

Nazwa kwalifikacji: **Montaż, uruchamianie oraz eksploatacja instalacji i jednostek wytwórczych  
w systemach energetycznych**

Symbol kwalifikacji: **ELE.07**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego\*

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem  
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut.

ELE.07-01-24.01-SG

## EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2024

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA  
2019**

### Instrukcja dla zdającego

1. Na pierwszej stronie arkusza egzaminacyjnego wpisz w oznaczonym miejscu swój numer PESEL i naklej naklejkę z numerem PESEL i z kodem ośrodka.
2. Na KARCIE OCENY w oznaczonym miejscu przyklej naklejkę z numerem PESEL oraz wpisz:
  - swój numer PESEL\*,
  - oznaczenie kwalifikacji,
  - numer zadania,
  - numer stanowiska.
3. Sprawdź, czy arkusz egzaminacyjny zawiera 9 stron i nie zawiera błędów. Ewentualny brak stron lub inne usterki zgłoś przez podniesienie ręki przewodniczącemu zespołu nadzorującego.
4. Zapoznaj się z treścią zadania oraz stanowiskiem egzaminacyjnym. Masz na to 10 minut. Czas ten nie jest wliczany do czasu trwania egzaminu.
5. Czas rozpoczęcia i zakończenia pracy zapisze w widocznym miejscu przewodniczący zespołu nadzorującego.
6. Wykonaj samodzielnie zadanie egzaminacyjne. Przestrzegaj zasad bezpieczeństwa i organizacji pracy.
7. Po zakończeniu wykonania zadania pozostaw arkusz egzaminacyjny z rezultatami oraz KARTĘ OCENY na swoim stanowisku lub w miejscu wskazanym przez przewodniczącego zespołu nadzorującego.
8. Po uzyskaniu zgody zespołu nadzorującego możesz opuścić salę/miejsce przeprowadzania egzaminu.

**Powodzenia!**

\* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

## Zadanie egzaminacyjne

Opracuj dokumentację związaną z pomiarami kotła OP 430 firmy RAFAKO.

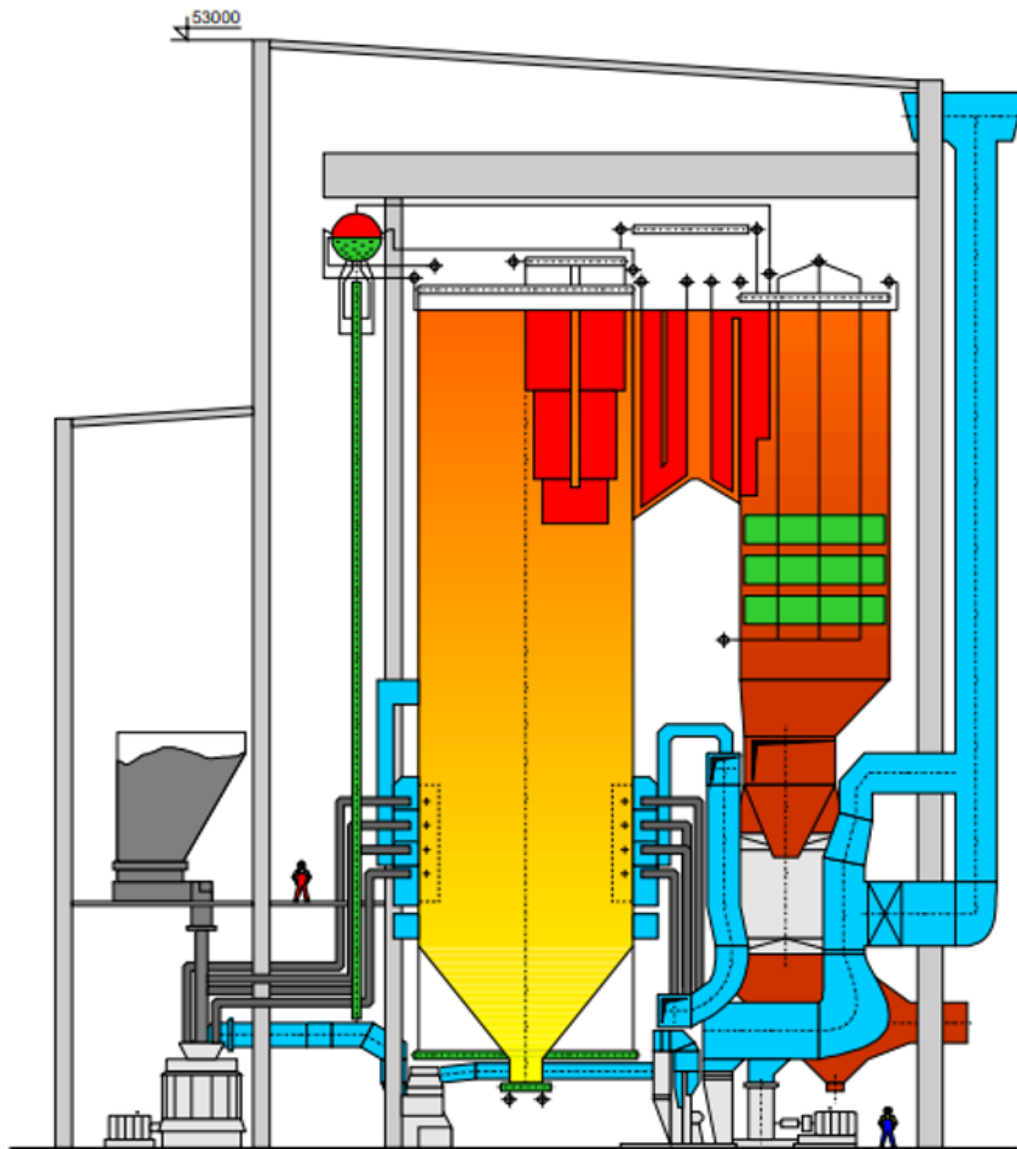
W tym celu:

- określ dane techniczne kotła OP 430,
- oblicz straty ciepłe kotła,
- oblicz sumę strat cieplnych oraz sprawność kotła,
- dobierz przyrządy kontrolno-pomiarowe do pomiarów parametrów kotła,
- porównaj wyniki pomiarów i obliczeń z parametrami gwarantowanymi.

Do wykonania zadania wykorzystaj informacje zawarte w dokumentacji technicznej.

**Uwaga:** Obliczenia strat cieplnych i sprawności kotła należy wykonać z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

### DOKUMENTACJA TECHNICZNA



Rysunek 1. Schemat kotła OP 430

**Tabela 1. Dane techniczne różnych rodzajów kotłów**

Lp.	Kocioł Parametr	1	2	3	4	5
		1	Rodzaj obiegu wody	Z naturalną cyrkulacją	Z naturalną cyrkulacją	Przepływowy
2	Znamionowa moc cieplna	200 MW	400 MW	300 MW	500 MW	600 MW
3	Temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła	540 °C	540 °C	443 °C	450 °C	460 °C
4	Ciśnienie pary świeżej	13,5 MPa	13,65 MPa	15,2 MPa	17,3 MPa	16,3 MPa
5	Temperatura wody zasilającej	210 °C	242 °C	235 °C	250 °C	240 °C
6	Sprawność kotła	90,0 %	91,5 %	86,1 %	93,2 %	95,2 %
7	Rodzaj paliwa	węgiel kamienny	węgiel kamienny	węgiel brunatny	węgiel brunatny	węgiel brunatny
8	Wydajność produkcji pary	430 t/h	650 t/h	450 t/h	550 t/h	500 t/h

**Tabela 2. Wyniki pomiarów do obliczenia strat oraz sprawności cieplnej kotła metodą pośrednią**

Lp.	Parametr pomiarowy	Oznaczenie	Jednostka miary	Numer pomiaru			
				1	2	3	4
1	Temperatura otoczenia	$t_{ot}$	°C	19,20	20,50	21,10	20,80
2	Temperatura pary świeżej	$t_p$	°C	535,90	539,70	535,40	542,20
3	Ciśnienie pary świeżej	$p_p$	MPa	12,99	12,93	12,94	13,01
4	Wydajność produkcji pary	$m_p$	t/h	426	425	431	432
5	Strumień spalonego paliwa	B	kg/s	23,70	19,80	18,30	21,50
6	Zawartość popiołu w paliwie	$A^r$	%	26,30	25,60	24,60	22,20
7	Wartość opałowa paliwa	$Q_{wv}^r$	kJ/kg	18 578	18 571	18 123	19 123
8	Zawartość części palnych w żużlu	$C_z$	%	2,05	1,57	1,93	1,87
9	Zawartość części palnych w popiele lotnym	$C_p$	%	3,25	4,45	2,23	3,22
10	Temperatura spalin wylotowych	$t_{sp}$	°C	174,40	155,60	147,90	160,10
11	Zawartość CO <sub>2</sub> w spalinach	CO <sub>2</sub>	%	12,50	14,70	15,30	16,30
12	Zawartość CO w spalinach	CO	%	0,0009	0,0013	0,0009	0,0010
13	Zawartość NO <sub>x</sub> w spalinach	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	360	323	344	331

### Wzory do obliczeń:

Uwaga: do obliczeń należy użyć średnich wartości pomiarowych.

1. Strata wylotowa  $S_w$  w %

$$S_w = \sigma \cdot \frac{(t_{sp} - t_{ot}) + 0,59 \cdot CO}{CO_2 + CO}$$

przy czym:

$\sigma$  – współczynnik Siegerta dla węgla kamiennego należy przyjąć 0,65 a dla węgla brunatnego należy przyjąć 0,75

$t_{sp}$  – temperatura spalin wylotowych, °C

$t_{ot}$  – temperatura otoczenia, °C

$CO_2$  – zawartość dwutlenku węgla w spalinach wylotowych, %

$CO$  – zawartość tlenku węgla w spalinach wylotowych, %

Uwaga: jeżeli udział  $CO < 0,3$  % to **nie należy** uwzględniać tej wielkości we wzorze.

2. Strata niepełnego spalania  $S_n$  w %

$$S_n = \beta \cdot \frac{CO}{CO_2 + CO}$$

przy czym:

$\beta$  – współczynnik zależy od rodzaju spalanej paliwa (dla węgla kamiennego wartość wynosi 60, natomiast dla węgla brunatnego wynosi 70)

Uwaga: Obliczenia strat niepełnego spalania należy wykonać z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

3. Strata niecałkowitego spalania w żużlu  $S_z$  w %

$$S_z = \frac{0,2 \cdot A^r \cdot Q_c^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_z}{100 - C_z} \right)$$

przy czym:

$A^r$  – zawartość popiołu w paliwie, %

$Q_c^r$  – wartość opałowa pierwiastka węgla równa 33 900 kJ/kg

$Q_w^r$  – wartość opałowa paliwa, kJ/kg

$C_z$  – zawartość części palnych w żużlu, %

4. Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym  $S_p$  w %

$$S_p = \frac{0,2 \cdot A^r \cdot Q_c^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_p}{100 - C_p} \right)$$

przy czym:

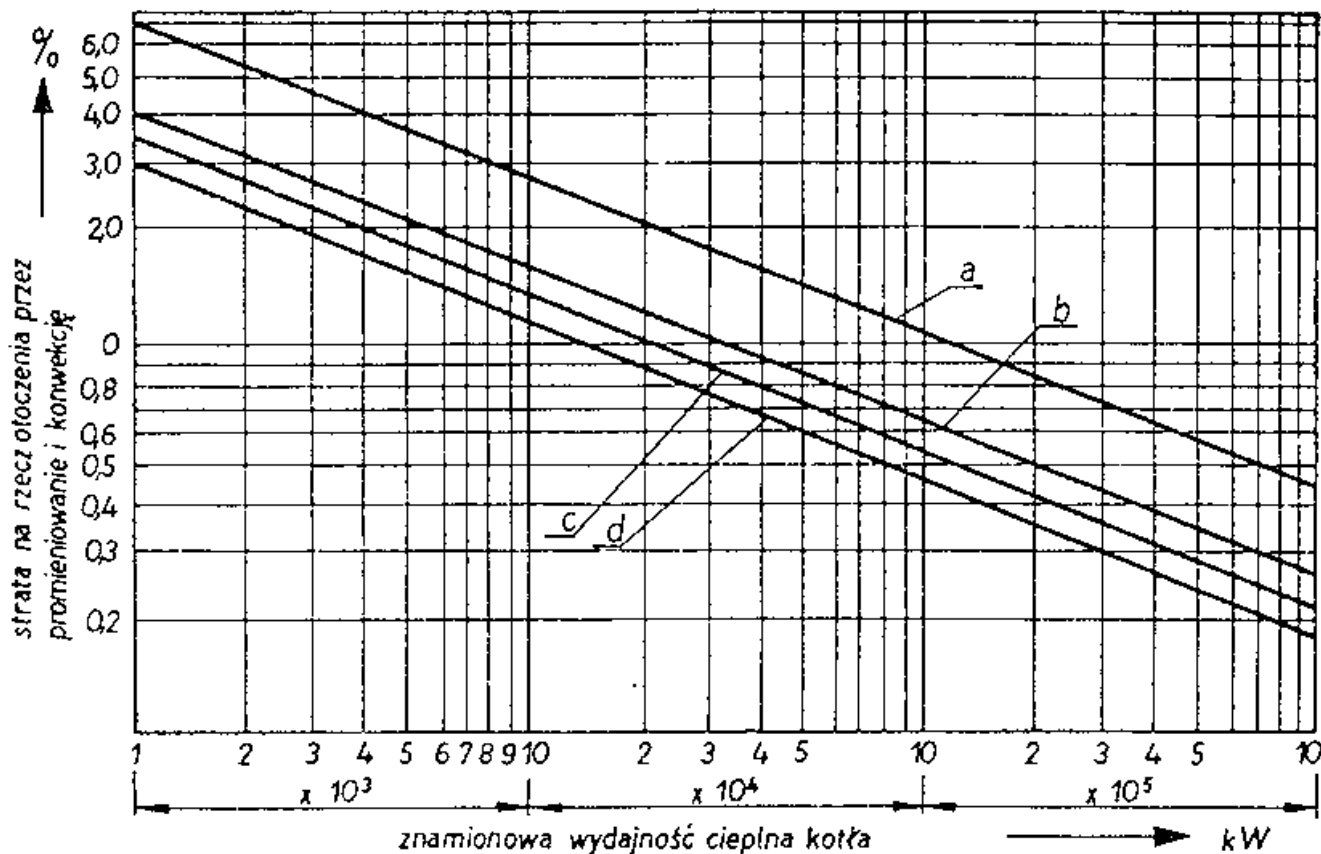
$A^r$  – zawartość popiołu w paliwie, %

$Q_c^r$  – wartość opałowa pierwiastka węgla równa 33 900 kJ/kg

$Q_w^r$  – wartość opałowa paliwa, kJ/kg

$C_p$  – zawartość części palnych w żużlu, %

5. Strata promieniowania: należy odczytać z wykresu dla znamionowej mocy cieplnej kotła



Rysunek 2. Wykres zależności straty promieniowania od mocy cieplnej kotła

- a – węgiel brunatny,
- b – węgiel kamienny,
- c – gaz ziemny,
- d – olej opałowy.

6. Suma strat

$$\sum S = S_w + S_n + S_z + S_p + S_r$$

$S_w$  – strata wylotowa, %

$S_n$  – strata niezpełnego spalania, %

$S_z$  – strata niecałkowitego spalania w żużlu, %

$S_p$  – strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym, %

$S_r$  – strata promieniowania, %

7. Sprawność kotła

$$\eta_k = 100 - \sum S$$

**Tabela 3. Wykaz przyrządów kontrolno – pomiarowych**

Termopara Typ K (NiCr-NiAl)	
Przetwornik ciśnienia K01	
Analizator spalin Ultramat 23	
Pyłomierz FWE200	
Ultradźwiękowy przepływomierz Flowisic 100	
Aspiracyjny psychrometr DER	

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenię będzie podlegać 5 rezultatów:

- dane techniczne badanego kotła – tabela A,
- wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych – tabela B,
- zestawienie średnich wartości pomiarowych – tabela C,
- zestawienie wyników obliczeń strat cieplnych oraz sprawności kotła – tabela D,
- porównanie wyników pomiarów i sprawności kotła z parametrami gwarantowanymi – tabela E.

**Tabela A. Dane techniczne badanego kotła**

Lp.	Parametr	Wartość parametru
1	Rodzaj obiegu wody	
2	Znamionowa moc cieplna	
3	Temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła	
4	Ciśnienie pary świeżej	
5	Temperatura wody zasilającej	
6	Sprawność kotła	
7	Rodzaj paliwa	
8	Wydajność produkcji pary	

**Tabela B. Wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych**

Lp.	Pomiar	Przyrząd kontrolno-pomiarowy*
1	Temperatura spalin wylotowych	
2	Skład spalin	
3	Stężenie pyłu	
4	Wilgotność powietrza	
5	Ciśnienie pary	
6	Strumień objętości gazów	

\* należy zapisać nazwę oraz typ przyrządu

**Tabela C. Zestawienie średnich wartości pomiarowych**

Lp.	Parametr pomiarowy	Oznaczenie	Jednostka miary	Wartość średnia*
1	Temperatura otoczenia	$t_{ot}$	°C	
2	Temperatura pary świeżej	$t_p$	°C	
3	Ciśnienie pary świeżej	$p_p$	MPa	
4	Wydajność produkcji pary	$m_p$	t/h	
5	Strumień spalonego paliwa	B	kg/s	
6	Zawartość popiołu w paliwie	$A^r$	%	
7	Wartość opałowa paliwa	$Q_w^r$	kJ/kg	
8	Zawartość części palnych w żużlu	$C_z$	%	
9	Zawartość części palnych w popiele lotnym	$C_p$	%	
10	Temperatura spalin wylotowych	$t_{sp}$	°C	
11	Zawartość CO <sub>2</sub> w spalinach	CO <sub>2</sub>	%	
12	Zawartość CO w spalinach	CO	%	
13	Zawartość NO <sub>x</sub> w spalinach	NO <sub>x</sub>	mg/m <sup>3</sup>	

\* wynik obliczeń zawartości CO w spalinach zapisać do trzech miejsc po przecinku





