



4. L'INVOLUCRO EDILIZIO

Il contenimento del consumo energetico nel riscaldamento degli edifici inizia con la buona progettazione dell'involucro edilizio.

Il consumo di energia dell'involucro edilizio dipende infatti dalla resistenza termica delle sue pareti e dalla sua capacità di utilizzare gli apporti gratuiti (interni e solari).

L'esempio che segue illustra in modo eloquente, con un semplice calcolo del fabbisogno energetico, i notevoli effetti dell'isolamento termico.

ESEMPIO

Calcolo dell'energia dispersa verso l'esterno, in un'ora, da un locale di abitazione, nel periodo medio stagionale.

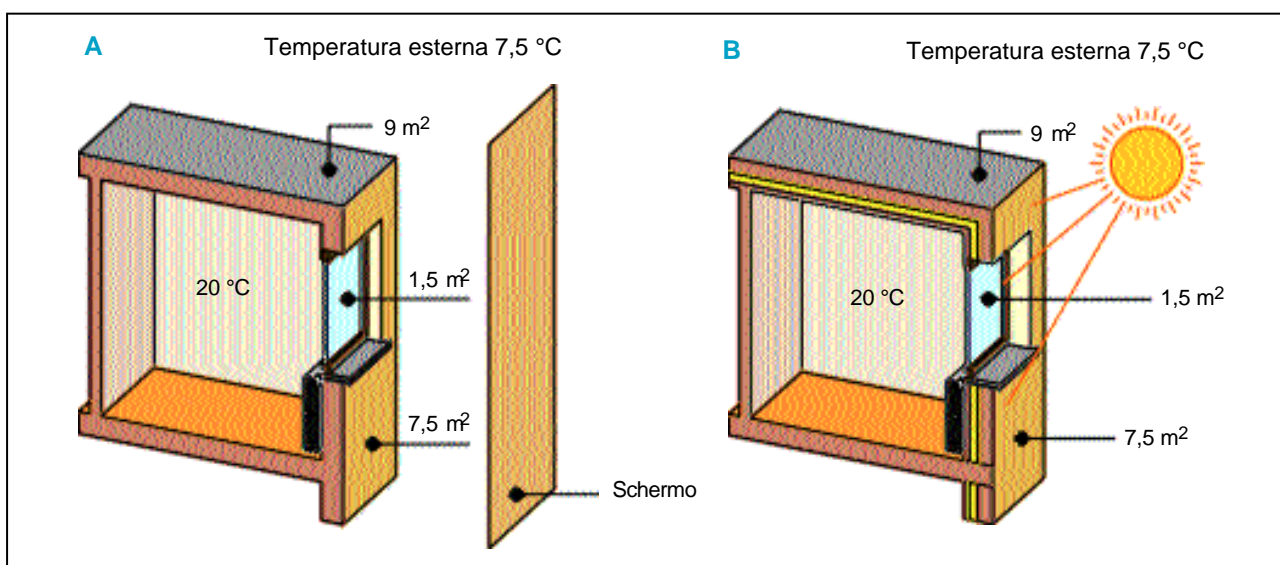


Fig. n. 1.4: Il locale B, termicamente isolato e non ombreggiato, disperde meno di un terzo dell'energia richiesta dal locale A, per mantenere al suo interno la temperatura di 20 °C.

A - LOCALE NON ISOLATO

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _h (kJ)
16,5	1,8	12,5	3.600	1.337
1,5	5,0	12,5	3.600	338
			Q _s	0
			Q _h	1.675

B - LOCALE TERMICAMENTE ISOLATO

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _h (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q _s	61
			Q _h	540

dove:

S è la superficie disperdente, in m^2 ;

U è la trasmittanza termica unitaria, in W/m^2K ;

Dt è la differenza fra la temperatura dell'ambiente interno e la temperatura media esterna, in K ;

t è il tempo, in s ;

Q_l è l'energia dispersa verso l'esterno, in kJ ;

Q_s è l'energia gratuita, dovuta agli apporti solari, in kJ ;

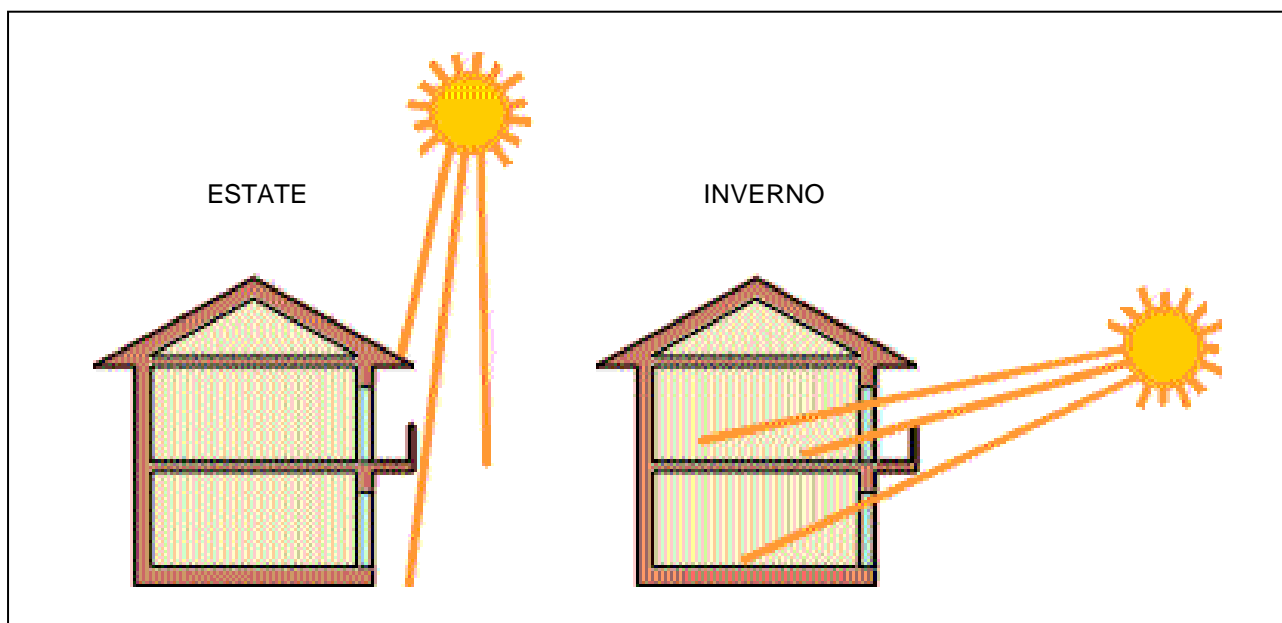
$Q_h = Q_l - Q_s$ è l'energia utile dispersa del locale, al netto degli apporti, che deve essere fornita dall'impianto di riscaldamento per mantenere la temperatura ambiente al valore di progetto, in kJ .

Come illustrato nel capitolo precedente l'attuale regolamentazione prevede i seguenti calcoli sull'involucro edilizio:

- calcolo del fabbisogno di potenza secondo la norma UNI 7357, per la verifica di idoneità della caratteristica di isolamento termico "cd" e per il dimensionamento dei corpi scaldanti e del generatore di calore (vedi anche fig. n. 1.3);
- calcolo del fabbisogno di energia utile Q_h secondo la norma UNI 10344, per verificare l'idoneità delle scelte effettuate, sotto il profilo tecnico (effetti dell'isolamento termico e capacità di utilizzare gli apporti) (*), come pure sotto il profilo economico (rapporto costi/benefici); l'energia utile è poi alla base, previo successivo calcolo dei quattro rendimenti, della verifica del FEN e del calcolo del consumo di combustibile (vedi fig. n. 2.3).

Il consumo annuo di combustibile è il dato più rilevante, destinato a caratterizzare la certificazione energetica dell'immobile o della singola unità immobiliare.

NOTA (*): Il calcolo del fabbisogno di energia utile è in grado di evidenziare come anche semplici ed economici espedienti, quali il posizionamento di ampie finestre lungo il perimetro soleggiato con idonei schermi (costituiti nel caso esemplificato da gronde e balconi) possano consentire un migliore sfruttamento dell'energia solare unitamente ad un buon livello di illuminazione naturale, evitando nel contempo effetti di surriscaldamento nel periodo estivo.



Costituisce quindi un' **esigenza fondamentale che la progettazione architettonica-strutturale e la progettazione termotecnica-impiantistica procedano di pari passo ed in maniera integrata, dall'elaborazione preliminare del progetto sino alla definizione degli elaborati esecutivi** (dalla Circolare Ministero Industria 13.12.93 n. 231 F).



5. I RENDIMENTI

Con riferimento all'esempio riportato nel capitolo precedente, per mantenere nel locale (sia esso isolato o meno) la temperatura ambiente di progetto, l'energia Q_h dispersa deve essere reintegrata dall'impianto di riscaldamento.

In realtà, il corpo scaldante dovrà fornire una quantità di energia maggiore di Q_h , e la caldaia dovrà bruciare una quantità di energia primaria ancora maggiore di quella emessa dal corpo scaldante, in quanto i sistemi di riscaldamento reali non sono in grado di eliminare completamente alcune perdite di calore.

Il miglioramento delle prestazioni termiche degli impianti di riscaldamento non può prescindere da un'attenta analisi dei quattro rendimenti che li caratterizzano.

Poiché i rendimenti possono essere riferiti ad un periodo di tempo prefissato, occorre chiarire che i rendimenti interessanti ai fini del risparmio energetico sono quelli medi stagionali, dai quali dipende il consumo di energia primaria (combustibile).

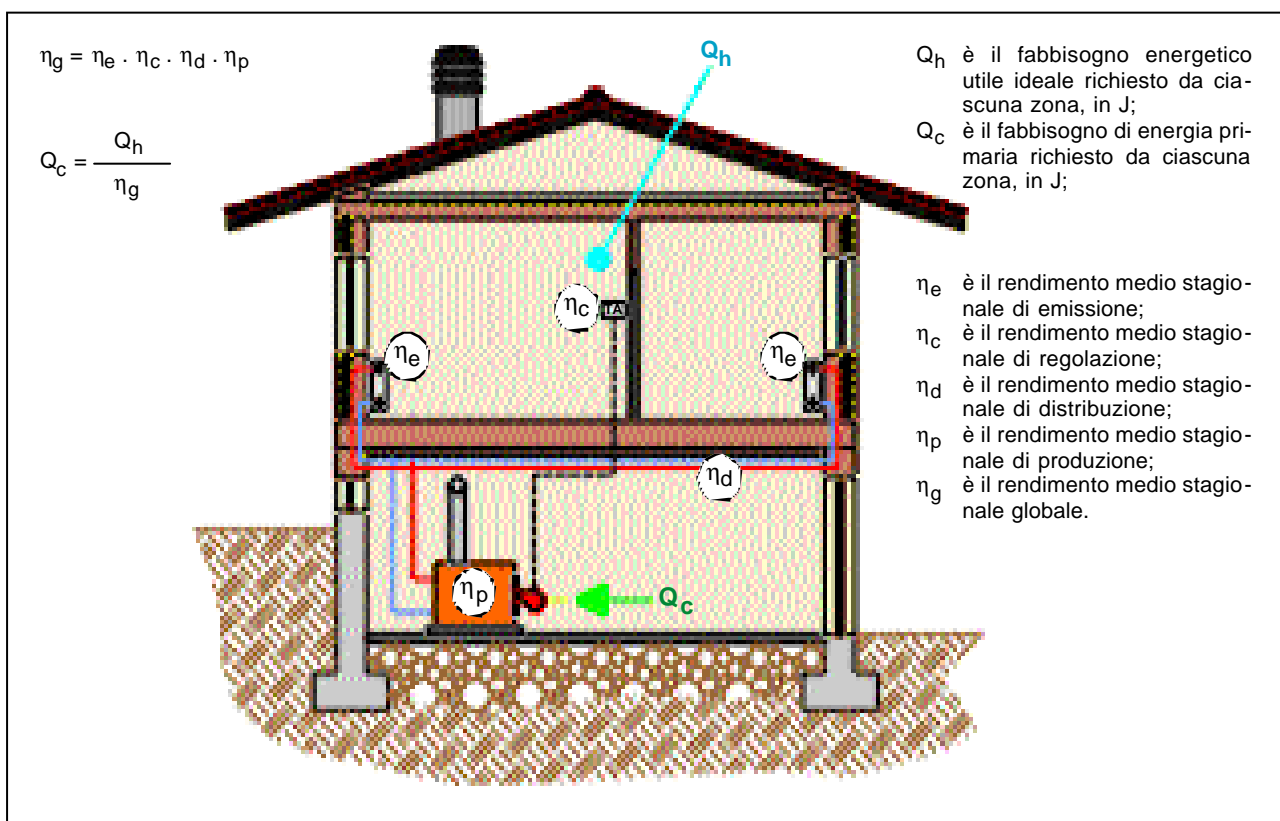


Fig. n. 1.5: I quattro rendimenti dell'impianto.

I quattro rendimenti di cui sopra dipendono da una serie di fattori tutti ricollegabili alla tecnica impiantistica, intesa come scelta della tipologia di impianto e dei relativi componenti, il cui esame costituisce il principale oggetto del presente lavoro.



6. IL RENDIMENTO DI PRODUZIONE MEDIO STAGIONALE

CHE COSA SIGNIFICA ?

Il rendimento di produzione medio stagionale è il rapporto fra il calore utile prodotto dal generatore nella stagione di riscaldamento e l'energia fornita nello stesso periodo sotto forma di combustibile ed energia elettrica.

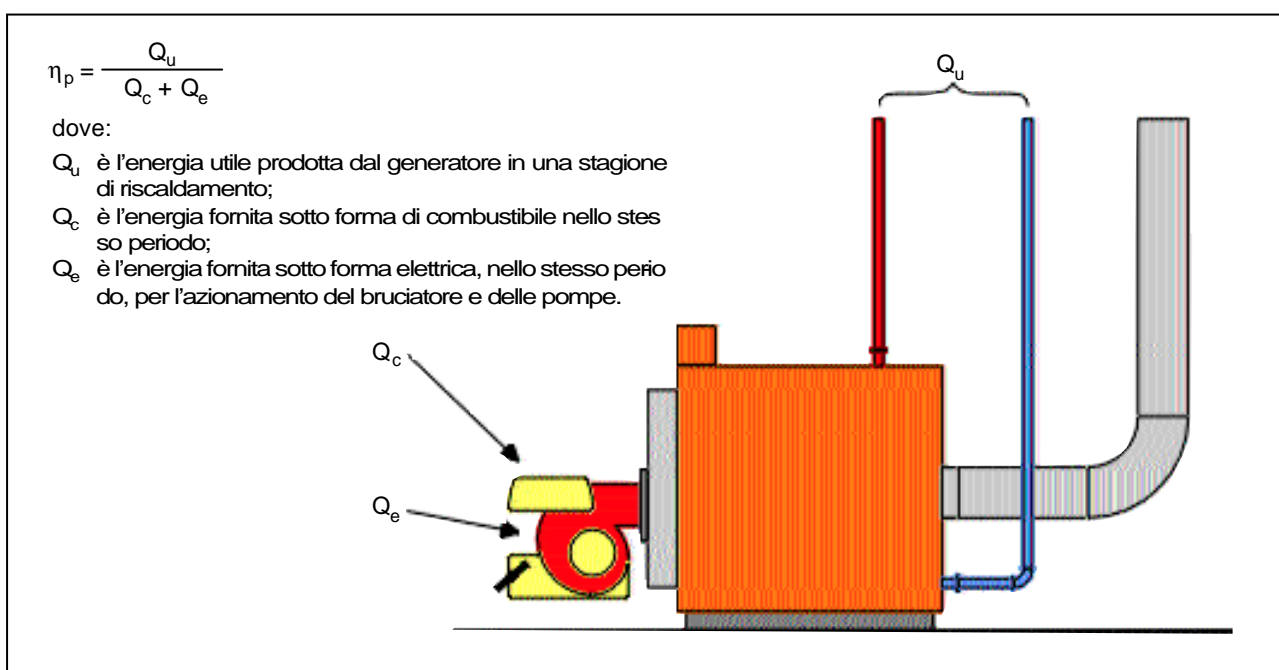


Fig. n. 1.6: Il rendimento di produzione medio stagionale.

DA QUALI FATTORI DIPENDE, E COME SI PUÒ MIGLIORARE ?

Il rendimento di produzione medio stagionale è dovuto al fatto che non tutta l'energia fornita viene trasferita all'acqua, a causa delle perdite.

Il rendimento di produzione medio stagionale si può senz'altro migliorare, riducendo appunto le perdite di calore, come più avanti illustrato.

Si noti che il miglioramento del rendimento medio stagionale di produzione non dipende solo da fattori costruttivi dei generatori, ma è influenzato anche dalle scelte progettuali, dal tipo di regolazione e dal modello di conduzione.

Gli "ingredienti" necessari per ottenere il miglior risultato non sono tuttavia generalizzabili: solo la comprensione dei singoli fattori, eventualmente supportata da una diagnosi energetica, è pertanto in grado di costituire una guida sicura alla scelta del prodotto più adeguato, del tipo di regolazione e del modello di conduzione più adatti per uno specifico progetto.

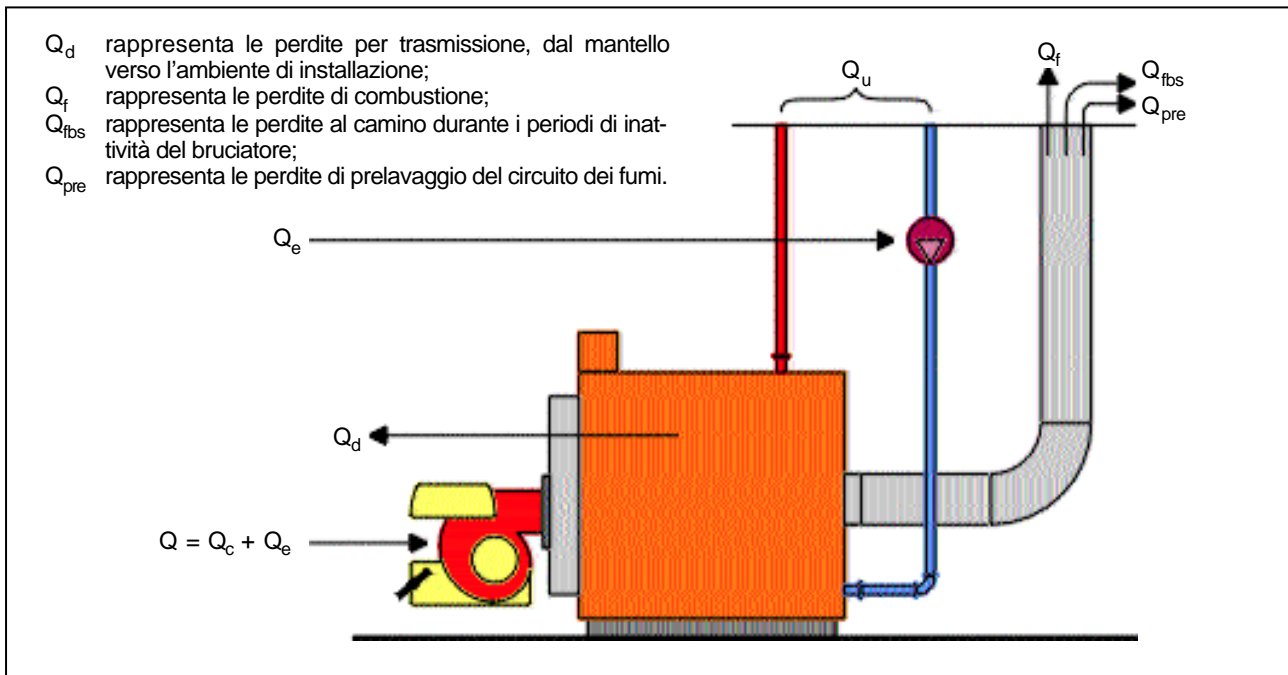


Fig. n. 2.6: Le energie in ingresso ed in uscita e le perdite di energia dalle quali dipende il rendimento medio stagionale.

Le perdite di energia che concorrono a deteriorare il rendimento di produzione medio stagionale sono le seguenti:



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

Queste perdite sono presenti quando la caldaia è attiva (attraversata da acqua calda), indipendentemente dal fatto che il bruciatore sia acceso o spento.

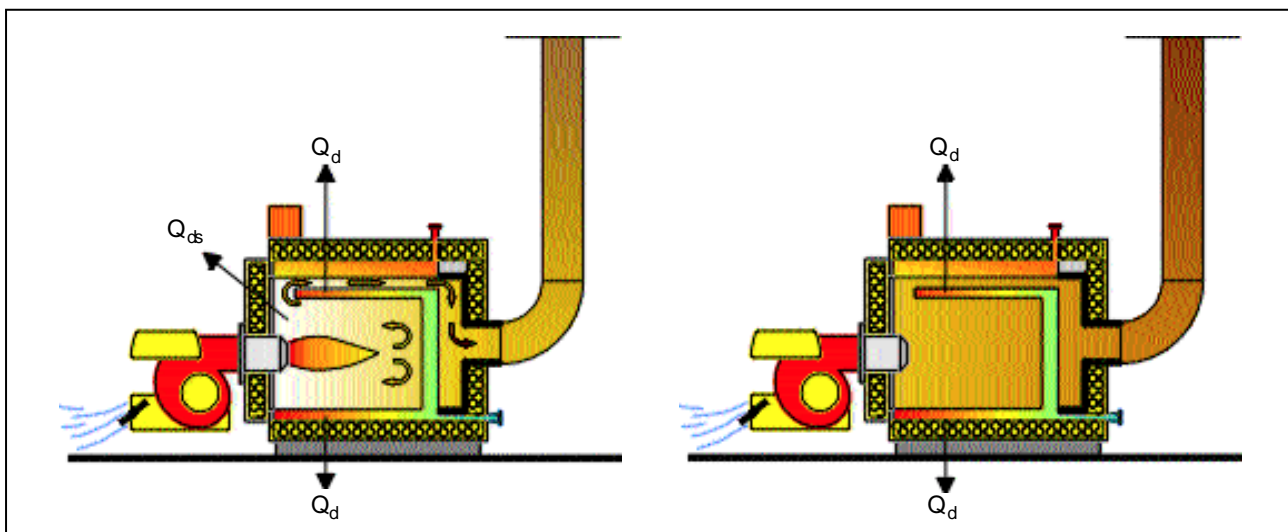


Fig. n. 3.6: Le perdite Q_d sono sempre presenti a caldaia attiva, tanto a bruciatore spento che acceso; le perdite Q_{ds} (dalle parti non bagnate della caldaia) si verificano invece solo a bruciatore acceso.

Le perdite dal mantello si possono ridurre con il concorso di più espedienti, costruttivi e progettuali:

1. con un efficace isolamento termico del mantello;
2. **mantenendo bassa la temperatura media dell'acqua nel generatore (ciò comporta l'adozione di impianti a bassa temperatura;** non tutti i generatori si prestano però per le condizioni di funzionamento che ne derivano);
3. dimensionando il generatore per l'effettivo fabbisogno (un sovradimensionamento non giustificato genera un inutile aumento di costi ed un deprecabile aumento delle dispersioni passive);
4. installando i generatori in ambiente protetto (all'interno dell'involucro riscaldato o in apposita centrale termica).

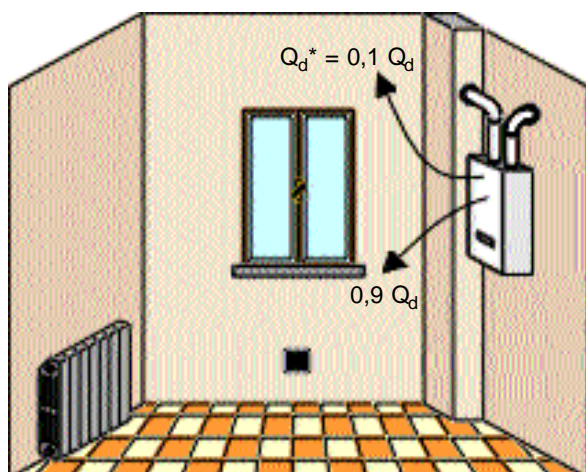


Fig. n. 4.6 A: Generatore tipo C installato nell'involucro riscaldato: solo il 10% delle perdite dal mantello sono considerate passive, mentre il 90% concorre al riscaldamento dell'ambiente.

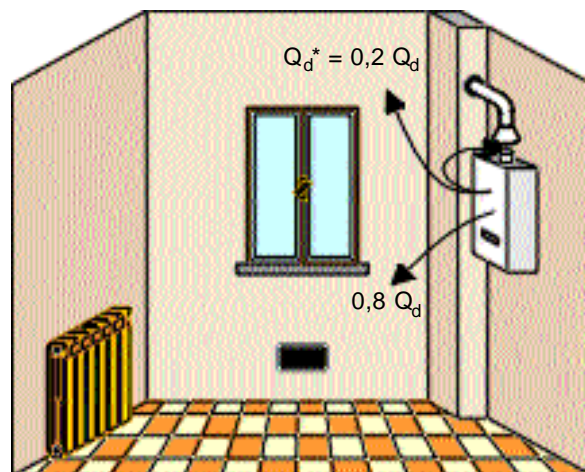


Fig. n. 4.6 B: Generatore tipo B installato nell'involucro riscaldato: solo il 20% delle perdite dal mantello sono considerate passive, in quanto il rimanente 80% concorre al riscaldamento dell'ambiente.

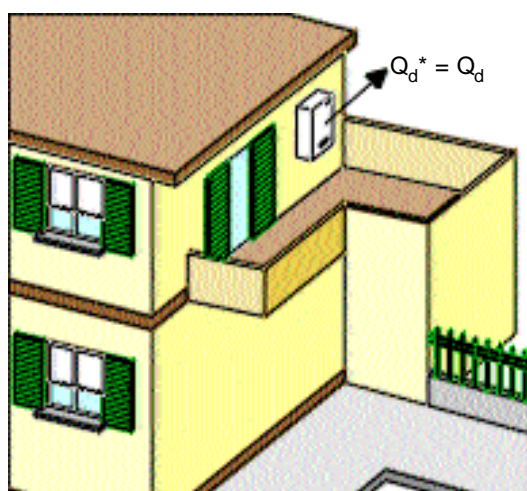


Fig. n. 4.6 C: Generatore tipo B o tipo C installato all'esterno, anche se in apposito vano tecnico: le perdite dal mantello sono completamente perse.

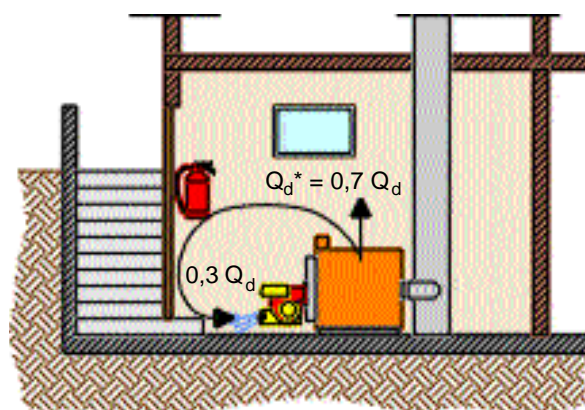


Fig. n. 4.6 D: Generatore installato in centrale termica: il 70% delle perdite dal mantello sono considerate passive, mentre il 30% è recuperato sotto forma di riscaldamento dell'aria comburente.

NOTA: Il recupero delle perdite di cui alle fig. n. 4.6 non è ancora stato preso in considerazione dalla norma UNI 10348.



PERDITE DI COMBUSTIONE

Le perdite di combustione sono presenti durante i periodi in cui il bruciatore è acceso e sono costituite dal calore sensibile contenuto nei prodotti della combustione, che vengono scaricati all'esterno.

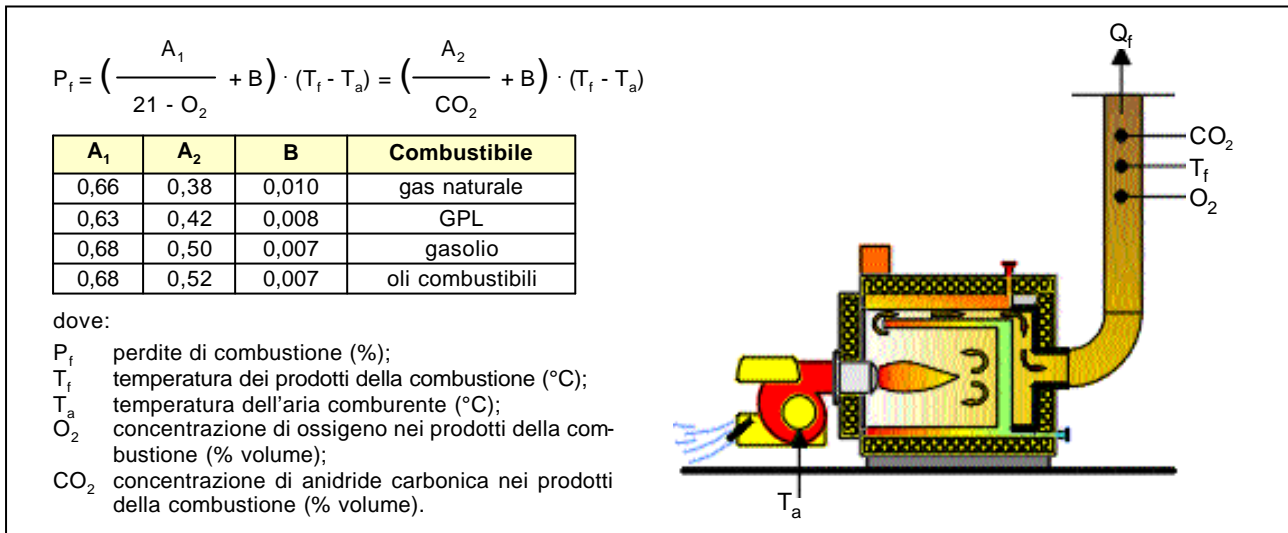


Fig. n. 5.6: Parametri da cui dipendono le perdite di combustione (presenti solo a bruciatore attivo).

Anche le perdite di combustione si possono ridurre con il concorso di più espedienti, costruttivi e progettuali:

1. migliorando la combustione, ossia riducendo l'eccesso d'aria, con assenza di incombusti (il limite è costituito dalla capacità del bruciatore di funzionare stabilmente con eccessi d'aria molto bassi);
2. abbassando la temperatura dei fumi mediante l'adozione di un sistema di scambio più efficiente (più abbondante); anche una temperatura più bassa dell'acqua nel generatore contribuisce ad abbassare la temperatura dei fumi, migliorando il rendimento di combustione; nei generatori di calore tradizionali, allacciati a camini altrettanto tradizionali, il limite è costituito dalla necessità di assicurare il funzionamento del camino, il cui tiraggio, come è noto, è proporzionale, a parità di altre condizioni, alla temperatura dei fumi.

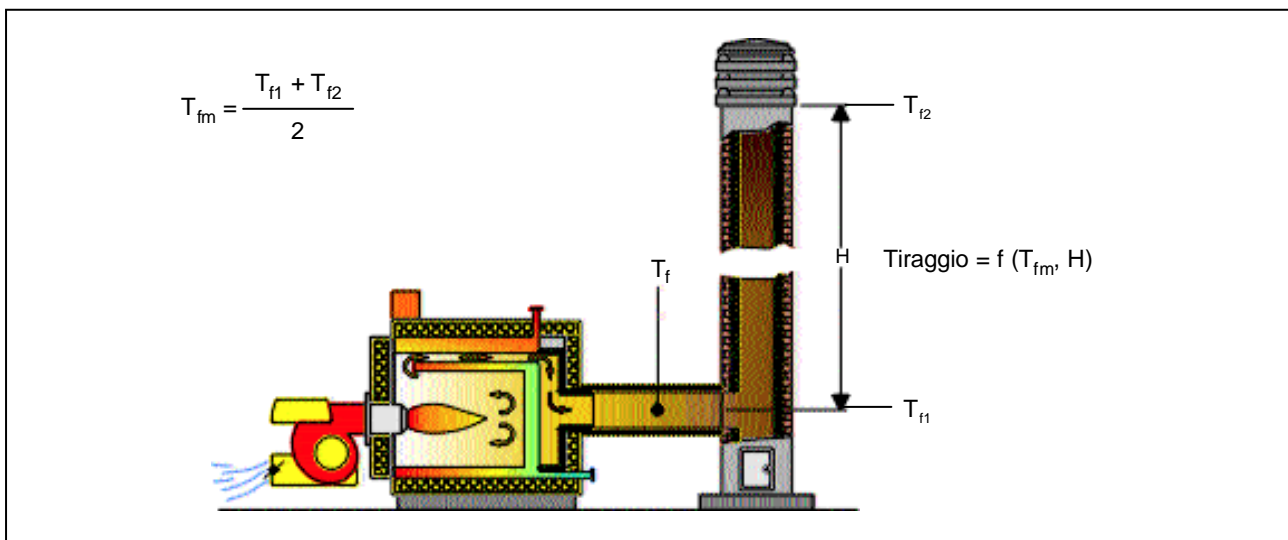


Fig. n. 6.6: A parità di ogni altra condizione, il tiraggio di un camino è proporzionale all'altezza ed alla temperatura dei fumi.



PERDITE AL CAMINO A BRUCIATORE SPENTO

Le perdite al camino a bruciatore spento sono dovute al tiraggio del camino che, durante i periodi di inattività del bruciatore, aspira aria dall'ambiente.

Il flusso così aspirato, passando attraverso il generatore, asporta calore dalle sue strutture interne e lo convoglia al camino.

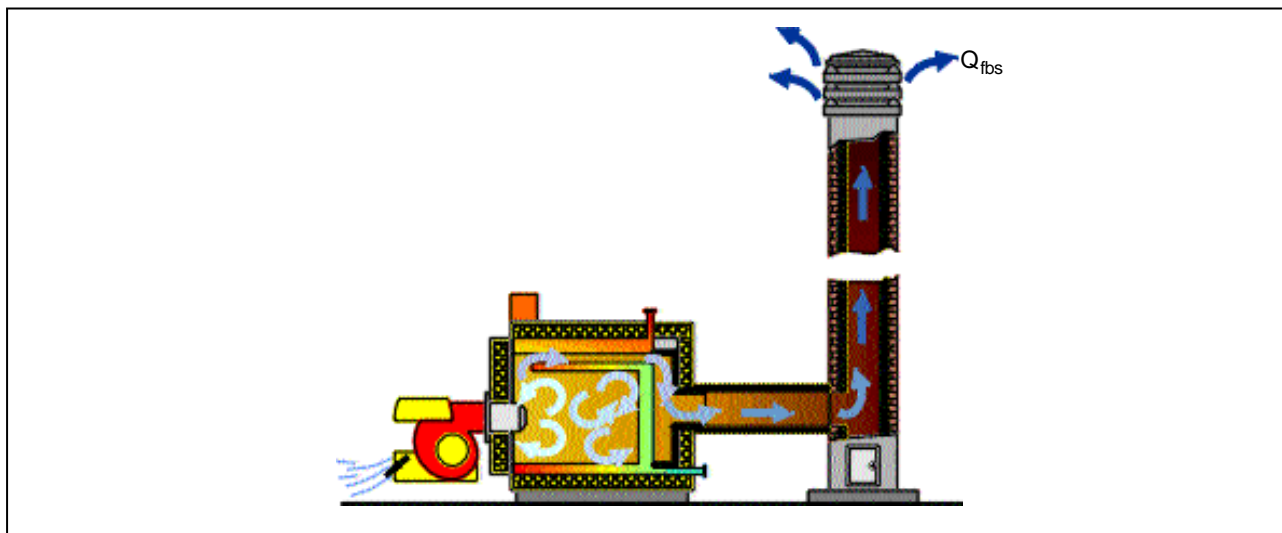


Fig. n. 7.6: Le perdite al camino a bruciatore spento sono dovute all'aria che attraversa il generatore, aspirata dal camino.

Le perdite al camino a bruciatore spento possono essere ridotte con i seguenti criteri:

1. adottando bruciatori muniti di serranda in grado di chiudere accuratamente l'ingresso dell'aria comburente durante i periodi di fermata del bruciatore;
2. sigillando accuratamente ogni possibile ingresso d'aria nel generatore;
3. abbassando la temperatura dei fumi, in modo da limitare il tiraggio;
4. inserendo regolatori di tiraggio, nel caso di tiraggio eccessivo.

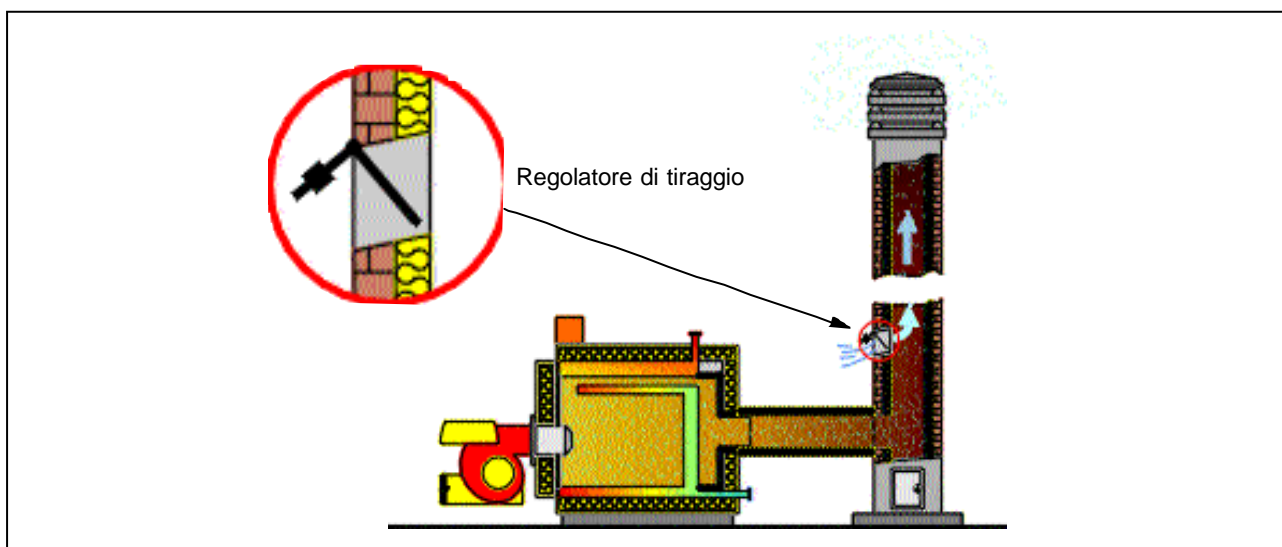


Fig. n. 8.6: Il regolatore di tiraggio limita la depressione al valore richiesto dal gruppo termico; la serranda impedisce l'ingresso di aria nei periodi di inattività del bruciatore.



PERDITE DI PRELAVAGGIO

Le perdite di prelavaggio sono dovute al flusso d'aria generato dai bruciatori prima di ogni accensione, allo scopo di assicurare l'assenza in camera di combustione di possibili miscele esplosive. La durata del prelavaggio è fissata dalla normativa in funzione della potenza termica bruciata e del tipo di combustibile.

Le perdite di prelavaggio potrebbero risultare eccessive qualora, in relazione alle condizioni di progetto le accensioni dovessero risultare molto frequenti (per esempio in caso di bassa inerzia e di generatore sovradimensionato).

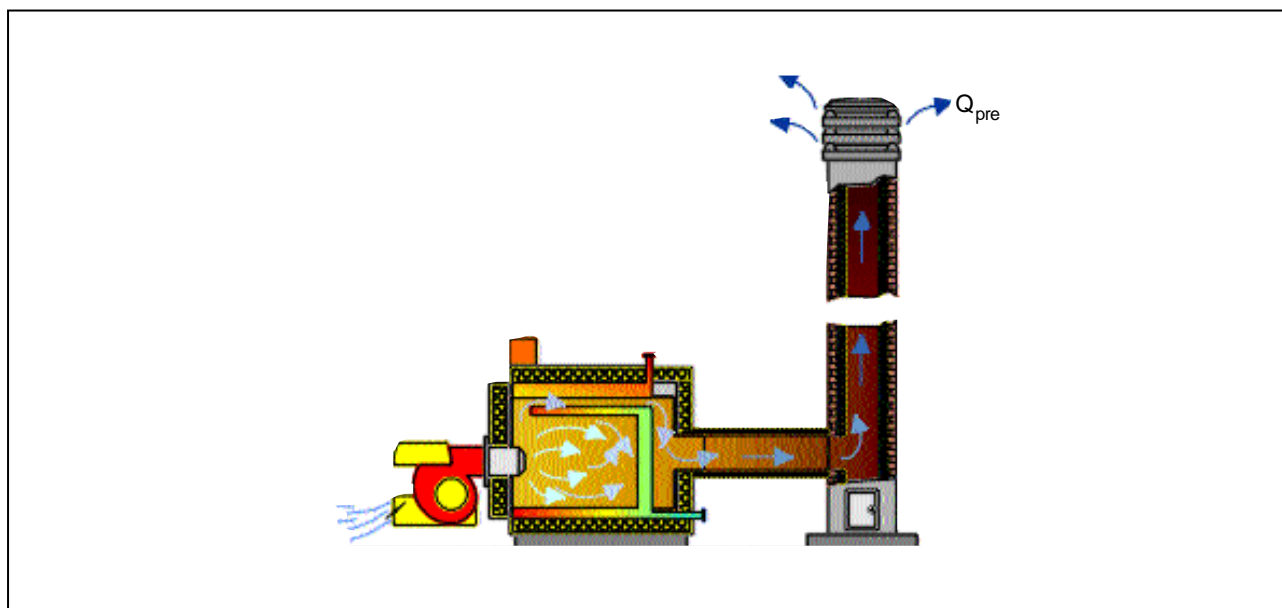


Fig. n. 9.6: Perdite di calore dovute al prelavaggio della camera di combustione e del circuito dei fumi.

Le perdite di prelavaggio possono essere ridotte, quando necessario:

1. adottando un timer che non consenta la riaccensione del bruciatore prima che sia trascorso un determinato tempo dall'ultimo spegnimento (esempio: 10' o 15').

NOTA: La perdita di calore Q_{pre} non è stata ancora presa in considerazione dalla norma UNI 10348.

LE PERDITE DI CALORE NEI DIVERSI TIPI DI GENERATORI

Le figure utilizzate per esemplificare le perdite di calore dei generatori raffigurano, per comodità di rappresentazione, generatori di calore di tipo centralizzato.

Le teorie illustrate e gli argomenti trattati sono tuttavia applicabili a qualsiasi altro tipo di generatore, compresi i generatori autonomi a gas, i generatori di aria calda ed i radiatori a gas.

Per questi tipi di apparecchi conviene tuttavia evidenziare a titolo esemplificativo alcune particolarità legate alle specifiche soluzioni costruttive, al fine di una più puntuale interpretazione dei dati occorrenti per il calcolo del rendimento di produzione medio stagionale.



7. IL RENDIMENTO DI EMISSIONE MEDIO STAGIONALE

CHE COS'E' ?

Il rendimento di emissione medio stagionale è definito come il rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con un sistema di emissione teorico di riferimento in grado di fornire una temperatura ambiente perfettamente uniforme ed uguale nei vari locali ed il sistema di emissione reale, nelle stesse condizioni di temperatura ambiente e di temperatura esterna.

Il rendimento di emissione individua quindi l'influenza del modo di emissione del calore sulle perdite di calore dovute a trasmissione localizzata, stratificazione dell'aria, movimenti dell'aria, ecc.

ESEMPIO

Calcolo dell'energia dispersa in un'ora, verso l'esterno, da un locale di abitazione, nel periodo medio stagionale.

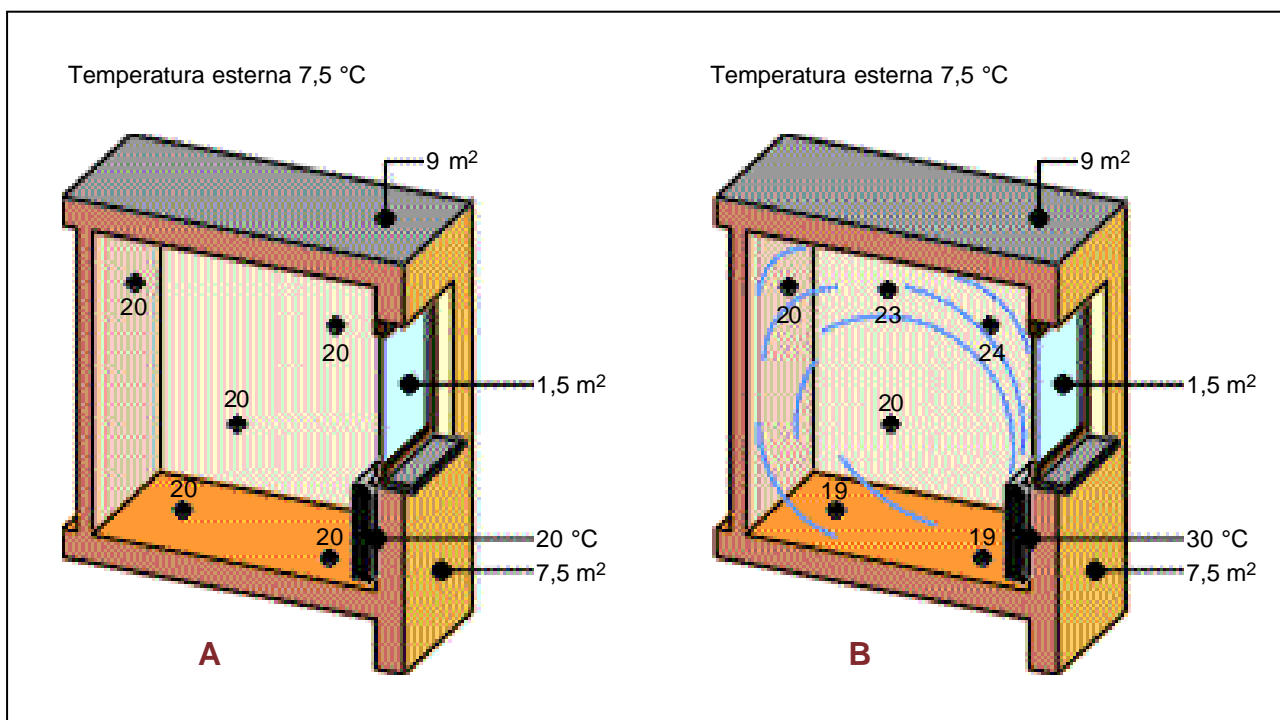


Fig. n. 1.7: Distribuzione delle temperature con un sistema di emissione reale (B), confrontata con quella del sistema di emissione teorico di riferimento (A).

A - SISTEMA DI EMISSIONE TEORICO DI RIFERIMENTO

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _h (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Totale	601

B - SISTEMA DI EMISSIONE REALE

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _{hr} (kJ)
15,5	0,6	13,5	3.600	452
1,5	2,3	13,5	3.600	168
1,0 (*)	0,6	22,5	3.600	49
			Totale	669

(*) parete dietro il corpo scaldante

Il rendimento di emissione risulta, nel caso esemplificato:

$$\eta_e = \frac{Q_h}{Q_{hr}} = \frac{601}{669} = 0,9$$

dove:

- Q_h rappresenta la quantità di energia occorrente per riscaldare l'ambiente con il sistema di emissione teorico di riferimento;
- Q_{hr} rappresenta invece il fabbisogno di calore occorrente con il sistema reale di emissione, a parità di condizioni esterne e di benessere interno.

DA QUALI FATTORI DIPENDE E COME SI PUÒ MIGLIORARE ?

Il rendimento di emissione dipende dalle maggiori perdite di calore dell'involucro edilizio, causate essenzialmente da due fenomeni.

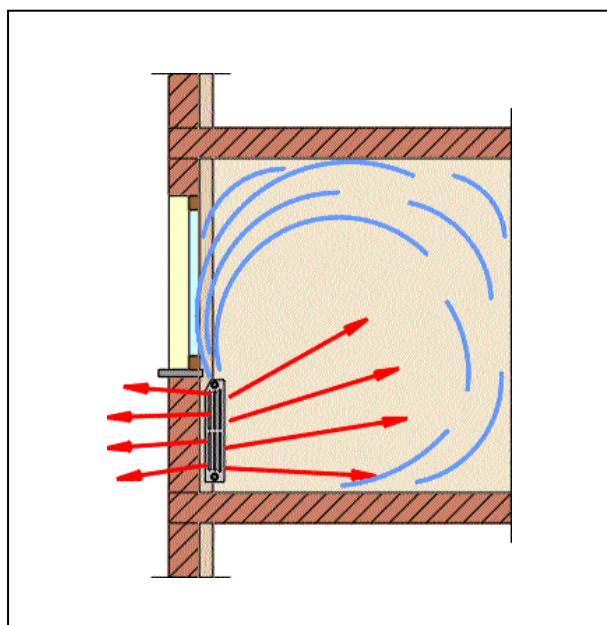


Fig. n. 2.7: I moti convettivi ed il calore radiante emesso direttamente verso le pareti disperdenti sono causa di aumento delle dispersioni.

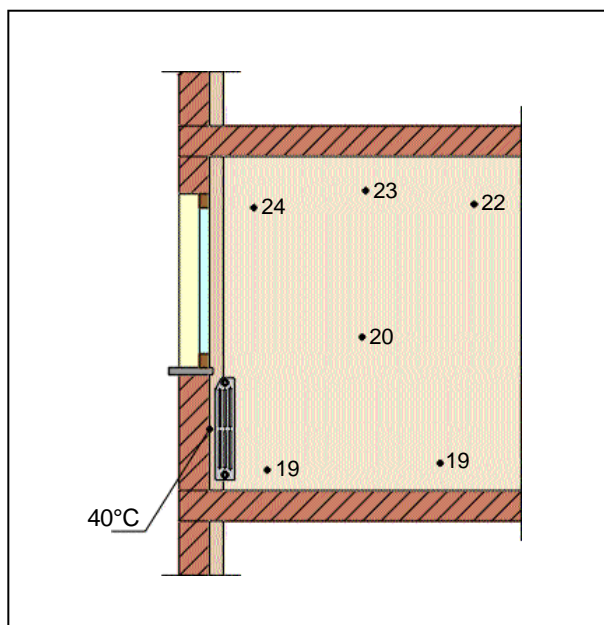
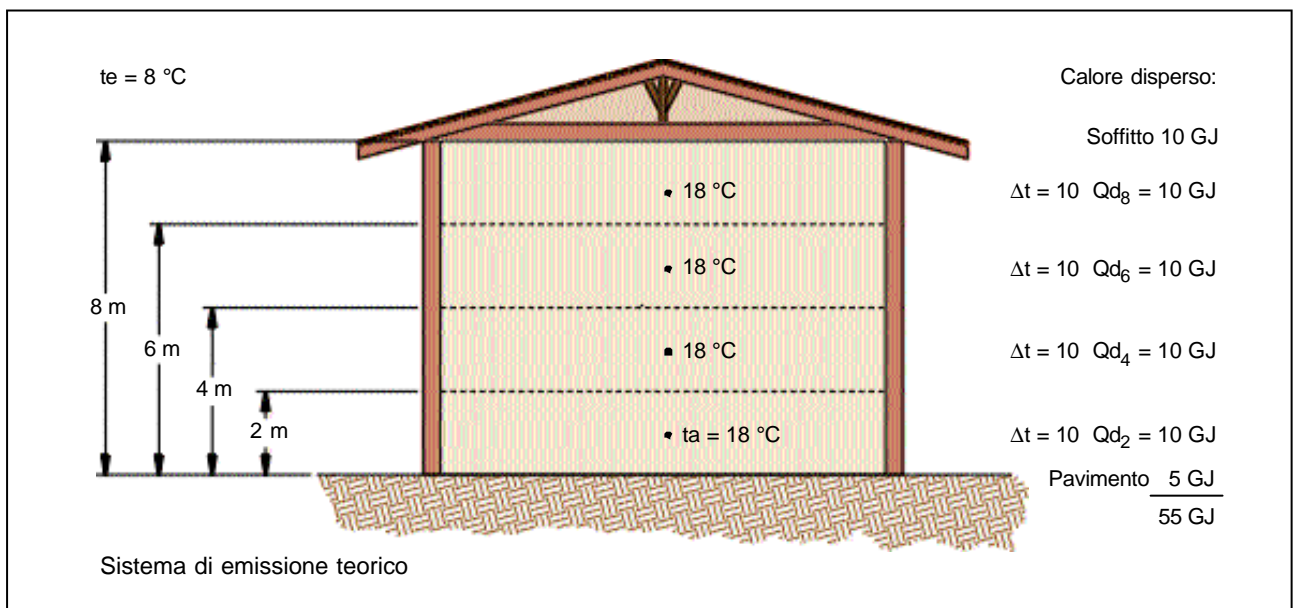


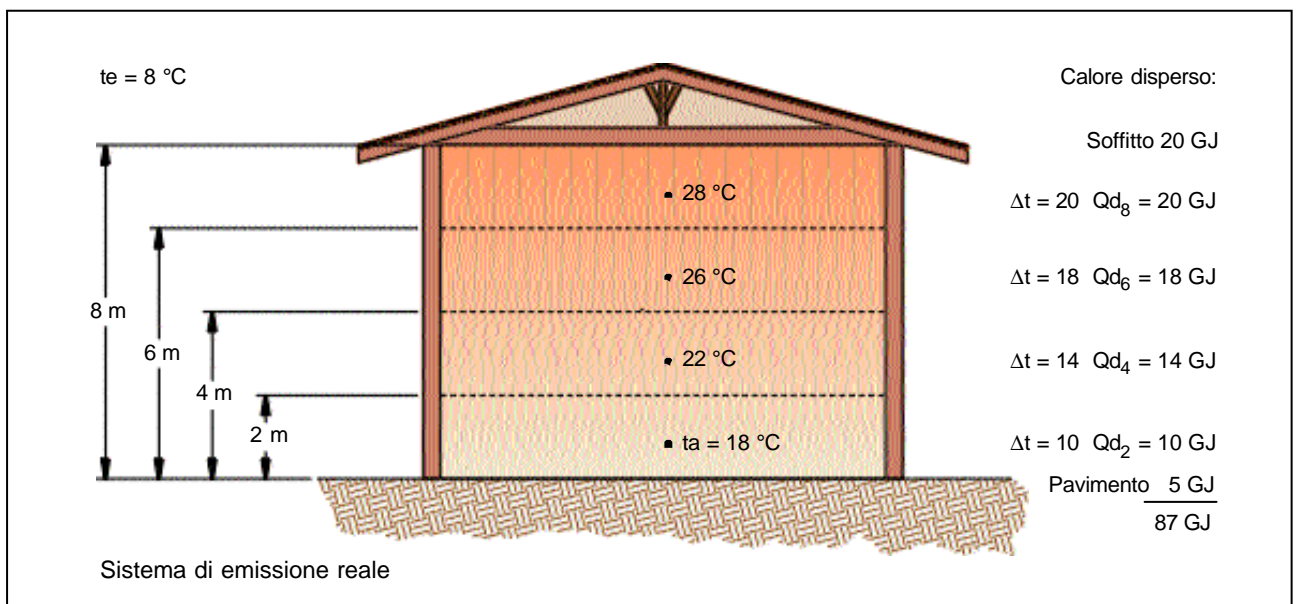
Fig. n. 3.7: Il gradiente termico è causa di un indesiderato aumento della temperatura nella parte più alta del locale, con un incremento delle dispersioni passive.

Qualche cautela va invece osservata nell'attribuire i suddetti valori del rendimento di emissione agli edifici industriali, in particolare a quelli di notevole altezza, caratterizzati da un gradiente di temperatura rilevante. In tali casi il rendimento di emissione è generalmente più basso di quelli indicati nelle tabelle sopra riportate e va determinato caso per caso, valutando l'incremento delle dispersioni causato dalla disuniformità della temperatura ambiente specifica del caso.

ESEMPIO



Se la temperatura ambiente dei quattro strati a diversa quota fosse uniforme, il calore disperso sarebbe pari a 55 MJ.



A causa del gradiente termico le dispersioni risultano invece pari a 87 GJ. Il rendimento di emissione può pertanto essere valutato pari a $\eta_e = 55/87 = 0,63$.

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.

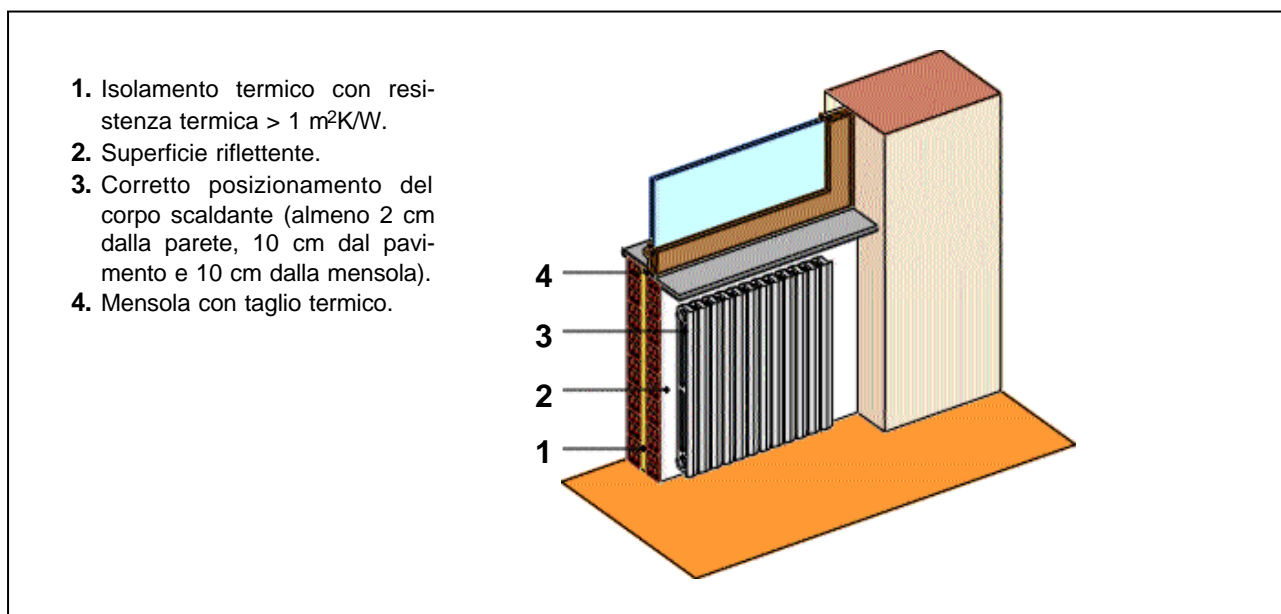


Fig. n. 4.7 a: Provvedimenti in grado di migliorare il rendimento di emissione.

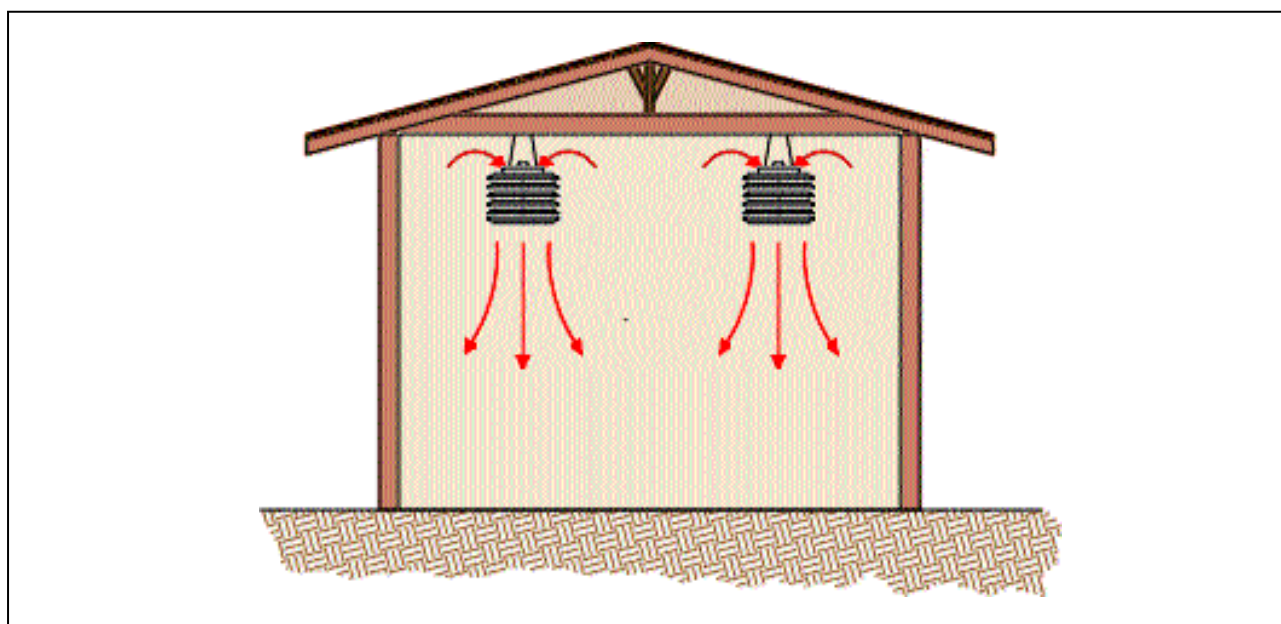


Fig. 4.7 b: Capannone con destratificatori.

SCELTA DELLA TEMPERATURA DI PROGETTO

Vale la pena di dedicare particolare attenzione alla scelta della temperatura di mandata di progetto ed al Δt di progetto (che determina la temperatura media di progetto del fluido termovettore) per la loro influenza fondamentale sul controllo dei moti convettivi nell'ambiente, come pure di altri parametri relativi ai rendimenti dell'impianto.

Una temperatura media più bassa comporta diversi vantaggi rilevanti, fra cui:

- migliore benessere ed igiene ambientale: i moti convettivi più modesti riducono le sensazioni di freddo in particolari posizioni dell'alloggio ed il trascinarsi di polvere domestica, che è causa di annerimento delle pareti e di reazioni allergiche agli occupanti (per la presenza di acari e sostanze allergiche);
- migliore rendimento di emissione: i moti convettivi più modesti riducono le dispersioni passive dell'involucro ed il gradiente termico, dai quali dipende il rendimento di emissione;
- migliore rendimento di distribuzione: le dispersioni passive della rete di distribuzione sono proporzionali alla differenza di temperatura fra fluido termovettore ed ambiente;
- migliore rendimento di produzione: per la riduzione delle dispersioni dal mantello Q_d , delle perdite di combustione Q_f e delle perdite al camino a bruciatore spento Q_{fbs} .

Utilizzando per il calcolo del fabbisogno di potenza la versione attualmente vigente della norma UNI 7357 ne deriva la seguente possibile classificazione delle temperature medie di progetto.

CLASSIFICAZIONE DELLE TEMPERATURE DELL'ACQUA DI PROGETTO												
Temperature di mandata e di ritorno di progetto per $(t_e - t_u) = 10\text{ °C}$		Temperature di mandata e di ritorno di progetto per $(t_e - t_u) = 20\text{ °C}$		Temperature di mandata e di ritorno di progetto per $(t_e - t_u) = 30\text{ °C}$		Temperature di mandata e di ritorno di progetto per $(t_e - t_u) = 40\text{ °C}$		Temperatura media del fluido termovettore t_m	Differenza di temperatura tra fluido e ambiente Δt	Emissione termica del corpo scaldante espressa come percentuale di quella nominale UNI EN 442	Classificazione temperatura media	
°C		°C		°C		°C		°C	°C	%	--	
85	75	--	--	--	--	--	--	80	60	127	Molto alta	
80	70	85	65	--	--	--	--	75	55	113	Alta	
75	65	80	60	85	55	--	--	70	50	100	Nom. 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	

NOTE:

1. Si noti che il Δt di riferimento, fissato dalla norma UNI EN 442 a 50 °C per ragioni di comodità e precisione di prova, si colloca ai limiti superiori della banda di impiego consigliata. Le condizioni di progetto conformi alle esigenze del benessere e dell'igiene ambientale, come pure a quelle del risparmio energetico, prevedono l'adozione di Δt più bassi.
2. Nella regolazione con valvole termostatiche autoazionate si consigliano, salvo diverse prescrizioni del costruttore, salti termici $(t_e - t_u)$ superiori a 20 °C , per una migliore precisione di regolazione. Tali salti termici elevati si possono ottenere, ferma restando la temperatura media, alzando la temperatura di mandata di progetto (entro il limite di 85 °C , per evitare la possibilità di intervento dei dispositivi di protezione previsti dalla normativa ISPESEL) ed abbassando quella di ritorno, come indicato nella tabella sopra riportata.

CALCOLO DELL'EMISSIONE TERMICA NELLE DIVERSE CONDIZIONI DI IMPIEGO

Come previsto dalla normativa recentemente approvata, sui cataloghi dei fabbricanti viene indicata l'emissione



8. IL RENDIMENTO DI REGOLAZIONE MEDIO STAGIONALE

CHE COS'E' ?

Il rendimento di regolazione medio stagionale è il rapporto fra il calore richiesto per il riscaldamento degli ambienti con una regolazione teorica perfetta ed il calore richiesto per il riscaldamento degli stessi ambienti con un sistema di regolazione reale.

ESEMPIO

Calcolo dell'energia dispersa, in un'ora, verso l'esterno, da un locale di abitazione, nel periodo medio stagionale.

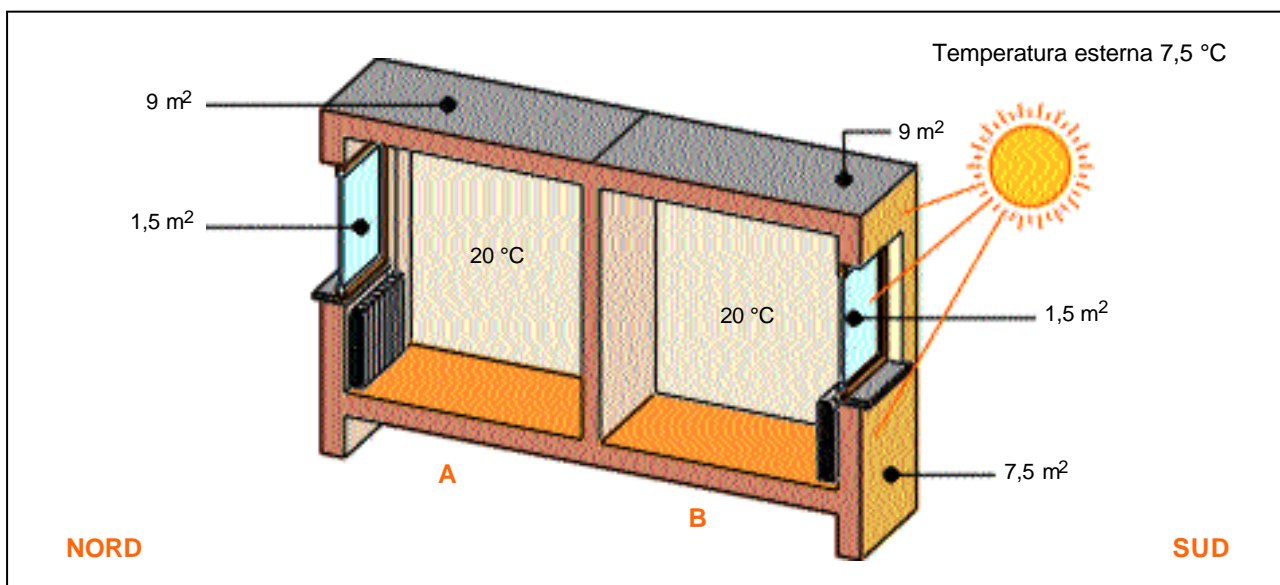


Fig. n. 1.8: Sistema di regolazione teorico di riferimento.

A - LOCALE A NORD

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _h (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q _h	601

B - LOCALE A SUD

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _h (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q _s	61
			Q _h	540

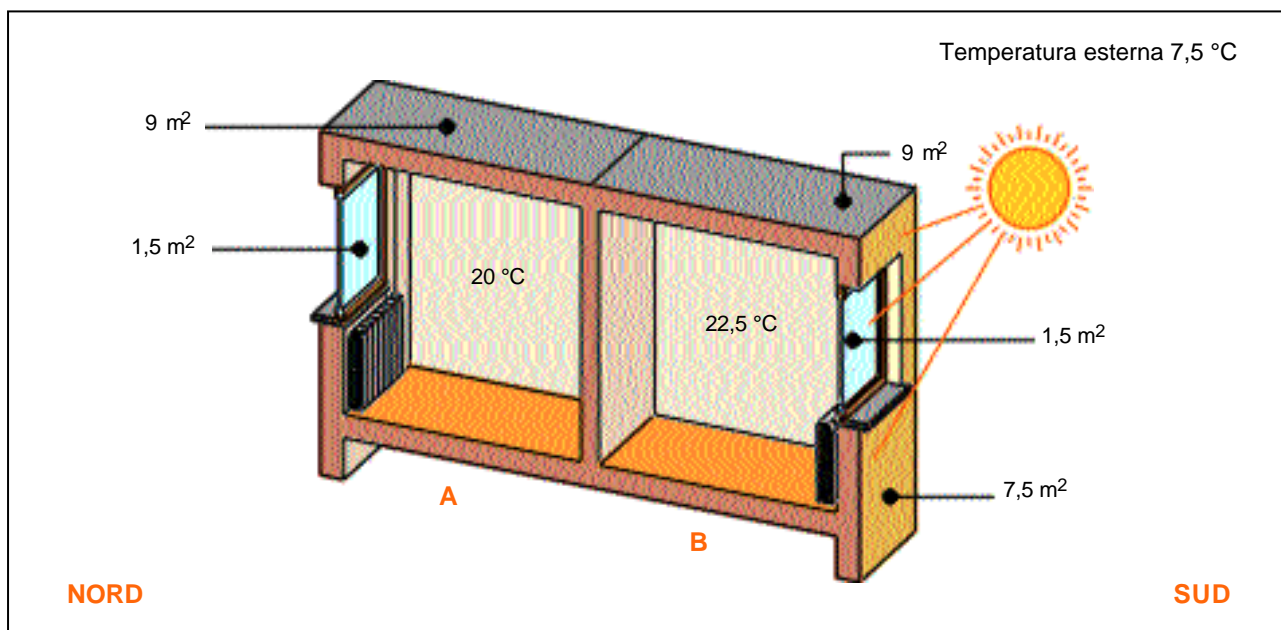


Fig. n. 2.8: Sistema di regolazione reale (nel caso: con regolazione centrale).

A - LOCALE A NORD

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _{hr} (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Q _{hr}	601

B - LOCALE A SUD

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _{hr} (kJ)
16,5	0,6	15	3.600	535
1,5	2,3	15	3.600	186
			Q _{hr}	721

Il rendimento di regolazione risulta, nel caso esemplificato:

$$h_c = \frac{Q_h}{Q_{hr}} = \frac{601 + 540}{601 + 721} = 0,86$$

dove:

- Q_h rappresenta la quantità di energia occorrente per riscaldare gli ambienti con il sistema di regolazione teorico perfetto;
- Q_{hr} rappresenta invece il fabbisogno di calore occorrente con il sistema di regolazione reale, a parità di condizioni esterne e di benessere interno.

DA QUALI FATTORI DIPENDE E COME SI PUÒ MIGLIORARE ?

Il regolatore teorico perfetto è quello in grado di ridurre immediatamente l'emissione del corpo scaldante in presenza di un apporto di calore proveniente da fonte diversa dall'impianto di riscaldamento.

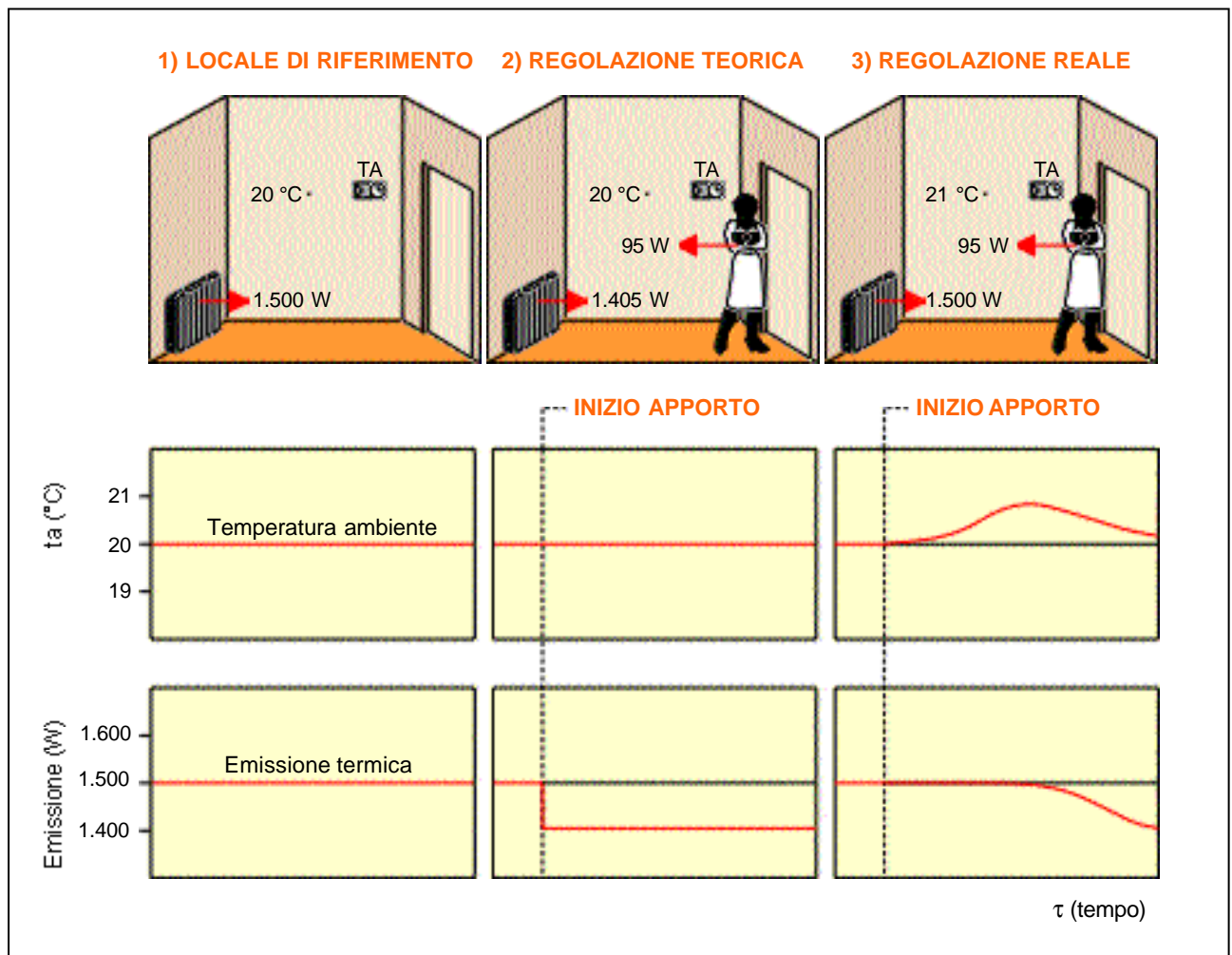


Fig. n. 3.8: Raffronto fra il comportamento di un regolatore teorico perfetto e quello di un regolatore reale.

- 1) Il locale è mantenuto a 20 °C da un corpo scaldante della potenza di 1,5 kW.
- 2) In seguito all'ingresso nel locale di una persona, che fornisce un apporto di 95 W, il regolatore teorico perfetto riduce immediatamente l'emissione del corpo scaldante a 1.405 W in modo che la somma risulti sempre 1.500 W e la temperatura rimanga a 20 °C.
- 3) In presenza dello stesso evento di cui al punto 2), il sistema di regolazione reale reagisce più lentamente, solo dopo che si è verificato un aumento (indesiderato) della temperatura ambiente.

Il regolatore reale deve sentire prima l'effetto dell'apporto di calore, sotto forma di aumento della temperatura ambiente, per iniziare la sua azione.

Ne consegue che il rendimento di regolazione sarebbe uguale al 100% se la temperatura ambiente rimanesse perfettamente costante al valore prescritto per qualunque variazione del carico (da zero al valore di progetto).

In altri termini, il rendimento di un sistema di regolazione è tanto più elevato quanto maggiore è la costanza della temperatura ambiente.

Va però precisato che per temperatura ambiente si deve intendere quella misurata in un punto di riferimento in cui è eventualmente installato il sensore di misura del regolatore.

L'inevitabile differenza di temperatura fra punti diversi di uno stesso locale dipende invece dalle modalità di emissione del calore e deve pertanto essere considerata nel calcolo del rendimento di emissione. La differenza di temperatura rispetto al valore prescritto riscontrabile in locali diversi di uno stesso edificio regolato da un unico sistema di regolazione incide invece sul rendimento di regolazione.

zione d'uso di ogni locale (per esempio 18 °C nelle camere, 20 °C nelle cucine, 22 °C nei soggiorni e nei bagni), mantenendo tale assetto per tutte le 24 ore. Lo spegnimento o l'abbassamento potrà essere riservato a periodi di assenza più prolungati, superiori alle 24 ore.

COME MIGLIORARE IL RENDIMENTO DI REGOLAZIONE DEGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO ESISTENTI

Gli impianti di riscaldamento esistenti sono in massima parte costituiti da:

- 1) impianti centralizzati con distribuzione a colonne montanti e regolazione climatica centrale o manuale.

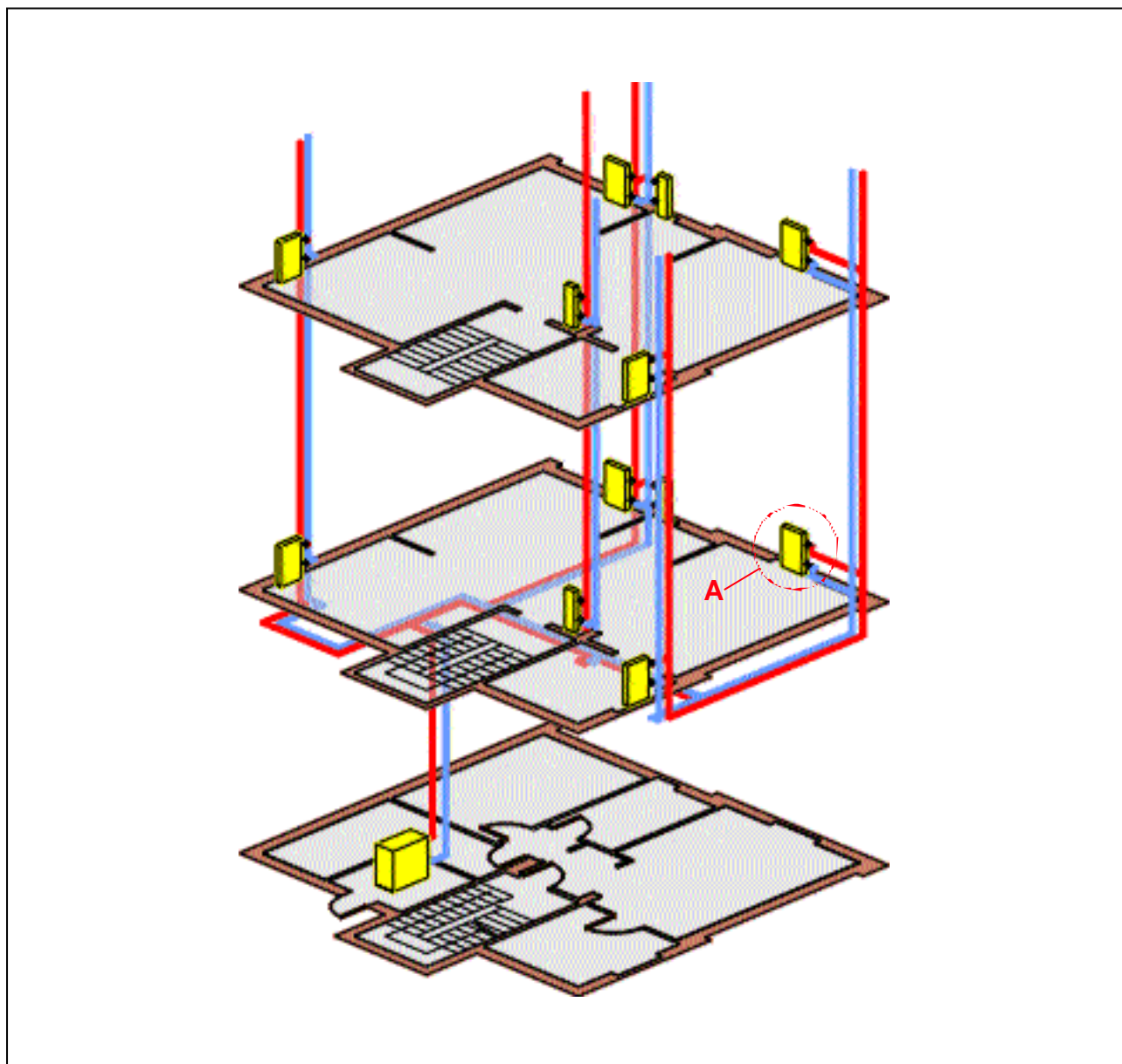
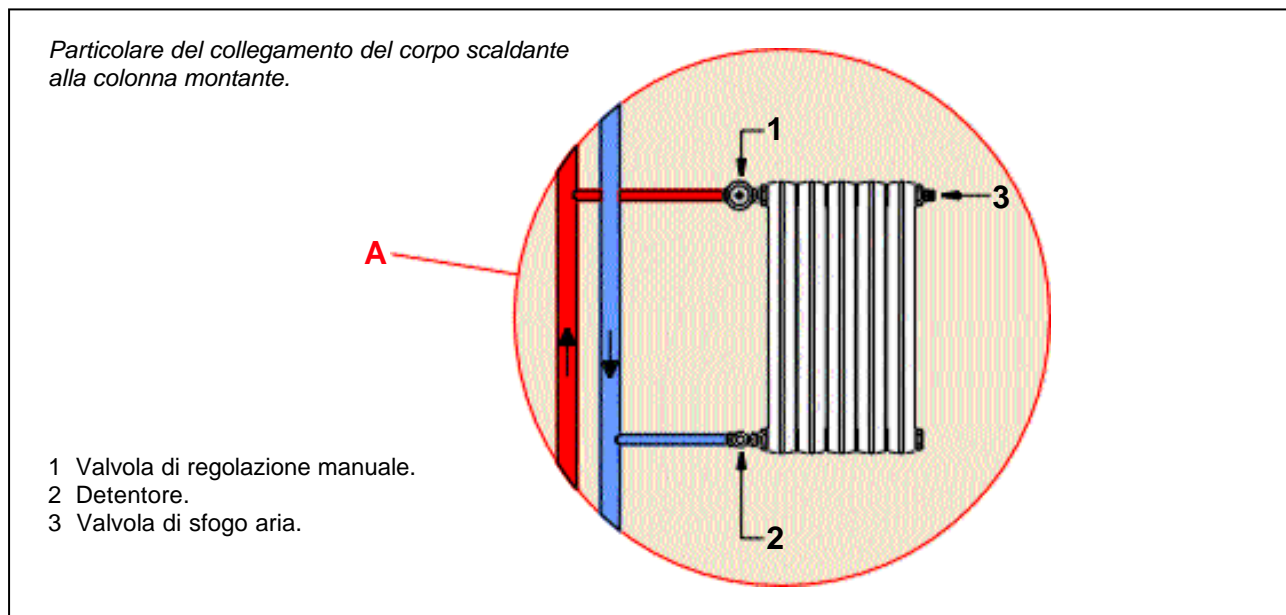


Fig. n. 13.8: Schema tipico di impianto centralizzato a due tubi con distribuzione dal basso (a sorgente).



L'applicazione delle valvole termostatiche e della contabilizzazione del calore indiretta (1) consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- autonomia gestionale, con un risparmio medio di circa il 10%;
- aumento del rendimento di regolazione, da quello che compete ai sistemi 1 o 2, a quello che compete al sistema 4 (con un ulteriore 15% circa di risparmio).

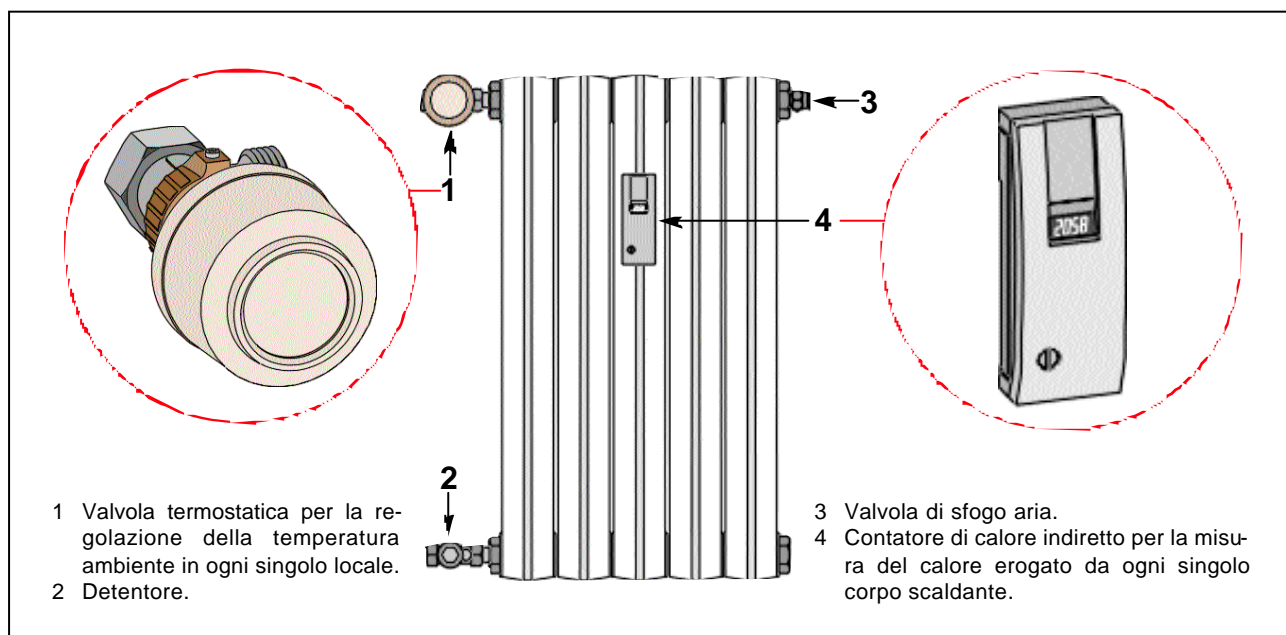


Fig. n. 14.8: Regolazione ambiente termostatica e contabilizzazione indiretta.

Il risparmio energetico normalmente conseguibile è quindi dell'ordine del 25%.

NOTA (1): La regolazione termostatica per singolo ambiente negli edifici condominiali viene sempre associata alla contabilizzazione del calore in quanto diversamente non avrebbe senso. L'esperienza dimostra infatti che l'utente non è generalmente disponibile a ridurre l'erogazione di calore se non è compensato da un congruo vantaggio economico.

2) impianti centralizzati con distribuzione orizzontale e regolazione climatica centrale (eventuale regolazione di zona con valvola di zona e contatore).

L'applicazione delle valvole termostatiche e della contabilizzazione del calore, diretta o indiretta consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- autonomia gestionale, con un risparmio medio di circa il 10%;
- aumento del rendimento di regolazione, da quello che compete ai sistemi 1, 2 o 5, a quello che compete al sistema 4.

Il risparmio energetico normalmente conseguibile, globalmente, va dal 15 al 25%, a seconda dell'impianto di partenza.

LIMITAZIONI: mentre per gli impianti di cui alle fig. n. 13.8 e n. 15.8, non sussistono limitazioni; nel caso di distribuzione monotubo con valvole a quattro vie, va segnalata una minore efficacia della regolazione termostatica, che richiede un notevole aumento della temperatura del fluido termovettore per mantenere la resa dei corpi scaldanti al valore di partenza.

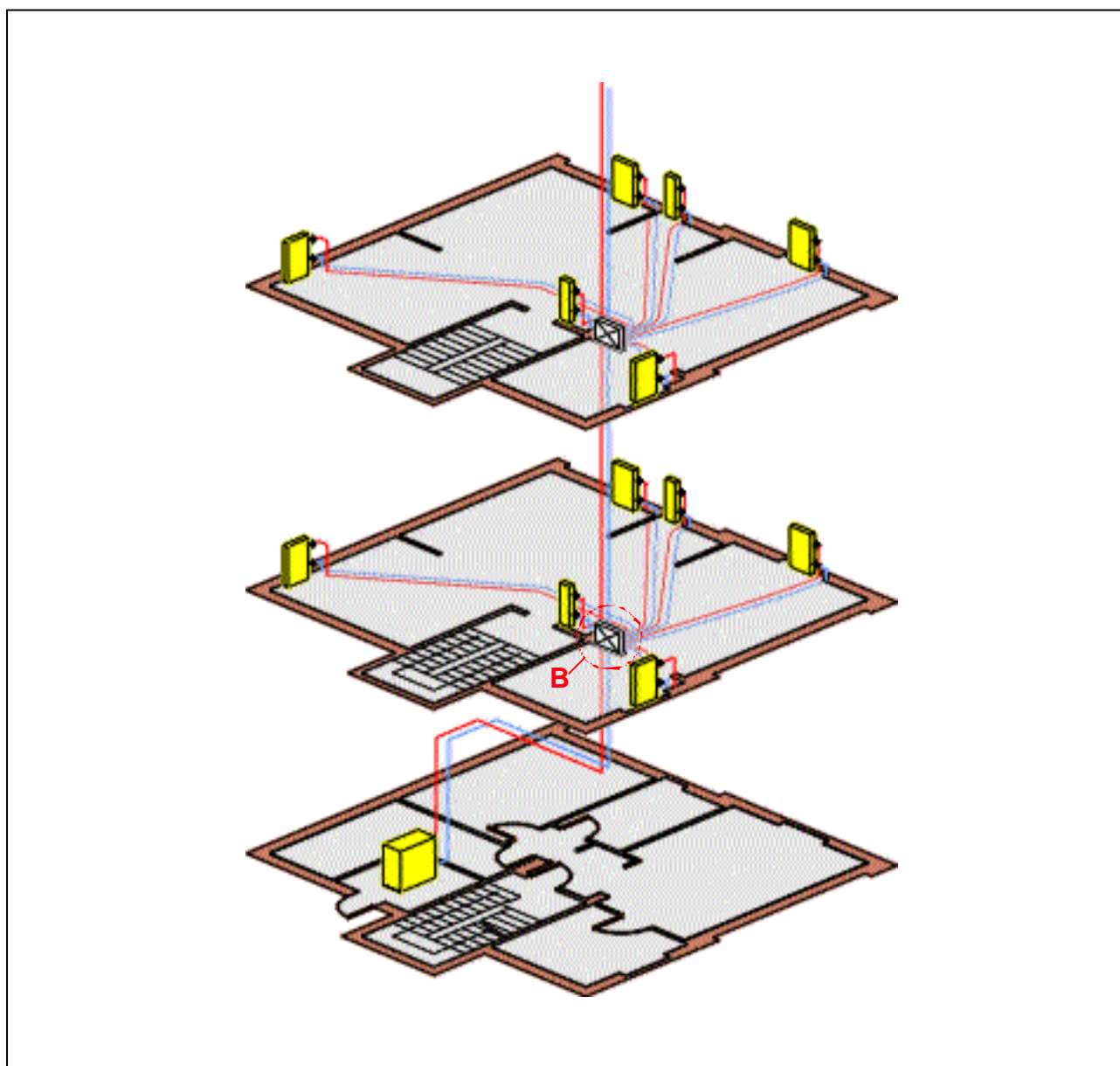
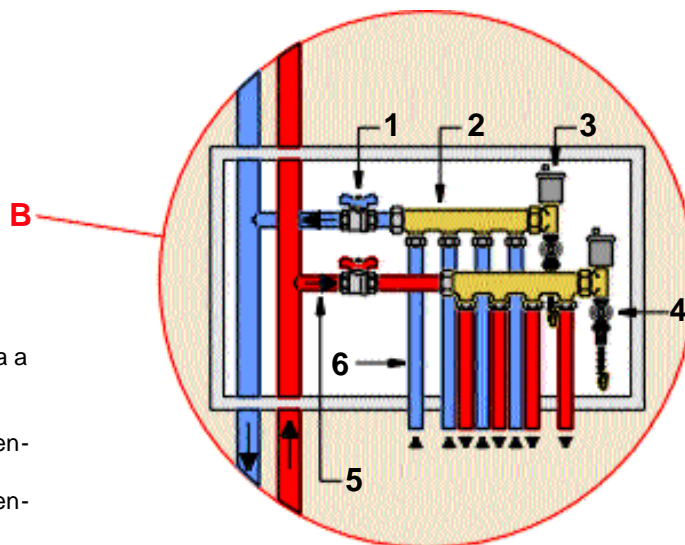


Fig. n. 15.8: Impianto a distribuzione orizzontale del tipo a collettori con cassette di zona ispezionabili.

Particolare della cassetta di zona.

- 1 Valvola di intercettazione.
- 2 Collettore di distribuzione.
- 3 Valvola di sfogo aria automatica galleggiante.
- 4 Rubinetto di scarico.
- 5 Tubazione in ferro di collegamento al montante di distribuzione.
- 6 Tubazioni in rame di collegamento dei corpi scaldanti.



Particolare della cassetta di intercettazione e di contabilizzazione di zona.

- 1 Valvola di intercettazione.
- 2 Contatore di calore.
- 3 Valvola di zona motorizzata.
- 4 Valvola di intercettazione con sonda di temperatura di andata.

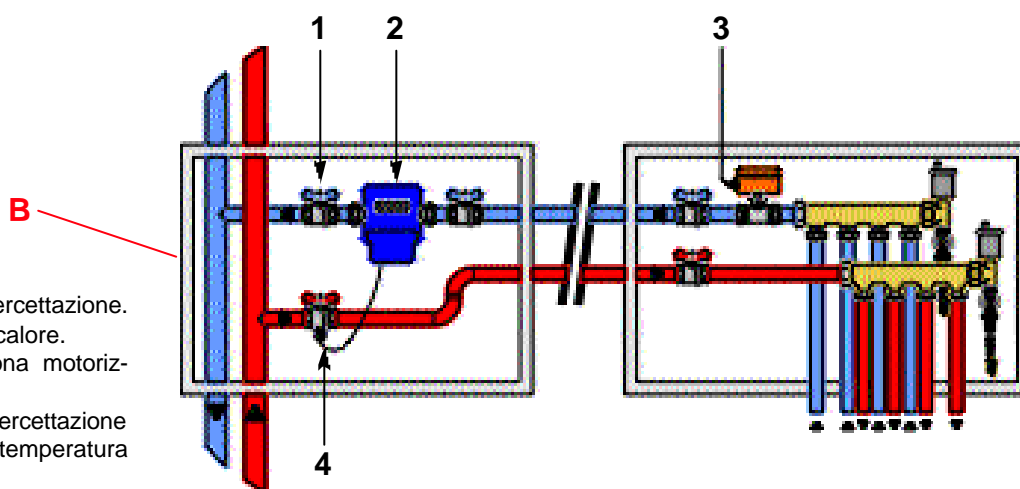


Fig. n. 16.8: In alternativa alla contabilizzazione indiretta di cui alla fig. 14.8 negli impianti esistenti a distribuzione orizzontale è possibile installare la regolazione termostatica e la contabilizzazione diretta, installando un contatore di calore nella cassetta di zona.

3) impianti individuali con generatore autonomo con regolazione manuale o con regolazione di zona a mezzo cronotermostato ambiente (vedi fig. n. 17.8).

L'applicazione delle valvole termostatiche e di un buon cronotermostato ambiente consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- aumento del rendimento di regolazione, da quello che compete ai sistemi 1 o 2, a quello che compete al sistema 4.

Il risparmio energetico normalmente conseguibile, globalmente, è dell'ordine del 10 o 15%, come si può rilevare dall'applicazione della norma.

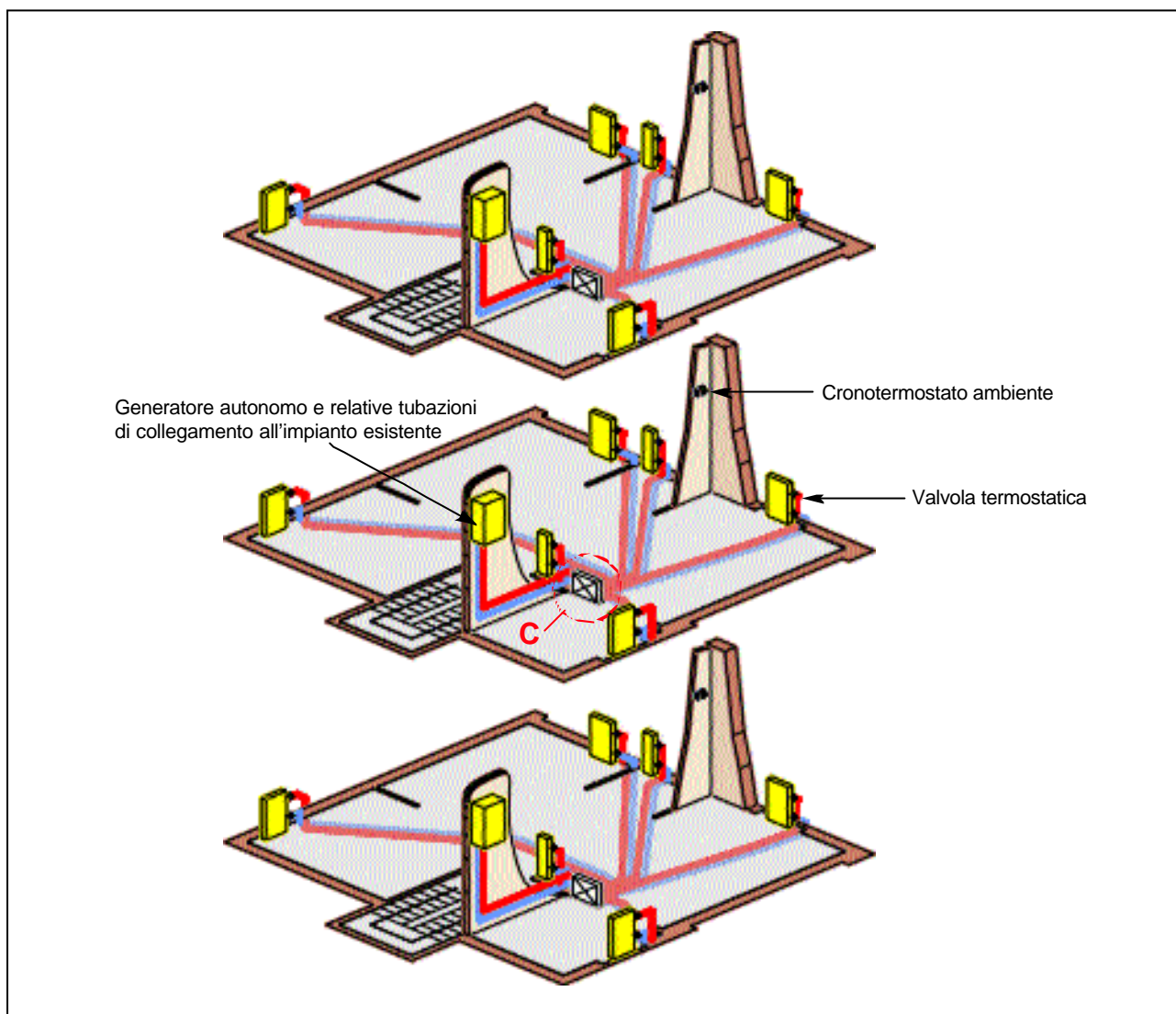
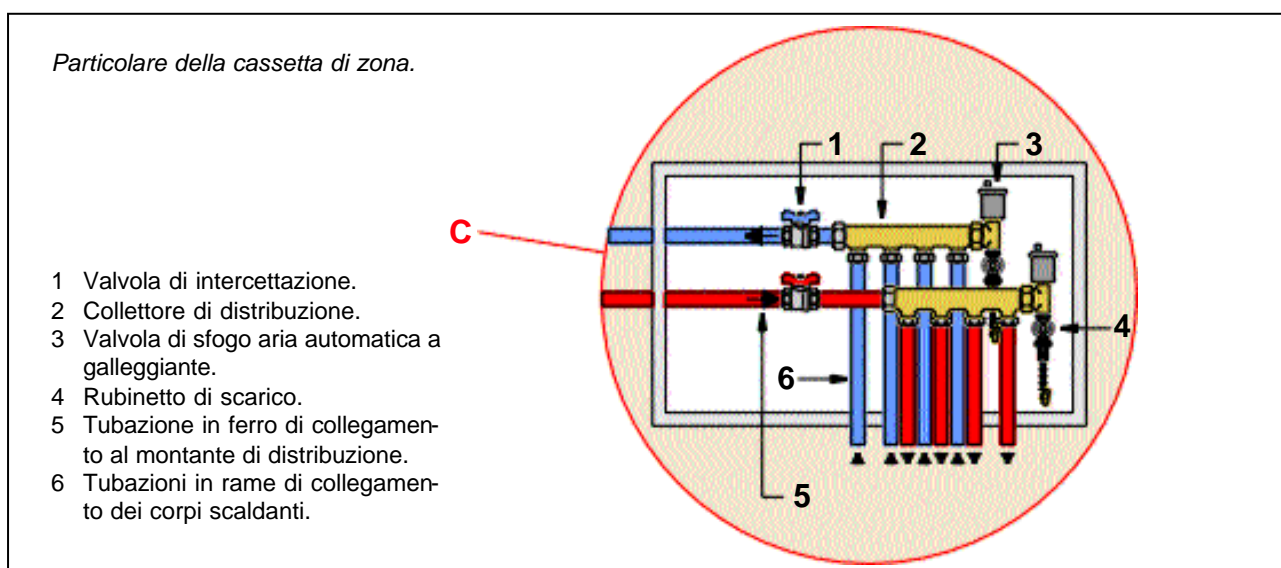
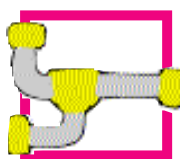


Fig. n. 17.8: Schema tipo di impianto individuale: la regolazione termostatica ed un cronotermostato possono ridurre sensibilmente i consumi dell'impianto esistente.





9. IL RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE MEDIO STAGIONALE

CHE COS'È ?

Il rendimento di distribuzione η_d è il rapporto fra la somma del calore utile emesso dai corpi scaldanti e del calore disperso dalla rete di distribuzione all'interno dell'involucro riscaldato dell'edificio ed il calore in uscita dall'impianto di produzione ed immesso nella rete di distribuzione.

Il rendimento di distribuzione medio stagionale caratterizza l'influenza della rete di distribuzione sulla perdita passiva di energia termica (quella non ceduta agli ambienti da riscaldare).

ESEMPIO

Calcolo dell'energia dispersa verso l'esterno, in un'ora, da un locale di abitazione nel periodo medio stagionale, e del conseguente rendimento di distribuzione.

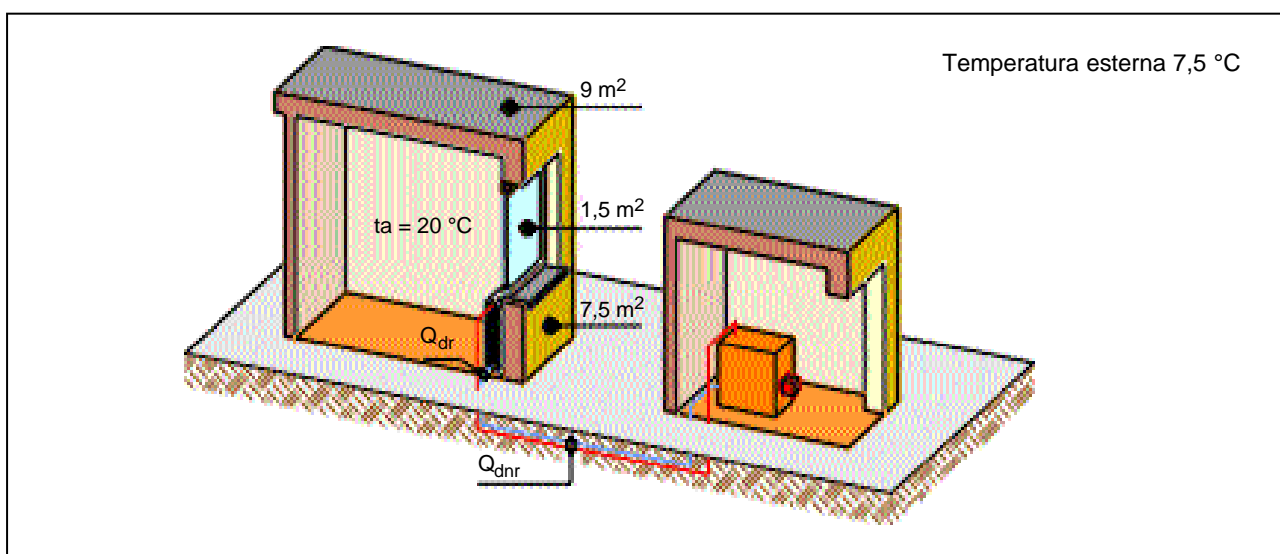


Fig. n. 1.9: Influenza della rete di distribuzione.

CALORE DISPERSO DAL LOCALE

S (m ²)	U (W/m ² K)	Dt (°C)	t (s)	Q _{hr} (kJ)
16,5	0,6	12,5	3.600	446
1,5	2,3	12,5	3.600	155
			Totale	601

CALORE IMMESSO NELLA RETE DI DISTRIBUZIONE

Causa di scambio termico	P media (W)	t (s)	Q _{pr} (kJ)
Q radiatore	158	3.600	569
Q _{dr}	9	3.600	32
Q _{dnr}	15	3.600	54
		Totale	655

Il rendimento di distribuzione risulta, nel caso esemplificato:

$$\eta_d = \frac{Q_{hr}}{(Q_{hr} + Q_{dnr})} = \frac{601}{(601 + 54)} = 0,92$$

dove:

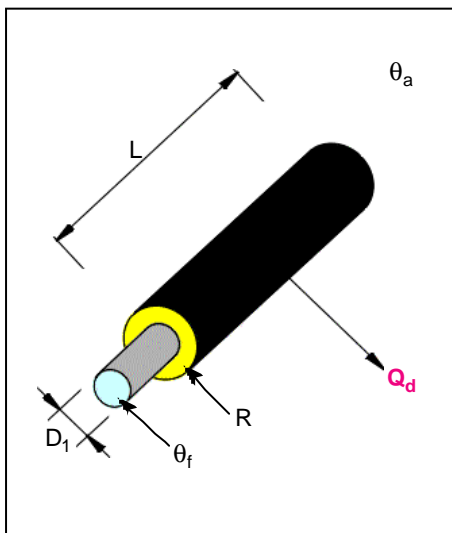
Q_{hr} è l'energia termica richiesta per il riscaldamento della zona, fornita in parte dal corpo scaldante (Q_{rad}) ed in parte dalle tubazioni correnti all'interno dell'involucro riscaldato (Q_{dr} è il calore disperso recuperato);

Q_{dnr} è l'energia termica dispersa dalla rete di distribuzione corrente all'esterno dell'involucro riscaldato e quindi non recuperata.

COME SI DETERMINA IL RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE MEDIO STAGIONALE ?

Il calcolo dettagliato del calore Q_{dnr} disperso dalla rete di distribuzione e non recuperato va effettuato secondo la norma UNI 10347, che fornisce le metodologie di calcolo per le diverse situazioni di seguito illustrate.

L'energia scambiata da un fluido che scorre all'interno di una tubazione con l'ambiente che la circonda si determina, in generale, con la seguente formula:



$$Q_d = \frac{\pi D_1 \cdot L}{R} \cdot \Delta\theta_{fa} \cdot t_p$$

dove:

R è la resistenza termica globale, in m^2K/W ;
 D_1 è il diametro esterno della tubazione, in m ;
 L è la lunghezza equivalente della tubazione, cioè la lunghezza effettiva della tubazione, aumentata di una opportuna quantità, che tenga conto della maggiore energia scambiata a causa della presenza di punti singolari quali staffe, appoggi, distanziatori, valvole, ecc., (in caso di tubi affiancati, anche all'interno di un unico involucro isolante, L è la somma della lunghezza dei tubi) in m ;

$\Delta\theta_{fa} = (\theta_f - \theta_a)$ è la differenza tra la temperatura media del fluido termovettore e la temperatura dell'ambiente che circonda la tubazione, in $^{\circ}C$.

La differenza di temperatura $\Delta\theta_{fa}$ fra fluido e ambiente dipende dalla quantità di corpi scaldanti installata (a sua volta funzione della temperatura di progetto) e dal tipo di conduzione e si calcola nel seguente modo:

$$\Delta\theta_{fa} = \left(\frac{\Phi_m}{\Phi_n} \right)^{1/n} \cdot \Delta\theta_n$$

dove:

Φ_m è la potenza media erogata dai terminali di emissione nel periodo considerato, in W , determinata come segue:

$$\Phi_m = \frac{Q_{hr}}{t_p}$$

La resistenza termica totale è data da:

$$R = \frac{D_1}{2} \left[\frac{1}{\lambda_1} \ln \left(\frac{D_2}{D_1} \right) + \frac{1}{\lambda_2} \ln \left(\frac{4 \cdot z}{D_2} \right) \right]$$

dove:

D_1 è il diametro esterno della tubazione senza isolamento, in m;

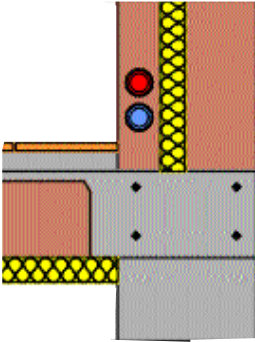
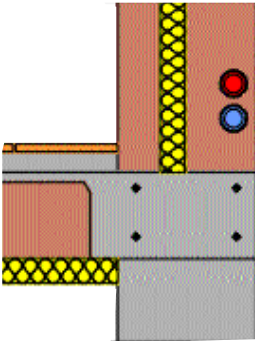
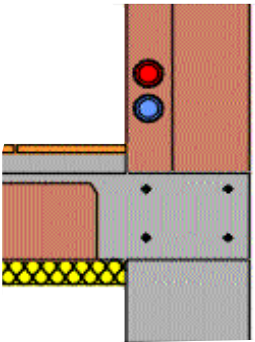
D_2 è il diametro esterno comprensivo dell'isolamento, in m;

z è la profondità di incasso, in m (in assenza di dati specifici si assume $z = 0,1$ m);

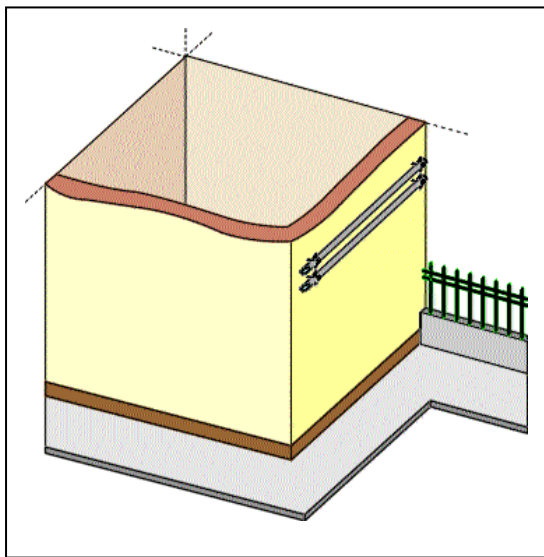
λ_1 è la conduttività termica del materiale isolante, in W/mK;

λ_2 è la conduttività termica del materiale della parete o soletta, in W/mK (in assenza di dati specifici si assume $\lambda_2 = 0,7$ W/mK).

NOTA: Per la determinazione della temperatura ambiente q_a da considerare nel calcolo valgono le seguenti precisazioni:

DESCRIZIONE	FIGURA	VALORE DI q_a
Tubazione incassata nel lato interno di una parete isolata.		θ_a è la temperatura dell'aria dell'ambiente interno.
Tubazione incassata nel lato esterno di una parete isolata.		θ_a è la temperatura dell'aria dell'ambiente esterno.
Tubazione incassata in una parete non isolata.		θ_a è la media aritmetica tra la temperatura dell'ambiente interno e quella dell'ambiente esterno.

G. Tubazioni prive di isolamento correnti in aria (all'esterno).



Nel caso di tubazioni non isolate correnti in aria all'esterno l'energia scambiata dal fluido con l'ambiente circostante è data da:

$$Q_d = 16,5 \cdot \pi D_1 \cdot L \cdot \Delta\theta_{fa} \cdot t_p$$

dove:

D_1 è il diametro esterno della tubazione, in m;

L è la lunghezza della tubazione, in m.

CALCOLO DEL CALORE DISPERSO NON RECUPERATO

Ai fini del calcolo del calore disperso non recuperato è determinante la posizione della tubazione di distribuzione rispetto allo strato isolante. La norma UNI 10347 fornisce i seguenti valori del rapporto fra calore disperso non recuperato e calore totale disperso (Q_{dnr} / Q_d) (vedi fig. da 1 a 8).

Tubazioni che corrono entro pareti che separano ambienti riscaldati

$$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 0$$

1

Tubazioni che corrono entro pareti isolate

$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 5$ <p style="text-align: right;">2</p>	$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 95$ <p style="text-align: right;">3</p>
Tubazione posta tra l'ambiente interno e l'isolamento della parete.	Tubazione posta tra l'isolamento della parete e l'ambiente esterno.

Tubazioni interrato		
$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 5$ <p style="text-align: right;">4</p>	$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 95$ <p style="text-align: right;">5</p>	$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 60$ <p style="text-align: right;">6</p>
Tubazione posta tra l'ambiente interno e l'isolamento del terreno.	Tubazione posta al disotto dello strato di isolamento del terreno.	Nessun isolamento.
Tubazioni correnti in aria		
$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 0$ <p style="text-align: right;">7</p>	$\frac{Q_{dnr}}{Q_d} \cdot 100 = 100$ <p style="text-align: right;">8</p>	
All'interno di ambienti riscaldati.	All'esterno o all'interno di ambienti non riscaldati.	

Il calcolo dettagliato che tenga conto di tutte le situazioni sopra illustrate si giustifica probabilmente solo nella progettazione dei nuovi edifici, che consente di avvalersi di appositi programmi in grado di effettuarlo senza aggravare eccessivamente la fase di immissione dei dati.

Nel calcolo convenzionale finalizzato alla diagnosi energetica (ove lo scopo principale della diagnosi non sia proprio la rete di distribuzione), oppure in assenza di dati sulle caratteristiche costruttive della rete stessa, si possono utilizzare i valori del rendimento di distribuzione forniti dalla norma UNI 10348, validi per le categorie di edifici specificate e nell'ipotesi che il generatore di calore sia installato all'interno dell'edificio (vedi tabella alla pagina seguente).

I valori del rendimento di distribuzione riportati nella tabella che segue, sono assai incerti e poco riferibili alle tipologie edilizie esistenti. Ove pertanto lo scopo principale del calcolo siano proprio le dispersioni della rete di distribuzione, conviene utilizzare la norma UNI 10347.

NOTA: Nel caso di generatori ubicati all'esterno dell'edificio, il calcolo del rendimento di distribuzione deve sempre essere eseguito utilizzando la procedura di cui alla norma UNI 10347, almeno per la parte di rete localizzata all'esterno dell'edificio.

COME SI PUÒ MIGLIORARE IL RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE ?

Come si può rilevare dalla relazione di base riportata a pag. 66, il calore Q_d disperso da una tubazione è inversamente proporzionale alla resistenza termica del suo isolamento termico e direttamente proporzionale al diametro, alla lunghezza e alla differenza di temperatura fra fluido ed ambiente.

Per ridurre le suddette dispersioni occorre pertanto:

- preferire tipologie impiantistiche che prevedano una rete di distribuzione tutta interna all'involucro riscaldato, in modo che le dispersioni siano recuperate per il riscaldamento degli ambienti;
- ove non sia possibile evitare percorsi esterni all'involucro riscaldato, prevedere un congruo ed accurato isolamento termico delle tubazioni, tenendo presente che, per i nuovi impianti, anche in edifici esistenti, e nella ristrutturazione degli impianti, l'allegato B al DPR 412/93 prevede spessori minimi di materiale isolante che sono funzione della **temperatura del fluido** e della conduttività del materiale isolante impiegato;
- prevedere salti termici elevati e portate modeste in modo da ridurre le dimensioni (i diametri) della rete di distribuzione;
- prevedere reti di lunghezza il più possibile contenuta, evitando percorsi tortuosi e non necessari;
- prevedere **temperature di progetto il più possibile basse** (si ricorda che a pag. 47 sono elencati ulteriori rilevanti vantaggi conseguenti a questa scelta).