

CALCOLO INERZIA TERMICA E CONSUMO LEGNA DEL TERMOCAMINO MERCURY

Premessa

La presente relazione ha l'obiettivo di verificare quale sia il consumo di legna ed il tempo necessario affinché il termocamino MERCURY 35 permetta all'impianto di riscaldamento sottoposto ad analisi di funzionare a regime e valutare inoltre quale sia il consumo orario di legna per mantenere lo stesso impianto di riscaldamento in funzione alle condizioni di regime.

Nell'analisi condotta si è supposta l'esistenza di una abitazione di 260 m² rispondente alle prescrizioni della legge 10/91 e successive integrazioni e modifiche, servita da un impianto realizzato con sistema di distribuzione a collettori complanari, tubazioni in rame di idonea dimensione e da corpi scaldanti costituiti da radiatori in alluminio in numero pari ad 120 elementi con interasse da 80 cm.

Per situazioni di isolamento e/o costruzione diverse da quanto prescritto dalla legge 10/91 ha titolo orientativo il numero degli elementi scaldanti ed il contenuto d'acqua dell'impianto per dare indicazioni in merito al consumo orario di legna ed ai tempi di messa a regime. In questi casi la temperatura in ambiente sarà funzione delle condizioni d'isolamento (strutture e serramenti) nonché dei volumi d'aria di ventilazione ed infiltrazione dei locali.

Le condizioni di regime sono le seguenti:

temperatura mandata impianto	55°C
temperatura ritorno impianto	45°C
temperatura minima raggiunta dai corpi scaldanti	43°C
temperatura acqua impianto prima dell'accensione	12°C
superficie locali da riscaldare	260 m ²
contenuto acqua termosifoni	73 litri (73 kg)
contenuto acqua impianto	30 litri (30 kg)
contenuto acqua termocamino MERCURY	37 litri (37 kg)
contenuto acqua impianto	140 litri (140 kg)
massa a vuoto del termocamino MERCURY	220 kg
potenza termica installata (termosifoni)	22000 W
portata termica nominale termocamino MERCURY 35	35000 W

Il termostato di circolazione della pompa sarà impostato ad una temperatura di 55°C, questo permetterà alla pompa di partire quando la temperatura dell'acqua nel termocamino raggiungerà tale valore e di interromperne il funzionamento qualora la temperatura nel termocamino scenda fino a 45°C.

<i>ing. Marco Cinalli</i>	Relazione tecnica di calcolo inerzia termica e consumo legna del termocamino MERCURY 35	Cinalli e Cinalli s.n.c.	Pag. 2 di 7 10/05/05
---------------------------	---	--------------------------	-------------------------

Nell'analisi condotta si considererà il termocamino MERCURY come un sistema statico chiuso rispetto all'ambiente esterno. Tale approssimazione di calcolo è resa possibile dall'intervento del termostato di azionamento della pompa che chiude il circuito qualora la temperatura dell'acqua scenda a 45°C e dalla conoscenza della quantità di acqua che entrando nel termocamino MERCURY provoca l'abbassamento della temperatura fino a quel valore.

ANALISI DEL CALORE NECESSARIO E DEL CONSUMO ORARIO DI LEGNA

PRIMA FASE

Si calcolano separatamente i fabbisogni di calore necessari per riscaldare l'acqua contenuta nel termocamino MERCURY e la massa del termocamino stesso.

Il periodo di tempo che impiega il termocamino MERCURY per riscaldare l'acqua al suo interno da 12°C a 55°C verrà definito ciclo A.

ACQUA $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 37 \cdot 4,18 \cdot (55 - 12) = 6650$ kJ calore necessario per scaldare la massa d'acqua contenuta nel termocamino MERCURY da 12°C a 55°C

TERMOCAMINO MERCURY $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 220 \cdot 0,126 \cdot (105 - 12) = 2577$ kJ calore necessario per scaldare il termocamino MERCURY (acciaio FE 360, vetro ceramico, mattone refrattario) da 12°C a 105°C

Per scaldare la prima volta l'acqua contenuta nel termocamino MERCURY servono 9230 kJ cioè 9,23 MJ.

Fissando il p.c.i. della legna pari a 17 MJ/kg e conoscendo il rendimento termico diretto all'acqua (61%) si calcola la quantità di legna da bruciare per riscaldare la massa del termocamino MERCURY e l'acqua in esso contenuta

$$\frac{9,23}{0,61} = 15,13 \text{ MJ} \approx 0,890 \text{ kg legna}$$

Si è supposto che la massa del termocamino si riscaldi con lo stesso rendimento dell'acqua (ipotesi cautelativa).

Con una potenza installata di 35 kW si consumano 7,5 kg di legna all'ora (60 minuti) pertanto si può calcolare quanto tempo occorre per bruciare 0,890 kg di legna.

$$7,5 : 60 = 0,890 : X$$

X= 7 minuti e 10 secondi

Rappresenta il tempo necessario per riscaldare il termocamino MERCURY e l'acqua contenuta cioè il tempo che trascorre tra quando si accende il fuoco e quando parte per la prima volta la pompa di circolazione dell'impianto di riscaldamento (a questi 7 minuti va sommato il tempo di accensione del fuoco che dipende dalla quantità di carta usata, dal tipo di innesco ecc).

Alla massima potenza però il termocamino MERCURY brucia 44 kW (tale valore di potenza installata si desume dalla normativa tedesca DIN che fissa in 104,6 kW/m² la portata termica di un termocaminetto a legna in funzione della superficie della camera di combustione) i 7,5 kg di legna vengono quindi bruciati in circa 47 minuti allora $7,5 : 47,6 = 0,890 : X$

X= 5 minuti e 30 secondi

Rappresenta il tempo necessario per riscaldare il termocamino MERCURY e l'acqua contenuta cioè il tempo che trascorre tra quando si accende il fuoco e quando parte per la prima volta la

pompa di circolazione dell'impianto di riscaldamento con la serranda fumi tutta aperta e la presa d'aria completamente aperta (a questi 5 minuti e trenta secondi va sommato il tempo di accensione del fuoco che dipende dalla quantità di carta usata, dal tipo di innesco ecc).

Raggiunta la temperatura di 55°C il termostato avvia la pompa di circolazione.

Il periodo di tempo che impiega la pompa di circolazione dell'impianto a mandare l'acqua riscaldata dal termocamino all'impianto (1 minuto e trenta secondi) verrà definito ciclo B.

Completato il primo ciclo A comincia il primo ciclo B durante il quale viene avviata la pompa di circolazione che sarà fermata al raggiungimento della temperatura nel termocamino MERCURY di 45°C. L'avviamento e l'arresto della pompa saranno gestiti dalla centralina di comando che intrinsecamente garantirà che l'acqua in caldaia non scenda al di sotto dei 45°C comandando l'arresto della pompa di circolazione al raggiungimento della temperatura suddetta.

Ciò consente l'invio dal termocamino MERCURY all'impianto di circa 22 litri d'acqua a 55°C e contemporaneamente l'ingresso nel termocamino MERCURY di circa 22 litri di acqua proveniente dall'impianto alla temperatura di circa 12°C.

Durante il ciclo B l'acqua rimasta nel termocamino MERCURY cederà parte del calore che ha accumulato alla massa di acqua in ingresso, lo stesso avverrà per la massa del termocamino e per il calore reso disponibile dalla combustione della legna che continua indisturbata durante il ciclo B.

L'acqua all'interno del termocamino sarà alla temperatura di 45°C per effetto del calore proveniente:

- dalla miscelazione con l'acqua che era rimasta nel termocamino, 15 litri, che fornisce circa 630 kJ permettendo di riscaldare $630 = x \cdot 4,18 \cdot (45 - 12)$ $x = 4,5$ litri di acqua in ingresso da 12°C a 45°C
- dalla massa del termocamino 220 kg che fornisce circa 500 kJ (raffreddandosi da 105 a 85°C) permettendo di riscaldare $500 = x \cdot 4,18 \cdot (45 - 12)$ $x = 3,6$ litri di acqua in ingresso da 12°C a 45°C
- dalla combustione della legna durante il funzionamento della pompa (circa 1 minuto e trenta secondi) che bruciata in quantità pari a 0,190 kg produce circa 3,23 MJ che moltiplicati per il rendimento termico diretto all'acqua rende disponibili circa 1970 KJ permettendo di riscaldare $1970 = x \cdot 4,18 \cdot (45 - 12)$ $x = 14,3$ litri di acqua in ingresso da 12°C a 45°C.

Il periodo di tempo che impiega il termocamino MERCURY per riscaldare l'acqua al suo interno da 45°C a 55°C verrà definito ciclo C.

Nella prima fase di funzionamento (messa a regime dell'impianto di riscaldamento) si ha un primo ciclo A ed una successione di cicli alternativi B e C finché tutta l'acqua dell'impianto non raggiunge i 45°C.

Per quanto detto, nei cicli C successivi l'acqua all'interno del termocamino MERCURY è presente a 45°C allora

ACQUA $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 37 \cdot 4,18 \cdot (55 - 45) = 1550 \text{ kJ}$ calore necessario per scaldare la massa d'acqua contenuta nel termocamino MERCURY da 45°C a 55°C

TERMOCAMINO MERCURY $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 220 \cdot 0,126 \cdot (105 - 85) = 555 \text{ kJ}$ calore necessario per scaldare da 85°C a 105°C il termocamino MERCURY

Per scaldare in ogni ciclo C l'acqua contenuta nel termocamino MERCURY servono 2105 kJ cioè 2,1 MJ.

Fissando il p.c.i. della legna pari a 17 MJ/kg e conoscendo il rendimento termico diretto all'acqua (61%) si calcola la quantità di legna da bruciare per riscaldare la massa del termocamino MERCURY e l'acqua in esso contenuta

$$\frac{2,1}{0,61} = 3,45 \text{ MJ} \approx 0,200 \text{ kg legna}$$

Si è supposto che la massa del termocamino si riscaldi con lo stesso rendimento dell'acqua (ipotesi cautelativa).

Con una potenza installata di 35 kW si consumano 7,5 kg di legna all'ora (60 minuti) pertanto si può calcolare quanto tempo occorre per bruciare 0,200 kg di legna.

$$7,5 : 60 = 0,200 : X$$

X= 1 minuto e 35 secondi

Rappresenta il tempo necessario per riscaldare l'acqua contenuta nel termocamino MERCURY al fermarsi della pompa cioè il tempo che trascorre tra quando si spegne la pompa e quando questa riparte per alimentare nuovamente i termosifoni.

Alla massima potenza però il termocamino MERCURY brucia 44 kW (tale valore di potenza installata si desume dalla normativa tedesca DIN che fissa in 104,6 kW/m² la portata termica di un termocaminetto a legna in funzione della superficie della camera di combustione) i 7,5 kg di legna vengono quindi bruciati in circa 47 minuti allora $7,5 : 47,6 = 0,200 : X$

X= 1 minuto e 15 secondi

Rappresenta il tempo necessario per riscaldare l'acqua contenuta nel termocamino MERCURY al fermarsi della pompa cioè il tempo che trascorre tra quando si spegne la pompa e quando questa riparte per alimentare nuovamente i termosifoni con la serranda fumi tutta aperta e la presa d'aria completamente aperta.

Per riscaldare tutta l'acqua presente nell'impianto da 12°C a 45°C occorrono come si evince dalla Tabella 1 circa 2,7 kg di legna e circa 21 minuti.

numero cicli	Ciclo	Tempo 35	Tempo 44	Consumo legna
1	A	7' 10"	5' 30"	0,890
5	B	1' 30"		0,190*
4	C	1' 35"	1' 15"	0,200

Tabella 1 Consumo legna e tempo necessario per funzionamento a regime
(*) riferito ad una potenza di 35 kW

DOPO CIRCA 25 MINUTI, COMPRESO IL TEMPO PER L'INNESCO DELLA FIAMMA, DALL'ACCENSIONE DEL TERMOCAMINO MERCURY 35 ED AVER BRUCIATO 2,7 kg DI LEGNA L'IMPIANTO DI RISCALDAMENTO FUNZIONA A REGIME CIOÈ TUTTA L'ACQUA PRESENTE NELL'IMPIANTO (140 LITRI) È ALLA TEMPERATURA DI 45°C.

SECONDA FASE

I radiatori presenti nell'impianto (120 elementi con interasse 80) hanno una costante di tempo pari a 0,4 ore, cioè dopo circa 25 minuti la temperatura del termosifone scende del 63,2% arrivando a circa 20°C.

La relazione esponenziale di variazione della temperatura permette di calcolare il tempo necessario affinché la temperatura dell'acqua dell'impianto arrivi a 45°C. Tale tempo risulta essere di circa 5 minuti e verrà definito ciclo D.

Per il tempo successivo alla messa a regime cioè nel funzionamento normale (regime stazionario) dell'impianto avrò l'acqua in ingresso al termocamino a 45°C ed in uscita a 55°C con un salto di temperatura quindi pari a 10°C.

Si considera che dopo circa 5 tutta l'acqua presente nell'impianto si trovi a 45°C e si calcola quale sia la quantità di calore necessaria per riportare tutta la massa d'acqua alla temperatura di 55°C:

ACQUA $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 73 \cdot 4,18 \cdot (55 - 45) = 3050$ kJ calore necessario per scaldare tutta la massa d'acqua contenuta nell'impianto di riscaldamento

TERMOCAMINO MERCURY $Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T = 220 \cdot 0,126 \cdot (105 - 85) = 550$ kJ calore necessario per scaldare da 85°C a 105°C il termocamino MERCURY

Per scaldare la massa d'acqua considerata contenuta nell'impianto servono 3600 kJ cioè 3,6 MJ.

Il rendimento termico diretto all'acqua è pari al 61% allora per riscaldare la massa del termocamino MERCURY e l'acqua contenuta nell'impianto da 45°C a 55°C dovrò bruciare

$$\frac{3,6}{0,61} = 5,9 \text{ MJ} \approx 0,347 \text{ kg legna}$$

Tale quantità di legna è necessario che bruci al più nel tempo che impiegano i 73 litri di acqua a raffreddarsi da 55°C a 45°C e cioè nei 5 minuti calcolati precedentemente affinché l'acqua recuperi tutto il calore che ha ceduto all'ambiente per mezzo dei termosifoni.

Per ogni ora di funzionamento ininterrotto dell'impianto di riscaldamento asservito all'abitazione in questione ci saranno dodici cicli D allora:

$$0,347 \text{ kg legna} \cdot 12 = 4,16 \text{ kg / h}$$

Ciò corrisponde a circa 40-45 kg legna al giorno per mantenere riscaldata una abitazione di circa 260m².

In realtà la quantità di legna che si consuma in un'ora è di molto inferiore a quanto sopra calcolato in quanto come è facile immaginare NON è necessario che i termosifoni abbiano sempre la temperatura di 50-55°C per mantenere gli ambienti riscaldati ad una temperatura di 18-20°C (basta fare il confronto con una normale caldaia a gas in cui il termostato ambiente permette l'avviamento intermittente ed il conseguente invio anch'esso intermittente di acqua calda nell'impianto di riscaldamento).

Queste considerazioni portano quindi a stimare una volta che l'impianto termico sia a regime un **CONSUMO ORARIO DI LEGNA** di circa **2,5-2,8 kg/h** arrivando ad essere anche un 15-20% in meno per quelle installazioni realizzate impiegando tubazioni isolate come previsto dalla normativa vigente in materia ed isolando in maniera adeguata il termocamino MERCURY come indicato sul libretto di installazione, uso e manutenzione.

ANALISI DEI RISULTATI



Il vantaggio del termocamino MERCURY è che funzionando con porte o sportelli aperti il rendimento diretto all'acqua cala solo del 9,5% mentre il calore ceduto all'ambiente di installazione aumenta di circa 2,0 kW arrivando ad essere 7,137 kW.

In tale situazione il termocamino MERCURY continua a funzionare come termocamino con un rendimento termico diretto all'acqua pari al 50,5% in quanto tutta l'acqua viene riscaldata per irraggiamento diretto in quanto non importa quale sia la portata di fumo o quale sia la sua temperatura.

L'uso del termocamino MERCURY con porte o portellone aperti provoca una riduzione del rendimento globale dal 76% al 71,0% ma tale riduzione è facilmente tollerabile vista la possibilità di poter contemporaneamente fruire del focolare per cucinare o per vedere il fuoco direttamente senza pareti di vetro in mezzo.

Inoltre il buon funzionamento ed il raggiungimento dei valori di rendimento su calcolati NON sono vincolati alla presenza continua di fiamma viva accompagnata da grande produzione di fumi ma sono sufficienti braci e spezzoni accesi.

Il tecnico

ing. Marco Cinalli



sito internet:

<http://www.termocaminomercury.it/>

<mailto:info@termocaminomercury.it>