

# **COMPONENTI PER IMPIANTI DI RISCALDAMENTO**

**PROF. ING. GIULIANO CAMMARATA**

# Finalità di un impianto

Gli impianti di climatizzazione possono essere di tipo diverso a seconda della destinazione d'uso degli edifici, del fluido termovettore utilizzato, dal costo e quindi dalla qualità che si desidera avere. Ogni impianto di riscaldamento o di raffrescamento è composto di tre sezioni fondamentali:

*Sezione di produzione dell'energia -> Sezione di trasporto dell'energia -> Sezione di scambio*

Ciascuna di esse ha caratteristiche costruttive e progettuali proprie. In ogni caso è da tenere presente che l'obiettivo finale di riscaldare o raffrescare gli ambienti si raggiunge solamente se *tutte e tre le sezioni sono congruenti e correttamente progettate*.

Non basta, ad esempio, produrre in caldaia l'energia necessaria per il riscaldamento ma occorre anche trasportare tutta l'energia prodotta a destinazione e fare in modo che i terminali, ad esempio i radiatori, la cedano agli ambienti.

*Se si sottodimensiona una di queste sezioni tutto l'impianto funzionerà male o funzionerà affatto. E non si deve pensare che il sovradimensionare le sezioni sia un bene, in genere si ottiene un decadimento della funzionalità complessiva soprattutto se il punto di lavoro effettivo è molto al di sotto delle singole potenzialità.*

Avviene, infatti, che il rendimento dei componenti (pompe, regolazione, generatori, terminali,...) non sia ottimale per tutto un grande intervallo bensì in un *range* ristretto e pertanto il sovradimensionamento porta spesso al malfunzionamento dell'impianto nella sua globalità.

In linea di massima possiamo qui classificare gli impianti secondo tre caratteristiche:

*.Tipo di generatore di calore utilizzato: a gasolio, a gas, elettrico;*

*.Tipo di fluidi termovettore utilizzato: ad acqua, ad aria, misto.*

*.Tipo di terminali utilizzati: radiatori, termoconvettori, pannelli radianti.*

Seguiranno alcune brevi note descrittive, soprattutto di tipo qualitativo, sulle tipologie impiantistiche.

# **GENERATORI DI CALORE TERMICI**

# Generatori Termici

In base alla precedente classificazione la scelta del tipo di generatore è fondamentale per l'impianto di riscaldamento sia perché sono questi dispositivi a fornire energia agli impianti di riscaldamento sia perché il loro funzionamento (e in particolare il loro rendimento) è oggi fortemente regolato dalla *L. 10/91* e dai suoi regolamenti di attuazione *DPR 412/94 e 551/99* sia perché oggi siamo in condizioni di costruire caldaie con caratteristiche tecnologiche impensabili già venti anni fa.

Oggi si possono classificare le moderne caldaie in funzione del loro funzionamento:

*Caldaie a modulazione di fiamma*

*Caldaia a temperatura scorrevole*

*Caldaia a condensazione*

*Caldaia a più passaggi di fumi*

In tutti i casi sono esclusi i combustibili solidi e in qualche caso anche i liquidi. Vediamo brevemente il loro funzionamento.

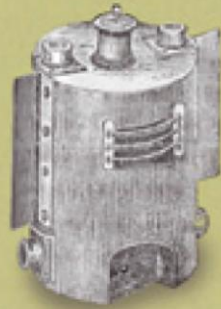


# La Caldaia

La caldaia è essenzialmente uno scambiatore di calore nel quale, tramite un processo di combustione, viene riscaldata l'acqua da inviare all'impianto di riscaldamento. In essa sono visibili il bruciatore, la camera di combustione, i tubi dell'acqua e l'uscita per i fumi al camino.



Fine Ottocento



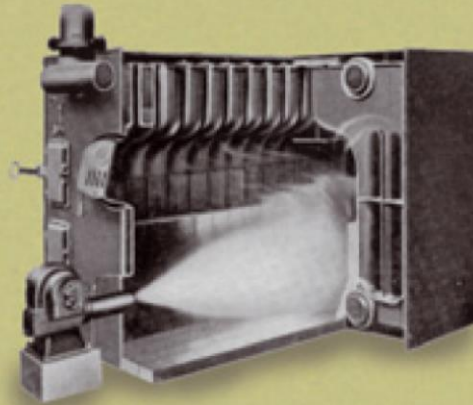
Primi anni Novecento



Anni Trenta



Anni Quaranta



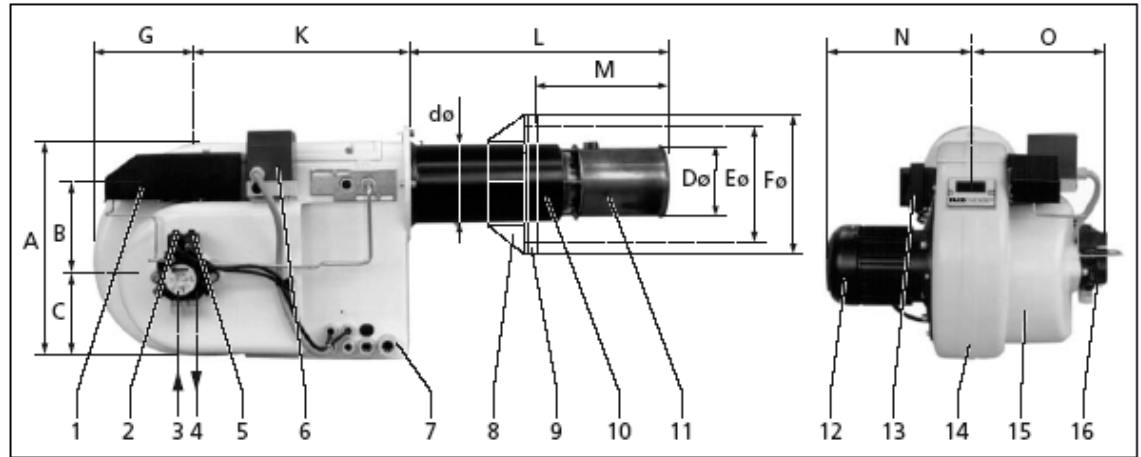
Anni Cinquanta



# Caldaie a modulazione di fiamma

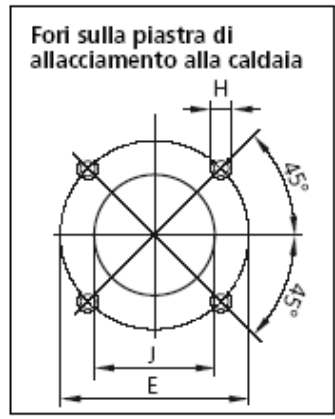
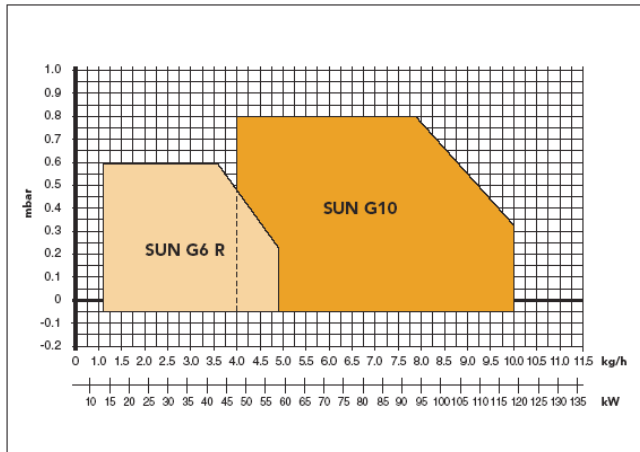
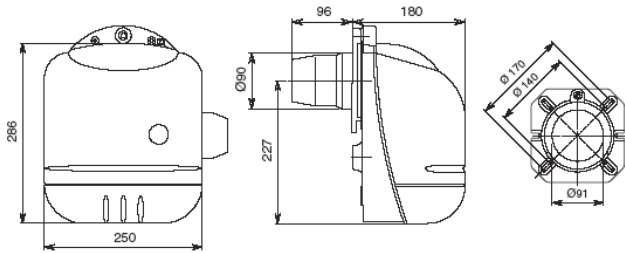
Il funzionamento di una caldaia è dettato dal funzionamento del suo bruciatore, vedi Figura.

Esso può essere di vari tipi in funzione del combustibile utilizzato (*gasolio, olio combustibile, gas, ...*) e del regime di funzionamento e



Tipo bruciatore	A	B	C	d $\phi$	D $\phi$	E $\phi$ *	F $\phi$	G	H	J	K	L	M	N	O
EK 3.35L-ZON	380	146	156	140	135	270-300	330	192	M10	240	370	460	250-330	260	260

\* Fori sulla flangia di raccordo



- 1 Servocomando ottimizzatore afflusso d'aria
- 2 Valvola magnetica, carico totale
- 3 Allacciamento tubo di aspirazione
- 4 Allacciamento tubo di ritorno
- 5 Valvola magnetica, carico di base
- 6 Servocomando elettrico per clappa di chiusura dell'aria
- 7 Quadro elettrico, automatismo di combustione, protezione termica del motore, interruttore di servizio, morsettiera
- 8 Flangia di raccordo
- 9 Elemento isolante
- 10 Tubo del bruciatore
- 11 Involucro fiamma
- 12 Motore elettrico
- 13 Trasformatore di accensione
- 14 Corpo del bruciatore
- 15 Disp. di aspirazione dell'aria
- 16 Monoblocco pompa olio 2-stadi con 2 reg. pressione e 2 valvole magnetiche

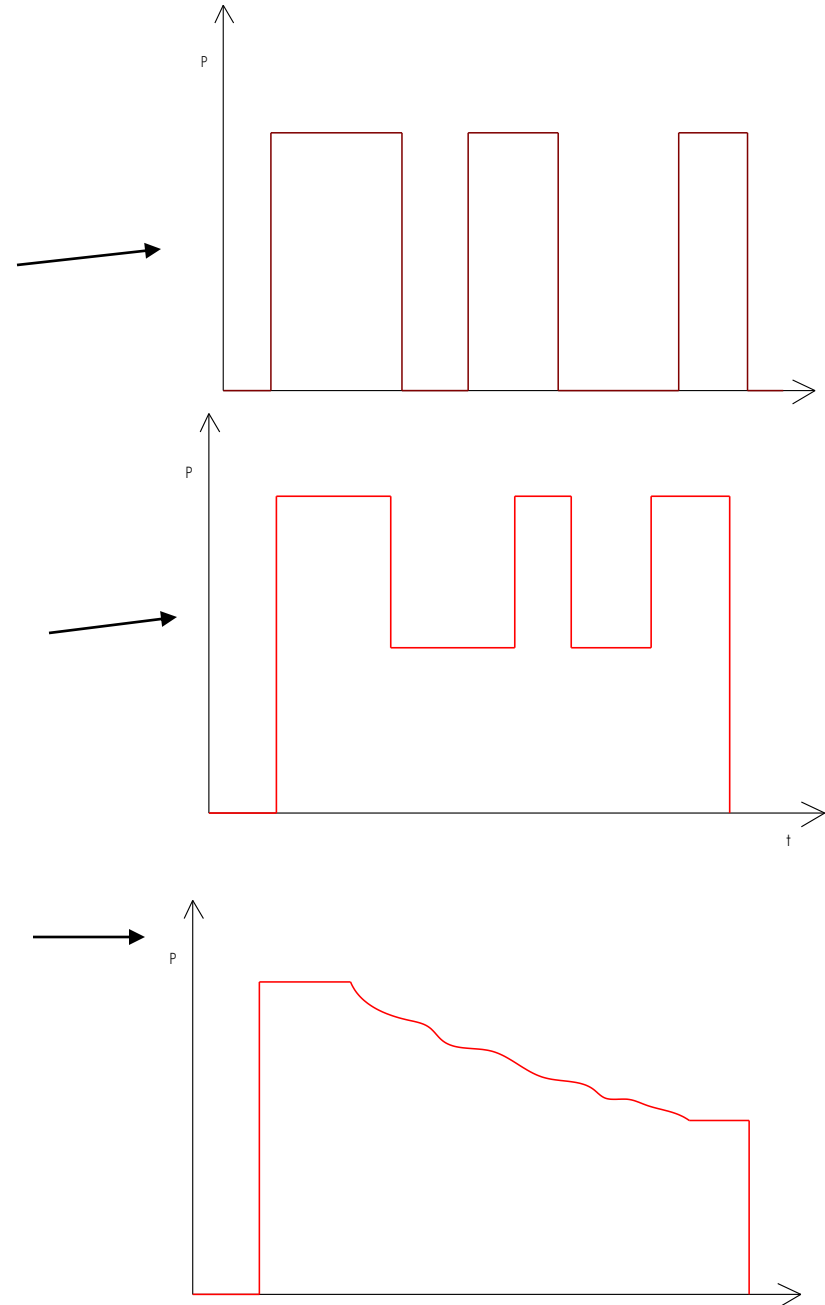
# Caldaie a Modulazione di fiamma

In queste caldaie (alimentate sia con combustibili liquidi che con gas) si agisce sul bruciatore modulandone la potenza in vari modi:

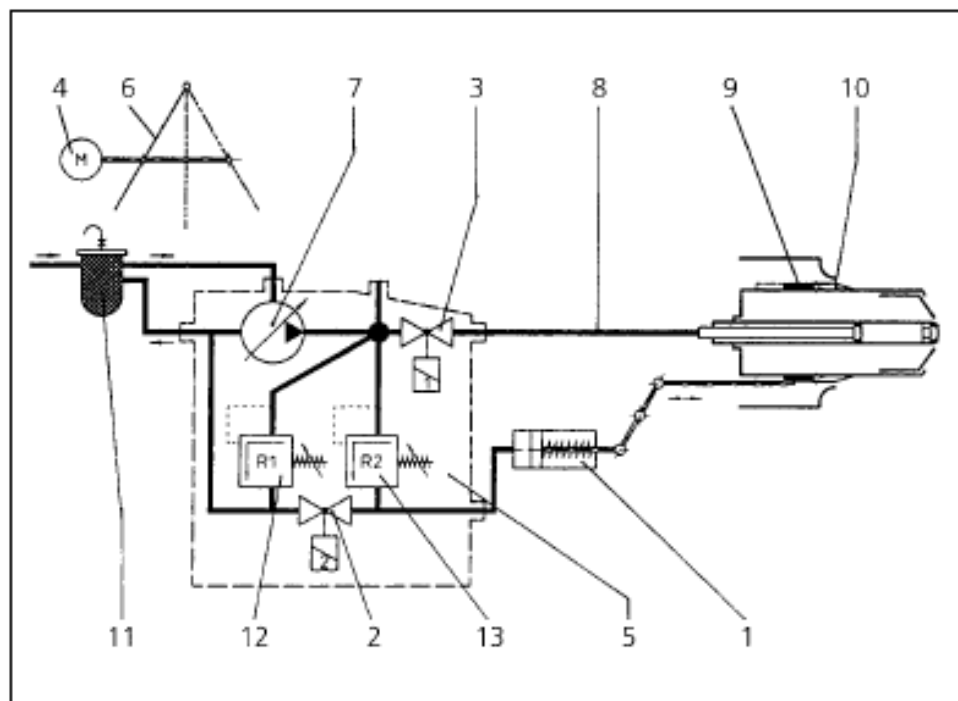
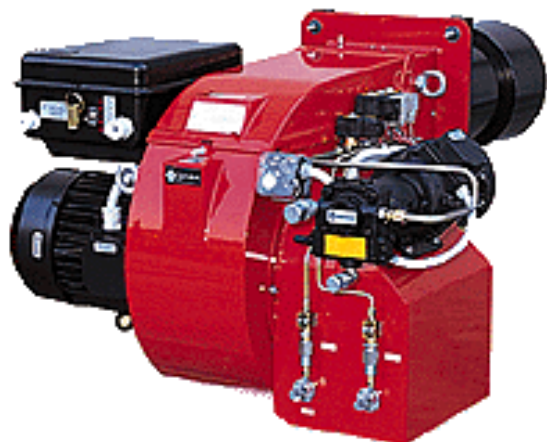
*Modulazione in regime monostadio di tipo on – off:* si tratta del tipo più semplice e la modulazione del bruciatore non avviene per variazione della sua potenza ma con semplice spegnimento quando viene raggiunta la temperatura massima dell'acqua e con l'accensione quando questa scende sotto il valore minimo prefissato.

*Regime bistadio 50÷ 100%:* il bruciatore può funzionare a due regimi a seconda del valore della temperatura dell'acqua in caldaia. Quando si chiede la massima potenza si ha il 100% del funzionamento mentre per regimi attenuati si ha un funzionamento al 50%.

*Regime modulante fra 50÷ 100%:* in questo caso la potenza del bruciatore varia con continuità fra il 50% e il 100% della potenza massima. In questo modo si ha la massima efficienza e si riducono fortemente gli sprechi energetici



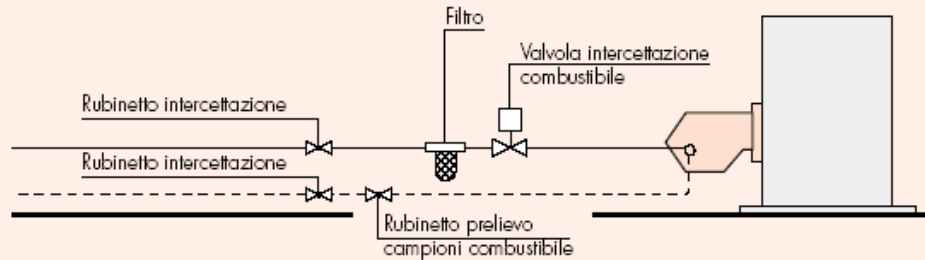
# Bruciatori modulanti



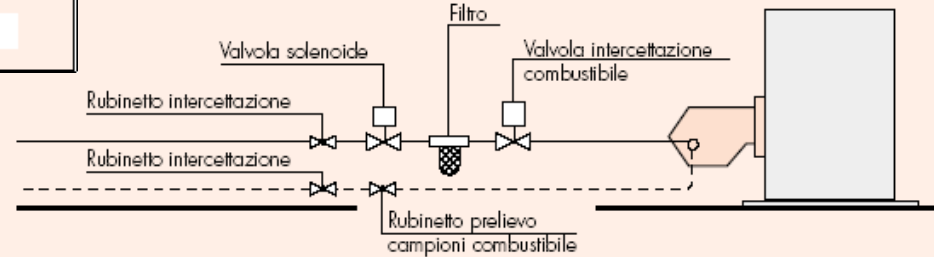
## Schema di principio

- 1 Servocomando ottimizzatore afflusso d'aria
- 2 Valvola magnetica, carico totale
- 3 Valvola magnetica, carico di base
- 4 Servocomando elettrico per clappa di chiusura dell'aria
- 5 Monoblocco pompa olio 2-stadi con reg. pressione e valvole magnetiche
- 6 Clappa di chiusura dell'aria
- 7 Pompa di aspirazione
- 8 Stanga ugello
- 9 Cono ottimizzatore, pos. carico totale
- 10 Cono ottimizzatore, pos. carico di base
- 11 Filtro con spurgo aria
- 12 Regolatore pressione olio, carico totale
- 13 Regolatore pressione olio, carico di base

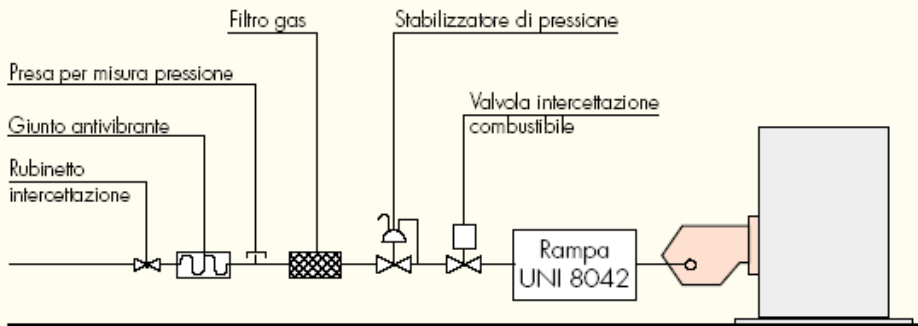
# Installazione bruciatori a gasolio e a gas



**Dispositivi per l'alimentazione dei bruciatori a gasolio con serbatoio interrato**



**Dispositivi per l'alimentazione dei bruciatori a gasolio con serbatoio sopraelevato**

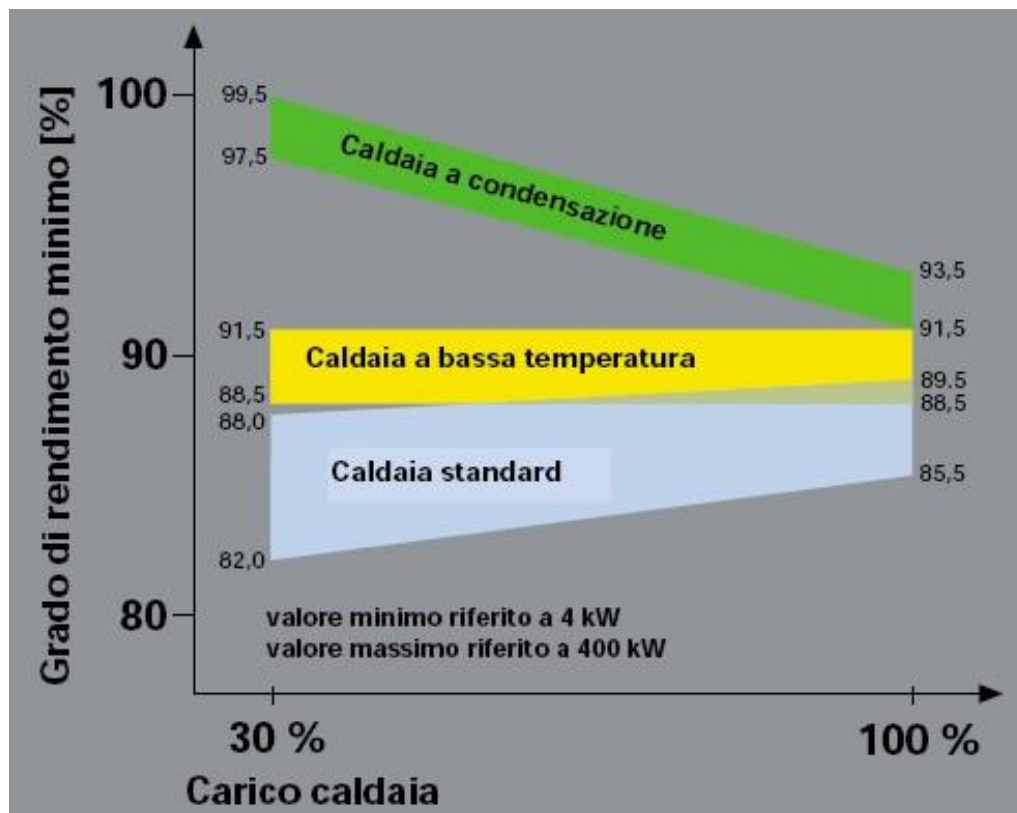


**Dispositivi per l'alimentazione dei bruciatori a gas**

# Confronto dei Rendimenti delle caldaie

In figura si ha il confronto dei rendimenti di diversi tipi di caldaie di moderna costruzione: la caldaia a temperatura scorrevole presenta i valori più elevati, soprattutto ai bassi gradi di utilizzazione.

Si osservi l'incremento del rendimento che si è avuto nel corso degli ultimi 20 anni dalle caldaie tradizionali alle attuali a tecnologia avanzata.





# Confronto dei Rendimenti delle caldaie

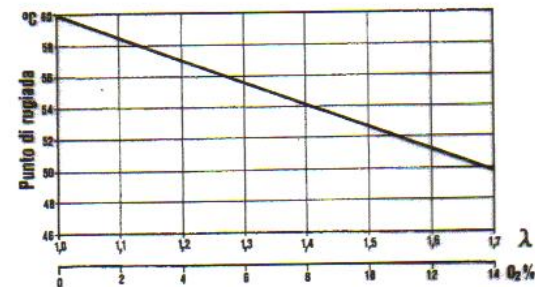
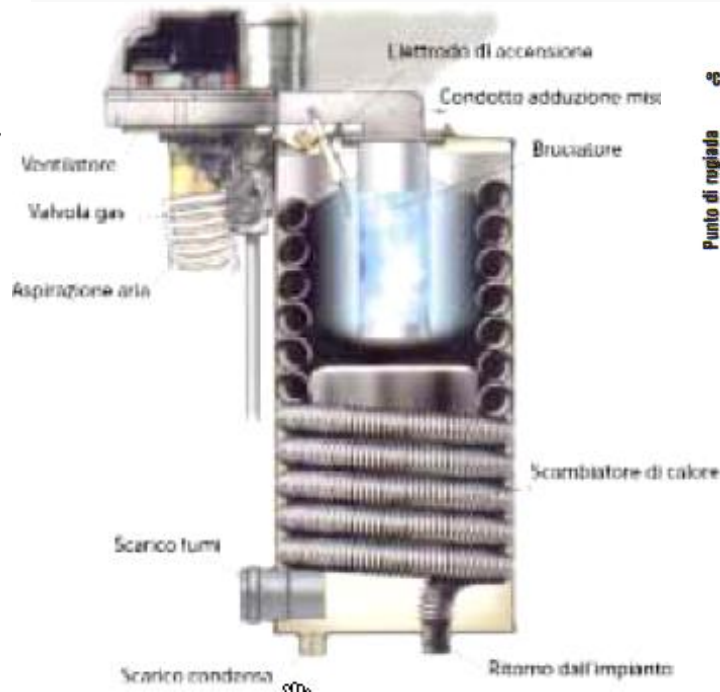
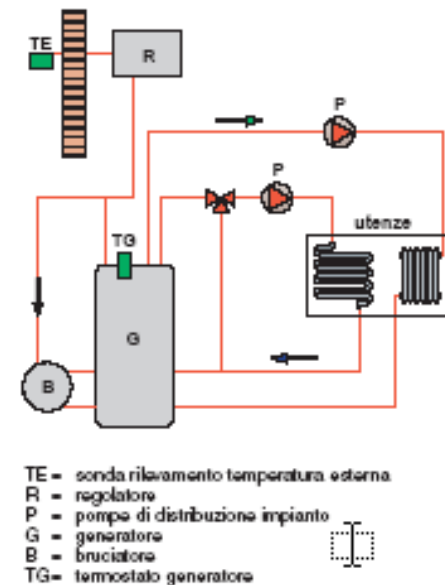
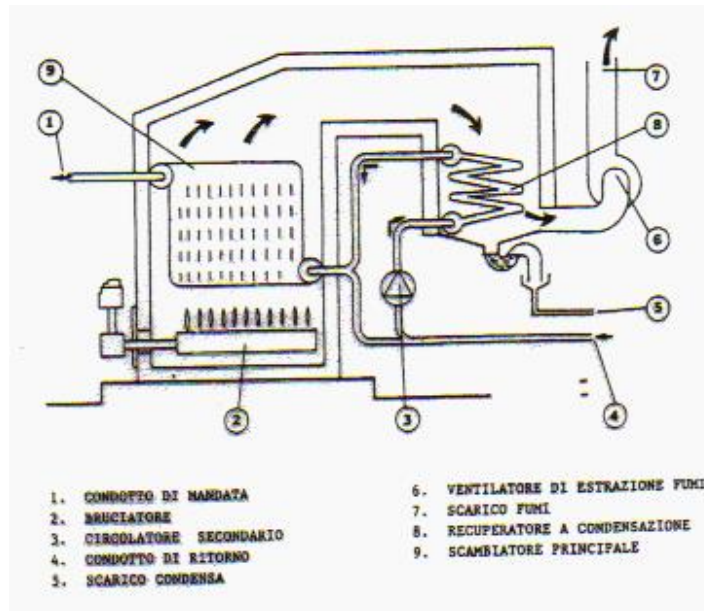
$P_n$  è la potenza nominale del generatore installato;  
 $P$  è la potenza dimensionata in base alla temperatura minima di progetto;  
 $P_{media}$  è la potenza media stagionale richiesta dall'impianto calcolata in funzione della temperatura media esterna.

$P / P_{media}$	3,5	3,9	4,3	4,7	5	5,4
$P_n / P$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
<b>Rendimento di produzione medio stagionale <math>P_n &gt; 35</math> kW</b>						
Caldaia a condensazione*	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06
Caldaia standard	0,79	0,78	0,775	0,77	0,76	0,75
Caldaia standard efficiente	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91
Caldaia a temperatura scorrevole	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95
<b>Rendimento di produzione medio stagionale <math>P_n &lt; 35</math> kW</b>						
Caldaia standard efficiente	0,91	0,91	0,91	0,90	0,90	0,89
Caldaia a temperatura scorrevole	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92	0,92
Caldaia standard	0,78	0,77	0,765	0,76	0,75	0,74

# Caldaia a Condensazione

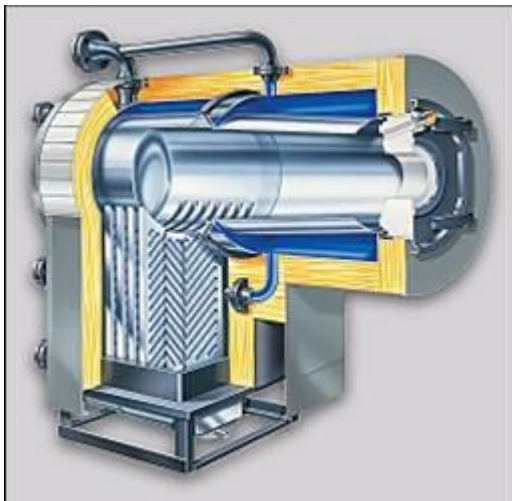
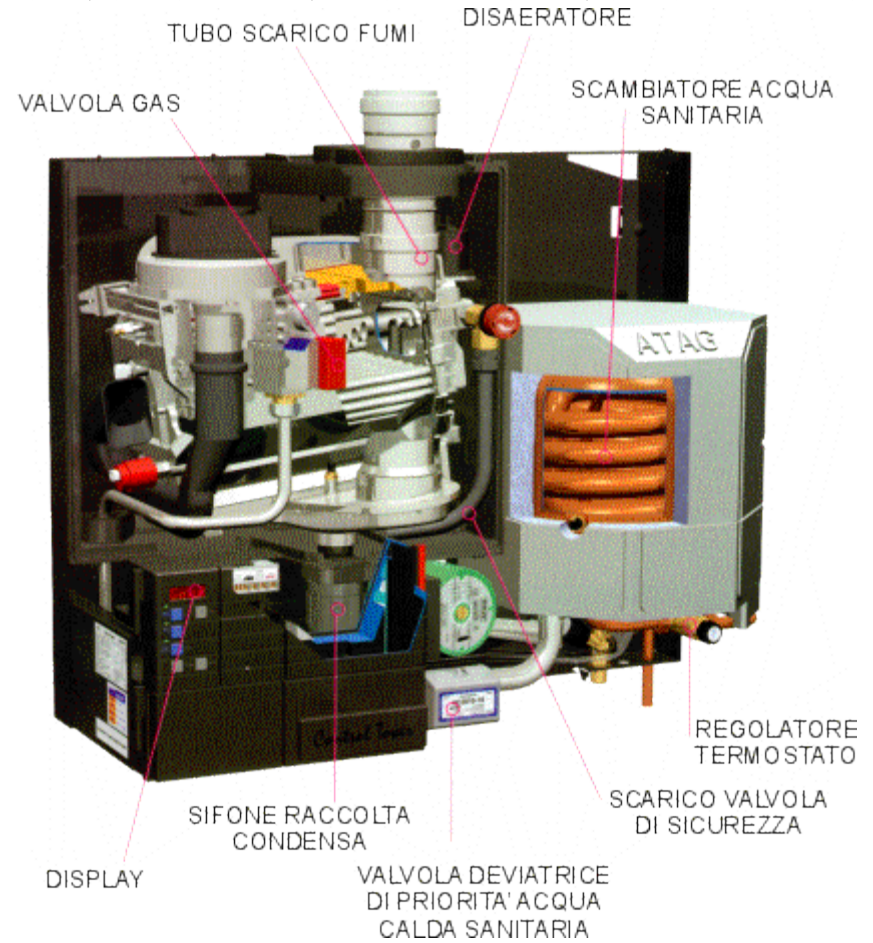
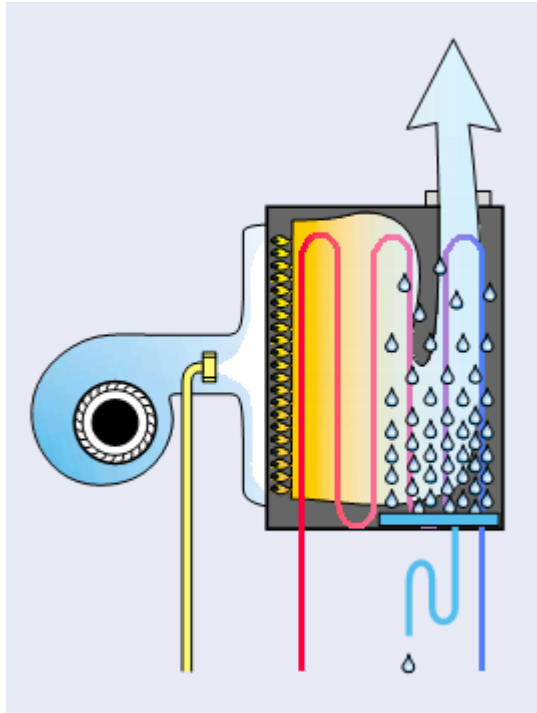
L'utilizzo di combustibili gassosi a basso tenore di zolfo consente di costruire caldaie a *condensazione* nelle quali si recupera il calore latente del vapore acqueo contenuto nei fumi.

Il punto di rugiada dei fumi del metano in funzione dell'eccesso d'aria varia secondo quanto indicato in figura. Queste caldaie consentono di abbassare la temperatura dei fumi fino a  $50 \div 70 \text{ }^\circ\text{C}$  recuperando il *calore latente di condensazione* dell'acqua. Il rendimento di queste caldaie riferito al potere calorifico inferiore del combustibile risulta  $> 100\%$  (com'è ovvio non tenendosi conto del calore latente di condensazione nel p.c.i.) mentre risulta  $< 100\%$  se riferito al potere calorifico superiore.



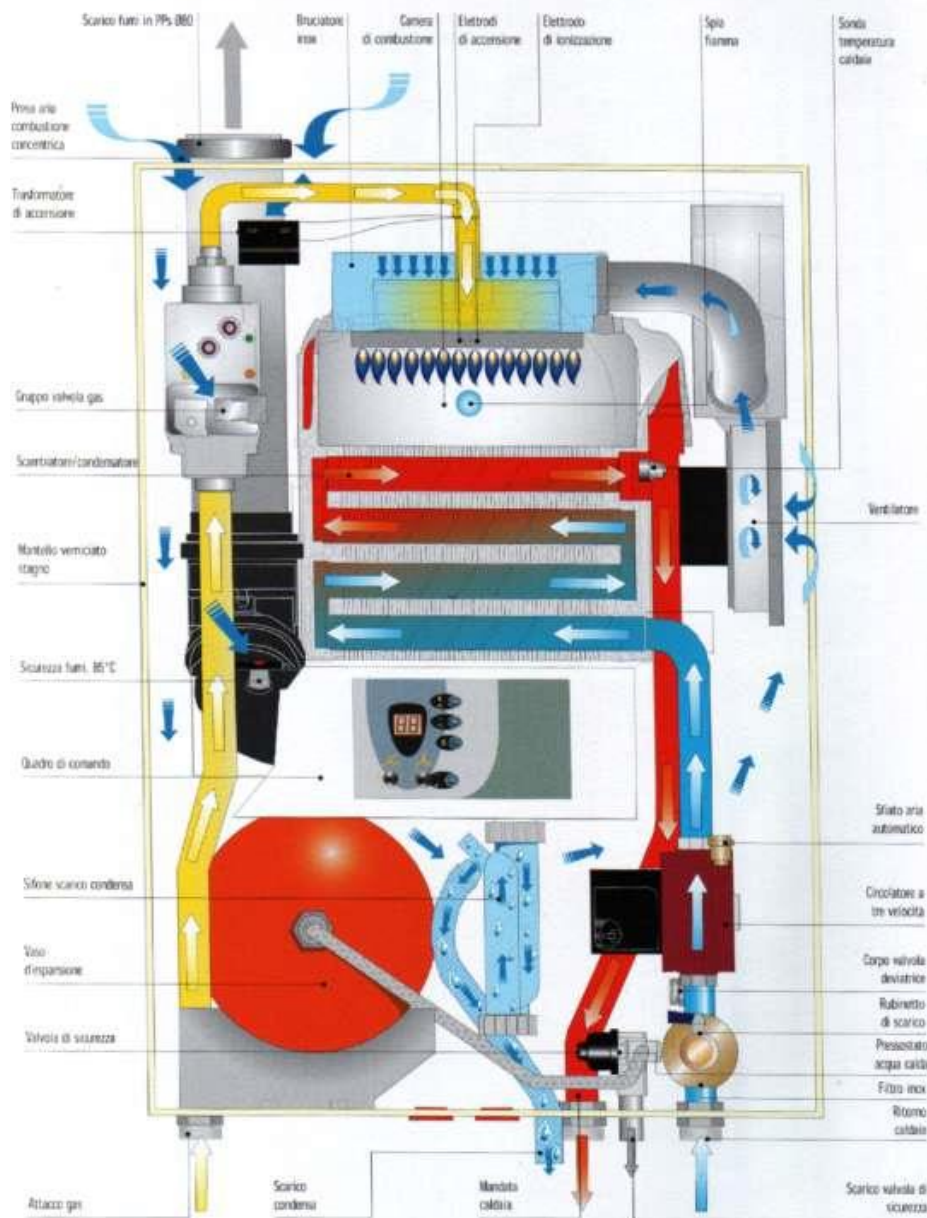


# Principio di funzionamento delle caldaie a condensazione



# Principio di funzionamento delle caldaie a condensazione

## Principio Costruttivo e Funzionale.



100% p.c.i.  
(111% p.c.s.)

+11% di calore latente di cui 8% recuperato e 3% non recuperato

-3% di calore disperso attraverso i fumi e il mantello della caldaia

=Rendimento 105% (rispetto al p.c.i.)

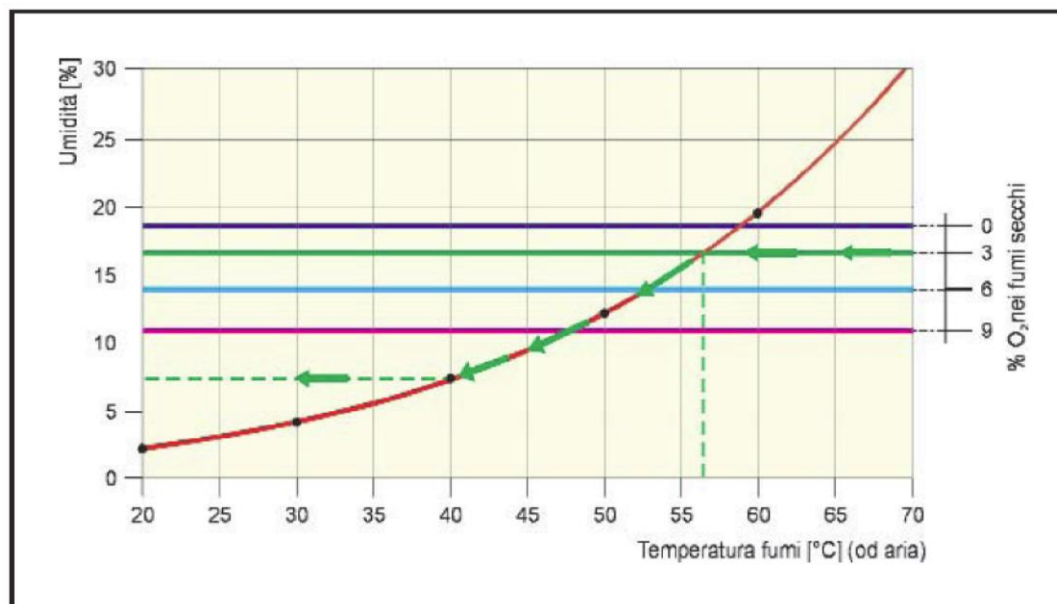
N.B. Le dotazioni accessorie a comando possono differenziarsi tra i vari modelli: consultate gli opuscoli tecnici. Il modello raffigurato è il TH90 S-25 C.

# Recupero di calore nelle caldaie a condensazione

## FORMAZIONE DI CONDENSA IN UN GENERATORE A CONDENSAZIONE:

- ' La formazione di condensa è diversa in funzione del tenore di ossigeno presente nei fumi secchi (esempio per 3% di O<sub>2</sub>)
- '  $56\text{ °C} < T_{\text{fumi}} < 70\text{ °C}$  al diminuire di  $T_{\text{fumi}}$  si recupera solo il calore sensibile
- ' A  $56\text{ °C}$  si incontra la curva di equilibrio, inizia la condensazione del vapor d'acqua contenuto nei fumi
- ' Da adesso in poi, diminuendo  $T_{\text{fumi}}$ , si recupera anche calore latente
- ' Tanto più scende  $T_{\text{fumi}}$  tanto più grande sarà il quantitativo di condensa, tanto maggiore sarà il calore recuperato

I fumi vengono scaricati a  $40\text{ °C}$ . Ogni ulteriore raffreddamento provocherà condensa, ma non incremento di rendimento perché avviene fuori dalla caldaia



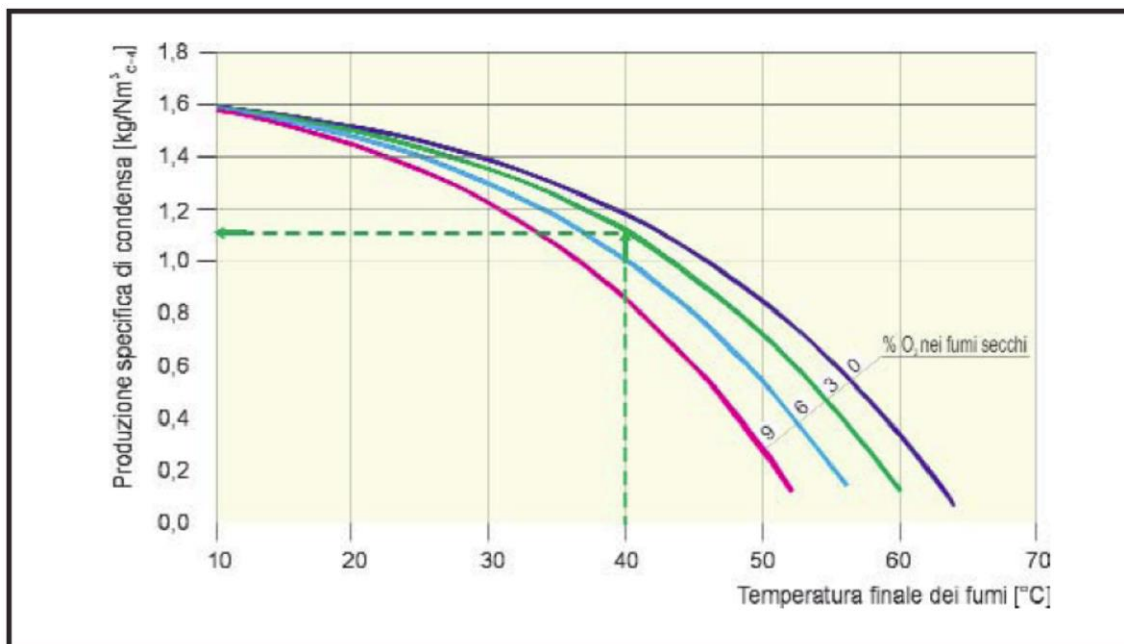
# Efficienza di una caldaia a condensazione

L'efficienza si determina in base all'eccesso d'aria e alla temperatura di scarico dei fumi.

Di conseguenza si ricava la produzione di condensa per unità di combustibile consumato.

La quantità di condensa è legata al calore latente recuperato e quindi si può determinare l'aumento di rendimento dovuto al recupero di calore latente.

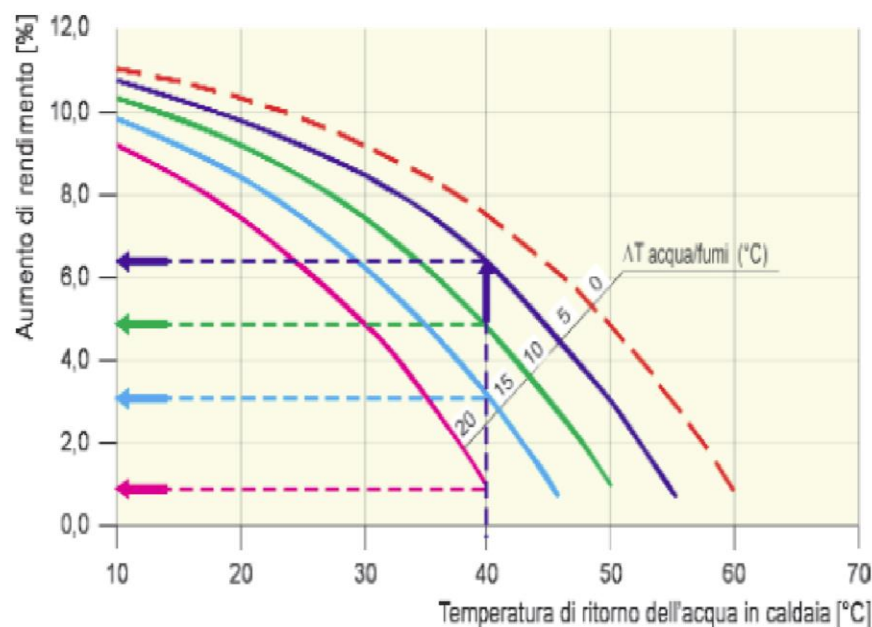
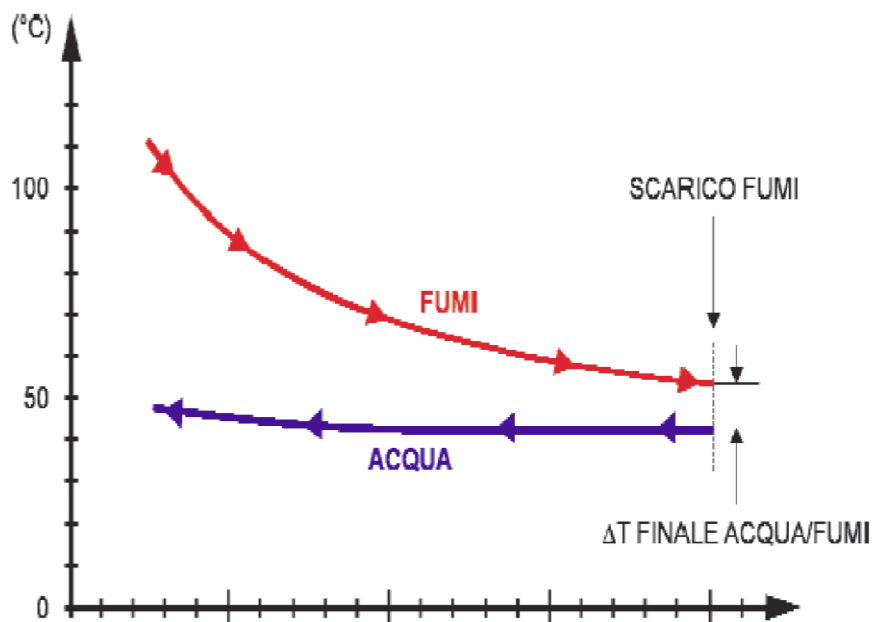
Si può così correggere l'indicazione degli strumenti di analisi dei fumi che prendono in esame solo il calore sensibile di raffreddamento dei fumi



# Temperatura dei fumi nelle caldaie a condensazione

Lo scambio termico (e quindi il recupero del calore sensibile) è tanto maggiore:

- Quanto più bassa è la temperatura di ritorno dell'acqua
- Quanto più è basso il  $\Delta T$  acqua/fumi (funzionamento a bassa potenza)





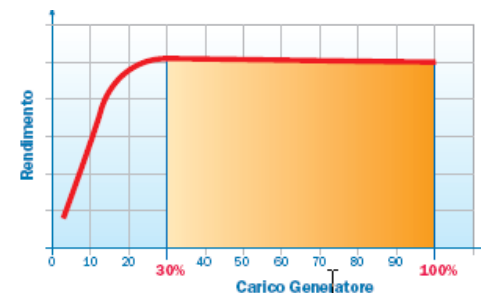
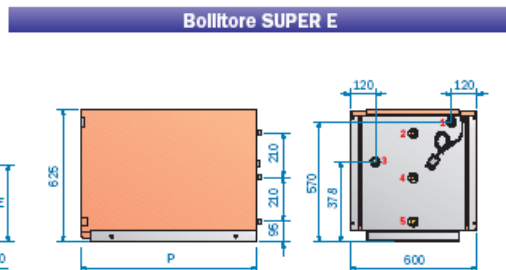
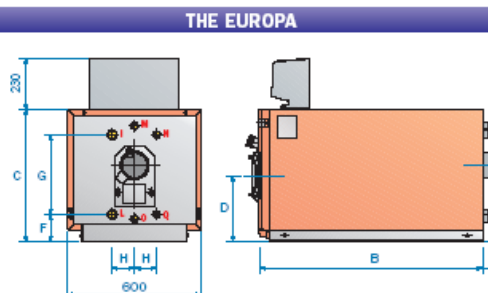
# Caldaie a temperatura scorrevole

Soprattutto per usi civili, sono apparse sul mercato caldaie **a fiamma scorrevole** nelle quali la camera di combustione è di tipo *secco* cioè gli elementi scaldanti a contatto con l'acqua non sono anche a contatto diretto con i fumi ma separati dai una serie di tubi concentrici che evitano il fenomeno della condensa ai bassi regimi. Nella figura si hanno i particolari dei tubi di fumo che presentano tre settori circolari che assicurano un contatto indiretto parete-acqua evitando i rischi della condensazione del vapore quando la temperatura della caldaia scende al di sotto del punto di rugiada. Il pericolo della condensazione si ha quando la caldaia lavora a bassi regimi e nelle caldaie tradizionali si utilizza una pompa di ricircolo asservita alla caldaia.

Nella figura si ha uno spaccato di una caldaia a temperatura scorrevole nel quale si possono vedere i particolari sopra indicati.



# Dati di Targa di una caldaia a temperatura scorrevole



## Caratteristiche termotecniche

GENERATORE EUROPA		U.M.	20	29	35	45	60	70
Potenzialità termica	minima	KW	17,5	24,5	34,5	41,0	55,0	70,0
	massima	KW	24,5	34,5	41,0	55,0	70,0	85,5
Potenzialità termica utile	minima	KW	16,0	22,4	31,3	37,5	50,4	63,8
	massima	KW	22,2	31,4	37,3	49,7	63,5	77,2
D.P.R. 432	Rendimento al 100%	%	91,4	91,5	91,3	91,5	91,6	91,4
	minimo	%	90,7	91,0	90,8	90,4	90,7	90,2
	massimo	%	91,5	91,6	92,0	91,4	91,4	91,6
UNI 10348	Rendimento al 30%	%	91,5	91,6	92,0	91,4	91,4	91,6
	Perdite al camino bruciatore spento	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Perdite al camino bruciatore funzionante	%	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1	7,1
UNI 10348	Perdite al mantello (1) (Pot. max)	%	2,2	1,9	2,1	2,5	2,2	2,7
	Temperatura uscita fumi lorda	°C	160 ± 180	160 ± 180	160 ± 180	160 ± 180	160 ± 180	160 ± 180
Portata massica fumi (Pot. max)	kg/sec	0,013	0,017	0,019	0,025	0,032	0,038	
Pressione in camera di combustione	mbar	0,2	0,25	0,26	0,40	0,55	0,70	
Volume focolare	m³	0,050	0,055	0,055	0,087	0,087	0,111	
Superficie totale di scambio	m²	1,00	1,25	1,40	1,71	2,10	2,60	
Carico termico volumetrico (Pot. max)	KW/m³	490	690	745	690	800	774	
Carico termico specifico (Pot. max)	KW/m²	23,0	26,0	27,5	30,0	31,2	30,4	
Resistenza lato acqua ΔT° 10 °C	mbar	12	14	15	21	28	32	
Resistenza lato acqua ΔT° 20 °C	mbar	3,2	3,8	4,3	5,7	6,9	8,5	
Contenuto acqua	litri	51	60	58	90	84	110	
Pressione massima esercizio	bar	5	5	5	5	5	5	

Riferimenti normativi: UNI 10348; UNI 7936; UNI 9168.

(1) Sono riferite ad una differenza di temperatura media dell'acqua in caldaia e quella ambiente di 30 °C.

(2) Lunghezza bocceglio bruciatore: 100 mm (THE 20-THE20) 100 mm (THE 70) valore consigliato per superare di 30-90 mm il limite anteriore della camera di combustione. Variazione massima ammessa pari al 15% (in eccesso).

I valori dei parametri riportati nella tabella fanno riferimento alle seguenti condizioni di prova: caldaia pulita, con gas di prova e regolazione ottimizzata del bruciatore attraverso monitoraggio continuo dei parametri di combustione.

BOLLITORE SUPER E		U.M.	130	170	220
Contenuto acqua sanitaria	l		130	170	220
Contenuto acqua serpentino	l		5,9	8,6	10,6
Potenza massima assorbita (primario 80°C)	KW		31,5	37	43
Produzione acqua sanitaria (ΔT° 35 °C)	l/h		775	910	1056
Perdite di carico circuito secondario bollitore (2)	mbar		8	12	13
Prelievo in 10' con accumulo 48 °C (1)	l		140	190	240
Prelievo in 10' con accumulo 60 °C (1)	l		240	330	410
Tempo di ripristino (ΔT° 35 °C)	min.		9	11	13
Superficie di scambio serpentino	m²		0,97	1,42	1,75
Pressione massima esercizio bollitore	bar		7	7	7
Alimentazione elettrica	V/Hz		230/50	230/50	230/50
Potenza elettrica assorbita	W		115	115	115

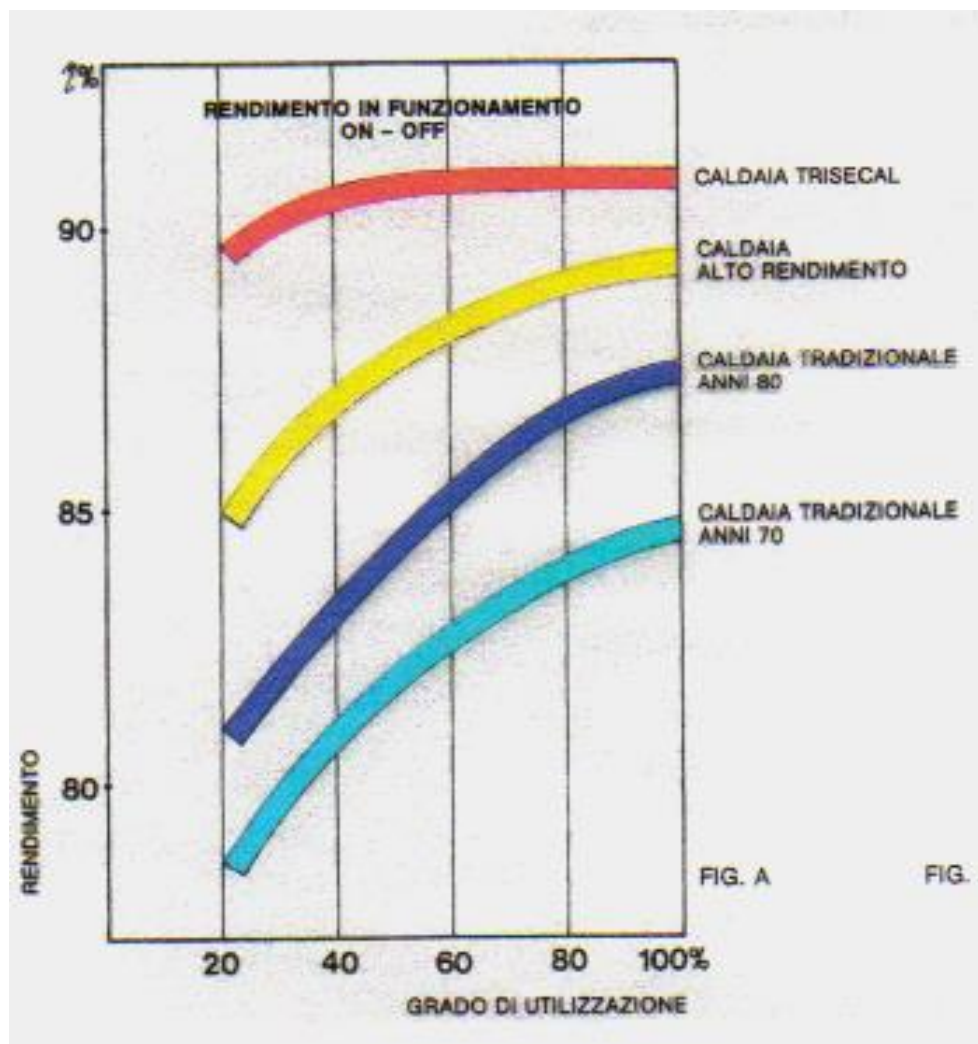
(1) Con T entrata 13°C e T media scorio 43°C - Prestazioni ottenute con pompa di scorio alla massima velocità.

(2) Con portata relativa a ΔT 35°C secondo DM 2 aprile 1998. Le prestazioni dichiarate sono ottenute applicando ai bollitori una potenza utile del generatore adeguata.

# Confronto dei Rendimenti delle caldaie

In figura si ha il confronto dei rendimenti di diversi tipi di caldaie di moderna costruzione: la caldaia a temperatura scorrevole (indicata con il logo *TRISECAL®*) presenta i valori più elevati, soprattutto ai bassi gradi di utilizzazione.

Si osservi l'incremento del rendimento che si è avuto nel corso degli ultimi 20 anni dalle caldaie tradizionali alle attuali a tecnologia avanzata.

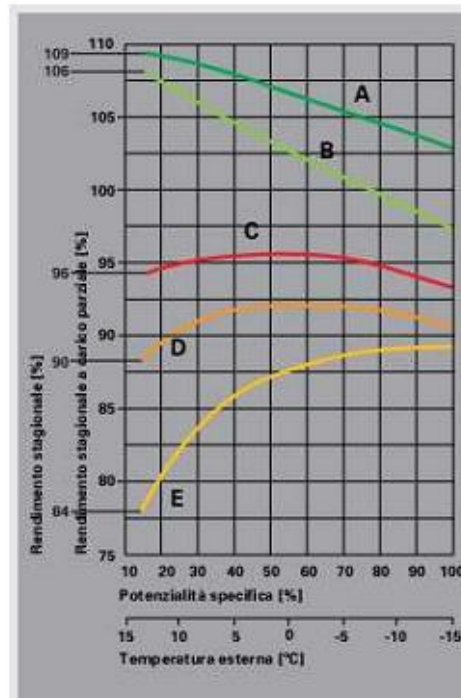




# Classificazione delle caldaie

Le caldaie possono essere classificate secondo la loro efficienza energetica istantanea. Tale distinzione è definita nel D.P.R. 660/96, regolamento di attuazione della direttiva 92/42/CEE. Il regolamento definisce, in base alla potenza nominale, 4 classi di rendimento delle caldaie:

- \* 1 stella
- \*\* 2 stelle
- \*\*\* 3 stelle
- \*\*\*\* 4 stelle

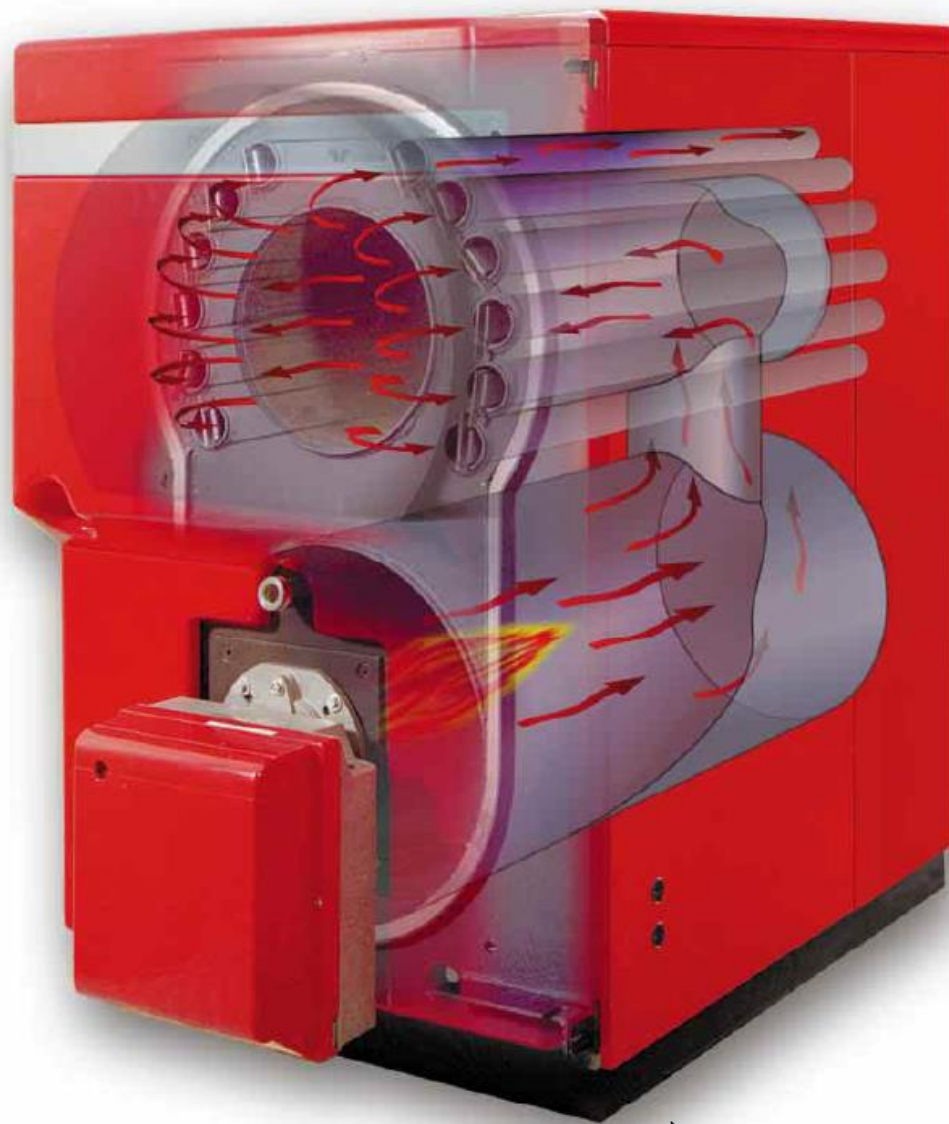
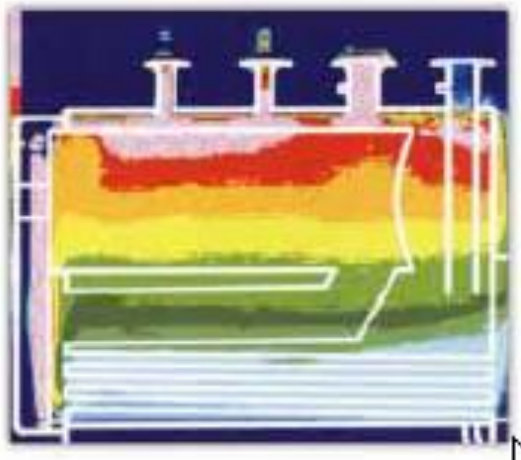


- A Caldaie a gas a condensazione 40/30°C
- B Caldaie a gas a condensazione 75/60°C
- C Caldaie a bassa temperatura (senza limite inferiore di temperatura)
- D Caldaie anno di costruzione 1987 (limite inferiore di temperatura: 40°C)
- E Caldaie anno di costruzione 1975 (temperatura acqua di caldaia costante: 75°C)

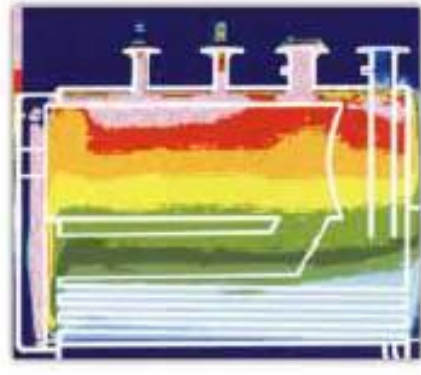
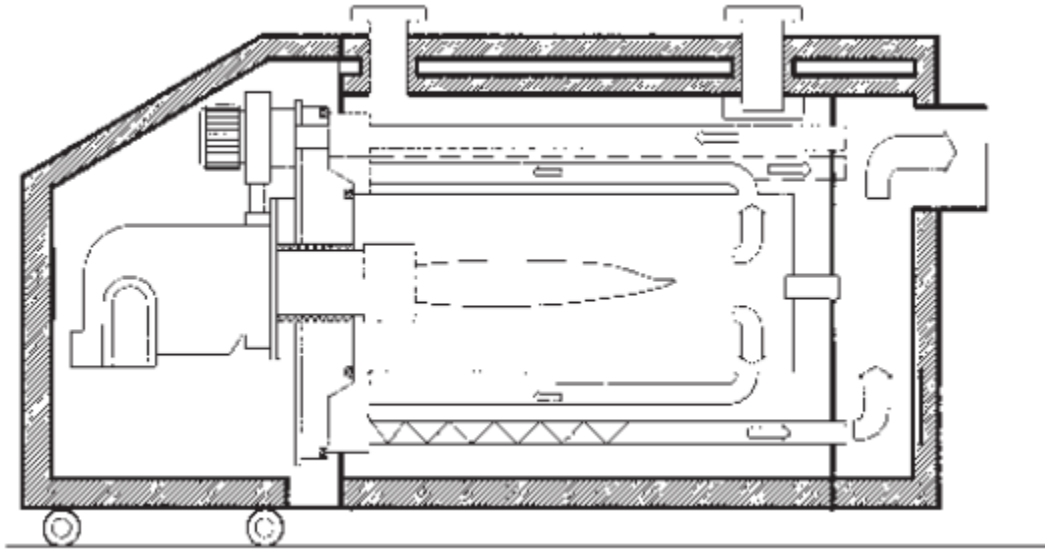
Figura 9: Rendimenti stagionali per diverse tipologie di caldaie

# Caldaie a più passaggi di fumi

Per ridurre le emissioni nocive (soprattutto di *Nox*, molto limitate dalle recenti disposizioni di Legge) si costruiscono oggi caldaie a *più passaggi di fumi* (ad esempio a tre passaggi) che *ottimizzano sia gli scambi convettivi dei fumi sia la fase di inversione che viene realizzata non più in camera di combustione ma in un volume diverso posto al di sopra di questa*



# Caldaie a più passaggi di fumi

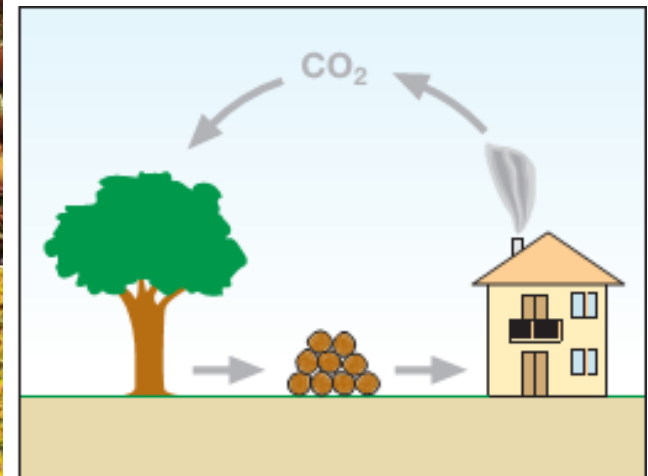




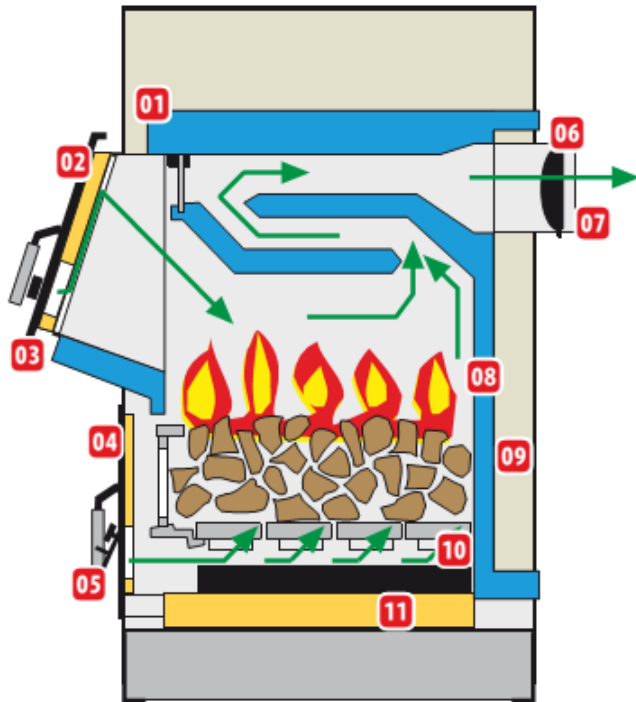
# Caldaie a Biomassa

Le biomasse sono considerate fonti rinnovabili (al 70%).

Combustibile	kWh	Rendimento	Costo €	€/kWh utile
1 mc metano	9,8	90%	0,7	0,08
1 litro gasolio	10	80%	1,1	0,14
1 litro (1 Kg) GPL	7 (12,8)	90%	0,96 (1,8)	0,16
1 Kg legna	4,3	80%	0,13	0,04
1 Kg pellet	4,8	90%	0,23	0,05

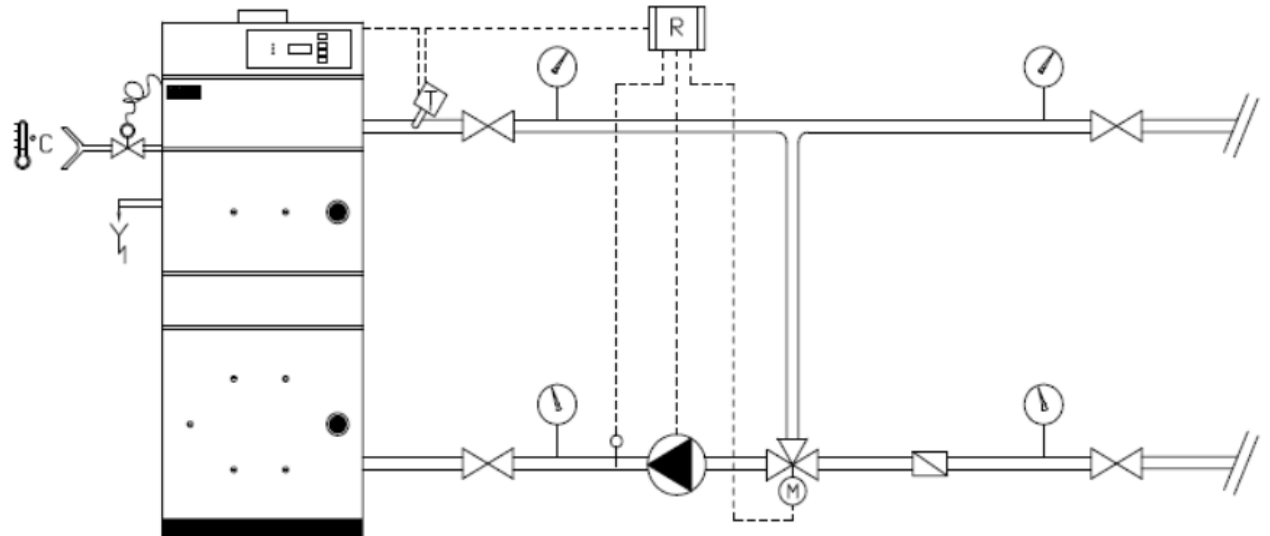


# Caldaie a Biomassa



## Caldaia a biomassa

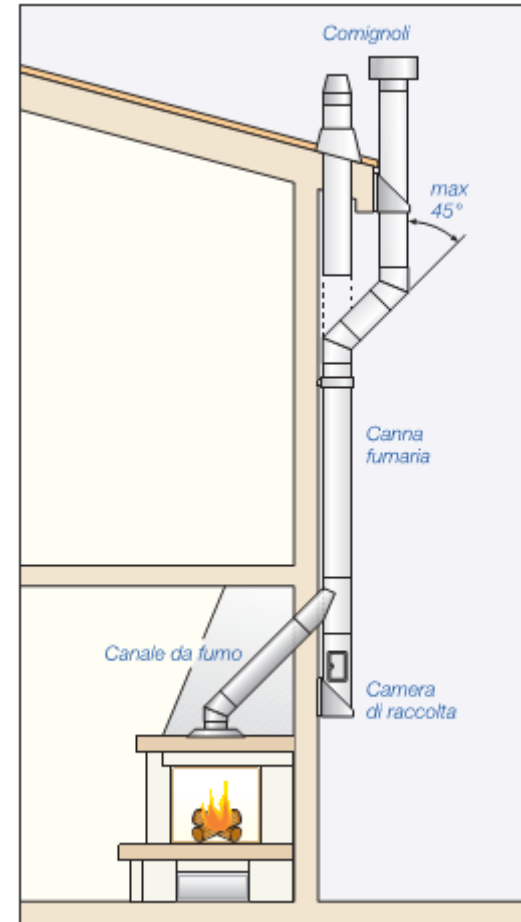
- 01 Regolazione flusso aria/fumi
- 02 Sportello ingresso combustibile
- 03 Serranda aria secondaria
- 04 Sportello per ispezione
- 05 Serranda aria primaria
- 06 Serranda fumi
- 07 Scarico fumi
- 08 Isolamento
- 09 Griglia per la combustione
- 10 Raccolta cenere
- 11 Struttura caldaia



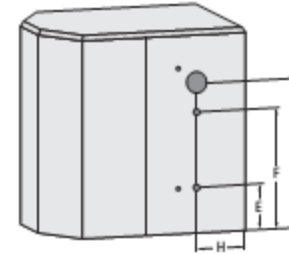
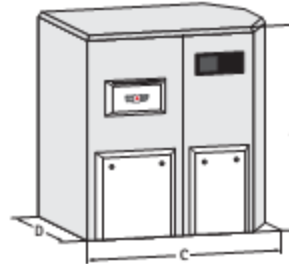
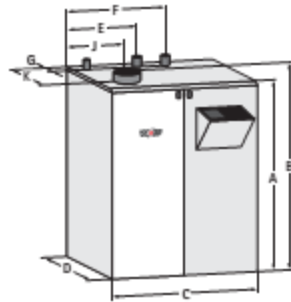
# Caldaie a Biomassa



- 01 Serbatoio di accumulo pellets
- 02 Adduzione combustibile
- 03 Sistema aspirante
- 04 Turbina di aspirazione
- 05 Vite senza fine per adduzione pellet in camera di combustione
- 06 Coclea di alimentazione pellets
- 07 Sonda lambda
- 08 Bruciatore in acciaio inox
- 09 Accensione automatica
- 10 Sensore portata aria primaria
- 11 Scambiatore termico

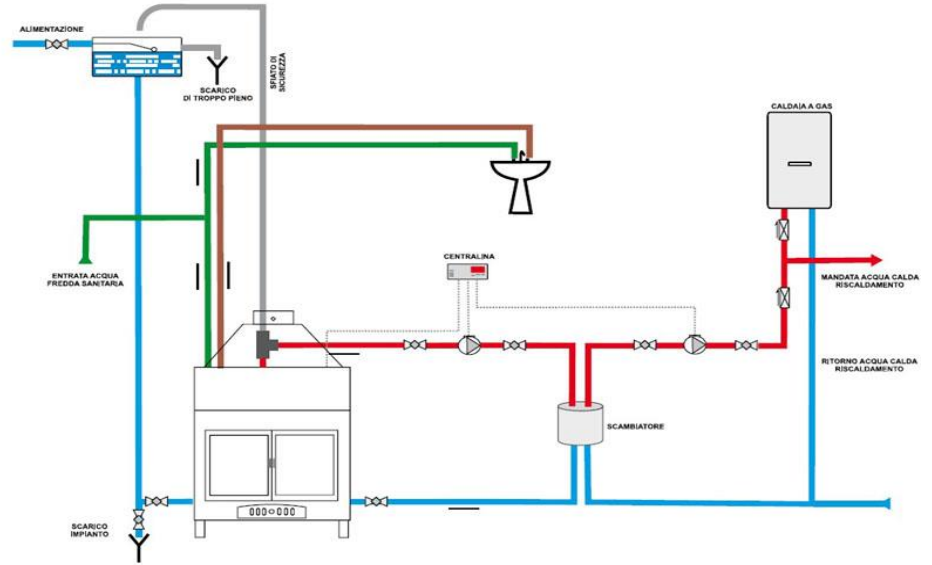


# Caldaie a Biomassa

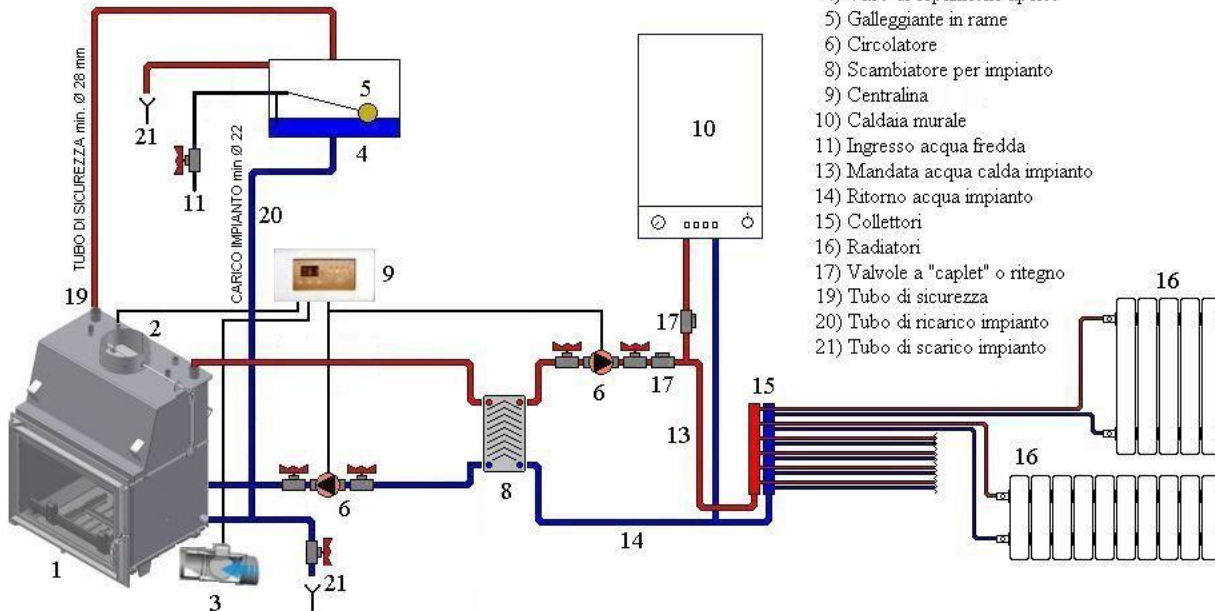


<b>CALDAIA A PELLET</b>	<b>Modello BPH</b>	<b>-10</b>	<b>-15</b>	<b>-25</b>	<b>-35</b>
Potenza termica nominale	kW	9,2	14,9	25	35
Campo di potenza nominale	kW	2,4-9,2	4,5-14,9	6,7-25	8,3-35
Altezza caldaia	A mm	1400	1340	1500	1750
Altezza complessiva	B mm	1450	1395	1500	1750
Larghezza caldaia	C mm	900	1060	1300	1300
Profondità complessiva caldaia	D mm	480	685	650	650
Mandata caldaia	E mm	240	490	475	465
Ritorno caldaia	F mm	370	615	845	1110
Collegamento caldaia	G mm	25	58	-	-
Collegamento caldaia	H mm	-	-	325	325
Attacco scarico fumi	J mm	240	330	1090	1335
Attacco scarico fumi	K mm	320	530	325	325
Diametro scarico fumi	mm	130	130	130	130
Attacchi di mandata e ritorno	R	¾"	1"	1"	1"
Contenuto d'acqua della caldaia	Ltr.	25	50	80	120
Pressione massima di esercizio caldaia	bar	3,0	3,0	3,0	3,0
Tiraggio necessario	Pa	0-5	0-5	0-5	0-5
Temperatura massima di mandata	°C	80	90	90	90
Temperatura fumi massima	°C	95	125	120	97
Portata fumi a potenza nominale	g/s	5,3	9,0	15	22
Volume camera di stoccaggio pellet	Ltr.	40	60	100	200
Peso	kg	270	330	370	430
Alimentazione elettrica	230 V/50 Hz/10A				

# Caldaie a Biomassa e Termo Camini



IMPIANTO CON TERMOCAMINO E CALDAIA MURALE



- 1) Termocamino
- 2) Canna fumaria
- 3) Presa aria esterna regolare elettronico
- 4) Vaso di espansione aperto
- 5) Galleggiante in rame
- 6) Circolatore
- 8) Scambiatore per impianto
- 9) Centralina
- 10) Caldaia murale
- 11) Ingresso acqua fredda
- 13) Mandata acqua calda impianto
- 14) Ritorno acqua impianto
- 15) Collettori
- 16) Radiatori
- 17) Valvole a "caplet" o ritegno
- 19) Tubo di sicurezza
- 20) Tubo di ricarica impianto
- 21) Tubo di scarico impianto



# Caldaie modulari

Si tratta di caldaie che possono essere composte in più module fino ad arrivare a potenze elevate. Ciascun modulo ha una potenzialità di 40-100 kW e il numero di moduli può arrivare a 6-8. Esse sono una valida alternativa alle centrali termiche tradizionali.

Di fatto una caldaia modulare è a tutti gli effetti una centrale termica preassemblata, a norma, pronta per essere installata in pochissimo tempo, ovunque: all'esterno, su tetti piani, negli scantinati, sui terrazzi. La modularità permette di frazionare la potenza in base alle richieste dell'impianto e di erogare sempre la potenza strettamente necessaria, sia che si tratti di riscaldamento, sia di produzione di acqua calda sanitaria, con rapporti di modulazione impensabili nei sistemi tradizionali.

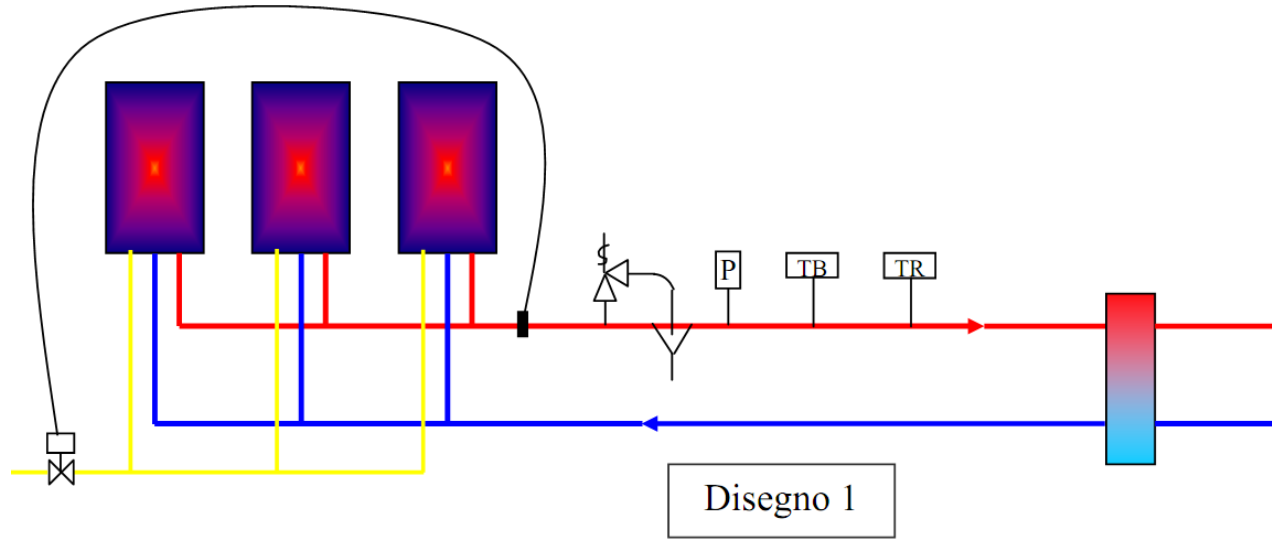


# Caldaie modulari

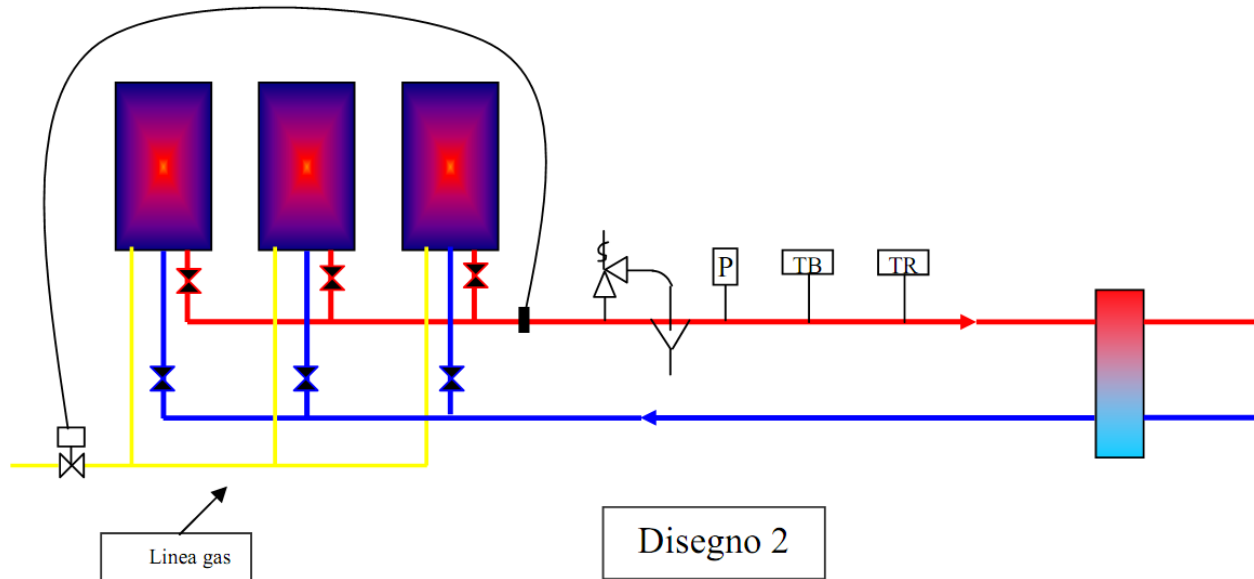


# Caldaie modulari

Installazione corretta



Installazione non corretta



# Funzionamento dei Generatori di Calore

Il generatore di calore è, in ultima analisi, uno *scambiatore di calore* che consente di trasferire il calore dei prodotti di combustione (fumi) all'acqua (o al vapore) calda. L'elemento attivo che fornisce calore è il *bruciatore* che bruciando combustibile produce i fumi, come indicato in figura. In base al principio di *conservazione della massa* possiamo scrivere il bilancio:

$$\dot{m}_c + \dot{m}_a = \dot{m}_f + \dot{m}_s$$

ove si ha:

$\dot{m}_c$  portata massica del combustibile

$\dot{m}_a$  portata massica di aria comburente

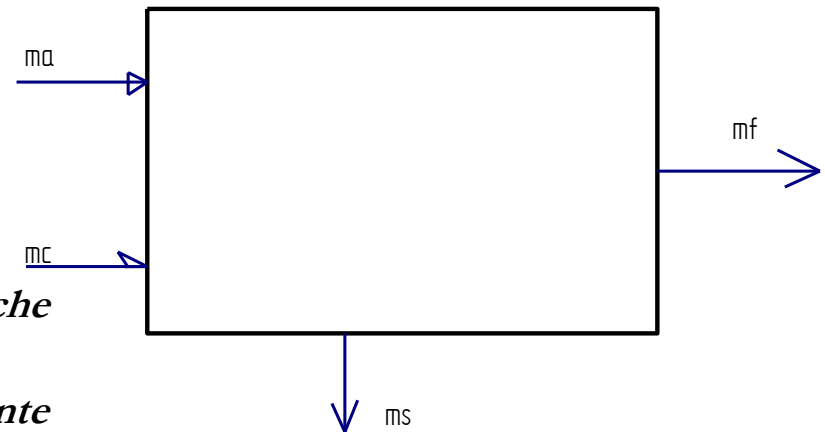
$\dot{m}_f$  portata massica dei fumi prodotti e che escono dal camino

$\dot{m}_s$  portata massica di scorie eventualmente prodotte.

Questa relazione si può scrivere opportunamente definendo l'*indice d'aria* come:

$$n = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_{at}}$$

ove  $\dot{m}_{at}$  è il flusso di aria teorica necessaria per la *combustione stechiometrica* del combustibile.



# Funzionamento dei Generatori di Calore

La precedente equazione di bilancio diviene:

$$1 + na_t = \frac{\dot{m}_f}{\dot{m}_c} + \frac{\dot{m}_s}{\dot{m}_c}$$

ove  $n_t$  è l'indice d'aria e  $a_t$  è l'aria teorica di combustione. Sempre con riferimento al sistema di si può scrivere il bilancio energetico:

$$\dot{E} + \dot{Q} - \dot{L} = \sum_{j=1}^u \left[ \dot{m} \left( h + gz + \frac{w^2}{2} \right) \right]_j - \sum_{j=1}^i \left[ \dot{m} \left( h + gz + \frac{w^2}{2} \right) \right]_j$$

dove a primo membro abbiamo, nell'ordine, la *potenza elettromagnetica, termica e meccanica* che entrano nella superficie di controllo, la *portata di massa* e in parentesi tonda la *entalpia* delle masse entranti ed uscenti dal sistema. Lo scambio di potenza attraverso la superficie di controllo (1° membro) produce una variazione di entalpia nelle portate di massa che attraversano la superficie di controllo. Nel caso dei generatori termici poniamo a zero la potenza meccanica poiché non viene compiuto lavoro attraverso l'involucro. Inoltre si possono trascurare i termici gravimetrici ( $gz$ ) e cinetici ( $w^2/2$ ) rispetto alla variazione di entalpia  $h$  ottenendo:

$$\dot{E} + \dot{Q} = \sum_{j=1}^u (\dot{m}h)_j - \sum_{j=1}^i (\dot{m}h)_j$$

Con riferimento alla la precedente equazione diviene:

$$\dot{E} - \dot{Q}_d - \dot{Q}_t = \dot{m}_f h_f + \dot{m}_s h_s + \dot{m}_I H_I - (\dot{m}_a h_a + \dot{m}_c h_c + \dot{m}_c H)$$

ove si ha il simbolismo:

- $\dot{E}$  potenza elettrica entrante per azionamento degli ausiliari
- $\dot{Q}_d$  potenza termica dispersa dall'involucro del generatore
- $\dot{Q}_t$  potenza termica utile e quindi ceduta al fluido termovettore
- $h_f$  entalpia massica dei fumi;  $h_s$  entalpia massica delle scorie (assunte come solido inerte)
- $\dot{m}_I$  portata di massa degli incombusti (trascurabile rispetto ad  $\dot{m}_f$ )
- $h_a$  entalpia massica dell'aria comburente;  $h_c$  entalpia massica del combustibile (inteso come fluido inerte)
- $H$  potere calorifico inferiore (a pressione costante) del combustibile)

# Funzionamento dei Generatori di Calore

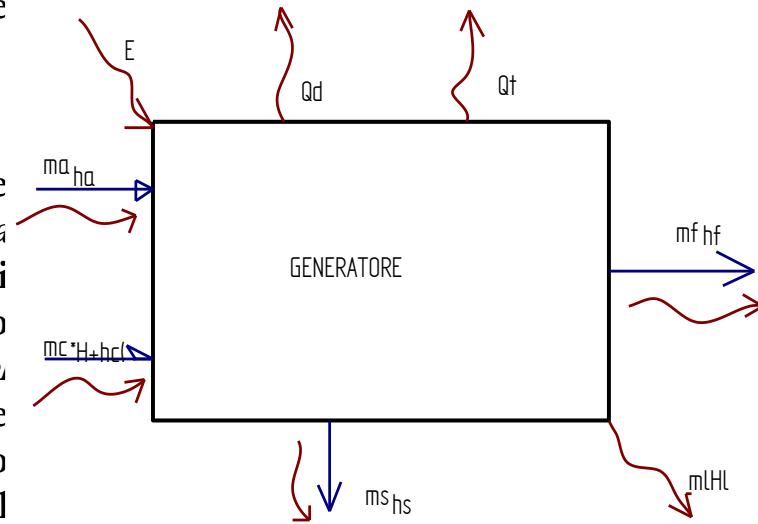
Le condizioni di riferimento ( $t_0, p_0$ ) delle entalpie sono quelle del combustibile. La si può ancora scrivere nella forma:

$$\dot{E} + \dot{m}_c H = \dot{Q}_t + \dot{Q}_d + [\dot{m}_f h_f - (\dot{m}_a h_a + \dot{m}_c h_c)] + \dot{m}_l H_l + \dot{m}_s h_s$$

Questa equazione ci dice che la potenza del combustibile e degli ausiliari elettrici viene convertita in parte in *potenza utile*  $\dot{Q}_t$  e la restante parte viene persa in *dispersioni* vari. Si osservi che la *potenza elettrica degli ausiliari* ( $\dot{E}$ ) è di solito trascurabile (qualche %) rispetto alla *potenza del combustibile* e alla potenza utile ma la si è esplicitamente indicata per tenere conto dell'alto valore exergetico rispetto alle energie termiche. Viene definita **potenza al focolaio** il prodotto:  $\dot{Q}_f = \dot{m}_c H$  cioè la potenza fornita al bruciatore e rappresenta *l'energia primaria in ingresso* (oltre quella elettrica per gli ausiliari) al generatore, fondamentale per tutte le analisi economiche. La grandezza principale di uscita è rappresentata dall'*energia utile* ( $\dot{Q}_t$ ) che è anche lo scopo fondamentale del generatore termico. La *potenza dispersa per dispersioni* attraverso il mantello si calcola, tenendo conto della coibentazione termica normalmente presente e della bassa temperatura superficiale esterna, mediante la relazione:

$$\dot{Q}_d = hA(t_p - t_e)$$

avendo indicato con  $t_p$  la temperatura superficiale esterna del mantello,  $t_e$  la temperatura dell'aria esterna,  $h$  il coefficiente di convezione termica e con  $A$  la superficie disperdente del mantello.



	p.c.i.	p.c.s.	Rapporto p.c.s./p.c.i.	Differenza p.c.s.- p.c.i.	Condensa (teorica)
	[kcal/m <sup>3</sup> ]**	[kcal/m <sup>3</sup> ]**		[kcal/m <sup>3</sup> ]**	[kg/m <sup>3</sup> ]**
Metano	8.600	9.550	1,11 (11%)	950	1,63
Propano*	22.190	24.100	1,09 (9%)	1.910	3,37
Butano*	29.550	31.990	1,08 (8%)	2.440	4,29
Gasolio	10.100	10.600	1,06 (6%)	500	0,88

\*in commercio si trova GPL miscela di Propano e Butano in percentuale 30 e 70, \*\* per il gasolio in kcal/kg



# Potere calorifico dei combustibili

Il **potere calorifico superiore** ( $H_s$ ) è la quantità di calore che si rende disponibile per effetto della combustione completa a pressione costante della massa unitaria del combustibile, quando i prodotti della combustione siano riportati alla temperatura iniziale del combustibile e del comburente.

Convenzionalmente si definisce **potere calorifico inferiore** ( $H_i$ ) "il potere calorifico superiore diminuito del calore di condensazione del vapore d'acqua durante la combustione".

	Potere calorifico superiore Pcs kWh/m <sup>3</sup>	Potere calorifico inferiore Pci kWh/m <sup>3</sup>	Pcs/Pci	Pcs/Pci kWh/m <sup>3</sup>	Quantità condensa (teor.) kg/m <sup>3</sup> <sup>1)</sup>
Gas di città	5,48	4,87	1,13	0,61	0,89
<b>Gas metano L</b>	<b>9,78</b>	<b>8,83</b>	<b>1,11</b>	<b>0,95</b>	<b>1,53</b>
<b>Gas metano H</b>	<b>11,46</b>	<b>10,35</b>	<b>1,11</b>	<b>1,11</b>	<b>1,63</b>
Gas liquido	28,02	25,80	1,09	2,22	3,37
Butano	37,19	34,35	1,08	2,84	4,29
Gasolio EL <sup>2)</sup>	10,68	10,08	1,06	0,60	0,88

<sup>1)</sup> Riferito alla quantità di combustibile  
<sup>2)</sup> Con gasolio EL i dati si riferiscono all'unità di misura "litro"

# Funzionamento dei Generatori di Calore

Il termine :

$$\dot{m}_f h_f - (\dot{m}_a h_a + \dot{m}_c h_c)$$

è la *potenza termica dispersa con i fumi nel camino*.

Questa potenza può essere espressa nella forma:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_f c_f (t_f - t_0) - [\dot{m}_c c_c (t_c - t_0) + \dot{m}_a c_a (t_a - t_0)]$$

avendo indicato con  $c$  i calori specifici e  $t_0$  la temperatura di riferimento.

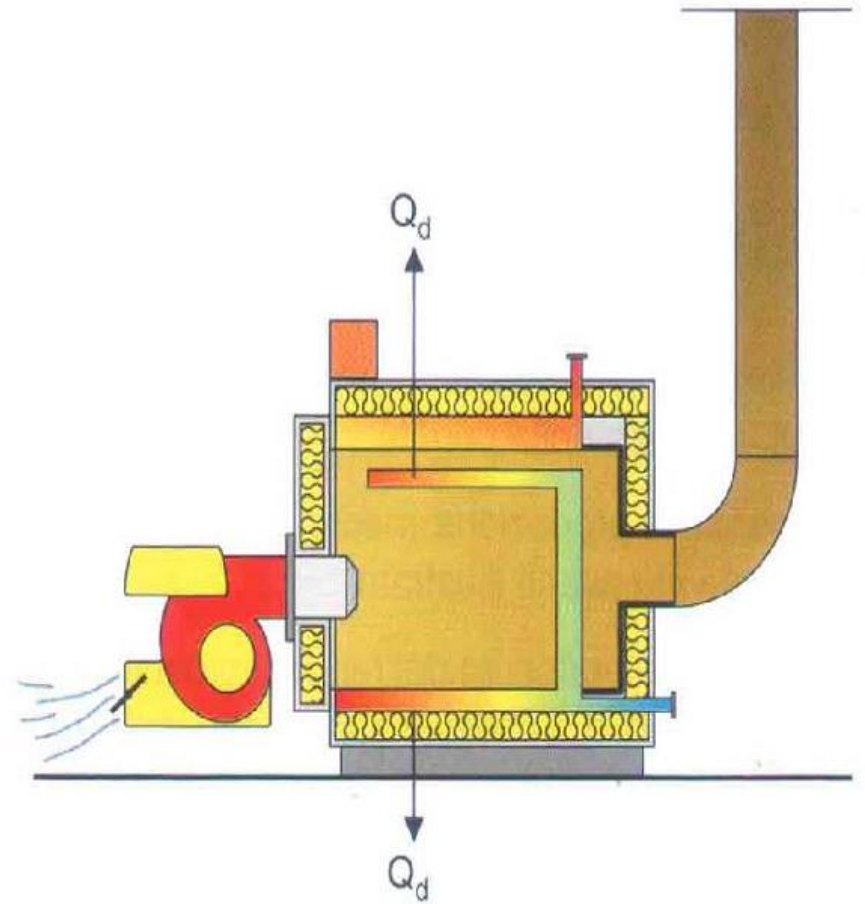
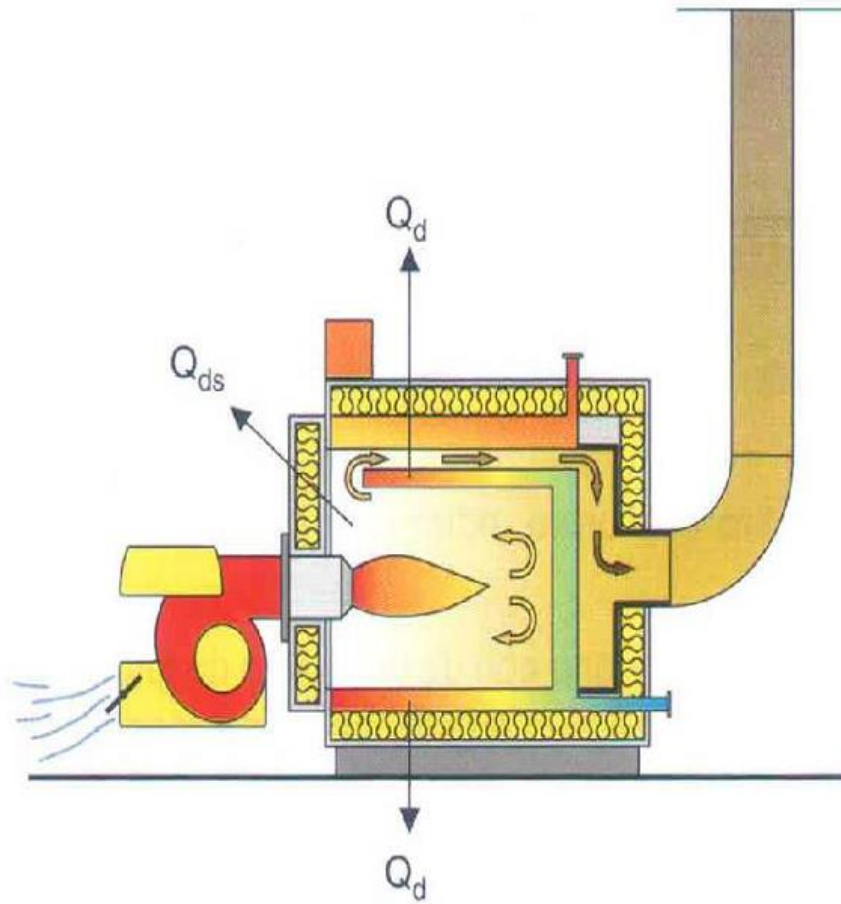
Si osservi che  $h_a$  ed  $h_c$  sono trascurabili rispetto ad  $h_f$  e pertanto, trascurando anche il contributo delle scorie (oggi di poco conto con i combustibili liquidi e gassosi) si può ancora scrivere che le perdite al camino sono essenzialmente date da:

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_f c_f (t_f - t_a)$$

La potenza perduta per incombusti ( $\dot{m}_l H_l$ ) dipende dalla qualità della combustione e quindi dalla maggiore o minore presenza di sostanze che non sono state completamente ossidate.



# Funzionamento dei Generatori di Calore



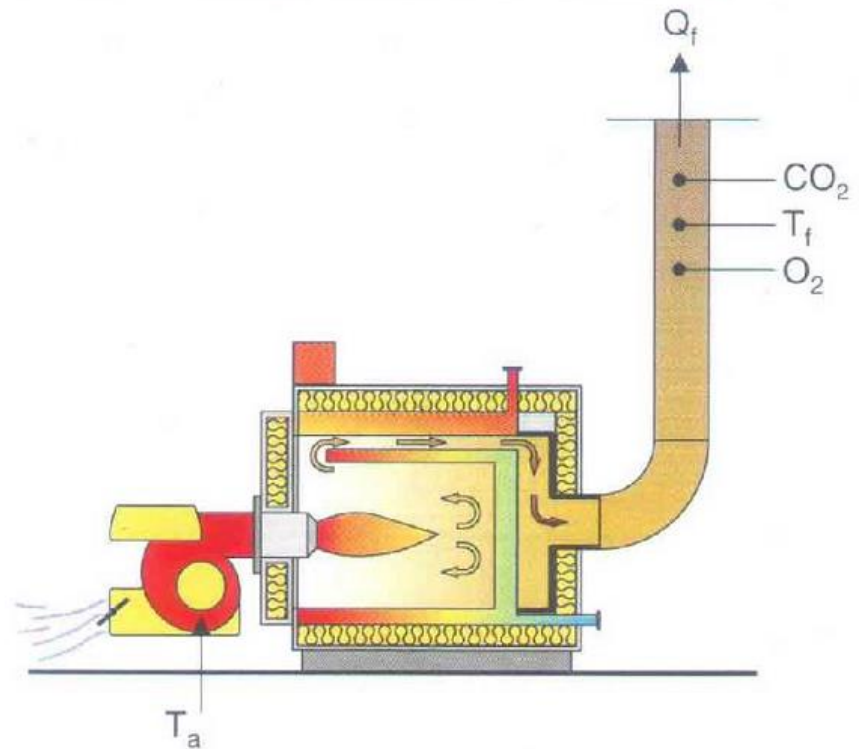
# Perdite di combustione

$$P_f = \left( \frac{A_1}{21 - O_2} + B \right) \cdot (T_f - T_a) = \left( \frac{A_2}{CO_2} + B \right) \cdot (T_f - T_a)$$

A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	Combustibile
0,66	0,38	0,010	gas naturale
0,63	0,42	0,008	GPL
0,68	0,50	0,007	gasolio
0,68	0,52	0,007	oli combustibili

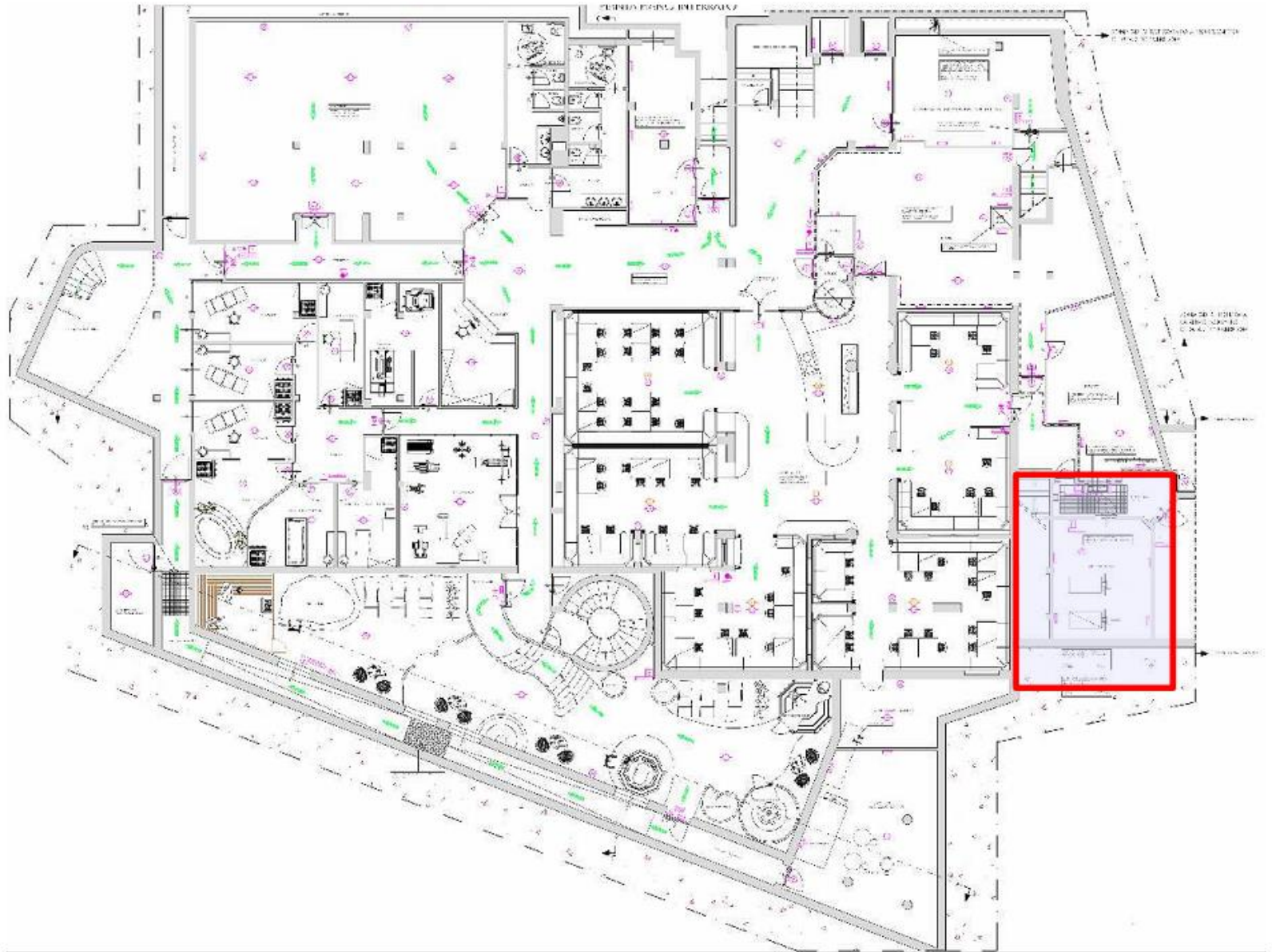
dove:

- P<sub>f</sub>** perdite di combustione (%);  
**T<sub>f</sub>** temperatura dei prodotti della combustione (°C);  
**T<sub>a</sub>** temperatura dell'aria comburente (°C);  
**O<sub>2</sub>** concentrazione di ossigeno nei prodotti della combustione (% volume);  
**CO<sub>2</sub>** concentrazione di anidride carbonica nei prodotti della combustione (% volume).



# Prevenzione incendi

Per  $P > 116$  kW occorre avere anche l'autorizzazione dei VV.FF.



# Temperatura Teorica di Combustione

Se assumiamo le ipotesi:

*assenza di scambio termico,*  $\dot{Q}_t = 0$   
*assenza di disperdimenti,*  $\dot{Q}_{ds} = 0$   
*reazione di ossidazione completa (e quindi*  $\dot{m}_l H_l = 0$   
*assenza di scorie calde (e quindi*  $\dot{m}_s h_s \Rightarrow 0$

possiamo scrivere l'equazione di bilancio:

$$\dot{m}_c H = \dot{m}_f c_f (t_{ad} - t_0) - \dot{m}_a c_a (t_a - t_0) - \dot{m}_c c_c (t_c - t_0)$$

La temperatura teorica viene anche detta *temperatura adiabatica di combustione*, indicata con  $t_{ad}$ , e vale, dalla precedente equazione:

$$t_{ad} = t_0 + \frac{H + n a_t c_a (t_a - t_0) + c_c (t_c - t_0)}{(1 + n a_t) c_f}$$

Ne deriva che *la temperatura adiabatica dipende dall'eccesso d'aria* (attraverso  $n$ ), dall'entalpia dei reagenti (attraverso  $t_a$  e  $t_c$ ) e dal tipo di combustibile (attraverso  $H$  ed  $a_t$ ).

# Rendimenti e Perdite

Scriviamo la:

$$\dot{E} + \dot{m}_c H = \dot{Q}_t + \dot{Q}_d + \left[ \dot{m}_f h_f - (\dot{m}_a h_a + \dot{m}_c h_c) \right] + \dot{m}_I H_I + \dot{m}_s h_s$$

in forma adimensionale dividendo ambo i membri per la potenza al focolaio per cui otteniamo:

$$\frac{\dot{E}}{\dot{m}_c H} + 1 = \eta + P_d + P_c + P_I + \frac{\dot{m}_s h_s}{\dot{m}_c H}$$

ove si sono indicati:

$\eta$  *rendimento del generatore termico*

$P_d$  *perdite per dispersioni*

$P_c$  *perdite al camino*

$P_I$  *perdite per incombusti.*

Questa equazione non dice nulla di nuovo rispetto alla ma è espressa in forma più semplice. Il **rendimento energetico** del generatore è dato da:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_t}{\dot{m}_c H}$$

e in pratica viene calcolato valutando separatamente sia il numeratore che il denominatore con metodi diretti (cioè valutando i singoli termini) che indiretti (cioè valutando quanto ceduto all'acqua sottraendo alla potenza al focolare le perdite di calore). La **perdita per dispersione** è definita dalla relazione:

$$P_d = \frac{\dot{Q}_d}{\dot{m}_c H}$$

e in genere è piccola (qualche %) rispetto alla potenza utile grazie all'isolamento del mantello. La perdita per dispersione cresce al diminuire del carico in quanto il denominatore della diminuisce.

La **Potenza perduta al camino** vale:  $P_c = \frac{Q_c}{\dot{m}_c H}$  che può ancora scriversi nella forma:  $P_c = \frac{\dot{m}_f c_f (t_f - t_a)}{\dot{m}_c H}$



# Rendimenti e Perdite

Le *perdite al camino* dipendono molto dal *sistema di regolazione del bruciatore*.

Questo può essere:

*Modulante*: se la portata di combustibile viene variata con continuità fra un valore minimo e quello massimo (nominale);

*Tutto o Niente*: quando la portata di combustibile è solo quella nominale e quindi si regola accendendo o spegnendo il bruciatore stesso. Questo tipo di bruciatori sono certamente più grossolani ma meno costosi di quelli modulanti e sono utilizzati per generatori di piccola potenza.

Con regolazione *tutto o niente* il generatore lavora sempre a regime nominale quando il bruciatore è in funzione e quindi le perdite al camino sono pressoché costanti.

Con la *regolazione modulante* se la portata di combustibile scende (a pari indice d'aria) si riduce la  $t_f$  e quindi le perdite al camino.

La *Perdita per incombusti* vale:

$$P_I = \frac{\dot{m}_I H_I}{\dot{m}_c H}$$

Nel caso di incombusti gassosi si può scrivere:

$$P_I = \frac{V_I}{V_f} \frac{\rho_I}{\rho_f} \frac{H_I (1 + na_t)}{H}$$

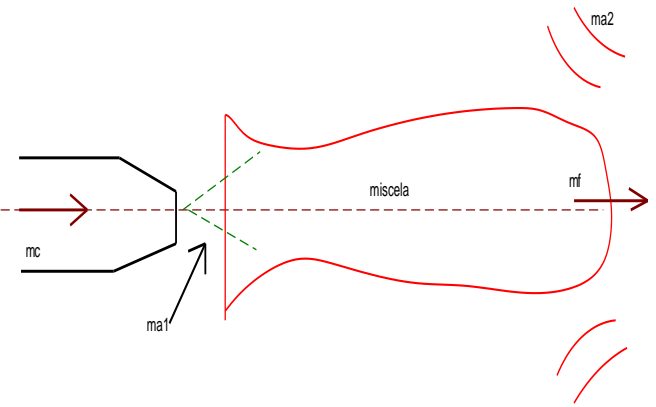
ove  $\rho_I$  è la densità degli incombusti,  $\rho_f$  la densità dei fumi (in condizioni normali) e il rapporto  $V_I/V_f$  è il contenuto di incombusti in volume nei prodotti della combustione secchi.

# Bruciatori

I *bruciatori* sono organi meccanici necessari al funzionamento dei generatori termici, Essi bruciano il combustibile (solido, liquido o gassoso) generando i prodotti di combustione che, con percorsi interni al generatore, riscaldano il fluido.

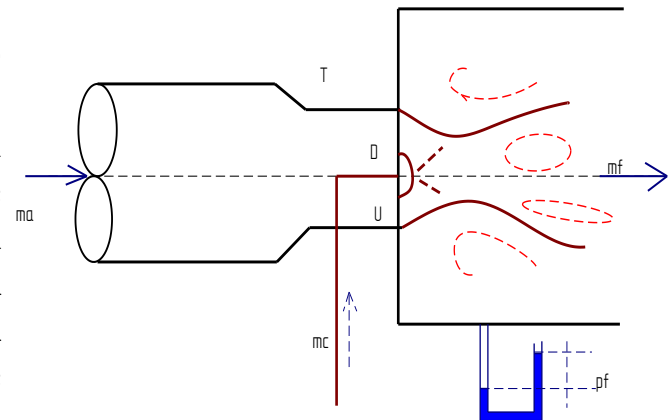
## Bruciatori Atmosferici

Sono apparecchi a combustibile gassoso *con premiscelazione di aria e combustibile a pressione atmosferica*. Il combustibile effluisce da un ugello con portata dipendente dalla pressione d'alimentazione. Il getto di gas perviene in un condotto a forma di tubo Venturi nel quale si determina anche l'aspirazione per induzione della portata d'aria di combustione, . La miscela di gas ed aria primaria percorre il condotto fino alla zona di efflusso dove, a contatto con una superficie porosa, si ha formazione di fiammelle con combustione quasi completa. Questi bruciatori *non hanno organi in movimento* e possono realizzare potenze fino a  $500 \text{ kW/m}^2$  di superficie porosa.



## Bruciatori Premiscelati

Questi bruciatori *non sono atmosferici* poiché hanno all'interno un ventilatore che forniscono una pressurizzazione alla caldaia. Essi sono più compatti e sono meno influenzati dalle variazioni di tiraggio al camino proprio per la pressurizzazione che possono realizzare. I bruciatori ad aria soffiata vengono prodotti in grande serie e in versione monoblocco per un campo di utenze che vanno da 10 a 5000 kW di potenza al focolaio con combustibili sia liquidi che gassosi. Per potenze industriali (oltre 10 MW) si costruiscono bruciatori specifici anche a più getti.



# Analisi delle tipologie di caldaie a seconda del combustibile

Le *caldaie*, oltre per il funzionamento, possono essere classificate per il tipo di combustibili utilizzati e in particolare di tipo:

*Solido*

*Liquido*

*Gassoso*

Vediamo brevemente le caratteristiche salienti di ciascun tipo.

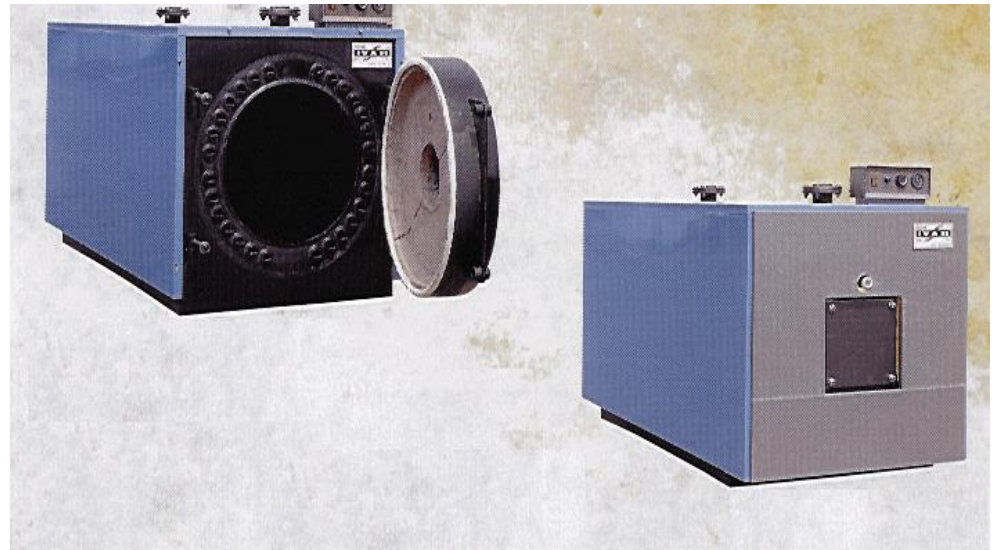
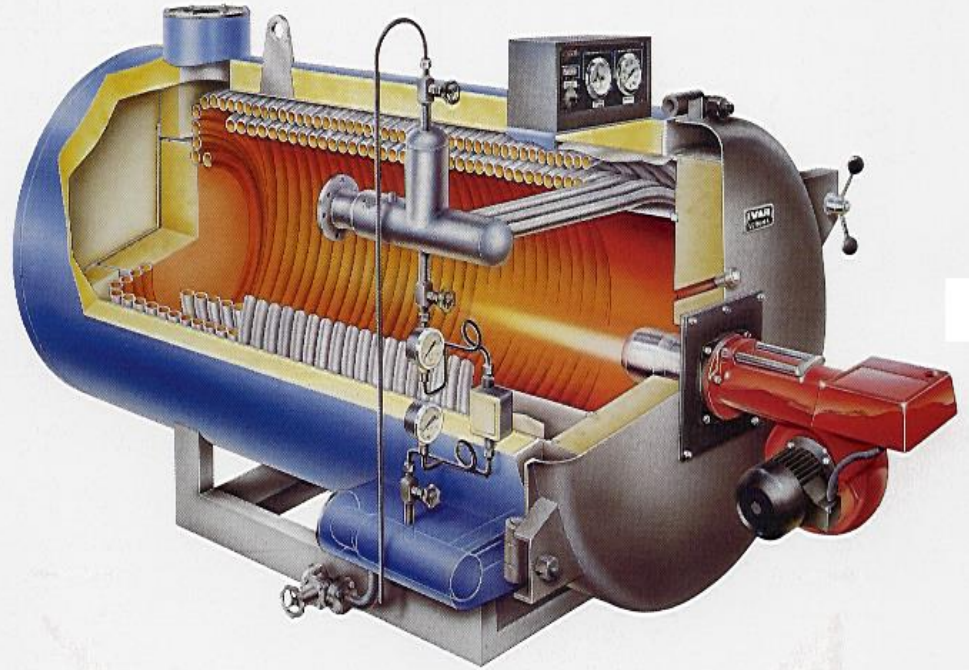
# Generatori a Gasolio

Si tratta del tipo più diffuso di generatore di calore. Esso è costituito da una caldaia, da un bruciatore e da un serbatoio per il gasolio. Ha buone caratteristiche d'uso: *rendimenti di combustione elevati*, specialmente nelle caldaie di nuova generazione, buona regolazione, *bassi costi di installazione e di manutenzione*, buona affidabilità e tecnologia diffusamente conosciuta (e quindi facile reperibilità della mano d'opera) e buona economia di esercizio.

Gli spazi necessari per la centrale termica sono stabiliti da apposite norme tecniche pubblicate dall'UNI. *Per potenzialità superiore ai 35 kW occorre anche ottenere un Nulla Osta da parte dei Vigili del Fuoco..*

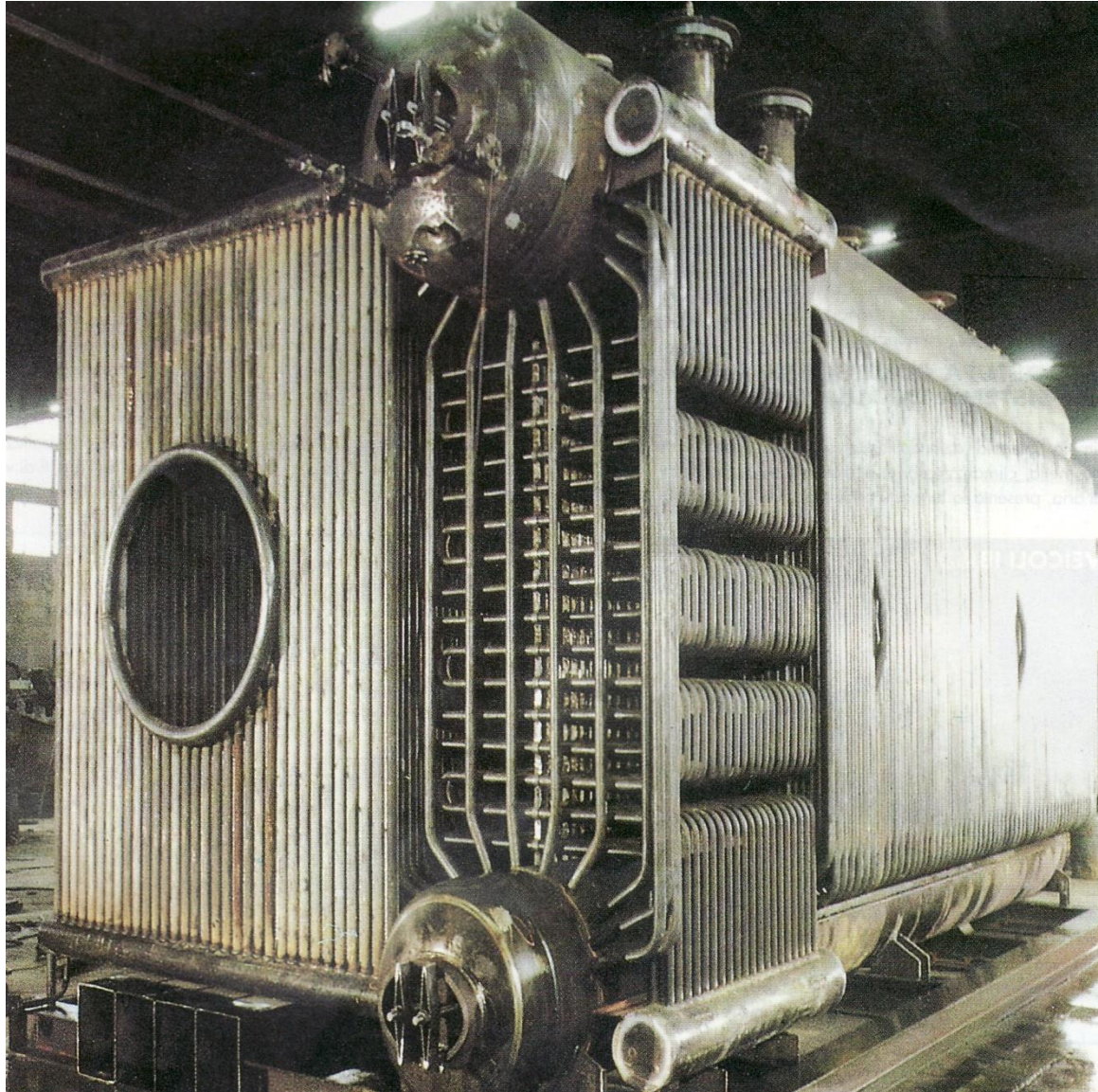
In figura si ha lo spaccato di una moderna caldaia a gasolio per fluidi diatermici nella quale sono visibili sia i percorsi dei fumi e dei fluidi riscaldati che gli organi di controllo. Il bruciatore montato nella caldaia garantisce la cessione di energia al fluido.

In figura si ha la foto di una moderna caldaia del tipo a mantello in acciaio: nella parte a destra si ha l'apertura dello sportello con la vista dei tubi di fumo interni.





# Generatori di calore a tubi d'acqua

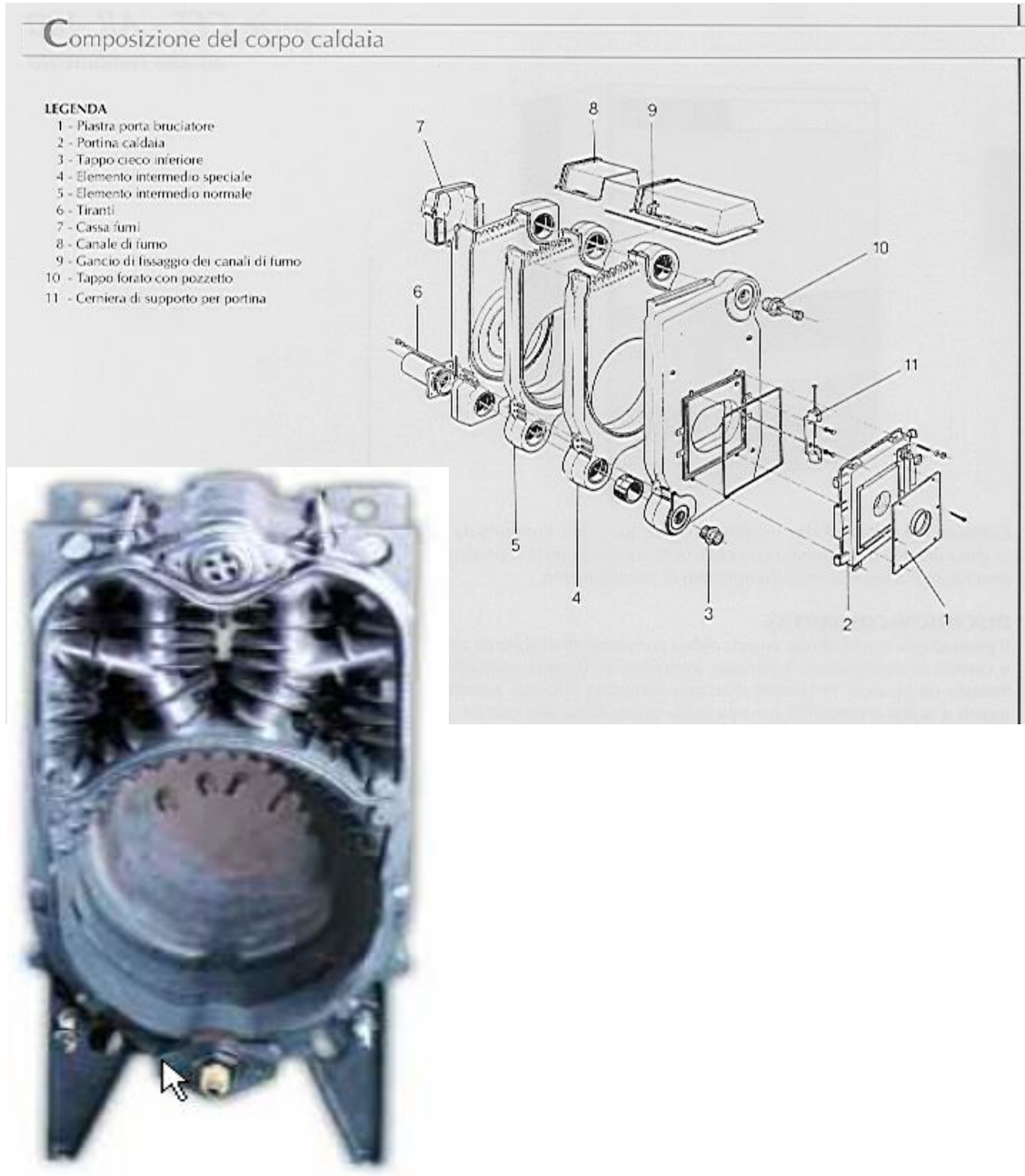




# Caldaie in ghisa

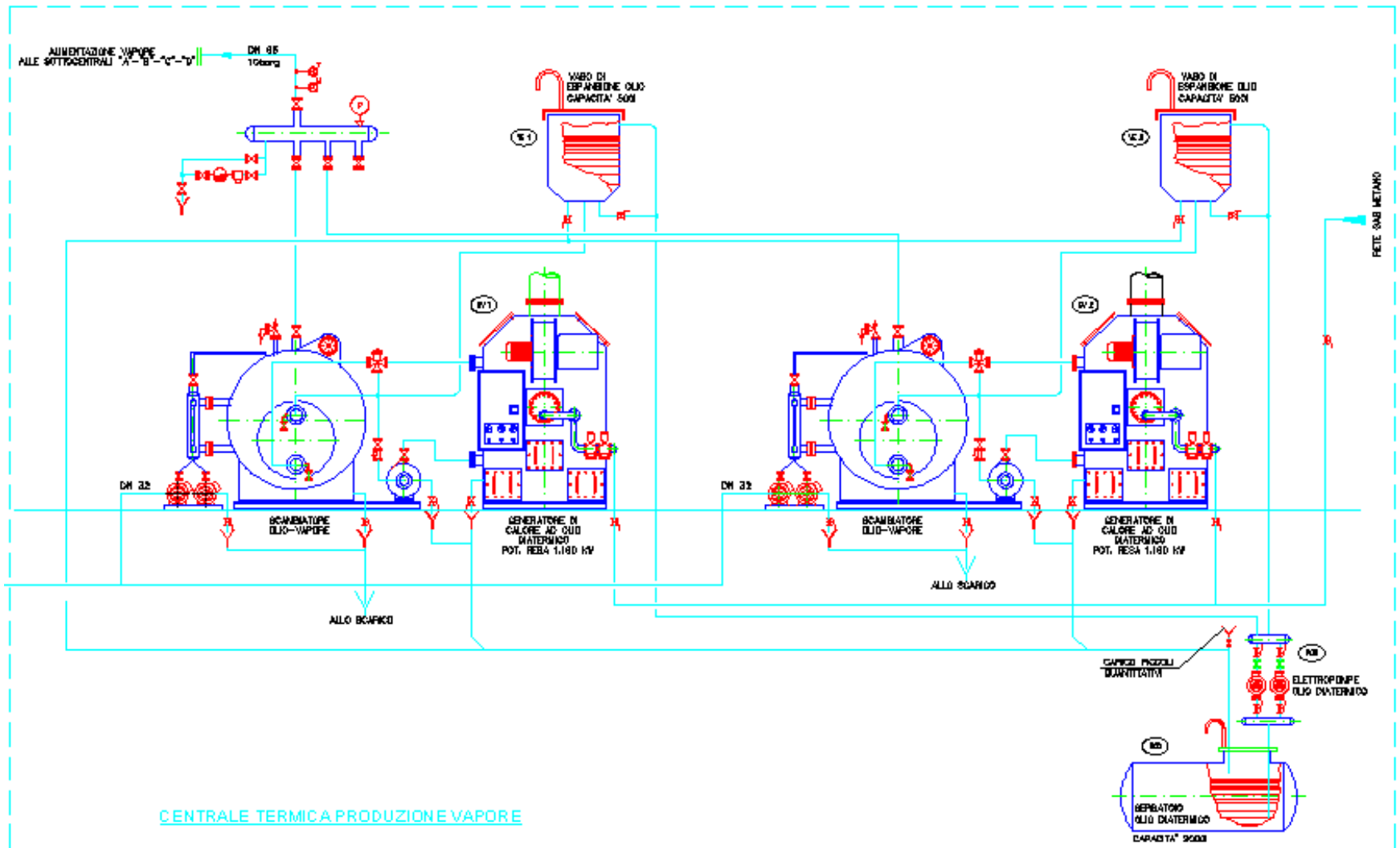
In figura si ha lo schema costruttivo di una caldaia con elementi in *ghisa*.

Questo tipo di generatore è utilizzato quasi esclusivamente per il riscaldamento di condomini e/o di grandi edifici pubblici, meno frequentemente per il riscaldamento di abitazioni singole (villette o appartamenti isolati). Normalmente la rete di distribuzione del fluido vettore è ad acqua e quindi le esigenze di spazio da questa occupato sono ridotte. I terminali possono essere di qualunque tipo.



# Caldaie ad olio diatermico

Per produrre vapore senza superare 1 bar di pressione in caldaia si usano le caldaie ad olio diatermico.



# Dati Caratteristici delle Caldaie e Selezione delle Caldaie

La selezione dei generatori a gasolio si effettua mediante i *cataloghi* forniti dai costruttori nei quali sono indicati diversi parametri funzionali fra i quali:

*La potenzialità resa all'acqua (cioè quella fruibile realmente), (W)*

*La potenzialità al focolare, cioè dovuta alla combustione del gasolio da parte del bruciatore, (W)*

*Il rendimento globale del generatore (rapporto fra le due precedenti potenzialità) che deve essere conforme alla L10/91 e suoi regolamenti di esecuzione;*

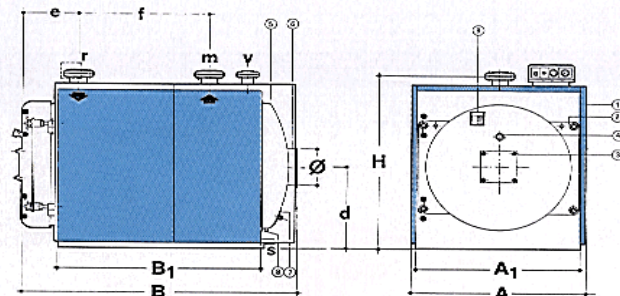
*Le dimensioni reali del generatore di calore;*

*I diametri degli attacchi dell'acqua,*

*Il diametro della canna fumaria.*

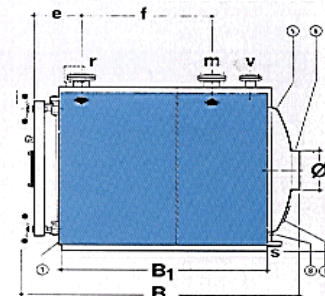
# Dati caratteristici di una caldaia

RAC 93 ÷ 1165



- 1 - Corpo caldaia/Boiler shell/Corps de chaudière
- 2 - Portellone/Front door/Porte à foyer
- 3 - Piastra sostegno bruciatore/Burner plate/Plaque brûleur

RAC 1450 ÷



- 4 - Spic controllo fiamma/Combustion control/Contrôle de combustion
- 5 - Camera fumi/Smoke chamber/Chambre de fumée
- 6 - Tubo uscita fumi/Stack/Cheminée

MODELLO - TYPE - MODELE		RAC 93	RAC 115	RAC 150	RAC 190	RAC 230	RAC 290	RAC 345	RAC 405	RAC 465	RAC 520	RAC 580	RAC 695	
Potenzialità nominale max Max nominal capacity Puissance nominale max	KW	93	116,3	151,2	191,9	232,6	291	349	407	465	523	581	698	
	Kcal/h	80000	100000	130000	165000	200000	250000	300000	350000	400000	450000	500000	600000	
Potenzialità focolare max Max furnace capacity Puissance foyer max	KW	103,2	129,2	167,6	213	258,4	321,8	382,9	449	515	576	641	768	
	Kcal/h	88740	111100	144110	183150	222190	276700	329300	386100	442900	495300	551200	660400	
Press. camera di combustione Combustion chamber pressure Pression de la chambre de combustion	mbar	0,5	0,6	1	1,2	1,5	2,3	3,2	4,1	3,2	3,7	4,5	4,3	
Contenuto acqua Water content Capacité de eau	dm <sup>3</sup>	138	163	208	260	334	328	275	310	524	552	626	717	
Perdite di carico <sup>(1)</sup> Loas pressure <sup>(1)</sup> Perte de charge <sup>(1)</sup>	mbar	4,5	6,8	11,8	6,9	10	16,3	23	31	18,1	22,4	27,5	18,2	
Dimensioni Dimensions Dimensions	A	mm	800	800	800	950	950	950	950	1190	1190	1190	1270	
	B	mm	1085	1235	1455	1440	1650	1770	1770	1950	1920	2050	2253	2286
	H	mm	875	875	875	985	985	985	985	985	1290	1290	1290	1290
	A1	mm	750	750	750	900	900	900	900	900	1110	1110	1110	1190
	B1	mm	758	908	1130	1010	1220	1330	1330	1510	1380	1510	1720	1740
	d	mm	640	640	640	510	510	510	510	510	650	650	650	650
	e	mm	225	225	225	285	285	285	285	310	310	310	310	340
	f	mm	508	658	880	630	840	950	950	1130	950	1080	1290	1150
	h	mm	-	-	-	510	510	510	510	510	650	650	650	650
	h1	mm	-	-	-	540	540	540	540	700	700	700	700	700
Attacchi Connections Attelages	r-m	DN	2"	2"	2"	65	65	65	65	65	80	80	80	100
	v	DN	1"1/4	1"1/4	1"1/4	1"1/2	1"1/2	1"1/2	1"1/2	2"	2"	2"	65	
	s	DN	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	3/4"	
	Camino Stack Cheminée	ø mm	200	200	200	220	220	220	220	220	250	250	250	300
Pressione max esercizio Max working pressure Pression max de Travail	bar	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
Peso - Weight - Poids	tot.	kg	290	320	360	430	470	640	700	760	960	1025	1090	1350
	① ②	kg	-	-	-	106	116	165	183	201	252	272	292	370
	③	kg	-	-	-	63	75	88	103	118	150	168	186	231
	④	kg	-	-	-	120	120	120	120	120	175	175	175	196
	⑤	kg	-	-	-	36	36	36	36	36	50	50	50	72

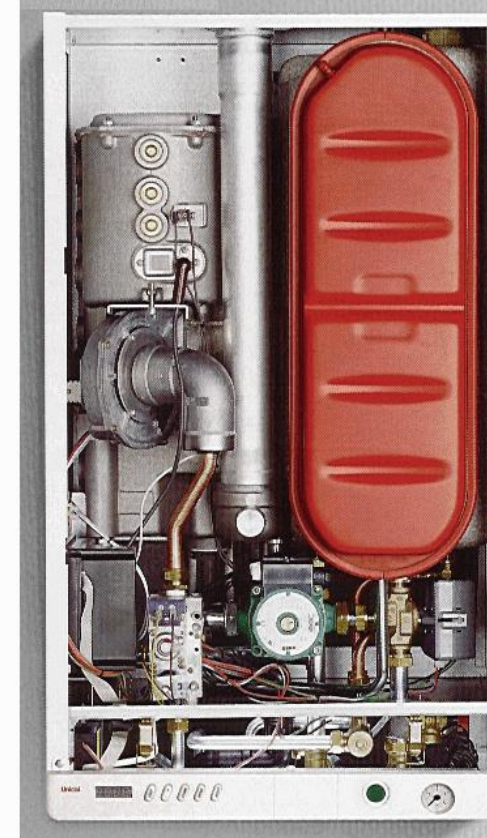
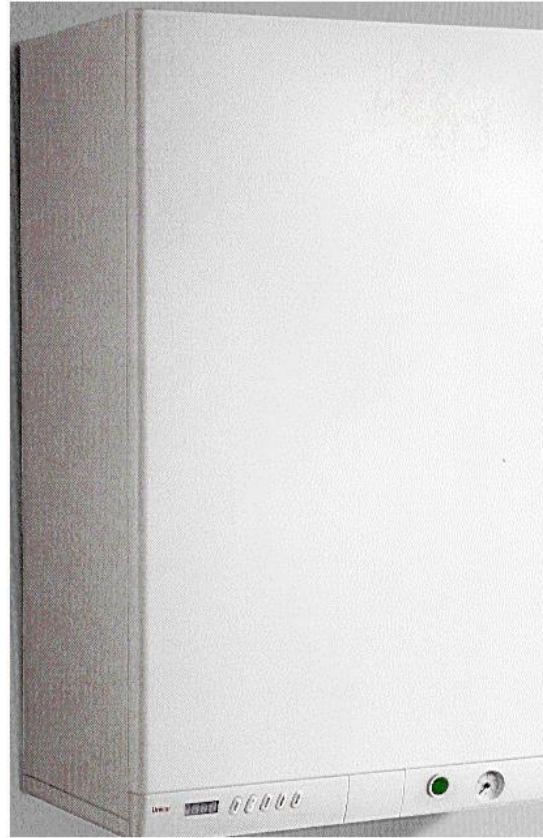
(1) Riferite alla portata di acqua relativa ad un salto termico di 15°C. (1) Refer of delivery water on heat rise of 15°C. (1) Rapporte a un débit d'eau avec une ressaut thermique de 15°C. Le indications tecniche e le misure qui pubblicate sono a titolo informativo e potranno essere variate senza alcun preavviso. / The above-mentioned specifications and measures are resp. / Les susdit indications techniques et mesures ne sont publiées qu'à titre d'information et elle pourront changer sans aucun préavis.



# Generatori a Gas

Con la diffusione del *gas metano* si sta assistendo ad una buona diffusione delle caldaie alimentate a gas. Normalmente si tratta di generatori di *piccola taglia*, adatti al riscaldamento unifamiliare o di piccoli condomini e non richiedono particolari autorizzazioni dei VV.FF. I rendimenti sono buoni, specialmente nei modelli più recenti, l'esercizio è quasi del tutto automatizzato dalle installazioni monoblocco.

*Presentano qualche pericolosità se installate all'interno degli appartamenti a causa del consumo d'aria di combustione che, se non rinnovata, può portare alla formazione del monossido di carbonio, altamente pericoloso perché mortale.* La rete di distribuzione del fluido termovettore è, di solito, ad acqua con terminali del tipo a radiatori o termoconvettori. Si fa osservare che *la diffusione di queste piccole caldaie può portare ad una diminuzione globale del rendimento di combustione rispetto a quello ottenibile con un generatore unico a gasolio.*



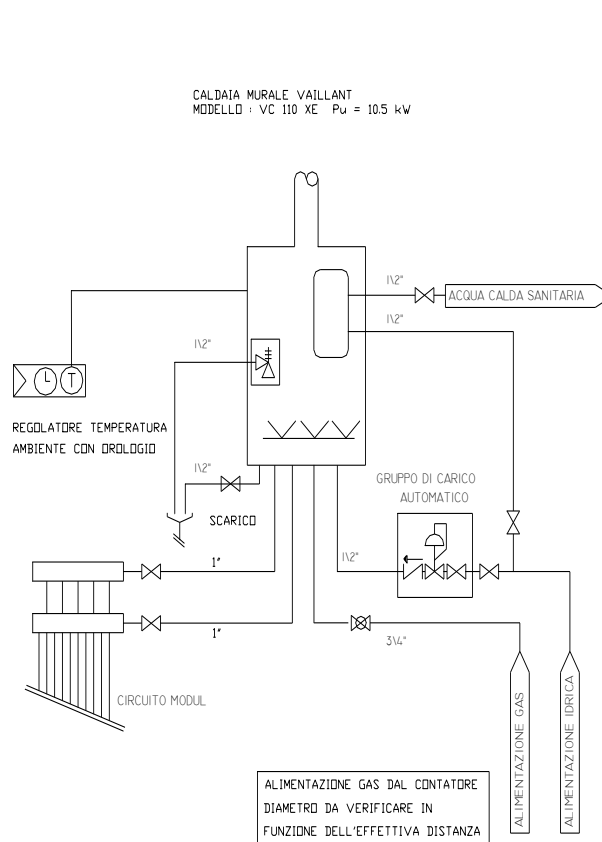


# Installazione delle caldaie a gas monoblocco

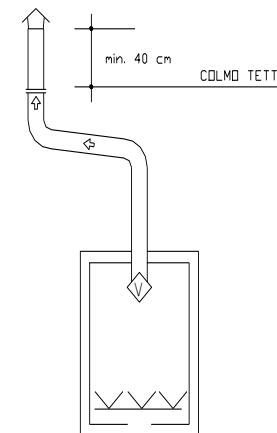
La selezione dei generatori a gas viene effettuata ancora su *catalogo*, come indicato per i generatori a gasolio. Per potenzialità piccole (*abitazioni unifamiliari*) spesso si ha un esubero che può essere utilizzato per la *produzione di acqua sanitaria*.

Particolare attenzione deve essere prestata alla *ventilazione della centrale termica sia per garantire il buon funzionamento del bruciatore a gas che per condizioni di sicurezza, in particolare per generatori unifamiliari*.

In figura si ha lo schema funzionale di una caldaia murale a gas nel quale sono indicati i collegamenti alla rete idrica di alimentazione e di distribuzione dell'acqua calda (sia per il *riscaldamento* che per *l'acqua sanitaria*).



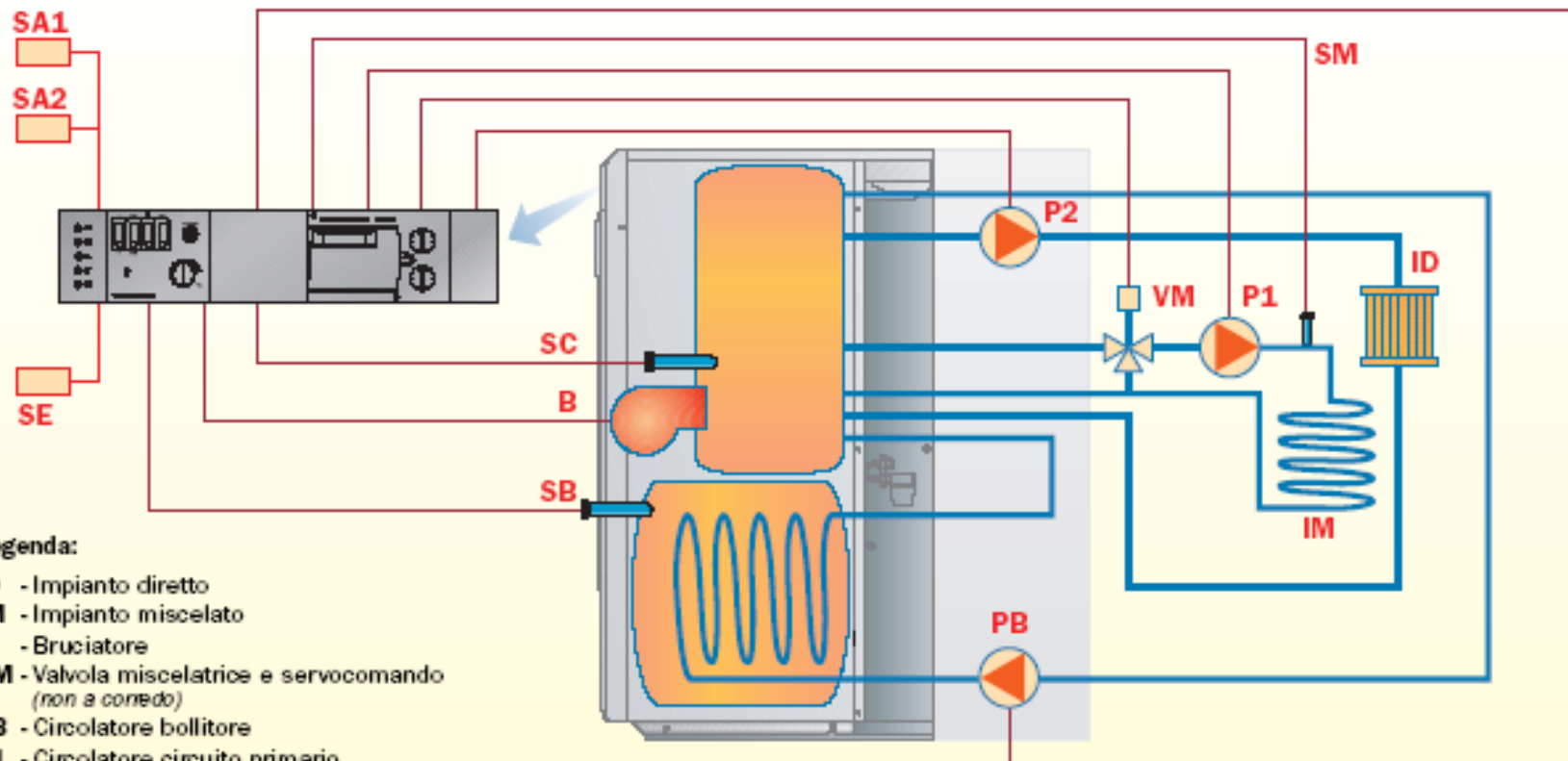
CANNA FUMARIA ø 100 A TENUTA STAGNA  
IN ACC. INOX AISI 316, INCASSATA NELLA  
MURATURA, COMPLETA DI RIVESTIMENTO  
ISOLANTE



CALDAIA MURALE A GAS

SCHEMA IMPIANTO TERMICO  
CON CALDAIETTA MURALE

# Schema di installazione di una caldaia murale



## Legenda:

ID - Impianto diretto

IM - Impianto miscelato

B - Bruciatore

VM - Valvola miscelatrice e servocomando  
(non a comando)

PB - Circolatore bollitore

P1 - Circolatore circuito primario

P2 - Circolatore circuito secondario

SA1/2 - Sonde ambiente

SB - Sonda bollitore

SC - Sonda caldaia

SE - Sonda esterna

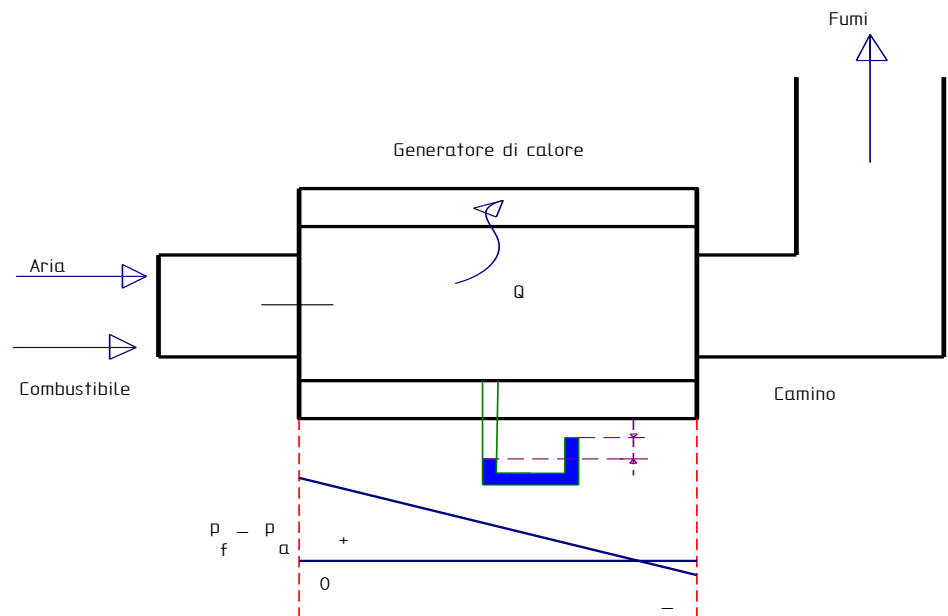
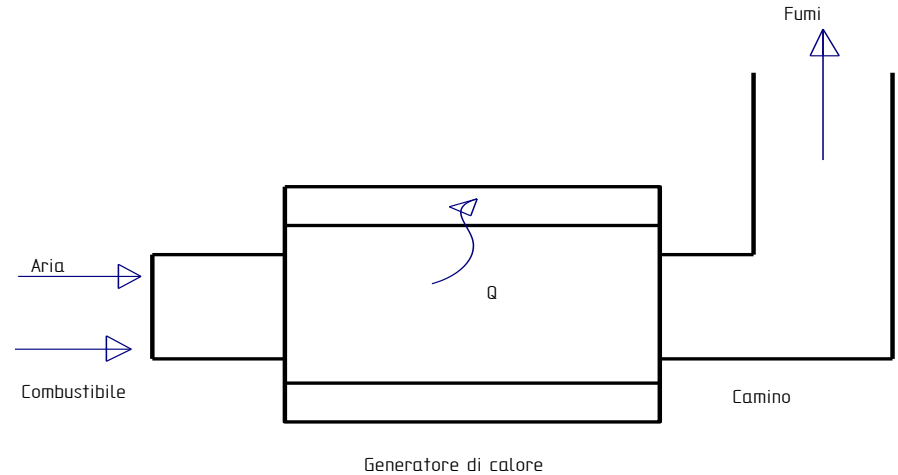
SM - Sonda di mandata impianto miscelato  
(non a comando)



# Sistema Generatore - Camino

Il circuito *aria - fumi* assume notevole importanza ai fini impiantistici. Come si può osservare in , l'aria esterna a pressione atmosferica viene inviata al bruciatore nel quale si ha la reazione di combustione con il combustibile formando i fumi che proseguono, attraverso il generatore nel quale cedono la potenza termica  $Q$ , fino all'atmosfera attraverso il camino. Il circuito è aperto e la pressione di funzionamento è circa quella atmosferica (condizioni iniziali e finali).

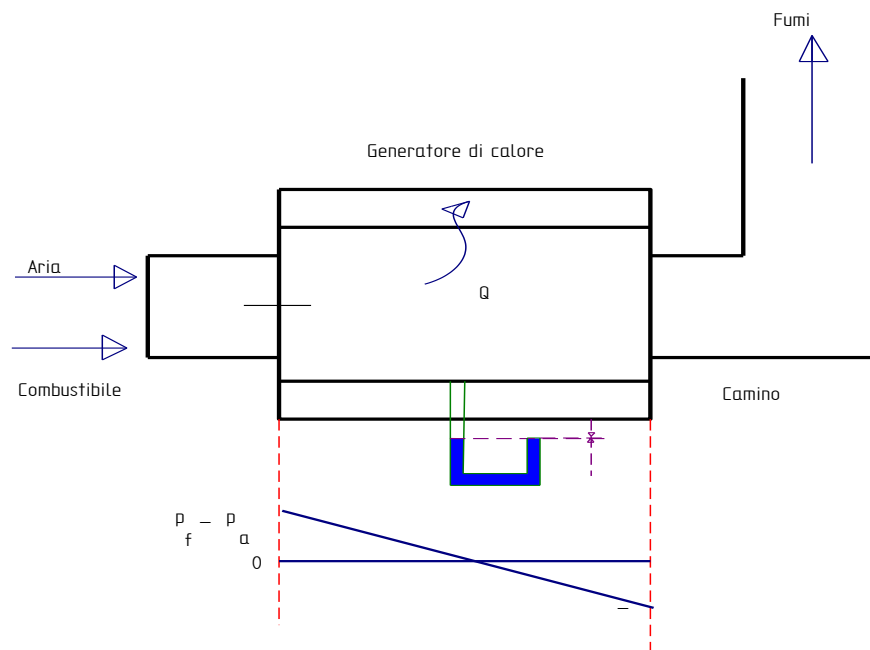
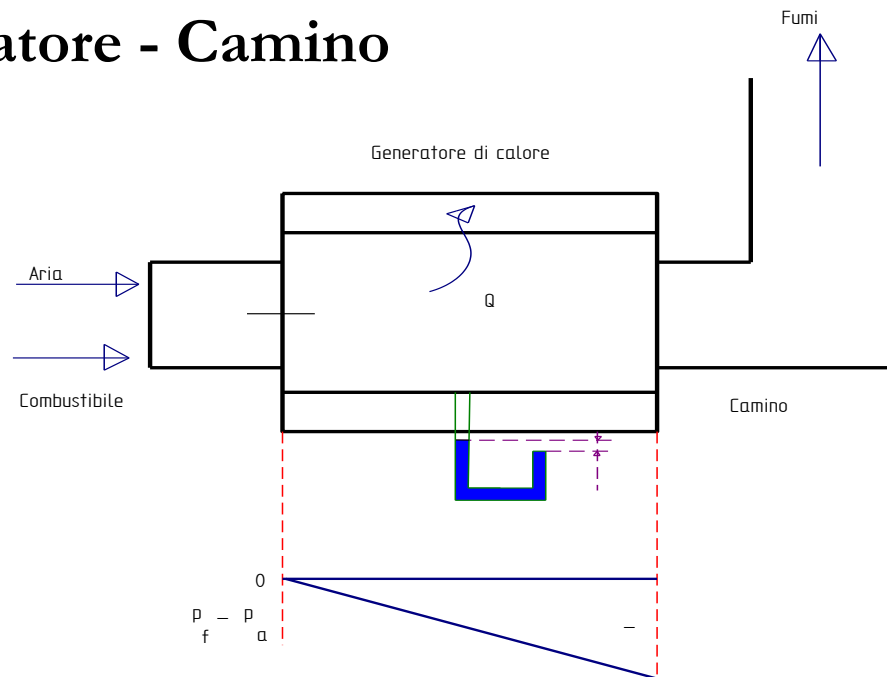
**Circuito dei fumi pressurizzato:** si ha una ventola in ingresso al generatore, nel bruciatore, che pone sotto una leggera pressione il circuito dei fumi, come evidenziato in figura. Questa soluzione favorisce lo smaltimento dei fumi al camino ed è indicata per generatori di potenzialità medio - grande. Questa soluzione richiede tenute di sovrappressione per evitare la fuoriuscita dei fumi lateralmente.



# Sistema Generatore - Camino

**Circuito dei fumi depressurizzato:** non si ha la ventola nel bruciatore e l'andamento delle pressioni è del tipo indicato in figura. In uscita dal generatore si ha una *leggera depressione* generata dalle perdite di attraversamento. In questo caso occorre inserire un ventilatore in uscita dal generatore per far uscire i fumi dal camino. Questa soluzione può provocare l'immissione di aria nel circuito dei fumi e quindi occorre sigillare attentamente il generatore. La depressione può essere creata anche dal camino. Questa tipologia di impianto va bene per *piccoli generatori*.

**Circuito dei fumi equilibrato:** in questo caso si hanno *due ventilatori*, uno in ingresso nel bruciatore ed uno in uscita alla base del camino, che fanno in modo da equilibrare le pressioni all'interno del generatore di calore, come indicato in figura. Questa tipologia di impianto va bene per *grandi generatori* e consente di controllare molto bene la portata dei fumi di scarico al camino. Occorre avere tenute molto buone sia per la sovrappressione che per la depressione.



# Il Camino

E' il *condotto di scarico dei prodotti della combustione dal generatore all'atmosfera*. Esso deve garantire di smaltire la portata dei fumi prodotta in modo da scaricarla in una posizione che non sia nociva all'ambiente.

Occorre che i camini abbiano un'altezza adeguata in modo tale che i prodotti della combustione possano ricadere al suolo in lontananza e in ogni caso essa deve garantire che la concentrazione a terra degli inquinanti sia inferiore ai limiti consentiti dalla Legge.

Il camino è in genere formato dal *tratto orizzontale* (o anche inclinato) di collegamento al generatore e dal tratto verticale. Ai fini del calcolo ci interessa il tratto verticale che deve garantire un adeguato *tiraggio* per lo scarico dei prodotti della combustione.

Se si hanno sistemi in *sovrapressione* (camini ventilati) le condizioni di funzionamento risultano più agevoli e non si hanno vincoli eccessivi per il progetto. In caso contrario *occorre fare in modo che l'altezza del camino, nelle condizioni operative in cui si trova, garantisca la forza motrice necessaria a portare la portata dei fumi nell'atmosfera*.

Con riferimento alla  $z$  nel quale si suppone che la densità dei fumi sia inferiore a quella dell'aria, la prevalenza motrice (o *tiraggio*) ha la seguente espressione:

$$\delta p_{st} = gz(\rho_a - \rho_f)$$

dove:

$z$  è la differenza di quota fra  $z_2$  (ove la pressione è quella  $p_2$  dell'aria esterna) e  $z_1$  (in cui è idealmente posto il setto di separazione tra le due colonne a diversa densità).



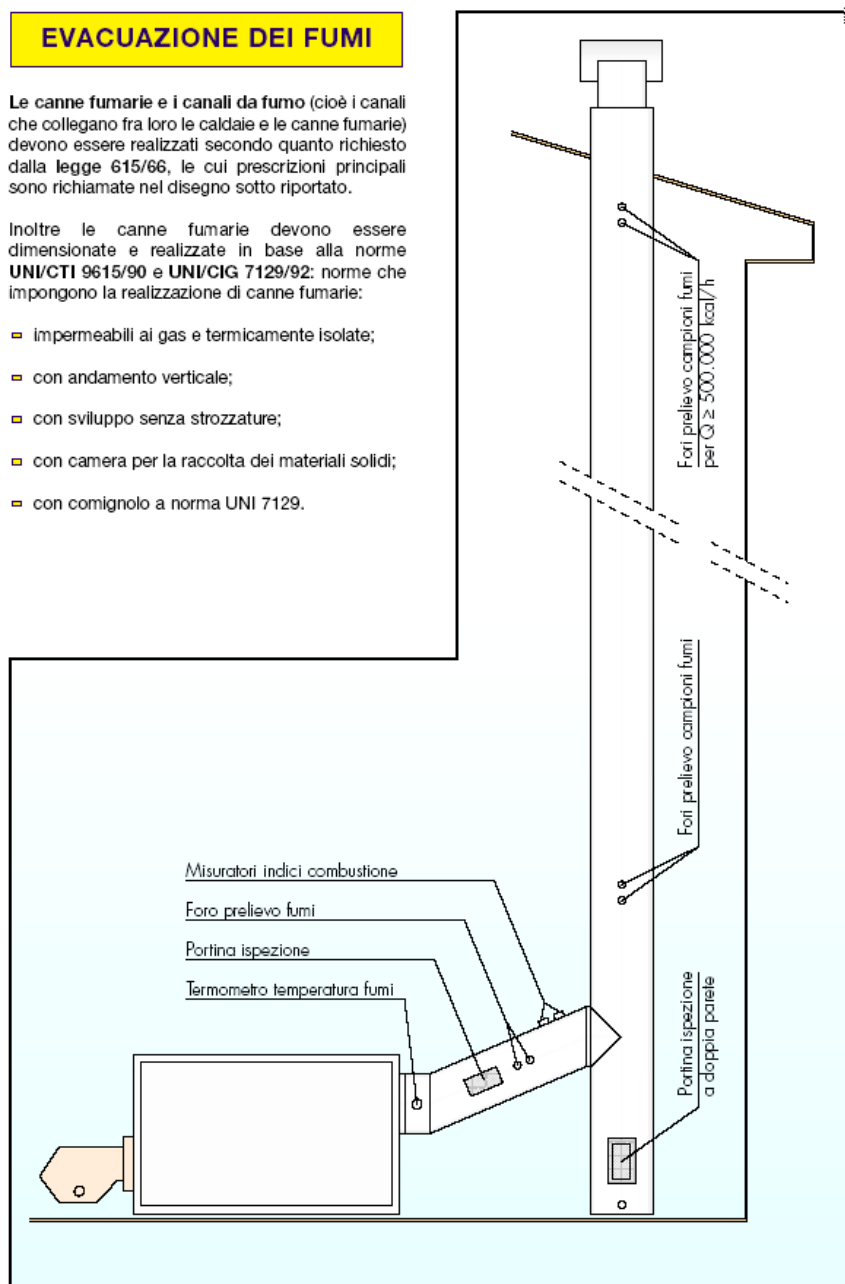
# Schema di installazione di un camino

## EVACUAZIONE DEI FUMI

Le canne fumarie e i canali da fumo (cioè i canali che collegano fra loro le caldaie e le canne fumarie) devono essere realizzati secondo quanto richiesto dalla legge 615/66, le cui prescrizioni principali sono richiamate nel disegno sotto riportato.

Inoltre le canne fumarie devono essere dimensionate e realizzate in base alla norme **UNI/CTI 9615/90** e **UNI/CIG 7129/92**: norme che impongono la realizzazione di canne fumarie:

- ▣ impermeabili ai gas e termicamente isolate;
- ▣ con andamento verticale;
- ▣ con sviluppo senza strozzature;
- ▣ con camera per la raccolta dei materiali solidi;
- ▣ con comignolo a norma UNI 7129.



# Il Camino

Questa relazione si può scrivere in modo più utile facendo l'ipotesi che l'aria e i fumi seguano la legge dei gas perfetti con eguale costante di elasticità nell'equazione di stato per cui:

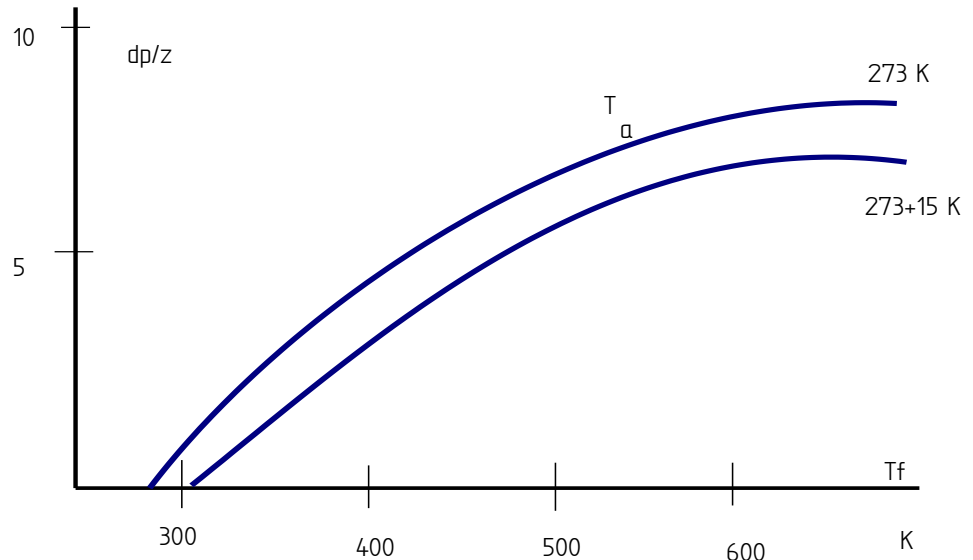
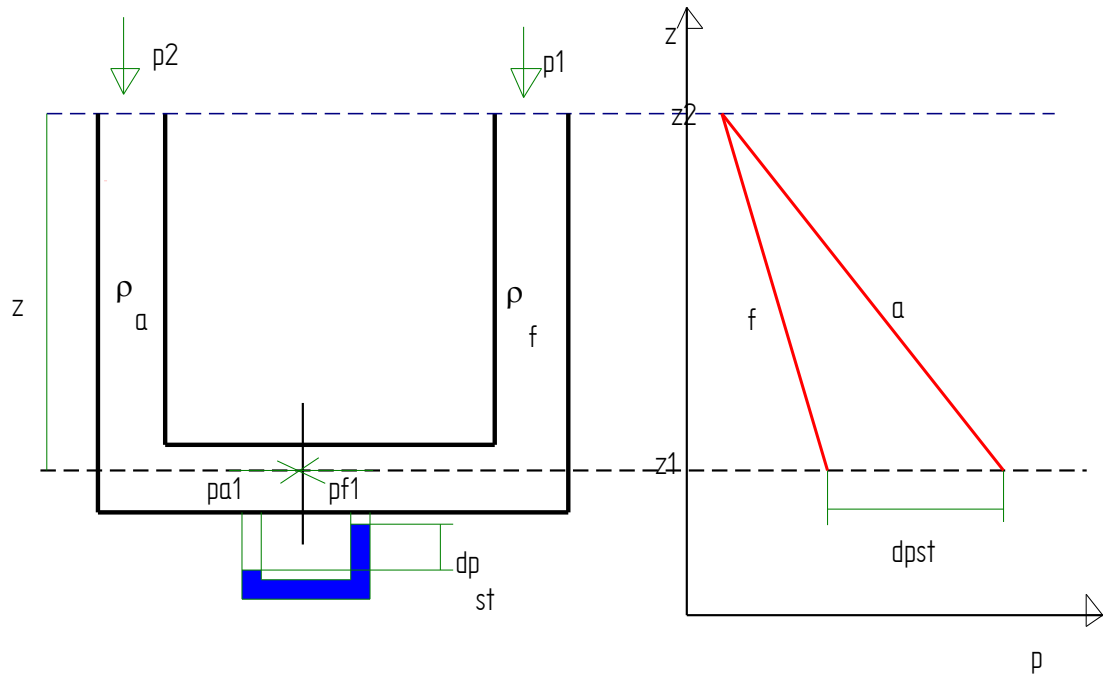
$$\delta p_{st} = gz\rho_a \left( 1 - \frac{T_a}{T_f} \right)$$

La densità dell'aria si calcola con la relazione:

$$\frac{p}{\rho_a T} = \frac{p_r}{\rho_{ar} T_r}$$

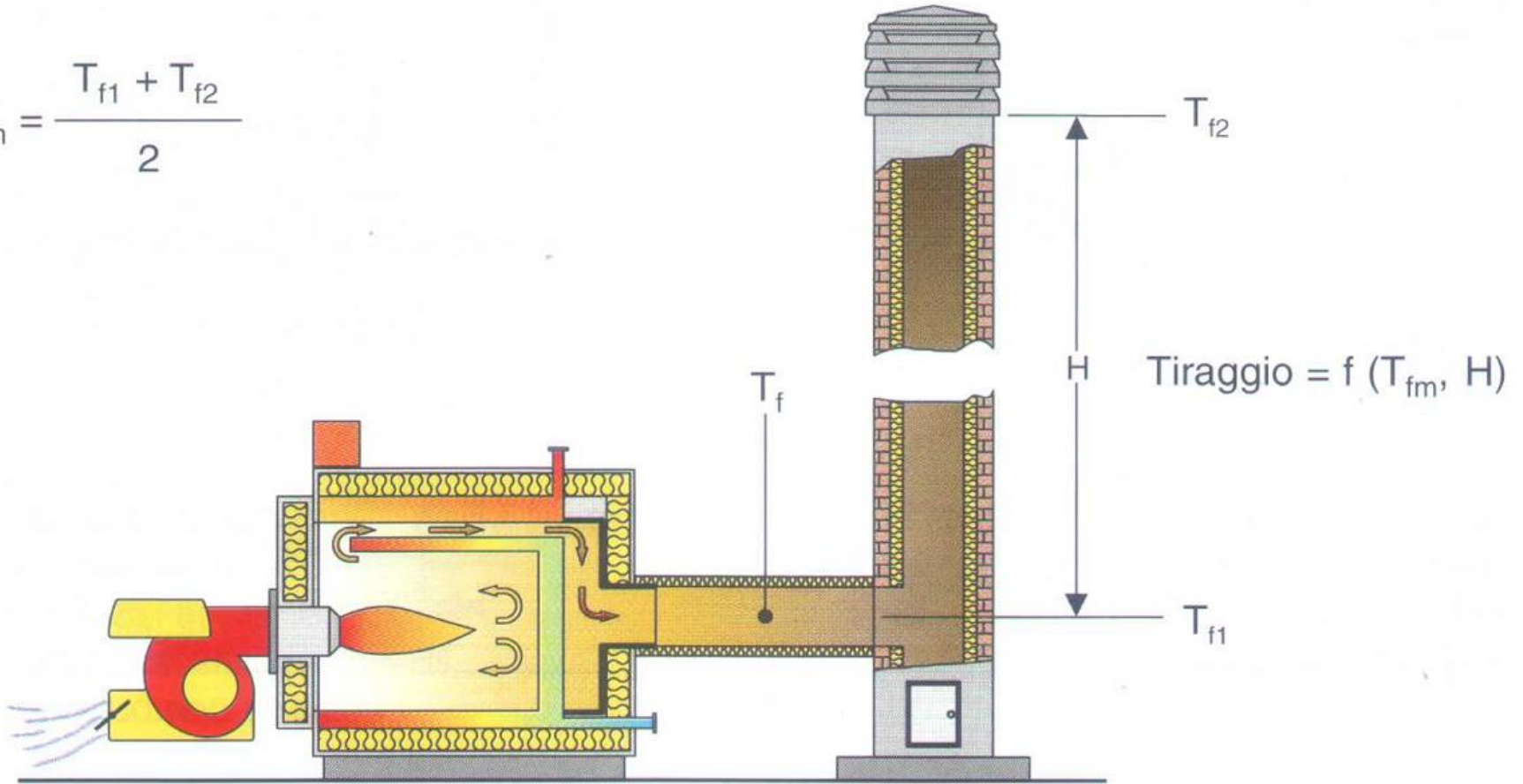
ove  $\rho_{ar} = 1.293 \text{ kg/m}^3$  per  $T_r = 273 \text{ K}$  e  $p_r = 1.013 \text{ bar}$ . In figura si ha l'andamento del tiraggio statico (in Pa) riferito all'altezza in funzione della temperatura dei fumi per due valori della temperatura dell'aria.

Nel funzionamento di un generatore il tiraggio può essere naturale o forzato.



# Camino e tiraggio

$$T_{fm} = \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2}$$



# Camino a Tiraggio naturale

In questo caso il moto dei fumi avviene solamente per effetto della *driving force* generata alla differenza di densità tra l'aria esterna e i prodotti di combustione.

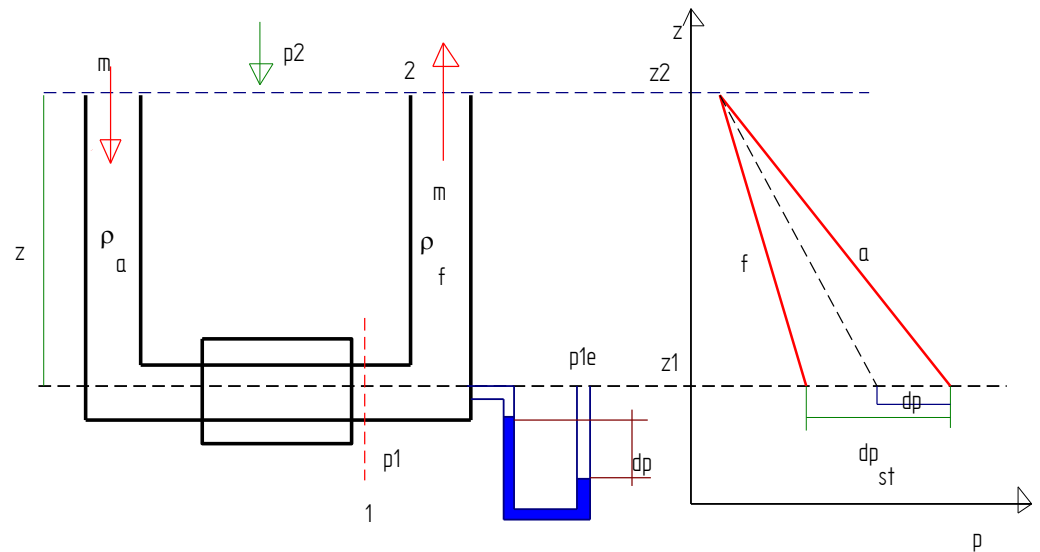
Questa differenza di densità si mantiene grazie al fatto che l'atmosfera si comporta come un serbatoio termodinamico per cui la sua temperatura e densità non variano pur ricevendo i fumi dal camino. In è segnato anche un condotto di aspirazione che genera un battente di pressione per effetto della quota  $z$  ma nella realtà questo condotto non viene inserito poiché l'atmosfera garantisce l'effetto di pressione esterna. Applicando l'equazione di Bernoulli al camino fra le sezioni 1 e 2, supponendo per il momento un tiraggio naturale (per cui non vi è lavoro esterno,  $l=0$ ) si ha:

$$v_f (p_2 - p_1) + g(z_2 - z_1) + \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + R_{12} = 0$$

Possiamo riscrivere questa equazione nella forma:

$$(p_2 - p_{1e}) + (p_{1e} - p_1) + \rho_f g(z_2 - z_1) + \rho_f \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + \rho_f R_{12} = 0$$

ove si è posto  $p_{1e}$  la pressione alla quota 1 nell'aria esterna al camino.



# Camino a Tiraggio naturale

Indicando con  $\delta p = p_{1e} - p_1$  e ricordando che è  $p_2 - p_{1e} = -gz\rho_a$  si ottiene l'equazione:

$$-gz(\rho_a - \rho_f) + \delta p + \rho_f \frac{w_2^2 - w_1^2}{2} + \rho_f R_{12} = 0$$

da cui ricaviamo  $\delta p$ :

$$\delta p = \delta p_{st} - \rho_f R_{12} - \rho_f \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$

Pertanto il *tiraggio*  $\delta p$  è pari al tiraggio statico  $\delta p_{st}$  diminuito della resistenza al moto dei fumi nel camino e del termine cinetico che risulta positivo se  $w_2 > w_1$  come deve essere per favorire la diffusione dei fumi in atmosfera.

La precedente equazione può risciversi in forma diversa, più utile per le applicazioni:

$$\delta p = gz\rho_a \left( 1 - \frac{T_a}{T_f} \right) - \xi \frac{L_{eq}}{D_{eq}} \frac{\dot{m}_f^2}{2\rho_f A_1^2} - \frac{\dot{m}_f^2}{2\rho_f A_1^2} \left( \frac{A_1^2}{A_2^2} - 1 \right)$$

dove:

$T_a$  temperatura dell'aria esterna

$T_f$  temperatura media dei fumi lungo  $L_{eq}$

$A_1$  area della sezione 1

$A_2$  area della sezione 2

$L_{eq}$  lunghezza equivalente del camino per tutta la lunghezza del percorso dei fumi ( $L_{eq} > z$ ) e delle resistenze concentrate espresse come lunghezze equivalenti per perdite distribuite

$D_{eq}$  diametro equivalente della sezione del camino.

La precedente si risolve iterativamente poiché il camino non è adiabatico e quindi la temperatura media  $T_f$  non è un dato iniziale noto ma dipende dalle dispersioni termiche della parete del camino che sono legate al coefficiente di convezione interna fumi – parete che dipende dalla portata stessa dei fumi.



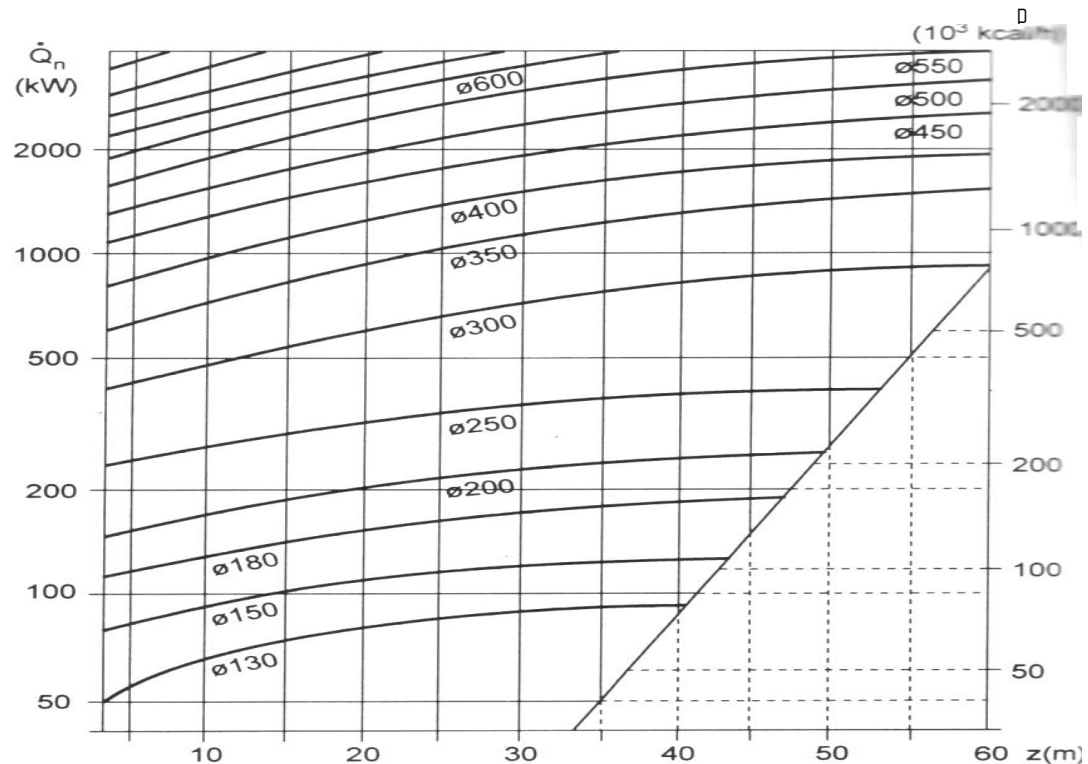
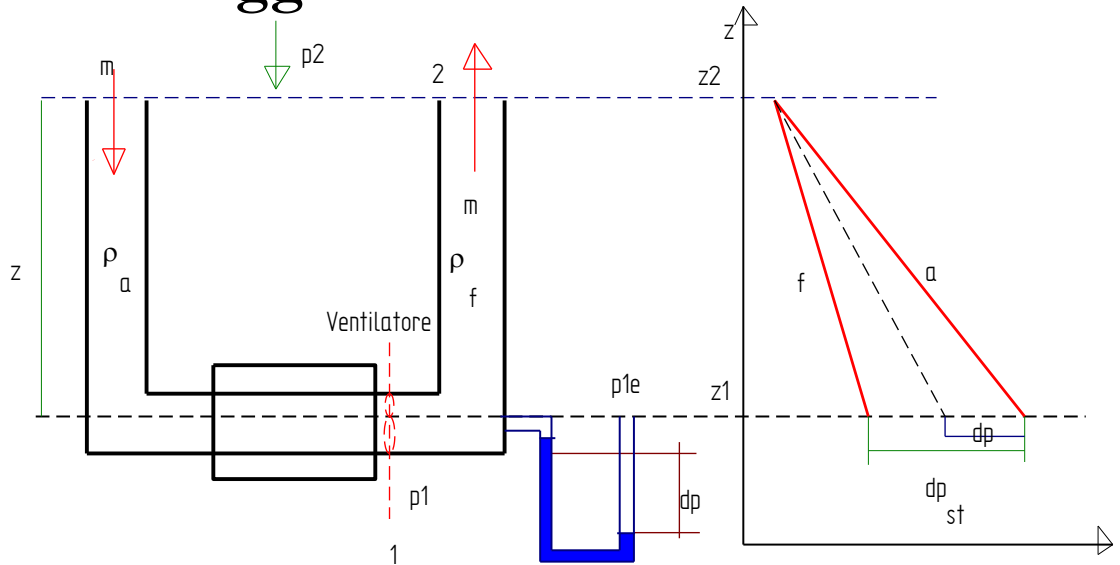
# Camini a Tiraggio forzato

In questo caso fra le sezioni 1 e 2 vi è un *ventilatore* che aiuta la prevalenza statica del camino. La precedente equazione ora diviene:

$$\delta p - \rho_f l = \delta p_{st} - \rho_f R_{12} - \rho_f \frac{w_2^2 - w_1^2}{2}$$

Se il ventilatore è inserito a monte della sezione 1, come avviene nei bruciatori monoblocco che contengono al loro interno un ventilatore, allora il generatore è pressurizzato e può funzionare anche a pressione nulla:  $p_1 = p_{1e}$ .

I costruttori di generatori termici e di bruciatori forniscono abachi per il progetto della sezione dei camini del tipo di quello riportato in figura nel quale, per data potenza nominale del bruciatore e altezza del camino si rileva la sezione  $\phi$  circolare.



# Camini a Tiraggio forzato

Si osservi che con tiraggio forzato *la funzione del camino è solo quella di convogliare i fumi in atmosfera e non di fornire il tiraggio necessario che viene fornito dal ventilatore.*

In base alla norma UNI 9615 la temperatura dell'aria è posta pari a  $T_a = 15 + 273 = 278 \text{ K}$

La portata dei fumi è legata alla potenza nominale del bruciatore dalla relazione:

$$\dot{m}_f = \dot{Q}_n \frac{1 + na_t}{\eta H} \approx \dot{Q}_n \frac{na_t}{\eta H}$$

dove si ha:

$n$	indice dell'aria
$a_t$	aria teorica di combustione
$\eta$	rendimento del generatore di calore
$H$	potere calorifico inferiore del combustibile

Il rapporto è circa costante per gasolio, gas naturale ed olio combustibile essendo  $aH$  sensibilmente costante.

Le resistenze al moto sono calcolate assumendo  $A_1 = A_2$  ed una *lunghezza equivalente totale* che tenga conto di curve e gomiti. La scabrezza assoluta si pone pari a 0,1 mm. La resistenza termica del camino si pone pari (per acciaio) a  $R = 0.65 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Si osservi che nella trattazione sin qui svolta *non si è tenuto conto di fenomeni di condensazione del vapore d'acqua nei fumi del camino.*

Questi vanno comunque evitati perché dannosi sia per il camino che per il generatore.

# Uso dei CAD per la selezione dei camini

Anche per il progetto dei camini si possono utilizzare programmi di calcolo ad hoc che semplificano la procedura di calcolo e al tempo stesso ottimizzano i risultati.

In figura si ha un esempio di CAD dedicato ai camini con il quale, cliccando sugli elementi in acciaio (zona degli *elementi disponibili*) si costruisce il camino. E' possibile selezionare la norma di riferimento (in figura è segnata la UNI 9615 ma è possibile selezionare anche la UNI 10640 e 10641), la caldaia (vedi ) e la sezione di verifica. In si ha la maschera di selezione delle opzioni di calcolo. Il programma consente di visualizzare i dati e le ipotesi di calcolo ottenendo, alla fine, la stampa del progetto, come riportato nel prosieguo.

**Norma di riferimento**  
UNI 9615  
Tipo di sistema : Refrattario sez. TONDA  
Diametro nominale [cm] : Stima 22.5  
Quote camino  
Caldaie  
Opzioni  
Verifica Tutti  
Piani : 0  
H tot. [m] : 11.8  
Disass. tot. [m] : 0

**Elementi disponibili**

**Elemento selezionato**  
-nessuno-  
H da terra [m] :  
H pezzo [m] :  
Disassamento [m] : 0  
Nessuna curva selezionata...

**Disegno**  
OK

**Stima delle sezioni**  
UNI 9615 Tipo B (UNI 10640)  
 $S = Q * 13.8 / \sqrt{H}$   
Q [kW] = 50 H [m] = 10 S [cm²] = 218.2 Ø [cm] = 16.7  
Imposta dati del progetto  
Legenda :  
Q = Portata termica della caldaia  
H = Altezza utile di calcolo (-0.5 m ogni 500 m di altitudine)

# Uso dei CAD per la selezione dei camini – Stampa dei risultati

## DATI DEL GENERATORE DI CALORE

### Generatore e Combustibile

Tipo Caldaia :

Potenza termica nominale : 50 [kW]

Combustibile : Gasolio

Combustione :

### Dimensione del foro uscita fumi dal generatore

Forma : Circolare

Dimensione (diametro) : 0.15 [m]

### Dati fisici dei fumi

Temperatura dei fumi all'uscita del generatore : 140 [°C]

Pressione alimentazione necessaria al generatore: 0 [N/m<sup>2</sup>]

Percentuale di CO<sub>2</sub> : 9.17005 [%]

Portata in massa dei fumi : 0.0328489 [kg/s]

Costante di elasticità dei fumi : 300 [m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>]

Calore specifico isobaro dei fumi : 1040.8 [J/kgK]

Temperatura di Rugiada dei fumi : 51.9797 [°C]

Archivio caldaie per UNI 9615.

Marca: Generica

Modello: Generica

Combustibile:  
 Carbone man.  Metano  
 Carbone aut.  Gpl  
 Gasolio

Combustione:  
 Pressurizzata  
 Non pressurizzata

Tipo	Q [kW]	d P [Pa]	Uscita fumi [m]	T fumi [°C]
▶ Caldaia	50	3	0.15	140
Caldaia	150	0	0.18	190
Caldaia	300	0	0.3	180

? Opzioni    ✖ Esci senza associare    📁 Associa ai piani...    ✓ Ok

Opzioni generali...

**Camino**

Co (z) comignolo: 0.25

Co (z) aggiuntivo: 0.1

Co (z) totale: 0.1

Resist. termica parete condotto primario: 0.65

Resist. termica parete condotto secondario: 0

Rugosità [m]: 0.002

Imposta default

Calcola resistenza parete...

**Ambiente esterno**

Altezza geodetica [m]: 200

Press. aria esterna [Pa]: 94600

T esterna (rugiada) [°C]: -5

T esterna (tiraggio) [°C]: 20

**Altre opzioni**

Coeff. sicur. SE: 1.2

Coeff. temp. non cost. SH1: 0.5

Coeff. temp. non cost. SH2: 1

**Canale/i da fumo**

Diametro [mm]: 150

Resist. termica parete: 0.45

Rugosità predefinita [m]: 0.001

✓ OK

# Canne Fumarie

Le canne fumarie rivestono un ruolo fondamentale e la loro progettazione è oggi regolamentata dalle norme UNI 9615, UNI 10640 e UNI 10641. Esse debbono garantire il corretto smaltimento dei fumi senza formazione di condensa e senza inquinare l'ambiente o influire sui vicini. La sezione minima di progetto è data dalla relazione:

$$A = k \frac{Q}{\sqrt{H}}$$

ove:

$Q$  è la potenzialità della caldaia,  $kW$  o  $kcal/h$ ;

$H$  è l'altezza netta della canna fumaria,  $m$ ;

$A$  la sezione della canna fumaria,  $m^2$ .

Il fattore  $k$  dipende dal tipo di combustibile utilizzato:

$K = 0.025$  per combustibili solidi,

$K = 0.015$  per combustibili liquidi.

Per caldaie pressurizzate (cioè con combustione ventilata e controllata da una ventola nel bruciatore) si sceglie  $k = 0.01$ . Per caldaie a gas si hanno opportune tabelle in funzione della potenzialità della caldaia e dell'altezza  $H$ . L'altezza da considerare nella precedente relazione è quella netta data dalla differenza fra il dislivello comignolo – caldaia e  $0.5 m$  per ogni curva lungo il percorso. Se le canne fumarie servono più impianti occorre garantire il corretto funzionamento di ciascuna caldaia senza riversamenti di fumi.

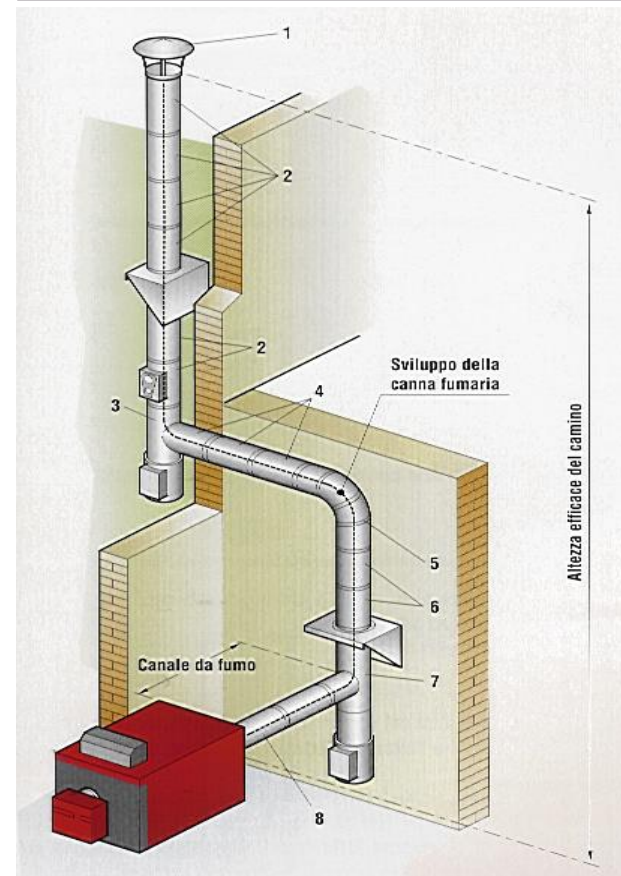
Generatore di calore

Potenza nominale	50 kW	Combustibile	Gasolio
Percentuale CO2	9.17 %	Combustione	Pressurizzata

Sezione uscita fumi

Forma	Circolare	Temperatura fumi	140 °C
Area	0.0177 m <sup>2</sup>	Portata fumi	0.03 kg/s
Diametro	150 mm	P. scarico fumi	0 Pa
Perimetro	0.471 m	P. aria comburente	4 Pa
		Temperatura rugiada	52 °C

OK Cancel Help





# Centrali Termiche

Le centrali termiche debbono ospitare le caldaie e molti dei componenti di impianto (pompe di circolazione, vasi di espansione, organi di controllo, ...) e pertanto debbono soddisfare ad alcune regole sia dimensionali che funzionali. Le centrali termiche debbono sempre avere almeno una parete in comunicazione con il cielo aperto, debbono essere accessibili dai VV.FF. dall'esterno ed avere almeno una parete cedevole. Le dimensioni debbono essere tali da lasciare, attorno alla o alle caldaie ospitate, almeno 70 cm di spazio per la pulizia e la manutenzione ed una superficie capace di accettare tutte le apparecchiature presenti in modo da consentire, sempre, la manutenzione e la sostituzione dei componenti. Di solito si assegnano dimensioni minime che possono essere desunte dalla seguente tabella:

<i>Potenzialità Termica</i>		<i>Superficie della Centrale Termica</i>
<i>(kW)</i>	<i>(kcal/h)</i>	<i>(m<sup>2</sup>)</i>
116	100000	20
232	200000	25
464	400000	40
696	600000	50
1160	1000000	70

Le norme impongono che si utilizzino più generatori di calore se la potenzialità globale dell'impianto supera 464 kW (400000 kcal/h). L'altezza della centrale termica deve essere di almeno 2.5 m e le aperture di ventilazione debbono consentire la corretta combustione. Le dimensioni delle aperture dipendono dal tipo di combustibile utilizzato. In ogni caso non debbono aversi dimensioni inferiori ad 1/30 della superficie in pianta della centrale. Per potenzialità termica totale maggiore di 1160 kW (1000000 kcal/h) la superficie di ventilazione deve essere almeno 1/20 della superficie in pianta del locale.

Per caldaie alimentate a gas si impone che sia  $S_v \geq \frac{P}{100}$  (cm<sup>2</sup>) con  $P$  potenzialità del generatore in kcal/h. La distanza fra pareti e caldaia a gas è incrementata ad un valore minimo di 1.30 m.

In base alle nuove disposizioni contenute nel DPR 551/1999, se si utilizzano caldaie a gas di tipi B1 per singolo appartamento allora occorre prevedere una apertura di ventilazione di almeno 0,4 m<sup>2</sup>. La centrale termica non deve avere accessi da altri locali ma solo dall'esterno (*consigliato*) o da un disimpegno con almeno un lato attestato a cielo aperto ed aventi un'apertura senza serramenti verso l'esterno di almeno 0,5 m<sup>2</sup>. La centrale termica non deve essere sottostante a locali per comunità. Le porte della centrale termica debbono essere incombustibili ed autochiudenti.

# Esempi di centrali termiche



# Esempi di centrali termiche



# Rendimento medio stagionale di produzione

$$\eta_p = \frac{Q_u}{Q_c + Q_e}$$

dove:

$Q_u$  è l'energia utile prodotta dal generatore in una stagione di riscaldamento;

$Q_c$  è l'energia fornita sotto forma di combustibile nello stesso periodo;

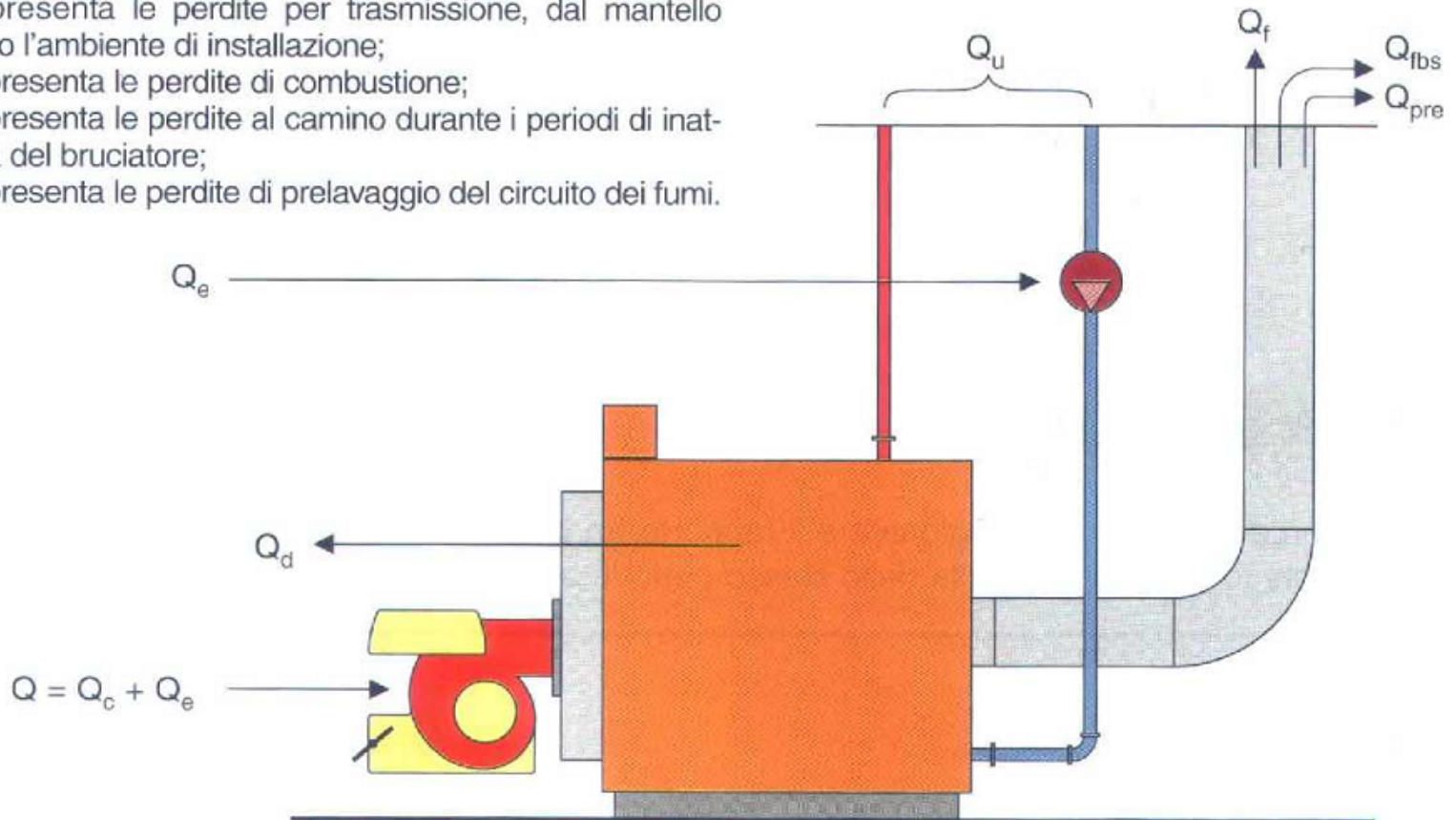
$Q_e$  è l'energia fornita sotto forma elettrica, nello stesso periodo, per l'azionamento del bruciatore e delle pompe.

$Q_d$  rappresenta le perdite per trasmissione, dal mantello verso l'ambiente di installazione;

$Q_f$  rappresenta le perdite di combustione;

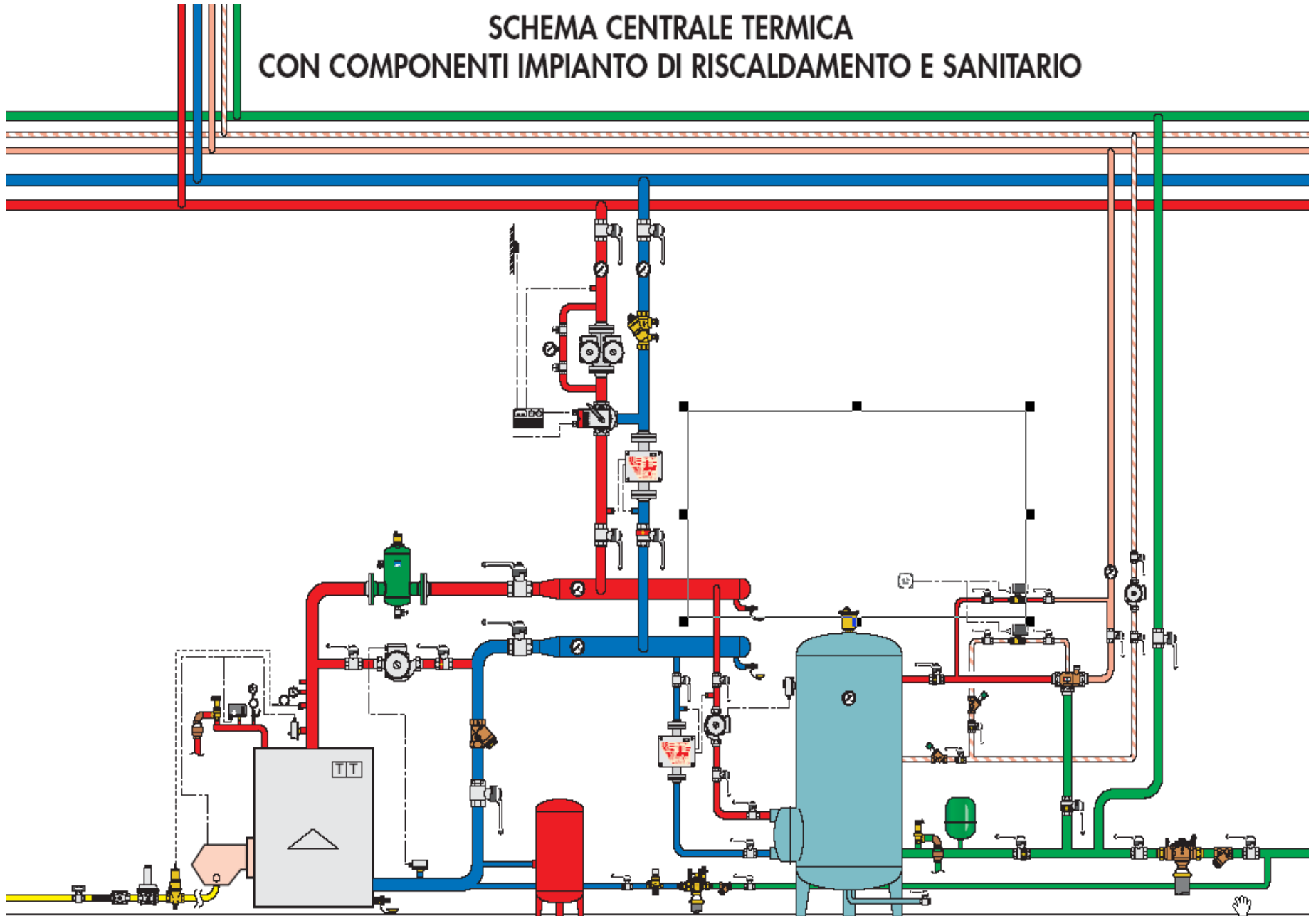
$Q_{fbs}$  rappresenta le perdite al camino durante i periodi di inattività del bruciatore;

$Q_{pre}$  rappresenta le perdite di prelavaggio del circuito dei fumi.



# Schemi di installazione di una centrale termica

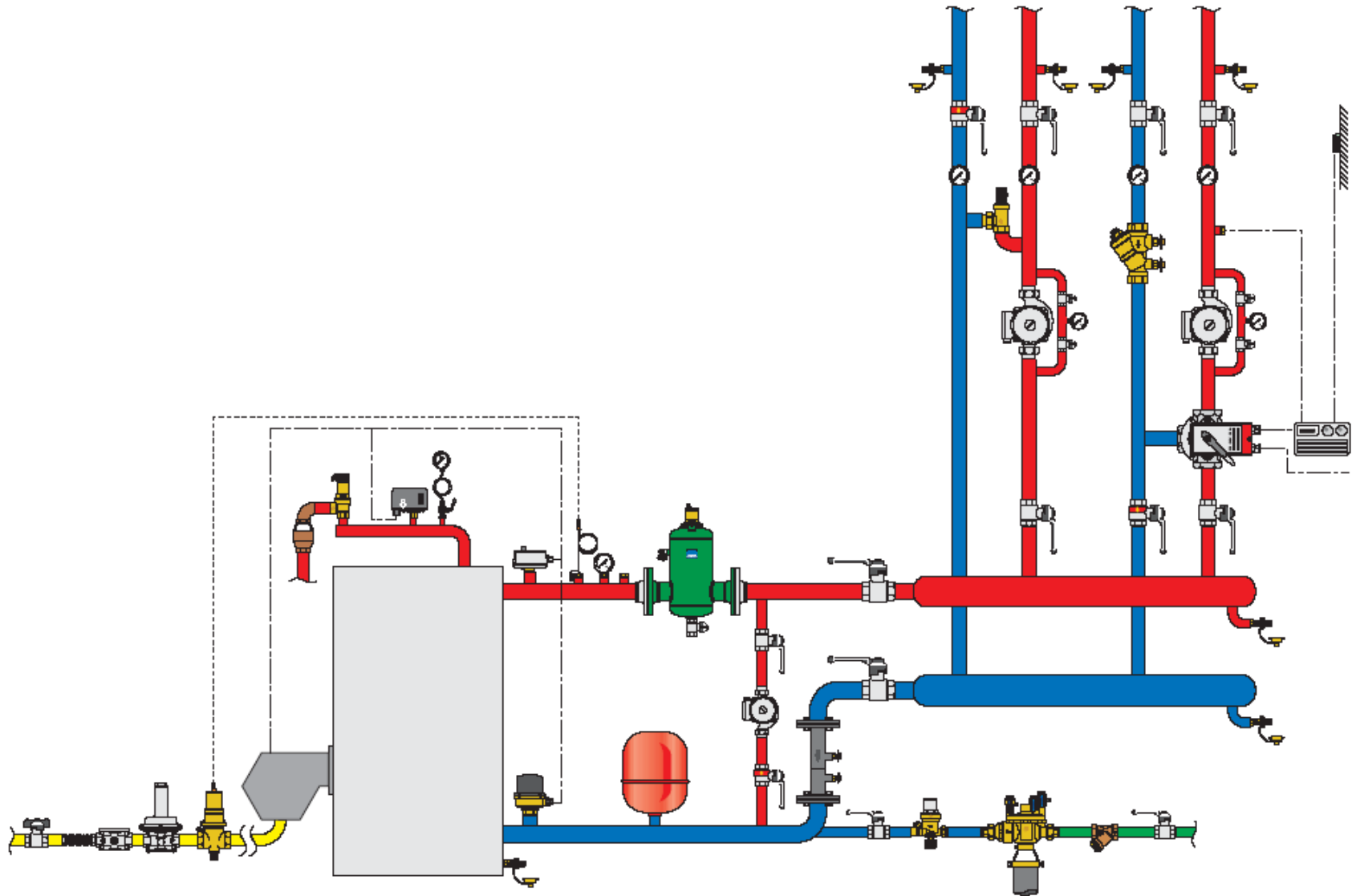
## SCHEMA CENTRALE TERMICA CON COMPONENTI IMPIANTO DI RISCALDAMENTO E SANITARIO



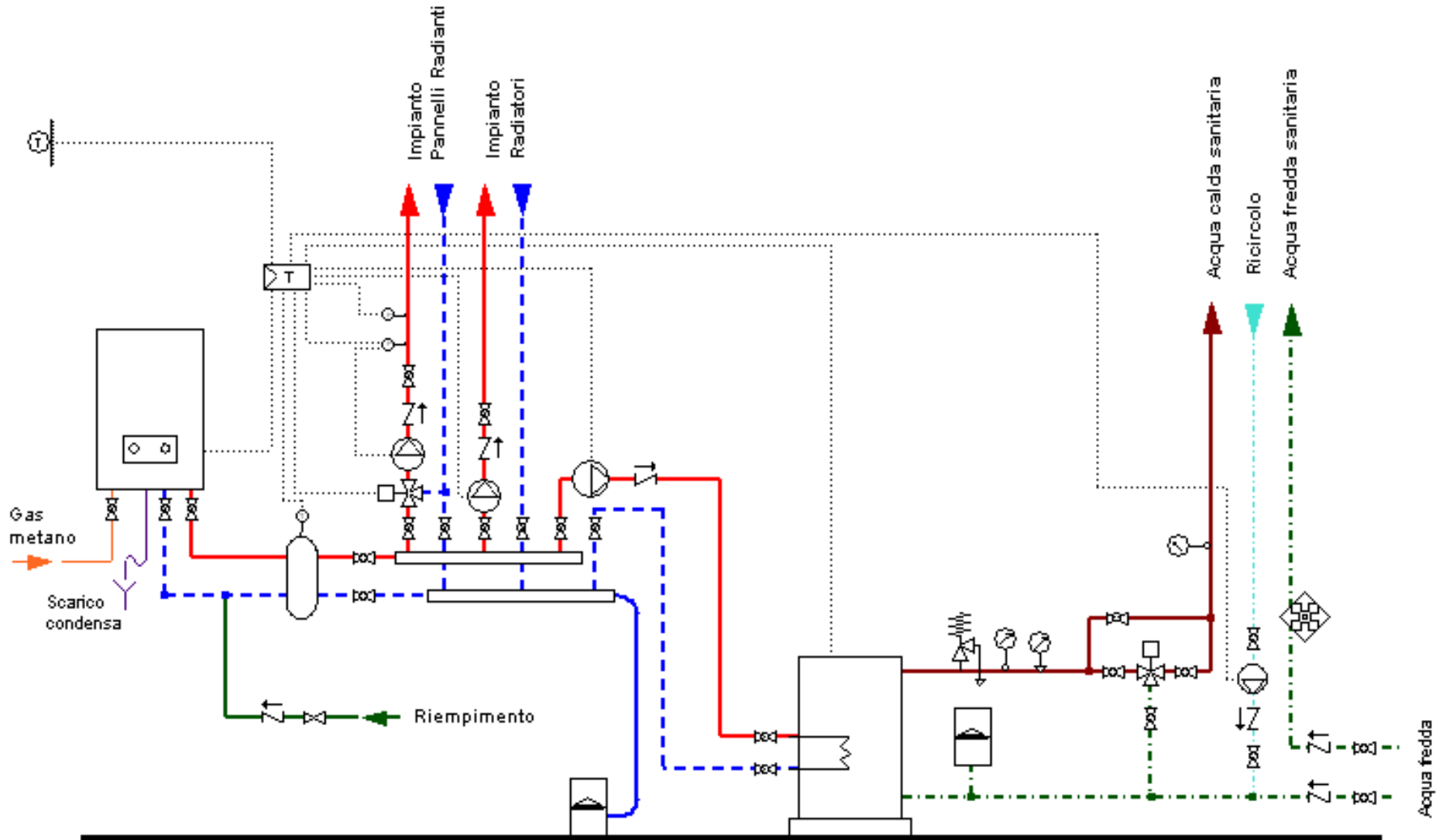


# Schemi di installazione di una centrale termica

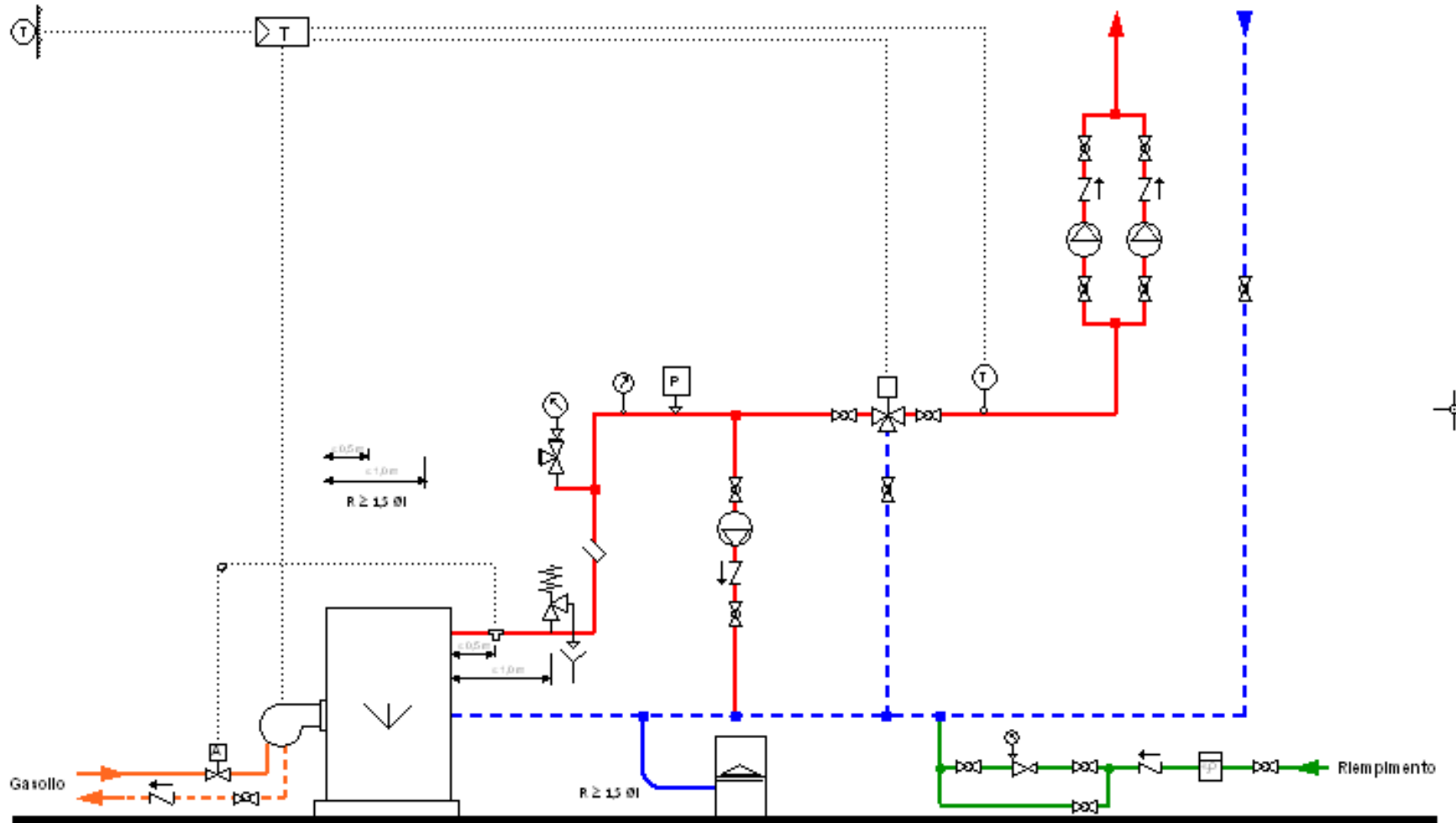
**SCHEMA CENTRALE TERMICA CON COMPONENTI PREVISTI DAL D.M. 1.12.1975  
E DALLE RELATIVE SPECIFICHE DELLA RACCOLTA "R"**



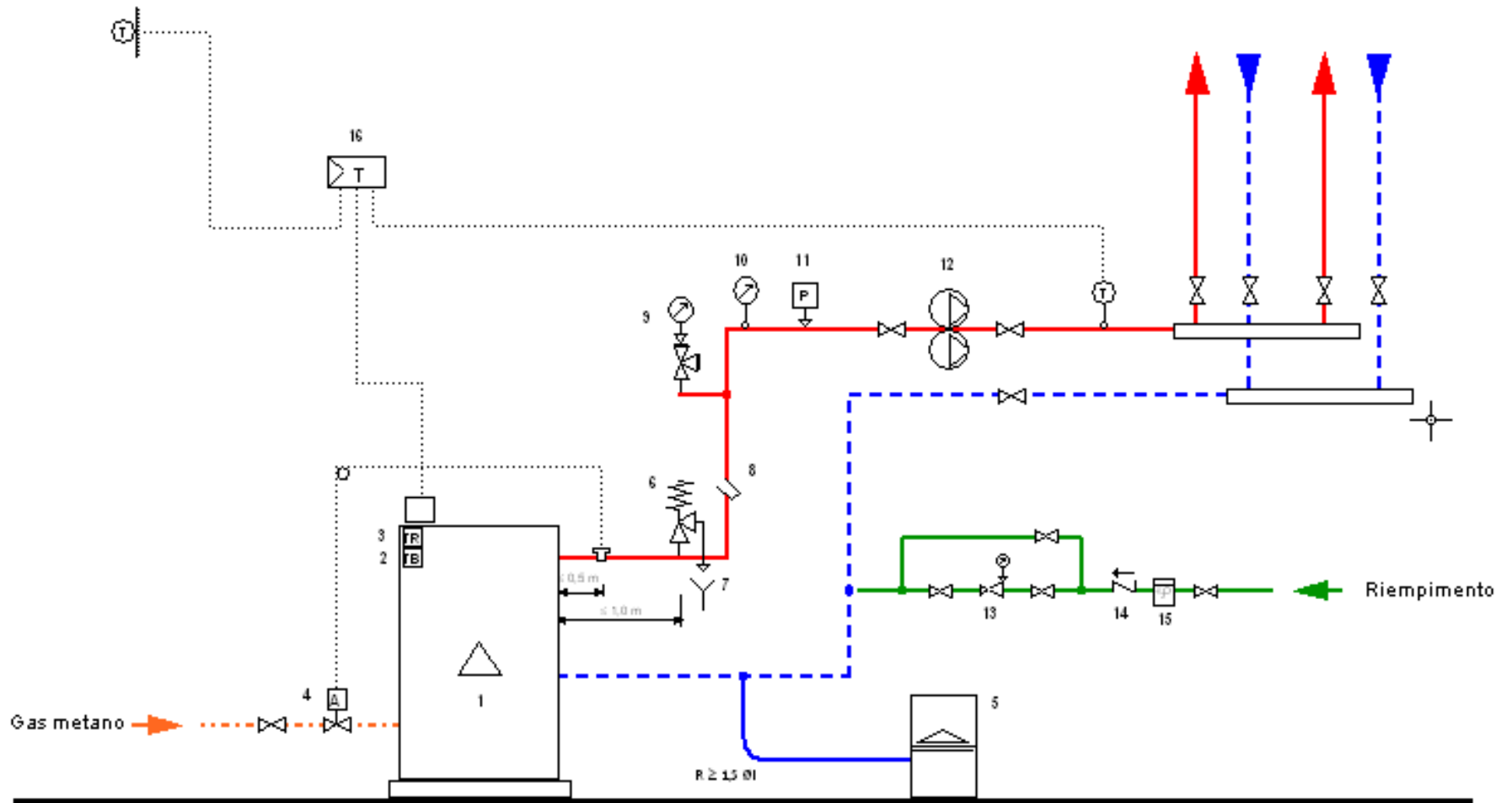
# Schema di una centrale termica con bollitore ad accumulo



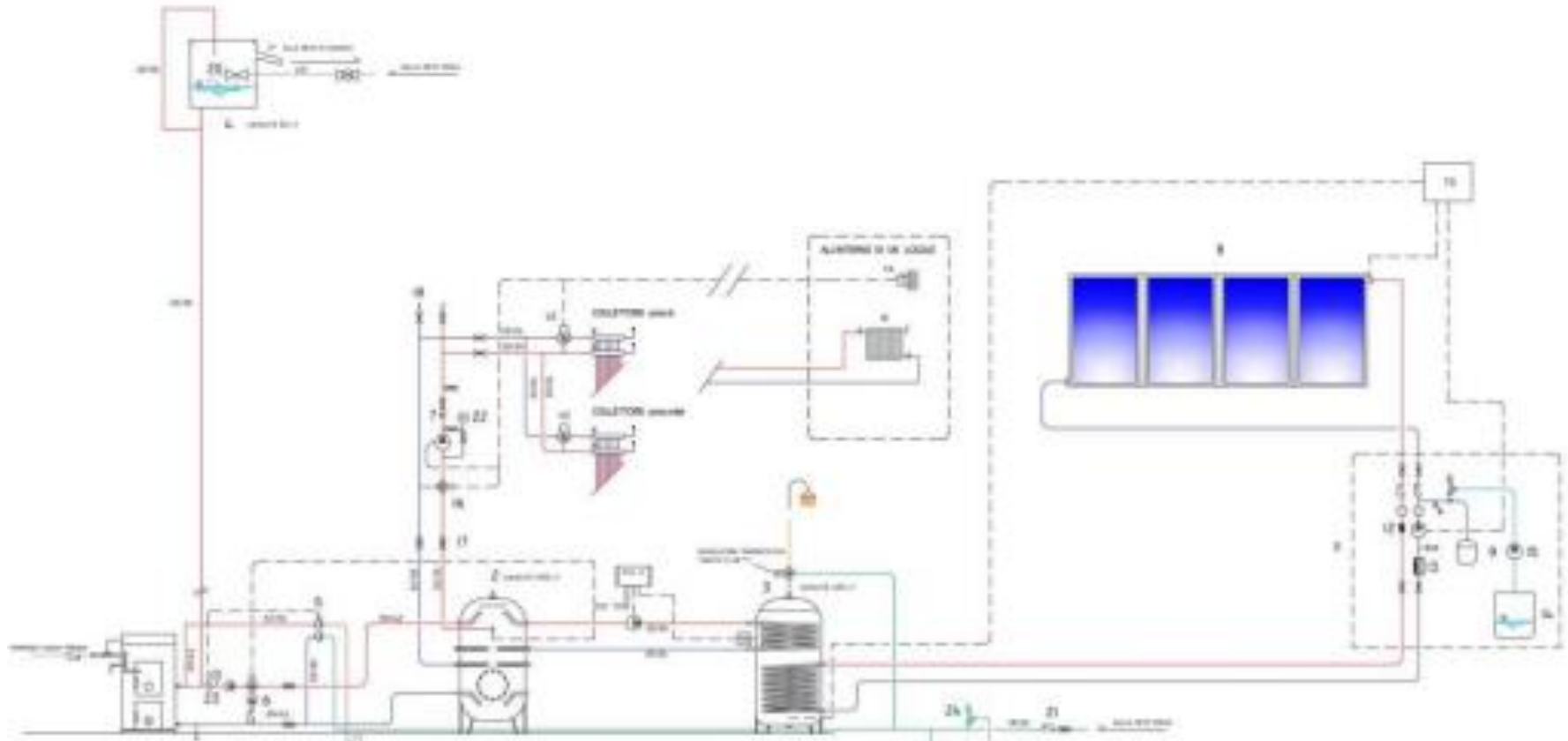
# Schema di una centrale termica



# Schema di una centrale termica



# Esecutivi di una centrale termica



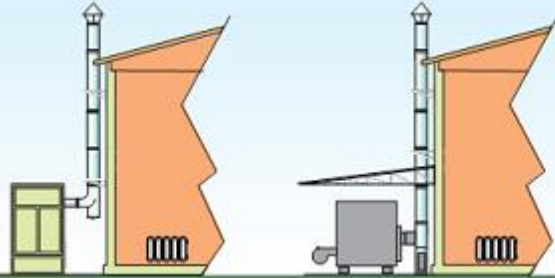
## legenda

- |  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| 1 caldaia a fornaio                            | 6 valvola d'espansione per impianti ad alta (DAE) | 17 valvola di intercettazione                         | 36 valvole tipo in ghisa/acciaio/acciaio           |
| 2 accumulatore termico inerziale               | 10 valvola d'espansione per impianti (DAE)        | 18 gruppo di sfogo automatico (scatto alto)           | 38 termocoppia ambiente                            |
| 3 soffione                                     | 11 gruppo valvole premontato con valvola          | 19 gruppo di sfogo automatico (scatto basso)          | 4 valvola di sfogo automatica per scaldati         |
| 4 valvola d'espansione agente                  | 12 sbavatore                                      | 20 valvola a galleggiante a riempimento costante      | 39 termocoppia di regolazione soffione             |
| 5 valvola di sicurezza per scaldato termico    | 13 iniettore di parafango                         | 21 valvola di sfogo                                   | 42 valvola di sfera sferoidale                     |
| 6 pompa antiriduzione                          | 14 gruppo rilevato antigelo                       | 22 manometro scala 0-60 m.c.a.                        | 40 termocoppia differenziale per impianto radiante |
| 7 sfiatore                                     | 15 pompa di cartoccio                             | 23 gruppo per l'antiriduzione completo (0-1-10 metri) |  |
| 8 scambiatore termico piano radiante da 1,2 Mw | 16 valvola meccanica con gruppo magnetico         | 24 valvola di sbavatore per soffione                  |  |

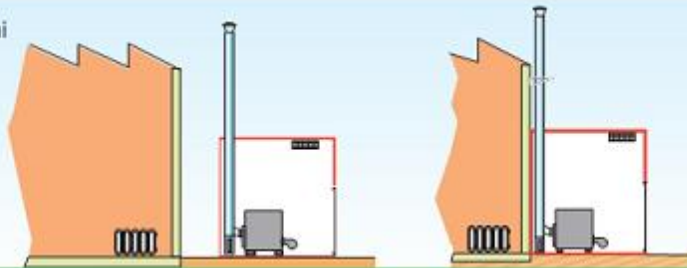


# Sistemazione della caldaia

All'aperto



In locali esterni



E' ammessa l'installazione in adiacenza alla parete esterna dell'edificio servito se la parete è:

- almeno REI 30 e materiale di classe 0 di reazione al fuoco
- priva di aperture nella zona che si estende per almeno 0,5 metri lateralmente e 1 metro superiormente, rispetto alla proiezione retta del locale esterno



Quando la parete non soddisfa in tutto o in parte i suddetti requisiti:

- i locali devono distare non meno di 0,6 m dalla parete dell'edificio

oppure

deve essere interposta una struttura:

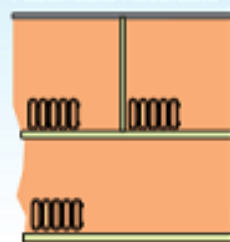
- di caratteristiche non inferiori a REI 120
- di dimensioni maggiori di 0,5 metri lateralmente e 1 metro superiormente, rispetto alla proiezione retta del locale esterno



In fabbricati destinati anche ad altro uso (Fabbricato diverso da quello servito )

oppure

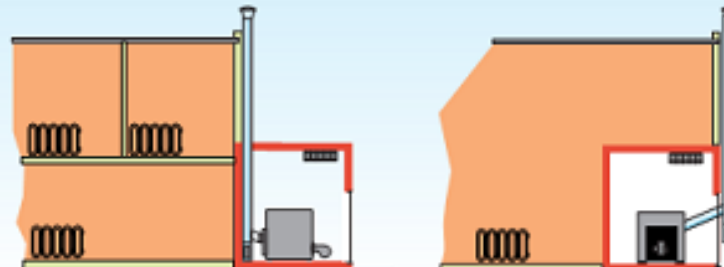
Fabbricato riscaldato



Fabbricato diverso da quello servito



In locali inseriti nella volumetria dell'edificio



# Caratteristiche costruttive di una centrale termica

## Caratteristiche generali

- Ubicazione (1) fuori terra per metano e GPL,  
(2) seminterrato e interrato (max. -10 m) solo per metano
- Altezza locale  
 H = 2,00 m fino a 116 kW  
 H = 2,30 m fino a 350 kW  
 H = 2,60 m fino a 580 kW  
 H = 2,90 m oltre 580 kW
- Parete esterna: lunghezza minima verso l'esterno 15 % del perimetro del locale. Nei locali interrati: intercapedine ad uso esclusivo, di sezione orizzontale netta non inferiore a quella richiesta per l'aerazione e lunga non meno di 60 cm.

## Caratteristiche costruttive del locale caldaia per Q < 116 kW

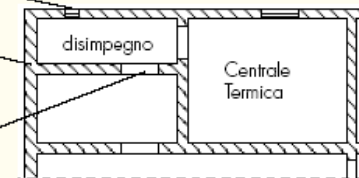
### Aperture di aerazione:

- a filo soffitto (possibile griglia di protezione)
- dimensioni:
  - locale fuori terra  $S \geq Q \times 10$  ( $S_{min} = 3.000 \text{ cm}^2$ )
  - locale seminterrato o interrato ( $\leq -5 \text{ m}$ )  $S \geq Q \times 15$  ( $S_{min} = 3.000 \text{ cm}^2$ )
  - locale interrato (fino a -10 m)  $S \geq Q \times 20$  ( $S_{min} = 5.000 \text{ cm}^2$ )

Aerazione disimpegno:  
minimo 100 cm<sup>2</sup>

Strutture disimpegno REI 30

Porte locale disimpegno REI 30  
muniti di autochiusura  
- altezza minima 2,00 m  
- larghezza minima 0,60 m



Strutture portanti  
C.T. REI 60

Strutture di separazione  
C.T. REI 60

## Caratteristiche costruttive del locale caldaia per Q ≥ 116 kW

### Aperture di aerazione:

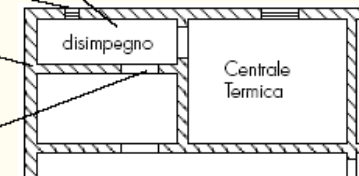
- a filo soffitto (possibile griglia di protezione)
- dimensioni:
  - locale fuori terra  $S \geq Q \times 10$  ( $S_{min} = 3.000 \text{ cm}^2$ )
  - locale seminterrato o interrato ( $\leq -5 \text{ m}$ )  $S \geq Q \times 15$  ( $S_{min} = 3.000 \text{ cm}^2$ )
  - locale interrato (fino a -10 m)  $S \geq Q \times 20$  ( $S_{min} = 5.000 \text{ cm}^2$ )

Superficie minima del  
disimpegno = 2,00 mq

Aerazione disimpegno:  
minimo 500 cm<sup>2</sup>

Strutture disimpegno REI 60

Porte locale disimpegno REI 60  
muniti di autochiusura  
- altezza minima 2,00 m  
- larghezza minima 0,60 m



Strutture portanti  
C.T. REI 120

Strutture di separazione  
C.T. REI 120

**Adempimenti richiesti per il locale caldaia con combustibili gassosi**

# Caratteristiche costruttive di una centrale termica

## PRESCRIZIONI DA RISPETTARE

Possono essere suddivise in prescrizioni che riguardano la produzione del calore e in prescrizioni che riguardano la sicurezza, la protezione e il controllo degli impianti.

## PRESCRIZIONI CHE RIGUARDANO LA PRODUZIONE DEL CALORE

Sinteticamente riassunte negli schemi di seguito riportati, esse stabiliscono:

1. come costruire il locale caldaia;
2. come dimensionare e realizzare i condotti per fumi;
3. quali sono le distanze da rispettare nella posa in opera delle caldaie;
4. dove installare i serbatoi per il combustibile;
5. come alimentare i bruciatori.

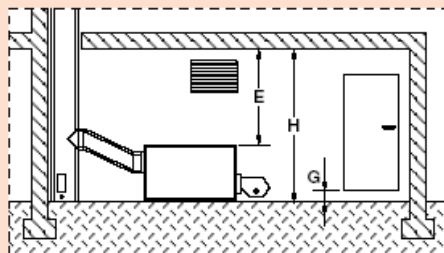
Sono prescrizioni contenute nell'ambito delle seguenti leggi e norme:

- **LEGGE 615 - 13.07.66**  
Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico.

- **D.P.R. 1.391 - 22.12.70**  
Regolamento per l'esecuzione della Legge 615 contro l'inquinamento atmosferico.
- **CIRCOLARE 73 - 29.07.71**  
Norme di sicurezza per impianti termici ad olio combustibile e gasolio.
- **UNI/CIG 8042 - 04.98**  
Bruciatori di gas - prescrizioni di sicurezza.
- **UNI/CTI 9615 - 12.90**  
Calcolo delle dimensioni interne dei camini.
- **D.M - 12.04.96**  
Regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi (ved. Idraulica, n. 11).

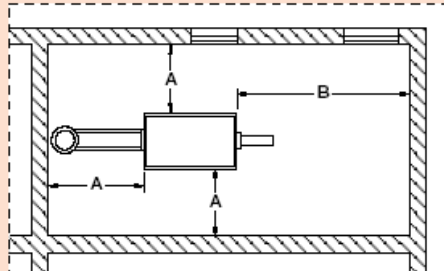
## PRESCRIZIONI CHE RIGUARDANO LA SICUREZZA, LA PROTEZIONE E IL CONTROLLO DEGLI IMPIANTI

In merito valgono le disposizioni dell'ISPESL, e cioè il **D.M. 1.12.75** e le relative specifiche della **Raccolta R**: disposizioni per le quali si rinvia alla vasta documentazione Caleffi, costituita da: schede tecniche, note informative di prodotto e depliant.



### Distanze minime richieste

- A = 0,60 m
- B = 1,30 m
- E = 1,00 m
- G = 0,20 m
- H = 2,50 m



### Superfici di aerazione minime richieste

- S = 1/30 della superficie in pianta del locale fino a 1.000.000 kcal/h
  - S = 1/20 della superficie in pianta del locale oltre 1.000.000 kcal/h
- Con un minimo di:
- S = 0,50 mq fino a 500.000 kcal/h
  - S = 0,75 mq da 500.000 a 750.000 kcal/h
  - S = 1,00 mq oltre 750.000 kcal/h

### Adempimenti richiesti per il locale caldaia con combustibili liquidi

# **GENERATORI DI CALORE ELETTRICI**

# Generatori Elettrici

L'uso dell'energia elettrica per usi termici (riscaldamento ambientale) non è del tutto ortodosso in senso *exergetico* ma sempre più spesso si ricorre ad essa per situazioni di comodo o dove non esistono impianti di riscaldamento tradizionali (a gasolio e/o a gas). L'uso di resistenze elettriche è oltremodo irrazionale e non giustificabile se non per usi saltuari e particolari: esso è costoso e poco efficiente. Per contro le stufe elettriche costano poco e non hanno problemi di installazione se non nella potenza elettrica massima al contatore. Un utilizzo più razionale ed efficiente dell'energia elettrica si ha con le *pompe di calore* : si tratta, in pratica, di macchine frigorifero a compressione di vapori saturi alimentate elettricamente e che funzionano *a pompa di calore*. Gli impianti frigoriferi sono discussi in un capitolo a parte, considerato il notevole interesse che hanno sia per la climatizzazione che per l'industria del freddo.

Alimentando elettricamente il compressore si ottiene freddo all'evaporatore e caldo (relativamente all'evaporatore) al condensatore. In si ha il layout impiantistico di un ciclo frigorifero: sono ben visibili il compressore e i due scambiatori di calore denominati *condensatore* e *evaporatore*. Pertanto se utilizziamo questa macchina ponendo l'evaporatore in corrispondenza di un serbatoio freddo (un lago, un grosso fiume, il mare, l'ambiente esterno) e il condensatore in corrispondenza di un ambiente da riscaldare allora il calore  $Q_2$  sottratto dall'evaporatore più il lavoro  $L$  fornito al compressore si riversano, tramite il condensatore, nell'ambiente da riscaldare: Quindi l'energia elettrica che forniamo al compressore diventa calore ambiente ma non solo questa poiché ad essa si somma anche  $Q_2$  sottratto al serbatoio freddo. Il *coefficiente di effetto utile* della pompa di calore (detto anche *COP coefficient of performance*) è definito dalla relazione:

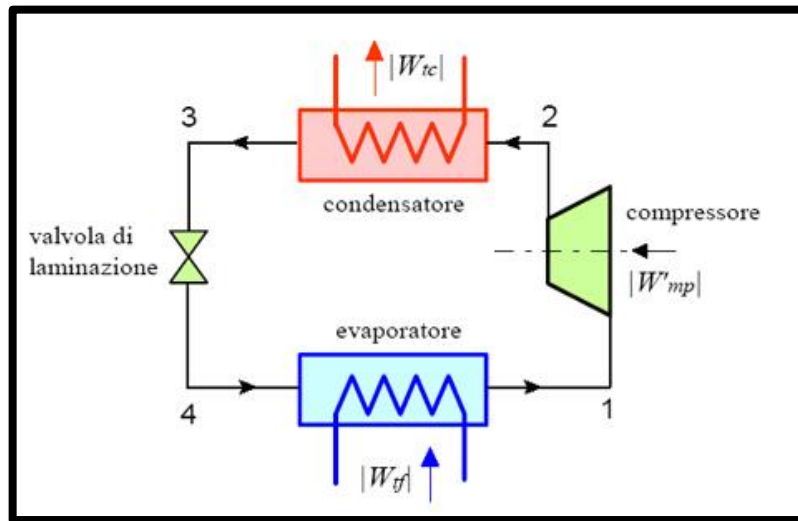
$$Q_1 = Q_2 + L$$

$$\varepsilon' = \frac{Q_1}{L} = \frac{Q_2 + L}{L} = 1 + \varepsilon$$

$$\text{ove è: } \varepsilon = \frac{Q_2}{L}$$

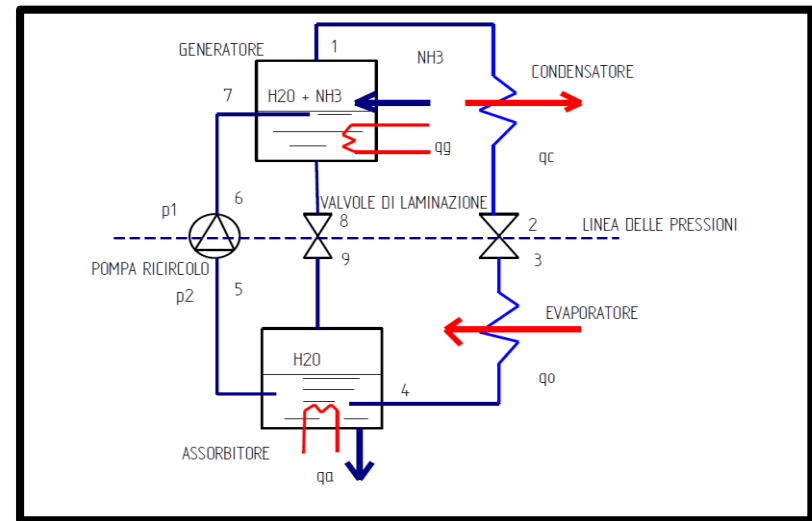
# POMPE DI CALORE

A compressione (az.  
elettrico)



Coefficient of Performance  
COP

Ad assorbimento



Gas Utilization Efficiency  
GUE

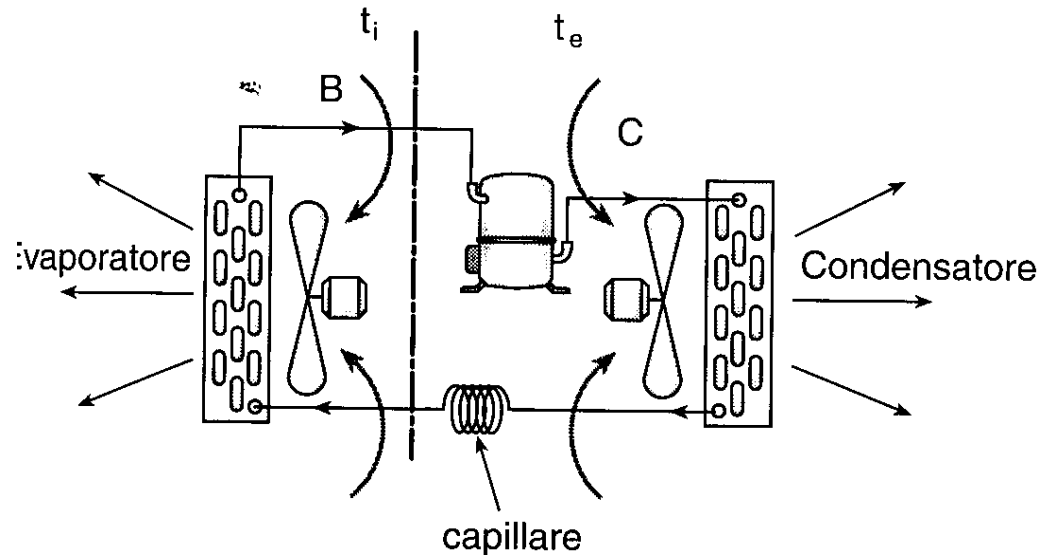
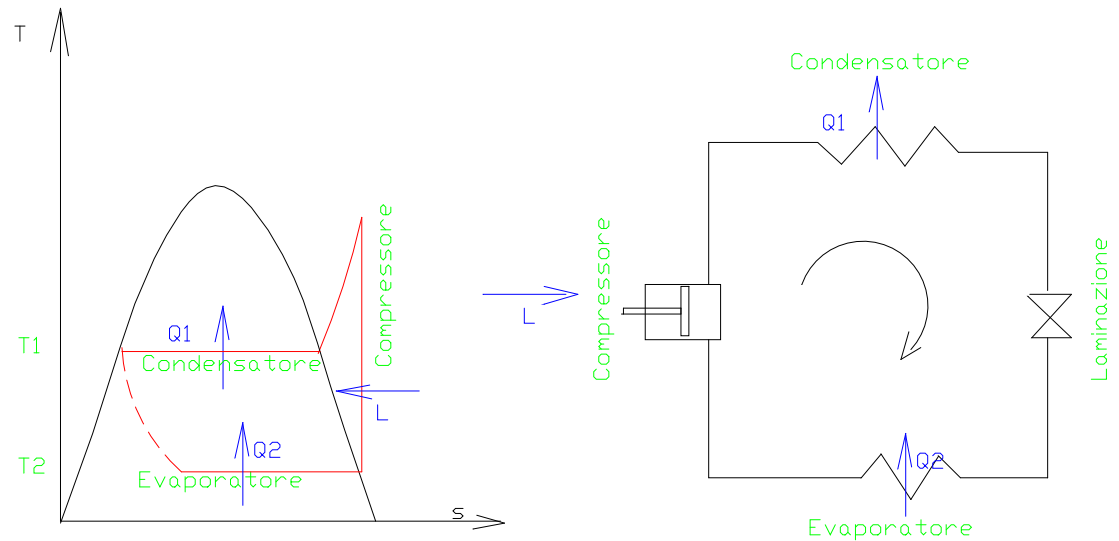


# Pompa di Calore

I valori usuali di  $\epsilon'$  per le macchine commerciali oggi disponibili vanno da circa 2 a circa 4 a seconda delle modalità di scambio termico nel condensatore e nell'evaporatore.

A seconda del fluido di scambio (aria o acqua) si hanno valori minimi per le pompe *aria-aria* e massimi per le pompe di grossa potenzialità del tipo *acqua-acqua*. Si intuisce che avere un *COP* pari a 3 significa ottenere  $3 \text{ kJ}$  di energia termica nell'ambiente da riscaldare contro  $1 \text{ kJ}$  di energia elettrica impegnata per alimentare il compressore e quindi si ha un effetto di moltiplicazione dell'energia elettrica convertita in energia termica e ciò, in qualche modo, compensa la perdita di trasformazione dell'energia termica in elettrica effettuata nelle centrali elettriche.

L'uso delle *pompe di calore* è allora razionale e certamente ammissibile rispetto all'uso delle semplici resistenze elettriche.

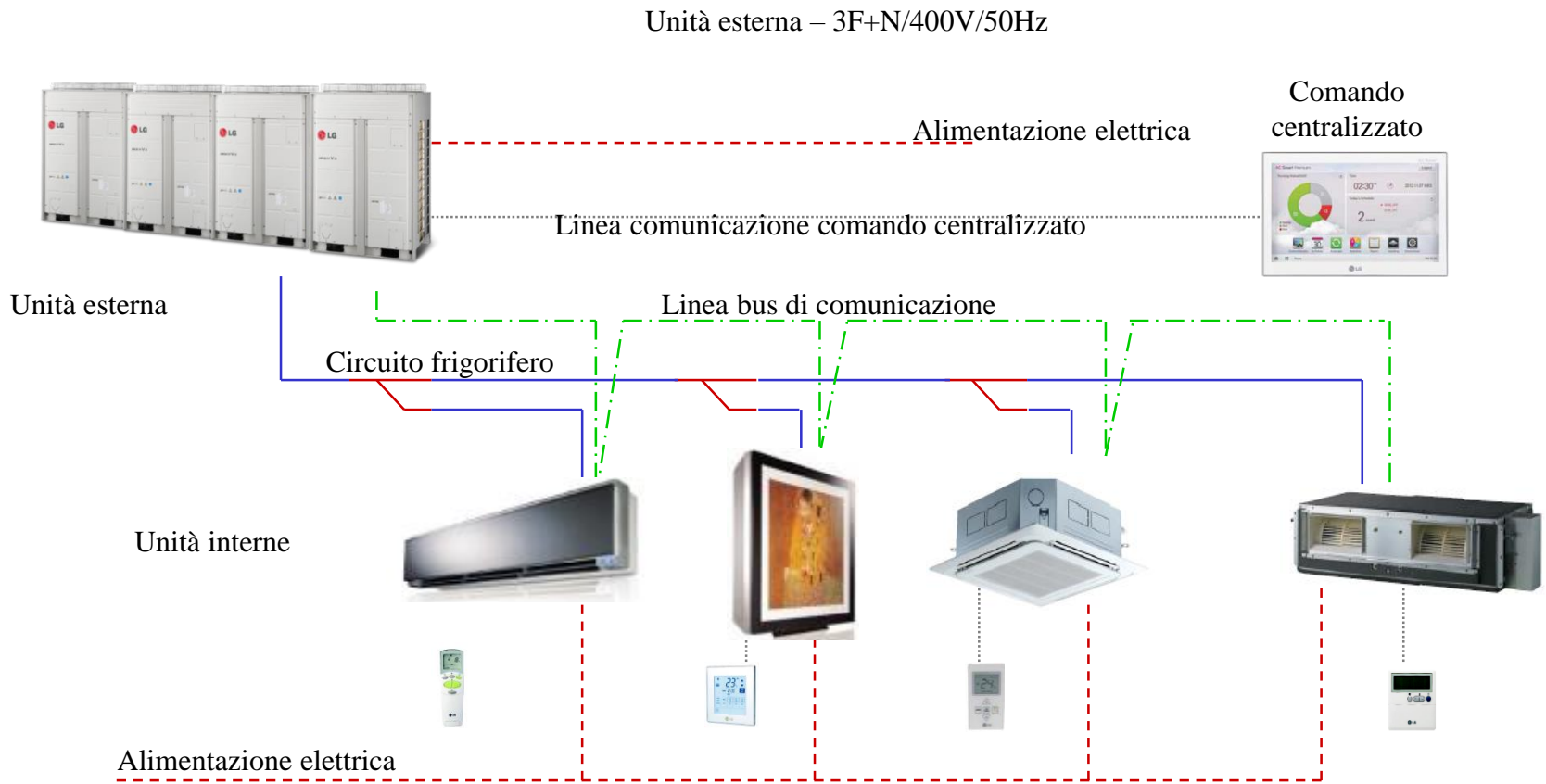


# Le pompe di calore



# IMPIANTO MULTI V (VRF)

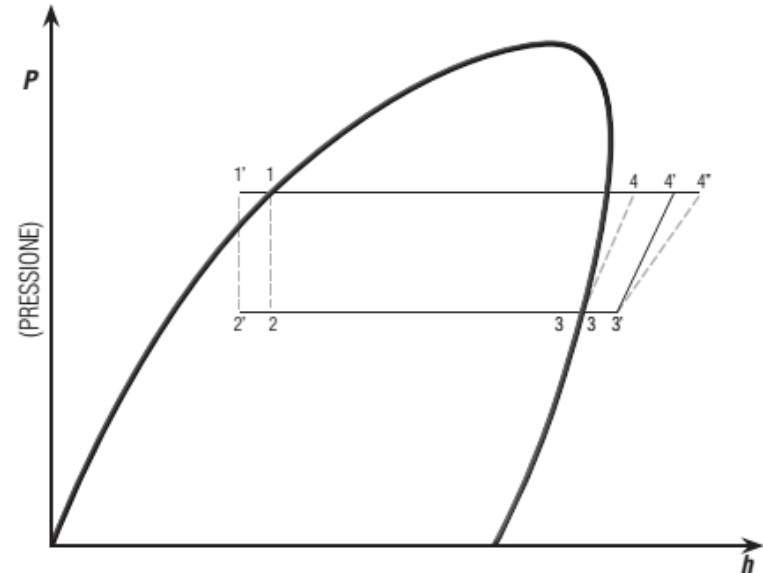
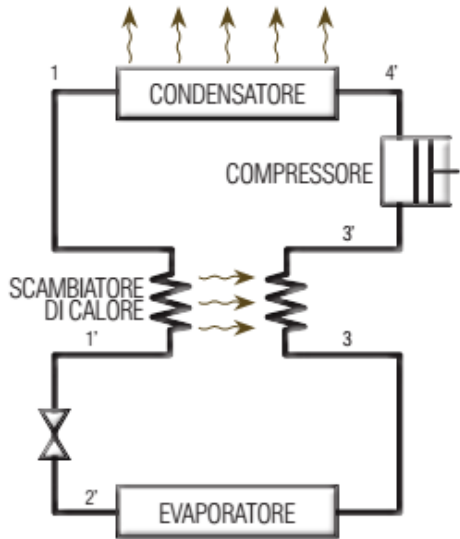
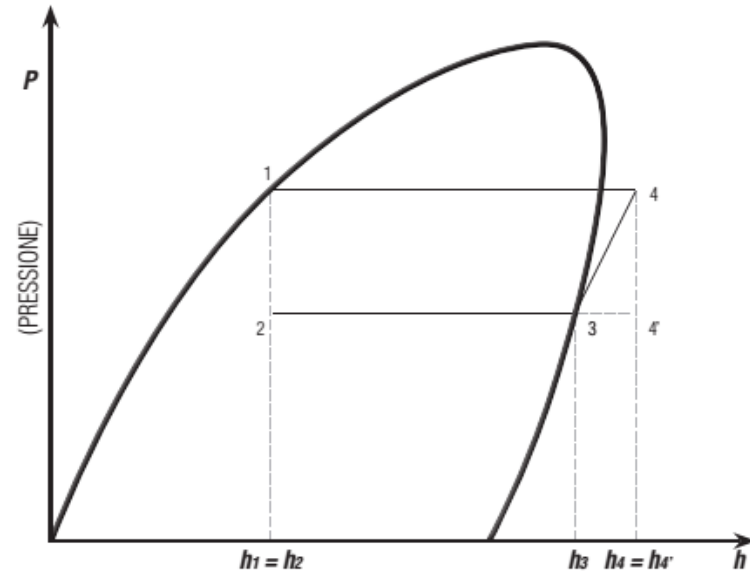
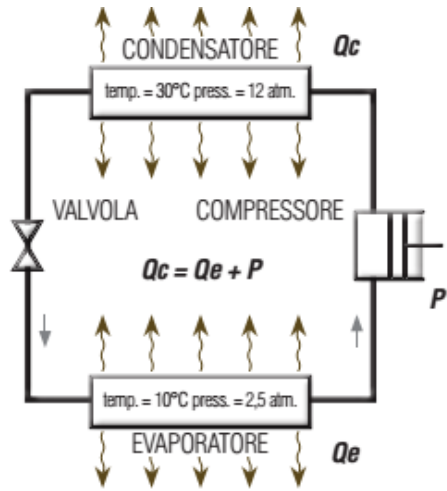
Sistema modulare per la realizzazione di un unico circuito frigorifero di collegamento tra la sola unità esterna e le unità interne.



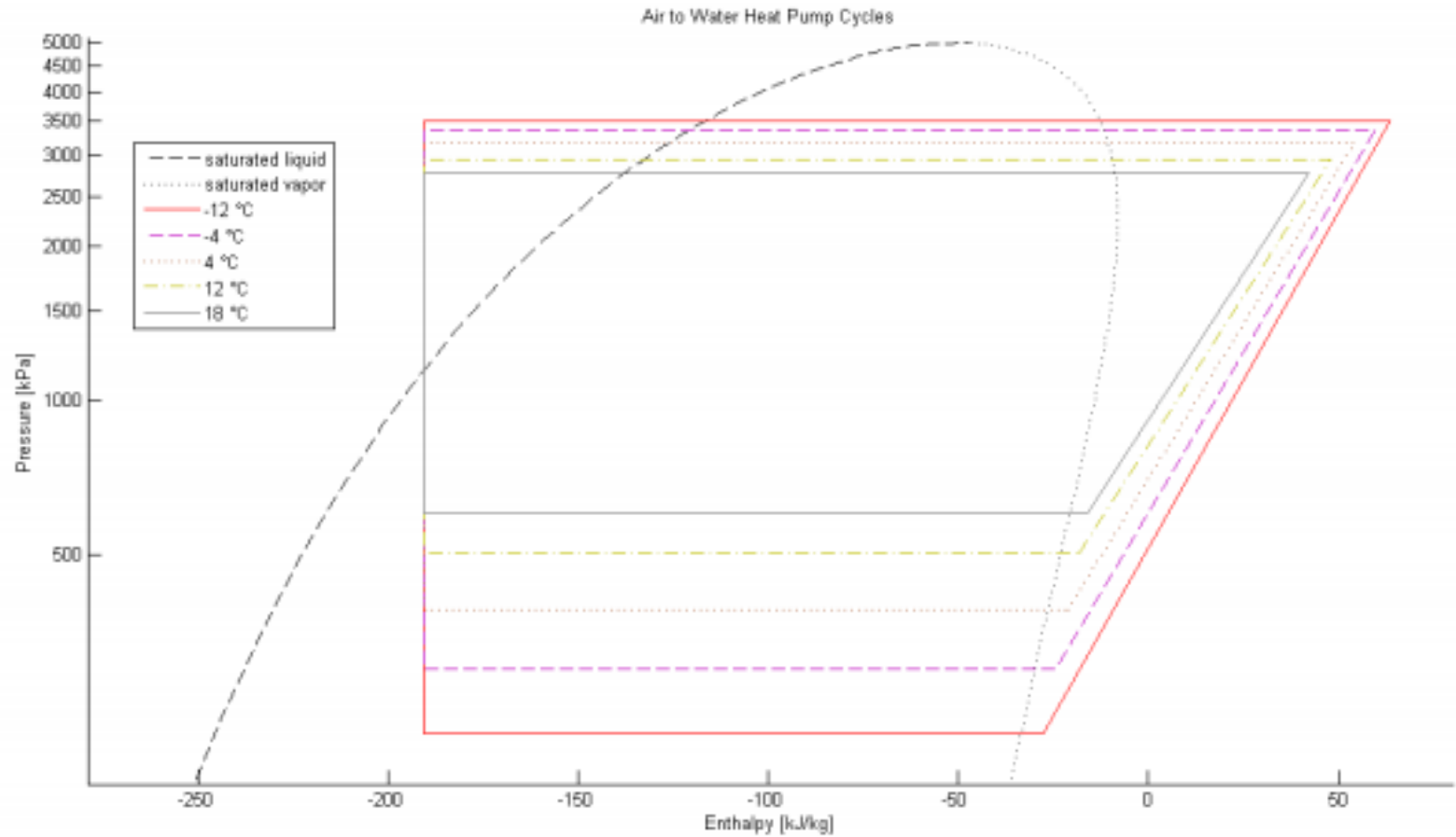
Unità interne – 1F +N/230V/50Hz



# Le pompe di calore – ciclo ideale



# Funzionamento reale di un ciclo inverso





# Efficienze delle pompe di calore

Efficienze di macchine reali:

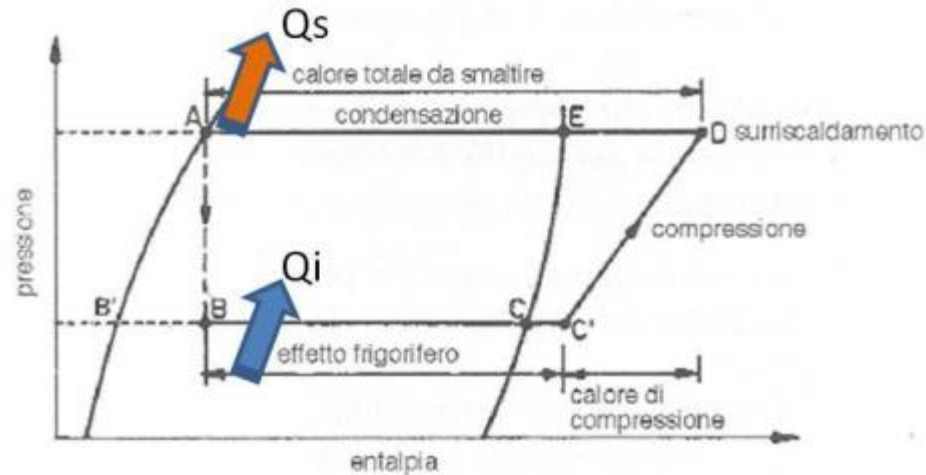
macchina frigorifera  $EER = \frac{Q_i}{L_e} = \frac{h_{C'} - h_B}{h_D - h_{C'}}$

pompa di calore  $COP = \frac{Q_e}{L_e} = \frac{h_D - h_A}{h_D - h_{C'}}$

Efficienze di macchine ideali (Carnot inverso):

macchina frigorifera  $EER_{max} = \frac{1}{T_s/T_i - 1}$

pompa di calore  $COP_{max} = \frac{1}{1 - T_i/T_s}$



# Valori di riferimento delle efficienze

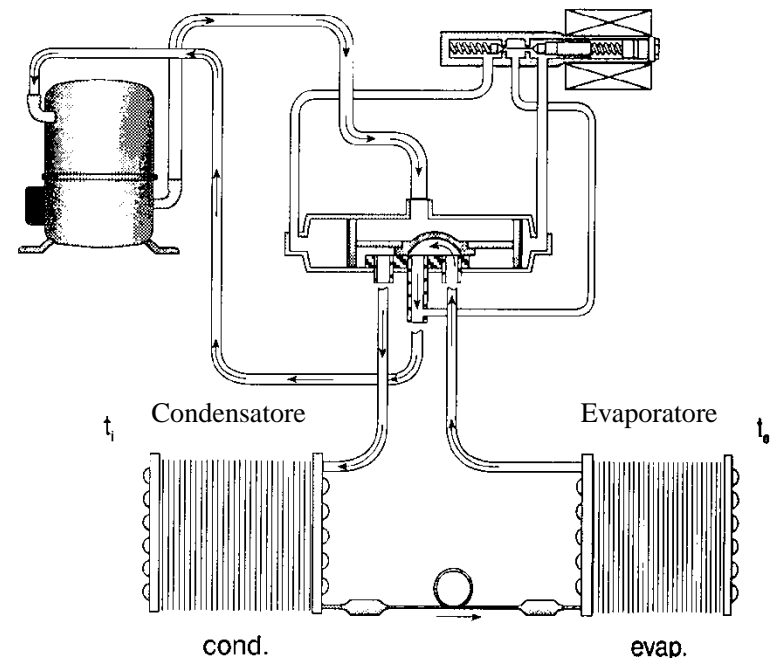
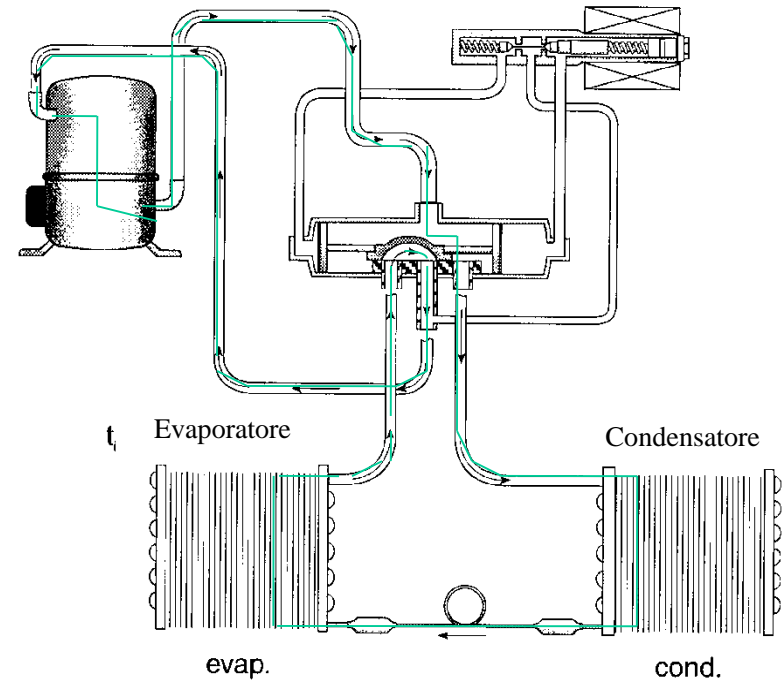
<i>Pompe di calore</i>	<i>Tipologia</i>	<i>Condizioni nominali di riferimento</i>	<i>COP - GUE</i>
Elettriche	aria - acqua	7° - 35°	≧ 3,00
	acqua - acqua	10° - 35°	≧ 4,50
	terra - acqua	0° - 35°	≧ 4,00
	terra - aria	0° - 20°	≧ 4,00
	acqua - aria	15° - 20°	≧ 4,70
	aria - aria	7° - 20°	≧ 4,00
Endotermiche	aria - acqua	7° - 30°	≧ 1,38
	acqua - acqua	10° - 30°	≧ 1,56
	terra - acqua	0° - 30°	≧ 1,47
	terra - aria	0° - 20°	≧ 1,59
	acqua - aria	10° - 20°	≧ 1,60
	aria - aria	7° - 20°	≧ 1,46
Assorbimento	aria - acqua	7° - 50°	≧ 1,30
	terra - acqua	0° - 50°	≧ 1,25
	acqua - acqua	10° - 50°	≧ 1,40

**Tabella A.5.1** – Valori limite di COP e GUE per pompe di calore elettriche, endotermiche e ad assorbimento.

# Pompe di Calore Reversibili

Oggi le pompe di calore si stanno diffondendo notevolmente grazie alla possibilità di *inversione rapida del funzionamento da estivo ad invernale* e viceversa che viene effettuata mediante una apposita *cassetta di scambio*. Ad esempio in si ha un normale ciclo frigorifero arai-aria in funzionamento estivo. In figura si ha lo stesso impianto in funzionamento invernale: si osservi come *le funzioni del condensatore e dell'evaporatore siano state invertite mediante la cassetta di scambio senza dovere fisicamente scambiare le posizioni dei due scambiatori di calore*.

Le problematiche impiantistiche che le pompe di calore pongono sono diverse. Esse richiedono *impianti elettrici di maggiore potenza installata* e pertanto si ha un aggravio di costo anche nel canone mensile pagato all'Azienda Elettrica. Pertanto risulta più ragionevole pensare di avere impianti *reversibili* cioè capaci di fornire freddo in estate (condizionamento) e caldo in inverno (riscaldamento a pompa di calore). In quest'ottica gli impianti a pompa di calore risultano convenienti.



# Problematiche di installazione delle Pompe di Calore

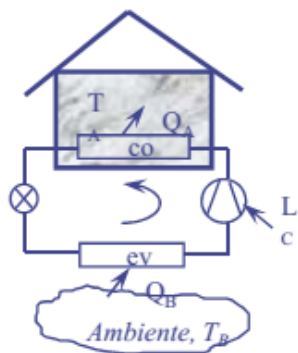
Gli spazi occupati dalle pompe di calore è solitamente limitato e la rete di distribuzione può essere sia ad acqua che ad aria. I terminali possono essere del tipo *fan coil* (cioè dei *termoventilconvettori* capaci di funzionare sia per il riscaldamento che per il condizionamento) o delle *Unità di trattamento aria (UTA)* canalizzate o non. L'esercizio di queste macchine è oltremodo semplice e non richiede alcuna particolare attenzione. La regolazione è solitamente effettuata dalla stessa macchina e risulta molto efficiente (specialmente nei modelli più recenti che fanno uso di logica *fuzzy*). E' bene tenere presente che quando si hanno reti di distribuzione ad aria (*quindi canali*) gli spazi occupati da queste non sono trascurabili e debbono essere tenuti in debito conto in sede progettuale sia impiantistica che architettonica. Di regola i canali d'aria hanno dimensioni non trascurabili e non possono essere nascoste nelle murature, come si fa normalmente con le tubazioni per l'acqua. Il progettista deve prevedere spazi adeguati (dell'ordine del metro) per il passaggio dei canali e per i cavedi di attraversamento fra i vari piani. La mancanza di questi spazi costituisce un grave problema nel momento della posa di questi tipi di impianti e quasi sempre le soluzioni di compromesso comportano modifiche architettoniche e superfetazioni non facili da accettare.

Questo tipo di impianti richiede spesso la controsoffittatura degli ambienti o quanto meno delle zone interessate dall'attraversamento dei canali o dalla presenza delle UTA e dei terminali di mandata. I cicli frigoriferi vengono utilizzati, nei grandi impianti, in opportune macchine per il raffreddamento dell'acqua di alimento delle batterie di acqua fredda nelle centrali di trattamento dell'aria. Queste unità possono raggiungere dimensioni notevoli. Al loro interno si hanno tutti gli organi meccanici ed elettrici indicati in precedenza, come riportato in . Sono ben visibili i compressori alimentati elettricamente, l'evaporatore, il condensatore e il sistema di raffreddamento a ventola in copertura.

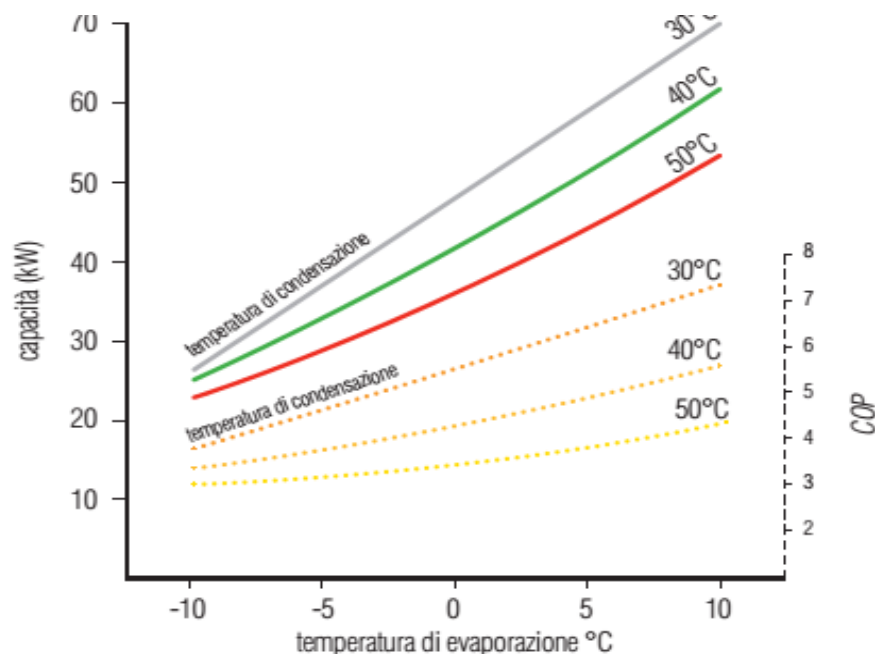
Queste macchine sono oggi molto diffuse nell'impiantistica perché consentono di avere acqua fredda senza la necessità del raffreddamento dei condensatori ad acqua. Questi ultimi, seppure più vantaggiosi dal punto di vista dell'efficienza, richiedono la disponibilità di acqua corrente o l'installazione di torri di raffreddamento ingombranti e complesse.

# Pompe di calore - Definizioni

Alcune relazioni per le pompe di calore.



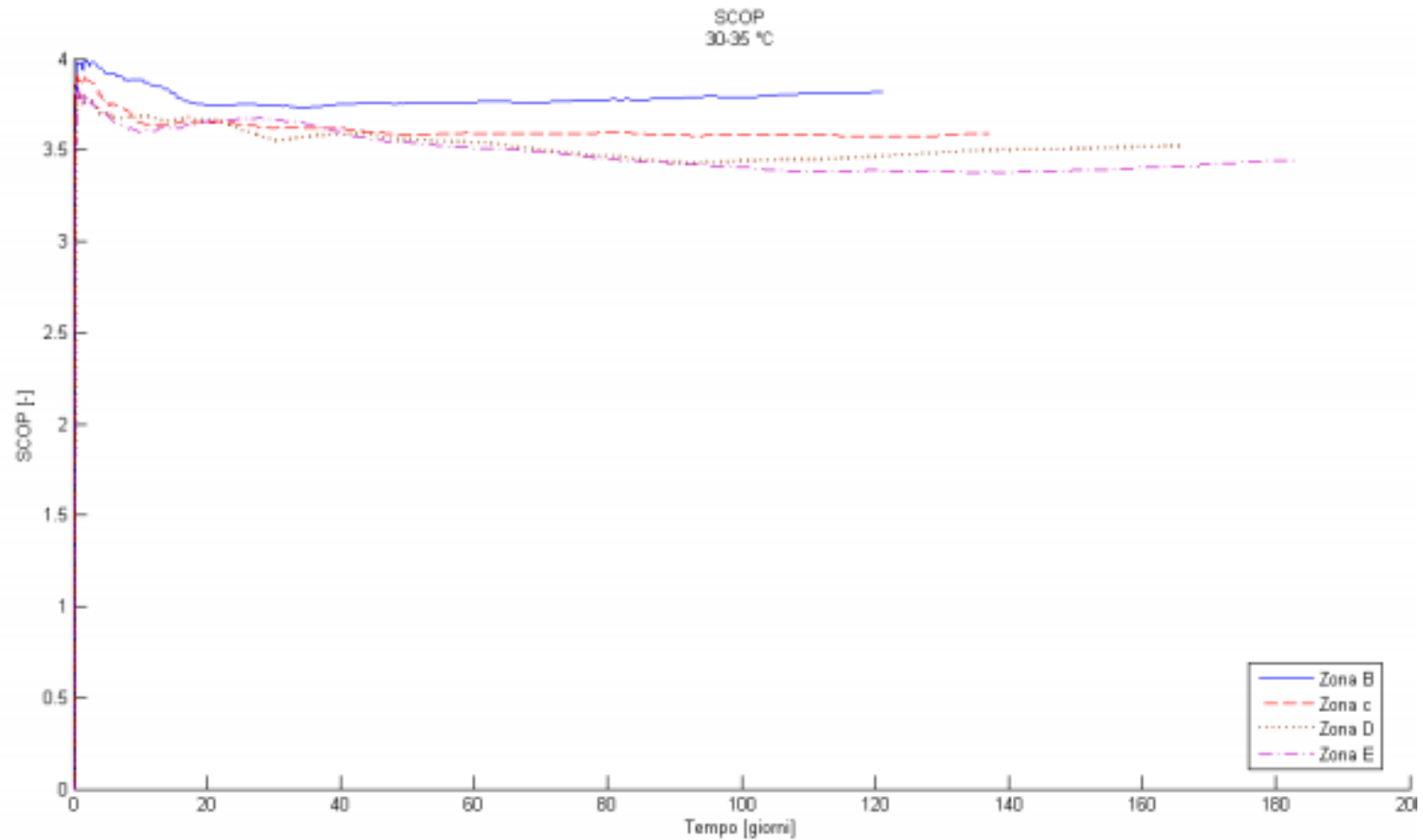
$$COP = \frac{Q_{condensatore}}{L_{compressore+ausiliari}}$$



Per quantificare lo scostamento tra le prestazioni reali e le massime teoriche si può associare alla pompa di calore un rendimento exergetico (detto di **2° principio**), così definito:

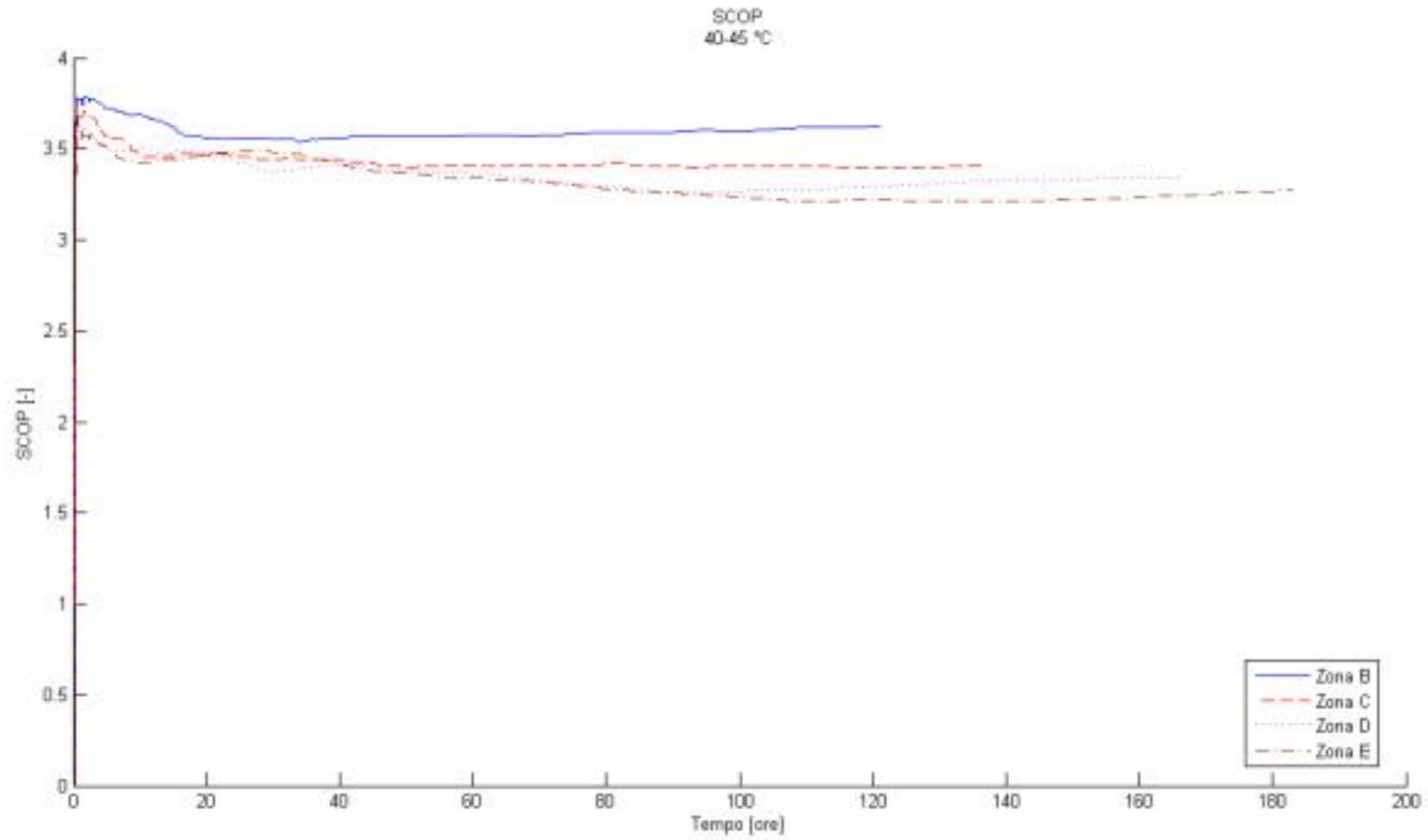
$$\eta_{ex} = \frac{COP}{COP_{max}}$$

# Variazione dello SCOP con la temperatura serbatoio caldo 30-35 °C



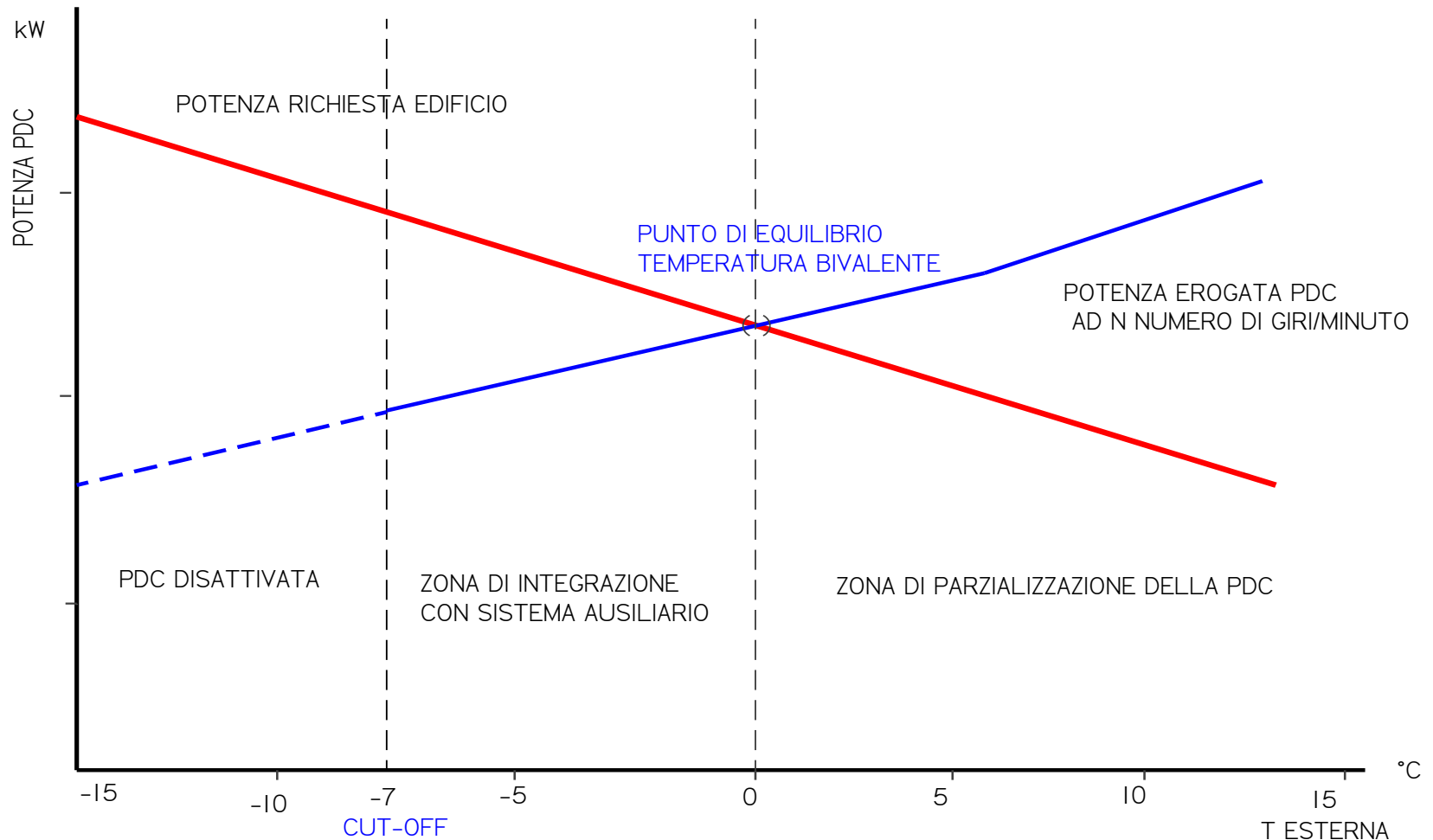


# Variazione dello SCOP con la temperatura serbatoio caldo 40-45 °C



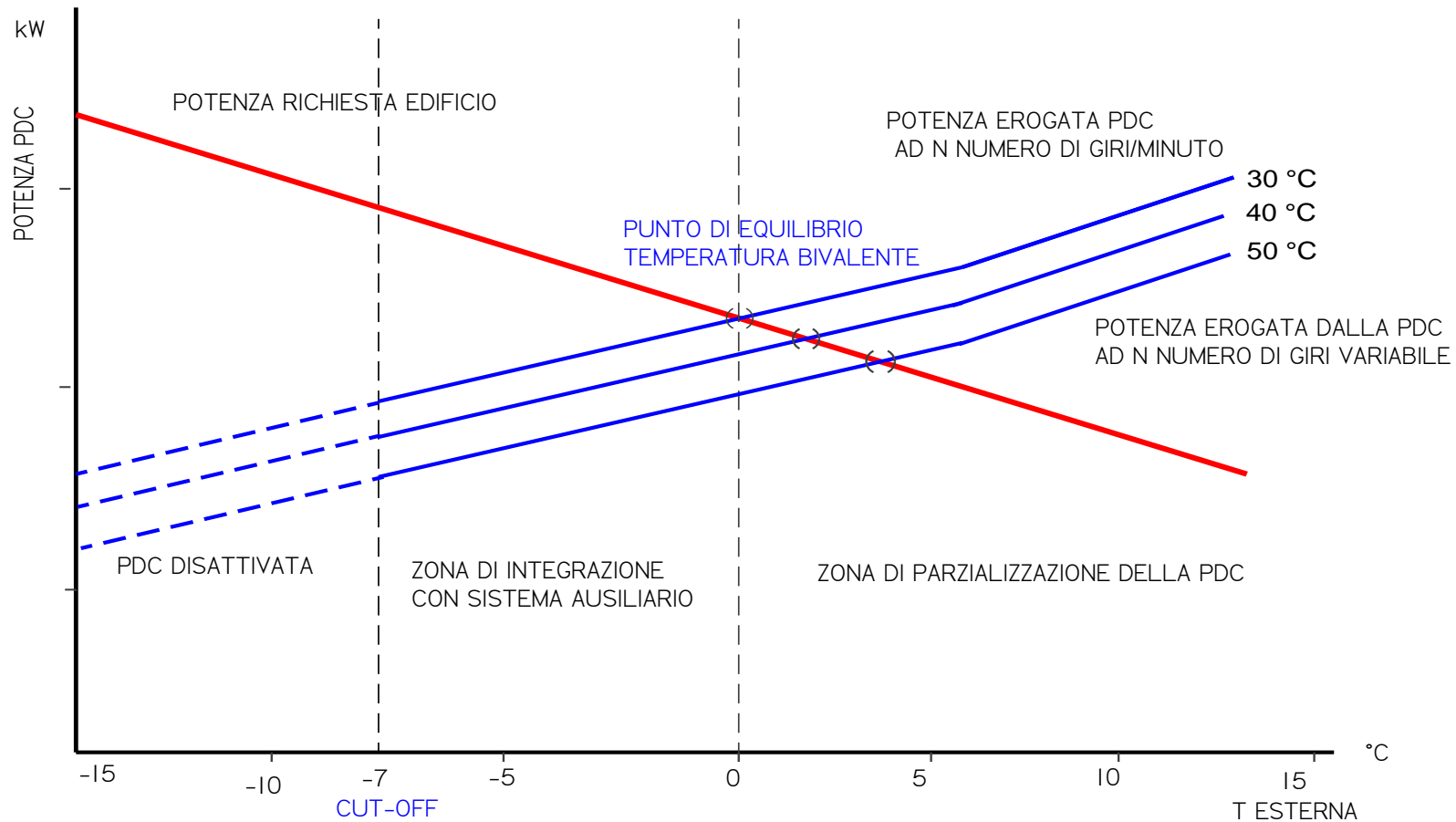
# Punto di equilibrio per il dimensionamento

Il **punto di equilibrio** (detto **temperatura bivalente**) si ha in corrispondenza dell'eguaglianza fra **potenza resa** dalla PdC e **potenza richiesta** dall'edificio.



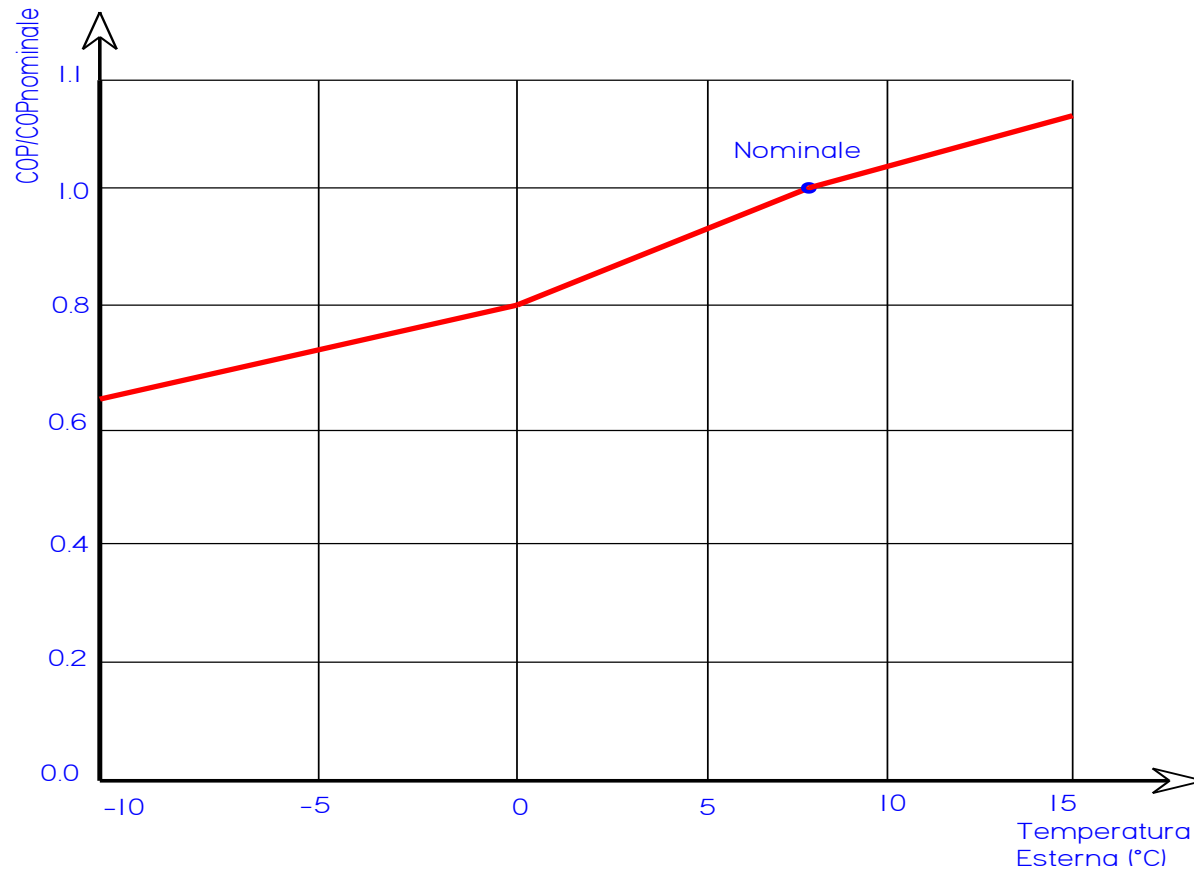
# Punto di equilibrio per il dimensionamento

Nel caso di pompe di calore elettriche a **numero di giri variabili** (con **inverter**) si ha la situazione di figura. Il punto di equilibrio **può seguire** il carico esterno.



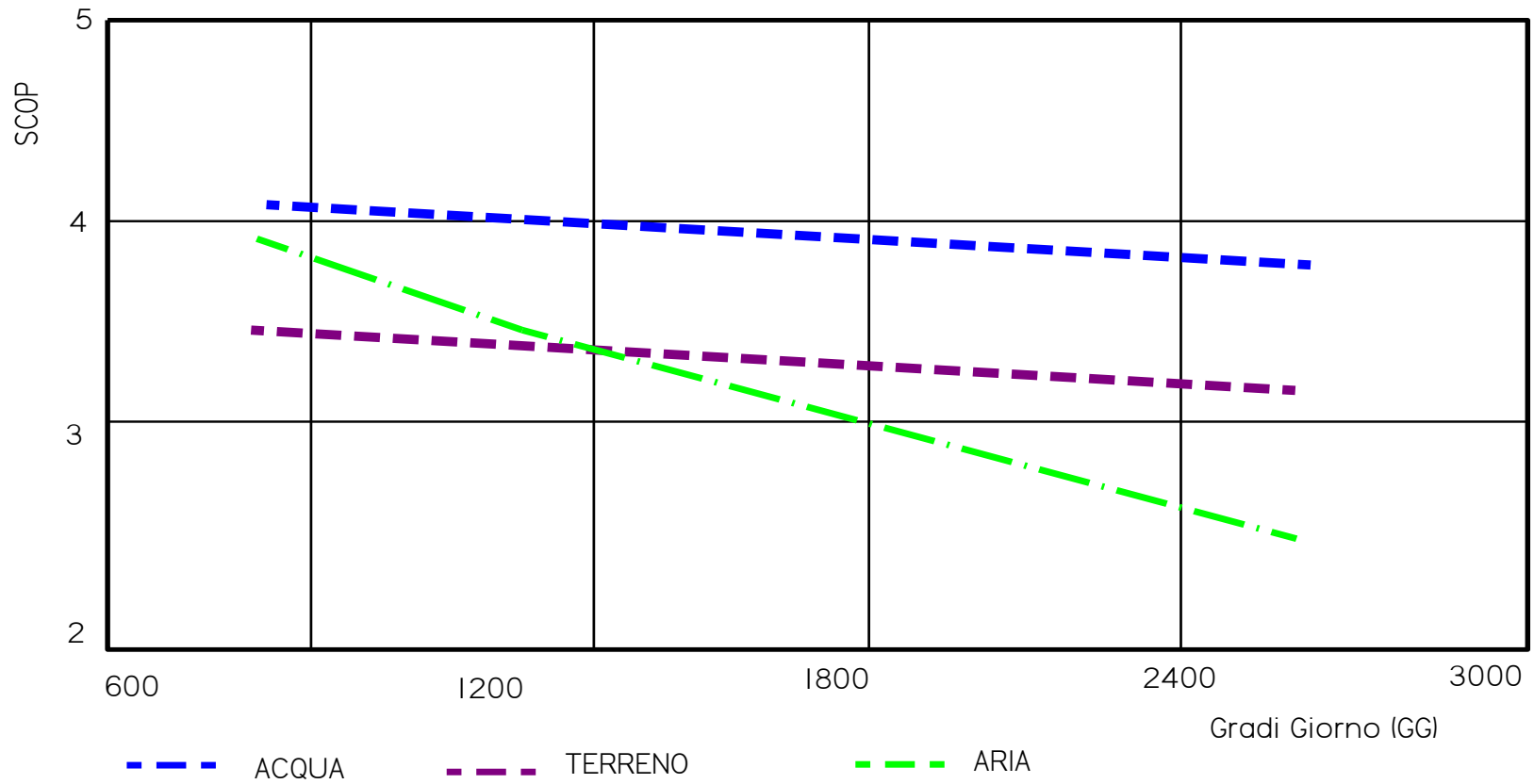
# Decadimento del COP con la Temperatura esterna

Variazione percentuale del COP con la temperatura rispetto alle condizioni nominali.



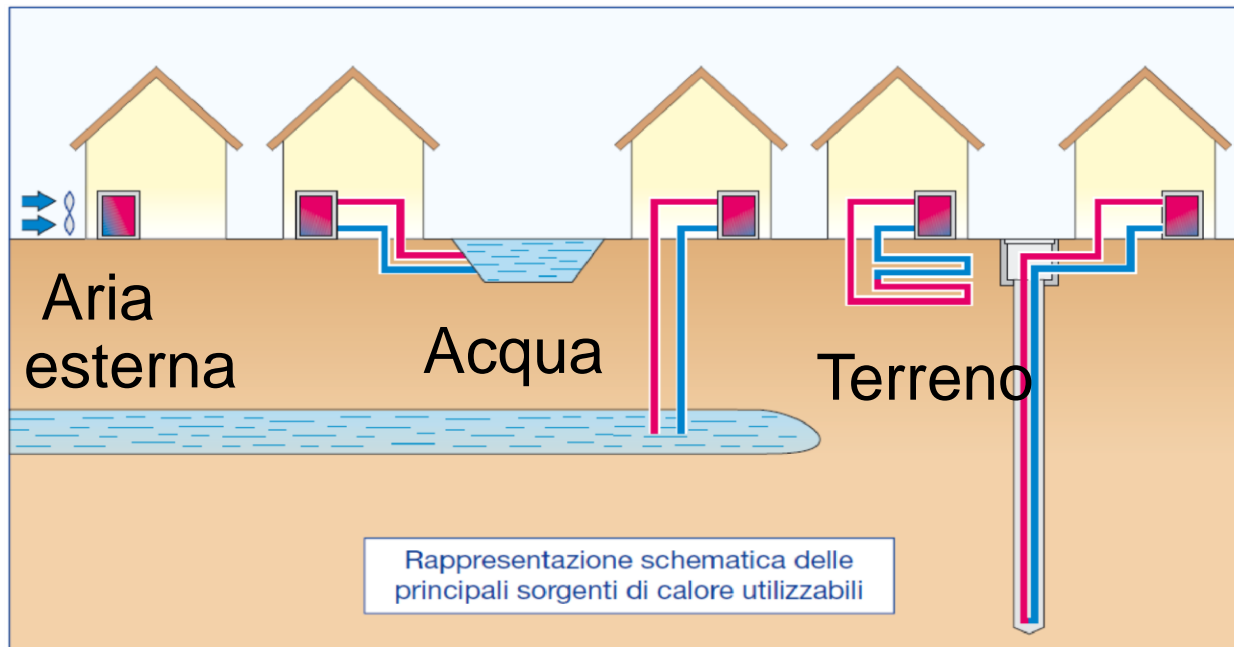
# Ottimizzazione dell'uso delle PdC per varie zone climatiche

Variation of the SCOP of PdC for various climatic zones (heating with radiant panels at 35°C)



# Fonti energetiche per le pompe di calore

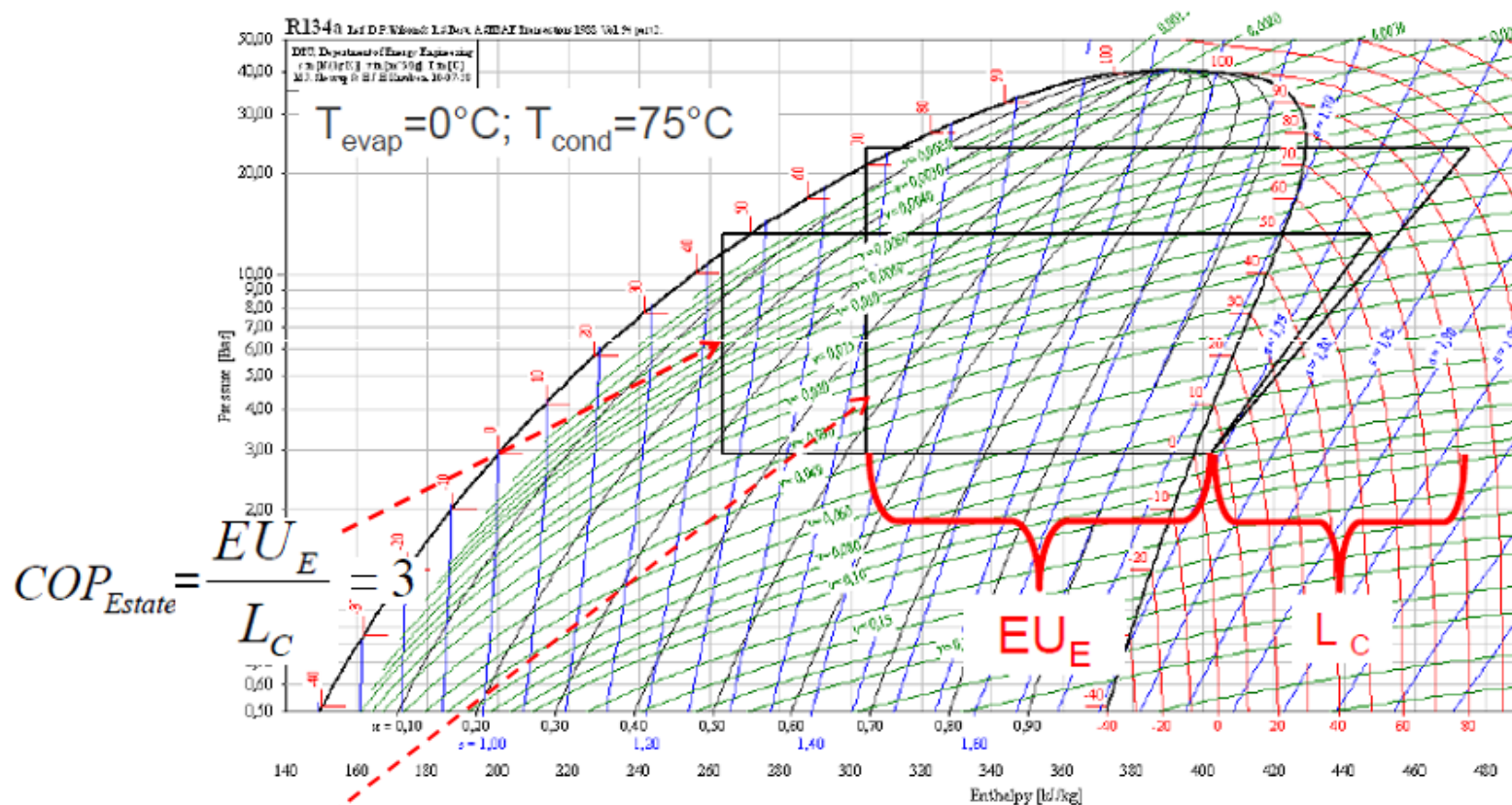
In funzione della sorgente fredda che è il mezzo esterno da cui la pompa di calore estrae calore. Il fluido frigorifero assorbe calore dalla sorgente fredda tramite l'evaporatore.





# Pompe di calore polivalenti a recupero termico

Se si desidera produrre ACS **innalzando la temperatura del pozzo caldo**, ad esempio da 50 °C a 75°C per avere ACS a 60 °C, **si riduce l'EER**.



$$COP_{\text{Estate}} = \frac{EU_E}{L_C} = 1,33 \ll 3$$

- si riduce  $EU_E$  ;
- aumenta  $L_C$

## Calcolo COP stagionale con il metodo approssimato

102

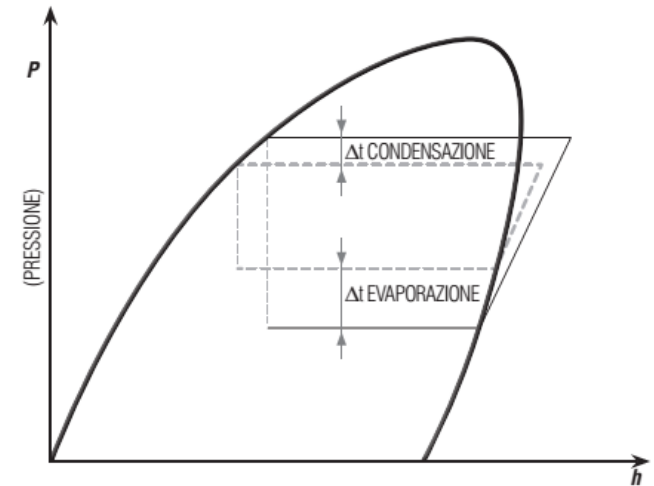
Quando non sono disponibili informazioni dettagliate sulle prestazioni della macchina in varie condizioni di esercizio (temperature delle sorgenti, fattori di carico  $< 1$ ), si devono usare metodi di caratterizzazione alternativi (ad es, la metodologia UNI TS 11300-4).

Nell'ipotesi di ciclo endoreversibile, il COP è il seguente:

$$COP = \eta_{II} \cdot \frac{\Theta_c + \Delta\Theta_{int} + 273.15}{(\Theta_c + \Delta\Theta_{int}) - (\Theta_f + \Delta\Theta_{ext})}$$

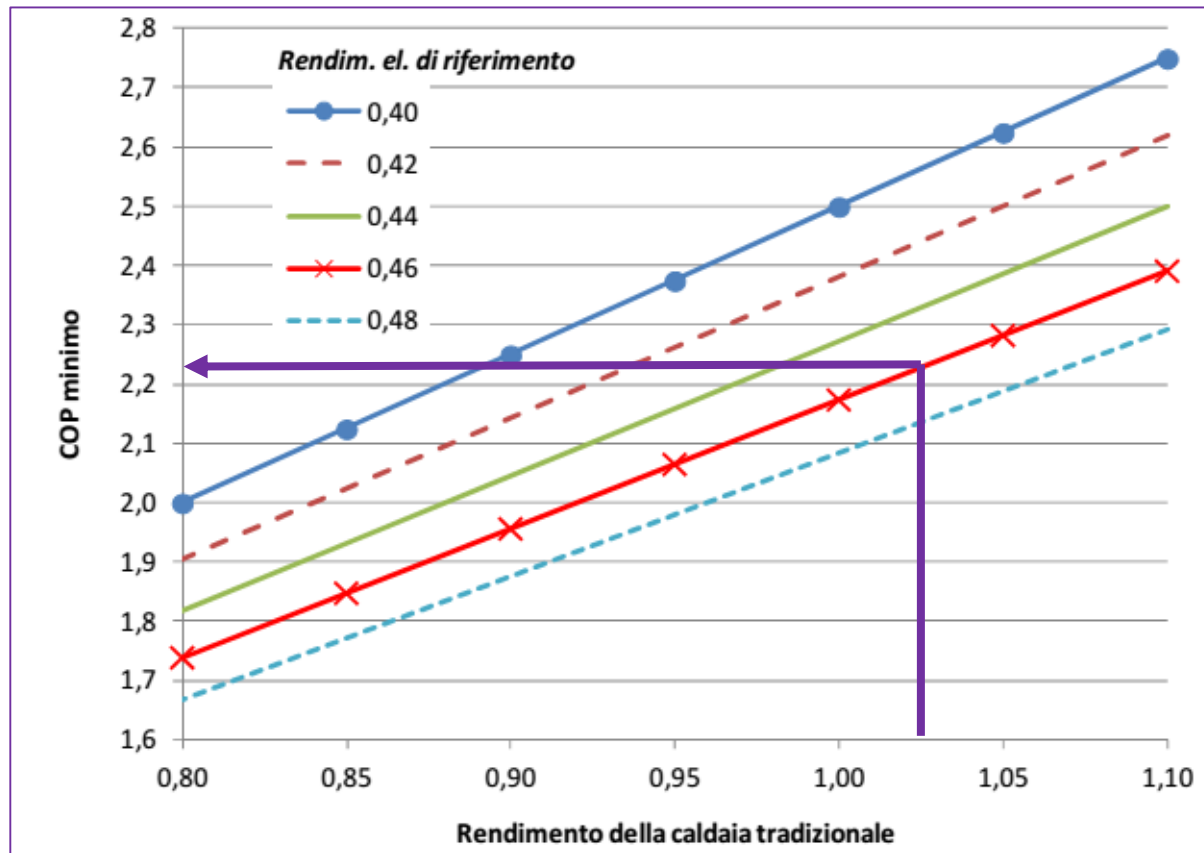
$\Delta\Theta$  differenze di temperature  
negli scambiatori ( $^{\circ}\text{C}$ ) dati in tabella

Fluido termovettore	$DQ_{int}$	$DQ_{ext}$
Aria	+5	-15
Acqua	+5	-10



# Competitività della pompa di calore

**COP minimo** necessario affinché la pompa di calore sia **più efficiente** rispetto ad una caldaia, in funzione del rendimento di caldaia, per vari valori del **rendimento di conversione** per la produzione di energia elettrica



# Generalità sul metodo di calcolo

Il metodo di calcolo descritto nella UNI TS 11300/4 si basa sui seguenti dati:

- potenza termica utile erogata;
- solo per la funzione riscaldamento, potenza richiesta in ingresso (input);
- COP o GUE (in alternativa o in aggiunta alla potenza richiesta:  
$$\text{COP o GUE} = \text{potenza erogata} / \text{potenza richiesta});$$
- coefficiente correttivo del COP e del GUE ai carichi parziali.

# Tipo di fonte energetica sfruttata

<b>Fonte di energia</b>	<b>Tipologia fonte di energia sfruttata</b>	<b>Modalità di estrazione</b>
Aria esterna	Rinnovabile "aerotermica"	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria esterna
Aria interna	Non rinnovabile se proveniente da sistemi impieganti energie fossili, ad esclusione dell'aria di espulsione	Raffreddamento e deumidificazione dell'aria interna di espulsione in sistemi di recupero
Roccia	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Terreno	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Acqua di falda	Rinnovabile "geotermica"	Raffreddamento del sottosuolo
Acqua di mare	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acqua di lago	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acqua di fiume	Rinnovabile "idrotermica"	Raffreddamento acque superficiali
Acque di risulta e liquami di processi tecnologici	Non rinnovabile	Raffreddamento acque e/o liquami di processo

# Generalità sul metodo di calcolo

Ai fini del calcolo secondo la UNI TS 11300/4 il fabbricante deve fornire i seguenti dati:

- **Prestazioni a pieno carico** (ossia a **fattore di carico** macchina (*capacity ratio*) **CR** pari ad **1** alle temperature di sorgente fredda e pozzo caldo) determinate secondo le norme tecniche pertinenti (**temperatura bivalente**).
- **Prestazioni a Fattore di Carico Climatico Parziale** (*Part Load Ratio*) **PLR** diverso da 1, per le pompe di calore a **compressione** di vapore, alle stesse temperature di sorgente fredda e di pozzo caldo di cui al punto precedente secondo le condizioni climatiche di riferimento *Average* (A), *Warmer* (W), *Colder* (C), definite dalla UNI EN 14825.

$$PLR = \frac{(\theta_e - 16)}{(\theta_{des} - 16)}$$

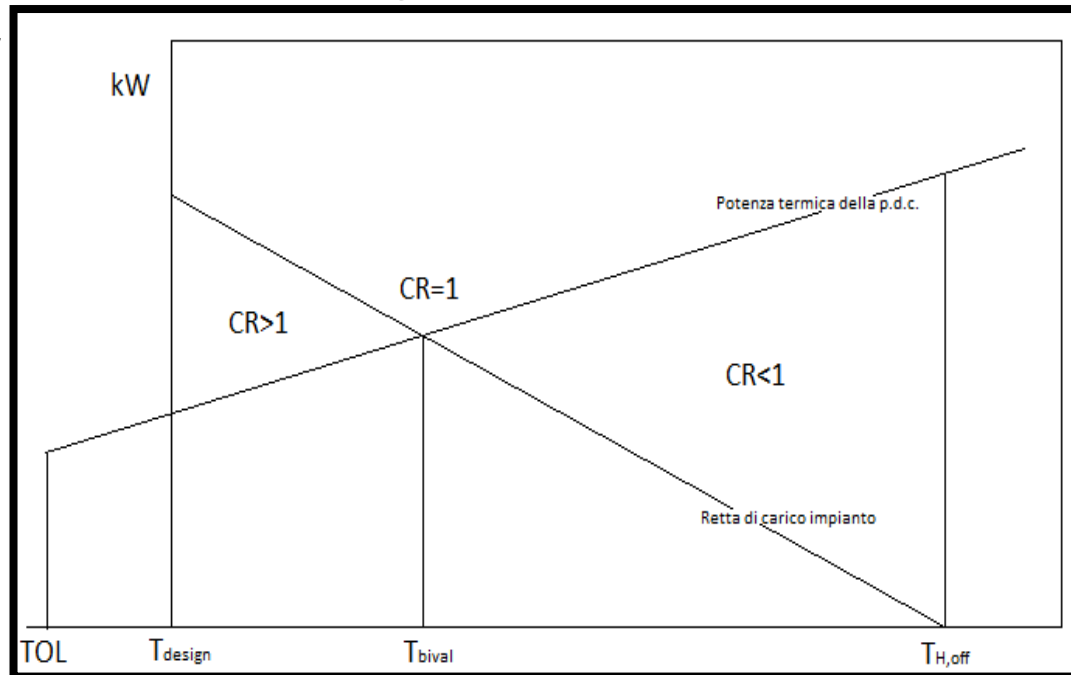
Pedice "e" esterna, "des" per *design* cioè di progetto

- **Prestazioni a Fattore di carico climatico PLR diverso da 1** delle pompe di calore ad **assorbimento** dichiarate dal costruttore in accordo con la UNI EN 12309-2.



## Calcolo del fattore correttivo dai dati del Costruttore

Si calcola la **temperatura bivalente** come punto di intersezione tra la curva che rappresenta la **richiesta di energia dell'edificio** e la curva che rappresenta la **potenza termica della pompa di calore** in un diagramma che abbia in ascissa le temperature e in ordinata la potenza



Si assume quindi che per temperatura pari a quella bivalente ( $DC_{bival}$ ) il **fattore di carico sia unitario** e si determina la potenza termica per la zona climatica interessata:

$$P_{design} = DC_{bival}/PLR = DC_{bival} \cdot [(T_{design} - 16)/(T_{bival} - 16)]$$

dove 16°C è la cosiddetta **temperatura di bilanciamento**

# Calcolo del fattore di carico della PdC al variare di PLR

Si calcola quindi il fattore di carico della pompa di calore, **CR**, per ognuna delle quattro condizioni A, B, C, D con la formula:

$$CR(j) = [PLR(j) \cdot P_{design}] / D C'(j)$$

Infine il fattore correttivo del COP al variare del fattore di carico sarà:

$$f_{COP(j)} = COP(j) / COP'(j)$$

Per **T<sub>bivalente</sub>** il fattore di carico e il fattore correttivo sono pari a **1**, mentre per valori della temperatura dell'aria inferiori i fattori di carico risultano **maggiori** di 1.

Le coppie di punti **CR(j)** e **f<sub>corr(j)</sub>** definiscono l'andamento del fattore correttivo al variare della temperatura della sorgente fredda da usare nella procedura di calcolo.

Anche qui per valori intermedi si prosegue mediante interpolazione lineare.

# Condizioni climatiche di riferimento

Tre **condizioni di riferimento** definite dalla **UNI EN 14825**

**Average (A)**, **Warmer (W)** and **Colder (C)**.

$\theta_{des}$  **“Colder”** condizioni di temperatura a bulbo secco -22 °C temperatura esterna e 20 °C interna;

•  $\theta_{des}$  **“Average”** condizioni di temperatura a bulbo secco -10 °C temperatura esterna e 20 °C interna;

•  $\theta_{des}$  **“Warmer”** condizioni di temperatura a bulbo secco +2 °C temperatura esterna e 20 °C interna.

**Temperatura bivalente**  $\theta_{biv}$  definita come:

• Per la stagione di riscaldamento in condizioni **“Colder”** la temperatura a bulbo secco bivalente è pari a -7 °C o minore;

• Per la stagione di riscaldamento in condizioni **“Average”** la temperatura a bulbo secco bivalente è pari a +2 °C o minore;

• Per la stagione di riscaldamento in condizioni **“Warmer”** la temperatura a bulbo secco bivalente è pari a +7 °C o minore;

zone climatiche



- clima freddo
- clima medio
- clima caldo

# Condizioni climatiche di riferimento

Condizioni di riferimento fornite dalla UNI TS 11300/4 per i dati prestazionali forniti dal fabbricante.

Pompe di calore per **solo riscaldamento o funzionamento combinato**.

Sorgente fredda	Temperatura sorgente fredda				Temperatura pozzo caldo riscaldamento ad aria <sup>1)</sup>	Temperatura pozzo caldo riscaldamento idronico <sup>2)</sup>			Temperatura pozzo caldo produzione acs <sup>3)</sup>	
	-7	2	7	12		35	45	55	45	55
Aria	-7	2	7	12	20	35	45	55	45	55
Acqua		5	10	15	20	35	45	55	45	55
Terreno/roccia	-5	0	5	10	20	35	45	55	45	55

1) Temperatura di ripresa.  
2) Per almeno una delle temperature indicate. Altri dati suggeriti: 25 °C, 65 °C.  
3) Per almeno una delle temperature indicate.

# Dati caratteristici forniti dal costruttore per PdC

## Esempio di dati per PdC

Dati informativi

2 Pompa di calore da 13 Kw

Potenza termica nominale 13.00 kW COP - GUE 3.70 %

Tipologia di pompa a compressione di vapore ad azionamento elettrico

Tipo di funzionamento a potenza variabile / modulari

Fonte di energia Aria esterna -----> Rinnovabile "aerotermica"

Tipo di sorgente fredda Aria Fluido termovettore Acqua

---

Prestazioni

Fattore correttivo Impostazioni integrazione / recupero endotermico

Temperature di mandata 30-35-40-45 °C

Temperature di sorgente -7,-2,2,7

**Tabella COP - GUE**

Temperat. sorgente fredda	Temperatura pozzo caldo			
	30	35	40	45
-7	2.700	2.700	2.400	2.000
-2	3.600	3.000	2.700	2.200
2	4.080	3.450	3.200	2.800
7	5.150	4.300	3.900	3.500

**Tabella potenze termica**

Temperat. sorgente fredda	Temperatura pozzo caldo			
	30	35	40	45
-7	10.00	11.00	12.00	13.00
-2	11.00	12.00	13.00	14.00
2	12.00	13.00	14.00	15.00
7	13.00	14.00	15.00	16.00

Line graph showing COP vs temperature difference for different condenser temperatures (30°C, 35°C, 40°C, 45°C). COP increases with both condenser temperature and temperature difference.

Line graph showing thermal power vs temperature difference for different condenser temperatures (30°C, 35°C, 40°C, 45°C). Thermal power increases with both condenser temperature and temperature difference.

# Condizioni climatiche di riferimento

Condizioni di riferimento fornite dalla UNI-TS 11300/4 per i dati prestazionali forniti dal fabbricante.

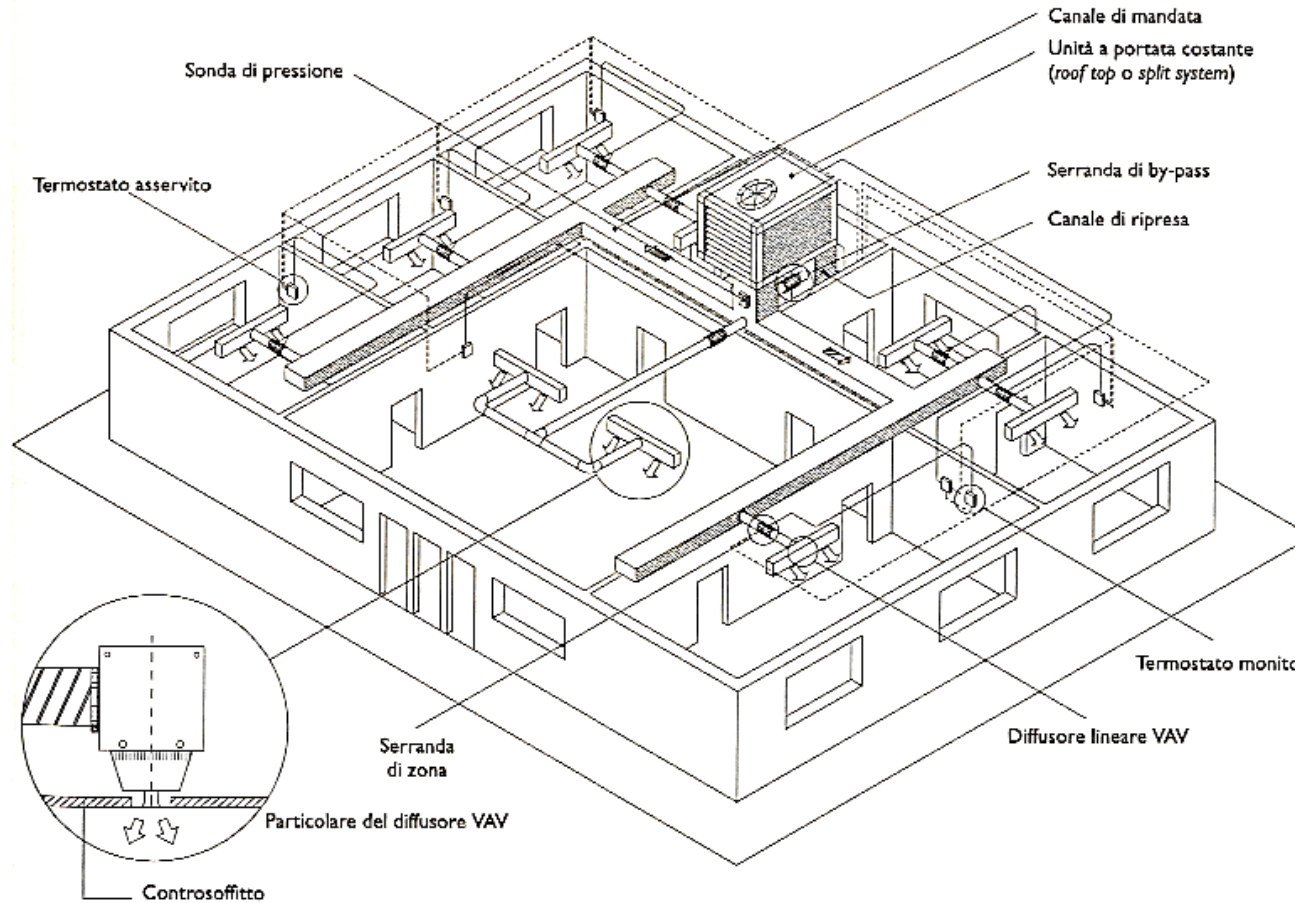
Pompe di calore per **sola produzione di ACS**.

Pompa di calore	Temperatura sorgente fredda (aria)				Temperatura pozzo caldo produzione acs <sup>1)</sup>
Sola produzione acs	7	15	20	35	55
1) Per almeno una delle temperature indicate. Altri dati suggeriti: 45 °C, 65 °C.					

# Problematiche di installazione delle Pompe di Calore

In figura si ha un esempio di installazione di una macchina a pompa di calore che alimenta unità terminali canalizzati.

Si osservino gli ingombri degli impianti.





# Pompe di calore aria acqua

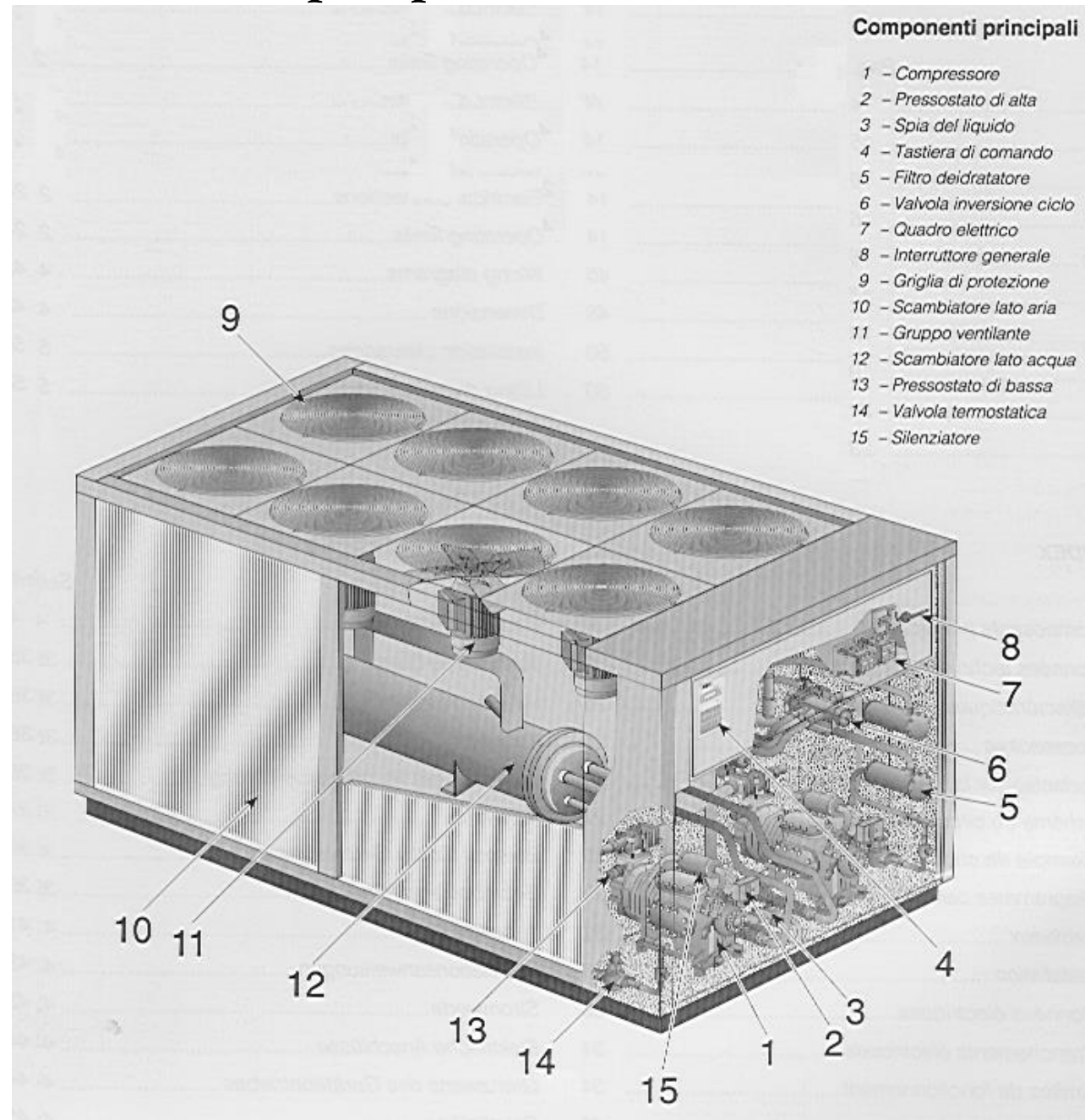


# Pompe di calore acqua - acqua



# Selezione delle pompe di calore

La selezione dei refrigeratori d'acqua e delle pompe di calore viene effettuata tramite i cataloghi forniti dal costruttore nel quale si hanno tutti i dati necessari sia alla selezione del modello che alla progettazione impiantistica (potenza dei motori, diametro di attacco, ingombro geometrico, peso, schemi elettrici, tipo di alimentazione, ....).





# Data Sheet

## TABELLA 6 POTENZE TERMICHE IN POMPA DI CALORE

Modello	LWT °C		Temperatura dell'Aria Entrante nella Batteria di Scambio °C														
			-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	7	8	10	12	14	16
AWHP 90	40	Risc. kW	137	157	176	196	215	235	254	274	294	303	313	333	352	372	392
		Pot. Ass. kW	69.6	71.4	73.1	75.0	77.2	78.8	81.5	82.5	84.3	85.2	86.1	87.9	89.8	91.8	93.5
	45	Risc. kW		144	164	182	201	219	238	257	276	285	205	314	333	351	371
		Pot. Ass. kW		73.0	75.0	77.1	97.5	81.2	84.3	85.3	87.2	88.3	89.4	91.3	93.5	95.4	97.5
	50	Risc. kW				167	185	204	222	241	259	268	277	295	313	331	350
		Pot. Ass. kW				79.0	81.7	83.6	85.8	88.0	90.4	91.4	92.6	94.8	97.0	99.4	101.5
	52	Risc. kW					179	198	219	235	252	263	270	288	305	323	342
		Pot. Ass. kW					82.5	84.5	86.7	89.0	91.3	92.5	93.6	96.0	98.3	100.5	103.1
AWHP 100	40	Risc. kW	150	170	190	210	230	250	270	290	310	320	330	350	370	390	410
		Pot. Ass. kW	82.7	84.9	87.0	89.3	92.0	93.9	97.2	98.4	100.6	101.7	102.8	105.0	107.3	109.7	111.8
	45	Risc. kW		158	178	197	216	235	254	274	293	302	312	332	351	370	390
		Pot. Ass. kW		86.8	89.3	91.8	94.8	96.8	100.6	101.8	104.2	105.5	106.8	109.2	111.8	114.2	116.7
	50	Risc. kW				182	201	220	239	258	277	286	295	314	332	351	370
		Pot. Ass. kW				94.1	97.4	99.8	102.4	105.1	108.0	109.3	110.7	113.4	116.1	119.0	121.6
	52	Risc. kW					195	214	236	252	270	279	288	307	324	343	362
		Pot. Ass. kW					98	100.8	103.5	106.4	109.2	110.6	112.0	114.9	117.7	120.4	123.5

LWT = Temp. Acqua Calda Uscente

Zona di limitazione per alta temperatura di mandata

I valori delle potenze termiche e delle potenze assorbite indicate sono quelli medi che si verificano tra un ciclo di sbrinamento e l'altro.

## TABELLA 7 POTENZE FRIGORIFERE

	LWT °C	Temperatura dell'Aria Entrante nella Batteria di Scambio °C													
		20		25		30		35		38		40		45	
		Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW
AWHP 90	5	292	73.7	273	78.2	257	82.4	234	85.6	220	87.9	211	89.3	186	86.5
	6	301	75.8	282	80.3	265	84.6	243	87.7	229	90.0	219	91.4	194	89.0
	7	310	77.6	291	82.1	274	86.3	251	89.5	238	91.3	228	92.8	202	94.0
	8	318	79.4	300	83.9	284	88.1	260	91.3	246	93.6	237	95.0	209	98.9
	10	336	82.9	318	87.4	300	91.7	277	94.8	262	96.6	245	98.1	179	81.1
12	354	86.4	334	90.7	316	95.0	293	98.1	278	100.0	211	81.1	187	83.6	
AWHP 100	5	336	94.5	314	100.2	295	105.7	269	109.7	253	112.7	242	114.5	169	88.7
	6	346	97.2	324	102.9	305	108.4	279	112.4	263	115.4	252	117.2	174	91.3
	7	356	99.5	334	105.2	315	110.6	289	114.8	273	117.1	262	119.0	181	96.4
	8	366	101.8	345	107.5	326	113.0	299	117.0	283	120.0	212	97.4	187	101.4
	10	386	106.3	365	112.0	345	117.5	248	97.2	234	99.1	220	100.6	201	104.0
12	407	110.8	384	116.3	283	97.4	262	100.6	249	102.5	242	104.0	182	75.5	



# Data Sheet per le pompe di calore

**TABELLA 7**
**POTENZE FRIGORIFERE**

LWT °C		Temperatura dell'Aria Entrante nella Batteria di Scambio °C													
		20		25		30		35		38		40		45	
		Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW
AWHP 90	5	292	73.7	273	78.2	257	82.4	234	85.6	220	87.9	211	89.3	186	86.5
	6	<b>301</b>	<b>75.8</b>	<b>282</b>	<b>80.3</b>	<b>265</b>	<b>84.6</b>	<b>243</b>	<b>87.7</b>	<b>229</b>	<b>90.0</b>	<b>219</b>	<b>91.4</b>	<b>194</b>	<b>89.0</b>
	7	310	77.6	291	82.1	274	86.3	251	89.5	238	91.3	228	92.8	202	94.0
	8	<b>318</b>	<b>79.4</b>	<b>300</b>	<b>83.9</b>	<b>284</b>	<b>88.1</b>	<b>260</b>	<b>91.3</b>	<b>246</b>	<b>93.6</b>	<b>237</b>	<b>95.0</b>	<b>209</b>	<b>98.9</b>
	10	336	82.9	318	87.4	300	91.7	277	94.8	262	96.6	245	98.1	179	81.1
	12	<b>354</b>	<b>86.4</b>	<b>334</b>	<b>90.7</b>	<b>316</b>	<b>95.0</b>	<b>293</b>	<b>98.1</b>	<b>278</b>	<b>100.0</b>	<b>211</b>	<b>81.1</b>	<b>187</b>	<b>83.6</b>
AWHP 100	5	336	94.5	314	100.2	295	105.7	269	109.7	253	112.7	242	114.5	169	88.7
	6	<b>346</b>	<b>97.2</b>	<b>324</b>	<b>102.9</b>	<b>305</b>	<b>108.4</b>	<b>279</b>	<b>112.4</b>	<b>263</b>	<b>115.4</b>	<b>252</b>	<b>117.2</b>	<b>174</b>	<b>91.3</b>
	7	356	99.5	334	105.2	315	110.6	289	114.8	273	117.1	262	119.0	181	96.4
	8	<b>366</b>	<b>101.8</b>	<b>345</b>	<b>107.5</b>	<b>326</b>	<b>113.0</b>	<b>299</b>	<b>117.0</b>	<b>283</b>	<b>120.0</b>	<b>212</b>	<b>97.4</b>	<b>187</b>	<b>101.4</b>
	10	386	106.3	365	112.0	345	117.5	248	97.2	234	99.1	220	100.6	201	104.0
	12	<b>407</b>	<b>110.8</b>	<b>384</b>	<b>116.3</b>	<b>283</b>	<b>97.4</b>	<b>262</b>	<b>100.6</b>	<b>249</b>	<b>102.5</b>	<b>242</b>	<b>104.0</b>	<b>182</b>	<b>75.5</b>

LWT = Temp. Acqua Refrigerata Uscente

Zona di parzializzazione del compressore per raggiungimento della massima potenza assorbibile

**TABELLA 8**
**RAFFREDDAMENTO E RECUPERO DI CALORE**

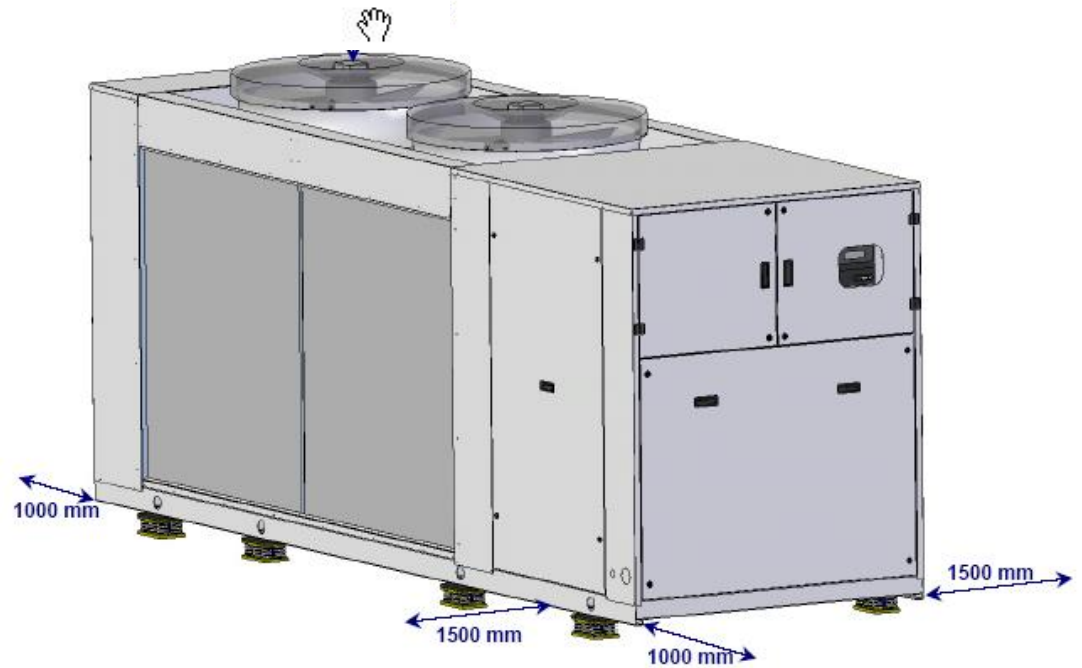
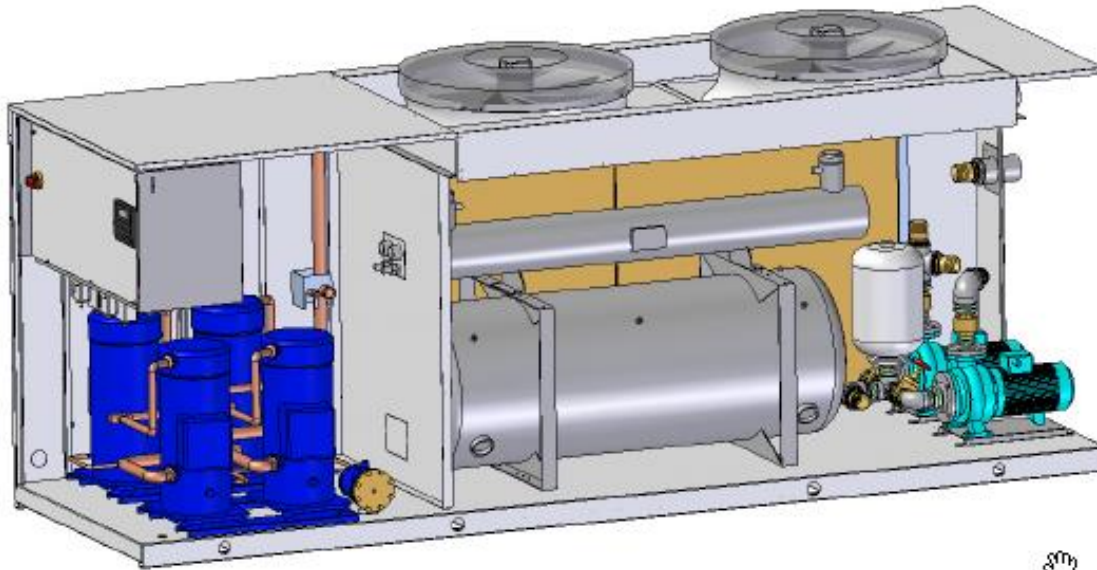
LWT °C		Temperatura Acqua Calda Uscente, °C											
		40			45			50			52		
		Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Risc. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Risc. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Risc. kW	Raffr. kW	Pot. Ass. kW	Risc. kW
AWHP 90	5	271	80.3	348	254	83.6	333	237	86.7	319	230	88.0	313
	6	<b>282</b>	<b>81.4</b>	<b>359</b>	<b>264</b>	<b>85.0</b>	<b>345</b>	<b>247</b>	<b>88.1</b>	<b>331</b>	<b>240</b>	<b>89.7</b>	<b>325</b>
	7	292	82.5	371	275	86.4	357	258	90.2	343	251	91.4	337
	8	<b>303</b>	<b>83.6</b>	<b>382</b>	<b>285</b>	<b>87.9</b>	<b>369</b>	<b>268</b>	<b>91.8</b>	<b>355</b>	<b>261</b>	<b>93.1</b>	<b>349</b>
	10	324	85.9	405	306	90.6	392	279	94.5	369	282	96.7	374
	12	<b>345</b>	<b>88.3</b>	<b>428</b>	<b>327</b>	<b>93.4</b>	<b>416</b>	<b>303</b>	<b>97.0</b>	<b>395</b>	<b>303</b>	<b>100.2</b>	<b>398</b>
AWHP 100	5	312	103.0	410	292	107.2	394	272	111.2	378	264	112.8	371
	6	<b>324</b>	<b>104.4</b>	<b>423</b>	<b>304</b>	<b>109.0</b>	<b>408</b>	<b>284</b>	<b>112.9</b>	<b>391</b>	<b>276</b>	<b>115.0</b>	<b>385</b>
	7	336	105.8	437	316	110.8	421	296	115.6	406	288	117.2	399
	8	<b>348</b>	<b>107.2</b>	<b>450</b>	<b>328</b>	<b>112.7</b>	<b>435</b>	<b>308</b>	<b>117.7</b>	<b>420</b>	<b>300</b>	<b>119.3</b>	<b>413</b>
	10	372	110.1	477	352	116.1	462	249	93.7	338	243	95.5	334
	12	<b>396</b>	<b>113.2</b>	<b>504</b>	<b>376</b>	<b>119.8</b>	<b>490</b>	<b>267</b>	<b>97.0</b>	<b>359</b>	<b>261</b>	<b>98.9</b>	<b>355</b>

# Centrale frigorifera





# Assonometria di un refrigeratore con modulo idronico

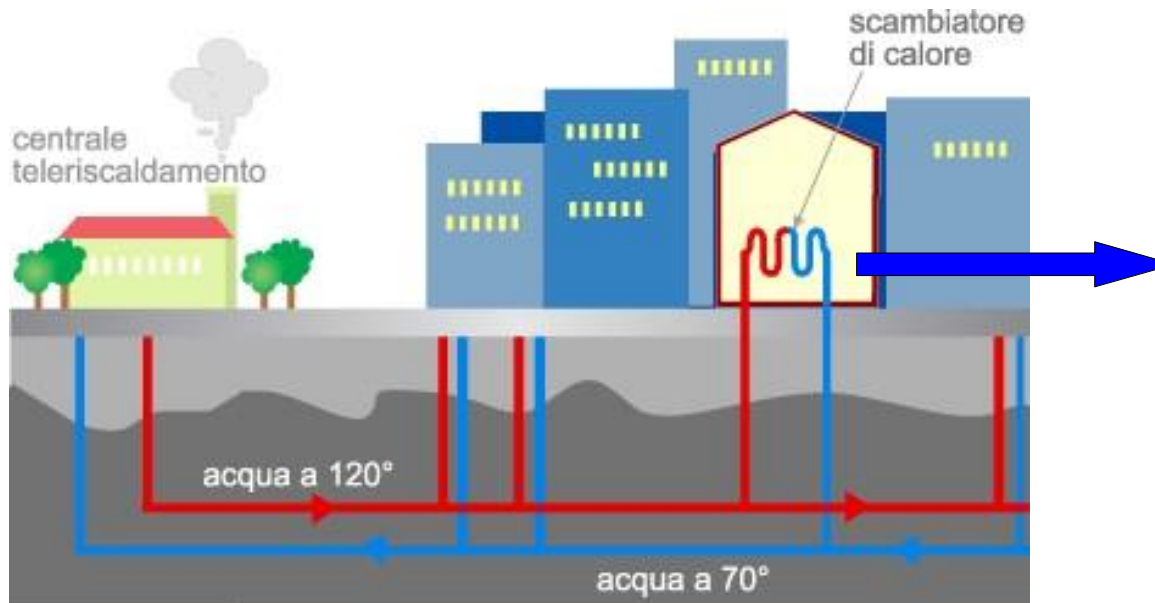


# Protezione dal rumore di una pompa di calore



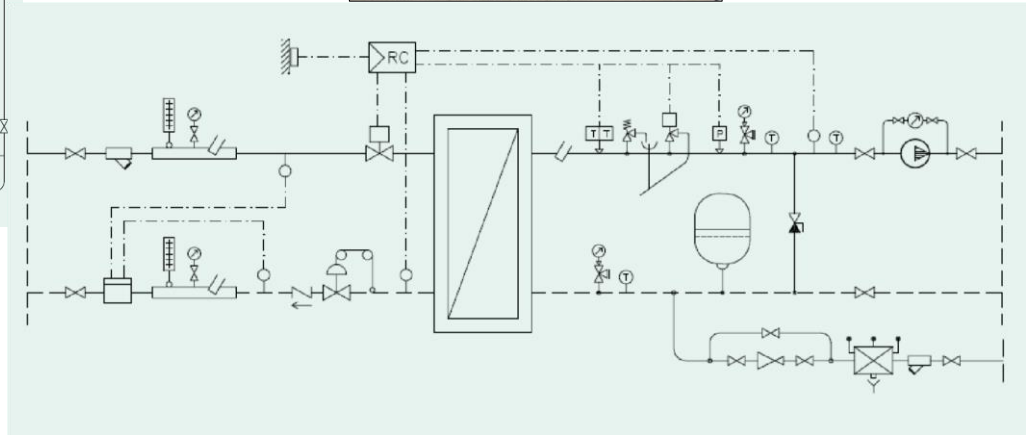
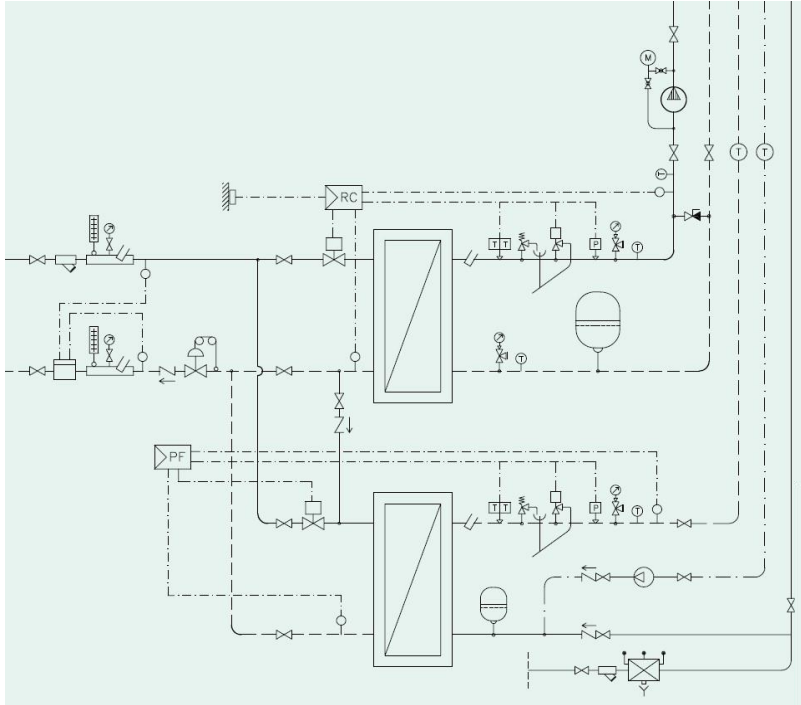
# Il Teleriscaldamento

L'aspetto sfavorevole del teleriscaldamento è l'onerosità iniziale della sua costruzione. Il teleriscaldamento è una tecnologia matura, efficiente, che sfrutta tutte le economie di scala, ma che richiede un grosso impegno da parte della Autorità Locale e della popolazione che sopporti la laboriosa messa in opera di tale soluzione (costruzione della centrale, tubature sotterranee che necessitano il rifacimento di strade, ecc... ).



# Il Teleriscaldamento

## Schemi circuitali per il teleriscaldamento



# **ALTRI COMPONENTI DI IMPIANTO DI RISCALDAMENTO**



# Pompa di Circolazione dell'acqua

La potenza di pompaggio per le reti di distribuzione ad acqua risulta notevolmente inferiore, in condizioni di pari confronto, rispetto a quella delle reti ad aria. Risulta, infatti, che la potenza della pompa di circolazione è data dalla relazione:

$$P = \frac{\Delta p_{tot} \cdot \dot{m}}{\rho \cdot \eta_p} \quad (\text{W})$$

ove si ha:

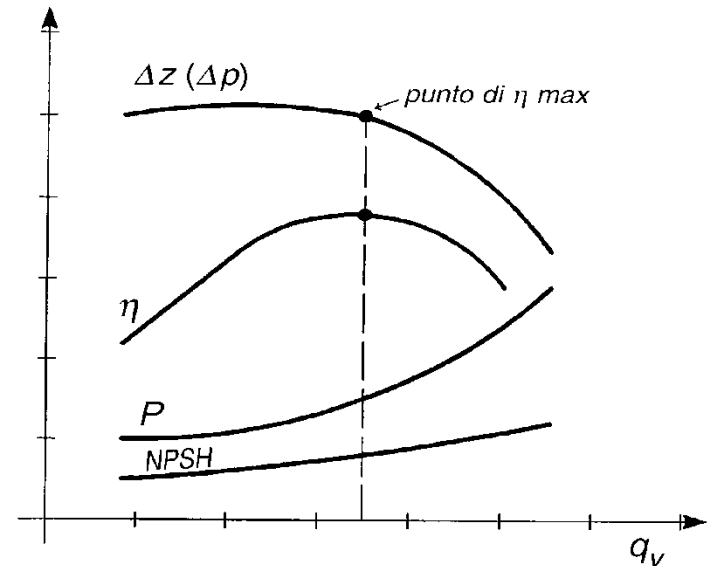
$\Delta p_{Tot}$  caduta di pressione totale ai capi della pompa di circolazione, (Pa),

$\rho$  massa volumica del fluido, ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),

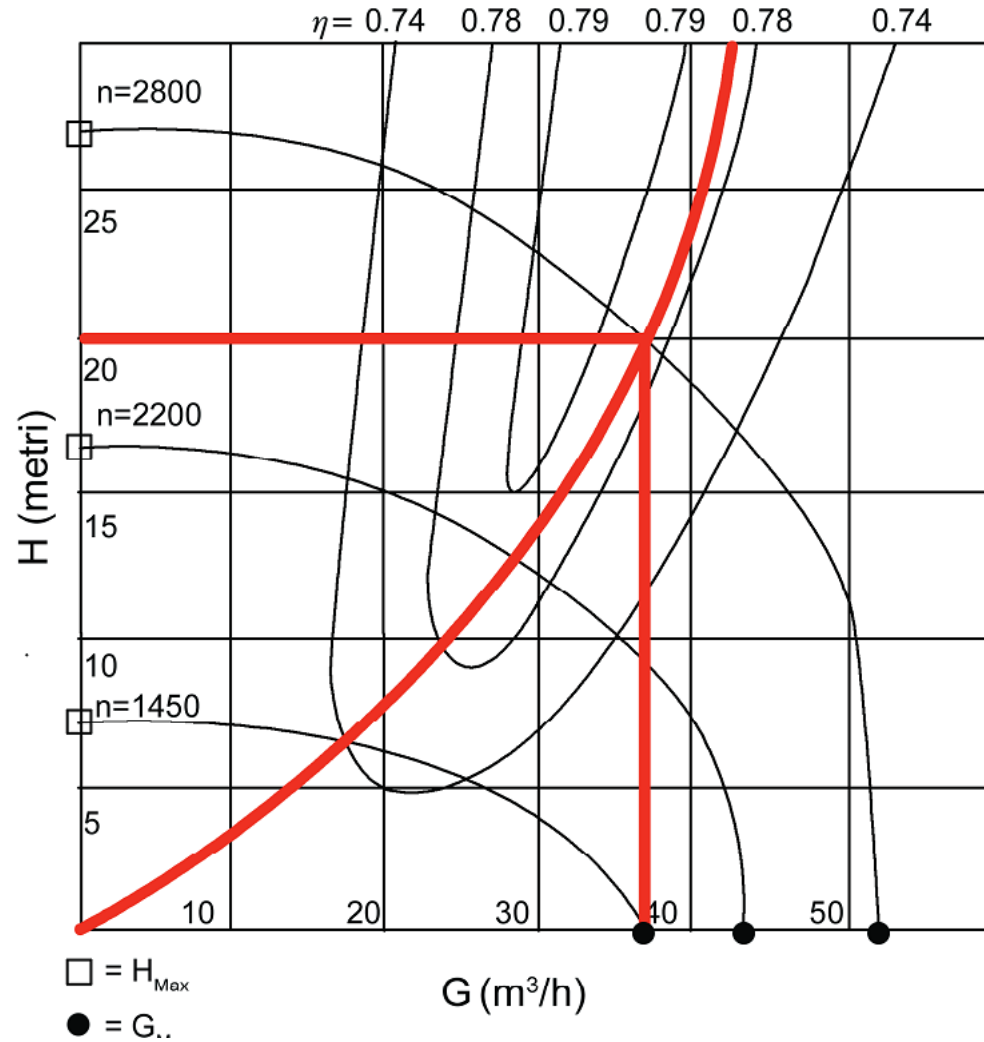
$\dot{M}$  portata massica del fluido, ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),

$\eta_p$  rendimento *isoentropico* di compressione della pompa.

Le dimensioni delle pompe sono inferiori rispetto alle *soffianti* per l'aria. Inoltre la circolazione dell'acqua, se la rete è stata correttamente progettata mantenendo le velocità del fluido basse (dell'ordine di 1÷2 m/s), è anche meno rumorosa della circolazione dell'aria nei canali, soprattutto per effetto della non eccessiva rigidità dei canali rispetto a quella dei tubi in acciaio. Per altri argomenti sulle pompe di circolazione si rimanda ai manuali specializzati e ai dati forniti dalla Case Costruttrici.



# Curve caratteristiche di una pompa di circolazione





# Collettori complanari

Molto spesso dalla centrale termica si dipartono più circuiti di alimentazione. In questo caso si utilizzano i collettori di centrale (manifold) che consistono in grossi tronchi di tubazione, di diametro opportuno, dai quali si dipartono i vari circuiti dell'impianto.

I collettori di centrale debbono praticamente fungere da nodo di partenza (o di arrivo) delle tubazioni dei vari circuiti senza produrre cadute di pressione. I circuiti sono di fatto in parallelo fra il nodo di partenza e quello di arrivo.

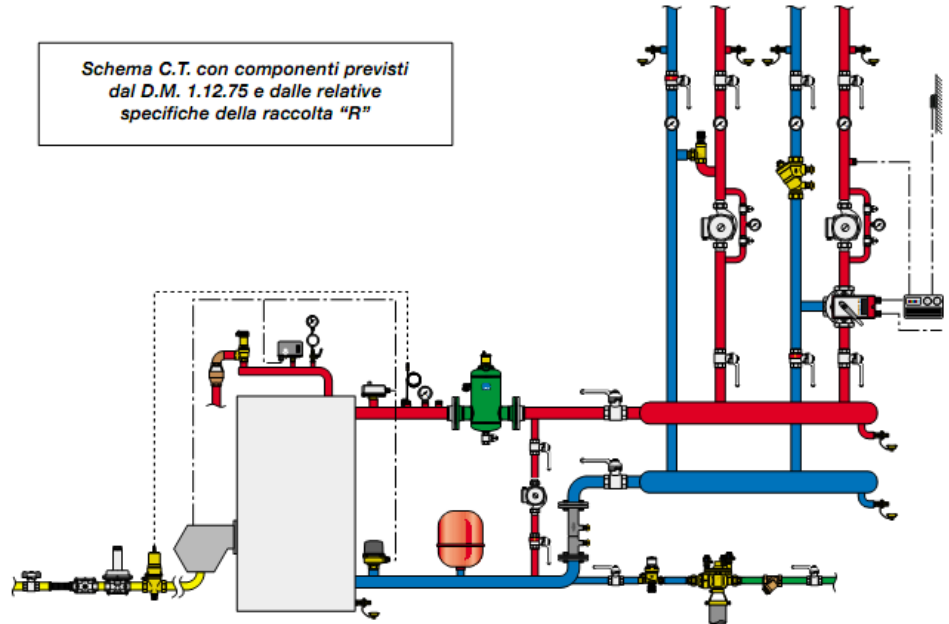
Ricordando che vale la relazione di Darcy sulle cadute di pressione:

$$\Delta p = k \frac{m^2}{d^5}$$

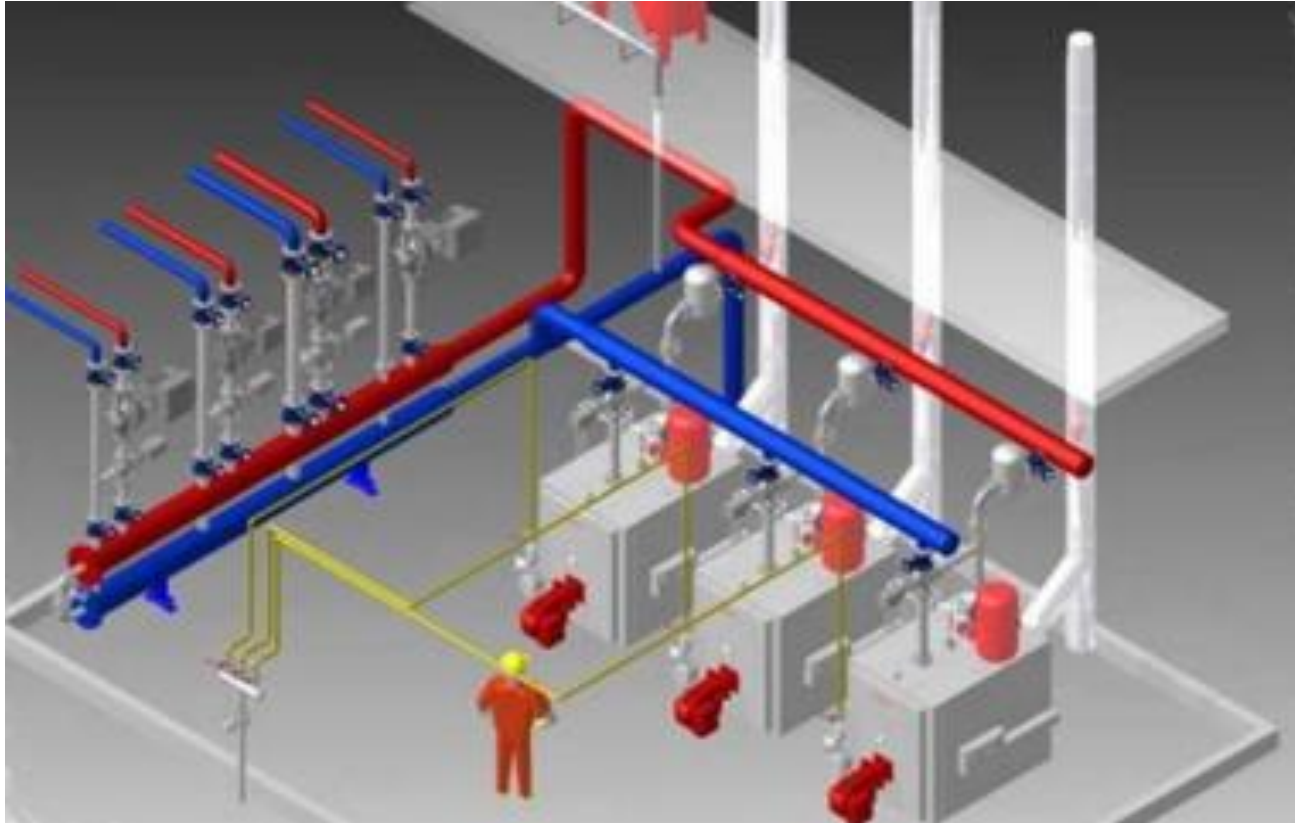
Le cadute di pressione sono proporzionali al quadrato delle portate e inversamente proporzionali alla quinta potenza dei diametri. Pertanto un diametro doppio rispetto ad un altro ha una caduta di pressione, a parità di tutto, di circa il 3,12% rispetto al primo.



*Schema C.T. con componenti previsti dal D.M. 1.12.75 e dalle relative specifiche della raccolta "R"*

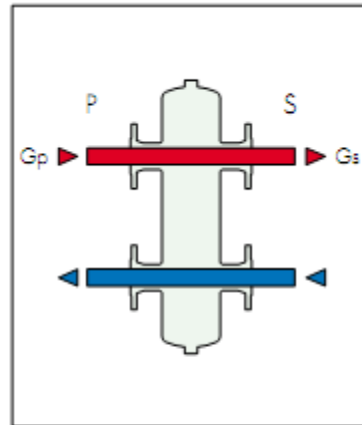
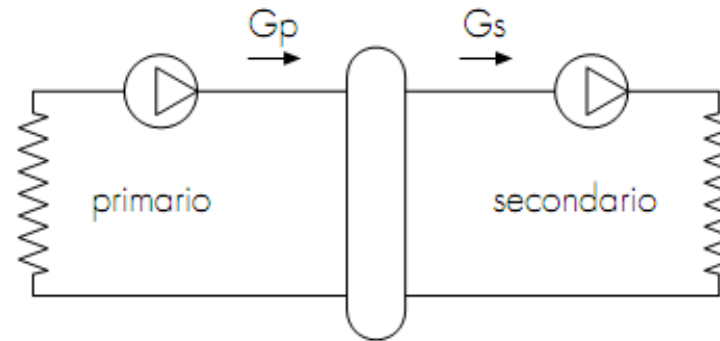
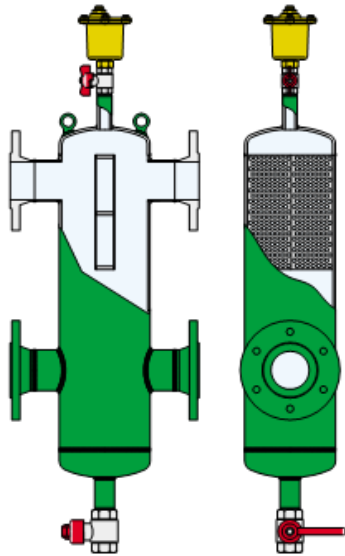


# Sistemazione delle centrali termiche

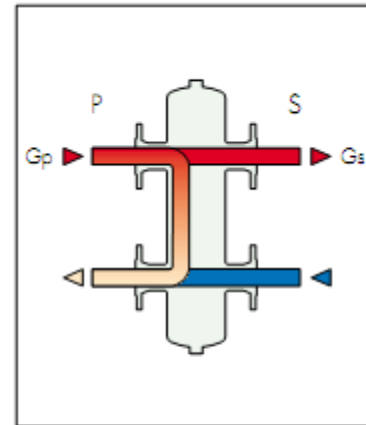


# Separatori idraulici

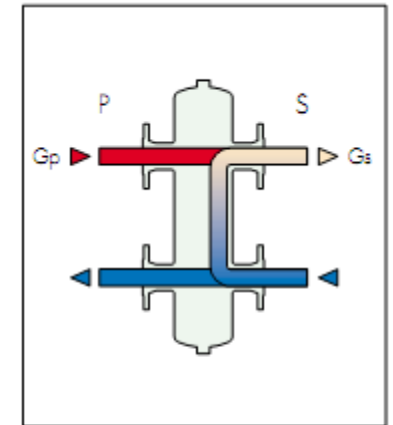
I separatori idraulici hanno la funzione di rendere indipendenti i vari circuiti dell'impianto onde evitare interferenze e disturbi reciproci. Si osservi la situazione di Figura. Indichiamo con  $D_p$  la differenza di pressione fra i due collettori (di mandata e di ritorno). Man mano che si inseriscono le pompe varia la differenza di pressione fra i collettori.



$$G_{\text{primario}} = G_{\text{secondario}}$$



$$G_{\text{primario}} > G_{\text{secondario}}$$



$$G_{\text{primario}} < G_{\text{secondario}}$$

# Corpi Scaldanti - Radiatori

Sono gli elementi terminali più utilizzati e possono essere in ghisa, in alluminio o leghe di acciaio.

Essi sono alimentati con acqua a temperatura di entrata  $80\div 90$  °C e di uscita di  $70\div 80$  °C. La loro selezione deve tenere conto di vari criteri e fattori progettuali quali, la resa termica (solitamente certificata dal costruttore), l'estetica, il costo, la durata, l'affidabilità. Una cattiva abitudine che l'ignoranza alimenta è quella di rendere le superfici dei radiatori speculari mediante vernici metalliche (ciò abbassa l'emissività della superficie) o di racchiuderli in cassonetti con piccolissime fessure di aerazione o addirittura annegarli in vere e proprie nicchie murarie e murarli con pannelli trapuntati di stile arabeggiante: il riscaldamento ambientale non è più dovuto, in questi casi, a fatti fisici ma a *fenomeni psicofisici*. I radiatori vanno posti, per il miglior rendimento termico e per il miglior comfort ambientale, nelle pareti interne e non sotto le finestre come spesso viene fatto.

La loro collocazione in pianta deve essere ben studiata in funzione dell'arredamento, del senso di apertura delle porte e della disponibilità di allacciamento alla rete di distribuzione dell'acqua calda. In ogni caso si tratta di elementi terminali di tecnologia diffusa, affidabili, economici e facilmente manutenzionabili. Le capacità di scambio termico dell'acqua sono elevate e certamente superiori a quelle dell'aria. Basti pensare che il coefficiente di convezione termica per l'acqua risulta notevolmente più elevato rispetto a quello per l'aria. Ne consegue che le superfici di scambio termico sono inferiori, a parità di potenza scambiata, rispetto a quelle per l'aria. La relazione di scambio è, infatti:

ove è:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta T_{ml} \cdot F$$

$K$  trasmittanza termica di scambio fra fluido interno (acqua e quindi più elevato rispetto a quello corrispondente con l'aria) e l'aria ambiente, ( $W/m^2K$ );

$S$  superficie di scambio termico, ( $m^2$ );

$\Delta T$  differenza di temperatura media logaritmica fra le condizioni di ingresso e uscita del fluido primario e quella del fluido secondario, ( $K$ );

$F$  fattore di configurazione per il tipo di scambiatore considerato ( $F=1$  per scambiatori ideali in controcorrente). I valori di  $F$  sono dati dai manuali specializzati per le varie geometrie degli scambiatori di calore.

A parità di tutto, se  $K$  è maggiore risulta  $S$  minore ed è quello che succede quando si utilizza l'acqua come fluido primario, cioè fluido termovettore.

# Corpi Scaldanti - Radiatori

La selezione dei corpi scaldanti viene effettuata mediante cataloghi commerciali a seconda delle tipologie disponibili. Queste sono: in ghisa, in acciaio, in alluminio

Di solito i costruttori forniscono i dati di riferimento supponendo un  $\Delta T=60$  °C. La *potenzialità standard* così determinata va corretta per tenere conto della reale differenza di temperatura nella rete di distribuzione. La relazione da utilizzare è la seguente:

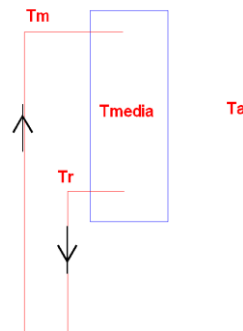
$$Q_{RN} = C\Delta t^n = C60^n$$

con esponente  $n$  variabile da 1.25 a 1.30. Pertanto la potenzialità nominale da adottare quando si ha un  $\Delta t$  diverso da 60 °C è data dalla relazione:

$$Q_{RN} = Q_R \left( \frac{60}{\Delta t} \right)^n$$

I costruttori possono anche fornire tabelle o grafici per un più rapido calcolo delle nuove potenzialità. Secondo la recente norma EN442 la potenzialità viene fornita con  $\Delta t=50$  °C.

Modello	Resa $\Delta T=50$ EN442 [W]	n	Cont. acqua [L]	Prof.	Alt.	Inter.	Lungh.	$\Phi$ attacco [pollici]	Massa [kg]
TEMA 2-558	55	1,288	0,53	60	558	500	60	1	3,40
TEMA 2-681	69	1,287	0,60	60	681	623	60	1	3,90
TEMA 2-871	82	1,3	0,77	60	871	813	60	1	5,00
TEMA 3-400	55	1,295	0,51	94	400	342	60	1	3,70
TEMA 3-558	13	1,295	0,73	94	558	500	60	1	4,80
TEMA 3-640	84	1,3	0,75	94	640	581	60	1	5,30
TEMA 3-681	88	1,3	0,85	94	681	623	60	1	5,8
TEMA 3-790	102	1,305	0,9	94	790	731	60	1	6,5
TEMA 3-871	109	1,315	1	94	871	813	60	1	6,80
TEMA 4-558	93	1,299	0,84	128	558	500	60	1	5,80
TEMA 4-681	111	1,276	1,07	128	681	623	60	1	7,90
TEMA 4-871	137	1,331	1,34	128	871	813	60	1	8,60
TEMA 5-558	114	1,312	1,01	162	558	500	60	1	7,30
TEMA 5-681	136	1,322	1,23	162	681	623	60	1	9,00
TEMA 5-871	166	1,324	1,7	162	871	813	60	1	11,00
TEMA 8-300	103	1,326	1,18	267	300	242	60	1	6,70
NEOCLASSIC 4-571	80	1,295	0,68	141	576	500	55	1	4,65
NEOCLASSIC 4-665	92	1,309	0,74	141	669	595	55	1	5,25
NEOCLASSIC 4-871	112	1,345	0,86	141	871	800	55	1	6,89
NEOCLASSIC 6-665	134	1,3	0,96	222	665	595	55	1 1/4	8,30
NEOCLASSIC 6-871	169	1,32	1,5	222	871	800	55	1 1/4	10,80

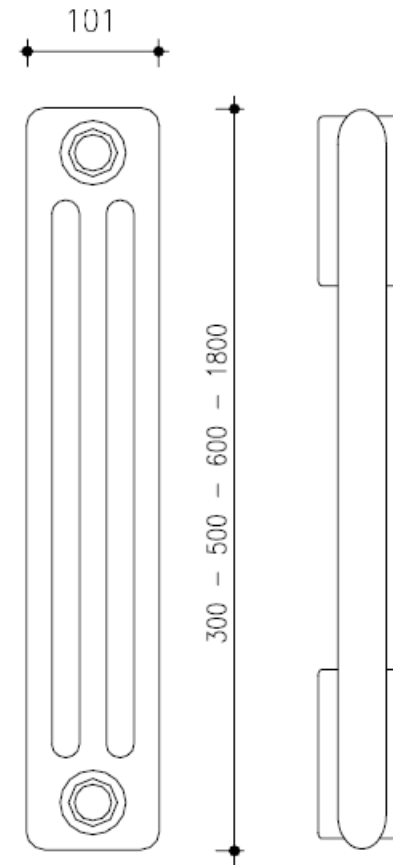


# Radiatori

## Principi di dimensionamento di un radiatore

Modello TESI 3 colonne

Altezza	N. Elementi	Temp. acqua	Emissione W
300	1	55 °C	32
500	1	55 °C	54
600	1	55 °C	65
1800	1	55 °C	180







# Tipologie di radiatori e caratteristiche costruttive

In figura si ha un esempio di installazione di un radiatore (nel caso particolare in ghisa, modello *TEMA Ideal Standard*). Sono visibili i tubi di adduzione dell'acqua calda, la valvola di sfiato aria (in alto) e la valvola di chiusura (in secondo piano sul lato opposto).

In particolare nei moderni radiatori si hanno direttamente montate le valvole termostatiche per la regolazione ambientale.

Nei radiatori sono anche montate le valvole automatiche di sfogo aria, come rappresentato in figura.

Si hanno i dati caratteristici per radiatori in alluminio (rese termiche a 60 °C e 50 °C) e le curve per la correzione della resa termica al variare della differenza di temperatura di progetto.



# Data Sheet per Radiatori

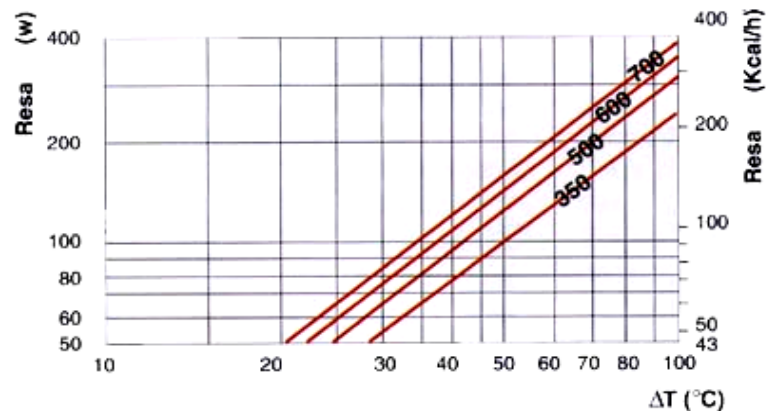
In figura si ha un esempio di dati relativi a radiatori (in questo caso in alluminio). In tabella si hanno le rese nominali per 60 e 50 °C.

Nella figura in basso si hanno le curve correttive per valori diversi della temperatura di lavoro.

Ogni costruttore fornisce questo tipo di dati.

Per i radiatori in ghisa si ha un consorzio che ha il compito di certificare ed uniformare le rese di questo tipo di radiatori.

Articolo	Elementi	Interasse h (mm)	Resa DIN 4704 (w)	$\Delta T = 60^{\circ}C$ (Kcal/h)	Resa DIN 4704 (w)	$\Delta T = 50^{\circ}C$ (Kcal/h)
R801/4	4	350	507	436	396	340
R801/5	5	350	634	545	495	425
R801/6	6	350	761	654	594	511
R801/8	8	350	1015	873	792	681
R801/10	10	350	1269	1091	991	852
R801/12	12	350	1522	1309	1189	1022
R803/4	4	500	664	571	518	445
R803/5	5	500	830	714	647	556
R803/6	6	500	996	856	777	668
R803/8	8	500	1328	1142	1036	891
R803/10	10	500	1661	1428	1295	1114
R803/12	12	500	1993	1713	1554	1335
R805/4	4	600	768	660	598	514
R805/5	5	600	960	825	747	642
R805/6	6	600	1152	990	897	771
R805/8	8	600	1536	1321	1196	1028
R805/10	10	600	1921	1652	1495	1286
R805/12	12	600	2305	1982	1794	1543
R807/4	4	700	871	749	676	581
R807/5	5	700	1089	936	845	727
R807/6	6	700	1306	1123	1014	872
R807/8	8	700	1742	1498	1352	1163
R807/10	10	700	2178	1873	1691	1454
R807/12	12	700	2613	2247	2029	1745



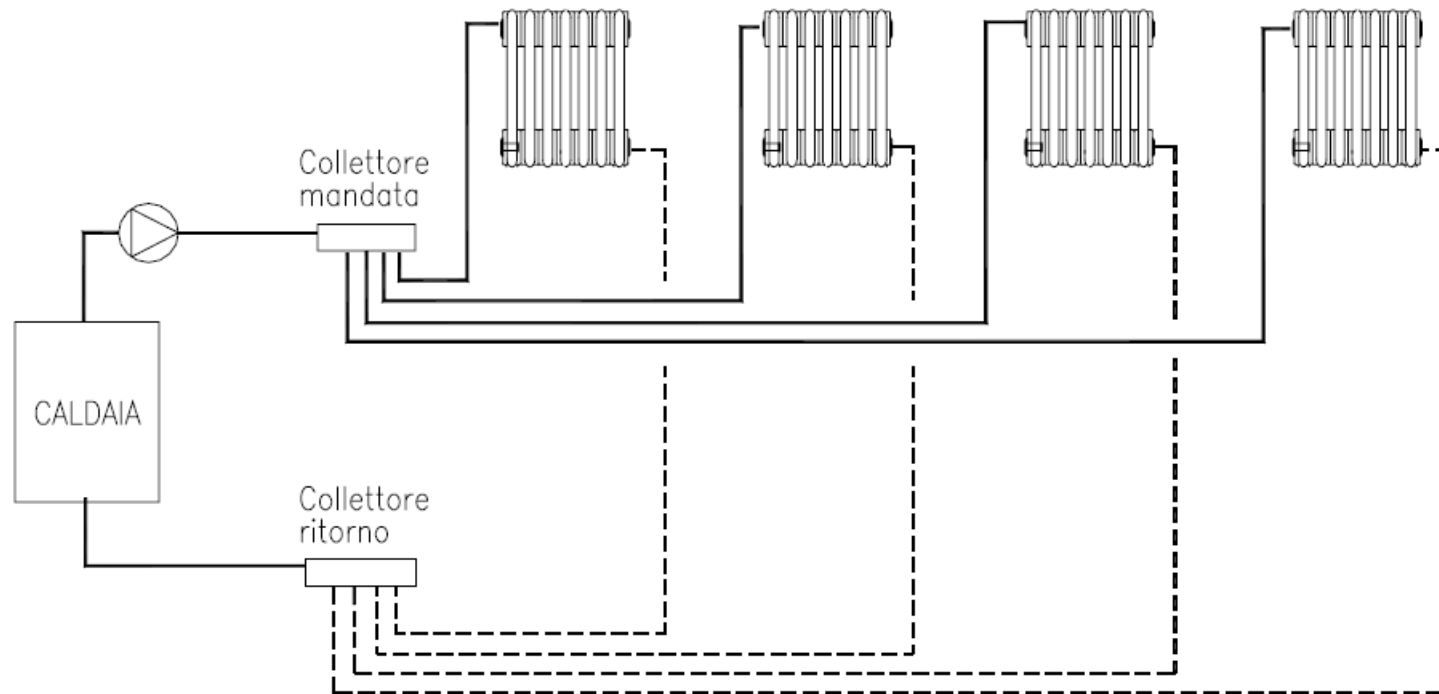
## Corretta installazione radiatori



# Esempio di montaggio di radiatori con collettori

## Impianto di riscaldamento ad acqua con alimentazione corpi scaldanti a collettore

### Schema di principio



# Valvole termostatiche

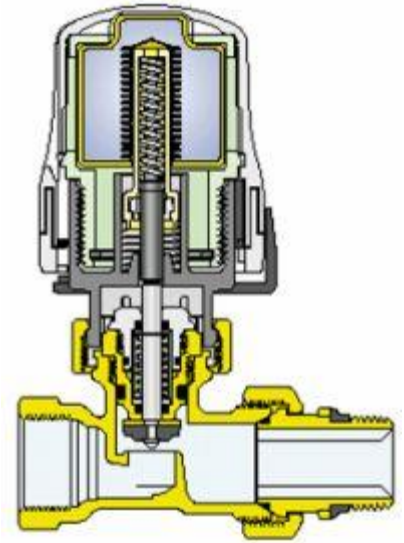
Con le valvole termostatiche installate su ogni radiatore, una volta che l'impianto è "a regime", cioè quando tutti gli ambienti hanno raggiunto il comfort, i radiatori emettono calore in misura strettamente necessaria al mantenimento della temperatura ambiente: le valvole termostatiche, infatti, "parzializzano" il passaggio dell'acqua ai radiatori in funzione della quantità effettivamente richiesta.

In tali condizioni la velocità dell'acqua nei radiatori è molto bassa e lo scambio termico avviene in maniera più completa, cosicché l'acqua ritorna alla centrale termica ben raffreddata.

Con un'immagine potremmo dire che le valvole termostatiche spillano l'acqua dall'impianto goccia per goccia come fosse un elemento prezioso, ed è proprio questo spillamento che permette di ottenere "acqua fredda" preziosa per la condensazione dei fumi nello scambiatore della caldaia.

E' opportuno evidenziare l'importanza che assume la portata dell'acqua nell'impianto e come essa possa variare in continuazione in presenza di valvole termostatiche. In un impianto senza valvole termostatiche la velocità dell'acqua è sempre costante; per questo motivo è sufficiente una normale pompa a "giri fissi".

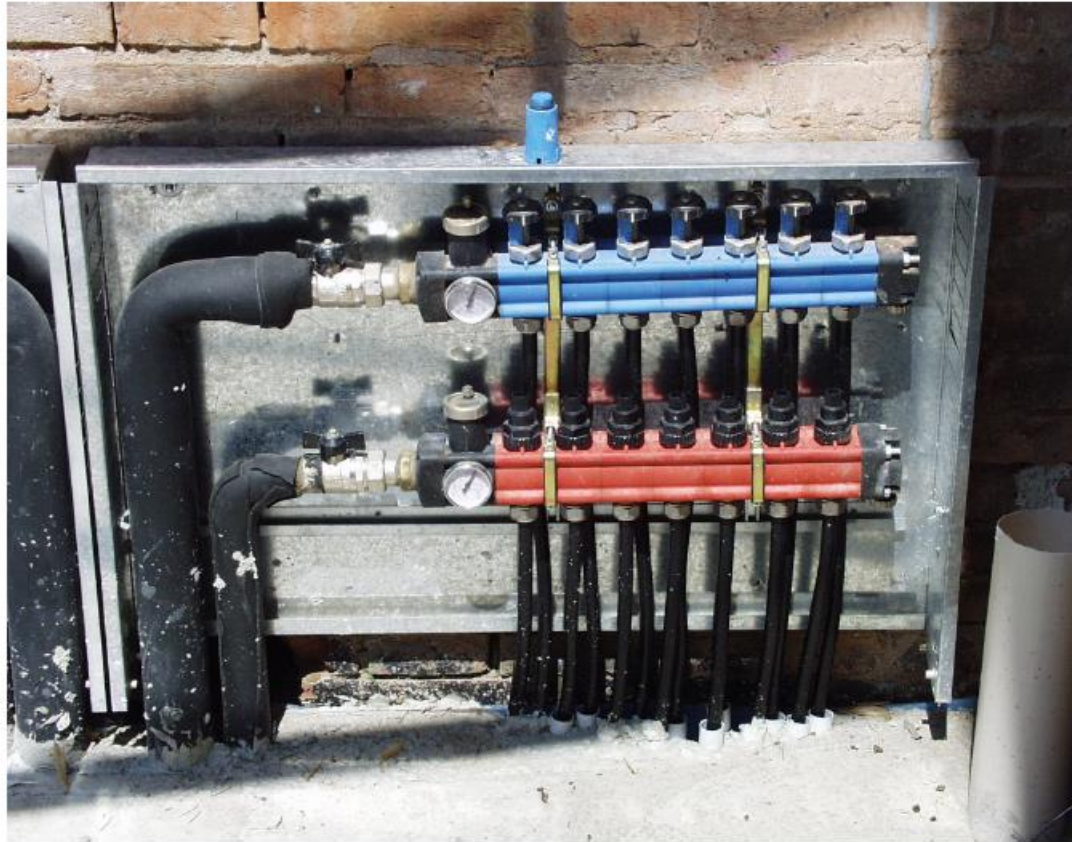
Laddove, invece, siano montate le valvole termostatiche, si rende necessaria anche l'installazione di una pompa a "giri variabili" che adegua quantità e velocità dell'acqua circolante nell'impianto in funzione della richiesta di calore dalle utenze.





## Collettori complanari

**Vista di un collettore di distribuzione di mandata (rosso) ed uno di ritorno (blu)**



# Pannelli Radianti

In questi ultimi anni si stanno diffondendo gli impianti di riscaldamento e di raffrescamento a *pannelli radianti*. In pratica gli elementi terminali usuali vengono sostituiti da pannelli costruiti mediante *tubazioni opportunamente inserite nei pavimenti in modo da formare un pannello radiante*.

Le tubazioni utilizzate, usualmente in *rame* o in *plastica incrudita*, hanno geometrie ben determinate da esigenze di trasmissione del calore. Al di sotto delle tubazioni si pone uno *spessore di isolante (variabile da 45 a 60 mm)* per evitare che il calore fornito dai tubi si propaghi al di sotto del pavimento.

Il dimensionamento dei pannelli radianti è complesso è regolato dalla norma EN 1264 e, recentemente, dalla UNI-CEN 130. In sintesi si procede così. Dal calcolo dei carichi termici dei singoli ambienti di un edificio si calcola il *carico specifico per metro quadro di pavimento ( $W/m^2$ )* e si applica la relazione, indicata dalla UNI-CEN 130:

$$q_{\max} = 8.92 \left( t_{p_{\max}} - t_a \right)^{1.1}$$

ove si ha:

$q_{\max}$  calore specifico massimo ceduto da un metro quadro di pavimenti, ( $W/m^2$ );

$t_{p_{\max}}$  temperatura massima del pavimento, °C;

$t_a$  temperatura dell'aria ambiente, °C.

La temperatura massima del pavimento dipende, ovviamente, dalle condizioni di benessere ambientale e devono essere:

$t_{p_{\max}} = 29$  °C per zone di normale residenza;

$t_{p_{\max}} = 35$  °C per zone con residenza saltuaria.

Assumendo il valore di 29 °C per residenze civili e sostituendo questo valore nella precedente relazione si ottiene la regola:

$$q_{\max} = 8.92 \cdot (29 - 20)^{1.1} = 100 \text{ W / m}^2$$

Pertanto, *se si vuole mantenere le condizioni di comfort termico, la potenza specifica massima che un metro quadro di pavimento può cedere deve essere non superiore a 100 W/m<sup>2</sup>*. Da questa osservazione scaturisce la regola pratica che ogni m<sup>2</sup> di superficie destinata a pannello radiante cede *100 W/m<sup>2</sup>*.



# Pannelli Radianti - Caratteristiche

Le *caratteristiche di un pannello radiante* tipo sono qui brevemente riassunte:

## *Tubazione*

Conducibilità: 0.035 W/mK (tubo in plastica tipo Pex)

Diametro interno 16.0 mm

Diametro esterno 20.0 mm

Interasse di posa 7.5 cm

## *Massetto*

Conducibilità 1.0 W/mK

Spessore sopra i tubi 4.5 cm

## *Pavimento*

Non esistente (si considera come piano di calpestio quello del massetto)

Per questo pannello tipo si ha la resa data dalla relazione:

$$Q_{tipo} = 6.7 \cdot S \cdot \Delta t$$

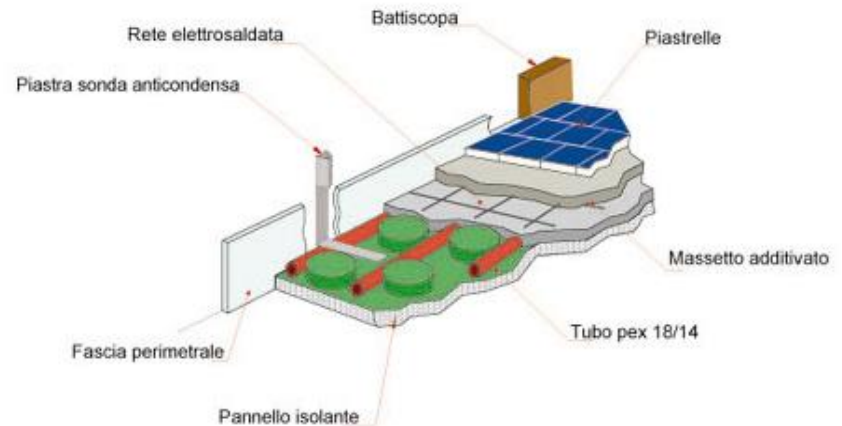
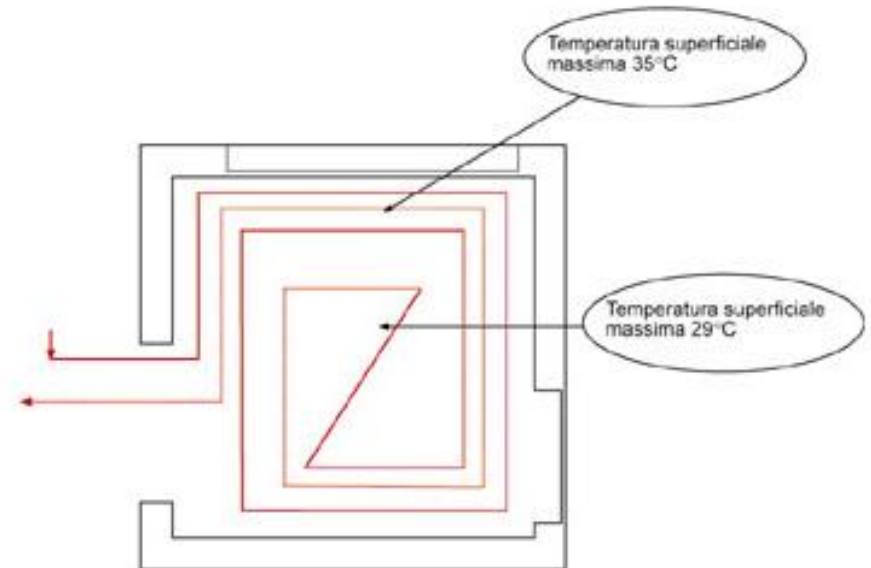
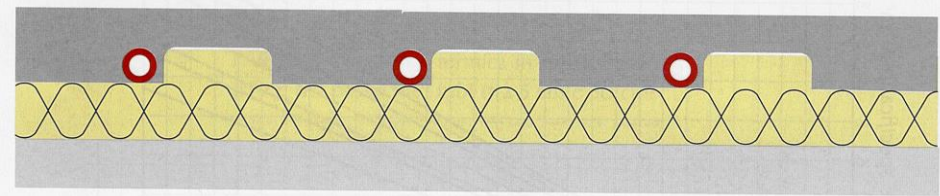
con:

$Q_{tipo}$  calore emesso verso l'alto dal pannello, W  
 $S$  superficie del pannello, m<sup>2</sup>

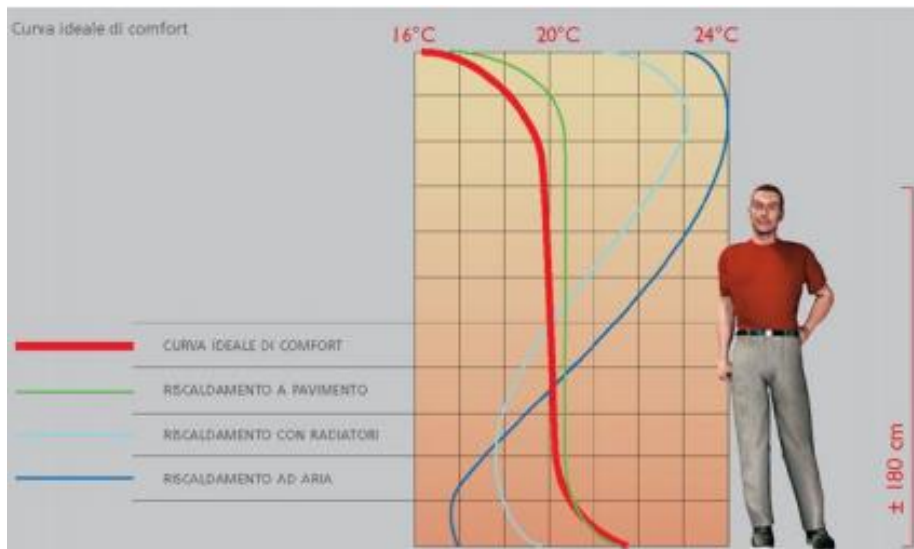
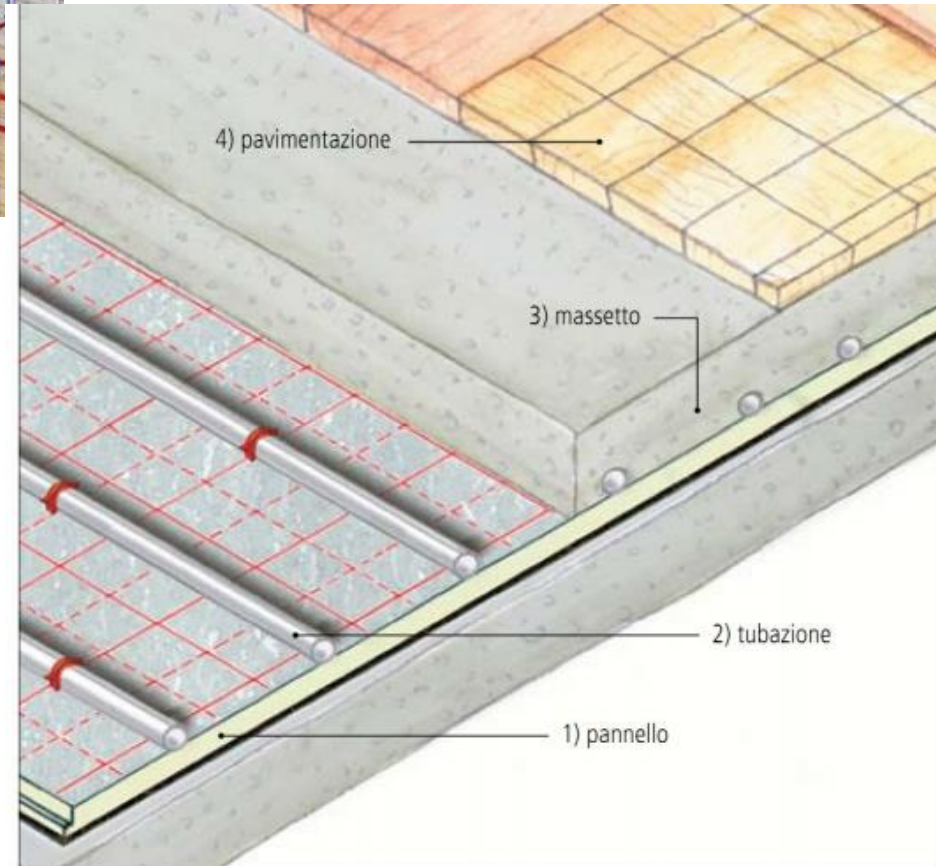
$\Delta t$  temperatura media logaritmica fra la temperatura del fluido e l'aria ambiente data da:

$$\Delta t = \frac{t_m - t_r}{\ln \left( \frac{t_m - t_a}{t_r - t_a} \right)}$$

con  $t_m$  e  $t_r$  temperature di mandata e di ritorno del fluido nel pannello radiante.



# Installazione dei pannelli radianti a pavimento



# Pannelli radianti da parete e a soffitto

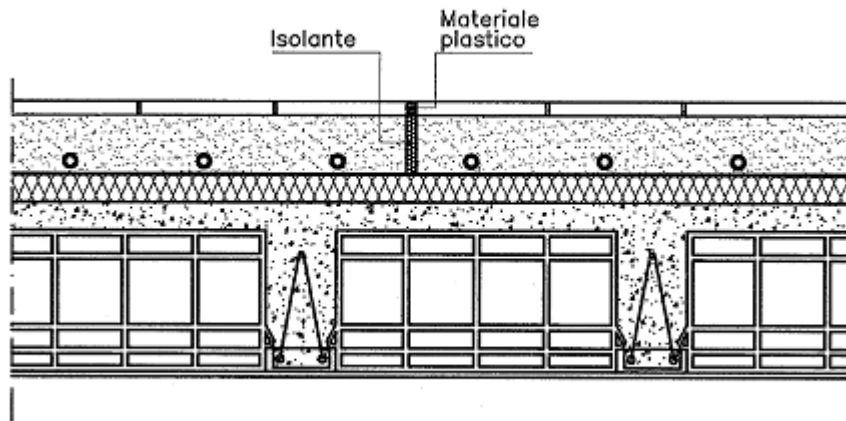
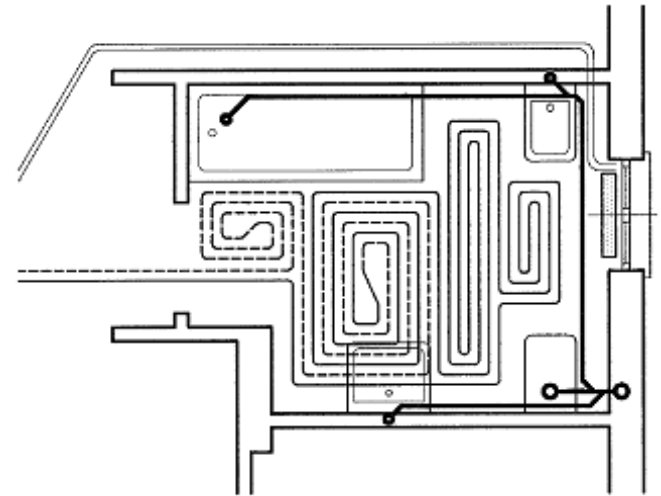
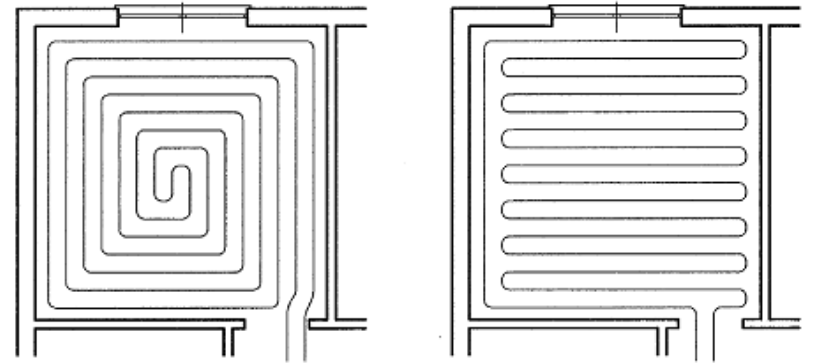
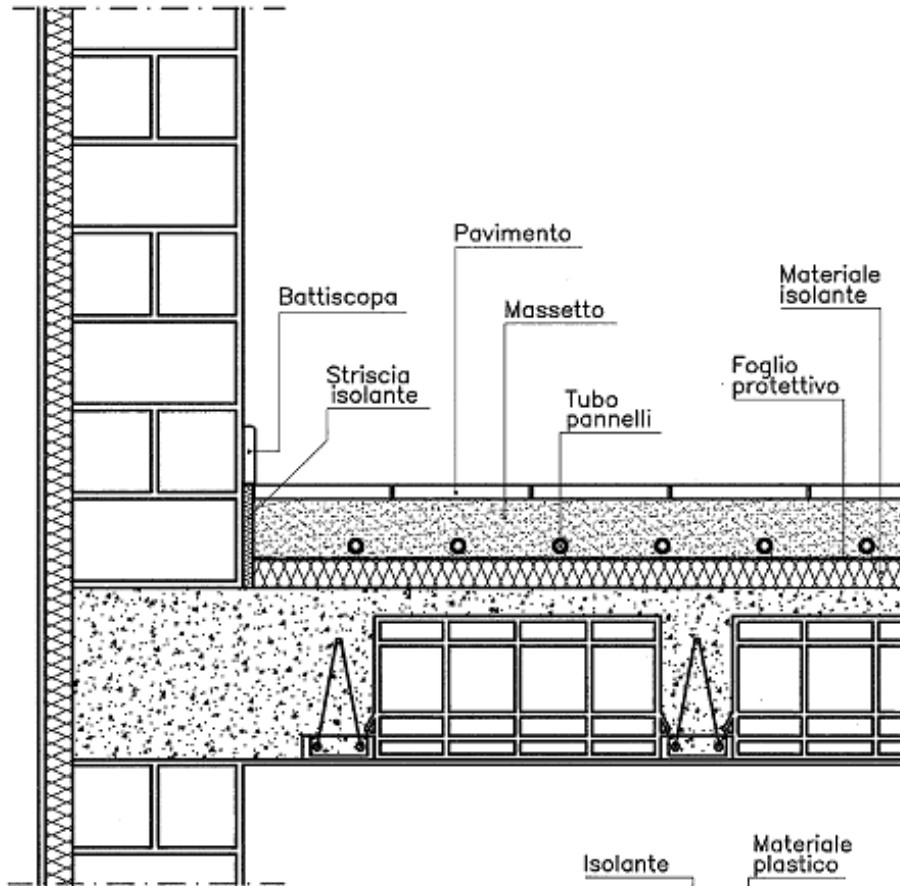




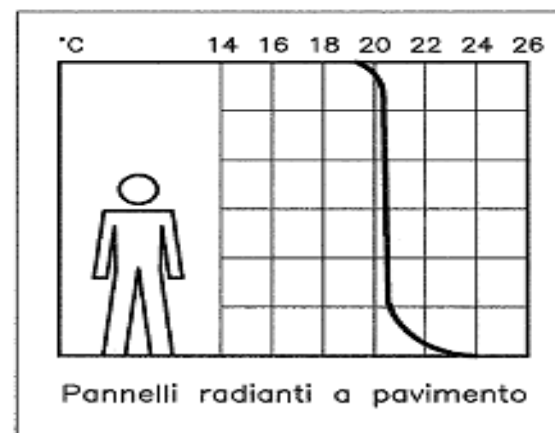
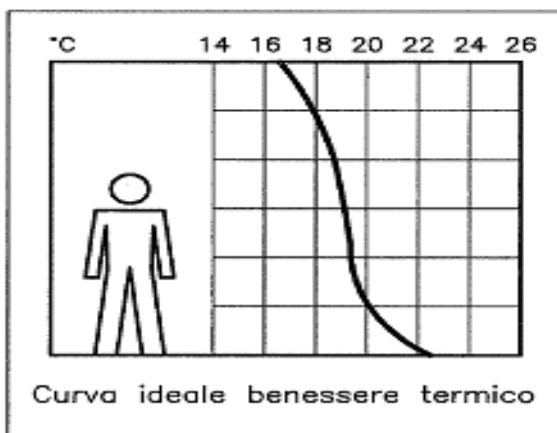
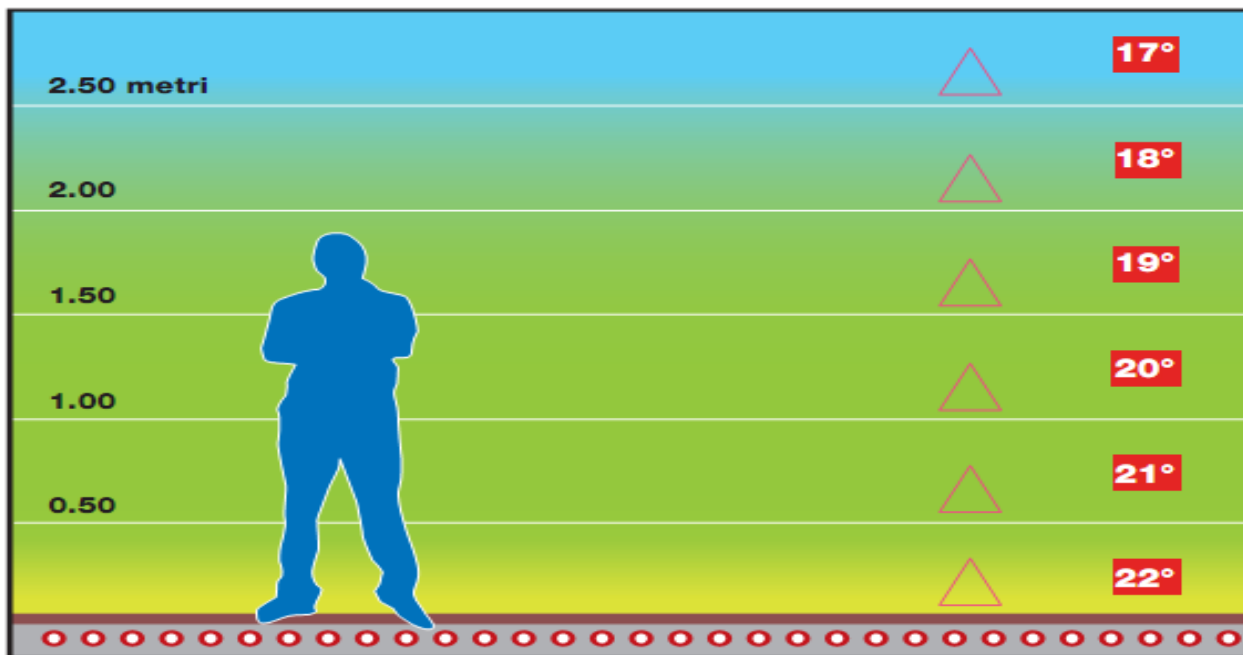
# Soffitti radianti a strisce



# Pannelli Radianti – Caratteristiche costruttive

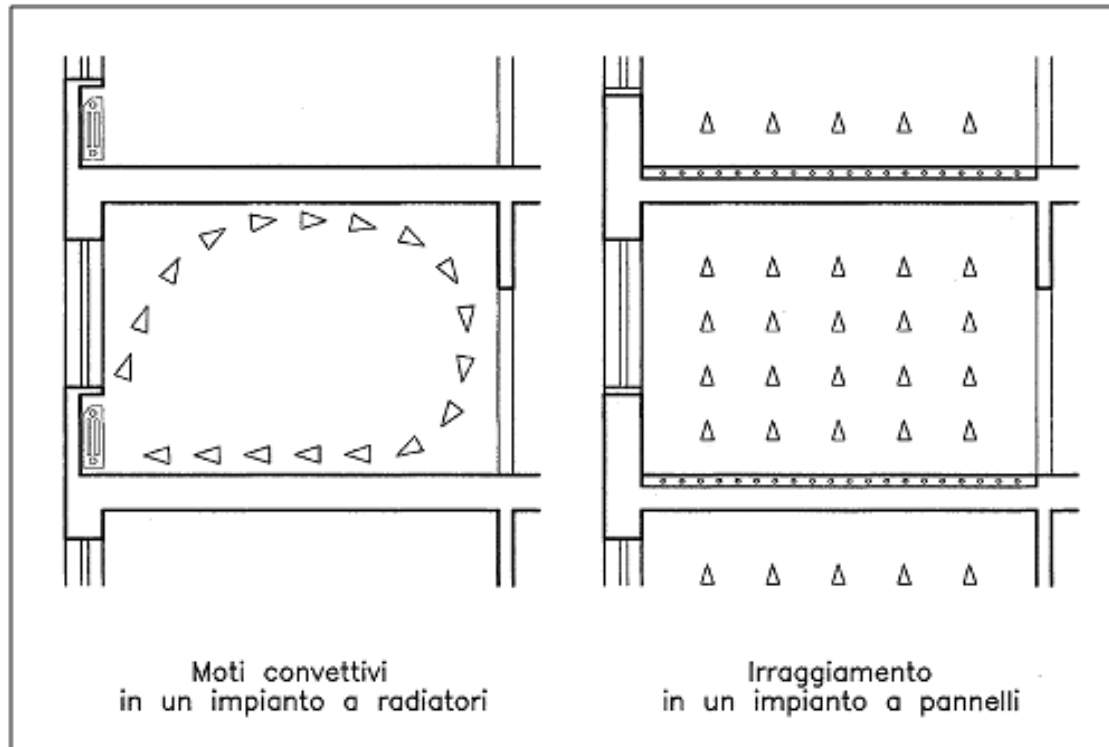


# Pannelli Radianti – Benessere termico





# Pannelli Radianti – Benessere termico

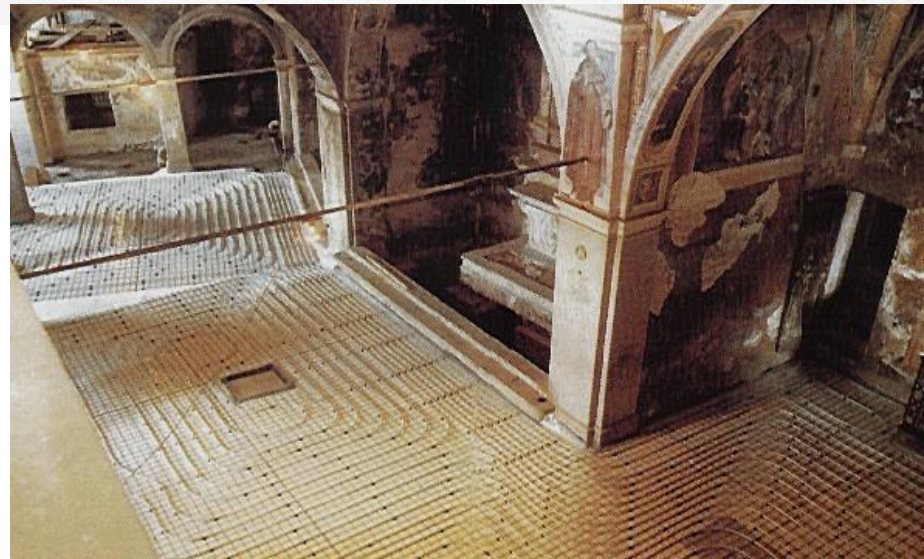


# Pannelli Radianti - Applicazioni

I pannelli radianti risultano comodi nei casi in cui *non si ha disponibilità di spazio* per i radiatori o altre tipologie di terminali. In figura si ha un esempio di applicazione della tecnica a pannelli radianti in appartamenti per civile abitazioni. Si può osservare come per *ogni ambiente si abbia un pannello costruito con tubazioni avvolte in modo da riempire uniformemente i pavimenti* e pertanto a geometria variabile.

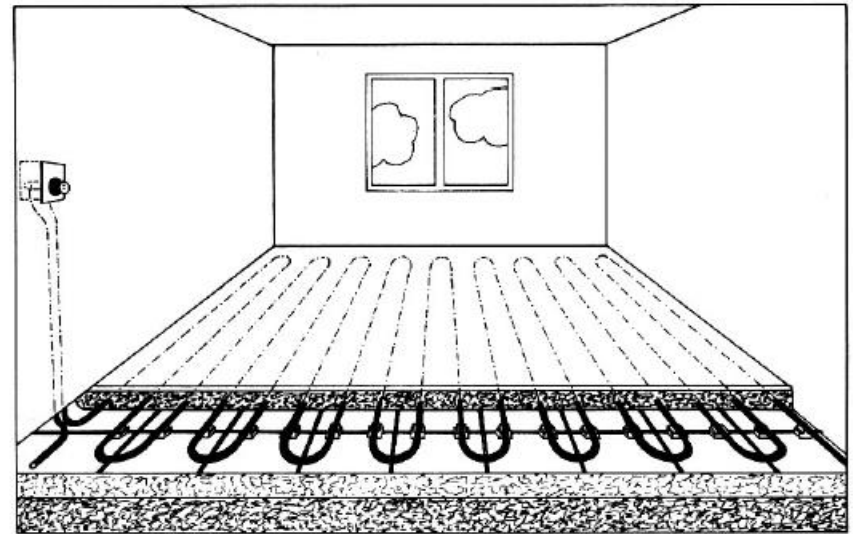
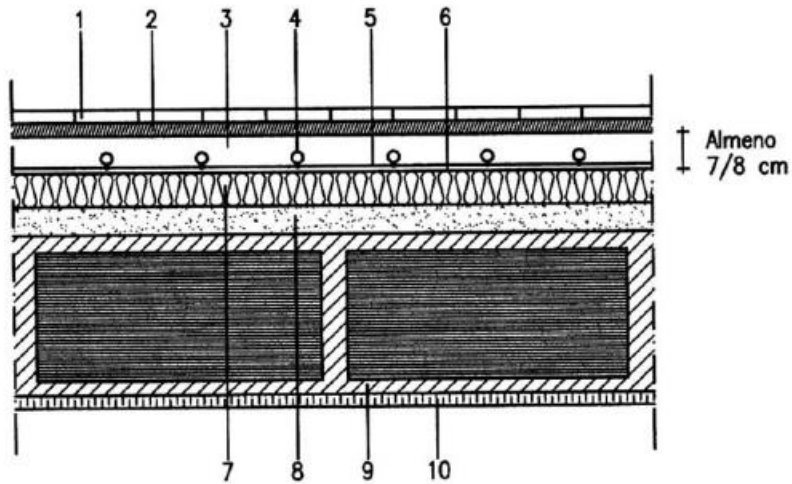
*L'alimentazione dei singoli pannelli viene sempre effettuata tramite collettore planare dotato di valvole di controllo della temperatura di uscita.* I pannelli radianti sono spesso utilizzati in luoghi di particolare pregio quali i teatri, le chiese e in genere in tutti quei luoghi di difficile soddisfacimento con i terminali classici.

In figura si ha un esempio di applicazione dei pannelli radianti in una *chiesa*. In questo caso occorre ristrutturare i pavimenti in modo da posare alla perfezione le tubazioni che formano i pannelli radianti. E' possibile osservare come la geometria dei pavimenti possa essere bene seguita dall'involuppo delle tubazioni.



# Pannelli radianti

## Pannelli radianti a pavimento

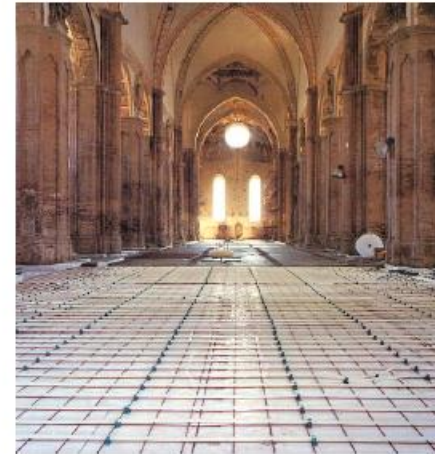


Impianto a pannelli radianti sottopavimento

### Legenda

- |                                     |                                   |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1 - Mattonelle (ceramica,cotto,ecc) | 6 - Foglio plastico di protezione |
| 2 - Sottofondo                      | 7 - Isolante                      |
| 3 - Cemento e sabbia                | 8 - Cartella di calcestruzzo      |
| 4 - Tubo Wirsbo-Pex                 | 9 - Laterizio                     |
| 5 - Rete metallica di fissaggio     | 10 - Intonaco                     |

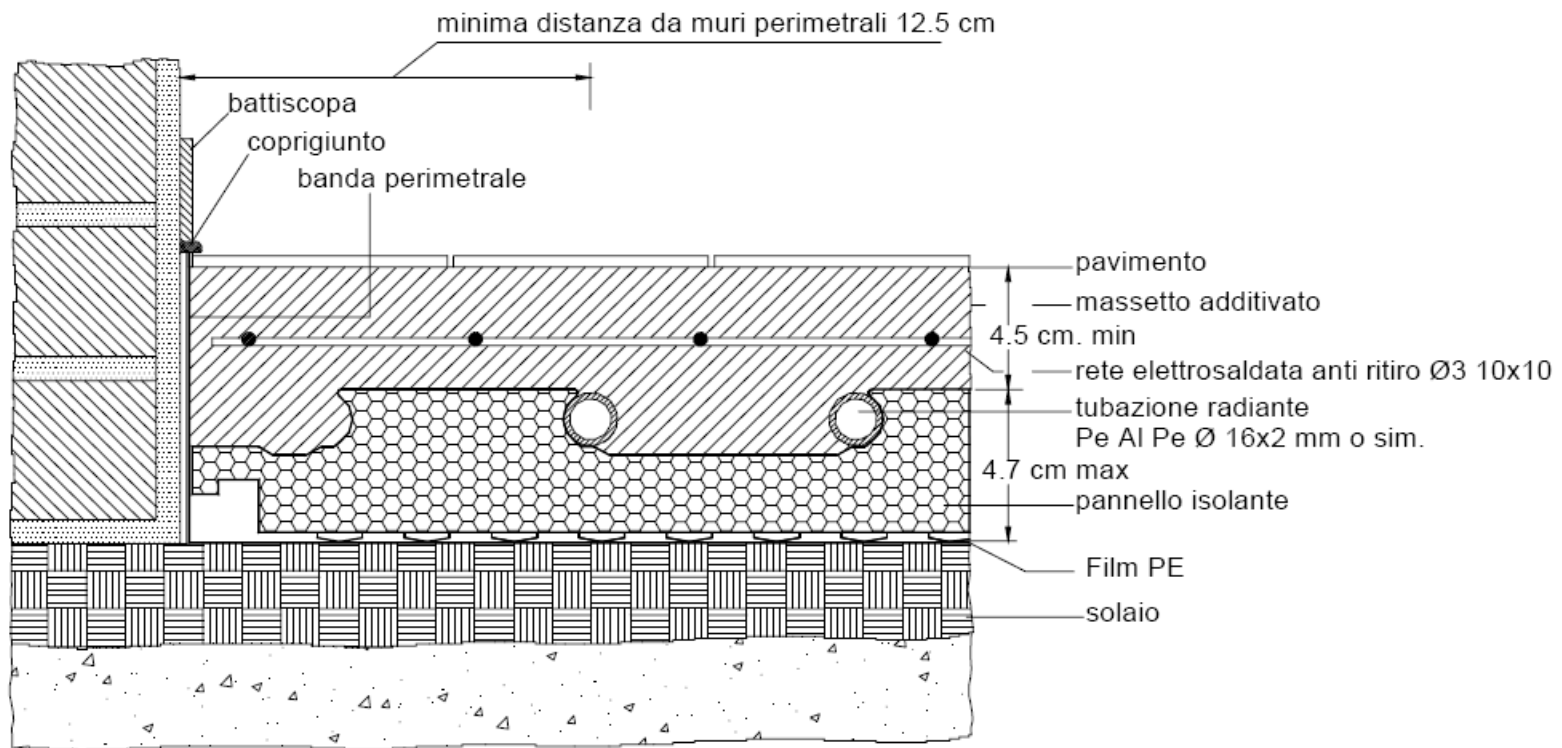
### Schema tipo pavimento





# Pannelli radianti

## Sezione tipo impianto a pannelli radianti di tipo annegato





# Pannelli radianti

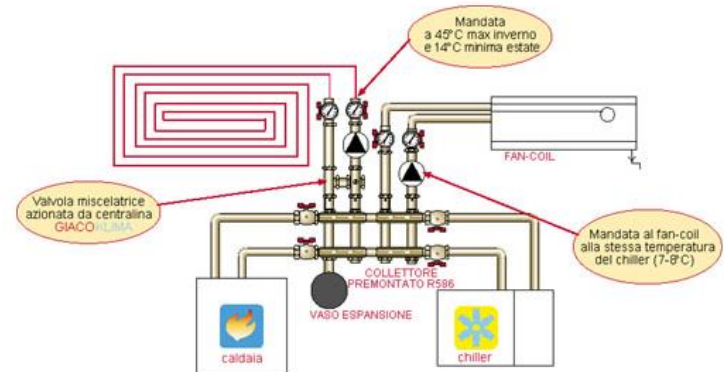




# Pannelli Radianti – Raffrescamento ambientale

I pannelli radianti possono essere utilizzati anche per il *raffrescamento estivo* inviando acqua refrigerata ad opportuna temperatura. E' da ricordare, infatti, che le superfici fredde possono provocare *fenomeni di condensa* che avrebbero effetti deleteri sui pavimenti. Per un maggior controllo della distribuzione le tubazioni dei pannelli radianti si dipartono da collettori complanari e pertanto si possono intercettare singolarmente.

Il *massetto al di sopra delle tubazioni è di solito reso più fluido mediante speciali additivi*. Si ottiene una massa più fluida che può riempire meglio gli spazi fra le tubazioni e formare una superficie più uniforme e compatta.

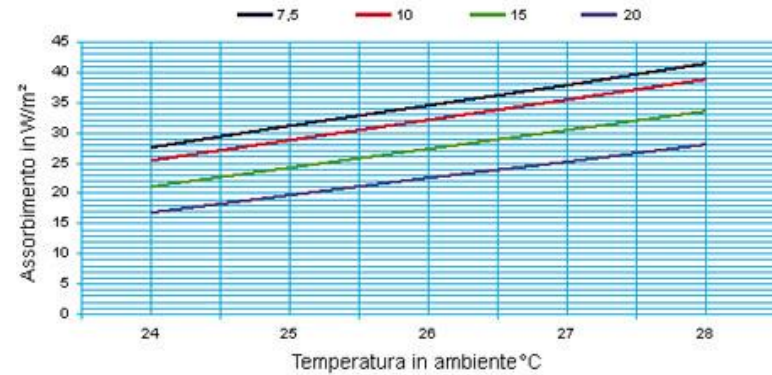


# Pannelli Radianti – Raffrescamento ambientale

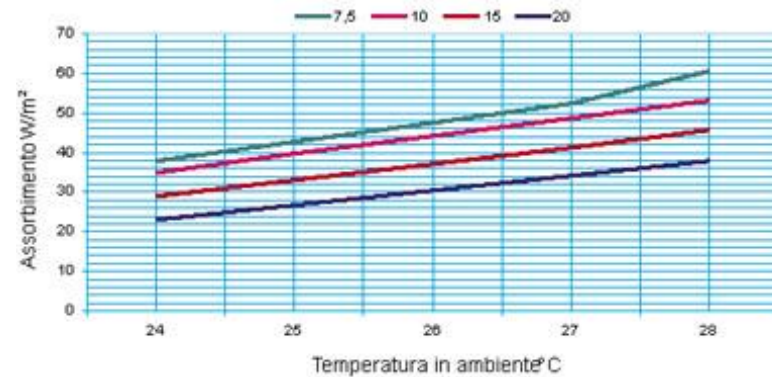
I pannelli radianti possono essere utilizzati anche per il *raffrescamento ambientale*. In questo caso si invia *acqua refrigerata ad una temperatura di circa 14 °C* di solito mediante un circuito misto (caldo e freddo) come indicato in figura. Al lato si hanno le *rese termiche* per due diverse tipologie di pavimenti radianti, con parquet e con piastrelle. Gli effetti del raffrescamento possono essere visti esaminando la figura nella quale appare evidente l'abbassamento della temperatura interna per effetto del raffrescamento esercitato dal pavimento radiante con acqua a *14 °C* (valore consigliato per evitare i fenomeni di condensa superficiale). Nella pratica avviene che l'acqua a bassa temperatura proveniente dal refrigeratore viene miscelata dalla valvola 3-vie comandata da una centralina di regolazione e inviata all'impianto secondo una temperatura programmata, *14 °C* nel caso citato. *La temperatura dell'acqua di mandata ai fan-coil, qualora presenti, è invece la stessa del refrigeratore*. In questo caso si ottengono due effetti: ridurre la umidità sottraendo il calore latente ed incrementare l'apporto di freddo all'ambiente quando il carico termico è particolarmente elevato.

*Anche nel caso di raffrescamento estivo sono da tenere in debito conto i fenomeni di elevata inerzia termica del pavimento radiante e quindi la regolazione elettronica deve precedere adeguatamente l'azione voluta.*

PARQUET: Assorbimento termico in funzione della temperatura ambiente e del passo tra i tubi in cm - Temperatura di mandata 14°C



PIASTRELLE: Assorbimento termico in funzione della temperatura in ambiente e del passo tra i tubi in cm - Temperatura di mandata 14°C



Costruzioni identiche con e senza raffrescamento



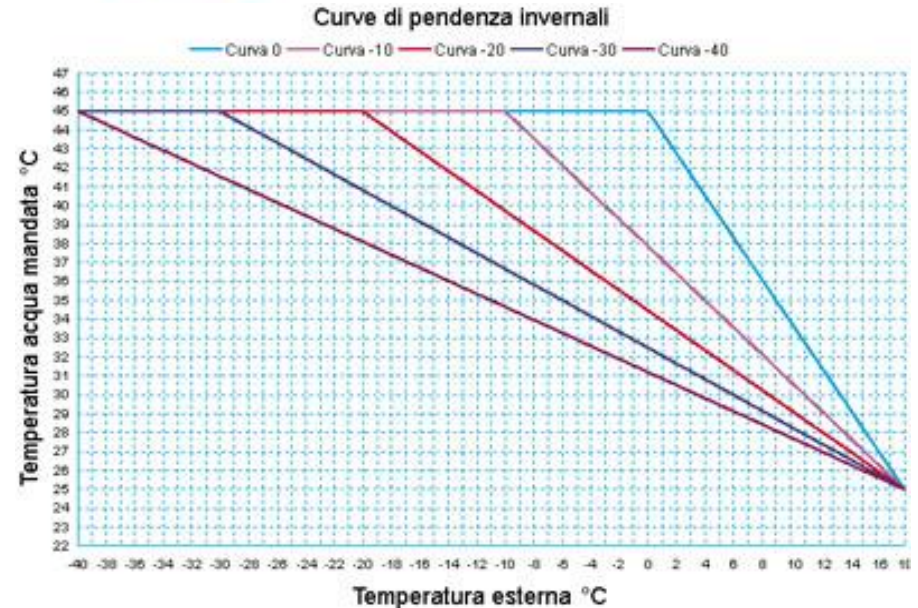
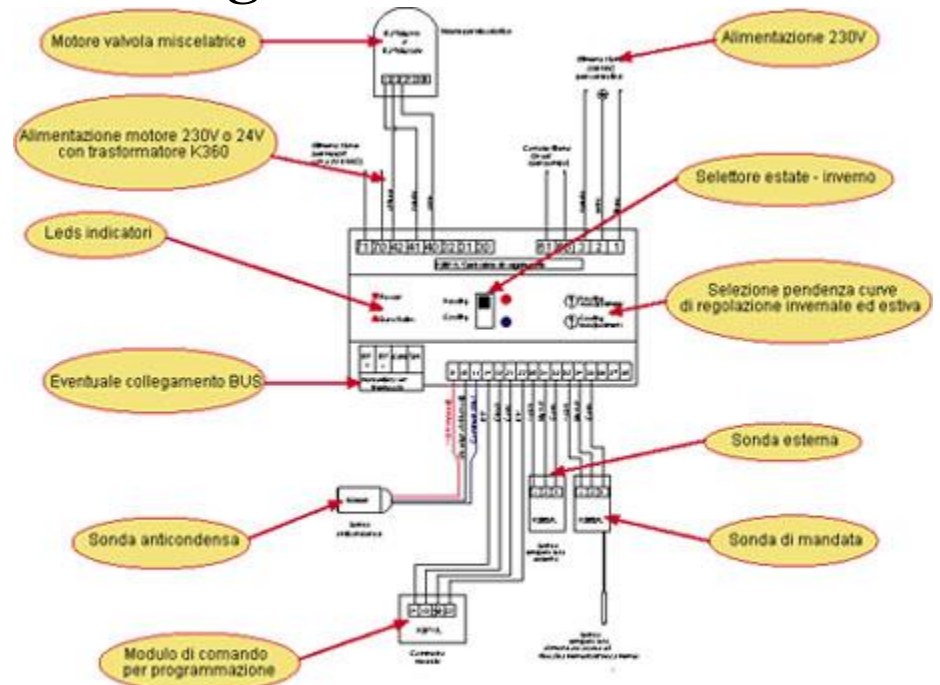


# Pannelli Radianti – Regolazione

In figura si ha uno schema a blocchi delle funzioni di regolazione, estate e inverno, per un impianto a pannelli radianti. *La temperatura di mandata non scende mai sotto i 14°C* ed inizia a salire leggermente con pendenza programmabile a partire dalla temperatura esterna di 25°C. La pendenza della curva (da 0,2 a 0,8 ) va scelta in funzione della temperatura interna che si desidera conseguire nel locale e della umidità relativa. Se ad esempio la zona in cui si opera è molto umida, una curva piuttosto piatta è controproducente, in quando il divario tra la temperatura dell'aria di rinnovo nell'ambiente e quella superficiale è via via maggiore quanto maggiore è la temperatura esterna. In ogni caso una pendenza intorno a 0,3 è ideale per il pavimento.

Le moderne centraline di regolazione per pavimenti radianti sono equipaggiate di *sonda anticondensa*, posizionata sulle superfici più fredde dell'impianto e quindi maggiormente a rischio di condensa superficiale.

Quando sulla superficie più fredda si raggiunge una umidità relativa superficiale di circa il 95% allora avviene lo slittamento automatico della curva di regolazione sul valore più elevato.



# Vaso di Espansione

Nelle reti ad acqua occorre tenere conto *dell'espansione dell'acqua* per effetto della differenza di temperatura fra circuito freddo e caldo. Di solito supponendo che l'acqua di rete abbia una temperatura di una decina di gradi Celsius e che la caldaia porti l'acqua a 90 °C si ha una differenza di temperatura di ben 80 °C che non può essere trascurata pena la sicurezza dello stesso impianto. Si ricordi, infatti, che l'acqua, come qualunque altro corpo del resto, si dilata secondo la legge:

$$V_f = V_i (1 + \alpha \Delta t)$$

Ne segue che la variazione di volume dovuta all'espansione (l'acqua si espande riscaldandola) è:

$$V_f - V_i = V_i \alpha \Delta t$$

Questo è il volume minimo di espansione che occorre garantire all'acqua. Il coefficiente di espansione  $\alpha$  varia con la temperatura. A 90°C è  $\alpha = 0.00355 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  e quindi la precedente relazione consente di calcolare il volume di espansione. La tubazione di collegamento fra vaso di espansione e caldaia non deve avere diametro inferiore a 15 mm. Per vasi di espansione chiusi il diametro della tubazione di collegamento deve essere non inferiore a:

$$d = \sqrt{\frac{P}{1000}} \quad (\text{mm})$$

con  $P$  in  $\text{kcal/h}$  e con valore minimo di 18 mm.

Di solito si hanno due tipi di vasi espansione, così sono chiamati i serbatoi dove si fa assorbire l'espansione dell'acqua:

*vasi di espansione aperti;*

*vasi di espansione chiusi.*

# Dilatazione dell'acqua

MASSA VOLUMICA E VOLUME SPECIFICO DELL'ACQUA FRA 0 E 100 °C								
Temperatura (°C)	Massa volumica (kg/dm3)	Volume specifico (dm3/kg)	Temperatura (°C)	Massa volumica (kg/dm3)	Volume specifico (dm3/kg)	Temperatura (°C)	Massa volumica (kg/dm3)	Volume specifico (dm3/kg)
0	0,99987	1,00013	48	0,98896	1,01116	75	0,97489	1,02576
4	0,99999	1,00001	49	0,98852	1,01161	76	0,97429	1,02639
6	0,99997	1,00003	50	0,98807	1,01207	77	0,97368	1,02703
8	0,99989	1,00011	51	0,98762	1,01254	78	0,97307	1,02768
10	0,99975	1,00025	52	0,98715	1,01302	79	0,97245	1,02833
12	0,99955	1,00045	53	0,98669	1,01349	80	0,97183	1,02899
14	0,99930	1,00070	54	0,98621	1,01398	81	0,97121	1,02964
16	0,99900	1,00100	55	0,98573	1,01448	82	0,97057	1,03032
18	0,99865	1,00135	56	0,98525	1,01497	83	0,96994	1,03099
20	0,99820	1,00180	57	0,98475	1,01549	84	0,96930	1,03167
22	0,99783	1,00217	58	0,98425	1,01600	85	0,96865	1,03236
24	0,99737	1,00264	59	0,98375	1,01652	86	0,96800	1,03306
26	0,99687	1,00314	60	0,98324	1,01705	87	0,96734	1,03376
28	0,99633	1,00368	61	0,98272	1,01758	88	0,96668	1,03447
30	0,99576	1,00426	62	0,98220	1,01812	89	0,96601	1,03519
32	0,99512	1,00490	63	0,98167	1,01867	90	0,96534	1,03590
34	0,99449	1,00554	64	0,98113	1,01923	91	0,96467	1,03662
36	0,99374	1,00630	65	0,98059	1,01979	92	0,96399	1,03736
38	0,99302	1,00703	66	0,98005	1,02036	93	0,96330	1,03810
40	0,99224	1,00782	67	0,97950	1,02093	94	0,96261	1,03884
41	0,99186	1,00821	68	0,97894	1,02151	95	0,96192	1,03959
42	0,99147	1,00860	69	0,97838	1,02210	96	0,96122	1,04034
43	0,99107	1,00901	70	0,97781	1,02269	97	0,96051	1,04111
44	0,99066	1,00943	71	0,97723	1,02330	98	0,95981	1,04187
45	0,99025	1,00985	72	0,97666	1,02390	99	0,95909	1,04266
46	0,98982	1,01028	73	0,97607	1,02452	100	0,95838	1,04343
47	0,98940	1,01071	74	0,97548	1,02514			

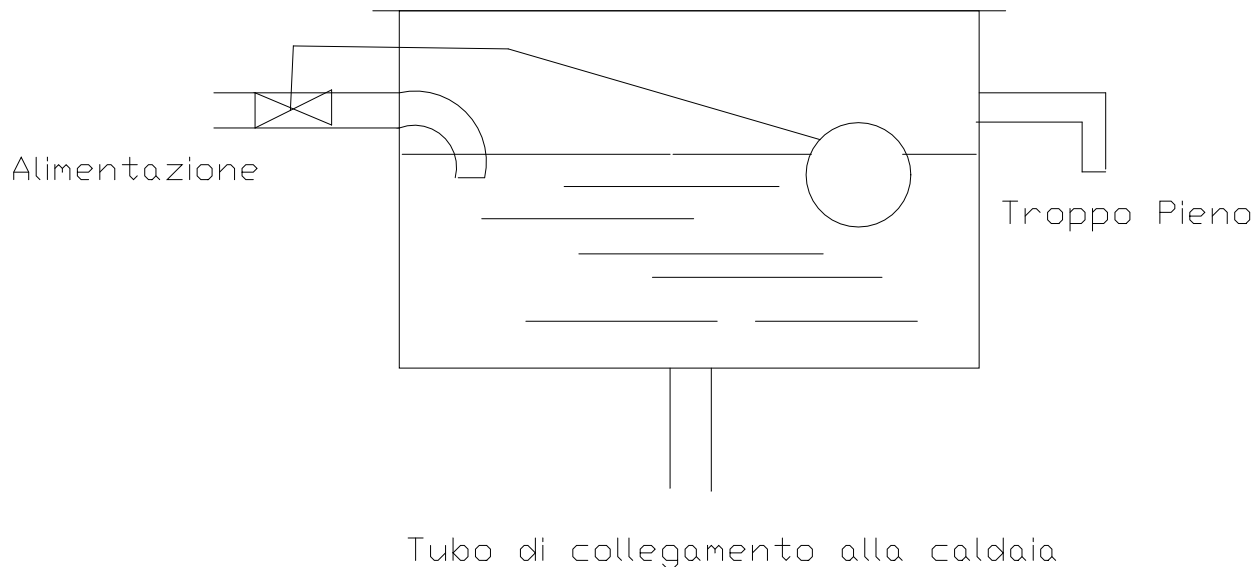
# Vaso di Espansione Aperto

Nel primo caso si tratta di un recipiente posto alla sommità della rete di distribuzione avente un volume di almeno tre volte  $\Delta V$  sopra calcolato e a contatto con l'atmosfera, vedi figura. L'acqua dilatandosi fa innalzare il livello del liquido all'interno del vaso.

Per un calcolo rapido si può utilizzare la relazione:

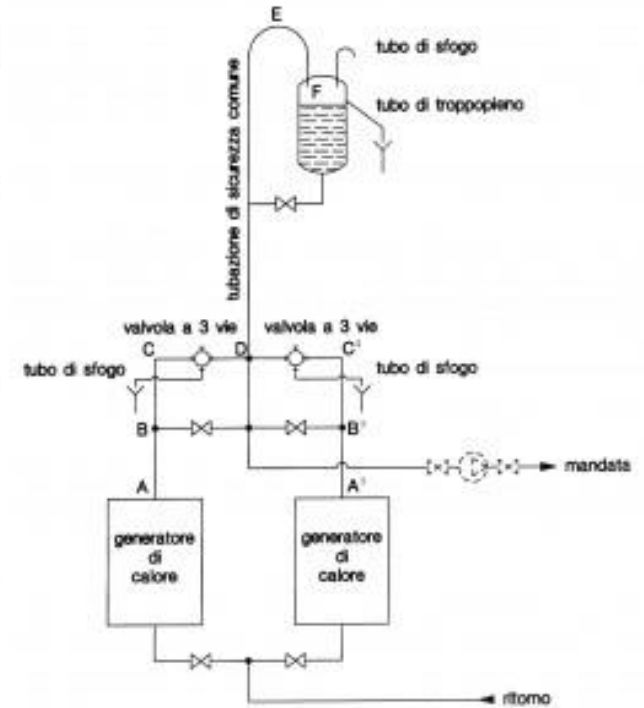
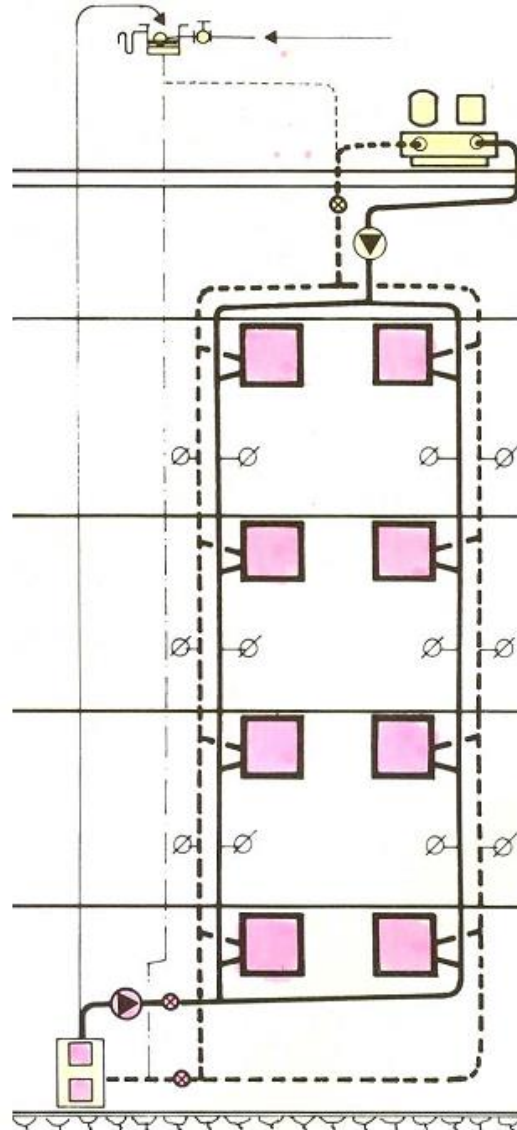
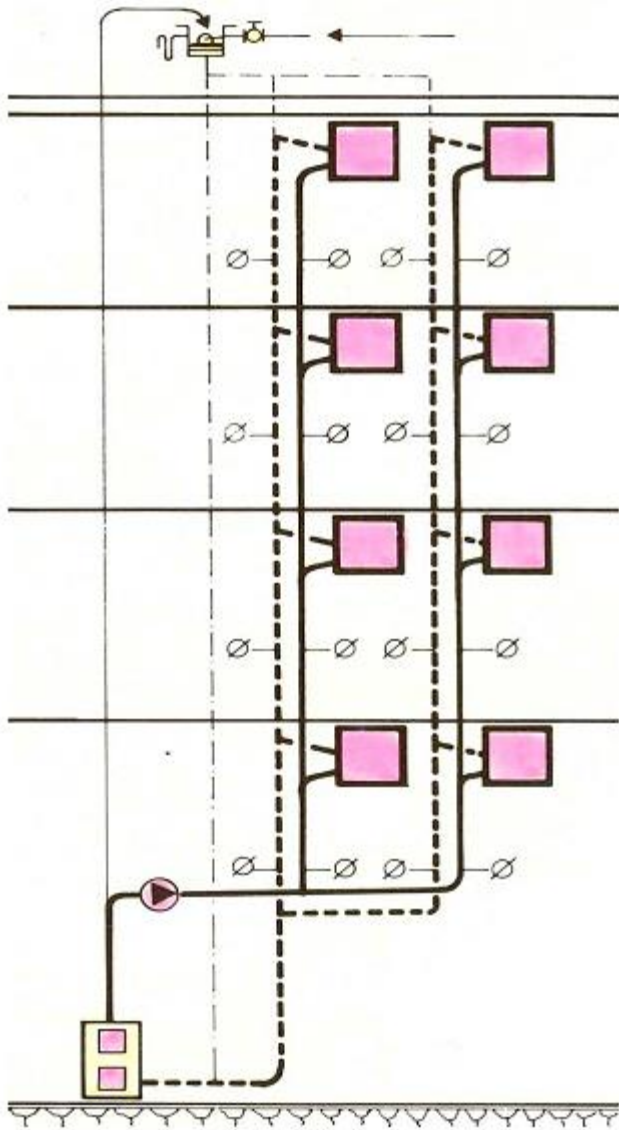
$$V_{\text{vaso espansione}} = 1.4 \cdot P_i$$

ove  $P_i$  è la potenzialità della caldaia in kW.





# Installazione dei vasi aperti



# Vaso di Espansione Chiuso

Si hanno due possibili tipologie:

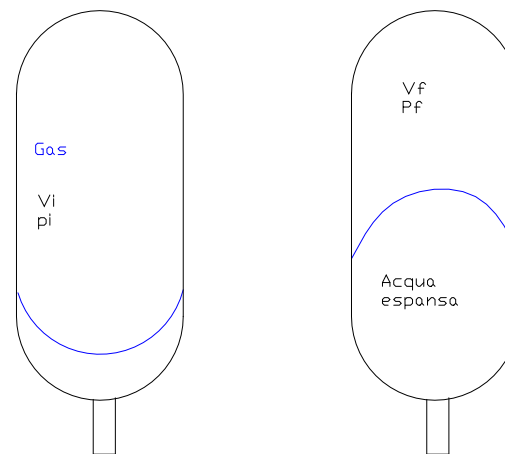
*a membrana*: il gas interno al serbatoio, di solito azoto, viene separato dall'acqua da una membrana elastica, vedi ;

*senza membrana*: il gas, di solito aria, è a contatto con l'acqua, vedi figura.

Il volume del serbatoio chiuso pressurizzato *con membrana* è dato dalle seguenti relazioni:

$$V_{membrana} = \frac{\alpha M \Delta t}{1 - \frac{p_i}{p_f}}$$

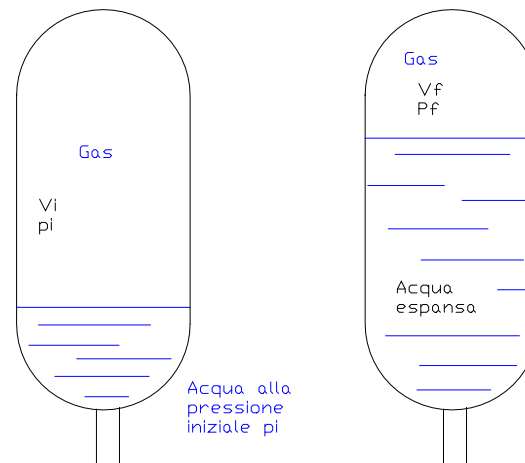
La relazione seguente si dimostra mediante normali passaggi di *Termodinamica*. Infatti è possibile scrivere l'eguaglianza (per la legge dei gas ideali):  $p_i V = p_f V_f$  dalla quale si trae:  $V_f = V (p_i/p_f)$ . Poiché l'espansione dell'acqua è pari a:  $M\alpha\Delta t = V - V_f$  sostituendo nella precedente relazione si ottiene la precedente equazione.



ove con *M* si è indicata la massa iniziale di acqua nell'impianto. Si osservi che  $M\Delta t$  è la capacità termica totale dell'impianto. La pressione iniziale  $p_i$ , espressa in *m c.a.*, è pari all'altezza netta al di sopra del serbatoio più 0,3 metri per sicurezza. Per i vasi pressurizzati senza membrana il volume del serbatoio è:

$$V_{senza\ membrana} = \frac{M\alpha\Delta t}{\frac{p_a}{p_i} - \frac{p_a}{p_f}}$$

ove  $p_a$  è la pressione atmosferica.



E' possibile scrivere l'eguaglianza (per la legge dei gas ideali):  $p_a V = p_i V_i = p_f V_f$  essendo  $M\alpha\Delta t = V - V_f$  ed ancora  $V_i = p_a (V/p_i)$ ,  $V_f = p_a (V/p_f)$  si ottiene:  $M\alpha\Delta t = p_a V (1/p_i - 1/p_f)$

e quindi si ottiene la precedente equazione.



# Valvola di Sicurezza

La valvola di sicurezza serve a *mantenere la pressione nell'impianto* al di sotto di un valore massimo. Essa ha, di solito, una molla tarata che garantisce l'apertura della valvola quando si supera il valore di taratura. *La pressione di sicurezza viene calcolata in funzione dell'altezza al di sopra della caldaia e dalla necessità di non superare i 95°C nel generatore d'acqua.* Le valvole di sicurezza sono *obbligatorie negli impianti chiusi* e debbono garantire, al raggiungimento della pressione limite, lo scarico di una portata di vapore:

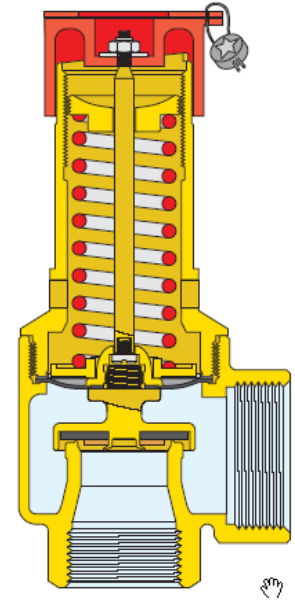
$$G_v = \frac{P}{500} \quad (\text{kg/h})$$

con  $P$  potenzialità della caldaia in  $\text{kcal/h}$ . La *sezione di scarico* può essere calcolata mediante la relazione approssimata:

$$A = \frac{P}{10^5} \cdot \frac{M}{0.9K} \quad (\text{cm}^2)$$

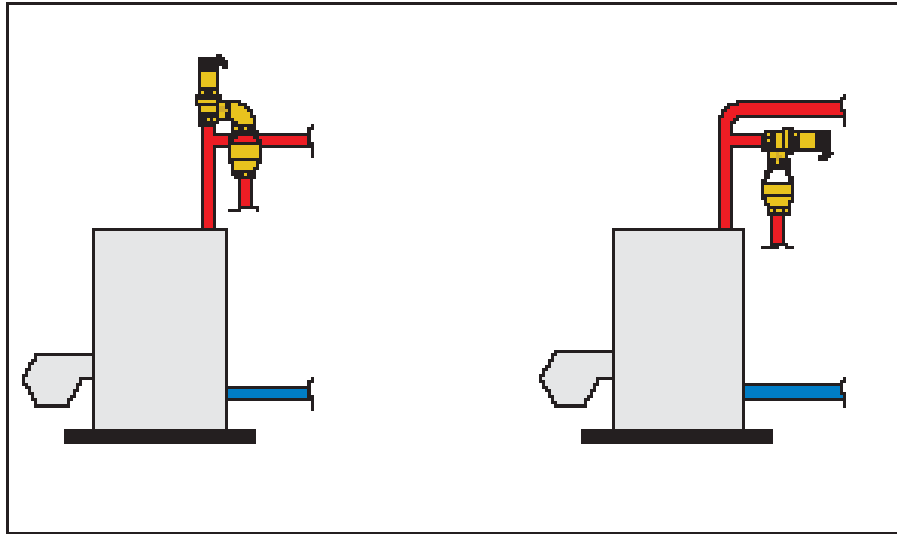
ove  $P$  è ancora la potenzialità della caldaia (in  $\text{kcal/h}$ ) ed  $M$  un termine funzione della pressione di scarico e  $K$  la caratteristica della valvola data dal costruttore.

In alcuni casi, per impianti di medie dimensioni, si hanno gruppi combinati che comprendono le valvole di sfiato aria, di sicurezza e di caricamento, come indicato in figura.

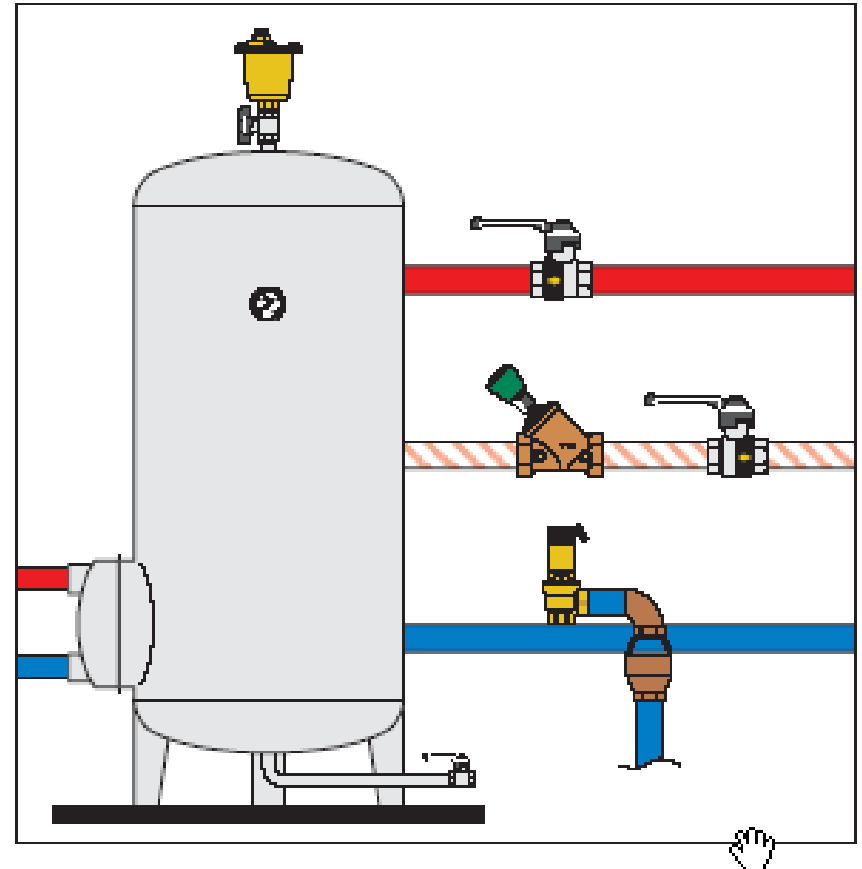
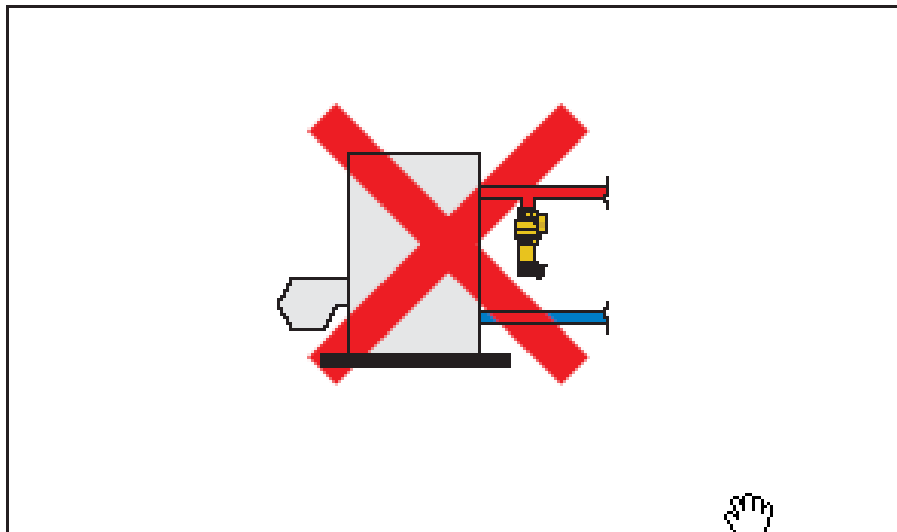


# Installazione delle valvole di sicurezza

Installazioni corrette



Installazione errata



# Valvola di Scarico Termico

E' una valvola che serve a garantire che *non sia superata la temperatura massima nel generatore termico*, solitamente fissata a 90 o 95 °C a seconda del tipo di generatore termico. Essa fa aprire un *orifizio tarato* in modo da *svuotare l'impianto* in pochi minuti e va selezionata in funzione della potenzialità della caldaia. Il diametro dell'orifizio di sfogo deve essere non inferiore a:

$$d_0 = \sqrt{\frac{C}{5}} \quad (mm)$$

ove  $C$  è la capacità, in litri, della caldaia. Il diametro non può essere inferiore a 15 mm.

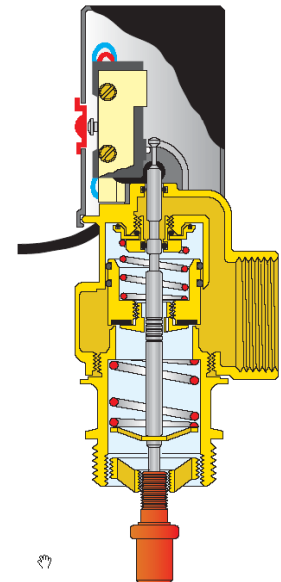
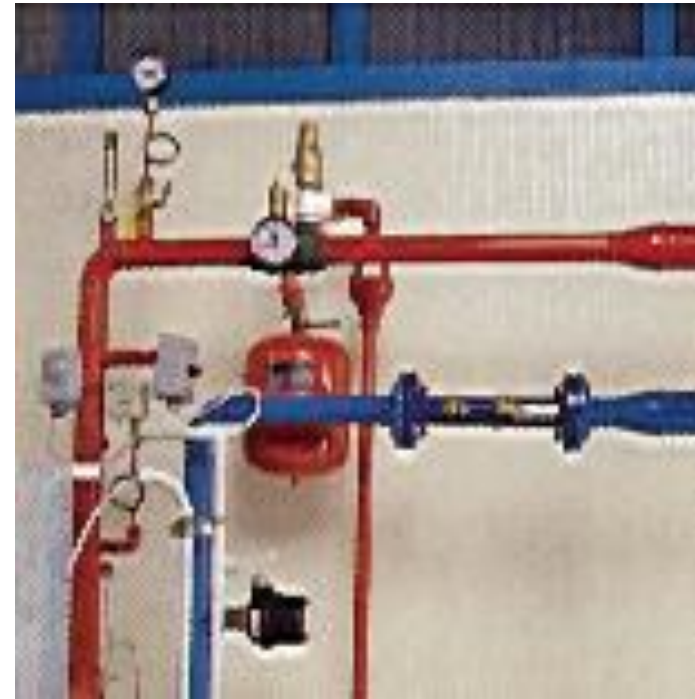
La portata che queste valvole debbono scaricare, in  $kg/h$ , nel caso si reintegro totale dell'impianto è determinata dalla relazione:

$$G_s = \frac{P}{80} \quad (kg/h)$$

con  $P$  la potenzialità della caldaia in  $kcal/h$ . Nel caso si reintegro parziale vale la relazione:

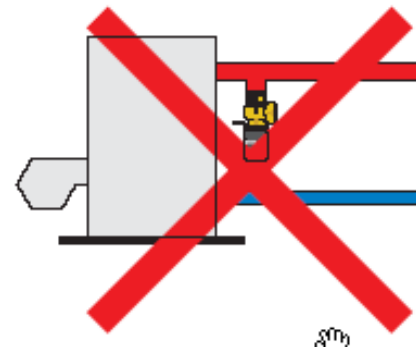
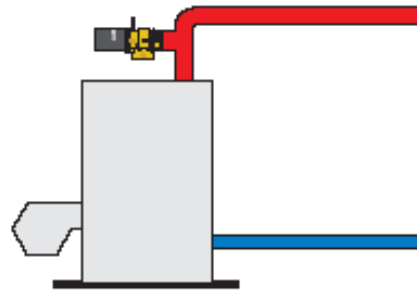
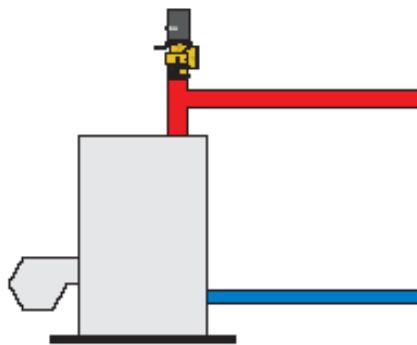
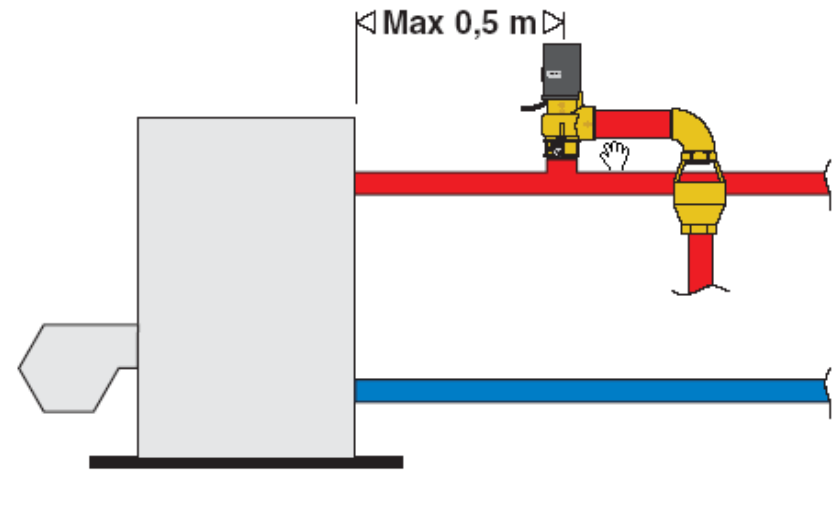
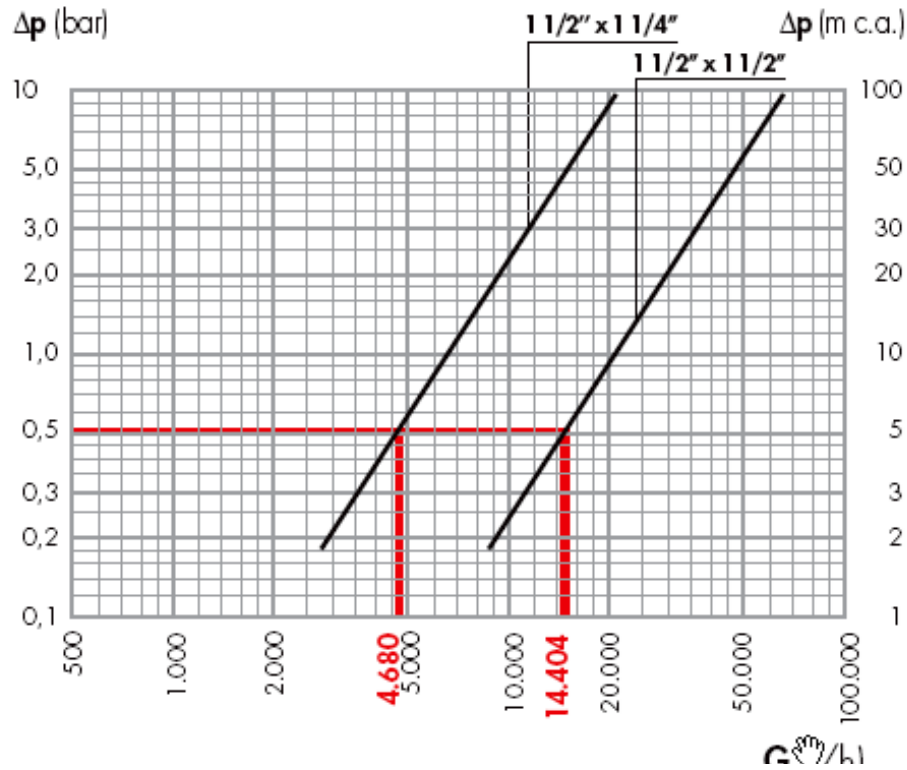
$$G_s = \frac{P}{25} \quad (kg/h)$$

In figura si ha un esempio di corretta installazione del vaso di espansione chiuso, della valvola di sicurezza e del tronchetto flangiati per la misura della portata d'acqua calda dalla caldaia.

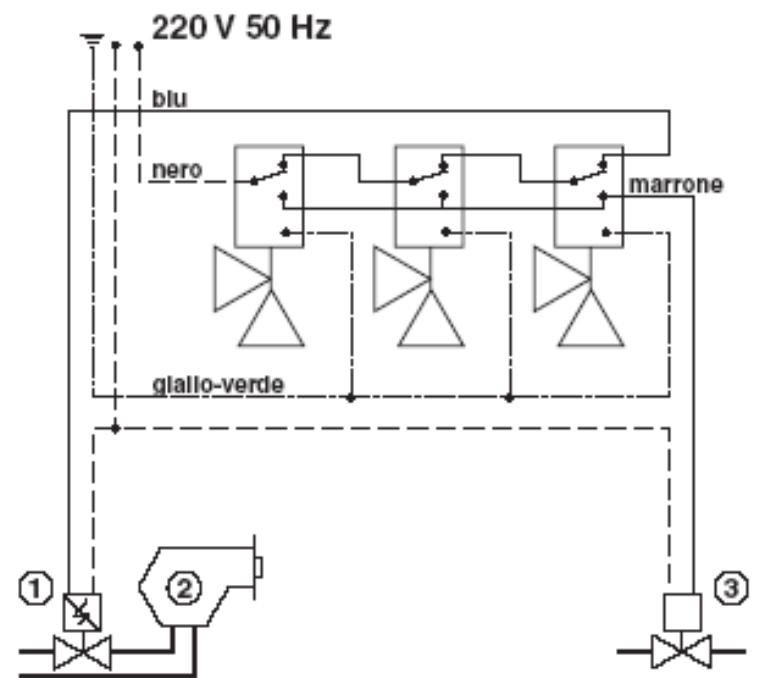
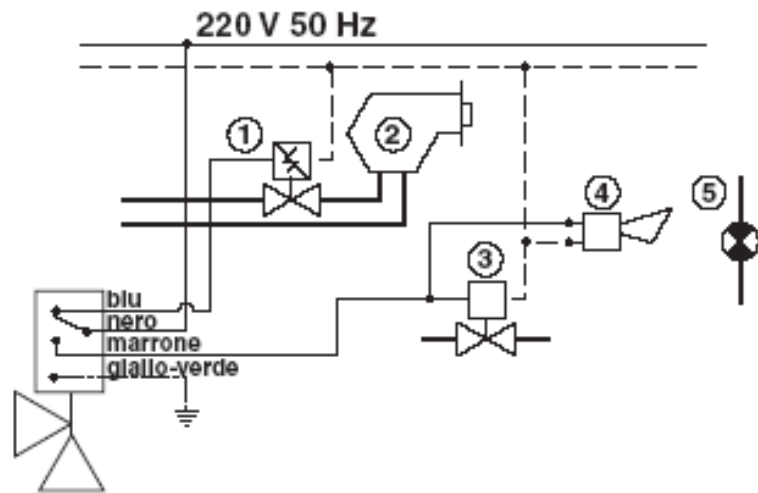




# Valvole di scarico termico

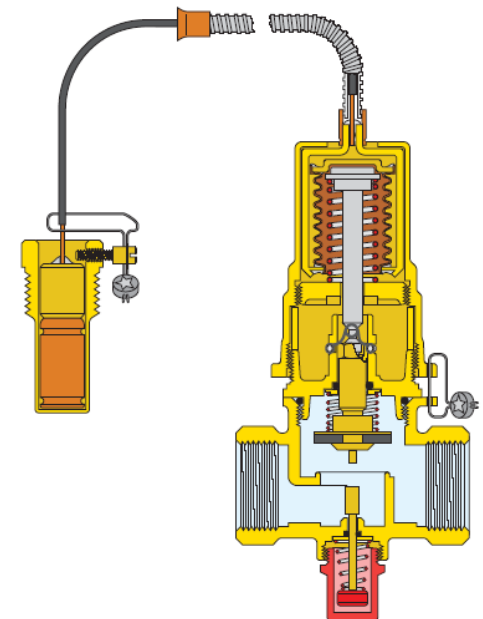
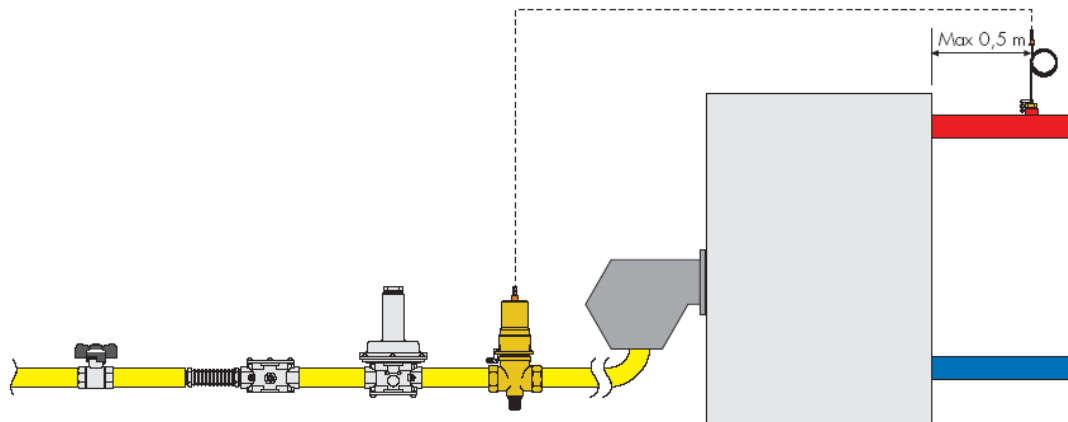


# Collegamento elettrico della valvola di scarico termico



## Valvole di intercettazione del combustibile

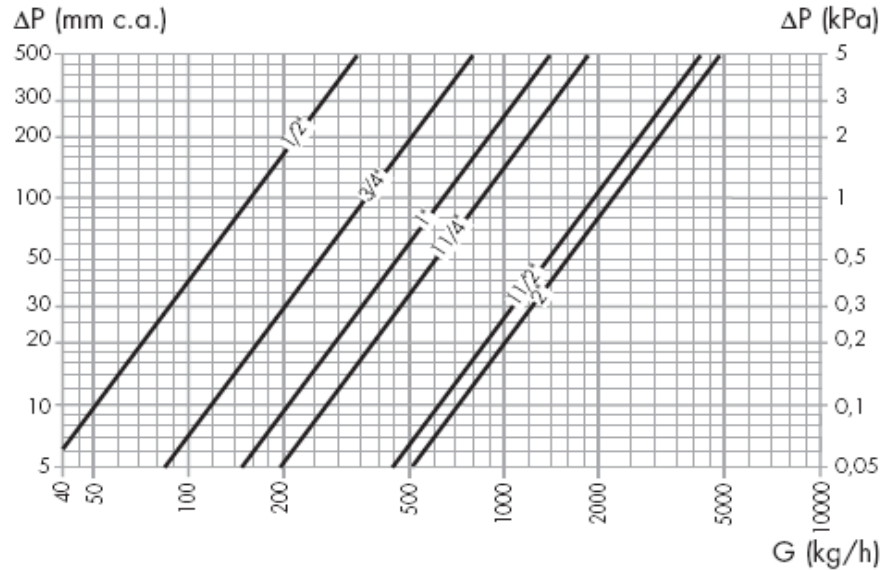
La valvola di intercettazione del combustibile è un dispositivo di sicurezza ad azione positiva per l'interruzione del flusso di combustibile al bruciatore. La valvola, installata sulla tubazione di adduzione del bruciatore, ha la funzione di intercettare l'afflusso di combustibile allorché la temperatura del fluido termovettore raggiunge il valore limite di 98 °C. Essendo un dispositivo ad azione positiva in caso di avaria dell'elemento sensibile, la chiusura della valvola di alimentazione avviene automaticamente. Questa valvola è utilizzabile con differenti tipi di combustibili ed è disponibile anche in versione per acqua surriscaldata.



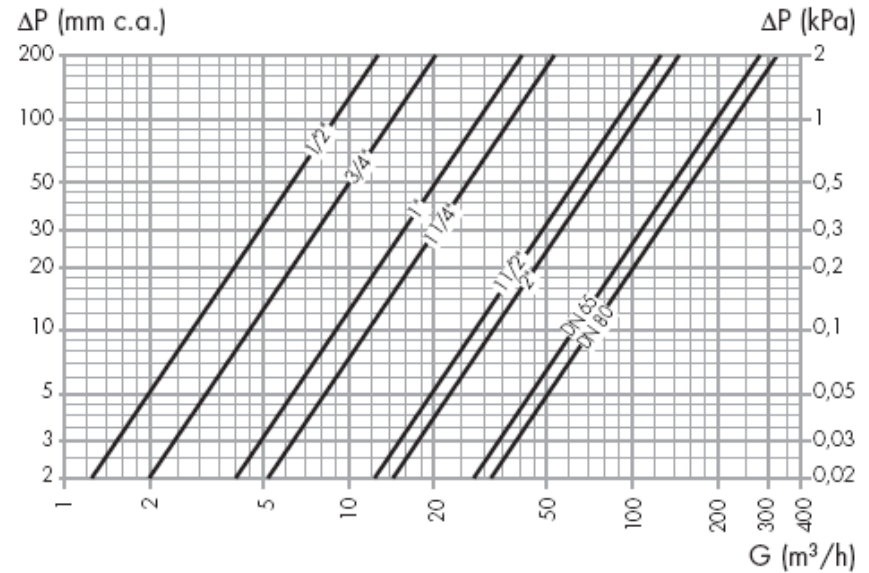
# Valvole di intercettazione del combustibile

## Caratteristiche fluidodinamiche

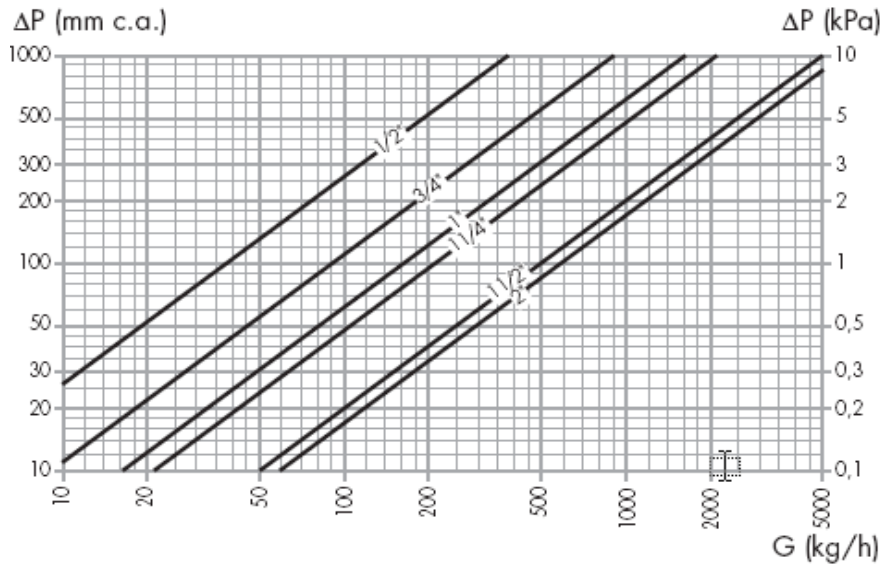
### Gasolio a 20°C



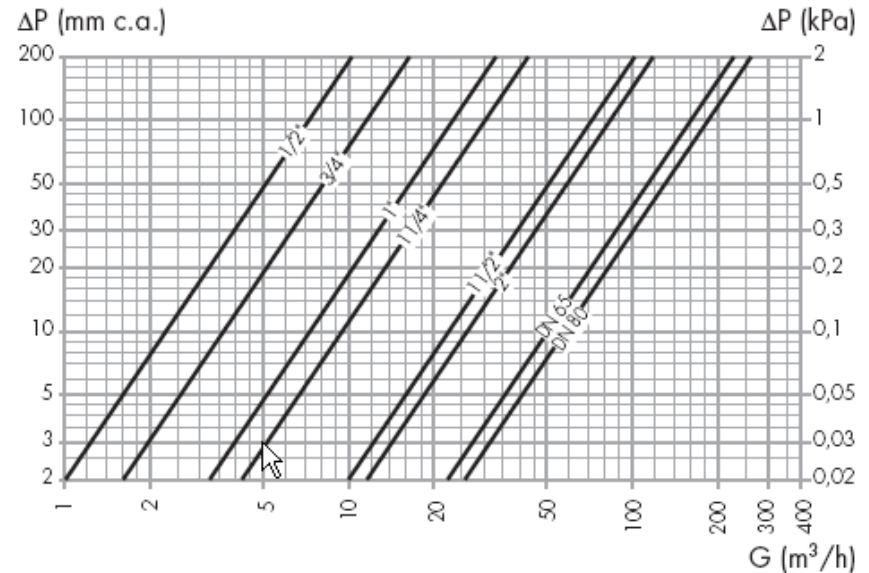
### Metano a 15°C



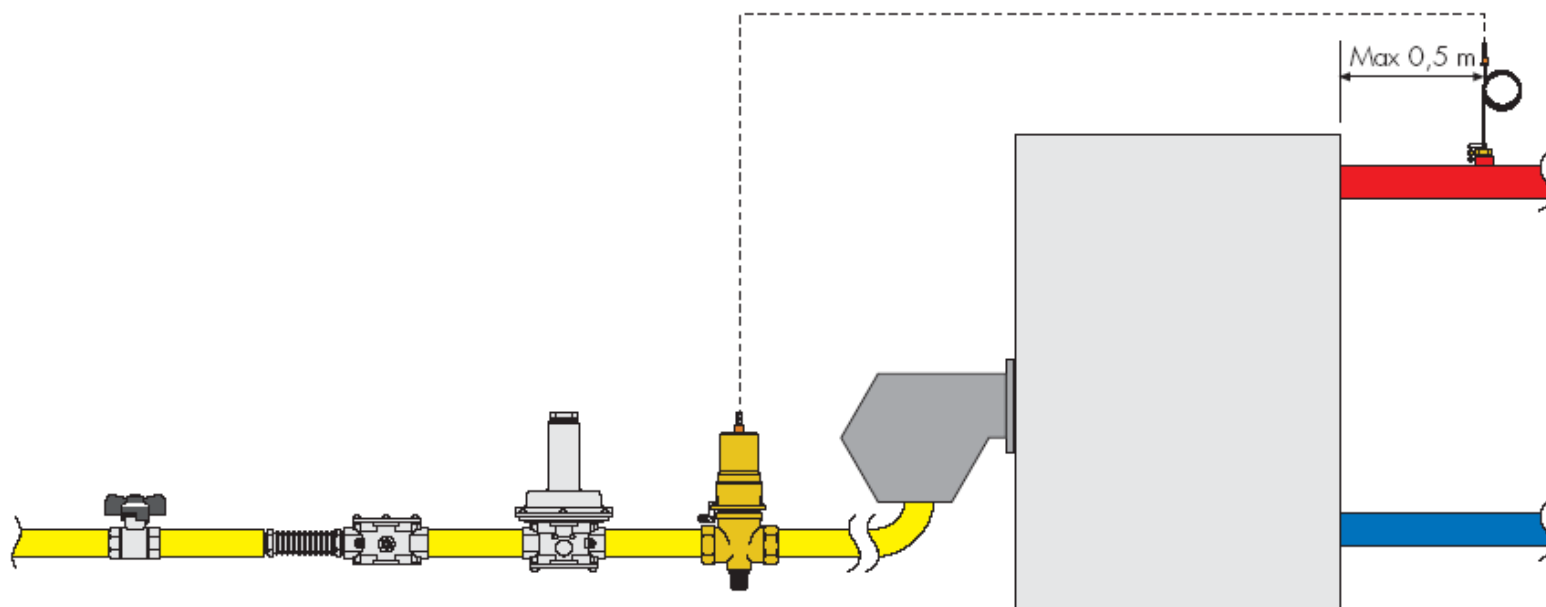
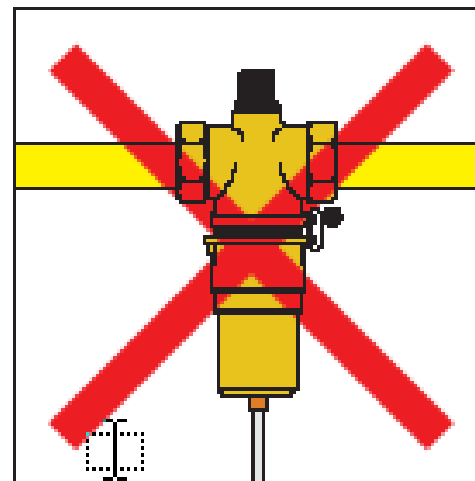
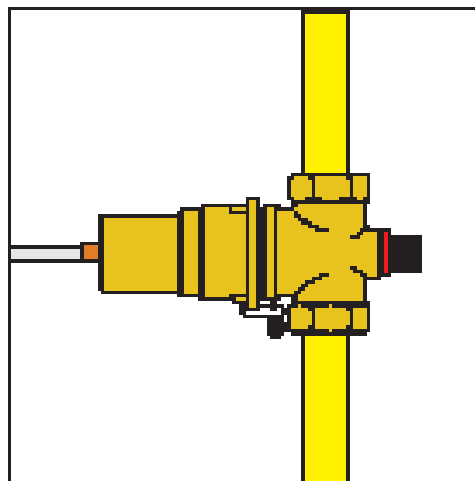
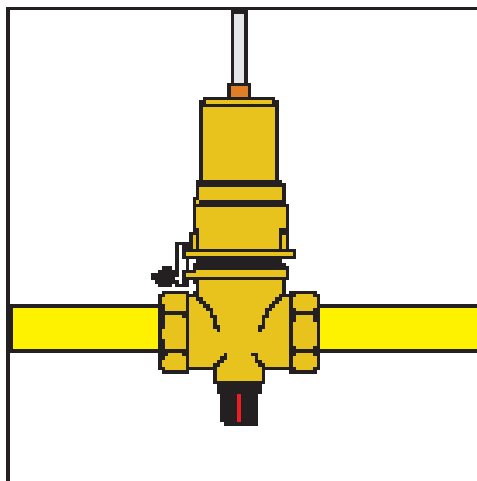
### Olio combustibile (3÷5 °E a 50°C) a 20°C



### GPL a 15°C



# Valvole di intercettazione del combustibile



# Dilatatori termici

Quando le tubazioni sono percorse dal fluido caldo queste si allungano per effetto della dilatazione termica, per tanto bisogna tenerne conto.

Notare, che la dilatazione è indipendente dal diametro e dallo spessore delle pareti dei tubi, è invece dipendente dal tipo di materiale di cui sono costituite.

Il calcolo della dilatazione termica di qualsiasi tubazione si esegue con estrema facilità tramite l'applicazione della formula seguente:

ove :

$$D_l = k_d \Delta t L_g$$

$D_l$  è la dilatazione, in mm, per metro lineare di tubazione:

$k_d$  coefficiente di dilatazione termica della tubazione (0,012 per l'acciaio);

$\Delta t$  escursione termica, °C;

$L_g$  lunghezza del tratto di tubazione in metri.

Per i vari materiali si hanno i coefficienti indicati nella seguente tabella

SALTO TERMICO $\Delta t$ °C	DILATAZIONI TERMICHE «mm» PER METRO LINEARE DI TUBO	
	TUBI DI ACCIAIO	TUBI DI RAME
45 °C	0,54	0,74
50 °C	0,60	0,83
55 °C	0,66	0,91
60 °C	0,72	1,00
65 °C	0,78	1,08
70 °C	0,84	1,16
75 °C	0,90	1,24
80 °C	0,96	1,33
85 °C	1,02	1,41
90 °C	1,08	1,50
95 °C	1,14	1,58
100 °C	1,20	1,66



# L'Aria come Fluido di Lavoro

Anche *l'aria* è utilizzata moltissimo negli impianti termici per le sue caratteristiche chimico-fisiche ben conosciute e per le sue qualità termofisiche. Rispetto all'acqua si hanno condizioni meno favorevoli ma la diffusione dell'aria nell'atmosfera, la mancanza di pericolosità negli impianti in caso di fughe e il grado di affidabilità che deriva dal suo uso la rendono un fluido termovettore indispensabile e tecnicamente vantaggioso. Valgono tutte le osservazioni già fatte in precedenza e che qui si riassumono.

*Le dimensioni dei canali sono*, per effetto della legge di continuità, *non trascurabili* e in ogni caso grandi rispetto a quelle corrispondenti per l'acqua. Pertanto, e lo ribadisce ancora una volta con forza, *i canali d'aria non sono mascherabili facilmente nelle strutture edilizie* ma richiedono sempre uno studio attento ed accurato dei passaggi (a soffitto o a parete) al piano e nell'attraversamento dei piani (cavedi tecnici). Un progetto architettonico che non preveda accuratamente questi spazi è destinato ad avere mutilazioni e superfetazioni visibili ed antiestetiche. Si pensi alle dimensioni dei canali nei tronchi principali di un grande edificio (scuola, ospedale, uffici, ....): non si può più nascondere tutto con qualche controsoffitto ma occorre prevedere fin dall'inizio della fase progettuale le vie di passaggio, orizzontali e verticali, di canali di dimensioni di metri!

*La potenza di soffiaggio non è trascurabile* (rispetto a quella delle reti ad acqua a pari condizioni) e *le dimensioni delle soffianti sono notevoli* e richiedono più attenzione progettuale.

*Le dimensioni delle superfici di scambio termico*, per effetto della trasmittanza termica minore, *sono ben maggiori* di quelle per l'acqua.

Va qui osservato che spesso *gli impianti di climatizzazione debbono utilizzare l'aria quale fluido termovettore per soddisfare alle esigenze di ricambio d'aria imposto dalle norme per i locali pubblici*. Ad esempio per le scuole le norme prevedono che si abbiano ricambi orari variabili da 2.5 a 5. Ciò significa che, oltre al riscaldamento e alla climatizzazione in genere, occorre garantire un ricambio d'aria fisiologico non indifferente e in ogni caso non più ottenibile per ricambio naturale attraverso i battenti sottoporta e attraverso le aperture casuali degli infissi.

Un'aula di dimensioni  $6 \times 6 \times 3 = 54 \text{ m}^3$  richiede una portata di ventilazione, nel caso di scuole superiori con  $n=5$ , pari a ben  $270 \text{ m}^3/\text{h}$  e quindi è necessario avere un impianto di ventilazione.

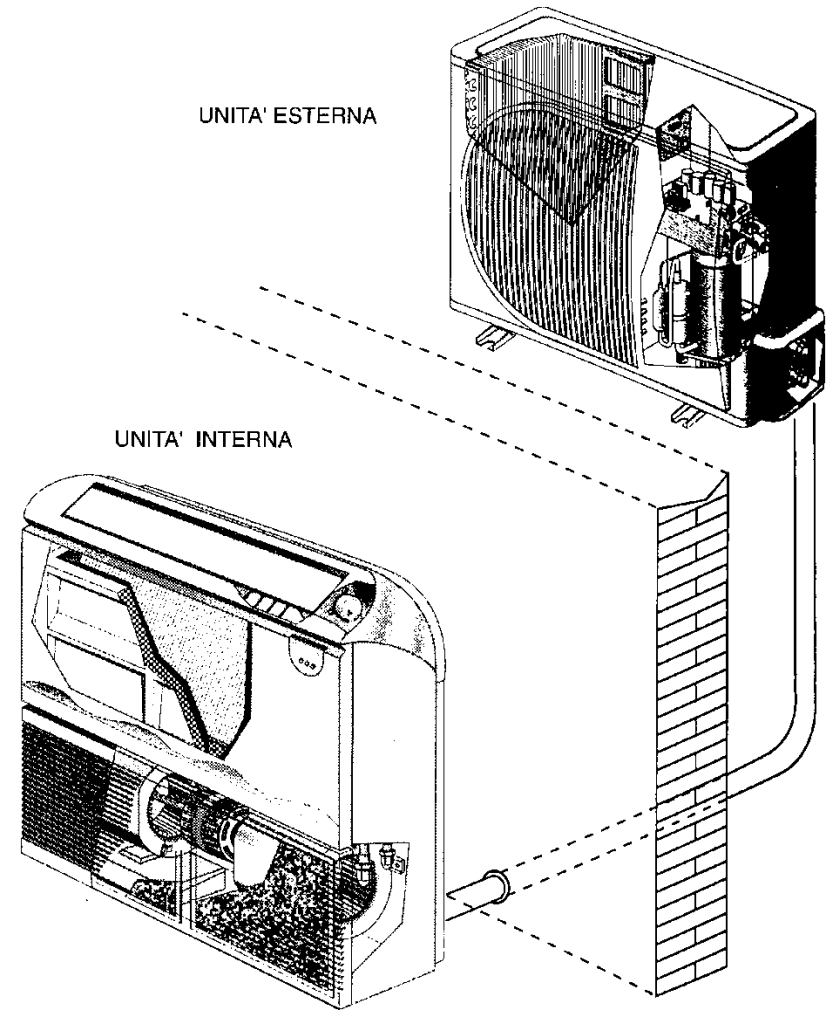
# Sistemi Split

Negli ultimi anni si sono diffusi condizionatori reversibili (quindi che funzionano anche da pompe di calore) del tipo split. Con riferimento alla figura si può osservare che si tratta di *impianti compatti*, solitamente per uno fino a quattro ambienti, costituiti da un'unità moto-condensante (in estate) esterna ed da un'unità evaporativa (sempre in estate) interna. Nella figura si ha un esempio di installazione di questi impianti: sono ben visibili all'esterno (qui indicato sul terrazzo) l'unità *moto-condensante* (cioè contenente il compressore frigorifero e il condensatore) e all'interno due unità *evaporatrici* (cioè contenente ciascuna un *evaporatore*). Il fluido termovettore è contemporaneamente *frigorifero*, cioè è lo stesso *Freon* che circola nell'unità interna. Questa soluzione consente di avere *migliore rendimenti di scambio termico* in quanto le batterie interne alle unità sono *ad espansione diretta*: in esse il *Freon* si espande a bassa pressione (vedi ciclo di ) assorbendo calore dall'ambiente e quindi raffrescandolo.

Se il sistema è reversibile allora in inverno le funzioni delle batterie si scambiano: nell'unità esterna si ha il *compressore* e l'*evaporatore* mentre all'interno si ha il *condensatore* che cede calore, sempre per espansione diretta, all'ambiente, riscaldandolo.

Questo genere di impianti non accettano lunghi percorsi per le tubazioni.

Di solito si possono avere lunghezze di 10÷15 m con tubazioni precaricate di fluido frigorifero

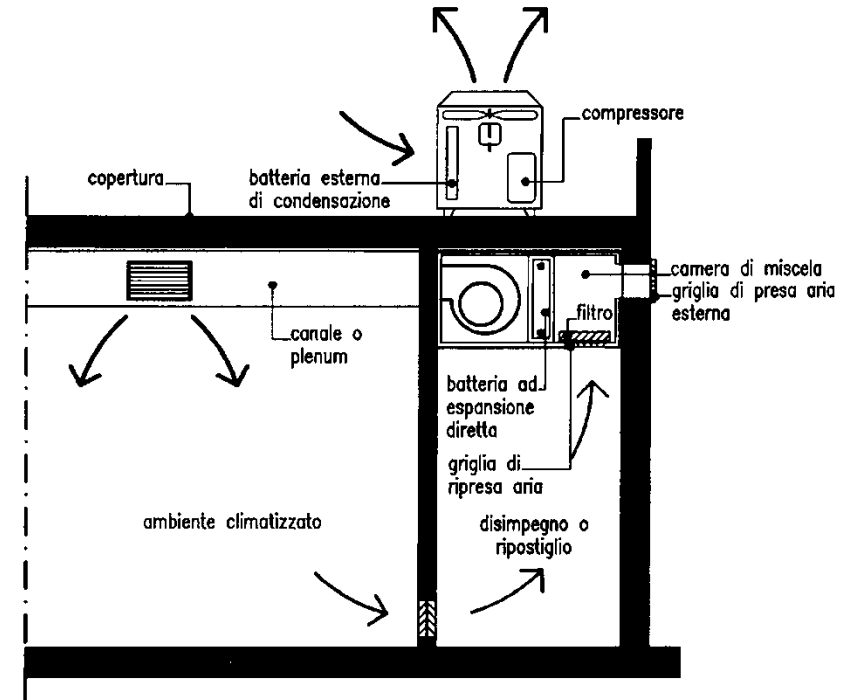
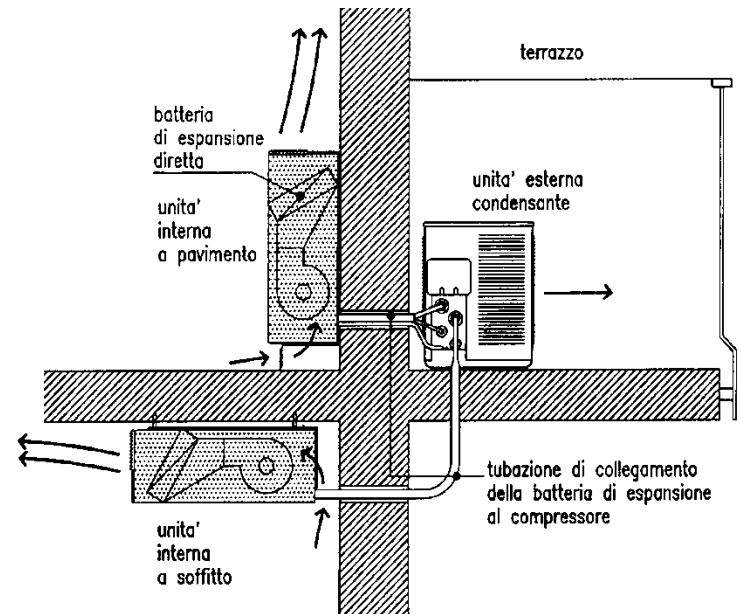


# Sistemi Split - Installazione

La lunghezza delle tubazioni fra unità esterne ed interne è di solito limitata ad una decina di metri per limitare la caduta di pressione. Per maggiori lunghezze occorre aggiungere una *pompa di circolazione* che ripristina la pressione di esercizio all'*evaporatore* e al *condensatore*. In figura in basso si ha un esempio di sistema split nel quale l'unità interna è canalizzata, cioè l'uscita non è immediata nell'ambiente in cui essa si trova ma l'aria viene opportunamente canalizzata con una semplice rete di distribuzione dell'aria condizionata. In questo modo si può avere un sistema split che può servire un appartamento o una piccola zona. Per impianti maggiormente estesi si debbono avere impianti di condizionamento tradizionali.

Va osservato che *recentemente si sono prodotti unità split con fluido termovettore ad acqua*. In pratica si ha all'interno del gruppo frigorifero una batteria di scambio fra fluido frigorifero ed acqua che viene inviata agli ambienti per la climatizzazione. Questi sistemi sono, in pratica, dei veri e propri piccoli impianti di condizionamento nei quali si ha una maggiore ingegnerizzazione delle unità di refrigerazione con una migliore disposizione topologica.

Si osservi che *i sistemi split non controllano bene l'umidità ambiente ma solo il carico sensibile*. Se si ha necessità di controllare anche il carico latente si deve ricorrere agli impianti tradizionale ad aria.



# Data Sheet per uno split

Unità interna		GW1090E	GW1120E	GW1180E	GW1240E
Unità esterna		GW1090C	GW1120C	GW1180C	GW1240C
Potenza frigorifera	W (nominale)	2500	3500	5000	6500
	W (min - max)	900/3000	1220/4000	2500/5800	2000/6800
Classe di efficienza energetica		A	A	A	A
EER		3,21	3,21	3,21	3,22
Potenza assorbita totale	W (nominale)	780	1090	1560	2020
	W (min - max)	220/1350	295/1500	620/2200	520/2450
Assorbimento totale	A (max)	6,2	7,0	10,5	14
Umidità asportata	l/h	1,2	1,6	2	2,4
Potenza termica	W (nominale)	2750	4000	5800	6500
	W (min - max)	1000/3200	1130/4300	2300/6400	1600/8200
Classe di efficienza energetica		A	A	A	A
COP		3,62	3,61	3,63	3,61
Potenza assorbita totale	W (nominale)	760	1108	1600	1800
	W (min - max)	210/1400	330/1420	550/2250	470/3250
Assorbimento totale	A (max)	6,3	7,2	10,7	14,2
Portata aria (GWI E)	m³/h (max)	490	550	900	850
♪ Pressione sonora (GWI E)	dB(A) (min)	32	36	40	40
	dB(A) (med)	35	39	43	43
	dB(A) (max)	39	42	48	48
♪ Pressione sonora (GWI C)	dB(A)	53	55	56	58
Compressore		Rotativo Inverter			
Lunghezza max linee	m	10	10	30	30
Dislivello max (Unità interna - esterna)	m	5	5	8	8
Attacchi frigoriferi	Ø liquido	1/4"	1/4"	1/4"	3/8"
	Ø gas	3/8"	1/2"	1/2"	5/8"
Linee frigorifere	Ø liquido	6,35 (1/4")	6,35 (1/4")	6,35 (1/4")	9,52 (3/8")
	Ø gas	9,52 (3/8")	12,7 (1/2")	12,7 (1/2")	15,9 (5/8")



# Sistemi Multi-Split

Oggi si tende ad avere unità di tipo *multi split*. Queste consentono di avere *più unità interne alimentate da una sola unità esterna*. Ad esempio una unità moto condensante esterna può alimentare più unità interne per un singolo appartamento.

In figura si ha la schematizzazione di *unità multi split modulari* che possono soddisfare le esigenze distributive interne di edifici complessi.

Si osserva che questo genere di impianti è oggi spesso utilizzato negli *edifici storici* poiché consentono di ridurre le opere di intervento di tipo murarie alla sola posa dei tubi dei refrigeranti per le batterie ad espansione diretta interne all'edificio.



# Fluidi Frigorigeni

Questi fluidi sono necessari per gli impianti di refrigerazione dell'acqua o per gli impianti split. Oggi sono oggetto di particolare attenzione da parte delle autorità internazionali poiché sono, in genere, responsabili dell'attacco della fascia di ozono e dell'incremento dell'effetto serra.

Inizialmente sono stati utilizzati i *Cloro-Fluoro-Carburi* (detti *CFC* e il cui gas di riferimento era il *Freon 11* la cui sigla commerciale è *F11* o, con riferimento alla simbologia internazionale, *R11*) che si sono dimostrati i più aggressivi e duraturi nell'atmosfera. Essi sono stati banditi dall'utilizzo negli impianti frigoriferi e sono oggi stati sostituiti dagli *Hydro-Cloro-fluoro-Carburi* (detti *HCFC*, come, ad esempio, l'*R22*) che presentano molecole meno stabili per la presenza dell'idrogeno non sostituito dal cloro o dal fluoro. Anche questi fluidi sono a vita limitata poiché entro la prossima decade dovranno essere totalmente sostituiti da fluidi frigorigeni che non presentano pericolo di attacco all'ozono. Gli *HCFC* sono in genere costosi e non sempre innocui per l'uomo quindi il loro uso è sempre confinato all'interno di circuiti sigillati e con finalità limitate all'impiantistica frigorifera. Oggi si utilizzano *HCFC* a molecola complessa (*R113*, *R114*, *R125*, *R134a*, *R143*) caratterizzati da più atomi di carbonio e dalla presenza di un maggior numero di molecole di idrogeno non sostituite.

In alcuni casi si sta ritornando ad utilizzare anche l'ammoniaca ( $NH_3$ ) che, pur aggressiva e olfattivamente molesta, presenta notevoli vantaggi impiantistici (ha, infatti, il maggior calore latente di vaporizzazione dopo l'acqua) e non attacca l'ozono.

Vari laboratori internazionali stanno studiando molecole complesse per i fluidi frigorigeni di domani.



# Terminali per la Cessione dell'Energia

I *terminali* di cessione dell'energia sono la sezione finale di tutto l'impianto ma non per questo meno importanti. Essi, in genere assommano tutta l'ignoranza progettuale e quindi tutti gli errori eventualmente commessi.

La loro funzione è quella di cedere energia (con segno algebrico, positiva in inverno e negativa in estate) al *sistema-edificio* nella quantità necessaria a mantenerlo nelle condizioni di progetto (solitamente 20 °C in inverno e 26 °C in estate) e in modo da rendere confortevole ed uniforme la temperatura ambiente. In fase di progetto occorre rispondere, quindi, alle due domande: *quanta energia fornire all'ambiente e come distribuirla*.

Per cedere l'energia giusta per il mantenimento dell'ambiente alle condizioni desiderate occorre averne prodotto e trasportato la quantità necessaria: il terminale non può far miracoli accrescendo la quantità di energia da cedere e quindi inserire elementi sovradimensionati non serve a nulla. Anzi è *sempre bene dimensionare i terminali correttamente* per la potenza nominale di progetto (o leggermente superiore, non più del 10%, per sopperire alle perdite di efficienza per invecchiamento) per ottimizzare la resa termica. Spesso i terminali, anche per effetto della legislazione vigente (L. 10/91), sono provvisti di *regolazione termica* e quindi la loro posizione in pianta e il loro funzionamento risultano di grande importanza.

Le tipologie di terminale più ricorrenti per l'aria sono: *termoconvettori, termoventilconvettori, unità di trattamento aria, bocchette o diffusori*. Se ne descrivono brevemente le caratteristiche fondamentali lasciando ai manuali specializzati la descrizione dei criteri di selezione e progetto.

# Termoconvettori

L'uso dei *termoconvettori* si è sviluppato con l'esigenza di avere terminali con elevata superficie di scambio che consentissero di utilizzare acqua calda a temperatura moderata ( $40\div 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) quale si ha negli impianti a pompa di calore, ad energia solare o cogenerativi. Il *termoconvettore*, infatti, ha una *elevata efficienza di scambio* in quanto ha una *batteria in rame alettata in alluminio* (materiali ottimi conduttori) alimentata dall'acqua calda che funge da fluido primario e attraverso la quale si fa passare l'aria dell'ambiente da riscaldare mediante una piccola ventola di circolazione.

Si ha, pertanto, una *convezione forzata* fra alette di alluminio e aria da riscaldare e questo fa aumentare la trasmittanza  $K$  e quindi occorre una minore superficie di scambio a parità delle altre condizioni oppure, essendo il inferiore rispetto a quello dei radiatori, una maggiore quantità di energia ceduta a parità di ingombro.

Le problematiche di installazione sono simili a quelle dei radiatori per la posizione e l'alimentazione. *La diffusione del calore è migliore per via della circolazione forzata indotta dalla ventola interna.* Le potenze in gioco sono modeste: ciascun *termoconvettore* ha una potenza di alimentazione della ventola di circolazione di poche decine (al massimo un centinaio nei modelli più potenti) di Watt e quindi non si hanno grossi problemi di impiantistica.

La presenza della *ventola* consente di controllare il flusso d'aria non più in conseguenza della sola convezione naturale e rende possibile l'installazione di queste unità anche *a soffitto, a parete o in posizione non a pavimento.* Ciò rende più flessibile il loro utilizzo rendendo fruibili spazi che altrimenti sarebbero occupati dai terminali e/o da questi impediti. Inoltre nelle scuole o negli ospedali condizioni di sicurezza e/o di igienicità possono obbligare ad avere terminali non accessibili a pavimento e in questo caso i *termoconvettori* vanno benissimo.

Qualche problema in più si ha nella *manutenzione* essendo questi componenti dotati di organi mobili. Inoltre se la selezione non è effettuata con attenzione si possono avere problemi di rumorosità indotta dall'aria in uscita dalle bocchette di mandata.

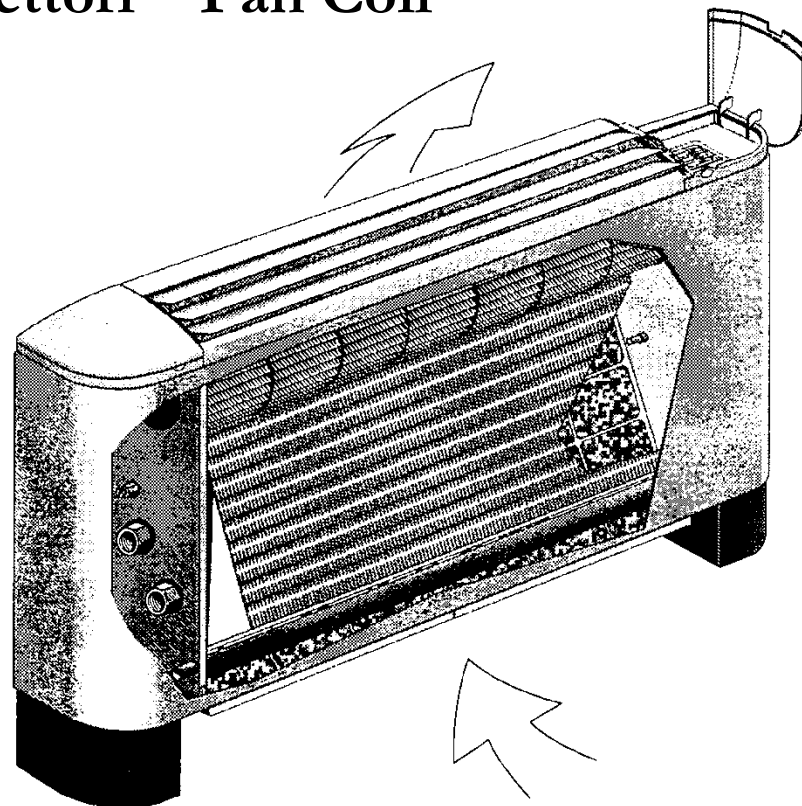
La selezione dei termoconvettori viene effettuata mediante i *cataloghi* dei costruttori ove, oltre le dimensioni e i dati tecnici usuali, viene indicata la potenzialità termica nominale con acqua di alimentazione a  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

# Termo Ventil Convettori – Fan Coil

I *termoventilconvettori* sono in tutto identici ai *termoconvettori* con la differenza che hanno di solito due batterie, una fredda per il raffrescamento ed una calda per il riscaldamento. Questi terminali vengono utilizzati per gli *impianti di condizionamento misti* (acqua-aria) e di riscaldamento invernale. L'esigenza della doppia batteria nasce da problemi dimensionali delle reti di distribuzione dell'acqua fredda e dell'acqua calda: le potenze in gioco in inverno e in estate sono in valore assoluto diverse come pure diverse sono differenze di temperatura fra ingresso e uscita (5 °C in estate, 10 °C in inverno). Di solito la batteria calda è di minore superficie di scambio rispetto alla batteria fredda.

I problemi di installazione dei *termoventilconvettori* sono gli stessi dei *termoconvettori* con l'aggiunta della rete di dispersione della condensa. Avviene, infatti, che in estate la batteria fredda condensa il vapore d'acqua presente nell'aria e quindi occorre prevedere una tubazione che porti la condensa così prodotta in una rete di scarico opportunamente predisposta altrimenti si possono avere spiacevoli travasi di acqua con danneggiamento delle pareti, del pavimento e del soffitto.

Per la selezione dei fan coil occorre utilizzare i *dati tecnici* forniti dalle case costruttrici: in essi sono date le potenzialità termiche (calda e fredda) e il rapporto fra calore sensibile e calore latente che è possibile ottenere.



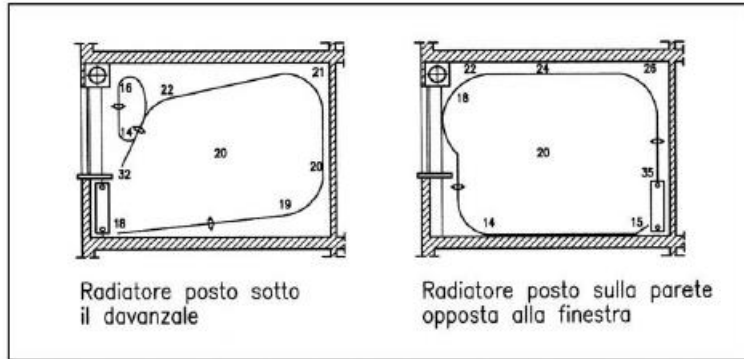
*I fan coils possono anche avere una presa di aria esterna nel caso di impianti senza aria primaria.* In questo modo si fornisce agli ambienti l'aria necessaria per il ricambio fisiologico. Ciò consente un leggero controllo dell'umidità interna. Con gli impianti ad aria primaria i fan coil non hanno prese esterne e possono fornire prevalentemente calore sensibile. L'umidità degli ambienti viene controllata mediante l'aria primaria.

# Termoventilconvettori

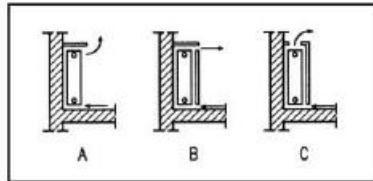


# Posizionamento dei terminali

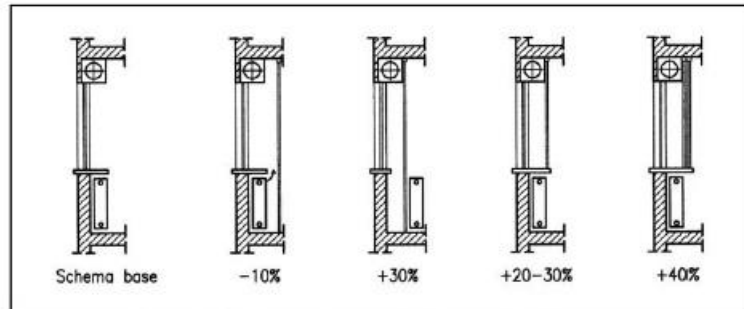
## Radiatori



Effetto della posizione del radiatore sulla distribuzione della temperatura negli ambienti. (temp. in °C)

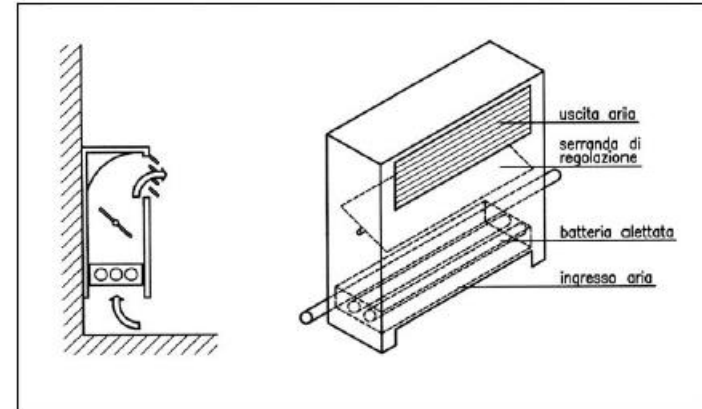


Usuali tipi di schermature dei radiatori.

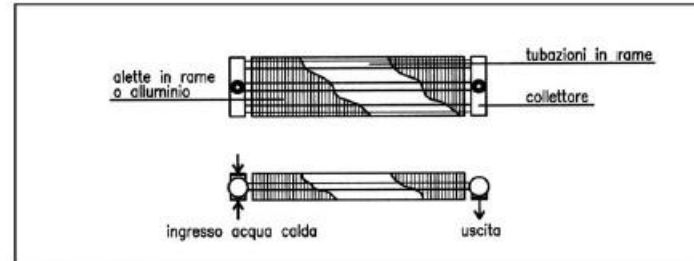


Effetto della posizione dei tendaggi sulla resa termica di un radiatore.

## Termoconvettori



Termoconvettore: schema di funzionamento.

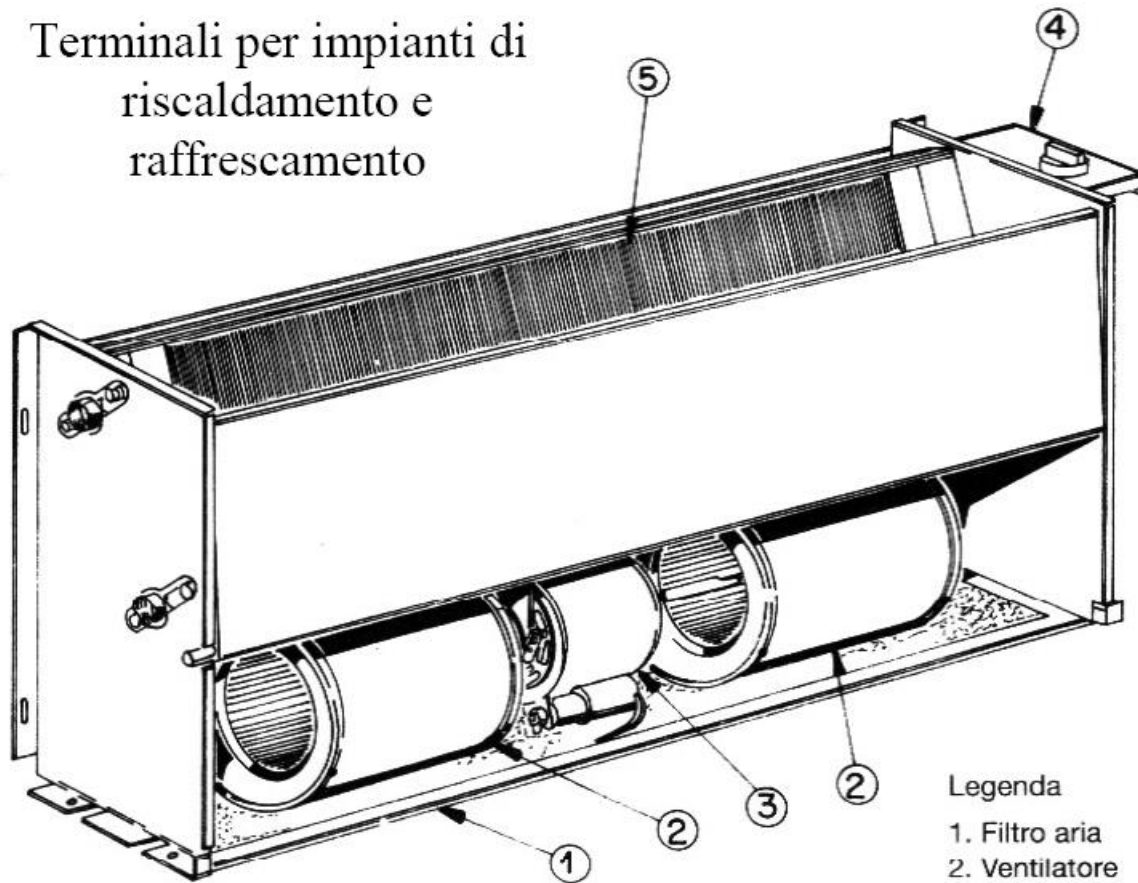


Schema di batteria alettata

## Terminali per solo riscaldamento

# Termoconvettori

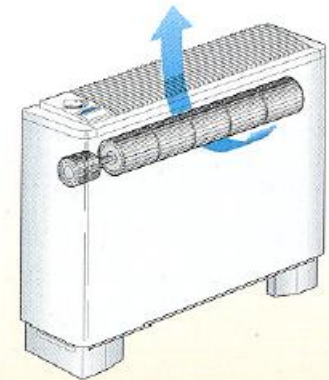
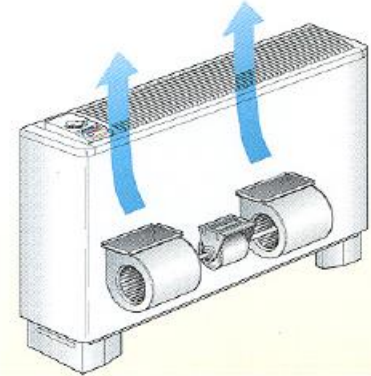
Terminali per impianti di riscaldamento e raffrescamento



Mobiletto ventilconvettore (*fan-coil*)

## Legenda

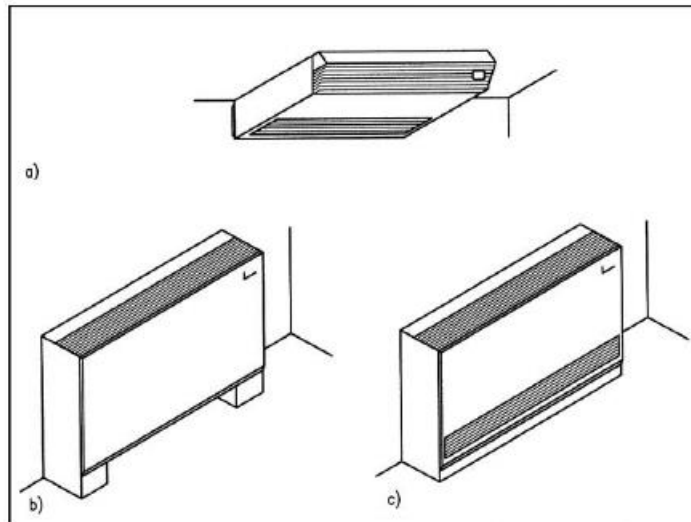
1. Filtro aria
2. Ventilatore
3. Motore elettrico
4. Pannello comandi
5. Batteria di scambio



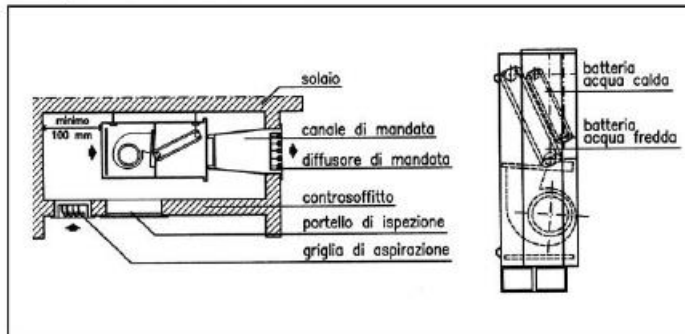


# Tipologia di termoconvettori

## Ventilconvettori (fan coil)



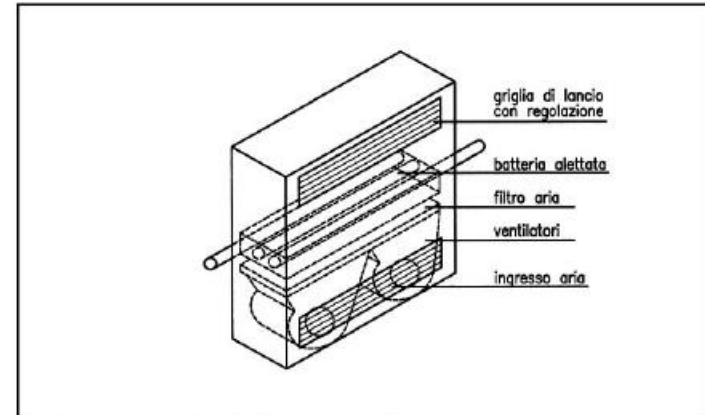
Tipologie disponibili di ventilconvettori: a) installazione a soffitto b) con ripresa dell'aria dal basso c) con ripresa dell'aria dal fronte



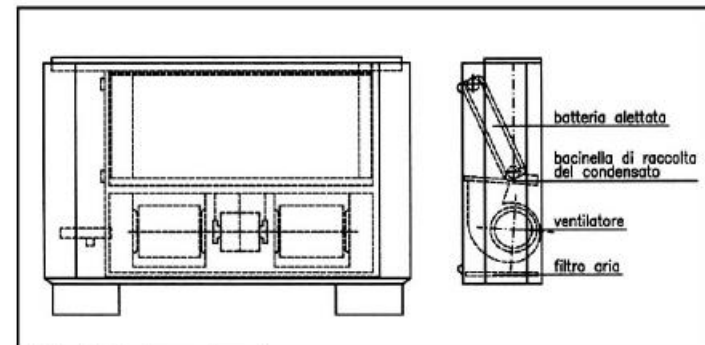
Esempio di ventilconvettore installato nel contrasoffitto

Sez. trsgv. di un ventilconvettore a doppia batteria per impianto a quattro tubi.

## Ventilconvettori ( fan coil)



Ventilconvettore (fan coil): schema di funzionamento.



Parti principali di un ventilconvettore

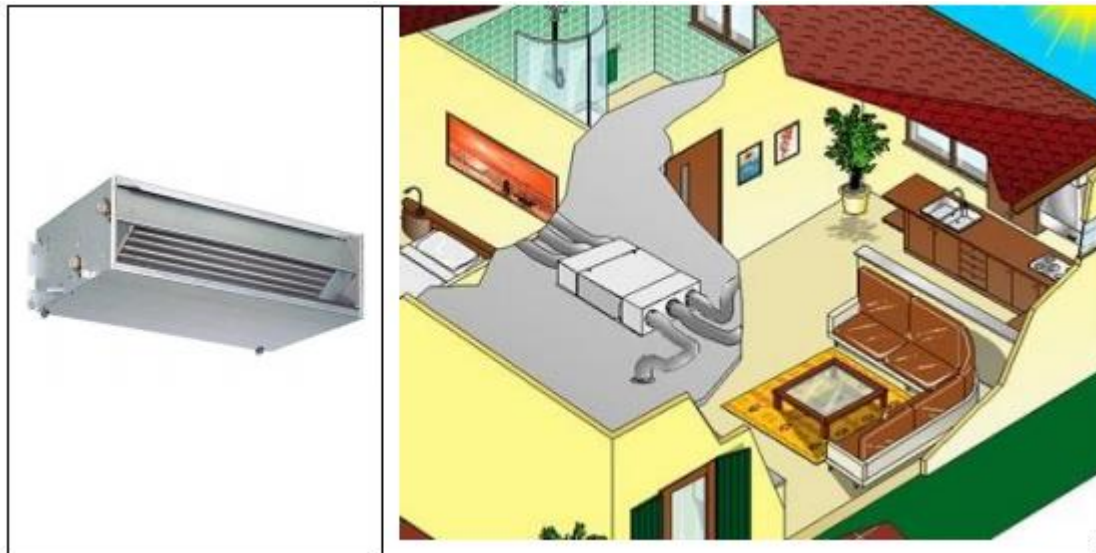
I ventilconvettori sono utilizzati per riscaldamento e raffrescamento

## Esempi di montaggio di termoconvettori

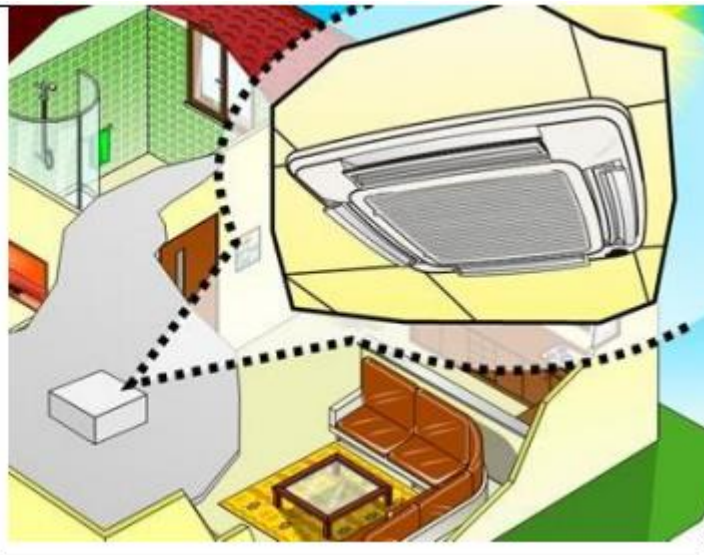


Terminali per riscaldamento e raffrescamento

# Fan coil a mobiletto verticale e a soffitto



# Ventilconvettori a cassetta a soffitto e a parete



# Termoventilconvettori

Grandezza (Sizes)	Vel. (Speed)	Portata aria (Air flow) [m <sup>3</sup> /h]	TEMPERATURA ACQUA (Water Temperature) [°C]											
			Entrata (Inlet) 50°C		Uscita (Outlet) 40°C		Entrata (Inlet) 70°C		Uscita (Outlet) 60°C		Entrata (Inlet) 80°C		Uscita (Outlet) 70°C	
			Portata Acqua (Water flow) [L/h]	$\Delta P$ [kPa]	Potenza tot. (Total capacity) [W]	Portata Acqua (Water flow) [L/h]	$\Delta P$ [kPa]	Potenza tot. (Total capacity) [W]	Portata Acqua (Water flow) [L/h]	$\Delta P$ [kPa]	Potenza sens. (Sensible capacity) [W]			
10	1	108	40	0.3	465	72	0.9	837	88	1.3	1023			
	2	141	53	0.5	610	95	1.6	1099	116	2.3	1343			
	3	221	73	1	843	131	3	1517	160	4.3	1855			
20	1	118	40	0.4	465	72	1.1	837	88	1.5	1023			
	2	169	55	0.7	640	99	2.1	1151	121	2.9	1407			
	3	253	78	1.4	901	140	4.1	1622	171	5.8	1983			
30	1	188	63	0.8	727	113	2.6	1308	138	3.5	1600			
	2	264	88	1.7	1017	158	4.9	1831	193	6.9	2238			
	3	384	118	3	1366	212	8.6	2459	259	12.5	3006			
40	1	239	83	1.8	959	149	5.3	1727	182	7.5	2110			
	2	337	115	3.5	1337	207	10	2407	253	14.6	2942			
	3	469	150	6	1744	270	17.5	3140	330	24.8	3837			
60	1	306	103	3.3	1192	186	9.8	2145	226	13.9	2622			
	2	446	150	7.2	1744	270	21	3140	330	29.8	3837			
	3	612	196	12.1	2267	351	36.6	4080	429	50.4	4988			



# Data Sheet per fan coil in riscaldamento

Capacità di riscaldamento, batteria per impianti a due tubi con ventilatore funzionante alla massima velocità

Capacità di riscaldamento, batteria per impianti a quattro tubi con ventilatore funzionante alla massima velocità con ventilatore tangenziale

Unità con ventilatore centrifugo

Portata d'acqua		Differenza di temperatura K	Capacità di riscaldamento con ventilatore a massima velocità e batteria per impianto a due tubi							l/s	Differenza di temperatura K	Capacità di riscaldamento con ventilatore a massima velocità e batteria per impianto a quattro tubi				
l/h	l/s		42N 16	42N 25	42N 33	42N 43	42N 50	42N 60	42N 75			42N 16	42N 25	42N 33	42N 43	42N 50
100	0,03	20	1,03	1,52	1,72	1,52	1,61	1,66	1,73	0,03	20	0,82	1,02	1,10	1,34	1,37
200	0,06	20	1,27	2,04	2,47	2,42	2,60	2,71	2,87	0,04	20	0,87	1,12	1,22	1,51	1,55
248	0,07	20	1,33	2,18	2,68	2,72	2,94	3,08	3,31	0,06	20	0,94	1,26	1,39	1,77	1,82
300	0,08	20	1,38	2,28	2,85	2,98	3,24	3,42	3,72	0,07	20	0,96	1,31	1,45	1,87	1,93
418	0,12	20	1,45	2,44	3,09	3,38	3,72	3,98	4,46	0,08	20	0,99	1,37	1,52	1,98	2,05
500	0,14	20	1,48	2,51	3,20	3,58	3,97	4,25	4,85	0,10	20	1,00	1,40	1,56	2,05	2,12
607	0,17	20	1,51	2,58	3,31	3,78	4,22	4,53	5,23	0,14	20	1,03	1,47	1,65	2,20	2,28
717	0,20	20	1,53	2,63	3,39	3,93	4,41	4,75	5,54	0,19	20	1,05	1,52	1,71	2,30	2,39
850	0,24	20	1,55	2,67	3,46	4,08	4,60	4,98	5,84	0,25	20	1,06	1,55	1,75	2,37	2,46
1010	0,28	20	1,57	2,71	3,52	4,21	4,77	5,15	6,12	0,31	20	1,07	1,57	1,77	2,41	2,51
1100	0,31	20	1,58	2,73	3,55	4,27	4,85	5,24	6,25	0,31	20	1,07	1,57	1,77	2,41	2,51
1249	0,35	20	1,59	2,76	3,59	4,35	4,96	5,37	6,44	0,03	30	1,22	1,53	1,66	2,00	2,04
1500	0,42	20	1,60	2,79	3,64	4,46	5,10	5,53	6,68	0,04	30	1,30	1,68	1,83	2,25	2,31
1800	0,50	20	1,62	2,81	3,68	4,55	5,22	5,67	6,90	0,06	30	1,40	1,89	2,08	2,65	2,72
2500	0,69	20	1,63	2,85	3,74	4,69	5,41	5,89	7,24	0,07	30	1,44	1,96	2,17	2,80	2,88
3000	0,83	20	1,64	2,87	3,76	4,75	5,49	5,98	7,39	0,08	30	1,47	2,05	2,28	2,97	3,06
100	0,03	30	1,55	2,26	2,56	2,30	2,42	2,49	2,57	0,10	30	1,49	2,10	2,34	3,08	3,18
200	0,06	30	1,91	3,05	3,70	3,67	3,93	4,10	4,33	0,14	30	1,54	2,20	2,47	3,29	3,40
248	0,07	30	2,02	3,25	4,02	4,13	4,45	4,67	5,01	0,19	30	1,57	2,27	2,56	3,45	3,57
300	0,08	30	2,07	3,40	4,26	4,51	4,89	5,18	5,64	0,25	30	1,58	2,31	2,61	3,54	3,68
418	0,12	30	2,17	3,66	4,63	5,11	5,61	5,99	6,76	0,31	30	1,59	2,34	2,65	3,61	3,75
500	0,14	30	2,22	3,75	4,79	5,41	5,98	6,40	7,32	0,03	40	1,62	2,05	2,21	2,67	2,72
607	0,17	30	2,26	3,85	5,00	5,70	6,35	6,82	7,89	0,04	40	1,75	2,29	2,50	3,11	3,18
717	0,20	30	2,30	3,92	5,07	6,00	6,65	7,15	8,36	0,06	40	1,86	2,52	2,78	3,54	3,64
850	0,24	30	2,33	3,99	5,17	6,14	6,84	7,46	8,80	0,07	40	1,91	2,62	2,90	3,74	3,85
1010	0,28	30	2,35	4,05	5,27	6,34	7,18	7,85	9,23	0,08	40	1,96	2,73	3,04	3,97	4,09
1100	0,31	30	2,36	4,08	5,31	6,43	7,29	7,92	9,42	0,10	40	1,99	2,80	3,12	4,11	4,24
1249	0,35	30	2,38	4,11	5,36	6,55	7,45	8,07	9,80	0,14	40	2,04	2,93	3,29	4,39	4,54
1500	0,42	30	2,40	4,16	5,43	6,70	7,66	8,31	10,10	0,19	40	2,08	3,02	3,41	4,60	4,76
1800	0,50	30	2,41	4,20	5,49	6,83	7,84	8,52	10,40	0,25	40	2,10	3,08	3,48	4,72	4,90
2500	0,69	30	2,44	4,26	5,58	7,03	8,12	8,83	10,90	0,31	40	2,12	3,12	3,53	4,81	4,99
3000	0,83	30	2,45	4,28	5,62	7,12	8,24	8,98	11,10	0,31	40	2,12	3,12	3,53	4,81	4,99
100	0,03	40	2,07	3,01	3,41	3,11	3,26	3,34	3,43	0,03	50	2,03	2,57	2,77	3,34	3,41
200	0,06	40	2,55	4,06	4,94	4,97	5,30	5,52	5,84	0,04	50	2,16	2,81	3,06	3,78	3,86
248	0,07	40	2,67	4,33	5,36	5,57	5,98	6,29	6,76	0,06	50	2,33	3,16	3,49	4,44	4,56
300	0,08	40	2,77	4,54	5,69	6,06	6,57	6,96	7,61	0,07	50	2,39	3,29	3,64	4,69	4,83
418	0,12	40	2,90	4,85	6,17	6,87	7,54	8,05	9,10	0,08	50	2,45	3,42	3,81	4,97	5,12
500	0,14	40	2,96	5,00	6,40	7,26	8,03	8,59	9,84	0,10	50	2,48	3,51	3,91	5,15	5,31
607	0,17	40	3,02	5,13	6,61	7,66	8,53	9,15	10,60	0,14	50	2,55	3,67	4,12	5,49	5,68
717	0,20	40	3,06	5,23	6,76	7,96	8,92	9,59	11,20	0,19	50	2,60	3,78	4,26	5,75	5,96
850	0,24	40	3,10	5,32	6,90	8,24	9,28	10,00	11,80	0,25	50	2,63	3,85	4,35	5,91	6,13
1010	0,28	40	3,13	5,40	7,02	8,49	9,62	10,40	12,40	0,31	50	2,64	3,90	4,41	6,01	6,24
1100	0,31	40	3,15	5,43	7,08	8,61	9,77	10,60	12,60	0,31	50	2,64	3,90	4,41	6,01	6,24
1249	0,35	40	3,17	5,48	7,15	8,77	9,98	10,80	13,00	0,03	60	2,44	3,09	3,33	4,02	4,10
1500	0,42	40	3,19	5,54	7,24	8,97	10,30	11,10	13,50	0,04	60	2,59	3,39	3,69	4,55	4,65
1800	0,50	40	3,22	5,59	7,32	9,14	10,50	11,40	13,90	0,06	60	2,79	3,81	4,20	5,35	5,49
2500	0,69	40	3,25	5,67	7,44	9,40	10,80	11,80	14,50	0,07	60	2,86	3,96	4,38	5,65	5,81
3000	0,83	40	3,26	5,70	7,49	9,51	11,00	12,00	14,80	0,08	60	2,94	4,12	4,58	5,98	6,17
100	0,03	50	2,60	3,77	4,27	3,93	4,11	4,21	4,32	0,10	60	2,98	4,22	4,71	6,19	6,39
200	0,06	50	3,20	5,08	6,20	6,29	6,69	6,97	7,38	0,14	60	3,06	4,41	4,95	6,61	6,83
248	0,07	50	3,35	5,42	6,71	7,03	7,54	7,94	8,55	0,19	60	3,12	4,54	5,12	6,92	7,16
300	0,08	50	3,47	5,68	7,12	7,65	8,27	8,76	9,62	0,25	60	3,15	4,63	5,23	7,10	7,36
418	0,12	50	3,63	6,08	7,73	8,66	9,49	10,10	11,50	0,31	60	3,17	4,68	5,30	7,22	7,49
500	0,14	50	3,71	6,25	8,01	9,15	10,10	10,80	12,40	0,03	70	2,84	3,62	3,90	4,70	4,79
607	0,17	50	3,78	6,42	8,27	9,64	10,70	11,50	13,40	0,04	70	3,07	4,06	4,42	5,49	5,61
717	0,20	50	3,83	6,54	8,47	10,00	11,20	12,10	14,10	0,06	70	3,26	4,45	4,91	6,26	6,42
850	0,24	50	3,88	6,66	8,64	10,40	11,70	12,60	14,90	0,07	70	3,34	4,63	5,12	6,61	6,80
1010	0,28	50	3,92	6,75	8,79	10,70	12,10	13,10	15,60	0,08	70	3,43	4,82	5,36	7,00	7,21
1100	0,31	50	3,94	6,80	8,86	10,80	12,30	13,30	15,90	0,10	70	3,48	4,93	5,50	7,24	7,47
1249	0,35	50	3,96	6,86	8,95	11,00	12,50	13,60	16,40	0,14	70	3,57	5,15	5,78	7,72	7,98
1500	0,42	50	4,00	6,93	9,07	11,30	12,90	14,00	17,00	0,19	70	3,63	5,31	5,98	8,08	8,36
1800	0,50	50	4,02	7,00	9,16	11,50	13,20	14,30	17,50	0,25	70	3,67	5,40	6,10	8,29	8,59
2500	0,69	50	4,06	7,09	9,30	11,80	13,60	14,80	18,30	0,31	70	3,70	5,46	6,18	8,44	8,75
3000	0,83	50	4,08	7,13	9,36	11,90	13,80	15,00	18,60	0,31	70	3,70	5,46	6,18	8,44	8,75

Differenza di temperatura = Temperatura di ingresso acqua calda - Temperatura di ingresso aria a bulbo secco  
 Massima temperatura di funzionamento lato acqua: 90°C; Massima pressione di funzionamento lato acqua: 14 bar.

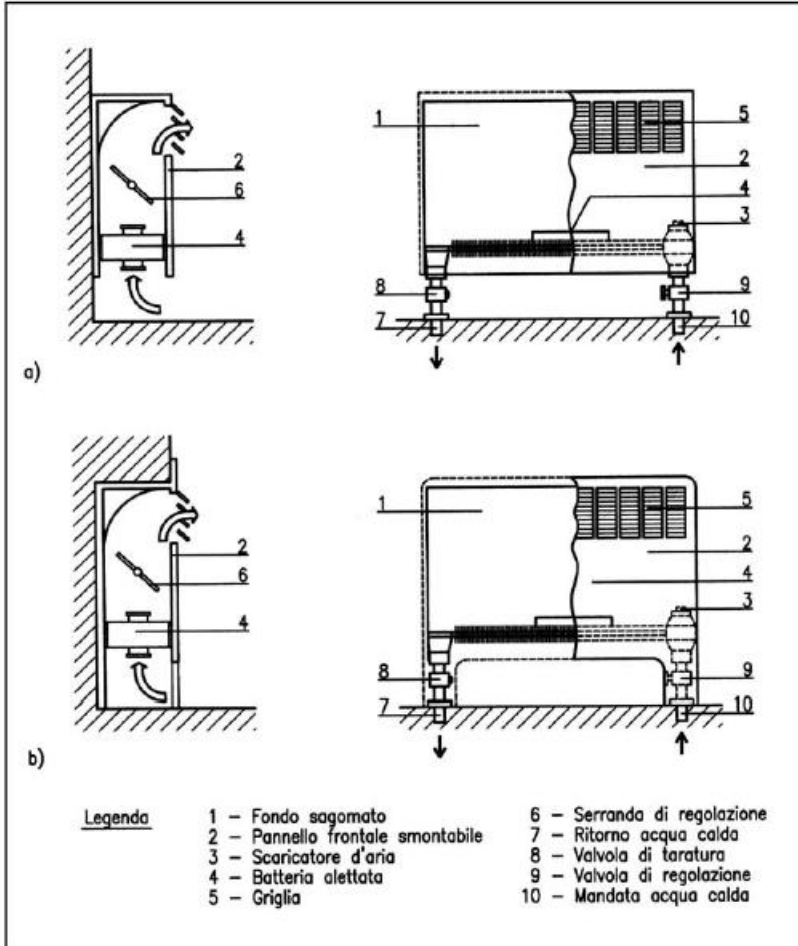


# Termoventilconvettori

Grandezza (Sizes)	Vel. (Speed)	Portata aria (Air flow) [m³/h]	TEMPERATURA ACQUA (Water Temperature) [°C]							
			Entrata (Inlet) 6°C		Uscita (Outlet) 11°C		Entrata (Inlet) 10°C		Uscita (Outlet) 15°C	
			Portata Acqua (Water flow) [l/h]	ΔP [kPa]	Potenza tot. (Total capacity) [W]	Potenza sens. (Sensible capacity) [W]	Portata Acqua (Water flow) [l/h]	ΔP [kPa]	Potenza tot. (Total capacity) [W]	Potenza sens. (Sensible capacity) [W]
01	1	122	113	0.6	657	482	69	0.2	420	420
	2	158	126	0.8	738	578	85	0.3	490	490
	3	227	166	1	965	774	104	0.4	607	607
02	1	185	181	1.7	1053	765	110	0.5	645	593
	2	242	225	2.1	1306	947	139	0.6	808	742
	3	349	285	2.9	1656	1260	176	1	1026	980
03	1	270	265	3.3	1538	1076	164	1.2	952	843
	2	351	351	5.8	2039	1420	217	2.2	1262	1113
	3	484	395	7.4	2295	1592	244	2.8	1421	1248
04	1	262	266	4.8	1550	1246	184	1.6	1080	1080
	2	344	386	7	2247	1807	244	2.7	1416	1416
	3	453	483	10.9	2808	2237	302	4.2	1753	1753
05	1	362	420	10	2442	1592	260	3.8	1512	1248
	2	495	533	16	3105	2045	330	6.1	1920	1602
	3	575	592	19.9	3443	2305	367	7.5	2130	1805
06	1	430	520	16	3030	1936	322	6.1	1874	1520
	2	575	645	24.7	3748	2452	399	9.3	2320	1925
	3	685	733	32	4261	2818	454	12	2638	2210
07	1	488	670	38.5	3895	2410	415	14.6	2411	1890
	2	580	796	51	4470	2800	476	19	2766	2192
	3	708	893	68.5	5190	3292	553	26	3212	2580
08	1	782	853	22	4957	3315	528	8.3	3070	2600
	2	952	991	29.8	5765	3810	614	11	3567	2985
	3	1195	1182	38	6870	4656	731	14.5	4253	3650
09	1	770	853	22	4957	3315	568	9.8	3303	2715
	2	1018	1128	39	6556	4325	698	14.7	4059	3389
	3	1242	1310	52	7620	5100	810	20	4716	4000

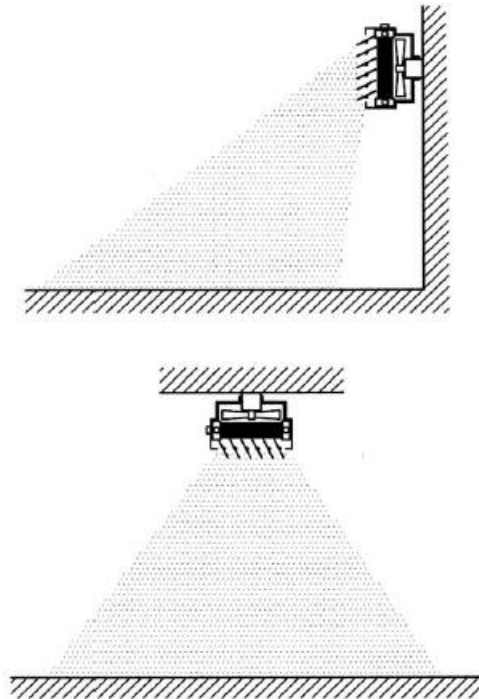
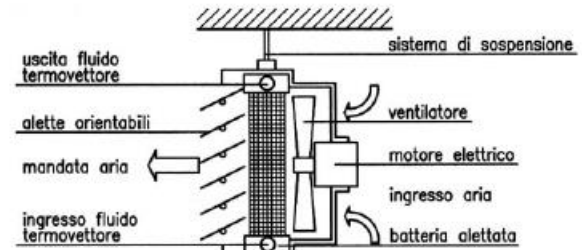
# Montaggio dei termoconvettori

## Termoconvettori



Esempi di installazione dei termoconvettori: a) in ambiente; b) in nicchia

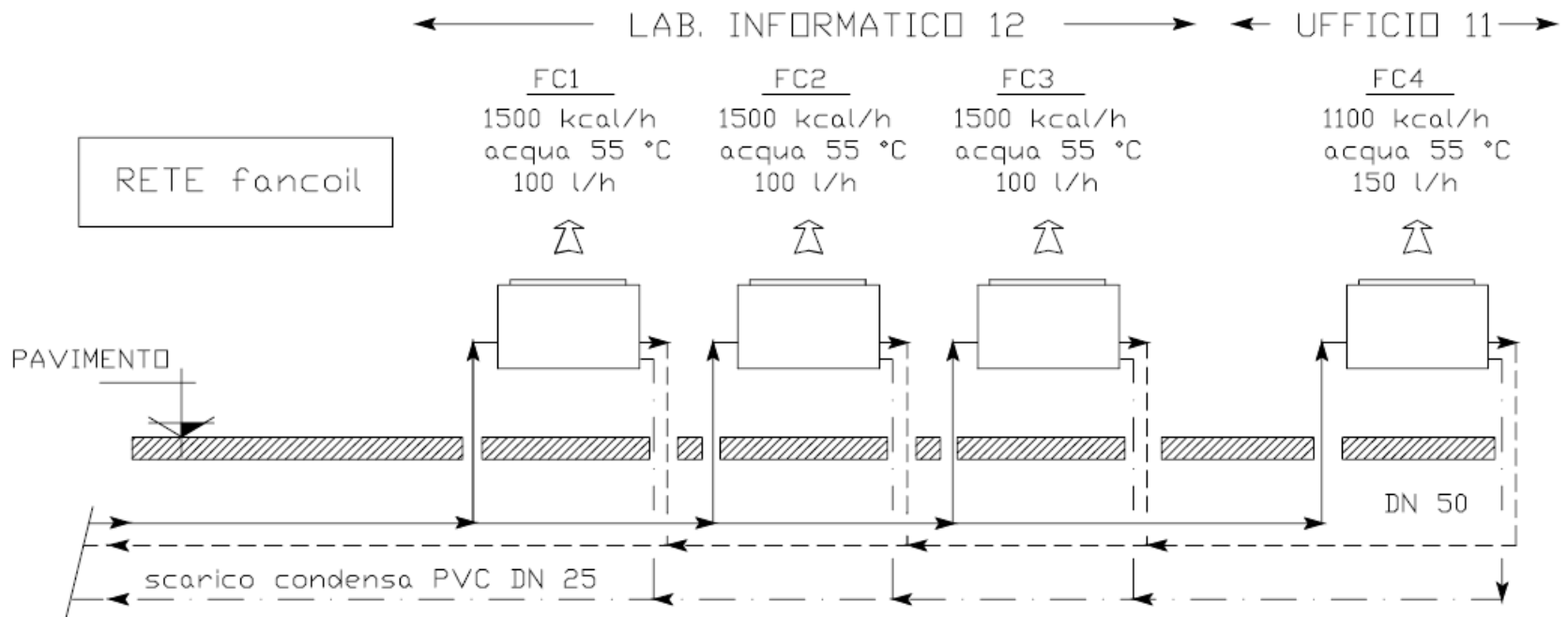
## Aerotermi



Terminali per solo riscaldamento

# Rete di fan coils o di termoconvettori

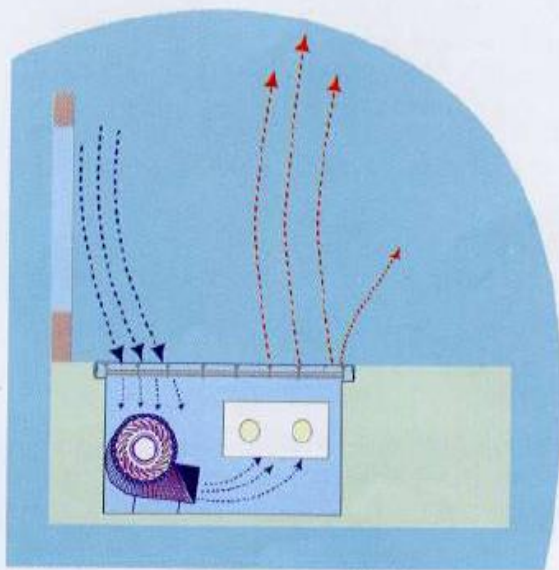
## ESEMPIO DI IMPIANTO A FANCOIL



## Fan coils da incasso o a pavimento

### ESEMPIO DI IMPIANTO A FANCOIL PER INCASSO A PAVIMENTO

1. - Termostato a parete - dimensione 75 x 75 mm.
2. - Trasformatore di sicurezza TT1, TT2 o TT5 230 / 12V incassato a parete (dimensioni della scatoletta da incasso: TT1 145 x 175 x 75, TT2 o TT5 205 x 255 x 70 mm).
3. - Cassetta terminale KADO per la connessione di due cavi CYKY 2 x 2.5 mm<sup>2</sup>.



4. - Ventilatore tangenziale.
5. - Batteria di scambio termico.
6. - Ingresso ed uscita acqua.

Dettaglio della posizione del convettore da pavimento,  
installato in prossimità di una finestra.



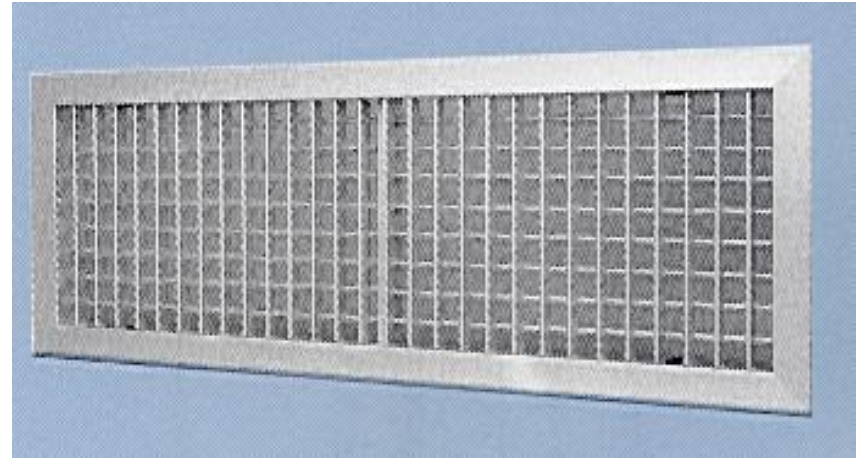
# Bocchette e Diffusori

Le *bocchette di mandata* (e di ripresa per i circuiti con ricircolo dell'aria) sono solitamente collegate ai canali dell'aria mediante opportuni tronchetti di collegamento.

Esse sono dotate di *alette di orientamento* del flusso d'aria e, nei casi di bocchette più complesse, anche di una serranda di regolazione a monte, vedi figura.

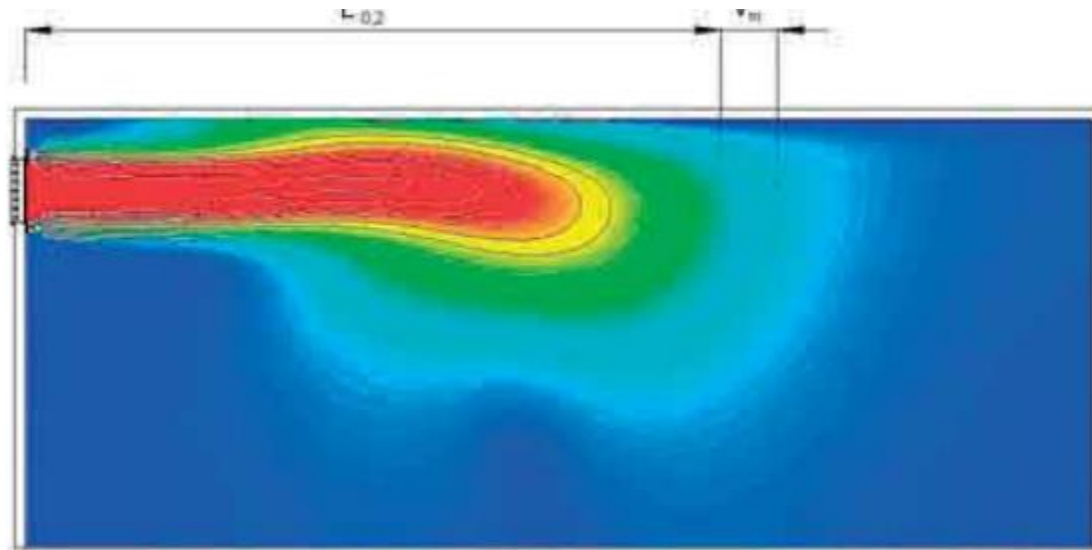
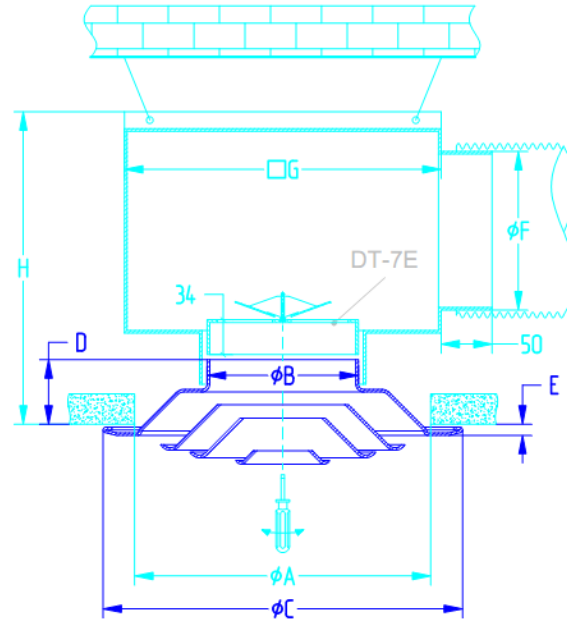
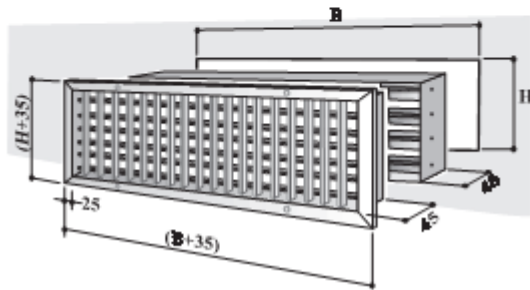
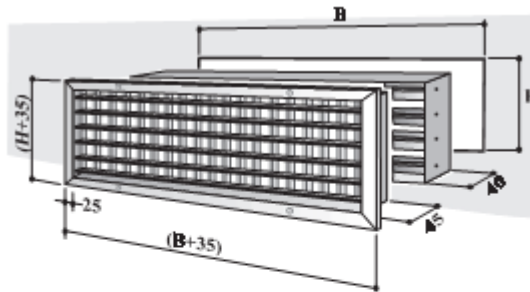
Le bocchette sono caratterizzate da una velocità di lancio,  $v_k$ , e da un lancio,  $L_T$ , dell'aria fino a quando essa riduce la sua velocità al di sotto di 0.3 m/s.

I diffusori hanno una funziona analoga quella delle bocchette. Essi sono del tipo indicato in figura, cioè a forma quadrata o circolare.





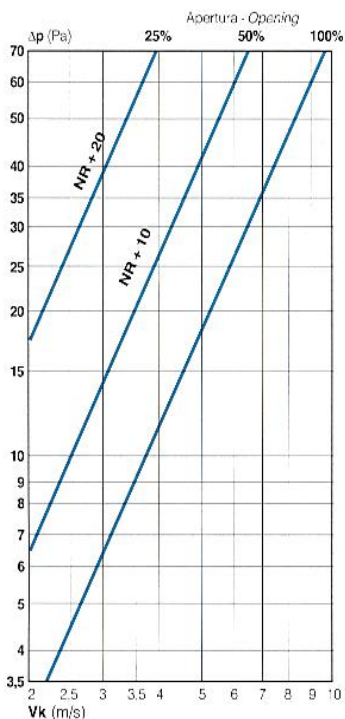
# Installazione delle bocchette



# Bocchette e Diffusori – Dati Tecnici

La selezione delle bocchette viene effettuata mediante abachi o tabelle fornite dai costruttori, del tipo indicata in figura. Nella figura in basso sono riportati i diagrammi per il calcolo delle perdite di carico prodotte nelle bocchette al variare della velocità di lancio.

Diagramma perdite di carico  
Pressure drop graph



Sezioni efficaci - Deflessione 0°  
Effective surface - Deflection 0°

H (mm)	B (mm)						
	200	300	400	500	600	800	1000
50	0.009	0.014	0.019	0.023	-	-	-
100	0.012	0.018	0.025	0.031	-	-	-
120	-	0.023	0.032	0.040	0.048	-	-
160	-	0.032	0.044	0.056	0.067	0.099	-
200	-	-	0.056	0.072	0.087	0.114	0.141
300	-	-	-	0.114	0.134	0.160	0.226
400	-	-	-	-	0.160	0.245	0.310

Determinazione della portata  
Air flow rate measurement

$$Q = V_k \cdot A_k \cdot 3600 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Fattori di correzione  
Correction factor

Deflessione Deflection	Sezione efficace Effective surface	Velocità effettiva Effective velocity	Gittata (lancio) Throw	Livello sonoro Sound level
20°	Ak x 0.67	Vk x 1.15	L1 x 0.88	NR + 3
40°	Ak x 0.60	Vk x 1.25	L1 x 0.81	NR + 5
55°	Ak x 0.75	Vk x 1.33	L1 x 0.72	NR + 6

Tabella di selezione  
Deflessione 0°

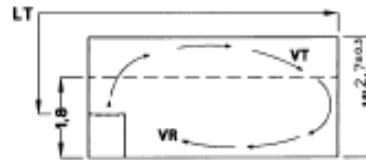
Portata d'aria Air flow rate	Dimensioni nominali Nominal dimensions	Gittata (lancio) Throw		Velocità effettiva Effective velocity	Livello sonoro Sound level
		min	max		
100	200 x 80	1.4	2.8	3.1	15 - 20
	200 x 100	1.2	2.5	2.9	15 - 20
	300 x 80	1.1	2.1	2.0	15 - 20
150	200 x 80	2.1	4.2	4.6	25 - 30
	200 x 100	1.8	3.7	3.5	20 - 25
	300 x 80	1.7	3.5	3.0	15 - 20
	400 x 80	1.5	3.0	2.2	15 - 20
	300 x 100	1.5	3.0	2.2	15 - 20
200	200 x 80	2.9	5.7	6.2	35 - 40
	200 x 100	2.5	5.0	4.6	25 - 30
	300 x 80	2.3	4.5	4.0	20 - 25
	300 x 100	2.1	4.2	3.1	15 - 20
	400 x 80	2.0	4.0	2.9	15 - 20
	500 x 80	1.8	3.7	2.4	15 - 20
	400 x 100	1.8	3.7	2.4	15 - 20
250	300 x 120	1.7	3.4	2.2	15 - 20
	200 x 100	3.1	6.3	5.8	30 - 35
	300 x 80	2.7	5.5	5.0	25 - 30
	300 x 100	2.6	5.2	3.9	20 - 25
	400 x 80	2.5	5.0	3.7	20 - 25
	500 x 80	2.3	4.7	3.0	15 - 20
	400 x 100	2.3	4.7	2.8	15 - 20
	300 x 120	2.3	4.7	3.0	15 - 20
	500 x 100	2.1	4.3	2.4	15 - 20
	400 x 120	2.0	4.0	2.2	15 - 20
300	300 x 160	2.0	4.0	2.2	15 - 20
	300 x 80	3.5	7.0	6.0	30 - 35
	300 x 100	3.2	6.5	4.7	30 - 35
	400 x 80	3.0	6.0	4.4	25 - 30
	500 x 80	2.7	5.5	3.6	20 - 25
	300 x 120	2.7	5.5	3.6	20 - 25
	400 x 100	2.8	5.6	3.4	20 - 25
	400 x 120	2.4	4.9	2.6	15 - 20
	300 x 160	2.4	4.9	2.6	15 - 20
	500 x 100	2.6	5.2	2.7	15 - 20
350	500 x 120	2.2	4.4	2.1	15 - 20
	300 x 100	3.8	7.6	5.4	30 - 35
	400 x 80	3.7	7.3	5.1	30 - 35
	500 x 80	3.3	6.6	4.2	25 - 30
	300 x 120	3.3	6.6	4.2	25 - 30
	400 x 100	3.3	6.6	3.9	25 - 30
	500 x 100	3.0	6.0	3.1	20 - 25
	400 x 120	2.9	5.8	3.0	15 - 20
	300 x 160	2.9	5.8	3.0	15 - 20
	500 x 120	2.7	5.4	2.4	15 - 20
400	400 x 160	2.6	5.2	2.2	15 - 20
	600 x 120	2.4	4.9	2.0	15 - 20
	300 x 100	4.4	8.8	6.2	40 - 45
	400 x 80	4.0	8.1	5.8	35 - 40
	500 x 80	3.7	7.4	4.8	30 - 35
	300 x 120	3.7	7.4	4.8	30 - 35

Selection data  
Deflection 0°

Portata d'aria Air flow rate	Dimensioni nominali Nominal dimensions	Gittata (lancio) Throw		Velocità effettiva Effective velocity	Livello sonoro Sound level
		min	max		
100	500 x 100	3.4	6.9	3.6	25 - 30
	400 x 120	3.3	6.7	3.5	20 - 25
	300 x 160	3.3	6.7	3.5	20 - 25
	500 x 120	3.0	6.0	2.5	15 - 20
	400 x 160	2.9	5.8	2.5	15 - 20
	600 x 120	2.8	5.7	2.3	15 - 20
150	500 x 160	2.5	5.1	2.0	15 - 20
	400 x 200	2.5	5.1	2.0	15 - 20
	500 x 80	4.1	8.2	5.4	30 - 35
	300 x 120	4.1	8.2	5.4	30 - 35
	400 x 100	4.0	8.0	5.0	30 - 35
	500 x 100	3.8	7.6	4.0	25 - 30
200	500 x 120	3.7	7.5	3.9	25 - 30
	300 x 160	3.7	7.5	3.9	25 - 30
	500 x 120	3.3	6.6	3.1	20 - 25
	400 x 160	3.2	6.4	2.8	20 - 25
	600 x 120	3.1	6.2	2.6	15 - 20
	500 x 160	2.9	5.8	2.2	15 - 20
	400 x 200	2.9	5.8	2.2	15 - 20
	500 x 80	4.6	9.3	6.0	35 - 40
	300 x 120	4.6	9.3	6.0	35 - 40
	400 x 100	4.5	9.1	5.5	35 - 40
250	500 x 100	4.3	8.7	4.5	30 - 35
	400 x 120	4.1	8.2	4.3	25 - 30
	300 x 160	4.1	8.2	4.3	25 - 30
	500 x 120	3.7	7.5	3.5	20 - 25
	400 x 160	3.6	7.2	3.2	20 - 25
	600 x 120	3.4	6.9	2.9	20 - 25
	500 x 160	3.2	6.4	2.5	15 - 20
	400 x 200	3.2	6.4	2.5	15 - 20
	600 x 160	3.1	6.2	2.1	15 - 20
	500 x 100	5.1	10.2	5.4	35 - 40
300	400 x 120	4.9	9.9	5.1	30 - 35
	300 x 160	4.9	9.9	5.2	30 - 35
	500 x 120	4.5	9.0	4.2	25 - 30
	400 x 160	4.4	8.8	3.8	25 - 30
	600 x 120	4.3	8.6	3.5	20 - 25
	500 x 160	3.9	7.8	3.0	15 - 20
	400 x 200	3.9	7.8	3.0	15 - 20
	600 x 160	3.7	7.4	2.5	15 - 20
	500 x 200	3.5	7.0	2.3	15 - 20
	350	400 x 120	6.0	11.9	6.1
300 x 160		6.0	11.9	6.1	35 - 40
500 x 120		5.5	11.0	4.9	30 - 35
400 x 160		5.3	10.6	4.4	25 - 30
600 x 120		4.8	9.5	4.1	25 - 30
500 x 160		4.5	9.0	3.5	20 - 25
400 x 200		4.5	9.0	3.5	20 - 25
600 x 160		4.2	8.5	2.9	20 - 25
500 x 200		4.0	8.0	2.7	15 - 20
600 x 200		3.7	7.5	2.2	15 - 20
400	800 x 160	3.6	7.2	2.2	15 - 20

# Bocchette di Mandata

• Valido con effetto parete  
Valid with wall effect



VT 0.40  
VR 0.17

## METODO DI SELEZIONE

### DATA:

$Q = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $LT = 5,0 \text{ m}$   
 $VT = 0,4 \text{ m/s}$

### SOLUZIONE:

MODELLO = 1000x150  
 $VK = 2,0 \text{ m/s}$   
 $NR = 22$   
 $Pt (100\%) = 3 \text{ Pa}$

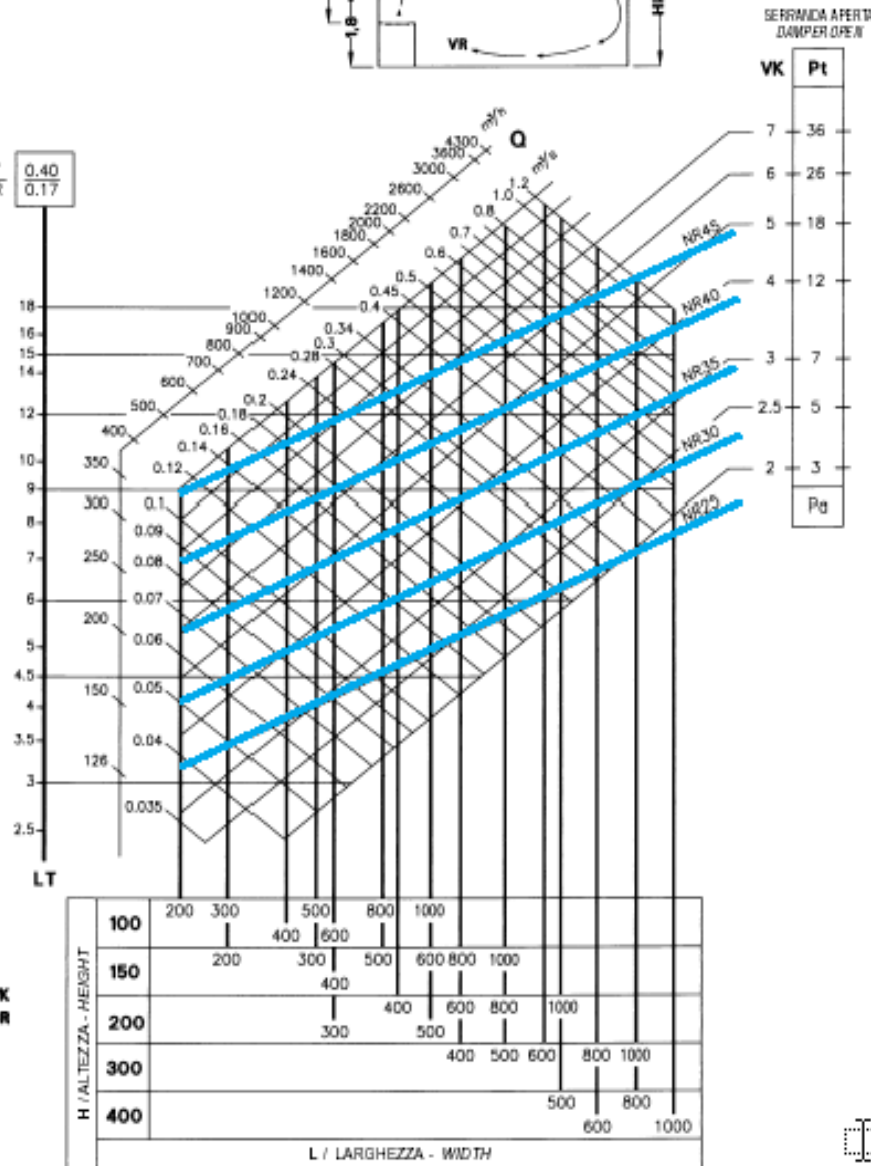
## SELECTION METHOD

### DATA:

$Q = 0,16 \text{ m}^3/\text{s}$   
 $LT = 5,0 \text{ m}$   
 $VT = 0,4 \text{ m/s}$

### SOLUTION:

MODEL = 1000x150  
 $VK = 2,0 \text{ m/s}$   
 $NR = 22$   
 $Pt (100\%) = 3 \text{ Pa}$



## SIMBOLI

$Q$  = portata d'aria ( $\text{m}^3/\text{s}$  o  $\text{m}^3/\text{h}$ )

$VK$  = velocità d'immissione aria ( $\text{m/s}$ )

$Pt$  = perdita di carico (Pa)

$LT$  = lancio (m)

$NR$  = livello sonoro

$VT$  = velocità terminale ( $\text{m/s}$ )

$VR$  = velocità relativa zona occupata ( $\text{m/s}$ )

$HI$  = altezza del locale (m)

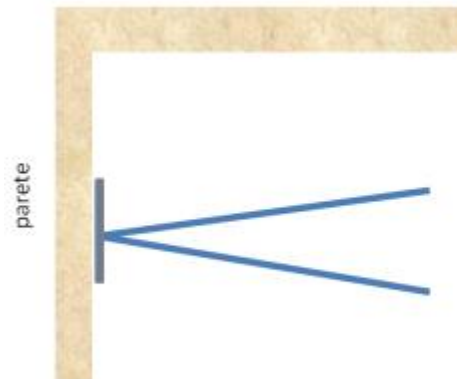
$LxH$  = dimensioni nominali bocchetta (mm)



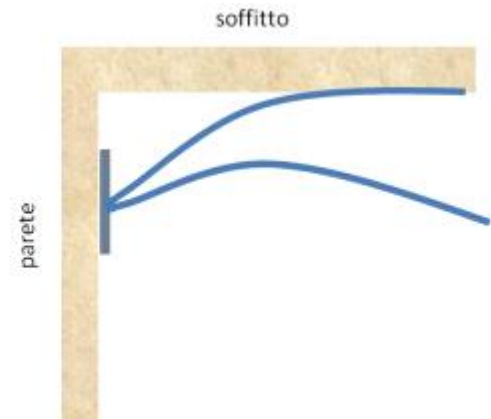
# Esempi di distribuzione dell'aria



soffitto



Getto senza effetto coanda



soffitto

Getto con effetto coanda

# Diffusori ad ugello



# Diffusori a feritoia





## Diffusori elicoidali



# Diffusori a geometria variabile per grandi altezze

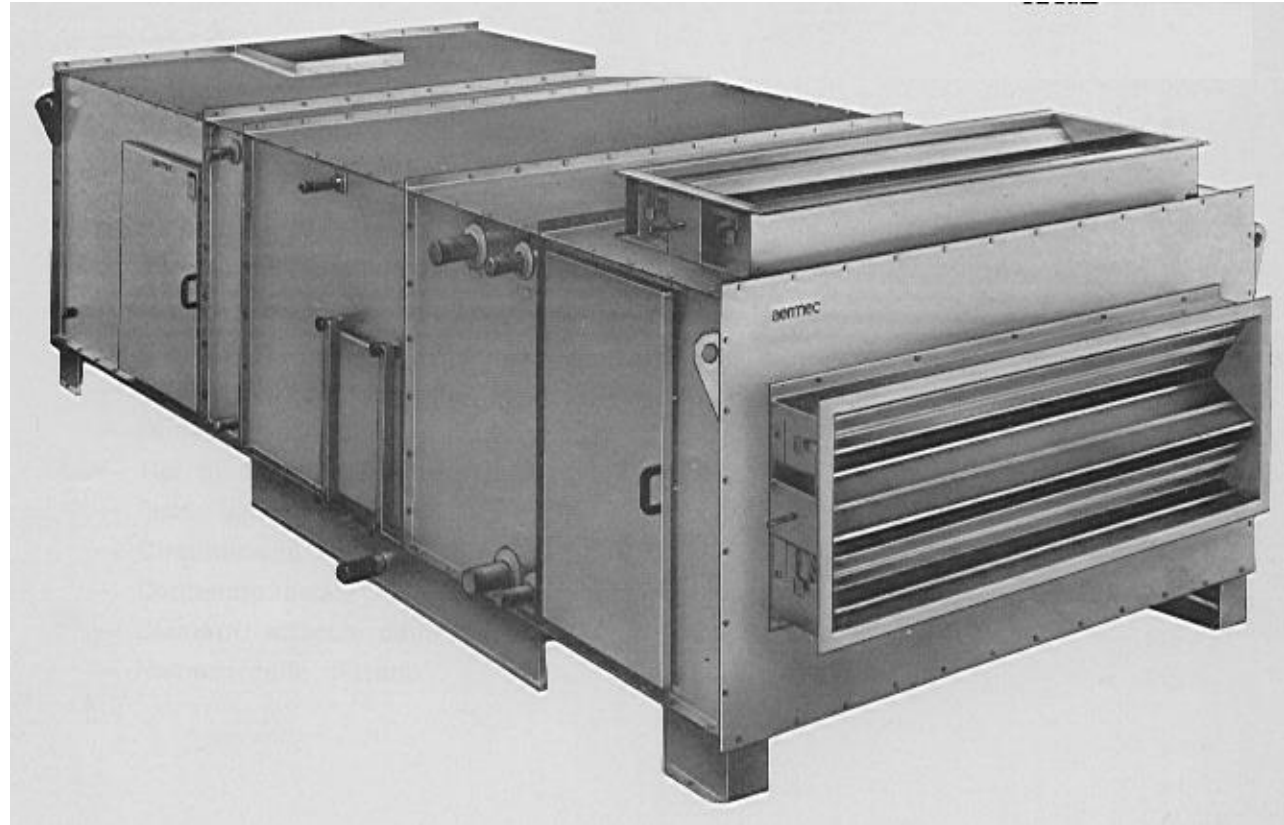


# Distribuzione dell'aria a pavimento

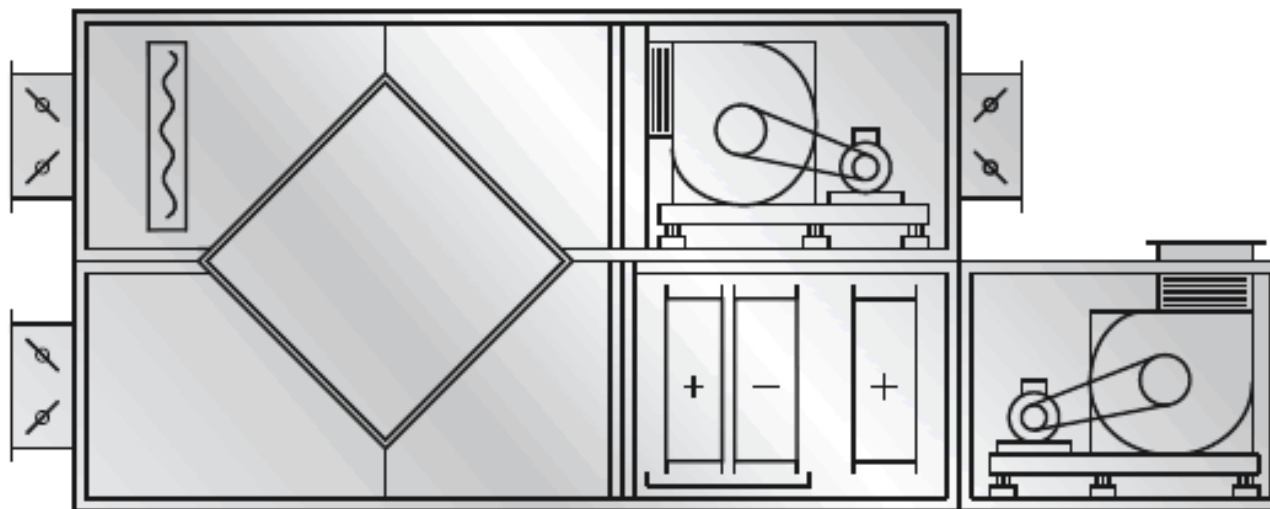
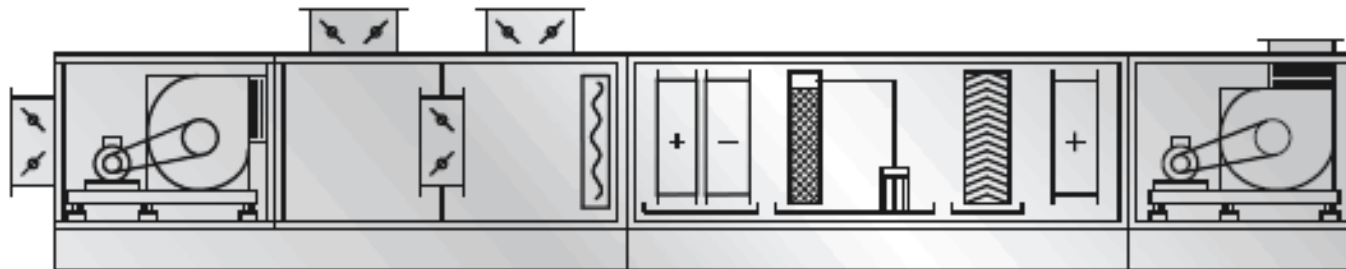


# Centrali di Trattamento dell'Aria - CTA

Si tratta di un vero e proprio impianto terminale, molto utilizzato negli impianti di condizionamento e nella termoventilazione. L'*unità di trattamento aria (UTA)* è di solito una macchina complessa che può essere assemblata in base alle caratteristiche di progetto ed è costituita, essenzialmente, da un grosso cassonetto nel quale sono presenti vari sezioni quali, ad esempio, quella *filtrante*, la sezione di *riscaldamento* con batteria calda, la sezione di *raffreddamento* con batteria fredda, la sezione di *post-riscaldamento* con una batteria calda, la sezione di *umidificazione* (ad acqua o a vapore, la sezione di *lavaggio*, la sezione *ventilante* di mandata e/o di ripresa.



# Centrali di Trattamento Aria





# Componenti di una CTA

m <sup>3</sup> /h	velocità (m/s)				Modello	Sezione frontale (mm. B x H)
	5	4	3	2		
1000					KK01	670 x 590
2000					KK02	760 x 670
3000					KK03	840 x 760
4000					KK04	1090 x 760
5000					KK05	1390 x 760
6000					KK06	1090 x 1090
7000					KK08	1390 x 1090
8000					KK11	1390 x 1390
9000					KK14	1590 x 1390
10000					KK19	2090 x 1390
15000					KK25	2090 x 1730
20000					KK30	2090 x 2090
25000					KK35	2310 x 2090
30000					KK40	2810 x 2090
35000					KK45	3190 x 2090
40000					KK50	3420 x 2090
45000					KK60	4030 x 2090
50000						
55000						
60000						
65000						
70000						
75000						
80000						
85000						
90000						
95000						
100000						
105000						
110000						

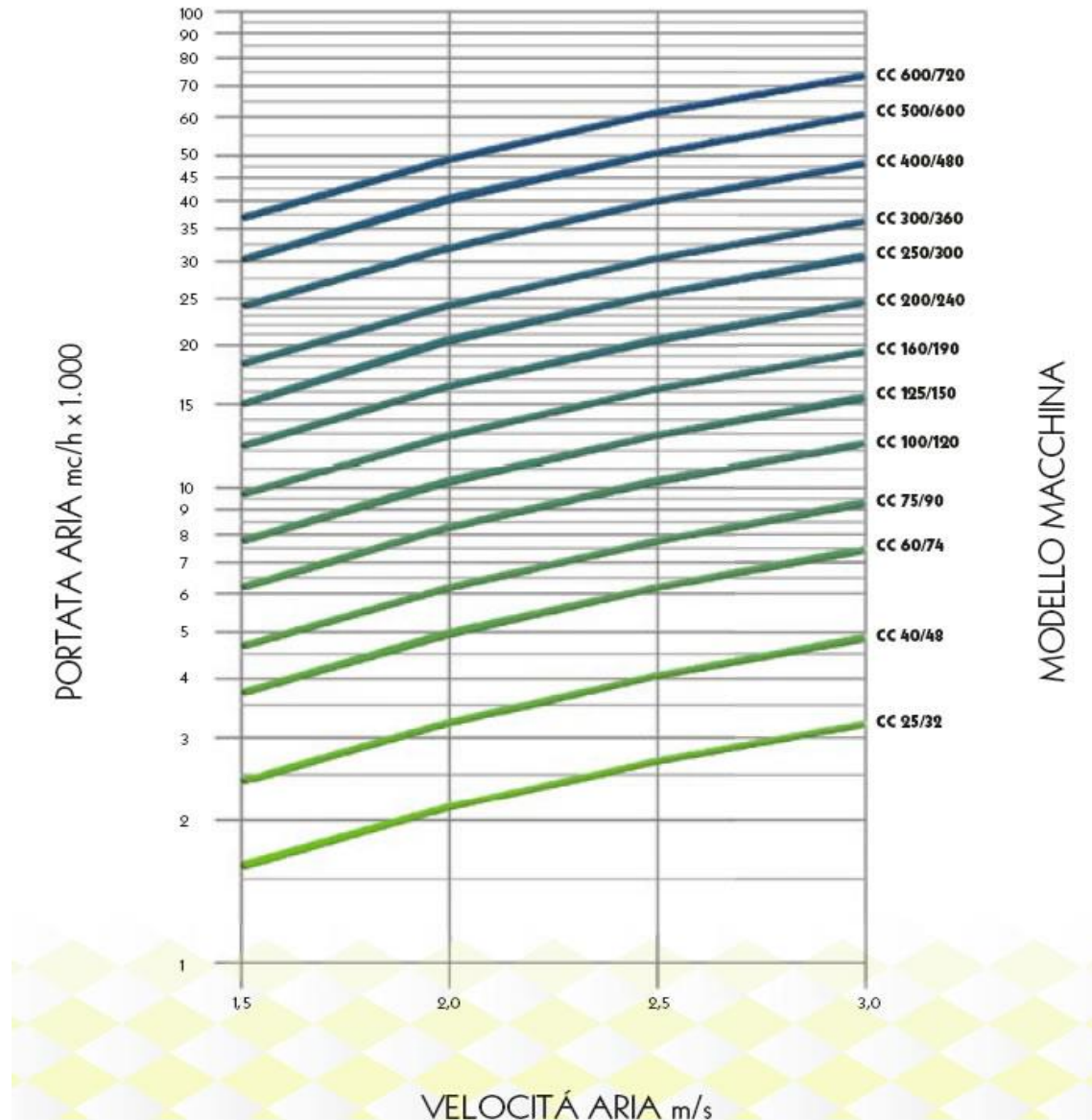
NB: Per esecuzioni con pannellatura sp. 48mm aumentare le quote della sezione frontale di 20mm.

	Testate e Miscela	Filtrazione	Recupero calore	Riscaldamento raffreddamento deumidificazione	Umidificazione	Ventilazione
	1	2	3	4	5	6
A						
B						
C						
D						
E						
F						
G						
H						

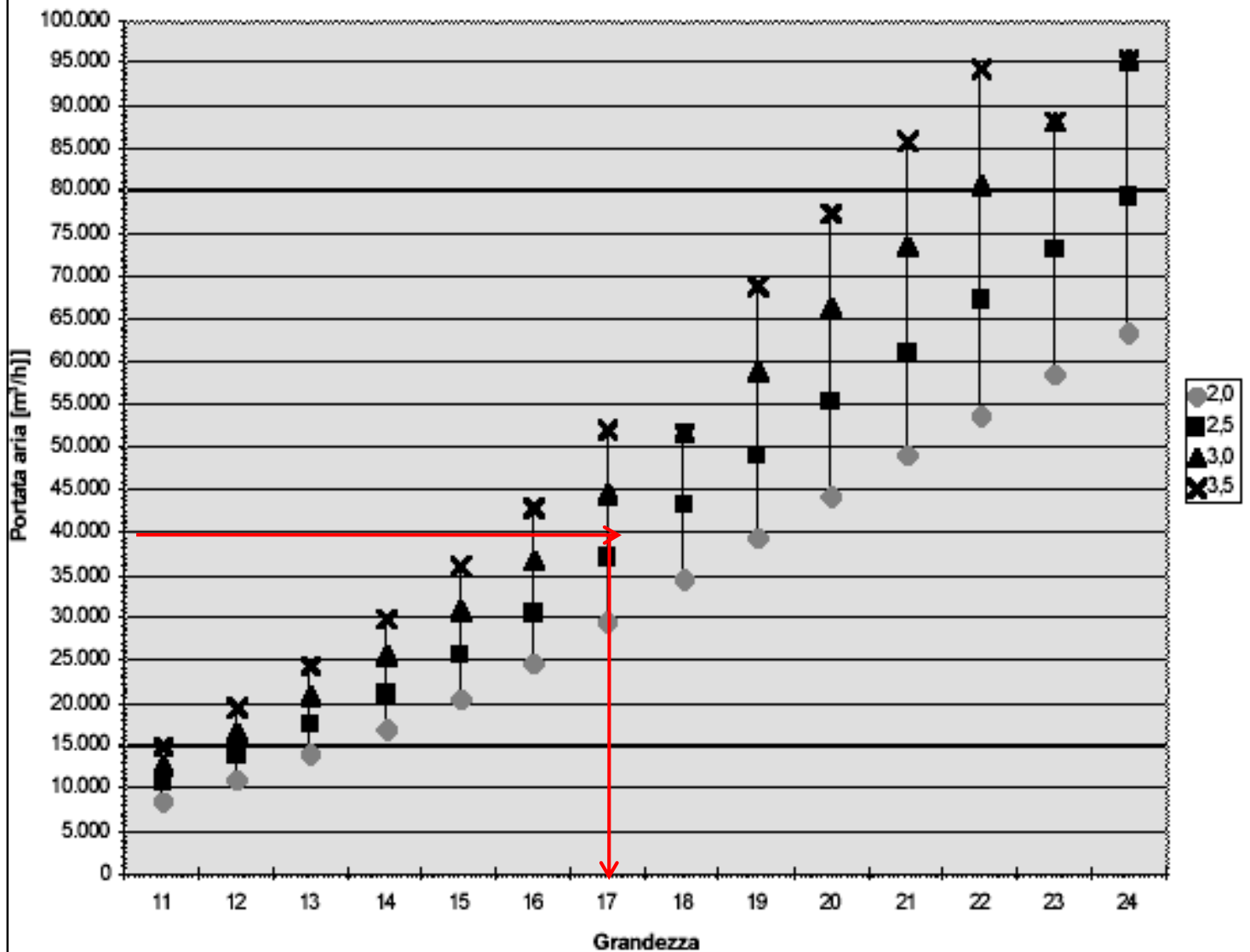


# Centrale di Trattamento Aria

## Diagrammi di selezione



Centrali di trattamento aria serie NCT  
Grandezze 11-24



Conoscendo portata e dai diagrammi forniti dal costruttore si individua la classe della macchina

# Centrali di Trattamento Aria

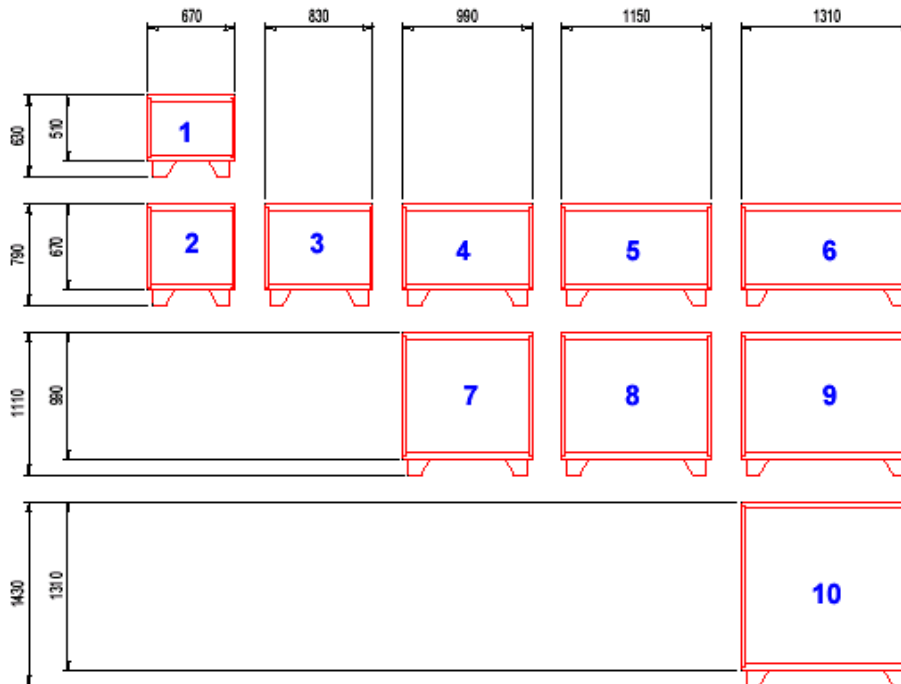
## Dimensioni

GRANDEZZA SIZE	dimensioni dimensions L x H	sezione section Sb mq	portata aria x V (m/sec) air flow x V (m/sec)									
			2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	4	
CTL 20	800 x 650	0,24	1.754	1.973	2.192	2.412	2.631	2.850	3.069	3.289	3.508	
CTL 30	1050 x 650	0,33	2.389	2.688	2.986	3.285	3.583	3.882	4.181	4.479	4.778	
CTL 40	1300 x 700	0,42	3.024	3.402	3.780	4.158	4.536	4.914	5.292	5.670	6.048	
CTL 50	1050 x 800	0,48	3.456	3.888	4.320	4.752	5.184	5.616	6.048	6.480	6.912	
CTL 60	1300 x 800	0,60	4.320	4.860	5.400	5.940	6.480	7.020	7.560	8.100	8.640	
CTL 70	1550 x 800	0,75	5.400	6.075	6.750	7.425	8.100	8.775	9.450	10.125	10.800	
CTL 80	1300 x 1050	0,84	6.048	6.804	7.560	8.316	9.072	9.828	10.584	11.340	12.096	
CTL 100	1550 x 1050	1,05	7.560	8.505	9.450	10.395	11.340	12.285	13.230	14.175	15.120	
CTL 120	1800 x 1050	1,26	9.072	10.206	11.340	12.474	13.608	14.742	15.876	17.010	18.144	
CTL 140	2050 x 1050	1,47	10.584	11.907	13.230	14.553	15.876	17.199	18.522	19.845	21.168	
CTL 160	1550 x 1300	1,35	9.720	10.935	12.150	13.365	14.580	15.795	17.010	18.225	19.440	
CTL 170	1800 x 1300	1,62	11.664	13.122	14.580	16.038	17.496	18.954	20.412	21.870	23.328	
CTL 200	2050 x 1300	1,89	13.608	15.309	17.010	18.711	20.412	22.113	23.814	25.515	27.216	
CTL 220	2300 x 1300	2,16	15.552	17.496	19.440	21.384	23.328	25.272	27.216	29.160	31.104	
CTL 240	1800 x 1550	1,98	14.256	16.038	17.820	19.602	21.384	23.166	24.948	26.730	28.512	
CTL 250	2050 x 1550	2,31	16.632	18.711	20.790	22.869	24.948	27.027	29.106	31.185	33.264	
CTL 270	2300 x 1550	2,64	19.008	21.384	23.760	26.136	28.512	30.888	33.264	35.640	38.016	
CTL 300	2550 x 1550	2,90	20.909	23.522	26.136	28.750	31.363	33.977	36.590	39.204	41.818	
CTL 340	2800 x 1550	3,23	23.285	26.195	29.106	32.017	34.927	37.838	40.748	43.659	46.570	
CTL 350	2300 x 1800	3,12	22.464	25.272	28.080	30.888	33.696	36.504	39.312	42.120	44.928	
CTL 360	2550 x 1800	3,43	24.710	27.799	30.888	33.977	37.066	40.154	43.243	46.332	49.421	
CTL 380	2800 x 1800	3,82	27.518	30.958	34.398	37.838	41.278	44.717	48.157	51.597	55.037	
CTL 450	3050 x 1800	4,21	30.326	34.117	37.908	41.699	45.490	49.280	53.071	56.862	60.653	
CTL 480	2550 x 2050	3,96	28.512	32.076	35.640	39.204	42.768	46.332	49.896	53.460	57.024	
CTL 510	2800 x 2050	4,41	31.752	35.721	39.690	43.669	47.628	51.597	55.566	59.535	63.504	
CTL 530	3050 x 2050	4,86	34.992	39.366	43.740	48.114	52.488	56.862	61.236	65.610	69.984	
CTL 570	2800 x 2300	5,00	35.985	40.484	44.982	49.480	53.978	58.477	62.975	67.473	71.971	
CTL 600	3050 x 2300	5,51	39.658	44.615	49.572	54.529	59.486	64.444	69.401	74.358	79.315	
CTL 700	3050 x 2550	6,16	44.323	49.864	55.404	60.944	66.485	72.025	77.566	83.106	88.646	
CTL 800	3800 x 2550	7,98	57.456	64.638	71.820	79.002	86.184	93.366	100.548	107.730	114.912	
CTL 900	4300 x 2550	9,12	65.664	73.872	82.080	90.288	98.496	106.704	114.912	123.120	131.328	
CTL 1000	4800 x 2550	10,26	73.872	83.106	92.340	101.574	110.808	120.042	129.276	138.510	147.744	

# CTA – Dati per la Selezione

Nella tabella si hanno dimensioni tipiche per le varie configurazioni e per grandezza (determinata dalla sezione di passaggio) delle CTA.

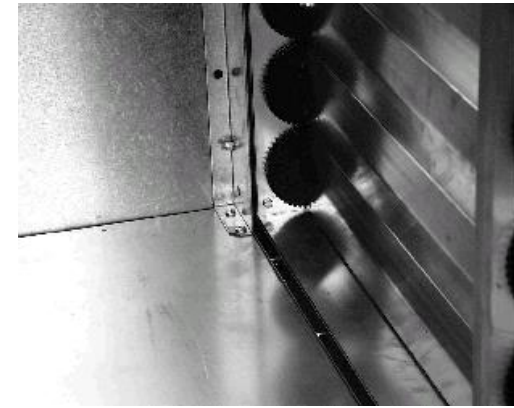
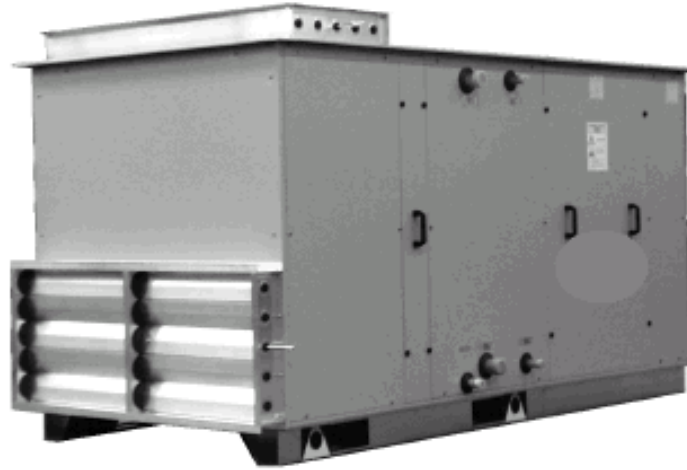
Grand. Size	Sup.batt. Coil F.A.	Portata / Air volume alla vel. front. sulla batteria di m/s at face velocity at coil of m/s					Incremento grand. Precedente Increase on previous size
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	
CTE	m <sup>2</sup>						
1	0.126	907	1 134	1 361	1 588	1 814	
2	0.202	1 452	1 814	2 177	2 540	2 903	60.0%
3	0.278	2 004	2 506	3 007	3 508	4 009	38.1%
4	0.348	2 506	3 132	3 758	4 385	5 011	25.0%
5	0.425	3 059	3 823	4 588	5 352	6 117	22.1%
6	0.502	3 612	4 514	5 417	6 320	7 223	18.1%
7	0.566	4 072	5 090	6 107	7 125	8 143	12.7%
8	0.690	4 970	6 213	7 455	8 698	9 940	22.1%
9	0.815	5 869	7 336	8 803	10 270	11 737	18.1%
10	1.191	8 577	10 722	12 866	15 010	17 155	46.2%



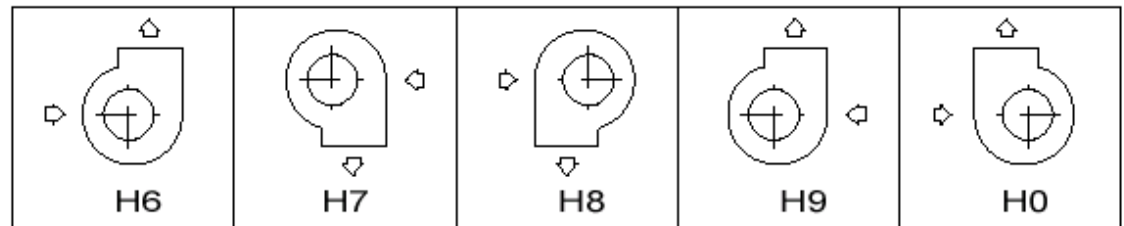
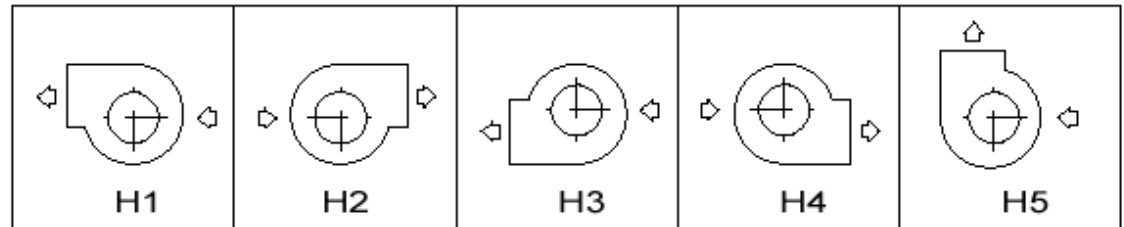
# CTA – Dati Costruttivi

In figura si ha una vista laterale della CTA nella quale risulta visibile la serranda sulla presa dell'aria esterna.

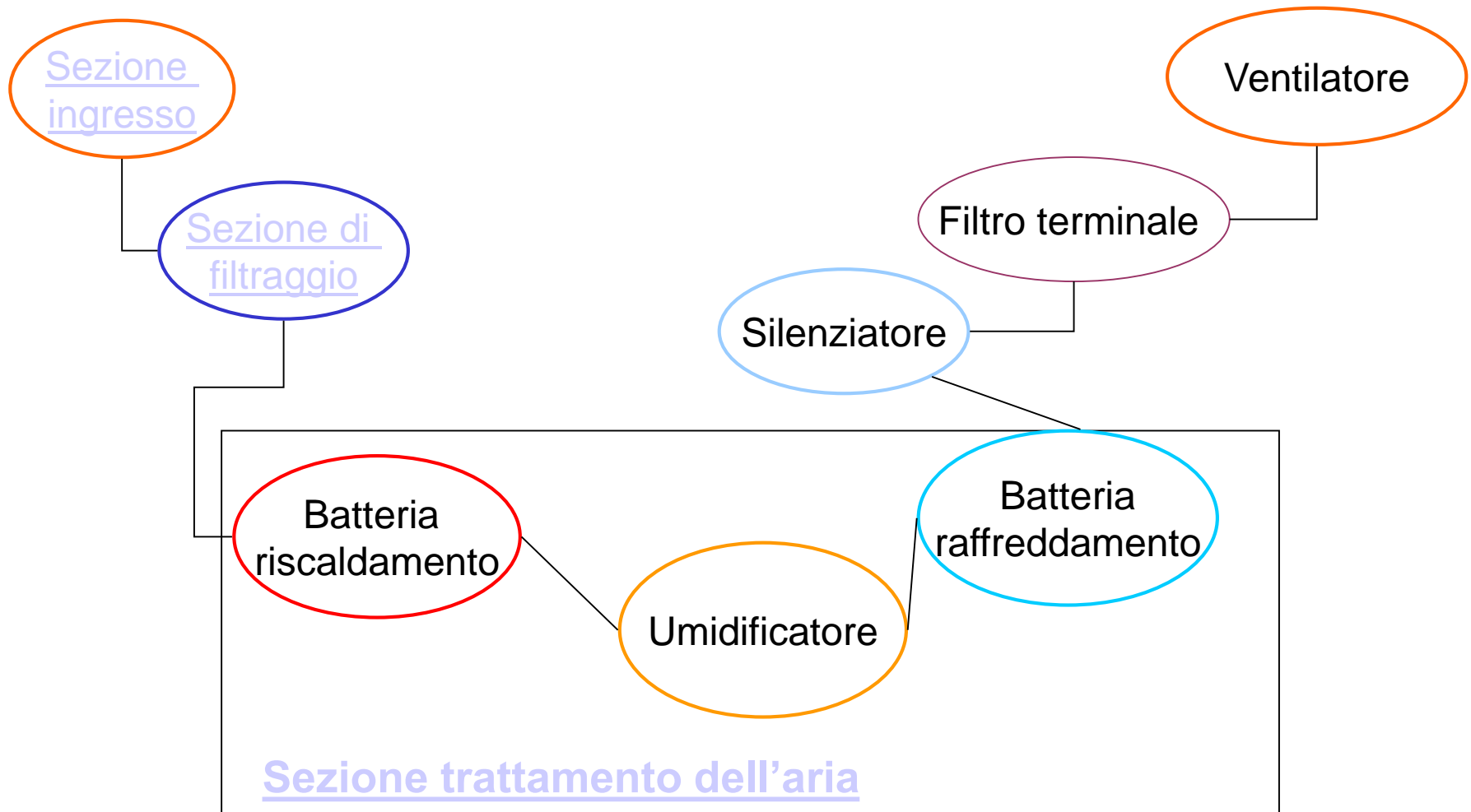
Analoga serranda si ha sulla presa del ricircolo (se presente).



## SCHEMA ORIENTAMENTI VENTILATORI



# Quali sono i componenti che troveremo nelle nostre U.T.A ?



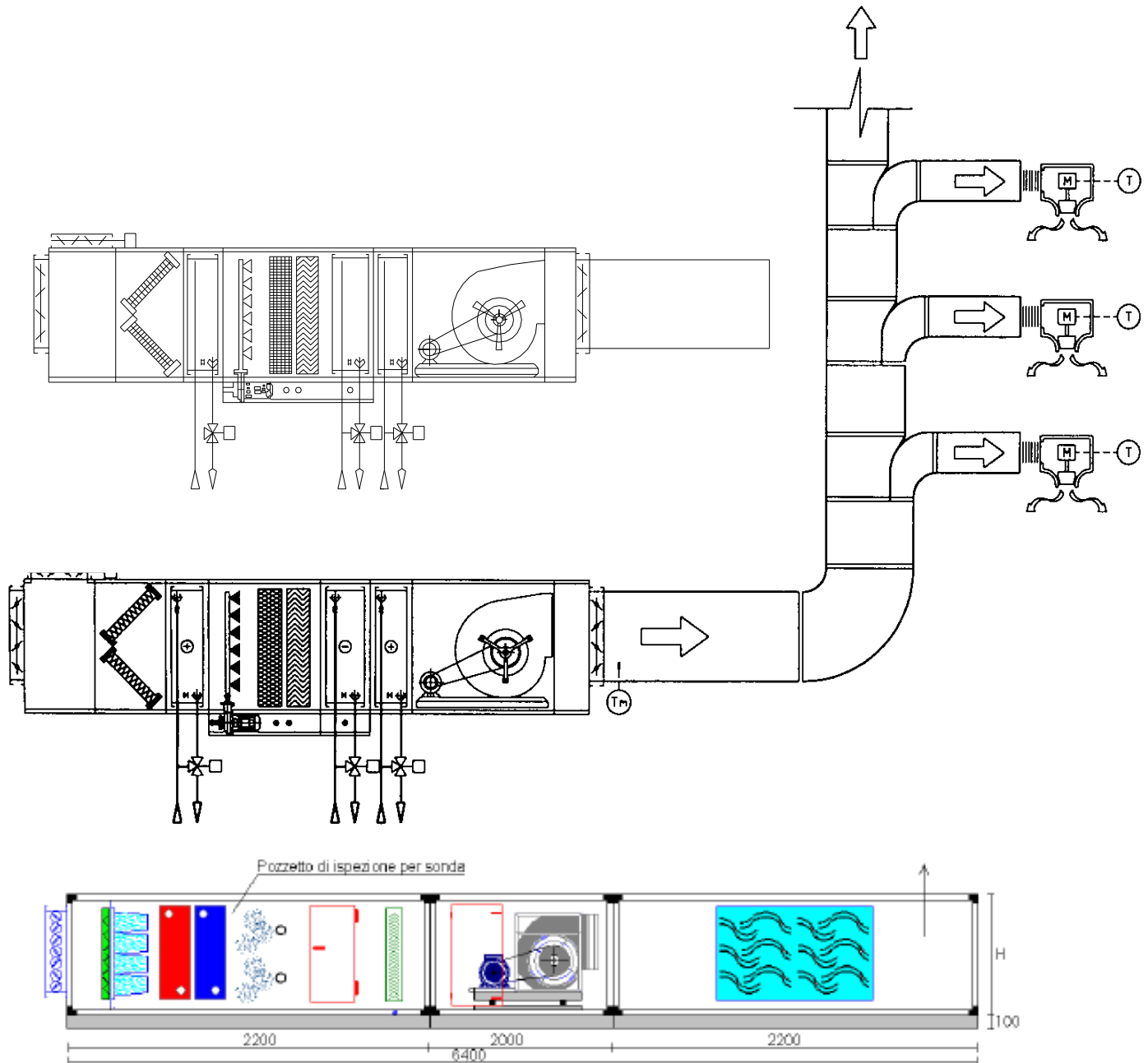


# CTA - Installazione

In figura si ha un esempio di installazione di una CTA con tre uscite multizona.

Si osservino le sezioni di ingresso (plenum e filtri) le batterie (calda e fredda con relativa alimentazione), la sezione di umidificazione con pacchetto lamellare per la separazione delle gocce, il riscaldamento e post-riscaldamento e la sezione ventilante.

Dal ramo principale si staccano altri rami secondari che alimentano unità di zona.

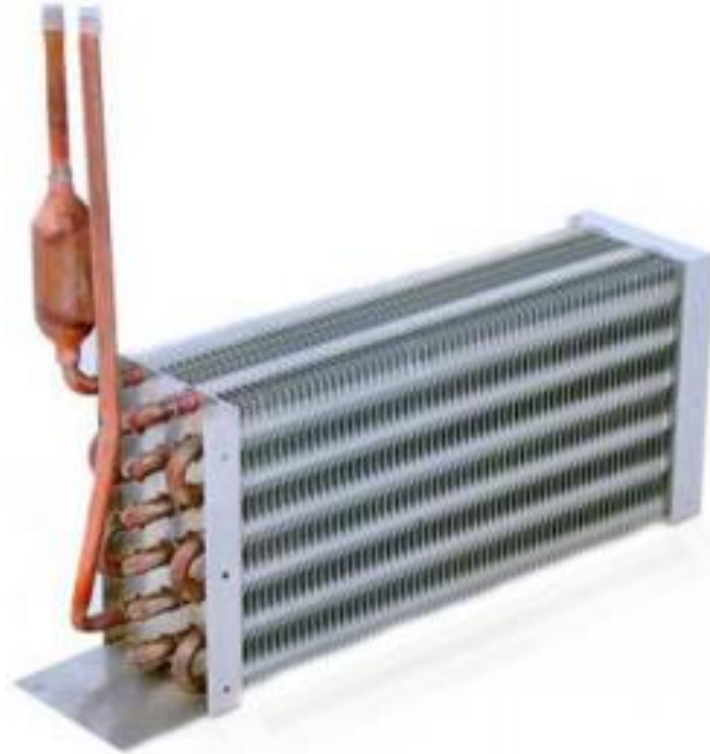


# CTA- Tipologia di installazione

In figura si ha uno schema delle possibili configurazione delle Centrali di trattamento aria: si osservi come sono disposte e concatenate le varie sezioni (presa aria esterna, miscelazione, filtrazione, riscaldamento, deumidificazione, separazione



# Batterie di scambio termico



# Trasformazioni nelle batterie di scambio termico

DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE  
PSYCHROMETRISCHES DIAGRAM  
PSYCHROMETRIC CHART  
( $P_{\text{atm}}=1,013\text{bar}$ )

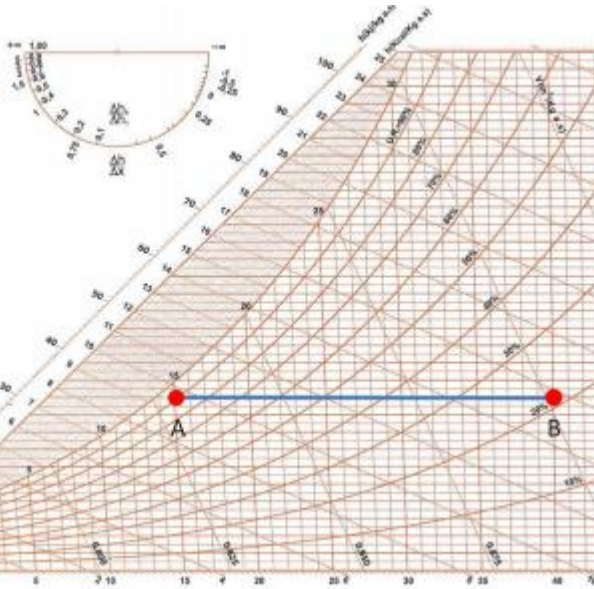


DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE  
PSYCHROMETRISCHES DIAGRAM  
PSYCHROMETRIC CHART  
( $P_{\text{atm}}=1,013\text{bar}$ )

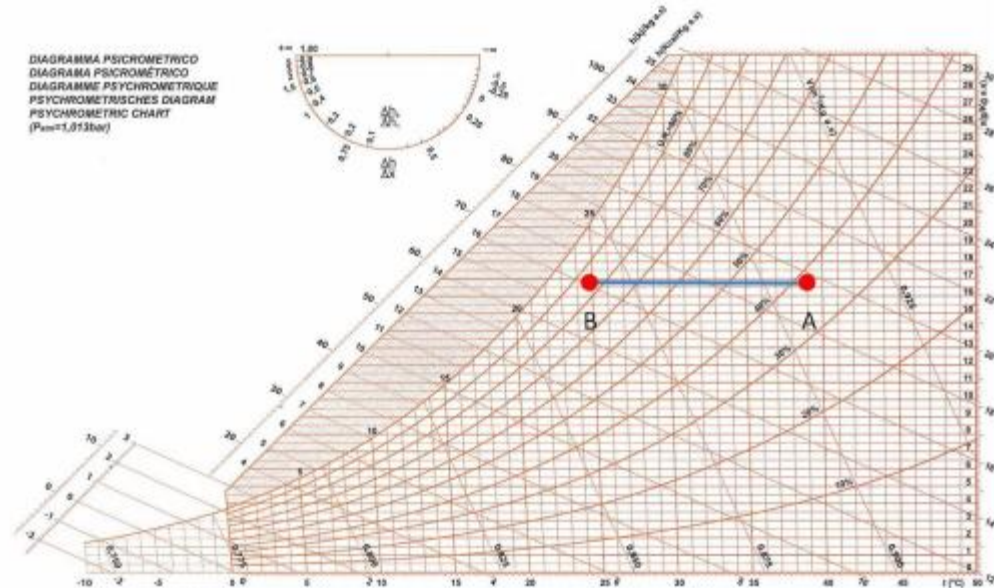
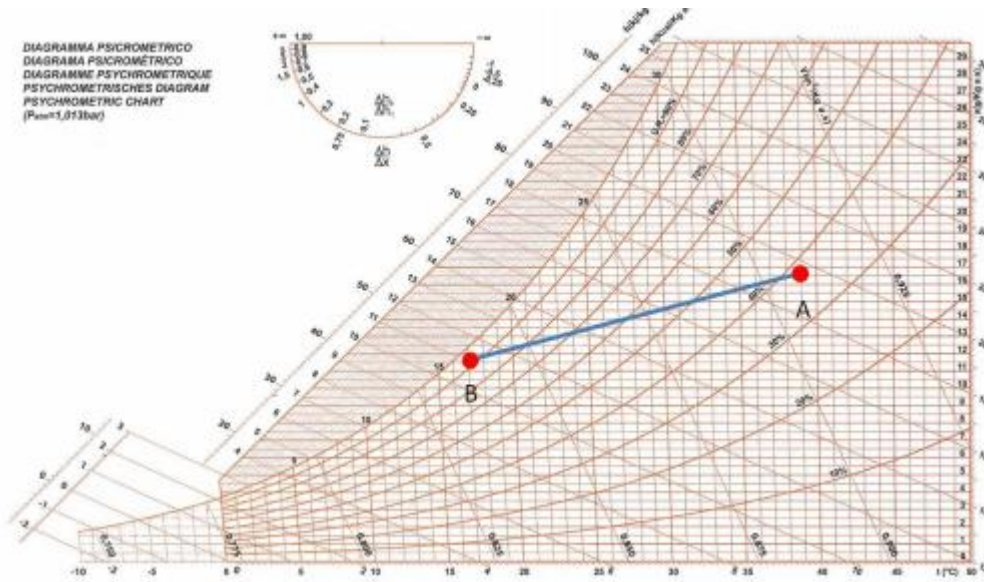


DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMME PSYCHROMETRIQUE  
PSYCHROMETRISCHES DIAGRAM  
PSYCHROMETRIC CHART  
( $P_{\text{atm}}=1,013\text{bar}$ )





# Umidificazione ad acqua e a vapore

DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMA PSICROMÉTRICO  
DIAGRAMME PSYCHROMÉTRIQUE  
PSYCHROMETRISCHES DIAGRAM  
PSYCHROMETRIC CHART  
( $P_{atm}=1,013\text{bar}$ )

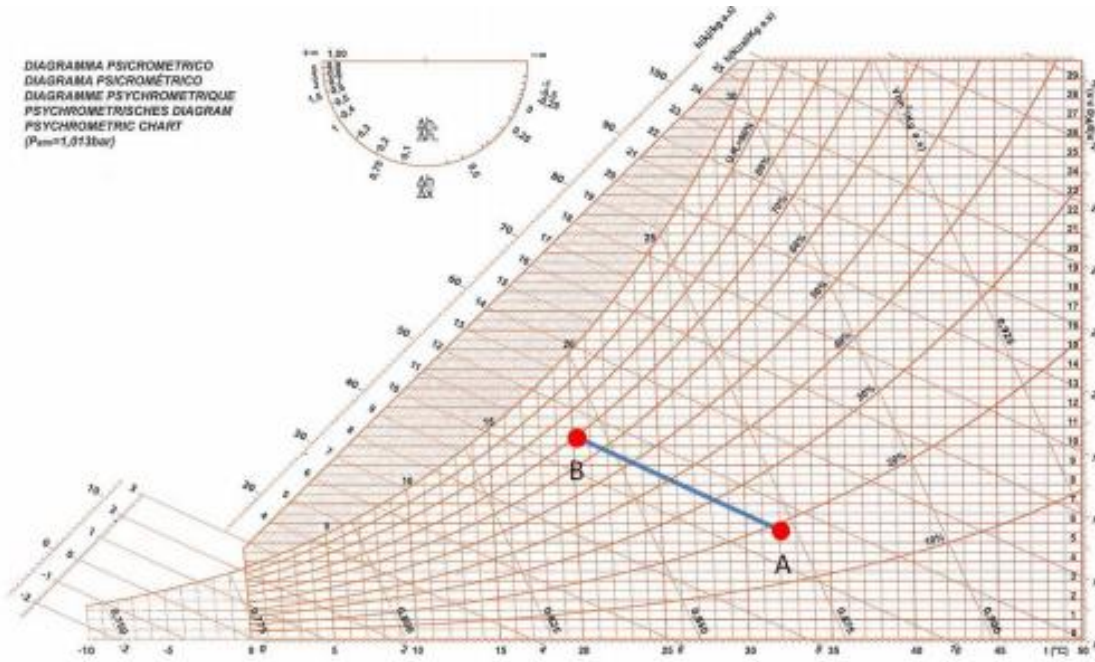
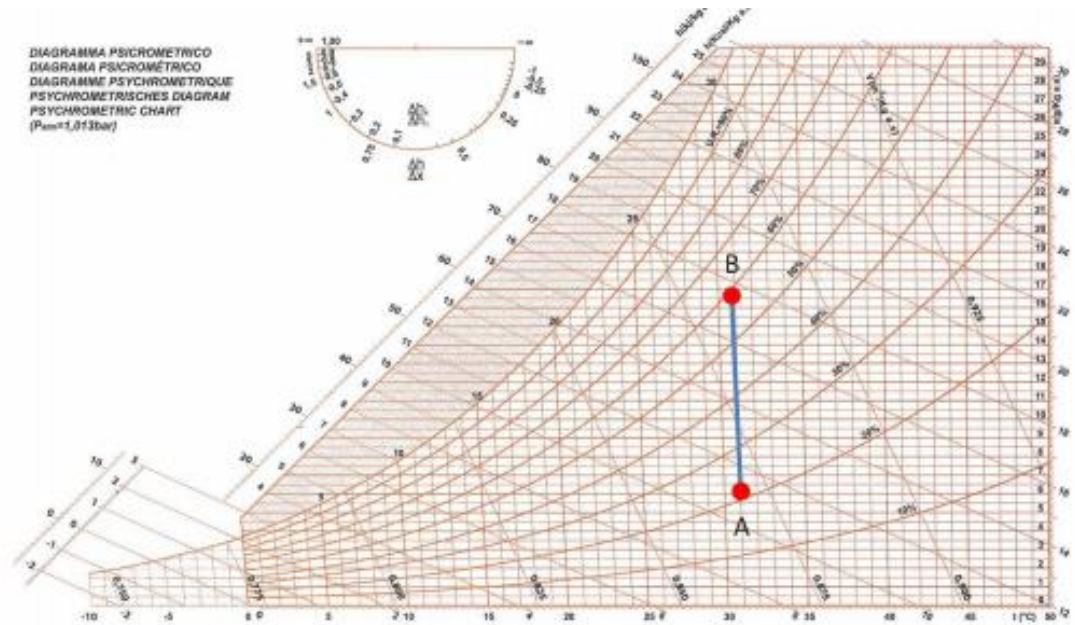
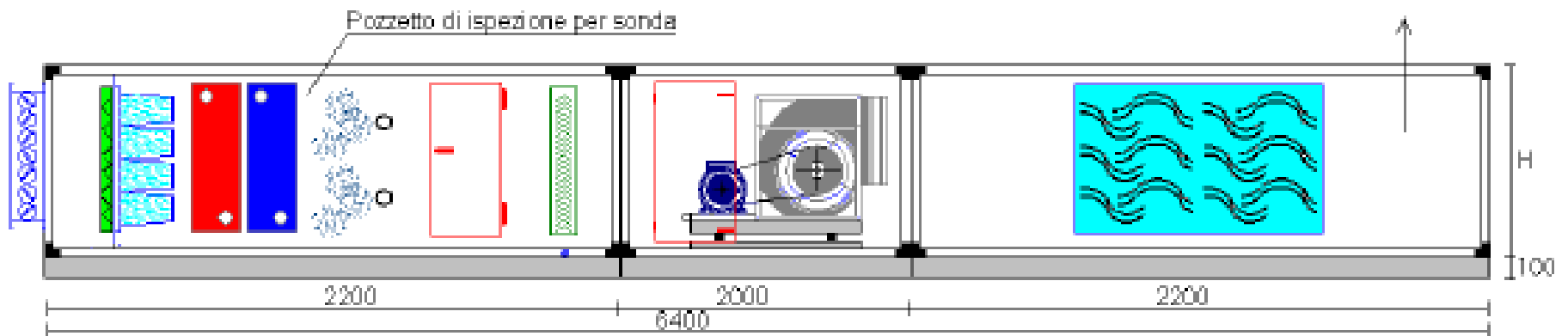
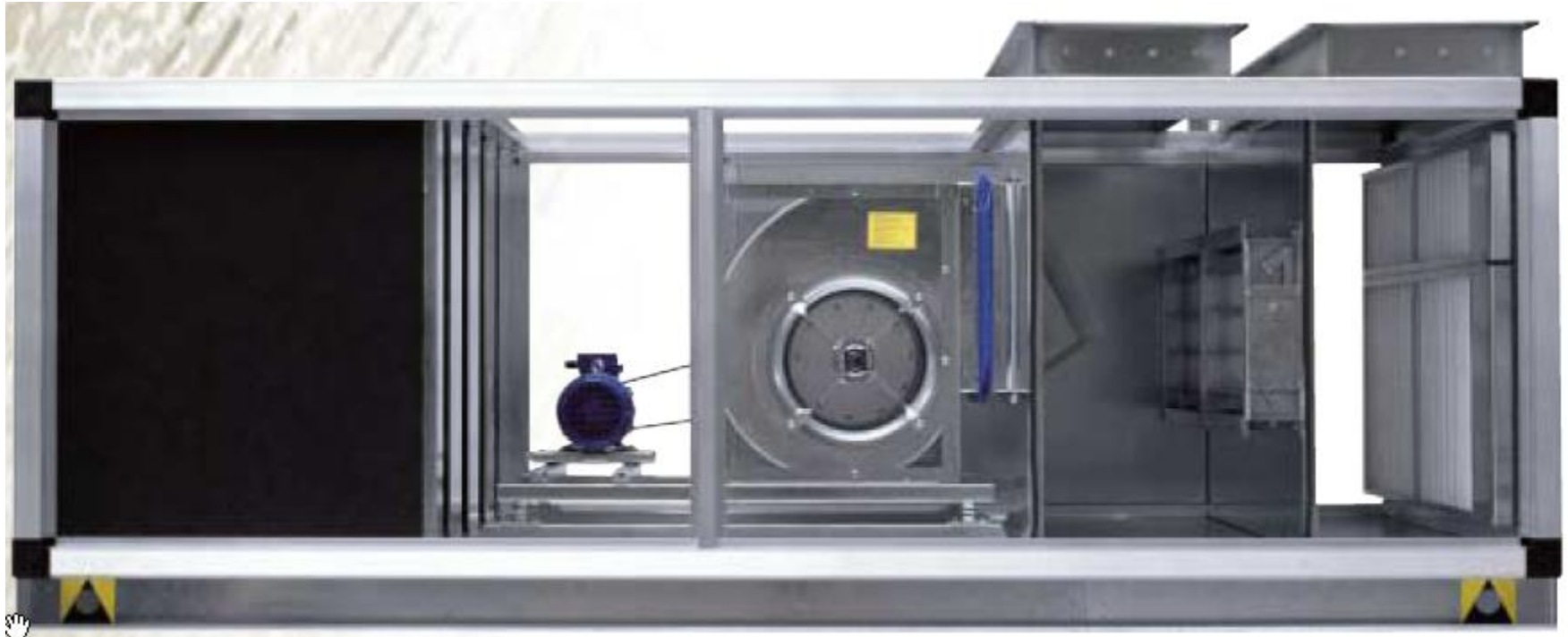


DIAGRAMMA PSICROMETRICO  
DIAGRAMA PSICROMÉTRICO  
DIAGRAMME PSYCHROMÉTRIQUE  
PSYCHROMETRISCHES DIAGRAM  
PSYCHROMETRIC CHART  
( $P_{atm}=1,013\text{bar}$ )



# Dati costruttivi UTA

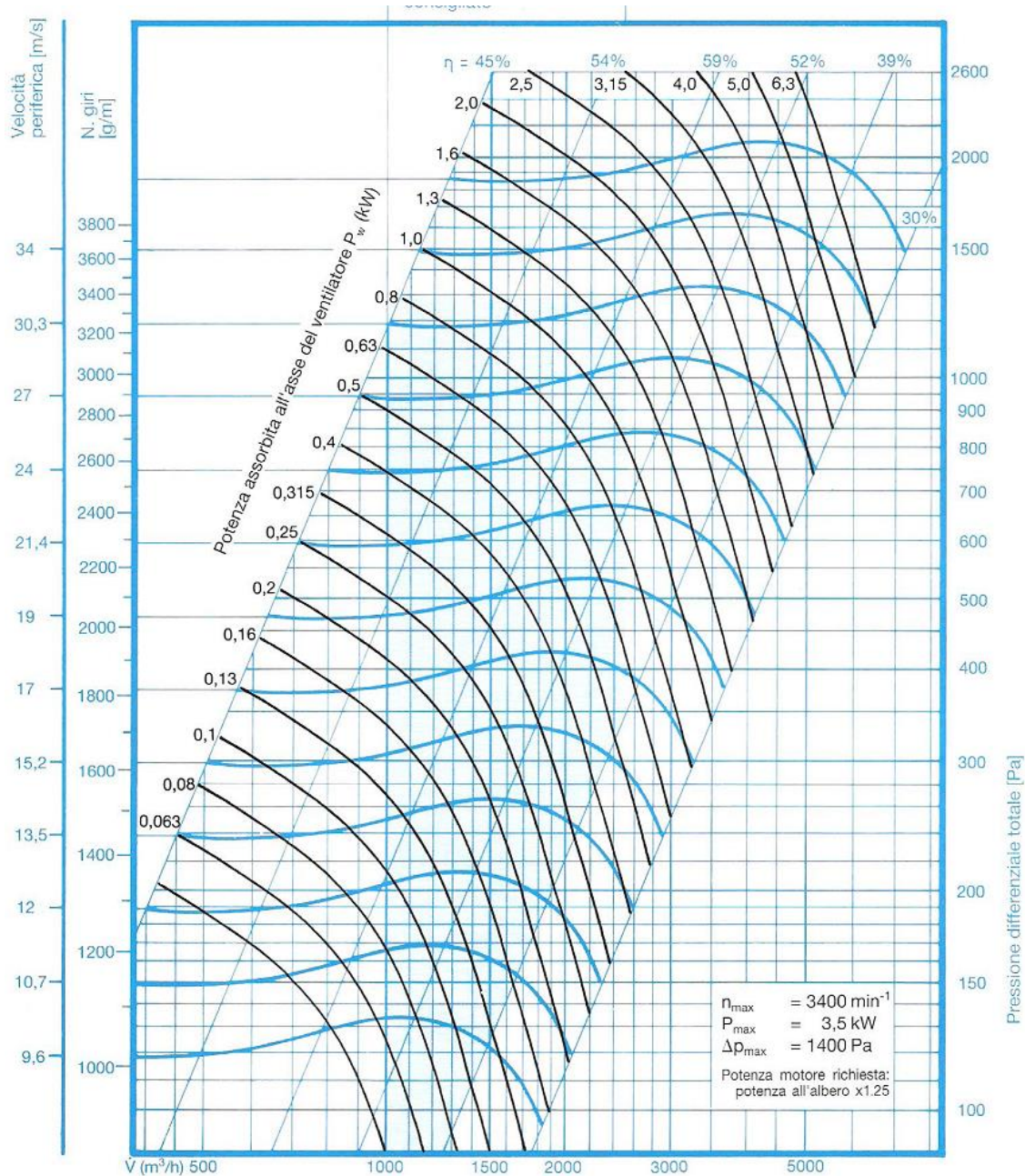




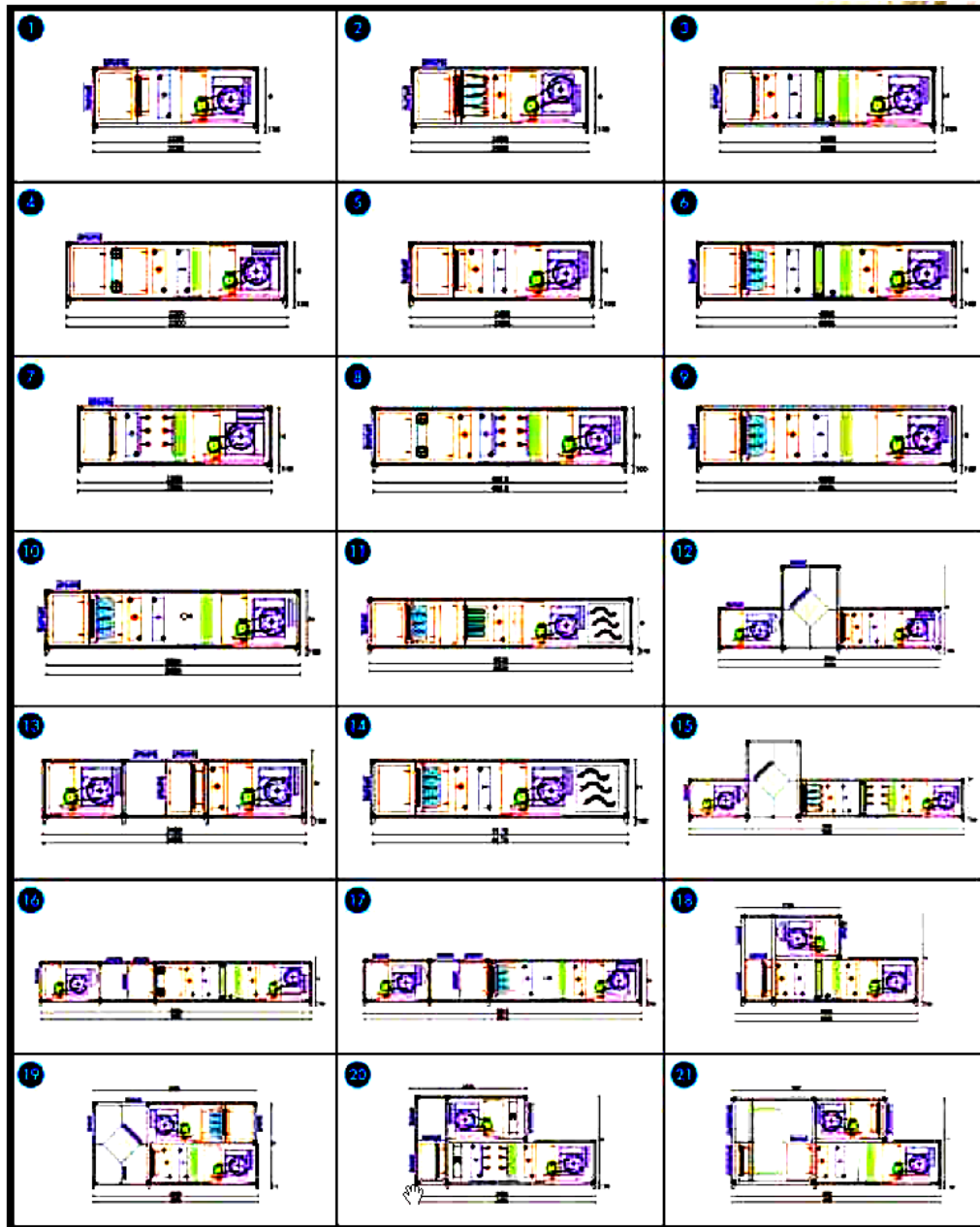
## Sezione di una batteria di scambio e ventilante



# Curve caratteristiche di un ventilatore



# Configurazioni delle UTA



# Selezione dei Filtri

I filtri sulla presa dell'aria esterna e sul ricircolo sono di importanza fondamentale per il corretto funzionamento delle CTA. Spesso sono addirittura indispensabili per applicazioni particolari: si pensi, ad esempio, ad una *sala operatoria* o di terapia intensiva, ad una industria elettronica (*camera bianca* per la lavorazione dei componenti elettronici, ...) o per l'industria chimica e farmaceutica.

Si hanno diverse tipologie di filtri a seconda dell'*efficienza* (cioè della capacità di eliminare le polveri) che si desidera avere.

In figura si ha una classificazione dei filtri commerciali per CTA e in si ha una elencazione di criteri di scelta del tipo di filtro da utilizzare nelle varie

CLASSIFICAZIONE secondo EN 779		CLASSIFICAZIONE secondo EN 1822
<b>FILTRI PER POLVERI GROSSOLANE</b>	<b>FILTRI PER POLVERI FINI</b>	<b>FILTRI AD ALTISSIMA EFFICIENZA (ASSOLUTI "HEPA")</b>
Efficienza ponderale (A)	Efficienza colorimetrica (E)	Efficienza (E) riferita al diametro delle particelle
Prova secondo ASHRAE 52.1-1992	Prova secondo ASHRAE 52.1-1992	Prova secondo DIN 24183 parte 1
Metodo gravimetrico	Metodo opacimetrico	Metodo contatore particelle MPPS=diametro particelle di max penetrazione

Classe	A%	Classe	E%	E% (0,3 µm)	E% (MMPS)	Classe	E% (0,3 µm)	EURO VENT
G1	65	F5	40	90	98	H10	95	
G2	65	F6	60	95	98	H11	99,9	EU10
G3	80	F7	80	99,5	99,99	H12	99,95	EU11
G4	90	F8	90	99,95	99,997	H13	99,95	EU12
		F9	95	99,995	99,999	H13	99,99	EU12
						H13	99,999	EU13
						H14	99,999	EU14



## Sezione filtrante di una UTA



FILTRI								
Grand.	W mm	H1 mm	H3 mm	H2 mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm
1	735	645	-	645	320	640	960	1280
2	735	805	-	805	320	640	960	1280
3	895	805	-	805	320	640	960	1280
4	1055	805	-	805	320	640	960	1280
5	1215	805	-	805	320	640	960	1280
6	1375	805	-	805	320	640	960	1280
7	1055	1125	1125	1125	320	640	960	1280
8	1215	1125	1125	1125	320	640	960	1280
9	1375	1125	1125	1125	320	640	960	1280
10	1695	1125	1125	1125	320	640	960	1280
11	1375	1445	1445	1445	320	640	960	1280
12	1695	1445	1445	1445	320	640	960	1280
13	1695	1765	1765	1765	320	640	960	1280
14	2015	1765	1765	1765	320	640	960	1280
15	2015	2085	2085	2085	320	640	960	1280
16	2335	2085	2085	2085	320	640	960	1280
17	2335	2405	2405	2405	320	640	960	1280
18	2655	2405	2405	2405	320	640	960	1280
19	2975	2405	2405	2405	320	640	960	1280
20	3295	2405	2405	2405	320	640	960	1280
21	3615	2405	2405	2405	320	640	960	1280
22	3935	2405	2405	2405	320	640	960	1280
23	4255	2405	2405	2405	320	640	960	1280
24	4575	2405	2405	2405	320	640	960	1280

# Selezione dei Filtri - Classificazione

In tabella si ha la classificazione dei filtri secondo la *EUROVENT*.

Oggi si tende ad utilizzare una classificazione dettata dalle norme europee (ancora non definitive) che vede i filtri suddivisi nelle tre tipologie:

**G** Generale

**F** Filtro media efficienza

**H** Filtro ad alta efficienza.

Il collaudo dei filtri occupa un ruolo fondamentale negli impianti soprattutto nelle applicazioni critiche.

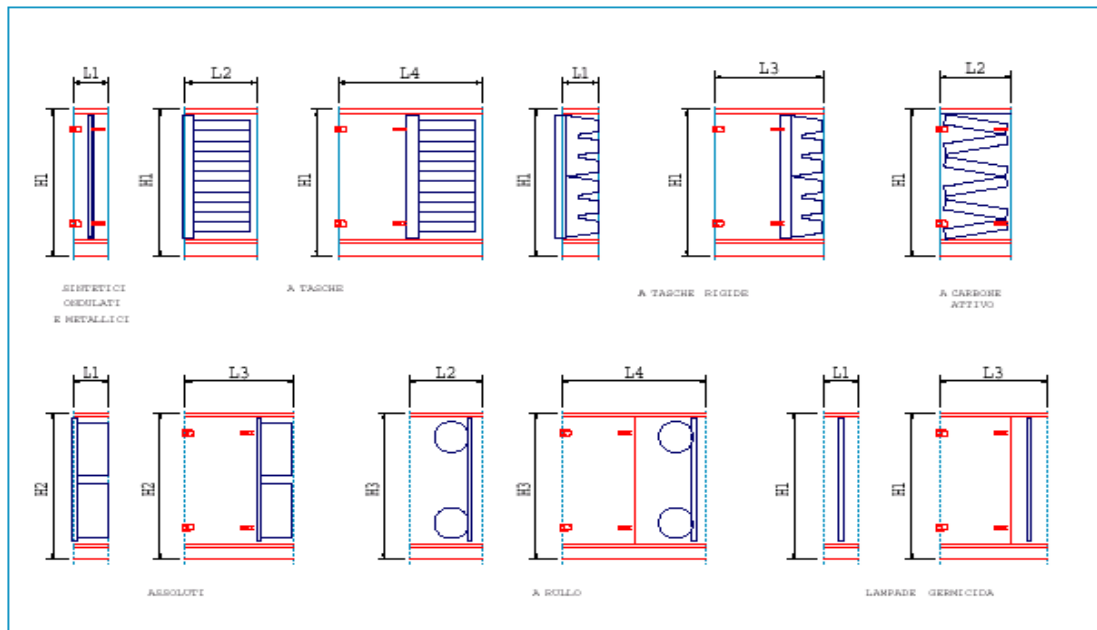
Le attuali norme indicano le procedure di collaudo e la certificazione da rilasciare per le varie categorie di filtri.

TIPO FILTRO	ESEMPI DI PARTICELLE TRATTENUTE	CLASSE EUROVENT	APPLICAZIONI
Media efficienza	Insetti Fibre tessili e capelli Sabbia Ceneri Pollini Spore Polvere di cemento	EU 1 EU 2	Applicazioni semplici (es. protezione da insetti in piccoli apparecchi)
		EU 3 EU 4	Prefiltri per filtri di classe EU6 fino ad EU8 Estrattori industriali e per cucine Protezione contro lo sporco di piccoli apparecchi per il condizionamento
		EU 5	Estrattori per locali con prescrizioni poco severe (es. laboratori, garages)
		EU 5 EU 6 EU 7	Prefiltri o filtri per apparecchi di aerazione Filtri terminali per negozi, uffici, reparti produttivi. Prefiltri per filtri di classe EU11 ed EU12
Alta efficienza	Pollini Spore Polvere di cemento Batteri e germi depositati su particelle Fumi d'olio e fuliggine Fumo di sigaretta Fumi di ossidi di metallo	EU 7 EU 8 EU 9	Filtri terminali uffici, reparti produttivi, ospedali, CED. Prefiltri per filtri di classe EU11 ed EU12 e per filtri di a carboni attivi.
		EU 10 EU 11 EU 12	Filtri terminali per ambienti con prescrizioni restrittive (es. industria farmaceutica, meccanica di precisione, ottica, elettronica)
		EU 11 EU 12 EU 13 EU 14	Filtri terminali per camere bianche classe 100000 fino a 10000 Filtri terminali per camere bianche classe 100000 fino a 10000 Estrattori per impianti nucleari
Assoluti	Germi, batteri, virus Fumo di sigaretta Fumi di ossidi di metallo		



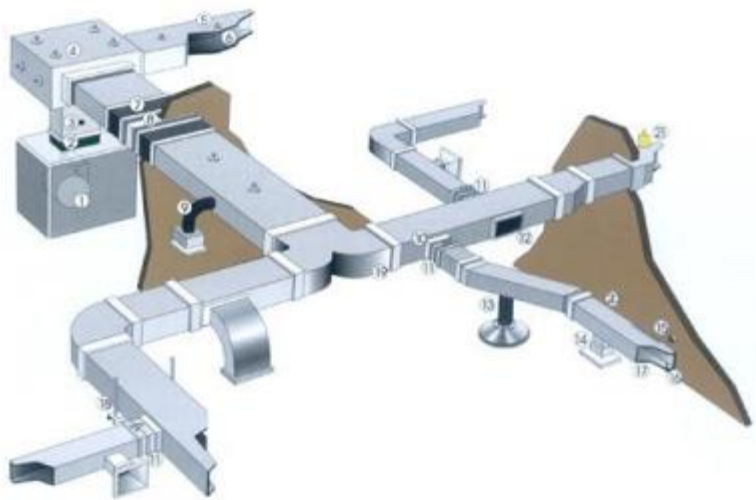
# Dimensioni dei Filtri

In figura e in tabella si hanno le tipologie e le dimensioni di ingombro dei filtri.

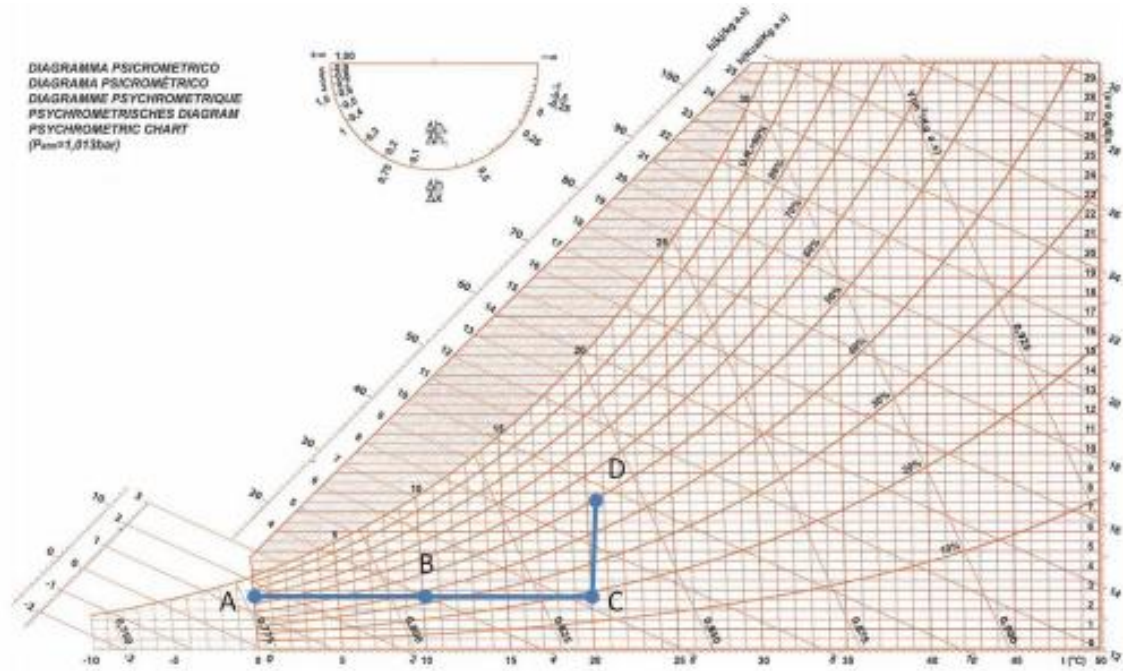


FILTRI								
Grand.	W mm	H1 mm	H3 mm	H2 mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	L4 mm
1	735	645	-	645	320	640	960	1280
2	735	805	-	805	320	640	960	1280
3	895	805	-	805	320	640	960	1280
4	1055	805	-	805	320	640	960	1280
5	1215	805	-	805	320	640	960	1280
6	1375	805	-	805	320	640	960	1280
7	1055	1125	1125	1125	320	640	960	1280
8	1215	1125	1125	1125	320	640	960	1280
9	1375	1125	1125	1125	320	640	960	1280
10	1695	1125	1125	1125	320	640	960	1280
11	1375	1445	1445	1445	320	640	960	1280
12	1695	1445	1445	1445	320	640	960	1280
13	1695	1765	1765	1765	320	640	960	1280
14	2015	1765	1765	1765	320	640	960	1280
15	2015	2085	2085	2085	320	640	960	1280
16	2335	2085	2085	2085	320	640	960	1280
17	2335	2405	2405	2405	320	640	960	1280
18	2655	2405	2405	2405	320	640	960	1280
19	2975	2405	2405	2405	320	640	960	1280
20	3295	2405	2405	2405	320	640	960	1280
21	3615	2405	2405	2405	320	640	960	1280
22	3935	2405	2405	2405	320	640	960	1280
23	4255	2405	2405	2405	320	640	960	1280
24	4575	2405	2405	2405	320	640	960	1280

# Distribuzione dell'aria negli ambienti



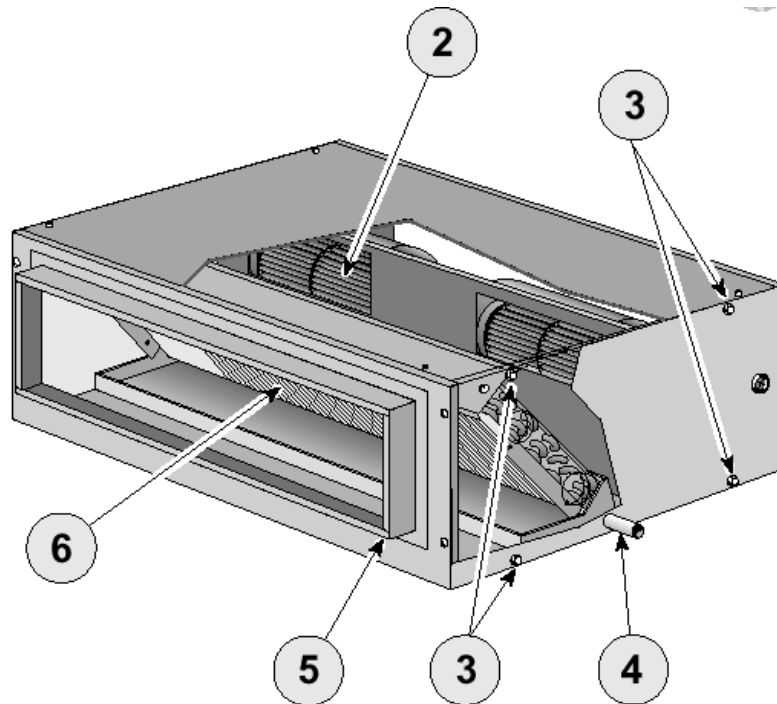
# Trattamenti dell'aria invernali



# Unità di Condizionamento Compatte

Per piccoli carichi o per piccole zone (appartamenti) si utilizzano unità di condizionamento compatte che non sono complesse come le centrali di trattamento dell'aria, vedi figura.

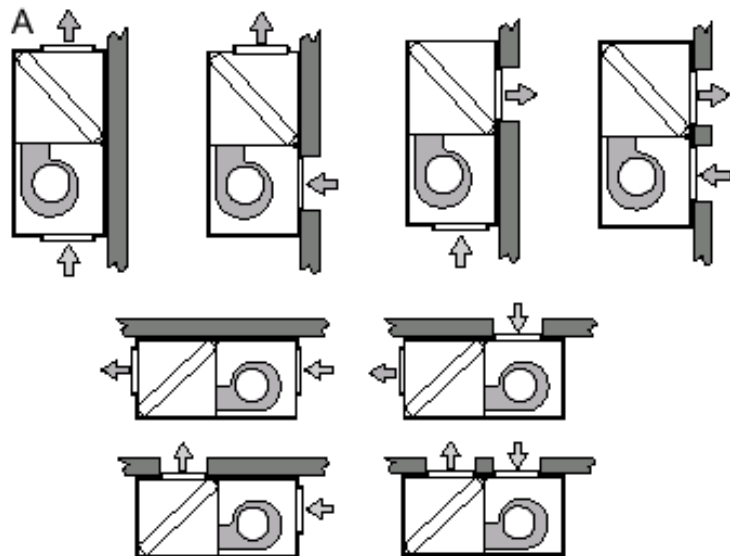
Per dimensioni e portate d'aria elevate (ma sempre piccole rispetto alle CTA) si utilizzano unità di condizionamento più complesse (vedi figura) che consentono una maggiore scelta delle batterie e del ventilatore di





# Selezione delle Unità di Condizionamento Compatte

La selezione delle *Unità di Condizionamento Compatte* si effettua mediante i dati tecnici forniti dalle Case Costruttrici, del tipo indicate in figura.



Mod.	$\Delta T$ (°C)	Potenze frigorifere totale – Total cooling capacity Puissance frigorifique totale – Gesamte Kälteleistung					Potenze frigorifere sensibile – Sensible cooling capacity Puissance frigorifique sensible – Sensible Kälteleistung						
		T. B.U. (°C)	Ti (°C)					T. B.S. (°C)	Ti (°C)				
			5	7	9	11	13		5	7	9	11	13
CDX 8	3	17	4,09	3,31	2,47	1,56	1,18	22	2,91	2,53	2,15	1,74	1,36
		19	5,19	4,41	3,58	2,68	1,9	27	3,91	3,55	3,17	2,8	2,41
		21	6,41	5,63	4,81	3,91	2,95	32	4,96	4,6	4,23	3,87	3,47
		23	7,67	6,89	6,04	5,16	4,19						
		25	9,09	8,31	7,47	6,58	5,62						
	5	17	3,38	2,54	1,62	1,24	0,88	22	2,56	2,18	1,77	1,39	1,01
		19	4,5	3,65	2,76	1,97	1,33	27	3,59	3,22	2,83	2,46	2,05
		21	5,72	4,89	4,01	3,04	1,97	32	4,63	4,27	3,89	3,52	3,12
		23	6,96	6,13	5,26	4,3	3,26						
		25	8,38	7,55	6,68	5,73	4,7						
	7	17	2,61	1,68	1,29	0,91	–	22	2,22	1,82	1,44	1,04	–
		19	3,75	2,86	2,03	1,38	–	27	3,26	2,88	2,51	2,1	–
21		4,98	4,1	3,15	2,05	–	32	4,32	3,94	3,54	3,17	–	
23		6,25	5,37	4,4	3,38	–							
25		7,67	6,8	5,84	4,82	–							
CDX 14	3	17	6,72	5,47	4,15	2,7	1,95	22	4,63	4,05	3,46	2,82	2,22
		19	8,48	7,25	5,93	4,5	3,18	27	6,22	5,65	5,06	4,47	3,88
		21	10,45	9,2	7,88	6,45	4,93	32	7,86	7,29	6,72	6,13	5,54
		23	12,45	11,2	9,88	8,45	6,93						
		25	14,87	13,48	12,16	10,74	9,2						
	5	17	5,69	4,37	2,9	2,08	1,48	22	4,15	3,55	2,93	2,33	1,69
		19	7,47	6,15	4,73	3,37	2,23	27	5,74	5,17	4,58	4,01	3,36
		21	9,43	8,12	6,72	5,19	3,5	32	7,38	6,82	6,24	5,65	5,05
		23	11,43	10,12	8,73	7,2	5,56						
		25	13,72	12,4	11,01	9,51	7,88						
	7	17	4,56	3,08	2,19	1,6	–	22	3,66	3,02	2,44	1,73	–
		19	6,39	4,96	3,53	2,29	–	27	5,27	4,68	4,12	3,47	–
21		8,37	6,97	5,43	3,76	–	32	6,93	6,34	5,76	5,17	–	
23		10,38	9	7,5	5,83	–							
25		12,66	11,29	9,8	8,18	–							
CDX 20	3	17	9,05	7,33	5,5	3,5	2,61	22	6,59	5,74	4,89	4	3,1
		19	11,51	9,79	7,94	5,96	4,23	27	8,86	8,05	7,23	6,37	5,52
		21	14,2	12,48	10,63	8,66	6,53	32	11,23	10,44	9,63	8,8	7,93
		23	16,97	15,25	13,39	11,41	9,3						
		25	20,13	18,4	16,54	14,56	12,44						
	5	17	7,51	5,66	3,66	2,74	1,94	22	5,83	4,97	4,09	3,22	2,31
		19	9,96	8,15	6,16	4,39	2,95	27	8,13	7,32	6,47	5,62	4,72
		21	12,66	10,83	8,88	6,76	4,43	32	10,52	9,72	8,89	8,03	7,16
		23	15,41	13,6	11,65	9,53	7,25						
		25	18,56	16,74	14,79	12,69	10,43						
	7	17	5,9	3,82	2,84	2,04	–	22	5,08	4,17	3,32	2,43	–
		19	8,34	6,37	4,55	3,06	–	27	7,43	6,58	5,74	4,82	–
21		11,06	9,11	6,98	4,63	–	32	9,82	9,01	8,13	7,29	–	
23		13,83	11,9	9,8	7,51	–							
25		16,98	15,04	12,96	10,72	–							

# Tipologie delle Unità di Condizionamento Compatte

Le *Unità di Condizionamento Compatte* sono delle vere e proprie CTA monoblocco pronte all'uso per la climatizzazione di ambienti che richiedono piccole e medie potenzialità.

In figura si ha un *UCC* compatta che può essere facilmente installata all'interno degli ambienti in spazi tecnici mascherati.





# Sistema Idrosplit

Si tratta di un sistema moderno e versatile che consente di alimentare più unità (fan coil) interne in modo reversibile ed automatica. E' possibile collegare l'idrosplit ad una caldaia ed avere la gestione automatica del riscaldamento e raffrescamento ambientale.

L'unità di controllo consente di accendere a volontà uno o più unità interne senza doversi preoccupare del sistema di refrigerazione e di regolare il sistema di distribuzione.

Si osservi che i sistemi *multi split* di nuova concezione consentono di alimentare più unità interne con batterie ad espansione diretta e con variazione sia della portata del refrigerante che dell'aria al ventilatore delle unità interne. Ciò viene fatto mediante l'uso di microprocessori che adattano la potenza fornita al carico effettivo richiesto.

Alimentazione elettrica con inverter dell'unità motocondensante evita spunti di avviamento elevati ed un corretto funzionamento del motore



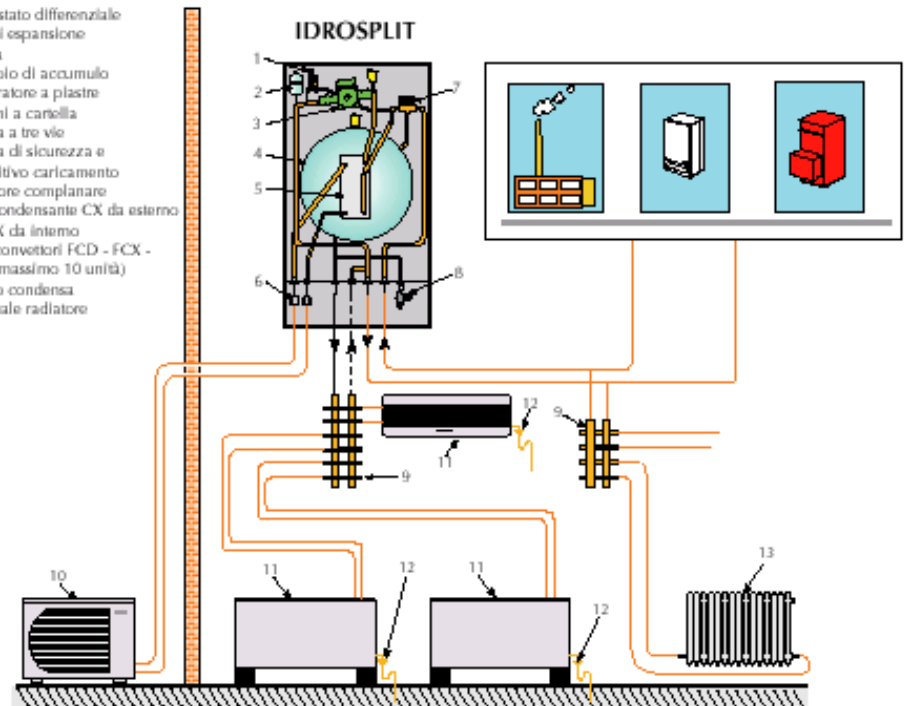
CWX



CX

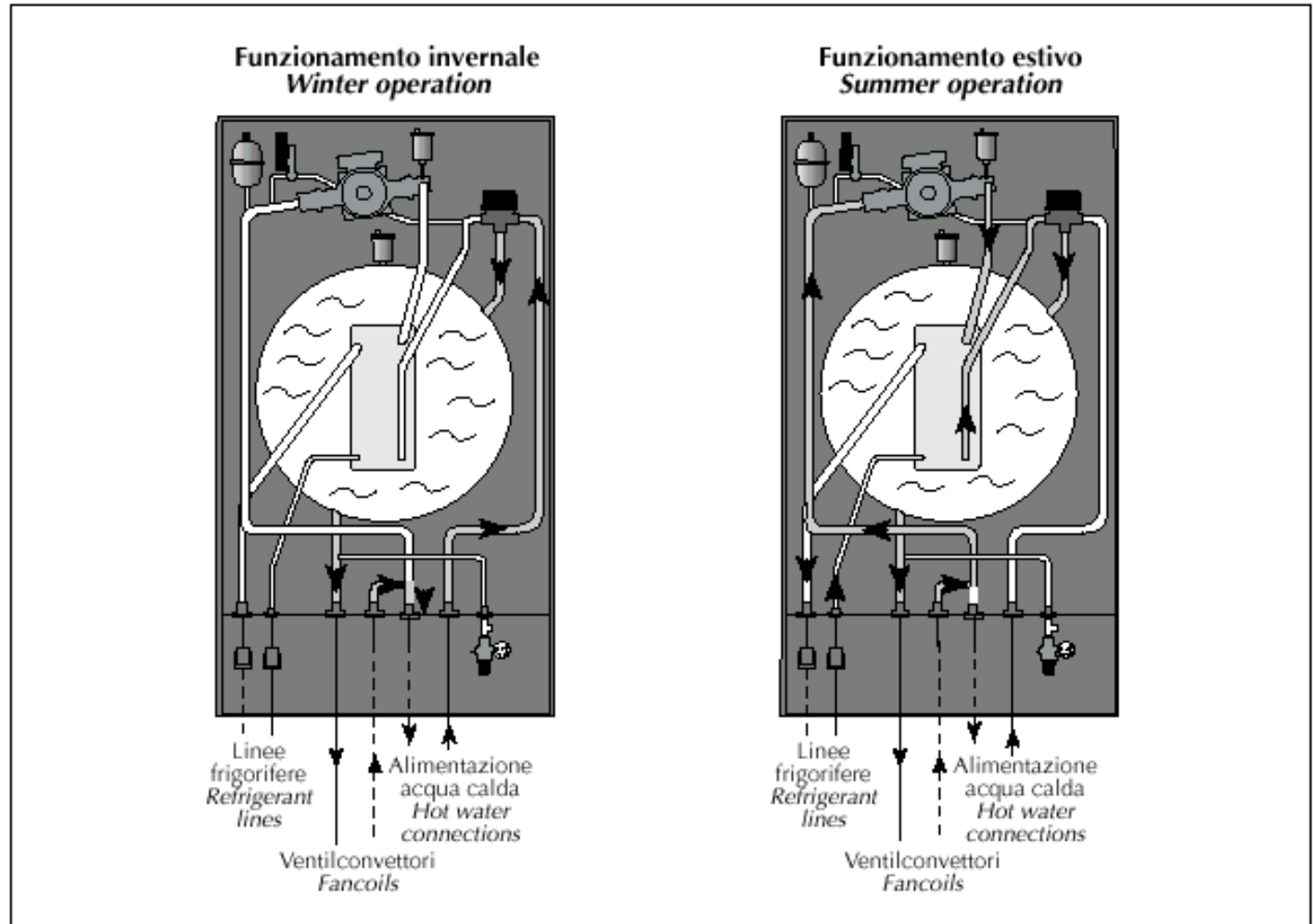


- 1 pressostato differenziale
- 2 vaso di espansione
- 3 pompa
- 4 serbatoio di accumulo
- 5 evaporatore a piastre
- 6 attacchi a canella
- 7 valvola a tre vie
- 8 valvola di sicurezza e dispositivo caricamento
- 9 collettore complanare
- 10 motocondensante CX da esterno o CWX da interno
- 11 ventilconvettori FCD - FCX - FCW (massimo 10 unità)
- 12 scarico condensa
- 13 eventuale radiatore



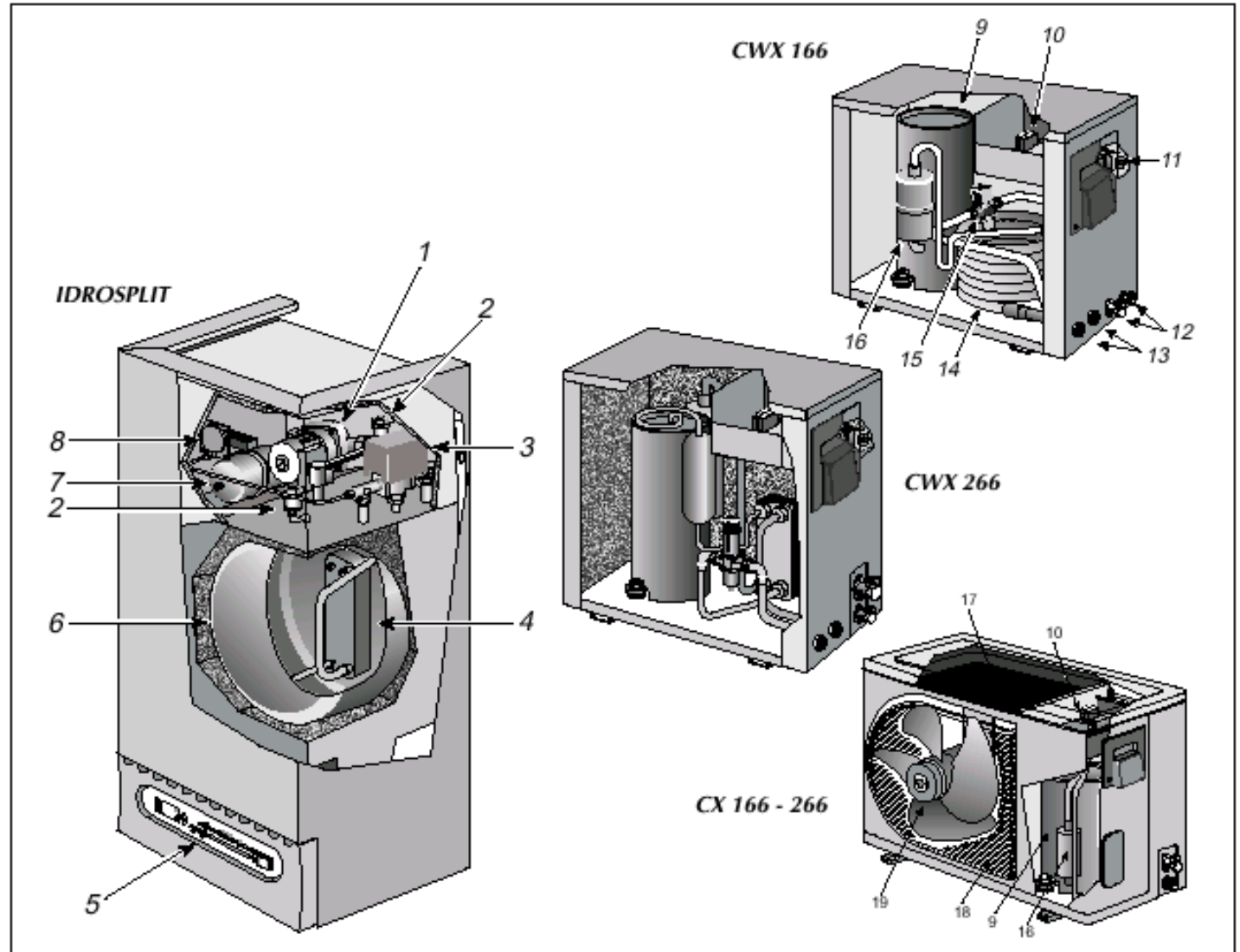
# Sistema Idrosplit

Questo sistema consente di operare sia in regime invernale che estivo, come schematizzato nella figura.



# Sistema IdroSplit – Particolari Costruttivi

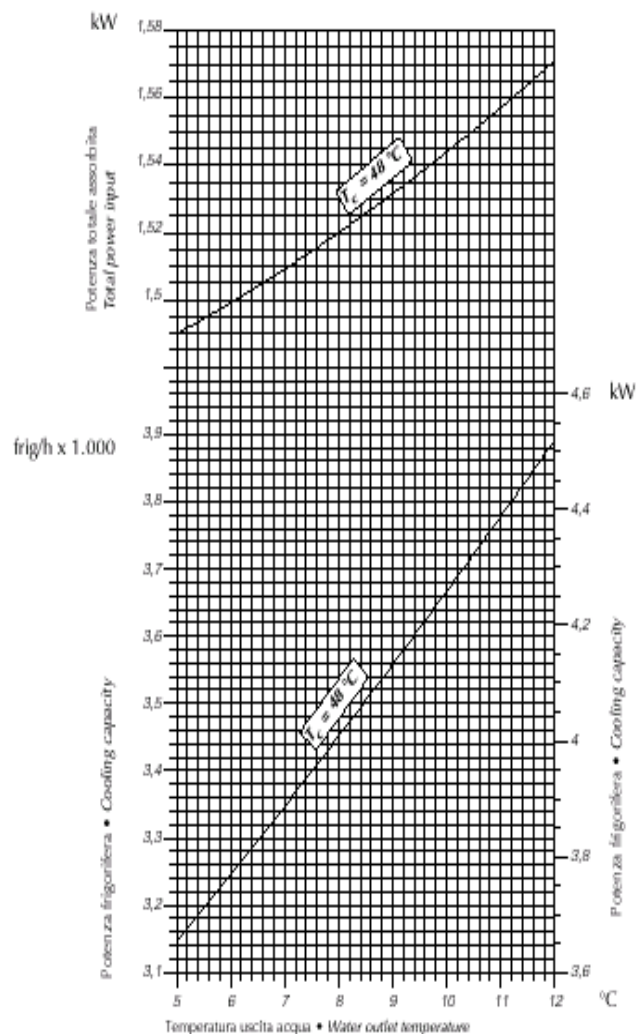
I componenti fondamentali di questo sistema sono riportati nella figura a fianco.



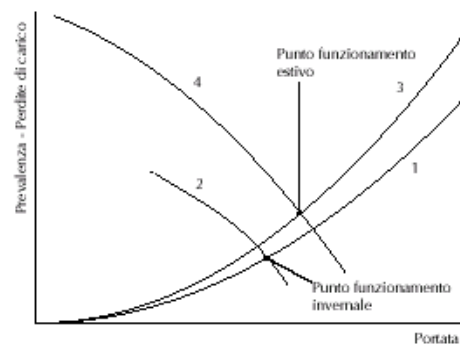
# Sistema IdroSplit – Dati Tecnici

I dati tecnici di questi sistemi sono riportati a fianco in forma tabellare.

In basso si ha la determinazione



Mod.	ID 31		ID 51			
	CWX 166	CX 166	CWX 266	CX 266		
❄️ Potenza frigorifera • <i>Cooling capacity</i>	kW	3,9	3,9	6	6	
❄️ Potenza assorbita totale • <i>Total input power</i>	220 V	kW	1,51	1,65	2,34	2,47
	380 V (mod. T)	kW	–	–	2,29	2,42
Portata acqua evaporatore • <i>Evaporator water flow rate</i>	nominale • <i>nominal</i>	l/h	670	670	1.030	1.030
	massima • <i>maximum</i>	l/h	1.340	1.340	2.060	2.060
Prevalenza utile • <i>Effective pressure</i>	a portata nominale • <i>at nominal flow rate</i>	kPa	57	57	68	68
	a portata massima • <i>at max. flow rate</i>	kPa	26	26	29	29
Compressore • <i>Compressor</i>			Rotativo • <i>Rotary</i>			
Consumo di acqua a 16 °C • <i>Water consumption at 16 °C</i>	l/h	170	–	255	–	
Portata di acqua a 29 °C (acqua di torre) • <i>Water flow at 29 °C (water from cooling tower)</i>	l/h	775	–	1.160	–	
Perdita di carico condensatore (acqua a 16 °C) • <i>Condenser pressure drop (water at 16 °C)</i>	kPa	2,4	–	1,1	–	
Portata aria condensatore • <i>Condenser air flow rate</i>	m <sup>3</sup> /h	–	1.980	–	2.740	
Velocità ventilatore • <i>Fan speed</i>	g/m	–	725	–	820	
Corrente assorbita • <i>Current consumption</i>	220 V	A	7,4	8	11,2	12,2
	380 V (mod. T)	A	–	–	4,2	5,2
Corrente di spunto • <i>Start current</i>	220 V	A	42	42	61	61
	380 V (mod. T)	A	–	–	26	26
Unità motocondensante • <i>Condensing unit</i>	Altezza • <i>Height</i>	mm	431	558	570	750
	Larghezza • <i>Width</i>	mm	513	766	470	900
	Profondità • <i>Depth</i>	mm	263	299	263	325
	Peso netto • <i>Net weight</i>	kg	40	46	50	68
Modulo Idrosplit • <i>Idrosplit module</i>	Altezza • <i>Height</i>	mm	850	850	850	850
	Larghezza • <i>Width</i>	mm	450	450	450	450
	Profondità • <i>Depth</i>	mm	369	369	369	369
	Peso netto • <i>Net weight</i>	kg	43	43	43	43



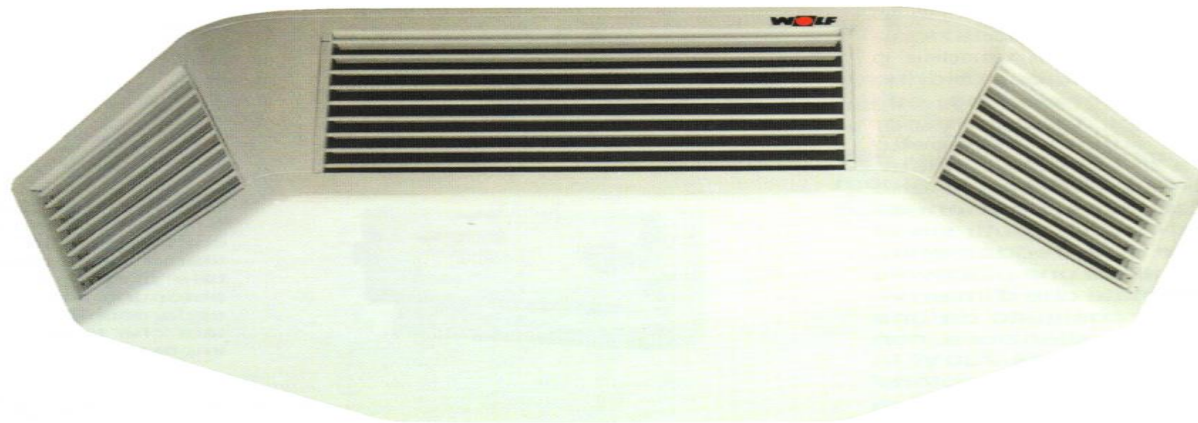
# Aerotermini

In edifici alti e/o con grandi volumi si possono utilizzare gli aerotermini

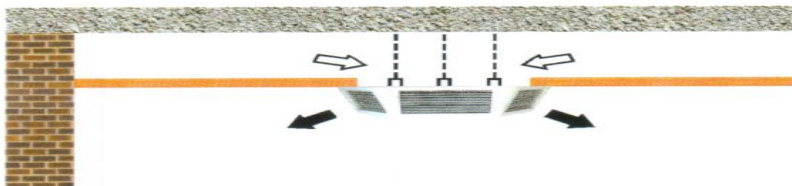


# Fan coil da soffitto - Aerotermi

Gli aerotermi sono di solito utilizzati quando si chiedono grandi portate per la termoventilazione di ambienti industriali o di grande altezza. Sono oggi disponibili anche aerotermi che possono funzionare da fan coil da soffitto e che possono climatizzare grandi volumi.



**Funzionamento con ricircolo aria**  
TopWing TLHD  
con distanziatore  
montaggio a soffitto



**Funzionamento con ricircolo aria**  
TopWing TLHD  
montaggio nel controsoffitto



# Fan coil da soffitto - Caratteristiche

	Modello		TLHD 40									
	Velocità		900 min <sup>-1</sup>		700 min <sup>-1</sup>		500 min <sup>-1</sup>		300 min <sup>-1</sup>		100 min <sup>-1</sup>	
	Portata d'aria		2100 m <sup>3</sup> /h		1600 m <sup>3</sup> /h		1200 m <sup>3</sup> /h		700 m <sup>3</sup> /h		250 m <sup>3</sup> /h	
	t <sub>LE</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	
<b>Riscaldamento</b>	<b>ACQUA 50/40</b>	5	17,1	28	14,1	30	11,6	32	7,7	36	3,3	42
		10	14,7	30	12,2	32	9,9	34	6,7	38	2,9	43
		15	12,3	32	10,3	34	8,4	36	5,6	39	2,4	44
		20	9,9	34	8,3	36	6,8	37	4,6	40	2,0	44
	<b>ACQUA 60/50</b>	5	21,7	35	18,0	37	14,6	40	9,7	44	4,0	51
		10	19,3	37	16,0	39	13,0	41	8,6	46	3,6	52
		15	16,9	39	14,0	41	11,4	43	7,6	47	3,2	53
		20	14,6	41	12,1	43	9,9	45	6,6	48	2,8	54
	<b>ACQUA 70/50</b>	5	22,9	36	19,0	39	15,5	42	10,4	48	4,5	56
		10	20,5	38	17,0	41	13,9	44	9,4	49	4,1	57
		15	18,1	40	15,1	43	12,3	45	8,3	50	3,6	58
		20	15,7	42	13,1	45	10,8	47	7,3	51	3,2	59
	<b>ACQUA 80/60</b>	5	27,6	42	22,9	46	18,6	49	12,4	55	5,3	65
		10	25,2	45	20,9	48	17,0	51	11,3	57	4,8	66
		15	22,8	47	18,9	50	15,4	53	10,3	58	4,4	67
		20	20,4	49	16,9	52	13,8	55	9,3	60	4,0	68
<b>Raffreddamento</b>	<b>ACQUA 5/10</b>	32	12,0	20	10,0	18	8,3	17	5,6	15	2,5	11
		30	10,9	19	9,1	18	7,5	17	5,1	15	2,3	11
		28	9,8	18	8,2	17	6,8	16	4,6	14	2,1	11
		26	8,6	17	7,2	16	5,9	15	4,1	13	1,8	10
		25	7,9	16	6,7	15	5,5	15	3,8	13	1,7	10
	<b>ACQUA 6/12</b>	32	10,6	20	8,9	19	7,3	18	5,0	16	2,3	12
		30	9,5	19	8,0	18	6,6	17	4,5	15	2,0	12
		28	8,5	19	7,1	18	5,9	17	4,0	15	1,7	12
		26	7,2	17	6,1	17	5,0	16	3,5	14	1,5	12
		25	6,6	17	5,5	16	4,6	15	3,2	14	1,4	11
	<b>ACQUA 8/14</b>	32	9,3	21	7,8	20	6,4	19	4,4	17	1,9	14
		30	8,2	20	6,8	19	5,6	18	3,9	16	1,6	14
		28	7,1	19	6,0	18	4,9	17	3,4	16	1,4	13
		26	5,9	18	4,9	17	4,1	16	2,8	15	1,3	13
		25	5,4	17	4,5	17	3,7	16	2,5	15	1,1	12
	<b>ACQUA 10/16</b>	32	7,8	21	6,6	20	5,4	19	3,7	17	1,5	16
		30	6,8	20	5,7	19	4,6	18	3,2	17	1,3	16
		28	5,9	19	4,9	19	4,0	18	2,7	16	1,2	16
		26	4,9	19	4,1	18	3,4	17	2,3	16	1,0	16
		25	4,4	19	3,7	18	3,0	17	2,0	16	0,9	16

Temperatura dell'aria in entrata: 32 °C / 40% u. rel., 30 °C / 43% u. rel., 28 °C / 47% u. rel., 26 °C / 49% u. rel., 25 °C / 50% u. rel.

1) Con questi dati di funzionamento, si ha un raffreddamento senza formazione di condensa con ricircolo d'aria.



# Fan coil da soffitto - Caratteristiche

	Modello		TLHD 63									
	Velocità		900 min <sup>-1</sup>		700 min <sup>-1</sup>		500 min <sup>-1</sup>		300 min <sup>-1</sup>		100 min <sup>-1</sup>	
	Portata d'aria		4600 m <sup>3</sup> /h		3600 m <sup>3</sup> /h		2600 m <sup>3</sup> /h		1500 m <sup>3</sup> /h		500 m <sup>3</sup> /h	
	t <sub>LE</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	Q kW	t <sub>LA</sub> °C	
<b>Riscaldamento</b>	<b>ACQUA 50/40</b>	5	35,2	27	29,9	29	23,8	31	15,9	35	6,5	42
		10	30,3	29	25,7	31	20,6	33	13,8	37	5,7	43
		15	25,4	31	21,6	33	17,3	35	11,6	38	4,8	44
		20	20,6	33	17,6	35	14,1	36	9,6	39	4,0	44
	<b>ACQUA 60/50</b>	5	44,9	33	38,0	35	30,2	38	20,0	43	8,0	51
		10	39,9	35	33,8	37	26,9	40	17,8	45	7,2	52
		15	35,0	37	29,7	39	23,6	42	15,7	46	6,3	53
		20	30,1	40	25,6	41	20,4	44	13,6	47	5,5	53
	<b>ACQUA 70/50</b>	5	47,3	34	40,2	37	32,2	40	21,6	46	8,9	56
		10	42,3	37	36,0	39	28,8	42	19,4	48	8,0	57
		15	37,3	39	31,8	41	25,6	44	17,2	49	7,2	58
		20	32,4	41	27,7	43	22,3	46	15,1	50	6,4	58
	<b>ACQUA 80/60</b>	5	57,0	40	48,3	43	38,5	47	25,6	54	10,4	64
		10	52,0	43	44,1	46	35,2	49	23,5	55	9,5	65
		15	47,0	45	39,9	48	31,9	51	21,3	57	8,7	66
		20	42,1	47	35,8	50	28,6	53	19,2	58	7,9	67
<b>Raffreddamento</b>	<b>ACQUA 5/10</b>	32	24,9	20	21,3	19	17,1	18	11,7	16	5,0	11
		30	22,6	19	19,3	18	15,6	17	10,6	15	4,6	11
		28	20,4	19	17,4	18	14,0	17	9,6	15	4,2	11
		26	17,9	17	15,3	17	12,3	16	8,4	14	3,7	10
		25	16,6	17	14,2	16	11,5	15	7,8	13	3,4	10
	<b>ACQUA 6/12</b>	32	22,2	21	19,0	20	15,3	19	10,4	17	4,5	12
		30	19,9	20	17,0	19	13,7	18	9,4	16	4,1	12
		28	17,7	19	15,2	18	12,3	17	8,4	16	3,7	12
		26	15,1	18	13,0	17	10,5	16	7,2	15	3,1	12
		25	13,9	17	11,9	17	9,6	16	6,6	14	2,7	12
	<b>ACQUA 8/14</b>	32	19,5	21	16,6	20	13,4	19	9,1	17	3,9	14
		30	17,1	20	14,7	19	11,8	18	8,1	17	3,5	13
		28	15,0	19	12,8	19	10,4	18	7,1	16	3,1	13
		26	12,4	18	10,6	17	8,6	17	5,9	15	2,2	13
		25	11,3	18	9,6	17	7,7	16	5,3	15	2,0	13
	<b>ACQUA<sup>1)</sup> 10/16</b>	32	16,5	21	14,1	21	11,3	20	7,7	18	3,3	16
		30	14,4	20	12,2	20	9,8	19	6,6	17	2,8	16
		28	12,4	20	10,5	19	8,4	18	5,7	17	2,2	16
		26	10,4	19	8,8	19	7,1	18	4,8	16	1,9	16
		25	9,3	19	8,0	18	6,4	18	4,3	16	1,7	16

Temperatura dell'aria in entrata: 32 °C / 40% u. rel., 30 °C / 43% u. rel., 28 °C / 47% u. rel., 26 °C / 49% u. rel., 25 °C / 50% u. rel.

# Impianti a Pompa di Calore

Oggi sono in uso impianti di condizionamento con refrigeratore reversibile (*pompa di calore*) e quindi utilizzati durante tutto l'anno.

In questo caso i terminali (*fan coil*) sono, generalmente, del tipo ad espansione diretta e l'impianto può anche essere senza aria primaria.

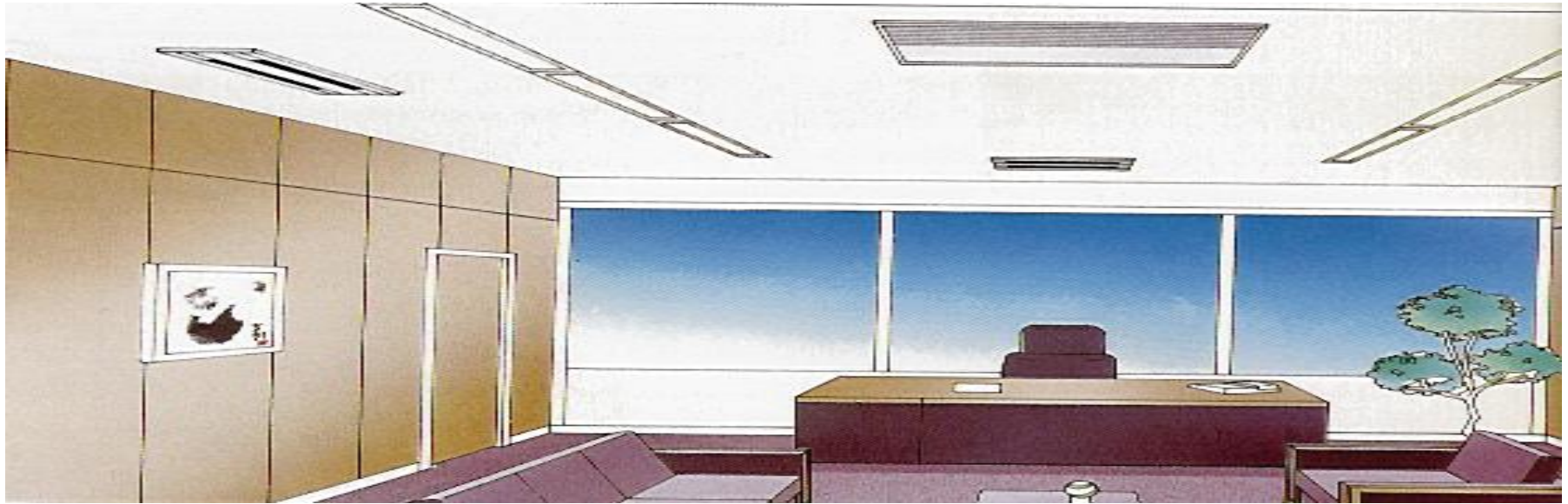
Questa soluzione impiantistica richiede ingombri limitati e presenta i vantaggi di una buona modularità per varie tipologie d'uso.



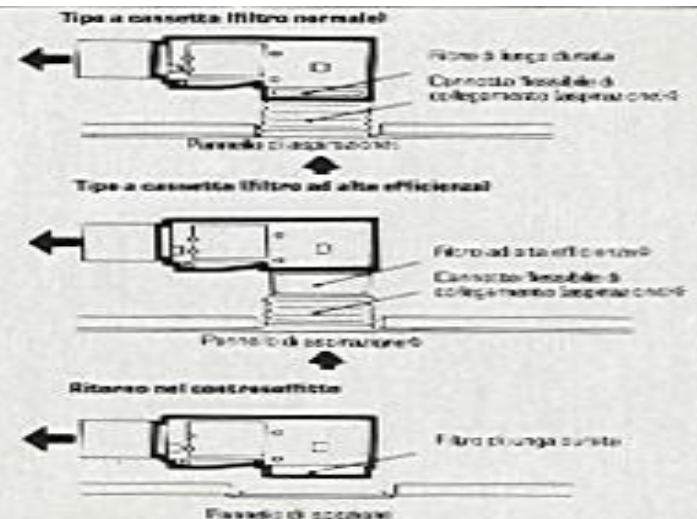
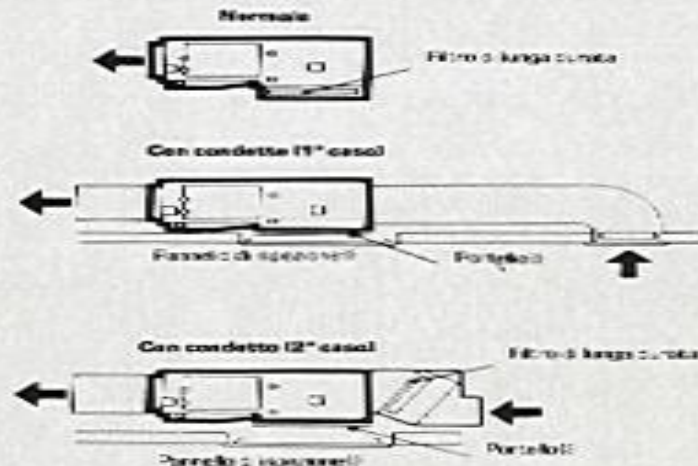


# Impianti a Pompa di Calore

I terminali possono essere del tipo canalizzato a soffitto. In questo caso occorre prevedere un controsoffitto a circa 50 cm dalla copertura



Esempi di installazione (☼ pezzi opzionali)

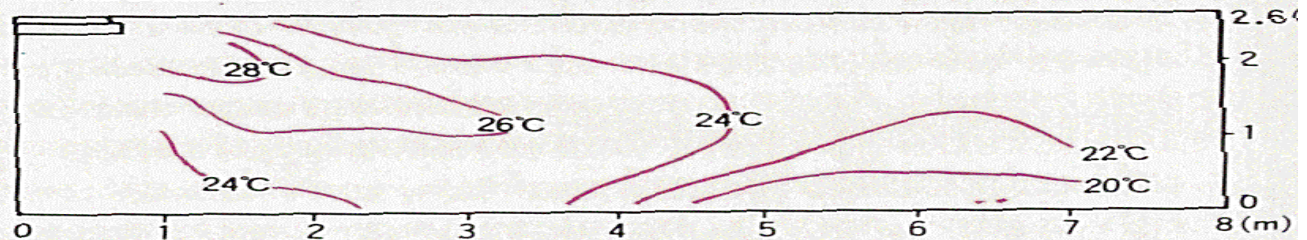


# Impianti a Pompa di Calore

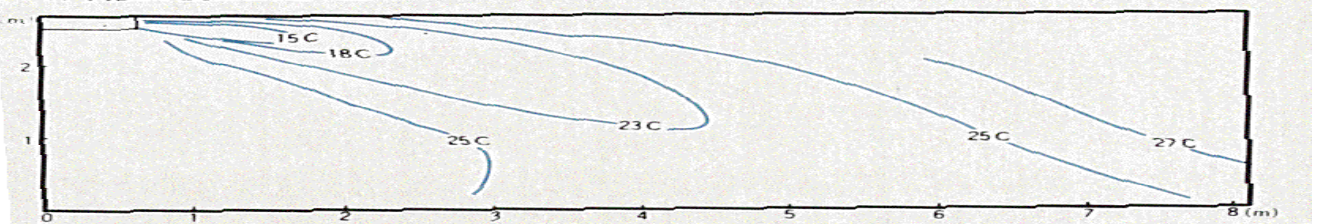
Le unità terminali possono essere poste anche a soffitto in vista e quindi senza canalizzazioni e controsoffitto aggiuntivo. Le unità debbono assicurare una buona distribuzione del calore.



✧ Riscaldamento (con orientamento automatico)



✧ Raffreddamento (con orientamento automatico)





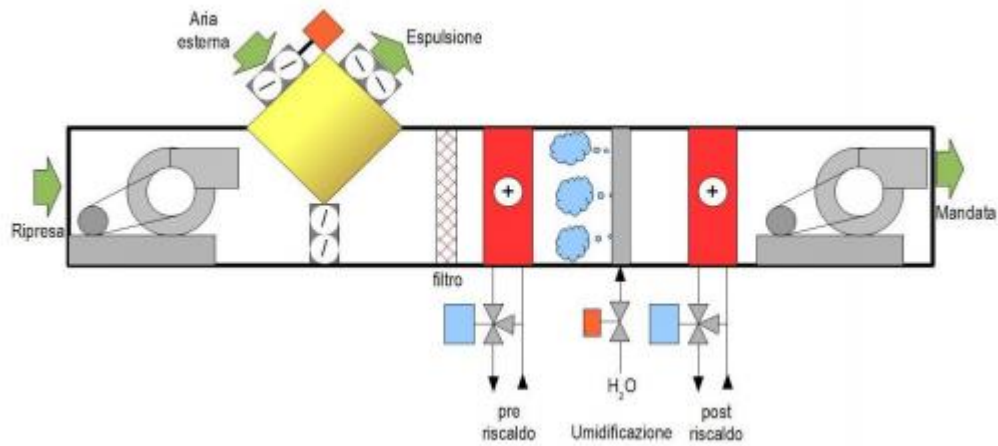
# Impianti a Pompa di Calore

I terminali possono essere posti a pavimento in vista. Il loro numero deve essere sufficiente per fornire all'ambiente il carico termico necessario e per una corretta distribuzione dell'aria (*uniformità*).





# Recuperatori di calore

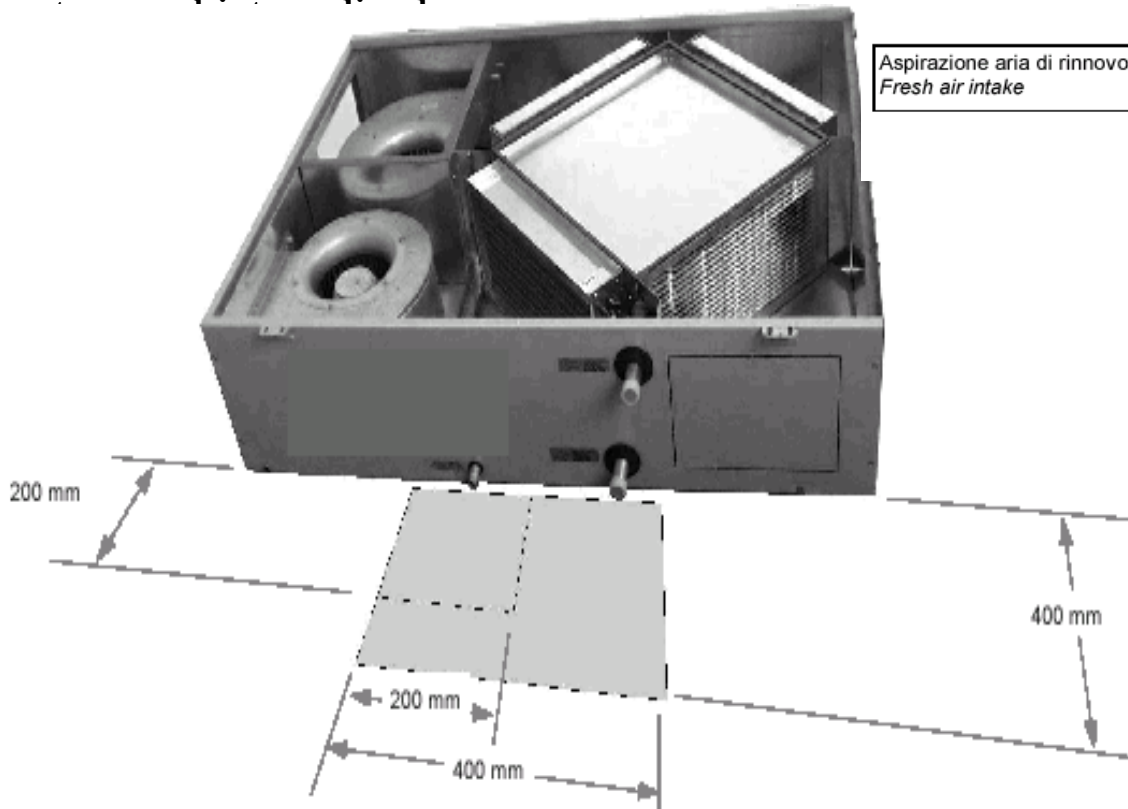
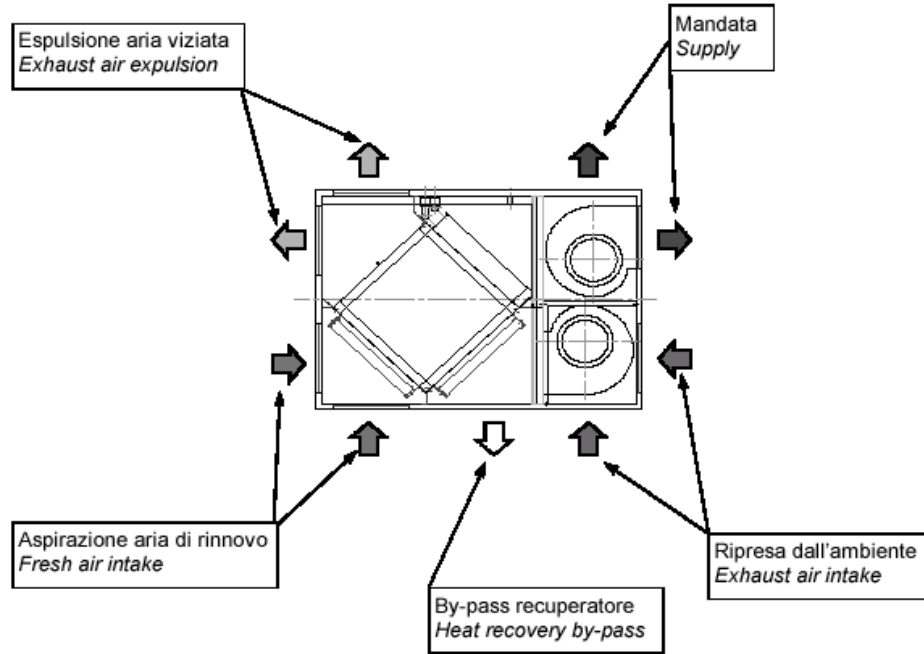


# Recuperatori di Calore

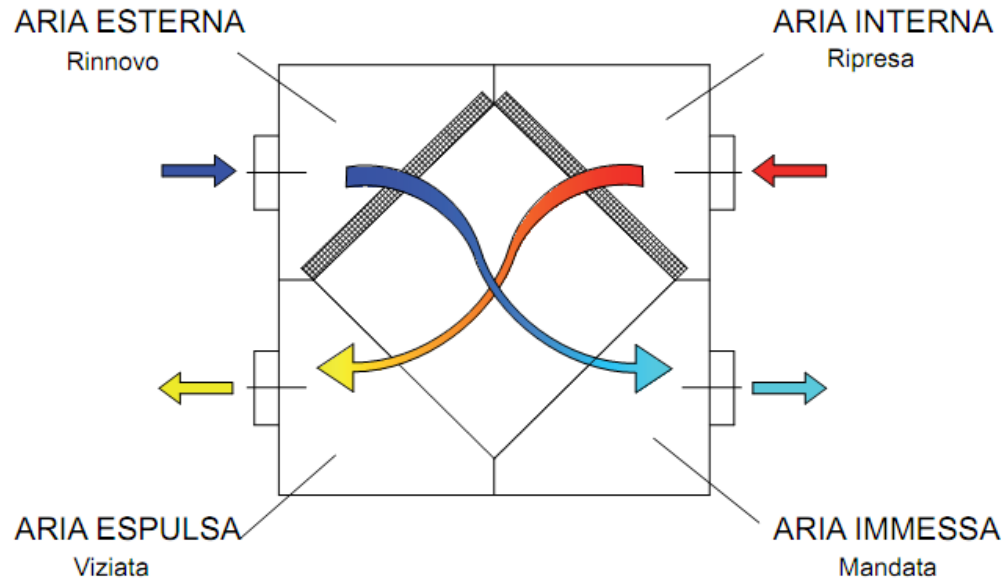
In alcune zone climatiche è obbligatorio *recuperare* il calore dell'aria calda *espulsa* dagli ambienti.

Ma il concetto del recupero termico è utilizzato anche per il condizionamento invernale.

Le unità di recupero termico sono scambiatori ad aria a doppio flusso, come indicato in figura. Si può osservare come è fatto internamente



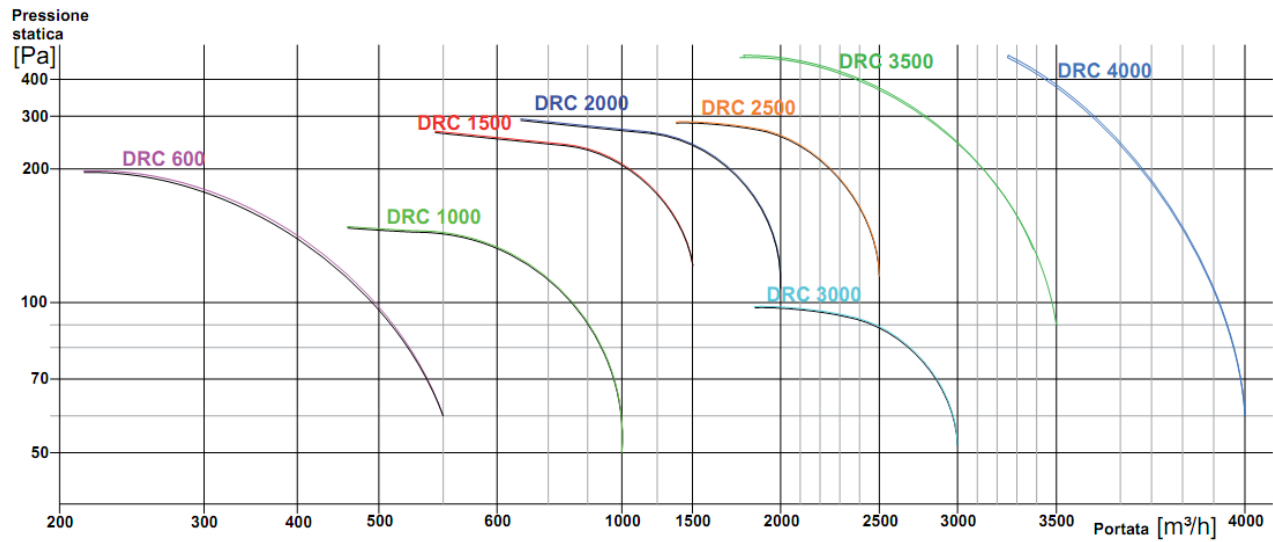
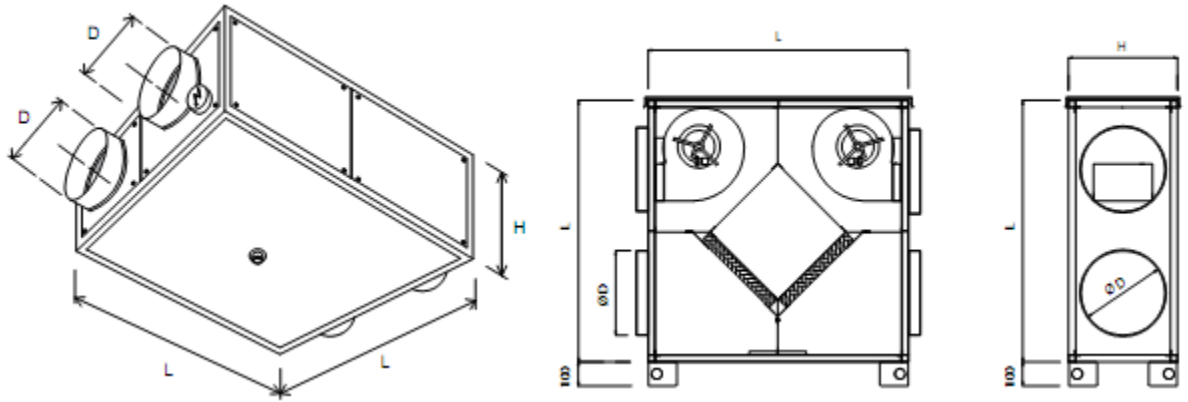
# Recuperatori di calore



Modello	Portata massima [m <sup>3</sup> /h]	Pressione statica utile [Pa]	Pressione differenziale massima [Pa]	Efficienza di recupero [%]	Potenza termica recuperata [kW]	Aria espulsa di ripresa		Aria immessa di rinnovo		Condensazione [l/h]
						T <sub>e</sub> [° C]	φ <sub>e</sub> [%]	T <sub>i</sub> [° C]	φ <sub>i</sub> [%]	
DRC 600	600	60	1000	52.3	2.63	8.9	91.7	8.1	29.7	0.5
DRC 1000	1000	50	1000	52	3.9	9	91.6	8	29.8	0.8
DRC 1500	1500	130	1000	51	6.2	9.4	90.1	7.4	31.1	1.2
DRC 2000	2000	110	1000	51	8.28	9.4	90.1	7.4	31.1	1.6
DRC 2500	2500	120	1500	50.4	10.3	9.4	90.1	7.3	31.2	2.0
DRC 3000	3000	50	1500	53.9	13.5	8.7	91.6	8.5	29.8	3.0
DRC 3500	3500	90	1500	53	15.5	8.8	92.1	8.2	29.3	3.3
DRC 4000	4000	60	1500	53.5	17.9	8.7	92.4	8.4	29.1	3.9

# Recuperatori di calore

## Perdite di carico



# Recuperatore di Calore – Dati Tecnici

Nella Tabella sono visibili i dati tecnici di un recuperatore di calore per varie grandezze.

Grandezza / Size UR		10	20	30	40
---------------------	--	----	----	----	----

Portata nominale / <i>Nominal airflow</i> (URxxB) <small>(con 50 Pa press. Statica utile senza batteria / 50 Pa ext.press. without coil)</small>	[l/s] [m3/h]	214 770	311 1120	572 2060	983 3540
Portata / <i>Air flow</i> (URxxE) <small>(con 50 Pa press. Statica utile + batteria el. / 50 Pa ext.press. with electric coil)</small>	[l/s] [m3/h]	206 740	303 1090	564 2030	950 3420
Portata / <i>Air flow</i> (URxxW) <small>(con 50 Pa press. Statica utile + batteria 3R / 50 Pa ext.press. with 3 row coil)</small>	[l/s] [m3/h]	190 685	286 1030	542 1950	889 3200

Motoventilatori (mandata ed espulsione) / <i>Electric fans (supply and return air)</i>					
n°ventilatori in parallelo / <i>no. of fans in parallel</i>	n°	1	1	1	2
Potenza / <i>Power</i>	W	420	420	550	550
Poli / <i>Poles</i>	n°	4	4	6	6
Tensione / <i>Voltage</i>	Volt	220	220	220	220
Fasi / <i>Phases</i>	n°	1	1	1	1
Frequenza / <i>Frequency</i>	Hz	50	50	50	50
Assorbimento max / <i>Max. absorbed current</i>	A	2.9	2.9	5.7	5.7
Velocità / <i>Speed</i>	n°	3	3	3	3
Grado di protezione / <i>Protection</i>	IP	chiuso	chiuso	44	44
Classe di isolamento / <i>insulation</i>		F	F	F	F

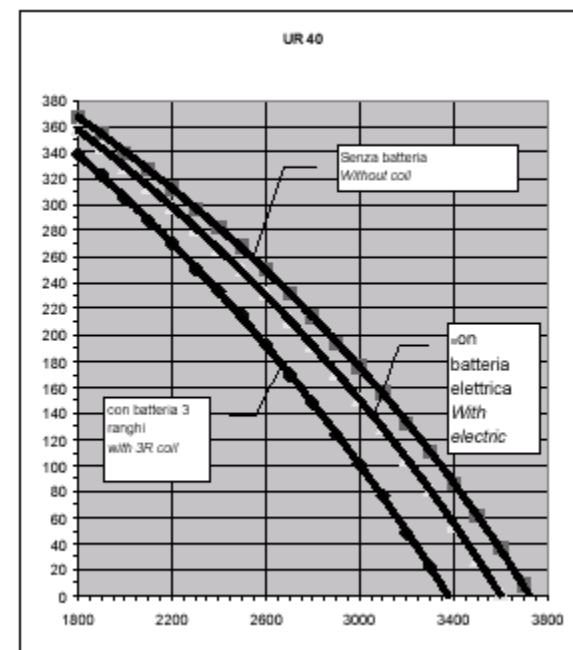
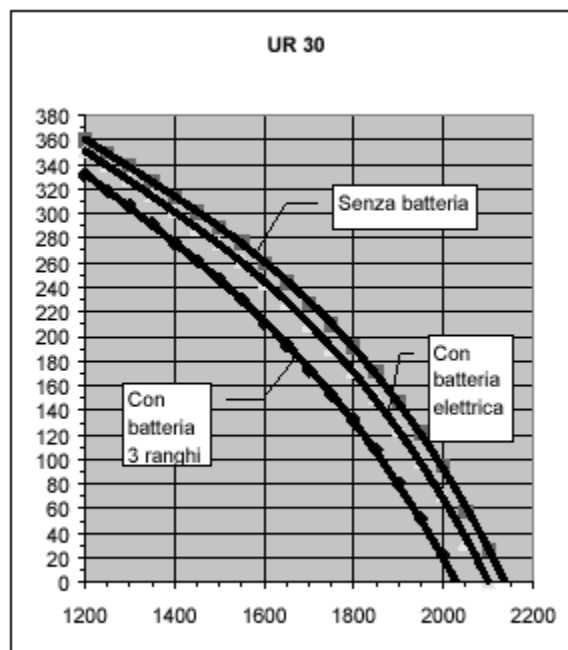
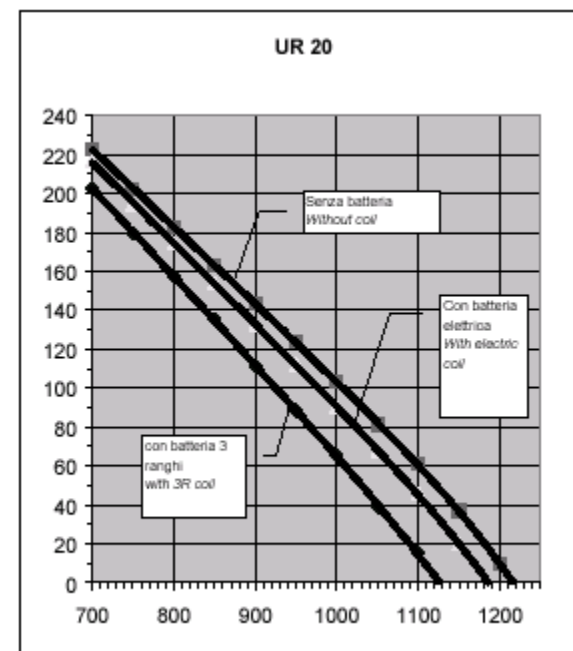
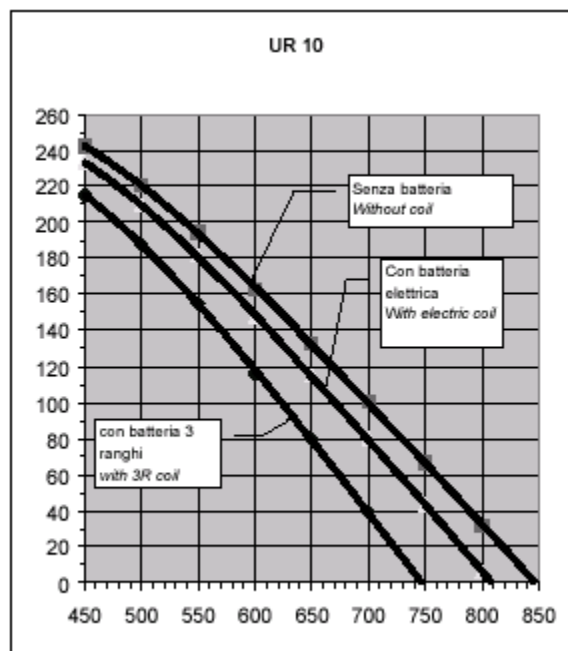
Assorbimenti elettrici totali (esclusa batteria elettrica) / <i>Total power input (electric coil not included)</i>					
Potenza / <i>Power</i>	W	840	840	1100	2200
Assorbimento max / <i>Max. absorbed current</i>	A	5.8	5.8	11.4	22.8

Recuperatore / <i>Heat recovery unit</i>					
Efficienza / <i>Efficiency</i> (-5°C/20°C)	[%]	53	54.1	49.8	49
Temperatura in uscita / <i>Outlet temperature</i>	[°C]	8.3	8.5	7.4	7.3



# Recuperatori di Calore - Prestazioni

Abaco delle prestazioni dei recuperatori di calore al variare delle dimensioni delle batterie e delle dimensioni dell'unità di trattamento aria.



# Recuperatori di Calore – Data Sheet

## monoblocco di recupero e condizionamento

### CARATTERISTICHE (dotazione di serie)

- Unità monoblocco di recupero e condizionamento in pompa di calore
- Elevato COP globale
- Recuperatore a flussi incrociati ad elevata efficienza
- Configurazioni di mandata e ripresa modificabili in cantiere
- Bassi livelli di rumorosità
- Filtro G4
- Regolazione elettronica a microprocessore

### ACCESSORI

- Filtri F5 od F7
- Filtri antigrasso
- Terminale remoto a parete
- Batteria di post- riscaldamento ad acqua
- Batteria di post- riscaldamento elettrica



HRU-E R407C		15	25	35
Resa frigorifera	kW	10,1	15,8	21,1
Potenza assorbita	kW	3	4,7	5,9
EER totale	W/W	3,4	3,4	3,6
Resa in riscaldamento	kW	12,6	20,7	26,2
Potenza assorbita	kW	2,7	3,9	5
COP totale	W/W	4,7	5,3	5,2
<b>DATI TECNICI</b>				
Portata d'aria	m3/h	1500	2500	3500
Pressione statica mandata	Pa	190	230	230
Pressione statica ripresa	Pa	160	200	205
Alimentazione elettrica	V-ph-hz		400-3-50	
Dimensioni LxPxH	mm	2000x1220x500	2300x1300x590	2500x1450x690
Peso in funzione	Kg	265	317	380



# Recuperatori di Calore – Selezione

La selezione viene effettuata tramite abachi e/o tabelle fornite dalle case costruttrici, come sopra esemplificato.

L'efficienza di un recuperatore di calore, secondo la ASHRAE Standard 84, è definita dalla relazione:

$$\eta = \frac{\dot{m}_i (x_{iu} - x_{ii})}{\dot{m}_{\min} (x_{ei} - x_{ii})} = \frac{\dot{m}_e (x_{ei} - x_{ii})}{\dot{m}_{\min} (x_{ei} - x_{ii})}$$

ove si ha:

- $h$  efficienza su calore sensibili, latente o totale;
- $x_{ii}$  temperatura, umidità o entalpia ingresso immissione;
- $x_{iu}$  temperatura, umidità o entalpia uscita immissione;
- $x_{ei}$  temperatura, umidità o entalpia ingresso espulsione;
- $x_{eu}$  temperatura, umidità o entalpia uscita espulsione;
- $\dot{m}_i$  portata di immissione in peso;
- $\dot{m}_e$  portata di espulsione in peso;
- $\dot{m}_{\min}$  portata minore fra le due precedenti.