

Confronto tra stime di progetto e dati reali dei consumi di acqua calda sanitaria per la corretta progettazione

Giuseppe Dell'Olio

Roma, 6 marzo 2019

Le conclusioni tratte dall'autore hanno carattere personale

Introduzione

- Fabbisogno annuo di acqua calda sanitaria (ACS): dato necessario per progettare impianti di produzione di calore.
- Il fabbisogno di ACS in un appartamento dipende, tra l'altro, da:
 - *numero di abitanti;*
 - *temperatura di fornitura dell'acqua fredda;*
 - *temperatura di utilizzo dell'acqua calda.*
- Informazioni non sempre disponibili al momento della progettazione: necessarie stime approssimate.

Introduzione

- [2] UNI/TS 11300-2, “Energy performance of buildings – Part.2: Evaluation of primary energy need and of system efficiencies for space heating, domestic hot water production, ventilation and lighting for non-residential buildings”, October 2014.
- [4] European Standard EN 15450, “Heating systems in buildings – Design of heat pump heating systems”, October 2007.

Introduzione

- UNI/TS 11300-2 assume che, in generale, più ampio l'appartamento, più numerosi gli occupanti, maggiore il fabbisogno di ACS.
- Di conseguenza, si assume che il fabbisogno cresca (circa) linearmente con l'area dell'appartamento, salvo in caso di area molto piccola o molto grande area (in tali casi, fabbisogno costante).
- Stime inevitabilmente approssimate; interessante confrontarle con dati della "vita reale", per valutarne l'accuratezza.

Introduzione

- Abbiamo esaminato 45 impianti centralizzati alimentati a metano, al servizio di appartamenti. Ciascun impianto provvede sia al riscaldamento che alla produzione di ACS.
- Volume totale degli appartamenti: 438.191 metri cubi (equivalenti a circa 1900 appartamenti di media taglia).
- Gli impianti sono stati osservati, complessivamente, per diversi anni (2011-2016). Per ciascuna caldaia, sono stati misurati:
 - *Il calore prodotto (kWh);*
 - *il combustibile consumato .*

Analisi di verosimiglianza

- Fattore di carico (“Fc”): per ciascuna caldaia, è il rapporto tra il calore (kWh) effettivamente prodotto durante il periodo di misura e il calore massimo (kWh) che si sarebbe potuto produrre. Quest’ultimo (calore massimo) è a sua volta il prodotto tra la potenza della caldaia (kW) e il periodo di misura (ore).
- Fattore di carico complessivo: media pesata dei fattori di carico singoli (pesi: i calori massimi rispettivi che si sarebbero potuti produrre).
- Se tutte le caldaie avessero sempre funzionato a piena potenza, Fc complessivo sarebbe 1.

Analisi di verosimiglianza

- Nel funzionamento reale, i profili dei consumi di ACS sono fortemente disuniformi: picchi elevati per brevi tempi; carico nullo per lunghi tempi. Il carico medio è molto minore del carico massimo (il rapporto medio/massimo è basso).
- Poichè le potenze delle caldaie per ACS vengono scelte in base al carico di picco (e non in base a al carico medio), è ragionevole attendersi , complessivamente, un basso fattore di carico ($F_c \ll 1$).
- In effetti, nel caso in esame, il fattore di carico complessivo è 0,178, come era da attendersi: i dati disponibili sono realistici.

Analisi di verosimiglianza

- Sono presenti, con ogni probabilità, caldaie a condensazione.
- Rendimento totale (riscaldamento+ACS):
 - *minimo: 0,92*
 - *massimo (dato poco preciso): 1,116*

Analisi di verosimiglianza

- Consumo di ACS, includendo tutti i dati disponibili:
 - 42,68 kWht/(m² anno);
- Consumo di ACS, escludendo il dato poco preciso:
 - 42,87 kWht/(m² anno);
- Consumo di ACS, escludendo tutti i dati associati a rendimenti superiori al 100%:
 - 41,79 kWht/(m² anno);
- Incertezza associata a scarsa precisione:
 - 2% circa. Stesso ordine di grandezza degli errori di misura.
- **Conclusione: il consumo annuo di ACS non è influenzato sensibilmente da eventuali imprecisioni nella rilevazione delle grandezze di interesse (dato “robusto”).**

Calcoli

- Abbiamo esaminato la correlazione tra l'area dell'appartamento e la media temporale della potenza per ACS (calore ACS/anni): la correlazione si è rivelata forte (covarianza: 0,92).
- Il criterio usato in UNI/TS 11300-2 è realistico (fabbisogno di ACS linearmente crescente con la superficie utile, almeno tra 50 e 200 metri quadrati, dunque per la grande maggioranza degli appartamenti).

Calcoli

- Risultato della nostra analisi: in media, 42,68 kWh/m² per metro quadrato e per anno, nelle seguenti condizioni:
 - *zona climatica: E;*
 - *temperatura di erogazione/accumulo: 53°C;*
 - *temperatura di fornitura: assunta pari a 10°C*
- Come superficie tipica, abbiamo assunto l'area media degli appartamenti in Italia (76,8 metri quadrati [1])
- Con questo valore di superficie, UNI/TS 11300-2 fornisce un valore di fabbisogno annuo di ACS pari a 16,38 kWh/m².
- Altri calcoli:
 - *19 kWh/m² per un appartamento di 50 m²*
 - *13 kWh/m² per un appartamento di 200 m²*

Risultati

- UNI/TS 11300-2 fornisce stima per difetto del fabbisogno di ACS in un appartamento
- assumendo una differenza di temperatura di (60-10 °C), :
 - **fabbisogno stimato= 66% del consumo misurato.**

Risultati

- Più precisa la stima basata su European Standard EN 15450 (famiglia di tre persone, con bagno e doccia).
 - Per poter confrontare questo caso con il precedente, occorre assumere che una tipica famiglia di tre persone viva in un appartamento di media superficie.
 - Stima più realistica, ed inoltre “dal lato della sicurezza” (stima per eccesso).
 - Anche in questo caso, si è assunta una differenza di temperatura di (60-10 °C);
-
- **dato stimato supera dell'11% dato misurato.**

Famiglia di tre persone, con bagno e doccia
In mancanza di altre indicazioni, si può assumere un consumo medio giornaliero pari a 1,45 kWh per persona (60°C)
cfr. EN 15450: 2007, par. 4.4.1

	Litri	Numero	Ora del giorno	Energia prelevata (kWh)
small	3	1	7	0,105
shower	40	2	7.05	1,4
small	3	3	7.30	0,105
small	3	4	7.45	0,105
bath	103	5	8.05	3,605
small	3	6	8.25	0,105
small	3	7	8.30	0,105
small	3	8	8.45	0,105
small	3	9	9.00	0,105
small	3	10	9.30	0,105
floor	3	11	10.30	0,105
small	3	12	11.30	0,105
small	3	13	11.45	0,105
dishwashing	6	14	12.45	0,315
small	3	15	14.30	0,105
small	3	16	15.30	0,105
small	3	17	16.30	0,105
small	3	18	18.00	0,105
cleaning	2	19	18.15	0,105
cleaning	2	20	18.30	0,105
small	3	21	19.00	0,105
dishwashing	14	22	20.30	0,735
bath	103	23	21.00	3,605
small	3	24	21.30	0,105

Risultati

- Per completezza, ulteriore confronto: European Standard EN 15450 con modifica.
- Famiglia di tre persone, con bagno e doccia, ma uno dei bagni quotidiani è stato sostituito da una doccia (ipotesi più aderente con la vita moderna).
- Differenza di temperatura: (60-10°C) come di consueto.
- Stima per difetto, ma più precisa di quella relativa a UNI/TS 11300-2.

Dato stimato= 90% del dato misurato.

Risultati

- Infine, confronto tra UNI/TS 11300-2 e European Standard EN 15450.
- Ottimo accordo dopo significativa modifica di European Standard EN 15450: entrambi i bagni sostituiti con altrettante docce.
- Differenza di temperatura: $(60-10)^{\circ}\text{C}$.

**Stima basata su European Standard EN 15450 =
=1.05 x stima basata su UNI/TS 11300-2 .**

T2: 60°C

T1:10°C

Sup. utile:76,8 m²

		Energia prelevata (kWh/anno)	Energia prelevata (kWh/m ² anno)
b)	Famiglia di tre persone, con bagno e doccia (60°C)	4254,08	55,39
g)	VALORI DERIVATI DA QUELLI MISURATI		49,62
n)	COME B) MA MODIFICATO DA ME SOSTITUITO UN BAGNO CON UNA DOCCIA	3449,25	44,91
d)	COME B) MA MODIFICATO DA ME SOSTITUITI DUE BAGNI CON DUE DOCCE	2644,43	34,43
l2)	11300-2:2014 (60-10)		32,76

Conclusioni

- Anche se basata su un' ipotesi realistica (fabbisogno di ACS proporzionale all'area utile), UNI/TS 11300-2 sottostima tale fabbisogno. Raccomandabile una revisione dei coefficienti di proporzionalità nelle future edizioni della TS.
- European Standard EN 15450 fornisce una sovrastima piuttosto precisa del fabbisogno; ne fornisce inoltre, sostituendo un bagno con una doccia, una buona sottostima.
- Ottimo accordo tra le stime UNI/TS 11300-2 e European Standard EN 15450, purchè quest'ultima venga modificata sostituendo tutti i bagni con docce.
- Tutte le conclusioni sono basate su una differenza di temperatura di 60-10°C tra acqua calda e acqua di fornitura.

Bibliografia

- [1] S.Bergero, P.Cavalletti, M.Michelini, “Termoregolazione e contabilizzazione: convenienza economica per zona climatica di unità immobiliare italiana tipo mediante aggregazione di dati campione”, in “La Termotecnica”, Novembre 2016, pag. 58(in Italian).
- [2] UNI/TS 11300-2, “Energy performance of buildings – Part.2: Evaluation of primary energy need and of system efficiencies for space heating, domestic hot water production, ventilation and lighting for non-residential buildings”, October 2014.
- [3] European Commission, “M/324 - Mandate to CEN and CENELEC for the elaboration and adoption of measurement standards for household appliances: water-heaters, hot water storage appliances and water heating systems”, September 2002
- [4] European Standard EN 15450, “Heating systems in buildings – Design of heat pump heating systems”, October 2007 Impianti di riscaldamento negli edifici – Progettazione degli impianti di riscaldamento a pompa di calore”, April 2008 (in Italian).
- [5] UNI EN 15450, “Impianti di riscaldamento negli edifici – Progettazione degli impianti di riscaldamento a pompa di calore”, April 2008.

Grazie per la vostra attenzione

gidellolio@gmail.com