

Nazwa kwalifikacji: **Eksploatacja i organizacja robót związanych z montażem instalacji i urządzeń chłodniczych, klimatyzacyjnych oraz pomp ciepła**

Symbol kwalifikacji: **ELE.04**

Numer zadania: **01**

Wersja arkusza: **SG**

Wypełnia zdający

Numer PESEL zdającego*

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

Numer stanowiska

--	--	--

Miejsce na naklejkę z numerem
PESEL i z kodem ośrodka

Czas trwania egzaminu: **180** minut

ELE.04-01-26.06-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2026

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA

**PODSTAWA PROGRAMOWA
2019**

Instrukcja dla zdającego

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

** w przypadku otrzymania naklejki

Zadanie egzaminacyjne

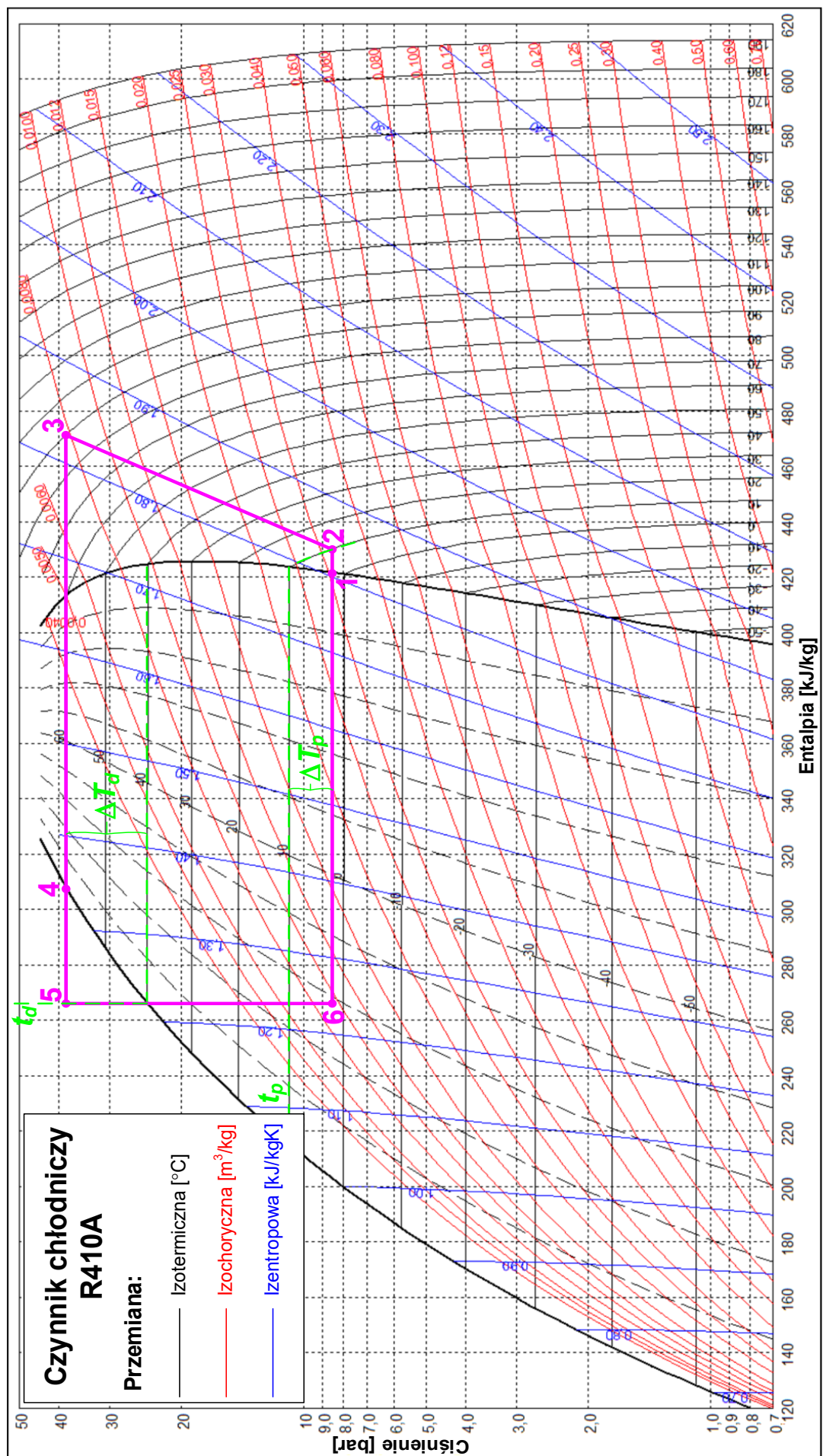
Podczas prac projektowych założono montaż w budynku jednorodzinnym pompy ciepła powietrze/woda o parametrach nominalnych A7/W55 i mocy grzewczej $\dot{Q}_k = 10$ kW. Zaproponowana przez przedstawiciela producenta pompa ciepła ma być wykorzystana do instalacji c.o. i c.w.u. Inwestora zapewniano, że powyższa pompa w warunkach klimatycznych występujących w Polsce będzie cechowała się współczynnikiem efektywności energetycznej w funkcji grzania COP nie mniejszym niż 4,0.

Na potrzeby inwestora, wyznacz moc pobieraną przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz jej chwilową efektywność energetyczną COP w trybie grzania dla nominalnych warunków pracy - tabela 4. W tym celu wykorzystaj wykres obiegu pompy z czynnikiem chłodniczym R410A - rysunek 1 – wykres $\log p - i$ dla czynnika R410A i zakładanych temperatur pracy pompy w układzie c.w.u./c.o. ciepłej wody użytkowej / centralnego ogrzewania - tabela 1 przy warunkach nominalnych A7/W55:

- odczytaj i wpisz do *Tabeli 3 wartości parametrów w punktach charakterystycznych obiegu* 1 – 6 entalpii właściwej czynnika, objętości właściwej czynnika na ssaniu sprężarki, temperatury czynnika na końcu sprężania, ciśnienia skraplania czynnika, ciśnienia parowania,
- zaznacz na ideowym schemacie pompy ciepła rysunek - 2 brakującą numerację punktów charakterystycznych 1 – 6 obiegu tej pompy przedstawionych na rysunku 1.

Tabela 1. Zakładane temperatury pracy pompy w układzie c.w.u./c.o. przy warunkach nominalnych A7/W55

Lp.	Nazwa parametru	Wartość	Jednostka
1	temperatura powietrza przed parownikiem	7	°C
2	temperatura parowania czynnika R410A – t_o	2	°C
3	przegrzanie pary czynnika R410A na odpływie z parownika – ΔT_p	8	K
4	temperatura na ssaniu sprężarki – t_{ss}	10	°C
5	temperatura wody na odpływie ze skraplacza	55	°C
6	temperatura skraplania pary czynnika R410A – t_k	60	°C
7	dochłodzenie ciekłego czynnika R410A na odpływie ze skraplacza – ΔT_d	20	K
8	temperatura dochłodzenia na odpływie ze skraplacza – t_d	40	°C



Rysunek 1. Obieg pompy ciepła na wykresie $\log p - i$ dla czynnika chłodniczego R410A

Wyznacz moc pobieraną przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz jej chwilową efektywność energetyczną COP w trybie grzania, gdy temperatura powietrza na zewnątrz budynku obniży się z $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ - tabela 4. W tym celu korzystając z zakładanych temperatur pracy pompy w układzie c.w.u./c.o. - tabela 2 przy temperaturze powietrza $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

- narysuj na wykresie $\log p - i$ rysunek 1 nowy przebieg przemian termodynamicznych,
- oznacz nowe punkty charakterystyczne 1' – 6' obiegu,
- odczytaj i wpisz do tabeli 3: 1' – 6' (entalpii właściwej czynnika, objętości właściwej czynnika na ssaniu sprężarki, temperatury czynnika na końcu sprężania, ciśnienia skraplania czynnika, ciśnienia parowania).

Tabela 2. Zakładane temperatury pracy pompy w układzie c.w.u./c.o. przy temperaturze powietrza $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Lp.	Nazwa parametru	Wartość	Jednostka
1	temperatura powietrza przed parownikiem	-20	$^{\circ}\text{C}$
2	temperatura parowania czynnika R410A t_0'	-28*	$^{\circ}\text{C}$
3	przegrzanie pary czynnika R410A na ssaniu sprężarki $\Delta T_{ss}'$	8	K
4	temperatura przegrzania par na odpływie z parownika t_p'	-20	$^{\circ}\text{C}$
5	temperatura wody na odpływie ze skraplacza	55	$^{\circ}\text{C}$
6	temperatura skraplania pary czynnika R410A t_k'	60	$^{\circ}\text{C}$
7	dochłodzenie ciekłego czynnika R410A na odpływie ze skraplacza $\Delta T_d'$	20	K
8	temperatura dochłodzenia na odpływie ze skraplacza t_d'	40	$^{\circ}\text{C}$

*Założono większą różnicę między temperaturą powietrza przed parownikiem a temperaturą parowania, niż dla warunków nominalnych z uwagi na większy opór cieplny na parowniku po jego oszronieniu w sytuacji obniżenia się temperatury otoczenia poniżej $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

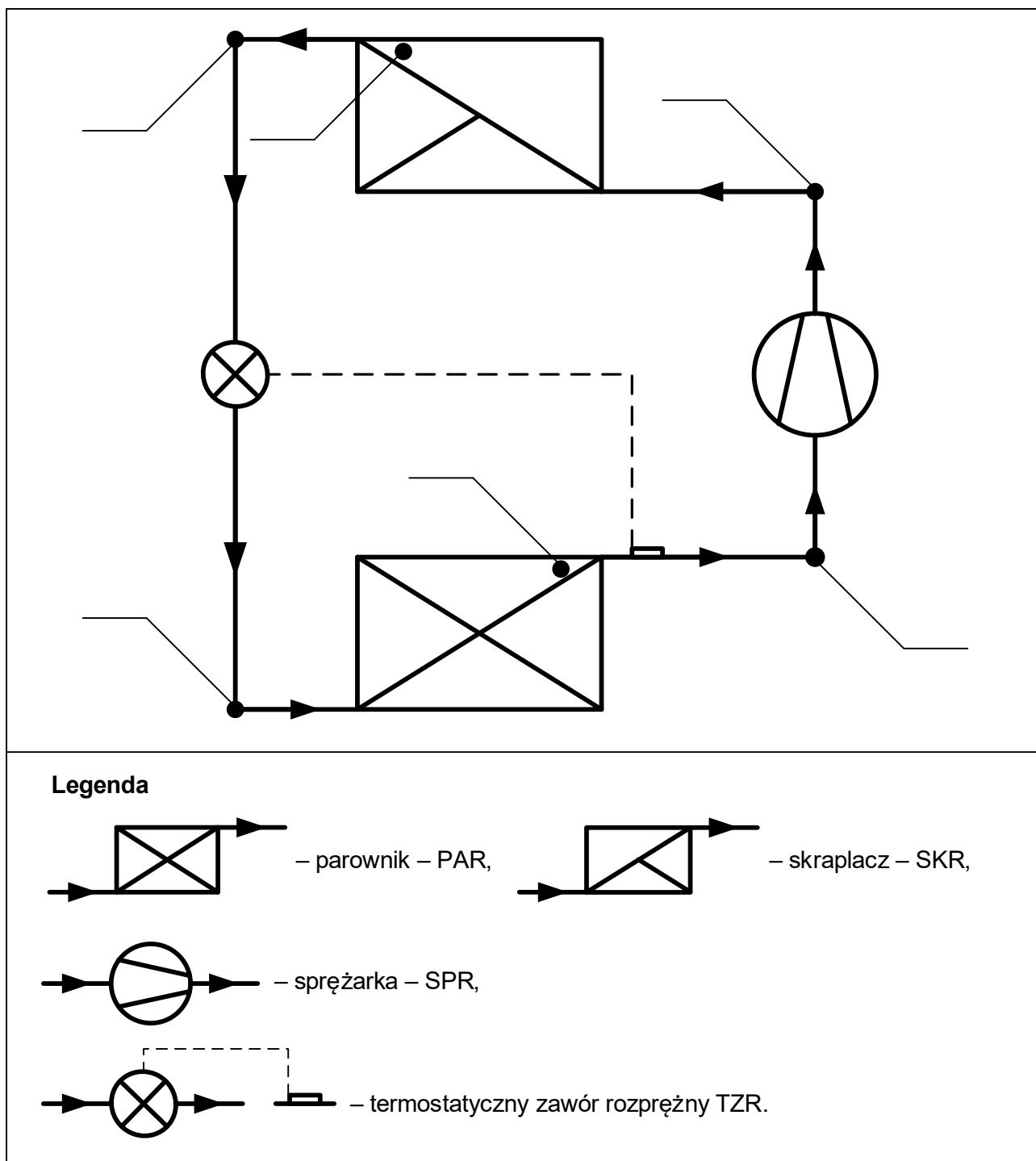
Wypełnij protokół z przeprowadzonej analizy, w której przeprowadzisz ocenę wpływu zmiany temperatury powietrza na moc pobieraną przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz jej chwilową efektywność energetyczną COP w trybie grzania. Przedstaw swoją rekomendację, co do zasadności montażu pompy grzewczej o parametrach nominalnych A7/W55 i mocy grzewczej $\dot{Q}_k = 10\text{ kW}$ do zasilania wodą grzewczą instalacji c.o. z wykorzystaniem tradycyjnych wymienników ciepła w postaci grzejników stalowych płytowych i c.w.u.

Czas przeznaczony na wykonanie zadania 180 minut.

Ocenie będzie podlegać 5 rezultatów:

- punkty charakterystyczne na schemacie ideowym pompy ciepła – rysunek 2,
- przebieg przemian termodynamicznych oraz określone nowe położenie punktów charakterystycznych 1' - 6' – rysunek 1,
- wartości parametrów w punktach charakterystycznych – tabela 3,
- wartości mocy pobieranej przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz chwilowej efektywności energetycznej pompy COP w trybie grzania – tabela 4,
- protokół oceny wpływu zmiany temperatury powietrza zewnętrznego na moc pobieraną przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz jej chwilowa efektywność energetyczna COP w trybie grzania.

Na schemacie ideowym grzejnej pompy ciepła - rysunek 2 wpisz odpowiednie cyfry od 1 do 6 z wykresu log p - i dla czynnika chłodniczego R410A - rysunek 1, odpowiadające wskazanym punktom charakterystycznym analizowanego obiegu grzejnej pompy ciepła.



Rysunek 2. Schemat ideowy pompy ciepła

W Tabeli 3. Wartości parametrów w punktach charakterystycznych obiegu wpisz odczytane wartości entalpii z wykresu czynnika chłodniczego R410A i wartości: objętości właściwej czynnika na ssaniu sprężarki, temperatury czynnika na końcu sprężania, ciśnienia skraplania czynnika, ciśnienia parowania dla zaznaczonych punktów od 1 do 6 oraz od 1' do 6'.

Tabela 3. Wartości parametrów w punktach charakterystycznych obiegu

A. Wartości parametrów w punktach charakterystycznych obiegu przy temperaturze powietrza zewnętrznego $t = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Lp.	Nazwa parametru	Wartość*	Jednostka
1	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 1 – i_1		
2	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 2 – i_2		
3	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 3 – i_3		
4	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 4 – i_4		
5	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 5 – i_5		
6	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 6 – i_6		
7	objętość właściwa czynnika na ssaniu sprężarki w punkcie 2 $v_{ss} = v_2$		
8	temperatura czynnika na końcu sprężania w punkcie 3 t_3		
9	ciśnienie skraplania pary czynnika p_k		
10	ciśnienie parowania cieczy p_0		
B. Wartości parametrów w punktach charakterystycznych obiegu przy temperaturze powietrza zewnętrznego $t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$			
Lp.	Nazwa parametru	Wartość*	Jednostka
11	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 1' – $i_{1'}$		
12	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 2' – $i_{2'}$		
13	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 3' – $i_{3'}$		
14	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 4' – $i_{4'}$		
15	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 5' – $i_{5'}$		
16	entalpia właściwa czynnika chłodniczego w punkcie 6' – $i_{6'}$		
17	objętość właściwa czynnika na ssaniu sprężarki w punkcie 2' $v_{ss'} = v_{2'}$		
18	temperatura czynnika na końcu sprężania w punkcie 3' $t_{3'}$		
19	ciśnienie skraplania pary czynnika $p_{k'}$		
20	ciśnienie parowania cieczy $p_{0'}$		
*wartości: - entalpii właściwej należy odczytać z dokładnością $\pm 5\text{ kJ/kg}$, - objętości właściwej należy odczytać z dokładnością $\pm 0,005\text{ m}^3/\text{kg}$, a odczytany wynik zaokrąglić do trzech cyfr po przecinku stosując zasady zaokrąglania liczb, - temperatury czynnika odczytać z dokładnością $\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, - ciśnienie skraplania czynnika odczytać z dokładnością $\pm 5\text{ bara}$. - ciśnienie parowania czynnika odczytać z dokładnością $\pm 0,5\text{ bara}$.			

Do tabeli 4 wpisz obliczone: moc pobieraną przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz chwilową efektywność energetyczną pompy ciepła COP w trybie grzania.

W tabeli 4 obliczoną wartość:

- strumienia masowego czynnika chłodniczego, wydajności objętościowej sprężarki zaokrąglić do czterech cyfr po przecinku stosując zasady zaokrąglania liczb,
- całkowitej mocy pobieranej przez sprężarkę, współczynnika efektywności energetycznej zaokrąglić do dwóch cyfr po przecinku stosując zasady zaokrąglania liczb.

Tabela 4. Wartości mocy pobieranej przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz chwilowej efektywności energetycznej pompy ciepła COP w trybie grzania

A. Obliczone wartości dla temperatury powietrza zewnętrznego $t = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$				
Lp.	Nazwa parametru	Wzór	Obliczona wartość	Jednostka
1	jednostkowa wydajność chłodnicza q_0	$q_0 = i_2 - i_6$		
2	jednostkowa wydajność grzewcza q_k	$q_k = i_3 - i_5$		
3	właściwa objętościowa wydajność grzewcza q_v	$q_v = \frac{q_k}{v_{ss}}$		
4	jednostkowa teoretyczna praca sprężania l_t	$l_t = i_3 - i_2$		
5	strumień masowy czynnika chłodniczego $\dot{m}$	$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_k}{q_k}$		
6	wydajność objętościowa sprężarki $\dot{V}$	$\dot{V} = \dot{m} \cdot v_{ss}$		
7	całkowita moc pobierana przez sprężarkę N_t	$N_t = \dot{m} \cdot l_t$		
8	współczynnik efektywności energetycznej w funkcji grzania $COP_{tz\ 7\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$COP_{tz\ 7\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{\dot{Q}_k}{N_t}$		
B. Obliczone wartości dla temperatury powietrza zewnętrznego $t = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$				
Lp.	Nazwa parametru	Wzór	Obliczona wartość*	Jednostka
9	jednostkowa wydajność chłodnicza q'_0	$q'_0 = i_{2'} - i_{6'}$		
10	jednostkowa wydajność grzewcza q'_k	$q'_k = i_{3'} - i_{5'}$		
11	właściwa objętościowa wydajność grzewcza q'_v	$q'_v = \frac{q'_k}{v_{ss'}}$		
12	jednostkowa teoretyczna praca sprężania l'_t	$l'_t = i_{3'} - i_{2'}$		
13	strumień masowy czynnika chłodniczego $\dot{m}'$	$\dot{m}' = \frac{\dot{Q}_k}{q'_k}$		
14	wydajność objętościowa sprężarki $\dot{V}'$	$\dot{V}' = \dot{m}' \cdot v_{ss'}$		
15	całkowita moc pobierana przez sprężarkę N'_t	$N'_t = \dot{m}' \cdot l'_t$		
16	współczynnik efektywności energetycznej w funkcji grzania $COP_{tz\ -20\text{ }^{\circ}\text{C}}$	$COP_{tz\ -20\text{ }^{\circ}\text{C}} = \frac{\dot{Q}_k}{N'_t}$		

Protokół oceny wpływu zmiany temperatury powietrza zewnętrznego na moc pobieraną przez pompę ciepła do napędu sprężarki oraz jej chwilową efektywność energetyczną COP w trybie grzania

z dnia
(wpisz datę egzaminu: dd:mm:rrrr)

1. Spadek temperatury dolnego źródła ciepła z 7 °C do – 20 °C zmienia / nie zmienia ^{*} warunki pracy układu:
 - a) właściwa objętościowa wydajność grzewcza pompy zwiększa się / zmniejsza się ^{*},
 - b) moc pobierana przez sprężarkę zwiększa się / zmniejsza się ^{*},
 - c) ciśnienie parowania zwiększa się / zmniejsza się ^{*},
 - d) temperatura czynnika R410A na koniec izentropowego sprężania zwiększa się / zmniejsza się ^{*},
 - e) współczynnik efektywności energetycznej COP zwiększa się / zmniejsza się ^{*} o %
 $\left(100\% - \frac{COP_{tz - 20^{\circ}C}}{COP_{tz 7^{\circ}C}} \cdot 100\%\right)$.
2. Wyznaczony współczynnik efektywności energetycznej $COP_{tz 7^{\circ}C}$, gdy temperatura powietrza zewnętrznego wynosi 7 °C jest / nie jest ^{*} zgodna z oczekiwaniami INWESTORA.
3. Wyznaczony współczynnik efektywności energetycznej $COP_{tz - 20^{\circ}C}$, gdy temperatura powietrza zewnętrznego wynosi - 20 °C jest / nie jest ^{*} zgodna z oczekiwaniami INWESTORA.
4. Na podstawie analizy energetycznej pompy ciepła rekomenduje się /nie rekomenduje się ^{*} inwestorowi zastosowanie pompy ciepła zaproponowanej przez wykonawcę w projekcie.
5. W związku z powyższym należy zastosować pompę ciepła o większej / mniejszej ^{*} wydajności lub zastosowanie zmiany systemu ogrzewania z c.o. na grzejniki konwektorowe powietrzne lub ogrzewania podłogowe.

.....
PESEL zdającego

^{*} Niepoprawne skreśli

BRUDNOPIS