



## RELAZIONI TRA IMPIANTO, EDIFICIO E ZONE TERMICHE SECONDO UNI TS11300-1 (determinazione dei fabbisogni termici invernali / estivi)

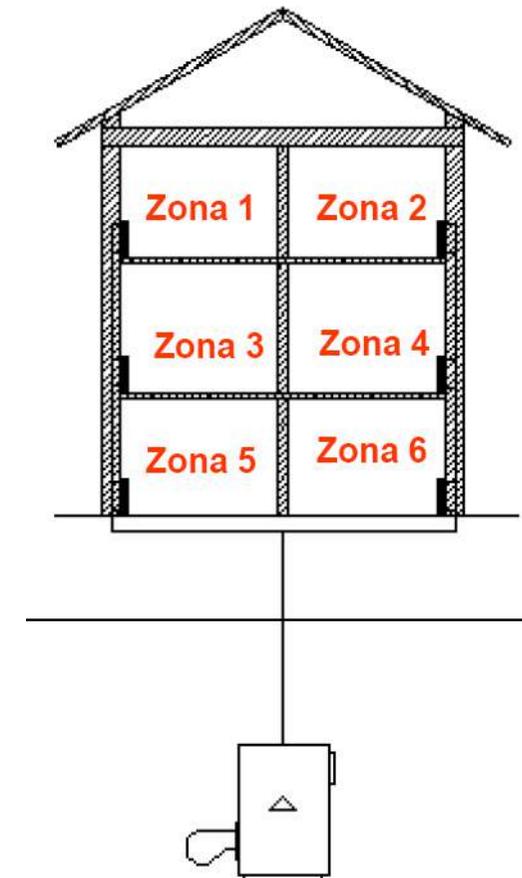
UNI 13790:

“**Confine ambiente riscaldato:** è costituito da **tutti** gli elementi edilizi che separano l'ambiente riscaldato dall'ambiente esterno o dalle zone adiacenti riscaldate o ancora dagli ambienti non riscaldati”

“**Zona termica:** nel caso in cui l'ambiente riscaldato sia mantenuto ovunque alla stessa temperatura e quando gli apporti interni e solari sono relativamente piccoli od uniformemente distribuiti in tutto l'edificio, si applica il procedimento di calcolo relativo ad una zona termica singola.

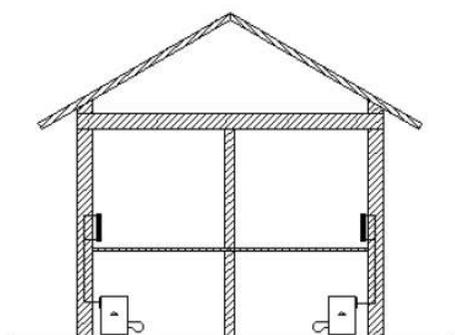
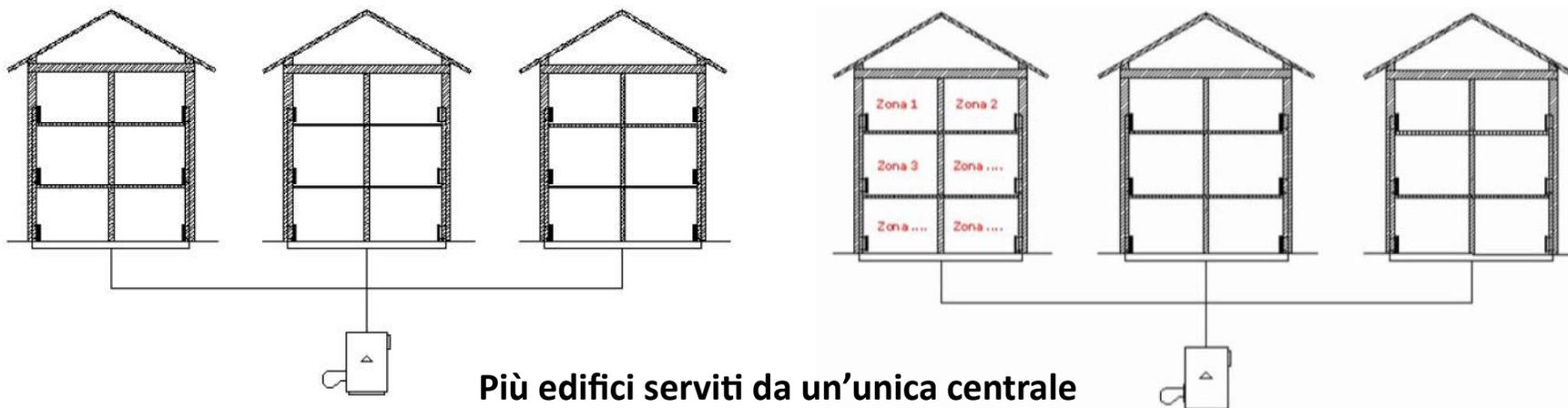
La zonizzazione non è richiesta se si verificano le seguenti condizioni:

- le temperature interne di regolazione per il riscaldamento differiscono di non oltre 4 K;
- gli ambienti non sono raffrescati o comunque le temperature interne di regolazione per il raffrescamento differiscono di non oltre 4 K;
- gli ambienti sono serviti dallo stesso impianto di riscaldamento;
- se vi è un impianto di ventilazione meccanica, almeno l'80% dell'area climatizzata è servita dallo stesso impianto di ventilazione con tassi di ventilazione nei diversi ambienti che non differiscono di un fattore superiore a 4.

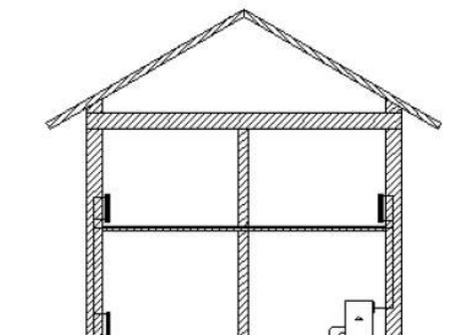




## RELAZIONI TRA IMPIANTO, EDIFICIO E ZONE TERMICHE SECONDO UNI TS11300-1 (determinazione dei fabbisogni termici invernali / estivi)



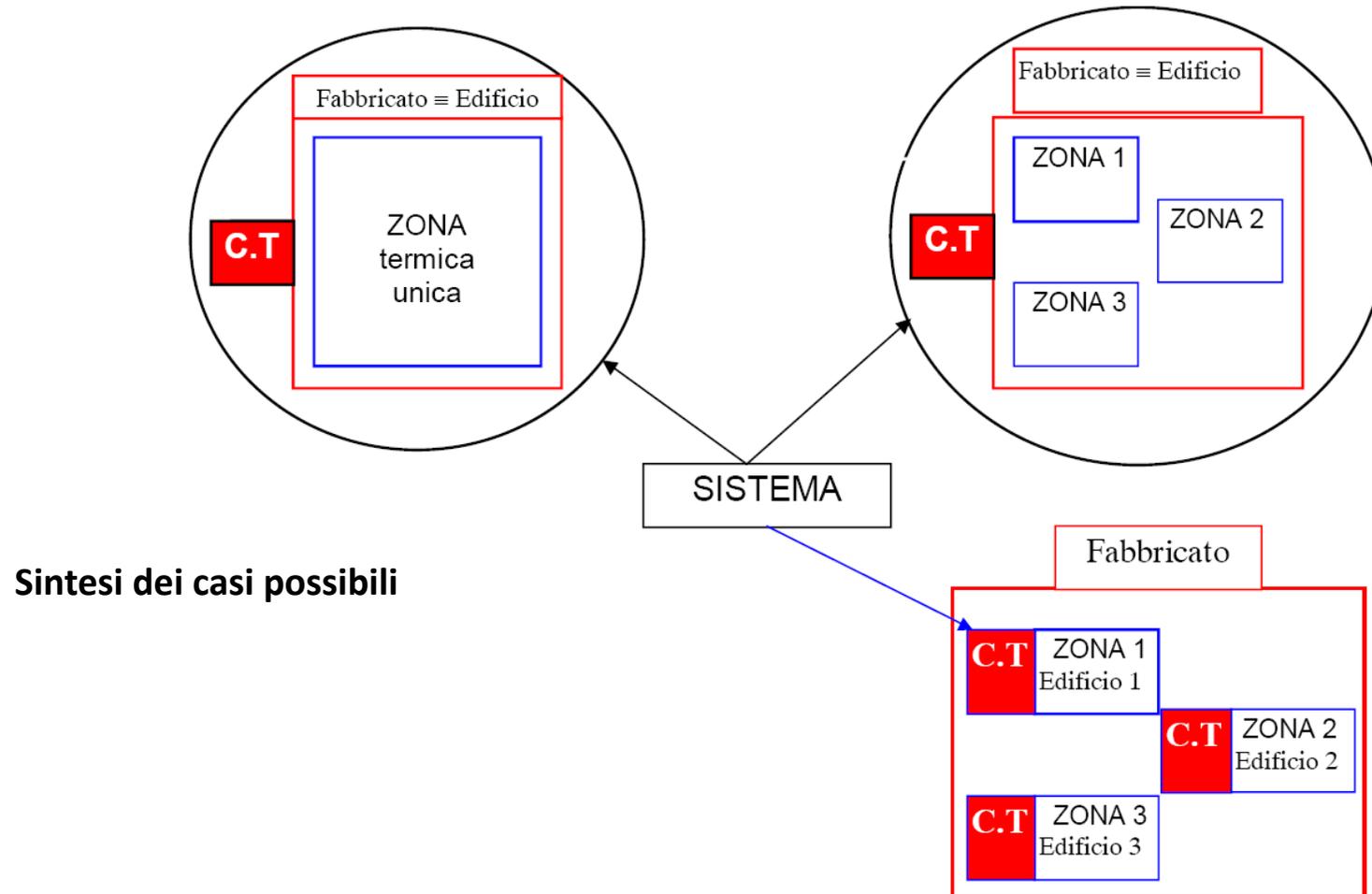
**Porzione di edificio con  
impianto termico autonomo**



**Edificio servito da  
un'unica centrale**



## RELAZIONI TRA IMPIANTO, EDIFICIO E ZONE TERMICHE SECONDO UNI TS11300-1 (determinazione dei fabbisogni termici invernali / estivi)





## **UNI TS 11300 Parte 1 – Dati di ingresso per i calcoli**

- Temperatura interna
- Dati climatici
- Durata della stagione di riscaldamento (DPR 412/93) e raffrescamento (periodo nel quale è necessario l'intervento dell'impianto per non superare la temperatura interna di progetto)
- Parametri di trasmissione termica (con indicazioni su come procedere per valutare ponti termici e dispersioni verso il terreno negli edifici esistenti)
- Ventilazione
- Apporti termici interni
- Apporti termici solari
- Parametri dinamici (con indicazioni su come procedere per valutare la capacità termica negli edifici esistenti)



## UNI TS 11300 Parte 1 – Dati di ingresso per i calcoli



### **Temperatura interna (valutazione di progetto o standard):**

#### **Climatizzazione invernale**

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1) piscine (28°), E.6(2) palestre e E.8 (edifici industriali)(18°), si assume una temperatura interna costante pari a 20 °C.

#### **Climatizzazione estiva**

Per tutte le categorie di edifici ad esclusione delle categorie E.6(1) (28°), e E.6(2) (24°) si assume una temperatura interna costante pari a 26 °C.

### **Ventilazione naturale: (valutazione di progetto o standard):**

Nel caso di aerazione o ventilazione naturale:

- per gli edifici residenziali si assume un tasso di ricambio d'aria pari a 0,3 vol/h;
- per tutti gli altri edifici si assumono i tassi di ricambio d'aria riportati nella UNI 10339. I valori degli indici di affollamento sono assunti pari al 60% di quelli riportati nella suddetta norma ai fini della determinazione della portata di progetto.



### DPR. 412/93 Art. 3

#### (Classificazione generale degli edifici per categorie)

1. Gli edifici sono classificati in base alla loro destinazione d'uso nelle seguenti categorie:

E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:

E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;

E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili

E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;

E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;

E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;

E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili:

E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunioni per congressi;

E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;

E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;

E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;

E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:

E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;

E.6 (2) palestre e assimilabili;

E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;

E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.



## **UNI TS 11300 Parte 1 – Periodo di esercizio degli impianti termici**

### **Art. 9 – (DPR 412/93)**

#### **(Limiti di esercizio degli impianti termici)**

1. Gli impianti termici destinati alla climatizzazione invernale degli ambienti devono essere condotti in modo che, durante il loro funzionamento, non vengano superati i valori massimi di temperatura fissati dall'articolo 4 del presente decreto.
2. L'esercizio degli impianti termici è consentito con i seguenti limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:

Zona A: ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;

Zona B: ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo;

Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;

Zona D: ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile;

Zona E: ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;

Zona F: nessuna limitazione



## UNI TS 11300 Parte 1 – Periodo di esercizio degli impianti termici

### Prospetto 3 — Durata della stagione di riscaldamento in funzione della zona climatica

Zona climatica	Inizio	Fine
A	1° dicembre	15 marzo
B	1° dicembre	31 marzo
C	15 novembre	31 marzo
D	1° novembre	15 aprile
E	15 ottobre	15 aprile
F	5 ottobre	22 aprile



## UNI TS 11300 Parte 1 – Dati di ingresso per i calcoli

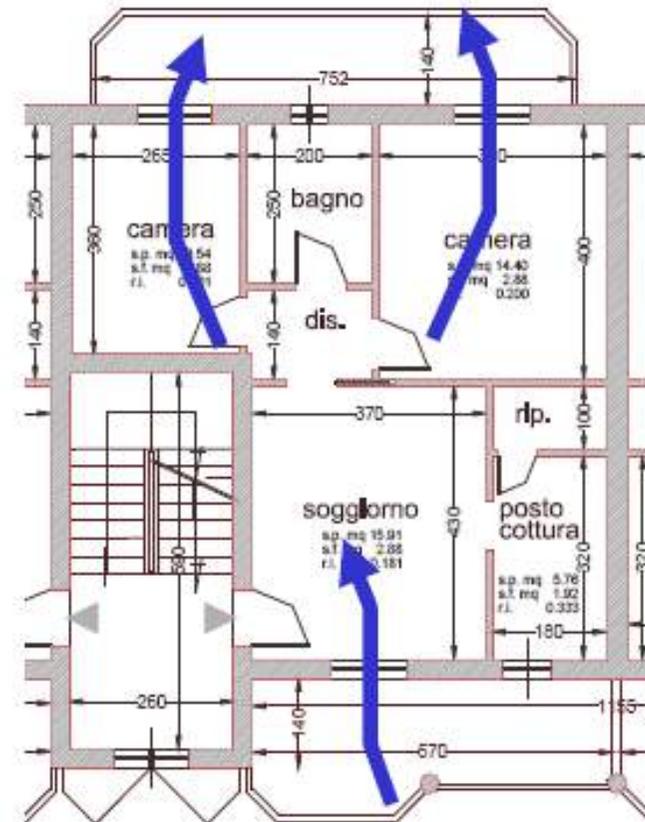
### Ventilazione naturale: (valutazione di progetto o standard):

Nel caso di aerazione o ventilazione naturale:

- per gli edifici residenziali si assume un tasso di ricambio d'aria pari a 0,3 vol/h;
- per tutti gli altri edifici si assumono i tassi di ricambio d'aria riportati nella UNI 10339. I valori degli indici di affollamento sono assunti pari al 60% di quelli riportati nella suddetta norma ai fini della determinazione della portata di progetto.

### La ventilazione naturale è prescritta al punto 9 c) dell'Allegato I al D.lgs.311/06:

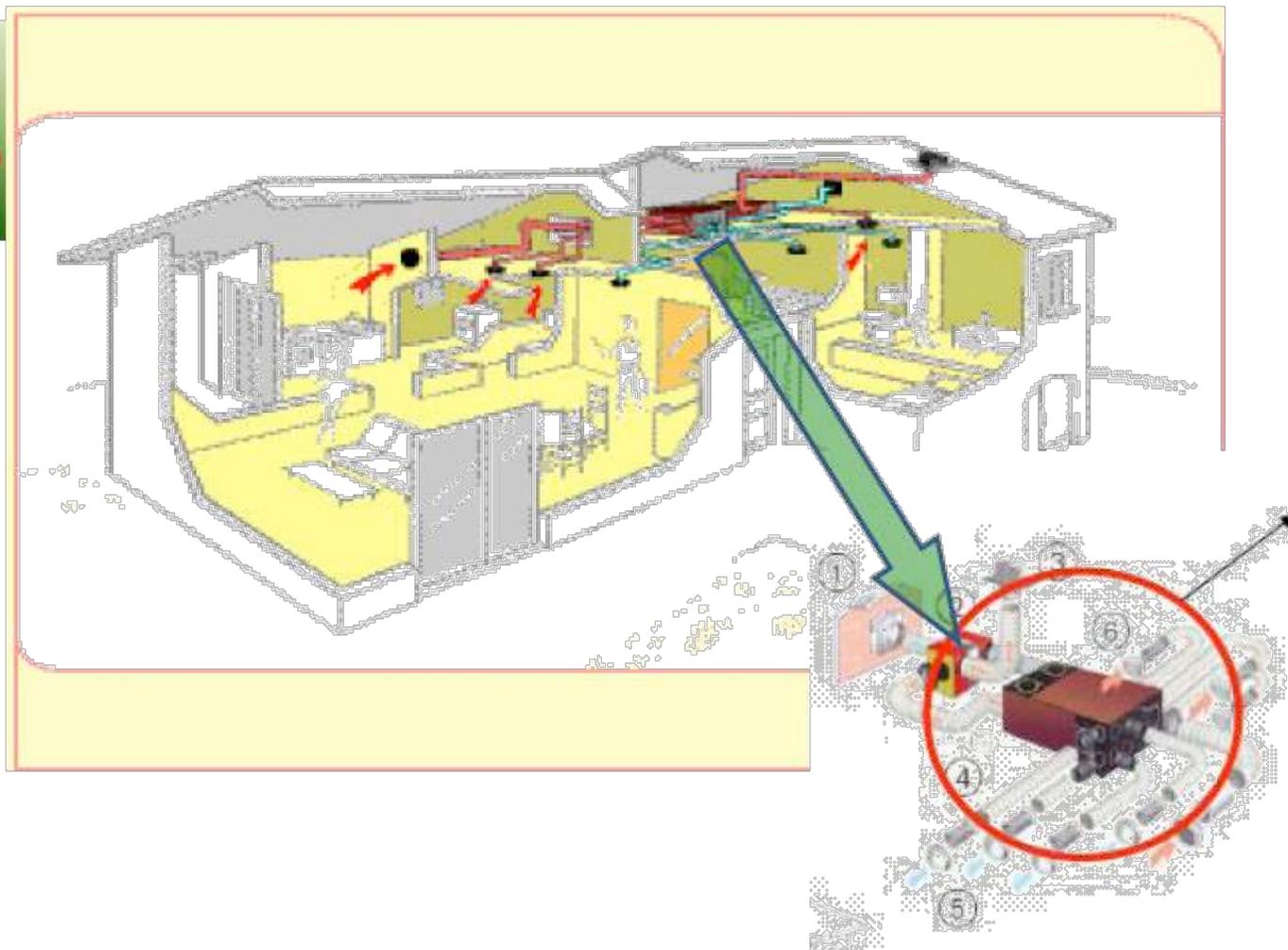
*.....il progettista, al fine di limitare i fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva e di contenere la temperatura interna degli ambienti, .....utilizza al meglio le condizioni ambientali esterne e le caratteristiche distributive degli spazi per favorire la ventilazione naturale dell'edificio.*





## UNI TS 11300 Parte 1 – Ventilazione Meccanica (Controllata)

**Ventilazione  
meccanica  
con recupero  
di calore**





## UNI TS 11300 Parte 1 – Apporti interni

### Valutazione di progetto o standard

Per edifici diversi da abitazioni sono valutati ricorrendo ad apposite tabelle in relazione alla superficie netta climatizzata.

Per le abitazioni, aventi superficie utile di pavimento,  $A_f$ , minore o uguale a 170 m<sup>2</sup>, il valore globale degli apporti interni, espresso in W, è ricavato da calcolo:

$$\Phi_{int} = 5,294 \times A_f - 0,01557 \times A_f^2$$

Per superficie utile di pavimento maggiore di 170 m<sup>2</sup> il valore di  $\Phi_{int}$  è pari a 450 W.



## UNI TS 11300 Parte 1 – Apporti interni

### Dati convenzionali relativi all'utenza

Categoria di edificio	Destinazione d'uso	Apporti medi globali
		W/m <sup>2</sup>
E.1 (3)	Edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari	6
E.2	Edifici adibiti a uffici e assimilabili	6
E.3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili	8
E.4 (1)	Cinema e teatri, sale di riunione per congressi	8
E.4 (2)	Mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto	8
E.4 (3)	Bar, ristoranti, sale da ballo	10
E.5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili	8
E.6 (1)	Piscine, saune e assimilabili	10
E.6 (2)	Palestre e assimilabili	5
E.6 (3)	Servizi di supporto alle attività sportive	4
E.7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	4
E.8	Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili	6



## **UNI TS 11300 Parte 1 – Apporti solari**

**Apporti solari sui componenti opachi** In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, il fattore di assorbimento solare di un componente opaco può essere assunto pari a 0,3 per colore chiaro della superficie esterna, 0,6 per colore medio e 0,9 per colore scuro.

### **Apporti solari sui componenti trasparenti**

I valori della trasmittanza di energia solare totale degli elementi vetrati (ggl) possono essere ricavati moltiplicando i valori di trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale (ggl,n) per un fattore di esposizione (Fw) assunto pari a 0,9.

### **Effetto di schermature mobili (solo se integrate nella struttura)**

In assenza di dati di progetto attendibili o comunque di informazioni più precise, l'effetto di schermature mobili può essere valutato attraverso i fattori di riduzione riportati al prospetto 14, pari al rapporto tra i valori di trasmittanza di energia solare totale della finestra con e senza schermatura ( $g_{gl+sh}/g_{gl}$ ).



## **UNI TS 11300 Parte 1 – Appendici A, B, C**

Nelle appendici A e B vengono fornite alcune indicazioni relativamente alle strutture opache più diffuse. I dati riportati sono utilizzabili solo per valutazioni energetiche di edifici esistenti, qualora non si possa effettuare una determinazione rigorosa di calcolo, sulla base di dati derivanti da ispezioni o da altre fonti più attendibili.

Nell'appendice C vengono fornite alcune indicazioni per la determinazione semplificata della trasmittanza termica dei componenti trasparenti.



## UNI TS 11300 Parte 1 – Appendici A, B, C

**Prospetto A.1 - Trasmittanza termica delle chiusure verticali opache<sup>a)b)</sup> [W/(m<sup>2</sup>K)].**

Spessore [m]	Muratura di pietrame intonacata	Muratura di mattoni pieni intonacati sulle due facce	Muratura di mattoni semipieni o tufo	Pannello prefabbricato in cls non isolato	Parete a cassa vuota con mattoni forati <sup>c)</sup>
0,15	-	2,59	2,19	3,59	-
0,20	-	2,28	1,96	3,28	-
0,25	-	2,01	1,76	3,02	1,20
0,30	2,99	1,77	1,57	2,80	1,15
0,35	2,76	1,56	1,41	2,61	1,10
0,40	2,57	1,39	1,26	2,44	1,10
0,45	2,40	1,25	1,14	-	1,10
0,50	2,25	1,14	1,04	-	1,10
0,55	2,11	1,07	0,96	-	-
0,60	2,00	1,04	0,90	-	-



**UNI TS 11300 Parte 1 – Appendici A, B, C**

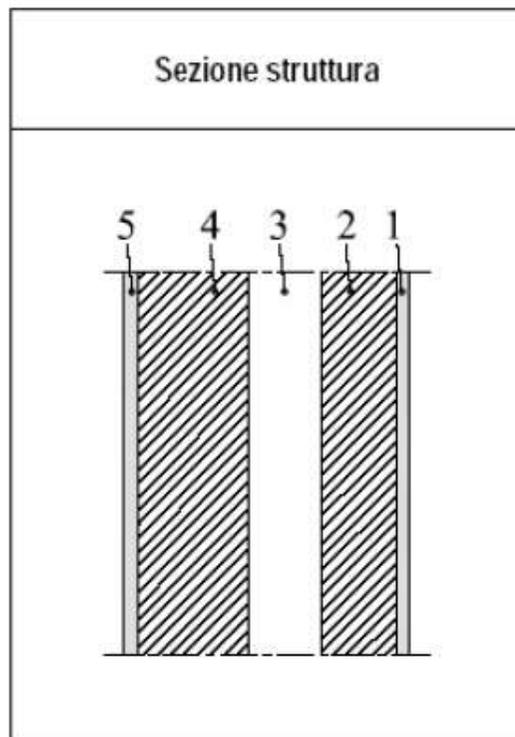
**Prospetto A.7 - Trasmittanza termica delle strutture coibentate [W/(m<sup>2</sup>K)].**

Spessore [m]	Zona climatica			
	C o D		E o F	
	Anno di costruzione			
	1976-1985	1986-1991	1976-1985	1986-1991
	Chiusure verticali opache			
0,25	1,20	0,81	0,81	0,61
0,30	1,15	0,79	0,79	0,60
0,35	1,10	0,76	0,76	0,59
0,40	1,10	0,76	0,76	0,59
	Chiusure verticali opache verso ambienti interni			
0,25	1,11	0,77	0,77	0,59
0,30	0,99	0,71	0,71	0,55
0,35	0,98	0,70	0,70	0,55



## UNI TS 11300 Parte 1 – Appendici A, B, C

STRUTTURA N. 9 DESCRIZIONE Muratura a cassa vuota



Rif.	Materiali	Massa volumica (kg/m <sup>3</sup> )	Spessore (cm)	Conduttività (W/(m·K))
1	Intonaco interno (calce e gesso)	1 400	2	0,70
2	Mattoni forati	800	8	0,30
3	Intercapedine d'aria	-	6 - 12	
4	Mattoni forati	800	25	0,30
5	Intonaco esterno	1 800	2	0,90
6				
7				
8				
9				
10				



## UNI TS 11300 Parte 2

### UNI/TS 11300 - 1 Prestazioni energetiche degli edifici – Determinazione del fabbisogno di energia dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale



La **UNI TS 11300 - parte 2** consente di determinare:

- Fabbisogno di energia utile per la preparazione dell'acqua calda sanitaria
- Rendimento dei sottosistemi dell'impianto
- Rendimento globale medio stagionale
- Fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la preparazione ACS (obbligatorio per dimensionare gli impianti solari termici).



## UNI TS 11300 - Parte 2



Il calcolo del fabbisogno di energia primaria è basato sul calcolo delle perdite di energia nelle varie sezioni che compongono l'impianto (sottosistemi).  
Parte di queste perdite sono recuperabili (la norma specifica quali e come).

La parte 2 della norma fornisce due livelli di calcolo:

- **un livello semplificato** basato su valori precalcolati contenuti in tabelle nelle quali sono precisate le condizioni al contorno che fissano i limiti di applicazione delle tabelle
- **metodi di calcolo dettagliato** per determinare le perdite d'impianto nei casi più complessi o comunque quando non possano essere utilizzati i valori delle tabelle



## UNI TS 11300 - Parte 2



La specifica tecnica può essere utilizzata per i seguenti scopi:

- 1) valutare il rispetto di regolamenti espressi in termini di obiettivi energetici (ad es.  $E_p$  e  $\eta_g$ );
- 2) confrontare le prestazioni energetiche di varie alternative impiantistiche;
- 3) indicare un livello convenzionale di prestazione energetica in termini di consumo di energia primaria degli edifici esistenti;
- 4) valutare il risparmio di interventi sugli impianti;
- 5) valutare il risparmio di energia utilizzando energie rinnovabili o altri metodi di generazione;
- 6) prevedere le esigenze future di risorse energetiche su scala nazionale calcolando i fabbisogni di energia primaria di tipici edifici rappresentativi del parco edilizio (Stock building).



## UNI TS 11300 - Parte 2

**A) Valutazione di calcolo: prevede il calcolo del fabbisogno** energetico e si differenzia in:

A1) **Valutazione di progetto:** il calcolo viene effettuato sulla base dei **dati di progetto**; per le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e dell'impianto si **assumono valori convenzionali di riferimento**. Questa valutazione è eseguita in **regime di funzionamento continuo**.

A2) **Valutazione standard:** il calcolo viene effettuato sulla base dei **dati relativi all'edificio e all'impianto reale, come costruito**; per le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e dell'impianto si **assumono valori convenzionali di riferimento**. Questa valutazione è eseguita in **regime di funzionamento continuo**.

A3) **Valutazione in condizioni effettive di utilizzo:** il calcolo viene effettuato sulla base dei **dati relativi all'edificio e all'impianto reale, come costruito**; per le modalità di occupazione e di utilizzo dell'edificio e dell'impianto si assumono **valori effettivi di funzionamento** (per esempio, in caso di diagnosi energetiche). Questa valutazione è eseguita nelle **condizioni effettive di intermittenza dell'impianto**



## Energy Management nelle imprese

La ricerca dell'efficienza energetica: obiettivi e metodi

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo della valutazione
	Utenza	Clima	Edificio	
<b>Di Progetto</b> (Desing Rating)	standard	standard	elaborati di progetto	Permesso di costruire, Certificazione o qualificazione energetica del progetto
<b>Standard</b> (Asset Rating)	standard	standard	reale	Certificazione o qualificazione energetica
<b>Adattata all'utenza</b> (Tailored Rating)	a seconda dei casi		reale	Ottimizzazione, diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione



## BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2

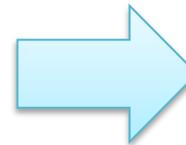
Ai fini del calcolo dei rendimenti o delle perdite, gli impianti si considerano suddivisi nei seguenti sottosistemi e la determinazione del rendimento medio stagionale di un impianto di riscaldamento e del fabbisogno di energia primaria deve essere effettuata in base ai rendimenti (o alle perdite) dei sottosistemi che lo compongono:

### ***Impianti di riscaldamento***

- sottosistema di **distribuzione**
- sottosistema di **generazione**
- sottosistema di **emissione**
- sottosistema di **regolazione** dell'emissione di calore in ambiente

### ***Impianti di acqua calda sanitaria***

- sottosistema di erogazione
- sottosistema di distribuzione
- eventuale sottosistema di accumulo
- sottosistema di generazione



$$\eta_g = \eta_d \times \eta_g \times \eta_e \times \eta_r$$

*(Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico)*



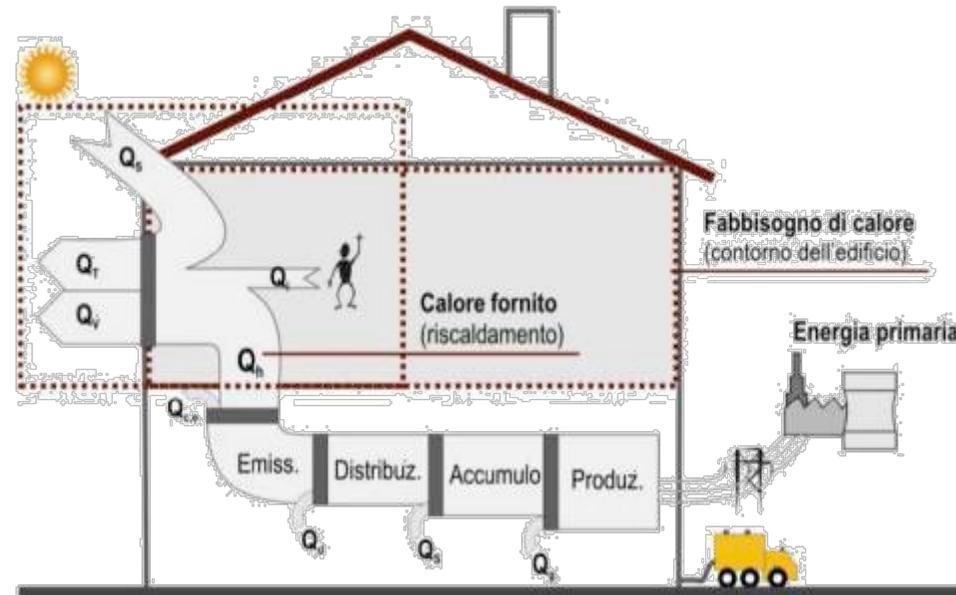
## BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2

- 1) SISTEMA DI GENERAZIONE (PRODUZIONE) →  $\eta_{gn}$
- 2) SISTEMA DI DISTRIBUZIONE →  $\eta_d$
- 3) SISTEMA DI EMISSIONE →  $\eta_e$
- 4) SISTEMA DI REGOLAZIONE →  $\eta_{rg}$

Ognuno di questi sistemi avrà delle perdite e quindi dei rendimenti (da massimizzare)

**Rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico:**

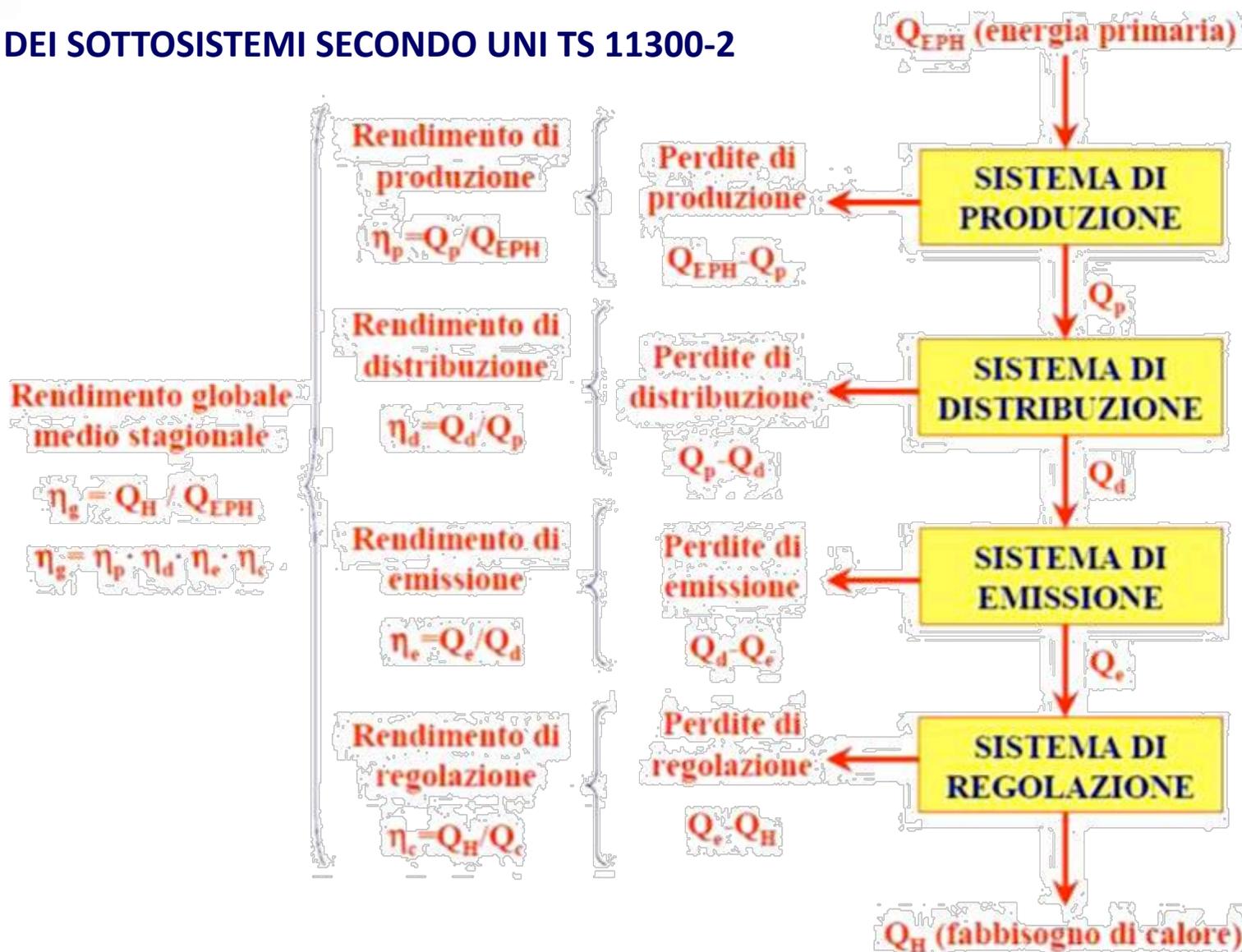
$$\eta_g = \eta_d \times \eta_g \times \eta_e \times \eta_r$$



**rendimento globale medio stagionale dell'impianto termico è il rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica dei dispositivi ausiliari, calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio[...]. Ai fini della conversione dell'energia elettrica in energia primaria si considera l'equivalenza: 9 MJ = 1kWh;**

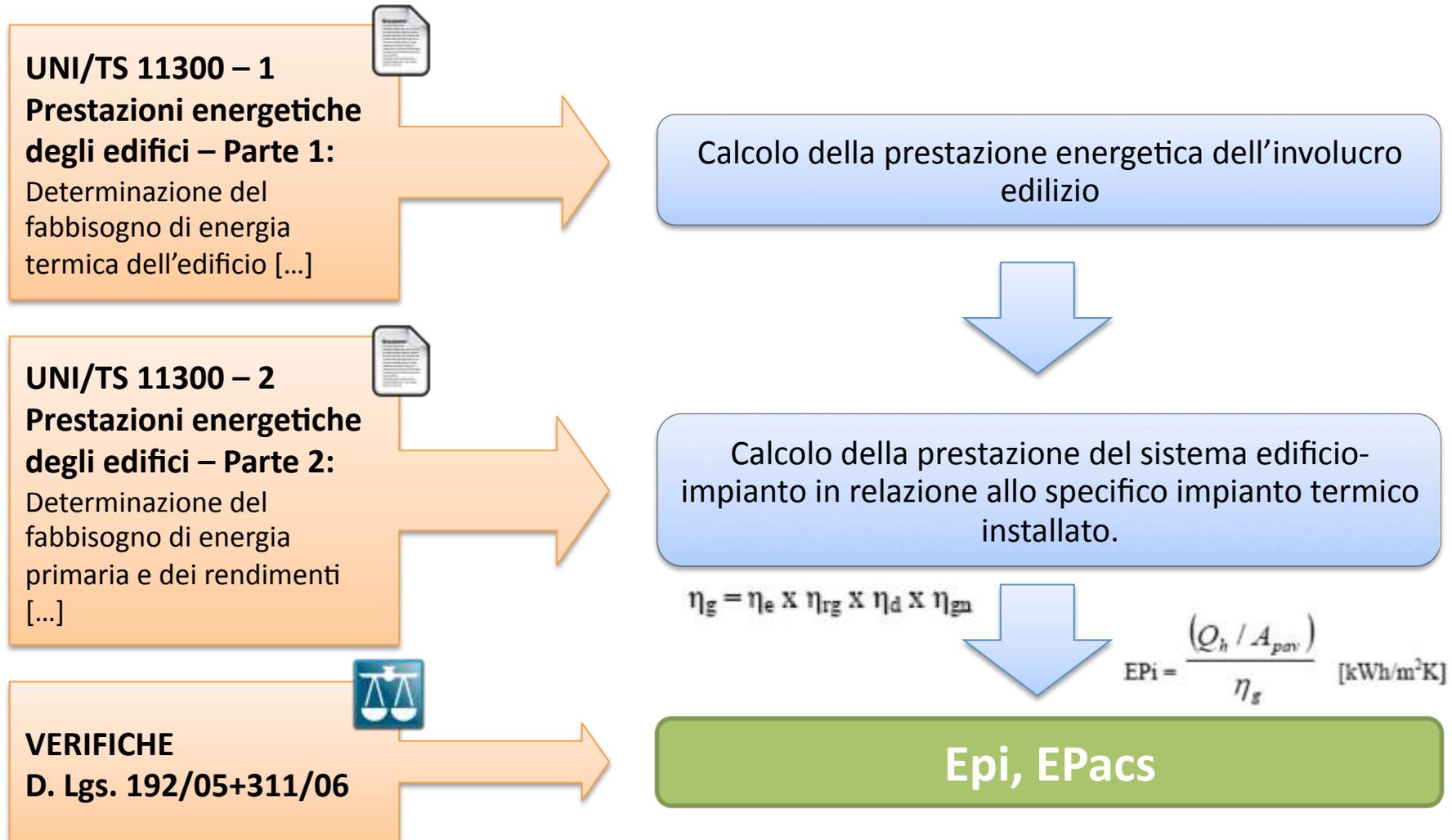


## BILANCIO DEI SOTTOSISTEMI SECONDO UNI TS 11300-2





## COME "FUNZIONANO" LE UNI TS 11300 + D. Lgs 192/05





## COME “FUNZIONANO” LE UNI TS 11300 + D. Lgs 192/05

- I risultati del calcolo energetico di un edificio portano alla definizione di:
- Indice di prestazione energetica in **regime invernale Epi**
- Indice di prestazione energetica in **regime estivo Epe**
- Indice di prestazione energetica per **l'Acqua Calda Sanitaria (Acs)**
- Gli indici di prestazione energetica sono **valori normalizzati in quanto riferiti all'unità di superficie o di volume (per ciascun anno) del fabbisogno energetico dell'edificio**

La **prestazione energetica complessiva dell'edificio** è espressa attraverso l'indice di prestazione energetica globale EPgl.

$$EPgl = EPI + EPacs + EPe + Epill$$

dove:

EPI: è l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale;

EPacs: l'indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria;

Epe: l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione estiva;

EPill: l'indice di prestazione energetica per l'illuminazione artificiale.

Tutti gli indici sono espressi in **kWh/m2 anno**

Attualmente  
utilizzati per la  
Certificazione  
energetica



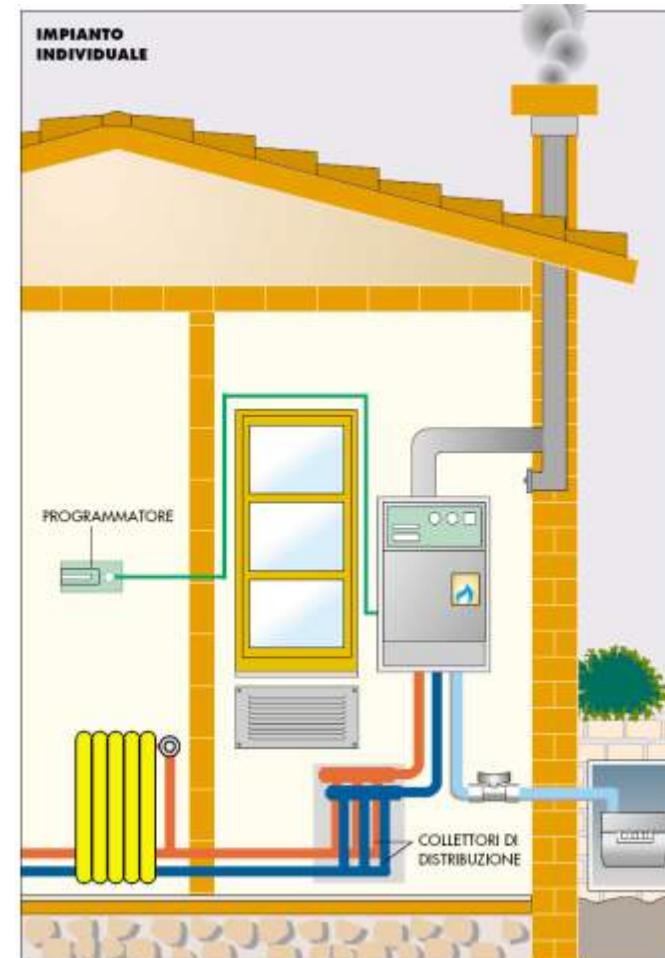
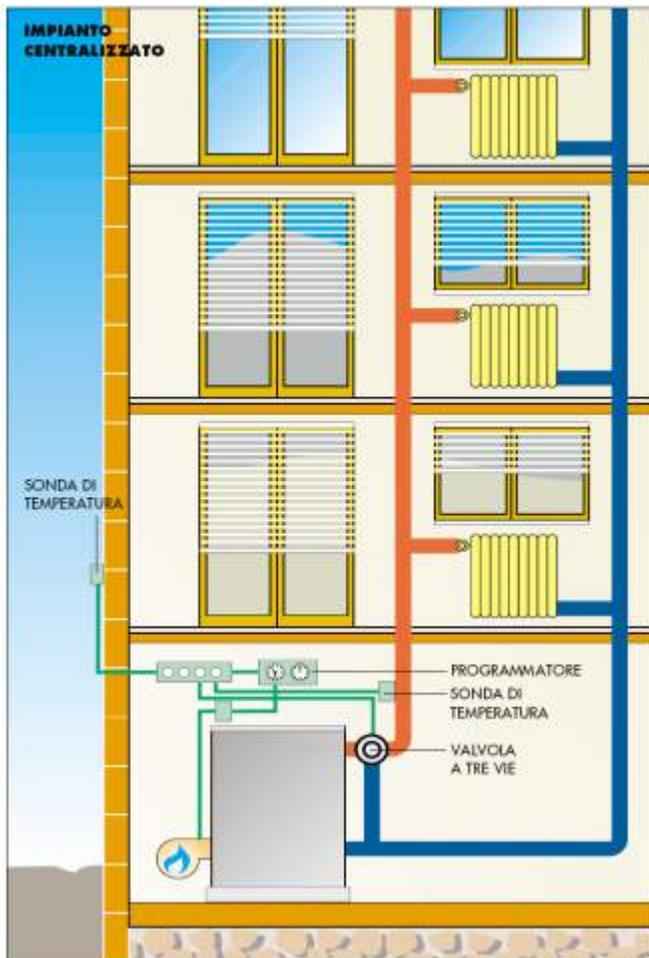
## **OTTIMIZZAZIONE ENERGETICA DI UN IMPIANTO DI RISCALDAMENTO**

Per l'ottimizzazione energetica di un impianto di riscaldamento occorre considerare attentamente i vari fattori che concorrono a rendere minime le perdite energetiche e a sfruttare al meglio il potenziale delle fonti energetiche utilizzate (energia primaria o secondaria) , dei sistemi di produzione del calore, dei sistemi di resa del calore agli ambienti, delle regolazioni impiantistiche.

- 1) SISTEMA DI GENERAZIONE (PRODUZIONE) →  $\eta_{gn}$**
- 2) SISTEMA DI DISTRIBUZIONE →  $\eta_d$**
- 3) SISTEMA DI EMISSIONE →  $\eta_e$**
- 4) SISTEMA DI REGOLAZIONE →  $\eta_{rg}$**

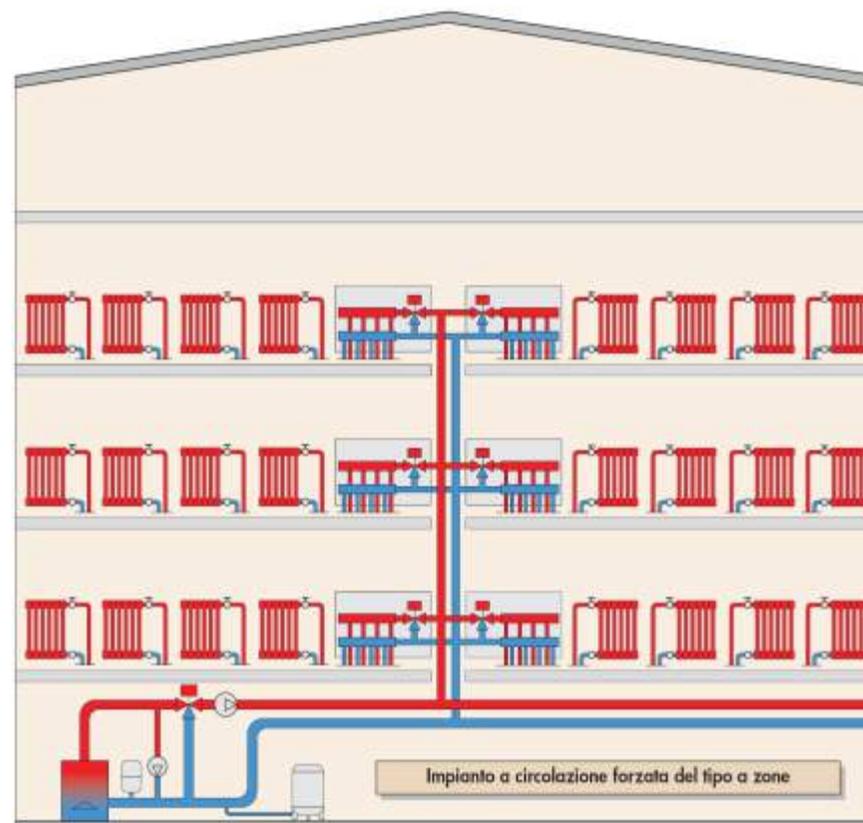
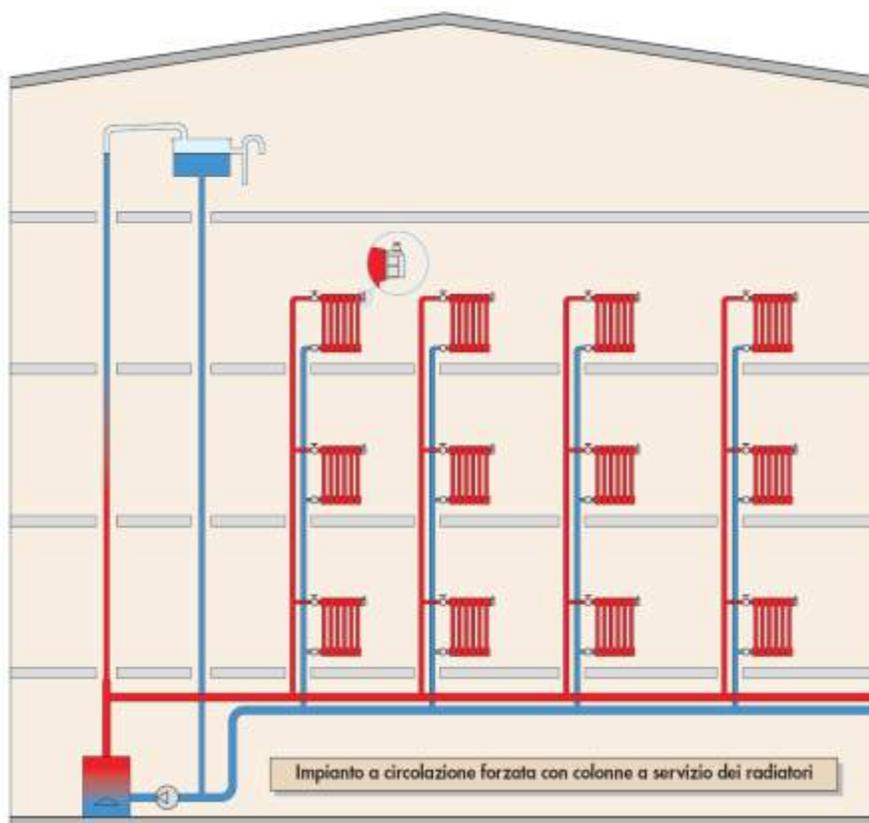


## SCelta DEL TIPO DI DISTRIBUZIONE: IMPIANTO AUTONOMO vs CENTRALIZZATO



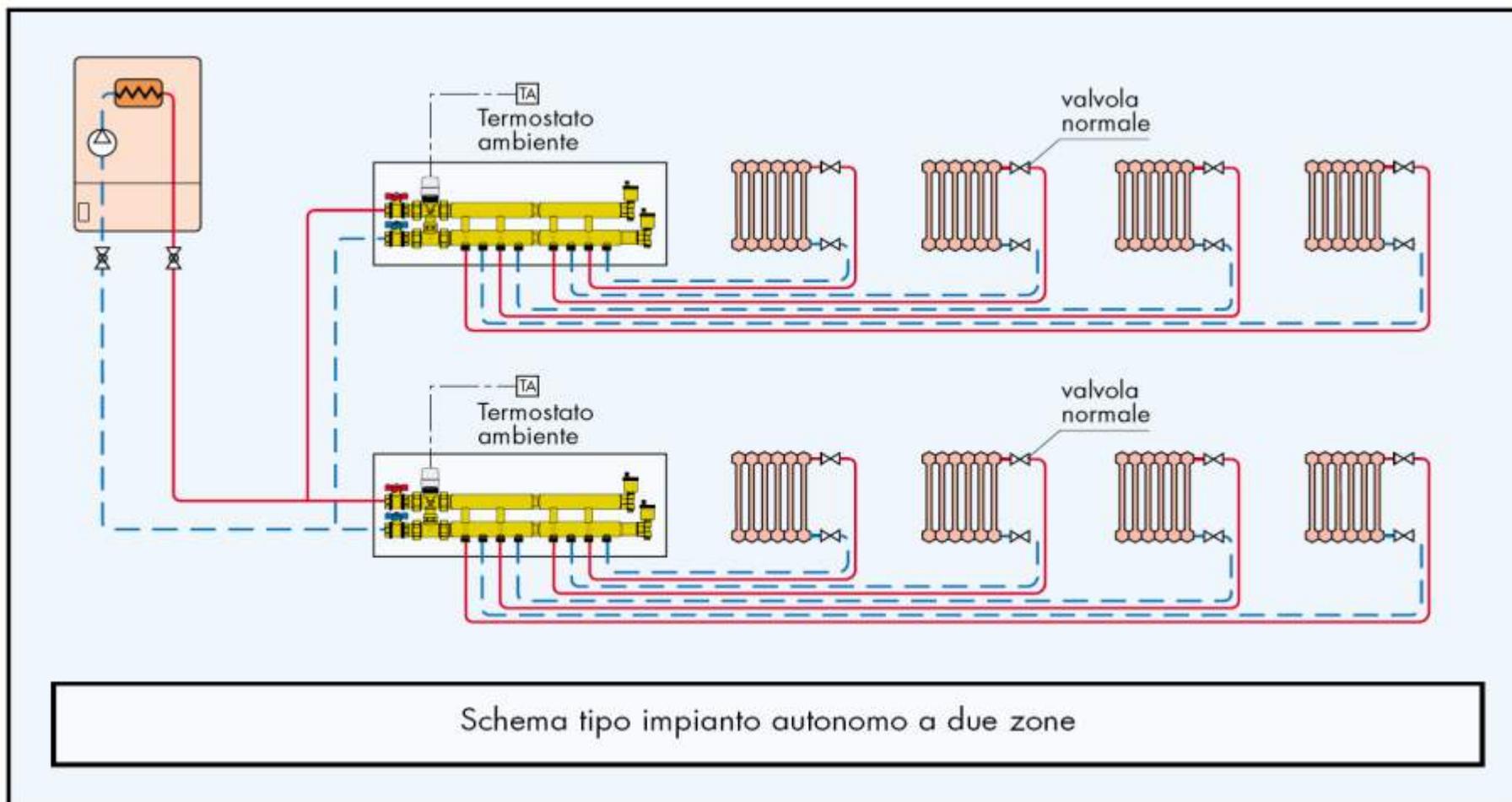


## SCHEMI DI DISTRIBUZIONE IMPIANTI CENTRALIZZATI





## SCHEMI DI DISTRIBUZIONE IMPIANTI AUTONOMI





## VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

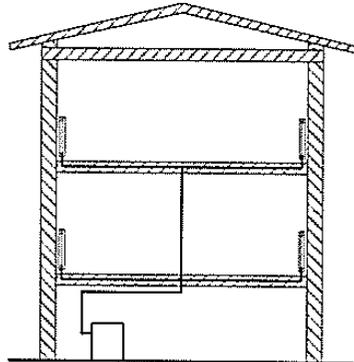
Nei seguenti prospetti (da prospetto 21 a prospetto 23) sono considerati i seguenti livelli di isolamento:

- A) Isolamento con spessori conformi alle prescrizioni del DPR 412/93;
- B) Isolamento discreto, di spessore non necessariamente conforme alle prescrizioni del DPR 412/93, ma eseguito con cura e protetto da uno strato di gesso, plastica o alluminio;
- C) Isolamento medio, con materiali vari (mussola di cotone, coppelle) non fissati stabilmente da uno strato protettivo;
- D) Isolamento insufficiente, gravemente deteriorato o inesistente;
- E) Isolamento scadente o inesistente in impianti realizzati antecedentemente all'entrata in vigore del DPR 412/93 (per esempio tubo preisolato con spessore ridotto o tubo nudo inserito in tubo corrugato).



## VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

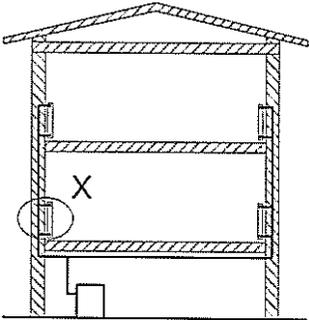
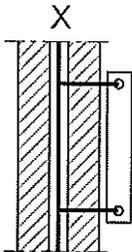
prospetto 22 **Impianti di riscaldamento a zone con distribuzione orizzontale, alimentati da montanti verticali (correnti solitamente nel vano scale)**

	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
 <p><b>1. Impianti unifamiliari a zone in edificio condominiale</b> I valori sono riferiti alla porzione di impianto completamente interna all'appartamento. Le dispersioni del montante che alimenta le zone devono essere calcolate analiticamente secondo appendice A, tenendo conto della temperatura media stagionale e caricate sulle singole zone in proporzione al fabbisogno di ciascuna di esse.</p>		
1.1. impianto a zone al piano intermedio	0,99	0,99
1.2. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
1.3. impianto a zone al piano terreno su locali non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93



## VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

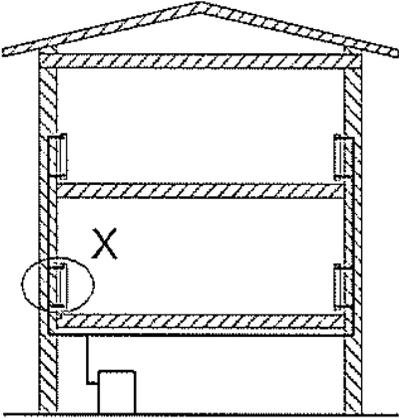
*(rendimento riferito all'isolamento distributivo orizzontale e sommo del piano cantinato)*

		Isolamento distribuzione orizzontale			
 <p><b>4.1. Distribuzione orizzontale nel cantinato</b> Montanti non isolati correnti nell'intercapedine dei muri esterni</p> 	Altezza edificio	A	B	C	D
	1 piano	0,964	0,950	0,920	0,873
	2 piani	0,933	0,924	0,901	0,866
	3 piani	0,929	0,923	0,906	0,879
	4 piani e più	0,928	0,923	0,910	0,890



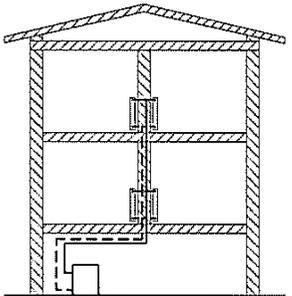
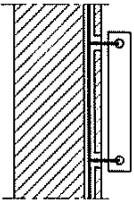
## VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

prospetto 23 Impianti di riscaldamento centralizzati tradizionali a montanti (comuni a più unità immobiliari) alimentati da distribuzione orizzontale (corrente solitamente a soffitto del piano cantinato) (Continua)

 <b>4.2 Distribuzione orizzontale nel cantinato</b> Montanti non isolati, correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne	Altezza edificio	Isolamento distribuzione orizzontale			
		A	B	C	D
	1 piano	0,966	0,952	0,922	0,875
	2 piani	0,938	0,929	0,906	0,871
	3 piani	0,937	0,931	0,914	0,887
	4 piani e più	0,938	0,933	0,920	0,900



## VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

Isolamento distribuzione orizzontale																										
 <p><b>4.3 Distribuzione orizzontale nel cantinato</b> Montanti non isolati correnti in traccia nelle pareti interne NOTA Applicabile anche nel caso di isolamento a cappotto.</p> 																										
Altezza edificio	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 15%;">A</th> <th style="width: 15%;">B</th> <th style="width: 15%;">C</th> <th style="width: 15%;">D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1 piano</td> <td style="text-align: center;">0,970</td> <td style="text-align: center;">0,958</td> <td style="text-align: center;">0,932</td> <td style="text-align: center;">0,889</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2 piani</td> <td style="text-align: center;">0,985</td> <td style="text-align: center;">0,979</td> <td style="text-align: center;">0,966</td> <td style="text-align: center;">0,944</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3 piani</td> <td style="text-align: center;">0,990</td> <td style="text-align: center;">0,986</td> <td style="text-align: center;">0,977</td> <td style="text-align: center;">0,963</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4 piani e più</td> <td style="text-align: center;">0,990</td> <td style="text-align: center;">0,990</td> <td style="text-align: center;">0,983</td> <td style="text-align: center;">0,972</td> </tr> </tbody> </table>		A	B	C	D	1 piano	0,970	0,958	0,932	0,889	2 piani	0,985	0,979	0,966	0,944	3 piani	0,990	0,986	0,977	0,963	4 piani e più	0,990	0,990	0,983	0,972
	A	B	C	D																						
1 piano	0,970	0,958	0,932	0,889																						
2 piani	0,985	0,979	0,966	0,944																						
3 piani	0,990	0,986	0,977	0,963																						
4 piani e più	0,990	0,990	0,983	0,972																						



## VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

prospetto 21 Impianti di riscaldamento autonomi

<b>1. Impianti autonomi con generatore unifamiliare in edificio condominiale</b>		
I valori sono applicabili solo qualora le tubazioni corrano interamente all'interno della zona riscaldata, come nel caso di generatore interno all'appartamento	Isolamento della rete di distribuzione orizzontale	
	A	E
Impianto autonomo a piano intermedio	0,99	0,99
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione monotubo	0,96	0,95
Impianto autonomo a piano terreno su ambienti non riscaldati e terreno con distribuzione a collettori	0,94	0,93
Nota È escluso il caso su esterno o su pilotis; in tali casi si ricorra a metodi analitici.		



## VALUTAZIONE DEI RENDIMENTI DI DISTRIBUZIONE SECONDO LA NORMA UNI TS 11300-2

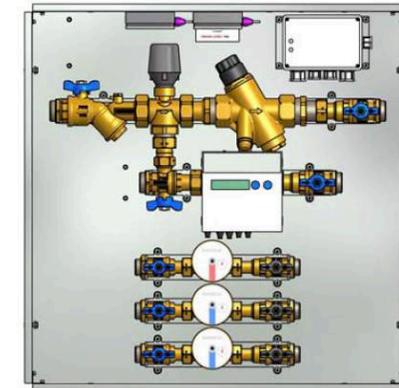
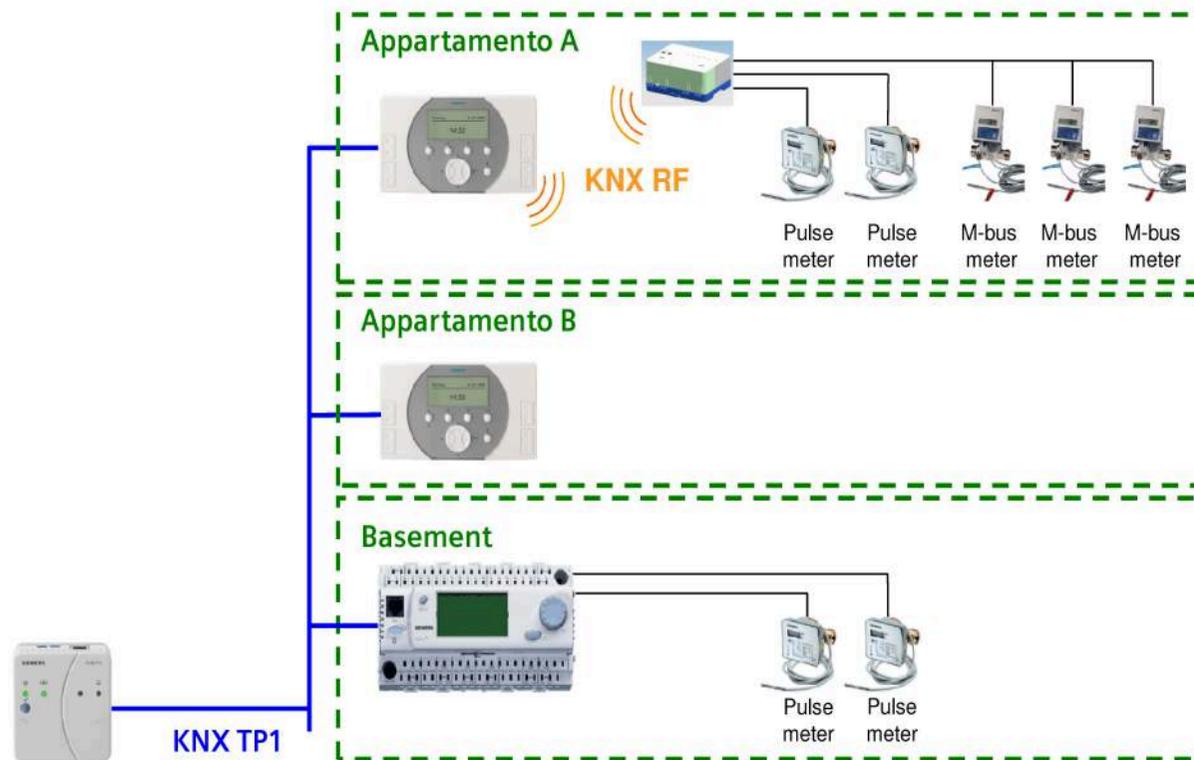
prospetto 24

### Fattori di correzione del rendimento di distribuzione

Temperature di mandata e di ritorno di progetto °C	$\Delta t$ di progetto corrispondente °C	Temperatura media stagionale °C	Fattore di correzione C del rendimento tabulato	Tipologia di impianto corrispondente (indicativa)
80-60	50	37,3	1,00	Impianti a radiatori
	45	36,0	0,94	
70-55	42,5	35,3	0,92	
	40	34,7	0,89	
	35	33,0	0,82	
55-45	30	31,4	0,77	Impianti a ventilconvettori
	25	29,8	0,69	
	20	27,9	0,62	
	15	26,1	0,55	Impianti a pannelli radianti
35-30	12,5	25,1	0,51	
	10	24,2	0,47	



## SISTEMI DI CONTABILIZZAZIONE E TERMOREGOLAZIONE NEGLI IMPIANTI CENTRALIZZATI

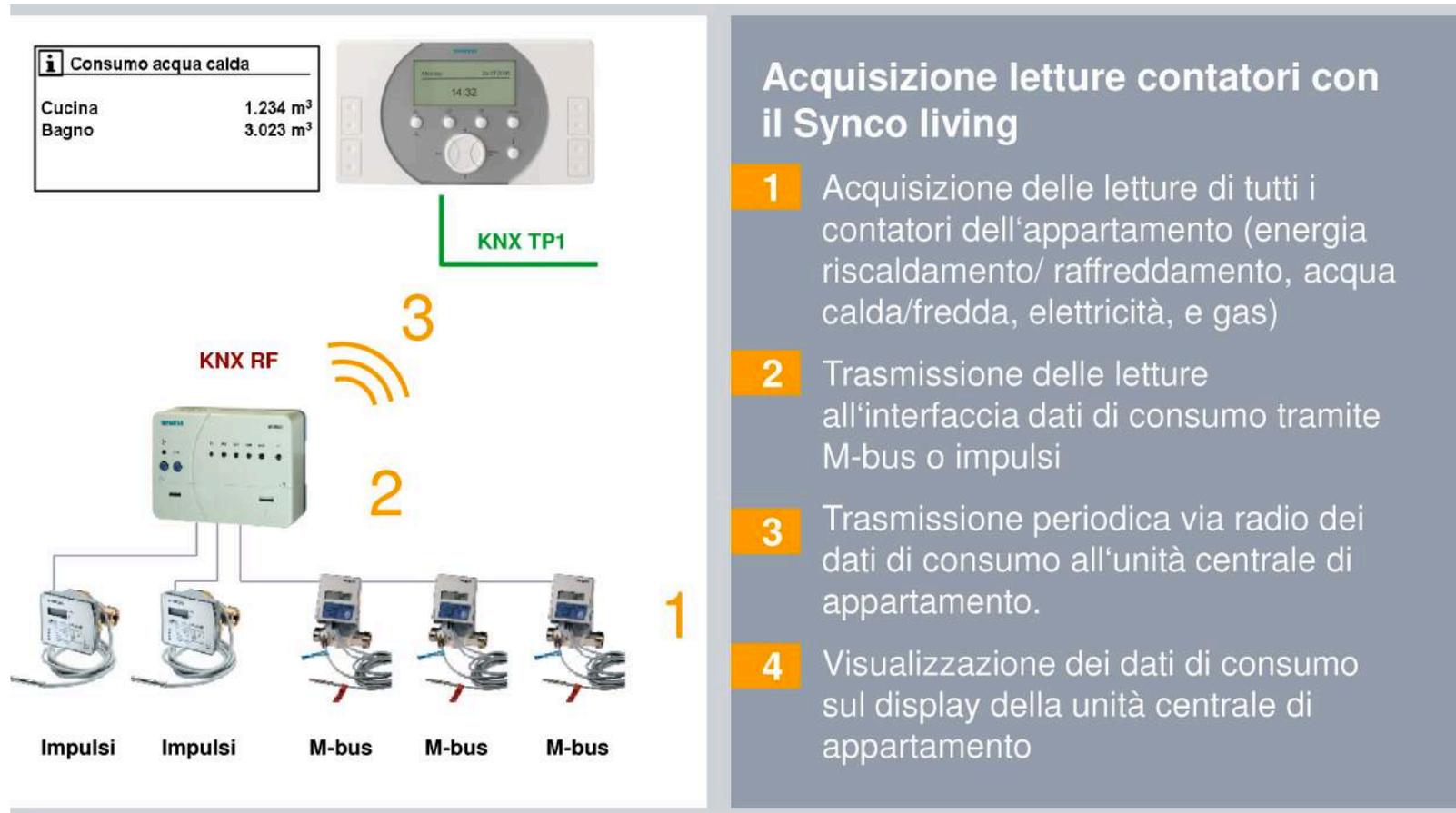


**Unità satellite di appartamento**

### Sistema di acquisizione dati di lettura e telegestione

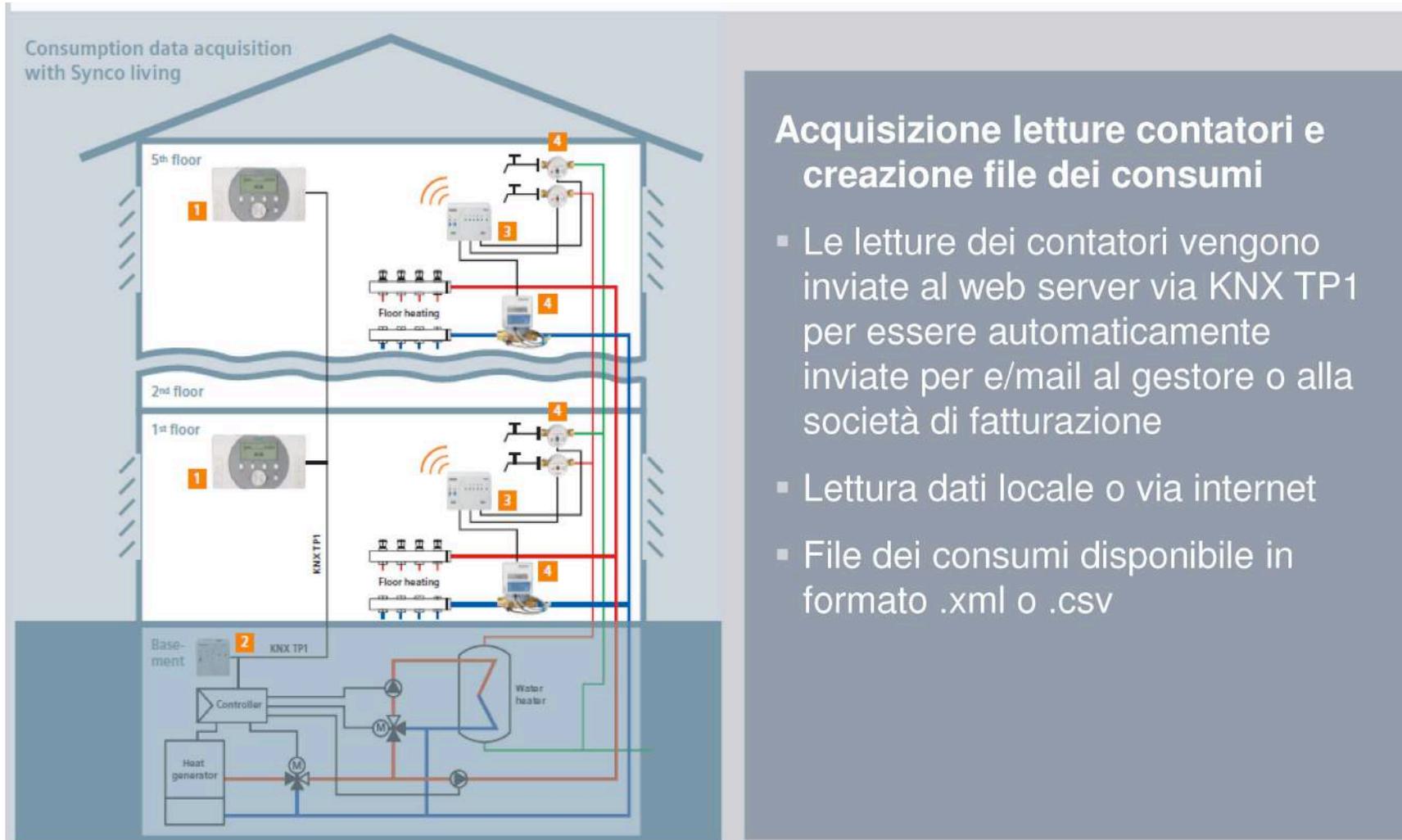


## SISTEMI DI CONTABILIZZAZIONE E TERMOREGOLAZIONE NEGLI IMPIANTI CENTRALIZZATI





## SISTEMI DI CONTABILIZZAZIONE E TERMOREGOLAZIONE NEGLI IMPIANTI CENTRALIZZATI



### Acquisizione letture contatori e creazione file dei consumi

- Le letture dei contatori vengono inviate al web server via KNX TP1 per essere automaticamente inviate per e/mail al gestore o alla società di fatturazione
- Lettura dati locale o via internet
- File dei consumi disponibile in formato .xml o .csv



## ISOLAMENTO TERMICO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE

Ai fini di assicurare il massimo rendimento dall'impianto di distribuzione è necessario rispettare le prescrizioni relative **all'isolamento termico delle reti**.

Le tubazioni delle reti di distribuzione dei fluidi caldi in fase liquida o vapore degli impianti termici devono essere coibentate con materiale isolante il cui spessore minimo è fissato dalla seguente tabella in funzione del diametro della tubazione espresso in mm e della conduttività termica utile del materiale isolante espressa in  $W/m \text{ } ^\circ C$  alla temperatura di  $40 \text{ } ^\circ C$ .

Secondo il DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 26 agosto 1993, n. 412 - Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della legge 9 gennaio 1991, n. 10, l'*isolamento termico* risponderà alla norma tecnica **UNI10376**



Conduttività termica  
utile dell'isolante

( $W/m \text{ } ^\circ C$ )

Diametro esterno della tubazione (mm)

	<20	da 20 a 39	da 40 a 59	da 60 a 79	da 80 a 99	>100
0,030	13	19	26	33	37	40
0,032	14	21	29	36	40	44
0,034	15	23	31	39	44	48
0,036	17	25	34	43	47	52
0,038	18	28	37	46	51	56
0,040	20	30	40	50	55	60
0,042	22	32	43	54	59	64
0,044	24	35	46	58	63	69
0,046	26	38	50	62	68	74
0,048	28	41	54	66	72	79
0,050	30	44	58	71	77	84



## ISOLAMENTO TERMICO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE



Raccordi non isolati  
=  
dispersioni termiche del  
sottosistema di  
distribuzione



Curve e innesti ben isolati  
=  
maggiore rendimento di  
distribuzione





## ISOLAMENTO TERMICO DELLE RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE

I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti **al di qua dell'isolamento termico dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato**, e i relativi spessori minimi dell'isolamento, che risultano dalla tabella precedente, vanno moltiplicati per 0,5.

Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati gli spessori, di cui la tabella, vanno moltiplicati per 0,3.

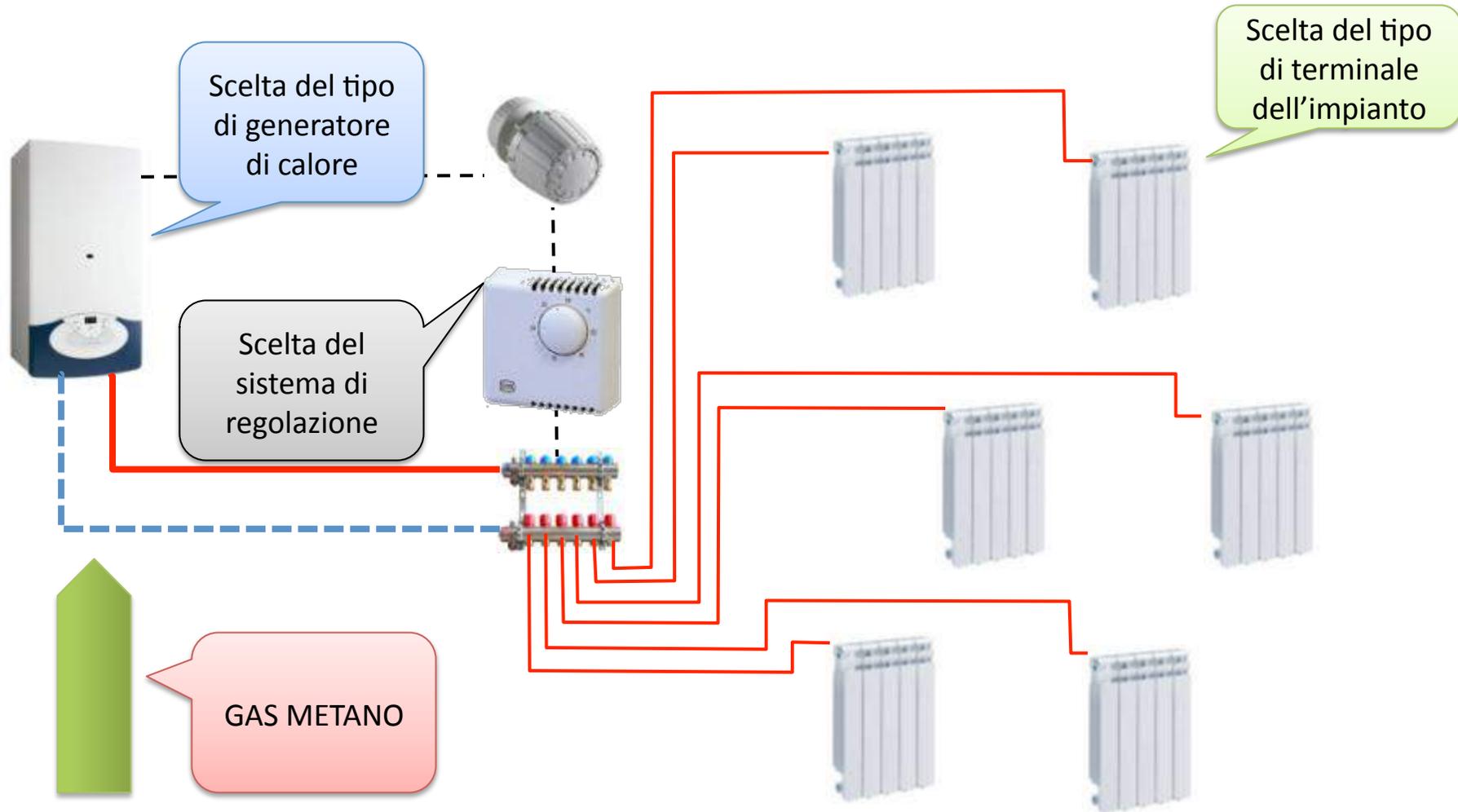


Montanti di distribuzione sul lato "caldo" dell'involucro edilizio





**I POTESI DI IMPIANTO DA OTTIMIZZARE: AUTONOMO A SERVIZIO DI IMMOBILE RESIDENZIALE**





## SCelta DEL GENERATORE DI CALORE > RENDIMENTO DI PRODUZIONE

In generale l'energia termica totale che deve essere fornita dal sistema di generazione è :

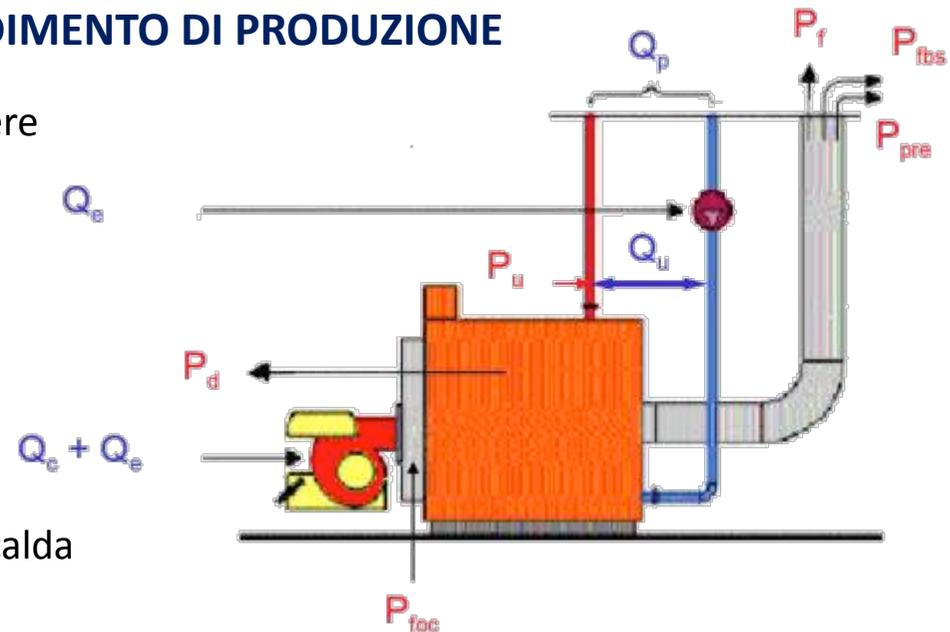
$$Q_p = Q_{p,h} + Q_{p,w}$$

dove:

$Q_{p,h}$  è il fabbisogno per riscaldamento;  
 $Q_{p,w}$  è il fabbisogno per la produzione di acqua calda sanitaria.

Le perdite di generazione dipendono:

- dalle caratteristiche del generatore di calore;
- dal suo dimensionamento rispetto al fabbisogno dell'edificio;
- dalle modalità di installazione;
- dalla temperatura dell'acqua (media e/o di ritorno al generatore) nelle
- condizioni di esercizio (medie mensili).



$$\eta_p = Q_p / (Q_c + Q_e)$$

(rendimento di produzione - rapporto tra energie)

$$Q_s = Q_c + Q_e$$

$Q_c$  energia del combustibile

$Q_e$  energia elettrica



## SCelta DEL GENERATORE DI CALORE > RENDIMENTO DI PRODUZIONE

Mediante **prospetti** contenenti valori precalcolati per le tipologie più comuni di generatori di calore in base al dimensionamento e alle condizioni d'installazione;

Mediante **metodi di calcolo**:

- calcolo basato sui rendimenti dichiarati ai sensi della direttiva 92/42/CE, con opportune correzioni in ragione alle condizioni di funzionamento;
- calcolo analitico.

### Marcatura secondo il DPR 660/96



- Generatori di calore atmosferici tipo B classificati \*\*
- Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati \*\*\*;
- Generatori di calore a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelati, modulanti, classificati \*\*;
- Generatori di calore a gas a **condensazione** \*\*\*\*



## **SCelta DEL GENERATORE DI CALORE > RENDIMENTO DI PRODUZIONE**

***-Tipo A; generatore di calore che prende aria comburente dall'ambiente in cui è installato e espelle nello stesso ambiente i fumi della combustione.***

***-Tipo B; generatore di calore che prende aria comburente dall'ambiente in cui è installato e espelle all'esterno i fumi della combustione.***

***-Tipo C; generatore di calore che prende aria comburente dall'esterno e espelle all'esterno i fumi della combustione.***



## SCelta DEL GENERATORE DI CALORE > RENDIMENTO DI PRODUZIONE



### Marcatura secondo il DPR 660/96

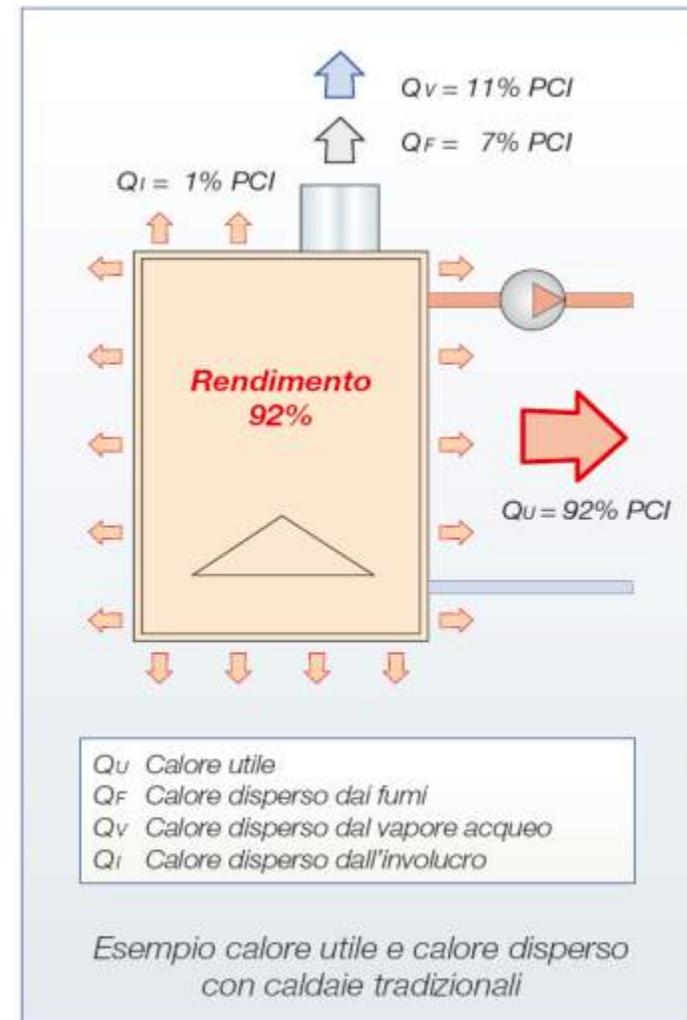
Marcatura	Rendimento alla potenza nominale (P <sub>n</sub> ) T <sub>media</sub> = 70 °C	Rendimento a carico parziale (30% P <sub>n</sub> ) T <sub>media</sub> ≥ 50 °C
*	≥ 84 + 2Log(P <sub>n</sub> )	≥ 80 + 3Log(P <sub>n</sub> )
**	≥ 87 + 2Log(P <sub>n</sub> )	≥ 83 + 3Log(P <sub>n</sub> )
***	≥ 90 + 2Log(P <sub>n</sub> )	≥ 86 + 3Log(P <sub>n</sub> )
**** ( )	≥ 93 + 2Log(P <sub>n</sub> )	≥ 89 + 3Log(P <sub>n</sub> )



## SCelta DEL GENERATORE DI CALORE > RENDIMENTO DI PRODUZIONE

Il calore prodotto dalla combustione viene trasferito direttamente all'impianto di riscaldamento mediante l'impiego di uno scambiatore di calore "convenzionale"

I fumi che si producono durante la combustione vengono generalmente espulsi attraverso la canna fumaria ad una temperatura di circa 120°C  
le reazioni chimiche che si verificano nella combustione degli idrocarburi producono acqua e questa, per effetto dell'alta temperatura, si trasforma in vapore, surriscaldato oltre i 100°C.  
Anche questo vapore viene disperso nell'aria.





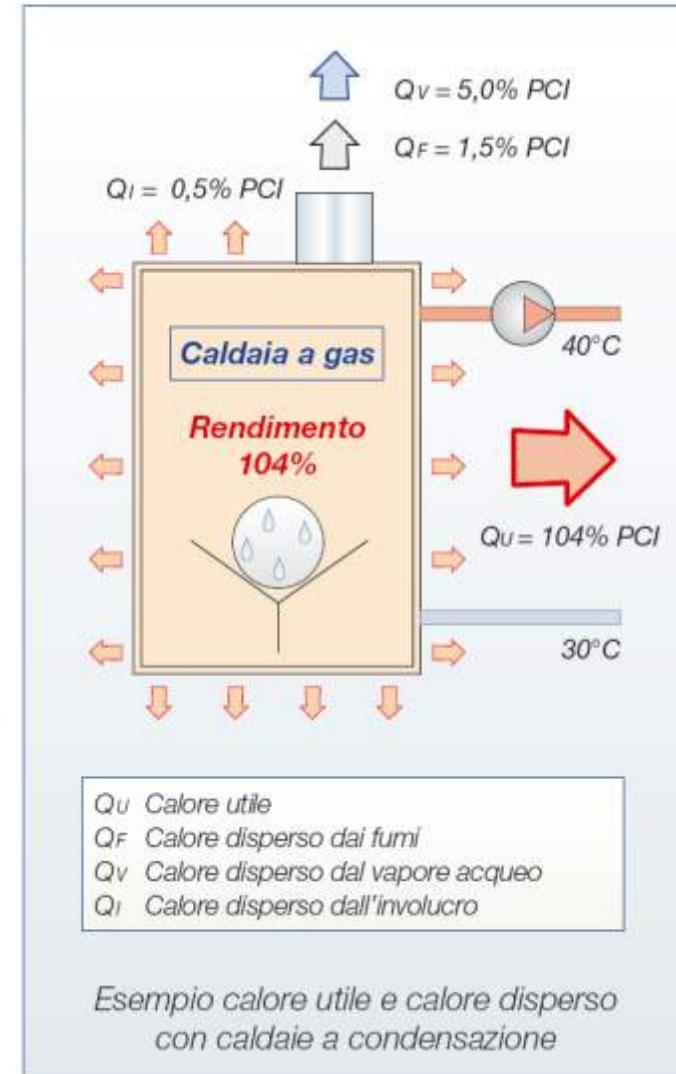
## GENERATORE DI CALORE A GAS A CONDENSAZIONE

La tecnica della condensazione impiega invece tutto il calore prodotto dalla combustione. I fumi di scarico vengono fatti scorrere in appositi **scambiatori di calore**, che li raffreddano al di sotto della temperatura di condensazione (57° per il gas metano) questo passaggio determina la condensa del vapore acqueo presente, liberando energia termica – il calore latente – che viene ceduta all'impianto di riscaldamento la tecnica della condensazione consente di ridurre i consumi di combustibile e abbatte le emissioni di NOx e di CO fino al 70% circa.

### Potere calorifico inferiore e superiore

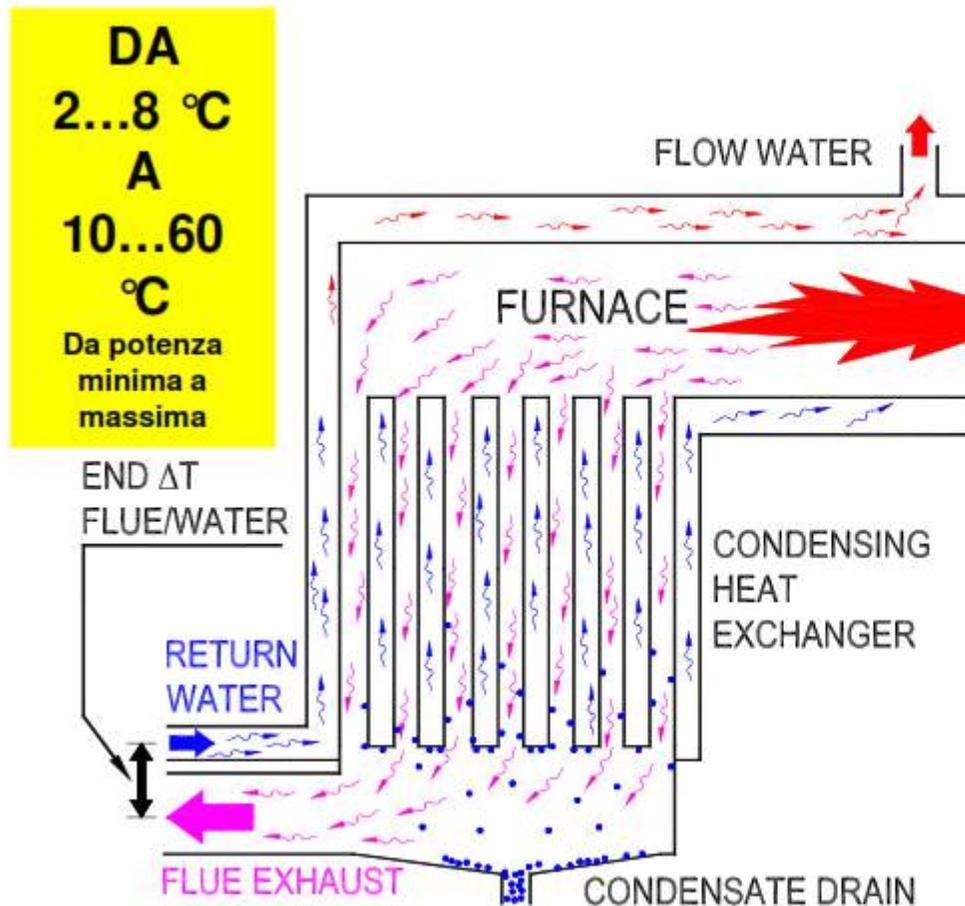
Il potere calorifico inferiore (**Pci**) definisce la quantità di calore liberata durante una combustione completa, quando l'acqua che si viene a formare è sotto forma di vapore.

Il potere calorifico superiore (**Pcs**) definisce la quantità di calore liberata durante una combustione completa, incluso il calore latente di evaporazione contenuto nel vapore acqueo dei gas di combustione.





## GENERATORE DI CALORE A GAS A CONDENSAZIONE



**Caldaia a condensazione**

Il focolare è in alto, nella zona ad alta temperatura

**Scambiatore in controcorrente**

**I fumi** si raffreddano mentre scendono

**L'acqua di ritorno** si riscalda mentre sale.

**La condensa** cade sul fondo

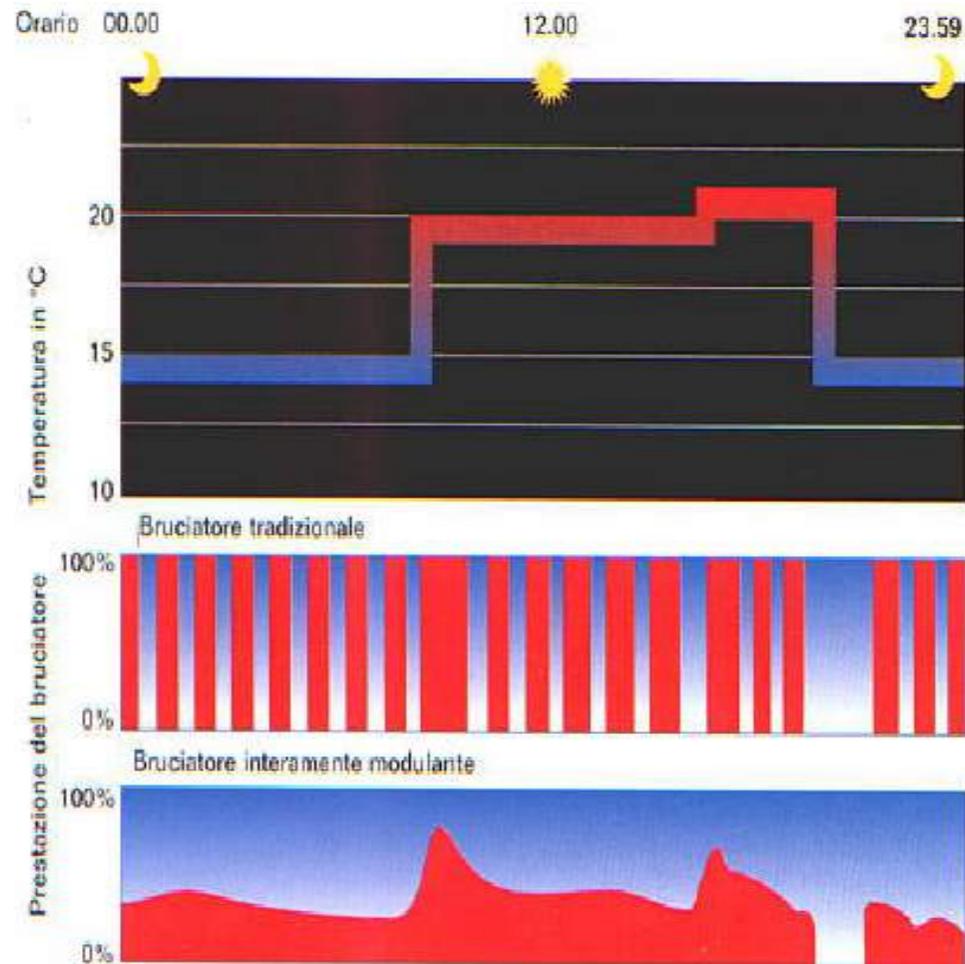


## MODULAZIONE DELLA CALDAIA A CONDENSANZIONE

Un'altra caratteristica della caldaia a condensazione è la **modulazione della potenza termica erogata, che** varia senza soluzione di continuità da un valore minimo ad un valore massimo (ad esempio da 5 a 25kW).

Ciò è reso possibile dalla presenza di una **camera di pre-miscelazione** dove l'aria e il combustibile vengono combinati in quantità ottimale prima di essere immessi nel bruciatore.

La modulazione permette di evitare le fasi di on/off, durante le quali il rendimento è molto basso, aumentando ulteriormente il **rendimento stagionale della caldaia**.





# Energy Management nelle imprese

## La ricerca dell'efficienza energetica: obiettivi e metodi

### SCHEDA TECNICA DI UNA CALDAIA A CONDENSAZIONE

Caldaia a gas, tipo B e C, categoria II <sub>2W3P</sub>	Caldaia a gas, solo riscaldamento			Caldaia a gas con produzione d'acqua calda integrata		
<b>Campo di potenzialità utile in riscaldamento (dati secondo norma EN 677)</b>						
$T_M/T_R = 50/30\text{ °C}$	kW	4,8-19,0	6,5-26,0	8,8-35,0	6,5-26,0	8,8-35,0
$T_M/T_R = 80/60\text{ °C}$	kW	4,3-17,2	5,9-23,7	8,0-31,7	5,9-23,7	8,0-31,7
<b>Campo di potenzialità utile in riscaldamento con produzione d'acqua calda sanitaria</b>	kW	-	-	-	5,9-23,3	8,0-35,0
<b>Potenzialità al focolare</b>	kW	4,5-17,9	6,2-24,7	8,3-33,0	6,2-30,5	8,3-36,5
<b>Marchio CE</b>		CE-0095 BP-0432				
<b>Tipo di protezione</b>		IP X4D secondo EN 60529				
<b>Pressione allacciamento gas</b>						
Gas metano	mbar	20	20	20	20	20
Gas liquido	mbar	30	30	30	30	30
<b>Pressione max. allacciamento gas<sup>††</sup></b>						
Gas metano	mbar	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
Gas liquido	mbar	37	37	37	37	37
<b>Potenza elettrica assorbita (allo stato di fornitura)</b>						
- con pompa circuito di riscaldamento a due velocità	W	90	105	138	105	138
<b>Peso</b>	kg	43	45	47	46	48
<b>Contenuto scambiatore di calore</b>	l	1,8	2,4	2,8	2,4	2,8
<b>Portata volumetrica max.</b> (valore limite per l'impiego di un disaccoppiamento idraulico)	l/h	1200	1400	1600	1400	1600
<b>Portata nominale acqua</b> con $T_M/T_R = 80/60\text{ °C}$	l/h	739	1018	1361	1018	1361
<b>Vaso di espansione a membrana</b>						
Capacità	l	10	10	10	10	10
Pressione di precarica	bar	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Pressione max. d'esercizio</b>	bar	3	3	3	3	3
<b>Attacco valvola di sicurezza</b>	Rp	¾	¾	¾	¾	¾
<b>Dimensioni d'ingombro</b>						
Lunghezza	mm	360	360	360	360	360
Larghezza	mm	450	450	450	450	450
Altezza	mm	850	850	850	850	850
Altezza con curva tubo fumi	mm	1066	1066	1066	1066	1066
Altezza con bollitore inferiore	mm	1925	1925	1925		
<b>Rendimento stagionale</b> con $T_M/T_R = 40/30\text{ °C}$	%	fino a 109 (H <sub>i</sub> )/98 (H <sub>s</sub> )				



Potenza effettiva resa in esercizio



Potenza sviluppata nella camera di combustione



Potenza elettrica degli organi ausiliari



Rendimento stagionale



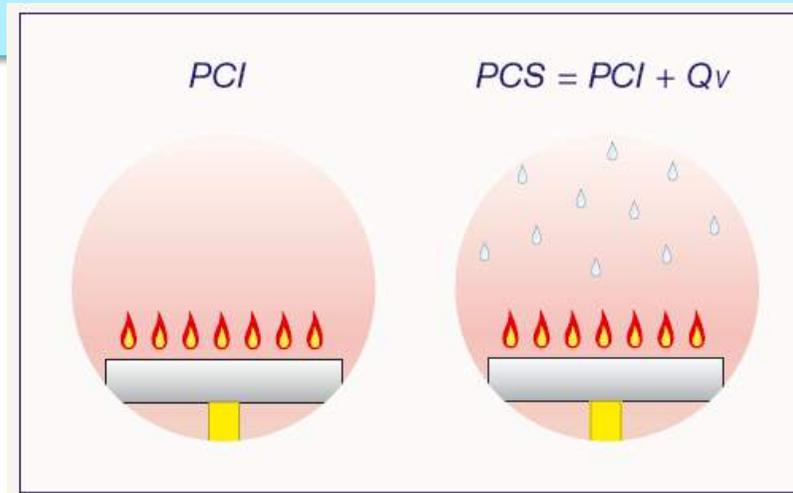
### RENDIMENTI SUPERIORI AL 100%: E' POSSIBILE?



Sappiamo che non è possibile avere rendimenti superiori al 100%. Ad esempio, nel caso specifico della combustione, non è possibile produrre (e tanto meno utilizzare) più calore di quello contenuto nel combustibile. Nel caso specifico delle caldaie c'è tuttavia un'eccezione legata all'evoluzione della loro tecnica costruttiva. Va considerato infatti che il rendimento delle caldaie è stato definito in tempi in cui la tecnica della condensazione non esisteva ancora. Si decise quindi di confrontare il calore utile con PCI (Potere Combustibile Inferiore): vale a dire col calore totale che può essere ottenuto dal combustibile a meno del calore contenuto nel vapor acqueo. Questo modo di calcolare il rendimento delle caldaie è stato mantenuto anche ai nostri giorni, anche se con le caldaie a condensazione si recupera non solo il PCI ma anche una parte del calore contenuto nel vapor acqueo. Ed è per questa ragione che i rendimenti delle caldaie a condensazione possono superare il 100%, e dare la falsa impressione di produrre più energia di quanta ne contenga il combustibile. Per una valutazione scientificamente corretta sarebbe necessario confrontare il calore utile col PCS (Potere Combustibile Superiore): cioè col calore totale che può essere ottenuto dal combustibile compreso il calore contenuto nel vapor acqueo.



Ad esempio, il rendimento di una caldaia a gas del **104% valutato rispetto al PCI** corrisponde al **94% valutato rispetto al PCS**.





## RENDIMENTO DI GENERAZIONE SECONDO UNI TS 11300

prospetto 28

### Generatori di calore a gas a condensazione \*\*\*\* (4 stelle)

$\Delta T_{fumi - acqua\ ritorno}$ a $P_n$	Valore di base	F1			F2	F5	F7			
		1	1,25	1,5			40	50	60	>60
<12 °C	104	0	0	0	-1	-3	0	-4	-6	-7
Da 12 a 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
> 24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

Nota:  
valori di base riferito a: caldaia a quattro stelle, regolazione modulante su aria e gas, sovradimensionamento 1 riferito alla potenza nominale, installazione in centrale termica, chiusura aria comburente all'arresto (o bruciatore a premiscelazione totale),  $\Delta T$  finale acqua ritorno/fumi per classi <12 – da 12 a 24 °C – oltre 24 °C a potenza nominale.  
Nel caso di installazione di caldaie a condensazione con accumulo in esterno, il fattore di correzione F2 è pari a -3.

- F1 rapporto fra la potenza del generatore installato e la potenza di progetto richiesta.
- Per generatori modulanti, F1 si determina con riferimento alla potenza minima regolata.
- F2 installazione all'esterno
- F3 camino di altezza maggiore di 10 m
- F4 temperatura media di caldaia maggiore di 65 °C in condizioni di progetto.
- F5 generatore monostadio
- F6 camino di altezza maggiore di 10 m in assenza di chiusura dell'aria comburente all'arresto (non applicabile ai premiscelati)
- F7 temperatura di ritorno in caldaia nel mese più freddo



## **RENDIMENTO DI GENERAZIONE SECONDO UNI TS 11300**

prospetto 26

### **Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti autonomi classificati \*\*\* (3 stelle)**

Valore di base	F1			F2	F4
	1	2	4		
93	0	-2	-5	-4	-1

Nota:

valore di base riferito a: caldaia a tre stelle, sovradimensionamento 1 riferito al minimo di modulazione, installazione all'interno, camino alto meno di 10 m, temperatura di mandata in condizioni di progetto <65 °C.

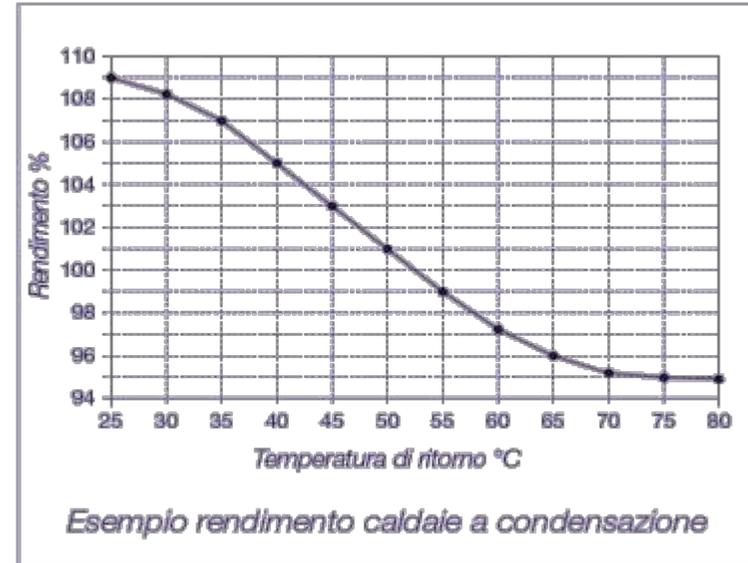


## EFFICIENZA DELLA CONDENSAZIONE E TEMPERATURA DI ESERCIZIO

Va considerato che le caldaie a condensazione non sono caldaie che condensano, bensì **caldaie che possono condensare**. E possono condensare solo con temperature di ritorno inferiori a quelle di rugiada nei fumi. Temperature queste assai variabili e correlate a diversi fattori tra i quali

- (1) il tipo di combustibile e
- (2) la percentuale di anidride carbonica presente nei fumi.

Per il metano variano mediamente da 53 a 58°C.



Dati basati su **prove sperimentali e programmi di simulazione** (forniti dall'Association Royale Gaziers Belges) attestano che le caldaie a condensazione possono dare, rispetto alle caldaie tradizionali, un maggior rendimento annuo (e pertanto un minor consumo di combustibile) variabile **dal 6 al 10%**. **Non sono dunque da ritenersi attendibili** risparmi del **20-30%** come spesso è possibile trovare indicato su depliant e articoli tecnici.



### **impianti a pannelli radianti**

Temp. progetto = 40 - 45°C  $\Delta T = 5 - 10^\circ\text{C}$ ;

– **impianti a ventilconvettori a bassa temperatura**

Temp. progetto = 50 - 55°C  $\Delta T = 10 - 15^\circ\text{C}$ ;

– **impianti a radiatori**

Temp. progetto = 70 - 65°C  $\Delta T = 10 - 20^\circ\text{C}$ ;

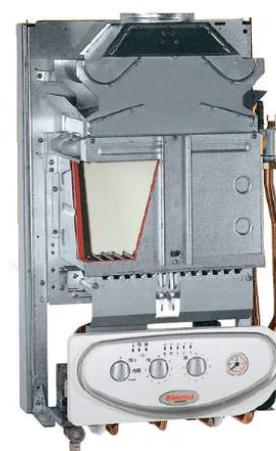
– **produzione istantanea acqua sanitaria**

Temp. primario = 65 - 70°C  $\Delta T = 35 - 40^\circ\text{C}$ ;



## GENERATORE DI CALORE A GAS A TIRAGGIO NATURALE

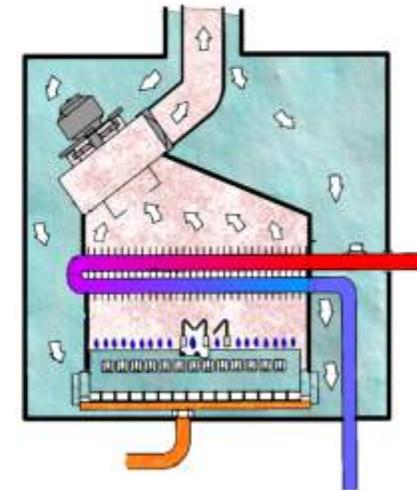
Schema impianto di combustione con caldaia atmosferica a tiraggio naturale





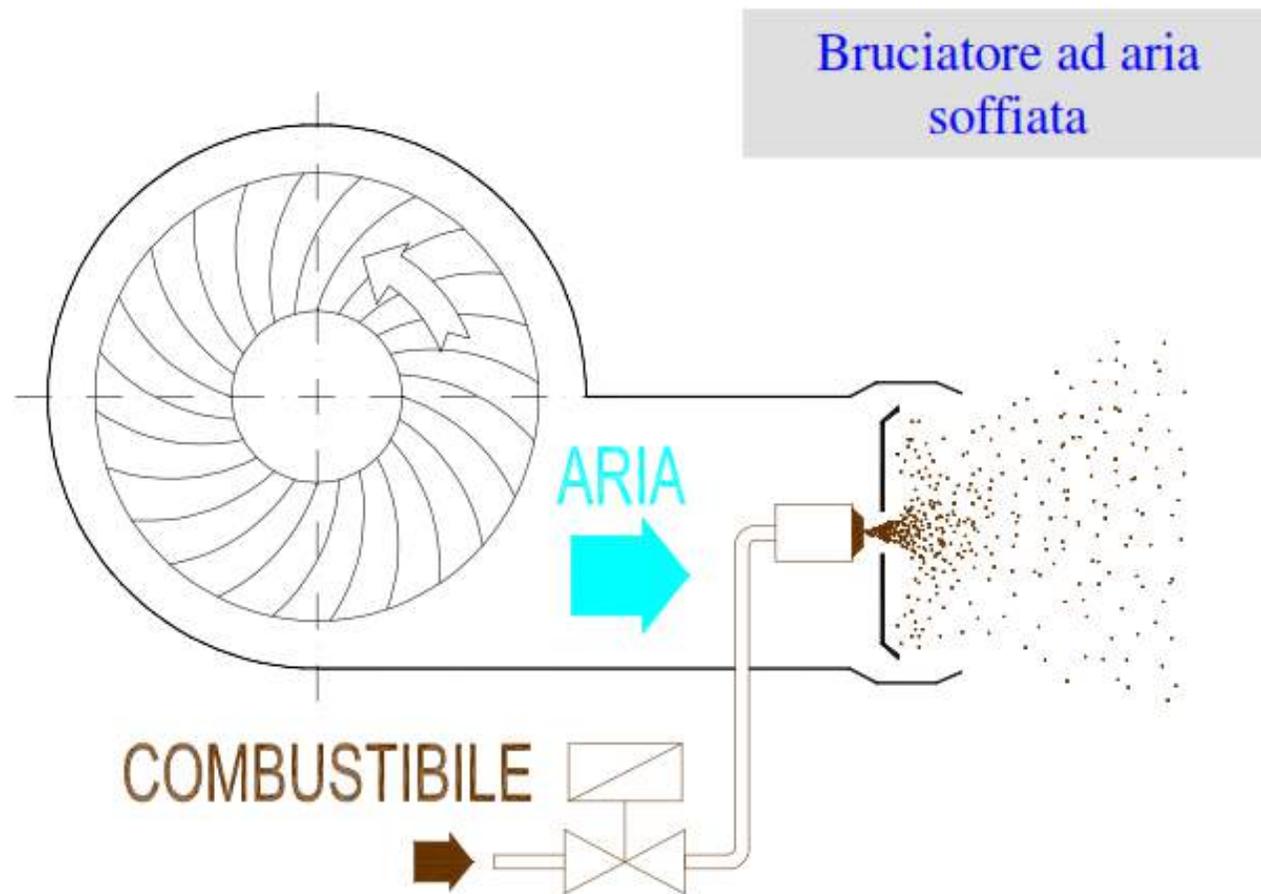
## GENERATORE DI CALORE A GAS A TIRAGGIO FORZATO

Schema di caldaia atmosferica “stagna” (tipo C)  
a tiraggio forzato (aspirata)  
dette anche “Turbo”



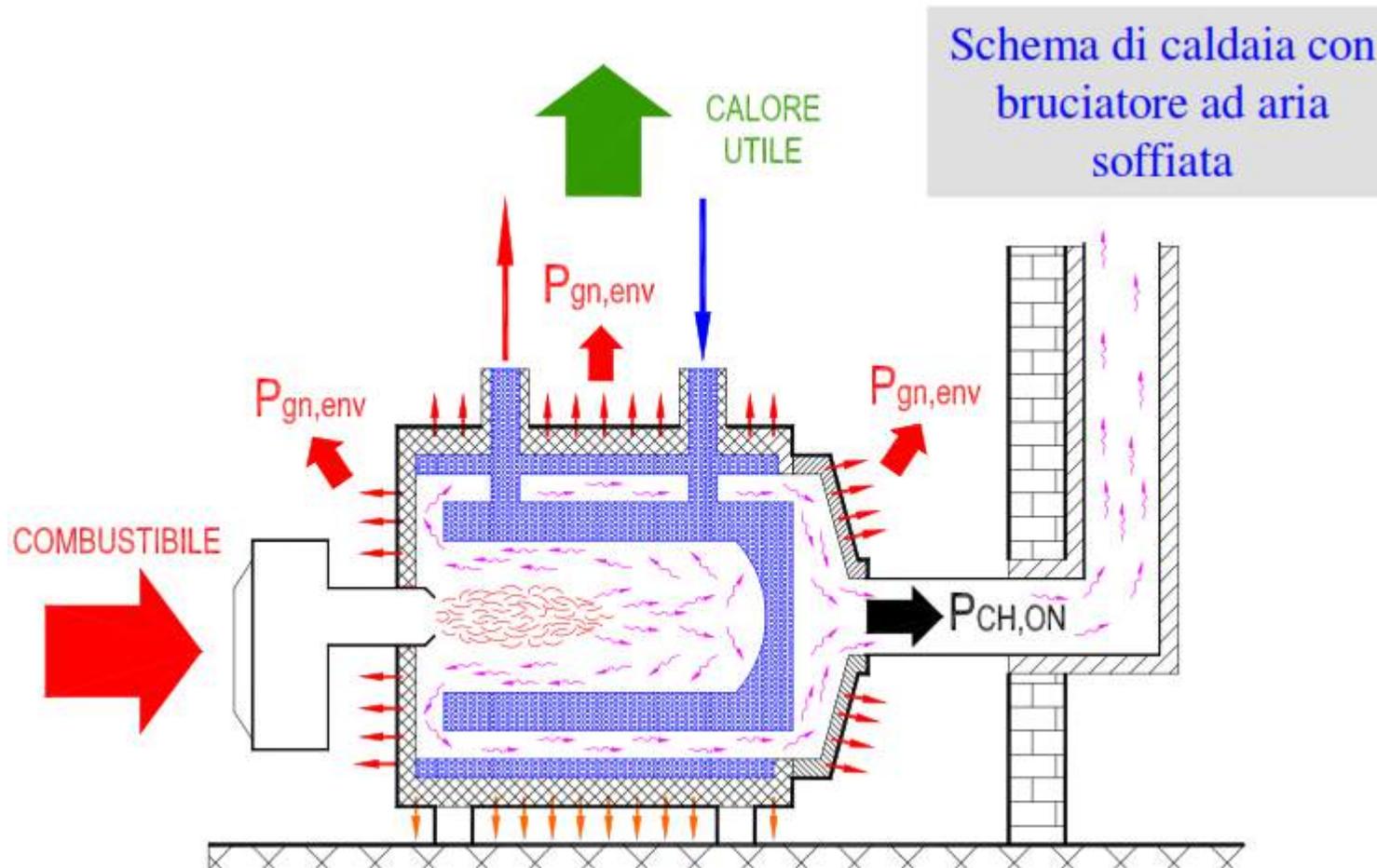


## GENERATORE DI CALORE A GAS CON BRUCIATORE





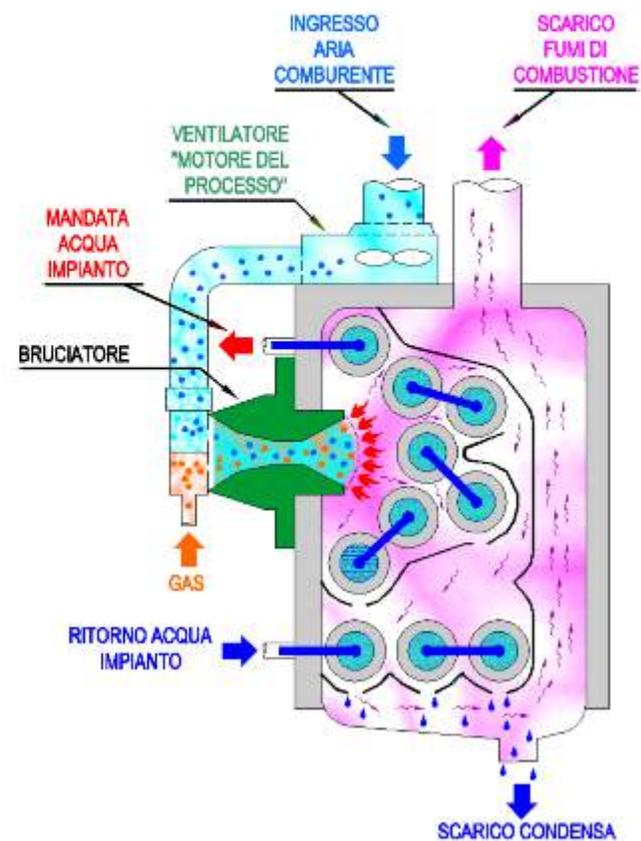
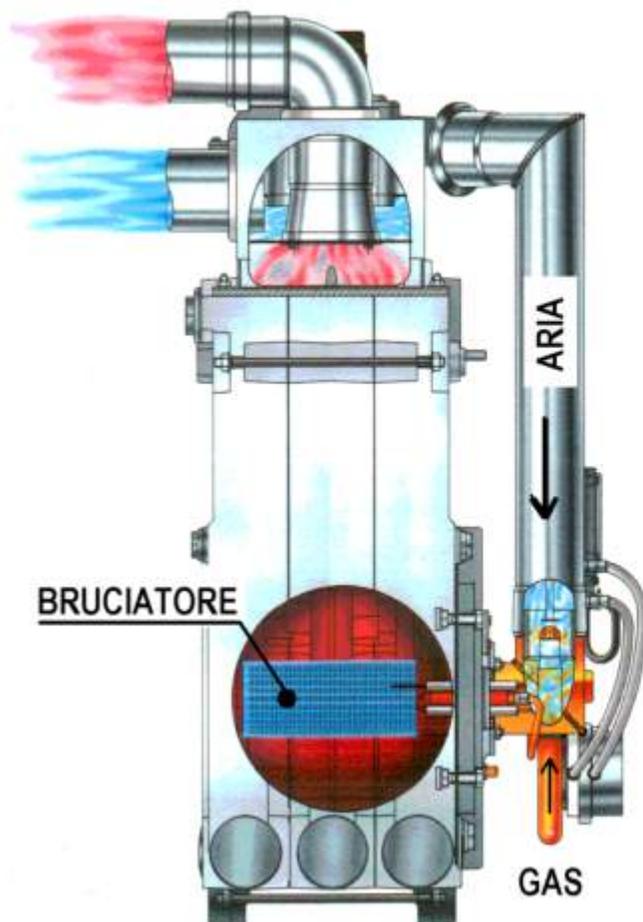
## GENERATORE DI CALORE A GAS CON BRUCIATORE





## GENERATORE DI CALORE A GAS CON BRUCIATORE

### Caldaie premiscelate





## Energy Management nelle imprese

La ricerca dell'efficienza energetica: obiettivi e metodi



Caldaia atmosferica  
condominiale  
**200 kW**



**Caldaia + bruciatore**  
**250 kW**



## GENERATORE DI CALORE A GAS CON BRUCIATORE



Generatore integrato  
a premiscelazione  
**116 kW**



Generatori modulari  
(armadio da esterno)  
**360 kW**



## **GENERATORE DI CALORE A GAS CON BRUCIATORE MONOSTADIO/MULTISTADIO**

### **Generatore ON-OFF (monostadio) 0 / 30 kW**

può solo essere acceso o spento

### **Generatore a stadi 0 / 10 / 30 kW**

può essere spento, acceso a potenza ridotta o acceso a potenza massima

### **Generatore modulante 0 / 10...30 kW**

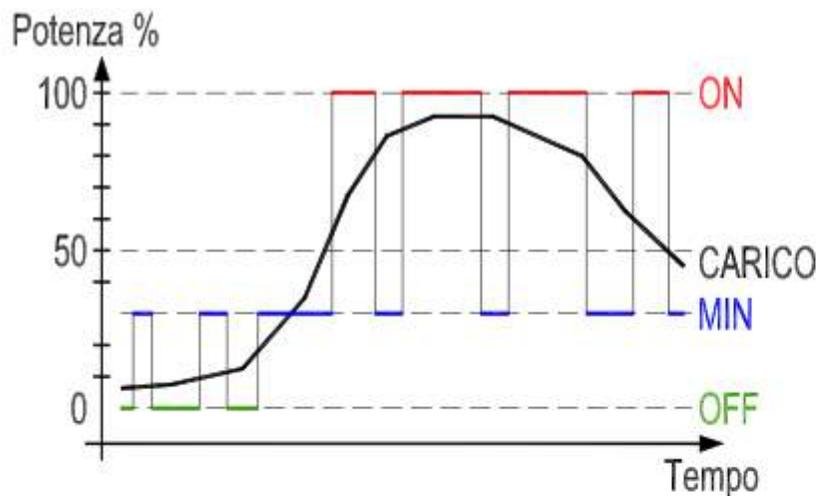
può essere spento oppure acceso con qualsiasi potenza compresa fra minimo e massimo

### **E' una caratteristica del bruciatore**

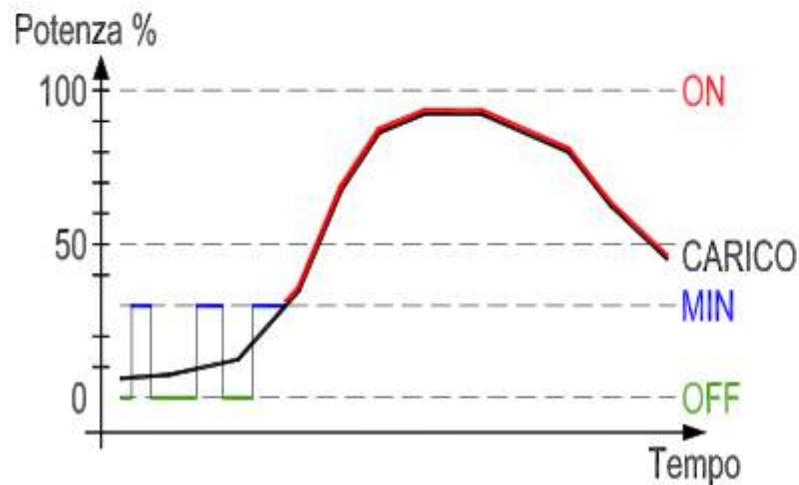
Generatori modulanti secondo EN 15316-4-1 + UNI-TS 11300



## GENERATORE DI CALORE A GAS CON BRUCIATORE MODULANTE



Ciclo di accensione di un  
bruciatore bistadio



Ciclo di accensione di un  
bruciatore modulante



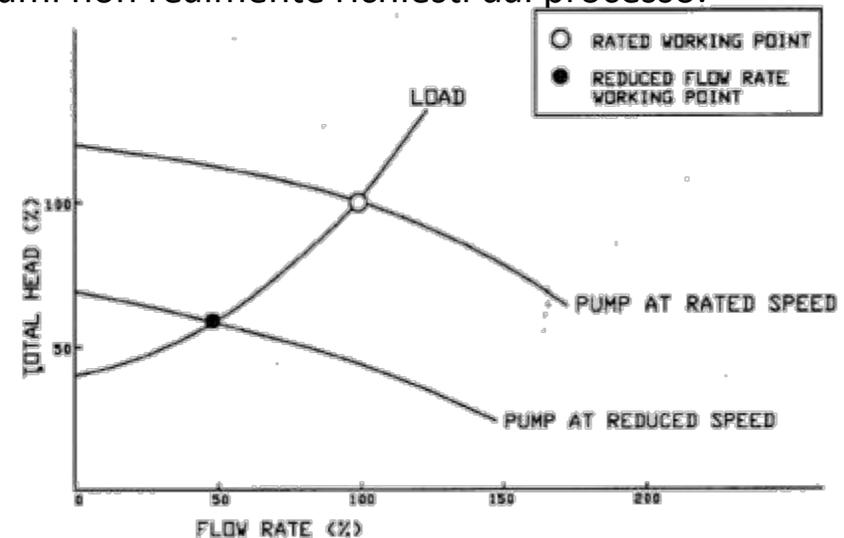
## EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI ORGANI AUSILIARI: I CIRCOLATORI A INVERTER (efficienza dei sistemi di emissione e di produzione)

L'applicazione dell'inverter sulle pompe consente di effettuare una **regolazione non dissipativa** attraverso la variazione della velocità della pompa in funzione del carico richiesto. Questa applicazione consente quindi un **notevole risparmio in termini di energia perché risponde alle reali esigenze energetiche del carico** senza introdurre perdite o consumi non realmente richiesti dal processo.

La regolazione non dissipativa, che può essere effettuata con l'utilizzo di un inverter, va a seguire le reali richieste di carico andando a modificare la **curva caratteristica della pompa**.

La variazione della frequenza di alimentazione della pompa, ottenuta tramite l'utilizzo di un inverter, ne **varia la velocità** e di conseguenza la caratteristica di funzionamento presenterà dei valori di prevalenza diversi.

Un **inverter** è un apparato elettronico in grado di convertire un tipo di corrente in un altro e/o modificarne le caratteristiche, eventualmente a tensione diversa, oppure una corrente alternata in un'altra di differente frequenza.



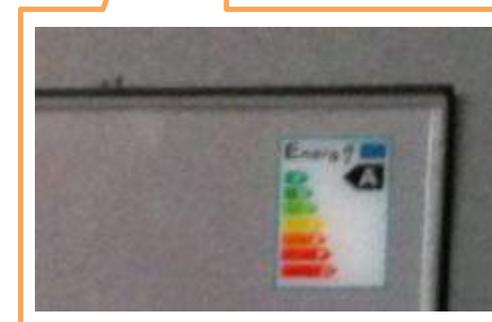
Graficamente la variazione di velocità consiste nello spostamento verticale della curva di funzionamento della pompa. In questo modo è possibile ottenere il nuovo punto di lavoro senza l'aggiunta di elementi dissipativi. Nei modelli impiegati il **risparmio energetico è dell'ordine del 25%**.



## EFFICIENZA ENERGETICA DEGLI ORGANI AUSILIARI: I CIRCOLATORI A INVERTER

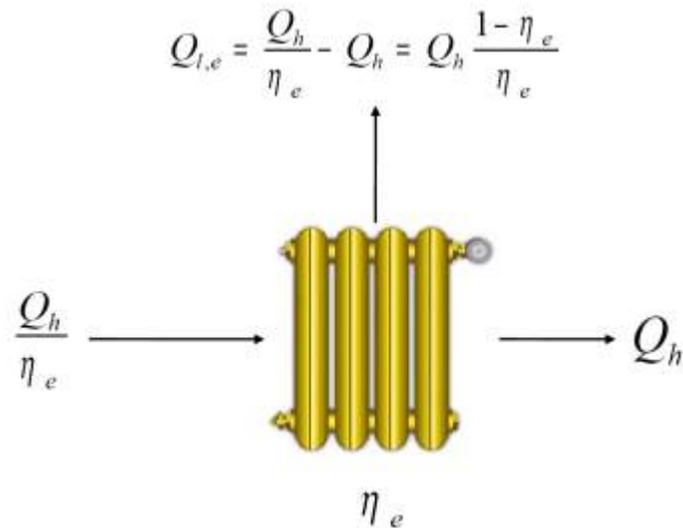


I circolatori equipaggiati con inverter elettronici consentono di risparmiare energia perché "inseguono" il carico idraulico variando la loro velocità e quindi l'assorbimento elettrico



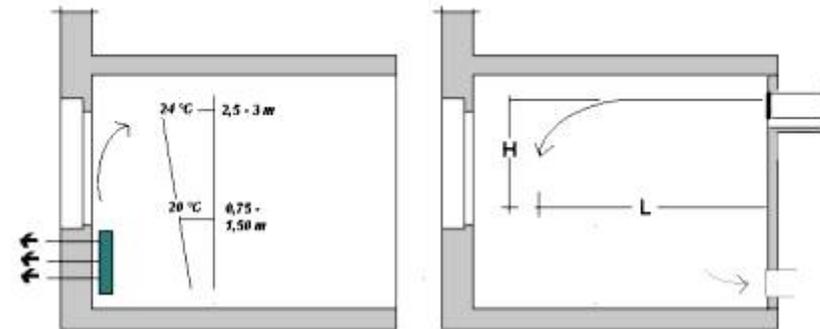


## SCelta DEL TIPO DI TERMINALE DI IMPIANTO > RENDIMENTO DI EMISSIONE



L'efficienza del sistema di emissione, definita attraverso il rendimento di emissione, dipende da:

- tipo di terminale di erogazione dei corpi scaldanti e posizionamento;
- altezza dei locali;
- carico termico medio annuo (W/m<sup>3</sup>);



- emissione di calore direttamente all'esterno per moti convettivi e irraggiamento
- gradiente di temperatura verticale in ambiente

- stratificazione dell'aria determinata dalle caratteristiche del diffusore, dalla temperatura di immissione dell'aria e dalla posizione di ripresa dell'aria

$$Q_{\text{emissione in ingresso}} = Q_{\text{emissione in uscita}} + P_{\text{perdite}}$$

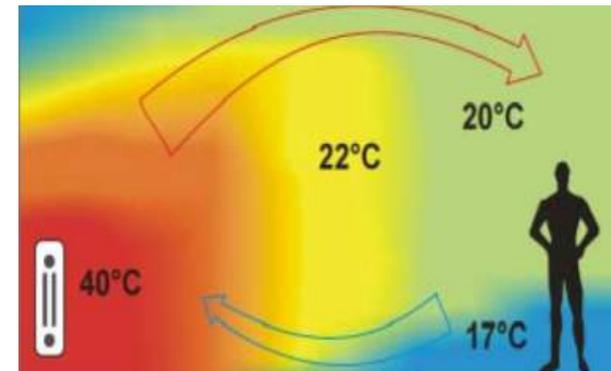
Il carico termico medio annuo, espresso in W/m<sup>3</sup> è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la norma UNI EN ISO 13790, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in m<sup>3</sup>.



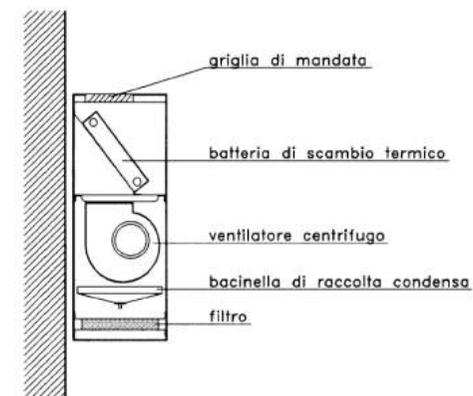
## SCelta DEL TIPO DI TERMINALE DI IMPIANTO > RENDIMENTO DI EMISSIONE



**RADIATORI**



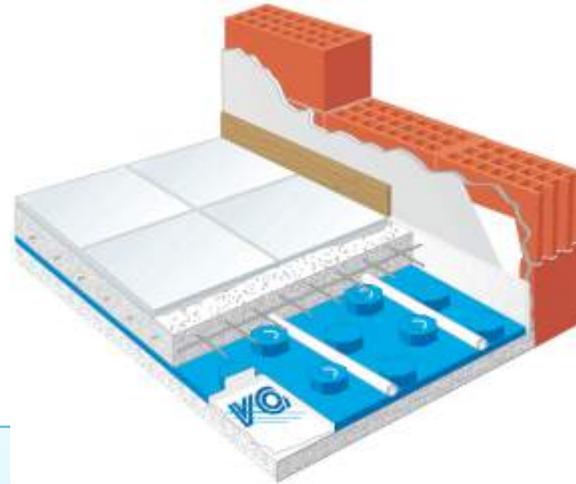
**VENTILCONVETTORI**



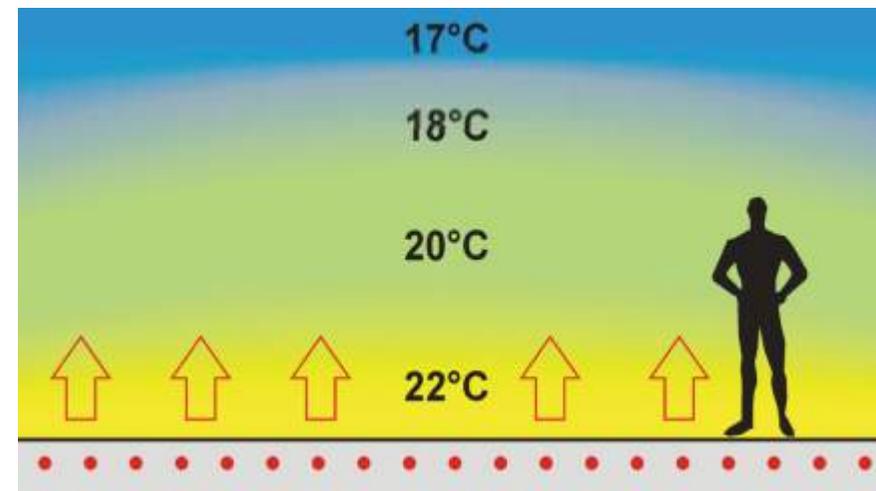


## PANNELLI RADIANTI

Il trasferimento di calore dal massetto riscaldato dal tubo, avviene per **effetto combinato di irraggiamento e convezione**. In questo caso però la componente convettiva è trascurabile rispetto a quella di **irraggiamento**.



Gli impianti a pannelli radianti, rispetto quelli di riscaldamento tradizionale, a parità di temperatura ambiente consentono un **risparmio energetico medio superiore al 20%**. I motivi di questo sensibile risparmio dipendono dal fatto che l'elevata superficie scambiante costituita dal pavimento fa sì che si possa riscaldare con basse temperature del fluido termovettore. Questo rende conveniente l'uso di sorgenti di calore la cui resa aumenta al diminuire della temperatura richiesta (pompe di calore, caldaie a condensazione, pannelli solari, sistemi di recupero del calore, sistemi di teleriscaldamento).



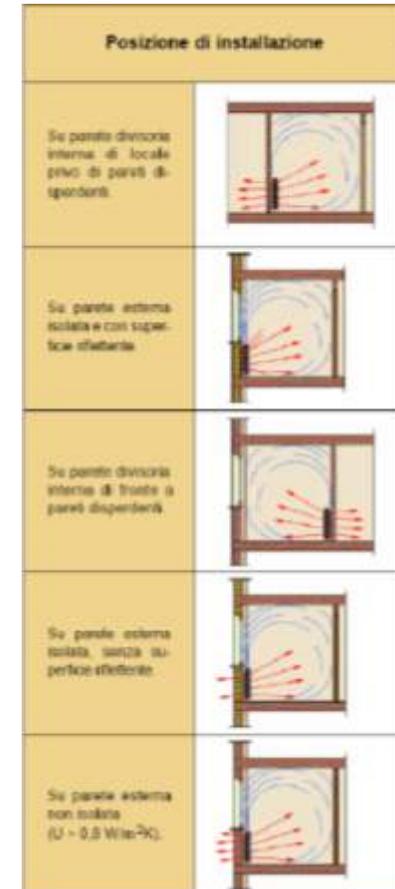


## VALUTAZIONE DEL RENDIMENTO DI EMISSIONE

prospetto 17 Rendimenti di emissione in locali con altezza fino a 4 m

Tipologia di terminale	Carico termico medio annuo a) [W/m³]		
	<= 4	4-10	>10
Radiatori su parete esterna isolata <sup>1)</sup>	0,98	0,97	0,95
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori <sup>2)</sup> (valori riferiti a $t_{media}$ acqua = 45 °C)	0,96	0,95	0,94
Termoconvettori	0,94	0,93	0,92
Bocchette in sistemi ad aria calda <sup>3)</sup>	0,94	0,92	0,90
Pannelli annegati a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
Riscaldatori ad infrarossi	0,99	0,98	0,97

MAX



a) Il carico termico medio annuo espresso in W/m³ è ottenuto dividendo il fabbisogno annuo di energia termica utile espresso in Wh, calcolato secondo la UNI/TS 11300-1, per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali di emissione, espresso in ore, e per il volume lordo riscaldato del locale o della zona espresso in metri cubi.

\*) Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente. Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata (U > 0,8 W/m² K) si riduce il rendimento di 0,04.

\*\*\*) I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

\*\*\*\*) Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:
 

- bocchette o diffusori correttamente dimensionati in relazione alla portata e alle caratteristiche del locale;
- corrette condizioni di funzionamento (generatore di taglia adeguata, corretto dimensionamento della portata di aspirazione);
- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura.

 La distribuzione con bocchette di mandata in locali di altezza maggiore di 4m non è raccomandata. In presenza di tale situazione e qualora le griglie di ripresa dell'aria siano posizionate ad un'altezza non maggiore di 2 metri rispetto al livello del pavimento è opportuno un controllo della stratificazione.



## VALUTAZIONE DEL RENDIMENTO DI EMISSIONE



prospetto 18 Rendimenti di emissione in locali con altezza maggiore di 4 m

Descrizione	Carico termico (W/m <sup>3</sup> )								
	<4			4 - 10			>10		
	Altezza del locale								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
Radiatori su parete esterna isolata <sup>*)</sup>	0,96	0,94	0,92	0,95	0,93	0,91	0,93	0,91	0,89
Radiatori su parete interna	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,90	0,88	0,86
Ventilconvettori <sup>**)</sup> (valori riferiti a temperatura media acqua = 45 °C)	0,94	0,92	0,90	0,93	0,91	0,89	0,92	0,90	0,88
Bocchette in sistemi ad aria calda	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Generatore d'aria calda singolo a basamento o pensile	0,97	0,96	0,95	0,95	0,94	0,93	0,93	0,92	0,91
Aerotermi ad acqua	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92	0,92	0,91	0,90
Generatore d'aria calda singolo pensile a condensazione	0,98	0,97	0,96	0,96	0,95	0,94	0,94	0,93	0,92
Strisce radianti ad acqua, a vapore, a fuoco diretto	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95
Riscaldatori ad infrarossi	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,94
Pannelli a pavimento annegati <sup>***)</sup>	0,98	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95	0,95	0,95	0,95
Pannelli a pavimento (isolati)	0,99	0,98	0,97	0,97	0,97	0,96	0,96	0,96	0,95

<sup>\*)</sup> Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua minore o uguale a 55 °C. Per temperatura di mandata dell'acqua di 85 °C il rendimento decrementa di 0,02 e per temperature di mandata comprese tra 55 e 85 °C si interpola linearmente. Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01. In presenza di parete esterna non isolata ( $U > 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ) si riduce il rendimento di 0,04.

<sup>\*\*)</sup> I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente. Il valore di rendimento riportato in tabella tiene già conto del recupero dell'energia elettrica, che quindi deve essere calcolata solo ai fini della determinazione del fabbisogno di energia ausiliaria e non dell'eventuale recupero.

<sup>\*\*\*)</sup> I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite devono essere calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.

MAX

MAX



## VALUTAZIONE DEL RENDIMENTO DI EMISSIONE

prospetto 19

### Condizioni di corretta installazione per terminali di emissione in locali con altezza maggiore di 4 m

Tipologia di sistema	Condizioni di corretta installazione
Generatori aria calda	<ul style="list-style-type: none"><li>- salto termico <math>&lt;30</math> K in condizioni di progetto;</li><li>- regolazione modulante o alta bassa fiamma, con ventilatore funzionante in continuo;</li><li>- generatori pensili installati ad un'altezza non maggiore di 4 m;</li><li>- per impianti canalizzati, bocchette di ripresa dell'aria in posizione non superiore a 1 m rispetto al livello del pavimento;</li><li>- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura (in particolare) dello spazio riscaldato.</li></ul>
Strisce radianti	<ul style="list-style-type: none"><li>- apparecchi rispondenti alla UNI EN 14037-1;</li><li>- buona tenuta all'aria dell'involucro e della copertura (in particolare) dello spazio riscaldato.</li></ul>
Pannelli radianti	<ul style="list-style-type: none"><li>- sistemi dimensionati e installati secondo la UNI EN 1264-3 UNI EN 1264-4.</li></ul>

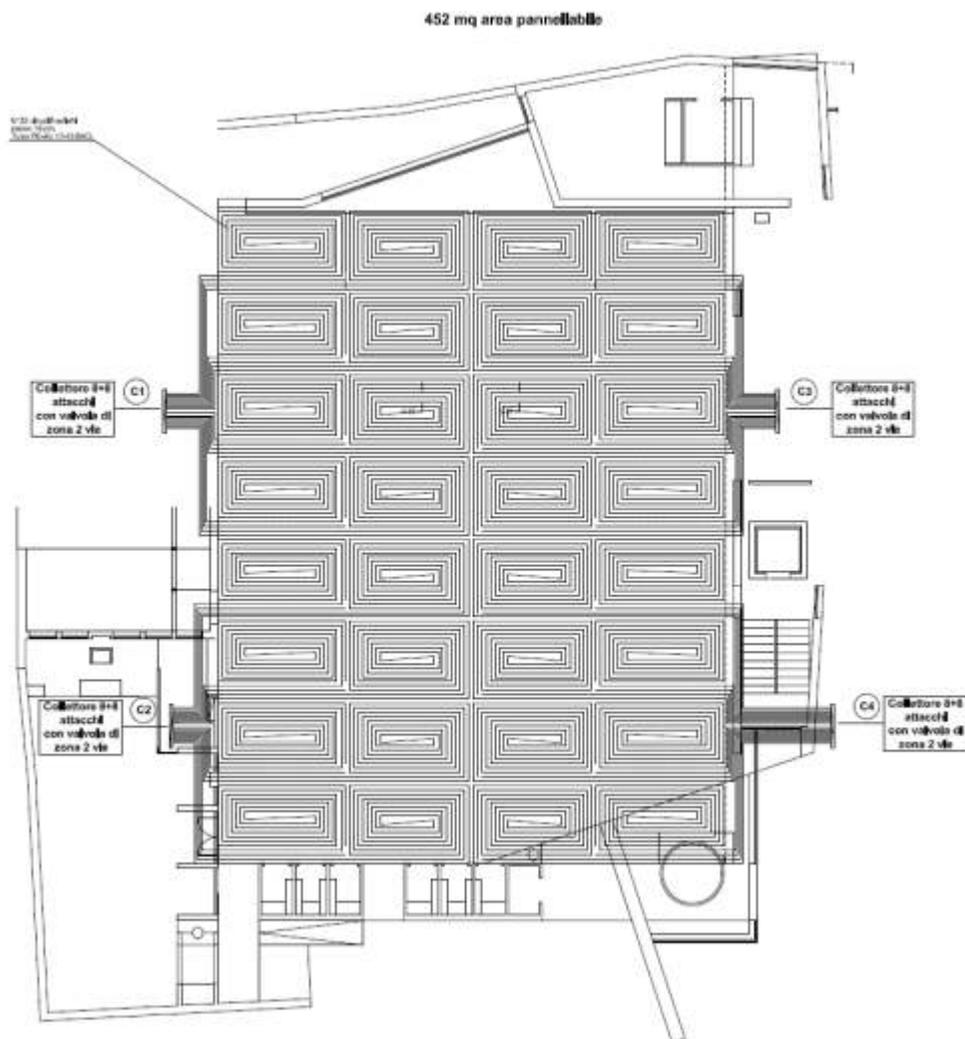


**ESEMPIO DI IMPIANTO RADIANTE PER AMBIENTI > 4 M : EDIFICIO PER IL CULTO**  
**Complesso parrocchiale “S. Giovanni Battista e S. Benedetto Abate” a Pescara**



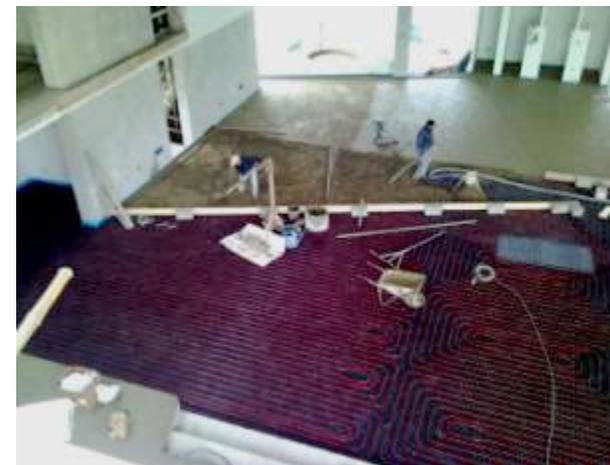


## ESEMPIO DI IMPIANTO RADIANTE PER AMBIENTI > 4 M : EDIFICIO PER IL CULTO





## ESEMPIO DI IMPIANTO RADIANTE PER AMBIENTI > 4 M : EDIFICIO PER IL CULTO



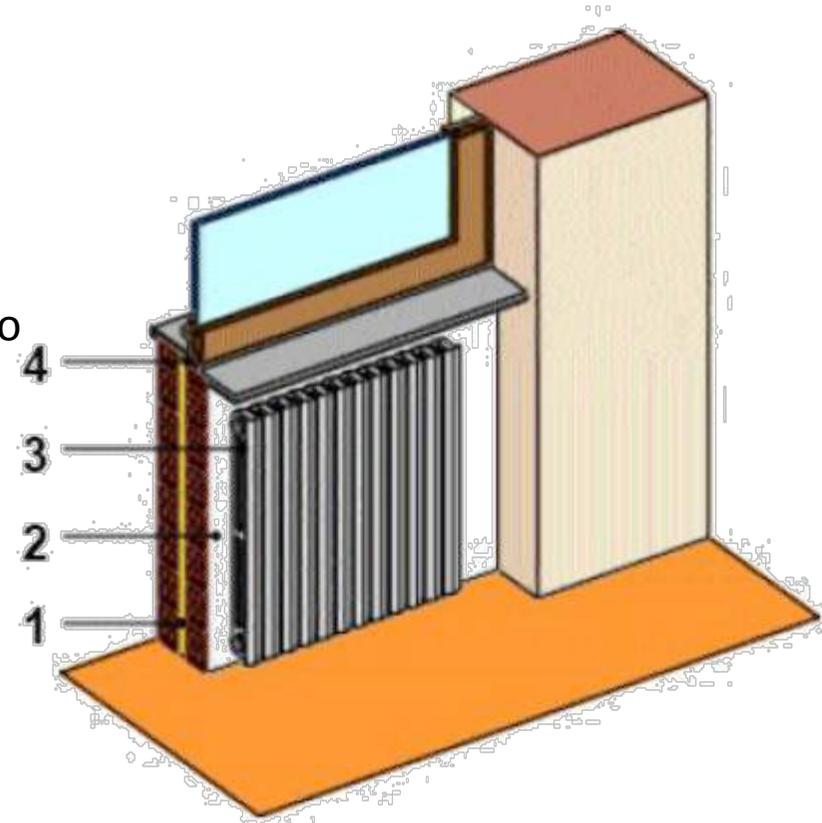




## VALUTAZIONE DEL RENDIMENTO DI EMISSIONE

Fattori da considerare per l'ottimizzazione del rendimento di emissione

1. **bassa temperatura** media di progetto del fluido termovettore;
2. **buon isolamento termico** della parete retrostante;
3. **strato riflettente** sulla parete retrostante;
4. **mensole** atte a deviare i flussi convettivi verso l'interno del locale e taglio termico delle mensole stesse.





## SCelta DEL TIPO REGOLAZIONE > RENDIMENTO DI REGOLAZIONE

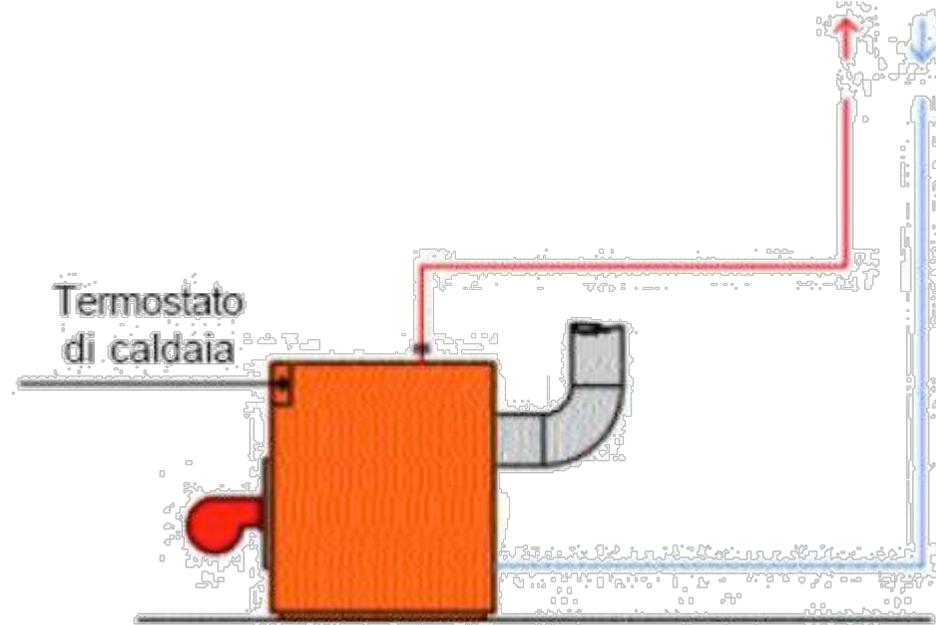
L'efficienza ambientale dipende inoltre dal **rendimento di regolazione**, che a sua volta dipende dall'**efficacia dei sistemi di controllo adottati**.

- Regolazione manuale sul termostato di caldaia;
- Regolazione della temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia con centralina comandata da sonda climatica esterna (regolazione climatica centralizzata);
- Regolazione di ambiente e di zona senza controllo della temperatura in uscita dalla caldaia (regolazione per singolo ambiente o solo per zona);
- Regolazione ambiente e di zona con controllo della temperatura dell'acqua in uscita dalla caldaia con centralina comandata da sonda climatica esterna (regolazione climatica centralizzata + regolazione per singolo ambiente o per zona)



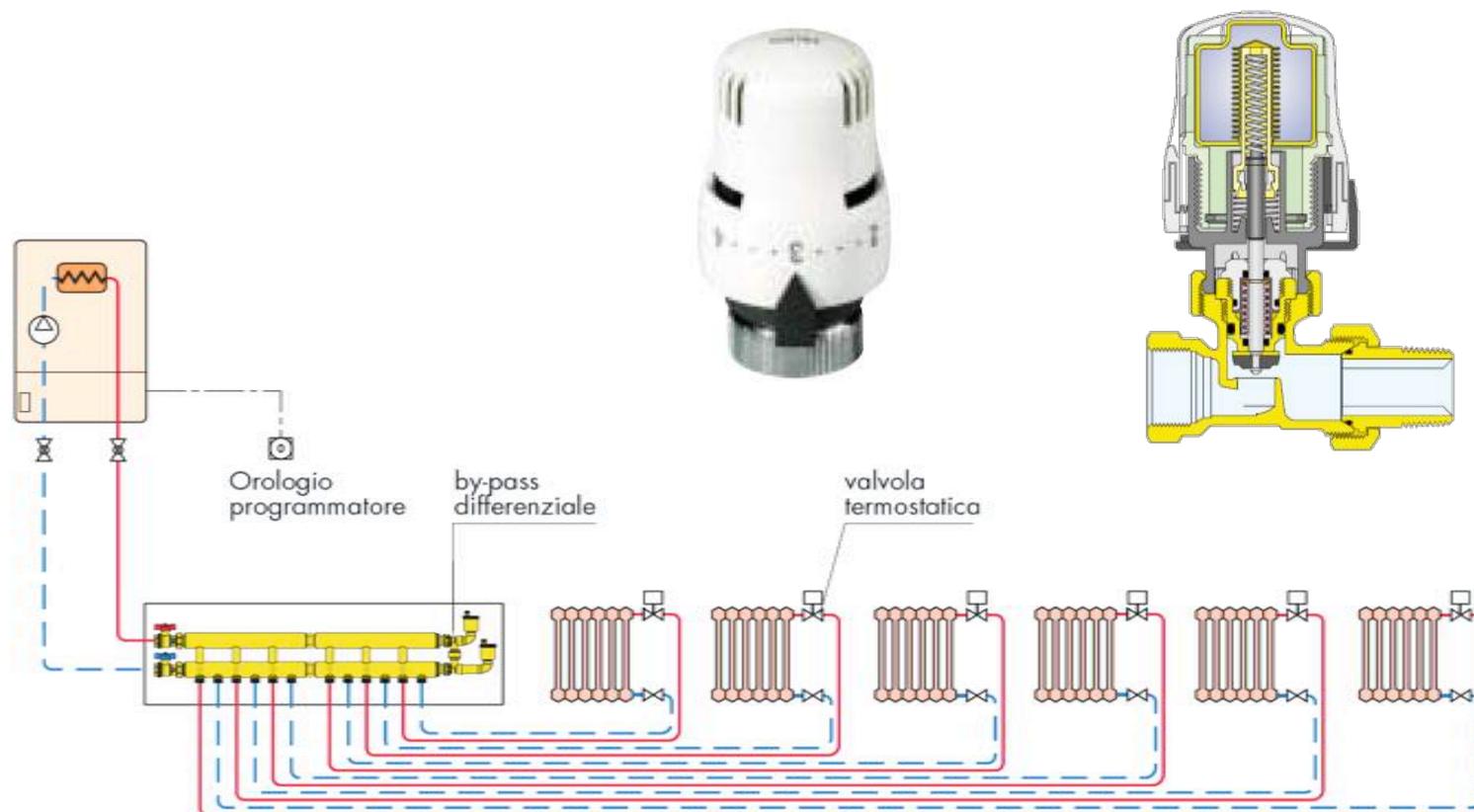
## REGOLAZIONE MANUALE: LA SCELTA PEGGIORE

Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Regolazione manuale		0,95 – (0,6 $\eta_u \gamma$ )	0,93 – (0,6 $\eta_u \gamma$ )	0,89 – (0,6 $\eta_u \gamma$ )
		Indicativamente: 0,83	Indicativamente: 0,81	Indicativamente: 0,77





## REGOLAZIONE PER SINGOLO AMBIENTE: VALVOLE TERMOSTATICHE



Schema tipo impianto autonomo con valvole termostatiche



## LE VALVOLE TERMOSTATICHE

RA 2990 /92      RA 2920/22

$K_p=0K$   
 $K_p=2K$

\* = Frost protection setting

7	9,5	14	17	20	23	26	28°C
	*	1	2 . . . 3 . . . 4	5			
5	7,5	13	15	18	21	24	26°C

RA 5062, RA 506

$K_p=0K$

10      14      18      22      26      30°C

*	1	2 . . . 3 . . . 4	5		
8	12	16	20	24	28°C

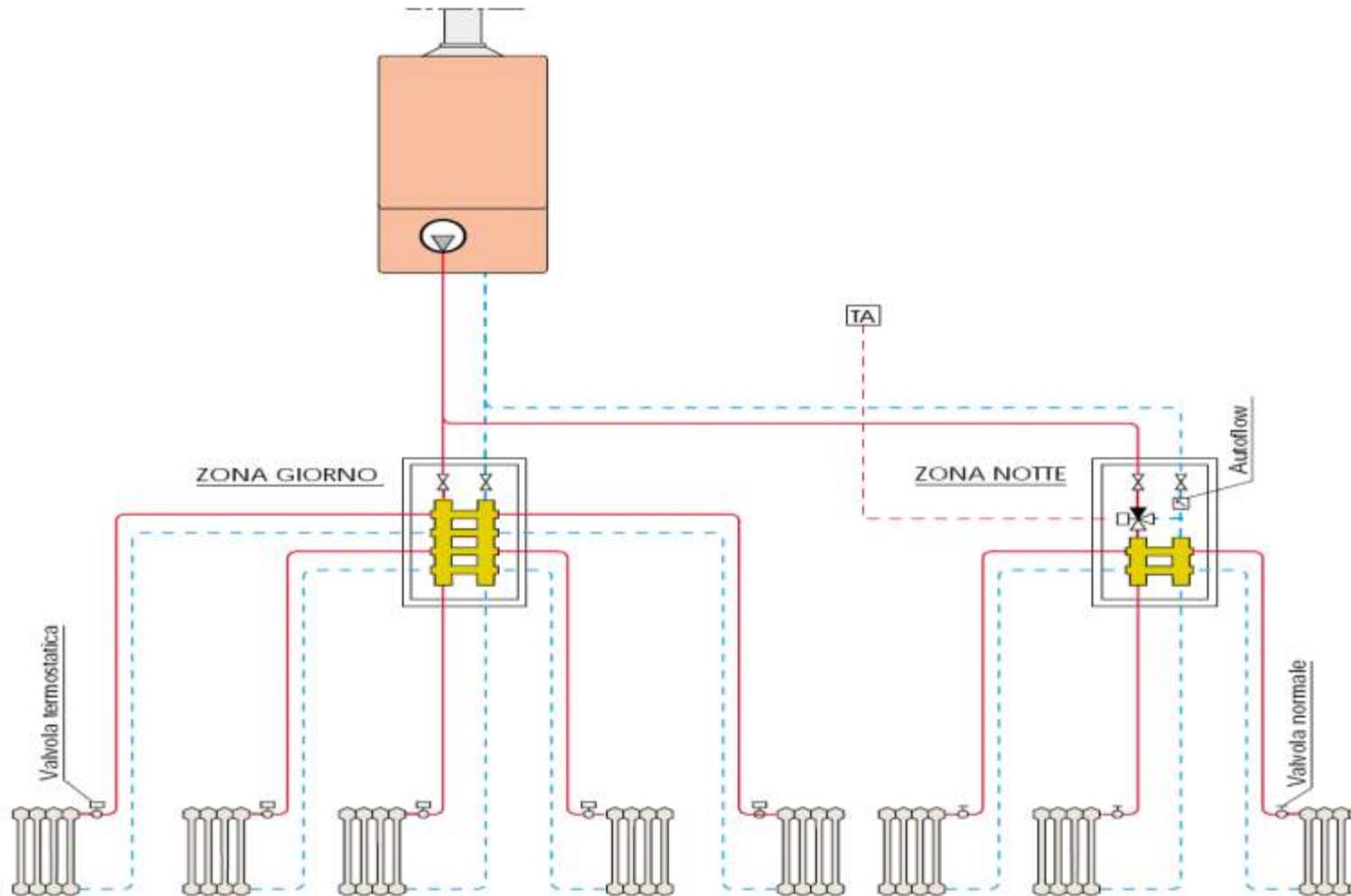
\* = Frost protection setting

L'introduzione delle valvole termostatiche provoca  
**il crollo della portata nell'impianto**  
150...200 l/h per radiatore → 100...150 l/h per appartamento



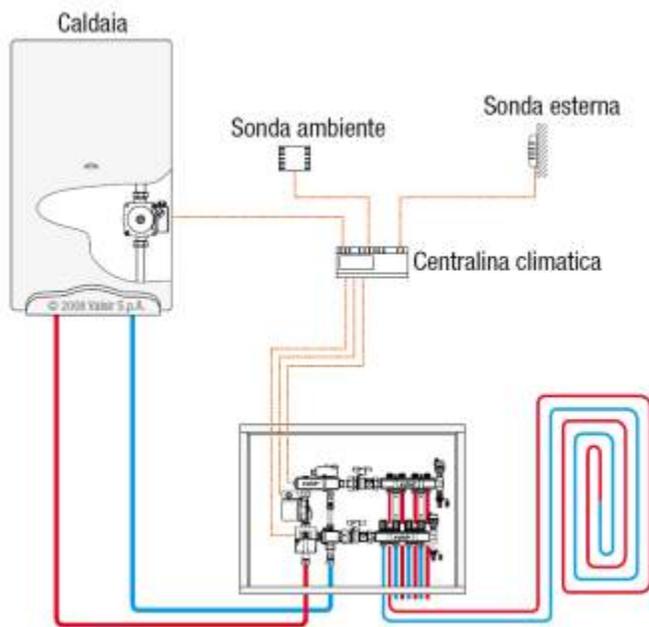
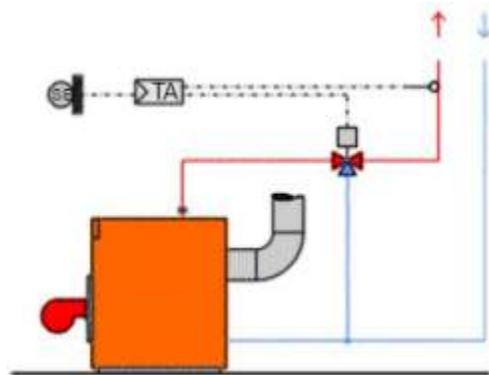


## SCHEMA DI CONTROLLO MISTO: ZONA + SINGOLO AMBIENTE

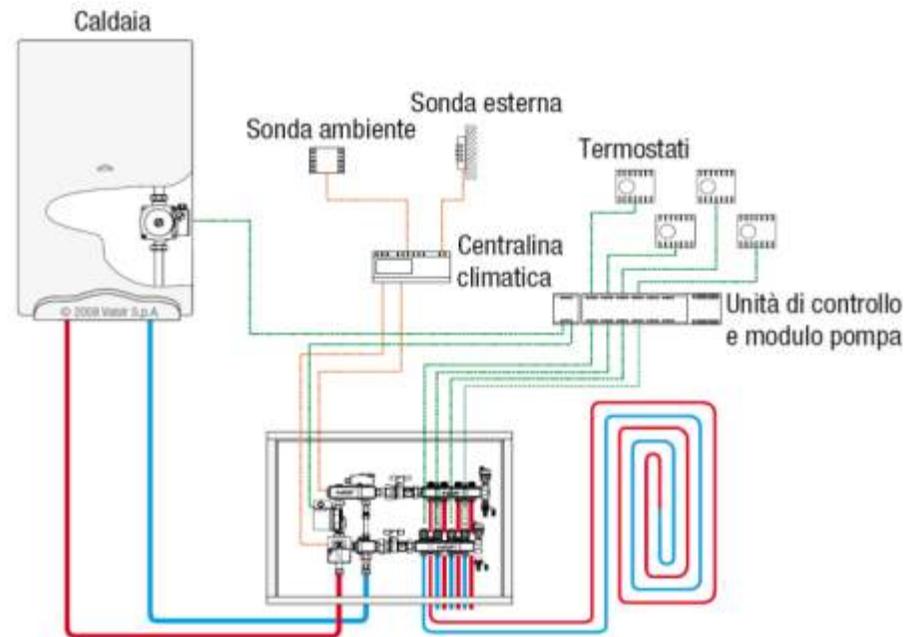




## REGOLAZIONE CLIMATICA



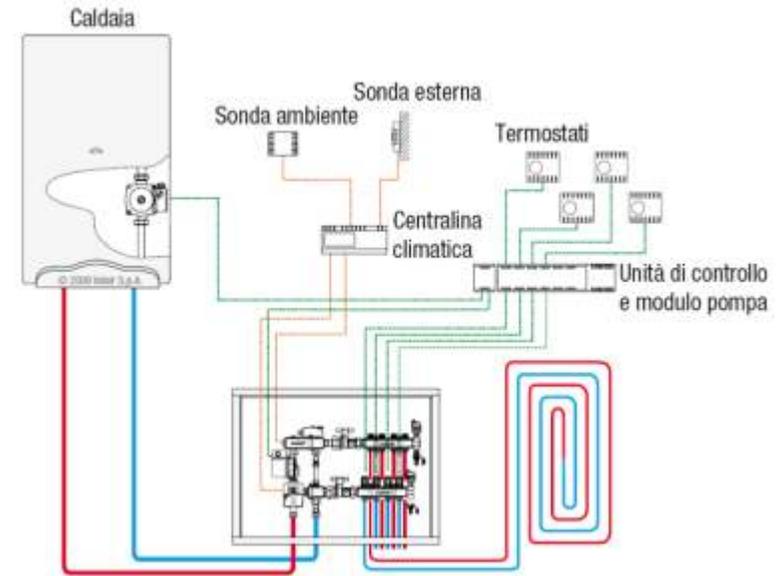
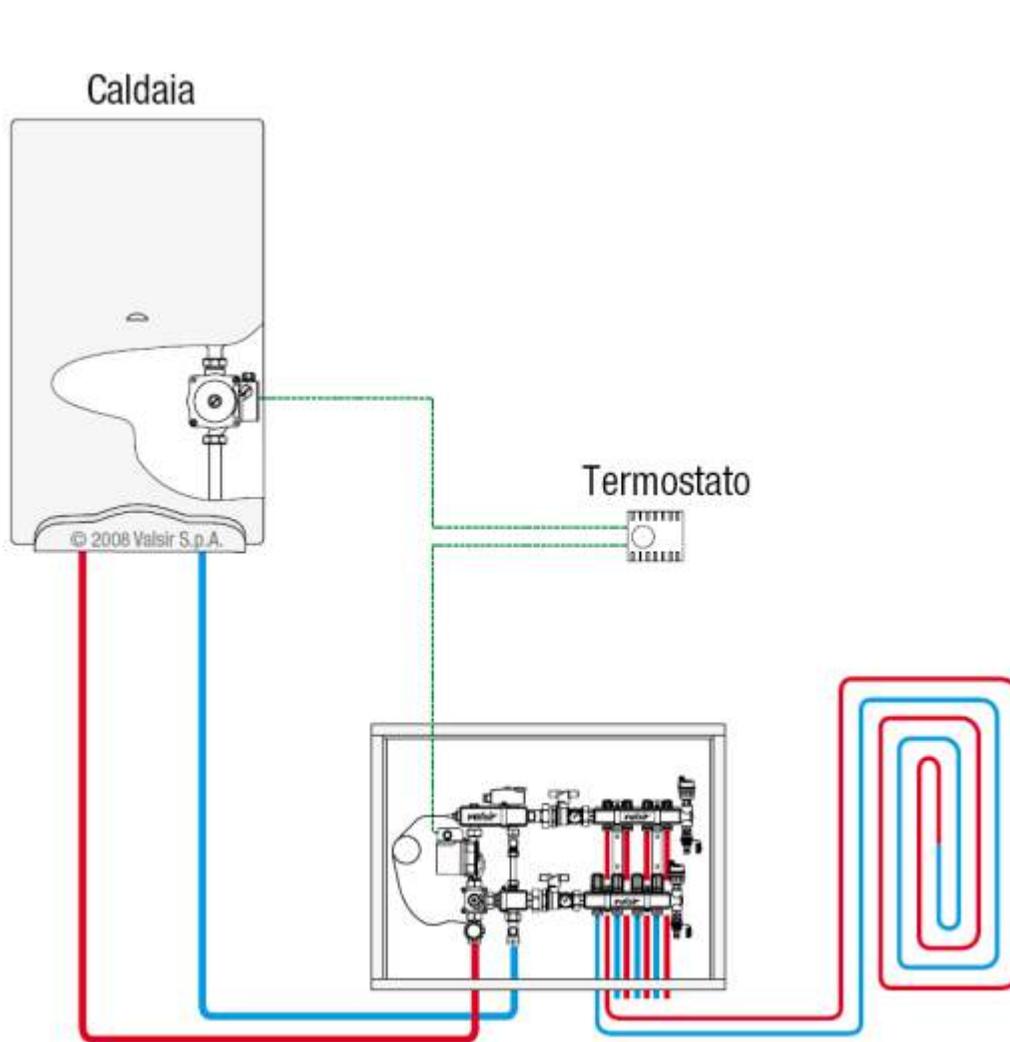
## REGOLAZIONE CLIMATICA + ZONA



La centralina climatica rileva la temperatura esterna, la temperatura interna di un locale campione e quella di mandata ai circuiti riscaldanti agendo sul motore della valvola miscelatrice. Al diminuire della temperatura esterna, la centralina agisce sulla valvola miscelatrice aumentando la temperatura di mandata all'impianto. La sonda ambiente consente di confrontare il valore misurato con quello impostato nella centralina climatica che ha la funzione di cronotermostato. Raggiunta la temperatura impostata, la centralina arresta la pompa della caldaia e quella del miscelatore.



## REGOLAZIONE SOLO DI ZONA



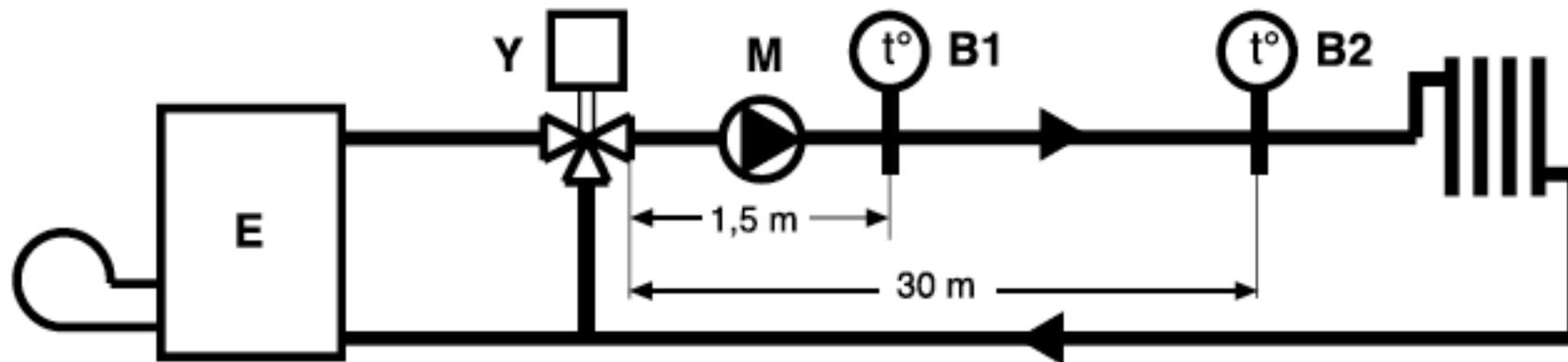
Il termostato o il cronotermostato comanda le pompe di circolazione del miscelatore e della caldaia, raggiunta la temperatura impostata viene arrestata la circolazione di acqua calda nell'impianto.



## RENDIMENTO DI REGOLAZIONE : SCELTA DEI “COMPORTAMENTI”

### Tempo morto ( $t_m$ )

È il tempo che intercorre dal momento ( $t_0$ ) in cui si verifica la variazione a quello dell'inizio della misura (intervento del sistema di regolazione).



**Fig. 2** Esempio di tempo morto

Considerando una velocità dell'acqua dell'impianto di 0,5 m/s :

- con la sonda B1 il tempo morto è  $1,5 \text{ m} : 0,5 \text{ m/s} = 3 \text{ secondi}$  (valore trascurabile)
- con la sonda B2 il tempo morto è  $30 \text{ m} : 0,5 \text{ m/s} = 60 \text{ secondi}$  (valore eccessivo per la regolazione)



## RENDIMENTO DI REGOLAZIONE : SCELTA DEI “COMPORTAMENTI”

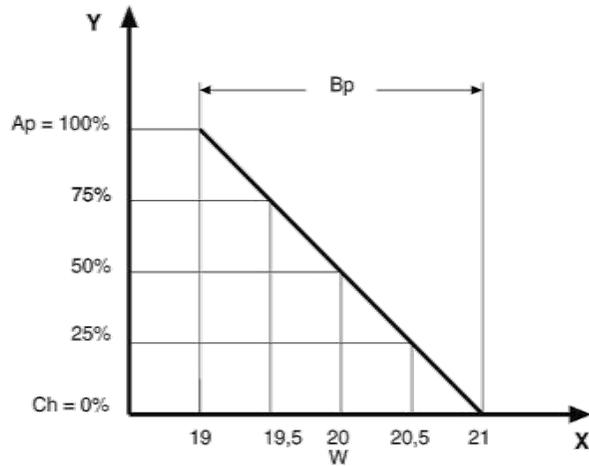
Il sistema di regolazione in un impianto deve garantire che la risposta ad una variazione della grandezza controllata abbia, durante il transitorio, delle minime oscillazioni di valori e che successivamente venga ripristinato il valore voluto (W).

- comportamento proporzionale (P)
- comportamento integrale (I)
- comportamento proporzionale/integrale (PI)
- comportamento derivativo (D)
- comportamento proporzionale/derivativo (PD)
- comportamento proporzionale/integrale/derivativo (PID)

Tra questi quelli che trovano maggiore impiego nella regolazione degli impianti tecnologici sono : P - PI



## RENDIMENTO DI REGOLAZIONE : SCELTA DEI "COMPORTAMENTI"



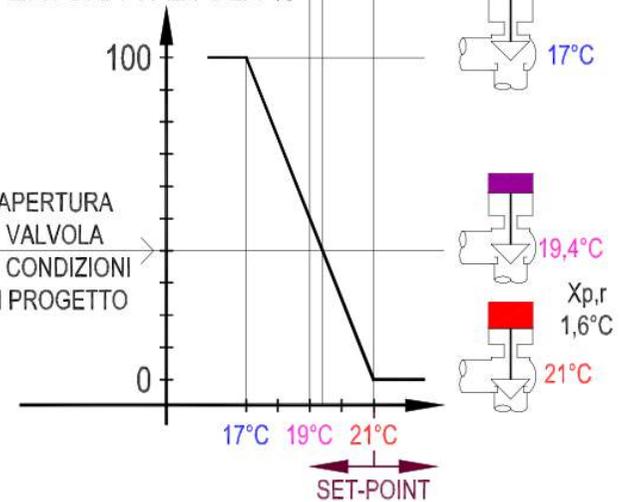
Legenda :  
 Y = segnale di comando  
 X = misura reale  
 W = valore voluto  
 $B_p$  = banda proporzionale ( $\pm 1$  °C)  
 $A_p$  = apertura totale  
 $Ch$  = chiusura totale

POTENZA RADIATORE  
 DT DI PROGETTO  
 PORTATA DI PROGETTO  
 PERDITA DI CARICO  
 DI PROGETTO  
 DIMENSIONE  
 VALVOLA

**BANDA  
 PROPORZIONALE  
 DI PROGETTO**

$X_p$  PROGETTO (max ammissibile)  
 $X_{p,r}$  REALE (del singolo radiatore)

APERTURA VALVOLA %

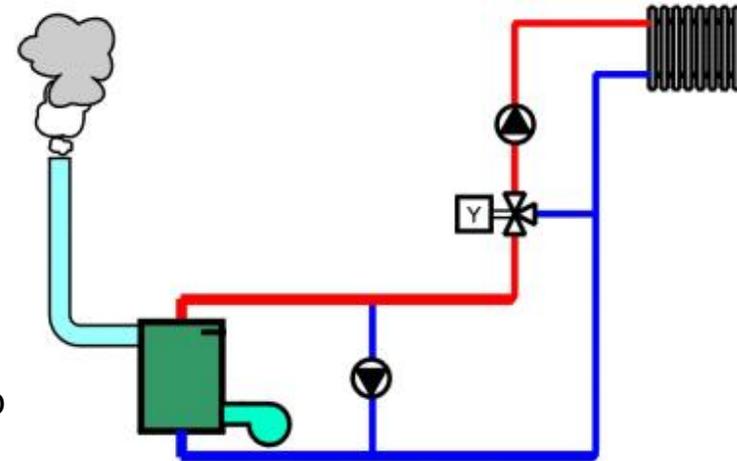




## RENDIMENTO DI REGOLAZIONE : COMPORTAMENTO PROPORZIONALE

**L'attuatore** (valvola motorizzata, servomotore per serrande, ecc.) assume posizioni proporzionali allo scostamento della grandezza dal valore voluto ( $W$ ).

Di conseguenza il segnale di comando ( $Y$ ) di un regolatore proporzionale dipende, nel campo della banda proporzionale, **solo** dal valore dello scostamento ( $Wx$ ) della grandezza regolata dal valore voluto ( $W$ ), equivale a dire che **il comando e' direttamente proporzionale** all'ampiezza dello scostamento.



Il regolatore proporzionale:

- e' sollecito nel rispondere alle modifiche delle grandezze controllate o del valore voluto
- e' di semplice impiego, l'unico parametro da impostare infatti e' la  $B_p$
- regola ai diversi valori della  $B_p$  impostata = scostamento permanente, solo in una condizione di funzionamento (posizione della valvola) corrisponde al valore voluto
- per ridurre l'entità dello scostamento permanente si deve diminuire la  $B_p$ , tuttavia  $B_p$  eccessivamente piccole possono trasformare, al limite, la regolazione modulante proporzionale in una a 2 posizioni (On-Off).

Per le sue peculiarità il regolatore proporzionale e' utilizzato:

- in impianti in cui la grandezza regolata non e' soggetta a continue e repentine variazioni (carico instabile nel tempo)
- in impianti in cui e' accettabile un funzionamento, in certe condizioni, a valori diversi da quello voluto (scostamento permanente).
- in impianti con volumi importanti (accumulatori) o a portate costanti.



## RENDIMENTO DI REGOLAZIONE : COMPORTAMENTO PROPORZIONALE INTEGRALE

I regolatori (PI) utilizzano i vantaggi rappresentati dalla pronta risposta del regolatore proporzionale, in funzione del valore dello scostamento, con l'indipendenza dal carico del regolatore integrale.

In presenza di una variazione della grandezza regolata:

- interviene subito l'azione proporzionale, il cui segnale di comando modifica la posizione dell'attuatore in base al valore dello scostamento e della banda proporzionale impostata.
- terminata l'azione proporzionale, agisce quella integrale la quale produce un segnale di comando, ripetendo nel tempo ( $T_n$ ) la correzione effettuata dal proporzionale per annullare lo scostamento permanente dal valore voluto lasciato dall'azione proporzionale. L'azione integrale termina al raggiungimento del valore voluto (prescritto).

Il tempo integrale  $T_n$  e' il tempo che necessita all'azione integrale per ripetere un segnale di comando dello stesso valore di quello effettuato immediatamente dall'azione proporzionale.

Sull'impianto il comportamento del regolatore PI ad una variazione della grandezza regolata e' riconoscibile dal primo segnale di comando continuo nel tempo (azione proporzionale) e da successivi impulsi di comando di durata progressivamente in diminuzione intervallati da pause di durata progressivamente in aumento (azione integrale) con il diminuire dello scostamento residuo dal valore voluto.

Quindi nei regolatori PI due sono i parametri che interessano il funzionamento :  **$B_p$  (banda proporzionale) e  $T_n$  (tempo integrale).**

Questi parametri possono essere a valori fissi o regolabili.

**fissi:** definiti dal costruttore come in genere e' per i **regolatori climatici del riscaldamento**

**regolabili:** nei regolatori destinati agli **impianti di condizionamento, termoventilazione, ecc.**



## VALUTAZIONE DEL RENDIMENTO DI REGOLAZIONE

### 5 Rendimenti di regolazione

Tipo di regolazione	Caratteristiche della regolazione	Sistemi ad elevata inerzia termica		
		Sistemi a bassa inerzia termica	Radiatori, convettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna) $K = (0,6 \eta_n \gamma^a)$		K = 1	K = 0,98	K = 0,94
Solo di zona	On-off	0,93	0,91	0,87
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
Solo per singolo ambiente	On off	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
Zona + climatica	On off	0,96	0,94	0,92
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
Per singolo ambiente + climatica	On off	0,97	0,95	0,93
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97

a)  $\gamma$  rapporto tra apporti e dispersioni definito nella UNI/TS 11300-1;  $\eta_n$  fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI/TS 11300-1.

Nota 1 Nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia), ai soli fini di valutazione dei miglioramenti dell'efficienza energetica, si possono utilizzare i valori della regolazione "solo climatica" con una penalizzazione di 0,05 sul rendimento.

Nota 2 Per quanto riguarda le funzioni di regolazione contenute nella UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.1, il tipo di regolazione "solo climatica" (compensazione con sonda esterna), nel caso di assenza di regolazione della temperatura ambiente (solo termostato di caldaia) corrisponde alla funzione 0 "No automatic control", mentre nel caso di presenza della compensazione con sonda esterna corrisponde alla funzione 1 "central automatic control". Le funzioni 2,3,4 contenute nello stesso punto "Individual room control", "Individual room control with communication" e "Individual room control with communication and presence control" fanno riferimento alle tipologie di regolazione di zona e singolo ambiente, così come previsto dalla stessa UNI EN 15232:2012 prospetto 2 punto 1.5.

Nota 3 La norma UNI EN 215 sulle valvole termostatiche fornisce indicazioni sulle definizioni di banda proporzionale indicate nel prospetto.

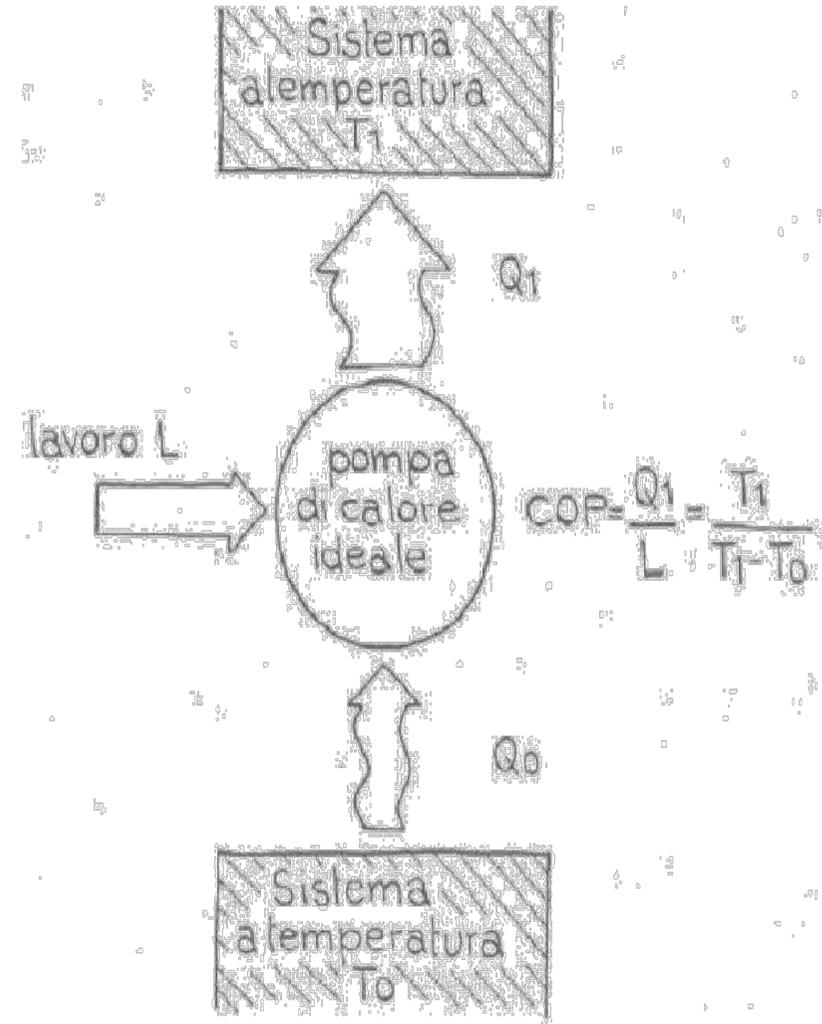
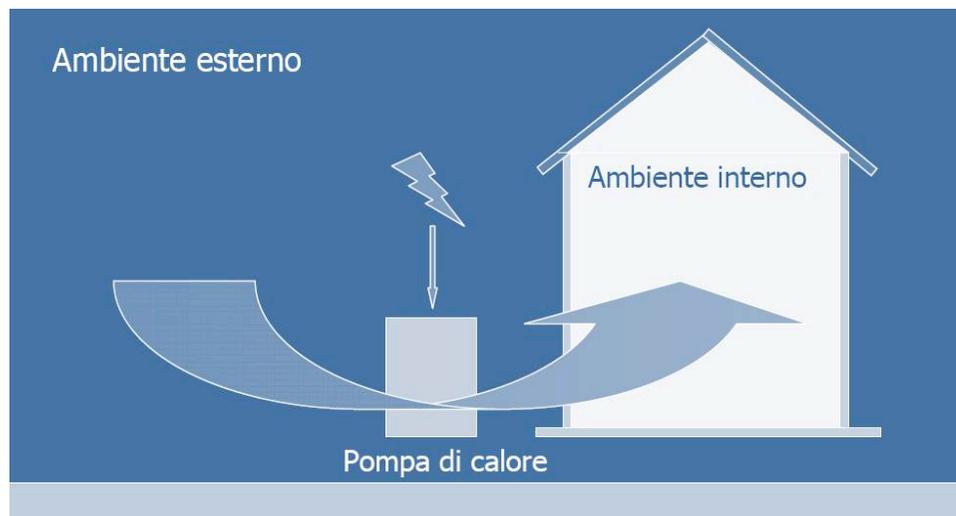
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
Solo per singolo ambiente	On off	0,94	0,92	0,88
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
Zona + climatica	On off	0,96	0,94	0,92
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	PI o PID	0,995	0,98	0,96



## POMPE DI CALORE: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

Tramite la fornitura di lavoro meccanico o elettrico si può rendere disponibile una quantità di calore a temperatura più bassa, ad esempio quella esterna, a livello utile per il riscaldamento:

$$Q_1 = Q_0 + L$$



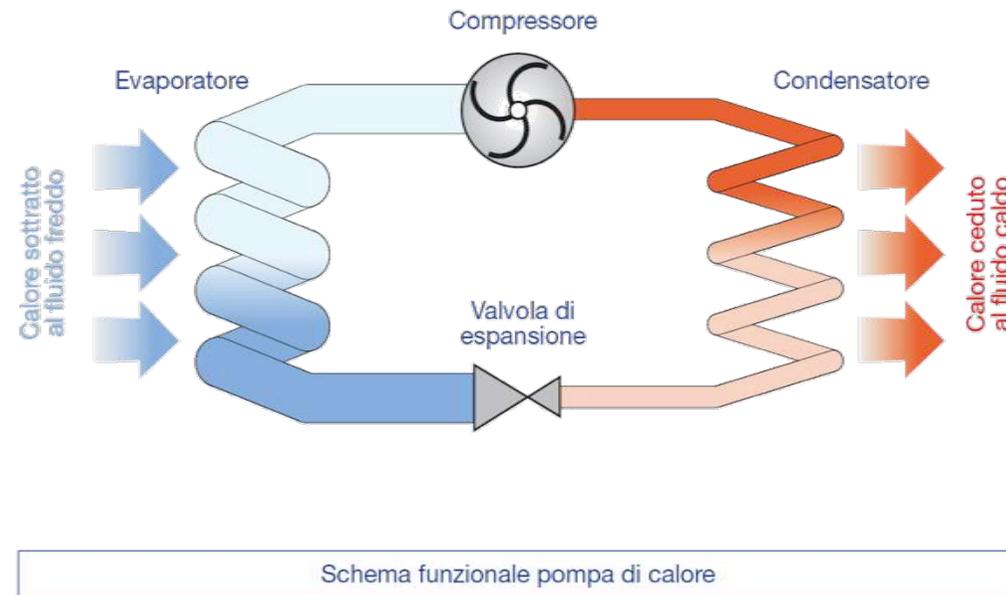


## POMPE DI CALORE: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

La tecnologia della pompa di calore utilizza l'energia fornita da aria, acqua e suolo per fornire il riscaldamento e la produzione di acqua calda, **trasforma in energia utile** una energia a bassa entalpia presente nell'ambiente, che resterebbe inutilizzata.

**Essa utilizza la stessa tecnologia del frigorifero:** un certo "fluido (refrigerante)" trasporta il calore da una sorgente a basso livello di temperatura ad un area di più elevato livello di temperatura.

È possibile invertire la direzione di questo ciclo e utilizzare la stessa macchina per il riscaldamento e raffreddamento.





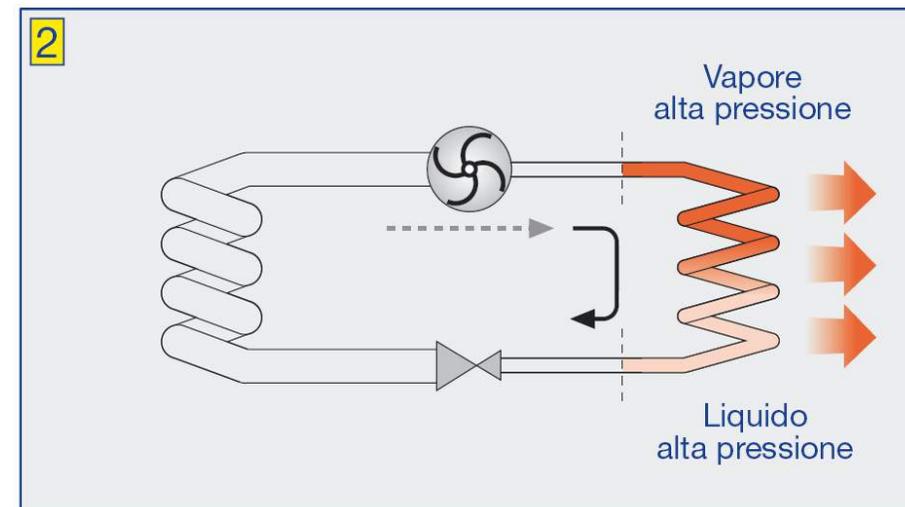
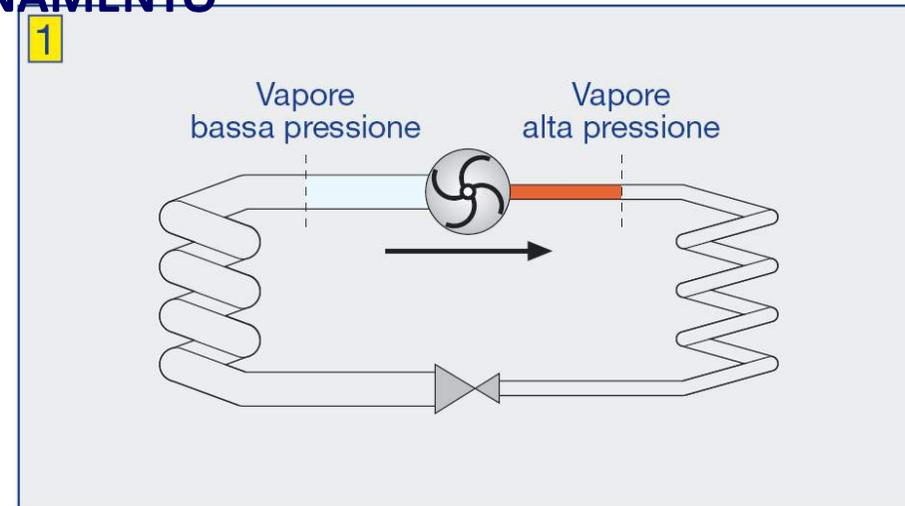
## POMPE DI CALORE: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

### **Compressore:**

comprime il fluido intermedio innalzandone la temperatura.

### **Condensatore:**

consente al fluido intermedio (che passa da vapore a liquido) di cedere calore al fluido caldo.

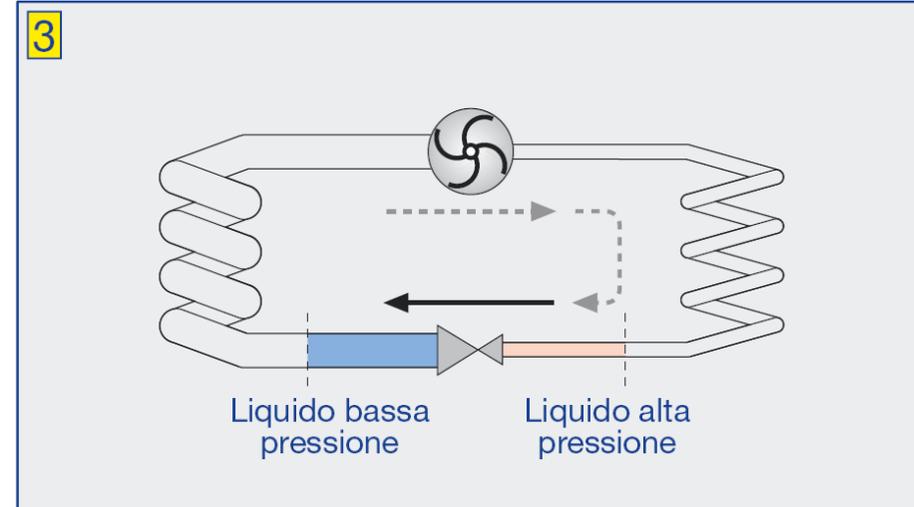




## POMPE DI CALORE: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

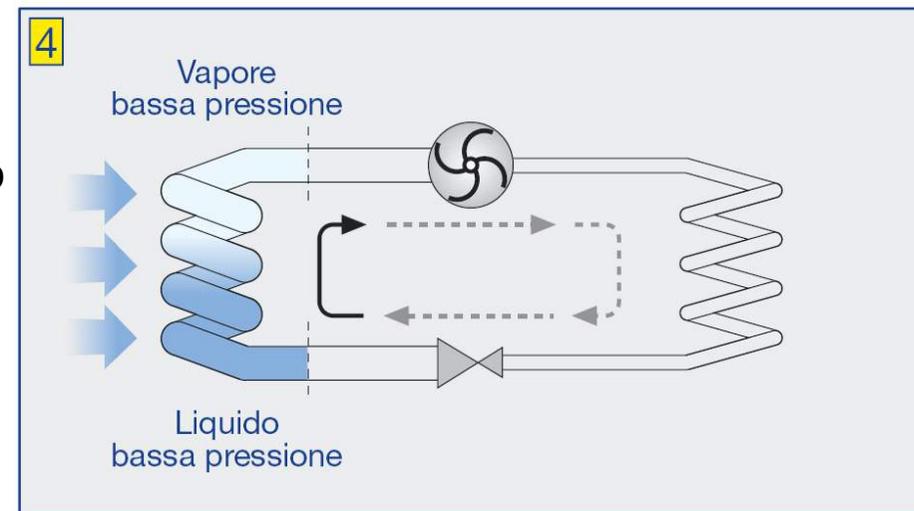
### Valvola di espansione:

fa espandere il fluido intermedio abbassandone la temperatura.



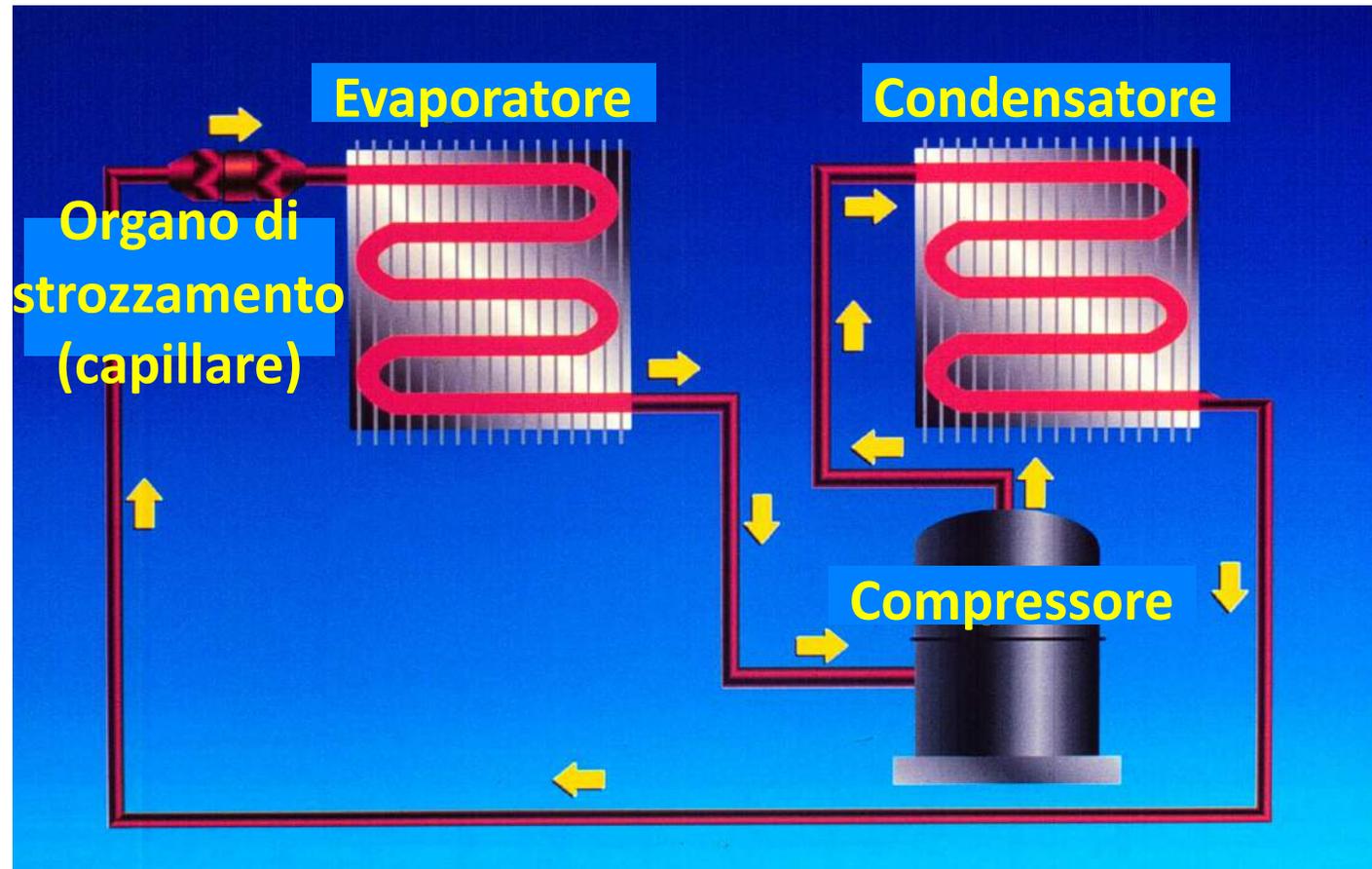
### Evaporatore:

consente al fluido intermedio (che passa da liquido a vapore) di assorbire calore dal fluido caldo.





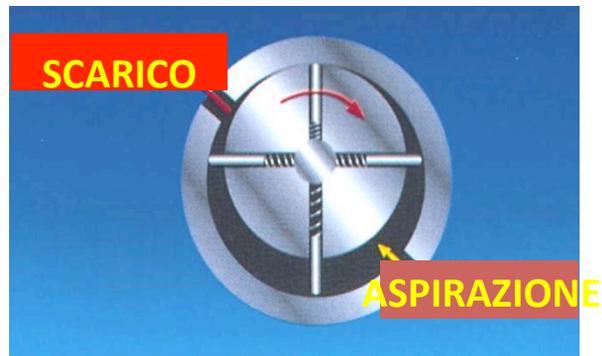
## POMPE DI CALORE: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO





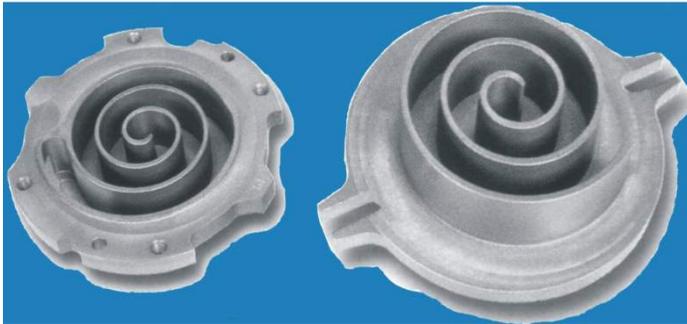
## POMPE DI CALORE: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO

### COMPRESSORE ERMETICO ROTATIVO A PALETTE





## POMPE DI CALORE: PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO



**COMPRESSORE  
ERMETICO  
SCROLL**

