

Milano 18/04/2018

RISCALDARE E RISPARMIARE

Sistemi di Riscaldamento a Confronto

Relatore: Dott. Ing. Francesco Paoletti



Dipartimento di Energetica Sergio Stecco
Università degli Studi di Firenze



Riscaldare e Risparmiare la grande sfida della climatizzazione degli edifici.

Il riscaldamento degli edifici è un problema che ha avuto storicamente soluzioni semplici e funzionali ma spesso non efficienti.

Coniugare riscaldamento e risparmio è l'impegno che tutti gli attori del sistema (progettisti architettonici, progettisti impiantisti, costruttori di macchine e sistemi di riscaldamento, legislatori) si sono assunti/imposti con lo scopo di abbattere le emissioni inquinanti in atmosfera.

La conoscenza dei sistemi di riscaldamento e dei fenomeni che regolano il fabbisogno energetico degli edifici e le dinamiche di interazione tra edificio impianto è fondamentale per centrare l'obiettivo di riscaldare risparmiando.



Impianti di riscaldamento maggiormente diffusi

RADIATORI



Classico impianto di riscaldamento

Materiali più diffusi: acciaio alluminio

**Generatore di calore: caldaia/pompa di calore,
energie alternative**

Regolazione semplice economica ed efficace

Bassa inerzia termica

minimi consumi elettrici per ausiliari

Adatti a riscaldare qualsiasi tipo di edificio civile

**Per abitazioni edifici scolastici ottimali per
funzionamento impianto discontinuo**

Risparmio energetico

Semplicità

Bassi costi di installazione

Impianti di riscaldamento maggiormente diffusi

PAVIMENTO RADIANTE



Composto da circuiti di tubazione in PEX per ogni ambiente annegati nel pavimento

Generatore di calore: caldaia/pompa di calore, energie alternative

Regolazione elaborata soprattutto per singolo ambiente e poco efficace

Alta inerzia termica

consumi elettrici per ausiliari elevati

Adatti a riscaldare edificio con bassa variabilità dei carichi termici e alta inerzia termica

Inadatti al funzionamento discontinuo

Sistema complesso

Necessità di trattamento antialghe acqua di riempimento

Alti costi di installazione

Fattori che influenzano la quantità di energia necessaria a riscaldare un edificio:

- **Caratteristiche termoigrometriche dei materiali costituenti l'involucro edilizio**
- **Efficienza impiantistica**
- **Consumi elettrici ausiliari**
- **Interazione edificio impianto: è funzione dei parametri sopra citati ed anche della**
- **Destinazione d'uso dell'edificio: contribuisce a determinare modalità di funzionamento impianto**

La ricerca della massima efficienza e sostenibilità è rivolta alla massimizzazione di tutti questi parametri in relazione tra loro avendo come obiettivo il

**MIGLIOR COMPROMESSO EDIFICIO-IMPIANTO
IN FUNZIONE
DELLA DESTINAZIONE D'USO DELL'EDIFICIO**

Fabbisogno energetico degli edifici

Involucro Edilizio

- L'involucro edilizio è il principale responsabile del fabbisogno termico di un edificio e di conseguenza dei suoi consumi energetici.
- Concetto fondamentale:
- La quantità di calore necessaria a riscaldare un edificio dipende **unicamente ed esclusivamente** dalle sue caratteristiche costruttive.
- Dato un edificio l'energia attiva che deve essere fornita dal sistema di emissione per mantenerlo alla temperatura di 20 °C **è la stessa indipendentemente** dal tipo di impianto presente.
- A titolo di esempio:



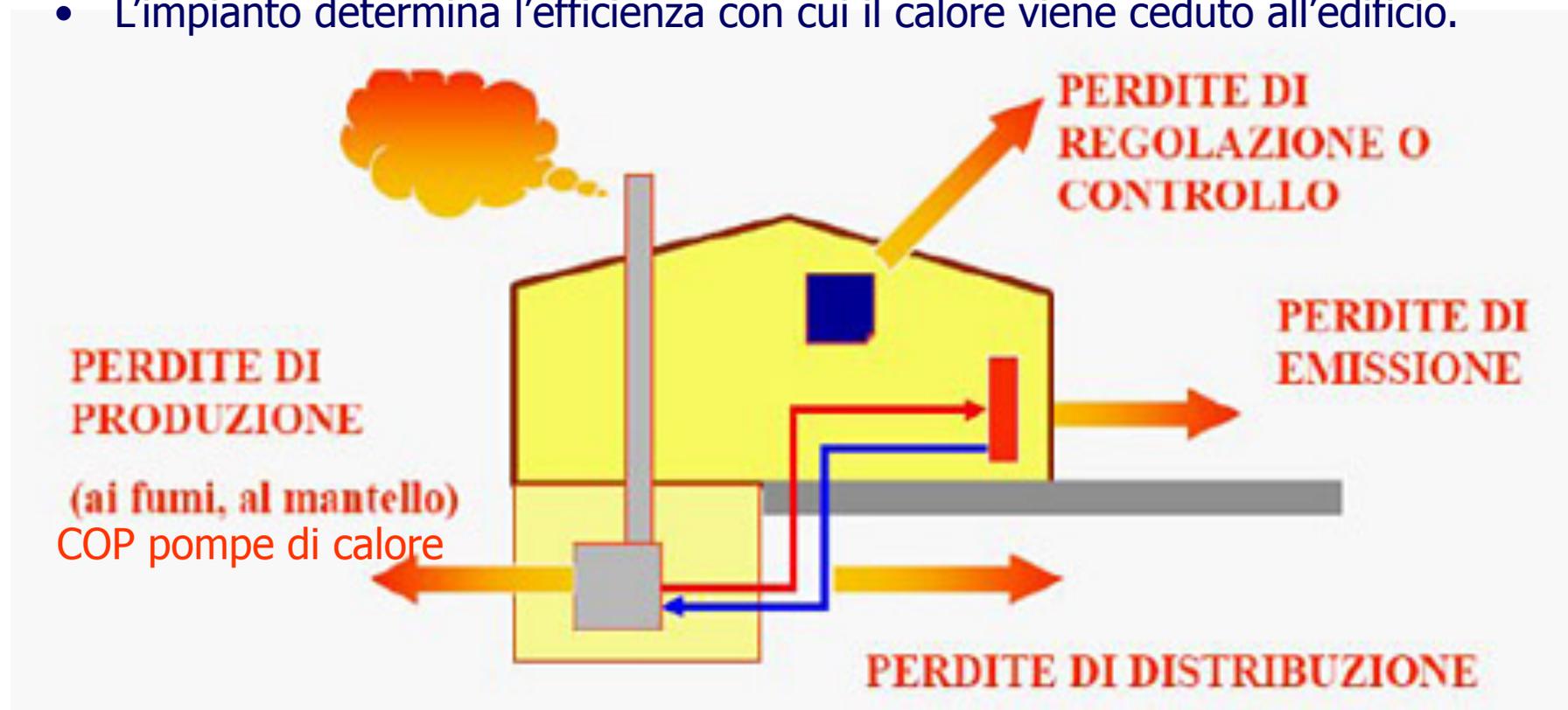
Classe Energetica	Superficie riscaldata	Potenza termica richiesta
A	100 mq	6.000 W
F	100 mq	17.400 W

Fabbisogno energetico degli edifici Efficienza Impiantistica

UNI/TS 11300 – parte 2- parte 4

Nuova definizione di Edificio: Involucro + Impianto

- L'impianto determina l'efficienza con cui il calore viene ceduto all'edificio.



Attenzione: il rendimento di regolazione è funzione anche della inerzia termica del sistema di emissione

Fabbisogno energetico degli edifici

RENDIMENTO DI PRODUZIONE

E' funzione delle caratteristiche del generatore e dipende anche dalle caratteristiche dei corpi scaldanti

Il rendimento di combustione per le caldaie a condensazione o il COP per le pompe di calore è influenzato dalla temperatura media dell'acqua dell'impianto, più questa temperatura è bassa maggiore sarà il rendimento.

Scopo della progettazione e scelta dell'impianto è fare sì che il generatore di calore lavori per il maggior numero di ore possibile alla temperatura più bassa

RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE

E' funzione della lunghezza della rete e soprattutto del suo isolamento.

Per massimizzarlo è necessario contenere il più possibile lo sviluppo delle tubazioni ed impiegare isolanti efficaci.

E' inoltre influenzato dai consumi elettrici degli ausiliari.

E' influenzato dalla temperatura media dell'acqua nell'impianto.

Per massimizzarlo è opportuno impiegare terminali di impianto che operano a bassa temperatura.

Bassa temperatura: temperatura media dell'acqua di impianto < 50 °C

Terminali per bassa temperatura:

- Fancoil
- Pannelli radianti
- Radiatori

Mito da sfatare:

I RADIATORI NON LAVORANO A BASSA TEMPERATURA

AFFERMAZIONE FALSA

Tutti i radiatori di qualsiasi produttore sono adatti per lavorare a bassa temperatura. La potenza resa al variare del Delta T di progetto viene indicata per valori di Delta T compresi tra 20 e 60 °C. In alternativa può essere calcolata usando la formula:

$$P = k_m * \Delta T^n$$

Dove K_m ed n sono caratteristici dei radiatori. Un radiatore ha una resa maggiore alle basse temperature quanto più è basso l'esponente n .

RENDIMENTO DI EMISSIONE

Viene definito dalla Norma UNI TS 11300 2 prospetto 17

Terminale	Carico Termico medio annuo $W/m^3 \leq 4$
Radiatori su parete esterna isolata	0.98
Pannelli annegati a pavimento	0.99
Pannelli annegati a soffitto	0.97
Pannelli a parete	0.97

Il carico medio annuo si ottiene dividendo il fabbisogno di energia termica utile espresso in Wh per il tempo convenzionale di esercizio dei terminali espresso in ore e per il volume riscaldato espresso in metri cubi

RENDIMENTO DI REGOLAZIONE Prospetto 20 Norma UNI TS 11300/2

Tipo di regolazione	Caratteristiche regolazione	Sistemi a bassa inerzia termica	Sistemi ad alta inerzia termica	
		Radiatori convettori strisce radianti aria calda	Pannelli annegati nelle strutture e disaccoppiati termicamente	Pannelli annegati nelle strutture e disaccoppiati termicamente
Solo di zona	On Off	0.93	0.91	0.87
	P banda proporzionale 1 °C	0.97	0.95	0.91
Zona + climatica	On Off	0.96	0.94	0.92
	P banda proporzionale 1 °C	0.97	0.96	0.94

**Importante distinzione tra sistemi a
Bassa Inerzia Termica
Alta Inerzia Termica**

Apporti gratuiti

**Bassa inerzia termica: SI
Alta inerzia termica: No**

**Domanda: l'impianto lavora
sempre in condizioni nominale
(max potenza erogata)?**

Risposta: NO

**Solo una piccola % del tempo
di funzionamento avviene in
condizioni nominale**

**Per la parte prevalente del
tempo l'impianto funziona in
regolazione**

- Fabbisogno Energia: Edificio
- Erogazione dell'energia necessaria: Impianto

Rendimento complessivo: simile tra radiatori e pannelli radianti

Pannelli radianti	Radiatori
0.940	0.951

**QUINDI A PARITA' DI CONDIZIONI DI UTILIZZO PER LO
STESSO EDIFICIO SI ASPETTANO
CONSUMI ANALOGHI INDIPENDENTEMENTE DAL TIPO DI
IMPIANTO**

**Le condizioni di uso sono necessariamente identiche a pari
destinazione dell'immobile?**

Interazione edificio impianto

Destinazione d'uso dell'immobile:

Influisce sulle modalità di funzionamento dell'impianto:

Continuo

In attenuazione

L'impianto deve essere quindi in grado di ottimizzare il suo rendimento in funzione del regime di funzionamento.

Altro fattore da tenere in conto: inerzia dell'involucro.

Interazione edificio impianto

Sistemi ad alta inerzia termica

Funzionamento Continuo: SI

Funzionamento Intermittente: NO

Sistemi a bassa inerzia termica

Funzionamento continuo: SI

Funzionamento intermittente: SI

Edifici residenziali: occupati non stabilmente, utile ai fini del risparmio energetico il funzionamento intermittente

Una ulteriore caratteristica positiva dei sistemi a bassa inerzia termica è la possibilità di

SFRUTTARE AL MASSIMO GLI APPORTI TERMICI GRATUITI

e seguire la variabilità delle condizioni climatiche esterne

UN CONFRONTO REALE DI PRESTAZIONI ENERGETICHE

Si analizzano i risultati ottenuti dal confronto di prestazioni tra pannelli radianti e radiatori eseguito da GLOBAL Radiatori con la collaborazione del Dipartimento di Energetica dell'Università di Firenze, durante gli inverni 2009 e 2010

Per eseguire il confronto sono state realizzate 2 camere di prova identiche per dimensioni e tipologia costruttiva.

Le strutture sono realizzate con le tre pareti interne in cartongesso, doppia lastra con interposta lana di roccia, e la parete esterna in calcestruzzo armato con interposto foglio isolante, il solaio in calcestruzzo armato, isolante e massetto, il soffitto con doppia lastra di cartongesso ed interposta lana di roccia.

Fabbisogno energetico: equivalente ad un edificio di circa 50/60 m² in classe A+

Generatore di calore: 2 pompe di calore ad acqua/aria Rhoss modello THAEYT 107, Potenza termica nominale 7.50 kW.

Camera di prova 1: riscaldamento con pannelli radianti n° 3 circuiti passo 50

Camera di prova 2: riscaldamento con radiatori in alluminio Global Vox 800 operanti a bassa temperatura (ΔT 22.5)

Camere di prova



Camera di prova 1: pannelli radianti



Camera di prova 2: radiatori in alluminio GLOBAL Vox 800



**Risultati della campagna di prove inverno 2009:
Energia totale consumata dal 10/02/2009 al 01/05/2009**

Descrizione delle prove

Funzionamento continuo 24 ore

Funzionamento intermittente su 2 fasce orarie

Funzionamento intermittente su 3 fasce orarie

Regolazione radiatori on/off su PC o su apertura/chiusura valvola deviatrice

Regolazione pannelli radianti comando on/off su circolatore secondario

Temperatura di set point pompe di calore 45 °C

Temperatura mandata pannelli radianti 40 °C

MONITOR 2003 - RIEPILOGO DAL 10/02/2009 AL 01/05/2009

=====

SIGLA	DESCRIZIONE	VALORE
-------	-------------	--------

=====

C.046-	PANNELLI: ENERGIA ATTIVA	861.898 kWh TOTALIZZATORE
--------	--------------------------	---------------------------

C.048-	RADIATORI: ENERGIA ATTIVA	638.999 kWh TOTALIZZATORE
--------	---------------------------	---------------------------

**L'edificio con l'impianto a pannelli radianti
ha consumato il 34.9 % in più**

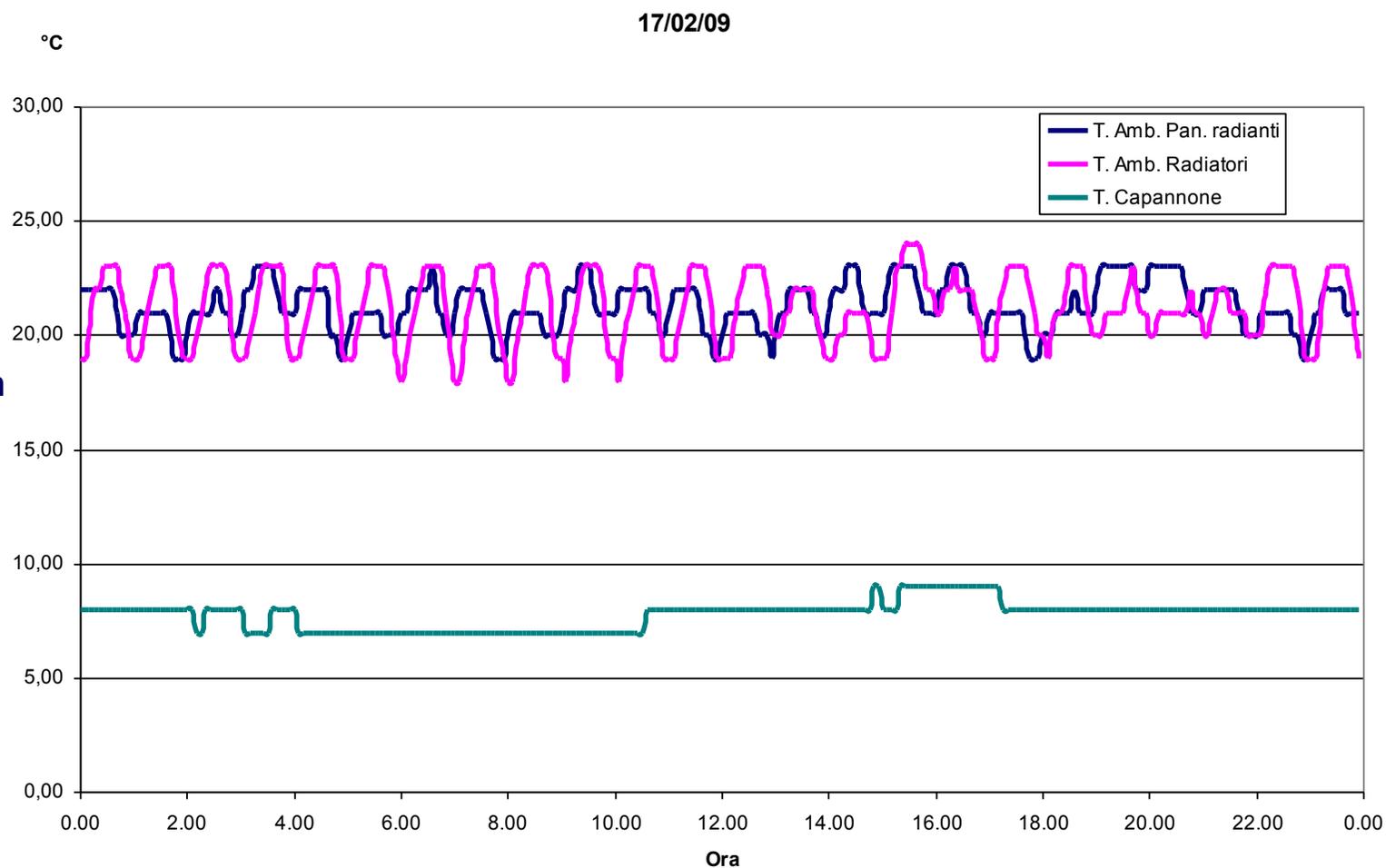
Andamento Temperatura interna con orario di funzionamento continuo nelle 24 ore

Energia consumata dal 16/02/09 20/02/2009 :

Pannelli: 87.4 kWh

Radiatori: 79.0 kWh

Diff. % 10.6



**Andamento Temperatura interna con orario di funzionamento
05:00 - 08:00 e 17:00 - 23:00 Radiatori funzionamento on/off
Regolazione pannelli on/off solo su circolatore ausiliario**

24/02/09

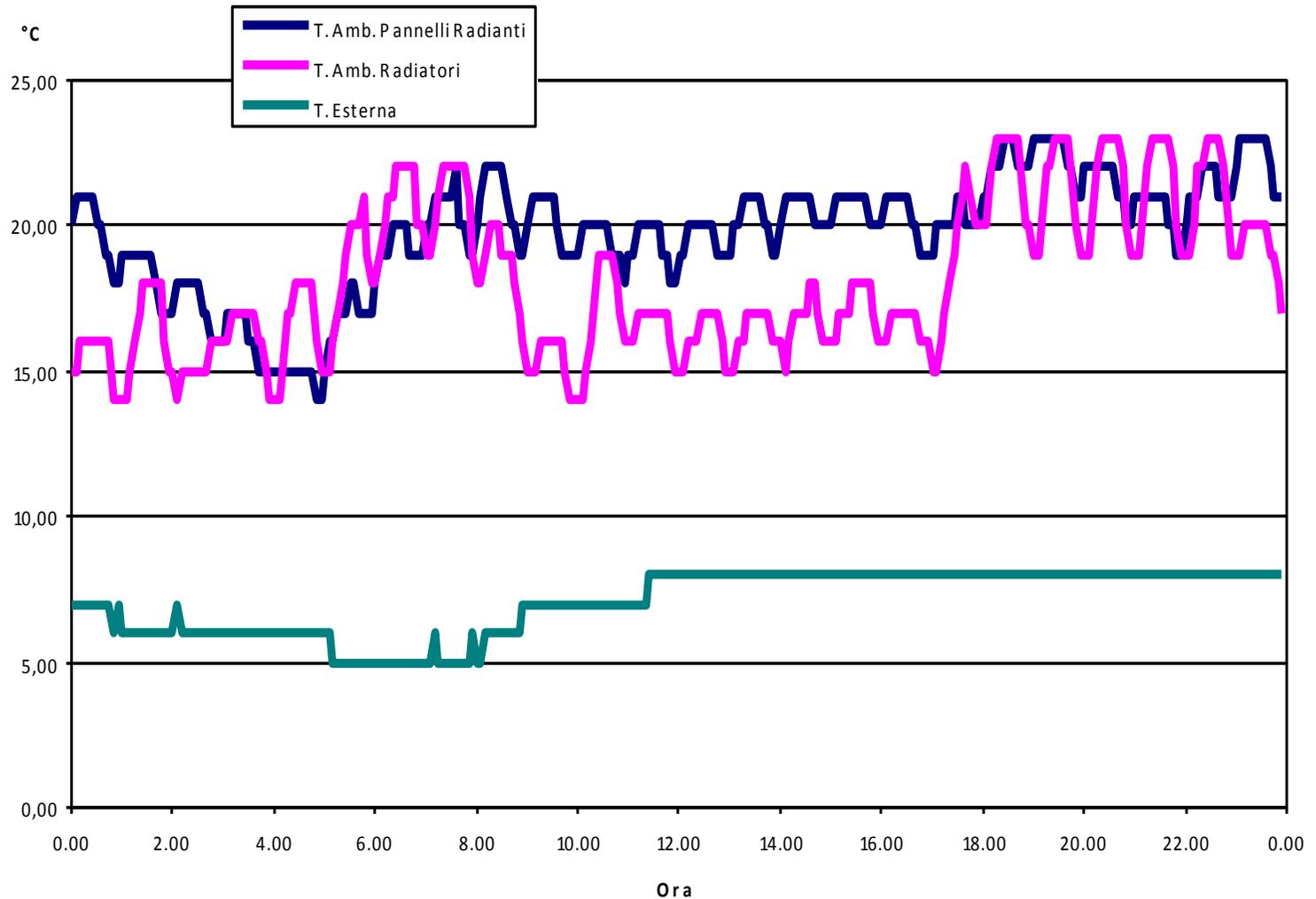
**Energia
consumata dal
24/02/09**

03/03/2009 :

Pannelli: 115.9 kWh

Radiatori: 82.9 kWh

Diff. % 39.8



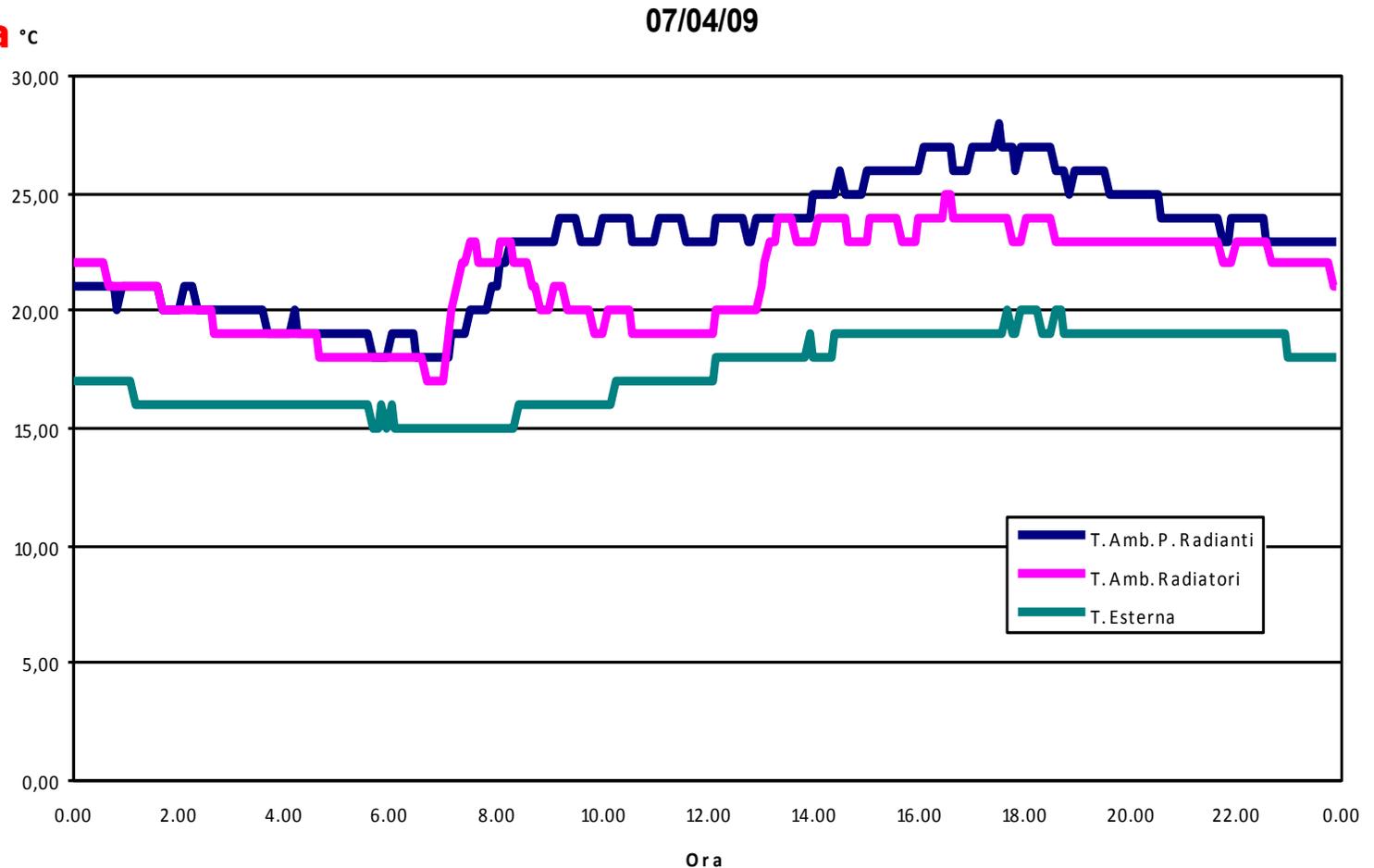
**Andamento Temperatura interna con orario di funzionamento
06:00 - 08:00, 12:00 - 14:00, 17:00 - 23:00
Radiatori regolazione su valvola 3 vie, circolatore sempre acceso
Regolazione pannelli on/off solo su circolatore ausiliario**

**Energia consumata °c
dal 19/03/2009 al
08/04/2009:**

Pannelli: 221.7 kWh

Radiatori: 178.2 kWh

Diff. % 24.4



Risultati della campagna di prove inverno 2010: Energia totale consumata dal 23/11/2009 al 15/04/2010

Descrizione delle prove

Funzionamento continuo 24 ore

Funzionamento intermittente su 3 fasce orarie

Regolazione radiatori on/off su pompa di calore

Regolazione pannelli radianti on/off su pompa di calore

Temperatura di set point pompa di calore pannelli radianti 35 °C

Temperatura di set point pompe di calore radiatori 35 °C

Temperatura di set point pompe di calore radiatori 40 °C

MONITOR 2003 - RIEPILOGO DAL 23/11/2009 AL 15/04/2010

SIGLA	DESCRIZIONE	VALORE
C.046-	PANNELLI: ENERGIA ATTIVA	1756.700 kWh TOTALIZZATORE
C.048-	RADIATORI: ENERGIA ATTIVA	1591.400 kWh TOTALIZZATORE

**L'edificio con l'impianto a pannelli radianti
ha consumato il 10.4 % in più**

La minore differenza di consumo registrata nella campagna prove 2010 è dovuta al funzionamento prevalente a 40 °C della pompa di calore radiatori con notevole perdita di rendimento.

T Esterna 0°C		
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza
Cop. 2.82	Cop. 2.5	12.8 %
T Esterna 7 °C		
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza
Cop. 3.34	Cop. 2.92	14.4 %
T Esterna 10 °C		
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza
Cop. 3.81	Cop. 3.15	20.9%
T Esterna 15 °C		
T set point 35 °C	T set point 40 °C	Differenza
Cop. 4.32	Cop. 3.68	17.4%

Mediando i dati con la perdita di efficienza della pompa di calore, e il minor consumo per il funzionamento on/off entrambi i circolatori la campagna prove 2010 conferma i risultati 2009

Considerazione: è utile scegliere un terminale di impianto solo in base alla ottimizzazione del rendimento della PDC?

Risposta:

NO, se questo terminale (il pannello radiante) non è in grado di ottimizzare gli altri rendimenti e la sua interazione con l'edificio cui è destinato.

Andamento Temperatura interna con orario di funzionamento
Radiatori 06.00 - 08.00, 12.00 - 14.00, 17.00 - 23.00, Pannelli continuo
Pannelli:T mandata 35 °C ,T set point pompa calore 35 °C
Radiatori:T set point pompa di calore 40 °C

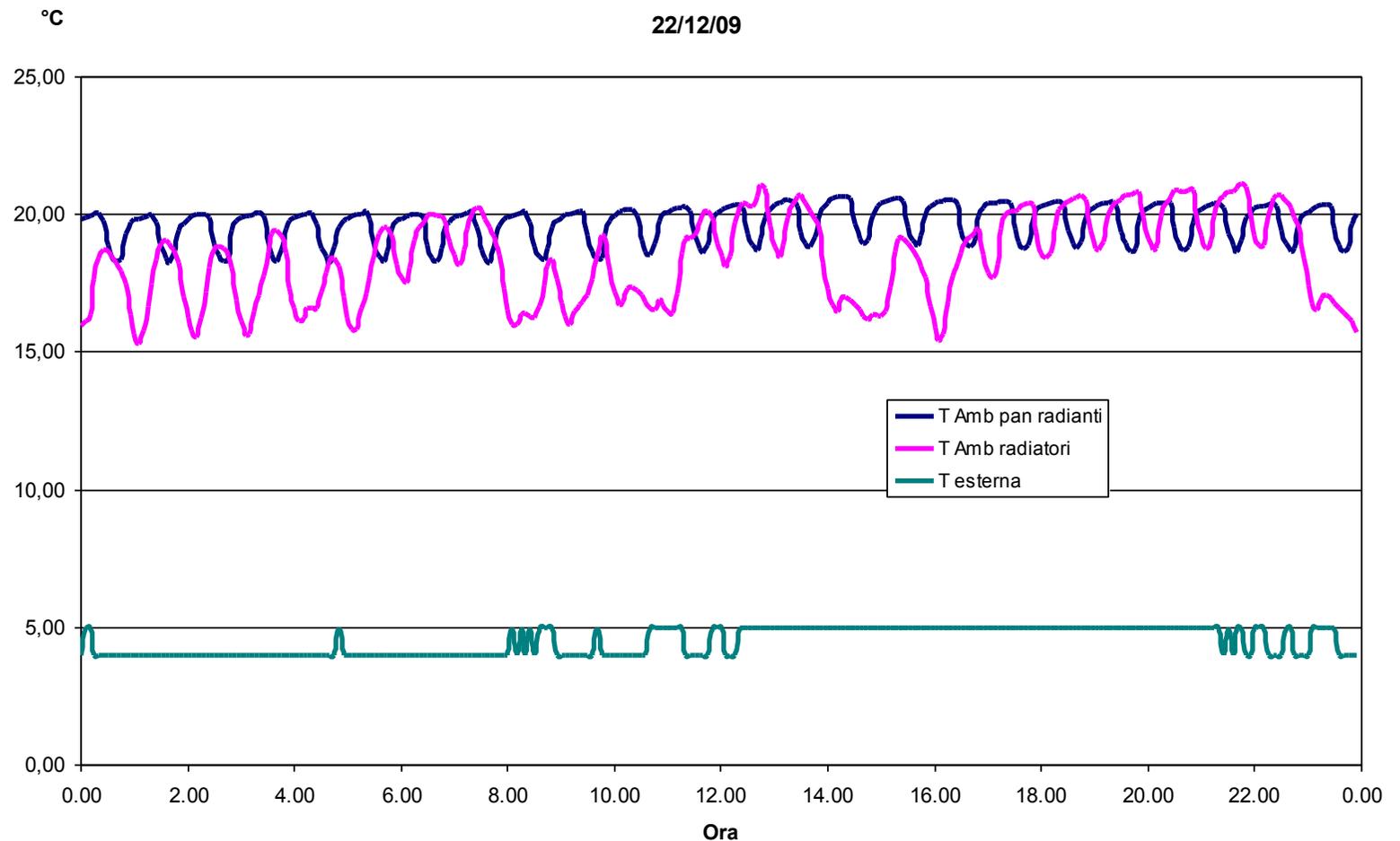
Energia consumata:

Pannelli: 20.4 kWh

Radiatori: 18.4 kWh

Diff. % 10.6

Minore resa PdC Radiatori circa 13%



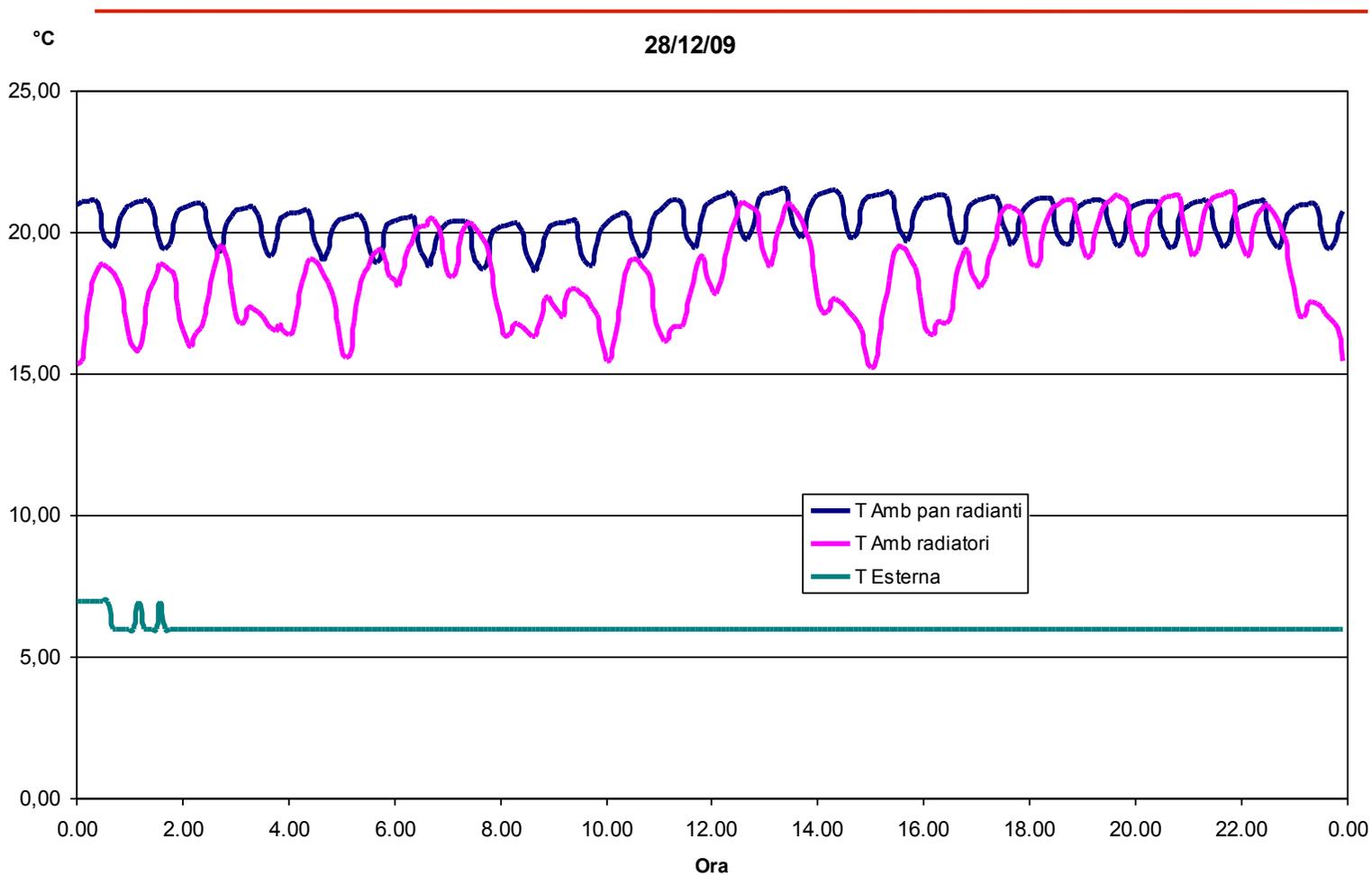
Andamento Temperatura interna con orario di funzionamento
Radiatori 06.00 - 08.00, 12.00 - 14.00, 17.00 - 23.00, Pannelli continuo
Pannelli: T mandata 35 °C, T set point pompa calore 35 °C
Radiatori: T set point pompa di calore 40 °C

Energia giornaliera consumata:

Pannelli: 20.2 kWh

Radiatori: 16.4 kWh

Diff. % 23



**Andamento Temperatura interna con orario di funzionamento
Radiatori 06.00 - 08.00, 12.00 – 14.00, 17.00 - 23.00, Pannelli continuo
Pannelli:T mandata 35 °C, T set point pompa calore 35 °C
Radiatori:T set point pompa di calore 40 °C**

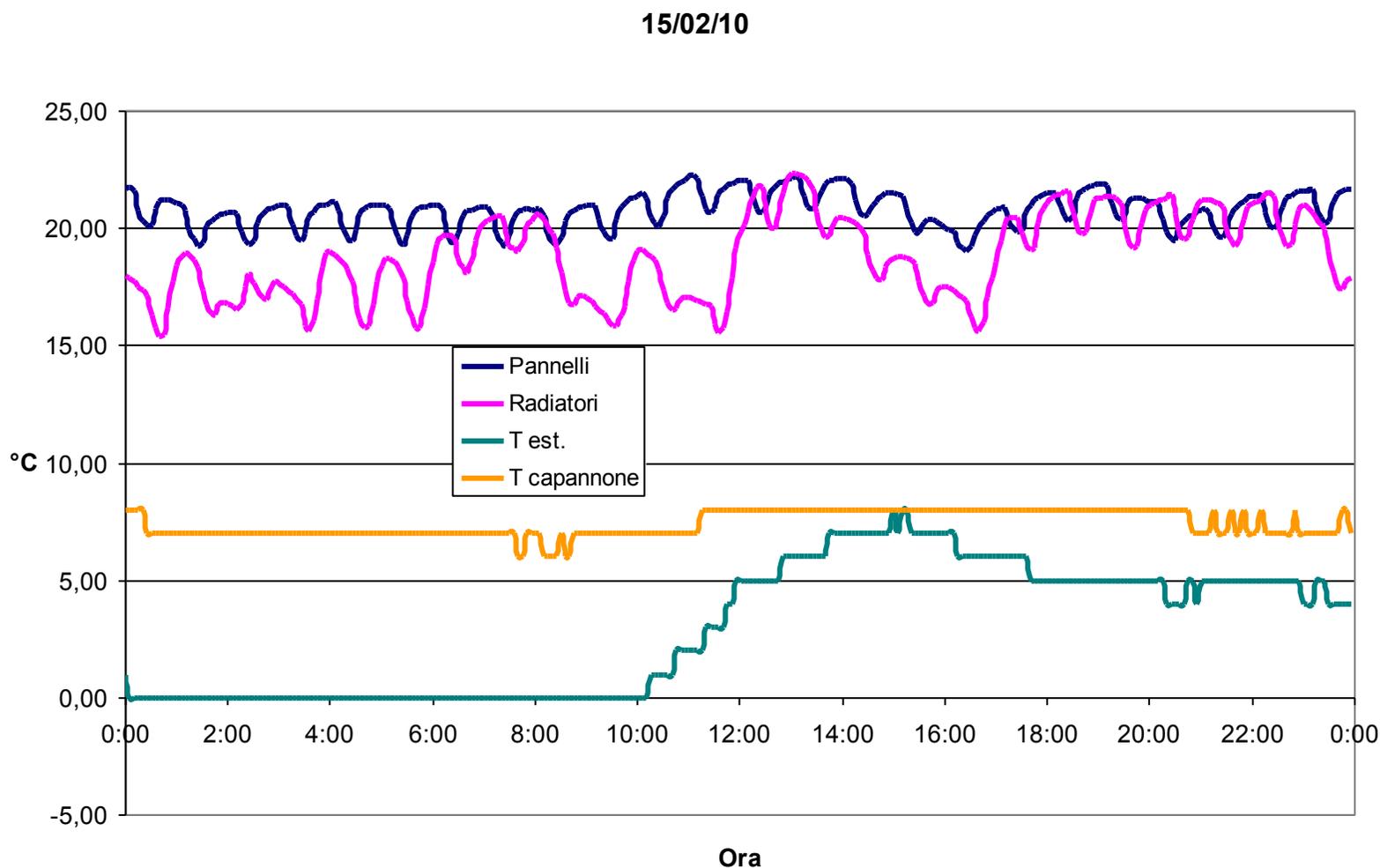
Energia consumata:

Pannelli: 14.9 kWh

Radiatori: 13.1 kWh

Diff. % 13.7

Minore resa PdC Radiatori circa 14%



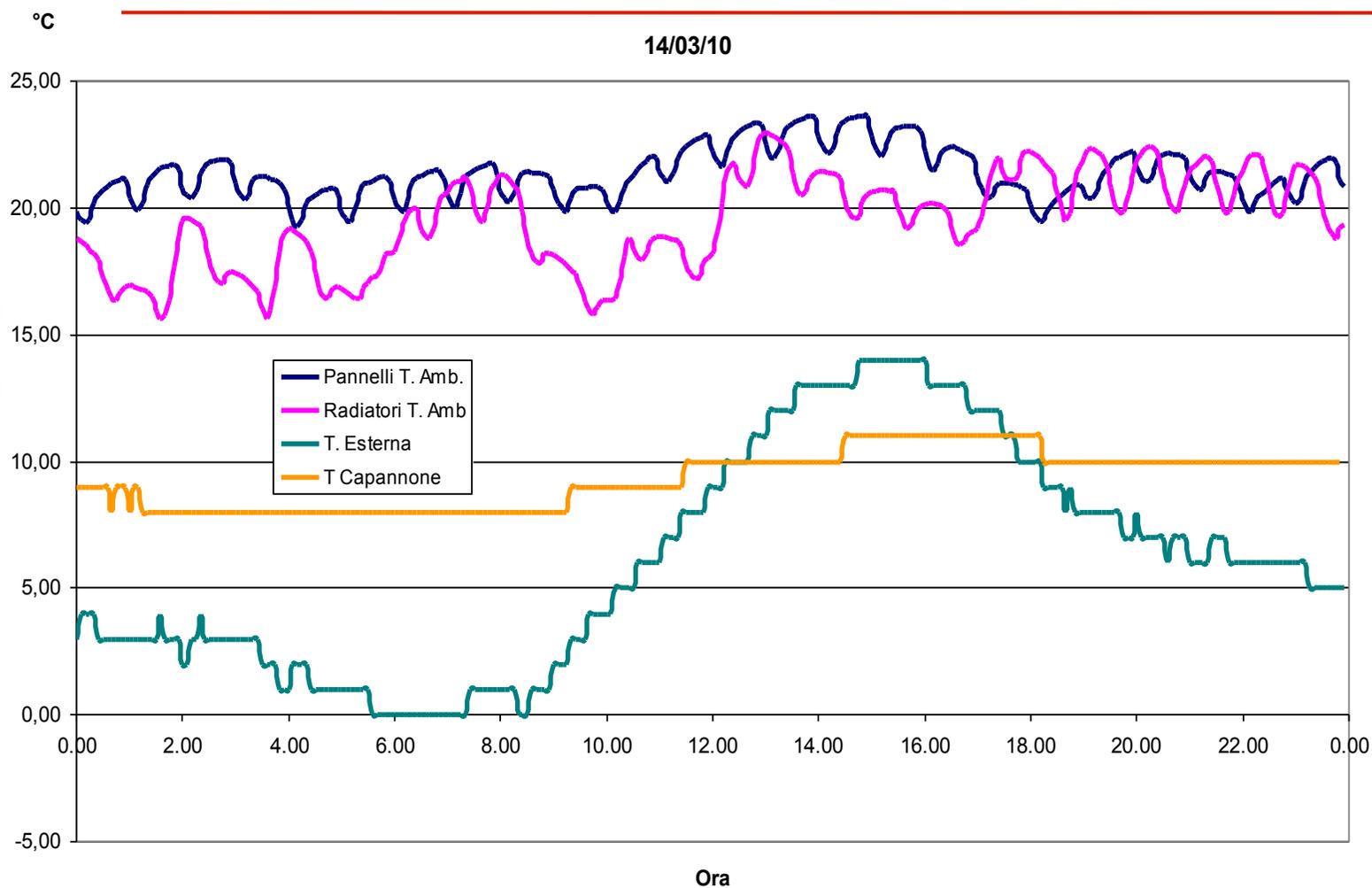
Andamento Temperatura interna con orario di funzionamento
Radiatori 06.00 - 08.00, 12.00 - 14.00, 17.00 - 23.00, Pannelli continuo
Pannelli: T mandata 35 °C, T set point pompa calore 35 °C
Radiatori: T set point pompa di calore 40 °C

Energia consumata:

Pannelli: 11.1 kWh

Radiatori: 9.2 kWh

Diff. % 21.7



Convenzione di ricerca tra Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco" e GLOBAL SpA

Confronto di prestazioni tra Pannelli radianti e Radiatori

I consumi termici ed elettrici complessivi nell'arco delle 24 ore dei cinque giorni rappresentativi sono riportati in tabella 10 e figura 17.

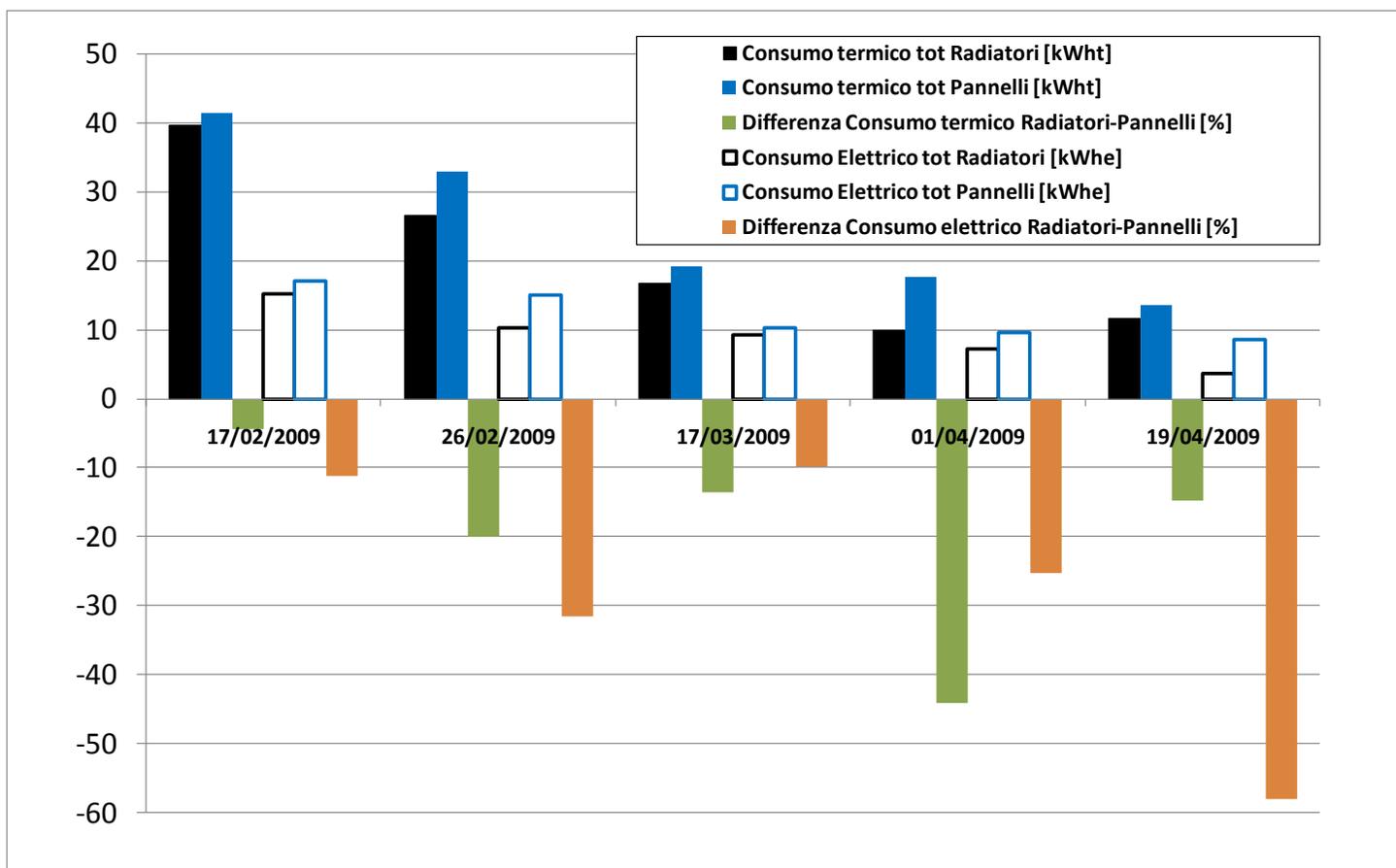
Si vede come i pannelli radianti abbiano consumi termici maggiori rispetto ai radiatori, con differenze comprese tra il 4 e il 44% nei giorni tipo dei periodi di test presi in considerazione. Le differenze sono minime per la serie (1) con funzionamento continuo, mentre crescono sensibilmente nei test con maggiori discontinuità di conduzione, confermando l'attitudine dei pannelli radianti, a causa della maggiore inerzia termica, all'operatività in regime stazionario.

Giorno tipo	Consumo termico tot Radiatori [kWh _t]	Consumo termico tot Pannelli [kWh _t]	Differenza Consumo termico Radiatori-Pannelli [%]	Consumo Elettrico tot Radiatori [kWh _e]	Consumo Elettrico tot Pannelli [kWh _e]	Differenza Consumo elettrico Radiatori-Pannelli [%]
17/02/2009	39,7	41,5	-4,3	15,2	17,1	-11,1
26/02/2009	26,5	33,1	-19,9	10,3	15,0	-31,5
17/03/2009	16,7	19,3	-13,5	9,2	10,2	-9,7
01/04/2009	9,9	17,7	-44,1	7,2	9,6	-25,3
19/04/2009	11,6	13,6	-14,7	3,6	8,5	-58,0

•Tabella 10

Convenzione di ricerca tra Dipartimento di Energetica "Sergio Stecco" e GLOBAL SpA

Confronto di prestazioni tra Pannelli radianti e Radiatori



•Figura 17



Convenzione di ricerca tra Dipartimento di Energetica “Sergio Stecco” e GLOBAL SpA Confronto di prestazioni tra Pannelli radianti e Radiatori

- [...] I risultati hanno evidenziato un **minor consumo termico dei radiatori**, variabile **dal 5%** per conduzione a temperatura fissa costante (operazione ottimale per i pannelli) fino al **40%** per regimi fortemente discontinui.
- [...] In tutte le prove si è osservato che, escluso il caso del funzionamento continuo, la temperatura media della stanza con pannelli radianti è superiore a quella della stanza con radiatori. Questo trova spiegazione nella maggiore inerzia termica dei pannelli. Per la stessa ragione, si può osservare che questi impiegano molto più tempo a riscaldare un ambiente inizialmente a bassa temperatura rispetto ai radiatori
- [...] Questo spiega anche perché il sistema a pannelli, nelle ore in cui il funzionamento è discontinuo, consuma generalmente più energia rispetto ai radiatori

Riqualificazione Energetica di Edifici Esistenti

Sostituzione del solo generatore di calore con sistemi a più alta efficienza;

Intervento anche sulle superfici disperdenti (pareti esterne, solai di copertura, pavimenti esterni, infissi) tramite cappotti termici.

Problema: intervenire su edifici abitati senza compromettere la fruibilità del bene

Soluzione: gli interventi siano realizzati sull'esterno dell'edificio senza andare ad eseguire opere murarie interne.

A livello impiantistico la sostituzione dei vecchi corpi scaldanti con nuovi a più elevata efficienza, comporta limitate o nulle opere edili.

Pertanto allo scopo di garantire la continuità della fruibilità di un edificio non è fattibile ricorrere a pannelli radianti come tipologia di impianto.

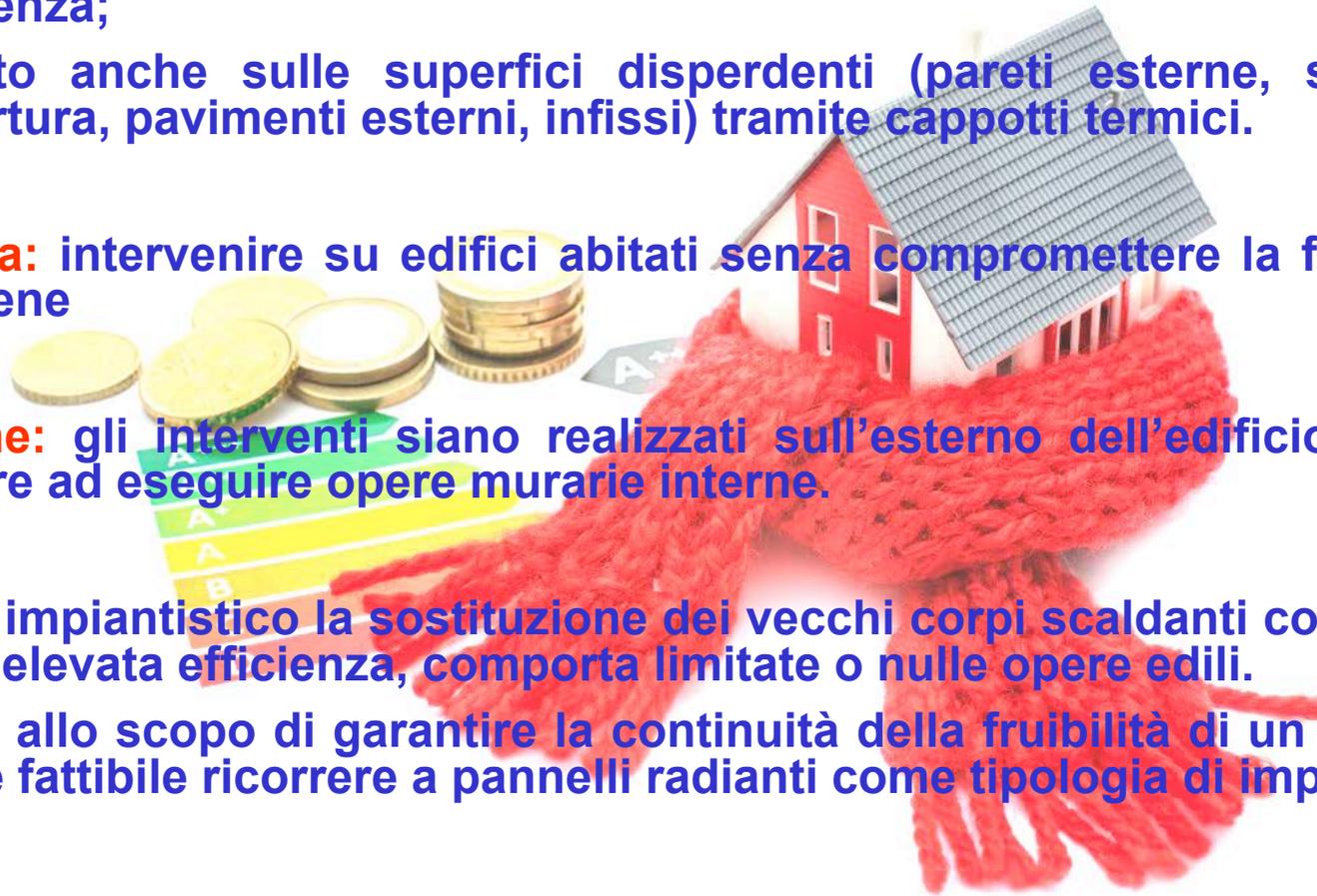


Tabella Comparativa Radiatori/Pannelli

	Funzionamento a Bassa Temperatura	Funzionamento Intermittente	Economicità installazione	Facilità Regolazione	Riqualificazione Energetica	Nuove Costruzioni Classe A	Consumi Elettrici Aggiuntivi	Condizionamento
Radiatori	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Pannelli Radianti	SI	NO	NO	NO	NO ⁽¹⁾	NO ⁽²⁾	SI	NO ⁽³⁾

1. Richiedono consistenti opere edili incompatibili con la continuità di fruizione dell'immobile
2. Inadatti causa elevata inerzia termica a riscaldare edifici a bassi fabbisogni energetici
3. Solo raffrescamento senza deumidificazione, soluzione non ottimale per il clima italiano

Il radiatore come elemento di arredo



Direttiva Europea Ecodesign ErP (Energy Related Products)

In vigore dal 01/01/18

Si applica a radiatori elettrici fissi o mobili

Impone un rendimento minimo certificato

L'efficienza energetica dipende da:

Controllo elettronico della temperatura

Rilevatore di presenza e finestre aperte

Programmazione settimanale

