

CONTROLLO DELLA COMBUSTIONE

**Bilancio termico.** Il bilancio termico stabilisce che, in condizioni di regime stazionario, la potenza termica entrante in un generatore di calore nel sistema è uguale a quella uscente. Con riferimento alla figura A, si ha:  $q_c = q_u + q_f + q_d + q_v$ , con:  $q_c$  potenza sviluppata dalla combustione;  $q_u$  potenza termica ceduta all'acqua (potenza utile);  $q_f$  potenza termica persa al camino;  $q_d$  potenza termica ceduta all'ambiente;  $q_v$  potenza dispersa per cause varie. Dividendo la formula precedente per  $q_c$  e moltiplicando per 100 si ottiene:  $100 = \eta_{tu} + P_s + P_c + P_i + P_v$ , con:  $\eta_{tu}$  valore percentuale del "rendimento termico utile",  $\eta_{tu} = 100 q_u/q_c$ ;  $P_s, P_c, P_i$  e  $P_v$  rappresentano le perdite: di calore sensibile dei fumi, per combustione incompleta, per irraggiamento e varie. Inoltre:  $q_c = H_i \Gamma_c$ , con:  $H_i$  potere calorifico inferiore;  $\Gamma_c$  portata in massa di combustibile;  $q_u = c_a \Gamma_a (t_u - t_e)$ , con:  $c_a$  calore specifico massico medio dell'acqua,  $\Gamma_a$  portata in massa dell'acqua in circolazione nella caldaia;  $t_u$  temperatura di uscita dell'acqua calda;  $t_e$  temperatura dell'acqua di ritorno.

**Perdite di calore.** Le perdite per calore sensibile  $P_s$  (%) sono quelle relative al calore che viene perduto con i fumi che vanno al camino. Per minimizzarle si dovrà fare in modo che vi sia sempre il minimo eccesso d'aria sufficiente a non generare incombusti (tab. C). Il calcolo delle perdite è così effettuato:  $P_s = K_s (t_f - t_a) / CO_2$ , con:  $K_s$  coefficiente (tab. D);  $t_f$  (°C) temperatura dei fumi;  $t_a$  (°C) temperatura dell'aria comburente;  $CO_2$  percentuale in volume di anidride carbonica misurata nei fumi secchi.

Le perdite per combustione incompleta  $P_c$  (%) si calcolano con la:  $P_c = K_c CO / (CO_2 + CO)$ , con:  $K_c$  coefficiente che vale 50,5 per l'olio combustibile, 59,0 per il carbone, 37,9 per il metano;  $CO$  percentuale in volume di ossido di carbonio misurata nei fumi.

Le perdite per irraggiamento  $P_i$  (%) sono dovute allo scambio termico tra generatore e ambiente. Possono essere ricavate col diagramma della figura B.

Le perdite varie  $P_v$  (%) sono le perdite imputabili a: spurghi, residui solidi, ecc. Si ricavano con la:  $P_v = 100 - \eta_{tu} - P_s - P_c - P_i$ .

**Analisi dei prodotti della combustione.** Nelle tabelle seguenti sono riportati rispettivamente la composizione indicativa dei prodotti di combustione e i valori di  $K_s$ .

Tab. C	Combustibile	Eccesso d'aria e (%)	Indice d'aria n	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)
	Olio combustibile	30	1,3	11,8	5
	Gasolio	25	1,25	12	4,3
	Metano	20	1,2	10	3

Tab. D	Combustibile	$K_s$
	Gasolio	$0,495 + 0,00693 CO_2$
	Olio combustibile	$0,516 + 0,00670 CO_2$
	Gas naturale	$0,379 + 0,00970 CO_2$
	Antracite e litantrace	0,68

Per valutare le perdite per calore sensibile e per combustione incompleta, e per la verifica che il contenuto di ossido di carbonio nei fumi non superi i limiti di legge pari a 0,1% in volume, si deve effettuare l'analisi chimica dei prodotti della combustione e la misura della temperatura dei fumi all'uscita del generatore di calore. La misura si effettua con le procedure indicate nella norma UNI 10389 "Generatori di calore. Misurazione in opera del rendimento di combustione".

