



# Impianti misti aria-acqua, del tipo “aria primaria e ventilconvettori”

## IMPIANTI MISTI ARIA-ACQUA (aria primaria + ventilconvettori)





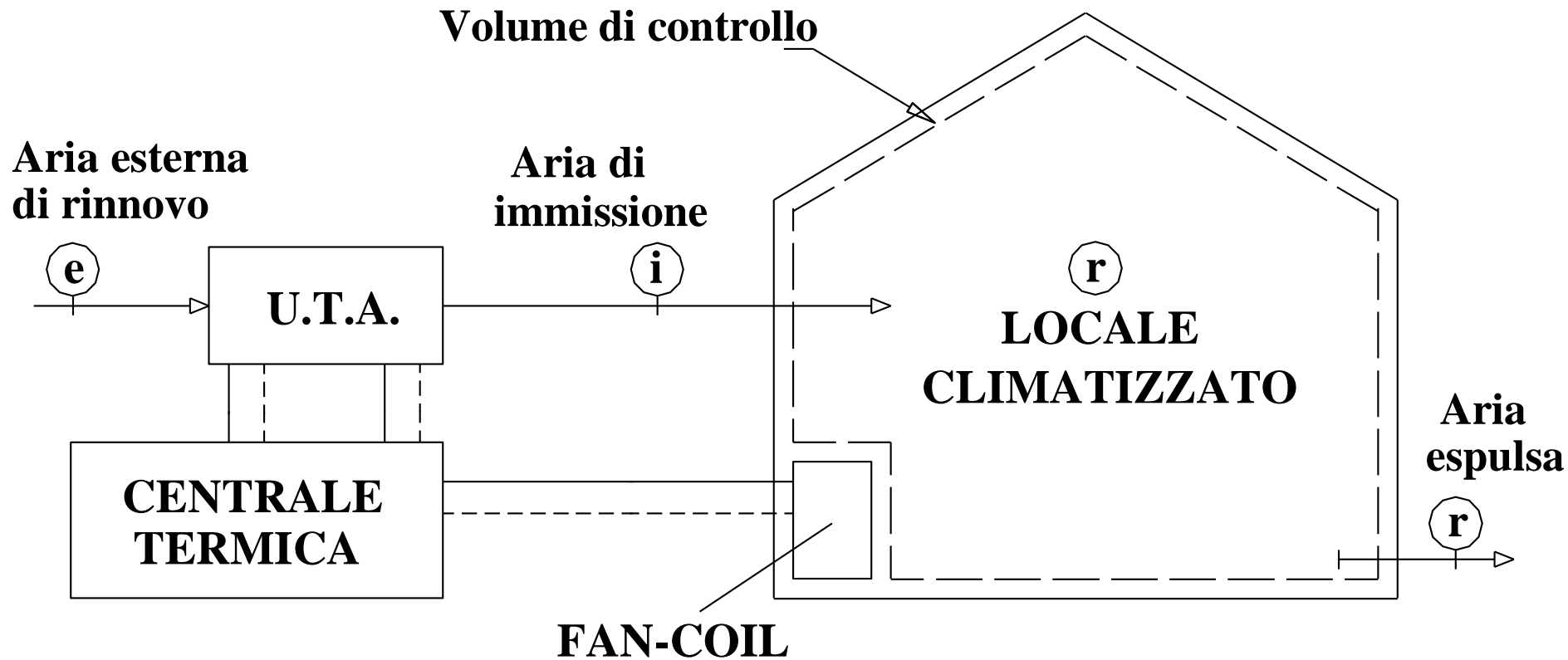
## IMPIANTI MISTI ARIA-ACQUA (aria primaria + ventilconvettori)

**Ai locali da climatizzare è fornita sia aria che acqua**, entrambi fluidi termovettori. L'aria, detta aria primaria, **è costituita da sola aria esterna**, in quantità sufficiente a soddisfare il richiesto livello di qualità dell'aria in ambiente. Tale portata d'aria esterna viene opportunamente trattata in una U.T.A. ed inviata ai locali da climatizzare in modo che bilanci il carico termico latente.

**Spesso, soprattutto in regime estivo, l'aria primaria consente di bilanciare anche parte del carico termico sensibile.**

Il secondo fluido termovettore, **l'acqua, viene inviato mediante tubazioni ai terminali idraulici (generalmente ventilconvettori)**. Ai ventilconvettori viene quindi inviata acqua calda in regime invernale, fredda in regime estivo.

**E' buona norma che il fan-coil riscaldi e raffreddi senza variare l'umidità (in regime estivo, senza operare deumidificazioni).**

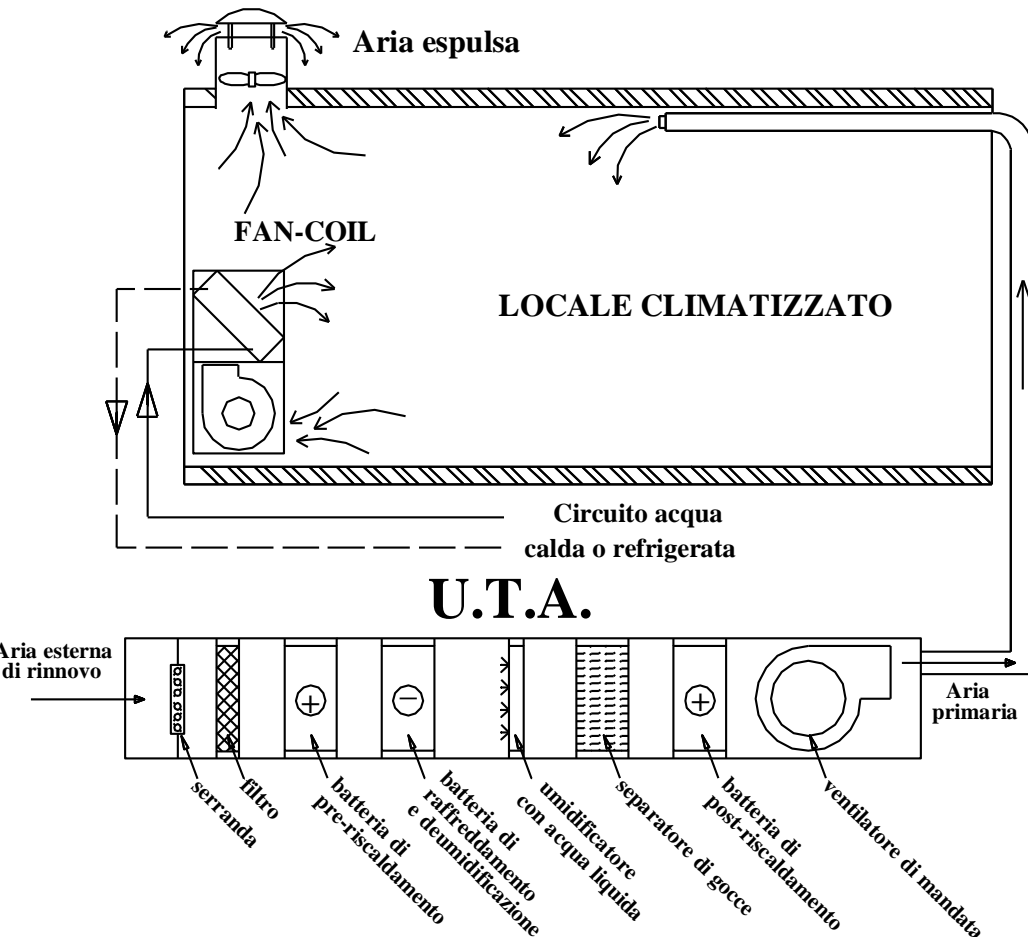


Nel **fan-coil** l'aria del locale viene riscaldata o raffreddata a umidità specifica costante; il fan-coil richiede fluidi termovettori caldi o freddi.

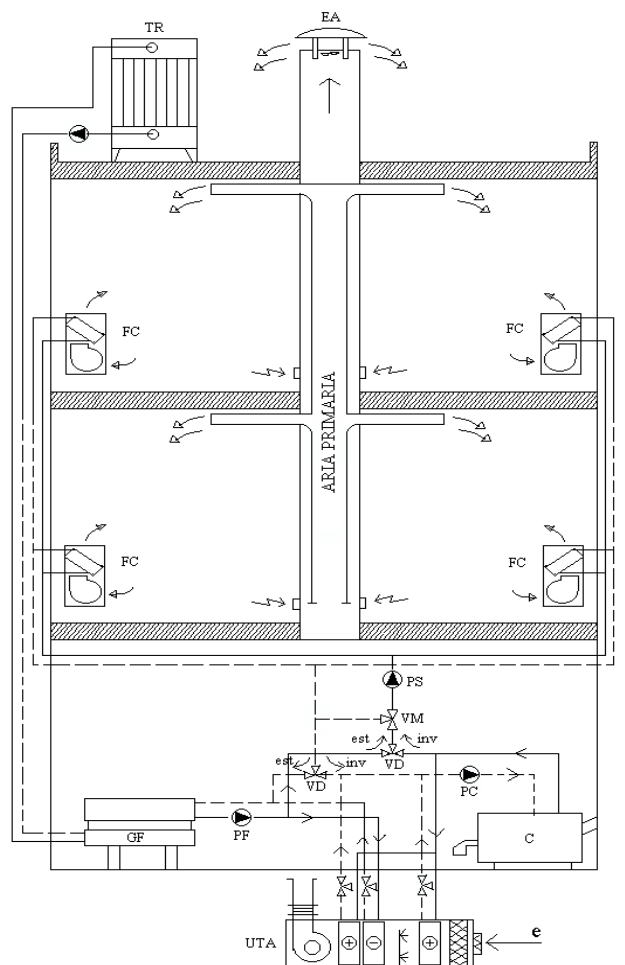
Nell'**U.T.A.** l'aria primaria è portata dalle condizioni esterne alle condizioni termoigrometriche richieste per la successiva immissione in ambiente.



# Schemi di impianto misto aria-acqua



Mandata  
aria



C - Caldaia	PC - Pompa circuito caldo
EA - Estrattore aria	PF - Pompa circuito freddo
FC - Fan-coil (ventilconvettore)	PS - Pompa circuito acqua secondaria
GF - Gruppo frigorifero	VD - Valvola a tre vie deviatrice a due posizioni:
TR - Torre di raffreddamento	inv - regime invernale
UTA - Unità di trattamento aria primaria	est - regime estivo
	VM - Valvola miscelatrice a tre vie



## IMPIANTI MISTI ARIA-ACQUA IN REGIME ESTIVO

### Dimensionamento

Analogamente alla trattazione effettuata in precedenza per gli impianti ad aria, l'analisi termodinamica degli impianti misti sarà presentata adottando alcune semplificazioni. **In particolare si ipotizzeranno IDEALI i trattamenti dell'aria umida:**

- aria satura dopo la deumidificazione estiva;
- aria satura dopo l'umidificazione invernale se ad acqua liquida;
- si trascurano le variazioni di temperatura dovute al passaggio dell'aria attraverso i ventilatori ed i canali.

La TRATTAZIONE considererà soltanto IMPIANTI PER SINGOLA ZONA



## IMPIANTI MISTI ARIA-ACQUA IN REGIME ESTIVO

### ARIA PRIMARIA

La  $T_i$  viene generalmente fissata, compresa tra i **13 ed i 18 °C**.

Dal punto di vista economico sarebbe conveniente sceglierla più bassa possibile perché ciò equivale a minimizzare il post-riscaldamento dell'aria primaria e la potenzialità dei ventilconvettori. Ciò però non deve creare DISCOMFORT.

$\omega_i$  è calcolata attraverso la

$$\omega_i = \omega_r - \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_a}$$

dove

- $m_v$  è la portata di vapore immessa dagli occupanti;
- $m_a$  è facilmente determinata perché è la portata massica; corrispondente alla portata volumetrica di aria esterna;
- $\omega_r$  è l'umidità specifica delle condizioni di progetto.

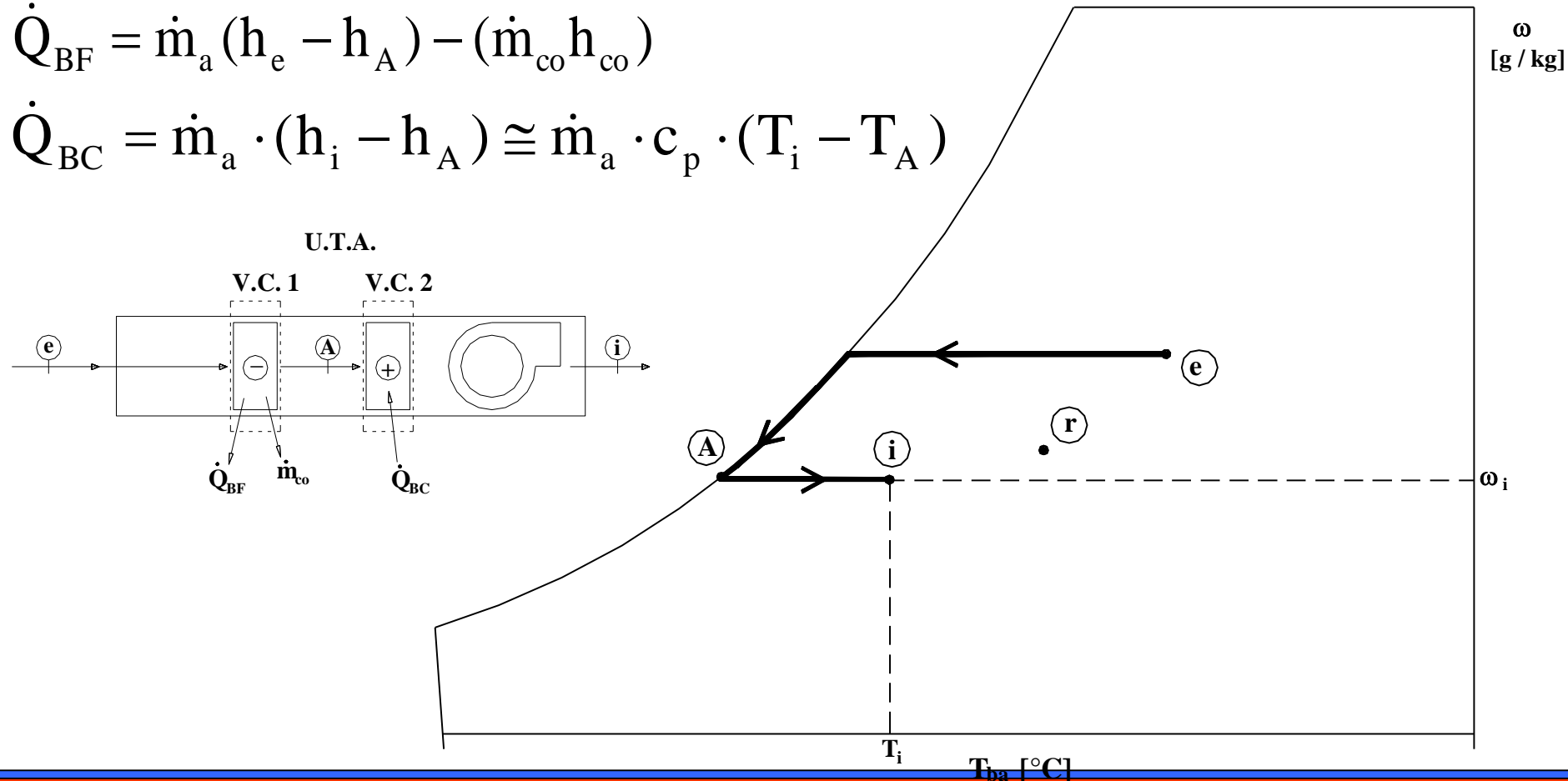


Sul diagramma psicrometrico possiamo vedere i trattamenti che interessano l'aria all'interno dell'U.T.A..

La portata di aria esterna è **raffreddata, deumidificata e successivamente post-riscaldata.**

$$\dot{Q}_{BF} = \dot{m}_a (h_e - h_A) - (\dot{m}_{co} h_{co})$$

$$\dot{Q}_{BC} = \dot{m}_a \cdot (h_i - h_A) \cong \dot{m}_a \cdot c_p \cdot (T_i - T_A)$$



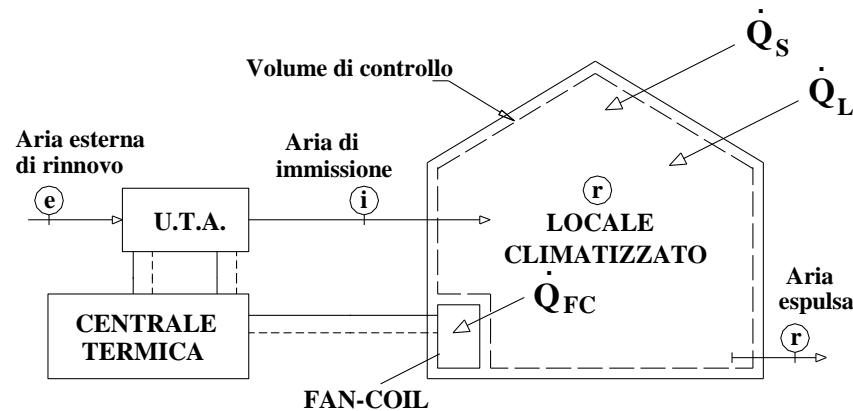
## VENTILCONVETTORI

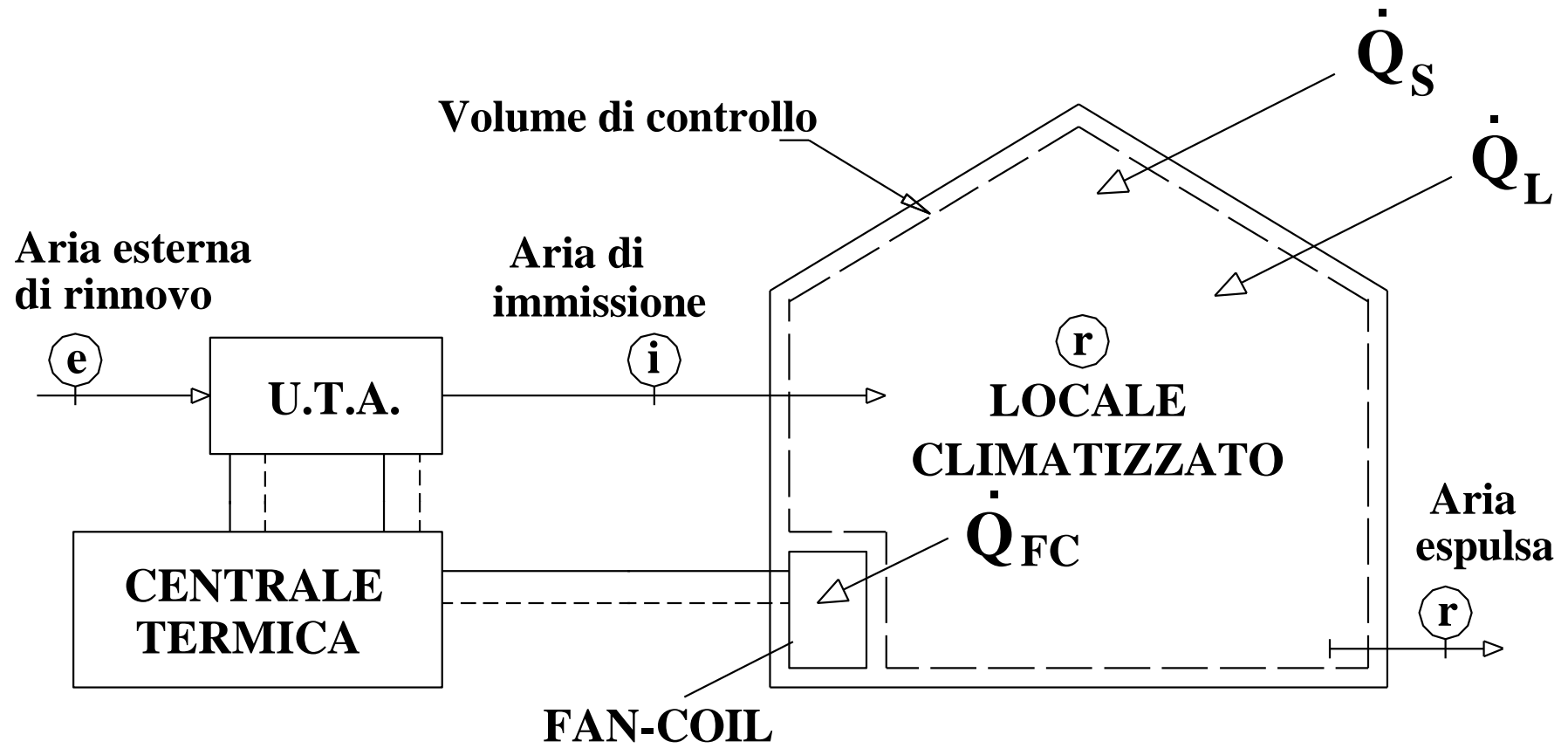
Nel caso semplificato in cui è presente un solo locale, noto il punto d'immissione "i", si può procedere alla valutazione della potenzialità dei ventilconvettori  $\dot{Q}_{FC}$ .

*La potenza termica è sottratta all'ambiente, essendo il carico sensibile positivo.*

**Il bilancio di energia**, riferito al volume di controllo tratteggiato, diviene:

$$\dot{Q}_{FC} = \dot{Q}_T - \dot{m}_a (h_r - h_i)$$

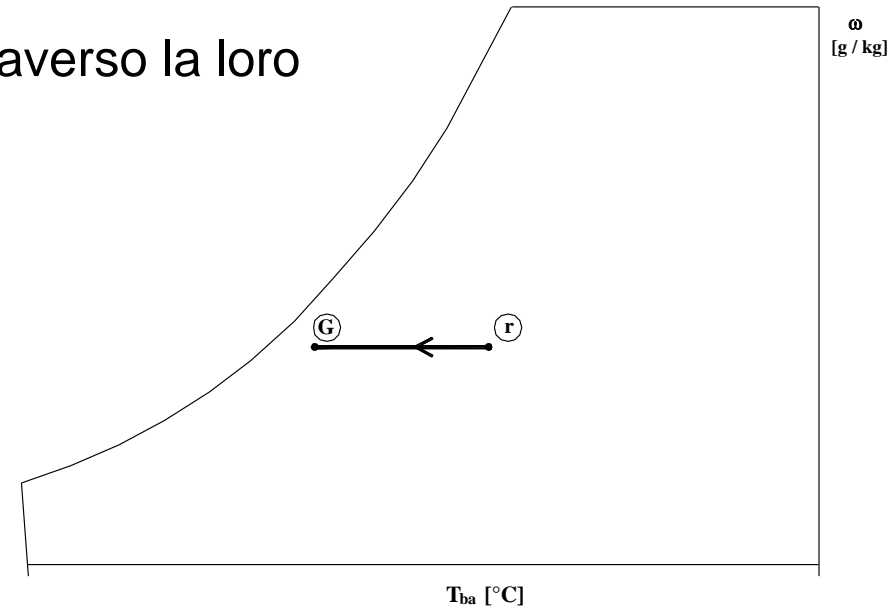




Conoscendo la potenza termica richiesta ai VENTILCONVETTORI possiamo definirli attraverso la loro scelta su un catalogo tecnico.

*I fan coil, sul diagramma psicrometrico, operano il semplice raffreddamento "r-G" rappresentato.*

$$\dot{Q}_{FC} = \dot{m}_{a,FC} \cdot c_p \cdot (T_r - T_G)$$



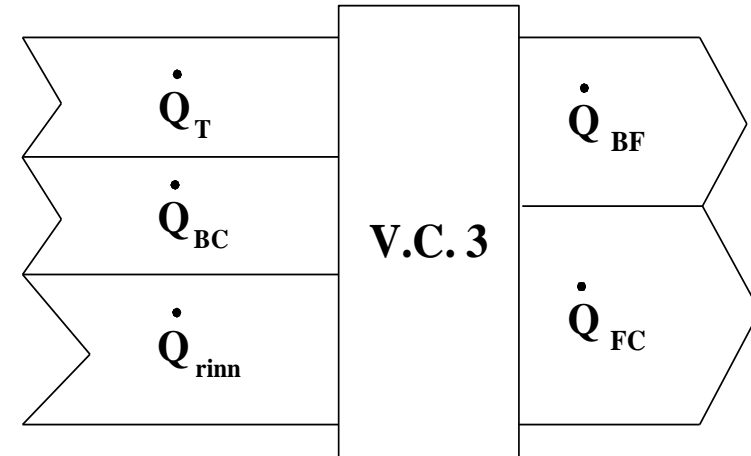
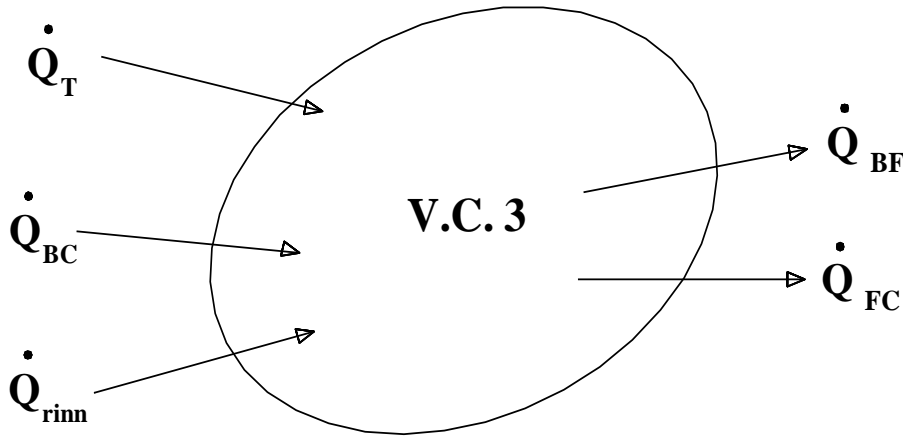
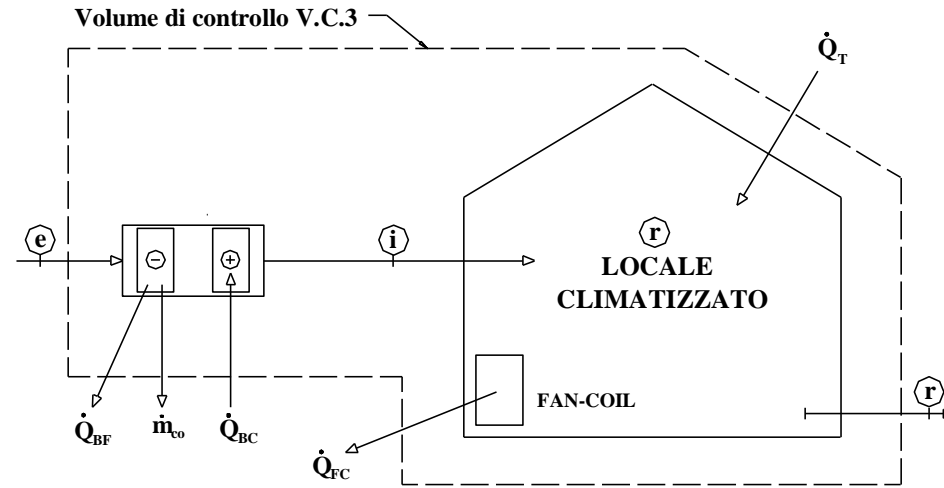
Calcolando la potenza richiesta per il rinnovo dell'aria

$$\dot{Q}_{rinn} = \dot{m}_a (h_e - h_r)$$

e trascurando quella connessa alla portata d'acqua di condensa  $\dot{m}_{co} h_{co}$

scriviamo il **BILANCIO GLOBALE DI ENERGIA**

$$\dot{Q}_{BC} + \dot{Q}_T + \dot{Q}_{rinn} = \dot{Q}_{BF} + \dot{Q}_{FC}$$





## IMPIANTI MISTI ARIA-ACQUA IN REGIME INVERNALE

**ARIA PRIMARIA:** la  $T_i$  è agevolmente individuata, perché posta uguale a  $T_r$ , cioè l'aria primaria è immessa **termicamente NEUTRA**, avendo solo il compito di **controllare l'umidità specifica e la qualità dell'aria**.

$$T_i = T_r$$

L'umidità specifica  $\omega_i$  è determinata attraverso l'equazione

$$\omega_{i'} = \omega_r - \frac{\dot{m}_v}{\dot{m}_a}$$

dove

- $m_v$  è la portata di vapore immessa dagli occupanti;
- $m_a$  è facilmente determinata perché è la portata massica; corrispondente alla portata volumetrica di aria esterna;
- $\omega_r$  è l'umidità specifica delle condizioni di progetto.

Sul diagramma psicrometrico possiamo vedere i trattamenti che interessano l'aria all'interno dell'U.T.A..

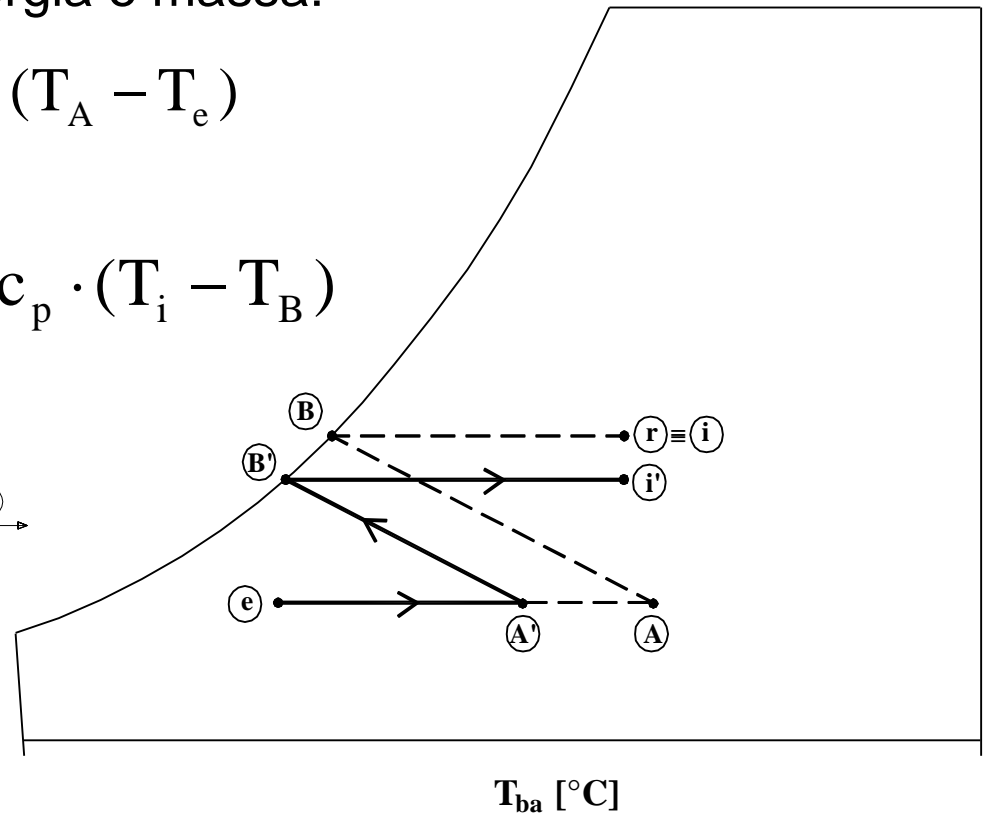
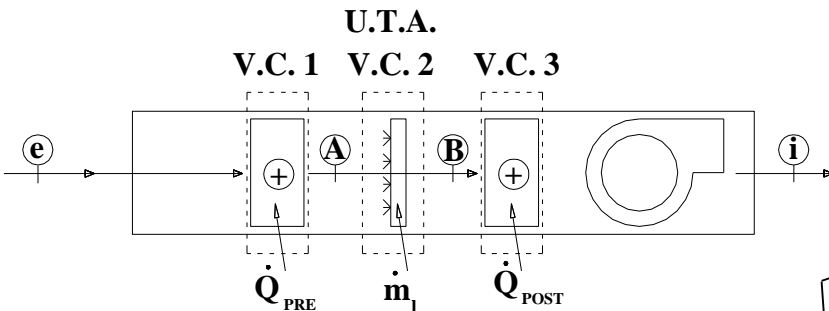
La portata di aria esterna è **riscaldata, umidificata (in questo caso con acqua liquida) successivamente post-riscaldata**. Potenze scambiate e acqua di umidificazione sono facilmente calcolabili mediante i seguenti bilanci di energia e massa:

$$\dot{Q}_{PRE} = \dot{m}_a \cdot (h_A - h_e) \cong \dot{m}_a \cdot c_p \cdot (T_A - T_e)$$

$$\dot{m}_l = \dot{m}_a (\omega_B - \omega_A)$$

$$\dot{Q}_{POST} = \dot{m}_a \cdot (h_i - h_B) \cong \dot{m}_a \cdot c_p \cdot (T_i - T_B)$$

$\omega$   
[g / kg]



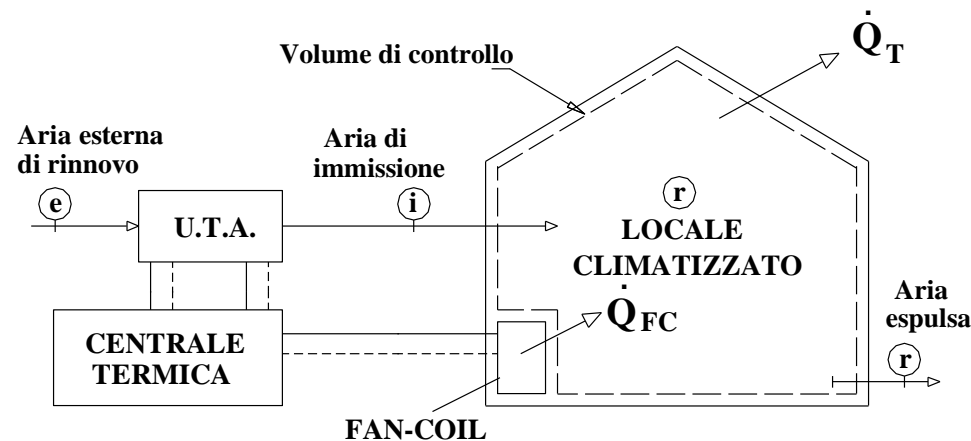
## VENTILCONVETTORI

Nel caso semplificato in cui è presente un solo locale, noto il punto d'immissione "i", si può procedere alla valutazione della potenzialità dei ventilconvettori.

*La potenza termica è immessa in ambiente, essendo il carico sensibile negativo.*

Il bilancio di energia, riferito al volume di controllo tratteggiato, diviene:

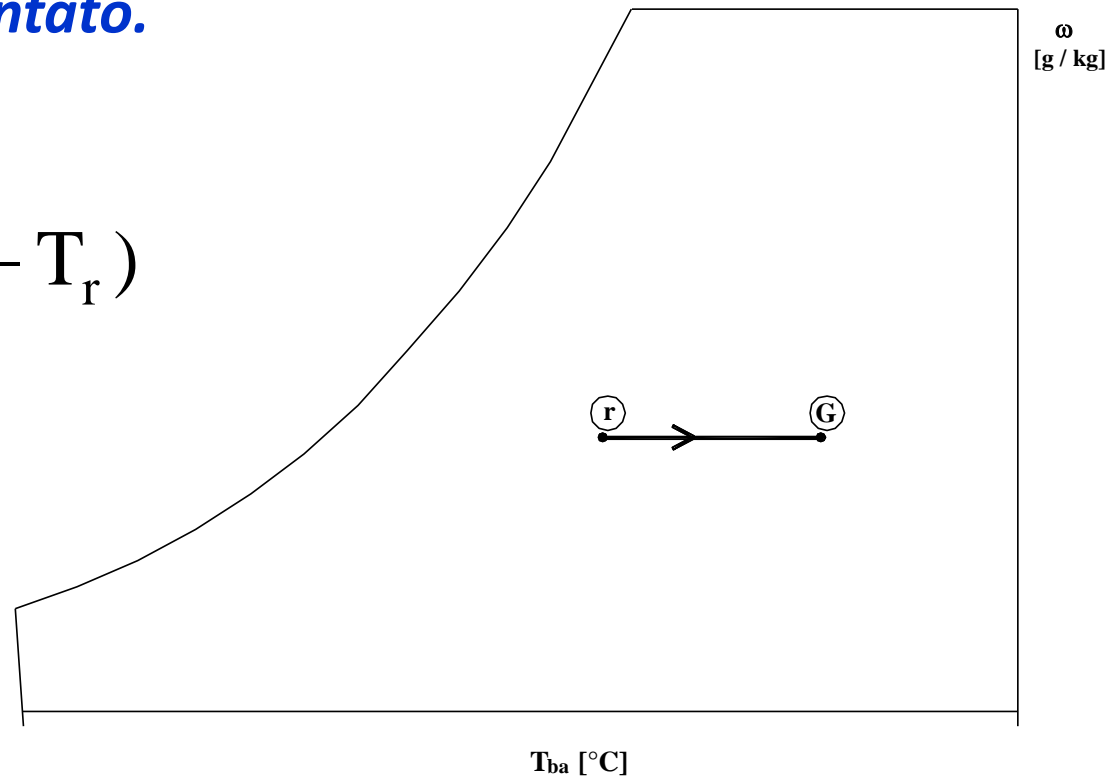
$$\dot{Q}_{FC} = \dot{Q}_T = \dot{Q}_S$$



Conoscendo la potenza termica richiesta ai VENTILCONVETTORI possiamo definirli attraverso la loro scelta su un catalogo tecnico.

*I fan coil, sul diagramma psicrometrico, operano il semplice riscaldamento "rG" rappresentato.*

$$\dot{Q}_{FC} = \dot{m}_{a,FC} \cdot c_p \cdot (T_G - T_r)$$

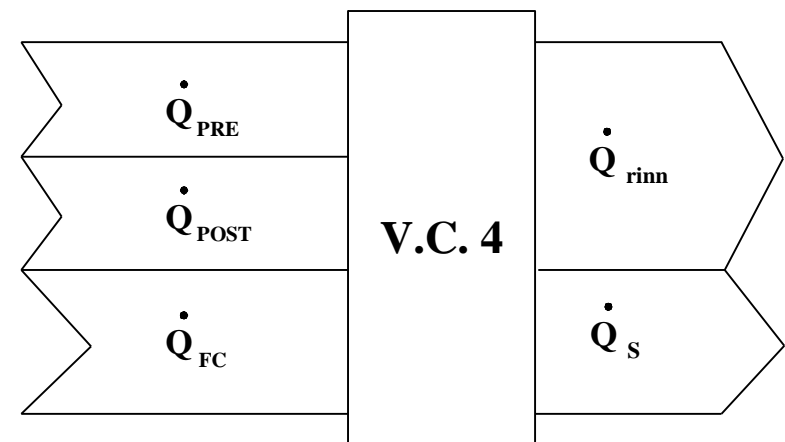
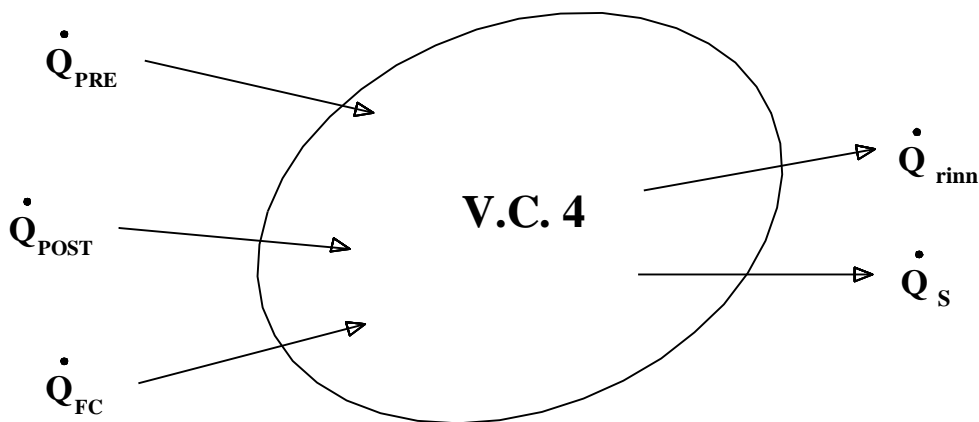
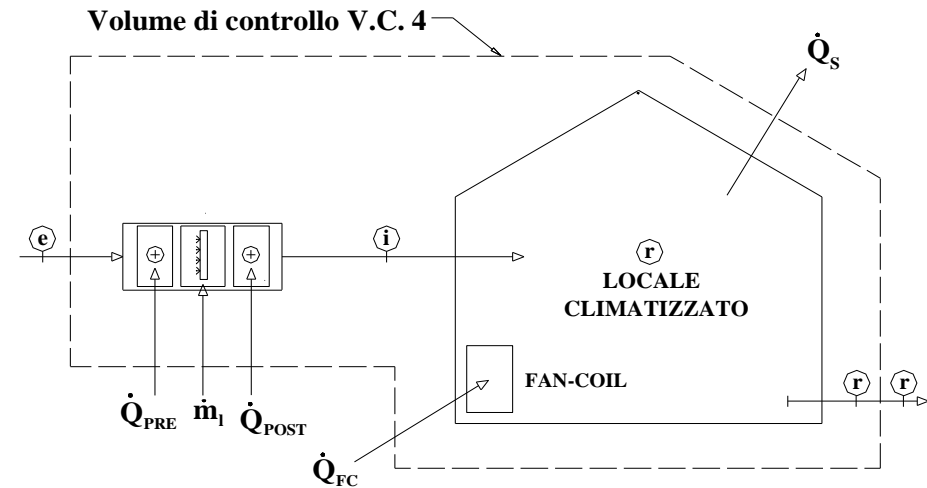


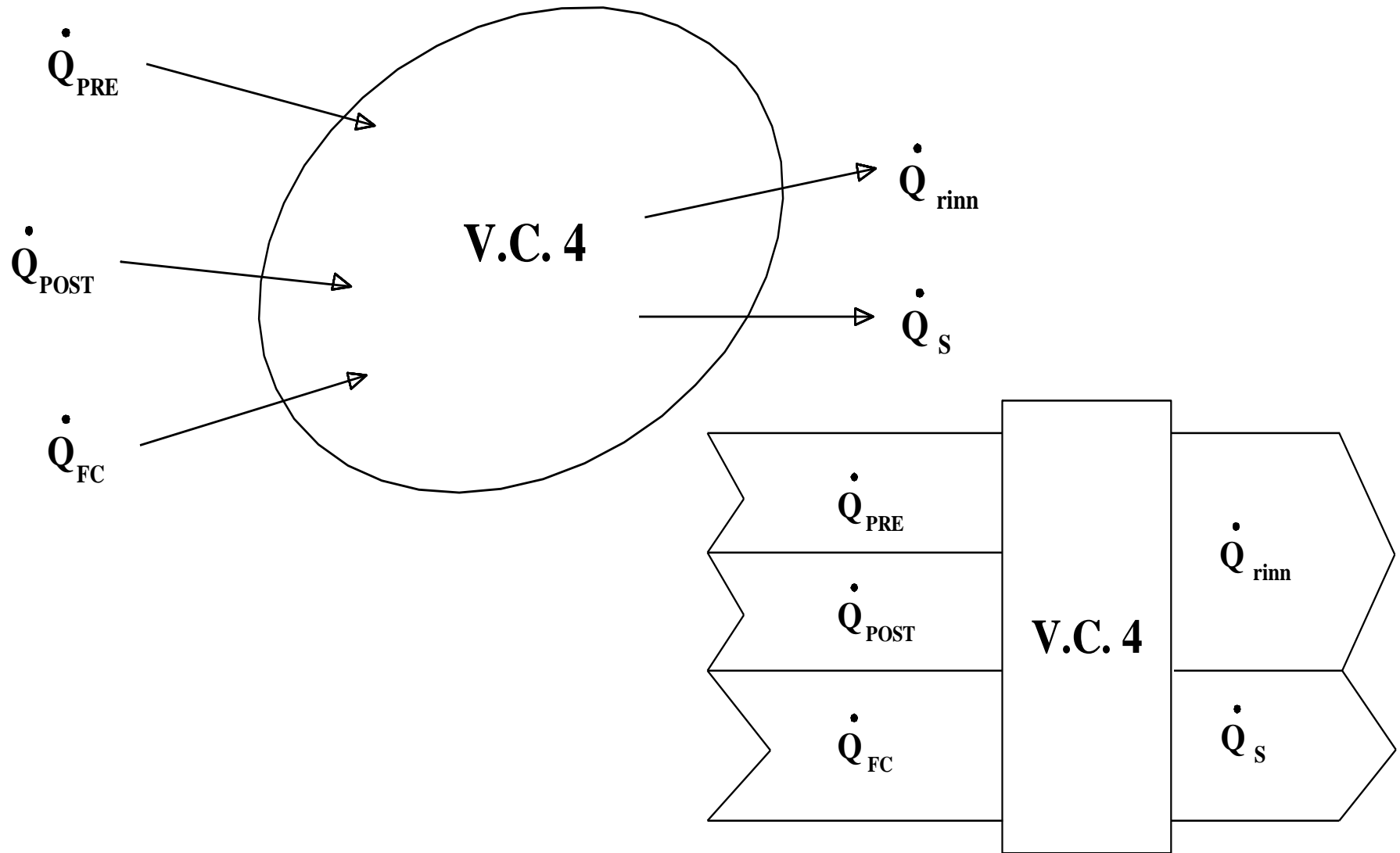
Calcolando la potenza richiesta per il rinnovo dell'aria

$$\dot{Q}_{\text{rinn}} = \dot{m}_a (h_r - h_e)$$

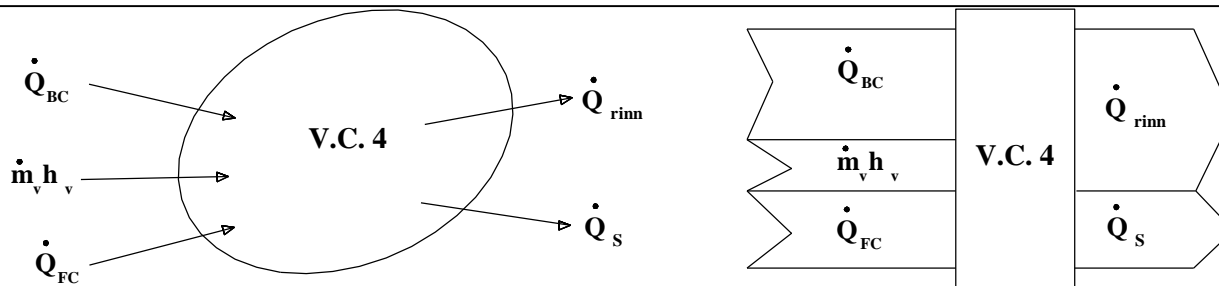
Scriviamo il  
**BILANCIO GLOBALE DI ENERGIA**

$$\dot{Q}_{\text{PRE}} + \dot{Q}_{\text{POST}} + \dot{Q}_{\text{FC}} = \dot{Q}_S + \dot{Q}_{\text{rinn}}$$



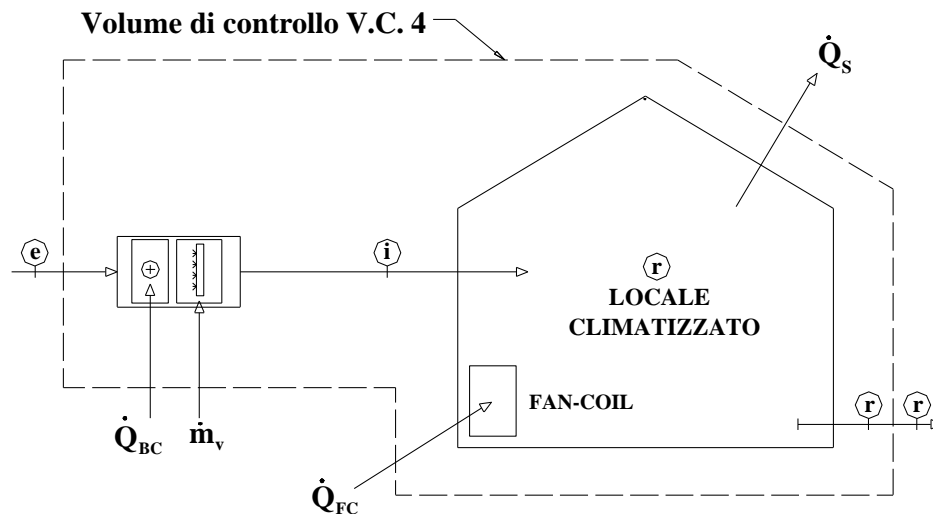


Qualora avessimo optato per un trattamento diverso dell'ARIA PRIMARIA, mediante **RISCALDAMENTO** ed **UMIDIFICAZIONE A VAPORE**, non ci sarebbe stato bisogno di **POST-RISCALDAMENTO** dell'aria primaria.



## BILANCIO GLOBALE DI ENERGIA

$$\dot{Q}_{BC} + \dot{m}_v \cdot \underline{h_v} + \dot{Q}_{FC} = \dot{Q}_S + \dot{Q}_{rinn}$$





## CENNI SULLA REGOLAZIONE DI IMPIANTI MISTI

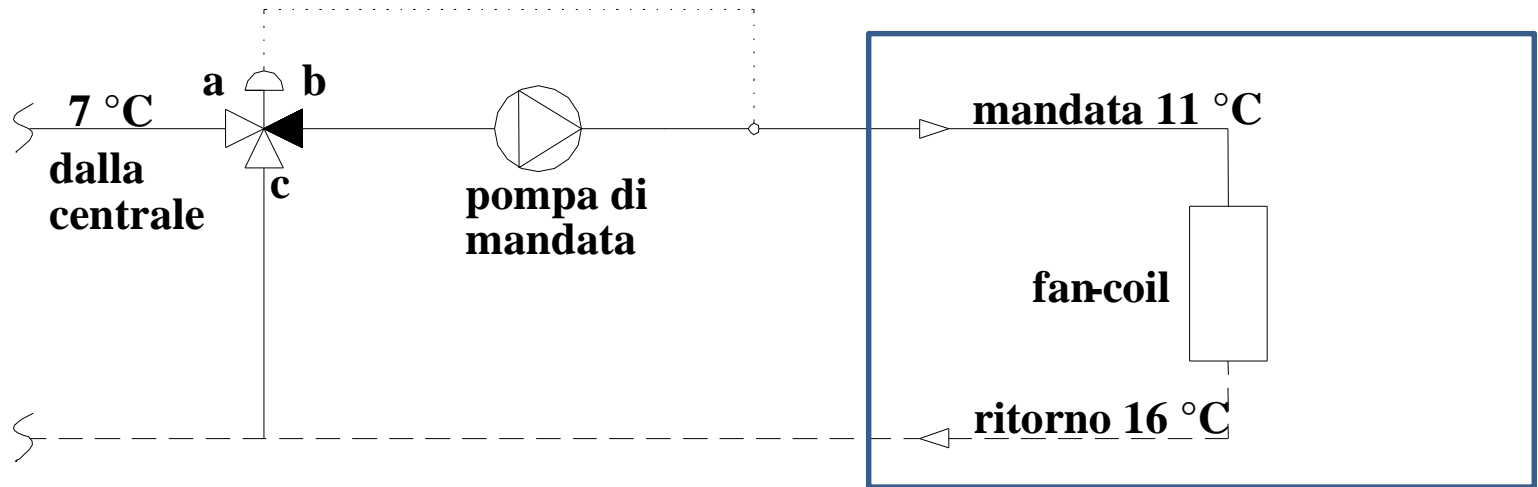
### 1) *Regolazione della temperatura dell'acqua di mandata ai ventilconvettori*

In regime estivo è buona norma che il fan-coil, nel caso degli impianti misti, non deumidifichi, ovvero non si formi condensa sulla batteria del mobiletto. E' quindi indispensabile che l'aria che attraversa il fan-coil sia raffreddata non al di sotto della temperatura di rugiada corrispondente alle condizioni termoigrometriche da mantenere in ambiente.

**Pertanto è necessario che l'acqua refrigerata di alimentazione della batteria sia ad una temperatura maggiore degli usuali 5÷7°C a cui esce dalla macchina frigorifera.**

## Tali temperature si ottengono in 2 modi:

- adoperando una macchina frigorifera apposita;
- adoperando una valvola a 3 vie servocomandata che consenta di ottenere acqua a temperatura più elevata rispetto agli usuali 5 – 7°C di una macchina frigorifera tradizionale. Tale regolazione è rappresentata in figura.



*La portata inviata ai ventilconvettori è costante, mentre se ne varia la sua temperatura. Tale variazione interessa necessariamente tutti i mobiletti serviti da una elettropompa.*



## 2) Cenni sulla regolazione del fan-coil (per impianti a ventilconvettori con o senza aria primaria) per il controllo della temperatura ambiente

- **Il fan-coil è provvisto di un ventilatore a tre velocità:** sia per il caso estivo che per quello invernale, esiste pertanto una possibilità di regolazione manuale per l'utente, che può selezionare una delle tre velocità, influenzando così la potenza termica scambiata tra fan-coil ed aria.

Per i ventilconvettori si citano i seguenti tipi di regolazione automatica:

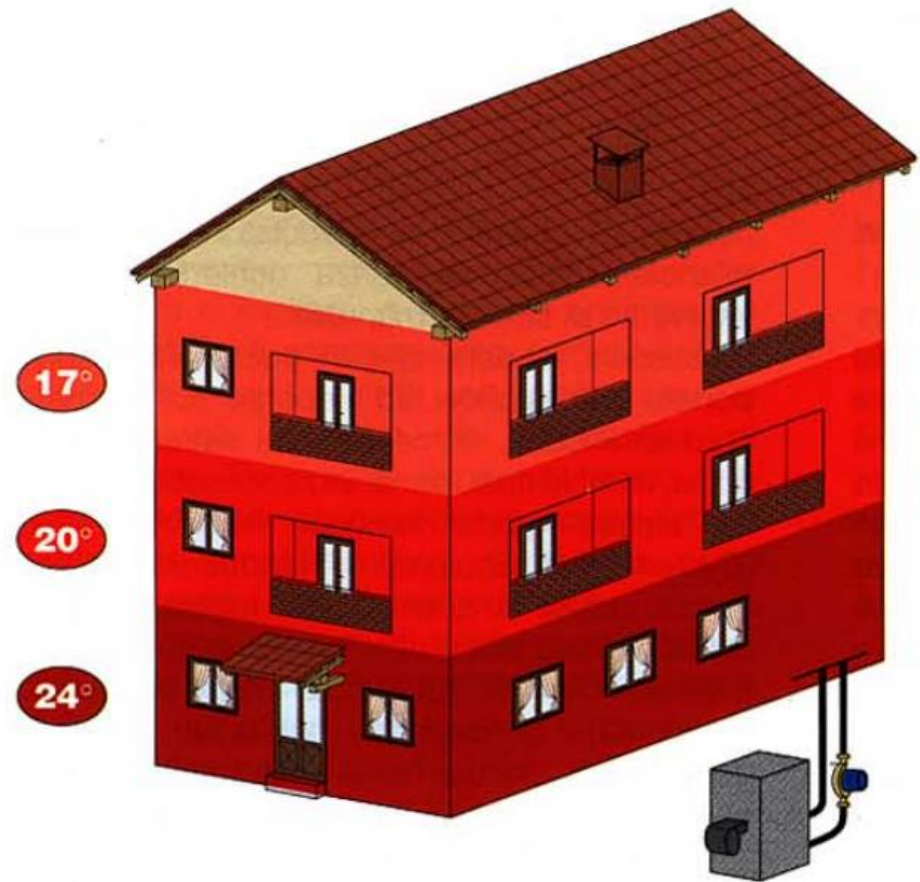
- **regolazione “on-off”** sul ventilatore di ciascun fan-coil (modalità di regolazione meno pregiata);
- **regolazione modulante mediante valvola a tre vie servocomandata** (una per ogni fan-coil). Tale sistema è modulante e quindi più pregiato (e costoso).

## IL BILANCIAMENTO DELLE RETI IDRONICHE ED AERAILICHE

Nel dimensionamento degli impianti, ed in particolar modo in quelli misti (che hanno il doppio circuito, aeraulico e idronico) è necessario porre molta attenzione a che le reti siano equilibrate.

In particolare, principalmente negli edifici di dimensioni significative, è necessario garantire che in ogni stanza arrivi la necessaria quantità di fluido termo vettore alla temperatura desiderata.

Fonte Caleffi. Quaderno di Idraulica n. 08



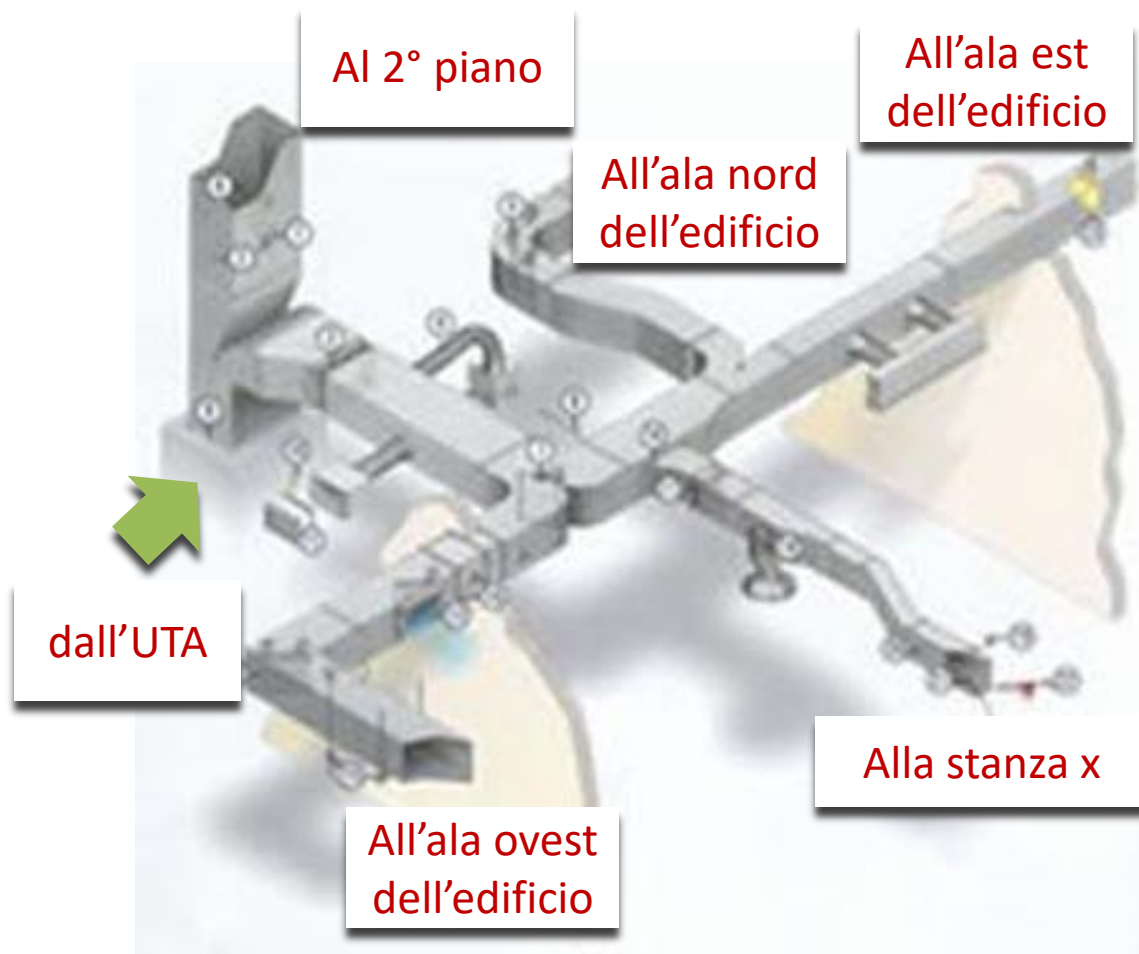
Ripartizione delle temperature tipica di un disquilibrio idraulico

*Più volte si è richiamata la necessità di reti bilanciate, affinché a tutti gli ambienti arrivi la necessaria portata di Aria in progetto.*

*Si ribadisce che, nel caso di impianti misti, la portata d'aria trattata nelle UTA è solo **aria esterna**.*

*Il bilanciamento dei circuiti si effettua valutando attentamente le **perdite di carico** di ciascun tronco di canale e percorso.*

*In primissima approssimazione, ritenendo il circuito in equilibrio, si dimensiona la sezione fissando la velocità dell'aria e conoscendone, tronco per tronco, la portata.*



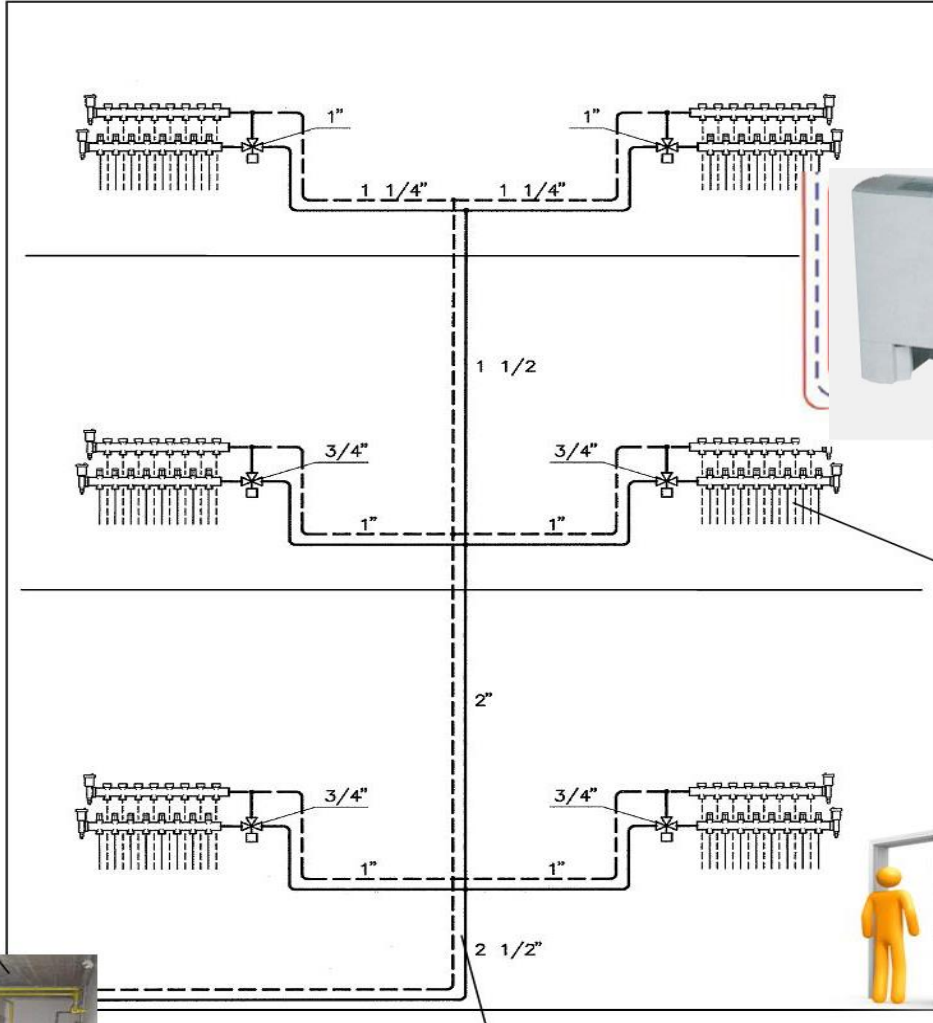
## IL BILANCIAMENTO DELLA RETE AERAUICA



2° piano

1° piano

**Analogo bilanciamento deve essere operato per la rete idronica.**



Ventilconvettore singola stanza



collettore singolo appartamento

centrale termica



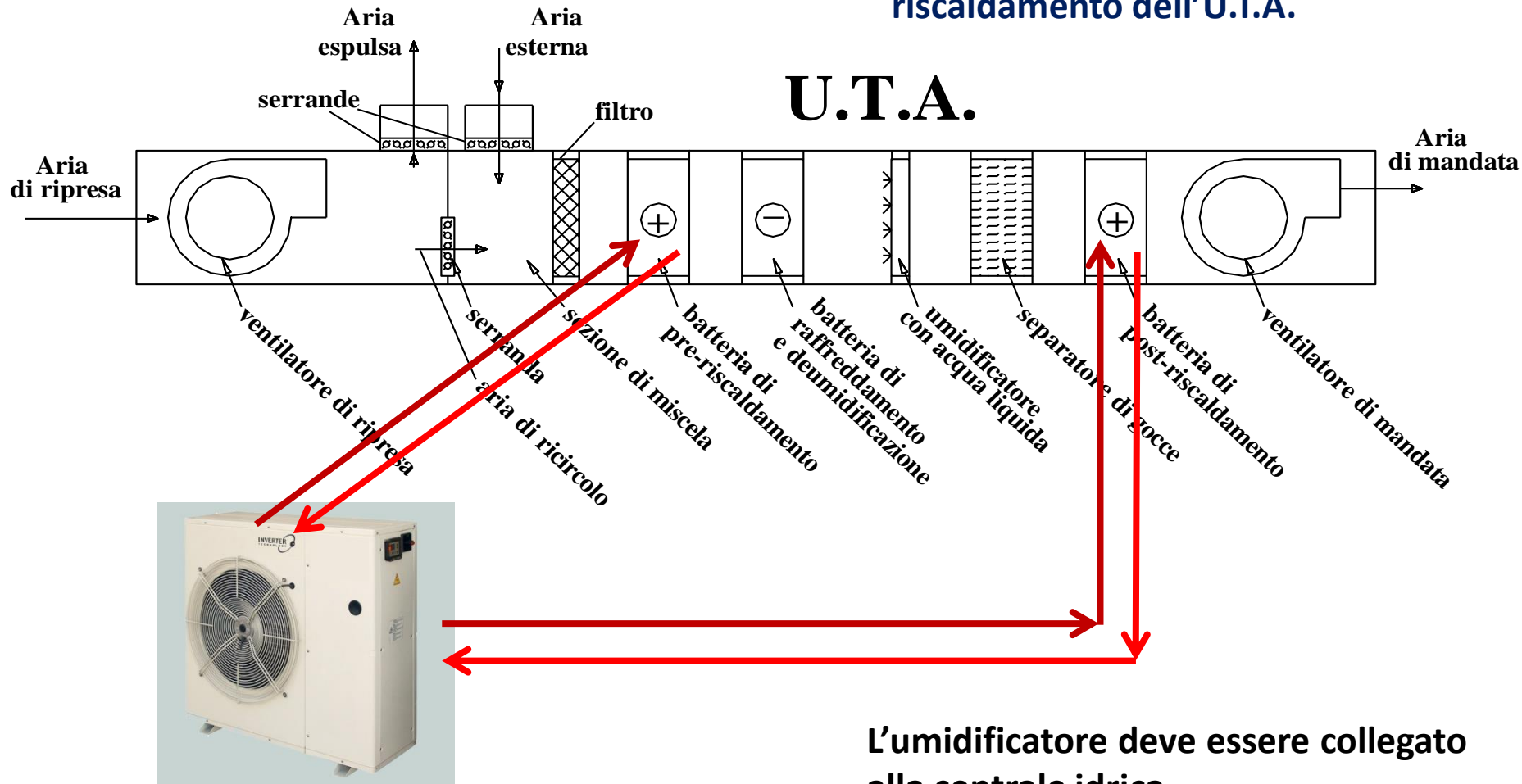
circuito principale mandata e ritorno

**IL BILANCIAMENTO DELLA RETE IDRONICA**

## Impianti Misti:

### Schema di funzionamento invernale (1/2)

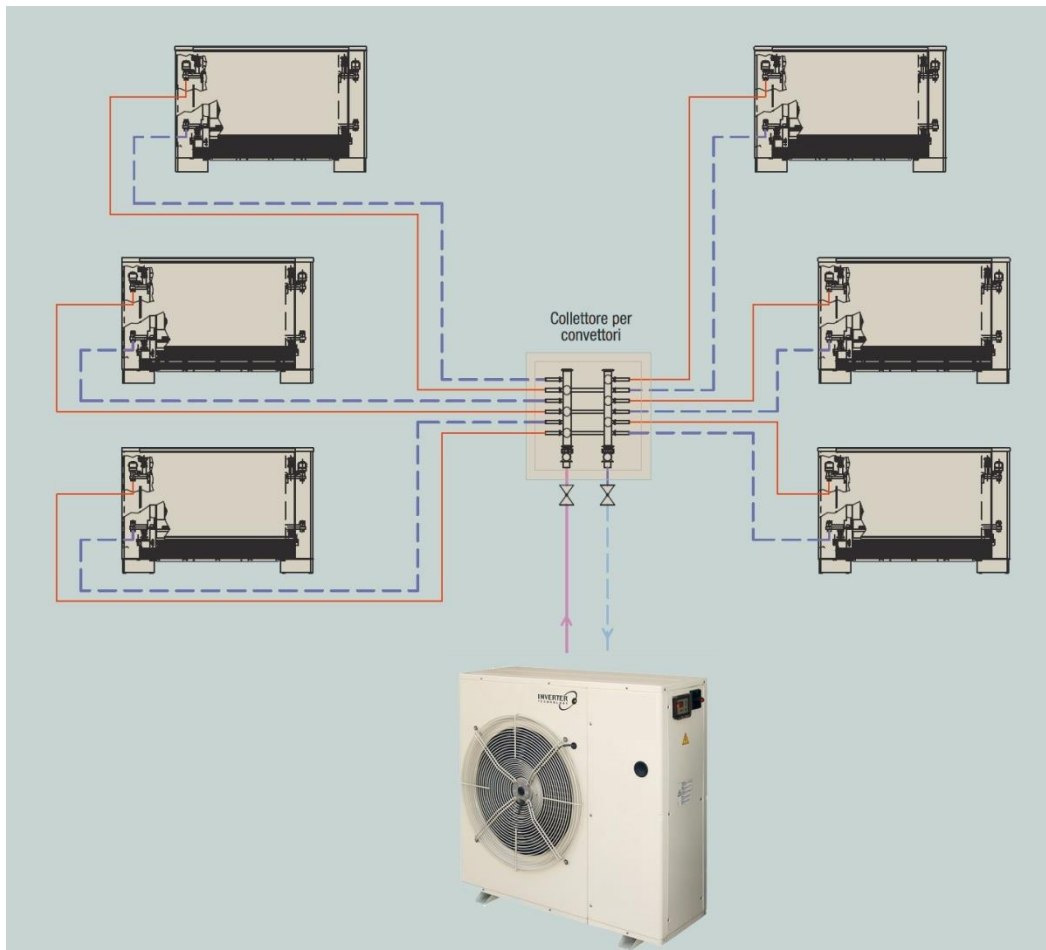
La pompa di calore fornisce acqua calda alle batterie di pre e post riscaldamento dell'U.T.A.



L'umidificatore deve essere collegato alla centrale idrica

## Impianti Misti:

### Schema di funzionamento invernale (2/2)



La medesima pompa di calore fornisce acqua calda al sistema di ventilconvettori.

Questi sono usualmente alimentati con una temperatura dell'acqua di mandata pari a 50 °C, con salto termico di 5 °C tra mandata e ritorno.

---

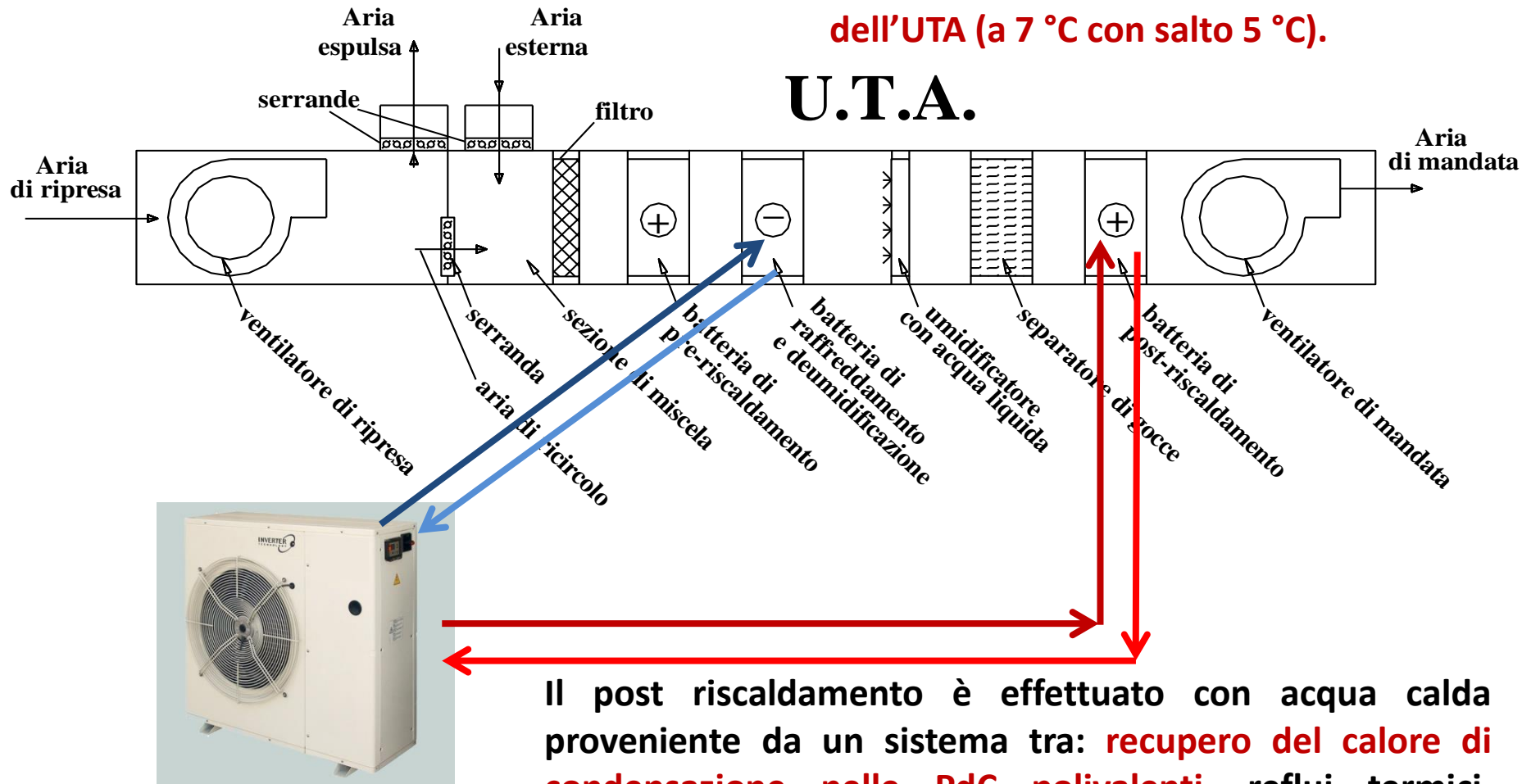
Nella figura è rappresentato un sistema di distribuzione mediante collettore complanare.

Tale sistema, molto usato, agevola il bilanciamento idraulico del circuito.

## Impianti Misti:

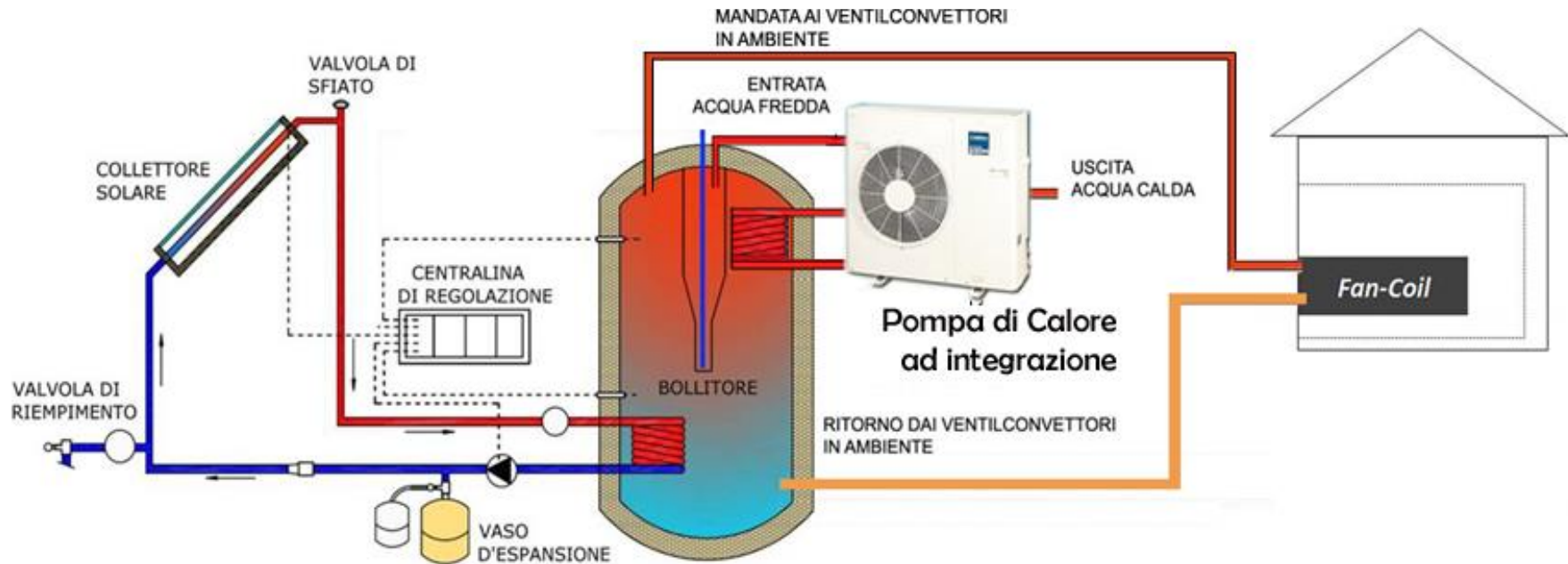
### Schema di funzionamento estivo (1/2)

La pompa di calore, nel funzionamento a macchina frigorifera, fornisce acqua fredda alle batterie di raffreddamento dell'UTA (a 7 °C con salto 5 °C).



## “SOLAR HEATING” E “SOLAR COOLING”: un cenno

Alle latitudini mediterranee, un’ottima efficienza può essere garantita ricorrendo agli impianti di SOLAR HEATING AND COOLING.



**Nel funzionamento invernale, l’acqua calda che funge da fluido termo-vettore è prodotta da un impianto solare. Si devono prevedere dei sistemi integrativi, quali pompe di calore o caldaie.**

## “SOLAR HEATING” E “SOLAR COOLING”: un cenno

In regime estivo, l'impianto utilizzerà una speciale macchina frigorifera, che non è alimentata elettricamente bensì provvede alla fase di compressione adoperando altra energia termica, in forma di acqua alla temperatura di circa 80-90 °C.

Si tratta di macchine frigorifere “ad assorbimento”, nel nostro caso di tipo monostadio.

L'acqua calda, necessaria per il funzionamento della macchina frigorifera, è prodotta dall'impianto solare.

L'alta efficienza di questa soluzione sta proprio nell'avere la maggior quota di carburante gratuito (il sole) proprio quando vi è maggiore esigenza di raffrescamento.

