

## Caldaie a condensazione

### Descrizione della tecnologia

Le caldaie sono il cuore degli impianti di riscaldamento dato che realizzano il processo di combustione da cui si ricava l'energia termica necessaria per i vari scopi (riscaldamento degli ambienti, produzione di acqua calda per uso sanitario o per uso produttivo). L'energia termica liberata dalla combustione viene trasferita al fluido termovettore (acqua o aria) che circola nell'impianto. Le componenti di una caldaia sono: il bruciatore (che miscela l'aria con un combustibile e alimenta la camera di combustione; la camera di combustione (o focolare); una serie di tubi in cui circolano i fumi caldi della combustione che scambiano calore con il fluido termovettore; un involucro esterno di materiale isolante protetto da una lamiera.

I parametri che caratterizzano una caldaia sono:

- la potenza termica del focolare, indicativa della quantità di energia che il combustibile utilizzato sviluppa all'interno della camera di combustione su un determinato arco di tempo;
- la potenza termica utile, ossia l'energia che viene effettivamente trasferita al fluido termovettore nello stesso arco temporale.

Le perdite del sistema, da cui deriva il fatto che la potenza termica utile sia inferiore alla potenza termica del focolare, sono dovute alle dispersioni di calore che avvengono attraverso il mantello isolante e, per la maggior parte, attraverso i fumi che fuoriescono ancora caldi dal camino.

Minori sono le perdite generate, più elevato è il rendimento della caldaia. L'evoluzione della tecnologia ha quindi messo a punto nel tempo sistemi a rendimenti sempre più elevati fino ad arrivare allo sviluppo delle cosiddette caldaie a condensazione, impianti termici che riescono ad ottenere rendimenti superiori al 100% riferiti al potere calorifico inferiore (PCI) grazie alla loro capacità di recuperare gran parte del contenuto energetico proprio dei fumi di combustione (Fig.1).

Fig.1 – Confronto tra i flussi energetici caratteristici delle caldaie tradizionali e quelli delle caldaie a condensazione



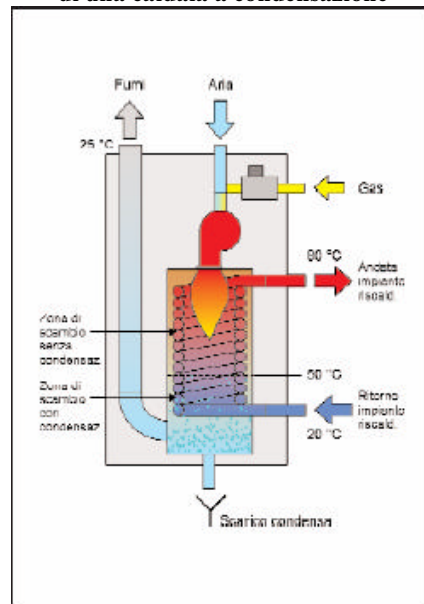
Lo sfruttamento del calore liberato dalla combustione prodotta in una caldaia avviene mediante il suo trasferimento dai fumi di combustione al fluido termovettore. La temperatura dei fumi all'uscita della caldaia è quindi indicativa della "bontà" del processo, ovvero del rendimento dell'impianto. Finché la temperatura dei fumi rimane sopra il "punto di rugiada", raffreddandoli, si recupera il solo "calore sensibile" (in queste condizioni ogni abbassamento di 20°C della temperatura dei fumi corrisponde ad un guadagno di rendimento pari a circa l'1%). Nel momento in cui la temperatura dei fumi scende invece sotto il "punto di rugiada" (circa 56°C per i fumi di una "normale" combustione di metano), una parte del vapor acqueo contenuto nei fumi comincia a condensare,

liberando l'ulteriore "calore latente" corrispondente, pari a circa 570 kcal per ogni kg di condensa prodotta.

Le caldaie tradizionali, anche quelle definite "ad alto rendimento", riescono ad utilizzare solo una parte del calore sensibile mentre il vapore acqueo generato dal processo di combustione, il cui contenuto energetico – definito calore latente - rappresenta ben l'11% dell'energia liberata dalla combustione, viene disperso in atmosfera attraverso il camino. In questi casi la temperatura dei fumi scaricati è ancora molto elevata (pari a circa 140-160°C per le caldaie tradizionali ad alto rendimento e a circa 200-250°C per quelle tradizionali meno evolute).

Le caldaie a condensazione invece, grazie all'uso di nuovi materiali, resistenti alla corrosione<sup>1</sup>, e all'impiego di uno speciale scambiatore di calore, sono in grado di recuperare gran parte del calore altrimenti disperso tramite l'espulsione dei fumi. In questo caso i fumi fuoriescono dall'impianto a una temperatura attorno ai 40°C. Per condensare il vapore dei fumi, questa nuova tipologia di caldaie utilizzano la temperatura dell'acqua di ritorno dall'impianto termico, più fredda rispetto alla temperatura dell'acqua di mandata; il calore recuperato serve quindi per pre-riscaldare l'acqua di ritorno dall'impianto. In **Fig.1** è rappresentato lo schema di funzionamento di una caldaia a condensazione.

**Fig.1 – Schema di funzionamento di una caldaia a condensazione**



La maggior parte dei generatori a condensazione è di tipo modulante (ovvero consente una variazione della potenza erogata mantenendo invece stabile il rapporto aria/combustibile) è ciò consente una riduzione dei periodi di intermittenza, riducendo lo scarto tra rendimento utile e rendimento medio stagionale<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Fino ad alcuni anni fa non era pensabile poter raffreddare i fumi di combustione al di sotto del punto di rugiada in quanto la condensa avrebbe provocato gravi danni alla caldaia e/o al camino ad opera di fenomeni corrosivi. L'impiego di materiali resistenti alla corrosione, quali acciai inossidabili speciali, leghe di alluminio, fusioni in ghisa speciale e persino alcuni materiali plastici (per i condotti di scarico fumi), ha permesso il superamento di tale limite tecnico.

<sup>2</sup> Quando una caldaia tradizionale deve reintegrare piccole quantità di calore disperso dall'ambiente riscaldato, si accende alla massima potenza per spegnersi dopo pochi istanti, essendo l'erogazione di calore eccessiva rispetto al fabbisogno reale. Questo dà luogo al fenomeno dell'intermittenza acceso-spento che, in una stagione di riscaldamento, può ripetersi fino a 40.000 volte con sprechi di energia e eccessive sollecitazioni per l'impianto. Nei sistemi a modulazione in cui la potenza erogata viene modulata in funzione del reale fabbisogno, i cicli stagionali acceso-spento possono ridursi a soli 2-3000.

### Specifiche tecniche per l'installazione e la manutenzione

La scelta della potenza e del tipo di caldaia da installare dipende dalle caratteristiche dell'edificio e del sistema di riscaldamento, dall'ubicazione e dalla sua destinazione d'uso.

Negli impianti termici dedicati, oltre che al riscaldamento, anche alla produzione di acqua calda per usi sanitari o di altro genere, per evitare sovradimensionamenti che portano gli impianti a frequenti situazioni di esercizio a basso regime e quindi a bassi valori di rendimento, è opportuno prevedere caldaie differenziate per i due scopi (ovvero prevedere l'installazione di una caldaia a servizio del sistema di riscaldamento dei locali e una dedicata alla produzione di acqua calda).

Rispetto alle caldaie tradizionali che, se sovradimensionate, comportano sprechi energetici notevoli nelle stagioni intermedie (durante le quali raggiungono velocemente la temperatura prefissata e hanno quindi lunghi e frequenti periodi di spegnimento durante i quali disperdono il calore dal mantello e attraverso il camino), le caldaie più recenti come le "modulanti", quelle a "temperatura scorrevole" e le caldaie a condensazione permettono di mantenere una buona efficienza anche nelle stagioni intermedie (come mostrato dai valori di **Tab.1**).

**Tab.1 – Valori di rendimento caratteristici di diverse tipologie di caldaie.**

Tipo di caldaia	Potenza utile		Rendimento a potenza nominale	Rendimento a carico parziale
	kW	kcal/h	%	%
Caldaia standard	20	17200	86,6	83,9
	200	172000	88,6	86,9
Caldaia standard ad alta efficienza	20	17200	89,5	89,5
	200	172000	91,0	91,0
Caldaia a condensazione	20	17200	92,3	98,3
	200	172000	93,3	99,3

I valori di rendimento più elevati offerti dalle caldaie a condensazione, come precedentemente illustrato, dipendono dalla capacità di condensare il vapore acqueo presente nei fumi scaricati. Poiché il raffreddamento dei fumi viene operato dall'acqua di ritorno dall'impianto di riscaldamento, quanto più bassa è la sua temperatura tanto maggiore sarà la capacità di raffreddamento e la quantità di calore recuperato dai fumi ad opera della caldaia a condensazione.

In base a tali considerazioni, nelle nuove costruzioni è opportuno abbinare le caldaie a condensazione con impianti di riscaldamento a bassa temperatura (quali impianti a pavimento o a parete radiante) oppure con radiatori con superficie elevata (che, aumentando lo scambio termico con l'ambiente da scaldare, generano un maggior abbassamento della temperatura dell'acqua di ritorno all'impianto rispetto a quella di mandata).

Nel caso si debba invece procedere alla sostituzione di una caldaia standard con una a condensazione e il sistema di riscaldamento esistente non rientri nelle tipologie precedentemente elencate (ovvero sia presente un impianto di tipo tradizionale progettato per lavorare a temperature medie dell'acqua di 70°C), la potenzialità di risparmio energetico offerta dalla caldaia a condensazione sarà parziale. Nei periodi in cui la temperatura esterna scenderà sotto i -5°C (temperatura di progetto su cui viene dimensionato l'impianto di riscaldamento) la temperatura dell'acqua di ritorno sarà troppo alta per consentire la condensazione e quindi la caldaia a condensazione si comporterà come una caldaia tradizionale; nei restanti periodi in cui l'impianto di riscaldamento è attivo e la temperatura esterna è superiore a quella di progetto, grazie alla presenza di centraline di controllo con sonde che rilevano la temperatura esterna, l'impianto produce acqua a temperature inferiori che consentono di realizzare la condensazione del vapore e il conseguente recupero energetico.

Riepilogando, per ottimizzare il rendimento medio stagionale di una caldaia a condensazione occorre:

- minimizzare la temperatura di ritorno dell'acqua in caldaia (attraverso una funzionale scelta dei corpi scaldanti utilizzati);
- massimizzare i periodi in cui la caldaia lavora a bassa potenza in modo da minimizzare la differenza di temperatura finale tra fumi e acqua (intervenendo con sistemi di modulazione della potenza che riducono le intermittenze);
- mantenere sempre un eccesso di aria stabile e limitato (grazie alla possibilità di accoppiare un bruciatore a premiscelazione con cui si ottiene una ottimale regolazione della miscela combustibile / comburente).

La scelta dei materiali per le tubazioni a servizio delle caldaie a condensazione deve tener conto della presenza di condensa, e del suo potenziale effetto corrosivo, e della temperatura dei fumi: occorre quindi ricorrere a materiali resistenti alla corrosione, come acciaio inox, ma, grazie alla bassa temperatura dei fumi scaricati, è possibile utilizzare anche tubi in plastica.

Le caldaie a condensazione richiedono anche la presenza di un tubo per lo scarico dell'acqua di condensa.

### **Campo di applicabilità e di convenienza**

Le caldaie a condensazione consentono di realizzare risparmi energetici grazie alla riduzione delle perdite di parte del calore prodotto dalla combustione. L'entità esatta del risparmio che si può ottenere dipende:

- dal tipo di caldaia precedentemente funzionante (in caso di sostituzioni di impianti esistenti): la convenienza sarà tanto maggiore quanto più basso è il rendimento della caldaia esistente (ovvero quanto più vecchia è la caldaia da sostituire);
- dal tipo di impianto di riscaldamento connesso alla caldaia (le caldaie a condensazione esprimono il massimo delle prestazioni quando vengono utilizzate con impianti che funzionano a bassa temperatura, attorno ai 30-50°C, come ad esempio impianti a pannelli radianti).
- dalle condizioni medie di esercizio.

Il risparmio energetico ottenibile si aggira sul 15% quando la caldaia a condensazione è a servizio di un impianto di riscaldamento "tradizionale" ad alta temperatura, mentre raggiunge valori del 30% se viene abbinata con sistemi di riscaldamento a bassa temperatura.

Nella valutazione economica dell'investimento va tenuto conto dell'età media delle caldaie a condensazione, pari ad un minimo di 15 anni. Il sovraccosto iniziale di acquisto va quindi confrontato con il risparmio annuo che è possibile realizzare sui consumi di carburante, per tutta la durata della vita dell'impianto.

Il costo iniziale di investimento per l'acquisto e l'installazione di una caldaia a condensazione a servizio di una singola abitazione può arrivare a circa € 4.000, con un extracosto, rispetto ad una caldaia tradizionale di almeno € 1.000 (mentre nel caso di una caldaia condominiale la spesa si aggira attorno ai € 16.000, extra-costi € 4.000).

### **Considerazioni ambientali**

Le apparecchiature descritte, portando ad una riduzione dei consumi di combustibile, determinano ricadute ambientali positive in termini di contenimento delle emissioni di gas serra (anidride carbonica e altri gas prodotti dalla combustione) e di riduzione del consumo di fonti non rinnovabili.

### Fonti

- ✓ *“Risparmio energetico con gli impianti di riscaldamento”* – opuscolo n°14 collana “Sviluppo Sostenibile”, ENEA, settembre 2003. <http://efficienzaenergetica.acs.enea.it>
- ✓ *“Le caldaie a condensazione. Normative, installazione, sicurezza”*, Gianluca Vatta - Tecniche Nuove – 2004
- ✓ *“Le caldaie a condensazione”*, Laurent Socal - Relazione presentata al convegno ANTA “Impianto di riscaldamento mediante combustione a condensazione” in occasione della “Termoidraulica Clima – Fiera di Bari” il 20.11.2004.