

**ENERGIA.**

# Gli impianti a pavimento radiante, una soluzione che può garantire risparmio e comfort

L'EVOLUZIONE DELLE CARATTERISTICHE TECNICHE E DELLE REGOLE DI INSTALLAZIONE

**Cenni storici.**

L'impianto a pavimento radiante ha radici storiche antiche. Già ai tempi dei romani venivano realizzati sotto le ville cunicoli di convogliamento di aria e fumi caldi prodotti in queste stesse strutture sotterranee. Si trattava del cosiddetto *hypocaustum*. I primi ad avere l'intuizione di riscaldare la struttura con un sistema ad acqua anziché ad aria furono alcuni progettisti inglesi all'inizio del '900. Un impianto con tubazioni annegate nel massetto fu realizzato per riscaldare il palazzo Royal River a Londra nel 1909.

Anche se i primi impianti risalgono a quell'epoca, una reale diffusione si ebbe soltanto nel secondo dopoguerra. In quegli anni la costante carenza di corpi scaldanti e la facilità di inserimento dei pannelli nelle solette prefabbricate portarono al diffondersi del riscaldamento a pavimento. La tecnica adottata era quella di annegare nel massetto di sostegno della pavimentazione, senza strati sottostanti di materiale isolante, tubi in ferro o acciaio da 1/2" o da 3/4". Negli anni che vanno dal 1945 al 1950 con tale tecnica si riscaldarono più di 100.000 fabbricati.

L'interesse per questa tipologia di impianto presto diminuì a causa degli scarsi risultati ottenuti, nonché delle difficoltà pratiche incontrate nella realizzazione in cantiere. Ma, soprattutto, ciò che decretò il parziale fallimento di questa tecnologia furono i numerosi disturbi fisiologici provocati, quali, ad esempio, cattiva circolazione, innalzamento della pressione arteriosa, mal di testa, eccessiva sudorazione. Simili disturbi furono così gravi e documentati che alcuni Paesi europei istituirono apposite commissioni per individuarne le cause.

I risultati delle varie commissioni di inchiesta concordarono nel sostenere che negli impianti realizzati le condizio-

ni di malessere fisiologico erano da addebitarsi ai valori troppo elevati di temperatura superficiale del pavimento e all'inerzia termica delle solette. In particolare, si dimostrò che, per evitare sensazioni di malessere, la temperatura superficiale del pavimento non deve superare i 28-29 °C. Al contrario, la tecnica in auge in quel periodo portava ad avere temperature molto più elevate, spesso superiori anche ai 40 °C. Inoltre, l'eccessivo calore accumulato nelle solette comportava un surriscaldamento dei locali oltre livelli fisiologicamente accettabili.

Le varie commissioni, però, non emisero alcun giudizio negativo nei confronti del riscaldamento radiante. Si dimostrò, anzi, che questa tecnologia, se operante a bassa temperatura superficiale e ad inerzia termica non troppo elevata, può offrire un comfort termico sensibilmente superiore a quello ottenibile con gli impianti a radiatori o a convettori.

Si dovette aspettare diversi anni prima di assistere ad un significativo ritorno degli impianti a pannelli radianti, sia perché, comunque, gli studi effettuati venivano letti come un forte disincentivo alla realizzazione di questi impianti, sia, soprattutto, perché l'assenza di normative tecniche di sostegno nella progettazione e nella realizzazione in cantiere non contribuiva alla loro diffusione. È evidente, infatti, che le norme tecniche costituiscono un fondamentale aiuto per progettisti e installatori, che risultano così tutelati grazie al principio della buona regola dell'arte. Le prime norme vennero emanate in Germania (DIN 4725).

La crisi energetica degli anni '70 richiamò l'attenzione su questi impianti. Sotto la spinta di tale crisi quasi tutti i Paesi europei emanarono leggi che imposero un buon isolamento termico degli edifici. Fu così possibile riscaldare i locali con minor energia e quindi (nel caso dei pannelli radianti) con tempera-

**L'AUTORE.**

L'ingegnere **Enrico Piano** svolge la libera professione.  
e-mail: fontenergy@gmail.com

Le immagini che illustrano questo articolo sono di proprietà della Eurotherm spa.

ture inferiori. Ciò consentì anche di avere temperature fisiologicamente accettabili. Temperature più basse, accompagnate dalla realizzazione di pavimenti "galleggianti", con isolamento sia sotto i pannelli sia verso le pareti, consentirono anche di ridurre l'inerzia termica dell'impianto.

Il supporto normativo e, in parallelo, l'evoluzione tecnologica dei materiali utilizzati consentirono, a partire dagli anni '80, un rapido impiego dell'impianto a pannelli radianti, prevalentemente, ma non solo, nel settore residenziale. Con l'avvento delle tubazioni in materiale plastico fu possibile realizzare in loco serpentine a passi ridotti, garantendo uniformità nella distribuzione del calore, diminuzione della temperatura dell'acqua di alimentazione e affidabilità dell'impianto (le ottime caratteristiche meccaniche delle tubazioni in materiale plastico prevengono pressoché qualsiasi eventualità di rottura).

Successivi studi misero in luce quanto fosse importante il ruolo del pannello isolante nell'impianto a pavimento. Nacque così l'attuale normativa di riferimento, la UNI EN 1264. La nuova normativa richiede che il pannello isolante

**Tabella 1. Isolazione verso il basso secondo UNI EN 1264-4**

che cosa c'è sotto	Resistenza termica $R_t$ [ $m^2K/W$ ] secondo UNI EN 1264-4	spessore minimo richiesto in mm per		
		poliuretano in sandwich con doppio foglio in alluminio $\lambda_D = 0,025 W/m^*K$	polistirene espanso $\lambda_D = 0,035 W/m^*K$	fibra di legno $\lambda_D = 0,040 W/m^*K$
locali riscaldati (caso I)	0,75	19	26	30
locali freddi e terreno (casi II e III)	1,25	31	44	50
t. esterna $\geq 0$ °C (caso IV per sud Italia)	1,25	31	44	50
-5 °C $\leq$ t. esterna $< 0$ °C (caso IV per centro e nord Italia)	1,5	38	53	60
-15 °C $\leq$ t. esterna $< -5$ °C (caso IV per nord Italia)	2	50	70	80

Gli spessori di tabella derivano dalla conducibilità termica  $\lambda_D$  dichiarata dal produttore secondo gli standard stabiliti dalle normative europee di riferimento.

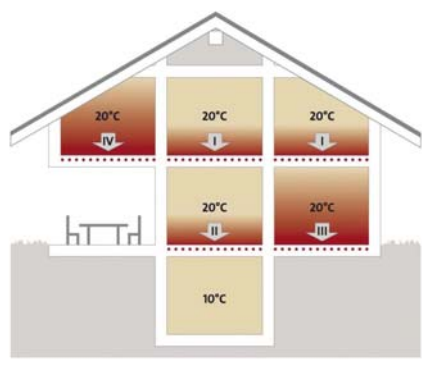
non sia semplicemente un supporto meccanico alla posa della tubazione, ma garantisca anche una soglia minima di capacità isolante, dal valore non indifferente.

La norma UNI EN 1264 segna una svolta nella storia dell'impianto a pavimento. Rispettare i requisiti minimi è divenuto indispensabile sia per garantire un buon funzionamento dell'impianto, ma anche per garantire un notevole risparmio energetico, soprattutto in confronto ad altri sistemi di riscaldamento.

### Descrizione dell'impianto

L'impianto di riscaldamento a pavimento consiste in anelli chiusi di tubazione (generalmente in materiale plastico) entro cui circola l'acqua calda prodotta dal generatore di calore; questi circuiti sono annegati nel massetto portante del pavimento dei locali da riscaldare e vengono alimentati da uno o più collettori di distribuzione. La posizione dei collettori è fondamentale per il buon funzionamento dell'impianto e deve essere più centrale possibile rispetto alla planimetria degli ambienti.

La posa della tubazione avviene dopo la stesura del pannello di appoggio, il quale deve avere caratteristiche termiche tali da garantire il rispetto delle esigenze di isolamento imposte dalla normativa sugli impianti a pavimento. Ciò si ottiene con elevato spessore se il pannello è costituito di un materiale dalle scarse capacità isolanti; con spessore ridotto se il pannello è di ele-



vata qualità. La normativa UNI EN 1264 parte 4 prevede i valori esposti nella tabella 1.

Gli spessori di tabella derivano dalla conducibilità termica  $\lambda_D$  dichiarata dal produttore secondo gli standard stabiliti dalle normative europee di riferimento.

È chiaro, quindi, che al momento della stesura dell'impianto a pavimento devono essere disponibili spessori che tengano conto di:

- ingombro del pannello isolante secondo UNI EN 1264-4;
- diametro della tubazione;
- spessore del massetto;
- spessore della pavimentazione.

Tali spessori devono considerarsi al netto della posa delle tubazioni idrauliche e/o elettriche e, quindi, escludendo lo strato di livellamento che viene normalmente fatto per la copertura di queste tubazioni.

Lo spessore del pannello può variare da un valore minimo di 19 mm ad

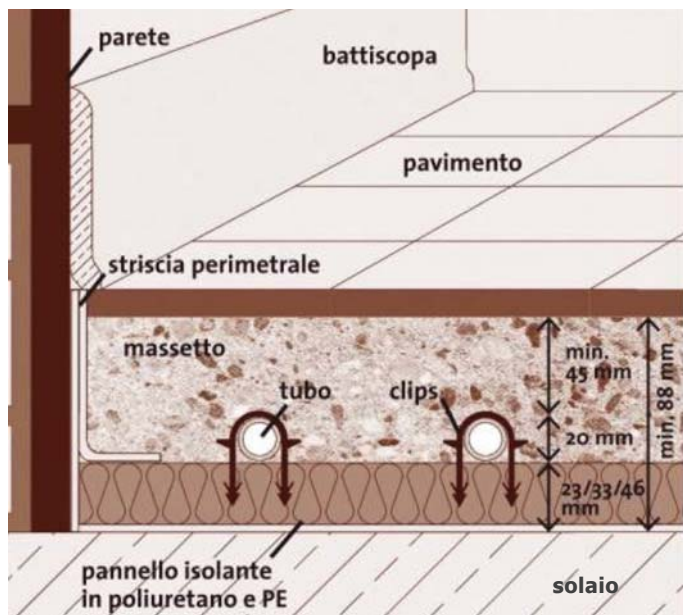
un valore massimo di 80 mm a seconda della qualità del pannello isolante e della severità delle condizioni di temperatura sottostanti ai locali da riscaldare.

La tubazione che poggia sul pannello isolante può avere diametri variabili. L'impianto funziona con prestazioni migliori se il diametro è maggiore perché una sezione di passaggio maggiore per l'acqua calda dell'impianto comporta minore difficoltà per la stessa nel percorrere l'impianto e, quindi, minore spesa energetica nel funzionamento della pompa e minore rischio di erosione meccanica della tubazione.

Il massetto dovrà avere spessore minimo pari a 45 mm sopra la tubazione dell'impianto o, comunque, sopra il punto più alto del sistema per garantire la resistenza meccanica necessaria per sopportare i pesi sovrastanti. È possibile ridurre tale spessore utilizzando massetti autolivellanti le cui prestazioni meccaniche siano garantite dai produttori. Infine, occorre considerare lo spessore della pavimentazione. Normalmente lo spessore è inferiore a 15 mm.

La fattibilità dell'impianto è quindi legata alla disponibilità dello spessore totale necessario:

- 19-80 mm di pannello isolante a seconda della qualità dell'isolante e delle condizioni sottostanti;
- 18-20 mm per tubazione di veicolo dell'acqua a bassa temperatura;
- 45 mm sopra tubo per massetto di sostegno alla pavimentazione;
- 15 mm di pavimentazione.



Gli spessori necessari per l'installazione di un impianto a pavimento radiante.

### Comfort ambientale

Come evidenziato dalla curva ideale riportata nell'immagine sottostante, per poter assicurare in un locale condizioni di benessere termico si devono mantenere zone leggermente più calde a pavimento e più fredde a soffitto. Gli impianti che meglio si prestano ad offrire tali condizioni sono quelli a pavimento radiante, sia grazie alla specifica posizione (a pavimento) dei pannelli, sia grazie al fatto che essi cedono calore principalmente per irraggiamento, evitando così il formarsi di correnti convettive d'aria calda a soffitto e fredda a pavimento.

Se si traccia il profilo di temperatura di un locale riscaldato con impianto a radiatori e di un altro locale riscaldato con impianto a pavimento, si può vedere che in quest'ultimo caso la curva me-

glio si approssima a quella del benessere ideale. L'aria uniformemente alla stessa temperatura impedisce che si innescino fastidiosi moti convettivi che causano la circolazione delle polveri, spesso motivo di fastidiose allergie, negli ambienti riscaldati a radiatori. Avere una temperatura dell'aria limitata è di notevole vantaggio per il comfort degli occupanti, in primo luogo perché aria meno calda è anche meno secca e ciò va a beneficio del sistema respiratorio.

Valori di umidità relativa in ambienti inferiori al 40% e superiori al 60% comportano l'insorgere di diversi problemi alla qualità dell'aria. Pur non esistendo un rigoroso criterio di benessere come per la temperatura ambiente, è consigliabile mantenere i valori di umidità relativa all'interno del range sopra menzionato. È noto inoltre quanto sia importante, negli ambienti riscaldati a ra-

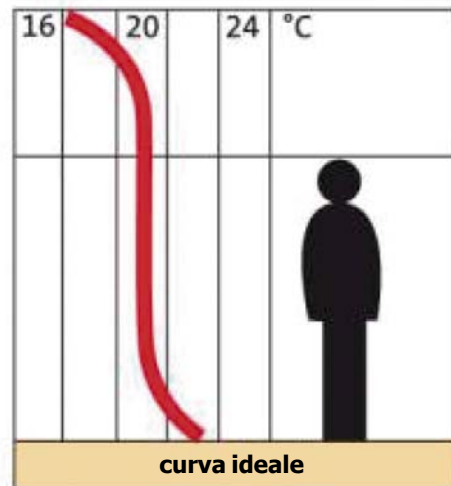
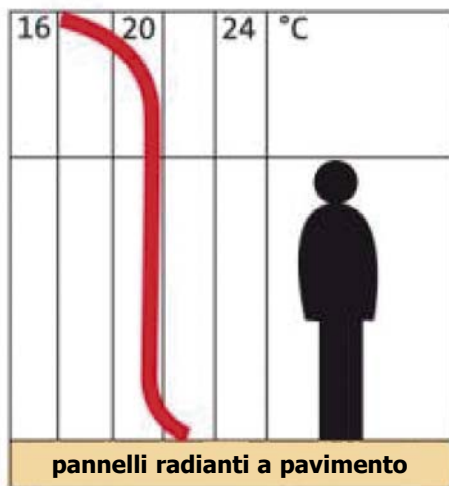
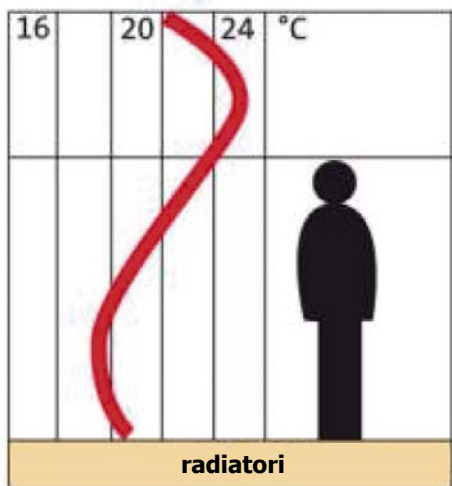
diatori, umidificare d'inverno e deumidificare d'estate. Inoltre, una temperatura contenuta dell'aria permette di aumentare lo scambio termico per convezione a cui è sottoposto il corpo umano, mentre fa diminuire quello per irraggiamento con la struttura della casa, rendendo le proporzioni di scambio termico più vicine ai rapporti ideali già considerati. In questo modo l'uomo è sottoposto a condizioni climatiche più naturali e meno "forzate".

### Pannelli isolanti

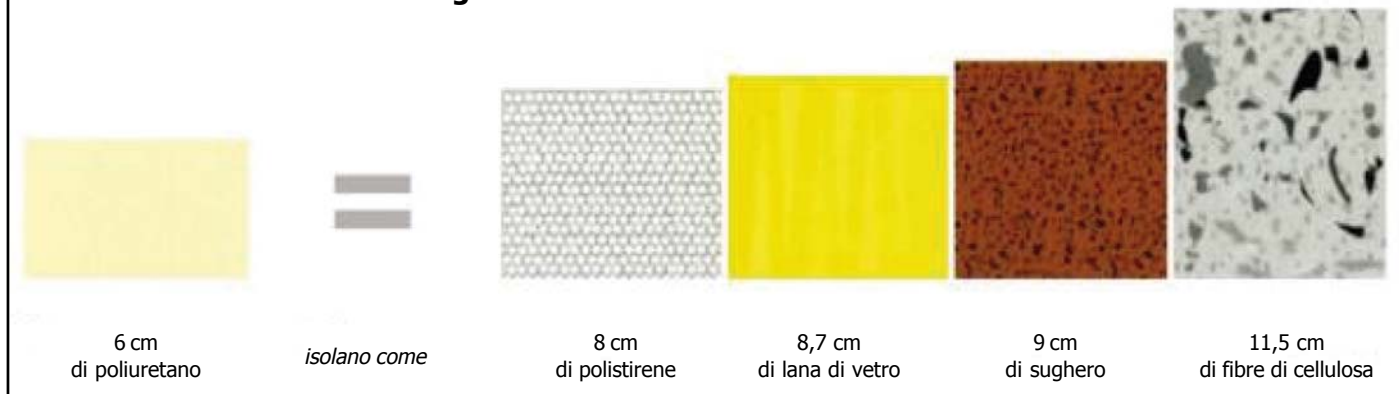
L'isolante utilizzato nei pannelli di un sistema di riscaldamento a pavimento deve avere una serie di caratteristiche che vanno ben oltre la semplice elevata resistenza termica richiesta. Sono necessarie innanzi tutto buone caratteristiche meccaniche. Il pannello in cui è fornito deve essere sufficientemente robusto per evitare che si sfaldi e si rompa durante la posa in cantiere. Deve avere, inoltre, una elevata resistenza alla compressione in modo da assorbire senza cedimenti né incrinature i carichi cui è sottoposto il pavimento del locale occupato. Non deve deteriorarsi nel tempo: deve avere buona stabilità termica e chimica e mantenere le sue buone caratteristiche termiche e meccaniche anche se sottoposto per lungo tempo a temperature superiori a quella ambiente. Tali caratteristiche non devono variare a causa di reazioni con materiali circostanti.

Anche il calore specifico deve essere più contenuto possibile per evitare che il pannello diventi un accumulatore di calore e faccia innalzare la temperatura dell'isolante più del dovuto.

Visto che la presenza di acqua nel



### Confronto fra isolanti di origine diversa



pannello ne comprometterebbe sia le caratteristiche meccaniche (deterioramento del materiale), sia quelle termiche (l'acqua ha una conduttività termica circa 25 volte più elevata dell'aria), un buon pannello isolante deve avere un'ottima resistenza all'acqua. Infine, sarebbe bene che l'isolante avesse caratteristiche di non infiammabilità, o, per lo meno, di autoestinguibilità, e non fosse tossico, per evitare rischi in fase di posa o eventuali manutenzioni.

#### Caratteristiche della tubazione

Il tubo è un altro elemento fondamentale dell'impianto a pannelli radianti. In questo tipo di impianto le tubazioni di veicolo del fluido termovettore devono avere una serie di caratteristiche. Innanzitutto, sono necessarie ottime caratteristiche meccaniche in modo da evitare che possano rompersi o deformarsi durante la loro vita, dato che ciò potrebbe compromettere il normale funzionamento dell'impianto.

In particolare, devono avere elevata resistenza allo shock termico, cioè devono resistere senza rompersi agli sforzi che si sviluppano quando sono sottoposte a brusche variazioni di temperatura. Infatti, quando il tubo inizialmente freddo viene attraversato dall'acqua calda si generano in seno al tubo stesso degli sforzi causati dal fatto che il materiale all'interno del tubo si dilata più rapidamente, a causa dell'aumento di temperatura, di quanto non riesca a fare il materiale all'esterno. Se il materiale fosse fragile, il valore di tali tensioni potrebbe raggiungere facilmente quello di rottura.

I materiali plastici risultano avere

elevati carichi di rottura e moduli elastici inferiori a quelli dei metalli. Quindi, hanno valori di resistenza allo shock termico che ben si prestano alle applicazioni richieste. Elevata resistenza allo shock termico si ottiene anche con elevata conduttività, requisito importante anche per favorire la cessione del calore del fluido verso l'esterno in modo da non offrire un'ulteriore resistenza termica allo scambio e non compromettere, quindi, la resa dell'impianto.

Anche il comportamento a creep è importante. Sarebbe auspicabile che il tubo si deformasse elasticamente se sottoposto a lungo termine ad una sollecitazione, in modo che, una volta che questa cessa, il tubo riprenda l'aspetto iniziale e non sia deformato permanentemente. Inoltre, alle tubazioni per il riscaldamento è richiesto di resistere agli attacchi chimici e di non essere corrodibili, in modo da mantenere le loro caratteristiche termiche e meccaniche invariate nel tempo. Infine, devono essere facili da manovrare e installare. Devono, cioè, essere leggeri ed avere un'elevata flessibilità.

#### • Tubazioni in polietilene

In passato si sono utilizzati tubi in rame e in acciaio per le loro buone caratteristiche meccaniche e termiche, ma la loro vulnerabilità ad agenti chimici esterni o a correnti parassite li rende poco attraenti nel riscaldamento a pavimento, dove è da evitare l'intervento successivo per rotture delle tubazioni. Inoltre, la loro rigidità li rende poco attraenti in applicazioni di questo tipo dove la flessibilità del tubo diventa una caratteristica essenziale.

Negli ultimi trenta anni hanno preso piede, come veicoli per l'acqua calda, le tubazioni in materiale plastico, nel campo non solo del riscaldamento a pavimento, ma del riscaldamento in genere e del trasporto dell'acqua sanitaria. Ciò che li rende attraenti è la loro leggerezza, la loro affidabilità a lungo termine e il loro costo contenuto. In particolare, nel settore del riscaldamento a pavimento radiante ci si è rivolti sempre più verso le tubazioni in polietilene. La flessibilità del polietilene si spiega analizzandone la struttura chimica. Poiché l'atomo di carbonio ha la caratteristica di formare legami a disposizione tetraedrica, la catena polimerica ha un andamento a zig-zag con angoli di  $109^\circ$  tra un legame e l'altro. Essendo poi il carbonio legato unicamente all'idrogeno non c'è asimmetria nei legami secondari e gli atomi di carbonio sono liberi di ruotare lungo circonferenze mantenendo l'angolo di  $109^\circ$ . Ne risulta una struttura altamente disordinata, detta "a gomito sfatto", che consente al polimero di deformarsi elasticamente.

Proprio a causa di questa struttura molecolare il comportamento a creep del polietilene lascia a desiderare: esso si deforma in modo irreversibile se sottoposto a lungo termine a carico costante, a causa delle forze intermolecolari che sono poco accentuate. Tale comportamento migliora diminuendo il grado di polimerizzazione, ossia la densità del polietilene. Infatti, la catena è più corta e compatta, diminuiscono le distanze tra le molecole e aumentano quindi le forze intermolecolari rendendo più difficili le deformazioni plastiche a lungo termine.

Il comportamento a creep potreb-

be essere dunque migliorato realizzando un materiale a bassa densità, ma a discapito delle caratteristiche di resistenza, specie ad elevate temperature, proprio a causa del numero inferiore di legami intermolecolari. Per avere sia buon comportamento di resistenza meccanica sia buon comportamento a creep bisognerebbe cristallizzare il materiale, ma il polietilene è termoplastico e, in quanto tale, cristallizza solo parzialmente.

Per migliorare le caratteristiche meccaniche del polietilene non resta che agire nella sua microstruttura, introducendo un elemento estraneo in grado di favorire la formazione di legami trasversali tra le catene di polietilene. Questi legami hanno l'effetto di dare luogo alla resistenza meccanica tipica del polietilene ad elevata densità senza compromettere le ottime caratteristiche di flessibilità tipiche del polietilene a media densità. Inoltre è migliorato il comportamento meccanico a lungo termine.

Nel polietilene reticolato l'elemento introdotto è il butene, il quale rende disponibili due atomi di carbonio per il legame trasversale della catena di polietilene. Essendo solo due gli atomi, la probabilità che si instauri il legame è bassa. Per questo motivo in fase di produzione si rende necessario un processo di reticolazione che "saldi" gli atomi fra loro e garantisca l'instaurarsi di almeno il 60% dei legami possibili.

Attraverso la reticolazione le catene vengono saldate tra di loro e diventano indivisibili. Tale processo, che consiste nel sottoporre il materiale ad elevata energia di radiazione (reticolazione di tipo C) o a reazioni chimiche con perossidi (reticolazione di tipo A) o silani (reticolazione di tipo B) rende comunque il materiale più rigido del materiale di partenza e si rimette, quindi, in flessibilità. Grazie ai miglioramenti nelle tecniche di controllo e di catalizzazione dei processi è possibile pilotare molto meglio l'incorporazione di un monomero di legame nella struttura base del polimero.

È possibile così inglobare molecole più grosse come, per esempio, quella dell'ottene, il quale rende disponibili per il legame sei atomi di carbonio. Essendo la molecola introdotta più grande, non riesce a rimanere all'interno del cristal-

lo del polietilene, instaurando facilmente un legame trasversale tra cristallo e cristallo che è anche tre volte più numeroso dei legami intermolecolari che si realizzano tra le catene del polietilene reticolato. Si ottiene così il polietilene lineare ottene-copolimerico, caratterizzato da migliore comportamento a creep ottenuto senza bisogno di rimetterci in flessibilità mediante la reticolazione del polietilene. Si risparmia così anche una fase costosa nel processo produttivo ottenendo un prodotto migliore a costo inferiore. Essendo questi legami intermolecolari tutti della stessa lunghezza, il materiale ottenuto è omogeneo e stabile nel tempo.

### • **La barriera a ossigeno**

Secondo la normativa UNI EN 1264-4 le tubazioni devono essere protette dal passaggio di ossigeno in quantità superiore a 0,1 g/mc al giorno per evitarne l'invecchiamento provocato proprio da questa molecola. Questo significa che nelle tubazioni in plastica deve essere sempre presente un film in materiale plastico resistente al passaggio dell'ossigeno. Infatti, un tubo in polietilene privo di barriera a ossigeno è interessato da una diffusione all'ossigeno per il 98%. Ciò si traduce in 3-4 g/mc al giorno in un tubo del diametro di 18 mm percorso da acqua a 40 °C. Ecco perché tutte le tubazioni in materiale plastico sono rivestite da un film di EVOH il quale garantisce appunto il rispetto della normativa.

Avere tale strato esternamente alla tubazione porta, però, ad alcuni inconvenienti: innanzitutto, il fatto che si trovi esteriormente non lo tutela dalle inevitabili abrasioni cui è sottoposto in cantiere e questo porta la tubazione stessa al rischio di essere esposta in taluni punti ad un maggiore deflusso di ossigeno. In secondo luogo, avere la barriera ad ossigeno all'esterno compromette la malleabilità tipica del polietilene portando a rendere difficile la realizzazione delle curve più strette.

Sono state studiate, pertanto, tubazioni con barriera ossigeno nello spessore del tubo stesso. Si ottiene in questo modo una tubazione multistrato con barriera EVOH completamente inserita nel materiale di base del tubo e mantenuta aderente allo stesso mediante dei

polimeri di adesione. Avere barriera a ossigeno interna porta a numerosi altri vantaggi. Da test effettuati sul tubo, il comportamento meccanico dello stesso è migliorato, in primo luogo perché la resistenza a pressione risulta essere maggiore, in secondo luogo perché riacquista completamente le dimensioni di origine se riscaldato fino a 90 °C e successivamente raffreddato.

L'entità stessa della deformazione è minima rispetto a quella di un'analoga tubazione ma con barriera ossigeno esterna: si dilata dello 0,3% a 50 °C e dello 0,7% a 90 °C, contro lo 0,4% e l'1,1% del tubo con barriera esterna. Infine avere la barriera EVOH all'interno porta a migliorare la resistenza alla penetrazione dell'ossigeno: 0,01 g/mc al giorno, dieci volte superiore a quanto richiesto dalla normativa.

### **Influenza del pannello isolante**

Un indice di qualità dei sistemi a pavimento radiante è dato dal tipo di accoppiamento tubazione - pannello isolante. Maggiori sono i punti di contatto tra il tubo e il pannello isolante, minore è la resa dell'impianto, ossia la capacità di cedere calore all'ambiente da riscaldare. L'incastro della tubazione in un pannello isolante bugnato comporta una riduzione di resa rispetto all'aggancio del tubo su un pannello piano. Lo dimostra uno studio numerico effettuato dal Dipartimento di Fisica tecnica dell'Università di Padova su alcuni tipi di sistemi radianti:

- sistema a lastra bugnata in polistirene espanso, spessore 20/50 mm (tacca: 35 °C);
- sistema a lastra piana in polistirene espanso, spessore 30 mm (tacca: 34 °C);
- sistema a lastra piana in schiuma poliuretana rigida a cellule chiuse, spessore 33 mm (tacca: 34 °C);
- sistema a lastra piana in schiuma poliuretana rigida a cellule chiuse, spessore 46 mm (tacca: 34 °C).

Per tutti i sistemi si è ipotizzato un rivestimento in ceramica. Per ottenere il medesimo risultato (circa 80 W/mq di irraggiamento verso l'alto) si hanno dispersioni verso il basso notevolmente differenti, passando da 20,13 W/mq per il sistema a lastra bugnata in polistirene (rendimento complessivo del sistema:

79,67%) a 10,823 W/mq per il sistema a lastra piana in schiuma poliuretanica (rendimento complessivo: 88,11%). Limitandoci al confronto tra un sistema a lastra piana e un sistema a lastra bugnata, entrambi in polistirene e con il medesimo spessore, al variare dell'interasse di posa si hanno le differenze di resa presentate nella figura a destra.

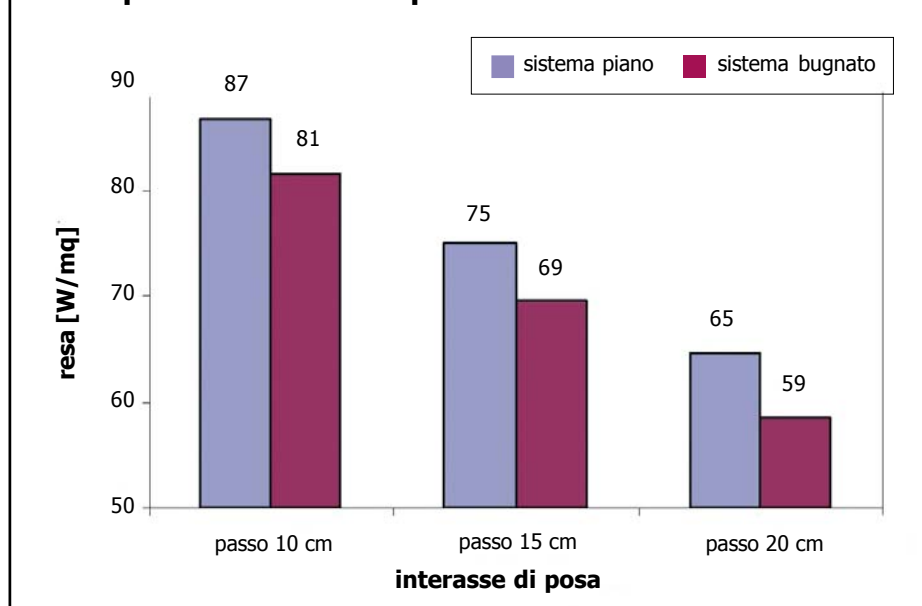
Il fatto che la resa di un sistema a pavimento radiante dipenda fortemente dalla geometria dello stesso è desumibile anche consultando la norma UNI EN 1264-2, la quale propone delle formule semplificate di calcolo delle curve di resa per sistemi con geometria ben specifica e invita i produttori che forniscono sistemi con geometria diversa a determinare sperimentalmente le curve di resa.

Poiché la curva di resa del corpo scaldante costituito dal pavimento radiante ha influenza sull'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, che deve essere riportato sull'attestato di certificazione (o qualificazione) energetica, il progettista ha diritto di pretendere le curve di resa documentate e garantite dal produttore dei sistemi a pavimento radiante.

Un altro fondamentale indice di qualità è dato dall'*importanza* del pannello isolante. Un sistema radiante ha basso indice di qualità se il pannello ha scarsa capacità isolante. Come già affermato in precedenza, la normativa UNI EN 1264 regola con chiarezza questo settore, prescrivendo il rispetto di valori minimi di resistenza termica con riferimento al pannello isolante dell'impianto a pavimento. Rispettare la normativa significa limitare le perdite di calore verso il basso dell'impianto a pavimento.

A seconda del tipo e dello spessore del pannello isolante, la distribuzione di calore dentro il solaio cambia, provocando maggiore perdita di calore verso il basso se il pannello isolante è poco efficace. Nei risultati delle simulazioni del caso particolare citato, si nota che migliore è il pannello isolante, minore è la perdita verso il basso, con conseguente risparmio nelle spese di gestione. Adottare sistemi di impianto con pannelli isolanti che non rispettano la UNI EN 1264-4 significa realizzare un impianto non a regola d'arte, nonché con maggiori spese di gestione.

### Resa per tmedia 35 °C e pavimento in ceramica



### • Il diametro della tubazione

Un ulteriore indice di qualità sta nella "pesantezza" del sistema. Più il sistema è "pesante" maggiore è l'accumulo termico, ossia maggiore è la capacità del sistema di trattenere il calore e rilasciarlo in ambiente solo quando serve, senza richiedere energia aggiuntiva in caldaia. Un sistema con massetto tradizionale e tubazione avente diametro pari a 20 mm ha elevato indice di qualità. Infatti, maggiore è il diametro della tubazione, maggiore è il contenuto d'acqua dell'impianto e ciò garantisce un accumulo termico ancora più elevato (100 m di tubo da 20 mm hanno un contenuto d'acqua di 20,1 litri; 100 m di tubo da 18 mm hanno un contenuto di 15,4 litri). Inoltre, utilizzare una tubazione da 20 mm consente di realizzare, a parità di perdite di carico, anelli di lunghezza maggiore. Ciò si traduce in minori attacchi al collettore e minore ingombro dello stesso.

Un'altra motivazione trova giustificazione nell'azione meccanica dell'acqua. A parità di portata, una sezione di passaggio minore si traduce in una velocità dell'acqua superiore e quindi in un'azione di erosione meccanica dell'acqua maggiore. Velocità dell'acqua elevate possono preoccupare presso la curvatura centrale dove inizia il rientro della tubazione a chiusura della chiocciola.

Per quanto riguarda invece il set-

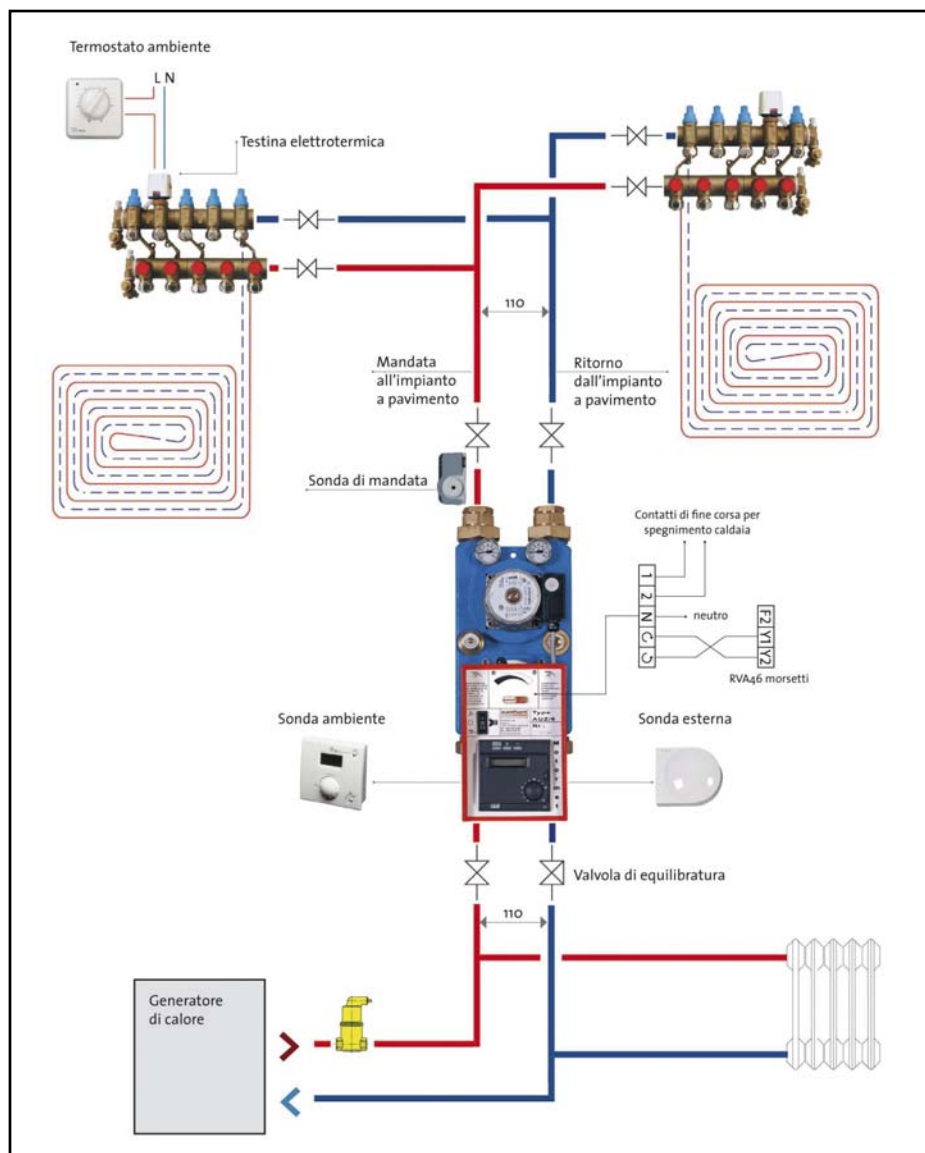
tore industriale, l'elevata resistenza termica opposta da uno spessore di massetto sovrastante la tubazione non è indifferente, per le esigenze di irrobustimento del massetto, suggerisce di utilizzare un diametro di 25 mm. Le ampie superfici a disposizione, le quali consentono di realizzare una posa a serpentina con passi elevati, rendono possibile l'utilizzo di una tubazione a diametro elevato, la quale sarebbe altrimenti improponibile per la difficoltà di maneggiamento.

### La termoregolazione

La regolazione degli impianti radianti può seguire due principi:

- climatica, ossia con adeguamento continuo alla situazione di temperatura esterna;
- a punto fisso, ossia con temperatura di mandata fissata indipendentemente dalle condizioni esterne.

La **regolazione climatica** è il sistema di regolazione più efficiente e consente il maggior risparmio energetico: la temperatura di mandata all'impianto viene regolata in modo automatico in funzione della temperatura esterna, garantendo sempre le migliori prestazioni di comfort e di gestione. Per ottenere questi risultati si utilizza una centralina elettronica digitale alla quale sono collegate due sonde di temperatura (una di mandata all'impianto e una esterna) ed un servomotore che aziona la valvo-



la miscelatrice. La centralina elabora il segnale della sonda esterna e, in base al codice climatico più indicato per quel tipo di edificio, determina il valore ideale della temperatura di mandata, lo confronta con il valore reale misurato dalla sonda di mandata e, se necessario, agisce sulla valvola miscelatrice.

È possibile impostare la centralina in modo da garantire la temperatura desiderata in un programma orario e settimanale. Al di fuori degli orari programmati la centralina consente di impostare un funzionamento a temperatura minima, che permette di ottimizzare il risparmio energetico.

Alla centralina elettronica è possibile collegare anche una sonda ambiente. In questo modo la curva climatica viene influenzata dalla temperatura ambiente, perfezionando il comfort in am-

biente e offrendo all'utilizzatore la possibilità di interagire con la programmazione oraria senza dover accedere alla centralina elettronica che spesso si trova in centrale termica.

Qualora si desideri avere zone indipendenti come gestione oraria e temperatura di alimentazione, è consigliabile un kit di termoregolazione climatica per ogni zona. Se l'interesse, invece, è solo di mantenere una temperatura ridotta in alcuni locali senza sofisticate impostazioni orarie (per esempio, camere, taverne, studi, ecc.) la soluzione più comoda ed economica consiste nel prevedere termostati ambiente con relative testine elettrotermiche per quei locali.

La **regolazione a punto fisso** è il sistema di regolazione più economico. Consiste nel garantire all'impianto una temperatura del fluido di mandata co-

stante ed il cui valore viene impostato manualmente. La compattezza di questi tipi di regolatori ne permette l'alloggiamento in cassetta collegandoli direttamente al collettore, peculiarità che ha agevolato la loro grande diffusione nel passato. Il limite maggiore di questi sistemi è la necessità di regolare l'impianto al variare delle condizioni esterne.

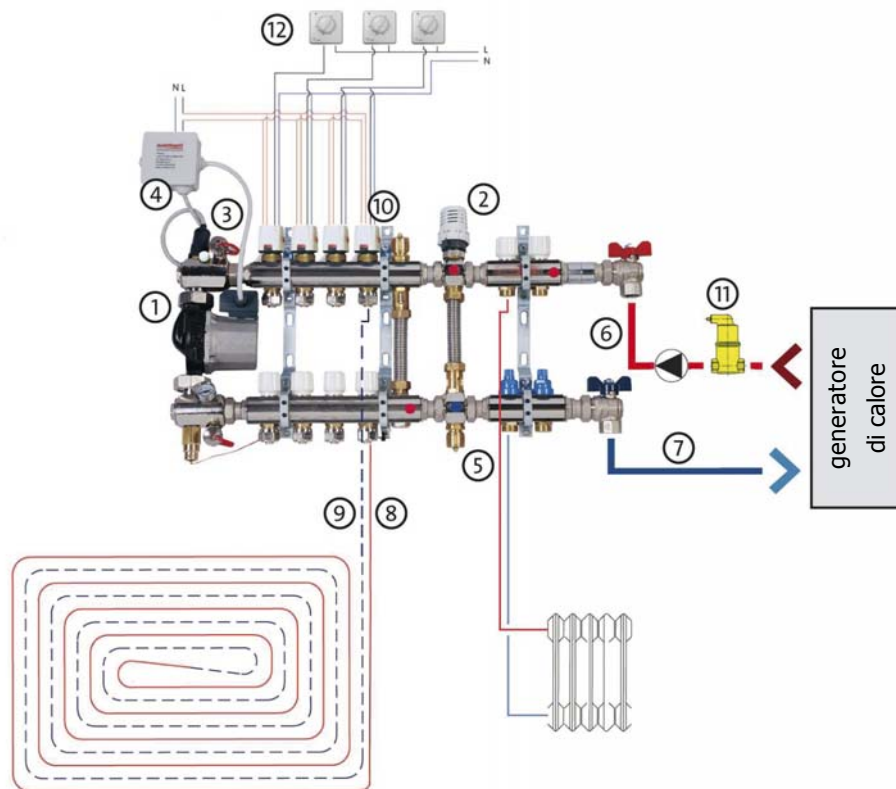
Per ridurre o eliminare questo tipo di attività si è diffusa la consuetudine di montare sui circuiti attuatori elettrotermici comandati da termostati di zona. Il termostato confronta la temperatura impostata dall'utilizzatore con quella presente e, qualora la temperatura in ambiente superi quella impostata, toglie corrente all'attuatore che chiude il circuito. Quando tutti i circuiti sono chiusi i microinterruttori ausiliari delle testine spengono la pompa di circolazione. Nel caso in cui si abbia un unico locale servito dalla termoregolazione, il termostato ambiente può essere collegato all'alimentazione della pompa: con questa soluzione quando la temperatura del termostato viene soddisfatta si interrompe la circolazione del fluido in tutti i circuiti del collettore.

In ogni caso si passa da una regolazione sulla temperatura ad una regolazione sulla portata, che mal si presta per l'impianto a pavimento. Infatti, i tempi di risposta dell'impianto già relativamente lunghi vengono in questo modo prolungati. Se il termostato ambiente rileva una temperatura superiore a quella impostata, significa che il massetto e il fluido sono ad una temperatura superiore rispetto a quella necessaria. Bloccando il flusso si dovrà smaltire non solo il calore del massetto, ma anche il calore immagazzinato dal fluido nei tubi, con la conseguenza che la temperatura in ambiente continua a salire anche dopo l'intervento di regolazione e possono trascorrere delle ore prima che il massetto si raffreddi sufficientemente per ridurre la temperatura in ambiente.

Quando poi la temperatura in ambiente è scesa fino a essere inferiore a quella voluta, il termostato dà il comando di riapertura, ma servirà un certo tempo perché il massetto e il fluido si riscaldino fino al livello tale da garantire nuovamente la temperatura ideale. Concludendo, il valore di temperatura in

## Regolazione con più locali

- 1 Pompa
- 2 Valvola termostatica tarabile
- 3 Termostato di sicurezza
- 4 Ritardatore elettronico
- 5 Bypass con valvola di massima pressione lato caldaia
- 6 Mandata caldaia (alta temperatura)
- 7 Ritorno caldaia
- 8 Mandata impianto a pavimento
- 9 Ritorno impianto a pavimento
- 10 Testina motorizzata
- 11 Degasatore
- 12 Termostato ambiente



ambiente subirà una continua oscillazione non rimanendo mai nella situazione di comfort. Inoltre con questo tipo di regolazione il generatore di calore viene fatto intervenire con un sistema ad intermittenza, che ne compromette seriamente il rendimento. Tutte le macchine a combustione, infatti, hanno un consumo superiore se vengono continuamente accese e spente, anziché fatte funzionare ad un regime medio per tutto il tempo di utilizzo.

Un altro problema che nasce dall'utilizzo esagerato di testine elettrotermiche è quello della discontinuità di portata. Quando una testina chiude il servizio ad un anello, la portata complessiva passante nel collettore dovrebbe diminuire della quantità che passava per quell'anello, lasciando inalterata la portata negli altri circuiti. A causa della caratteristica di funzionamento delle pompe a velocità costante, ciò non è possibile. Ciò significa che aumenta la portata negli altri circuiti. Il fenomeno non porta a modifiche apprezzabili se le testine che chiudono sono poche rispetto agli anelli serviti, ma se il loro nume-

ro è sostanzioso, l'aumento di velocità negli anelli può raddoppiare e più, portando anche problemi di rumorosità sui collettori e di usura dell'impianto. Il problema può essere eliminato con le pompe a velocità variabile o limitato con l'utilizzo di valvole di massima pressione.

Infine, si tenga presente che il costo di un kit di termoregolazione a punto fisso sommato a quello di tutti i termostati con relative testine elettrotermiche può rendere interessante un'alternativa regolazione a funzionamento climatico, specie per edifici di medio-grandi dimensioni. La convenienza per una regolazione a punto fisso può essere giustificata solo se vista dal lato economico di acquisto.

### Raffrescamento estivo

Negli ultimi anni si è registrato un continuo miglioramento delle tecniche costruttive e nei materiali utilizzati in edilizia, con una conseguente riduzione dei carichi termici richiesti per il conseguimento del comfort sia nel periodo invernale, sia in quello estivo. Per questo motivo, ai vantaggi dell'impianto a

pavimento utilizzato d'inverno si aggiunge la possibilità di sfruttarlo anche per il raffrescamento estivo.

Veicolando acqua a bassa temperatura all'interno dei circuiti si può raffreddare il pavimento e, di conseguenza, l'ambiente. Il limite alle potenzialità di questo sistema è dato dall'umidità contenuta nell'aria. Quando l'aria umida viene a contatto con una superficie fredda può verificarsi la condensazione delle particelle di acqua in essa contenuta. Occorre quindi sempre associare all'impianto a pavimento usato in raffrescamento un impianto per il trattamento dell'aria capace di deumidificarla ed evitare che l'umidità condensi sul pavimento. Per lo stesso motivo è importante utilizzare l'impianto a pavimento in condizioni di sicurezza, veicolando nei circuiti acqua con temperature non troppo basse (18-20 °C) anche a scapito della resa dell'impianto (20-30 W/mq).

Nel caso di locali ad elevato affollamento o carico termico (uffici, ristoranti, cinema) è necessario abbinare un impianto aria capace di sottrarre la quan-

tità di calore sensibile che resta per avere un equilibrio termico alla temperatura desiderata e di tenere sotto controllo in ogni istante il valore di umidità relativa in ambiente. Negli edifici residenziali, in particolari condizioni di temperatura e umidità relativa esterna e per gradi di affollamento interno contenuto, l'impianto a pavimento può garantire le condizioni di comfort anche solo affiancato da deumidificatori.

Nel funzionamento dell'impianto in raffrescamento bisogna predisporre nei vari locali delle sicurezze, capaci di interrompere la circolazione di acqua fredda. I locali in cui è maggiore la possibilità di formazione di condensa sono, in genere, i locali a più alta formazione di umidità (come salotti, camere da letto, palestre) o i locali più freddi.

La sicurezza viene realizzata installando in ambiente degli umidostati di sicurezza collegati alle valvole di zona dei collettori o agli attuatori termoelettrici in modo che essi vengano chiusi qualora in ambiente si superi il valore limite di umidità. Con la commutazione in inverno gli umidostati di sicurezza devono essere esclusi. Nei locali a rischio dove è predisposto il termostato ambiente collegato agli attuatori termoelettrici (come in genere avviene nelle camere da letto) è possibile installare un particolare termostato-umidostato.

### La realizzazione dell'impianto

L'impianto a pavimento va applicato su locali intonacati e chiusi con infissi onde evitare una rapida e anomala asciugatura del massetto. Eventualmente si può valutare la copertura del massetto stesso, appena realizzato, con un foglio in polietilene per aiutare una asciugatura omogenea.

Prima di procedere all'installazione dell'impianto, devono essere verificate le **condizioni di cantiere**. Esso deve rispettare gli standard tecnici relativi. Deve essere già presente la barriera a vapore laddove le norme tecniche la prevedono e i passaggi di tubazioni idrauliche e/o elettriche devono essere opportunamente coperti, in modo da garantire la superficie di base per la stesura del pannello isolante dell'impianto a pavimento.

Al momento della stesura dell'impianto a pavimento devono essere di-

sponibili spessori che tengano conto di:

- ingombro del pannello isolante;
- diametro della tubazione;
- spessore del massetto (nel caso di massetto tradizionale lo spessore minimo è pari a 45 mm da garantire dal punto più alto del sistema di impianto a pavimento);
- spessore della pavimentazione.

L'ingombro dell'impianto a pavimento varia con la tipologia di sistema e con la resistenza termica da garantire per il rispetto della UNI EN 1264-4 con il pannello isolante da applicare sopra la base di supporto.

Alla luce di quanto sopra espresso, il cantiere va verificato nelle quote a disposizione per l'impianto a pavimento. La superficie del sottofondo dovrà risultare orizzontale, non dovrà presentare avvallamenti, dovrà essere sgomberata dai calcinacci e priva di incrostazioni. Va verificato che i collettori siano posizionati laddove previsto dal progetto esecutivo e che siano correttamente montati. Le tubazioni di collegamento del collettore alla centrale termica devono essere adeguatamente isolate per migliorare il rendimento di distribuzione dell'impianto di riscaldamento. A maggior ragione deve essere prevista una guaina isolante adeguata se si intende utilizzare l'impianto anche per il raffrescamento estivo.

Va steso un foglio in polietilene come barriera vapore nei locali a contatto con il terreno o con intercapedine aerata o locali non riscaldati avendo cura di eseguire un risvolto sulle pareti di almeno 10 cm. I fogli dovranno essere sovrapposti per almeno 25 cm.

Va posata una striscia perimetrale lungo tutto il perimetro dei locali da riscaldare e attorno a tutti gli elementi della struttura che penetrano il massetto di copertura dell'impianto, come pilastri, scale, ecc. La stesura deve avvenire in modo che la posizione della striscia perimetrale non vari con il getto del massetto. Nel caso di più strati isolanti, la striscia perimetrale deve essere fissata prima della posa dello strato superiore. A massetto ultimato, la striscia perimetrale non deve essere tagliata se non dopo la posa del pavimento, così come indicato dalla UNI EN 1264-4.

A questo punto va posata la lastra isolante, appoggiandola alla striscia pe-

rimetrale e accostando bene i pannelli fra loro. Il buon accostamento dei pannelli è garantito con varie metodologie a seconda del sistema adottato (linee di giunzione chiuse con apposito nastro coprigiunto, pannelli a incastro).

Sullo strato superiore del pannello isolante deve essere stesa una pellicola protettiva di polietilene con spessore pari a 0,15 mm, a meno che non sia già presente integrata al pannello stesso. Tale foglio di protezione va posato sovrapposto e deve essere risvoltato alle pareti in corrispondenza della striscia perimetrale qualora la stessa non sia dotata di doppio elemento. Nei sistemi in cui la striscia perimetrale è doppia, l'elemento interno deve essere sollevato prima dell'accostamento del pannello.

Nel caso sia prevista la posa di più pannelli isolanti sovrapposti, essi dovranno essere posati in maniera sfalsata in modo che le linee di accostamento non siano direttamente riprese tra i due.

La posa del tubo dovrà rispettare il progetto sia come passi (distanze fra i tubi), sia come tipo di posa e lunghezza degli anelli. Dopo avere consultato il progetto esecutivo di posa si dovrà individuare il punto da cui partire e il relativo attacco sul collettore, in modo tale che le tubazioni in partenza e arrivo abbiano una distribuzione a raggiera senza alcun accavallamento. Si dovrà scegliere il rotolo di tubo di lunghezza conveniente inserendo la guaina isolante all'estremità esterna e allacciando, quindi, il tubo alla relativa valvola sul collettore di ritorno con l'ausilio di un raccordo. Si svolgerà il tubo, posandolo sull'isolante, bloccandolo con sistemi di fissaggio nei punti e nella quantità necessaria a garantirne il completo ancoraggio.

La posa del tubo di mandata deve avvenire nel rispetto delle seguenti prescrizioni previste dalla UNI EN 1264-4:

- 50 mm di distanza da pareti verticali;
- 200 mm di distanza da caminetti (mai passare sotto!), condotte fumarie, pozzetti;
- curvature con raggio non inferiore al valore minimo pari a 6 volte il diametro del tubo.

Si proseguirà con la posa verificando il passo previsto e rispettando le indicazioni riportate sul progetto esecutivo sino al completamento dell'anello

interessato. La posa di ciascun anello deve avvenire senza giunzioni. Qualora, causa incidenti subiti dall'impianto finito, venissero fatti giunti meccanici, questi devono essere localizzati e riportati sul disegno esecutivo. In corrispondenza del collettore e dell'attraversamento dei giunti di dilatazione, i tubi dovranno essere inguainati con la guaina isolante.

Si procede quindi al collegamento del tubo, tramite gli opportuni adattatori, alla relativa valvola sul collettore di mandata. Durante la posa dell'anello sarà possibile creare un infittimento del passo di posa della tubazione in corrispondenza della fascia perimetrale sul lato esterno del locale per sopperire ad eventuali maggiori dispersioni termiche (per esempio, a causa di una grande vetrata).

I giunti di dilatazione dovranno essere posizionati in corrispondenza di tutte le porte interne e trasversalmente i locali qualora abbiano superficie superiore a 40 mq e/o un lato maggiore di 8 m. Nel caso di ambienti rettangolari, le superfici senza giunti possono essere superiori purché non si superi il rapporto massimo in lunghezza di 2 a 1. Il tutto dovrà essere specificato nel disegno esecutivo.

Il giunto di dilatazione dovrà essere mantenuto durante la stesura del massetto e non dovrà essere tagliato con la posa della pavimentazione. In corrispondenza dell'attraversamento del giunto da parte del tubo dell'impianto a pavimento, che deve avvenire nel minor

numero di volte, deve essere prevista la guaina isolante a protezione del tubo.

#### • **Caricamento e collaudo**

Dopo la posa dell'impianto esso dovrà essere caricato e messo in pressione (a 6 bar) prima del getto del massetto. L'impianto dovrà rimanere in pressione fino all'ultimazione dei massetti e il procedimento di collaudo deve essere documentato. La pressione può variare in funzione della temperatura di 1 bar entro le prime 24 ore. Per i periodi invernali si dovranno adottare tutte le precauzioni necessarie atte a prevenire le possibili conseguenze di congelamenti dell'acqua nell'impianto.

Una volta installato l'impianto secondo gli standard stabiliti dalle norme tecniche di riferimento, il cantiere è pronto per la posa del massetto. È compito dell'impresa esecutrice dell'impianto vigilare sulla sua integrità fino al completamento del massetto. Il massetto di copertura andrà realizzato negli spessori, dimensioni e composizione prescritti dalle normative e dalla Direzione lavori.

#### • **Esecuzione dei massetti**

Nel caso in cui si preveda l'esecuzione di un massetto tradizionale, la sua realizzazione e stesura non cambiano in presenza di un impianto a pavimento. Le precauzioni aggiuntive riguardano solamente l'integrità delle tubazioni e dell'isolante. Quando si movimentata la malta devono essere adottate procedure di rispetto per l'impianto posato: per

esempio, nella realizzazione dei percorsi di passaggio, sono da evitare le tavole che contengono chiodi, anche se ribattuti. Meglio posare cartoni. Il rovesciamento del materiale impastato non deve avvenire appoggiando la carriola sulle tubazioni: non devono essere appoggiati carichi importanti sull'impianto.

Secondo le normative relative, lo spessore del massetto di copertura non deve essere inferiore alla misura di 45 mm e tale spessore va considerato a partire dal punto più alto dell'impianto (tubazione o estremità bugna).

La stesura deve avvenire mantenendo tutti gli elementi posati con l'impianto a pavimento. Non va rimossa la striscia perimetrale posta lungo tutto il perimetro dei singoli locali. Nello stesso modo non vanno rimossi i giunti di dilatazione, sia quelli posizionati in corrispondenza di tutte le porte interne e sia quelli disposti trasversalmente i locali laddove necessario.

La stesura del massetto deve avvenire ad una temperatura ambiente non inferiore ai 5 °C e tale limite deve essere rispettato per almeno tre giorni a lavoro ultimato. Nei tre giorni si deve garantire al massetto un'asciugatura lenta. Per questo motivo durante questo periodo il massetto va protetto dall'irraggiamento del sole e da correnti d'aria: di norma è sufficiente chiudere l'edificio per raggiungere l'obiettivo. È buona norma inserire nel massetto una rete metallica o altro elemento equivalente con funzioni antiritiro.

Rilievi aerofotogrammetrici e redazione di cartografia

Riprese fotografiche prospettiche

Riprese multispettrali e all'infrarosso

Servizi di vigilanza e tutela del territorio

**AERONIKE** srl

via Calamattia, 10 - 09134 Cagliari • tel. 070-554128 070-504818 • fax 070-5511714  
www.aeronike.com • e-mail info@aeronike.com



L'impasto deve essere realizzato usando inerti in granulometria varia da 0 a 8 mm e cemento 325 in ragione di 3 q/mc con l'aggiunta di fluidificante (generalmente fornito con l'impianto) in misura di 1 litro per quintale di cemento. L'utilità dell'additivo fluidificante sta nella sua capacità di migliorare la lavorabilità dell'impasto di calcestruzzo utilizzando meno acqua e garantendo al tempo stesso presenza d'aria in misura non superiore al 5%.

L'eccesso d'acqua è il maggior responsabile del ritiro differenziale del massetto. Infatti, l'acqua contenuta nel calcestruzzo e introdotta a causa del processo di idratazione del cemento evapora soprattutto sulla faccia superiore del massetto, esposta all'aria. Ciò provoca il fenomeno dell'imbarco del massetto e della successiva fessurazione del pavimento a causa dei carichi di esercizio che costringono il massetto a riprendere la configurazione iniziale di totale appoggio al solaio.<sup>(1)</sup>

Al posto dei massetti tradizionali è possibile prevedere la posa di massetti autolivellanti, caratterizzati da maggiore lavorabilità con conseguente garanzia di posa veloce e con ottima planarità del lavoro finito anche per ampie superficie e per spessori ridotti.

Sono premiscelati secchi che consentono, grazie alla presenza di composti particolari, di ottenere un impasto liquido con minore percentuale di acqua rispetto ai massetti tradizionali, miscelati in cantiere. A seconda del tipo di componenti si distinguono in massetti a base di anidride e massetti a base cementizia. In entrambi sono presenti additivi chimici che consentono di rendere maggiormente fluido il prodotto, con minore quantità di acqua. Per questo motivo in questi casi non va utilizzato l'additivo preventivato con il dimensionamento dell'impianto.

Per la presenza di anidride nei massetti autolivellanti del primo tipo e di cementi speciali nei massetti del secondo tipo, le caratteristiche meccaniche del prodotto finito sono superiori a quelle dei massetti tradizionali. Le ditte produttrici assicurano resistenza meccanica come da normativa già per spessori di 30-35 mm.

Il getto di autolivellanti deve avvenire in modo da evitare che la massa li-

quida penetri sotto l'impianto e si attacchi alla struttura. Per questo motivo, in assenza di impianto a pavimento, devono essere stesi fogli in polietilene che vanno sovrapposti per almeno 25 cm e rimontano le pareti in modo da superare il livello finito di qualche centimetro. In presenza di impianto a pavimento i fogli in polietilene dovranno essere posati tra l'isolante e la tubazione, sempre che il pannello stesso non sia già dotato di una barriera propria. Per gli impianti a pavimento con lastre presagomate si dovrà controllare il corretto incastro tra loro.

Come nel caso di massetto tradizionale, il getto deve avvenire rispettando i giunti di dilatazione.

Potendo ridurre di circa 1 cm lo spessore del massetto, è evidente che con massetti autolivellanti l'impianto a pavimento può funzionare con rese ancora migliori. Tra le due tipologie di massetto autolivellante, quello a base di anidride migliora la conduttività avendo un valore di  $\lambda = 1,8 \text{ W/mK}$ , contro il  $\lambda = 1,4 \text{ W/mK}$  valido per massetti a base cementizia.

### • Avviamento dell'impianto

Completata la copertura dell'impianto e trascorso un certo periodo (almeno 21 giorni per un massetto di tipo cementizio e almeno 7 giorni per un massetto a base di anidride), all'occorrenza si può procedere ad un'iniziale accensione dell'impianto allo scopo di asciugare i massetti e favorire la posa della finitura superficiale. Per una corretta posa delle piastrelle infatti è necessario che il livello massimo di umidità del massetto sia pari al 2%; per la posa del parquet il livello di umidità massima richiesta è anche inferiore.

La norma UNI EN 1264 chiede di documentare il processo di riscaldamento all'avvio dell'impianto. Questo contempla il mantenimento con alimentazione a 20-25 °C per almeno 3 giorni e l'impostazione successiva della massima temperatura di alimentazione risultante da progetto per almeno altri 4 giorni. In ogni caso si consiglia di prolungare il periodo di pre-riscaldamento in modo da passare gradualmente dalla temperatura iniziale a quella massima di progetto (2-3 °C al giorno). Si consiglia inoltre di impostare la temperatura iniziale in modo che non sia superiore di 5 °C al valore della temperatura ester-

na per evitare lo shock termico al massetto, che ne causerebbe la rottura. Un riscaldamento graduale asciuga il massetto senza romperlo.

### • Posa del pavimento

La copertura avverrà secondo gli standard relativi e le disposizioni delle categorie specifiche. Talvolta, per migliorare l'esecuzione del pavimento, può essere richiesto di fare un ulteriore riscaldamento del massetto tramite l'impianto a pavimento. È il caso, ad esempio, della posa di pavimento in legno incollato: mettere per alcuni giorni in funzione il riscaldamento prima di iniziare a levigare il pavimento permette un assestamento del parquet prima della stuccatura.<sup>(2)</sup>

### Conclusioni

Scegliere un impianto di riscaldamento a basso consumo è di fondamentale importanza, soprattutto alla luce dell'impegno preso dal Parlamento Europeo con la direttiva 2002/91/CE (recepita in Italia dal D.Lgs. 19 agosto 2005 n. 192, successivamente modificato dal D.Lgs. 29 dicembre 2006 n. 311). Essa stabilisce che devono essere applicati nuovi parametri di progettazione edilizia allo scopo di portare il mercato immobiliare a produrre edifici a bassi consumi derivanti da scelte architettoniche mirate e da soluzioni impiantistiche evolute.

Oggi tutte le nuove costruzioni e quelle oggetto di importanti ristrutturazioni devono rispettare un valore minimo di rendimento energetico. Ciò da un lato per ridurre i consumi di energia in Europa (il 40% riguarda il settore edilizio residenziale e terziario), dall'altro per introdurre maggiore trasparenza nel mercato immobiliare, in modo da tutelare maggiormente gli acquirenti.

Gli impianti a pavimento radiante vanno nella direzione indicata dall'Unione Europea, consentendo risparmio energetico e comfort in ambiente.

**Enrico Piano**

(1) Esistono svariate pubblicazioni sull'argomento. Segnaliamo gli articoli del prof. Mario Collepardi, docente al Dipartimento di Scienza dei materiali e della terra presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Ancona, pubblicati su "Realtà Mapei", numeri 43 e 44.

(2) AA.VV., "Manuale per la posa di pavimenti in legno" Federlegno-Arredo.