



Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2095A-

ANNO: 2017

A P P U N T I

STUDENTE: Marco Corino

MATERIA: Energetica dell'edificio - Prof. Tronville e Capozzoli

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

ESERCITAZIONE 1 ACUSTICA

①

ESEMPI DI OPERAZIONI SUI LIVELLI

Somma di 2 livelli

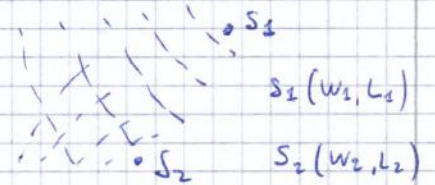
$W_T = W_1 + W_2 \rightarrow$ posso solo sommare le potenze, non i livelli
 $L_T = 10 \cdot \log \frac{W_T}{W_0}$

$L_1 = 10 \cdot \log \frac{W_1}{W_0} \quad 10^{L_1/10} = \frac{W_1}{W_0}$

$L_2 = 10 \cdot \log \frac{W_2}{W_0} \quad 10^{L_2/10} = \frac{W_2}{W_0}$

$\Rightarrow 10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} = \frac{W_1 + W_2}{W_0} = \frac{W_T}{W_0}$

$L_T = 10 \log \left(10^{L_1/10} + 10^{L_2/10} \right)$



ESEMPI NUMERICI

$L_1 = 71 \text{ dB}$

$L_2 = 75 \text{ dB}$

$L_T = 10 \log (10^{7.1} + 10^{7.5}) = 76,4 \text{ dB}$
 $\rightarrow 1,4 \text{ dB} > 75$

$L_1 = 60 \text{ dB}$

$L_2 = 68 \text{ dB}$

} sono distanti il doppio \rightarrow mi aspetto la metà di 1,4

$L_T = 10 \log (10^6 + 10^{6.8}) = 68,6 \text{ dB}$

Lo NON LINEARE

Livelli molto distanti tra loro

$L_1 = 50 \text{ dB}$

$L_2 = 75 \text{ dB}$

$L_T = 10 \log (10^{5.0} + 10^{7.5}) = 75,01 \text{ dB}$

Lo aggiungere o non aggiungere / togliere o non togliere una sorgente molto + debole rip a una + elevata, non cambia nulla.

Se dovessi calcolare la distanza a cui è stata fatta la
misura dell'intensità

$$I = \frac{W}{4\pi d^2} \rightarrow$$

ES. 1.2

Siano date due sorgenti sonore che generano rispettivamente
un livello di potenza sonora pari a

$$L_{W_1} = 65 \text{ dB}$$

$$L_{W_2} = 70 \text{ dB}$$

Quanto vale la potenza di ciascuna sorgente e il livello
della potenza complessiva generata dalle due sorgenti

$$L_{W_1} = 10 \log \frac{W_1}{W_0} \rightarrow 10^{L_{W_1}} = 10 \cdot \frac{W_1}{W_0}$$

$$W_1 = 10^{\frac{L_{W_1}}{10}} \cdot W_0 = 10^{-12} \cdot 10^{65/10} = 3,16 \cdot 10^{-6} \text{ W}$$

$$W_2 = 10^{\frac{L_{W_2}}{10}} \cdot W_0 = 10^{-5} \text{ W}$$

$$W_T = W_1 + W_2 = 13,16 \cdot 10^{-6} \text{ W}$$

$$L_{W_T} = 10 \log \frac{W_T}{W_0} = 71,2 \text{ dB}$$

$$L_{W_2} = 10 \log \frac{W_2}{W_0} \Rightarrow W_2 = W_0 \cdot 10^{L_{W_2}/10} = 3,16 \cdot 10^{-5} \text{ W} \quad (5)$$

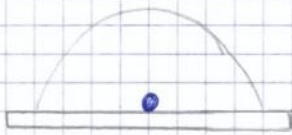
$$I_{(b)} = \frac{W}{4\pi d^2} = 1,0 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$L_{I_{(b)}} = 10 \log \frac{I_{(b)}}{I_0} = 40 \text{ dB}$$

$$c) L_{I_{s_1+s_2}} = 10 \log \frac{3,53 \cdot 10^{-9} + 10^{-8}}{10^{-12}} = 41,3 \text{ dB}$$

ES. 1.4

Qual è la distanza a cui bisogna portarsi da una sorgente sonora emisferica avente potenza sonora pari a 0,1 W affinché, in condizioni di campo libero, il $L_p = 60 \text{ dB}$?



d ?

$$L_p = 60 \text{ dB}$$

$$P = 0,1 \text{ W}$$

CONDIZ. CAMPO LIBERO: $L_p = L_i = 60 \text{ dB}$

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_0} \rightarrow I = I_0 \cdot 10^{L_i/10} = 10^{-6} \text{ W/m}^2$$

$$I_{\text{max}} = \frac{QW}{4\pi d^2} \rightarrow Q=2 \text{ (sorg. emisferica)}$$

$$\rightarrow I_{\text{max}} = \frac{W}{2\pi d^2} \rightarrow \frac{2\pi I}{W} = \frac{1}{d^2}$$

$$\rightarrow d = \sqrt{\frac{W}{2\pi I_{\text{max}}}} = 126,18 \text{ m}$$

$$U_d = \frac{4 \cdot 3,162 \cdot 10^{-7}}{340} = 3,72 \cdot 10^{-9} \frac{\text{J}}{\text{m}^3} \quad (7)$$

$$W = \frac{340 \cdot 3,72 \cdot 10^{-9} \cdot 23}{4} = 7,273 \cdot 10^{-6} \text{ W}$$

$$L_w = 10 \log \frac{7,273 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} = 68,6 \text{ dB}$$

Es. 2.2

Il tempo di riverberazione in una stanza di $6 \times 6 \times 3$ (l.) m è di 1,2 s.

Qual è il fattore di assorbimento medio?

Sapendo che le unità foncoassorbenti, del pavimento originariamente sono pari a 2 m^2 , di quanto si riduce il tempo di riverberazione se il fattore di assorbimento diviene pari a 0,5?

$$a_m = \frac{A_{\text{TOT}}}{S_{\text{TOT}}}$$

$$\bar{G}_{60} = 0,163 \frac{V}{A_{\text{TOT}}} \rightarrow A_{\text{TOT}} = 0,163 \frac{6 \cdot 6 \cdot 3}{1,2} = 14,67 \text{ m}^2$$

$$a_m = \frac{14,67}{2(6 \cdot 6) + 2(6+6) \cdot 3} = 0,1$$

$$A_{\text{TOT}} = A_{\text{PAV}} + A_{\text{SOFF. PARE.}}$$

$$A'_{\text{TOT}} = A_{\text{SOFF. PARE.}} + A'_{\text{PAV}} = (14,67 - 2) + 0,5 \cdot 6 \cdot 6 = 30,67 \text{ m}^2$$



$$2) I_1 = \frac{W_1}{2\pi^2 5^2} = 2,01 \cdot 10^{-7} \frac{W}{m^2}$$

$$I_2 = \frac{W_2}{2\pi^2 3^2} = 1,12 \cdot 10^{-6} \frac{W}{m^2}$$

$$L_{I_{Tot}} = 10 \log \frac{2,01 \cdot 10^{-7} + 1,12 \cdot 10^{-6}}{10^{-12}} = 61,2 \text{ dB}$$

Dall'audiogramma normale l'operatore percepisce 63 phon

ES. 2.4 (2 A ESAME)

Due macchine uguali poste alla stessa distanza da un lavoratore, funzionando contemporaneamente, producono un livello sonoro di 88 dB(A). Attivando una terza macchina contemporaneamente ad una sola delle due macchine precedenti si misura un livello di 91 dB(A). Calcolare il livello sonoro prodotto da ciascuna macchina e il livello sonoro prodotto da tutte e 3 le macchine contemporaneamente. Supponendo che le prime due macchine funzionino per il tempo $t_1 = t_2 = 8 \text{ h}$, calcola il tempo di funzionamento della ^{3^a} macchina t_3 affinché l'esposizione reale del lavoratore sul tempo totale $T = 8 \text{ h}$ non superi 89 dB(A).

{ (A) vuol dire che sul valore in dB è già stata fatta la }
ponderazione

$$L_{1+2} = 88 \text{ dB(A)}$$

$$L_1 = L_2 = L_{12} - 10 \log 2 = 88 - 3 = 85 \text{ dB(A)}$$

$$L_3 = 10 \log \left(10^{\frac{91}{10}} - 10^{\frac{85}{10}} \right) = 89,7 \text{ dB(A)}$$

$$L_{1+2+3} = 10 \log \left(10^{\frac{88}{10}} + 10^{\frac{89,7}{10}} \right) = 91,4 \text{ dB(A)}$$

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{t_1 \cdot 10^{\frac{L_{12}}{10}} + t_3 \cdot 10^{\frac{L_3}{10}}}{T} \right) \quad ?$$

ESERCITAZIONE 3 ACUSTICA

(14)

ES. 3.1

Si considerino due ambienti con campo sonoro perfettamente diffuso (riverberato) separati da un tramezzo di 15 m^2 avente potere fonoisolante di 30 dB . Quando nel primo ambiente è in funzione una sorgente sonora, la potenza sonora trasmessa nel 2° ambiente è pari a 10^{-7} W .
Calcolare:

- il livello di intensità sonora sulle pareti del 1° ambiente in tali condizioni
- il livello di pressione sonora nel secondo ambiente sapendo che in una prova di decadimento sonoro si misurano $L_{p0} = 100 \text{ dB}$ al tempo $t_0 = 0$ e $L_{p1} = 70 \text{ dB}$ al tempo $t_1 = 0,4 \text{ s}$. L'altezza dell'ambiente è $h_2 = 3 \text{ m}$ e la sua lunghezza è $L_2 = 6 \text{ m}$;
- Il livello di pressione sonora nel 1° ambiente, sapendo che l'assorbimento totale dell'ambiente 1 è pari a 10 m^2
- Il livello di potenza sonora della sorgente nell'ambiente 1



$$R = 30 \text{ dB}$$

$$W_{2t} = 10^{-7} \text{ W}$$

I_1, U_1 I_2, U_2

sono tutte grandezze

perfettamente diffuse

$$W_{2t} = W_{1i} \cdot t \quad \rightarrow \quad W_{1i} = \frac{W_{2t}}{t}$$

$$R = 10 \log \frac{1}{t} \quad \rightarrow \quad \frac{1}{t} = 10^{R/10}$$

$$W_{1i} = I_1 S_d \quad \Rightarrow \quad I_1 = \frac{W_{1i}}{S_d}$$

$$\frac{\Delta L_p}{\Delta G} = \frac{100 - 70}{0 - 0,4} = 75 \text{ dB/m}$$

(13)

$$\bar{G}_{60(2)} = 0,163 \frac{V_2}{A_{\text{Tot}_2}}$$

$$A_{\text{Tot}_2} = 0,163 \cdot \frac{V_2}{\bar{G}_{60(2)}} = 0,163 \cdot \frac{653}{0,8} = 18,3 \text{ m}^2$$

$$W_2 = \frac{W_{2t} \cdot A_{\text{Tot}_2}}{S_d} = \frac{10^{-7} \cdot 18,3}{15} = 1,22 \cdot 10^{-7} \text{ W}$$

$W_2 > W_{2t}$ come ci aspettavamo

$$L_{p_2} = L_{W_2} - 10 \log A_{\text{Tot}_2} + 6 = 10 \log \frac{1,22 \cdot 10^{-7}}{10^{-12}} - 10 \log 18,3 + 6 = 44,2 \text{ dB}$$

$$\Delta L = L_{p_1} - L_{p_2} = R + 10 \log \frac{A_{\text{Tot}_1}}{S_d}$$

$$L_{p_1} = L_{p_2} + R + 10 \log \frac{A_{\text{Tot}_1}}{S_d} = 44,2 + 30 + 10 \log \frac{18,3}{15} = 75,1 \text{ dB}$$

$$W_1 = I_1 A_{\text{Tot}_1}$$

$$I_1 = \frac{W_{2t} \cdot 10^{R/10}}{S_d}$$

$$W_1 = \frac{W_{2t} \cdot 10^{R/10}}{S_d} \cdot A_{\text{Tot}_1} = \frac{10^{-7} \cdot 10^{30/10} \cdot 10}{15} = 6,67 \cdot 10^{-5} \text{ W}$$

$$L_{W_1} = 10 \log \frac{W_1}{W_0} = 78,2 \text{ dB}$$

ES. 3.3

(15)

Per conoscere il tempo di riverberazione convenzionale di una stanza (dimensioni $4 \times 4 \times 3$ m) si effettua una misura di decadimento da cui si ottiene:

- All'istante iniziale il livello di pressione sonora vale 90 dB;
- Dopo 0,5 s il livello di pressione sonora vale 70 dB.

Determinare:

- il tempo di riverberazione della stanza;
- il potere fonoassorbente della stanza;
- la superficie di pannelli fonoassorbenti sospesi ($\alpha_{\text{pannelli}} = 0,75$) che occorre aggiungere per ottenere un tempo di decadimento pari a quello ottimale (a 1000 Hz, destinazione parlato $k=0,4$).

$$T_{60} = 0,5 \text{ s}$$

$$T_{60} = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ s}$$

$$T_{60} = 0,163 \frac{V}{A_{\text{TOT}}} \rightarrow A_{\text{TOT}} = 5,2 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{OTT}, 1000} = k \sqrt[3]{V} = 0,4 \sqrt[3]{48} = 0,61 \text{ s}$$

Per sentire bene avrei bisogno di un tempo di riverberazione di 0,61 s

$$A^* = 0,163 \frac{V}{T_{\text{OTT}, 1000}} = 12,7 \text{ m}^2$$

$$\Delta A = A^* - A = 12,7 - 5,2 = 7,5 \text{ m}^2$$

$$\Delta A = \alpha_{\text{PAN}} \cdot S_{\text{PAN}}$$

$$S_{\text{PAN}} = \frac{\Delta A}{\alpha_{\text{PAN}}} = \frac{7,5}{0,75} = 10 \text{ m}^2$$

$$h = c_p t + x (r_0 + c_p t)$$

(17)

$$= 1 \cdot 22 + 0,0099 (2500 + 1,9 \cdot 22) = 47,42 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$b) \phi_{\text{TOT}} = 235 \text{ kW} \begin{cases} 120 \text{ e. lat.} \\ 115 \text{ e. sensib.} \end{cases}$$

$$\phi_{I,s} = 115 \cdot 15 = 1725 \text{ W}$$

↳ iniziale, sensibile

$$\phi_{I,e} = 120 \cdot 15 = 1800 \text{ W}$$

↳ iniziale, latente

$$h_{I,v} = -c_p t + r_0$$

$$= 1,9 \cdot 22 + 2500 = 2541,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\phi_{I,e} = \dot{m}_{v,e} \cdot h_{v,e}$$

$$\dot{m}_{v,e} = \frac{\phi_{I,e}}{h_{v,e}} = \frac{1800 \text{ W}}{2541,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 0,71 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

↳ 1,8 kW = $\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$

$$P = P_v + P_e$$

$$P_e = P - P_v$$

$$x = 0,622 \frac{P_v}{P - P_v}$$

$$x = 0,622 \frac{\varphi P_{vs}}{P - \varphi P_{vs}}$$

$$x_p - x \varphi P_{vs} = 0,622 \varphi P_{vs}$$

$$\varphi P_{vs} (0,622 + x) = x_p$$

$$\varphi = \frac{x \cdot P}{P_{vs} (0,622 + x)}$$

\nearrow Patm std $\rightarrow 101325 \text{ Pa}$

$$\varphi = \frac{10^{-2} \cdot 101325}{4246 (0,622 + 10 \cdot 10^{-3})} = 0,3776 = 37,76\%$$

$$h_1 = 2500 \cdot 0,0126 + (1 + 1,9 \cdot 0,0126) 26 = 58,1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \quad (23)$$

$$h_2 = 2500 x_2 + (1 + 1,9 \cdot x_2) t_2$$

$$x_2 = x_1$$

$$t_2 ?$$

$$x_2 = 0,622 \cdot \frac{p_{vs}}{p - p_{vs}} \quad \rightarrow 100\% = 1$$

$$x_2 (p - p_{vs}) = 0,622 \cdot p_{vs}$$

$$x p - x_2 p_{vs} - 0,622 \cdot p_{vs} = 0$$

$$p_{vs} = \frac{x_2 p}{x_2 + 0,622} = \frac{0,0126 \cdot 104325}{0,0126 + 0,622} = 2012 \text{ Pa}$$

Con 2012 Pa vado a cercare che T corrisponde a p = 2012

$$T \rightarrow 17^\circ\text{C} < T < 18^\circ\text{C}$$

Interpolazione lineare.

T [°C]	p_{vs} Pa
17	1938
18	2064

$$(2064 - 1938) : 1 = (2064 - 2012) : x$$

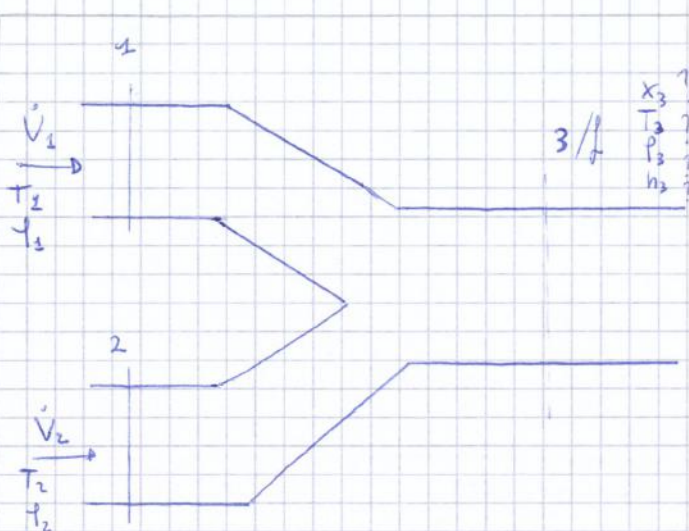
$$x = \frac{52}{126} = 0,41 = \Delta T$$

$$T_2 = 18 - 0,41 = 17,6^\circ\text{C} \quad \Rightarrow$$

$$h_2 = 49,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{Q}_{1 \rightarrow 2} = \frac{12000 \text{ kg/h}}{3600 \text{ s/h}} (49,5 - 58,1) = 28,67 \text{ kW}$$

La trasf. non si arresta quando arriva in 2 ma continua deumidificando



(25)

1) CONSERVAZIONE MASSA
 Aria
 Vapore

2) I P T + LEGGE GAS PERFETTI

EQ. CONS. MASSA

$$\dot{m}_{af} = \dot{m}_{a1} + \dot{m}_{a2} \quad (\text{aria secca})$$

$$\dot{m}_a x_f = \dot{m}_{a1} x_1 + \dot{m}_{a2} x_2 \quad (\text{vapore})$$

I PRINCIPIO (sist. adiab. ; no lavoro da ext)

$$\dot{m}_e h_{fin} = \dot{m}_{a1} h_1 + \dot{m}_{a2} h_2$$

$$\dot{m}_e = \rho_e \dot{V}_e$$

LEGGE GAS. PERFETTI

$$\frac{p}{\rho} = \underbrace{(R^*)}_{\frac{J}{kg \cdot mol \cdot K}} \cdot T \quad \rightarrow \quad \rho = \frac{p}{R^* T}$$

$$\dot{m}_a = \frac{p_a}{R^* T_a} \cdot \dot{V}_a$$

Devo trovare p_a

So che : $p_{tot} = p_a + p_v$

$\rightarrow p_a = p_{tot} - p_v$

So che : $\varphi = \frac{p_v}{p_{vs}}$

$\rightarrow p_v = \varphi \cdot p_{vs}$

$\Rightarrow p_a = p - \varphi p_{vs}$

(29)

Applico I P.T.

$$h_{fin} = \frac{\dot{m}_{a1} h_1 + \dot{m}_{a2} h_2}{\dot{m}_{af}} = 44,94 \frac{kJ}{kg}$$

$$x_{fin} = \frac{\dot{m}_{a1} x_1 + \dot{m}_{a2} x_2}{\dot{m}_{af}} = 10,3 \cdot 10^{-3} \frac{kg_v}{kg_a}$$

Per trovare T_{fin}

$$h_f = 2500 x_{fin} + (1 + 1,9 x_{fin}) T_{fin}$$

$$\Rightarrow T_{fin} = \frac{h_f - 2500 x_{fin}}{1 + 1,9 x_{fin}} = \frac{44,94 - 2500 \cdot 10,3 \cdot 10^{-3}}{1 + 1,9 \cdot 10,3 \cdot 10^{-3}} = 18,8^\circ C$$

$$p_{fin} = \frac{x_f \cdot P}{P_{vs,fin}(0,622 + x_{fin})}$$

$P_{vs}(18,8^\circ C)$ da tabelle lo ricavo per interpolazione lineare
 $P_0 = 2171 \text{ Pa}$

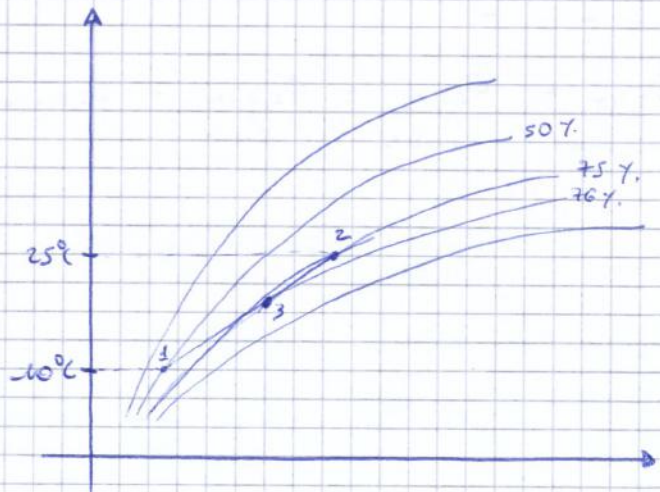
$$p_{fin} = \frac{10,3 \cdot 10^{-3} \cdot 104325}{2171 (0,622 + 10,3 \cdot 10^{-3})} = 76 \%$$

\Rightarrow avere 50% ϕ_1 e 75% ϕ_2

$\rightarrow \phi_{fin}$ è \rightarrow

GUARDO SU MOLIER

sono finito col pto 3
 su una curva a $\phi >$



$$h_v = -c_p t + \pi_0 = 2543,7 \frac{\text{Ks}}{\text{kg}}$$

(27)

$$\phi_{I,e, pers} = 0,05 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kgv}}{\text{s}} \cdot 2543,7 \frac{\text{Ks}}{\text{kg}} = 127,2 \text{ W}$$

$$\phi_{s, app} = 15 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \cdot 24 \text{ m}^2 = 360 \text{ W}$$

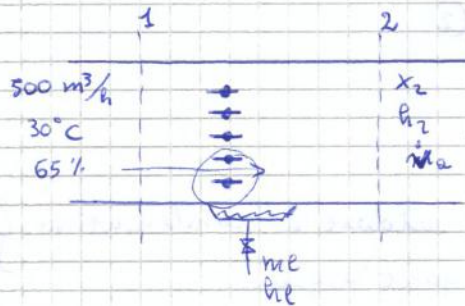
$$\phi_{\text{Tot}} = 285 + 127,2 + 360 = 772,2 \text{ W}$$

ESERCITAZIONE n°6 6/11/2015

ES. 6.1 (Esercizio 5 Aria umida)

Una portata di $500 \text{ m}^3/\text{h}$ di aria umida ($T_{ba} = 30^\circ\text{C}$; $\varphi = 65\%$) viene raffreddata e deumidificata mediante una batteria fredda avente le seguenti caratteristiche: $T_s = 10^\circ\text{C}$, $F_{bp} = 11\%$.

Determinare lo stato di uscita dell'aria umida dalla batteria fredda.

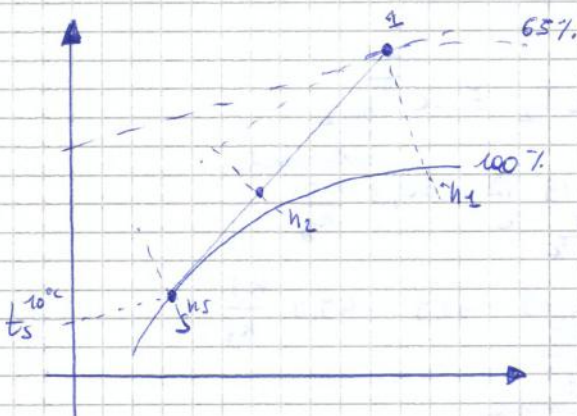


$$F_{bp} = 11\%$$

$$T_s = 10^\circ\text{C} \rightarrow T_{\text{batteria}}$$

$$T_{ba} = T_{aie}$$

MOLLIER



Tra 1 e 5 devo trovare il mio punto 2

FATTORE di BYPASS :

$$F_{bp} = \frac{h_2 - h_s}{h_1 - h_s}$$

\downarrow pto di start \downarrow pto reale

$$(h_1 - h_2) F_{bp} = h_2 - h_s$$

$$h_2 = \frac{h_1 F_{bp} + h_s}{1 + F_{bp}} = \frac{74,6 \cdot 0,11 + 29,3}{1,11} = 33,42 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]$$

	①	⑤ ^{sup. Fredda}	②
$t_{bs} [^\circ\text{C}]$	30	10	12
$\varphi \%$	65	100	98,5
$X \frac{\text{g}}{\text{kg}}$	17,4	7,6	8,6
$h \left[\frac{\text{KJ}}{\text{kg}} \right]$	74,6	29,3	33,42
$v \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]$	0,883	0,812	0,819

→ valori presi da
tabelle - diagrammi

(31)

$$x_3 = x_2 + \epsilon(x_{35} - x_2) = 8,72 \frac{g}{kg_a}$$

Devo ricavare la \dot{m}_w (portata d'acqua immessa)

$$\dot{m}_w = \dot{m}_a (x_3 - x_2) = 1,25 (8,72 - 4,43) \cdot 10^{-3} = 19,3 \frac{kg}{h}$$

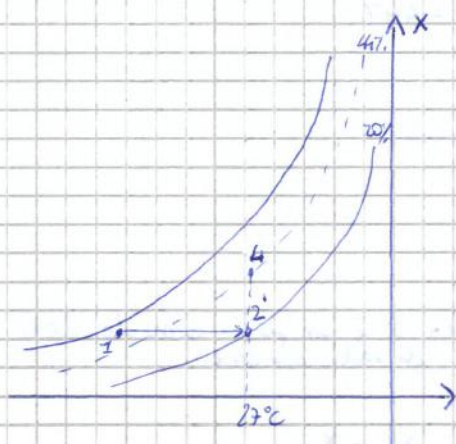
$$\dot{Q}_{PRE} = \dot{m}_a (h_2 - h_1) = 28,25 \text{ kW}$$

↳ batteria preriscald.
trasf. 1-2

$$\dot{Q}_{POST} = \dot{m}_a (h_4 - h_3) = 11,06 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{TOT} = 39,31 \text{ kW}$$

b) Ora ho già aria preriscaldata, non avrò bisogno di effettuare un post-riscaldamento (non serve la seconda batteria).



2° punto alla fine dell'umidificaz.

parto da 1 e vado a 2° con riscaldamento isotermo

$$x_1 = x_{2'} = 4,43 \frac{kg}{kg}$$

$$h_{2'} = 36,4 \frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{Q}_{risc} = \dot{m}_a (h_{2'} - h_1) = 25,6 \text{ kW}$$

$$\begin{cases} \dot{m}_a h_2 + \dot{m}_v h_v = \dot{m}_a h_4 \\ \dot{m}_a x_2 + \dot{m}_v = \dot{m}_a x_4 \end{cases}$$

$$\dot{m}_v = \dot{m}_a (x_4 - x_2) = 19,3 \frac{kg}{h} = 5,36 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

$$\dot{m}_v h_v = (\dot{m}_4 - \dot{m}_{2'}) = 13,63 \text{ kW}$$

(32)

$$h_{v(100)} = 2500 + (1,9 \cdot 100) = 2690 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

↓
T°C

$$\dot{Q}_{PRE} + \dot{Q}_{POST} = \dot{Q}_{RIS} + \dot{m}_v h_v$$

$$39,31 = \underbrace{25,6 + 13,63}_{39,31}$$

$$\dot{m}_a h_{2'} + \dot{m}_v h_v = \dot{m}_a h_{4'}$$

$$h_{4'} = h_{2'} + \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_a} \cdot h_v = 47,9 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$X_{4'} = X_3 = 8,72 \frac{\text{g}}{\text{kga}} \rightarrow T_{4'} = 25,6^\circ\text{C}$$

⇒ Avevo leggermente sovrastimato la T.

ESERCIZIO En. Edificio

ES. 6.3

Una parete piana è costituita da due strati estremi di calcestruzzo, $\lambda = 0,7 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$ di spessore 7 cm ognuno; tra questi è interposto uno strato di materiale isolante di spessore incognito, caratterizzato da una conducibilità termica $0,04 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$. La temperatura dell'ambiente interno è pari a $19,5^\circ\text{C}$ mentre quella superficiale esterna della parete è pari a $1,5^\circ\text{C}$. Sono note inoltre le adduttanze interna ed esterna, rispettivamente pari a $10 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$ e $20 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$; Calcolare:

- lo spessore di isolante necessario a mantenere una temperatura superficiale interna di parete pari a $18,5^\circ\text{C}$.
- la conduttanza termica della parete.
- la trasmittanza termica della parete.

Ricalcolare infine la T superficiale esterna della parete (coefficiente di assorbimento solare pari a 0,9) ipotizzando che su di essa incida un'irradiazione solare di $150 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$ e che la temperatura esterna sia pari a 10°C .

ESERCITAZIONE n° 7 13/11/2015

35

ES. n° 7.1

La parete perimetrale di un edificio, avente trasmittanza termica iniziale pari a $1 \frac{W}{m^2K}$ viene coibentata con 4 cm di isolante avente conducibilità termica pari a $0,05 \frac{W}{mK}$ e verniciata esternamente di colore scuro, in modo da avere un coefficiente di assorbimento solare pari a 0,9.

Nell'ipotesi che la parete separi l'ambiente interno a $T_i = 20^\circ C$ dall'ambiente esterno a temperatura $t_e = 10^\circ C$ e che sulla parete incida un'irradianza solare di $100 \frac{W}{m^2}$ si calcoli:

- 1) la trasmittanza termica della parete dopo la coibentazione
- 2) Il flusso termico areico che attraversa la parete;
- 3) Le temperature superficiali della parete

Sono noti i valori dei coefficienti limitari interno ($h_i = 8 \frac{W}{m^2K}$) ed esterno ($h_e = 25 \frac{W}{m^2K}$).

DATI:

Parete $V = 1$

$\Delta s_0 = 4 \text{ cm}$

$\alpha = 0,9$

$\lambda_{is} = 0,05 \frac{W}{mK}$

$t_i = 20^\circ C$

$t_e = 10^\circ C$

1) DET U' dopo la coibentazione.

$$U' = \frac{1}{\frac{1}{U_0} + R_{is}} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta s_{isol}}{\lambda_{isol}}}$$

$$U' = \frac{1}{1 + \frac{0,04}{0,05}} = 0,556$$

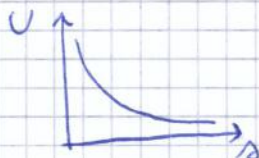
⇒ Aggiungendo solo 4 cm di isolante la trasmittanza si è dimezzata.

se da 4 cm → 20 cm

$$U'' = \frac{1}{1 + \frac{0,2}{0,05}} = 0,2$$

⇒ Andam. trasmitt. non lineare

↳ parete moderna ha questi valori



ES. 7.2

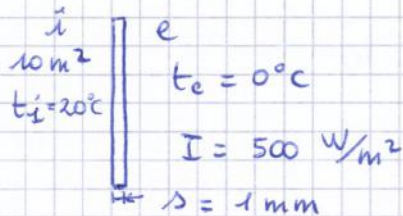
37

Una finestra è costituita da vetro semplice di area pari a 10 m^2 , caratterizzato da uno spessore di 4 mm , una conducibilità termica di $1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ un coeff di trasmissione solare dell'80% e un fattore solare dell'85%. Sapendo che le temperature dell'ambiente interno ed esterno sono rispettivamente 20°C e 0°C , e l'irradiazione solare sul vetro è pari a 500 W/m^2 si calcoli:

- 1) la trasmittanza termica del vetro;
- 2) il coeff. di shading del vetro;
- 3) il flusso energetico totale che attraversa il vetro;
- 4) il flusso solare trasmesso per irraggiamento a bassa lunghez. d'onda.

Sono dati i coeff di scambio termico limite interno ed esterno pari a $8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e $25 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

DATI



DET:

- 1) U_w ?
- 2) SC ?
- 3) ϕ_{TOT} ?
- 4) ϕ ?

$$\lambda = 1 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

$$\hat{T}_s = 0,8 \rightarrow \text{COEFF. TRASM. SOLARE}$$

$$g = 0,85 \rightarrow \text{FATTORE SOLARE}$$

$$1) U_v = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{s}{\lambda} + \sum R + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,004}{1} + \frac{1}{25}} = 5,92 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$$

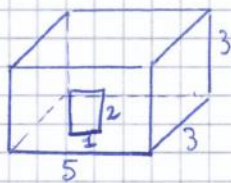
(Per un buon vetro doppio $U_v \approx 0,4$)

ES. 7.3

Un ambiente, di dimensioni di pianta 5×3 m e altezza 3 m, è raffrescato con un impianto ad acqua e mantenuto alla T di 24°C . Due pareti adiacenti, il soffitto e il pavimento sono adiabatici, mentre le altre due pareti confinano con l'ambiente esterno: di esse la più lunga presenta una finestra di dimensioni 2×1 m. All'interno dell'ambiente 3 persone svolgono un lavoro leggero. La trasmittanza termica delle pareti opache è $0,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$, la trasmittanza termica della finestra è $2,7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ e il coefficiente di trasmissione solare totale del vetro è $0,82$. Sapendo che sulle superfici esterne il valore dell'irradianza solare incidente è $300 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$, che la temperatura dell'aria esterna è $31,4^\circ\text{C}$ e che l'ambiente è ventilato naturalmente con una portata d'aria esterna pari a $6 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ si chiede di determinare:

- Il flusso solare entrante in ambiente attraverso la finestra
- Il flusso termico trasmesso attraverso l'involucro edilizio (pareti e finestra);
- La potenza termica che deve essere sottratta dall'impianto di raffrescamento.

Si assuma pari a $0,3$ il valore del coefficiente di assorbimento solare della superficie esterna delle pareti opache e pari a $25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ il coeff. lin. esterno.

DATI:

$$I = 300 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$t_e = 31,4^\circ\text{C}$$

Amb. ventil. naturalm.

$$t_i = 24^\circ\text{C}$$

3 persone Lavoro leggero

$$U_{op} = 0,6$$

$$U_f = 2,7$$

$$g = 0,82$$

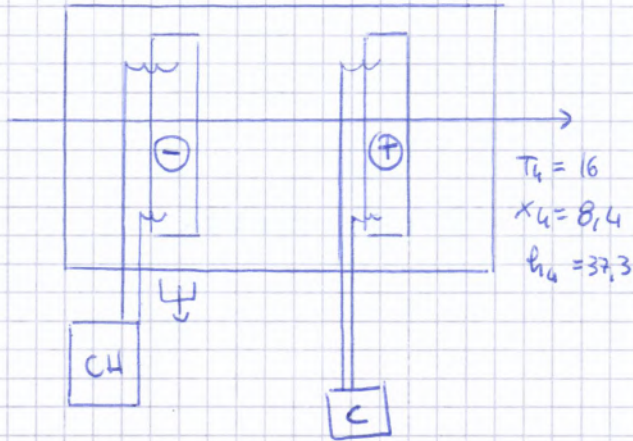
$$\dot{V}_{\text{ARIA EXT}} = 6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$h_e = 25$$

$$a = 0,3$$

ESERCITAZIONE 8 20/11/2015

ES. 8.1 (3.10) → su portale



CONFRONTO TECNICO + ENERGETICO TRA SISTEMI DI DEUMIDIFICAZIONE E RAFFRESCAMENTO

- DEUMIDIF. CHIMICA
- DEUMIDIF. MECCANICA

DEUM. CHIMICA





Temp aria si riscalda di 15°C

Date queste info, posso ricavare l'umidità a valle della ruota assorb.

$$\Delta X = 4,6 = (x_1 - x_2)$$

$$x_2 = x_1 - 4,6 = 13 - 4,6 = 8,4 \text{ g/kg}$$

$$\Delta T = 15^\circ\text{C} = T_2 - T_1 \rightarrow T_2 = \Delta T + T_1 = 15 + 31,7 = 46,7^\circ\text{C}$$

Ipotesi di non avere il recuperatore:

$$\left. \begin{aligned} T_2 &= 46,7 \\ x_2 &= 8,4 \\ h_2 &= 68,65 \end{aligned} \right\}$$

$$\Rightarrow \dot{Q}_{\text{POST RAFF}} = \dot{m}a (h_2 - h_4)$$

Trasferimento fino a 16°C

↓ conosco $T_4 = 16^\circ\text{C}$, $x_4 = x_2 = 8,4$

$$h_4 = 37,3 \text{ (RAFFER. ISOT)}$$

$$\dot{Q}_{\text{POST RAFF. (NO REC)}} = 0,194 (68,65 - 37,3) = 6 \text{ kW}$$

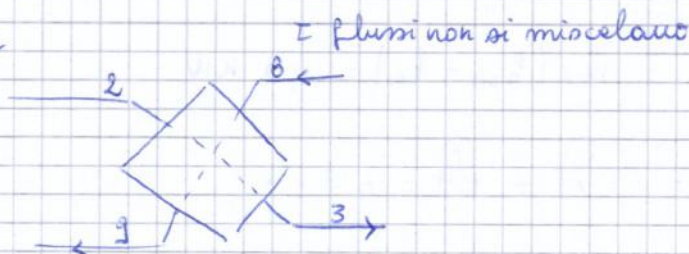
Caso con recupero di calore (con recuperatore):

$$T_0 = 31,7 \quad \varphi_0\% = 90\%$$

$$T_8 = 22,5^\circ\text{C}$$

$$E_{\text{rec}} = 90\%$$

$$E = \frac{T_2 - T_3}{T_2 - T_8}$$



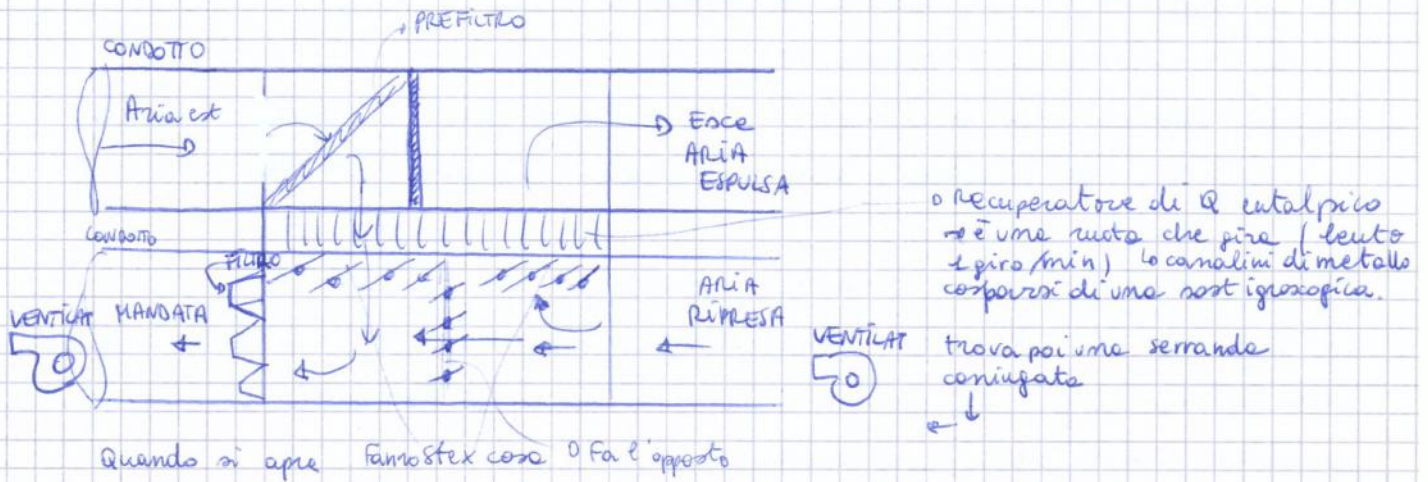
$$T_2 - T_3 = 0,9 (46,7 - 22,5) = 21,8 \Rightarrow T_3 = 46,7 - 21,8 = 24,9$$

L'aria sta passando dentro il recuperatore \Rightarrow lo sto solo raffredd. (non umidifico - deumidifico)

ESERCITAZIONE 9

26/11/2015

RELAZIONE 4 IMPIANTO CLIMATIZZAZIONE



CONDOTTI ISOLATI THERMICAMENTE (lame di roccia); Aria ripresa arriva dall'aula stessa. Ho un ventilatore, aria può prendere 2 strade

Se \equiv chiusa → aria ESPULSA (prima scaldata e umidificata dal recuperatore).

A TUTTA
 Questa MODALITA' DI FUNZIONAMENTO (100%) ARIA EST; se invece

\equiv aperta → ++ aria viene riemessa → ha senso al mattino quando non c'è nessuno A TUTTO RICIRCOLO → non ho need di prendere aria esterna.

VIA DI MEZZO → in base a $\frac{1}{2}$ CO₂ in aria di ripresa; ho dei sensori che rilevano $\frac{1}{2}$ CO₂. Al mattino 450 ppm ⇒ A TT RICIRCOLO; aula si popola → respiriamo, ↑ CO₂ sistema decide di prendere aria da fuori ⇒ \equiv inizia ad aprirsi; se è necessario ⇒ TT ARIA EST.

- Mattino : ++ ricircolo
- prima parte matt: PARZIALE
- MOMENTI : TT ARIA EST.

(47)

Ho un motore a cinghia $\Rightarrow n^\circ$ giri ventilatore = n° giri motore elettrico,

NEUA VTA misuro anche il consumo en delle batterie di sc. th collegato un misuratore di en th \Rightarrow misuro portata d'acqua nel condotto e ΔT .

La \dot{Q}_{TH} misurata è Π quella ceduta dall'acqua (non è detto che proprio tutto finisce all'aria (anche se scambio th supposto adiab.)).
 \hookrightarrow d'inverno
 \dot{Q}_F estate.

L'acqua fredda \rightarrow ci sono una serie di CHIER ordinari che funzionano con ciclo inverso a compressione di vapore.

Ho installato 2 spettrometri (contatori di particelle) che misurano quantità di particelle per alcuni intervalli di dimensioni uno a monte e uno a valle che misurano 4 volte al giorno la dimensione di tali particelle.

Particelle bigger sedimentano + easy nel condotto. Dovrei avere almeno 500 particelle a monte perché la misuraz. a valle sia affidabile.

$$\dot{Q}_{TOT} = 22 \text{ kW} + 7,1 \text{ kW} = 29,1 \text{ kW}$$



bilancio di en su vol di controllo

$$\dot{m}_a h_i + \dot{Q}_T = \dot{m}_a h_A$$

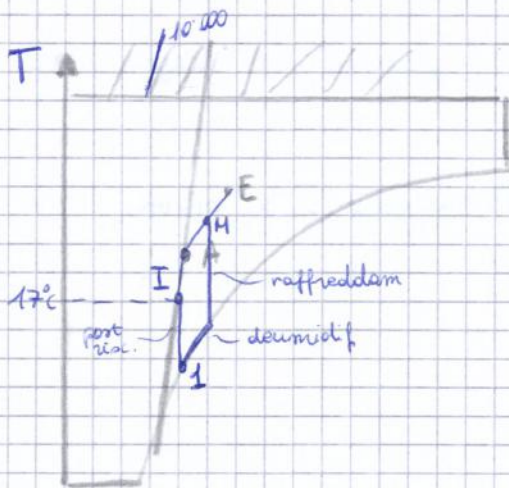
$$\Rightarrow \dot{m}_a = \frac{\dot{Q}_{TOT}}{(h_A - h_i)} \rightarrow \text{ho 2 incognite } \dot{m}_a \text{ e } h_i$$

RETTA AMBIENTE: luogo infiniti punti immixti che mi consentono di bilanc. carico th tot.

$$L_0 \frac{\Delta h}{\Delta X} = \frac{\dot{Q}_T}{\dot{m}_v} \quad \text{BILANCIO MASSA}$$

pendenza RETTA AMB \Rightarrow \uparrow pendenza con \uparrow carico th

$$\left. \begin{array}{l} \dot{m}_a \Delta h = \dot{Q}_T \\ \dot{m}_a \Delta X = \dot{m}_v \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{\Delta h}{\Delta X} = \frac{\dot{Q}_T}{\dot{m}_v} = \frac{29,1}{0,00277} = 10468 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



D. MOLLIER

pseudo retta compresa tra 10,000 e 12,500

(scarico diagramma sul portale con le pendenze)

Ti PTi al di sotto di A sono i punti di immisione \Rightarrow scelgo quello a 17°C; se non ho T (di solito T_{imm} è 10°C < T_{progetto} = 25°C) E' una scelta arbitraria.

La T la scelgo con TRADE OFF;

- Non tip bama:
- DISCOMFORT
- + EN PER RTFFR.

\rightarrow la temp + alta \Rightarrow Ventilatori \rightarrow aria perimetro FE th vettore \rightarrow condotti TT.

$$h_i = 39,5 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$X_i = 8,9 \text{ g}/\text{kg}_a$$

$$h_A = 50 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_E = 78 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$X_A = 9,9 \text{ g}/\text{kg}$$

$$X_E = 18 \text{ g}/\text{kg}_a$$

DA DIAGR. MOLL.

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{Q}_T}{(h_A - h_i)} = 2,77 \text{ kg/s}$$

ES. n° 10.2 BILANCIAM IMP. a TUTT'ARIA INVERNO

Si deve condiz. d'inverno un cinema; le cond. da mant. in amb. sono $T_A = 20^\circ\text{C}$ e $\varphi_A = 50\%$. Le cond. aria est sono $T_e = -5^\circ\text{C}$ e $\varphi_e = 80\%$. Il carico termico TOT. è 20000 kcal/h mentre la $\dot{m}_v = 20 \text{ kg/h}$ prodotta in amb. dagli occupanti. La \dot{m} aria esterna da intro in amb è $\dot{m}_{Ae} = 7000 \text{ kg/h}$. La T immissione in ambiente è $T_I = 35^\circ\text{C}$.

DET:

- Schema impianto
- Potenza batteria pre-riscaldam. [17 kW]
- Potenza batte post-riscaldam. [82 kW]
- Portata di H_2O di umidificazione. [17 kg/h]

(Diagramma con pendente)

Su formulario Prof. Frac. e libro Prof. Frac

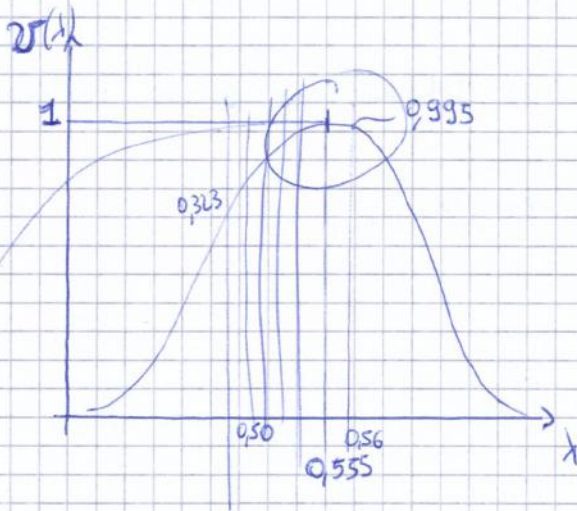
Ho $v(\lambda)$ TABELLE → PORTO a ESAME!

$$v(\lambda) = \frac{k(\lambda)}{k_{max}} \Rightarrow k(\lambda) = k_{max} v(\lambda)$$

curva è sempre quella DI GIORNO (FOTOPICA)

{ di notte SCOTOPICA }

$$\Phi_{lum} = k_{max} \cdot \overline{\Phi_{em}(\lambda)} \int_{0,50}^{0,56} v(\lambda) d\lambda$$



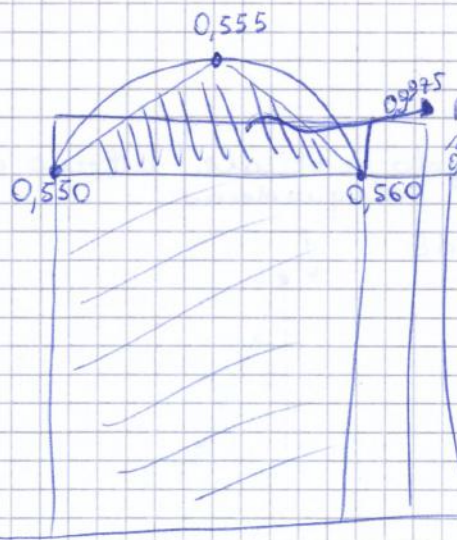
Non interpolo perché troppo impreciso

suddivido
 ⇒ curva di visibilità in 6 fette
 da 0,50 - 0,51 - 0,52 - 0,53 - 0,54 - 0,55 - 0,56 !!!

Trasfermo integrale in sommatoria

→ Devo trovare Area ⇒ base è 0,01 μm (dλ) altezza è una media tra 0,50 e 0,51 - 0,51 e 0,52 e così via

$$\Rightarrow \Phi_{lum} = k_{max} \cdot \overline{\Phi_{em}(\lambda)} \left([v(\lambda)]_{0,50}^{0,51} + [v(\lambda)]_{0,51}^{0,52} + \dots + [v(\lambda)]_{0,55}^{0,56} \right)$$



se prendo 0,55 e 0,56 → mi crea problema

perderei questa parte se non tengo presente cosa c'è tra 0,55 e 0,56

Prendo **0,9975** → anziché 0,995

↓
 Fattore di visibilità che userei tra 0,55 e 0,56

$$\Phi_{lum} = I_0 \int_{\Omega} d\omega = I_0 \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \sin E dE d\varphi = I_0 2\pi \int_0^{\pi} \sin E dE$$

$$\Phi_{lum} = I_0 2\pi \cdot 2 = I_0 4\pi = 500 \cdot 4\pi = 6283 \text{ lm}$$

Spesso non avrò sfera \rightarrow ma $\cos E \rightarrow$ dovrò decidere dove integr.

ES. n°3

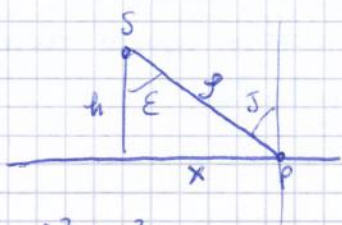
Un lampione ad asse verticale è sospeso a 4m di altezza ed è caratterizzato da un'indicatrice di emissione descritta dall'equazione

$I = 500 (1 + \cos E)$ dove E è l'angolo di emissione, misurato rispetto alla verticale. Si calcolino i valori dell'illuminamento:

- minimo
- massimo

in una piazza quadrata avente lato pari a 10 m nei seguenti due casi:

- a) IL LAMPIONE è posto al centro della piazza;
- b) IL LAMPIONE è posto in uno dei 4 vertici.

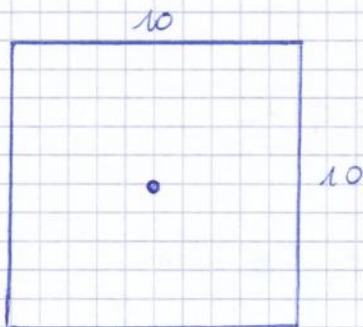


$$E = \frac{I \cos J}{p^2 \text{ distanza}}$$

$$E = J \Rightarrow \cos J = \cos E$$

$$p^2 = h^2 + x^2$$

$$\cos E = \frac{h}{p}$$



Devo valutare dove ho
 illum. max e min \rightarrow dove J max \rightarrow uno dei vertici
 dove p è min $\Rightarrow J = 0 \Rightarrow \cos J = 1$
 \rightarrow PIEDI FORG LUMINOSA

ESERCIZIO TAFIS/CLIMAT. 16/12/2015

Si consideri l'impianto di condizionamento a tutt'aria, di un edificio adibito ad uffici che opera nelle seguenti condiz. di progetto:

- a) Temperatura di bulbo secco aria interna $T_A = 26^\circ\text{C}$
- b) " " " " " " " " est $T_E = 35^\circ\text{C}$
- c) Umid. rel. aria int $f_A = 50\%$
- d) " " " " " " " " est $f_E = 50\%$
- e) xzone in edif 500
- f) ricambio aria $35 \text{ m}^3/\text{h}$ x xzone
- g) Pot. th per Q reusib. esterna x xzone = 75 W
- h) " " " " latente " " " " = 45 W
- i) " " " " intro in amb. dalle macchine e illuminaz. 30 kW
- j) " " " " " " " " x trasmis. attrav. invol. perimetrale = 50 kW

Disegnare lo schema dell'UTA, traccio trasf su diagr. Mollier, det le potenze th delle batterie di ricambio th alettate, la portata d'acqua condensata e massa di vapore occupanti, adottata dagli

→ CARICO TH SENSIB

$$\dot{Q}_s = 75 \cdot 500 + 50000 + 30000 = 117,5 \text{ kW}$$

→ CARICO TH LATENTE

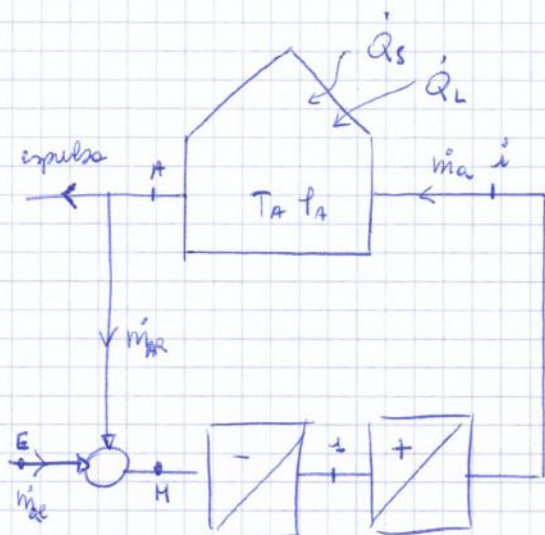
$$\dot{Q}_l = (45 \text{ W}) \cdot 500 = 22500 \text{ W} = 22,5 \text{ kW}$$

$$\frac{\dot{m}_v}{\text{persona}} = \frac{\dot{Q}_{lat}}{h_v} \approx 65 \text{ g/h} = 0,0001765 \text{ kg/g} \cdot \frac{\text{g}}{\text{kg}} \cdot \frac{\text{h}}{\text{h}}$$

in media una persona emette una $\dot{m}_v = 50 \sim 80 \sim 90 \text{ g/h}$
 in media l'aria per un edificio mediam. isolato $40 \sim 60 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$
molto isolato 25

$$h_v = h_a + c_p t_a = 2500 + 1,9 \cdot 2,6 \approx 2550 \text{ kJ/kg}$$

57



Da Mollier :

$$\begin{cases} h_i = 53 \text{ kJ/kg} \\ x_i = 10,5 \text{ g/kg} \\ h_e = 81 \text{ kJ/kg} \\ x_e = 18 \text{ g/kg} \end{cases}$$

$$h_s = 41 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$x_s = 3,6 \text{ g/kg}$$

Ora posso ricavare la portata d'aria

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{Q}_r}{(h_i - h_s)} = \frac{140}{(53 - 41)} = 11,67 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{ar} = \left(\frac{35 \cdot 1,2 \cdot \frac{1}{3600}}{\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{\text{h}}{\text{s}}} \right) \cdot 500 = 5,83 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_{ae} = \dot{m}_a - \dot{m}_{ar} = 5,84 \text{ kg/s}$$

Il pto di miscela \bar{i} sul punto meslo

$$h_u = 67 \text{ kJ/kg}$$

$$x_H = 14,25 \text{ g/kg}$$

61

DATI:

$$a) U_w = \frac{U_g A_g + U_f A_f + l_f \psi}{A_w + A_f} = 2,03 \frac{W}{m^2 K}$$

$$A_f = 0,3 \text{ m}^2$$

$$A_g = 0,6 \text{ m}^2$$

$$A_w = 0,9 \text{ m}^2$$

$$l = 3,4 \text{ m}$$

$$b) \phi_s = 145 \text{ W} = g I A_g$$

$$I = 260 \frac{W}{m^2}$$

$$g = \frac{\phi_s}{I \cdot A_g} = 0,74$$

$$c) \phi_{\text{Trapp}} = U_{op} \cdot A_{op} \cdot \Delta T_{\text{max}} = 1,30 \cdot (15 - 0,9) \cdot 28 = 513,24$$

$$\phi_{\text{Trapp}} = U_w \cdot A_w \cdot \Delta T_{\text{max}} = 2,03 \cdot 0,9 \cdot 28 = 51,2$$

$$V = 75 \text{ m}^3 \Rightarrow \dot{V} = 75 \frac{\text{m}^3}{h} \Rightarrow \dot{m} = 0,025 \text{ kg/s}$$

$$\phi_v = \dot{m} a c_p (T_i - T_e) = 500 \text{ W}$$

TEMA D'ESAME TERMOFISICA 17/12/2015

Un locale a forma parallelepipedo avente pianta quadrata di lato pari a 5 m e altezza pari a 3 m, è ventilato naturalmente con un tasso di ricambio d'aria di $0,5 \text{ h}^{-1}$ (volumi all'ora) ed è occupato da 4 persone che svolgono un lavoro d'ufficio (corrispondente ad una potenza termica sensibile di 70 W/persona). Le pareti verticali del locale, completamente opache, hanno trasmittanza termica pari a $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$; la copertura del locale, completamente trasparente, ha trasmittanza termica pari a $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ e Fattore solare totale del vetro (TSET) pari a $0,75$; il pavimento del locale è adiabatico. Un impianto di raffreddamento ad acque del tipo a fan coil mantiene in ambiente una temperatura di 26°C . Sapendo che la Temperatura esterna è 33°C e l'irradianza solare incidente sulla copertura vale 200 W/m^2 ; si determini:

- Il flusso solare entrante in ambiente dalla copertura del locale;
- La potenza termica scambiata per trasmissione con l'ambiente est;

67

ESERCITAZIONE n° 12

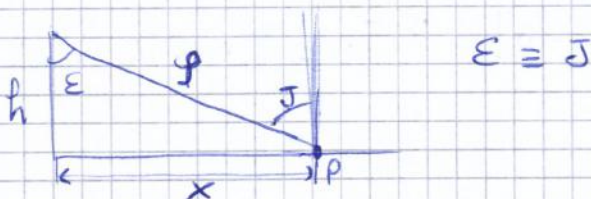
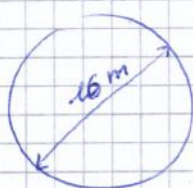
7/04/2016

ES n° 4

Una lampada ha indicatrice di emissione con espressione $I = I_0 \cdot \cos E$ ed è installata al centro di una piastra circolare di 16 m di diametro. Sapendo che $h = 5$ m, si chiede di determinare:

- Il valore di I_0 necessario affinché si ottenga un illuminamento minimo di 5 lx;
- Il fattore di uniformità F_u (E_{\min}/E_{\max}) dell'illuminamento;
- Il flusso luminoso emesso.

(Anche se non è detto, $\vec{e} \perp$ al piano (la sorgente)).



l'illuminam. è minimo sul bordo della piastra.

$$E = \frac{I \cdot \cos j}{r^2} = \frac{I_0 \cos E \cos E}{r^2}$$

$$r^2 = x^2 + h^2 = 8^2 + 5^2 = 89 \text{ m}^2$$

$$\cos E = \frac{h}{r} \Rightarrow \cos^2 E = \frac{h^2}{r^2} = \frac{25}{89} = 0,2809$$

$$I_0 = \frac{E_{\min} \cdot r^2}{\cos^2 E} = \frac{5 \cdot 89}{0,2809} = 1584,2 \text{ cd}$$

67

Es. n° 5

Una lampada emette la potenza spettrale uniforme pari a $600 \text{ W}/\mu\text{m}$ nell'intervallo tra $0,50$ e $0,55 \mu\text{m}$ e presenta un solido fotometrico sferico.

Si calcolino:

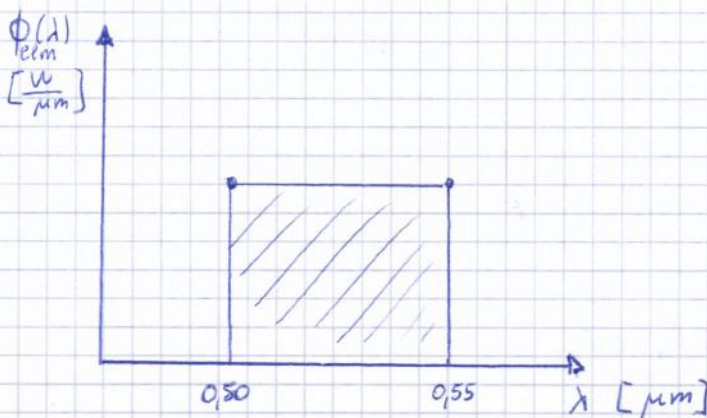
- 1) potenza globale (Flusso energetico) emessa;
- 2) flusso luminoso emesso;
- 3) Intensità luminosa.

conoscendo i seguenti dati riguardanti la curva di visibilità:

$$v(\lambda) = 0,323 \quad \text{per } \lambda = 0,50 \mu\text{m}$$

$$v(\lambda) = 0,995 \quad \text{per } \lambda = 0,55 \mu\text{m}$$

(Assumere andamento lineare tra i punti).



$$1) \Phi_{elm} = \int_{0,50}^{0,55} \phi_{elm}(\lambda) d\lambda = 600 [0,55 - 0,50] = 30 \text{ W}$$

Diurno e notturno non è se fuori è buio o chiaro ma se c'è luce e no! Quindi farò sempre i calcoli in diurno.

$$2) \Phi_{lum} = \int_{0,50}^{0,55} k(\lambda) \cdot \phi_{elm}(\lambda) d\lambda = k_{max} \underbrace{\phi_{elm}}_{\text{sta per "costante"}} \int_{0,50}^{0,55} v(\lambda) d\lambda$$

$\hookrightarrow k_{max} \cdot v(\lambda)$

ES. n° 6

Un ufficio a pianta rettangolare $(5 \times 4)_m$ e altezza pari a $2,7\text{ m}$ è illuminato con tre apparecchi con diffusore rettangolare e lampade tubolari fluorescenti. La potenza complessiva è pari a 200 W ; il coeff. di utilizzazione va ricavato.

Il rendimento luminoso dell'apparecchio è 75% , mentre l'efficienza luminosa delle sorgenti vale 45 lm/W . Il piano di lavoro di dimensioni coincidenti con la pianta del locale, è posto a 90 cm dal pavimento, mentre gli apparecchi sono posti a soffitto.

Noti il coefficiente di riflessione medio delle pareti (50%) e quello del soffitto (75%), si chiede di calcolare:

- 1) Il flusso luminoso totale emesso dal sistema di illuminazione e il corrispondente flusso utile;
- 2) L'illuminamento medio sul piano di lavoro, indicando se il valore così trovato risulta adeguato al compito visivo richiesto.

DATI:



$$h = 2,7\text{ m}$$

3 apparecchi

$$\Phi_{\text{TOT}} = 200\text{ W}$$

$$\eta = 75\%$$

$$E = 45\text{ lm/W}$$

$$\rho_{\text{pareti}} = 50\%$$

$$\rho_{\text{soffitto}} = 75\%$$

RENDIM. APPARECCHIO: l'apparecchio lascia passare il 75% del Φ_{lum} generato dalla lampada (già epurato della sua E)

$$\eta_{\text{app.}} = \frac{\Phi_{\text{TOT}}}{\Phi_{\text{SORG}}}$$

RENDIMENTO LUMINOSO

$$\eta_{\text{lum}} = \frac{\Phi_{\text{SORG}}}{W_{\text{el}}}$$

$$\Rightarrow \Phi_{\text{SORG}} = 45 \cdot 200 = 9000\text{ lm}$$

$$\Phi_{\text{TOT}} = \eta_{\text{app.}} \cdot \Phi_{\text{SORG}} = 0,75 \cdot 9000 = 6750\text{ lm}$$

(7)

continua ES. n° 6 ILLUMINOTECNICA

$$\Phi_U = C_u \Phi_{TOT}$$

$$h = 2,7 - 0,9 = 1,8 \text{ m}$$

$$i = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} = \frac{5 \cdot 4}{(2,7-0,9)(5+4)} = 1,23 \rightarrow \text{guardo su } \underline{\text{TABELLA}} \underline{\text{FORMLARIO}}$$

Cerco su formulario tipo di sorgente (lampade tubolare e incandescente)

CLASSE G
 $C_u = 0,40$

se avessi $p = 60\%$ prendo via di mezzo tra 50 e 75

$$\Phi_U = C_u \Phi_{TOT} = 0,40 \cdot 6750 = 2700 \text{ lm}$$

$$\phi = \frac{\bar{E} \cdot S}{M \cdot D \cdot C_u}$$

$$\bar{E} = \frac{\phi \cdot M \cdot D \cdot C_u}{S}$$

$$\bar{E} = \frac{\phi_u \cdot M \cdot D}{S} = \frac{2700 \cdot 0,7 \cdot 0,9}{5 \cdot 4}$$

per M e D li trovo sulle tabelle tendenzialmente
 $0,6 < M < 0,9$

$M = 0,7$
 $D = 0,9$

$$\bar{E} = 85 \text{ lx}$$

(F3)

$$W_{el} = \frac{\Phi}{\eta_{lum}} = \frac{68966}{120} = \boxed{575 \text{ W}}$$

$$n^{\circ} \text{ lampade} = \frac{575 \text{ W}}{18 \text{ W}} = \boxed{31,9 \Rightarrow 32 \text{ lampade}}$$

$$\textcircled{2} \quad FLD_m = \frac{\rho_{VETRO} \cdot A_{VETRO} \cdot F}{(1 - \rho_{e,m}) \cdot S_{TOT}}$$

$$A_{VETRO} = 12 \cdot 1,2 = 14,4 \text{ m}^2$$

$$F = \frac{1 + \cos(\Sigma + \Gamma)}{2} + \rho_t \frac{1 - \cos(\Sigma + \Gamma)}{2} = 0,5$$

$$\rho_{e,m} = \frac{\sum \rho_{e,i} S_i}{S_{TOT}}$$

$$\rho_{e,m} = \frac{A_V \rho_V + S_{PAV} \rho_{PAV} + S_{SOFFITTO} \rho_{SOFFITTO} + S_{PARETI} \rho_{PARETI}}{S_{TOT}}$$

se avere pareti con colori \neq sommo oggini

$$\rho_{e,m} = \frac{14,4 \cdot 0,8 + (12 \cdot 8) \cdot 0,2 + (12 \cdot 8) \cdot 0,76 + [2(12+8) \cdot 4 - 14,4] \cdot 0,5}{352}$$

o deve togliere sur vetrata

$$\rho_{e,m} = 0,47$$

$$\Rightarrow FLD_m = \frac{0,8 \cdot 14,4 \cdot 0,5}{(1 - 0,47) \cdot 352} = 0,031 = 3,1\%$$

deve ≤ 1

devo valutare quante sono le ore in cui ho illuminam. richiesto fornito solo da illum. naturale

$$FLD = \frac{E_{\text{interno naturale}}}{E_{\text{esterno orizzontale (no sole diretto)}}$$

↳ E_0

ULTIMA ES. TERMOFISICA

Un ambiente ad uso ufficio ha un volume ad uso ufficio di 400 m^3 ed è riscaldato con un impianto ad aria che controlla il carico termico totale. L'involucro disperdente del locale ($A_{\text{tot}} = 150 \text{ m}^2$) è esposto a sud ed è per il 60% opaco ($U_{\text{op}} = 4,2 \text{ W/m}^2\text{K}$), per il 40% trasparente con una finestra costituita per il 90% da vetrata ($U_{\text{g}} = 4 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $g/TSET = 0,5$) e per il restante da un telaio in alluminio ($U_{\text{t}} = 6 \text{ W/m}^2\text{K}$). L'ambiente è caratterizzato da un'infiltrazione d'aria pari a $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$. Nell'ambiente ci sono 6 impiegati ($Q_s = 80 \text{ W/persona}$, $Q_{\text{rat}} = 40 \text{ W/persona}$) e sulle finestre incide una radiaz. solare di 250 W/m^2 .

Si trascurino i ponti termici e si consideri una temperatura all'interno dell'ambiente di 20°C con umidità relativa del 50% e una temperatura esterna di progetto pari a -5°C con umidità relativa pari a 80%. Si determinino:

- La trasmittanza termica globale della finestra
- La Potenza termica che deve fornire l'impianto all'ambiente.

Supponendo che l'impianto sia a tutt'aria esterna e che immetta in ambiente una portata d'aria esterna pari a $0,2 \text{ kg/s}$, umidificata con acqua liquida, si calcolino:

- La T_{immiss} per bilanciare carico termico calcolato in precedenza
- La Potenza di preriscaldamento, la portata d'acqua di umidificazione e la potenza di post-riscaldamento in tali condizioni.

Siccome si tratta di singolo vetro non ho Ψ

$$1) U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f}{A_g + A_f} = \frac{54 \cdot 4 + 6 \cdot 6}{60} = 4,2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

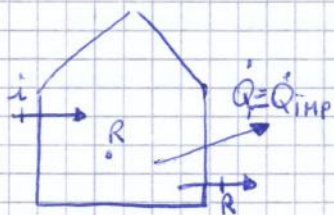
Bilancio

- compon dispersa o guadagno x trasmitt
- " " " x ventilazione
- " solare
- carichi interni

Se impianto controlla solo Temp non devo fare il bilancio latente
se controllo l'umidità invece devo farlo!!

2^a PARTE

siccome mi chiedono le condizioni di immissione, io devo fare un bilancio di energia in ambiente



CONDIZ. R → interne
 " i → immissioni

In condiz. di x fatto miscelaz. ⇒ aria uscirà in condiz. R

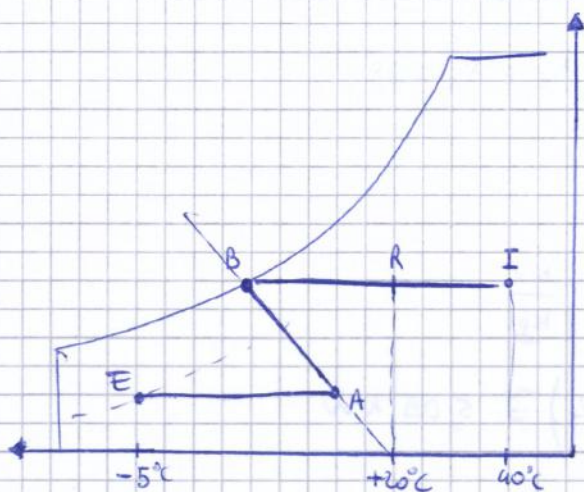
$$\dot{m}_{aer} h_i = \dot{Q}_{IMP} + \dot{m}_{aer} h_R$$

$$h_i = 58 \frac{kJ}{kg}$$

UMIDITA' SPECIFICA ≡ TITOLO

$$h_i = 2500 x_i + (1 + 1,9 x_i) T_i$$

$$\Rightarrow t_i = \frac{h_i - 2500 x_i}{1 + 1,9 x_i} = 39,87^\circ C$$



CARRIER

(comfort)
 Immetto a 40°C perché ho un volume di aria ristretto

PUNTO B:

$$h_B = h_A = 27 \frac{kJ}{kg} \quad x_B = x_i \quad \varphi_B = 100\%$$

PUNTO A: $x_A = x_e \quad h_A = h_B$

$$\dot{Q}_{PRE} = 5,4 \text{ kW}$$

$$\dot{Q}_{POST} = 6,2 \text{ kW}$$

$$\dot{m}_{H_2O} = 1,8 \text{ g/s}$$

ES n° 2 (climatizzazione - miscelamento)

Si mescolino una portata di $0,5 \text{ kg/s}$ d'aria a 24°C e 50% di umidità relativa con $0,1 \text{ kg/s}$ a 34°C e 70% umidità relativa. Det. le condiz. termoigrometriche dell'aria umida in uscita.

$$\dot{m}_1 = 0,5 \text{ kg/s} \quad T_1 = 24^\circ\text{C} \quad \varphi_1 = 50\%$$

$$\dot{m}_2 = 0,1 \text{ kg/s} \quad T_2 = 34^\circ\text{C} \quad \varphi_2 = 70\%$$

$$\text{DET: } \dot{m}_u \quad p_u \quad T_u \quad x_u \quad h_u$$

Scrivo le equazioni di bilancio

$$\dot{m}_1 x_1 + \dot{m}_2 x_2 = \dot{m}_u x_u \quad p_{vs_1} = 0,0299 \text{ bar}$$

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_u h_u \quad p_{vs_2} = 0,0533 \text{ bar}$$

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

$$x_1 = 0,622 \frac{\varphi_1 p_{vs_1}}{p - \varphi_1 p_{vs_1}} = 0,622 \frac{0,5 \cdot 0,0299}{1,013 - 0,5 \cdot 0,0299} = 9,32 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g vap}}{\text{g a}} = 0,00932$$

$$x_2 = 0,622 \frac{0,7 \cdot 0,0533}{1,013 - 0,7 \cdot 0,0533} = 23,78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{g vap}}{\text{g a}} = 0,02378$$

$$x_u = \frac{\dot{m}_1 x_1 + \dot{m}_2 x_2}{\dot{m}_u} = \frac{0,5 \cdot 0,00932 + 0,1 \cdot 0,02378}{0,6} = 0,012$$

$$\dot{m}_u = 0,6 \text{ kg/s}$$

$$h_1 = 2500 x_1 + (1 + 1,9 x_1) T_1 = 47,72 \quad \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_2 = 2500 x_2 + (1 + 1,9 x_2) T_2 = 94,98 \quad \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$h_u = \frac{\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2}{\dot{m}_u} = 55,6 \quad \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$T_u = \frac{h_u - 2500 x_u}{(1 + 1,9 x_u)} = \frac{55,6 - 2500 \cdot 0,012}{(1 + 1,9 \cdot 0,012)} = 25,7^\circ\text{C}$$

La frazione $(1 - F_{bp})$ esce dal gruppo di raffreddamento a una $T = 12^\circ\text{C}$ e $\varphi = 100\%$.

Se indico con "s" lo stato corrispondente a questa frazione di aria umida

$$\Rightarrow \varphi_s = 100\%$$

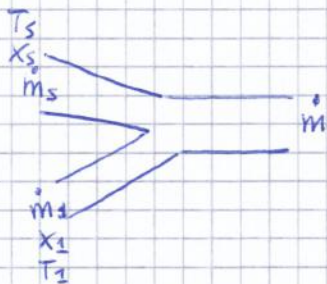
$$T_s = 12^\circ\text{C}$$

$$p_{vs}(a 12^\circ\text{C}) = 0,014 \text{ bar}$$

$$X_s = 0,622 \frac{\varphi_s p_{vs}}{p - \varphi_s p_{vs}} = 0,622 \frac{1 \cdot 0,014}{1,013 - 0,014} = 0,00872$$

$$h_s = 2500 X_s + (1 + 1,9 X_s) T_s = 33,95 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Il titolo e l'entalpia della corrente totale di aria umida in uscita dall'umidificatore possono essere determinati considerando che in uscita dal gruppo di refrigerazione avviene un miscelamento tra una portata $[(1 - F_{bp}) \dot{m}]$ con proprietà uguali a quelle dello stato "s" e un'altra portata $(F_{bp} \dot{m})$ con proprietà uguali a quelle iniziali.



$$\dot{m}_s = \dot{m} (1 - F_{bp})$$

$$\dot{m}_1 = \dot{m} (F_{bp})$$

$$\dot{m}_s + \dot{m}_1 = \dot{m}$$

$$\dot{m}_s X_s + \dot{m}_1 X_1 = \dot{m} X_2$$

$$X_2 = \frac{\dot{m}_s X_s + \dot{m}_1 X_1}{\dot{m}} = \frac{0,1 (1 - F_{bp}) \cdot 0,0087 + 0,1 F_{bp} \cdot 0,0134}{0,1} = 0,00914$$

$$h_2 = \frac{\dot{m}_s h_s + \dot{m}_1 h_1}{\dot{m}} = \frac{0,1 (1 - 0,1) \cdot 33,95 + 0,1 \cdot 0,1 \cdot 57,35}{0,1} = 36,29 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

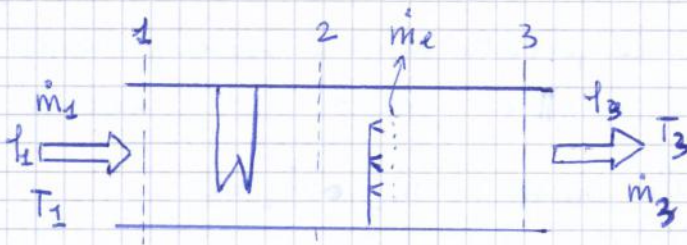
$$h_2 = 2500 X_2 + (1 + 1,9 X_2) T_2 \Rightarrow T_2 = \frac{h_2 - 2500 X_2}{1 + 1,9 X_2} = 13,04^\circ\text{C}$$

$$\varphi_2 = \frac{p_v}{p_{vs}} \text{ oppure } \varphi_2 = p \frac{X_2}{p_{vs} (0,622 + X_2)} \approx 1,013 \frac{0,0091}{0,015 (0,622 + 0,0091)} \approx 97\%$$

ES n°4 (climatizzazione - Riscaldamento con umidificazione)

Una corrente di $0,1 \text{ kg/s}$ di aria umida esterna entra in un condizionatore a 15°C e al 30% di umidità relativa. Il riscaldamento avviene mediante una resistenza elettrica, mentre l'umidificazione avviene con acqua in fase liquida nebulizzata all'interno della corrente d'aria.

Determinare la potenza termica necessaria per il riscaldamento e la portata massica di liquido necessaria per l'umidificazione, se l'aria deve uscire a 24°C e 50% di umidità relativa. Disegnare inoltre la trasformazione termoigrometrica sul diagramma di Carrier.



$$\begin{aligned} \dot{m}_1 &= 0,1 \text{ kg/s} \\ h_1 &= 30\% \\ T_1 &= 15^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_3 &= 24^\circ\text{C} \\ h_3 &= 50\% \end{aligned}$$

DET: W_t ? \dot{m}_e ?

Trovo per prima cosa h_1 e x_1

$$x_1 = 0,622 \frac{h_1 p_{vs}}{p - h_1 p_{vs}}$$

$$x_1 = 0,622 \frac{0,3 \cdot 1706}{101325 - 0,3 \cdot 1706} = 0,00316$$

$$h_1 = 2500x_1 + (1 + 1,9x_1)T_c = 2500 \cdot 0,00316 + (1 + 1,9 \cdot 0,00316) \cdot 15 =$$

$$h_1 = 22,99 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

DA TABELLE

$$p_{vs}(15^\circ\text{C}) = 1706 \text{ Pa}$$

$$p_{vs}(24^\circ\text{C}) = 2986 \text{ Pa}$$

