

Colpa del vento?

No. Nella maggior parte dei casi i danni da estrazione dovuti al vento sono causati da errori progettuali o di posa in opera. Mancata adesione al supporto del manto impermeabile, fissaggi inadeguati al supporto, oppure pannelli isolanti o rotoli dogati non adatti a un fissaggio meccanico. Nell'articolo le patologie più ricorrenti e una guida completa per una corretta progettazione del pacchetto di copertura.

Antonio Broccolino
con Matteo Fiori e Fabio Raggiotto



Ondulazioni dovute ad azione d'estrazione da vento su un elemento di tenuta, vincolato per adesione a fiamma, su strato termoisolante fissato meccanicamente

Le varie zone della Terra sono sottoposte ad una differente pressione atmosferica, che dipende, a sua volta, dalla temperatura e dall'umidità dell'aria (più l'aria è pesante, maggiore è la pressione atmosferica).

Se la temperatura sale, la pressione diminuisce, se scende, la pressione aumenta. Se l'umidità aumenta l'aria si fa leggera, se invece cala, l'aria si appesantisce.

Le masse d'aria tendono pertanto a spostarsi dalle zone di alta pressione a quelle di bassa pressione. Questi spostamenti d'aria sono appunto i venti, dovuti quindi al mutare dell'umidità e della temperatura dell'aria stessa.

Per quanto riguarda l'azione del vento, i veri problemi di estrazione e danneggiamento di una copertura continua si hanno, solitamente, solo in occasione di eventi naturali davvero eccezionali.

Nella stragrande maggioranza dei casi, però il sollevamento/ estrazione della stratigrafia impermeabile, quando si vanno ad analizzare le sue reali cause, deriva da una non corretta progettazione e/o esecuzione del sistema di stabilizzazione adottato (incollaggio, fissaggio meccanico o, anche se più raramente, zavorramento).

I danni da estrazione da vento, su una copertura, possono essere puntuali, interessando di solito un lato o un particolare angolo della copertura stessa, posto sotto vento, o davvero catastrofici (specie se avvengono in corso d'opera), con asportazione di una grande o della totale superficie della stratigrafia impermeabile, con a volte addirittura la traslazione del materiale all'esterno dell'edificio, magari su strade trafficate con possibilità di causare ingenti danni a persone e cose.



"Pull through" - estrazione da vento di un sistema di copertura vincolato con fissaggio meccanico

Per quanto riguarda il fenomeno d'estrazione da vento, fortunatamente esistono: la Legislazione, Norme nazionali (Eurocodice 1, Norma Uni 11442) e Codici di Pratica (es. Codice di Pratica delle coperture continue dell'I.G.L.A.E. che da anche una serie di indicazioni di carattere pratico), che forniscono guide di progettazione e di calcolo del valore di estrazione da vento, secondo le varie posizioni in copertura (zone centrali, fasce perimetrali e zone d'angolo), l'altezza del fabbricato e la sua collocazione geografica ed altimetrica.

Le cause più ricorrenti che possono essere causa d'estrazione del sistema di copertura e quindi di danni sono:

- La mancanza di adesione al supporto (nei sistemi di copertura posati in totale aderenza), causata da scorretto o nullo incollaggio su un piano di posa cementizio polveroso o incoerente nel suo spessore.
- Fissaggi meccanici del sistema di copertura vincolati ad un supporto cementizio non adatto (esempio massetti delle pendenze alleggeriti) (la Norma UNI 11442 prevede un valore minimo d'estrazione per ogni fissaggio ≥ 400 N – circa 40 kg ed un numero minimo di fissaggi/pannello/mq); In questo caso il fissaggio sollecitato da ripetute azioni di estrazioni può sfilarsi dal supporto ("pull out"), mettendo in crisi il vincolo del sistema. Sempre la Norma UNI 11442 (ultima revisione, in fase di approvazione) prevederà, quando è previsto il vincolo per adesione delle membrane sul piano di posa, un valore d'estrazione $\geq 4,0$ kN/mq, con una superficie minima



Antonio Broccolino



"Pull through" cedimento e rottura del pannello e della membrana accoppiata (bitume polimero, armata con velo di vetro), sotto l'azione d'estrazione da vento. Si nota come la membrana accoppiata al pannello termoisolante si sia lacerata intorno alla parte di pannello rimasta ancora sotto il fissaggio.



Vista di una copertura, nell'istante in cui lo strato impermeabile viene sollevato, per azione d'estrazione da vento



"Pull through" - estrazione da vento di un sistema di copertura vincolato con fissaggio meccanico



Ribaltamento "a libro" della falda sull'altra, su una copertura a doppia pendenza impermeabilizzata, con membrane in bitume polimero, a causa del piano di posa cementizio assolutamente incoerente e sabbioso



"pull out" estrazione del fissaggio dalla faccia superiore di un supporto in lamiera "sandwich" a basso spessore (0,60 mm), a causa delle continue sollecitazioni d'estrazione da parte del vento; Notare come il telo di membrana sintetica al momento della fotografia non si era ancora forato)

IL FISSAGGIO DELL'ELEMENTO ISOLANTE

Metodo di calcolo e determinazione del numero minimo di fissaggi necessari per il suo vincolo al supporto sottostante

Il presente metodo di calcolo definisce il numero di fissaggi meccanici necessari per fissare un elemento isolante o un elemento isolante preaccoppiato ad un elemento di tenuta mediante fissaggio meccanico, nel caso in cui la resistenza sia conferita al sistema dell'elemento isolante medesimo.

Il numero di fissaggi per unità di superficie è il seguente:

$$n = 1,5 \times F_w / [\min(\text{TR}, \text{Pull through}, \text{Pull out}, \text{Pull over})]$$

dove:

TR è il valore di resistenza a trazione perpendicolare alle facce in accordo alla UNI EN 1607

Pull through è il valore di forza per lo strappo del pannello attraverso il tassello in accordo alla EN 16382

Pull out è il valore caratteristico della resistenza ad estrazione del fissaggio meccanico dal supporto, così come definito al punto 7.6 della presente norma

Pull over è il valore caratteristico della rottura del fissaggio per cedimento della placca o del manicotto.

La misura di pull over è realizzata in accordo alle linee guida ETAG006 oppure misure ed indicazioni del fornitore, così come definito al punto 7.6 della presente norma

F_w è il valore caratteristico della resistenza ad estrazione del fissaggio meccanico dal supporto, così come definito al punto 7.6 della presente norma.

Il numero minimo di fissaggi risultante dal metodo analitico deve soddisfare quanto previsto di seguito allo scopo di garantire la stabilità dimensionale del sistema elemento isolante - elemento di tenuta in funzione al tipo di configurazione previsto.

Sistemi di copertura con elemento di tenuta in membrane flessibili (bitume polimero o membrane sintetiche) posato con incollaggio a freddo o a caldo, senza protezione pesante fissa superiore

Minimo numero di fissaggi/pannello o parti separate di pannello

- Per pannelli o parti di pannello con superficie < 0,20 mq = 1 fissaggio/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza del centro)

- Per pannelli o parti di pannello con superficie ≥ 0,20 mq e < 0,40 mq = 2 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in

di aderenza effettiva ≥ 20%.

- Fissaggi meccanici realizzati su coperture con supporto strutturale (solaio) in lamiera grecate, in spessore non adeguato ad essere interessate da un sistema di fissaggio a vite (il codice di Pratica I.G.L.A.E indica che lo spessore minimo effettivo del metallo, se acciaio zincato/preverniciato deve essere ≥ 75/100 di mm, in caso contrario dovranno essere usati sistemi di fissaggio a rivetto con fiore largo).

- Fissaggi meccanici realizzati su pannelli Sandwich, in doppia lamiera con isolamento interno, compreso tra esse (di solito in poliuretano espanso rigido); Avendo questo tipo di pannello una buona portata strutturale, di solito le lamiere di accoppiamento sono previste a bassissimo spessore (60/100 di mm nominali che poi corrispondono a poco più di 50/100 reali) e ciò le rende assolutamente inadatte per il fissaggio meccanico, salvo non attraversare con idonei fissaggi entrambi gli strati di lamiera (ma questo sistema è normalmente poco gradito al Progettista che non vuole mai vedere l'uscita dei fissaggi all'intradosso del solaio).

L'attraversamento del solo strato superiore, può causare, per le ripetute azioni di sollecitazione verticale, da parte del vento, oltre allo sfilamento dell'asta di fissaggio ("pull out") anche il distacco della lamina metallica superiore dal materiale termoisolante.

- Gruppi di fissaggio meccanico (nei sistemi di copertura



Estrazione da vento su elemento di tenuta, distaccatosi dal supporto, a causa di non corretto incollaggio a fiamma della membrana (rari punti d'adesione), in bitume polimero, sul pannello termoisolante.

posati appunto con fissaggio meccanico), non adatti, come vincolo, per quel particolare lavoro (esempio fissaggi in materiale plastico non resistente al calore utilizzati in sistemi di copertura che prevedono l'incollaggio a fiamma delle membrane dell'elemento di tenuta, spesso si trovano fissaggi da cappotto totalmente fusi)

- Placchette (piastrine, rondelle o manicotti) per il fissaggio dei pannelli termoisolanti troppo piccole come superficie di

corrispondenza di due angoli opposti)

- Per pannelli o parti di pannello con superficie ≥ 0,40 mq e < 0,80 mq = 4 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli)

- Per pannelli o parti di pannello con superficie ≥ 0,80 mq e < 1,50 mq = 5 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più centro)

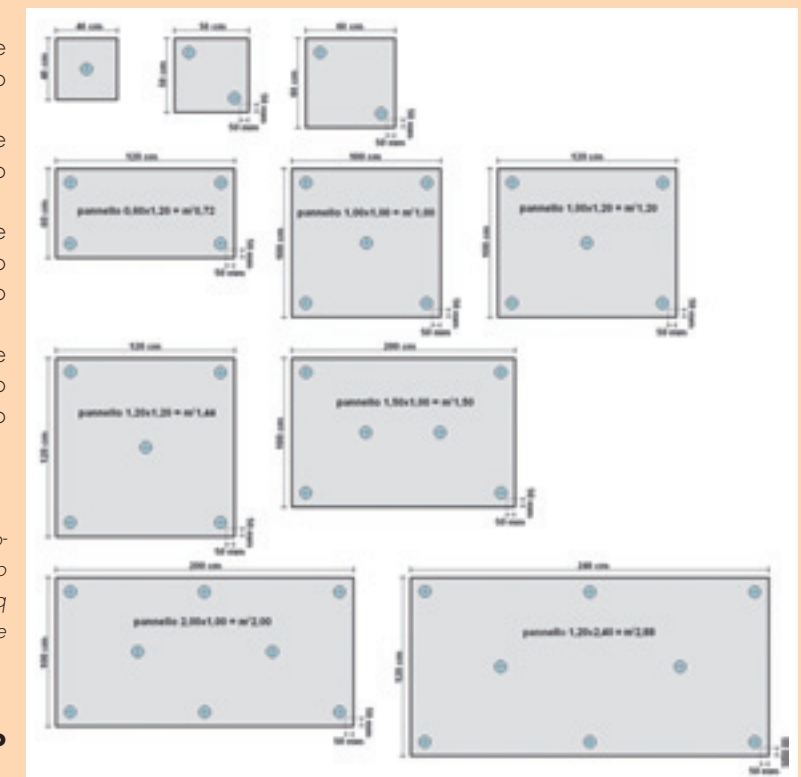
- Per pannelli o parti di pannello con superficie ≥ 1,50 mq e < 1,80 mq = 6 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più al centro distanziati)

- Per pannelli o parti di pannello con superficie ≥ 2,00 mq e < 3,00 mq = 8 fissaggi/pannello o parti separate di pannello (fissaggio in corrispondenza dei quattro angoli più al centro sui due lati lunghi più al centro dei pannelli)

Nota:

Nello schema geometrico di posizionamento dei fissaggi non vengono riportati i pannelli con superficie superiore a mq 3,00, nel caso fossero utilizzati dovrà essere previsto un numero di fissaggi ≥ 3/mq (sempre posizionati sugli angoli e centralmente rispetto alla superficie del pannello).

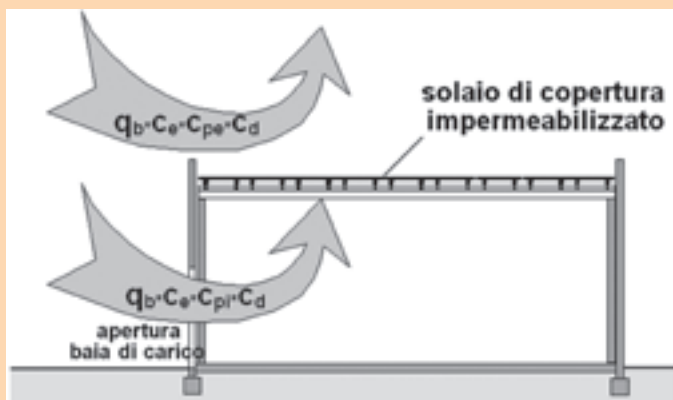
Esempio di posizionamento dei fissaggi rispetto a pannelli con dimensione più ricorrente.



RESISTENZA ALL'ESTRAZIONE DA VENTO NELLE COPERTURE CONTINUE

Il progetto della resistenza al vento delle coperture continue nasce necessariamente dal calcolo dell'azione del vento.

Questa è calcolabile in modo molto specifico a partire dal DM 14 gennaio 2008 (Norme tecniche sulle costruzioni) con il supporto della UNI EN 1991-1 parte 4 (cosiddetti "Eurocodici"). Infatti, mentre il DM 14 gennaio 2008 permette di calcolare l'azione del vento di base, l'Eurocodice permette di stabilire esattamente i valori in ogni zona della copertura, a partire dalla sua geometria e dalla presenza di parapetti. Non è possibile dare informazioni di dettaglio su tutta la procedura ma, a titolo indicativo, le valutazioni da fare sono le seguenti:



Azione (di estrazione) del vento all'estradosso della copertura "qb * ce * cpe * cd", ed azione (di pressione) del vento ed all'intradosso della copertura "qb * ce * cpi * cd", il valore di Cpi dipende dalle aperture presenti nell'edificio. Se le aperture hanno una superficie inferiore al 33% di quella totale, in valore è pari a ±0,2, per superficie superiore il valore è pari a -0,5 o a +0,8, a seconda della condizioni (vedere la figura 3.3.3 della circolare 2 febbraio 2009, n. 617, esplicativa della situazione).

p è l'azione del vento, calcolabile come:

$$p = p_s \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

qb è la pressione cinetica di riferimento, calcolabile come:

$$q_b = \frac{r \cdot V_b^2}{2}$$

dove:

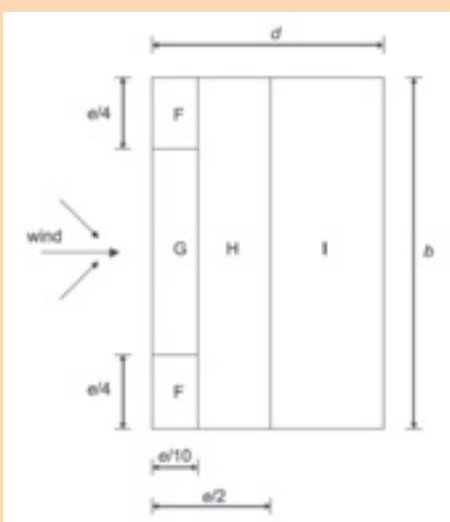
V_b è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

r è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³.

c_e è il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento.

Calcolato questo valore, esso deve essere amplificato in alcune zone della copertura, come, appunto, indicato nell'Eurocodice. Infatti la copertura viene suddivisa in varie zone la cui geometria è direttamente connessa all'altezza dell'edificio (piano della copertura) o alla sua larghezza. Infatti, il simbolino "e" indicato nella figura allegata è pari al valore minore fra 2 volte l'altezza dell'edificio o la sua



larghezza.

Logicamente, la direzione di provenienza del vento non è un dato certo, di conseguenza tale suddivisione deve essere fatta "ruotando" di volta in volta la direzione del vento (ogni 90°).

L'elemento di amplificazione **p** il valore di **c_p**, 1

Si tenga presente che, a titolo informativo, in corrispondenza delle zone di bordo, il valore di base viene amplificato di circa il doppio e, in corrispondenza degli angoli, di circa 3 volte.

Come ultima variabile, anche la presenza o meno di un parapetto modifica, anche se in misura minore, il valore sopracitato.

Definito il valore dell'azione del vento, l'azione resistente viene definita in base al tipo di vincolo.

Il caso più semplice è il caso di vincolo mediante zavorra:

$$h = \frac{F_w}{g}$$

dove:

g è il peso specifico del materiale in opera, desunto dalle schede di prodotto o da fonti bibliografiche, espresso in Newton per metro cubo (N/m³);

h è lo spessore del materiale che costituisce la zavorra;

F_w è l'azione del vento

Nel caso di vincolo di tipo meccanico, la formula da adottare è la seguente:

$$n = \frac{F_w}{W_{adm}}$$

dove:

F_w è l'azione del vento

W_{adm} è il valore di resistenza di progetto (o di design) del sistema attribuito al singolo fissaggio meccanico secondo quanto indicato al punto 5.1.4 dell'ETAG006.

Qualora non fosse disponibile il valore secondo il sistema ETAG (è presente solamente se viene certificato il vincolo su uno specifico pacchetto tecnologico), è possibile ricorrere a un sistema di calcolo semplificato:

$$n = \frac{F_w}{[\min(400N/F_{w,sup})]}$$

dove:

F_{w,sup} è il valore di resistenza ad estrazione di progetto (o di design) dal supporto, tenendo presente, chiaramente, dei vari possibili modi di guasto (es.: sfilamento dal supporto, sbottonamento del vincolo dalla membrana). Tale valore, in molti casi, viene fornito dal produttore o della membrana impermeabilizzante o dal produttore dei fissaggi. In questo caso, tuttavia, è necessario utilizzare una membrana flessibile per impermeabilizzazione con una resistenza a lacerazione sia longitudinale che trasversale almeno pari a 150 N (calcolata secondo la UNI EN 12310). Il numero minimo dei fissaggi per metro quadrato è pari a 1. Come si può notare il sistema di calcolo richiede molta attenzione, soprattutto perché i coefficienti da calcolare sono molti. Tuttavia è importante fare valutazioni di dettaglio in quanto, soprattutto sottodimensionamenti, anche locali, del numero di fissaggi, provoca sollecitazioni superiori su quelli contigui con effetti a catena e dislocazione di intere parti della copertura.



Mappa del Vento zone a ventosità simile nel territorio italiano

contrasto (la norma UNI 11442 prevede in questi casi una superficie di contrasto utile della placchetta ≥ 30 cm²).

- Gruppi di fissaggio a placchetta libera, senza vincolo superiore sull'asta di fissaggio, utilizzati in sistemi di copertura con

pannelli termoisolanti che si deformano, schiacciandosi puntualmente di parecchi millimetri, in corso d'opera o durante il pedonamento della copertura. In fase manutentiva la Norma Uni 11442 (ultima revisione in fase di approvazione) fornì



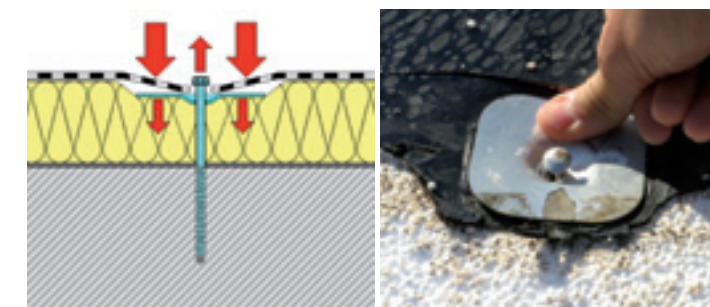
"Pull out", fasi di estrazione del fissaggio dalla faccia superiore di un supporto in lamiera sandwich di basso spessore, a causa delle continue sollecitazioni del vento.



sce indicazioni più chiare riguardo le caratteristiche relative alla compressione massima puntuale, che deve avere lo strato termoisolante, per poter utilizzare fissaggi meccanici che non prevedano il vincolo superiore della placchetta di contrasto. Lo scorrimento verticale della placchetta libera, sull'asta di fissaggio, può far sì che la testa dell'asta di fissaggio possa incidere lo spessore delle membrane impermeabili, posate superiormente, causando lesioni puntuali e conseguenti infiltrazioni.

- Utilizzo di pannelli termoisolanti di "consistenza/coesione inadeguata al fissaggio meccanico", cioè la possibilità che il pannello si rompa, puntualmente, tutto intorno alla placchetta di contrasto del fissaggio, sotto l'effetto di azioni ripetute di estrazione da vento sul sistema di copertura ("pull through" o in termini gergali molto più semplice "sbottonamento").
- Utilizzo di pannelli o rotoli dogati di isolanti termici, preaccoppiati con membrane in bitume polimero, o strati impermeabili sempre in membrane in bitume polimero, interessati da fissaggi meccanici posti sopra le membrane stesse, quando la

loro armatura (esempio velo di vetro) non è particolarmente resistente alla lacerazione (minimo accettabile ≥ 150 N secondo Norma UNI-EN 12310-1); in questo caso si possono avere effetti di "pull through", intorno al fissaggio, non solo del



Cedimento di un pannello termoisolante (con bassa resistenza a compressione) intorno al fissaggio, durante il normale pedonamento manutentivo sulla copertura, con conseguente scorrimento della placchetta sull'asta di fissaggio e foratura dell'elemento di tenuta



Rivetto a fiore largo, per fissaggi su lamiere, con spessore < 0,75 mm per evitare estrazione per "pull out"



"Pull out" estrazione di una fissaggio a vite autofilettante, con placchetta ovale, dalla faccia superiore di una lamiera "sandwich" a basso spessore (0,55 mm)

pannello termoisolante, ma anche della membrana impermeabile (rottura del pannello compresa la lacerazione della membrana o la sola lacerazione della membrana).

- Utilizzo di pannelli termoisolanti con composizione e/o rivestimento superficiale superiore inadeguato all'incollaggio a caldo o a freddo delle membrane impermeabili (distacco/delaminazione dello strato impermeabile dal pannello con

conseguente perdita di vincolo/stabilizzazione in uno degli elementi componenti il sistema impermeabile).

- Perdita di adesione/vincolo al supporto/piano di posa del sistema impermeabile o dell'elemento di tenuta, per imbibizione del supporto/piano di posa per infiltrazioni d'acqua avvenute in corso d'opera o a seguito di infiltrazioni puntuali (danneggiamenti meccanici, errori di posa, ecc.).

LEISTER

PLASTIC WELDING

Leister è arrivata in Italia!



www.leister.it



Scoprirci attraverso il nostro nuovo sito Internet!

Leister vi tiene costantemente aggiornati sui suoi prodotti per impermeabilizzazioni in coperture e ingegneria civile.

Collegati e ottieni tutte le più importanti informazioni sulla nostra gamma di saldatrici automatiche, estrusori ed apparecchi manuali e su molto altro ancora.

Qualità e innovazione dalla Svizzera



TWINNY T: la saldatrice piccola e versatile per opere interrato e costruzioni idrauliche.

Informazioni utili ora disponibili ovunque, in azienda o a casa.