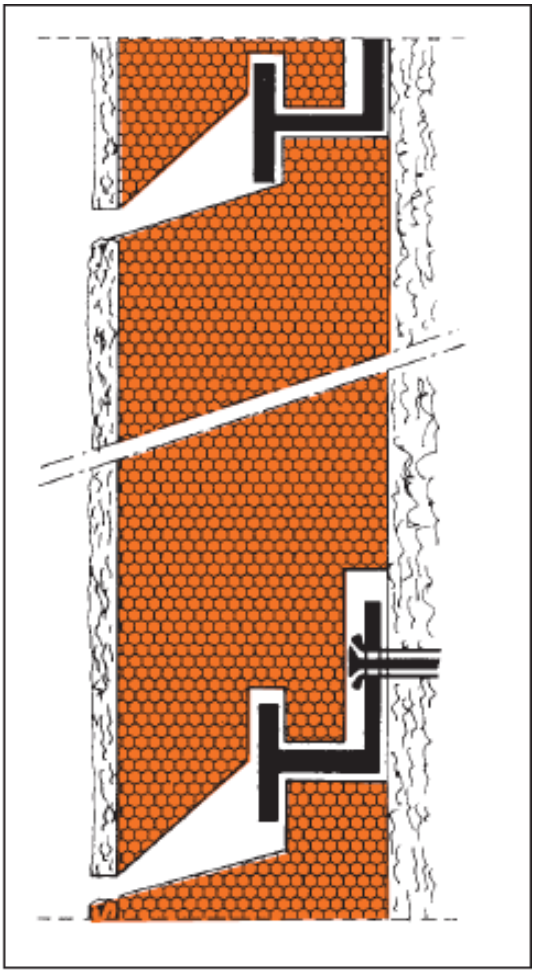
ISOLAMENTO ESTERNO DELLE PARETI VERTICALI CON COMPONENTI LEGGERI PREFABBRICATI “VÊTURES”



VOLUME 25

AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso

Via Marcantonio Colonna, 46 – 20149 Milano

Tel + 39 02 33 60 65 29 e-mail: aipe@epsass.it – www.aipe.biz

ISOLAMENTO ESTERNO DELLE PARETI VERTICALI CON COMPONENTI LEGGERI PREFABBRICATI “VÊTURES”

Testi a cura di AIPE – Marco Piana

VOLUME 25

AIPE
Associazione Italiana Polistirene Espanso

Documentazione specifica sull'EPS

può essere ritrovata nel sito

dell'Associazione

www.aipe.biz

CONSIDERAZIONI GENERALI

L'isolamento delle chiusure perimetrali degli edifici realizzato mediante applicazione del coibente esternamente all'involucro murario offre notevoli vantaggi dal punto di vista del comportamento alle sollecitazioni igrotermiche. Infatti, la realizzazione di un siffatto sistema di facciata comporta:

- L'eliminazione di ponti termici e delle patologie conseguenti, grazie alla continuità dello strato termoisolante;
- L'incremento dell'inerzia termica della chiusura;
- La protezione degli elementi strutturali dagli agenti atmosferici aggressivi;
- La riduzione delle mobilità di origine termica della chiusura d'ambito determinata dall'irraggiamento solare e dalla temperatura dell'aria;
- La creazione di un efficace schermo alla permeazione di acqua meteorica (in funzione dello specifico strato di tenuta all'acqua);
- La riduzione dello spessore complessivo della chiusura d'ambito ed il conseguente ottenimento di una superficie utile maggiore rispetto a sistemi di chiusura tradizionali;
- La particolare idoneità di impiego in situazioni di recupero del patrimonio edilizio mirato alla riqualificazione del comfort ambientale interno, senza riduzione delle superfici abitabili;
- Un miglior comportamento della chiusura opaca alla trasmissione del vapore, causato dall'ottimale successione delle stratificazioni;
- La relativa facilità di intervento di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Questi vantaggi hanno indotto gli operatori del settore edilizio a ricercare tecnologie adeguate a realizzare sistemi di isolamento delle facciate dall'esterno con un grado di affidabilità tale da poterne garantire una diffusa applicazione in alternativa alle impostazioni edilizie convenzionali. In tal senso, già da parecchi anni, si sono affermate anche sul mercato italiano delle costruzioni le soluzioni con intonaco sottile su isolante (cappotto) e quella detta "facciata ventilata".

Accanto a queste tecnologie ormai consolidate al punto da riscuotere consensi sempre più allargati, sono recentemente apparsi in Francia sistemi ricchi di spunti innovativi, frutto dello sforzo ideativo teso ad un sempre maggiore approfondimento della tecnologia di isolamento dall'esterno in ordine ai criteri di applicazione, all'impiego dei materiali e agli aspetti funzionali, non disgiunti dai risvolti di natura estetica.

Si tratta dei sistemi che vanno sotto il nome di "vêtures"; essi, secondo la definizione di P. Fallard del C.S.T.B., si presentano come un "mantello impermeabile e imbottito, con cui si abbiglia, in una sola operazione, un edificio per proteggerlo dalla pioggia, dal freddo, dal sole e per donargli un aspetto piacevole". Al di là della metafora suggestiva, la vêture si configura come un rivestimento di facciata discontinuo costituito dalla giusta posizione di pannelli prefabbricati che realizzano lo strato di tenuta rivestimento e di isolamento termico, applicati direttamente al supporto (chiusura verticale opaca d'ambito) senza l'ausilio di un'orditura continua.

In realtà, le prime applicazioni di vêtures sono state effettuate in Canada attorno agli anni '60 e successivamente in Svizzera, ma è in Francia che si è particolarmente sviluppata questa tecnologia con la messa a punto di sistemi di rivestimento leggero isolante, affidabili per quanto riguarda la tenuta e con i tempi di messa in opera ridotti al minimo.

In Francia, dal 1980 ad oggi la vêture si è via via affermata ricoprendo un proprio ruolo nel settore edilizio, in alcuni casi alternativo al cappotto e alla facciata ventilata, grazie a certe caratteristiche specifiche che ne esaltano aspetti innovativi vantaggiosi; numerose industrie di componenti hanno immesso sul mercato diversi sistemi con materiali e tecnologie peculiari, provvisti di certificazione (Avis Technique).

Inoltre sono state pubblicate le “Directives, UEAtc de base pour l’agrément des composants manufacturés d’isolation thermique extérieure des facades (vêtures)“ le quali, nonostante il carattere non definitive dei contenuti, come specificato nella pubblicazione stessa, forniscono un valido strumento guida per l’individuazione delle prestazioni, delle proprietà e dei controlli di qualità; di queste Direttive si è ampiamente tenuto conto nella redazione del presente quaderno.

In generale queste nuove formulazioni tecnologiche presentano le seguenti caratteristiche distintive rispetto ai citati sistemi di isolamento dall’esterno di più solida tradizione:

- Presenza di uno strato di tenuta di tipo rigido, direttamente sovrapposto a lastre di materiale isolante applicate al supporto in modo continuo; ciò conferisce all’elemento e quindi al sistema una notevole rigidezza e resistenza meccanica, principalmente in relazione a carichi accidentali e urti, rendendolo idoneo ad essere impiegato in condizioni di esposizione ed accessibilità severe per il rivestimento (piano terra, sfondato di logge e balconi, ecc.).
- Semplicità di posa in opera degli elementi, favorita dal preassemblaggio dei materiali e dal metodo di applicazione mediante incastri e battentature che autoregolano verticalità e complanarità d’insieme. Ciò da un alto configura, pur con una soluzione ad alto contenuto tecnologico, la possibilità che il montaggio avvenga senza manodopera specializzata e, al limite, con operazioni prossime al “fai da te”, dall’altro determina un significativo contenimento dei costi di costruzione, connesso alla rapidità esecutiva.

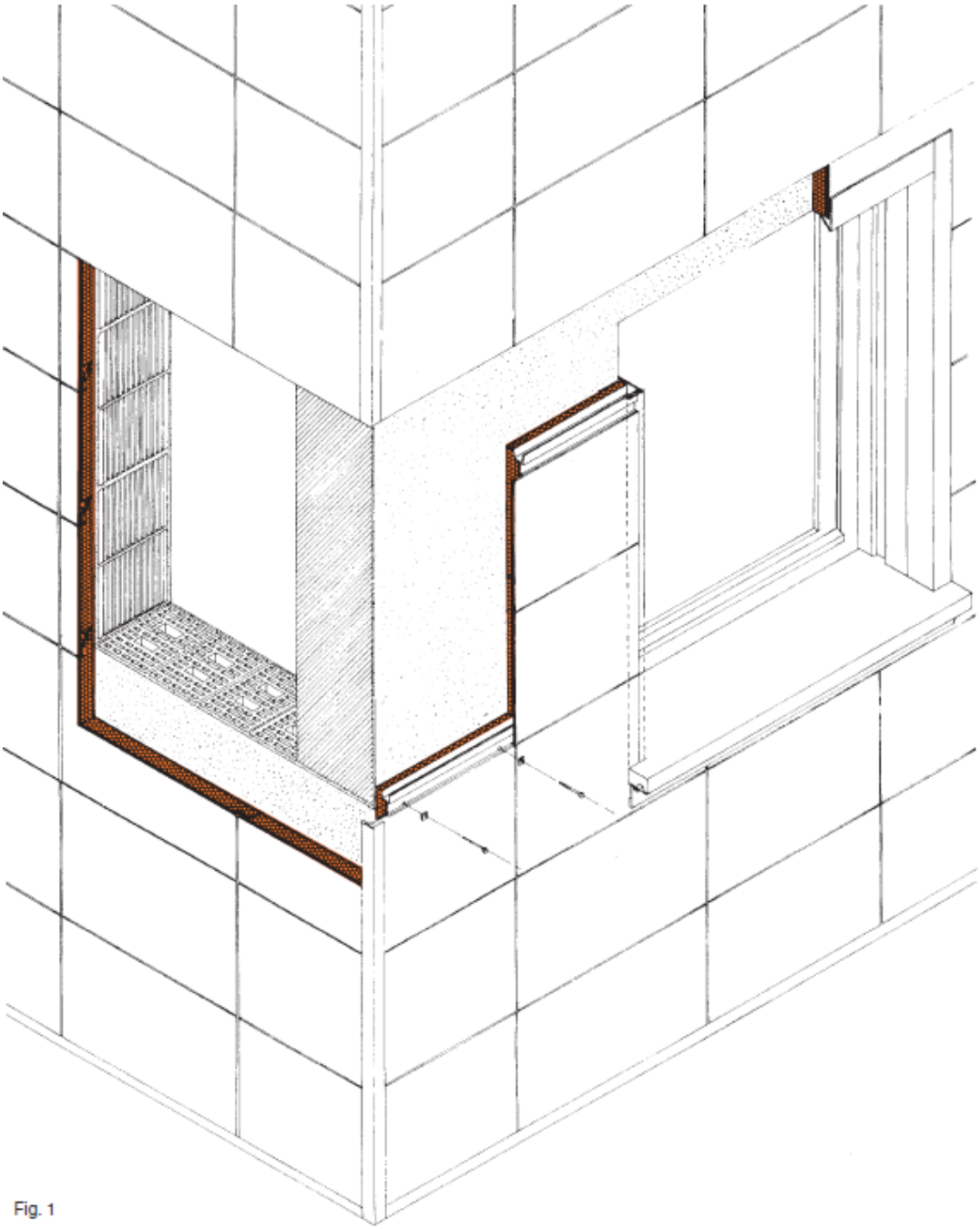


Fig. 1

- Applicazione per punti con fissaggi meccanici; quindi non si richiedono lavori preparatori di consolidamento del supporto, anche in presenza di murature o rivestimenti continui ammalorati localmente o diffusamente, purché il degrado sia limitato alla porzione superficiale della chiusura; ciò tende a minimizzare gli aspetti di complessità di posa, riducendo quelle operazioni preliminari, che invece sono necessarie per altre tecnologie. Inoltre l'ancoraggio meccanico diretto al supporto facilita sensibilmente la valutazione della resistenza al vento del sistema.
- Capacità di assorbire facilmente gli eventuali fenomeni di mobilità indotti dagli strati sottostanti.
- Battentatura degli elementi, sia nell'isolante che nel rivestimento; ciò costituisce uno schermo idraulico in grado di esplicare le sue funzioni in virtù della forma senza l'intervento di coprigiunti e guarnizioni; inoltre, l'accoppiamento degli elementi è fatto in modo da favorire l'evacuazione dell'eventuale acqua di condensa formatasi a ridosso dello strato di rivestimento.
- Isolante continuo; ciò garantisce il controllo dei ponti termici.
- Utilizzo di elementi di diverse dimensioni e forma; ciò conferisce al sistema doti di versatilità per ogni tipo di edilizia (residenziale, industriale, terziaria, ecc.).
- Conformazione a piccoli elementi discreti; ciò permette di effettuare con semplici operazioni e costi contenuti la sostituzione integrale di singole lastre (rivestimento più isolante), in caso di degrado localizzato del sistema.

La figura 1 evidenzia nel suo insieme un'applicazione di vêtures e fornisce un'idea del risultato formale che ne può derivare.

Tutti questi elementi di interesse per i sistemi di isolamento esterno delle pareti verticali con componenti leggeri prefabbricati, cominciano ad essere avvertiti anche in Italia.

DESCRIZIONE DEGLI STRATI

I sistemi di isolamento esterno delle pareti verticali con componenti leggeri prefabbricati sono costituiti dal componente prefabbricato e dagli elementi per il suo fissaggio alla parete supporto. L'elemento prefabbricato è composto da uno strato di rivestimento e da uno strato isolante sottostante. Si posso presentare diversi tipi di collegamento fra i due strati, gli elementi di fissaggio e il supporto.

1. I due strati sono collegati fra loro nello stabilimento di prefabbricazione; gli elementi per il fissaggio al supporto possono far presa sull'isolante (fig. 2), oppure sul rivestimento (fig. 3); sono i sistemi più diffusi e ad essi in particolare ci si riferisce con il nome vêtures. Nel primo caso il collegamento tra rivestimento e isolante è permanentemente responsabile della resistenza alle sollecitazioni cui è sottoposto il complesso e analizzate più avanti.

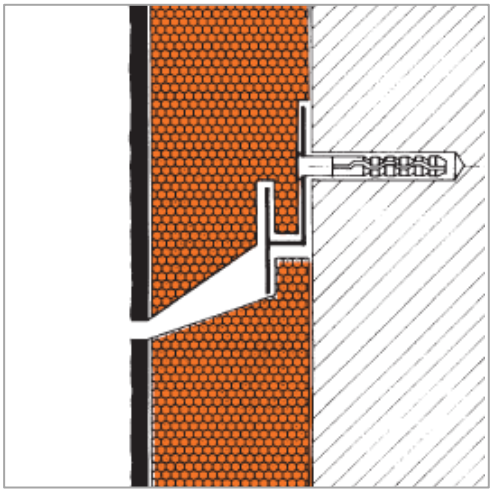


Fig. 2

Nel secondo caso tale collegamento ha una funzione temporanea, fino a fissaggio avvenuto, dopo di che spetta al collegamento diretto tra rivestimento e supporto il compito di resistere alle sollecitazioni di esercizio; funzionalmente

quindi questi sistemi sono assimilabili a quelli del seguente punto 2.

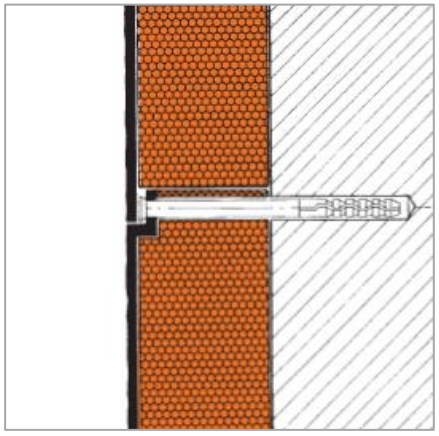


Fig. 3

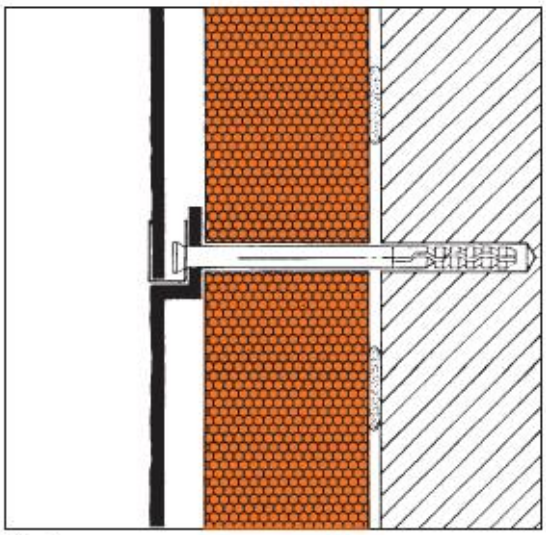


Fig. 4

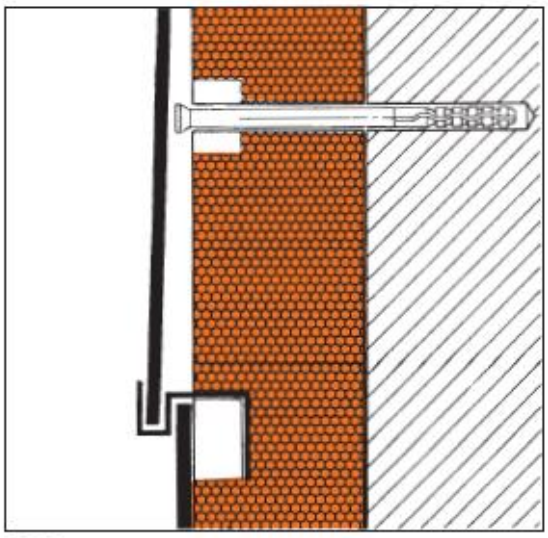


Fig. 5

2. I due strati si presentano separati al montaggio; l'isolante viene applicato al supporto con un collante temporaneo; il rivestimento viene poi applicato con dispositivi che attraversano l'isolante e fissano al supporto tutto il sistema. (fig. 4). In questo caso l'isolante generalmente non è in forma di manufatti speciali, ma di lastre piane commerciali, battentate; ciò può fornire qualche motivo di maggiore economicità. Questi sistemi sono proposti anche per interventi su pareti con isolamento esterno preesistente, ma da ricoprire. Tali soluzioni, che i francesi hanno chiamato vêtages, differiscono da quelle a facciata ventilata essenzialmente per l'assenza dello strato di collegamento del rivestimento al supporto; inoltre la lama d'aria è assente o molto ridotta.

3. I due strati si presentano ancora separati al montaggio, ma l'isolante è conformato, in certi punti, in modo idoneo per il fissaggio meccanico permanente al supporto, mentre altre parti sono rinforzate per l'applicazione del rivestimento, che viene quindi fissato all'isolante e non al supporto (fig. 5). Questi

sistemi, chiamati bardures, sono ancora oggetto di ricerca applicata.
Le Direttive distinguono componenti di piccola dimensione, la cui superficie non supera 0,4 m^2 e il cui peso non è maggiore di 5 Kg, e componenti di grandi dimensioni, per i quali una delle caratteristiche sopra dette è superata.
I componenti di grandi dimensioni sono caratterizzati in generale da rivestimenti a doghe di 20-30 cm di larghezza fino a 6 m di lunghezza, mentre non vi sono finora esempi di grandi pannelli ad altezza di piano; questi ultimi comporterebbero probabilmente quasi sempre l'esigenza di produzioni su misura, che mal si accordano con il principio della prefabbricazione, mentre i componenti di piccole dimensioni standard si possono più facilmente adattare sul posto alle diverse situazioni applicative.
Gli elementi di piccole dimensioni permettono, secondo la conformazione dei giunti nei diversi sistemi, soltanto disposizioni a lato lungo orizzontale, con giunti verticali sfalsati o allineati (fig. 6a), oppure a lato lungo verticali, pure a giunti verticali sfalsati o allineati (fig. 6b), ma in qualche caso a disposizione mista (fig. 6c).

1. SUPPORTO

Il supporto costituisce lo strato portante del sistema, cui questo è vincolato con le diverse tecniche di ancoraggio. In conseguenza del fatto che il sistema di isolamento prefabbricato può essere impiegato sia in nuove costruzioni, che nel recupero del patrimonio edilizio esistente, il supporto si presenta con caratteristiche fisiche e di finitura diverse.

Si può pertanto distinguere una finitura tipo faccia a vista (muratura in laterizio, blocchi di calcestruzzo, setti in calcestruzzo armato, pannelli prefabbricati, ecc.) o finitura continua (intonaco minerale, plastico, verniciature, ecc.) o discontinua (piastrelli di materiali ceramici, pasta di vetro, klinker, ecc.).

Possono differire in conseguenza gli eventuali lavori preparativi all'applicazione del sistema isolante prefabbricato.

Il posizionamento dello strato termoisolante esterno al supporto comporta una notevole riduzione delle possibili mobilità di tipo termico dello stesso, con conseguente limitazione delle deformazioni indotte; ciò assicura la diminuzione delle tensioni interne della parete anche in situazioni di particolari sollecitazioni termiche dello strato esterno di rivestimento.

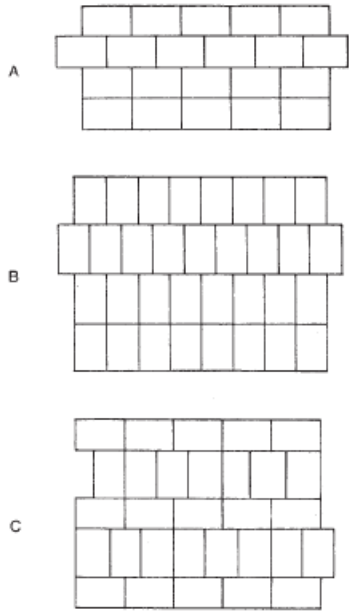


Fig. 6

2. STRATO TERMOISOLANTE

Lo strato termoisolante determina l'ottenimento del comfort ambientale richiesto all'interno dell'edificio, per la parte che dipende dal comportamento igrotermico della chiusura d'ambito esterno. Per un buon funzionamento, è necessario che l'isolante sia aderente al supporto, del quale sarà stata quindi verificata una sufficiente planarità. La forma dello strato isolante non è in generale quella della semplice lastra piana, perciò è necessario che il materiale possa essere stampato o sagomato facilmente con lavorazioni meccaniche; esso poi deve avere

rigidità e resistenza sufficienti e non essere deteriorabile dall'acqua che può passare attraverso le battentature dello strato di rivestimento o dall'umidità che deve attraversare la parete. Il materiale isolante che fino ad oggi si è trovato maggiormente rispondente all'insieme di queste esigenze tecnologiche e prestazionali è il Polistirene Espanso Sinterizzato, caratterizzato in particolare da un bassissimo assorbimento d'acqua (materiale non idrofilo).

Per questo impiego è consigliabile l'EPS a ritardata propagazione di fiamma, con massa volumica di 1520 Kg/m^3.

Le lastre hanno generalmente bordi sagomati onde ottenere la continuità del coibente e la facilità di messa in opera degli elementi, e favorire il deflusso verso l'esterno delle infiltrazioni meteoriche (vedi per esempio la Fig. 2). In alcuni sistemi (per esempio quello di fig. 7) la funzione di supporto del rivestimento è ottenuta con apposite battentature sul lato esterno del coibente, alle quali vengono fissate a scatto le doghe di rivestimento.

Onde permettere l'eliminazione dell'acqua di condensa a ridosso dello strato di rivestimento (quando quest'ultimo è impermeabile al vapore), l'elemento isolante presenta la superficie esterna interessata da scanalature o rilievi geometrici che creano discontinuità tra le facce a contatto, realizzando una condizione di microventilazione che attiva la diffusione del vapore verso l'esterno (fig. 8).

In altri casi le scanalature, a coda di rondine, servono per l'aggrappaggio del rivestimento applicato all'isolante allo stato pastoso (intonaci rinforzati o malte GRC, fig. 9).

In alcuni casi, infine, il collegamento con il rivestimento è ottenuto con collanti (per esempio hotmelt).

Il dimensionamento dello spessore delle lastre deve avvenire tenendo presenti le prescrizioni di cui alla legge 10 del 9.1.91 per il risparmio dei consumi energetici.

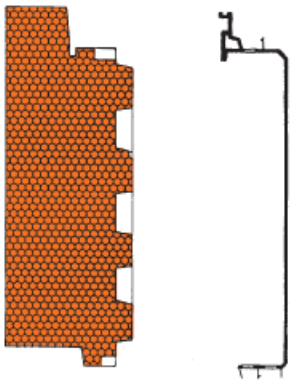


Fig. 7

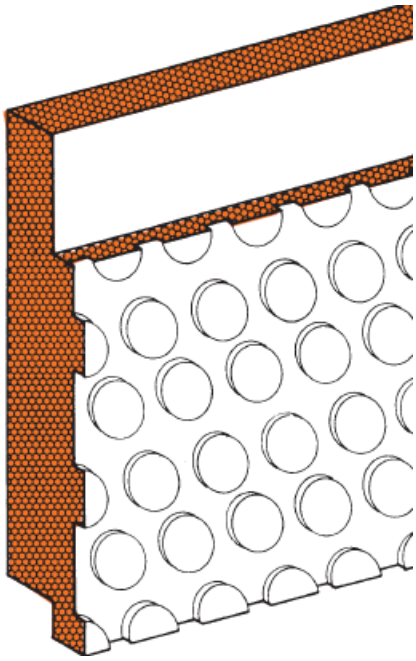


Fig. 8

3. STRATO DI RIVESTIMENTO E TENUTA

Lo strato di rivestimento e tenuta ha la funzione di proteggere gli strati sottostanti dagli agenti esterni (precipitazioni, vento, urti, carichi accidentali, ecc.) e di conferire all'edificio la sua qualifica formale.

I materiali usualmente impiegati sono:

- Prodotti metallici:
  - Lamiera di alluminio
  - Lamiera di acciaio
- Prodotti minerali:
  - Lastre sottili di pietra naturale
  - Fibrocemento
  - Intonaco armato con tessuto di vetro
  - Cemento armato con fibra di vetro (GRC)
- Prodotti organici:
  - Poliestere rinforzato con fibra di vetro (BMC)
  - PVC estruso
  - Stratificato fenolico

Gli elementi metallici devono essere opportunamente trattati con procedimenti protettivi (verniciatura, zincatura, ecc.) tali da garantire la durata in presenza di agenti atmosferici aggressivi.

I rivestimenti realizzati con materiali facilmente sagomabili (lamiere, PVC, BMC) presentano bordi sagomati che realizzano l'accoppiamento mediante battentatura congegnata in modo tale da permettere l'eliminazione dell'eventuale condensa che può fermarsi a ridosso della superficie interna del rivestimento e da innescare, attraverso opportuni fori, uno stato di microventilazione; la continuità della battentatura lungo tutto lo sviluppo delle lastre e la sua conformazione impediscono possibili infiltrazioni idriche in presenza di pioggia e vento, favorendo il dilavamento omogeneo della parete esterna.

La figura 33 mostra un esempio con doghe orizzontali in PVC e le figure 31, 32 un esempio con pannelli in alluminio.

Nel caso di rivestimento minerale (pietra naturale o fibrocemento, malte e intonaci), le battentature del rivestimento non sono generalmente possibili; in qualche caso si ricorre a sovrapposizioni o a guarnizioni in vista, ma più comunemente l'accostamento tra elementi è trattato come un giunto aperto e la tenuta è affidata all'accostamento della sottostante lastra di polistirene, come nelle figure da 11 a 16.

La finitura superficiale, in relazione alla varietà dei materiali impiegati per il rivestimento, può essere la più varia, sia come colore che come brillantezza e opacità, come grana (liscia, granigliata, marezzata, ecc.) e forma.

Si può osservare in Francia e in Germania una tendenza a imitare superfici tradizionali (ardesia, granigliati, intonaci), anche con l'applicazione sul pannello di rivestimento di una finitura supplementare; oltre a snaturare il carattere del materiale, si rischia in questo modo di ridurre anche il mantenimento nel tempo dell'aspetto iniziale. Spetta quindi alla collaborazione tra i produttori dei sistemi e gli architetti trovare le espressioni più adeguate alle esigenze locali e che insieme esprimano meglio i principi dell'isolamento prefabbricato e la natura dei materiali impiegati. Si può osservare in particolare che l'effetto della grana in distanza si perde e che rimangono prevalenti i colori e la maggiore o minore brillantezza.

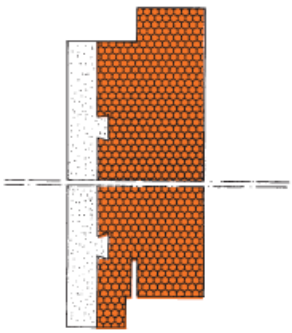


Fig. 9

4. ELEMENTI DI COLLEGAMENTO

Gli elementi di collegamento hanno la funzione di realizzare l'ancoraggio del sistema al supporto in condizioni di assoluta stabilità alle sollecitazioni statiche e dinamiche esterne.

Il collegamento è ottenuto mediante vincolo puntiforme degli elementi; ciò comporta una notevole semplificazione esecutiva rispetto ad un sistema di rivestimento a facciata ventilata con orditura strutturale continua. La scelta del tipo di fissaggio è condizionata dalle caratteristiche del supporto il quale, pertanto, deve essere analizzato preventivamente.

Si può distinguere:

- Ancoraggio meccanico, da impiegarsi per elementi preassemblati; realizzato con zanche metalliche di varie forme preventivamente fissate al supporto (collegamento indiretto) (fig. 2) oppure con tasselli ad espansione o a percussione passanti (collegamento diretto) (fig. 3).
- Ancoraggio meccanico e chimico, da impiegarsi per elementi non preassemblati; esso prevede due fasi successive di intervento:
  - Incollaggio delle lastre isolanti al supporto ed eventuale chiodatura con tasselli a testa allargata (con tecnologia analoga alla realizzazione dello strato isolante nel sistema di rivestimento a cappotto;
  - Aggancio dell'elemento di rivestimento e tenuta con tasselli ad espansione o percussione passanti (fig. 4). In tal caso è necessario provvedere la testa della vite di una piastrina di distribuzione degli sforzi, onde evitare la deformazione del rivestimento in fase di serraggio del tassello (fig. 10).

L'impiego di fissaggio a percussione deve essere oggetto di particolare attenzione per non introdurre deformazioni del rivestimento.

In generale il produttore di ogni sistema di isolamento prefabbricato fornisce gli elementi di collegamento specifici o precisa quali, fra i materiali in commercio, sono idonei per il proprio sistema, sia dal punto di vista del dimensionamento strutturale che del comportamento nel tempo.

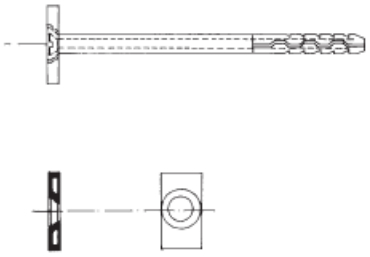


Fig. 10

5. ACCESSORI

Per garantire la tenuta all'acqua del sistema e realizzare un accostamento ottimale con altri elementi della facciata, è necessario impiegare opportuni profilati sagomati per ogni punto singolare (partenza alla base, arresto superiore, angoli interno ed esterno, raccordo con serramento, ecc.). Generalmente tali elementi sono realizzati in alluminio o acciaio pretrattati.

STABILITA' E RESISTENZA MECCANICA

Il sistema deve essere in grado di sopportare le sollecitazioni derivanti dai carichi ad esso applicati (peso proprio, vento, urti, carichi accidentali) e trasmetterli al supporto attraverso lo strato di collegamento, senza che si verifichino deformazioni plastiche e/o cedimenti e/o rotture tali da compromettere il funzionamento.

Quadro 1 PROVE SUI COMPONENTI LEGGERI PREFABBRICATI DI ISOLAMENTO ESTERNO DELLE FACCIATE			
REQUISITI	**AGENTI**	**PROVE**	**MODALITA'**
Sicurezza	Atmosferici	Carico statico in depressione	Riproduzione in laboratorio degli effetti della depressione. Simulazione mediante una pressione uniformemente ripartita sulla superficie interna del componente con impiego di vescica. Prova effettuata per intervalli successivi di 500 Pa con ritorno a zero ad ogni intervallo, fino a deformazione irreversibile dell'elemento o successiva rottura.
		Comportamento igrotermico	Riproduzione in laboratorio degli effetti del caldo, del freddo e della pioggia. Prove cicliche o no su un campione di almeno 3 m^2 di componente applicato ad u supporto. 1. *calore e choc termico*: il campione è sottoposto ad irraggiamento fino ad innalzarne la temperatura a 80°C con temperatura dell'aria pari a 30-40 °C; dopo 3 ore di riscaldamento, successivo ruscellamento con acqua a 10-20°C 2. *gelo (secco e/o umido)*: il campione è sottoposto alternatamente ad una temperatura esterna di -20°C ed una interna di +30°C 3. *umidificazione esterna e successiva essicazione:* in presenza di materiale poroso, la prova di cui al punto 3.221 avrà durata pari a 6 ore
	Urti	Urti da corpo molle (300 j e 60 j) Urti da corpo duro (10 j) Urti da corpo duro (3 j) Punzonamento (perfotest)	Proiezione sul componente di corpi differenti simulanti gli urti reali - Sacco sferoconico di 50 Kg proiettato con moto pendolare da un'altezza di 61 cm Sfera di 3 Kg in caduta libera da un'altezza di 2,04 m - Biglia d'acciaio di 1000 g (diametro 6,25 cm) in caduta da un'altezza di 1,02 m - Biglia d'acciaio di 0,5 Kg in caduta da un'altezza di 0,61 m - Punzonamento emisferico riproducente l'urto di una biglia di acciaio di 0,5 Kg in caduta da un'altezza di 0,765 m
Abilità	Temperatura		Coefficiente di trasmissione termica K determinato da ciascun Istituto secondo le regole nazionali
	Umidità	Tenuta all'acqua	Il livello di tenuta all'acqua è effettuato in generale per analogia, considerando le caratteristiche dei materiali impiegati e i dispositivi di giunzione. In caso di dubbio si procede con una prova di pioggia artificiale su un campione mediante polverizzazione del getto e sovrapressione sull'elemento. Pressione costante: 1 l/m^2 min Durata: 1 ora
		Condensazione	Prova sia in regime corrente sia durante la stabilizzazione igrotermica del supporto dopo la posa del componente.

Quadro 2

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL VENTO

Sollecitazioni sui rivestimenti di facciata dovute al vento secondo le Raccomandazioni ECCS (sollecitazione in depressione per applicazione su pareti impermeabili e rigide).

Il valore caratteristico della differenza di pressione w da tenere in conto è fornito dalla relazione:

$w = C_p \times C_e \times Q_{rif}$

dove:

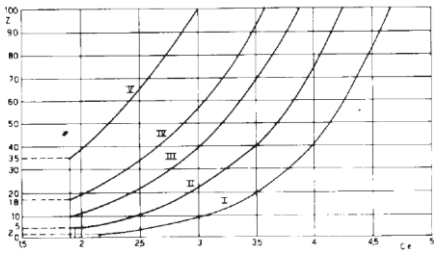
Q_{rif} = pressione dinamica di riferimento (media di 10 min. a 10 m di altezza in terreno piano e zona rurale, con tempo di ritorno di 10 anni); per l'Italia settentrionale, Liguria esclusa, Q_{rif} = 270 Pa; per il resto dell'Italia Q_{rif} = 370 Pa.

C_e = coefficiente di esposizione, funzione della rugosità del terreno e dell'altezza z (m) dell'elemento dal suolo; esso è fornito dal grafico di fig. A

C_p = coefficiente di pressione $C_p = \alpha\, C_{pel}$

- C_{pel} = coefficiente di pressione esterna locale, ricavabile dalle fig. B e C
- α = coefficiente di proporzionalità secondo tab. I

Il coefficiente di sicurezza da applicare ai risultati sperimentali ottenuti secondo UNI EN 77 è 2,6



Classe I: prossimità del mare o di uno specchio d'acqua largo almeno 5 Km
Classe II: zona rurale con edifici o alberi isolati
Classe III: zona urbanizzata, industriale o boschiva
Classe IV: città (con edifici di almeno 10 m di altezza su almeno ¼ della superficie
Classe V: grandi città (con edifici di almeno 25 m di altezza su almeno ¼ della superficie)

Fig. A

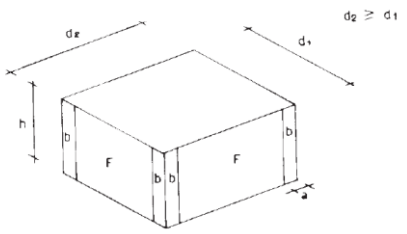


Fig. B

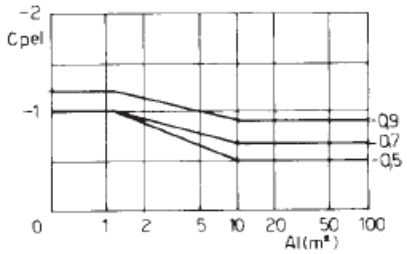


Fig. C

Faccia esterna permeabile senza entrate d'aria al contorno	$\alpha = 1/3$
Faccia esterna impermeabile con entrate d'aria al contorno	$\alpha = 0$
Faccia esterna impermeabile e stagna anche se deformata dal vento	$\alpha = 1$

Il valore di a da considerare è il maggiore fra i seguenti:

0,15 d_1 e 1 m per $h/d1 \geq 1/3$
0,45 h, 0,04 d_1 e 1 m per $h/d_1 \leq 1/3$

Pertanto il valore A, da utilizzare nel grafico di fig. C
è dato dalla relazione: $A_l = ah$

L'azione del vento andrà valutata con riferimento all'ubicazione (regione e altitudine) dell'edificio, alla sua altezza e all'esposizione della parete ai venti dominanti; il tutto facendo riferimento alle prescrizioni normative vigenti in materia. Il QUADRO 2 riporta le recenti raccomandazioni, specifiche per i rivestimenti di facciata, emesse dalla European Convention for Constructional Steelwork (ECCS).

In ogni caso, il sistema deve offrire sufficiente resistenza meccanica agli effetti della pressione e depressione cinetica e alle vibrazioni dovute al vento. A tal proposito è opportuno riferirsi a risultati di prove sperimentali connesse sia al sistema di fissaggio sia alla resistenza propria dei differenti materiali costituenti l'elemento e del loro assemblaggio.

In Francia, l'Avis Technique di ogni sistema di veture fornisce i valori espressi in Pascal della resistenza ammissibile ai suddetti effetti cinetici (generalmente più di 2000 Pa); questi valori sono indipendenti dalla scelta del sistema di ancoraggio, a priori supposto adeguato. Nel caso di prove in depressione, le caratteristiche del campione di prova devono essere tali per cui i tasselli di fissaggio non possano costituire punti deboli. Comunque, dal momento che lo strato di tenuta e rivestimento è generalmente a contatto più o meno continuo con lo strato isolante non compressibile, le prove di resistenza alla pressione del vento sono poco significative e analoghe a quelle di tutti gli altri sistemi di isolamento dall'esterno; viceversa, gli effetti del carico ripartito in depressione vanno valutati molto attentamente, attraverso simulazione su campioni al vero, per esempio con i metodi da tempo codificati per la prova delle finestre. Va anche tenuto presente che, in sistemi con strato di ventilazione, la lama d'aria comunicante con l'esterno tende ad equilibrare le pressioni sulle due facce dello strato di tenuta, riducendone gli effetti rispetto ad elementi privi di intercapedine come evidenzia il Quadro 2.

Occorre poi analizzare l'azione combinata di peso proprio e vento (soprattutto in presenza di elementi di grandi dimensioni) e considerarne la forza risultante al fine del dimensionamento dei tasselli, analoga- mente a quanto si fa per i sistemi a facciata ventilata. In considerazione dei materiali costituenti lo strato di tenuta e rivestimento, per lo più aventi elevati coefficienti di dilatazione termica, occorre verificare attenta- mente il comportamento degli elementi e del collega- mento sotto l'effetto delle variazioni igrotermiche, affinché non avvengano fenomeni distruttivi o deformazioni permanenti in grado di compromettere l'efficienza del sistema. In particolare, temperature limite superficiali di riferimento sono considerate le seguenti:

- 20 °C e + 80 °C all'esterno
- 0 °C e + 50 °C all'interno.

Gli shocks dovuti a repentini salti termici (dell'ordine di 50 K) o alle sollecitazioni indotte da fenomeni di gelività non devono produrre patologie tali da ridurre i limiti di prestazione del sistema. In relazione alle mobilità di origine termica del supporto occorre prevedere opportuni giunti di dilatazione nel sistema in grado di assorbire le deformazioni senza compromettere l'integrità degli ancoraggi e i meccanismi di accoppiamento degli elementi.

Per effetto degli urti accidentali che possono verificarsi in situazioni di particolare esposizione agli utenti (piano terreno, logge, coperture praticabili, ecc.) il sistema non deve subire degradi capaci di provocare nel tempo il distacco dell'elemento e comunque deve resistere agli urti da corpo duro conservando l'indeformabilità del rivestimento a garanzia del requisito di aspetto.

COMPORTAMENTO AL FUOCO

I sistemi di isolamento dall'esterno delle pareti d'ambito devono essere tali per cui né i materiali componenti né i gas che possono svilupparsi con la combustione non devono contribuire alla propagazione da un piano all'altro di un incendio eventualmente sviluppatosi all'interno dell'edificio.

Inoltre l'incremento di temperatura o la combustione degli elementi non devono causarne il distacco totale o anche parziale.

Mentre non si impongono limitazioni all'impiego di componenti incombustibili, precauzioni sono da osservare per gli altri materiali, in relazione alle caratteristiche dimensionali dell'edificio, ed è necessario tenere in considerazione le proprietà chimico fisiche del sistema di ancoraggio, in rapporto alla sua possibilità di collassamento indipendentemente o comunque prima di quello degli strati adiacenti.

Non esiste ancora alcuna normativa italiana specifica contenente prescrizioni sulle caratteristiche di reazione al fuoco di rivestimenti esterni di facciata.

ISOLAMENTO TERMICO

Il sistema di isolamento termico della chiusura d'ambito, deve mantenere al di sotto dei limiti imposti dalla normativa il valore del coefficiente di disperdimento termico globale e contribuire al soddisfacimento del requisito di benessere ambientale interno.

La continuità dello strato isolante, caratteristica dei sistemi considerati, evita la formazione di ponti termici che incrementano le dispersioni e attivano fenomeni condensativi locali. In tal modo il sistema garantisce un comportamento ottimale della chiusura rispetto ai fenomeni legati ai flussi termici.

Tuttavia taluni accessori di ancoraggio o di finitura costituiti da profili metallici possono innescare flussi termici, dei quali occorre avere conoscenza per la corretta scelta e localizzazione dei dispositivi. L'ottenimento dei valori voluti di resistenza termica è legato essenzialmente allo spessore del pannello coibente, essendo lo strato di rivestimento e tenuta poco influente, sia per i ridotti spessori impiegati, sia per i coefficienti di conducibilità termica generalmente elevati.

L'impiego di EPS consente bassi spessori del pannello isolante, dal momento che presenta bassissimi valori di conducibilità. Tuttavia, indipendentemente dalle prescrizioni alle quali devono soddisfare le pareti conformemente a quanto previsto dalla legge 10/91, i sistemi finora realizzati hanno in genere una resistenza termica media superiore a 1 m^2, K/W, cui corrisponde uno strato di EPS di almeno 50 mm.

La determinazione della trasmittanza U della chiusura d'ambito dotata di sistema di isolamento esterno prefabbricato può essere effettuata a partire dal valore Ko in sezione corrente, mediante la relazione:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_o} + R_v} + \alpha n \qquad [W/m^2\,°K]$$

ove Rv è la resistenza termica media del sistema, che tiene conto dei differenti spessori del pannello isolante dovuti alla presenza delle scanalature o di rilievi geometrici, n la densità dei fissaggi (n°/m^3) e α (W/n° K) la trasmittanza puntiforme del fissaggio.

I valori dei parametri sono connessi a ciascun sistema particolare in relazione alla morfologia del pannello isolante e sono esplicitati, in Francia, nelle prescrizioni riportate nei relativi Avis Techniques.

CONTROLLO DELLA CONDENSAZIONE INTERSTIZIALE

Il sistema delle chiusure d'ambito esterno deve garantire il controllo dei fenomeni di diffusione del vapore acqueo attraverso gli strati componenti, onde evitare, in condizioni igrotermiche ambientali sfavorevoli, la formazione di condensa, sia superficiale che interna agli strati.

Da questo punto di vista, il modello di funzionamento dei sistemi di facciata con isolamento dall'esterno risulta in genere particolarmente soddisfacente, in quanto la pressione di vapore all'interno della stratificazione difficilmente raggiunge il valore di saturazione. Tuttavia, data la trascurabile resistenza termica dello strato di rivestimento dei sistemi di isolamento prefabbricati, ciò potrebbe verificarsi all'interfaccia fra rivestimento e isolamento, se il primo offre una resistenza elevata al passaggio del vapore.

Da questo punto di vista, le citate Direttive Francesi classificano i sistemi in tre categorie:

1. sistemi "ventilati", nei quali esistono degli opportuni orifizi di ventilazione, di larghezza pari ad almeno 5 mm su tutta la lunghezza dell'elemento. In tal modo si realizza un debole flusso d'aria tra l'isolante e il rivestimento, in grado di asportare il vapore in uscita; in queste condizioni il sistema è assimilabile ad una parete ventilata;

2. sistemi "respiranti", distinti in due tipi:

• elementi con strato di tenuta avente debole resistenza alla diffusione del vapore; è il caso dei rivestimenti con intonaci e malte cementizie rinforzate;

• elementi con strato di tenuta resistente al vapore ma avente orifizi di ventilazione in grado di limitare sensibilmente i fenomeni condensativi; è il caso dei rivestimenti metallici e di PVC su lastra di Polistirene espanso con superficie sagomata;

3. sistemi "stagni", nei quali l'isolante presenta una resistenza alla diffusione del vapore maggiore di quella di uno strato d'aria di 9 m (μs > 9 m). Dati gli spessori s correnti (0,05-0,1 m) e del coefficiente μ del Polistirene espanso nelle masse volumiche usate in questi sistemi (μ = 20 ÷ 50), questo caso particolare si verifica difficilmente. In tali sistemi può essere necessario adottare uno strato di barriera al vapore.

La valutazione del rischio di condensa va affrontata con riferimento al sistema impiegato, alle caratteristiche del supporto e alle condizioni igrotermiche interne ed esterne.

Ciò può essere fatto sia con il calcolo (programmi con il metodo degli elementi finiti sono stati studiati dal CSTB per i sistemi respiranti del 2° tipo), o con prove pratiche sul sistema completo, sia in condizioni di ciclo termico annuale, sia in fase di essicazione di muri nuovi, generalmente la più gravosa.

TENUTA ALL'ACQUA

Il sistema isolante prefabbricato deve proteggere gli stati sottostanti Il sistema isolante prefabbricato deve proteggere gli strati sottostanti dalle penetrazioni idriche dovute alle precipitazioni atmosferiche (pioggia, neve, grandine) assicurando una perfetta tenuta affidata alle caratteristiche dei materiali e alla morfologia dei giunti tra gli elementi e dei profili speciali impiegati per la realizzazione dei punti singolari.

È pertanto fondamentale che l'acqua non possa raggiungere né il supporto né i dispositivi e gli elementi metallici di ancoraggio che potrebbero essere degradati per ossidazione.

Comunque occorre prevedere dispositivi di evacuazione per eventuali infiltrazioni realizzando opportunamente le battentature dei giunti fra le lastre; tali dispositivi possono coincidere con gli orifizi per l'eliminazione dell'acqua di condensa. In relazione alle

condizioni ambientali esterne e alle caratteristiche dello strato di rivestimento le Direttive UEAtc individuano quattro tipi di sistemi, secondo il loro grado di protezione dalla pioggia, così come riportato nel quadro seguente:

Come già rilevato, l'isolante non idrofilo, quale è l'EPS, è richiesto per qualunque situazione di impiego.

In riferimento a condizioni di impiego con pioggia battente, gli elementi con strato di finitura in intonaco idraulico devono essere impiegati in edifici di altezza inferiore a m 18 e in situazioni non molto esposte.

ASPETTO

Indipendentemente dalla morfologia degli elementi costituenti il sistema, la superficie esterna deve presentare regolarità geometrica e aspetto gradevole. Particolare attenzione va posta nell'osservanza delle campiture di facciata e della scansione e modularità degli elementi tecnici che caratterizzano la parete (finestre, aggetti, ecc.), onde evitare un disordine formale poco qualificante.

Il colore, la brillantezza e il potere riflettente della superficie esterna devono mantenere caratteristiche proprie costanti nel tempo o, comunque, variare in modo uniforme con l'invecchiamento, senza che si formino porzioni contrastate; i materiali costituenti lo strato di rivestimento devono essere esenti da formazioni di efflorescenze e muffe e gli elementi di ancoraggio a vista non devono essere soggetti a corrosione, onde evitare colature e macchiature.

La planarità d'insieme deve essere tale da non presentare scostamenti e deformazioni visibili ad occhio nudo. L'impiego di elementi con finitura non liscia permette di mascherare eventuali difetti non rilevanti di planarità. In tal caso, però, la sagomatura delle lastre o la scabrezza superficiale del materiale non devono trattenere il pulviscolo atmosferico.

Le fughe tra i pannelli che si evidenziano per la presenza della battentatura dei giunti devono essere perfettamente rettilinee ed allineate.

DURABILITA'

Il sistema deve essere in grado di sopportare le sollecitazioni che possono prodursi sotto l'effetto della temperatura, dell'irraggiamento solare, del gelo e disgelo, delle azioni, sia chimiche in relazione alle atmosfere anche aggressive, sia fisiche in relazione alla persistenza di venti trasportanti particelle solide, senza che intervengano perdite delle prestazioni dal punto di vista della planarità, dell'aspetto delle superfici, della tenuta all'acqua, della resistenza meccanica e del comportamento igrotermico del sistema e degli strati componenti.

È ragionevole ritenere che una durata di 30 anni del sistema sia un tempo sufficientemente accettabile, anche se i dispositivi di fissaggio devono essere concepiti per una vita molto superiore.

La durata degli elementi del sistema è legata soprattutto a quella dello strato di tenuta e rivestimento.

In tal senso, è possibile distinguere due famiglie di prodotti impiegati;

a) materiali di tipo tradizionale (terracotta, lamiere metalliche, fibrocemento, ecc.);

b) materiali plastici e malte idrauliche armate con fibra di vetro.

TIPO	STRATO DI RIVESTIMENTO	SISTEMA DI EVACUAZIONE	ISOLANTE	CONDIZIONI DI IMPIEGO
1	permeabile	non previsto	non idrofilo	- Situazioni protette - Supporto impermeabile
2	poco permeabile	non previsto	non idrofilo	Situazione di esposizione alla pioggia mediamente severe
3	poco permeabile	previsto	non idrofilo	Qualunque esposizione eccetto zone costiere ed edifici molto alti
4	impermeabile	previsto	non idrofilo	Qualunque esposizione

Atmosfera / Strato di rivestimento	Rurale	Urbana normale	Industriale normale	Urbana o industriale severa	Marina	Mista
Poliestere Spessore 30 µm	15 anni	10 anni	10 anni	sconsigliata	sconsigliata	sconsigliata
Plastisol PVDF Spessore 200 µm	25 anni	15 anni	15 anni	10 anni	10 anni	10 anni

In particolare, nel caso di impiego di lamiera prelaccata occorre considerare che il filmogeno protettivo ha vita molto inferiore a quella del manufatto e pertanto ne occorre la reintegrazione non appena se ne nota un degrado evidente; il tempo di vita, comunque, è funzione del tipo di laccatura e degli agenti atmosferici: la tabella seguente fornisce un riferimento sulla base delle attuali esperienza.

Elementi in fibrocemento presentano ottima durabilità senza richiedere operazioni manutentive, all'infuori di semplici lavature, purché la pigmentazione superficiale di finitura appartenga alla gamma dei colori ormai standardizzati. Circa i prodotti della seconda famiglia, è necessario che nella realizzazione degli elementi in PVC siano impiegate resine di base di ottima qualità e che la trasformazione per estrusione sia correttamente eseguita.

Fenomeni di degrado accelerato (sfarinamento, infragilimento, cambiamento di colore, ecc.) possono riscontrarsi nei materiali di sintesi: gli elementi in PVC sono particolarmente sensibili ai raggi ultravioletti, a meno di non impiegare stabilizzanti idonei, i quali peraltro presentano l'inconveniente di ridurre il loro effetto nel tempo.

L'impiego di colori chiari è senz'altro un fattore che ritarda l'invecchiamento dello strato di rivestimento.

I prodotti in poliestere risultano degradabili per effetto dell' acqua che ne distrugge la resina per idrolisi, mentre l'armatura in vetro può amplificare il fenomeno. Inoltre l'idrolisi è tanto maggiore quanto più la polimerizzazione della resina è incompleta: è quindi opportuno utilizzare resine debolmente idrolizzabili, totalmente polimerizzate con uno stampaggio ad alta tempera tura e debolmente caricate con fibre di vetro. L'impiego di filmogeni protettivi aumenta l'affidabilità di questi materiali.

I prodotti in malta idraulica armata con fibra di vetro presentano con l'invecchiamento una perdita delle caratteristiche meccaniche dovuta ad una parziale distruzione delle fibre.

Con le fibre più recenti il decadimento è asintotico, con una soglia che non supera il 50%.

L'energia radioattiva e gli shocks termici inducono deformazioni nei materiali costituenti lo strato di rivestimento, proporzionali ai coefficienti di dilatazione termica e di assorbimento della radiazione; anche l'esposizione e i tipi di vincolo influenzano lo stato tensionale degli elementi e le conseguenti variazioni morfologiche e dimensionali di tipo plastico.

L'adozione di sistemi a dilatazione non impedita consente di ovviare alle problematiche suddette.

Sotto il profilo del comportamento nel tempo all'umidità (aria umida, condensazioni, penetrazioni d'acqua) è necessario prevedere trattamenti protettivi a base di prodotti idrorepellenti o anticorrosivi per i materiali di rivestimento particolarmente sensibili e per gli elementi di fissaggio e gli accessori (viti, pro- fili, ancoraggi, ecc.).

Inoltre, tutti i materiali organici costituenti il sistema devono essere protetti dagli agenti biologici quali muffe, funghi, termiti, ecc.

È necessario che tutti i materiali costituenti il sistema abbiano stabilità chimico fisica in relazione ai degradi che possono innescarsi nel tempo fra prodotti interagenti. Il pericolo di possibili corrosioni da ossidazione o di origine elettrolitica deve essere fugato con l'impiego di materiali compatibili, appositamente trattati o protetti e messi in opera con soluzioni tecnologiche appropriate, soprattutto se non sono facilmente suscettibili di operazioni manutentive.

PRESCRIZIONI PER L'APPLICAZIONE E PARTICOLARI COSTRUTTIVI

Per la natura stessa degli elementi costituenti, i sistemi di isolamento dall'esterno prefabbricati presentano estrema versatilità applicativa.

Pertanto, dal punto di vista progettuale non esistono vincoli particolari, né per quanto riguarda l'estensione delle superfici di facciata, né per la presenza di aperture o aggetti, dal momento che gli elementi possono, in generale, essere facilmente tagliati a piè d'opera e quindi adattati a situazioni specifiche.

Sotto il profilo formale, inoltre, è possibile disporre le lastre a giunti verticali allineati o sfalsati (vedi Fig. 5), mentre i profili terminali di raccordo che risultano in vista possono essere dissimulati nel contesto della facciata o resi evidenti a seconda che si impieghino pigmentazioni uguali o contrastanti.

La suddetta versatilità deriva dal fatto che gli elementi, generalmente di formato standard, sono tagliabili e quindi adattabili; non è pertanto vincolante alcun discorso dimensionale ai fini della progettazione ed esecuzione. È ipotizzabile che in futuro una maggiore attenzione ai problemi di modularità, con messa in produzione di manufatti aventi gamme dimensionali diversificate, unitamente all'impiego di elementi speciali per la risoluzione dei nodi in corrispondenza dei punti singolari dell'edificio, potrà portare ad un miglior controllo degli esiti formali complessivi forniti da questo sistema di rivestimento.

Dal punto di vista applicativo, in generale tutti i sistemi attualmente prodotti non presentano difficoltà particolari di messa in opera, al punto che, per taluni di essi, non è nemmeno richiesta manodopera specializzata.

Tuttavia, al di là di prescrizioni specifiche attinenti al singolo sistema e determinate dalle caratteristiche morfologiche e dimensionali degli elementi e dalle procedure di ancoraggio, è necessario considerare alcune prescrizioni di validità generale. L'applicazione dei componenti, allo stato attuale della produzione, può avvenire solo su pareti verticali, anche se non è da escludere a priori l'impiego su superfici subverticali di sistemi aventi però caratteristiche di perfetta tenuta all'acqua.

Il supporto può non essere perfettamente piano, dal momento che il sistema è in grado di assorbirne eventuali modeste irregolarità; comunque i difetti di planarità del supporto (causati da disgregazioni localizzate, imbozzamenti, ecc.) non devono essere superiori a mm 5 sotto un regolo da cm 20, intervenendo con operazioni di regolarizzazione qualora questa condizione non sia verificata. Fenomeni fessurativi esistenti nel supporto, dovuti a mobilità differenziali, non compromettono il sistema di rivestimento, essendo questo applicato per punti. È però necessario preventivamente accertare che tali fenomeni non abbiano a continuare nel tempo per evitare l'insorgere di lesioni anche all'interno del sistema di rivestimento. In presenza di supporto vecchio, questo deve risultare perfettamente asciutto ed esente da fenomeni di umidità capillare; in presenza di supporto nuovo è opportuno rispettare i seguenti tempi di stagionatura prima di procedere all'applicazione del sistema:

- supporto in calcestruzzo gettato in opera: minimo 45 giorni;

- supporto in muratura: minimo 30 giorni.

Ciò al fine di evitare che un incremento anomalo di vapore comprometta il comportamento igrotermico del sistema.

Particolare cura va riposta nella scelta e determinazione degli elementi di ancoraggio in relazione sia alla natura e consistenza del supporto sia alle condizioni di esposizione al vento e alla resistenza allo strappo dei tasselli.

In presenza di supporto in laterizi forati è necessario rilevare le dimensioni delle forature in modo da impiegare tasselli di fissaggio di lunghezza tale da interessare almeno due cavità.

Il dimensionamento dei fissaggi deve essere valutato con riferimento alle prestazioni specifiche dei tasselli, definite dalle apposite Direttive UEAtc che, se necessario, vanno

confrontate con il risultato di prove sul supporto in questione.

In molti casi è opportuno prevedere l'impiego di rondelle metalliche o in materiale sintetico da interporre tra la testa della vite del tassello e la lastra del rivestimento, onde evitare rotture in fase di serraggio. Dal punto di vista delle condizioni atmosferiche al montaggio, non sono richieste precauzioni particolari; solamente per elementi di grandi dimensioni occorre fare attenzione alla realizzazione dei giunti in relazione alla massima temperatura di posa.

La posa degli elementi, secondo la geometria dei giunti del sistema, può avvenire procedendo sia dal basso verso l'alto che viceversa; se la prima modalità è certamente la più diffusa, in quanto permette maggiore precisione di montaggio, la seconda risulta particolarmente utile nei casi in cui si prevede di dover sostituire singole lastre a livello di piano terreno (con particolare esposizione a sollecitazioni meccaniche). In caso di montaggio dal basso in alto e da sinistra a destra, occorre preventivamente applicare un profilo di base orizzontale e d'angolo verticale: tali accessori vanno posati con estrema precisione dal momento che determinano il corretto allineamento dei corsi del rivestimento.

In presenza delle aperture, i profili di cornice devono essere applicati prima della posa delle lastre.

La foratura del singolo elemento e del supporto deve avvenire in un'unica operazione con l'impiego di un trapano a percussione. È escluso l'impiego di chiodi sparati, che possono provocare deformazioni del rivestimento.

Di seguito si riportano alcuni dettagli costruttivi relativi a sistemi con strato termoisolante direttamente accoppiato allo strato di tenuta oppure indipendente da esso, per quanto riguarda sia la sezione corrente che i punti singolari più ricorrenti (Fig. 11 a 34).

STRATO DI TENUTA E RIVESTIMENTO IN MALTA DI CEMENTO

1. Supporto – 2. Strato isolante – 3. Strato di rivestimento e tenuta in malta di cemento con inerti fini – 4. Profilo di ancoraggio in lamiera metallica trattata – 5. Tassello ad espansione in nylon – 6. Inserti di ancoraggio – 7. Cameretta di espansione

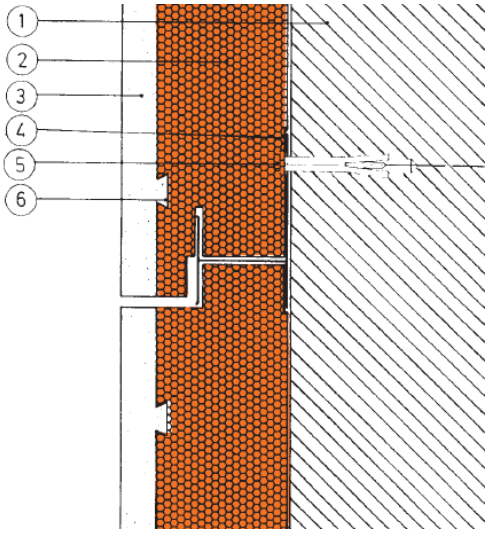


Fig. 11 Sezione corrente verticale – giunto orizzontale

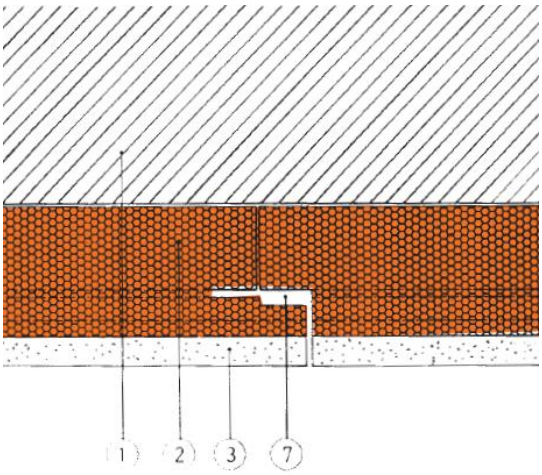


Fig. 12 Sezione corrente orizzontale – giunto verticale

STRATO DI TENUTA E RIVESTIMENTO IN GRC

1. Supporto – 2. Strato isolante – 3. Strato di rivestimento e tenuta in malta idraulica armata con fibre di vetro – 4. Profilo di ancoraggio in lamiera di alluminio piegata, con spessore > 10/10 prelaccata o anodizzata, oppure in lamiera di acciaio con spessore > 7,5/10 prelaccata – 5. Tassello ad espansione in nylon – 6. Inserti di ancoraggio – 7. Cameretta di espansione

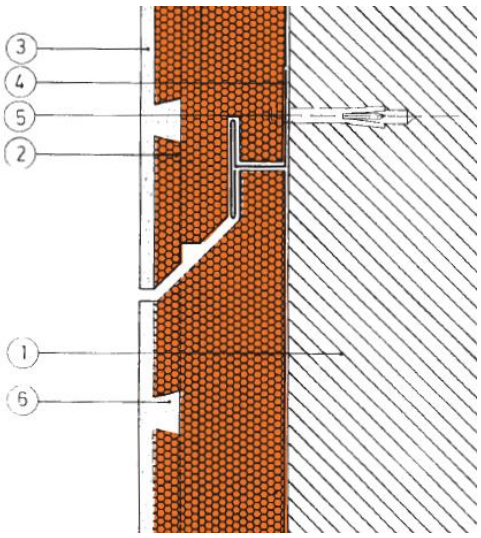


Fig. 13 Sezione corrente verticale – giunto orizzontale

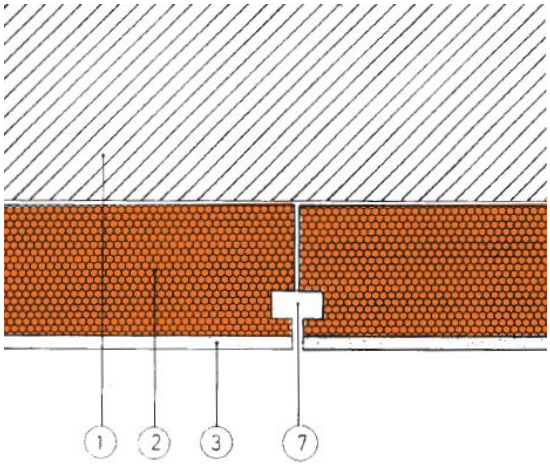


Fig. 14 Sezione corrente orizzontale – giunto verticale

STRATO DI TENUTA E RIVESTIMENTO IN FIBROCEMENTO

1. Supporto – 2. Strato isolante – 3. Strato di rivestimento e tenuta in fibrocemento – 4. Profilo in lamiera piegata di alluminio prelaccato – 5. Profilo di partenza alla base in lamiera di alluminio – 6. Tassello ad espansione in nylon – 7. Foro di micro ventilazione ed evacuazione condensa

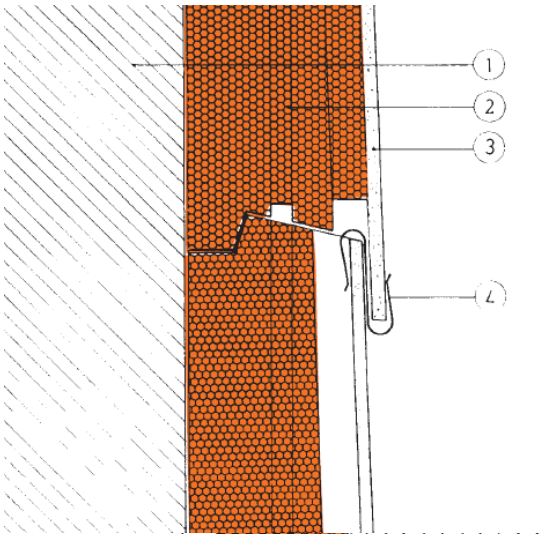


Fig. 15 Sezione corrente verticale – giunto orizzontale

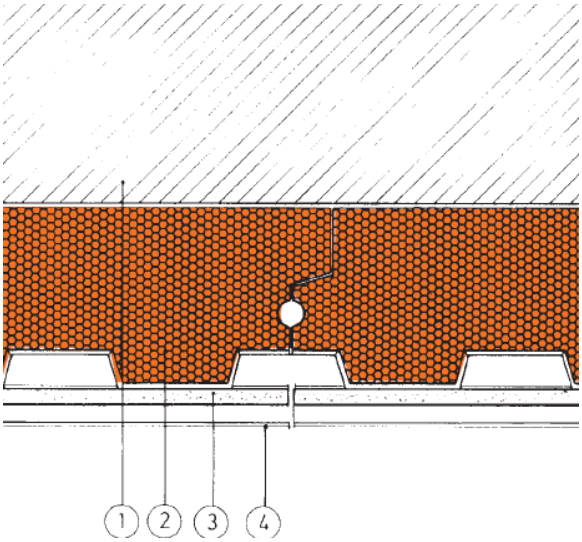


Fig. 16 Sezione corrente orizzontale – giunto verticale

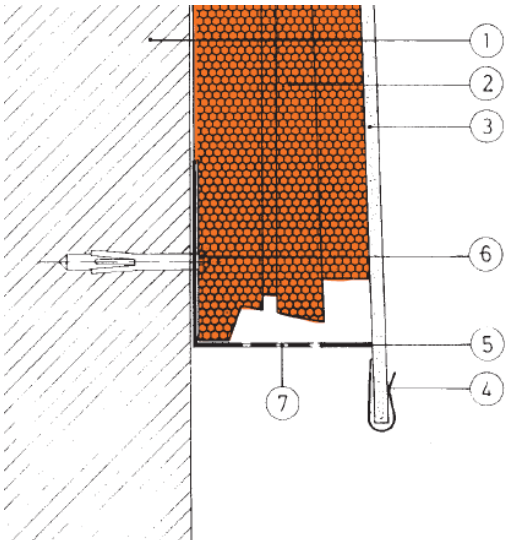


Fig. 17 Partenza alla base - Sezione verticale

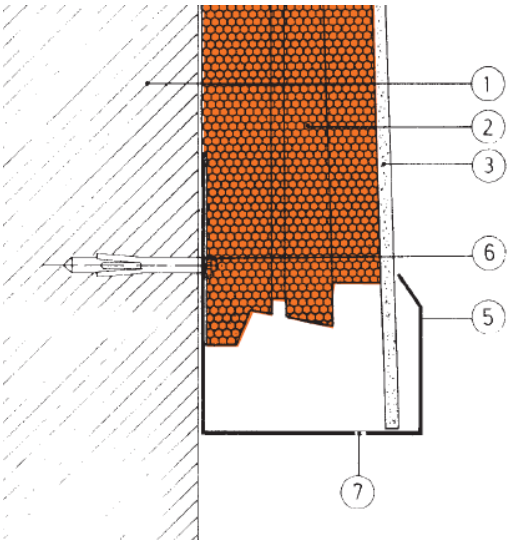


Fig. 18 Partenza alla base - Sezione verticale

STRATO DI TENUTA E RIVESTIMENTO IN POLIESTERE

1. Supporto – 2. Strato isolante – 3. Strato di rivestimento e tenuta in poliestere stampato – 4. Tassello ad espansione in nylon – 7. Foro di micro ventilazione ed evacuazione condensa

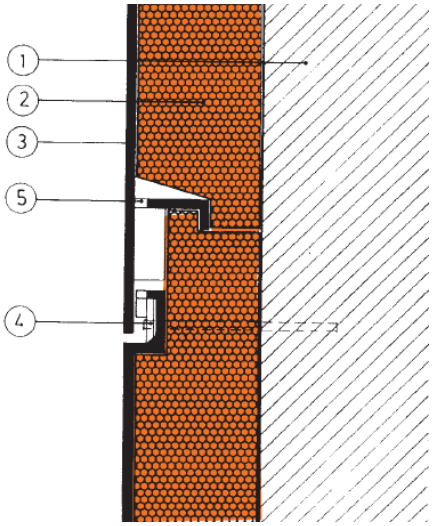


Fig. 19 Sezione corrente verticale – giunto orizzontale

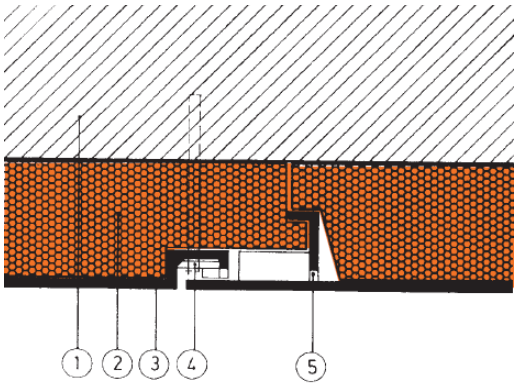


Fig. 20 Sezione corrente orizzontale – giunto verticale

1. Supporto – 2. Strato di regolarizzazione – 3. Strato isolante – 4. Strato di rivestimento e tenuta in poliestere stampato – 5. Tassello ad espansione in nylon – 6. Foro di microventilazione ed evacuazione condensa – 7. Profilo continuo in alluminio prelaccato o PVC – 8. Scossalina di copertura – 9. Aggetto – 10. Serramento – 11. Foro giunto e sigillante

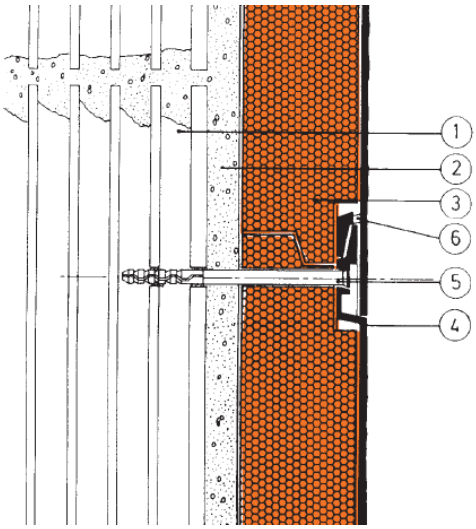


Fig. 21 Sezione corrente verticale – giunto orizzontale

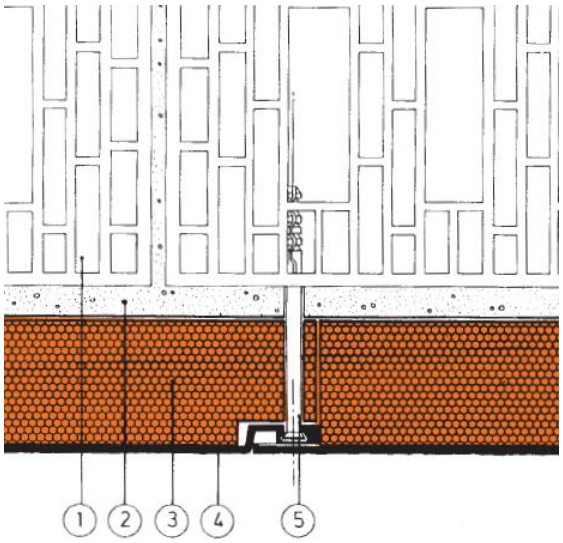


Fig. 22 Sezione corrente orizzontale – giunto verticale

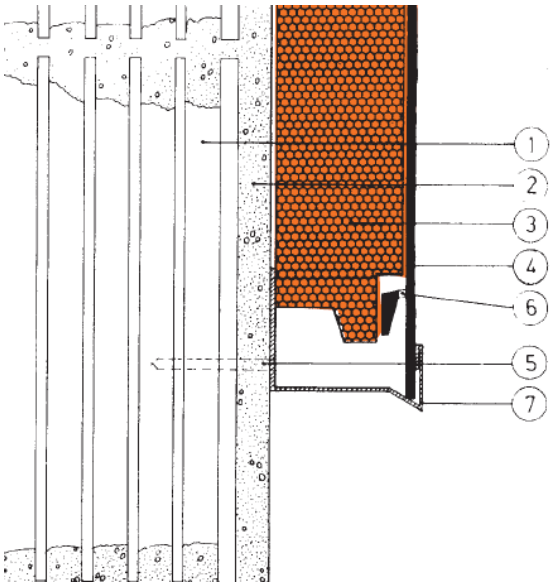


Fig. 23 Partenza alla base - Sezione verticale

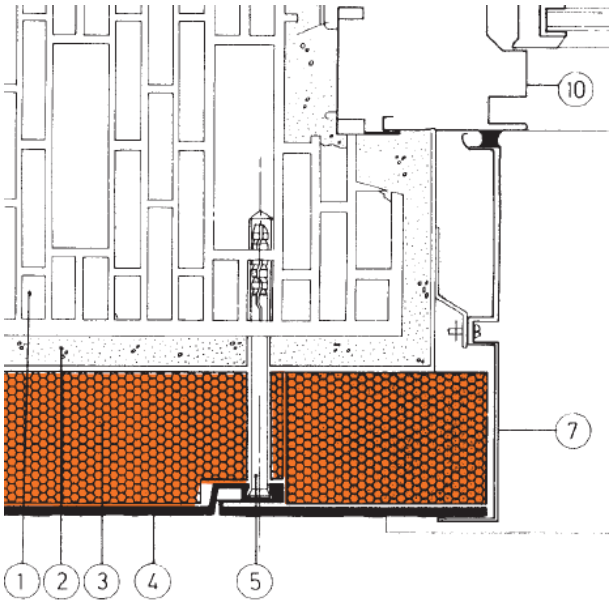


Fig. 24 Raccordo con serramento - Sezione orizzontale

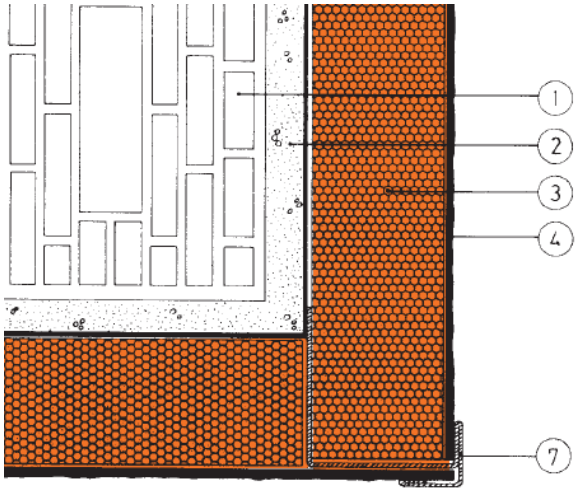


Fig. 25 Angolo esterno - Sezione orizzontale

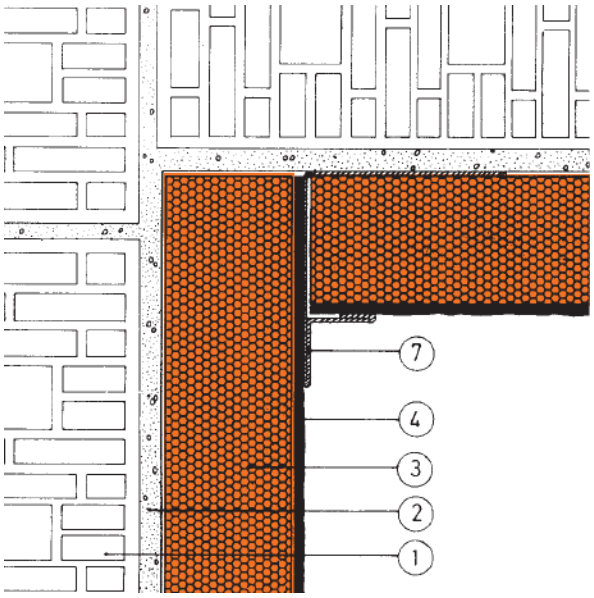


Fig. 26 Angolo interno - Sezione orizzontale

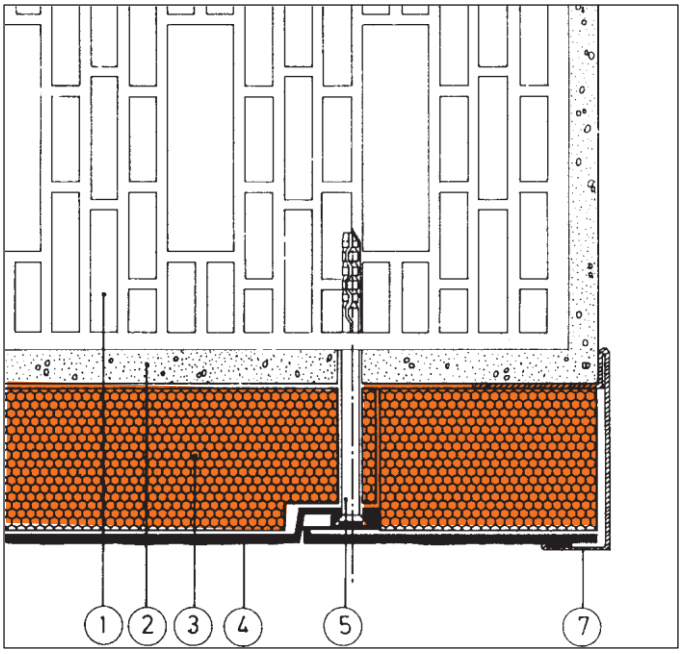


Fig. 27 Arresto laterale - sezione orizzontale

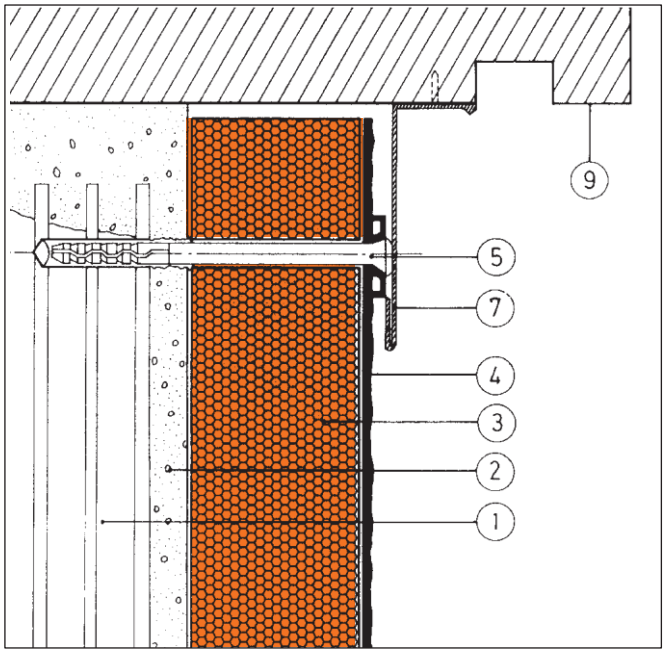


Fig. 28 Raccordo con cordolo aggettante - sezione verticale

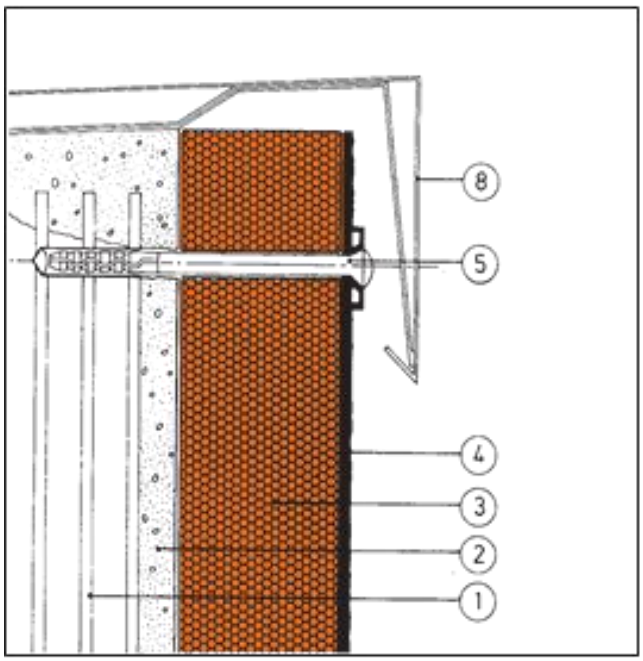


Fig. 29 Raccordo con scossalina di coronamento - sezione verticale

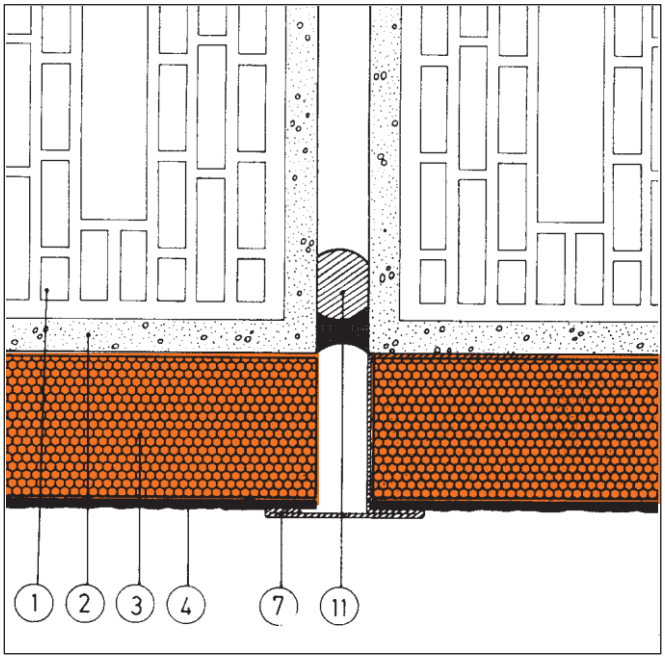


Fig. 30 Giunto di dilatazione - sezione orizzontale

STRATO DI TENUTA E RIVESTIMENTO IN ALLUMINIO

1. Supporto – 2. Strato isolante – 3. Strato di rivestimento e tenuta a doghe di alluminio prelaccato (spessore > 6/10) – 4. Zanca di ancoraggio in lamiera di alluminio (spessore > 15/10) – 5. Tassello ad espansione in nylon – 6. Foro di micro ventilazione ed evacuazione condensa

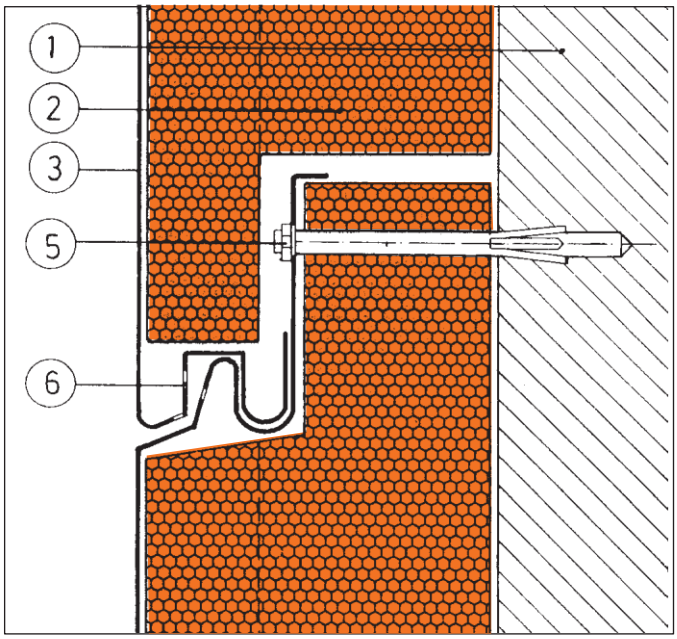


Fig. 31 Ancoraggio diretto del rivestimento al supporto - Sezione corrente verticale – giunto orizzontale

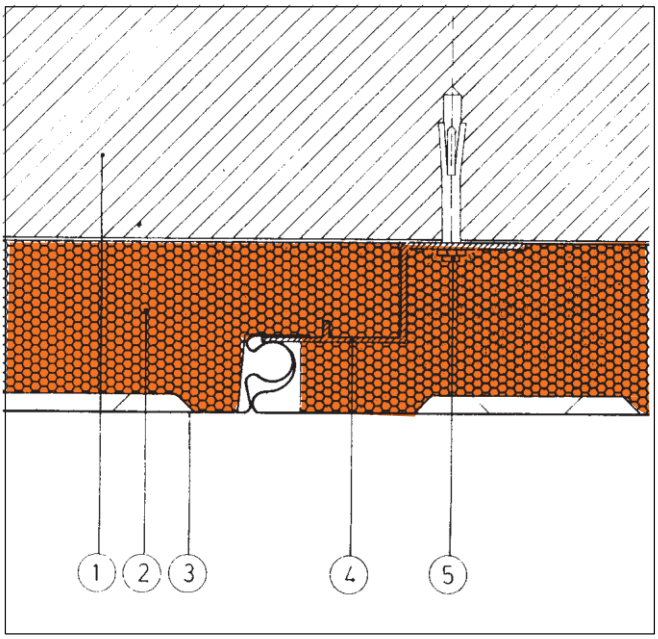


Fig. 32 Ancoraggio del rivestimento al supporto mediante profilo metallico - Sezione corrente orizzontale – giunto orizzontale

STRATO DI TENUTA E RIVESTIMENTO IN PVC

1. Supporto – 2. Strato isolante – 3. Strato di rivestimento e tenuta a doghe orizzontali di PVC estruso – 4. Zanca di ancoraggio in lamiera di alluminio (spessore > 15/10) prelaccato o anodizzato – 5. Tassello ad espansione in nylon – 6. Foro di micro ventilazione ed evacuazione condensa – 7. Profilo di chiusura

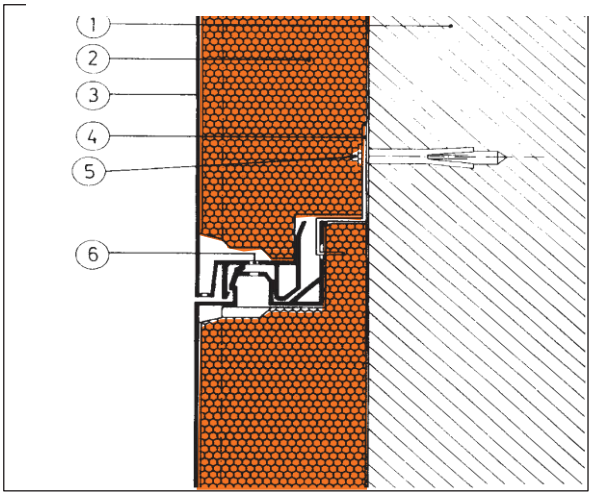


Fig. 33 Sezione corrente verticale – giunto orizzontale

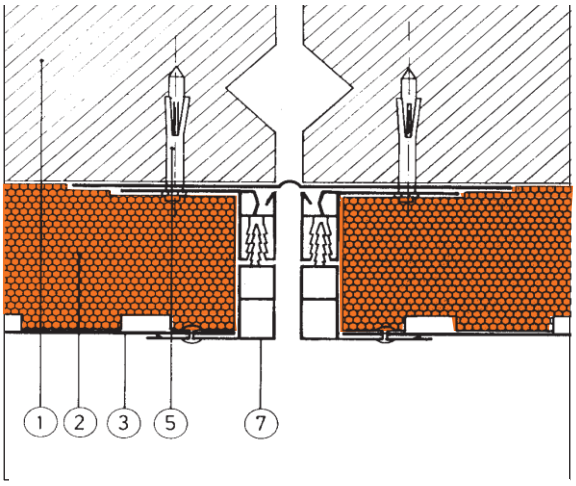


Fig. 34 Giunto di dilatazione - Sezione orizzontale

MANUTENZIONE

Al fine di prolungare nel tempo la prestazione di durabilità, è necessario prendere in considerazione operazioni di manutenzione dei sistemi di isolamento esterni prefabbricati, la cui periodicità è funzione del materiale impiegato per la realizzazione dello strato di rivestimento, delle condizioni di esercizio e dell'esposizione. E comunque ipotizzabile che tale periodicità sia dell'ordine del decennio onde non gravare pesantemente sui costi di gestione del sistema.

L'ordinaria manutenzione si effettua generalmente con acqua pura, eventualmente tiepida; in presenza di sporcizia persistente, è consigliabile l'impiego di acqua saponata o additivata con detergenti opportuni, che richiede un successivo risciacquo con acqua pura. In funzione delle condizioni di conservazione dell'aspetto e della natura dello strato esterno degli elementi, è possibile l'applicazione di pitture, vernici o resine diverse, previe sempre le suddette operazioni di lavaggio. In presenza di rigature, scalfitture, graffiature, ecc. dei rivestimenti metallici prelaccati, è possibile intervenire con ritocchi a base degli stessi prodotti di laccatura. La manutenzione straordinaria è da prevedersi in presenza di degradi accidentali localizzati (ad es. urti).

In questi casi gli elementi ammalorati devono poter essere sostituiti senza che si debba necessariamente smontare l'intero sistema, ma eventualmente solo i componenti adiacenti. Per ciascun sistema devono comunque essere previste adeguate tecniche di intervento in grado di ripristinare l'integrità e garanti re nel tempo la continuità di prestazione.

PATOLOGIE ED ERRORI

Trattandosi di sistemi di isolamento molto recenti, non si ha ancora una casistica riconosciuta di degradi legati alla durabilità.

Tuttavia, dal momento che le patologie eventualmente insorgenti in relazione a condizioni d'uso correnti sono da imputare a scelte progettuali o modalità costruttive non perfettamente consone alle problematiche reali ed alle regole dell'arte, è necessario approfondire i meccanismi che possono innescare fenomeni di decadimento del sistema, onde poterli prevenire con opportuni accorgimenti. Al fine di concorrere a definire un quadro ragionato della problematica del degrado, particolarmente significativa per sistemi innovativi, si riporta di seguito l'analisi di alcune situazioni patologiche eventuali. In essa si è tenuto presente che, trattandosi di componenti prefabbricati, che dovrebbero, sia per impostazione progettuale che per verifica sperimentale, soddisfare le prescrizioni delle Direttive UEAtc, le patologie considerate sono soltanto quelle che possono derivare o da un'errata scelta del componente in relazione all'applicazione specifica, o ad una cattiva esecuzione del sistema.

AGENTE: CARICHI E SOVRACCARICHI

INTERAZIONE CON IL REQUISITO

Stabilità meccanica

CAUSE

- Deformazione del supporto
- Instabilità cicliche (dilatazioni termiche, ecc.) o permanenti (dilatazioni per imbibizione, ritiri, ecc.) dimensionali delle strutture di contorno
- Supporto decoesionato o con insufficiente resistenza meccanica
- Cedimenti localizzati nei punti di fissaggio

EFFETTI E DEGRADI FUNZIONALI

- Distacco dell'elemento del sistema
- Difetto di planarità
- Permeazione idrica

RICADUTE CONSEQUENZIALI

- Aspetto
- Isolamento

ERRORI

Progettazione:

- Errata indagine preliminare sul supporto
- Mancata valutazione dei movimenti delle strutture di contorno
- Errato dimensionamento degli elementi di ancoraggio

Esecuzione:

- Errata esecuzione dei fori per l'applicazione dei tasselli
- Impiego di accessori non conformi a quanto prescritto nel progetto

Gestione:

- In caso di sostituzione degli elementi del rivestimento, errato impiego di materiali e accessori ed errata sequenza delle fasi operative

AGENTE: ACQUA

Tenuta idrica

CAUSE

- Permeazione attraverso i giunti di accoppiamento degli elementi del rivestimento
- Infiltrazioni idriche attraverso il supporto

ERRORI

Progettazione:

- Sistema non adatto alle condizioni di impiego

Esecuzione:

- Errata realizzazione dei giunti di accoppiamento

AGENTE: TEMPERATURA

Isolamento termico

DEGRADI FUNZIONALI

- Eterogeneità di comportamento termico
- Insorgenza di ponti termici non controllati

ERRORI

Progettazione:

- Errato calcolo termico e scelta dello spessore isolante

AGENTE: CHIMICI

Stabilità meccanica

CAUSE

- Ossidazione degli elementi metallici dello strato di collegamento

ERRORI

Progettazione:

- Prescrizione di materiali ossidabili non opportunamente trattati
- Errata valutazione dei fenomeni di condensazione

Esecuzione:

- Mancato trattamento dell'elemento di collegamento

EFFETTI E DEGRADI FUNZIONALI

- Distacco localizzato dello strato di rivestimento

Aspetto

CAUSE

- Ossidazione degli elementi di ancoraggio del rivestimento allo strato di collegamento
- Ossidazione degli elementi di rivestimento in metallo
- Degrado degli accessori metallici
- Termoossidazione degli elementi di rivestimento in materiali plastici
- Degrado degli elementi in cemento - amianto

EFFETTI E DEGRADI FUNZIONALI

- Colatura di ruggine e/o macchiature a danno del rivestimento
- Corrosione degli elementi di rivestimento in metallo

ERRORI

Progettazione:

- Errata scelta dei materiali in relazione all'aggressività dell'atmosfera

Esecuzione:

- Mancato trattamento dello strato di rivestimento e/o degli accessori di collegamento

Gestione:

- Impiego di prodotti di pulitura chimicamente non compatibili

AGENTE: URTI E COAZIONI

Aspetto

CAUSE

- Deformazioni plastiche dello strato di rivestimento

EFFETTI E DEGRADI FUNZIONALI

- Sfondamento, imbozzamento, screpolature del rivestimento in relazione al materiale costituente
- Stabilità meccanica
- Durabilità
- Tenuta all'acqua

ERRORI

Progettazione:

- Scelta di materiali non idonei alla destinazione d'uso in rapporto all'esposizione agli urti della parete

Esecuzione:

- Messa in opera in modo da impedire la libera dilatazione

AGENTE: VENTO

Stabilità meccanica

CAUSE

- Pressione o depressione cinetica

EFFETTI E DEGRADI FUNZIONALI

- Strappamento di uno o più elementi dello strato di rivestimento continuo

ERRORI

Progettazione:

- Sottostima del carico dinamico del vento
- Mancata previsione di accessori di rinforzo in corrispondenza di spigoli

Esecuzione:

- Errata posa degli accessori di rinforzo

AGENTE: RADIAZIONE SOLARE

ASPETTO

CAUSE

- Meccanismo fotochimico di degrado degli elementi di rivestimento

EFFETTI E DEGRADI FUNZIONALI

- Macchiature
- screpolature

ERRORI

Progettazione:

- Scelta di componente non idoneo alle condizioni di esposizione, in particolare se rivestimento plastico