

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

Oznaczenie kwalifikacji: **ELE.04**

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.04-01-22.01-SG

EGZAMIN ZAWODOWY

Rok 2022

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 11 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!

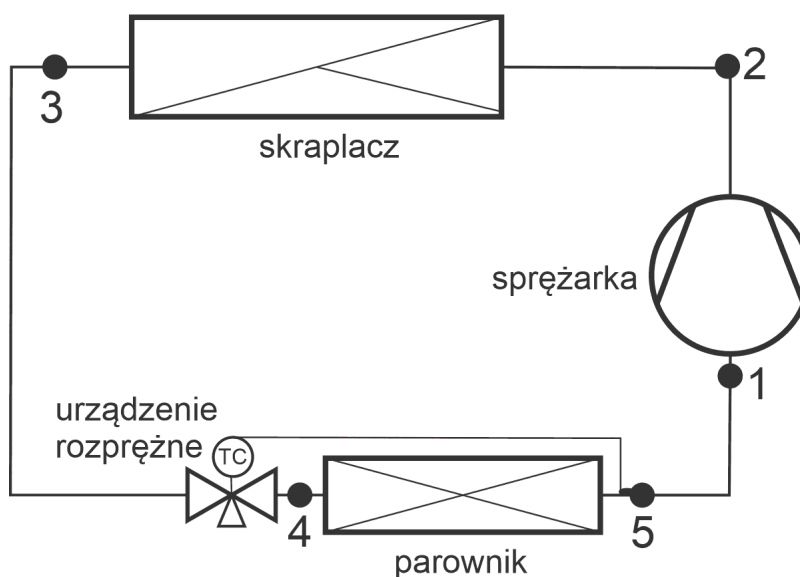
* w przypadku braku numeru PESEL – seria i numer paszportu lub innego dokumentu potwierdzającego tożsamość

Zadanie egzaminacyjne

W obiekcie przemysłowym zainstalowana jest powietrzna pompa ciepła napełniona czynnikiem chłodniczym R 410A. Ideowy schemat obiegu pompy ciepła przedstawiono na rysunku 1. Zgodnie z zaleceniami producenta tej pompy ciepła należy raz do roku określić rzeczywistą i sezonową klasę energetyczną w trybie grzania.

W tym celu wykonano pomiary rzeczywistych parametrów pracy rewersyjnej powietrznej pompy ciepła pracującej w trybie grzania. Wyniki pomiarów zamieszczono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki wykonanych pomiarów pompy ciepła pracującej w trybie grzania		
Wielkość mierzona	symbol	wynik pomiarów
temperatura na ssaniu sprężarki	t_{ss}	10°C
temperatura końca sprężania	t_{ks}	90°C
temperatura powietrza zewnętrznego	t_{pow}	2°C
ciśnienie par nasyconych na wyjściu z parownika	p_o	5,82 bar
temperatura par czynnika na wyjściu z parownika	t_5	0°C
temperatura czynnika chłodniczego, zmierzona na wyjściu ze skraplacza	t_3	40°C
ciśnienie zmierzone na wyjściu ze skraplacza	p_k	26,4 bar



Punkty 1 do 5 określają miejsca pomiaru parametrów charakterystycznych obiegu pompy ciepła.

Rysunek 1. Ideowy schemat obiegu pompy ciepła

Określ rzeczywistą i sezonową klasę energetyczną w trybie grzania dla wyników pomiarów zapisanych w tabeli 1. Do wykonania zadania wykorzystaj wykres Molliera dla czynnika R410A, ideowy schemat obiegu pompy ciepła rysunek 1 oraz przygotowane tabele znajdujące się w arkuszu egzaminacyjnym.

Wartość odczytu entalpii oraz objętości właściwej czynnika chłodniczego z wykresu należy odczytać z dokładnością $\pm 5\%$. Godzinowa wydajność objętościowa sprężarki, odczytana z dokumentacji technicznej sprężarki \dot{V} wynosi $7 \text{ m}^3/\text{h}$.

Zadanie wykonaj zachowując następującą kolejność czynności:

1. Określ przyrządy pomiarowe, które zostały zastosowane w celu wykonania pomiarów parametrów pracy rewersyjnej powietrznej pompy ciepła. Uzupełnij tabelę 6.
2. Wyznacz wartości temperatury parowania i skraplania. Uzupełnij tabelę 7.
3. Odczytaj z wykresu charakterystyczne parametry obiegu. Uzupełnij tabelę 8.
4. Oblicz wydajność grzewczą i moc sprężarki. Uzupełnij tabelę 9.
5. Oblicz współczynniki efektywności energetycznej i klasy energetyczne. Uzupełnij tabelę 10.

Tabela 2. Klasa efektywności energetycznej COP	
Klasa efektywności energetycznej	Wartość współczynnika efektywności COP
A	$COP > 3,6$
B	$3,6 \geq COP > 3,4$
C	$3,4 \geq COP > 3,2$
D	$3,2 \geq COP > 2,8$
E	$2,8 \geq COP > 2,6$
F	$2,6 \geq COP > 2,4$
G	$2,4 \geq COP$

Tabela 3. Klasa efektywności energetycznej SCOP	
Klasa efektywności energetycznej	Wartość współczynnika efektywności SCOP
A+++	$SCOP \geq 5,1$
A++	$5,1 > SCOP \geq 4,6$
A+	$4,6 > SCOP \geq 4,0$
A	$4,0 > SCOP \geq 3,4$
B	$3,4 > SCOP \geq 3,1$
C	$3,1 > SCOP \geq 2,8$
D	$2,8 > SCOP \geq 2,5$
E	$2,5 > SCOP \geq 2,2$
F	$2,2 > SCOP \geq 1,9$
G	$1,9 > SCOP$

Tabela 4. Ciśnienie nasycenia (manometryczne)

Temp. (°C)	Ciśnienie nasycenia (MPa)		Temp. (°C)	Ciśnienie nasycenia (MPa)		Temp. (°C)	Ciśnienie nasycenia (MPa)	
	Ciecz nasycona	Gaz nasycony		Ciecz nasycona	Gaz nasycony		Ciecz nasycona	Gaz nasycony
-30	0.1722	0.1717	2	0.7569	0.7539	34	1.998	1.990
-29	0.1836	0.1830	3	0.7840	0.7809	35	2.051	2.043
-28	0.1953	0.1947	4	0.8119	0.8086	36	2.105	2.097
-27	0.2074	0.2067	5	0.8403	0.8369	37	2.160	2.152
-26	0.2199	0.2192	6	0.8695	0.8659	38	2.216	2.208
-25	0.2328	0.2320	7	0.9000	0.8956	39	2.273	2.265
-24	0.2460	0.2452	8	0.930	0.926	40	2.332	2.323
-23	0.2597	0.2588	9	0.961	0.957	41	2.391	2.382
-22	0.2737	0.2728	10	0.993	0.989	42	2.451	2.442
-21	0.2882	0.2872	11	1.026	1.022	43	2.513	2.503
-20	0.3031	0.3021	12	1.059	1.055	44	2.575	2.565
-19	0.3185	0.3174	13	1.093	1.089	45	2.639	2.629
-18	0.3343	0.3331	14	1.128	1.123	46	2.703	2.693
-17	0.3505	0.3493	15	1.164	1.159	47	2.769	2.759
-16	0.3672	0.3659	16	1.200	1.195	48	2.836	2.826
-15	0.3844	0.3830	17	1.237	1.232	49	2.904	2.894
-14	0.4021	0.4006	18	1.275	1.270	50	2.974	2.963
-13	0.4202	0.4187	19	1.314	1.308	51	3.044	3.034
-12	0.4389	0.4373	20	1.353	1.348	52	3.116	3.106
-11	0.4580	0.4563	21	1.394	1.388	53	3.189	3.178
-10	0.4776	0.4759	22	1.435	1.429	54	3.263	3.253
-9	0.4978	0.4960	23	1.477	1.471	55	3.338	3.328
-8	0.5185	0.5166	24	1.520	1.513	56	3.415	3.405
-7	0.5398	0.5377	25	1.563	1.557	57	3.493	3.483
-6	0.5616	0.5594	26	1.608	1.601	58	3.572	3.562
-5	0.5839	0.5817	27	1.654	1.647	59	3.653	3.643
-4	0.6069	0.6045	28	1.700	1.693	60	3.735	3.725
-3	0.6304	0.6279	29	1.747	1.740	61	3.818	3.808
-2	0.6545	0.6519	30	1.796	1.788	62	3.902	3.893
-1	0.6791	0.6765	31	1.845	1.837	63	3.988	3.979
0	0.7044	0.7017	32	1.895	1.887	64	4.075	4.066
1	0.7303	0.7274	33	1.946	1.938	65	4.164	4.155

Tabela 5. Wzory do wykorzystania w zadaniu

Ciśnienie absolutne

$$p_a = p_m + 1 \text{ [bar]}$$

p_a – ciśnienie absolutne [bar]

p_m – ciśnienie manometryczne [bar]

Masowe natężenie przepływu czynnika chłodniczego

$$\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_{ss}} \left[\frac{kg}{s} \right]$$

\dot{V} – wydajność objętościowa sprężarki [m³/s]

v_{ss} – objętość właściwa czynnika chłodniczego na ssaniu sprężarki [m³/kg]

Współczynnik efektywności energetycznej urządzenia pracującego w trybie grzania

$$COP = \frac{Q_k}{N_t} \text{ [-]}$$

Q_k – wydajność grzewcza skraplacza [kW]

N_t – moc pobierana przez sprężarkę [kW]

Sezonowy współczynnik efektywności energetycznej urządzenia pracującego w trybie grzania

$$SCOP = (COP_{tz-7^{\circ}C} \times 61\%) + (COP_{tz 2^{\circ}C} \times 37\%) + (COP_{tz 7^{\circ}C} \times 24\%) + (COP_{tz 12^{\circ}C} \times 11\%)$$

$COP_{tz-7^{\circ}C} \times 61\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej -7 °C przemnożony przez 61% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz 2^{\circ}C} \times 37\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej 2 °C przemnożony przez 37% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz 7^{\circ}C} \times 24\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej 7 °C przemnożony przez 24% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

$COP_{tz 12^{\circ}C} \times 11\%$ - współczynnik efektywności energetycznej określony przy temperaturze zewnętrznej 12 °C przemnożony przez 11% wydajności z jaką pracuje urządzenie w ciągu sezonu grzewczego

Czas przeznaczony na wykonanie zadania wynosi 180 minut.

Ocenić będą 6 rezultatów:

- wyposażenie stanowiska badawczo-pomiarowego - tabela 6,
- wartości temperatury parowania i skraplania - tabela 7,
- przebieg przemian czynnika chłodniczego na wykresie Molliera,
- wartości charakterystycznych parametrów odczytane z diagramu chłodniczego - tabela 8,
- wartości wydajności grzewczej i mocy sprężarki pompy ciepła - tabela 9,
- wartości współczynnika efektywności energetycznej chwilowej COP i sezonowej SCOP oraz wyznaczone klasy energetyczne - tabela 10.

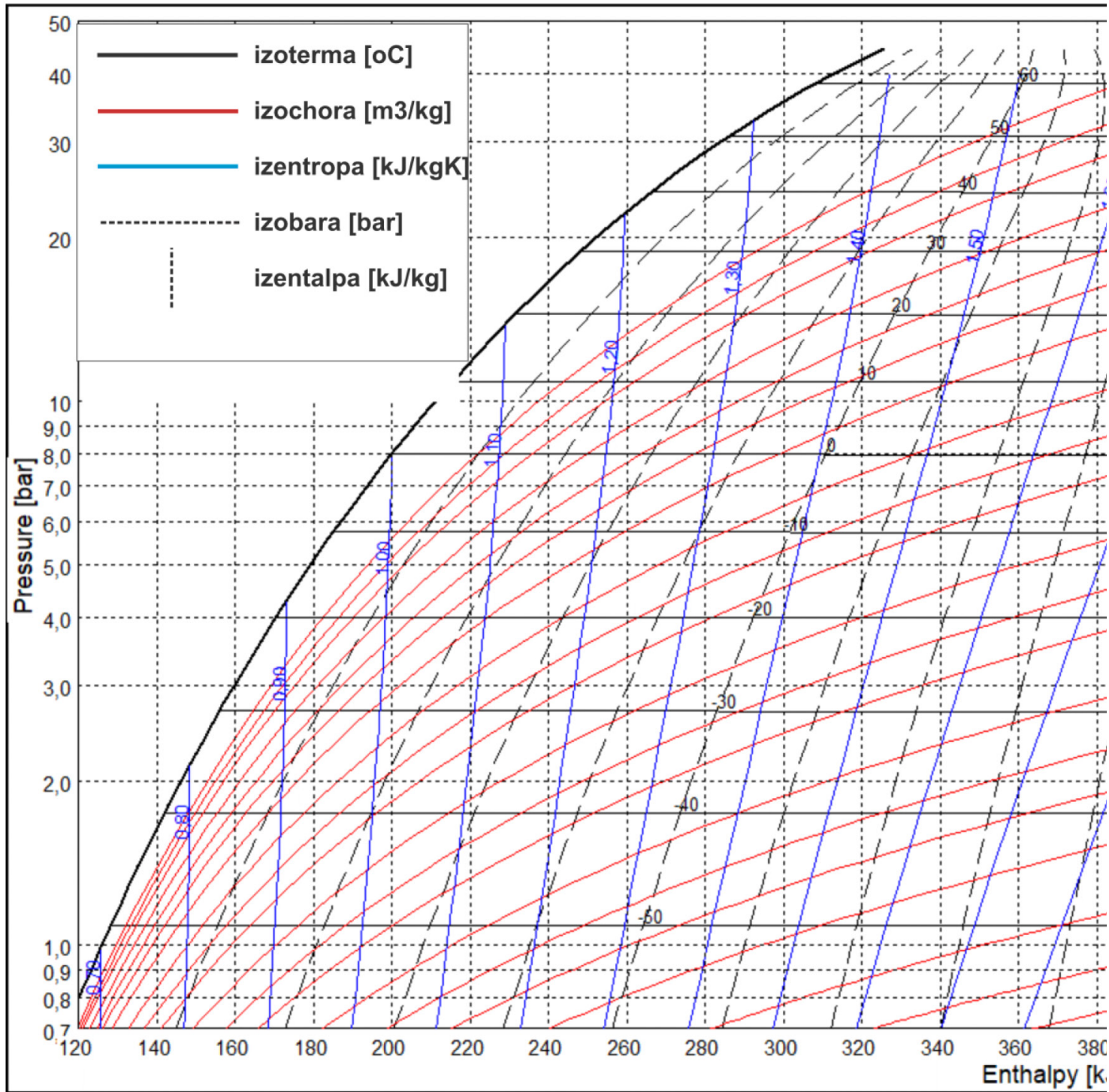
KARTA OKREŚLENIA KLASY ENERGETYCZNEJ POMPY CIEPŁA

Tabela 6. Wyposażenie stanowiska badawczo-pomiarowego		
Lp.	Nazwa aparatury	Mierzona wielkość / Wykonywana funkcja
1		
2		
3		

Tabela 7. Wartości temperatury parowania i skraplania			
1. Wyznaczenie wartości temperatury parowania na podstawie odczytów ciśnienia i temperatury na wyjściu z parownika (przegrzanie musi się mieścić w granicach od 4K – 9 K)			
Ciśnienie manometryczne par nasyconych na wyjściu z parownika	$p_o = \dots\dots\dots^*$	temperatura par nasyconych na wyjściu z parownika	$t_o = \dots\dots\dots^*$
Zmierzona temperatura par czynnika na wyjściu z parownika		$t_5 = \dots\dots\dots^*$	
Obliczona wartość przegrzania $\dots\dots\dots^*$ Przegrzanie mieści się w wyznaczonych granicach – właściwe podkreślić TAK/NIE			
2. Wyznaczenie wartości temperatury skraplania na podstawie odczytów ciśnienia i temperatury na wyjściu ze skraplacza (dochłodzenie powinno znajdować się w granicach od 2K – 6 K)			
Ciśnienie manometryczne zmierzona na wyjściu ze skraplacza	$P_k = \dots\dots\dots^*$	temperatura skraplania	$t_k = \dots\dots\dots^*$
Zmierzona temperatura czynnika chłodniczego na wyjściu ze skraplacza		$t_3 = \dots\dots\dots^*$	
Obliczona wartość dochłodzenia $\dots\dots\dots^*$ Dochłodzenie mieści się w wyznaczonych granicach – właściwe podkreślić TAK/NIE			
* Uwaga! Należy podać wartość wraz z jednostkami.			

Wykres Molliera dla czynnika R 410A – ciśnienie absolutne

Wykreśl na diagramie przemiany termodynamiczne zachodzące w badanej pompie ciepła. Oznaczenie punktów musi być zgodne ze schematem ideowym obiegu pompy ciepła (punkty od 1 – 5) przedstawionym na rysunku 1.



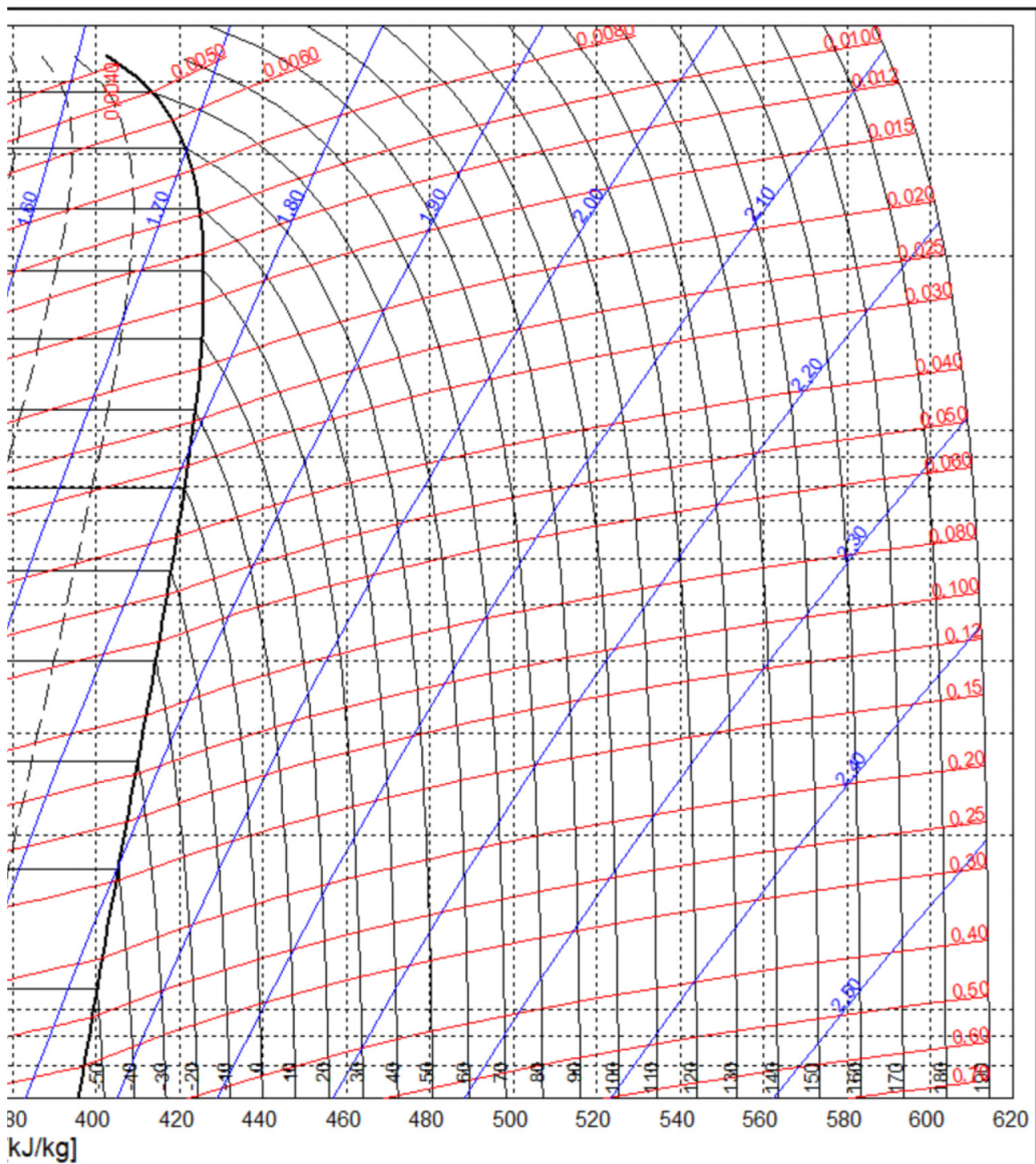


Tabela 8. Wartości charakterystycznych parametrów odczytane z diagramu chłodniczego			
Lp.	Parametr	Wartość*	Jednostki
1.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 1, h_1		
2.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 2, h_2		
3.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 3 i 4, $h_3=h_4$		
4.	entalpia czynnika chłodniczego w punkcie 5, h_5		
5.	objętość właściwa czynnika chłodniczego na ssaniu sprężarki v_{ss} ,		

* odczyt z dokładnością $\pm 5\%$

Tabela 9. Wartości wydajności grzewczej i mocy sprężarki pompy ciepła	
jednostkowa wydajność grzewcza $q_k = h_2 - h_3 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$	
jednostkowa moc sprężania $l_t = h_2 - h_1 \left[\frac{kJ}{kg} \right]$	
strumień masowy czynnika chłodniczego $\dot{m} = \frac{\dot{V}}{v_{ss}} \left[\frac{kg}{s} \right]$	
wydajność grzewcza urządzenia $Q_k = q_k \times \dot{m} [kW]$	
moc pobierana przez sprężarkę $N_t = l_t \times \dot{m} [kW]$	

Tabela 10. Wartości współczynnika efektywności energetycznej chwilowej COP i sezonowej SCOP oraz wyznaczone klasy energetyczne

<p>Współczynnik efektywności energetycznej chwilowej COP dla temperatury powietrza zewnętrznego $t_{pow} = 2^{\circ}\text{C}$</p>	<p>Klasa energetyczna dla obliczonej wartości COP odczytana z tabeli nr 2</p>										
<p>(wzór)</p> <p>(wartość) COP =</p>											
<p>Współczynnik efektywności energetycznej sezonowej SCOP</p>	<p>Klasa energetyczna dla obliczonej wartości SCOP odczytana z tabeli nr 3</p>										
<p>Wyniki pomiarów COP dla temperatur wzorcowych powietrza zewnętrznego</p> <table border="1" data-bbox="220 1070 917 1384"> <thead> <tr> <th>Temperatura zewnętrzna, [°C]</th> <th>Wartość współczynnika COP</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-7</td> <td>2,9</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td><i>uwaga*</i></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>4,24</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>4,39</td> </tr> </tbody> </table> <p>*wstawić obliczoną wartości COP dla temperatury powietrza zewnętrznego $t_{pow} = 2^{\circ}\text{C}$</p> <p>SCOP =</p>	Temperatura zewnętrzna, [°C]	Wartość współczynnika COP	-7	2,9	2	<i>uwaga*</i>	7	4,24	12	4,39	
Temperatura zewnętrzna, [°C]	Wartość współczynnika COP										
-7	2,9										
2	<i>uwaga*</i>										
7	4,24										
12	4,39										