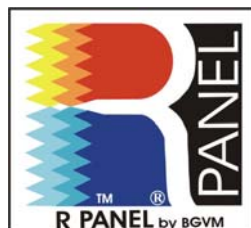


**PRESTAZIONI DEL SISTEMA
RADIANTE A BASSA TEMPERATURA
R PANEL[®] IN RELAZIONE AL
COMFORT TERMICO E AI CONSUMI
ENERGETICI**

In collaborazione con
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA,
Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica



PREMESSA

Nel presente documento sono riportati alcuni risultati conseguiti dalla società **BGVM s.r.l.** in collaborazione con il **Dipartimento di Ingegneria Industriale e Meccanica dell'Università degli Studi di Catania**. La presente relazione si sviluppa secondo il seguente schema:

nella *Sezione 1* è affrontata la problematica del dimensionamento termico inteso come energia necessaria al raggiungimento del comfort termico e non di un valore prestabilito della temperatura interna;

nella *Sezione 2* si riporta una comparazione energetica tra la tecnologia ad irraggiamento R Panel[®] ed un tradizionale sistema convettivo a termosifoni, al variare delle condizioni termo-fisiche dei locali e della temperatura esterna.

SEZIONE 1

Il Dimensionamento Termico

Ad oggi *il dimensionamento termico degli ambienti viene inteso come energia necessaria a garantire un dato livello per la temperatura interna ambientale, T_a , generalmente intorno a 20°C*. Un edificio è costituito da pareti, finestre, solai di cui è possibile determinare i valori per la trasmittanza termica. Conoscendo la temperatura interna del locale ($T_a \approx 20^\circ\text{C}$) e la temperatura esterna di progetto (ad esempio per Palermo $+5^\circ\text{C}$) è possibile ricavare le dispersioni termiche cui è soggetto l'edificio. Al fine di garantire una temperatura interna costante dell'immobile, l'energia dispersa dalle strutture dell'ambiente deve essere compensata dal calore immesso dall'impianto di riscaldamento.

A partire da queste considerazioni, per decenni nel nostro Paese il dimensionamento termico degli edifici è stato eseguito considerando spesso l'energia "a chili"; ad esempio in Sicilia la maggior parte dei termoidraulici considera che per riscaldare un ambiente (di media coibentazione) occorrono all'incirca 35 W per ogni metro cubo d'ambiente, con qualche piccola correzione in funzione dell'esposizione del locale. Con l'avvento dei primi impianti ad irraggiamento (pavimenti radianti etc.), si è cominciato a parlare della possibilità di ridurre gli impegni energetici degli edifici poiché l'utilizzo dell'irraggiamento piuttosto che della convezione come mezzo principale di trasferimento di calore nell'ambiente garantiva una certa quota di risparmio energetico. Tuttavia, eccetto alcuni casi di studi in ambito universitario, a nostra conoscenza, nessuna azienda produttrice di sistemi per il riscaldamento ha mai affrontato in modo generale il problema del dimensionamento termico degli edifici inteso come strumento atto a garantire il buon comfort termico, ovvero un valore per il PMV prossimo allo zero.

L'ipotesi che, per garantire il comfort termico, sia necessario semplicemente controllare la temperatura interna del locale è, in via del tutto generale, non corretta. Il corpo umano è produttore di calore a

causa del suo metabolismo interno e, in quanto tale, necessita di disperdere una determinata quantità di calore, Q , al fine di mantenere la propria temperatura interna intorno a 37°C . Le dispersioni termiche avvengono prevalentemente per irraggiamento e convezione (i fenomeni conduttivi sono trascurabili); sia Q_C il calore trasferito dal corpo umano all'aria e Q_R quello scambiato per irraggiamento con le strutture dell'ambiente. Affinché il soggetto si trovi in condizione di comfort deve essere: $Q = Q_C + Q_R$; tale condizione è necessaria ma non sufficiente a garantire il comfort. Le dispersioni termiche per convezione (Q_C) sono determinate fondamentalmente dalla temperatura dell'aria, mentre quelle radianti (Q_R) dalla temperatura media radiante (TMR) dell'ambiente. In un ambiente riscaldato con tecnologie a convezione (es. termosifoni) è $Q_C < Q_R$; al contrario, nel caso di impianti ad irraggiamento si ha $Q_C > Q_R$, ovvero la componente di potenza termica dispersa per irraggiamento è minore di quella convettiva. Per tal motivo è possibile ottenere una pari condizione di comfort diminuendo la temperatura interna (ad esempio a 18°C), purché le eccessive dispersioni termiche siano limitate dal fatto che le pareti del locale hanno una temperatura media sufficientemente più elevata. In modo ancora più generale, è corretto affermare che il giusto dimensionamento termico di un impianto di riscaldamento dipende dalla particolare tecnologia impiegata; infatti, una qualunque combinazione dei quattro parametri ambientali (e dei due comportamentali) che soddisfa l'equazione (1.2) garantisce il comfort termico.

Da quanto detto fin ora, risulta chiaro che operare il riscaldamento ambientale con una temperatura interna dell'aria inferiore ai 20°C può implicare risparmi energetici nell'esercizio del riscaldamento ambientale. Al fine di dimostrare in modo esecutivo la veridicità di tali presupposti e di fornire cifre definite in merito alle taglie termiche dei terminali di riscaldamento è stata da noi eseguita, in stretta collaborazione con il dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Catania, un confronto energetico tra i tradizionali impianti a "radiatori" e la tecnologia ad irraggiamento "R Panel[®]" di cui la nostra società è scopritrice e detiene tutti i diritti brevettuali. Allo scopo è stata esaminata una vasta casistica relativamente a geometria del locale, proprietà termofisiche

dell'involucro edilizio e condizioni meteoclimatiche, con l'ausilio di un codice di calcolo sviluppato presso l'Università di Catania ed implementato ad hoc per tenere conto delle peculiarità delle tecnologie radianti. Il confronto tra R Panel® e radiatori è stato condotto a parità di comfort termico, ossia selezionando per ambedue i sistemi quella configurazione impiantistica tale da assicurare un livello ottimale di comfort. Da tale condizione è emersa la taglia degli elementi scaldanti, ossia la potenza installata nei due casi. I risultati dimostrano che, per assicurare lo stesso livello di comfort termico, le potenze installate nel caso degli R Panel® sono, per tutte le configurazioni esaminate, inferiori rispetto a quelle richieste dai comuni radiatori, nella misura del 5-10% per locali di medio-piccole dimensioni e fino al 20% nel caso di ambienti di grande volumetria. Per ogni data dimensione del locale, poi, il beneficio si presenta tanto maggiore quanto più disperdente è l'involucro (alta trasmittanza delle pareti). Altro elemento notevole è la temperatura interna dell'aria: il rilevante contributo radiativo degli R Panel® consente di mantenere in ambiente, a parità di comfort termico, una temperatura interna fino a circa 2°C inferiore a quella richiesta con un comune radiatore. Ciò, come vedremo nella prossima sezione, ha importanti riflessi sul carico termico del locale: il risparmio in termini di fabbisogno termico, infatti, è dell'ordine del 20%¹ mentre è ancora maggiore in termini di energia primaria, qui direttamente valutata come risparmio nel consumo di combustibile, e può superare il 40%.

Metodologia di confronto

Al fine di analizzare le prestazioni dei due sistemi al variare della geometria del locale, delle caratteristiche termofisiche di involucro e delle zone climatiche, sono stati adottati i dati di riferimento riportati nelle seguenti sub-sezioni.

Individuazione dei casi studio

Le principali caratteristiche delle tipologie edilizie considerate sono qui di seguito riportate e compendiate in Tabella I e Figura 6:

¹ Riferito ad un'attivazione continuata 24h\24h. Se il sistema a radiatori è attivato in modo discontinuo la riduzione è superiore.

- Ambiente tipo 1, ($S = 25 \text{ m}^2$, $V = 75 \text{ m}^3$) con 5 o 1 superfici esterne bene isolate ($U=0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$) o scarsamente isolate ($U = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- Ambiente tipo 2, ($S = 100 \text{ m}^2$, $V = 350 \text{ m}^3$) con 5 o 1 superfici esterne bene isolate ($U= 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$) o scarsamente isolate ($U = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- Ambiente tipo 3, ($S = 625 \text{ m}^2$, $V = 5000 \text{ m}^3$) con 5 superfici esterne bene isolate ($U =0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$) o scarsamente isolate ($U = 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$);

Tali ambienti sono rappresentativi rispettivamente di ambienti regolari di piccole, medie e grandi dimensioni, per un totale di 10 diverse situazioni. In tutti i casi è stata prevista una superficie finestrata di estensione pari a 1/8 della superficie calpestabile, con trasmittanza $U = 3 \text{ W/m}^2\text{K}$, esposta a nord. Ciascuno degli ambienti sopra indicati è stato valutato nelle seguenti condizioni climatiche:

- Zona B (Trapani 810 GG), temperatura di progetto $T = 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Zona D (Pisa 1694 GG), temperatura di progetto $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$
- Zona E (Milano 2755 GG), temperatura di progetto $T = -5 \text{ }^\circ\text{C}$

Si è dunque configurato un numero complessivo di casi studio pari a 30, riportati in Tabella I secondo il seguente ordine:

- Casi studio da 1 a 10 per ambienti in Zona B;
- Casi studio da 11 a 20 per ambienti in Zona D;
- Casi studio da 21 a 30 per ambienti in Zona E;

Zona			Tipologia ambiente	Dimensioni a x b x h [m]	N° superfici disperdenti	Trasmittanza pareti [W/m ² K]
B	D	E				
Casi studio No.						
1	11	21	Ambiente 1	5 × 5 × 3	5	0.45
2	12	22	Ambiente 2	10 × 10 × 3.5	5	0.45
3	13	23	Ambiente 3	25 × 25 × 8	5	0.45
4	14	24	Ambiente 1	5 × 5 × 3	5	1.3
5	15	25	Ambiente 2	10 × 10 × 3.5	5	1.3
6	16	26	Ambiente 3	25 × 25 × 8	5	1.3
7	17	27	Ambiente 1	5 × 5 × 3	1	0.45
8	18	28	Ambiente 2	10 × 10 × 3.5	1	0.45
9	19	29	Ambiente 1	5 × 5 × 3	1	1.3
10	20	30	Ambiente 2	10 × 10 × 3.5	1	1.3

Tabella I: Casi studio nelle tre zone climatiche

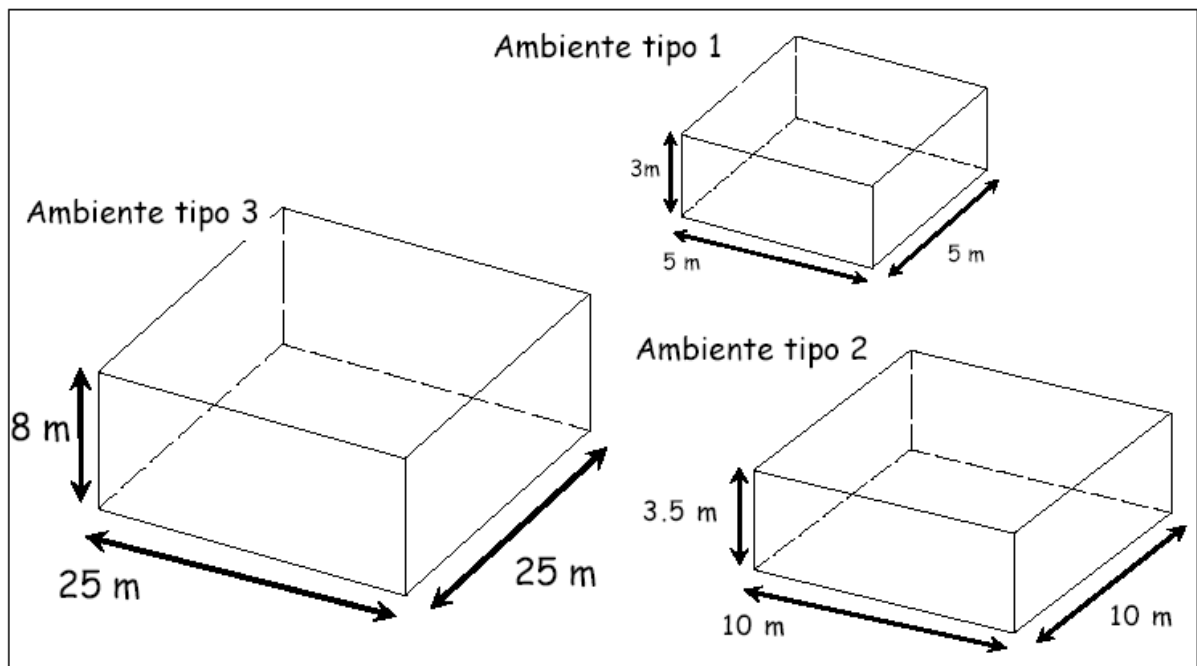


Figura 6: Dimensioni e volumetrie degli ambienti considerati

Implementazione dei casi studio nel modello matematico

I casi studio sono stati affrontati utilizzando il modello matematico per l'analisi del transitorio termico degli edifici in regime periodico stabilizzato (metodo delle traiettorie di stato) nel quale sono state inserite anche le routine del comfort (vedi relazione Univ. Catania) Attraverso il modello matematico è stato possibile:

- determinare il profilo temporale delle temperature di ogni singolo strato di tutte le pareti, comprese le temperature superficiali, e il profilo temporale della temperatura dell'aria T_a all'interno degli ambienti (Figura 7, sx);
- calcolare i fattori di vista fra pareti ed elementi radianti, tramite i quali è possibile valutare gli scambi termici radiativi, e quindi determinare il profilo spazio-temporale della temperatura media radiante T_{mr} all'interno dell'ambiente (Figura 7, dx e Figura 8);
- calcolare il profilo spazio-temporale del voto medio previsto (PMV) all'interno dell'ambiente (Figura 9) in funzione della posizione dell'utente.

Si è deciso di utilizzare un passo temporale di 1 minuto per la risoluzione delle equazioni del transitorio termico, mentre per la valutazione degli indici di comfort (PMV) sono stati raccolti i valori con un intervallo di 15 minuti. La griglia di calcolo per la valutazione degli indici del comfort è stata posta ad 1 metro dal pavimento, e la larghezza della maglia è stata di $\Delta=0.25\text{m}$ per l'Ambiente 1, $\Delta = 0.50\text{ m}$ per l'Ambiente 2, e $\Delta = 1\text{ m}$ per l'Ambiente 3. Tali scelte sono state ritenute appropriate per bilanciare accuratezza di calcolo ed onere computazionale. Per la valutazione degli indici del comfort si è supposto un utente impegnato in attività moderata (pari a 1.2 Met), normalmente abbigliato (resistenza del vestiario 1 Clo) e inserito in ambiente caratterizzato da velocità dell'aria $w = 0.1\text{ m/s}$ e umidità relativa $f = 50\%$. Un esempio di distribuzione spaziale del PMV è riportato in Figura 9. Qui si evidenzia un articolato profilo, caratterizzato generalmente da valori che si attestano attorno allo zero (rappresentato dal piano evidenziato in rosso), a meno delle immediate vicinanze degli elementi radianti. Quanto qui mostrato è dunque la distribuzione spaziale del PMV colta in un determinato istante temporale; la dipendenza dal tempo del PMV può invece vedersi dalla Figura 10 (sx) dove si mostra il PMV calcolato, per lo stesso locale, al centro della sala.

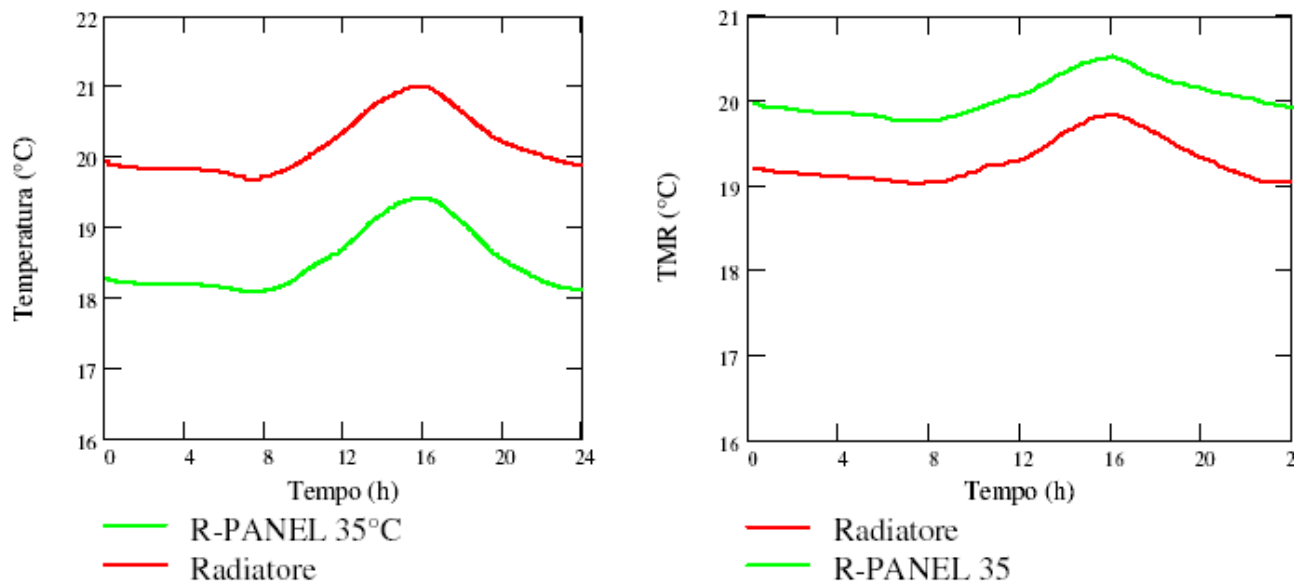


Figura 7: Esempio di profilo della Temperatura dell'aria interna (sx) e della Temperatura media radiante al centro del locale (dx)

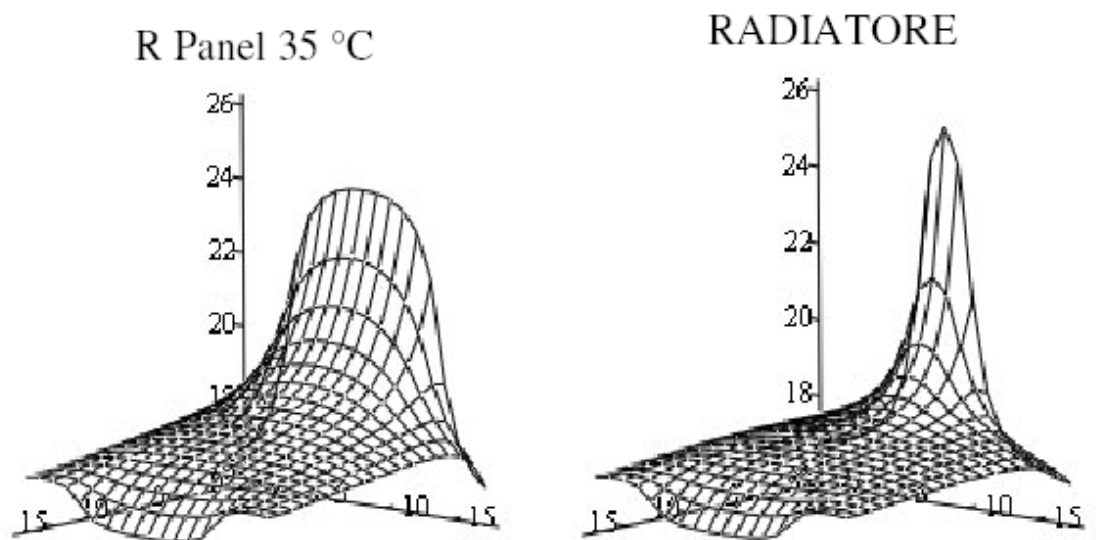


Figura 8: Esempio di distribuzione spaziale della Temperatura media radiante all'interno del locale nel caso dell' Panel® (sx) e del radiatore (dx)

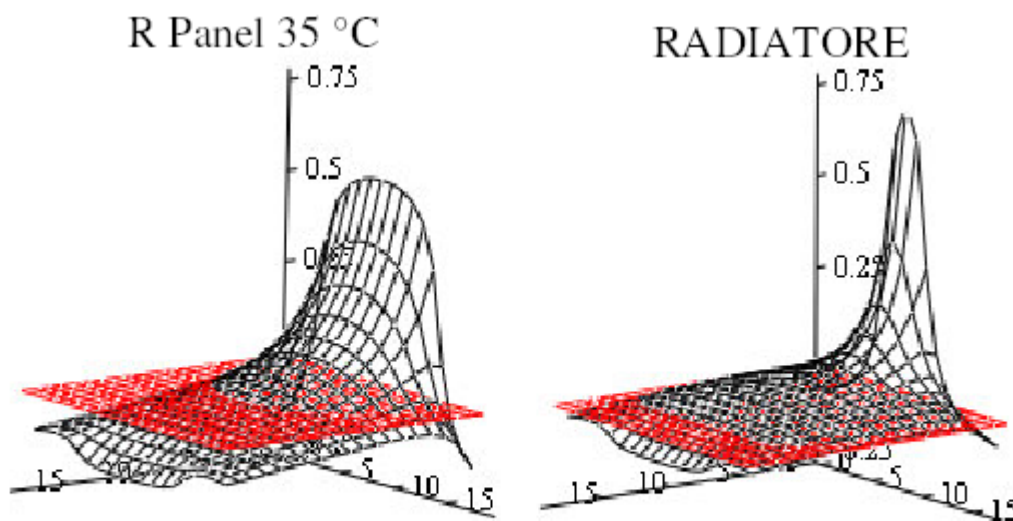


Figura 9: Esempio di distribuzione spaziale del PMV all'interno del locale nel caso dell'R Panel® (sx) e del radiatore (dx)

La Figura 10 è fondamentale per questo studio: essa è rappresentativa del risultato fin qui conseguito in tutte le situazioni analizzate, ossia di due ambienti uguali in tutto (comprese le condizioni di comfort), tranne che per i terminali d'impianto. L'osservazione della parte destra della figura, in particolare, porta a rilevare due fatti cruciali:

1. *la temperatura interna dell'ambiente dotato di R Panel® si mantiene inferiore a quella del locale attrezzato col radiatore tradizionale (per l'entità del ΔT , vedi Tabella II);*
2. *le curve sono omotetiche l'una dell'altra, ossia la loro distanza ΔT si mantiene pressoché costante nelle 24 ore.*

E' a questo punto che si può procedere col calcolo dei carichi termici e dei consumi di energia primaria. Si devono a questo scopo considerare i due ambienti come termostattizzati: quello dotato di radiatore, alla temperatura T e l'altro, attrezzato con R Panel® alla temperatura $T - \Delta T$. Si può prefigurare sin da ora che a quest'ultimo competeranno minori carichi termici e minori consumi energetici.

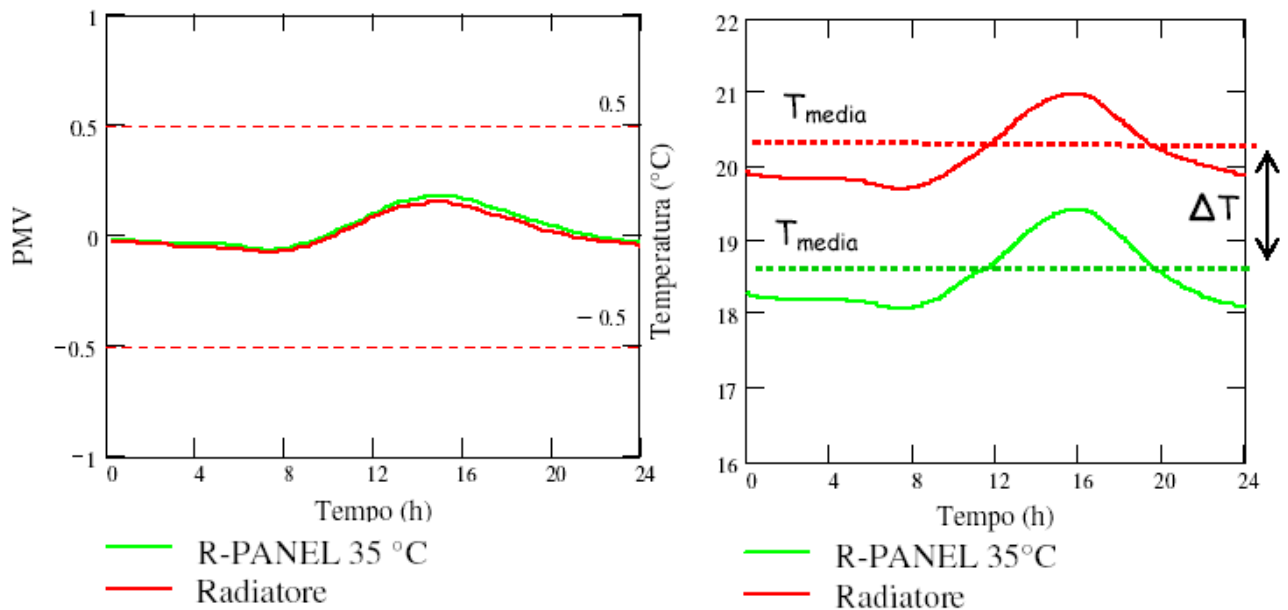


Figura 10: Esempio di isobenessere per le due tecnologie (sx) e temperature interne medie necessarie per realizzarlo (dx)

Valutazione del fabbisogno di energia termica dell'ambiente nel giorno tipo

Il codice di calcolo, finora utilizzato per l'analisi della risposta termica degli ambienti in termini di temperatura, sarà ora utilizzato per la previsione dei carichi termici relativi ad ambienti termostattizzati su assegnata temperatura. I valori di termostato sono diversi nei due casi, secondo quanto illustrato nella sezione precedente. Due esempi dei risultati ottenuti sono riportati in Figura 11; da qui appare evidente la riduzione delle dispersioni termiche nel caso di ambiente termostattizzato sulla temperatura di comfort consentita dalle piastre R Panel®. Dall'analisi delle curve di Figura 11 è possibile ricavare il carico termico di picco (che da ora in avanti designeremo come "potenza installata") ed il fabbisogno energetico giornaliero dell'ambiente, pari all'integrale temporale, esteso alle ventiquattro ore, del carico termico istantaneo. Riferendo infine i risultati all'unità di volume ambiente, si ottiene quell'indice energetico già definito come "fabbisogno energetico specifico" corrispondente alla condizione di comfort ottimale, ed espresso in Wh/m^3 . I dati numerici sono compendati in Tabella III.

Caso studio	Temperatura di benessere [°C] (PMV = 0)		
	R Panel®	Radiatore	Δt
1	18.8	19.2	0.4
2	18.7	19.4	0.7
3	18.5	20.2	1.7
4	18.9	19.5	0.6
5	18.8	19.7	0.9
6	18.8	22.0	3.2
7	18.7	19.0	0.3
8	18.8	19.2	0.4
9	18.7	19.0	0.3
10	18.9	19.5	0.6
11	18.6	19.3	0.7
12	18.6	19.7	1.1
13	18.5	20.6	2.1
14	18.5	19.7	1.2
15	18.6	19.9	1.3
16	18.5	20.7	2.2
17	18.5	18.9	0.4
18	18.6	19.3	0.7
19	18.6	19.1	0.5
20	18.5	19.7	1.2
21	18.5	19.4	0.9
22	18.6	19.6	1.0
23	18.3	20.6	2.3
24	18.7	19.8	1.1
25	18.7	20.2	1.5
26	18.6	21.1	2.5
27	18.6	19.0	0.4
28	18.4	19.1	0.7
29	18.5	18.9	0.4
30	18.7	19.8	1.1

Tabella II: Temperatura di benessere con il sistema R Panel® e a radiatori, e relativa differenza.

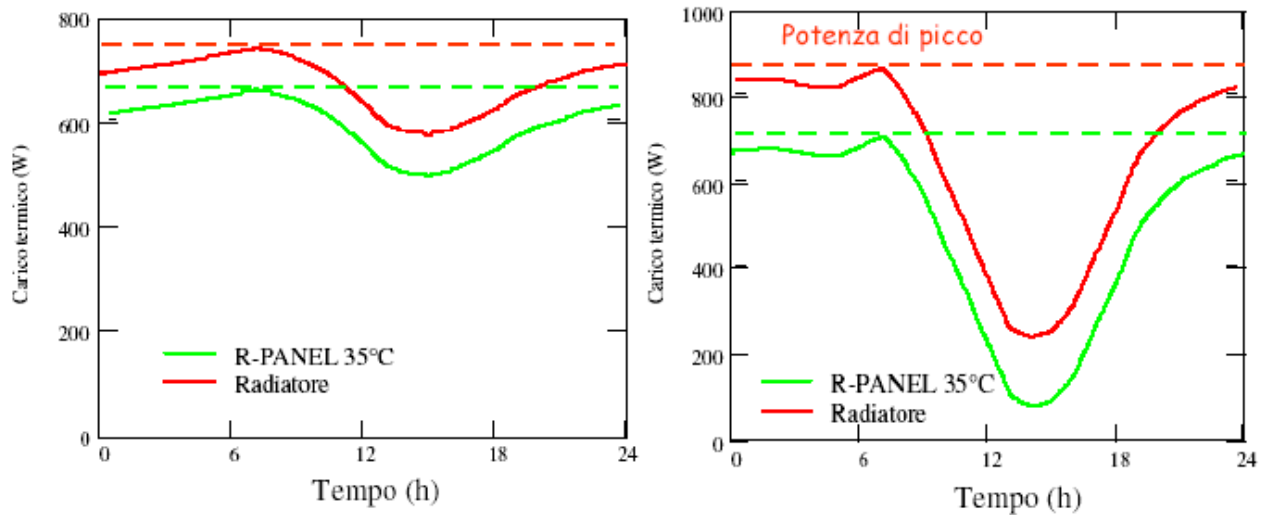


Figura 11: Due esempi di profilo del carico termico nel giorno tipo.

Calcolo della potenza specifica installata

La condizione di neutralità termica (eq.(1.2)), in un giorno tipo della stagione invernale, è stata trovata per tentativi, sulla base dei dati di catalogo rispettivamente per il sistema R Panel® e per i radiatori tradizionali, ipotizzando di volta in volta una configurazione di prova in termini di numero e taglia dei terminali. La potenza installata così trovata è dunque relativa a una temperatura di termostato che corrisponde alla condizione ottimale di comfort nel giorno tipo (potenza installata "di comfort"). Viceversa è invalso l'uso di riferire la potenza installata ad una temperatura interna standard (o "convenzionale") di 20°C e ad una temperatura esterna pari a quella di "progetto" differente per ogni zona climatica. Al fine di rendere confrontabile la potenza installata "di comfort" con quella "convenzionale", è sufficiente operare sui dati la seguente trasformazione:

$$Q_{t_{prog}} = Q_{t_m} \cdot \frac{t_A - t_{E_{prog}}}{t_A - t_{E_m}}$$

in cui: $Q_{t_{prog}}$ è la potenzialità dei terminali da installare (W);
 Q_{t_m} è la dispersione termica di picco valutata nel giorno tipo (W);
 T_A è la "temperatura di benessere" (°C), differente nei due sistemi;

TE_{prog} è la temperatura esterna di progetto (°C), propria di ciascuna località;

TE_m è la temperatura esterna media del giorno tipo (°C).

Il parametro così ottenuto è indicativo della taglia dei terminali che un buon installatore dovrebbe prevedere al fine di assicurare l'abbattimento dei carichi termici del locale e mantenere il comfort anche nelle condizioni più sfavorevoli. Dividendo le potenze installate per il volume dei locali è possibile ricavare la *potenza specifica di picco*, espressa in W/m^3 , i cui valori per i casi studio considerati sono riportati in Tabella IV. Gli stessi valori sono riportati in forma grafica nelle *Schede di confronto numero 1* e *numero 2* (vedi relazione Univ. Catania), rispettivamente suddivisi per zona climatica e per tipologia d'ambiente. In Figura 12, invece, i risultati sono diagrammati in modo da evidenziare la riduzione della taglia specifica all'aumentare del volume del locale.

Vorremmo sottolineare che, al fine di ottenere un confronto energetico tra le due tecnologie, è stata supposta per entrambi i sistemi un'attivazione continuata 24h/24h; conseguentemente, anche i valori di potenza sopra ottenuti sono relativi a questo tipo di regolazione. L'attivazione continuata dell'impianto è attinente alla tecnologia R Panel® mentre, nel caso dei radiatori tradizionali è generalmente operata un'attivazione solo in alcune ore della giornata. In tal caso, al fine di supplire alle dispersioni termiche nell'arco dell'intera giornata [integrale di $W(t)$ nelle 24h] è necessaria l'installazione di una potenza termica maggiore, prassi questa d'uso corrente. L'analisi condotta ha dimostrato che, per garantire la corretta situazione di benessere, con la tecnologia R Panel sono necessarie potenze dell'ordine di 10-20 W/m^3 , in funzione della zona climatica e delle caratteristiche dell'immobile.

Caso studio	R Panel®	Radiatore	Risparmio (%)
1	82.7	90.0	8.1
2	62.6	72.7	13.9
3	37.8	54.8	30.9
4	131.3	146.7	10.5
5	74.9	89.7	16.6
6	48.6	73.9	34.2
7	25.3	34.0	25.5
8	28.4	42.1	32.5
9	36.7	46.7	21.4
10	32.9	42.7	23.1
11	153.3	164.7	6.9
12	118.3	133.1	11.2
13	72.9	96.5	24.4
14	231.3	262.0	11.7
15	136.3	158.0	13.7
16	90.0	123.0	26.8
17	64.7	78.0	17.1
18	62.1	82.0	24.2
19	89.3	103.3	13.5
20	73.7	89.0	17.2
21	206.7	222.0	6.9
22	161.1	173.7	7.2
23	96.0	122.7	21.8
24	282.7	306.7	7.8
25	187.7	212.6	11.5
26	119.5	145.7	18.0
27	103.3	116.7	11.4
28	94.7	111.0	14.7
29	128.7	137.3	6.3
30	106.0	122.6	13.5

Tabella III: Fabbisogno energetico giornaliero specifico in condizioni di comfort (Wh/m³ giorno)

Caso studio	Potenza R Panel [W]	Potenza Radiatore [W]	Sup. R Panel [m ²]	Sup. Radiatore [m ²]	Potenza spec. R Panel [W/m ³]	Potenza spec. Radiatore [W/m ³]	Riduzione taglia [%]
1	606	633	1.3	0.1	8.08	8.44	4.2
2	2240	2406	5.2	0.4	6.40	6.87	6.9
3	19734	24122	45	4.8	3.95	4.82	11.8
4	901	956	2.4	0.2	12.01	12.75	5.8
5	2554	2815	7.5	0.6	7.30	8.04	9.3
6	23696	30518	70	8	4.74	6.10	22.7
7	256	311	0.2	0.05	3.41	4.15	17.7
8	1269	1626	1.6	0.25	3.63	4.65	21.9
9	333	398	2	0.25	4.44	5.30	16.3
10	1408	1651	2	0.3	4.02	4.72	14.7
11	842	883	2.7	0.2	11.23	11.76	4.5
12	3113	3346	10.2	0.8	8.90	9.56	6.9
13	27667	33525	90	8	5.53	6.70	17.5
14	1226	1329	4.4	0.35	16.35	17.71	7.7
15	3517	3867	14	1.2	10.05	11.05	9.0
16	33203	41545	110	13	6.64	8.31	20.1
17	424	482	0.8	0.1	5.65	6.43	12.1
18	1897	2292	4.4	0.6	5.42	6.55	17.2
19	543	589	1.35	0.15	7.24	7.85	7.8
20	2143	2406	5.4	0.8	6.12	6.87	10.9
21	1023	1073	3.4	0.3	13.64	14.30	4.7
22	3767	3964	13.8	1.2	10.76	11.33	5.0
23	32361	39037	55	5.6	6.47	7.81	17.1
24	1362	1441	6	0.5	18.16	19.22	5.5
25	4313	4714	19	1.7	12.32	13.47	8.5
26	39256	45347	160	18	7.85	9.07	13.4
27	560	618	1.4	0.17	7.46	8.24	9.4
28	24115	2707	6.8	0.7	6.89	7.73	10.9
29	668	696	2	0.2	8.90	9.28	4.0
30	2634	2902	8.1	0.85	7.52	8.29	9.2

Tabella IV: Valori della taglia dei sistemi da installare nei vari casi studio.

L'analisi dei risultati evidenzia i seguenti aspetti:

1. *Indipendentemente dalla dimensione del locale, numero e trasmittanza delle pareti disperdenti, la potenza specifica minima da installare compete alle piastre R Panel® funzionanti con temperatura superficiale di 35°C. Tale beneficio è conseguenza della minore temperatura interna richiesta in ambiente ai fini del comfort, per via delle più contenute dispersioni termiche, rispetto a quanto si verifica con i radiatori tradizionali;*
2. *Fissata una tipologia di pareti, ad esempio pareti coibentate con trasmittanza $U = 0.45 \text{ W/m}^2\text{K}$, la potenza specifica installata si riduce all'aumentare delle dimensioni del locale;*
3. *La potenza in gioco cresce all'aumentare del numero di superfici disperdenti e della trasmittanza delle stesse.*

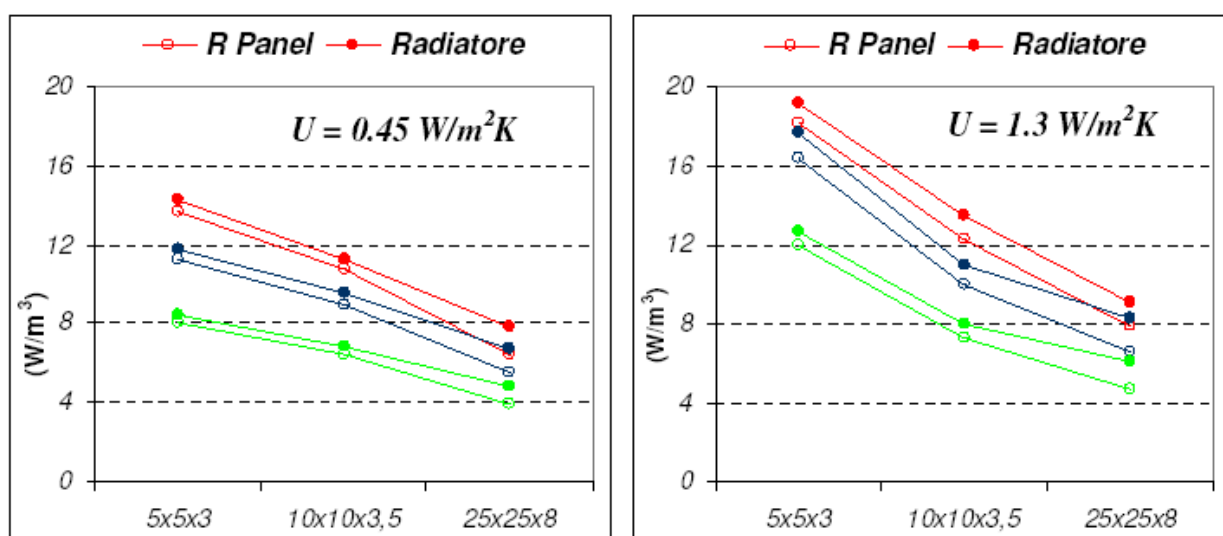


Figura 12: Potenza installata per unità di volume per edifici con 5 superfici disperdenti.
Linee rosse: Zona E. Linee blu: zona D. Linee verdi: zona B

SEZIONE 2

R Panel® e Radiatori: Valutazione del Risparmio Energetico

Al fine di eseguire un corretto confronto energetico tra due differenti tecnologie è innanzitutto importante sottolineare che, per un dato ambiente, il consumo energetico dipende dai seguenti quattro fattori:

1. involucro edilizio;
2. profilo d'uso dell'edificio;
3. contesto meteorologico
4. tipologia impiantistica

Il nostro obiettivo è stato quello di articolare il confronto esclusivamente dal punto di vista delle tipologie impiantistiche. Orbene, quando si esegue il confronto tra due ambienti aventi uguale condizione meteorologica, profilo d'uso e caratteristiche dell'involucro, ma dotate di tecnologie impiantistiche diverse, la differenza dal punto di vista energetico può solo cogliersi a condizione di confrontare i sistemi a parità di comfort termico.

Per valutare i consumi di combustibile è necessario risalire al fabbisogno di energia primaria; tale operazione richiede la conoscenza di una serie di parametri che caratterizzano le prestazioni di tutti i componenti del sistema impiantistico, dalla generazione del calore alla sua distribuzione, fino alla distribuzione e all'emissione in ambiente. In Tabella V si riportano i rendimenti adottati per la valutazione dell'efficienza globale dell'impianto, tratti da norme UNI 10344 e 10348. Quanto al sistema di produzione del calore, per la tecnologia R Panel®, date le basse temperature di ritorno dell'acqua (30-45°C), sarebbe appropriato l'utilizzo di una caldaia a condensazione, caratterizzata da rendimenti molto elevati, sebbene sia possibile ovviamente utilizzare anche una caldaia tradizionale, mentre nel caso dei radiatori l'utilizzo di una caldaia a condensazione risulterebbe inappropriato ed economicamente dispendioso per via dell'elevata temperatura dell'acqua di ritorno (65°C). Pertanto i fabbisogni di energia primaria sono stati calcolati ipotizzando per il sistema a radiatori l'uso di una caldaia convenzionale ad alta efficienza, mentre per il sistema R Panel® sia la caldaia tradizionale che

quella a condensazione. Una volta noto il fabbisogno termico del locale, ai fini dell'energia primaria richiesta dalle condizioni di benessere, è possibile risalire al consumo di combustibile utilizzando la (3), in cui si assuma come combustibile il metano, caratterizzato da un potere calorifico $H_i = 50 \text{ MJ/kg}$ e da una densità $\rho = 0,71 \text{ kg/m}^3$. In formule:

$$\text{Consumo combustibile} = \frac{\text{Dispersioni}}{\eta_{\text{globale}} \cdot H_i} \cdot \rho \quad (3)$$

Infine, i valori così ottenuti possono essere normalizzati e riferiti all'unità di volume riscaldato, ottenendo quindi il *consumo specifico giornaliero* di combustibile, espresso in m^3 di CH_4 per m^3 di locale. Con riferimento a quest'ultimo parametro, i valori ottenuti per tutti i casi studio considerati sono riportati in Tabella VI. Gli stessi valori sono riportati in forma grafica, suddivisi per zona climatica, nelle *Schede di confronto* No.3 e No.4.

	Rendimenti	Radiatore	R Panel®
(a)	<i>Caldaia standard (CS)</i>	0.91	0.93
(a1)	<i>Caldaia a condensazione (CC)</i>	-	1.07
(b)	<i>Distribuzione</i>	0.95	0.97
(c)	<i>Emissione</i>	0.97	0.96
(d)	<i>Regolazione</i>	0.96	0.97
(a) × (b) × (c) × (d)	Globale (CS)	0.81	0.84
(a1) × (b) × (c) × (d)	Globale (CC)	-	0.97

Tabella V: Rendimenti di impianto

I vantaggi già evidenziati dall'analisi della potenza specifica installata in ambiente vengono amplificati quando si guardi al consumo di combustibile. I sistemi R Panel®, lavorando con acqua a bassa temperatura, consentono al generatore di calore di operare con rendimenti più elevati che non con radiatori alimentati da acqua a 75°C ; inoltre, la minore temperatura del fluido termovettore riduce in maniera non trascurabile le perdite di distribuzione associate alle dispersioni termiche lungo la linea di distribuzione dell'acqua calda dal generatore ai terminali. Tali vantaggi risultano ancora più evidenti qualora si installi una caldaia a condensazione

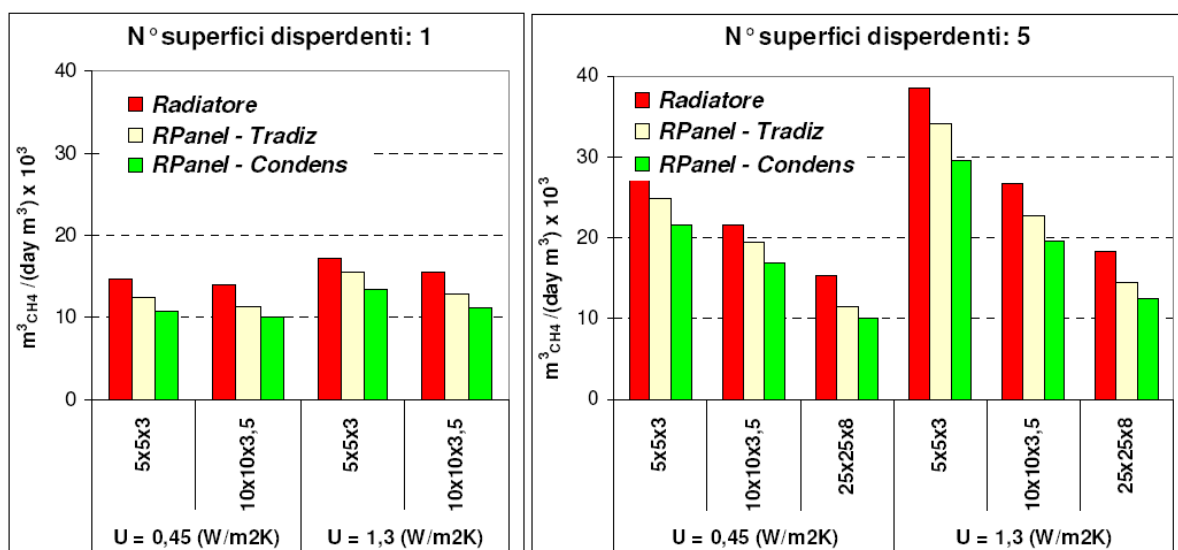
a servizio delle piastre R Panel®, che grazie alla bassa temperatura si prestano ottimamente a tale soluzione; i risparmi di combustibile conseguibili possono superare il 40% e si attestano comunque al di sopra del 30%. I risparmi più interessanti si riferiscono agli ambienti di grandi dimensioni.

Caso studio	Consumo di combustibile			Risparmio [%]	
	R Panel ® (Standard)	R Panel ® (Condens)	Radiatore	Con caldaia standard	Con caldaia a condensazione
1	9.95	8.65	11.31	12.0	23.5
2	7.53	6.55	9.13	17.5	28.3
3	4.55	3.96	6.88	33.8	42.5
4	15.81	13.74	18.42	14.2	25.4
5	9.01	7.83	11.27	20.0	30.5
6	5.85	5.08	9.28	37.0	45.2
7	3.05	2.65	4.27	28.6	37.9
8	3.42	2.97	5.29	35.4	43.8
9	4.41	3.84	5.86	24.7	34.6
10	3.96	3.44	5.37	26.3	35.9
11	18.46	16.04	20.68	10.8	22.4
12	14.24	12.38	16.72	14.9	26.0
13	8.78	7.63	12.12	27.6	37.0
14	27.85	24.20	32.91	15.4	26.5
15	16.41	14.26	19.85	17.3	28.2
16	10.84	9.42	15.46	29.9	39.1
17	7.78	6.77	9.80	20.5	30.9
18	7.48	6.50	10.30	27.4	36.9
19	10.75	9.35	12.98	17.2	28.0
20	8.87	7.71	11.18	20.6	31.0
21	24.88	21.62	27.89	10.8	22.5
22	19.40	16.86	21.82	11.1	22.7
23	11.56	10.04	15.41	25.0	34.8
24	34.03	29.58	38.52	11.7	23.2
25	22.60	19.64	26.70	15.4	26.4
26	14.39	12.51	18.30	21.4	31.7
27	12.44	10.81	14.66	15.1	26.2
28	11.40	9.91	13.94	18.2	28.9
29	15.49	13.46	17.25	15.2	22.0
30	12.76	11.09	15.40	17.1	28.0

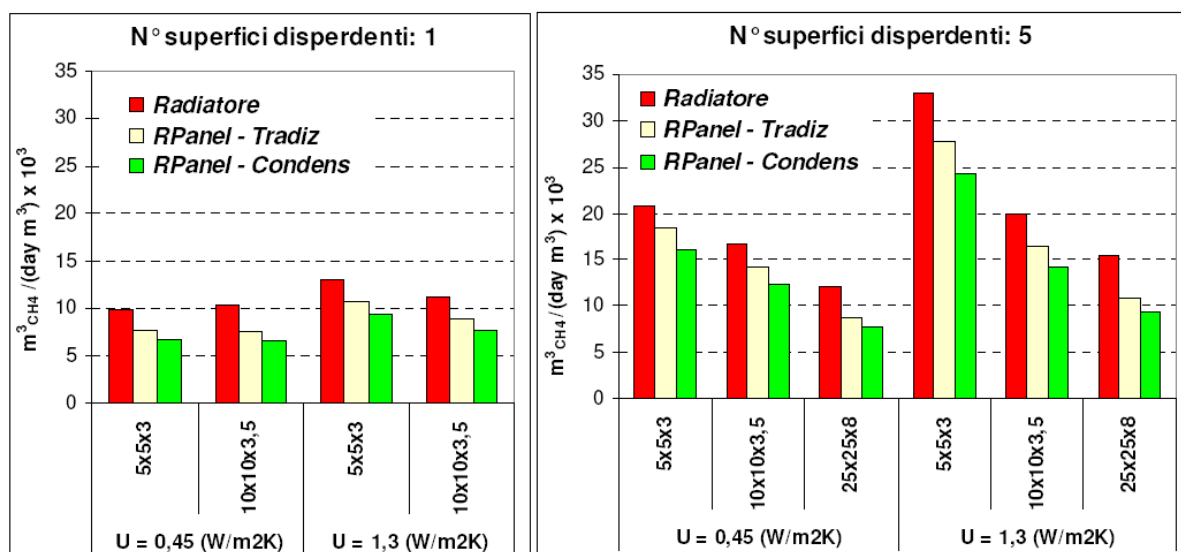
Tabella VI: Consumo specifico giornaliero di combustibile ($m^3_{CH_4}/m^3$) e relativo risparmio conseguibile con l'adozione di piastre R Panel®.

Nei grafici seguenti sono riportati alcuni confronti tra il consumo giornaliero di metano, per unità di volume, nel caso di impianto a radiatori e di impianto ad irraggiamento R Panel® con caldaia tradizionale o con caldaia a condensazione, per differenti zone climatiche.

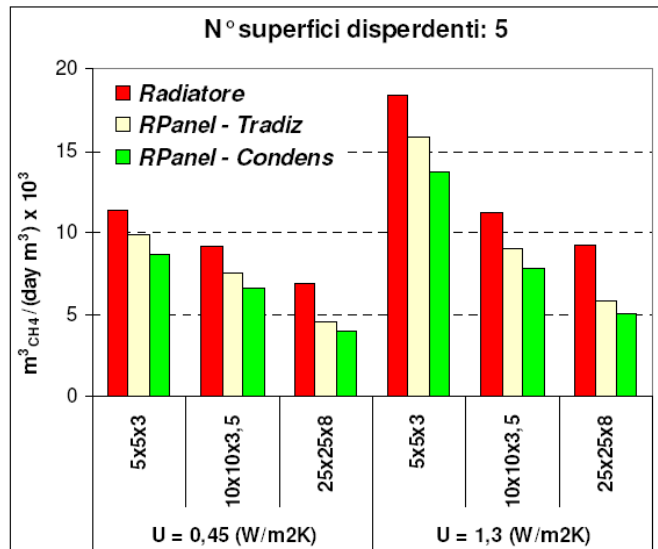
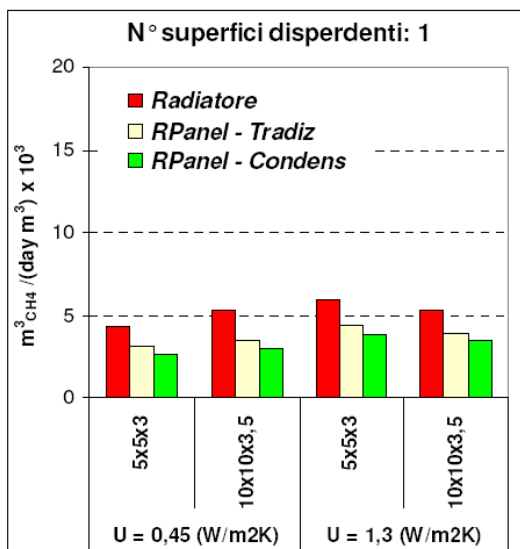
Località: Milano
Gradi giorno: 2755 (Zona E)
Temp. esterna media: 2.4 °C
Temp. esterna di progetto: -5 °C



Località: Pisa
Gradi giorno: 1694 (Zona D)
Temp. esterna media: 6.6 °C
Temp. esterna di progetto: 0 °C

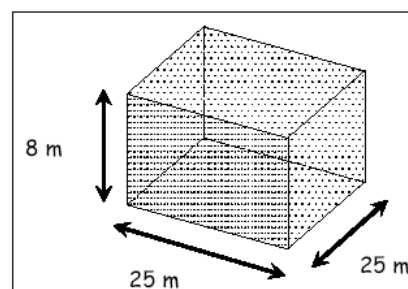


Località: Trapani
Gradi giorno: 810 (Zona B)
Temp. esterna media: 11.7 °C
Temp. esterna di progetto: 5 °C

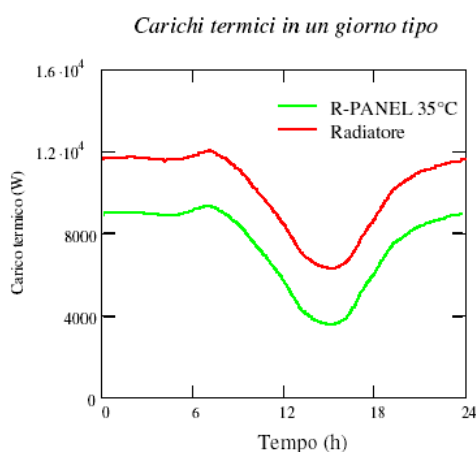


SCHEDA RIASSUNTIVA n°15 – ZONA B (Trapani)

Tipologia ambiente: Ambiente tipo 3
Dimensioni: 25x25x8 m³
N° superfici disperdenti: 5
Località: Trapani (Zona B)
Temp. esterna media: 11.7 °C
Temp. esterna di progetto: 5 °C



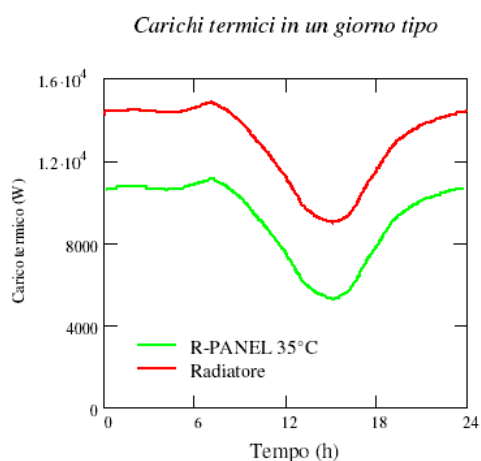
PARETI COIBENTATE (Trasmittanza 0.45 W/m² K)



	<i>Radiatore</i>	R Panel ®	<i>Risparmio</i>
<i>Superficie installata (m²)</i>	4.8	45	----
<i>Temp. interna di comfort (°C)</i>	20.2	18.5	----
<i>Potenza installata (W)</i>	24100	19750	18.2 %
<i>Potenza specif. (W/m³)</i>	4.82	3.95	18.2 %
<i>Fabbisogno energetico (Wh/m³ day)</i>	54.8	37.8	30.9 %
<i>Consumo combustibile (m³ gas/day m³)</i>	6.88·10 ⁻³	4.55·10 ⁻³ (3.96·10 ⁻³)*	33.8 % (42.5 %)*

* : validi per caldaia a condensazione

PARETI NON COIBENTATE (Trasmittanza 1.3 W/m² K)



	<i>Radiatore</i>	R Panel ®	<i>Risparmio</i>
<i>Superficie installata (m²)</i>	8	70	----
<i>Temp. interna di comfort (°C)</i>	22.0	18.8	----
<i>Potenza installata (W)</i>	30500	23700	22.4 %
<i>Potenza specif. (W/m³)</i>	6.10	4.74	22.4 %
<i>Fabbisogno energetico (Wh/m³ day)</i>	73.9	48.6	34.2 %
<i>Consumo combustibile (m³ gas/day m³)</i>	9.28·10 ⁻³	5.85·10 ⁻³ (5.08·10 ⁻³)*	37.0 % (45.2 %)*

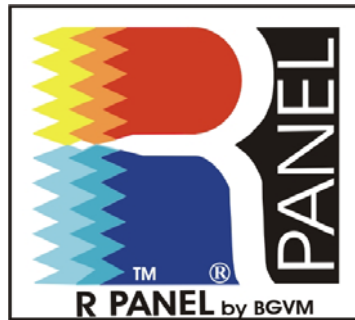
* : validi per caldaia a condensazione

CONCLUSIONI

Nel presente documento sono stati valutati i vantaggi legati all'utilizzo della tecnologia R Panel[®], di cui la nostra società è scopritrice e detiene tutti i diritti brevettuali, rispetto ai radiatori tradizionali.

Per quantificare questi effetti, sotto diversi punti di vista, sono stati introdotti tre indici di natura energetica, attinenti a *potenza installata*, *carichi termici* e *consumi di combustibile*, in relazione ai quali si può in estrema sintesi affermare che i vantaggi del R Panel[®] rispetto ai radiatori si esaltano al crescere della volumetria del locale, della trasmittanza delle pareti e della severità della condizione climatica. In particolare, l'entità del risparmio può spingersi fino a valori dell'ordine del **30%** in relazione al carico termico ambiente e del **40%** al consumo di combustibile. I vantaggi discendono sostanzialmente dalla maggiore aliquota di calore radiante emessa e dalla più bassa temperatura di alimentazione rispetto alla tecnologia concorrente. Il primo elemento consente una minore temperatura interna di comfort, da cui consegue una minore dispersione termica e quindi più contenuti consumi energetici. Il secondo elemento favorisce i rendimenti tecnologici di impianto (emissione, distribuzione etc.) e rende ammissibili sorgenti termiche a bassa temperatura: tra queste pompe di calore, impianti solari, sorgenti geotermiche, nonché caldaie ad altissima efficienza come le caldaie a condensazione.

E' stato inoltre dimostrato che, per garantire la corretta situazione di benessere, con la tecnologia R Panel[®] sono necessarie potenze dell'ordine di $10-20 \text{ W/m}^3$, in funzione della zona climatica e delle caratteristiche dell'immobile.



BGVM S.r.l. C/so dei mille, 510 - 90047 Partinico (PA)
tel. +39 091 8902404 - fax: +39 091 8900353
www.rpanel.com - info@rpanel.com