

La metodologia della firma energetica e l'analisi dei consumi

Ing. Laurent SOCAL

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

1

I consumi

- Il calcolo dei consumi deve essere sufficientemente preciso perchè
 - la certificazione deve essere attendibile...
... altrimenti diventa solo un “pezzo di carta”
 - in caso contrario non si possono dare suggerimenti economicamente efficaci
- Sono l'obiettivo della direttiva (... ridurli) e... dei calcoli!
- Sono l'unico dato verificabile direttamente.
- Sono la “febbre” dell'impianto (se sono alti, l'impianto è malato)
- Sono un ottimo parametro di screening....

... quindi occorre imparare a confrontare
i risultati dei calcoli con i consumi reali
(1 m³ di metano \cong 10 kWh \cong 1 litro di gasolio)

- **Principali obiezioni:**
 - Effetto del comportamento dell'utenza e del clima
 - Usi diversi dal riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

2

Consumo elevato, cosa vuol dire?

I calcoli di certificazione sono svolti in condizioni di utilizzo elevato (20 °C costanti, acqua calda sanitaria abbondante), quindi...

..... se il consumo **supera** il valore di certificazione:

- I calcoli sono corretti?
- I componenti dell'impianto corrispondono alla documentazione disponibile?
(componenti nascosti o murati)
- C'è un problema nell'impianto specifico ?
(perdite di acqua o di combustibile, errate regolazioni)
- Qual è il comportamento dell'utenza ?
(stabilmente oltre 20 °C, unico riscaldato nell'edificio...)

... IN TUTTI I CASI C'É MOTIVO DI INTERVENIRE!

- **Nei condomini: effetto media → consumi reali \cong consumi calcolati**
- **Impianti autonomi: locali freddi → consumi reali inferiori**

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

3

Rilievo dei consumi

- Delimitare l'anno in periodo di basso consumo
- Separare gli usi diversi dal riscaldamento (a.c.s. + uso cottura)
 - con rilievo di alcuni giorni senza riscaldamento (*1...2 settimane, meglio se in maggio o settembre*) ed estrapolazione in base al numero di giorni
 - con dati convenzionali
 - dati convenzionali uso cottura
 - 0...50 m² → 4,2 kWh/giorno = 175 W
 - 50...120 m² → 5,6 kWh/giorno = 230 W
 - Oltre 120 m² → 8,3 kWh/giorno = 345 W
 - dati convenzionali fabbisogni acqua calda sanitaria + stima rendimento impianto di produzione di acqua calda sanitaria
 - dati misti per acqua calda sanitaria
 - da contaltri a.c.s. si ricava il fabbisogno di acqua calda sanitaria + stima del rendimento dell'impianto di acqua calda sanitaria

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

4

Fabbisogni standard per uso cottura

Forniti per depurare gli usi diversi in mancanza di letture effettive (diagnosi)

Superficie dell'abitazione	Fabbisogno specifico [kWh/ gg]
Fino a 50 m ²	4
Oltre 50 e fino a 120 m ²	5
Oltre 120 m ²	6

Alternativa: consumi settimanali estivi = acqua calda sanitaria + uso cottura

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

5

Rilievo dei consumi

- Rilievo da letture successive dell'utente... (o una settimana)
- Rilievo da fatture dei combustibili
 - Tenere conto solo delle letture effettive
 - Tenere conto delle giacenze (anche stimate) per i liquidi
- Per il gas: lettura contatore gas ed anno di costruzione
 - stima del consumo medio annuo complessivo
 - Verificare la possibilità che il contatore abbia fatto il giro!
- Metodi di estrapolazione
 - A gradi-giorno: da applicare al consumo per riscaldamento (base 17...20 °C) → con rilievi settimanali

$$C_{tot} = C_{mis} \cdot \frac{GG_{tot}}{GG_{mis}}$$

- A tempo: da applicare ad acqua calda sanitaria ed uso cottura

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

6



Foto eseguita nel 2006

$2006 - 1999 = 7$

Consumo annuo =

$62823 / 7 = 8900 \text{ m}^3/\text{anno}$

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

7

Metodi di verifica dei calcoli

- Confronto dei consumi reali di combustibile ed energia elettrica con quanto calcolato
 - Il confronto va fatto per le medesime ipotesi: uso e calcolo standard o reale ...difficile forzare un uso od un clima standard)
 - Soluzione: ricalcolo tenendo conto delle condizioni climatiche e di uso contingenti = tailored rating in WI 04 (altri: design / asset).
- Progressione dei consumi in relazione con i gradi-giorno
- **Firma energetica**: mettere a grafico l'energia consumata in un intervallo temporale e la corrispondente temperatura esterna. Nel farlo occorre
 - depurare eventuali usi diversi (ad esempio, sanitario)
 - considerare grandezze coerenti (fabbisogni edificio o consumi generatore?)
 - tener conto dei rendimenti e degli orari di funzionamento

Permette di verificare il coefficiente globale di dispersione dell'edificio ed il corretto dimensionamento del generatore in maniera "visiva"

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

8

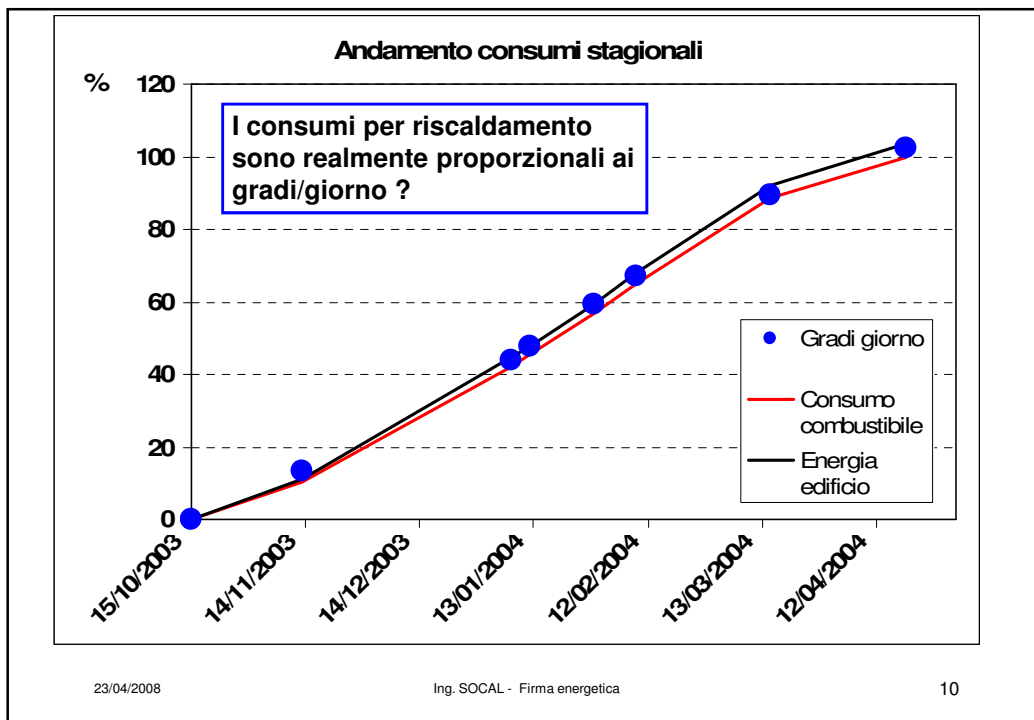
Gestione dell'impianto

- Come si fa a sapere se l'impianto è condotto regolarmente?
 - Come si fa a verificare rapidamente gli effetti degli interventi sull'edificio, sull'impianto o sulla sua conduzione?
- Firma energetica

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

9



Procedura di rilievo della firma energetica

- **Dato di consumo:** letture del contatore di metano → data e consumo (o del contatore su un bruciatore di gasolio)
 - Differenza di data: giorni trascorsi → durata dell'intervallo fra i rilievi
 - Tenendo conto della durata giornaliera → ore di accensione del generatore
 - Differenza di lettura del contatore: gas consumato → kWh consumati
 - kWh consumati / ore accensione generatore (14...24 ore/giorno) → potenza media del generatore nel periodo
- **Dato climatico**
 - Temperatura esterna media sulle 24 ore nello stesso periodo
- **Costruzione del grafico consumo/clima**
 - **Potenza del generatore** / **temperatura esterna**
- **Frequenza ottima delle letture: settimanali**
 - Quotidiani: influenzato da fattori transitori
 - Settimanali: ottima media delle abitudini e tempo congruo per seguire il clima
 - Mensili: buon allineamento dei punti, scarse indicazioni operative, ottimo come riferimento
 - Annuale: solo come primo riferimento

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

11

Calcolo della firma energetica

FIRMA ENERGETICA CON LETTURE DEL COMBUSTIBILE - METANO										
Data		15/10/03	13/11/03	07/01/04	12/01/04	29/01/04	09/02/04	15/03/04	20/04/04	Stagione
Giorni periodo	g		29	55	5	17	11	35	36	188
Ore periodo	h		696	1.320	120	408	264	840	864	4.512
Ore/giorno attivazione impianto	h/gg		17	17	17	17	17	17	17	
Tempo attivazione impianto	h		493	935	85	289	187	595	612	3.196
Contatore metano	Nm ³	0	1.738	6.963	7.496	9.364	10.744	14.630	16.475	
Consumo metano	Nm ³		1.738	5.225	533	1.868	1.380	3.886	1.845	16.475
	MWh		16,9	50,7	5,2	18,1	13,4	37,7	17,9	159,8
Potenza media generatore	kW		34,2	54,2	60,8	62,7	71,6	63,3	29,2	50,0
Potenza media generatore su 24 ore	kW		24,2	38,4	43,1	44,4	50,7	44,9	20,7	35,4
Temperatura esterna	°C		8,8	6,4	2,8	3,1	3,2	4,4	11,1	6,7

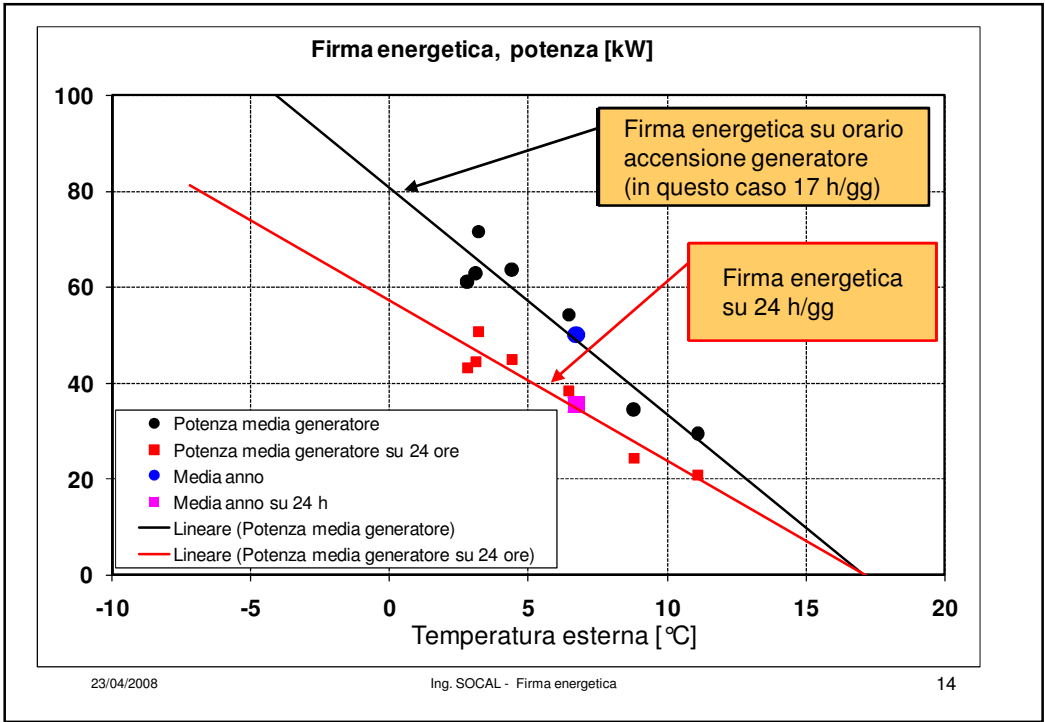
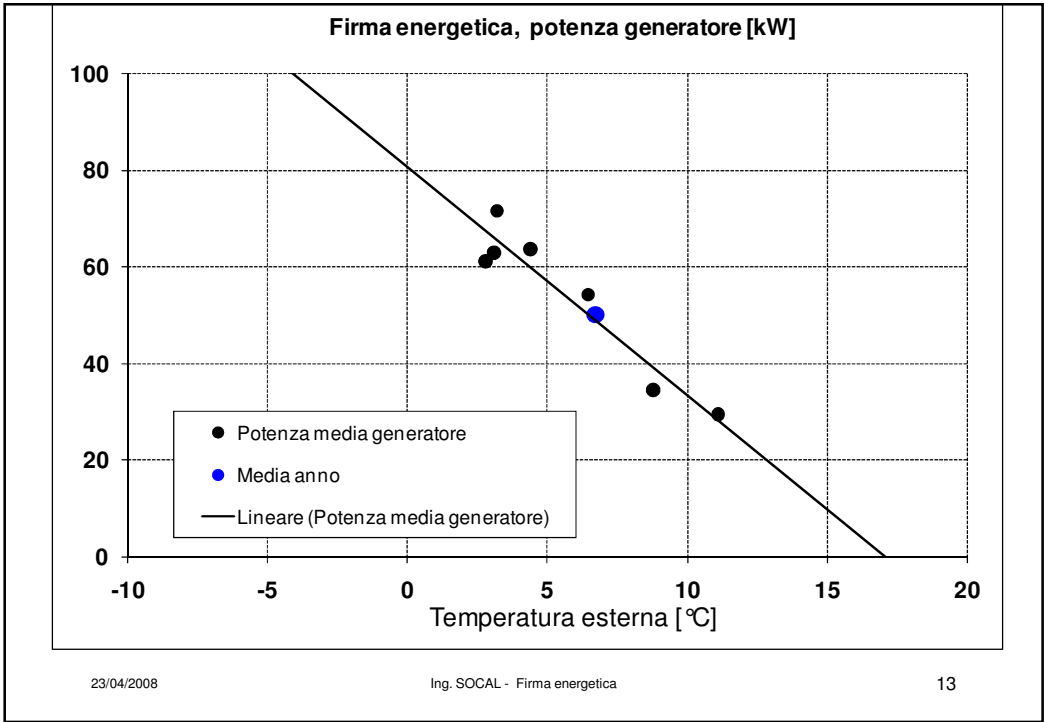
Ulteriori riferimenti

<http://www.isaac.supsi.ch/>

23/04/2008

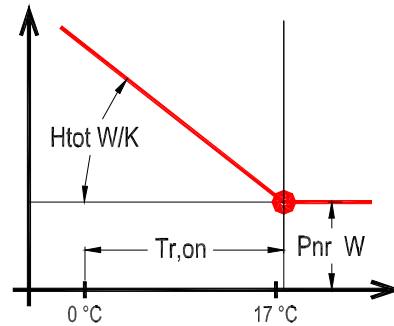
Ing. SOCAL - Firma energetica

12



Interpretazione della firma energetica

- Pendenza della retta H_{tot} → effetti proporzionali alla temperatura
 - Dispersioni dell'edificio
 - Perdite proporzionali dell'impianto
- Ascissa ($T_{r,on}$) del vertice dell'angolo
 - Temperatura esterna alla quale si inizia a riscaldare l'edificio
 - Dipende dalla temperatura interna
 - Dipende dagli apporti interni
- Ordinata (kW) del vertice dell'angolo
 - Usi diversi dal riscaldamento
 - Dispersioni fisse (tipo di rete di distribuzione)



23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

15

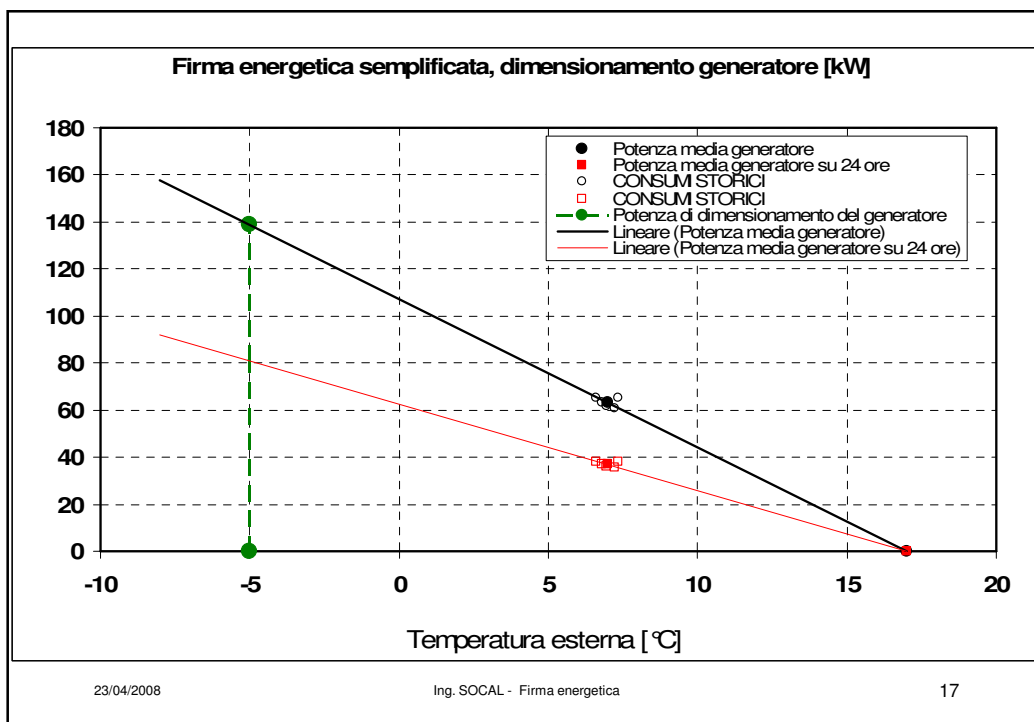
Dimensionamento del generatore

- Calcolo delle dispersioni → dimensionamento elevato
- Potenza media mensile massima + 30%
- Firma energetica semplificata (o di progetto):
 - costruzione firma energetica semplificata con
 - Potenza media annuale → temperatura esterna media stagionale
 - Potenza nulla → temperatura esterna = 17 °C
 - estrapolazione alla temperatura esterna desiderata
- Massimo assoluto: radiatori installati UNI 10200
- Consumo annuo in base al profilo tipico di consumo (Padova):
 - 160 Nm³_{CH4}/kW installato
 - 7 kW / 1000 Nm³/anno
- Unità immobiliari tipiche da 100 m², su edificio vecchio con impianto ottimizzato:
7 kW / unità immobiliare

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

16



Indirizzi dati climatici

- Veneto
<http://www.arpa.veneto.it/datirete.htm>
- Lombardia:
<http://www.arpalombardia.it/meteo/dati/richiesta.asp>
- Emilia:
http://www.arpa.emr.it/sim/?osservazioni_e_dati/dexter
- Piemonte (solo a pagamento!):
<http://www.arpa.piemonte.it/index.php?module=ContentExpress&func=display&bttitle=CE&mid=&ceid=390>

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

18

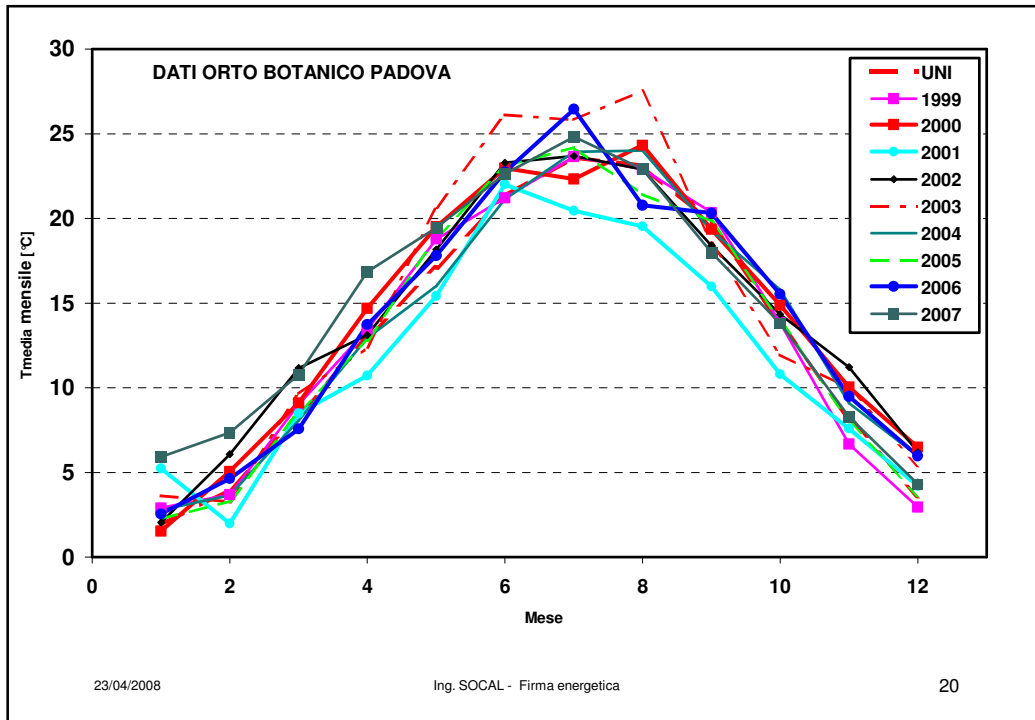
Temperatura dell'aria media mensile - Orto Botanico PD												
	UNI	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
	Giorni	°C										
Gennaio	31	1,9	2,9	1,5	5,3	2,0	3,6	2,8	2,3	2,6	5,9	5,7
Febbraio	28	4	3,7	5,1	2,0	6,1	3,3	3,6	3,3	4,7	7,4	5,8
Marzo	31	8,4	9,0	9,1	8,5	11,2	9,7	8,1	8,6	7,6	10,8	8,8
Aprile	30	13	13,4	14,7	10,7	13,1	12,4	12,9	12,8	13,7	16,9	
Maggio	31	17,1	18,8	19,5	15,4	18,2	20,7	16,0	18,9	17,8	19,5	
Giugno	30	21,3	21,2	23,0	22,0	23,3	26,1	21,1	23,1	22,7	22,6	
Luglio	31	23,6	23,6	22,3	20,4	23,7	25,8	23,9	24,2	26,4	24,8	
Agosto	31	23,1	22,9	24,3	19,5	22,9	27,5	24,0	21,4	20,8	22,9	
Settembre	30	19,7	20,4	19,4	16,0	18,4	18,5	19,3	19,8	20,3	18,0	
Ottobre	31	13,8	13,8	14,9	10,8	14,3	12,0	15,8	14,0	15,5	13,8	
Novembre	30	8,2	6,7	10,1	7,6	11,2	10,0	9,1	8,0	9,5	8,3	
Dicembre	31	3,6	2,9	6,5	4,2	6,2	5,4	6,0	3,6	6,0	4,3	
Aprile 1-15	15	11,9	13,4	11,6	9,1	11,2	9,2	11,2	12,0	11,3	15,3	
Ottobre 15-31	17	12,3	13,0	14,1	9,9	13,9	8,7	14,8	13,5	14,4	11,6	

Gradi giorno stagione - Orto Botanico PD										
Stagione riscaldamento	UNI	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	
Gradi giorno	°C·d	2572	2517	2298	2385	2254	2457	2340	2464	1991
Deviazione su 2003	%		11,7	2,0	5,8	0	9,0	3,8	9,3	-11,6

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

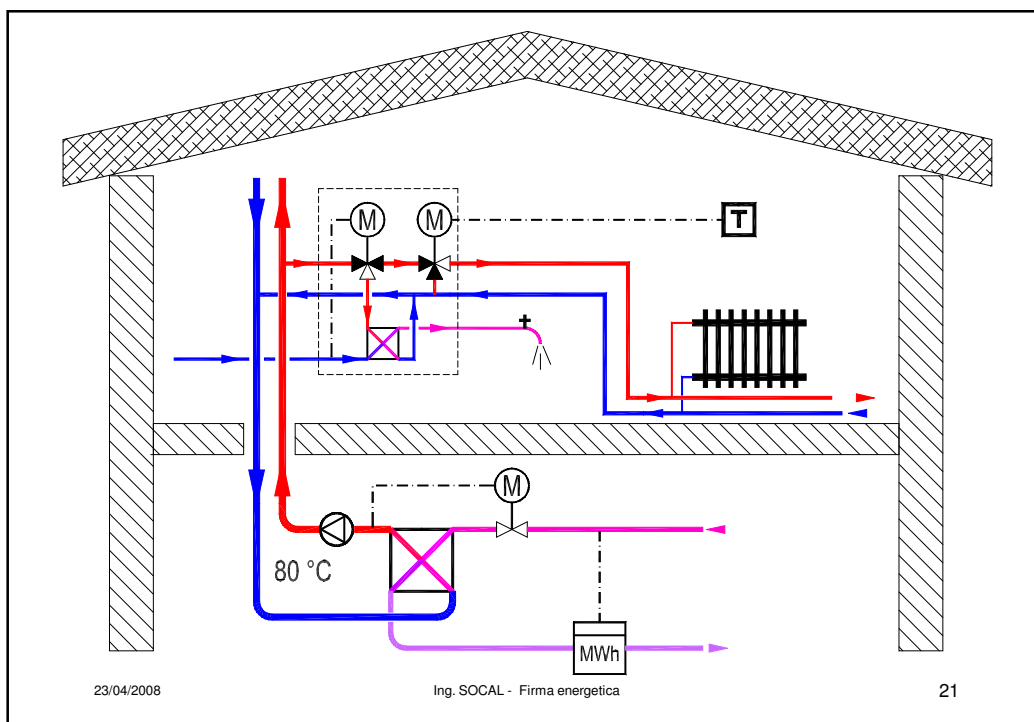
19



23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

20



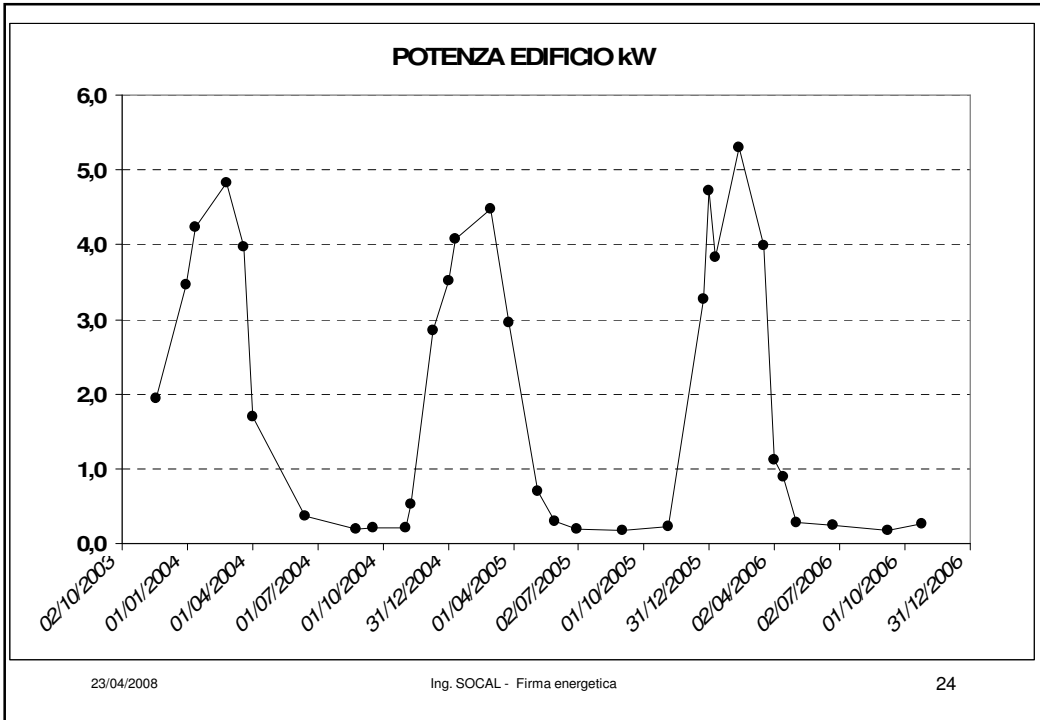
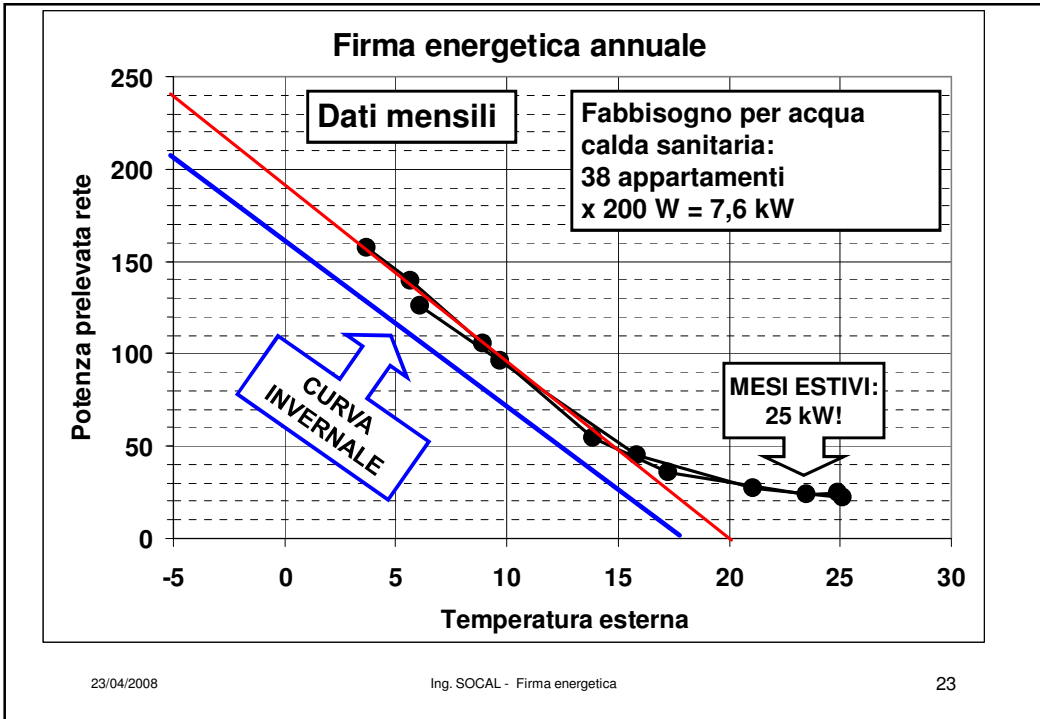
Un esempio pratico

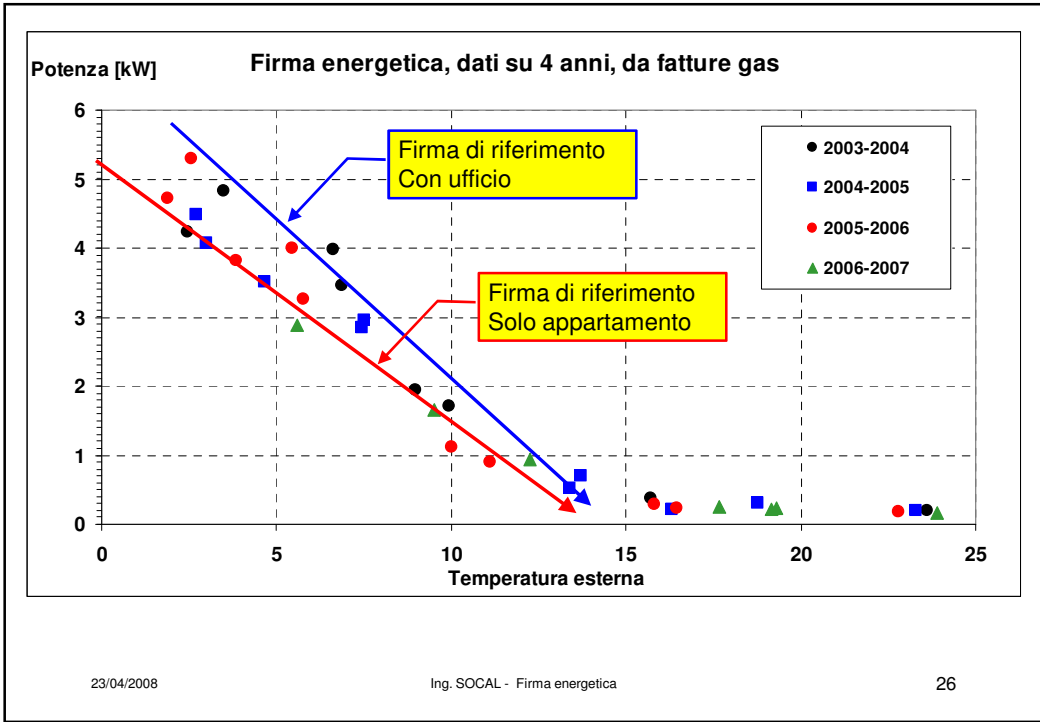
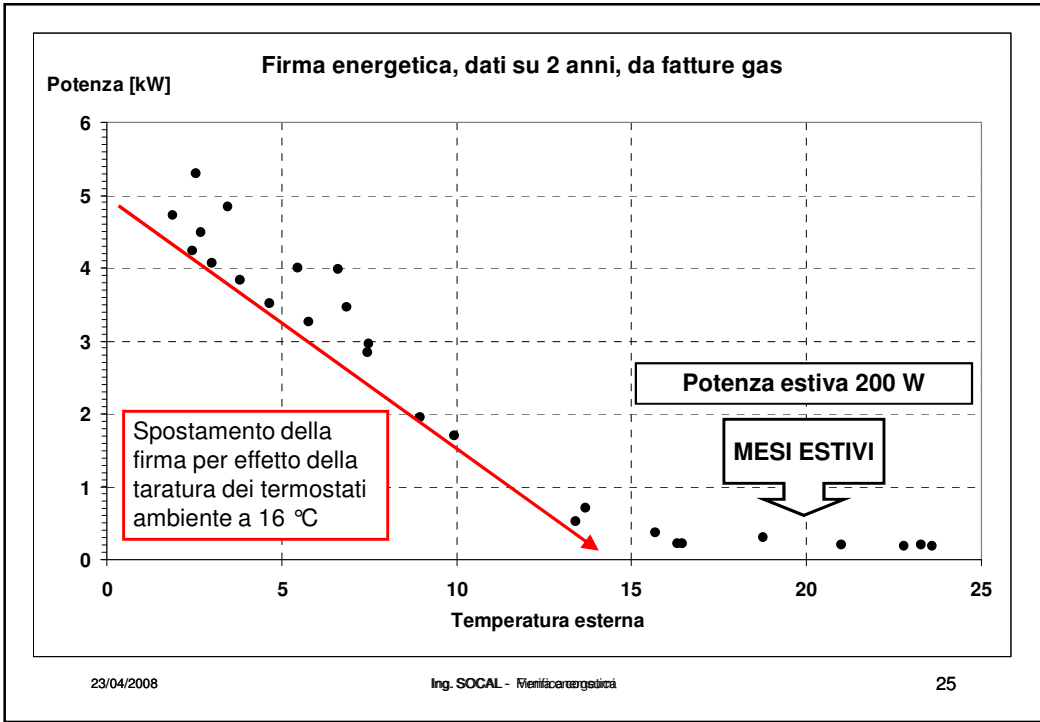
- Edificio progettato nel 1999 e realizzato nel 2000
 - Fonte di calore: teleriscaldamento di quartiere
 - Rete interna:
 - Scambiatore
 - Rete a circolazione permanente
 - Satelliti di utenza con valvole a 3 vie per il circuito riscaldamento e scambiatore per la produzione istantanea di acqua calda sanitaria
- Valore di rendimento di distribuzione dichiarato e sottoscritto con la dichiarazione di rispondenza del progetto: 0,96...0,97
- La realtà, dopo aver ricalcolato le perdite con UNI 10347 e tenuto conto in maniera analitica delle perdite recuperate :
 - Rendimento di distribuzione nel funzionamento invernale: < 0,90
 - Rendimento di distribuzione nel funzionamento estivo: < 0,35 (nel funzionamento estivo equivale ad un ricircolo)
- Se si tiene conto anche dei consumi elettrici, altro -3% nel funzionamento invernale...

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

22





Analisi dei consumi

Possibili cause di deviazione dai consumi prevedibili:

- Caratteristiche dell'edificio
 - Pendenza della firma energetica invernale eccessiva (coibentazione involucro inferiore a quanto stimato/dichiarato/ progettato)
 - Consumi costanti elevati in estate (perdite di rete maggiori del calcolato, coibentazione della rete di ricircolo inferiore a quanto stimato/dichiarato/ progettato, perdite di acqua calda sanitaria...)
- Comportamento dell'utenza
 - Temperature elevate (firma spostata in alto, pendenza corretta)
- Utilizzo dell'edificio
- Perdite di combustibile o di acqua
 - Potenza aggiuntiva costante
- Consumi anomali di acqua calda sanitaria (perdita rubinetti...)
- Regolazioni inadeguate od errate
 - Gobba della firma in corrispondenza alle stagioni intermedie
- Andamento climatico sfavorevole → nella firma il clima è neutralizzato

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

27

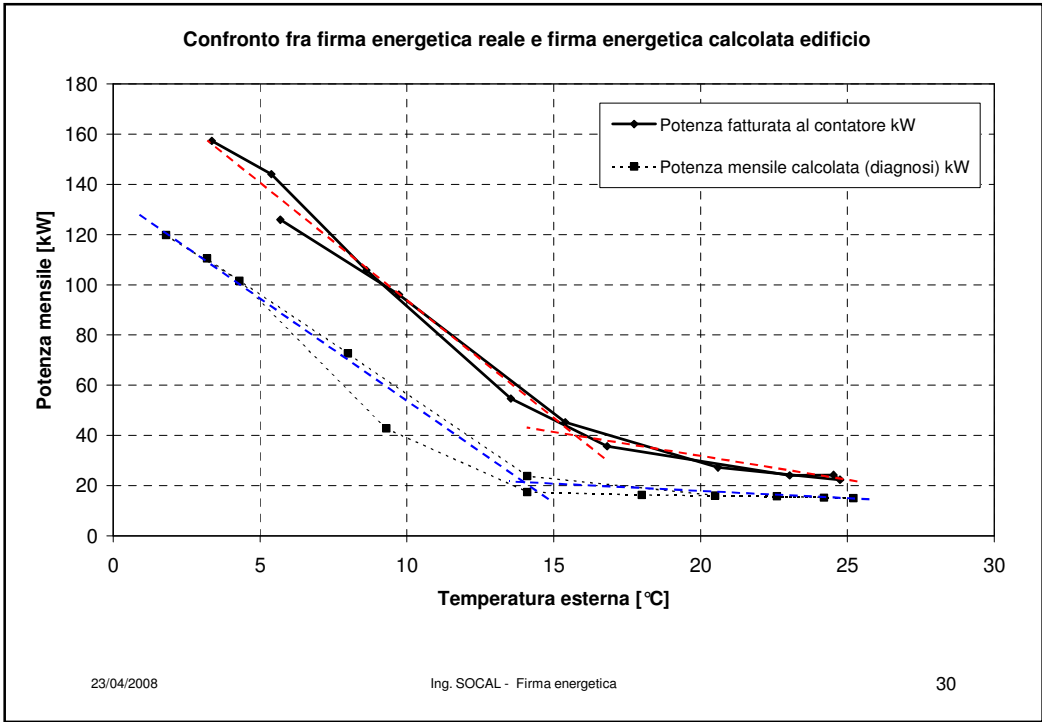
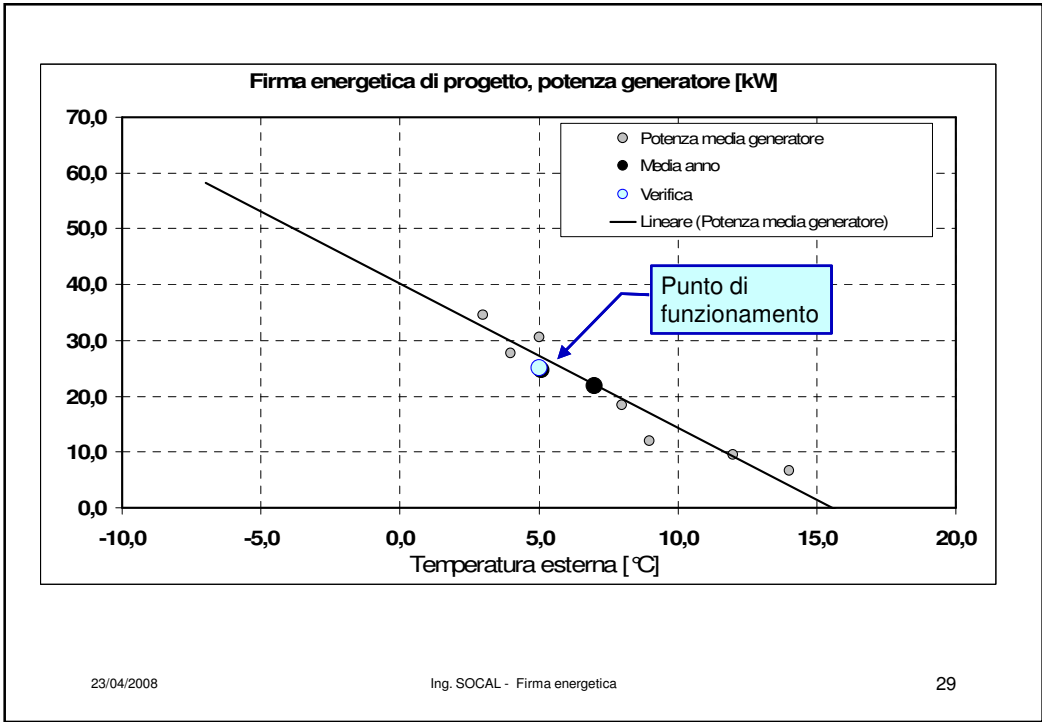
Firma energetica di progetto

- Firma energetica di progetto = mettere a grafico
 - Potenze medie mensili calcolate (Q_c / durata mese)
 - Temperatura esterna media mensile UNI.
= grafico costruibile in 5 minuti
- Verifica della congruità dei consumi:
 - Fare un rilievo su 1 giorno o, meglio, 1 settimana
 - Consumo di combustibile
 - Temperatura esterna media (tutta la giornata)
 - Valutare la posizione del punto risultante
 - Sulla curva o sotto la firma energetica di progetto OK
 - Sopra la curva: maggiori indagini richieste, confrontare con la firma energetica complessiva

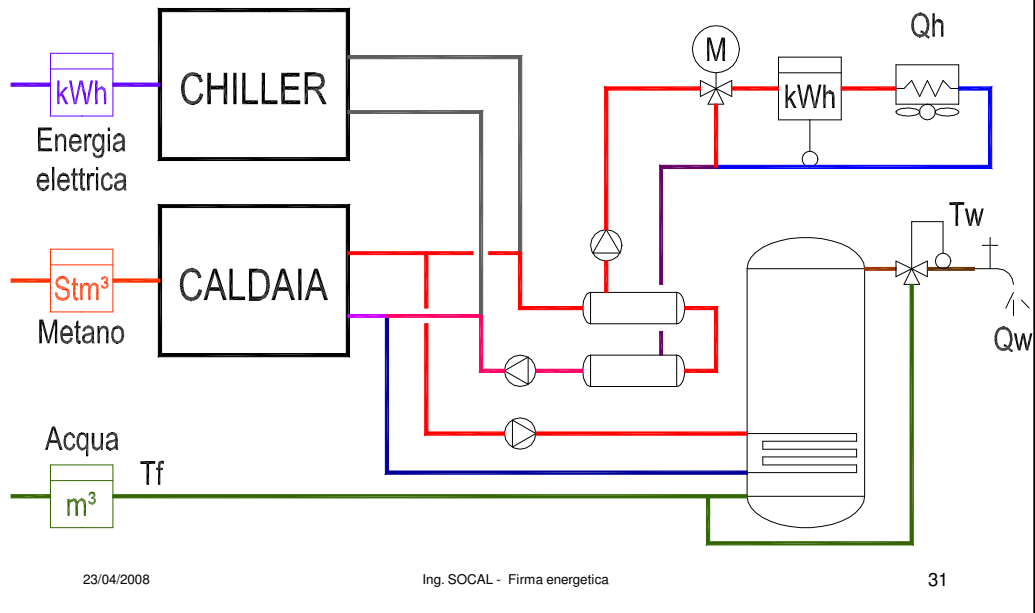
23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

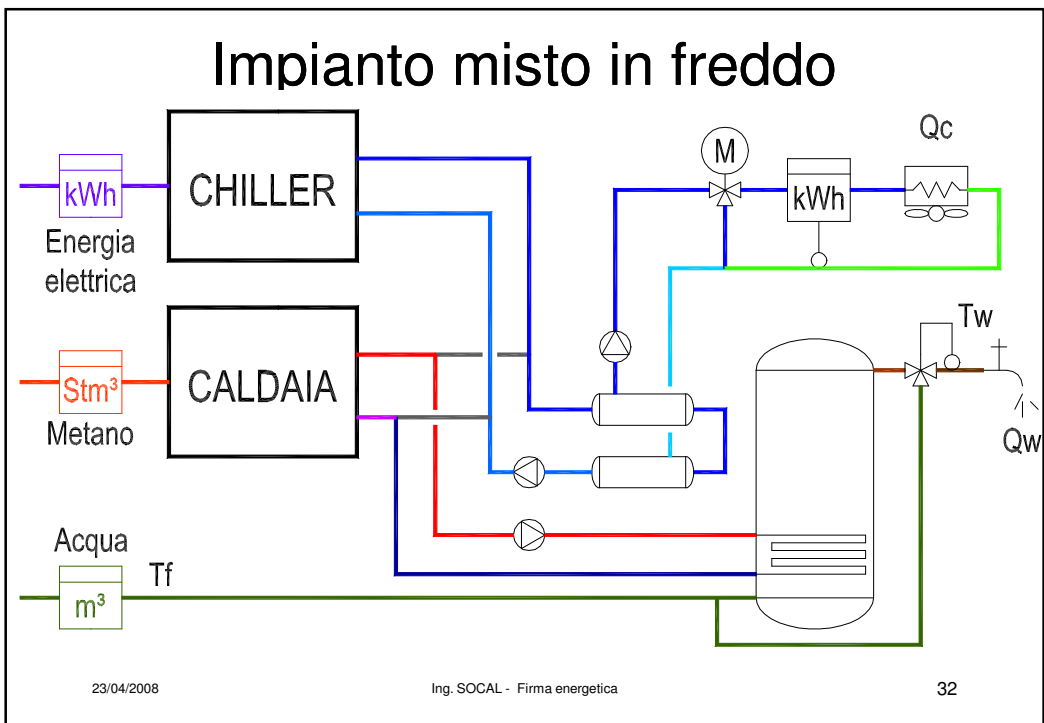
28



Impianto misto caldo/freddo



Impianto misto in freddo



DATI INIZIALI						
Data	Lettura Nm ³	Consumo		dati intervallo		
		Nm ³ CH ₄	kWh	Ore	°C	kW
14/02/2006	0					
27/03/2006	1.075	1.075	10.320	984	6,3	10,5
28/04/2006	2.801	1.726	16.570	768	13,5	21,6
21/07/2006	2.801	0	0	2.016	21,3	0,0
02/10/2006	2.801	0	0	1.752	21,6	0,0
23/10/2006	2.941	140	1.344	504	15,4	2,7
24/11/2006	4.325	1.384	13.286	768	10,9	17,3
20/12/2006	5.544	1.219	11.702	624	8,3	18,8
15/02/2007	8.860	3.316	31.834	1.368	5,4	23,3
19/04/2007	11.387	2.527	24.259	1.512	11,7	16,0
22/05/2007	11.741	354	3.398	792	18,7	4,3
29/06/2007	11.741	0	0	912	22,1	0,0
30/09/2007	11.741	0	0	2.232	22	0,0
29/10/2007	12.153	412	3.955	696	14	5,7
26/11/2007	13.561	1.408	13.517	672	8,9	20,1
15/04/2008	21.082	7.521	72.202	3.384	7,9	21,3
TOTALE		21.082	202.387			

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

33

Bilancio complessivo			
	Nm ³ CH ₄	kWh	
Totale consumo energetico	21.082	202.387	
Energia consegnata ai contacalorie		92.527	
Rendimento globale		0,457	
Rendimento di combustione			0,90
Consumo per produrre l'energia consegnata		102.808	
Consumo per le perdite		99.579	

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

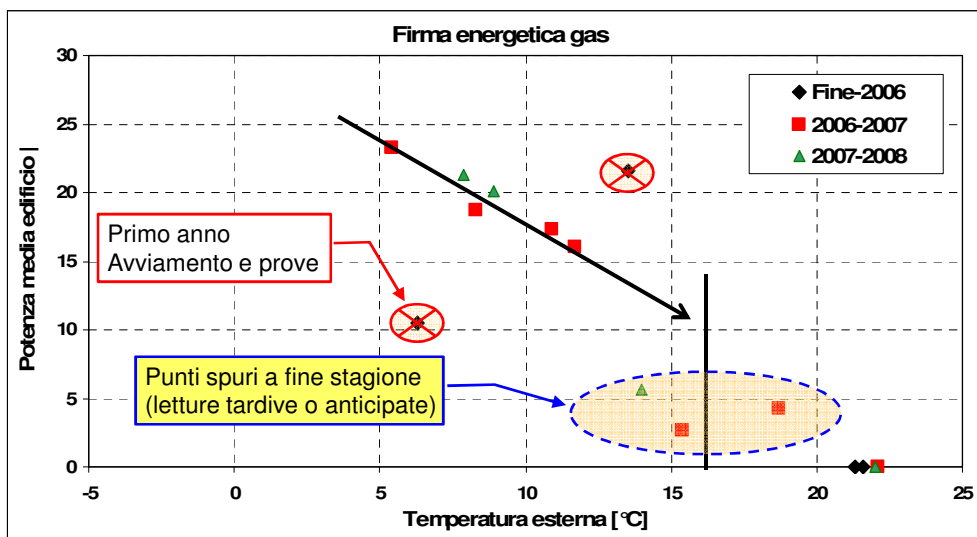
34

Valutazione su 2 anni		
Consumo energetico	Nm ³ CH ₄	18.281
	kWh	175.498
Rendimento globale rete		0,457
Energia utile consegnata	kWh	80.234
Rendimento di combustione		0,90
Consumo per l'energia consegnata	kWh	89.149
Consumo per le dispersioni	kWh	86.349
Durata delle dispersioni	h	8.640
Potenza media delle dispersioni	kW	10,0

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

35



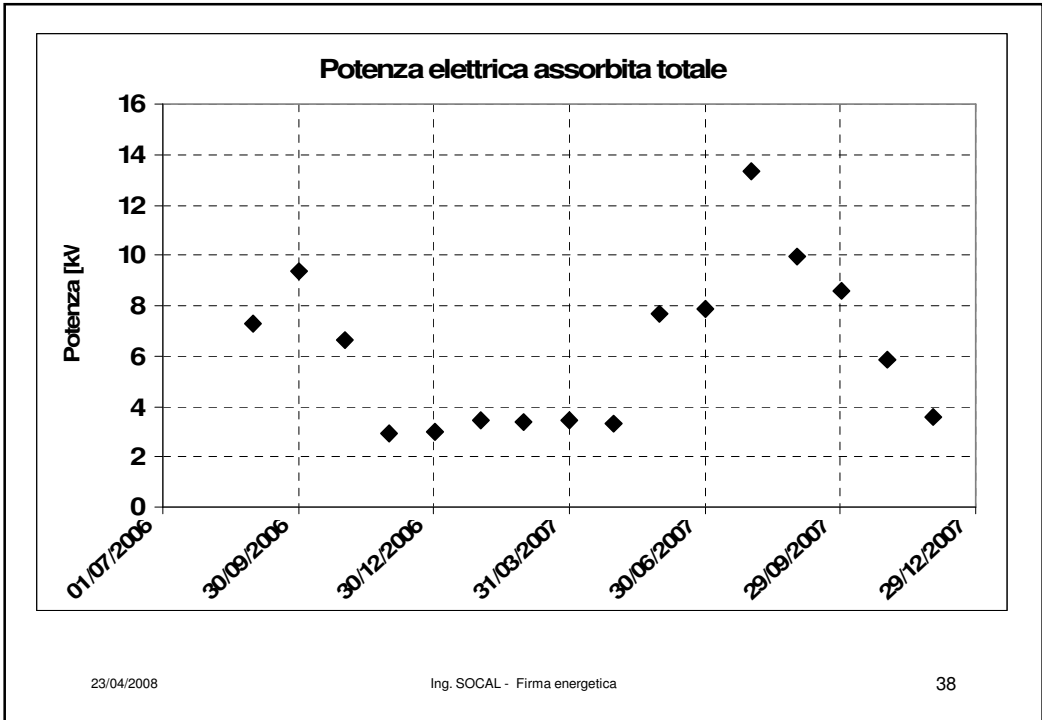
23/04/2008

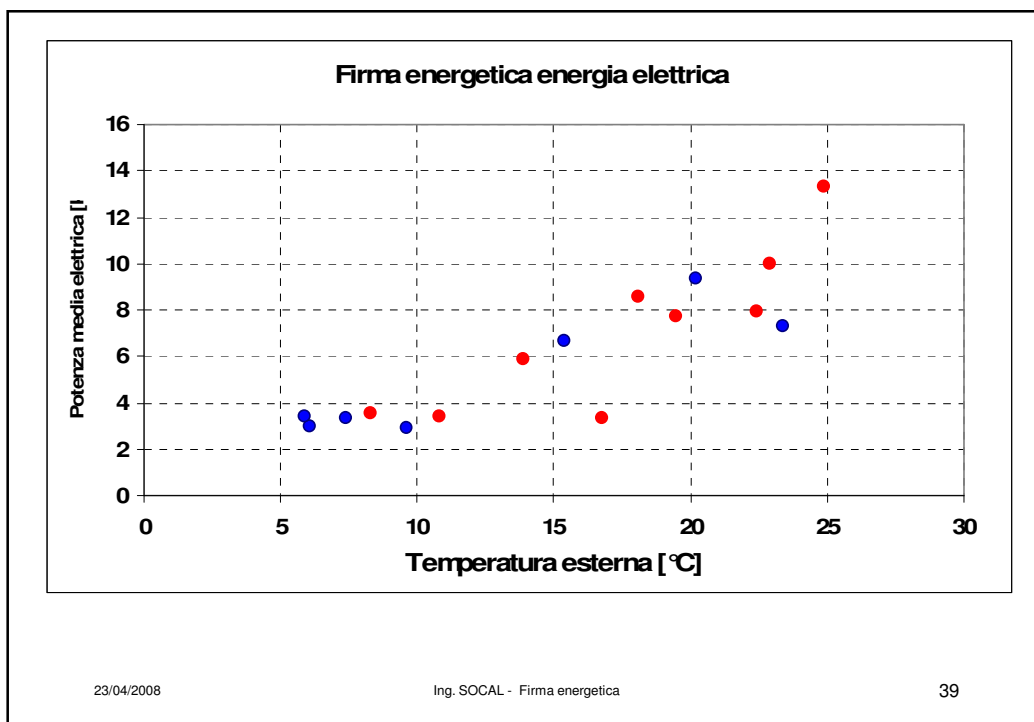
Ing. SOCAL - Firma energetica

36

CONSUMI ELETTRICI SU 2 ANNI		
Energia elettrica assorbita	kWh	35.705
Energia frigorifera utile consegnata	kWh	23.485
COP		2,0
Consumo per produzione utile	kWh	11.743
Consumo elettrico per rete e stand-by macchina	kWh	23.963
Durata raffrescamento	gg/anno	180
Durata raffrescamento	h	8.640
Potenza media sprecata	kW	2,77

23/04/2008 Ing. SOCAL - Firma energetica 37





Verifica degli impianti a.c.s.

- Fabbisogno (facilmente misurabile):
 - V : m³ di acqua prelevata (contalitri)
 - T_c [°C] = Temperatura di consegna
 - T_f [°C] = Temperatura dell'acqua fredda sanitaria
- Energia primaria
 - Q_c [kWh] = Metano a contatore

$$\eta_w = \frac{Q_w}{Q_c} = \frac{V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_c - T_f)}{Nm^3 \cdot P.C.I.}$$

23/04/2008

Ing. SOCAL - Firma energetica

40

Uso della firma energetica

- Strumento di **gestione**
 - Costruire la **firma di riferimento** in base allo storico
 - Verificare la gestione con i punti di funzionamento
- Strumento di **progettazione**
 - Costruire la **firma di progetto** in base a E_p (o Q_c) mensili e Test mensili
 - Verifica del dimensionamento del generatore
 - Verifica della rispondenza calcolo/esercizio con punti di esercizio
- In quale ambito?
 - Firma invernale su gas → riscaldamento
 - Firma estiva su energia elettrica → condizionamento
- Limiti di applicabilità
 - Adatta per gli edifici esistenti, poco isolati
 - Meno adatta agli edifici nuovi con elevati apporti → metodo H-m
 - Criterio di verifica: addensamento/dispersione dei punti
 - Necessario discriminare eventuali perdite fisse dell'impianto