

Torino  
18 - 19 aprile 2012  
6<sup>a</sup> edizione

**AFFIDABILITÀ  
& TECNOLOGIE**  
SOLUZIONI INNOVATIVE  
PER AZIENDE COMPETITIVE

La manifestazione specialistica  
dedicata all'innovazione



Incrementare il valore degli edifici civili e industriali  
*Il valore dell'affidabilità delle misure, prove e certificazioni nella Diagnosi Energetica*  
18/04/2012



# *Tecniche di misura dell'energia e dei flussi energetici in campo*

*Prof. Ing. Marco Dell'Isola*



Università degli studi di Cassino e del Lazio Meridionale  
*Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica*

# Consapevolezza dei consumi energetici

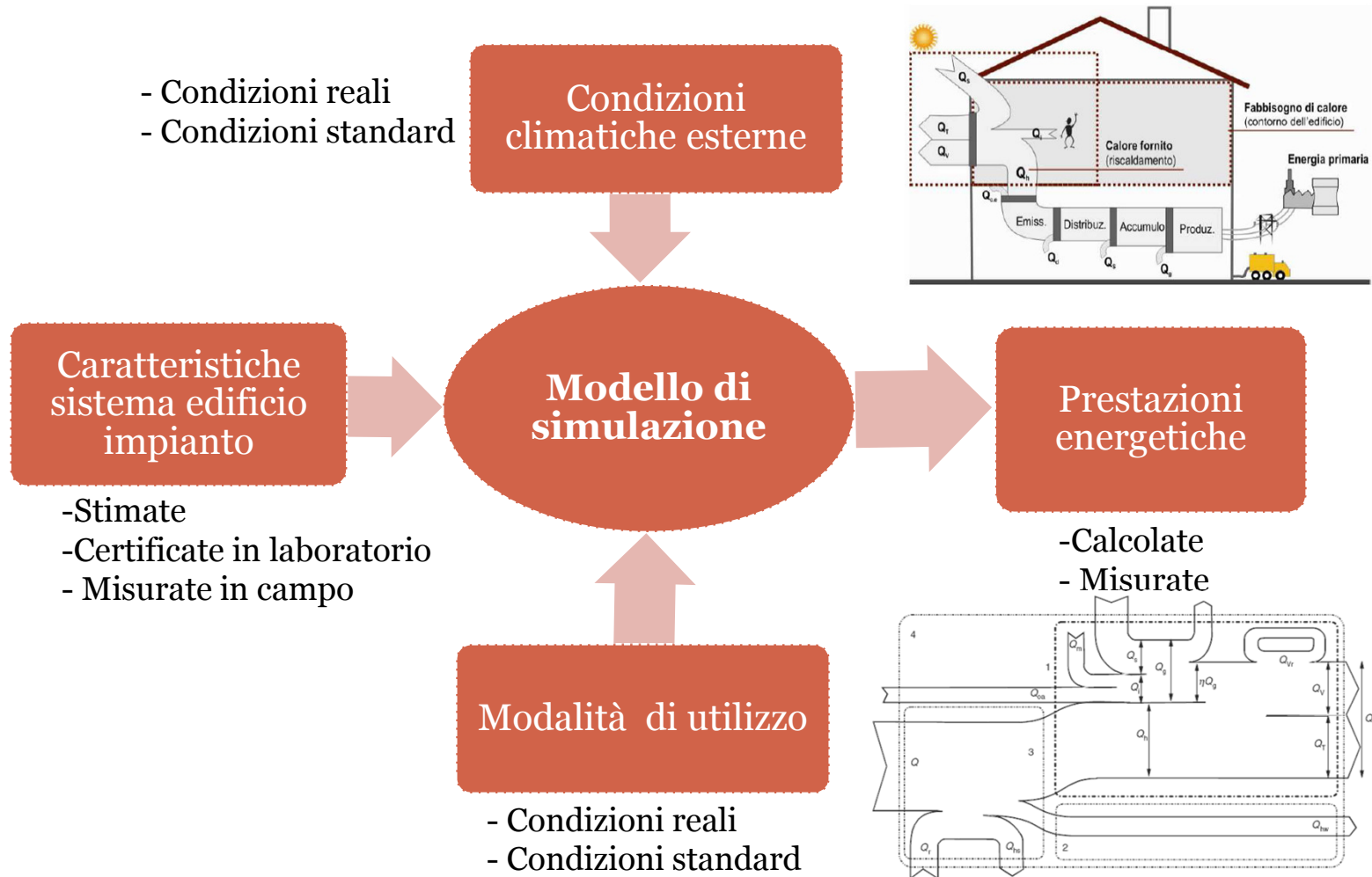
2

- La riduzione dei consumi energetici passa attraverso **tre momenti fondamentali**:
  - l'acquisizione della consapevolezza di quanto si sta consumando;
  - l'adozione di comportamenti rivolti al risparmio di energia;
  - l'adozione di misure di efficientamento del sistema edificio-impianto
- La valutazione dei consumi energetici può essere effettuata seguendo differenti metodologie:
  - Asset rating (in condizioni standard)
  - Tailored rating (adattata all'utenza)
  - Operational rating (in condizioni di esercizio).



# Fattori di influenza delle prestazioni energetiche degli edifici

3



	Grandezza Fisica	Applicazione	Tecniche di misura (in campo)	Incertezza tipica	Coeffic. di sensibilità Prestaz. energetica
<b>Caratteristiche sistema edificio-impianti</b>	Dimensioni	Superfici disperdenti, Superfici calpestabili, Perimetri ponti termici, Orientamento edificio, Ombre portate Spessori stratigrafie,	Distanziometri (flessometri)  Endoscopio	1÷10 mm	Elevato
	Trasmittanza termica	Superfici opache, Superfici trasparenti, Ponti termici	Termoflussimetri Spessivimetri Termocamere	5÷20%	Elevato
	Capacità termica		Densimetri	---	Basso
	Coefficiente assorbimento, emissione e trasmissione radiazione solare	Apporti gratuiti	Termometri/termocamere	5-10%	Basso
	Rendimento	Produzione, Regolazione, Distribuzione, Emissione	Centraline emissione CET	1÷5%	Elevato
	Portata aria infiltrazione	Permeabilità edificio	Blower Door Test, Gas traccianti,	5÷10%	Medio
<b>Modalità di utilizzo</b>	Temperatura	Condizioni ambienti interni (PMV), Mandata/Ritorno acqua, ACS, ...	Centraline Microclim. Termometri	0,1÷0,5°C	Elevata
	Tempo accensione	Impianto termico, ventilazione Illuminazione,ACS, ...	Cronometri	>1 s	Medio
	Numero occupanti	Apporti gratuiti	Sensori presenza	--	Basso
	Apertura/chiusura	Schermature, finestre, ..	Sensori contatto	--	Medio
<b>Condizioni climatiche esterne</b>	Temperatura	Gradi giorno effettivi	Termometri	0,1÷0,2°C	Elevata
	Umidità	Condense, ...	Igrometri	1-5%	Basso
	Radiazione solare	Apporti gratuiti e condut. radiativa	Radiometri, piranometri,...	0,5-2%	Medio
	Velocità del vento	Conduttanza convettiva	Anemometri	0,05÷0,2 m/s	Basso
<b>Prestazione energetica</b>	energia termica	Consumi/produzione	CET	1-2%	Elevato
	Quantità gas	Consumi/produzione gas comb.	Contatori gas	1.5-3%	Elevato
	Energia elettrica	Consumi/produzione	Contatori elettrici	1-1.5%	Elevato

# Misure per ASSET RATING



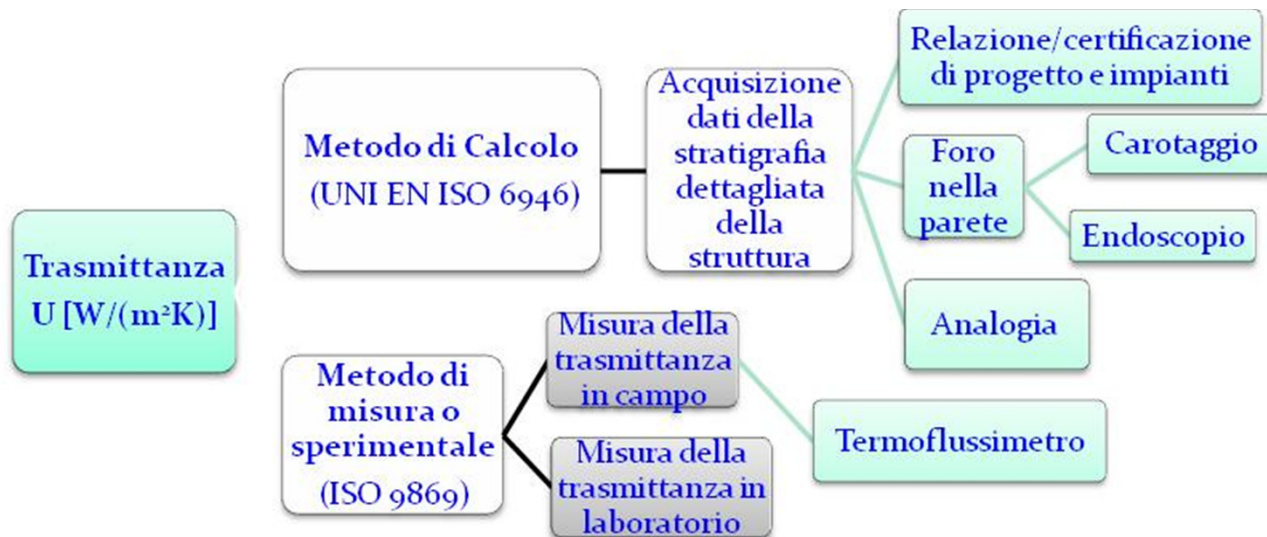
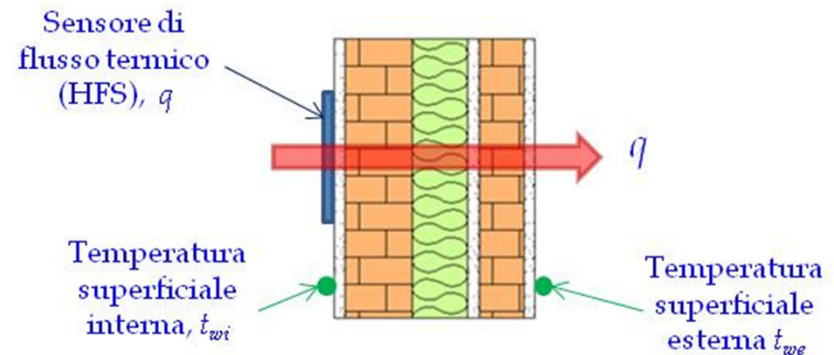
- 1. MISURE DELLA TRASMITTANZA TERMICA*
- 2. MISURA DELLA PERMEABILITÀ ALL'ARIA*
- 3. TERMOGRAFIA*
- 4. ANALISI DEI FUMI*
- 5. ...*

# Metodi di misura della trasmittanza

$$q = C (t_{w,i} - t_{w,e})$$

$$q = U (t_i - t_e)$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum \frac{s_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_e}} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{C} + \frac{1}{h_e}}$$



# Termoflussimetria: Problematiche di misura



Condizioni operative di misura sanciti dalla **ISO 9869:1994** sono :

## LOCALIZZAZIONE:

- misura distante da ponti termici (analisi termografica preliminare);
- superficie esterna schermata da agenti atmosferici (radiazione, pioggia);

## INSTALLAZIONE:

- HFM sulla superficie interna (inf. radiaz. solare, maggiore stabilità termica)
- buon contatto termico con la parete (uso di paste conduttive);

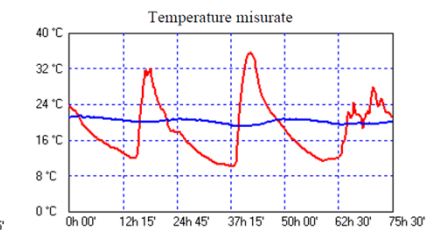
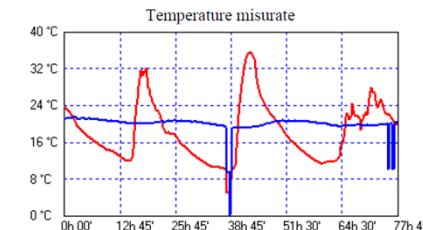
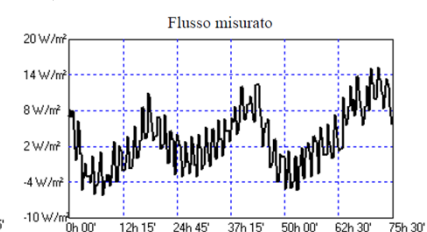
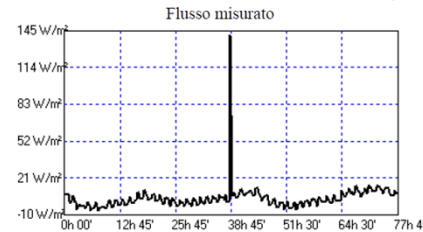
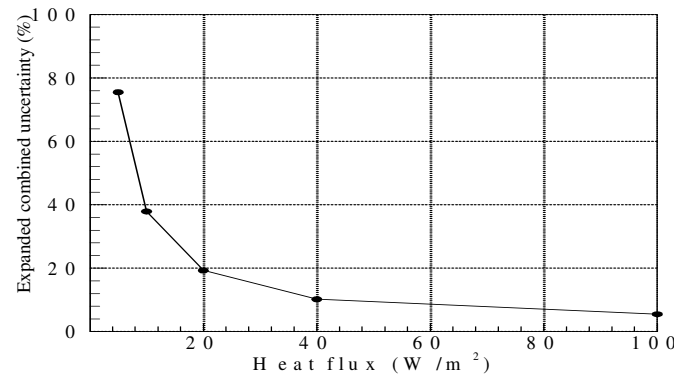
## CONDUZIONE DELLA PROVA:

- Durata almeno 72 ore (96 ore per elevata inerzia termica ( $>20 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ));
- $\Delta t$  (int-ext) di circa  $10 \div 15 \text{ }^\circ\text{C}$  e flusso almeno  $5 \text{ W/m}^2$ ;
- requisiti ulteriori per pareti pesanti ( $>20 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ ) :
  - ultimo valore di  $R=1/U$  in una fascia  $\pm 5\%$  dalla media precedenti 24 h;
  - valore di  $R$  nei primi  $2/3$  del periodo di prova in  $\pm 5\%$  del rimanente  $1/3$ ;
  - accumulo energia nella parete oltre il  $\pm 5\%$  rispetto all'energia fluita.
- correzione della conduttanza se la resistenza della piastra non può ritenersi trascurabile rispetto a quella della parete in prova;

# Studio affidabilità delle misure termoflussimetriche (Coll. Università di Cassino e Salerno)



- affidabilità entro limiti di incertezza ampi (14-28% in condizioni ottimali);
- **incertezza di misura** varia al variare delle condizioni di prova e della tipologia edilizia (flussi, DT, grandezza influenza, )
- campionamenti di lunga durata (batterie, **dati anomali**);
- necessità di indagini preventive termografiche per la valutazione di **disomogeneità**;
- esigenza di riferibilità dei termoflussimetri (taratura);
- metodi di **elaborazione**: medie progressive e Black Box forniscono dati congruenti solo in condizioni di prova ottimali;



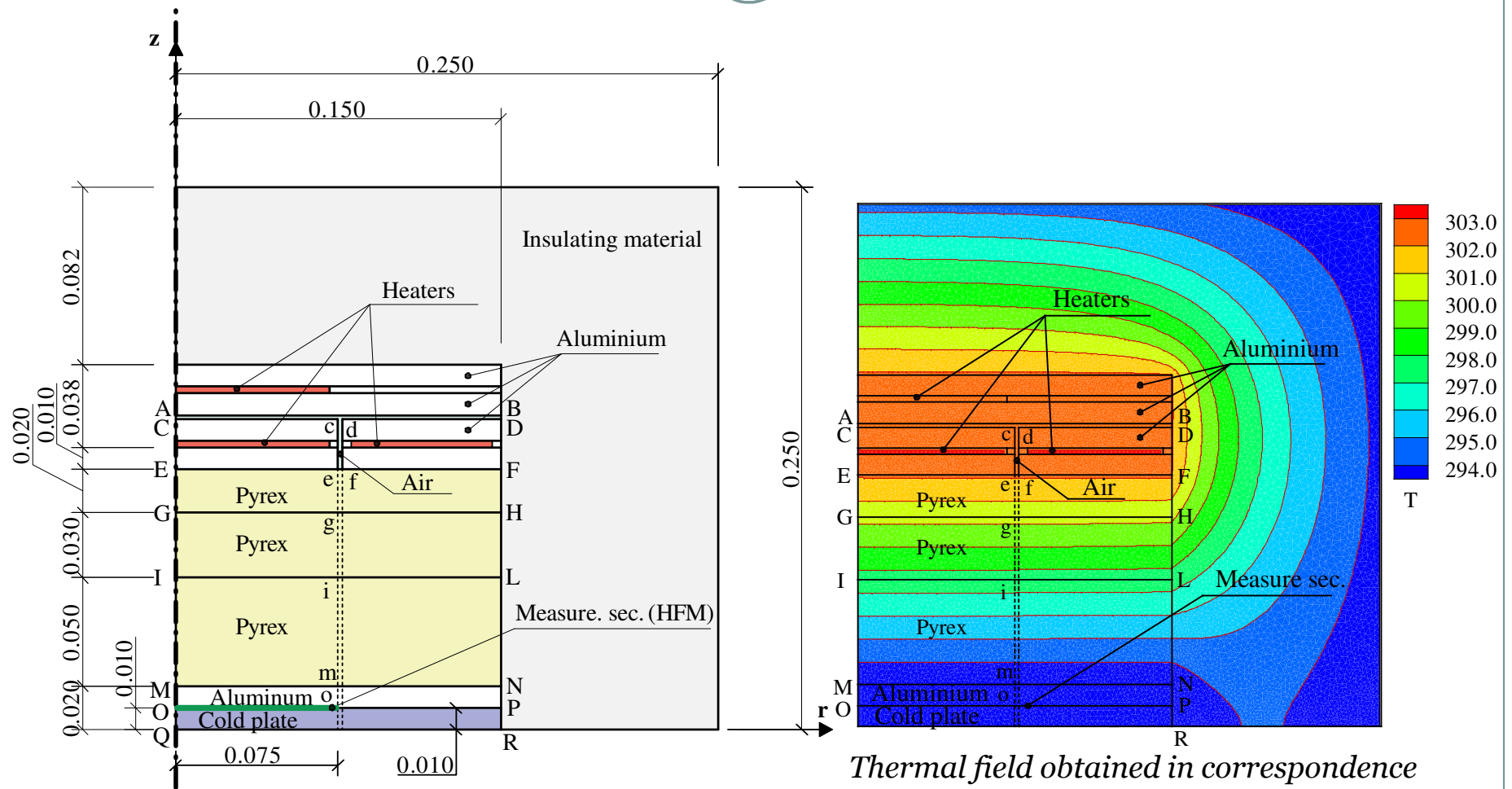
**Correzione di Dati anomali:**

$U_{non\ corretta} = 1,68\ W/m^2K$ ;  $U_{corretta} = 1,35\ W/m^2K$



# Riferibilità Metrologica TFX

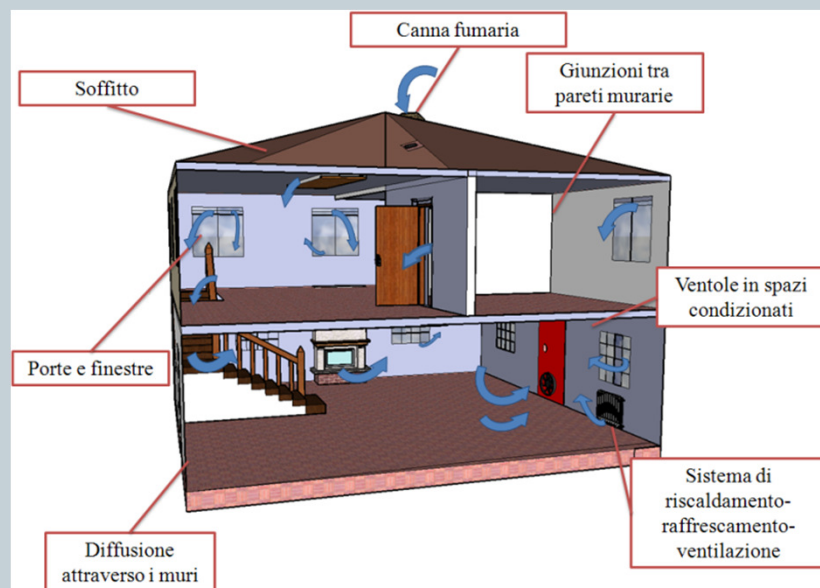
## Progettazione e Caratterizzazione Campione (coll. INRIM)



Thermal field obtained in correspondence of a generated heat flux of  $100 \text{ W/m}^2$

# Misura della permeabilità all'aria: Caratteristiche edifici

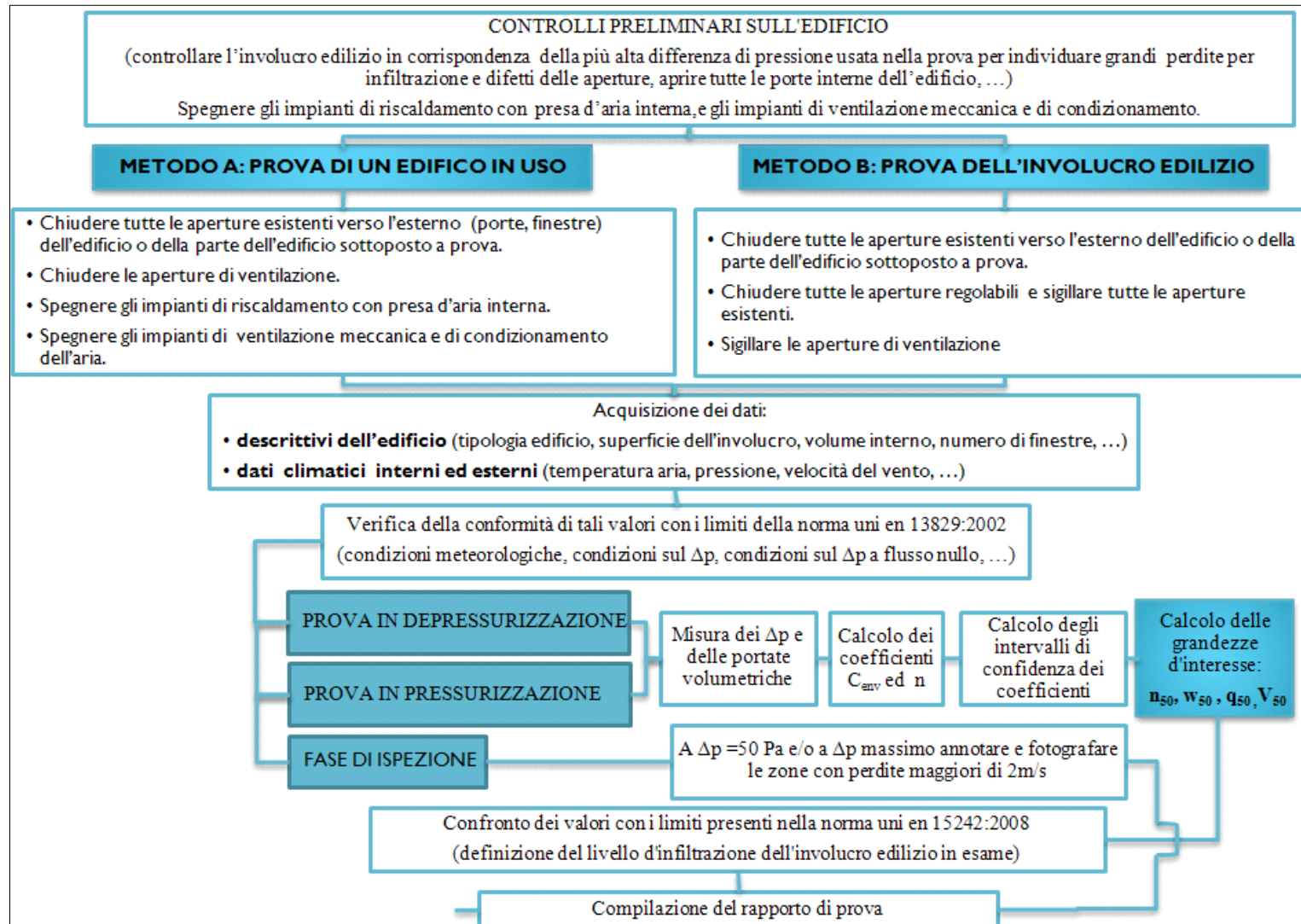
Il Blower-Door-Test valutando la differenza di pressione permette di **misurare la permeabilità** di un edificio, di **scoprire “eventuali perdite”** dell'involucro edilizio e conseguentemente di valutare indirettamente il numero di ricambi d'aria.



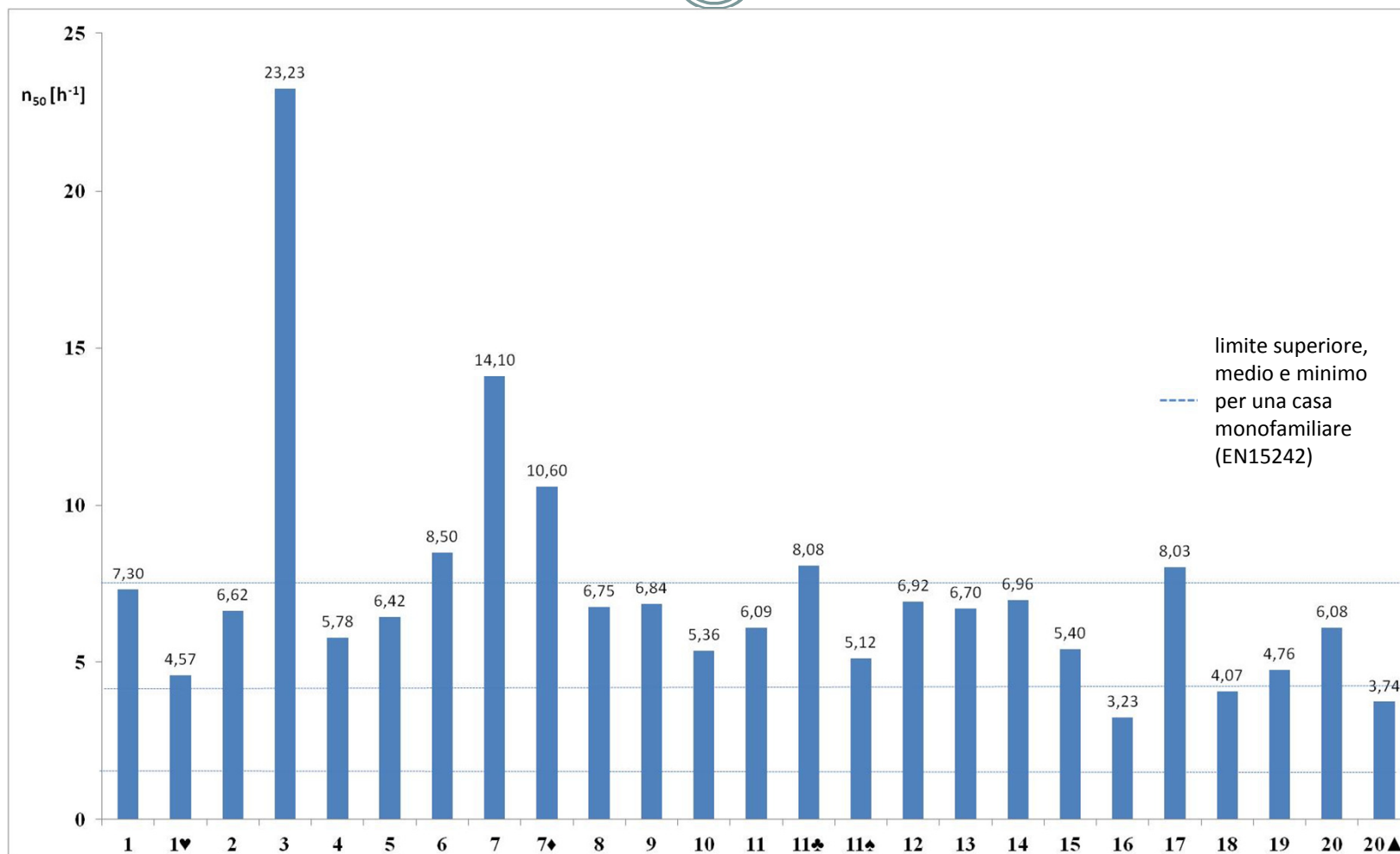
L'ASHRAE riporta un'interessante analisi sul contributo percentuale alle infiltrazioni :

- 1) **giunzioni tra pareti murarie** (dal 18 al 50% in media 35%);
- 2) **soffitto** (dal 3 al 30%; in media 18%);
- 3) **sistema riscaldamento-raffrescamento** (dal 3 al 28%; in media 18%);
- 4) **finestre e porte** (dal 6 al 22%; in media 15%);
- 5) **canna fumaria del camino** (da 0 al 30%; in media 12%);
- 6) **ventilatori ambienti condizionati** (dal 2 al 12%; in media 5%);
- 7) **pareti opache**, a causa della diffusione (meno dell'1%);

# Misura della permeabilità all'aria: UNI EN 13829: 2002

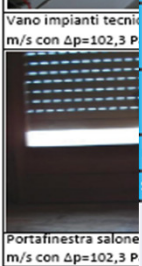
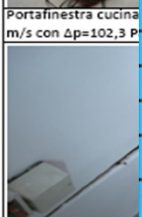
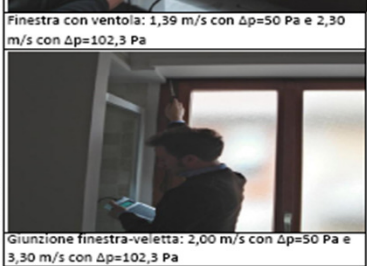


## Misura della permeabilità all'aria: Risultati campagna di prove su edifici Italiani (coll. Univ. Salerno)



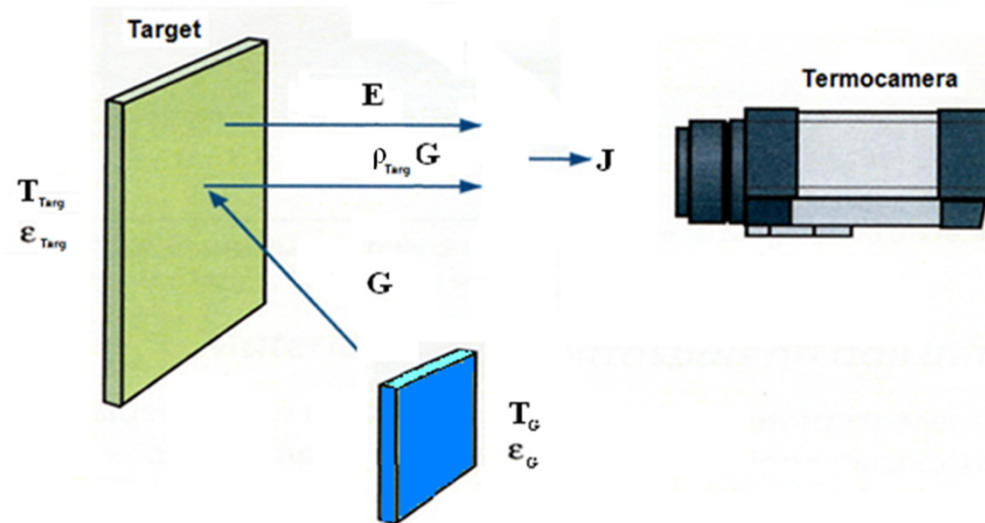
# Il SW dell'Università degli Studi di Cassino

SEZ.1	Pagina	DABBOATO DI BBOVA		SEZ.2	Pagina	DABBOATO DI BBOVA	
Data: 21/04/09	SEZ.4	Pagina	SEZ.7		Pagina	RAPPORTO DI PROVA BLOWER DOOR TEST	
Ora: 14.30	Data: 21/04/2009	5 di 8	Data:		9 di 9	RAPPORTO DI PROVA BLOWER DOOR TEST	
Procediment	SEZ.6	Pagina	Data:		Note		29:2002
Prova di un	Data: 21/04/2009	7 di 8	Ora: 14.30		RAPPORTO DI PROVA BLOWER DOOR TEST		
Prova dell'im	V <sub>env</sub> [m³/h]	PERDITE RILEVATE E PROVVEDIMENTI DA EFFETTUARE		Facciate esposte: 3		Tipologia edilizia: condominia	
	7625,5975	Tutte le perdite con velocità sopra i 2 m/s devono essere annotate e chiuse; le m/s possono rimanere se non hanno una sezione troppo		COMPONENTI FINESTRATI		Limite norma	
Dati edificio	Comune:		Perimetro infissi esterni: 81.04 m		Perimetro infisso per blower door: 6 m		Verificato
Data di costr	Parte dell'ed.		Superficie infisso: 31.1 m²		Telaio		Verificato
Classificazio	Tipologia edifi		Numero di battute del profilato		in-legna		Verificato
Tipologia di	Descrizione c		Guarnizione di battuta		contaglia termica		Verificato
Volume inter	Superficie de		Sistema di apertura		a una camera		Verificato
Superficie ne	Numero fine:		Vetro		doppia		Verificato
Dati climatic	Temperatura		Sigillatura vetro		battente		Verificato
Umidità rela	Pressione int		Ferramenta		doppia		Verificato
Massa volum	Massa volum		Sigillatura battente		semplice		Verificato
Dati climatic	Portata inf		Stato di conservazione		can quarzizone		Verificato
Temperatura	Portata di		Controtelaio		prezente zullata interna		Verificato
Umidità rela	Ricambio c		Collegamento telaio-controtelaio		stola (arco di arrotta)		Verificato
Pressione est	Permeabili		Cassonetto avvolgibile		can due punti di chiusura		Verificato
Massa volum	Portata sp:		Sistemi di oscuramento		profilato in acciai inax		Verificato
Velocità del	Valc permea secondo		Provedimenti consigliati		attima		Verificato
Forza del ver			Chiusura delle perdite d'aria nelle prese elettriche mediante sigillante		in-legna		Verificato
			Chiusura delle perdite d'aria su allacciamenti idraulici e termotecnici mediante r		Sigillato perimetralmente		Verificato
			Chiusura delle perdite causate da porte e finestre mediante nastro o sigillante		zchiumo poliuretaniche		Verificato
			Sostituzione componenti finestrati con altri a minore permeabilità		fissate meccanicamente alla struttura muraria con viti		Verificato
			Chiusura delle perdite negli angoli del pavimento mediante gesso		avvitata		Verificato
			Chiusura delle perdite causate da connessioni tra materiali differenti mediante		n.c.		Verificato
			Chiusura delle perdite d'aria causate da camini non intonacati mediante gesso		n.c.		Verificato
					in PVC		Verificato
					n.c.		Verificato



# Termografia: Parametri di Influenza

14



$$J = E + \rho G = \epsilon_T \sigma T_T^4 + (1 - \epsilon_T) \sigma T_C^4$$

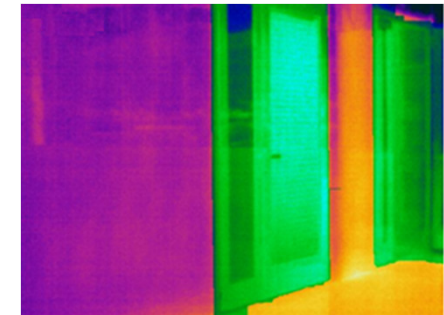
Temperatura del target misurata dalla termocamera.

Valore emissività che l'operatore imposta nella termocamera.

# Termografia: Problematiche di misura

## Software di “edge detection”

- Il sw individua con accuratezza sull'immagine termografica i differenti elementi costituenti l'involucro edilizio (vetro, legno, laterizio, intonaco).
- Le regioni relative ad ognuno di essi sono analizzati impostando le proprietà emissive corrette.
- Utilizzo di algoritmi di Computer Vision in grado di individuare sull'immagine digitale i punti dove è presente un brusco cambiamento nelle proprietà fotometriche dell'immagine (colore, intensità luminosa).
- Utilizzo di algoritmi di confronto, sovrapposizione e segmentazione.

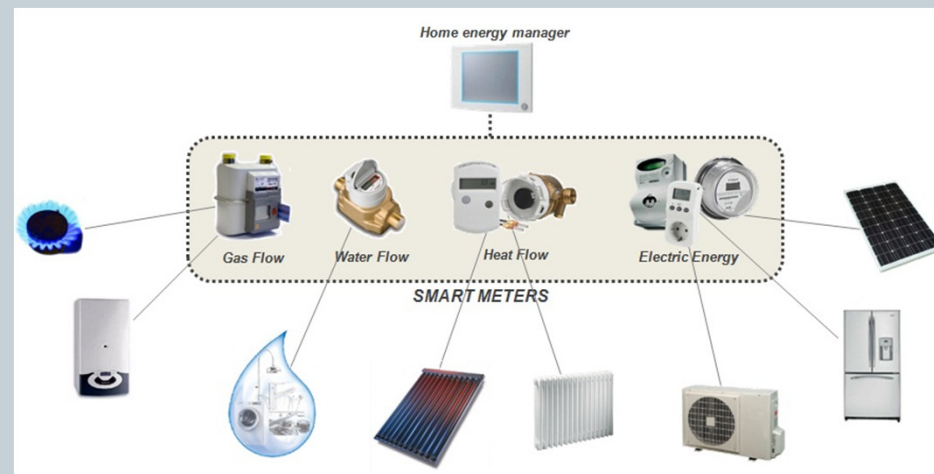


# Misure per OPERATIONAL RATING



## SMART METER

1. CONTATORI GAS
2. CONTATORI ELETTRICI
3. CONTATORI DI ENERGIA TERMICA





# Gli smart meters - Potenzialità

17

- **Misura**

La funzione primaria è quella di misurare precisamente una quantità di energia;

- **Controllo e telegestione**

Consiste nel trattare le funzioni quali l'interruzione di servizio (e.g. sicurezza, morosità);

- **Comunicazione (telelettura e telescrittura)**

Il collegamento a distanza può essere usato per la contabilizzazione in tempo reale e per configurare i parametri del misuratore, per fare un upgrade del firmware, per cambio profilo tariffario ecc;

- **Visualizzazione locale**

I display devono consentire ai clienti di potere direttamente osservare le quantità misurate direttamente dal misuratore;

- **Post-elaborazione, diagnosi e visualizzazione remota**

Le unità remote possono post-elaborare i dati di misura ottenendo informazioni sui consumi di energia, sulla diagnosi dei sistemi misurati, sulla simulazione profili tariffari;



# Alcune applicazioni esistenti: SISTEMI DOMOTICI (BACS E TBM)

## Principali funzioni di RISPARMIO ENERGETICO:

### ➤ Automazione clima:

- regolazione temperatura in modo indipendente per diversi ambienti (multizona);
- disattivazione/economizzazione impianti riscaldamento e raffrescamento (in funzione dell'apertura di porte e finestre, presenza-assenza persone);
- apertura/chiusura schermi solari, tapparelle e tende da sole (su base temporizzata o in relazione all'irraggiamento solare);
- gestione sistemi di produzione calore da rinnovabile

### ➤ Automazione ventilazione:

- accensione/spengimento ventole di areazione programmabile (in funzione della fascia oraria o dell'utilizzo degli ambienti);
- utilizzo economizzatori (in funzione della differenza di temperatura ingresso-uscita)

### ➤ Automazione illuminazione artificiale:

- accensione e spegnimento automatico luci (in funzione della presenza di persone e dell'illuminazione naturale);

### ➤ Automazione consumi energia elettrica :

- attivazione automatica degli elettrodomestici (in funzione delle fasce orarie);

### ➤ Produzione ACS:

- attivazione/disattivazione produzione ACS da solare termico;
- ..

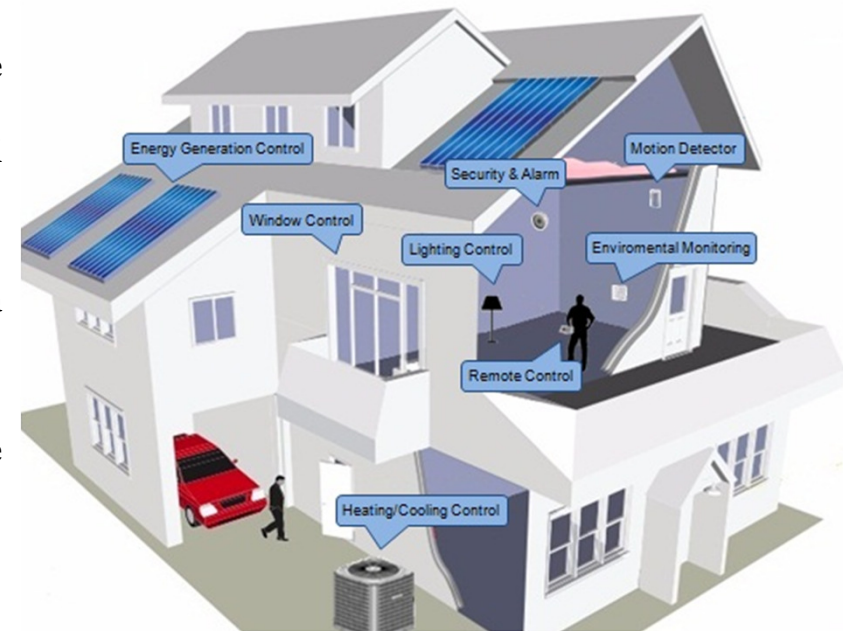
<http://www.myhome-bticino.it>



**SilverPac SilverStat 7**

The new SilverStat 7 is a seven-day programmable thermostat that can speak to smart meters, which send information on real-time electricity and gas use in the home to the utility company

<http://www.silverpac.us.com>



# Alcune applicazioni esistenti: APP ASSOCIATE A SISTEMI DOMOTICI



Microsoft **hohm** beta My Hohm Cen

Home Recommendations Energy Data Community

my hohm center | home profile | my news | my account

### My Hohm Center

**How does your energy usage compare to others in your area?**

You can either connect to your energy provider or use your statements to manually enter your usage data. Find out how you are doing compared to others in your area.

[Get Your Energy Data »](#)

**Your Annual Energy Usage Breakdown\***

- Heating - \$2321
- Cooling - \$4
- Lighting - \$115
- Appliances - \$423
- Water Heating - \$378
- Other - \$185

**Average Annual Energy Costs In Your Area**

Average Home: \$1,892  
Your Home: \$3,427

[How is this calculated?](#) [Get Your Energy Data](#)

<http://www.microsoft-hohm.com>

Gas 19:21

**Readings 08/01/2010 >**

**Current 1077.2 kWh, £26.73**  
13384.0 kWh, £332.10/qtr

**Average +£176.71/qtr**  
6114.3 kWh, £155.39/qtr

332.81 Quarterly Cost (£)

Q209 Q309 Q409 Q110

<http://www.alertme.com/>

**AlertMe Energy**

Stop wasting energy. Start saving money.

- Stop wasting energy. Save money, save energy.
- Reduce your electricity costs.
- Full visibility of your home's electricity use online and on your mobile.
- Eliminate bill shock. Monitor your energy costs in real time.

AlertMe Energy puts you in control of the energy usage in your home. By seeing, monitoring and understanding how much electricity your home is using - far more to the point, seeing - you can save energy and money.

The power to make simple but highly effective changes to save literally at your fingertips. AlertMe Energy enables you to see exactly how much electricity is being used in your home - right now, online, on your mobile or through Google Powermeter.

And by tracking the energy costs of your home in real-time, you can reduce your electricity bills. Receive tailored tips in your personal online dashboard to help you make small changes that will make a big difference to your wallet.

**THE BENEFITS** **HOW IT WORKS** **THE SCIENCE** **REVIEWS**

Product: AlertMe Energy  
About: Alerts, Management, Partners  
Price: one-time fee  
Help: Getting started, Forum  
Contact: Alerts, Support, Jobs

Search right here  
Only £49.99

Sign up to our newsletter

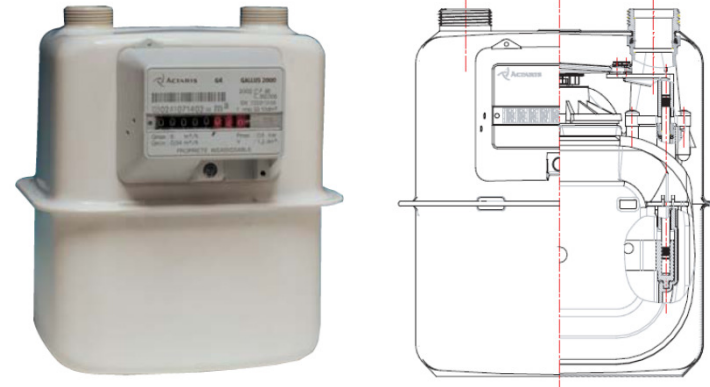
© Copyright AlertMe. All rights reserved. 1987 and 2010. 0203 0110 0115

# Misura Gas: Problematiche metrologiche

20

## **Misura in energia**

- Contatore volumetrico
- Correzione Temperatura e pressione
- Potere calorifico



## **Problematiche metrologiche**

- Metrologia legale (Verifica prima e periodica)
- Validità temporale del bollo metrico
- Riferibilità metrologica (SIT)
- Lettura e telelettura

**Delibera ARG 155/08**



# Misura energia termica

## Problematiche metrologiche

21

### CET (contatori di energia termica)

- UNI EN 1434-1/6: 2009
- Lettura e telelettura
- Errore misura (classe 1)

$$\text{emp} = \pm \left[ 2 + \frac{4\Delta T_{\min}}{\Delta T} + \frac{0.01q_p}{q} \right]$$

### Problematiche metrologiche

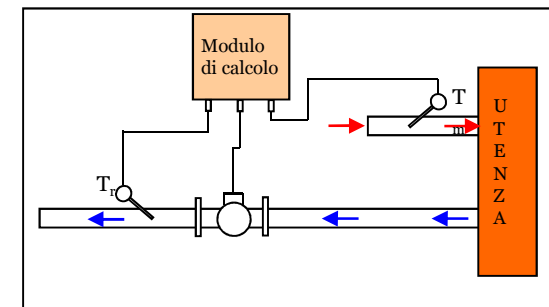
- Metrologia legale (MID, Verifica prima e periodica)
- Riferibilità metrologica (SIT)
- Manomettibilità

### Ripartitori di calore elettronici

- UNI EN 834: 1997
  - Ripartizione secondo
- $$U_R = k \cdot \int_{\tau} (T_r - T_a)$$
- Lettura e telelettura

### Sistema di ripartizione costi

- UNI/TR 11388, UNI9019.



# Misura energia elettrica

## Problematiche metrologiche

22

### Misura in energia

- Contatore digitale

I contatori digitali permettono di effettuare una misura contemporanea di tensione e corrente per una valutazione più corretta della potenza assorbita.

Questi strumenti sono costituiti da : un trasduttore voltmetrico (Tv) ed uno amperometrico (TA), due Sample and Hold (SH), due convertitori analogico digitali (AD) ed un elaboratore dei segnali.

Il sistema costituito effettua un campionamento dei valori di tensione e corrente ed in seguito calcola l'energia elettrica

### Problematiche metrologiche

- Metrologia legale (Verifica prima e periodica)
- Power Quality (Inquinamento armonico)
- Validità temporale del bollo metrico
- Riferibilità metrologica (SIT)
- Lettura e telelettura



## CONCLUSIONI

Quali sono i principali problemi connessi alle misure delle prestazioni energetiche in campo?

### Problemi:

- Ridotta propensione alla diagnosi ed alle misure
  - Riferibilità metrologica delle misure
  - Tempi (durata) e Metodi (complessità)
  - Costo della strumentazione e delle prove
  - Preparazione specifica dei tecnici (metodi sperimentali)

### Soluzioni percorribili:

- Certificazione, Accreditamento, Ricerca
  - Centri di taratura e prova
  - Automazione delle misure (Smart meter)
  - Messa a punto di metodi di misura semplificati
  - Campagne di misura su tipologie standard/intero edificio
  - Formazione e certificazione del personale