

Approfondimento

Aria umida

L'aria è una miscela di vari gas; ai fini dei problemi e dei calcoli che hanno attinenza con l'umidità in essa presente può essere schematizzata come una miscela 0223 di due gas, l'aria secca e il vapore acqueo, considerati entrambi come gas perfetti (capitolo 9, paragrafo 5).

Particolare interesse ha lo studio di tali problemi nel campo del **condizionamento**, cioè del trattamento della temperatura e dell'umidità dell'aria ai fini di garantire negli ambienti condizioni di benessere (volume 3, capitolo 19).

Di grande utilità per lo studio dell'aria umida e delle relative trasformazioni è il **diagramma psicrometrico**, su cui è possibile individuare le grandezze termogrometriche dell'aria:

- temperatura a bulbo secco;
- temperatura a bulbo umido;
- umidità specifica;
- umidità relativa;
- temperatura di rugiada;
- entalpia;
- volume specifico.

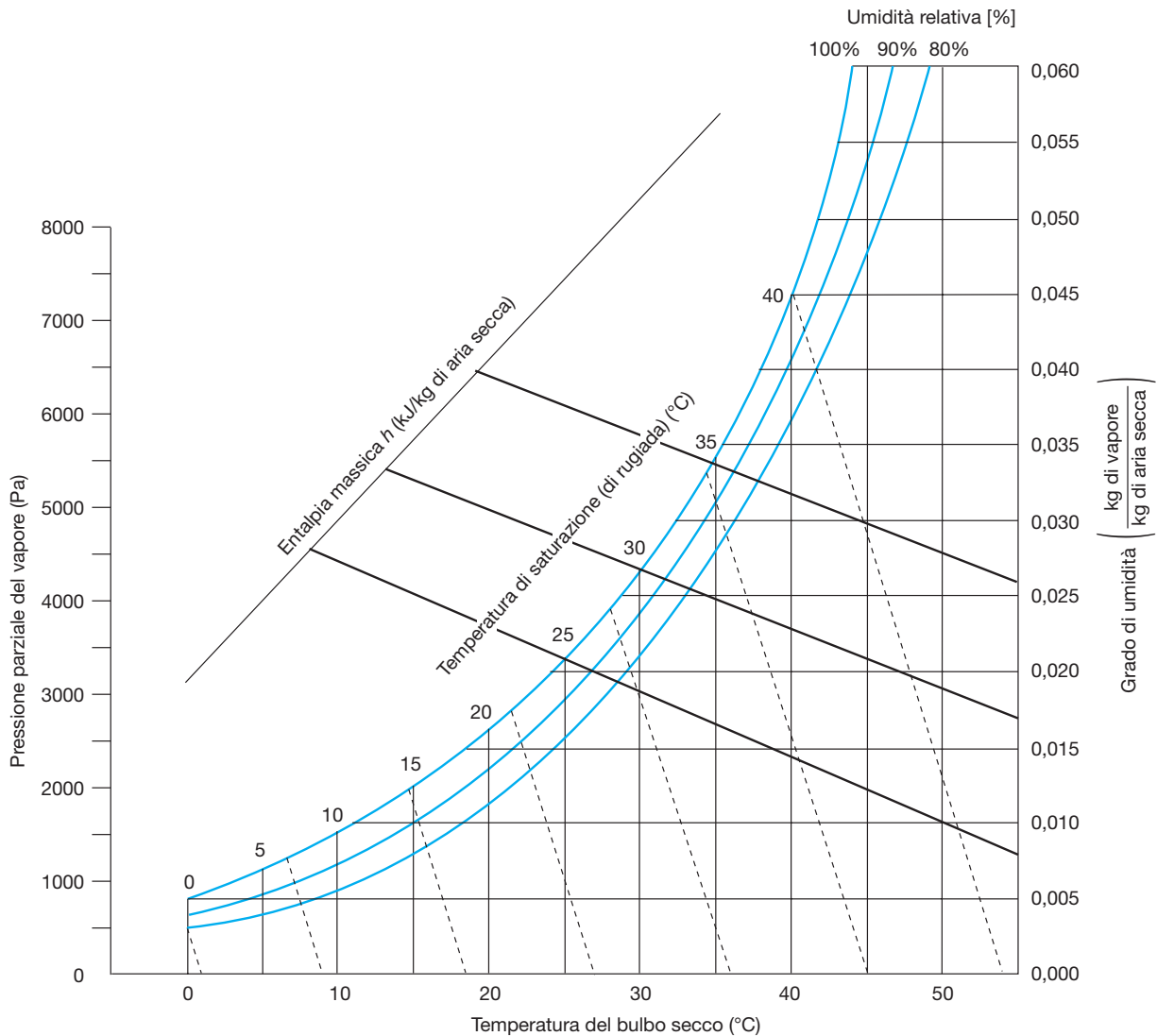
Le temperature del bulbo secco e del bulbo umido derivano da misure effettuate con lo **psicrometro**, strumento costituito da due termometri, di cui uno (bulbo umido) è avvolto da una garza imbevuta d'acqua che risente dell'intensità dell'evaporazione, a sua volta legata all'umidità relativa dell'ambiente circostante (capitolo 9, paragrafo 5).

Nella pagina seguente è riportato il diagramma psicrometrico, relativo all'aria e alla pressione atmosferica.

Il diagramma è caratterizzato dalle seguenti grandezze e curve rappresentative:

- pressione parziale del vapore all'interno della miscela costituita dall'aria umida; la scala in Pa è sul lato verticale sinistro del diagramma;
- grado di umidità o umidità specifica; indica, sull'asse verticale posto sulla destra del diagramma, quanti chilogrammi di vapore acqueo sono presenti in ogni kg di aria secca;
- temperatura del bulbo secco, sull'asse orizzontale;
- umidità relativa: indicata in percentuale, è costante sulle linee spesse ascendenti tra cui quella più a sinistra rappresenta le **condizioni di saturazione** con umidità relativa al 100%, cioè con il massimo grado di umidità compatibile con la temperatura esistente;
- temperatura del bulbo umido, costante lungo le **linee isoentalpiche** che proseguono oltre la curva di saturazione per consentire la lettura dell'entalpia massica dell'aria secca (in kJ/kg) sull'asse inclinato;

- volume massico relativo a 1 kg di aria secca, costante lungo le linee tratteggiate discendenti dalla curva di saturazione.

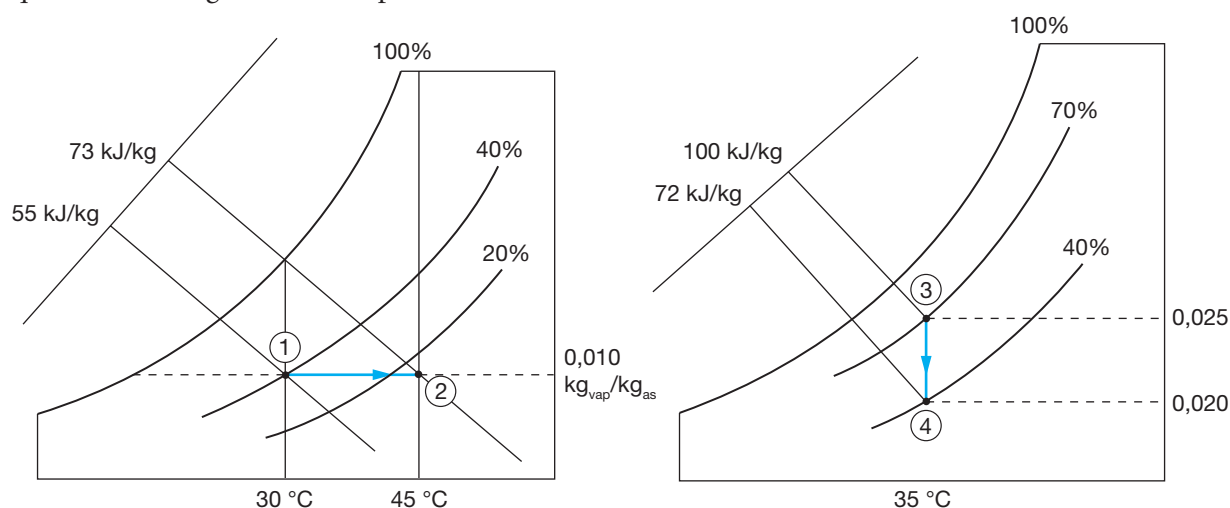


La lettura sullo psicrometro delle temperature del bulbo secco e del bulbo umido permette di individuare un punto sul diagramma e quindi di individuare su di esso tutte le altre caratteristiche dell'aria umida su cui si è effettuata la misura. Per esempio, dai valori $T_{bs} = 40\text{ °C}$ e $T_{bu} = 30\text{ °C}$ interpolando si leggono sul diagramma le caratteristiche:

| | |
|------------------------|---|
| grado di umidità | 0,023 kg _{vap} /kg _{as} |
| umidità relativa | 50% |
| temperatura di rugiada | 30 °C |
| entalpia | 100 kJ/kg |
| volume specifico | 0,918 m ³ /kg |

Se, a parità di temperatura dell'aria, al bulbo umido si registrasse una temperatura di 25 °C, l'umidità relativa sarebbe del 30%; se le due temperature fossero coincidenti l'aria sarebbe in condizioni di saturazione (umidità relativa al 100%).

La presenza sul diagramma dei valori dell'entalpia agevola il calcolo delle quantità di energia necessarie per modificare le condizioni dell'aria umida.



Per esempio, per riscaldare 10 kg di aria con grado di umidità di 0,010 $\text{kg}_{\text{vap}}/\text{kg}_{\text{as}}$ da 30 °C a 45 °C si devono fornire 180 kJ; infatti i punti 1 e 2 (nelle figure sopra) hanno entalpia massica pari a:

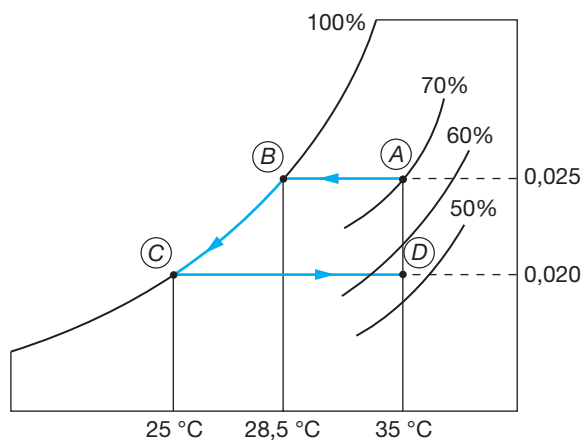
$$h_1 = 55 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 73 \text{ kJ/kg}$$

e il passaggio comporta un salto di entalpia: $\Delta h = 18 \text{ kJ/kg}$.

Si sottolinea che il riscaldamento non modifica il contenuto di vapore nell'aria, tuttavia l'umidità relativa scende dal 40% al 23% circa perché con l'aumento della temperatura dell'aria aumenta la massa di vapore che provocherebbe la saturazione. Ed è proprio l'umidità relativa, insieme alla temperatura, il parametro principale che determina il benessere negli ambienti.

Nel caso dei punti 3-4 la temperatura dell'aria resta costante a 35 °C e la sottrazione di energia si traduce in una deumidificazione: dal 70% al 40%; l'entalpia passa da 100 a 72 kJ/kg con $\Delta h = 28 \text{ kJ/kg}$.

Un processo di deumidificazione a parità di temperatura può essere ottenuto (vedi figura sottostante) con la successione di un raffreddamento e un riscaldamento; in *B* viene raggiunta la curva di saturazione e fino a *C* avviene la condensazione e separazione di una quantità di vapore; con il successivo riscaldamento l'aria riprende in *D* la temperatura del punto iniziale *A*, ma con un grado di umidità e un'umidità relativa minori.



Il raffreddamento può essere ottenuto anche con uno spruzzo di finissime goccioline d'acqua all'interno della corrente d'aria; il tratto di tubazione in cui avviene lo scambio è termicamente isolato e pertanto quella che si ottiene viene denominata **saturatione adiabatica**.

Sul diagramma psicrometrico (figura sottostante) essa viene rappresentata dal tratto *A-B* perché il processo può essere ritenuto isoentalpico.

