

15.1) Impianto di condizionamento:

IMPIANTI
di
CONDIZIONAMENTO

- CONDIZIONAMENTO & BILANCIO TERMICO
- TRASFORMAZIONI dell'ARIA
- IMPIANTI

1/3 Condizionamento dell'aria e bilanciamento termico dell'organismo umano:

- Introduzione;
- Bilancio termico;
- Valutazione dell'esposizione;
- Ambienti severi.

Introduzione:

-> DEF: il condizionamento dell'aria consiste in una serie di trattamenti attraverso cui si modificano le condizioni termoisometriche dell'aria (temperatura, umidità ed entalpia).

- Di solito sono installati sistemi di filtraggio dell'aria che controllano la concentrazione di sostanza particolari.
- Possiamo ritenere integrati ai sistemi di condizionamento anche quelli di distribuzione dell'aria e i fluidi di processo.

-> OBJ1: mantenimento in condizioni termoisometriche che assicurino il benessere termico.

-> OBJ2: mantenimento in condizioni termoisometriche per lo sviluppo di alcune attività.

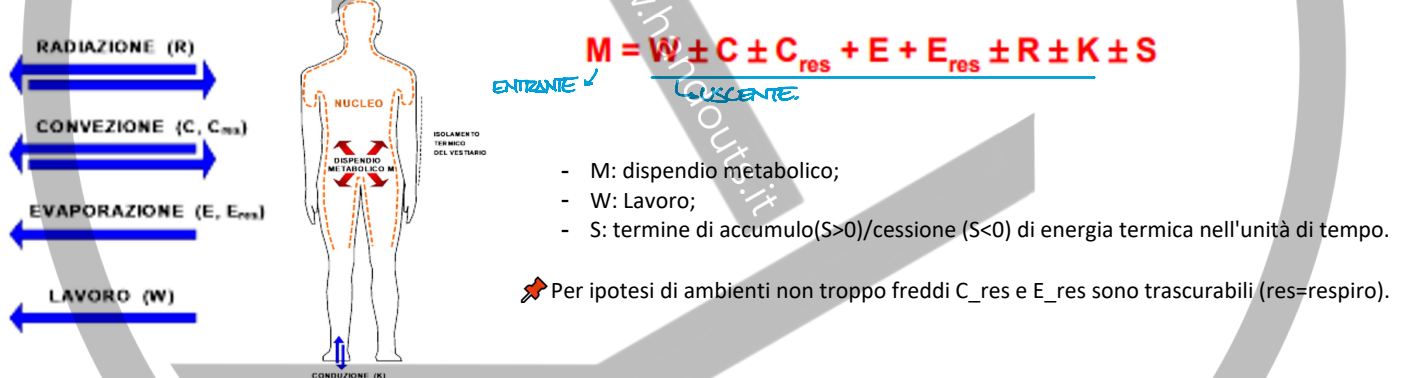
Il bilancio termico dell'organismo umano:

-> L'uomo, attraverso il proprio metabolismo, produce energia.

=> Deve raggiungere una condizione detta "di omeotermia", ovvero: $36,7^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}$.

TEMPERATURA DEL NUCLEO: temperatura riscontrata nei vari organi interni: a livello della testa, del petto e dell'addome.

Descrizione del bilancio:



Reazioni dell'organismo umano:

-> Se $S \neq 0$ =>

- AMBIENTE FREDDO => riduzione della circolazione sanguigna a livello della cute + abbassamento temperatura cutanea.
-> Se non basta => intervengono meccanismi di tipo fisiologico e reazioni comportamentali.
- AMBIENTE CALDO => Aumenta la circolazione sanguigna per favorire la cessione istantanea di calore + produzione di una quantità maggiore di sudore che aumenta la cessione di calore per evaporazione.

-> Fattori che incidono sul bilancio termico dell'organismo umano:

- Fattori ambientali:
 - o T_a = temperatura dell'aria a bulbo secco;
 - o T_r = temperatura media radiante;
 - o U.R. = umidità relativa dell'aria;
 - o v_a = velocità dell'aria (relativa al soggetto);
- Fattori personali:
 - o M = dispendio metabolico dell'organismo umano;
 - o η = rendimento meccanico relativo all'attività svolta;
 - o ICL = isolamento termico del vestiario;
- Fattori fisiologici:
 - o T_{sc} = temperatura cutanea media;
 - o w = frazione di area cutanea bagnata dal sudore.

Attività	Metabolismo energetico	
	W/m ²	met
Disteso	46	0,8
Seduto, rilassato	58	1,0
In piedi, rilassato	70	1,2
Attività sedentaria (ufficio, casa, scuola, laboratorio)	70	1,2
Attività in piedi (compere, laboratorio, industria leggera)	93	1,6
Attività moderata (commesso, lavori domestici, lavori a macchina)	116	2,0
Attività pesante (lavoro pesante a macchina, lavoro in garage)	165	2,8

15.2) Impianto di condizionamento:

Valutazione dell'esposizione:

-> L'ambiente influenza i criteri di valutazione del benessere, questi sono definiti a seconda dei tipi d'ambiente:

- Ambienti moderati;
- Ambienti severi (caldi o freddi);

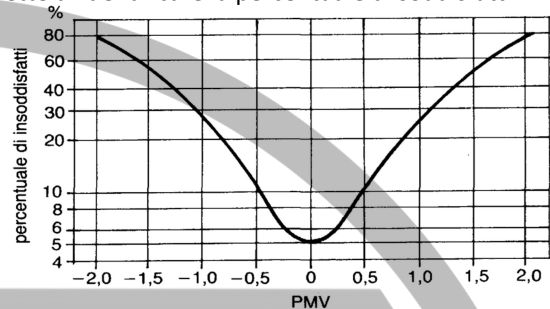
Ambienti moderati:

-> **DEF:** ambienti in cui la condizione di benessere termico può essere raggiunta senza o al limite con una minima sollecitazione a carico del sistema di termoregolazione dell'organismo umano.

-> **CRITERIO PMV-PPD (ISO 7730):** viene utilizzato per valutare l'esposizione a temperature elevate in ambienti di lavoro.

- è basato sull'equazione di bilancio termico dell'organismo, permette di identificare la percentuale di soddisfatti.

Voto	Sensazione termica
3	Molto caldo
2	Caldo
1	Leggermente caldo
0	Neutro
-1	Leggermente freddo
-2	Freddo
-3	Molto freddo



- È accettabile che stia tra -1 e 1.

Ambienti severi:

-> **DEF:** ambienti alla cui il sistema di termoregolazione viene molto sollecitato.

- Non è possibile raggiungere la condizione di benessere termico.
- I criteri hanno lo scopo di valutare l'esposizione ai fini della salvaguardia della salute.

Ambienti caldi:

-> **DEF:** ambienti a cui l'esposizione fa aumentare la temperatura del nucleo.

-> **CRITERIO WBGT (ISO 7243):** viene utilizzato per valutare l'esposizione a temperature elevate in ambienti di lavoro. È di due tipi:

- Bulbo secco: si intende quando il bulbo del termometro è secco;
- Bulbo umido: fa sì che la temperatura misurata sia minore: l'acqua che evapora risulta minore.

-> **CRITERIO DELLA SUDORAZIONE RICHIESTA (ISO 7933):** permette di calcolare il tempo massimo di esposizione ad ambienti caldi.

Ambienti freddi:

-> **DEF:** Ambienti alla cui esposizione fa diminuire la temperatura del nucleo.

- I danni potenziali non consistono nell'ipotermia rapida, ma in una moderata ipotermia con eventuale fastidio da raffreddamento localizzato.

-> **CRITERIO DELL'ISOLAMENTO TERMICO RICHIESTO:** è basato sull'equazione di bilancio termico dell'organismo, consente di determinare l'isolamento termico del vestiario.

Aria umida e trasformazioni dell'aria:

-> Quando si parla di trasformazioni dell'aria, in termini di condizionamento, si fa riferimento al diagramma Psicometrico, detto anche Ashrae, sul quale si possono leggere i trattamenti operati sull'aria.

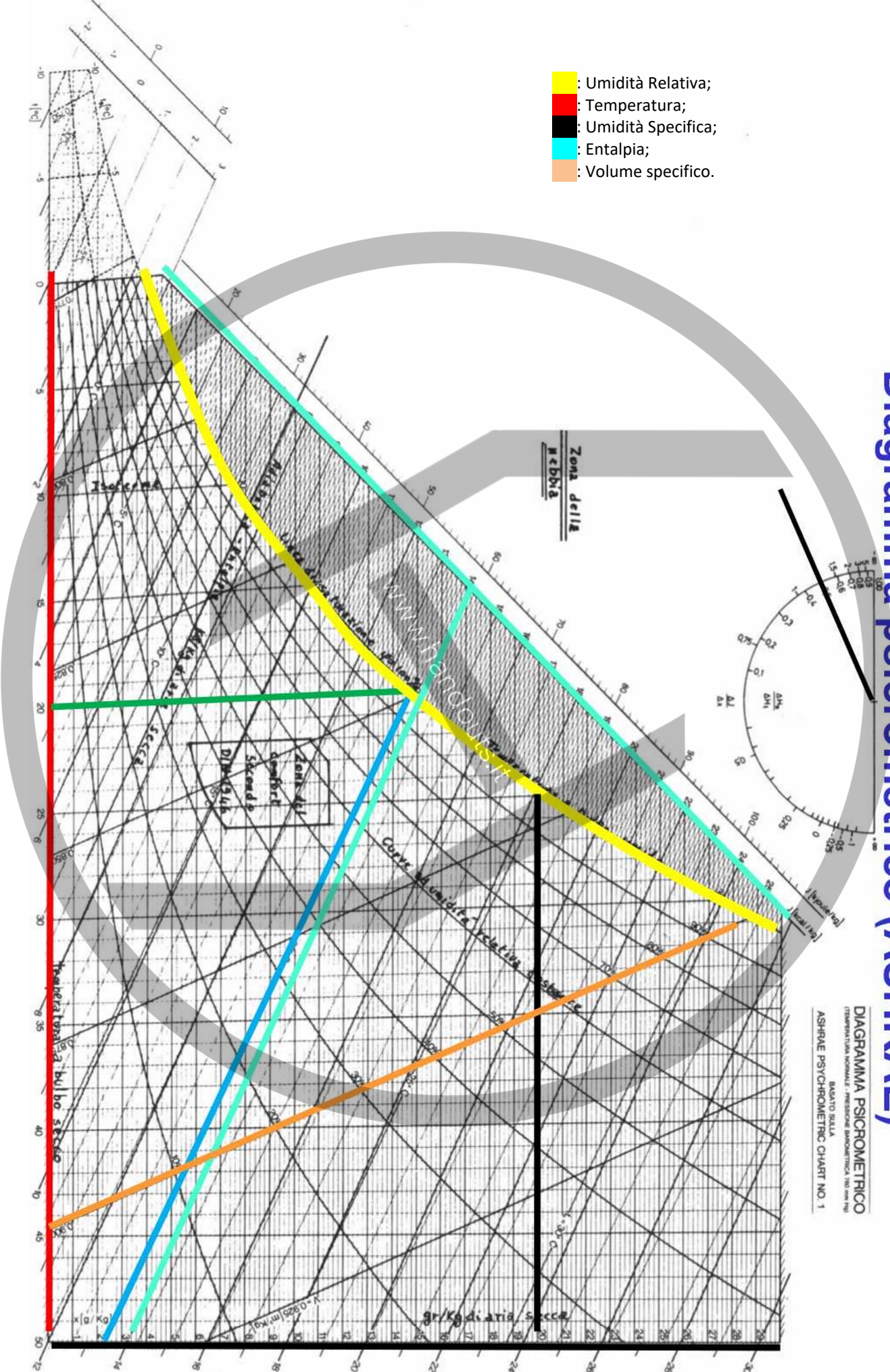
-> Sul diagramma troviamo le seguenti informazioni:

- Temperatura a bulbo secco;
- Umidità specifica;
- Umidità relativa;
- Temperatura a bulbo umido;
- Temperatura di rugiada;
- Entalpia;
- Volume specifico.

15.3) Impianto di condizionamento:

- Umidità Relativa;
- Temperatura;
- Umidità Specifica;
- Entalpia;
- Volume specifico.

Diagramma psicrometrico (ASHRAE)



15.4) Impianto di condizionamento:

Fattore termico R:

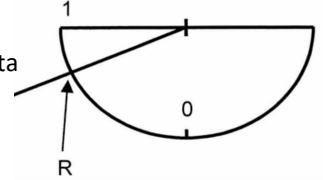
-> **DEF:** il Fattore Termico o Fattore di carico definisce la retta ambiente, ovvero un trattamento psicometrico. In base ai carichi termici che interessano il locale (macchinari, persone, sistemi di illuminazione, altro) da climatizzare permette di individuare le condizioni che l'aria deve avere per raggiungere una temperatura obbiettivo.

- Il fattore di carico è un numero che fornisce indicazioni importantissime circa la "qualità" del carico termico che agisce sul locale da condizionare.

-> Ad esempio: un fattore di carico $F_c=1$ indica un locale sul quale agisce solo carico sensibile; un fattore di carico pari a 0.8 indica che il calore sensibile è pari all'80% del totale

$$R = \frac{\text{Calore termico sensibile}}{\text{carico termico sensibile} + \text{carico termico latente}}$$

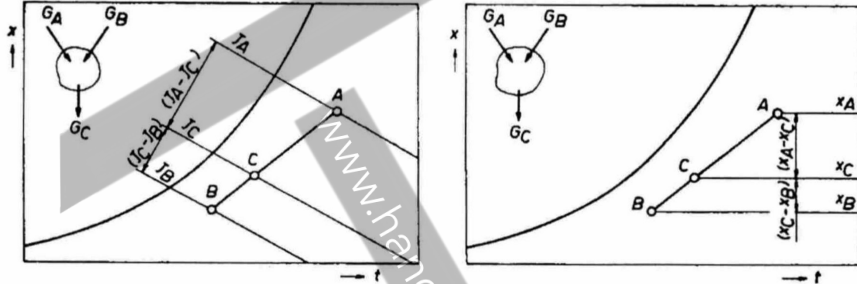
-> permette di individuare l'inclinazione di una retta (retta del fattore termico) che rappresenta le condizioni termoigrometriche da mantenere in ambiente: il luogo dei punti delle possibili condizioni dell'aria da immettere nell'ambiente per eliminare contemporaneamente e in proporzione carichi termici sensibili e latenti.



-> La variazione di entalpia specifica può essere vista come la somma dei due termini:

- **CALORE SENSIBILE:** scambi di calore, rispetto ad una sostanza, che fanno variare la temperatura ma non lo stato fisico;
 - > Fa riferimento a carichi termici sensibili;
- **CALORE LATENTE:** scambi di calore che provocano il cambiamento di stato, ma non di temperatura (variazione dell'umidità assoluta dell'aria umida).

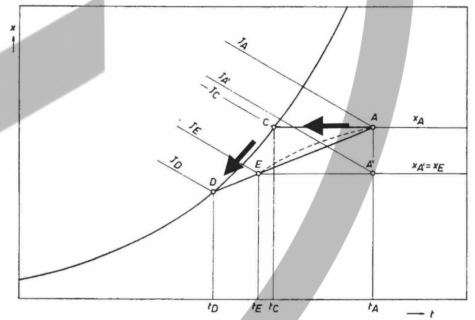
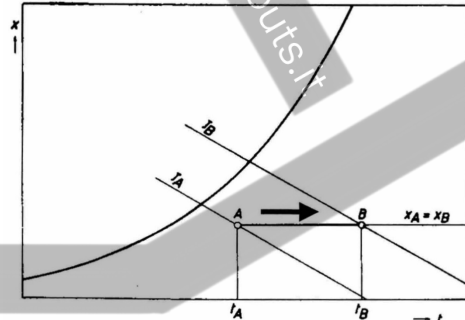
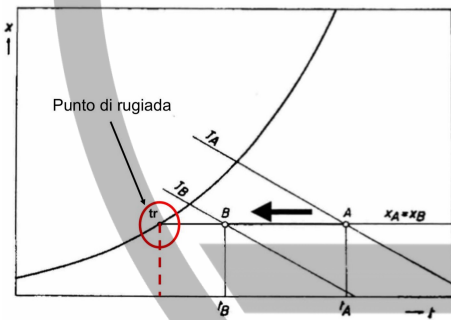
-> Quando misceliamo due portate d'aria abbiamo una soluzione intermedia dalle due:



Raffreddamento sensibile (l'entalpia è indicata con J)

Riscaldamento sensibile (l'entalpia è indicata con J)

Raffreddamento con deumidificazione (l'entalpia è indicata con J)

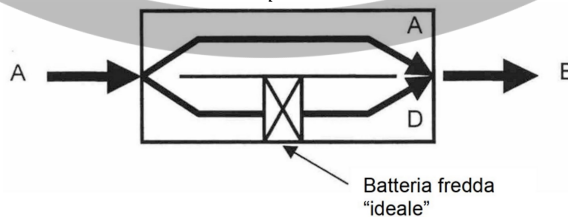


Fattore di By-pass (BF: By-pass Factor):

-> **DEF:** la quantità d'aria che "by-passa" il trattamento dell'aria.

- È utile per far si che il punto di rugiada del condizionatore non sia troppo basso.

$$BF = \frac{\text{portata di aria che by-passa la batteria di scambio termico}}{\text{portata d'aria totale}}$$



-> Quando si utilizza li BF si raffredda il fluido, si miscela e in fine si riscalda per arrivare alla temperatura obbiettivo.

15.5) Impianto di condizionamento:



Impianti di condizionamento dell'aria:

Dimensionamento degli impianti di condizionamento:

-> Procedura di dimensionamento:

1. **Definire le condizioni termo-igrometriche** da mantenere nell'ambiente
2. **Calcolare i carichi termici** sensibili e latenti
3. Calcolare il **fattore termico R**
4. Individuare la **tipologia di impianto** più adatta
5. Definire la **composizione della miscela** dell'aria in entrata al condizionatore in termini di proporzioni fra aria di rinnovo e aria di ricircolo
6. **Determinare la differenza di temperatura** fra l'aria dell'ambiente e quella ivi immessa dal condizionatore e **calcolare la portata di aria in base ai carichi termici**

-> 7° C: delta termico massimo ammissibile a livello industriale.

Tipologie di impianti di condizionamento:

-> Gli impianti di condizionamento sono composti da tre circuiti:

- Circuito aeraulico;
- Circuito di raffreddamento;
- Circuito di riscaldamento;

Circuito aeraulico:

-> **FUNZIONI:**

- Centrale di trattamento;
- Rete per la distribuzione dell'aria;

Canale di trattamento:

-> **COMPONENTI:**

- Presa d'aria esterna (griglia e serranda)
- Umidificatore e lavatori d'aria
- Batteria di preriscaldamento
- Batteria di riscaldamento
- Canali per il ricircolo
- Batteria refrigerante
- Ventilatore
- Deumidificatore
- Filtro

-> **FUNZIONI:**

- Ricircolo e/o rinnovo parziale o totale dell'aria nell'ambiente
- Raffreddamento e deumidificazione dell'aria
- Riscaldamento invernale e post-riscaldamento estivo
- Umidificazione dell'aria
- Aspirazione e mandata dell'aria

Rete per la distribuzione dell'aria:

-> **COMPONENTI:**

- Condotti
- Bocchette o diffusori/griglie
- Serrande di regolazione
- Unità terminali

Circuito di raffreddamento:

-> **COMPONENTI:**

- Gruppo frigorifero (a compressione o assorbimento);
- Circuito idraulico.

Circuito di riscaldamento:

-> **COMPONENTI:**

- Una o più caldaie;
- Circuito idraulico.

Classificazione impianti:

-> Abbiamo un'altra classificazione degli impianti:

- Impianti tutta aria: i singoli ambienti climatizzati non sono installati scambiatori locali e l'aria rappresenta l'unico fluido termovettore.
- Impianti misti: aria-acqua, sono impianti che scambiano calore sensibile tra aria dell'ambiente e il fluido freddo e/o caldo che alimenta le unità locali.
 - o in ogni ambiente sono installati apparecchi in grado di controllare lo scambio tra aria e fluido.
 - o Ha anche l'azione aggiuntiva di immettere l'aria primaria, trattata nell'unità centralizzata, nell'ambiente.

15.6) Impianto di condizionamento:

Impianti a tutta aria:

-> Seguono diversi criteri di classificazione:

1. Criterio: variabilità della portata:
 - Portata costante;
 - Portata variabile;
2. Criterio: velocità dell'aria nei condotti;
 - Bassa velocità;
 - Alta velocità;

3. Criterio: numero di canali o condotti:

- Semplice canale;
- Doppio canale

Impianti a tutta aria a portata costante:

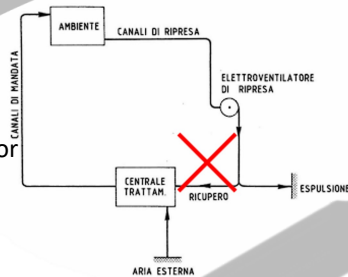
-> Caratteristiche:

- Portata costante;
- Bassa velocità (<10m/s);
- Tipologia più diffusa;

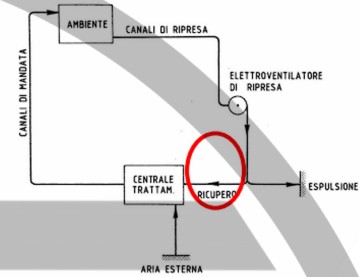
✗ Svantaggi:

- Distanze limitate;
- Prestazioni inefficienti o maggior complessità impiantistica.

Impianti a sola aria esterna



Impianti con ricircolo



Impianti a tutta aria a portata variabile (o controllata):

-> DEF: viene modulata la portata d'aria in funzione delle esigenze relative all'ambiente.

✓ Vantaggi: consente di eliminare le batterie di post-riscaldamento.

-> Caratteristiche:

- Richiede un solo canale di portata.

Impianti misti:

-> DEF: sono costituiti da un impianto ad aria e uno ad acqua che alimenta una serie di terminali locali collocati negli ambienti.

15.7) Impianto di condizionamento > Definizioni:

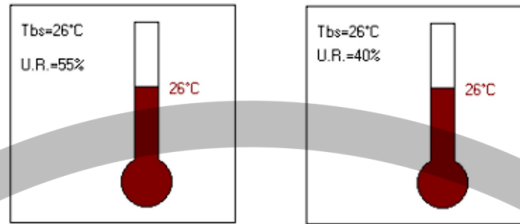
CONVEZIONE: trasmissione del calore in un fluido mediante il trasporto di materia da moti convettivi.

BENESSERE TERMICO: raggiungimento delle condizioni di omeotermia.

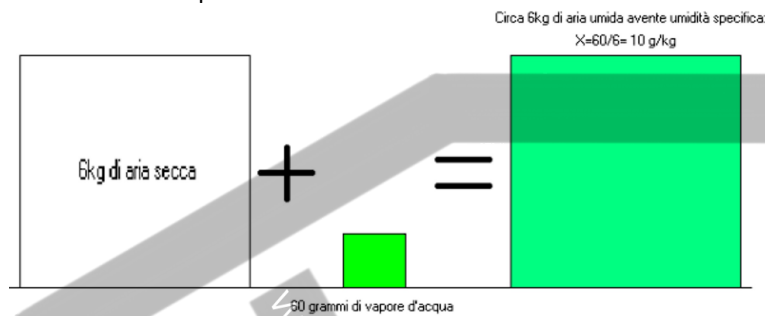
PMW-PPD: Percentuale Massima di Carico Termico Permissibile dall'inglese Predicted Mean Vote e Predicted Percentage of Dissatisfied.

WBGT: Wet Bulb Globe Temperature, si basa sulla temperatura dell'aria, la temperatura della superficie del globo (una sfera che rappresenta l'irradiazione solare), l'umidità relativa e la velocità dell'aria per determinare la quantità di calore a cui un individuo viene esposto.

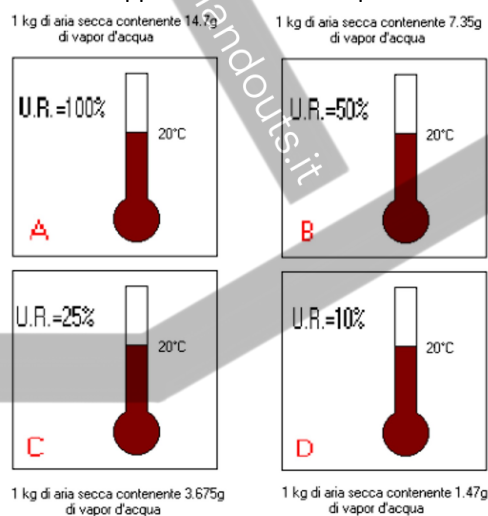
TEMPERATURA DI UN BULBO A SECCO T_{bs} (°C): È la temperatura misurata da un comune termometro a bulbo. La misura di tale temperatura è assolutamente indipendente dall'umidità relativa (U.R.) dell'aria; sul diagramma psicrometrico la scala delle temperature a bulbo secco è indicata sull'asse orizzontale.



UMIDITÀ SPECIFICA X (g/kg) Come è stato detto, l'aria che ci circonda, l'aria che ci circonda è una miscela di aria secca e vapore d'acqua; ebbene, l'umidità specifica indica quanti grammi di vapore acqueo sono presenti in ogni kg di aria secca. Sul diagramma psicrometrico l'umidità specifica è indicata sull'asse verticale posto sul lato destro.



UMIDITÀ RELATIVA U.R. (%) La quantità di vapore acqueo che può essere contenuto in un kg di aria secca non è illimitata: oltre una certa quantità il vapore aggiunto condensa sotto forma di minute goccioline (effetto nebbia). L'umidità relativa non è altro che la percentuale di vapore contenuto nell'aria in rapporto alla massima quantità in essa contenibile alla data temperatura.



TEMPERATURA DI RUGIADA: La temperatura di rugiada è la temperatura alla quale l'aria raggiunge le condizioni di saturazione (U.R.=100%): su ogni elemento (parete, superficie vetrata ecc...) che si trova ad una temperatura appena inferiore alla temperatura di rugiada si forma condensa (rugiada, appunto).

ENTALPIA SPECIFICA h (kcal/kg a.s.) L'entalpia è la grandezza termodinamica che indica il contenuto energetico di una sostanza alle date condizioni di temperatura, pressione ecc...

VOLUME SPECIFICO (m³/kg a.s.) Il volume specifico è il volume occupato dall'aria umida facendo come sempre riferimento al kg di aria secca. Le rette ad inclinazione ripida sono le rette a volume specifico costante.

PUNTO DI RUGIADA DEL CONDIZIONATORE (o della batteria fredda): è una delle caratteristiche che si acquistano nei condizionatori. Rappresenta la quantità minima di temperatura cui il condizionatore può raffreddare.

RINNOVO: si prende aria totalmente nuova (utilizzo più potenza, il Δ termico è maggiore);

RICIRCOLO: si prende aria interna, si tratta e si ri-immette (Richiede meno potenza, minore Δ termico).

ZONA: un ambiente o un insieme di ambienti caratterizzati da analoghi carichi termici e che presentano, quindi, le medesime esigenze di condizionamento.