



UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO

Matjaž RAMŠAK

Zbirka rešenih izpitnih nalog pri predmetu
Klimatizacija (HVAC)
za študijsko leto 2019/2020



(vir: <http://www.menerga.si/>)

MARIBOR, oktober 2020

HVAC 2019/2020

CIP – kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

[CIP številka]

Matjaž Ramšak
Zbirka rešenih izpitnih nalog pri
predmetu Klimatizacija (HVAC)
za študijsko leto 2019/2020/Ramšak M,
Maribor, FS Maribor]

[ISBN]

[Naslov knjižne zbirke in ISSN številka]

[COBISS-ID]

Naslov:	Zbirka rešenih izpitnih nalog pri predmetu Klimatizacija (HVAC) za študijsko leto 2019/2020
Avtor:	Matjaž Ramšak
Strokovni recenzenti:	Jure Marn, Matej Zadravec
Jezikovni recenzent:	Zvezdana Sabol Golob
Tehnični recenzenti:	Janez Čep
Računalniški prelom:	
Oblikovanje slik:	
Oblikovanje ovitka:	
Tipologija/vrsta publikacije:	e-študijsko gradivo
Založnik:	Fakulteta za strojništvo
Kraj založbe:	Maribor
Datum izida:	[]
Različica (e-pub):	R [številka]
URL (e-pub):	http://dk.um.si/...
Sistemske zahteve (e-pub):	računalnik, internetni dostop
Programske zahteve (e-pub):	internetni brskalnik, program Adobe Reader

KAZALO

Prazni izpiti za reševanje

Izpit 07.02.2020	4
Izpit 11.06.2020	6
Izpit 04.09.2020	8

h-x diagram	10
-------------	----

Rešeni izpiti

Izpit 07.02.2020	11
Izpit 11.06.2020	15
Izpit 04.09.2020	19

NAVODILO

Pričujoča zbirka rešenih izpitnih nalog je študentom v pomoč pri pripravi na pisni del izpita. V prvem delu gradiva so podane naloge, pripravljene za tiskanje in razvrščene po datumih izpita. V drugem delu gradiva so podane njihove rešitve.

Dovoljena literatura pri reševanju izpita je izključno strojniški priročnik. Diagram h-x je sestavni del izpitne pole.

Pri reševanju nalog vam želim veselja in uspeha.

asistent Matjaž Ramšak

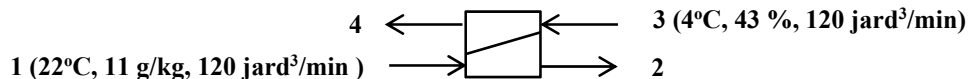
HVAC, 07. 02. 2020

50%	50%

Priimek in ime: _____ Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Pri **računskih** nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: $0.00123456=0.1235e-2$ ali $1.235kJ$). Rešitev je pravilna, če je znotraj ± 5 na 3 pomembnem mestu. **Grafično rešitev** vrišete na priloženi diagram. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta, kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen, če je vaša vrednost znotraj $\pm$ zapisane tolerance v drugi vrstici tabele, kar ustreza ± 2 mm napake na h-x diagramu. Na razpolago je 90 minut časa za reševanje nalog. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodatni list. Pretoki zraka pomenijo pretok suhega zraka pri normalnih pogojih. **Pazite na enote!**

1. **Računsko** s pomočjo tabel rešite rekuperator toplote na spodnji sliki. Rezultate zapišite v tabelo. Izkoristek prenosa senzibilne toplote je 89 %. V primeru kondenzacije predpostavite 100 % vlažnost zraka na izhodu iz rekuperatorja.



	T[°C]	ϕ [%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]
1					
2					
3					
4					

Količina izločene vode

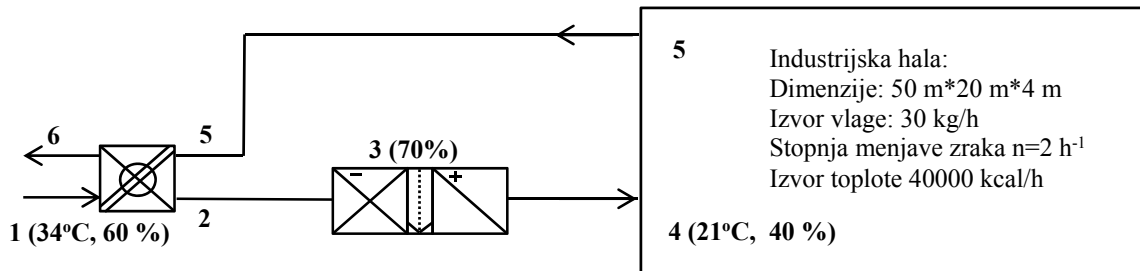
_____ [kg/h]

Toplotna moč rekuperatorja

_____ [kW]

HVAC, 07. 02. 2020

2. S pomočjo **h-x diagrama** rešite nalogo za klimatizacijsko napravo na sliki. Naprava vsebuje regenerator zraka z izkoristkom izmenjave senzibilne toplote 65 % in latentne toplote 43 %.



	T[°C]	ϕ [%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
tol	0,6	4,	0,4	1,0
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Značilnosti prezračevalne naprave:

Hladilna moč 2-3 _____ [kW]

Grelna moč 3-4 _____ [kW]

Toplotna moč regeneratorja _____ [kW]

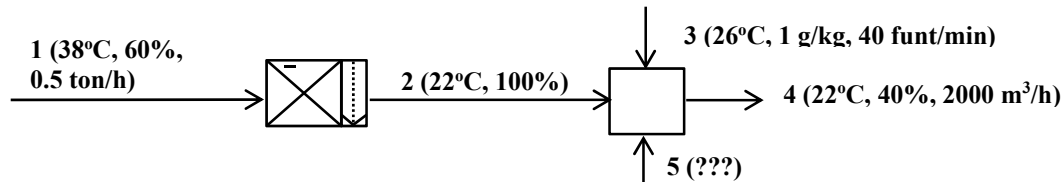
HVAC, 11. 06. 2020

50%	50%

Priimek in ime: _____ Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Pri **računskih** nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: $0.00123456=0.1235\text{e-}2$ ali 1.235kJ). Rešitev je pravilna, če je znotraj ± 5 na 3 pomembnem mestu. **Grafično rešitev** vrišete na priloženi diagram. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta, kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen, če je vaša vrednost znotraj $\pm$ zapisane tolerance v drugi vrstici tabele, kar ustreza ± 2 mm napake na h-x diagramu. Na razpolago je 90 minut časa za reševanje nalog. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodatni list. Pretoki zraka pomenijo pretok suhega zraka pri normalnih pogojih. **Pazite na enote!**

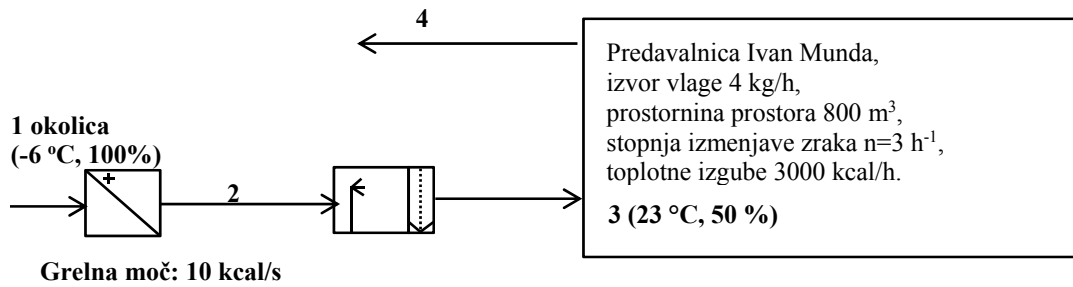
1. **Računsko** s pomočjo tabel rešite napravo na spodnji sliki. Rezultate zapišite v tabelo.



	T[°C]	ϕ [%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]
1					
2					
3					
4					
5					

Hladilna moč 1-2 _____ [kW]
 Količina kondenzata 1-2 _____ [kg/h]
 Stopnja razvlaževanja 1-2 _____ [%]
 Pretok 5 _____ [kg/h]

HVAC, 11. 06. 2020

2. S pomočjo **h-x diagrama** rešite nalogo za klimatizacijsko napravo na sliki.

	T[°C]	ϕ [%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
tol	0,6	4,	0,4	1,0
1				
2				
3				
4				

Stopnja vlaženja _____ [%]

Rosišče točke 4 _____ [°C]

Masni tok zraka _____ [kg/h]

Kol. vode za vlaženje 23 _____ [kg/h]

Grelna moč 12 _____ [kW]

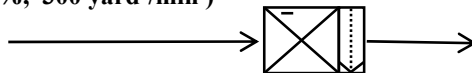
HVAC, 04.09.2020

50%	50%

Priimek in ime: _____ Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Pri **računskih** nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: $0.00123456=0.1235e-2$ ali $1.235kJ$). Rešitev je pravilna, če je znotraj ± 5 na 3 pomembnem mestu. **Grafično rešitev** vrišete na priloženi diagram. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta, kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen, če je vaša vrednost znotraj $\pm$ zapisane tolerance v drugi vrstici tabele, kar ustreza ± 2 mm napake na h-x diagramu. Na razpolago je 90 minut časa za reševanje nalog. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodatni list. Pretoki zraka pomenijo pretok suhega zraka pri normalnih pogojih. Pazite na enote!

1. **Računsko** s pomočjo tabel rešite nalogo za hladilnik vlažnega zraka na spodnji sliki za dve vrednosti temperature hladilnih površin: a) 24°C in b) 10°C . Rezultate zapišite v tabelo.

1 (34°C , 50 %, 300 yard^3/min)

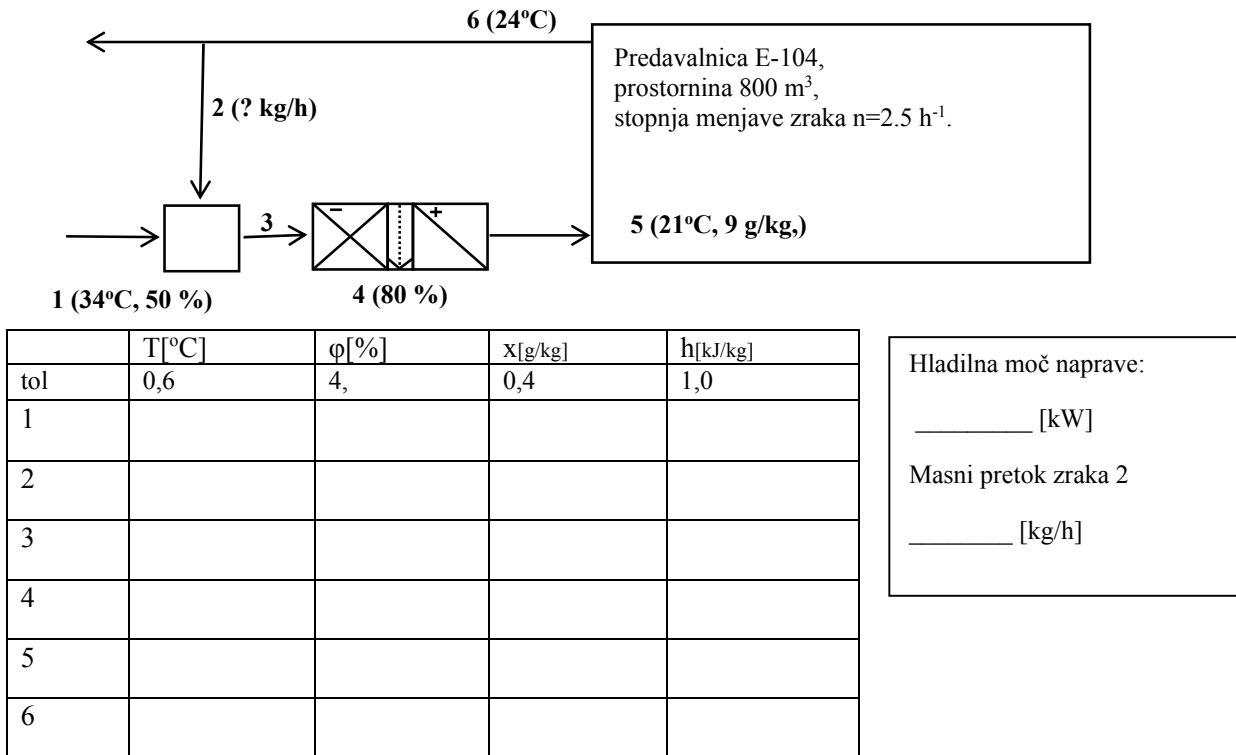
2a (rel. vlažnost 80 %)

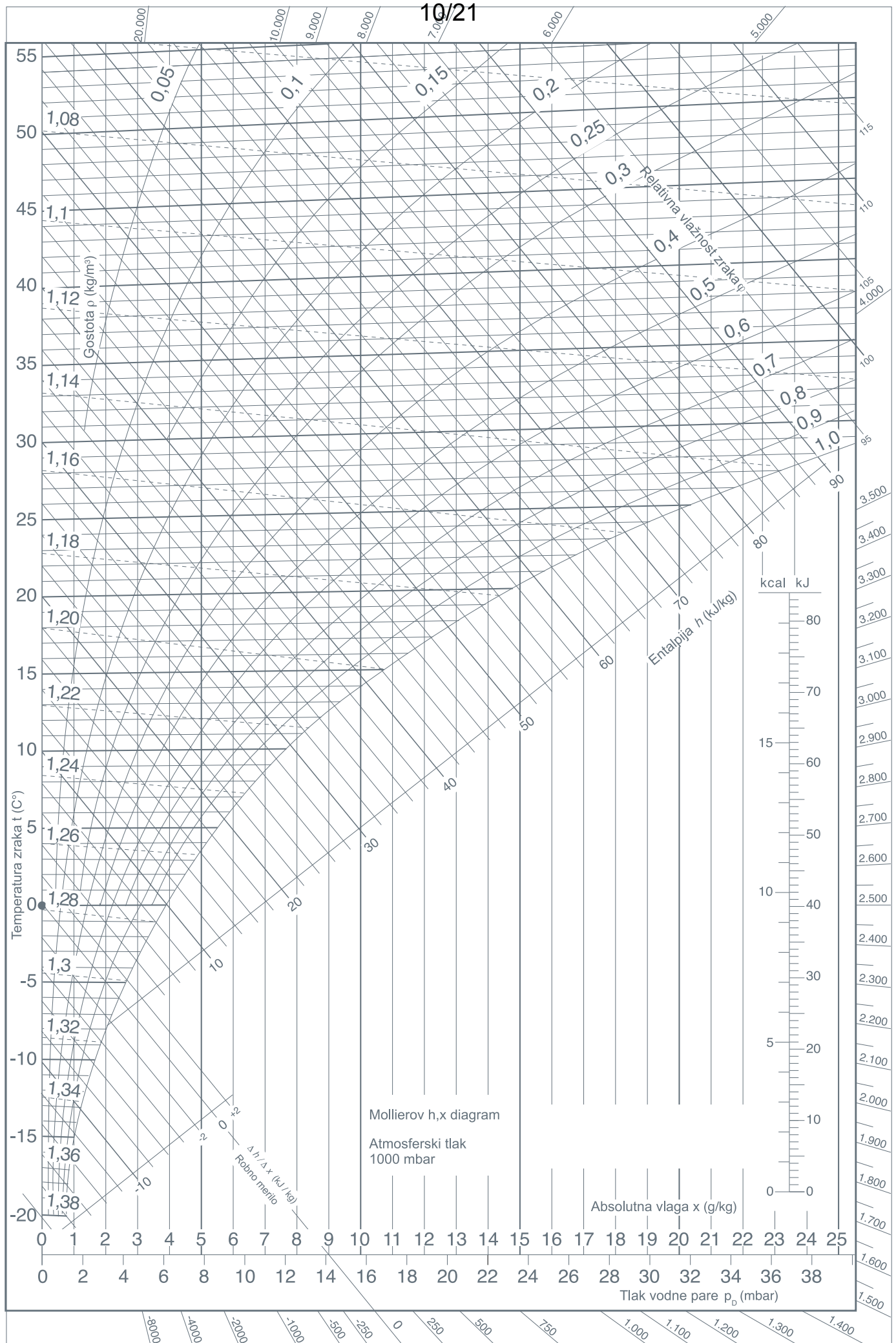
2b (do enake temperature kot pri 2a)

	T[$^{\circ}\text{C}$]	ϕ [%]	x[g/kg]	h[kJ/kg]	x _s [g/kg]	Hladilna moč: 2a _____ [kW] 2b _____ [kW]
1						
2a						
2b						

HVAC, 04.09.2020

2. S pomočjo h-x diagrama rešite nalogo za klimatizacijsko napravo na sliki. Temperatura hladilnih površin hladilnika vlažnega zraka je 10°C .





HVAC, 07. 02. 2020

50%	50%

Priimek in ime: _____

Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Prosim, pri **računskih** nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: $0.00123456 = 0.1235 \times 10^{-2}$ ali 1.235 kJ). Rešitve je pravilna, če je znotraj ± 5 na 3 pomembnem mestu. **Grafično rešitev** vrišete na priloženi diagram. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen če je vaša vrednost znotraj $\pm$ zapisane tolerance v drugi vrstici tabele, kar ustreza $\pm 2 \text{ mm}$ napake na h-x diagramu. Čas reševanja 90 min. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodaten list. Pretoki zraka pomenijo pretok suhega zraka pri normalnih pogojih. Pazite na enote.

1. **Računsko** s pomočjo tabel rešite rekuperator toplote. Rezultate zapišite v tabelo. Izkoristek prenosa čutne toplote je 89%. V primeru kondenzacije predpostavite 100% vlažnost zraka na izhodu iz rekuperatorja.



	T[°C]	ϕ [%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]	Količina izločene vode
1	22	65.17	11	50.08	16.88	16.08 [kg/h] (15)
(10) 2	11.82	100	8.740	33.92	8.740	Toplotna moč rekup.
3	4	43	2.192	9.517	5.098	31.95 [kW] (15)
(10) 4	20.02	14.71	2.192	25.68	14.90	

$$\textcircled{1} \phi_1 = \frac{X_1}{X_s} = \frac{11}{16.88} = 0.6517 \quad h_1 = 1.005 \times 22 + 11(2.5 + 0.001926 \cdot 22) = 50.08 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\textcircled{3} X_3 = 0.43 \times 5.098 = 2.192 \quad h_3 = 4 \quad 2.192 \quad h = 9.517 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\eta = \frac{\Delta t}{\Delta t_{\max}} \Rightarrow \Delta t = 0.89(22 - 4) = 16.02^\circ\text{C} \Rightarrow \begin{cases} t_2 = 5.98^\circ\text{C} \\ t_4 = 20.02^\circ\text{C} \end{cases}$$

$X_s(6^\circ\text{C}) = 6 \text{ g/kg} < 11 \text{ g/kg} = X_1 \Rightarrow$ KONDENZACIJA JE
 Ali: ROŠIŠČE STANJA $\textcircled{1}$ JE $\approx 15.5^\circ\text{C} > t_3 = 4^\circ\text{C}$ (DIAGRAM)

$$\textcircled{4} h_2 = 1.005 \cdot 20.02 + 2.192(2.5 + 0.001926 \cdot 20.02) = 25.68 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$X_s(20.02) = 14.88 + \frac{0.02}{2}(16.88 - 14.88) = 14.90 \text{ g/kg}$$

$$\phi_4 = \frac{2.192}{14.90} \approx 0.1471$$

$$\textcircled{2} \Delta h_{34} = (25.68 - 9.517) = 16.16 \text{ kJ/kg} = \Delta h_{12}$$

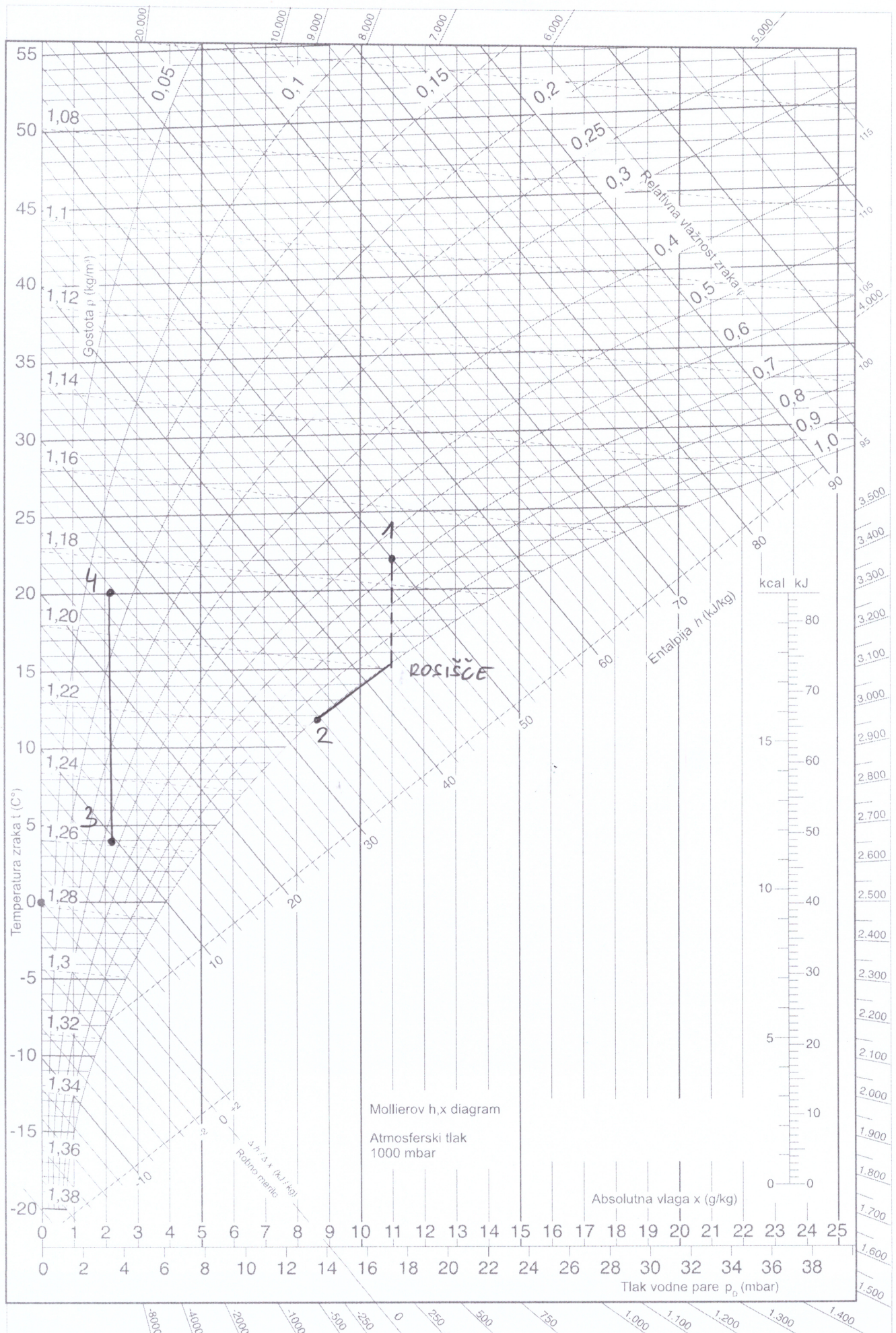
$$h_2 = 50.08 - 16.16 = 33.92$$

t	h _s	X _s		t = 11.82 °C
10	29.52	7.727		
12	34.36	8.841	- 33.92; $\epsilon = \frac{33.92 - 29.52}{34.36 - 29.52} = 0.9091$	X _s = 8.740 $\frac{\text{g}}{\text{kg}}$

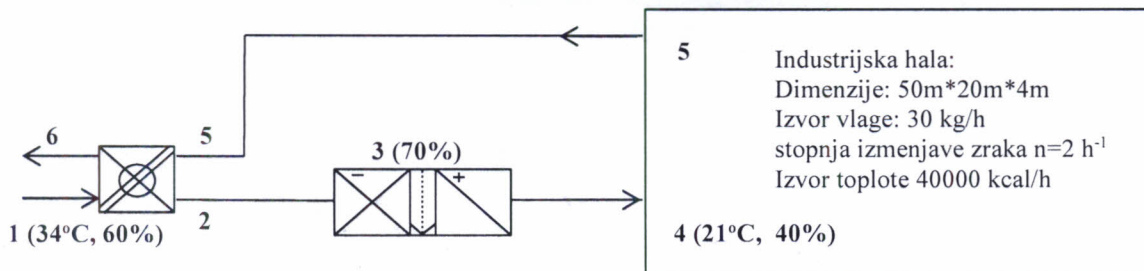
$$\dot{V} = 120 \frac{\text{jard}^3}{\text{min}} \cdot \left(\frac{0.9144 \text{ m}}{\text{jard}} \right)^3 \cdot \frac{\text{min}}{60 \text{ s}} = 1.529 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}; \dot{m} = 1.977 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{m}_v = \dot{m}_{\text{zr}} \cdot \Delta X_{12} = 1.977 \cdot (11 - 8.740) = 4.468 \text{ g/s} = 16.08 \text{ kg/h}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_{\text{zr}} \cdot \Delta h = 1.977 \times 16.16 = 31.95 \text{ kW}$$



2. S pomočjo **h-x diagrama** rešite nalogo za klimatizacijsko napravo na sliki. Naprava vsebuje regenerator zraka z izkoristkom izmenjave čutne toplote 65% in latentne toplote 43%.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
Tol +/-	0,2	2,	0,2	0,5
1	34	60	20.4	86.4
2	31.14	54	15.54	71.0
3	12.1	70	6.2	28.0
4	21	40	6.2	36.8
5	29.6	36	9.101	52.99
6	32.46	46	13.96	68.3

Značilnosti prezračevalne naprave:

Hladilna moč 2-3 123.5 [kW] (10)

Grelna moč 3-4 25.28 [kW] (10)

Toplotna moč regeneratorja 44 [kW] (10)

• 4 → 5 : $\dot{m}_z = g \cdot \dot{V} = 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (50 \times 20 \times 4) \text{m}^3 \cdot 2 \frac{\text{h}}{3600 \text{s}} = 2.873 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

$\dot{Q} = \dot{m}_z \cdot \Delta h \Rightarrow \Delta h = \frac{46.52 \text{ kJ}}{2.873 \frac{\text{kg}}{\text{s}}} = 16.19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$40000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{s}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{4.187 \text{ kJ}} = 46.52 \text{ kW}$

$\dot{m}_v = \Delta X \cdot \dot{m}_z \Rightarrow \Delta X = \frac{30 \text{ kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{2.873 \text{ kg} \cdot 3600 \text{s}} = 2.901 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$

• REGENERATOR

$\Delta T = \eta_c \cdot \Delta T_{\text{MAX}} = 0.65 (34 - 29.6) = 2.860^\circ\text{C}$

$\Delta X = \eta_L \cdot \Delta X_{\text{MAX}} = 0.43 (20.4 - 9.101) = 4.859 \text{ g/kg}$

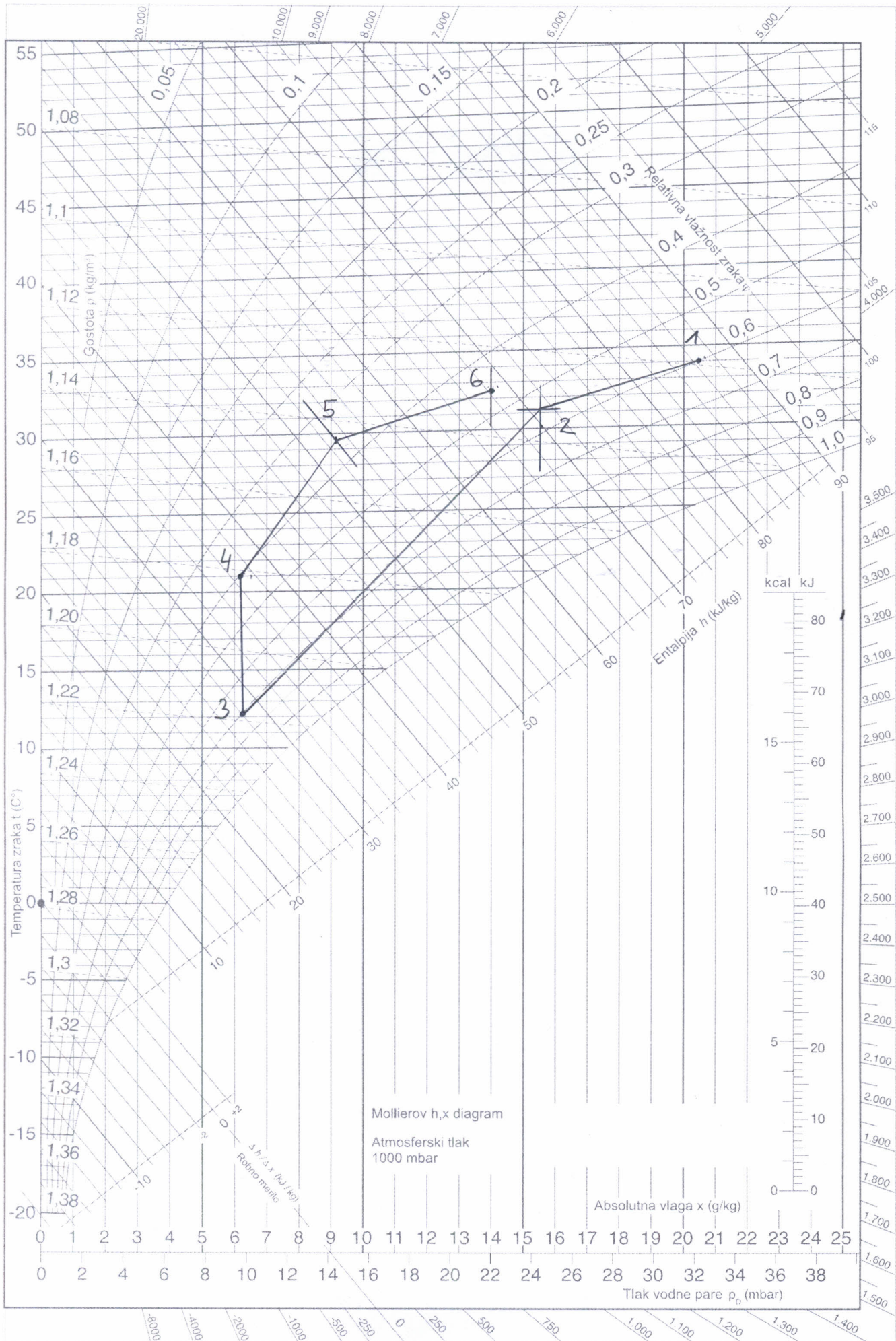
• $\dot{Q}_{23} = \dot{m}_z (h_2 - h_3) = 2.873 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (71.0 - 28.0) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 123.5 \text{ kW}$

• $\dot{Q}_{34} = \dot{m}_z (h_4 - h_3) = 2.873 (36.8 - 28.0) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 25.28 \text{ kW}$

• $\dot{Q}_{12} = \dot{m}_z (h_1 - h_2) = 2.873 (86.4 - 71.0) = 44.24 \text{ kW}$

$\dot{Q}_{56} = \dot{m}_z (h_6 - h_5) = 2.873 (68.3 - 52.99) = 43.98 \text{ kW}$

} 44 kW



HVAC, 11. 06. 2020

50%	50%

Priimek in ime: _____

Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Pri računskih nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: $0.00123456 = 0.1235 \cdot 10^{-2}$ ali 1.235 kJ). Rešitev je pravilna, če je znotraj ± 5 na 3 pomembnem mestu. Grafično rešitev vrišete na priloženi diagram. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta, kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen, če je vaša vrednost znotraj $\pm$ zapisane tolerance v drugi vrstici tabele, kar ustreza ± 2 mm napake na h-x diagramu. Na razpolago je 90 minut časa za reševanje nalog. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodatni list. Pretoki zraka pomenijo pretok suhega zraka pri normalnih pogojih. Pazite na enote!

1. Računsko s pomočjo tabel rešite napravo na spodnji sliki. Rezultate zapišite v tabelo.

	T[°C]	ϕ [%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]
1	38	60	26.47	106.3	44.12
2	22	100	16.88	65.03	16.88
3	26	4.625	1	28.68	21.62
4	22	40	6.752	39.28	16.88
5	17.70	61.84	7.953	37.94	12.86

Hladilna moč 1-2	5.732 [kW]
Količina kondenzata 1-2	4.795 [kg/h]
Stopnja razvlaževanja 1-2	100 [%]
Pretok 5	997.2 [kg/h]

$$(1) \quad x = 0.60 \cdot 44.12 = 26.47 \text{ g/kg}$$

$$h = 1.005 \cdot 38 + 26.47 (2.5 + 0.001976 \cdot 38) = 106.3 \text{ kJ/kg}$$

$$(2) \quad h = 1.005 \cdot 22 + 16.88 (2.5 + 0.001976 \cdot 22) = 65.03 \text{ kJ/kg} \text{ ali } 65.01 \text{ tabela}$$

$$(4) \quad x = 0.40 \cdot 16.88 = 6.752 \quad h = 1.005 \cdot 22 + 6.752 (2.5 + 0.001976 \cdot 22) = 39.28 \text{ kJ/kg}$$

$$(5) \quad \phi = \frac{1}{21.62} \cdot 100\% = 4.625\% \quad h = 1.005 \cdot 26 + 1 (2.5 + 0.001976 \cdot 26) = 28.68 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{m}_{12} = \frac{500 \text{ kg}}{\text{h}} \quad \dot{m}_v = \dot{m}_{12} \Delta X_{12} = 500 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot (26.47 - 16.88) \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 4.795 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$= 0.1389 \frac{\text{kg}}{\Delta} \quad \dot{Q}_{12} = \dot{m}_{12} \Delta h = 0.1389 \cdot (106.3 - 65.03) = 5.732 \text{ kW}$$

$$3. \quad 40 \frac{\text{funt}}{\text{min}} \cdot \frac{0.4536 \text{ kg}}{1 \text{ funt}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \Delta} = 0.3024 \frac{\text{kg}}{\Delta}$$

$$\dot{m}_4 = 2000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \Delta} = 0.7183 \frac{\text{kg}}{\Delta}$$

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_3 + \dot{m}_5 = \dot{m}_4 \Rightarrow \dot{m}_5 = \dot{m}_4 - (\dot{m}_1 + \dot{m}_3) = 0.7183 - (0.1389 + 0.3024)$$

$$\dot{m}_5 = 0.2770 \text{ kg}/\Delta = 997.2 \text{ kg/h}$$

$$x_2 \cdot \dot{m}_2 + x_3 \cdot \dot{m}_3 + x_5 \cdot \dot{m}_5 = x_4 \cdot \dot{m}_4$$

$$x_5 = \frac{1}{\dot{m}_5} [x_4 \cdot \dot{m}_4 - (x_2 \cdot \dot{m}_2 + x_3 \cdot \dot{m}_3)] = \frac{1}{0.2770} [6.752 \cdot 0.7183 - (26.47 \cdot 0.1389 + 1 \cdot 0.3024)] = 7.953 \text{ g/kg}$$

$$h_5 = \frac{1}{\dot{m}_5} \left[h_4 \cdot \dot{m}_4 - (h_2 \dot{m}_2 + h_3 \dot{m}_3) \right] =$$

$$= \frac{1}{0.2770} \left[39.28 \cdot 0.7183 - (65.03 \cdot 0.1389 + 28.68 \cdot 0.3024) \right] = 37.94 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

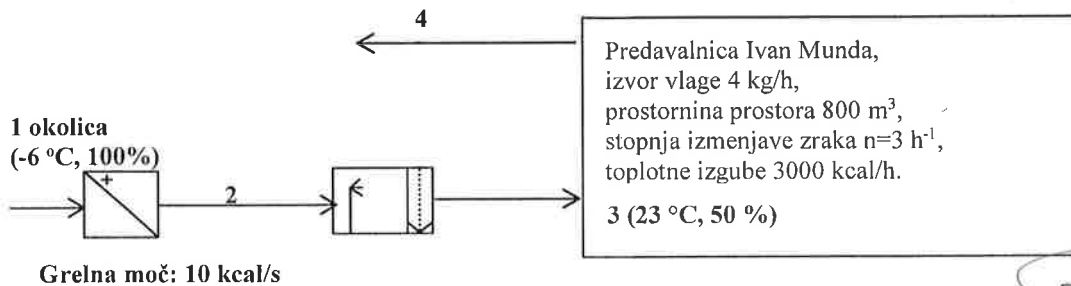
$$t_5 = \frac{37.94 - 7.953 \cdot 2.5}{1.005 + 7.953 \cdot 0.001926} = 17.70^\circ \text{C}$$

$$x_s(17.70^\circ \text{C}) = 11.51 + \frac{1.70}{2} (13.10 - 11.51) = 12.86 \text{ g/kg}$$

$$p_5 = \frac{7.953}{12.86} = 0.6184$$

HVAC, 11. 06. 2020

2. S pomočjo h-x diagrama rešite nalogo za klimatizacijsko napravo na sliki.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
tol	0,6	4,	0,4	1,0
1	-6	100	2.4	0.0
2	39.0 (5)	6 (5)	2.4	45.5
3	23	50	8.8	45.5
4	15.2 (5)	94	10.09 (5)	41.45 (5)

Stopnja vlaženja	69.57 [%]
Rosišče točke 4	14.2 [°C]
Masni tok zraka	3103 [kg/h]
Količina vode za vlaženje	23: 19.86 [kg/h]
$\dot{Q}_{12} =$	39.22 [kW]

$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V} = 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 800 \text{ m}^3 \cdot \frac{3}{\text{h}} \cdot \frac{1}{3600 \text{ s}} = 0.8620 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_{zv} \cdot \Delta h_{34} \Rightarrow \Delta h_{34} = \frac{3.489 \text{ kJ/s}}{0.8620 \text{ kg/s}} = 4.048 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$3000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \cdot \frac{4.187 \text{ kJ}}{1 \text{ kcal}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 3.489 \text{ kW}$$

$$34: \dot{m}_v = \dot{m}_{zv} \Delta X_{34} \Rightarrow \Delta X_{34} = \frac{4 \text{ kg v}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{1}{0.8620 \text{ kg z}} = 1.289 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg v}}{\text{kg z}}$$

$$\eta = \frac{\Delta t}{\Delta t_{\text{max}}} = \frac{39 - 23}{39 - 16} = 0.6957$$

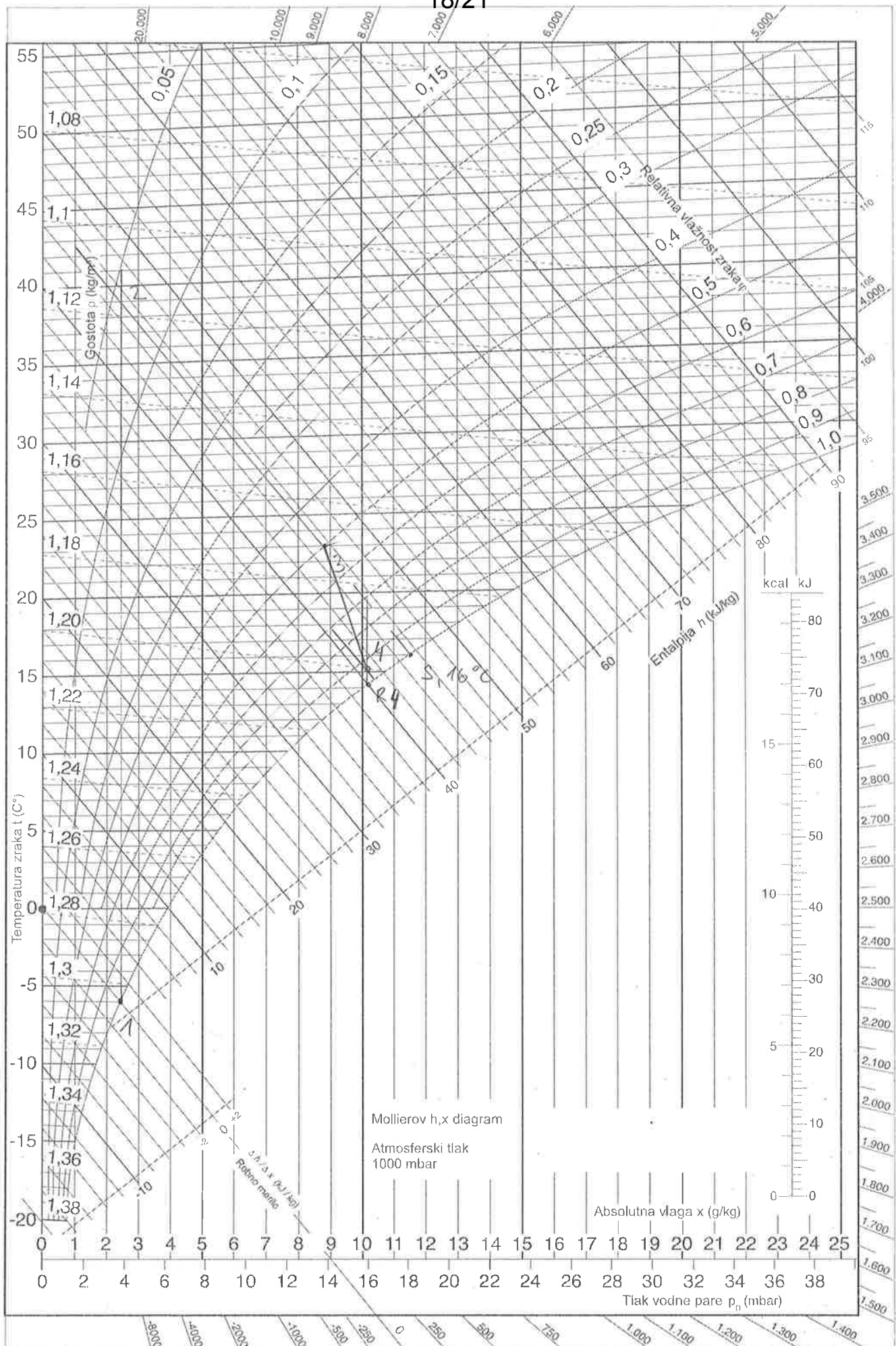
$$= 1.289 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg v}}{\text{kg z}} = 1.289 \frac{\text{g v}}{\text{kg z}}$$

$$10.089$$

$$\dot{m}_{v23} = \dot{m}_{zv} \Delta X_{23} = 0.8620 \frac{\text{kg z}}{\text{s}} \cdot (8.8 - 2.4) \frac{\text{g v}}{\text{kg z}} = 5.517 \frac{\text{g v}}{\text{s}}$$

$$\dot{Q}_{12} = \dot{m}_{zv} \Delta h_{12} = 0.8620 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (45.5 - \phi) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 19.86 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = \dot{m}_{v23}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{12} = 39.22 \text{ kW}$$



HVAC, 04.09.2020

50%	50%

Priimek in ime: REŠITEV

Vpisna številka: _____

Ocenjujem pravilnost številskih rezultatov. Za pravilni postopek praviloma ne podeljujem procentov. Pri računskih nalogah zaokrožite števila na 4 pomembna mesta (npr.: $0.00123456 = 0.1235e-2$ ali $1.235e-2$). Rešitev je pravilna, če je znotraj ± 5 na 3 pomembnem mestu. Grafično rešitev vrišete na priloženi diagram. Odčitane vrednosti zapisujete na decimalna mesta, kot je prikazano v prvi vrstici tabele. Rezultat je pravilen, če je vaša vrednost znotraj $\pm$ zapisane tolerance v drugi vrstici tabele, kar ustreza ± 2 mm napake na h-x diagramu. Čas reševanja 90 min. Pišite kar na ta list. Po potrebi dobite dodatni list. Pretoki zraka pomenijo pretok suhega zraka pri normalnih pogojih. Pazite na enote!

1. Računsko s pomočjo tabel rešite hladilnik vlažnega zraka na spodnji sliki za dve vrednosti temperature hladilnih površin: a) 24°C in b) 10°C . Rezultate zapišite v tabelo. Bonus 5% dobite za pravilno grafično rešitev.

1 (34°C , 50%, 300 yard^3/min)

2a (rel. vlažnost 80%)

2b (do enake temperature kot pri 2a)

	T[°C]	ϕ [%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]	Xs[g/kg]
1	34	50	17.47	78.99	34.94
2a	26.16	80	17.47	70.85	21.84
2b	26.16	65.43	14.29	62.74	21.84

Hladilna moč:

2a 40.24 [kW]2b 80.32 [kW]

$$X_1 = \phi \cdot X_s = 0.50 \cdot 34.94 = 17.47 \text{ g/kg}$$

$$h_1 = 1.005 \cdot 34 + 17.47 (2.5 + 0.001926 \cdot 34) = 78.99 \text{ kJ/kg}$$

$$\dot{V} = 300 \frac{\text{yard}^3}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \frac{0.76455 \text{ m}^3}{1 \text{ yard}^3} = 3.823 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 1.293 \text{ kg/m}^3 \cdot 3.823 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 4.943 \text{ kg/s}$$

2a) $t_h = 24^\circ\text{C} > t_{\text{rosišča}} = 22^\circ\text{C}$ (diagram ali tabela X_s)
KONDENZACIJE NI, $x = \text{konst}$

$$\phi = \frac{X}{X_s} \Rightarrow X_s = \frac{X}{\phi} = \frac{17.47}{0.8} = 21.84 \text{ g/kg}$$

$$\begin{array}{cc} t & X_s \\ 26 & 21.62 \\ 28 & 24.42 \end{array} \leftarrow 21.84 \quad \text{Interpolacija: } \frac{21.84 - 21.62}{24.42 - 21.62} = 0.07857$$

$$t = 26 + 0.07857(2) = 26.16^\circ\text{C}$$

$$h = 1.005 \cdot 26.16 + 17.47 (2.5 + 0.001926 \cdot 26.16) = 70.85 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \Delta h = 4.943 \cdot (78.99 - 70.85) = 40.24 \text{ kW}$$

2b) $t_h = 10^\circ\text{C} \ll t_R$; KONDENZACIJA JE.

$$\text{STOPNJA RAZVLAŽEVANJA } \eta = \frac{\Delta t}{\Delta t_{\text{max}}} = \frac{34 - 26.16}{34 - 10} = 0.3267$$

$$\Delta X = \eta \Delta X_{\text{max}} = 0.3267 (17.47 - 7.727) = 3.183 \text{ g/kg}$$

$$X = 17.47 - 3.183 = 14.29 \text{ g/kg}$$

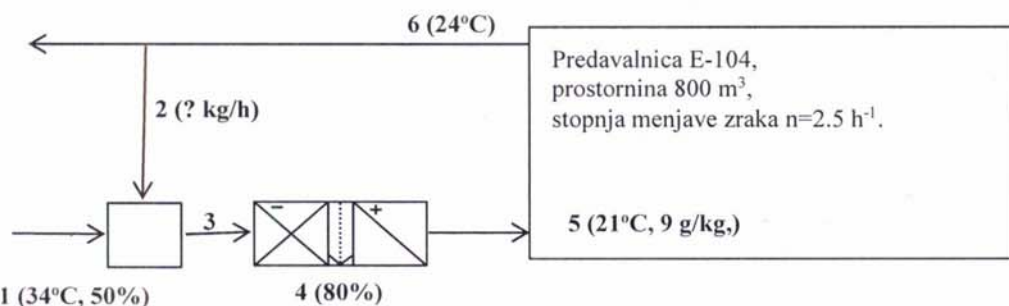
$$\phi = \frac{X}{X_s} = \frac{14.29}{21.84} = 0.6543$$

$$h = 1.005 \cdot 26.16 + 14.29 (2.5 + 0.001926 \cdot 26.16) = 62.74 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q} = 4.943 \cdot (78.99 - 62.74) = 80.32 \text{ kW}$$

HVAC, 04.09.2020

2. S pomočjo h-x diagrama rešite nalogo za klimatizacijsko napravo na sliki. Temperatura hladilnih površin hladilnika vlažnega zraka je 10°C.



	T[°C]	φ[%]	X[g/kg]	h[kJ/kg]
tol	0,6	4,	0,4	1,0
1	34	50	16.8	77.2
2 = 6	24	48	9	47.0
3 = M	27.8	51	12.0	58.6
4	15.7	80	9	38.5
5	21	58	9	44.0
6	24	48	9	47.0

Hladilna moč naprave:

14.44 [kW] (10)

Masni pretok zraka 2

1595 [kg/h] (20)

MEŠANJE $1 + 2 = 3 = M$

$$\dot{V}_3 = V \cdot n = 800 \text{ m}^3 \cdot 2.5 \frac{1}{\text{h}} = 2000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 0.5556 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m}_3 = 1.293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.5556 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0.7184 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

$$\frac{\dot{m}_1}{\dot{m}_2} = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1} = \frac{37 \text{ mm}}{23 \text{ mm}} = 1.609 \Rightarrow \dot{m}_2 = 1.609 \dot{m}_1$$

$$\dot{m}_1 + 1.609 \dot{m}_1 = 0.7184 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_1 = \frac{0.7184}{2.609} = 0.2754 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_2 = 1.609 \cdot 0.2754 = 0.4431 \text{ kg/s} = 1595 \text{ kg/h}$$

$$\dot{Q}_{34} = \dot{m} \Delta h = 0.7184 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \cdot (58.6 - 38.5) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 14.44 \text{ kW}$$

