadów.
- **Przeciążalność Linii** – zdolność Linii do okresowego spalania większej ilości Odpadów (Przeciążalność Masowa Linii) i/lub okresowego wprowadzenia do paleniska większego strumienia energii chemicznej (Przeciążalność Ciepła Linii) niż ilość maksymalna, przy zachowaniu parametrów gwarantowanych (w tym min. dotrzymanie standardów emisyjnych) i braku wpływu na zmniejszenie trwałości urządzeń. Stan przeciążalności należy traktować jako bufor pozwalający na ciągłą pracę Linii przy 100% obciążeniu, przy dopuszczeniu okresowej zmienności parametrów fizyko-chemicznych, a w szczególności wartości opałowej odpadów.
- **DCS** (ang. Distributed Control System) – system sterowania, wizualizacji oraz archiwizacji danych Siemens Energy - Omnivise T-3000 zainstalowany w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów w Szczecinie.

3. Ogólny opis Zakładu.

Zakład Unieszkodliwiania Odpadów należy do kategorii:

„instalacji do termicznego przekształcania odpadów innych niż niebezpieczne, o zdolności przetwarzania ponad 3 tony na godzinę”

Jednocześnie jest kwalifikowany do grupy:

*„przedsięwzięć do odzysku lub unieszkodliwiania odpadów innych niż niebezpieczne przy zastosowaniu procesów termicznego przekształcania odpadów, krakingu odpadów, fizykochemicznej obróbki odpadów (proces D9) unieszkodliwiania odpadów w rozumieniu **Ustawy** z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach t. j. Dz.U. 2023 poz. 1587 o wydajności nie mniejszej niż 100 ton dziennie, z wyłączeniem instalacji spalających odpady będące biomasą w rozumieniu przepisów o standardach emisyjnych z instalacji.”*

W instalacji ZUO zastosowano rozwiązania techniczne i technologiczne, które odpowiadają technikom i rozwiązaniom zawartym w dokumencie referencyjnym BREF określającym Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) w zakresie spalania odpadów (Reference Document on Best Available Techniques for Waste Incineration), EIPPCB/Komisja Europejska, sierpień 2006 r.

Podstawowym procesem realizowanym w ZUO jest termiczne przekształcanie odpadów w celu redukcji masy ich strumienia z wytworzeniem w procesie kogeneracji energii cieplnej i elektrycznej. Spalarnia odpadów została zaprojektowana dla przepustowości do 150 tyś. Mg na rok przy kaloryczności 10,5 MJ/kg i składa się z dwóch jednakowych Linii. Każda z Linii umożliwia spalanie nominalnie do 10 t/h odpadów i produkcję 34 t/h pary świeżej o ciśnieniu 40 bar i temperaturze do 410°C. Proces termicznego przekształcania odpadów prowadzony w ZUO jest realizowany w Węzłach. Instalacja wyposażona jest zgodnie z obowiązującymi przepisami w system automatycznego monitoringu parametrów procesu i emisji zanieczyszczeń do powietrza. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry wydajnościowe Zakładu.

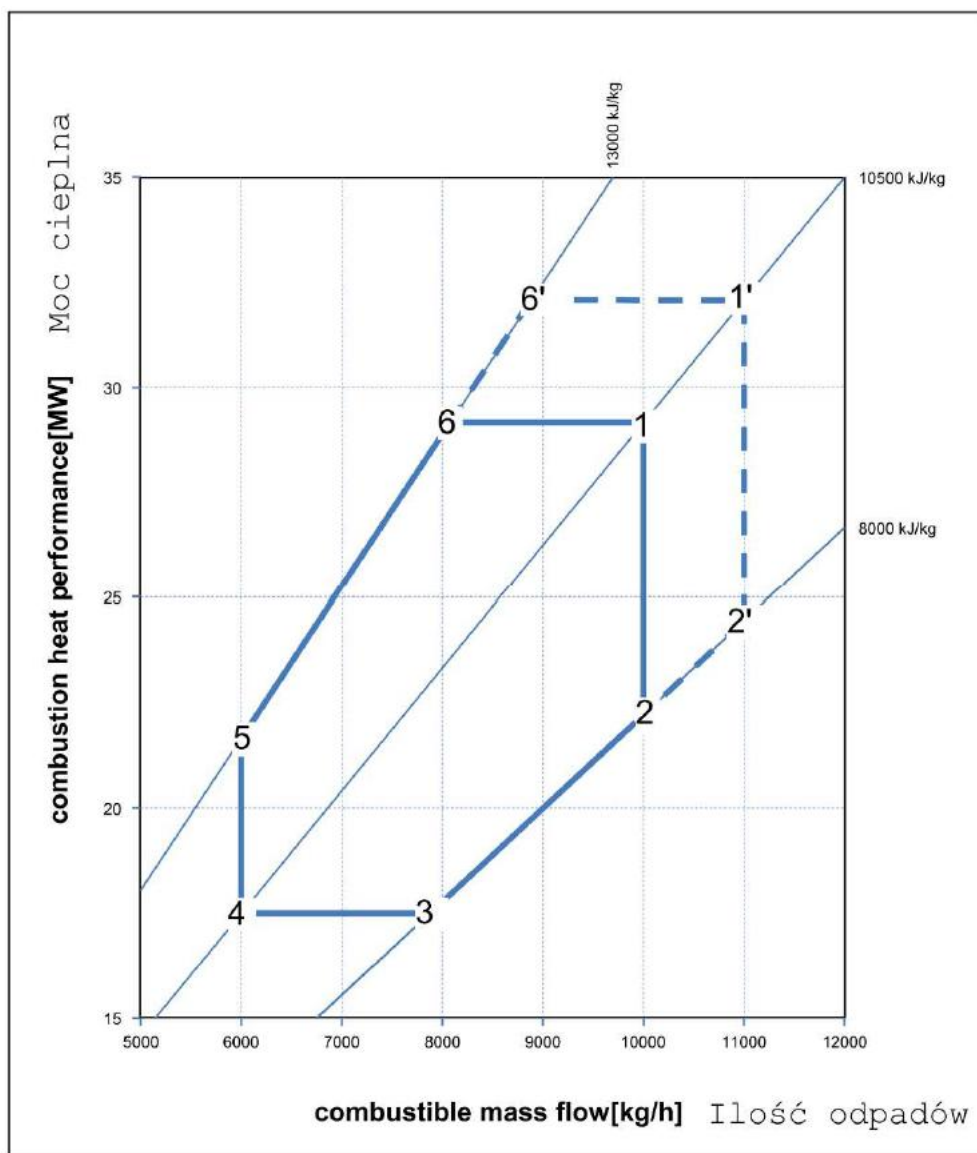
Tabela 1. Podstawowe parametry Zakładu

Podstawowe parametry		
Parametr	Jednostka	Wartość
Ilość linii	szt.	2
Nominalna wydajność godzinowa jednej linii ZUO przy nominalnej wartości opałowej odpadów 10,5 MJ/kg	Mg/h	10
Rzeczywista wydajność godzinowa jednej linii ZUO	Mg/h	11
Maksymalna wydajność masowa jednej linii	Mg/h	do 12
Nominalna moc cieplna kotła jednej linii	MW	29,17
Maksymalna moc cieplna kotła jednej linii	MW	32,09
Przeciążalność cieplna jednej linii	MW	do 32,09
Szacowana, rzeczywista wartość opałowa odpadów	MJ/kg	9,5-10
Zakres wartości opałowej przyjmowanych odpadów	MJ/kg	8-13
Roczna nominalna wydajność instalacji ZUO	Mg/rok	150 000
Roczna maksymalna wydajność instalacji ZUO	Mg/rok	176 000
Roczna rzeczywista wydajność instalacji ZUO	Mg/rok	ok. 165 000
Maksymalny czas pracy każdej z linii	h/rok	7500
Maksymalna dyspozycyjność ZUO	h/rok	7900

Tabela 2. Zastosowana technologia

Technologia	
Palenisko	rusztowe, zintegrowane z kotłem
Ruszt	pochylony, posuwisto zwrotny, chłodzony powietrzem, ostatnia 3 strefa rusztu wykonana poziomo
Kocioł	parowy, walczakowy z obiegiem naturalnym
Turbina	upustowo - kondensacyjna

Na rysunku 1 przedstawiono wykres charakteryzujący pole pracy kotła do termicznego przekształcania odpadów. Na osi odciętych znajduje się ilość masowa odpadów doprowadzona do komory spalania, natomiast na osi odciętych umiejscowiono moc cieplną kotła. Przecięcie się obu wartości na diagramie wskazuje ilość ton na godzinę spalaną przez kocioł przy danej mocy cieplnej.



Rysunek 1. Wykres przedstawiający pole pracy kotła.

Tabela 3. Charakterystyczne punkty obciążenia kotła

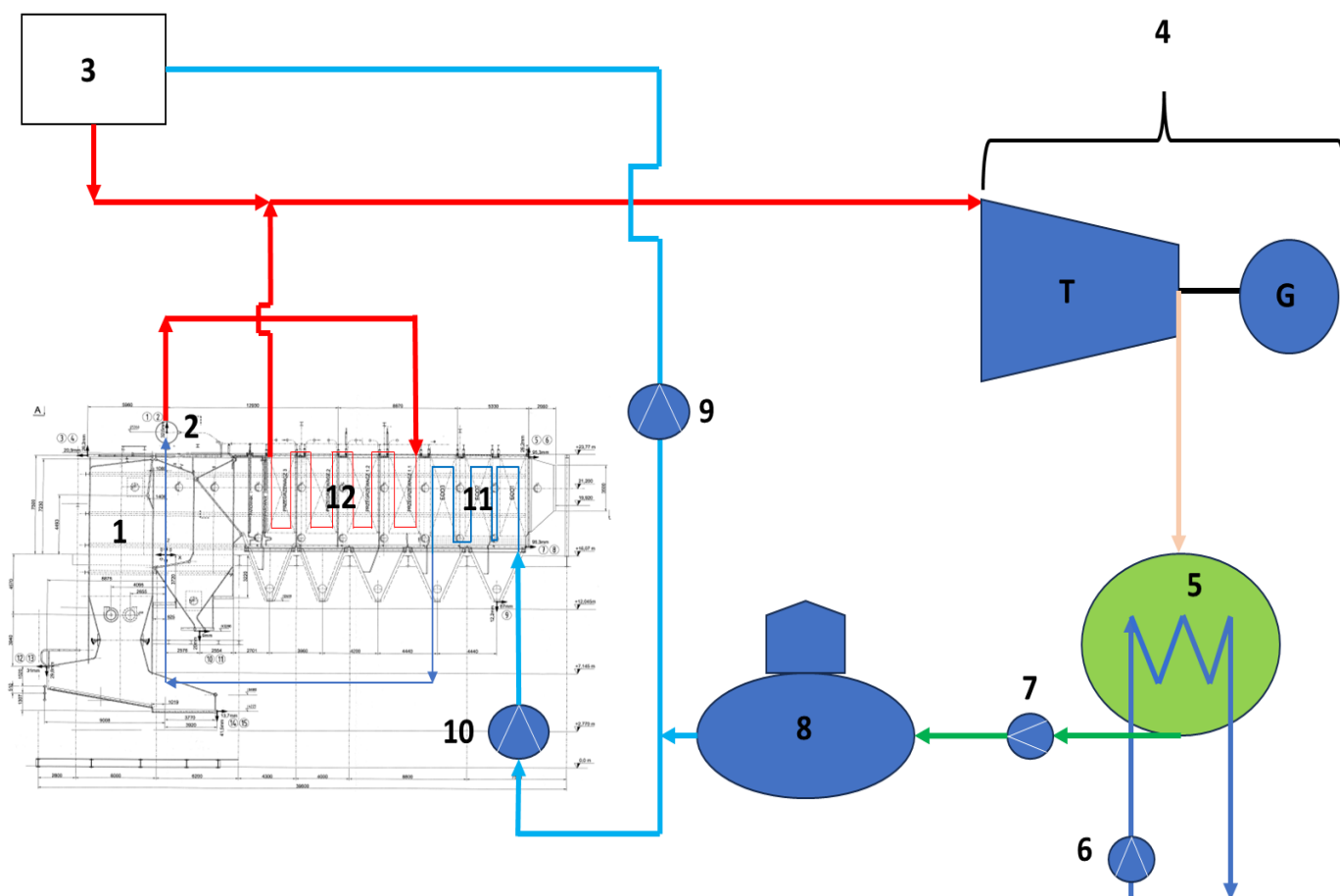
Pkt. Obciążenia	Wartość opałowa	Ilość odpadów	Moc cieplna	Obciążenie
[-]	[kJ/kg]	[kg/h]	[MW]	[%]
1	10500	10000	29,17	100
2	8000	10000	22,22	76
3	8000	7875	17,50	60
4	10500	6000	17,50	60
5	13000	6000	21,67	74
6	13000	8886	29,17	100
1'	10500	11000	32,09	110
2'	8000	11000	24,44	84
6'	13000	8886	32,09	110

3.1. Ogólny opis procesu.

Odpady z Węzła przyjęcia odpadów trafiają do bunkra na odpady. Stamtąd za pomocą suwnicy z chwytakiem trafiają do leja zasypowego, następnie dwa równoległe pracujące wypychacze odpadów przesuwiają je do komory spalania na ruchomy ruszt.

Od dołu rusztu do komory spalania podawane jest podgrzane wcześniej powietrze pierwotne. Pełni ono rolę powietrza do spalania i pobierane jest z hali bunkra (co uniemożliwia emisję odorów do otoczenia) lub z hali kotłów. Do komory spalania podawane są dodatkowo: niepodgrzewane powietrze wtórne, pobierane z hali kotłów i służące do wymieszania gazów odlotowych i poprawy procesu spalania (redukcji CO), oraz – za pomocą dysz rozpylających – roztwór wody amoniakalnej służący do redukcji NOx. Prędkości wypychaczy odpadów, rusztu, ilość powietrza pierwotnego i wtórnego oraz ilość dozowanego roztworu wody amoniakalnej regulowana jest przez system automatyki. Spalanie odpadów odbywa się w temperaturze powyżej 850°C. Układ automatyki załącza palniki na olej opałowy lekki aby w razie zakłóceń w procesie spalania nie dopuścić do spadku temperatury poniżej tej wartości. Pozostałości po spaleniu (żużel) po przejściu przez ruszt trafiają do wypełnionego wodą odżuźlacza gdzie ulegają ochłodzeniu a następnie za pomocą hydraulicznego wypychacza żużla przetransportowane są do węzła waloryzacji żużla za pomocą przenośnika wibracyjnego i dwóch przenośników taśmowych.

Na rysunku 2 przedstawiono podstawowy obieg parowo-wodny, na bazie którego funkcjonuje proces spalania i odzysku energii z paliwa (odpadów). W trakcie spalania odpadów powstają gorące spaliny w komorze paleniskowej **1**, których ciepło przekazywane jest do ekranów wodnych kotła oraz parownika. Następnie dzięki naturalnemu obiegowi wody w kotle gorąca woda unosi się w górną część kotła – do walczaka **2** skąd jako para nasycona mokra trafia kolejno na przegrzewacze **12**: 1.1, 1.2, 2 i 3 gdzie następuje jej przegrzanie za pomocą energii spalin przepływających w kierunku od komory spalania do wylotu z kotła w stronę elektrofiltra i IOS co powoduje osiągnięcie jej wysokich parametrów. W następnej kolejności para świeża (przegrzana) trafia na kolektor wspólny (łączy się z parą z drugiego kotła **3**) i podawana jest do maszynowni na turbozespół parowy **4**, gdzie rozprężając się i tracąc zawartą w sobie energię przekształca się na energię mechaniczną obrotu wału turbiny **T** i poprzez przekładnię redukującą obroty napędza generator prądu **G**. Następnie przepracowana para opuszcza turbinę i trafia do kondensatora **5**, gdzie dzięki układowi chłodzenia (pompa wody z rzecznej **6**) skrapla się i jako kondensat główny odpompowywana jest za pomocą pompy kondensatu głównego **7** do zbiornika wody zasilającej **8** skąd jako woda zasilająca trafia za pomocą pomp wody zasilającej kocioł **10** i **9** do podgrzewacza wody (ekonomizera) **11** znajdującego się w ostatnim ciągu spalin kotła następnie do walczaka **2**.



Rysunek 2. Schemat ideowy, blokowy obiegu parowo-wodnego ZUO; 1 – kocioł linii 1, 2 – walczak, 3 – analogiczny kocioł linii 2, 4 – turbozespół, 5 – skraplacz, 6 – pompa chłodząca skraplacz, 7 – pompa kondensatu głównego, 8 – zbiornik wody zasilającej, 9 – pompa wody zasilającej linii 2, 10 – pompa wody zasilającej linii 1, 11 – ekonomizer, 12 – przegrzewacze

3.2. Wybrane wymagania odnośnie procesu termicznego przekształcania.

- Gazy powstające w procesie spalania muszą przebywać w strefie dopalania minimum 2 sekundy w temperaturze powyżej 850 °C
- Proces termicznego przekształcania odpadów musi być prowadzony w sposób gwarantujący dotrzymanie obowiązujących standardów emisji zanieczyszczeń do powietrza. Wykrycie przekroczeń emisji do powietrza jest możliwe poprzez funkcjonujący w ZUO system ciągłych pomiarów emisji do powietrza. Pomiary ciągłe realizowane są poprzez uruchomiony i wdrożony system w zakładzie do ciągłego pomiaru emisji (zwany dalej CEMS).
- Proces termicznego przekształcania odpadów będzie gwarantował ich przekształcenie na poziomie, w którym zawartość nieutlenionych związków organicznych nie będzie przekraczać 3% całkowitego węgla organicznego w żużlach i popiołach paleniskowych, a udział części palnych w żużlach i popiołach nie będzie przekraczać 5%
- Proces termicznego przekształcania odpadów musi gwarantować spełnienie wymagań w zakresie DECYZJI WYKONAWCZEJ KOMISJI (UE) 2019/2010 z dnia 12 listopada 2019 r. ustanawiającej konkluzje dotyczące najlepszych dostępnych technik (BAT) zgodnie z dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UE w odniesieniu do spalania odpadów

4. Opis wybranych elementów Wężła Spalania Odpadów i Odzysku Energii

4.1. Kocioł – opis ogólny

Urządzenie kotłowe będące przedmiotem niniejszego dokumentu, jest kotłem parowym z naturalnym obiegiem, w którym energia ze spalin przekazywana jest do obiegu wodno-parowego kotła. W wyniku procesów termodynamicznych: odparowania wody i przegrzania pary wodnej otrzymujemy na wylocie z kotła parę świeżą.

Kocioł składa się z czterech głównych ciągów:

Palenisko: komora spalania wokół rusztu paleniska, komora z wykładziną żaroodporną,

- pierwszy ciąg: pionowa, opromieniowana komora spalania, z wykładziną żaroodporną na wysokości umożliwiającej utrzymanie temperatury spalin powyżej 850°C przez 2s oraz claddingiem (powłoką żaroodporną) powyżej obmurza,
- drugi ciąg: pionowy ciąg konwekcyjny, pusty, zakończony od dołu ścianą tworzącą lej 2/3 ciągu,
- trzeci ciąg: pionowy ciąg konwekcyjny, zakończony od dołu ścianą tworzącą lej 2/3 ciągu, zawierający ścianę grodziową i kierunkową.
- czwarty ciąg: poziomy ciąg konwekcyjny zawierający pęczki parownika, przegrzewacze pary i podgrzewacze wody.

Kocioł zaprojektowany jest zgodnie z obowiązującą Dyrektywą Unii Europejskiej dotyczącą elementów ciśnieniowych o numerze 2014/68/UE, oraz powiązanymi z nią normami zharmonizowanymi PN-EN na podstawie przepisu wdrażającego ją rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 r. odnoszą się do urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych określonych w art. 1 dyrektywy oraz § 1 i 3 ww. rozporządzenia Ministra Gospodarki. Kocioł jest jednostką samonośną, posadowioną na konstrukcji stalowej.

4.1.1. Strona parowo-wodna

Ściany membranowe ciągów pionowego i poziomego wraz z pęczkiem parownika tworzą część obiegu parownika. Dolne kolektory (komory) ścian membranowych za pomocą rur opadowych są połączone z dolną częścią walczaka. Walczak usytuowany jest powyżej ciągów pionowych .

Górne komory ścian oraz pęczka parownika przyłączone za pomocą rur wznoszących z walczakiem, tworzą zamknięty kontur parownika.

Bloki pęczków rur konwekcyjnych w czwartym ciągu rozmieszczone są w taki sposób, aby umożliwić przepływ spalin w kierunku poziomym. Pęczki tworzące tą sekcję zainstalowane są w następującej kolejności (zgodnie z kierunkiem przepływu spalin):

- parownik 1.1;
- parownik 1.2;
- przegrzewacz pary 3;
- przegrzewacz pary 2;
- przegrzewacz pary 1.2
- przegrzewacz pary 1.1;
- podgrzewacz wody 3.
- podgrzewacz wody 2
- podgrzewacz wody 1

Całkowita rozwinięta powierzchnia wymiany ciepła dla kotła wynosi:

- Opromieniowana – > 972 m²

- Konwekcyjna – > 4315 m²

Przepływ wody/pary wewnątrz wspomnianych powyżej pęczków odbywa się w kierunku przeciwnym do kierunku przepływu spalin w tzw. układzie przeciwpądowym. Wyjątkiem jest przegrzewacz 3 w którym przepływ pary ma ten sam kierunek, co przepływ spalin w tzw. układzie współpądowym. Dla pęczków parownika występuje układ krzyżowy wymiennika.

Woda zasilająca z wężła regulacyjnego przed kotłem podawana jest do komory wlotowej podgrzewacza wody. Część wody jest odprowadzana poprzez zawór trójdrogowy do wymiennika w walczaku, skąd po jej podgrzaniu wraca do rurociągu zasilającego podgrzewacz wody tak, aby po wymieszaniu miała ona

temperaturę min. 130°C na wejściu do komory wlotowej podgrzewacza wody. Po przepływie wody przez podgrzewacz wody, jest ona skierowana z kolektora wylotowego za ostatnim stopniem podgrzewacza wody do walczaka. Para nasycona sucha z górnej części walczaka doprowadzana jest na pęczki przegrzewacza pary, gdzie osiąga zakładaną temperaturę. Dla regulacji temperatury pary pomiędzy poszczególnymi stopniami przegrzewacza zamontowane są schładzacz wtryskowe zasilane wodą zasilającą sprzed węzła regulacyjnego wody zasilającej kocioł.

4.1.2. Strona spalin

Spaliny, wznosząc się z paleniska, przechodzą do pierwszego ciągu, gdzie zawracając pod stropem przepływają w dół przez drugi pionowy ciąg kotła. Na końcu drugiego ciągu zawracają w leju i przepływają w górę do trzeciego pionowego ciągu. Jednocześnie następuje tutaj wytrącenie grubych frakcji popiołu i opadanie ich w leju. Z trzeciego ciągu spaliny przepływają do czwartego konwekcyjnego ciągu poziomego którego powierzchnie są częścią parownika, w którym zabudowane są :przegrzewacz pary i podgrzewacz wody. Po przejściu przez czwarty ciąg kotła, spaliny opuszczają kocioł przez konfuzor , który oddzielony jest kompensatorem tkaninowym od elektrofiltru, stanowiącego pierwszy element instalacji oczyszczania spalin.

Popiół zawieszony w spalinach opada wskutek grawitacji w leju II-go ciągu, wskutek mycia powierzchni ogrzewalnych przez zdmuchiwacz wodny w leju III-go ciągu oraz wskutek strzepywania mechanicznego węzłownic (lir) przegrzewacza pary i podgrzewacza wody w lejach usytuowanych pod poziomym ciągiem kotła. Dwie ściany boczne pierwszego ciągu przedłużone są w dół i tworzą w ten sposób integralną część ścian paleniska, zapewniając tym samym ochładzanie paleniska. Tak samo, ściana przednia i tylna pierwszego ciągu przedłużone są w dół, tworząc w ten sposób nachylony strop paleniska nad rusztem. Komorę spalania oraz pierwszy ciąg kotła wyłożono obmurzem celem ochrony przed korozją oraz utrzymaniem temperatury spalin przez 2s w temperaturze >850°C. Powierzchnia zabezpieczenia ścian Inconelem 675 wynosi 131 m² .Dla ochrony przed korozją zabezpieczono poprzez napawanie Inconelem 675 pozostałą część I-go oraz strop II-go ciągu. Na ścianach bocznych I-go ciągu (strona lewa i prawa) usytuowano dwa palniki pomocnicze zasilane olejem opałowym lekkim. Palniki te mają za zadanie doprowadzenie ciepła do komory paleniskowej przy rozruchu ze stanu zimnego i osiągnięcia kryterialnej temperatury 850°C. Poza funkcją rozpalenia kotła palniki będą uruchamiane (automatycznie) w sytuacji spadku temperatury spalin poniżej wartości 850°C. Przy odstawianiu kotła palniki mogą być użyte dla realizacji gradientu schładzania kotła. Poziom emisji CO – 25 mg/Nm³.

4.1.3. Instalacje pomocnicze kotła

Kocioł wyposażony jest dodatkowo w następujące instalacje dla jego poprawnej pracy i eksploatacji:

- a) rurociągi łączące poszczególne pęczki podgrzewacza wody od węzła wody zasilającej do walczaka;
- b) rurociągi opadowe i wznoszące parownika;
- c) rurociągi przegrzewacza pary od walczaka aż do zasuwy parowej;
- d) instalacja wtrysków:

Instalacja wtrysków dostarcza wodę zasilającą z przed węzła armatury na rurociągu wody zasilającej do schładzaczy pary. Instalacje wyposażono w armaturę odcinającą oraz filtry. Zawory wtryskowe są zaworami regulacyjnymi. Podanie czynnika do pary celem jej schłodzenia odbywa się poprzez dyszę.

Temperatura pary świeżej na wylocie z przegrzewaczy będzie utrzymywana na stałym poziomie 400°C ± 10°C za pomocą dwóch schładzaczy wtryskowych zabudowanych następująco : pierwszy pomiędzy stopniami przegrzewacza oznaczonymi symbolami 1.1 i 1.2, oraz drugi pomiędzy stopniami przegrzewacza oznaczonymi symbolami 2 i 3.

Schładzacz pary zabudowany jest na odcinku rur łączących w/w stopnie przegrzewacza pary wyposażonym w koszulki termo-szokowe, gdzie umiejscowiona jest dysza podająca wodę celem schłodzenia pary przed wlotem do kolejnego stopnia. Tym sposobem realizowana jest regulacja temperatury pary na wylocie z kotła.

- e) instalacja zaworu bezpieczeństwa wraz z wydmuchem i tłumikiem hałasu

Kocioł jest wyposażony w jeden główny zawór bezpieczeństwa zabudowany na rurociągu wylotowym pary świeżej z kotła umożliwiający odprowadzenie 100% pary wyprodukowanej przez kocioł. Zawór ten jest zaworem wyposażonym we wspomaganie. Jego zadziałanie będzie wywołane poprzez impulsy z pomiarów ciśnienia zabudowanych na rurociągu wylotowym pary świeżej oraz na walczaku.

Ciśnienie nastawy zaworu bezpieczeństwa wynosi $p=45 \text{ bar(g)}$.

Dwa z trzech w/w impulsów pochodzi z rurociągu wylotowego pary świeżej, a jeden z walczaka. Wielkość ciśnienia w walczaku wywołująca impuls powodujący zadziałanie zaworu bezpieczeństwa, wynosi $p=54 \text{ bar(g)}$.

f) instalacja rozruchowa:

Na rurociągu wylotowym pary świeżej z kotła umieszczono podłączenie do instalacji rozruchowej. Podczas uruchomienia kotła, gdy para nie może być jeszcze podawana na turbinę kieruje się ją do atmosfery poprzez układ rozruchowy kotła. Układ ten składa się z rurociągu podłączonego do rurociągu pary świeżej i poprzez zawór rozruchowy regulacyjny odprowadzana jest do atmosfery. Odprowadzenie następuje poprzez tłumik hałasu zaworu bezpieczeństwa, do którego doprowadzony jest rurociąg z zaworu rozruchowego.

g) instalacja odwodnień:

h) instalacja odpowietrzeń:

i) instalacja zrzutu awaryjnego:

j) instalacja odsalania:

k) instalacja grzania kotła:

l) instalacja poboru próbek:

m) włazy i wzierniki:

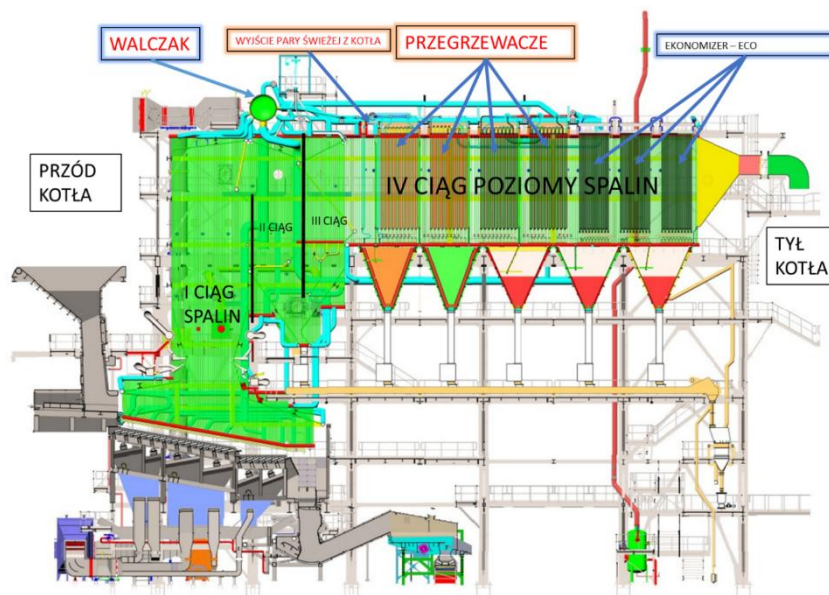
n) leje popiołowe:

o) rozprężacz kotłowy

4.2. Konstrukcja kotła

4.2.1. Rzut boczny prawa strona

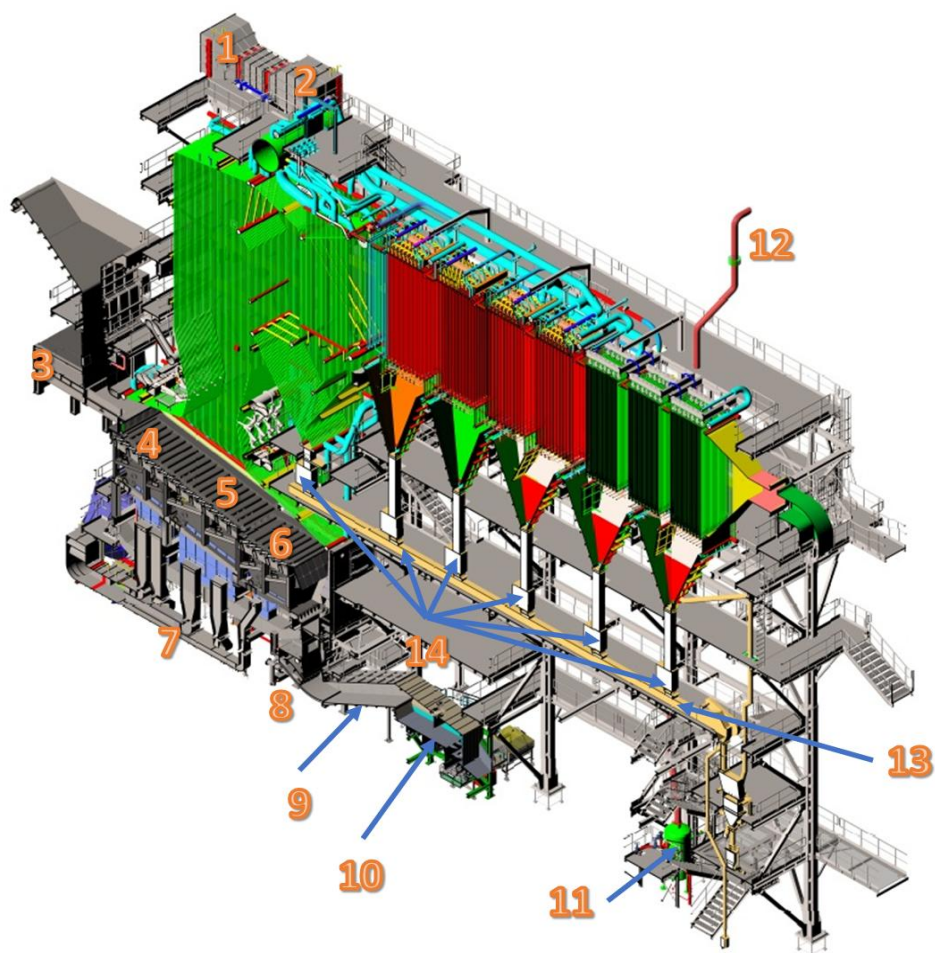
Dla zobrazowania opisywanych zagadnień technicznych na rysunku 3 przedstawiono przekrój boczny kotła, gdzie zobrazowano ciągi spalinowe oraz podstawowe elementy związane z wymianą ciepła wewnątrz urządzenia. Wyszczególniono: walczak – gdzie para nasycona odseparowywana jest od wody, przegrzewacze pary, podgrzewacz wody zasilającej – ekonomizer (ECO), wylot pary przegrzanej (świeżej) z kotła oraz określono zasady określania stron kotła – przód i tył.



Rysunek 3. Przekrój boczny kotła.

4.2.2. Rzut ukośny, prawa strona, tył

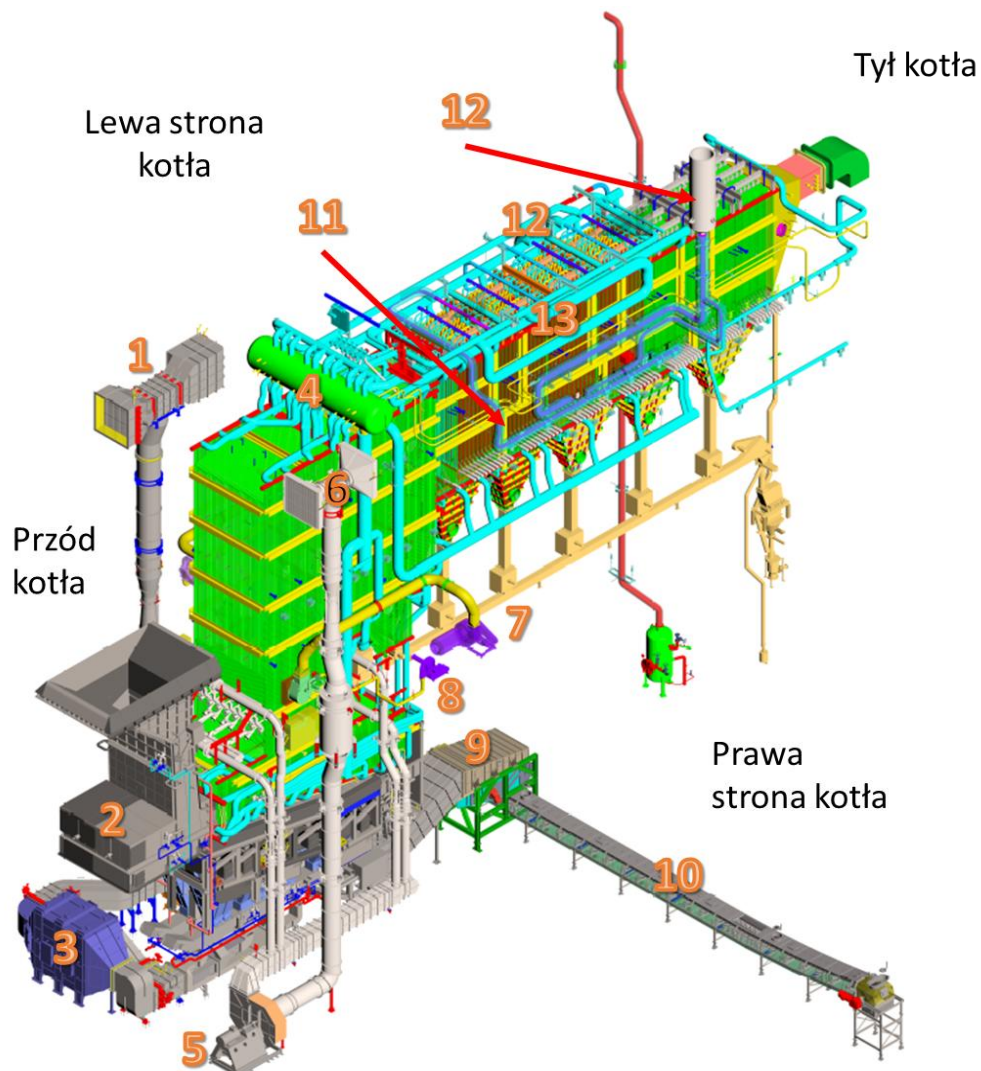
Na rysunku 4 przedstawiono przekrój z dokładniejszym widokiem rusztu i komory paleniskowej. Odpady podawane są na ruszt za pomocą dwóch równoległe pracujących wypychaczy odpadów **3**, gdzie następnie trafiają na pierwszą strefę rusztu **4**, na której następuje ich suszenie oraz zapłon. Przesuwając się dzięki ruchowi posuwisto-zwrotnemu rusztowin (rusztowiny ułożone są naprzemiennie w następującym schemacie: jeden rząd ruchome, a następny nieruchome i kolejny ruchome) przesuwane są na drugą strefę rusztu **5**, gdzie następuje proces ich właściwego spalania. Następnie na trzeciej strefie rusztu **6** ewentualne pozostałości palnej frakcji zostają dopalone. Żużel powstały w procesie spalania odprowadzany jest do odżuźlacza **8**, a następnie do kanału żużla **9** oraz do podajnika wibracyjnego **10**. Powietrze pierwotne zasysane jest z przez wentylator powietrza pierwotnego z czerpni **1** i **2**, albo od strony bunkra odpadów albo od strony kotłowni i trafia kanałami powietrza pierwotnego **7** pod ruszt. Wszelkie odwodnienia, odpowietrzania (na potrzeby rozruchu i odstawienia) strony wodno-parowej odprowadzane są wraz ze zrzutem awaryjnym z walczaka oraz odsolinami i odmulinami do rozprężacza kotłowego **11**, a para powstała w wyniku rozprężania trafia rurociągiem **12** na dach. Popioły powstające w procesie spalania trafiają poprzez leje oraz kłapy migawkowe **14** do podajnika zgrzeblowego **13** pod IV ciągiem.



Rysunek 4. Rzut kotła od strony tylnej prawej. 1 – czerpnia powietrza pierwotnego ssanie z bunkra odpadów, 2 – czerpnia powietrza pierwotnego ssanie z kotłowni, 3 – wypychacze odpadów, 4 – pierwsza strefa rusztu, 5 – druga strefa rusztu, 6 – trzecia strefa rusztu, 7 – kanały powietrza pierwotnego, 8 -odżuźlacz, 9 – kanał żużla, 11 – rozprężacz kotłowy, 12 – odpowietrzenie rozprężacza kotłowego. 13 – podajnik zgrzeblowy popiołu z IV oraz II i III ciągu kotła, 15 – kłapy migawkowe nad podajnikiem zgrzeblowym.

4.2.3. Rzut ukośny prawa strona przód

Rysunek 5 przedstawia widok kotła wraz z systemem odbioru żużla z podajnika wibracyjnego **9**, który podaje żużel na przenośnik taśmowy (PT-1) **10**, a następnie dalej do węzła waloryzacji żużla. Ponadto przedstawiono system powietrza pierwotnego i wtórnego. Powietrze pierwotne poprzez czerpnię **1** oraz parowy podgrzewacz powietrza pierwotnego **3** trafia pod ruszt, a powietrze wtórne zasysane jest przez wentylator powietrza wtórnego **5** do komory spalania nad ruszt bez podgrzewania. Oprócz wentylatorów kotła znajdują się także wentylatory palników – wentylator do spalania **7** oraz wentylator do chłodzenia **8**. Dla każdego palnika (lewa i prawa strona kotła) zabudowano po dwa takie wentylatory. Para nasycona z walczaka **4** trafia do przegrzewaczy i następnie do rurociągu wylotowego pary. W celu regulacji temperatury pary na wyjściu z kotła zainstalowano dwa urządzenia wtryskowe. Wtrysk pierwszy **12** umiejscowiony jest przed przegrzewaczem 2, a wtrysk drugi **13** za przegrzewaczem 2. Na rurociągu wylotowym pary świeżej **11** zlokalizowany jest zawór rozruchowy, zawór bezpieczeństwa oraz główna zasuwa parowa (GZP), za którą znajduje się połączenie z kolektorem wspólnym dla obu kotłów. Para podczas rozruchu kotła jest odprowadzana przez zawór rozruchowy i tłumik **12** na dach, a podczas stanów awaryjnych przez zawór bezpieczeństwa i także przez tłumik.



Rysunek 5. Rzut kotła od strony prawej przedniej. 1 – czerpnia powietrza pierwotnego, 2 – komora wypychaczy, 3 – podgrzewacz powietrza pierwotnego, 4 – walczak, 5 – wentylator powietrza wtórnego, 6 – czerpnia powietrza wtórnego, 7 – wentylator powietrza do spalania palnika 2, 8 – wentylator powietrza do chłodzenia palnika nr 2, 9 – podajnik wibracyjny, 10 – przenośnik taśmowy PT-1, 11 – wylot pary świeżej z kotła, 12 – wtrysk 1, 13 – wtrysk 2.

4.3. Kocioł – główne dane techniczne

W tabeli poniżej wyszczególniono podstawowe dane techniczne kotła OSr-34.

Tabela 4 Podstawowe parametry techniczne kotła.

Parametr	Wartość/cecha
Wydajność cieplna paleniska dla 100% WMT – obc. nom.	29,17MWt
Wydajność parowa kotła dla 100% WMT – obc. nom.	34 Mg/h
Temperatura pary świeżej na wylocie z kotła	400°C
Ciśnienie pary świeżej na wylocie z kotła	40 bar
Temperatura wody zasilającej	130°C
Ciśnienie robocze w walczaku	48 bar
Zakres obciążenia dla pełnego przegrzewu pary dla 400°C ± 10 °C	75 do 110%
Temperatura spalin wylotowych z kotła na początku czasu pracy kotła	180°C
Temperatura spalin wylotowych z kotła na końcu czasu pracy kotła	210°C
Ciśnienie dopuszczalne pary na wylocie z kotła PS	45 bar
Temperatura dopuszczalna pary na wylocie z kotła TS	410 °C
Ciśnienie komory spalania	-1,5 do +1,0 mbar
Temperatura komory spalania	1100°C
Szerokość komory spalania	4500 mm
Głębokość komory spalania	4770 mm
Liczba palników/kocioł	2
Umieszczenie palników	ściana boczna
Maks. moc palnika	10 MW
Min. moc palnika	2 MW
Maks. masowe natężenie przepływu oleju	843 kg/h
Min. masowe natężenie przepływu oleju	169 kg/h
Paliwo płynne	olej opałowy EL wg PN-C-96024:2011

4.4. Palenisko - opis ogólny

Każda z linii w segmencie spalania odpadów jest wyposażona w ruszt mechaniczny schodkowy posuwisto zwrotny z chłodzeniem powietrznym. Przed rusztem właściwym dla celów podawania paliwa na ruszt zabudowany jest zespół dozowania odpadów do spalania wraz z lejem zasypowym. Jako powietrze do chłodzenia wykorzystuje się powietrze pierwotne do spalania. Powietrze to podawane jest

do lei przesypu popiołu przez ruszt. Powietrze wtórne podawane jest nad ruszt celem dopalenia substancji palnych lotnych powstałych w początkowej fazie procesu spalania. Układy powietrza wyposażone są w odpowiednie przewody, tłumiki hałasu i wentylatory, klapy regulacyjne dla doprowadzenia powietrza do właściwych punktów na ruszcie i w kotle. Na nitce powietrza pierwotnego zabudowano parowy podgrzewacz powietrza zasilany parą upustową z turbiny lub ze stacji redukcyjno-schładzającej. Powietrze pierwotne pobierane jest z przestrzeni bunkra odpadów (wariantowo z hali kotłowni), a powietrze wtórne z hali kotłowni.

Jako produkty spalania powstają spaliny zawierające popiół, kierowane do powierzchni ogrzewalnych kotła, oraz żużel kierowany do odżuźlacza. Odżuźlacz posiada zamknięcie wodne. Do odżuźlacza kierowane są również popioły z przesypów rusztu. Żużel dalej transportowany jest za pomocą przenośników żużla.

Dla napędu rusztu, klap odcinających w szybie paliwa i żużla, wypychaczy paliwa (odpadów) na ruszt zabudowano stację hydrauliczną.

Ruszt zintegrowany jest z kotłem parowym, w którym energia ze spalin przekazywana jest do obiegu wodno-parowego kotła. Ostatecznie po procesie odparowania i przegrzania otrzymujemy parę wodną przegrzaną zwaną parą świeżą z kotła. Ściany szczelne w obrębie komory spalania oraz komory dopalania chronione są przed agresywnym korozyjnym i erozyjnym działaniem spalin poprzez zastosowanie ogniotrwałej wykładziny. Zastosowanie tej wykładziny umożliwia również dochowanie warunku czasu przebywania spalin w temperaturze powyżej 850°C.

Celem rozpalenia kotła (uruchomienia) zastosowane są palniki rozpałkowo – podtrzymujące zasilane olejem opałowym. Na kotle zabudowane są dwa palniki, po jednym na każdej ścianie bocznej I-go ciągu. Palniki te sumarycznie osiągają moc 19,3 MW. Oprócz funkcji rozpałkowej palniki służą do utrzymania temperatury spalin zgodnie z procesowymi wymaganiami ustalonymi w Rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 21 marca 2002r.

Ruszt paleniska jest posadowiony na konstrukcji nośnej kotła. Z konstrukcją nośną powiązane są konstrukcyjnie podesty obsługowe rusztu i kotła.

System paleniskowy obejmuje następujące komponenty:

- podawanie paliwa,
- ruszt posuwisty,
- komora spalania,
- hydraulika,
- układ odpopielania,
- układ usuwania żużla,
- układ powietrza do spalania
- regulacja mocy paleniska.
- palniki

4.4.1. Podawanie paliwa

A. Lej zsypowy

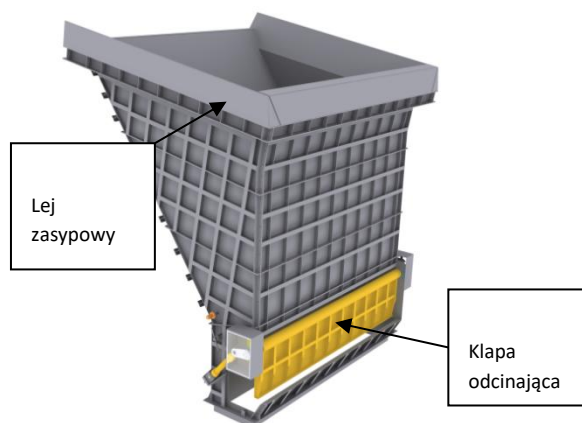
Zasilanie linii spalania odbywa się przez zainstalowaną w bunkrze odpadów suwnicę z chwytakiem podającą paliwo do leja zasypowego. Nachylenie ścian leja zapobiega tworzeniu się zawieszin z paliwa i zapewnia stały dopływ paliwa do podajnika.

B. Kłapa odcinająca

Przy uruchamianiu kotła spalającego odpady w komorze spalania musi panować temperatura 850°C, zanim palenisko będzie zasilane w paliwo podstawowe. W przypadku procesu zatrzymywania kotła obowiązują te same zasady. W palenisku musi panować minimalna temperatura 850°C tak długo, aż paliwo na ruszcie zostanie całkowicie wypalone.

Komorę należy chronić przed przedostawaniem się w sposób niekontrolowany do niej powietrza z zewnątrz. Z tego powodu między odbiorem paliwa a szybem wysypowym umieszczona jest kłapa

odcinająca z napędem hydraulicznym. Napędy układu rusztowego są uruchamiane poprzez szafę hydrauliczną, która jest sterowaną z system sterowania paleniskiem i procesem spalania odpadów. W trakcie uruchamiania kotła klapa odcinająca jest zamknięta. Otwarcie klapy następuje w momencie, gdy osiągnięta zostanie temperatura 850°C w komorze spalania. W momencie otwarcia klapy zamknięta będzie klapa kanału by-pass'owego spalin do komina. Przy zatrzymywaniu kotła klapę odcinającą trzeba zamknąć, gdy tylko w miejscu odbioru paliwa nie ma więcej paliwa. W ten sposób komora spalania jest stale chroniona przed przedostawaniem się w sposób niekontrolowany powietrza z zewnątrz. Na poglądowy rysunku poniżej przedstawiono lej zasypowy paliwa i klapę odcinającą.



Rysunek 6. Lej zasypowy paliwa i klapa odcinająca

C. Szyb zsypany

Tworzący się w szybie zsypanym słup paliwa służy z jednej strony jako zapas paliwa, a z drugiej strony uszczelnia komorę spalania przed przedostaniem się w sposób niekontrolowany powietrza. W górnym obszarze szybu umieszczony jest czujnik poziomy zasilania podajnika w paliwo. Czujnik poziomy składa się z fotokomórek mikrofalowych, które reagują na słup paliwa i przekazują sygnał do nadzorowanych obszarów. Szyb paliwowy jest chłodzony wodą, aby w razie występujących obciążeń termicznych, np. przez cofnięciem się płomienia, chronić materiał ścian szybu.

Do chłodzenia szybu stosuje się zamknięty nie ciśnieniowy system wodny z regulacją poziomu. Uzupelnienie strat wody następuje automatycznie. Dodatkowo w szybie paliwowym przewidziano wtryskiwacze wody.

Obszar chłodzony wodą składa się z konstrukcji blaszanej prostokątnej o podwójnych ściankach. Ściany połączone są ze sobą śrubami oraz szczelnymi spoinami. Komory wypełnione są wodą.

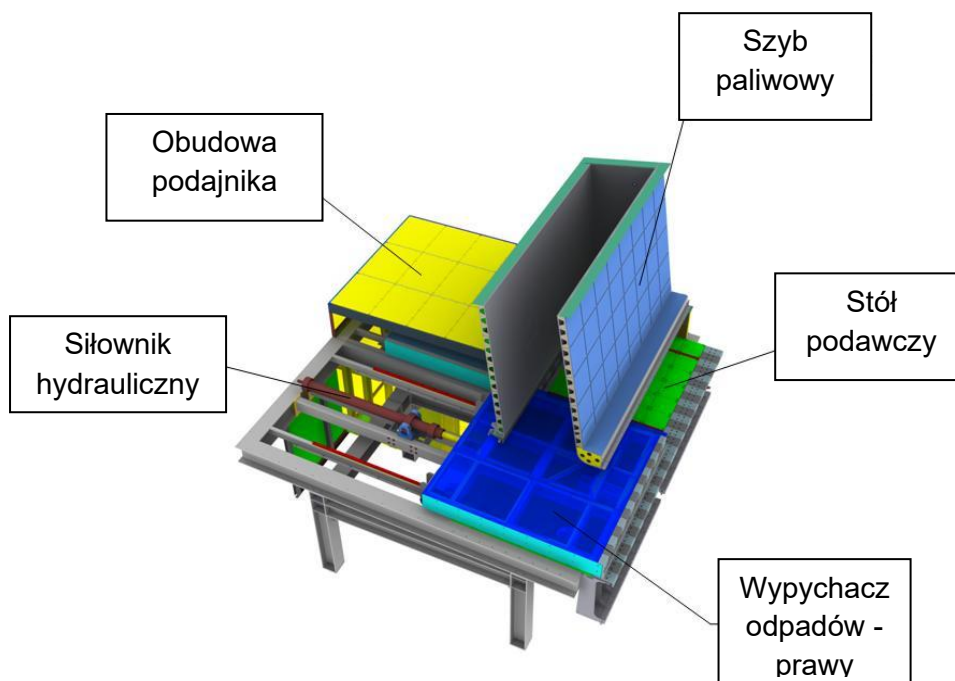
D. Podajnik paliwa

Podajnik umieszczony jest poniżej szybu zsypanego i jego zadaniem jest dozowanie znajdującego się tam paliwa do komory spalania. Podajnik składa się z wypychacza, stołu zasypowego oraz analogicznie do szybu zsypanego również chłodzonych wodą ścian bocznych. Ruch wypychacza następuje poprzez cylinder hydrauliczny, którego długość skoku i prędkość regulowane są bezstopniowo.

Wypychacz posiada krążki jezdne poruszające się na dwóch prowadzeniach pryzmatycznych umocowanych w stole zasypowym. Górna część podajnika uszczelniona jest przez ciężkie, ułożyskowane przegubowo zgarniaki. Przez zmieniający się poziomy ruch wypychacza, paliwo doprowadzane jest w małych ilościach do rusztu spalającego. Otwór załadowniczy jest ograniczony od dołu przez stół zasypowy, a od góry przez odgięcie.

Szyb zsypany jest połączony ze stołem zasypowym. Stół zasypowy zbudowany jest z dwóch płyt zamocowanych na masywnej ramie. Rama jest wsparta na konstrukcji nośnej. Podawanie na ruszt spalający odbywa się przez wymurowany zsyp. Wypychacz wykazuje posuw zgarniający, aby umożliwić usunięcie luk lub zakleszczeń przy doprowadzaniu paliwa. Przez posuw zgarniający możliwe jest

transportowanie paliwa leżącego na stole zasypowym w całości na ruszt spalający. Na poglądowym rysunku poniżej przedstawiono szyb wyspowy, podajnik oraz wypychacze prawy i lewy.



Rysunek 7. Układ podawania paliwa

4.4.2. Ruszt posuwisto-zwrotny

Zadaniem rusztu posuwisto zwrotnego jest zapewnienie suszenia, odgazowania, zgazowania, spalania i dopalania paliwa przy równomiernym przebiegu procesu spalania. Ruszt posuwisty jest nachylony pod kątem 10° przy jednoczesnym wznoszeniu się rusztowin o 10° . Ruszt składa się naprzemiennie ze stałych i ruchomych rzędów rusztowin. Ruchome rzędy rusztowin przesuwają się w przód i w tył, przez co następuje transport paliwa oraz jego obracanie, a przy tym zrywanie żużli. Liczba posuwów / skoków zależy od paliwa i procesu spalania. Długość posuwu ruchomych rusztowin wynosi 400 mm, taki długi skok umożliwia spokojne prowadzenie paleniska o niewielkiej częstotliwości skoku.



Rysunek 8. Ruszt podczas montażu wstępnego

Ruszt spalania jest wykonany, jako chłodzony powietrzem ruszt posuwisto zwrotny i jest zrealizowany w wariantcie dwuliniowego rusztu z belką środkową. Ruszt ma budowę modułową i składa się z sześciu oddzielnych elementów rusztowych z rzędami rusztowin. Pierwsze cztery elementy rusztowe tworzą główny ruszt spalania. Dwa ostatnie elementy rusztowe służą, jako ruszt dopalania. Podział między pierwszym głównym rusztem spalania a rusztem dopalania następuje przez jeden stopień.

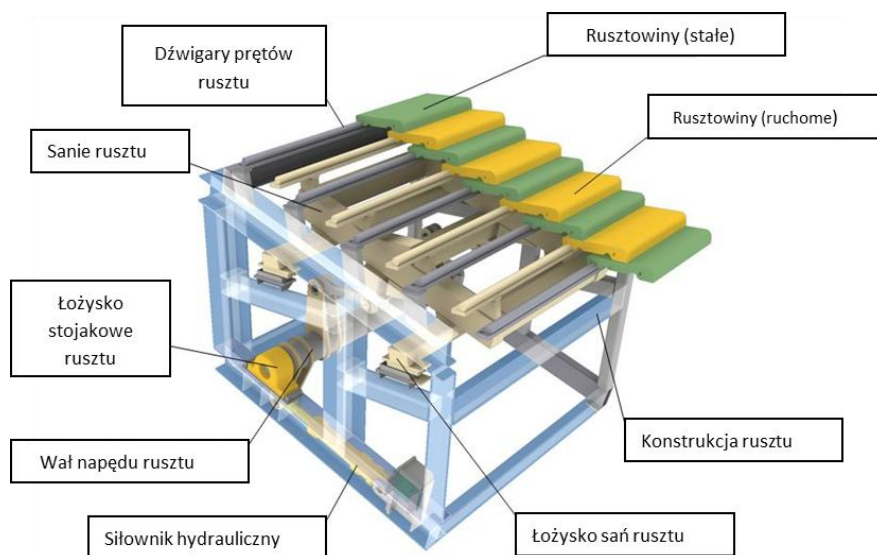
Każdy element rusztowy składa się ze stelażu, jako stalowej konstrukcji ze stałymi rzędami rusztowin i służy do mocowania wózka rusztowego, jego konstrukcja z bezpośrednim napędem i konstrukcja belek bocznych rusztu z rozszerzalnym mocowaniem.

Elementy wózka są każdorazowo wyposażone w napęd hydrauliczny (cylinder). Dzięki temu każda prędkość rusztu może być indywidualnie dopasowywana do struktury paliwa. Długość posuwu ruchomego poziomu wynosi 400 mm. Przeniesienie napędu z cylindra następuje bezpośrednio przez łożyskowany podwójnie za pomocą łożyska stojakowego rusztu wał napędowy i za pomocą zespołu dźwigni łączących z wózkiem rusztowym.

Konstrukcja rusztu jest konstrukcją modułową, która pozwala przebudować w przyszłości ruszt chłodzony powietrzem na ruszt chłodzony wodą.

Na wózku rusztowym trwale połączone są ruchome rzędy rusztowin. Cztery łożyskowania wózka rusztowego umieszczone są w specjalnej konstrukcji kulistej na konstrukcji przyzmatycznej. Aby umożliwić rozszerzalność cieplną rzędów rusztowin podczas pracy, belki boczne i belki środkowe wykonano, jako ruchomą konstrukcję przyjmującą wydłużenia.

Poniżej przedstawiono budowę elementu rusztu posuwistego w formie rysunku poglądowego.



Rysunek 9. Fragment rusztu posuwisto-zwrotnego

A. Powierzchnia rusztu

Rusztowiny są chłodzone powietrzem. Chłodzenie jest realizowane poprzez doprowadzenie powietrza pierwotnego. Rusztowiny są połączone ze sobą, odpowiednio przez dwa połączenia śrubowe każda, i tworzą w ten sposób rzędy rusztowin. Na ruszcie spalania zastosowanie znajdują rusztowiny chłodzone powietrzem, wykonane z drugą ścianką zużywalną, w górnej części rusztowiny. Rusztowiny chłodzone powietrzem są zaprojektowane z przeznaczeniem do długotrwałego użytkowania. Osiąga się to poprzez drugą, czołową ścianę zużywalną, która jest umieszczona za powierzchnią czołową, a tym samym jest chroniona przed korozją warunkowaną wahaniami temperatur. W przypadku zużycia termicznego zewnętrznej powierzchni dalsze funkcjonowanie rusztowiny, a tym samym przedłużenie całego czasu eksploatacji rusztu są nadal zagwarantowane. Rusztowiny są wykonane w postaci rusztowin obracanych. Rusztowina obracana jest odwracana po zużyciu termicznym drugiej czołowej ściany zużywalnej w górnej części rusztowiny.

Chłodzone powietrzem rusztowiny mają specjalne uźebrowanie w celu osiągnięcia jak największej powierzchni. Chłodzenie jest realizowane przez doprowadzane powietrze pierwotne.

Przelot popiołu przez ruszt posuwisto zwrotny jest minimalizowany przez niewielką szerokość szczelin w nawierzchni rusztu i przez wysoki spręż powietrza dostarczanego pod ruszt. Poniżej rysunek opatentowanej rusztowiny chłodzonej powietrzem.



Rysunek 10. Rusztowina chłodzona powietrzem

B. Lej przesypowy przez ruszt i szyb opadowy żużla

• Lej przesypowy

Leje pod rusztem służą do tego, aby doprowadzić powietrze pierwotne przez powierzchnię rusztu do złoża i jednocześnie kierować przesyp popiołu przez ruszt do podajnika przesypu.

W lejach znajdują się rozmieszczenia wózków rusztu, łącznie z łożyskami wózków oraz część wału napędowego rusztu z zespołem dźwigni i drążków napędu do wózków. Cylindry napędu rusztu i łożysko wału napędowego rusztu leżą na zewnątrz lejów i są łatwo dostępne.

Ruszt posuwisty posiada w kierunku wzdłużnym 5 lejów a w kierunku poprzecznym dwa leje, każdy z oddzielnym układem doprowadzania powietrza pierwotnego. W ten sposób pod rusztem tworzonych jest ogółem 10 stref powietrza.

Leje składają się z konstrukcji stalowej wzmocnionej żebrami i każdy jest wyposażony w otwór kontrolny.

Każdy lej jest podzielony konstrukcyjnie na prostą część górną i stożkową część dolną. Wylot dolnej części leja zaprojektowany, jako rynna zanurzeniowa sięga do koryta i kąpielii wodnej umieszczonego pod lejami podajnika popiołu powodując w ten sposób odcięcie dopływu powietrza ze stref powietrza pierwotnego między sobą i do otoczenia.

• Szyb opadowy żużla

Szyb opadowy żużla ma za zadanie kierować gromadzący się na końcu rusztu żużel do odżuźlacza.

Górna część szybu zbudowana jest z blachy stalowej z leżącymi na zewnątrz żebrami usztywniającymi i jest obłożona żaroodporną wymurówką. Tylna część górnego szybu opadowego żużla tworzy na przedłużeniu do komory spalania tylną ścianę kotła. Tylna ściana kotła jest na każdym torze rusztu wyposażona w otwór wziernikowy i otwór włączowy z drzwiczkami. Do każdego włazu kotła należy mostek szybu opadowego żużla wykonany z aluminium ze składaną poręczą (szerokość 800 mm) do przeprowadzenia oględzin rewizyjnych rusztu.

Dolną część szybu tworzy także konstrukcja z blachy stalowej z zewnętrznym ożebrowaniem wzmacniającym i z otworem kontrolnym.

4.4.3. Komora spalania

Konsekwentne realizowanie różnych badań optymalizacyjnych w kontekście geometrii komory spalania, wykonania strefy zawirowania w komorze dopalania i położenia dysz oraz kierunku impulsów układu podawania powietrza pierwotnego znajduje swój rezultat w postaci paleniska z przepływem środkowym.

Ta koncepcja cechuje się tym, że strop ściany przedniej nakierowuje palne gazy z pierwszej fazy procesu spalania do strefy gorącego przepływu spalin pochodzących ze strefy głównego spalania. Powietrze wtórne doprowadzone do strefy wirowania intensyfikuje późniejsze dopalanie strumieni gazów palnych.

Zachowanie paliwa jest uwzględnione przy wykonaniu przedniego stropu komory spalania (strop zapalający) i tylnego stropu komory spalania (dopalania). Dostosowane do ładunku energetycznego gazów spalania okładziny ścianek parownika zapewniają wymaganą temperaturę gazów w komorze spalania i komorze dopalania. Na rysunku 11 przedstawiono widok komory spalania.



Rysunek 11. Wnętrze komory spalania

4.4.4. Układ odpopielania i odżużlania

A. Odpopielacz

Niewielka ilość drobnych części popiołu rusztowego/żużla przedostaje się przez wąskie szczeliny powietrzne powierzchni rusztu do leja rusztowego i dalej do podajnika popiołu/odpopielacza (rysunek 12). Popiół transportowany jest podajnikiem zgrzeblowym łańcuchowym wypełnionym wodą do dolnej części szybu opadowego żużla. Przez rynny zanurzeniowe na wylocie leja rusztowego i odpowiedni poziom wody w podajniku popiołu zapewnione jest odcięcie dopływu powietrza poszczególnych stref powietrza pierwotnego. Podajnik jest podajnikiem dwucięgnowym łańcuchowym składającym się z wielu segmentów. Łańcuch podajnika tworzy odkuwany matrycowo łańcuch widlasty ze zgrzeblami. Główne koryto jest umieszczone poziomo, a segment napędu i segment kierunkowy są umieszczone ze wzniosem, tak aby wał napędowy i wał zwrotny z łożyskami znajdowały się powyżej wypełnienia wodą. Napęd odbywa się za pomocą silnika elektrycznego z przekładnią redukcyjną.

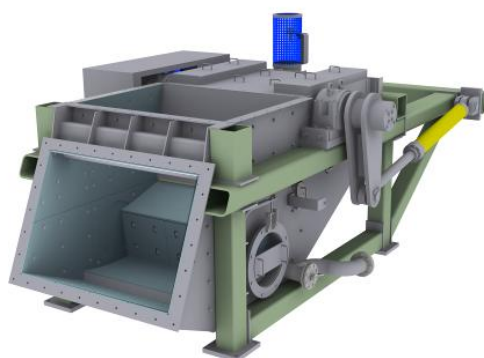
Ubytek wody odbieranej przez popiół lub wody odparowanej jest uzupełniany poprzez regulację poziomu wody w podajniku.



Rysunek 12. Odpopielacz pod rusztem – lewy

B. Odzuźlacz

Gromadzące się na końcach rusztu popiół rusztowy / żużel oraz transportowany materiał z przenośnika popiołu docierają przez szyb opadowy żużla do kąpielii wodnej odzuźlacza (rysunek 13) i tam następuje ich ostudzenie. Blachy stalowe zanurzone w kąpielii wodnej tworzą odcięcie dopływu powietrza do komory spalania z otoczenia i zapobiegają w ten sposób przedostaniu się powietrza w sposób niekontrolowany. Za pomocą popychacza żużel jest wypychany na zewnątrz przez wznoszącą się rynnę zsypową. Nieciągły sposób usuwania żużla z odzuźlacza za pomocą popychacza powoduje usunięcie nadmiaru wody z żużla. Dla wyrównania wydłużeń termicznych między szybem opadowym żużla a odzuźlaczem umieszczono kompensator. Odzuźlacz składa się z obudowy z blachy stalowej zaopatrzonej w żebra wzmocniające oraz wewnętrznego wału napędowego i popychacza wyładowczego. Wał napędowy napędzany jest za pomocą umieszczonego na zewnątrz cylindra hydraulicznego. Odbieralnik, popychacz wyładowczy i rynna zsykowa są chronione przez płyty ścieralne o wysokiej odporności na ścieranie. Szerokie otwory rewizyjne umożliwiają łatwy dostęp do wnętrza odzuźlacza.



Rysunek 13. Odzuźlacz

Wysokie rezerwy mocy hydrauliki gwarantują wyładunek dużych kawałków żużla. Odpowiednio skonstruowane popychacze powodują, że puste beczki, puszki itp. podczas wypychania ulegają deformacji i zgnieceniu. Woda pobrana przez żużel lub odparowana uzupełniana jest poprzez regulator poziomu wody w odzuźlaczu.

4.4.5. Hydraulika

Każdy kocioł posiada centralną stację hydrauliczną (rysunek 14). W niej ujęte są napędy dla rusztu, wypychaczy odpadów, kłapy odcinającej leja zasypowego, kłapy odcinającej żużla i dla odżuźlacza. Stacja hydrauliczna jest wyposażona w pompy redundantne – 2 do pracy jedna w rezerwie. Chłodzenie oleju hydraulicznego następuje przez wymiennik powietrzny. Stacja wyposażona jest w wannę pozwalającą przejść całą ilość oleju hydraulicznego.

Agregat jest wyposażony w 3 pompy, przy czym 1 pompę przewidziano do pracy awaryjnej i jest uruchamiana dopiero wtedy, gdy wystąpi awaria pierwszej bądź drugiej pompy. Wszystkie 3 pompy pracują zamiennie, dzięki czemu ogranicza się uszkodzenia spowodowane postojem.

Przewidziano pompy wielotłokowe osiowe z regulatorem ciśnienia. W przypadku, gdy urządzenie odbiorcze potrzebuje mniej oleju, niż pompa może tłoczyć, lub gdy żadne z urządzeń odbiorczych nie jest włączone, pompa reguluje tłoczoną ilość z powrotem do $Q = 0$ l/min. Agregat hydrauliczny jest wyposażony w oddzielny schładzacz powietrzny oraz obieg strumienia pobocznego filtrującego. Agregat jest włączany przez termostat, gdy tylko temperatura robocza osiągnie 50°C .

Poziom oleju i temperatura agregatu hydraulicznego nadzorowane są elektrycznie. Filtr wysokiego ciśnienia i filtr zwrotny są nadzorowane elektrycznie. System jest zabezpieczony przez ogranicznik bezpieczeństwa przy ciśnieniu 20,0 MPa. Zastosowany olej hydrauliczny nie jest czynnikiem trudnopalnym.



Rysunek 14. Agregat hydrauliczny

Cylindry odżuźlacza są sterowane poprzez zawór 4/3 – drożny. Szybkość cylindrów ustawiana jest za pomocą dławików. Cylindry zasowy zsypu oraz cylindry napędu rusztu są sterowane przez zawór 4/3 – drożny proporcjonalny. Elektronika osadzona jest na zaworze ($<12\text{mA}$ skok wsteczny, $>12\text{mA}$ skok wstępny). Prędkość cylindrów odpowiada analogicznie odpowiedniemu sygnałowi elektrycznemu. Wszystkie cylindry posiadają wbudowany system pomiaru drogi z sygnałem 4-20mA. Parametry prędkości można ustawić od zewnątrz. Cylindry hydrauliczne są wyposażone w specjalne uszczelki dla biegu jałowego chroniące od zjawiska drgań ciernych. Dodatkowo zastosowano specjalne zgarniaki z ostrzem metalowym. Dla kontroli i konserwacji wykonano przyłącza pomiarowe przed kurkiem odcinającym danego cylindra oraz na przyłączach agregatów.

4.4.6. Układ powietrza do spalania

Warunki dla dynamiki fluidyzacji w układzie powietrza do spalania zależą od jakości zastosowanego paliwa. Charakterystyczne parametry paliwa prowadzą ze względu na różnorodny skład paliwa do zmieniającego się w krótkim czasie poziomu wyzwalanej energii. System paleniskowy musi wobec tego wyrównywać ten nierównomierny transport ciepła i materiału.

W związku z powyższym doprowadzanie powietrza spalania ma szczególne znaczenie. Podział układu na strumienie powietrza po stronie pierwotnej i wtórnej oraz podporządkowany rozdział powietrza pierwotnego na poszczególne strefy powietrza na ruszcie, względnie rozdział powietrza wtórnego na ścianę przednią i tylną są regulowane z dostosowaniem ich do danych warunków paliwowych. Rozdział powietrza pierwotnego do dziesięciu stref pod ruszt (5 stref lewa strona oraz 5 stref prawa strona) jest regulowany w zależności od obciążenia kotła oraz kaloryczności dostarczonego na ruszt paliwa, według koncepcji firmy Hitachi Power Europe Service. Obciążenie nominalne

Powietrze pierwotne

Strefa powietrza pierwotnego 1	10%
Strefa powietrza pierwotnego 2	20%
Strefa powietrza pierwotnego 3	30%
Strefa powietrza pierwotnego 4	30%
Strefa powietrza pierwotnego 5	10%

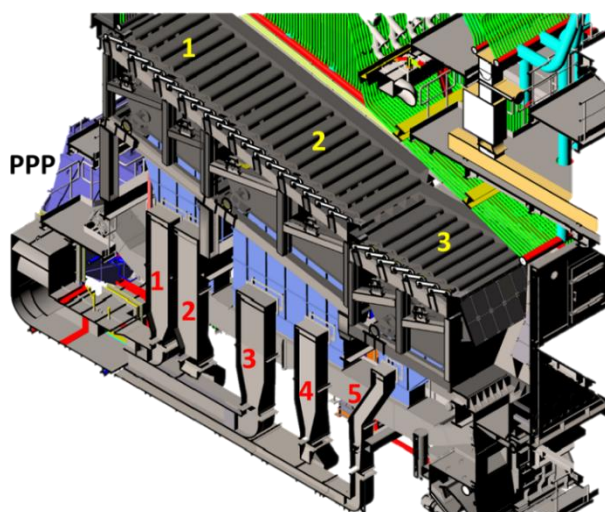
Dzięki regulacji wydajności spalania powietrze pierwotne w strefach od 2 do 4 jest zmieniane o maks. +3000 do -6000 Nm³/h. Powietrze wtórne pozwala na pełne dopalenie wszystkich palnych składników spalin unoszących się nad rusztem. Dodatkowo za pomocą powietrza wtórnego regulowana jest ilość O₂ (7-8%) w spalinach powstałych w wyniku spalania.

A. Układ powietrza pierwotnego

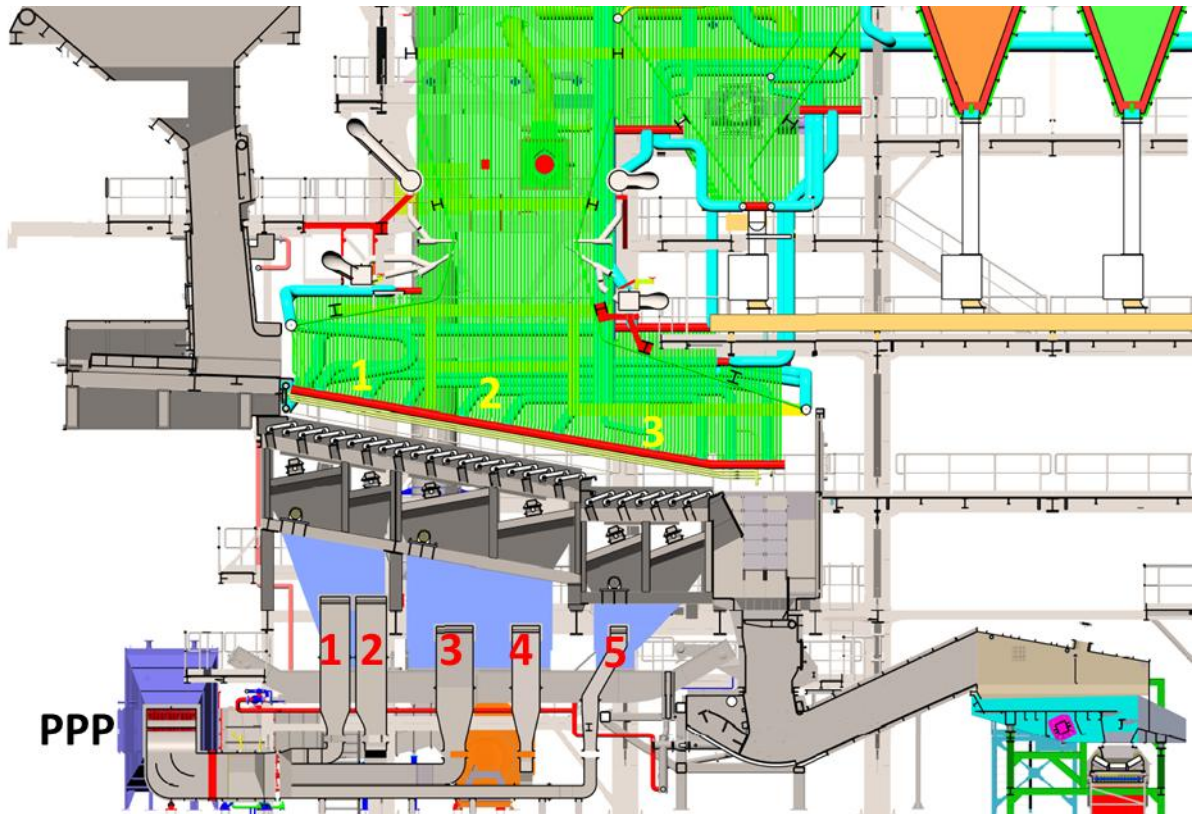
Na rysunku 15 i 16 przedstawiono przekrój rusztu oraz kanałów powietrza pierwotnego z podziałem na strefy powietrza pierwotnego oraz strefy rusztu kotła.

Miejsce poboru powietrza pierwotnego dla normalnej pracy znajduje się w bunkrze odpadów w jego górnej strefie. Poprzez pobór powietrza z bunkra odpadów jest pobierane również powietrze z hali wyładunkowej. Kratka na ssaniu zatrzymuje duże, zdolne do unoszenia materiały niepożądane i w przypadku nagromadzenia się ich dużej ilości, nastąpi dławienie przepływu powietrza przez kratę, dlatego przewidziano również pobór powietrza z hali kotłowni.

Wentylator, którego obroty są regulowane przez przemiennik częstotliwości, tłoczy powietrze pierwotne od punktu zasysania przez tłumik dźwięku na wlocie i dalej poprzez parowy podgrzewacz powietrza po stronie ciśnieniowej do stref powietrza pierwotnego na ruszcie posuwistym.



Rysunek 15. Kanały powietrza pierwotnego pod rusztem kotła oraz poszczególne strefy rusztu. Kolor żółty – strefy rusztu, kolor czerwony – poszczególne kanały powietrza pierwotnego, PPP – parowy podgrzewacz powietrza pierwotnego.



Rysunek 16. Kanaly powietrza pierwotnego pod rusztem kotła oraz poszczególne strefy rusztu – rzut boczny. Kolor żółty – strefy rusztu, kolor czerwony – poszczególne kanały powietrza pierwotnego, PPP – parowy podgrzewacz powietrza pierwotnego.

Zgodnie z wymaganiami techniki spalania sterowane elektrycznie kłapy (5 sztuk lewa strona i 5 sztuk prawa strona) regulują w kanałach stref powietrza pierwotnego strumień objętości powietrza. Podgrzewacz powietrza, wykonany jest jako wymiennik ciepła z rur w układzie korytarzowym i zasilany jest parą średnioprężną z I upustu turbiny bądź stacji RS 1. W sytuacji wyłączenia z pracy podgrzewacza powietrza, powietrze do spalania będzie kierowane poprzez przewód obejściowy.

B. Układ powietrza wtórnego

Powietrze wtórne jest zasysane w obrębie stropu kotłowni. Wentylator, którego obroty są regulowane przez przemiennik częstotliwości, tłoczy powietrze wtórne od punktu zasysania przez tłumik dźwięku na wlocie do górnych i dolnych rozdzielaczy strefowych powietrza wtórnego na ścianie przedniej i tylnej 1 ciągu kotła. Zgodnie z wymaganiami techniki spalania sterowane napędem elektrycznym kłapy regulują w kanałach stref powietrza wtórnego strumień objętości powietrza. Rysunek 17 obrazuje miejsca doprowadzenia powietrza wtórnego.

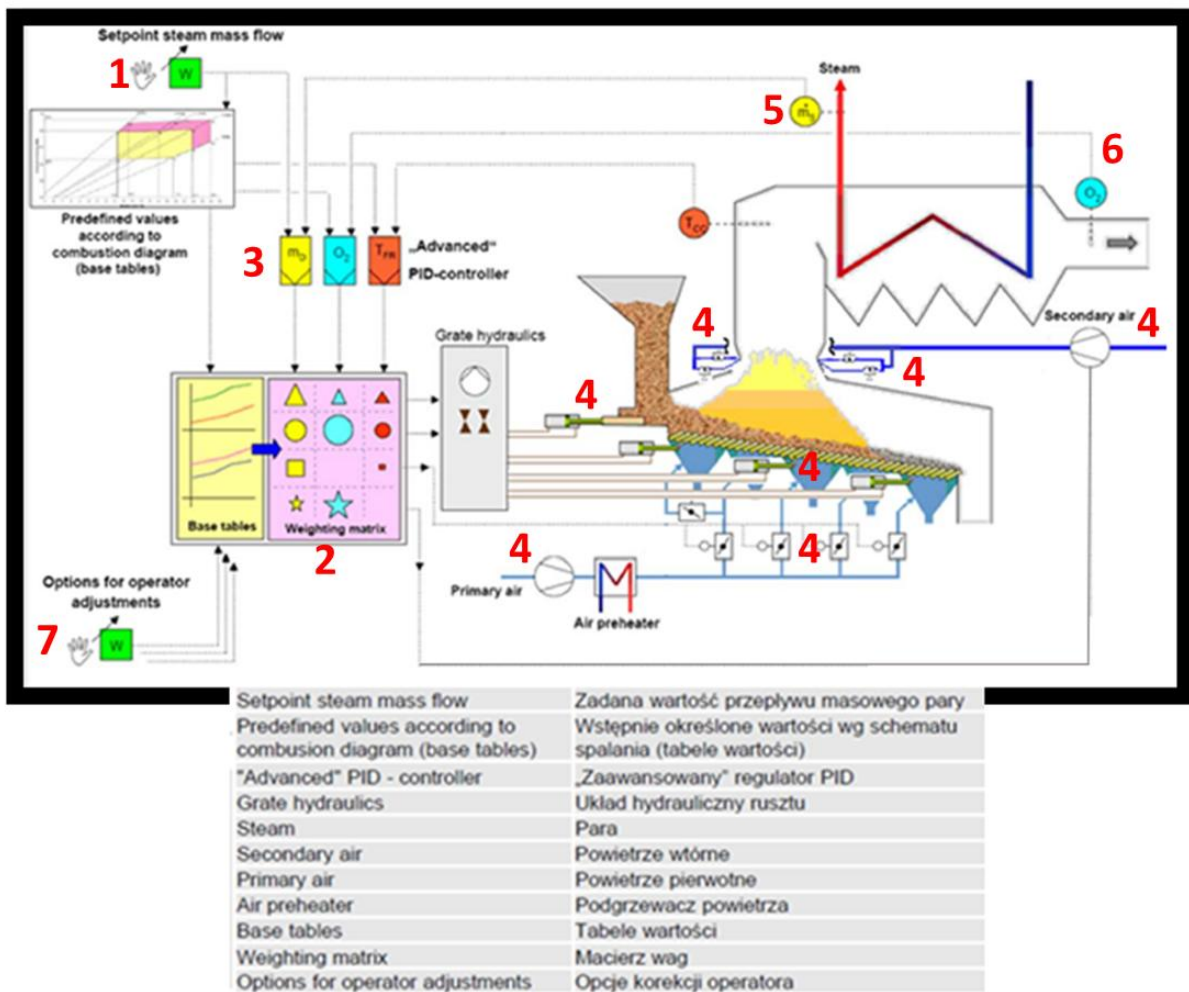


Rysunek 17. Miejsce wprowadzania powietrza wtórnego ad ruszt kotła. 1 - ściana przednia góra, 2 - ściana tylna góra, 3 - ściana przednia dół, 4 - ściana tylna dół.

4.4.7. Regulacja mocy paleniska – opis ogólny

Regulacja mocy paleniska ma za zadanie ustabilizowanie procesu spalania (co ma bezpośredni wpływ na wydajność parową, temperaturę pary wylotowej, moc elektryczną turbozespołu oraz moc cieplowniczą duobloku), a przez to pracy całej instalacji i przy tym zachowanie wymaganych wartości eksploatacyjnych zgodnie z przepisami prawnymi.

System sterowania automatycznego kotła sterowany jest przez nadrzędny regulator, który jako wartość wejściową do sterowania bierze do swoich obliczeń zadaną ilość przepływu pary na wyjściu z kotła, która ustawiana jest ręcznie przez operatora bloku. Wartość ta wpływa na elementy wykonawcze: wentylator powietrza pierwotnego, wtórnego (jego wydajność sterowana jest ponadto za pomocą pomiaru tlenu na wyjściu spalin z kotła), wypychacze odpadów oraz prędkość rusztu. Dla każdej wartości zadanej przepływu pary w macierzy regulatora kotła dostosowane są odpowiednie wartości dla tych elementów wykonawczych. Dodatkowo regulatory PID biorą pod uwagę bieżący uchyb regulacji i dostosowują elementy wykonawcze w odpowiednim zakresie i parametrach pracy, tak aby uzyskać jak najmniejszą różnicę między wartością aktualną oraz zadaną przepływu pary. Dodatkowo na ścianie tylnej komory paleniskowej jest zabudowana kamera dla obserwacji procesu spalania na ruszcie. Obraz z tej kamery jest transmitowany do centralnej sterowni i pomaga w bieżącej kontroli procesu spalania. Na rysunku poniżej przedstawiono uproszczoną koncepcję regulacji procesu spalania. Zobrazowano regulator nadrzędny (1), macierze paliwowe (2), regulatory PID (3), elementy wykonawcze (4) oraz mierzone parametry takie jak przepływ pary (5), udział tlenu w spalinach (6) i korekty możliwe do zadania przez operatora (7).



Rysunek 18. Uproszczona koncepcja regulacji procesu spalania kotła. 1 - regulator nadrzędny, 2 - macierze paliwowe, 3 - regulatory PID, 4 - elementy wykonawcze, 5 - wartość przepływu pary, 6 - wartość tlenu w spalinach za kotłem, 7 - korekty ręczne

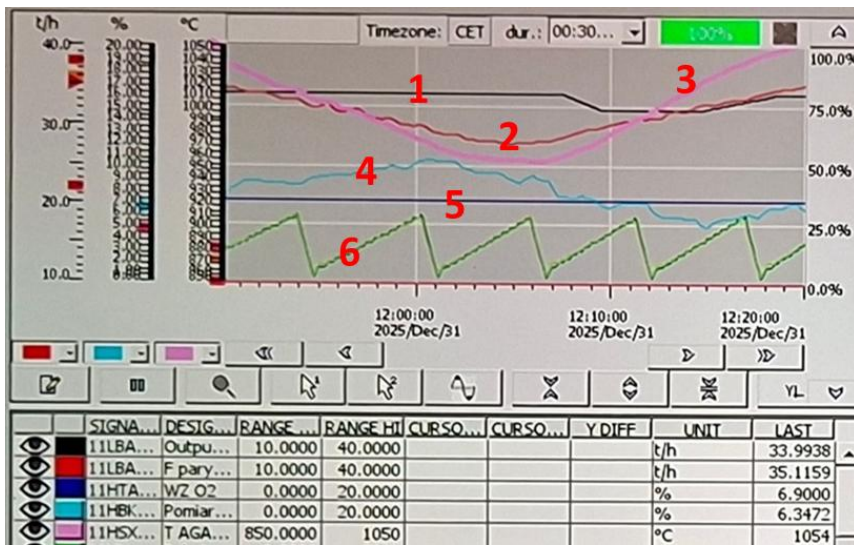
4.4.8. Nadzór na pracą kotłów – opis ogólny:

Na rysunku 19 przedstawiono synoptykę systemu DCS dotyczącą pracy całego Zakładu i jest ona wykorzystywana do kontroli pracy kotłów. Na trendach (1) i (2) zwizualizowane są parametry podstawowe, które są niezbędne do ciągłego monitoringu procesu spalania przez obsługę.



Rysunek 19. Synoptyka obrazująca sposób kontroli pracy kotłów oraz Zakładu. 1 - Wykres parametrów kotła linii 1 2 - wykres parametrów kotła 2.

Na rysunku 20 zobrazowano w powiększeniu podstawowe parametry kotła potrzebne do kontroli jego procesu spalania. Przytoczony wykres pokazuje pracę kotła podczas okresowego spadku wydajności parowej oraz wprowadzonej zmiany do regulatora nadrzędnego przez operatora. Na rysunku widoczne jest to jako czarna (u góry) linia. Okresowe spadki wydajności związane ze zmienną kalorycznością odpadów mają bardzo duży wpływ na ilość wyprodukowanej energii elektrycznej i ciepłej.



Rysunek 20. Trend obrazujący spadek wydajności parowej oraz podjęte działania operatora. 1 - wartość zadana przepływu pary z kotła, 2 - zmierzona wartość przepływu pary z kotła, 3 - temperatura 2 sekundowa w komorze spalania, 4 - wartość zmierzona zawartości tlenu w spalinach za kotłem, 5 – wartość zadana tlenu za kotłem, 6 – pozycja wypychaczy odpadów (lewy i prawy).

Zakres temperatury spalin na obszarze powierzchni grzejnych przedstawiono w Tabeli poniżej.

Obszar	Temperatura wlotowa / wylotowa [° C]
Drugi ciąg	877/777
Trzeci ciąg	777/680

Parametry wody:

Minimalne wymagania jakości wody:

- wymagane ciśnienie w sieci $p_{\min} = 0,15 \text{ MPa(g)}$, $p_{\max} = 0,3 \text{ MPa(g)}$
- zużycie maksymalne wody $m=6,0\text{m}^3/\text{h}$
- jakość wody
 - temperatura wody $<90^\circ\text{C}$
 - pH 7 do 10
 - woda czysta bez zawartości cząstek stałych
 - maks. zawartość części stałych: $<20 \text{ g/m}^3$

Dla zasilania instalacji zraszacza wodnego zastosowano wodę zdemineralizowaną.

A. Budowa zraszacza wodnego:

Instalacja zraszacza wodnego składa się z:

- stacji pompowej wyposażonej w pompę wraz z falownikiem oraz armaturę i elementy pomiarowe;
- bębna z nawiniętym metalowym węzłem zakończonym głowicą dyszową oraz napędami pozwalającymi na rozwijanie, przesuwanie i obracanie bębna
- kominków przelotowych wraz z zasuwami z napędem pneumatycznym
- instalacji powietrza uszczelniającego z wentylatorami
- szyny jezdnej wraz łańcuchem dla doprowadzenia wody, energii elektrycznej i sterowania układu sterowania dla instalacji zraszaczy (RWS) zabudowanego w szafie wraz z okablowaniem wewnętrznym.



Rysunek 21. Układ zraszacza wodnego

B. Opis układu zraszacza wodnego

Układ zraszacza powierzchni grzejnych w pionowych ciągach (drugi i trzeci ciąg), przeznaczony jest do zmywania wodą ścian membranowych celem ich oczyszczenia z zanieczyszczeń. Zabrudzone powierzchnie są czyszczone w trakcie normalnej pracy kotła. Układ ten zabudowany jest nad stropami w/w ciągów i rozciąga się na ich szerokości. Układ zmywania sterowany jest przez system sterowania z wykorzystaniem sterownika lokalnego zabudowanego w szafie sterowniczej

Zasada działania układu zraszacza wodnego:

System czyszczenia ścian membranowych za pomocą zmywania ich wodą składa się z obrotowego bębna z nawiniętym na nim metalowym wężem. Do węża podłączona jest głowica dyszowa. Bęben zawieszony jest na belce jezdnej za pomocą wózka jezdnego umożliwiającego jego przesuw wzdłuż belki. Wózek ten wyposażony jest w napęd elektryczny. Kominki przelotowe z pneumatycznymi zasuwami są przymocowane do dolnej części lejka wprowadzającego wąż z głowicą. Odcinają one kocioł i powinny być otwierane jedynie, jeżeli przez dany kominek ma być wprowadzony wąż wraz z głowicą. Przewód z głowicą jest wprowadzany pionowo do strefy spalinowej kotła przez jeden z kominków przelotowych w stropie, kiedy obiekt jest w trakcie pracy. Wąż metalowy DN25 1' na końcu wyposażony jest w głowicę z dyszami rozpylającymi. Po osiągnięciu przez wąż odpowiedniej wysokości nad wejściem dyszy w obszar spalin uruchamiany jest dopływ wody celem zapewnienia chłodzenia węża metalowego. Kiedy głowica dociera do obszaru przeznaczonego do czyszczenia, ciśnienie wody podnosi się za pomocą pompy do ciśnienia potrzebnego do czyszczenia, czyli do ok. 10 bar i czynnik jest rozpylany. Bęben wyposażony jest w regulowany częstotliwością silnik z przekładnią ślimakową i hamulcem. Porusza on głowicę dyszy z różnymi prędkościami. Za pomocą opatentowanego ruchu wahadłowego bębna (zakres 90 stopni) wąż, a co za tym idzie głowica dysz jest obracana wokół własnej osi, do 90°, co skutkuje oczyszczaniem powierzchni podobnym do kształtu meandry. Prędkość czyszczenia jest regulowana poprzez kontrolę prędkości obrotowej napędu bębna. Pionowe położenie głowicy dyszowej jest kontrolowane przez wyłącznik krańcowy. Kierunek głowicy jest obliczany w oparciu o impulsy przesłane z tarczy zamontowanej na bębnie. Prędkość bębna (prędkość obniżająca) jest zmienna, ponieważ silnik bębna jest sterowany przez przetwornicę częstotliwości. Efekt czyszczenia osiągnięty jest poprzez odparowanie wody. Woda przenika zanieczyszczenia i gwałtownie paruje, co powoduje rozrywanie i odpadanie szlaki. Woda sama w sobie chłodzi wąż i pozwala na prace w temperaturze spalin do 1000°C. Głównym efektem opisanego systemu czyszczenia jest to, że systematycznie stosowanie zapobiegnie nagromadzeniu się większych zanieczyszczeń.

4.4.11. Strzepywacze pneumatyczne

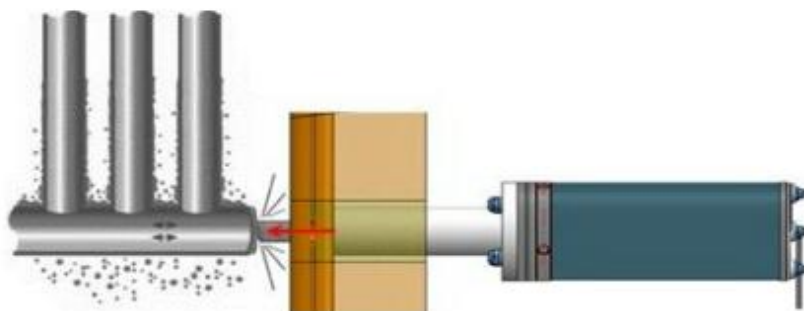
Dla czyszczenia powierzchni grzejnych w poziomym ciągu konwekcyjnym (czwarty ciąg), przeznaczony jest pneumatyczny układ strzepywaczy (pojedynczy układ strzepywaczy SRS). Ten układ rozciąga się na całej długości czwartego ciągu i jest umieszczony po jednej stronie kotła. Cylindry są połączone i sterowane przez układ sterowania z wykorzystaniem sterownika lokalnego zabudowanego w szafie.

Przeznaczenie pneumatycznego układu strzepywaczy

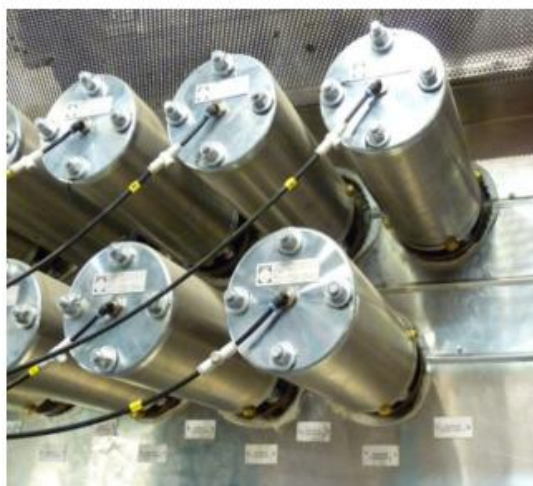
Dla czyszczenia powierzchni grzejnych w poziomym ciągu konwekcyjnym (czwarty ciąg), przeznaczony jest pneumatyczny układ strzepywaczy (pojedynczy układ strzepywaczy SRS). Ten układ rozciąga się na całej długości czwartego ciągu i jest umieszczony po jednej stronie kotła. Cylindry są połączone i sterowane przez układ sterowania z wykorzystaniem sterownika lokalnego zabudowanego w szafie.

Zasada działania strzepywaczy pneumatycznych

Pęczki wymienników ciepła w ciągu poziomym kotła czyszczone są w trakcie pracy kotła za pomocą strzepywaczy z napędem pneumatycznym co przedstawiono na rysunku 22. Jest to układ pneumatyczny siłownik udarowy – bijak – komora dolna powierzchni ogrzewalnej. Gdzie energia uderzenia przekazywana jest na dolny kolektor harf pęczków przegrzewacza pary i podgrzewacza wody. Impuls uderzenia wprawia harfy w drganie powodując efekt czyszczenia.



Rysunek 22. Zasada działania strzepywacza pneumatycznego



Rysunek 23 Widok na strzepywacze pneumatyczne

4.4.12. Instalacja SNCR

W celu redukcji wytworzonych w procesie spalania odpadów związków NO_x zastosowano system SNCR. Lance wtryskowe mieszanki wody amoniakalnej o stężeniu 25% zainstalowane są na trzech różnych poziomach pierwszego ciągu spalin kotłów po 5 lanc na poziom. Woda amoniakalna podawana jest do komory spalania kotłów za pomocą układu rozładunku, magazynowania i podawania poprzez 2 (oddzielnie dla każdej linii) moduły mieszająco-dozujące zlokalizowane w pobliżu I ciągu obu kotłów na poziomie +16,10. W szafie modułu następuje zmieszanie wody amoniakalnej i wody zdejonizowanej. Natomiast doprowadzone do lanc sprężone powietrze służy do rozpylenia, atomizacji i chłodzenia lanc. Układ dozowania współpracuje z automatycznym układem pomiaru temperatury zainstalowanym również w I ciągu kotła wykorzystującym fale akustyczne do pomiaru prędkości fali akustycznej w ośrodku – system AGAM. Na podstawie tych parametrów obliczana jest w sposób automatyczny wartość temperatury w komorze spalania oraz dostosowywana jest również automatycznie praca lanc wtryskowych systemu SNCR w taki sposób aby woda amoniakalna mogła być dozowana do strefy o najbardziej odpowiedniej temperaturze do przebiegu procesu redukcji tlenków azotu.

- 7.4. Sprawdzenie projektu technicznego kotła.
- 7.5. Przygotowanie raportu z audytu z zakresem z pkt 7.1 do 7.4
- 7.6. Planowany termin przeglądu wiosennego – 20.03.2026-27.03.2026 oraz 10.04.2026-17.04.2026
- 7.7. Termin audytu: do rozpoczęcia postoju remontowego – 28.07.2026

8. Wymagania w zakresie optymalizacji

- 8.1. Optymalizacja będzie koncentrować się na poprawie regulacji i sterowania wypychaczami odpadów, prędkością rusztu i powietrzem do spalania.
- 8.2. Optymalizacja w żadnym przypadku nie może spowodować przekroczenia parametrów odpadów po procesowych (całkowita zawartość węgla organicznego - TOC w żużlach i popiołach paleniskowych nie może być wyższa niż 3% i strata przy prażeniu żużli i popiołów paleniskowych – LOI nie może być wyższa niż 5% suchej masy), jakichkolwiek wartości dopuszczalnych parametrów konstrukcyjnych, projektowych w tym parametrów wynikających z przepisów Ustawy Prawo Ochrony Środowiska (t. j. Dz.U. 2021 poz. 1973) , i decyzji pozwolenie zintegrowane (znak: SR.II.7222.1.1.2015 z późniejszymi zmianami) a także Rozporządzenia Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu (Dz.U. 2016 poz. 108) i Ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (t. j. Dz.U. 2021 poz. 779) oraz decyzji Urzędu Dozoru Technicznego.
- 8.3. Wszelkie prace wdrożeniowe prowadzone w okresie eksploatacji nie mogą spowodować przerwania ciągłości pracy Linii.
- 8.4. Zamawiający zezwala na modyfikacje w istniejącym systemie sterowania oraz urządzeniach pomocniczych kotłów. W tym celu przewiduje:
 - 8.4.1. Modyfikacje programowe w logikach układów sterowania urządzeniami i grupami urządzeń, które biorą udział w regulacji procesu spalania.
 - 8.4.2. Modyfikacje fizyczne: kalibracja, aktualizacja, wymiana, modernizacja obecnie zainstalowanej aparatury kontrolno – pomiarowej, urządzeń i instalacji pomocniczych kotłów. W razie potrzeby montaż dodatkowej aparatury kontrolno – pomiarowej i/lub nowych urządzeń.
 - 8.4.3. Modyfikacje w procedurach oraz sposobie wykonywania czynności, ich częstotliwości prowadzenia procesów przez obsługę Zakładu.
- 8.5. Zamawiający nie zezwala na wprowadzenie zmian oraz modernizacji w konstrukcji:
 - 8.5.1. Kotła oraz w jego systemie zabezpieczeń oraz w systemach zabezpieczeń innych urządzeń instalacji,
 - 8.5.2. Ekonomizera,
 - 8.5.3. Przegrzewaczy pary,
 - 8.5.4. Orurowania,
 - 8.5.5. Wentylatorów wyciągowych oraz dmuchaw powietrza pierwotnego i wtórnego,
 - 8.5.6. Pomp,
 - 8.5.7. Palników,
 - 8.5.8. W tym wszelkich modyfikacji wymagających zmiany decyzji pozwolenie zintegrowane i/lub wymagających uzyskania akceptacji Transportowego Dozoru Technicznego.

9. Wymagania w zakresie systemu do optymalizacji

- 9.1. Obszary sterowania będą obsługiwane przez system optymalizacji Wykonawcy.
- 9.2. Strategia sterowania, która musi zostać wdrożona w ZUO to system komputerowy z aplikacją wykorzystującą nowoczesną technologię opartą o zagadnienia logiki rozmytej i/lub sieci

neuronowych i/lub rozwiązań opartych na MPC/APC.

- 9.3. Ww. system zapewni w szczególności lepszą obsługę długich opóźnień i stałych czasowych często powodujących problemy dla konwencjonalnej struktury sterowania PID, która z tego względu została wdrożona z wieloma parametrami korekcyjnymi.
- 9.4. W celu ograniczenia zmian w istniejącym systemie sterowania użytkowanym w ZUO do komunikacji z aplikacją zewnętrzną (Wykonawcy) Zamawiający udostępnia protokół OPC. Wszystkie niezbędne czynności służące uruchomieniu protokołu OPC w tym rozwiązania programistyczne i sprzętowe leżą po stronie Wykonawcy. System Wykonawcy do odczytu danych pomiarowych i sterowania wartością zadaną dla wybranych urządzeń procesowych Zakładu będzie wykorzystywał ww. protokół.
- 9.5. Wymagane rozwiązanie to „dołączenie” dodatkowej stacji komputerowej, operatorskiej z odpowiednio zmodyfikowanym i skonfigurowanym oprogramowaniem, którą można w każdej chwili wyłączyć i pracować z dotychczas istniejącym układem sterowania bez konieczności wykonywania zmian programowych w istniejącym systemie sterowania.
- 9.6. Oferowany Zamawiającemu system musi pracować na stacji komputerowej dostarczonej przez Wykonawcę, zapewniając efektywną i bezproblemową pracę a także zapewniać backup danych i systemu na urządzeniach Zamawiającego.
- 9.7. System musi być prosty w obsłudze, posiadać czytelny interfejs i otwartą strukturę, która powinna umożliwić edycję aplikacji przez personel Zamawiającego na potrzeby ewentualnego późniejszego rozwoju systemu oraz implementacji nowych struktur optymalizacji pracy urządzeń.
- 9.8. Wdrażanie nie może przerwać pracy istniejącego systemu w trakcie eksploatacji Linii Technologicznej.
- 9.9. Hardware systemu komputerowego powinien być oparty na częściach stosowanych w typowych rozwiązaniach dostępnych na rynku w dniu dostawy, z uwzględnieniem zapewnienia odpowiedniej dla przemysłowych rozwiązań niezawodności, mocy obliczeniowej oraz przestrzeni dyskowej, zapewniających pewne i stabilne działanie dostarczonego systemu. Dostarczoną stację należy wyposażyć w monitor 24” lub większy. Wszystkie dostarczane urządzenia i ich elementy muszą być fabrycznie nowe z datą produkcji nie starszą niż 6 miesięcy od daty podpisania umowy.
- 9.10. Stacja komputerowa nie może być stale podłączona do sieci zewnętrznej (Internet), komunikacja może odbywać się poprzez czasowy „dostęp zdalny” lub fizyczne pobieranie danych na nośnik – uzgodniony z Zamawiającym.
- 9.11. Bezpieczeństwo sieci – Wykonawca musi zabezpieczyć system przed możliwością ingerencji zewnętrznej lub zapewnić brak możliwości wejścia w system w razie ataku hackerskiego lub zapewnić fizycznie niemożliwość dostępu dla osób nieuprawnionych.

10. Wymagania w zakresie poprawy wydajności Zakładu

Celem optymalizacji procesu jest stabilizacja produkcji wyrażona poprzez uzyskanie stabilniejszego przepływu pary przegrzanej dla każdej z dwóch istniejących linii technologicznych, który powinien mieścić się w granicach $\pm 6\%$ od wartości zadanej i zmniejszenie odchylenia standardowego dla wartości przepływu pary przegrzanej o co najmniej 30% w stosunku do obecnej wartości, która będzie wyznaczona podczas audytu.

Wyżej wymienione jako parametr gwarantowany będzie poddane ocenie przed odbiorem końcowym przedmiotu Umowy.

11. Pomiary Gwarancyjne

11.1. Wymagania ogólne

Pomiar wydajności godzinowej oraz produkcji pary każdej z dwóch Linii po ustaleniu stałych warunków pracy oraz punktów pomiarowych odbywał się będzie w sposób ciągły, dwukrotnie przez okres 7 dni kalendarzowych dla dwóch przypadków: wyłączonego i włączonego systemu optymalizacji zwanych dalej „Kampaniami pomiarowymi” – Wykonawca będzie odpowiedzialny za realizację pomiarów, zbieranie danych oraz obliczenia w czasie Kampanii pomiarowych. Pełny cykl Kampanii pomiarowej dla jednej linii obejmuje zatem: 7 dni pracy bez włączonego systemu optymalizacji – 7 dni pracy z włączonym systemem optymalizacji – 7 dni pracy bez włączonego systemu optymalizacji – 7 dni pracy z włączonym systemem optymalizacji.

Wszystkie parametry mierzone będą w oparciu o przyrządy Zamawiającego zainstalowane w Zakładzie. Zamawiający nie przewiduje instalowania dodatkowych urządzeń pomiarowych. Pomiar aktualnego przepływu pary z linii będą pobierane z próbkowaniem jednonminutowym jako wartość średnia z minuty. Podczas kampanii pomiarowych prowadzony będzie dziennik ruchu, w którym zapisywane będą zdarzenia zaobserwowane przez obsługę w tym ewentualne sytuacje mające wpływ na stabilność procesu takie jak awarie, niedomagania urządzeń, zatopy w leju odpadów oraz inne nieprzewidziane sytuacje, których Zamawiający nie jest w stanie określić. W przypadku wystąpienia zakłóceń kampania pomiarowa zostanie wydłużona o czas ich trwania, a pomiary zebrane podczas okresu trwania zakłóceń nie będą brane do obliczeń. Pod uwagę będą też brane alarmy występujące w systemie DCS jako uzupełnienie dziennika ruchu. Przez stałe warunki pracy rozumie się pracę kotłów z temperaturą dwusekundową w komorach spalania min. 850°C przy podawaniu odpadów oraz przez niezakłócony odbiór pary z kotłów do turbiny parowej i stacji redukcyjno-schładzających. Ponadto podczas trwania kampanii pomiarowych Zamawiający zastrzega sobie prawo do minimalizacji działań podjętych przez obsługę, która stosując korekty operatorskie optymalizuje przepływ pary z kotłów wyłączając sytuacje, gdy może dojść do wyłączenia urządzeń z zabezpieczeń oraz stanów awaryjnych.

W trakcie Kampanii pomiarowej weryfikowane będą:

- ilość przetworzonych odpadów,
- obciążenie termiczne kotła,
- przepływ pary oraz wymagania odnośnie procesu termicznego przekształcania opisane w p. 3.2 Opisu Przedmiotu Zamówienia, m.in.:
- dotrzymanie standardów emisji zanieczyszczeń do powietrza,
- parametry zużła na podstawie badań dostarczonych przez Wykonawcę

Po zakończeniu Kampanii pomiarowej wyznaczone zostanie odchylenie standardowe dla przepływu pary w poszczególnych etapach kampanii, zwiększenie wydajności przetwarzania odpadów oraz stabilizacja produkcji wyrażona poprzez uzyskanie stabilniejszego przepływu pary przegrzanej dla każdej z dwóch istniejących linii technologicznych

Zamawiający zastrzega sobie prawo do przeprowadzenia ponownych pomiarów gwarancyjnych w przypadku nieprzewidzianych sytuacji oraz awarii, które spowodują zmianę stałych warunków pracy.

11.2. Obliczenie odchylenia standardowego (od wartości zadanej) dla linii

technologicznej

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{wz})^2}$$

gdzie:

s – odchylenie standardowe próbki

n – ilość pomiarów

x_i – wartość i-tego pomiaru

x_{wz} – wartość zadana przepływu pary

11.3. Obliczenie ilości spalanych odpadów

Wykonawca będzie odpowiedzialny za dobór metodyki wyliczania godzinowej/dobowej ilości spalanych odpadów. Podczas audytu przedstawi sposób obliczeń do weryfikacji i akceptacji przez Zamawiającego. Dopuszczalne jest zastosowanie kilku metod w celu dokładniejszego obliczenia ilości spalanych odpadów.

Sposób obliczenia zwiększonej wydajności:

$$W_{PGZ_j} = \left(\frac{W_{opt_j} - W_{baz_j}}{W_{baz_j}} \right) \cdot 100 [\%]$$

gdzie:

$j \in \{1,2\}$ – indeks identyfikujący linię technologiczną

W_{opt_j} - wydajność masowa spalanych odpadów zmierzona po optymalizacji przez Wykonawcę [Mg/h]

W_{baz_j} – wydajność masowa spalanych odpadów zmierzona przed optymalizacją przez Wykonawcę [Mg/h]

W_{PG_j} – gwarantowana zwiększona wydajność Linii równa 2,0%

W_{PGZ_j} – zmierzona podczas pomiarów gwarancyjnych zwiększona wydajność

11.4. Obliczenie faktycznie osiągniętej stabilizacji przepływu pary przegrzanej

wyrażonej w różnicy procentowej od wartości zadanej

$$S_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - x_{wz}}{x_{wz}} \right| \cdot 100 [\%]$$

gdzie:

$j \in \{1,2\}$ – indeks identyfikujący linię technologiczną

S_j – faktycznie osiągnięta stabilizacja przepływu pary przegrzanej wyrażona w różnicy procentowej od wartości zadanej:

x_i – wartość chwilowa pomiaru wydajności pary [Mg/h]

x_{wz} – wartość zadana przepływu pary [Mg/h]

n – ilość pomiarów

12. Obowiązki stron

12.1. Do wykonawcy należy między innymi:

- 12.1.1. Dostarczenie harmonogramu prac;
- 12.1.2. Wykonanie inwentaryzacji obiektu technologicznego na potrzeby przygotowania projektu zadania;
- 12.1.3. Wykonanie projektu wykonawczego i przedstawienie założeń Zamawiającemu;
- 12.1.4. Opracowanie dokumentacji technicznej;
- 12.1.5. Dostarczenie i zabudowa wszystkich niezbędnych do realizacji zadania materiałów i urządzeń w tym aparaturę kontrolno-pomiarową, zakup licencji dla systemu sterowania zainstalowanego aktualnie na Zakładzie;
- 12.1.6. Wykonanie wszelkich niezbędnych robót koniecznych do realizacji zadania zgodnych z obowiązującymi przepisami i normami;
- 12.1.7. Wykonanie niezbędnych do realizacji zadania prac przygotowawczych, w tym elektroinstalacyjnych, elektrycznych, mechanicznych, programistycznych;
- 12.1.8. Modyfikacje i zmiany programowe w istniejącym systemie sterowania niezbędne do zrealizowania połączenia w oparciu o cyfrowy protokół komunikacyjny OPC;
- 12.1.9. Dostarczenie oprogramowania, jeżeli istnieje wraz z plikami konfiguracyjnymi;

12.2. Dostarczenie niezbędnych licencji;

- 12.2.1. Udzielona licencja winna obejmować system optymalizacji oraz komponenty stanowiące jego integralne części. Jeżeli dla funkcjonowania systemu konieczny jest zakup licencji systemu operacyjnego serwerów, baz danych lub innego oprogramowania, Wykonawca powinien uwzględnić związane z tym koszty w ramach swojej oferty i dostarczyć je w ramach niniejszego zamówienia,
- 12.2.2. Wszystkie licencje należy przekazać w formie papierowej lub elektronicznej (w formacie PDF lub innym uzgodnionym z Zamawiającym ogólnodostępnym formatem do odczytania),
- 12.2.3. Udzielona licencja na system optymalizacji musi być bezterminowa w wersji oferowanej przez producenta oprogramowania na dzień złożenia oferty,
- 12.2.4. Na dostarczone oprogramowanie Wykonawca udzieli 24-miesięcznej gwarancji, w tym okresie zapewniona zostanie usługa bezpłatnej i niezwłocznej naprawy błędów i usterek

oprogramowania, usuwanie wad ujawnionych po odbiorze końcowym przedmiotu zamówienia, termin gwarancji rozpoczyna się z dniem odbioru końcowego systemu,

- 12.2.5. Testy, parametryzacja oraz uruchomienie;
- 12.2.6. Szkolenie obsługi oraz służb utrzymania. Wykonawca przeszkoli personel Zamawiającego – m.in. Kierownika Wydziału, Mistrza ds. Ruchu, Specjalistę ds. AKPiA oraz Koordynatora DCS w zakresie wdrożonego systemu optymalizacji, jego oprogramowania, konfiguracji i dokonywania zmian programowych oraz szkolenie na zmianach roboczych w kilku terminach dla Dyżurnych Inżynierów Ruchu i Operatorów Bloku, w zakresie wdrożonej technologii, modelu i regulacji procesu spalania. Zamawiający zastrzega prawo do zmiany listy osób podlegających szkoleniu.
- 12.2.7. Dostawa dokumentacji powykonawczej i jakościowej oraz instrukcji;

12.3. Do Zamawiającego należy:

- 12.3.1. Przeszkolenie do 10 pracowników dozoru Wykonawcy w zakresie występujących zagrożeń dla bezpieczeństwa i zdrowia w miejscu pracy i podczas wykonywania prac, jak również zapoznania ich z uregulowaniami wewnętrznymi obowiązującymi w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów w Szczecinie (ZUO), dotyczącymi bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska,
- 12.3.2. Zapewnienie nadzoru;
- 12.3.3. Udział w komisjach odbiorowych prac;
- 12.3.4. Udostępnienie będącej w dyspozycji Zamawiającego dokumentacji technicznej w zakresie niezbędnym do wykonania przedmiotu zamówienia;
- 12.3.5. Przekazanie informacji dotyczących struktury systemu DCS Zamawiającego, możliwego sposobu komunikacji z systemem optymalizacji procesu Wykonawcy;
- 12.3.6. Udostępnienie niezbędnych danych pomiarowych z systemu sterowania Zamawiającego na potrzeby realizacji przedmiotu zamówienia;
- 12.3.7. Przekazanie informacji w zakresie instrukcji sterowania i prowadzenia procesu spalania;
- 12.3.8. Weryfikację poprawności wskazań przyrządów pomiarowych oraz ewentualną kalibrację aparatury kontrolno-pomiarowej zainstalowanej w Zakładzie przed optymalizacją.
- 12.3.9. Modyfikacje oraz zmiany w istniejących algorytmach sterowania wskazane przez Wykonawcę oraz niezbędne do realizacji zadania będą wykonywane przy udziale programisty i technologa Wykonawcy. Zamawiający zastrzega sobie prawo do sprawdzenia i nadzorowania wyżej wymienionych prac.
- 12.3.10. W trakcie prowadzenia Pomiarów Gwarancyjnych Zamawiający będzie odpowiedzialny za:
 - dostawę odpadów (paliwa)
 - prowadzenie procesu termicznego przekształcania odpadów,
 - udostępnienie wszelkich dostępnych danych gromadzonych przez Zamawiającego w systemach sterowania oraz CEMS,
 - udostępnienie danych niezbędnych do wykonania obliczeń i porównań

13. Dokumentacja techniczna

13.1. Dokumentacja techniczna musi zawierać:

- 13.1.1. Pełny wykaz dokumentacji z opisem;
- 13.1.2. Listę dostaw
- 13.1.3. Dokumentację funkcjonalną – instrukcje;

- 13.1.4. Dokumentację techniczno-ruchową zainstalowanych urządzeń w języku polskim;
- 13.1.5. Dokumentacją jakościową – świadectwa jakości urządzeń pomiarowych takie jak certyfikaty zainstalowanych urządzeń bądź protokoły kalibracji, protokoły z pomiarów elektrycznych;
- 13.1.6. Protokoły z prób rozruchowych;
- 13.1.7. Gwarancje na urządzenia oraz wykonane prace;
- 13.1.8. Schematy rozproszania kabli zasilających i sygnałowych;
- 13.1.9. Dokumentacja powykonawcza musi zawierać dokładne opisy wykonanego zakresu prac, między innymi opisy przewodów, wszystkie początki i końce przewodów muszą być jednoznacznie oznaczone i muszą się zgadzać z dostarczoną dokumentacją.
- 13.1.10. Opisy na obiekcie muszą się zgadzać z zapisami w projekcie powykonawczym, nie dopuszcza się stosowania ręcznych poprawek w dokumentacji.
- 13.1.11. Dokumentacja techniczna musi zawierać oświadczenie o zakończeniu prac i wykonaniu ich zgodnie z projektem.
- 13.1.12. Dokumentacja powykonawcza musi być dostarczona w wersji papierowej w trzech egzemplarzach oraz w wersji elektronicznej w formacie pdf na dwóch nośnikach cyfrowych (pamięć usb - pendrive).
- 13.1.13. Całościowa dokumentacja projektowa, wykonawcza i powykonawcza musi być dostarczona w języku polskim.

14. Uwagi końcowe

- 14.1. Zakres przedmiotu zamówienia obejmuje wykonanie wszystkich prac ujętych w SWZ, Opisie przedmiotu zamówienia oraz tych, które nie zostały wykazane, a są konieczne i niezbędne do realizacji zadania.
- 14.2. Wszystkie materiały muszą być nowe, przystosowane do pracy ciągłej w przemysłowym środowisku.
- 14.3. Wszystkie prace pomocnicze, konieczne rusztowania, prace izolacyjne przy demontażu-montażu elementów składowych zapewnia Wykonawca. Montaż i demontaż rusztowań musi być zgodny z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych. Przekazanie rusztowania do użytkowania nastąpi protokołem zdawczo – odbiorczym dostarczonym Użytkownikowi rusztowania i Zamawiającemu.
- 14.4. Językiem obowiązującym przy realizacji umowy jest język polski. W przypadku Wykonawcy obcojęzycznego wymagany jest zapewnienie na jego koszt odpowiedniej ilości tłumaczy na język polski.