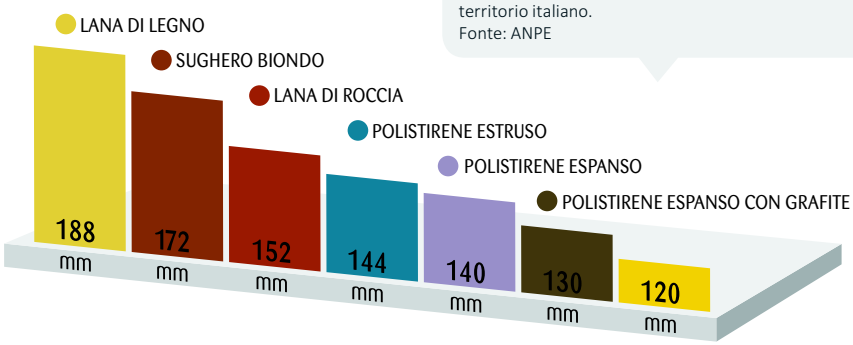
Il poliuretano espanso rigido

› Campione di poliuretano espanso rigido

I poliuretani, la cui scoperta risale al 1937 e si deve alle ricerche del chimico tedesco, prof. Otto Bayer, appartengono alla famiglia delle materie plastiche.
Sono ottenuti per reazione di poliaddizione tra un poli-isocianato e un poliolo; tale reazione, di tipo esotermico, risulta completa e non dà origine a prodotti secondari.
Modificando il tipo e la concentrazione dei componenti è possibile ottenere una vasta gamma di poliuretani molto diversi tra loro per caratteristiche chimiche, fisiche, prestazioni ed utilizzi.
La versatilità dei poliuretani è tale che il loro utilizzo si è diffuso rapidamente in diversi settori ed oggi sono il componente principali di molti prodotti indispensabili per il nostro benessere e la nostra sicurezza.

Il poliuretano isola di più

Spessori di materiali isolanti necessari ad ottenere una **TRASMITTANZA TERMICA (U)** pari a 0,25 W/m²K. Valore medio (in base al D.M. del 26 Gennaio 2010) per le zone climatiche D ed E, le più estese del territorio italiano.
Fonte: ANPE



POLIURETANO ESPANSO RIGIDO

› I due componenti liquidi del poliuretano da cui si origina la reazione esotermica

Il poliuretano espanso rigido, utilizzato come isolante termico in edilizia e in molti settori industriali, è, grazie alla sua struttura a celle chiuse, il materiale che, a parità di spessore, garantisce il migliore isolamento termico.
Le prestazioni vengono mantenute nel lungo periodo a dispetto delle condizioni di umidità e di sollecitazioni meccaniche (non come per le fibre che assorbono e si schiacciano).
Per le applicazioni in opera possono essere impiegate anche schiume poliuretaniche a celle aperte che, a fronte di prestazioni di isolamento termico inferiori, rispetto a quelle a celle chiuse, offrono interessanti valori di assorbimento acustico.
Oltre al potere isolante il poliuretano garantisce altre caratteristiche determinanti per il successo delle applicazioni. Tra le più significative:

› Sopra e sotto esempi di impiego per isolamento termico in edilizia e nell'industria del freddo

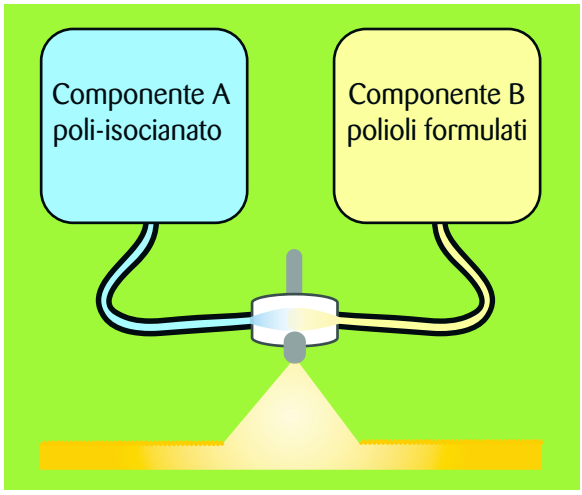
- → la durata nel tempo
- → la leggerezza
- → le elevate caratteristiche meccaniche
- → la stabilità dimensionale alle alte e basse temperature
- → l'inerzia ai più comuni agenti chimici
- → l'ottima processabilità
- → la caratteristica di aderire spontaneamente in fase di espansione a quasi tutti i supporti
- → la sicurezza nell'impiego
- → l'assenza di ponti termici
- → la compatibilità con la salute dell'uomo
- → il ridotto impatto ambientale

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL POLIURETANO ESPANSO RIGIDO

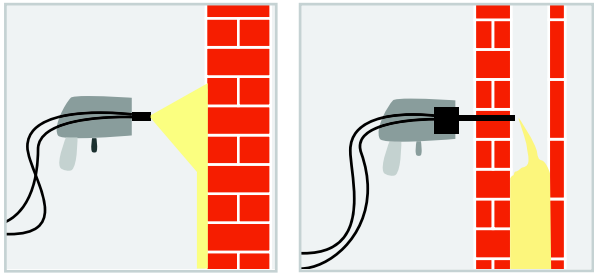
PROVA	VALORE	MISURA	NORMA	NOTE
Densità	30 teorico 40/45 posato	kg/m3	UNI EN 1602	densità media
Conduttività termica iniziale	0,022	W/m °K	UNI EN 12667	valore iniziale test in cantiere
Conduttività termica dichiarata	in funzione dello spessore da 0,026 a 0,029	W/m °K	UNI EN 12667	valore con invecchiamento secondo UNI EN 14315-1
Resistenza a compressione	200 medio	kPa	UNI EN 826	10% compressione
Coefficiente resistenza diffusione vapore	30 medio	µ	UNI EN 12086	-
Assorbimento d'acqua	< 1	vol. %	UNI EN 12087	lungo termine
Celle chiuse	> 90	%	UNI EN ISO 4590	-
Resistenza al fuoco	B3 F	classe euroclasse	DIN 4102 UNI EN 11925-2	-

Il poliuretano espanso rigido in opera

Il poliuretano espanso rigido è una delle poche materie plastiche che può essere prodotta, utilizzando appositi macchinari e formulazioni specifiche, direttamente in cantiere con notevoli vantaggi in termini di tempi di esecuzione dei lavori, minimizzazione degli impatti ambientali dovuti al trasporto dei materiali, efficacia e continuità dell'isolamento termico realizzato.
Il poliuretano espanso rigido viene prodotto in cantiere utilizzando due diverse tecnologie che richiedono specifiche attrezzature idonee al loro utilizzo in cantiere: le macchine dosatrici ed applicatrici sono montate su carrelli mobili, sono dotate di sistemi di termostatazione dei componenti e di tubi di alimentazione delle pistole distributrici che assicurano il mantenimento della corretta temperatura.



A spruzzo I due componenti si miscelano in modo omogeneo scontrandosi, grazie all'alta pressione dell'impianto, all'interno di una camera di miscelazione della pistola distributrice. Immediatamente dopo la nebulizzazione sulla superficie avviene la formazione delle celle del polimero che solidifica, aderendo al substrato, entro 10-15 secondi. La rapidità di espansione e di solidificazione permette di applicare il poliuretano a spruzzo su superfici sia orizzontali sia verticali o su soffitti.

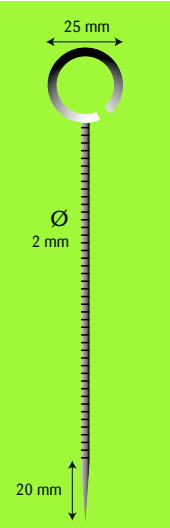


Per iniezione o colata Nel caso di riempimenti di cavità, la schiuma poliuretanica può essere realizzata utilizzando appositi macchinari dotati di una testa all'interno della quale i due componenti vengono miscelati ed iniettati quindi all'interno del manufatto o dell'intercapedine da isolare.
I tempi di polimerizzazione dei sistemi poliuretanici per iniezione o colata sono generalmente più lunghi di quelli per le applicazioni a spruzzo.

Le principali caratteristiche

Coefficiente di conducibilità termica λ

Indica la quantità di calore che, in un'ora, attraversa una superficie di un metro quadrato e di spessore pari a un metro, quando la differenza di temperatura tra le due facce è di un grado.
Secondo gli standard internazionali si esprime in W/mK e si valuta alla temperatura media di prova di 10 °C.
È una proprietà insita di ciascun materiale: più basso risulta il valore di λ migliore sarà il suo potere isolante.
I poliuretani espansi in situ offrono bassi valori di conducibilità termica che variano in funzione di diversi parametri; i più significativi sono il tipo di struttura, a celle aperte o chiuse, la densità, la formulazione del sistema.



› Esempio di punzone

Trasmittanza termica (U) e Resistenza termica (R)

Il potere isolante di uno strato di un materiale di spessore definito ("s" o "d" in metri) si esprime mediante la trasmittanza termica (U in W/m²K) o la resistenza termica (R in m²K/W).
Queste si ricavano dalle relazioni: U = λ/s e R = s/λ
Le schiume poliuretaniche applicate a spruzzo presentano una caratteristica superficie irregolare "a buccia di arancio"; per valutare il loro spessore medio si utilizza uno speciale punzone graduato (v. UNI EN 823) effettuando misurazioni in diversi punti della superficie.
Nelle applicazioni per colata in intercapedine lo spessore viene valutato come la distanza tra le due murature/pareti.

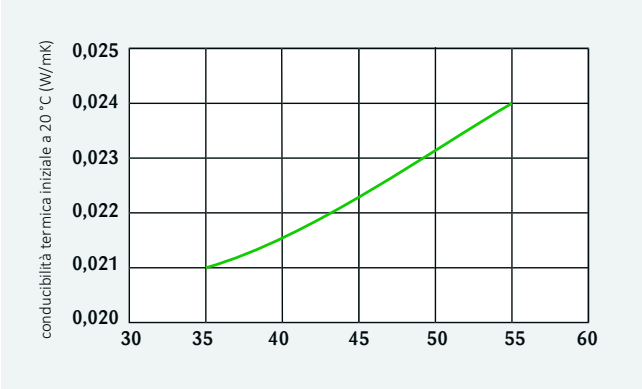
Eliminazione dei ponti termici

L'applicazione di schiuma poliuretanica in opera permette di realizzare, su qualsiasi superficie anche irregolare, uno strato isolante continuo privo di ponti termici.

Coefficiente di conducibilità termica stabile nel tempo

Le prestazioni isolanti del poliuretano espanso rigido si modificano leggermente per un fenomeno di diffusione dell'aria ambiente all'interno delle celle del polimero. Al raggiungimento delle situazione di equilibrio il coefficiente di conducibilità termica si stabilizza e rimane invariato nel tempo.
Il fenomeno si valuta utilizzando uno dei due metodi previsti sia dalle norme armonizzate già in vigore per le schiume poliuretaniche (UNI EN 13165 e UNI EN 14509) sia dai progetti di norma per le applicazioni in situ (EN 14315 -1 e -2 -Prodotti per l'isolamento termico degli edifici -Poliuretano espanso rigido applicato a spruzzo e EN 14318 -1 e -2 -Prodotti per l'isolamento termico degli edifici -Poliuretano espanso rigido applicato per colata).

VALORI TIPICI DI CONDUCIBILITÀ TERMICA INIZIALE (λ_i)
DI SCHIUME POLIURETANICHE A CELLE CHIUSE
APPLICATE A SPRUZZO IN FUNZIONE DELLA DENSITÀ



VALORI TIPICI DI CONDUCIBILITÀ TERMICA INIZIALE (λ_i)
DI SCHIUME POLIURETANICHE A CELLE APERTE

Densità ca. 20 kg/m³

λ_i = 0,038 - 0,040 W/mK

Per i poliuretani applicati in situ la determinazione e la dichiarazione di questa caratteristica vengono effettuate dai produttori dei sistemi poliuretanici utilizzando uno dei seguenti metodi:
1) Invecchiamento accelerato dei campioni per 175 giorni in stufa a 70°C
2) Superamento di un test di "normalità" delle schiume e applicazione del metodo degli incrementi fissi.
I due metodi contemplano fattori di correzione statistica, alternative legate alla presenza o meno di rivestimenti impermeabili, agli agenti espandenti e arrotondamenti per eccesso dei risultati ottenuti.
Nella tabella si riportano, per gli intervalli di densità indicati, i valori tipici di conducibilità termica delle schiume applicate a spruzzo con una percentuale di celle chiuse ≥ al 90%.

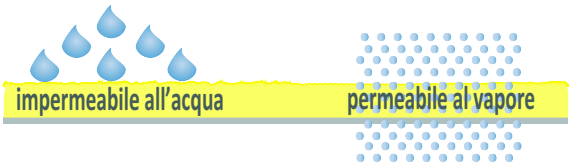
Permeabilità al vapore

La schiuma poliuretanica a celle chiuse, a densità comprese tra i 35 e i 60 kg/m³, è permeabile con valori di coefficiente di resistenza al passaggio del vapore, μ, compresi tra 30 e 40.
Questi valori consentono, nelle più comuni applicazioni, il normale flusso del vapore attraverso le strutture.

VALORI TIPICI DI CONDUCIBILTÀ TERMICA STABILIZZATA (λ_D) DELLE SCHIUME POLIURETANICHE APPLICATE A SPRUZZO
(PERCENTUALE DI CELLE CHIUSE > 90% PRIVE DI RIVESTIMENTO)
VALORI CALCOLATI SECONDO EN 14315 E 14318 PARTE 1

Densità schiuma kg/m³	Conducibiltà termica iniziale λ_i 10 °C W/mK	Intervallo di incrementi in funzione di correzione statistica, espandente e spessore W/mK	**Conducibilità termica stabilizzata** **λ_D 10 °C** **W/mK**
> 30 < 50	0,022 - 0,024	0,006 - 0,007	**0,026 - 0,029**
> 50	0,023 - 0,025	0,006 - 0,007	**0,029 - 0,032**

In particolari condizioni di esercizio (locali con alta produzione di vapore) o in presenza di strati protettivi della schiuma impermeabili al vapore, il progettista dovrà valutare, mediante il metodo grafico di Glaser, il rischio di possibili condense all'interno dello strato isolante. Queste potranno essere evitate prevedendo l'applicazione di una barriera al vapore posta, in totale aderenza, sul lato caldo della struttura.



Impermeabilità all'acqua

La struttura a celle chiuse della schiuma e la naturale formazione della pelle superficiale impediscono l'assorbimento d'acqua che può avvenire, per capillarità, solo in corrispondenza di tagli o fessure.
L'assorbimento d'acqua è inversamente proporzionale alla densità della schiuma; prove condotte su schiume applicate a spruzzo con densità di circa 60 kg/m³, hanno ottenuto la certificazione di impermeabilità anche alla pressione di 0,6 atm.

Caratteristiche meccaniche

Anche le prestazioni meccaniche sono fortemente influenzate dalla densità e, per le tipologie più comuni di schiume a celle chiuse applicate a spruzzo, i valori tipici di resistenza alla compressione variano tra i 160 e i 500 KPa e sono idonei a soddisfare le più severe condizioni di esercizio dello strato isolante (v. grafico).

Tenuta all'aria

Le infiltrazioni d'aria nelle intercapedini dei muri perimetriali e nei manti di copertura determinano, in presenza di strati isolanti discontinui, una riduzione delle prestazioni isolanti della struttura. Lo strato continuo di schiuma poliuretanica, con un contenuto di celle chiuse ≥ al 90%, applicata a spruzzo assicura una perfetta tenuta all'aria impedendo le possibili infiltrazioni in corrispondenza dei punti di giunzione tra le diverse strutture.

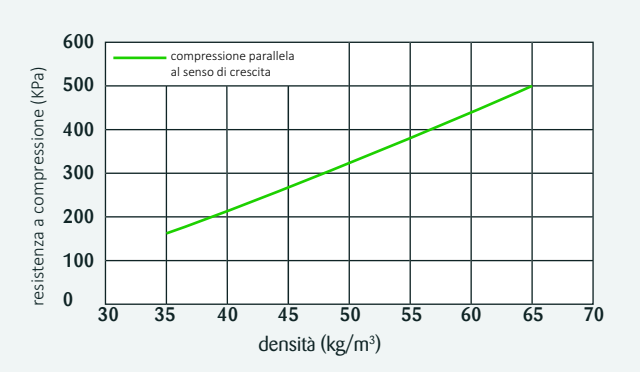
Durabilità nel tempo

La reazione chimica che origina la schiuma poliuretanica è completa, irreversibile e stabile nel tempo. La schiuma poliuretanica applicata in situ è un materiale solido e compatto che non si deforma, non si sbriciola, e mantiene nel tempo le sue caratteristiche fisiche e chimiche. La schiuma poliuretanica è inerte e non biodegradabile, resiste bene agli attacchi biologici e non favorisce lo sviluppo di muffe o funghi.

VALORI TIPICI DEL COEFFICIENTE DI RESISTENZA AL PASSAGGIO DEL VAPORE DI COMUNI MATERIALI PER EDILIZIA

MATERIALE	μ
Aria	1
Muratura in elementi pieni di laterizio	8-10
Schiuma poliuretanica applicata a spruzzo (35-60 kg/m³)	30-40
Pannelli in polistirene espanso (20-60 kg/m³)	40-100
Pannelli in poliuretano espanso rigido, vari rivestimenti permeabili	40-150
Pannelli in polistirene espanso estruso	80-250
Pannelli in poliuretano espanso rigido, vari rivestimenti impermeabili o lamiere	∞

VALORI TIPICI DI RESISTENZA ALLA COMPRESSIONE
DELLE SCHIUME POLIURETANICHE APPLICATE A SPRUZZO
(UNI EN 826)



Resistenza ai raggi ultravioletti

I raggi ultravioletti determinano l'ossidazione e l'ingiallimento dello strato superficiale della schiuma che, se sottoposto ad un'azione abrasiva, tende allo sfarinamento.
Il fenomeno interessa solo lo strato superficiale esposto alla luce e non è indicativo di un decremento delle prestazioni dello strato isolante.
Le schiume applicate in situ sono sempre protette dall'azione dei raggi ultravioletti o da altri strati funzionali (tegole, massetti di pavimentazione, murature, ecc.) o da vernici o rivestimenti polimerici, come avviene, ad esempio, nelle coperture piane non pavimentate.

Reazione al fuoco

Per valutare la reazione al fuoco dei materiali si utilizzano metodi di prova standardizzati e sistemi di classificazione recepiti a livello legislativo nazionale ed europeo.
Per le schiume poliuretaniche applicate in situ, non ancora coperte da norma armonizzata europea e da marcatura CE, si utilizzano i test UNI 8457 + foglio aggiornamento A1 e UNI 9174 + foglio aggiornamento A1, richiamati dal DM 26 giugno 1984, che prevedono, per i materiali combustibili, un sistema di valutazione in Classi numeriche da 1 a 5.
Non appena saranno pubblicate le norme armonizzate europee la valutazione delle prestazioni di reazione al fuoco delle schiume poliuretaniche dovrà essere effettuata utilizzando i metodi di prova EN ISO 11925-2 e EN 13823 previsti dal sistema delle Euroclassi. La classificazione europea prevede 7 Euroclassi indicate da lettere: A1, A2, B, C, D, E e F; le prime due sono assegnate a materiali inorganici, quelle da B ad E valutano il comportamento dei materiali organici e la Euroclasse F si utilizza per i materiali dei quali non si valuta la reazione al fuoco.
Il sistema europeo di classificazione europea prevede inoltre la valutazione della velocità di crescita dell'opacità dei fumi (indicata dal parametro s) e del rilascio di parti infiammate e del gocciolamento (indicato dal parametro d).
Sulla base delle prove di laboratorio già eseguite con le nuove metodologie si può indicare, come gamma di comportamento tipico delle schiume poliuretaniche applicate in situ, la classificazione dalla Euroclasse F alla D.

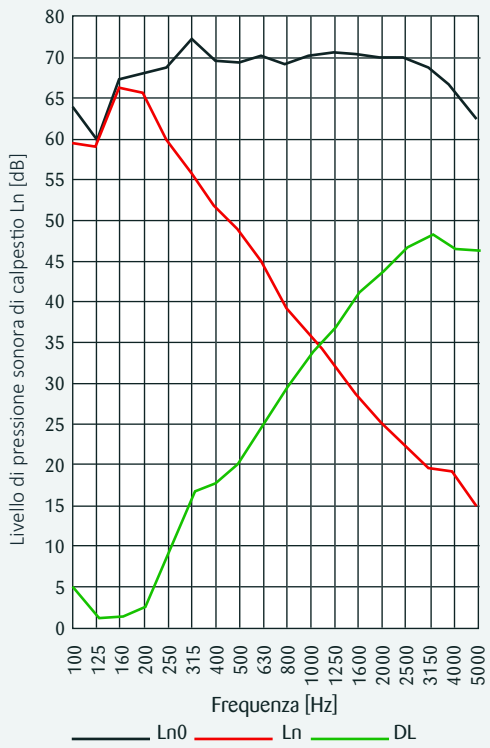
REAZIONE AL FUOCO - EUROCLASSI
PRESTAZIONI TIPICHE DELLE SCHIUME POLIURETANICHE APPLICATE A SPRUZZO
(CELLE CHIUSE ≥ 90% PRIVE DI RIVESTIMENTO)

METODO DI PROVA	RANGE TIPICO Classificazione EN 13501
-	Euroclasse F
EN ISO 11925-2	Euroclasse E
EN ISO 11925-2 e EN 13823	D
End use condition	Euroclasse B, s3-d0 Euroclasse B, s1-d0

Le norme armonizzate europee consentono di valutare anche il comportamento dei materiali nelle reali condizioni di esercizio previste ("end use condition").
Per i materiali isolanti, che non vengono mai installati a vista, le norme prevedono delle modalità di prova che simulano le applicazioni più comuni.
Sulla base delle metodologie previste (EN 11925-2 e EN 13823), le prove di classificazione già realizzate dalle aziende associate ad ANPE consentono di indicare, come gamma tipica, una classificazione da B, s1-d0 a B, s3-d0.
La prestazione di reazione al fuoco delle schiume poliuretaniche applicate in situ può variare soprattutto in funzione del tipo di formulazione impiegata e della densità applicata.

PAVIMENTO GALLEGGIANTE
SCHIUMA POLIURETANICA RESILIENTE APPLICABILE A SPRUZZO PER LA REALIZZAZIONE DI MANTI CONTINUI
Misurazione del livello da calpestio
(UNI EN ISO 140-8:1999 e UNI EN ISO 717-2:1997)

$L_{n,w}$ = 54 dB



Stratigrafia considerata:

1. Sistema poliuretanico bicomponente resiliente applicabile in situ con tecnologia spray per la realizzazione di manti continui su laterizi, calcestruzzo, cartongesso e altri substrati. Spessore misurato 8÷13 mm, massa misurata 1,092 kg/m²
2. Massetto in sabbia-cemento con armatura, spessore 5 cm, massa superficiale 100 kg/m²

Assorbimento acustico dei poliuretani espansi in opera

Le prestazioni acustiche delle strutture edilizie, normalmente costituite da diversi strati funzionali, dipendono più dalla loro corretta composizione ed esecuzione che non dalle prestazione dei singoli materiali.

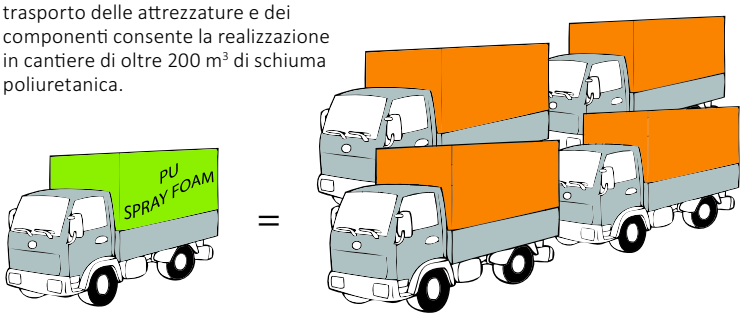
Il poliuretano espanso rigido, con un contenuto di celle chiuse maggiore o uguale al 90%, utilizzato principalmente per le sue prestazioni di isolamento termico, è un materiale leggero, che non contribuisce in modo significativo all'aumento della massa delle strutture (parametro essenziale per le prestazioni di isolamento acustico di strutture monostrato).

Il poliuretano rigido con un contenuto di celle chiuse inferiore od uguale al 20% permette di ottenere buone prestazioni di isolamento acustico, da rumori aerei o impattivi, in strutture multistrato all'interno delle quali il poliuretano espanso funge da strato elastico (v. grafico).

Prestazioni ancora più significative, principalmente nella riduzione della trasmissione del rumore da calpestio, si ottengono utilizzando schiume poliuretaniche semirigide a celle parzialmente aperte, caratterizzate da un coefficiente di conducibilità termica lievemente più elevato di quelle a celle chiuse.

Va sottolineato che l'applicazione in situ di schiume poliuretaniche, sia a celle chiuse sia a celle aperte, offre il vantaggio di poter realizzare uno strato continuo assolutamente privo di ponti acustici che rappresentano, in fase applicativa, una delle principali cause di insuccesso degli interventi di isolamento acustico.

› L'utilizzo di un solo mezzo per il trasporto delle attrezzature e dei componenti consente la realizzazione in cantiere di oltre 200 m³ di schiuma poliuretanica.



Compatibilità ambientale

Il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici sono responsabili di circa il 40% dei consumi energetici dell'intera Comunità Europea. Circa il 30% di questi consumi potrebbe essere eliminato se gli edifici, sia nuovi sia esistenti, fossero efficacemente isolati.

La riduzione dei consumi energetici degli edifici è quindi un'obiettivo imprescindibile non solo per una politica energetica che utilizzi razionalmente le risorse, ma anche per una significativa riduzione degli impatti ambientali generati dalle emissioni di CO2 in atmosfera, ritenute le prime responsabili dell'effetto serra e dei cambiamenti climatici.

Il poliuretano espanso rigido è uno dei più efficaci isolanti termici e assicura eccellenti prestazioni isolanti a fronte di un modesto consumo di risorse.

BILANCIO ENERGETICO DI 1 KG DI SCHIUMA POLIURETANICA APPLICATA A SPRUZZO

Emissioni determinate da produzione, installazione e dismissione	**11 kg CO_{2eq}**
Risparmio in un edificio medio durante 50 anni di esercizio	**800 kg CO_{2eq}**

Applicazione di 1 kg di poliuretano espanso rigido applicato a spruzzo su una superficie di 1 m² con un spessore medio di 3 cm ed una densità media di 35 kg/m³.
Lo strato isolante offre una resistenza termica di 1,07 m²K/W.
Cfr. "Poliuretano Proyectado" - Atepa

Gli studi di bilancio energetico condotti hanno evidenziato che la produzione, installazione e dismissione a fine vita di un chilogrammo di schiuma poliuretanica applicata a spruzzo determina un quantitativo di emissioni di circa 80 volte inferiore al risparmio che determina il suo impiego (v. box) e il consumo di risorse utilizzate per la produzione dello strato isolante viene ammortizzato, sotto forma di riduzione dei consumi energetici e delle emissioni, già nel corso della prima stagione di riscaldamento.

Rispetto a qualsiasi altro materiale la schiuma poliuretanica applicata in opera offre interessanti riduzioni degli impatti ambientali determinati dal trasporto del materiale isolante dallo stabilimento di produzione al luogo di installazione.

L'espansione in opera della schiuma poliuretanica comporta, rispetto alla fase liquida dei due componenti, un aumento di volume variabile tra 20 e 30 volte in funzione delle diverse densità applicate.

Ciò significa che, utilizzando un solo mezzo adibito al trasporto dell'attrezzatura e dei componenti liquidi, è possibile coibentare una superficie che richiederebbe il trasporto di più di 200 metri cubi di pannelli isolanti.

La riduzione del volume trasportato determina inoltre un significativo contenimento dei costi e degli impatti ambientali determinati dalla movimentazione in cantiere e dalla posa in opera.

Sicurezza

Oltre ad essere perfettamente compatibile con l'ambiente e vantaggiosa in termini di bilancio energetico la schiuma poliuretanica in fase solida è inerte ed innocua per la salute dell'uomo, non rilascia polveri nocive e non è metabolizzabile.

Nella manipolazione dei componenti liquidi e nella fase di espansione gli operatori adottando i mezzi di protezione individuale più idonei alle condizioni applicative (sistemi anticaduta, guanti, occhiali e maschere protettive, ecc.) nel rispetto della legislazione vigente in tema di protezione della salute e sicurezza dei lavoratori.