



BEES



Soluzioni impiantistiche in edifici ad alta efficienza energetica

II. Climatizzazione estiva

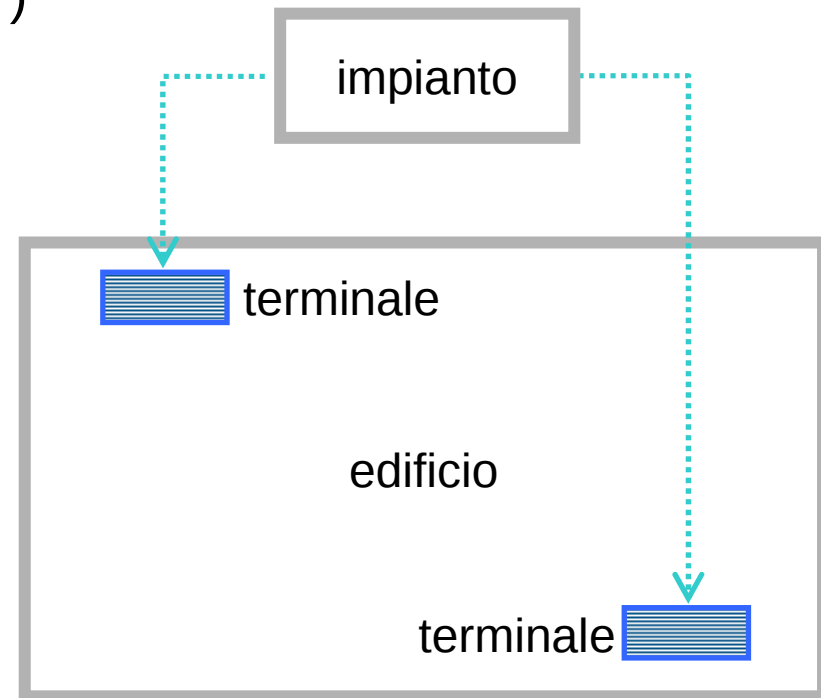
Prof. Livio Mazzarella – Dipartimento di Energia

Classificazione



Le diverse tipologie di impianti di condizionamento dell'aria
(classificate in base al “fluido vettore”)

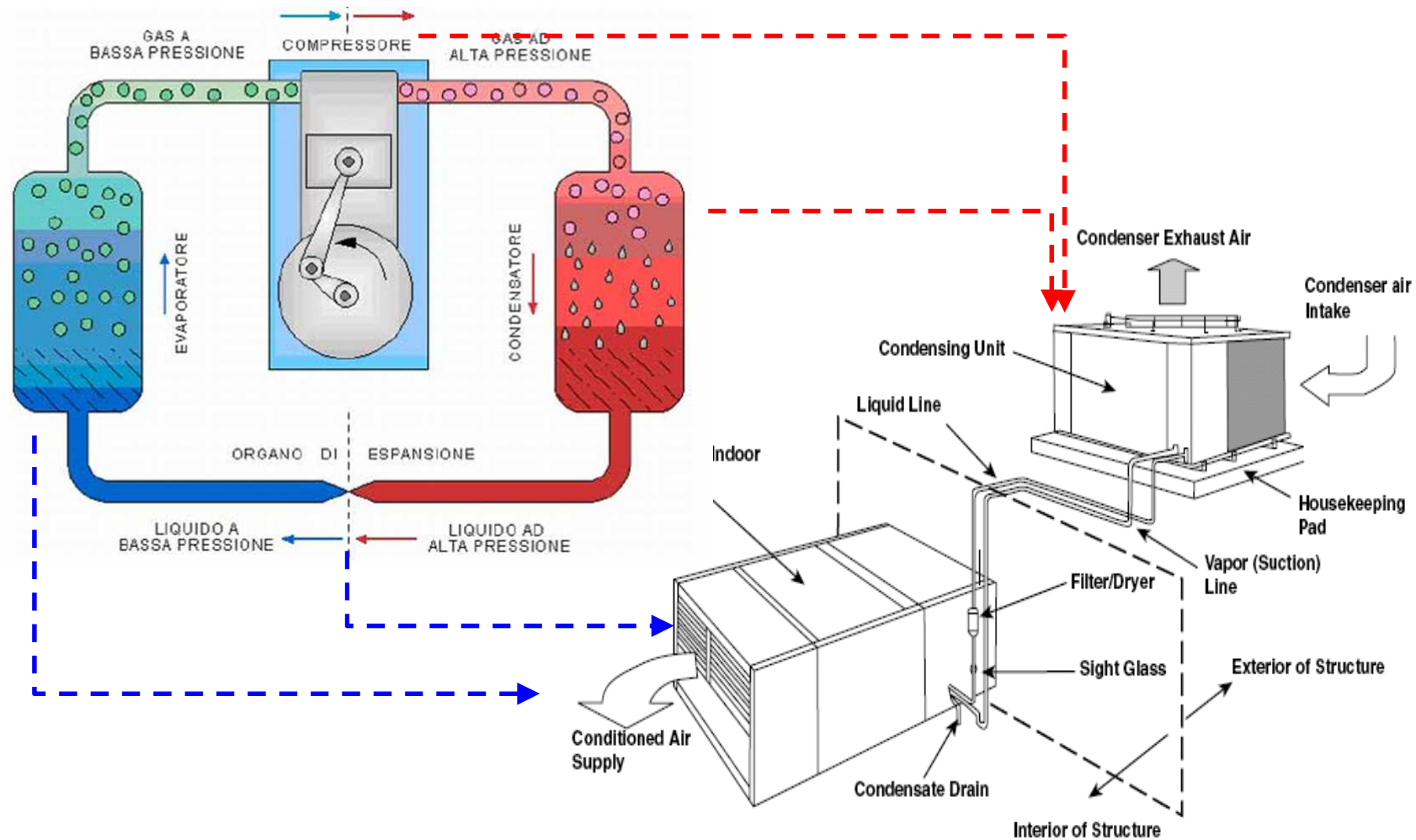
- ✓ Espansione diretta (es. R-410 A)
- ✓ Sistemi ad acqua refrigerata
- ✓ Sistemi misti aria-acqua
- ✓ Sistemi tutt'aria



Impianti di condizionamento: esempi



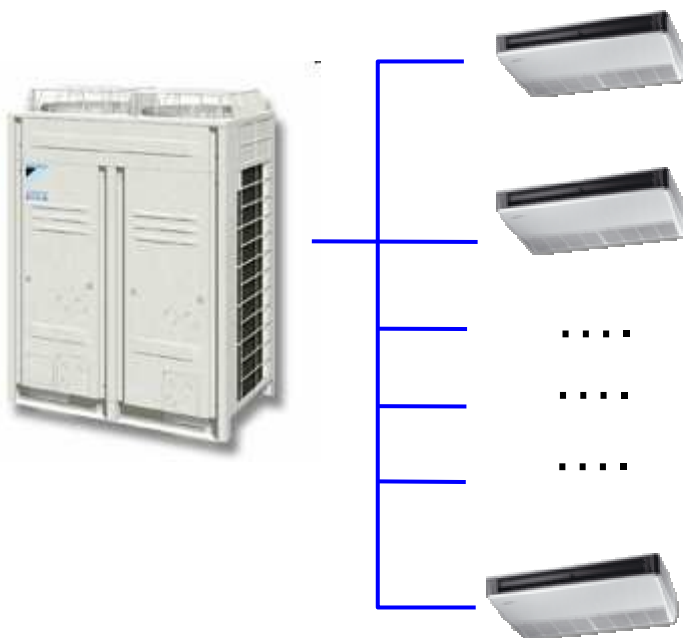
■ Il sistema a espansione diretta (es. split, multi-split)



Classificazione sistemi ad espansione diretta



- Mono-split (per singola unità interna) e multi-split (2-3-4-... unità esterne)
- Package e Rooftop (sistemi trattamento aria compatti e canalizzabili)
- Grandi impianti VRV (fino a 64 unità interne)

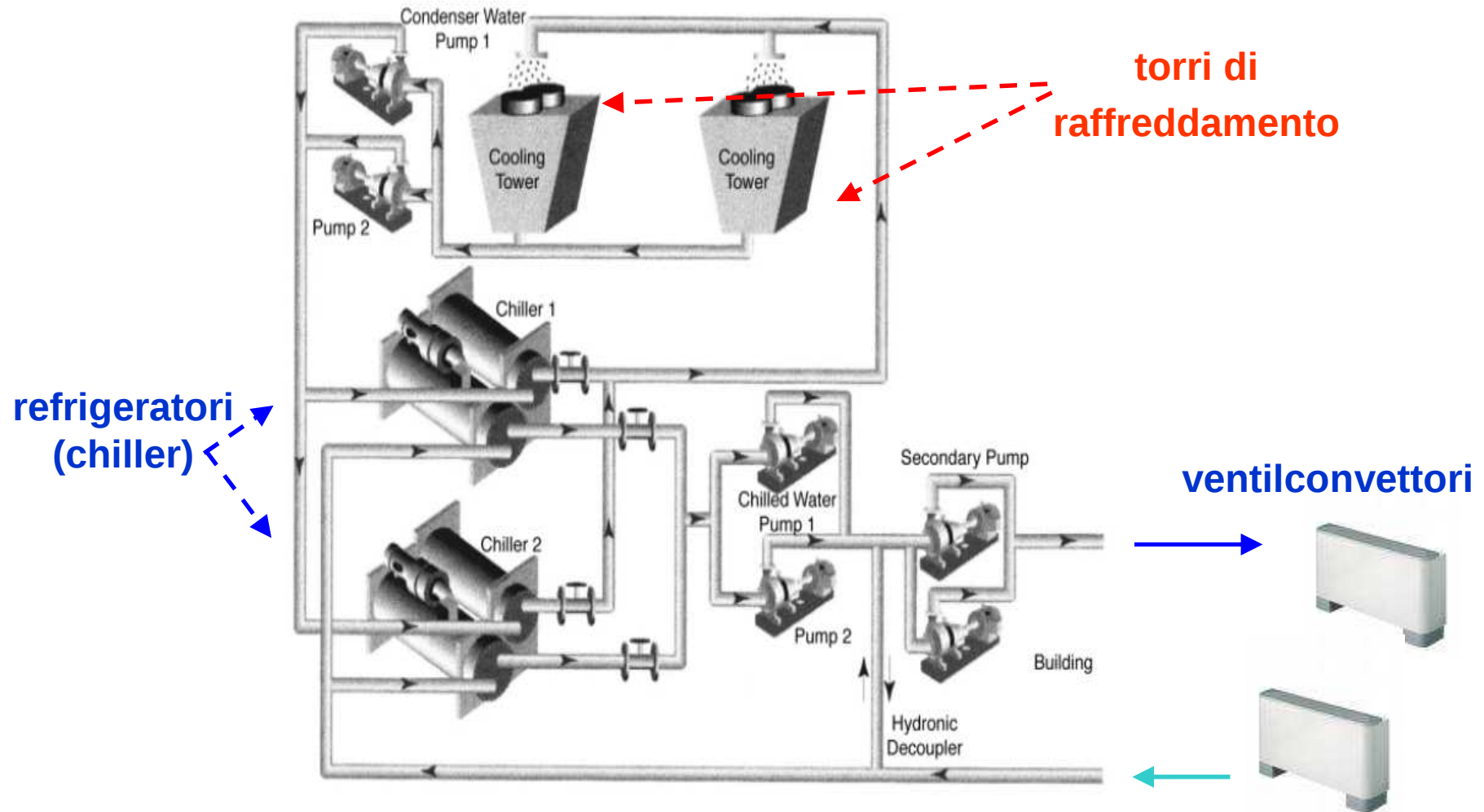


- Possibilità di espansione (sia per le unità interne che per quelle esterne)
- Elevata efficienza
- Possibilità di riscaldare e raffrescare simultaneamente (con recupero!)
- Utilizzabile per esercizi commerciali, uffici, hotel (fino a 50 m di altezza)
- Dotati di sistema di supervisione e controllo centralizzato

Impianti di condizionamento: esempi



■ Sistema ad acqua refrigerata

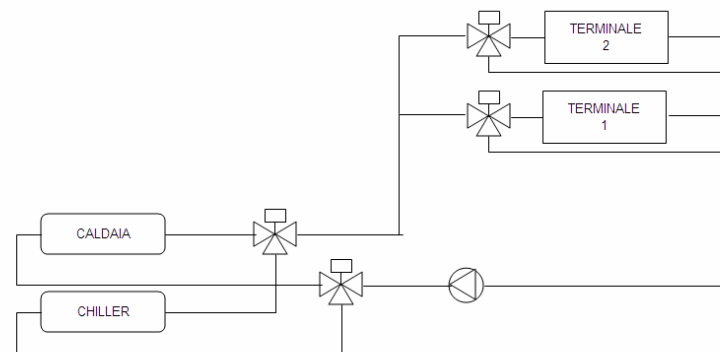


Classificazione sistemi ad acqua



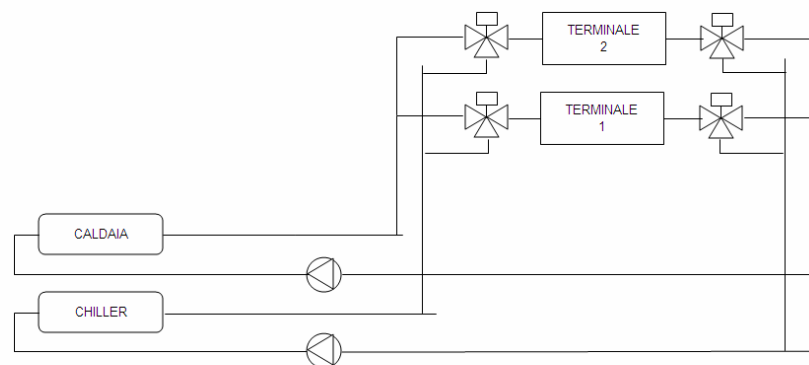
■ Due tubi

- ✓ Caldo o freddo
- ✓ Minor costo / ingombro



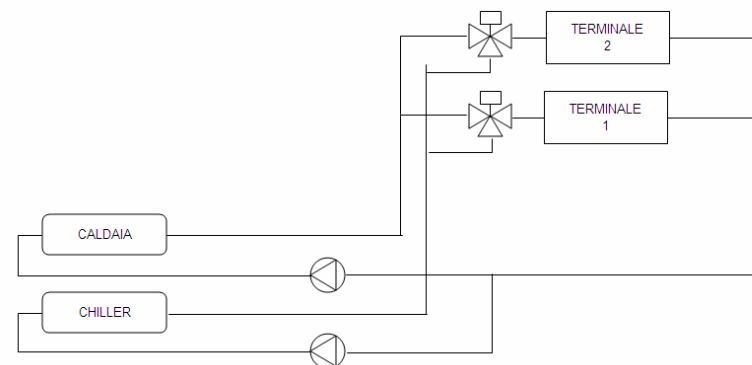
■ Quattro tubi

- ✓ Caldo e freddo
- ✓ Maggior costo / ingombro



■ Tre tubi

- ✓ Caldo e freddo
- ✓ Tubo di ritorno comune
- ✓ Alte differenze di temp.

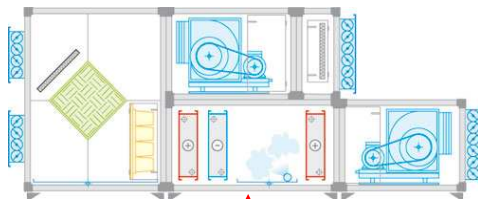


Impianti di condizionamento: esempi

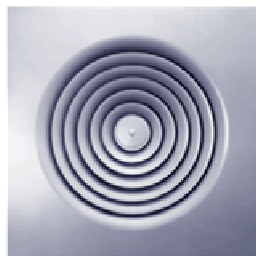


- Sistema aria primaria (2 vol/h) / tutt'aria (6 – 8 vol/h)

centrale trattamento aria



diffusori aria

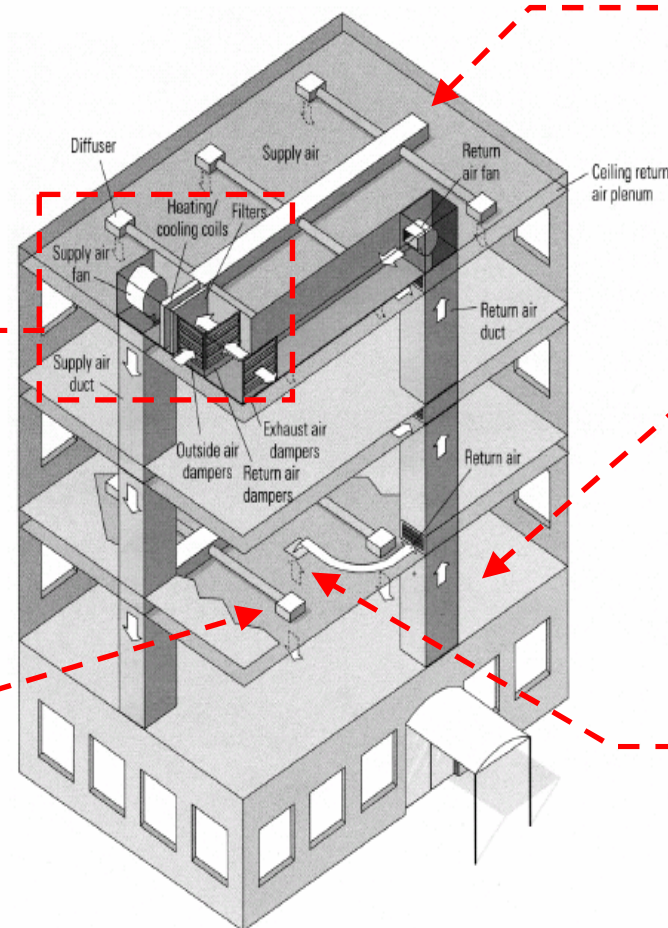


mandata

canali aria

ripresa

griglie di ripresa

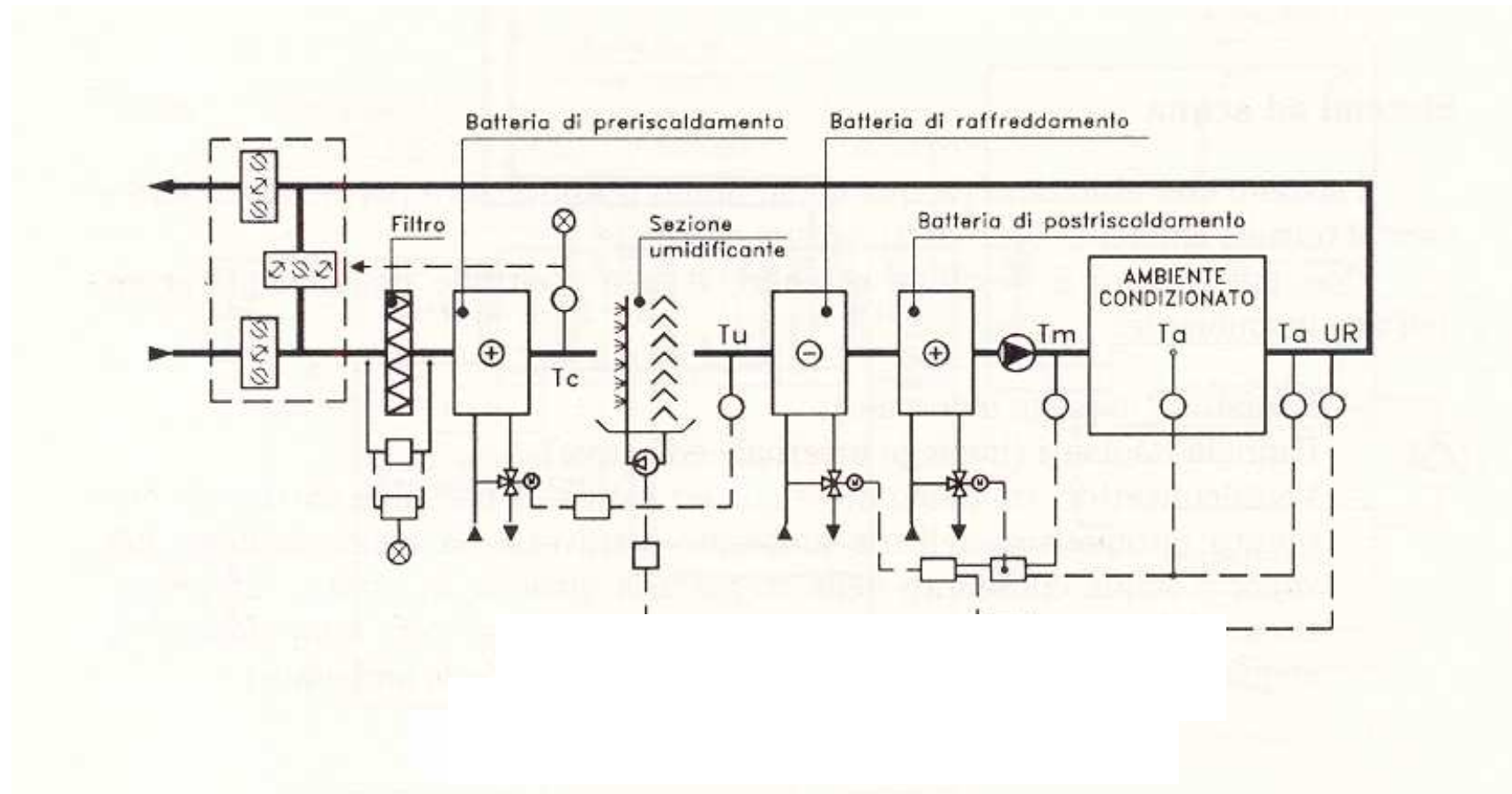


Classificazione sistemi a tutt'aria



■ Monocondotto

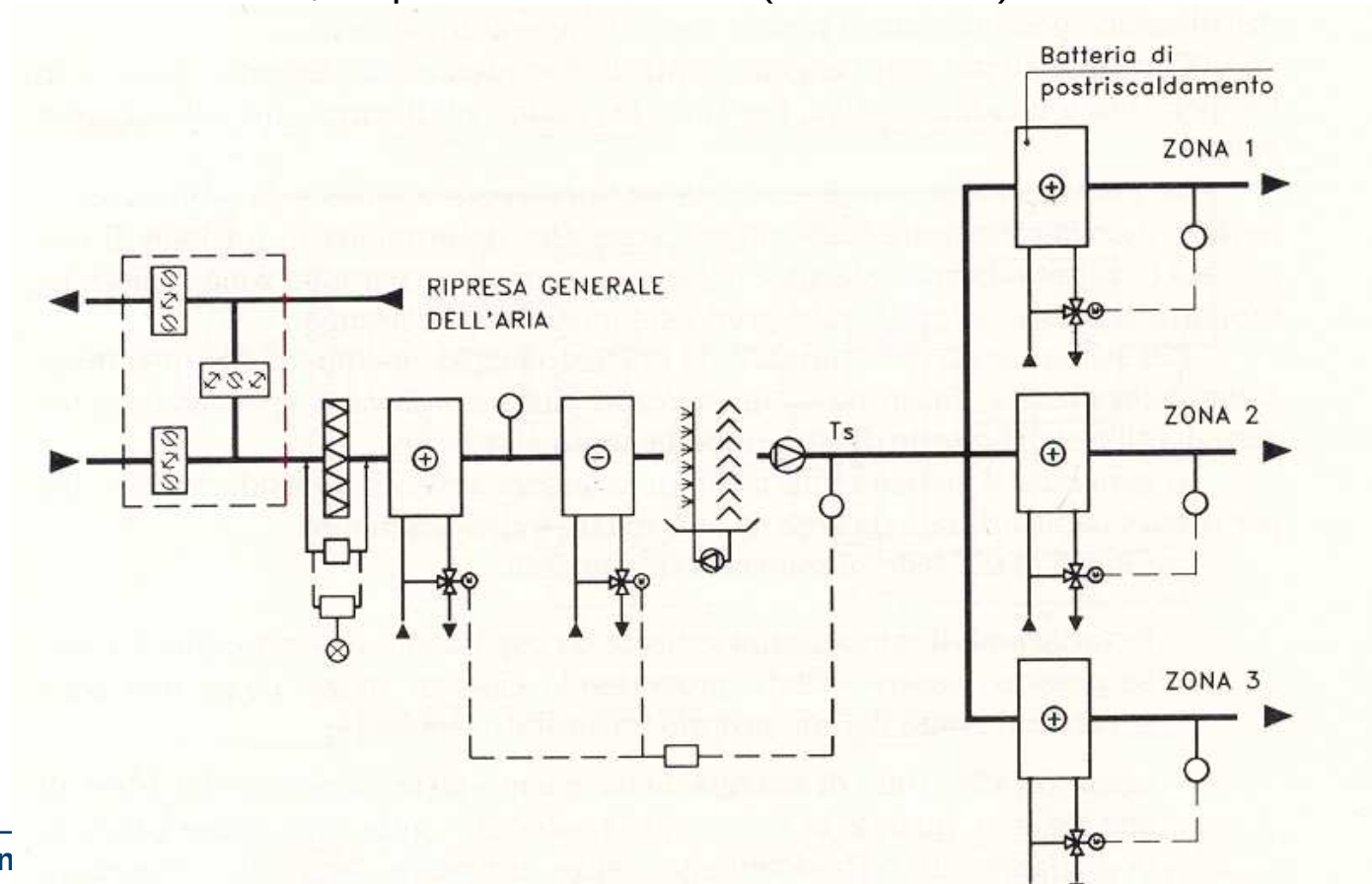
- ✓ Regolazione temperatura e umidità
- ✓ Aria primaria (impianti misti) e tutt'aria (con ricircolo)



Classificazione sistemi a tutt'aria



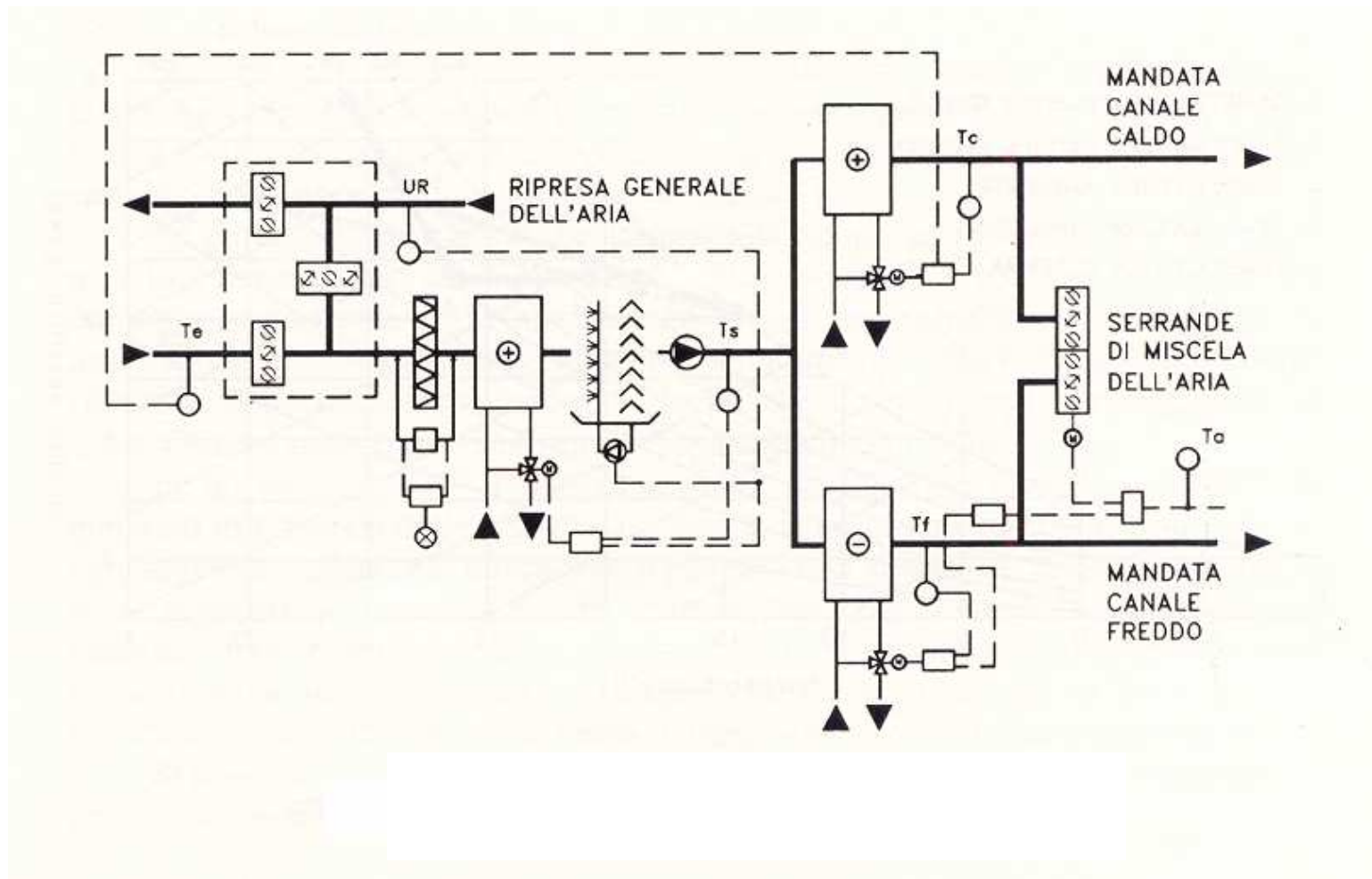
- Monocondotto con post-riscaldamento di zona
 - ✓ Tutt'aria
 - ✓ Se misto aria / acqua
 - ✓ a 2 tubi, batteria comune di post-riscaldamento (es. $T_i = 15 - 20\text{ }^{\circ}\text{C}$)
 - ✓ a 3 o 4 tubi, no post-riscaldamento (es. $T_i = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$)



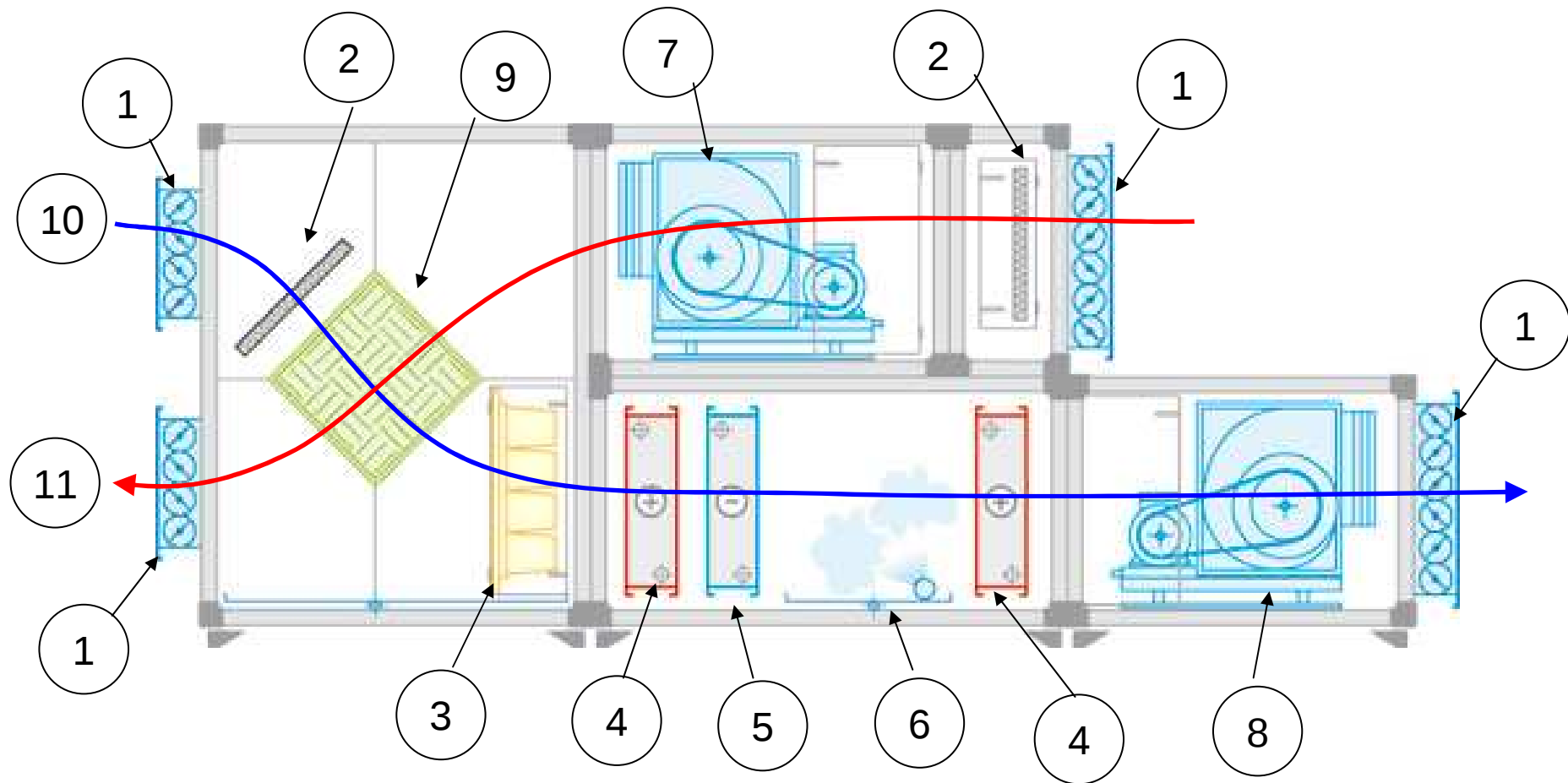
Classificazione sistemi a tutt'aria



■ Doppio condotto



Unità trattamento aria a 3 batterie con recupero del calore e umidificatore



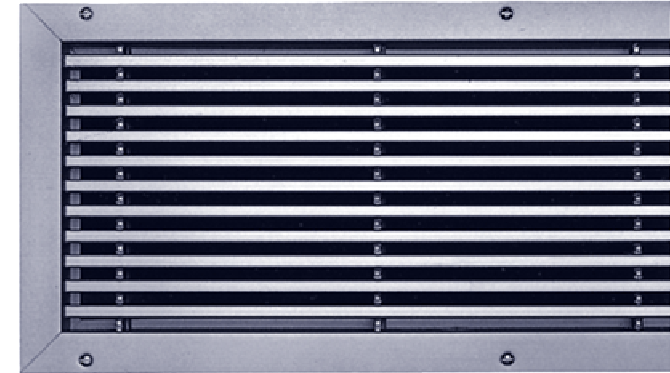
- | | | |
|------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1. serranda | 5. batt. raffreddamento | 9. scambiatore flussi X |
| 2. pre-filtro | 6. umidificatore | 10. ingresso aria esterna |
| 3. filtro a tasche | 7. ventil. ritorno | 11. espulsione |
| 4. batt. riscaldamento | 8. ventil. mandata | |

Il sistema di emissione (terminali)



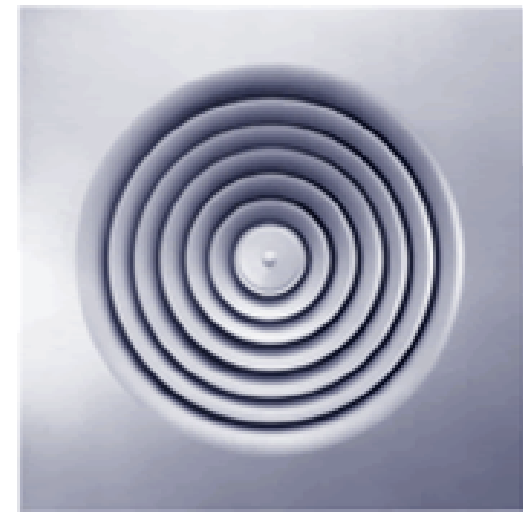
1. bocchette

- limite sulla velocità dell'aria 2 - 6 m/s
- limite sul ΔT lato aria pari a 11 K
- posizione ad almeno 2 m di altezza
- adeguate per portate d'aria di 3 – 6 l/s,m²



2. diffusori a soffitto

- limite sul ΔT lato aria tra 10 e 20 K
- portate d'aria da 5 a 30 l/s,m²
- limit sulla velocità terminale dell'aria 0.25 m/s
- il volume d'aria trattato dal terminale é variabile con la distanza tra terminali e l'altezza del locale

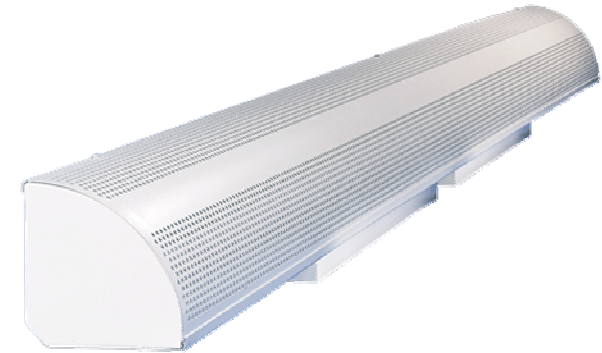


Il sistema di emissione (terminali)



3. terminali a dislocamento

- ΔT aria limitato a 3-5 K
- velocità dell'aria pari a 0.5 m/s
- portata aria pari a 5 l/s,m²
- solo per raffrescamento
- bassi carichi estivi (25 W/m²)



4. diffusori a induzione alimentati ad aria primaria e acqua refrigerata

- aria primaria ad alta velocità trascina aria presente nella stanza
- alimentato ad acqua fredda, la capacità di scambio migliora perché si somma il flusso primario a quello secondario (anche più del doppio)

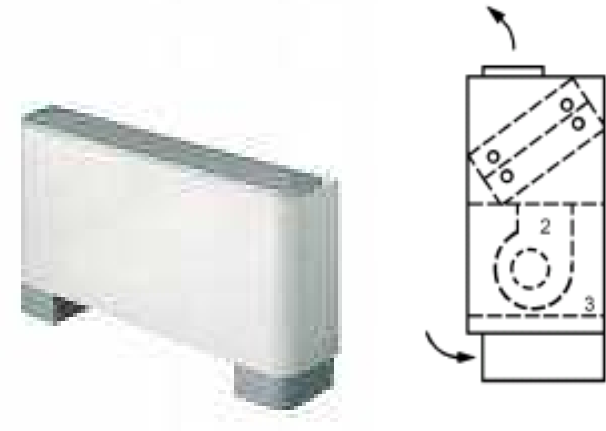


Il sistema di emissione (terminali)



5. ventilconvettori

- temperatura acqua 7 - 12 °C
- capacità di raffrescamento 0.5 – 10 kW
- portata aria 180 - 200 m³/h / kWc
- potenza ventilatore = 2 – 5% potenza frigorifera
- limiti: rumore (25 - 35 dB)
- regolazione della velocità (3 vel.)
- rimozione manuale della condensa



6. travi fredde

- ΔT aria locale - acqua circa 10 K
- T acqua superiore alla temperatura di rugiada (no condensazione) 15 – 18 °C
- capacità di raffrescamento 60 W/m²
- Idonee per essere impiegate negli uffici (silenziosità, economicità)



Vantaggi e svantaggi dei sistemi decentralizzati Vs centralizzati



- I sistemi decentralizzati (es. split) hanno, rispetto ai sistemi centralizzati (es. impianti ad acqua e tutt'aria) i seguenti **vantaggi**:
 - ✓ basso costo iniziale
 - ✓ facili da installare (tubi per il trasporto del refrigerante pre-isolati e flessibili)
 - ✓ versatili, possono funzionare anche come pompa di calore
 - ✓ controllati facilmente dall'utente



Vantaggi e svantaggi dei sistemi decentralizzati Vs centralizzati



- I sistemi decentralizzati comportano però anche importanti svantaggi:
 - ✓ vita utile breve (meno di 10 anni)
 - ✓ non consentono un buon controllo della qualità dell'aria (scarso filtraggio, limitato controllo dell'umidità)
 - ✓ la potenza installata complessivamente è superiore
 - ✓ consumi elettrici superiori (il “free cooling” non è quasi mai possibile)
 - ✓ impatto visivo non sempre accettabile (unità esterne)





- Capacità di raffrescamento specifica per alcuni sistemi centralizzati

Capacità di raffrescamento [W/m ²]		Altezza locale [m] e $\Delta T = T_{\text{locale}} - T_{\text{immissione}}$ [K]				
system type	ricambi d'aria [1/h]	2.4 m 6 K	2.7 m 8 K	3.0 m 10 K	3.5 m 12 K	4.0 m 15 K
Sistemi tutt'aria	3	15	20	30	40	60
	4	20	30	40	55	80
	5	25	35	50	70	100
	6	30	45	60	85	120
Acqua con travi fredde	-	60	60	60	60	60
Acqua con pannelli radianti	-	20	20	20	20	20

Note:

- ✓ ΔT e altezza del locale sono correlati in modo da evitare situazioni di fastidio per gli occupanti
- ✓ si sono considerati i seguenti dati di occupazione e richiesta d'aria di rinnovo: 0.15 p/m² e 40 m³/h,p

Considerazioni energetiche

Impianti ad aria



■ perdite di carico tipicamente riscontrate negli impianti ad aria

■ pre-filtro	40-80 Pa
■ filtro ad alta efficienza	80-150 Pa
■ batteria fredda 1 rango	20-50 Pa
■ batteria fredda 4 ranghi	40-100 Pa
■ batteria fredda 8 ranghi	80-150 Pa
■ serranda	10-30 Pa
■ umidificatore spray	10-50 Pa
■ umidificatore a pacco	80-150 Pa

ventilatori
efficienti!

600 - 1,000 Pa

pulizia regolare
filtri e canali!

■ perdite di carico nei canali (es. 300 Pa)

- velocità dell'aria 4 - 6 m/s
- perdite di carico distribuite (canale rettilineo) e concentrate (es. curve, restringimenti, allargamenti)



- I volumi di ricambio sono normati (UNI 10339 UNI 13779) al fine di garantire il comfort necessario

- ✓ volumi fissi in base alla destinazione d'uso, affollamento e m^2
- ✓ volumi variabili in funzione della necessità (affollamento, inquinanti)

UNI 10339

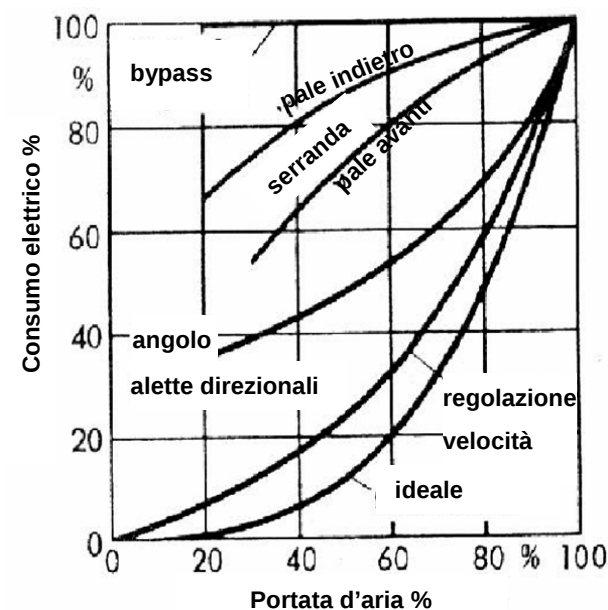
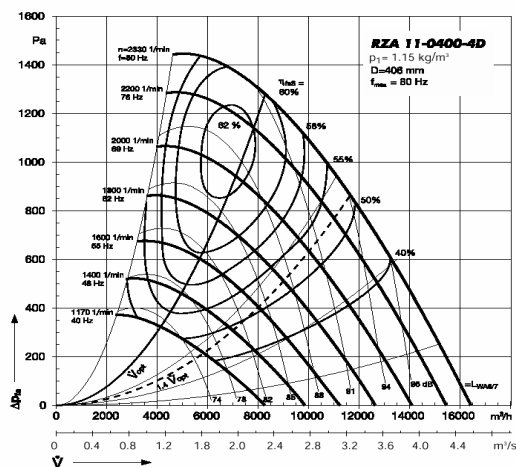
Portate di aria esterna	litri/s per persona	litri/s per m^2 di superficie
Abitazioni civili: soggiorno, camere	11	
Alberghi: hall, camere	11	
Musei, Biblioteche: deposito libri		1.5
Bar, ristoranti, sale da ballo, cucine		16.5
Bar	11	
Pasticcerie	6	
Piscine, saune		2.5

Categoria	Descrizione
IDA - C 1	Nessun controllo L'impianto funziona costantemente
IDA - C 2	Controllo manuale L'impianto può essere comandato da un controllo interno all'ambiente
IDA - C 3	Controllo a tempo L'impianto funziona in accordo a tempi programmati
IDA - C 4	Controllo di presenza L'impianto funziona asservito a sensori di presenza o in parallelo all'impianto di illuminazione
IDA - C 5	Controllo secondo necessità (conta-persone) L'impianto funziona proporzionalmente al numero di persone presenti
IDA - C 6	Controllo secondo necessità (sensori di gas) L'impianto funziona in modo da mantenere il livello di determinati inquinanti gassosi al di sotto dei livelli consentiti (ad es. CO_2 , SOV – sostanze organiche volatili. La scelta dei sensori deve essere dipendente dal tipo di attività esercitata nell'ambiente (cioè dalla tipologia di inquinante prevalente)

Considerazioni energetiche Impianti ad aria



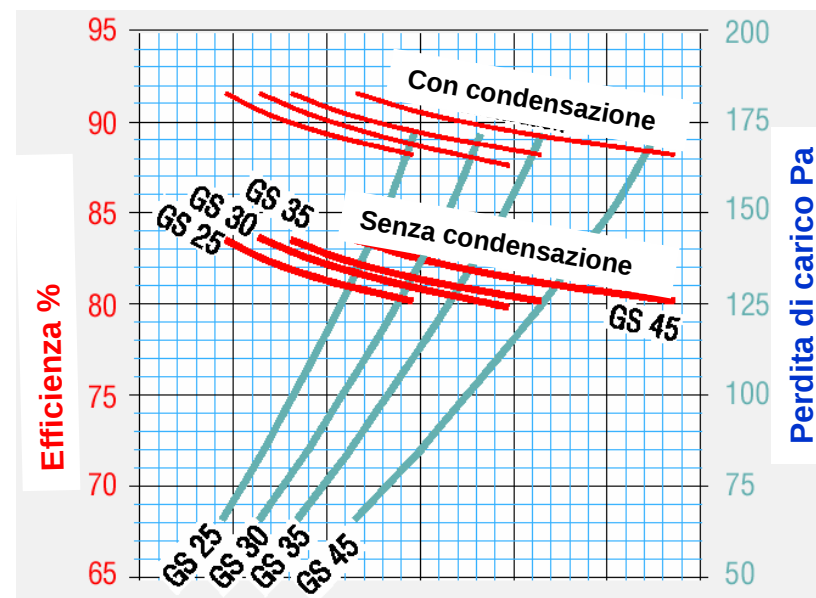
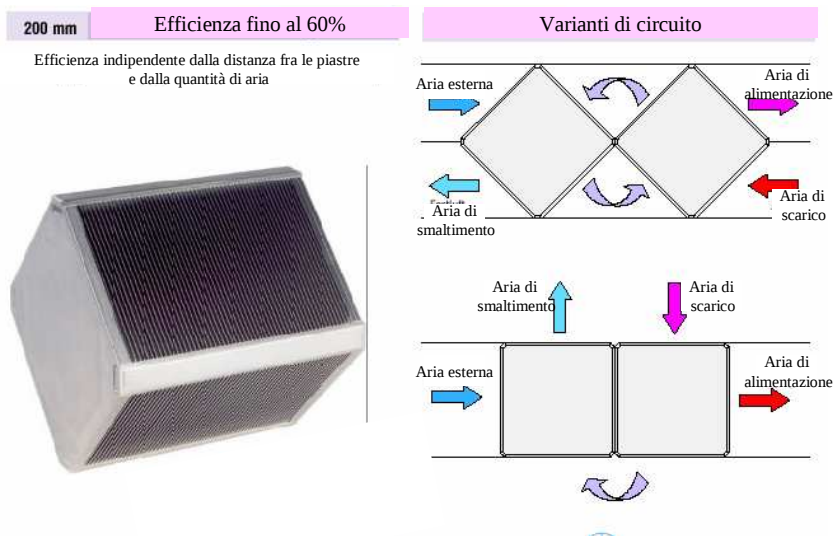
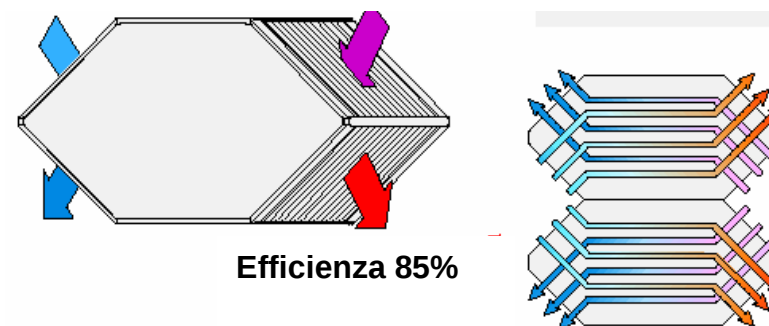
- ventilatori con controllo della portata d'aria
 - ✓ la legge ideale di variazione dei consumi elettrici (P_{el}) con la portata d'aria (Q) è cubica ($P_{el} = k Q^3$)
 - ✓ esistono diverse modalità per il controllo della portata (ma i benefici in termini di riduzione dei consumi elettrici non sono gli stessi!)
 - bypass
 - serrande di regolazione
 - angolo alette direzionali
 - regolazione velocità (inverter)



Considerazioni energetiche Impianti ad aria



- Recupero di calore (freddo)
 - ✓ Recupero di calore sensibile
 - ✓ Efficienza termica:
 - ✓ $\epsilon_{th} = \Delta T / \Delta T_{max}$
 - ✓ ϵ_{th} 40% - 90%



Considerazioni energetiche Impianti ad aria



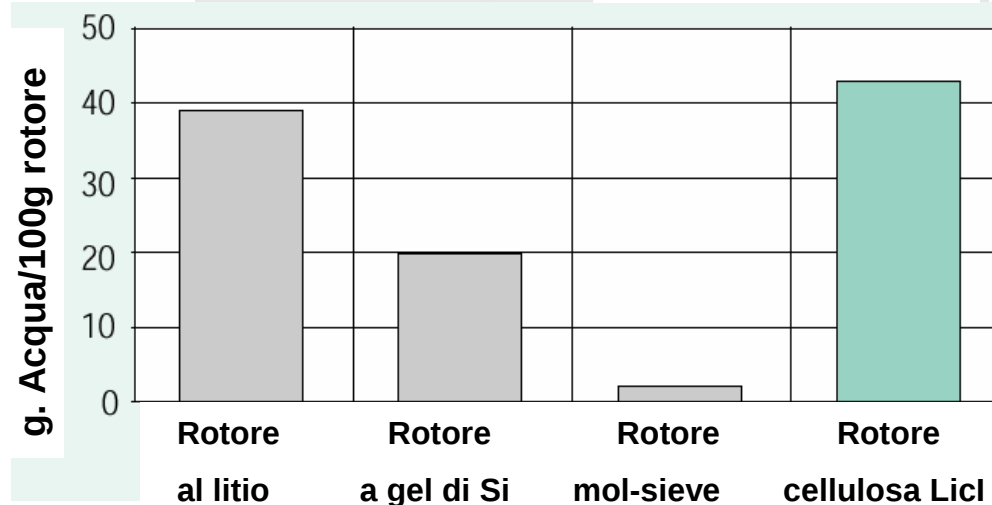
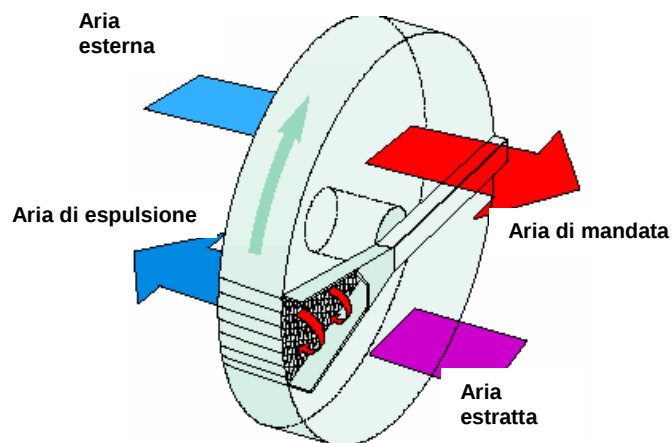
- Rigeneratore entalpico
 - ✓ Recupero di calore sensibile
 - ✓ Recupero di umidità
 - ✓ Usato per il riscaldamento (umidifica l'aria esterna in inverno)



Rotore per l'umidificazione dell'aria per un processo di umidificazione continuo



L'umidità viene rimossa dall'aria per adsorbimento utilizzando gel di silice LiCl



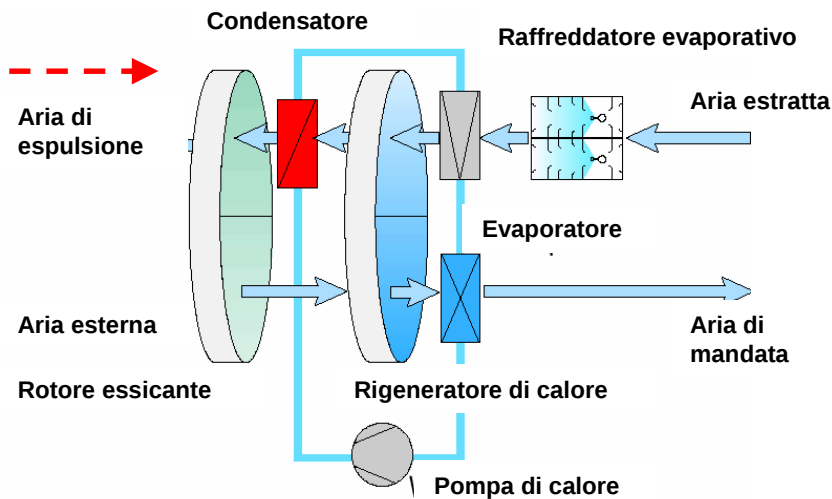
Considerazioni energetiche Impianti ad aria



- Rotore essiccante (desiccant rotors)
 - ✓ Analogo al rigeneratore entalpico, ma a bassa velocità di rotazione (20 r.p.h.)
 - ✓ Usato per la deumidificazione
 - ✓ Necessita di calore per la rigenerazione del rotore
 - ✓ Indicato dove il carico latente è molto elevato

impianto ibrido

- pompa di calore
- rotore essiccante
- rigeneratore sensibile

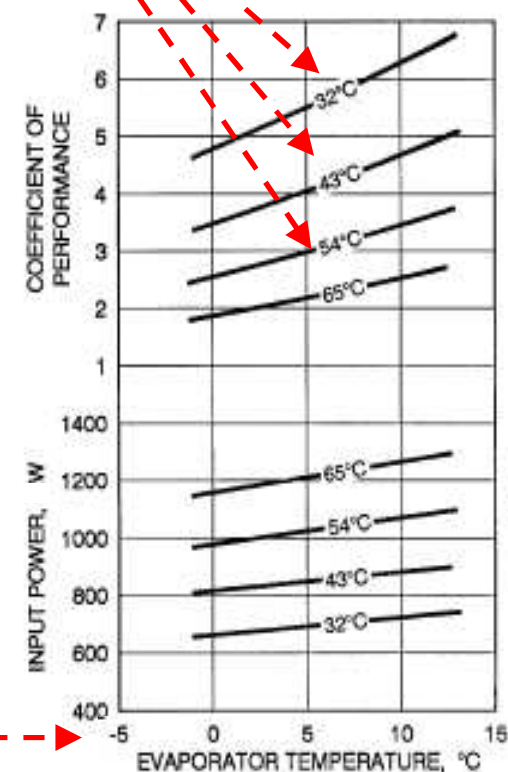
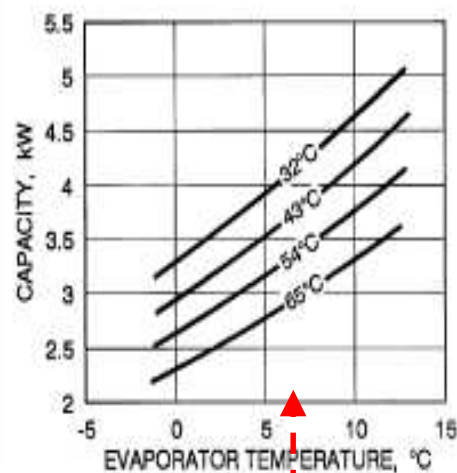
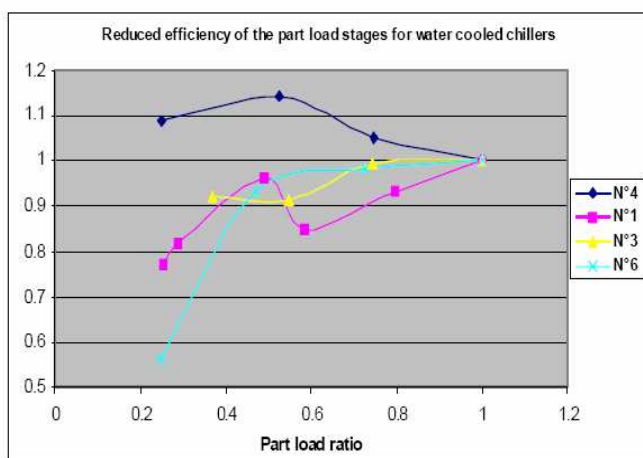


Prestazioni dei refrigeratori

$EER = \text{potenza frigorifera} / \text{potenza elettrica}$



- Le prestazioni (potenza frigorifera, EER) dipendono da
 - ✓ funzionamento a carico parziale
 - ✓ temperatura di condensazione (acqua di raffreddamento)
 - ✓ temperatura di evaporazione (acqua refrigerata)



Considerazioni energetiche

Impianti ad acqua



- Impianti ad acqua e temperatura di mandata dell'acqua
 - ✓ il sistema di diffusione scelto ha un'impatto sul comfort (es. sistemi radianti) e anche sulla temperatura di mandata
 - ✓ alta temperatura di mandata significa migliori rendimenti degli impianti di produzione della potenza frigorifera
 - ✓ a) refrigeratori d'acqua a compressione
 - ✓ b) refrigeratori d'acqua ad assorbimento in combinazione con calore da fonte rinnovabile (es. energia solare termica)

$T_w = 7^\circ\text{C}$

- Convezione
- Alta potenza specifica



$T_w = 16^\circ\text{C}$

- Convezione naturale
- Effetto radiante
- Bassa potenza spec.



Considerazioni energetiche Refrigeratori



- Recupero del calore di condensazione dal chiller (es. per ACS)
 - ✓ recupero parziale (desurriscaldatore)
 - ✓ recupero totale (condensatore ausiliario)

