

**Esercizio n° 1 (13)**

Per mantenere la temperatura media di  $26^{\circ}\text{C}$  in un edificio di  $1.000\text{m}^3$ , una unità di trattamento aria condiziona la miscela d'aria tra ricircolo e aria ambientale di rinnovo ( $34^{\circ}\text{C}$  e UR 50%), immettendola internamente a  $22^{\circ}\text{C}$  e UR 50%. In queste condizioni, la potenza termica scambiata tra l'involucro dell'edificio e l'ambiente esterno è pari a  $7.5\text{kW}$ . Per esigenze di salubrità e comfort, il rinnovo orario è stabilito in espulsione pari a 0,5 volte il volume dell'ambiente climatizzato.

Con l'ausilio del diagramma psicrometrico, calcolare:

1. la portata massica di aria di rinnovo;
2. la portata massica di aria di riciclo;
3. la potenza termica complessiva dell'impianto di raffrescamento;
4. la portata di vapor d'acqua condensato alla UTA.

**Esercizio n° 2 (7)**

Si consideri un ciclo frigorifero a compressione di vapore (R410a), che attui la condensazione a 20bar e l'evaporazione a 4bar, nonché un sottoraffreddamento e un surriscaldamento pari a 10K.

Supposte condizioni isoentropiche al compressore:

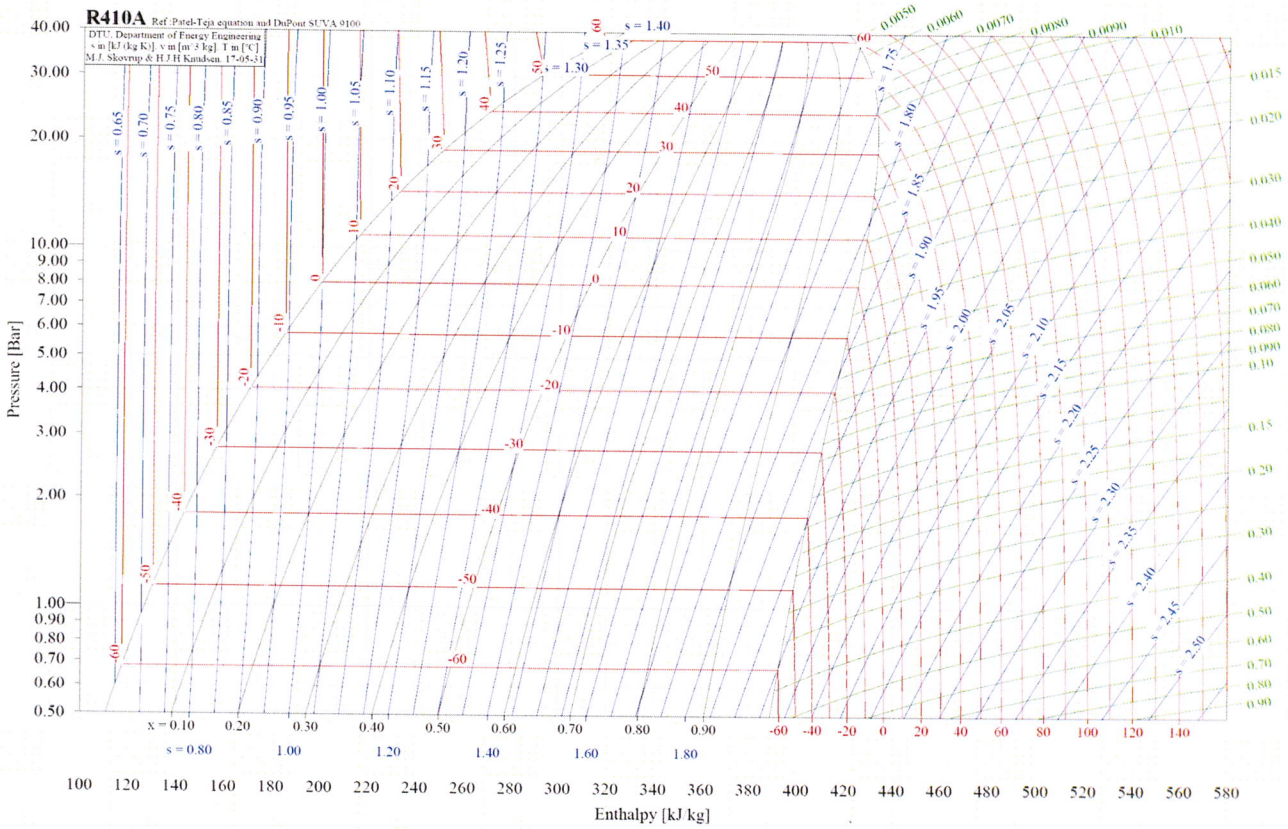
1. tracciare graficamente il ciclo termodinamico nel diagramma di stato;
2. descrivere in forma *didascalica* le trasformazioni termodinamiche.
3. calcolare la massima temperatura raggiunta nel ciclo termodinamico;
4. calcolare il lavoro specifico compiuto dal compressore;
5. calcolare il calore specifico scambiato all'evaporatore;
6. calcolare il calore specifico scambiato al condensatore;
7. calcolare il COP frigorifero e quello in pompa di calore.

**Esercizio n° 3 (10)**

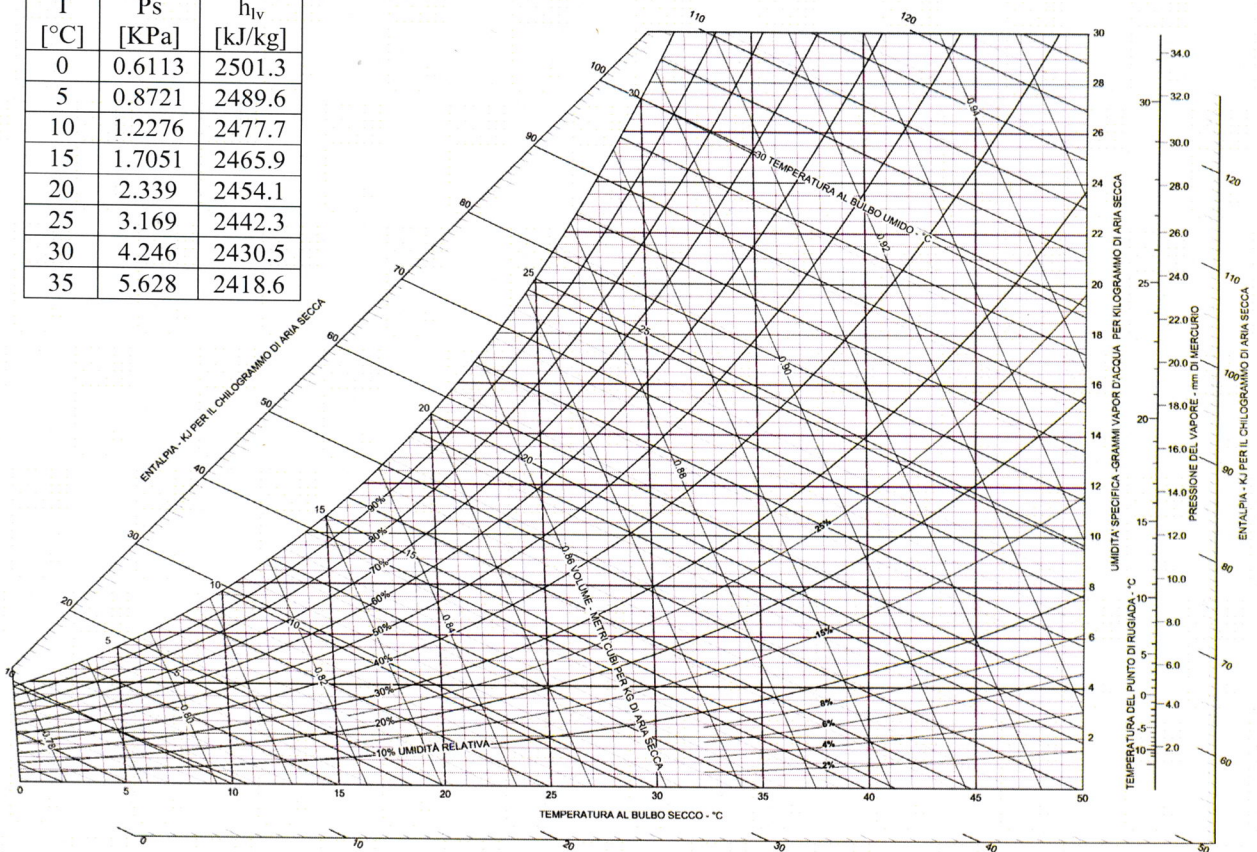
Il circuito primario di un impianto termico-idraulico è realizzato con tubazioni metalliche DN25 ( $\epsilon=0.1\text{mm}$ ). La lunghezza complessiva è pari a 54m, in presenza di pezzi speciali per un coefficiente complessivo di perdite di carico concentrate pari a 47. Per esigenze termiche, la portata volumetrica d'acqua circolante in inverno è pari a 0.6 l/s, mentre 0.1 l/s in estate.

In inverno, la temperatura media dell'acqua è  $60^{\circ}\text{C}$ , mentre in estate  $10^{\circ}\text{C}$ , cui corrispondono una viscosità dinamica invernale pari a  $0,467 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^*\text{s}$  e una estiva pari a  $1.109 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^*\text{s}$ , nonché una densità dell'acqua pari a  $983 \text{ kg/m}^3$  in inverno e  $999 \text{ kg/m}^3$  in estate.

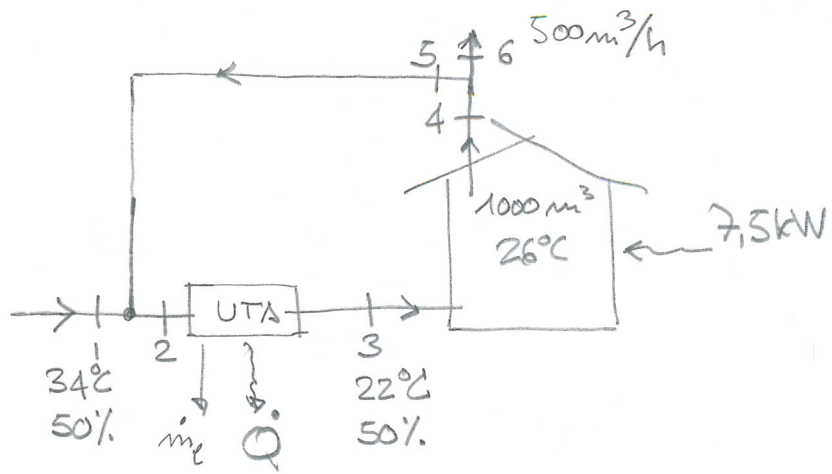
1. Calcolare il numero di Reynolds nelle due condizioni termiche (estate, inverno) e definire il regime di moto.
2. Nel solo regime estivo, calcolare la prevalenza totale necessaria al circolare, ipotizzando condizioni di moto laminare.
3. Nel solo regime invernale, calcolare la prevalenza totale necessaria al circolare, ipotizzando condizioni di moto assolutamente turbolento.



T [°C]	Ps [KPa]	h <sub>v</sub> [kJ/kg]
0	0.6113	2501.3
5	0.8721	2489.6
10	1.2276	2477.7
15	1.7051	2465.9
20	2.339	2454.1
25	3.169	2442.3
30	4.246	2430.5
35	5.628	2418.6



Esercizio n. 1 20'



	1	2	3	4	5	6
$T, ^\circ\text{C}$	34		22	26	26	26
$UR, \%$	50		50	39	39	39
$\gamma, \frac{\text{g}}{\text{kg}}$	17,0		8,2	8,2	8,2	8,2
$\nu, \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	0,894		0,847	0,858	0,858	0,858
$J, \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$	77,5		43,0	47,0	47,0	47,0
$\dot{m}, \frac{\text{kg}}{\text{h}}$	583		6750	6750	6167	583

R.1)  $\dot{m}_6 = \dot{V} / \nu_6 = 500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1}{0,858 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}} \approx 583 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$  di aria secca

R.2) 
$$\begin{cases} \dot{m}_3 \cdot J_3 + 7,5 \text{ kW} = \dot{m}_4 J_4 \\ \dot{m}_3 = \dot{m}_4 \end{cases} \Rightarrow \dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \frac{7,5 \text{ kW}}{J_4 - J_3} = 1,875 \frac{\text{kg}}{\text{h}} = 6750 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

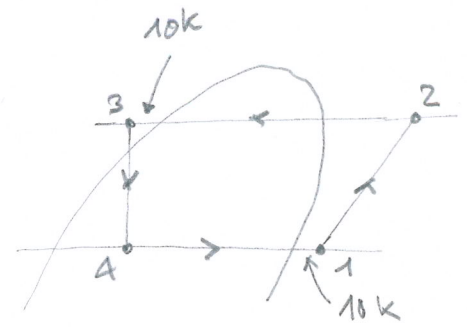
quindi  $\dot{m}_5 = \dot{m}_4 - \dot{m}_6 = 6167 \text{ kg/h}$

R.3)  $\dot{m}_1 J_1 + \dot{m}_5 J_5 - \dot{Q} = \dot{m}_3 J_3 \Rightarrow \dot{Q} = 12,4 \text{ kW}$

R.4)  $\gamma_1 \dot{m}_1 + \gamma_5 \dot{m}_5 = \dot{m}_2 \gamma + \gamma_3 \dot{m}_3 \Rightarrow \dot{m}_2 = 5,1 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$

Esercizio n. 2 10'

- R.2) 1-2, compressione isentropica  
2-3, condensazione isobara  
3-4, espansione isentalpica  
4-1, evaporazione isobara



R.3)  $T_2 \cong 67^\circ\text{C}$

R.4)  $q_{12} = h_2 - h_1 = 470 - 425 = 45 \text{ kJ/kg}$

R.5)  $q_{41} = h_1 - h_4 = 425 - 235 = 190 \text{ kJ/kg}$

R.6)  $q_{23} = h_3 - h_2 = 235 - 470 = -235 \text{ kJ/kg}$  (ceduta di calore)

R.7)  $\text{COP} = \frac{|q_{23}|}{|q_{12}|} = 5,22$

$\text{EER} = \frac{|q_{41}|}{|q_{12}|} = 4,22$

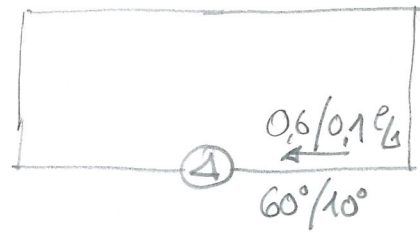
$\text{COP} = \text{EER} + 1$

# Esercizio n. 3 15'

R.1)  $Re = \frac{\rho u D}{\mu}$

$u = \frac{Q}{\pi} = \begin{cases} \text{inve} & 1,223 \text{ m/s} \\ \text{est} & 0,204 \text{ m/s} \end{cases}$

$\Rightarrow Re = \begin{cases} \text{inve} & 64358 \text{ turbolento tubo scabro} \\ \text{est} & 4594 \text{ zona critica, quasi laminare} \end{cases}$



DN 25  
 $\epsilon = 0,1 \text{ mm}$   
 $\beta = 47$   
 $L = 54 \text{ m}$

$\Omega = \pi \frac{D^2}{4} = 4,906 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

R.2)  $\lambda = \frac{64}{Re} = 0,01393$

$\Delta H_{est} = R_{dl} + R_c$

$\downarrow \frac{\lambda}{D} \frac{u_{in}^2}{2g} \cdot L + \sum \beta_i \frac{u_{in}^2}{2g}$   
 $\downarrow \left( \frac{0,01393}{0,025} \cdot 54 + 47 \right) \frac{0,204^2}{2 \cdot 9,81}$   
 $\downarrow (3909 + 47) \cdot 0,00212$   
 $\downarrow 0,16 \text{ m}$

R.3)  $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{\epsilon/D}{3,71} \right) \Rightarrow \lambda = 0,02839$

$\Delta H_{inv} = \frac{\lambda}{D} \frac{u_{in}^2}{2g} \cdot L + \sum \beta_i \frac{u_{in}^2}{2g}$   
 $\downarrow \left( \frac{0,02839}{0,025} \cdot 54 + 47 \right) \cdot \frac{1,223^2}{2 \cdot 9,81}$   
 $\downarrow (61,32 + 47) \cdot 0,0762$   
 $\downarrow 8,26 \text{ m}$