



Soffitto raffreddante: un sistema per il raffreddamento ambientale con elevato comfort termico

F. Sodec

1. INTRODUZIONE

I sistemi di ventilazione sono spesso tacciati di essere in parte responsabili della "sindrome dell'edificio malato", di essere causa cioè di correnti, aria cattiva, temperature dell'aria troppo basse o troppo alte, rumore e spreco di energia.

Sebbene queste accuse siano in genere ingiustificate e non possano essere provate in un numero di casi concreti, gli errori che spesso si verificano nel dimensionamento, progettazione e funzionamento degli impianti di ventilazione significano che gli impianti sono la causa delle cattive condizioni ambientali dell'aria e sono responsabili dei maggiori consumi energetici.

Inoltre l'uso delle moderne tecnologie informatiche e di comunicazione determina l'aumento dei carichi termici interni agli edifici.

Negli uffici i carichi specifici di raffreddamento ambientale sono spesso attorno agli 80-100 W/m². Questi sono numeri per i quali gli impianti di ventilazione convenzionali spesso si scontrano con le loro effettive possibilità di rimozione del carico termico ambientale e contemporaneamente del mantenimento del benessere termico.

Il problema che si pone più frequentemente nella pratica è il superamento delle velocità dell'aria ambientali

di benessere. Un criterio per il benessere termico è poi il gradiente verticale della temperatura in un ambiente, che deve essere mantenuto il più basso possibile.

Questo non rappresenta un problema con i sistemi di distribuzione dell'aria a miscelazione mentre, con una ventilazione a dislocamento, si possono verificare situazioni di disagio.

La ventilazione a dislocamento ha naturalmente i suoi vantaggi, ma lo svantaggio principale è legato al suo modo di funzionamento che produce sempre un forte profilo verticale della temperatura.

In questa sede non si vuole inoltre trascurare il problema della generazione del rumore.

I ventilatori, i componenti nelle canalizzazioni, i diffusori d'aria e gli stessi canali sono fonte di rumore e devono pertanto essere accuratamente progettati per garantire che i livelli di pressione sonora nella zona occupata siano soddisfatti. Maggiori sono i carichi termici specifici, più complicate sono le misurazioni necessarie per mantenere la propagazione del suono entro limiti ragionevoli.

Contemporaneamente il trattamento di grandi portate d'aria significa costi operativi elevati e richiede che l'edificio sia attrezzato con pozzi verticali spaziosi e unità di trattamento dell'aria, che comportano sempre maggiori costi e perdita di spazi altrimenti utilizzabili.

Dott. Frank Sodec, Krantz GmbH, Aachen (Germania)

2. I SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO DA SOFFITTO

Un'interessante alternativa fra i sistemi di condizionamento dell'aria oggi disponibili è costituita dai sistemi di raffreddamento da soffitto che, associati ad un sistema di ventilazione, offrono il grande vantaggio di ridurre sostanzialmente le difficoltà e i problemi che si incontrano nell'ottenere le condizioni di benessere termico e nel soddisfare le richieste di spazio limitato e di consumo energetico ridotto.

Nei sistemi di raffreddamento da soffitto il carico termico ambientale è rimosso da tubazioni poste nel soffitto nelle quali scorre acqua fredda. Per aumentare la superficie di scambio del calore su queste tubazioni sono fissate delle sezioni conduttive di calore a lamelle. Il raffreddamento dell'aria interna avviene per radiazione con le restanti superfici delimitanti l'ambiente e per convezione.

Le quote di radiazione e di convezione dipendono dalla configurazione del sistema di raffreddamento da soffitto: nel caso di sistemi a soffitto raffreddante integrati in soffitti chiusi la quota di radiazione è superiore al 50%; i sistemi a soffitto raffreddante i cui elementi consistono in lamelle raffreddanti conduttive di calore al di sotto delle quali si trova un controsoffitto più o meno aperto a intervalli regolari, hanno una quota di convezione di oltre il 50%.

Queste caratteristiche fisiche hanno un effetto importante sulla potenza di raffreddamento, sebbene ne abbiano molto poco sul benessere termico conseguito. L'effetto dei sistemi di raffreddamento da soffitto sul benessere termico è generalmente positivo e utilizzando questi sistemi si può ridurre la portata dell'aria, abbassando anche le velocità nella zona occupata.

Il sistema di raffreddamento da soffitto è in grado di creare un profilo molto uniforme della temperatura verticale all'interno dell'ambiente anche quando è abbinato a sistemi di ventilazione a dislocamento. La portata d'aria dei sistemi di ventilazione abbinati ai sistemi di raffreddamento da soffitto è molto ridotta rispetto a quella dei tipi più diffusi di impianti di condizionamento dell'aria, essendo normalmente di soli 2-2,5 l/(s m²).

Gli ulteriori vantaggi del sistema di raffreddamento da soffitto sono il basso rumore prodotto, il poco spazio richiesto e i contenuti costi energetici (l'acqua come mezzo riscaldante comporta minori costi dell'aria).

Inoltre i sistemi di raffreddamento da soffitto sono ideali come alternativa agli impianti di ventilazione convenzionali non solo nei nuovi edifici ma anche nel-

le ristrutturazioni di vecchi edifici in cui gli spazi sono solitamente molto angusti e dove i proprietari sono spesso molto scettici verso l'impiego di impianti di condizionamento convenzionali.

Un sistema statico di raffreddamento da soffitto è quello illustrato in figura 1. Gli elementi raffreddanti hanno un'area di superficie di ca 2 m² e consistono in lamelle di alluminio inclinate montate su tubi di rame nei quali scorre l'acqua. Grazie al buon contatto fra l'alluminio ed il rame e alla loro elevata conduttività di calore la temperatura sulla superficie delle lamelle è relativamente bassa e distribuita uniformemente, intensificando lo scambio di calore con l'ambiente.

La posizione inclinata e la sovrapposizione delle lamelle raffreddanti da una parte accresce l'area di scambio di calore e dall'altra crea un rapporto ottimale allo scambio di calore per convezione e radiazione. La quota di convezione è leggermente più grande di

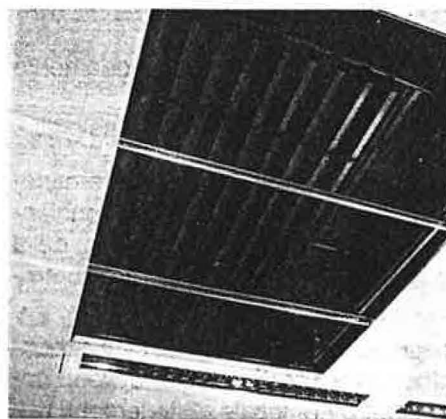
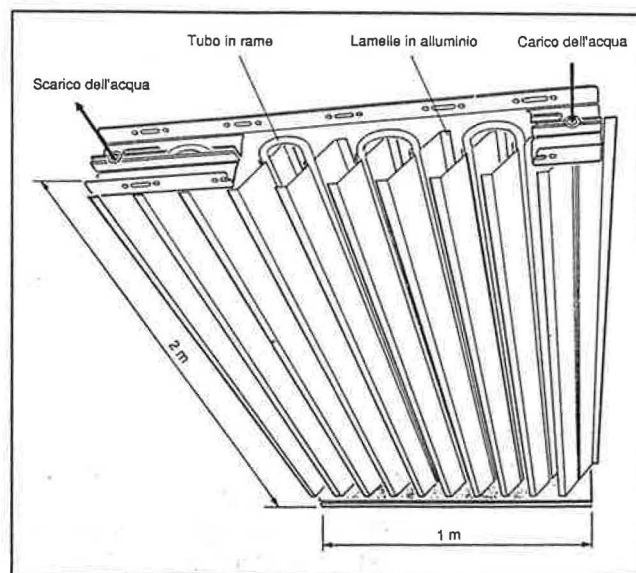


FIGURA 1
Elemento
raffreddante
Krantz
tipo SKS

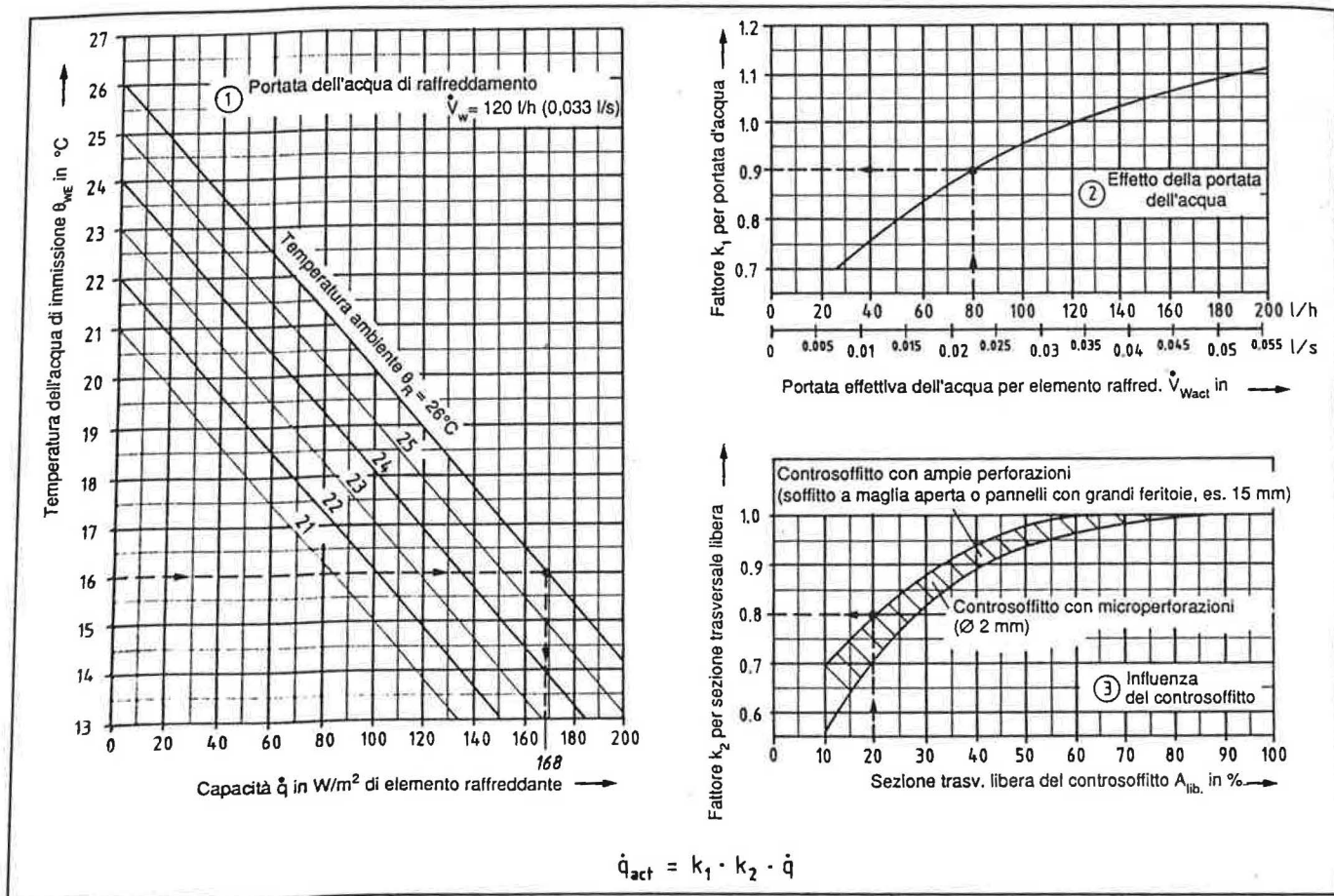


FIGURA 2
Capacità di raffreddamento

quella di radiazione, favorendo in tal modo la capacità di raffreddamento. L'area di scambio del calore è di 8 m^2 , ed è quindi quattro volte più grande dell'area di superficie degli elementi raffreddanti di $2 \times 1 \text{ m}$.

I dati che seguono si riferiscono anche al dimensionamento:

- temperatura minima dell'acqua di raffreddamento 16°C ;
- portata dell'acqua di raffreddamento $0,02\text{-}0,04 \text{ l/s}$.

La capacità di raffreddamento può essere determinata dalla figura 2 in funzione della temperatura ambientale, della temperatura dell'acqua di immissione, della portata dell'acqua e della superficie libera del controsoffitto.

A causa della capacità di raffreddamento relativamente alta gli elementi di raffreddamento non devono coprire la totalità del soffitto del locale. Gli elementi raf-

freddanti coprono fra il 30 ed il 70% della superficie del soffitto a seconda del carico termico specifico dell'ambiente.

Il sistema di raffreddamento da soffitto può essere installato liberamente sospeso in ambiente; al di sotto di questo sistema è possibile installare un soffitto a maglia aperta, un soffitto a pannelli o un controsoffitto forato (fig. 3). I controsoffitti dovrebbero prevedere una quota di superficie libera pari ad almeno il 20% in modo da non ridurre troppo la capacità di raffreddamento.

Come illustrato nella figura 4 l'aria fresca può comunque essere diffusa attraverso disparati sistemi di distribuzione (cioè con una distribuzione diffusa o a dislocamento). Mentre con un sistema di ventilazione a dislocamento la differenza di temperatura fra l'aria ambiente e quella di mandata deve essere limitata a $1\text{-}3 \text{ K}$, con un sistema di distribuzione diffusa può essere aumentata fino a 8 K ; in tal caso il sistema di

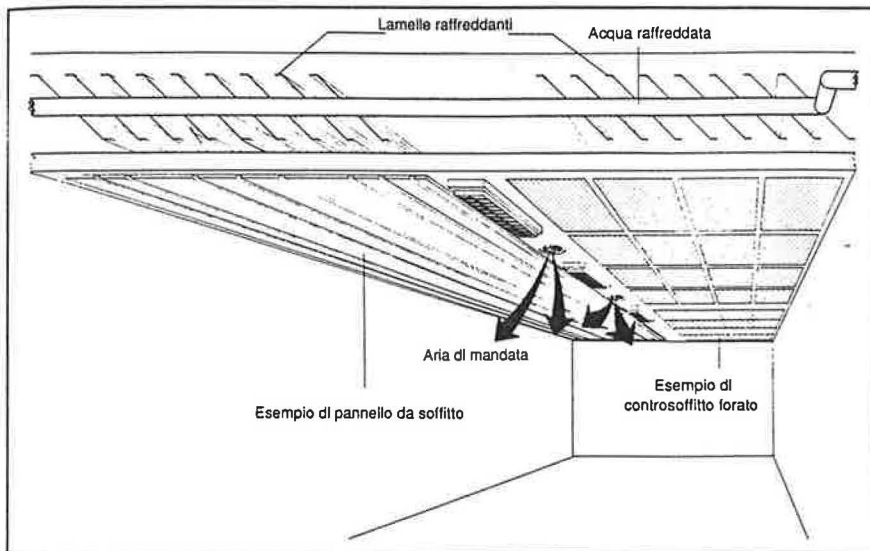


FIGURA 3
Esempi di elementi raffreddanti SKS sopra diversi tipi di controsoffitto

ventilazione esterne una parte non trascurabile del carico termico presente in ambiente. I seguenti valori di riferimento valgono per la capacità di raffreddamento aggiuntiva fornita dal sistema, tenendo in considerazione la portata minima di aria esterna:

- ventilazione a dislocamento: fino a 5 W/m^2 di superficie di pavimento;
- distribuzione diffusa: fino a 20 W/m^2 di superficie di pavimento.

È possibile installare senza problemi il sistema di raffreddamento a soffitto in ambienti con pavimento sopraelevato e diffusori d'aria integrati (diffusione dell'aria da pavimento). Questo vale sia per i sistemi nuovi che per il riadattamento di sistemi esistenti.

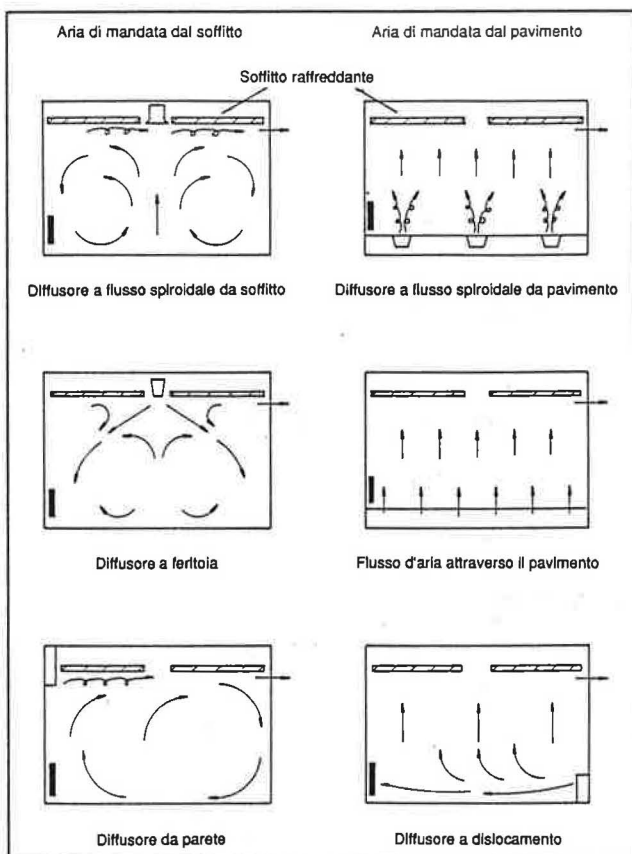


FIGURA 4
Possibilità di combinazione del soffitto raffreddante con un sistema di distribuzione dell'aria

Il sistema statico di raffreddamento a soffitto è caratterizzato da un'elevata capacità specifica di raffreddamento e da una simultanea formazione di movimenti d'aria in ambiente. Con una capacità specifica di raffreddamento dell'elemento raffreddante di 130 W/m^2 le velocità dell'aria nella zona occupata sono di ca $0,10 \text{ m/s}$ e il gradiente della temperatura è inferiore a 1 K . Si vedano le figure 5a, 5b, 5c. Questo corrisponde a un grado molto alto di comfort termico.

La temperatura ambiente è controllata intervenendo sulla capacità raffreddante del sistema di raffreddamento da soffitto.

Al fine di controllare la temperatura ambiente in funzione del carico termico ambientale possono essere modificate la temperatura dell'acqua di immissione (fig. 6a) oppure la portata dell'acqua (figg. 6b e 6c).

La variazione della portata dell'acqua può essere realizzata con o senza energia ausiliaria, cioè con valvole di comando motorizzate o con valvole termostatiche.

L'impianto di ventilazione garantisce l'apporto di aria fresca e la rimozione dell'umidità; in ogni caso esso deve deumidificare l'aria di mandata con qualunque condizione di carico in modo che la temperatura del punto di rugiada dell'aria ambiente rimanga al di sotto della temperatura dell'acqua di immissione (ca 16°C). Se si utilizzano diffusori da soffitto l'aria di mandata può essere immessa in ambiente a questa temperatura. Con sistemi da pavimento a dislocamento sono invece necessarie temperature più elevate.

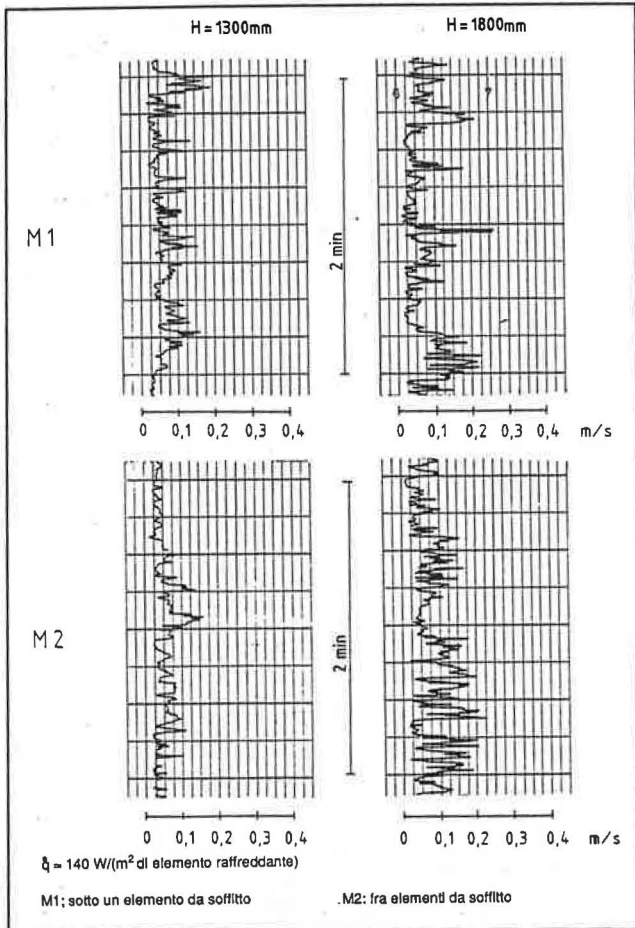


FIGURA 5a
Esempio delle velocità dell'aria ambiente nella zona occupata (diffusione di aria fresca attraverso i diffusori twist da soffitto)

Per essere certi che la temperatura dell'aria di immissione si mantenga al di sopra della temperatura di punto di rugiada, sarà necessario installare un sistema di monitoraggio del punto di rugiada. Se la temperatura dell'acqua di immissione scende fino a quasi la temperatura di punto di rugiada, si dovrà alzare la temperatura dell'acqua di immissione o ridurre la portata dell'acqua.

3. ASPETTI ECONOMICI

Per quanto riguarda i costi di investimento e di manutenzione, considerato che le canalizzazioni dell'aria e le centrali di trattamento sono più piccole rispetto ai sistemi di condizionamento dell'aria convenzionali, è possibile risparmiare considerevolmente nei costi di costruzione e quindi nei costi di investimento.

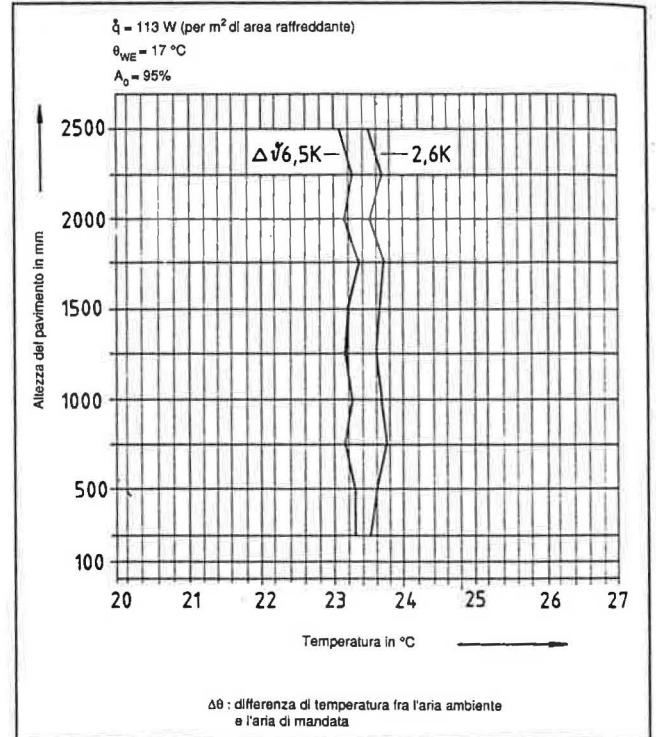


FIGURA 5b
Esempio di distribuzione della temperatura (diffusione di aria fresca attraverso i diffusori twist da soffitto)

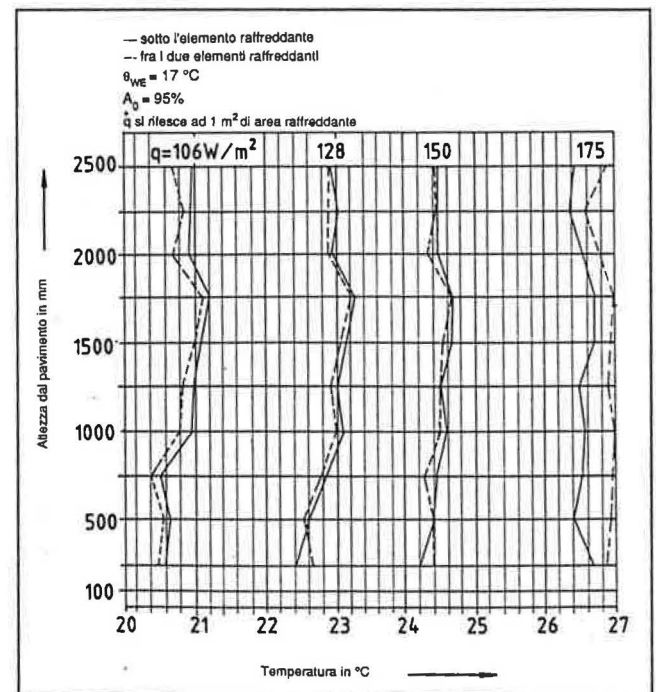


FIGURA 5c
Esempio di distribuzione della temperatura (diffusione di aria fresca attraverso diffusori a dislocamento)

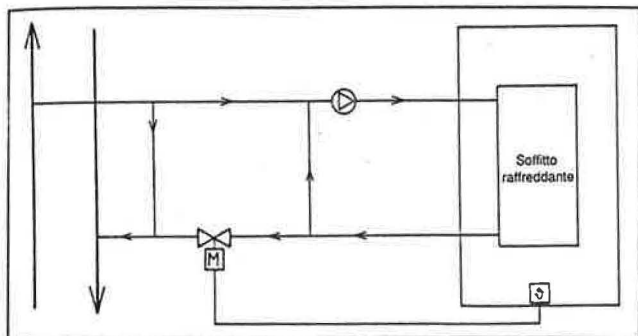


FIGURA 6a
Controllo della temperatura ambiente agendo sulla temperatura dell'acqua di immissione

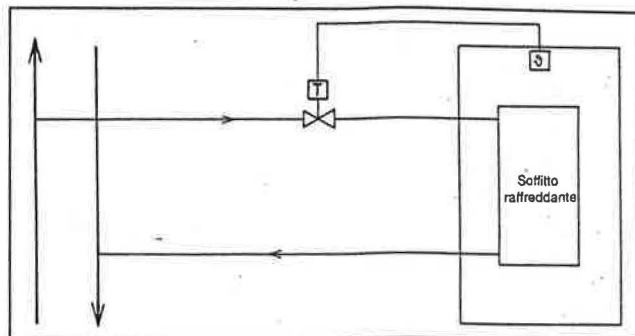


FIGURA 6c
Controllo della temperatura ambiente agendo sulla portata dell'acqua (con valvole termostatiche)

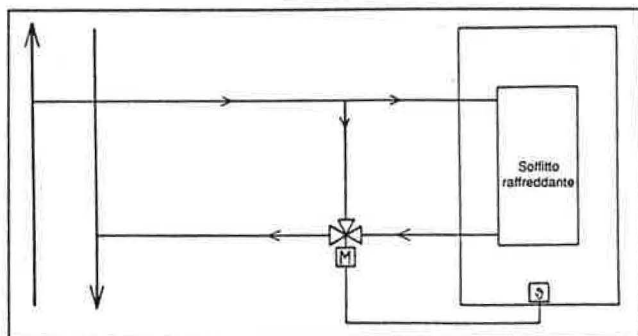


FIGURA 6b
Controllo della temperatura ambiente agendo sulla portata dell'acqua (con valvole di controllo)

Sono possibili ulteriori risparmi se si rende possibile l'integrazione di sistemi di free-cooling.

4. ESEMPI DI IMPIANTI REALIZZATI CON SISTEMI DI RAFFREDDAMENTO DA SOFFITTO

In alcuni Paesi europei (Germania, Svizzera, Olanda, Austria) vi sono molti impianti funzionanti. Le esperienze fatte sono molto incoraggianti. Il sistema è ampiamente accettato e gli occupanti che vi hanno a che fare sono molto soddisfatti dei risultati. Alcuni degli impianti realizzati sono qui di seguito illustrati.

4.1. Trasformazione delle Casse di Risparmio di Dueren - Germania

Prima della ristrutturazione, la situazione iniziale prevedeva un'area di servizio per la clientela con un flusso d'aria cattivo e numerosi condizionatori per estrarre il carico termico. Le correnti d'aria davano luogo ad una serie infinita di lamentele.

L'area di servizio per la clientela doveva essere raddoppiata in dimensioni attraverso espansioni strutturali, ragion per cui la vecchia unità di trattamento di ventilazione dell'aria doveva per quanto possibile conservare la sua dimensione precedente. Inoltre, l'altezza dell'area di servizio per la clientela doveva essere aumentata riducendo la luce verticale del plenum nel soffitto.

Sulla base di queste esigenze si è progettato un sistema di raffreddamento da soffitto con un apporto minimo di aria fresca.

Nei 2500 m² della zona di servizio per la clientela il soffitto è suddiviso in elementi raffreddanti da 2 x 1 m

I costi di investimento dei soffitti raffreddanti più il sistema di ventilazione per l'apporto minimo di aria esterna sono nell'ordine di quelli dei sistemi di ventilazione convenzionali con una capacità di raffreddamento comparabile.

Con i sistemi statici illustrati i costi di servizio e di manutenzione sono concentrati sulle pompe e sugli organi di comando.

Pur considerando il sistema di ventilazione per l'apporto minimo di aria esterna, i costi di esercizio dell'impianto e di manutenzione sono ancora bassi.

Per quanto riguarda i consumi energetici ed i relativi costi, poiché il sistema di ventilazione prevede portate piccole, l'energia consumata per il convogliamento dell'aria è bassa.

Se si aggiungono inoltre i costi dell'elettricità per il ciclo di raffreddamento dell'acqua negli elementi raffreddanti si può arrivare ad un costo per l'energia inferiore di ca il 50% rispetto ai sistemi di condizionamento dell'aria convenzionali.

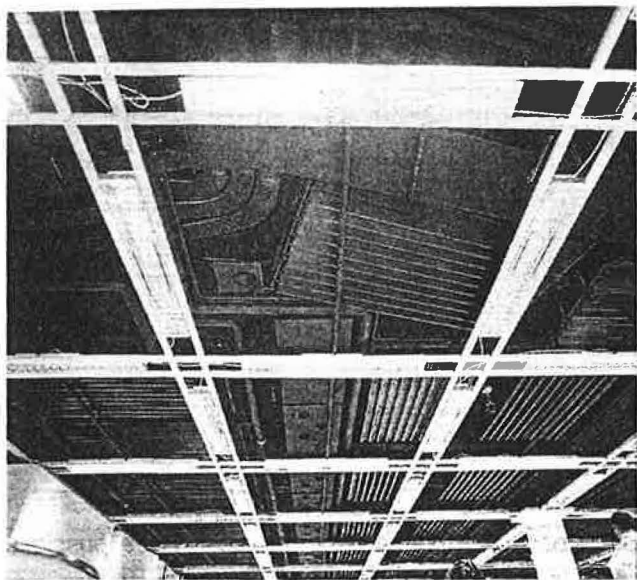


FIGURA 7a
Plenum da soffitto con elementi raffreddanti, canali di ripresa e luci (Saving Bank, Dueren)

(fig. 7a). Solo il 30-70% del soffitto è effettivamente coperto dagli elementi raffreddanti. La luce strutturale del plenum nel soffitto è di ca 250 mm. Questo plenum non alloggia solo gli elementi raffreddanti ma anche il sistema di condutture, le luci e il sistema completo di canalizzazioni per la ripresa dell'aria.

Come aria di mandata si usa soltanto aria fresca sotto forma di ventilazione a dislocamento da griglie poste in basso o da armadi e da griglie a parapetto all'altezza del ginocchio.

Questa disposizione dei diffusori è ben visibile nella figura 7b.

La figura 7c mostra una vista del sistema di raffreddamento da soffitto coperto dal sottostante soffitto a maglia aperta. La sezione trasversale libera del soffitto a maglia aperta è del 95%.

Gli elementi raffreddanti possono essere usati per abbassare la temperatura del soffitto di notte mediante il funzionamento a raffreddamento libero (senza macchina frigorifera). Il sistema di raffreddamento da soffitto è completamente separato dalla costruzione strutturale ed è pertanto indipendente e di facile accesso per scopi di pulizia. Può anche essere modificato secondo la volontà dell'architetto.

Il movimento dell'aria in ambiente è assolutamente privo di correnti. La temperatura ambiente è molto uniforme e rimane stabile anche al variare delle condizioni.

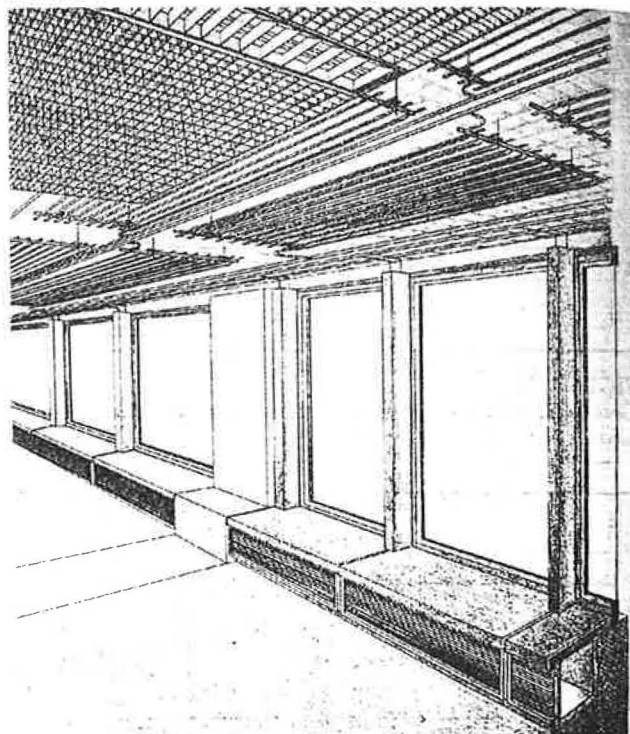


FIGURA 7b
Soffitto raffreddante con diffusione dell'aria attraverso griglie a parapetto (ventilazione a dislocamento) (Saving Bank, Dueren)

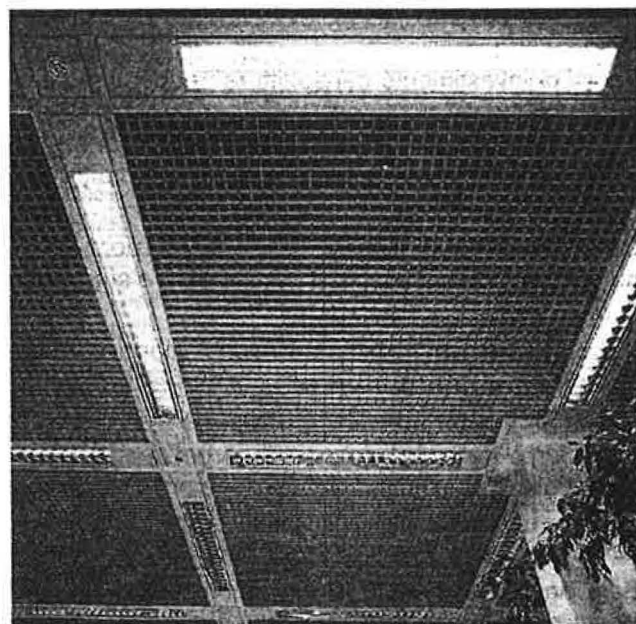


FIGURA 7c
Vista del soffitto raffreddante coperto dal di sotto da un controsoffitto a maglia aperta (Saving Bank, Dueren)

Dati di progetto:

- carico termico ambientale specifico: 60-110 W/m²
- portate dell'aria di mandata specifica: 2,9 l/(s m²)
- temperatura dell'aria di mandata: inferiore di ca 3 K alla temperatura dell'aria ambiente
- area della superficie di soffitto coperta da elementi raffreddanti: 30-70%
- altezza di installazione degli elementi raffreddanti: 2,8 m
- superficie utile: 2550 m²

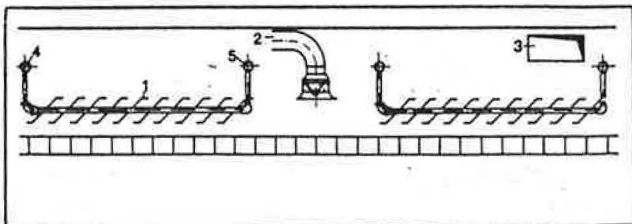
4.2. Ammodernamento della Hoesch Ag. Dortmund/Germania, ufficio centrale di elaborazione dati

L'ufficio del tipo "open space" del dipartimento centrale di elaborazione dei dati con una superficie di 950 m² era stato precedentemente condizionato in modo del tutto insoddisfacente con un impianto di ventilazione con una portata di ca 8300 l/s ed una sola zona di controllo.

A causa però dei carichi termici molto diversi nelle varie zone dell'ufficio, era impossibile mantenere stabile la temperatura. Le correnti e la rumorosità causate dal flusso dell'aria erano motivo di continue lamentele.

A seguito della decisione di rinnovare l'impianto, la scelta è caduta su un sistema di raffreddamento da soffitto che avrebbe dovuto ovviare in modo efficace i problemi descritti.

Il carico termico in ambiente varia da 40 a 150 W/m². Le postazioni dei Personal Computers con carichi termici relativamente bassi si trovano vicino ai calcolatori che sprigionano una grande quantità di calore.



Legenda:
1 elemento raffreddante, 2 aria di mandata, 3 aria di ripresa, 4 carico dell'acqua di raffreddamento, 5 scarico dell'acqua di raffreddamento

FIGURA 8a
Costruzione di un sistema a soffitto raffreddante con aria di mandata e ripresa

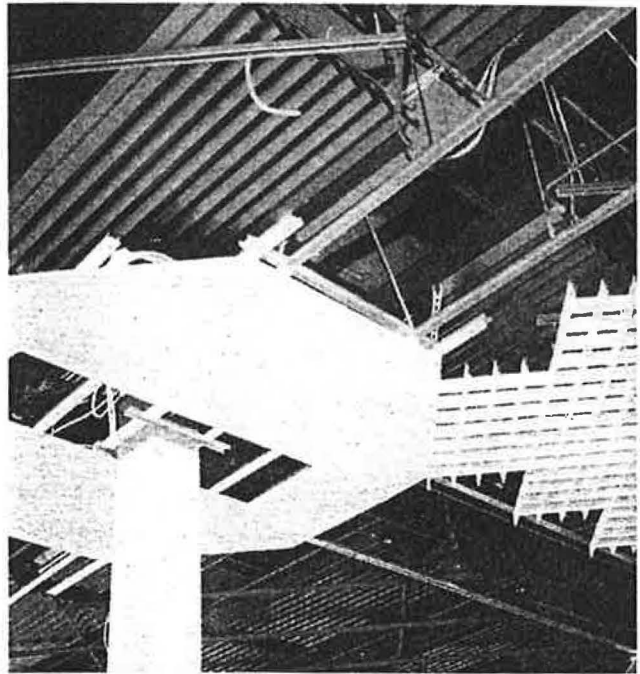


FIGURA 8b
Installazione di un soffitto raffreddante vicino a pilastri (Hoesch Ag., Dortmund)

Poiché l'ufficio "open space" ospita diversi gruppi di lavoro, è stato suddiviso in 15 campi corrispondenti a 15 zone di controllo.

In questo caso è stato possibile dimostrare che si possono creare delle zone di controllo casuali in ambienti del tipo "open space" utilizzando valvole di controllo con servomotori. Ogni zona di controllo è di ca 7,5 x 7,5 m.

L'aria di mandata è immessa in ambiente con diffusori posti fra gli elementi raffreddanti. Le canalizzazioni per la mandata e la ripresa e la loro incorporazione nel sistema da soffitto sono illustrate nella figura 8a.

La figura 8b mostra il sistema di raffreddamento da soffitto installato vicino ad un pilastro. I termostati ambiente erano anch'essi installati sul pilastro.

Il soffitto a maglia aperta nella versione definitiva è illustrato alla figura 8c.

La temperatura dell'aria di mandata è controllata in funzione della temperatura dell'aria fresca. Ognuna delle 15 zone di controllo ha un termostato per la regolazione individuale della temperatura ambiente. Il termostato regola la valvola di controllo controllando così il flusso dell'acqua fredda.

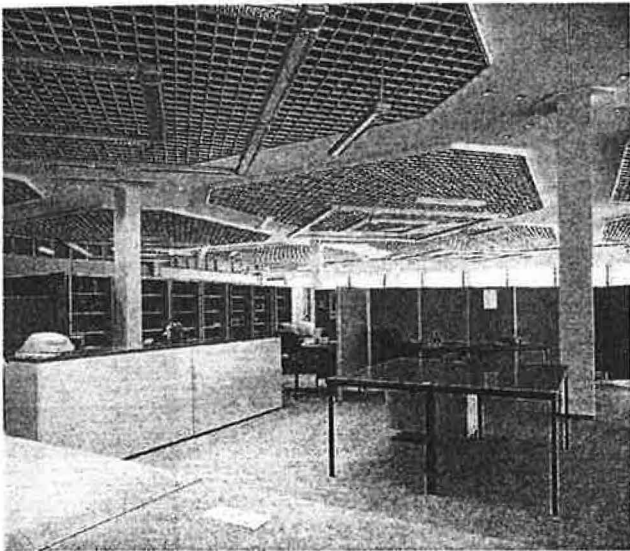


FIGURA 8c
Realizzazione finale del soffitto a maglia aperta sotto agli elementi raffreddanti (Hoesch Ag., Dortmund)

Dati di progetto:

- carico termico ambientale specifico: 40-150 W/m²
- portate dell'aria di mandata specifica: 2 l/(s m²)
- temperatura dell'aria di mandata: ca 22°C con temperatura esterna fino a 26°C; 22-24°C con temperature esterne di 26-32°C
- superficie di soffitto coperta dagli elementi raffreddanti: 50% (temperature più elevate sono consentite in prossimità dei calcolatori)
- altezza di installazione degli elementi raffreddanti: 3,3 m
- superficie utile: 950 m²

4.3. Ampliamento della Camera dell'Industria e del Commercio (IHK) di Aachen/Germania

Le sale di rappresentanza sono caratterizzate da carichi di illuminazione alti e da una densità di occupanti molto alta considerate le numerose funzioni che si svolgono in questi ambienti.

Oltre a queste esigenze sull'impianto di ventilazione, l'ambiente in questione viene anche utilizzato come sede d'esami nell'opportunità di ulteriori schemi educativi.

Alcuni eventi musicali richiedono livelli di rumorosità minimi. Le portate sono state quindi notevolmente ri-

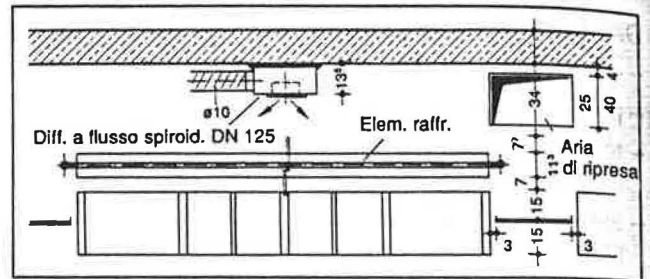


FIGURA 9a
Spaccato del soffitto con diffusore di mandata dell'aria, ripresa dell'aria ed elementi raffreddanti

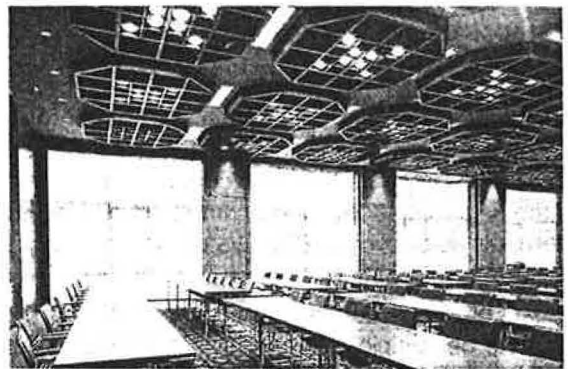


FIGURA 9b
La sala ricevimenti dell'IHK di Aachen con il sistema a soffitto raffreddante

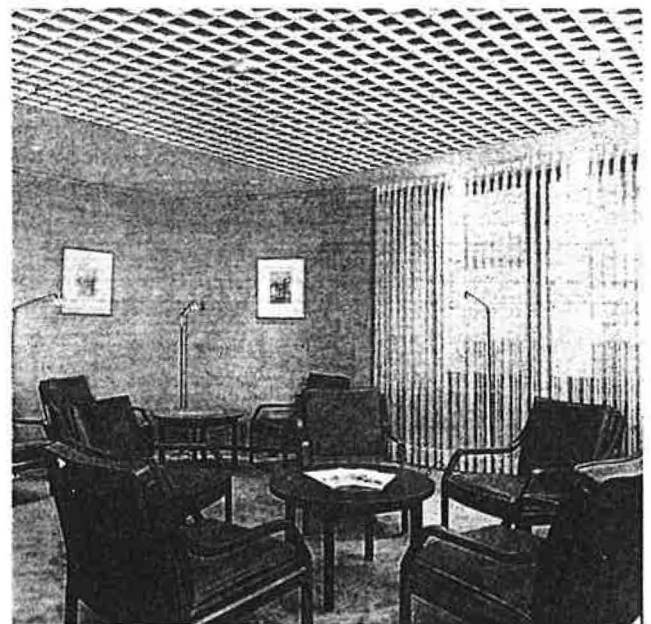


FIGURA 9c
Una sala conferenze dell'IHK di Aachen con il sistema a soffitto raffreddante

dotte rispetto ai sistemi di condizionamento convenzionali.

Gli elementi raffreddanti sono stati posti sopra un soffitto semi aperto di legno come è visibile alla figura 9a.

L'aria di mandata viene fornita da diffusori posti al di sopra degli elementi raffreddanti e ciò apporta agli elementi raffreddanti un effetto convettivo aggiuntivo.

La figura 9b mostra l'architettura generale della sala. Il soffitto racchiuso dagli ottagononi è aperto e porta gli elementi raffreddanti.

L'aria riscaldata dell'ambiente, che sale verso l'alto entrando nel plenum a soffitto attraverso fenditure celate, viene in parte estratta come aria di ripresa o passa attraverso gli elementi raffreddanti e rientra nuovamente in ambiente.

Oltre alla sala di ricevimento, altre 3 sale per seminari sono state provviste di sistemi di raffreddamento da soffitto. Un esempio del design del soffitto in queste stanze è illustrato alla figura 9c.

Gli elementi raffreddanti sono incorporati in un circuito di acqua glicolata che consente il funzionamento in condizioni di free-cooling fino ad una temperatura esterna di ca +16°C.

Le velocità dell'aria nella zona occupata non sono superiori a 0,1 m/s e le temperature sono mantenute stabili nei limiti desiderati.

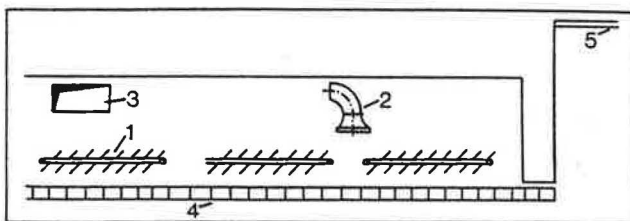
Dati di progetto:

- carico termico ambientale specifico: 50-80 W/m²
- portate dell'aria di mandata specifica: 5 l/(s m²)
- temperatura dell'aria di mandata: 20°C
- superficie di soffitto coperta dagli elementi raffreddanti: 53%
- altezza di installazione degli elementi raffreddanti: 4 m nella sala ricevimento; 3 m nelle sale per i seminari
- superficie utile: 440 m²

4.4. Nuovo edificio della City Saving Bank di Hilden/Germania

Nella nuova area destinata alla clientela della City Saving Bank di Hilden con lucernario integrato il carico termico specifico ambiente è di 50-70 W/m² che, sotto il lucernario, può addirittura arrivare a 100 W/m².

Per ottenere un flusso d'aria privo di correnti con i carichi termici specifici in alcuni casi molto alti si è deci-



Legenda:
1 elemento raffreddante, 2 aria di mandata, 3 aria di ripresa, 4 soffitto a maglia aperta, 5 lucernario

FIGURA 10a

Diffusori twist da soffitto per la diffusione di aria fresca sopra gli elementi raffreddanti

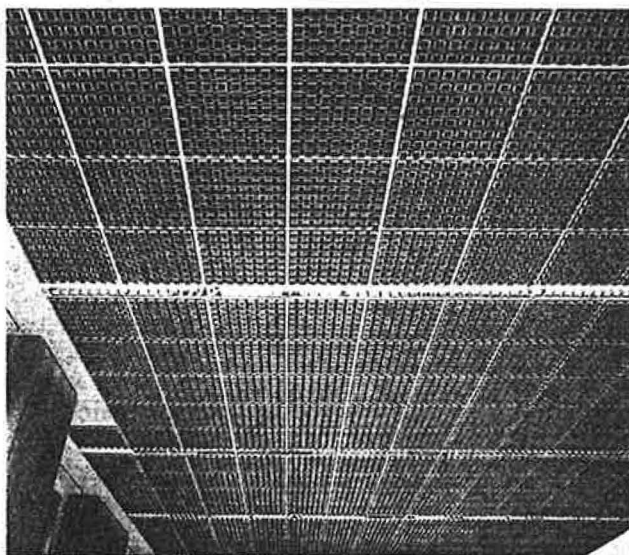


FIGURA 10b

Soffitto sospeso a maglia aperta con luci integrate alla City Saving Bank di Hilden

so di installare elementi di raffreddamento statici. L'aria fresca viene fornita dai diffusori installati sopra gli elementi raffreddanti (fig. 10a).

Da qui viene anche estratta l'aria di ripresa. L'area di servizio per la clientela ha una superficie di 250 m². Nessun elemento raffreddante ha potuto essere installato sotto il lucernario per motivi architettonici e di illuminazione.

Per questo motivo gli elementi raffreddanti hanno dovuto essere installati più densamente nella restante superficie di soffitto.

L'intera area di servizio forma una zona di controllo nella quale la temperatura viene mantenuta costante azionando le valvole di controllo. Nonostante la non

Soffitto raffreddante: un sistema per il raffreddamento ambientale con elevato comfort termico

perfetta distribuzione degli elementi raffreddanti, si è conseguito un flusso d'aria molto uniforme e completamente privo di correnti. Le velocità dell'aria in ambiente non superavano lo 0,1 m/s.

Come si può vedere alla figura 10b, un soffitto sospeso a maglia aperta con luci integrate è installato sotto gli elementi raffreddanti.

Bibliografia

- [1] Fitzner, K.: Impulsarme Luftzufuhr durch Quellueftung HLH 4/88
- [2] Nielson, P.v.: Displacement Ventilation in a Room with Low-Level Diffusers. Institutet for Byningsteknik, University Aalborg, Denmark, 1988
- [3] Appleby, P.: Displacement Ventilation: a design guide. Building Services, April 1989
- [4] Sodec, F.: Verdraengungsstroemung, TAB 7/90
- [5] Sodec F., Reichel W., Veldboer W.: Thermodynamische und wirtschaftliche Betrachtung eines Hochleistungs-Kuehldecken-systems, Klima-Kaelte-Heizung 9/90
- [6] Reichel, W.: Klimakomponente Kuehldecke, TAB 4/90
- [7] Graeff, B.: Kuehldecke und Raumklima, Broschuere des Fachinstitutes Gebaeude-Klima e.V. 1990
- [8] Fachinstitut Gebaeude-Klima: 18 Fragen zur Kuehldecke, Broschuere Maerz 1991
- [9] Sodec, F.: Kuehldecken als energiesparende Technologie im sommerlichen Waermeschutz, Bauplan-Bauorga 3/91
- [10] Fachinstitut Gebaeude-Klima: Kuehldecken, Broschuere, April 1992
- [11] Reichel, W.: Kuehldecken, Moeglichkeit im Alt- und Neubau; TAB 11/91

ECOLOGICI

R 22

NADER

NADER JOB

NADER MIDI

AC1-80

AC2-160

UDR-8000

NEB 5000

UMIDIFICATORI E DEUMIDIFICATORI D'ARIA
 Progettati e costruiti con cura per garantirvi efficienza, economicità e durata

CUOGHI®

CUOGHI LUIGI s.n.c.
 Via Garibaldi, 15 - Z.I.
 35020 ALBIGNASEGO (Padova - Italy)
 Tel. 049/71.11.55 - Fax 049/71.19.15