

PAVIMENTI RADIANTI

Riscaldamento e raffrescamento degli ambienti con sistemi a pannelli radianti in EPS

Testo, grafici e tabelle a cura di AIPE

Ing. Marco Piana



PAVIMENTI RADIANTI

Riscaldamento e raffrescamento degli ambienti con sistemi a pannelli radianti in EPS

PREMESSA

1. I PAVIMENTI RADIANTI - CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI NELLE STAZIONI INVERNALI ED ESTIVE
2. ISOLAMENTO TERMICO
3. ISOLAMENTO ACUSTICO
4. PROGETTARE MASSETTI E PAVIMENTI PER SISTEMI RADIANTI
5. IL CONTRIBUTO DELL'EPS
6. CONCLUSIONI
7. CHI È AIPE

PREMESSA

Nella categoria dei sistemi radianti rientrano una numerosa varietà di soluzioni impiantistiche, sebbene, nell'accezione più comune, si è soliti riferire alle tipologie caratterizzate da ampie superfici di scambio termico a temperatura non molto diversa da quella dell'aria ambiente, che utilizzano un fluido termovettore a livello termico modesto. Il termine radianti che definisce tali sistemi si riferisce al fatto che il contributo della componente radiativa di scambio termico risulta significativa (anche maggiore del 60% dello scambio termico globale) rispetto ad impianti tradizionali.

Nelle loro diverse configurazioni, i sistemi radianti possono essere utilizzati sia per il riscaldamento invernale che per il raffrescamento estivo.

Il riscaldamento a pannelli radianti era stato adottato già dai tempi dei Romani (ipocausto), ritrova applicazione nei primi anni di questo secolo per poi diffondersi a partire dagli anni '50 in seguito a studi mirati all'analisi del funzionamento di questi sistemi.

Le soluzioni impiegate possono essere a pavimento, a soffitto e, anche se meno comuni, a parete.

Il principio base è quello di disporre di ampie superficie di scambio a temperatura non troppo più alta dell'aria ambiente.

Il pavimento radiante sta vivendo una fase di rinnovato interesse, grazie alle nuove normative che attraverso il contenimento dei consumi, impone minori richieste energetiche e quindi permette l'adozione di tali sistemi, essendo richieste rese compatibili con i vincoli legati alle basse temperature superficiali.

Per quanto riguarda la regolazione di questi impianti, la capacità termica della struttura radiante gioca un ruolo fondamentale.

I sistemi utilizzati per il riscaldamento possono essere, con opportuni accorgimenti, anche convertiti in impianti per il raffrescamento, inviando alle serpentine acqua refrigerata. In questo caso, la resa è vincolata alla minima temperatura superficiale che può essere raggiunta, limitata dal problema legato all'insorgere di condensa sulla superficie fredda qualora la temperatura superficiale raggiunga quella di rugiada dell'aria ambiente.

Per questo è resa indispensabile l'adozione di un impianto misto aria-acqua.

Rispetto ad un tradizionale sistema a tutt'aria, la soluzione radiante presenta numerosi aspetti vantaggiosi, tra cui la riduzione della portata d'aria alla sola quota di ventilazione.

I soffitti radianti per il raffrescamento vengono utilizzati largamente quando si prevede di effettuare la climatizzazione di un ambiente già esistente del quale non si vuole modificare il layout.

Nelle mansarde e nelle ristrutturazioni, e soprattutto nel settore terziario, sono sempre più diffusi i sistemi di riscaldamento e raffrescamento a soffitto. I vantaggi sono molti, soprattutto in termini di praticità d'uso e di applicazione.

Il sistema di riscaldamento e raffrescamento a pavimento presenta inoltre molti vantaggi, tra i quali il principale è quello di generare una temperatura uniforme in tutti i punti dell'ambiente, sia in orizzontale che in verticale. Tale effetto si può riscontrare soprattutto in ambienti con altezze notevoli, come chiese e capannoni.

Le temperature superficiali del pavimento sono comprese tra i 19°C e i 26°C così come prescritto dalle normative vigenti.

La differenza di temperatura tra superficie del pavimento e l'ambiente è molto bassa: in questo modo il gradiente di temperatura verticale è omogeneo, pertanto, non si innescano moti convettivi. L'umidità relativa subisce inoltre variazioni minime sia d'estate che d'inverno.

2. I PAVIMENTI RADIANTI - CARATTERISTICHE E PRESTAZIONI NELLE STAGIONI INVERNALI ED ESTIVE

Benessere termico e sanitario

Il benessere termico di un ambiente dipende da innumerevoli fattori. È importante a questo riguardo accennare ai meccanismi di scambio del corpo umano, mettendo in risalto gli aspetti legati all'irraggiamento.

Il bilancio energetico del corpo umano è legato alla necessità di mantenere la temperatura interna ad un valore di circa 37°C, con tolleranze piuttosto limitate.

L'equilibrio di questo bilancio dipende dalle condizioni che si creano attorno e dentro al corpo umano.

I fattori principali sono:

fisiologici, legati all'attività, alla salute ed all'età;

il tipo di abbigliamento (leggero o pesante);

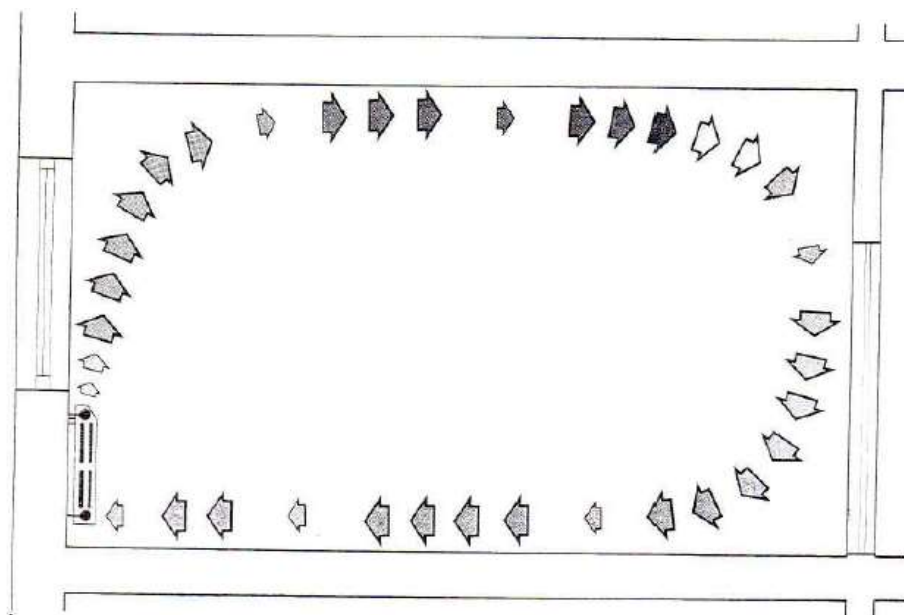
comfort termico, relativo alle condizioni termo-igrometriche degli ambienti.

Sperimentalmente, si è inoltre evidenziato come risulti preferibile dal punto di vista del comfort termico tenere i piedi leggermente al caldo e respirare aria fresca, avere cioè in un locale zone relativamente calde a pavimento e zone più fresche a soffitto.

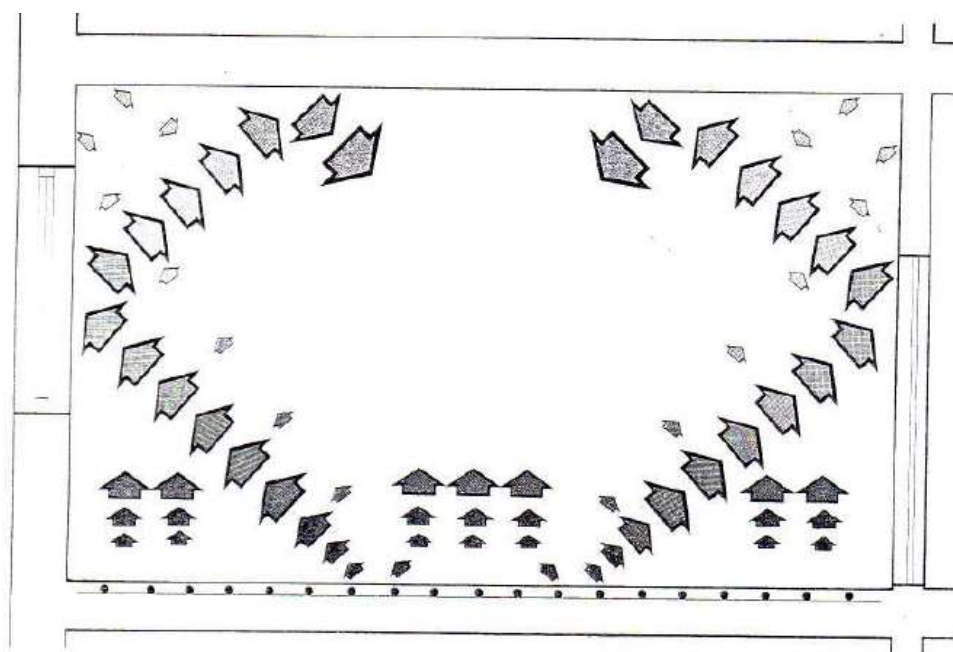
Condizioni del tutto opposte vengono fornite da un impianto a corpi scaldanti convenzionale. L'aria si scalda al contatto con le superfici dei corpi scaldanti, diventa più leggera e sale a soffitto per poi ridiscendere a pavimento dopo essersi raffreddata a contatto con le pareti disperdenti.

Vengono a stabilirsi, in tal modo, zone di aria calda a soffitto e fredda a pavimento.

Negli impianti a pannelli radianti invece il riscaldamento avviene soprattutto per irraggiamento. Il calore si propaga per mezzo di onde elettromagnetiche, senza bisogno dell'aiuto dell'aria. La temperatura che viene a determinarsi nei locali così riscaldati ha valori quasi costanti, con un aumento vicino al pavimento e una diminuzione in prossimità del soffitto.



Circolazione dell'aria in un locale con impianto a corpi scaldanti



Irraggiamento in un locale riscaldato a pannelli radianti a pavimento



Un'altra considerazione a favore del benessere termico può essere fatta in merito alle condizioni dell'aria. Le superfici calde dei corpi scaldanti (è sufficiente che la loro temperatura superi i 40 °C) provocano la decomposizione del pulviscolo presente nell'atmosfera, determinando in tal modo alterazioni alla normale composizione dell'aria. Al contrario, nei sistemi a pannelli radianti, mettendo in gioco temperature relativamente basse, non vengono provocate alterazioni ambientali di alcun genere.

Si può inoltre affermare che con i sistemi radianti, riducendo il movimento dell'aria negli ambienti, si possono ridurre i disagi per le persone che soffrono di asma e allergie alla polvere, diminuisce la diffusione di malattie da raffreddamento negli ambienti di lavoro e di conseguenza si ottiene addirittura una maggiore produttività aziendale.

Inoltre, per chi si occupa di igiene, il sistema a pannelli radianti assume un'importanza notevole.

Il pavimento, la parete o il soffitto fungono anche da elemento scaldante. La semplice pulizia del pavimento comprende quindi anche la pulizia dell'elemento stesso, inoltre con il riscaldamento radiante non si formano concentrazione e movimenti di polvere.

Inoltre, la bassa differenza di temperatura tra le superfici radianti e l'ambiente (4-5°C) elimina il movimento della polvere e quindi la diffusione nell'aria delle sostanze allergiche.

Il risparmio energetico

Dal punto di vista energetico, gli impianti radianti permettono di realizzare il riscaldamento localizzato, ovvero consentono di evitare gli sprechi di energia legati alla stratificazione dell'aria calda. La potenza impegnata, infatti, può essere anche inferiore del 70% per capannoni di altezza elevata.

Il funzionamento dell'impianto si basa sull'elevata inerzia termica dei pavimenti, mantenendo temperature superficiali comprese tra 20 e 23 °C, con temperature dell'acqua nei tubi di 30-35°C e temperature ambiente comprese tra 15°C e 18°C.

La temperatura che noi percepiamo è quella operante (T_o) ovvero il valore che tiene in conto della temperatura dell'aria (T_{aria}) e di quella media radiante (T_{mr}) delle superfici che racchiudono l'ambiente, o più precisamente, di tutti gli elementi che ci circondano e che si trovano ad una temperatura differente rispetto a quella del nostro corpo.

Il fattore estetico

In questo ambito si possono rilevare principalmente due vantaggi degli impianti a pannelli radianti. Il riscaldamento a corpi scaldanti determina il nascere di moti convettivi e la decomposizione del pulviscolo sospeso nell'atmosfera.



Queste condizioni provocano un grave inconveniente di natura estetica: l'annerimento delle pareti. I moti convettivi, infatti, trasportando le particelle del pulviscolo atmosferico e delle sostanze carboniose sempre presenti nell'aria, causano il deposito di queste sulle pareti.

Si formano perciò i tipici aloni e le caratteristiche striature nere dietro i corpi scaldanti. Il sistema a pannelli radianti è del tutto immune da tali inconvenienti dal momento che non provoca né sensibili moti convettivi, né decomposizione del pulviscolo.

Si può inoltre rilevare come la presenza di corpi scaldanti possa talvolta essere di difficile integrazione architettonica, oltre a limitare lo spazio disponibile. L' impianto a pannelli radianti offre invece la possibilità di realizzare un arredamento libero.

Suddivisione in zone

Il sistema a pannelli radianti rende realizzabile l'intercettazione delle singole zone. Questo fatto consente di contabilizzare facilmente il calore consumato da ogni singola utenza.

È inoltre possibile, con la suddivisione in zone, la regolazione individuale della temperatura ambiente, adeguandola alle singole esigenze. Si potrà quindi disporre di una gestione più autonoma del calore.

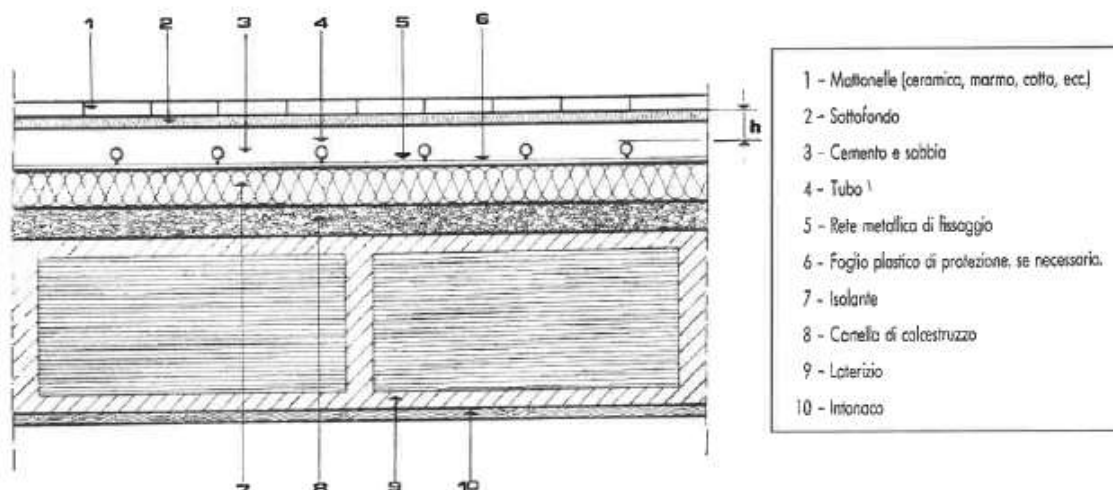
Raffrescamento

L'impianto a pannelli radianti, facendo in esso circolare acqua fredda, è anche in grado di esercitare una certa azione di raffrescamento dei locali. Non si tratta in questo caso di un vero e proprio condizionamento.

L'impianto, infatti, non può esercitare alcun controllo relativo sull'umidità e sulla purezza dell'aria. Molti impianti realizzati per il raffrescamento sono a soffitto in edifici industriali e uffici. Gli impianti realizzati hanno mostrato buoni rendimenti, come si mostrerà in seguito.

Componenti degli impianti radianti - Struttura del pavimento/parete/soffitto

I pannelli radianti possono essere alloggiati in una struttura come quella rappresentata in figura.



Schema tipo di pavimento

Lo strato di materiale isolante serve a ridurre le dispersioni termiche verso il basso, oltre che a ridurre l'inerzia termica in gioco, riducendo la massa riscaldata. I materiali utilizzati possono essere di differente natura nelle configurazioni idonee per l'impiego a pavimento.

L'isolante può essere piano oppure sagomato superiormente per facilitare la posa delle tubazioni.

Gli edifici domestici e la maggior parte di quelli commerciali di ridotte dimensioni richiedono isolanti di densità standard, mentre per aree di maggior estensione e più alta concentrazione come ambienti sportivi ed edifici commerciali si richiedono isolanti ad alta densità.

Per aree industriali è opportuno usare isolanti di densità elevata e per sopportare carichi importanti è consigliabile stendere sulla superficie una rete elettrosaldata.

Se il materiale isolante teme l'umidità della gettata di sabbia e cemento, è bene proteggerlo ricorrendo ad una sua copertura mediante fogli di polistirene.

Sopra l'isolante va posta una rete metallica con maglie possibilmente di larghezza adeguata all'interasse di posa dei tubi. Il suo scopo è quello di permettere di formare e fissare il pannello prima della gettata e di garantire una ripartizione più omogenea dei carichi che agiscono sul pavimento.

Per quanto concerne il fissaggio dei serpentini alla rete si possono usare normali fascette di bloccaggio oppure si può ricorrere molto semplicemente ad una legatura con filo di ferro. Se viene utilizzato un isolante piano, come avviene nel caso di grandi superfici, il tubo può disporre di apposite guide di aggancio rapido entro cui viene alloggiato e bloccato.

Il tutto va annegato in uno strato di sabbia e cemento.

Se il pavimento si realizza con mattonelle (di ceramica, di cotto, di marmo, ecc.) è necessario ricorrere, per la loro corretta posa, ad uno strato di sottofondo. Se invece si deve realizzare un pavimento di parquet, in moquette o in gomma si può procedere in modo più conveniente al loro fissaggio direttamente sullo strato di sabbia e cemento. Non esistono controindicazioni particolari in merito al pavimento da utilizzare. Solo l'impiego di un parquet massiccio, oltre i 10-12 mm di spessore può dar luogo ad inconvenienti tipo gobbe o fessurazioni.

In generale, prima del getto del sottofondo, una fascia perimetrale isolante deve essere posta lungo le pareti e qualunque altro componente che penetra nel sottofondo (ad esempio telai di porte, pilastri e colonne). Questa striscia isolante deve collegare la base di supporto con la superficie del pavimento finito e consentire un movimento del sottofondo di alcuni millimetri. La striscia deve essere fissata al suolo in modo tale da non consentire movimenti durante il getto del cemento del sottofondo. La parte superiore della striscia perimetrale che sporge sopra il pavimento finito non deve essere tagliata via finché sia completata la copertura del pavimento stesso.

Le moderne tecnologie di realizzazione dei sistemi radianti prevedono l'utilizzo di pannelli in polistirene espanso sinterizzato (EPS) di densità 20 - 25 - 30 Kg/m³ in funzione dei carichi agenti. I pannelli sono normalmente stampati con bugne che permettono di alloggiare il tubo radiante.

Sono inoltre ricoperti con film in polistirene cristallo sulla faccia superiore aderente perfettamente alla sagoma ed accoppiato in fase di stampaggio del pannello. Il film permette di preservare l'integrità dell'EPS durante la posa e il getto della caldana superiore.

Il materiale con cui viene realizzato il pannello in EPS può essere ad unica densità, a doppia densità o con strati di EPS elasticizzato.

Queste possibilità di realizzazione del pannello permettono di raggiungere prestazioni elevate sia per il grado di isolamento richiesto sia per ridurre i rumori da calpestio al piano sottostante.

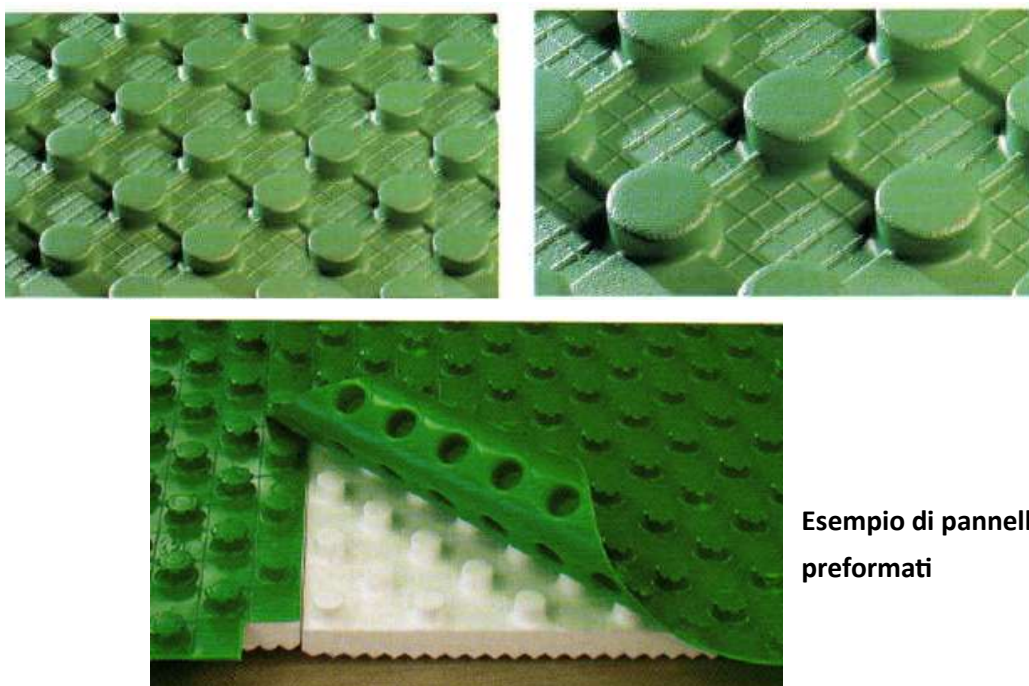
I pannelli isolanti

L'utilizzo di pannelli isolanti risulta essere fondamentale per la realizzazione di un impianto radiante moderno e funzionale, in quanto permette di riscaldare gli ambienti in tempi rapidi e con contenute potenze impiegate, dato che limita la massa delle strutture riscaldate e riduce la dispersione del calore verso il basso. I pannelli isolanti hanno permesso agli impianti di riscaldamento a pavimento radiante di realizzare un grosso salto di qualità. Si riescono infatti ad ottenere temperature ambiente confortevoli, pur mantenendo basse le temperature superficiali del pavimento (nell'intorno dei 24-26°C).

Grazie al contributo dei pannelli isolanti si riescono a ridurre i quantitativi di tubazione posata e le portate di acqua circolanti con la limitazione del numero di circuiti, dei diametri delle tubazioni di alimentazione, delle prevalenze e della potenza della caldaia con conseguenti risparmi energetici nel rispetto dell'ambiente.

In commercio esistono vari tipi di pannelli isolanti che possono essere utilizzati per la posa in opera di impianti radianti. Uno dei migliori materiali è senza dubbio l'EPS.

La densità del materiale è scelta in modo da avere un giusto compromesso tra la capacità di isolamento termico e la compattezza, fondamentale per assicurare la necessaria resistenza allo schiacciamento in fase di posa e a pavimento ultimato. Il pannello isolante ha anche potere fonoassorbente, grazie alla quale si riesce ad attenuare la fastidiosa trasmissione dei rumori di calpestio del pavimento. La forma del pannello ed in particolare delle protuberanze preformate e delle nervature, consente inoltre di intrappolare saldamente le tubazioni e di congregarle omogeneamente nel getto evitando formazioni di sacche d'aria che ridurrebbero inevitabilmente la resa del pavimento radiante.



Esempio di pannelli isolanti preformati

Tipologia dei pannelli isolanti

Tra i diversi tipi di pannelli impiegati, vi è quella dei pannelli isolanti preformati che vengono progettati al fine di avere una rapida e precisa posa dei tubi. Gli spessori possono essere diversi (ad es. 45 mm o 60 mm). I più sottili sono particolarmente idonei per gli ambienti la cui altezza è limitata, così come in molte ristrutturazioni. Gli isolanti di spessore maggiore sono invece adatti su pavimenti confinanti con ambienti non riscaldati, oltre che sui pavimenti di interpiano dove si vogliono migliorare le caratteristiche termiche e anche quelle acustiche.

Vi sono poi i pannelli lisci che trovano impiego negli impianti di riscaldamento a pavimento radiante come supporto isolante per le tubazioni. Al di sopra di questi pannelli, viene steso un foglio di copertura, realizzato in polietilene trasparente. Questo foglio facilita le operazioni di posa dei circuiti oltre alle normali funzioni di protezione dell'isolamento termico da danneggiamenti e di barriera anti-vapore.

Pannelli radianti a parete e a soffitto

Il grande vantaggio del sistema a pannelli radianti a parete o a soffitto è che funziona come barriera termica verso l'esterno, di conseguenza tale soluzione permette di risolvere moltissimi problemi, soprattutto nelle ristrutturazioni.

Tra i **vantaggi** che si possono ottenere si ricordano:

- **Eliminazione delle differenze di temperatura tra pareti esterne e l'ambiente (asimmetria della temperatura radiante)**
- **Omogeneità di distribuzione delle temperature negli ambienti**
- **Assenza di gradienti verticali (meno di 0.5 °C)**
- **Stabilità dell'umidità relativa negli ambienti**
- **Possibilità di funzionare fino a 45°C superficiali senza problemi**
- **Eliminazione dei problemi di condensa superficiale invernale sulle pareti fredde**
- **Risoluzione dei problemi di umidità nelle murature**
- **Risparmio energetico**
- **Grande efficacia nel raffrescamento estivo**
- **Velocità di messa a regime, bassa inerzia termica**

Nei giudizi dati ai diversi sistemi di riscaldamento, il sistema a parete è stato valutato come il migliore in assoluto, al pari delle stufe in maiolica e certificato IBO (questo istituto è il principale ente europeo per l'omologazione dei prodotti bioecologici).

Tale riconoscimento è stato dato principalmente perché l'impianto radiante a parete è il sistema che garantisce il microclima ottimale negli ambienti abitativi e di lavoro, rispettando i rigidissimi criteri di giudizio dell'Architettura Bioecologica - poiché il ciclo produttivo, dalla materia prima al prodotto finito, imballato e trasportato, produce un impatto ridotto sull'ambiente.

Infine, il materiale utilizzato è perfettamente riciclabile anche dopo molti anni.

Il raffrescamento con impianti radianti

La percezione del comfort nel periodo estivo è legata, come avviene anche nel periodo invernale, alla temperatura media superficiale delle pareti e dei soffitti.

Per fare un paragone, il comfort percepito con un sistema radiante si ottiene con temperatura ambiente comprese tra 25 e 28°C, mentre con sistemi convenzionali con temperature tra i 23 e 16°C.

La resa degli impianti di raffrescamento dipende dalla temperatura superficiale della parete, del soffitto o del pavimento e dalle condizioni igro-termiche dell'aria ambiente.

La trasmissione del calore avviene in parte per convezione e in parte per irraggiamento. Normalmente, per semplicità di calcolo, il coefficiente per la trasmissione di calore è costante e si riferisce esclusivamente alla differenza tra la temperatura superficiale della parete e la temperatura ambiente. Questo risultato spesso dà dei risultati approssimativi.

In realtà, mentre le leggi che spiegano la convezione sono semplicemente applicabili e verificabili, quelle sull'irraggiamento non ci consentono di stabilire caso per caso la quantità di energia scambiata tra due corpi, se non con calcoli complessi. Bisogna considerare, infatti, che lo scambio radiante dipende in primo luogo dalla differenza tra la temperatura superficiale considerata e quelle di tutti gli elementi presenti (pareti, soffitto o pavimento, arredamenti, persone) e la loro disposizione (punto di vista); mentre l'energia scambiata per convezione dipende dalla temperatura superficiale dell'elemento preso in esame, dalla temperatura dell'aria ambiente e dalla velocità dell'aria alla superficie.

Lo scambio radiante potrebbe essere considerato positivo nel caso invernale (cessione di energia) e negativo nel caso estivo (assorbimento di energia).

In un edificio tradizionale, senza impianto radiante, le strutture assorbono il calore derivante dalla radiazione solare, lo immagazzinano; quindi, lo rilasciano all'interno degli ambienti dopo un certo numero di ore che dipende dall'inerzia termica dell'edificio.

A seconda di tale inerzia, il massimo carico termico dovuto alle condizioni esterne viene attenuato, per cui il quantitativo di calore rilasciato negli ambienti risulta inferiore a tale massimo.

Il funzionamento in raffrescamento è legato all'inerzia termica dell'edificio, quindi anche se l'impianto radiante non ha apparentemente una resa termica tale a contrastare istante per istante la potenza termica in ingresso, in realtà il calore immagazzinato dalle strutture viene asportato dai pannelli, che sono inseriti nelle strutture stesse, prima di essere rilasciato all'interno degli ambienti. L'effetto combinato di impianto ed inerzia termica impedisce alle strutture degli ambienti di surriscaldarsi, mantenendole ad una temperatura costante.

Inoltre, il massimo carico termico impegnato dall'impianto risulta ulteriormente inferiore al quantitativo massimo di calore che verrebbe rilasciato negli ambienti senza impianto, già inferiore al massimo dovuto alle condizioni esterne.

Per garantire questo tipo di funzionamento è necessario che l'impianto sia gestito con un regime di temperatura ambiente costante, non è possibile prevedere le fasce orarie dell'accensione dell'impianto in quanto questo dovrà poter entrare in funzione quando l'edificio, in base alla propria inerzia termica, lo richiederà. Questo non significa che il refrigeratore d'acqua sarà in funzione l'intera giornata ma che potrà esserlo in qualsiasi momento della giornata, anche di notte.

La diminuzione del massimo della potenza impegnata fa sì che la potenza di dimensionamento dell'impianto radiante sia più bassa di quella normalmente derivata dal calcolo per gli impianti che trattano l'aria. Per la maggior parte degli edifici si considerano valori compresi tra i 45 ed i 55 W/m² rispetto alla superficie in pianta. Questi valori sono basati sull'esperienza derivata dagli impianti realizzati.

Non sempre però un impianto radiante è in grado di soddisfare l'intero carico termico.

È il caso di edifici con serramenti di grandi dimensioni, o di edifici con carichi termici elevati e costanti nel tempo, come nel caso di sale riunioni con presenza di un elevato e continuativo numero di persone all'ora. In queste situazioni è necessario integrare l'impianto radiante con un impianto ad aria. Il dimensionamento di tale impianto può essere realizzato calcolando il fabbisogno termico dell'edificio con il classico calcolo utilizzato per l'aria, sottraendo la potenza frigorifera che l'impianto radiante è in grado di fornire, fornendo la differenza di potenza con l'impianto ad aria.

Le rese termiche

I risultati delle misure hanno mostrato, che tra i tre sistemi, parete, pavimento e soffitto, il più efficiente risulta essere il soffitto. Con una superficie raffrescante, in condizioni normali, il coefficiente di trasmissione del calore varia circa da 7 W/m²K a 13 W/m²K.

È da tenere presente come regola che aumentando la resa in raffrescamento, magari causata da irraggiamento solare diretto, il coefficiente di trasmissione del calore aumenta. Questo porta ad un aumento della convezione, ma è dovuto anche all'aumento della trasmissione per irraggiamento.

Indicazioni particolari per la posa dei pannelli isolanti in EPS

- Prima di procedere alla posa delle lastre, verificare che il sottofondo nel quale sono incorporate le canaline dell'impianto elettrico e le tubazioni dell'impianto sanitario sia **perfettamente piano e ben livellato**.
- Le tubazioni dovranno essere posate sopra le lastre utilizzando gli appositi supporti e seguendo fedelmente le indicazioni di progetto; è consigliabile prevedere, **se le tubazioni attraversano giunti praticati successivamente nel massetto**, una guaina di isolamento per un tratto lungo almeno 40 cm (20 cm per parte).
- **Le spire dell'intero pannello dovranno essere formate senza giunzioni**; qualora fosse necessario prevedere una giunzione è indispensabile che quest'ultima venga eseguita con la massima cura utilizzando la raccorderia apposita e portando le due condotte **da giuntare a parete** in apposita scatoletta da incasso.
- I circuiti che formano i pannelli debitamente collegati ai rispettivi collettori devono essere sottoposti ad una pressione pari a 2,5 volte la pressione di esercizio con un minimo di 8 bar prima di iniziare le operazioni di getto del massetto. Tale **pressione deve essere mantenuta e verificata** mediante manometro fino al termine della gettata (usare additivi antigelo nel fluido di riempimento dei circuiti se la posa avviene nei periodi di possibili gelate). La procedura descritta è evidentemente indispensabile per garantirsi dalle offese di cantiere.
- **Raccomandare al responsabile di cantiere che l'impasto per la gettata sia additivato nelle dosi prescritte dai rispettivi fabbricanti, sia del fluidificante che dell'eventuale additivo per asciugatura rapida e/o per antigelo**. Se è prevista la posa preventiva della rete metallica (sempre consigliabile), curare che le varie porzioni siano ben fissate tra loro.
- Il **periodo minimo di asciugatura "naturale" del massetto e del pavimento** non potrà essere inferiore a 20 giorni salvo diverse indicazioni del produttore degli eventuali additivi sintetici per massetti.
- Il periodo di **preriscaldamento iniziale dei pannelli** deve essere di almeno 48-72 ore a seconda delle condizioni climatiche esterne, alla temperatura **massima di mandata del fluido operante di 24°C** escludendo assolutamente ogni picco iniziale che superi tale valore. La temperatura può essere verificabile leggendo termometri posti su ogni collettore.
- Sono **consigliabili le operazioni di taratura idraulica dei singoli circuiti costituenti i pannelli** mediante valvole di bilanciamento poste a monte sul collettore e a dispositivi previsti su ogni singolo circuito; queste operazioni dovranno effettuarsi solo al termine del preriscaldamento e previo accertamento che nell'impianto non vi sia presenza di aria. Tali operazioni sono finalizzate a garantire le portate di progetto e sono altresì necessarie prima di procedere al collaudo dell'impianto ed all'eventuale rilievo delle temperature superficiali dei pavimenti.
- **Consegnare al proprietario dell'immobile una documentazione dalla quale risultino le porzioni di pavimento riscaldante, le posizioni delle eventuali cassette da incasso a parete per le giunzioni e la raccomandazione di rispettare e far rispettare tali zone da interventi invasivi** (per es. foratura).

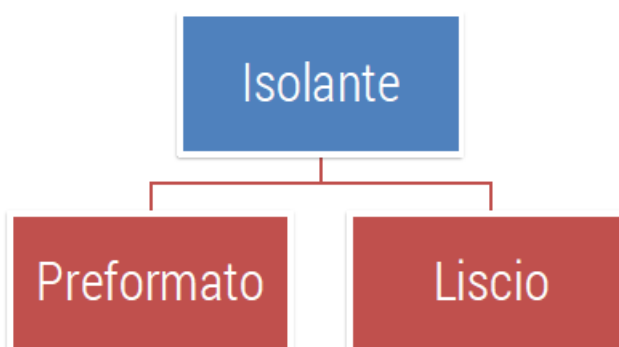
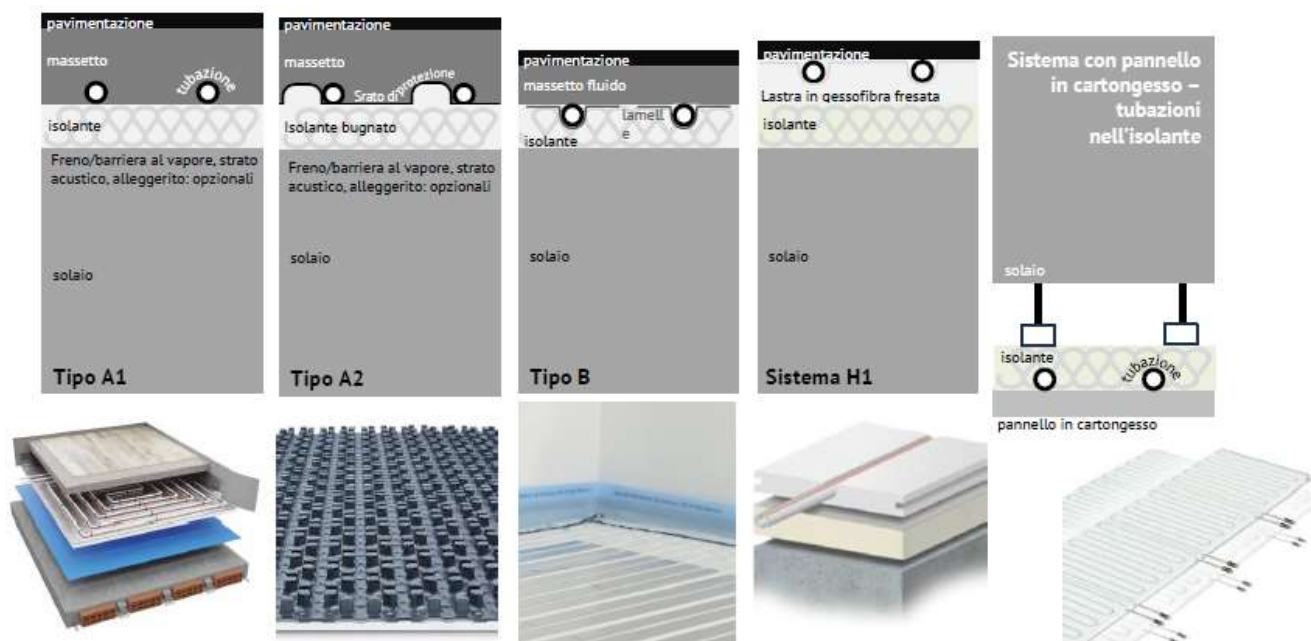
2. ISOLAMENTO TERMICO

Prestazioni e comfort ambientale in relazione alle norme in vigore

Le norme di maggiore interesse sono: UNI EN 1264 e UNI EN ISO 11855 in cui sono elencate alcune tipologie:

- **Tipo A con le tubazioni annegate nel massetto**
- **Tipo B con le tubazioni annegate all'esterno del massetto**
- **Tipo C con le tubazioni annegate nel massetto**
- **Tipo D sistema a sezioni piane**
- **Tipo E TABS (UNI EN ISO 11855)**
- **Tipo F sistemi con tubi capillari (UNI EN ISO 11855)**
- **Tipo G sistemi con solai in legno (UNI EN ISO 11855)**
- **Tipo H sistemi per le riqualificazioni (con e senza isolante) fresati**
- **Tipo I sistemi per le riqualificazioni con elementi in plastica di ancoraggio**
- **Tipo J sistemi per le riqualificazioni (senza isolante)**



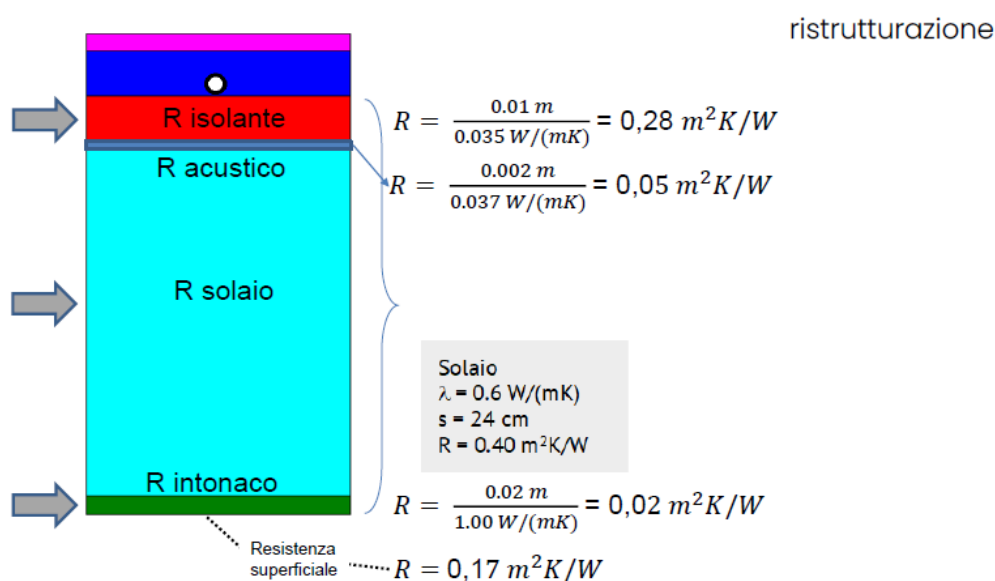
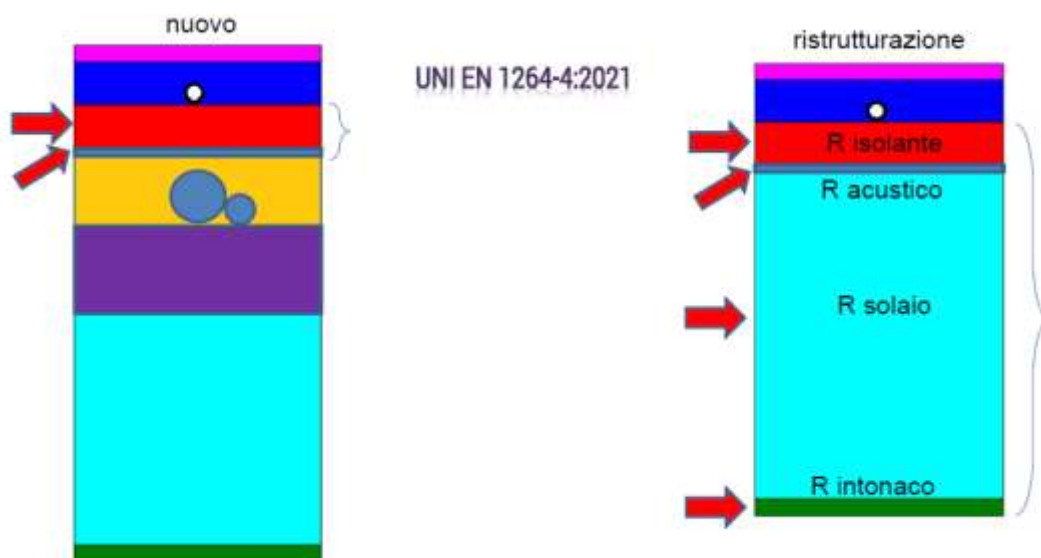


Gli isolanti posti nel sistema radiante hanno la funzione di riduzione del calore ceduto verso l'ambiente retrostante.

NOVITA' INTRODOTTE DALLA NORMA UNI EN 1264-2021

Edifici nuovi - Per i sistemi negli edifici di nuova costruzione, la resistenza termica $R_{\lambda,ins}$ deve essere determinata sommando le resistenze termiche degli isolanti (termici e/o acustici sotto alle tubazioni).

Edifici da ristrutturare - Per i sistemi per le **ristrutturazioni**, la resistenza termica $R_{\lambda,ins}$ può essere determinata tenendo conto dell'effettiva resistenza termica della struttura dell'edificio, compresi gli strati isolanti.



Resistenza termica minima degli strati isolanti sotto alle tubazioni dei sistemi di riscaldamento/raffrescamento ($\text{m}^2\text{k} / \text{W}$)

	Ambiente sottostante riscaldato	Ambiente sottostante non riscaldato o riscaldato in modo non continuativo o direttamente sul terreno ^a	Temperatura esterna di progetto sottostante		
			$\theta_d \geq 0 \text{ °C}$	$0 \text{ °C} > \theta_d \geq -5 \text{ °C}$	$-5 \text{ °C} > \theta_d \geq -15 \text{ °C}$
resistenza termica $R_{A,ins}$	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00
^a Con livello di acque freatiche ≤ 5 m sotto la base di supporto, il valore dovrebbe essere aumentato.					

Le principali novità della UNI EN ISO 11855-5:2021 (installazione)

Inserimento di un nuovo criterio di calcolo per la resistenza termica degli isolanti, per i sistemi installati negli edifici nuovi e per i sistemi per le riqualificazioni.

Insulating layers for systems in new construction

$$\frac{q_u}{q+q_u} < 20 \%$$

If materials and thickness are not known, instead of [Formula \(1\)](#) the heat conduction resistance of system-insulating layers below the pipes of heating/cooling systems in $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$ can be limited according to the following values:

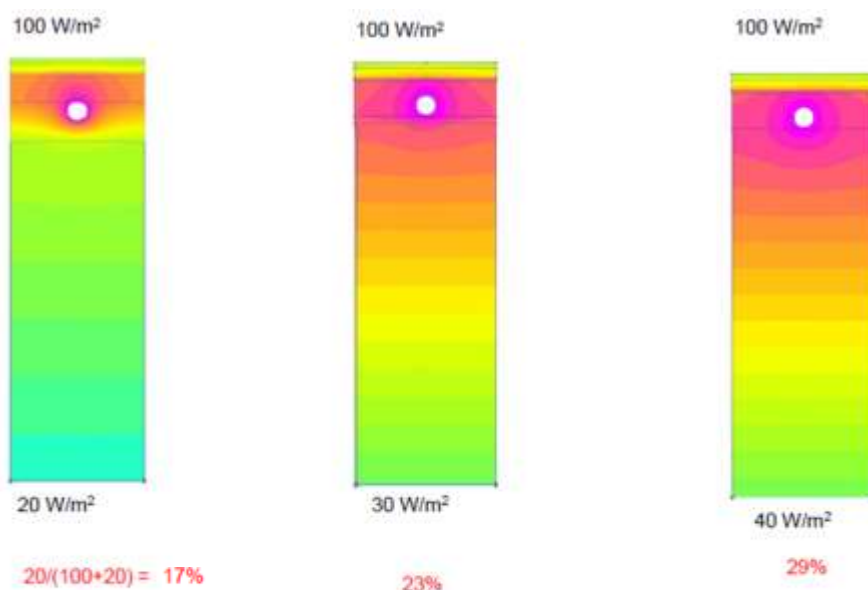
- 0,75 $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$ for heated room below or adjacent;
- 1,25 $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$ for unheated or intermittent heated room below, adjacent or directly on the ground (with ground water level ≤ 5 m below the supporting base, the value should be increased) and external air temperature below or adjacent (external design temperature $\geq 0 \text{ °C}$);
- 1,5 $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$ for external air temperature below or adjacent (external design temperature between 0 °C and -5 °C);
- 2 $(\text{m}^2\text{K})/\text{W}$ for external air temperature below or adjacent (external design temperature between -5 °C and -15 °C).

q is the thermal output of floor heating systems divided by the surface area;

q_u is the specific thermal output throughout the floor construction, to rooms beyond, the ground or cold void.

Insulating layers for systems in refurbished systems

$$\frac{q_u}{q+q_u} < 30 \%$$



RIASSUMENDO:

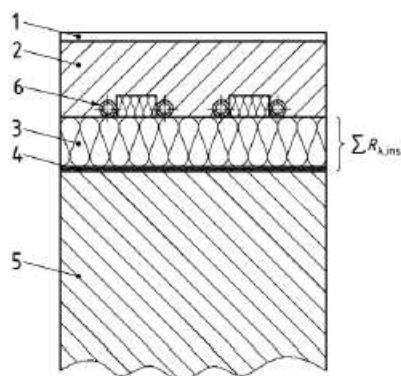
	UNI EN 1264	UNI EN ISO 11855
Edifici nuovi	Tabella delle resistenze minime (considero solo gli isolanti sotto al tubo)	Tabella delle resistenze minime (considero solo gli isolanti sotto al tubo) oppure Criterio percentuale (20%)
Edifici da riqualificare/ristrutturare	Tabella delle resistenze minime (considero tutti gli strati sotto al tubo)	Criterio percentuale (30%)

Nuovo metodo di calcolo della resistenza termica dell'isolante bugnato:

- Non si considerano le bugne
- È stato eliminato lo spessore equivalente dalla UNI EN 1264-



Per i sistemi di riscaldamento a pavimento con pannelli isolanti con bugne -Figura sotto riportata (sistemi di Tipo A2), nel calcolo dello spessore s_{ins} deve essere considerata solo la parte piana del pannello (senza bugne).

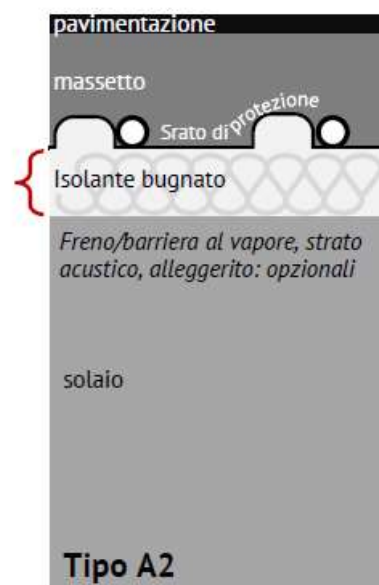


Legenda

1. Rivestimento del pavimento
2. Strato portante e di diffusione del calore
3. Isolamento termico con bugne
4. Isolamento acustico (se presente)
5. Base strutturale
6. Tubi



Isolante	EPS sinterizzato con grafite (escluso spessore 10 cm)
λ_D	0,030 W/mK (EPS+GRAFITE)
Spessore	10/32,3 22,5/44,8 37,5/59,8 45/67,3 mm
Tubo	14x2 15x1,5 16x2 18x2 mm
Interasse	5 10 15 20 cm



$$R = \frac{s}{\lambda}$$

$$s = R \cdot \lambda$$

- L'isolante dovrà essere accostato perfettamente oppure battentato;
- In caso di più strati di isolante questi dovranno essere sfalsati (le fughe di ogni strato non dovranno coincidere).

3. ISOLAMENTO ACUSTICO

Il documento che specifica i limiti di legge da rispettare in opera per l'isolamento acustico degli immobili è il DPCM 5-12-1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici". Le prescrizioni del decreto riguardano:

- **Isolamento dai rumori aerei tra differenti unità immobiliari**
- **Isolamento dai rumori provenienti dall'esterno**
- **Isolamento dai rumori da calpestio**
- **Isolamento dai rumori degli impianti a funzionamento continuo e discontinuo**
- **Tempo di riverberazione di aule scolastiche e palestre**

Per i rumori da impatto, in particolare, il decreto richiede di verificare che l'indice di livello di rumore da calpestio (L'_{nw}) negli ambienti abitativi sia inferiore o uguale a determinati valori limite, variabili in base alla destinazione d'uso dell'immobile.

Categorie di ambienti abitativi	L'_{nw} (dB)
Ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	≤ 58
Residenze, alberghi, pensioni e attività assimilabili	≤ 63
Attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili	≤ 58
Uffici, attività ricreative o di culto, attività commerciali o assimilabili	≤ 55

È opportuno evidenziare che, oltre al DPCM 5/12/1997, vi possono essere altri documenti che indicano per gli immobili di nuova costruzione o in ristrutturazione specifiche prestazioni acustiche da raggiungere al termine dei lavori. In particolare, i **capitolati d'appalto** possono imporre il rispetto di valori anche più restrittivi rispetto alle indicazioni del Decreto. Un ulteriore documento che tratta il tema del calpestio è la norma tecnica UNI 11367 sulla classificazione acustica delle unità immobiliari.

Tale norma spiega come determinare la classe acustica di una unità esistente e propone, per i rumori da impatto, i seguenti valori limite da rispettare

Classe acustica	L'_{nw} (dB)	Prestazioni acustiche attese
I	≤ 53	Molto buone
II	≤ 58	Buone
III	≤ 63	Di base
IV	≤ 68	Modeste

Occorre però evidenziare che i limiti dalla UNI 11367 hanno un significato diverso rispetto alle prescrizioni del DPCM 5/12/1997. Mentre le indicazioni del decreto sono riferite ai singoli ambienti lavorativi, (ogni stanza deve rispettare un certo valore di L'_{nw}), le classi della norma tecnica riguardano una “Prestazione media” di tutte le stanze dell’unità immobiliare.

NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Misure in opera: UNI EN ISO 16283-2

La norma tecnica più recente che descrive il procedimento di misura in opera del livello di rumore da impatto in un ambiente è la UNI EN ISO 16283-2:2020 “Misure in opera dell’isolamento acustico in edifici e di elementi in edificio – Parte 2: Isolamento dal rumore da calpestio”:

Misure in laboratorio: UNI EN ISO 10140

Le norme serie UNI EN ISO 10140 indicano come misurare in laboratorio le prestazioni acustiche di strutture edili. In particolare, la Parte 3 specifica come determinare il miglioramento di isolamento ai rumori da calpestio (ΔL) ottenuto mediante la posa di un rivestimento di solaio, ad esempio un massetto galleggiante.

Perché la prova sia significativa il sistema anticalpestio deve essere montato in laboratorio nella maniera più simile possibile alle modalità di installazione in cantiere. Tutte le condizioni di posa devono essere specificate nel certificato. Questa considerazione è particolarmente importante per le misure su massetti galleggianti. Il parametro ΔL infatti dipende, oltre che dal tipo di materiale elastico, anche dal peso del massetto. Diventa quindi importante riportare nel certificato spessore, densità e tempi di asciugatura del massetto.

Misure in laboratorio: UNI EN 29052-1

La UNI EN 29052 Parte 1 invece specifica come misurare in laboratorio la rigidità dinamica (s') di un materiale resiliente. Parametro utilizzato per valutare analiticamente, in determinate condizioni, la capacità del materiale di attenuare la trasmissione di vibrazioni. Un campione del materiale, di dimensione 20 x 20 cm, è caricato da una piastra in acciaio con massa superficiale di 200 Kg/m². Questa viene eccitata da una sorgente esterna (segnali sinusoidali, rumore bianco o segnali a impulsi). La misura delle oscillazioni verticali consente di determinare la frequenza di risonanza del sistema massa-molla e successivamente, conoscendo anche la resistività al flusso d’aria del materiale, il valore di rigidità dinamica in MN/m³ del prodotto. Bassi valori di rigidità dinamica indicano maggiore capacità di ridurre la trasmissione di vibrazioni e rumori.

Calcoli previsionali: UNI EN ISO 12354-2 e UNI 11175-1

Le norme UNI EN ISO 12354-2 e UNI 11175-1 propongono modelli di calcolo previsionale per valutare il livello di rumore da calpestio in un locale sulla base delle caratteristiche delle strutture che compongono l'edificio.

Il parametro L'_{nw} viene ricavato combinando tra loro tutti i percorsi di rumore da ambiente emittente ad ambiente ricevente. L'indice di riduzione di livello da calpestio (ΔL_w) deve essere ricavato preferibilmente da certificati di laboratorio (UNI EN ISO 10140), ma per massetti "Pesanti" (in cls, sabbia e cemento, ecc.) e per massetti "a secco" (lastre in gessofibra, ecc.) le norme propongono anche le seguenti relazioni:

massetti pesanti $\Delta L_w = (13 \log(m')) - (14,2 \log(s')) + 20,8$

massetti a secco $\Delta L_w = ((-0,21 m') - 5,45) \log(s') + (0,46 m') + 23,8$

dove:

s' è la rigidità dinamica (MN/m^3) dello strato resiliente (UNI EN 29052-1)

m' è la massa superficiale (Kg/m^2) degli strati sopra al materiale resiliente

Indicazioni di posa: UNI 11516

La UNI 11516:2013 è il documento normativo che fornisce indicazioni per la posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante. Si applica ai sistemi caratterizzati da una massa, tipicamente un massetto, poggiato su un materiale resiliente.

4. PROGETTARE MASSETTI E PAVIMENTI PER SISTEMI RADIANTI

AIPE ha collaborato con l'Associazione Italiana CONPAVIPER per la redazione del Codice di Buona Pratica relativa ai massetti, in particolare all'utilizzo dell'EPS per la realizzazione di impianti radianti. Vengono riportate alcune parti della Guida dedicate in modo dettagliato alle prestazioni della pavimentazione e degli strati coinvolti per la realizzazione dei sistemi in esame.

Definizioni

Ai fini del presente Codice si applicano i termini e le definizioni di cui alla **UNI EN 13318**.

Per i termini non indicati nella suddetta norma si applicano i termini e le definizioni seguenti:

- **Impianto radiante:** impianto di riscaldamento/raffrescamento inglobato nel massetto (tipo A1, A2 e I in conformità alla norma EN 1264-1)
- **Massetto di supporto o massetto:** strato non strutturale di materiale per massetto posato in cantiere, direttamente sul relativo sottofondo e ad esso aderente o non aderente, oppure posato su uno strato intermedio o su uno strato isolante al fine di raggiungere uno o più degli obiettivi sotto specificati:
 - ottenere un livello determinato;
 - ripartire il carico degli elementi sovrastanti;
 - ricevere la pavimentazione finale.

Con granulometria generalmente inferiore a 4 mm. Nei massetti semi-umidi, per realizzare spessori più elevati, si possono utilizzare aggregati con dimensione massima fino a 8 mm.
- **Massetto radiante a basso spessore o ribassato:** massetto su impianti radianti di tipo A1, A2 e I in cui lo spessore minimo, in corrispondenza dell'impianto (tubazione o pannello), è inferiore a 3 cm.
- **Sistema pavimento o pavimento:** totalità degli strati che si interpongono tra il solaio e la finitura: massetto, sottofondo, pavimentazione, strati di isolamento termico e/o acustico, strati di compensazione e/o alleggerimento, freni al vapore, impianti radianti, riempimenti per copertura di servizi, membrane e strati di desolidarizzazione.
- **Sottofondo o massetto di sottofondo:** supporto del massetto – può essere composto da più strati. È parte integrante del sistema pavimento. I sottofondi possono essere classificati per massa volumica (misurata allo stato indurito):
 - Superleggeri: $< 200 \text{ Kg/m}^3$
 - Leggeri: $200 \text{ Kg/m}^3 \leq e 800 \text{ Kg/m}^3$
 - Alleggeriti: $800 \text{ Kg/m}^3 \leq e 1800 \text{ Kg/m}^3$
 - Pesanti: $\geq 1800 \text{ Kg/m}^3$

- **Strato resiliente:** strato di desolidarizzazione tra massetto e gli elementi sottostanti del sistema pavimento, in grado di ridurre la trasmissione di vibrazioni (calpestio).
- **Supporto:** strato su cui poggia il sistema pavimento (solaio, fondazione, vecchia pavimentazione, ecc.). Coincide col sottofondo quando supporta direttamente il massetto.

Pannelli isolanti termici e acustici

Nel presente paragrafo vengono descritte le caratteristiche dei pannelli isolanti termici e acustici che trovano posizione al di sotto del massetto.

Nei massetti galleggianti e radianti sono previsti pannelli con determinate caratteristiche che consentono, in collaborazione con gli altri elementi del pavimento, l'isolamento termico e/o acustico al calpestio di progetto. In fase di progettazione occorre mediare tra le prestazioni termiche ed acustiche, lo spazio a disposizione e i parametri progettuali del pavimento.

Una scelta erranea di tali pannelli potrebbe portare ad abbassamenti permanenti della pavimentazione o alla rottura o distacco di questa.

Perciò nel presente Codice vengono raccomandati pannelli aventi determinate caratteristiche che potranno essere modificate dal Progettista del sistema pavimento in funzione degli altri parametri progettuali.

In questo documento sono stati presi in considerazione pannelli con funzione di isolamento termico, compresi quelli degli impianti radianti escluso la bugna, con tensione minima di compressione alla deformazione del 10% (δ_{10}) pari a 150 kPa, se non diversamente specificato.

Pannelli in EPS: la norma EN 13163

La norma di prodotto dei pannelli in polistirene espanso per impieghi di isolamento termico e acustico nei pavimenti è la EN 13163 "Isolanti termici per Edilizia – Prodotti di polistirene espanso (EPS) ottenuti in fabbrica – Specificazione".

Classificazione

La norma EN 13163 prevede per i pavimenti due tipi di pannelli isolanti:

- **EPS per isolamento termico:** i prodotti sono classificati in funzione della resistenza a compressione al 10% di deformazione;
- **EPS T strati resilienti per massetti galleggianti:** i prodotti sono classificati in funzione della rigidità dinamica s' .

Classificazione dei prodotti EPS

Tipo	Resistenza a compressione al 10% di deformazione (kPa)	Resistenza a flessione (kPa)
EPS 30	30	50
EPS 50	50	75
EPS 60	60	100
EPS 70	70	115
EPS 80	80	125
EPS 90	90	135
EPS 100	100	150
EPS 120	120	170
EPS 150	150	200
EPS 200	200	250
EPS 250	250	350
EPS 300	300	450
EPS 350	350	525
EPS 400	400	600
EPS 450	450	750

Classificazione dei prodotti EPS T in base alla rigidità dinamica

Classe	Requisito (MN/m ³)
SD50	≤ 50
SD40	≤ 40
SD30	≤ 30
SD25	≤ 25
SD20	≤ 20
SD15	≤ 15
SD10	≤ 10
SD9	≤ 9
SD8	≤ 8
SD7	≤ 7
SD6	≤ 6
SD5	≤ 5

Norma EN 826 e suo utilizzo nei pannelli in EPS

Lo scopo della norma EN 826 *“Isolanti termici per l’edilizia – Determinazione del comportamento a compressione”* è quello di specificare l’attrezzatura e le procedure per la determinazione del comportamento a compressione di provini di prodotti utilizzati come isolamento termico sottoposti a carichi brevi e permanenti.

Definisce alcuni parametri:

- **Deformazione relativa** (ϵ): come il rapporto della riduzione di spessore del provino e il suo spessore iniziale d_0 misurato lungo la direzione del carico ($\epsilon = \Delta d/d_0$).
- **Resistenza a compressione** ($\bar{\sigma}_m$): come il rapporto tra la massima forza di compressione, F_m , raggiunta quando la deformazione, allo snervamento (deformazione permanente) o rottura del provino, è inferiore al 10%, e la sezione trasversale iniziale del provino ($\bar{\sigma}_m = F_m/A_0$).
- **Tensione di compressione alla deformazione del 10%** ($\bar{\sigma}_{10}$): come il rapporto della forza di compressione F_{10} , al 10% di deformazione, ϵ_{10} , e la sezione trasversale iniziale del provino per prodotti che presentano una deformazione del 10% prima di fenomeni di snervamento (deformazione permanente) o rottura ($\bar{\sigma}_{10} = F_{10}/A_0$).
- **Modulo di elasticità a compressione** (E): come il rapporto tra la tensione di compressione e la corrispondente deformazione sotto il limite di proporzionalità, quando la reazione è lineare ($E = \bar{\sigma}/\epsilon$).

La norma riporta la modalità di confezionamento dei provini, di prova e di rilevamento delle grandezze sopra riportate.

Generalmente si esprime la tensione di compressione alla deformazione del 10% in kPa.

Comprimibilità

È una proprietà degli EPS T che indica la capacità di un pannello di ritornare alla dimensione iniziale dopo che è stato compresso con una pressione di 50 kPa.

La norma la definisce come: **$c = d_L - d_B$**

dove

c = comprimibilità

d_L = spessore del pannello in EPS compresso con una pressione di 250 Pa

d_B = spessore del pannello in EPS compresso con una pressione di 2 kPa dopo 300 s dalla rimozione di un carico di 50 kPa.

La norma suddivide la comprimibilità in quattro classi:

Classi di comprimibilità

Classi	Carico sul massetto (kPa)	Comprimibilità c	
		Comprimibilità nominale (mm)	Tolleranza dei risultati della prova (mm)
CP5	≤ 2.0	≤ 5	Vedi EN 13163
CP4	≤ 3.0	≤ 4	
CP3	≤ 4.0	≤ 3	
CP2	≤ 5.0	≤ 2	

Se il carico sul massetto supera 5 kPa, solo i pannelli che ricadono nella classe di comprimibilità CP2 possono essere utilizzati e deve essere eseguita la prova di riduzione dello spessore a lungo termine.

Riduzione dello spessore a lungo termine: la norma EN 1606

Lo scopo della norma EN 1606 “Isolanti termici per l’edilizia – Determinazione dello scorrimento viscoso a compressione” è quello di specificare l’attrezzatura e le procedure per la determinazione della riduzione dello spessore di un pannello EPS T sottoposto per 122 giorni ad un determinato carico di prova oltre al peso del massetto.

Il risultato viene quindi estrapolato 30 volte per determinare lo spessore presunto a 10 anni. Tale valore non deve superare la classe di comprimibilità c.

Rigidità dinamica: la norma EN 29052-1

Lo scopo della norma EN 29052 “Determinazione della rigidità dinamica”: materiali utilizzati sotto i pavimenti galleggianti negli edifici residenziali è quello di determinare la rigidità dinamica apparente per unità di superficie del provino s’t mediante un metodo con il quale viene misurata la frequenza di risonanza, fr, della vibrazione perpendicolare fondamentale di un sistema massa-molla. La molla è rappresentata dal provino del materiale resiliente sottoposto alla prova e la massa da una piastra di carico

$$s'_t = 4\pi^2 m'_t f_r^2$$

Per convertire la rigidità dinamica apparente per unità di superficie in rigidità dinamica occorre conoscere la resistenza al flusso d’aria del materiale a sua volta connessa alla sua porosità facendo uso della norma ISO 9053. È bene quindi non confondere la rigidità dinamica, funzione di una frequenza, con la rigidità meccanica del pannello, connessa con la sua equazione costitutiva. Non sono note relazioni matematiche che correlino queste due grandezze.

5. IL CONTRIBUTO DELL'EPS

Il Polistirene Espanso (EPS) è una delle forme più importanti in cui viene impiegato il Polistirene.

In fase di polimerizzazione si scioglie nel polistirene un agente espandente (comunemente il pentano, un idrocarburo che, a pressione atmosferica, bolle a temperatura ambiente); altri additivi, in particolare per conferire migliorate caratteristiche di resistenza al fuoco, possono essere aggiunti in questa fase.

Il prodotto, così come fornito dall'industria chimica ai trasformatori di EPS, si presenta in forma di granuli di aspetto vetroso (perle), di varia granulometria (0,3-2,8 mm) secondo gli impieghi cui è destinato. La massa volumica delle perle è di 1030 Kg/m³, ma quella apparente delle perle in mucchio è di circa 650 Kg/m³.

Pre-espansione

Le perle di Ps espandibile vengono pre-espanso, generalmente per mezzo di vapore a temperatura superiore a 90 °C, nel cosiddetto pre-espansore, all'interno del quale a seguito della vaporizzazione dell'agente espandente (pentano) si rigonfiano fino a 20-50 volte il loro volume iniziale.

In questo processo si forma, all'interno delle perle, una struttura a celle chiuse, fondamentale per il successivo impiego come isolamento termico. Il grado di espansione, che dipende essenzialmente dalla durata del trattamento termico nel pre-espansore, determina la massa volumica apparente dei manufatti e quindi tutte le loro caratteristiche fisiche.

Stampaggio

Le perle pre-espanso e successivamente stabilizzate attraverso un periodo di stagionatura all'interno di silos dedicati, vengono poi trasformate in manufatti o semilavorati in vari modi:

1. Stampaggio di blocchi e taglio a lastre: il sistema più usato.

Le blocchiere, costituite da forme parallelepipedo provviste di fori di entrata per il vapore su tutti i lati, vengono riempite di perle pre-espanso e sottoposte di nuovo all'azione del vapore saturo; si aggiungono ora temperature di 110-120 °C, le perle si rigonfiano ulteriormente e, diventate appiccicose, si saldano tra di loro ("sinterizzano") per effetto della loro pressione interna, fino a formare un blocco omogeneo di espanso.

Dopo un breve periodo di raffreddamento, i blocchi vengono sformati e messi in deposito per un periodo variabile da alcuni giorni a due mesi, durante il quale raggiungono la stabilità necessaria per le diverse applicazioni. Di qui vengono prelevati per il taglio in lastre, che avviene con seghe a nastro o a filo caldo e per eventuali altre operazioni meccaniche, come sagomature dei bordi, ottenute per fresatura.

2. Stampaggio di lastre e altri manufatti

Il processo è lo stesso descritto per i blocchi, ma le lastre vengono stampate singolarmente in apposite macchine automatiche. Si ha il vantaggio di ottenere direttamente la forma desiderata, senza ulteriori lavorazioni meccaniche; ciò è particolarmente utile per le forme non piane (ad esempio sottotegole, lastre con contorni sagomati, cassonetti, lastre con superficie decorata a rilievo, coppelle).

3. Stampaggio continuo

La sinterizzazione in forma di lastra piana continua viene fatta avvenire fra due nastri mobili di acciaio; all'uscita le lastre vengono rifilate e tagliate alla lunghezza voluta. In altri processi continui le perle pre-espansive vengono fatte avanzare a passi attraverso una forma, mentre avviene la sinterizzazione; si ottengono così profilati vari, p.es. cassature isolanti.

4. Lastre per isolamento acustico

Per questo impiego i blocchi o le singole lastre vengono compressi fino ad $1/3$ dello spessore originario e lasciati espandere di nuovo, ottenendo una caratteristica elastica più favorevole (minore rigidità dinamica) per l'impiego nei solai galleggianti per l'isolamento dai rumori da calpestio.

Umidità

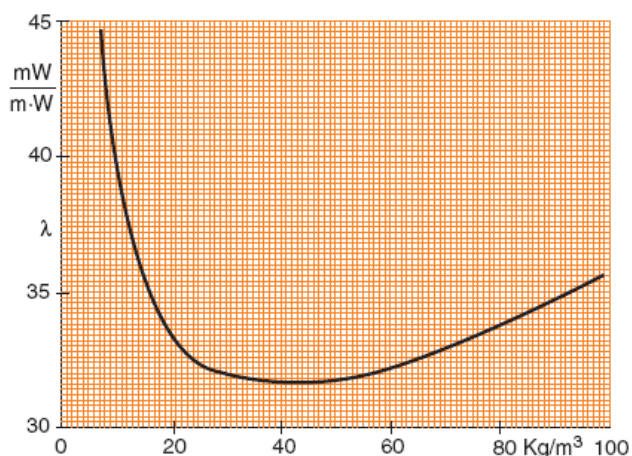


Fig. 4

(dati BASF)

Andamento medio della conduttività termica in funzione del contenuto di umidità (a temperatura media)

L'influenza del contenuto di umidità sulla conduttività dell'EPS è trascurabile nel campo delle umidità pratiche delle applicazioni edilizie corrette (>0,15% in volume), per effetto del basso assorbimento d'acqua e della resistenza alla diffusione del vapore.

Resistenza alla diffusione del vapore dell'EPS

La conoscenza della caratteristica di diffusione del vapore è importante per poter controllare gli eventuali fenomeni di condensazione nelle pareti. I tecnici esprimono questa caratteristica preferibilmente come rapporto μ (adimensionale) fra lo spessore d'aria che offre la stessa resistenza al passaggio del vapore e lo spessore del materiale in questione.

Assorbimento d'acqua

Il comportamento dell'EPS a fronte dell'acqua non dà adito a limitazioni per gli impieghi edilizi e per l'isolamento termico in particolare. L'acqua non scioglie l'EPS, né attraversa le pareti delle celle chiuse e non può quindi venire assorbita se non fra gli interstizi residui fra le perle espanse. L'assorbimento per immersione, eseguito generalmente su cubetti di 50 mm di lato, ritagliati da blocchi o lastre di EPS rappresenta, più che un comportamento in una situazione che non si verifica in pratica, un indice della buona saldatura fra le perle espanse; esso presenta valori da 3% al 5% massimo, dopo un anno di immersione; questi valori vengono raggiunti in alcune settimane e restano poi costanti.

Più interessante per l'impiego è l'assorbimento per capillarità, che è praticamente nullo e soprattutto l'assorbimento dall'aria umida. Una densità 20, a contatto con aria con 95% di U.R. per 90 giorni, ha mostrato un assorbimento dello 0,7% in peso, mentre prove su EPS 30 hanno dato i seguenti valori di assorbimento all'equilibrio:

U.R. 60% 1,7% in peso

U.R. 90% 2,0% in peso

U.R. 100% 2,3% in peso

Caratteristiche fisiche dell'EPS			
Massa volumica	Assorbimento acqua	Permeabilità	Resistenza alla diffusione
ρ		δ	μ
$\frac{Kg}{m^3}$	%	$\frac{ng}{m \cdot s \cdot Pa}$	(adimensionale)
15	4	9 – 5	20 – 40
20	3	6 – 4	30 – 50
25	3	5 – 3	40 – 70
30	2	4 – 2	50 – 100
35	2	3 – 1,5	60 – 120

Comportamento alle sollecitazioni meccaniche

Le caratteristiche meccaniche possono essere sintetizzate dalla resistenza alla compressione sotto carichi di breve durata e di lunga durata, come pure risultano interessanti al fine di una corretta e accurata progettazione i dati relativi alla resistenza a trazione, flessione e al taglio.

In prima battuta si considera lineare la relazione tra sollecitazione e deformazione fino al 3% di deformazione. Oltre tale limite il materiale evidenzia una deformazione permanente progressiva della struttura cellulare, senza però mai arrivare a una vera e propria rottura.

Una convenzione europea assume come riferimento una deformazione pari al 10% dello spessore come limite oltre al quale è opportuno non oltrepassare; come valore di utilizzo a lunga durata invece è bene non superare i valori attorno al 3%.

Le caratteristiche meccaniche di base possono essere riassunte dalla tabella di seguito:

Caratteristiche meccaniche dell'EPS (espresse in N/mm ²)					
Massa volumica [Kg/m ³]	15	20	25	30	35
Sollecitazione di compressione al 10% di deformazione	0,07-0,12	0,12-0,16	0,16-0,20	0,18-0,26	0,23-0,27
Resistenza a trazione	0,15-0,23	0,25-0,32	0,32-0,41	0,37-0,52	0,42-0,58
Resistenza a flessione	0,16-0,21	0,25-0,30	0,32-0,40	0,42-0,50	0,50-0,60
Resistenza al taglio	0,09-0,12	0,12-0,15	0,15-0,19	0,19-0,22	0,22-0,26
Modulo elastico a compressione	3,8-4,2	4,40-5,40	5,90-7,20	7,40-9,00	9,00-10,8
Si ricorda: 1 N/mm ² ≈ 10 Kg/cm ² 1 N/mm ² = 1 MPa					
quindi per esempio 0,07 N/mm ² = 0,07 MPa = 70 KPa					

Sollecitazioni di lunga durata

L'EPS, come tutti i materiali termoplastici, sottoposto a sollecitazione continua, evidenzia una deformazione progressiva nel tempo, che peraltro, al di sotto di una certa soglia, si sviluppa con un andamento logaritmico; questo fa sì che la deformazione stessa possa considerarsi pressoché costante, anche per le durate richieste nelle applicazioni edilizie. In conseguenza, per carichi permanenti di compressione, si raccomanda di non superare i valori della seguente tabella:

Sollecitazione permanente a compressione per deformazione < 2%		
Massa volumica	Sollecitazione	
$\rho \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$	[N/mm ²]	[Kg/cm ²]
15	0,012 – 0,025	0,12 – 0,25
20	0,020 – 0,035	0,20 – 0,35
25	0,028 – 0,050	0,28 – 0,50
30	0,036 – 0,062	0,36 – 0,62
35	0,044 – 0,074	0,44 – 0,74

Comportamento a fuoco

La reazione al fuoco dell'EPS è in relazione, da una parte, con la sua natura chimica di idrocarburo, dall'altra con la particolare struttura fisica di termoplastico cellulare.

Il possibile innesco di una fiamma produce una combustione che ha inizio intorno ai 230-260°C, ma in assenza di sorgenti esterne, soltanto fra 450 e 500°C.

Si richiede quindi una certa quantità di energia per l'accensione; in pratica, per es. scintille di saldatura o elettrostatiche o particelle di tabacco accese non bastano per avviare la combustione.

La particolare struttura termoplastica cellulare fa poi sì che l'espanso, sotto l'azione del calore, tenda a contrarsi per collasso delle cellule e quindi ad allontanarsi dalla sorgente di calore, molto prima che cominci la decomposizione; anche questo contribuisce a ritardare l'accensione.

L'EPS utilizzato in edilizia è additivato con sostanze che producono l'autoestinguenza, ovvero il materiale non propaga la fiamma nel momento di contatto con fiamme libere.

Le normative distinguono il comportamento dei materiali combustibili con una opportuna classificazione. L'EPS nudo si colloca generalmente nelle classi E oppure D e B se rivestito (secondo EN 13501-1).

Comportamento all'invecchiamento

Per invecchiamento di un materiale si intende la variazione (generalmente in peggio) delle sue caratteristiche nel corso del tempo, dovuta a cause interne (tensioni, transizioni strutturali, ecc.) o esterne, sia legate alle sollecitazioni imposte, sia alle condizioni ambientali di impiego.

Le sollecitazioni derivate dai fattori ambientali, come temperatura e umidità, e le sollecitazioni di lavoro hanno un impatto molto limitato sulle caratteristiche dell'EPS.

Ciò è dimostrato da 30 anni di esperienza applicativa su scala vastissima e in particolare da numerose verifiche delle caratteristiche, effettuate su EPS in opera da decenni.

Comportamento agli agenti chimici

L'EPS non è intaccato dai materiali da costruzione correnti; la tabella seguente propone un quadro del comportamento dell'EPS a contatto di molti gruppi di sostanze. Particolare attenzione deve essere posta al contatto con vernici, collanti, impermeabilizzanti, che possono contenere solventi del polistirene.

Sostanze inerti per l'EPS	Sostanze che attaccano l'EPS
Acqua, acqua di mare, soluzioni saline	Esteri (acetati, ftalati, diluenti per vernici)
Materiali da costruzione (calce, cemento, gesso ecc.)	Eteri (etilico, glicolico, diossano)
Sali (efflorescenze di salnitro), concimi	Chetoni (acetone, cicloesano)
Soluzioni alcaline (idrato sodio e potassio, soluz. ammoniacali, acqua calce, candeggianti, acqua ossigenata)	Composti organici alogenati (triellina, tetracloruro di carbonio, fluorocarburi)
Saponi e detersivi sintetici	Ammine, ammidi, nitrili
Acidi diluiti e acidi deboli (citrico, carbonico, acidi urici)	Idrocarburi aromatici (benzolo, stirolo, toluolo, ecc.) cicloesano
Acidi concentrati (cloridrico 35%, nitrico 50%, solforico 95%)	Benzina e vapori di benzina
Alcoli (metilico, etilico, ecc.)	Gasolio, olio combustibile, olio di paraffina, vaselina (sostanze con azione più limitata)
Glicoli, glicerina	Ragia minerale, trementina
Oli siliconici	Bitumi e masse bituminose con solventi
Bitumi, adesivi e masse bituminose a base acquosa	Derivati dal catrame

Comportamento biologico

L'EPS non costituisce nutrimento per alcun essere vivente, microrganismi compresi, quindi non marcisce o ammuffisce. Anche i batteri del suolo non attaccano l'EPS. Per la sua stabilità chimica e biologica l'EPS non costituisce un pericolo per l'igiene ambientale e per le falde acquifere.

Non vi sono controindicazioni al deposito nelle discariche e alla combustione nei forni di incenerimento.

Inoltre l'EPS in opera nella coibentazione edilizia non presenta alcun fattore di pericolo per la salute. Anche il maneggio e le eventuali lavorazioni meccaniche connesse con la messa in opera dell'EPS sono assolutamente innocui e in particolare non vi è pericolo di inalazione di particelle o di manifestazioni allergiche.

Isolamento acustico

L'EPS è un materiale unico per le caratteristiche presentate: elevata resistenza meccanica, basso assorbimento d'acqua, isolamento termico ottimale.

Inoltre, l'EPS presenta caratteristiche tali da essere adottato per ridurre la rumorosità all'interno dei locali di abitazioni nel settore civile e terziario.



Il disturbo può giungere dall'esterno dell'edificio e dai locali adiacenti mediante due modalità:

- Trasmissione per via aerea;
- Trasmissione per impatto.

Un buon isolamento dai rumori è quindi importante; chi va ad occupare un appartamento dovrebbe poter ottenere, dal costruttore o dal locatario, l'assicurazione che egli vi potrà abitare indisturbato, almeno per quanto riguarda l'isolamento acustico.

Il parametro più significativo per identificare un buon comportamento acustico è rappresentato dalla rigidità dinamica.

Il normale EPS possiede una rigidità dinamica che, secondo la massa volumica e lo spessore, si colloca nel campo fra 60 e 200 MN/m³, valori con i quali si ottengono modeste attenuazioni del rumore di calpestio.

L' EPS può presentare valori di rigidità dinamica molto inferiori a quelli sopra citati derivanti dal processo produttivo o dalla elasticizzazione di lastre tradizionali.

I valori ottenuti e verificati da prove sperimentali condotte in laboratori possono raggiungere i 5 - 10 MN/m³.

Le caratteristiche fisico-chimiche delle lastre così ottenute non risultano alterate da questo trattamento e sono utilizzabili in diverse applicazioni: pavimentazioni, pareti, facciate, sottofondazioni, isolamento esterno a cappotto ed intercapedine.

Inoltre l'EPS elasticizzato mantiene inalterate le proprietà termiche - per cui il valore di conducibilità termica rimane quello che compete all'EPS normale.

La caratteristica più idonea per definire le proprietà acustiche dell'EPS elasticizzato rimane comunque la rigidità dinamica, la cui norma di riferimento è la EN 29052-1.



6. CONCLUSIONI

L' EPS si propone come materiale ottimale per realizzare elementi isolanti da utilizzare in sistemi radianti sia a pavimento sia a parete e soffitto.

Le caratteristiche fisiche e meccaniche sono in perfetto accordo con quanto necessita e viene richiesto dal sistema.

Gli spessori della lastra e la possibilità di conformarla con la presenza delle bugne facilitano la posa e l'ancoraggio dei tubi.

Non solo l'aspetto di isolante termico, che è prevalente, rende interessante l'utilizzo dell'EPS ma anche le sue caratteristiche d'isolamento acustico, accoppiata vincente per l'installazione sia in edifici di nuova costruzione sia in casi di ristrutturazione.

Non da ultimo si deve considerare il rapporto costi/prestazioni, la fase di posa in opera e il recupero dell'elemento durante la demolizione dei sistemi radianti.

CHI È AIPE

AIPE - Associazione Italiana Polistirene Espanso senza fini di lucro è stata costituita nel 1984 per promuovere e tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e per svilupparne l'impiego.

Le aziende associate appartengono sia al settore della produzione delle lastre per isolamento termico sia a quello della produzione di manufatti destinati all'edilizia ed all'imballaggio. Fanno parte di AIPE anche le aziende produttrici della materia prima, il polistirene espandibile, fra le quali figurano le più importanti industrie chimiche europee. Un gruppo di Soci è inoltre costituito dalle aziende fabbricanti attrezzature per la lavorazione del polistirene espanso sinterizzato e per la produzione di sistemi per l'edilizia.

A livello internazionale l'Associazione rappresenta l'Italia in seno a EUMEPS, l'organizzazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS.

L'Associazione, inoltre, opera a stretto contatto con Enti e Istituzioni finalizzando la propria attività alla redazione di norme e protocolli nei settori edilizia, imballaggio ed economia circolare.

Collabora attivamente alla promozione della raccolta e riciclo dell'EPS in sinergia con COREPLA e con CORTEXA in qualità di partner tecnico per veicolare, diffondere e condividere la cultura dell'isolamento a cappotto di qualità. Sostiene e promuove la ricerca di nuovi progetti di riciclo a livello nazionale ed europeo e partecipa ad ICESP, la piattaforma italiana dei principali attori dell'economia circolare ed è coinvolta in circuiti virtuosi di alcune tipologie di manufatti, tra cui le cassette per il pesce e gli imballaggi in EPS.