

Le condizioni igrotermiche del tetto: il comfort in periodo invernale ed estivo

Se il sottotetto è abitato, il problema del controllo degli scambi termici diventa prioritario. L'articolo descrive alcune soluzioni conformi per limitare le dispersioni termiche in periodo invernale e per limitare il flusso di calore entrante in periodo estivo

Il tetto svolge un ruolo rilevante nel bilancio energetico degli edifici, in particolare negli edifici bassi e negli alloggi sottotetto, in ragione dell'alta incidenza della sua superficie rispetto alla superficie complessiva dell'involucro (chiusura). Così, gli interventi volti a incrementare le sue prestazioni termiche possono incidere notevolmente sul miglioramento del microclima interno, sulla riduzione dell'inquinamento ambientale e dei costi d'esercizio (conseguenti alla minore richiesta di potenza, sia per il riscaldamento invernale che per il raffrescamento estivo).

Gli schemi di funzionamento igrotermico Tra i numerosi modi per classificare le coperture discontinue ce n'è uno particolarmente importante di fonte UNI (norma 8627), riferito al loro comportamento igrotermico e basato sul ruolo di due parametri: l'isola-

mento termico e la ventilazione. L'isolamento termico ha lo scopo di controllare le dispersioni termiche in periodo invernale; attraverso la ventilazione si persegue l'obiettivo di ridurre il flusso termico entrante nel periodo estivo e di smaltire il vapore interno nel periodo invernale.

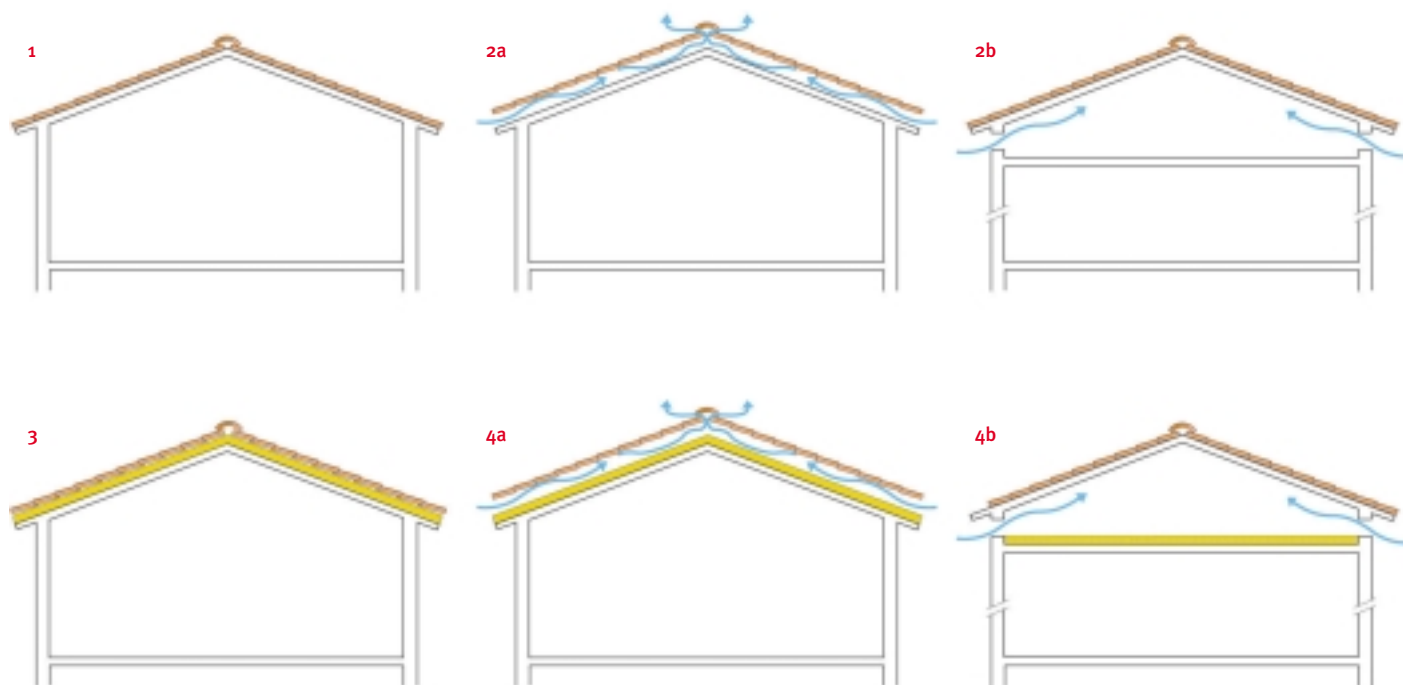
La norma UNI 8627 definisce quattro *schemi funzionali*:

1. *il tetto non isolato e non ventilato*, in cui non sono previsti né lo strato termoisolante, né lo strato di ventilazione;
 2. *il tetto non isolato e ventilato*, in cui è previsto solamente lo strato di ventilazione;
 3. *il tetto isolato e non ventilato* (tetto 'caldo'), in cui è previsto lo strato termoisolante mentre è assente lo strato di ventilazione;
 4. *il tetto isolato e ventilato* (tetto 'freddo'), in cui è previsto sia lo strato termoisolante, sia lo strato di ventilazione.
- Nelle coperture a falde, effetti igrome-

trici benefici, anche se poco controllabili, possono essere conseguiti anche in assenza di specifici strati funzionali termoisolanti o di ventilazione per effetto della forma stessa del tetto (si pensi al volume d'aria del sottotetto che, se non interessato da moti convettivi, può assolvere funzioni coibenti) o della sua caratterizzazione fisica (si pensi alla circolazione d'aria nel sottotetto garantita da una struttura portante discontinua).

Occorre inoltre ricordare che anche gli schemi di copertura privi di strato di ventilazione (schemi 1 e 3 di fig. 1) devono sempre contemplare la presenza dello strato di micro-ventilazione, essenziale per garantire il corretto equilibrio igrotermico del manto.

Da ciascun schema funzionale si possono ottenere diverse configurazioni, definite *soluzioni conformi*, che danno luogo alle differenti possibilità di utilizzazione del sottotetto (fig. 1).

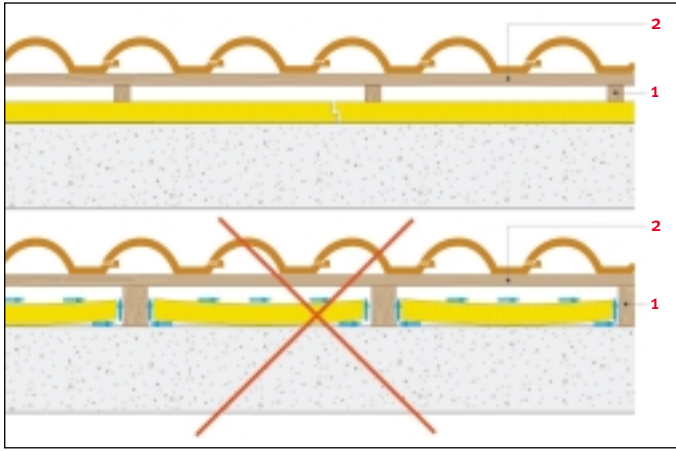


1. Alcune soluzioni conformi riferite agli schemi funzionali dei tetti in base al loro comportamento termoigrometrici: 1 - tetto non isolato e non ventilato; 2a,b - tetto non isolato e ventilato; 3 - tetto isolato non ventilato; 4a,b - tetto isolato e ventilato.

Il comfort in periodo invernale: l'isolamento termico ed il controllo dei ponti termici Durante il periodo invernale, un buon tetto deve limitare le dispersioni termiche e deve avere una buona capacità di accumulare il calore fornito dall'irraggiamento solare (*capacità termica*) in maniera che il calore immagazzinato di giorno possa essere lentamente immesso negli ambienti interni di notte. Dato che la capacità, o inerzia termica, è direttamente proporzionale alla massa, nei tetti con struttura portante discontinua e bassa massa di viene indispensabile il ricorso a spessi strati di materiale isolante per garantire le necessarie condizioni di comfort interno. Circa la posizione dello strato isolante, è bene preferire quella all'estradosso del solaio di copertura, sia perché in inverno conferisce al solaio stesso (quando massivo) una più effi-

cace funzione di accumulo termico, molto importante in un regime di riscaldamento intermittente, sia per ridurre il fenomeno di surriscaldamento nel periodo estivo. La posizione dello strato isolante all'estradosso, inoltre, consente un miglior controllo dei *ponti termici*, cioè delle dispersioni termiche localizzate in corrispondenza delle quali la temperatura, nel periodo invernale, può abbassarsi fino a dare luogo a fenomeni di condensa. Per questa ragione, negli interventi di ristrutturazione, è sempre preferibile – anche se più oneroso – intervenire dall'esterno, rimuovendo il manto e posizionando lo strato termoisolante sotto di esso. Se il tetto è anche ventilato, occorre porre lo strato termoisolante sempre *al di sotto* dello strato di ventilazione. Lo strato termoisolante si può collo-

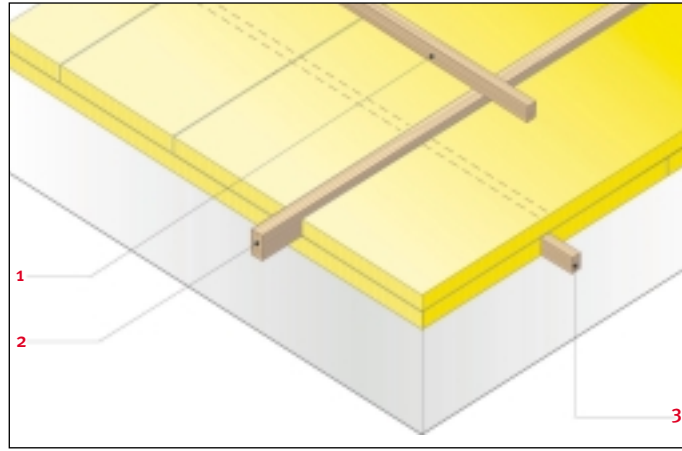
care al di sotto dei listelli o *interposto* ai listelli inferiori di ventilazione. Nel primo caso, occorre utilizzare pannelli termoisolanti ad alta densità ($\geq 25 \text{ kg/m}^3$) per garantire un'adeguata resistenza a compressione, possibilmente con giunto ad incastro o a battente; nel secondo caso (per pannelli di densità $< 25 \text{ kg/m}^3$), se l'interposizione si attua per semplice accostamento dei pannelli ai listelli, è difficile evitare l'insorgenza di ponti termici cagionati da una posa non accurata, dall'uso di listelli non perfettamente diritti o dalle alterazioni morfologiche a cui può andare incontro, nel tempo, il materiale coibente (fig. 2). La perdita di efficienza termica si riduce drasticamente ricorrendo a pannelli sfalsati in doppio strato: al primo strato di materiale isolante (con interposizione di listelli dello stesso spessore) ne viene sovrappo-



2. *In alto*: strato termoisolante posto al di sotto dei listelli di ventilazione; *in basso*: strato termoisolante interposto ai listelli di ventilazione. Nel secondo caso (da evitare) possono insorgere ponti termici lungo le linee di giunzione tra listelli e pannelli.

Legenda:

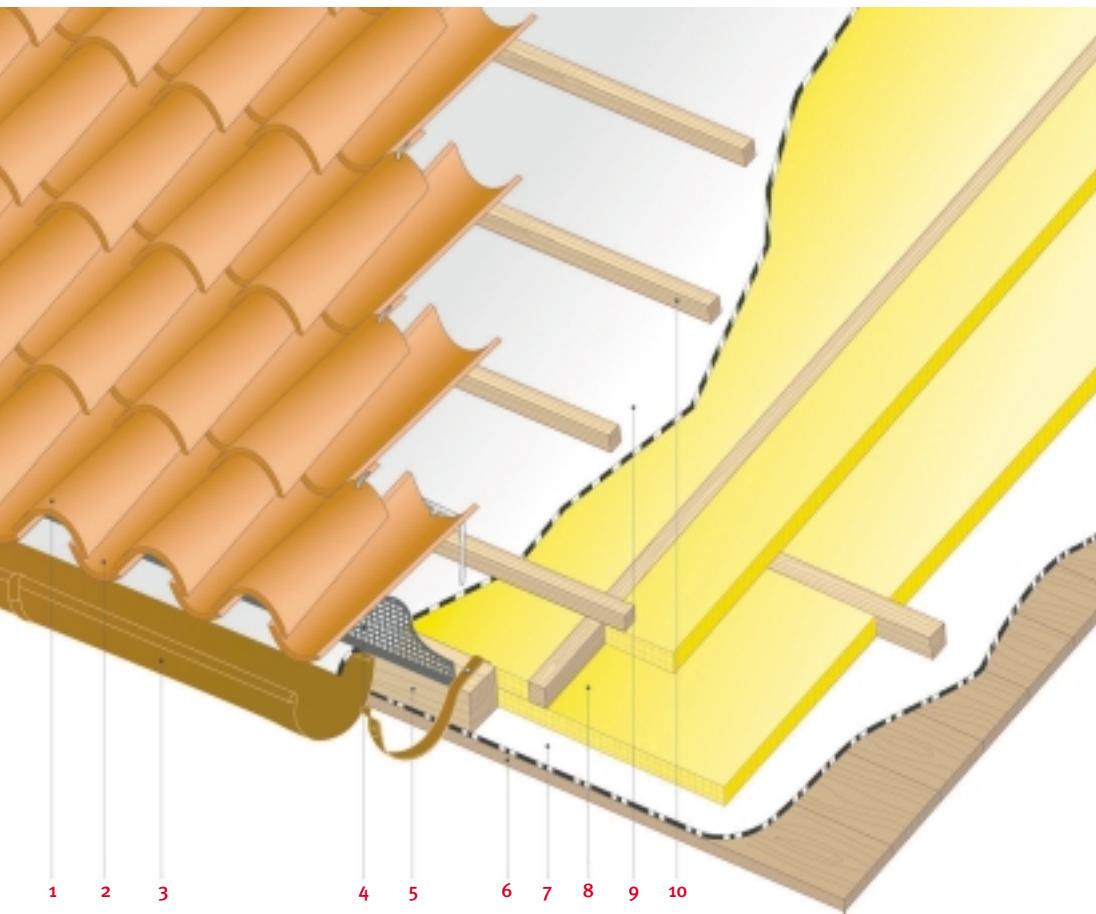
1. listello di ventilazione; 2. listello di supporto



3. La disposizione di un doppio strato di pannelli termoisolanti, tra loro sfalsati, consente di evitare l'insorgenza di ponti termici. La maggior altezza del listello superiore rispetto ai pannelli determina lo strato di ventilazione.

Legenda:

1. listello di supporto; 2. listello di ventilazione; 3. listello di interposizione



4. Copertura termoisolata e micro-ventilata con uso di barriera al vapore.

Legenda:

1. coppi di coperta
2. coppi di canale con nasello
3. gronda
4. griglia parapasseri con funzione di aerazione e rialzo della prima linea di coppi
5. listello di battuta

6. tavolato
7. barriera al vapore
8. doppio strato di pannelli termoisolanti a giunti sfalsati e interposti a listelli
9. strato di tenuta all'acqua
10. listelli di supporto

sto un secondo, ortogonale al primo, con interposizione dei listelli di ventilazione la cui altezza, rispetto ai pannelli termoisolanti, dipende dal ruolo che deve svolgere la camera di ventilazione.

Ai listelli di ventilazione, infine, si sovrapporranno i listelli di supporto degli elementi del manto (fig. 3). In presenza di strati integrativi di tenuta all'acqua e al vapore di tipo 'continuo', una soluzione per evitare la formazione di *condensa interstiziale* consiste nel porre negli strati 'caldi' del tetto (al di sotto dello strato termo-isolante) uno strato con elevata impermeabilità, detta 'barriera al vapore' (fig. 4).

Oggi sono disponibili in commercio anche speciali pannelli termoisolanti preformati, con distanza di ancoraggio degli elementi del manto prefissata e scanalature per favorire la micro-ventilazione che, fungendo anche da dispositivi di supporto del manto, rendono superfluo il ricorso ai listelli, con significativa riduzione dei tempi di messa in opera e del rischio di errori nella esecuzione.

Appare utile ribadire che, per garantire la pedonabilità del manto, i pannelli termoisolanti sagomati devono

avere una densità adeguata, comunque non inferiore a 25 kg/m^3 .

Un aspetto di specifico interesse riguarda il controllo dei ponti termici in corrispondenza dei cordoli e delle travi di bordo in calcestruzzo armato del nodo tra chiusura verticale, solaio di copertura e solaio di sottotetto, se presente.

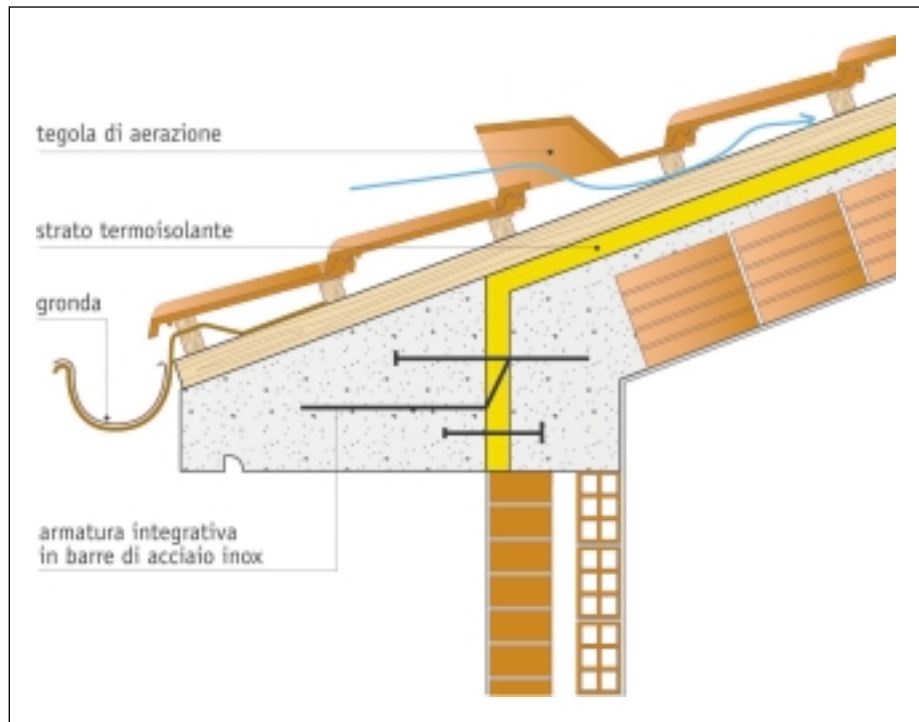
Qui si determina tipicamente una zona caratterizzata da una maggiore trasmittanza termica rispetto alla rimanente parte della chiusura esterna.

La concentrazione di flusso termico che si manifesta in corrispondenza dei ponti termici nel periodo invernale, oltre a influenzare negativamente il bilancio energetico dell'edificio, genera un abbassamento localizzato della temperatura superficiale interna con conseguenze sfavorevoli sulle condizioni di benessere interno e su quelle di aspetto e di durevolezza degli elementi tecnici interessati. Quando in queste zone la temperatura superficiale interna scende al di sotto del 'punto di rugiada', si determinano fenomeni di condensa superficiale che possono essere aggravati da una scarsa ventilazione dei locali.

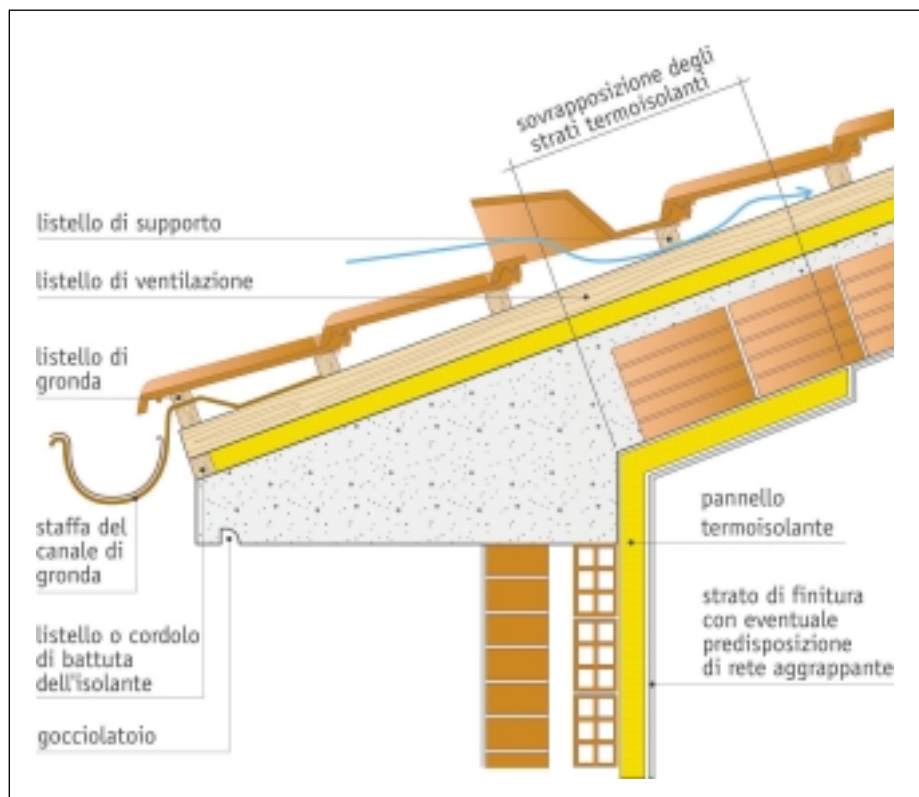
Tali fenomeni si manifestano mediante la formazione di macchie dovute all'attrazione di pulviscolo e, in condizioni estreme, di muffe ed alterazioni fisico-chimiche dei materiali. Quando il tetto è privo di sporto, il problema può essere affrontato rivestendo il bordo esterno della trave (isolamento 'a cappotto').

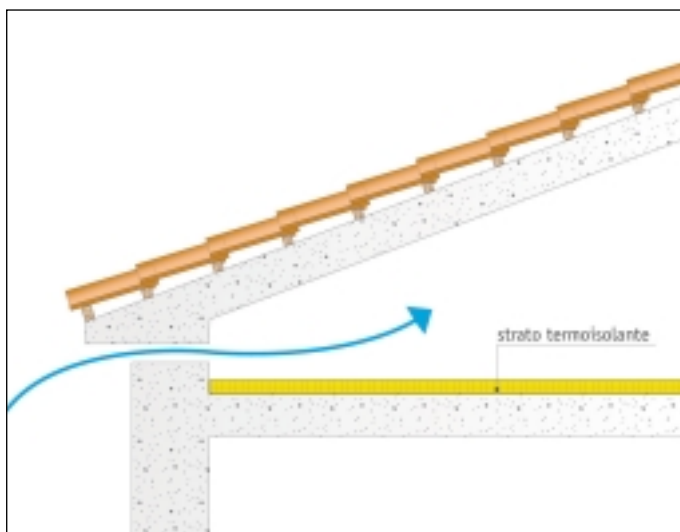
In questo caso le opzioni tecnologiche a disposizione del progettista sono diverse in funzione dell'effetto estetico che si intende conseguire, dell'entità della dispersione termica prevedibile, delle caratteristiche tipologiche - dimensionali della chiusura verticale e della struttura in elevazione.

La correzione dei ponti termici si rivela più complessa in presenza di

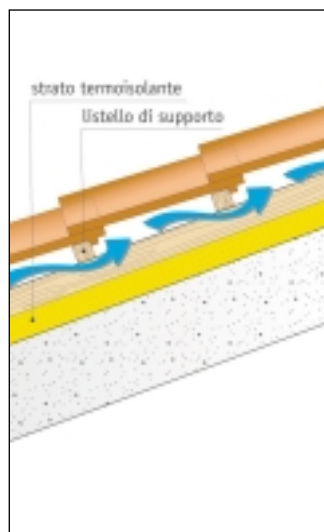


5. *In alto*: esempio schematico di soluzione per il controllo dei ponti termici negli sporti con struttura in continuità in cls armato; *in basso*: rivestimento termoisolante della parete interna in corrispondenza dello sporto.

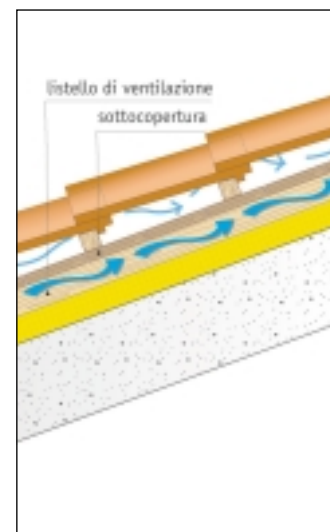




6. In presenza di sottotetto non abitato la ventilazione può essere attivata mediante aperture contrapposte ubicate nelle chiusure verticali; in questo caso lo strato termoisolante andrà posto all'estradosso dell'ultimo solaio interpiano.



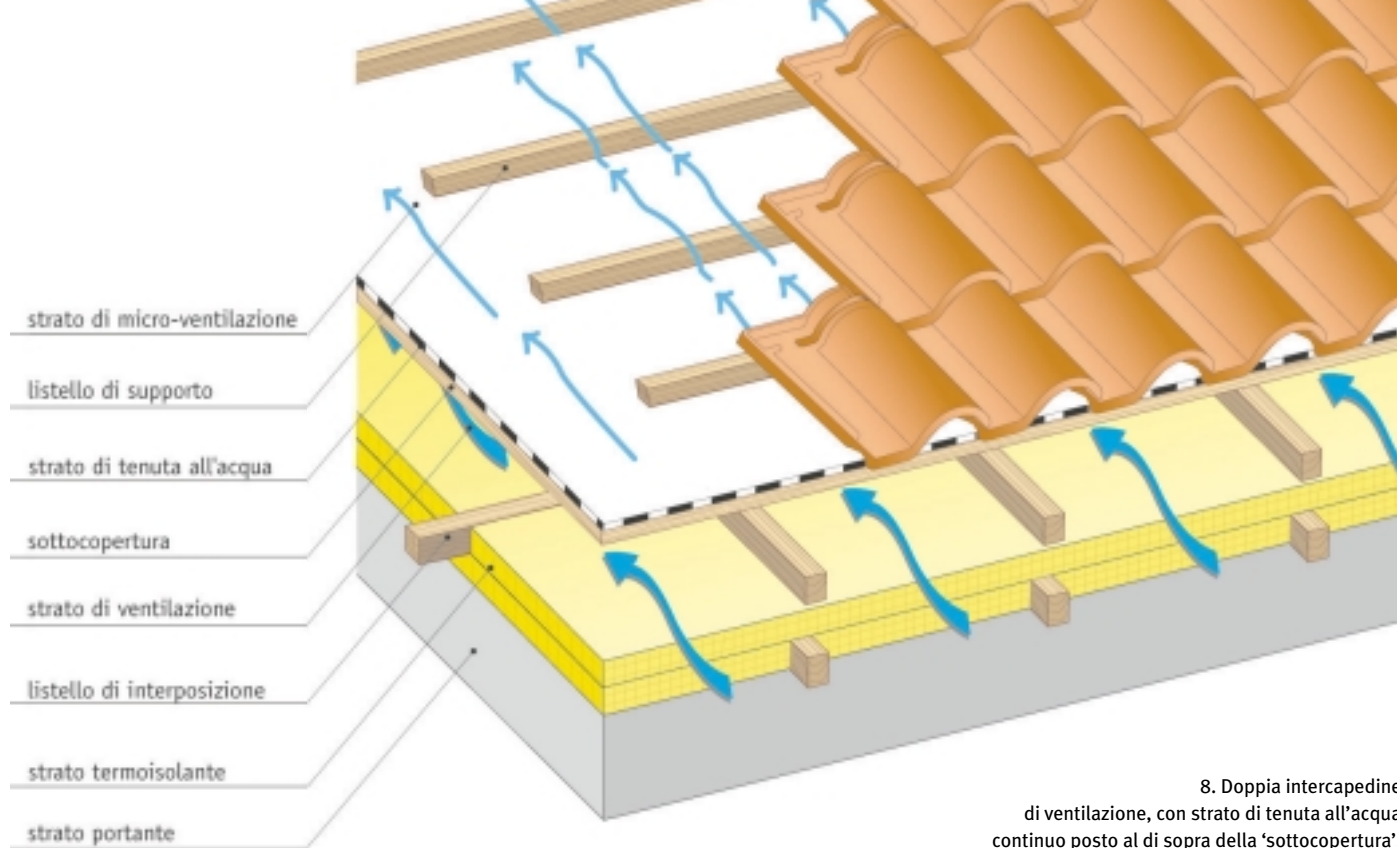
7. Ventilazione sottomanto mediante intercapedine unica (a sinistra) o doppia (a destra) con 'sottocopertura' che separa lo strato di micro-ventilazione da quello di ventilazione.



sporti in calcestruzzo armato. In tali circostanze, l'intervento più efficace consiste nel *taglio termico* tra elemento aggettante e trave di bordo (o cordolo). Allo scopo, si ricorre a dispositivi che coniugano la continuità strutturale nel nodo con l'abbattimento del flusso termico (*raccordi termoisolanti*). Nel nodo, la trasmissione degli sforzi è affidata a speciali armature integrative in acciaio inossidabile con la funzione di resistere alle sollecitazioni di compressione; la soluzione di continuità del calcestruzzo è ottenuta con la predisposizione, prima del getto, di un pannello in materiale termoisolante. Una seconda possibilità consiste nel predisporre uno strato termoisolante aggiuntivo posto sulla parete interna, in corrispondenza dell'angolo, anche se tale soluzione, se non correttamente eseguita, può comportare inconvenienti in termini di condensa (fig. 5). Si ricorda che nel nostro Paese il risparmio energetico è regolato dalla Legge 10/1991 e successivo Regolamento d'attuazione (Piano Energetico Nazionale).

Il comfort in periodo estivo: la ventilazione Durante il periodo estivo, l'afflusso di calore attraverso il tetto è dovuto alla maggiore temperatura dell'aria esterna e all'irraggiamento solare. Anche in estate è importante che la copertura abbia la capacità di accumulare il calore e di sfasarne la trasmissione in modo che i valori massimi di temperatura superficiale all'intradosso del tetto si verifichino quando i vani sottostanti non sono utilizzati o nelle ore notturne quando, mediante la ventilazione naturale, l'aria interna può essere facilmente raffrescata. Quando il sottotetto non è abitato, la ventilazione può essere attivata da una struttura portante di tipo discontinuo oppure da aperture contrapposte nelle chiusure verticali. In questo caso, lo strato termo-isolante andrà posato all'estradosso dell'ultimo solaio interpiano (fig. 6). Quando il sottotetto è abitato, la limitazione del flusso di calore entrante è garantita principalmente dalla ventilazione sottomanto che permette di smaltirne naturalmente

copiose quantità. È stato dimostrato che, in condizioni ottimali, con camere d'aria di altezza di 7 cm (+ 4 cm di listello) si ottiene un abbattimento del calore trasmesso all'interno di circa il 30%. La *ventilazione sottomanto* si realizza normalmente mediante una doppia orditura di listelli: la prima - che crea lo spessore dello strato di ventilazione - è perpendicolare alla linea di gronda; la seconda - di supporto alle tegole - è parallela alla linea di gronda. Le due orditure possono anche essere separate da uno strato continuo ('sottocopertura'): in questo caso, lo strato di micro-ventilazione è separato da quello di ventilazione (fig. 7). Per manti di copertura in tegole, secondo la norma UNI 9460 ("Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e la manutenzione di coperture realizzate con tegole di laterizio e calcestruzzo"), la sezione di aerazione (per pendenze di falda intorno al 30-35% e lunghezze fino a 7 metri), per intercapedine sia unica che doppia, non deve essere inferiore a 550 cm² per ogni metro di larghezza di falda.



8. Doppia intercapedine di ventilazione, con strato di tenuta all'acqua continuo posto al di sopra della 'sottocopertura'.

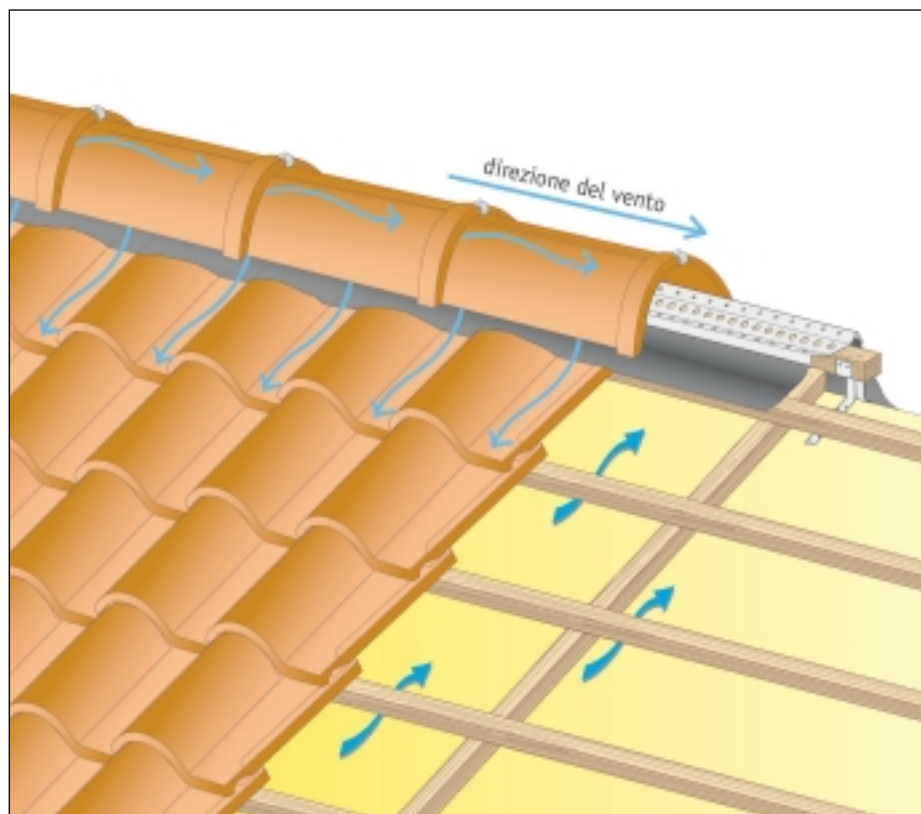
Nel primo caso, la sezione si misura al di sotto dei listelli di supporto degli elementi del manto; nel secondo caso, dall'intradosso della 'sottocopertura' (fig. 8).

Per manti di copertura in coppi, sempre secondo la stessa norma UNI, la sezione di aerazione può essere dimezzata.

In presenza di membrane di tenuta all'acqua, la doppia intercapedine consente di smaltire il vapor d'acqua proveniente dal sottotetto poiché tali membrane possono essere poste direttamente al di sopra della 'sottocopertura'.

Occorre infine ricordare che l'efficacia della ventilazione è sostanzialmente influenzata dalla geometria del tetto, dalla presenza di eventuali elementi di discontinuità presenti sulla falda (quali, ad esempio, finestre da tetto o strutture emergenti) e dalla pulizia dell'intercapedine.

Inutile dire che per garantire la ventilazione sottomanto occorre che la linea di gronda e quella di colmo siano il più possibile libere da ostruzioni (fig. 9). ¶



9. Esempio di colmo ventilato.