



Safe. Strong.  
**Styrodur<sup>®</sup>**

EDIZIONE 2024



## INDICE

STYRODUR®, dal 1964 l'isolante di provata efficacia che guarda al futuro .....5	Applicazioni La scelta giusta per numerose applicazioni.....16
STRONG: solido sotto tutti i punti di vista .....6	Nuove applicazioni Styrodur® un ruolo decisivo in nuove soluzioni.....22
Efficacia provata grazie all'accurato controllo qualità .....7	Sistemi costruttivi .....23
A prova di omologazione anche nel futuro: per la sicurezza dei vostri progetti .....8	Applicazioni raccomandate Styrodur®.....24
Styrodur®, la scelta giusta.....10	Dati tecnici Styrodur®.....25
Styrodur®, da oggi ha in più il servizio FI-VE.....11	Isolamento perimetrale controterra .....27
Efficienza energetica: un contributo concreto all'edilizia sostenibile.....12	Isolamento termico in applicazioni sotto carico.....45
Isolamento ai massimi livelli, dal suolo al tetto.....13	Isolamento termico delle pareti .....53
Gamma prodotti Isolamento di provata efficacia per tutte le esigenze.....14	Isolamento termico dei tetti.....71
	Isolamento termico di impianti biogas .....97
	Stabilità chimica di Styrodur®.....106
	Schede tecniche di Styrodur®.....108





## STYRODUR®,

dal 1964 l'isolante di provata  
efficacia che guarda al futuro

**Styrodur® conta su 50 anni di esperienza nel mercato dell'XPS. È dal 1964 che questo isolante verde si distingue per l'elevata qualità, le sue numerose possibilità di applicazione e la sua robustezza. L'isolamento realizzato con Styrodur® funziona per generazioni.**

Come marchio affermato con una forte presenza sul mercato, Styrodur® per progettisti, architetti, applicatori e imprese significa affidabilità e sicurezza. Con Styrodur® potete contare su una qualità del prodotto costantemente elevata, certificata e costantemente aggiornata.

Chi è nostro partner apprezza inoltre la competenza dell'Assistenza tecnica, prestata ogni giorno dagli esperti del nostro team Styrodur®, che collaborano con i nostri clienti in un rapporto di completa fiducia. Questa combinazione fa di Styrodur® il pacchetto XPS con la più lunga esperienza in fatto di sviluppo prodotto e di applicazioni.





## STRONG:

solido sotto tutti i punti di vista

Da oltre 50 anni Styrodur® è riconosciuto in tutta Europa come l'XPS di provata efficacia.

Basti vedere l'ampia gamma di prestazioni di Styrodur®:

- alta resistenza alla compressione
- indeformabilità
- imputrescibilità
- ridotto assorbimento d'acqua
- eccellente isolamento termico
- versatilità
- facilità di utilizzo

Gli investimenti fatti dall'impresa per l'isolamento termico con Styrodur® si ammortizzano in termini di risparmio energetico ottenuto. L'isolamento termico con Styrodur® contribuisce inoltre a creare un clima abitativo più sano e protegge le costruzioni sia dal caldo, che dal freddo, aumentando la durata dell'edificio e accrescendone il valore immobiliare. Styrodur® è prodotto in conformità con la norma EN 13164 e in termini di reazione al fuoco è classificato nella categoria E secondo la norma UNI EN 13501-1. L'azienda BASF SE\_Germania ha concesso l'utilizzo d'uso delle omologazioni DIBt (Istituto Tedesco per l'ingegneria edile) al numero Z-23.15-1481.

## Domande su Styrodur®?

Rivolgetevi all'indirizzo e-mail di Styrodur®: [info@styrodur-italia.it](mailto:info@styrodur-italia.it)



## EFFICACIA PROVATA

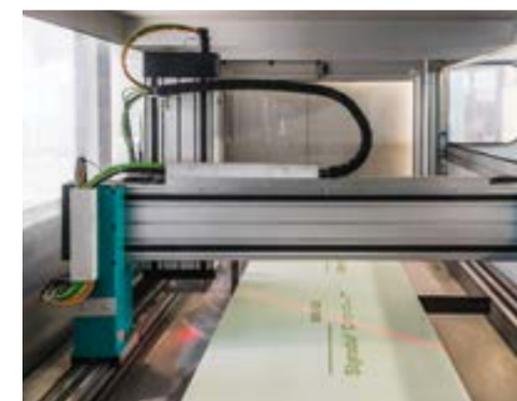
grazie all'accurato controllo qualità

Per garantire a lungo termine l'elevata e comprovata qualità della nostra famiglia di prodotti, tutti i prodotti Styrodur® vengono accuratamente controllati.

Già durante il processo produttivo, la qualità dell'isolante viene controllata più volte. Fra le altre cose, la conduttività termica, la resistenza alla compressione, la reazione al fuoco e le dimensioni dei pannelli vengono costantemente monitorate. Continui test di qualità nei nostri laboratori, quali le prove di fessurazione, i test di assorbimento acqua e di alternanza di gelo e disgelo, garantiscono che Styrodur® soddisfi sempre le elevate aspettative dei suoi utilizzatori; ci aiutano anche ad ottimizzare il nostro isolante e le sue prestazioni.

Oltre ai requisiti posti dalle normative, viene messa alla prova la resistenza alla compressione a lungo termine di Styrodur®. I test completano l'ampio programma di prove effettuate su tutti i prodotti in assortimento. In questo modo si è in grado di fornire ai progettisti dati tecnici dettagliati più ampi rispetto a quelli di molti altri produttori di XPS. Architetti, esperti di statica e ingegneri ottengono così il massimo della sicurezza nella progettazione.

Per poter garantire che i pannelli di Styrodur® mantengano le caratteristiche indicate anche dopo molti anni, ad intervalli regolari preleviamo campioni da edifici costruiti anche alcuni decenni fa, e li analizziamo nei nostri laboratori. Tramite questi test qualitativi lungo tutto il processo produttivo ci assicuriamo che i nostri prodotti soddisfino i requisiti delle rispettive applicazioni anche nel lungo periodo.



Robot di misurazione



Test di compressione



Prove di fessurazione

# A PROVA DI OMOLOGAZIONE ANCHE NEL FUTURO:

per la sicurezza dei vostri progetti

I diversi campi di applicazione presentano molteplici sfide per ogni soluzione di isolamento. Per garantire l'affidabilità e la sicurezza della progettazione a progettisti, architetti e applicatori, l'intero assortimento Styrodur® si basa su un lavoro di omologazione unico nel suo genere e in costante evoluzione, tramite il quale non solo controlliamo la qualità di Styrodur®, ma continuiamo anche ad ottimizzarla. Grazie a questo lavoro di certificazione di vasta portata, Styrodur® si distingue per essere il materiale con il maggior numero di applicazioni dotate di omologazione tecnica nell'intero mercato dell'XPS.



Styrodur® è l'XPS con il maggior numero di applicazioni dotate di omologazione tecnica: omologazione generale, perimetro, tetto rovescio, platea di fondazione portante.



## TETTI ROVESCI

Styrodur® ha ottenuto l'omologazione tecnica generale per la posa a strato singolo e doppio su tetti rovesci. Lo spessore di isolamento massimo arriva a 400 mm. Styrodur® può essere applicato anche per isolare tetti carrabili, ad esempio tetti a parcheggio, tetti verdi o coperti di ghiaia con telo che fa fuoriuscire la condensa e defluire l'acqua.



## ISOLAMENTO PERIMETRALE

Nella zona perimetrale Styrodur® è omologato per la posa da uno a tre strati. Lo spessore di isolamento massimo arriva a 400 mm. Grazie alla sua resistenza alla compressione e al basso assorbimento di acqua Styrodur® è omologato per l'isolamento perimetrale in presenza di falda.

## PLATEE DI FONDAZIONE PORTANTI

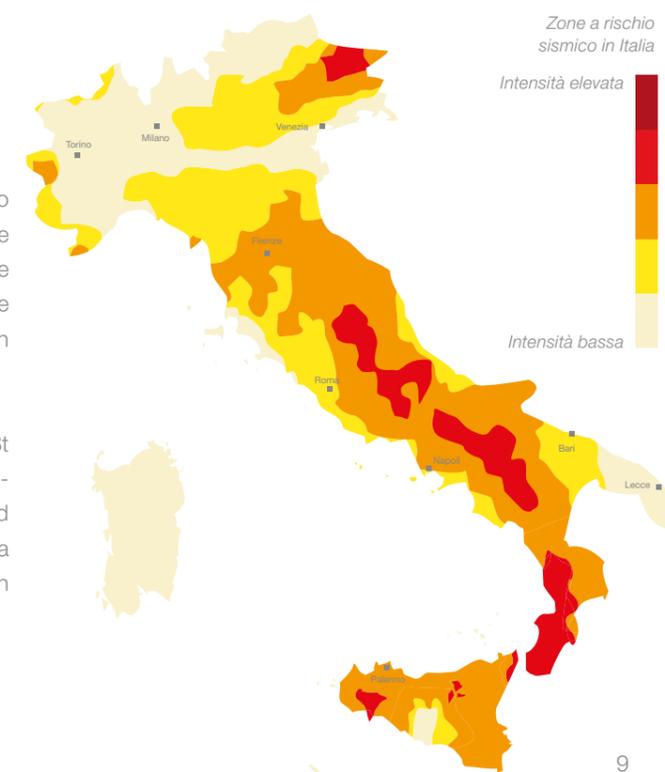
Grazie alla sua eccezionale resistenza alla compressione Styrodur® è omologato per l'isolamento termico portante sotto platee di fondazione. Lo spessore di isolamento massimo è di 300 mm, il livello ammesso di immersione nella falda è di 3,50 metri. Styrodur® è il primo isolante omologato per la riduzione di forze orizzontali dovute per esempio a vento, pressione del terreno o sismi.



## NOVITÀ: massima tranquillità della progettazione – da oggi anche nelle zone sismiche

Dopo anni di test intensivi, gli esperti di BASF hanno dimostrato che Styrodur® è adatto anche per l'isolamento termico portante sotto platee di fondazione in zone sismiche. Grazie alle sue caratteristiche tecniche questo materiale è in grado di ridurre i carichi orizzontali esercitati dai terremoti. Lo strato isolante in Styrodur® quindi riduce le sollecitazioni sismiche sugli edifici.

Styrodur® è il primo isolante al mondo omologato dal DIBt (Istituto Tedesco per l'ingegneria edile) per la riduzione dei carichi orizzontali derivanti da scosse tettoniche. Ciò consente ad architetti, esperti di statica e imprese di avere la sicurezza della pianificazione, assolutamente necessaria per progetti situati in zone sismiche.





### ...PER INGEGNERI E ARCHITETTI

La qualità del prodotto costantemente elevata, il gran numero di omologazioni tecniche e la continua ottimizzazione del prodotto da 50 anni convincono architetti e ingegneri ad utilizzare Styrodur® come isolante di prima scelta quando si tratta di efficienza energetica. Styrodur® è in grado di soddisfare i requisiti termici e meccanici delle costruzioni nelle diverse condizioni climatiche Italiane.

I lunghi anni di esperienza positiva con questo isolante garantiscono la sicurezza della progettazione per numerose e varie esigenze fisico-tecniche e costruttive.



### ...PER GLI APPLICATORI

Gli applicatori europei apprezzano Styrodur® per il gran numero di possibili applicazioni, per le eccezionali caratteristiche del suo materiale e per la facilità di lavorazione in qualsiasi condizione meteorologica. Il vasto assortimento Styrodur® offre soluzioni efficaci per le diverse modalità di costruzione rispetto alle culture abitative italiane. FI-VE offre inoltre in tutta Italia una fitta copertura logistica con un'assistenza clienti professionale tramite i distributori in loco.



### ...PER I DISTRIBUTORI DI MATERIALI EDILI

Styrodur® è irrinunciabile nel assortimento dei rivenditori di materiali edili. Combinato alla competenza dell'organizzazione di vendita e alla assistenza di FI-VE, Styrodur® è continuamente richiesto da progettisti, imprese e applicatori. Grazie alla catena logistica senza interruzioni, dalla produzione al trasporto fino allo stoccaggio, i distributori di materiali edili troveranno sempre e in ogni luogo il prodotto Styrodur® adatto al loro caso, con il massimo valore aggiunto.

I rigorosi processi di controllo della produzione, di monitoraggio della qualità di Styrodur®, documentati dal marchio CE, garantiscono una qualità costantemente elevata.



**Dal FI-VE i distributori potranno finalmente acquistare direttamente dal produttore, con tutti i vantaggi che ne conseguono.**

Competitività, qualità e servizio con una struttura tecnica di appoggio per assistenza alla progettazione, realizzazione capitolati, calcoli e performance. Un servizio post-vendita impeccabile e un'efficace campagna di comunicazione.



## EFFICIENZA ENERGETICA: un contributo concreto all'edilizia sostenibile



Un isolamento termico ottimale realizzato con Styrodur® dà un importante contributo alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), ritenute i principali responsabili dell'effetto serra. A questo si aggiunge l'effetto positivo dato dal fatto che gli investimenti fatti dall'impresa per l'isolamento termico vengono ammortizzati in breve tempo in termini di risparmio energetico ottenuto. Styrodur® dà quindi un contributo decisivo all'efficienza ecologica del vostro progetto edilizio. L'isolamento con Styrodur® garantisce inoltre un comfort termico che contribuisce in modo determinante a creare un clima abitativo sano.

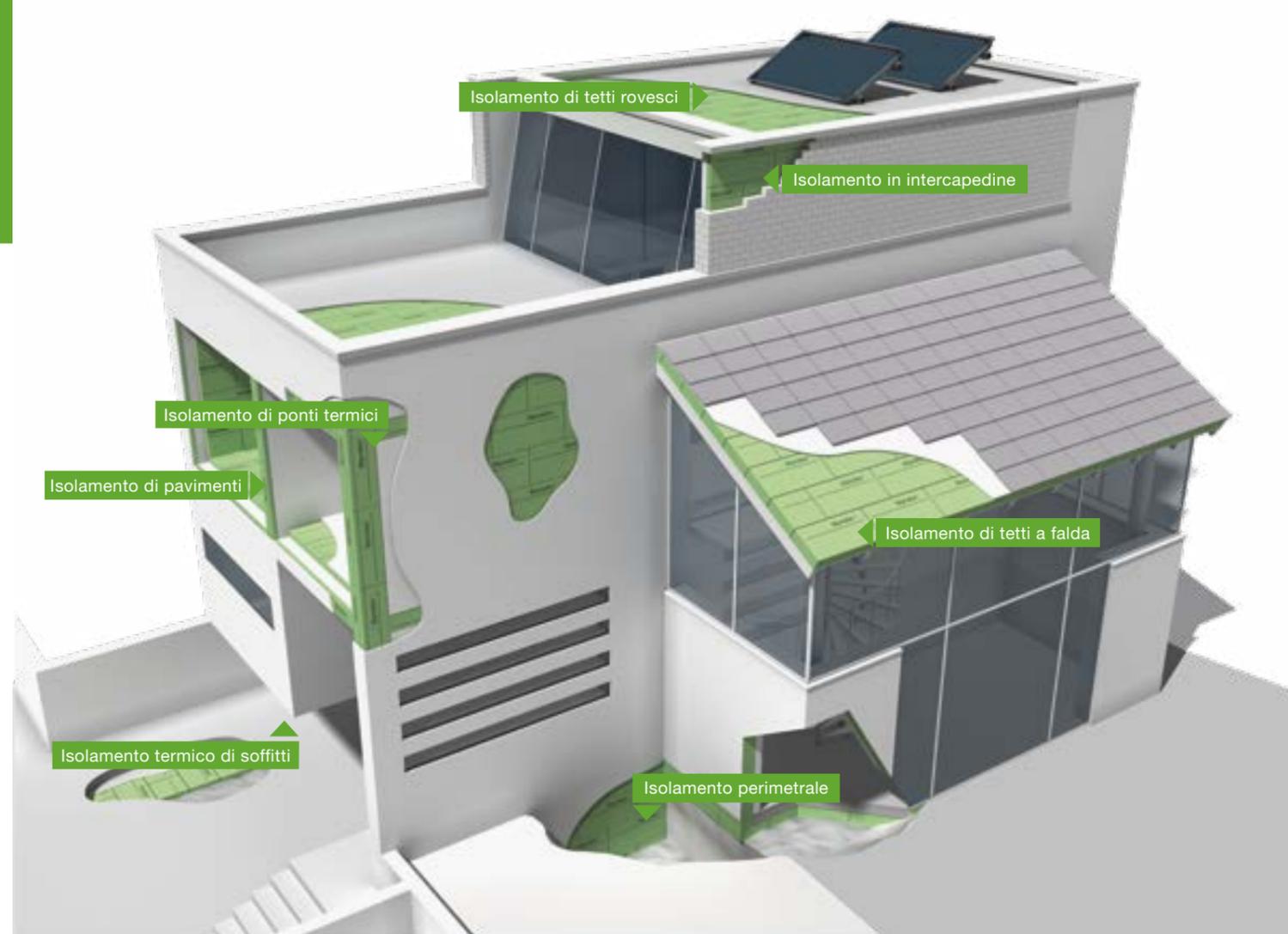
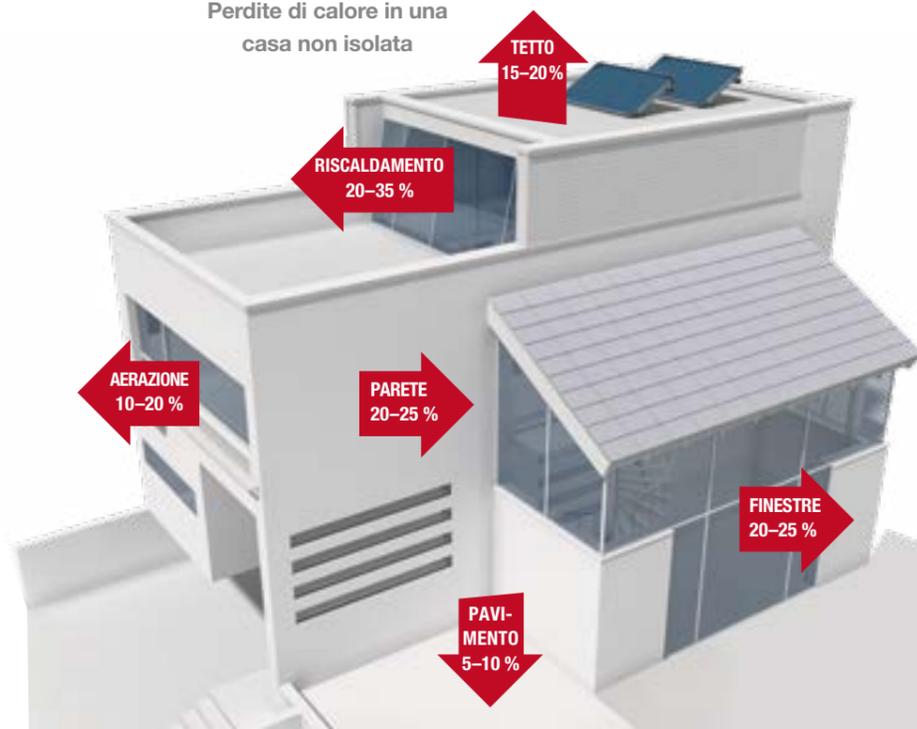
### Solo aria all'interno delle celle – un contributo concreto alla tutela dell'ambiente

Styrodur® è prodotto da FI-VE su licenza BASF, il più grande gruppo chimico del mondo e come tale riveste un ruolo primario nella ricerca e nello sviluppo di soluzioni isolanti a basso impatto ambientale. Facendo seguito a questa responsabilità, BASF è stata la prima azienda sul mercato a passare completamente alla tecnologia CO<sub>2</sub> a bassa emissione di inquinanti. Infatti già nell'anno 2000 Styrodur® è stata insignita del premio ambiente dell'associazione federale dell'industria tedesca BDI (Bundesverband der Deutschen Industrie).

## Il bilancio CO<sub>2</sub> di Styrodur®

Per la produzione di un metro quadrato di Styrodur® vengono emessi da 1 a 15 kg di CO<sub>2</sub> a seconda dello spessore della lastra e della massa specifica apparente. Ciò significa che nell'arco di 50 anni, nelle sue diverse applicazioni, Styrodur® previene 6-7 tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub> per metro quadrato di superficie isolata. Risultato: un bilancio ecologico positivo.

### Perdite di calore in una casa non isolata



## ISOLAMENTO AI MASSIMI LIVELLI, dalle fondazioni al tetto



Styrodur® è l'XPS con il maggior numero di applicazioni dotate di omologazione tecnica e offre il portfolio di XPS più flessibile per quasi tutti i requisiti fisico-costruttivi e costruttivi dell'isolamento, dal suolo fino al tetto piano. Grazie alla sua indeformabilità, imputrescibilità e resistenza all'umidità, il versatissimo materiale isolante Styrodur® si rivela soprattutto uno specialista dell'isolamento perimetrale. Grazie alla sua particolare resistenza alla compressione, Styrodur® è la prima scelta per tutte le applicazioni soggette a forti carichi di compressione.



# Gamma prodotti

Isolamento di provata efficacia  
per tutte le esigenze.



Styrodur® 3035 C

## DESCRIZIONE

Pannello isolante per applicazioni che necessitano una buona resistenza a compressione, basso assorbimento d'acqua e ottimo isolamento termico.

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Lastra a spigolo vivo e con finitura superficiale liscia con pelle.

**Lambda:** da 0,032 a 0,038

**Spessori disponibili mm:** 20-30-40-50-60-80-100-120-140-160

**Dimensioni mm:** 1250 x 600

## APPLICAZIONI CONSIGLIATE

- Isolamento termico di pavimentazioni.
- Isolamento termico in intercapedine.
- Isolamento termico di tetti a falda.
- Isolamento termico di tetti piani convenzionali.
- Isolamento termico di controsoffitti in zootecnia.
- Isolamento termico per pannelli sandwich e capannoni climatizzati.



Styrodur® 3035 CS

## DESCRIZIONE

Pannello isolante per applicazioni che necessitano di alta resistenza a compressione, di basso assorbimento di acqua e di ottima resistenza alla deformazione sotto carichi permanenti ed al transito di veicoli.

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Lastra ad incastro maschio-femmina sui quattro lati perimetrali e con finitura superficiale liscia con pelle.

**Lambda:** da 0,032 a 0,038

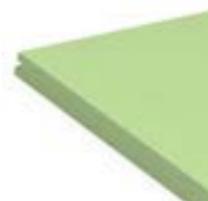
**Spessori disponibili mm:** 30-40-50-60-80-100-120-140-160

**Dimensioni mm:** 1265 x 615

**Dimensioni utili mm:** 1250 x 600

## APPLICAZIONI CONSIGLIATE

- Isolamento termico perimetrale contro terra anche in presenza di falda.
- Isolamento termico platea di fondazione a contatto con il terreno.
- Isolamento termico in applicazioni sotto carico.
- Isolamento termico a tetto rovescio (xps posizionato sopra l'impermeabilizzazione), tetti a terrazza, tetti verdi e tetti adibiti a parcheggio.
- Protezione dal gelo di strade, ferrovie, piste per aeromobili e pavimenti di celle frigorifere.
- Isolamento termico di pareti civili e industriali.



Styrodur® 3035 CSL

## DESCRIZIONE

Pannello isolante per applicazioni che necessitano altezze particolari, buona resistenza a compressione, basso assorbimento d'acqua e ottimo isolamento termico.

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Lastra a incastro maschio-femmina sui due lati lunghi e con finitura superficiale liscia con pelle.

**Lambda:** da 0,032 a 0,038

**Spessori disponibili mm:** 30-40-50-60-80-100-120-140-160

**Dimensioni mm:** 2865 x 615

**Dimensioni utili mm:** 2850 x 600

## APPLICAZIONI CONSIGLIATE

- Isolamento termico perimetrale contro terra anche in presenza di falda
- Isolamento termico platea di fondazione a contatto con il terreno.
- Isolamento termico in applicazioni sotto carico.
- Isolamento termico a tetto rovescio (XPS posizionato sopra l'impermeabilizzazione), tetti a terrazza, tetti verdi e tetti adibiti a parcheggio.
- Protezione dal gelo di strade, ferrovie, piste per aeromobili e pavimenti di celle frigorifere.
- Isolamento termico di pareti civili e industriali.



Styrodur® 4000 CS

## DESCRIZIONE

Pannello isolante per applicazioni che necessitano di alta resistenza a compressione, di basso assorbimento di acqua e di ottima resistenza alla deformazione sotto carichi permanenti ed al transito di veicoli.

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Lastra battentata sui quattro lati perimetrali e con finitura superficiale liscia con pelle.

**Lambda:** da 0,032 a 0,038

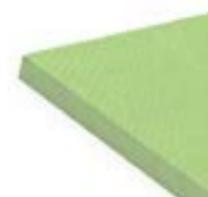
**Spessori disponibili mm:** 50-60-80-100-120-140

**Dimensioni mm:** 1265 x 615

**Dimensioni utili mm:** 1250 x 600

## APPLICAZIONI CONSIGLIATE

- Isolamento termico perimetrale contro terra anche in presenza di falda.
- Isolamento termico platea di fondazione a contatto con il terreno.
- Isolamento termico in applicazioni sotto carico.
- Isolamento termico a tetto rovescio (XPS posizionato sopra l'impermeabilizzazione), tetti a terrazza, tetti verdi e tetti adibiti a parcheggio.
- Protezione dal gelo di strade, ferrovie, piste per aeromobili e pavimenti di celle frigorifere.
- Isolamento termico di pareti civili e industriali.



Styrodur® 2800 C

## DESCRIZIONE

Pannello isolante per applicazioni in combinazione con calcestruzzo, intonaco ed altri rivestimenti che una buona resistenza a compressione, un basso assorbimento di acqua e un ottimo isolamento termico.

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Lastra a spigolo vivo e con finitura superficiale gofrata.

**Lambda:** da 0,032 a 0,038

**Spessori disponibili mm:** 20-30-40-50-60-80-100-120-140-160

**Dimensioni mm:** 1250 x 600

## APPLICAZIONI CONSIGLIATE

- Isolamento termico di ponti termici.
- Isolamento termico interno.
- Isolamento termico per protezione termica integrale.
- Isolamento termico come sottofondo per intonacatura e casseforme.



Styrodur® 5000 CS

## DESCRIZIONE

Pannello isolante per applicazioni che necessitano di alta resistenza a compressione, di basso assorbimento di acqua e di ottima resistenza alla deformazione sotto carichi permanenti ed al transito di veicoli.

## CARATTERISTICHE TECNICHE

Lastra battentata sui quattro lati perimetrali e con finitura superficiale liscia con pelle.

**Lambda:** da 0,032 a 0,036

**Spessori disponibili mm:** 50-60-80-100-120

**Dimensioni mm:** 1265 x 615

**Dimensioni utili mm:** 1250 x 600

## APPLICAZIONI CONSIGLIATE

- Isolamento termico perimetrale contro terra anche in presenza di falda.
- Isolamento termico platea di fondazione a contatto con il terreno.
- Isolamento termico in applicazioni sotto carico.
- Isolamento termico a tetto rovescio (XPS posizionato sopra l'impermeabilizzazione), tetti a terrazza, tetti verdi e tetti adibiti a parcheggio.
- Protezione dal gelo di strade, ferrovie, piste per aeromobili e pavimenti di celle frigorifere.
- Isolamento termico di pareti civili e industriali.

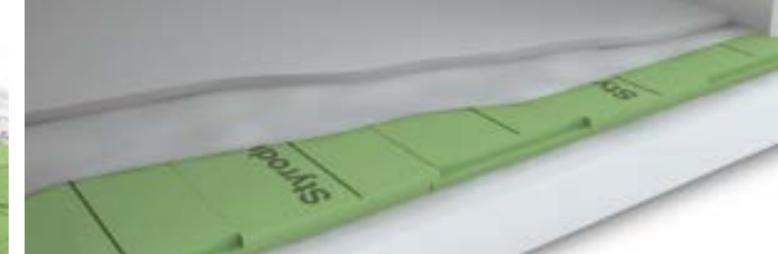


# Applicazioni

La scelta giusta per numerose applicazioni



Isolamento perimetrale



Isolamento di pavimenti



## ISOLAMENTO PERIMETRALE

L'isolamento multistrato esterno di parti di costruzione a contatto con il terreno, l'isolamento perimetrale, riduce le perdite di calore nella parte inferiore dell'edificio. L'isolamento perimetrale avvolge il corpo dell'edificio senza creare ponti termici e inoltre protegge l'impermeabilizzazione da danni meccanici. Styrodur® dal 1980 è dotato di un'omologazione tecnica generale per l'isolamento perimetrale, dal 1996 anche in aree a contatto prolungato o costante con acque di falda fino a un massimo di 3,5 m di profondità. Dal 1996 è anche omologato per la posa sotto platee di fondazione portanti. Dal 2013, Styrodur® è il primo materiale isolante ufficialmente approvato per la riduzione di carichi sotto le platee di fondazione in zone sismicamente attive.

### Vantaggi

- caratteristiche di isolamento eccezionali e durevoli
- alta resistenza alla compressione
- insensibile all'umidità
- resistenza all'invecchiamento e alla putrefazione

## ISOLAMENTO DI PAVIMENTI

I requisiti posti agli isolanti per soffitti e pavimenti sono molteplici. Per la scelta dell'isolante in molte applicazioni la resistenza alla compressione è un criterio decisivo. Grazie alla sua elevata resistenza alla compressione Styrodur® è adatto all'isolamento termico di quasi tutte le costruzioni a terra, anche per pavimenti soggetti a forti carichi come magazzini, impianti produttivi o hangar di manutenzione di aeromobili.

### Vantaggi

- alta resistenza alla compressione
- indeformabilità



Isolamento interno



Isolamento in intercapedine



Isolamento di ponti termici



Isolamento termico di soffitti

## ISOLAMENTO INTERNO

Quando non è possibile isolare un edificio dall'esterno, ad esempio perché la facciata è soggetta a vincoli, è consigliato l'isolamento interno delle pareti perimetrali. Styrodur® 2800 C, il pannello isolante con superficie gofrata e bordi lisci per applicazioni in combinazione con calcestruzzo, intonaco e altri rivestimenti, è particolarmente indicato per questa situazione. L'isolamento interno con Styrodur® C può essere realizzato sia con uno strato di intonaco, sia con un rivestimento di pannelli in cartongesso.

### Vantaggi

- resistente alla pressione e ai carichi
- la superficie gofrata garantisce la tenuta perfetta dell'intonaco
- indeformabile

## ISOLAMENTO DI PONTI TERMICI

Per ragioni energetiche, igieniche e sanitarie è assolutamente necessario evitare la formazione di ponti termici. Per quanto riguarda i componenti di un edificio, evitare la formazione di ponti termici è il presupposto per mantenere a lungo termine la buona condizione della costruzione e la sua funzionalità. Styrodur® 2800 C può essere inserito come "cassaforma a perdere" nel calcestruzzo, oppure essere incollato successivamente. La superficie gofrata (a nido d'ape) garantisce l'aderenza perfetta al calcestruzzo anche senza collanti, e rappresenta inoltre un substrato perfetto per l'intonaco.

### Vantaggi

- riduce le perdite di energia
- aumenta le temperature superficiali del lato interno
- riduce la formazione di acqua di condensa e muffa

## ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE

Da decenni le opere in muratura a doppia parete con isolamento in intercapedine hanno dimostrato la loro efficacia nelle regioni piovose e ventose, ad esempio nelle aree costiere e in molte zone d'Europa fanno parte dei sistemi di costruzione tradizionali. Il ridotto assorbimento d'acqua, le buone caratteristiche isolanti e la resistenza all'invecchiamento fanno sì che Styrodur® possa essere montato tra due pareti anche senza strato d'aria.

### Vantaggi

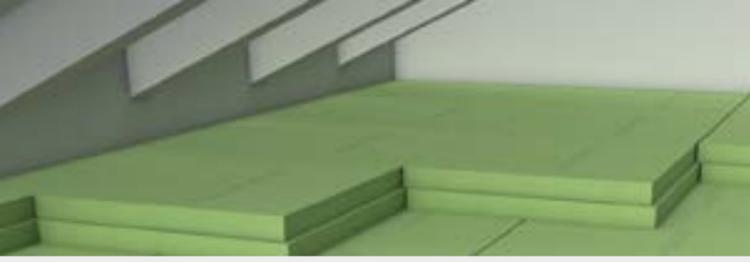
- eccellente isolamento termico
- idrorepellente
- indeformabile
- durevole

## ISOLAMENTO TERMICO DI SOFFITTI

Per l'isolamento del lato inferiore dei soffitti sono più indicati gli isolanti facili e rapidi da montare e che non caricano troppo la struttura portante grazie al loro peso ridotto. Per gli scantinati non riscaldati l'isolamento del lato inferiore del soffitto è un intervento semplice e poco costoso per migliorare la coibentazione. Contemporaneamente si evita di avere un pavimento freddo al piano superiore. Come strato coibentante si utilizza Styrodur® 2800 C o Styrodur® 3035 CS nell'isolamento di soffitti.

### Vantaggi

- leggero
- montaggio semplice e rapido
- superficie solida, pulita e liscia



Isolamento del solaio non calpestabile



Tetti rovesci



Isolamento di tetti a falda



Protezione antigelo di sottofondi stradali e massicciate ferroviarie



Ristrutturazione e ammodernamento

## ISOLAMENTO DEL SOLAIO NON CALPESTABILE

È opportuno dotare di isolamento termico i solai non calpestabili che si trovino al di sopra di ambienti riscaldati. L'isolamento dei solai non calpestabili può essere realizzato con Styrodur® in uno spessore a scelta, anche in più strati.

### Vantaggi

- alta resistenza alla compressione
- calpestabile e resistente ai carichi
- semplice e rapido da posare
- il sistema a incastro maschio-femmina evita la formazione di ponti termici
- di lunga durata, resistente all'invecchiamento e alla putrefazione

## TETTI ROVESCI

A causa dell'irraggiamento solare e del freddo i tetti piani sono esposti a oscillazioni di temperatura estreme, a forti sollecitazioni termiche e tensioni. L'impermeabilizzazione ed il materiale isolante devono dunque soddisfare requisiti particolarmente severi. Nei tetti rovesci lo strato isolante viene posato sopra quello impermeabilizzante. La struttura è più facile e veloce da realizzare rispetto al tetto caldo convenzionale, perché ci sono meno strati da posare e incollare, oltre ad aumentare la durata utile dell'impermeabilizzazione. Grazie alla sua elevata resistenza alla compressione e alle sue eccellenti caratteristiche, Styrodur® è ideale per tetti rovesci, tetti Duo o Plus, tetti verdi o terrazzati nonché per tetti a parcheggio.

### Vantaggi

- alta resistenza alla compressione
- di lunga durata, resistente all'invecchiamento e alla putrefazione
- calpestabile e resistente ai carichi
- indeformabile
- protegge l'impermeabilizzazione

## ISOLAMENTO DI TETTI A FALDA

Considerato l'aumento dei prezzi dei terreni edificabili, le mansarde sotto ai tetti a falda rappresentano uno spazio abitabile prezioso e conveniente. Ma i sottotetti non devono lasciarsi permeare dal caldo d'estate e d'inverno si deve ridurre al minimo la dispersione del calore.

### Vantaggi

- assenza di ponti termici
- strato isolante di spessore uniforme
- utilizzabile per edifici nuovi o preesistenti

## PROTEZIONE ANTIGELO DI SOTTOFONDI STRADALI E MASSICCIATE FERROVIARIE

A protezione dai danni del gelo, sotto le strade e le massicciate ferroviarie si possono eseguire interventi di isolamento. I materiali utilizzati a questo scopo devono soddisfare requisiti severi e resistere alle vibrazioni. Grazie alla sua elevata resistenza alla compressione, al ridotto assorbimento di acqua, al buon potere isolante e all'imputrescibilità, Styrodur® è una soluzione sicura anche come protezione antigelo. Si evitano i danni dovuti al gelo, si riducono durevolmente i costi di manutenzione delle infrastrutture ed inoltre si riducono le vibrazioni dei binari.

### Vantaggi

- insensibile all'umidità
- alta resistenza alla compressione
- di lunga durata, resistente all'invecchiamento e alla putrefazione
- indeformabile

## RISTRUTTURAZIONE E AMMODERNAMENTO

I costi energetici in costante crescita rappresentano una voce importante nelle ristrutturazioni e negli ammodernamenti. Prima di una ristrutturazione è sempre opportuno verificare quali siano i provvedimenti realizzabili sotto il profilo energetico. A questo scopo Styrodur® offre una soluzione ottimale per quasi tutte le misure di isolamento termico.



# Nuove applicazioni

Styrodur® un ruolo decisivo  
in nuove soluzioni

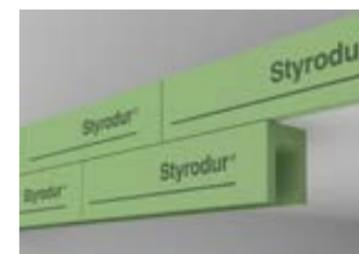


## SISTEMI COSTRUTTIVI

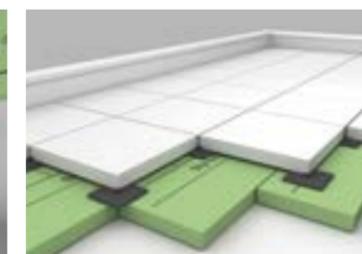
Oltre all'utilizzo come pannello isolante, Styrodur® dà il meglio di sé anche in molte altre applicazioni. Si sviluppano costantemente nuove soluzioni in cui Styrodur® riveste un ruolo decisivo. Se prevedete lo sviluppo di nuovi prodotti e volete utilizzare Styrodur®, vi preghiamo di rivolgervi all'Infopoint Styrodur® all'indirizzo: [info@styrodur-italia.it](mailto:info@styrodur-italia.it)



**I sistemi per platee di fondazione** offrono il vantaggio di una platea di fondazione dell'edificio completamente rivestita e avvolta da materiale isolante.



**I cassoni per avvolgibili** si possono realizzare per opere di muratura intonacata e sono una soluzione ideale per evitare perdite di energia.



**I sistemi di tetti a parcheggio** permettono di sfruttare le superfici del tetto per parcheggiare, per ridurre la dispersione del calore dalla zona riscaldata sottostante.



**Gli elementi piastrellabili** in Styrodur® sono dotati di un rivestimento in malta speciale su entrambi i lati, per ammodernare i bagni in modo rapido e professionale.



**Le cassaforme perimetrali per soffitti** sono la soluzione ideale per evitare ponti termici e perdite di energia.



**L'isolamento degli autotrasporti** con Styrodur® garantisce che i surgelati e gli alimenti mantengano la temperatura corretta durante il trasporto e rimangano freschi.



Applicazioni raccomandate

**Styrodur®**



Dati tecnici

**Styrodur®**

## Applicazioni raccomandate Styrodur®

Styrodur®	3035 C	3035 CSL	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Perimetro <sup>1)</sup> Pavimento	■	■	■	■	■	■
Perimetro <sup>1)</sup> Parete	■	■	■	■	■	■
Perimetro <sup>1)</sup> Platea di fondazione	■	■	■	■	■	■
Perimetro <sup>1)</sup> Falda	■	■	■	■	■	■
Pavimento abitazione civile	■	■	■	■	■	■
Pavimenti industriali e magazzini frigoriferi	■	■	■	■	■	■
Isolamento in intercapedine	■	■	■	■	■	■
Isolamento interno	■	■	■	■	■	■
Cassaforma	■	■	■	■	■	■
Ponti termici	■	■	■	■	■	■
Isolamento delle fondazioni	■	■	■	■	■	■
Protezione termica integrale	■	■	■	■	■	■
Tetto rovescio	■	■	■	■	■	■
Tetto-duo/Tetto-plus	■	■	■	■	■	■
Tetti a terrazza	■	■	■	■	■	■
Tetti verdi	■	■	■	■	■	■
Tetti a parcheggio	■	■	■	■	■ <sup>2)</sup>	■
Tetto piano convenzionale <sup>3)</sup>	■	■	■	■	■	■
Velette/componenti verticali	■	■	■	■	■	■
Soffitto di cantina/Soffitto di garage sotterraneo	■	■	■	■	■	■
Solaio non calpestabile	■	■	■	■	■	■
Tetto a falda	■	■	■	■	■	■
Pannello in cartongesso	■	■	■	■	■	■
Pannelli sandwich	■	■	■	■	■	■
Capannoni climatizzati	■	■	■	■	■	■
Piste da ghiaccio	■	■	■	■	■	■
Strade/massicciate ferroviarie	■	■	■	■	■	■

1) Isolamento a contatto con il terreno

2) Non adatto per l'impiego sotto pavimentazione con autobloccanti

3) Con strato di protezione sopra l'impermeabilizzazione

Omologazione prodotto: DIBt Z-23.15-1481, polistirene espanso estruso conforme alla norma EN 13164

## Dati tecnici Styrodur®

Proprietà	Unità di misura	Codifica secondo EN 13164	3035 C	3035 CSL	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS	Norma
Finitura perimetrale			■	■	■	■	■	■	
Superficie			liscia	liscia	goffrata	liscia	liscia	liscia	
Lunghezza x larghezza	mm		1250 x 600	2865 x 615 <sup>2)</sup>	1250 x 600	1265 x 615	1265 x 615	1265 x 615	
Conduktività termica	$\lambda_b$ [W/(m·K)]		$\lambda_b$	$\lambda_b$	$\lambda_b$	$\lambda_b$	$\lambda_b$	$\lambda_b$	UNI EN 13164
Resistenza termica	$R_b$ [m²·K/W]		$R_b$	$R_b$	$R_b$	$R_b$	$R_b$	$R_b$	
Spessori									
	20 mm		-	-	0,032	0,60	-	-	
	30 mm		0,032	0,90	0,032	0,90	0,032	0,90	
	40 mm		0,032	1,25	0,032	1,25	0,032	1,25	
	50 mm		0,034	1,45	0,034	1,45	0,034	1,45	
	60 mm		0,034	1,75	0,034	1,75	0,034	1,75	
	80 mm		0,035	2,30	0,035	2,30	0,035	2,30	
	100 mm		0,035	2,85	0,035	2,85	0,035	2,85	
	120 mm		0,036	3,30	0,036	3,30	0,036	3,30	
	140 mm		0,038	3,70	0,038	3,70	0,038	3,70	
	160 mm		0,038	4,20	0,038	4,20	0,038	4,20	
	180 mm		-	-	-	-	-	-	
	200 mm		-	-	-	-	-	-	
Resistenza a compressione con schiacciamento del 10 % <sup>2)</sup>	kPa	CS(10/Y)	300	300	200 (20-60 mm) 300 (80-160 mm)	300	500	700	UNI EN 826
Consentita resistenza a compressione dopo 50 anni con schiacciamento ≤ 2 % <sup>2)</sup>	kPa	CC (2/1,5/50)	130	130	-	130	180	250	UNI EN 1606
Certificazione di resistenza a compressione sotto fondazione <sup>2)</sup>	$f_{cd}$ (kPa)		185 (30-120 mm) 140 (140-160 mm)	185 (30-120 mm) 140 (140-160 mm)	-	185 (30-120 mm) 140 (140-160 mm)	255	355	DIBt Z-23.34-1325
Aderenza al calcestruzzo	kPa	TR	-	-	200	-	-	-	UNI EN 1607
Modulo elastico a compressione (kPa)									
	A breve termine	E	20.000	20.000	15.000	20.000	30.000	40.000	DIBt Z-23-34-1325
	A lungo termine	$E_{20}$	6.500	6.500	-	6.500	10.000	14.000	
Stabilità dim. 70 °C 90 % um. rel.	%	DS (70, 90)	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	UNI EN 1604
Comportamento alla deformazione: carico 40 kPa; 70 °C	%	DLT(2)5	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	≤ 5 %	UNI EN 1605
Coeff. di dilatazione termica lineare: Longitudinale	mm/(m·K)		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	DIN 53752
	Trasversale		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Reazione al fuoco	Classe		E	E	E	E	E	E	UNI EN 13501-1
Assorbimento d'acqua per immersione	Vol.-%	WL(T)0,7	0,7	0,7	-	0,2	0,2	0,2	UNI EN 12087
Assorbimento di umidità per diffusione e condensazione	Vol.-%	WD(V)	3	3	-	3	3	3	UNI EN 12088
Resistenza alla diff. del vapore acqueo (in funzione dello spessore)		MU	150 - 80	150 - 80	200 - 50	150 - 100	150 - 50	150 - 80	UNI EN 12086
Comportamento al gelo (300 alternanze gelo/disgelo)	Vol.-%	FTCD	1	≤ 1	-	1	1	1	UNI EN 12091
Temperatura limite di utilizzo	°C		75	75	75	75	75	75	UNI EN 14706
Percentuale media celle chiuse	%	CV	98	98	-	98	98	98	ISO 4590

<sup>1)</sup> Spessori 30 e 40 mm: 2510 x 610 mm <sup>2)</sup> 100 kPa = 10 N/cm² = 10 ton/m² <sup>3)</sup> Per spessori 30 e 40 mm: 2850 x 610 mm

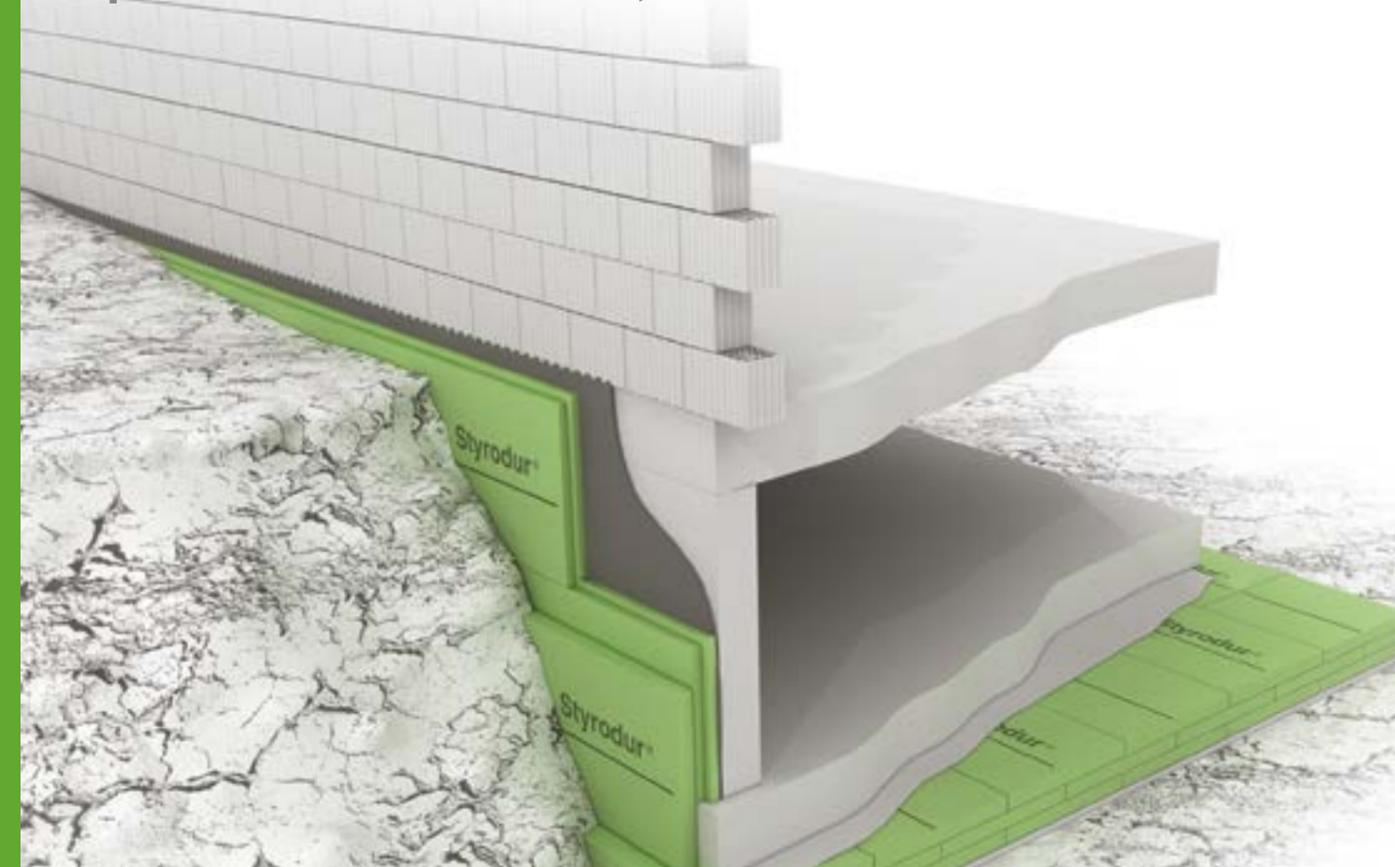
Per informazioni aggiornate sulle specifiche tecniche è possibile consultare anche il nostro sito [www.styrodur-italia.it](http://www.styrodur-italia.it), alla voce di ciascun prodotto.

## Sommario Isolamento perimetrale controterra

1	Isolamento perimetrale	28	8	Drenaggio	38
2	Strato termoisolante con Styrodur®	29	9	Riempimento degli scavi di fondazione	38
	Vantaggi dello Styrodur® nell'isolamento perimetrale	29	10	Isolamento perimetrale di case passive con Styrodur®	39
4	Isolamento perimetrale in caso di umidità del pavimento e acqua d'infiltrazione non stagnante (sulla falda)	31	11	Consigli per la progettazione	41
4.1	Isolamento perimetrale in parete	31	11.1	Dimensionamento tecnico della protezione contro l'umidità	41
4.2	Isolamento perimetrale sotto i pavimenti della cantina (staticamente non portanti)	32	11.2	Selezione dei tipi di Styrodur® in base alla profondità d'installazione	41
4.3	Isolamento perimetrale di fondamenta e sotto alle piastre di fondazione (staticamente portante)	33	12	Informazioni e istruzioni generali sulla lavorazione	42
5	Raccordi / Terminali	35			
5.1	Lucernari	36			
6	Isolamento dello zoccolo	37			
7	Isolamento di fondamenta continue	37			

# Isolamento perimetrale controterra

Parete, pavimento,  
platea di fondazione, falda





# L'isolamento perimetrale

## 1. L'isolamento perimetrale

Il termine isolamento perimetrale indica le superfici costruttive esterne a contatto col terreno e isolate termicamente, come ad esempio le pareti (Fig. 1) e i pavimenti (Fig. 2) delle cantine. La caratteristica principale dell'isolamento perimetrale è rappresentata dalla sistemazione dello strato termoisolante sul lato esterno dell'elemento strutturale al di sopra dell'impermeabilizzazione dell'edificio.

### Isolamento perimetrale in zone con acqua in pressione e acqua d'infiltrazione stagnante (nella falda freatica) con omologazione dell'ente di vigilanza sulle costruzioni

Styrodur® è omologato da molti anni al numero Z-23.5-223 dall'Istituto tedesco di ingegneria edile (DIBt) per l'isolamento perimetrale in zone con acqua stagnante per periodi prolungati o acqua in pressione. In base all'omologazione, le lastre di Styrodur® si possono posare a uno, due o tre strati in pareti esterne di scantinati con contatto a terra a uno o a due strati, sotto componenti staticamente non portanti (lastre del pavimento della cantina) e possono essere immerse nella falda freatica fino a max. 3,50 m. L'impermeabilizzazione dell'edificio deve essere eseguita dall'esterno e adeguata alla sollecitazione dell'acqua.

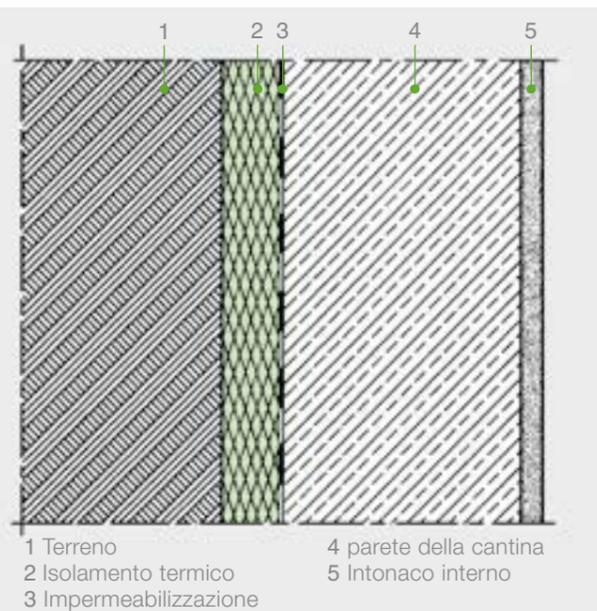


Fig. 1: Parete di cantina con strato termoisolante esterno, a contatto con il terreno.

### Isolamento perimetrale in caso d'umidità del pavimento e acqua d'infiltrazione non stagnante (sopra la falda freatica) a norma e omologazione

L'isolamento perimetrale con lastre di Styrodur® sopra il livello della falda freatica costituisce quindi una costruzione a norma.

In base all'omologazione Z-23.5-223 dell'Istituto tedesco di ingegneria edile (DIBt), Styrodur® può essere posato come isolamento perimetrale in pareti esterne di scantinati con contatto contro terra e sotto componenti staticamente non portanti (lastre del pavimento della cantina).

L'impermeabilizzazione dell'edificio deve essere effettuata per evitare l'umidità del pavimento (acqua capillare, acqua dura) e l'acqua d'infiltrazione non stagnante in solette e pareti.

### Isolamento perimetrale sotto a piastre di fondazione portanti (sulla falda freatica)

Con l'omologazione DIBt numero Z-23.34-1325, Styrodur® può essere utilizzato anche sotto a piastre di fondazione portanti. Le lastre isolanti devono essere inserite con fino a tre strati isolanti, fino a uno spessore massimo di 300 mm. L'impermeabilizzazione dell'edificio deve essere effettuata per evitare l'umidità del pavimento (acqua capillare, acqua dura) e l'acqua d'infiltrazione non stagnante in solette e pareti.

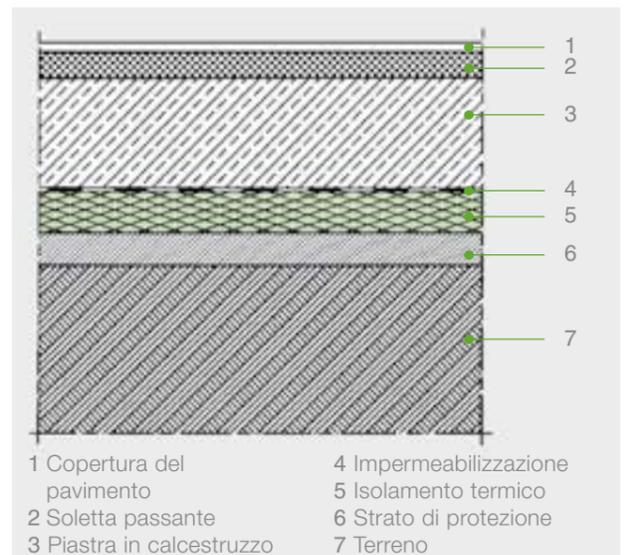


Fig. 2: Copertura inferiore non portante con strato termoisolante sottostante, a contatto con il terreno.



# Strato termoisolante con Styrodur®

## 2. Strato termoisolante con Styrodur®

Le lastre in Styrodur® vengono posate perfettamente accostate e allineate sia nel caso di superfici orizzontali che verticali (Fig. 3). Per evitare la formazione di ponti termici sono particolarmente adatte le lastre attentate, che proteggono inoltre l'impermeabilizzazione della costruzione da sollecitazioni meccaniche.

### Posa:

Conformemente alle omologazioni DIBt Z-23.5-223 e Z-23.34-1325, la lastre di Styrodur® possono essere posate

- in caso di umidità del pavimento e acqua d'infiltrazione non stagnante (sulla falda freatica)
- in zone con acqua in pressione e acqua d'infiltrazione stagnante (nella falda freatica)

Si può posare fino a tre strati:

- nell'area delle pareti – a uno e a due strati
- sotto ai pavimenti della cantina (staticamente non portanti), a uno, due o tre strati
- sotto le piastre di fondazione (staticamente portanti), a due o tre strati

Lo spessore totale dello strato termoisolante non deve superare

- 400 mm nell'area delle pareti
- 400 mm sotto ai pavimenti della cantina (staticamente non portanti)
- 300 mm sotto le piastre di fondazione (staticamente portanti).

Nel caso di piastre di fondazione (staticamente portanti), in caso di posa a più strati, il singolo spessore delle lastre deve essere di 120 mm al massimo.

### Prodotti consigliati:

In pareti, sotto i pavimenti della cantina e le lastre di fondazione:

- Styrodur® 3035 CS
- Styrodur® 4000 CS
- Styrodur® 5000 CS

### Isolamento perimetrale sotto a piastre di fondazione portanti (nella falda freatica)

Per l'isolamento perimetrale in zone di acqua stagnante per lunghi periodi o di acqua in pressione (nella falda freatica), le lastre di Styrodur® possono essere immerse nella falda freatica al massimo fino a 3,50 m. L'impermeabilizzazione dell'edificio deve essere eseguita contro l'acqua in pressione dall'esterno e l'acqua d'infiltrazione stagnante.

Gli interventi di isolamento perimetrale contribuiscono a ridurre la dispersione termica anche nei piani inferiori degli edifici e creano, inoltre, un clima più salubre nella cantina. Le temperature più elevate delle superfici interne di pareti e pavimenti impediscono la formazione di condensa nei locali. In questo modo, si evita che si formi la muffa tipica dei locali sotterranei. L'utente può quindi approfittare dei seguenti vantaggi:

- Miglioramento del clima nella cantina/nello scantinato.
- Aumento delle temperature sulla superficie interna delle pareti della cantina.
- Assenza di condensa sul lato interno delle pareti e del pavimento della cantina.
- Recupero di spazio interno.
- Aumento definitivo del valore dell'edificio.
- Risparmio sui costi relativi al consumo energetico, grazie all'isolamento termico.
- Realizzazione dell'isolamento senza ponti termici.
- Protezione dell'impermeabilizzazione.

Poiché il materiale isolante dell'isolamento perimetrale è soggetto a sollecitazioni particolarmente intense a causa dell'acqua proveniente dalle precipitazioni, dalla pressione atmosferica e dal carico della circolazione stradale, i materiali devono avere requisiti elevati:

- elevata resistenza alla compressione
- insensibilità all'umidità
- scarsa conducibilità termica
- imputrescibilità
- buona capacità d'isolamento termico.

Styrodur® possiede queste caratteristiche ed è perfettamente adatto all'uso come materiale isolante per l'isolamento perimetrale.



## Vantaggi dello Styrodur® nell'isolamento perimetrale

Nella zoccolatura sopra terra:

### ■ Styrodur® 2800 C

Per una migliore adesione di cemento colla, intonachi, altre malte ecc..., per esempio per applicazioni in zoccolo, le superfici devono essere ruvide. Styrodur® 2800 C ha una superficie trattata termicamente (goffrata) e aderisce quindi bene a intonaco e cemento.

L'esecuzione corretta dal punto di vista tecnico dell'impermeabilizzazione dell'edificio è la premessa necessaria alla posa di Styrodur® nell'isolamento perimetrale. In base alla sollecitazione dovuta all'umidità e necessario prevedere ad una opportuna e adeguata impermeabilizzazione.



**Fig. 3:** Realizzazione di un isolamento perimetrale a due strati di Styrodur® fino a riempimento dello scavo di fondazione.

### 3. Vantaggi dello Styrodur® nell'isolamento perimetrale

L'impiego di Styrodur® per l'isolamento perimetrale comporta molteplici vantaggi:

- Elevata resistenza alla compressione
- Nessuna necessità di realizzare ulteriori strati protettivi
- Profondità di installazione conforme alla pressione del terreno, Tabella 6, pagina 45
- Nessuna disposizione sulla distanza per i veicoli circolanti nelle vicinanze
- Isolamento perimetrale adatto a case passive fino a 400 mm
- Nessun peggioramento della conduttività termica, poiché l'umidità praticamente non aumenta
- Omologato dall'ente di vigilanza nella zona della falda freatica, Z-23.5-223 e Z-23.34-1325
- Styrodur® è una soluzione collaudata da oltre 50 anni.
- Sono state stilate perizie sul comportamento a lungo termine
- Vantaggi di lavorazione, poiché Styrodur® non deve essere compresso in bitumi per la realizzazione dell'isolamento del pavimento e non necessita di ulteriori strati protettivi per l'isolamento delle pareti.
- Nessuna necessità di adottare misure di protezione particolari nelle aree soggette al gelo.
- Nessuna necessità di drenaggio con terreni non coesivi
- Semplice fissaggio con colla; le lastre e i bordi delle lastre devono essere incollati sull'intera superficie solo nell'area freatica e i giunti delle lastre devono essere stuccati
- Con Styrodur® 2800 C con superficie gofrata è possibile isolare anche lo zoccolo
- La superficie gofrata di Styrodur® 2800 C semplifica l'intonacatura dello zoccolo
- In base all'Omologazione del DIBt numero Z-23.34-1325, Styrodur® può essere posato anche sotto a piastre di fondazione portanti, immerse fino a una profondità massima di 3,50 m nella falda freatica.
- In riferimento alla certificazione DIBt Z-23.34-1325, le lastre Styrodur® possono essere impiegate in zone sismiche.

Le seguenti informazioni e istruzioni per la posa e gli esempi realizzativi hanno l'intento di semplificare la progettazione e la posa di Styrodur®.

Le caratteristiche chimiche e fisiche delle impermeabilizzazioni e dei collanti devono essere compatibili e adatte alla relativa applicazione.



## Isolamento perimetrale applicazioni

### 4. Isolamento perimetrale in caso di umidità del pavimento e acqua d'infiltrazione non stagnante (sulla falda)

#### 4.1 Isolamento perimetrale alle pareti

##### Impermeabilizzazione

Le pareti interrate possono essere realizzate in calcestruzzo, in calcestruzzo impermeabile oppure in muratura intonacata. Gli elementi non impermeabili devono essere impermeabilizzati. Tale operazione deve essere commisurata al tasso di umidità presente.

L'isolamento perimetrale non sostituisce l'impermeabilizzazione dell'edificio. Le pareti realizzate in calcestruzzo impermeabile possono essere isolate senza ulteriori trattamenti preliminari.

Le caratteristiche chimiche e fisiche delle impermeabilizzazioni e dei collanti devono essere compatibili e adatte alla relativa applicazione.

Per le impermeabilizzazioni su basi o guaine bituminose sono adatti anche gli adesivi a due componenti senza solvente a base di cemento-bitume, o gli adesivi reattivi sempre senza solvente.

Occorre evitare di comprimere le lastre isolanti nell'impermeabilizzazione bituminosa non ancora asciutta per le seguenti ragioni:

- Gli spostamenti durante il processo di compressione possono causare l'allentamento di porzioni di impermeabilizzazione. L'impermeabilità non viene quindi più garantita.
- Le sostanze utilizzate a base di bitumi a freddo per la realizzazione dell'impermeabilizzazione possono contenere percentuali di solvente, nocive per l'isolante. In caso di impermeabilizzazioni bituminose a freddo si raccomanda un periodo di essiccazione di una settimana, prima di applicare le lastre isolanti.

#### ATTENZIONE:

Le lastre Styrodur® devono essere incollate con sostanze prive di solvente.

#### Incollaggio delle lastre di Styrodur®

Fino al riempimento degli scavi di fondazione, le lastre di Styrodur® devono essere fissate in modo che non scivolino o si spostino. Ciò accade di norma al momento dell'incollaggio alle pareti impermeabilizzate. L'incollaggio durante il montaggio fa rimanere le lastre isolanti incollate alla parete finché vengono poi compresse dal terreno. Occorre accertarsi che in caso di successivi assestamenti del terreno di riempimento, non possano prodursi sollecitazioni di taglio pericolose nell'impermeabilizzazione dell'edificio. Per suggerimenti sugli adesivi più adatti, rivolgersi al rivenditore specializzato o al produttore.



**Fig. 4:** La posa allineata delle lastre di Styrodur® garantisce un isolamento perimetrale senza ponti termici.

#### Applicazione delle lastre di Styrodur®

Le lastre in materiale isolante vengono posate perfettamente accostate e allineate (**Fig. 4**). La battentatura continua garantisce un serraggio dei giunti senza ponti termici. Inoltre, le lastre isolanti posizionate a terra devono disporre di una solida superficie di sostegno (ad esempio, la sporgenza delle fondamenta).

Nella posa a due strati, i due strati di lastre devono essere incollati l'uno con l'altro a punti e disposti coprendo i giunti e sfalsati (**Fig. 5**).



**Fig. 5:** Incollaggio a punti del secondo strato Lastre di Styrodur® con battentatura e giunti sfalsati.



# Isolamento perimetrale applicazioni

## 4.2 Isolamento perimetrale sotto i pavimenti della cantina (staticamente non portanti)

### Sottofondo

Il sottofondo su cui vengono appoggiate le lastre di Styrodur® deve essere sufficientemente piano nel caso di isolamento perimetrale orizzontale, e sufficientemente stabile per il relativo utilizzo.



Fig. 6: Strato di protezione in calcestruzzo magro per la posa dell'isolamento del pavimento.

Anche in caso di roccia la superficie di appoggio delle lastre di Styrodur® deve essere realizzata in modo che aderiscano perfettamente. È perciò necessario prevedere uno strato di compensazione in calcestruzzo (Fig. 7). Inoltre, deve essere steso e livellato un sottofondo in calcestruzzo.

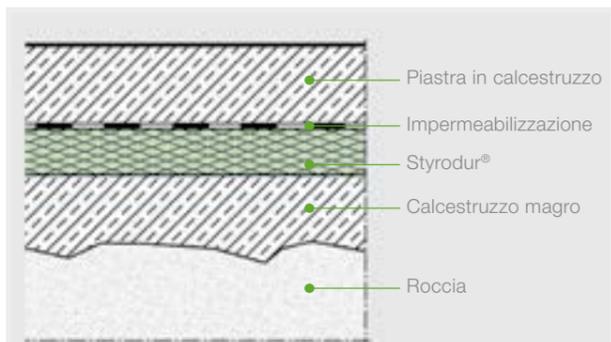


Fig. 7: Strato di compensazione in calcestruzzo magro per terreno di fondazione roccioso.

### Impermeabilizzazione

È consigliabile prevedere l'impermeabilizzazione contro l'umidità con incollaggio con bitume a freddo non contenente solvente, poiché questo ultimo è in grado di scogliere lo Styrodur®. È inoltre possibile usare guaine impermeabilizzanti incollate a freddo e tutti quei prodotti impermeabilizzanti esenti da solventi.

### Posa di lastre di Styrodur®

In caso di uso di Styrodur® come isolamento termico (Fig. 8) sotto solette non portanti carichi (non ci sono carichi sugli elementi verticali), si devono rispettare i seguenti punti:

- si possono posare fino a tre strati di Styrodur®.
- Lo spessore totale dello strato termoisolante può raggiungere 400 mm massimi.
- Sono consentite solo lastre di espanso rigido con battentatura (Styrodur® 3035 CS, Styrodur® 4000 CS, Styrodur® 5000 CS).
- Posare le lastre di Styrodur® allineate senza giunti incrociati.
- Posare gli strati di lastre con i giunti sfalsati.
- Posare uno strato di separazione, p.es. un foglio di PE, tra lo strato termoisolante e la soletta.



Fig. 8: Posa a vari strati di lastre di Styrodur® sotto la soletta ai sensi dell'Omologazione Z-23.34-1325.



# Isolamento perimetrale applicazioni

### Armatura

Per il puntellamento dell'armatura in acciaio sottostante e sovrastante, montata separatamente, è necessario utilizzare degli spessori, composti da intrecci in acciaio appositamente modellati, componenti prefabbricati in calcestruzzo o elementi in materiale sintetico (Fig. 9). L'armatura viene posata sugli spessori (Fig. 10), senza contatto con il foglio di PE. Il pericolo di perforazione del foglio è minimo.

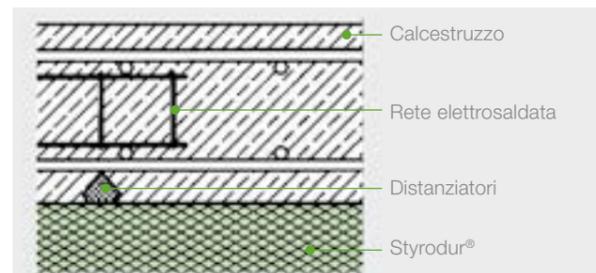
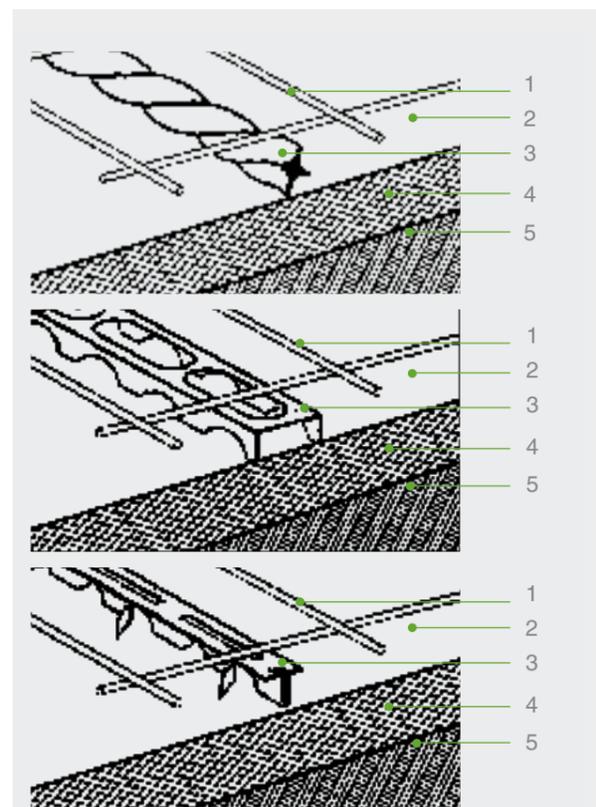


Fig. 9: Spessore superficiale calpestabile in fibrocemento per l'armatura inferiore e intreccio di sostegno in acciaio per l'armatura superiore della soletta.



- 1 Armatura
- 2 Foglio di PE
- 3 Spessore
- 4 Styrodur®
- 5 Terreno

Fig. 10: Armatura posata sugli spessori.

## 4.3 Isolamento perimetrale di fondamenta e sotto alle piastre di fondazione (staticamente portante)

### Isolamento termico laterale di fondamenta con Styrodur®

Le fondamenta possono essere isolate termicamente e contro il gelo lateralmente con le lastre Styrodur®, le quali, anche con fondamenta piane, impediscono al gelo di penetrare all'interno di edifici riscaldati (Fig. 11 e 12).

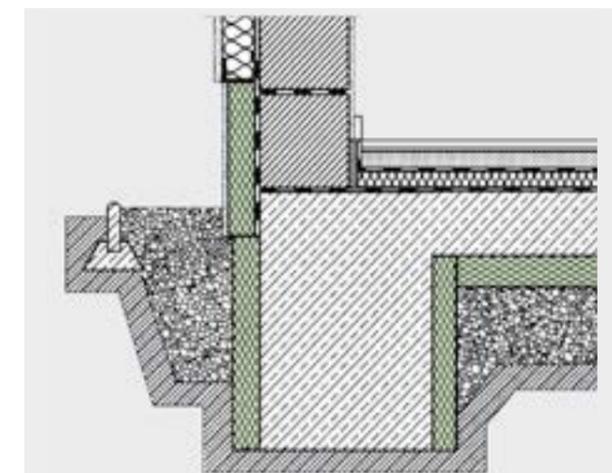


Fig. 11: Isolamento delle fondamenta e raccordo al sistema isolante a cappotto esterno.

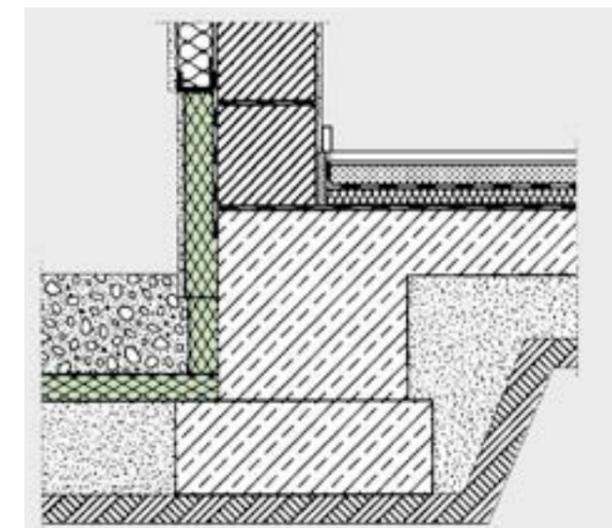


Fig. 12: Possibilità di isolamento delle fondamenta contro il gelo.



## Isolamento perimetrale applicazioni

### Isolamento termico sotto alle piastre di fondazione portanti con Styrodur®

Styrodur® può anche essere usato come isolante termico in fino a tre strati sotto le piastre di fondazione portanti in base all'omologazione Z-23.34-1325 proprio sotto alle piastre di fondazione. Styrodur® soddisfa tutti i requisiti di isolamento termico: eccellente resistenza alla compressione, imputrescibilità e ridotto assorbimento d'acqua.

Nel campo della costruzione di edifici abitativi e commerciali, si sta imponendo in modo esponenziale l'utilizzo di piastre per fondamenta in cemento armato come elementi strutturali di fondazione. Per evitare la formazione di ponti termici è opportuno posare Styrodur® su tutta la superficie sotto alle piastre di fondazione. A queste viene collegato direttamente e senza ponti termici l'isolamento perimetrale della parete della cantina.

### Schermatura antigelo

In caso di schermatura antigelo, l'isolamento termico viene prolungato oltre all'area della piastra di fondazione in modo da evitare la formazione di gelo sotto alle fondamenta o piastre di fondazione (Fig. 13).

Nella pratica, attualmente sono sempre di più gli edifici senza cantina che vengono costruiti su fondamenta costituite da piastre senza che sia garantita la protezione dal gelo della fondazione. Qui sussiste il rischio che durante i mesi invernali, sotto la piastra si registrino temperature inferiori a 0 °C, che causano la formazione di lenti di ghiaccio e, in base alla natura del terreno, comportano sollevamenti dovuti al gelo con conseguenti danni alla struttura dell'edificio.

L'applicazione di una schermatura antigelo impedisce la penetrazione del gelo sotto la piastra di fondazione (Fig. 14). Per l'applicazione si posa l'isolamento termico attorno a tutto l'edificio, a profondità di 30 cm. Se al di sopra della schermatura antigelo è prevista una pavimentazione, si può ridurre la profondità a 20 cm.



Fig. 13: Schermatura antigelo.

### Standard delle case passive

Clima con fase di gelo permanente < 40 giorni:

- Larghezza della schermatura antigelo = lunghezza della lastra di Styrodur® b = 125 cm
- Spessore della lastra isolante d = 8 cm
- Copertura del terreno h = circa 30 cm

Clima con fase di gelo permanente < 26 giorni:

- Larghezza della schermatura antigelo = lunghezza della lastra di Styrodur® b = 60 cm
- Spessore della lastra isolante d = 3 cm
- Copertura del terreno h = circa 30 cm

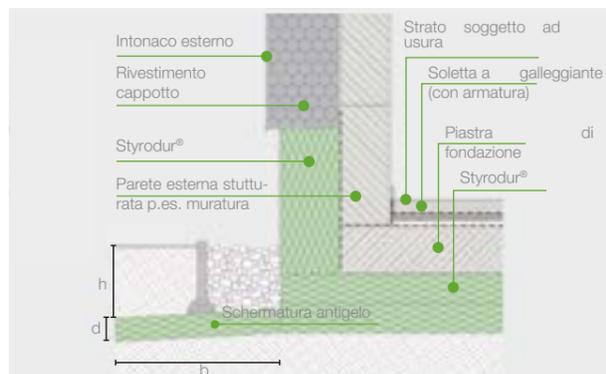


Fig. 14: Avvertenza per la realizzazione della schermatura antigelo.

### Posa sotto piastre di fondazione staticamente portanti

- Posare fino a tre strati di Styrodur®.
- Lo spessore totale dello strato termoisolante può raggiungere 300 mm massimi.
- Sono consentite solo lastre di espanso rigido con battentatura (Styrodur® 3035 CS, Styrodur® 4000 CS, Styrodur® 5000 CS).
- In caso di posa a vari strati, per gli strati di lastre sovrapposte si devono utilizzare solo lastre dello stesso tipo e resistenza alla compressione (Styrodur® 3035 CS, Styrodur® 4000 CS, Styrodur® 5000 CS).
- Posare gli strati di lastre con i giunti sfalsati.
- Posare gli strati di lastre allineati e senza giunti incrociati.
- Le lastre di espanso estruso devono essere posate su uno strato protettivo, p.es. calcestruzzo o su uno strato di sabbia ghiaiosa livellato e notevolmente compattato. Il terreno deve essere sufficientemente piano.
- Per la protezione dello strato isolante, durante la costruzione della piastra di fondazione deve essere sistemato uno strato di separazione, ad esempio un foglio di PE sopra lo strato isolante o si devono adottare altri provvedimenti adeguati.



## Raccordi/ Terminali

### Requisiti statici

In caso di prova di stabilità si può considerare al massimo il valore di misura della sollecitazione di compressione  $f_{cd}$  delle lastre di espanso estruso.

- Styrodur® 3035 CS, spessore fino a 120 mm  
 $f_{cd} = 185 \text{ kPa}$
- Styrodur® 3035 CS, spessore 140–160 mm  
 $f_{cd} = 140 \text{ kPa}$
- Styrodur® 4000 CS, spessore 50–140 mm  
 $f_{cd} = 255 \text{ kPa}$
- Styrodur® 5000 CS, spessore 50–120 mm  
 $f_{cd} = 355 \text{ kPa}$

### Calcoli di assestamento

Ai sensi dell'omologazione del DIBt Z-23.34-1325 si devono studiare gli assestamenti di due casi limite ad uno spessore dello strato termoisolante superiore a 120 mm:

- Calcolo per il terreno edificabile senza tenere conto dello strato termoisolante
- Calcolo per il terreno da costruzione previsto e lo strato termoisolante usando il modulo di elasticità della lastra in espanso estruso dopo 50 anni (tenendo conto della deformazione differita a lungo termine del materiale isolante):
- Styrodur® 3035 CS  
 $E_{50} = 6500 \text{ kPa}$
- Styrodur® 4000 CS  
 $E_{50} = 10\,000 \text{ kPa}$
- Styrodur® 5000 CS  
 $E_{50} = 14\,000 \text{ kPa}$

Dal punto di vista fisico è necessario prevedere, in base al clima ambientale pianificato, la realizzazione di una barriera vapore da posare sul lato caldo, ovvero quello superiore di Styrodur®. In questo modo, si interrompe la diffusione del vapore acqueo dall'interno dell'edificio verso il terreno e la formazione di condensa nell'isolante.

## 5. Raccordi/Terminali

Nei punti inferiori (Fig. 18), per esempio i punti iniziali inferiori dell'isolamento perimetrale, le lastre di Styrodur® devono essere posizionate in modo da escludere il successivo scivolamento causato dai processi di assestamento.

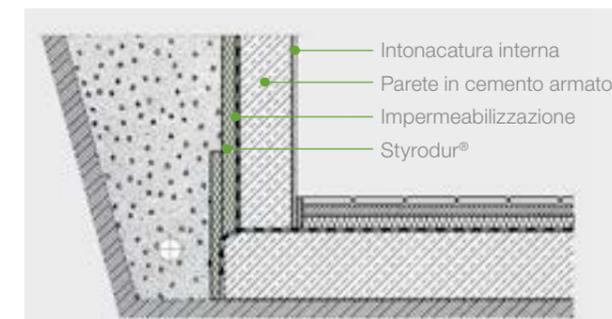
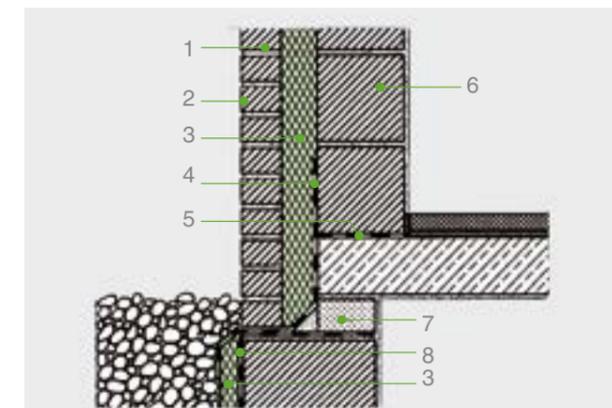


Fig. 18: Punto inferiore dell'isolamento perimetrale. La lastra di Styrodur® è posizionata verticalmente sulle fondamenta.



- 1 Ancoraggio di perforazione e metallico
- 2 Muratura preliminare
- 3 Styrodur®
- 4 Strato di sbarramento
- 5 Impermeabilizzazione
- 6 Muratura
- 7 Elemento isolante termico
- 8 Strato di sbarramento

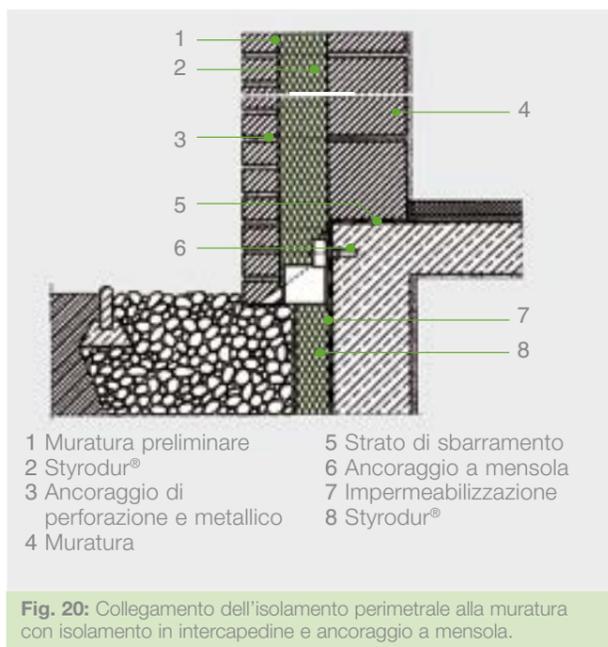
Fig. 19: Allacciamento dell'isolamento perimetrale all'opera in muratura.



# Raccordi/ Terminali

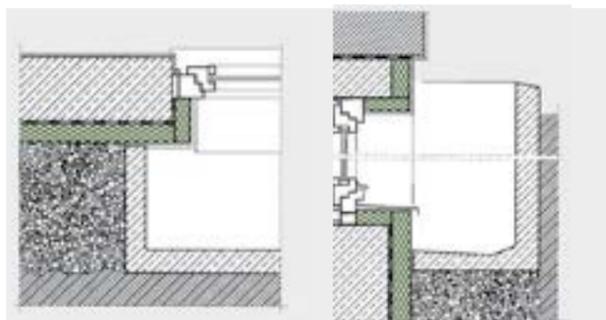


# Isolamento dello zoccolo



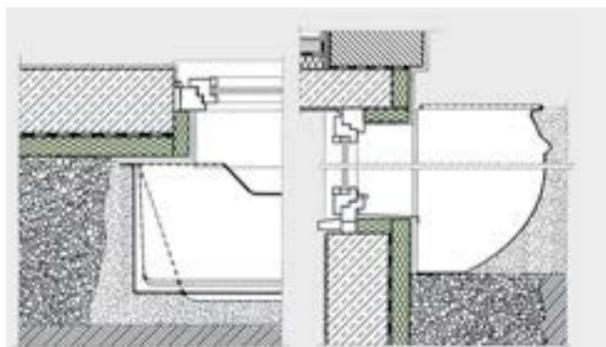
## 5.1 Lucernari

Per evitare ponti termici, è opportuno realizzare il lucernario separatamente dall'edificio. In questo modo, la larghezza del lucernario può variare. La realizzazione può essere eseguita p.es. con un lucernario di componenti prefabbricati in calcestruzzo (**Fig. 22**), trasferito su un letto di ghiaia e appoggiato all'isolamento perimetrale.



**Fig. 22:** Raccordo di un lucernario in calcestruzzo.

Una buona soluzione offrono anche lucernari in materiale plastico, collegati tramite delle viti attraverso l'isolante alla parete della cantina (**Fig. 23 e 24**).

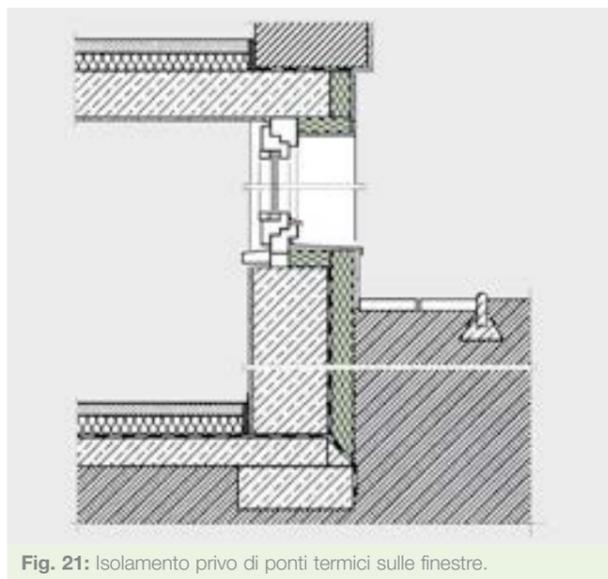


**Fig. 23:** Raccordo privo di ponti termici di un lucernario di plastica.



**Fig. 24:** Montaggio del lucernario nell'isolamento perimetrale.

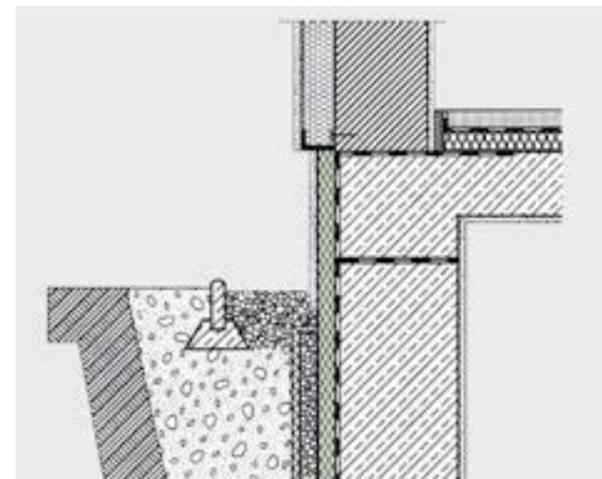
L'isolamento deve essere realizzato senza la formazione di ponti termici anche nell'area di finestre, architravi e intradossi delle finestre (**Fig. 21**). I lucernari devono essere realizzati in modo che l'isolamento perimetrale non venga interrotto e non si formino ponti termici.



**Fig. 21:** Isolamento privo di ponti termici sulle finestre.

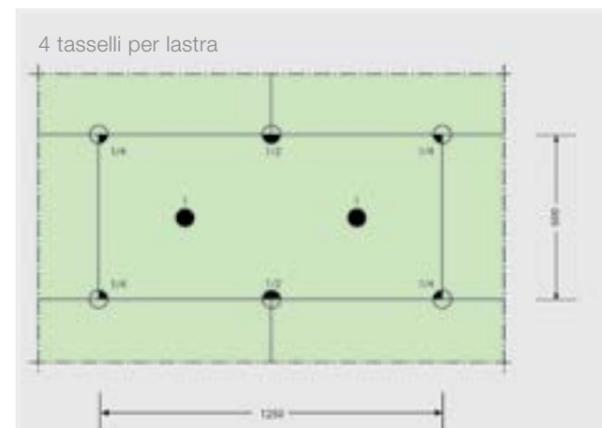
## 6. Isolamento dello zoccolo

Anche lo zoccolo della cantina, tra il bordo superiore del terreno e il muro sporgente isolato termicamente o la parte collegata all'isolamento termico esterno (**Fig. 25**), deve essere isolata. Al di sopra del terreno, è necessario utilizzare Styrodur® 2800 C con superficie gofrata termicamente, se si prevede di intonacarla.



**Fig. 25:** Zoccolo, isolamento perimetrale con collegamento all'isolamento termico esterno.

Nello zoccolo le lastre vengono incollate con procedimento di incollaggio perimetrale e con tre punti centrali. Ogni lastra di Styrodur® 2800 C deve essere fissata con quattro tasselli piatti per ogni lastra (**Fig. 26**). Ogni tassello deve avere un diametro di minimo 60 mm. I tipi di Styrodur® con pelle di estrusione non sono adatti all'intonacatura.



**Fig. 26:** Numero dei tasselli (4 per lastra) e disposizione dei tasselli per il fissaggio successivo delle lastre di Styrodur® 2800 C nello zoccolo (dimensioni in mm).

## 7. Isolamento di fondamenta continue

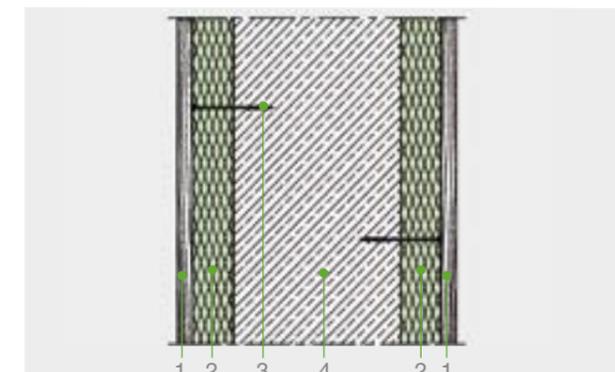
Per la produzione di fondamenta continue isolate, si possono inserire e controcentrare le lastre di Styrodur® direttamente nella cassaforma o applicarle come cassaforma a perdere (**Fig. 27**).

Nel caso di fondamenta armate, si devono usare distanziatori piatti tra l'isolamento e l'armatura. Le lastre Styrodur® 3035 CS fissate sul calcestruzzo indurito tramite perni di ancoraggio sono idonee alla successiva gettata. Nel caso di cassaforme di legno, è possibile fissare le lastre di Styrodur® agli elementi della cassaforma con chiodi a testa larga (**Fig. 28**).

In caso di cassaforma in acciaio o cassaforma prefabbricata, invece, è necessario assicurarsi tramite altri idonei metodi di fissaggio che le lastre isolanti non si spostino o non si staccino durante la gettata del calcestruzzo né durante la compressione. Per quanto riguarda il trattamento successivo, è necessario attenersi alle norme per la preparazione e il disarmo del calcestruzzo.



**Fig. 27:** Cassaforma con Styrodur®.



1 Cassaforma 2 Lastra di Styrodur®  
3 Chiodi 4 Calcestruzzo

**Fig. 28:** Installazione nella cassaforma e fissaggio con chiodi delle lastre di Styrodur® 3035 CS.



# Drenaggio

## 8. Drenaggio

Per proteggere l'isolamento perimetrale non è generalmente necessario alcun drenaggio. In presenza di particolari caratteristiche del suolo, ad esempio in prossimità di terreni poco permeabili all'acqua o di una particolare ubicazione dell'edificio, per esempio in pendenza, si rendono necessarie ulteriori misure di drenaggio per assicurare l'isolamento termico e deviare l'acqua di superficie e di infiltrazione. In questo caso deve essere realizzato un sistema di drenaggio globale (Fig. 29), che comprende il drenaggio superficiale di pareti, tubi di drenaggio, strato di ghiaia, telo filtrante, pozzetti di ispezione ed un allacciamento alla rete fognaria o alla fossa di scolo.

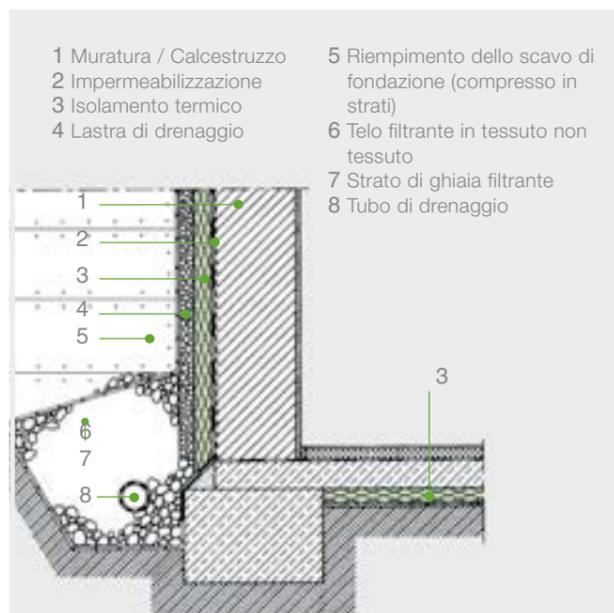


Fig. 29: Struttura di un isolamento perimetrale combinato con un drenaggio.

## 9. Riempimento degli scavi di fondazione

Per il perfetto riempimento degli scavi di fondazione non è necessario applicare alle lastre Styrodur® nessun altro rivestimento protettivo. Isolati danni di lieve entità non compromettono la funzionalità dell'isolamento perimetrale. È necessario verificare che durante il riempimento ed eventuali assestamenti non si producano delle sollecitazioni di taglio pericolose per l'impermeabilizzazione dell'edificio, dovute ai movimenti del terreno (incollaggio su grandi superfici delle lastre isolanti, stabile superficie di contatto alla base, strati antifrizione e simili). Il riempimento degli scavi di fondazione (Fig. 30) si effettua a strati di circa 40 cm, che devono essere compattati (Fig. 31).



Fig. 30: Riempimento a strati dello scavo di fondazione e compattazione meccanica.

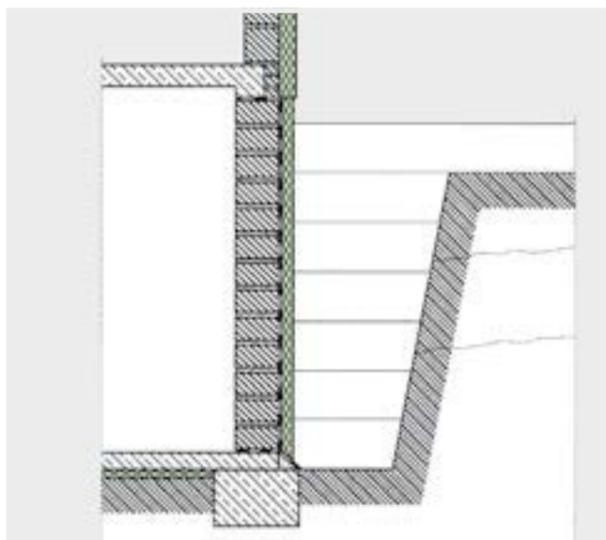


Fig. 31: Riempimento a strati dello scavo di fondazione.



# Isolamento perimetrale di case passive con Styrodur®

## 10. Isolamento perimetrale di case passive con Styrodur®

In accordo con le omologazioni dell'ente di vigilanza sulle costruzioni Z-23.34-1325 e Z-23.5-223 è necessario posare le lastre in materiale espanso estruso in da uno a tre strati. In questo modo è possibile un isolamento termico innovativo e orientato al risparmio energetico, come quello già da anni applicato in via standard soprattutto nelle case passive.

Si esclude l'infiltrazione di acqua tra i diversi strati di lastre e lo spostamento delle singole lastre grazie al carico prodotto dalla piastra di fondazione e dall'edificio.

Durante la posa delle lastre termoisolanti si devono evitare giunti incrociati e disporre uno strato protettivo, ad esempio un foglio di PE tra lo strato termoisolante superiore e la piastra di fondazione.

### Preparazione della piastra di fondazione



Un letto di pietrisco come strato di protezione e piano di livellamento garantisce un fondo di costruzione piano. Questo strato portante viene riempito conformemente ai requisiti imposti al terreno di costruzione e ai dati dell'esperto di statica.

### Realizzazione dei margini



La disposizione e la posa degli elementi marginali si effettua sul fondo piano in base al piano di posa elaborato in base al rispettivo oggetto.

### Arrotondamenti



Gli elementi marginali arrotondati e prefabbricati vengono disposti e posati in base ai raggi necessari. In questo modo è possibile produrre esattamente e precisamente anche perimetri circolari della piastra di fondazione.

### Angoli



Elementi angolari prefabbricati e numerati esattamente garantiscono una posa degli elementi marginali esatta al millimetro anche in caso di perimetri di edifici articolati, evitando così le operazioni di misurazione e cassaformatura della piastra di formazione, che richiedono molto tempo.



# Isolamento perimetrale di case passive con Styrodur®



# Consigli per la progettazione

## Isolamento orizzontale del terreno / schermatura antigelo



Per evitare in alcune zone una fondazione più costosa fino alla profondità del gelo è necessaria una schermatura antigelo ai sensi dell'EN ISO 13793. La schermatura si applica all'elemento marginale e viene inserita come isolamento orizzontale del terreno.

## Primo strato



Le lastre di Styrodur® con battentatura perimetrale continua vengono posate con allineatura sfalsata nel primo strato isolante. L'inizio e la direzione della posa devono essere effettuati in relazione all'oggetto e individualmente in base a progetti di montaggio pronti.

## Secondo strato



Anche il secondo strato d'isolamento deve essere effettuato con lastre di Styrodur® con battentatura perimetrale continua e deve essere installato con giunti sfalsati e allineatura sfalsata rispetto al primo strato di lastre.

## Terzo strato



Il terzo strato isolante deve essere installato analogamente al primo strato. Con una colla speciale si devono incollare gli elementi superficiali del terzo strato nella parte frontale dell'inclinazione marginale. In questo modo si migliora la stabilità complessiva del sistema.

## Piastra di fondazione esatta



Per una piastra di fondazione esatta e senza ponti termici sono determinanti due fattori essenziali: lo strato isolante a tre strati di Styrodur® omologato dall'ente di vigilanza e una prosa lavorativa professionale con piani di montaggio e di posa comprensibili.

## Piastra di fondazione con comfort



La piastra di fondazione attivata termicamente serve da accumulatore termico a grande superficie e comporta un risparmio in termini di energia di fino al 30%. La riduzione della struttura del pavimento garantisce un miglioramento supplementare dell'altezza dei locali.

## Fissaggio delle lastre isolanti



Con ferri piegati ad uncino per materiale isolante si fissa l'adesione l'uno all'altro dei singoli strati isolanti. Risulta quindi un fondo senza giunti e stabile.

## Cavità



Tagli o inserti verranno realizzati secondo le esigenze strutturali e le necessità locali. Una speciale schuma poliuretanicca chiude gli spazi vuoti.

## 11. Consigli per la progettazione

### 11.1 Dimensionamento tecnico della protezione contro l'umidità

L'impiego di Styrodur® installato esternamente per l'isolamento perimetrale rappresenta una soluzione costruttiva funzionale per la diffusione del vapore acqueo, poiché la resistenza alla diffusione di vapore acqueo dei diversi strati diminuisce verso l'esterno. D'altra parte la resistenza termica dei diversi strati aumenta verso l'esterno. La posa di uno strato di isolante termico esterno risulta essere vantaggiosa anche rispetto alla protezione dalla condensa degli elementi strutturali esterni delle cantine. Questo sistema permette di aumentare le temperature delle superfici sul lato interno della parete rispetto agli elementi strutturali non isolati e contribuisce ad ottenere un miglior comfort abitativo. Il pericolo di formazione di condensa sulla superficie interna

delle pareti è ridotto. Dalla tabella 5 e 6 si deduce che nel caso di un isolamento perimetrale con un valore totale  $U \leq 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  nella zona libera della parete si presenta una formazione di condensa sulla superficie solo con un livello di umidità atmosferica superiore al 90%.

### 11.2 Selezione dei tipi di Styrodur® in base alla profondità d'installazione

Con profondità di installazione maggiori aumenta la pressione del terreno sulle lastre termoisolanti. Grazie all'elevata resistenza a compressione permanente di Styrodur®, l'omologazione dell'ente di vigilanza sulle costruzioni non contiene nessuna limitazione in riferimento alla profondità di installazione. In caso di profondità maggiori tuttavia, si consigliano i tipi di Styrodur® con maggiore resistenza alla compressione. Nella tabella 6 sono elencate le profondità di installazione ammesse per i diversi tipi di Styrodur®. Si riferiscono al caso di carico più critico vale a dire "spinta della terra a riposo nel caso di sabbia limosa".

**Tabella 5:** Eliminazione della condensa sulle pareti della cantina a una temperatura ambiente di 20 °C

Umidità atmosferica relativa	Spessore consigliato dello strato isolante [mm] [%] per pose con temperature esterne di	
	- 10°C	- 15°C
60	20	30
70	30	40
80	50	60
90	100	120

**Tabella 6:** Profondità di installazione consentite

Campo di applicazione	Profondità di installazione in metri per i diversi tipi di Styrodur®		
	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Senza acqua in pressione	12	17	24
Acqua a lungo o costantemente in pressione (falda acquifera)	3.5	7.0	7.0



## Informazioni e istruzioni generali sulla lavorazione

### 12. Informazioni e istruzioni generali sulla lavorazione

- Soprattutto nei mesi estivi non si deve esporre Styrodur® per un periodo di tempo prolungato all'azione dei raggi solari.
- Se si usa Styrodur® sotto coperture come p.es. manti per tetto, fogli o guaine protettive per costruzioni, in caso di temperature estive, l'assorbimento dei raggi solari può causare il surriscaldamento eccessivo e quindi la deformazione delle lastre di Styrodur®. Si deve quindi applicare subito lo strato di protezione conformemente a quanto previsto dalle direttive sui tetti piani.
- Le lastre di Styrodur® devono essere protette costantemente dall'azione dei raggi UV.
- Styrodur® non è resistente a tutte le sostanze ( vedi „Stabilità chimica di Styrodur® a pagina 106). Per quanto riguarda la scelta della colla, attenersi alle istruzioni del produttore della colla.

## Sommario Isolamento termico in applicazioni sotto carico

<b>1</b>	<b>Vantaggi di Styrodur®</b>	<b>46</b>
<b>2</b>	<b>Applicazioni soggette a compressione</b>	<b>46</b>
<b>3</b>	<b>Istruzioni per l'uso</b>	<b>47</b>
3.1	Styrodur® sotto piastre di fondazione	47
3.2	Applicazioni soggette a compressione sulle coperture	47
3.3	Styrodur® nella costruzione stradale	48
3.4	Styrodur® in solai contro sottotetto non riscaldato	48
3.5	Styrodur® nei pavimenti	49
3.6	Styrodur® in pavimenti contro scantinati non riscaldati senza isolamento anticalpestio	50
3.7	Styrodur® in pavimenti con isolamento anticalpestio e riscaldamento a pavimento contro scantinati non riscaldati	50
3.8	Styrodur® sotto pavimentazione in edifici industriali	51

## Isolamento termico in applicazioni sotto carico





## Vantaggi di Styrodur®

### 1. Vantaggi di Styrodur®

L'isolamento con Styrodur® risponde all'esigenza di ridurre le dispersioni termiche, ottenere un elevato comfort abitativo e proteggere le strutture da eventuali danni. Inoltre, in base al tipo di applicazione Styrodur® deve resistere, oltre che ad altre sollecitazioni, anche ad elevati carichi di compressione.

Questi sono prodotti ad esempio da:

- sollecitazioni del terreno
- carichi di costruzioni o elementi strutturali,
- carichi statici (impianti, mobili, strutture, merci stoccate),
- carichi dinamici (mezzi di trasporto, veicoli)
- rinverdimenti e rivestimenti per terrazze.

Per molte applicazioni la resistenza alla compressione è il criterio determinante per la scelta del materiale isolante. Nelle applicazioni edili, inoltre, tale scelta è condizionata dalla capacità del materiale isolante di flettersi senza rompersi nel caso di non planarità della superficie o di terreno di fondazione non omogeneo. Styrodur®, nonostante la sua elevata resistenza alla compressione, è così elastico da adattarsi alle irregolarità della superficie e grazie alla sua deformazione plastica sopporta anche i picchi di carico locali senza rompersi.

Nel caso siano noti carico, tipo di carico, superficie di impatto del carico e durata della sollecitazione prodotta dal carico, è possibile calcolare la sollecitazione a compressione a cui è soggetto il materiale isolante utilizzato per quella applicazione. Per sollecitazioni particolari sono disponibili diversi tipi di Styrodur.

Per scegliere il tipo di isolante più idoneo è essenziale valutare se si tratta di una sollecitazione di breve durata o di un carico costante. Inoltre, la sollecitazione a cui è sottoposto il materiale isolante non deve superare quella massima consentita. Da oltre 50 anni Styrodur® si dimostra affidabile in applicazioni soggette a compressione.



Fig. 1: Il tetto adibito a parcheggio – un'applicazione di Styrodur® soggetta a compressione.

### 2. Applicazioni soggette a compressione

#### Perché è necessario l'isolamento termico

I pavimenti delimitano la parte inferiore dei locali abitativi separandoli dall'aria esterna, da locali più freddi o dal terreno. Nel caso di un'abitazione monofamiliare isolata, la dispersione termica del pavimento a contatto con la cantina o con il terreno equivale al 20% della dispersione termica totale.

#### Isolamento termico minimo

Il D. Lgs 311 riporta i valori minimi per l'isolamento di ambienti riscaldati.

L'isolamento termico ha la duplice funzione di migliorare il comfort abitativo all'interno degli ambienti nonché evitare danni strutturali agli edifici dovuti alla formazione di condensa.

#### Il decreto legislativo sul risparmio energetico

Il Decreto Legislativo 311 sul risparmio energetico rappresenta un passaggio fondamentale della politica di protezione dell'ambiente. Realizzando un buon intervento di isolamento termico, con la stima preventiva del calcolo termico, del fabbisogno annuo di calore per riscaldamento e del fabbisogno annuo di energia primaria si realizza un doppio vantaggio economico dovuto al risparmio energetico e all'ottimizzazione tecnica degli impianti.



Fig. 2: Isolamento del sottotetto con Styrodur.



## Istruzioni per l'uso

### 3. Istruzioni per l'uso

#### 3.1 Styrodur® sotto piastre di fondazione

Styrodur® soddisfa tutti i requisiti necessari per l'isolamento della cantina. Possiede una straordinaria resistenza alla compressione, non è putrescibile e ha un ridotto assorbimento d'acqua. Già da molti anni Styrodur® si fregia del certificato di conformità nell'ambito dei materiali per l'isolamento termico degli edifici. Styrodur® trova applicazione anche come materiale termoisolante sotto piastre di fondazioni portanti (Fig. 3).



Fig. 3: Isolamento di una piastra di fondazione con Styrodur®.

Nell'ambito di edifici abitativi ed adibiti ad ufficio si sta affermando sempre più l'utilizzo di piastre di fondazione in cemento armato come elemento per le fondamenta. Per evitare ponti termici è utile posare Styrodur® su tutta la superficie al di sotto della piastra di fondazione. In questo punto si applica direttamente e senza ponti termici lo strato isolante perimetrale sporgente della parete della cantina.

Nel caso di protezione antigelo, l'isolamento termico viene prolungato oltre la zona della piastra di fondazione al fine di evitare la formazione di ghiaccio sotto alle fondamenta (Fig. 5).



Fig. 4: Posa di lastre di Styrodur.

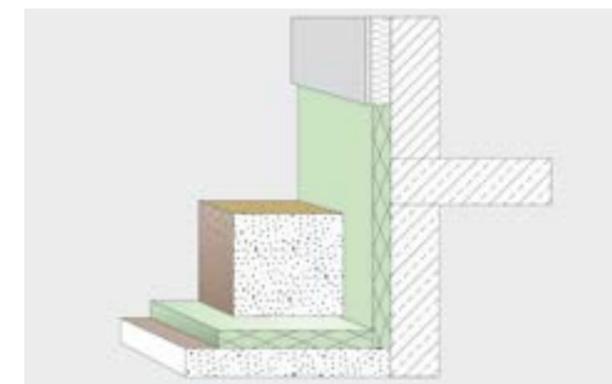


Fig. 5: La protezione antigelo viene posata sotto alla linea di gelo nel terreno.

#### 3.2 Applicazioni soggette a compressione sulle coperture

Lo Styrodur® è utilizzato, ad esempio, per le seguenti applicazioni:

- Tetto a terrazza
- Tetto verde
- Tetto adibito a parcheggio

Per aumentare il valore dell'abitazione si realizzano sempre più spesso tetti piani calpestabili o tetti a terrazza rinverditi. Nel caso di una struttura realizzata secondo il criterio del tetto rovescio, Styrodur® protegge l'impermeabilizzazione del tetto da eventuali danni meccanici e da forti sollecitazioni termiche. I carichi elevati risultanti da queste tipologie di applicazione vengono assorbiti senza problemi dallo Styrodur® grazie alla sua incredibile resistenza alla compressione.

Styrodur® è utilizzabile anche per carichi concentrati, come nel caso di lastricati rialzati per marciapiedi o nel caso di densità di carico uniformemente suddivisa sulla superficie, ad esempio mediante la posa del rivestimento di mattonelle su ghiaia grossa. È anche possibile l'applicazione per l'isolamento di tetti verdi a terrazza.



Fig. 6: Tetto verde a terrazza su una struttura di tetto rovescio con strato drenante di ghiaia su tutta la superficie.

# Istruzioni per l'uso

Con l'aumento del traffico cresce l'esigenza di parcheggi all'interno delle città. Per questo i tetti degli edifici pubblici nonché di supermercati e grandi magazzini vengono adibiti a parcheggio. Per ridurre la dispersione termica verso l'esterno dall'ultimo piano riscaldato, il tetto realizzato come pavimento del parcheggio viene isolato con Styrodur® secondo il criterio del tetto rovescio (Fig. 7). Le lastre di Styrodur®, resistenti alla compressione, assorbono senza limitazioni le sollecitazioni prodotte dai veicoli in fase di parcheggio o transito.



Fig. 7: Tetto adibito a parcheggio con lastre in calcestruzzo come pavimentazione carrabile su tetto rovescio con styrodur®.

### 3.3 Styrodur® nella costruzione stradale

Styrodur® può essere utilizzato per:

- Isolamento della massicciata ferroviaria
- Sottofondo stradale
- Costruzione di aeroporti

Gli innalzamenti e i cedimenti causati da un fondo sensibile al gelo comportano deformazioni incontrollate sotto la sede dei binari. Styrodur® evita in questo caso la formazione di ghiaccio nella struttura del fondo (Fig. 8).

Nel sottofondo stradale Styrodur® evita la formazione di ghiaccio nel sottosuolo soggetto a rischio di gelo. In questo modo si evitano le spaccature prodotte dal gelo nel piano stradale nonché eventuali deformazioni dello stesso. Inoltre, si riduce l'altezza del fondo stradale con conseguente riduzione dei costi di costruzione e manutenzione.

Anche lo strato protettivo della sede stradale può essere ridimensionato notevolmente grazie all'impiego di Styrodur. Gli elevati carichi di compressione verticale dovuti al traffico su rotaia impongono i massimi requisiti di qualità per Styrodur.



Fig. 8: Protezione antigelo nella massicciata ferroviaria con Styrodur® estremamente resistente alla compressione.

Anche in caso di elevati carichi di compressione, Styrodur® mette alla prova le sue straordinarie proprietà: i carichi che pesano tonnellate vengono distribuiti dagli strati superiori e trasferiti allo Styrodur® in modo non concentrato.

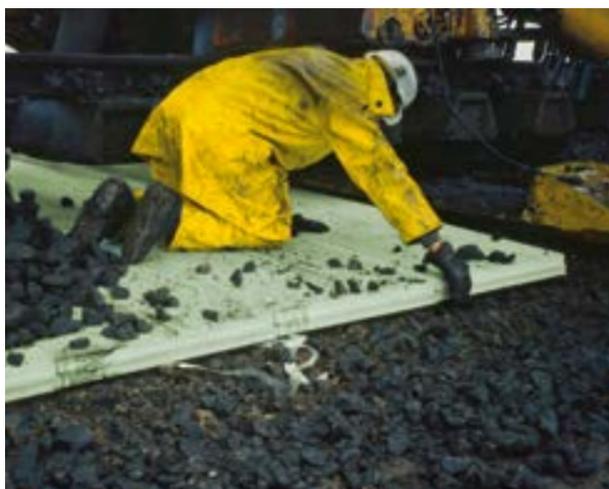


Fig. 9: Posa di Styrodur® nella massicciata ferroviaria.

### 3.4 Styrodur® in solai sottotetto non riscaldati

Isolando la parte superiore del solaio all'ultimo piano, sopra alla zona abitabile a contatto con il sottotetto non ristrutturato, è possibile realizzare un notevole risparmio di energia. Le lastre di Styrodur® possono essere rivestite a seconda dell'uso previsto, ad esempio, con tavole di camminamento, pannelli a fibre rigide o con una soletta in calcestruzzo.

# Istruzioni per l'uso



Fig. 10: Isolamento di un sottotetto con Styrodur®.

### 3.5 Styrodur® nei pavimenti

Styrodur® viene anche utilizzato per:

- Isolamento perimetrale
- Edifici industriali
- Magazzini
- Depositi frigoriferi
- Piste di ghiaccio artificiale
- Hangar per la manutenzione di aeromobili

I pavimenti sono soggetti a carichi di compressione variabili in base al loro utilizzo. Nei magazzini si verificano sollecitazioni a compressione molto elevate prodotte da mezzi di trasporto pesanti come carrelli elevatori e merci pesanti stoccate. Nel caso di depositi frigoriferi si devono mantenere costanti le basse temperature. Styrodur® soddisfa tutti questi requisiti (Fig. 11, 12, 13, 14, 15, 16 e 17).

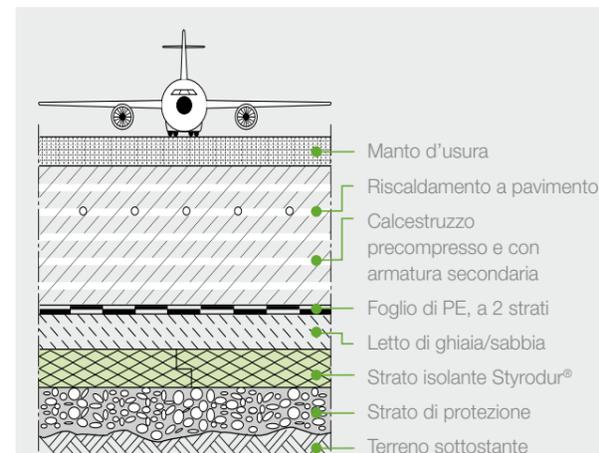


Fig. 11: Isolamento con Styrodur® di un hangar per la manutenzione di aeromobili.



Fig. 12: Pavimento di un hangar per la manutenzione di aeromobili con riscaldamento a pavimento posato su Styrodur®.

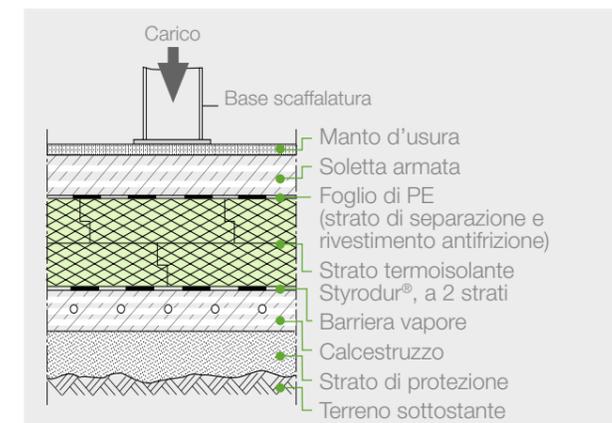


Fig. 13: Isolamento termico dei pavimenti in deposito frigorifero realizzato con Styrodur®.



Fig. 14: I carrelli elevatori, le merci stoccate e le scaffalature producono sollecitazioni a carico dei pavimenti del deposito frigorifero isolato termicamente.

# Istruzioni per l'uso

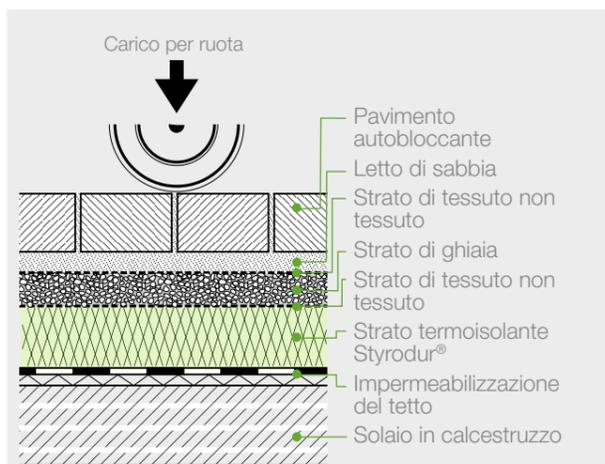


Fig. 15: Carico per ruota nel caso di isolamento del pavimento con Styrodur®.



Fig. 16: Styrodur® posato sotto a una pista di ghiaccio.

### 3.6 Styrodur® in pavimenti contro scantinati non riscaldati senza isolamento anticalpestio

Le lastre di Styrodur® devono essere posate in modo da risultare perfettamente accostate sul fondo livellato (Fig. 17) e rivestite con un foglio di PE. Sopra viene posata la soletta.



Fig. 17: Isolamento del pavimento con Styrodur®.



Fig. 18: Isolamento del pavimento della cantina.

### 3.7 Styrodur® in pavimenti con isolamento anticalpestio e riscaldamento a pavimento contro scantinati non riscaldati

Qualora sia necessario anche uno strato isolante anticalpestio, esiste una combinazione di lastra isolante anticalpestio morbida in EPS elasticizzato/lastra rigida Styrodur®. Quando sia necessario anche uno strato isolante anticalpestio, un'ottima soluzione è quella di accoppiare ad una lastra di Styrodur® una lastra termoacustica in EPS elasticizzato (EPS-T). Lo spessore di Styrodur® da calcolare varia in base alla trasmittanza che occorre raggiungere e allo spessore di EPS elasticizzato (EPS-T) utilizzato.

La lastra isolante in EPS elasticizzato anticalpestio aderisce perfettamente alle irregolarità della copertura grezza e insieme alle strisce morbide perimetrali svolge la funzione di protezione anticalpestio. La lastra di Styrodur® fornisce il necessario isolamento termico e al contempo è un ottimo fondo per la posa dei tubi per l'acqua calda del sistema di riscaldamento a pavimento (Fig. 19).

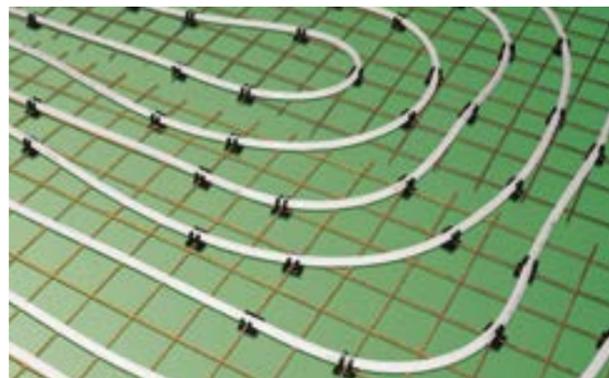


Fig. 19: Isolamento termico con riscaldamento a pavimento.

# Istruzioni per l'uso

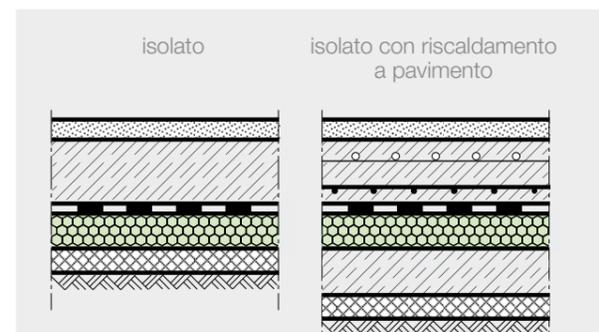


Fig. 20: Strutture del pavimento con Styrodur.

### 3.8 Styrodur® sotto pavimentazione in edifici industriali

Si raccomanda l'applicazione dello strato isolante sotto pavimentazione in modo particolare nel caso di isolamento termico posato in un secondo tempo su pavimenti industriali già esistenti e per la posa di un sistema di riscaldamento a pavimento (Fig. 21).

Le lastre di Styrodur® vengono posate allineate sul pavimento e ricoperte con un foglio di PE. Sopra si applica un massetto armato per la ripartizione del carico che deve essere dimensionato conformemente all'utilizzo, ad esempio per il transito di carrelli elevatori o per la base di possibili scaffalature.

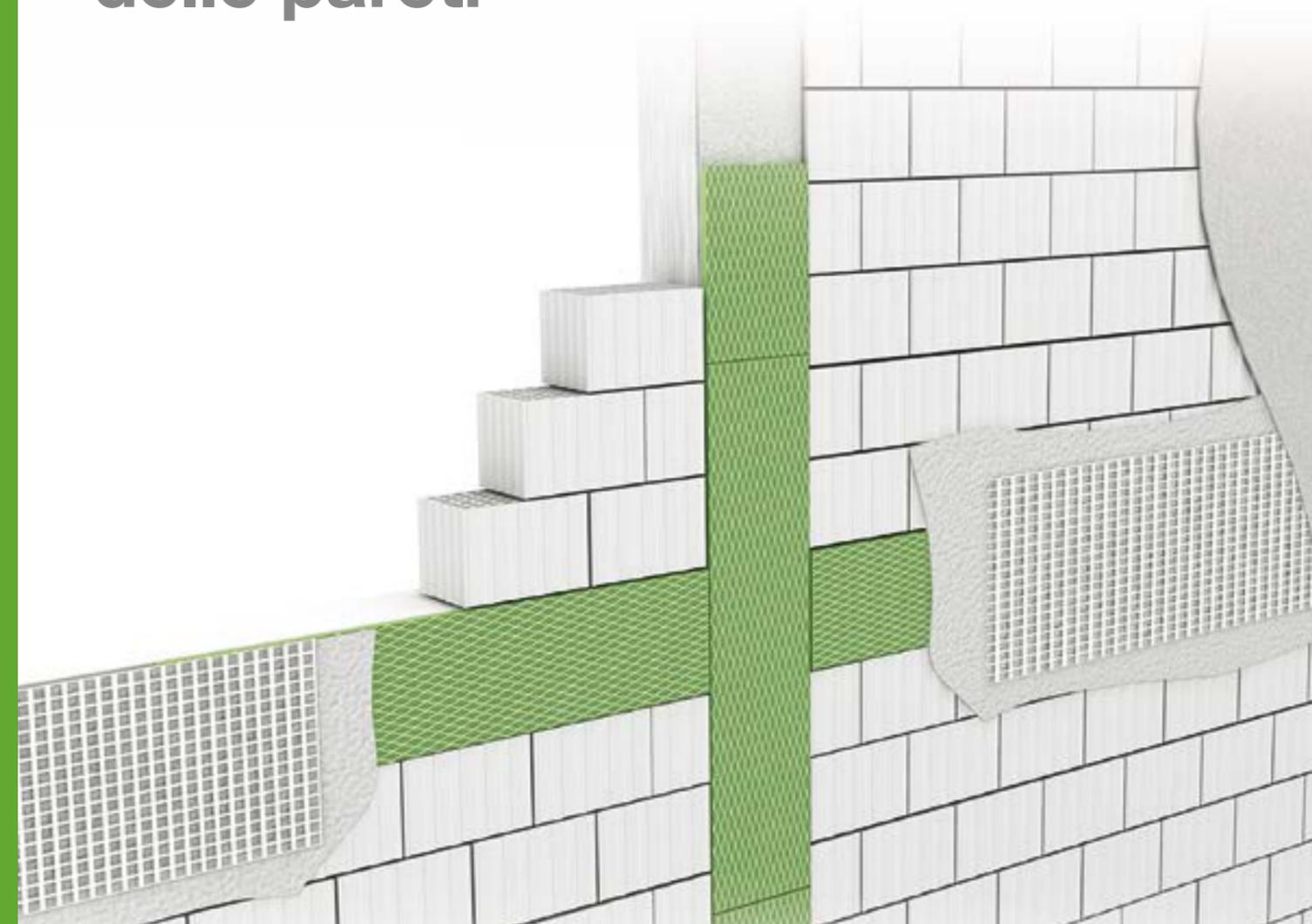


Fig. 21: Isolamento del pavimento di un capannone con Styrodur®.

## Sommario Isolamento termico delle pareti

<b>1</b>	<b>Ponti termici</b>	<b>54</b>	4.5	Intonacatura interna	66
1.1	Ponti termici geometrici	55	<b>5</b>	<b>Isolamento in intercapedine con Styrodur®</b>	<b>68</b>
1.2	Ponti termici costruttivi e prodotti dai materiali	55	5.1	Il sistema	68
1.3	Azione negativa dei ponti termici	55	<b>6</b>	<b>Risanamento con Styrodur® nel settore dei sanitari</b>	<b>69</b>
<b>2</b>	<b>Isolamento dei ponti termici con Styrodur®</b>	<b>56</b>	6.1	Elementi per piastrellature con Styrodur®	69
2.1	Styrodur® 2800 C per l'isolamento di ponti termici	56	6.2	Adatti a ogni sottofondo e a ogni applicazione	69
<b>3</b>	<b>Istruzioni per l'uso</b>	<b>57</b>	6.3	Molteplici possibilità di applicazione	69
3.1	Esecuzione dell'isolamento di ponti termici	57	6.4	Lavorazione delle piastrelle	69
3.2	Risanamento	60			
3.3	Tassellatura	61			
3.4	Malta adesiva	61			
3.5	Disarmo – tempi di disarmo	61			
<b>4</b>	<b>Intonacatura nella zona delle lastre isolanti</b>	<b>61</b>			
4.1	Componenti del sistema di intonacatura	61			
4.2	Fondo per intonaco	62			
4.3	Varianti di intonaco	62			
4.4	Intonacatura dello zoccolo	65			

## Isolamento termico delle pareti



# Ponti termici

## 1. Ponti termici

I ponti termici sono porzioni degli elementi strutturali della costruzione attraverso le quali avviene un'elevata dispersione di calore. Questi possono essere rappresentati, ad esempio, da elementi in calcestruzzo della muratura e solette passanti, architravi di porte e finestre, tiranti di ancoraggio, pilastri di rinforzo, sporgenze o zoccoli di scantinati. Per questa ragione possono dividersi in ponti termici costruttivi e ponti termici prodotti dai materiali.

Nella zona di collegamento con gli elementi strutturali e nel caso di determinate strutture, a causa della conformazione geometrica, la superficie esterna che rilascia calore può essere molto più grande della superficie interna che assorbe il calore. Di conseguenza, attraverso queste zone limitate della costruzione si disperde una quantità maggiore di calore per unità di superficie che in tutto il restante involucro dell'edificio. In questi casi si parla di ponti termici geometrici.

Nella pratica edile molto spesso si sovrappongono ponti termici geometrici, quelli costruttivi e quelli prodotti dai materiali aumentando notevolmente il rischio di danni e problemi.

Una maggiore dispersione di calore attraverso i ponti termici agisce in due modi:

- Aumenta il fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'edificio.
- A causa della maggiore dispersione di calore nella zona dei ponti termici sulla superficie perimetrale dell'elemento strutturale si registrano temperature superficiali più basse. In alcune circostanze questa situazione può comportare la formazione di condensa e di muffa e, in seguito, causare danni strutturali. Non si possono escludere eventuali effetti negativi sulla salute degli abitanti.

Di conseguenza, è assolutamente necessario evitare i ponti termici, non solo per ragioni energetiche ma anche igieniche e sanitarie. In riferimento agli elementi strutturali l'assenza di ponti termici è un prerequisito per garantire la qualità energetica e la integrità statica degli edifici.

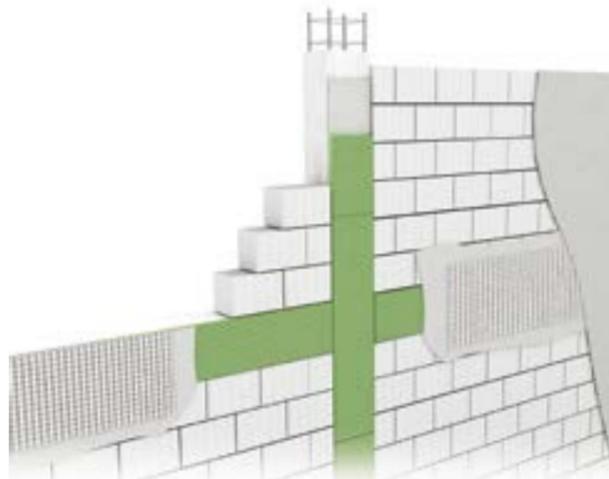


Fig. 1: Isolamento di ponti termici trave/pilastro



Fig. 2: Isolamento termico nel perimetro del solaio con Styrodur® 2800 C.

# Ponti termici

## 1.1 Ponti termici geometrici

I ponti termici geometrici compaiono là dove la superficie interna è inferiore rispetto a quella esterna che rilascia calore. Questa situazione implica che in questi punti la temperatura della superficie interna è inferiore rispetto a quella registrata sugli elementi strutturali esterni adiacenti. I ponti termici di questo tipo sono caratterizzati da un flusso di calore bidimensionale o tridimensionale, come nel caso degli spigoli di edifici. Anche le velette del tetto, i balconi sporgenti e le sporgenze del tetto sono ponti termici geometrici (Fig. 3).

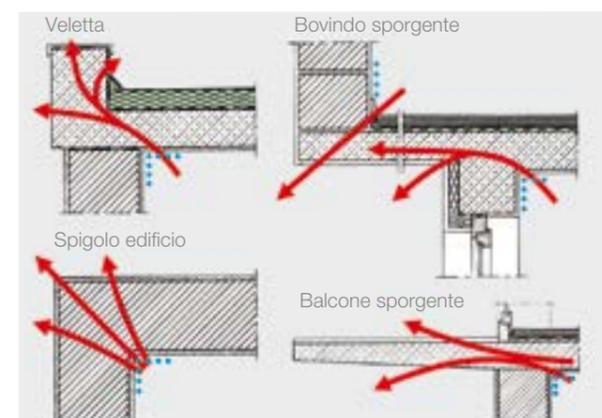


Fig. 3: Ponti termici geometrici.

## 1.2 Ponti termici costruttivi e prodotti dai materiali

I ponti termici costruttivi e prodotti dai materiali compaiono quando si combinano negli elementi strutturali esterni, materiali a bassa conduttività termica, con materiali ad elevata conduttività termica (Fig. 4).

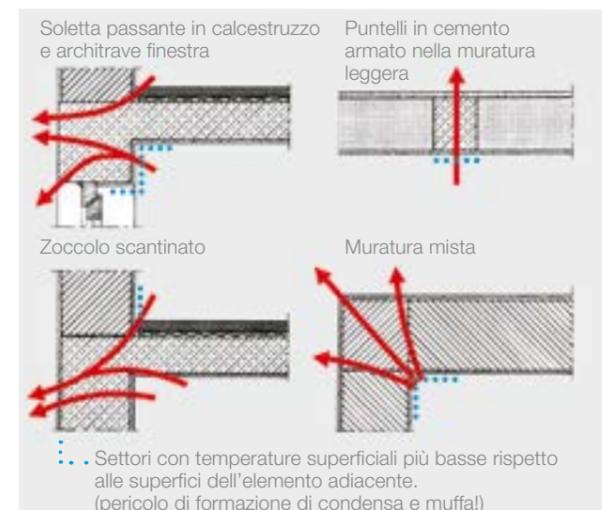


Fig. 4: Ponti termici costruttivi e prodotti dai materiali.

## 1.3 Azione negativa dei ponti termici

A causa del crescente isolamento termico, i singoli ponti termici presenti nell'involucro dell'edificio rivestono un ruolo sempre più importante. Così, in base al livello di isolamento e dello sviluppo di elementi di collegamento, i ponti termici possono essere gli artefici di circa la metà delle dispersioni termiche di un edificio. I principali svantaggi derivanti dai ponti termici sono:

- Maggiore fabbisogno di calore per riscaldamento
- Temperature superficiali interne più basse
- Pericolo di formazione di condensa
- Rischio di danni agli elementi strutturali
- Pericolo di proliferazione di muffe con conseguenti rischi per la salute.

Per il calcolo del fabbisogno energetico di un edificio, l'azione dei ponti termici può essere inclusa con approssimazione, applicando valori di correzione per i ponti termici, ed essere considerata nel dimensionamento dell'impianto di riscaldamento. Per evitare i rischi, tuttavia, è necessario già in fase di progettazione e di costruzione dell'edificio considerare in modo preciso tutti i ponti termici ed eliminarli mediante idonee misure costruttive quali, ad esempio, l'isolamento mirato degli stessi.

A questo riguardo vengono riportati di seguito alcuni esempi di applicazione e le istruzioni per evitare i ponti termici.



## Isolamento di ponti termici con Styrodur®

### 2. Isolamento di ponti termici con Styrodur®

I ponti termici normalmente non sono visibili su una facciata. Solo la termografia è in grado di rivelare i punti deboli da un punto di vista termico. Nel caso dell'edificio per uffici illustrato nella **figura 5** la termografia segnala come punti deboli da un punto di vista termico l'ossatura in calcestruzzo non isolata e le porte di ingresso non isolate al pianterreno (**Fig. 6**).

Le resistenze termiche degli elementi in calcestruzzo possono essere adattate a quelle della muratura isolata termicamente posizionando esternamente lastre con superficie gofrata di Styrodur® 2800 C.



Fig. 5: Ripresa fotografica di un edificio per uffici.

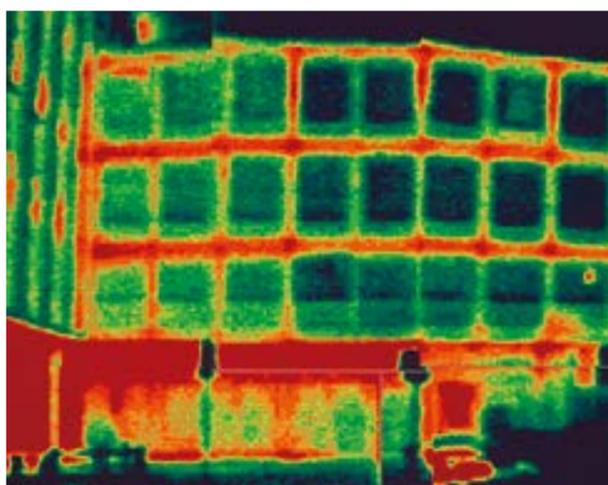


Fig. 6: Termografia di un edificio per uffici.

Un esempio a questo riguardo è rappresentato dalla zona delle solette passanti nelle pareti esterne. La posa di Styrodur® nel settore dei ponti termici della soletta passante in calcestruzzo evita eventuali problemi statici dovuti al ridotto spessore della parete.

Un isolamento dei ponti termici di questo tipo con Styrodur® è perfetto da un punto di vista tecnico e fisico e presenta diversi vantaggi:

- evita inutili dispersioni di calore nella zona degli elementi in calcestruzzo,
- aumenta la temperatura superficiale interna,
- ostacola la formazione di condensa e la crescita di muffe.

#### 2.1 Styrodur® 2800 C per isolare i ponti termici

Styrodur®, in virtù della produzione tramite processo di estrusione, ha sulle superfici una zona compatta liscia definita pelle di estrusione. Per applicazioni che richiedono l'aderenza al calcestruzzo, per malta adesiva e per intonaci questa pelle di estrusione non presenta proprietà adesive sufficienti. Per questo motivo vengono realizzati tipi speciali di Styrodur® per tali applicazioni. Nel caso dello Styrodur® 2800 C la superficie viene strutturata tramite un processo termico di goffratura (effetto wafer) e ciò fa sì che lo Styrodur® 2800 C possa essere intonacato.

Per l'isolamento di superfici in calcestruzzo nelle pareti in muratura e di zoccoli di scantinati, lo Styrodur® 2800 C viene trattato analogamente a quanto avviene per l'isolamento dei ponti termici. Si deve verificare che le lastre isolanti siano posate regolarmente a giunti sfalsati e perfettamente accostate.

Lo Styrodur® 2800 C ha spigoli lisci. Gli architravi di porte e finestre, gli elementi strutturali, gli elementi presenti nella parete, gli spigoli spesso rappresentano punti deboli da un punto di vista termico nell'involucro dell'edificio che possono essere isolati con lo Styrodur® gofrato termicamente.

#### Vantaggi di Styrodur® 2800 C

L'aderenza al calcestruzzo si ottiene grazie alla superficie gofrata termicamente con effetto «wafer» di Styrodur® 2800 C. L'adesione al calcestruzzo è talmente perfetta che di norma non sono necessari ancoraggi adesivi (tasselli). Grazie alla speciale goffratura si ottiene una forza adesiva chiaramente superiore per l'aggrappo di intonaci per interni ed esterni e di malte adesive.



## Istruzioni per l'uso

### 3. Istruzioni per l'uso

#### 3.1 Esecuzione dell'isolamento di ponti termici

L'uso di Styrodur® 2800 C come isolante per ponti termici è particolarmente facile, rapido ed economico se ci si attiene alle istruzioni e avvertenze riportate di seguito.

#### Posa delle lastre di Styrodur®

In base alle dimensioni della superficie dei ponti termici e al tipo di Styrodur® utilizzato, per la posa delle lastre di Styrodur® si deve osservare quanto segue:

- Per ponti termici di grandi dimensioni (superficie da isolare maggiore di 5 m<sup>2</sup>) le lastre di Styrodur® devono essere posate a giunti sfalsati e allineate (**Fig. 8**).
- Per ponti termici di piccole dimensioni come, ad esempio, nel caso di supporto del solaio, vengono posate strisce di lastre isolanti sul perimetro del solaio.



Fig. 7: Isolamento di ponti termici con Styrodur® 2800 C.

I vantaggi di Styrodur® 2800 C rispetto ai tipi di Styrodur® con pelle di estrusione ma anche rispetto a materiali isolanti alternativi sono:

- Perfetta aderenza al calcestruzzo
- Ancoraggi supplementari (chiodi di plastica) necessari solo in casi eccezionali (vedi disarmo)
- Posa rapida ed economica
- Nessun rischio di scambio con lastre con pelle di estrusione
- Inattaccabile dall'acqua
- Nessun rigonfiamento prodotto dall'umidità
- Nessuna iniezione preliminare delle lastre isolanti necessaria dopo il disarmo
- Stoccaggio in cantiere indipendentemente dalle condizioni atmosferiche
- Lavorabile con tutti gli attrezzi comuni utilizzati per la lavorazione del legno
- Si eseguono alla perfezione anche i particolari più complessi.

#### Utilizzo dei tipi di Styrodur® con pelle di estrusione

Le lastre di Styrodur® con superficie liscia rivestita da pelle di estrusione non sono adatte per applicazioni che richiedono l'aderenza al calcestruzzo o per il fissaggio con malte adesive su fondo minerale nonché per superfici intonacate esterne! La pelle liscia di estrusione impedisce di ottenere una sufficiente aderenza allo strato di intonaco, alle malte adesive e al calcestruzzo.

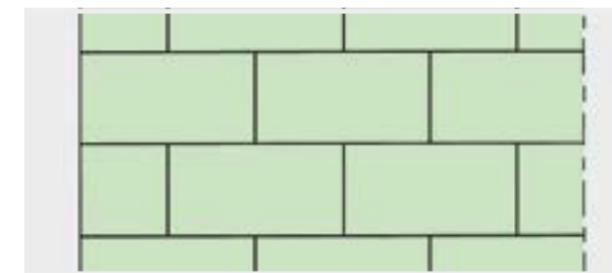
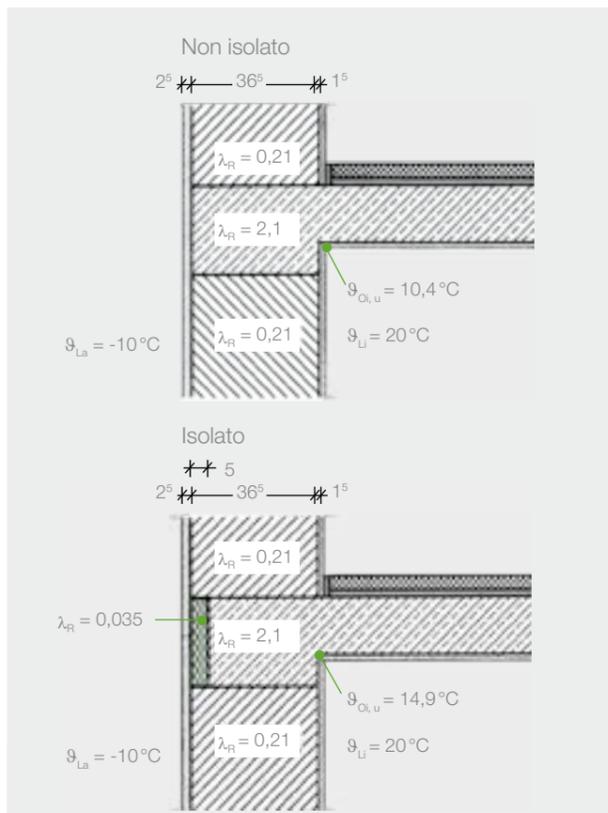


Fig. 8: Schema per la posa di lastre di Styrodur® allineate a giunti sfalsati. Si devono evitare giunti incrociati.



# Istruzioni per l'uso

Nella pratica spesso si realizza il tipo di esecuzione illustrato nella **figura 9** per l'isolamento di ponti termici di piccole dimensioni all'altezza del perimetro del solaio. La temperatura superficiale interna della parete aumenta grazie all'isolamento dei ponti termici nella zona dello spigolo.



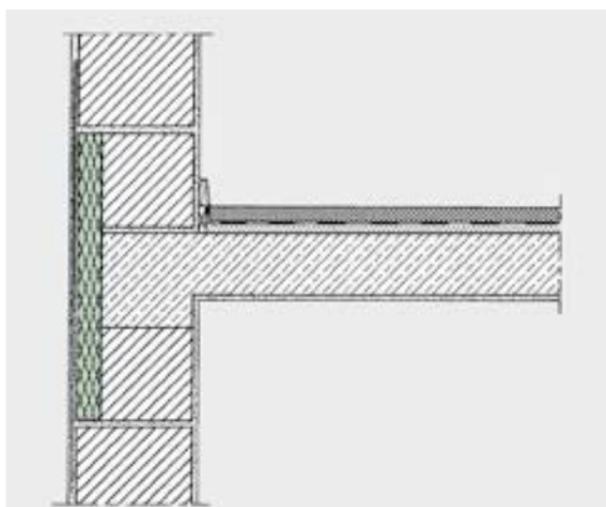
**Fig. 9:** Supporto del solaio con indicazione della temperatura superficiale interna senza e con isolamento dei ponti termici con Styrodur® 2800 C, spessore 5 cm.

Sui fianchi del supporto del solaio in calcestruzzo (perimetro del solaio) continua ad esserci una maggiore dispersione di calore. Questo è chiaramente evidente dal colore più chiaro sopra e sotto il solaio della ripresa termografica (**Fig. 10**).



**Fig. 10:** Termografia del ponte termico nella zona di appoggio del solaio.

Se lo strato di muratura, posizionato rispettivamente sopra e sotto la soletta passante, è integrato nell'isolamento dei ponti termici, come schematicamente rappresentato nella **figura 11**, si ottiene un isolamento termico ottimale.



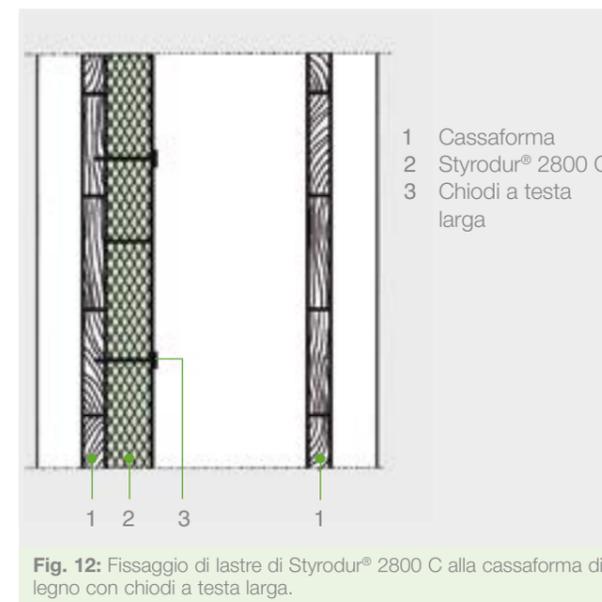
**Fig. 11:** Isolamento ottimale dei ponti termici nella zona di appoggio del solaio.



# Istruzioni per l'uso

## Installazione di Styrodur® 2800 C nella cassaforma

Le lastre di Styrodur® 2800 C vengono installate o posate nella cassaforma a giunti sfalsati e perfettamente accostate prima di gettare il calcestruzzo. Per garantire la posizione ed evitare il galleggiamento durante la gettata del calcestruzzo, le lastre vengono fissate con chiodi a testa larga alla cassaforma di legno (**Fig. 12**). La lunghezza dei chiodi non dovrebbe superare di 5-10 mm lo spessore dello strato isolante. Per casseforme in acciaio le lastre vengono fissate con nastri biadesivi.



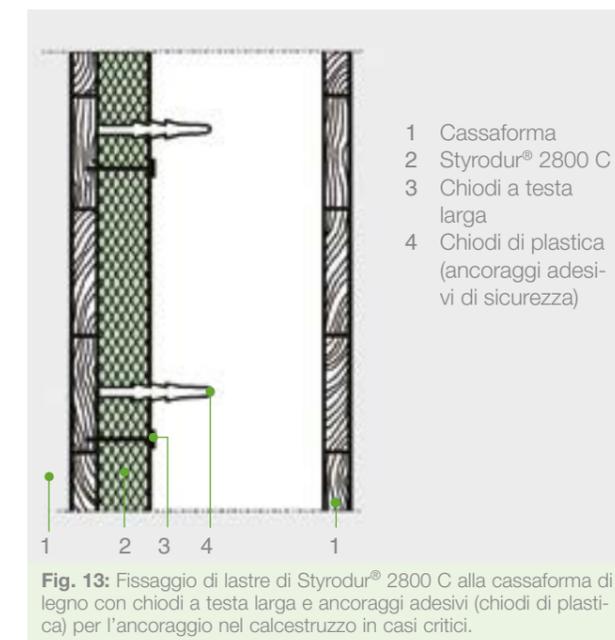
**Fig. 12:** Fissaggio di lastre di Styrodur® 2800 C alla cassaforma di legno con chiodi a testa larga.

Grazie alla superficie gofrata di Styrodur® 2800 generalmente si ottiene un accoppiamento dinamico delle lastre isolanti con il calcestruzzo senza l'impiego di altri sistemi adesivi. La forza adesiva è in media 0,2 N/mm<sup>2</sup>. Questa risulta sufficiente per attutire le sollecitazioni derivanti dal sistema di intonacatura.

A questo riguardo, nelle direttive in materia di omologazioni dell'EOTA (Organizzazione europea per il benessere tecnico) per i sistemi di giunzione termoisolanti con un peso superficiale di 30 kg/m<sup>2</sup> si richiede una forza adesiva minima tra adesivo e lastra isolante  $\geq 0,08$  N/mm<sup>2</sup>.

Nel caso di impiego di Styrodur® 2800 C, per ottenere il necessario grado di adesione con il calcestruzzo non sono necessari di solito chiodi di plastica supplementari.

In casi critici, come ad esempio per cantieri invernali o per tempi di disarmo brevi, per il fissaggio delle lastre di Styrodur® 2800 C si utilizzano anche ancoraggi adesivi per garantire un'ulteriore sicurezza (**Fig. 13**).



**Fig. 13:** Fissaggio di lastre di Styrodur® 2800 C alla cassaforma di legno con chiodi a testa larga e ancoraggi adesivi (chiodi di plastica) per l'ancoraggio nel calcestruzzo in casi critici.

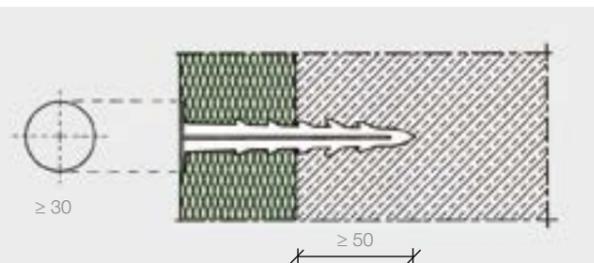


# Istruzioni per l'uso

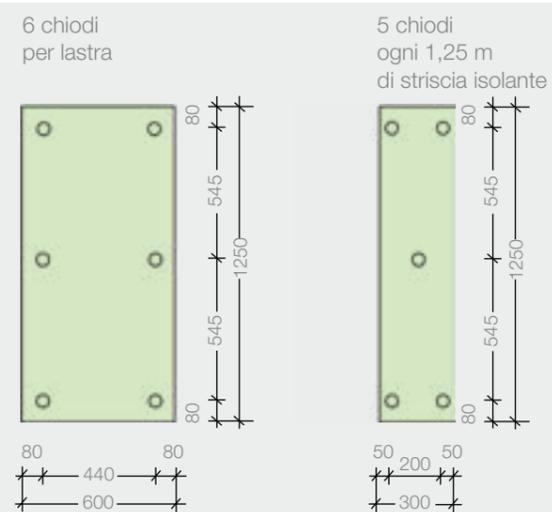
Il numero di ancoraggi adesivi, la loro disposizione sulle lastre isolanti o sulle strisce di lastre isolanti e la necessaria profondità di ancoraggio sono riportati nelle **figure 15 e 16**.

Generalmente sono adatti chiodi di plastica a testa rotonda con un diametro minimo della testa di 30 mm. La lunghezza dei chiodi di plastica deve essere scelta in modo che la profondità di ancoraggio nel calcestruzzo sia di almeno 50 mm (**Fig. 15**).

Riguardo al numero necessario di ancoraggi adesivi di sicurezza non esistono disposizioni per lo Styrodur®: si raccomanda di utilizzare sei tiranti per lastra o 5 tiranti ogni 1,25 metri di striscia isolante (**Fig. 16**).



**Fig. 15:** Chiodi di plastica per l'ulteriore ancoraggio di Styrodur® 2800 C (misura in mm).



**Fig. 16:** Numero e disposizione possibili di chiodi di plastica per l'installazione di lastre di Styrodur® 2800 C nella cassaforma di calcestruzzo (misura in mm).

## 3.2 Risanamento

### Posa in un secondo tempo di lastre di Styrodur®

Nella zona dello zoccolo, in aggiunta all'isolamento perimetrale, può essere necessario installare in un secondo tempo lastre di Styrodur® 2800 C (**Fig. 17**). Prima della posa occorre verificare il fondo. Questa verifica è necessaria al fine di garantire in seguito la corretta aderenza tra fondo e Styrodur® 2800 C. L'aderenza potrebbe essere compromessa da intonaco ammalorato, calcestruzzo sabbioso, da uno strato di polvere sul fondo o da residui oleosi presenti sull'armatura. In ogni caso si consiglia di effettuare una verifica del fondo prima della posa delle lastre di Styrodur® 2800 C.



**Fig. 17:** Successivo isolamento dello zoccolo con Styrodur® 2800 C.

Le migliorie, eventualmente necessarie, del fondo realizzate in un secondo tempo sono di competenza del precedente appaltatore nell'ambito della propria garanzia.

Le lastre di Styrodur® 2800 C devono essere posate perfettamente accostate con una malta adesiva idonea secondo la procedura di incollaggio perimetrale e con 3 punti centrali, e successivamente fissate con tasselli.

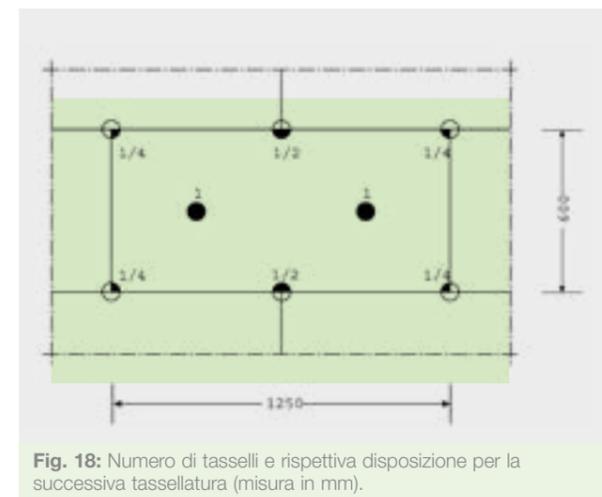
A condizione che la fondazione sia idonea, le lastre devono essere perfettamente incollate e in seguito tassellate.



# Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

## 3.3 Tassellatura

Per la tassellatura sono adatti i tasselli in poliammide con viti ad espansione metalliche adatte allo scopo. La profondità di ancoraggio dipende dal supporto e dal tassello utilizzato. In totale occorrono quattro tasselli per ogni lastra, con otto punti di fissaggio per lastra (**Fig. 18**).



**Fig. 18:** Numero di tasselli e rispettiva disposizione per la successiva tassellatura (misura in mm).

## 3.4 Malta adesiva

Come malte adesive sono idonee le colle per l'edilizia in pasta o polvere a base di leganti minerali e additivi di dispersione sintetici. Le colle si induriscono mediante disidratazione. Verificare sempre le temperature d'utilizzo consigliate dal produttore.

## 3.5 Disarmo - tempi di disarmo

Se i tempi di disarmo sono molto brevi o una parte del cemento necessario viene sostituita da cenere volante, devono essere utilizzati sei chiodi di plastica per ogni lastra o cinque chiodi ogni 1,25 metri continui di striscia isolante (**Fig. 15 e 16**). Anche nel caso di puntelli in cemento armato con sezione ridotta di calcestruzzo sono necessari chiodi di plastica supplementari.

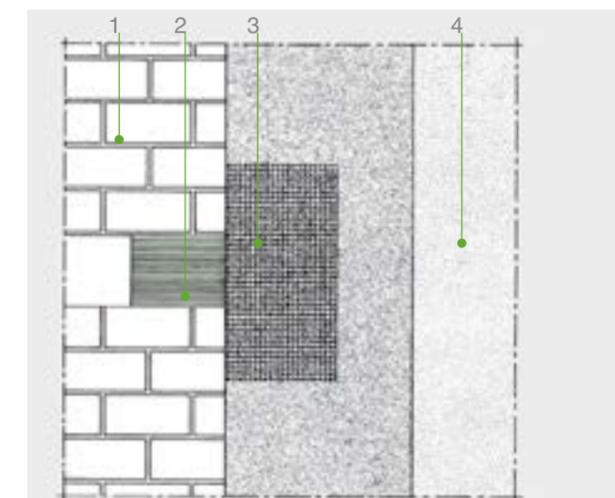
Se i giunti delle lastre non sono stati perfettamente accostati ed è penetrato del latte di cemento, a causa della possibile azione di ponte termico, tale materiale deve essere rimosso (scalpellato). I giunti delle lastre devono essere riempiti con materiale isolante, ad esempio iniezione di schiuma di poliuretano (PUR). Si deve procedere analogamente anche nel caso di giunzioni non ermetiche nella muratura.

# 4. Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

## 4.1 Componenti del sistema di intonacatura

Le lastre di Styrodur® 2800 C con superficie a effetto «wafer» sono idonee per l'intonacatura.

I componenti e i diversi strati di intonaco del sistema devono essere adattati l'uno all'altro e al fondo. L'idoneità dei singoli componenti e del sistema per l'intonacatura di Styrodur® deve essere certificata dal fornitore del sistema. Nella **figura 19** sono rappresentati i componenti di un bordo del solaio isolato con Styrodur® 2800 C.



- 1 Muratura da isolare termicamente
- 2 Styrodur® 2800 C con strato adesivo per intonaco steso orizzontalmente
- 3 Intonaco di fondo con armatura in rete di fibra di vetro
- 4 Rivestimento finale

**Fig. 19:** Disposizione a strati dell'intonaco su un bordo del solaio isolato con Styrodur® 2800 C.

### Rete di armatura

Come tessuto di armatura si deve utilizzare una rete in fibra di vetro resistente agli alcali. Una elevata resistenza allo strappo garantisce maggiore sicurezza.

Anche l'armatura delle superfici non può evitare con assoluta sicurezza la formazione di crepe ma il rischio è notevolmente ridotto.



## Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

### Malta per intonaco

Si devono utilizzare malte minerali ad essiccazione controllata. Le lastre di Styrodur® 2800 C possono essere intonacate in modo diverso. In ogni caso l'intonaco deve essere formato da diversi strati (ad esempio rinzafo, intonaco di armatura, rivestimento murale). I diversi strati di intonaco compongono il sistema di intonacatura. Si devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Buona aderenza di tutto il sistema di intonaco alle lastre di Styrodur® 2800 C
- Buona aderenza tra gli strati di intonaco
- Realizzazione di un fondo per l'intonaco ad assorbimento uniforme per il rivestimento murale sulla muratura e su Styrodur® 2800 C.

### 4.2 Fondo per intonaco

Il fondo per intonaco deve essere realizzato in modo da ottenere una giunzione stabile e duratura con lo strato d'intonaco applicato sopra. Per questa ragione le lastre di Styrodur® 2800 C devono essere sottoposte a un particolare trattamento. Questo può consistere in un pretrattamento, sotto forma di primer o strato di aderenza, in alternativa è possibile utilizzare una malta per intonaco con composizione speciale.

La natura del fondo per intonaco ha un effetto sostanziale sulla buona aderenza dell'intonaco stesso. La prova delle superfici di Styrodur® 2800 C da intonacare, inclusa la muratura circostante, deve avvenire in modo molto accurato. Le migliori del fondo difettoso (presenza di lattime tra i giunti, giunti aperti, lastre galleggianti, posa senza allineamento, ecc.) realizzate in un secondo tempo sono di competenza del precedente appaltatore nell'ambito della sua garanzia.

### Pretrattamento del fondo per intonaco

I materiali espansi non sono resistenti all'azione prolungata dei raggi UV del sole. Dopo un'esposizione prolungata agli agenti atmosferici (ai raggi solari per circa otto settimane) la superficie delle lastre di Styrodur® 2800 C inizia ad assumere una colorazione brunastra e a polverizzarsi.

Dato che la polvere derivante dall'erosione agisce come agente distaccante tra l'intonaco e il materiale espanso, le superfici danneggiate dai raggi UV devono essere ripulite con una spazzola d'acciaio.

Si raccomanda di inserire questo trattamento tra le voci per la descrizione dei lavori di intonacatura già nel capitolato d'appalto e di eseguirlo, se necessario, secondo quanto stabilito dalla direzione dei lavori. Le lastre devono essere posate in modo da aderire completamente alla superficie. Le parti di lastre sporgenti devono essere livellate in seguito con utensili idonei.

### 4.3 Varianti di intonaco

Le lastre di Styrodur® 2800 C, in base alle dimensioni della superficie delle lastre da intonacare, possono essere intonacate seguendo diverse procedure. Nella **tabella 1** sono indicate quali varianti dovrebbero essere utilizzate in determinate applicazioni.

#### Intonaco di fondo con armatura (Variante 1)

Da molti anni si trova sul mercato una gamma di sistemi di intonacatura che si sono rivelati affidabili per lo Styrodur® 2800 C. In accordo con il produttore del sistema di intonacatura sono possibili altre varianti come quelle illustrate nella **tabella 1**. Intonaco di fondo con rete d'armatura (Variante 1)  
La variante 1 per l'intonacatura, intonaco di fondo con rete di armatura, è idonea solo per strisce isolanti di piccola superficie. Le singole fasi di lavoro devono essere realizzate come segue.

Per prima cosa viene applicato sulle lastre di Styrodur® 2800 C uno strato minerale adesivo per intonaco rinforzato con resina sintetica e steso in senso orizzontale con una cazzuola a denti larghi (**Fig. 20 e 21**). Lo spessore dello strato adesivo per l'intonaco deve essere di circa 5 mm, nelle incavature di almeno 2 mm. Come tempo minimo di essiccazione, in base alle condizioni atmosferiche, si devono prevedere da uno a tre giorni. Poi si procede con l'applicazione del fondo per intonaco con spessore da 15 a 20 mm. Nella terza sezione superiore (zona soggetta a carico di trazione) del fondo per intonaco viene incassata un'armatura senza pieghe (**Fig. 22**). La rete deve garantire una sovrapposizione di almeno 100 mm con la zona di giunzione e di almeno 200 mm con gli elementi strutturali adiacenti. Gli spigoli delle aperture di porte e finestre devono essere ulteriormente armati con strisce disposte diagonalmente della stessa rete di armatura (**Fig. 23**). Il tempo di essiccazione del fondo per intonaco con rete di armatura deve essere di almeno tre settimane. In seguito, se necessario, avviene l'applicazione del rivestimento murale e di una mano di pittura di compensazione.



## Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

Tabella 1: varianti di applicazione in base alle dimensioni della superficie della lastra isolante da intonacare

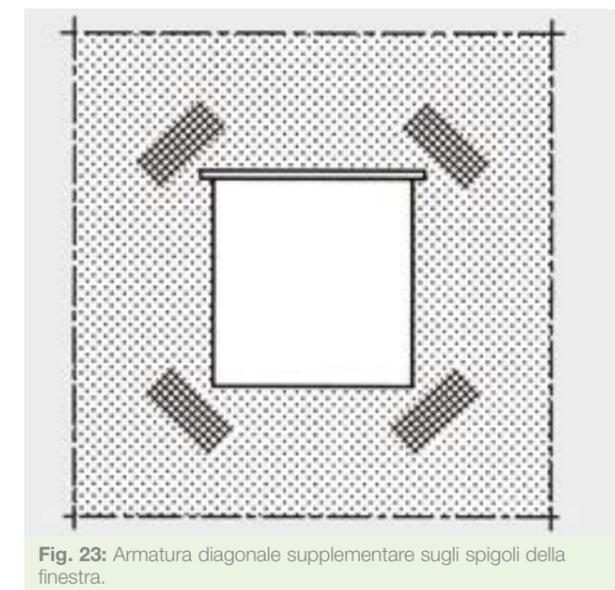
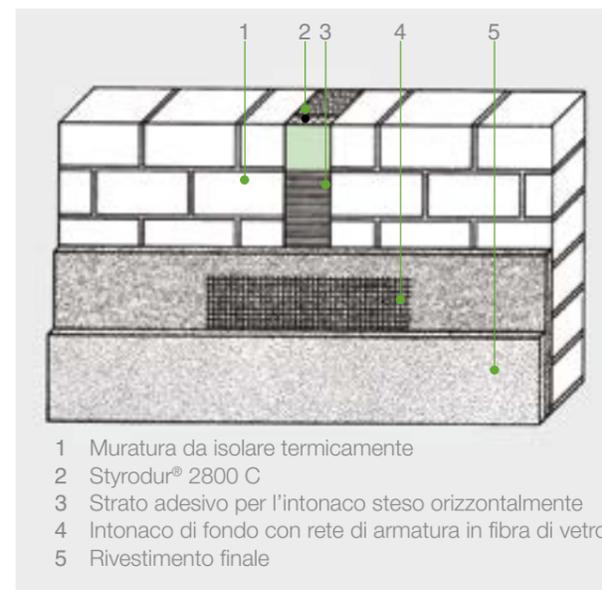
Applicazione	Intonaco di fondo con armatura (Variante 1)	Rasatura della rete (Variante 2)
Strisce isolanti Larghezza ≤ 60 cm	idonea	idonea
Superfici più grandi	non idonea	Idoneità da dimostrare da parte del produttore del sistema



Fig. 20: Architrave della finestra nella muratura da isolare termicamente; stesura orizzontale dello strato adesivo per l'intonaco.



Fig. 22: Applicazione dell'intonaco di fondo e posa dell'armatura con rete in fibra di vetro sugli elementi strutturali in calcestruzzo isolati.





## Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

### Rasatura della rete (Variante 2)

La variante per l'intonacatura 2 è adatta sia per l'intonacatura di sistemi isolanti in Styrodur® 2800 C con superficie di piccole dimensioni che di quelli con superficie di grandi dimensioni.

Sulle lastre di Styrodur® 2800 C si applica uno strato adesivo minerale rinforzato con resina sintetica (Fig. 24). Questa operazione viene eseguita con una cazzuola a denti larghi in senso orizzontale. Lo spessore dello strato è di circa 5 mm, nelle incavature almeno di 2 mm. In base alle condizioni atmosferiche si deve rispettare un tempo di essiccazione minimo da uno a cinque giorni. Poi si procede con l'applicazione del fondo per intonaco\* con spessore di circa 15 mm. Il tempo minimo di essiccazione per l'intonaco di fondo è di almeno un giorno per ogni mm di spessore dell'intonaco. Sull'intonaco di fondo viene distesa su tutta la superficie una malta di armatura minerale,

spessore dello strato da 5 a 8 mm, nella quale viene annegata una rete di armatura (rasatura della rete) senza pieghe. La rete deve garantire una sovrapposizione di almeno 100 mm con la zona di giunzione e di almeno 200 mm con gli elementi strutturali adiacenti.

Gli spigoli delle aperture di porte e finestre devono essere ulteriormente armati con strisce disposte diagonalmente della stessa rete di armatura (Fig. 25). Il tempo di essiccazione della rasatura è di almeno un giorno per ogni mm di spessore dell'intonaco di armatura. Dopo è possibile applicare il rivestimento murale con il tipo di superficie preferito.

Per rivestimenti murali frattinati può essere necessaria una mano di compensazione sull'intonaco di fondo. La mano di compensazione dovrebbe essere dello stesso colore del rivestimento di finitura per evitare la comparsa in trasparenza della malta di armatura.



Fig. 24: Stesura orizzontale dello strato adesivo sull'isolamento con Styrodur® 2800 C.



Fig. 25: Isolamento di un pianterreno con lastre di Styrodur® 2800 C.



## Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

### 4.4 Intonacatura dello zoccolo

Per evitare l'insorgere di ponti termici nello zoccolo, l'isolamento termico deve essere realizzato in modo continuo partendo dal perimetro oltre il terreno fino alla muratura da isolare termicamente o fino al sistema di isolamento termico da posizionare all'esterno.

Se l'isolamento perimetrale è realizzato utilizzando lastre con pelle di estrusione, sul bordo superiore del terreno è necessario cambiare materiale e tipo di posa. Sopra al bordo superiore del terreno vengono posate a giunti sfalsati, perfettamente accostate e tassellate, le lastre di Styrodur® 2800 C con una malta adesiva idonea tramite procedura di giunzione a punti sul bordo. Poi si può procedere all'intonacatura, come di seguito descritto.

Su tutta la superficie dello strato isolante viene stesa una malta di armatura (spessa almeno 5 mm) e viene annegata nel mezzo la rete di armatura (Fig. 26). La rete non deve presentare pieghe dopo la posa e garantire una sovrapposizione alla zona di giunzione di almeno 100 mm. Dopo l'opportuno indurimento della prima rasatura della rete (tempo di attesa: minimo un giorno) viene realizzata con la stessa procedura una seconda rasatura della rete. Il rivestimento murale può essere eseguito dopo l'opportuno indurimento della seconda rasatura (tempo di attesa: minimo una settimana).



Fig. 26: Inserimento della rete in fibra di vetro nell'intonaco di fondo dello strato isolante dello zoccolo.



Fig. 27: Zona dello zoccolo con Styrodur® 2800 C, intonaco dello zoccolo e letto di ghiaia.



Fig. 28: Risanamento di una vecchia costruzione; incollaggio di lastre di Styrodur® 2800 C con procedura di giunzione a punti sul bordo.



## Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

### 4.5 Intonacatura interna

Styrodur® 2800 C viene incollato con malte idonee anche sulle pareti interne dei edifici.

Dopo un periodo di essiccazione da uno a tre giorni, viene applicato un intonaco a base di gesso o a base di calce e gesso (Fig. 29). Lo spessore dell'applicazione è di 10 mm. Si inserisce una rete di armatura ben distesa (Fig. 30).



Fig. 29: Stesura del primo strato di intonaco adesivo a base di gesso; spessore dell'applicazione 10 mm.



Fig. 30: Posa su tutta la superficie della rete di armatura in fibra di vetro. I teli di rete sono sovrapposti di circa 100 mm.

La rete deve garantire una sovrapposizione di almeno 100 mm e di almeno 200 mm con gli elementi strutturali adiacenti. Sopra alla rete si applica un secondo strato di intonaco con uno spessore di 5 mm. L'applicazione dell'intonaco avviene «fresco su fresco» (Fig. 31).

Se come intonaco per interni è previsto un intonaco a base di calce o di calce-cemento, si deve utilizzare una malta adesiva minerale rinforzata con resina sintetica.



Fig. 31: Stesura del secondo strato di intonaco, spessore di circa 5 mm. L'applicazione dell'intonaco avviene fresco su fresco.



## Intonacatura nella zona delle lastre isolanti

È anche possibile incollare pannelli in cartongesso alle lastre di Styrodur® 2800 C. La posa avviene con malte. La malta adesiva viene applicata intorno al bordo con la spatola dentata. Inoltre, si applicano ancora due strati longitudinali di malta adesiva in tre punti del pannello.

Styrodur® 2800 C è un fondo adatto anche per la posa di piastrelle con adesivi.



Fig. 32: Schema di incollaggio dei pannelli in cartongesso sullo Styrodur®.

Nel caso di isolamento interno si raccomanda sempre di calcolare il comportamento alla diffusione di vapore acqueo. Può essere necessaria una barriera vapore per evitare l'infiltrazione di condensa nella struttura (tabella 2).

Tabella 2: Necessità di una barriera vapore in base alla composizione della parete nel caso di isolamento dall'interno con Styrodur® 2800 C

Composizione parete	Barriera al vapore
Struttura pesante (calcestruzzo, cemento armato, pietra naturale)	necessaria
Struttura leggera $\rho_{max} = 1000 \text{ kg/m}^3$	non necessaria

La barriera vapore deve essere posizionata sul lato caldo, tra materiale isolante e intonaco/cartongesso. Sono disponibili sistemi completi di barriera vapore. Un sistema di questo tipo può essere realizzato come segue:

- Sulle lastre di Styrodur® 2800 C viene incollato un foglio di alluminio rinforzato mediante un adesivo a base di poliuretano senza solventi. La sovrapposizione dei fogli deve essere di almeno 100 mm.
- Al foglio di alluminio è stata applicata una mano di primer che svolge al contempo la funzione di strato adesivo e di strato protettivo contro l'alcalinità dell'intonaco. Su questo fondo si può applicare un intonaco a base di resina sintetica o si può procedere alla piastrellatura con posa mediante collanti.

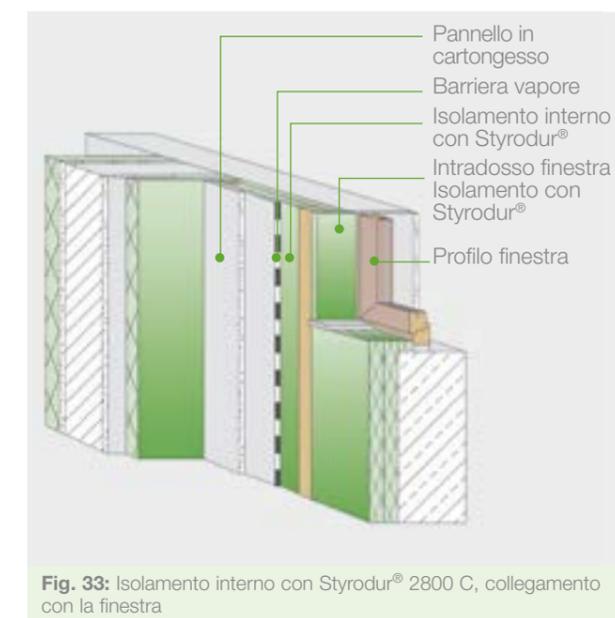
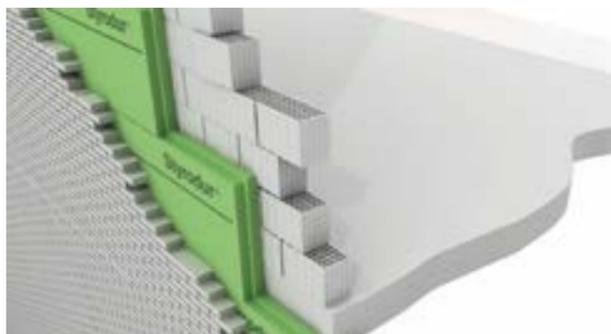


Fig. 33: Isolamento interno con Styrodur® 2800 C, collegamento con la finestra



## Isolamento in intercapedine con Styrodur®

### 5. Isolamento in intercapedine con Styrodur®



Le strutture murali doppie rappresentano il metodo costruttivo tradizionale in molte regioni dell'Europa. Il ridotto assorbimento d'acqua, le buone proprietà termoisolanti e la durata di Styrodur® consentono la posa tra le due pareti anche senza strato d'aria.

La muratura doppia con isolamento dell'intercapedine in Styrodur® è una soluzione molto efficace per l'isolamento termico di pareti esterne (Fig. 36).

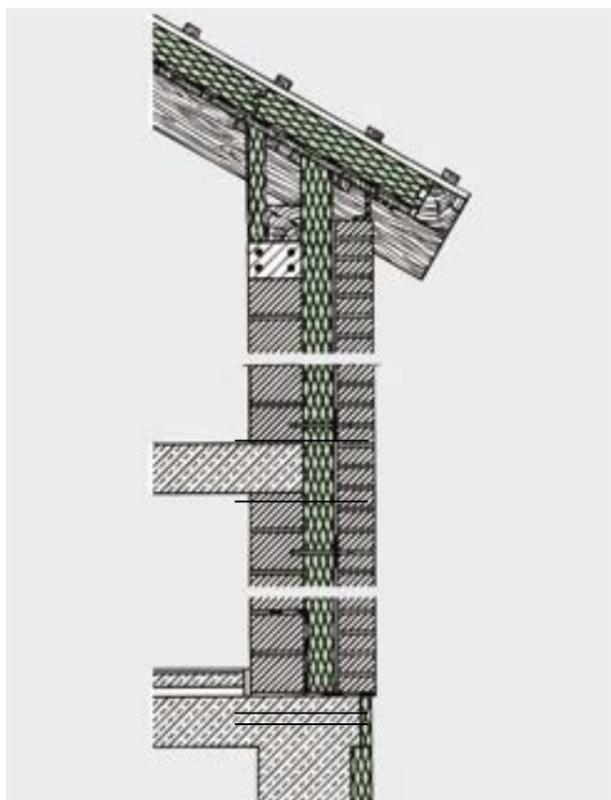


Fig. 34: Styrodur® nella muratura doppia senza strato d'aria.

Questo metodo costruttivo si è affermato già da decenni in regioni con particolari condizioni climatiche come, ad esempio, i paesi costieri dell'Europa settentrionale esposti a forti venti e a precipitazioni.

Per l'isolamento dell'intercapedine raccomandiamo Styrodur® 2500 CNL e Styrodur® 3035 CS.

#### 5.1 Il sistema

La funzione di una parete interna è quella di attutire i carichi statici del tetto e dei solai nonché i carichi dovuti al vento. La parete portante per motivi di economicità viene dimensionata con lo spessore necessario, scegliendo ove possibile quello più ridotto.

Un buon materiale termoisolante deve essere resistente, possedere una buona stabilità dimensionale, una bassa conduttività termica e una capacità minima di assorbimento dell'umidità. L'umidità infatti aumenta la conduttività termica del materiale.

Nella muratura doppia l'umidità può arrivare sia dall'interno che dall'esterno: dall'interno sotto forma di vapore acqueo tramite diffusione dell'umidità ambientale attraverso la parete portante, dall'esterno sotto forma d'acqua attraverso giunti non ermetici.



## Risanamento con Styrodur® nel settore dei sanitari

### 6. Risanamento con Styrodur® nel settore dei sanitari

#### 6.1 Elementi per piastrellature con Styrodur®

In molte abitazioni costruite nel secondo dopoguerra ma anche in edifici degli anni '60 e '70, i bagni richiedono interventi di risanamento. Lo sviluppo tecnico ma anche la sempre crescente esigenza di un ambiente piacevole, ospitale e confortevole nella zona bagno sono motivazioni importanti a questo riguardo.

Per la ristrutturazione rapida, semplice e professionale dei bagni si sono imposti da anni i cosiddetti pavimenti piastrellati, elementi portanti in espanso rigido ed elementi per locali umidi. La combinazione di un'anima in polistirene espanso rigido estruso (Styrodur®) e di un rivestimento su entrambi i lati in malta speciale rinforzata con fibra di vetro costituisce un fondo stabile, impermeabile, termoisolante e imputrescibile per tutti i tipi di piastrelle.

#### 6.2 Adatti a ogni fondo e applicazione

Che si tratti di muratura mista, fondo stabile o anche fessurato, gli elementi di provata efficacia per piastrellature eliminano dislivelli e irregolarità creando così superfici ideali per la posa delle moderne piastrelle. Gli elementi per piastrellature con stabilità dimensionale possono essere applicati senza problemi, in modo sicuro e duraturo anche su vecchie piastrelle, fondi rivestiti di pittura o intonaco.

Le piastrelle sono facili da pulire e decorative. Per questa ragione si scoprono sempre nuove possibilità di applicazione e nuove forme, in ambienti tradizionali come bagni, toilette e locali umidi nonché in cucine, cantine e laboratori. Gli elementi per piastrellature dimostrano la loro versatilità anche in nuovi campi di applicazione come la costruzione di negozi e gastronomie.

#### 6.3 Molteplici possibilità di applicazione

Costruire, ampliare o ristrutturare – per la posa delle piastrelle occorrono materiali versatili: gli elementi per piastrellature. Sia per realizzare la struttura desiderata o per l'adattamento a locali complessi, l'uso di questo materiale non ha limiti. Con questo materiale si possono realizzare non solo sottofondi ideali per le piastrelle per pareti e pavimento ma si possono costruire interi ambienti da bagno. Rivestimenti per vasca da bagno e box doccia, pareti divisorie o lavabi possono essere integrati con facilità nei bagni; lo stesso vale per mensole, scaffali o doppi fondi. Le varianti per la costruzione e la lavorazione sono molteplici. In base al carico e alle sollecitazioni vengono utilizzati elementi per piastrellature con spessore diverso.

#### 6.4 Lavorazione delle piastrelle

La lavorazione di piastrelle oggi deve avvenire in modo razionale, rapido ma sempre accurato. Con gli elementi per piastrellature si soddisfano facilmente tutti questi requisiti. Tutti gli interventi necessari sono svolti dal piastrellista. Grazie al materiale robusto ma facile da tagliare si realizzano senza problemi anche tagli complessi e scanalature con attrezzi normali.

La posa degli elementi avviene con strato di collante sottile e medio. In ambienti a rischio di umidità le superfici vengono rivestite in modo facile e duraturo con una guaina fluida impermeabilizzante. Gli spigoli e le superfici di contatto vengono incollate perfettamente. Per l'esecuzione a regola d'arte dei lavori sono necessari solo pochi prodotti complementari.

#### Tutti i vantaggi a prima vista

- peso ridotto ed elevata stabilità
- lavorazione facile, semplice e razionale
- possibilità di utilizzo e di realizzazione universali
- resistente all'umidità e alla putrescibilità
- termoisolante
- costi ridotti
- richiesti pochi prodotti complementari

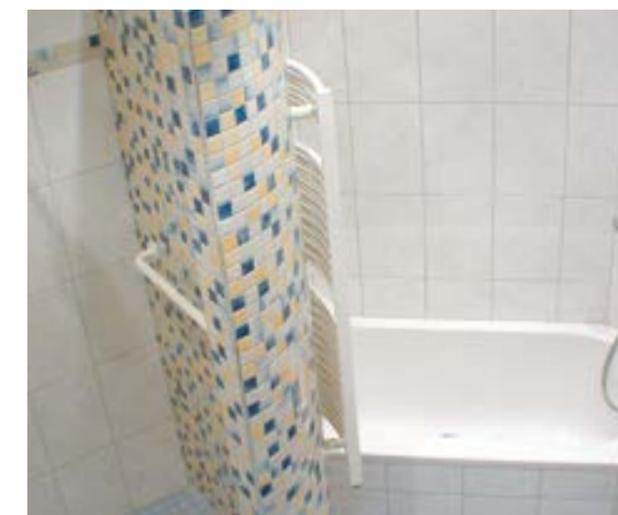
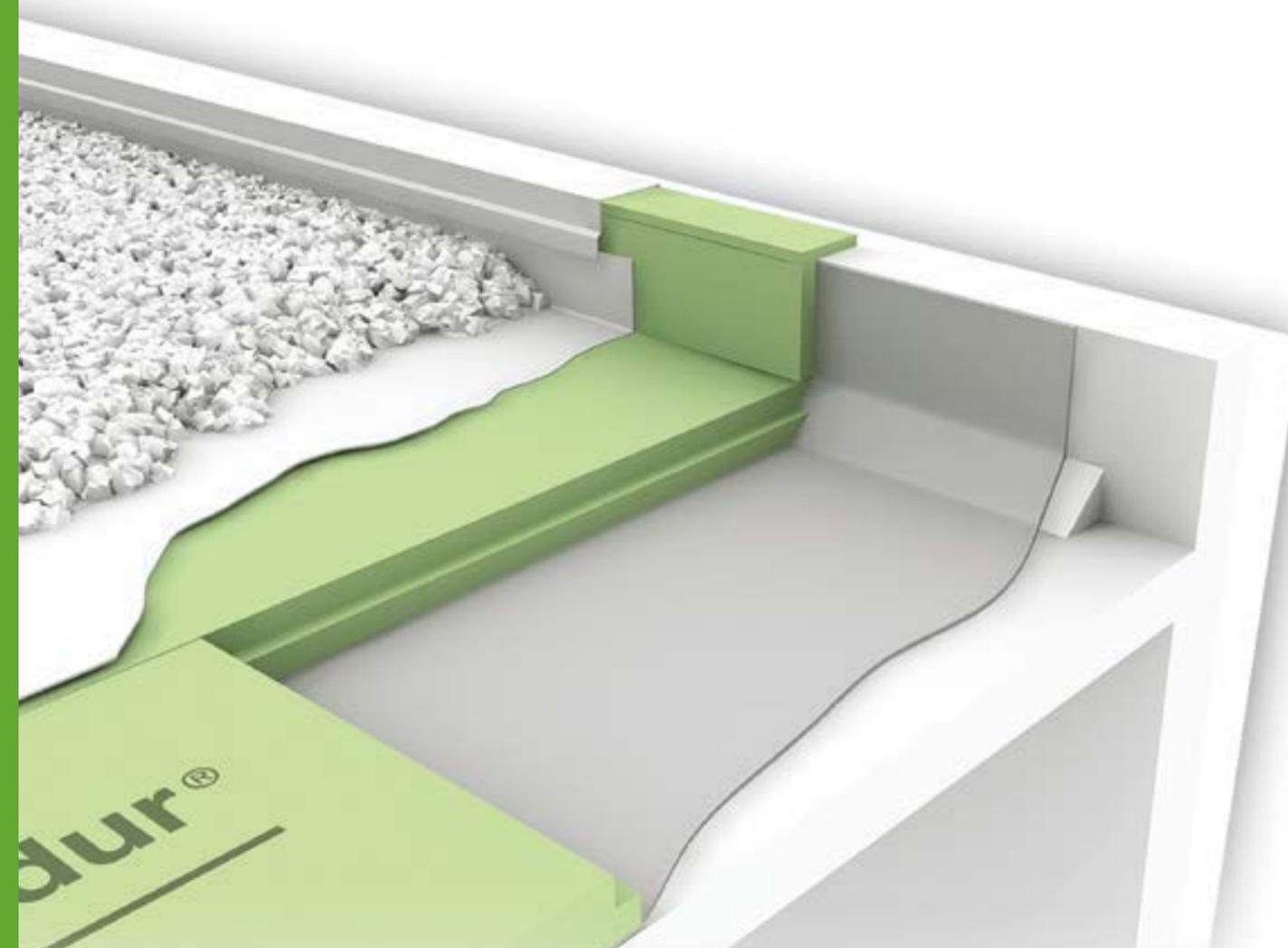


Fig. 35: Esempio di applicazione di elementi piastrellabili in Styrodur®: bagno.

## Sommario Isolamento termico dei tetti

<b>1</b>	<b>Il tetto piano</b>	<b>72</b>
1.1	Tipi di tetto piano e definizioni	74
<b>2</b>	<b>Vantaggi del sistema a tetto rovescio</b>	<b>75</b>
2.1	Vantaggi di Styrodur® nei tetti rovesci	76
<b>3</b>	<b>Istruzioni per l'uso</b>	<b>78</b>
3.1	Sottostruttura	78
3.2	Impermeabilizzazione del tetto	78
3.3	Drenaggio del tetto	78
3.4	Strato termoisolante	79
3.5	Strato protettivo	79
<b>4</b>	<b>Varianti di esecuzione</b>	<b>80</b>
4.1	Tetto rovescio a ghiaia	80
4.2	Tetto-duo	81
4.3	Tetto-plus	82
4.4	Tetto verde	83
4.5	Tetto a terrazza	90
4.6	Tetto adibito a parcheggio	91

## Isolamento termico dei tetti



# Il tetto piano

## 1. Il tetto piano

Sia la forma del tetto che i materiali utilizzati per rivestire ed impermeabilizzare strutture piane o inclinate per i tetti hanno una notevole rilevanza architettonica, sebbene il carattere di una costruzione non sia determinato esclusivamente dagli aspetti esecutivi. Al momento di stabilire la stratigrafia e i materiali da utilizzare per realizzare un determinato tipo di tetto, oltre alla funzione dell'edificio, rivestono un ruolo fondamentale gli aspetti economici e costruttivi. Indipendentemente da requisiti specifici, sia i tetti piani che i tetti a falda sono in grado di soddisfare le esigenze fisiche e strutturali di un tetto.

Sia la disposizione a strati di un tetto a falda che le diverse varianti di strutture per tetti solo leggermente inclinate o addirittura prive di pendenza soddisfano le esigenze di isolamento termico imposte dalle norme e dai regolamenti attualmente in vigore e preservano gli edifici in modo affidabile e duraturo dall'azione degli agenti atmosferici. Il grado di «sicurezza» di un tetto non dipende dall'inclinazione del piano di drenaggio ma dalla ricchezza di informazioni di cui dispongono progettisti ed esecutori riguardo alle caratteristiche particolari della struttura in questione nonché dalle modalità di applicazione dei materiali durante la progettazione e l'esecuzione.



**Fig. 1:** Progetto di riferimento: Styrodur® viene utilizzato come isolante nel tetto dell'acquedotto di Amburgo, nell'ambito delle misure di risanamento.

Contrariamente al tetto caldo convenzionale, nel quale l'impermeabilizzazione del tetto si trova sempre sopra all'isolamento termico, alcuni materiali isolanti speciali come, ad esempio Styrodur® permettono di procedere anche «a rovescio» nel caso di un tetto piano. Sempre più progettisti prediligono il tetto rovescio; Styrodur® è un materiale isolante ideale per questo sistema. Questo opuscolo contiene tutte le principali istruzioni di progettazione e posa del tetto rovescio e chiarisce i vantaggi di questo tipo di struttura rispetto al convenzionale tetto caldo.

Il materiale isolante nel tetto rovescio (in tedesco abbreviato con tetto UK) è sottoposto a sollecitazioni particolarmente intense dovute all'acqua piovana, al terreno di rinverdimento o ai carichi mobili su tetti a terrazza o tetti carrabili adibiti a parcheggio. Per questa ragione deve essere inattaccabile dall'umidità e resistente alla putrescibilità. Venendo già calpestato o sottoposto al peso di mezzi leggeri (carriole) durante l'installazione e trovandosi dopo l'ultimazione dei lavori direttamente al di sotto dei rivestimenti o del terreno, deve possedere un'elevata resistenza alla compressione. Inoltre, per svolgere la propria funzione nel tetto rovescio, occorre una capacità termoisolante ottimale e duratura.



**Fig. 2:** Styrodur®, grazie alla sua resistenza alla compressione e alla ridotta conduttività termica, è particolarmente indicato per strutture di tetti rovesci.

Styrodur® è un materiale da costruzione robusto e facile da lavorare che soddisfa tutti i requisiti sopra citati. Durante l'estrusione delle lastre termoisolanti sulle superfici si forma una pellicola compatta e liscia, in virtù della quale esso può essere posato indipendentemente dalle condizioni atmosferiche. I bordi delle lastre sono dotati di battentatura perimetrale che fa sì che la posa allineata delle lastre non produca ponti termici.

Styrodur®, grazie alle sue molteplici proprietà, è adatto a diverse applicazioni ed è disponibile in una ampia e completa gamma di tipologie. Nella **tabella 1** sono elencate le principali caratteristiche distintive dei diversi tipi di Styrodur® idonei per tetti rovesci. Le più importanti sono la resistenza alla compressione e la conduttività termica. I formati disponibili per i diversi tipi di Styrodur® si ricavano dalla **tabella 2**.

Per strutture di tetti rovesci si deve rispettare l'omologazione Z-23.4-222. Poiché nei tetti rovesci il materiale isolante è a diretto contatto con gli agenti atmosferici, può capitare che in alcune situazioni possa trovarsi in condizioni di umidità superiori a quelle previste in fase di progetto. E' opportuno che il progettista tenga conto di questa eventualità in quanto questa influenza direttamente il valore della trasmittanza termica della struttura.

# Il tetto piano

In tal senso una soluzione è quella di peggiorare il valore della conduttività termica dichiarata. Un valore indicativo da poter utilizzare per i tetti rovesci si può trovare nella **(tabella 3)** (valore consigliato dal DIBt per questa applicazione).

**Tabella 1:** Parametri caratteristici dei diversi tipi di Styrodur® per il tetto rovescio

Proprietà	Unità di misura	Codifica secondo EN 13164	Styrodur®			
			3035 CS	4000 CS	5000 CS	Norm
Resistenza a compressione con schiacciamento del 10%	kPa	CS(10\Y)	300	500	700	EN 826
Resistenza a compressione dopo 50 anni con schiacciamento < 2 %	kPa	CC(2/1,5/50)	130	180	250	EN 1606
Comportamento alla deformazione carico 20 kPa; 80 °C	-	DS(70,90)	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%	EN 1604
Comportamento alla deformazione carico 40 kPa; 70 °C	-	DLT(2)5	≤ 5%	≤ 5%	≤ 5%	EN 1605
Assorbimento d'acqua per immersione	Vol. %	WL(T)0,7	0,2	0,2	0,2	EN 12087
Assorbimento di umidità per diffusione e condensazione	Vol. %	WD(V)	3	3	3	EN 12088
Comportamento al gelo (300 alternanze gelo/disgelo)	Vol. %	FCD	≤ 1	≤ 1	≤ 1	EN 12091

**Tabella 2:** Formati disponibili di Styrodur®

Proprietà	Unità di misura	Styrodur®		
		3035 CS	4000 CS	5000 CS
Finitura perimetrale				
Superficie		liscia	liscia	liscia
Spessore	mm	30/40/50/60/80/100/120/140/160	50/60/80/100/120/140	50/60/80/100/120
Lunghezza x larghezza	mm	1.265 x 615	1.265 x 615	1.265 x 615

**Tabella 3:** Valori di misurazione della conduttività termica per Styrodur®

Spessore (mm)	$\lambda_D$ [W/(m·K)]	$R_D$ (m²·K/W)
30	0,032	0,90
40	0,034	1,25
50	0,034	1,45
60	0,034	1,75
80	0,035	2,30
100	0,035	2,85
120	0,036	3,30
140	0,038	3,60

$\lambda_D$  = conduttività termica dichiarata secondo EN 13164  
 $R_D$  = resistenza termica dichiarata secondo EN 13164  
 $\lambda_{zul}$  = secondo l'omologazione del DIBt Z-23.4-222 per tetto rovescio applicato a tetti verdi e tetti adibiti a parcheggio

# Il tetto piano

## 1.1 Tipi di tetto piano e definizioni

I tetti con pendenza fino al 9% sono definiti tetti piani. La pendenza del tetto condiziona in modo rilevante il tipo e l'esecuzione dell'impermeabilizzazione. I tetti piani si dividono, in base alla loro struttura, in tetti ventilati e tetti non ventilati. Nel caso di tetto piano non ventilato tutti gli strati funzionali sono posizionati direttamente uno sull'altro. Quando questi strati sono incollati tra loro, la struttura viene denominata tetto compatto. In base al tipo di destinazione d'uso i tetti piani si suddividono in «coperture non praticabili» e «coperture praticabili».

Le coperture non praticabili vengono calpestate solo ai fini della manutenzione e riparazione generale.

Le coperture praticabili sono previste come aree per il soggiorno di persone, per il passaggio carrabile o per rinverdimenti estensivi e intensivi. I tetti piani si dividono in

- tetti a terrazza,
- tetti adibiti a parcheggio,
- tetti verdi (estensivi o intensivi).

Nel caso di coperture non praticabili si devono utilizzare lastre di polistirene espanso rigido resistenti alla compressione e per coperture praticabili lastre di espanso rigido altamente resistente alla compressione. Tutti i tipi di Styrodur® idonei per tetti rovesci, secondo la **tabella 1** (pagina 75), soddisfano questo requisito.

A seconda della posizione dello strato isolante il tetto piano semplice e non ventilato viene definito «tetto caldo» o «tetto rovescio». Entrambe le varianti di tetto sono realizzabili sia per coperture praticabili che per quelle non praticabili. La **figura 3** mostra la disposizione regolare degli strati di questa struttura.

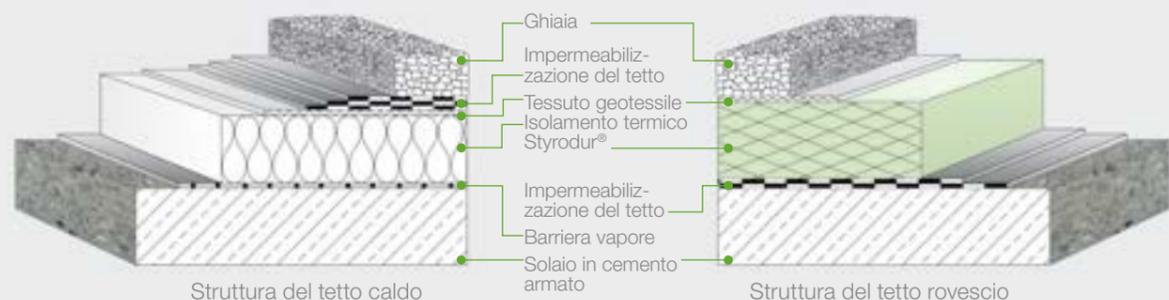


Fig. 3: Struttura di tetto caldo e tetto rovescio a confronto.

Per tetto caldo si intende un tetto semplice, non ventilato nel quale l'impermeabilizzazione resistente agli agenti atmosferici si trova sopra allo strato termoisolante.

Nel caso di tetto rovescio si distinguono tre ulteriori varianti:

- Il più diffuso è il tetto rovescio normale nel quale il sistema termoisolante è formato da uno strato di polistirene espanso rigido estruso XPS posizionato esclusivamente sopra all'impermeabilizzazione del tetto.
- Nel caso del cosiddetto «tetto-duo», su un convenzionale tetto caldo con lastre in XPS si applica un ulteriore strato isolante di Styrodur® sopra all'impermeabilizzazione del tetto. Con questo sistema costruttivo, sempre più diffuso nei nuovi edifici, in condizioni climatiche non particolarmente severe, talvolta è possibile eliminare la barriera vapore.
- Il «tetto-plus» rappresenta una soluzione costruttiva per il risanamento di tetti piani non sufficientemente termoisolati. Si utilizza, inoltre, quando si desidera combinare nella struttura del tetto i vantaggi del tetto caldo con quelli del tetto rovescio e si applica la struttura di tetto rovescio con XPS su una struttura di tetto caldo, ad esempio, con EPS o lana minerale per proteggere il tetto e per aumentare la sua durata. In questo caso viene applicato, in un secondo tempo, uno strato termoisolante di Styrodur® sulla struttura presente del tetto caldo sottoposta in precedenza a un controllo per verificare la capacità funzionale dell'impermeabilizzazione.

# Vantaggi del sistema a tetto rovescio

Tutte le tre varianti sono idonee per tetto con ghiaia, tetto a terrazza, tetto verde o tetto adibito a parcheggio. Il principio del tetto rovescio non viene modificato, varia solo la disposizione strutturale. Per Styrodur® è stata rilasciata un'omologazione del DIBt con il n. Z-23.4-222.



Fig. 4: Progetto di riferimento: in un edificio per uffici all'aeroporto di Hongkong è stato utilizzato, tra l'altro nel tetto, Styrodur®.

## 2. Vantaggi del sistema a tetto rovescio

Un tetto rovescio è costituito dettagliatamente dai seguenti strati:

- uno strato protettivo (ad esempio ghiaia),
- eventualmente un tessuto geotessile (telo in poliestere o polipropilene),
- uno strato isolante di Styrodur®,
- un'impermeabilizzazione del tetto (al contempo barriera vapore),
- eventualmente uno strato di compensazione,
- un solaio di cemento armato.

Il tetto rovescio si realizza più facilmente e rapidamente del tetto caldo convenzionale perché è composto da un numero minore di strati da posare e incollare.

Nel caso del tetto rovescio, lo strato più importante, l'impermeabilizzazione, è disposto su un fondo resistente, robusto e uniforme. Un'eccezione è costituita dal tetto-plus e dal tetto-duo. Se il manto impermeabilizzante viene sottoposto a sollecitazioni meccaniche queste possono influire direttamente sulla sua superficie. A causa di ciò talvolta l'impermeabilizzazione può «incurvarsi» nei punti di giunzione con possibile formazione di crepe. Nel caso di uno strato isolante come fondo di posa, invece, non possono formarsi giunti tra le singole lastre isolanti.

Un altro vantaggio del tetto rovescio è dato dal fatto che l'impermeabilizzazione del tetto aderisce con tutta la superficie al solaio pieno in calcestruzzo, ed in tal caso le perdite in caso di danni possono essere localizzate con facilità. L'acqua sul lato interno esce direttamente nel punto in cui l'impermeabilizzazione è danneggiata. Diverso è il caso del tetto caldo convenzionale: se qui filtra acqua attraverso il manto impermeabilizzante, il danno causato dall'acqua risulta evidente nella parte interna, ma spesso a notevole distanza dal vero punto danneggiato dell'impermeabilizzazione.

Inoltre, nel caso del tetto caldo non si deve confinare l'umidità tra la barriera vapore e l'impermeabilizzazione del tetto, cosa non sempre realizzabile nella pratica. Per il tetto caldo è necessario provvedere affinché i materiali termoisolanti siano stoccati in cantiere sempre protetti dall'umidità e le lastre già posate siano coperte.

Sostanzialmente le lastre isolanti non devono essere posate in caso di pioggia o nebbia, altrimenti l'umidità che si forma sotto l'impermeabilizzazione del tetto produce bolle di vapore.



## Vantaggi del sistema a tetto rovescio

Invece, nel caso di tetto rovescio lo strato termoisolante può essere posato anche con la pioggia. L'acqua piovana presente sull'impermeabilizzazione può essere eliminata attraverso lo strato termoisolante in Styrodur® o può evaporare nell'aria esterna attraverso i giunti delle lastre isolanti.

L'impermeabilizzazione del tetto rovescio dovrebbe avere uno spessore d'aria equivalente alla diffusione del vapore acqueo di almeno 100 m ( $s_a=100\text{ m}$ ). Questo da un lato riduce chiaramente il flusso di diffusione del vapore acqueo che può muoversi attraverso la struttura del tetto e, dall'altro, impedisce che durante i caldi mesi estivi, con l'inversione del senso di diffusione, l'umidità possa raggiungere l'interno dell'edificio.

Dato che l'impermeabilizzazione nel caso di tetto rovescio si trova sotto allo strato termoisolante e agli strati funzionali superiori (ad esempio strato di ghiaia o rivestimento), questa è sempre protetta dai raggi UV. Nel caso di tetto caldo, in base alla diversa disposizione degli strati, può accadere che l'impermeabilizzazione del tetto sia esposta ai raggi UV diretti del sole. Questa situazione può comportare danni sia nel caso di impermeabilizzazioni bituminose che di impermeabilizzazioni in materiale sintetico.

Nel caso di tetto rovescio anche le escursioni termiche registrate sull'impermeabilizzazione del tetto sono essenzialmente ridotte. Nel caso di tetto caldo convenzionale l'escursione termica annuale sulla copertura del tetto può raggiungere i 70-80 °C. Invece, nel tetto rovescio l'escursione termica annuale è di circa 12 °C, con temperatura interna sotto al tetto di circa 15-20 °C.

Nella **fig. 5** è rappresentata la sollecitazione termica giornaliera a cui è soggetta l'impermeabilizzazione nel caso di tetto caldo convenzionale senza e con strato di ghiaia rispetto al tetto rovescio. Nel tetto caldo le temperature registrate sull'impermeabilizzazione in estate possono superare i 70°C. Nel tetto rovescio, in cui l'impermeabilizzazione è protetta da uno strato termoisolante, la temperatura rimane quasi costante. Gli shock termici, come durante le grandinate estive, nel caso di tetto rovescio non danneggiano l'impermeabilizzazione.



**Fig. 5:** Vantaggio del sistema del tetto rovescio: il materiale isolante disposto sull'impermeabilizzazione del tetto la protegge da elevate escursioni termiche e shock termici nonché da danni meccanici.

Nel caso di tetto caldo convenzionale, inoltre, l'impermeabilizzazione viene esposta a continue aggressioni meccaniche. I danni spesso insorgono già durante la fase di costruzione a causa dei lavori sul tetto, al deposito di materiali da costruzione, a oggetti che cadono e ad altri fattori. Nel caso di tetto rovescio lo strato isolante elastico protegge l'impermeabilizzazione da danni meccanici, al contempo svolge la funzione dello strato protettivo richiesto sulle impermeabilizzazioni.

### 2.1 Vantaggi di Styrodur® nei tetti rovesci

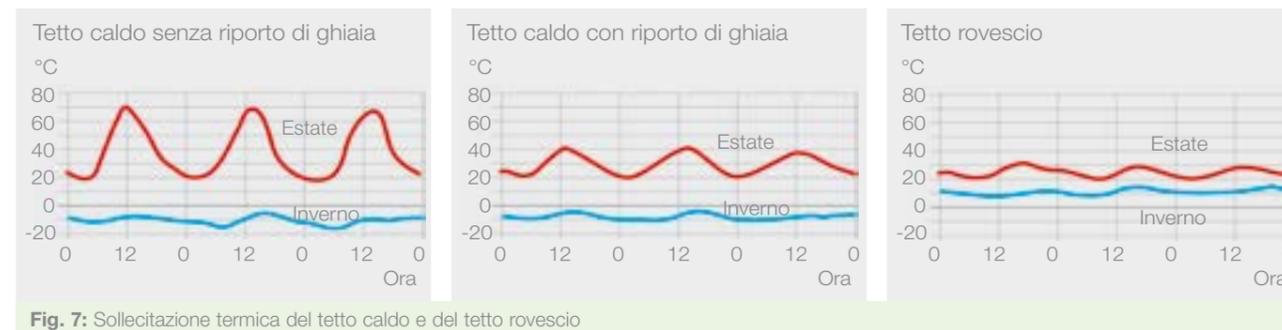
Styrodur® è utilizzato già dalla fine degli anni '70 nei tetti rovesci e dal 1978 è omologato dagli enti di vigilanza sulle costruzioni. Prelievi di campioni da tetti rovesci in opera hanno dimostrato che Styrodur® mantiene inalterate le sue proprietà fisiche e meccaniche, elencate di seguito, per lunghissimo tempo (**Fig. 6**).



**Fig. 6:** Prelievo di campioni da un tetto rovescio verde di dieci anni.

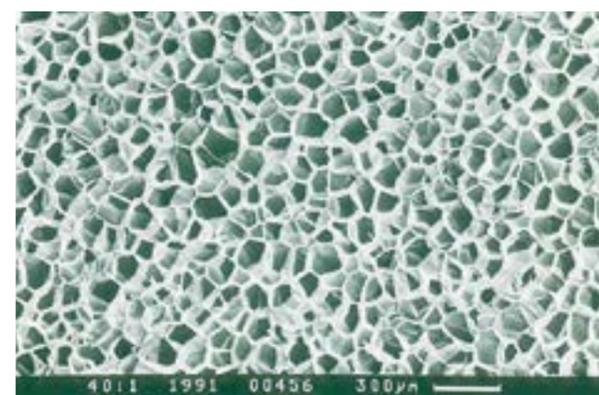


## Vantaggi del sistema a tetto rovescio



**Fig. 7:** Sollecitazione termica del tetto caldo e del tetto rovescio

**Resistenza all'acqua:** l'assorbimento d'acqua delle lastre è straordinariamente ridotto grazie alla struttura espansa a celle chiuse e alla pelle di estrusione presente sui due lati. Il tenore di umidità delle lastre di Styrodur®, inserite per diversi anni in coperture di ghiaia, ammontava a circa 0,1% di vol., un valore che in pratica non pregiudica in alcun modo la capacità termoisolante del materiale.



**Fig. 8:** L'assorbimento dell'acqua di Styrodur® è estremamente ridotto grazie alla struttura espansa a celle chiuse.

**Alta resistenza:** Styrodur®, grazie alle sue caratteristiche di resistenza è il materiale isolante ideale per tetti rovesci. Per materiali isolanti sottoposti a carichi particolarmente intensi, ad esempio nel caso di tetti adibiti a parcheggio, si raccomandano i tipi di Styrodur® 4000 CS e 5000 CS straordinariamente resistenti alla compressione.

**Classificazione di protezione antincendio:** Styrodur® per la reazione al fuoco rientra nell'Euroclasse E secondo la EN 13501-1 (Reazione al fuoco dei materiali da costruzione).

**Stabilità dimensionale:** il procedimento di estrusione e lo stoccaggio controllato prima della consegna garantiscono un'elevata stabilità dimensionale. Il materiale è dimensionalmente stabile a compressione e sollecitazione termica, definite secondo la EN 13164.

**Ponti termici:** nel caso di posa delle lastre di Styrodur® con battentatura perimetrale, tra le lastre allineate non si formano ponti termici.

**Lavorazione:** per la lavorazione dello Styrodur® si possono utilizzare macchine e attrezzi comuni per la lavorazione del legno. Raccordi o elementi emergenti si possono realizzare senza particolari problemi. Il taglio permette di ottenere bordi netti; le superfici di taglio non si sgretolano.

La realizzazione di un tetto piano secondo il principio del tetto rovescio deriva in sostanza dall'esigenza di proteggere l'impermeabilizzazione del tetto da azioni statiche, dinamiche e termiche. Nel tetto rovescio lo strato praticabile «isolamento termico» è anche lo strato protettivo per l'impermeabilizzazione del tetto.

### Styrodur®

- grazie al suo elevato modulo di elasticità può svolgere funzioni statiche e assorbire uniformemente i carichi risultanti;
- la sua struttura elastica ma al contempo rigida è in grado di separare dinamicamente la sovrastruttura e il rivestimento praticabile dal sottofondo con struttura portante e impermeabilizzazione del tetto;
- permette di risparmiare energia per il riscaldamento (in inverno) o il raffreddamento (in estate) e protegge l'edificio dagli intensi effetti climatici.

Queste proprietà di Styrodur® spingono il progettista ad applicare il principio del tetto rovescio nel caso di strutture a tetto piano praticabili e soggette a notevoli sollecitazioni.



# Istruzioni per l'uso

## 3. Istruzioni per l'uso

### 3.1 Sottostruttura

Le superfici sulle quali si devono posare le impermeabilizzazioni del tetto devono essere pulite e prive di corpi estranei. I solai in calcestruzzo, inclusi eventuali strati in pendenza, devono essere sufficientemente induriti e asciutti in superficie.

I tetti rovesci realizzati con Styrodur® non necessitano di pendenze. Sulle superfici del tetto prive di pendenze dopo le precipitazioni rimane un po' d'acqua che non pregiudica la funzionalità del tetto rovescio, sempre che le lastre isolanti non restino sommerse permanentemente.

### 3.2 Impermeabilizzazione del tetto

Per tetti rovesci con una pendenza superiore al 2% sono idonei tutti i normali materiali impermeabilizzanti:

- manti bituminosi per tetto,
- manti bituminosi modificati con materiale sintetico,
- manti di materiale sintetico e
- membrane di alti polimeri.

I tetti rovesci con una pendenza minore del 2% corrispondono a costruzioni speciali e richiedono misure preventive particolari per ridurre i rischi collegati all'acqua stagnante. Per questa ragione, ad esempio, nel caso di impermeabilizzazioni bituminose si devono applicare sotto allo strato superiore formato da manti bituminosi polimerici o un altro strato bituminoso polimerico o due strati bituminosi. Se l'impermeabilizzazione del tetto è formata da manti in materiale sintetico, è necessario scegliere strati più spessi.

Si consiglia in ogni caso di consultare le disposizioni per la lavorazione redatte dal produttore e le direttive per tetti piani in vigore.

#### Avvertenza:

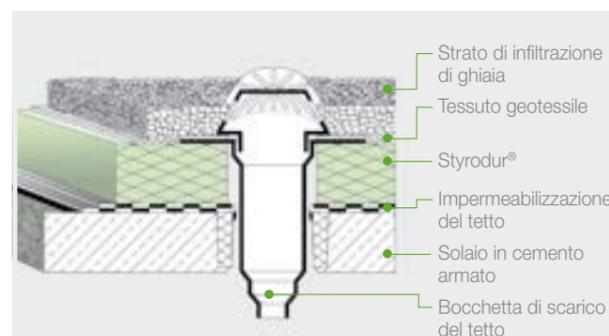
Le impermeabilizzazioni a base di catrame o a base di sostanze contenenti solventi non sono idonee per tetti rovesci con Styrodur®.

### 3.3 Drenaggio del tetto

Dato che il sistema implica una copertura del tetto disposta sotto allo strato isolante, il deflusso dell'acqua avviene sopra e sotto alle lastre isolanti. Per questa ragione è necessaria una bocchetta di scarico del tetto con due piani di drenaggio (Fig. 9). Le condizioni per l'inserimento a regola d'arte delle bocchette di scarico del tetto devono essere specificate già in fase di progettazione. Si deve evitare che le lastre di Styrodur®, in seguito all'installazione ad un'altezza eccessiva delle bocchette di scarico restino permanentemente sommerse dall'acqua. In base alla destinazione d'uso, per i tetti rovesci sono necessarie le bocchette di scarico, il cui diametro è indicato nella **tabella 4** per m<sup>2</sup> di superficie del tetto.

**Tabella 4:** Diametro delle bocchette di scarico in base alla destinazione d'uso e alla superficie del tetto piano

Diametro tubo in mm	Superficie tetto in m <sup>2</sup> per i diversi tipi di tetto		
	Tetto piano	Tetto a ghiaia	Tetto verde
70	70	115	190
100	190	300	500
125	340	550	900



**Fig. 9:** Bocchetta di scarico con due piani di drenaggio dell'acqua per il drenaggio della superficie del tetto sopra e sotto allo strato isolante.



# Istruzioni per l'uso

### 3.4 Strato termoisolante

Per evitare la formazione di ponti termici, per il tetto rovescio si consiglia l'utilizzo di lastre di Styrodur® con battentatura perimetrale. Devono essere posate in un unico strato, ben accostate, allineate a giunti sfalsati (nessun giunto incrociato). Per la giunzione di velette o di elementi in muratura verticali le lastre di Styrodur®, nel caso di impermeabilizzazioni bituminose, si devono adattare al pannello triangolare isolante inserito.

Questo consente una posa del materiale isolante priva di ponti termici. Dato che le lastre isolanti non sono accoppiate all'impermeabilizzazione del tetto, strato isolante e impermeabilizzazione non si condizionano nel caso di variazioni termiche longitudinali.

L'esperienza pratica ha dimostrato che lo strato isolante deve essere posato in un unico strato. Nel caso di posa a due strati, tra le lastre isolanti si può formare una lamina d'acqua che agisce da barriera vapore. La fuoriuscita del flusso di vapore acqueo dalla lastra inferiore verrebbe ostacolata con conseguente aumento dell'umidità nel materiale isolante.

In casi particolari è possibile procedere all'incollaggio a punti delle lastre di Styrodur® sull'impermeabilizzazione. Nel caso di impermeabilizzazione bituminosa questo si realizza, ad esempio, con bitume soffiato o con conglomerati bituminosi a freddo.

Lo strato isolante composto dalle lastre di Styrodur® è calpestabile e carrabile. Per il trasporto su superfici isolate sono adatte cariole con pneumatici. Le lastre isolanti di Styrodur® non sono resistenti a solventi o a sostanze contenenti solventi.



**Fig. 10:** Bocchetta di scarico del tetto.

#### Avvertenza:

Se Styrodur® viene utilizzato sotto ad impermeabilizzazioni come, ad esempio, manti per tetto, teli o tappeti protettivi, con le temperature estive a causa dell'assorbimento delle radiazioni solari possono avere luogo surriscaldamenti in grado di deformare le lastre di Styrodur®. Per questa ragione si deve applicare con cura lo strato protettivo secondo quanto disposto dalle direttive per tetti piani.

Le lastre di Styrodur® possono essere conservate per alcune settimane all'aperto senza alcuna protezione contro gli agenti atmosferici perché pioggia, neve e gelo non possono danneggiare lo Styrodur®. Ove fosse prevista una conservazione più lunga in loco, le lastre di Styrodur® devono essere coperte con teli di plastica di colore chiaro opaco per proteggerle dai raggi solari. I teli trasparenti o di colore scuro non sono idonei perché sotto a questo tipo di coperture possono insorgere temperature elevate.

### 3.5 Strato protettivo

Nel caso della struttura del tetto rovescio, come già descritto, l'isolamento termico in Styrodur® si trova sempre sopra all'impermeabilizzazione del tetto. Il materiale isolante viene quindi esposto tutto l'anno all'azione diretta degli agenti atmosferici. Le catene polimeriche dell'espanso rigido a cellule chiuse non sono permanentemente resistenti ai raggi UV. Per questa ragione nel caso di tetto rovescio è sempre necessario uno strato protettivo sopra al materiale isolante. Lo strato protettivo ha quattro funzioni:

- la protezione delle lastre isolanti dai raggi UV diretti,
- la protezione della struttura stratiforme del tetto dal sollevamento dovuto alla forza aspirante del vento,
- la resistenza all'incendio causato da scintille e calore irradiato (copertura rigida) e
- la protezione delle lastre isolanti dal galleggiamento.

Lo strato protettivo di norma è costituito da ghiaia. Tuttavia, può al contempo corrispondere anche allo strato praticabile se svolge la funzione di rinverdimento del tetto, rivestimento della terrazza e sistema per tetto adibito a parcheggio. Lo strato protettivo in base alla destinazione d'uso è costituito da materiali diversi.



**Fig. 11:** Tetto rovescio con riporto di ghiaia.



# Varianti di esecuzione

## 4. Varianti di esecuzione

### 4.1 Tetto rovescio a ghiaia

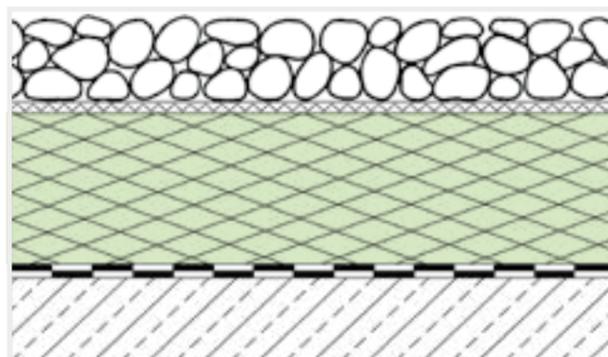


Fig. 12: Esecuzione del tetto rovescio a ghiaia

Nel caso di tetto rovescio a ghiaia, la funzione dello strato protettivo è svolta da un riporto di ghiaia composto da ghiaia rotonda, lavata, con Ø 16/32 mm. Lo spessore dello strato di ghiaia corrisponde al rispettivo spessore dello strato isolante. In caso di necessità la ghiaia può essere ricoperta con uno stabilizzante per ghiaia che però non deve formare una pellicola sigillante sulle lastre di Styrodur®. Se gli spessori del materiale isolante sono superiori a 50 mm e viene inserito un telo di

Tabella 5: Protezione delle lastre di Styrodur® contro il galleggiamento

Spessore strato isolante in mm	Strato di ghiaia in mm	
	senza telo	con telo
30-50	50	50
60	60	50
80	80	50
100	100	50
120	120	50

Tabella 6: Protezione della struttura del tetto contro la forza aspirante del vento

Altezza della grondaia dal terreno	Forza aspirante vento	Zona del bordo di almeno 1,00 m (b = larghezza del tetto piano)	Forza aspirante vento	Superficie residua
0 - 8 m	≥ 1,0 kN/m²	≥ 60 mm Strato di ghiaia	≥ 0,5 kN/m²	≥ 50 mm Strato di ghiaia
> 8 - 20 m	≥ 1,6 kN/m²	≥ 90 mm Strato di ghiaia o rivestimento lastricato 350 x 350 x 60 mm; Strato di ghiaia su letto di ghiaia a granulometria fine (8/16) o su supporto di rialzo	≥ 0,6 kN/m²	≥ 50 mm Strato di ghiaia
> 20 - 100 m	≥ 2,0 kN/m²	≥ 120 mm Strato di ghiaia o rivestimento lastricato 500 x 500 x 80 mm; Strato di ghiaia su letto di x 80 mm ghiaia a granulometria fine (8/16) o su supporto di rialzo	≥ 0,8 kN/m²	≥ 50 mm Strato di ghiaia

materiale sintetico, questa soluzione può essere sufficiente per ridurre la zavorra di ghiaia a 50 mm, anche nel caso di strati di materiale isolante essenzialmente più spessi (tabella 5).

Un telo permeabile al vapore (ma impermeabile all'acqua) e non putrescibile tra strato isolante e strato protettivo di ghiaia preserva l'impermeabilizzazione del tetto evitando i danni prodotti dalle frazioni fini della ghiaia. Allo stesso tempo, grazie alla zavorra di ghiaia, si evita lo spostamento e il disallineamento delle singole lastre di Styrodur® a causa del galleggiamento e della forza aspirante del vento. In nessun caso è possibile installare un telo impermeabile di plastica o un foglio di PE come strato impermeabile. L'effetto di barriera vapore di questi rivestimenti comporterebbe l'assorbimento di acqua da parte dello strato isolante sottostante.

Dopo ogni precipitazione piovosa sull'impermeabilizzazione del tetto rimane un po' di acqua. Questa deve sempre evaporare all'aria. A tale scopo è necessario uno scarico aperto attraverso giunti delle lastre di Styrodur® e la diffusione diretta attraverso il materiale isolante. Questo principio è anche alla base della regola principale del sistema del tetto rovescio secondo cui sopra al materiale isolante deve trovarsi sempre uno strato permeabile.

La protezione antivento deve essere realizzata secondo l'omologazione del DIBt N. Z-23.4-222. La tabella 6 riporta una sintesi delle zavorre necessarie.

Le costruzioni in posizioni geograficamente esposte come, ad esempio, il dorso di una montagna o pendii con raffiche di vento molto forti, possono richiedere zavorre chiaramente più pesanti rispetto a quelle indicate nella tabella 6. Lo stesso vale per aree urbane con edifici elevati isolati in prossimità dei quali possono formarsi forti correnti d'aria con velocità del vento elevate.

Le superfici del tetto, che di norma sono calpestate a causa di interventi di manutenzione (pulizia del camino, ispezioni al sistema di ventilazione), dovrebbero essere lastricate nella zona di passaggio.



# Varianti di esecuzione

### 4.2 Tetto-duo

Il tetto-duo rappresenta una variante del tetto rovescio da preferire qualora si impongano requisiti particolarmente elevati per il coefficiente di trasmittanza termica (valore U) del tetto e non si raggiunga lo spessore richiesto con uno strato di materiale isolante. Nel caso di questa variante lo strato isolante di Styrodur® si trova sia sotto che sopra all'impermeabilizzazione del tetto.

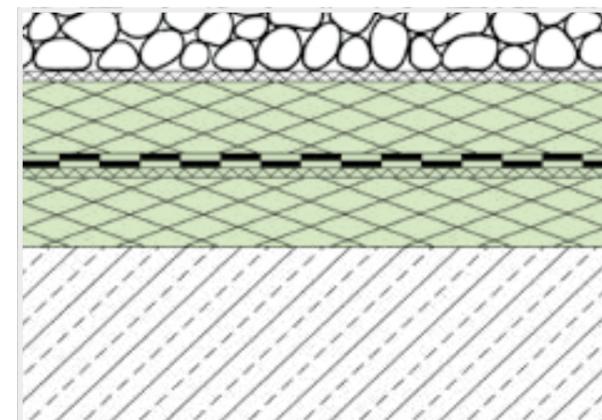


Fig. 13: Realizzazione del tetto-duo.

Non occorre uno strato di separazione sul solaio in cemento armato. In base alle condizioni climatiche talvolta può anche non essere necessaria la barriera vapore.

Il tetto-duo, rispetto al tetto rovescio normale, presenta il vantaggio di uno spessore ridotto dello strato isolante poiché in questo caso, secondo l'omologazione, non si deve considerare nessun incremento del coefficiente ΔU.



Fig. 14: Posa di Styrodur® per tetto-duo.



Fig. 15: Isolamento della veletta con Styrodur®.



Fig. 16: Posa di Styrodur® sopra all'impermeabilizzazione del tetto.



## Varianti di esecuzione

### 4.3 Tetto-plus

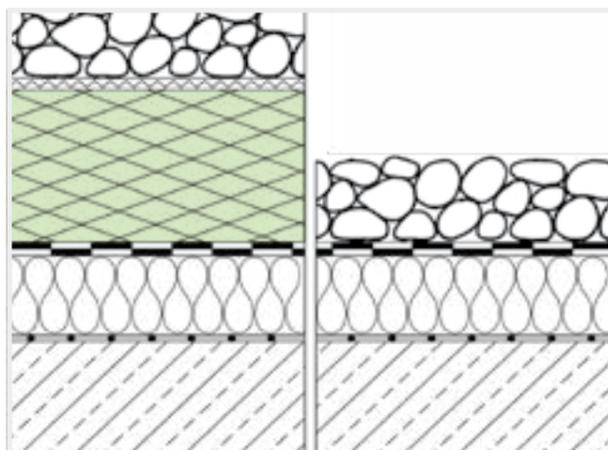


Fig. 17: A sinistra nuova struttura di un tetto plus, a destra vecchia struttura del tetto caldo.

La struttura del tetto-plus è perfetta per adattare un tetto caldo già esistente e non sufficientemente isolato agli standard attuali di isolamento termico. Per trasformare un vecchio tetto caldo inghiaiato in un tetto plus con Styrodur® sono necessari i seguenti interventi:

- Per prima cosa lo strato di ghiaia presente viene messa da parte, procedendo a tratti, e depositato sul tetto. In tale contesto si devono rispettare i requisiti statici.
- Successivamente viene verificata la presenza di punti permeabili nell'impermeabilizzazione del tetto e, se necessario, si procede alla riparazione.
- Analogamente si devono controllare i collegamenti agli elementi verticali della muratura, lucernari a cupola, bocchettoni di ventilazione e converse perimetrali del tetto.
- L'altezza dei collegamenti agli elementi strutturali verticali deve essere di 15 cm sopra al bordo superiore del riporto di ghiaia; nel caso di converse perimetrali del tetto questa misura si riduce a un minimo di 10 cm. Se necessario si deve rialzare la giunzione.
- Poi si devono posare le lastre di Styrodur® e si devono ricoprire con un tessuto geotessile. Infine, è possibile applicare nuovamente la ghiaia stoccata provvisoriamente. Con questa tecnica si prosegue la lavorazione a tratti finché l'intera superficie del tetto è risanata energeticamente.

Se la capacità portante del solaio in cemento armato lo consente, un tetto caldo da risanare può anche essere trasformato in un tetto rovescio verde. L'impermeabilizzazione del tetto, resistente alla penetrazione delle radici, deve tuttavia essere controllata per rilevare punti permeabili ed eventualmente essere rinforzata con un altro strato.



Fig. 18: Tetto rovescio risanato come struttura di tetto-plus.



Fig. 19: Tetto a ghiaia.



## Varianti di esecuzione

### 4.4 Tetto verde

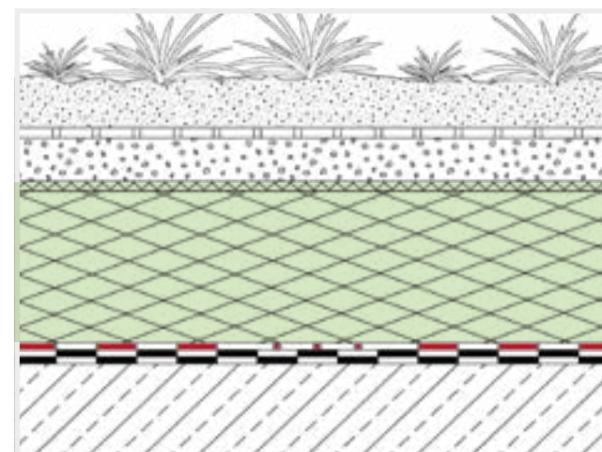


Fig. 20: Esecuzione del tetto verde.

Qualora esista la struttura regolare di un tetto rovescio, cioè quando sopra al materiale termoisolante si trova uno strato permeabile, è possibile realizzare una struttura di tetto verde con superfici umide, sentieri e piazzole.

Rispetto alla struttura del tetto caldo, quella di un tetto rovescio verde offre parecchi vantaggi. L'isolamento termico protegge in ogni momento l'impermeabilizzazione del tetto, resistente alla penetrazione delle radici, dalle sollecitazioni termiche. In particolare durante la fase di costruzione, il sistema isolante offre una protezione affidabile contro le azioni meccaniche che danneggiano rapidamente l'impermeabilizzazione e la guaina anti-radici. Anche durante la fase di utilizzo lo spesso strato isolante

ricopre come una guaina protettiva l'impermeabilizzazione del tetto preservandola anche quando si utilizza un rastrello o altri attrezzi per gli interventi di rinverdimento.

Nel caso di un tetto rovescio verde, inoltre, gli interventi per l'esecuzione possono avvenire separatamente. L'azienda che impermeabilizza il tetto si occupa dell'impermeabilizzazione e dell'isolamento termico mentre il giardiniere si occupa del substrato e del rinverdimento. In questo modo si semplifica sia il collaudo dei lavori di costruzione che la relativa garanzia. Spesso le imprese del settore forniscono i tetti verdi come sistema globale.

È noto che nel tetto rovescio il materiale isolante delle lastre in espanso estruso non può essere sommerso permanentemente dall'acqua piovana. L'irrigazione a raccolta di un tetto rovescio verde impone la seguente riflessione: per soddisfare il principio fisico-costruttivo del tetto rovescio, tra il piano di raccolta dell'acqua e le lastre di Styrodur® deve trovarsi uno strato permeabile.



Fig. 21: Con un tetto verde su Styrodur® si possono realizzare zone paesaggistiche urbane vive.

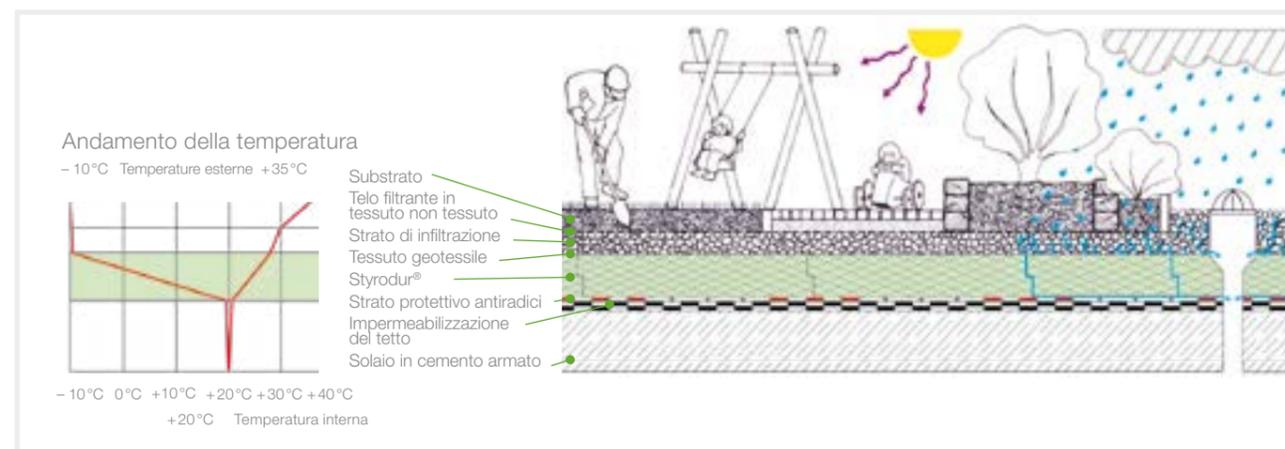


Fig. 22: Sollecitazione di un tetto verde.



## Varianti di esecuzione

Questo può essere costituito, ad esempio, da lastre preformate di EPS Styropor® (Fig. 23). La forma simile a quella dei cartoni per uova permette di raccogliere l'acqua piovana sul lato superiore e di convogliare l'acqua in eccesso lungo le intercapedini sul lato inferiore.

Un'altra variante, illustrata nella figura 24, propone un tetto a terrazza rinverdito e calpestabile. In questo tipo di tetto sopra all'isolamento termico in Styrodur® si trova un telo in tessuto non tessuto sopra al quale è posizionato uno strato drenante. Questo strato drenante devia l'acqua piovana in eccesso e fornisce alle lastre in espanso estruso un manto permeabile nella parte superiore. Sopra allo strato drenante di ghiaia è possibile variare a piacere l'altra struttura. Su parte del tetto può essere costruita una vasca per l'acqua con fogli saldati. Altre zone possono essere dotate di un rivestimento per terrazze su un sottofondo di sabbia con telo filtrante in tessuto non tessuto o di telo filtrante e substrato vegetale per il rinverdimento del tetto.



Fig. 23: Lastre preformate di EPS Styropor® per la ritenzione dell'acqua e il drenaggio di un tetto rovescio verde con Styrodur®.

Sostanzialmente il progettista deve fare in modo che la struttura del tetto possa supportare il peso del substrato bagnato e il carico crescente delle piante prodotto dalla loro crescita. Le lastre termoisolanti utilizzate nel tetto rovescio, in base al tipo di materiale impiegato, presentano sollecitazioni a compressione continue consentite da 130, 180 o 250 kPa, equivalenti ad un carico tra 13, 18 o 25 tonnellate per metro quadrato.

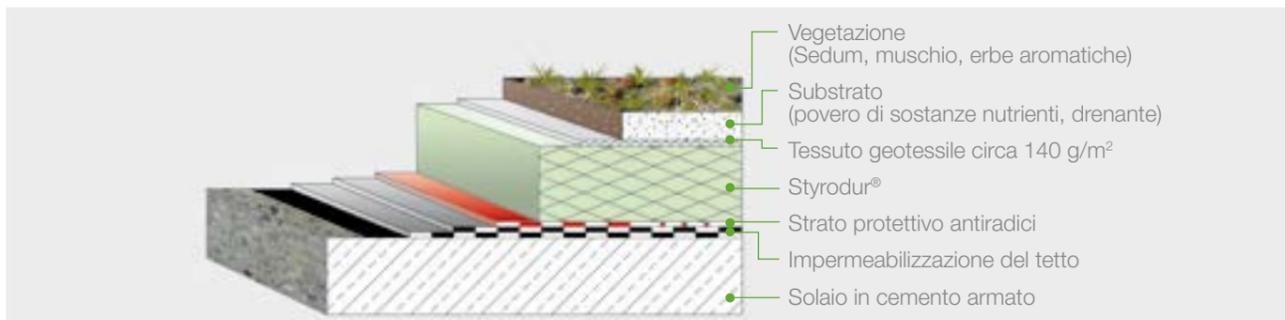


Fig. 25: sezione di un tetto rovescio rinverdito estensivamente.



Fig. 24: Tetto a terrazza rinverdito e calpestabile con irrigazione a raccolta in stagni artificiali su una struttura di tetto rovescio con strato drenante di ghiaia su tutta la superficie.

### Rinverdimento estensivo del tetto

Un rinverdimento estensivo (Fig. 25) richiede interventi di manutenzione minimi – sono sufficienti da uno a due controlli all'anno.

L'irrigazione e l'apporto di sostanze nutritive avviene per lo più tramite processi naturali.

Solo durante la fase di crescita le piante richiedono un'irrigazione supplementare. Un rinverdimento estensivo comprende esclusivamente piante resistenti alla siccità che si adattano particolarmente bene a condizioni locali estreme e in grado di rigenerarsi senza problemi, anche piante basse (altezza di crescita fino ad un massimo di 15 cm). Lo spessore del substrato misura normalmente dai 6 ai 16 cm.

Nel caso di rinverdimenti estensivi il substrato viene prosciugato dallo strato drenante sottostante. Tra i due strati si deve posizionare un telo filtrante in tessuto non tessuto. Le diverse imprese che si occupano di rinverdimenti di tetti offrono anche substrati che svolgono la funzione sia di terreno di coltura fertile per le piante che di strato drenante per eliminare l'acqua in eccesso grazie alla loro granulometria. Spesso questi riporti di substrato bifunzionali contengono argilla o scisto espansi.



## Varianti di esecuzione

Generalmente è compito del progettista adattare le proprietà delle miscele per il substrato ai tipi di piante previsti e alle loro caratteristiche fisiche già in fase di progettazione.



Fig. 26: Posa di lastre di Styrodur® sotto a rinverdimento estensivo del tetto.

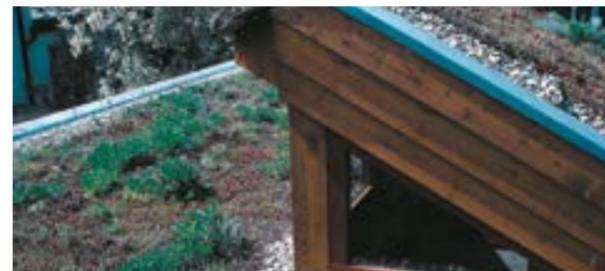


Fig. 27: Rinverdimento estensivo del tetto con piante resistenti alla siccità.

### Rinverdimento intensivo del tetto

Questo tipo di interventi sul tetto (Fig. 28) si può suddividere in rinverdimento intensivo semplice e in rinverdimento intensivo complesso. I rinverdimenti intensivi semplici richiedono moderati interventi di manutenzione. Per l'utilizzo e la disposizione si deve partire da piante con esigenze limitate per quanto concerne la struttura degli strati nonché l'apporto di acqua e di sostanze nutritive. Sono idonee graminacee, piante erbacee e arbusti con altezza fino a 1,5 m.

I rinverdimenti intensivi complessi, invece, devono essere progettati con cura e richiedono interventi regolari di manutenzione eseguiti da un giardiniere quali irrigazione, concimazione, taglio ed estirpazione delle erbacce. Lo spessore del substrato, in base alla destinazione d'uso, di norma va dai dieci ai sedici centimetri. La crescita normalmente raggiunge un'altezza massima di tre metri. Per quanto riguarda l'utilizzo e la disposizione di questi tetti difficilmente si impongono limiti.

Per la coltivazione sono adatte piante del rinverdimento estensivo e di quello intensivo semplice, prati ornamentali, piante erbacee rigogliose e arbusti tra i due e i sei metri di altezza nonché alberi piccoli e grandi. Per preservare a lungo la funzionalità di un tetto rovescio rinverdito, con coltivazione intensiva o estensiva, si devono osservare i punti stabiliti per ogni strato funzionale.



Fig. 28: Tetto rovescio rinverdito intensivamente.

### Protezione antiradici dell'impermeabilizzazione del tetto

Nel caso di tetti rinverditi le radici, seguendo l'acqua, penetrano fino al manto impermeabilizzante. Per evitare che penetrino all'interno dell'impermeabilizzazione, danneggiandola, si dovrebbero utilizzare solo guaine impermeabilizzanti per tetti la cui resistenza alle radici sia certificata.

Nel caso di tetto rovescio verde la guaina protettiva antiradici non può assolutamente essere posata sopra alle lastre termoisolanti di polistirene espanso estruso. In questa posizione agirebbe da barriera vapore sul lato sbagliato e comporterebbe un aumento dell'umidità nel materiale isolante.

### Strato filtrante e strato di filtrazione = drenaggio

Lo strato vegetativo di un tetto verde dovrebbe, ove possibile, essere in grado di immagazzinare molta acqua in modo da garantire un apporto d'acqua sufficiente alle piante durante un successivo periodo di siccità. L'acqua in eccesso, invece, deve essere deviata attraverso uno strato di filtrazione verso il tubo di drenaggio e/o un pozzetto di raccolta sul tetto. Lo strato di filtrazione è parte integrante dello strato drenante. Affinché dal substrato vegetale non penetrino granulometrie fini nello strato di filtrazione depositandosi, tra il substrato e lo strato di filtrazione si deve inserire un telo filtrante in tessuto non tessuto. In genere si utilizzano teli in fibre sintetiche di polipropilene e poliestere con un peso superficiale di circa 140 g/m². I teli in fibra di vetro non sono adatti poiché vengono attaccati dall'alcalinità del terreno e dell'acqua.



## Varianti di esecuzione

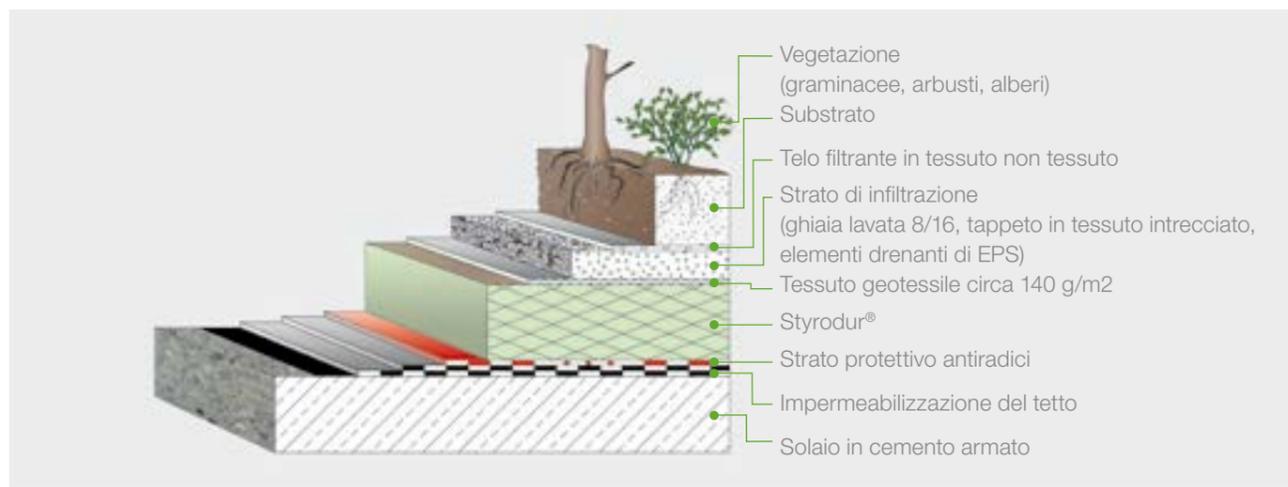


Fig. 29: Sezione di un tetto rovescio con rinverdimento intensivo.

### Le funzioni dello strato filtrante nel tetto rovescio

L'acqua in eccesso, che non può essere immagazzinata dallo strato vegetativo, viene assorbita dallo strato drenante e conformemente all'inclinazione del tetto viene trasportata orizzontalmente verso un tubo drenante o a una bocchetta di scarico del tetto (Fig. 30).



Fig. 30: Disposizione degli strati di un tetto rovescio verde con strato drenante per l'assorbimento superficiale dell'acqua e in alternativa con tubo drenante.

Tuttavia, nel caso di tetto rovescio, lo strato di infiltrazione non deve solo deviare l'acqua piovana ma deve garantire anche la permeabilità al vapore sopra al materiale isolante. Il vapore acqueo che si diffonde attraverso lo strato termoisolante, a causa della pressione parzialmente ridotta del vapore stesso, deve fuoriuscire e condensarsi nello strato di infiltrazione. Questa condensa, in determinate condizioni climatiche presenti nella struttura stratificata del tetto verde, può rappresentare un vantaggio per il substrato e di conseguenza per le piante. Qualora il substrato sia saturo e non sia più in grado di assorbire la condensa, questa viene trasportata al pozzetto di raccolta o si de-

posita nuovamente sull'impermeabilizzazione del tetto da dove rientra un'altra volta nel ciclo di diffusione e condensazione. Lo strato drenante deve sopportare la compressione derivante dal peso del substrato vegetale sovrastante, dalle varie strutture presenti nonché dal carico mobile durante l'utilizzo come, ad esempio, nel caso di un tetto verde calpestabile. Questo strato dovrebbe essere il più possibile leggero al fine di non sollecitare inutilmente e ulteriormente la sottostruttura. Inoltre, deve essere resistente al gelo e alla putrescibilità. I seguenti materiali sono idonei ad essere utilizzati per lo strato di infiltrazione:

### Blocchi drenanti di calcestruzzo

I blocchi drenanti di calcestruzzo sono adatti solo nel caso di substrati vegetali di notevole spessore. Sostanzialmente si adattano solo limitatamente ai rinverdimenti dei tetti, poiché in certe circostanze possono comportare danni all'edificio. La continua caduta di acqua dilava la calce dal corpo drenante in calcestruzzo che può depositarsi sotto forma di idrato di calce nelle bocchette di scarico del tetto e nei canali della grondaia. Ne risultano sedimentazioni che possono ostruire completamente le bocchette di scarico.

### Materiale sciolto (ad esempio ghiaia, argilla espansa, lava espansa)

In modo particolare nel caso di rinverdimenti estensivi con substrati molto sottili, gli strati di infiltrazione in ghiaia rappresentano spesso l'unica possibilità di ottenere la zavorra prescritta di 100 kg/m<sup>2</sup>. Nel caso di rinverdimento intensivo con substrati molto spessi, invece, si devono prediligere strati di infiltrazione in argilla espansa o lava espansa per il loro peso ridotto rispetto agli strati di ghiaia.

Particolarmente leggeri sono gli strati di infiltrazione costituiti da materiali espansi, lastre drenanti in EPS o tappeti in tessuto sintetico intrecciato (ad esempio di polipropilene). Sono idonei anche i prodotti riciclabili sotto forma di tappeti di plastica o in espanso. Gli strati di infiltrazione citati, da un punto di vista tec-



## Varianti di esecuzione

nico, corrispondono già a strati drenanti completi. Nel caso di tessuto intrecciato in polipropilene sul lato superiore e inferiore viene applicato un telo filtrante stabile in modo che l'unità che compone l'elemento drenante sia costituita da un tappeto. Le lastre drenanti in EPS di norma non richiedono rivestimenti con teli in tessuto non tessuto poiché la struttura espansa è stabile e filtrante. In questo modo soddisfano ugualmente i requisiti stabiliti per strati di infiltrazione e strati filtranti.

Nel caso di elementi drenanti di materiale sintetico si deve considerare che la sollecitazione prolungata prodotta dallo strato vegetativo, inclusi i carichi mobili, può comportare nel corso del tempo una riduzione degli spessori (schiacciamento). Nel caso di elementi drenanti deformabili, per verificare il deflusso di acqua, occorre adottare lo spessore dell'elemento risultante dopo cinquanta anni in base alla sollecitazione prevista. Per una sollecitazione, ad esempio, di 10 kN/m<sup>2</sup> di norma può essere stimata come sezione di deflusso solo il 60-80% dell'altezza originaria (Fig. 31). Per gli elementi drenanti prefabbricati in materiale sintetico i produttori hanno già redatto i relativi dati.

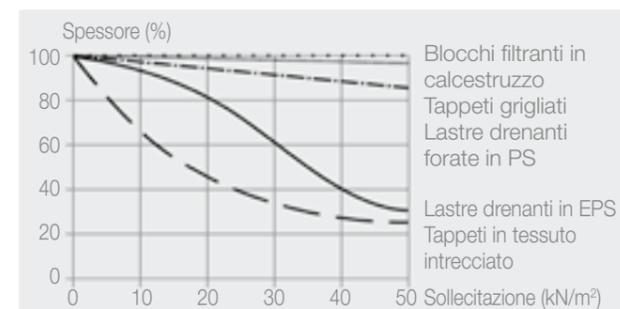


Fig. 31: Reazione all'invecchiamento di diversi elementi drenanti dopo 50 anni. Variazione degli spessori in base alla sollecitazione.

### Drenaggio e bocchette di scarico del tetto

Lo strato drenante deve ricoprire completamente tutta la superficie del tetto fino agli elementi strutturali adiacenti come parapetti o pareti verticali. Se le bocchette di scarico hanno un diametro superiore a 100 mm, superfici parziali, equivalenti al massimo a 150 m<sup>2</sup>, possono essere riunite in un'unica unità drenante. La superficie del tetto deve presentare complessivamente una pendenza minima del 3%.

Se le bocchette di scarico del tetto sono molto distanti tra loro, sussiste il pericolo che l'acqua in eccesso ristagni nello strato drenante. In questo caso si devono prevedere condotte di drenaggio. Le bocchette di scarico devono trovarsi a una distanza minima di un metro dagli elementi strutturali verticali al fine di garantire un'installazione perfetta. Nel caso di tetto rovescio solo le bocchette di scarico del tetto devono essere installate con almeno due livelli di drenaggio. Sia l'acqua proveniente dal livello sopra all'impermeabilizzazione del tetto che l'acqua

in eccesso dello strato drenante devono poter defluire senza ostacoli nel pozzetto di scarico. Lo stesso vale per l'acqua prodotta da forti precipitazioni piovose che cade sul terreno gelato.

Indipendentemente dalle dimensioni della superficie del tetto sono necessarie almeno due bocchette. Gli strati drenanti di ghiaia (Fig. 32 e 33) conducono direttamente alla bocchetta di scarico. Una striscia di ghiaia della larghezza di trenta centimetri posizionata a livello del substrato intorno alla bocchetta impedisce alle piante di invadere il pozzetto, evitando così problemi durante gli interventi di manutenzione.

I rinverdimenti intensivi con spessori elevati del substrato richiedono una bocchetta di scarico con pozzetto di controllo.

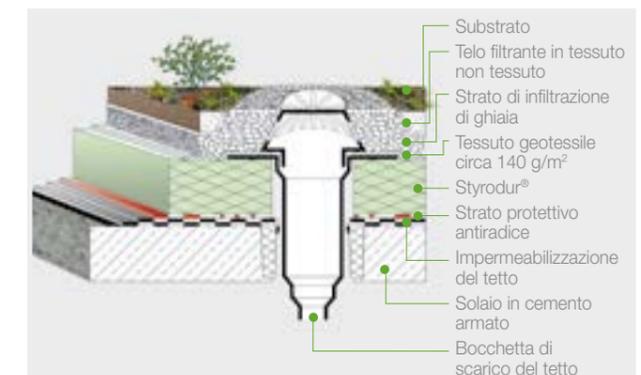


Fig. 32: Bocchetta di scarico di un tetto verde rovescio con uno strato di infiltrazione di ghiaia.

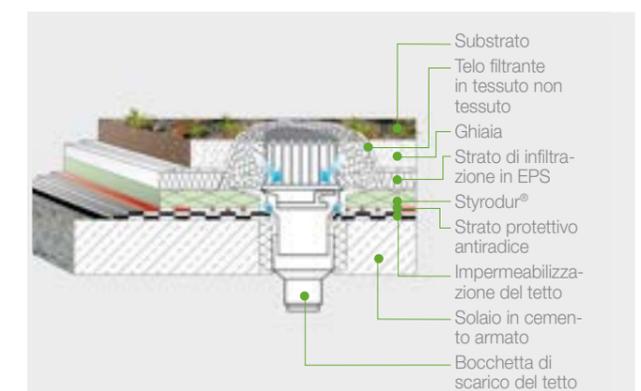


Fig. 33: Bocchetta di scarico di un tetto verde rovescio con uno strato di drenaggio in lastre drenanti di EPS.



## Varianti di esecuzione

È possibile collegare ai pozzetti di controllo costituiti da elementi preformati in calcestruzzo o materiale sintetico, senza un eccessivo incremento dei costi di intervento, delle condotte drenanti. Questi devono essere sempre accessibili per agevolare gli interventi di manutenzione ed eventualmente di pulizia (Fig. 34).

Quando i tetti verdi sono delimitati da facciate verticali, il progettista dovrebbe prevedere canali di gronda alla base della facciata in questione. I canali di gronda garantiscono il rapido e mirato deflusso dell'acqua piovana che si concentra sulle facciate, senza caricare ulteriormente d'acqua la struttura del tetto verde. Inoltre, le canaline di scolo posizionate in corrispondenza di finestre e porte di terrazzi consentono il deflusso dell'acqua stagnante prima che riesca a infiltrarsi attraverso le fughe (Fig. 35).

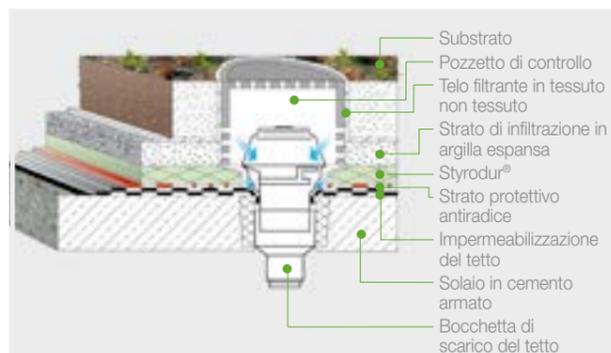


Fig. 34: Bocchetta di scarico del tetto con pozzetto di controllo nel caso di tetto rovescio con rinverdimento intensivo e uno strato di infiltrazione in argilla espansa.

### Substrato vegetale

La scelta e la composizione del substrato vegetale, anche denominato strato vegetativo, implicano una progettazione difficile e complessa che l'architetto dovrebbe affidare a uno specialista come, ad esempio, un architetto di giardini e del paesaggio o un giardiniere per tetti.

Gli obiettivi della tecnica vegetativa perseguiti scegliendo il metodo vegetativo e il tipo di vegetazione devono essere essenzialmente prepianificati allo stesso modo dei requisiti tecnico-costruttivi elencati in precedenza. Inoltre, si deve riflettere su come garantire a lungo la funzione del tetto verde e sull'entità della spesa per la sua realizzazione e manutenzione.

Non appena costruttore e progettista hanno stabilito queste condizioni, si deve passare alla scelta delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche nonché alla selezione delle sostanze necessarie alla crescita delle piante e al dimensionamento dello strato vegetativo. Il substrato a struttura stabile e altamente attraversabile dalle radici deve immagazzinare l'acqua di infiltrazione in quantità adeguata e integrare sufficiente aria per il rispettivo tipo di vegetazione.

### Protezione antivento e antierosione

Nel caso di rinverdimenti estensivi ed intensivi la struttura di rinverdimento svolge la funzione della copertura di ghiaia stabilizzata nell'omologazione per tetto rovescio che, tra l'altro, deve proteggere gli strati sottostanti dal sollevamento prodotto dall'azione aspirante del vento. Spesso il peso della struttura di rinverdimento non è sufficiente a contrastare la forza del vento nella zona perimetrale e negli angoli del tetto. In questo caso serve un'ulteriore zavorra di ghiaia/lastre di calcestruzzo o una combinazione di zavorra e fissaggio meccanico.

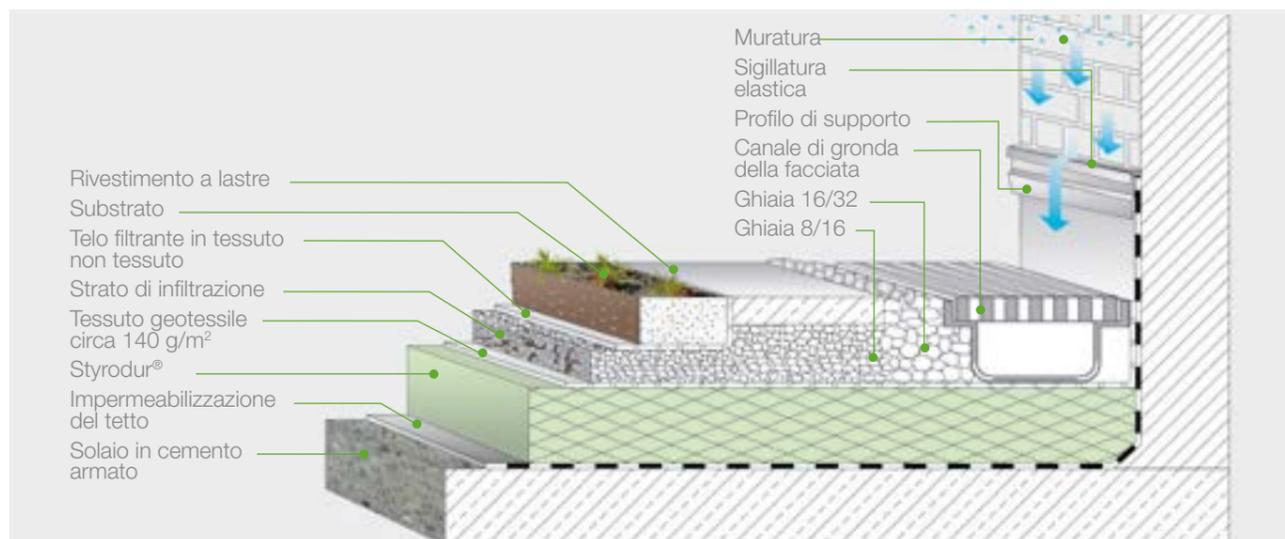


Fig. 35: Collegamento di tetto verde rovescio a una parete verticale con canale di gronda sulla facciata.



## Varianti di esecuzione

Per la determinazione del carico del vento si possono considerare le attuali norme tecniche per le costruzioni relative ai carichi e sovraccarichi. Una striscia di ghiaia lungo la veletta svolge, inoltre, la funzione di protezione antincendio e impedisce che il bordo del tetto sia invaso dalle piante. Nella (tabella 7) sono riportati gli spessori regolari degli strati e i carichi superficiali per tipi di vegetazione diversi in base alla normativa tedesca citata. I valori elencati possono variare notevolmente da un elemento all'altro. Durante la fase di messa a dimora e attecchimento il vento e le condizioni atmosferiche possono sollevare ed erodere i singoli strati della struttura del tetto verde. Questo pericolo può essere contrastato, ad esempio, con substrati vegetativi stabili con elevati carichi ipotetici.

Inoltre, è possibile migliorare la stabilità di posizione dei substrati vegetativi a struttura fine applicando pietra dura frantumata (pietrisco). Il rischio di erosione può essere ridotto, in modo estremamente semplice, con piante adatte alla posizione nonché tramite tipi di vegetazione e coltura con rapida copertura superficiale. Idrosemina e tappeti precoltivati riducono ulteriormente il rischio di erosione in posizioni particolarmente «esposte al vento».

Tabella 7: Spessori regolari degli strati e carichi superficiali dei diversi tipi di vegetazione

Tipi di vegetazione	Spessore dello strato vegetativo in cm	Spessore complessivo della struttura di rinverdimento in cm	Carico ipotetico		
			Con tappeto drenante da 2 cm	Con materiale sciolto da 4 cm*	kg/m <sup>2</sup>
<b>Rinverdimento estensivo, ridotti interventi e spese di manutenzione, senza irrigazione aggiuntiva</b>					
Rinverdimento con muschio e sedum	2 – 5	4 – 7	6 – 9	10	0,10
Rinverdimento con sedum, muschio, erbe aromatiche	5 – 8	7 – 10	9 – 12	10	0,10
Rinverdimento con sedum, graminacee, erbe aromatiche	8 – 12	10 – 14	12 – 16	10	0,10
Rinverdimento con graminacee, erbe aromatiche (prato asciutto)	≥ 15	≥ 17	≥ 19	10	0,10
<b>Rinverdimento estensivo semplice, media entità di interventi e spese di manutenzione, irrigazione periodica</b>					
Rinverdimento con graminacee, erbe aromatiche (tetto erboso, prato magro)	≥ 8	≥ 10	≥ 12	15	0,15
Rinverdimento con piante selvatiche, boschetto	≥ 8	≥ 10	≥ 12	10	0,10
Rinverdimento con piante erbacee, boschetto	≥ 10	≥ 12	≥ 14	15	0,15
Rinverdimento con boschetto	≥ 15	≥ 17	≥ 19	20	0,20
<b>Rinverdimento intensivo complesso, notevoli interventi e spese di manutenzione, irrigazione regolare</b>					
Prato inglese	≥ 8	≥ 2	≥ 10	5	0,05
Rinverdimento con piante erbacee e boschetto bassi	≥ 8	≥ 2	≥ 10	10	0,10
Rinverdimento con piante erbacee e boschetto di media altezza	≥ 15	≥ 10	≥ 25	20	0,20
Rinverdimento con piante erbacee e boschetto alti	≥ 25	≥ 10	≥ 35	30	0,30
Piantagioni di arbusti	≥ 35	≥ 15	≥ 50	40	0,40
Piantagioni di alberi	≥ 65	≥ 35	≥ 100	≥ 60	≥ 0,60

\* Per pendenza del tetto del 2 – 3 %; a partire da una pendenza del tetto del 3 % lo spessore dello strato può essere ridotto a 3 cm



## Varianti di esecuzione

### Protezione antincendio

I rinverdimenti intensivi sono considerati sufficientemente resistenti quando lo strato vegetativo minerale ha uno spessore minimo di tre centimetri, il tipo di vegetazione rappresenta un carico d'incendio ridotto e le piante sono sistemate a una distanza maggiore di 50 cm da elementi emergenti del tetto e da elementi strutturali verticali. Le strisce di separazione sono costituite da robuste lastre di calcestruzzo o da ghiaia grossa con granulometria di 16/32 mm (Fig. 36).

Per tutti gli edifici, anche le case a schiera, le pareti perimetrali, i muri tagliafuoco o le pareti ammesse al posto dei muri tagliafuoco a distanze di massimo quaranta metri devono portare il substrato ad almeno trenta centimetri sopra il bordo superiore.



Fig. 36: Strisce di ghiaia sul bordo del tetto e su elementi emergenti del tetto.

### 4.5 Tetto a terrazza

Nel caso di tetto a terrazza impermeabilizzazione ed isolamento termico vengono applicati come per il tetto rovescio rinverdito o a ghiaia.

Completa l'opera un rivestimento per terrazze stabile e sicuro formato da lastre di calcestruzzo lavato, mattonelle di ceramica prefabbricate, lastricati o strutture grigliate che vengono posati o su pietrisco o su supporti di rialzo. In questo modo tra l'isolamento termico e il rivestimento calpestabile si crea uno strato di stabilizzazione permeabile alla diffusione che garantisce la fuoriuscita senza problemi del vapore acqueo dal materiale isolante.

Se il rivestimento viene posato su un letto di pietrisco, è necessario proteggere le lastre termoisolanti di Styrodur® con un telo protettivo per l'irrigazione a scorrimento, affinché nessuna frazione di pietrisco possa finire nei giunti delle lastre e sotto alle lastre. Il geotessile è costituito da fibre di polipropilene o poliestere. Per il tetto rovescio sono adatti teli in tessuto non tessuto filtrante stabile e permeabile alla diffusione con un peso superficiale di circa 140 g/m<sup>2</sup>.

I fogli di PE non sono idonei perché non permeabili alla diffusione. Sul tessuto geotessile si trova uno strato di materiale di riporto spesso tre centimetri composto da pietrisco o ghiaia fine resistente al gelo, granulometria da 3 a 8 mm, sul quale viene posato il rivestimento calpestabile (Fig. 37 e 38).

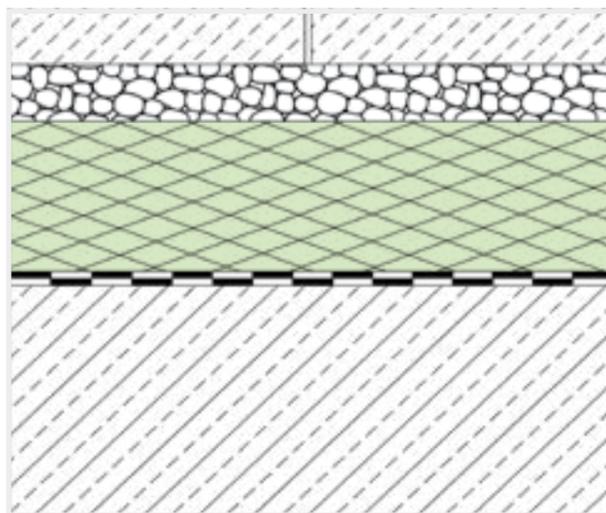


Fig. 37: Realizzazione del tetto a terrazza.

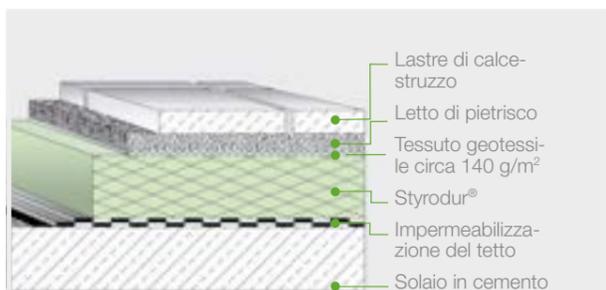


Fig. 38: Struttura di un tetto rovescio a terrazza con lastre in calcestruzzo su letto di pietrisco.



Fig. 39: Tetto rovescio a terrazza con Styrodur®. Posa delle lastre di calcestruzzo su letto di pietrisco.



## Varianti di esecuzione

### 4.6 Tetto adibito a parcheggio

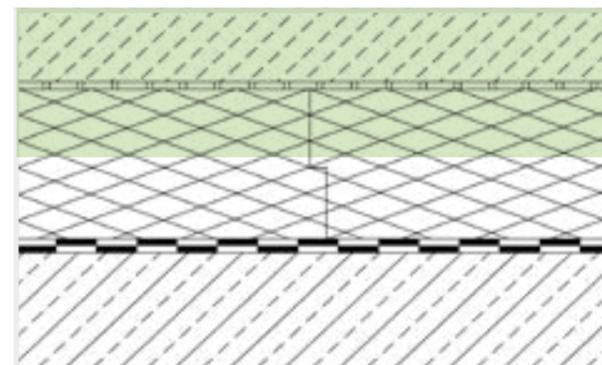


Fig. 40: Esecuzione del tetto parcheggio.

I tetti di edifici pubblici, supermercati e grandi magazzini nonché le coperture carrabili di cortili sopra le cantine sono sempre più utilizzati come tetti parcheggio. Per ridurre al massimo la dispersione termica verso l'esterno dalla zona sottostante riscaldata, il tetto adibito a parcheggio viene isolato con Styrodur® secondo il principio del tetto rovescio. Le lastre di Styrodur®, resistenti alla compressione, assorbono le sollecitazioni prodotte dai veicoli in fase di parcheggio o transito, sempre che siano osservate le seguenti istruzioni per l'esecuzione. La struttura della carreggiata può essere realizzata con diverse varianti secondo il principio del tetto rovescio.

La Fig. 41 mostra la struttura di un tetto parcheggio convenzionale con isolamento termico. Nel caso di questa costruzione, la copertura del tetto nella zona dei giunti tra le lastre di calcestruzzo è compromessa da sollecitazioni dinamiche prodotte dalle ruote in movimento. Nel caso una struttura di tetto rovescio, l'impermeabilizzazione è protetta da sollecitazioni dinamiche grazie allo strato isolante.

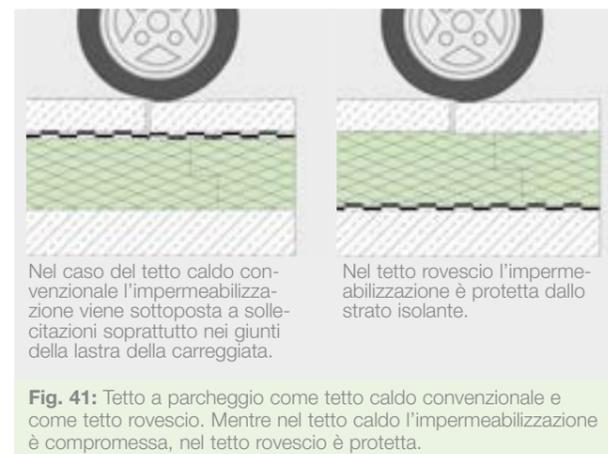


Fig. 41: Tetto a parcheggio come tetto caldo convenzionale e come tetto rovescio. Mentre nel tetto caldo l'impermeabilizzazione è compromessa, nel tetto rovescio è protetta.

La seconda variante di posa è rappresentata da lastre su supporti di rialzo in materiale sintetico resistente all'invecchiamento e agli agenti atmosferici. I supporti di rialzo si trovano nel punto di intersezione tra i giunti delle lastre della terrazza. Questi spessori garantiscono giunzioni uniformi. L'acqua viene convogliata sotto il rivestimento a lastre e defluisce sul materiale isolante.

L'acqua superficiale che fluisce attraverso i giunti aperti crea un certo effetto autopulente tra le lastre termoisolanti e il rivestimento calpestabile. Nonostante tale effetto, almeno una volta all'anno si dovrebbero sollevare alcune lastre del rivestimento e utilizzando un tubo con getto d'acqua in pressione eliminare i depositi di sporcizia.

### Variante 1: lastre in calcestruzzo di grande formato, rialzate

Sulle lastre di Styrodur®, ricoperte da un telo in materiale sintetico permeabile alla diffusione, vengono posate lastre prefabbricate armate in calcestruzzo (1500 x 2000 x 80 mm).

Tuttavia, negli angoli le lastre presentano uno spessore di 100 mm. Di conseguenza, sotto le lastre di calcestruzzo e sopra le lastre termoisolanti si crea un'intercapedine d'aria alta 20 mm attraverso la quale l'umidità può diffondersi (Fig. 42). Per evitare che le lastre di cemento armato inizino a spostarsi a causa del carico mobile, i fianchi sono dotati di paracolpi di gomma che trasmettono le risultanti forze orizzontali da una lastra all'altra.

Dato che il peso delle auto parcheggiate viene trasmesso, solo in alcuni punti, attraverso i supporti d'angolo delle lastre di calcestruzzo, anche nel caso di una superficie relativamente piccola, sulle lastre isolanti, è necessaria l'installazione di Styrodur® 5000 CS ad alta resistenza alla compressione. Per la posa delle lastre di grande formato non è possibile nessuna compensazione dell'altezza perciò i progettisti e gli esecutori devono fare attenzione affinché il solaio in cemento armato, inclusa l'impermeabilizzazione, non presenti difetti di planarità e le lastre isolanti poggino su tutta la superficie e siano in piano.

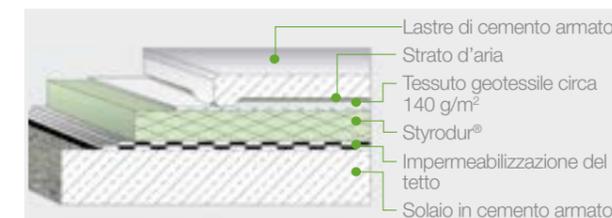


Fig. 42: Tetto a parcheggio con lastre di cemento armato di grande formato, rialzate.



## Varianti di esecuzione

### Variante 2: lastre di calcestruzzo di piccolo formato, rialzate

Il rivestimento di un tetto a parcheggio può anche essere costituito da lastre di calcestruzzo di piccolo formato (600 x 600 x 80 mm) appoggiate su supporti di rialzo al fine di garantire l'intercapedine d'aria necessaria per ragioni fisico-costruttive tra la parte superiore del materiale isolante e il rivestimento carrabile (Fig. 43 e 44). I supporti possono essere costituiti, ad esempio, da dischi speciali in materiale sintetico o da lastre in granulato di gomma.

Con i dischi di supporto in materiale sintetico adattati al rivestimento, l'altezza delle lastre della carreggiata può essere modificata sia in fase di costruzione che durante l'esercizio. Come per la variante 1, le crocette o i paracolpi di gomma sui bordi assicurano le lastre di calcestruzzo contro lo spostamento.

Le lastre di calcestruzzo prefabbricate in condizioni controllate dal produttore sono resistenti agli agenti atmosferici e ai sali disgelanti. L'alta qualità del calcestruzzo e delle soluzioni del sistema con elementi ad espansione conici testati e sperimentati nella pratica offrono un rivestimento carrabile che resiste orizzontalmente all'azione del vento e che può essere applicato indipendentemente dalle condizioni atmosferiche e in brevissimo tempo (Fig. 45).



Fig. 44: Lastre di calcestruzzo posate su Styrodur® utilizzando un sistema di supporti.



Fig. 45: Tetto a parcheggio con lastre di calcestruzzo su tetto rovescio con Styrodur®.

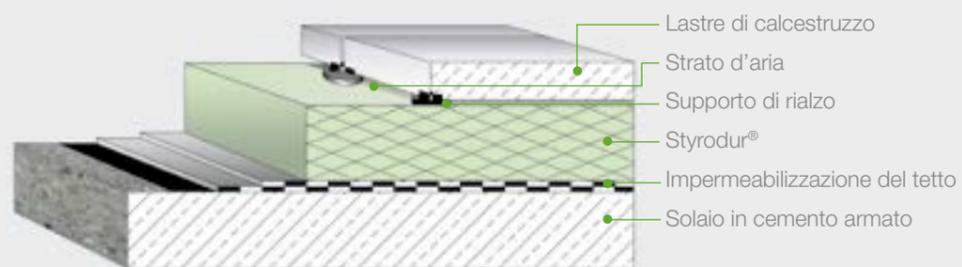


Fig. 43: Tetto a parcheggio con lastre di calcestruzzo di piccolo formato, rialzate.



## Varianti di esecuzione

### Variante 3: Tetto a parcheggio con autobloccanti

La struttura corrisponde fino al telo in fibra sintetica permeabile alla diffusione alle costruzioni descritte in precedenza. Come strato di sottofondo per gli autobloccanti si raccomanda del pietrisco resistente al gelo e a granulometria progressiva 2/5 mm. Dopo la battitura lo strato di sottofondo compattato dovrebbe presentare uno spessore di circa cinque centimetri. Il solaio in cemento armato deve già prevedere la pendenza necessaria > 2,5 %.

Tutti gli altri strati hanno spessore invariato e corrono parallelamente al solaio in cemento armato.

I rivestimenti idonei sono rappresentati da blocchi di calcestruzzo, klinker o lastre in pietra naturale. Gli autobloccanti si sono rivelati particolarmente vantaggiosi se dotati di uno spessore minimo di dieci centimetri (Fig. 46). La forma degli autobloccanti riveste un'importanza decisiva per la stabilità di posizione del rivestimento carrabile. I blocchetti dovrebbero far presa tra di loro e incastrarsi in modo tale che, se allineati durante la posa, impediscano, grazie alla loro geometria, l'apertura dei giunti parallelamente all'asse longitudinale e trasversale dell'allineamento (Fig. 47). I giunti tra gli autobloccanti



Fig. 47: Forme dei blocchi per superfici lastricate stabili.

devono essere riempiti con sabbia della granulometria 0/2 mm. Fino al completo consolidamento i rivestimenti lastricati devono continuamente essere sabbiati. Si è dimostrato particolarmente vantaggioso a questo scopo l'uso di sabbia prodotta dalla frantumazione della pietra naturale.

Per tetti adibiti a parcheggio con rivestimenti di autobloccanti è adatto esclusivamente Styrodur® 5000 CS. Solo questo tipo di lastra dispone, oltre alla resistenza alla compressione più che sufficiente per i carichi mobili in questione, anche della necessaria rigidità per evitare un'eccessiva deformazione non consentita durante il transito. Deformazioni elastiche maggiori del materiale isolante causerebbero il movimento verticale del rivestimento carrabile e comprometterebbero la stabilità di posizione dell'intera struttura.

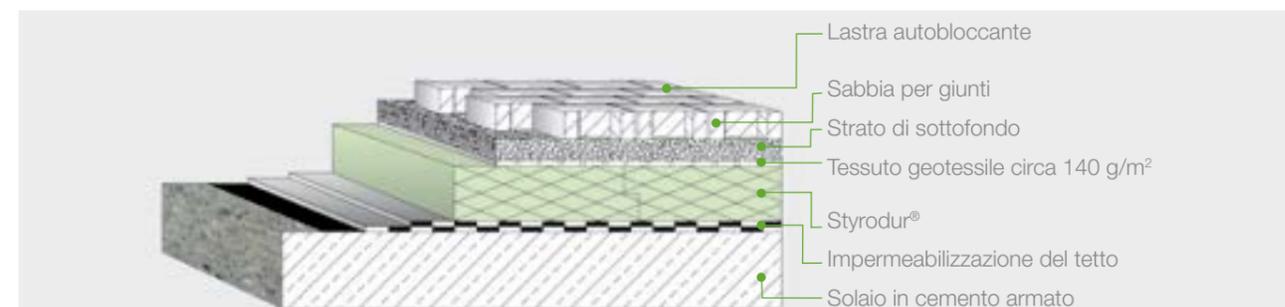


Fig. 46: Struttura di tetto parcheggio con lastre autobloccanti su uno strato di sottofondo.



Fig. 48: Posa allineata di una pavimentazione autobloccante con giunzioni in erba per un parcheggio sulla palestra della scuola.



Fig. 49: Pavimentazione autobloccante in calcestruzzo su Styrodur®.



## Varianti di esecuzione

### Variante 4: tetto parcheggio con rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera

La costruzione di tetti adibiti a parcheggio con rivestimenti carrabili in calcestruzzo gettato in opera su strutture di tetto rovescio rappresenta un metodo costruttivo raccomandabile per aree di parcheggio molto trafficate. Questa struttura speciale impone requisiti particolari per la progettazione e l'esecuzione.

La struttura principale di un tetto a parcheggio con rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera è rappresentata schematicamente nella Fig. 50. Sulla struttura portante del solaio vengono applicate in ordine: impermeabilizzazione del tetto, strato termoisolante in Styrodur®, strato di separazione e per ultimo il rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera.

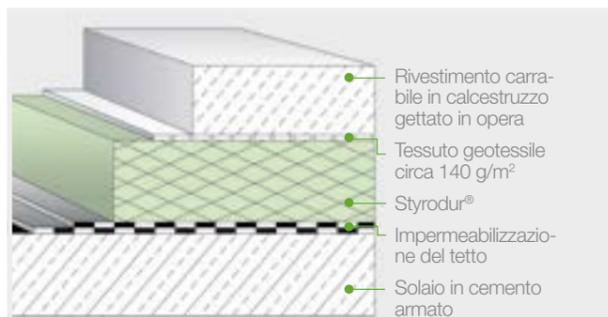


Fig. 50: Schizzo generale di un tetto parcheggio con rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera su una struttura di tetto rovescio con Styrodur®.

Nel caso di tetto rovescio classico, l'acqua piovana penetra sotto alle lastre isolanti. Questo non avviene nel caso di tetto parcheggio con rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera: mentre per il tetto rovescio normale l'isolamento termico ridotto si abbassa in modo calcolabile a causa dell'acqua piovana che defluisce sotto alle lastre isolanti, un tale fattore durante la prova dell'isolamento termico per rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera non è giustificato e non viene rilevato perché per questa variante l'acqua piovana defluisce completamente sul piano del rivestimento carrabile. In questo modo, decade il requisito stabilito per classiche strutture di tetto rovescio che impone di disporre uno strato permeabile alla diffusione direttamente sul materiale espanso estruso. Dato che l'acqua piovana non si infiltra sotto alle lastre isolanti, non si verifica nessun flusso di diffusione del vapore acqueo attraverso le lastre isolanti. L'impermeabilizzazione del tetto posizionata sotto allo strato isolante riduce notevolmente la diffusione del vapore acqueo dall'interno dell'edificio. In questo modo, all'interno dello strato isolante non si forma la condensa, perciò non è più necessario posizionare lo strato permeabile alla diffusione sopra al materiale isolante.

Senza dubbio progettisti ed esecutori devono lavorare con precisione per questo tipo di struttura speciale affinché l'acqua piovana defluisca sopra la superficie del rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera.

Inoltre, esistono alcune fondamentali istruzioni per la progettazione e l'esecuzione la cui osservanza è una condizione essenziale per il funzionamento duraturo e sicuro del tetto a parcheggio. Tuttavia tali istruzioni non pretendono di essere complete e generalmente valide poiché ogni singolo caso deve essere trattato dagli ingegneri specializzati come un compito indipendente ai fini della costruzione.

#### Costruzione del tetto:

- Le pendenze del solaio in cemento armato portante devono essere almeno del 2,5 %.
- L'impermeabilizzazione deve essere posata a contatto diretto con il solaio in cemento armato affinché, in caso di una perdita, l'acqua piovana non possa infiltrarsi sotto all'impermeabilizzazione. In questo modo è più facile scoprire il punto danneggiato sotto al rivestimento carrabile.
- La pendenza dell'impermeabilizzazione del tetto e quella del rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera devono essere assolutamente realizzate parallelamente con un'inclinazione minima del 2,5 %.

#### Drenaggio del tetto:

- Nei punti profondi devono essere installati pozzetti per il drenaggio del tetto (considerando le aree del tetto depresse).
- Devono essere installati pozzetti di scarico a due livelli affinché sia il piano del rivestimento carrabile che, in caso di danno, l'impermeabilizzazione possano essere drenati senza ristagno dell'acqua.
- I pozzetti devono essere sottoposti a regolari interventi di manutenzione e pulizia.
- Onde evitare il dilavamento del getto in calcestruzzo si consiglia di prevedere una tipologia adeguata di getto unitamente ad una posa in opera conforme a quanto previsto dal progettista e dalle migliori regole tecniche.



## Varianti di esecuzione

### Rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera:

- Lo spessore minimo del rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera deve essere di dodici centimetri.
- La qualità del calcestruzzo e la sua lavorazione devono essere armonizzate in modo che anche a lungo termine non si producano danni dovuti al gelo, agli agenti atmosferici e all'usura.
- La superficie del calcestruzzo deve essere resistente all'attrito e antisdruciolevole per il transito.
- Se necessario, le singole lastre di calcestruzzo gettato in opera, conformemente alle disposizioni del progettista della struttura portante, devono essere tassellate tra di loro. Il dimensionamento dell'armatura delle lastre deve avvenire secondo la teoria del sottofondo elastico.

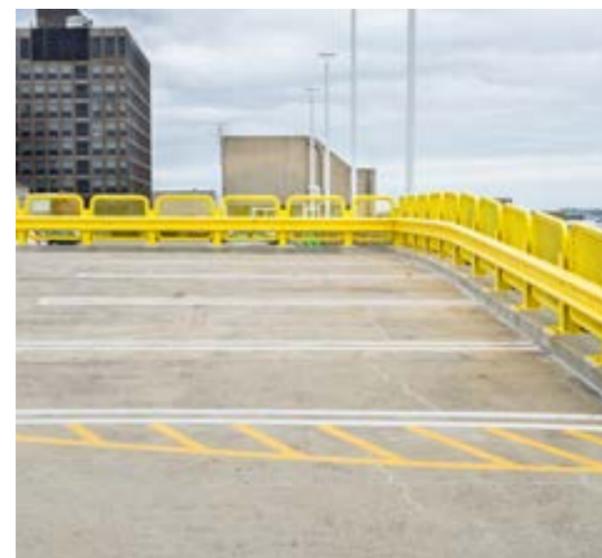


Fig. 51: Tetto a parcheggio con rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera

### Realizzazione dei giunti:

- I giunti devono essere disposti a distanze da 2,5 a 5 m.
- La progettazione e l'esecuzione di ripassature elastiche e impermeabili di lunga durata (su materiale di riempimento dei giunti) sono eseguite da specialisti del settore.

Dalla scelta dell'impermeabilizzazione dei giunti, dalla sua esecuzione e qualità dipende in modo determinante la durata della funzionalità come struttura speciale di un tetto parcheggio con rivestimento carrabile in calcestruzzo gettato in opera.

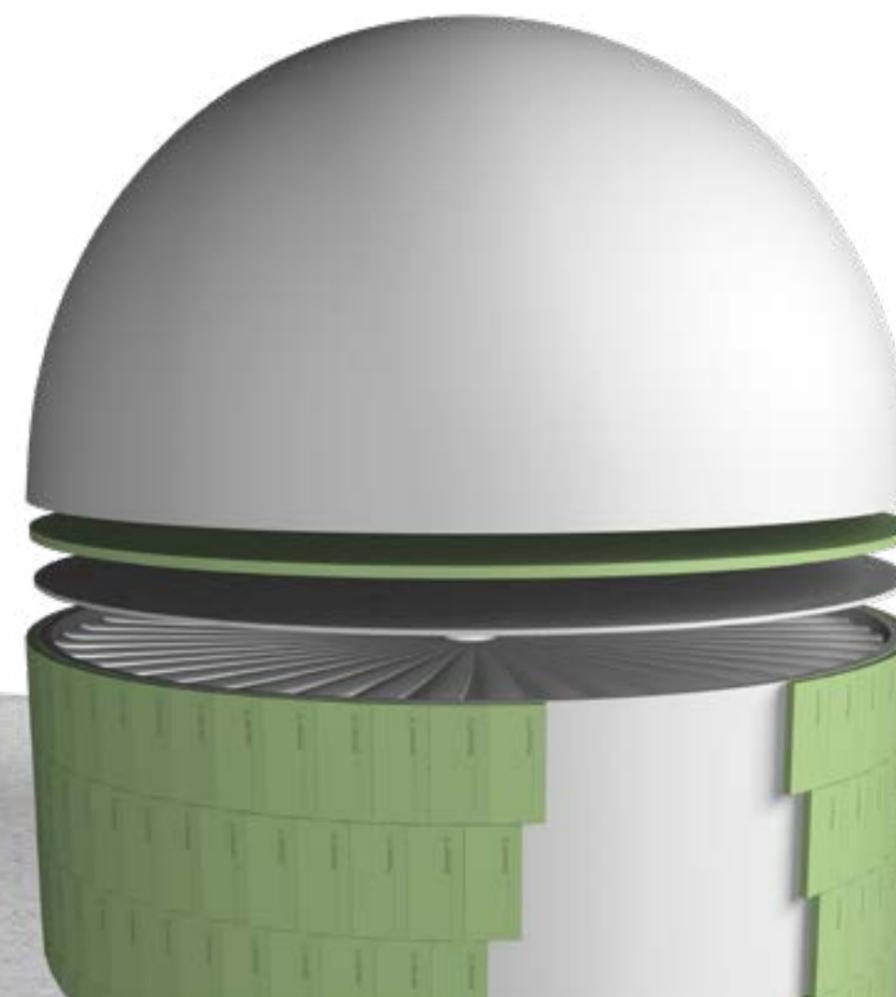


Fig. 52: Lastra della carreggiata in calcestruzzo gettato in opera per lo studio scientifico del comportamento nel lungo periodo.

## Sommario Isolamento termico di impianti biogas

<b>1</b>	<b>Isolamento termico di impianti biogas</b>	<b>98</b>		
1.1	Isolamento termico di impianti biogas	98		
1.2	Requisiti dei materiali termoisolanti in impianti biogas	98		
1.3	Composizione del biogas e idoneità di Styrodur®	98		
1.4	Tipologie di costruzione dei fermentatori	99		
1.5	Temperature di processo e vantaggi derivanti dall'utilizzo di Styrodur®	99		
<b>2</b>	<b>Applicazione di Styrodur®</b>	<b>99</b>		
2.1	Ambiti di applicazione di Styrodur® nei fermentatori	99		
2.2	Informazioni relative alla diffusione del vapore d'acqua	100		
2.3	Isolamento termico delle fondazioni	100		
2.4	Isolamento termico delle pareti interrato del fermentatore	101		
2.5	Incollaggio delle lastre di Styrodur® e profondità di posa	101		
2.6	Riempimento dello scavo di fondazione, strati per il drenaggio e diffusione del vapore	101		
2.7	Isolamento termico con scudo antigelo	102		
2.8	Isolamento termico delle pareti dei fermentatori contro l'aria esterna	102		
2.9	Isolamento termico di coperture carrabili e verdi dei fermentatori	102		
2.10	Isolamento termico della copertura del fermentatore	103		
2.11	Informazioni sull'isolamento in controplaccaggio interno di impianti biogas in calcestruzzo	103		
<b>3</b>	<b>Caratteristiche di Styrodur®</b>	<b>103</b>		
3.1	Comportamento in caso di incendio	103		
3.2	Protezione contro i raggi UV	103		
<b>4</b>	<b>Informazioni per il dimensionamento dell'isolante negli impianti biogas</b>	<b>104</b>		

## Isolamento termico di impianti biogas





# Isolamento termico di impianti biogas con Styrodur®

## 1. Isolamento termico di impianti biogas con Styrodur®

### 1.1 Isolamento termico di impianti biogas

Con gli esempi di applicazione di questa brochure, vogliamo dare alcune informazioni di approfondimento per l'impiego di Styrodur® in impianti biogas rivolte a tutti i progettisti, i costruttori e gestori di impianti biogas.

Nell'allevamento di animali si producono grandi quantità di liquame che, attraverso un processo di fermentazione relativamente semplice e economico, si può trasformare in biogas utilizzabile per la produzione di energia e calore. Le temperature di lavoro ottimali del processo per la produzione di biogas da liquame sono superiori alla temperatura ambiente. Durante il processo di fermentazione stesso si produce calore.

Per mantenere il processo ad una temperatura ottimale, considerata la quantità di biogas prodotta, serve una riduzione delle

perdite di calore dai contenitori di fermentazione. Per questo si applicano materiali termoisolanti alle pareti, sul fondo e al soffitto dei contenitori.

### 1.2 Requisiti dei materiali termoisolanti in impianti biogas

Per soddisfare i requisiti di resistenza:

- alta resistenza a compressione
- basso assorbimento d'acqua (sia per diffusione che per immersione)
- stabilità al contatto con acido umico
- stabilità al contatto con i gas emessi durante la fermentazione del liquame

È necessario un isolante termico adeguato. L'espanso rigido in polistirene espanso estruso (XPS) Styrodur® soddisfa questi requisiti offrendo anche uno straordinario rapporto qualità-prezzo.

### 1.3 Composizione del biogas e idoneità di Styrodur®

Biogas è il nome di una miscela di diversi gas in rapporti variabili.

- Dai 50 ai 80 Vol.-% Metano
- Dai 20 ai 50 Vol.-% CO<sub>2</sub>
- Dai 0,01 ai 0,4 Vol.-% Idrogeno solforato
- Tracce di:
  - ammoniaca
  - idrogeno
  - azoto
  - monossido di carbonio

Styrodur® è resistente alla composizione dei gas di questa atmosfera.



Fig. 1: Isolamento termico con Styrodur® di una parete di fermentatore in calcestruzzo armato.

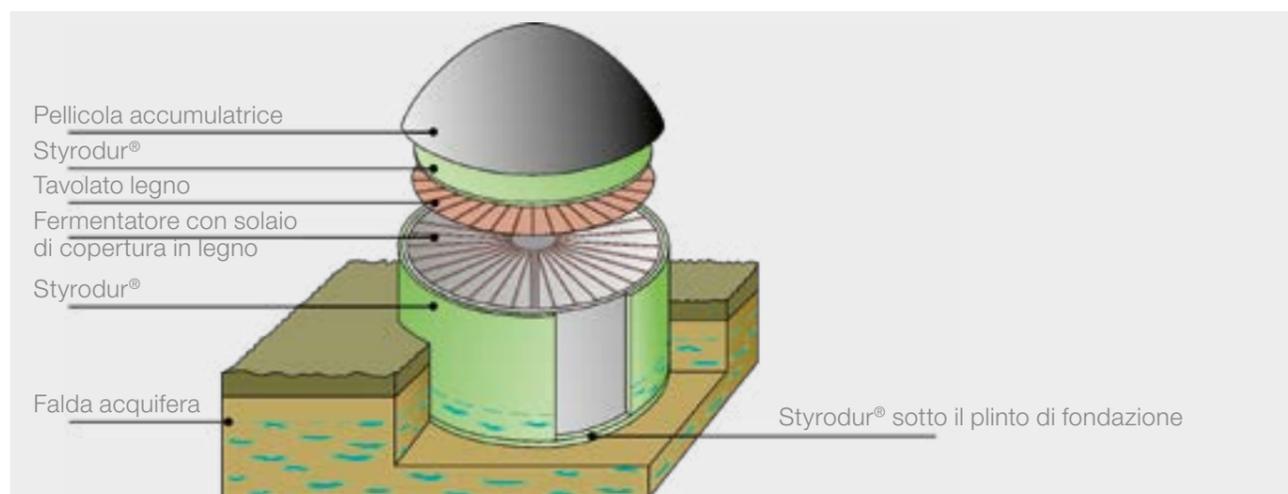


Fig. 2: Rappresentazione schematica di un fermentatore con copertura a pellicola.



# Applicazione di Styrodur®

## 1.4 Tipologie di costruzione dei fermentatori

I fermentatori possono essere costruiti in verticale o in orizzontale, totalmente fuori terra oppure parzialmente o completamente interrati: in quest'ultimo caso si ha una struttura che è anche carrabile. Una delle forme più usate è il tipo a forma cilindrica ad asse verticale con una copertura plastica.

In tutti i casi, comunque, l'isolante termico sarà applicato all'esterno. Un'eccezione è l'isolamento di fermentatori con soffitto in legno: in questo caso la copertura del fermentatore viene realizzata da una struttura portante di travi sulle quali si applicano delle tavole di legno su cui poggia l'isolamento in Styrodur®. Sopra viene posata la copertura plastica.

## 1.5 Temperature di processo e vantaggi derivanti dall'utilizzo di Styrodur®

Il tempo di permanenza del liquame nei fermentatori varia a seconda della composizione del liquame stesso e in relazione alla temperatura di esercizio, che deve mantenersi compresa tra i 20°C e 55°C per far sì che si producano i processi di putrefazione. Styrodur® è un materiale sintetico termoplastico, le cui caratteristiche fisiche si modificano in base alle temperature a cui è esposto. La temperatura limite per l'applicazione di Styrodur® è intorno ai 75°C. Negli impianti biogas questa temperatura è costantemente inferiore a tale valore limite.

Alle basse temperature la conduttività termica di Styrodur® diminuisce, quindi migliora l'efficacia dell'isolamento termico delle lastre. L'ottima capacità di isolamento termico del prodotto riduce la quantità di energia termica necessaria per il mantenimento della temperatura nel processo di fermentazione del liquame; in questo modo viene ridotto il fabbisogno complessivo di energia primaria per il funzionamento dell'impianto.

Tabella 1: Valori della conduttività termica di Styrodur® in funzione della temperatura.

Esempio: Styrodur® 3035 CS, spessore lastre 50 mm

Temperatura [°C]	Conduttività termica in W/(m·K) Styrodur®
-20	0,030
0	0,032
10	0,033
20	0,034
30	0,035
40	0,036
50	0,037

## 2. Applicazione di Styrodur®

### 2.1 Ambiti di applicazione di Styrodur® nei fermentatori

I fermentatori dovrebbero essere isolati preferibilmente dall'esterno, in modo da coprire l'intera superficie del fabbricato (pareti, fondazioni, coperture, ecc.). A seconda delle scelte costruttive ed eventualmente della profondità della parte interrata, ci troviamo di fronte a strutture diverse e, conseguentemente, si rendono necessarie differenti caratteristiche termiche e meccaniche del materiale termoisolante.

I fermentatori costruiti interamente fuori terra devono essere sia isolati dalle dispersioni termiche verso il terreno, sia protetti contro eventuali dissesti dovuti ai cicli di gelo-disgelo del terreno stesso.

Ad un fermentatore interrato, totalmente o parzialmente, va invece applicato un isolamento "a cappotto", così come si fa anche per i piani interrati di strutture civili riscaldate.

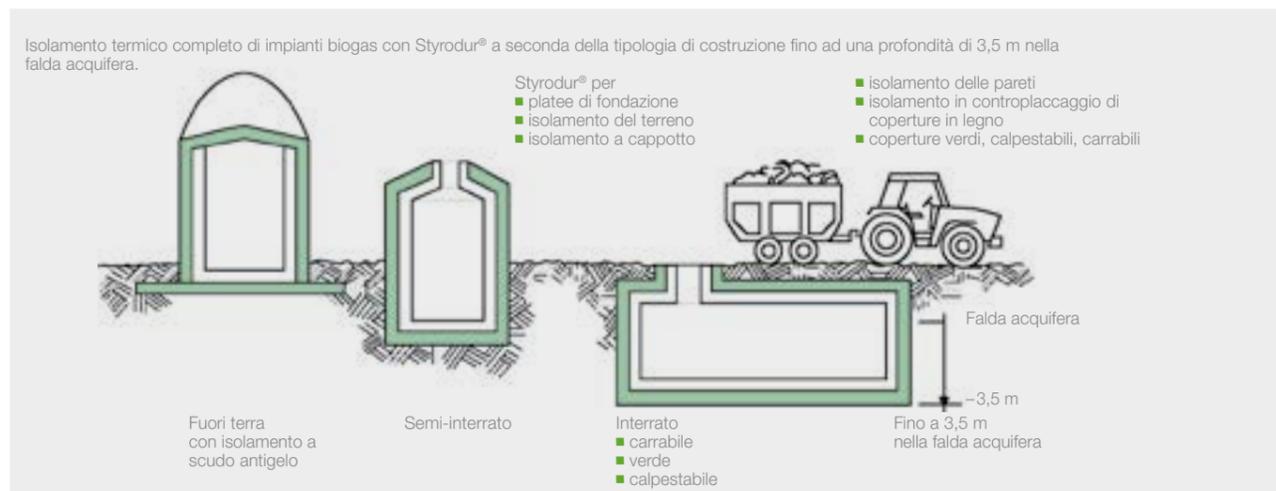


Fig. 3: Isolamento termico con Styrodur® di differenti tipologie di fermentatori.

# Applicazione di Styrodur®

## 2.2 Informazioni relative alla diffusione del vapore d'acqua

Styrodur® è un espanso rigido di polistirene espanso estruso a celle chiuse con basso assorbimento d'acqua sia per immersione che per diffusione, ma comunque altamente traspirante; le molecole gassose sono dunque in grado di attraversare il materiale isolante. All'interno del fermentatore si ha una pressione parziale del vapore superiore a quella dell'aria esterna; in questo caso l'equilibrio è garantito dalla diversa pressione parziale ed dalla diversa percentuale di umidità relativa tra esterno ed interno, che genera un flusso di vapore diretto, appunto, dall'interno verso l'esterno.

Per evitare che la miscela aria-vapore che attraversa la struttura condensi, occorre progettare la stratigrafia con i materiali aventi maggiore resistenza al passaggio del vapore disposti verso l'interno della struttura, ed i materiali isolanti posti verso l'esterno. Così facendo, oltre a ridurre il rischio e l'accumulo di condensa interstiziale negli strati interessati, si evitano possibili problemi alle pareti, anche se Styrodur® non risente di alcun effetto grazie al basso assorbimento d'acqua dovuto alla sua struttura cellulare.

Anche in estate, quando la temperatura esterna può essere simile a quella all'interno del fermentatore (per esempio negli impianti biogas mesofili), si ha un flusso di vapore diretto verso l'esterno, in quanto il contenuto di umidità nel fermentatore è comunque superiore rispetto a quello dell'aria esterna.

Anche in caso di strutture interrato, il flusso è comunque diretto dall'interno all'esterno, sebbene la presenza del terreno possa ostacolarne il passaggio. E' il caso di strutture a contatto con terreni umidi o a fine granulometria: in situazioni simili si possono avere fenomeni di condensa a contatto con l'isolante.

Per tali ragioni, anche per strutture interrato, occorre curare la progettazione della stratigrafia del fermentatore, disponendo correttamente i vari materiali in modo da minimizzare il flusso di vapore. Occorre pertanto mettere la barriera vapore nella giusta posizione, ossia sul lato caldo della struttura, così da bloccare correttamente il flusso di vapore ed evitare che l'eventuale condensa possa non asciugare nel periodo estivo. Nella tabella 2 sono indicate le resistenze alla diffusione del vapore di Styrodur® al variare dello spessore.

**Tabella 2:** Coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore acqueo di Styrodur® in funzione dello spessore.

Spessore strato in mm	Coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore acqueo [ - ]
20	200
40	150
60	100
80	100
100	100
120	80
140	80

Un errato dimensionamento del materiale comporta un accumulo di acqua nella struttura e ciò genera un peggioramento della conduttività termica (in media del 2,3% per 1 vol %) proprio in relazione alla percentuale in volume d'acqua assorbita.

Facendo un'analisi costi benefici, talvolta potrebbe essere accettabile la formazione e l'accumulo di condensa nella struttura (e quindi accettarne il peggioramento delle prestazioni), compensando lo stesso con un sovradimensionamento dell'isolante termico, anziché utilizzare materiali atti a contenere il passaggio del vapore. Ad esempio laddove vi fosse un accumulo di condensa nel tempo, pari a circa il 10-20% in volume, si potrebbe ipotizzare di sovradimensionare l'isolamento aumentando lo spessore teorico di calcolo di un 25-50% anziché utilizzare guaine o barriere vapore.

## 2.3 Isolamento termico delle fondazioni

Per applicazioni di lunga durata e sotto carichi elevati, sono a disposizione, a seconda del carico, tipi di Styrodur® on diverse resistenze meccaniche: 3035 CS, 4000 CS e 5000 CS. Le lastre di espanso estruso possono essere utilizzate anche in zone con una pressione d'acqua costante e duratura (acque sotterranee), facendo attenzione che le lastre siano immerse al massimo fino a 3,5 metri.

Per applicazioni di questo tipo (sotto fondazione o controterra) il prodotto dispone di apposita certificazione rilasciata dall'Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Z-23.34-1325.

Per dimostrare la sicurezza della stabilità sotto carico statico si considerano nel calcolo le seguenti tensioni limite di compressione sull'isolante:

Styrodur® 3035 CS:  $\sigma = 130 \text{ kPa}^*$   
 Styrodur® 4000 CS:  $\sigma = 180 \text{ kPa}^*$   
 Styrodur® 5000 CS:  $\sigma = 250 \text{ kPa}^*$

\* Tensione massima ammissibile certificata che comporta una riduzione dello spessore del materiale non superiore al 2% se sottoposto a carico permanente per 50 anni.

## Barriera vapore in fondazione

Sarebbe buona regola inserire due strati in polietilene (PE), dello spessore di almeno 0,1 mm, sul lato 'caldo' dell'isolante (ossia quello a contatto della fondazione e non l'altro a contatto col terreno); tali strati, sovrapposti tra loro per almeno metà della larghezza, oltre ad ostacolare il flusso del vapore e quindi ad evitare fenomeni di condensa, evitano che il getto di calcestrutto penetri tra le lastre di Styrodur® creando problemi legati alla stabilità delle lastre, alla risalita capillare dell'umidità e ai ponti termici.

# Applicazione di Styrodur®

## 2.4 Isolamento termico delle pareti interrato del fermentatore

Generalmente è più conveniente inserire Styrodur® 2800 C direttamente nel cassero in fase di armatura, fissandolo con chiodi alle sponde in legno e disponendolo a giunti sfalsati. Laddove la verifica termo-igrometrica evidenzia problemi di condensa interstiziale, prima di procedere con l'armatura è buona regola inserire nel lato interno dell'isolante, a seconda dei casi, una impermeabilizzazione o una barriera vapore.

## Barriera vapore all'interno della parete del fermentatore

Con l'utilizzo di Styrodur® 2800 C la diffusione del vapore può essere ridotta solamente mediante l'utilizzo di una impermeabilizzazione o una barriera vapore; generalmente l'utilizzo di prodotti impermeabilizzanti aventi un  $sd = 200 \text{ m}$  è sufficiente a garantire l'assenza di condensa nell'isolante.

In caso di utilizzo di impermeabilizzazioni o barriere vapore, il fissaggio dell'isolante può essere fatto anche dopo aver realizzato il muro ed aver posato lo strato resistente al passaggio del vapore; nel caso si scelga questa metodologia di applicazione, si può fissare il materiale a colla.

Più precisamente si utilizza un incollaggio a punti in zone interrato asciutte, mentre nelle parti interrato umide o in cui si ha presenza di acqua (e comunque al massimo fino a 3,5 m di profondità) è opportuno incollare la lastra in tutta la sua superficie.

## Barriera vapore all'esterno con rivestimento bituminoso

Con questo metodo costruttivo è possibile applicare un strato resistente al passaggio del vapore sull'esterno del fermentatore, ad esempio disponendo un rivestimento con uno strato bituminoso. Tali tipi di rivestimenti possono essere posti solo su superfici perfettamente asciutte, pertanto è opportuno prevederli solo per impianti nuovi e prima che siano messi in esercizio.

L'incollaggio avviene utilizzando una colla a base bituminosa disposta su 5-8 punti della lastra. La colla è necessaria a tenere il materiale in opera fino al completamento del riempimento: una volta ultimato l'effetto del costipamento terreno-struttura terrà uniti i vari materiali.

Nel caso di terreni in cui vi sia presenza di falda sotterranea o comunque di infiltrazioni o accumuli d'acqua nel tempo, è opportuno incollare le lastre su tutta la superficie delle stesse, per far sì che l'acqua non scorra fra lo Styrodur® e lo strato impermeabilizzante, peggiorando le prestazioni termiche della struttura (ovviamente la presa della colla deve essere ultimata prima che tutta la struttura entri in contatto con l'acqua).

## Barriera vapore all'esterno con strisce autoadesive di bitume applicate a freddo

Per gli impianti che sono già in esercizio e che devono essere isolati termicamente, è bene che si intervenga facendo asciugare bene la superficie prima di applicarvi impermeabilizzazione ed isolante. Una volta asciutta la superficie, di può applicare un'impermeabilizzazione a freddo, avente comunque un  $sd$  di almeno 200 m. Una soluzione può essere l'utilizzo un nastro auto-biadesivo in butil-caucciù.

## 2.5 Incollaggio delle lastre di Styrodur® e profondità di posa

L'incollaggio delle lastre non presenta particolari problemi per le superfici rettilinee; per le superfici curve, presenti nei fermentatori di forma cilindrica, la modalità di incollaggio dipende dal diametro del fermentatore e quindi dal raggio di curvatura della superficie. In questo secondo caso le lastre di Styrodur® possono essere applicate disponendole in verticale, oppure segmentando la lastra stessa in modo da renderla maggiormente flessibile e fissandola successivamente con dei nastri di tenuta. A seconda della profondità di montaggio si possono utilizzare diversi tipi di Styrodur®, come mostra la tabella 3.

**Tabella 3:** Profondità massime di montaggio per tipologia di Styrodur®

Ambito di applicazione	Profondità di montaggio in m per ciascun tipo di Styrodur®			
	2800C	3035CS	4000CS	5000CS
Senza acqua in pressione o in assenza di falda	9	9	17	24
Con acqua in pressione o in presenza di falda	-	3,5	3,5	3,5

## 2.6 Riempimento dello scavo di fondazione, strati per il drenaggio e diffusione del vapore

Il riempimento dello scavo di fondazione va eseguito depositando e pressando il materiale a più riprese. Il materiale di riempimento varia a seconda della composizione della stratigrafia. Infatti, laddove la struttura preveda una barriera vapore, e quindi dove si escludano problemi di condense interstiziali, il materiale di riempimento non deve avere particolari requisiti. Viceversa, in tutti i casi in cui si è scelta una struttura che non preveda barriera vapore, ma che equilibri la diffusione del vapore solo attraverso una corretta disposizione della stratigrafia, è opportuno che il materiale di riempimento sia incoerente, composto da materiali granulati e drenanti (ad esempio una miscela di sabbia e ghiaia); questa soluzione è richiesta laddove si scelga di utilizzare Styrodur® 2800 C direttamente in cassero. In questo caso si può optare anche per l'utilizzo di teli drenanti necessari sia per equilibrare la pressione di vapore, sia per drenare l'eventuale condensa.

# Applicazione di Styrodur®

## 2.7 Isolamento termico con scudo antigelo

Nel caso di terreni fortemente gelivi o di strutture realizzate in zone climatiche con lunghi periodi di gelo, è probabile che le condizioni ambientali provochino la formazione di un nucleo di ghiaccio nel terreno. Per evitare dissesti dovuti ai cicli gelo-digelo del terreno stesso, nonché per ridurre le dispersioni termiche dell'edificio dovute alla diminuzione della temperatura del terreno derivante dal congelamento, si possono interporre lastre di Styrodur® tra il terreno ed il fabbricato.

Tale soluzione, ipotizzabile per profondità di posa non troppo elevate, viene messa in opera applicando, in aggiunta all'isolamento sotto fondazione, uno strato di isolante (dello spessore minimo di 8 cm) tutto intorno al perimetro della fondazione stessa per una larghezza di circa 125 cm e con una leggera pendenza (circa il 2%). Tale strato di isolamento poi può essere ricoperto ad esempio da uno strato di ghiaia e da uno strato di autobloccanti in calcestruzzo.

## 2.8 Isolamento termico delle pareti dei fermentatori contro l'aria esterna

Sia per impianti totalmente fuori terra che per quelli parzialmente interrati, le pareti esterne devono essere isolate per ridurre le dispersioni di calore verso l'esterno. A tal fine il prodotto maggiormente indicato è lo Styrodur® 2800 C, in quanto può essere inserito direttamente in cassero. Una volta fissato tramite chiodi alla cassaforma e posizionata l'armatura del setto, verrà gettato del calcestruzzo nell'intercapedine in modo da ottenere una struttura senza soluzione di continuità. Una volta tolto il cassero, l'estradosso dell'isolante può essere rivestito con un intonaco civile, previa rasatura armata, oppure con un rivestimento ventilato in legno o metallo.

## 2.9 Isolamento termico di coperture carrabili e verdi dei fermentatori

Come già detto, per un migliore funzionamento degli impianti è buona regola che gli stessi siano completamente isolati in tutte le loro parti. Per gli impianti totalmente interrati, la copertura può essere realizzata in vari modi e comunque utilizzata come

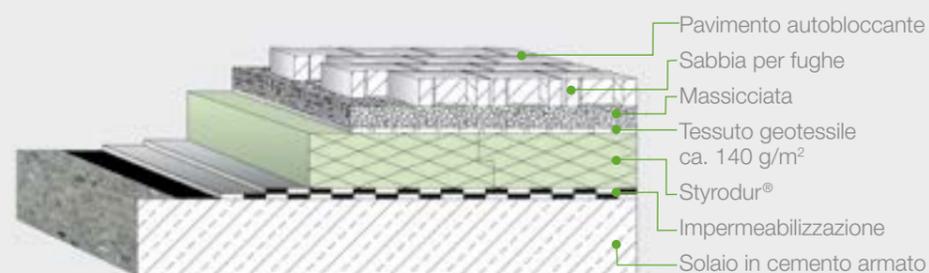


Fig. 4: Tetto rovescio con strato di protezione superficiale in ghiaia.

Tabella 4: Informazioni relative al dimensionamento di Styrodur® per utilizzo in fondazione o in coperture soggette a carico mobile (es. transito veicoli).

Tipo	Veicolo			Sollecitazione derivante da carico mobile (es. transito veicoli) in N/mm²							
	Peso in t	Carico sulla ruota in kN	Superficie di appoggio in mm x mm	Stratificazione non armata Spessore complessivo degli strati sovrastanti lo Styrodur® in mm				Calcestruzzo armato Altezza statica in mm			
				180	200	220	240	90	100	110	120
SLW	30	50	200 x 400	0,20	0,18	0,17	0,14	0,23	0,20	0,19	0,18
LKW	12	40	200 x 300	0,19	0,17	0,16	0,15	0,22	0,20	0,18	0,17
LKW	9	30	200 x 260	0,16	0,14	0,13	0,12	0,18	0,16	0,15	0,14
LKW	6	20	200 x 200	0,12	0,11	0,10	0,09	0,14	0,13	0,10	0,10
LKW	3	10	200 x 160	0,06	0,05	0,05	0,04	0,07	0,06	0,06	0,05
GS	7	32,5	200 x 200	0,20	0,17	0,16	0,14	0,22	0,20	0,18	0,17

# Caratteristiche di Styrodur®

Tabella 5: Tensione massima consentita per Styrodur® soggetto a carichi mobili (es. transito veicoli).

Tipo di Styrodur®	Dimensionamento dei vari tipi di Styrodur®			
	2800 C	3035 CS	4000 CS	5000 CS
Sollecitazione di pressione in caso di carichi da transito in N/mm²	0,10	0,13	0,23	0,30

**Nota bene:** Le presenti informazioni relative al dimensionamento sono da considerarsi un suggerimento non vincolante alla progettazione. Non sostituiscono la progettazione statica di un ingegnere.

'tetto verde' o come copertura carrabile. Utilizzando Styrodur® è possibile realizzare entrambe le tipologie di copertura con lo schema a 'tetto rovescio' (consultare o richiedere, per maggiori informazioni su questa applicazione, la brochure "Isolamento termico delle coperture").

Comunque, a prescindere dal tipo di copertura, sia essa a tetto verde o carrabile, la regola più importante è che in estradosso alle lastre di Styrodur® segua uno strato protettivo (tipo telo traspirante) e quindi uno strato drenante, a cui poi seguiranno gli strati relativi al tipo di copertura scelta. Il tipo di Styrodur® da utilizzare dipende dalle sollecitazioni a cui lo stesso sarà sottoposto nonché dallo spessore totale della struttura.

## 2.10 Isolamento termico della copertura del fermentatore

Nei fermentatori con copertura in plastica la struttura portante è costituita da travi in legno in leggera pendenza (dal 2 al 5%); su tale orditura principale, si realizza una struttura piana secondaria, sempre in legno, sulla quale verrà posto lo Styrodur® con spessore variabile, tendenzialmente tra i 5 ed i 10 cm.

Dato che in tale applicazione non c'è particolare necessità di requisiti meccanici, è sufficiente l'utilizzo di Styrodur® 2500 C che, sempre grazie alle celle chiuse non risente di umidità o condense. In linea di principio è possibile usare anche Styrodur® 3035 C.

## 2.11 Informazioni sull'isolamento in controplaccaggio interno di impianti biogas in calcestruzzo

In virtù dell'umidità relativa interna sempre presente negli impianti biogas, si consiglia in ogni caso un isolamento dall'esterno della struttura, onde evitare fenomeni di condensa legati alla diffusione del vapore. Solo nell'isolamento della copertura in legno è possibile isolare indifferentemente dall'interno o dall'esterno; questo è possibile per il ridotto spessore del solaio in legno (per cui il meccanismo di diffusione del vapore è tutto sommato paragonabile sia isolando in estradosso che in intradosso) ma soprattutto per il fatto che le condizioni termigrometriche fra il contenitore di liquame e il sotto-copertura in plastica sono molto simili.

Se per una qualsiasi ragione siamo obbligati ad isolare la struttura dall'interno, è comunque necessario inserire nella parte

calda della struttura una barriera vapore, così da evitare condense interstiziali. In questo caso la barriera vapore va scelta tenendo conto di alcuni fattori: la resistenza chimica ai gas emessi dalla fermentazione del liquame, la compatibilità chimica con Styrodur®, le modalità di posa.

Si tenga presente che lo Styrodur® non è da considerarsi una barriera chimica per la protezione del calcestruzzo contro le sostanze emesse dalla fermentazione del liquame; in aggiunta le lastre hanno un minimo di tolleranza dimensionale in funzione della temperatura (il coefficiente di dilatazione termica lineare dello Styrodur® è di ca. 0,08 mm/(m·K) in senso longitudinale e di ca 0,06 mm/(m·K) in senso trasversale).

## 3. Caratteristiche di Styrodur®

### 3.1 Comportamento in caso di incendio

Da un punto di vista antincendio, tutta la gamma Styrodur®, in qualsiasi spessore, rientra nella classe Euro E secondo l'attuale normativa, mentre in base alla vecchia classificazione italiana rientrava nella classe 1, ovvero tra i materiali edili difficilmente infiammabili.

In base agli studi condotti dalla dott.ssa Barbara Eder e dal dott. Heinz Schulz (e pubblicati nel volume "Biogas Praxis" – 2006) un prodotto isolante applicato controterra deve essere 'normalmente infiammabile', ovvero corrispondere alla classe 2; per quanto detto si evince che Styrodur® è idoneo all'isolamento di impianti Biogas.

### 3.2 Protezione contro i raggi UV

Styrodur®, come la maggior parte dei prodotti sintetici, deve essere protetto dall'esposizione diretta prolungata ai raggi solari. A tal fine si possono utilizzare rivestimenti in legno, in intonaco, una controparete, ecc.; in caso di utilizzo di malta, occorre rispettare alcune indicazioni tra le quali si sottolinea la capacità di adesione malta-isolante. In tal senso si fa presente che solo Styrodur® 2800 C è idoneo al contatto diretto con calcestruzzo e/o intonaco, in quanto in virtù della pelle superficiale ruvida e gofrata ha una migliore resistenza allo strappo (pari a circa 200 kPa). Gli altri prodotti della gamma, avendo una peggiore tenuta meccanica dovuta alla loro superficie liscia, possono essere ugualmente utilizzati dopo opportuno raschiamento con spazzola d'acciaio, in modo da rendere ruvida la superficie e favorire la presa.



# Informazioni per il dimensionamento dell'isolante negli impianti biogas

## 4. Informazioni per il dimensionamento dell'isolante negli impianti biogas

I vantaggi derivanti dall'isolamento termico degli impianti biogas, la tenuta termica degli stessi, le oscillazioni di temperatura nei fermentatori, sono tutti dati conosciuti e confermati da numerose esperienze. In caso di fermentazione mesofila (ossia che avviene a temperatura comprese tra i circa 20 °C ed i 35 °C), in caso di fermentazione termofila (ossia che avviene con temperature superiori ai 45 °C) risultano necessari spessori di materiale isolante generalmente compresi tra i 10 ed i 18 centimetri.

Nella seguente tabella sono calcolati i valori della trasmittanza termica U in funzione dello spessore dell'isolante e della relativa conduttività termica, escludendo il contributo della parete in calcestruzzo del contenitore e considerando nulle le resistenze termiche dello strato liminare contro la parete di calcestruzzo e contro il terreno (in quanto in entrambi i casi non abbiamo aria a contatto con la parete ma liquame). Qualora nel calcolo si considerassero anche gli spessori della parete in calcestruzzo degli impianti biogas, i valori U ottenuti con gli spessori indicati di isolante sarebbero lievemente migliori (quindi più bassi).

I valori dichiarati per la conduttività termica  $\lambda_D$  di Styrodur® corrispondono alle conoscenze al momento della stampa della presente brochure e possono essere visionati, oltre a tutte le altre informazioni, nel sito [www.styrodur-italia.it](http://www.styrodur-italia.it)

La correlazione tra la dispersione di energia termica della parete e la trasmittanza della parete stessa (a sua volta legata allo spessore di isolante) è espressa in **fig. 5** al variare della temperatura di esercizio dell'impianto (valori espressi secondo Perwanger). Il legame tra trasmittanza della struttura e spessore di isolante è calcolato senza considerare l'apporto della parete del fermentatore e considerando una conduttività termica dello Styrodur® di 0,040 W/m·K. Per la parete del fermentatore al di sopra del liquame verso l'aria esterna si sono considerate le resistenze alla convezione termica spontanea  $R_i = (0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$  e  $R_e = (0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ . I valori della conduttività termica  $\lambda_D$  delle lastre Styrodur® variano in funzione dello spessore del materiale isolante (**vedi tabella 6**).

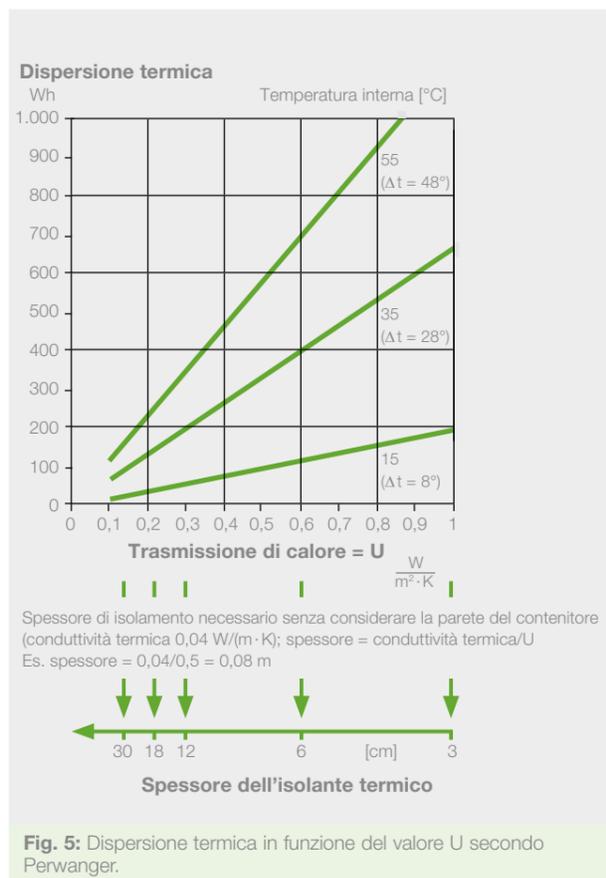


Fig. 5: Dispersione termica in funzione del valore U secondo Perwanger.

Tabella 6: Conduttività termica in funzione dello spessore della lastra.

Spessore lastra in mm	Conduttività termica dichiarata $\lambda_D$ in W/(m·K)
20	0,032
30	0,032
40	0,034
50	0,034
60	0,034
80	0,036
100	0,038
120	0,038
140	0,038



## Stabilità chimica di Styrodur®

### Stabilità alle sostanze chimiche

La stabilità delle lastre in espanso rigido Styrodur® alle sostanze chimiche corrisponde a quella dei profilati in polistirene. Tuttavia, i danni chimici agiscono un po' più rapidamente e intensamente rispetto al polistirene compatto, perché la superficie è stata ampliata tramite espansione. D'altra parte la pelle di estrusione delle lastre di Styrodur® oppone una maggiore resistenza nei confronti di una serie di sostanze.

Per evitare errori di applicazione è importante sapere come si comporta lo Styrodur® nei confronti delle sostanze più utilizzate in campo pratico (ad esempio nell'edilizia).

### Prova

La prova di stabilità viene eseguita in conformità con la norma DIN 53 428 «Prova di materiali espansi, determinazione del comportamento, nei confronti di liquidi, vapori, gas e sostanze solide». Secondo questa norma cinque cubetti di materiale espanso rigido di 50 mm di lato vengono immersi nel liquido di prova a una temperatura di +20 °C, determinandone l'aumento di peso dopo 28 giorni.

La prova può essere semplificata, conservando fino a quattro settimane nel liquido di prova campioni di materiale espanso delle dimensioni di 100 mm x 50 mm x lo spessore della lastra e misurandone la percentuale di variazione longitudinale. Se la prova viene effettuata a una temperatura di circa 50 °C, la sua durata può essere considerevolmente ridotta.

Qualora si voglia stabilire l'effetto del liquido di prova sulla pelle di estrusione, si consiglia di mettere sui provini delle dimensioni di 200 mm x 200 mm un tubo di vetro appesantito con un diametro interno di 113 mm e un'altezza di 75 mm, provvisto di scala, e di riempirlo con il liquido di prova. Nel caso di agenti molto fluidi il tubo di vetro va sigillato esternamente sulla lastra. La superficie di contatto deve essere di 100 cm<sup>2</sup>. Si misurano le variazioni di livello del liquido nel vetro e le variazioni di volume del campione. Queste ultime vengono determinate meglio mediante immersione in acqua. Ove non fossero disponibili vasche d'immersione sufficientemente grandi, si possono utilizzare anche campioni più piccoli, tuttavia non inferiori a 125 mm x 125 mm. Per ottenere una superficie di contatto di 50 cm<sup>2</sup>, cioè ancor sufficiente per la valutazione e vantaggiosa anche per il calcolo, il diametro interno del tubo di vetro deve essere di 80 mm.

I metodi qui descritti sono sufficienti per una valutazione orientativa della stabilità dello Styrodur® alle sostanze chimiche. Tuttavia, qualora si dovesse accertare che, per effetto di determinate sostanze, non intervengano cambiamenti di sorta, ad esempio nelle proprietà meccaniche dell'espanso rigido o si verificano solo cambiamenti entro limiti tollerabili, si rendono indispensabili prove reali o prove in condizioni simili a quelle reali. Altrettanto vale quando la composizione di una sostanza non è nota. Vernici o adesivi, ad esempio, possono infatti contenere un solvente dannoso per l'espanso. Anche in questo caso occorre accertarsi, attraverso una prova, che le lastre di Styrodur® non vengano attaccate.

Dall'elenco che segue si possono ricavare informazioni circa il comportamento di lastre di Styrodur® nei confronti di alcune sostanze chimiche selezionate.



## Stabilità chimica di Styrodur®

### Comportamento rispetto a sostanze selezionate

Sostanza	Stabilità
<b>1 Acqua/Soluzioni Acquose</b>	
Acqua	+
Acqua di mare	+
Soluzioni saline	+
Acqua ossigenata (3 %)	+
<b>2 Acidi</b>	
<b>2.1 Acidi diluiti</b>	
Acido cloridrico	+
Acido nitrico	+
Acido solforico	+
Acido fosforico	+
Acido fluoridrico	+
Acido formico	+
Acido acetico	+
<b>2.2 Acidi concentrati</b>	
Acido cloridrico	+
Acido solforico	+
Acido fosforico	+
Acido fluoridrico	+
Acido acetico	-
<b>2.3 Acidi deboli</b>	
Acidi umici	+
Acido carbonico (anche ghiaccio secco)	+
Acido lattico	+
Acido tartarico	+
Acido citrico	+
<b>3 Liscive</b>	
Idrossido di sodio	+
Idrossido di potassio	+
Acqua di calce	+
Idrossido di ammonio	+
Candeggina (ipoclorito)	+
Soluzioni di sapone	+

stabile	+
instabile	-
verificare nel singolo caso	#
Seguire le indicazioni del produttore	H

Sostanza	Stabilità
<b>4 Gas</b>	
<b>4.1 Gas inorganici</b>	
Ammoniaca	-
Alogeni (fluoro, cloro, bromo)	-
Anidride solforosa, anidride solforica	-
<b>4.2 Gas organici</b>	
Metano	+
Etano, etilene	+
Propano, propilene	+
Butano, butilene, butadiene	-
Gas naturale	+
<b>4.3 Gas liquefatti inorganici</b>	
Azoto, ossigeno, idrogeno	+
Gas inerti	+
Ammoniaca	+
Anidride carbonica, monossido di carbonio	+
Anidride solforosa	-
<b>4.3 Gas liquefatti organici</b>	
Propano, propilene	-
Butano, butilene, butadiene	-
Gas naturale	+
<b>5 Idrocarburi</b>	
<b>5.1 Idrocarburi alifatici</b>	
Esano, cicloesano	-
Eptano	-
Olio di paraffina	-
<b>5.2 Idrocarburi aromatici</b>	
Benzolo, toluolo, xilolo	-
Etilbenzene	-
Stirololo	-
<b>5.3 Idrocarburi alogenati</b>	
trielina	-
tetracloruro di carbonio	-
percloroetilene	-
<b>5.4 Carburanti</b>	
Benzina (normale, super)	-
Gasolio, olio combustibile	-

Sostanza	Stabilità
<b>6 Alcoli</b>	
Metanolo, etanolo	+
Propanolo, butanolo	+
Cicloesanololo	+
Glicoli	+
Glicerina	+

Sostanza	Stabilità
<b>7 Solventi</b>	
<b>7.1 Chetoni, eteri, esteri</b>	
Chetoni (es. acetone, cicloesano)	-
Eteri (es. dietiltere, dioxano, THF)	-
Esteri (es. acetato di etile, acetato di butile)	-
Dibutilftalato	-
Diluente per vernici	-
Grassi e oli minerali	H
<b>7.2 Ammine, ammidi, nitrili</b>	
Anilina	-
Dietilammina, trietilammina	-
Dimetilformamide	-
Acetonitrile	-
Acilonitrile	-
<b>8 Materiali edili</b>	
Cemento	+
Gesso	+
Calce	+
Anidrite	+
Catrame	-
Bitume	+
Bitume a freddo e stucco bituminoso	
- a base acquosa	+
- a base di solvente	-
Sistemi per malta e intonaco	
- a base minerale	+
- con agglomerante resinoidi	H
Schiuma per assemblaggio in PUR	+
Mastice per giunzioni	
- a base di acrilato	H
- a base di silicone	+
Adesivi	
- a base epossidica	+
- a base di poliuretano	+
- a base di gomma bituminosa	+
- a base di solvente	-
Pitture/vernici	
- Idropittura	H
- a base acquosa	H
- a base di solvente	-
<b>9 Sostanze di origine biologica</b>	
Colaticcio	+
Rifiuti organici	+
Biogas	+
Grassi e oli vegetali, animali	#

# Schede tecniche e capitolati

# Styrodur®



Scaricate le schede tecniche costantemente aggiornate su **styrodur-italia.it**

La documentazione tecnica aggiornata di ciascun prodotto e le relative voci di capitolato sono disponibili sul sito **www.styrodur-italia.it** e scaricabili in formato pdf.

**Avvertenze:**

Le informazioni contenute in questa brochure si basano sulle conoscenze acquisite ed esperienze maturate fino ad oggi e si riferiscono esclusivamente al nostro prodotto e alle sue caratteristiche al momento della stampa della brochure stessa. Le presenti informazioni non forniscono alcuna garanzia ai fini giuridici, né stabiliscono la qualità del prodotto concordata in sede contrattuale. Durante l'applicazione vanno sempre prese in considerazione le condizioni specifiche di utilizzo, in particolare da un punto di vista fisico, tecnico e giuridico. Tutti i disegni tecnici sono esempi che rappresentano un principio e che vanno adattati al caso specifico.



## FI·VE Isolanti S.r.l

### **Sede legale e amministrativa**

Via Industriale dell'Isola, 3  
24040 Chignolo d'Isola (Bergamo)  
T. +39 0522 251011  
info@fiveisolanti.it  
P.IVA 04265250268

### **Sede produttiva e commerciale Styrodur®**

Via Montesanto, 46  
42021 Bibbiano (Reggio Emilia)  
T. +39 0522 251011  
info@styrodur-italia.it