Comitato Termotecnico Italiano - Energia e Ambiente
via Scarlatti 29 - 20124 Milano (tel. 02.2662651 - fax 02.26626550)
P.IVA 11494010157
www.cti2000.it – cti@cti2000.it

EQUIVALENZA TRA CONSUMI DI COMBUSTIBILE DEGLI IMPIANTI DI RISCALDAMENTO E L'ENERGIA CEDUTA ALLE UTENZE DELLE RETI DI TELERISCALDAMENTO

Giovanni Riva[1]

1 - PREMESSE

Lo scopo della presente memoria è quello di fornire degli elementi di valutazione per paragonare l'energia termica fornita da un impianto di teleriscaldamento e il consumo di combustibile di un impianto convenzionale di tipo autonomo a servizio di un edificio che, nella generalità dei casi, viene alimentato con gasolio o gas naturale. Ciò a parità di risultati finali, ovvero di calore ceduto a valle della caldaia o dello scambiatore del sistema di teleriscaldamento all'impianto di distribuzione dell'utenza.

Non si intende dimostrare che i sistemi di teleriscaldamento siano migliori di per sé degli impianti autonomi o viceversa, ma fornire delle indicazioni di base per permettere un confronto sul piano economico[2] tra i due sistemi per quello che riguarda il principale aspetto di interesse degli utenti: il costo dell'energia termica.

Per fornire anche delle indicazioni pratiche si prende qui come riferimento la realtà di interesse della T.C.V.V.V. S.p.A., ovvero dei comuni di Sondalo e Tirano (SO).
Il documento è divulgativo e quindi riprende definizioni e concetti che potranno risultare più che noti ai lettori esperti.

2 – I POTERI CALORIFICI DEI COMBUSTIBILI

I combustibili normalmente utilizzati nel riscaldamento degli edifici sono caratterizzati da diversi Poteri Calorifici[3], in funzione della provenienza dei combustibili stessi e della loro composizione chimica. Il CTI con la norma UNI TS 11300-2 finalizzata al calcolo delle

---

[1] Professore ordinario all'Università Politecnica delle Marche, Direttore del CTI.
Il CTI (www.cti2000.it) è un ente di normazione federato all'UNI (www.uni.com), l'organismo ufficiale di normazione tecnica italiana. Il settore di competenza è quello termotecnico, ovvero tutti i temi che interessano sotto il profilo energetico gli involucri edilizi civili e industriali con i relativi impianti, la conversione energetica dell'energia primaria nella produzione di energia elettrica e le fonti rinnovabili, ove siano coinvolti dei fenomeni termodinamici (biomasse, solare termico, geotermia ecc.). Il CTI opera a livello nazionale e internazionale (al fine di seguire il CEN – www.cen.eu -, l'organo di normazione UE, e l'ISO – www.iso.org -, il riferimento normativo mondiale) preparando norme e documenti tecnici che poi vengono pubblicati e diffusi dall'UNI come norme tecniche nazionali. Il Comitato basa il suo lavoro su una sessantina di gruppi di lavoro, una rete di oltre 500 esperti e circa 450 soggetti giuridici aderiscono al CTI in forma associativa (ditte del settore termotecnico e organizzazioni preposte ai lavori normativi, tra i quali i più importanti Ministeri). La principale funzione del Comitato è sostanzialmente quella di essere la "camera di compensazione" di diversi interessi, al fine di sviluppare dei documenti ad elevato indice consensuale e che possano costituire dei seri riferimenti per la crescita del mercato e la difesa dei diritti dei consumatori, oltre che dell'ambiente e delle risorse energetiche. Per svolgere la sua attività il CTI svolge anche ricerche e studi.
[2] Una trattazione puramente energetica avrebbe richiesto una impostazione diversa.
[3] Energia termica che si sprigiona con la combustione di materiale combustibile.

prestazioni energetiche degli impianti termici[4] ha stabilito, ai fini di valutazioni comparative, i valori di riferimento riportati nel Prospetto che segue[5].
Per il gasolio, a esempio, si considera un potere calorifico inferiore di 11,87 kWh/kg (circa 10.200 kcal/kg ovvero 42,68 MJ/kg) che rapportato al litro (considerando una massa volumica[6] di 0,82-0,86 kg/litro) corrisponde - nel migliore dei casi - a 10,3 kWh/litro (con minimi dell'ordine di 9,7 kWh/litro). Il tutto viene riferito a 15° C[7].
Si noti come il Potere Calorifico del gas naturale (comunemente definito "metano") sia assunto mediamente di 9,94 kWh/m^3. Nel Prospetto vengono utilizzati i "Nm^3" intendendo con tale simbolo i m^3 misurati alla temperatura di riferimento "Normale" di 0° C[8] e alla pressione di 760 mm di Hg (pressione atmosferica).
Ai fini del calcolo del fabbisogno di energia si assumono i seguenti valori:

- gas naturale[9]: 34.500 kJ/m^3 (9,58 kWh/m3);
- GPL: 26.100 kJ/litro (7,25 kWh/litro);
- Gasolio: 42.680 kJ/kg (11,86 kWh/kg).

Si vede che, con buona approssimazione, un litro di gasolio e un metro cubo di gas naturale sono caratterizzati dallo stesso contenuto di energia (qui assunta in cifra tonda pari a 10 kWh/litro o m^3).

Dati di riferimento relativi ai combustibili (Prospetto B1 della UNI TS 11300 parte 2). Viene evidenziato il Potere Calorifico Inferiore che viene utilizzato nel documento.

Grandezza	Simbolo	Unità	Combustibile			
			Gas G20 [10)]	Propano	Butano	Gasolio
Potere calorifico superiore	H_s	kWh/Nm^3 kWh/kg	11,07 kWh/Nm^3	28.281 kWh/Nm^3	36.665 kWh/Nm^3	12,46 kWh/kg
Potere calorifico inferiore	H_i	kWh/Nm^3 kWh/kg	9,94 kWh/Nm^3	28.281 kWh/Nm^3	36.665 kWh/Nm^3	11,87 kWh/kg
Volume aria stechiometrica (teorica)	$V_{air,,st}$	Nm^3/ Nm^3	9,52 Nm^3/ Nm^3	23,8 Nm^3/ Nm^3	30,94 Nm^3/ Nm^3	11,23 Nm^3/ Nm^3
Volume stechiometrico di fumi secchi (teorico)	$V_{fl,st,dry}$	Nm^3/ Nm^3	8,52 Nm^3/ Nm^3	21,8 Nm^3/ Nm^3	28,44 Nm^3/ Nm^3	10,49 Nm^3/ Nm^3
Produzione stechiometrica di vapor d'acqua	$M_{H2O,st}$	kg/ Nm^3	1,65 kg/ Nm^3	3,3 kg/ Nm^3	4,03 kg/ Nm^3	1,18 kg/ Nm^3

[4] Ciò ai fini della certificazione energetica degli edifici.
[5] Il gas G20 corrisponde alla media del gas naturale che è probabilmente il combustibile che presenta le maggiori variazioni in termini di Potere Calorifico.
[6] Peso specifico secondo la terminologia non più in uso.
[7] Il Potere Calorifico riferito al volume (litro) risente della temperatura.
[8] A temperature superiori in gas tende ad espandersi e quindi il Potere Calorifico dell'unità di volume potrebbe diminuire in modo sensibile.
[9] Questa volta riferito a 15° C.
[10] Tenuto conto della molteplicità delle fonti di approvvigionamento di gas naturale distribuito in Italia, si assumono come riferimento i dati del metano (gas di prova G20). I valori del Prospetto sono finalizzati alla determinazione dei valori stechiometrici per il calcolo del rendimento di produzione dei generatori, in particolare per quelli a condensazione ove è necessario conoscere la composizione chimica del gas. Il gas naturale distribuito in Italia ha composizione molto variabile per la molteplicità delle fonti di approvvigionamento. Per questo motivo è stato assunto il G20 che è il gas di prova (metano puro) in base a norme di prova UNI CIG dei generatori.

3 – I RENDIMENTI DI GENERAZIONE DEGLI IMPIANTI TERMICI CIVILI

Gli impianti termici civili si basano sull'uso di caldaie che normalmente generano:

- energia termica sotto forma, nella maggioranza dei casi, di acqua a media temperatura[11];
- acqua calda sanitaria.

A fronte di questo servizio:

- consumano un combustibile;
- consumano elettricità;
- emettono gas di combustione che rappresentano una perdita energetica e una fonte di inquinamento;
- dissipano energia termica nell'ambiente esterno.

Si sottolinea che il consumo di energia elettrica non è mai trascurabile, specie nelle caldaie di ultima generazione[12].

Per definire la prestazione di una caldaia normalmente si fa riferimento al rendimento di conversione energetica che può essere definito come il rapporto dell'energia uscente e l'energia entrante nella caldaia stessa[13]. Da quanto detto e in termini sintetici:

- l'energia uscente è sostanzialmente sotto forma acqua calda prodotta (o altri fluidi vettori);
- l'energia entrante è il combustibile e l'energia elettrica.

Nella pratica, con il calcolo spesso non si considera l'energia elettrica, in quanto la preoccupazione dell'utente è quasi sempre concentrata sul consumo di combustibile[14] che rappresenta la maggiore spesa. Il rendimento è quindi quasi sempre calcolato sulla quota di combustibile consumato trascurando così il consumo elettrico.

[11] L'alternativa più comune è la generazione di aria calda, la meno comune la generazione di vapore.

[12] A esempio nelle caldaie a gas a condensazione per uso monofamiliare (in genere di potenza inferiore alla ventina di kW), il solo ventilatore dei gas di combustione è caratterizzato da potenze spesso superiori ai 150 W, che corrispondono – con riferimento al nord Italia a consumi annui superiori ai 150 kWh di energia elettrica. Di fatto, considerando che nel Nord Italia le ore di funzionamento delle caldaie è di 1.500-2.000 ore in corrispondente consumo elettrico varia tra 200 e 300 kWh/anno.

[13] Essendo l'energia uscente dalla caldaia (sotto forma per esempio di acqua calda) inferiore a quella entrante nella medesima (sotto forma di combustibile) per via delle immancabili perdite di trasformazione, il rapporto (rendimento) è sempre un numero compreso tra 0 e 1. Il rendimento viene espresso comunemente in termini percentuali. Per esempio: un valore dell'80% indica che l'80% dell'energia contenuta nel combustibile viene trasformata in energia utile (esempio: acqua calda), mentre il 20% (complemento a 100%) viene disperso nell'ambiente sotto forma di dissipazioni termiche (in particolare sotto forma di gas caldi al camino).

[14] E questo a torto perché il consumo energetico elettrico è sempre rilevante. Da indagini svolte dal CTI presso un numero considerevole di impianti di riscaldamento (nel loro complesso, includendo anche la distribuzione), il consumo di energia elettrica in termini di energia primaria incide almeno del 7-8% su quelli totali. Si deve considerare che il fabbisogno energetico degli edifici è normalmente riferito ad energia primaria e che l'attuale fattore di conversione dell'energia elettrica è pari a 2,49. In altri termini: per ogni kWh elettrico consumato si considerano 2,49 kWh di energia primaria impiegati nelle centrali elettriche.

In aggiunta, va sottolineato che il rendimento è normalmente valutato a livello istantaneo (nella pratica le misure vengono effettuate in tempi brevi) e alla massima potenza della caldaia[15]. In queste condizioni le prestazioni (e quindi il rendimento) sono ottimali.

Per il confronto tra sistemi diversi di generazione del calore, tuttavia, si dovrebbe fare riferimento al *rendimento medio stagionale di produzione* che costituisce il parametro necessario per impostare calcoli economici ed energetici.
Il rendimento medio stagionale è sempre sensibilmente inferiore al rendimento istantaneo per una serie di motivazioni di natura tecnica. In particolare:

- le perdite a carico nullo (*stand-by*) e i cicli di accensione e spegnimento della caldaia hanno una notevole influenza in quanto aumentano le perdite termiche in funzione del fattore di carico del generatore;
- lo scambio termico non si mantiene costante nel tempo e comunque risente di tutta una serie di fattori legati alle modalità di installazione e uso.

Il rendimento medio stagionale di produzione non dipende quindi solo dalle prestazioni della caldaia ma anche delle caratteristiche dell'impianto alla quale la stessa viene collegata[16], in quanto certi fattori, come per esempio la frequenza dei cicli di accensione e spegnimento, sono da mettere in relazione, tra le altre cose, al tipo di regolazione[17] e al corretto dimensionamento del generatore in relazione all'edificio servito[18].
La relativa valutazione, quindi, richiede di conoscere diverse caratteristiche dell'utenza.

In termini indicativi, l'esperienza raccolta dal CTI evidenzia come i rendimenti medi stagionali dei generatori varino tra il 70 e l'85% anche se i rendimenti istantanei possono raggiungere e superare il 95%.
Un valore medio stagionale dell'85%, quindi, è da considerare ottimale[19].

Si sottolinea che il rendimento medio di produzione sopra indicato non tiene conto della produzione di acqua calda sanitaria che generalmente comporta rendimenti di conversione energetica ancora più limitati. Se si ricorre a un sistema boiler ad accumulo elettrico[20], per esempio, è difficile superare il 75% e se si considera la conversione di energia elettrica in primaria il rendimento precipita drasticamente (poco più del 30%).
Solo nel caso di boiler a gas istantanei senza pilota si può raggiungere un rendimento medio stagionale di produzione pari a 80%, mentre nel caso di boiler a gas ad accumulo il

[15] I rendimenti istantanei sono quelli normalmente dai costruttori di caldaie. Una informazione completa comprende anche il rendimenti a un carico parziale (cioè per potenze erogate inferiori a quella massima) e le perdite del generatore a carico nullo.
[16] Per questo motivo non può essere indicato dai costruttori.
[17] Ovvero alle modalità con le quali per esempio l'acqua calda viene distribuita negli elementi riscaldanti (esempio: termosifoni).
[18] Più il generatore è sovradimensionato rispetto ai fabbisogni dell'utenza, più aumenta la frequenza dei cicli di accensione/spegnimento. D'altronde le caldaie sono spesso largamente sovradimensionate per tenere conto dei periodi, anche se possono molto brevi, di freddo intenso. Per superare almeno in parte queste difficoltà sono state messe a punto le caldaie "modulanti", ovvero in grado di variare la loro potenza in funzione delle reali esigenze dell'impianto.
[19] E' possibile pensare di superare questo valore solo con l'uso di caldaie a condensazione installate a regola d'arte e in particolari condizioni d'uso..
[20] Caso che sembrerebbe tipico per gli Utenti che optano per il servizio di solo riscaldamento.