

# Manuale tecnico per sistemi a soffitto radiante

Sistemi a soffitto radiante costituiscono una proposta moderna ed efficace per riscaldare, raffrescare e arredare gli ambienti in cui le persone trascorrono abitualmente gran parte del loro tempo: abitazioni, uffici, scuole, showroom, alberghi, ospedali, musei ne rappresentano i principali ambiti applicativi.

Dal punto di vista strettamente impiantistico, i soffitti radianti sono sistemi idronici che bilanciano i carichi sensibili degli spazi climatizzati e sono affiancati da sistemi ausiliari per garantire la corretta ventilazione degli ambienti e mantenere sotto controllo il livello di umidità.

Il fenomeno fisico che caratterizza l'interazione termica tra il soffitto radiante e l'ambiente in cui esso è installato è l'irraggiamento.

## COMFORT D'ECCELLENZA

Nonostante i sistemi a soffitto radiante abbiano progressivamente trovato una crescente diffusione nella pratica delle installazioni impiantistiche durante gli ultimi vent'anni, dando con ciò a molte persone la possibilità di sperimentare direttamente la confortevole sensazione del "radiante", il preconcetto che "il calore non può arrivare dall'alto perché l'aria calda sale" è ancora largamente presente, e chi si occupa di questi sistemi si trova frequentemente a dover vincere questa legittima – ma solo per i non addetti ai lavori – diffidenza.

Nella loro naturale semplicità, i soffitti radianti non sono altro che uno dei tanti, riusciti tentativi compiuti dall'uomo per tradurre in tecnologia un fenomeno spontaneo osservabile in natura. Così come partendo dall'osservazione del volo degli uccelli si è giunti all'aeroplano, allo stesso modo si può trovare una corrispondenza tra il meccanismo con cui il Sole trasmette calore alla Terra e i sistemi a soffitto radiante.

La parola chiave la si conosce bene: **irraggiamento**.

Ma come sperimentarlo, senza un soffitto radiante a disposizione?

Il modo più semplice – non certo l'unico – consiste nel rimanere al sole in una giornata invernale col cielo limpido: chi non ha mai provato di persona che quando l'aria è a 9-10 °C di temperatura è sufficiente restare al sole indossando un maglione per stare caldi?

E chi non ha notato che maglioni di colore diverso permettono di ricevere più o meno calore? Questo è l'irraggiamento; non tocchiamo il sole, l'aria può solo raffreddarci, ma il calore che riceviamo per irraggiamento è superiore a quello che l'aria fredda ci sottrae: nel complesso, si sta bene.

Sfruttando la visione nel campo dell'infrarosso, è possibile rendersi conto di ciò che avviene in pratica quando un soffitto radiante funziona in riscaldamento.

L'immagine in figura 1.1 si riferisce a una stanza in cui è in funzione un soffitto radiante in cartongesso.

La serpentina all'interno del pannello è percorsa da acqua alla temperatura di circa 35 °C. I colori nero e blu indicano le temperature più basse, il rosso e il giallo indicano le temperature più alte.

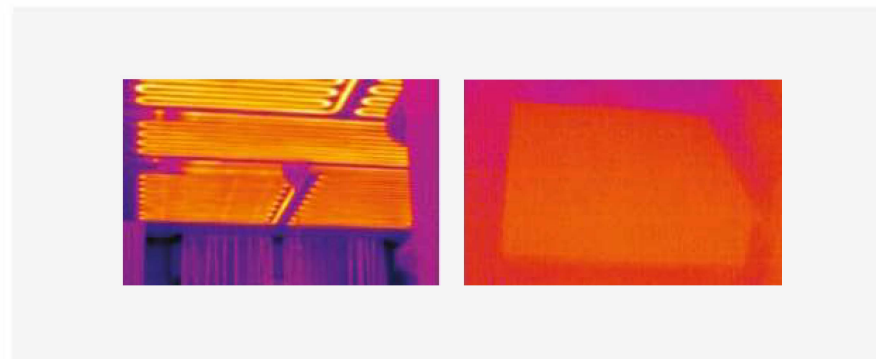


Fig. 1.1  
Termovisione di un soffitto radiante in riscaldamento.

Si vede bene – immagine a sinistra – come i vetri della grande porta-finestra siano freddi, mentre le tende mostrano zone fredde e zone che risentono del riscaldamento per irraggiamento da parte del soffitto.

L'immagine a destra è la più significativa. Rende visibile la cosa essenziale: il pavimento sottostante al pannello radiante a soffitto riceve molto bene il calore, e a sua volta si riscalda più degli altri oggetti – pareti e suppellettili – presenti nella stanza; anche la parete sulla destra del pavimento partecipa a questo scambio termico e innalza la propria temperatura. L'effetto dell'irraggiamento è quindi quello di modificare la temperatura delle superfici che racchiudono gli ambienti; ciò avviene indipendentemente dalla reciproca posizione delle superfici stesse: più queste sono affacciate l'una all'altra, più lo scambio è intenso, naturalmente a parità di altre condizioni (temperatura superficiale del soffitto, materiali, emissività, grado di nerezza dei materiali, ecc.).

## LE PREROGATIVE DEI SOFFITTI RADIANTI

I sistemi a soffitto radiante rappresentano un'efficace soluzione per il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti; allo stesso tempo garantiscono un alto livello di comfort agli occupanti e il raggiungimento dei migliori obiettivi di risparmio energetico. Rispetto ai tradizionali sistemi di climatizzazione ad aria, i soffitti radianti godono di una posizione di forza per peculiarità di vario ordine:

- Risparmio energetico
- Qualità dell'aria
- Fruibilità degli spazi
- Riduzione del rumore
- Riduzione dei costi di manutenzione
- Velocità di risposta
- Comfort
- Modularità e flessibilità
- Rapidità di montaggio
- Preassemblaggio in fabbrica
- Ispezionabilità

### ➤ **Risparmio energetico**

L'utilizzo dei soffitti radianti per l'abbattimento dei carichi sensibili consente di ridurre il fabbisogno d'aria per la ventilazione degli ambienti al minimo necessario, in dipendenza dall'affollamento previsto e dalla destinazione d'uso degli spazi. Grazie all'alta capacità termica dell'acqua in rapporto a quella dell'aria, il trasporto di una stessa quantità di calore avviene in maniera più efficiente con un soffitto radiante che con un sistema ad aria: di conseguenza, si ottiene un importante risparmio energetico evitando i costi connessi con l'energia elettrica che sarebbe altrimenti consumata dai ventilatori. Altro punto di forza dei soffitti radianti è la temperatura dell'acqua richiesta per il funzionamento. La potenza specifica che il soffitto radiante scambia con l'ambiente è la somma di una componente di scambio convettivo, che incide per circa il 25 % del totale, e di una componente di scambio per irraggiamento, pari a circa il 75 % del totale.

Lo scambio convettivo  $q_c$  tra soffitto radiante e aria ambiente è esprimibile come:

$$q_c = a \cdot (T_{\text{aria ambiente}} - T_{\text{superficiale pannello}}) \text{ [W/m}^2\text{]}$$

lo scambio per irraggiamento  $q_i$  tra il soffitto e tutte le superfici presenti in ambiente si può esprimere come:

$$q_i = 5,67 \cdot 10^{-9} \cdot \epsilon \cdot F \cdot (T_{\text{superficie}}^4 - T_{\text{superficiale pannello}}^4) \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Dove:

$a$  = coefficiente di scambio termico convettivo [W/m<sup>2</sup> K]

$\epsilon$  = funzione che considera le emissività delle superfici in gioco, valore adimensionale

$F$  = fattore di vista tra il soffitto radiante e la generica superficie, valore adimensionale

$T_{\text{aria ambiente}}$  = temperatura dell'aria ambiente, in K

$T_{\text{superficie}}$  = quarta potenza della temperatura della generica superficie, in K

$T_{\text{superficiale pannello}}$  = quarta potenza della temperatura superficiale del pannello radiante, in K

Dalle relazioni scritte si vede bene come la temperatura superficiale del pannello radiante, che è strettamente legata a quella dell'acqua di mandata, venga esaltata nello scambio per irraggiamento a causa dell'elevazione alla quarta potenza. Per questo motivo i sistemi a soffitto radiante vengono eserciti con acqua tipicamente alla temperatura di 15 °C in raffrescamento e di 35 °C in riscaldamento. Al contrario, i sistemi tradizionali ad aria – nei quali lo scambio termico avviene esclusivamente per convezione – necessitano di acqua a 6-7 °C in raffrescamento e a 50-60 °C in riscaldamento. È evidente che il sistema radiante permette di sfruttare appieno, e con il massimo rendimento, i moderni sistemi di produzione del caldo e del freddo. Infine, un'osservazione attenta di quanto avviene in ambiente. Ciò che determina in gran parte la sensazione di benessere, oltre al tasso di umidità, è la temperatura operante  $T_o$ , esprimibile come  $T_o = (T_s + T_a)/2$ ; in altre parole, la temperatura operante è la media aritmetica tra la temperatura media di tutte le superfici –  $T_s$  – che racchiudono l'ambiente e la temperatura dell'aria –  $T_a$  – in esso presente.

Ora, ragionando in fase di raffrescamento, si intuisce che la temperatura operante di 25 °C è ottenibile con un sistema tradizionale che porta a 23 °C la temperatura dell'aria e lascia le superfici (pavimento, soffitto, pareti) a 27 °C; d'altronde, un sistema a soffitto radiante consentirebbe di ottenere la stessa temperatura operante di 25 °C con l'aria ambiente a 27 °C e con una temperatura media delle superfici di 23 °C. È evidente come le rientrate di calore dall'esterno, che ipotizziamo a 35 °C, verso l'ambiente siano maggiori quando l'aria ambiente si trova a 23 °C. La medesima considerazione vale pure in condizioni di funzionamento invernale.

Anche in questo senso, i sistemi a soffitto radiante offrono lo spunto per compiere un passo decisivo verso la significativa riduzione del consumo energetico degli edifici.

### Qualità dell'aria

Virtualmente i soffitti radianti possono essere sfruttati in un ventaglio estremamente ampio di applicazioni pratiche, specialmente in quelle dove i carichi sensibili sono preponderanti, o negli ambienti dove è richiesto un alto livello qualitativo dell'aria interna: non è un caso che trovino vasta diffusione nelle strutture ospedaliere da oltre quindici anni. Essendo abbinati a sistemi di ventilazione per il rinnovo dell'aria e il controllo dell'umidità, assicurano le migliori condizioni qualitative dell'aria negli ambienti. In funzionamento invernale il controsoffitto si porta a temperature superficiali dell'ordine di 28-30 °C, mentre la temperatura dell'aria, per quanto detto prima a proposito della temperatura operante, si mantiene intorno a 18-19 °C, ottenendo immediatamente il beneficio di un'aria meno secca. In funzionamento estivo si elimina la necessità di una deumidificazione distribuita in molti punti dell'edificio e allo stesso tempo si eliminano le criticità derivanti da scarse, o del tutto assenti, manutenzioni: le batterie umide e le bacinelle di raccolta condensa sono infatti zone preferenziali per la proliferazione di batteri e funghi. Al contrario, ricorrendo ad un solo sistema centralizzato per il rinnovo dell'aria e il controllo dell'umidità, la deumidificazione non avviene direttamente in ambiente e l'aria secca viene distribuita attraverso canali in cui la proliferazione degli organismi patogeni o allergenici è ostacolata dal basso tasso di umidità presente in essi.

### Fruibilità degli spazi

Le cattive abitudini mostrano la naturale tendenza a mettere radici profonde e a far apparire come 'normale' e 'scontato' ciò che in realtà non lo è affatto.

Visto con gli occhi di chi costruisce gli edifici e di chi li abita, l'elevato valore economico delle volumetrie è evidente. Tuttavia, non è altrettanto evidente rendersi conto che l'impianto di climatizzazione tradizionale – a tutt'aria o a fan coil – sottragga volumetria agli occupanti.

L'immagine che segue prende in considerazione il medesimo ambiente, idealmente climatizzato con un sistema a tutt'aria (fig. 1.2 - sx) e con un sistema combinato a soffitto radiante+aria primaria (fig. 1.2 - dx).

### Recupero spazio in verticale

È lampante che il sistema a tutt'aria richieda ingombri in altezza sensibilmente maggiori rispetto all'impiego del soffitto radiante in combinazione con aria primaria; negli edifici a più piani, tipici del terziario, questo contenimento dei "volumi tecnici" può rapidamente raggiungere l'altezza equivalente di un intero piano supplementare. Per rendere semplice e chiaro questo concetto, basta pensare ad un edificio di 10 piani, in cui ad ogni piano occorre destinare 50 cm al sistema a tutt'aria, mentre

basterebbero 20 cm al soffitto radiante, per rendersi conto che i 30 cm riguadagnati ad ogni piano diventano 3 m cumulandosi sui 10 piani. Similmente a prima, l'immagine seguente prende di nuovo in considerazione lo stesso ambiente, idealmente climatizzato con un sistema combinato a fan coil+aria primaria (fig. 1.3 - sx) e con un sistema combinato a soffitto radiante+aria primaria (fig. 1.3 - dx).

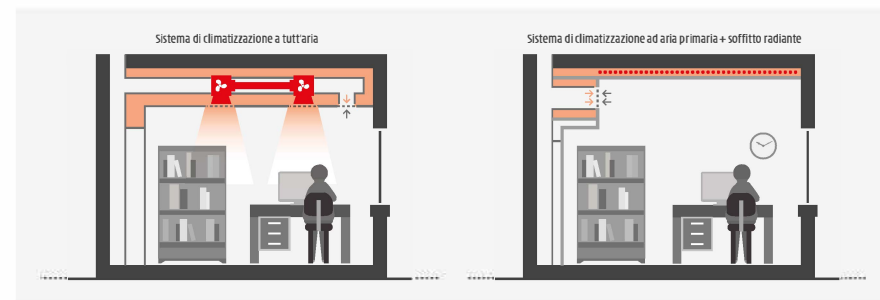


Fig. 1.2  
Recupero di spazio in altezza

### Recupero spazio in orizzontale

Questa seconda considerazione è facilmente estendibile anche agli edifici residenziali, dove radiatori e fan coils sono tutt'ora largamente presenti. Si vede bene (fig. 1.3 - sx) che l'installazione in ambiente di un'unità terminale sottrae volumetria: per l'ingombro proprio, per le distanze di rispetto necessarie a garantirne il corretto funzionamento e perché gli occupanti stiano adeguatamente distanti in modo da non avvertire disagio. D'altronde, l'impiego del soffitto radiante non sottrae affatto spazio nella zona occupata e neppure sulle pareti. Infine, se si considera che negli ambienti portati come esempio è quasi sempre previsto l'utilizzo di un normale controsoffitto, diviene spontaneo intuire che la scelta di impiegare un soffitto radiante non comporta alcun impatto negativo sulla fruibilità degli spazi.

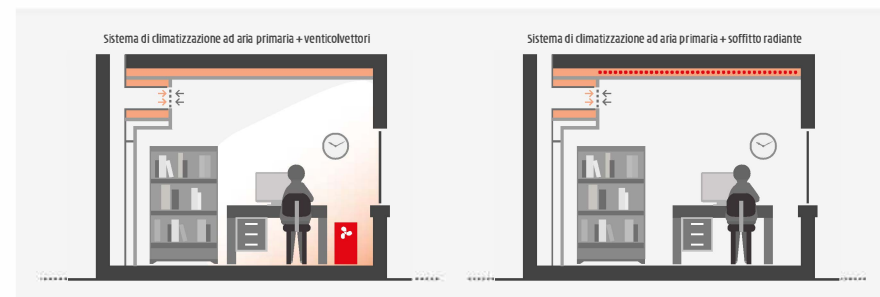


Fig. 1.3  
Recupero di spazio nella zona occupata

### ➤ **Riduzione del rumore**

È chiaro a tutti che, a parità di altre condizioni, un ambiente è meno confortevole quanto più è alto il livello di rumore percepibile. A chi non è capitata la pessima esperienza di pernottare in hotel e di dover chiamare la reception a mezzanotte per chiedere di spegnere il troppo rumoroso, antigienico fan coil perché dava troppo fastidio?

La drastica riduzione della portata d'aria da gestire quando si utilizzano i soffitti radianti e l'ubicazione in posizione remota rispetto agli ambienti della macchina per la ventilazione, comportano una notevolissima riduzione del livello di rumore che caratterizza i sistemi basati sulla movimentazione dell'aria, dando a tutti la possibilità di sperimentare una tranquilla e confortevole esperienza di abitare gli ambienti.

### ➤ **Riduzione dei costi di manutenzione**

Il sistema a soffitto radiante consente di ridurre in maniera cospicua i costi connessi con l'ordinaria manutenzione impiantistica - vi è l'assenza di parti meccaniche in movimento, non vi sono unità terminali, o filtri, o motori da sostituire - e assicura una vita utile all'impianto ben più lunga di quella che ci si può ragionevolmente attendere da un sistema tradizionale.

### ➤ **Velocità di risposta**

I sistemi a soffitto radiante sono caratterizzati da transitori termici di breve durata.

Nel caso dei pannelli metallici, l'inerzia termica è essenzialmente quella dell'acqua che circola all'interno di essi; con i pannelli in cartongesso la durata del transitorio è imposta dall'inerzia della lastra in cartongesso. Sfruttando una camera per termovisioni è possibile visualizzare l'evoluzione dei transitori termici. Le immagini seguenti mostrano molto chiaramente le fasi di accensione di un soffitto radiante metallico e di uno in cartongesso. Ovviamente, i transitori di spegnimento sono caratterizzati dalla stessa dinamica. In entrambi i casi si vede che la reattività del sistema è molto elevata.



Fig. 1.4  
Telecamera per visione termica

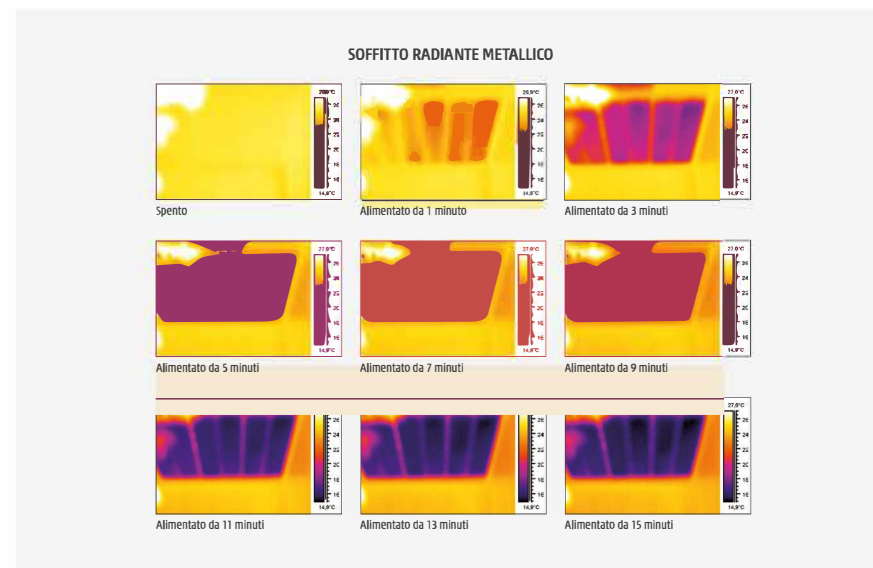


Fig. 1.5  
Transitorio di un soffittoradiante metallico

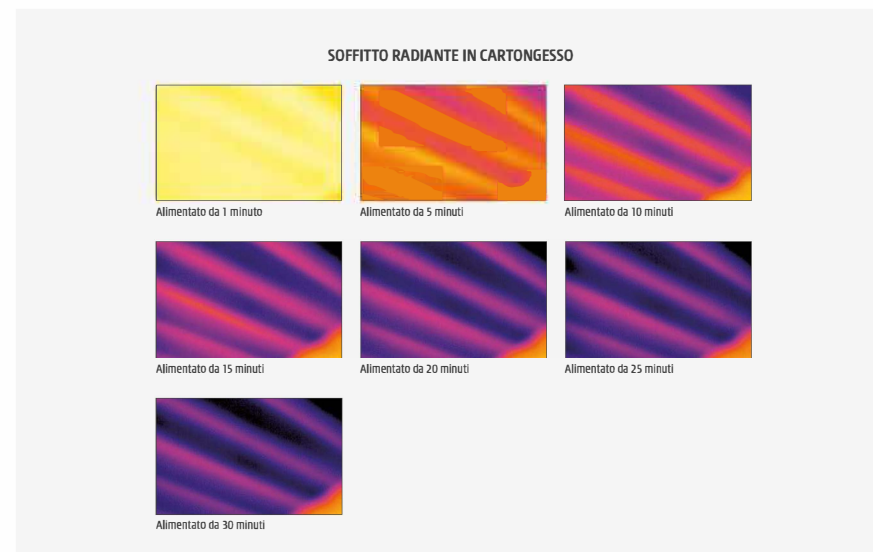


Fig. 1.6  
Transitorio di un soffitto radiante in cartongesso

## ◉ Comfort

I sistemi a soffitto radiante rappresentano la migliore scelta impiantistica per raggiungere i più alti livelli di comfort.

L'importante aspetto del comfort è stato largamente indagato dalla ricerca scientifica alla fine del secolo scorso; tuttavia, nella quotidianità accade spesso di prestare scarsa attenzione ai buoni risultati trovati con le ricerche e occorrono anni prima che le "novità teoriche" divengano parte integrante della pratica consolidata. Quando si pensa al concetto di comfort di un ambiente climatizzato è frequente osservare che il pensiero va subito a focalizzarsi sulle sensazioni di caldo, freddo e umidità. Forse qualcuno ricorda di essere stato infastidito durante una cena al ristorante per via di qualche corrente d'aria fredda proveniente da un diffusore d'aria posto nelle sue vicinanze e ha avvertito disagio. Sono tutte osservazioni pertinenti e corrette, tuttavia il concetto di comfort è più esteso, come si è potuto intuire leggendo quanto scritto incidentalmente nel paragrafo sulla riduzione del rumore.

Oggi si dispone di strumenti e metodi oggettivi per quantificare, e non solo descrivere qualitativamente, il livello di comfort di un ambiente.

Le Norme di riferimento sono:

- EN ISO 7730: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD
- EN 15251: criteria for the indoor environment including thermal, indoor air quality, light and noise
- EN 13779: ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room conditioning systems

Agli effetti del comfort, inteso in senso strettamente termico, senza perciò prendere in considerazione fattori quali sensazioni olfattive, luci e rumori – è rilevante la Norma EN ISO 7730, apparsa per la prima volta nel 1994 e successivamente integrata<sup>1</sup>.

In estrema sintesi, il livello di comfort termico è espresso dall'indicatore della Percentuale Prevista di Insoddisfatti (PPD).

Per comprenderlo, si può immaginare di domandare a un campione di persone che occupano l'ambiente quale sia la loro sensazione di comfort: per alcuni sarà caldo, per altri troppo caldo, per altri un po' freddo.. insomma, l'idea è chiara.

Questa valutazione è resa quantitativamente dal Voto Medio Previsto (PMV), che assume valori compresi in una scala a zero centrale, che va da -3 (sensazione di freddo estremo) a +3 (sensazione di caldo estremo) ed esprime il grado di benessere termico avvertito dal campione di persone.

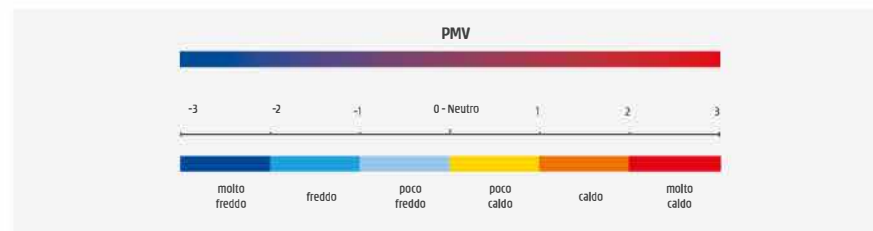


Fig. 1.7  
Scala del Voto Medio Previsto (PMV)

Il PPD, indice globale del comfort termico, viene ad essere espresso in funzione del  $PMV^2$ , a sua volta determinato attraverso un set di equazioni parametriche in cui entrano in gioco le grandezze fisiche che caratterizzano il comfort – attività metabolica, temperatura dell'aria a bulbo umido, a bulbo secco, umidità relativa, velocità dell'aria, temperatura media delle superfici, temperatura operante.

Oltre a questo indice principale, la Norma prende in considerazione i fattori<sup>3</sup> responsabili del discomfort locale:

- Le correnti d'aria (DR % – Draught Rate)
- Il gradiente verticale di temperatura
- L'asimmetria radiante
- La temperatura del pavimento

e distingue tre categorie di comfort termico A, B e C. La tabella seguente riassume la valutazione del comfort secondo UNI EN ISO 7730:2006.

1 UNI EN ISO 7730:2006, ERGONOMIA DEGLI AMBIENTI TERMICI - DETERMINAZIONE ANALITICA E INTERPRETAZIONE DEL BENESSERE TERMICO MEDIANTE IL CALCOLO DEGLI INDICI PMV E PPD E DEI CRITERI DI BENESSERE TERMICO LOCALE.  
2 PPD: 100 - 95 · EXP [-0,03353 · PMV<sup>4</sup> - 0,2179 · PMV<sup>2</sup>]  
3 PER UNA DETTAGLIATA DEFINIZIONE DI QUANTO ESPOSTO NEL TESTO SI RIMANDA ALLA NORMA UNI EN ISO 7730:2006.

La categoria B, che esige un PPD inferiore al 10 %, include la maggior parte delle applicazioni del settore residenziale e del terziario adatte ai soffitti radianti; dovrebbe, inoltre, costituire il target di comfort da raggiungere nella realizzazione di nuove costruzioni e negli interventi di riqualificazione del patrimonio edilizio esistente.

A proposito del gradiente verticale di temperatura, e avendo in mente quanto mostrato nelle immagini termiche del paragrafo dedicato al fenomeno dell'irraggiamento, non ci si sorprenderà di vedere un grafico come questo:

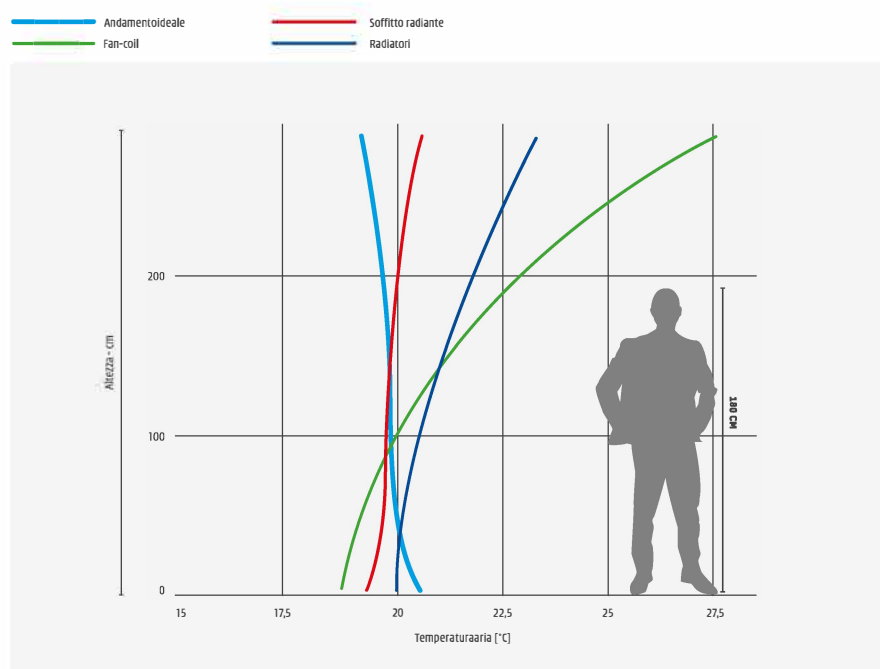


Fig. 1.8  
Distribuzione in verticale della temperatura per i principali sistemi di riscaldamento

L'immagine mostra in modo inequivocabile come il sistema radiante a soffitto non dia affatto luogo a fenomeni di stratificazione dell'aria quando funziona in riscaldamento. La differenza di temperatura tra l'aria a livello del pavimento e l'aria a livello del soffitto è estremamente contenuta, ed è di gran lunga inferiore a quella che si ottiene con i sistemi di riscaldamento tradizionali. Questo effetto diviene un importante coefficiente nella riduzione dei movimenti d'aria, che tra l'altro riducono ulteriormente la dispersione di calore dell'ambiente verso le pareti, e produce

benefici effetti sul comfort: è evidente la notevole somiglianza tra l'andamento ideale della temperatura ambiente e il profilo verticale di temperatura nel caso di soffitto radiante. Un risultato gradito, che le idee preconcepite avrebbero senz'altro escluso.

A riprova del comfort che è lecito attendersi dalle installazioni con sistemi a soffitto radiante, si illustrano i risultati di alcune prove sperimentali condotte da Giacomini S.p.A.

### ➤ Misura del comfort: sala riunioni

Il primo ambiente è un bel banco di prova per un sistema a soffitto radiante: una sala riunioni, in cui i carichi latenti possono comportare la distribuzione di portate d'aria variabili fino a 4-5 vol/h, in relazione all'affollamento (ben più, quindi, dei 2 vol/h tipici degli ordinari uffici). È una partenza in salita in vista dell'obiettivo PPD inferiore a 10 % e all'assenza di correnti d'aria.

La sala è stata utilizzata normalmente durante lo svolgimento della prova, che si è protratta in automatico per un arco temporale significativo ai fini della valutazione del comfort.

La misura si è svolta durante una giornata del mese di luglio in cui la temperatura esterna è variata tra 17 °C della notte e oltre 32 °C del pomeriggio.

Va detto che il soffitto radiante è rimasto in funzione dalle 8:30 del mattino fino alle 18:30, mentre nelle restanti ore si è mantenuta in funzione solo la ventilazione con aria primaria, sempre immessa a temperatura neutra rispetto al set point della temperatura ambiente.



Fig. 1.9  
La sala riunioni oggetto di misura del comfort

Le misure hanno dato i risultati seguenti, davvero interessanti:

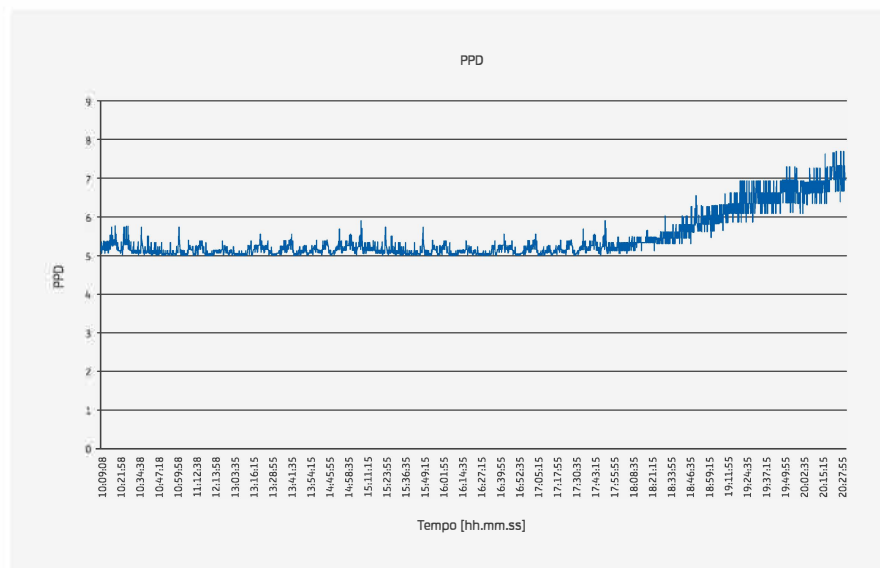


Fig.1.10  
Andamento del PPD

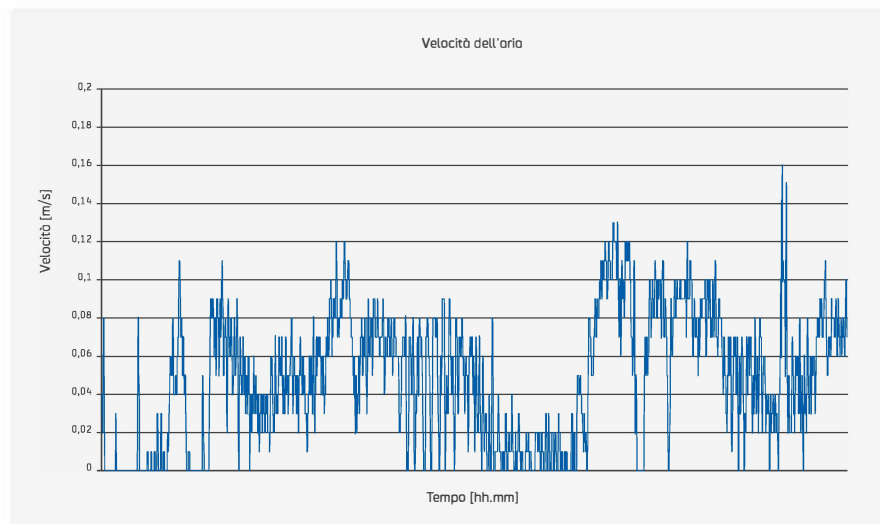


Fig. 1.11  
Andamento della velocità dell'aria

L'andamento del PPD dimostra chiaramente qual è il livello di comfort conseguibile con gli impianti a soffitto radiante. È evidente anche la progressiva diminuzione del grado di comfort a partire dalle 18:30, momento in cui l'impianto viene spento.

Com'è lecito attendersi dal PPD rilevato, si ha una ridotta velocità dell'aria che interessa lo spazio occupato dalle persone: il grafico si mantiene praticamente al di sotto di 0,1 m/s, se si eccettuano i picchi causati dal movimento delle persone in prossimità dei sensibilissimi strumenti. Questo risultato è sorprendente, se si pensa alla portata d'aria immessa in ambiente e – come prova l'immagine della sala – all'apparente assenza di terminali per la diffusione dell'aria. L'utilizzo del pannello a soffitto microforato come mezzo d'immissione dell'aria ha permesso di aggiungere qualità all'installazione, migliorando l'assorbimento acustico della sala e riducendo la velocità dell'aria nella zona occupata. Con un impianto tradizionale sarebbe stato un ottimo risultato ottenere velocità dell'aria anche solo di 0,25 m/s.

#### 🔴 Mock up test: dalla teoria del comfort al progetto definitivo

Il secondo caso preso in esame riguarda un'approfondita analisi condotta in camera di prova, con lo scopo di individuare il pannello radiante più idoneo ai fini del comfort da ottenere in un ufficio con vetrata soggetta ad irraggiamento solare diretto e caratterizzato da ventilazione immessa in prossimità della vetrata stessa.

Si tratta di un esempio di progettazione impiantistica con vincoli di comfort.

La realizzazione di ambienti modello e il ricorso a simulazioni con prove sperimentali sono indispensabili per ottimizzare il processo di scelta della soluzione più valida tra quelle candidate. L'immagine seguente mostra il set up dell'ambiente in prova. La temperatura ambiente desiderata è di 24 °C.

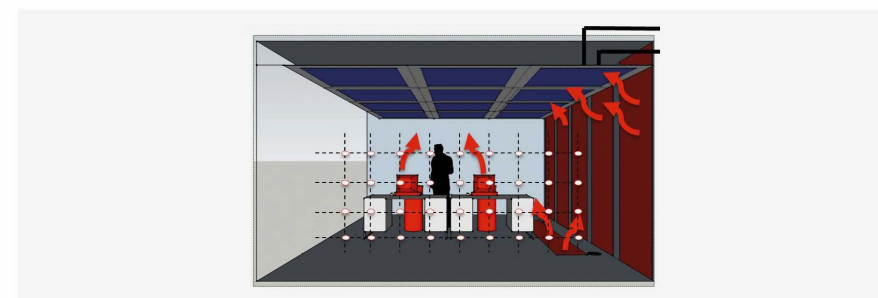


Fig. 1.12  
Rappresentazione dell'ufficio e delle condizioni di prova in raffreddamento

Tutte le misure che seguono mostrano le principali grandezze fisiche in diversi punti della cosiddetta "zona occupata" (secondo EN 13779). Come si vede, il riscontro è eccellente.

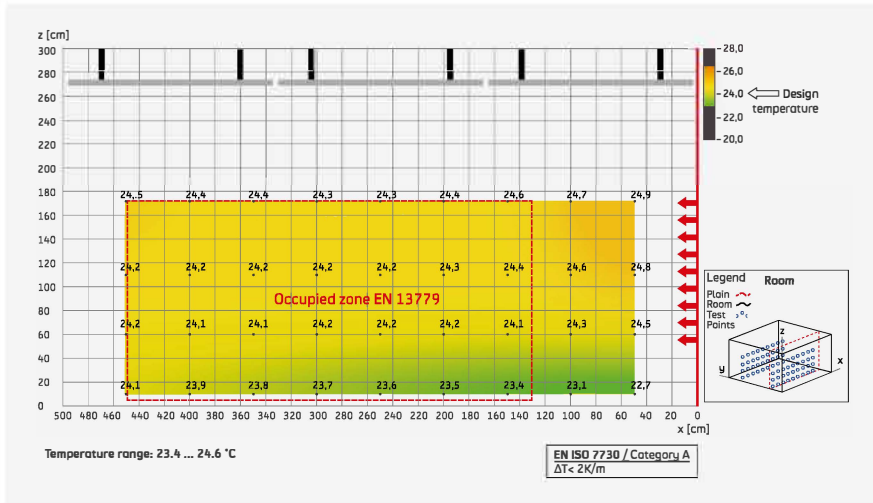


Fig. 1.13  
Distribuzioni di temperatura - raffreddamento

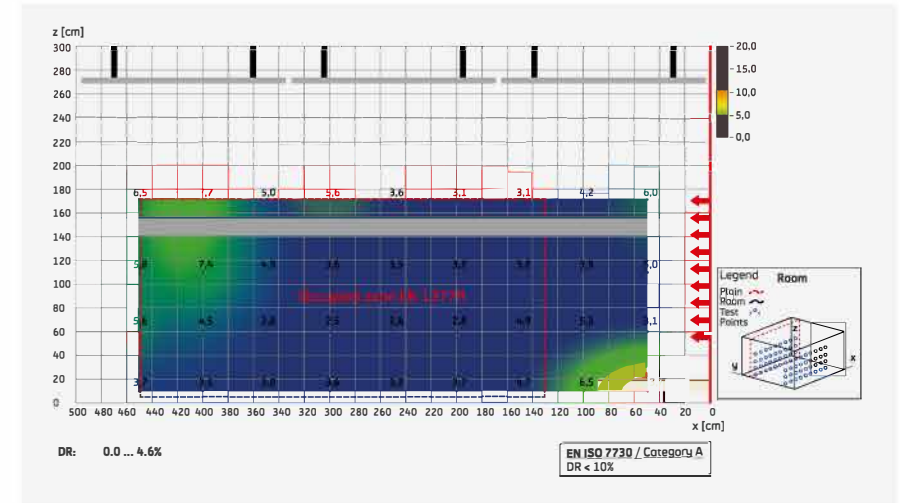


Fig. 1.15  
Draught Rate - correnti d'aria

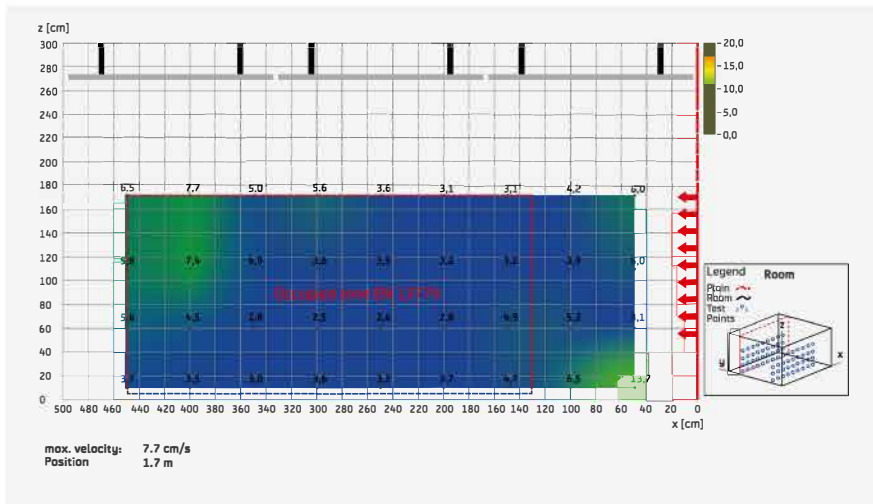


Fig. 1.14  
Andamento della velocità dell'aria

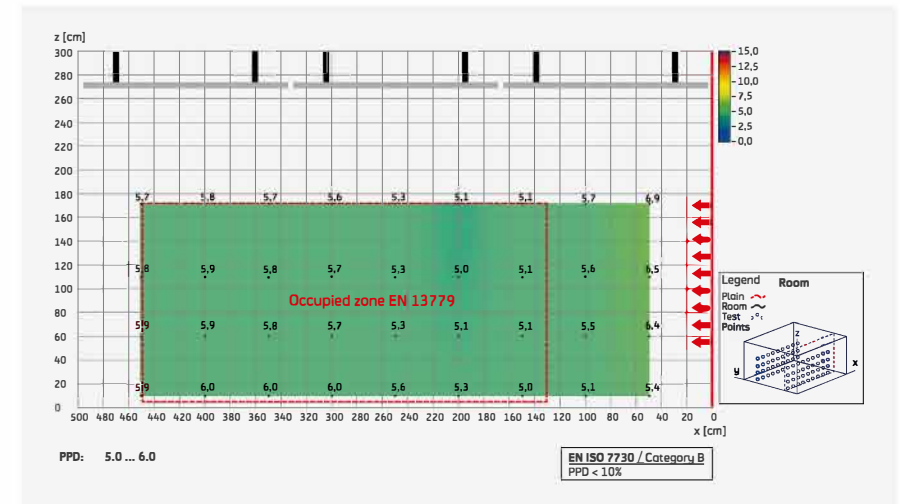


Fig. 1.16  
PPD - raffreddamento



La prova in riscaldamento ha portato a risultati del tutto simili. Qui si mostrano solo le distribuzioni della temperatura dell'aria (il set point è di 21 °C) e del PPD.

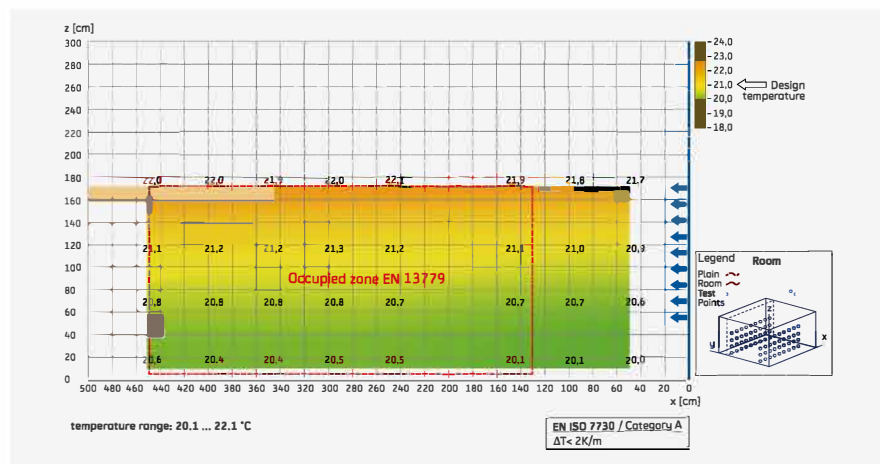


Fig. 1.17  
Distribuzione di temperatura - riscaldamento

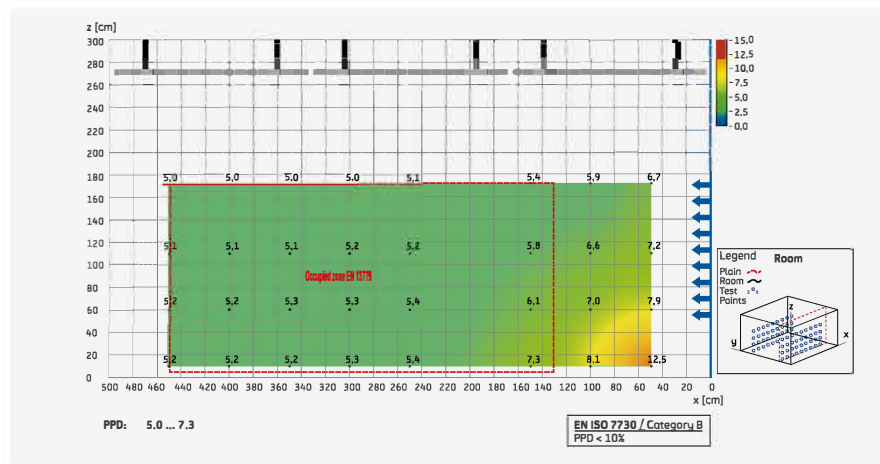


Fig. 1.18  
Andamento della velocità dell'aria

Ponendo a confronto i risultati di tutte queste analisi sperimentali, appare chiaro che applicazioni diverse raggiungono gli stessi livelli di comfort grazie alle risorse offerte dal sistema a soffitto radiante.

### ► Modularità e flessibilità

Senza ombra di dubbio, per il solo fatto di proporsi come una importante risorsa ai fini del risparmio energetico e di offrire alti livelli di comfort e fruibilità degli spazi, il soffitto radiante merita particolare attenzione.

C'è però un'ulteriore caratteristica che fa apprezzare i sistemi di riscaldamento e raffrescamento radianti: essi offrono al progettista possibilità nuove per l'interpretazione degli spazi e creano opportunità di progettazione flessibile.

Grazie all'ampia gamma di versioni e dimensioni dei pannelli, è possibile soddisfare le esigenze architettoniche e impiantistiche più elevate.

### ► Rapidità di installazione

I componenti della struttura portante sono assemblati mediante bulloni o incastri la cui posizione è obbligata, rendendo l'operazione rapida e precisa. I collegamenti ai collettori di distribuzione si eseguono con raccordi rapidi e tubo in materiale plastico, oppure con appositi kit preassemblati che rendono l'operazione estremamente facile e affidabile.

### ► Preassemblaggio in fabbrica

I pannelli sono preassemblati in fabbrica a vantaggio della posa in opera, che diventa estremamente semplice e rapida.

Fig. 1.19  
Assemblaggio in fabbrica dei pannelli radianti

### ► Ispezionabilità

Caratteristica molto vantaggiosa dei soffitti radianti a pannelli metallici è l'ispezionabilità. Ispezionare il controsoffitto o operare nello spazio ad esso sovrastante, senza rinunciare a tenere in funzione l'impianto, è estremamente pratico, agevole e sicuro.

È possibile, infatti, effettuare in maniera estremamente semplice un rapido controllo del controsoffitto e degli impianti che esso ospita, modificare o fare manutenzione su impiantistiche di tipo elettrico, informatico, di illuminazione, audio, ecc.

Tutti questi interventi possono avvenire in modo mirato e selettivo.

Nelle versioni con pannelli in cartongesso è comunque garantita la possibilità di ispezionare i collettori di distribuzione tramite un'apposita e pratica botola.

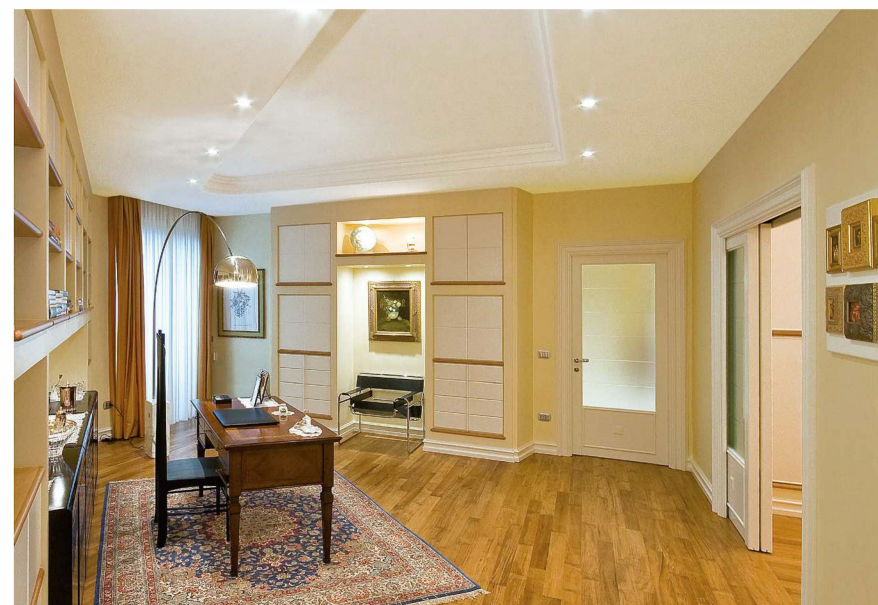
## LE TIPOLOGIE DEI SOFFITTI RADIANTI

Giacomini propone un'ampia gamma di sistemi a soffitto radiante in grado di andare incontro alle molteplici esigenze progettuali e impiantistiche che caratterizzano il campo applicativo.

L'intera famiglia dei sistemi a soffitto radiante si sviluppa in due classi di prodotto:

- **pannelli con finitura metallica**, prevalentemente orientati alle realizzazioni in campo ospedaliero e agli edifici del settore terziario in genere non di nostra fornitura
- **pannelli con finitura in cartongesso**, rivolti in particolar modo agli edifici residenziali.

Nei due capitoli successivi, per poter guidare al meglio il professionista verso la scelta più adatta alle proprie necessità, verranno presentati e approfonditi tutti i sistemi a soffitto radiante Giacomini.

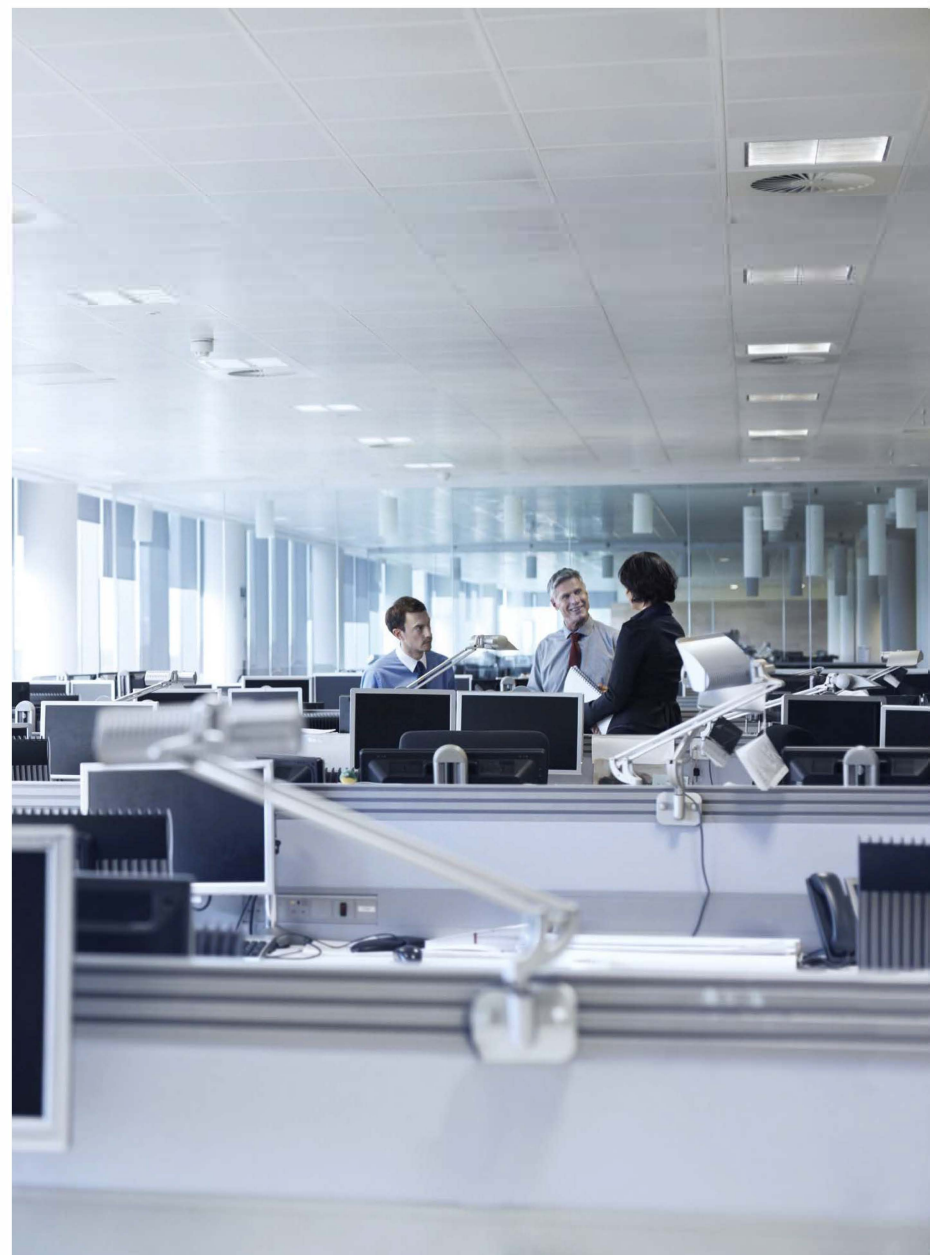


## Capitolo 2

### **Soffitti radianti metallici**

---

Il terziario moderno: reale libertà architettonica, totale valorizzazione delle superfici e dei volumi dell'edificio, massima salubrità ed elevato comfort degli ambienti. In più, un concreto risparmio energetico.



La classe dei soffitti radianti metallici si articola in due soluzioni base; la tabella seguente le espone dettagliatamente:

### Tipologie di soffitti radianti metallici

SERIE	MODELLO	MODULARITÀ - MM x MM	ATTIVAZIONE
GK	GK60	600x1200	C75 - A220
	GK120	1200x1200	C75 - A220
GK PSV	GK60x60 PSV	600x1200	C75 - A220
	GK60x120 PSV	600x1200	C75 - A220

Prima di passare in rassegna ciascun sistema a soffitto radiante metallico è conveniente descrivere quello che è il cuore del sistema.

## TIPOLOGIE DI PANNELLI DELLE SERIE GK CLASSIC E GK TOP

I pannelli metallici possono essere attivi o inattivi. I pannelli attivi hanno capacità di scambio termico radiante grazie al sistema di attivazione che incorporano, quelli inattivi hanno funzione esclusivamente estetica.

Entrambi i tipi di pannello sono realizzati in acciaio zincato e sono resi disponibili in versione liscia o microforata: la microforatura standard R2516 presenta un foro di diametro di 2,5 mm su tutta la superficie del pannello, con l'eccezione di una fascia perimetrale lungo tutto il perimetro larga 15 mm. La percentuale di foratura è pari al 16 %, vale a dire che il 16 % della superficie del pannello è costituita da fori. A richiesta sono disponibili altre microforature.

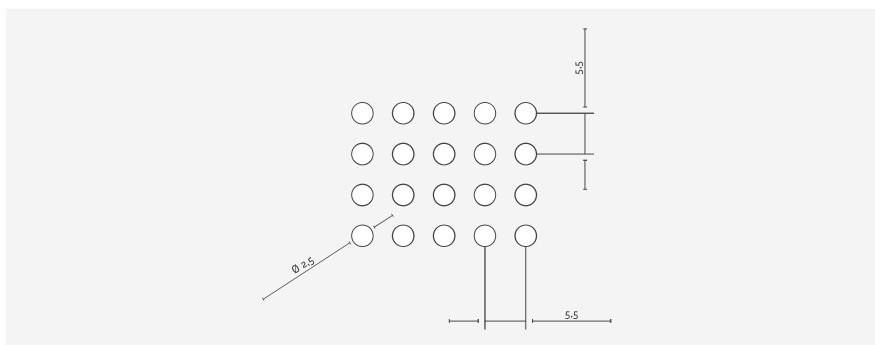


Fig. 2.1  
Microforatura R2516 dei pannelli metallici

## IL SISTEMA DI ATTIVAZIONE

I pannelli radianti metallici sono disponibili con due differenti sistemi di attivazione, ciascuno dei quali si presta a specifici ambiti applicativi. Delegando alle schede tecniche di prodotto il compito di descrivere in dettaglio ogni tipo di attivazione per ciascun pannello, qui si prende a modello il pannello GK TOP 60 per illustrare la natura delle due alternative.

### Attivazione di tipo C

Nei pannelli con attivazione C75 il sistema di scambio termico è costituito da un circuito idraulico realizzato con serpentina in rame da 12x1 mm abbinato a un gruppo di quattro diffusori in alluminio anodizzato di dimensioni 75x700 mm. L'insieme pannello-sistema di scambio termico è preassemblato in fabbrica,

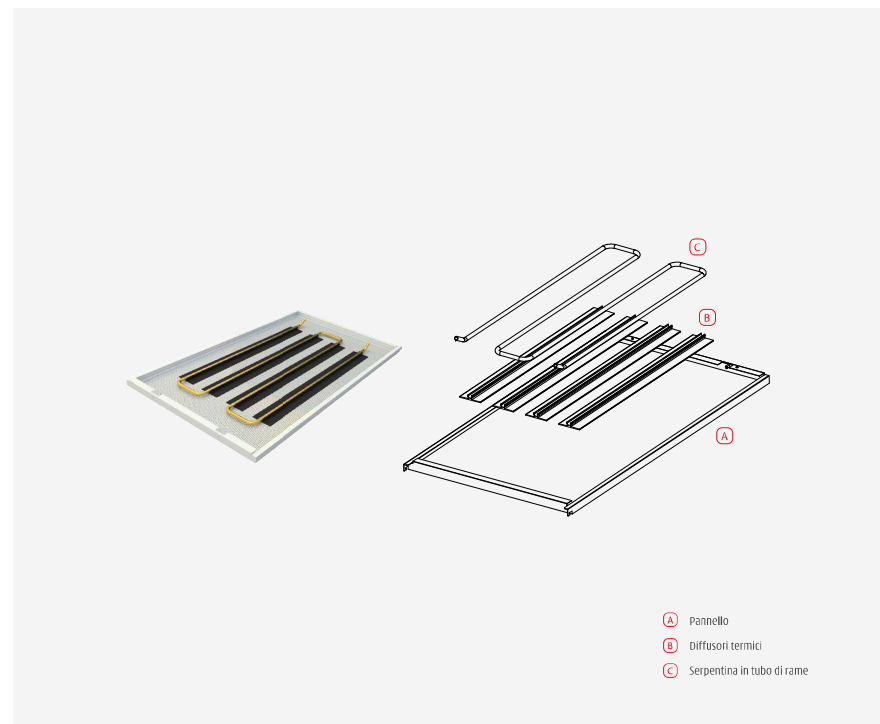


Fig. 2.2  
Sistema a soffitto radiante metallico: attivazione di tipo C

## Capitolo 3

### **Soffitti radianti in cartongesso**

Il soffitto dell'abitazione diventa un efficiente impianto di climatizzazione, eccellente anche per il raffrescamento estivo.

Così integrato all'architettura da essere invisibile.



L'ambito di applicazione preferenziale dei controsoffitti radianti in cartongesso è costituito dagli edifici residenziali e dalle strutture alberghiere, senza trascurare gli ambienti destinati alle attività commerciali, e più in generale di tutto il terziario, ove siano previste finiture di tipo civile.

La tabella seguente riassume le soluzioni offerte dalla classe dei soffitti radianti in cartongesso:

#### ► Tipologie di soffitti radianti in cartongesso

SERIE	DIMENSIONE PANNELLO - MM x MM	ATTIVAZIONE
GKC CLASSIC	1200x1200	Serpentina 8x1
	1200x1200	Serpentina 8x1
	600x1200	Serpentina 8x1
	600x1200	Serpentina 8x1

## TIPOLOGIE DI PANNELLI DEI SISTEMI GKC CLASSI

I pannelli in cartongesso possono essere attivi o inattivi. I pannelli attivi hanno capacità di scambio termico radiante grazie al sistema di attivazione che incorporano, quelli inattivi hanno funzione esclusivamente estetica.

Entrambi i tipi di pannello sono realizzati accoppiando una lastra in cartongesso a un materiale coibente e si presentano come pannelli preassemblati in fabbrica.



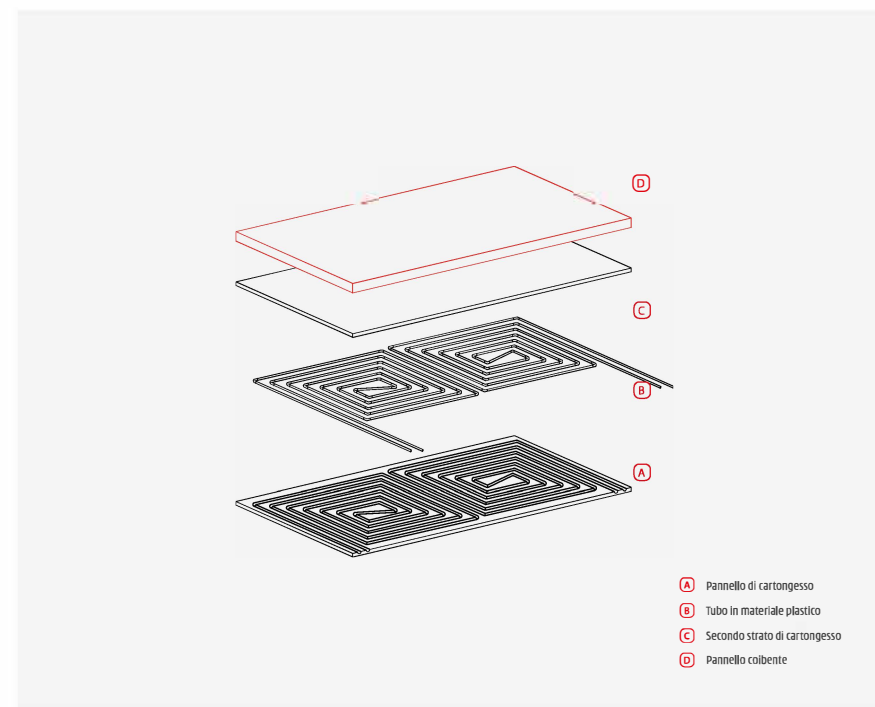
Serie GKC Classic e Super Classic

## IL SISTEMA DI ATTIVAZIONE

I pannelli radianti in cartongesso sono disponibili con due differenti passi di attivazione. Nell'ambito di ciascuna serie i pannelli, indipendentemente dal fatto che integrino o meno il sistema di attivazione, presentano il medesimo spessore. La presenza del coibente migliora l'isolamento termico degli ambienti ma, soprattutto, velocizza la posa in opera del controsoffitto; infatti, poiché tutti i pannelli presentano lo stesso spessore, le zone complanari di controsoffitto richiedono l'installazione di una struttura caratterizzata dalla stessa altezza di pendenza: vale a dire che anche la struttura, in quella zona, è continua e complanare.

#### ► Attivazione serie GKCS V.2.0

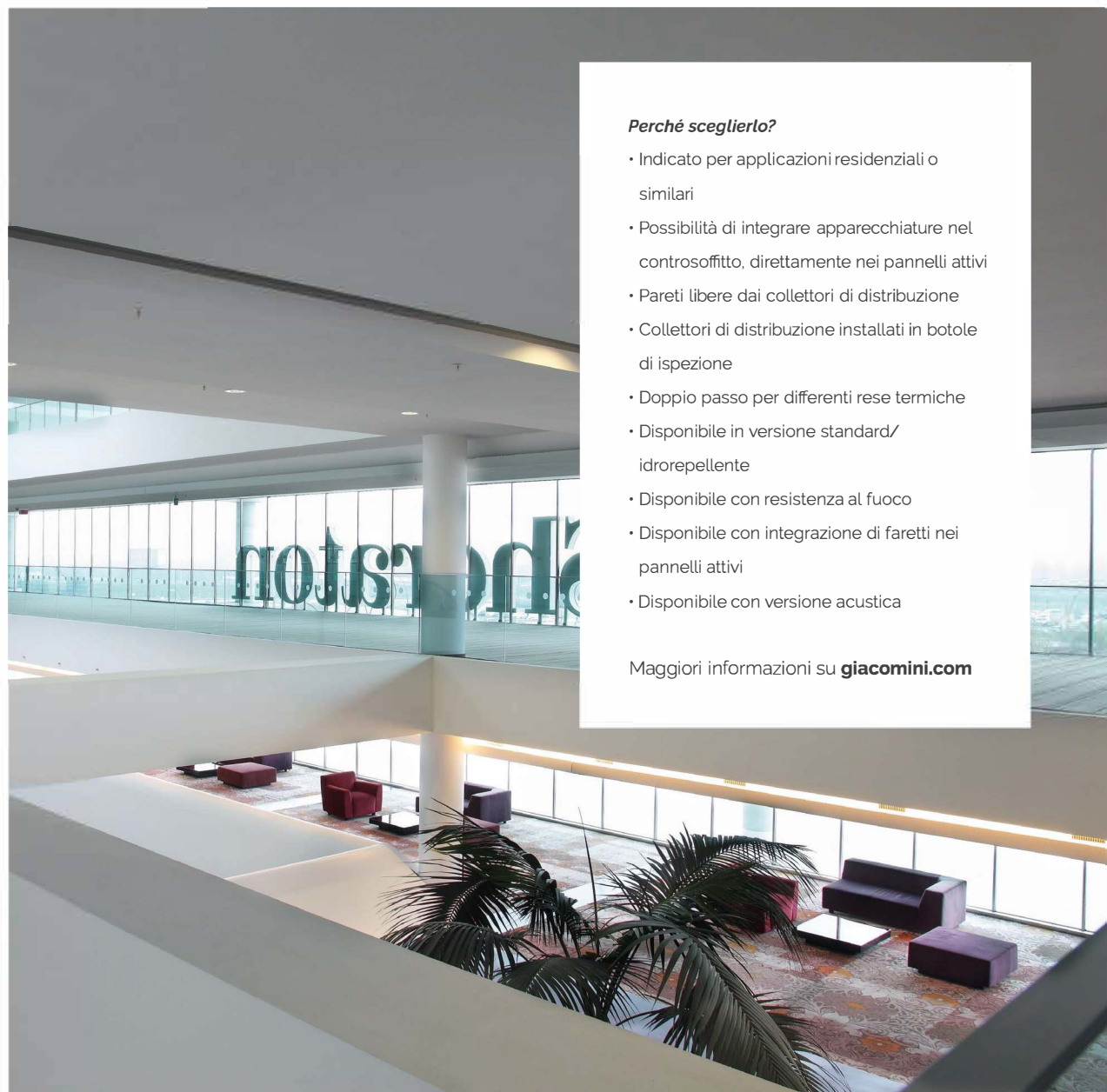
Nei pannelli GKC Classic e Super Classic il sistema di scambio termico è costituito da una (due quando si tratta di pannelli della maggior dimensione) serpentina in PEX 8x1 mm integrata nel pannello. Lo strato coibente, dello spessore di 3 cm, è realizzato in EPS.



## INTRODUZIONE

### PANNELLI RADIANTI IN CARTONGESSO SISTEMI GKC CLASSIC E SUPER CLASSIC

GKC Classic sono sistemi a soffitto radiante costituiti da pannelli preassemblati con finitura in cartongesso. Sono idonei per il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici residenziali e trovano una naturale estensione del proprio campo di applicazione in ambito residenziale, nonché in camere d'albergo, in ambienti commerciali e, più in generale, negli edifici che richiedono una controsoffittatura con finitura di tipo civile. I pannelli delle serie GKC Classic sono costituiti da una lastra in cartongesso dello spessore di 15 mm e da uno strato con funzione coibente realizzato in EPS dello spessore di 30 mm. Tra questi due strati trova posto il sistema di attivazione che è realizzato con una (o due, a seconda delle dimensioni del pannello) serpentina in PEX 8x1 mm. Il passo delle serpentine ne caratterizza i modelli; con passo 50 mm per sistema GKC Classic. Entrambe le versioni presentano un'ampia gamma di tipologie applicative, che permettono di andare incontro a tutte le tipologie di intervento: cartongesso standard, idrorepellente, pannelli attivi con alloggiamento di corpi a incasso; solo custom sono disponibili anche versioni con resistenza al fuoco e con caratteristiche fonoassorbenti.



#### *Perché sceglierlo?*

- Indicato per applicazioni residenziali o similari
- Possibilità di integrare apparecchiature nel controsoffitto, direttamente nei pannelli attivi
- Pareti libere dai collettori di distribuzione
- Collettori di distribuzione installati in botole di ispezione
- Doppio passo per differenti rese termiche
- Disponibile in versione standard/ idrorepellente
- Disponibile con resistenza al fuoco
- Disponibile con integrazione di faretto nei pannelli attivi
- Disponibile con versione acustica

Maggiori informazioni su [giacomini.com](http://giacomini.com)

## Tipologia di pannelli



### KS120

- Modularità: 1200x2000 mm
- Spessore: 45 mm
- Attivo



### KS120

- Modularità: 1200x2000 mm
- Spessore: 45 mm
- Non attivo



### KS60

- Modularità: 600x1200 mm
- Spessore: 45 mm
- Attivo



### KS60

- Modularità: 600x2000 mm
- Spessore: 45 mm
- Attivo



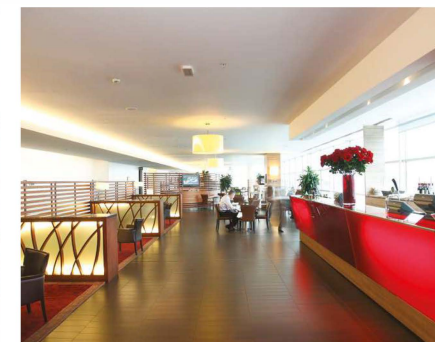
## Pannelli radianti in cartongesso sistemi GKC CLASSIC

- Controsoffitto realizzabile con quattro modularità di pannello: 600x2000 mm / 1200x2000 mm / 600x1200 mm / 1200x1000 mm
- Pannello liscio in cartongesso da 15 mm, con pannello coibente da 30 mm in EPS. Ingombro complessivo 45 mm
- Attivazione termica integrata nel pannello, realizzata con serpentine in PEX da 8x1 mm. Il pannello 1200x2000 mm integra due serpentine posizionate in modo da poter derivare da esso due pannelli 1200x1000 mm con un taglio trasversale
- Collegamento in parallelo dei pannelli appartenenti allo stesso circuito
- Installabile con le ordinarie strutture per controsoffitti in cartongesso
- Particolarmente adatto per installazione a parete
- Grazie alla modularità si presta ad ogni tipo di ambiente
- Possibilità di integrare nei pannelli attivi faretti

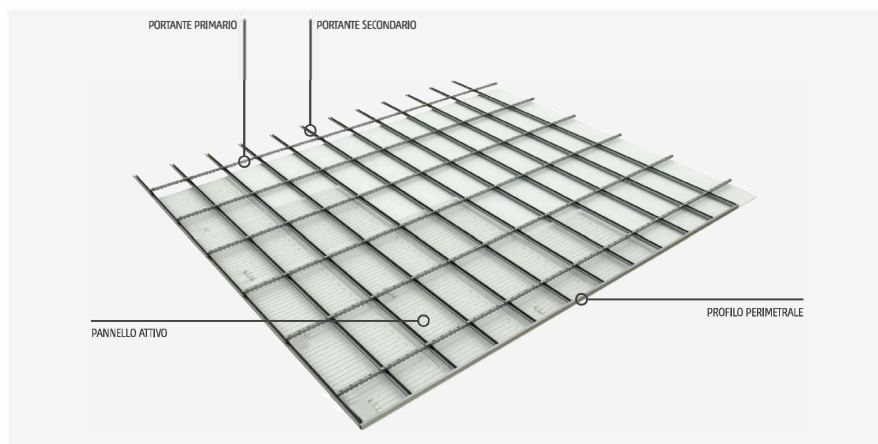
per l'illuminazione e altri dispositivi a corredo del controsoffitto

- Possibilità di pannelli con caratteristiche idrorepellenti
- Possibilità di pannelli con caratteristiche di fonoassorbenza
- Possibilità di pannelli con caratteristiche di resistenza al fuoco
- Sistema ispezionabile: installando le botole da controsoffitto in corrispondenza dei collettori di distribuzione, l'intero impianto è contenuto nel controsoffitto ed è possibile lasciare libere tutte le pareti degli ambienti
- Le compensazioni laterali si realizzano con pannello inattivo costruito abbinando lastra in cartongesso e coibente da 30 mm in EPS. Questo migliora l'isolamento verso l'alto degli ambienti; inoltre, poiché tutti i pannelli presentano lo stesso spessore, la posa in opera del sistema è notevolmente velocizzata

### Esempi di applicazione







## Pannelli e portanti della struttura



**KS120**  
Pannello attivo 1200x2000 mm



**KS120**  
Pannello inattivo 1200x2000 mm



**KS60**  
Pannello attivo 600x1200 mm



**KS60**  
Pannello attivo 600x2000 mm



**KG800**  
Profilo perimetrale



**KG800**  
Portante primario



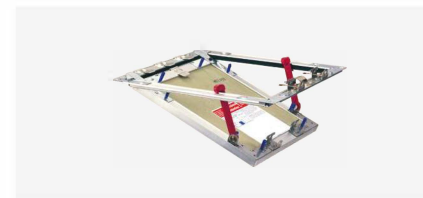
**KG800**  
Portante secondario



**KG804**  
Pendino sospensione portanti



**KG806**  
Molla regolazione pendino



**KG810**  
Botola ispezione

## IL SISTEMA DI CONNESSIONE IDRAULICA DEI PANNELLI ATTIVI GKC CLASSIC

I sistemi a soffitto radiante delle serie GKC CLASSIC prevedono il collegamento in parallelo dei pannelli che co-stituiscono il medesimo circuito, quest'ultimo essendo normalmente derivato da collettori di distribuzione. Questo approccio circuitale scaturisce da ragioni costruttive; poiché i pannelli attivi si trovano, in condizioni nominali, a dare la stessa perdita di carico, dell'ordine di

2 m.c.a., è naturale sfruttare questo fatto per cercare di ottenere circuiti autobilanciati. Per il collegamento dei pannelli, è previsto l'utilizzo di tubazioni in multistrato 20x2 mm disponibili in verghe non preisolate o in rotoli preisolati, le eventuali parti non preisolate dovranno essere coibentate con idoneo isolante termico. La raccorderia è del tipo ad innesto rapido, della serie RC in materiale plastico.

### 🔧 Raccordi per il collegamento idraulico dei pannelli serie GKC CLASSIC E SUPER CLASSIC

#### RC151P053

#### RC151P063

#### RC102P009



#### RC122P009

#### RC165P001

#### RC165P004



#### RC211P001



Mandata  
Ritorno

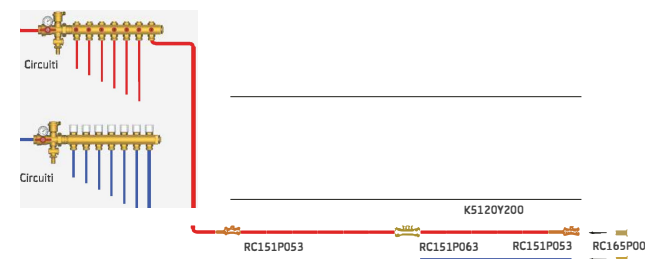


Fig. 3.1  
Collegamento in parallelo dei pannelli attivi

## ISPEZIONABILITÀ DEI CONTROSOFFITTI RADIANTI IN CARTONGESSO SERIE GKC

La fruibilità degli ambienti è una prerogativa a cui non si deve rinunciare. Posizionando botole d'ispezione in corrispondenza dei collettori

di distribuzione, tutto l'impianto viene ad essere contenuto nel controsoffitto e si ha piena libertà di destinare le pareti ad altre funzioni.



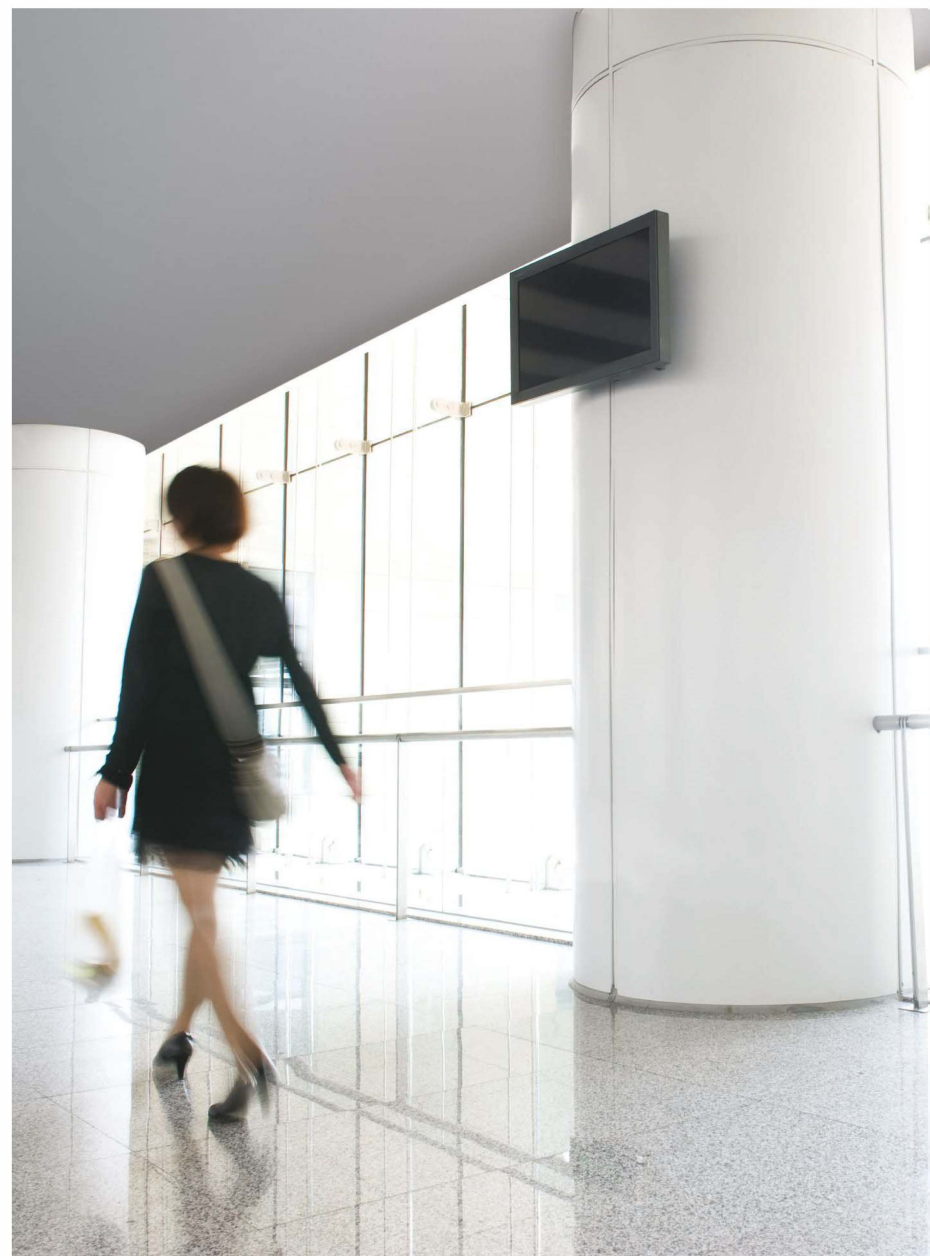
## Capitolo 4

### Le rese

---

Un prodotto sicuro, che offre tutta la certezza di rese certificate secondo le normative vigenti.

Una scelta di qualità che parla anche attraverso i numeri.



Il progetto di un sistema a soffitto radiante richiede la conoscenza delle rese in riscaldamento e in raffreddamento dei pannelli attivi. Questo è un concetto estremamente chiaro, tuttavia nella pratica è spesso male interpretato.

La potenza termica e frigorifera che un soffitto radiante scambia con l'ambiente si determina sempre partendo dalla conoscenza delle rese certificate, rilasciate da un laboratorio accreditato, secondo le Norme EN 14037 (riscaldamento) e EN 14240 (raffrescamento).

Le rese secondo queste due importanti Norme possono poi essere corrette per giungere alla determinazione delle rese in opera del sistema a soffitto radiante.

L'ottenimento della resa "di progetto" di un sistema a soffitto radiante è un processo che richiede molta attenzione ed esperienza.

In quanto segue si cercherà di dare uno strumento che rappresenti una guida sicura per il progettista che intraprende la scelta di proporre un sistema a soffitto radiante.



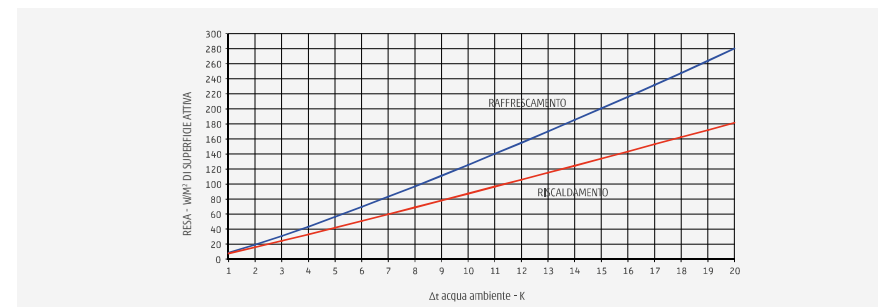
Fig. 4.1  
Laboratori Giacomini: particolare della camera termostatica a Norma EN 14240

## LE RESE SECONDO LE NORME EN 14037 E EN 14240

Questi due rilevanti standard stabiliscono i criteri per la determinazione sperimentale della resa termica e frigorifera relativamente ad un sistema di attivazione dei pannelli attivi; dalla conoscenza di questo dato basilare, sempre seguendo le indicazioni delle Norme, si stabiliscono le rese del pannello attivo che le incorpora.

Come risultanza delle prove secondo EN 14037 e EN 14240 sono disponibili i diagrammi di resa dei vari sistemi di attivazione, che riportano in ascissa il DeltaT tra la temperatura ambiente e quella media dell'acqua e in ordinata la potenza specifica per unità di superficie attiva in W/m². La figura seguente riporta come esempio il diagramma di resa dell'attivazione C75:

### Resa EN per l'attivazione C75



Le Norme consentono di esprimere le rese specifiche con equazioni parametriche facilmente implementabili nelle procedure di calcolo:

$$q_H = C_H \cdot \Delta T^{nH} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

• Resa per unità di superficie attiva in riscaldamento

$$q_C = C_C \cdot \Delta T^{nC} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

• Resa per unità di superficie attiva in raffreddamento

Dove  $\Delta T = \left| T_a - \frac{(T_m + T_r)}{2} \right|$ , essendo:

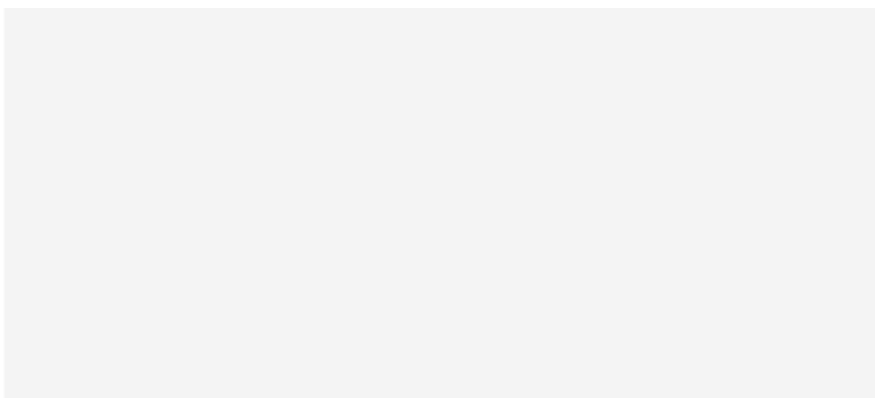
$T_a$  = Temperatura operante ambiente

$T_m$  = Temperatura di mandata al soffitto radiante

$T_r$  = Temperatura di ritorno dal soffitto radiante

I parametri caratteristici dei vari sistemi di attivazione che vanno inseriti nelle equazioni precedenti sono riportati nei certificati di prova.

Fino a qui si è solamente in grado di calcolare la resa specifica per unità di superficie attiva del pannello. Per estendere il concetto di resa all'intero pannello è indispensabile servirsi di uno schema. Preso in considerazione il sistema a soffitto radiante GKC TOP 60x120 - attivazione C75 con portanti base 150 mm, si evidenziano le seguenti aree:



- Area del modulo: corrisponde alla superficie coperta da un unità modulare di controsoffitto; nella fattispecie è pari a 600x1200 mm = 0,72 m<sup>2</sup>
- Area del pannello: corrisponde alla superficie coperta da un pannello, pari a 596x1.030 mm = 0,614 m<sup>2</sup>
- Area attiva: definita nella Norma EN 14240, assume il significato di superficie di pannello coperta dall'attivazione; nell'esempio è pari a S<sub>a</sub> = 480x782 mm = 0,375 m<sup>2</sup>

Fatta questa indispensabile premessa, è chiaro come si ottiene la resa integrale di un pannello attivo: basta moltiplicare la resa EN per l'area attiva S<sub>a</sub>:

$$Q_H = q_H \cdot S_a \text{ [W]}$$

$$Q_C = q_C \cdot S_a \text{ [W]}$$

Con queste relazioni analitiche è possibile costruire i seguenti diagrammi di resa EN relativi all'intero pannello, i quali costituiscono lo strumento principale con cui lavora il progettista termotecnico.

#### ➤ Soffitto radiante 60x60 PSV - C75 resa EN riferita all'intero pannello

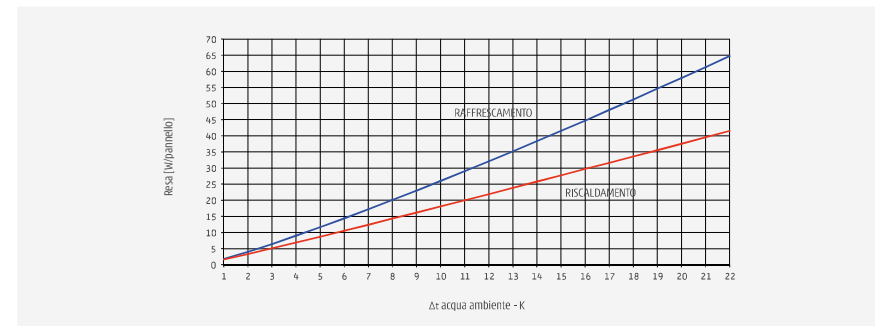


Fig. 4.3  
Resa EN di un pannello GK CLASSIC 60x60 - C75

#### ➤ Soffitto radiante 60x120 PSV - C75 resa EN riferita all'intero pannello

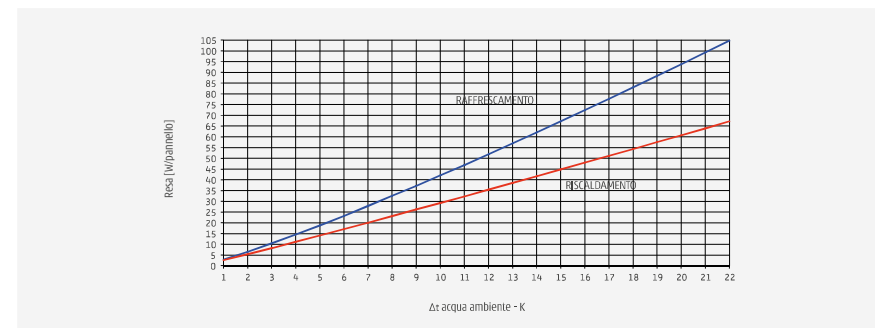


Fig. 4.4  
Resa EN di un pannello GK CLASSIC 60x120 - C75

#### ➤ Soffitto radiante GK60 - C75 resa EN riferita all'intero pannello

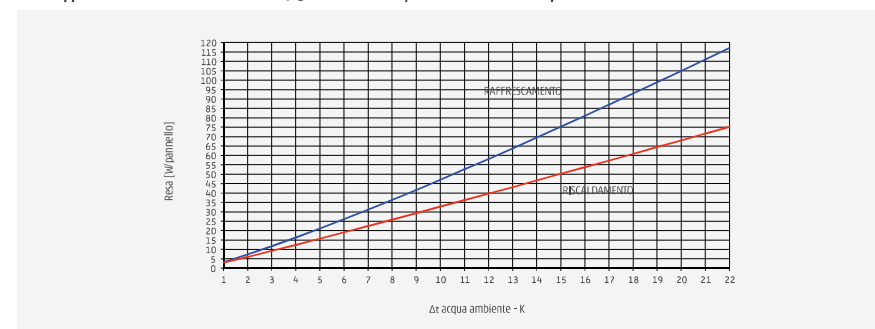


Fig. 4.5  
Resa EN di un pannello GK TOP 60x120

### ➤ Soffitto radiante GK120 - C75 resa EN riferita all'intero pannello

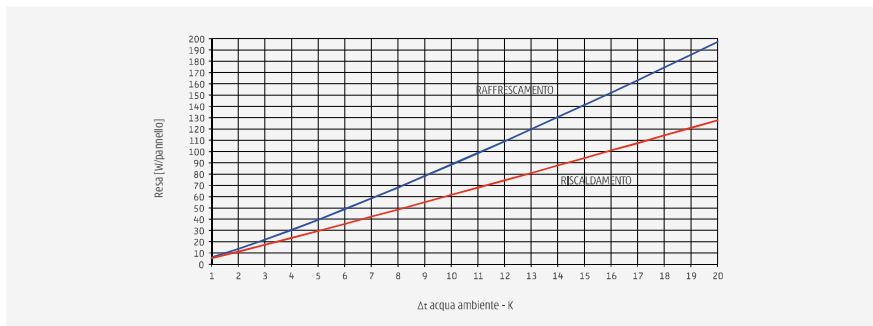


Fig. 4,6  
Rese EN di un pannello GK TOP 120x120 - C75

### ➤ GK ULTRA

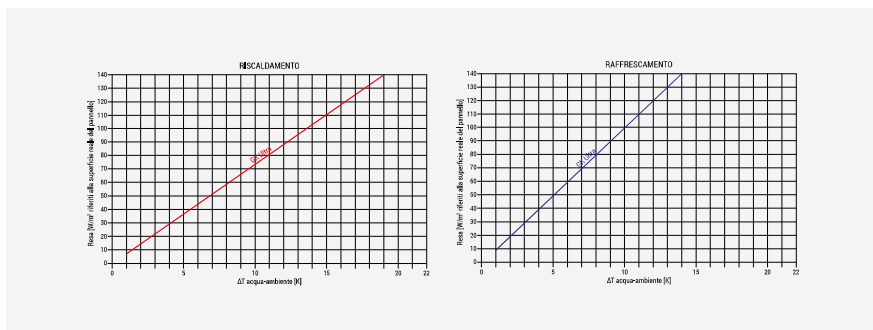


Fig. 4,7  
Rese nominali riferite alla superficie reale del pannello. Rese secondo prove in camera termostatica. Le rese sono riferite alla superficie reale del pannello

### ➤ GK-V ULTRA

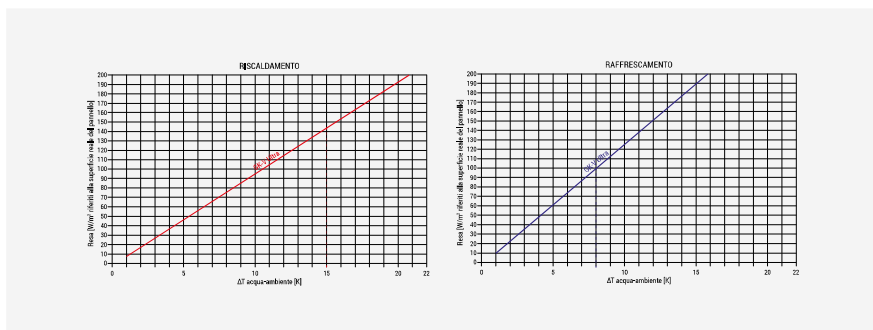


Fig. 4,8  
Rese nominali riferite alla superficie reale del pannello. Rese secondo prove in camera termostatica. Le rese sono riferite alla superficie reale del pannello

### ➤ GKC Classic e Super Classic



Fig. 4,9  
Rese secondo prove in camera termostatica. Le rese sono riferite alla superficie reale del pannello.

## I COEFFICIENTI CORRETTIVI DELLA RESA

Le rese ottenute in camera termostatica EN non sono generalmente quelle che vengono direttamente impiegate nei calcoli progettuali; alcuni ulteriori fattori dovrebbero essere presi in considerazione: la loro corretta valutazione richiede un'approfondita conoscenza delle dinamiche connesse con il funzionamento in opera dei soffitti radianti.

### ➤ Fattore di altezza - $F_a$

Le prove in camera termostatica sono ottenute ad un'altezza generalmente di 2,70 m; per tenere conto della reale altezza di installazione in opera si introduce il Fattore di altezza  $F_a$  definito dalla relazione seguente:

$$F_a = 1,12 - 0,045 \cdot H$$

Essendo H l'altezza in opera del soffitto rispetto al pavimento. La formula è valida per H fino a 5 m.

### ► **Fattore di ventilazione - $F_v$**

Le prove in camera termostatica sono condotte in assenza di ventilazione meccanica. In pratica ciò non avviene ed è opportuno adottare un coefficiente correttivo  $F_v$  che consenta di considerare l'incremento di resa conseguente al moto dell'aria in ambiente. La valutazione appropriata del coefficiente  $F_v$  richiede una notevole dose di esperienza; sulla base di numerosi e accurati test e sulla scorta dei riscontri pratici ottenuti nelle installazioni, si consiglia di mantenere il coefficiente  $F_v$  tra 1,05 e 1,15, tenendo presente che il suo valore è influenzato dalla modalità di distribuzione dell'aria, dalla sua temperatura e dal tipo di controsoffitto radiante. In assenza di ventilazione si assume ovviamente  $F_v = 1$ .

### ► **Fattore di facciata - $F_f$**

Le prove in camera termostatica devono essere effettuate controllando la temperatura delle pareti; in pratica, tuttavia, sono proprio le pareti le principali cause responsabili dello scambio per irraggiamento del controsoffitto. Ambienti con ampie vetrate, specie se con basso fattore solare, possono essere teatro di scambi termici molto più alti di quelli che ci si attenderebbe dai risultati di prova in camera termostatica.

Anche questo aspetto è stato ampiamente valutato in numerosi test pratici da Giacomini; senza far qui uso di complesse formule di calcolo, ci si limita a consigliare l'introduzione di un valore  $F_f$  di circa 1,1, tenendo conto che in pratica può variare tra un minimo di 1,05 e un massimo di 1,2.

Complessivamente l'equazione generale della resa integrale di un pannello attivo diviene:

$$Q = q \cdot S_a \cdot F_a \cdot F_v \cdot F_f [W]$$

Il ricorso a questi coefficienti correttivi evita l'eccessivo sovradimensionamento dei sistemi a soffitto radiante; per contro, il loro uso scorretto può portare nella direzione diametralmente opposta.

## TABELLA DI RIEPILOGO

Con riferimento ai simboli introdotti, si considerano le seguenti condizioni progettuali:

- Riscaldamento:  $T_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Raffrescamento:  $T_a = 26 \text{ }^\circ\text{C}$

Ipotizzando un'installazione posta a circa 2,70 m d'altezza rispetto al pavimento, è ragionevolmente cautelativo assumere un coefficiente correttivo globale di 1,05 per l'inverno e 1,10 per l'e-

state. Sfruttando i diagrammi esposti si ottiene la seguente tabella (fig. 4.10) che riepiloga le rese integrali di ciascun pannello, utili per un rapido calcolo orientativo dei sistemi a soffitto radiante.

### ► **Soffitti radianti metallici**

Riscaldamento:                      Raffrescamento:

$T_m = 38 \text{ }^\circ\text{C}$                                $T_m = 15 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_r = 35 \text{ }^\circ\text{C}$                                $T_r = 17 \text{ }^\circ\text{C}$

### ► **Soffitti radianti in cartongesso**

Riscaldamento:                      Raffrescamento:

$T_m = 40 \text{ }^\circ\text{C}$                                $T_m = 14 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_r = 37 \text{ }^\circ\text{C}$                                $T_r = 16 \text{ }^\circ\text{C}$

## TIPICHE RESE DI PROGETTO

PANNELLO	ATTIVAZIONE	RESA Qh - W IN RISCALDAMENTO	RESA Qh - W IN RAFFRESCAMENTO
SERIE GK CLASSIC 60x60	C 75	32	29
SERIE GK CLASSIC 60x120	C 75	52	46
			126
SERIE GKC CLASSIC 1200x2000	serpentino 8x1 p.50	197	138
SERIE GKC CLASSIC 600x2000	serpentino 8x1 p.50	99	69
SERIE GKC CLASSIC 600x1200	serpentino 8x1 p.50	59	41,4
			176