

**Arkusze zawiera informacje prawnie  
chronione do momentu rozpoczęcia egzaminu**

Układ graficzny © CKE 2020



Nazwa kwalifikacji: **Eksplatacja instalacji i urządzeń do wytwarzania i przesyłania energii cieplnej**

Oznaczenie kwalifikacji: **E.22**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Miejsce na naklejkę z numerem  
PESEL i z kodem ośrodka

Numer PESEL zdającego\*

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

**E.22-01-21.01-SG**

Czas trwania egzaminu: **180 minut**

## EGZAMIN POTWIERDZAJĄCY KWALIFIKACJE W ZAWODZIE

Rok 2021

**CZĘŚĆ PRAKTYCZNA**

**PODSTAWA PROGRAMOWA  
2012**

### 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 13 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 650

W tym celu:

- określ dane techniczne kotła OP 650,
- oblicz straty ciepłe kotła,
- oblicz sumę strat ciepłych 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 ciepłych i sprawności kotła należy wykonać z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

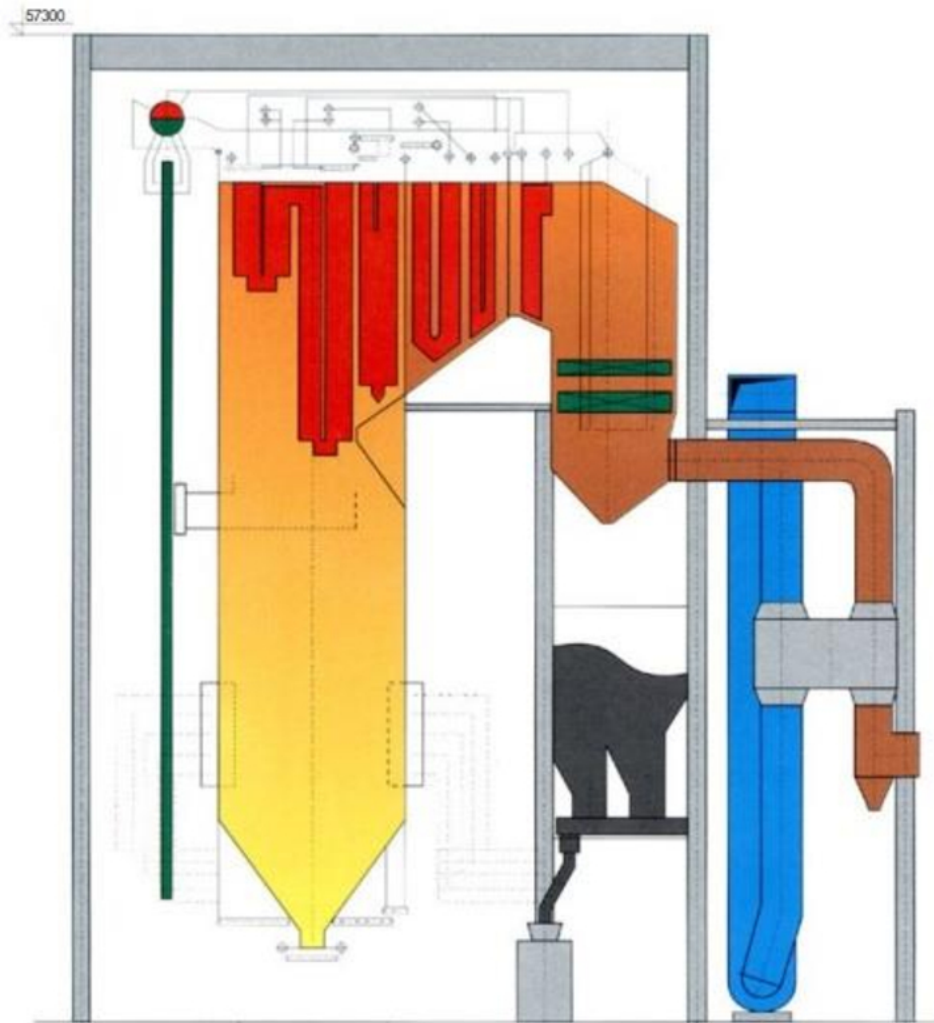
**Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.**

**Ocenić będą 5 rezultatów:**

- Dane techniczne badanego kotła – tabela A.,
- Wykaz przyrządów kontrolno-pomiarowych – tabela B.,
- Zestawienie wyników obliczeń strat ciepłych kotła – tabela D.,
- Zestawienie wyników obliczeń sumy strat ciepłych oraz sprawności kotła – tabela E.,
- Porównanie wyników pomiarów i sprawności kotła z parametrami gwarantowanymi – tabela F.

Dokumentacja techniczna

1. Schemat kotła



Rys. 1 Schemat kotła OP 650

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

Kocioł	1	2	3
Rodzaj obiegu wody	Z naturalną cyrkulacją	Z naturalną cyrkulacją	Przepływowy
Znamionowa moc cieplna	400 MW	500 MW	600 MW
Temperatura pary świeżej na wyjściu z kotła	535 °C	540 °C	543 °C
Ciśnienie pary świeżej	12,0 MPa	12,7 MPa	16,2 MPa
Temperatura wody zasilającej	205 °C	242 °C	255 °C
Sprawność kotła	92,2 %	92 %	87,1 %
Rodzaj paliwa	węgiel kamienny	węgiel kamienny	węgiel brunatny
Wydajność	160,56 $\frac{kg}{s}$	180,56 $\frac{kg}{s}$	195,56 $\frac{kg}{s}$

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

Lp.	Parametr pomiarowy	Oznaczenie	Jednostka miary	Numer pomiaru		
				1	2	3
1	Temperatura otoczenia	$t_{ot}$	°C	19	20	21
2	Temperatura pary świeżej	$t_p$	°C	519,9	521,7	508,4
3	Ciśnienie pary świeżej	$p_p$	MPa	12,99	12,93	12,94
4	Strumień spalonego paliwa	B	kg/s	26,7	21,8	18,3
5	Zawartość popiołu w paliwie	$A^r$	%	23,3	24,5	22,6
6	Wartość opałowa paliwa	$Q_w^r$	kJ/kg	19 506	19 471	17 943
7	Zawartość części palnych w żużlu	$C_z$	%	1,05	2,07	1,23
8	Zawartość części palnych w popiele lotnym	$C_p$	%	3,25	5,45	4,60
9	Temperatura spalin wylotowych	$t_{sp}$	°C	154,4	165,6	157,9
10	Zawartość $CO_2$ w spalinach	$CO_2$	%	14,5	13,7	13,3
11	Zawartość $CO$ w spalinach	$CO$	%	0,0009	0,0013	0,0009
12	Zawartość $NO_x$ w spalinach	$NO_x$	mg/m <sup>3</sup>	359	313	354

## 2. Wzory do obliczeń

**Uwaga:** Do obliczeń należy użyć średnich wartości pomiarowych.

### 1. Strata wylotowa

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

Oznaczenia:

$\sigma$  – współczynnik Siegerta,

dla węgla kamiennego równy 0,65, dla węgla brunatnego równy 0,75

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

$t_{ot}$  – temperatura otoczenia, °C

$CO_2$  – zawartość dwutlenku węgla w spalinach za kotłem, %

$CO$  – zawartość tlenku węgla w spalinach za kotłem, %

jeśli udział  $CO < 0,3\%$  to **nie należy** uwzględniać tej wielkości we wzorze

### 2. Strata niepełnego spalania

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

Oznaczenia:

$\beta$  – współczynnik zależny od rodzaju spalanej paliwa

(dla węgla kamiennego przyjmuje wartość 60, dla brunatnego 70)

### 3. Strata niecałkowitego spalania w żużlu

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

Oznaczenia:

$A^r$  – 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

$$S_p = \frac{0,8 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_p}{100 - C_p} \right) \%$$

Oznaczenia:

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

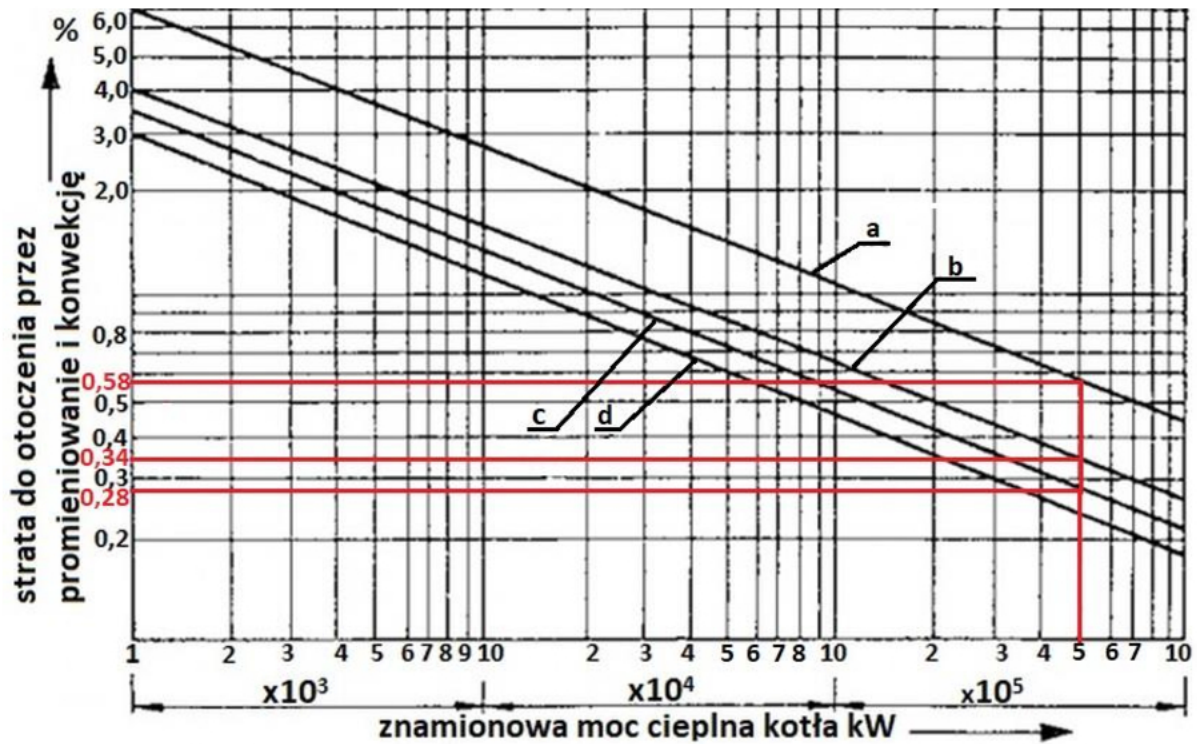
$Q_C^r$  – wartość opałowa pierwiastka węgla równa 33 900 kJ/kg

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

$C_p$  – zawartość części palnych w popiele lotnym, %

5. Strata promieniowania

Stratę promieniowania należy odczytać z wykresu dla znamionowej mocy cieplnej kotła.



Rys. 2 Wykres zależności straty promieniowania od mocy cieplnej kotła

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

6. Suma strat

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

- $S_w$  – strata wylotowa, %
- $S_n$  – strata niepełnego spalania, %
- $S_z$  – strata niecałkowitego spalania w żużlu, %
- $S_p$  – strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym, %
- $S_r$  – strata promieniowania, %

7. Sprawność kotła

$$\eta_k = 100 - \Sigma S \%$$

**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 psychometr DER	

**Tabela A. Dane techniczne badanego kotła**

<b>Lp.</b>	<b>Parametr</b>	<b>Wartość parametru</b>
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	

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

<b>Lp.</b>	<b>Pomiar</b>	<b>Nazwa przyrządu kontrolno-pomiarowego*</b>
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		



## Obliczenia średnich wartości pomiarowych

**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	Strumień spalonego paliwa	B	kg/s	
5	Zawartość popiołu w paliwie	$A^r$	%	
6	Wartość opałowa paliwa	$Q_w^r$	kJ/kg	
7	Zawartość części palnych w żużlu	$C_z$	%	
8	Zawartość części palnych w popiele lotnym	$C_p$	%	
9	Temperatura spalin wylotowych	$t_{sp}$	°C	
10	Zawartość $CO_2$ w spalinach	$CO_2$	%	
11	Zawartość $CO$ w spalinach	$CO$	%	
12	Zawartość $NO_x$ w spalinach	$NO_x$	mg/m <sup>3</sup>	

**Obliczenia strat ciepłych kotła**Strata wylotowa

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

Strata niezupełnego spalania

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

Strata niecałkowitego spalania w żużlu

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

Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym

$$S_p = \frac{0,8 \cdot A^r \cdot Q_C^r}{Q_w^r} \cdot \left( \frac{C_p}{100 - C_p} \right) =$$

Strata promieniowania

$$S_r =$$

**Tabela D. Zestawienie wyników obliczeń strat ciepłych kotła**

1.	Strata wylotowa	$S_w$	%	
2.	Strata niezupełnego spalania	$S_n$	%	
3.	Strata niecałkowitego spalania w żużlu	$S_z$	%	
4.	Strata niecałkowitego spalania w popiele lotnym	$S_p$	%	
5.	Strata promieniowania	$S_r$	%	

Suma strat

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

Sprawność kotła

$$\eta_k = 100 - \Sigma S =$$

**Tabela E. Zestawienie wyników obliczeń sumy strat ciepłych oraz sprawności kotła**

1.	Suma strat ciepłych	%	
2.	Sprawność kotła	%	

**Tabela F. Porównanie wyników pomiarów i sprawności kotła z parametrami gwarantowanymi**

Lp.	Wielkość	Jednostka miary	Wartość gwarantowana	Średnia wartość pomiarów lub obliczeniowa	Wniosek*
1	Temperatura pary świeżej	°C	540		
2	Temperatura spalin wylotowych	°C	Max. 150		
3	Zawartość NO <sub>x</sub> w spalinach	mg/m <sup>3</sup>	Max. 400		
4	Sprawność kotła	%	92		
5	Suma strat niecałkowitego spalania w żużlu i popiele lotnym	%	Max. 1,5		
* Należy zapisać <b><u>tak</u></b> w przypadku dotrzymania parametrów					
* Należy zapisać <b><u>nie</u></b> w przypadku niedotrzymania parametrów					

**Miejsce na notatki i obliczenie niepodlegające ocenie**