

## PRESTAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI:

Calcolo del fabbisogno di energia primaria

Rendimenti e perdite dell'impianto termico per:

- Climatizzazione invernale;
- Produzione di ACS

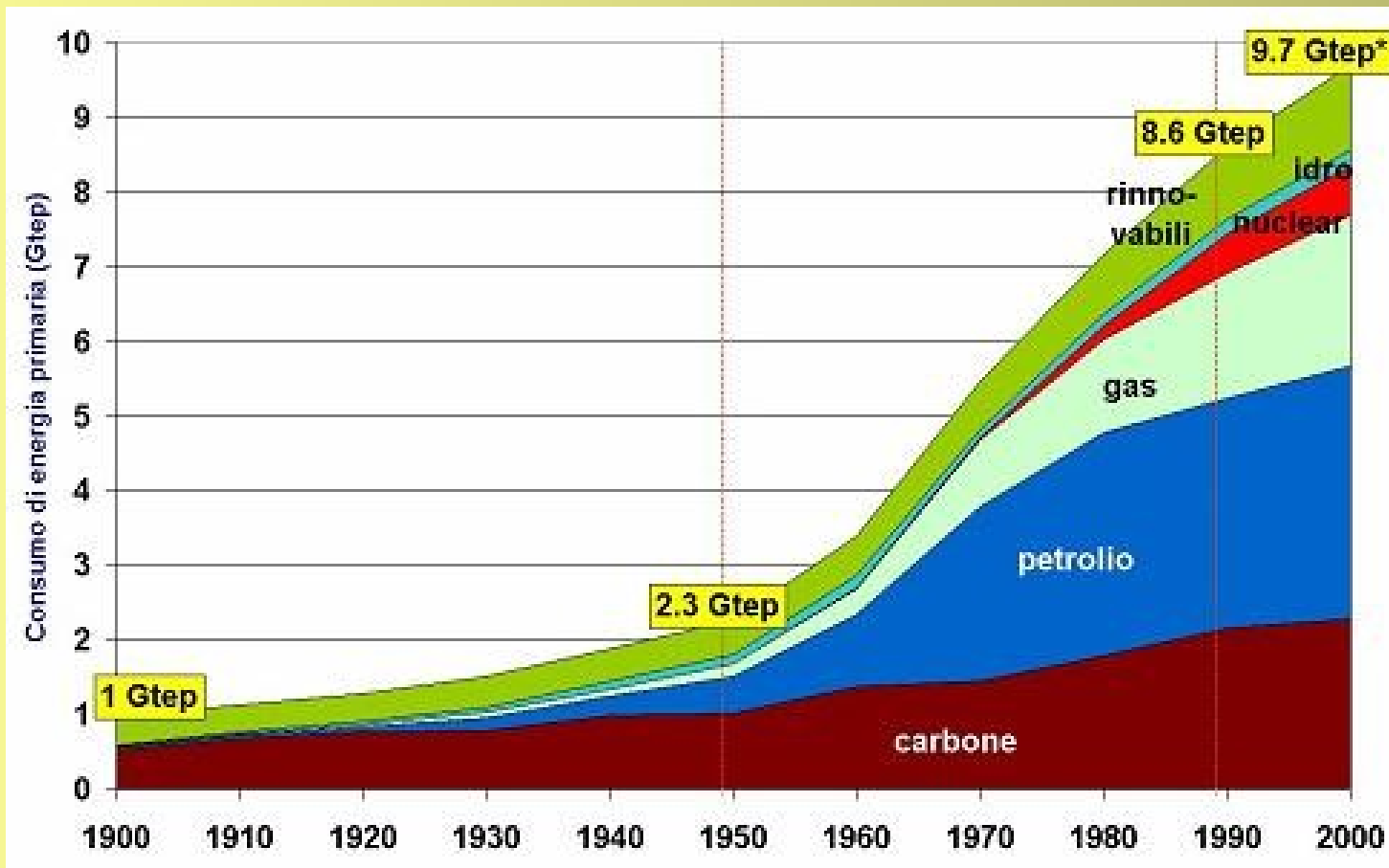
Reggio Calabria – 9 luglio 2008

Ing. Domenico Prisinzano

Centro di Consulenza Energetica ENEA Sicilia

Via Catania, 2 PALERMO

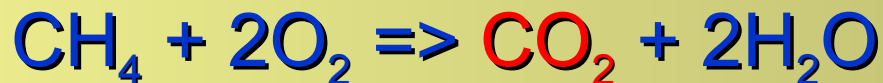
[domenico.prisinzano@casaccia.enea.it](mailto:domenico.prisinzano@casaccia.enea.it)



Energia primaria per fonte nel XX secolo in valore assoluto (Gtep)

**LA COMBUSTIONE DELLE FONTI ENERGETICHE FOSSILI  
GENERA GAS INQUINANTI CHE DANNEGGIANO L'AMBIENTE  
E CHE ALTERANO GLI EQUILIBRI VITALI DELLA BIOSFERA:**

Ad esempio:

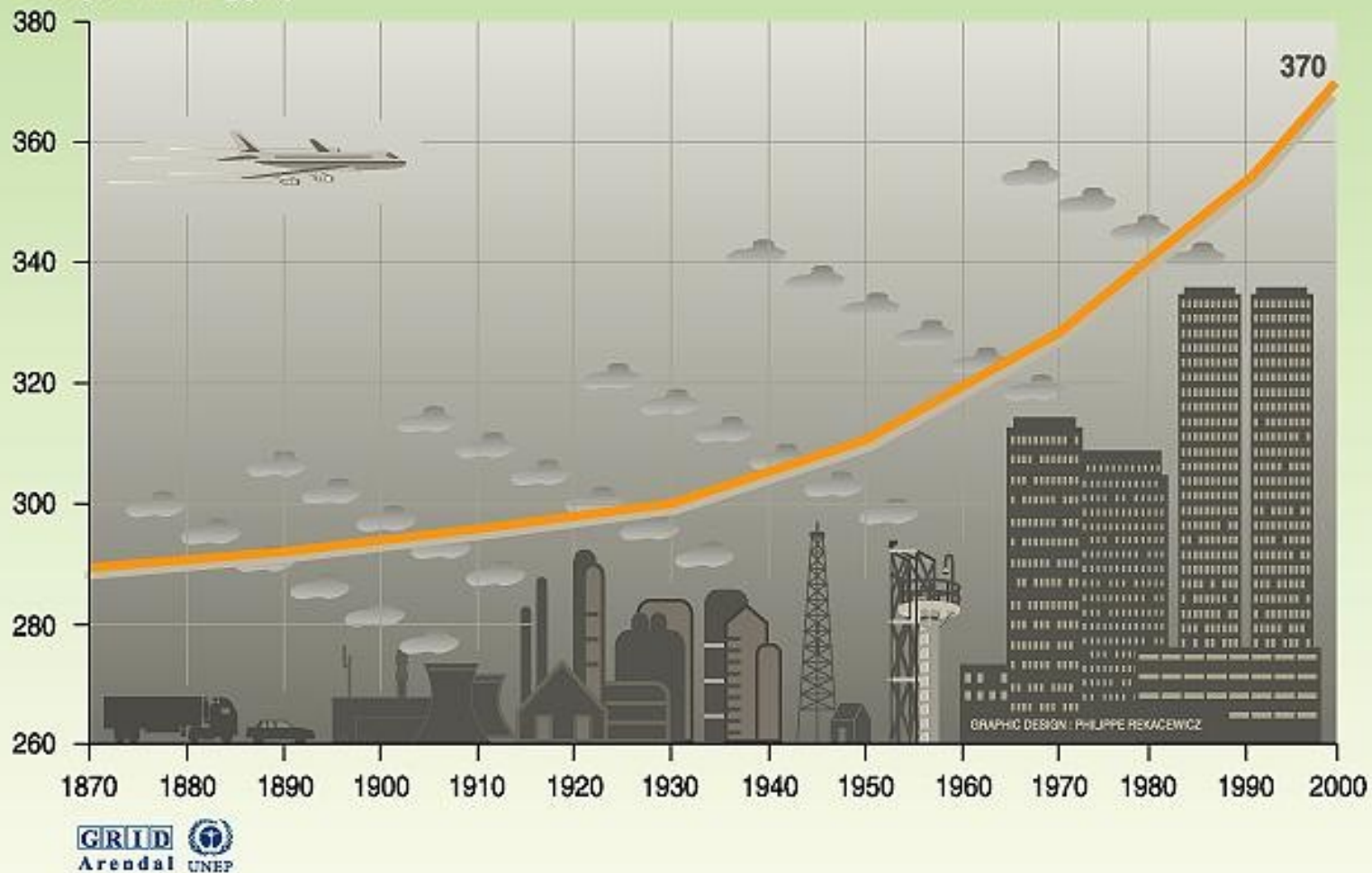


**Ogni anno immettiamo nell'atmosfera una quantità di  
CO<sub>2</sub> doppia rispetto alla quantità che mari e continenti  
sono in grado di riassorbire!**

*Il più grande esperimento "senza rete" che l'uomo abbia mai  
condotto*

## Global atmospheric concentration of CO<sub>2</sub>

Parts per million (ppm)



Sources: TP Whorf Scripps, Mauna Loa Observatory, Hawaii, institution of oceanography (SIO), university of California La Jolla, California, United States, 1999

Tabella 2.3 - Bilancio energetico nazionale di sintesi. Anno 2004 (Mtep)

	Combustibili solidi	Gas naturale	Prodotti petroliferi	Rinnovabili	Energia elettrica	Totale
Produzione	0,4	10,7	5,4	13,5		30,0
Importazione	17,1	55,5	107,6	0,6	10,2	191,0
Esportazione	0,1	0,1	24,7		0,2	25,1
Variazione scorte	0,3	-0,1	0,3		0,0	0,5
<b>Consumo interno lordo</b>	17,1	66,2	88,0	14,1	10,0	<b>195,4</b>
Consumi e perdite del settore energetico	-1,0	-0,8	-6,2	0,0	-44,1	-52,1
Trasformazioni in energia elettrica	-11,9	-23,1	-11,8	-12,4	59,9	
<b>Totale impieghi finali</b>	4,2	42,3	70,0	1,7	25,2	<b>143,3</b>
Industria	4,0	17,6	7,6	0,2	12,0	41,4
Trasporti		0,4	43,0	0,2	0,8	44,4
Residenziale e terziario	0,0	23,3	6,8	1,2	11,9	<b>43,3</b>
Agricoltura		0,1	2,6	0,1	0,4	3,3
Usi non energetici	0,1	0,9	6,6			7,6
Bunkeraggi			3,4			3,4

Dati provvisori

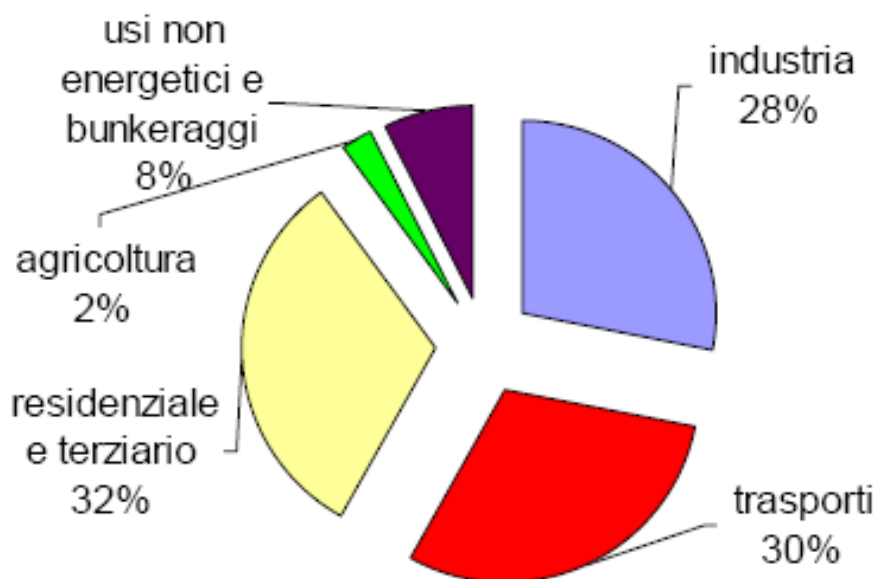
Fonte: MAP

In termini percentuale il residenziale rappresenta circa il 30% dei consumi finali.

Abbattere i consumi del 20% nel settore civile significa sfruttare un pozzo virtuale di petrolio con una capacità estrattiva di circa:

$$0,2 * 43,3 = 8,66 \text{ Mtep/anno} = 180.000 \text{ barili/giorno}$$

Figura 14 - Quote per settore di uso finale dei consumi di energia, anno 2005 (Mtep)



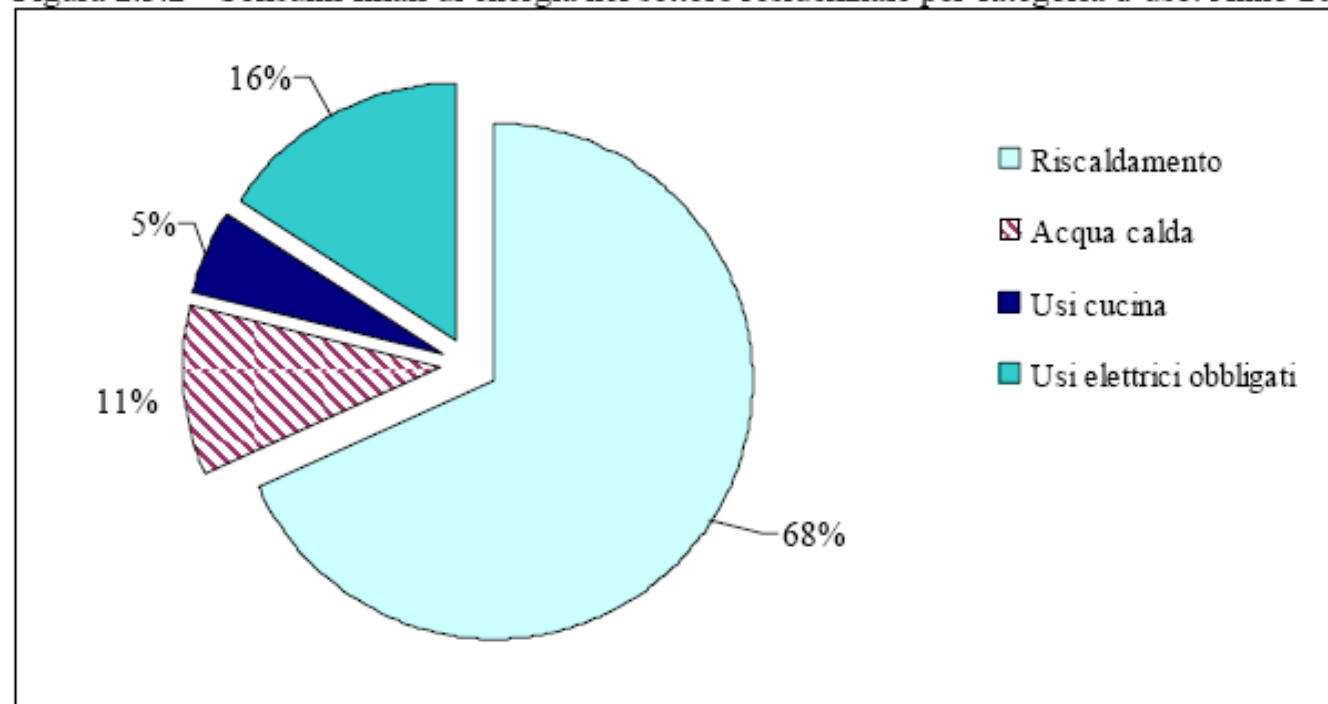
Fonte: elaborazione su dati MSE

Tabella 2.3.3 - Consumi finali energia nel settore residenziale per funzione d'uso (ktep)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003
Riscaldamento	17.272	17.497	17.993	18.728	17.657	19.123
Acqua calda	2.807	2.857	2.907	2.939	2.900	2.952
Usi cucina	1.667	1.621	1.539	1.523	1.504	1.486
Usi elettrici obbligati	3.371	3.696	4.052	4.097	4.222	4.404
Totale residenziale	25.117	25.671	26.491	27.287	26.283	27.966

Fonte: elaborazione ENEA su dati MAP

Figura 2.3.2 - Consumi finali di energia nel settore residenziale per categoria d'uso. Anno 2003 (%)



Fonte: elaborazione ENEA su dati MAP

## LA NORMATIVA NEL SETTORE CIVILE

### Legge 30 aprile 1976 N. 373

Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici.

### Legge 9 gennaio 1991 n.10

“Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”

### DPR 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”.

### DPR 21 dicembre 1999 n. 551

“Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici....”



## LA NORMATIVA NEL SETTORE CIVILE

**Direttiva 2002/91/CE del 16 dicembre 2002**  
“rendimento energetico in edilizia”

**Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192**  
“Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia”

**Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n.311**  
Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia. (GU n. 26 del 1-2-2007- Suppl. Ordinario n.26)

## NUOVI EDIFICI

### ART. 6 c.1

Entro un anno dalla data di entrata in vigore del presente decreto, gli edifici di nuova costruzione e quelli di cui all'articolo 3, comma 2, lettera *a*), *sono dotati, al termine della costruzione medesima ed a cura del costruttore, di un attestato di certificazione energetica*, redatto secondo i criteri e le metodologie di cui all'articolo 4, comma 1.

### ART. 6 c. 6

L'attestato di certificazione energetica comprende i dati relativi all'efficienza energetica propri dell'edificio, i valori vigenti a norma di legge e valori di riferimento, che consentono ai cittadini di valutare e confrontare la prestazione energetica dell'edificio. L'attestato e' corredato da suggerimenti in merito agli interventi più significativi ed economicamente convenienti per il miglioramento della predetta prestazione.

## EDIFICI ESISTENTI

(Art. 6)

- a) a **decorrenza dal 1 luglio 2007**, agli edifici di superficie utile **superiore a 1000 metri quadrati**, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile dell'intero immobile;
- b) a **decorrenza dal 1 luglio 2008**, agli edifici di superficie utile **fino a 1000 metri quadrati**, nel caso di trasferimento a titolo oneroso dell'intero immobile con l'esclusione delle singole unità immobiliari;
- a decorrenza dal **1 luglio 2009** alle **singole unità immobiliari**, nel caso di trasferimento a titolo oneroso.
- 1ter. A decorrenza dal **1 gennaio 2007**, l'attestato di certificazione energetica dell'edificio o dell'unità immobiliare interessata, conforme a quanto specificato al comma 6, è necessario per **accedere agli incentivi ed alle agevolazioni di qualsiasi natura, sia come sgravi fiscali o contributi a carico di fondi pubblici o della generalità degli utenti**, finalizzati al **miglioramento delle prestazioni energetiche** dell'unità immobiliare, dell'edificio o degli impianti.

NUOVI EDIFICI

ART. 8 c. 2

La conformità delle opere realizzate rispetto al progetto ed alla relazione tecnica di cui al comma 1, nonché l'attestato di qualificazione energetica dell'edificio come realizzato, devono essere asseverati dal direttore dei lavori e presentati al comune di competenza contestualmente alla dichiarazione di fine lavori. **Il Comune dichiara irricevibile la dichiarazione di fine lavori se la stessa non è accompagnata da tale documentazione asseverata.**”

# SISTEMA NAZIONALE DI CERTIFICAZIONE ENERGETICA DEGLI EDIFICI



**DPR 1...\***  
METODOLOGIE  
DI CALCOLO

**DPR 2...\***  
SOGGETTI  
CERTIFICATORI

**DM...\***  
LINEE GUIDA NAZIONALI

**\* DECRETI IN FASE DI EMANAZIONE**

# PRESTAZIONE ENERGETICA

Prestazione energetica globale:  $EP_g$

esprime il valore del fabbisogno annuo di energia primaria per:

- 1) climatizzazione invernale;
- 2) climatizzazione estiva;
- 3) produzione di acqua calda per usi sanitari;
- 4) illuminazione artificiale, ove applicabile,

espressa in:

$kWh/m^2$  anno, per unità di superficie utile (edifici in classe E1, esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme)

$kWh/m^3$  anno per tutti gli altri tipi di edifici

## USO STANDARD

Prestazioni parziali:

- |   |              |
|---|--------------|
| 1) climatizzazione invernale                  | $EP_i$ ;     |
| 2) climatizzazione estiva                     | $EP_e$ ;     |
| 3) produzione di acqua calda per usi sanitari | $EP_{acs}$ ; |
| 4) illuminazione artificiale, ove applicabile | $EP_{ill}$   |

$$EP_{gl} = EP_i + EP_{acs} + EP_e + EP_{ill}$$

Occorrono norme atte a garantire:

“ .. univocità di valori e di metodi per consentire la  
riproducibilità e confrontabilità dei risultati”



**NORME TECNICHE**

La metodologia di calcolo adottata dovrà garantire risultati conformi alle migliori regole tecniche, a tale requisito rispondono le normative UNI e CEN vigenti in tale settore:

**FABBISOGNO ENERGETICO PRIMARIO**

UNI EN ISO 6946, Componenti ed elementi per edilizia – Resistenza termica e trasmittanza termica – Metodo di calcolo

UNI 10339 Impianti aeraulici ai fini del benessere. Generalità classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta.

~~UNI 10347, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Energia termica scambiata tra una tubazione e l'ambiente circostante – Metodo di calcolo~~

~~UNI 10348, Riscaldamento degli edifici – Rendimenti dei sistemi di riscaldamento – Metodo di calcolo~~

UNI 10349, Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici

UNI 10379-05, Riscaldamento degli edifici. Fabbisogno energetico convenzionale normalizzato

UNI EN 13465 Ventilazione degli edifici – Metodi di calcolo per la determinazione delle portate d'aria negli edifici residenziali

UNI EN 13779 Ventilazione negli edifici non residenziali – Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento

UNI EN 13789, Prestazione termica degli edifici – Coefficiente di perdita di calore per trasmissione – Metodo di calcolo

**UNI EN ISO 13790, Prestazione termica degli edifici – Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento**

UNI EN ISO 10077-1, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo semplificato

UNI EN ISO 10077-2, Prestazione termica di finestre, porte e chiusure – Calcolo della trasmittanza termica – Metodo numerico per i telai

UNI EN ISO 13370, Prestazione termica degli edifici – Trasferimento di calore attraverso il terreno – Metodi di calcolo

~~Raccomandazione CTI Esecuzione della certificazione energetica – Dati relativi all'edificio~~

~~Raccomandazione CTI Raccomandazioni per l'utilizzo della norma UNI 10348 ai fini del calcolo del fabbisogno di energia primaria e e del rendimento degli impianti di riscaldamento~~

**NORME TECNICHE****PONTI TERMICI**

UNI EN ISO 10211-1, Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali – Metodi generali di calcolo

UNI EN ISO 10211-2, Ponti termici in edilizia – Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali – Ponti termici lineari

UNI EN ISO 14683, Ponti termici nelle costruzioni edili – Trasmittanza termica lineare – Metodi semplificati e valori di progetto.

**VERIFICHE CONDENSA**

UNI EN ISO 13788 Prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per l'edilizia. Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensa interstiziale – Metodo di Calcolo

UNI EN ISO 15927-1, Prestazione termoigrometrica degli edifici – Calcolo e presentazione dei dati climatici – Medie mensili dei singoli elementi meteorologici

**VALUTAZIONI PER IL PERIODO ESTIVO**

UNI EN ISO 13786, Prestazione termica dei componenti per edilizia – Caratteristiche termiche dinamiche – Metodi di calcolo

**SCHERMATURE SOLARI ESTERNE**

UNI EN 13561 Tende esterne requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE)

UNI EN 13659 Chiusure oscuranti requisiti prestazionali compresa la sicurezza (in obbligatorietà della marcatura CE)

UNI EN 14501 Benessere termico e visivo caratteristiche prestazionali e classificazione

UNI EN 13363-01 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate; calcolo della trasmittanza totale e luminosa, metodo di calcolo semplificato

UNI EN 13363-02 Dispositivi di protezione solare in combinazione con vetrate; calcolo della trasmittanza totale e luminosa, metodo di calcolo dettagliato

**BANCHE DATI**

UNI 10351, Materiali da costruzione – Conduttività termica e permeabilità al vapore

UNI 10355, Murature e solai – Valori della resistenza termica e metodo di calcolo

UNI EN 410, Vetro per edilizia – Determinazione delle caratteristiche luminose e solari delle vetrate

UNI EN 673, Vetro per edilizia – Determinazione della trasmittanza termica (valore U) - Metodo di calcolo

UNI EN ISO 7345, Isolamento termico – Grandezze fisiche e definizioni

# PRESTAZIONE ENERGETICA

## Nuove norme (Involucro)

UNI EN 13790: 2008 - Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento;

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

## Nuove norme (Impianto)

UNI/TS 11300 – 2 (\*),(\*\*)- Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria;

UNI EN 15316-1:2008 - Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 1: Generalità

UNI EN 15316-2-1:2008- Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-1: Sistemi di emissione del calore negli ambienti

UNI EN 15316-2-3:2008 - Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto - Parte 2-3: Sistemi di distribuzione del calore negli ambienti

(\*) unitamente alla UNI EN 15316-2-3:2008, sostituisce la UNI 10347:1993.

(\*\*) unitamente alla UNI EN 15316-1:2008 e alla UNI EN 15316-2-1:2008, sostituisce la UNI 10348:1993.

## Norme in fase di emanazione

UNI/TS 11300 - 3) Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 3: **Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva**

UNI/TS 11300 - 4) Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 4: **Utilizzo di energie rinnovabili** e di altri metodi di generazione per riscaldamento di ambienti e preparazione acqua calda sanitaria

## USO STANDARD

Tipo di valutazione	Dati di ingresso			Scopo della valutazione
	Uso	Clima	Edificio	
di Progetto ( <i>Design Rating</i> )	Standard	Standard	Progetto	Permesso di costruire, Certificazione o Qualificazione energetica del progetto
Standard ( <i>Asset Rating</i> )	Standard	Standard	Reale	Certificazione o Qualificazione energetica
Adattata all'utenza ( <i>Tailored rating</i> )	In funzione dello scopo		Reale	Ottimizzazione, Validazione, Diagnosi e programmazione di interventi di riqualificazione

## USO STANDARD

### 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

# USO STANDARD

## Durata della stagione di riscaldamento

**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

## Dati climatici

I dati climatici devono essere conformi a quanto riportato nella UNI 10349.



## USO STANDARD

### Temperatura interna

Valutazione di progetto o standard per la climatizzazione invernale

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

Per gli edifici di categoria E.6(1) (**piscine e saune**) si assume una temperatura interna costante pari a **28 °C**.

Per gli edifici di categoria E.6(2) (**palestre e assimilabili**) e E.8 (**edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili**) si assume una temperatura interna costante pari a **18 °C**.

**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.

Figura 1 – Sistema edificio-impianto costituito da più edifici serviti da un'unica centrale termica

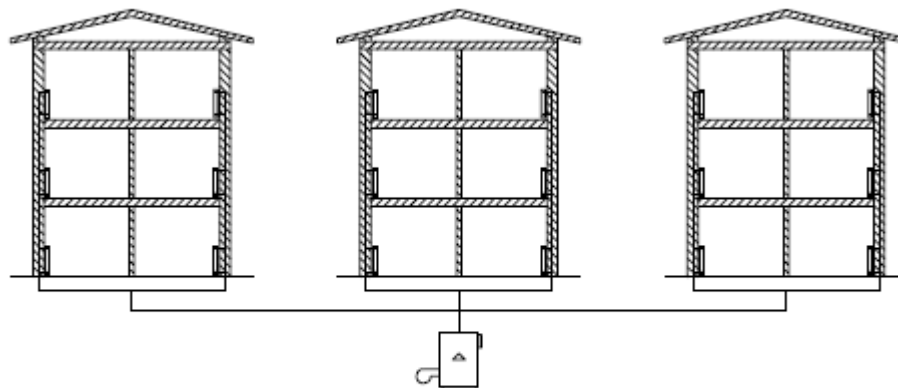


Figura 2 – Sistema edificio-impianto costituito da un unico edificio

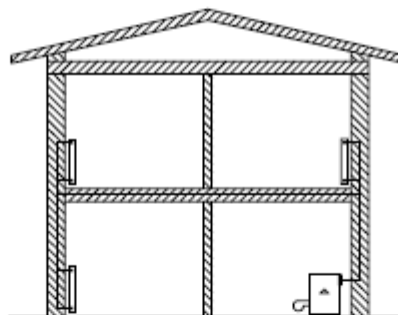
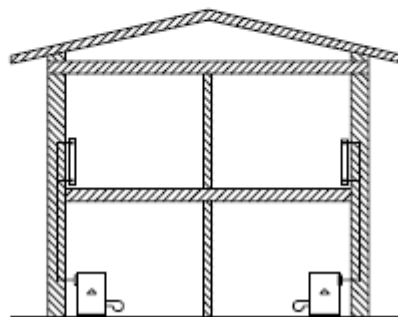


Figura 3 – Sistema edificio-impianto costituito da una porzione di edificio servita da un impianto termico autonomo



- fabbisogno annuo di energia primaria per la climatizzazione invernale è la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura di progetto, **in regime di attivazione continuo.**

(allegato A c.11 D.lgs 311/06)

Edifici residenziali della classe E1, esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme

Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2008, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno

Reggio Calabria  
772 GG  
Zona B

$$9,5 + \frac{14 - 9,5}{900 - 600} \times (772 - 600) = 12,08$$

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica										
	A		B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>da</i> 600 GG	<i>a</i> 900 GG	<i>da</i> 900 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>da</i> 1400 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>da</i> 2100 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 3000 GG	
≤0,2	S/V = 0,65		$E_{pi} = 12,08$		$49,03 - 12,08$		$2,08$		$0,65 - 0,2$		$535,83$
≥0,9	41	41	55	55	78	78	100	100	133	133	

Valori limite, applicabili dal 1 gennaio 2010, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m<sup>2</sup> anno

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica										
	A		B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>da</i> 600 GG	<i>a</i> 900 GG	<i>da</i> 900 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>da</i> 1400 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>da</i> 2100 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 3000 GG	
≤0,2	8,5	8,5	12,8	12,8	21,3	21,3	34	34	46,8	46,8	
≥0,9	36	36	48	48	68	68	88	88	116	116	

Tutti gli altri edifici

Valori limite, applicabili dal **1 gennaio 2008**, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m<sup>3</sup> anno.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>da</i> 600 GG	<i>a</i> 900 GG	<i>da</i> 900 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>da</i> 1400 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>da</i> 2100 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 3000 GG
≤0,2	2,5	2,5	4,5	4,5	6,5	6,5	10,5	10,5	14,5	14,5
≥0,9	9	9	14	14	20	20	26	26	36	36

Valori limite, applicabili dal **1 gennaio 2010**, dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, espresso in kWh/m<sup>3</sup> anno.

Rapporto di forma dell'edificio S/V	Zona climatica									
	A	B		C		D		E		F
	<i>fino a</i> 600 GG	<i>da</i> 600 GG	<i>da</i> 900 GG	<i>da</i> 900 GG	<i>a</i> 1400 GG	<i>da</i> 1400 GG	<i>a</i> 2100 GG	<i>da</i> 2100 GG	<i>a</i> 3000 GG	<i>oltre</i> 3000 GG
≤0,2	2,0	2,0	3,6	3,6	6	6	9,6	9,6	12,7	12,7
≥0,9	8,2	8,2	12,8	12,8	17,3	17,3	22,5	22,5	31	31

# Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici

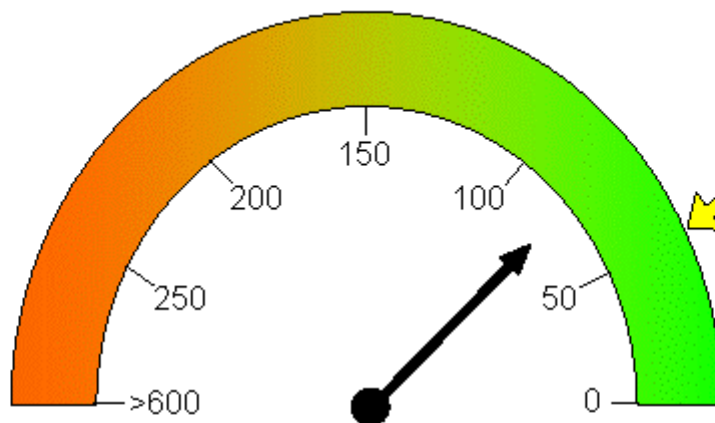
## Sistemi di classificazione (climatizzazione invernale)

### Esempio di sistema di classificazione nazionale

<b>Classe A+</b>	<b><math>\leq 0,25</math> EPLi (2010)</b>
<b>Classe A</b>	<b><math>\leq 0,50</math> EPLi (2010)</b>
<b>Classe B</b>	<b><math>\leq 0,75</math> EPLi (2010)</b>
<b>Classe C</b>	<b><math>\leq 1,00</math> EPLi (2010)</b>
<b>Classe D</b>	<b><math>\leq 1,25</math> EPLi (2010)</b>
<b>Classe E</b>	<b><math>\leq 1,75</math> EPLi (2010)</b>
<b>Classe F</b>	<b><math>\leq 2,50</math> EPLi (2010)</b>
<b>Classe G</b>	<b><math>&gt; 2,50</math> EPLi (2010)</b>

## EMISSIONI DI CO2

.....kgCO2/m<sup>2</sup>\*anno



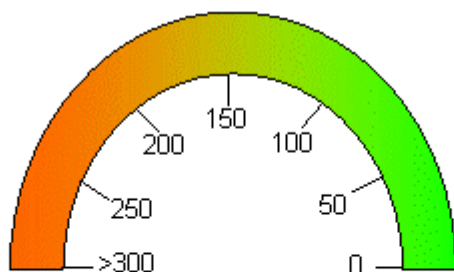
## PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE

..... kWh/m<sup>2</sup>\*anno

## PRESTAZIONE ENERGETICA GLOBALE

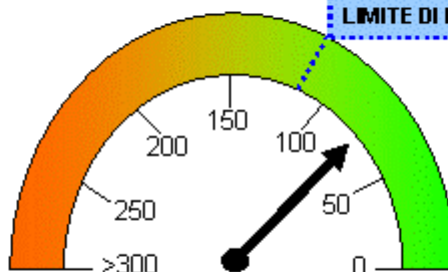
..... kWh/m<sup>2</sup>\*anno

LIMITE DI LEGGE



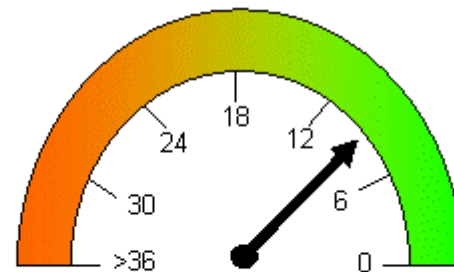
## PRESTAZIONE RAFFRESCAMENTO

..... kWh/m<sup>2</sup>\*anno



## PRESTAZIONE RISCALDAMENTO

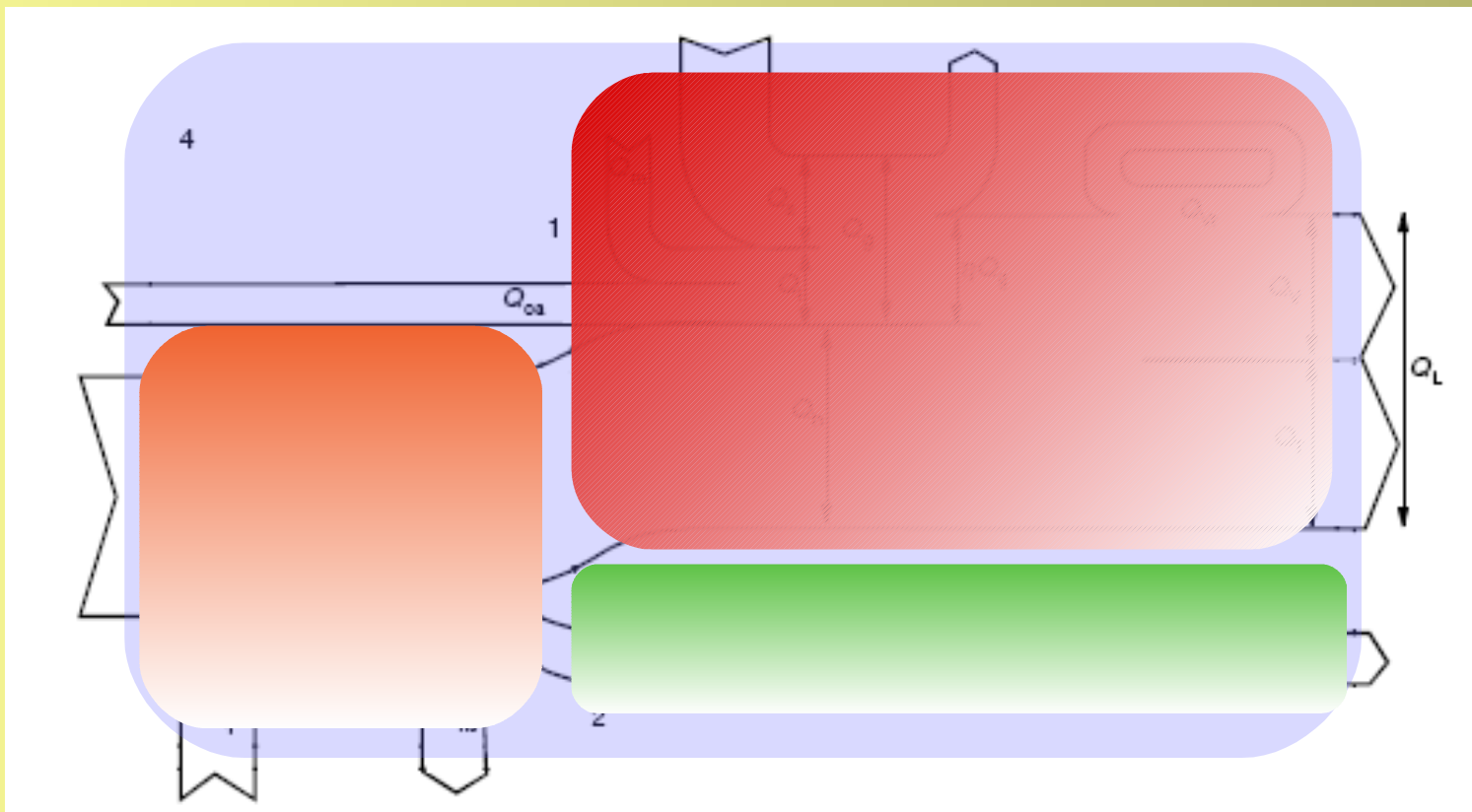
..... kWh/m<sup>2</sup>\*anno



## PRESTAZIONE ACQUA CALDA

..... kWh/m<sup>2</sup>\*anno



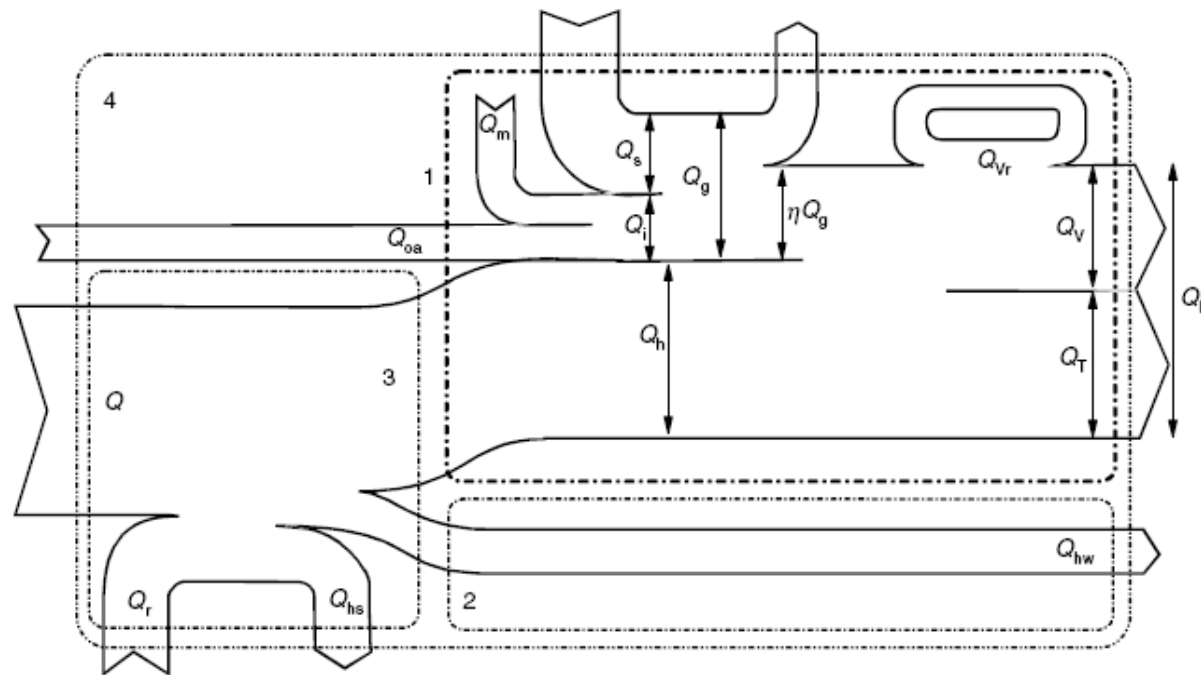


1. Zona riscaldata

2. Utilizzo di ACS

3. Impianto di produzione del calore;

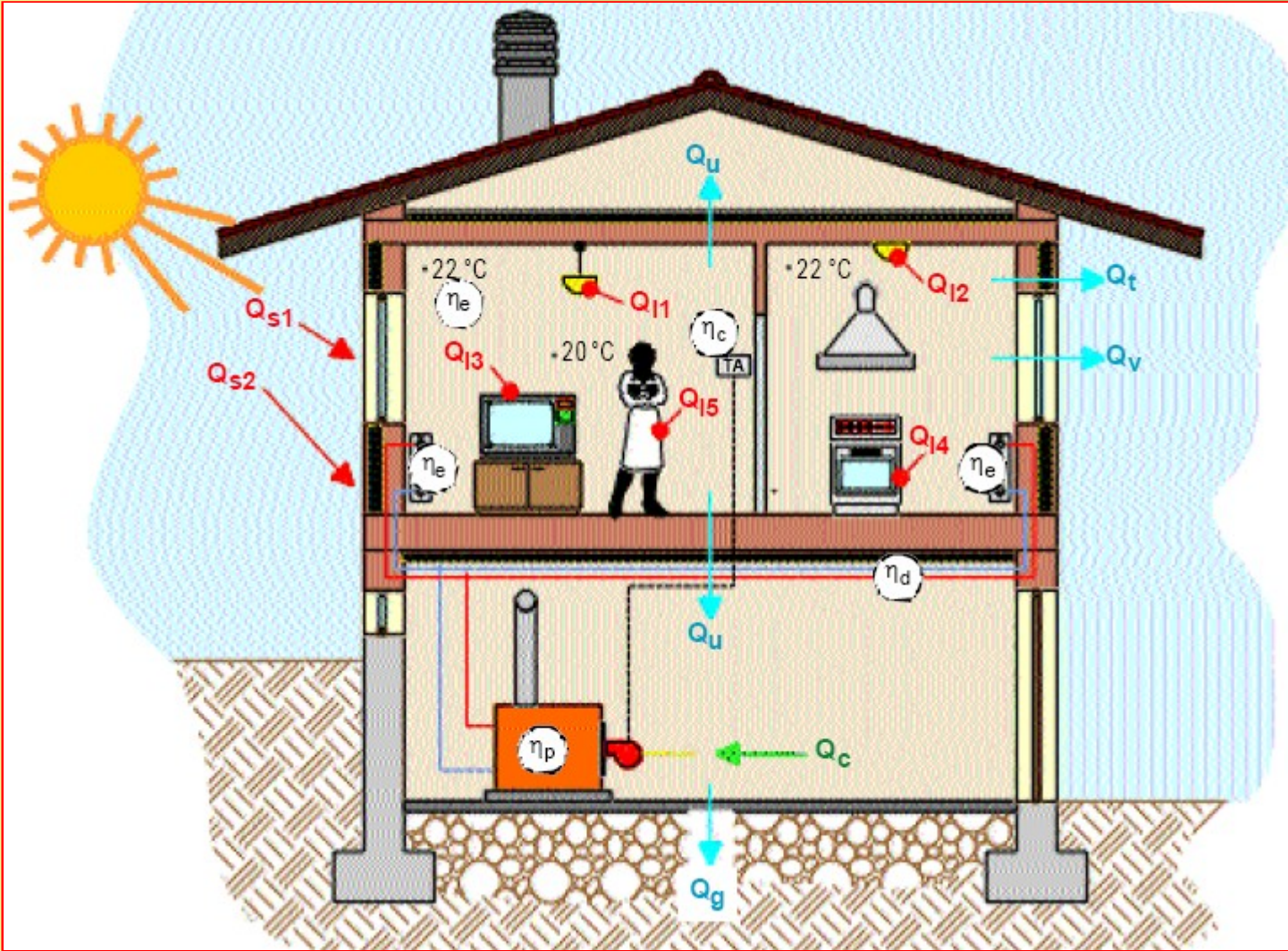
4. Contorno dell'edificio



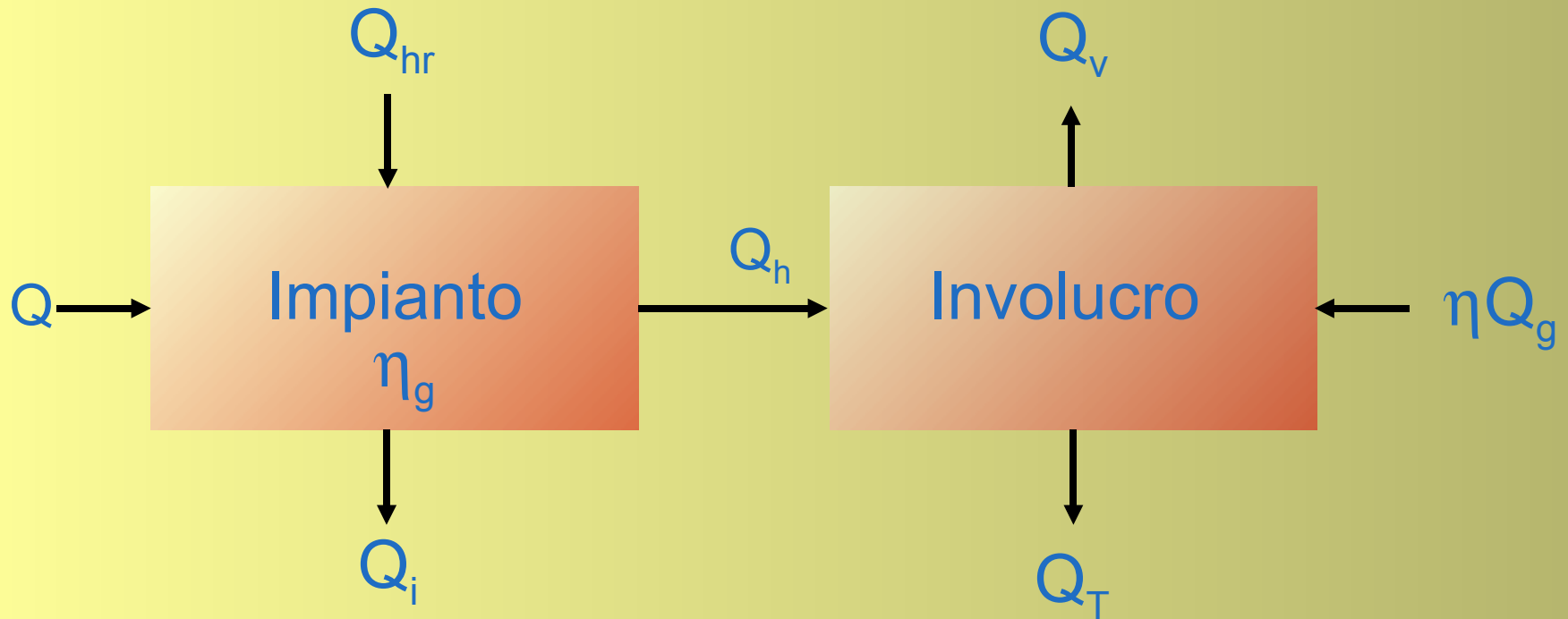
**Key**

$Q$	Energy use for heating	$Q_h$	Heat use
$Q_{oa}$	Heat from other appliances	$Q_v$	Ventilation heat loss
$Q_r$	Recovered energy	$Q_{vr}$	Ventilation heat recovery
$Q_{hs}$	Losses from the heating system	$Q_T$	Transmission heat loss
$Q_m$	Metabolic heat	$Q_{hw}$	Heat for hot water preparation
$Q_s$	Passive solar gains	$Q_L$	Total heat loss
$Q_i$	Internal gains	1	Boundary of the heated zone
$Q_g$	Total gains	2	Boundary of the hot water system
$\eta Q_g$	Useful gains	3	Boundary of the heating plant
		4	Boundary of the building

# Climatizzazione invernale



# Bilancio Energetico



$$Q_h = Q_v + Q_T - \eta Q_g$$

$$Q = Q_h / \eta_g$$

# Fabbisogno di Energia termica **utile** per la climatizzazione invernale

## In che regime ?

Continuo

$Q_h$

Calcolo della prestazione energetica

Non continuo

$Q_{hvs}$

Calcolo del rendimento globale medio stagionale

$$Q_h = Q_L - \eta Q_g$$

# FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA PER RISCALDAMENTO INVERNALE

## PROCEDURA DI CALCOLO

Il calcolo del fabbisogno di energia primaria si effettua partendo dal fabbisogno di energia termica utile dell'edificio, sommando progressivamente le perdite dei vari sottosistemi al netto dei recuperi sino a giungere al fabbisogno del sottosistema di generazione.

FABBISOGNO DI ENERGIA PRIMARIA (FEP) Q

Energia primaria richiesta per la conversione in calore nel generatore  $Q_c$

Energia primaria richiesta per il funzionamento degli ausiliari  $Q_e$

$$Q = Q_c + Q_e$$

$$\eta_g = \frac{Q_h}{Q}$$

### Periodo di calcolo

Stagione di riscaldamento : il calcolo deve essere eseguito suddividendo il periodo totale in **intervalli elementari di durata massima mensile**

Con il metodo di calcolo semplificato, si assume come periodo di calcolo la stagione di riscaldamento per la climatizzazione invernale e l'anno per l'acqua calda sanitaria.

Gli impianti si considerano suddivisi nei seguenti sottosistemi:

*Impianti di riscaldamento*

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

*-Impianti di acqua calda sanitaria*

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

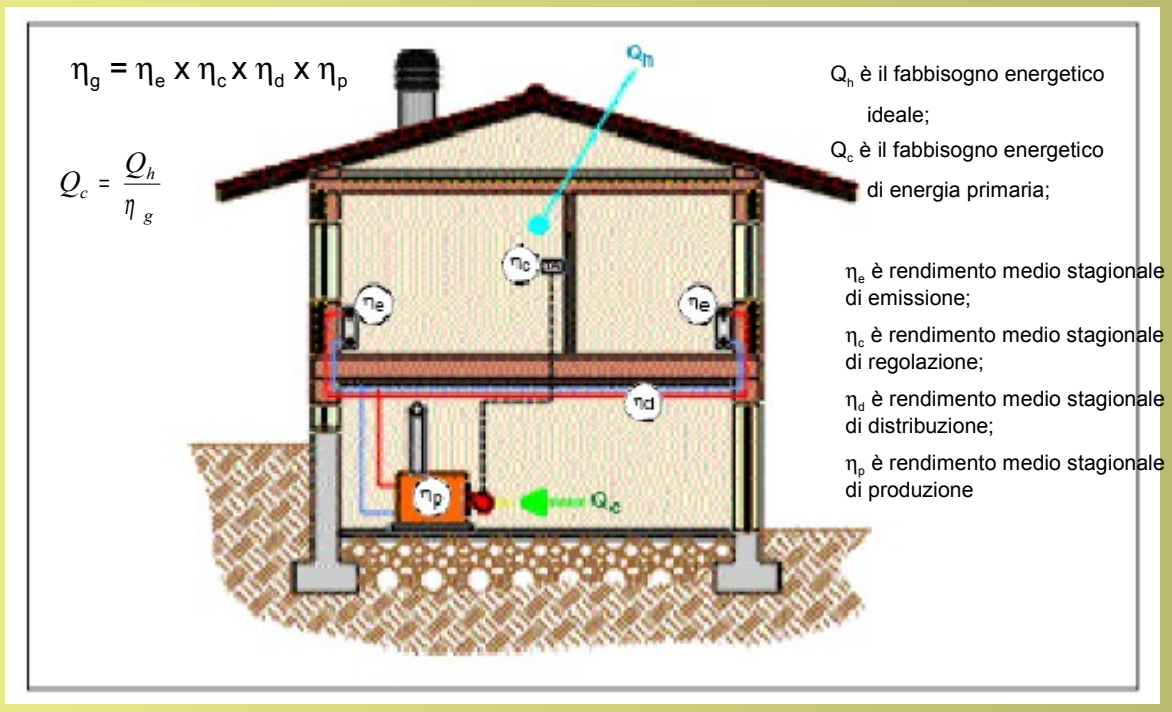


# PERDITE

(Impianto di riscaldamento)

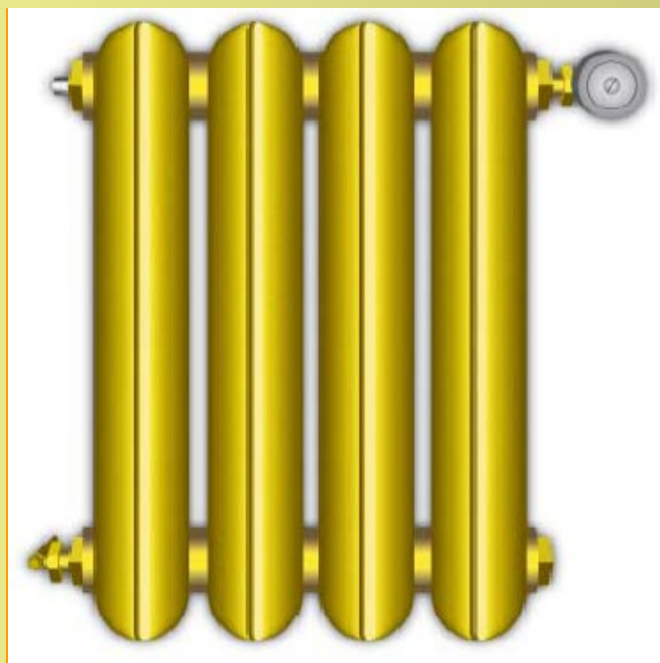
## sistemi:

- emissione;
- regolazione;
- distribuzione;
- produzione o generazione.

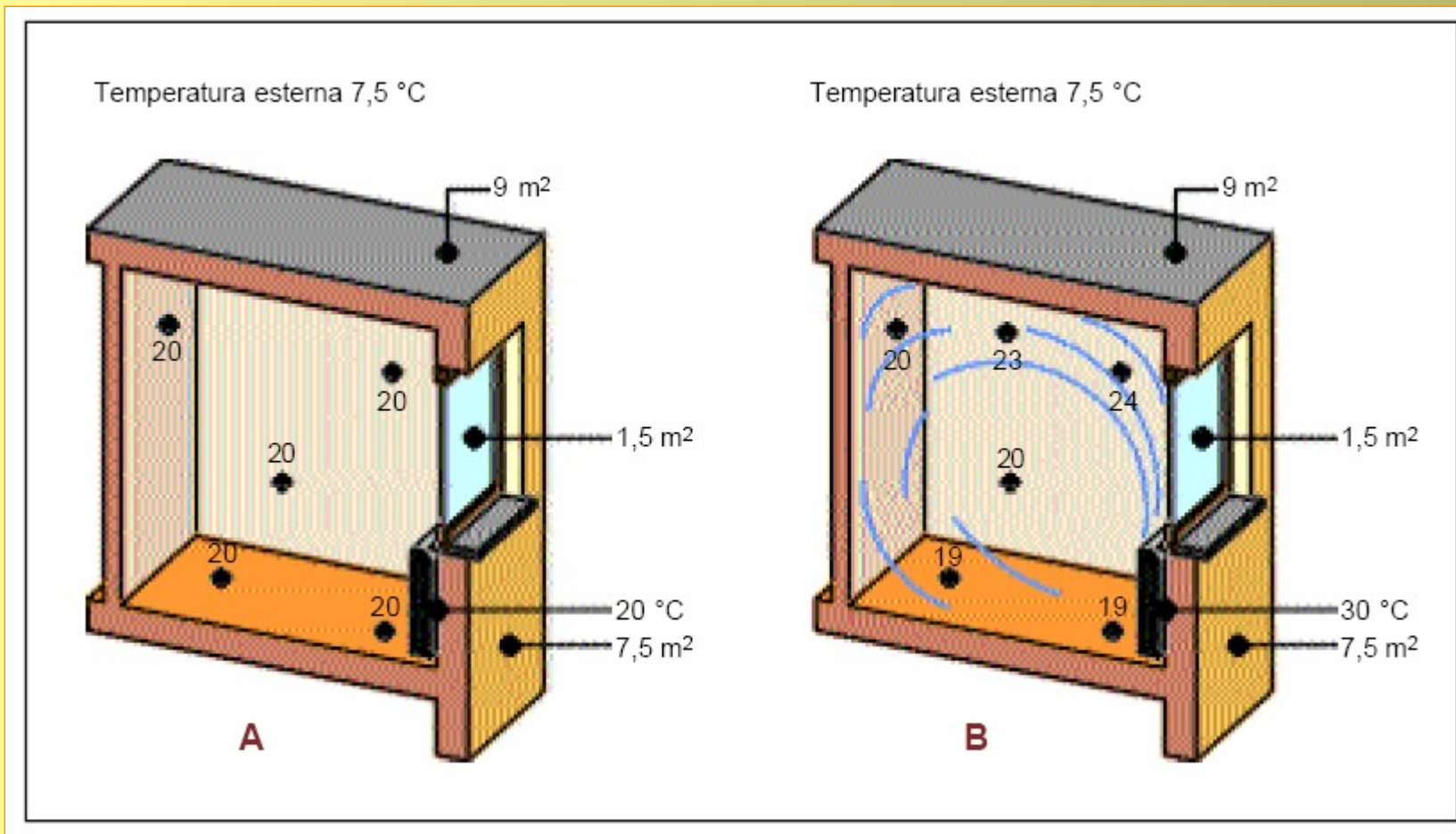


Quando si utilizzano i valori di rendimento precalcolati forniti dai prospetti, non si considerano recuperi di energia (termica o elettrica).

## RENDIMENTO/PERDITE DI EMISSIONE



# RENDIMENTO DI EMISSIONE



Le perdite di emissione dipendono da:

- tipo di terminale di erogazione dei corpi scaldanti;
- altezza dei locali;
- carico termico medio annuo ( $W/m^3$ );

Il carico termico medio annuo, espresso in  $W/m^3$  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  $m^3$ .

# PERDITE DI EMISSIONE

Le perdite di emissione dipendono da:

- tipo di terminale di erogazione dei corpi scaldanti;
- altezza dei locali;
- carico termico medio annuo ( $W/m^3$ );

**Prospetto 17 – Rendimenti di emissione in locali di altezza minore di 4 m**

Tipo di terminale di erogazione	Carico termico medio annuo $W/m^3$ <sup>9)</sup>		
	<4	4-10	>10
	$\eta_e$		
Radiatori su parete esterna isolata (*)	0,95	0,94	0,92
Radiatori su parete interna	0,96	0,95	0,92
Ventilconvettori (**) 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 (***)	0,94	0,92	0,90
Pannelli isolato annegato a pavimento	0,99	0,98	0,97
Pannelli annegati a pavimento (****)	0,98	0,96	0,94
Pannelli annegati a soffitto	0,97	0,95	0,93
Pannelli a parete	0,97	0,95	0,93
<p>* Il rendimento indicato è riferito ad una temperatura di mandata dell'acqua di 85°C.            Per parete riflettente, si incrementa il rendimento di 0,01            In presenza di parete esterna non isolata (<math>U &gt; 0.8 W/m^2 K</math>) si riduce il rendimento di 0.04            Per temperatura di mandata dell'acqua <math>\leq 65^\circ C</math> si incrementa il rendimento di 0,03</p>			
<p>** I consumi elettrici non sono considerati e devono essere calcolati separatamente</p>			
<p>*** Per quanto riguarda i sistemi di riscaldamento ad aria calda i valori si riferiscono a impianti con:            - griglie di ripresa dell'aria posizionate ad un'altezza non superiore a 2,00 m rispetto al livello del pavimento            - 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</p>			
<p>(****) I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite vanno calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.</p>			

## Rendimenti di emissione in locali di altezza maggiore di 4 m

Per ambienti riscaldati di altezza maggiore di 4 m, i rendimenti di emissione dipendono non solo dal carico termico medio annuale, ma sono fortemente influenzati dalla tipologia e dalle caratteristiche dei componenti, dalle modalità di installazione e dalle caratteristiche stesse dell'edificio.

**Prospetto 18 – Rendimenti di emissione in locali di altezza maggiore di 4 m <sup>10)</sup>**

Descrizione	Carico termico (W/m <sup>3</sup> )								
	<4			4 - 10			>10		
	Altezza del locale								
	6	10	14	6	10	14	6	10	14
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
Aerotermini 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 *	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

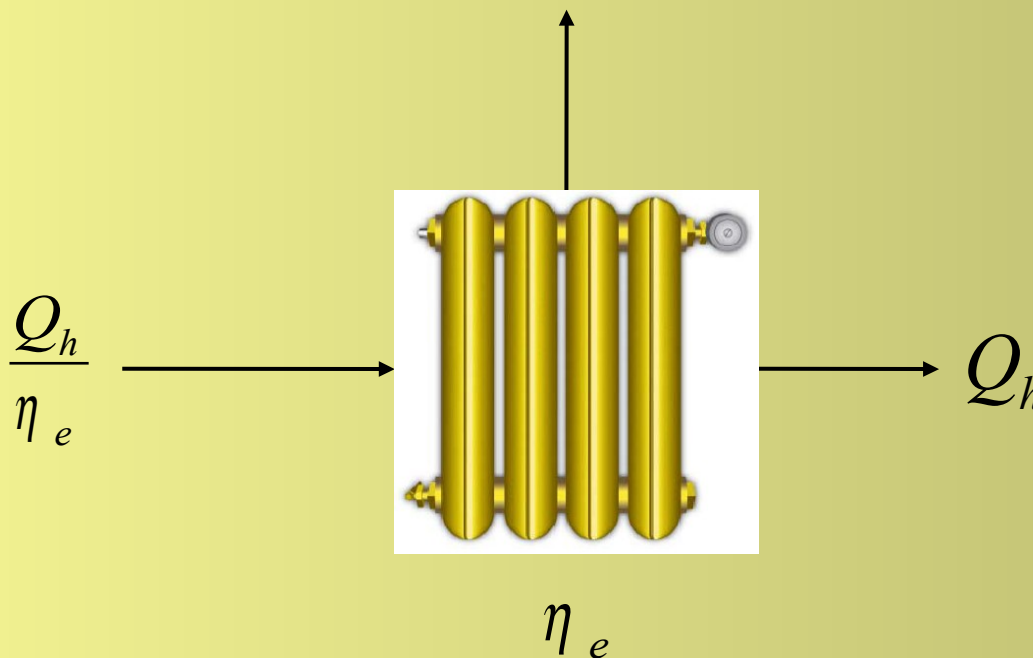
\* I dati forniti non tengono conto delle perdite di calore non recuperate dal pavimento verso il terreno; queste perdite vanno calcolate separatamente ed utilizzate per adeguare il valore del rendimento.

### CLASSIFICAZIONE DELLE TEMPERATURE DI PROGETTO DELL'ACQUA

Temperature di mandate e ritorno di progetto								Temp. media del fluido termovettore	Differenza di temperatura tra fluido e ambiente	Emisione termica del corpo scaldante espressa come percentuale di quella nominale	Classificazione della temperatura media
$(t_m - t_r) = 10$ °C		$(t_m - t_r) = 20$ °C		$(t_m - t_r) = 30$ °C		$(t_m - t_r) = 40$ °C		$t_m$ °C	$\Delta t$ °C	%	-----
$t_m$	$t_r$	$t_m$	$t_r$	$t_m$	$t_r$	$t_m$	$t_r$		€		
85	75							80	60	127	Molo alta
80	70	85	65					75	55	113	Alta
75	65	80	60	85	55			70	50	100	NormA UNI EN 442
70	60	75	55	80	50	85	45	65	45	87	Medio alta
65	55	70	50	75	45	80	40	60	40	75	Media
60	50	65	45	70	40	75	35	55	35	63	Medio bassa
55	45	60	40	65	35	70	30	50	30	51	Bassa
50	40	55	35	60	30	65	25	45	25	41	Molto bassa

Le **perdite di emissione** si calcolano con la formula:

$$Q_{l,e} = \frac{Q_h}{\eta_e} - Q_h = Q_h \frac{1 - \eta_e}{\eta_e}$$





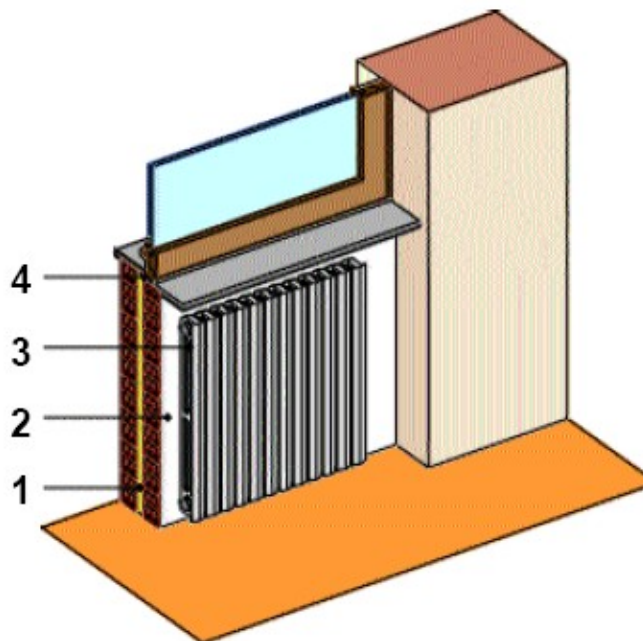
## COME SI PUÒ MIGLIORARE IL RENDIMENTO DI EMISSIONE ?

La verifica del rendimento di emissione non è agevole, per cui conviene adottare tutti quegli accorgimenti in grado di migliorarne il valore quali:

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

ed inoltre, negli ambienti industriali, installazione di destratificatori di temperatura.

1. Isolamento termico con resistenza termica  $> 1 \text{ m}^2\text{KW}$ .
2. Superficie riflettente.
3. Corretto posizionamento del corpo scaldante (almeno 2 cm dalla parete, 10 cm dal pavimento e 10 cm dalla mensola).
4. Mensola con taglio termico.



## RENDIMENTO DI EMISSIONE

Come si migliora ?

bassa temperatura media di progetto del fluido termovettore;

buon isolamento termico della parete retrostante;

strato riflettente sulla parete retrostante;

mensole atte a deviare i flussi convettivi verso l'interno del locale;

taglio termico delle mensole stesse.

# RENDIMENTO/PERDITE DI REGOLAZIONE

## Tipologie di regolazione

- 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)

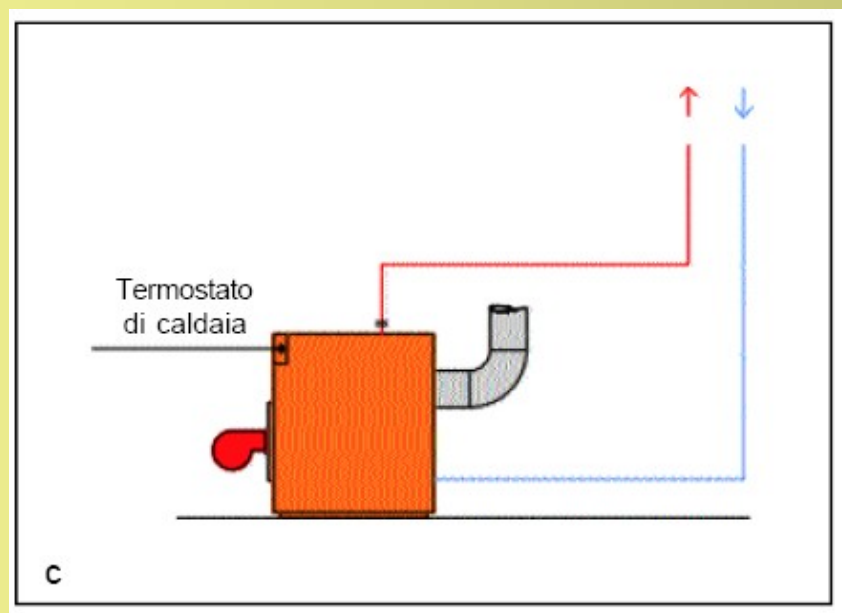
# RENDIMENTO DI REGOLAZIONE

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 annessi alle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna)		$1 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,98 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,94 - (0,6 \eta_u \gamma)$
Solo ambiente con regolatore	On off	0,94	0,92	0,88
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89
Climatica + ambiente con regolatore	On off	0,97	0,95	0,93
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94
Solo zona con regolatore	On off	0,93	0,91	0,87
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88
Climatica + zona con regolatore	On off	0,96	0,94	0,92
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93

Nota:  $\gamma$  rapporto apporti/perdite  
 $\eta_u$ : fattore di utilizzo degli apporti definito nella UNI TS 11300-1

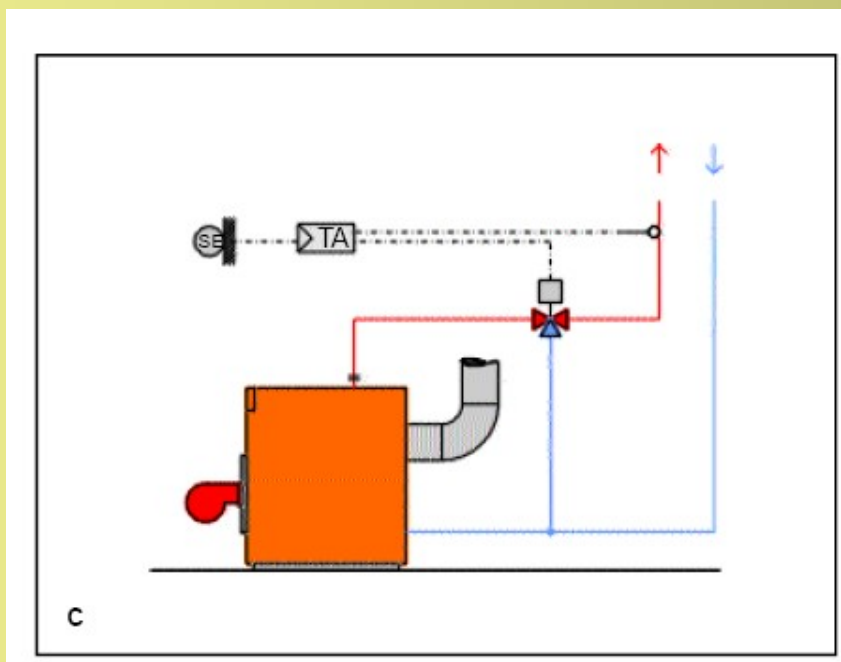
## Regolazione manuale

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



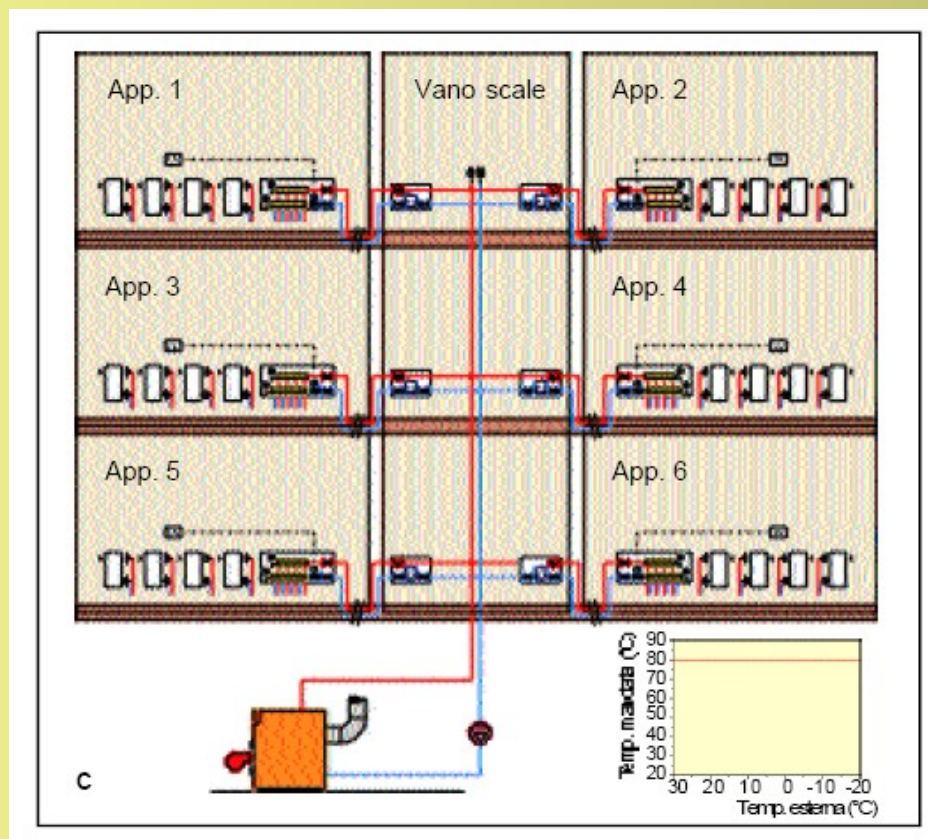
## Regolazione climatica

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
Solo Climatica (compensazione con sonda esterna)		$1 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,98 - (0,6 \eta_u \gamma)$	$0,94 - (0,6 \eta_u \gamma)$



# Regolazione solo di zona

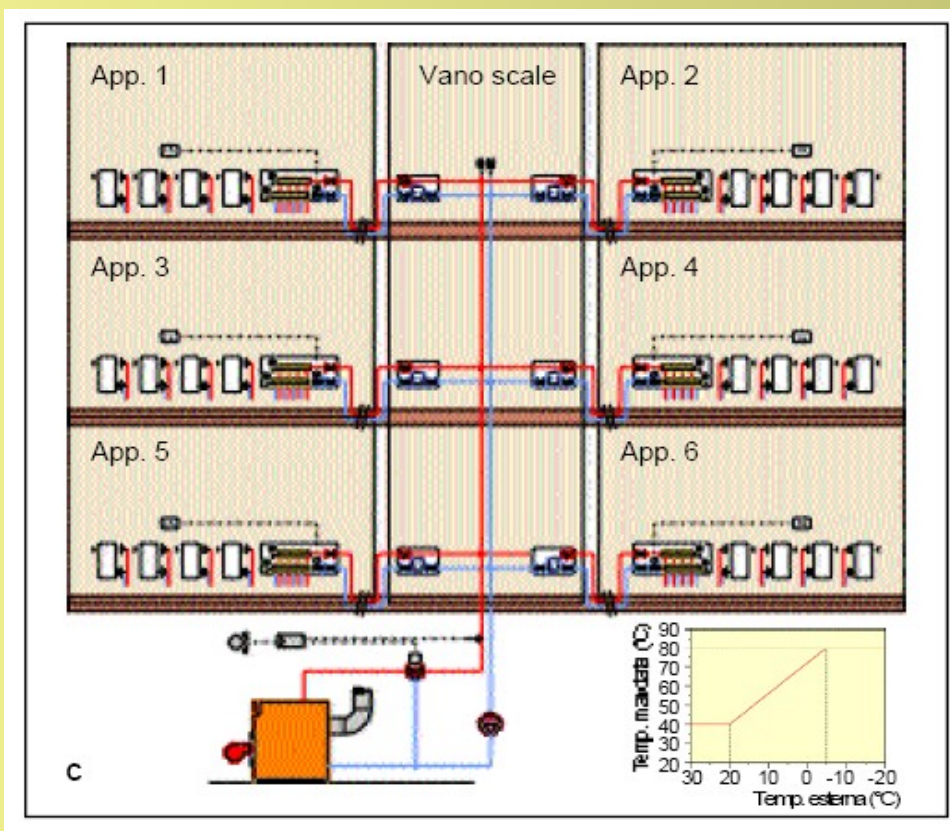
Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annessi alle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Solo zona con regolatore	On off	0,93	0,91	0,87
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,94	0,92	0,88

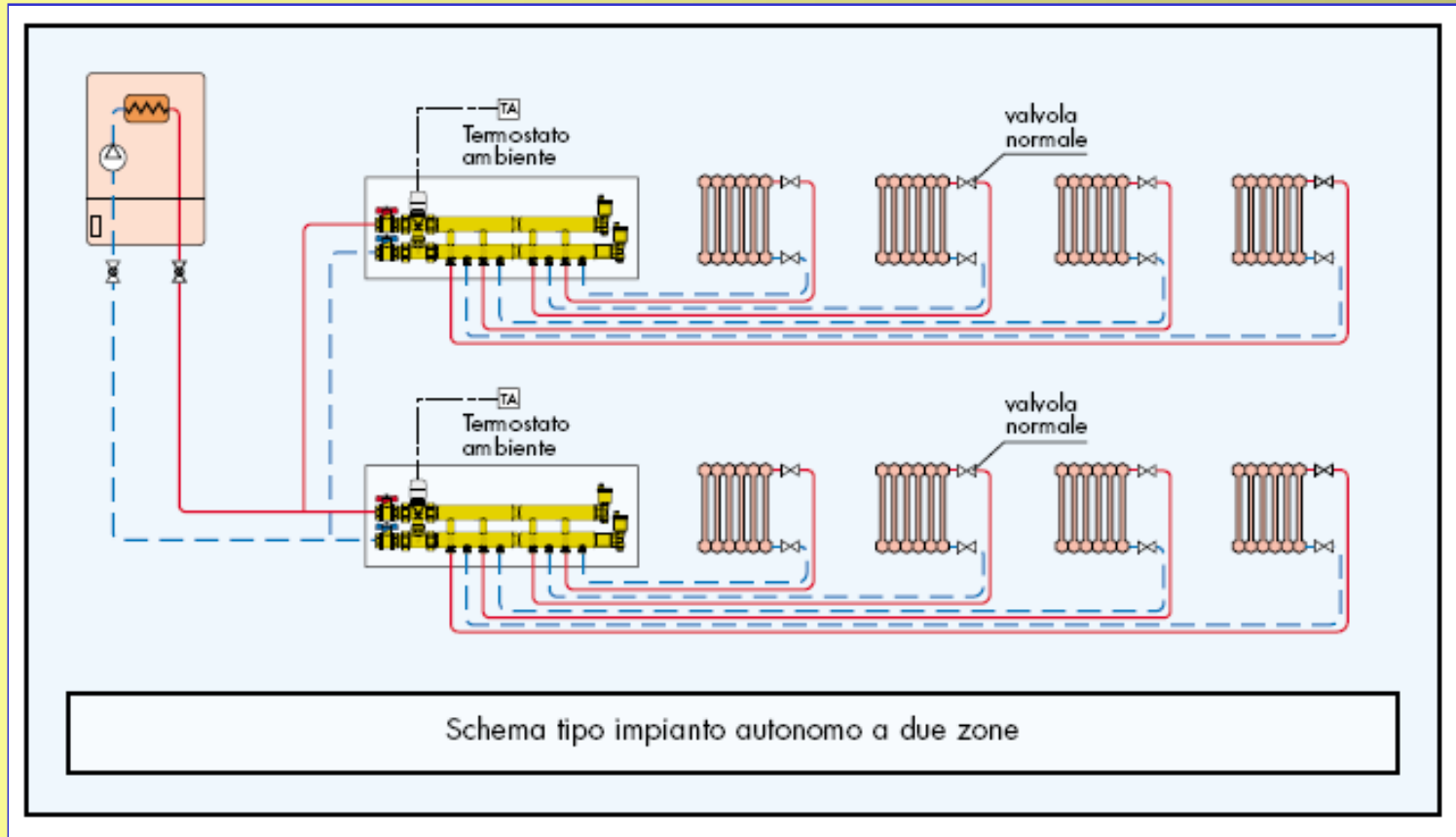




# Regolazione di zona con preregolazione

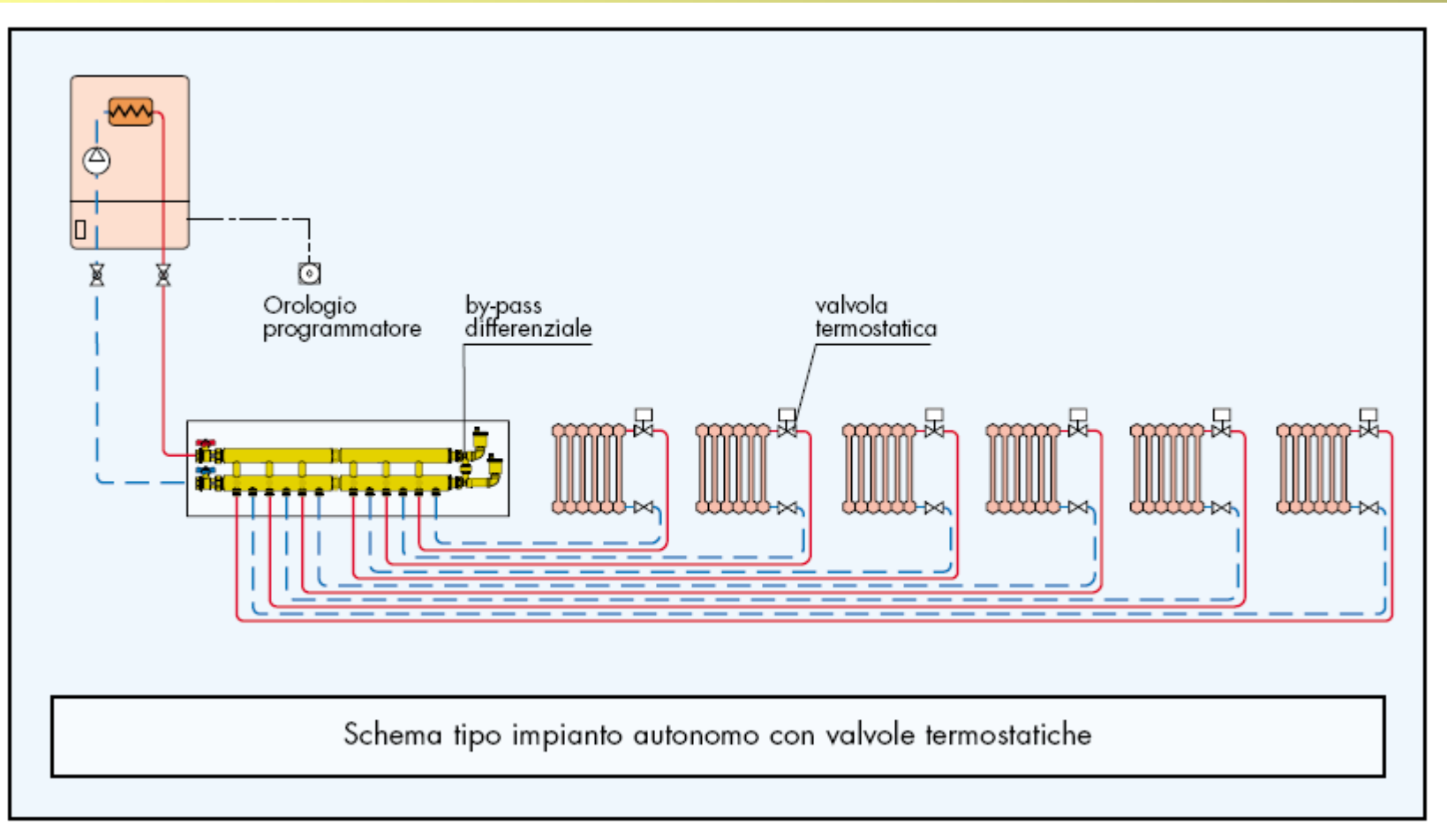
Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Climatica + zona con regolatore	On off	0,96	0,94	0,92
	PI o PID	0,995	0,98	0,96
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,96	0,94
	P banda prop. 2 °C	0,96	0,95	0,93

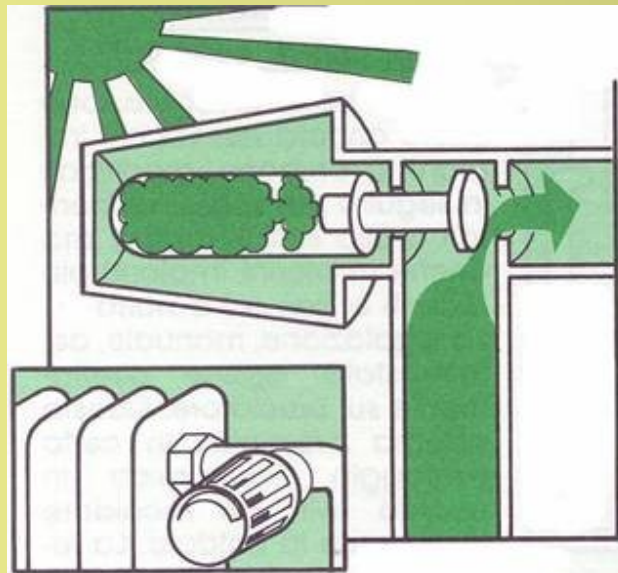




## Regolazione per singolo ambiente

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
Solo ambiente con regolatore	On off	0,94	0,92	0,88
	PI o PID	0,99	0,97	0,93
	P banda prop. 0,5 °C	0,98	0,96	0,92
	P banda prop. 1 °C	0,97	0,95	0,91
	P banda prop. 2 °C	0,95	0,93	0,89

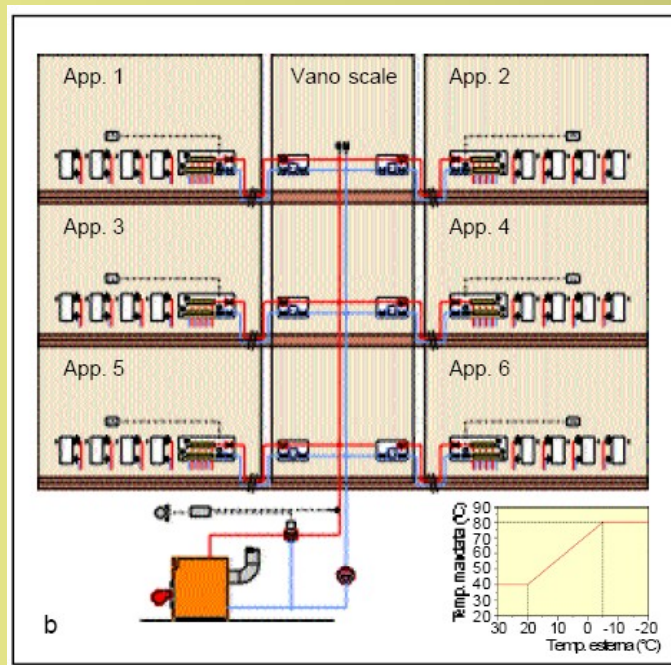




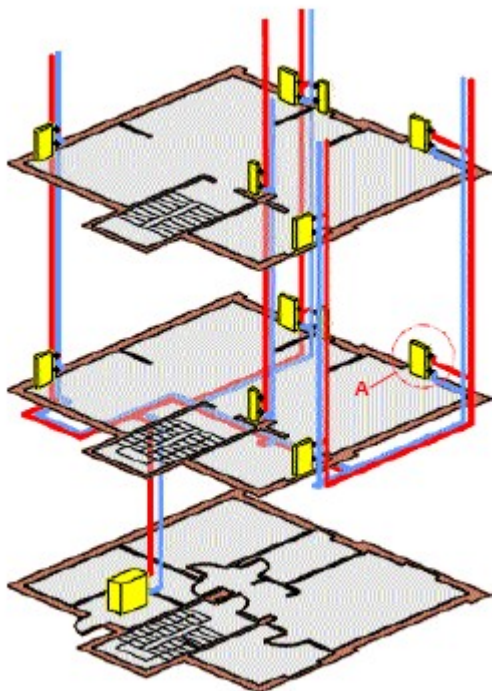
Tratto da Ufe

## Regolazione per singolo ambiente con preregolazione

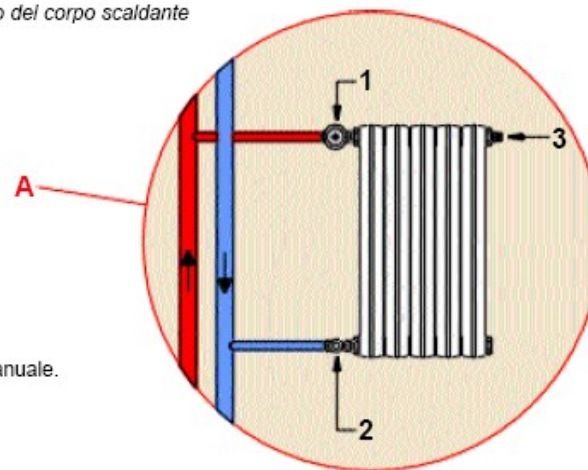
Tipo di regolazione	Caratteristiche	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad elevata inerzia termica	
		Radiatori, convettori, ventilconvettori, strisce radianti ed aria calda	Pannelli integrati nelle strutture edilizie e disaccoppiati termicamente	Pannelli annessi alle strutture edilizie e non disaccoppiati termicamente
Climatica + ambiente con regolatore	On off	0,97	0,95	0,93
	PI o PID	0,995	0,99	0,97
	P banda prop. 0,5 °C	0,99	0,98	0,96
	P banda prop. 1 °C	0,98	0,97	0,95
	P banda prop. 2 °C	0,97	0,96	0,94



## Impianto a colonne montanti

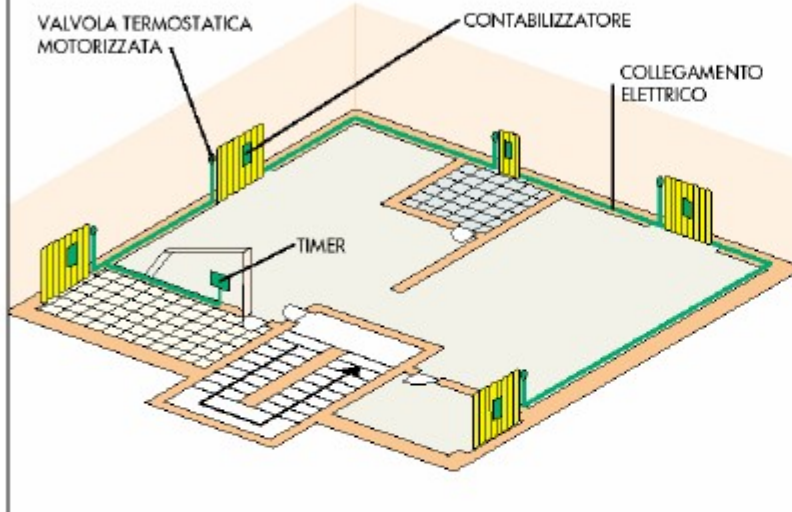


*Particolare del collegamento del corpo scaldante alla colonna montante.*

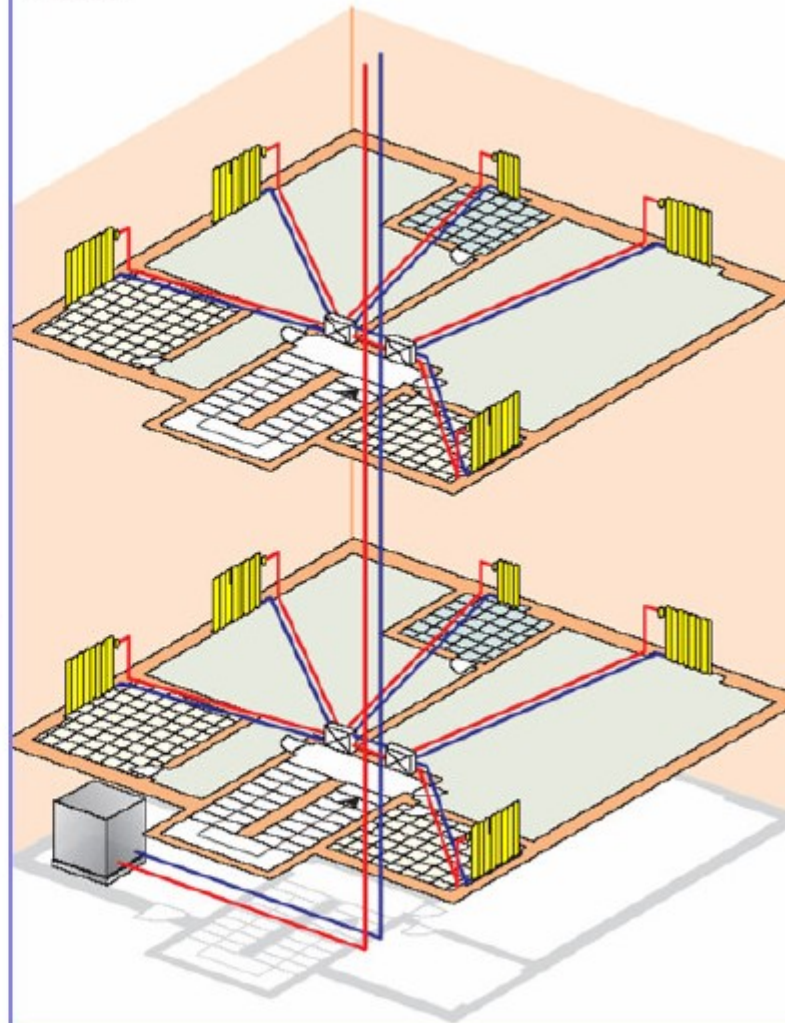


- 1 Valvola di regolazione manuale.
- 2 Detentore.
- 3 Valvola di sfogo aria.

## CONTABILIZZAZIONE DEL CALORE IN UN IMPIANTO A COLONNE MONTANTI

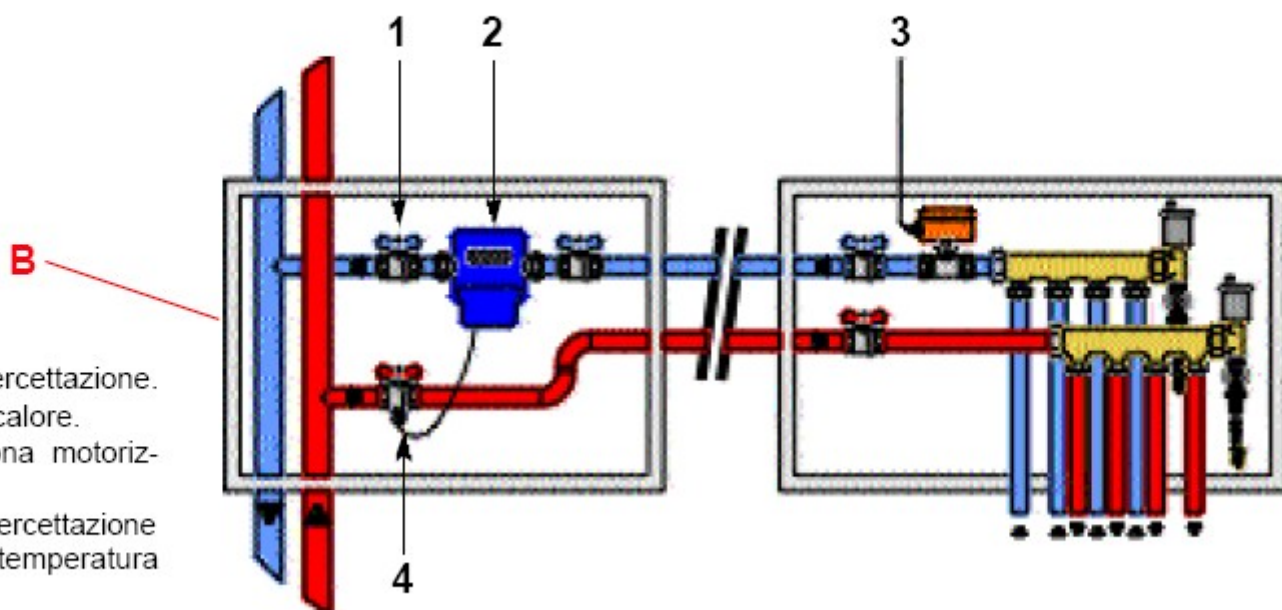


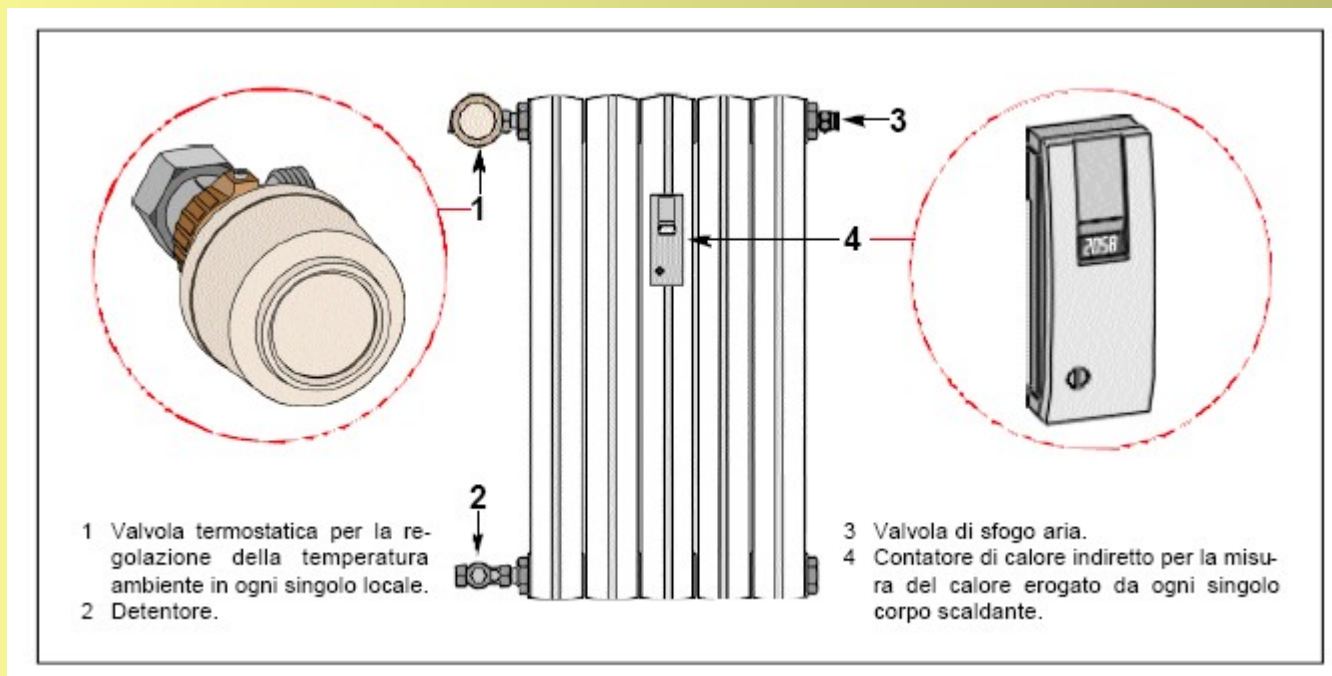
## IMPIANTO A ZONE



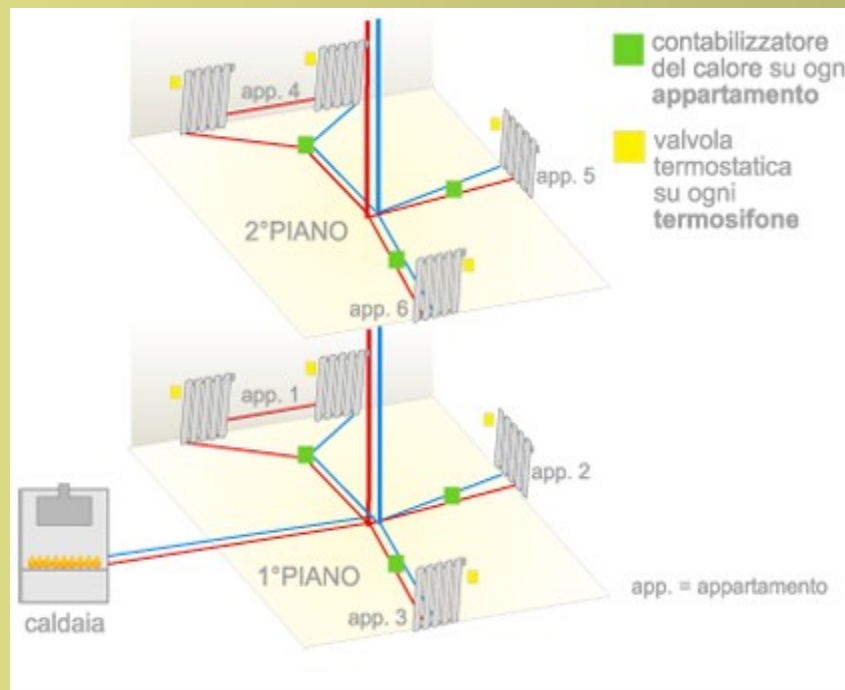
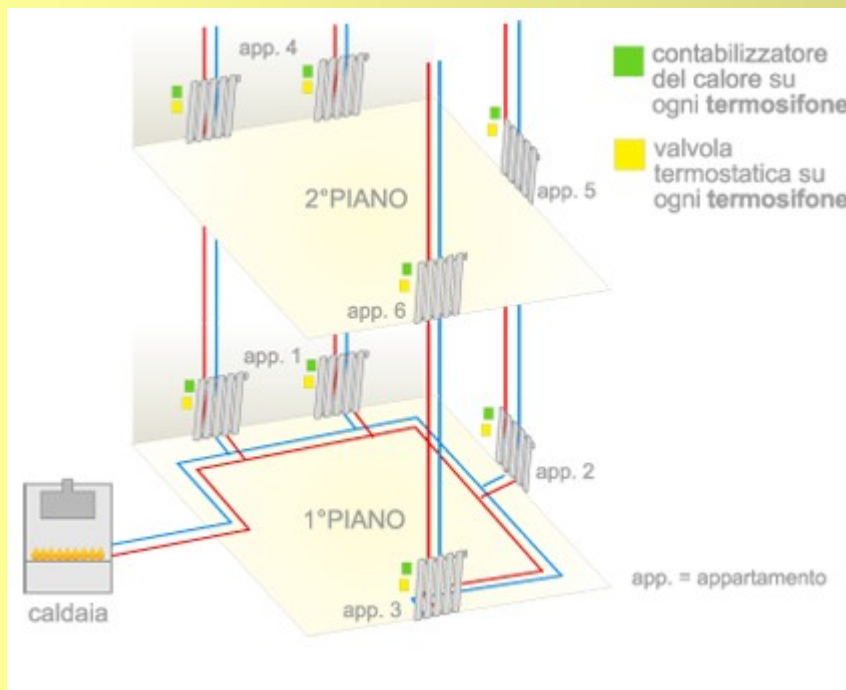


Particolare della cassetta di intercettazione e di contabilizzazione di zona.





# Contabilizzazione del calore



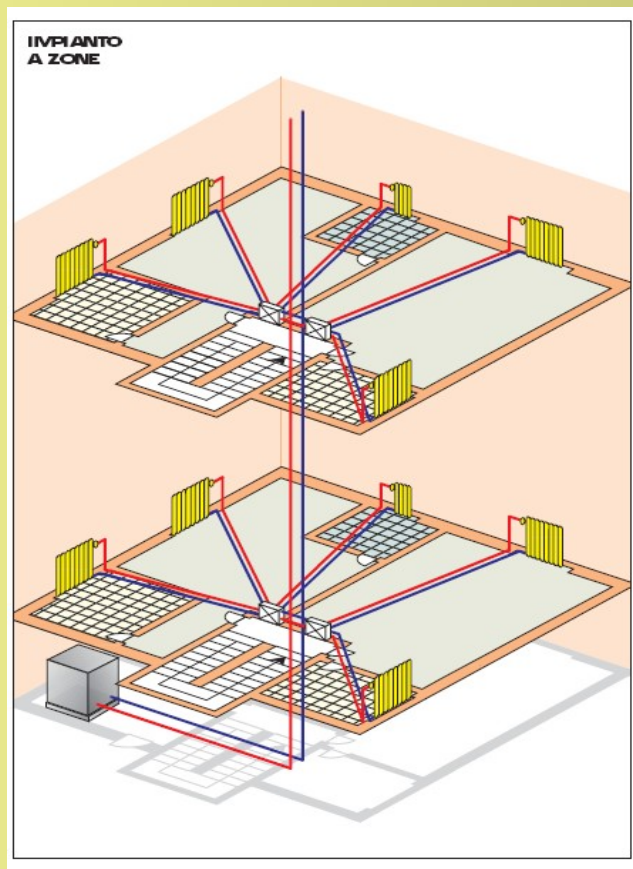
Le perdite del sottosistema di regolazione si calcolano con la formula:

$$Q_{l,c} = (Q_h + Q_{l,e}) \cdot \left( \frac{1 - \eta_c}{\eta_c} \right)$$

ossia:

$$Q_{l,c} = Q_h \cdot \left( 1 + \frac{1 - \eta_e}{\eta_e} \right) \cdot \left( \frac{1 - \eta_c}{\eta_c} \right)$$

# RENDIMENTO/PERDITE DI DISTRIBUZIONE



# DPR 412/93 – Allegato B

TAB 1						
Conducibilità Termica utile dell'isolante (W/m °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	42	56	71	77	84

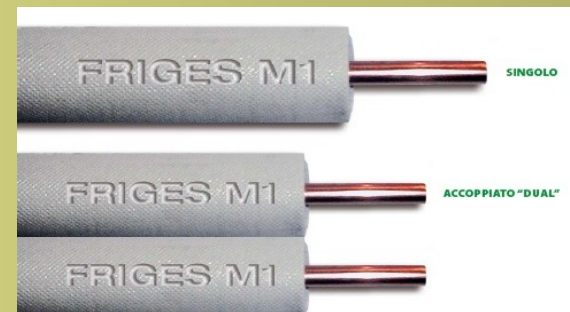
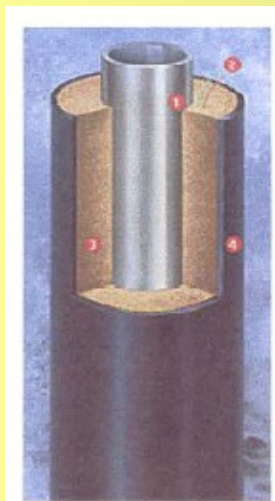
Per valori di conducibilità termica utile dell'isolante differenti da quelli indicati in tabella 1, i valori minimi dello spessore del materiale isolante sono ricavati per interpolazione lineare dei dati riportati nella tabella 1 stessa. I montanti verticali delle tubazioni devono essere posti al di qua dell'isolamento termico dell'involucro edilizio, verso l'interno del fabbricato ed i relativi spessori minimi dell'isolamento che risultano dalla tabella 1, vanno moltiplicati per 0,5.

- Per tubazioni correnti entro strutture non affacciate né all'esterno né su locali non riscaldati gli spessori di cui alla tabella 1, vanno moltiplicati per 0,3.

- Nel caso di tubazioni preisolate con materiali o sistemi isolanti eterogenei o quando non sia misurabile direttamente la conducibilità termica del sistema, le modalità di installazione e i limiti di coibentazione sono fissati da norme tecniche UNI che verranno pubblicate entro il 31 ottobre 1993 e recepite dal Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato entro i successivi trenta giorni.

I canali dell'aria calda per la climatizzazione invernale posti in ambienti non riscaldati devono essere coibentati con uno spessore di isolante non inferiore agli spessori indicati nella tabella 1 per tubazioni di diametro esterno da 20 a 39 mm.

## ISOLAMENTO TUBAZIONI



# Rendimento di distribuzione

## Sottosistema di distribuzione

La determinazione delle perdite di distribuzione può essere effettuata:

-(1) Mediante il ricorso a dati pre-calcolati ricavati da tabelle in base alle principali caratteristiche del sottosistema (Prospetto 21);

-(2) Mediante il metodo descritto nell'appendice A;

-(3) Mediante metodi analitici descritti nella norme pertinenti.

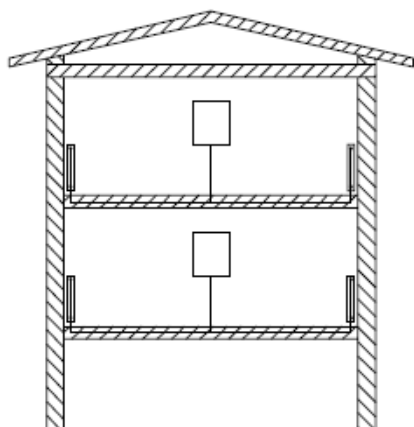
-Nel caso di valutazioni energetiche di progetto deve essere effettuato il calcolo delle perdite di distribuzione con i metodi (2) o (3).

**-Qualora si utilizzino i dati di rendimento del prospetto della UNI TS 11300-2 non si prevedono recuperi termici delle pompe di distribuzione.**



# Rendimento di distribuzione

## IMPIANTI AUTONOMI



### Isolamento distribuzione

**Legge 10/91**  
Periodo di  
realizzazione  
dopo il 1993

0,990

**Discreto**  
Periodo di  
realizzazione  
1993-1977

0,980

**Medio**  
Periodo di  
realizzazione  
1976-1961

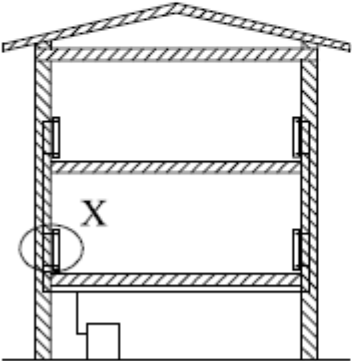
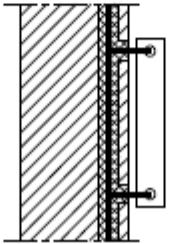
0,969

**Insufficiente**  
Periodo di  
realizzazione  
Prima del 1961

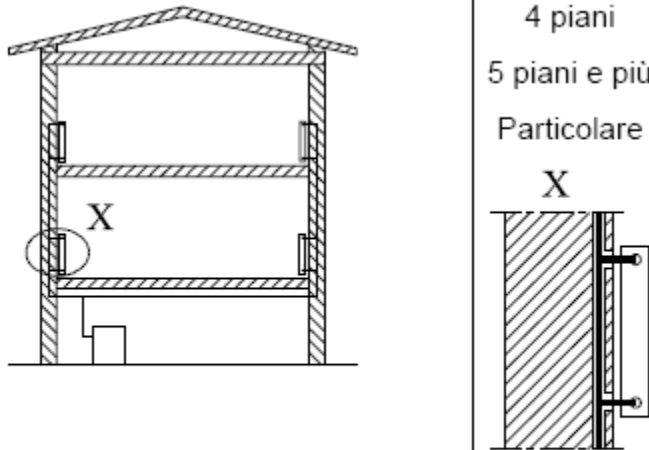
0,958

IMPIANTI CENTRALIZZATI A DISTRIBUZIONE ORIZZONTALE					
	Altezza edificio	Isolamento distribuzione			
		Legge 10/91 Periodo di realizzazione Dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione Prima del 1961
	Fino a 3 piani	0,980	0,969	0,958	0,947
Oltre 3 piani	0,990	0,980	0,969	0,958	

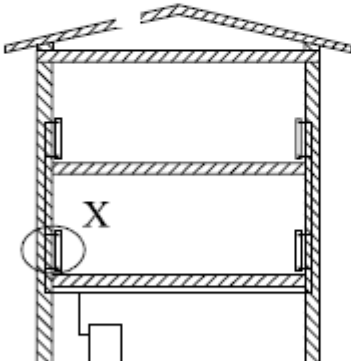
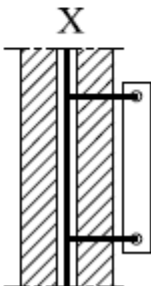
# Rendimento di distribuzione

IMPIANTI CENTRALIZZATI CON MONTANTI DI DISTRIBUZIONE		
Tipo di distribuzione	Altezza edificio	Isolamento distribuzione nel cantinato secondo legge 10/91 Periodo di realizzazione Dopo il 1993
<b>Montanti in traccia nei paramenti interni.</b> Isolamento secondo legge 10/91 Periodo di costruzione: dopo il 1993  	1 piano	0,936
	2 piani	0,947
	3 piani	0,958
	4 piani	0,969
	5 piani e più	0,98
	Particolare X 	

# Rendimento di distribuzione

IMPIANTI CENTRALIZZATI CON MONTANTI DI DISTRIBUZIONE					
Tipo di distribuzione	Altezza edificio	Isolamento distribuzione nel cantinato			
		Legge 10/91 Periodo di realizzazione Dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione Prima del 1961
<b>Montanti in traccia nei paramenti interni o nell'intercapedine - Isolamento leggero</b>  Periodo di costruzione: 1993-1977  	1 piano	0,908	0,880	0,868	0,856
	2 piani	0,925	0,913	0,901	0,889
	3 piani	0,939	0,927	0,917	0,904
	4 piani	0,949	0,938	0,927	0,915
	5 piani e più	0,955	0,943	0,934	0,922

# Rendimento di distribuzione

IMPIANTI CENTRALIZZATI CON MONTANTI DI DISTRIBUZIONE					
Tipo di distribuzione	Altezza edificio	Isolamento distribuzione nel cantinato			
		Legge 10/91 Periodo di realizzazione Dopo il 1993	Discreto Periodo di realizzazione 1993-1977	Medio Periodo di realizzazione 1976-1961	Insufficiente Periodo di realizzazione Prima del 1961
<b>Montanti correnti nell'intercapedine.</b> Senza isolamento Periodo di costruzione: prima del 1976  	1 piano	0,901	0,876	0,851	0,824
	2 piani	0,913	0,925	0,901	0,876
	3 piani	0,925	0,936	0,913	0,889
	4 piani	0,936	0,936	0,913	0,901
	5 piani e più	0,947	0,947	0,925	0,913
	Particolare 				

# Rendimento di distribuzione

I valori dei prospetti si riferiscono a distribuzione con temperatura variabile, con temperature di andata e ritorno di progetto di 80/60 °C.

Per temperature di progetto differenti si applicano i coefficienti di correzione dei rendimenti del prospetto seguente.

## Prospetto 22 – Fattori di correzione

Temperature di andata e ritorno di progetto	Coefficiente di correzione	Tipologia dell'impianto
70 / 55	$1 - (1 - \eta) * 0.85$	Impianto a radiatori a temperatura variabile
55 / 45	$1 - (1 - \eta) * 0.60$	Impianto a ventilconvettori
30 / 35	$1 - (1 - \eta) * 0.25$	Impianto a pannelli

## Rendimento di distribuzione

Come si migliora ?

migliorando la coibentazione delle tubazioni;

abbassando il più possibile la temperatura del fluido termovettore.

In conclusione

$$Q_{dnr} = Q_{hr} \cdot \frac{1 - \eta_d}{\eta_d}$$

L'energia richiesta al sistema di produzione del calore è:

$$Q_p = Q_{hr} + Q_{dnr}$$



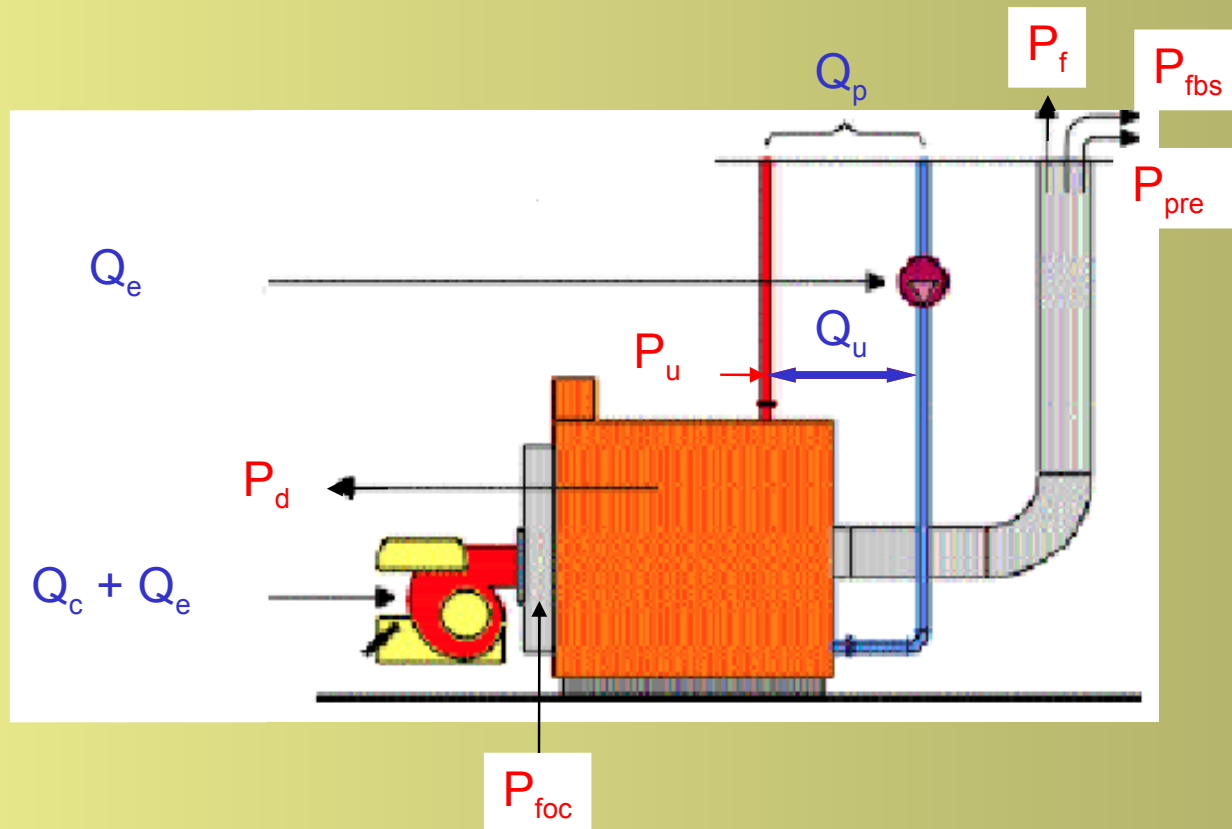
# RENDIMENTO/PERDITE DI GENERAZIONE

# Rendimenti

$$Q_s = Q_c + Q_e$$

$Q_c$  energia del combustibile

$Q_e$  energia elettrica



$$\eta_p = Q_p / (Q_c + Q_e) \quad (\text{rendimento di produzione - rapporto tra energie})$$

$$\eta_u = P_u / (P_{foc}) \quad (\text{rendimento termico utile - rapporto tra potenze})$$

$$\eta_c = (P_{foc} - P_f) / (P_{foc}) \quad (\text{rendimento di combustione o convenzionale - rapporto tra potenze})$$

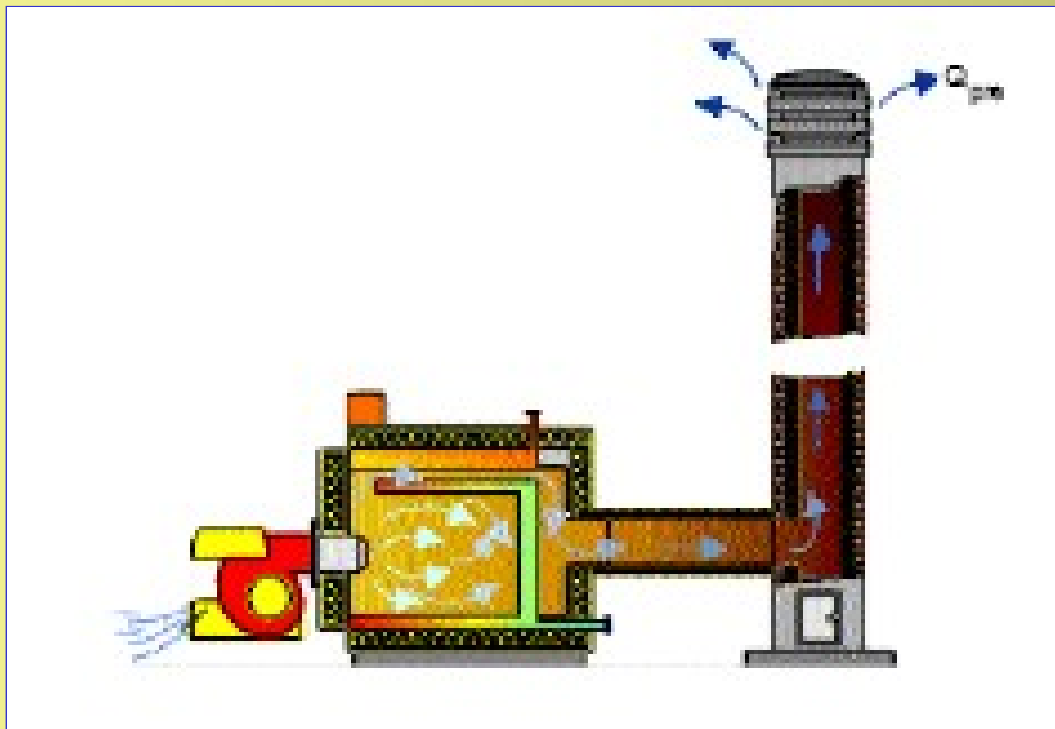
## Dati di targa

GENERATORE		U.M.	29V 2P 29V 1P+MIX	29V 3P 29V 2P+MIX	29V 4P	29V 2P 29V 1P+MIX	29V 3P 29V 2P+MIX	29V 4P
Combustibile			G20 - G25 - G30 - G31			Gasolio		
Categoria apparecchio			C13 - C53 - C63 - C83			Stagno		
DPR 412	Potenza termica focolare	kW	33	33	33	33,2	33,2	33,2
	Potenza termica utile	kW	30,3	30,3	30,3	30,7	30,7	30,7
	Rendimento al 100%	%	91,8	91,8	91,8	92,5	92,5	92,5
	Rendimento al 30%	%	92,1	92,1	92,1	94,3	94,3	94,3
UNI 10348	Perdite al camino al bruciatore spento	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Perdite al camino a bruciatore funzionante	%	7,4	7,4	7,4	7,3	7,3	7,3
	Perdite al mantello (1)	%	0,8	0,8	0,8	0,2	0,2	0,2
Temperatura uscita fumi lorda		°C	160 ÷ 180	160 ÷ 180	160 ÷ 180	170 ÷ 180	170 ÷ 180	170 ÷ 180
Portata massica fumi		kg/s	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Tiraggio necessario		mbar	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Perdite di carico lato fumi		mbar	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Volume camera di combustione		m³	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041
Superficie di scambio totale		m²	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Carico Termico Volumetrico		kW/m³	800	800	800	800	800	800
Carico Termico Specifico		kW/m²	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4	23,4
Pressione max di esercizio		bar	3	3	3	3	3	3
Temp. max ammessa		°C	95	95	95	95	95	95
Temp. ritorno min ammessa (imp. diretto/imp. miscelato)		°C	40/25	40/25	40	40/25	40/25	40
Resistenza lato acqua ΔT 10 °C		mbar	280	280	280	280	280	280
Resistenza lato acqua ΔT 20 °C		mbar	76	76	76	76	76	76
Contenuto acqua		l	26	26	26	26	26	26
Alimentazione elettrica		V/Hz	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50	230/50
Potenza elettrica assorbita		W	320	430	540	405	515	625
Peso generatore		kg	115	115	115	115	115	115
Vaso di espansione sanitario: capacità/precarica		l/bar	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3	4/3
Vaso di espansione riscaldamento: capacità/precarica		l/bar	16/1,5	16/1,5	16/1,5	16/1,5	16/1,5	16/1,5

Riferimenti normativi: UNI 10348; UNI 7936; UNI 9166.

(1) Sono riferite ad una differenza di temperatura media dell'acqua in caldaia e quella ambiente di 50 °C.

## Perdite di prelavaggio



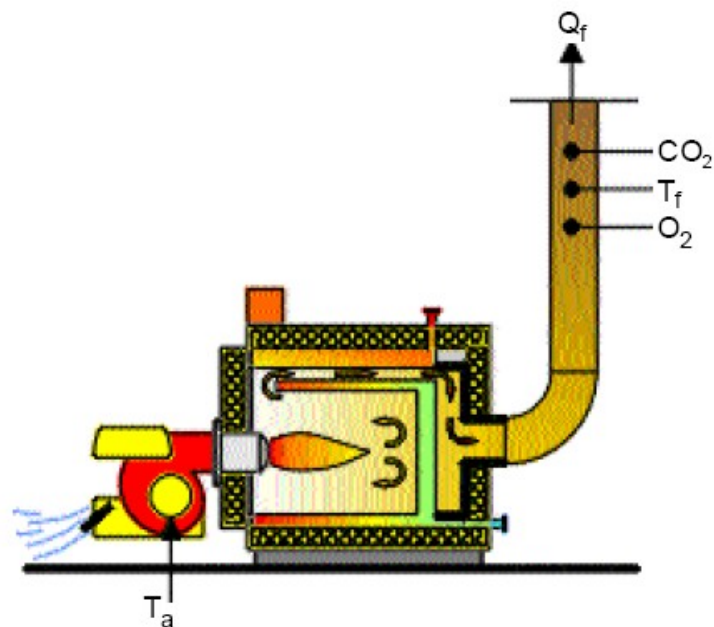
## Perdite nei fumi

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

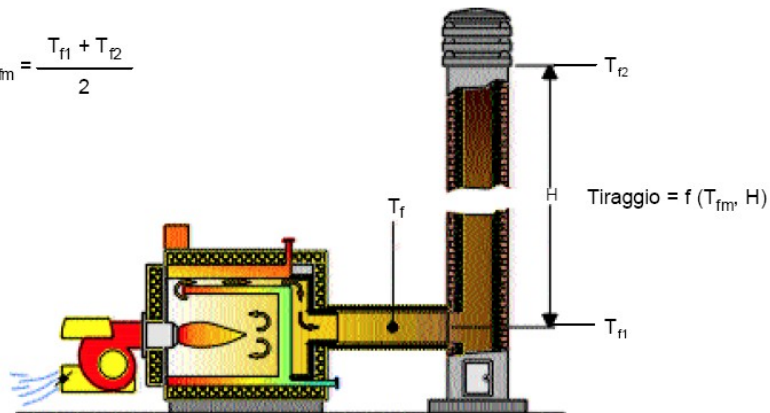
A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B	Combustibile
0,66	0,38	0,010	gas naturale
0,63	0,42	0,008	GPL
0,68	0,50	0,007	gasolio
0,68	0,52	0,007	oli combustibili

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).

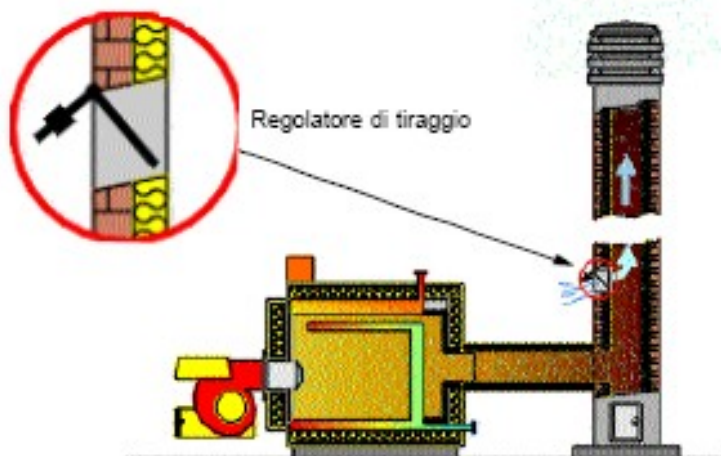


$$T_{fm} = \frac{T_{f1} + T_{f2}}{2}$$



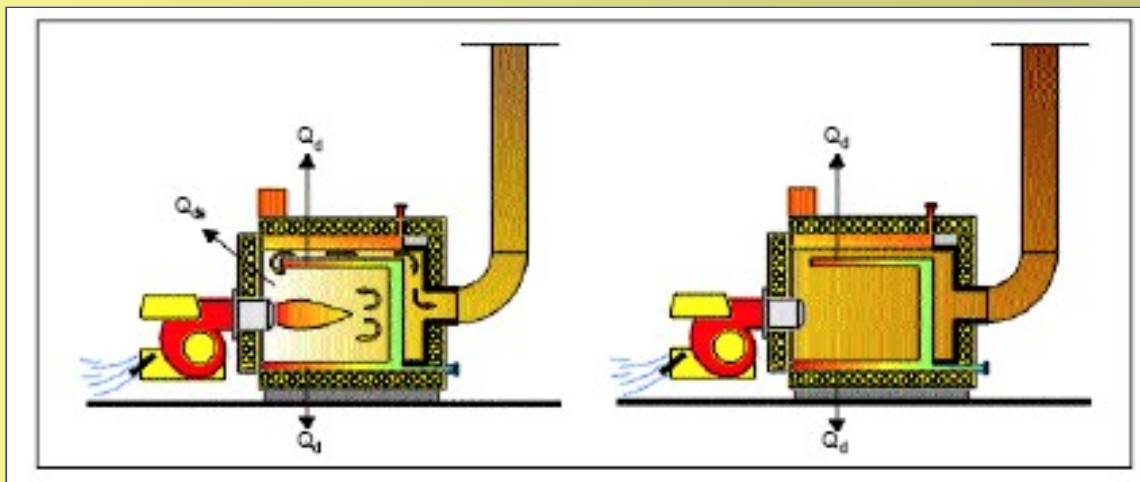
## Perdite al camino a bruciatore spento

Come si possono ridurre ?



- 3) Adottando bruciatori con serrande;
- 4) Sigillando ogni possibile ingresso d'aria;
- 5) Abbassando la  $T_f$ ;
- 6) Inserendo regolatori di tiraggio

## PERDITE DI CALORE PER TRASMISSIONE VERSO L'AMBIENTE OVE E' INSTALLATA LA CALDAIA



### Come si possono ridurre ?

- 2) Efficace isolamento del mantello;
- 3) Bassa temperatura media dell'acqua nel generatore
- 4) Corretto dimensionamento del generatore
- 5) Installando il generatore in ambiente protetto

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).

**Il rendimento medio stagionale di produzione differisce quindi dai rendimenti a pieno carico ed a carico parziale ottenuti con prove di laboratorio secondo la normativa tecnica vigente.**



## Valutazione delle perdite di generazione

- 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.

## Rendimenti di generazione precalcolati

- 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 \*\*\*\*

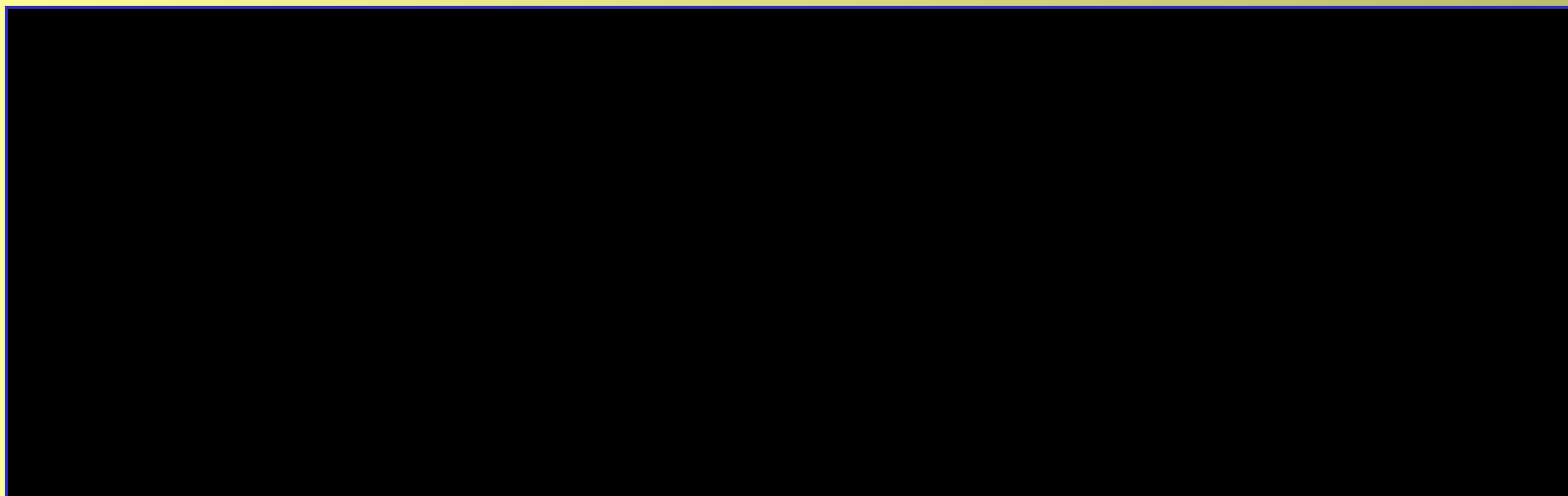
## Marcatura secondo il DPR 660/96

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> )

1 e 2 stelle sono caldaie a camera aperta e tiraggio naturale o forzato, 3 stelle solitamente caldaie a tiraggio forzato e camera stagna, 4 stelle caldaie a condensazione.

## Legenda

- 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

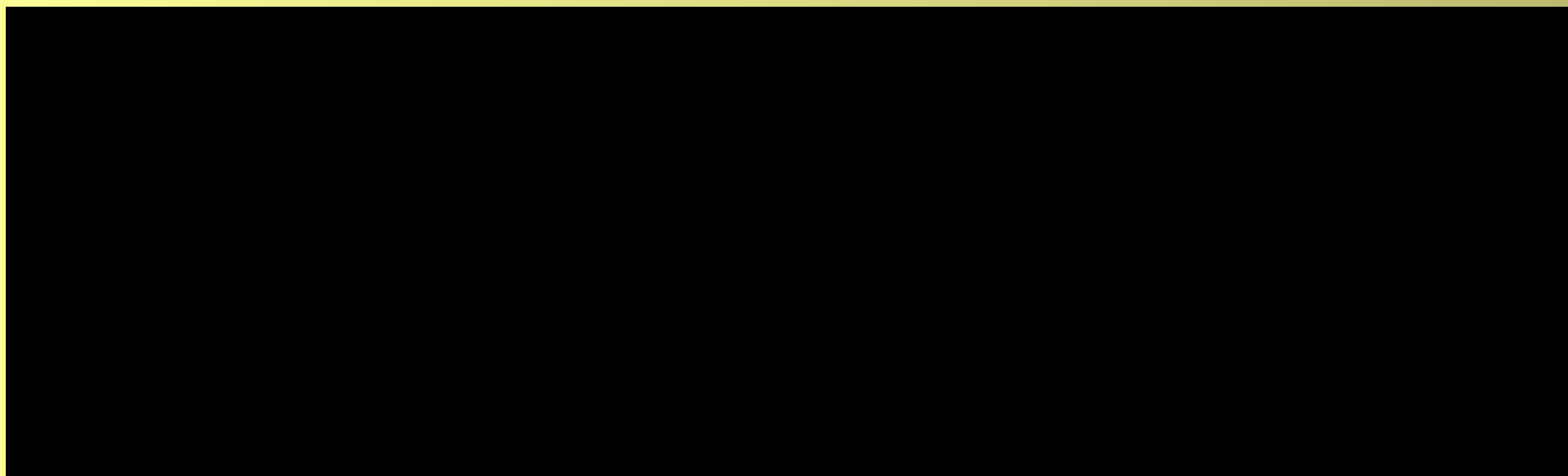


Prospetto 23/a - Generatori di calore atmosferici tipo B classificati \*\* (2 stelle)



ulazione, in

rospetto 23/b - Generatori di calore a camera stagna tipo C per impianti



Generatori di calore a gas a condensazione **** (4 stelle)										
$\Delta T$ fumi - acqua ritorno a $P_n$	Valore 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
12 .. 24 °C	101	0	0	0	-1	-3	0	-2	-3	-4
> 24 °C	99	0	0	0	-1	-2	0	-1	-2	-3

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,  
 $\Delta T$  finale acqua ritorno/fumi per classi <12 – 12...24 – 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

Spettro ZSD - Generatori di calore a gas a condensazione (4 stelle)

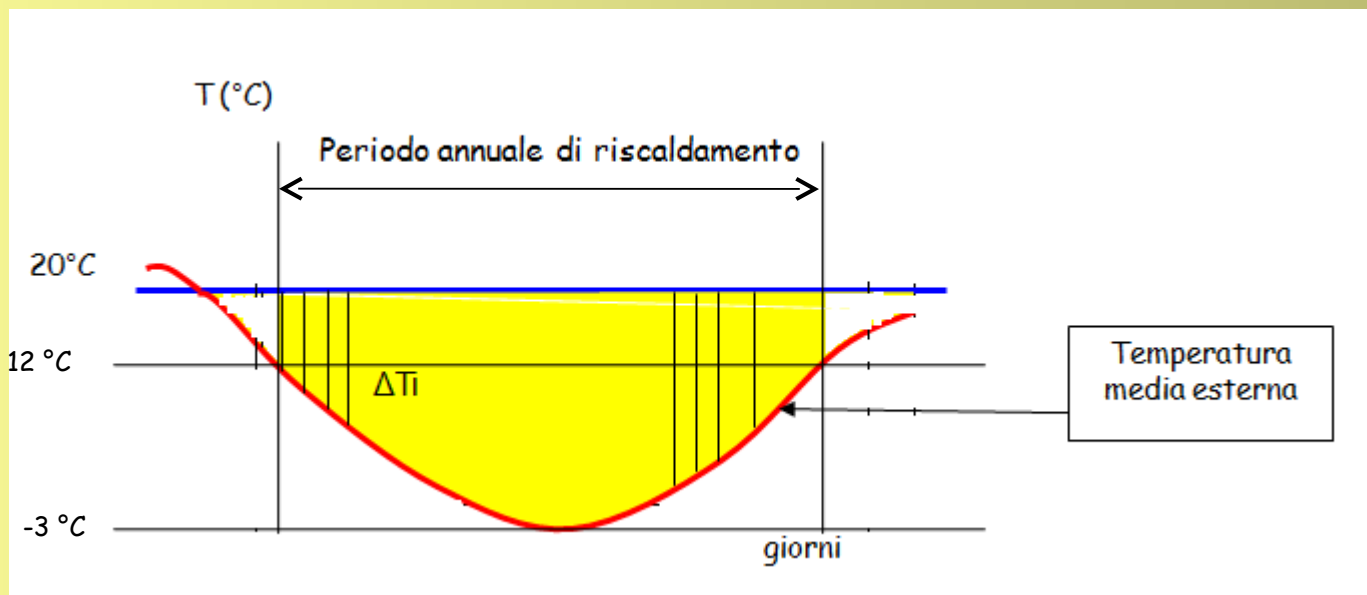
## Generatori di aria calda

Tipo di generatore	Valore di base %	Riduzione per installazione all'esterno
<p>Generatori di aria calda a gas o gasolio con bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento on-off.</p> <p>Generatori di aria calda a gas a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione di tipo B o C, funzionamento on-off.</p>	90	3
<p>Generatori aia calda a gas o gasolio, bruciatore ad aria soffiata o premiscelato, funzionamento bistadio o modulante.</p> <p>Generatori aria calda a camera stagna con ventilatore nel circuito di combustione installato in versione di tipo B o C, bistadio o modulazione aria gas.</p>	93	2
<p>Generatori aria calda a gas a condensazione regolazione modulante aria gas.</p>	100	1

Dati climatici						
Tprog.		-3				
GG		2248				
Zona Climatica		E				
Giorni di accensione (Ga)		183				
Fattore medio climatico $F_{CLIMA}$						
$GG/[(20-t_{prog}) * Ga]$		0,534				
Attivazione giornaliera (h)		24				
Numero di ore/stagione $t_{gn}$		4392				
Generatore						
Generatore con bruciatore a gas ad aria soffiata monostadio classificato ** (2 stelle)			Unità di misura			
Potenza termica utile al 100% del carico						
$\Phi_{Pn}$		180	kWh			
Fabbisogni e Perdite						
Voce di fabbisogno		Simbolo	Unità di misura	Operatore	Energia	
					Termica	Elettrica
1	Fabbisogno utile $Q_h$ (calcolo secondo UNI/TS 11300-1)	$Q_h$	kWh		262.256	
2	Perdite recuperate dal sistema ACS	$Q_{W,rh}$	kWh	Non si considerano recuperi		
3	Fabbisogno netto	$Q'_h$	kWh		262.256	



# GRADI GIORNO



	<b>Sottosistema di emissione <math>\eta_e =</math></b>	<b>0,95</b>				
4	Perdite di emissione $Q_{l,e,H} = [(1 - \eta_e)/\eta_e \times Q'_h] =$		$Q_{l,e,H}$	kWh	+	13.803
5	Fabbisogno di energia elettrica		$Q_{aux}$		<b>Non si considerano recuperi</b>	-
6	Fabbisogno emissione IN 3 + 4		$Q_{e,IN}$	kWh	=	276.059
	<b>Sottosistema di regolazione <math>\eta_e =</math></b>	<b>0,98</b>				
7	Perdite di regolazione $Q_{l,c} = [(1 - \eta_c)/\eta_c \times Q_{e,IN}] =$		$Q_{l,c}$	kWh	+	5.634
8	Fabbisogno regolazione IN 6 + 7		$Q_{l,c,IN}$	kWh	=	281.693
9	Fabbisogno distribuzione OUT = 8		$Q_{d,OUT}$	kWh		281.693
	<b>Sottosistema di distribuzione <math>\eta_d =</math></b>	<b>0,969</b>				
10	Perdite di distribuzione $Q_{l,d} = [(1 - \eta_d)/\eta_d \times Q_{d,OUT}] =$		$Q_{l,d}$	kWh	+	9.012
11	Energia termica pompe distribuzione <b>Non si considerano recuperi termici</b>		$Q_{PO,d}$	kWh		
12	Fabbisogno distribuzione IN = 9 + 10		$Q_{d,IN}$	kWh	=	290.705

<b>Sottosistema di generazione</b>				
Potenza media richiesta dal sistema di generazione				
13	$\Phi_{gn,avg} =$	$[12]/(Ga \cdot h) = 290.705/(183 \cdot 24) =$	66,2	kW
14	Potenza termica corrispondente al fabbisogno = [13]/ $F_{CLIMA} =$		120,3	kW
	$F_{CLIMA} =$	0,55		
15	Fattore F1 di dimensionamento del generatore	$F1 = \Phi_{PN}/\Phi_{gn} =$	$180/120,3 =$	1,50
16	Fattore di carico medio del generatore	$F_{U,gn} = \Phi_{gn,avg} / \Phi_{PN} =$	$66,2/180 =$	0,37
	<b>Rendimento di generazione <math>\eta_{gn}</math></b>	=	0,86	
	Valore base =	90 %		
	F1 riduzione per sovradimensionamento	-2 %		
	F4 riduz. Per temp. di caldaia > 65°C	-1 %		
	F5 riduz. Per generatore monostadio	-1 %		
	Rendimento medio stagionale corretto	<b>86 %</b>		
	<b>Perdite</b>			
16	Perdite di generazione = $[(1 - \eta_{gn})/\eta_{gn}] \times Q_{d,IN} =$	$Q_{l,gn}$	kWh	<b>47.324</b>
17	Energia termica da pompa primaria	$Q_{aux,pr}$	kWh	
18	Fabbisogno gen. IN = 12 + 16		kWh	<b>338.029</b>

<b>Potenze elettriche e fabbisogno agli ausiliari</b>				
19	Potenza tot. degli ausiliari $W_{aux, Pn}$		$W_{gn, aux, PN} = G + H \times \Phi_{PN}^n$ $G = 0; H = 45; n = 0,48$ (vedi tabella B.4)	
			$W_{gn,aux} = 45 \times 180^{0,48} = 544 \text{ W}$	
20	Potenza della pompa primaria $W_{gn,PO,pr}$		$W_{gn,PO,pr} =$	100 W
	Potenza totale degli ausiliari = 19 +20		$W_{aux,tot} = W_{gn,aux} + W_{gn,PO,pr}$ $W_{aux,tot} = 544 + 100 = 644 \text{ W}$	
21	Fabbisogno tot. di energia elettrica		$Q_{aux} = W_{aux,tot} \times t_{gn} \times F_{u,gn} =$ $(644 \times 4392 \times 0,37)/1000 =$	
			1.040	kWh
<b>Fabbisogno globale di energia primaria e rendimento medi annuo</b>				
22	Fabbisogno totale di energia primaria		$Q = Q_{gn,IN} + F_{p,el} \times Q_{gn,IN} =$ $338.029 + 1.040 \times 2,49 =$	
			340.618	kWh
23	Rendimento medio annuo	$\eta_g = Q_h/Q =$	$262.256 / 340.618 =$	0,77

## Parametri per il calcolo della potenza degli ausiliari

Tipologia	Potenza	G	H	n
<b>Generatori standard</b>				
Generatori atmosferici a gas	$\Phi_{Pn}$	40	0,148	1
	$\Phi_{Pint}$	40	0,148	1
	$\Phi_{Po}$	15	0	0
Generatori con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi e gassosi	$\Phi_{Pn}$	0	45	0,48
	$\Phi_{Pint}$	0	15	0,48
	$\Phi_{Po}$	15	0	0
<b>Generatori a bassa temperatura</b>				
Generatori atmosferici a gas	$\Phi_{Pn}$	40	0,148	1
	$\Phi_{Pint}$	40	0,148	1
	$\Phi_{Po}$	15	0	0
Generatori con bruciatore ad aria soffiata a combustibili liquidi e gassosi	$\Phi_{Pn}$	0	45	0,48
	$\Phi_{Pint}$	0	15	0,48
	$\Phi_{Po}$	15	0	0
Generatori a condensazione a combustibili liquidi e gassosi	$\Phi_{Pn}$	0	45	0,48
	$\Phi_{Pint}$	0	15	0,48
	$\Phi_{Po}$	15	0	0

$$W_{aux, Pi} = G + H \times \Phi P n^n [W]$$

## **COSA E' LA TRASMITTANZA TERMICA**

La trasmissione del calore avviene attraverso un corpo quando esso è sottoposto ad una differenza di temperatura. L'energia si trasferisce dal punto a temperatura maggiore al punto a temperatura minore. La schematizzazione che si applica alla trasmissione di calore si basa su tre meccanismi fondamentali:

- *Conduzione*
- *Convezione*
- *Irraggiamento*

L'analisi rigorosa di questo fenomeno si basa su basi teoriche molto complesse, e quindi per rendere più agevole lo sviluppo dei calcoli si ipotizzano le seguenti condizioni:

- *regime stazionario (flusso di calore costante nel tempo)*
- *parete piana di estensione infinita*
- *materiale componente perfettamente omogeneo ed isotropo*
- *le due facce esterne della parete sono considerate come superfici isoterme*

La trasmittanza U (UNI EN ISO 6946) si definisce come il flusso di calore che attraversa una superficie unitaria sottoposta a differenza di temperatura pari ad 1°C ed è legata alle caratteristiche del materiale che costituisce la struttura e alle condizioni di scambio termico limite e si assume pari all'inverso della sommatoria delle resistenze termiche degli strati

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

con:

- $R_{si}$  resistenza superficiale interna;
- $R_1; R_2; \dots R_n$  resistenze termiche utili di ciascuno strato;
- $R_{se}$  resistenza superficiale esterna;

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

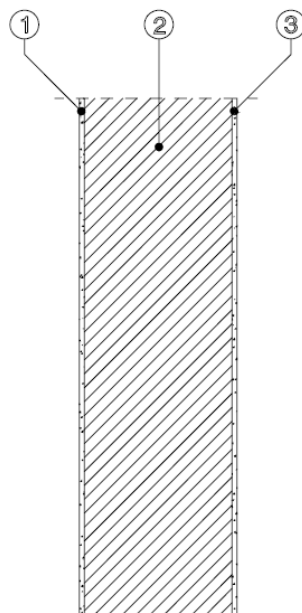
con:

- d spessore dello strato di materiale nel componente;
- $\lambda$  conduttività termica utile calcolata secondo ISO/DIS 10456.2 oppure ricavata da valori tabulati.

Per il calcolo della trasmittanza dei componenti edilizi finestrati si fa riferimento alla UNI EN ISO 10077-1.

## PARETI PERIMETRALI

### SCHEMA DELLA STRUTTURA



	Descrizione	spessore (m)	conducibilità $\lambda$ W/mK	conduttanza C W/m <sup>2</sup> K	resistenza termica R m <sup>2</sup> K/W	Riferimento normativo
$R_{si}$	Resistenza termica superf. interna				0,13	<b>UNI 6946</b>
1	Malta di gesso con inerti	0,02	0,29		0,0690	<b>UNI 10351</b>
2	Muratura in laterizio alveolato	0,25			0,8600	<b>UNI 10355</b>
3	Malta di calce o di calce e cemento	0,02	0,90		0,0222	<b>UNI 10351</b>
$R_{se}$	Resistenza termica superf. esterna				0,04	<b>UNI 6946</b>
	Resistenza totale della struttura	$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$			1,1212	m <sup>2</sup> K/W
	Trasmittanza termica della struttura secondo <b>UNI 6946</b>	$U = 1/R_T$			0,8919	W/m <sup>2</sup> K



Calcolo semplificato del risparmio annuo di energia in fonte primaria previsto con un intervento di efficienza energetica sull'involucro edilizio.

In un involucro edilizio ogni intervento di qualificazione energetica su un generico elemento opaco o finestrato produce come effetto la **riduzione della sua trasmittanza U**.

Dato un elemento opaco di superficie nota  $S$ , se definiamo con  $\Delta U$  la generica variazione di trasmittanza dovuta all'intervento effettuato (espressa in  $W/m^2 K$ ) e con  $\Delta T$  la differenza di temperatura tra le due facce dell'elemento, la potenza termica che non viene dispersa attraverso l'elemento stesso è data da:

$$\Delta Q_h = \Delta U * \Delta T * S [W]$$

Se consideriamo che

$$\Delta T = (G_G/G_R) * R * f$$

dove:

GG = gradi giorno della località dove sorge l'edificio in cui viene effettuato l'intervento;

GR = durata in giorni del periodo di riscaldamento;

R = fattore di correzione della differenza di temperatura in funzione del tipo di elemento opaco; si consiglia di applicare i seguenti valori:

R = 1 se l'elemento opaco divide un ambiente riscaldato dall'esterno;

R = 0,5 se l'elemento opaco divide un ambiente riscaldato da uno non riscaldato;

R = 0,8 se l'elemento opaco divide un ambiente riscaldato dal terreno o da un ambiente non riscaldato e ventilato;

f = fattore di correzione che tiene conto del valore della temperatura interna media (inferiore a 20 °C, poiché il riscaldamento negli ambienti non avviene ininterrottamente nell'arco della giornata ma soltanto in orari prestabiliti).

Si consiglia per gli edifici residenziali f = 0,9, e per tutti gli altri casi da 0,4 a 0,8.

Dalle espressioni precedenti, è possibile valutare l'energia risparmiata durante tutto il periodo del riscaldamento:

$$\Delta Q_a = (\Delta Q_h * 24 * GR) / 1000 = GG * 24 * f * R * \Delta U * S / 1000 \text{ [kWh]}$$

Una volta definita la dispersione termica ( $\Delta Q_a$ ), l'energia risparmiata come fonte primaria  $Q_{pr}$  è data dalla seguente espressione:

$$Q_{pr} = \Delta Q_a / \eta_g$$

# In prima approssimazione

Noto il PCI del combustibile

Si ricava la quantità  $R_c$  di combustibile risparmiato in una stagione:

$$R_c = Q_{pr}/PCI$$

Noto il costo unitario del combustibile  $C_u$

Il Flusso di cassa (FC) annuo è pari a:

$$FC = C_u * R_c$$

Se  $I$  è l'investimento, il tempo di ritorno semplice (TR) è

$$TR = I/FC$$

# FABBISOGNO ENERGETICO PER LA PRODUZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA

## Fabbisogni energetici per acqua calda sanitaria

$$Q_w = \rho \times C \times V_w \times (\theta_{er} - \theta_0) \cdot G \quad \text{Wh}$$

$\rho$  è la massa volumica dell'acqua [kg/m<sup>3</sup>];

$c$  è il calore specifico dell'acqua pari a 1,162 [Wh/kg °C];

$V_w$  è il volume dell'acqua richiesta durante il periodo di calcolo [m<sup>3</sup>/G];

$\theta_{er}$  è la temperatura di erogazione [°C];

$\theta_0$  è la temperatura di ingresso dell'acqua fredda sanitaria [°C];

$G$  è il numero dei giorni del periodo di calcolo [G].

### 5.2.1 Volumi di acqua richiesti

I volumi di acqua calda per usi igienico sanitari sono riferiti convenzionalmente ad una temperatura di erogazione di 40 °C e ad una temperatura di ingresso di 15°C. Il salto termico di riferimento ai fini del calcolo del fabbisogno di energia termica utile è, quindi, di 25 K.

Quando siano resi pubblici dall'ente erogatore o dall'Amministrazione Comunale dati mensili di temperatura dell'acqua di alimentazione in relazione alla zona climatica e alla fonte di prelievo (acqua superficiale, acqua di pozzo, ecc.) si devono utilizzare tali dati ai fini del calcolo indicandone l'origine. Ciò determina fabbisogni mensili di energia diversi a parità di litri erogati e dovrà essere indicato nella relazione tecnica.

I valori di fabbisogno giornaliero sono riferiti a dati medi giornalieri.

Il volume è dato da:

$$V_w = a \cdot Nu \quad [l/G]$$

dove:

$a$  = fabbisogno giornaliero specifico [l/G]

$Nu$  = parametro che dipende dalla destinazione d'uso dell'edificio <sup>4)</sup>

<sup>4)</sup>  $Nu$  corrisponde ai  $m^2$  per il residenziale o al parametro del prospetto 13 per le altre destinazioni d'uso

### 5.2.1.1 Abitazioni

Nel caso di abitazioni il valore Nu è il valore della superficie utile  $S_u$  dell'abitazione, espressa in  $m^2$  <sup>5)</sup>

Il valore di a si ricava dal seguente Prospetto 12, nel quale sono indicati anche i fabbisogni di energia termica utile in  $Wh/m^2G$  e in  $kWh/m^2$ anno basati sulla differenza di temperatura convenzionale tra erogazione ed acqua fredda di ingresso di 25 K.

I valori di fabbisogno annuo sono riferiti a 365 giorni/anno di utilizzo. <sup>6)</sup>

Prospetto 12 – Valori di a per le abitazioni ( $l/Gm^2$ )

Fabbisogni	Calcolo in base al valore di $S_u$ per unità immobiliare [ $m^2$ ]			Valore medio riferito a $S_u = 80 m^2$
	$\leq 50$	51 - 200	$> 200$	
a	1,8	$4,514 * S_u^{-0,2356}$	1,3	1,6
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [ $Wh/G m^2$ ]	52,3	$131,22 * S_u^{-0,2356}$	37,7	46,7
Fabbisogno equivalente di energia termica utile [ $kWh/m^2$ anno]	19,09	$47,9 * S_u^{-0,2356}$	13,8	17,05

**Prospetto 13 – Valori per destinazioni diverse dalle abitazioni (Fabbisogni mensili I a 40 °C con  $\Delta T$  25 K)**

<b>Tipo di attività</b>	<b>a</b>	<b>Nu</b>
Hotel senza lavanderia		
1 stella	40 I/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
2 stelle	60 I/G letto	
3 stelle	80 I/G letto	
4 stelle	90 I/G letto	
Hotel con lavanderia		
1 stella	50 I/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
2 stelle	60 I/G letto	
3 stelle	70 I/G letto	
4 stelle	90 I/G letto	
Altre attività ricettive diverse dalle precedenti	28 I/G letto	Numero di letti e numero giorni mese
Attività ospedaliera day hospital	10 I/G letto	Numero di letti
Attività ospedaliera con pernottamento e lavanderia	90 I/G letto	Numero di letti
Scuole	0 I/G	
Scuole materne e asili nido	15 I/G	Numero di bambini
Attività sportive/palestre	100 I/G	Per doccia installata
Uffici	-	Numero di addetti/giorno N giorni/mese
Negozi	-	Numero di addetti/giorno N giorni/mese
Ristoranti e Self service: per numero di pasti al giorno	4 I/G	Numero di ospiti per pasto
Catering: 2 turni al giorno	21 I/G	Numero di ospiti per pasto
Catering: 1 turno al giorno	10 I/G	Numero di ospiti per pasto



## Impianti di acqua calda sanitaria

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

## Perdite di erogazione

Si assume come valore di rendimento di erogazione

$$\eta_{W,er} = 0,95.$$

Le perdite di erogazione si considerano tutte non recuperabili.  
Non si considerano fabbisogni di energia elettrica.

Le perdite di erogazione dell'acqua calda sanitaria  $Q_{l,W,er}$  si calcolano con la formula:

$$Q_{l,W,er} = Q_{h,W} \cdot \frac{1 - \eta_{W,er}}{\eta_{W,er}} \quad [\text{Wh}]$$

# Perdite di distribuzione

In assenza di ricircolo, si possono utilizzare i coefficienti di perdita  $f_{l,w,d}$  del Prospetto 31(30).

In questo caso risulta:

$$Q_{l,w,d} = \frac{Q_{h,w}}{\eta_{w,er}} \cdot f_{l,w,d} \quad [\text{Wh}] \quad (30)$$

Le perdite recuperate sono date da:

$$Q_{l,rh,w,d} = f_{rh,w,d} \cdot Q_{l,w,d} \quad [\text{Wh}] \quad (31)$$

dove:

$f_{rh,w,d}$  coefficiente di recupero. Valori di default sono riportati nel Prospetto 31(30)

Ai fini della presente norma nel caso siano previste o installate pompe di ricircolo si considerano solo i fabbisogni elettrici e non il relativo recupero termico.

## Prospetto 30 - Perdite e recuperi della distribuzione, nel caso di assenza di ricircolo

Tipologia del sistema	Coefficiente di perdita $f_{l,w,d}$	Coefficiente di recupero $f_{rh,w,d}$
Sistemi installati prima dell'entrata in vigore della legge 373/76	0,12	0,5
Sistemi installati dopo l'entrata in vigore della legge 373/76	0,08	0,5

## Perdite di accumulo

L'impianto di acqua calda sanitaria può essere dotato di un serbatoio di accumulo.

Il serbatoio può essere all'interno del generatore di calore oppure all'esterno. In questo secondo caso il serbatoio è collegato al generatore di calore mediante tubazioni e pompa di circolazione.

Nel primo caso le perdite di accumulo sono comprese nelle perdite di produzione dell'apparecchio.

Nel secondo caso si hanno:

- perdite del serbatoio;
- perdite del circuito di collegamento generatore – serbatoio;

Qualora sia disponibile il valore della dispersione termica dell'apparecchio  $K_{boll}$  [W/K] dichiarato dal costruttore, le perdite sono calcolate con la formula seguente:

$$Q_{l,W,s} = k_{boll} \cdot (\theta_s - \theta_a) \cdot t_s \quad [\text{Wh}]$$

# Perdite di accumulo

Qualora non siano disponibili dati dichiarati dal costruttore, le perdite di accumulo  $Q_{l,w,s}$  si calcolano in base alla entità e alle caratteristiche della superficie disperdente dell'accumulatore e alla differenza tra la temperatura media della superficie e la temperatura media dell'ambiente nel quale l'accumulatore è installato.

$$Q_{l,w,s} = \frac{S_s}{d_s} \cdot (\theta_s - \theta_a) \cdot t_s \cdot \lambda_s \quad [\text{Wh}] \quad (33)$$

dove:

$S_s$	[m <sup>2</sup> ]	è la superficie esterna dell'accumulo
$d_s$	[m]	è lo spessore dello strato coibente
$\lambda_s$	[W/m·K]	è la conduttività dello strato coibente
$t_s$	[h]	è la durata del periodo considerato
$\theta_s$	[°C]	è la temperatura media nell'accumulo
$\theta_a$	[°C]	è la temperatura ambiente del locale di installazione dell'accumulo

Nel caso in cui l'accumulatore sia installato in un ambiente riscaldato le perdite si considerano tutte recuperate durante il periodo di riscaldamento. Si considerano invece tutte non recuperabili durante il periodo nel quale il riscaldamento è inattivo (estivo). Le perdite di accumulo recuperabili e non recuperabili si considerano presenti in tutto il periodo di funzionamento prefissato del sistema.

Il fattore di recupero  $b_{g,w}$  dipende dall'ubicazione dell'accumulatore.

Le perdite recuperate sono date da:

$$Q_{w,lrh} = Q_{l,w,s} \cdot (1 - b_{g,w}) \quad [\text{Wh}] \quad (34)$$

dove:

$b_{g,w}$	= 0	se in ambiente riscaldato
$b_{g,w}$	= 1	se fuori dall'ambiente riscaldato

## Perdite di generazione

Nel caso di produzione acqua calda sanitaria separata dal riscaldamento si hanno due casi:

- **Impianto centralizzato** di produzione di acqua calda sanitaria a servizio di più unità immobiliari di un edificio;
- b) **Impianto autonomo** di produzione per singola unità immobiliare

Nel caso di impianto misto si hanno altri due casi:

- c) **Produzione combinata** di energia termica per riscaldamento e di acqua calda per usi igienico – sanitari **con unico generatore che alimenta uno scambiatore con o senza accumulo** per la produzione di acqua calda sanitaria
- d) Produzione con **generatore combinato** riscaldamento/acqua calda sanitaria

# Perdite di generazione

Nel caso a (**impianto centralizzato**), il calcolo del rendimento di produzione si effettua con la stessa procedura relativa al rendimento di generazione per l'impianto di riscaldamento.

Nel caso b) (**imp. autonomo**) si considera il rendimento di produzione certificato del prodotto, ove disponibile, oppure i dati del prospetto 31.

Nei casi c) e d) si calcola il rendimento di produzione suddividendo l'anno in due periodi:

- periodo di riscaldamento nel quale i fabbisogni per acqua calda sanitaria si sommano ai fabbisogni di riscaldamento;
- (ii) periodo di sola produzione di acqua calda sanitaria nel quale il fattore di carico è determinato dai soli fabbisogni per acqua calda sanitaria

Nel caso di generatori combinati per riscaldamento e produzione acqua calda sanitaria per il periodo (ii) si possono utilizzare i dati certificati di prodotto, ove disponibili, oppure i dati del Prospetto 33 (31).

# Perdite di generazione

**Prospetto 31 – Rendimenti convenzionali degli scaldacqua con sorgente di interna di calore**

Tipo di apparecchio	Versione	Rendimento * istantaneo (%)	Rendimento * Stagionale (%)
Generatore a gas di tipo istantaneo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	45
	Tipo B senza pilota	85	77
	Tipo C senza pilota	88	80
Generatore a gas ad accumulo per sola produzione di acqua calda sanitaria	Tipo B con pilota permanente	75	40
	Tipo B senza pilota	85	72
	Tipo C senza pilota	88	75
Bollitore elettrico ad accumulo	-	95	75 **
Bollitori ad accumulo a fuoco diretto	A camera aperta	84	70
	A condensazione	98	90

\* I dati di rendimento riportati in tabella possono essere utilizzati in mancanza di dati certificati forniti dal costruttore dell'apparecchio.

\*\*Ai fini del calcolo dell'energia primaria, il fabbisogno di energia va considerato tra i fabbisogni elettrici, applicando il relativo fattore di conversione

NOTA: I rendimenti forniti dal prospetto tengono già conto, per gli apparecchi ad accumulo, della perdita di accumulo, valutata pari a circa il 10%.



# Perdite di generazione

## Fabbisogno di energia primaria

Nel periodo di calcolo prefissato il fabbisogno di energia primaria  $Q_{p,W}$  per la produzione di acqua calda sanitaria è dato da:

$$Q_{p,W} = Q_{c,W} + Q_{aux,W} \times f_{p,el} \quad (35)$$

Nel caso di sistemi dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria (oppure durante il funzionamento estivo di sistemi combinati) il rendimento di generazione è dato da:

$$\eta_{W,gn} = \frac{Q_{h,W} + Q_{l,W,er} + Q_{l,W,d} + Q_{l,W,s}}{Q_{p,W}} \quad (36)$$

Nel caso di sistemi dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria (oppure durante il funzionamento estivo di sistemi combinati) il rendimento globale del sistema acqua calda sanitaria è dato da:

$$\eta_{W,gn} = \frac{Q_{h,W}}{Q_{p,W}} \quad (37)$$

Nel caso di sistemi combinati il rendimento globale è dato da:

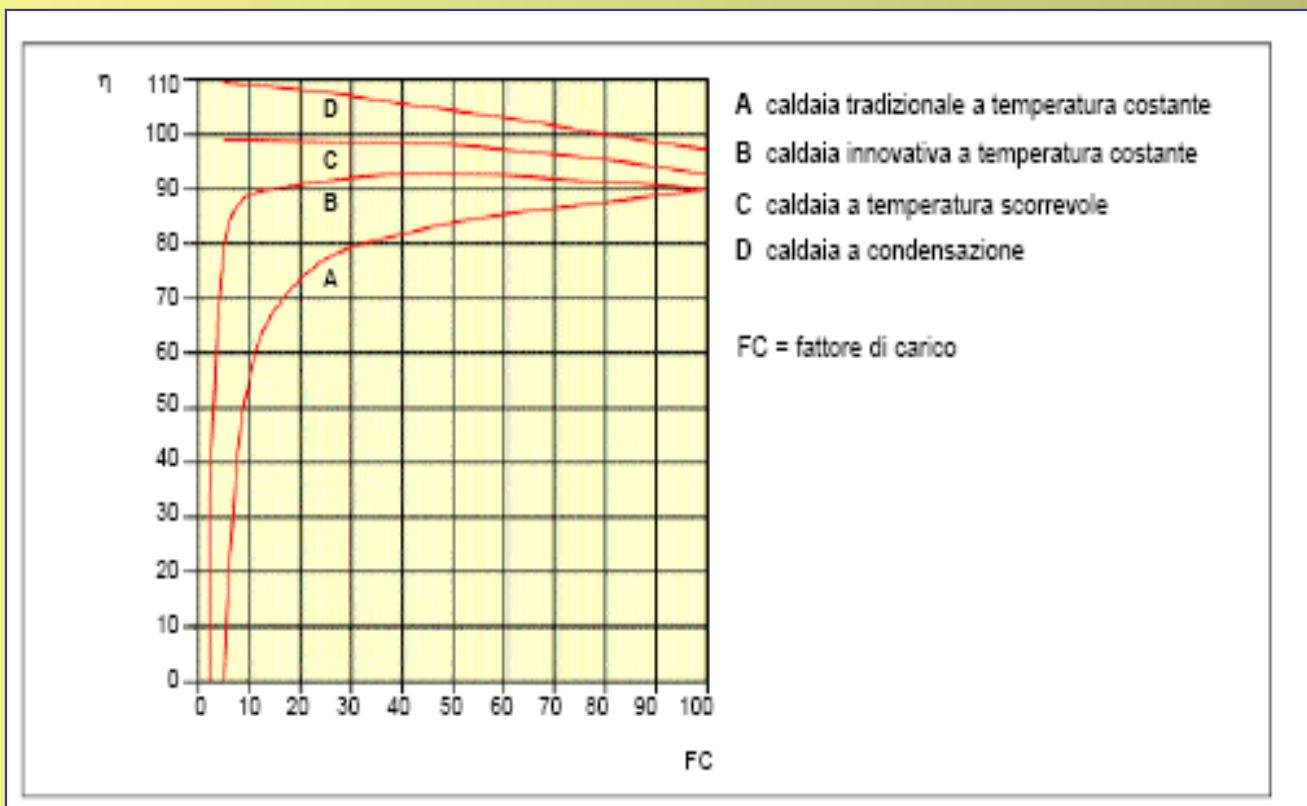
$$\eta_{H,W,gn} = \frac{Q_{h,H} + Q_{h,W}}{Q_{p,H,W}} \quad (38)$$

### Prospetto 32 – Dati di ingresso

Dato d'ingresso	Origine
Fabbisogno giornaliero di acqua calda a 40° per appartamento	Prospetto 12 $1,6 \times 80 = 128 \text{ l}$
Fabbisogno di energia termica utile per alloggio	equazione (4) $Q_{h,W} = 128 \times 25 \times 1,162 \times 10^{-3} = 3,718 \text{ kWh/giorno}$
Fabbisogno complessivo di energia termica utile per 40 appartamenti	$Q_{h,W} = 40 \times 3,718 = 148,72 \text{ kWh/giorno}$
Fabbisogno annuo	$Q_{h,W} = 365 \times 148,72 = 5\,4282,8 \text{ kWh/anno}$
Rendimento di erogazione	$\eta_{er,W} = 0,95$
Rendimento di distribuzione al netto delle perdite recuperabili	Prospetto 30 $\eta_{d,W} = 1 - f_{l,W,d} \times f_{rh,W,d} = 1 - 0,08 \times 0,5 = 0,96$
Rendimento di generazione	Prospetto 31 $\eta_{gn,W} = 0,80$ generatore tipo C istantaneo senza pilota installato all'interno

Voce di fabbisogno	Simbolo	Unità	+/-/=	Energia	
				a termica	b elettrica
0. Fabbisogno di energia termica utile	$Q_{h,W}$	kWh	Valore base	54 283	
Rendimento sottosistema di erogazione $\eta_{er,W} = 0,95$		Calcolo delle perdite di erogazione $Q_{l,er} (1)$ $Q_{l,er} = [(1 - \eta_{er}) / \eta_{er}] * Q_{h,W} = 0,0526 * 54 283 = 2 855 \text{ kWh}$			
1. Perdite di erogazione	$Q_{l,er}$	kWh	+	2 855	
2. Fabbisogno erogazione IN = 0 + 1	$Q_{er}$	kWh	=	57.138	
Rendimento sottosistema distribuzione $\eta_{d,W} = 0,925$		Calcolo perdite di distribuzione $Q_{l,d,W} (3)$ $Q_{l,d,W} = [(1 - \eta_{d,W}) / \eta_{d,W}] * Q_{er} = 0,0417 * 57 138 = 2 383 \text{ kWh}$			
3. Perdite di distribuzione	$Q_{l,d,W}$	kWh	+	2 383	
4. Energia elettrica pompe distribuzione	$Q_{PO,d,W}$	kWh	-	0	0
5. Fabbisogno dist. IN = 2 + 3	$Q_{d,W}$	kWh	=	59 521	
Rendimento sottosistema generazione $\eta_{gn,W} = 0,80$		Calcolo perdite di generazione $Q_{l,gn,W} (6)$ $Q_{l,gn,W} = [(1 - \eta_{gn,W}) / \eta_{gn,W}] * Q_{d,W} = 0,25 * 61 772 = 15 443 \text{ kWh}$			
6. Perdite di generazione	$Q_{l,gn,W}$	kWh	+	15 443	
7. Energia elettrica pompe primarie	$Q_{aux,gn,W}$	kWh	-	0	0
8. Fabbisogno gen. IN = 5 + 6 – 7a	$Q_{gn}$	kWh	=	74 964	
<b>Fabbisogno di energia elettrica</b>					
9. Fabbisogno bruciatore	$Q_{br,W}$	kWh			0
10. Totale = 4b + 7b + 9b	$Q_{p,W}$	kWh			0
11. Energia primaria equiv. $Q_{p,W} = Q_{aux,p,W} * f_{p,el}$	$Q_{aux,p,W}$	kWh	=	0	
<b>Energia primaria equivalente</b>					
12. Totale energia primaria 9 + 12	$Q_{p,W}$	kWh		74 964	
13. Rendimento medio globale $Q_{h,W} / Q_{p,W}$	$\eta_{g,W}$	(-)	0,724		

# CALDAIE AD ALTA EFFICIENZA



## CALDAIA TRADIZIONALE

Il vapore acqueo contenuto nei fumi si trova ad una temperatura di oltre 100 °C e il calore che deriverebbe dalla condensazione del vapore **non** viene utilizzato.

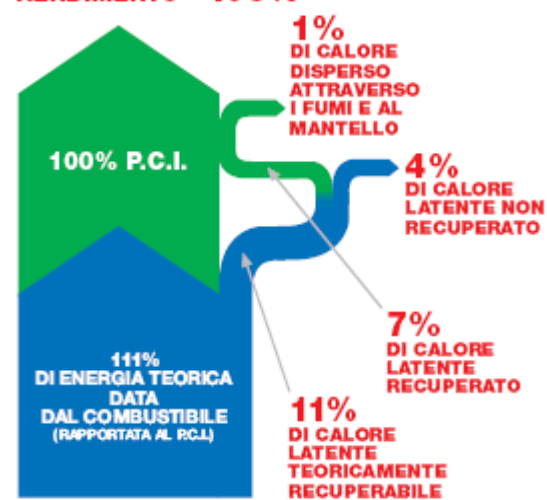
**RENDIMENTO = 90%**

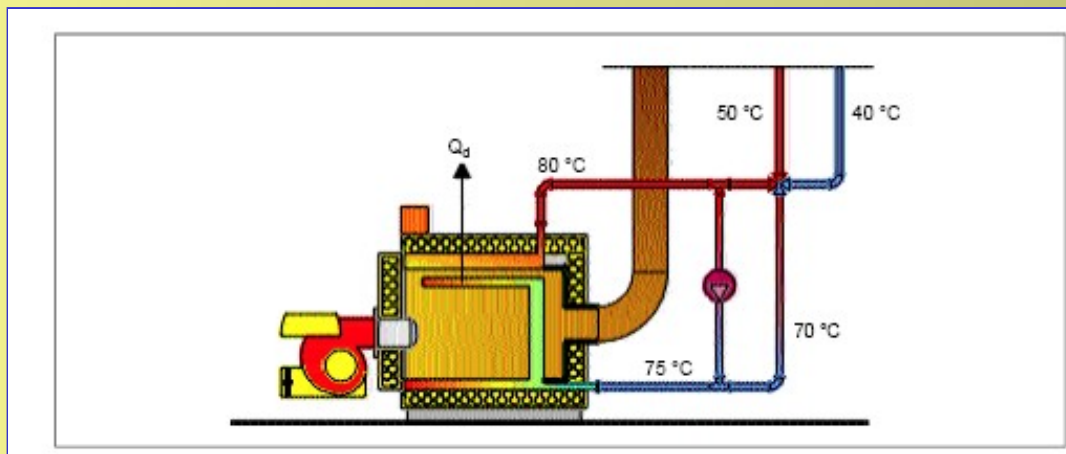


## CALDAIA A CONDENSAZIONE

Il vapore acqueo condensa in appositi scambiatori di calore, liberando energia termica (calore latente) che viene recuperata.

**RENDIMENTO = 106%**





## Caldaie a temperatura scorrevole





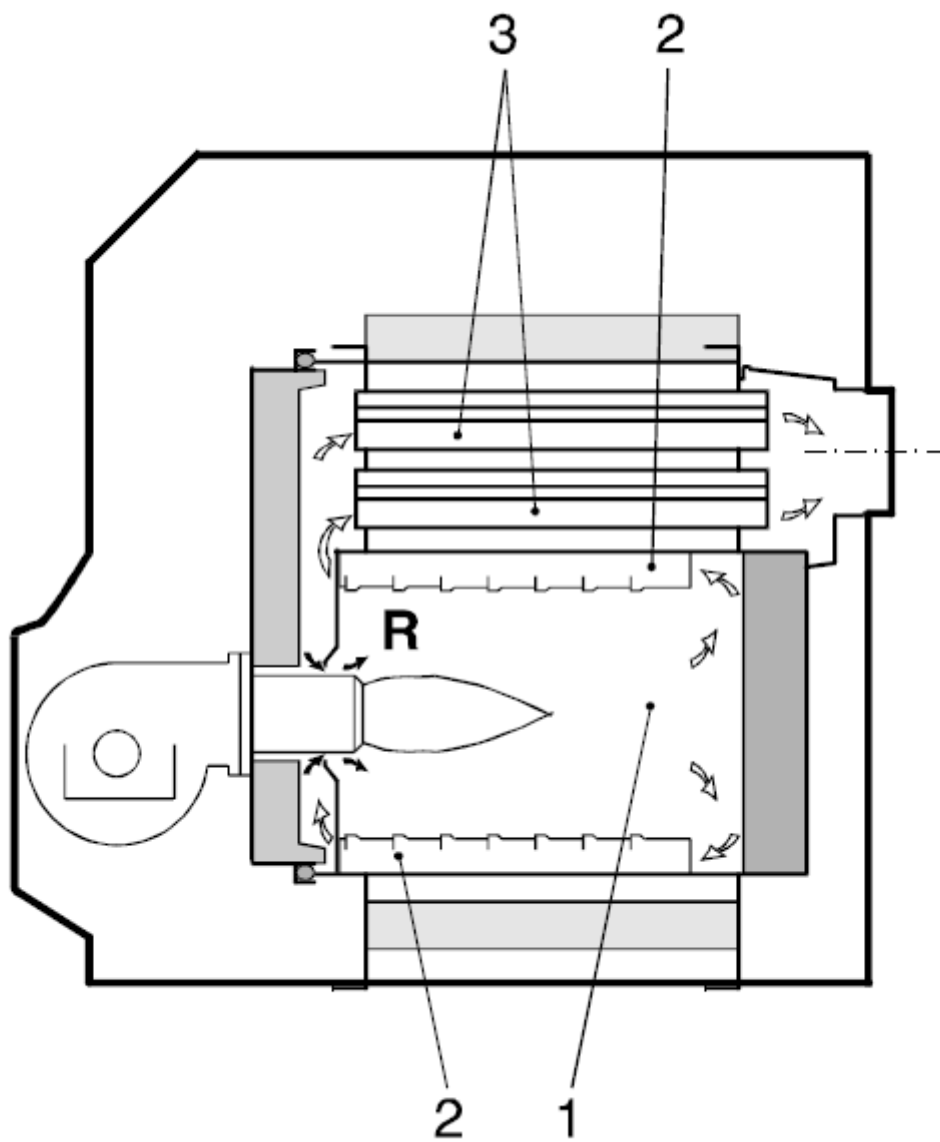
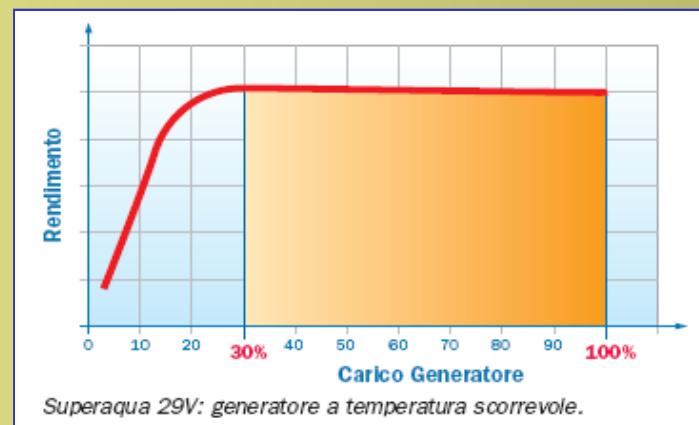


fig. 1



blindatura



FINE

GRAZIE PER LA VOSTRA  
ATTENZIONE.

[domenico.prisinzano@casaccia.enea.it](mailto:domenico.prisinzano@casaccia.enea.it)