

La contabilizzazione accurata e trasparente dell'energia

L'introduzione di sistemi di misurazione e fatturazione del consumo individuale degli appartamenti e degli edifici multi-purpose può generare una sensibile riduzione della domanda di riscaldamento/raffreddamento. Esiste però una significativa differenza tra sistemi di misura diretta ed indiretta, sia in termini di prestazioni che di tutela del consumatore

DOI 10.12910/EAI2016-023

di **M. Dell'Isola, L. Celenza, G. Ficco, P. Vigo**, *Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica*

La contabilizzazione accurata e trasparente dell'energia nelle singole unità abitative è certamente un tema centrale nelle politiche nazionali ed europee. Per consentire a tutti i consumatori di energia dell'UE di partecipare pienamente alla transizione energetica, sia gestendo i loro consumi in modo ottimale sia utilizzando soluzioni tecnologiche ad alta efficienza energetica, la Commissione Europea ha recentemente sviluppato il cosiddetto "New Deal for Energy Consumers" (SWD, 2015). Questa strategia si basa sui seguenti tre pilastri: i) la responsabilizzazione dei consumatori, ii) la realizzazione di smart

home e smart grid, iii) la gestione e la protezione dei dati energetici. Circa il 40% dell'energia utilizzata in Europa viene consumata negli edifici, di cui circa l'80% per il solo riscaldamento e raffreddamento. L'introduzione di sistemi di misurazione e fatturazione del consumo individuale degli appartamenti e degli edifici *multi-purpose* può generare una sensibile riduzione della domanda di riscaldamento/raffreddamento, che viene generalmente stimata tra il 10 e il 30%. L'esperienza dimostra inoltre che, anche solo grazie a soluzioni basate sull'ICT (e.g. internet), fornendo agli utenti finali informazioni dettagliate sul loro consumo, si aiuta-

no gli inquilini a ridurre il loro consumo di circa l'8% semplicemente cambiando le loro abitudini. Infatti, una fatturazione trasparente ed aggiornata aumenta la fiducia e l'impegno dei consumatori al risparmio di energia. Malgrado ciò la stragrande maggioranza dei consumatori riceve queste informazioni al massimo una o due volte l'anno. Per contro tutti i consumatori dovrebbero avere facile accesso ai propri dati di consumo in tempo reale o "quasi" per consentire loro di adattare i consumi e conseguentemente di risparmiare energia. Tali dati potrebbero essere accessibili ai consumatori direttamente dal sistema di misurazione tramite

un'interfaccia standard e degli smart meter. Questi ultimi svolgeranno sempre più un ruolo chiave nel fornire libero e frequente accesso ai dati di consumo riducendo naturalmente controversie di misurazione.

A tale riguardo, numerosi sono i risvolti tecnici, legislativi e di tutela del consumatore. La Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, recepita in Italia con il DL 102/14, impone agli Stati membri l'obbligo di installare (se tecnicamente possibile ed efficiente in termini di costi) nei con-

possibile ripartire i consumi energetici secondo criteri millesimali, ma era obbligo tener conto degli effettivi consumi. Il DPR 551/99 (art. 5) ha reso obbligatoria la contabilizzazione del calore per ogni singola unità immobiliare negli edifici di nuova costruzione e la cui concessione edilizia sia stata rilasciata dopo il 30 giugno 2000. Inoltre il DPR 59/99 fortemente consiglia l'adozione della contabilizzazione del calore nel caso di mera sostituzione di generatore (art. 4 comma 6), rendendola poi

ti nell'allegato MI-004 della Direttiva 2004/22/CE MID sugli strumenti di misura e nel DM 155/2013.

Metodologie di contabilizzazione del calore

I sistemi di contabilizzazione del calore possono essere classificati come "diretti" e "indiretti". I primi, denominati contatori di energia termica o contatori di calore (heat meter, HM), effettuano una misura puntuale dell'energia termica fornita in un cir-



domini e negli edifici riforniti da una fonte centralizzata di riscaldamento/raffreddamento contatori individuali per misurare il consumo di calore o raffreddamento o di acqua calda sanitaria per ciascuna unità abitativa. Inoltre, nei casi in cui l'uso di contatori individuali non sia tecnicamente possibile o efficiente la stessa Direttiva prevede che, in alternativa, siano impiegati sistemi di contabilizzazione indiretti quali i ripartitori. In Italia, già ai sensi del Codice Civile e della Legge 10/91, non era più

obbligatoria "ove tecnicamente possibile" in caso di ristrutturazione o installazione dell'impianto termico (art. 4 comma 10). Le apparecchiature installate ai sensi del comma 10 del suddetto DPR devono assicurare un errore di misura, nelle condizioni di utilizzo, inferiore al 5%. Errori massimi ammissibili questi ultimi che risultano attualmente compatibili e verificabili nelle condizioni di utilizzo solo con l'adozione di sistemi di contabilizzazione diretta (i cosiddetti CET), a loro volta regolamenta-

to di scambio termico. I secondi sono invece ascrivibili a tre differenti tipologie: i) i ripartitori di calore (heat cost allocator, HCA); ii) i sistemi di contabilizzazione del calore basati sui tempi di inserzione compensati con la temperatura media del fluido termovettore (insertion time counter, ITC-TC); iii) i sistemi di contabilizzazione del calore basati sui tempi di inserzione compensati con i gradi giorno effettivi dell'unità immobiliare (insertion time counter, ITC-DDC). La Tabella 1 mostra l'ap-



plicabilità di detti sistemi rispettivamente in impianti termici a distribuzione verticale ed orizzontale.

I sistemi di contabilizzazione diretta sono attualmente gli unici strumenti regolati al punto di vista metrico legale dalla Direttiva MID, pertanto essi risultano utilizzabili sia per la misura dell'energia termica al punto di fornitura che nella successiva ripartizione dei consumi condominiali. Tuttavia, come si evince dalle Tabelle 1 e 2, tali dispositivi spesso non risultano tecnicamente applicabili o risultano comunque non convenienti dal punto di vista economico. Questo accade, ad esempio, in interventi di retrofit su edifici esistenti sia a causa della configurazione distributiva degli impianti di riscaldamento (e.g. impianti centralizzati con distribuzione a colonne montanti verticali), sia a causa di vincoli architettonici e economici. Viceversa, i dispositivi di contabi-

lizzazione indiretta sono nella gran parte dei casi pienamente applicabili in edifici esistenti, ma risultano carenti dal punto di vista normativo e regolatorio, ovvero sotto il profilo metrico-legale a garanzia della transazione energetica ed a tutela della fede pubblica.

I sistemi di contabilizzazione indiretta ad oggi disponibili, ed utilizzabili per la ripartizione delle spese di riscaldamento sono basati su dispositivi e metodologie conformi alla UNI EN 834 (i.e. i ripartitori di calore elettronici), alla UNI 11388 o alla UNI 9019 (i.e. i totalizzatori dei tempi di inserzione).

Configurazione dei sistemi di contabilizzazione

In Figura 1 sono riportate le configurazioni tipiche dei sistemi di contabilizzazione e ripartizione dell'energia termica in ambito con-

dominiale. In particolare si possono individuare tre differenti configurazioni: a) l'energia consumata dalle singole unità immobiliari viene misurata mediante HM diretti; b) la ripartizione dell'energia termica avviene mediante i conteggi degli HCA; c) la ripartizione avviene mediante ITC (compensati della temperatura del fluido o dei gradi giorno). In tutte le soluzioni indicate il calcolo dell'energia totale immessa nella rete di distribuzione (sia essa fornita da una caldaia che da un altro sistema di produzione o da una sottostazione di teleriscaldamento) deve essere effettuato, coerentemente alla norma UNI 10200, sulla base di misure effettuate con uno o più contatori di calore posti a valle dei sistemi di generazione (come indicato in Figura 1) o in base alle prestazioni dei generatori di calore e al consumo di combustibile o energia elettrica. La configurazione "a" garantisce la

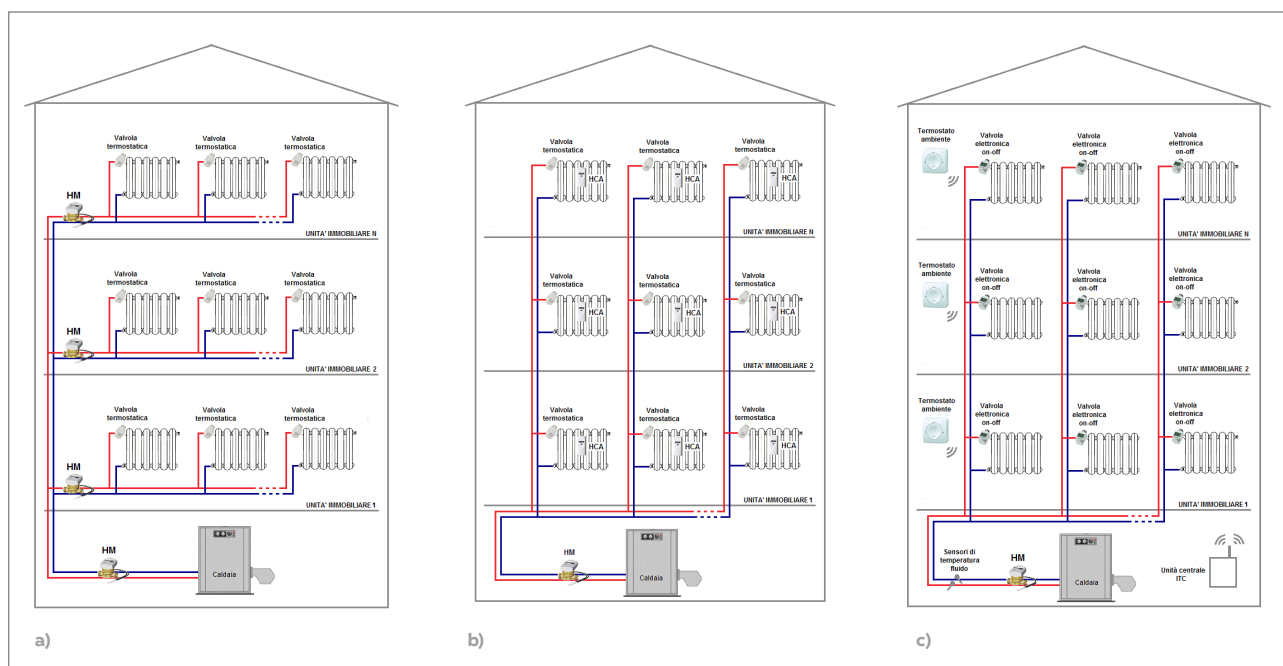


Fig. 1 Configurazione dei sistemi di contabilizzazione e ripartizione del calore, a) ripartizione con HM; b) ripartizione con HCA, c) ripartizione con ITC

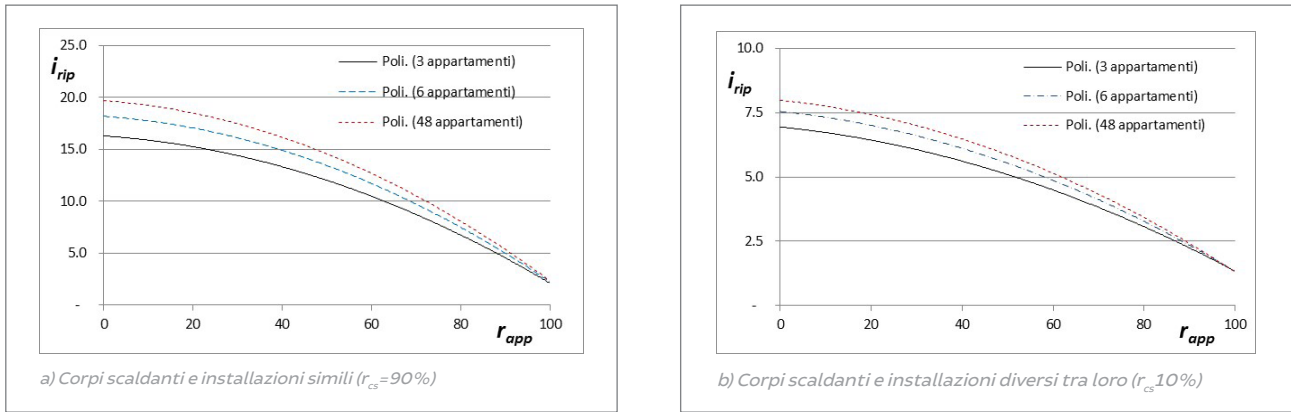


Fig. 2 Incertezza di misura al variare della correlazione e del numero di appartamenti

correttezza delle misure effettuate entro i limiti ammessi dalla Metrologia Legale (Direttiva MID). Tuttavia, in numerose applicazioni su edifici esistenti essa risulta non applicabile ed è necessario ricorrere a sistemi di contabilizzazione di tipo indiretto. La configurazione “b” prevede l’utilizzo su ciascun corpo scaldante dell’edificio di un ripartitore di calore (HCA). Il valore di conteggio restituito dall’HCA è dato dall’integrale nel tempo della differenza tra la temperatura superficiale del corpo scaldante e quella dell’aria ambiente moltiplicato per un fattore di valutazione totale, K. La ripartizione dei consumi di energia volontari viene valutata come rapporto tra le unità di ripartizione in un singolo appartamento e quelle dell’intero edificio (UNI 10200, 2015). Gli HCA sono utilizzabili unicamente su unità terminali tipo radiatori o convettori. I ripartitori elettronici disponibili sul mercato sono generalmente dotati di un’interfaccia ottica di programmazione e lettura e/o di un sistema di trasmissione wireless che consente le letture dei dati a distanza. Sia nella configurazione “a” che nella “b” deve essere prevista l’installazione di un sistema di termo-

regolazione costituito da valvole termostatiche o, in alternativa, valvole on-off controllate da uno o più termostati ambiente. La configurazione “c” invece prevede l’utilizzo di contatori dei tempi di inserzione (ITC) compensati della temperatura di mandata del fluido termovettore o dei gradi giorno. In questo caso, i termostati, installati in ogni unità immobiliare o zona termica, attivano/disattivano valvole on-off di zona o di corpo scaldante insieme al contatore dei tempi di inserzione. Tutti i componenti del sistema dialogano con una unità centrale in grado di elaborare i dati e fornire i conteggi utilizzabili ai fini della ripartizione dei consumi volontari. Questi sistemi possono essere applicati ad impianti a distribuzione verticale ed orizzontale (con radiatori, termoconvettori, ventilconvettori, pannelli radianti) in cui il fluido termovettore è intercettabile o su ciascun corpo scaldante, o a livello di zona o, almeno, a livello della singola unità immobiliare.

Accuratezza della ripartizione

La trasparenza del dato di consumo energetico e l’accuratezza della mi-

sura sono, come detto, due aspetti fondanti del cosiddetto “New Deal” e devono, quindi, rappresentare per il progettista della rete condominiale un obiettivo inderogabile. Purtroppo la complessità dei sistemi di misura e la molteplicità delle caratteristiche impiantistiche rende spesso arduo tale compito. Per tale motivo la sperimentazione messa in atto presso l’Università di Cassino mira a testare in campo da un lato la capacità degli utenti di acquisire e comprendere le misure e di adeguare di conseguenza i propri consumi, dall’altro di validare un modello per la stima “a priori” dell’incertezza di misura. Mentre le incertezze estese dei singoli dispositivi di misura e contabilizzazione diretti (derivanti soprattutto dalle incertezze sulla misura delle portate volumetriche e delle temperature) ed indiretti (derivanti soprattutto dalle incertezze sulle potenze termiche effettive dei corpi scaldanti e delle temperature effettive misurate), riportate in Tabella 3, sono facilmente calcolabili applicando il modello ISO, più complessa è la valutazione della accuratezza della ripartizione nella ripartizione dei consumi dell’intero edificio. A tale scopo è opportuno sottolineare che: i) il contributo delle

incertezze accidentali sulle unità di ripartizione di ciascun appartamento si riduce al crescere del numero di corpi scaldanti installati nel singolo appartamento; ii) il contributo delle incertezze accidentali sulle unità di ripartizione conteggiate sull'intero edificio si riduce al crescere del numero di appartamenti e pertanto può ritenersi trascurabile nei grandi condomini; iii) gli effetti correlativi tra ripartitori o totalizzatori installati nel singolo appartamento contribuiscono ad aumentare le incertezze sistematiche di ripartizione; iv) gli effetti correlativi tra appartamento ed edificio contribuiscono a ridurre le incertezze sistematiche di ripartizione.

Tutto ciò determina un'incertezza complessiva del sistema di contabilizzazione inferiore a quella del singolo dispositivo (ripartitore/totalizzatore) installato su ciascun corpo scaldante. Per stimare l'incertezza è però fondamentale valutare i coefficienti di correlazione sia tra corpi

scaldanti del medesimo appartamento, che tra quelli di diversi appartamenti. Ciò è possibile valutando il numero di corpi scaldanti simili per tipologia, per modalità di installazione e di esercizio. In Figura 2 viene riportato l'andamento dell'incertezza nella ripartizione del calore in funzione del coefficiente di correlazione r_{cs} (tra la tipologia dei corpi scaldanti installati nel medesimo edificio) e al variare di $rapp$ (tra tipologie di corpi scaldanti nell'appartamento in esame e i restanti tipologie di corpi scaldanti installate negli altri appartamenti) nelle seguenti ipotesi semplificative: i) incertezza accidentale, $iA=3\%$; ii) incertezza sistematica, $iB=15\%$; iii) 10 corpi scaldanti per appartamento. Dall'analisi dei risultati emerge che l'incertezza di ripartizione aumenta notevolmente al decrescere della correlazione $rapp$ (dovuto ad esempio ad una ristrutturazione parziale di un solo appartamento). L'incertezza di ripartizione presenta

comunque una migliore compensazione nel caso di corpi scaldanti e relative installazioni dei sistemi di misura molto diversi tra loro (Figura 2b). Inoltre l'effetto della compensazione degli errori è più rilevante nei piccoli condomini, laddove cioè la percentuale dei consumi del singolo appartamento è più rilevante.

La sperimentazione in corso consentirà sia di validare il modello di stima dell'incertezza nella ripartizione, sia di progettare ex ante in modo ottimale il sistema di misura. I risultati di una prima sperimentazione condotta su una villa bifamiliare in una stagione di riscaldamento sembrano confermare il modello proposto.

Conclusioni

Nel presente lavoro gli autori, a valle di una breve disamina dei sistemi di contabilizzazione e ripartizione del calore, presentano l'architettura dei sistemi di contabilizzazione diretti



	Incertezza estesa	
	minima	massima
Contatori di calore HM	2%*	9%
Ripartitori HCA	3%	24%
Totalizzatori ITC-TC**	6%	30%
Totalizzatori ITC-DDC	15%	30%

* stimato per un HM in classe 1

** relativo ai totalizzatori conformi alla UNI 11388:2015

Tab. 3 Incertezze estese dei singoli dispositivi di misura e contabilizzazione

ed indiretti in ambito residenziale. Vengono inoltre presentati i primi risultati relativi al modello di stima dell'incertezza di ripartizione dei sistemi indiretti.

L'analisi dei diversi sistemi di contabilizzazione e misura in ambito residenziale mostra che:

- esiste una profonda differenza tra sistemi di misura diretti ed indiretti, sia in termini di prestazioni che di tutela del consumatore;
- malgrado la semplicità dei sistemi di ripartizione indiretti, non sempre le prestazioni metrologiche in campo sono congruenti con le specifiche di prodotto, a causa della difficoltà nella stima dei fattori di valutazione (ovvero delle potenze termiche effettive dei corpi scaldanti su cui gli stessi sono installati e delle temperature effettive misurate);
- le condizioni di installazione ed operative possono influenzare significativamente le prestazioni metrologiche sia dei sistemi diretti che di quelli indiretti; in particolare gli aspetti più critici rilevati sono la misura su ridotte differenze di temperatura e gli effetti fluidodinamici che si determinano in condizioni di installazione non standard.



BIBLIOGRAFIA

[1] Bozzini et al., 2000. Bozzini G., Caon S., Lombardi C., Sacchi A., Soma F., *Incertezze strumentali nella contabilizzazione del calore con metodi indiretti*. 2000. CDA, n.1, 149-155

[2] Celenza et al. 2015. Celenza L., Dell'Isola M., Ficco G., Palella B.I., Riccio G. 2015 Heat accounting in historical buildings. *Energy and Buildings*, Volume 95, Special Issue: Historic, historical and existing buildings: designing the retrofit. An overview from energy performances to indoor air quality, 47-56

[3] Dell'Isola et al., 2015. Dell'Isola M., Arpino F., Celenza L., Ficco G., Vigo P. 2015. I ripartitori di calore nella contabilizzazione dei consumi di energia. Problematiche applicative della contabilizzazione dell'energia termica alla luce delle recenti novità normative. *AICARR Journal*, #32, 22-26

[4] Parlamento Europeo, 2004. Direttiva 2004/22/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 31 Marzo 2004 relativa agli strumenti di misura. Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea n. L 135/1 del 30.04.2004

[5] UNI, 2015 a. Impianti termici centralizzati di climatizzazione invernale e produzione di acqua calda sanitaria - Criteri di ripartizione delle spese di climatizzazione invernale ed acqua calda sanitaria. Norma UNI 10200:2015. Milano: Ente Nazionale Italiano di unificazione