

ISOLARE

Polistirene Espanso Sinterizzato in Edilizia



Diritti d'autore:

Il presente documento è proprietà intellettuale dell'autore e/o di AIPE.
Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.



Via Giovanni da Procida, 11 - 20149 Milano - Tel. +39 02 33 60 65 29
e-mail: aipe@epsass.it - www.aipe.biz

ISOLARE

Polistirene Espanso Sinterizzato in Edilizia

VOLUME 1

Edizione 2024



Associazione Italiana Polistirene Espanso

SOMMARIO

1. CARATTERISTICHE DELL'EPS PER L'ISOLAMENTO TERMICO IN EDILIZIA	9
2. LE APPLICAZIONI DELL'EPS NELL'ISOLAMENTO TERMICO	27
3. L'EPS E L'AMBIENTE	49
4. NORMATIVA PER IL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO	63

A trent'anni dalla prima uscita AIPE pubblica la terza edizione dello storico "Volume 1 – Isolare" il primo di una serie di manuali tecnici che l'Associazione Italiana Polistirene Espanso ha redatto negli anni per raccogliere e diffondere le conoscenze tecniche sull'EPS.

Perché questa nuova edizione? Perché il tema dell'isolamento è sempre "caldo" e attuale. Più che mai, infatti, oggi è sentito il desiderio di costruire e ristrutturare riducendo al minimo gli impatti ambientali e l'EPS per leggerezza, costi, versatilità è il materiale principe per ridurre la dispersione termica degli edifici.

Rispetto alle edizioni precedenti, questo nuovo volume riporta tutti gli aggiornamenti normativi, cogenti e volontari, con rimandi alle norme tecniche che disciplinano il settore.

Grande attenzione, inoltre, è dedicata al tema della sostenibilità ambientale e alle applicazioni più innovative dell'EPS in edilizia, come il sistema SAAD.

Serie: I volumi di AIPE

- Volume 1: ISOLARE – Polistirene Espanso Sinterizzato in Edilizia
- Volume 2: COSTRUIRE - Polistirene Espanso Sinterizzato in Edilizia
- Volume 3: Comportamento al fuoco
- Volume 4: Impatto ambientale
- Volume 5: I cambiamenti climatici
- Volume 6: EPS: Impatto ambientale e ciclo di vita
- Volume 7: Isolamento acustico di pareti esterne con sistema di isolamento a "cappotto" in EPS
- Volume 8: Rinfrescamento e raffrescamento degli ambienti: I sistemi a pannelli radianti in EPS
- Volume 9: Dichiarazione della prestazione ambientale dell'EPS –
Analisi del ciclo di vita (LCA) dell'EPS
- Volume 10: EPS e durata prestazionale
- Volume 11: Le pareti ventilate
- Volume 12: Riciclare l'EPS
- Volume 13: L'EPS e il comfort estivo
- Volume 14: Isolamento esterno a "cappotto": Sistema di rivestimento esterno
con intonaco sottile su isolante
- Volume 15: La reazione al fuoco dell'EPS
- Volume 16: Ponti termici
- Volume 17: La nuova vita dell'EPS: Le vie del riciclo
- Volume 18: Analisi del ciclo di vita (LCA) dei sistemi ad armatura diffusa (SAAD)
- Volume 19: EPS a migliorata conducibilità termica
- Volume 20: Architettura bioclimatica
- Volume 21: Isolamento termico delle coperture continue
- Volume 22: Emissioni di COV (Composti organici volatili) dai prodotti da costruzione
- Volume 23: Imballi isolanti in EPS: Il mantenimento della temperatura interna
- Volume 24: Sicurezza antincendio: Isolare con EPS
- Volume 25: Isolamento esterno delle pareti verticali con componenti leggeri prefabbricati "vêtures"
- Volume 26: Carbon Footprint
- Volume 27: Stirene e polistirene
- Volume 28: Water Footprint
- Volume 29: L'EPS nel Sistema a cappotto

1.

CARATTERISTICHE DELL'EPS PER L'ISOLAMENTO TERMICO IN EDILIZIA

L'espanso rigido di Polistirene è un affermato materiale isolante, senza il quale non è più possibile costruire in maniera innovativa ed economica (dal punto di vista del risparmio energetico).

Queste lastre isolanti si sono guadagnate una solida posizione nell'edilizia nel corso di 50 anni. Esse non soltanto sono leggere, ma anche facili da lavorare, hanno buone caratteristiche di isolamento termico e sono economiche.

Le caratteristiche del Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) di qualità per l'impiego nell'isolamento termico in edilizia sono definite dalla norma UNI EN 13163.

IL POLISTIRENE

Il Polistirene è una delle principali materie plastiche che derivano dal petrolio (Fig. 1).

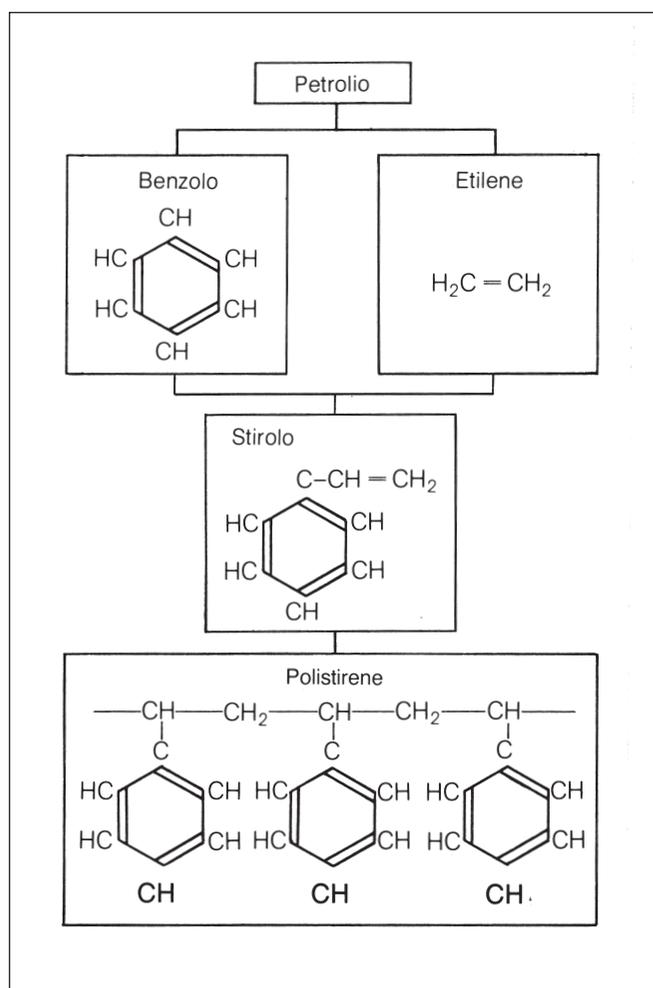


Fig. 1

Allo stato compatto il Polistirene è un materiale rigido, incolore, trasparente, che è la base per applicazioni molto diversificate.

IL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS)

L'EPS è una delle forme più importanti in cui viene impiegato il Polistirene.

Per ottenere l'EPS si seguono attualmente due vie:

- in fase di polimerizzazione (cioè l'ultimo passaggio di Fig. 1), si scioglie nel Polistirene un agente espandente (comunemente 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, quale l'industria chimica lo fornisce ai produttori 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. È questo il materiale da cui si parte per produrre l'EPS con il processo più avanti descritto.

- Successivamente alla polimerizzazione il Polistirene viene unito all'agente espandente ed agli altri eventuali additivi in una trafila, che mescola allo stato fuso gli ingredienti ed estrude la miscela da una filiera, di solito in forma di lastra piana o di tubo, che immediatamente si espande e, raffreddandosi, si irrigidisce nella forma espansa (EPS estruso).

Questo materiale per le sue peculiari caratteristiche ha varie applicazioni significative, sviluppate nella documentazione tecnica.

IL PROCESSO DI PRODUZIONE DEL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO

La produzione dei semilavorati e manufatti avviene in tre stadi principali (Fig. 2) che si espongono qui nei tratti essenziali per la caratterizzazione merceologica; l'ottenimento di un prodotto di qualità presuppone peraltro un know-how non semplice, ma che non interessa per la documentazione applicativa.

Pre-espansione: le perle di polistirene espandibili vengono pre-espanso, generalmente per mezzo di vapore a temperatura superiore a 90°C, nel cosiddetto pre-espansore. In questo, le perle, a seguito della vaporizzazione dell'agente espandente, si rigonfiano fino a 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.

Maturazione: le perle pre-espanso devono stazionare un certo tempo in sili arieggiati. Con il raffreddamento i residui di espandente e di vapore

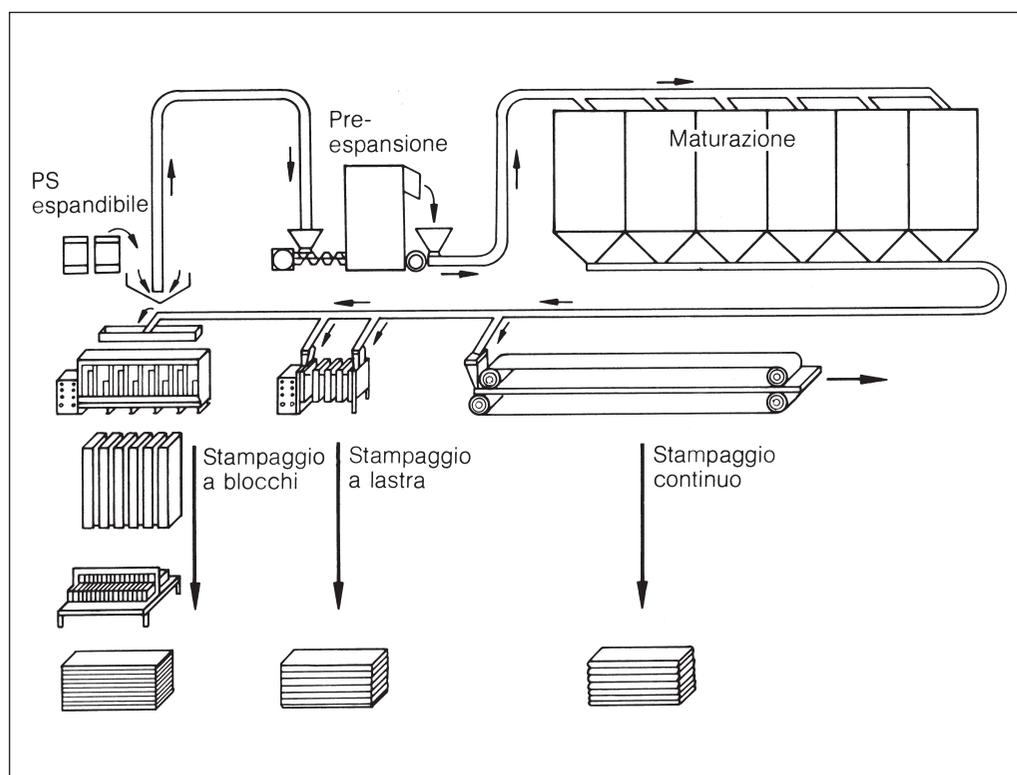


Fig. 2
Processo di produzione
dell'EPS

acqueo condensano nelle singole celle. La depressione che così si forma viene annullata dall'aria che si diffonde all'interno delle celle; in questo modo le perle pre-espansive raggiungono la stabilità necessaria per le fasi successive.

Stampaggio: le perle pre-espansive e stabilizzate possono ora essere trasformate in manufatti o semilavorati in vari modi:

1) *Stampaggio di blocchi e taglio a lastre:* è 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-espansive e sottoposte di nuovo all'azione del vapore saturo; si raggiungono ora temperature di 110-120°C, le perle si rigonfiano ulteriormente e, diventate appiccicose, si saldano fra 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 (p. es. sottotegole, lastre con contorni sagomati, cassonetti, lastre con superficie decorata a rilievo, coppelle).

3) *Stampaggio continuo:* in un processo (v. Fig. 2) 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.

5) *Lastre per drenaggio*: sono costituite da perle espanse del diametro di 7-10 mm, unite fra loro soltanto nei punti di contatto mediante una saldatura di estensione più limitata con speciali collanti; le lastre hanno così una elevata porosità, che permette la permeabilità all'acqua voluta per questa applicazione.

CARATTERISTICHE DELL'EPS

Aspetto e struttura

Le lastre e gli altri manufatti di EPS sono oggetti leggeri, la cui massa volumica è compresa generalmente fra 10 e 40 kg/m³; quindi essi presentano una grande capacità di galleggiamento (se ne sono avute clamorose applicazioni in recuperi navali), che non viene perduta nemmeno dopo prolungata immersione totale in acqua; ciò dimostra che le celle di cui l'EPS è formato, sono essenzialmente chiuse e impermeabili. Il colore dell'EPS è bianco, la struttura è rigida, ma tenace, quindi senza la tendenza di altri espansi rigidi a sbriciolarsi. Non ha odore né altre emanazioni, né dà alcun problema al contatto con la pelle. Ad un esame microscopico (Fig. 3a) si rivela la struttura a celle poliedriche delle singole perle espanse, più compressa sulla periferia, dove esse si saldano fra di loro. Per confronto la figura 3b mostra, allo stesso ingrandimento, la struttura di un EPS di qualità scadente: la pre-espansione eccessiva ha portato alla formazione di

celle troppo grandi e senza più sufficiente capacità di saldatura all'atto dello stampaggio; i vuoti residui fra le perle riducono evidentemente la resistenza meccanica e possono al limite annullare l'impermeabilità all'acqua (come si fa volutamente nelle lastre per drenaggio).

Le cause della cattiva sinterizzazione, che compromette un po' tutte le caratteristiche del prodotto, possono essere molteplici. Per essere sicuri di non prendere dal mercato, dove purtroppo sono presenti, materiali di cattiva qualità, è necessario esigere sempre EPS di qualità garantita.

CONDUTTIVITÀ TERMICA

La caratteristica più importante dell'EPS è la sua bassa conduttività termica, che lo rende uno dei materiali più usati per l'isolamento termico nell'edilizia e nella tecnica frigorifera. Questa caratteristica deriva direttamente dal fatto che l'EPS è costituito per il 96-99% di aria, chiusa in cellette di dimensioni tali da impedirne i moti convettivi, cosicché la trasmissione del calore può avvenire soltanto per conduzione (che è molto bassa nell'aria) e per irraggiamento (che si riduce rapidamente al moltiplicarsi degli schermi costituiti dalle pareti delle celle).

Poiché l'aria interna è in equilibrio con quella esterna, la caratteristica di conduttività termica non varia nel tempo, come avviene con altri espansi, che contengono nelle celle altri gas.

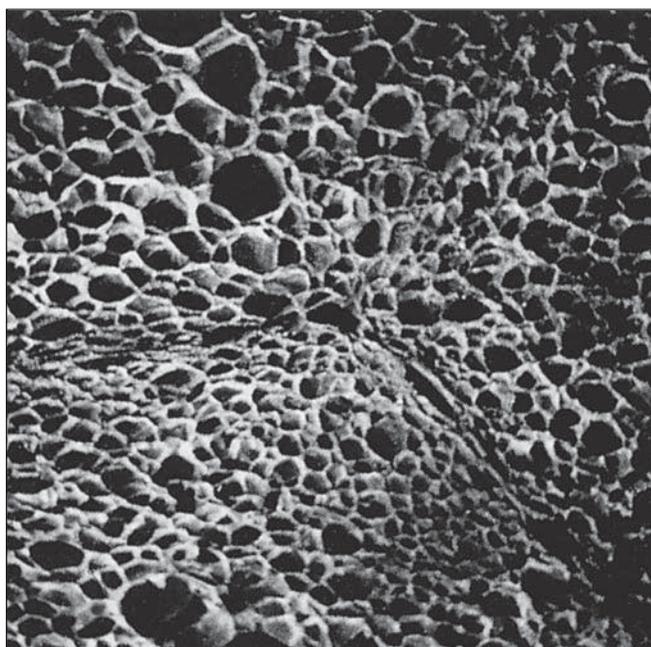


Fig. 3a

37x

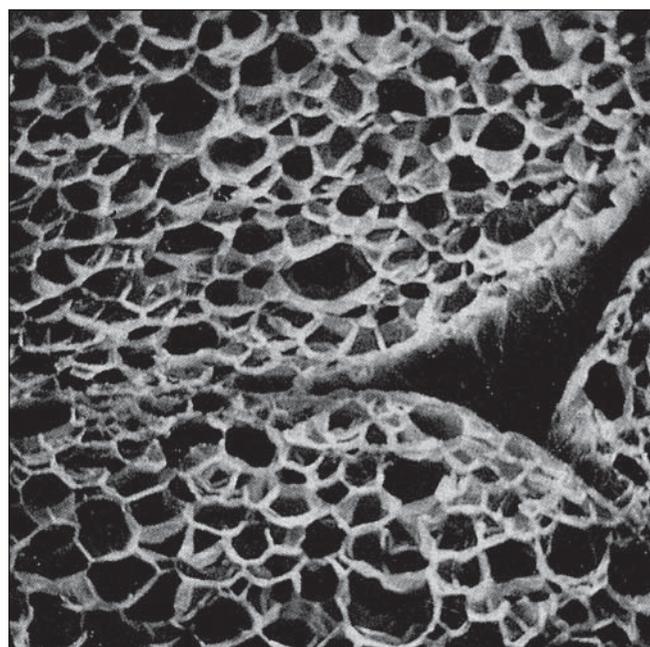


Fig. 3b

37x

La conduttività termica dell'EPS, che si misura con i metodi delle norme EN 12667 e EN 12939, dipende invece da altri fattori, che è bene conoscere per una corretta interpretazione e impiego dei dati di misura.

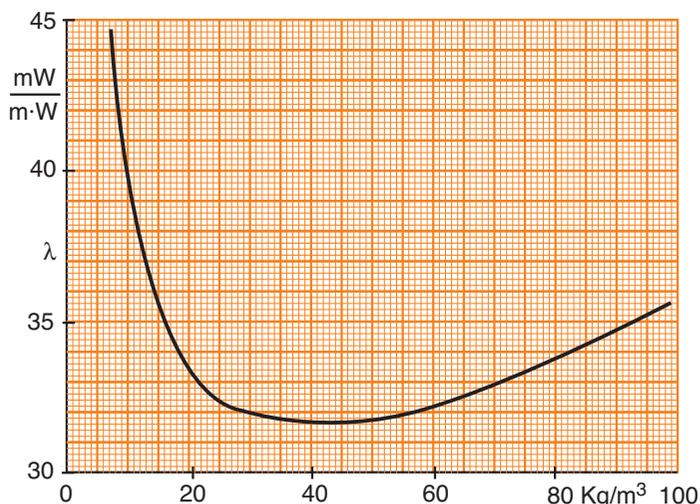


Fig. 4 (dati BASF)

1) **Massa volumica:** la conduttività aumenta in modo significativo al diminuire della massa volumica al di sotto di 30 kg/m³, l'aumentata dimensione delle celle e quindi il minor numero di schermi che il flusso termico deve attraversare fanno aumentare la trasparenza nell'infrarosso e quindi la quantità di calore che passa per irraggiamento. Oltre i 50 kg/m³ la conduttività aumenta lentamente per il maggior contributo della conduzione nella parte solida del materiale. La figura 4 dà un valore medio indicativo di λ a temperatura ambiente, in un ampio campo di masse volumiche. Il valore minimo di λ si trova fra 30 e 50 kg/m³, cioè al limite superiore della massa volumica dei prodotti commerciali; il limite inferiore di questa non dovrebbe scendere sotto i 15 kg/m³ per non penalizzare troppo questa caratteristica.

2) **Temperatura:** la conduttività aumenta con la temperatura, seguendo l'andamento della conduttività dell'aria contenuta; l'andamento è regolare e praticamente lineare per l'EPS di più di 15 kg/m³, come mostra la figura 5. Non si evidenziano le singolarità a bassa temperatura mostrate da altri espansi, dovute al cambiamento di fase del gas contenuto nelle celle. Si evidenzia invece il bassissimo valore di λ alle temperature più basse, che permette interessanti applicazioni.

3) **Umidità:** 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. La figura 6 mostra questo andamento, confrontato con quello di un materiale a bassa resistenza alla diffusione del vapore, a temperatura ambiente.

4) **Spessore:** a causa del diverso contributo che, al variare della massa volumica e dello spessore, danno al trasporto di

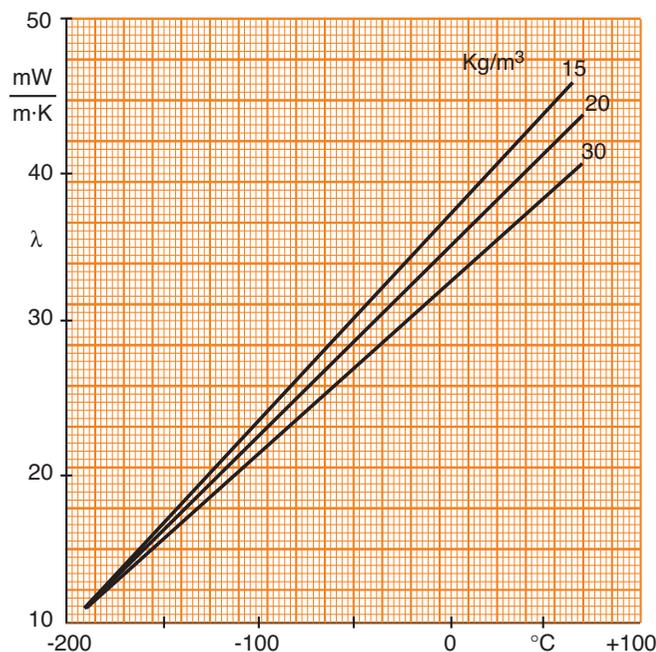


Fig. 5 (Zehender)

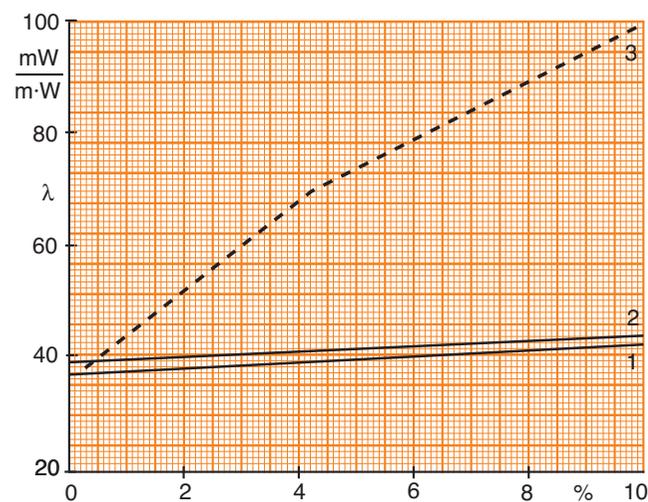


Fig. 6
1: EPS 16 Kg/m³ (IVH) - 2: EPS 30 Kg/m³ (Zehender)
3: Pannello fibre minerali 61 Kg/m³ (Carl)

calore la conduzione (lineare) e l'irraggiamento (non lineare), la conduttività termica, misurata con i metodi citati, su lastre dello stesso materiale, ma di diverso spessore, dà risultati diversi.

L'effetto è sensibile per l'EPS da 15 kg/m³ e ancora rilevabile sull'EPS da 20 kg/m³, mentre per masse volumiche superiori non è più avvertibile. L'effetto è poi importante sugli spessori più bassi, ma la misura è praticamente costante sopra i 100

CARATTERISTICHE DELL'EPS PER L'ISOLAMENTO TERMICO IN EDILIZIA

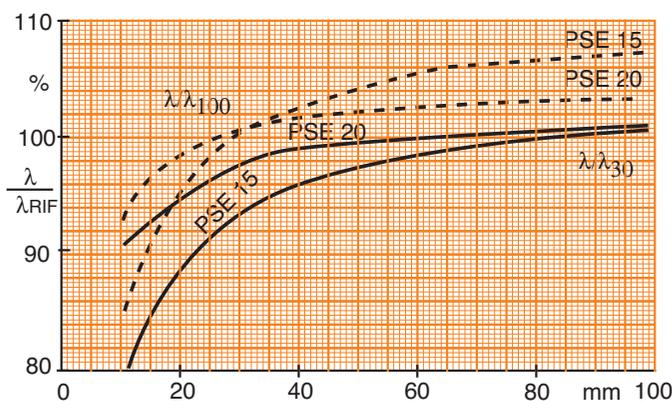


Fig. 7

mm. La figura 7, ricavata da misure di Cammerer, riporta la variazione percentuale di λ rispetto al valore a 30 mm (di solito impiegato nelle misure di laboratorio) e rispetto a quello a 100 mm.

EPS a conducibilità termica migliorata - L'EPS presenta una caratteristica struttura a celle delimitate da pareti aventi spessore dell'ordine di pochi micron.

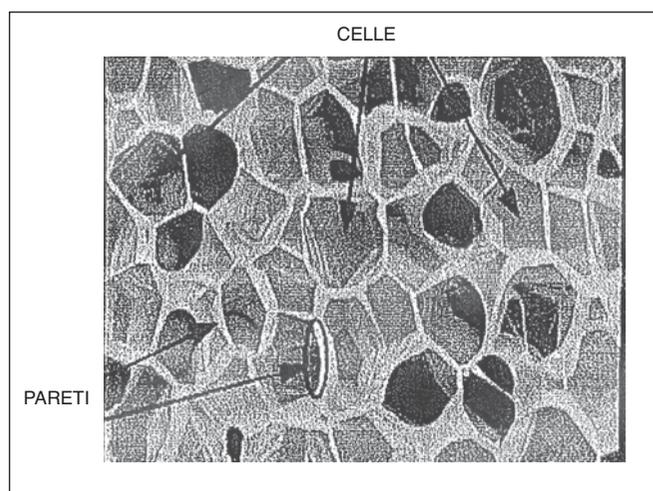


Fig. 8
Tipica struttura a celle chiuse delimitate da pareti dell'EPS.

Conduttività termica secondo UNI EN 13163 - La norma prevede che i valori della conduttività dell'EPS, venga indicata alla temperatura media di 10°C.

All'interno delle celle è contenuto il gas interstiziale, tipicamente aria. L'elevato grado di porosità del materiale (97-99%) associato alle proprietà chimico-ottiche dei suoi componenti fa sì che il trasporto ter-

mico nel mezzo avvenga sia per conduzione (attraverso la matrice solida e il gas) che per irraggiamento. La convezione invece risulta del tutto trascurabile date le ridotte dimensioni dei pori.

In generale si dimostra che entrambi i meccanismi di trasporto nelle schiume plastiche cellulari sono fortemente influenzati dalla struttura morfologica del materiale. In particolare nel caso delle schiume EPS la completa assenza di struts all'intersezione delle pareti rende la conduzione e l'irraggiamento dipendenti rispettivamente solo dalla porosità e dallo spessore delle pareti, parametro quest'ultimo strettamente correlato al diametro delle celle. Se si tiene conto altresì che, in una schiuma tipo, circa il 25% del calore viene trasferito per irraggiamento, il 70% per conduzione attraverso il gas e il 5% per conduzione nella matrice solida, si capisce allora l'importanza di intervenire sulle prime due componenti del trasporto al fine di migliorare le prestazioni isolanti del materiale.

Una possibile soluzione del problema potrebbe consistere nell'eliminare completamente la componente del trasporto termico per conduzione attraverso il gas praticando il vuoto spinto all'interno dei pannelli e conservandolo mediante l'applicazione di opportuni rivestimenti.

Un'alternativa al vuoto, anche se meno efficiente, è quella di sostituire all'aria un gas più pesante, avente quindi una conducibilità termica più bassa. Una tale soluzione, per quanto praticabile in sede produttiva, presenta però inconvenienti nella successiva messa in opera del materiale, che può manifestare un cattivo comportamento all'invecchiamento. Difatti, poiché in genere i pannelli si trovano ad operare in un ambiente saturo d'aria a pressione atmosferica, si possono innescare fenomeni diffusivi del gas, contenuto nelle celle, verso l'esterno e dell'aria verso l'interno con un progressivo peggioramento delle capacità isolanti del materiale. L'utilizzo di opportune barriere superficiali può ritardare l'effetto dell'invecchiamento senza però eliminarlo del tutto. Come si vede quindi, la strada di una riduzione della componente del trasporto per conduzione nel gas, oltre a prospettare esiti incerti, presenta difficoltà tecnologiche non indifferenti, che inevitabilmente si rifletterebbero sui costi finali del prodotto.

Occorre a questo punto notare come viceversa, un intervento mirato sulla componente radiativa risulti, se non proprio di facile intuizione, sicuramente più semplice da realizzare. Storicamente è proprio in questa direzione che sono stati mossi i primi passi più o meno consapevolmente, allorché si constatò che variando la densità della schiuma si potevano raggiungere bassi valori della conducibilità termica totale.

CARATTERISTICHE DELL'EPS PER L'ISOLAMENTO TERMICO IN EDILIZIA

Buoni risultati in termini di riduzione della conducibilità termica complessiva a parità di densità, derivano dalla possibilità di rendere le pareti delle celle maggiormente opache alla radiazione. In tal senso una tecnica molto promettente e di recente adozione consiste nell'aggiunta di opportune quantità di additivi alla materia prima, necessaria per produrre la schiuma. Per raggiungere l'effetto voluto gli additivi devono essere introdotti nella giusta concentra-

zione e dispersi uniformemente nella matrice solida; a seconda della natura dell'additivo si avrà una maggiore estinzione della radiazione per assorbimento o per scattering. È opportuno però precisare che accanto ad una riduzione della componente radiativa del trasporto si verifica in genere un aumento della componente conduttiva a causa della maggiore conducibilità termica delle polveri rispetto al polistirene.

Densità provini 15 Kg/m³ ÷ 800 nm						
% in peso polvere (gr _{polvere} /gr _{polistirene})	Spessore (mm)	Trasmissività	Riflettività	σ_s (m ⁻¹)	σ_a (m ⁻¹)	β (m ⁻¹)
Puro	2.94	0.1509	0.8354	1856.6	2.2	1858.8
	3.42	0.1273	0.8526			
	4	0.1146	0.8675			
2%	3.2	0.0553	0.6616	1735	114.8	1849.8
	3.62	0.0373	0.6723			
	4.63	0.0227	0.6811			
4%	3.11	0.0341	0.6266	1782.9	171.2	1954.1
	3.48	0.0338	0.6276			
	3.67	0.0283	0.6370			
6%	2.25	0.0763	0.5918	1744.8	191.5	1936.3
	2.85	0.0430	0.6030			
	3.53	0.0361	0.6188			
Densità provini 20 Kg/m³ ÷ 800 nm						
% in peso polvere (gr _{polvere} /gr _{polistirene})	Spessore (mm)	Trasmissività	Riflettività	σ_s (m ⁻¹)	σ_a (m ⁻¹)	β (m ⁻¹)
Puro	2.77	0.1541	0.8408	1953.5	3	1956.5
	3.02	0.1353	0.8539			
	3.87	0.1061	0.8764			
2%	2.90	0.0633	0.6414	1823.6	115.7	1939.3
	3.17	0.0420	0.6673			
	3.95	0.0159	0.6944			
4%	2.91	0.0540	0.6342	1898.8	150.7	2049.5
	3.12	0.0304	0.6476			
	3.63	0.0129	0.6602			
6%	2.72	0.0614	0.5925	1847.6	165.1	2012.7
	2.95	0.0292	0.6100			
	3.34	0.0166	0.3175			

Tabella 1 - Risultati sperimentali delle prove di riflettività e trasmissività emisferiche

Sulla base degli studi teorici e dei risultati sperimentali è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- Il miscelamento di additivi per migliorare il comportamento termico del polistirene porta a ottenere lastre di EPS la cui conducibilità termica apparente è inferiore ai valori misurati sul materiale puro;

- La riduzione della conducibilità termica apparente risulta, a parità di percentuale in peso di polvere di grafite utilizzata, maggiore per densità minori del materiale raggiungendo un decremento pari al 10% per densità di 15 Kg/m³.

CONDUTTIVITA' TERMICA DICHIARATA E DI PROGETTO

La conduttività termica rappresenta il parametro più significativo per un materiale isolante e quindi per l'EPS.

La determinazione può avvenire attraverso differenti metodi sperimentali (es. EN 12667, EN 12939) e i risultati devono essere trattati statisticamente in modo da offrire al progettista il valore che meglio rappresenta la produzione del fornitore.

Per l'EPS la norma di prodotto EN 13163 fornisce il metodo e le procedure per definire il valore da dichiarare.

Le norme UNI 10351 e UNI 10456 aiutano il progettista a determinare il valore della conduttività dichiarata e di progetto nelle differenti situazioni finali in cui l'EPS si trova ad operare.

La prima versione della norma UNI 10351 è stata pubblicata nel 1994. I valori delle caratteristiche termogrometriche dei materiali riportati nel prospetto contenuto nella suddetta norma erano frutto di un lavoro complesso e molto approfondito, portato avanti dalla metà degli anni '70 in poi.

Per questo motivo alcuni dei dati riportati, pur definiti a suo tempo in modo assolutamente rigoroso, non rispecchiano più i prodotti, anche dello stesso tipo, presenti oggi sul mercato.

Parallelamente, nel 2008 è stata pubblicata la UNI EN ISO 10456 che si affianca e in parte si sovrappone alla UNI 10351:1994.

La UNI EN ISO 10456:2008 specifica i metodi per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto per materiali e prodotti per l'edilizia termicamente omogenei, oltre a contenere valori tabulati di alcune caratteristiche termogrometriche dei materiali da costruzione.

La norma specifica i metodi per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto per materiali e prodotti per l'edilizia termicamente omogenei. Fornisce inoltre i procedimenti per convertire i valori ottenuti per un insieme di condizioni in quelli validi per un altro insieme di condizioni. Questi procedimenti sono validi per temperature ambiente di progetto comprese tra -30°C e +60°C.

La norma fornisce coefficienti di conversione per temperatura e umidità. Tali coefficienti sono validi per temperature medie tra 0°C e 30°C.

La norma fornisce inoltre valori di progetto tabulati che possono essere utilizzati nei calcoli di trasferimento di calore e umidità per materiali termicamente omogenei e prodotti comunemente utilizzati nella costruzione di edifici.

La norma UNI 10351 è stata revisionata nel 2015 e fornisce il metodo per il reperimento dei valori di riferi-

mento per conduttività termica, resistenza al passaggio del vapore e calore specifico dei materiali da costruzione in base all'epoca di installazione.

La norma integra quanto non presente nella UNI EN ISO 10456:2008 con particolare riferimento ai materiali isolanti per l'edilizia e precisa i campi di applicazione e i differenti metodi di valutazione dei valori di conduttività termica, di resistenza al passaggio del vapore e delle correzioni dei parametri termici da utilizzare in base all'epoca di installazione dei materiali.

TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini della presente norma si utilizzano le grandezze definite dalla UNI EN ISO 10456:2008 e in particolare le seguenti:

Conduttività termica dichiarata, λ_D

Valore atteso della conduttività termica di un materiale per l'edilizia valutato da dati misurati in condizioni di riferimento di temperatura e umidità, dato per un frattile livello di confidenza definiti nelle specifiche tecniche di prodotto per la marcatura CE e ragionevolmente valido per la vita utile dell'edificio in normali condizioni.

Conduttività termica di progetto, λ

Valore della conduttività termica di un materiale per l'edilizia in condizioni specificate esterne e interne che possa essere considerato come tipico delle prestazioni del materiale quando incorporato in un componente per l'edilizia.

MATERIALI GIÀ IN OPERA

Materiali isolanti termici per l'edilizia, riferimento norma UNI 10351

Conduttività termica

Per i materiali isolanti posti in opera prima dell'entrata in vigore dell'obbligo della relativa marcatura CE, di cui non si abbiano dati attendibili o non vi siano altre possibilità di reperire informazioni sulle effettive caratteristiche, per la determinazione della conduttività termica fare riferimento al prospetto A. 1, definito "archivio storico".

I valori di conduttività termica del prospetto A.1 da utilizzare sono quelli maggiorati con il fattore m riportato nel prospetto.

Nota: I valori di conduttività termica del prospetto A.1 non sono valori di λ dichiarato e non sono valutati in conformità con quanto prescritto nella UNI EN ISO 10456:2008 e di conseguenza non possono essere corretti con i fattori di conversione presenti nella suddetta norma.

Nel caso di installazione successiva all'entrata in vigore dell'obbligo della marcatura CE, in assenza di dati relativi alla marcatura dello specifico prodotto installato, si devono considerare i valori riportati nel prospetto 1.

Coefficiente di resistenza al passaggio del vapore

Per i materiali isolanti posti in opera prima dell'entrata in vigore dell'obbligo della relativa marcatura CE (data riportata nella colonna 4 del prospetto 1), di cui non si abbiano dati attendibili o non vi siano altre possibilità di reperire informazioni sulle effettive caratteristiche, per la determinazione del coefficiente di resistenza al passaggio del vapore (tramite la formula riportata nel punto 4.1.3) fare riferimento al prospetto A.1 in cui vengono forniti i valori di permeabilità.

Nel caso di installazione successiva all'entrata in vigore dell'obbligo della marcatura CE, in assenza di dati relativi alla marcatura dello specifico prodotto installato, si devono considerare i valori riportati nel prospetto 4 della UNI EN ISO 10456:2008.

MATERIALI DI NUOVA INSTALLAZIONE

Materiali isolanti termici per l'edilizia

Conduttività termica

Per i materiali isolanti dotati di marcatura CE, si deve fare riferimento al lambda dichiarato nella marcatura CE dello specifico prodotto isolante utilizzato.

Qualora non si conosca ancora lo specifico prodotto da porre in opera, utilizzare i valori forniti nel prospetto 1.

I valori di conduttività termica riportati nel prospetto 1 sono da considerare come valori indicativi di conduttività dichiarata di materiali isolanti con marcatura CE obbligatoria o volontaria reperibili sul mercato nazionale alla data di pubblicazione della presente norma.

Coefficiente di resistenza al passaggio del vapore

Per i materiali isolanti dotati di marcatura CE, si deve fare riferimento al coefficiente di resistenza al passaggio del vapore presente nella marcatura CE dello specifico prodotto isolante utilizzato.

Qualora non si conosca ancora lo specifico prodotto da porre in opera, utilizzare i valori forniti nel prospetto 4 della UNI EN ISO 10456:2008.

Prospetto 1 – Valori indicativi di conduttività termica dichiarata per materiali isolanti marcati CE secondo UNI 10351 (dettaglio EPS)

Tipo di prodotto	Norma di prodotto	λ_D (W/mK)	Data di entrata in vigore obbligo marcatura CE
POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO			
Pannello in polistirene espanso sinterizzato (EPS):	UNI EN 13163	0.040	13 maggio 2003
EPS S		0.038	
EPS 50		0.037	
EPS 70		0.036	
EPS 80		0.035	
EPS 100		0.034	
EPS 120 – EPS 150		0.033	
EPS 200 – EPS 250			
Pannello in polistirene espanso sinterizzato (EPS) a conducibilità termica migliorata mediante riduzione della trasmissione radiativa del calore	UNI EN 13163		13 maggio 2003
EPS S		0.033	
EPS 50 – EPS 70		0.032	
EPS 80 – EPS 100 – EPS 120 – EPS 150 – EPS 200 – EPS 250		0.031	

CORREZIONE DI PARAMETRI TERMICI E MAGGIORAZIONI

Qualora, per il reperimento dei dati sia previsto l'utilizzo del prospetto A.1 della norma UNI 10351, i valori da utilizzare per la conduttività sono quelli già maggiorati presenti nell'ultima colonna del prospetto stesso. Tali maggiorazioni erano state previste per tenere conto delle condizioni reali in opera del materiale.

Qualora per il reperimento dei dati sia previsto l'utilizzo del prospetto 1 della presente norma o della UNI EN ISO 10456:2008, occorre correggere eventualmente i valori di conduttività con i metodi riportati nel punto 7 della UNI EN ISO 10456:2008. Le correzioni del valore del λ_D espresso nella marcatura CE sono eventuali e non obbligatorie: sono previste infatti per condizioni di umidità e temperatura differenti da quelle convenzionali di riferimento.

Tali condizioni convenzionali si riferiscono alle modalità di prova con cui è determinato il valore di conduttività dichiarato e sono quindi definite dalla norma di prodotto pertinente. Se l'insieme delle condizioni per i valori dichiarati può essere considerato rappresentativo per l'applicazione reale, tali valori possono essere usati direttamente come valori di progetto, altrimenti deve essere effettuata la correzione dei dati secondo i procedimenti illustrati nel punto 7 della UNI EN ISO 10456:2008 e con riferimento ai coefficienti riportati nell'appendice A della norma stessa. I valori di conduttività termica presenti nell'appendice A della UNI EN ISO 10456:2008 devono essere utilizzati esclusivamente per identificare il fattore di conversione di temperatura f_T da applicare.

Nel prospetto 2 è riportato uno schema delle varie casistiche per la scelta dei valori delle caratteristiche termiche e termoigrometriche.

Prospetto 2 - Guida alla scelta del valore dei parametri termici e termoigrometrici per i materiali da costruzione

		Data installazione/ costruzione		λ (W/mK)	μ	C (J/KgK)
Materiali già in opera	Materiali da costruzione generici	Ante UNI EN ISO 10456:2008		Prospetto A1	Prospetto A1	UNI EN ISO 10456:2008
		Post UNI EN ISO 10456:2008	Materiali presenti nella norma	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008
			Materiali non presenti nella norma	Prospetto A1	Prospetto A1	
	Materiali isolanti	Ante obbligo marcatura CE	Etichetta CE disponibile	Prospetto A1	Prospetto A1	UNI EN ISO 10456:2008
		Post obbligo marcatura CE e marcatura volontaria	Etichetta CE non disponibile	Valore di marcatura CE	Valore di marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008
				Prospetto 1	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008

			λ (W/mK)	μ	C (J/KgK)
Materiali di nuova installazione	Materiali da costruzione generici	Presenti UNI EN ISO 10456:2008	Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008	Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008	Marcatura CE o UNI EN ISO 10456:2008
		Non presenti nella UNI EN ISO 10456:2008	Prospetto A1	Prospetto A1	Valori di letteratura tecnica
	Materiali isolanti	Prodotto commerciale già scelto	Valore di marcatura CE	Valore di marcatura CE	UNI EN ISO 10456:2008 o dati sperimentali o valore 1000 (J/KgK)
		Scelto il tipo di materiale ma non il prodotto commerciale	Prospetto 1	UNI EN ISO 10456:2008	UNI EN ISO 10456:2008 o dati sperimentali o valore 1000 (J/KgK)

CALORE SPECIFICO E DIFFUSIVITÀ TERMICA

Il calore specifico è una proprietà additiva dei costituenti, in questo caso polistirene e aria; essendo quest'ultima, in massa una piccola frazione, il calore specifico dell'EPS è pressoché indipendente dalla massa volumica e varia quasi linearmente da 1,2 KJ/kg·K a 20°C a 20,8 KJ/kg·K a -60°C. La norma UNI EN ISO 10456 specifica dei valori tabulati per diversi materiali di isolamento termico e per il polistirene espanso riporta un valore di riferimento del calore specifico pari a 1450 J/(Kg·K).

La diffusività termica si ottiene dividendo la conduttività per il prodotto della massa volumica per il calore specifico; la sua unità di misura è quindi [m²/sec].

Queste due grandezze interessano negli studi di trasmissione del calore in regime variabile.

RESISTENZA ALLA DIFFUSIONE DEL VAPORE

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 di materiale in questione.

Per l'EPS il valore di μ è compreso entro limiti che vanno crescendo con la massa volumica, come mostra la tabella seguente.

Tabella 2 - Resistenza alla diffusione del vapore dell'EPS

Massa volumica (kg/m ³)	μ minimo	μ massimo
15	20	40
20	30	50
25	40	70
30	50	100
35	60	120

Dai valori relativi μ è possibile ricavare i valori assoluti della resistenza alla diffusione del vapore, sapendo che la resistenza di uno spessore di 1 m di aria, nel campo da -0 a +30°C, ammonta a 1,5·10⁶ m²h Pa/kg.

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 ammonta al massimo al 5% in volume per la densità 15 e al 3% per la densità 30, 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 di densità pari a 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

DILATAZIONE LINEARE

Il coefficiente di dilatazione lineare dell'EPS è compreso fra 5·10⁻⁵ m/m·K e 7·10⁻⁵ m/m·K. Non ha molta importanza nelle applicazioni ordinarie e, se il movimento termico è impedito, le reazioni sui punti di fissaggio sono modeste, dato il valore del modulo elastico del materiale. Questa caratteristica deve essere tenuta presente nel caso di applicazioni in cui l'isolante può raggiungere temperature elevate (isolamento esterno sotto intonaco) o molto basse (celle frigorifere).

RITIRO E POST-RITIRO

L'EPS subisce un ritiro iniziale rispetto alle dimensioni della forma in cui è stato prodotto, a causa del suo raffreddamento; quindi esso continua ad assestarsi per effetto del riequilibrarsi della composizione del gas nelle celle e delle tensioni interne. Questo secondo processo è rapido nei primi giorni e si esaurisce praticamente in alcuni mesi ed è il solo che interessa chi impiega l'EPS. Si conviene di chiamare *post-ritiro* il ritiro che avviene a partire da 24 ore dalla produzione. La figura 9 ne mostra l'andamento e i limiti; il comportamento della densità 15 si avvicina al limite inferiore; quello della densità 35 al superiore.

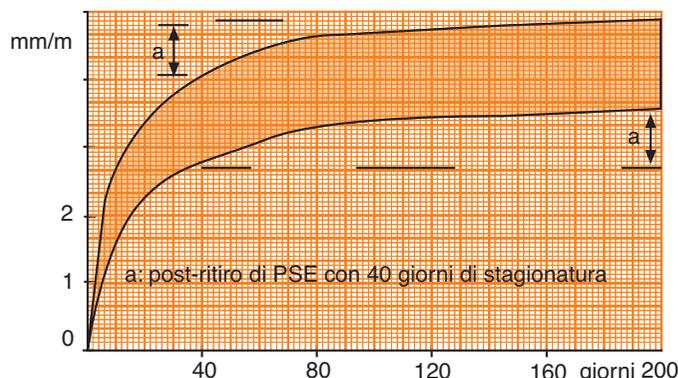


Fig. 9 (I.V.H.)

Nei casi più critici (per es. isolamento sotto intonaco esterno) si tollerano ritiri successivi all'applicazione non superiori a 2 mm/m e allo scopo vengono richieste al produttore lastre di EPS che abbiano già subito una stagionatura di 40-60 giorni; è pure evidente che, da questo punto di vista, sono preferibili le lastre di massa volumica inferiore (15-20 kg/m³).

COMPORAMENTO ALLE SOLLECITAZIONI MECCANICHE

Sollecitazioni di breve durata

La tabella 3 riporta una sintesi dei valori delle caratteristiche di risposta dell'EPS alle sollecitazioni meccaniche di breve durata a temperatura ambiente. I valori effettivi di prestazioni fisico-meccaniche dell'EPS sono riscontrabili mediante la norma europea di prodotto EN 13163 per applicazioni come materiale isolante. La norma citata può essere utilizzata per definire i metodi ed i valori relativi alle caratteristiche meccaniche in base alle prestazioni desiderate. Si deve anche sottolineare che la norma europea classifica l'EPS secondo le prestazioni desiderate. Si deve anche sottolineare che la

norma europea classifica l'EPS secondo le prestazioni di compressione/flessione e non secondo la densità, come veniva realizzato in passato. Quindi le richieste prestazionali del materiale devono essere confezionate in base alle reali necessità desiderate, lasciando il produttore libero di fornire il materiale ritenuto più idoneo allo scopo.

Il comportamento più utile ai fini pratici è quello a compressione. La relazione fra sollecitazione e deformazione in questo caso è lineare fino al 3% di deformazione; oltre questo limite si ha una deformazione permanente progressiva della struttura cellulare, senza che si addivenga ad una vera rottura; per convenzione si assume quindi come caratteristica del comportamento a compressione la sollecitazione che corrisponde ad uno schiacciamento del 10% dello spessore della provetta.

I valori di sollecitazione a rottura a trazione e flessione, non molto importanti per il dimensionamento delle applicazioni, vengono considerati dalle normative come misura della buona sinterizzazione del materiale. La sollecitazione di taglio interessa nei casi in cui la lastra di EPS è vincolata a rivestimenti rigidi, come nei pannelli sandwich e negli isolamenti esterni sotto intonaco.

Nella letteratura tecnica si riscontrano valori di resistenza al taglio anche molto discosti da quelli di tabella 3; in questi casi, quando è possibile, conviene affidarsi all'esperienza applicativa consolidata, ed è il caso degli isolamenti sotto intonaco, altrimenti è consigliabile eseguire le prove opportune direttamente sui pannelli composti.

Il modulo elastico a compressione si riferisce ovviamente alle sollecitazioni che stanno entro il limite elastico. Per i moduli elastici a trazione e a taglio si trovano in letteratura pochi valori e piuttosto dispersi; orientativamente, secondo alcuni autori, il modulo a trazione è circa triplo di quello a compressione e quello di taglio circa doppio.

Tabella 3 - Caratteristiche meccaniche dell'EPS in N/mm² (1)

Massa volumica in Kg/m ³ (valore indicativo)	15	20	25	30	35
Sollecitazione di compressione al 10% di deformazione	> 0,05	> 0,10	> 0,14	> 0,18	> 0,22
Resistenza a trazione	> 0,13	> 0,17	> 0,22	> 0,32	> 0,40
Resistenza a flessione	> 0,075	> 0,15	> 0,20	> 0,24	> 0,35
Resistenza al taglio	> 0,05	> 0,075	> 0,10	> 0,12	> 0,18
Modulo elastico a compressione	4,00	5,00	6,00	7,00	9,00

(1) 1 N/mm² \approx 10 Kg/cm²

(Valori medi da dati di bibliografia)

Tabella 4 - Sollecitazione permanente a compressione per deformazione del 2%

Massa volumica (kg/m ³)	Sollecitazione N/mm ²
15	0,012-0,025
20	0,020-0,035
25	0,028-0,050
30	0,036-0,062
35 (1)	0,044-0,074

(1) Valori estrapolati

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. La figura 10 illustra questo comportamento a temperatura ambiente per 3 tipi di EPS di diversa massa volumica apparente, per diversi livelli della sollecitazione di compressione. In conseguenza, per carichi permanenti di compressione, si raccomanda di non superare i valori di tabella 4.

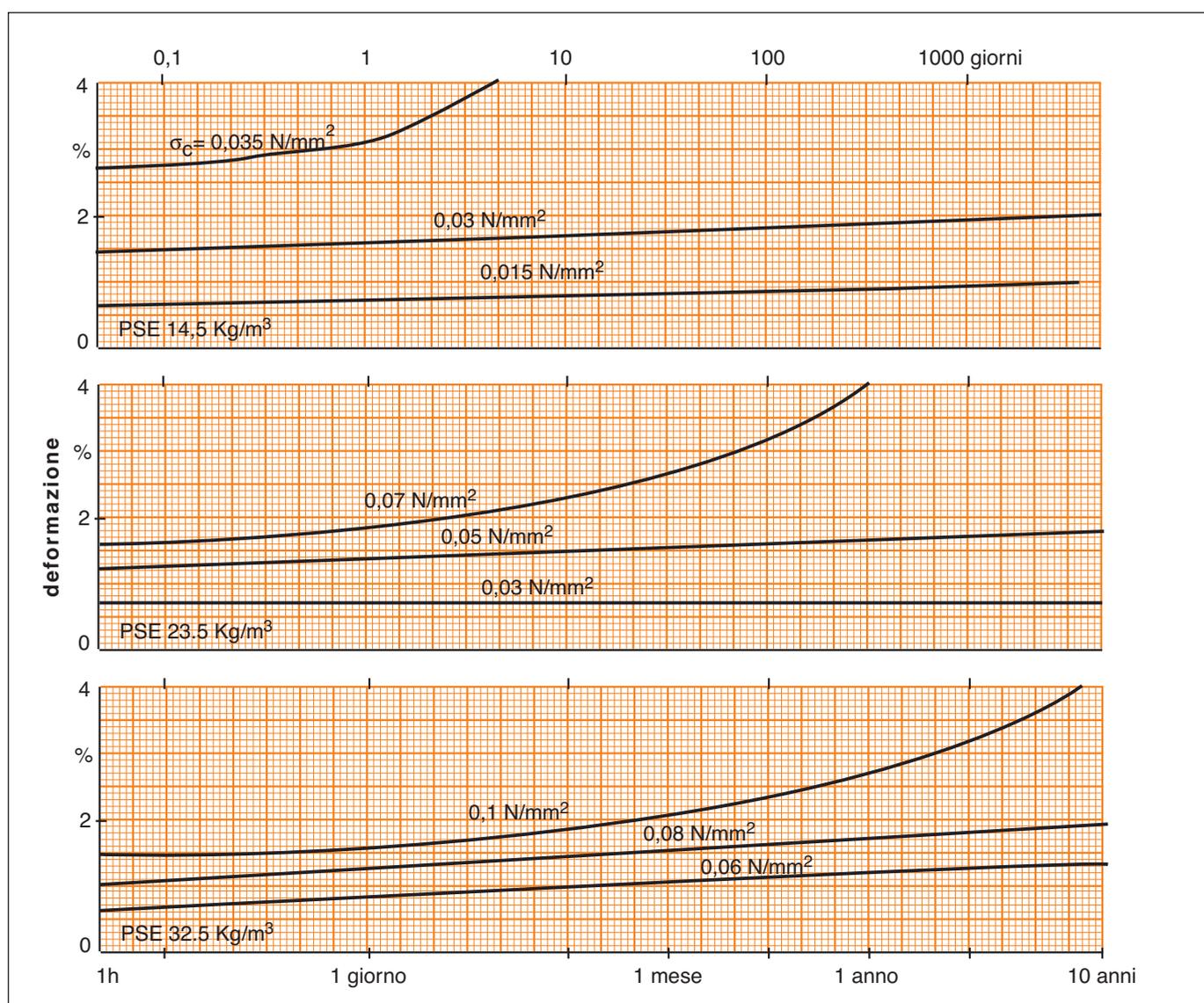


Fig. 10

(BASF)

Sollecitazioni d'urto

L'EPS, sottoposto ad urto, per le sue caratteristiche elastiche, è in grado di decelerare gradualmente la massa urtante, restituendo soltanto una frazione dell'energia d'urto. Tale comportamento spiega perché l'EPS è oggi uno dei materiali più impiegati per l'imballaggio; questa caratteristica non è tuttavia generalmente interessante nelle applicazioni edilizie. Si può comunque rilevare che l'EPS costituisce, anche da questo punto di vista, il miglior supporto per l'intonaco armato, con il quale forma l'isolamento dall'esterno chiamato comunemente "a cappotto": per la sua tenacità esso si deforma sotto l'urto in elasto-plastico, senza sbriciolarsi e continuando quindi la sua funzione di supporto anche dopo l'urto; la caratterizzazione di questo comportamento dipende tuttavia dalla struttura dell'intero sistema isolante-intonaco armato ed è definito dalla normativa in proposito.

Vibrazioni e rumore

La resistenza a vibrazioni e scuotimenti dell'EPS è eccellente, in relazione al suo comportamento elastico-tenace; questa caratteristica è generalmente poco interessante per le applicazioni edilizie e molto di più per gli imballaggi.

La stessa caratteristica elastica rende l'EPS di scarso interesse per le applicazioni di assorbimento dei rumori aerei. Invece lo speciale tipo di EPS elasticizzato, ottenuto per compressione e successiva espansione delle lastre normali, si è rivelato fra i migliori materiali per l'isolamento dai rumori da calpestio nei cosiddetti "pavimenti galleggianti".

Lo smorzamento dei rumori da calpestio è tanto più elevato, quanto minore è la cosiddetta "rigidità dinamica" delle lastre di EPS. Questa caratteristica, che si usa esprimere in MN/m^3 e ha quindi la dimensione di un modulo elastico diviso una lunghezza, è in effetti l'indice del comportamento elastico del com-

Tabella 5 - Rigidità dinamica del EPS per isolamento da calpestio

Spessore t.q. mm	Spessore sotto carico di 2 kN/m ² mm	Rigidità dinamica MN/m ³
17	15	30
22	20	20
27	25	15
33	30	15
38	35	10
44	40	10

plesso costituito dalla struttura dell'espanso e dall'aria racchiusa, ed è funzione decrescente dello spessore; viene dedotta dalla misura della frequenza di risonanza del sistema costituito dalla lastra di EPS collocata su un supporto rigido e gravata da una massa oscillante standard.

L'EPS normale, che ha rigidità dinamica oltre 90 MN/m^3 , non è indicato per questa applicazione.

Influenza della temperatura sul comportamento meccanico

Le temperature massime sopportabili dall'EPS dipendono, come per tutti i termoplastici, dalla durata e dall'intensità della sollecitazione.

Senza sollecitazione e per breve tempo l'EPS sopporta temperature di 95-100°C (p. es. all'atto dell'applicazione di un bitume caldo. Sotto un carico permanente di 20 KN/m^2 la temperatura limite scende a 80-85°C.

Le prove di stabilità dimensionale considerate dalle normative, che indicano la deformazione massima ammissibile dopo un determinato periodo sotto carico ad una data temperatura, danno la possibilità di verificare l'idoneità di un EPS per determinate applicazioni. In particolare ISO 4898 prevede una deformazione limite del 5% nelle condizioni e per gli impieghi specificati nella seguente tabella 6.

A bassa temperatura, poiché il Polistirene non subisce alcuna transizione di fase (cambiamento di struttura) in questo campo, le sue caratteristiche meccaniche possono considerarsi simili a quelle a temperatura ordinaria fino ad almeno -200°C.

Tabella 6 - Prove di stabilità dimensionale dell'EPS secondo ISO 4898

Classe Impiego	Massa volumica (kg/m ³)	Durata della prova	Temper. di prova °C	Sollecit. di compr. KN/m^2
I Non portante	15	48 ore	70	—
II Carichi limitati	20	48 ore	80	20
III Carichi maggiori	30	7 giorni	70	40

COMPORTEMENTO AGLI AGENTI CHIMICI

L'EPS non è intaccato dai materiali da costruzione correnti; la tabella 7 dà un quadro del comportamento dell'EPS a contatto di molti gruppi di sostan-

Tabella 7 - Sostanze inerti per l'EPS

<ul style="list-style-type: none"> - Acqua, acqua di mare, soluzioni saline - Materiali da costruzione (calce, cemento, gesso, ecc.) - Sali (p. es. efflorescenze di salnitro), concimi - Soluzioni alcaline (idrato sodico e potassico, soluzioni ammoniacali, acqua di calce, candeggianti, acqua ossigenata, concimi liquidi) - Saponi e detersivi sintetici - Acidi diluiti e acidi deboli (p. es. citrico, carbonico, acidi urici) - Acidi concentrati (cloridrico 35%, nitrico 50%, solforico 95%) - Alcoli (metilico, etilico, ecc.) - Glicoli, glicerina - Oli siliconici - Bitumi, adesivi e masse bituminose a base acquosa.
<p>Sostanze che attaccano l'EPS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Esteri (acetati, ftalati, diluenti per vernici) - Eteri (etilico, glicolico, diossano) - Chetoni (acetone, cicloesano) - Composti organici alogenati (triellina, tetracloruro di carbonio, fluorocarburi) - Ammine, ammidi, nitrili - Idrocarburi aromatici (benzolo, stirolo, toluolo, ecc.), cicloesano - Benzina e vapori di benzina - Gasolio, olio combustibile, olio di paraffina, vaselina (sostanze con azione più limitata) - Ragia minerale, trementina - Bitumi e masse bituminose con solventi - Derivati del catrame

ze. Particolare attenzione deve essere posta al contatto con vernici, collanti, impermeabilizzanti, che possono contenere solventi del polistirene.

Nei casi incerti è bene eseguire una prova pratica prima dell'impiego, eventualmente a temperatura più elevata, p. es. 50°C, per abbreviare la prova.

COMPORAMENTO BIOLOGICO

L'EPS non costituisce nutrimento per alcun essere vivente, microrganismi compresi, quindi non marcisce o ammuffisce. Al più, se molto sporco, in certe condizioni, microrganismi si possono insediare nella sporcizia e l'EPS agisce semplicemente da suppor-

to e non prende parte ai processi biologici. Anche i batteri del suolo non attaccano l'EPS.

L'EPS, come altri materiali di scarsa durezza, può essere roso da piccoli animali e insetti, che ne sfruttano la buona coibenza termica per farvi il nido. Ciò può accadere in particolare in applicazioni agricole (stalle, sili). Si può ovviare con opportune disinfezzazioni (tenendo presente la sensibilità dell'EPS ai solventi) o meglio impedendo l'accesso ai roditori con reti inossidabili e agli insetti con intonaci di rivestimento. 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.

L'EPS in opera nella coibentazione edilizia non presenta alcun fattore di pericolo per la salute; si tenga presente in proposito che il Polistirene compatto e l'EPS come materiale da imballaggio sono ammessi dalla legislazione come materiali che possono venire a contatto con le sostanze alimentari. 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. Anche le tracce di espandente e di stirolo monomero non polimerizzato che possono essere presenti nell'EPS di recente produzione si disperdono rapidamente e, anche in locali chiusi, non sono più rilevabili a distanza di qualche mese dalla produzione, che è un tempo che comunque decorre fra la produzione dell'EPS e l'occupazione di un edificio.

COMPORAMENTO 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.

L'analisi qui svolta delle influenze che i fattori ambientali, come temperatura e umidità, e le sollecitazioni di lavoro hanno sulle caratteristiche dell'EPS mostra che esso può garantire per un periodo illimitato le prestazioni che gli vengono richieste. Ciò è dimostrato da 50 anni di esperienza applicativa su scala vastissima e in particolare da numerose verifiche delle caratteristiche, effettuate su EPS in opera da decenni.

Sono quindi da confutare decisamente le voci di scarsa stabilità nel tempo, che si sono spinte fino ad

CARATTERISTICHE DELL'EPS PER L'ISOLAMENTO TERMICO IN EDILIZIA

affermare l'esistenza di una "sublimazione", affermazione fisicamente senza senso.

L'origine di queste voci, quando non è da attribuire a concorrenza scorretta, va fatta risalire a pratiche imprenditoriali scorrette, che hanno ritenuto di poter approfittare della difficoltà di verificare l'effettiva applicazione del materiale nelle intercapedini: in effetti tali voci non si riferiscono mai a situazioni più controllabili, anche se oggettivamente più difficili, come l'isolamento esterno sotto intonaco.

Naturalmente la migliore assicurazione del permanere nel tempo delle prestazioni dell'EPS è data dall'impiego di materiale a norma.

Un fattore ambientale non trattato precedentemente, perchè non corrisponde mai ad effettive condizioni di impiego, è l'effetto della radiazione solare ultravioletta.

Questa radiazione, cui l'EPS può trovarsi esposto nel deposito in cantiere e durante la messa in opera, provoca un ingiallimento e infragilimento superficiale, che in molti casi non dà luogo ad alcuna riduzione delle prestazioni, mentre in altri, come nel rivestimento con intonaco, può compromettere l'aderenza della finitura. Una corretta pratica di cantiere evita facilmente questo inconveniente.

COMPORAMENTO AL FUOCO

L'EPS, quale composto di carbonio e idrogeno, è di sua natura un materiale combustibile. Esso inizia la sua decomposizione a circa 230-260°C, con emissione di vapori infiammabili, ma soltanto a 450-500°C si ha un'accensione.

La successiva propagazione della fiamma avviene spontaneamente nell'EPS normale, se vi è sufficiente apporto di ossigeno, mentre nell'EPS a migliorato comportamento al fuoco (EPS/RF), ottenuto con opportuni additivi, la propagazione cessa al venir meno della causa di innesco.

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

Le norme applicative prescrivono i limiti di impiego di ciascuna classe nei singoli casi.

Si riportano invece qui alcune considerazioni generali sul comportamento al fuoco dell'EPS, che possono utilmente servire per una valutazione del rischio di impiego, anche nei casi non contemplati dalla normativa.

1) L'EPS richiede una certa energia per la sua accensione; anche per il tipo normale una scintilla o una sigaretta accesa non sono sufficienti: la loro

energia viene asportata come calore di fusione dell'EPS.

Il materiale, fondendo, tende poi a ritrarsi dalla sorgente di innesco, anche di una certa intensità; quindi in particolare l'EPS/RF brucia in effetti soltanto in un incendio generalizzato.

2) Il contributo dell'EPS in termini di bilancio energetico di un incendio, è modesto, in relazione alla sua bassa massa volumica: 1 dm³ di EPS da 15 kg/m³ ha un potere calorifico di 590 J contro 9200 J dello stesso volume di legno di abete.

3) L'EPS si trova generalmente protetto da altri materiali e non ha immediata disponibilità dell'aria necessaria alla sua combustione (circa 130 volte il suo volume).

4) La combustione può sviluppare, come gas tossici, essenzialmente ossido di carbonio non diversamente dai materiali lignei presenti nella costruzione o nell'arredamento, ma in proporzione più ridotta, come mostra la tabella 8 (prova del Laboratorio Chimico di Stato di Vienna, secondo DIN 53436: provini da 300x15x10 mm, temperatura 600°C, portata d'aria 100 l/h).

La tabella 8 dimostra anche che i gas sviluppati non sono corrosivi.

5) La produzione di fumi opachi dell'EPS/RF è più ridotta di quella dell'EPS normale e comunque proporzionata, rispetto agli altri materiali combustibili presenti, alle piccole quantità in peso normalmente applicate.

6) Il pericolo di distacco di rivestimenti in EPS, in caso di incendio, dipende essenzialmente dal tipo di fissaggio. Le parti o le gocce fuse che cadono

Tabella 8 - Componenti tossici dei gas combustibili di materiali da costruzione (p.p.m.)

Materiale	Ossido di Carbonio	Stirola	Benzolo e omologhi	Composti alogenati
EPS normale	1.000	400	40	—
EPS/RF	1.000	50	30	11
Legno di abete	15.000	—	—	—
Pannello truciolare	69.000	—	1.000	—
Sughero espanso	29.000	—	1.000	—

non sono infiammante e non contribuiscono quindi alla propagazione dell'incendio.

7) La differenza di costo fra i tipi normali e quelli RF è modesta e ha già consigliato, in vari paesi, l'adozione esclusiva dei tipi RF per tutte le applicazioni edilizie, anche quelle in cui potrebbe essere ammesso il tipo normale; ciò evita confusioni e pericoli di incendio di materiale in deposito in cantiere.

Il comportamento al fuoco dell'EPS, in quanto materiale di natura polimerica e combustibile, viene definito mediante la reazione che lo stesso presenta in funzione dell'applicazione in cui viene utilizzato.

Quindi, in base all'utilizzo, si applicano le seguenti normative e classificazioni:

1. Edilizia - Isolamento termico

EN 13163, EN 13501-1 - Classi A, B, C, D, E, F,

2. Edilizia - Opere di ingegneria - decorazioni

DM 26/06/1984 - Classi 0,1, 2, 3, 4, 5

3. Scenografia e Vetrinistica

DM 26/06/1984 - Classi 0, 1, 2, 3, 4, 5

Le problematiche inerenti la prevenzione all'incendio ed alla definizione delle classi da adottare nei differenti settori di uso finale sono materia del Ministero dell'Interno.

Ogni Nazione inoltre è "sovrana" nel decidere la classe di reazione al fuoco dei materiali da adottare, mentre le norme che definiscono come provare il materiale e definirne la classe sono stabilite in Europa dal CEN/TC 127 e valgono in tutto il territorio Europeo.

Ma non si può dire altrettanto dell'abbinamento della classe all'utilizzo, che invece può variare da paese a paese.

In Italia i VVFF hanno emesso alcuni provvedimenti per edifici ad uso specifico (per esempio attività commerciali > 400 m², scuole, ospedali, asili nido...) in cui l'EPS, se utilizzato deve essere di una classe precisa di reazione al fuoco.

Inoltre vi sono alcuni provvedimenti a carattere generale, quali il Decreto 5 marzo 2005, in cui vengono definiti gli ambiti applicativi e le relative classi dei materiali isolanti.

Un settore di particolare attenzione da parte dei VVFF in questi ultimi anni è rappresentato dal comportamento al fuoco delle facciate.

Tale argomento è stato normato in molti Paesi europei, mentre nel nostro ha visto l'emissione di una guida tecnica.

La guida per il comportamento al fuoco delle fac-

ciate prevede una classificazione specifica e definita dal materiale isolante in base alla sua applicazione ed alle relative modalità.

Facendo riferimento alle applicazioni più interessanti quali cappotto, pareti ventilate e coperture, si giunge alla conclusione che il materiale utilizzato dovrà presentare una classificazione BS₃d₀ secondo la norma EN 13501-1.

La classe B può essere raggiunta dal materiale nudo o con rivestimenti che dovranno essere utilizzati quanto posti in opera.

L'EPS, come evidenziato da tutte le marcature CE e certificazioni, cade nella classe E, anche se alcuni studi sperimentali hanno evidenziato che la classe dell'EPS può essere anche D e C.

La classe B con EPS nudo è veramente difficile da raggiungere, mentre con un adeguato rivestimento superficiale potrebbe raggiungerla.

Prove sperimentali effettuate con differenti materiali di rivestimento hanno dimostrato la possibilità di classificazione B riproducendo le reali condizioni di utilizzo.

CARATTERISTICHE ELETTRICHE

Le caratteristiche elettriche dell'EPS si avvicinano a quelle dell'aria, che costituisce la maggior parte del suo volume (costante dielettrica $\epsilon=1,04$).

La quasi completa assenza di gruppi polari è evidenziata dal bassissimo angolo di perdita ($\tan \delta=0,0001$).

Per queste caratteristiche, di scarsa importanza per le applicazioni edilizie in generale, l'EPS aveva suscitato interesse al suo apparire come materiale isolante per alte frequenze.

2.

LE APPLICAZIONI DELL'EPS NELL'ISOLAMENTO TERMICO

Il soddisfacente risultato di un'applicazione di isolamento dipende, oltre che dalla scelta del materiale coibente, anche dal suo corretto dimensionamento e più in generale dalla considerazione di tutti quei fattori che influenzano la risposta dell'edificio alle sollecitazioni termiche e igrometriche, a fronte delle quali le teorie della fisica delle costruzioni indicano per quali vie ottenere il voluto benessere abitativo, congiunto ad un'accettabile affidabilità, sicurezza ed economicità dell'applicazione.

Per il buon successo di un'applicazione occorre infine osservare (ed è l'aspetto più spesso trascurato e maggior fonte di patologie edilizie), la corretta esecuzione di particolari costruttivi peculiari di ciascuna classe di applicazioni.

Questo capitolo fornisce un panorama generale delle applicazioni dell'EPS in edilizia.

CLASSIFICAZIONE DELLE APPLICAZIONI E CRITERI DI SCELTA

Si può affermare che, con una opportuna scelta del tipo, tutte le esigenze di isolamento termico nelle costruzioni possono essere soddisfatte dall'EPS.

Per orientarsi in modo corretto è opportuno partire da una classificazione delle applicazioni e delle prestazioni che in ciascuna di esse sono richieste all'isolante.

La Tab. 1 considera 29 applicazioni diverse e 24 caratteristiche del materiale isolante, indicando, per ciascuna applicazione, quali caratteristiche sono da ritenere importanti, 9 fra esse, come si può rilevare dalla tabella, sono importanti per tutte le applicazioni. I livelli di queste caratteristiche non sono precisati, in quanto dipendono anche dalle caratteristiche del componente o struttura di cui l'isolante fa parte, dalle condizioni di esercizio (carichi, ambiente, ecc.) e dalle regolamentazioni che caso per caso devono essere rispettate (p. es. prevenzione incendi).

Per quanto riguarda l'EPS, in sede di Comitato Europeo di Normazione (CEN), nel quadro della normativa sui materiali isolanti per edilizia, che dovrà consentire la libera circolazione anche di questi materiali all'interno della Comunità, sono già emersi orientamenti tendenti a stabilire la corrispondenza fra le applicazioni classificate e i tipi di EPS. Queste indicazioni utili, sono riportate nella tabella 1. Secondo le raccomandazioni dell'AIPE, è consigliabile che i tipi scelti siano sempre RF (a ritardata propagazione di fiamma). Per quanto riguarda le condizioni di esercizio da tenere presenti nella scelta, oltre quelle riguardanti i carichi che in certe applicazioni vengono trasmessi all'isolante, è importante considerare le condizioni di esposizione della parete o copertura e il modo in cui esse, nel loro complesso, rispondono alle sollecitazioni igrotermiche, alla pioggia battente, ecc. A questo proposito indicazioni generali si trovano nel secondo volume di Documentazione Tecnica.

L'EPS NELL'ISOLAMENTO DEI TETTI A FALDE

Il tetto a falde è caratterizzato, nella massima parte dei casi, da una copertura costituita da elementi di piccole o medie dimensioni, comunemente designata come "copertura discontinua". Con questo termine si intende una chiusura superiore costituita da un insieme di elementi che assicurano la tenuta all'acqua solo per valori della pendenza superiori ad un minimo, dipendente dal tipo di copertura. Le odierne esigenze di isolamento termico, sia per motivi di

benessere abitativo, che di risparmio energetico, hanno naturalmente portato a fissare l'attenzione sui tipi di coperture a falde comprendenti uno strato termoisolante. Particolarmente nei casi, sempre più frequenti, sia nelle nuove costruzioni che nelle ristrutturazioni, in cui si vuole sfruttare a scopo abitativo lo spazio immediatamente sottostante al tetto a falde, l'impiego di EPS si è rivelato uno dei più convenienti, oltre che economicamente, anche tecnicamente, sia per le sue caratteristiche geometriche e meccaniche, che di stabilità nel tempo e di insensibilità all'acqua. Il sistema concettualmente migliore è l'isolamento *sopra l'orditura portante* della copertura (n° 2 e 3 della App. Tab. 1), perché sopprime i ponti termici e contribuisce alla protezione della struttura portante. Nel caso delle ristrutturazioni, questo sistema comporta lo smontaggio della vecchia copertura, prima dell'applicazione dell'isolante; tuttavia, quando la sostituzione della copertura è prevista per motivi di manutenzione straordinaria o rinnovamento edilizio, l'inserzione dell'isolante in questo modo risulterà particolarmente conveniente.

L'applicazione (Fig. 1) prevede il fissaggio delle lastre di EPS all'orditura insieme a listelli di legno disposti nel senso della pendenza del tetto, per mezzo di chiodi inossidabili o tasselli ad espansione, secondo la natura del supporto. Su questi listelli sono inchiodati, in senso orizzontale, i listelli di aggancio delle tegole.

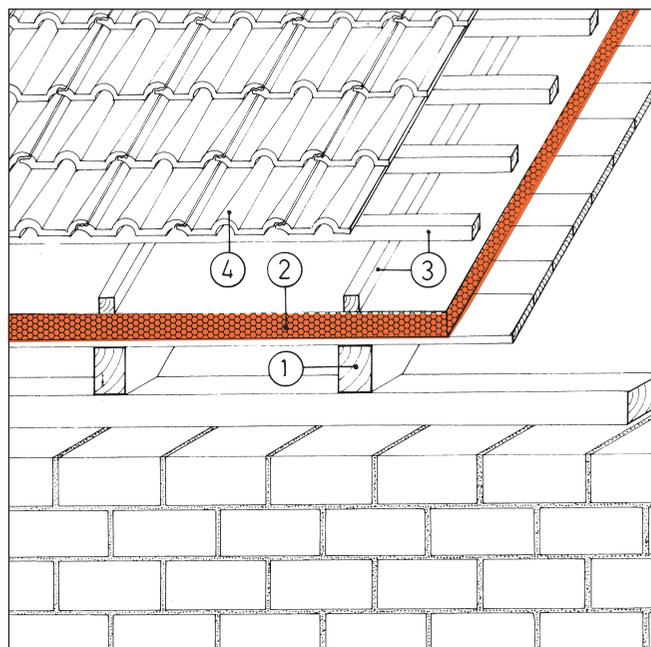
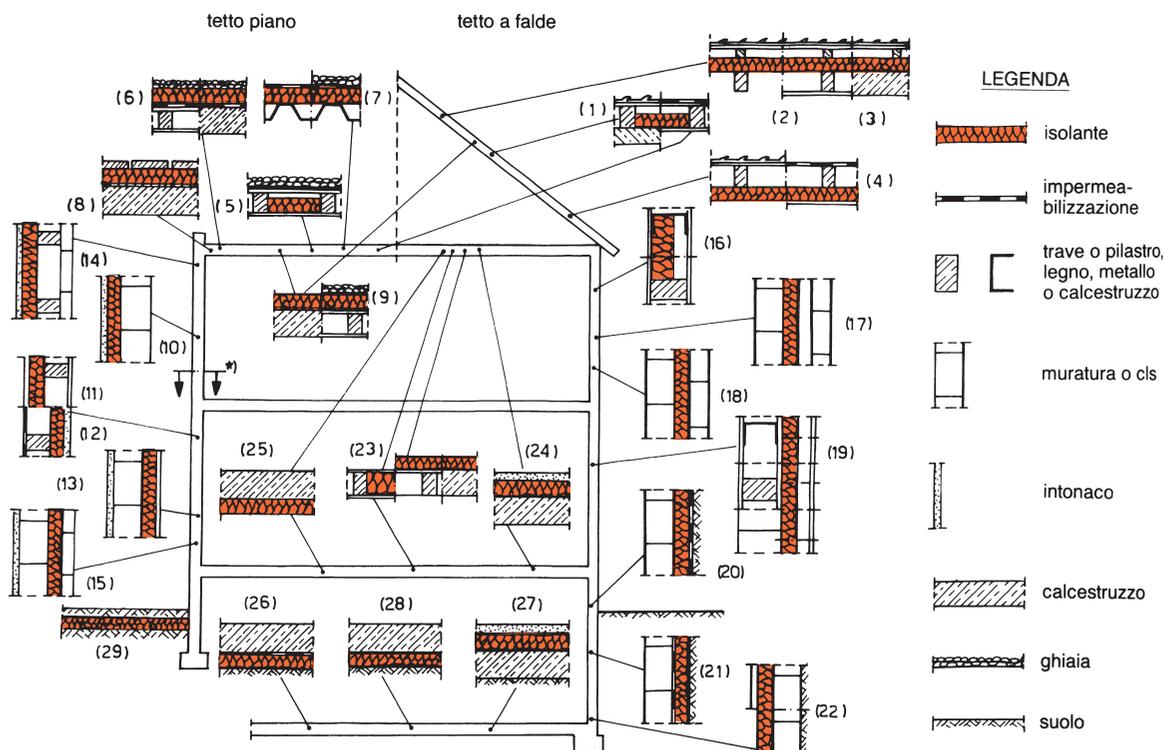


Fig. 1 - Isolamento di tetto a falde sopra l'orditura.
1. Orditura principale
2. EPS
3. Orditura secondaria
4. Copertura

Tabella 1 - Classificazione delle applicazioni degli isolanti termici nelle costruzioni secondo ISO/TR 9774



N°	A P P L I C A Z I O N E		
1	TETTO	A FALDE	Ventilato - Isolamento fra travetti, sopportato e non caricato
2			Ventilato - isolamento fra travetti e coperture
3			Ventilato - Isolamento fra struttura portante e copertura
4			Ventilato - Isolamento sotto travetti
5	TETTO	PIANO	Ventilato - Isolamento fra travi o travetti
6			Inverso - Isolamento sopra impermeabilizzazione
7			Su solaio in acciaio - Isolamento sotto impermeabilizzazione
8			Accessibile a carico leggero o pesante, tetto giardino - Isol. sotto impermeabilizzazione
9			Accessibile solo per manutenzione - Isolamento sotto impermeabilizzazione
10	PARETE		Muratura o cls - Isolamento esterno intonacato
11			Montanti in legno - Isolamento esterno intonacato
12			Montanti in legno - Isolamento interno intonacato
13			Muratura o cls - Isolamento interno con cartongesso o simili
14			Muratura o cls - Isolamento interno con rivestimento supportato
15			Muratura o cls - Isolamento interno con rivestimento pesante
16			Montanti in legno o metallo, rivestito, isolamento fra i montanti
17			Isolante in intercapedine ventilata
18			Intercapedine riempita dall'isolante; paramento esterno non a tenuta
19			Montanti in legno o metallo, rivestito; isolamento sopportato, ventilato
20			Interrata, isolamento esterno sotto impermeabilizzazione - Protezione meccanica
21			Interrata, isolamento esterno in contatto con il suolo
22			Isolamento interno di cantine, protetto e non
23	SOFFITTO		Isolamento sopra la struttura portante o fra le travi
24			Isolamento sopportato, sotto pavimento di ripartizione
25			Isolamento sotto la struttura portante
26	FONDAZIONE		Cls - Isolamento sotto la soletta, a contatto con il suolo
27			Cls - Isolamento sopra la soletta e impermeabilizzazione, sotto pavimento ripartitore
28			Cls - Isolamento sotto la soletta, sopra impermeabilizzazione
29			Isolamento dal gelo a contatto con il suolo

LE APPLICAZIONI DELL'EPS NELL'ISOLAMENTO TERMICO

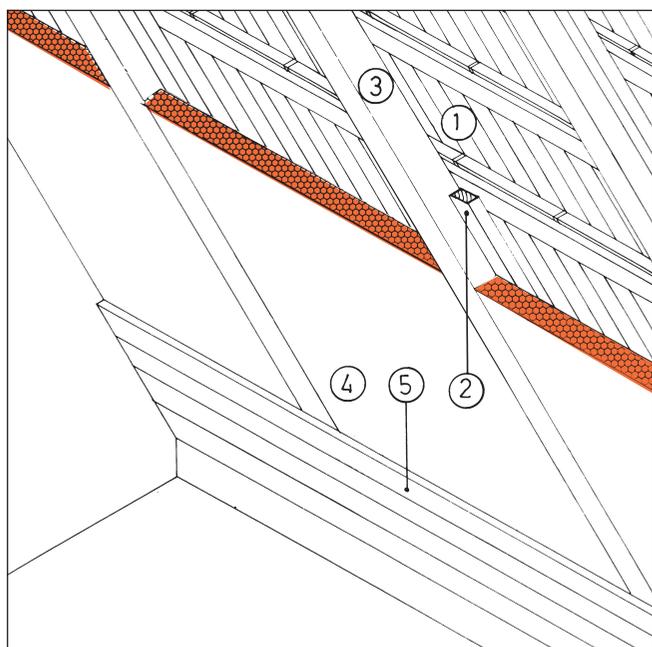


Fig. 2 - Isolamento di tetto a falde inserito nell'orditura.

1. Copertura
2. Listello di battuta
3. Orditura
4. EPS
5. Rivestimento

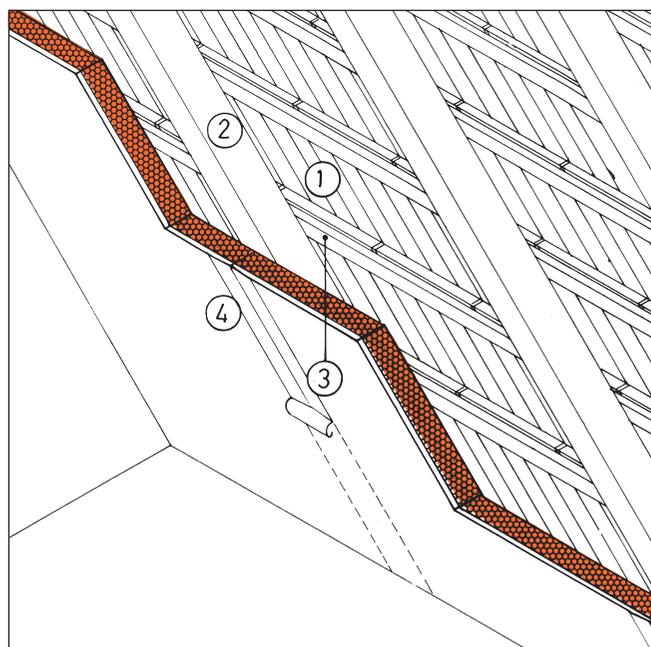


Fig. 3 - Isolamento di tetto a falde sotto orditura.

1. Copertura
2. Orditura principale
3. Orditura secondaria
4. Pannello EPS/cartongesso

In alternativa alle lastre, si possono usare manufatti stampati, che portano sulla faccia superiore apposite sporgenze per l'aggancio delle tegole. Altre lastre sagomate si usano per coperture a coppi o ondulate. L'applicazione va fatta avendo cura che in gronda e in colmo vi siano opportune aperture per assicurare la ventilazione sotto la copertura.

Quando non si può operare sopra l'orditura, un isolamento efficace può ancora essere ottenuto in maniera poco dispendiosa operando dall'interno.

Un sistema App. n° 1 consiste nell'inserire l'EPS, tagliato nella giusta larghezza, *fra i travi dell'orditura* (Fig. 2), dopo aver applicato lungo le stesse dei listelli che servono di battuta alle lastre di EPS. Il lavoro viene ultimato con l'applicazione di un rivestimento (perline, compensato, laminati, cartongesso), fissato all'orditura, al quale, se necessario, si sovrappone una finitura (pittura, tappezzeria, ecc.).

Il sistema lascia scoperti i ponti termici costituiti dall'orditura, non molto importanti se questa è di legno; per contro ha il vantaggio di non rubare spazio al vano interno. In alternativa a questo sistema, e con il vantaggio di sopprimere i ponti termici, l'isolante può essere fissato *sotto l'orditura* (App. n° 4), preferibilmente previo fissaggio sulla stessa di una orditura secondaria in legno (Fig. 3), con un passo corrispondente alle dimensioni delle lastre di EPS. Un buon modo di eseguire questo isolamento è quello di

usare pannelli bistrato EPS/cartongesso; si ha il vantaggio di impiegare pochi listelli di orditura secondaria e di avere una superficie già pronta per la finitura.

L'EPS NELL'ISOLAMENTO DEI TETTI PIANI

Il modo più tradizionale per isolare un tetto piano è quello di porre lo strato isolante sotto l'impermeabilizzazione (App. n° 5, 7, 8, 9). In questa situazione il sistema è sottoposto a notevoli sollecitazioni igrotermiche e meccaniche; in particolare l'impermeabilizzazione è spesso esposta direttamente alle intemperie e, dato il suo colore generalmente scuro, sollecita a sua volta termicamente l'isolante sottoposto. La sua realizzazione richiede quindi una buona esperienza, sia in progettazione, che in esecuzione. L'EPS, fin dalle sue origini, è stato utilizzato in queste applicazioni e i saggi eseguiti periodicamente su tali prime applicazioni hanno dimostrato che anche in questo, è uno dei casi più impegnativi di isolamento, l'EPS offre prestazioni perfettamente adeguate, quando l'esecuzione sia fatta a regola d'arte. La stratificazione (Fig. 4) comprende solitamente, sopra la struttura portante, uno strato separatore-equilibratore, per la protezione degli strati soprastanti dalle asperità della struttura portante e l'assorbi-

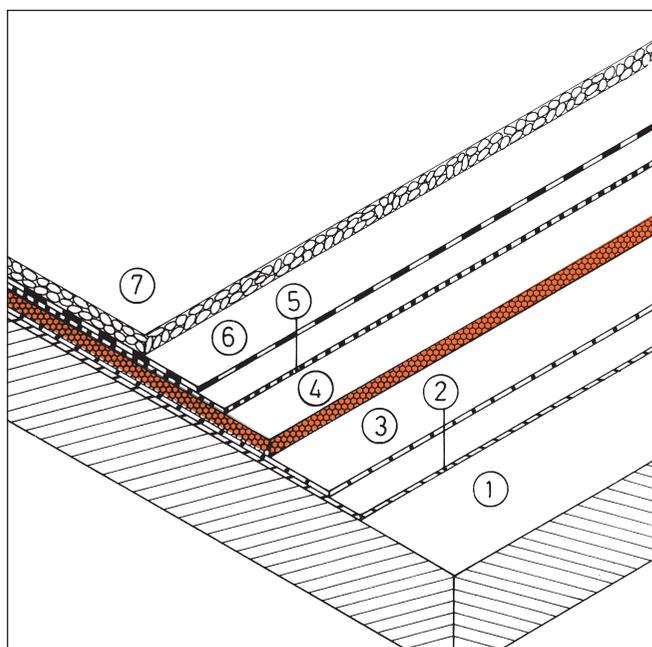


Fig. 4 - Isolamento sotto impermeabilizzazione di tetto piano.

1. Soletta
2. Strato di desolidarizzazione
3. Barriera vapore
4. EPS
5. Strato di equilibramento della pressione di vapore
6. Impermeabilizzazione
7. Ghiaia

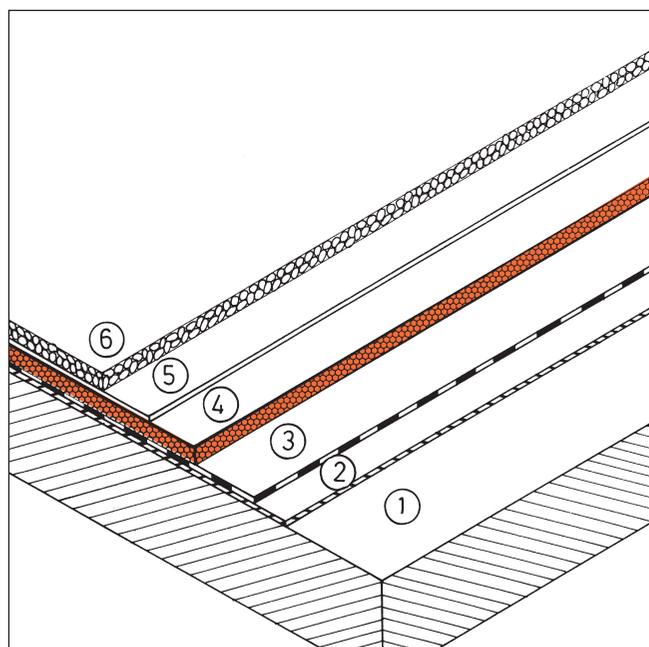


Fig. 5 - Isolamento di tetto piano sopra impermeabilizzazione (tetto rovescio).

1. Soletta
2. Strato di desolidarizzazione
3. Impermeabilizzazione
4. EPS
5. Strato filtrante
6. Zavorra di ghiaia o quadrotti

mento dei movimenti di origine termica o di assestamento, poi una barriera vapore e su questa l'EPS. Il tipo va scelto, secondo il carico previsto. Sono disponibili anche pannelli o rotoli di strisce di EPS che portano già attaccate sulla faccia superiore un foglio catramato; si trovano pure, all'estero per ora, pannelli a spessore variabile a cuneo, per realizzare la pendenza di scolo mediante lo strato coibente.

Sopra l'EPS si pone uno strato di tessuto non tessuto per equilibrare la pressione di vapore e su questo lo strato di impermeabilizzazione costituito da foglie a base bituminosa o polimerica di vario tipo. La stratificazione è completata superiormente con uno strato di protezione e zavorramento (ghiaia o quadrotti in calcestruzzo), che assicura l'integrità dell'impermeabilizzazione contro le azioni esterne e si contrappone al sollevamento della copertura provocato dal vento.

Stratificazioni funzionalmente analoghe si hanno anche quando la struttura portante è in lamiera nervata di acciaio (App. n° 7) oppure discontinua (App. n° 5); in quest'ultimo caso si ripetono le situazioni illustrate per i tetti a falde; in particolare l'isolante può essere inserito fra le travi o sopra o sotto di esse.

Poiché il componente più sollecitato del sistema di isolamento dei tetti piani sopra descritto è sempre lo

strato di impermeabilizzazione, si è pensato di invertirne la posizione rispetto all'isolante, ponendolo sotto questo e proteggendo così l'impermeabilizzazione da eccessive escursioni termiche. È nato così il tetto rovescio (App. n° 6). In questo caso (Fig. 5) l'isolante deve sopportare non soltanto le escursioni termiche, ma anche il contatto diretto con l'acqua meteorica. Pochi materiali si sono dimostrati idonei a questa applicazione e fra questi è stato riconosciuto ed accreditato ufficialmente l'EPS, in virtù soprattutto della quasi nulla influenza che il contatto con l'acqua ha sulle sue caratteristiche di isolamento termico.

Le stratificazioni, a parte l'inversione sopra detta, procedono sostanzialmente come prima descritto.

Poiché l'acqua meteorica, passando attraverso le giunzioni dei pannelli, defluisce scorrendo a contatto dell'impermeabilizzazione, in caso di pioggia si ha un raffreddamento della struttura portante, di cui si può tenere conto con uno spessore dell'isolante leggermente maggiorato (10%), oppure mettendo una parte dello spessore sotto l'impermeabilizzazione (tetto sandwich). Il peso della zavorra va calcolato in modo da evitare fenomeni di galleggiamento dell'isolante in caso di forti piogge o difficoltà di scarico. In tutti i sistemi di isolamento dei tetti piani, la corretta ese-

cuzione dei punti singolari (scarichi, sfiati, uscite verticali, ecc.) è fondamentale per la buona riuscita. Questi aspetti, inclusi quelli generali dell'isolamento dei tetti piani, sono trattati in modo particolareggiato nel secondo volume.

L'EPS NELL'ISOLAMENTO DELLE PARETI VERTICALI DALL'ESTERNO

L'isolamento dall'esterno delle pareti verticali è, in linea di principio, il più efficiente, perché sopprime i ponti termici, riduce i movimenti differenziali di origine termica delle strutture ed accresce l'inerzia termica dell'edificio. L'isolante è particolarmente soggetto alle sollecitazioni igrotermiche, ma l'EPS è, da questo punto di vista, uno dei materiali più qualificati e molto spesso l'unica scelta possibile.

Il tipo più comune di isolamento dall'esterno delle pareti verticali è quella con intonaco sottile su isolante, comunemente detto "a cappotto" (App. n° 10). È essenzialmente costituito da lastre di EPS applicate alla superficie esterna e rivestite con un intonaco di appropriate caratteristiche (Fig. 6). L'EPS è generalmente di 20 kg/m^3 a ritardata propagazione di fiamma, in lastre da $0,5 \times 1$, tagliate da blocco o stampate con tolleranze più strette di quelle correnti; il blocco al momento del taglio deve avere una stagionatura di 6-8 settimane, al fine di minimizzare eventuali ritiri dopo l'applicazione.

Le lastre vengono fissate alla muratura con apposite malte o con accorgimenti meccanici (se l'intonaco preesistente è in cattive condizioni).

La finitura esterna è costituita da un primo strato di malta (la stessa usata come adesivo), rinforzata con una rete di fibre di vetro rese alcali-resistenti con un apposito appretto, ed un secondo strato di intonaco plastico di finitura. Quest'ultimo deve essere preferibilmente di colore chiaro, per diminuire l'assorbimento di calore radiante, deve essere resistente alla luce, elastico, idrorepellente per impedire l'infiltrazione della pioggia battente e nel contempo di bassa resistenza al passaggio del vapore proveniente dall'interno.

L'esperienza più che ventennale di questa tecnologia assicura una buona e duratura riuscita se tutti i componenti sono accuratamente scelti e compatibili fra di loro e l'applicazione è fatta da persone specializzate. Nel caso di impiego di isolamento a cappotto nelle costruzioni nuove, oltre ai benefici fisici dell'isolamento dall'esterno, quando questo sistema è già previsto in fase di progettazione, si possono avere importanti benefici economici, non soltanto perché i particolari (spigoli, aperture, cornici, ecc.) possono

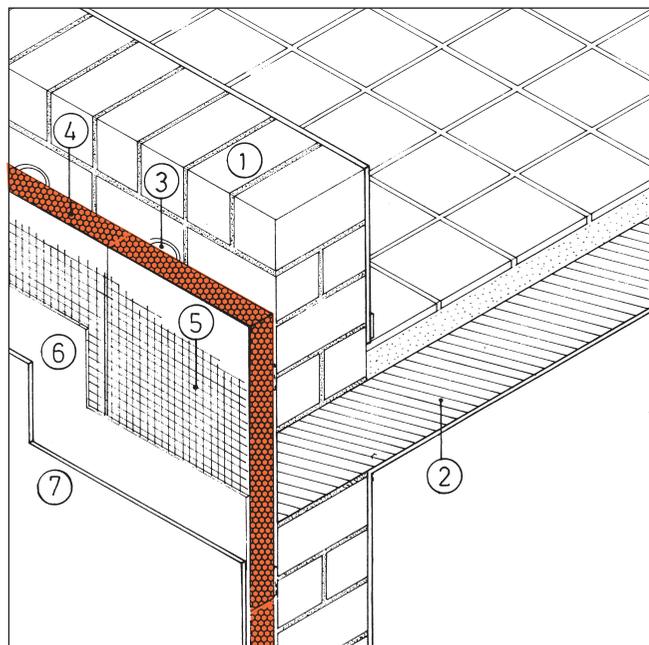


Fig. 6 - Isolamento esterno "a cappotto".

1. Supporto
2. Ponte termico soppresso
3. Collante
4. EPS
5. Armatura di tela di vetro
6. Rasatura
7. Finitura

essere risolti nel modo più conveniente, ma soprattutto perché il tamponamento può essere semplice e, con una struttura portante dimensionata in corrispondenza; a pari dimensioni esterne, si ha una superficie interna utile maggiore, con un aumento di valore del fabbricato che può essere cospicuo.

L'applicazione dell'isolamento a cappotto agli edifici esistenti può creare qualche problema o maggior costo per risolvere adeguatamente i punti singolari, ma in generale resta sempre l'intervento più semplice ed economico, specialmente quando un intervento di ripristino della facciata è comunque richiesto per motivi di manutenzione straordinaria. L'efficace isolamento dei ponti termici fa sì che il livello globale di isolamento richiesto per l'edificio possa essere raggiunto con spessori di EPS minori che con altri sistemi. Si consiglia comunque di non scendere sotto i 40 mm.

Il sistema di isolamento a cappotto delle facciate non contribuisce, come hanno dimostrato prove di esperienze pratiche, alla diffusione di un eventuale incendio; i sistemi certificati adottano tuttavia i tipi RF di EPS. L'isolamento dall'esterno delle pareti verticali "a cappotto" è trattato specificatamente nel secondo volume. Un sistema di isolamento dall'esterno meno usato in Italia, anche perché si discosta di più dai

nostri sistemi tradizionali di finitura, è quella della così detta "facciata ventilata"

In questo sistema l'EPS viene applicato al muro con fissaggi meccanici più spesso che con collanti; sopra le lastre o inserita fra di esse è fissata un'orditura in legno o metallica, alla quale a sua volta è fissato il rivestimento in modo tale che fra esso e l'EPS si formi una camera d'aria di 2-5 cm, in comunicazione con l'esterno in basso e in alto, così da consentire una circolazione d'aria fra rivestimento e isolante (Fig. 7). Ciò è molto utile per favorire la traspirazione dell'umidità interna; il sistema evita anche eccessivi riscaldamenti dovuti all'irraggiamento solare.

L'EPS deve essere a ritardata propagazione di fiamma (RF) e protetto e l'intercapedine ventilata deve essere interrotta ogni piano, perché non favorisca la propagazione verticale di un eventuale incendio. Il rivestimento esterno può essere costituito da pannelli di legno, cemento fibrorinforzato, plastica, pietra naturale e artificiale o metallo.

Lo spessore dell'EPS prudenzialmente può essere calcolato come se rivestimento e intercapedine non esistessero, si dovrà tenere conto, eventualmente, della riduzione di isolamento rappresentata dalle parti di orditura intercalate all'isolante.

Recentemente è stato introdotto all'estero un nuovo sistema di isolamento dall'esterno delle pareti verticali, che riunisce alcune caratteristiche di entrambi i sistemi prima descritti.

Esso è infatti costituito da elementi di modeste dimensioni (generalmente meno di 0,4 m²), in cui già in fabbrica alla lastra di EPS viene unito un rivestimento (cementizio, plastico, metallico); secondo la natura di quest'ultimo (traspirante o non), i due componenti sono a contatto continuo, oppure si attua fra i due una microventilazione. Il fissaggio alla parete è di tipo meccanico, con profilati e tasselli ad espansione (Fig. 8).

L'EPS NELL'ISOLAMENTO DELLE PARETI VERTICALI DALL'INTERNO

L'isolamento dall'interno delle pareti verticali è preso in considerazione soprattutto in caso di interventi sull'esistente, ma anche nel caso di locali ad occupazione saltuaria, in cui interessa ridurre l'inerzia termica per ottenere un rapido riscaldamento dell'ambiente. L'applicazione di lastre di EPS a vista sulle superfici interne verticali non è generalmente possibile, per la loro insufficiente resistenza superficiale.

Devono pertanto essere dotate di un rivestimento di

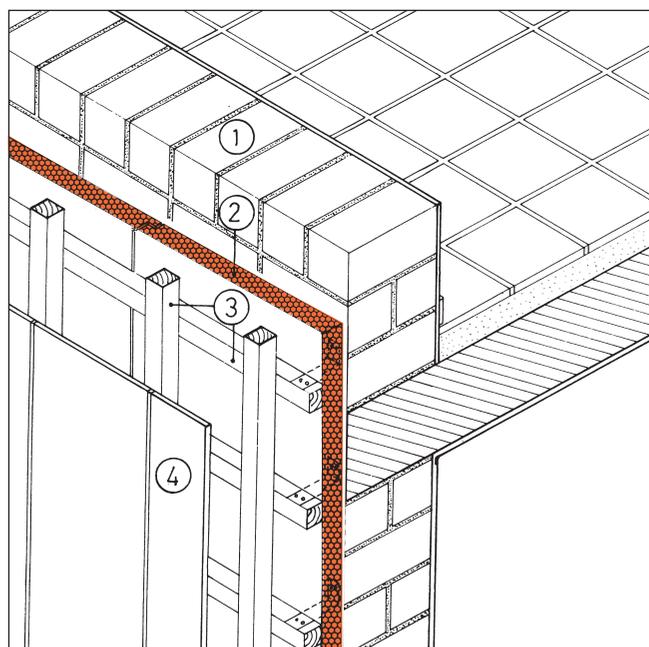


Fig. 7 - Isolamento esterno "a facciata ventilata".

1. Supporto
2. EPS
3. Orditura
4. Rivestimento

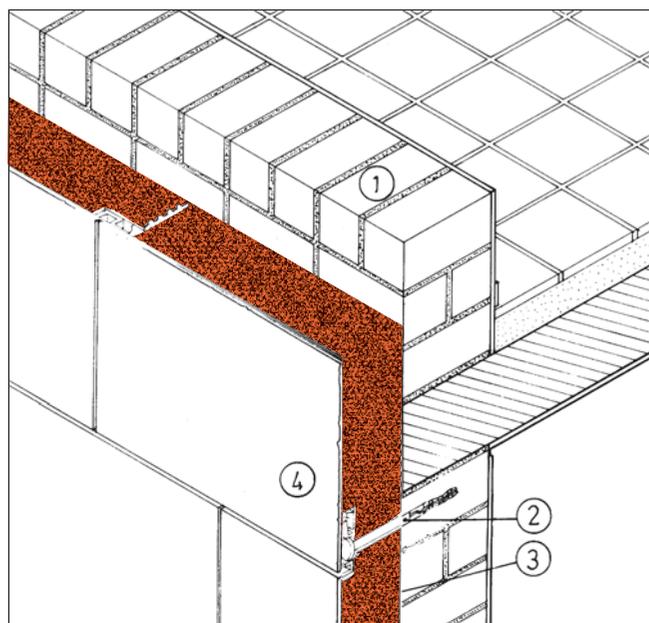


Fig. 8 - Isolamento esterno con componente leggero prefabbricato (vêtture).

1. Supporto
2. Ancoraggio
3. EPS
4. Rivestimento

opportuna rigidità (compensati, perlinature, truciolari, ceramica, fibro-cemento, ecc.). La soluzione più nota e diffusa è tuttavia costituita dal pannello bistrato, formata da una lastra di EPS accoppiata ad una lastra di cartongesso (Fig. 9). I pannelli bistrato hanno di solito una larghezza di 1,20 m e una lunghezza fino a 3,60 m, così da coprire l'altezza di piano con un solo pannello.

Il cartongesso ha uno spessore di 9-10 mm, oppure 13-15 mm, quando si richiedano resistenze particolari.

Sono disponibili anche pannelli che incorporano una barriera vapore; è infatti da tenere presente che l'isolamento dall'interno può alterare in senso sfavorevole l'equilibrio termoigrometrico della parete; la probabilità che in conseguenza si generino condensazioni di umidità all'interno della parete va quindi verificata (p. es. con il metodo di Glaser) e, se necessario, ovviata con l'inserzione della barriera vapore nella stratificazione.

I pannelli vengono fissati alla parete con apposite malte e i giunti vengono sigillati e carteggiati e la parete è così pronta per ricevere la finitura (pittura, tappezzeria, ecc.). Se la parete è irregolare o ammalorata, può essere conveniente applicarvi una leggera orditura di legno o metallica, sulla quale fissare i pannelli. In generale comunque si tratta di un metodo di isolamento di applicazione rapida e pulita, oltre che economica.

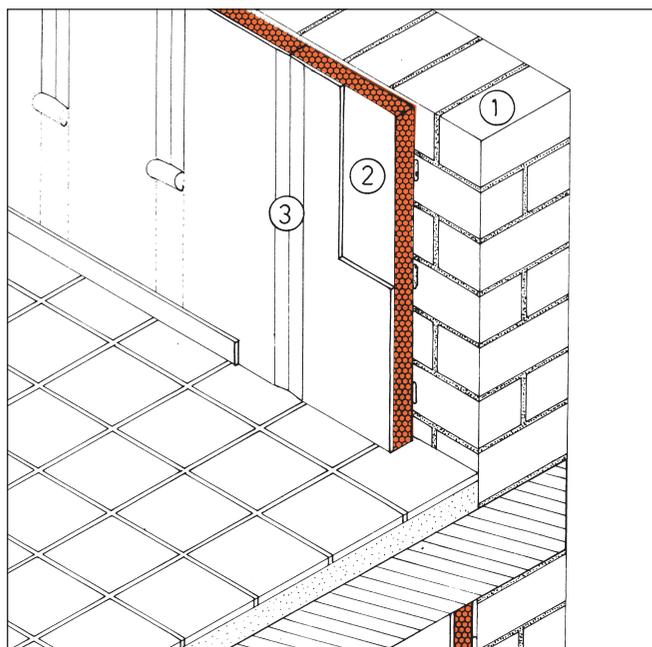


Fig. 9 - Isolamento verticale dall'interno con pannelli bistrato EPS/Cartongesso.

1. Supporto
2. EPS
3. Cartongesso

L'EPS NELL'ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE DELLE PARETI VERTICALI

L'applicazione di uno stato isolante nelle intercapedine delle pareti esterne è la tecnica più diffusa nelle costruzioni degli ultimi decenni, soprattutto in quelle ad ossatura portante in cemento armato e doppio tamponamento in mattoni forati.

L'intercapedine può essere riempita completamente, oppure può essere mantenuta anche con una lama d'aria, che eventualmente può essere ventilata.

L'isolante è apparentemente ben protetto; in realtà il paramento esterno, specialmente nelle costruzioni ad ossatura portante, crea spesso problemi di infiltrazione d'acqua.

L'impiego di EPS come isolante, dato il suo carattere non igrofilo, è quello che crea meno preoccupazioni per il controllo di queste infiltrazioni, come pure delle eventuali condense di origine interna.

Molto pratiche sono le lastre ad altezza di piano, battentate sui lati lunghi, la cui posa è particolarmente celere. Generalmente l'applicazione si effettua sulla superficie interna del paramento esterno.

L'ancoraggio reciproco dei due paramenti non va effettuato con attraversamenti di mattoni, ma con tiranti in acciaio inox da 3-4 mm di diametro (Fig. 10). Negli edifici esistenti questo tipo di isolamento può essere realizzato insufflando nell'intercapedine perle sciolte di EPS, oppure l'intercapedine può essere espressamente realizzata innalzando un paramento interno dopo l'applicazione dell'EPS alla parete; ciò comporta ovviamente una certa riduzione dello spazio interno.

Nelle costruzioni a struttura portante indipendente, l'isolamento limitato all'intercapedine del tamponamento, lascia non isolati pilastri e corree interpiano, con la formazione conseguente di numerosi e importanti ponti termici, che a loro volta provocano all'interno condense, muffe, macchie e altri degni. Esistono vari accorgimenti per ovviare a questi inconvenienti; la Fig. 10 ne accenna un tipo e molti altri sono illustrati nel secondo volume.

La caratteristica dell'EPS di essere rigido, di forma ben definita e, se necessario, facilmente riducibile alle dimensioni volute, lo rende il coibente più pratico per realizzare questo tipo di isolamento. Attenzione va posta anche ai collegamenti fra i paramenti e lo scheletro, per controllarne i movimenti relativi.

Nelle costruzioni minori è peraltro raccomandabile prendere in considerazione il sistema a paramento interno portante, che non presenta questi problemi. Nell'isolamento in intercapedine è sempre opportuno verificare il comportamento igrometrico mediante il

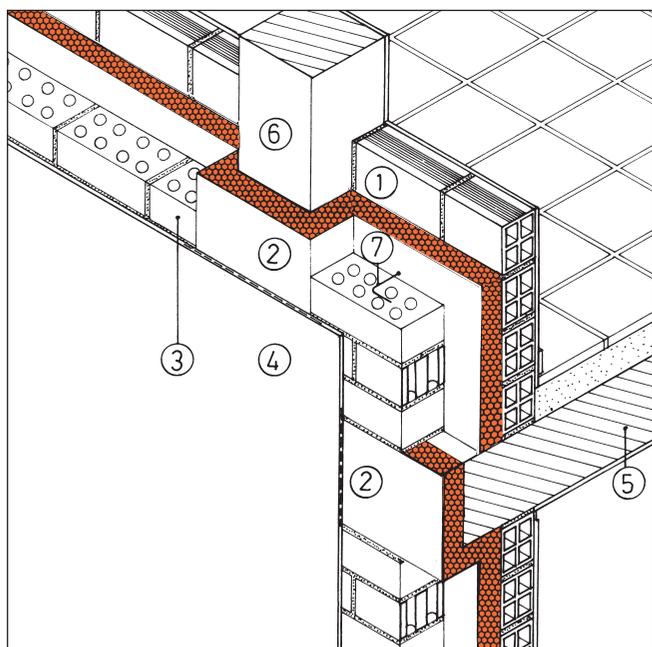


Fig. 10 - Isolamento di parete verticale in intercapedine con correzione dei ponti termici della struttura portante.

1. Paramento interno
2. EPS
3. Paramento esterno
4. Finitura con rinforzo in corrispondenza degli isolamenti della struttura
5. Soletta
6. Pilastro
7. Ancoraggio

diagramma di Glaser, per evitare la formazione di condense nel paramento esterno; se è necessario, occorre inserire una barriera vapore fra paramento interno e EPS.

Anche molti componenti di parete della fabbricazione pesante presentano isolamenti in intercapedine. Si tratta di elementi in cemento armato di grandi dimensioni, all'interno dei quali si trova la lastra di EPS, con la duplice funzione di alleggerimento e coibentazione; quest'ultima funzione richiede particolari accorgimenti per evitare i ponti termici; un esempio è riportato in Fig. 11.

Si possono assimilare a componenti con isolamento in intercapedine anche i pannelli sandwich impiegati come tamponamento nei sistemi di prefabbricazione leggera; essi sono formati da una lastra di EPS rivestita su entrambe le facce con lastre di materiali diversi, ad essa incollati. Poiché in questo caso l'EPS determina il comportamento meccanico del manufatto, è necessario impiegare i tipi di massa volumica maggiore.

Le lastre di EPS invece non sono collaboranti nelle costruzioni metalliche con pareti in lamiera grecata, fra le quali viene inserito l'EPS (Fig. 12), che può

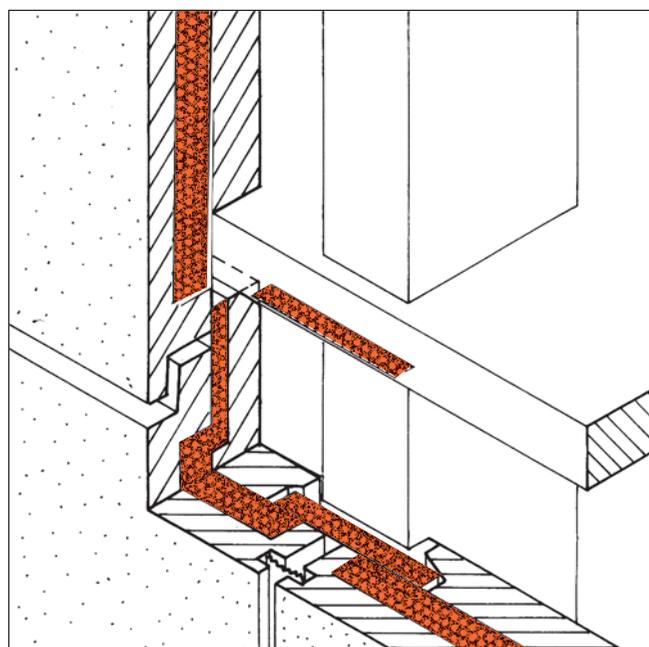


Fig. 11 - Isolamento di pannelli prefabbricati in c.a. con correzione dei ponti termici.

essere quindi di massa volumica inferiore.

I tipi RF sono, come sempre, da preferire. Per completezza si possono ricordare, fra i componenti con isolamento in intercapedine, anche i blocchi cavi con isolanti inseriti. Si tratta (Fig. 13) di blocchi prefabbricati in calcestruzzo o laterizio con alcuni vani predisposti per ricevere una piccola lastra di EPS (generalmente nelle cavità più esterne).

In alcuni tipi le lastre di EPS devono essere inserite all'atto della posa, mentre altri tipi portano le lastre coibenti già inserite.

L'EPS NELL'ISOLAMENTO DI PAVIMENTI E SOFFITTI

L'isolamento dei solai non abitabili è uno degli interventi sull'esistente più facili e più convenienti come rapporto fra costo e prestazione, specialmente nelle costruzioni basse, in cui una frazione considerevole di calore interno si disperde attraverso il solaio sopra l'ultimo piano. L'EPS, generalmente di 15 kg/m^3 , viene semplicemente posto sul solaio; se questo ha una scarsa tenuta all'aria, è bene usare lastre a contorno battentato o in doppio strato a giunti sfalsati, sempre ben accostate.

Nelle zone di passaggio l'EPS sarà protetto con lastre di compensato o truciolare di adeguato spessore (Fig. 14), eventualmente fissate a listelli di legno inseriti fra le lastre di EPS e dello stesso spessore. In molti altri casi può essere necessario isola-

LE APPLICAZIONI DELL'EPS NELL'ISOLAMENTO TERMICO

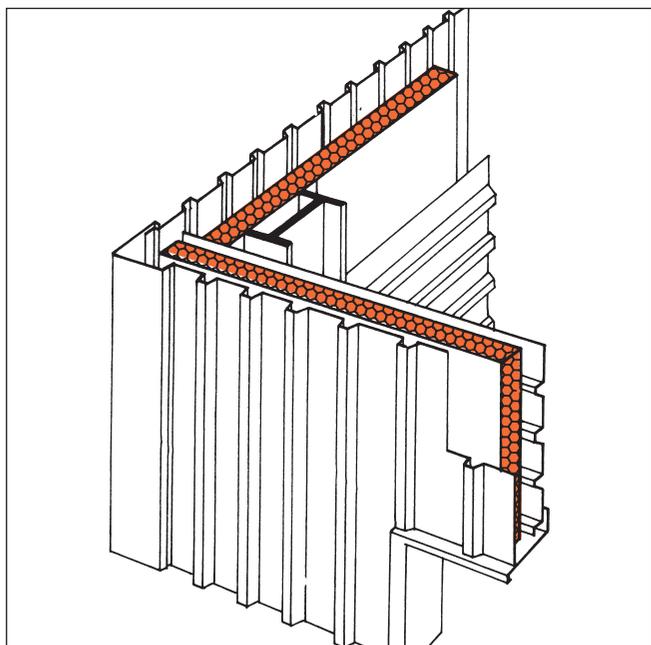


Fig. 12 - Isolamento di costruzione prefabbricata in lamiera grecata con EPS.

re un pavimento: quando questo è su terreno o su locali non riscaldati e anche quando i locali da esso separati sono riscaldati in modo autonomo o con contabilizzazione separata dei consumi di calore. L'EPS è posato (Fig. 15) su un foglio di polietilene steso sulla soletta, coperto con un foglio dello stes-

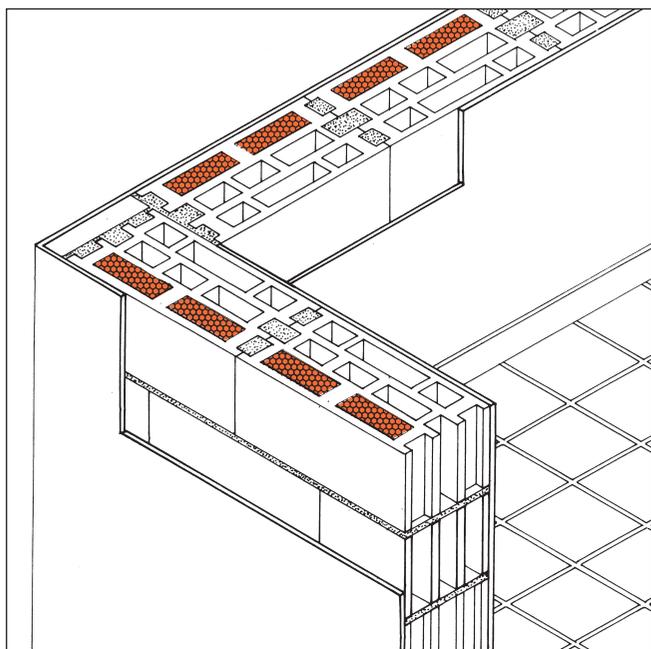


Fig. 13 - Blocco cavo con inserti di EPS.

so materiale, su cui viene gettato il massetto di ripartizione; su questo viene infine posata la finitura calpestabile.

Se al posto dell'EPS (o in aggiunta, se l'isolamento termico richiesto è elevato) si stende uno strato speciale di EPS elasticizzato (spessore 20-40 mm), il pavimento avrà anche un ottimo isolamento al calpestio; occorre però che non vi sia contatto diretto fra il massetto di ripartizione e le pareti; ciò si realizza interponendo fra il contorno del massetto e le pareti una striscia dello stesso EPS elasticizzato: si realizza in questo modo il così detto "pavimento galleggiante".

L'isolamento del pavimento è necessario anche quando esso incorpora gli elementi (serpentine in rame, polipropilene, ecc.) per il riscaldamento del locale soprastante (riscaldamento a pavimento).

In questo caso sono disponibili lastre di EPS stampate, ma che portano sulla faccia superiore delle impronte che servono di guida e ancoraggio per la posa delle tubazioni, che vengono poi ricoperte dal massetto.

Un impiego nei solai molto importante e diffuso è costituito dall'EPS usato con funzione principale di alleggerimento nelle solette in cemento armato. In Italia si usano di solito a questo scopo parallelepipedi di EPS da 10 kg/m^3 ricavati da blocco, sia sciolti da posare in opera, sia già fissati a "predalles". Solai di questo tipo, pur contribuendo all'isolamento termico globale, danno luogo a vistosi ponti termici, particolarmente evidenti con le caratteristi-

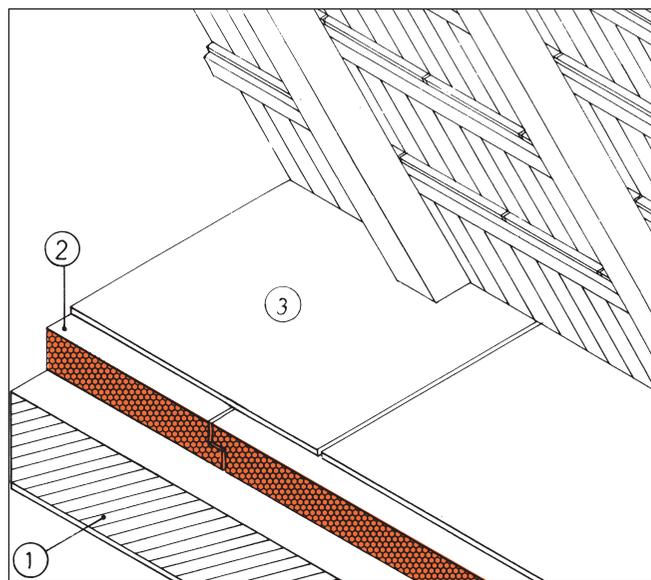


Fig. 14 - Isolamento di solaio non abitabile.

1. Solaio
2. EPS
3. Compensato o truciolare

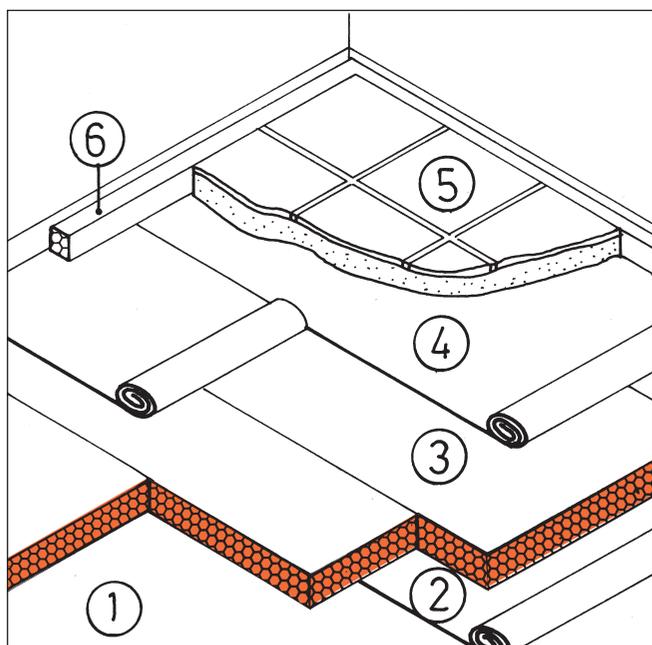


Fig. 15 - Isolamento di pavimento.

1. Soletta
2. Foglio di Polietilene (PE)
3. EPS
4. Foglio di PE
5. Massetto
6. Striscia di EPS elasticizzato per pavimento galleggiante

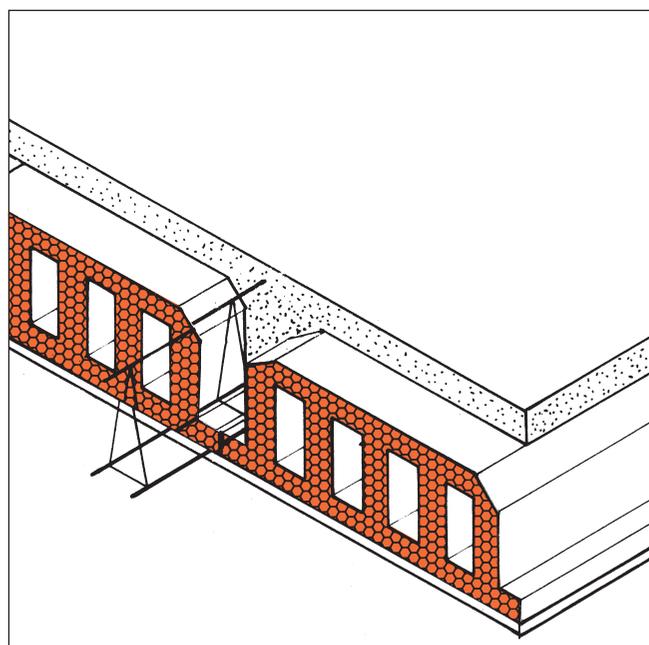


Fig. 16 - Isolamento e alleggerimento di solai con manufatti stampati in EPS.

che rigature scure nei solai fra ultimo piano e sotto-tetto non riscaldato.

Per evitare ciò sono stati sviluppati (Fig. 16) speciali manufatti stampati in EPS, che provvedono ad isolare anche la faccia inferiore dei travetti del solaio.

L'esecuzione con EPS molto leggero e spesso di dubbia qualità può dar luogo a inconvenienti in cantiere e a pericolose malformazioni dei getti di calcestruzzo.

Per questo motivo viene da più parti auspicato che anche in Italia venga introdotta una normativa sull'EPS per questa applicazione, presente già in altri paesi.

L'isolamento fra due locali sovrapposti può essere ottenuto, di solito in modo facile, anche applicando l'EPS al soffitto del locale inferiore.

Un caso tipico è quello dell'isolamento del 1° piano abitato degli scantinati e rimesse sottostanti.

L'applicazione dell'EPS si effettua con apposite malte plastiche o con fissaggi meccanici.

Spesso questi soffitti sono occupati da tubazioni varie a vista: l'ostacolo può essere aggirato formando delle intercapedini con l'aiuto di strisce verticali di EPS (Fig. 17).

Il soffitto di un locale può anche essere rivestito con speciali pannelli stampati in EPS (generalmente di

50x50 cm e spessore 2-4 cm), con la faccia in vista fornita di rilievi decorativi.

Il fissaggio è fatto di solito con malte plastiche e l'opera può essere completata anche con cornici decorative in EPS.

Quando sia necessario ridurre l'altezza del locale, come in edifici industriali o vecchie abitazioni, o nascondere la struttura dalla copertura o reti di servizi disposte sotto il soffitto, è possibile, con pannelli di EPS, creare controsoffitti sospesi (Fig. 18).

Per le applicazioni a soffitto occorre tenere presente che per certi locali le norme di prevenzione incendi prescrivono la caratteristica di incombustibilità dei rivestimenti a vista e in questi casi (peraltro limitati) l'applicazione dell'EPS, senza alcuni rivestimenti, anche di tipo RF, è esclusa.

Un caso particolare di isolamento a soffitto è quello del soffitto dei portici aperti (p. es. quelli di costruzioni su pilotis).

La tecnica di isolamento consigliata in questi casi è quella dell'intonaco sottile su isolante (cappotto) già descritto.

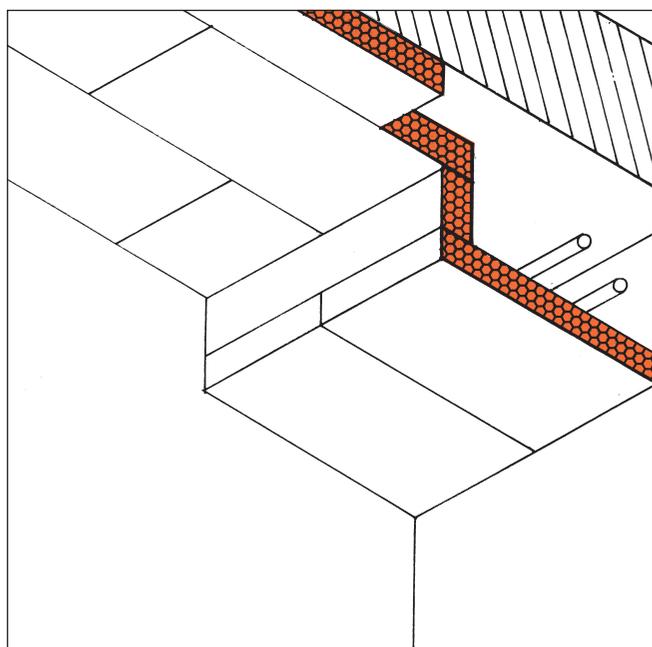


Fig. 17 - Isolamento di soffitto di scantinato. Le tubazioni a vista possono essere facilmente nascoste.

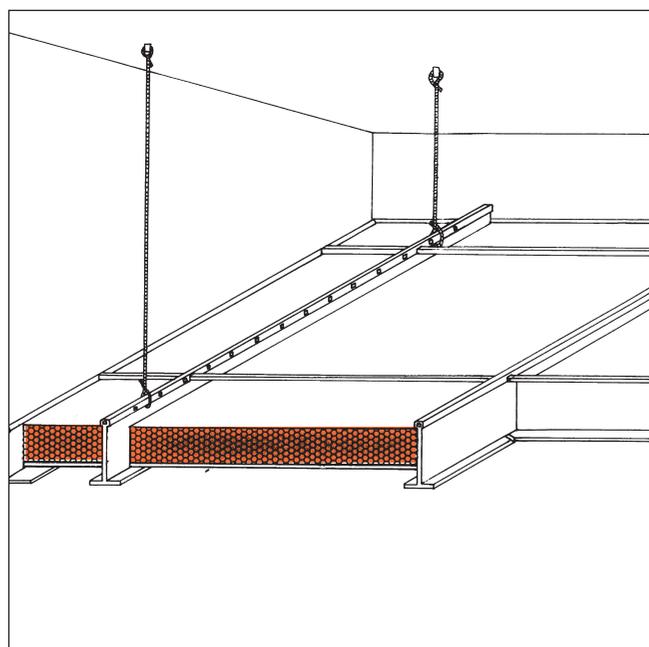


Fig. 18 - Controsoffitto con pannelli di EPS.

I SISTEMI SAAD

Nel panorama delle tecnologie costruttive stiamo assistendo allo sviluppo tecnologico di sistemi sempre più evoluti che permettono di raggiungere risultati ambiziosi in termini strutturali, prestazionali ed economici.

Questi nuovi sistemi hanno introdotto vantaggiose innovazioni alle tecnologie costruttive, anche a quelle di origine più antica.

È il caso delle strutture a setti portanti che stanno vedendo un sempre maggiore apprezzamento in edilizia, soprattutto in funzione dell'elevata resistenza offerta dalle pareti monolitiche in cemento armato alle diverse sollecitazioni, in particolare a quelle di origine sismica. La chiave di questo rinnovato interesse è individuabile nello sviluppo di "casseri a perdere" in materiale coibente per la realizzazione di elementi strutturali che coniugano le prestazioni meccaniche del setto in calcestruzzo alla leggerezza e all'alto potere isolante del materiale con cui è realizzata la cassaforma a perdere.

La tecnica delle strutture a pareti portanti prende dunque avvio dalla razionalizzazione del concetto di "cassero" che diviene elemento multifunzionale. Si realizzano in questo modo strutture caratterizzate da isolamento termico, inerzia termica, isolamento acustico, protezione al fuoco e resistenza meccanica e quindi in grado di assicurare comfort abitativo, risparmio energetico, economia nei costi di costru-

zione e nei costi di gestione del cantiere. La semplicità delle operazioni di montaggio, la leggerezza dei materiali e l'annullamento dei tempi morti delle fasi di maturazione del calcestruzzo contenuto nei casseri portano all'ottimizzazione della manodopera e di conseguenza alla riduzione di costi e tempistiche rispetto alle costruzioni di tipo tradizionale.

Assistiamo quindi alla realizzazione di strutture monolitiche, portanti e protettive al tempo stesso, rispetto alla struttura a telaio in cui gli elementi portanti (travi e pilastri) si distinguono, per materiali e fasi esecutive, dalle chiusure e dai tamponamenti. Le strutture a telaio sono state fino ad ora predilette, soprattutto nel settore residenziale, prevalentemente per la flessibilità offerta, ma il sempre maggiore interesse alle tematiche relative all'efficienza energetica, alle prestazioni meccaniche, all'economia della gestione del cantiere e del manufatto finale fanno crescere interesse per sistemi più efficienti in tutti i settori dell'edilizia, residenziale industriale e commerciale.

Negli ultimi anni, sono stati messi a punto diversi sistemi che utilizzano moduli in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato) per la realizzazione di elementi che permettono di costruire, con notevoli vantaggi, strutture portanti ad armatura diffusa "precoibentate", definiti sistemi SAAD (sistemi ad armatura diffusa).

I vantaggi primari derivanti da questi sistemi e considerati prioritari nello scenario attuale del processo

edificatorio sono:

- Creazione di edifici sicuri, affidabili e performanti
- Tempi ridotti per la realizzare le opere
- Riduzione dei costi
- Aumento della qualità edilizia e del comfort abitativo, al fine di rispettare sia l'ambiente sia l'utente finale

Tutti i sistemi SAAD sono basati su elementi modulari collegati tra loro con semplici e veloci operazioni a secco. Si realizzano in tal modo strutture autoportanti in polistirene espanso atte a ricevere il getto di calcestruzzo o l'applicazione di calcestruzzo proiettato.

Non è più quindi necessario attendere i temi di maturazione del calcestruzzo per rimuovere le opere previsionali di contenimento.

Inoltre, rimanendo in opera, il cassero garantisce un elevato e continuo isolamento termico e acustico del manufatto, mentre il getto solidale del cls offre elevate prestazioni di resistenza meccanica. Il mercato offre diverse tipologie di moduli costruttivi tra loro accomunate da:

- modularità
- presenza del materiale isolante
- assemblaggio a secco e getto di completamento.

La modularità degli elementi, l'ottimizzazione dei materiali, delle connessioni, del montaggio e dell'assemblaggio sono elementi cardinali che portano notevoli vantaggi nella progettazione e durante la realizzazione e la gestione del cantiere.

Tali vantaggi riflettono più a lungo termine durante la vita del manufatto e ancora oltre, fino alla sua dismissione.

La scelta del materiale e della tecnologia costruttiva infatti è un momento fondamentale della progettazione esecutiva: da questa scelta dipendono valutazioni strutturali, prestazionali ed economiche, sia immediate che gestionali che, nell'insieme, determinano la qualità dell'edificio. Vi sono tematiche importanti che negli ultimi anni sempre più hanno visto una crescente attenzione da parte del mondo delle costruzioni: l'aspetto strutturale e quello del rapporto tra architettura e ambiente sono tra loro fortemente connessi e senza dubbio sono ambiti determinanti per lo sviluppo di questo innovativo sistema costruttivo che in modo sempre più chiaro si delinea come "nuovo paradigma del costruire".

Uno dei temi più interessanti dell'ingegneria sismica è sviluppare tecnologie in grado di offrire garanzia di affidabilità strutturale in condizione limite di resistenza alle sollecitazioni improvvise e imprevedibili come quelle sismiche. In questo senso i sistemi ad armatura diffusa permettono di realizzare strutture monolitiche altamente performanti grazie alla sinergia tra la resistenza a compressione del calcestruzzo

zo e quella a trazione dell'acciaio.

L'innovazione apportata dai sistemi per la creazione di cassaforme a rimanere in EPS consiste nella possibilità di realizzare un setto in cemento armato in cui i ferri di armatura orizzontale e verticale possono essere correttamente posizionati per il soddisfacimento dei requisiti strutturali all'interno di una struttura solidale con le lastre in EPS, che permettono di raggiungere elevata inerzia termica ed acustica senza ricorrere all'aumento di spessore del setto.

Il consumo di energia, inoltre, è divenuto oggetto di studio e di attenzione nella nostra società. Il contenimento dei costi di costruzione prima e di gestione poi, è una tematica legata tanto all'aspetto economico e gestionale quanto a quello ambientale ed è oggi certamente appetibile sotto tutti gli aspetti, sia per committenti che per i progettisti e i costruttori, nel rispetto delle più aggiornate normative termoacustiche e antisismiche.

La storia del sistema SAAD ha origine in Europa alla fine degli anni sessanta per poi trovare diffusione negli Stati Uniti negli anni a seguire.

L'esigenza iniziale che ha portato alla definizione di questo sistema fu di creare un cassero facile da realizzare, modellare e lavorare in cantiere.

Alcune società europee, in Svizzera in modo particolare, crearono le basi dei sistemi a piccole e a grandi dimensioni, facendo evolvere i concetti, emulando da una parte il LEGO e dall'altra la prefabbricazione in C.A., offrendo la risoluzione di problematiche complesse.

IL SISTEMA COSTRUTTIVO

I Sistemi Ad Armatura Diffusa (SAAD) rappresentano i sistemi costruttivi più evoluti nel processo dell'industrializzazione del comparto edile del mercato mondiale.

I sistemi sono connotati da elementi in Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) che creano un cassero isolante a rimanere in opera in cui viene gettato calcestruzzo con relativa armatura.

La faccia esterna ed interna del cassero è realizzata in EPS, così da realizzare un doppio isolamento in cui viene a trovarsi l'elemento portante e resistente dell'edificio.

Gli elementi in EPS possono essere di piccole o grandi dimensioni.

I primi, della dimensione di un grande blocco, sono realizzati utilizzando inserti di materiale plastico, o metallico, che congiungono la faccia interna con la faccia esterna del blocco.

Questi prevedono piccoli elementi superiori ed inferiori per realizzare l'incastro fra di loro.

I secondi, della dimensione minima di un interpiano o più piani, sono realizzati con doppio elemento in EPS con rete tridimensionale, che li distanzia in modo da garantire una parte centrale libera per il getto in calcestruzzo.

Sia di piccole che di grandi dimensioni, le pareti esterne e interne vengono finite con intonaci o rivestimenti adeguati alle esigenze dell'utilizzo finale dell'edificio.

Il sistema costruttivo a pareti portanti comprende anche elementi modulari singoli per la realizzazione di setti portanti con anima in EPS racchiusa all'interno di un traliccio strutturale metallico che viene completato in opera mediante l'applicazione di intonaco strutturale su entrambi i lati.

Nel suo complesso il sistema prevede sia elementi verticali, che elementi orizzontali.

I componenti verticali sono utilizzati, oltre che per la realizzazione delle pareti portanti anche per la costruzione di tamponamenti esterni e tramezzi interni.

Gli elementi orizzontali sono utilizzati per creare i primi solai, i solai intermedi ed i solai di copertura.

Le aperture di porte e serramenti sono realizzate in modo semplice ed efficace.

Il sistema costruttivo è estremamente versatile e flessibile, adattandosi alle esigenze di edifici privati, commerciali ed industriali.

I costi di realizzazione sono consequenziali ai tempi di realizzazione che sono molto più veloci rispetto alle costruzioni tradizionali.

Anche per le imprese sussiste il vantaggio legato alla movimentazione di elementi "leggeri" a scapito dei sistemi costruttivi tradizionali, incidendo sulla sicurezza, sulla velocità e "sull'intelligenza costruttiva".

Sebbene i differenti sistemi presentino comportamenti e prestazioni tra loro molto simili, la trattazione delle diverse tipologie e la relativa posa in opera farà riferimento ad una classificazione in due categorie principali:

- blocchi di piccole dimensioni
- pannelli di grandi dimensioni.

L'aspetto dimensionale infatti determina diverse metodologie progettuali e costruttive legate non solo alla maneggevolezza degli elementi ma anche alle diverse modalità di posa dei ferri di armatura: nei blocchi di piccole dimensioni sia i ferri orizzontali che quelli verticali vengono posizionati in cantiere, mentre nei pannelli di grandi dimensioni l'armatura viene pre-posizionata in fabbrica ed eventualmente integrata in cantiere.

IL CONTRIBUTO DELL'EPS

I sistemi SAAD permettono di realizzare edifici con una struttura a setti portanti utilizzando "casseri a rimanere" in EPS, coniugando così la resistenza meccanica del calcestruzzo gettato in opera con la capacità di isolamento termico dell'EPS.

La chiave di questo rinnovato interesse per i sistemi SAAD è individuabile nell'impiego di "casseri a rimanere" realizzati in EPS, che diventano elementi multifunzione, realizzando così strutture antisismiche caratterizzate da un elevato isolamento termico, adeguata inerzia termica, isolamento acustico, protezione al fuoco e resistenza meccanica e quindi in grado di assicurare comfort abitativo, risparmio energetico, nonché economia nei costi di costruzione e nei costi di gestione del cantiere.

Rimanendo in opera il cassero in EPS garantisce un elevato e continuo isolamento termico della struttura, mentre la gettata solidale offre elevate prestazioni di resistenza meccanica. Le strutture portanti ad armatura diffusa "pre-coibentate" esaudiscono nel miglior modo tutte le norme di settore, sia in materia di sicurezza antisismica, sia di prestazione energetica ed ambientale degli edifici.

I sistemi costruttivi ad armatura diffusa (sistemi SAAD) rappresentano quindi una valida tecnologia per costruire edifici sostenibili: l'EPS, con le sue caratteristiche prestazionali, svolge un ruolo prezioso contribuendo al risparmio dei combustibili fossili usati per il riscaldamento e alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica che concorrono alla creazione dell'effetto serra, garantendo al contempo un elevato comfort abitativo.

Il polistirene espanso sinterizzato è infatti un materiale altamente versatile, ampiamente usato nel settore edile, grazie alla facilità di lavorazione e alla praticità d'uso che lo rendono un materiale unico.

L'innovazione oltre che essere nel sistema costruttivo, che peraltro risulta già noto e utilizzato in molti paesi, può essere ricercata nell'impiego dell'EPS e nella funzione "integrata" dell'isolante, che si eleva da semplice cassero a rimanere a elemento multifunzione.

I sistemi costruttivi ad armatura diffusa connotati da elementi in EPS permettono di realizzare strutture con la tecnica dei setti portanti isolanti costruendo così edifici che garantiscono il rispetto delle norme e dei regolamenti nazionali vigenti in termini di:

- **sisma**: ottimo comportamento alle sollecitazioni dovute al terremoto
- **termica**: ottimo isolamento
- **acustica**: miglior isolamento ai rumori esterni
- **termoigrometria**: assenza condensa superficiale e interstiziale

- **fuoco**: eccellente reazione di fuoco
- **marcatore CE** dell'elemento "isolante termico"
- **cantieri**:
 - **economia** nei costi di costruzione e nei costi di gestione del cantiere
 - **sicurezza** secondo D.L.gs. 81/2008
- **Velocità** di realizzazione dell'**opera**: semplicità delle operazioni di montaggio per cui riduzione dei costi e delle tempistiche.

L'utilizzo di un materiale ecocompatibile quale l'EPS permette di costruire edifici che garantiscono una diminuzione dei consumi di energia sia nel periodo estivo che nel periodo invernale molto maggiore rispetto ai sistemi tradizionali.

Un ulteriore elemento di apprezzamento per l'impiego di elementi in EPS è legato all'impatto ambientale che essi consentono di ottenere.

Sotto il profilo delle emissioni nocive, il polistirene espanso non contiene alcun gas inquinante per la fascia di ozono, non dà luogo a radiazioni alfa, beta o gamma, né ad esalazioni di radon.

La riduzione delle emissioni nocive è accentuata dal notevole abbattimento dei consumi energetici per il riscaldamento/condizionamento ottenibile con i sistemi ad armatura diffusa.

I SISTEMI A PANNELLI RADIANTI IN EPS

Le norme tecniche di riferimento attualmente in vigore sui sistemi radianti appartengono al pacchetto della serie UNI EN 1264, costituito da 5 parti che trattano tutti i sistemi radianti (pavimenti, soffitti, pareti) alimentati ad acqua per il riscaldamento ed il raffrescamento.

Nello specifico le 5 parti in cui è suddivisa la UNI EN 1264 sono:

■ UNI EN 1264 - 1

Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture. Parte 1: Definizioni e simboli.

■ UNI EN 1264 - 2 (1999)

Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture
Parte 2: Riscaldamento a pavimento: metodi per la determinazione della potenza termica mediante metodi di calcolo e prove

■ UNI EN 1264 - 3

Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture.
Parte 3: Dimensionamento

■ UNI EN 1264 - 4

Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture.
Parte 4: Installazione

■ UNI EN 1264 - 5

Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture.
Parte 5: Superfici per il riscaldamento e il raffrescamento integrate nei pavimenti, nei soffitti e nelle pareti - Determinazione della potenza termica

Le parti 3 e 4 della UNI EN 1264 specificano i requisiti per la progettazione e la costruzione di strutture riscaldanti a pavimento per garantire che l'impianto e il materiale isolante impiegato siano idonei all'applicazione finale prevista.

I componenti di un pavimento riscaldante sono individuati in:

- strati di isolamento (per l'isolamento termico e acustico)
- strato di protezione (per proteggere lo strato di isolamento)
- tubi di riscaldamento o sezioni piane
- strato di ripartizione del carico e dell'emissione termica (strato di supporto)
- pavimento
- altri componenti quali diffusori, strisce periferiche, elementi aggiuntivi,...

Ovviamente i componenti possono essere differenti in base al tipo di impianto realizzato, tanto più che la norma stessa individua diversi tipi di strutture di pavimenti riscaldanti:

- sistemi con tubi annegati nello strato di supporto (tipo A e C): i tubi riscaldanti sono totalmente o parzialmente alloggiati nello strato di supporto
- impianti con tubi sotto lo strato di supporto (tipo B): i tubi riscaldanti sono posti nello strato di isolante termico, sotto lo strato di supporto
- sistemi impianti con elementi piani (tipo D): circolazione parallela e/o perpendicolare in una sezione cava posta su tutta la superficie.

SCHEMI:

SISTEMA TIPO A e C

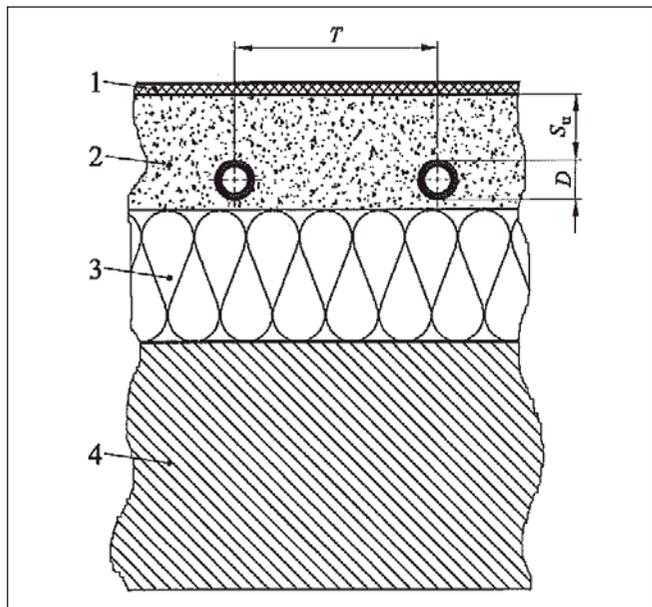


Fig. 19
 1. Rivestimento del pavimento
 2. strato di supporto e per la diffusione termica (la distanza tra i tubi e lo strato isolante deve essere compreso tra 0 e 10 cm)
 3. isolante termico
 4. soletta portante

SISTEMA TIPO B

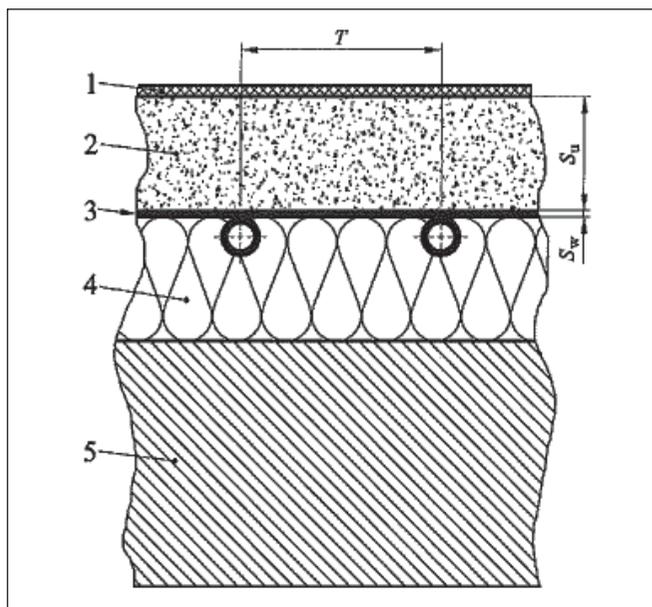


Fig. 21
 1. Rivestimento del pavimento
 2. strato di supporto
 3. dispositivo per la diffusione del calore (strato conduttivo)
 4. isolante termico
 5. soletta portante

SISTEMA TIPO D

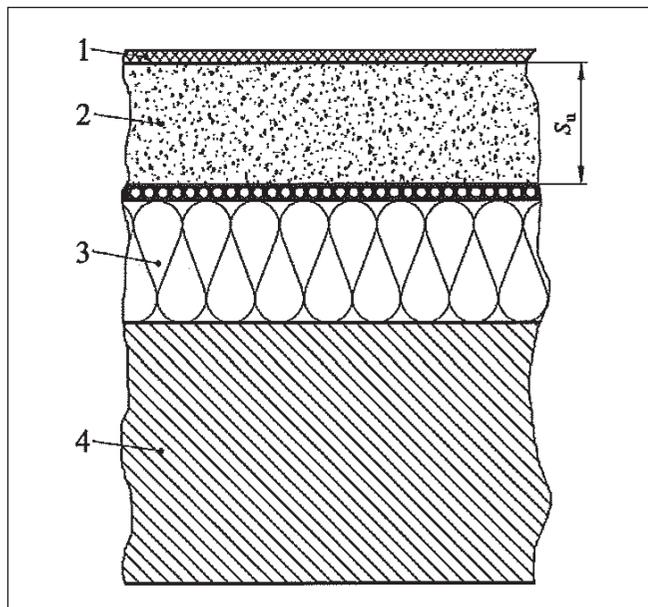


Fig. 20
 1. Rivestimento del pavimento
 2. strato di supporto e per la diffusione
 3. isolante termico
 4. soletta portante

Nella parte 3 e 4 della UNI EN 1264 si focalizza l'attenzione al materiale isolante impiegato per la realizzazione dei pannelli radianti.

MATERIALE ISOLANTE

Resistenza termica:

Per limitare le dispersioni di calore attraverso il pavimento all'ambiente sottostante la norma prescrive per gli strati di isolamento una **valore minimo** di resistenza termica, in funzione delle condizioni termiche sottostanti la struttura di riscaldamento a pavimento.

Nel caso in cui il sistema radiante sia esclusivamente per il raffrescamento, e non per il riscaldamento-raffrescamento, il valore minimo di resistenza termica caratteristico del materiale isolante risulta una raccomandazione.

	Ambiente sottostante riscaldato	Ambiente sottostante non riscaldato o riscaldato in modo non continuativo o direttamente sul suolo	Temperatura aria esterna sottostante		
			Temperatura esterna di progetto $T_d \geq 0^\circ\text{C}$	Temperatura esterna di progetto $0^\circ\text{C} > T_d \geq -5^\circ\text{C}$	Temperatura esterna di progetto $-5^\circ\text{C} > T_d \geq -15^\circ\text{C}$
RESISTENZA TERMICA [m ² K/W]	0,75	1,25	1,25	1,50	2,00

* con un livello di acque freatiche ≤ 5 m, il valore dovrebbe essere aumentato

Si considera:

$$R_{i,ins} = \frac{S_{ins}}{\lambda_{ins}}$$

Dove:

S_{ins} = spessore strato isolante [m]

λ_{ins} = conduttività termica materiale isolante [W/mK]

→ per pannelli isolanti piani: S_{ins} = spessore pannello

→ per pannelli con profili si calcola la media ponderata:

$$S_{ins} = \frac{S_h \cdot (T - D) + s_i \cdot D}{T}$$

dove:

T = passo del tubo [m]

D = diametro esterno del tubo (compreso eventuale rivestimento) [m]

s_h = negli impianti tipo B, spessore isolante termico dal lato più basso dell'isolante fino alla generatrice superiore del tubo ([m] (vedere figura 3 della UNI EN 1264-3)

s_i = negli impianti tipo B, spessore isolante termico dal lato più basso dell'isolante fino alla generatrice inferiore del tubo [m] (vedere figura 3 della UNI 1264-3)

Posa:

Nel caso di più strati isolanti, i **pannelli devono essere sfalsati** o comunque posizionati in modo che i giunti tra i pannelli di uno strato non siano allineati con lo strato successivo.

Strato di protezione (del materiale isolante)

La norma fa riferimento alla necessità di inserire nella struttura del pavimento uno strato di protezione al fine di garantire il materiale isolante nelle sue caratteristiche e nelle sue funzioni.

Si specifica che il materiale isolante deve essere ricoperto:

- con una pellicola di PE di almeno 0,15 mm di spessore
- oppure
- con un altro prodotto avente la funzione equivalente.

Nel caso si ricorra a strati di supporto liquidi, la protezione dello strato di isolamento deve essere impermeabile, in modo da non compromettere la funzione dell'isolante.

Viene riportato inoltre che suddetti strati di protezione non sono barriere contro l'umidità.

Nella categoria dei sistemi radianti rientrano una numerosa varietà di soluzioni impiantistiche, sebbene, nell'accezione più comune, ci 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.

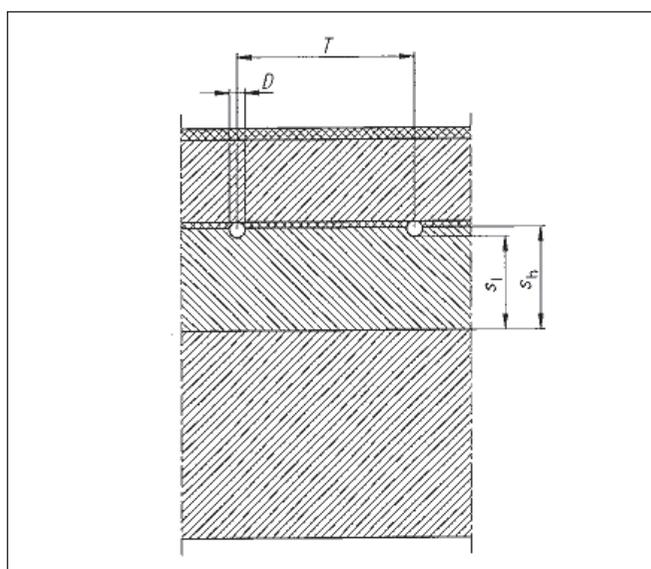


Fig. 22

Spessore medio dello strato isolante per pannelli isolanti profilati

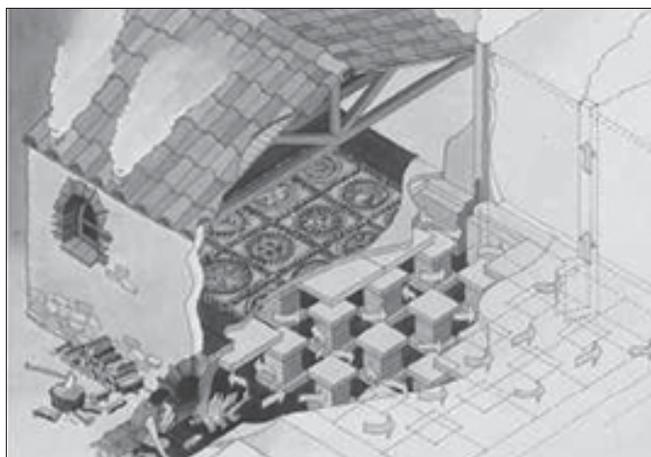


Fig. 23

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 comunemente, 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.

Il benessere termico di un ambiente dipende da innumerevoli fattori.

E' 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 di noi.

I fattori principali sono:

- i fattori fisiologici, legati all'attività, alla salute ed all'età;

- il tipo di abbigliamento (leggero o pesante);
- i fattori relativi al comfort termico, legati alle condizioni termoigrometriche degli ambienti in cui viviamo.

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.

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 (nell'intorno dei 24-26°C) le temperature superficiali del pavimento. 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 ulti-

mato. Il pannello isolante ha anche potere fonoassorbente, grazie al 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 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.

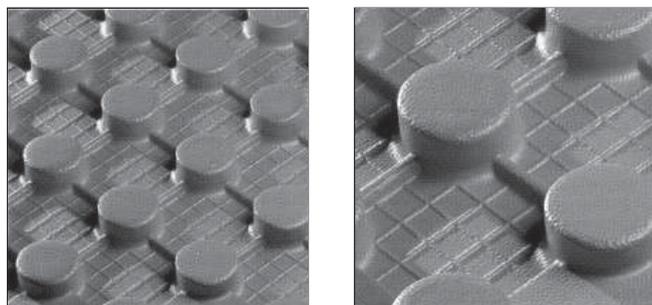


Fig. 24. Esempio di pannelli isolanti pre-formati.

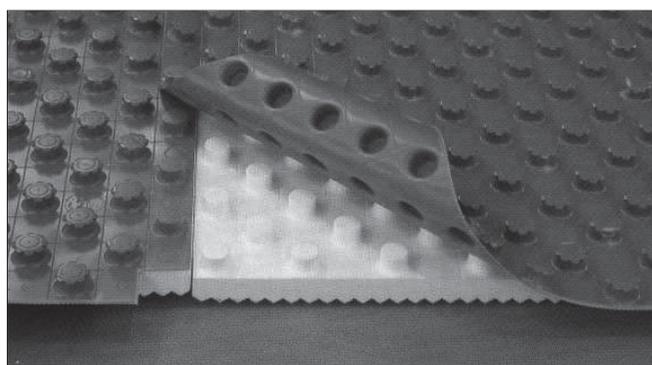


Fig. 25. Pannello isolante pre-formato.

Una tipologia è quella dei pannelli isolanti preformati che sono stati 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, quali 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.

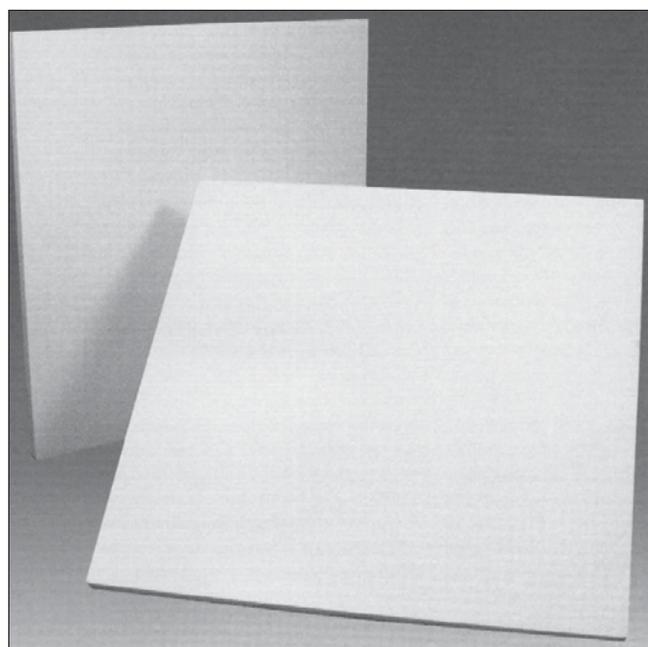


Fig.26

Pannelli lisci, come quelli rappresentati in Figura 26, 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 antivapore.

II RAFFRESCAMENTO CON IMPIANTI RADIANTI

La percezione del confort 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 confort percepito con un sistema radiante si ottiene con temperatura ambiente comprese tra 25 e 28°C, mentre con sistemi convenzionali si ottiene con temperature comprese tra 23 e 16°C.

La resa degli impianti di raffrescamento dipende dalla temperatura superficiale della parete, del soffitto o del pavimento e dalle condizioni igrotermiche 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 persa in considerazione 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 considerazione, 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, dipendente 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 cioè 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 impe-

gnata 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. E' 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 numero elevato di persone con presenza di un elevato e continuativo numero 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.

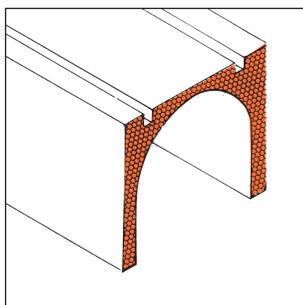
EPS: UN MATERIALE VERSATILE

La sintetica rassegna delle applicazioni dell'EPS nell'isolamento termico degli edifici, dimostra che con questo materiale è possibile soddisfare praticamente tutte le esigenze di coibentazione; sono state trascurate infatti soltanto poche voci, che trovano raro riscontro nella pratica costruttiva italiana, ma che potrebbero essere ugualmente coperti con i vari tipi di EPS.

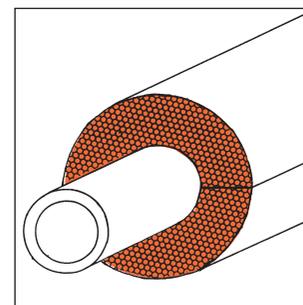
La versatilità dell'EPS è tuttavia ancora maggiore, se si considerano le possibilità offerte dagli accoppiamenti con vari altri materiali e quelle che derivano dalle forme più diverse che gli possono essere conferite per stampaggio, sia con processi discontinui, che danno luogo a manufatti limitati nelle tre dimensioni, sia con processi continui, che producono manufatti con una dimensione illimitata.

Alcuni di questi manufatti, stampati o accoppiati, sono già stati ricordati nel testo; la menzione, qui nel seguito, di alcuni altri manufatti e di alcune applicazioni meno convenzionali dell'EPS, hanno soprattutto l'intento di mettere ancor più in luce la versatilità del materiale e stimolare a pensare ancora altre applicazioni.

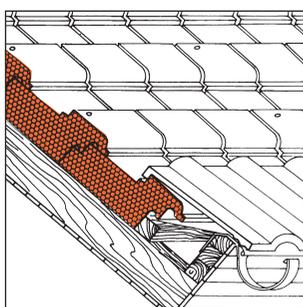
Cassonetti per avvolgibili. Costituiscono una delle soluzioni preferite per isolare un componente che altrimenti costituirebbe uno dei ponti termici più difficili da eliminare.



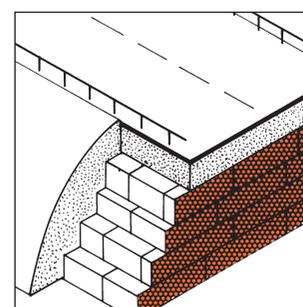
Coppelle per impiantistica. Sono indicate soprattutto per tubazioni per acqua ed altri liquidi freddi, per evitare sia dispersioni di calore che fenomeni di condensa estiva; sono quindi particolarmente adatte per l'impiego in ambienti umidi.



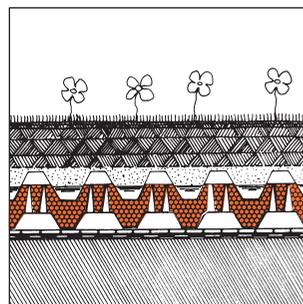
Isolamento sottotegole. Elementi stampati inseriti fra struttura portante e copertura, sono disponibili per marsigliesi, coppi, lastre ondulate, ecc. Con la loro sagomatura forniscono il loro fissaggio alla struttura e quello della copertura a loro stessi, senza bisogno di altri componenti.



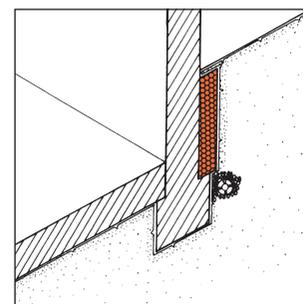
Sottofondi stradali. Nelle zone paludose o soggette a gelo/disgelo il terreno non sopporta il peso dei rilevati stradali correnti e sprofonda. Hanno risolto molto bene il problema i sottofondi costituiti da blocchi di EPS (generalmente da 20 kg/m³).



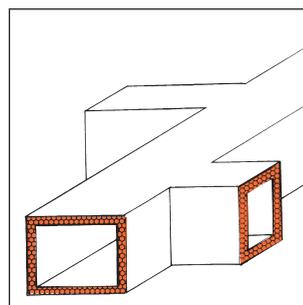
Tetti giardino. Sono assimilabili al tetto rovescio, ma i pannelli di EPS sono fatti in modo da favorire, con la forma della faccia inferiore, il deflusso dell'eccesso di acqua meteorica, mentre la faccia superiore forma delle cavità, che costituiscono una riserva d'acqua.



Drenaggi. Le perle di EPS, anziché sinterizzate, vengono conglomerate con appositi collanti, in modo da lasciare interstizi comunicanti; queste lastre costituiscono un ottimo sistema di drenaggio; p. es., una combinazione con gli opportuni strati di impermeabilizzazione e di filtrazione, per allontanare l'acqua dalle fondazioni delle costruzioni.



Condotte d'aria. Si ottengono per stampaggio, oppure con lastre di EPS di 2 cm di spessore, unite da speciali nastri adesivi in alluminio. Si realizzano così facilmente le più diverse canalizzazioni d'aria per gli impianti di condizionamento.



LE APPLICAZIONI DELL'EPS NELL'ISOLAMENTO TERMICO

Sostegni per vasche da bagno. Sono manufatti stampati in EPS di forma idonea a contenere l'apparecchio sanitario cui sono destinati. Oltre l'azione meccanica di supporto, assolvono anche quella di limitare le dispersioni termiche dell'acqua contenuta nella vasca.

Cubierte per provini di calcestruzzo. Si tratta di piccole casseforme a perdere, ottenute per stampaggio. Risultano molto pratiche, per la regolarità di stagionatura e la facilità di trasporto, per la confezione dei provini per il controllo del calcestruzzo.

Perle sciolte. Possono essere insufflate in intercapedini esistenti, eventualmente con l'aggiunta di un collante, per evitare la loro fuoriuscita da eventuali aperture.

Modelli architettonici. Per la facile lavorabilità, l'EPS si presta in modo particolare all'esecuzione di

modelli di edifici, quartieri, ecc. Il taglio si esegue con attrezzi portatili a filo caldo; vi sono poi collanti per l'assemblaggio e adatte vernici di finitura.

Malte leggere. Impasti per caldane e intonaci in cui gli inerti sono in tutto o in parte sostituiti da perle sciolte di EPS. Rispetto alle malte normali si ha una certa riduzione della resistenza meccanica, ma una maggiore leggerezza e un aumento della resistenza termica.

Mattoni alveolari. Le perle sciolte di EPS costituiscono tanti piccoli casseri a perdere in un impasto con argilla; il laterizio che ne risulta dopo la cottura presenta degli alveoli in corrispondenza delle perle, che si sono volatilizzate; questo laterizio risulta più leggero e meno conduttore dei laterizi normali, ma ne conserva buona parte delle caratteristiche meccaniche.

3.

L'EPS E L'AMBIENTE

I problemi che l'evoluzione sempre più rapida della società umana pone alla conservazione dell'ambiente in cui essa vive, sono ogni giorno di più oggetto di attenzione generale e di discussioni appassionate, dal momento che ormai ci si è resi conto che dalla salvaguardia di questo ambiente, oggi sicuramente in pericolo, dipende l'ulteriore sviluppo e forse anche la stessa sopravvivenza della nostra civiltà.

L'Associazione Italiana Polistirene Espanso (AIPE), fin dalla sua costituzione nel 1984 si è adoperata per mettere in rilievo l'importanza ambientale dell'isolamento termico degli edifici, nella convinzione di dare così un contributo fondamentale alla causa della preservazione dell'ambiente e della qualità della vita.

L'EPS E LA PUREZZA DELL'ARIA

Le problematiche legate alla purezza dell'aria assumono sempre più peso considerevole nel controllo della qualità dell'aria degli spazi residenziali. Ciò è dovuto all'aumento della presenza di elementi inquinanti, sia all'interno degli alloggi, sia nell'ambiente esterno. I problemi si sono aggravati negli ultimi anni in connessione alla tendenza a ridurre il ricambio d'aria degli ambienti per conseguire un risparmio di energia; poiché ciò è stato tentato per lo più semplicemente sopprimendo o riducendo i passaggi dell'aria fra interno ed esterno (tenute di serramenti, camini), senza controllare effettivamente il fenomeno (con ventilazione meccanica, scambiatori di calore, percorsi obbligati dell'aria, ecc.), ne è conseguita una maggior concentrazione degli elementi inquinanti negli ambienti, in primo luogo umidità, ma anche prodotti dell'attività e del metabolismo ed emanazioni dei materiali costituenti l'edificio o in esso contenuti.

Fra questi ultimi è comprensibile che l'attenzione si sia concentrata sui materiali più recenti, trascurando quelli con i quali l'umanità, bene o male, convive da migliaia di anni. In effetti i materiali recenti hanno fornito più di un motivo di preoccupazione per la salute degli abitanti, ma l'informazione in proposito ha spesso provocato confusione nell'opinione pubblica, per lo più attribuendo a tutti i materiali di una certa categoria merceologica (p. es. gli espansi plastici) caratteristiche proprie soltanto di qualcuno di essi. Il Polistirene Espanso Sinterizzato non è sfuggito a questa sorte e poiché le accuse rivoltegli sono fundamentalmente immeritate, è opportuno cercare di fare chiarezza, in modo che questo materiale, così conveniente ed efficiente, possa essere impiegato con completa fiducia. Le obiezioni sono qui di seguito riunite a gruppi, per ognuno dei quali viene esaminata la loro fondatezza.

a) Obiezioni legate alla costituzione chimica del Polistirene Espanso.

L'EPS è un polimero, formato dall'unione di tante molecole di un monomero, lo stirolo (Fig. 1), che è un idrocarburo aromatico, cioè un composto di carbonio e idrogeno della serie del benzolo. Respirare i vapori di stirolo è nocivo; il valore limite di soglia (TLV) per esposizione di 8 ore al giorno in ambienti di lavoro è di 215 mg/m³ (50 p.p.m.) secondo i valori americani recepiti dai nostri contratti di lavoro. Circola ancora in Italia, nonostante le ripetute confutazioni, la credenza che il Polistirene "sublima", cioè svanisce nel tempo, per scomposizione a monomero ed evaporazione di quest'ultimo; se ciò

fosse vero, le preoccupazioni per la sua nocività, oltre che per la sua durata nel tempo, sarebbero giustificate; fortunatamente non è così; la tensione di vapore del Polistirene è pressoché nulla e il fenomeno non può fisicamente verificarsi; del resto i rilievi fatti da Istituti qualificati su campioni di EPS in opera da più di 30 anni hanno dimostrato che non si ha perdita di massa nel lungo periodo. Per completezza di informazione si possono tuttavia segnalare in proposito due casi, che però non hanno importanza dal punto di vista dell'applicazione.

Il primo riguarda il processo di taglio dei blocchi di EPS in lastre con l'usuale metodo del filo caldo (v. capitolo 1); in effetti a contatto con il filo caldo si ha una piccola decomposizione di materiale; il fenomeno è peraltro molto modesto e circoscritto e nello stabilimento di produzione può essere facilmente controllato, così da non recare pregiudizio agli operatori. Studi svedesi e americani su lavoratori esposti a queste condizioni ambientali non hanno messo in evidenza alcun fattore di rischio ad esse collegato. L'altro caso si riferisce all'EPS di recente produzione; poiché la polimerizzazione non può mai arrivare a convertire il 100% del monomero, tracce di questo restano nel prodotto; queste tracce scompaiono spontaneamente insieme ai residui dell'espandente (pentano) nel giro di alcune settimane, cioè sicuramente in un tempo inferiore a quello che normalmente decorre fra la produzione del materiale e la prima occupazione del locale in cui è stato applicato. L'entità di questo fenomeno è stata misurata con esperienze condotte dall'Istituto di Igiene dell'Università di Heidelberg. In una prima serie di prove presso questo Istituto (2), 91 m² di lastre di EPS da 15 kg/m³, dello spessore di 5 cm, appena prodotte, furono applicate, senza sigillanti, a rivestire le pareti (64 m²) di un locale cieco e le rimanenti furono poste di costa, con entrambe le facce libere, in mezzo al locale; questo venne mantenuto sigillato e senza ventilazione a 21°C e n 55% di U.R.: si è trattato chiaramente di condizioni eccessive. La concentrazione di stirolo nell'aria raggiunse il massimo l'8° giorno con 4 mg/m³ (contro il TLV di 215), ma già dopo il 20° giorno i valori caddero decisa-

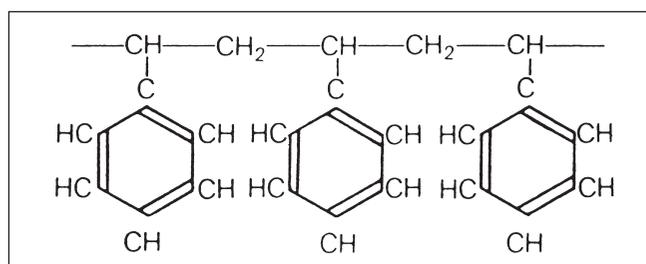


Fig. 1 - Struttura chimica del Polistirene

mente e si avvicinarono, dopo due mesi, alla soglia di misurabilità. Successivamente l'emissione di stirolo venne attivata, portando l'aria a 50° C per 50 giorni, ottenendo concentrazioni di stirolo inferiori a un millesimo del valore TLV (Fig. 2).

Una seconda serie di prove dello stesso Istituto (3) venne poi condotta in condizioni più realistiche, rivestendo le pareti verticali (42 m³) di un locale con lastre accoppiate EPS/cartongesso; il locale era ancora non ventilato e tenuto a 21°C e 55% di U.R. Si è registrata una concentrazione massima di stirolo al 3° giorno (0,36 mg/m³), che è andata poi progressivamente calando fino a diventare non più misurabile dopo 100 giorni. A questo punto anche il soffitto (11 m²) è stato rivestito con lastre a vista di EPS di tipo decorativo, di 8 mm di spessore; dopo 3 giorni la concentrazione era salita a 0,09 mg/m³, ma dopo 18 giorni non era più misurabile; ancora una volta si è portato il locale a 50° C dopo aver sostituito le lastre del soffitto e la concentrazione di stirolo salì a 0,64 mg/m³, scendendo poi sotto il limite di misurabilità al 37° giorno di quest'ultima prova. Anche indagini su ambienti costruiti, isolati con EPS, non hanno rivelato presenza di stirolo. Per completezza citiamo comunque anche le altre emissioni attribuite all'EPS per confusione con altri materiali (formaldeide, clorofluorocarburi, radon), che non possono sussistere semplicemente perché l'EPS non le contiene, né i suoi costituenti, carbonio e idrogeno, possono concorrere a formarle.

b) Obiezioni legate alla struttura fisica dell'EPS.

L'EPS oppone una certa resistenza al passaggio del vapore; l'entità è caratterizzata dal valore del coefficiente μ , detto appunto "di resistenza al passaggio del vapore" (v. capitolo 1, tabella 2) che rappresenta lo spessore di aria equivalente, dal punto di vista della diffusione del vapore, ad uno spessore unitario di EPS. Il valore dell'EPS è dello stesso ordine di grandezza di quello dei materiali da costruzione tradizionali (v. Volume 2) e non crea particolari problemi nel controllo dello scambio di umidità fra interno ed esterno attraverso pareti che comprendono uno strato dell'EPS (v. ancora Volume 2).

Si può dunque dire che una parete isolata con EPS "traspira" se non comprende altri strati di resistenza al passaggio del vapore molto maggiore (le cosiddette "barriere al vapore").

A questa permeabilità al vapore corrisponde una certa permeabilità all'aria, che si può ritenere circa dello stesso ordine di grandezza, quindi del tutto insufficiente, non solo ad assicurare, ma anche soltanto a contribuire in maniera apprezzabile al ricambio d'aria necessario per i locali; questo deve essere assicurato, in modo più o meno controllato, dalle aperture

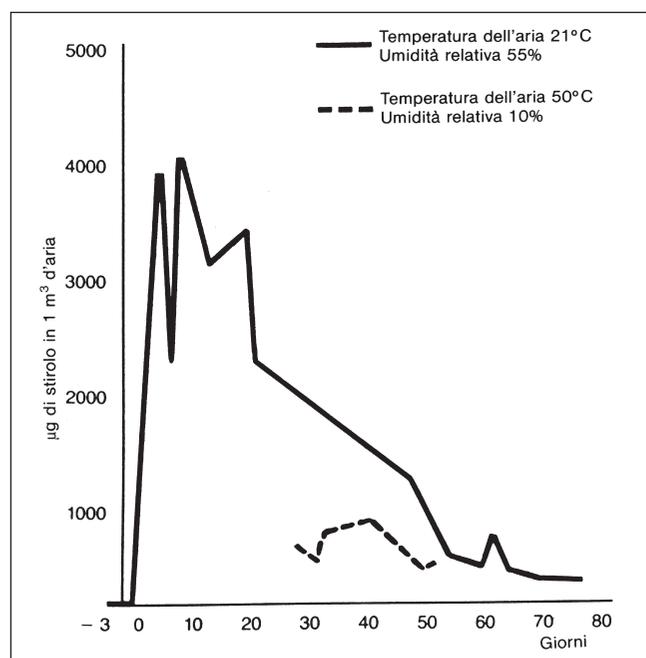


Fig. 2 - Misure di concentrazione in aria di stirolo emesso dal Polistirene (I.V.H.)

re di cui dispone il locale. Accade tuttavia che si faccia confusione fra le due permeabilità, al vapore e all'aria, e si affermi che una parete con EPS non traspira; in realtà nessuna parete, di nessun genere, se ben fatta, contribuisce al ricambio d'aria e quindi questa osservazione è del tutto ingiustificata.

Un'altra obiezione sollevata contro gli isolanti in genere è quella di costituire uno schermo ai campi elettrici e magnetici in cui vivremo all'aperto; in realtà questi campi esistono e si producono anche all'interno (p. es. per effetto dei vestiti che indossiamo) e se anche avessero qualche influsso sulla salute, positivo o negativo, questo sarebbe ben difficile da mettere in evidenza, sovrapposto agli altri influssi (igrotermici, sonori, da inquinamento, ecc.), ben più importanti, cui siamo costantemente sottoposti.

c) Comportamento dell'EPS in caso di incendio

Il comportamento dell'EPS in caso di incendio può essere visto sia sotto l'aspetto del contributo che esso può dare all'innesco e alla propagazione dell'incendio, sia per quanto riguarda l'emissione di sostanze pericolose durante l'incendio.

Il primo aspetto è più direttamente legato a considerazioni di prevenzione incendi (se, dove, come impiegare un materiale nella costruzione) ed è qui sufficiente ricordare che, per le sue caratteristiche, soprattutto nei tipi RF a ritardata propagazione di fiamma, per le masse modeste impiegate e per i modi consueti della

sua inserzione nelle strutture, l'EPS presenta, da questo punto di vista, poche limitazioni di impiego. La tossicità dei fumi è l'altro aspetto dell'incendio, che ha richiamato molta attenzione da qualche tempo, in particolare in relazione al comportamento di vari materiali plastici; ciò ha fatto sì che, anche per questo aspetto, pure l'EPS venisse accumulato ai materiali più pericolosi. In realtà esso risulta uno fra i materiali organici meno pericolosi; in quanto composto di solo carbonio e idrogeno (Fig. 1), in presenza di sufficiente aria comburente, i suoi prodotti di combustione sono soltanto anidride carbonica e acqua; con scarsità di aria produce ossido di carbonio, tuttavia in quantità molto inferiore a quella di altri materiali organici che si trovano comunemente nei locali, come mostra la tabella seguente, che riporta misure della concentrazione di CO in p.p.m. nei fumi, a varie temperature. Anche esperimenti su animali confermano queste osservazioni. Il fumo opaco che si sviluppa nella combustione (in quantità più ridotta nei tipi RF), non rappresenta di solito un problema rilevante, dal momento che l'EPS è generalmente non in vista nelle strutture.

IL CONTRIBUTO DELL'EPS ALL'ISOLAMENTO ACUSTICO

Fra le componenti del benessere abitativo, la quiete viene ormai considerata una delle più rilevanti.

L'EPS, nei tipi correntemente impiegati per l'isolamento termico, non contribuisce in modo apprezzabile a questo aspetto del benessere.

Vi contribuisce invece egregiamente un tipo derivato: l'EPS elasticizzato. L'EPS elasticizzato è ottenuto da quello normale con un trattamento meccanico di compressione, che ne aumenta la cedevolezza e si è dimostrato un ottimo isolante dai rumori generati da urti contro parti dell'edificio, in particolare i rumori da calpestio. Questi ultimi sono fra i più lamentati, perché disturbano le persone proprio quando, fra le quattro mura domestiche, aspirano alla quiete dopo una giornata di lavoro. I moderni complessi multifamiliari, generalmente costituiti da strutture multipiano di scarsa massa, sono la sede tipica di questi inconvenienti, causa a loro volta di tensioni e aggres-

Materiale	Temperatura di prova (°C)			
	300	400	500	600
EPS 16 Kg/m ³	50	200	400	1000
EPS RF 16 Kg/m ³	10	50	500	1000
Legno di pino	400	6000	12000	15000
Truciolare	14000	24000	59000	69000
Sughero espanso	1000	3000	15000	29000

sività. Il rimedio è costituito dal cosiddetto "pavimento galleggiante", in cui, sopra la soletta, p. es. in late-ro-cemento, viene posato uno strato (20-40 mm) di EPS elasticizzato e sopra questo viene gettato il massetto di ripartizione, che deve essere dotato di una certa massa ed essere isolato elasticamente dalle pareti perimetrali; sul massetto si applica poi il pavimento propriamente detto, che può essere di qualsiasi tipo. La figura 3 dà un'idea quantitativa dell'effetto.

La trasmissione del suono 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 di abitarci indisturbato.

Le nuove normative europee e le direttive italiane impongono un miglioramento delle caratteristiche acustiche degli edifici mediante una riduzione dei livelli di rumore ammessi.

Il POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS) si è rivelato uno dei più utili materiali per combattere i rumori, se adoperato in forma particolare, l'EPS elasticizzato, derivato da quella più nota, ampiamente impiegata per l'isolamento termico.

EPS CON SPECIFICHE PROPRIETÀ ACUSTICHE

Materiale di partenza: normali blocchi di EPS, $p \sim 13-15 \text{ Kg/m}^3$ (ottenuti però con granulometrie e condizioni di stampaggio e manutenzione opportunamente controllate e definite)

"Processo di elasticizzazione"

- Si applica una pressione fino a 1/3 dello spessore originario, tolta la compressione essi ritornano all'85% circa dello spessore originario acquistando così una $p \sim 15-18 \text{ Kg/m}^3$
- Taglio dei blocchi in lastre secondo il piano perpendicolare alla direzione della pressione applicata



Proprietà termiche inalterate (tra cui λ)
Modulo elastico più basso
BASSA Rigidità dinamica

EPS ELASTICIZZATO

L'utilizzo principale dell'EPS elasticizzato risiede nel solaio e riveste lo strato che fa "galleggiare" la soletta. La caratteristica più idonea per caratterizzare le proprietà acustiche dell'EPS elasticizzato è la rigidità dinamica, la cui norma di riferimento è la EN 29052-1.

Ordini di grandezza delle principali prestazioni

	EPS normale	EPS con specifiche proprietà acustiche
Rigidità dinamica [MN/m ³]	60 < s' < 200	12 < s' < 60
Attenuazione del livello della pressione sonora da calpestio	13 dB < ΔL < 18 dB	20 dB < ΔL < 32 dB

Spessore senza carico d _L mm	Spessore sotto carico d _B mm	Rigidità dinamica MN/m ³	Indice di attenuazione ΔL _w con massetto da 70 Kg/m ³	
			con pavim. rigida d _B	con pavim. resiliente d _B
17	15	30	26	27
22	20	20	28	30
27	25	15	29	33
33	30	15	29	33
38	35	10	30	34
44	40	10	30	34

L'EPS elasticizzato è caratterizzato da:

- modulo elastico dinamico inferiore a 450 KN/m²
- spessore sotto carico che è circa il 10% di quello libero.

RIGIDITÀ DINAMICA

La rigidità dinamica S' è data dalla somma:

- della rigidità S'G della struttura solida dell'espanso
- e di quella S'L dell'aria racchiusa nelle sue celle

$$S' = S'G + S'L \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

La rigidità dinamica S'G della struttura è data dalla relazione:

$$S'G = 4 \cdot 10^{-5} m' f R^2 \text{ [MN/m}^3\text{]}$$

dove:

m' [Kg/m³] è la massa areica della piastra oscillante (comprendente quella dell'eccitatore).

La rigidità dinamica S'L dell'aria è data dalla relazione:

$$S'L = 113/d_B \text{ [mm]}$$

dove:

d_B [mm] è lo spessore sotto carico della provetta.

La rigidità dinamica dipende dallo spessore di un prodotto: $Edyn \approx s' \times d_B$

Se il prodotto possiede differenti livelli di rigidità dinamica a spessori differenti, è sufficiente controllare la rigidità dinamica allo spessore che in combinazione con la rigidità dinamica dà il più basso valore di modulo di elasticità dinamica, $Edyn$.

Se viene soddisfatto il requisito della più rigorosa combinazione di spessore e rigidità dinamica, tutte le altre combinazioni per lo stesso prodotto sono parimenti soddisfatte.

d _B	s'	Edyn
0 mm	0 MN/m ³	400 kN/m ²
30 mm	15 MN/m ³	450 kN/m ²
35 mm	10 MN/m ³	350 kN/m ²

NORMATIVA PER L'EPS

Il POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS) è uno dei più importanti materiali per l'isolamento termico in edilizia, il primo fra gli espansi plastici cellulari. La norma europea di riferimento per l'EPS è la UNI EN 13163 che per il settore "acustica" prevede alcune specifiche caratteristiche.

CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI IN EPS

I prodotti sono divisi in classi di cui i tipi EPS T e EPS SD presentano specifiche proprietà di isolamento acustico:

Tipo	Comprimibilità	Rigidità dinamica	Resistenza a flessione [kPa] - (valore minimo)
EPS SD	/	Dichiarare valore secondo livelli norma	50
EPS T	Dichiarare valore secondo livelli norma	Dichiarare valore secondo livelli norma	50

EPS T SECONDO UNI EN 13163

■ L'EPS è un **isolante termico che presenta specifiche proprietà di isolamento acustico da impatto**

In relazione alle caratteristiche di rigidità dinamica e comprimibilità, è particolarmente adatto alla protezione dai rumori d'urto e da calpestio.

Questo però non preclude la possibilità di utilizzo per applicazioni differenti dai solai-pavimenti.

Livelli di comprimibilità

Spessore dI: determinato in accordo con la EN 12431 sotto un carico di 250 Pa.

Spessore dB: deve essere determinato in accordo con la EN 12431 con una pausa di 300 s prima di misurare d_B .

La comprimibilità, C, deve essere determinata come differenza tra d_L e d_B .

Livello	Carico applicato sullo strato di rivestimento kPa	Requisito (mm)	Tolleranza (mm)
CP5	≤ 2,0	≤ 5,0	≤ 2 per $d_L < 35$
CP4	≤ 3,0	≤ 4,0	≤ 3 per $d_L ≥ 35$
CP3	≤ 4,0	≤ 3,0	
CP2	≤ 5,0	≤ 2,0	≤ 1 per $d_L < 35$ ≤ 2 per $d_L ≥ 35$

Classi per le tolleranze sullo spessore

Classe	Tolleranze	
TC ₍₁₎	-5% oppure - 1 mm	+15% oppure + 3 mm
TC ₍₀₎	0	+10% oppure + 2 mm per $d_L < 35$ mm +15% oppure + 3 mm per $d_L ≥ 35$ mm

Livelli di rigidità dinamica

Determinata in accordo con la UNI EN 29052-1 senza pre-carico

Livello	Requisito MN/m ³
SD 50	≤ 50
SD 40	≤ 40
SD 30	≤ 30
SD 25	≤ 25
SD 20	≤ 20
SD 15	≤ 15
SD 10	≤ 10
SD 9	≤ 9
SD 8	≤ 8
SD 7	≤ 7
SD 6	≤ 6
SD 5	≤ 5

L'EPS E L'AMBIENTE ESTERNO

INQUINAMENTO ATMOSFERICO, CAUSE E CONSEGUENZE

L'inquinamento dell'ambiente esterno è ormai oggetto permanente di preoccupazione generale, sia per quanto riguarda i suoi aspetti contingenti, ormai costantemente seguiti, specialmente nei grossi agglomerati urbani, dove essi si fanno maggiormente sentire, sia per le conseguenze a lungo termine, oggetto di vivaci discussioni in tutto il mondo, dalle quali emergono con sempre maggiore frequenza previsioni catastrofiche, che non possono non richiamarci alle nostre responsabilità verso le generazioni future. Non c'è dubbio comunque che, anche se per il lungo termine si sommano agli effetti delle attività umane le lente modificazioni naturali (finora ben poco comprese) del clima del nostro pianeta, tuttavia per l'immediato sono le nostre attività a influire negativamente sulla qualità dell'ambiente e i responsabili principali, specialmente per l'aria, sono i processi di combustione, che da alcuni decenni noi attuiamo in una misura di vari ordini di grandezza superiore ai passati secoli e millenni.

La disponibilità di combustibili fossili a basso costo ha favorito lo sviluppo senza precedenti di industrie, trasporti e benessere abitativo, ma ha avuto e

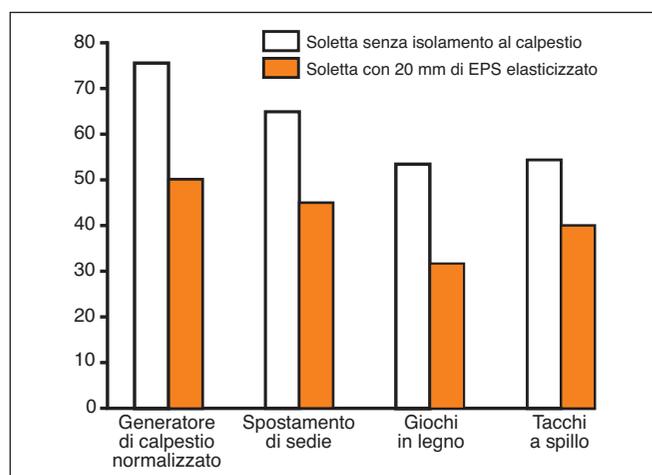


Fig. 3 - Prove di isolamento al calpestio su soletta in cemento armato.

avrà pesanti conseguenze, i cui costi solo in parte sono già emergenti. L'inquinamento dell'aria, specialmente nei grandi agglomerati, provoca danni alla salute, non facilmente quantizzabili, ma certamente imponenti, se si pensa al valore delle giornate lavorative perse, al costo delle cure mediche, senza trascurare quanto vale la riduzione della qualità della vita che ne consegue. A ciò si devono aggiungere gli effetti inquinanti di acqua e suolo da parte delle piogge acide su foreste, zone agricole, ecosistemi marini e lacustri, monumenti, ecc. per non parlare di quelli a lungo termine, come l'effetto serra, il buco dell'ozono e le conseguenze, cui l'umanità sembra non pensare troppo, dell'allegro sfruttamento di risorse non rinnovabili, quindi sempre più care e contese, come mostrano le ricorrenti crisi mondiali che partano dalle zone petrolifere. Per quanto attiene al campo di interesse dell'AIPE, è da rilevare che dei tre grandi settori responsabili dell'impiego dei combustibili, al benessere abitativo deve essere imputato almeno un quarto del loro consumo e quindi ogni intervento inteso a ridurlo è un contributo apprezzabile alla riduzione dell'inquinamento atmosferico e ambientale in genere. Che l'inquinamento atmosferico in particolare sia strettamente legato al consumo di combustibili per il riscaldamento degli edifici, è facilmente deducibile, osservando l'andamento stagionale di uno dei componenti principali, e certamente il più seguito, dell'inquinamento atmosferico, cioè l'anidride solforosa (SO_2). La figura 4 mostra l'andamento medio mensile a Milano della concentrazione di SO_2 nell'aria nel decennio 1970-79, come rapporto rispetto alla media annuale; si vede che, mentre in estate la concentrazione si riduce al 20% della media annuale, in inverno essa è mediamente il 180% della media annuale, cioè 9 volte quella estiva.

ISOLAMENTO TERMICO DEGLI EDIFICI PER LA RIDUZIONE DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

È evidente, da quanto detto sopra, il collegamento fra inquinamento atmosferico e consumo di combustibili per il riscaldamento degli edifici e altrettanto evidente è l'importanza di ogni iniziativa volta a ridurre tale consumo. Ciò può essere fatto seguendo varie strade (sostituzione dei combustibili fossili con energie alternative non inquinanti, miglioramento nella produzione, regolazione e distribuzione del calore, ricupero di calore, ecc.), ma una delle strade più dirette e di effetto permanente è senza dubbio la riduzione delle dispersioni termiche dell'edificio mediante un rafforzamento del suo isolamento. Questo ragionamento vale evidentemente qualunque sia il materiale impiegato per l'isolamento, ma vale la pena di svilupparlo in modo particolare per l'EPS, in quanto materiale coibente fra i più diffusi in edilizia e particolarmente versatile e adatto alla quasi totalità dei casi di isolamento; ciò è specialmente importante per l'impiego nelle opere di ristrutturazione o riabilitazione edilizia delle costruzioni esistenti; infatti un effetto apprezzabile sul consumo globale di combustibili e quindi sull'inquinamento atmosferico si potrà avere

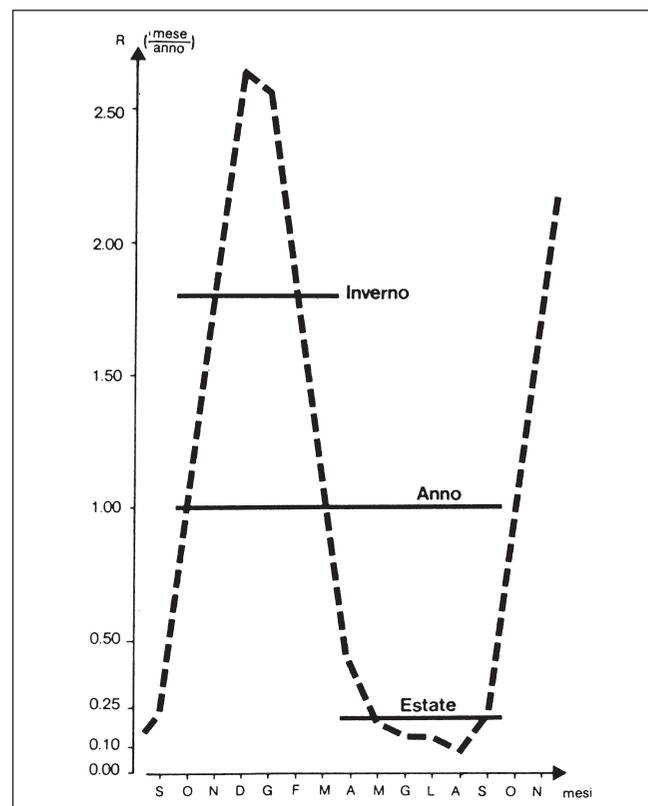


Fig. 4 - Andamento tipico annuo delle concentrazioni relative di SO_2 a Milano (1970-78).

soltanto operando in maniera massiccia sul parco edilizio esistente. Può essere interessante ricercare se vi sono limiti, economici o tecnici, nell'impiego dell'EPS per l'isolamento. Nel dimensionamento economico dell'isolamento termico si è già messo in evidenza come il limite di convenienza di un isolamento con EPS, cioè quello che massimizza il valore attuale netto dell'investimento (risparmio annuo attualizzato meno spesa di impianto), si trova per spessori di isolamento nettamente superiori a quelli che oggi prescrive la nostra legislazione per gli edifici nuovi. Si è anche osservato che per risparmiare energia; isolando si deve cominciare a consumare energia per produrre l'isolante ed è legittimo domandarsi se e fino a che limite è favorevole il bilancio energetico relativo. Studi in proposito hanno dimostrato che anche da questo punto di vista l'isolamento ottimale con EPS comporta spessori molto superiori a quelli correnti (più di 30-50 cm!). La considerazione di limiti così elevati ha indotto a verificare la possibilità tecnica di edifici a basso consumo di energia o al limite di "case a energia zero". Senza considerare queste ultime, che presuppongono più complessi sistemi di utilizzo delle energie gratuite, le case a bassa energia hanno rice-

vuto molta attenzione negli ultimi anni, specialmente in Germania e Austria. La tabella seguente mostra la progressione delle trasmittanze (in $W/m^2 K$) delle costruzioni in Germania, dalla situazione ante 1977, alla casa a bassa energia. Le conseguenze, in termini di consumo di gasolio e di emissione di CO_2 , delle 4 situazioni della tabella, sono rappresentate visivamente nella figura 5. La situazione italiana in termini di isolamento è senz'altro peggiore; in termini di consumi beneficia peraltro di un clima mediamente più mite. La tendenza è comunque istruttiva per tutti.

L'EPS E LA NATURA

A complemento delle informazioni sui rapporti fra l'EPS e l'ambiente, può valere la pena di dire qualche parola anche sul rapporto fra EPS e animali e piante.

Non ci piace se topi o uccelli fanno il nido nel Polistirene, ma questo inconveniente può essere facilmente impedito con provvedimenti costruttivi. D'altra parte questo comportamento mostra che gli animali si trovano bene in tale ambiente. Ciò dipende non soltanto dal confortevole calore di tali nidi, ma anche dal-

Valori di trasmittanza termica $N(w/m^2k)$

Componente	Fino al 1977	Attuale valore medio	Raccomandato	Casa a bassa energia
Tetto	0,9	0,30	0,30	0,12
Parete	1,8	0,60	0,30	0,15
Finestra	5,2	1,80	1,50	0,70
Solaio/Cantina	0,8	0,55	0,55	0,25

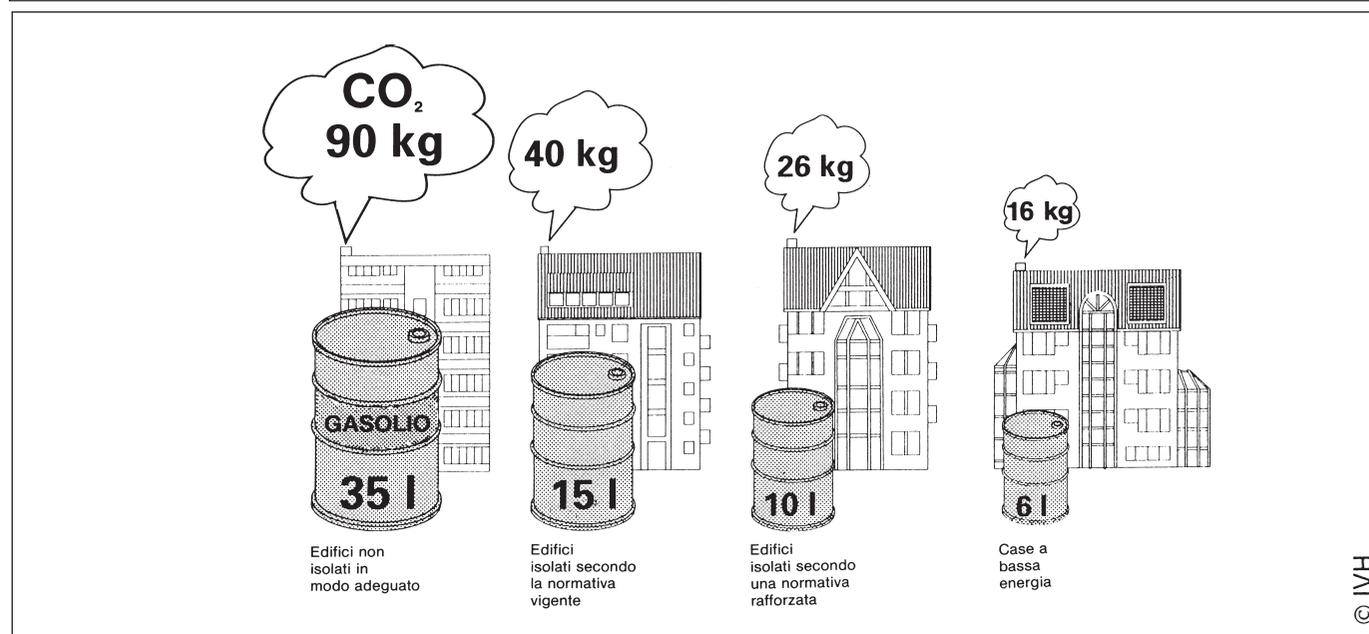


Fig. 5 - Conseguenze per il clima del consumo di energia (litri di gasolio o metri cubi di metano; situazione tedesca): emissione di CO_2 per m^3 di edificio e per anno.

la non pericolosità del materiale. L'istinto degli animali non avrebbe permesso di dimorare in un ambiente, per così dire, velenoso o di fare il nido in tale materiale. Ciò vale in particolare per le api, che sono molto sensibili. Alveari in EPS favoriscono l'attività di costruzione e di allevamento delle api e contribuiscono ad un sano sviluppo anche delle famiglie deboli. Vasi da fiori e contenitori per piante in EPS, come pure substrati di coltura con EPS vengono impiegati da più di 40 anni. La letteratura tecnica attesta buone esperienze e risultati nella coltura delle piante e un incremento di crescita anche di specie delicate. Il granulato di EPS è oggi un ovvio componente del terriccio per vasi e, nelle funzioni di drenaggio e a reazione del suolo, contribuisce ad un sano e forte sviluppo delle piante. È ancora conveniente ricordare, quando si tratta di dimostrare la non pericolosità per la salute dell'EPS, che, in base alle leggi sui contenitori alimentari, l'EPS è ammesso ovunque, e larghissimamente impiegato, per bicchieri, cassette da pesce e da frutta, vassoi, ecc.

IL RICICLO DELL'EPS

Il riciclaggio del polistirene espanso (EPS) è una pratica diffusa, comunemente attuata, entro i limiti di convenienza economica, per il recupero degli scarti industriali di produzione e dei manufatti giunti a fine vita.

Problematiche generale

Lo schema di base di tutti i circuiti di riciclaggio si articola in tre stadi:

1. **Recupero sul territorio**
2. **Adeguamento fisico**
3. **Riutilizzo**

La realizzazione di ciascuno dei suddetti stadi è condizionata, oltre che dalla disponibilità di tecnologie, anche da una serie di fattori legati alle caratteristiche specifiche del tipo di scarto, in termini sia di materiale che di manufatto, ed a situazioni ambientali, generalmente differenti nelle diverse località.

Le modalità di raccolta sono legate alle caratteristiche fisiche e di produzione degli scarti, ma anche al loro destino programmato, così come le tecniche di riutilizzo attuabili non dipendono solo dalle caratteristiche fisiche intrinseche del materiale ma anche dal tipo di scarto, da come è stato selezionato e raccolto e da quali costi di trasporto ed adeguamento fisico (ad esempio trattamenti di purificazione) sono sopportabili.

Si deve anche tener presente che le differenti situazioni ambientali in località diverse possono rendere più o meno efficaci i diversi tipi di circuito di riciclaggio ipotizzabili.

Da quanto si è detto, emerge che non può esistere

un "modello ideale" di circuito di riciclaggio. A situazione matura, è prevedibile che vi possa essere un mix di tecnologie di riutilizzo, ognuna servita da particolari circuiti di recupero e adeguamento fisico, in relazione alle quantità e tipologie di scarti disponibili in una certa area, più o meno grande.

Aspetti specifici

Il punto critico per il riciclaggio dell' EPS è la sua leggerezza, che ne può rappresentare anche l'aspetto positivo, sia come materiale in se stesso ($15 \div 25 \text{ kg/m}^3$) che come tipo di manufatto.

La densità apparente degli scarti oscilla fra 5 e 15 kg/m^3 , ma ciò è vero se essi sono perfettamente impaccati.

Nel caso di imballi misti buttati alla rinfusa, la densità apparente media può scendere anche alla metà del valore prima definito.

Da ciò derivano problemi di ingombro e di trasporto che, nel caso di una raccolta differenziata, emergono con evidenza.

Va però osservato che questi problemi sussistono comunque e sarebbe quindi sbagliato, nella valutazione economica di un' attività di riciclaggio, non detrarre i costi di stoccaggio, trasporto e smaltimento che dovrebbero essere in ogni modo sostenuti.

Nel caso dell' EPS esiste una notevole produzione di scarti a livello commerciale ed industriale, settori certamente più facili del domestico, dal punto di vista della raccolta, sia per la concentrazione di quantità, sia perché le Aziende devono comunque sostenere un costo di smaltimento, passando in genere attraverso un raccogliatore.

Sbocchi di riutilizzo

Le attuali possibilità di riutilizzo dell' EPS sono:

1. **Utilizzo come "carica" nella produzione di nuovi articoli in EPS**
2. **Trasformazione in granulo di polistirolo compatto**
3. **Utilizzo come inerte leggero in calcestruzzi e malte**
4. **Combustione con produzione di calore**
5. **Produzione di Polistirene espandibile**

Le prime due sono ovviamente le più esigenti in termini di grado di purezza del materiale.

L' Utilizzo come "carica" nella produzione di nuovi articoli in EPS è certamente più limitato, in termini quantitativi, da vincoli tecnologici, mentre la trasformazione in granulo di polistirolo compatto conduce ad un prodotto inseribile nel grande e mondialmente esteso mercato dei termoplastici.

L' utilizzo come inerte leggero è un piccolo mercato, paragonato a quello del polistirolo compatto, ma è comunque un' idoneo sbocco e, qualora ci fosse

larga disponibilità di prodotto, potrebbe ampliarsi a livelli significativi, rispetto alle quantità obiettivo di riciclaggio.

La combustione con recupero di calore non è considerata riciclaggio dalla vigente legge e non può quindi contribuire al conseguimento dell'obiettivo specifico del 15% di riciclaggio ma solo a quello dell'obiettivo globale del 50% di recupero.

Essa va comunque perseguita, giacché è senza dubbio l'impiego meno esigente in termini di pulizia del materiale, può assorbire scarti di qualunque provenienza, anche mista e rappresenta quindi un'area estremamente interessante, da approfondire come disponibilità e vincoli tecnologici.

La combustione del polistirene alle usuali temperature dà luogo solo ad acqua ed anidride carbonica ed il suo potere calorifico è di circa 10.000 kCal/kg. La destinazione di parte della raccolta a fini energetici costituisce un'opportunità di valorizzazione delle frazioni più inquinate, inevitabilmente raccolte, contribuendo positivamente all'economicità del ciclo globale.

ADEGUAMENTO FISICO

Macinazione e frantumazione

Il primo trattamento di adeguamento fisico da effettuare è senz'altro una frantumazione. Questo sia per preparare il materiale alle successive operazioni che per ridurre il volume. Una frantumazione, anche grossolana, riduce infatti il volume di uno scarto ben impaccato al 60% circa e di uno scarto ammucciatto anche al 30%.

Il materiale frantumato può quindi essere stoccato e trasportato più agevolmente e può essere alimentato ad un mulino o ad una pressa, per il trattamento successivo.

Per la macinazione dell'EPS, le soluzioni più usate sono costituite dai mulini a martelli e dai mulini a coltelli, montati su due alberi controrotanti.

Ottimi risultati sono ottenibili anche con un piccolo mulino verticale a disco.

Tecnologie di compattazione

Esistono in commercio presse specifiche per la compattazione di scarti di EPS.

Possono essere alimentate con materiali di grossa pezzatura e abbinano alla pressa vera e propria un frantumatore, nel quale gli scarti vengono alimentati attraverso una tramoggia, che può avere una bocca di carico di oltre un metro di larghezza.

L'EPS frantumato viene compresso in blocchi parallelepipedi aventi una densità di circa 500 kg/m³, facil-

mente stoccabili e trasportabili ai luoghi delle successive lavorazioni.

La compattazione può essere effettuata anche con le bricchettatrici, macchine utilizzate per la compattazione di materiali fini, in genere residui di lavorazione, per ridurne il volume e renderli facilmente maneggiabili e riutilizzabili.

Esse compattano gli scarti di EPS, macinati a pezzatura 2 ÷ 3 cm, trasformandoli in barre cilindriche, del diametro di 50/70 mm aventi una densità di oltre 800 kg/m³.

Sull'imboccatura del canotto di uscita può essere montato un dispositivo taglia-bricchetti, così che il materiale compattato può essere ottenuto anche in segmenti corti (40÷60 mm), insaccabili, insilabili e trasportabili facilmente a mezzo di coclee.

Per materiali leggeri, sono stati sviluppati modelli di bricchettatrici dotati di un cilindro supplementare verticale, che aumenta la quantità di materiale nella camera di compattazione.

La riduzione di volume degli scarti di EPS può essere ottenuta anche tramite i collassatori termici.

E' importante sottolineare che essi, pur con il relativo costo energetico, sono in grado di trattare anche materiali umidi.

Attualmente sono proposti collassatori a pannello a raggi infrarossi e ad aria calda. Tra questi rientra un modello a pannello radiante.

Per effetto del riscaldamento, il materiale rammollisce e la sua struttura cellulare collassa. Ciò comporta una riduzione di volume al 3 ÷ 5 % del valore iniziale.

La densità apparente del materiale collassato è di circa 150 Kg/m³.

A questo punto, esso può essere inviato ad uno sminuzzatore, che lo raffina, sgranandolo e quindi ad un vaglio. Eventuali etichette o nastri adesivi non vengono sgranati dallo sminuzzatore e sono quindi separabili nella successiva fase di vagliatura.

Riutilizzo nell'EPS

Il riutilizzo di sfridi di lavorazione di manufatti in EPS macinati è una pratica generalizzata.

Gli scarti, macinati a livello quasi di perla singola e depolverati, possono essere miscelati a perle vergini preespanso in ragione del 10 ÷ 15 %, a seconda del tipo di manufatto da produrre e, nella successiva fase di seconda espansione nella forma, vengono legate nella massa.

Esistono anche apparecchiature, da inserire dopo il mulino, in cui il materiale macinato è sottoposto ad un'azione di strofinamento tra dischi, che separa le perle ancora raggruppate in aggregati e ne riduce le dimensioni, aumentandone la densità.

Secondo il fornitore, risulta così possibile utilizzare

fino al 25 ÷ 50 % di rigenerato senza compromettere aspetto e proprietà meccaniche dei manufatti.

Trattando materiali post-consumo, questa soluzione appare la più sensibile all'eventuale presenza di residui tipo legno o carta, che i filtri degli estrusori granulatori in gran parte possono eliminare, e va riservata a frazioni particolarmente scelte.

A questo proposito, dobbiamo ricordare che, come i produttori di bottiglie hanno abbandonato i tappi metallici e modificato i sistemi di etichettatura, così, per sviluppare il riciclaggio, ci si dovrà impegnare in una razionalizzazione delle modalità di imballo.

Alleggerimento

L'utilizzo di perle di EPS come inerte leggero di malte per intonaci coibenti e caldane e per calcestruzzi alleggeriti, iniziato in Italia verso la metà degli anni '70, ammonta attualmente a circa 2500 ton/anno di materiale vergine.

In questo settore è però già molto affermato l'uso di riciclato, anche post-consumo e si stima che l'uso di riciclato superi le 5.000 ton/anno.

Il mercato risente chiaramente dei problemi di trasporto di un materiale così leggero e potrebbe avere un notevole incremento da una disponibilità diffusa, quale potrebbe derivare dalle raccolte post-consumo generalizzate.

Lo stesso vale per l'utilizzo di espanso macinato sfuso per isolamento in edilizia.

Si tratta inoltre delle applicazioni meno esigenti in fatto di purezza, a parte il recupero energetico.

Per quanto riguarda l'alleggerimento dei laterizi, finora il riciclato non ha finora avuto successo.

Qui è necessaria una precisa classificazione dimensionale delle particelle, alta purezza ed assenza di polvere.

Questi problemi sono però tecnicamente superabili, a patto di partire da scarti opportunamente selezionati.

Un problema di rapporti fra EPS e ambiente esterno, completamente diverso da quelli fin qui trattati, è costituito dallo smaltimento dei rifiuti dell'EPS.

Questo problema riguarda piuttosto marginalmente l'EPS impiegato nelle applicazioni edilizie, dove consiste in pochi sfridi prodotti all'atto dell'applicazione, mentre alla demolizione è unito alla massa degli altri materiali destinati alla discarica. Ne diamo tuttavia un cenno per completezza di trattazione, dal momento che, a causa della voluminosità e non degradabilità, la grande quantità di imballaggio in EPS che oggi vengono prodotti e poi eliminati, ha posto questo problema alla pubblica attenzione.

I sistemi di smaltimento oggi impiegati per i rifiuti di EPS sono essenzialmente:

- *riutilizzo per la fabbricazione di espansi*: possibili,

entro certe percentuali e per certi impieghi, per scarti e rifiuti puliti;

- *trasformazione in ammendanti per terreni*, essenzialmente come:

- substrato e bonifica del terreno,
- ausiliario per il compostaggio,
- drenaggio.

Secondo l'impiego i rifiuti di EPS vengono macinati a granulometrie diverse;

- *fusione e granulazione* per ricavarne materiale da stampaggio o estrusione per manufatti di limitate esigenze;

- *combustibile* con eventuale ricavo di energia: 1 kg di EPS equivale a 1,2-1,4 litri di olio combustibile; bruciato negli impianti di incenerimento produce soltanto acqua e anidride carbonica;

- *discarica*: l'EPS, favorendo l'aerazione, accelera la decomposizione delle sostanze organiche della discarica e per parte sua non è nocivo né all'aria, né al terreno, né alle acque sotterranee.

I problemi dello smaltimento dei rifiuti di EPS sono attualmente soprattutto problemi logistici per l'organizzazione della raccolta dei rifiuti e il loro avvio nelle migliori condizioni agli impianti di riciclaggio; a questo scopo in vari paesi vi sono già apposite organizzazioni.

Valutazione della compatibilità ambientale

La crescente sensibilità e coscienza ambientale diffusa nelle attuali società induce e spinge gli acquirenti e gli utenti ad influenzare la produzione e l'offerta di manufatti nel mercato mediante la scelta e l'utilizzo di prodotti compatibili con l'ambiente, oltre che convenienti per rapporto prestazioni/costo e completamente rispondenti alle prestazioni richieste. In corrispondenza e coerentemente le linee guida per gli acquisti "verdi" (Green Public Procurement - GPP) e la politica integrata di prodotto (Integrated Product Policy - IPP) in fase di sviluppo e di definizione presso le Istituzioni Europee suggeriscono, agli enti pubblici ed agli acquirenti tutti, l'acquisto e l'uso di prodotti e manufatti, di cui si conoscano tutte le caratteristiche e prestazioni, a partire da quelle di impatto ambientale complessivo esteso a tutta la vita del manufatto.

In realtà agli acquirenti ed agli utenti resta il problema di scegliere manufatti effettivamente compatibili per l'ambiente, di cui si conosca l'impatto ambientale complessivo come risultato di valutazioni quantitative e standardizzate, riferite a tutta la loro vita (produzione, vita in opera e smaltimento finale). La metodologia standardizzata di Life Cycle Assessment ovvero LCA, definita nelle sue parti essenziali dalla

L'EPS E L'AMBIENTE

norma ISO 14040, permette di valutare completamente l'impatto e la compatibilità ambientale di un prodotto durante l'intero arco della sua vita; questa metodologia stabilisce il processo da seguire, i parametri di impatto da considerare e le normalizzazioni da adottare per ottenere valutazioni "standardizzate" e confrontabili nel caso di manufatti di diversa costituzione, che svolgano la stessa funzione. In accordo con questa metodologia l'ultima importante condizione da soddisfare per ottenere valutazioni di impatto ambientale quantitative e confrontabili è la disponibilità di dati reali sugli impatti ambientali di ciascun stadio delle varie fasi di vita del manufatto, dati necessari per ottenere la valutazione LCA del manufatto stesso e conoscere il suo impatto complessivo sull'ambiente.

L'INFLUENZA DEL CONTENUTO DI EPS RICICLATO SULLA VALUTAZIONE LCA

Nel corso degli anni AIPE ha condotto analisi di ciclo di vita attraverso studi LCA (Life Cycle Assessment)

per indagare i carichi ambientali dei prodotti di EPS realizzati dalle aziende associate al fine di definire l'eco profilo medio nazionale (EPD settoriali), in collaborazione con lo studio di ingegneria di Torino specializzato in questo campo "Life Cycle Engineering Srl" (LCE).

I principali indicatori di uno studio LCA sono essenzialmente di due tipi:

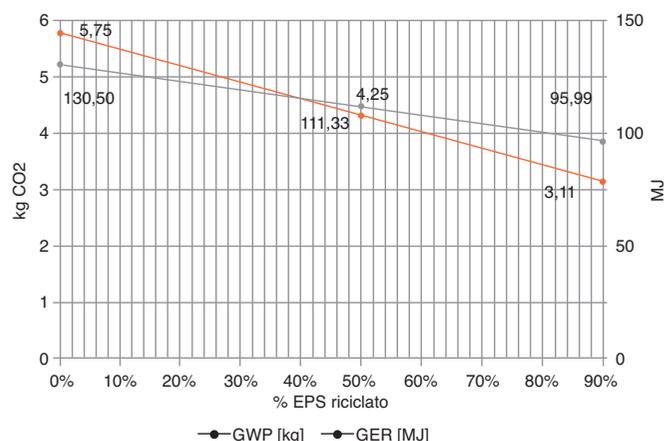
- energetico: indicano i consumi di energia necessaria a produrre l'unità funzionale (1 kg di manufatti in EPS). Il valore è espresso dal parametro GER (Gross Energy Requirement), in MJ ed evidenzia il fabbisogno energetico complessivo;
- ambientale: illustrano il consumo di risorse naturali, le emissioni in aria e acqua e i rifiuti solidi prodotti sempre riferiti all'unità funzionale considerata. Come parametro di riferimento figura il GWP100 (Global Warming Potential), effetto serra potenziale a 100 anni espresso in Kg di CO₂.

Analisi dei benefici derivanti dall'uso di EPS riciclato nel caso di:

- Riciclo del 50% di EPS
- Riciclo del 90% di EPS

Risultati energetici (dati in MJ per kg di prodotto)		Classificazione e caratterizzazione delle emissioni (dati espressi per kg di prodotto)		
RICICLO DEL 50% DI EPS	GER = 111,3 MJ/kg	INDICATORE	UNITÀ DI MISURA	VALORE / kg
		GWP	kg CO ₂	4,3
		AP	mol H	0,6
		EP	g O ₂	76,3
		ODP	g CFC11	–
		POCP	g C ₂ H ₂	19,6
RICICLO DEL 90% DI EPS	GER = 96 MJ/kg	INDICATORE	UNITÀ DI MISURA	VALORE / kg
		GWP	kg CO ₂	3,1
		AP	mol H	0,4
		EP	g O ₂	46,0
		ODP	g CFC11	–
		POCP	g C ₂ H ₂	18,7

Andamento indicativo del GER e GWP100 all'aumento della percentuale di utilizzo di scarti di EPS (Dati riferiti al Kg di EPS)



In tutti gli studi realizzati dal 2005 ad oggi sono emersi evidenti benefici derivanti dall'uso del riciclato sia nei prodotti riguardanti l'edilizia sia nel packaging.

Il GER associato alla produzione di EPS diminuisce quasi del 30% se l'azienda integra nel proprio ciclo di produzione una % di riciclato pari al 90% del materiale utilizzato per il medesimo bene.

Analogamente per il GWP, l'utilizzo di EPS riciclato permette una riduzione del contributo all'effetto serra in maniera ancora più sostanziale.

Indicazioni circa la riciclabilità di un generico manufatto in EPS e dei relativi benefici ambientali

	Scarti	Rifiuti Post consumo
Riciclabilità manufatto in EPS	100%	Fino al 90%
Diminuzione GER in funzione della % di riciclato	circa il 30%	Fino al 30%
Diminuzione GWP in funzione della % di riciclato	circa il 40%	Fino al 40%

GWP [kg] GER [MJ]

In generale, analizzando i dati relativi ai consumi di risorse naturali e alle emissioni in aria e acqua, si nota come un incremento della percentuale di EPS riciclato internamente provochi un miglioramento di tutti gli indicatori rispetto alla situazione di partenza, sia per il settore packaging sia per il settore edilizia.

L'IMPEGNO DI AIPE E DELLE AZIENDE ASSOCIATE PER IL RICICLO DELL'EPS

1. Network INEPSA
2. Protocollo d'intesa AIPE - ASSORIMAP
3. Accordo AIPE - COREPLA
4. Progetti, borse di studio e tesi di laurea
5. Albo riciclatori AIPE

1. Circuito INEPSA

Uno dei più importanti circuiti per recuperare e riciclare l'EPS a livello mondiale è rappresentato dal network INEPSA, organizzazione internazionale nata nel 1992 dall'impegno delle 3 grandi associazioni che operano in Europa, America e Asia:

- AMEPS - Asian Manufacturers of EPS
- EPS Industry Alliance - USA
- EUMEPS - European Manufacturers of EPS (→ di cui fa parte AIPE in qualità di Associazione nazionale di riferimento)

www.epsrecycling.org

2. Accordo quadro di collaborazione AIPE - ASSORIMAP

Da marzo 2012 AIPE e l'Associazione Nazionale Riciclatori e Rigeneratori Materie Plastiche (ASSORIMAP) hanno siglato un accordo quadro di collaborazione per far confluire le rispettive esperienze maturate in tema di sostenibilità ambientale in un impegno comune in grado di aumentare l'efficacia degli sforzi profusi in merito al recupero e al riciclo dell'EPS pre-consumo e post-consumo.

Le due associazioni si impegnano a lavorare insieme secondo un protocollo d'intesa basato su 4 principali linee guida:

1. promuovere congiuntamente la "cultura dell'ambiente e dello sviluppo sostenibile" attraverso un costante scambio di informazioni e un'adeguata comunicazione su queste tematiche verso l'esterno;
2. definire tutte le iniziative possibili al fine di favorire sinergie tra le aziende rispettivamente associate, in particolare per quel che riguarda il polistirene espanso sinterizzato, al fine di creare un circuito virtuoso volto al recupero e al riciclo dell'EPS;
3. sviluppare insieme concrete attività progettuali;
4. organizzare sinergicamente convegni, fiere e altri eventi.

Riferimenti:

ASSORIMAP - www.assorimap.it

Associazione nazionale riciclatori e rigeneratori delle materie plastiche

Via Livorno, 7 - 00198 - Roma

telefono(+39) 06.83.77.25.47

E-mail: info@assorimap.it

3. Accordo AIPE - COREPLA

La collaborazione con COREPLA (Consorzio Nazionale per la Raccolta, il Riciclaggio e il Recupero dei rifiuti di imballaggio in plastica) ha portato alla stesura di un accordo fra il Consorzio stesso e l'AIPE per la raccolta selettiva dell'EPS sul territorio nazionale di imballi post-uso per il recupero e il riciclo.

4. Progetti, borse di studio e tesi di laurea

Il contatto con le università, sostenuto e promosso tramite tesi di laurea e borse di studi, permette di affrontare temi interessanti nel campo del recupero e riciclo dell'EPS, in ottica della nuova frontiera della *"Circular Economy"*.

5. Albo riciclatori AIPE

AIPE è da tempo impegnata nella creazione a livello nazionale di una rete che possa incrementare il sistema di recupero e riciclo sia degli imballi post-uso sia degli scarti in EPS.

La collaborazione con le aziende associate nonché il continuo interfacciamento con realtà aziendali operanti in questo settore ha permesso di redigere un albo riciclatori, in costante aggiornamento, che è disponibile contattando direttamente l'Associazione.

CONCLUSIONI

L'impiego in edilizia del Polistirene Espanso Sinterizzato è collegato con una serie di implicazioni ambientali, che il presente capitolo ha inteso chiarire, cosicché sia gli operatori del settore, che i committenti e le pubbliche autorità possano considerare questo materiale con tutta la fiducia che esso merita. In modo particolare deve essere sottolineata l'importanza del contributo che l'EPS, attraverso l'aumento dell'isolamento termico degli edifici, può dare alla riduzione dell'inquinamento atmosferico. Un risultato notevole può essere raggiunto restando nei limiti attuali di fattibilità tecnica e di convenienza economica, purché gli interventi siano veramente generalizzati. Il conseguimento di tale obiettivo comporta una molteplicità di azioni, sia a livello nazionale che locale, per le quali è necessaria una generale sensibilizzazione. L'Associazione Italiana Polistirene Espanso da, con la sua diffusa attività informativa, di cui questo capitolo è un esempio, il suo contributo a questo fine.

4.

NORMATIVA PER IL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO

Il Polistirene Espanso Sinterizzato EPS è uno dei più importanti materiali per l'isolamento termico in edilizia, il primo fra gli espansi plastici cellulari. Come tale, le sue caratteristiche sono state studiate in modo approfondito.

Parimenti intenso è stato il lavoro degli Enti normatori in Italia e all'estero, per definire dei tipi unificati di EPS e relative caratteristiche limite, metodi di prova e procedure di controllo. Il presente capitolo intende illustrare questa complessa materia, contribuendo così alla chiarezza di questo importante mercato.

LA NORMA ARMONIZZATA UNI EN 13163/2017

PRODOTTI PER ISOLAMENTO TERMICO PER L'EDILIZIA IN POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO (EPS)

Gli isolanti termici in EPS per le applicazioni in edilizia rispondono alla norma di prodotto armonizzata **UNI EN 13163** che specifica i requisiti e i relativi metodi di prova regolamentando inoltre la MARCATURA CE, obbligatoria dal 2003.

Dal 1° luglio 2013 gli isolanti in EPS per essere commercializzati, insieme all'etichetta CE, devono essere accompagnati dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP), come richiesto dal CPR (Reg. 305/2011), disposizione legislativa che regola a livello europeo i prodotti da costruzione e che ha sostituito la precedente direttiva nota come CPD (89/106/CE).

1. NORMATIVA EUROPEA E NORME COLLEGATE

LA UNI EN 13163 fa parte di un pacchetto di norme che riguardano i materiali per isolamento termico, tra cui:

- Lana minerale (MW) →UNI EN 13162
- Polistirene espanso (EPS) →UNI EN 13163
- Polistirene estruso (XPS) →UNI EN 13164
- Poliuretano (PUR) →UNI EN 13165
- Schiuma fenolica (PF) →UNI EN 13166
- Vetro cellulare (CG) →UNI EN 13167
- Lana di legno (WW) →UNI EN 13168
- Perlite espansa (EPB) →UNI EN 13169
- Sughero espanso (ICB) →UNI EN 13170
- Fibre di legno (WF) →UNI EN 13171
- Polietilene espanso (PEF) →UNI EN 16069

Unitamente a queste norme di prodotto, la norma UNI EN 13172 riguarda invece la valutazione delle conformità durante la fase di produzione, specificandone i procedimenti e i criteri.

Metodo di prova	Requisito/caratteristica
UNI EN 12667 o UNI EN 12939	Resistenza termica e conducibilità termica
UNI EN 822	Determinazione lunghezza e larghezza
UNI EN 823	Spessore
UNI EN 824	Perpendicolarità
UNI EN 825	Planarità
UNI EN 826	Resistenza a compressione (al 10% di deformazione)
UNI EN 1603	Stabilità dimensionale sotto condizioni di laboratorio normalizzate
UNI EN 1604	Stabilità dimensionale in condizioni specifiche di temperatura e umidità relativa
UNI EN 1605	Deformazione in condizioni specifiche di carico compressivo e di temperatura
UNI EN 1606	Scorrimento viscoso (creep) a compressione
UNI EN 1607	Resistenza a trazione perpendicolare alle facce
UNI EN 12085	Determinazione dimensioni lineari
UNI EN 12086	Trasmissione di vapore acqueo
UNI EN 12087	Assorbimento d'acqua per lungo periodo per immersione totale (metodo 1 e metodo 2)
UNI EN 12088	Assorbimento d'acqua per lungo periodo per diffusione
UNI EN 1609	Assorbimento d'acqua per breve periodo per immersione parziale
UNI EN 12089	Resistenza a flessione
UNI EN 12090	Resistenza al taglio
UNI EN 12091	Resistenza al gelo-disgelo
UNI EN 13793	Comportamento sotto carichi ciclici
UNI EN 29052-1	Rigidità dinamica
UNI EN 12431	Spessore isolante per pavimenti galleggianti/comprimibilità
UNI EN 13823	Reazione al fuoco – Prova SBI
UNI EN 11925-2	Reazione al fuoco – Prova di piccola fiamma
UNI EN 15715	Reazione al fuoco – Istruzioni per il montaggio e il fissaggio dei campioni per le prove
UNI EN 13051-1	Reazione al fuoco - Classificazione
UNI EN 1602	Densità apparente → Caratteristica impiegata per prove indirette, in quanto è un parametro di processo usato per il controllo di produzione
UNI EN 12429	Isolanti termici per edilizia - Condizionamento fino a equilibrio igrometrico in condizioni specificate di temperatura e di umidità

Alla norma di prodotto per l'EPS e in generale per tutti gli isolanti termici sopra citati, sono collegate le norme europee relative ai metodi di analisi delle caratteristiche necessarie per classificarli. (Vedi Appendice-Aggiornamento Normative pag. 73-74)

2. CLASSIFICAZIONE DEI PRODOTTI DI EPS

La classificazione dei prodotti isolanti in EPS secondo la norma armonizzata di prodotto UNI EN 13163 prevede diverse tipologie.

La classificazione viene effettuata in funzione dello sforzo di compressione al 10% di deformazione ed alla resistenza a flessione. Un prodotto appartenente ad una determinata classe deve soddisfare entrambe le condizioni indicate in tabella.

I TIPI SD e T hanno invece specifiche proprietà di isolamento acustico.

Classificazione dell'EPS

EPS i (applicazioni sotto carico)

EPS S (applicazioni senza carico)

EPS SD (applicazioni senza carico con proprietà acustiche)

EPS T (per pavimenti)

Classificazione dei prodotti in EPS secondo UNI EN 13163

**Tabella 1 - Allegato C:
Classificazione dei prodotti in EPS**

Tipo	Resistenza a compressione al 10% di deformazione [Kpa]	Resistenza a flessione [Kpa] - (val.min)
EPS S	–	50
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 500	500	750

**Tabella 2 – Allegato C
Classificazione dei prodotti in EPS con proprietà acustiche**

Tipo	Comprimibilità	Rigidità dinamica	Resistenza a flessione [kPa] – (valore minimo)
EPS SD	/	Dichiarare valore secondo livelli norma	50
EPS T	Dichiarare valore secondo livelli norma	Dichiarare valore secondo livelli norma	50

3. REQUISITI

La norma armonizzata fissa i requisiti e i relativi metodi di prova che i prodotti isolanti di EPS devono soddisfare al fine di poter essere impiegati in conformità alla stessa UNI EN 13163.

I requisiti previsti nella norma sono principalmente di due tipi:

■ **requisiti per tutte le applicazioni** → ovvero requisiti che devono essere soddisfatti e dichiarati per ogni prodotto isolante, indipendentemente dal suo specifico impiego.

Di seguito l'elenco delle caratteristiche necessarie per tutte le applicazioni, indicando tra parentesi il metodo di analisi:

- resistenza termica e conducibilità termica (UNI EN 12667, UNI EN 12939),
- caratteristiche dimensionali (lunghezza e larghezza secondo UNI EN 822, spessore secondo UNI EN 823, perpendicolarità secondo UNI EN 824 e planarità secondo UNI EN 825),
- reazione al fuoco del prodotto "così come posto sul mercato" (UNI EN 13501-1 e UNI EN 15715).

NORMATIVA PER IL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO

■ **requisiti per applicazioni specifiche** → requisiti che devono essere soddisfatti dal prodotto isolante in base al suo specifico impiego, ovvero dichiarati se rilevanti per quella determinata applicazione (se una certa caratteristica non è richiesta per una particolare caratteristica, questa non deve essere necessariamente determinata e dichiarata dal fabbricante):

- stabilità dimensionale, in condizioni normali di laboratorio e in condizioni specifiche di temperatura e umidità (UNI EN 1603 e UNI EN 1604),
- stabilità dimensionale, in condizioni specifiche di temperatura e umidità (UNI EN 1605),
- resistenza a compressione al 10% di deformazione (UNI EN 826),
- resistenza a flessione (minimo 50 KPa - UNI EN 12089),
- resistenza a trazione perpendicolare alle facce (UNI EN 1607),
- assorbimento d'acqua (a lungo periodo per immersione totale o parziale UNI EN 12087, per diffusione UNI EN 12088, di breve periodo UNI EN 1609),

- trasmissione del vapore acqueo (UNI EN 12086 o valori tabulati),
- scorrimento viscoso – creep (UNI EN 1606),
- deformazione in condizioni specifiche di carico compressivo e di temperatura (UNI EN 1605),
- resistenza al gelo-disgelo (UNI EN 12091),
- rigidità dinamica (UNI EN 29052-1),
- comprimibilità (UNI EN 12431),
- comportamento al taglio (UNI EN 12090),
- comportamento sotto un carico ciclico (UNI EN 13793),
- reazione al fuoco in condizioni finali di utilizzo (condizioni standardizzate per prodotti assemblati che simulano l' applicazione di uso finale, ovvero nella reale condizione di utilizzo - end-use condition, UNI EN 15715),
- rilascio di sostanze pericolose (metodo armonizzato non ancora disponibile, in fase di sviluppo).

Caratteristiche dimensionali (tolleranze)

Proprietà	Classi	Tolleranze	
		Lastre	Rotoli
Lunghezza	L(2)	± 2 mm	- 1%
	L(3)	± 0,6% o ± 3 mm ^a	+ unrestricted
Larghezza	W(1)	± 1 mm	± 0,6%
	W(2)	± 2 mm	o ± 1 mm ^a
	W(3)	± 0,6% o ± 3 mm	
Spessore	T(1)	± 1 mm	
	T(2)	± 2 mm	
Perpendicolarità su lunghezza e larghezza	S(1)	± 1 mm / m	
	S(2)	± 2 mm / m	
	S(5)	± 5 mm / m	
Planarità	P(3)	3 mm	
	P(5)	5 mm	
	P(10)	10 mm	
	P(15)	15 mm	
	P(30)	30 mm	

3.a) Conducibilità termica

La conducibilità termica (solitamente indicata con λ) di un materiale è definita come il rapporto tra il flusso di calore ϕ_q ed il gradiente di temperatura:

$$\lambda = \frac{|\vec{\Phi}_q|}{|\text{grad}T|}$$

e viene espressa in $\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}$.

Mentre la conducibilità termica è una caratteristica del materiale, la resistenza termica R (che viene espressa in $\text{m}^2 \text{K W}^{-1}$) dipende dalla geometria del manufatto e in particolare per le lastre piane è legata allo spessore d mediante la relazione: $R = d/\lambda$.

La conducibilità termica è una proprietà fondamentale per un prodotto come le lastre di polistirene espanso (EPS) destinate in impieghi in edilizia per isolamento termico. Secondo la normativa europea la conducibilità e la resistenza termica rientrano fra i requisiti caratteristici da determinare per tutte le applicazioni. La sua misura deve essere condotta secondo EN 12667 o, per prodotto con alti spessori ($s > 100 \text{ mm}$), EN 12939 che richiamano la norma ISO 8301 come metodo di analisi. Il valore della conducibilità termica deve essere dichiarato dal fabbricante alla temperatura di riferimento di 10°C e deve essere misurato nelle seguenti condizioni:

- temperatura media di $(10 \pm 0,3)^\circ\text{C}$,
- dopo condizionamento in atmosfera a 23°C e 50% U.R.

Per le prove iniziali di tipo sul prodotto, il produttore deve avere almeno dieci misurazioni dirette della conducibilità termica o della resistenza termica e per l'ottenimento del valore dichiarato può utilizzare anche dati registrati. Le misurazioni devono essere condotte a intervalli regolari distribuiti in almeno 12 mesi; se sono disponibili meno di 10 misurazioni il periodo può essere esteso per un massimo di tre anni purché prodotto e processo di ottenimento non siano significativamente cambiati. Per nuovi prodotti le determinazioni devono essere effettuate in modo uniformemente distribuito in un periodo non minore di 10 giorni.

Nel caso si dichiarino sia la conducibilità termica che la resistenza termica si devono utilizzare le formule:

$$\lambda_{90,90} = \lambda_m + k \cdot s_\lambda$$

$$R_{90,90} = \frac{d_n}{\lambda_{D90,90}}$$

dove: $\lambda_{D90,90}$ = conducibilità termica 90,90 dichiarata (90% frattile con livello di confidenza del 90%),
 $R_{90,90}$ = resistenza termica 90,90 dichiarata (90% frattile con livello di confidenza del 90%),
 d_n = spessore nominale del prodotto,
 λ_m = conducibilità termica media dei valori misurati,
 k = fattore funzionale del numero n di misurazioni disponibili,

s_λ = deviazione standard delle n misurazioni disponibili:

$$s_\lambda = \sqrt{\frac{\sum (\lambda_i - \lambda_m)^2}{n-1}}$$

Nel caso si dichiarino solo la resistenza termica si deve utilizzare la formula:

$$R_{90,90} = R_m - k \cdot s_r$$

dove: $R_{90,90}$ = resistenza termica 90,90 dichiarata (90% frattile con livello di confidenza del 90%)

k = fattore funzione del numero n di misurazioni disponibili

s_r = deviazione standard delle n misurazioni disponibili

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_m)^2}{n-1}}$$

La conducibilità e la resistenza termica dichiarata dipendono da due fattori:

- la deviazione standard delle misurazioni,
- il numero di misurazioni.

Una bassa deviazione standard delle misurazioni è indice di una produzione con caratteristiche costanti nel tempo che si può ottenere mediante un opportuno "controllo di produzione di fabbrica" (F.P.C.: vedere EN 13172). Siccome il fattore k diminuisce all'aumentare delle misurazioni disponibili (Tabella 1), per poter dichiarare una "bassa" conducibilità termica (o equivalente, un "alta" resistenza termica) bisogna disporre del maggiore numero possibile di misurazioni dirette.

Tabella 1 - Fattore k

Numero n di misurazioni	Fattore k
10	2,07
11	2,01
12	1,97
13	1,93
14	1,90
15	1,87
16	1,84
17	1,82
18	1,80
19	1,78
20	1,77
50	1,56
100	1,47
500	1,36
2000	1,32

Nota: per valori intermedi di n usare la norma ISO 12491 o interpolare linearmente

NORMATIVA PER IL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO

Per il controllo di produzione si possono usare anche altri metodi di prova indiretti.

La frequenza minima di prova prevista dalla norma europea per ogni linea di produzione è illustrata in tabella 2.

Tutte le correlazioni usate devono avere un intervallo di tolleranza del 90%.

La norma europea riporta la correlazione, valida per uno spessore di riferimento di 50 mm, conducibilità termica λ_D (alla temperatura media di 10°) – densità apparente ρ_a per la prova indiretta espressa come la formula (valida per $8 \text{ Kg/m}^3 \leq \rho_a \leq 55 \text{ Kg/m}^3$):

$$\lambda_{\text{medio}} = 0.025314 + 5.1743 \times 10^{-5} \cdot \rho_a + \frac{0.173606}{\rho_a} \quad [\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}]$$

$$\lambda_{\text{previsto}} \approx 0.027174 + 5.1743 \times 10^{-5} \cdot \rho_a + \frac{0.173606}{\rho_a} \quad [\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}]$$

Il progetto di norma riporta pure i fattori di correzione per “l’effetto spessore”.

Per l’espressione dei risultati i valori della conducibilità termica dichiarata $\lambda_{90,90}$ devono essere arrotondati per eccesso al più vicino mW/m K e dichiarati in intervalli di 1 mW/m K.

I valori della resistenza termica dichiarata $R_{90,90}$ devono essere arrotondati per difetto al più vicino 0,05 m² K/W e dichiarati in intervalli di 0,05 m² K/W.

Indicazioni per ricavare la conducibilità termica di progetto per temperature medie diverse da 10 °C e umidità relative diverse da 50% U.R. possono essere trovate nel progetto di norma UNI EN ISO 10456.

Per quanto riguarda la proprietà di trasmissione del vapore acqueo, in alternativa alla prova sperimentale (secondo UNI EN 12086) è possibile utilizzare i valori tabulati, in funzione del tipo di EPS, riportati nel prospetto F.4 della norma UNI EN 13163.

Valori tabulati del fattore di resistenza alla diffusione al vapore acqueo e della permeabilità al vapore

Tipo	Fattore di resistenza alla diffusione del v.a. μ [-]	Permeabilità al v.a. δ [mg/(Pa.h.m)]
EPS 30	da 20 a 40	da 0,015 a 0,030
EPS 50	da 20 a 40	da 0,015 a 0,030
EPS 60	da 20 a 40	da 0,015 a 0,030
EPS 70	da 20 a 40	da 0,015 a 0,030
EPS 80	da 20 a 40	da 0,015 a 0,030
EPS 90	da 30 a 70	da 0,009 a 0,020
EPS 100	da 30 a 70	da 0,009 a 0,020
EPS 120	da 30 a 70	da 0,009 a 0,020
EPS 150	da 30 a 70	da 0,009 a 0,020
EPS 200	da 40 a 100	da 0,006 a 0,015
EPS 250	da 40 a 100	da 0,006 a 0,015
EPS 300	da 40 a 100	da 0,006 a 0,015
EPS 350	da 40 a 100	da 0,006 a 0,015
EPS 400	da 40 a 100	da 0,006 a 0,015
EPS 500	da 40 a 100	da 0,006 a 0,015
EPS T, EPS SD	da 20 a 40	da 0,015 a 0,030

4. IL CODICE DI DESIGNAZIONE

La norma di riferimento UNI EN 13163 prevede la designazione dei prodotti in base a diversi livelli/classi di requisiti/prestazioni (indicati da una sigla) riportati nell’etichetta della marcatura CE. I dati sono espressi sotto forma di codice di designazione e sintetizzano le caratteristiche e le prestazioni che i produttori dichiarano per quel prodotto specifico.

Esempio:

EPS – EN 13163

T(2) – L(3) – W(2) – Sb(3) – P30

BS 100 – CS (10)60 – DS (N) 5

DLT (1)5 – TR 50 – WL (T)S – WD (V) 15

Alcune caratteristiche/prestazioni possono non essere contemplate nel codice di designazione se non ritenute significative per il tipo di applicazione previsto.

EPS	Abbreviazione per polistirene espanso
EN 13163	N° riferimento alla norma
Ti	Tolleranza sullo spessore
Li	Tolleranza sulla lunghezza
Wi	Tolleranza sulla larghezza
Sbi	Tolleranza sulla perpendicolarità di lunghezza e larghezza
Sdi	Tolleranza sulla perpendicolarità dello spessore
Pi	Tolleranza sulla planarità
DS(N)i	Stabilità dimensionale in condizioni normalizzate di laboratorio
DS(70; -)i	Stabilità dimensionale in condizioni specifiche di temperatura
DS(23;90) o DS(70,90)i	Stabilità dimensionale in condizioni specifiche di temperatura e umidità
BSi	Resistenza a flessione
CS(10) i	Resistenza a compressione al 10% di deformazione
DLT(i)5	Deformazione in condizioni specifiche di carico compressivo e di temperatura
TR i	Resistenza a trazione perpendicolare alle facce
CC (i1/i2/anno)sc	Scorrimento viscoso (creep) a compressione
WL(T) i	Assorbimento d'acqua a lungo termine per immersione totale
WL(P) i	Assorbimento d'acqua a lungo termine per immersione parziale
WD(V) i	Assorbimento d'acqua per diffusione
Mu o Z	Trasmissione vapore acqueo (fattore di resistenza della diffusione del v.a.)
FTCI i	Resistenza al gelo-disgelo dopo assorbimento d'acqua a lungo termine per immersione totale
FTCD i	Resistenza al gelo-disgelo dopo assorbimento d'acqua a lungo termine per diffusione
SD i	Rigidità dinamica
CP i	Comprimibilità
SS i	Resistenza al taglio
GM i	Modulo di taglio

dove *i* indica il valore numerico della caratteristica dichiarata (secondo le modalità della norma UNI EN 13163 e di quella relativa al metodo di prova)

LA MARCATURA CE

Il processo di Marcatura CE di un prodotto da costruzione viene perseguito dal produttore che immette sul mercato il prodotto da costruzione, conformemente al Regolamento n°305/2011 sui prodotti da costruzione (noto come CPR), che sostituisce la precedente direttiva 86/109/CE (nota come CPD), e secondo quanto previsto dall'Allegato ZA della norma armonizzata specifica per quel determinato manufatto.

Prendendo a esempio le lastre in EPS per isolamento termico in edilizia, la norma armonizzata di riferimento è la sopra descritta UNI EN 13163 specificando nell'Allegato ZA i requisiti per la Marcatura CE, obbligatoria a partire dal 2003, definendo i compiti e le condizioni necessarie affinché il fabbricante possa apporre commercializzare il prodotto. L'apposizione della Marcatura CE prevede un iter in cui i compiti sono suddivisi tra produttore/fabbricante e organismi notificati in base al sistema di valu-

tazione e verifica della costanza di prestazione pertinente – sistema AVPC (precedentemente chiamato sistema di attestazione della conformità ai sensi della vecchia CPD).

Il sistema sotto cui ricadono i prodotti in EPS è il sistema 3 che prevede, in sintesi:

- determinazione del prodotto tipo (ricorrendo a prove iniziali di tipo - ITT)
 - ad opera di un organismo notificato (laboratorio di prova),
 - riferite alle caratteristiche elencate in un'apposita tabella dell'ALLEGATO ZA della UNI EN 13163,
- FPC (controllo di produzione in fabbrica)
 - a cura del fabbricante,
 - riferito alle caratteristiche considerati rilevanti per l'applicazione finale del prodotto tra quelle indicate in un'apposita tabella dell'ALLEGATO ZA della UNI EN 13163.

NORMATIVA PER IL POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO

Sulla base delle ITT (eseguite da un laboratorio di prova notificato) e sulla base del controllo di fabbrica attuato e documentato dal produttore, il produttore stesso appone l'Etichetta CE sul prodotto/imballo e redige la Dichiarazione di Prestazione "DoP" (che sostituisce la Dichiarazione CE di conformità precedentemente redatta secondo la direttiva CPD, in vigore fino al 1° luglio 2013) rendendola disponibile ai clienti.

La marcatura CE non è un marchio di qualità, bensì una prescrizione legislativa, e quindi obbligatoria, per poter commercializzare il prodotto nell'UE e indica la conformità del prodotto ai requisiti essenziali comunitari prescritti nel Regolamento 305/2011. Secondo il CPR il soggetto responsabile della Marcatura CE è il "fabbricante", ovvero la persona che immette sul mercato il prodotto.

La marcatura CE può quindi essere definita un processo che coinvolge sia il produttore sia un organismo notificato, a cui spettano diversi compiti, alcuni dei quali a carico del produttore (redazione e apposizione sul prodotto/imballo dell'etichetta CE,

redazione e messa a disposizione/divulgazione della DoP al cliente), mentre le prove iniziali di tipo vengono eseguite da un laboratorio di prova notificato.

6. ULTERIORI NORME DI RIFERIMENTO PER PRODOTTI IN EPS PER SPECIFICHE APPLICAZIONI IN EDILIZIA

La norma UNI EN 13163 rappresenta il riferimento principe per il comparto degli isolanti termici in EPS per applicazioni in edilizia specificando i requisiti, i metodi di prova e il modo di classificare e dichiarare le prestazioni con dei livelli o delle classi.

Nel corso degli anni sono state sviluppate ulteriori norme, sempre inerenti i prodotti in EPS ma riferiti a precise applicazioni.

Di seguito si riporta l'elenco delle norme attualmente esistenti che riguardano i prodotti in EPS per il settore delle costruzioni, ricordando che l'attività normativa è in continua evoluzione:

Norma	Titolo
UNI EN 13163	Isolanti termici per edilizia. Prodotti in polistirene espanso EPS ottenuti in fabbrica. Specificazioni.
UNI EN 14933	Isolamento termico e prodotti leggeri di riempimento per applicazioni di ingegneria civile - Prodotti di polistirene espanso (EPS) ottenuti in fabbrica – Specificazione
UNI EN 14309	Prodotti per isolamento termico per equipaggiamenti in edilizia e installazioni industriali. Prodotti in EPS ottenuti in fabbrica. Specificazioni.
UNI EN 16025-1	Isolanti termici e/o acustici per la costruzione di edifici - Malte premiscelate alleggerite con EPS - Parte 1: Requisiti per malte pre-miscelate contenenti perle di EPS
UNI EN 16025-2	Isolanti termici e/o acustici per la costruzione di edifici - Malte premiscelate alleggerite con EPS - Parte 2: Fabbricazione di malte pre-miscelate contenenti perle di EPS
UNI EN15037-4	Prodotti prefabbricati di calcestruzzo. Solai a travetti e blocchi. Parte 4: Blocchi di polistirene espanso
UNI EN15037-5	Prodotti prefabbricati di calcestruzzo. Solai a travetti e blocchi. Parte 4: Blocchi leggeri per cassaforma semplice
UNI EN 13950	Lastre di gesso rivestito accoppiate con pannelli isolanti termo/acustici – Definizioni, requisiti e metodi di prova.
UNI EN 14509	Pannelli isolanti autoportanti a doppio rivestimento con paramenti metallici - Prodotti industriali - Specifiche
UNI EN 13499	Isolanti termici per edilizia - Sistemi compositi di isolamento termico per l'esterno (ETICS) a base di polistirene espanso –Specifica

Tra i progetti di norma in corso di elaborazione sui tavoli di normazione europei all'interno del comitato tecnico CEN/TC 88 (Thermal insulating materials and products), non può mancare un riferimento ai seguenti lavori che porteranno, una volta concluso l'iter, alla pubblicazione delle seguenti future norme:

■ prEN 16809-1:

Thermal insulation products of buildings. In-situ formed products from loose-fill expanded polystyrene (EPS) beads and bonded expanded polystyrene beads. Part 1: Specification for the bonded and loose-fill products before installation. (la norma regolamerà le perle sfuse espanse di EPS per l'isolamento termico degli edifici la cui applicazione tipica è rappresentata dal riempimento di una intercapedine in una struttura muraria)

La norma sarà costituita da un pacchetto composto da due parti: mentre la sopracitata parte 1 riguarderà i prodotti "perle di EPS espanse sfuse" posti sul mercato prima che siano installati in opera ovvero "before installation", la parte 2 invece sarà specifica per i prodotti installati nelle applicazioni finali "after installation".

EN 16809-2:

Thermal insulation products of buildings. In-situ formed products from loose-fill expanded polystyrene (EPS) beads and bonded expanded polystyrene beads. Part 2: Specification for the bonded and loose-fill products after installation"

■ prEN 17237

"Thermal insulation products for buildings – External thermal insulation composite systems with renders (ETICS) – Specification"

La norma prevede l'Allegato ZA che regolamerà la Marcatura CE del sistema d'isolamento esterno ETICS in cui il sistema è inteso come prodotto da costruzione – kit (approccio secondo cui il "prodotto da costruzione" è costituito da un kit di più componenti).

La cogenza della Marcatura CE per un determinato prodotto da costruzione è legata alla pubblicazione dei riferimenti della norma specifica per quel prodotto sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea. La pubblicazione delle norme di prodotto sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione Europea ha un importante valore legale in quanto viene specificata la data a partire dalla quale il fabbricante per immettere sul mercato il prodotto deve apporre la MARCATURA CE, fornendo in modo particolare la dichiarazione di prestazione "DoP". Le norme di prodotto sono infatti dotate dell'Allegato ZA che

regolamenta tecnicamente il processo della marcatura CE e rappresenta la parte della norma "informativa" che ottempera al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione (noto come CPR).

Per ciascuna norma armonizzata che figura nell'elenco sono fornite le seguenti indicazioni:

- titolo e riferimento della norma;
- riferimenti alle specifiche tecniche armonizzate sostituite, se del caso;
- data di entrata in vigore della norma in quanto norma armonizzata;
- data di scadenza del periodo di coesistenza, (data a partire dalla quale la presunzione di conformità deve essere basata sulla norma europea armonizzata - inizio marcatura CE obbligatoria).

L'elenco completo può essere rintracciato visitando il sito apposito dell'Unione Europea e viene aggiornato periodicamente dalla Commissione Europea (e ogni volta pubblicato in Gazzetta) includendo di volta in volta le nuove norme redatte dal CEN (ente europeo per la normazione) a seguito specifico Mandato ricevuto della Commissione.

7. DATI DI CORRELAZIONE DI BIBLIOGRAFIA

Compressive strength at 10 % deformation at different reference temperatures.

Material	Density	Compressive strength at different temperatures in kPa				
		-170 °C	-60 °C	-30 °C	20 °C	70 °C
EPS block moulded, non flame retarded	14	42	46	58	56	42
	22	210	150	160	160	120
EPS block moulded, flame retarded	14	62	75	77	83	62
	22	190	170	170	160	120
EPS, moulded board	42	510	450	420	360	240

Tensile strength at different reference temperatures

Material	Density	Tensile strength at different temperatures in kPa			
		-170 °C	-60 °C	20 °C	70 °C
EPS block moulded, non flame retarded	14	190	120	120	80
	24	330	400	370	250
EPS block moulded, flame retarded	14	190	190	190	130
	23	320	320	300	210
EPS, moulded board	40	720	790	550	270

Bending strength at different temperatures

Material	Density	Bending strength at different temperatures in kPa			
		-170 °C	-60 °C	20 °C	70 °C
EPS block moulded, non flame retarded	14	160	220	150	130
	23	290	300	330	290
EPS block moulded, flame retarded	14	200	200	170	130
	22	370	330	280	230
EPS, moulded board	40	690	670	510	300

Shear strength at different temperatures

Material	Density	Shear strength at different temperatures in kPa	
		20 °C	70 °C
EPS block moulded, non flame retarded	14	550 - 1.000	280 - 410
	23	770 - 1.100	560 - 850
EPS block moulded, flame retarded	14	820 - 1.300	350 - 380
	22	670 - 1.300	530 - 750
EPS, moulded board	40	1.300 - 1.500	1.000 - 1.100

Moisture conversion factor F_y

Level according to EN 13163	Practical water content W_p vol-%		Moisture conversion factor F_y	
	Drained	Not drained	Drained	Not drained
WL(T)5	≤ 2,5	≤ 5,0	1,11	1,22
WL(T)3	≤ 1,5	≤ 3,0	1,06	1,13
WL(T)2	≤ 1,0	≤ 2,0	1,04	1,08
WL(T)1	≤ 0,5	≤ 1,0	1,02	1,04

Di seguito sono elencati i documenti normativi richiamati nel testo della norma di prodotto UNI EN 13163:2017 indispensabili per ogni relativa applicazione. Per i riferimenti molto datati, vale solo l'edizione citata. Per i riferimenti non datati, si applica l'ultima edizione del documento citato (incluse eventuali modifiche). Si riporta in tabella, accanto al riferimento presente nel testo di norma, il nuovo riferimento e la relativa data di entrata in vigore.

EN 822, Thermal insulating products for building applications- Determination of length and width	EN ISO 29465	1/12/2022
EN 823, Thermal insulating products building applications- Determination of thickness	EN ISO 29466	1/02/2023
EN 824, Thermal insulating products building applications- Determination of squareness	EN824:2013	in vigore
EN 825, Thermal insulating products building applications- Determination of flatness	EN ISO 29468	06/10/2022
EN 826, Thermal insulating products for building applications- Determination of compression behavior	EN ISO 29469	15/12/2022
EN 1602, Thermal insulating products for building applications- Determination of the apparent density	EN 1602:2013	in vigore
EN 1603, Thermal insulating products for building applications- Determination of dimensional stability under constant normal laboratory conditions (23 °C / 50 % relative humidity)	EN 1606:2013	in vigore
EN 1604, Thermal insulating products for building applications- Determination of dimensional stability under specified temperature and humidity conditions	EN 1604:2013	in vigore
EN 1605, Thermal insulating products for building applications- Determination of deformation under specified compressive load and temperature conditions	EN 1605:2013	in vigore
EN 1606, Thermal insulating products for building applications- Determination of compressive creep	EN 1606:2013	in vigore
EN 1607, Thermal insulating products for building applications- Determination of tensile strength perpendicular to faces	EN 1607:2013	in vigore
EN 12085, Thermal insulating products for building applications- Determination of linear dimensions of test specimens	EN ISO 29768	20/10/2022
EN 12086:1997, Thermal insulating products for building applications - Determination of water vapour transmission properties	EN 12086:2013	in vigore
EN 12087, Thermal insulating products for building applications- Determination of long term water absorption by immersion	EN ISO 16535	17/12/2019
EN 12088, Thermal insulating products for building applications- Determination of long term water absorption by diffusion	EN ISO 16536	17/12/2019
EN 12089, Thermal insulating products for building applications- Determination of bending behavior	EN 12089:2013	in vigore
EN 12090, Thermal insulating products for building applications- Determination of shear behavior	EN 12090:2013	in vigore
EN 12091, Thermal insulating products for building applications- Determination of freeze-thaw resistance	EN 12091:2013	in vigore
EN 12429, Thermal insulating products for building applications - Conditioning to moisture equilibrium underspecified temperature and humidity conditions	EN 12429:2000	in vigore
EN 12431, Thermal insulating products for building applications - Determination of thickness for floating floor insulation products	EN ISO 29770	06/12/2022

EN 12667, Thermal performance of building material and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hotplate and heat flow meter methods - Products of high and medium thermal resistance	EN 12667:2002	in vigore
EN 12939, Thermal performance of building materials and products - Determination of thermal resistance by means of guarded hot plate and heat flow meter methods - Thick products of high and medium thermal resistance	EN 12939:2002	in vigore
EN 13172:2012, Thermal insulation products - Evaluation of conformity	EN 13172:2012	in vigore
EN 13501-1, Fire classification of construction products and building elements - Part 1: Classification using data from reaction to fire tests	EN 13501-1:2019	in vigore
EN 13793, Thermal insulating products for building applications - Determination of behavior under cyclic loading	EN 13793:2004	in vigore
EN 13820, Thermal insulating materials for building applications - Determination of organic content	EN 13820:2004	in vigore
EN 13823, Reaction to fire tests for building products - Building products excluding floorings exposed to the thermal attack by a single burning item	EN 13823:2022	in vigore
EN 15715:2009, Thermal insulation products - Instructions for mounting and fixing for reaction to fire testing - Factory made products	EN 15715:2009	in vigore
EN 29052-1, Acoustics - Determination of dynamic stiffness - Part 1: Materials used under floating floors in dwellings (ISO 9052-1)	EN 29052-1:1993	in vigore
EN ISO 1182, Reaction to fire tests for building products - Non-combustibility test (ISO 1182)	EN ISO 1182:2020	in vigore
EN ISO 1716, Reaction to fire tests for products - Determination of the gross heat of combustion (calorific value) (ISO 1716)	EN ISO 1716:2018	in vigore
EN ISO 9229:2007, Thermal insulation - Vocabulary (ISO 9229:2007)	EN ISO 9229:2021	in vigore
EN ISO 11925-2, Reaction to fire tests - Ignitability of products subjected to direct impingement of flame - Part 2: Single flame source test (ISO 11925-2)	EN ISO 11925-2:2020	in vigore
ISO 16269-6:2005, Statistical interpretation of data - Part 6: Determination of statistical tolerance intervals	ISO 16269-6:2014	in vigore

AIPE - Associazione Italiana Polistirene Espanso

è una associazione senza fini di lucro costituita nel 1984 al fine di tutelare l'immagine del polistirene espanso sinterizzato (o EPS) di qualità e di svilupparne l'impiego.

Le aziende associate appartengono sia al settore della produzione delle lastre per isolamento termico che a quello della produzione di manufatti destinati all'edilizia e all'imballaggio.

Fanno parte di AIPE le aziende produttrici della materia prima, il polistirene espandibile, fra le quali figurano le più importanti industrie chimiche europee.

Un gruppo di soci è costituito dalle aziende fabbricanti attrezzature per la lavorazione del polistirene espanso sinterizzato e per la produzione di sistemi per l'edilizia.

AIPE, con la collaborazione delle aziende associate, ha creato una rete che provvede alla raccolta e al riciclo di imballi e scarti in polistirene espanso.

A livello internazionale AIPE rappresenta l'Italia in seno all'EUMEPS, European Manufacturers of Expanded Polystyrene, associazione europea che raggruppa le associazioni nazionali dei produttori di EPS.

AIPE, che opera secondo il principio fondamentale della qualità dei prodotti, fornisce agli utilizzatori una informazione seria ed obiettiva sulle caratteristiche e prestazioni dei semilavorati e manufatti in polistirene espanso sinterizzato di qualità.



Via Giovanni da Procida, 11 - 20149 Milano - Tel. +39 0233606529

Per qualsiasi informazione si prega di visitare il sito AIPE:
www.aipe.biz

Per contattarci:
e-mail: aipe@epsass.it



Associazione Italiana Polistirene Espanso