

UTILIZZO DELL'EPS NEI SOTTOFONDI E RILEVATI STRADALI

Quaderno Tecnico AIPE - Volume 4



UTILIZZO DELL'EPS NEI SOTTOFONDI E RILEVATI STRADALI

Quaderno Tecnico AIPE - Volume 4

Testi a cura di AIPE | Associazione Italiana Polistirene Espanso | Marco Piana

UTILIZZO DELL'EPS NEI SOTTOFONDI E RILEVATI STRADALI | VOLUME 4

AIPE - Associazione Italiana Polistirene Espanso

Via Giovanni da Procida, 11 – 20149 Milano

Telefono: + 39 02 33 60 65 29

Mail: aipe@epsass.it

Sito: www.aipe.biz

INDICE

01 Premessa	pag.03
02 Aspetti generali	pag.04
03 Le caratteristiche dell'EPS	pag.07
04 Le applicazioni	pag.11
05 Metodi costruttivi per realizzare rilevati stradali	pag.14
06 Lo standard tecnico di riferimento: la norma europea EN 14933	pag.16
07 Chi è AIPE	pag.20

1. PREMESSA

Il Polistirene Espanso Sinterizzato (EPS) è considerato il materiale con il miglior rapporto costo-prestazione per il settore principale d'impiego: l'edilizia.

Leggero, isolante, smorzante, resistente, permeabile, riciclabile, sono solo alcuni aspetti che fanno apprezzare l'EPS in tutto il mondo.

I nuovi materiali e le nuove tecnologie produttive permettono di affrontare i mercati dell'edilizia innovativa con la consapevolezza di soddisfare le esigenze fondamentali: la compatibilità ambientale.

Esaminare e individuare il materiale che permette di risolvere e superare gli aspetti specifici della progettazione e della costruzione di rilevati stradali e delle fondazioni di edifici.

Vagliarne l'interazione con il terreno, con il clima, con la vibrazione, con l'umidità per soddisfare i più severi requisiti tecnici e ridurre i tempi di realizzazione dell'opera edile.

2. ASPETTI GENERALI

La realizzazione di vie per la comunicazione su ruote implica la costruzione di una pavimentazione che deve presentare caratteristiche differenti a seconda si tratti di strade, di ferrovie o di aeroporti.

Tre aspetti, però, accomunano le pavimentazioni per le modalità di trasporto:

1. **La formazione di ghiaccio superficiale in presenza di particolari condizioni climatiche;**
2. **L'assestamento e quindi il cedimento differenziale di alcune zone della pavimentazione;**
3. **I costi per la realizzazione di riempimenti o terrapieni**

La capacità portante dei terreni è una caratteristica basilare per lo studio di un rilevato stradale e quindi per le conseguenze che è in grado di arrecare sia a tempo zero che dopo anni di utilizzo.

Realizzare un rilevato stradale, un terrapieno, una rampa per una pila da ponte richiede un'analisi almeno per due aspetti:

- **La capacità portante del terreno**
- **I costi costruttivi**

L'EPS permette di realizzare rilevati e riempimenti con pesi veramente ridotti e costi molto contenuti rispetto alle tecniche di intervento tradizionalmente utilizzate. Il rilevato viene così ad essere costituito da un materiale con peso adeguato in modo da non creare cedimenti differenziali del manto stradale, inoltre l'EPS è un materiale che evita alcuni principali inconvenienti di movimentazione terra.

2.1 I MATERIALI LEGGERI DA RIPORTO

Nei paesi europei la tecnica dei materiali leggeri per sottofondi stradali viene utilizzata ormai da alcuni decenni. L'esperienza è transitata attraverso materiali come il cemento alleggerito, argilla espansa e materiale da demolizione.

Questi prodotti sono stati utilizzati in quanto il terreno ove doveva essere eretto il rilevato presentava caratteristiche meccaniche molto basse tanto da dover intervenire con sistemi di consolidamento.

La conseguenza è stata la ricerca del materiale che permettesse di coniugare caratteristiche adeguate a pesi leggeri ed a costi globali contenuti.

Dopo ricerche e sperimentazioni si è giunti alla considerazione che l'EPS è in grado di garantire tutto questo ed infatti è stato e viene a tutt'oggi impiegato e considerato materiale idoneo per questa applicazione.

I materiali da riporto tradizionali vengono utilizzati in spessori anche considerevoli fino a 3-4 m.

L'EPS è stato applicato all'inizio in spessori limitati quali 10 cm, fino a sperimentare con successo spessori di 5 o 10 m.

Una seconda considerazione deve essere evidenziata in riferimento al **peso del materiale di riporto**:

- **Materiali di riporto tradizionali 2000 Kg/m³**
- **Materiali leggeri tradizionali di riporto 1000 Kg/m³**
- **EPS 20-40 Kg/m³**

Analizzando le densità in esame con le capacità portanti di terreno incoerenti è facile giungere alla conclusione che con rilevati di peso limitato si otterranno pavimentazioni prive di assestamenti differenziali.

Un ulteriore aspetto investe i **costi finali dell'opera**. In questa analisi è bene considerare alcuni elementi che oggi non vengono considerati ma di basilare importanza:

- tempo di realizzazione;
- trasporto materiale di riempimento;
- manutenzioni successive per assestamenti;
- manutenzioni sulle scarpate laterali;
- consolidamento sottofondo rilevato;
- disponibilità materiale tradizionale di riporto evitando impatti ambientali onerosi.

2.2. UTILIZZO DELL'EPS

L'EPS viene utilizzato per tre motivazioni:

- **eliminare formazione di ghiaccio della superficie;**
- **come materiale di riempimento;**
- **come materiale leggero per rilevati.**

In funzione dell'applicazione specifica (ovvero per strade, aeroporti) vengono utilizzate densità da 20 - 25 Kg/m³ con differenti forme e spessori.

Un altro elemento a favore dell'EPS è la semplicità di utilizzo in cantiere. Infatti, un elemento in EPS di dimensioni normali, per esempio 0,5x1x3 m con densità 20 Kg/m³, pesa 30 Kg e può essere facilmente movimentato da un'unica persona.

L'EPS presenta inoltre estrema facilità nella posa in opera ed anche una elevata adattabilità alle forme che il terreno richiede.

Per l'utilizzo nella costruzione di strade, le proprietà più significative dell'EPS sono le seguenti:

- struttura a celle chiuse, che comporta assorbimento d'acqua molto basso;
- resistenza al gelo e imputrescenza;
- non è terreno nutritivo per insetti, muffe, batteri di putrefazione;
- fisiologicamente sicuro, non inquinante per le acque e non contiene espandenti che danneggiano lo strato di ozono;
- presenta un buon comportamento sotto carico prolungato, sia statico che dinamico.

2.3 ASPETTI AMBIENTALI

Il tema inerente agli aspetti ambientali deve essere introdotto analizzando l'intera opera e quindi tutti i materiali che ad essa concorrono. Un rilevato o una spalla da ponte investe il territorio ove viene edificato con importanti conseguenze, sia positive sia negative.

Sarà sempre un'opera non "naturale": essendo realizzata dall'uomo avrà tutti i connotati della civiltà e della trasformazione.

Poco può servire a scegliere la soluzione della strada in trincea in sostituzione di quella in rilevato: forse il paesaggio viene maggiormente garantito, ma quanti saranno i costi aggiuntivi per non deturpare sopra il piano del terreno? E quale sarà l'impatto sotto al piano terra? In ogni caso l'opera da realizzare contiene sicuramente un numero elevato di prodotti che col termine naturale hanno poco a che spartire.

Quindi l'utilizzo di un prodotto come l'EPS si pone almeno in modo equipollente con le alternative disponibili. In aggiunta è bene precisare che l'EPS viene ricoperto, quindi non risulta a vista, rimane nel terreno senza produrre inquinamento perché è inerte e resiste all'attacco di muffe e batteri, è recuperabile in ogni momento, è di colore bianco quindi sempre individuabile nella massa del rilevato. I materiali tradizionalmente usati come riempimento vengono reperiti da cave e trasportato da veicoli con enorme dispendio di tempi, energia, costi. Viene comunque deturpata la zona da cui si ricava il materiale e quindi alla fine si giunge ad un doppio danno ambientale.

L'utilizzo dell'EPS può evitare il traffico di grandi veicoli, il trasferimento di materiale naturale ed il danneggiamento delle aree di prelievo. Agli aspetti peculiari dell'applicazione possiamo abbinare i sistemi generalizzabili di **smaltimento dell'EPS**:

- **riutilizzo per la fabbricazione di altri manufatti**
- **trasformazione in ammendanti per terreni**, essenzialmente come:
 - substrato e bonifica di terreno
 - ausiliario per il compostaggio
 - drenaggio: secondo l'impiego i rifiuti di EPS vengono macinati a granulometrie diverse

3. LE CARATTERISTICHE DELL'EPS

L'EPS per le realizzazioni di riempimento deve presentare caratteristiche adeguate e l'azienda produttrice deve attuare una procedura per il controllo della qualità del prodotto da installare.

In modo sintetico le caratteristiche principali che l'EPS deve presentare sono:

- **resistenza alla compressione;**
- **forma geometrica;**
- **resistenza meccanica;**
- **durabilità.**

I dati relativi al materiale utilizzato devono essere ricercati in base alle sollecitazioni derivanti dall'utilizzo della sede viaria.

L'EPS è un materiale prodotto in blocchi o lastre di forme e dimensioni molto diversificate. Il polistirene espanso è una delle forme più importanti in cui viene impiegato il polistirene.

La produzione dei semilavorati e manufatti avviene in tre stadi principali:

PRE-ESPANSIONE: le perle vengono pre-espanso, generalmente per mezzo di vapore a temperatura a 90°C, nel cosiddetto pre-espansore. In questo le perle, a seguito della vaporizzazione dell'agente espandente, si rigonfiano fino a 20-50 volte il loro volume iniziale. In questo processo si forma, all'interno delle perle, una struttura a celle chiuse, fondamentale per il successivo impegno. Il grado di espansione, che dipende essenzialmente dalla durata del trattamento termico nel pre-espansore, determina la massa volumica apparente dei manufatti finali;

MATURAZIONE: le perle pre-espanso devono stazionare un certo tempo in sili arieggiati

STAMPAGGIO: le perle pre-espanso stabilizzate possono ora essere trasformate in manufatti o semilavorati con **due modi: 1) stampaggio di blocchi e taglio a lastre; 2) stampaggio di lastre.**

1) Stampaggio di blocchi e taglio a lastre

Le blocchiere, costituite da forme parallelepipedo provviste di fori di entrata per il vapore su tutti i lati, vengono riempite di perle pre-espanso e sottoposte di nuovo all'azione del vapore saturo; si 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

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.

3.1 FORME E DIMENSIONI

La geometria più utilizzata per l'impiego nei rilevati stradali è il parallelepipedo con tutti gli angoli retti, avente dimensione: **2000 x 1000 x 500 mm** oppure **3000 x 1000 x 500 mm**.

L'altezza totale del rilevato viene raggiunta sovrapponendo diversi blocchi delle dimensioni sopra riportate.

È anche possibile realizzare elementi con dimensioni differenti e studiati appositamente per ottimizzare l'altezza o la larghezza dell'opera. Essendo l'EPS un materiale lavorabile in modo molto semplice e veloce è possibile adattare i blocchi alle differenti situazioni.

3.1 DENSITA'

La densità è il parametro che maggiormente influenza le caratteristiche meccaniche e funzionali dei manufatti in EPS. La determinazione del valore da utilizzare è funzione dell'utilizzo e della geometria che deve essere realizzata.

I valori di densità più utilizzati sono 20 Kg/m³, 30 Kg/m³, 40 Kg/m³ con variazione relativa di caratteristiche e di costi. **La densità maggiormente utilizzata per rilevati stradali è di 25 Kg/m³.**

3.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE

Le caratteristiche meccaniche sono la resistenza alla compressione sotto carichi di breve durata e di lunga durata. Inoltre sono interessanti al fine della progettazione anche i dati relativi alla resistenza alla trazione, alla flessione e al taglio.

3.3. RESISTENZA AL CALORE E BASSE TEMPERATURE

Le temperature massime sopportabili dell'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 (per esempio all'atto dell'applicazione di un bitume caldo).

Sotto un carico permanente di 20 KN/m² 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 temperatura, danno la possibilità di verificare l'idoneità di un EPS per determinate applicazioni.

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 almeno a -200°C. In modo generico la temperatura di non modificazione viene individuata in 70°C.

3.4 RESISTENZA AL FUOCO

L'EPS, quale composto di carbonio e idrogeno, è per 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 una 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 ottenuto con diversi additivi, la propagazione cessa al venir meno della causa di innesco.

3.5 RESISTENZA AGLI AGENTI CHIMICI E BIOLOGICI

L'EPS non è intaccato dai materiali da costruzione. Particolare attenzione deve essere posta al contatto con vernici, collanti, impermeabilizzanti, che possono contenere solventi del polistirene.

L'EPS in opera 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 la movimentazione 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.

Sostanze inerti per l'EPS

- acqua, acqua di mare, soluzioni saline
- materiali da costruzione (calce, cemento, gesso, ecc.)
- Sali (p. es. efflorescenze di salnitro), concimi
- Soluzioni alcaline (idrato sodio e potassio, 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

Sostanze che attaccano l'EPS

- Esteri (acetati, ftalati, diluenti per vernici)
- Eteri (etilico, glicolico, diossano)
- Chetoni (acetone, cicloesano)
- Composti organici alogenati (trielina, 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 solvente
- Derivati del catrame

3.6 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. L'acqua non scioglie l'EPS, né attraversa le pareti delle celle chiuse e non può 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 e 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 l'EPS 15 kg/m³ e al 3% per l'EPS 30 kg/m³, dopo un anno di immersione; questi valori vengono raggiunti in alcune settimane e restano poi costanti.

Un EPS 20 kg/m³, a contatto con aria con 95% di U.R. per 90 giorni, ha mostrato un assorbimento dello 0,7% in peso, mentre prove EPS 30 kg/m³ 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

3.8 DURABILITA'

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 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 40 anni di esperienza applicativa su scala vastissima e in particolare da numerose verifiche delle caratteristiche effettuate su EPS in opera da decenni.

4 LE APPLICAZIONI

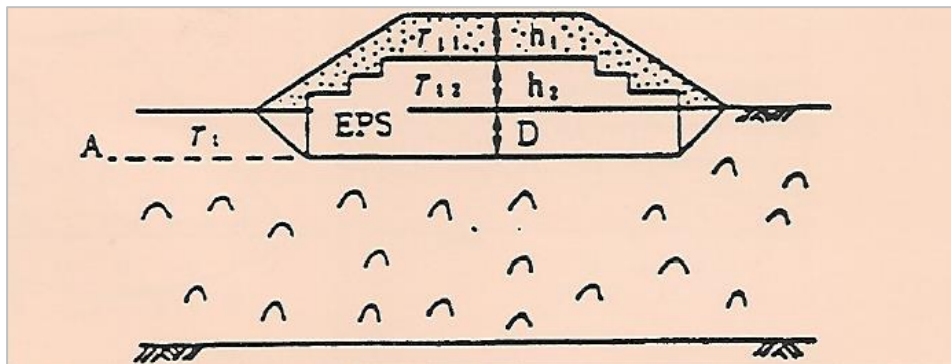
4.1 I TERRAPIENI

Questa applicazione dell'EPS permette di migliorare la stabilità dell'opera e di prevenire possibili slittamenti del terreno di appoggio. Una base necessaria per il dimensionamento dell'opera deriva dalla relazione fra traffico veicolare e spessore del rilevato in EPS.

Il traffico veicolare è inteso come carico ripetitivo e trasformato in carico statico equivalente.

L'analisi prosegue con la considerazione di **due effetti**:

a. Incremento di tensione sulla superficie di fondo del rilevato in EPS dovuta ai carichi agenti.



$$A\sigma = P_1 = P_0$$

$$P_1 = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 (h_2 + D) + W_L$$

$$P_0 = \gamma_0 D$$

dove

P_1 = pressione sulla superficie di fondo del rilevato in EPS
comprendente anche i carichi dovuti al traffico

P_0 = pressione sulla superficie (linea A) di scavo dovuta al terreno che è stato eliminato

γ_1 = densità degli strati superficiali e di base riferiti alla spessore

h_1 = spessori strati superficiali e di base

γ_2 = densità EPS

h_2 = spessore EPS

W_L = carico equivalente di traffico

γ_0 = densità terreno preesistente

D = spessore escavazione

- b. Cedimenti dovuti alla consolidazione del terreno sottostante l'EPS. Al centro del rilevato è possibile ipotizzare il seguente cedimento C:

$$C = m \Delta P H$$

dove

m = coefficiente di compressione volumetrico del terreno al di sotto di EPS (cm^3/Kg)

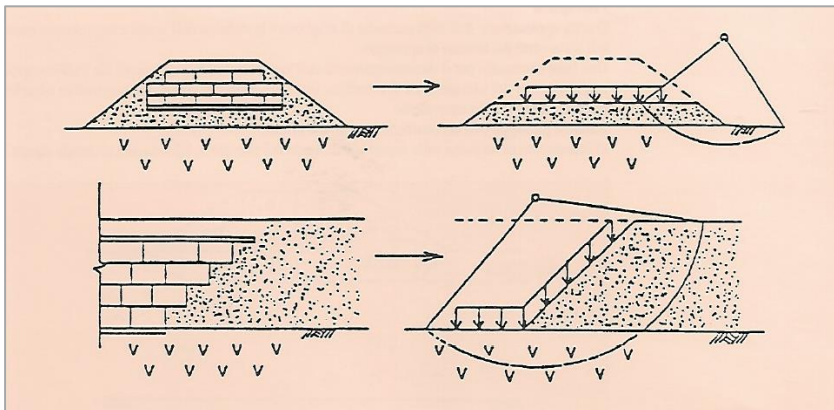
ΔP = incremento di pressione sul terreno dovuta al rilevato costruito (Kg/cm^2)

H = spessore terreno rimanente con caratteristiche limitate (ovvero spessore terreno fra il fondo dell'EPS ed il primo strato di terreno coerente)

Il rilevato deve essere verificato secondo una doppia procedura:

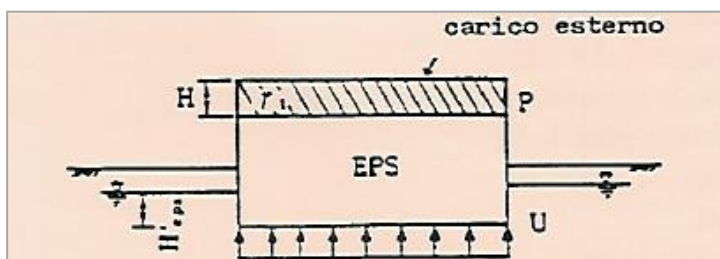
1. Stabilità

La verifica della stabilità del rilevato con materiale di riporto in EPS viene effettuata mediante lo studio della possibile superficie di slittamento con il metodo del cerchio. Nella verifica, lo spessore di EPS viene considerato un carico a tutti gli effetti ed è sufficiente che il cerchio non lambisca la superficie di contatto fra EPS e terreno nella zona a rischio di slittamento.



2. Galleggiamento

L'EPS è un materiale super leggero e quindi deve essere considerato il galleggiamento dello stesso in condizioni particolarmente gravose. Il fattore di sicurezza è dato da:



$$F_s = P / \mu$$

dove $P = \sum \gamma$ carichi agenti esterni dal livello della falda verso l'alto

$$U = \gamma_w \cdot H_{\text{EPS}}$$

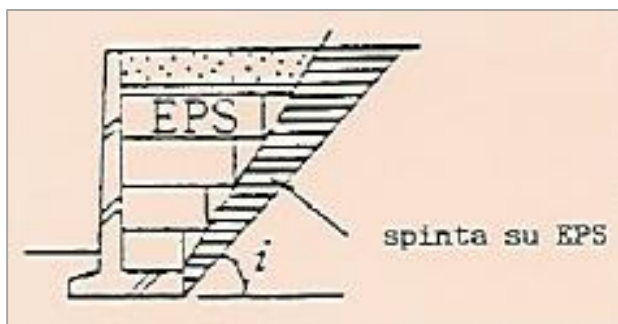
spinta idrostatica

con γ_w = densità dell'acqua

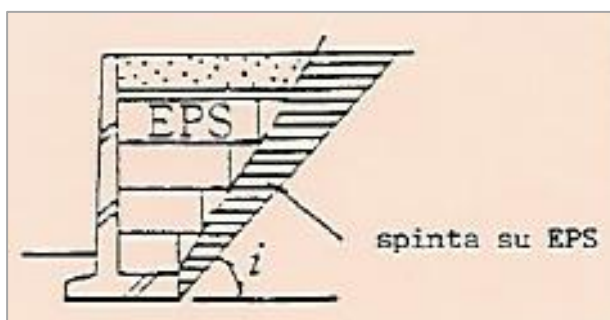
H_{EPS} spessore di EPS dalla falda verso il basso

Il peso proprio dell'EPS ed il relativo attrito sul terreno non vengono considerati.

Il valore di F_s deve essere >1.2 .



Nel caso in F_s non soddisfi quanto sopra si deve ridurre lo strato di escavazione o prevedere sistemi di drenaggio dell'acqua.



4.2 I RIEMPIIMENTI PER MURI CONTRO TERRA E PER PILE DA PONTE

L'applicazione di EPS è rivolta al riempimento dello spazio fra il muro di contenimento e la scarpata del terreno.

La forma dell'EPS è generalmente trapezoidale. La pressione del terreno sulla superficie dell'EPS dipende dal tipo di terreno e dalla sua inclinazione.

La pressione eventuale causata viene calcolata con il metodo della spinta delle terre su di una superficie inclinata. Può accadere che avvenga anche il caso inverso ovvero l'EPS posto a forma di trapezio in modo che sul muro di contenimento non vi sia spinta.

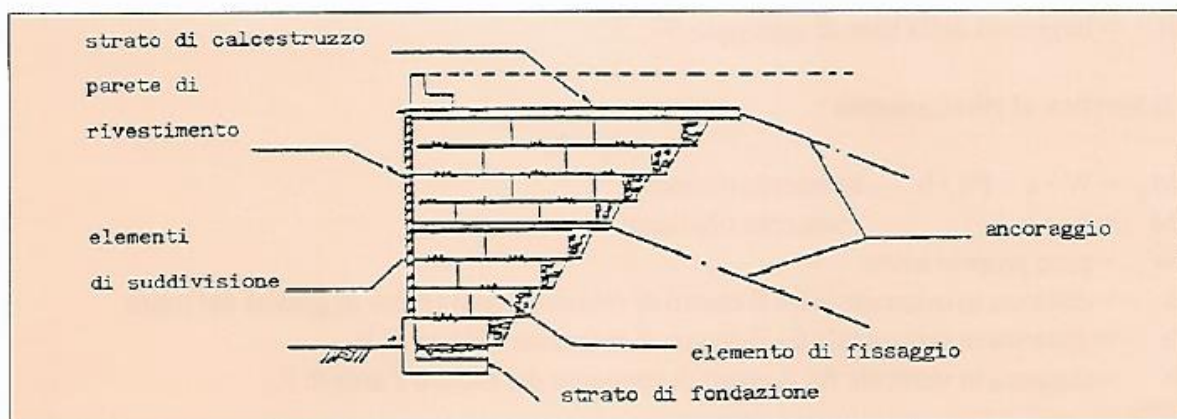
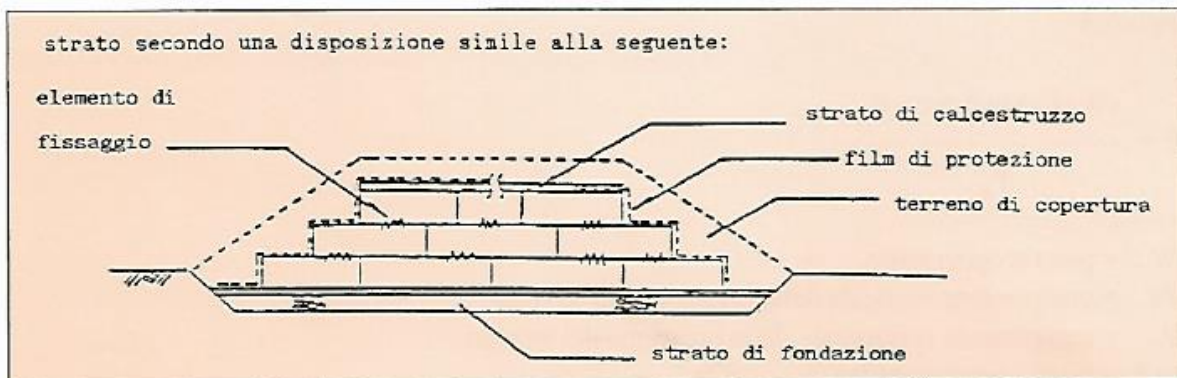
5. METODI COSTRUTTIVI PER REALIZZARE RILEVATI STRADALI

5.1 PREPARAZIONE DEL TERRENO

Il terreno su cui viene posto il primo strato di EPS deve essere ben livellato se l'opera è un rilevato predisposto a gradoni e se si tratta di un muro di contenimento.

Nel caso di rilevati, lo strato superficiale di terreno viene asportato.

Nel caso di scavo particolarmente profondo è buona norma dotare il terreno di sistemi idonei alla fuoriuscita di acqua piovana per evitare che questa stagni e peggiori la portanza dello strato di appoggio. In molti casi si utilizza uno strato di sabbia come zona livellata ove appoggiare i blocchi in EPS.

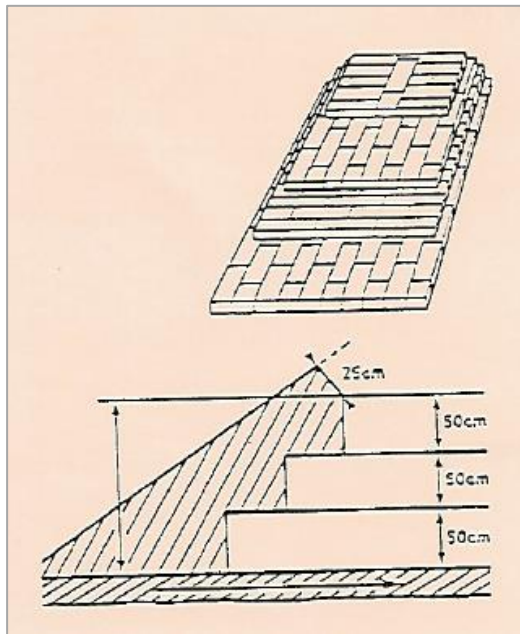


5.2 TRASPORTO E STOCCAGGIO DELL'EPS

Il trasporto di EPS viene effettuato dal produttore al cantiere con mezzi idonei per l'ottimizzazione dello stesso. Lo stoccaggio viene effettuato accatastando i blocchi.

Se l'opera viene eseguita in tempi entro i 6 mesi non è necessario ricorrere ad alcuna precauzione, in caso contrario è buona norma proteggere la superficie esterna dai raggi ultravioletti.

In ogni caso, essi esercitano solo una variazione dell'aspetto esterno senza però danneggiare il materiale e diminuirne le caratteristiche prestazionali.



5.3 INSTALLAZIONE E STOCCAGGIO DELL'EPS

I blocchi vengono messi in opera a giunti sfalsati per ogni strato.

Le fasi principali di posa in opera sono:

- I blocchi devono essere fatti asciugare nel caso di presenza di elevati quantitativi di acqua all'interno degli stessi
- I blocchi vengono posizionati per strati compattandoli tra di loro in modo che la linea di giunzione non provochi fessure superiori a 10 mm di larghezza
- La sistemazione dei blocchi lungo la linea periferica del rilevato deve avere un ricoprimento di terreno di almeno 25 cm
- I blocchi dell'ultimo strato devono essere collegati ai sottostanti con barre in ferro poste verticalmente per evitare che durante le operazioni di costruzione vengano asportate dalle operazioni stesse o da forte vento
- I blocchi vengono, nella maggioranza dei casi, posti in opera con un elemento posizionato fra uno strato ed il successivo.

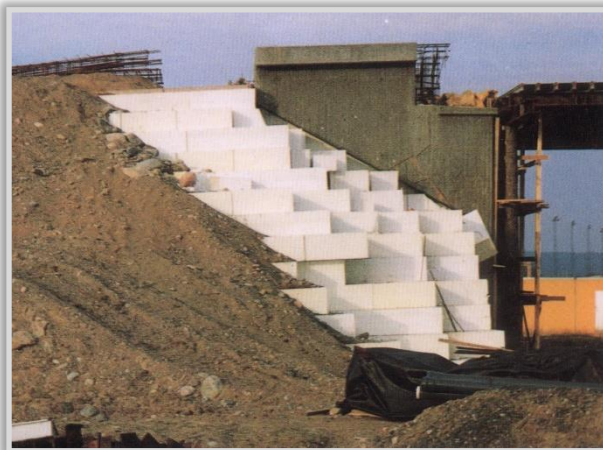
Questo elemento che permette l'ancoraggio a doppia faccia è realizzato in materiale metallico con protezione anticorrosiva.

5.4 REALIZZAZIONE DEGLI STRATI SUPERIORI ALL'EPS

Ultimata la posa dei blocchi in EPS vengono stesi gli strati di materiale cementizio e bituminoso per realizzare la parte terminale dell'opera. Le esperienze realizzate indicano una sequenza di strati così strutturata:

- a. Film in polietilene o PVC da sovrapporre all'ultimo strato di blocchi in EPS per proteggere quest'ultimo durante la stesura del materiale di finitura e per proteggerlo da possibili infiltrazioni di olii e solventi;
- b. Strato di conglomerato cementizio di ripartizione del carico e di irrigidimento della struttura. È bene porlo in opera con sistemi a pompa. In questo strato che può essere di spessore dai 15 ai 20 cm possono essere posti gli ancoraggi per eventuali protezioni laterali della carreggiata;
- c. Strato di misto bitumato;
- d. Strato di conglomerato bituminoso aperto (binder);
- e. Strato di conglomerato bituminoso chiuso (strato di usura).

6. LO STANDARD TECNICO DI RIFERIMENTO: LA NORMA EUROPEA EN 14933



In ambito "CEN", Comitato Europeo per la Normazione, nel settembre 2007 è stata pubblicata la **norma europea EN 14933** - Isolanti termici e prodotti leggeri di riempimento per applicazioni in ingegneria civile. Prodotti in EPS ottenuti in fabbrica. Specificazioni.

Lo standard specifica i requisiti per i prodotti di polistirene espanso (EPS) ottenuti in fabbrica, utilizzati per l'isolamento termico e come prodotti leggeri di riempimento per applicazioni di ingegneria civile.

A titolo esemplificativo, ambiti in cui suddetto standard trova perfetta applicazione sono sicuramente le opere accessorie per la progettazione di ponti (riempimento della rampa di una "spalla"), la realizzazione e l'isolamento dal freddo di rilevati stradali e ferroviari, e più in generale le opere

classificate di ingegneria civile. Nel caso in cui l'ambito specifico di applicazione ricada nell'isolamento termico (per cui si richiede la resistenza termica del prodotto), non rientrano in questo standard i prodotti che possiedono una resistenza termica dichiarata minore di $0,25 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ o una conducibilità termica dichiarata maggiore di $0,060 \text{ W/mK}$. La norma non contempla i prodotti per l'isolamento termico di edifici e affini (equipaggiamenti, installazioni industriali e prodotti per l'isolamento acustico).

Tra i requisiti specificati in questo standard, novità presente è l'attenzione posta ad alcuni "nuovi" requisiti meccanici per caratterizzare il comportamento meccanico a lunga durata (scorrimento viscoso a compressione - creep -, resistenza al carico dinamico...).

Nel caso di applicazioni specifiche, infatti, si ritiene essenziale e auspicabile valutare le possibili deformazioni a lungo periodo per i prodotti in EPS, come sovente richiesto dall'Ente Committente (l'ANAS in prima linea) all'appaltatore (considerando che si tratta di valori e dati per di più di non facile reperimento nemmeno da fonti bibliografiche).

Schematicamente si evidenziano:

- ☞ **resistenza a compressione al 2%, al 5% e al 10% di deformazione**
- ☞ **scorrimento viscoso (creep) a compressione**
- ☞ **resistenza al carico dinamico.**

Si prevede inoltre una classificazione dei prodotti in EPS a "classi aperte", analoga alla già nota UNI EN 13163 (Prodotti per l'isolamento termico per l'edilizia in EPS) in base allo sforzo di compressione al 10% di deformazione ed alla resistenza a flessione (ciascun tipo, dunque deve soddisfare le due condizioni contemporaneamente).

D'importanza fondamentale è la presenza dell'**Allegato ZA**, il quale, come del resto per tutte le norme di prodotto europee, risponde al mandato ricevuto dal CEN/CENELEC da parte della Commissione Europa e specifica i requisiti e le condizioni per la **marcatatura CE**.



6.1 REQUISITI PER TUTTE LE APPLICAZIONI

Ogni prodotto, indipendentemente dal suo specifico impiego, deve soddisfare i seguenti requisiti (tra parentesi si indica il metodo di analisi):

- **Caratteristiche dimensionali:**
 - Lunghezza e larghezza (EN 822)
 - Spessore (EN 823)
 - Perpendicolarità (EN 824)
 - Planarità (EN 825)
- **Stabilità dimensionale in condizioni specifiche di temperatura ed umidità** (EN 1604) dopo condizionamento di 48 h a T=23 °C, 90% U.R. → relative $\Delta\epsilon < 1\%$
- **Resistenza a compressione al 10% di deformazione** (EN 826),
- **Resistenza a flessione minima di 50 KPa** (EN 12089),
- **Reazione al fuoco:**
 - Classificazione in Euroclassi (EN 13501-1)
 - Gocciolamento continuo.

6.2 REQUISITI PER APPLICAZIONI SPECIFICHE

Se una certa caratteristica non è richiesta per una particolare applicazione, questa non deve essere necessariamente determinata e dichiarata dal produttore.

I requisiti (e relativi metodi di prova) che invece devono essere soddisfatti in base allo specifico impiego sono:

- **Stabilità dimensionale in condizioni specifiche di temperatura ed umidità:** 23 °C, 90% U.R (EN 1604),
- **Deformazione in condizioni specifiche di carico a compressione e di T** (EN1605)
- **Sforzo di compressione al 2% e/o al 5% di deformazione** (sebbene la norma citata non specifica i calcoli necessari, questi sono fatti nello stesso modo) (EN 826),
- **Carico concentrato** (per valutare effetti di pedonabilità: compressione al 10% di deformazione) (EN 826),
- **Scorrimento viscoso (creep) a compressione** (EN 1606). Nel caso di applicazioni edilizie, è normalmente richiesto la riduzione totale di spessore al 2% per un tempo di 50 anni.
- **Resistenza sotto carico ciclico a compressione:** - mediante applicazione carico ad onda quadra (metodo svedese SP 2687): impiego specifico per applicazioni ferroviarie, - mediante applicazione carico con andamento sinusoidale (EN 13793),
- **Resistenza a flessione** (EN 12089),
- **Conduttività termica e resistenza termica:** EN 12667 o EN 12939 per prodotti ad elevato spessore.
- **Assorbimento d'acqua:**
 - a lungo termine per immersione (EN 12087),
 - a lungo termine per diffusione (EN 12088),
- **Resistenza al gelo-disgelo** (EN 12091),

- **Resistenza alla trasmissione del vapore acqueo** (EN 12086),
- **Rilascio di sostanze pericolose:** metodo europeo in corso di definizione,
- **Massa volumica apparente** (da determinare con prove indirette) (EN 1602).

6.3 CONDUTTIVITA' TERMICA E RESISTENZA TERMICA

La conduttività o resistenza termica di un materiale è una proprietà fondamentale del prodotto destinato ad essere impiegato nell'applicazione di isolamento termico. Nel caso specifico dei rilevati stradali è una caratteristica che permette di definire una particolare proprietà del sottofondo in quanto realizzato con un sistema isolante che si interpone tra il terreno di fondazione e il manto stradale.

La caratteristica viene determinata con le seguenti specifiche:

- riferita a 10 °C ed espressa con tre cifre significative,
- i valori dichiarati di resistenza e conducibilità devono essere rappresentativi del 90% della produzione e determinati con un livello di confidenza del 90%,
- il valore di resistenza dichiarato R_D è calcolato con lo spessore nominale.

6.4 ESEMPI DI DICHIARAZIONE DI LIVELLI DI SCORRIMENTO VISCOSO (CREEP) A COMPRESSIONE

Lo scorrimento viscoso a compressione ϵ_{ct} e la riduzione di spessore totale ϵ_t sono determinate sottoponendo il campione a un periodo di prova di almeno 122 giorni a un determinato livello di sollecitazione σ_c (espresso in intervalli di almeno 1 KPa).

I valori ottenuti sono dichiarati in livelli secondo la UNI EN 1606, estrapolando i risultati fino a 30 volte il tempo di durata della prova, corrispondente così a 10 anni.

Il prospetto seguente fornisce un esempio per la dichiarazione di livelli:

LIVELLI	TEMPO DI PROVA (t)	TEMPO DI ESTRAPOLAZIONE (anni)	TENSIONE DICHIARATA σ_c (Kpa)	REQUISITI %
$CC(i_1/i_2/10)\sigma_c$	122	10	σ_c	$\epsilon_t \leq i_1$ e $\epsilon_\alpha \leq i_2$
$CC(i_1/i_2/25)\sigma_c$	304	25	σ_c	$\epsilon_t \leq i_1$ e $\epsilon_\alpha \leq i_2$
$CC(i_1/i_2/50)\sigma_c$	608	50	σ_c	$\epsilon_t \leq i_1$ e $\epsilon_\alpha \leq i_2$

N.B. Per applicazioni in edilizia, normalmente i valori dichiarati di riduzione di spessore totale si riferiscono a una deformazione relativa del 2%, estrapolati per un periodo di tempo di 50 anni

7. CHI È AIPE

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

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

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

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

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