

# MONIER

L'impermeabilizzazione delle coperture a falda



BMI



Ing. Andrea Dorigato, PhD

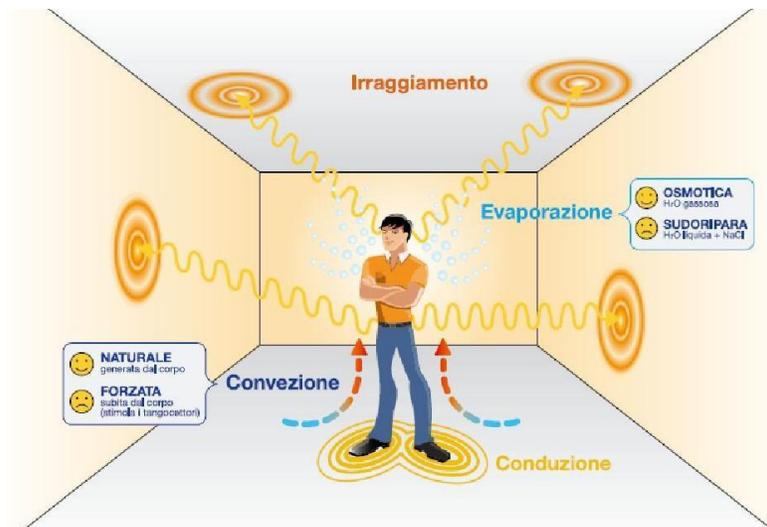
# Sommario (1 h)

- L'umidità nell'ambiente abitativo e la diffusione del vapore attraverso l'involucro edilizio
- La corretta impermeabilizzazione: membrane, nastri ed accessori
- La ventilazione e la gestione della condensa
- Le finestre da tetto: il più comune punto critico e altri punti di discontinuità

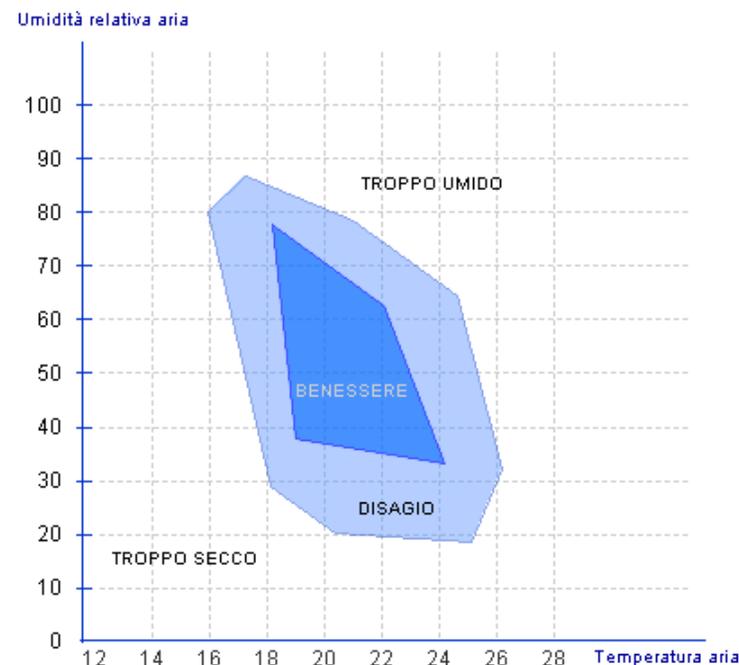
# **L'umidità nell'ambiente abitativo e la diffusione del vapore attraverso l'involucro edilizio**

# Il benessere abitativo

Il sistema di termoregolazione dell'organismo umano trova il suo equilibrio ideale quando in ambiente le **condizioni termoigrometriche** assumono valori entro intervalli ben definiti



Condizioni Ambiente	Estate	Inverno
Ta	24 ÷ 26 °C	18 ÷ 22 °C
φ	40 ÷ 60 %	40 ÷ 60 %



L'obiettivo da raggiungere è ottenere i parametri di benessere ideali, possibilmente senza aggiungere impianti di climatizzazione o condizionamento

NB. Attenzione alla velocità e la purezza dell'aria !!

# L'umidità nell'ambiente abitativo

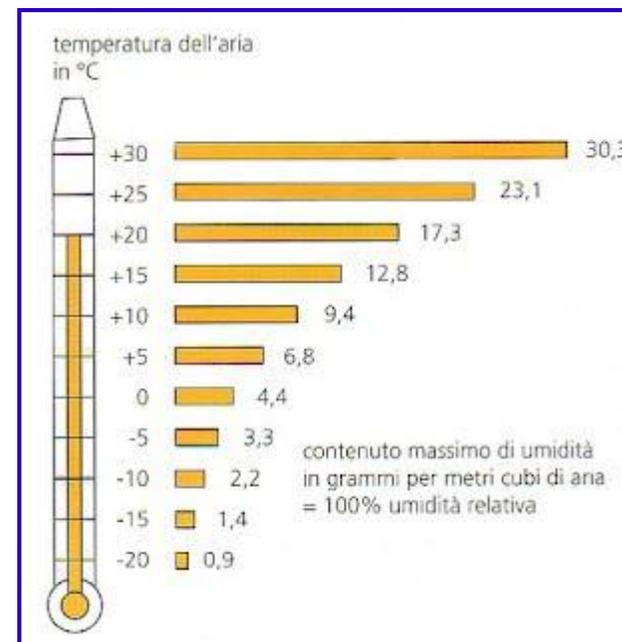
L'aria contiene sempre una certa quantità di vapore acqueo in sospensione. A una data temperatura può contenere una quantità massima di vapore acqueo per unità di volume, raggiunto questo limite si arriva in condizioni di **saturatione** ed il vapore acqueo inizia a **condensare**. Tanto più l'aria è calda, tanto maggiore è la quantità di vapore acqueo che può essere in essa contenuta, più è fredda minore è la quantità

Si definisce **umidità relativa (UR)** il rapporto tra la quantità di vapore acqueo contenuta nell'aria e la quantità di vapore acqueo contenuta in condizioni di saturazione (UR = 100 %)

$$UR(\%) = \left( \frac{p_v}{p_s} \right) \times 100$$



Il benessere abitativo dipende da una combinazione di temperatura ed umidità



# Le sorgenti di umidità



Attività	Vapore, g <sub>v</sub> /h
Fornello a gas 5 cm	100
Fornello a gas 9 cm	200
Fornello a gas 16 cm	400
Pentola 20 cm in ebollizione - scoperta	900
Pentola 20 cm in ebollizione - coperta	350
Doccia calda	2000
Bagno caldo in vasca	300
Panni stesi 5 kg a 20 °C e 40% U.R.	200
Persona a riposo	50
Persona in attività leggera	100

In una famiglia media si producono mediamente 10 kg vapore/giorno !!

# Lo smaltimento dell'umidità in eccesso

Diffusione attraverso l'involucro edilizio (solo 2 %)

**Ricambio d'aria (98 %)**

Nelle vecchie abitazioni il ricambio d'aria avveniva prevalentemente tramite la scarsa tenuta di porte e finestre (2 vol/h)

Nelle nuove costruzioni il ricambio naturale d'aria **è molto più limitato** (0,3 vol/h)



Accumulo dell'umidità nei locali

Formazione di muffa nei punti freddi (ponti termici)

Accumulo di umidità nelle strutture edilizie (diminuzione del potere isolante e degrado)

# Lo smaltimento dell'umidità in eccesso



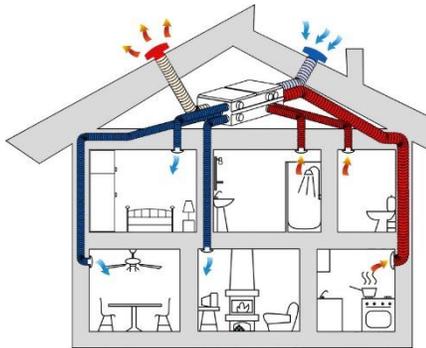
Ricambio d'aria (98 %)

Diffusione attraverso l'involucro edilizio (2 %)

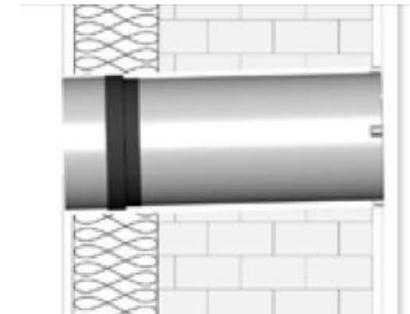
Ricambio d'aria (98 %)

- Conduzione intelligente dell'edificio da parte del proprietario (programmazione apertura e chiusura finestre)
- Ventilazione meccanica controllata (VMC)

VMC centralizzata



VMC localizzata



# Lo smaltimento dell'umidità in eccesso

Diffusione attraverso  
l'involucro edilizio ( 2 %)



Ricambio d'aria (98 %)

Diffusione attraverso  
l'involucro edilizio ( 2 %)

Utilizzo di **materiali igroscopici**, in grado di assorbire i picchi di umidità (lastre di gesso, calce, legno)

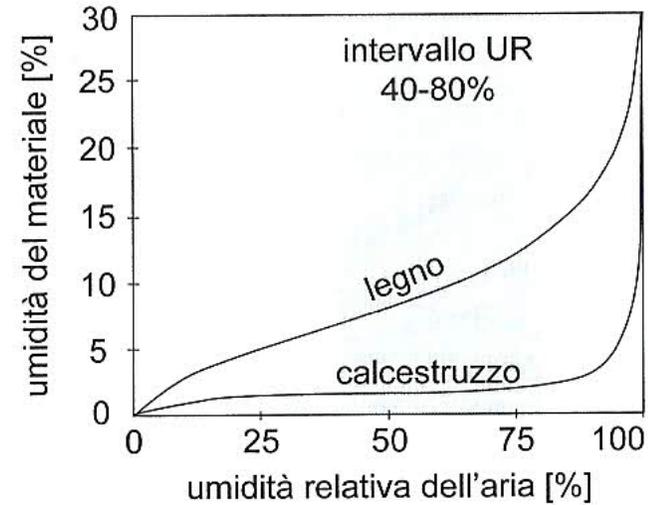
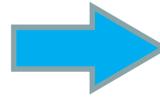
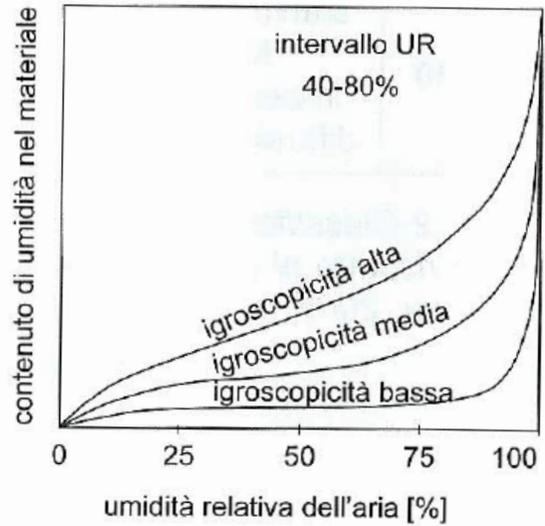


Il legno (in assenza di trattamenti superficiali anti-parassitari o lacche) è in grado di **assorbire quattro volte di più l'umidità** rispetto ad un intonaco cementizio tradizionale, rilasciandola nel momento in cui si aerea il locale

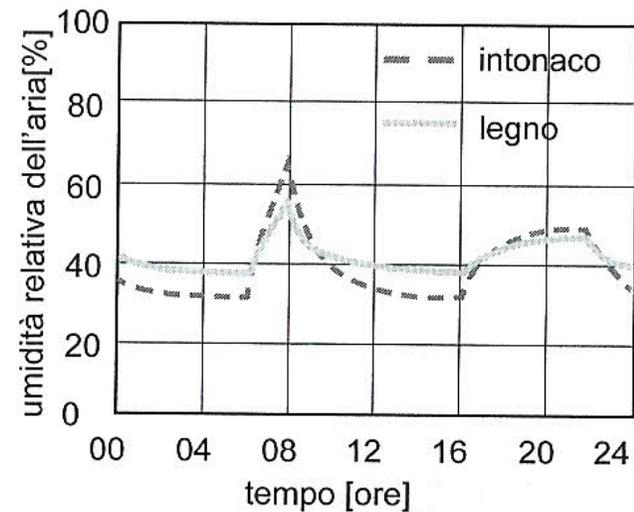
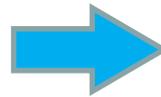
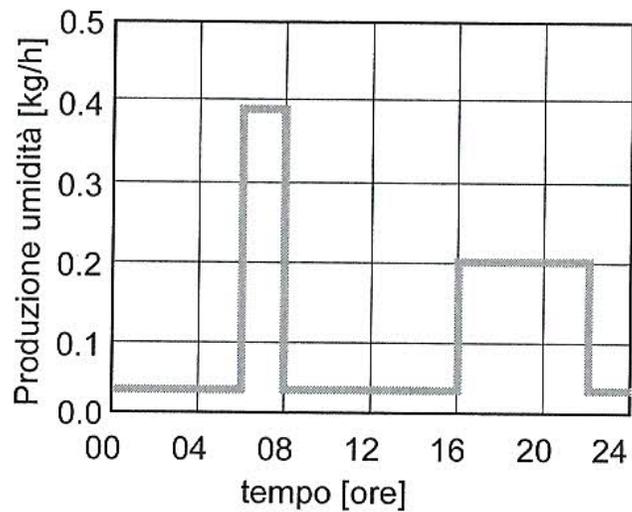


Clima più confortevole (umidità costante) e minor rischio di danni da umidità

# Igroscopicità dei materiali da costruzione



Smaltimento picchi di umidità

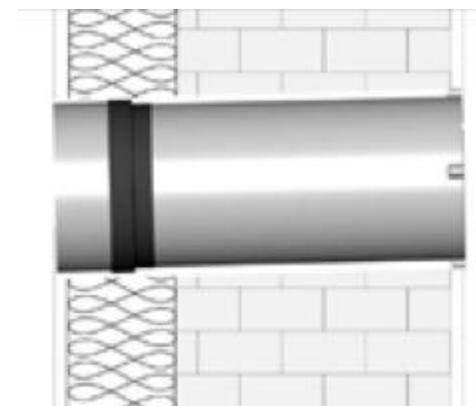


# Lo smaltimento dell'umidità in eccesso

Le considerazioni esposte valgono qualsiasi siano i materiali con i quali si realizza l'involucro edilizio : anche utilizzando materiali traspiranti la percentuale di umidità smaltita per diffusione non aumenterà in modo significativo e rimarrà intorno al 2-3%.



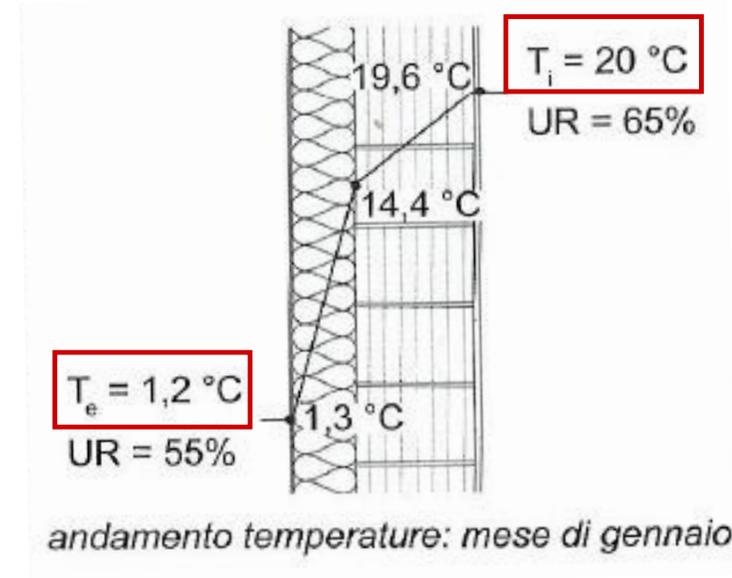
Lo smaltimento dell'umidità interna non può pertanto in nessun caso essere demandato alla sola diffusione, ma deve essere sempre demandato ad un adeguato ricambio d'aria.



# Il diagramma di Glaser

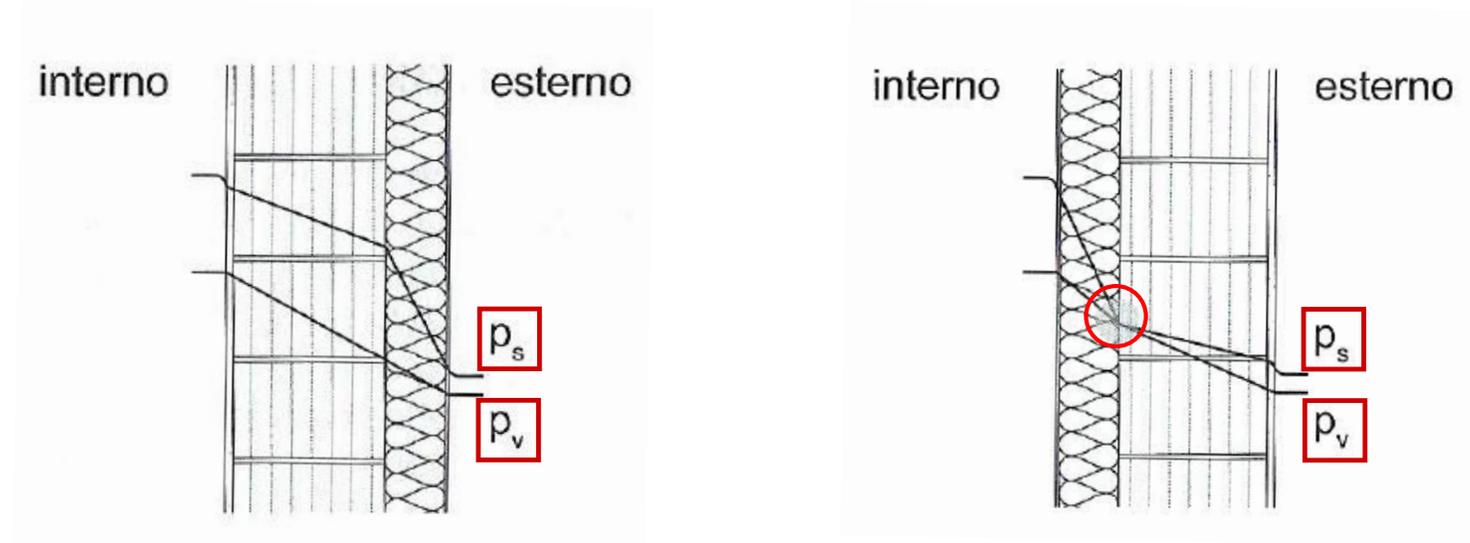
Quando la temperatura all'interno degli strati di una struttura si abbassa è facile avere fenomeni di condensa, in quanto aumenta l'umidità relativa. Questa condizione critica, detta **punto di rugiada**, dipende dal contenuto di vapore dell'aria e dalla temperatura della struttura nello strato in esame

Considerando un pacchetto di copertura composto da più strati di materiali differenti durante il periodo di riscaldamento, partiremo da determinate condizioni ambiente interne, e portandosi verso l'esterno la temperatura si abbasserà. Questa condizione potrebbe non permettere più all'aria di tenere in sospensione la stessa quantità di vapore, si potrebbe così arrivare a raggiungere il punto di rugiada e conseguente formazione di condensa nel pacchetto isolante con i danni conseguenti (muffa, degrado isolante con decadimento del potere isolante)



# Il diagramma di Glaser

La situazione descritta può essere analizzata e schematizzata attraverso il **diagramma di Glaser**. Muovendosi dall'interno verso l'esterno di una struttura edilizia durante il periodo di riscaldamento si ha un abbassamento della **pressione di saturazione**, dovuto all'abbassamento della temperatura, a cui corrisponde un calo della **pressione di vapore**, dovuto all'effetto di barriera al passaggio del vapore dei vari strati che compongono il pacchetto.



Quando la linea della pressione di vapore incrocia la linea della pressione di saturazione si ha formazione di condensa !!

# Importanza della verifica termoigrometrica (UNI EN 13788-2003)

## DM 26/06/2015 – Requisiti minimi - Par. 2.3

PRESCRIZIONI COMUNI PER GLI EDIFICI DI NUOVA COSTRUZIONE, GLI EDIFICI OGGETTO DI RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI O GLI EDIFICI SOTTOPOSTI A RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788), alla verifica **dell' assenza** :

- di rischio di formazione di muffe, con particolare attenzione ai ponti termici negli edifici di nuova costruzione
- di condensazioni interstiziali (non è più ammessa la rievaporazione)



Passaggio graduale alla verifica in regime dinamico (norma UNI 15206-2008) per simulare il passaggio transitorio e monodimensionale di calore ed umidità attraverso i componenti dell'involucro edilizio in condizioni non stazionarie (nel tempo).

# La permeabilità al vapore dei materiali

## COEFFICIENTE DI RESISTENZA AL PASSAGGIO DEL VAPORE ( $\mu$ )

Indica quanto la resistenza al passaggio del vapore di un certo materiale è superiore a quella dell'aria (= 1) a parità di spessore e di temperatura.

Il coefficiente  $\mu$  rappresenta una caratteristica dei materiali da costruzione e come tale va determinato mediante prove sperimentali di laboratorio.

{	$\mu < 10 \rightarrow$ materiali traspiranti
	$10 < \mu < 10000 \rightarrow$ materiali non traspiranti
	$\mu > 10000 \rightarrow$ barriere vapore

## Permeabilità al vapore materiali secondo UNI EN ISO 10456 (2008)

Materiali	$\mu$ [-]
Aria	1
Lana di roccia	1
Fibra di legno	3 - 5
Laterizio porizzato	5 - 10
Sughero	5 - 10
EPS	60
Legno massiccio	20 - 50
Calcestruzzo	60 - 100
XPS	150
Vetro cellulare	infinito
Vetro	infinito
Metalli	infinito

# La permeabilità al vapore dei materiali

## SPESSORE STRATO D'ARIA EQUIVALENTE DI DIFFUSIONE DEL VAPORE ( $S_D$ )

Tiene conto dello spessore del materiale ( $d$ )



$$S_D = \mu \times d$$

Per le guaine è difficile determinare lo spessore efficace, perciò generalmente si riporta solo il valore  $S_D$  (m).



### Norma UNI 11470 (2015)

La norma definisce le modalità applicative **degli schermi e delle membrane traspiranti sintetiche (secondo UNI EN 13859-1 ed UNI EN 13984)** ed il loro utilizzo su copertura a falda, su supporti continui o discontinui o a contatto diretto con l'isolante termico.



**La corretta impermeabilizzazione:  
membrane, nastri ed accessori**

# Norma UNI 11470 (2015) - definizioni



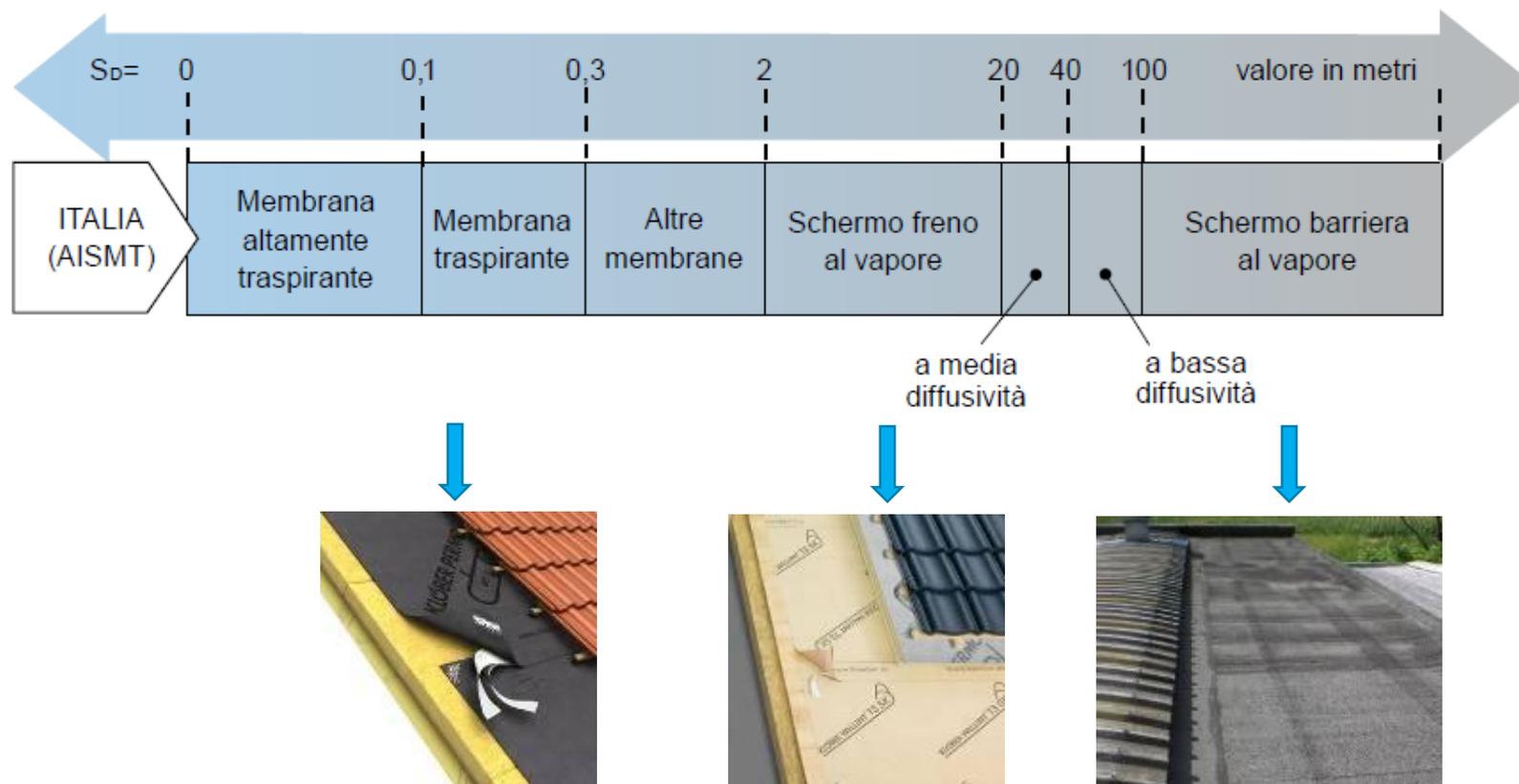
■ **Schermo e membrana traspirante (SMT):** Schermo e membrana traspirante di tipo sintetico in conformita alla UNI EN 13984, UNI EN 13859-1 e UNI EN 13859-2.

■ **Membrana traspirante e altamente traspirante:** Elemento impermeabile di tenuta al vento, avente la funzione di consentire il convogliamento di acqua meteorica proveniente da rotture, dislocazioni accidentali degli elementi di tenuta o formazioni di condense accidentali sottotegola, verso i dispositivi di raccolta e smaltimento. Deve consentire la permeazione del vapore acqueo proveniente dagli elementi sottostanti nelle condizioni di progetto. Non può sostituire l'elemento di tenuta in quanto tale.

■ **Schermo freno vapore:** Elemento impermeabile di tenuta all'aria avente la funzione di limitare il passaggio di vapor acqueo per evitare l'insorgere di fenomeni di condensa all'interno dei pacchetti di copertura.

■ **Schermo barriera vapore:** Elemento impermeabile di tenuta all'aria avente la funzione di limitare fortemente il passaggio del vapor acqueo per controllare il fenomeno della condensa all'interno dei pacchetti di copertura.

# Classificazione di schermi e membrane traspiranti (SMT) - $S_D$



- $S_D < 0.1 \text{ m} \rightarrow$  membrane altamente traspiranti
- $0.1 \text{ m} < S_D < 0.3 \text{ m} \rightarrow$  membrane traspiranti
- $2 \text{ m} < S_D < 20 \text{ m} \rightarrow$  schermi freno vapore
- $S_D > 100 \text{ m} \rightarrow$  schermi barriere vapore (guaina bituminosa, foglio di Al)

# Caratteristiche tecniche degli SMT



- Valore  $S_D$  (m)
- Massa areica (g/mq)
- Resistenza a trazione (N/5cm)
- Resistenza alla lacerazione (N)
- Resistenza raggi UV (mesi)
- Reazione al fuoco (Classe E)

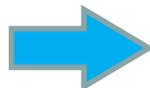
**Massa areica  
(UNI 11470)**



Classe	Massa areica
A	Massa areica $\geq 200 \text{ g/m}^2$ <sup>1)</sup>
B	Massa areica $\geq 145 \text{ g/m}^2$ <sup>1)</sup>
C	Massa areica $\geq 130 \text{ g/m}^2$ <sup>1)</sup>
D	Massa areica $< 130 \text{ g/m}^2$ <sup>1)</sup>

1) VDF (Valore Di Fabbricazione) dichiarato in scheda tecnica con valore non maggiore del 10% per il limite inferiore di tolleranza.

**Resistenza  
meccanica  
(UNI 11470)**



Classe	Interasse tra i supporti	Resistenza alla trazione longitudinale	Valori di resistenza alla trazione longitudinale dopo invecchiamento UV/IR <sup>1)</sup>	Resistenza alla lacerazione da chiodo
R1	45 cm	>100 N/5 cm	>65%	>75 N
R2	60 cm	>200 N/5 cm	>65%	>150 N
R3	90 cm	>300 N/5 cm	>65%	>225 N

VDF (Valore Di Fabbricazione) dichiarato in scheda tecnica con valore non maggiore del 10% per il limite inferiore di tolleranza.

1) Il prodotto, dopo essere stato sottoposto alle procedure di invecchiamento UV/IR secondo UNI EN 1296 e UNI EN 1297, deve continuare a garantire una resistenza alla trazione minima maggiore del 65% dei valori iniziali.

# I danni da umidità nelle coperture

**Diffusione attraverso l'involucro edilizio (solo 2 %)**  
Ricambio d'aria (98 %)

Inizio posa strato isolante sul tetto (Anni '60)



Protezione isolante da sollecitazione dovuta all'umidità  
tramite barriere vapore (guaine bituminose)



Danni da umidità



- Difficoltà nel realizzare una perfetta tenuta all'aria (danni in fase di posa, sovrapposizioni non perfette)
- Il legno del tavolato, se non perfettamente asciutto, non può asciugarsi
- Se il flusso di umidità si inverte (estate) l'umidità si accumula nell'isolante

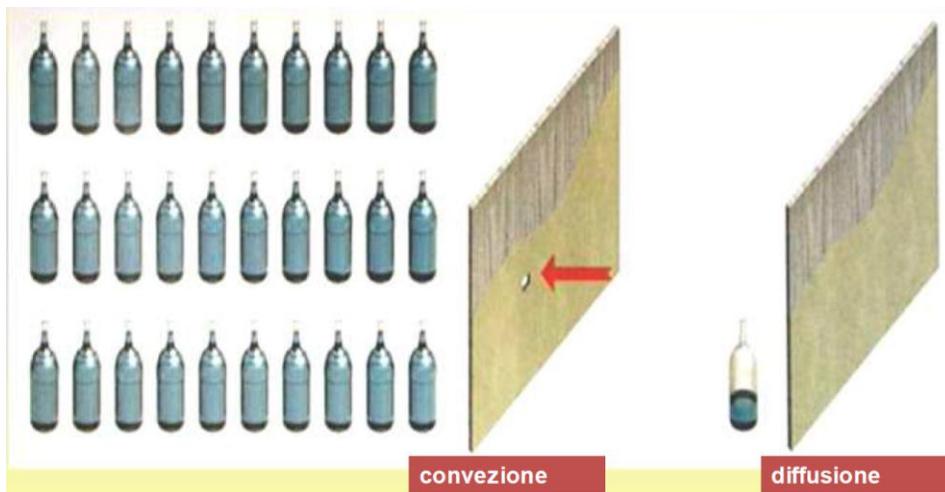
# Diffusione attraverso l'involucro edilizio (solo 2 %)

Il vapore non è altro che aria umida, non costituisce un pericolo finchè non condensa !!



Non bisogna ostacolare quindi in maniera eccessiva il flusso di vapore attraverso il tetto, ma bisogna eliminare i fenomeni di **condensa interstiziale**

NB. La presenza di fori/difetti nel manto di copertura determina il passaggio diretto (convezione) di notevoli quantità di vapore attraverso il pacchetto tetto, con pericolo di condensa interstiziale

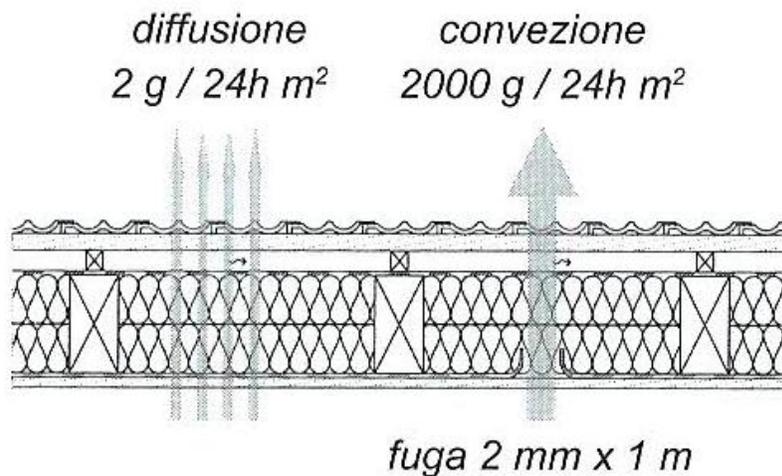


Eventuali sistemi di protezione dovranno essere progettati a tenuta d'aria (e acqua), senza limitare in maniera eccessiva il flusso di vapore attraverso la struttura !!!

# Trasporto di vapore per convezione

Il trasporto di umidità per convezione è associato ai moti convettivi dell'aria che possono generarsi all'interno degli elementi costruttivi per errori di progettazione o di costruzione.

Attraverso queste fughe si generano, per la differente pressione tra l'interno e l'esterno, flussi d'aria in grado di trasportare ingenti quantità di umidità.



I quantitativi di umidità trasportati per convezione sono normalmente molto superiori a quelli trasportati per diffusione.



Per garantire durabilità ed evitare accumuli di umidità nelle stratigrafie è quindi necessario garantire una buona tenuta all'aria dell'involucro edilizio.

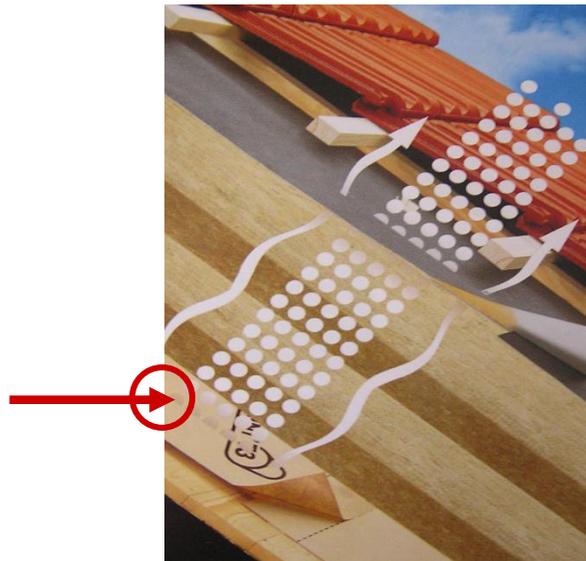
# Soluzione al problema della tenuta all'aria

In base a queste considerazioni, l'utilizzo di una guaina bituminosa con funzione di barriera al vapore al di sotto dello strato isolante risulta errata



La soluzione al problema della convezione di vapore nelle coperture consiste nell'applicare sul lato interno di tutta la struttura del tetto una **guaina con funzione di freno vapore** ( $2 \text{ m} < S_D < 20 \text{ m}$ ) o **barriera vapore** ( $S_D < 100 \text{ m}$ ) all'interno di tutta la struttura del tetto

## Criteria di scelta degli SMT (UNI EN ISO 13788-2003)



Classe di umidità <sup>1)</sup>	Edificio (esempi)	Sotto il coibente	Sopra il coibente
Classe 1	Edifici non occupati, magazzini per stoccaggio di materiale secco	Schermo freno al vapore $S_d \geq 2 \text{ m}$	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 2	Uffici, alloggi con indice normale di affollamento e ventilazione	Schermo freno al vapore $S_d \geq 2 \text{ m}$	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 3	Edifici con indice di affollamento non noto	Schermo freno al vapore $S_d \geq 2 \text{ m}$	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 4	Palestre, cucine, mense	Schermo barriera al vapore con opportuno valore $S_d$ da calcolare secondo UNI EN ISO 13788	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$
Classe 5	Edifici particolari, per esempio lavanderie, distillerie, piscine	Schermo barriera al vapore con opportuno valore $S_d$ da calcolare secondo UNI EN ISO 13788	Membrana traspirante $S_d \leq 0,3 \text{ m}$

<sup>1)</sup> Classe di umidità dei locali definiti secondo la EN ISO 15026 e il prospetto A.1 della UNI EN ISO 13788.

# Posa corretta del freno vapore

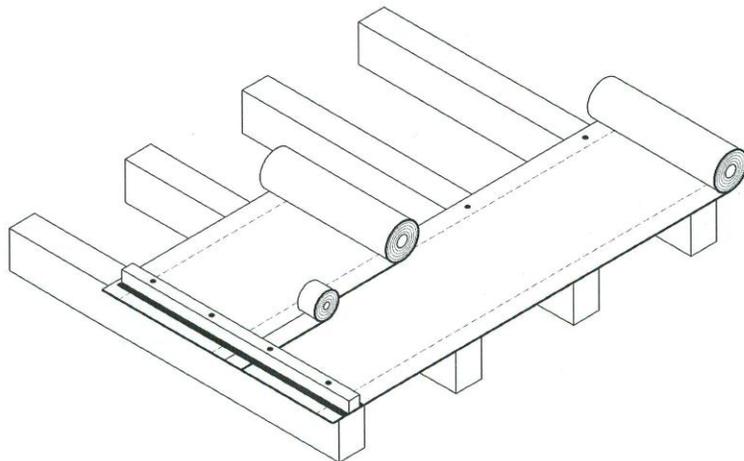
Garantire la tenuta all'aria (e all'acqua)



Tutti i raccordi e le sovrapposizioni devono essere realizzati con prodotti collanti adatti (nastri, adesivi, etc.)



Evitare la convezione diretta del vapore attraverso la struttura !!

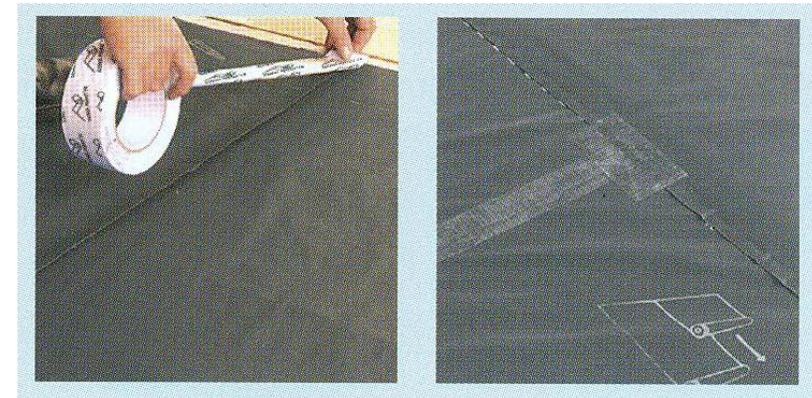
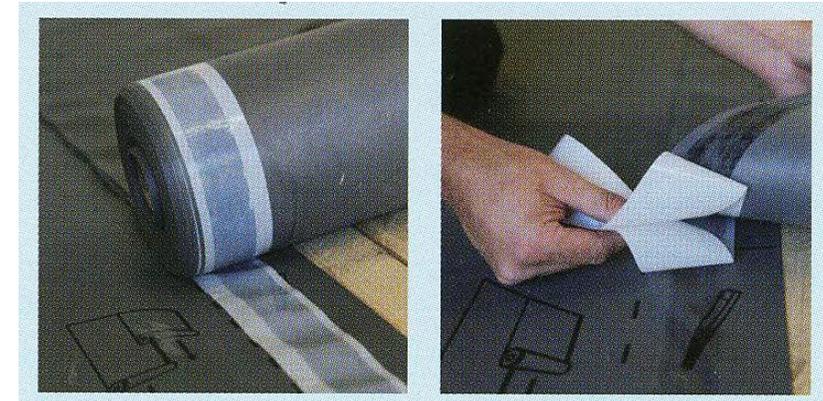
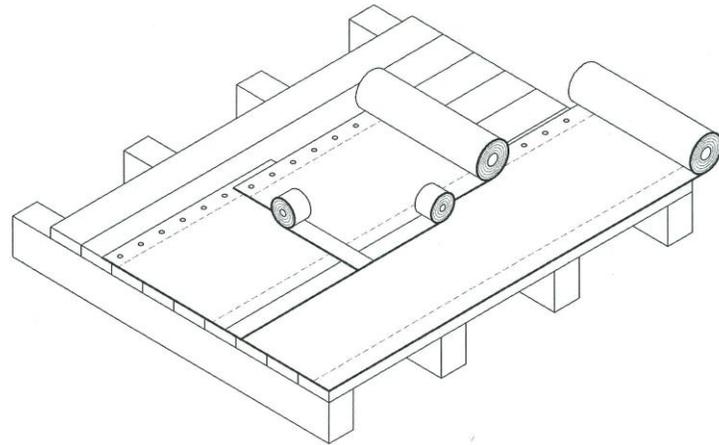


# Posa corretta del freno vapore

Sovrapposizione longitudinale e verticale

Pendenza  $\geq 30^\circ$  : minimo 10 cm (in assenza di bande adesive integrate)

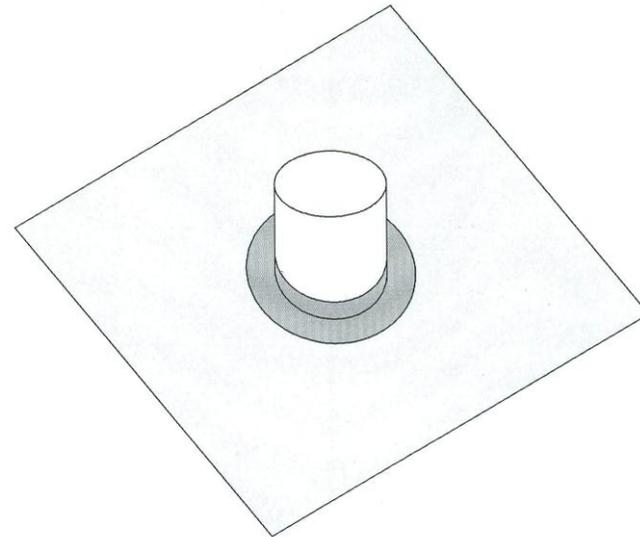
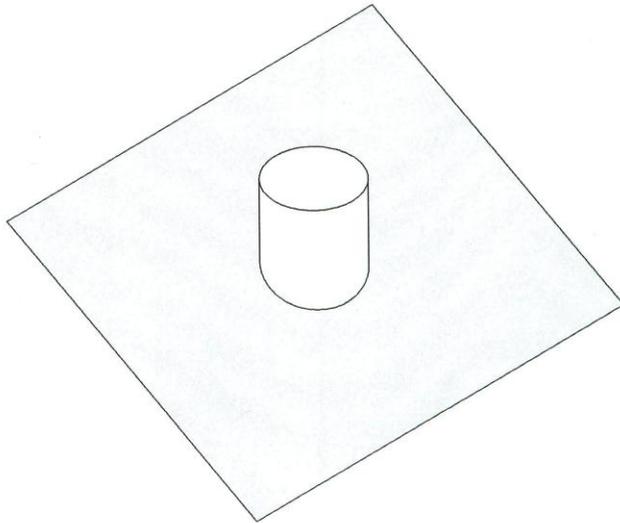
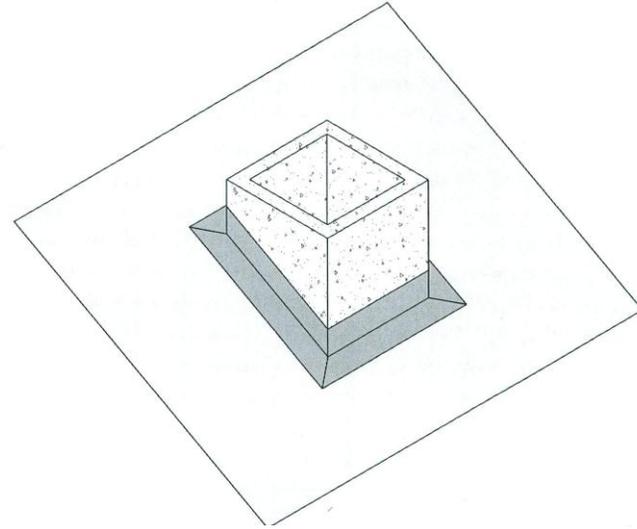
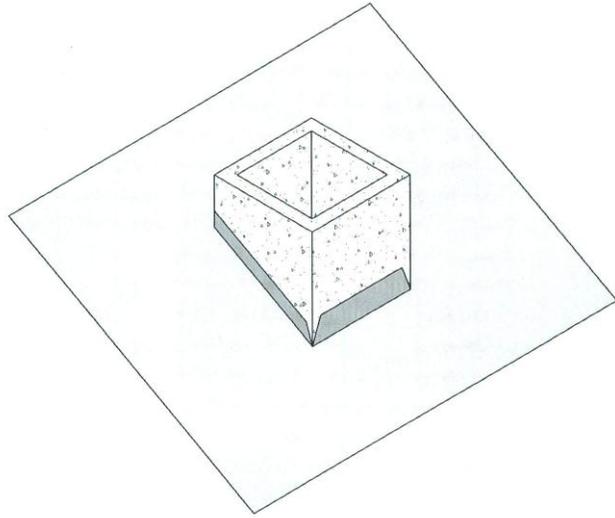
Pendenza  $\leq 30^\circ$  : minimo 20 cm (in assenza di bande adesive integrate)



NB. Il fissaggio a colla può essere un aiuto per il montaggio e non sostituisce il fissaggio meccanico definitivo.

NB. Tutte le sovrapposizioni devono essere sigillate con opportuni sistemi adesivi (bande integrate, nastri adesivi o colle sigillanti).

# Posa corretta del freno vapore



# Posa corretta del freno vapore



# Posa corretta del freno vapore – nastri adesivi e sigillanti

Campi di applicazione	Nastro adesivo acrilico	Mastice per il controlistello	Nastro adesivo acrilico	Nastro biadesivo butilico	Adesivo/mastice	Nastro biadesivo acrilico	Nastro adesivo acrilico
Interno tetto			•	•	•	•	•
Esterno tetto DN $\geq 16^\circ$	•		•	•	•	•	
Esterno tetto DN $< 16^\circ$				•	•		
A tenuta d'aria			•	•	•	•	•
Paravento	•		•	•	•	•	
Riparazione della membrana sottomanto	•		•				
Sovrapposizione di strati separatori drenanti				•	•		
Guarnizioni per chiodi		•		•	•		
Risparmi	•		•				•
Fondo umido		•			•		
Fondo irregolare	•		•	•	•	•	•
Fondo ruvido				•	•		

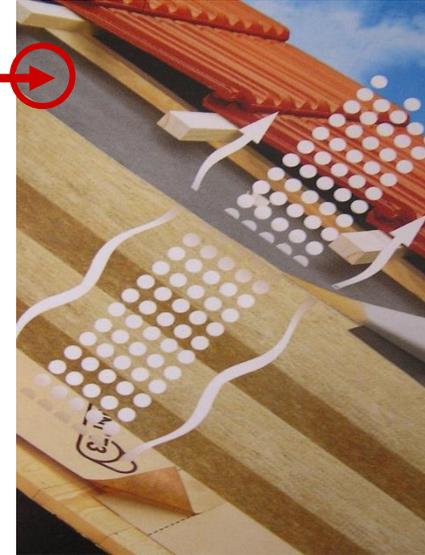


Attenzione alla scelta del prodotto corretto per l'applicazione specifica !!

# La guaina sottotegola

Si posa tra la copertura (tegole) e l'isolamento termico

- Proteggere lo strato isolante dalle sollecitazioni esterne (vento, umidità, acqua, polvere, parassiti, etc.)
- Smaltimento di piccole quantità d'acqua



- 1) La guaina deve essere **a tenuta d'acqua**, per proteggere l'isolante da eventuali infiltrazioni dovute alla pioggia e vento, o dalla condensa formatasi sotto le tegole nelle ore notturne
- 2) Deve garantire la **pedonabilità** in fase di lavoro (antisdrucchiolo)
- 3) Deve **resistere ai raggi UV**, per sopportare e radiazioni UV in fase di posa
- 4) Deve essere **termoresistente** (non subire danni fino ad 80 °C)

La guaina deve ostacolare il meno possibile il vapore nel suo percorso verso l'esterno !!



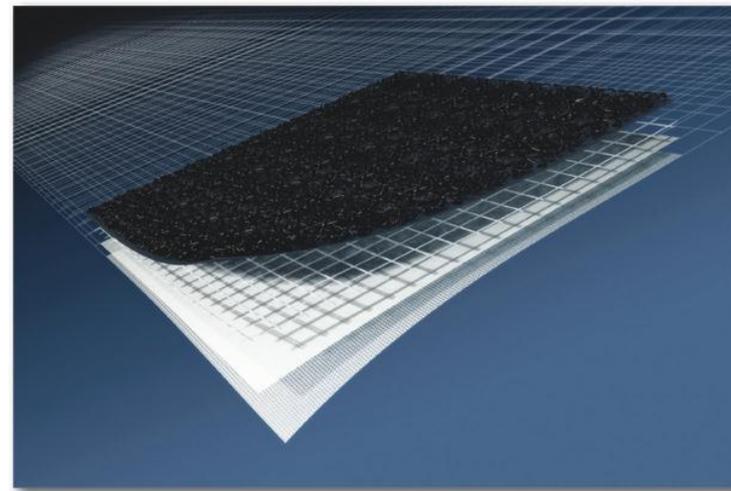
Bisogna utilizzare una guaina traspirante ( $S_D < 0.3 \text{ m}$ )

# Caratteristiche tecniche degli SMT (guaina traspirante)

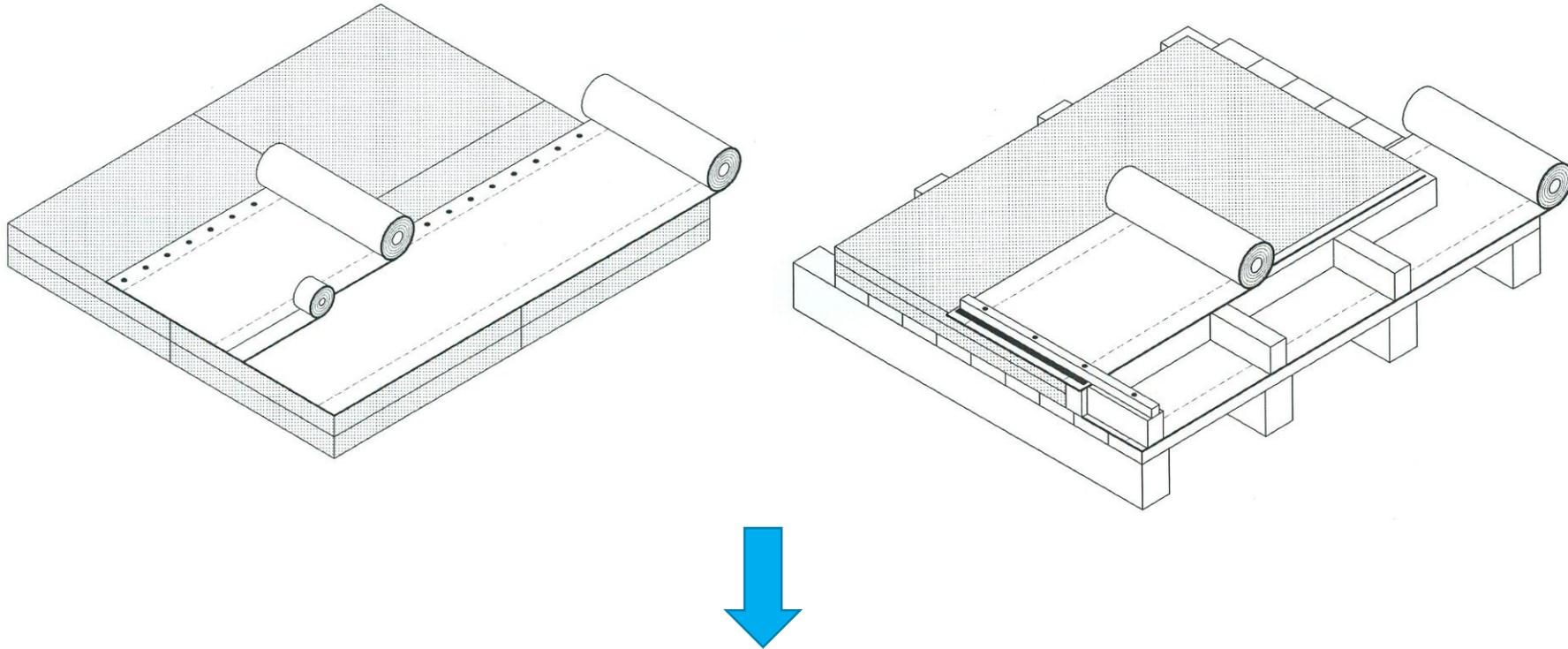
Guaina con strato separatore (tessuto monofilamentoso)  
per tetti metallici



Permette un perfetto deflusso dell'acqua e  
garantisce la ventilazione tra le lastre  
metalliche, creando uno strato protettivo sul  
materiale



# Posa corretta della guaina sottotegola



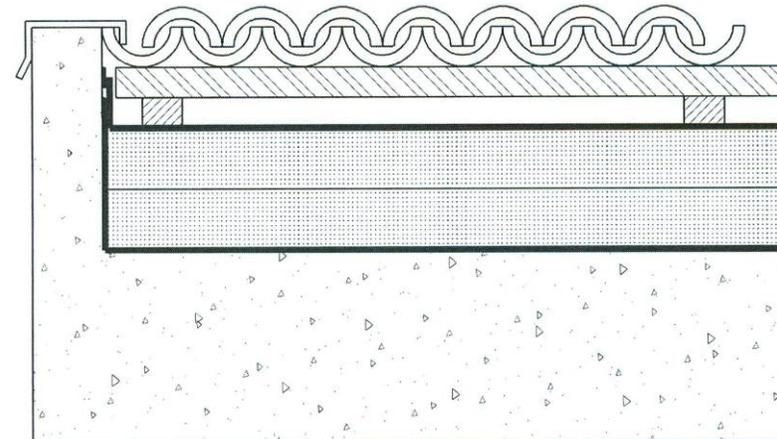
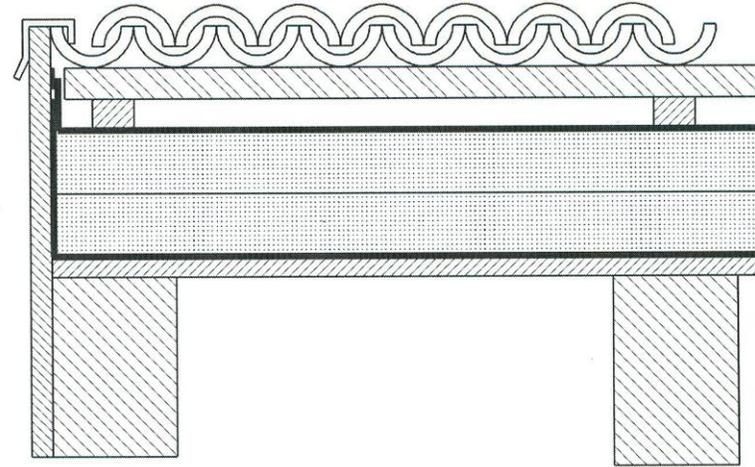
NB. Il fissaggio a colla o con graffe può essere un aiuto per il montaggio e non sostituisce il fissaggio meccanico definitivo.

NB. Tutte le sovrapposizioni devono essere sigillate con opportuni sistemi adesivi (bande integrate, nastri adesivi o colle sigillanti).

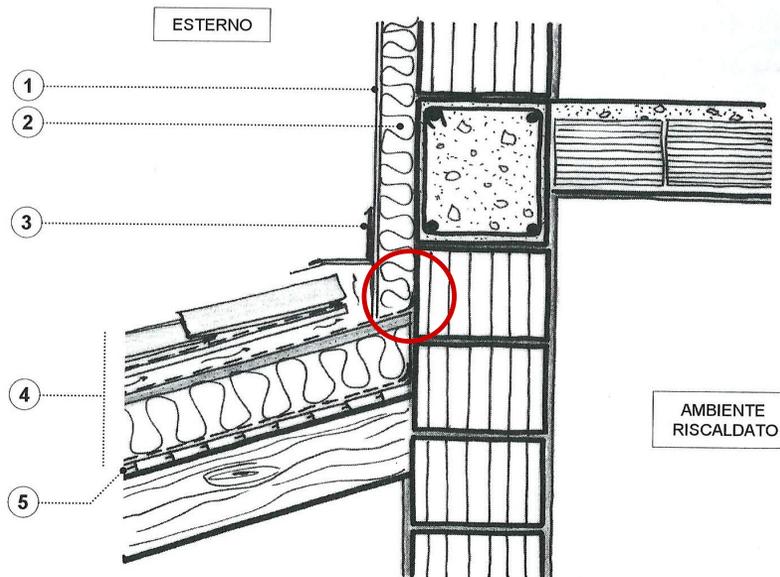
# Posa corretta della guaina sottotegola

Gli SMT devono essere risvoltati sulla tavola di contenimento laterale o sul cordolo di cemento, fissati meccanicamente o incollati e sigillati tramite banda adesiva o collante conforme alle indicazioni del produttore. L'installatore deve prevedere una scossalina metallica come elemento di protezione e chiusura finale.

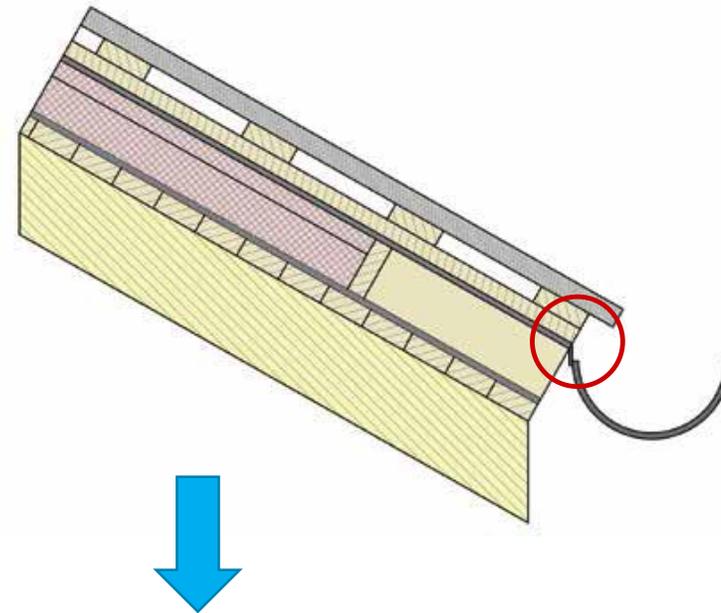
Raccordo universale



# Posa corretta della guaina sottotegola



1. rasatura esterna
2. isolante in EPS
3. lattoneria
4. pacchetto copertura:
  - tegole
  - guaina impermeabile
  - tavolato
  - camera di ventilazione
  - telo traspirante
  - fibra di legno mineralizzata
  - fibra di legno
  - freno al vapore
5. tavolato a vista



Gli SMT vanno protetti dai raggi UV e quindi non devono fuoriuscire nel canale di gronda.

La membrana traspirante non entra nel canale di gronda ma viene sigillata tramite banda adesiva o collante conforme su una scossalina metallica o tavolato.

# La ventilazione e la gestione della condensa

# La ventilazione della copertura

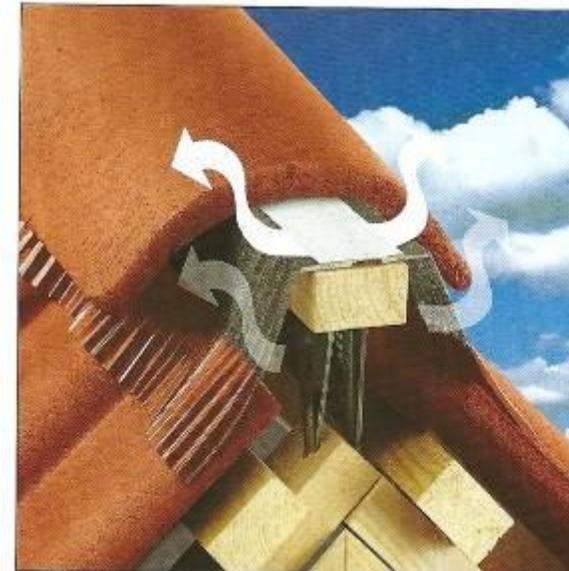
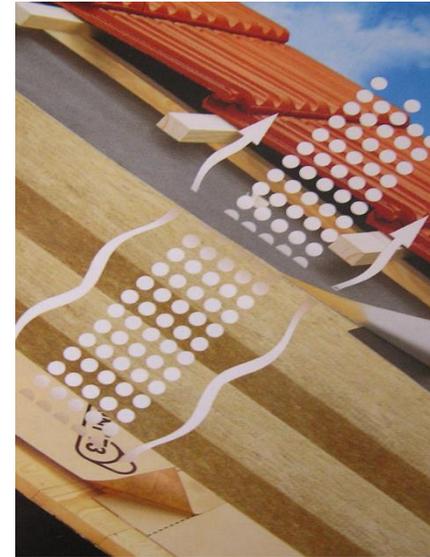
- 1) **Smaltire l'umidità** proveniente dall'interno
- 2) **Far defluire piccole quantità d'acqua** presenti nella zona di ventilazione (condensa sottotegola, penetrazione acqua piovana in condizioni climatiche esterne e/o danni)
- 3) Permettere **l'asciugatura** della zona di ventilazione
- 4) **Smaltire calore** in estate per effetto della ventilazione



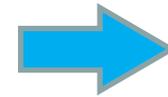
L'aria esterna deve fluire liberamente dalla grondaia fino alla linea di colmo



Altezza ventilazione mantenuta costante a 4 cm sotto la copertura attraverso controlistelli nella direzione di inclinazione del tetto



# La ventilazione della copertura



Prodotti sottocolmo



# La ventilazione della copertura

Può essere necessario **umentare l'altezza di ventilazione** in alcuni casi particolari :

- 1) Tetti con pendenza inferiore al 18 % (eliminazione umidità da diffusione) -  $h = 6 \text{ cm}$
- 2) Smaltimento del calore estivo (importante solo per tetti poco isolati)
- 3) Tetti con lunghezza di falda elevata ( $> 12 \text{ m}$ ) –  $h = 6 \text{ cm}$

**NB.** Attenzione al tipo di copertura !

- Per tetti con tegole o coppi in cotto la copertura presenta più punti non a tenuta d'aria, in cui la ventilazione è favorita.
- Per tetti con maggiore tenuta d'aria (es. lamiera) bisogna prestare particolare attenzione ai meccanismi di ventilazione.

Attenzione all'accumularsi di sporcizia /insetti ai bordi e nel raccordo della zona di ventilazione !!

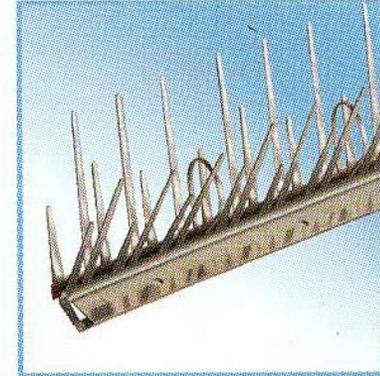


Le delimitazioni non devono ostacolare l'ingresso e l'uscita dell'aria !!

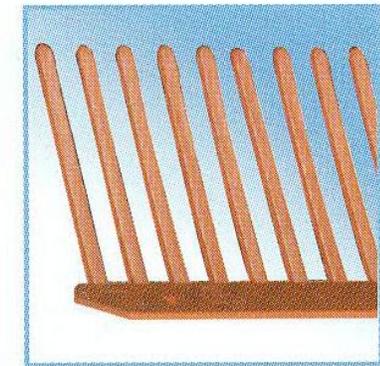
# La ventilazione della copertura



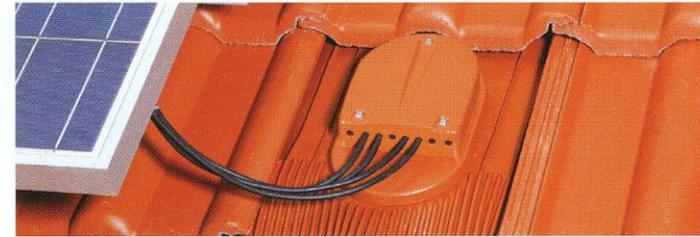
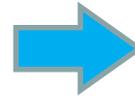
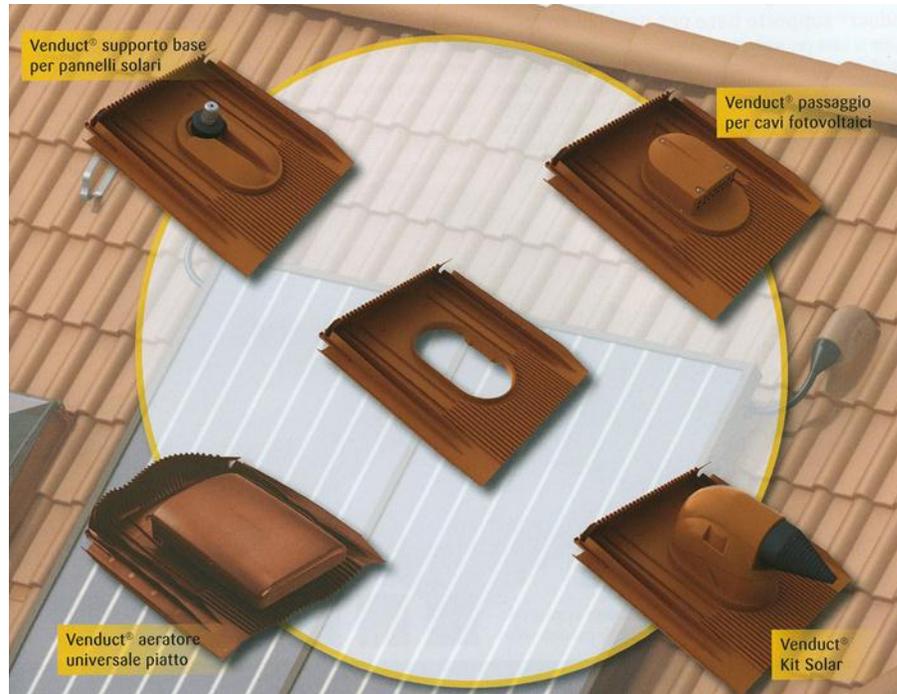
**Parapiccione**  
(in acciaio/acciaio inossidabile)



**Pettine parapasseri**

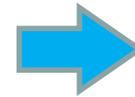
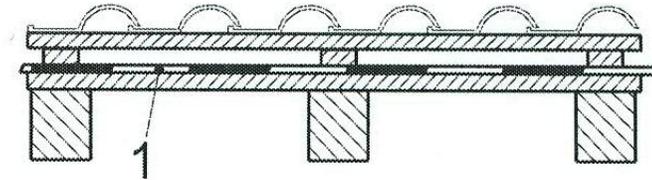
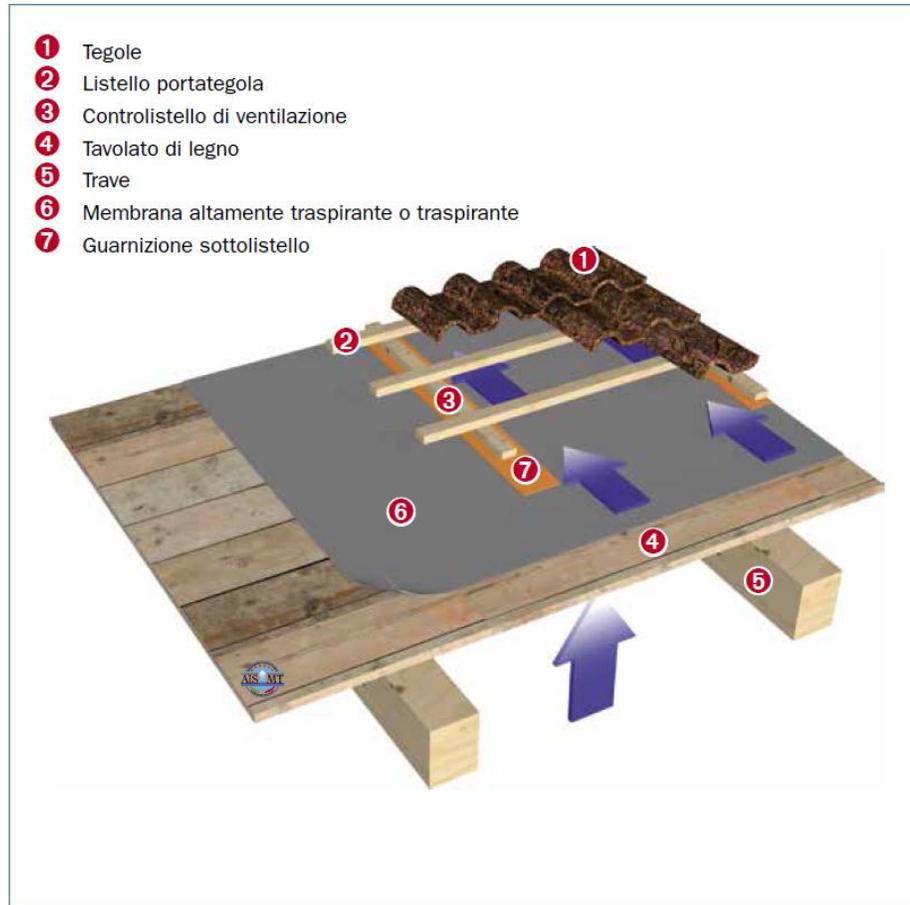


# La ventilazione della copertura

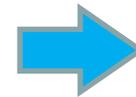


Garantire la continuità dello strato di ventilazione

# Tetto in legno con ventilazione singola (tetto freddo)



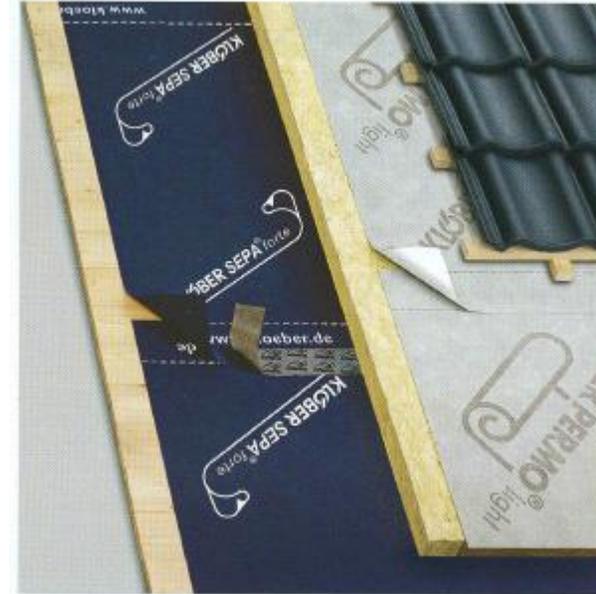
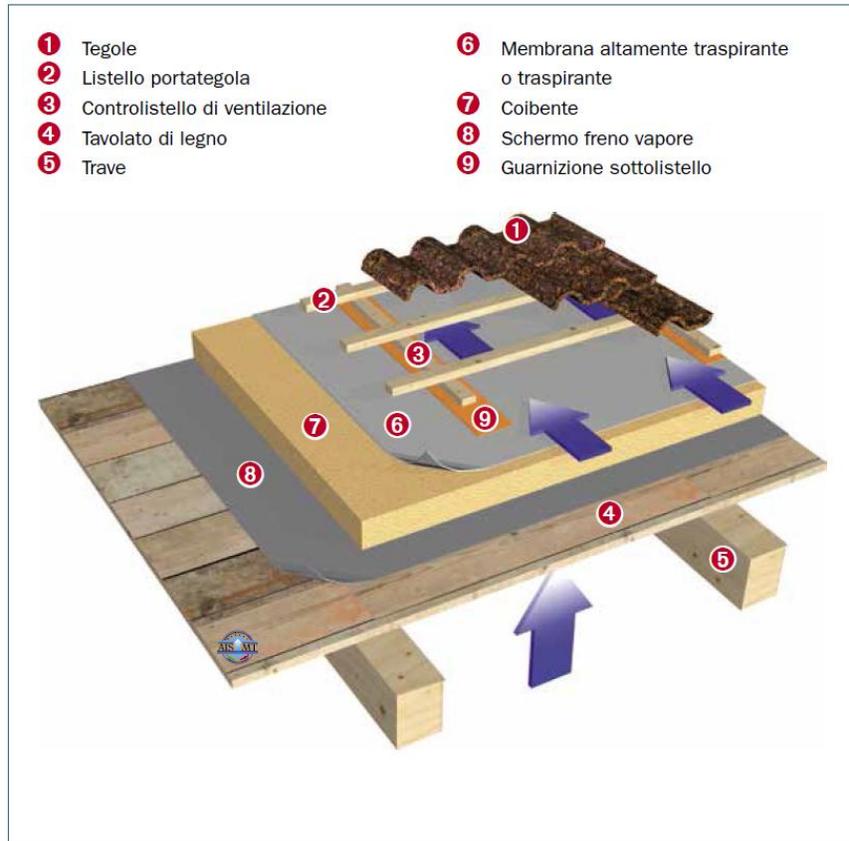
Isolare adeguatamente  
l'ultimo solaio !!



La tenuta al vento è importante  
anche su una  
copertura non coibentata !!

- per pendenze  $\geq 30\%$  minimo classe B (massa areica  $\geq 145$  g/mq)
- per pendenze  $< 30\%$  minimo classe A (massa areica  $\geq 200$  g/mq)

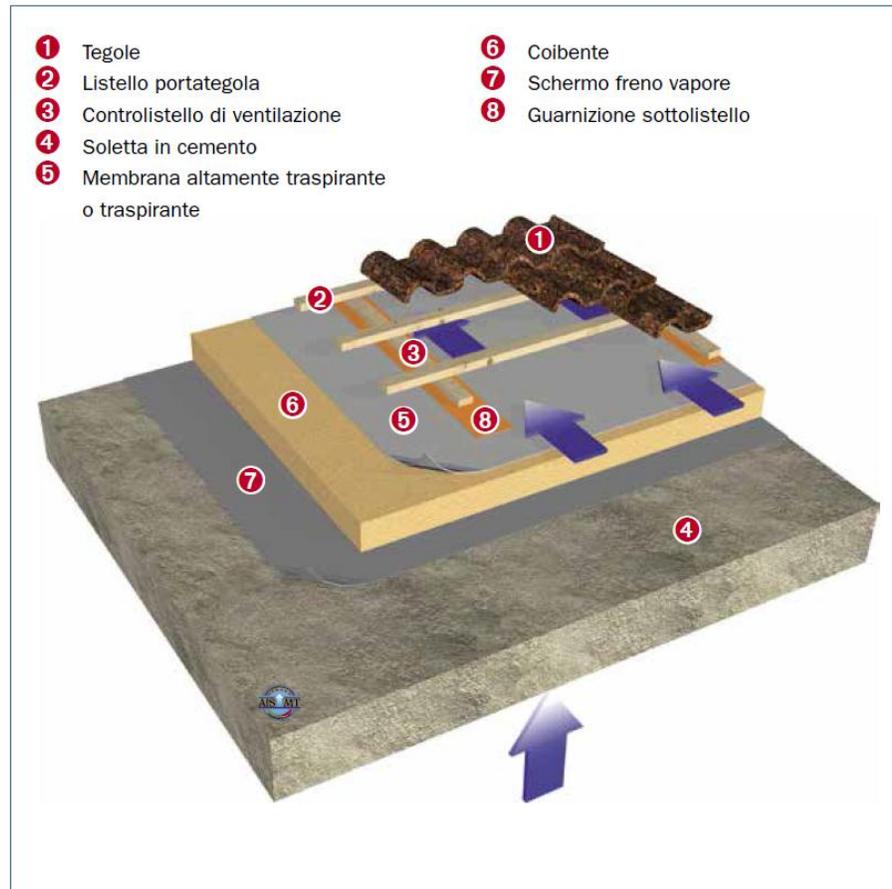
# Tetto in legno con ventilazione singola (tetto caldo)



Molto diffuso in climi non particolarmente rigidi e/o nevosi (< 1000 m s.l.m)

- per pendenze  $\geq 30\%$  minimo classe B (massa areica  $\geq 145$  g/mq)
- per pendenze  $< 30\%$  minimo classe A (massa areica  $\geq 200$  g/mq)

# Tetto in laterocemento con ventilazione singola (tetto caldo)



Molto diffuso in climi non particolarmente rigidi e/o nevosi (< 1000 m s.l.m)



Schermo freno al vapore su falda in cemento sotto il coibente:

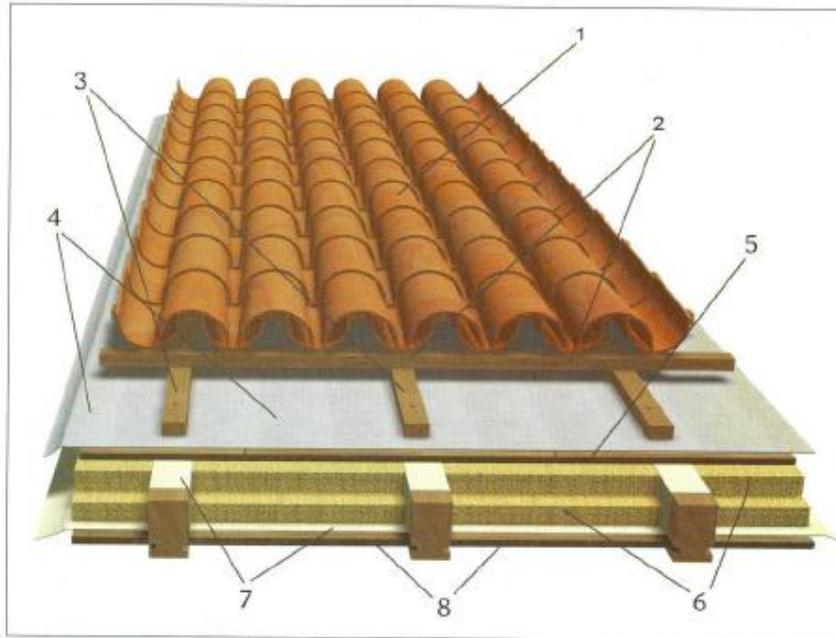
- minimo classe A (massa areica  $\geq 200$  g/mq)

Membrana traspirante sopra coibente:

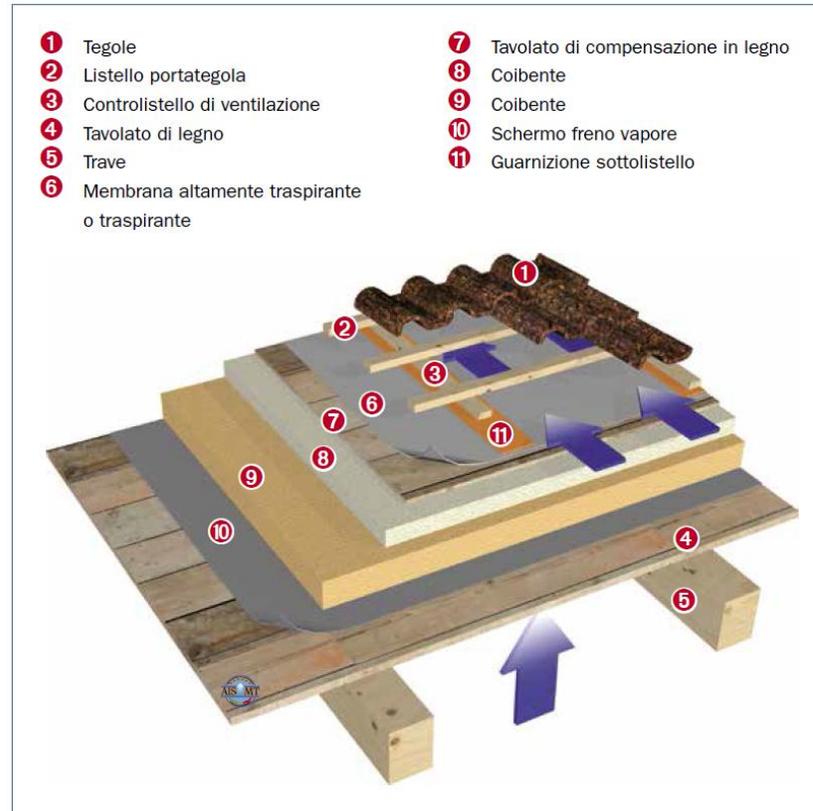
- per pendenze  $\geq 30\%$  minimo classe B (massa areica  $\geq 145$  g/mq)

- per pendenze  $< 30\%$  minimo classe A (massa areica  $\geq 200$  g/mq)

# Tetto in legno con ventilazione singola e doppio tavolato

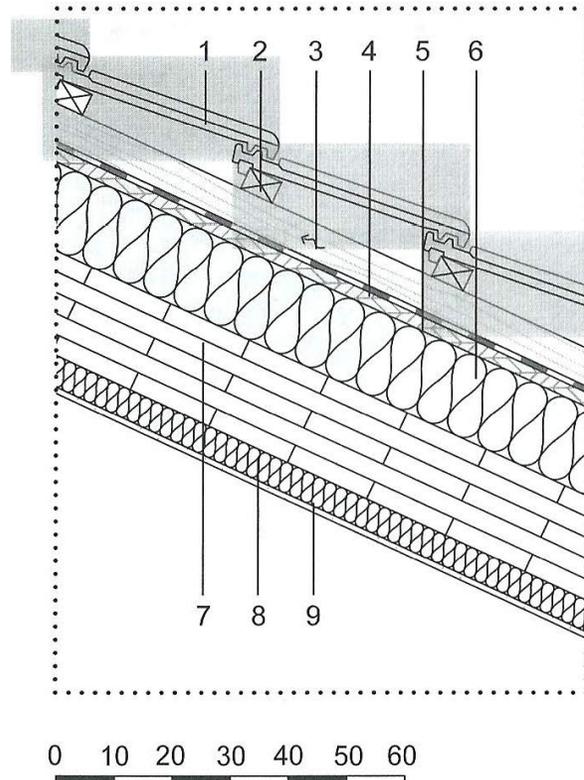


1. Copertura
2. Listelli
3. Controlistelli
4. Guaina traspirante (>145 g/mq)
5. Tavolato
6. Isolante
7. Guaina freno-vapore (>145 g/mq)
8. Tavolato interno



- Soluzione per la coibentazione di tetti esistenti
- Lo spessore della copertura risulta inferiore
- Minor capacità coibente
- Montaggio dello strato isolante più difficoltoso

# Tetto con ventilazione singola in X-Lam



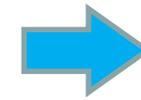
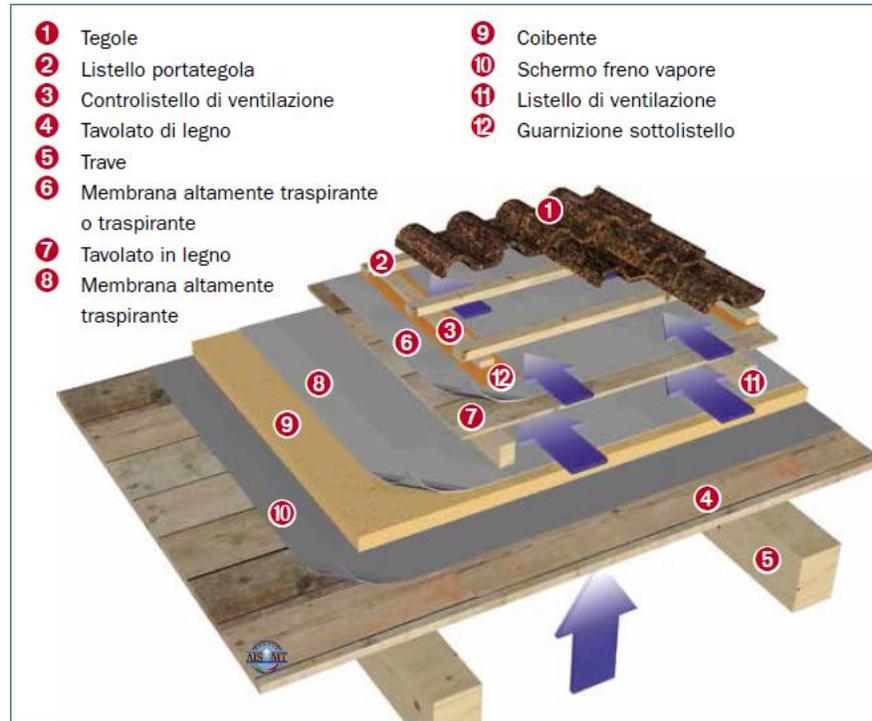
	d	$\rho$	$\lambda$	$c_p$	$\mu / s_d$
	[m]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[W/mK]	[J/kgK]	[-] / [m]
1 manto di copertura	-	-	-	-	-
2 listello	-	-	-	-	-
3 controlistello	-	-	-	-	-
4 telo sottomanto traspirante	-	-	-	-	$s_d = 0,1$
5 pannello in fibra di legno ad alta densità	0,022	240	0,050	2100	5
6 isolamento in fibra di legno WF(*)	BZ 0,140				
	RM 0,120	140	0,040	2100	5
	PA 0,060				
7 pannello X-lam	0,140	500	0,130	1600	50
8 isolamento in fibra di legno WF	BZ 0,050	50	0,040	2000	5
	RM 0,030	1	0,187	1080	1
9 lastra in fibrogesso	0,015	1150	0,320	1200	13



L'effetto freno vapore e la tenuta all'aria sono garantiti dal fibrogesso e dal pannello X-Lam

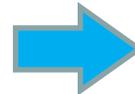
Utilizzare isolanti ad elevata permeabilità al vapore sotto il pannello X-Lam

# La doppia ventilazione della copertura (tetto freddo)



Utilizzata soprattutto nelle zone montuose, con precipitazioni particolarmente intense

- Piano di ventilazione inferiore
- Piano di ventilazione superiore

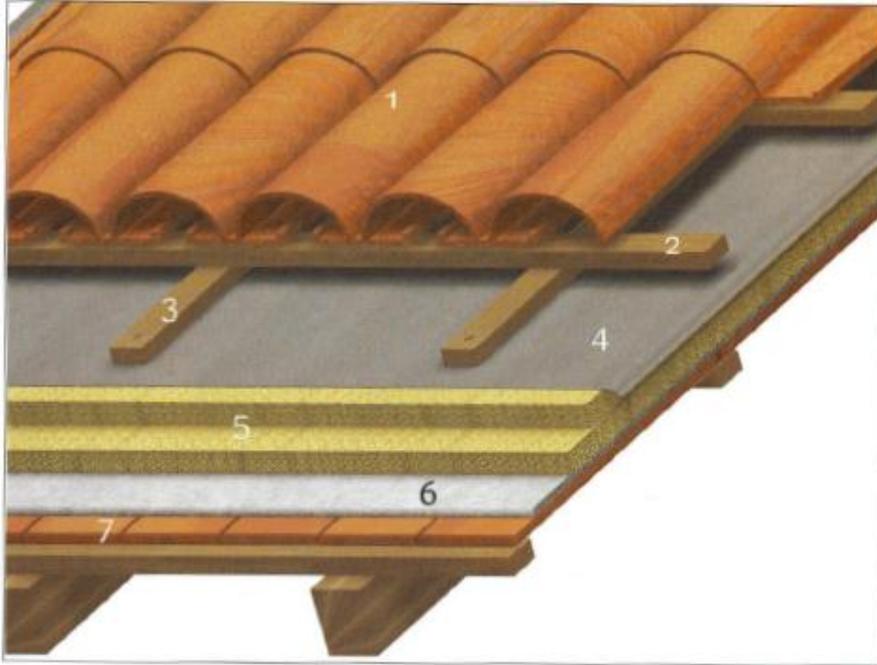


Eliminare l'umidità generata per diffusione



Eliminare l'umidità sottotegola e le eventuali perdite d'acqua (infiltrazioni, danni accidentali alla copertura)

# Varianti - Tetto con mezzane in cotto

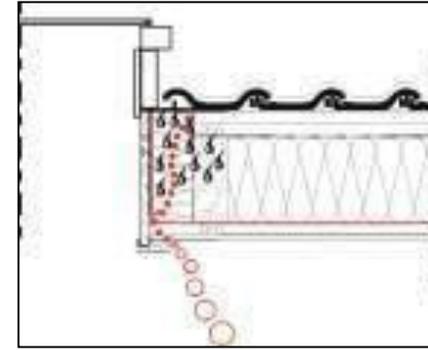
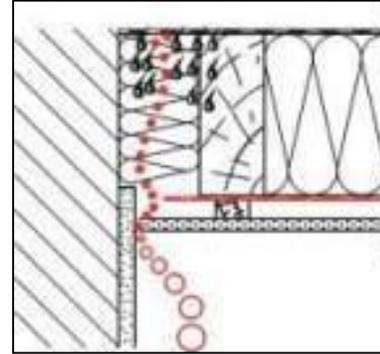
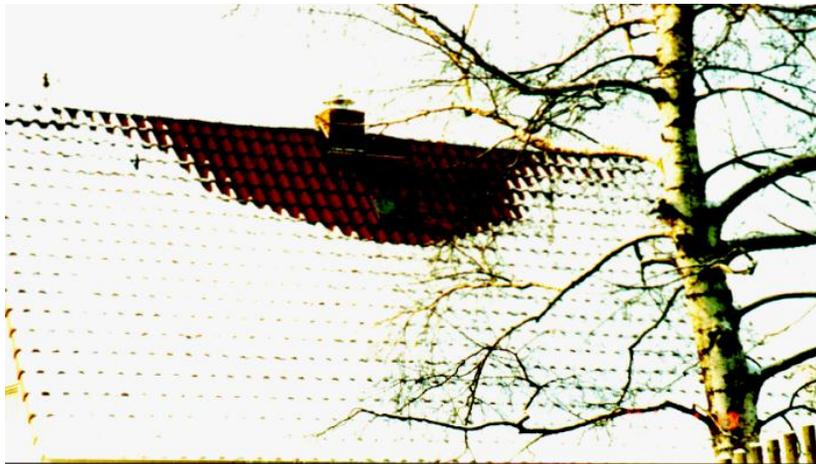


1. Copertura
2. Listelli
3. Controlistelli
4. Guaina traspirante ( $> 145 \text{ g/mq}$ )
5. Isolante
6. Caldana (2 cm)
7. Mezzane in cotto 25 cm

- Soluzione ideale per ottenere un buon isolamento estivo
- La maggior densità del pacchetto permette uno sfasamento notevole dell'onda termica ( $> 8$  ore)
- Molto utilizzato nelle regioni dell'Italia centrale

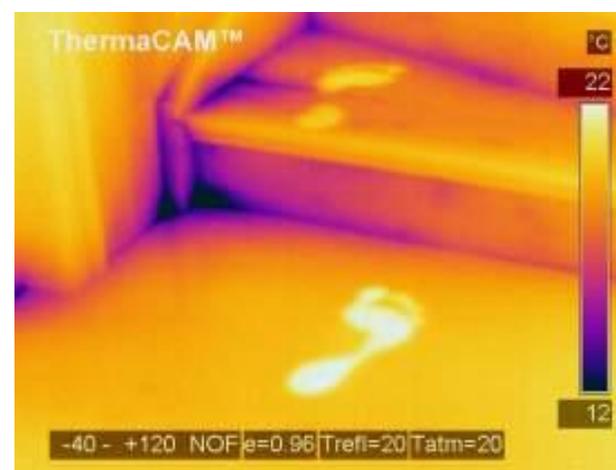
**Le finestre da tetto: il più comune  
punto critico e altri punti di  
discontinuità**

# Ponti termici

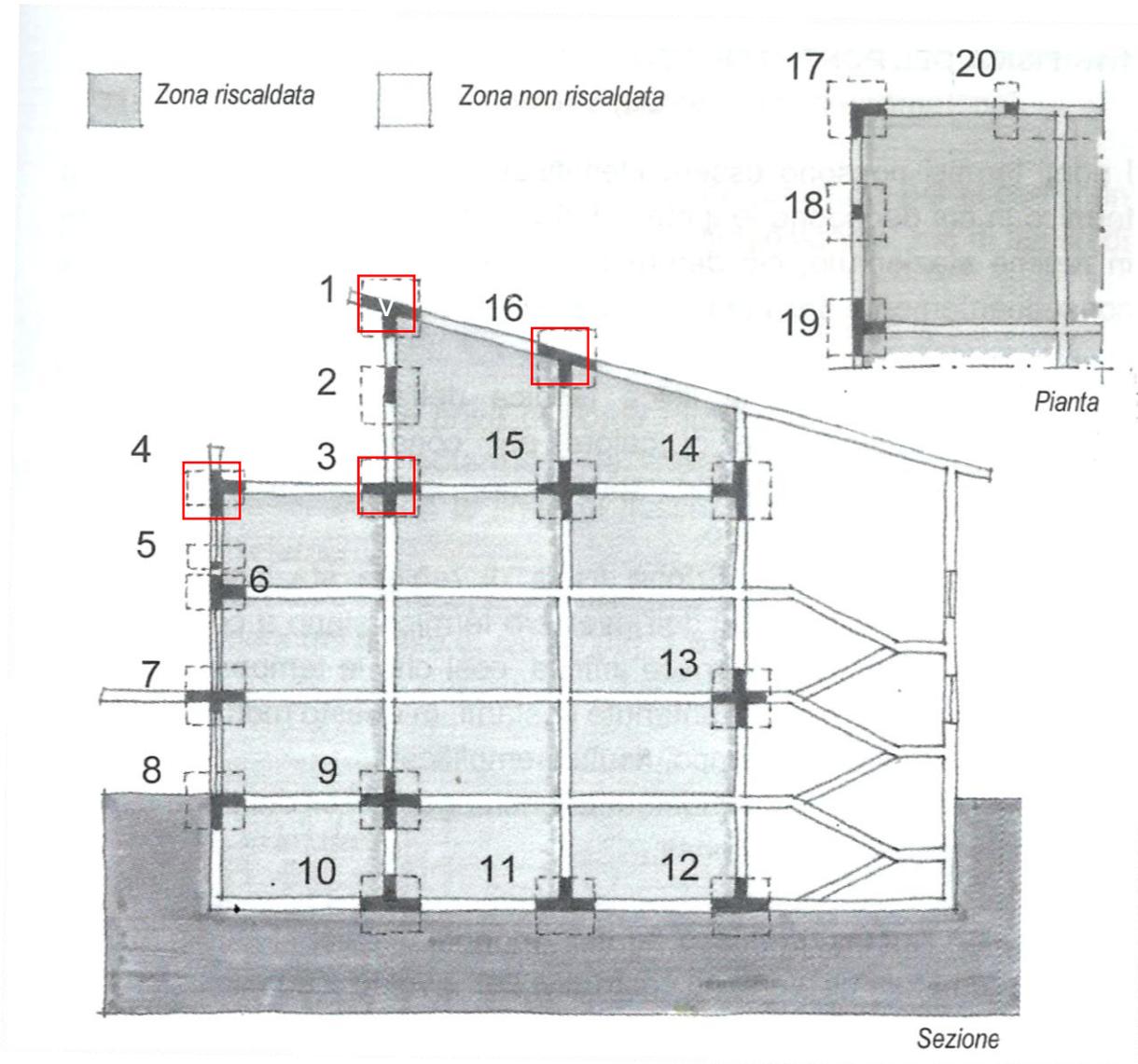


- Elevate dispersioni termiche
- Punti freddi con formazione di condensa

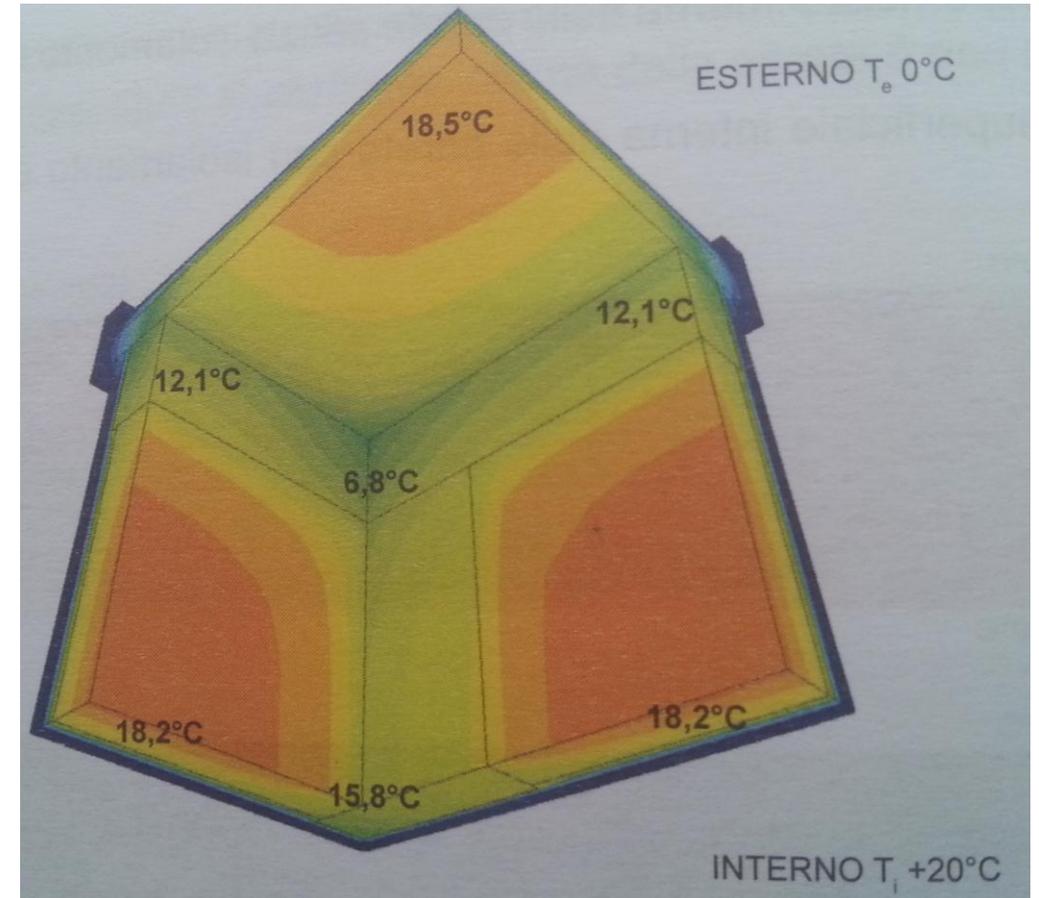
# Ponti termici



# Tipologie di ponti termici



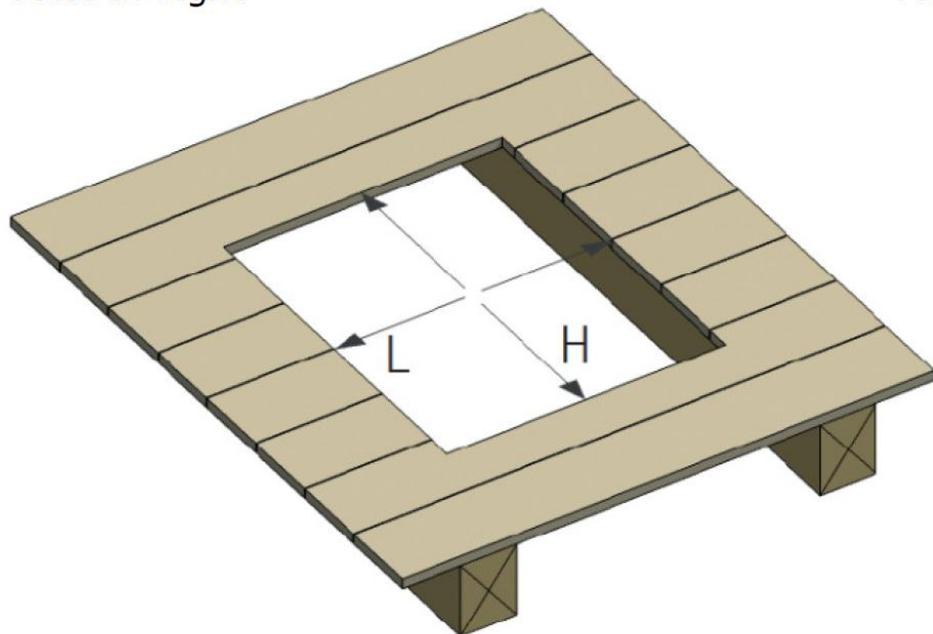
Attacco solaio-parete con cordolo perimetrale esterno non coibentato



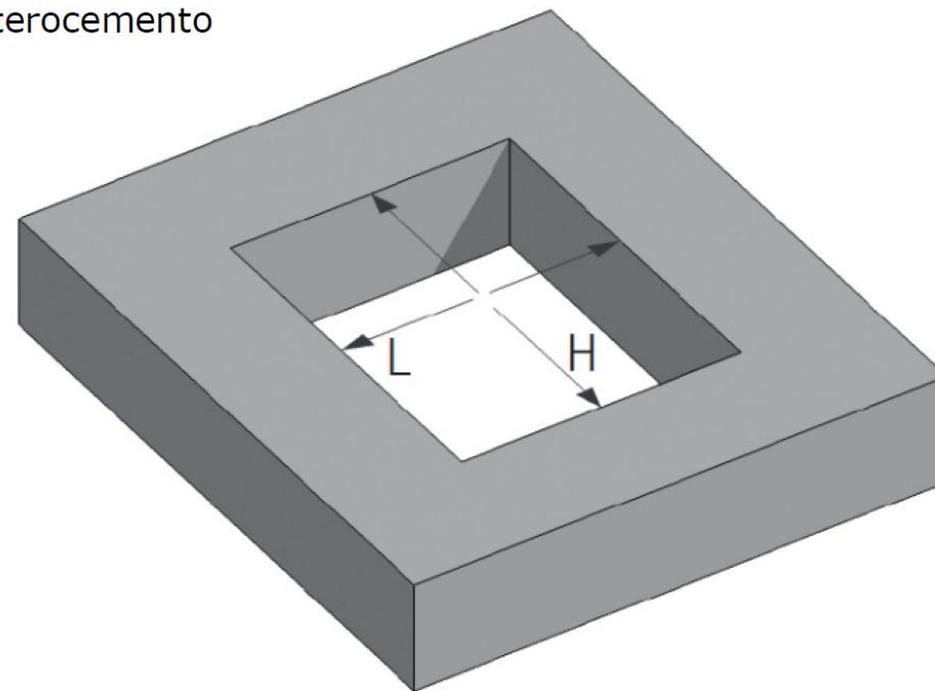
# Finestra tetto (posa controtelaio)

Predisposizione del foro in cantiere

Tetto in legno



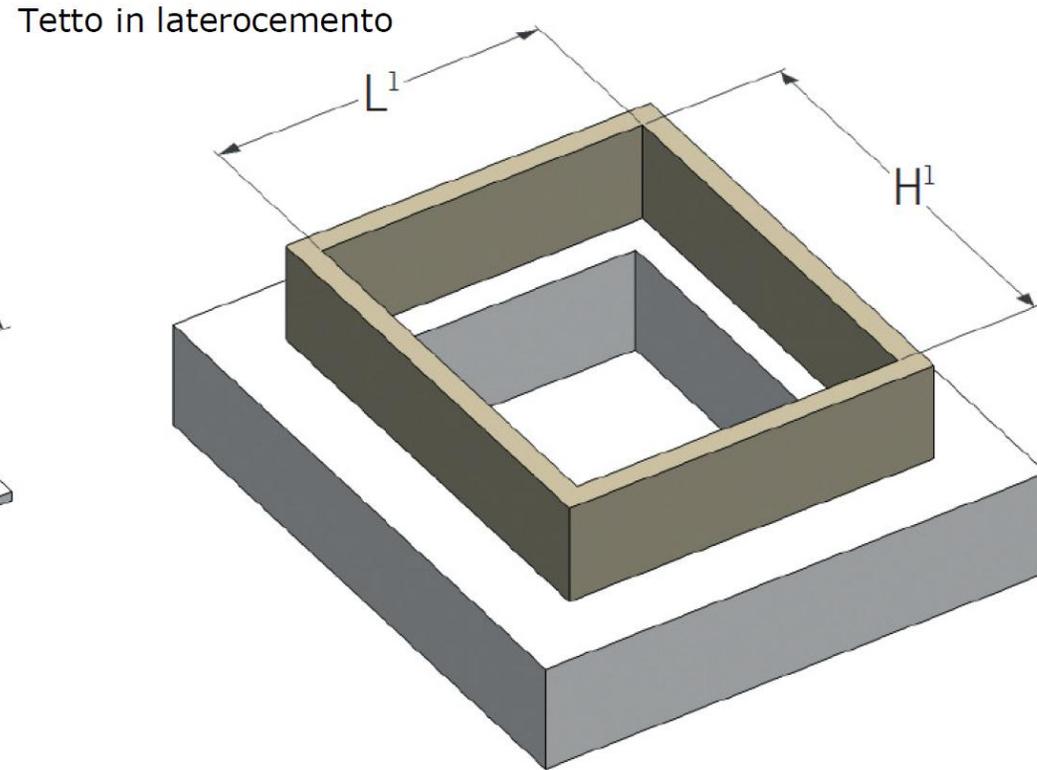
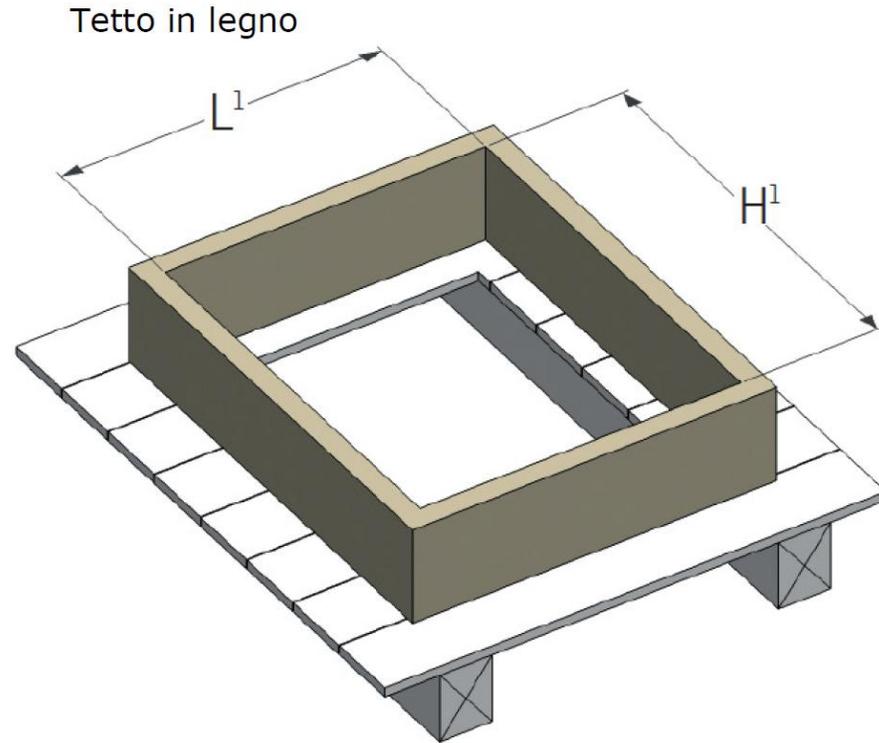
Tetto in laterocemento



Foro	BK04	CK02	CK04	CK06	FK06	FK08	MK04	MK06	MK08	MK12	PK25	PK04	PK06	PK10	SK01	SK06	SK08	UK04	UK08	UK10
L (cm)	44	52	52	52	63	63	75	75	75	75	91	91	91	91	111	111	111	131	131	131
H (cm)	95	75	95	115	115	137	95	115	137	177	52	95	115	157	67	115	137	95	137	157

# Finestra tetto (posa controtelaio)

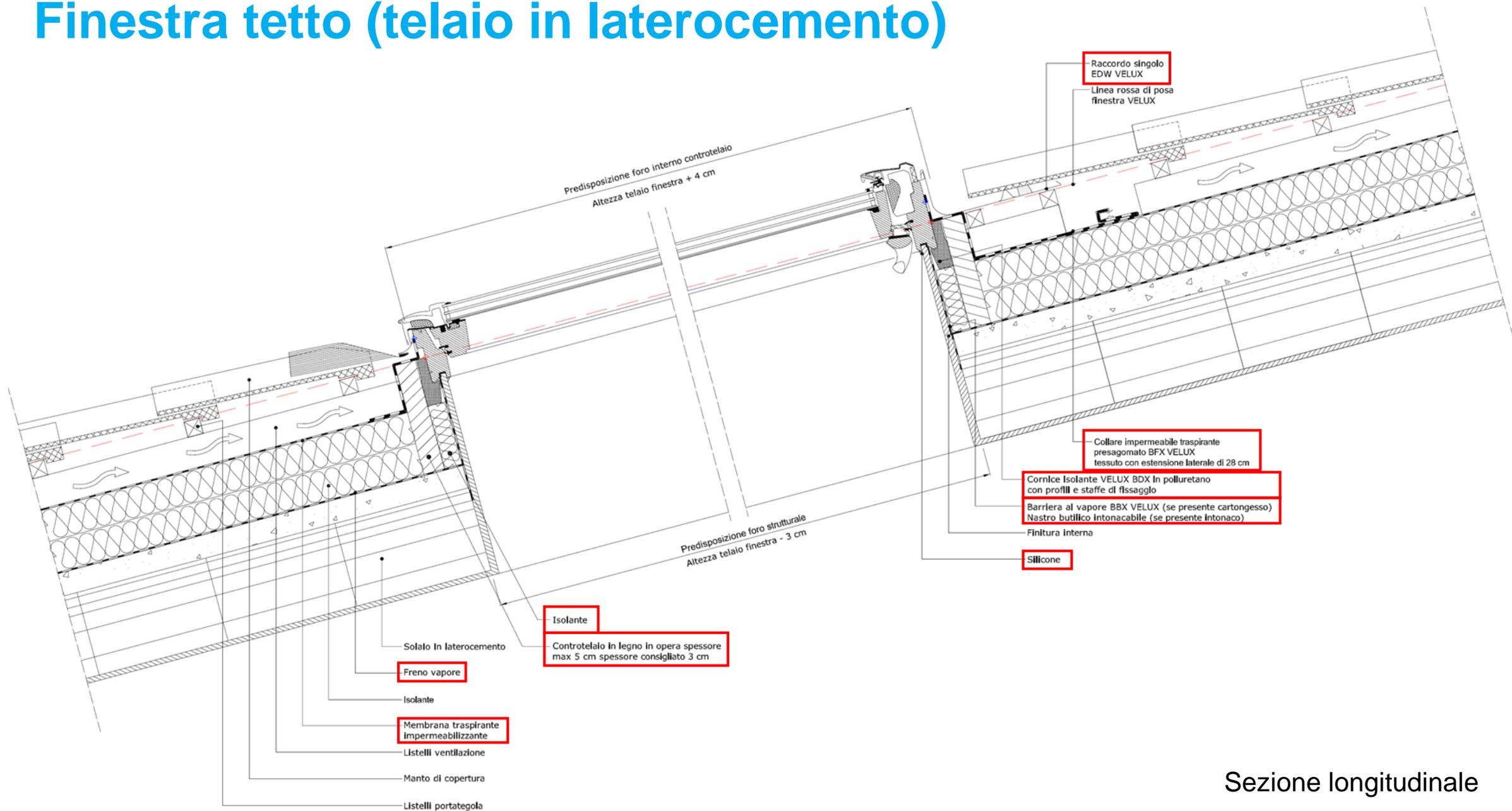
Misure del controtelaio



**NOTA:** l'altezza del controtelaio varia in funzione del pacchetto isolante del tetto e deve combaciare con la linea di posa del manto di copertura

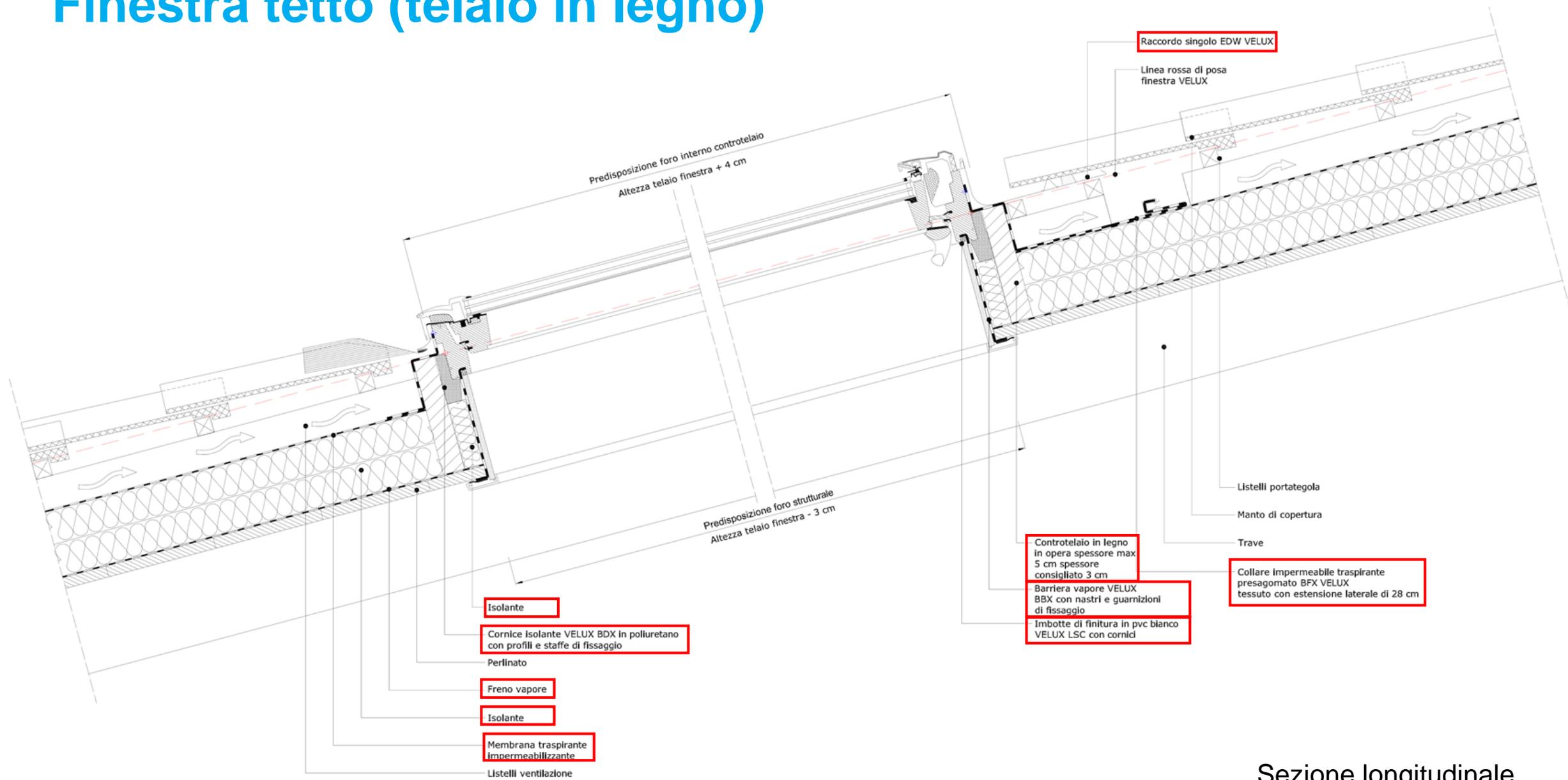
Foro interno	BK04	CK02	CK04	CK06	FK06	FK08	MK04	MK06	MK08	MK12	PK25	PK04	PK06	PK10	SK01	SK06	SK08	UK04	UK08	UK10
L' (cm)	52	60	60	60	71	71	83	83	83	83	99	99	99	99	119	119	119	139	139	139
H (cm)	102	82	102	122	122	144	102	122	144	184	59	102	122	164	74	122	144	102	144	164

# Finestra tetto (telaio in laterocemento)



Sezione longitudinale

# Finestra tetto (telaio in legno)

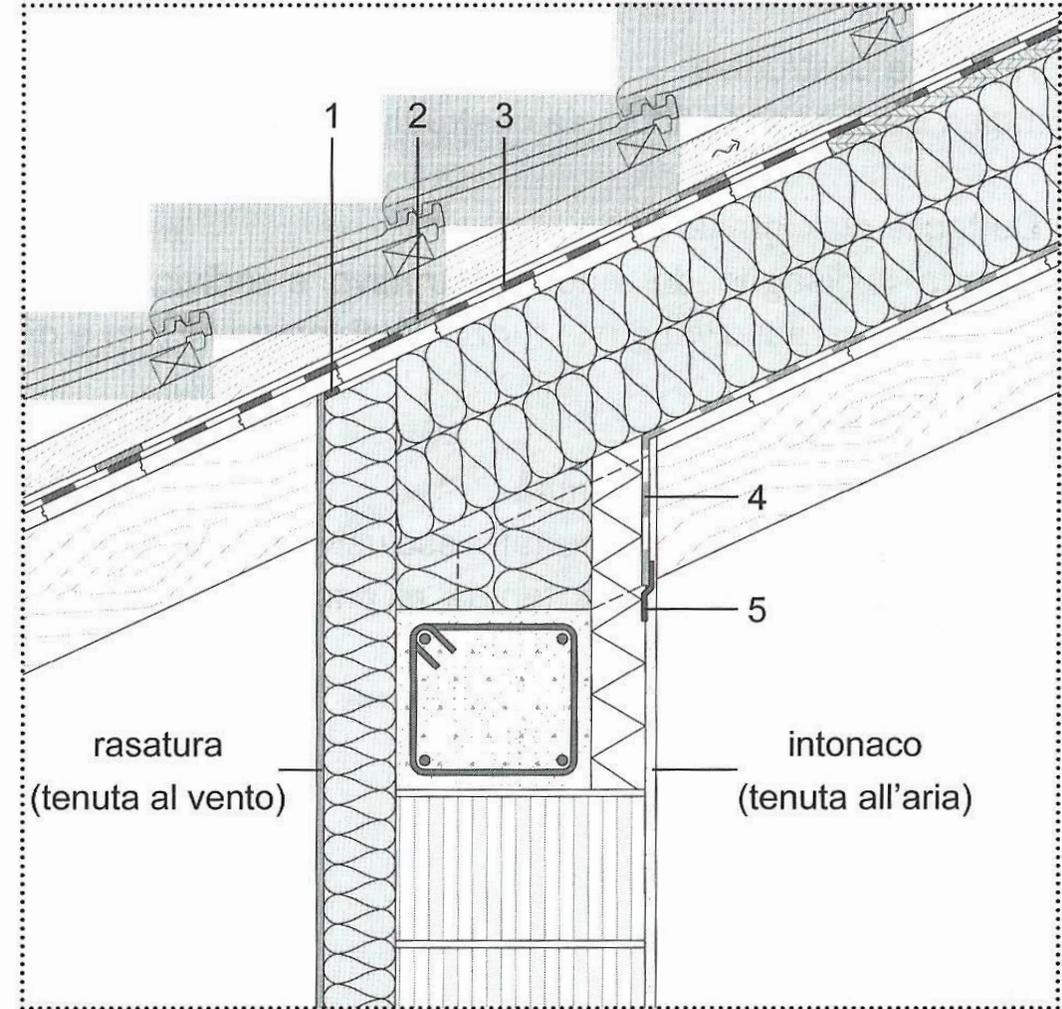


Sezione longitudinale

# Nodo tetto – parete (parete in muratura)

## SISTEMA DI TENUTA

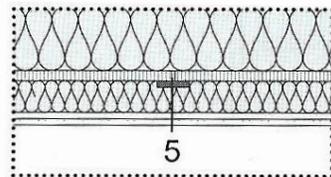
1. Nastro autoespandente
2. Guarnizioni per chiodi e viti
3. Telo sottomanto traspirante impermeabile all'acqua
4. Telo di tenuta all'aria/freno a vapore
5. Nastro di raccordo all'intonaco con rete di armatura integrata



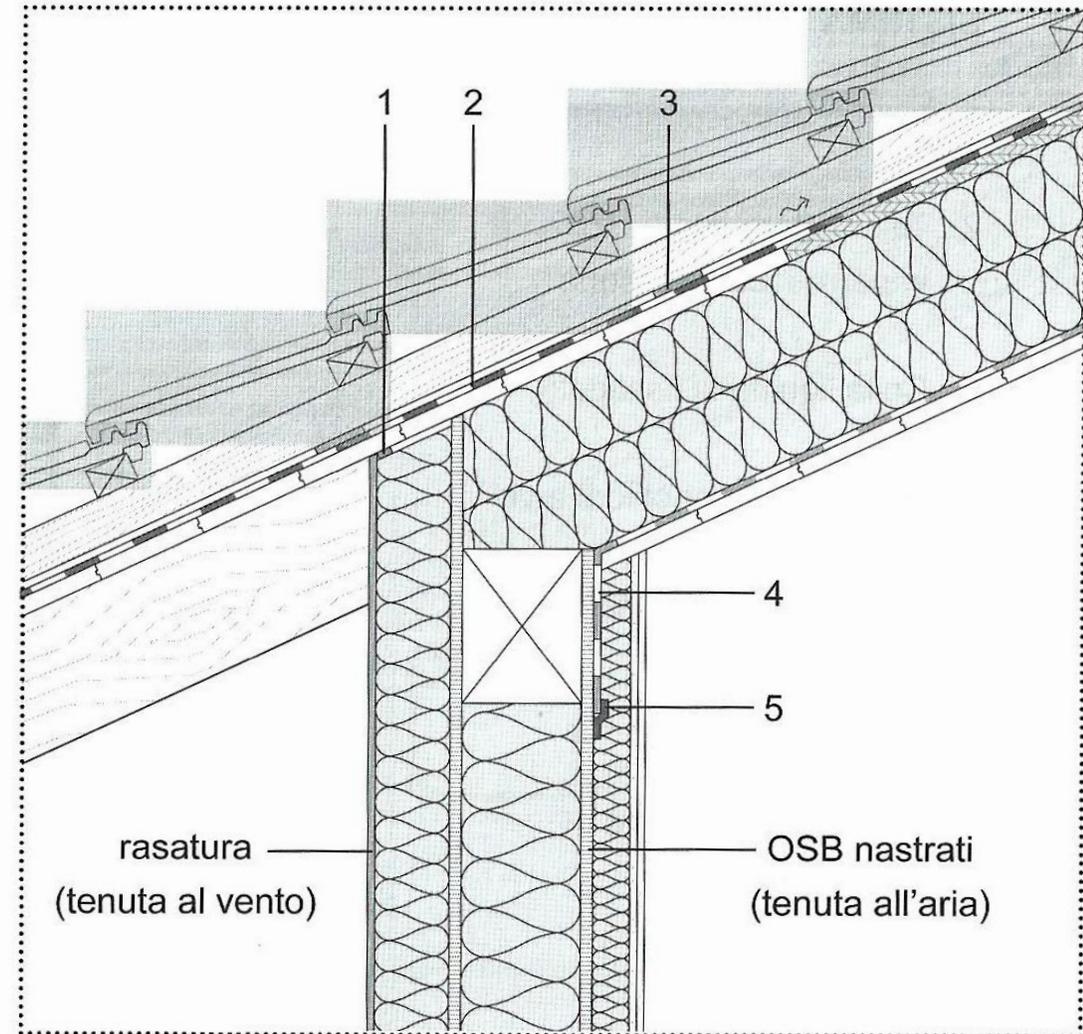
# Nodo tetto – parete (parete a telaio)

## SISTEMA DI TENUTA

1. Nastro autoespandente
2. Telo sottomanto traspirante impermeabile all'acqua
3. Guarnizioni per chiodi e viti
4. Telo di tenuta all'aria/freno a vapore
5. Nastro adesivo universale per sigillatura giunti



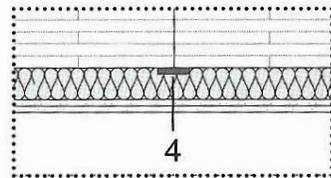
**NASTRATURA OSB**



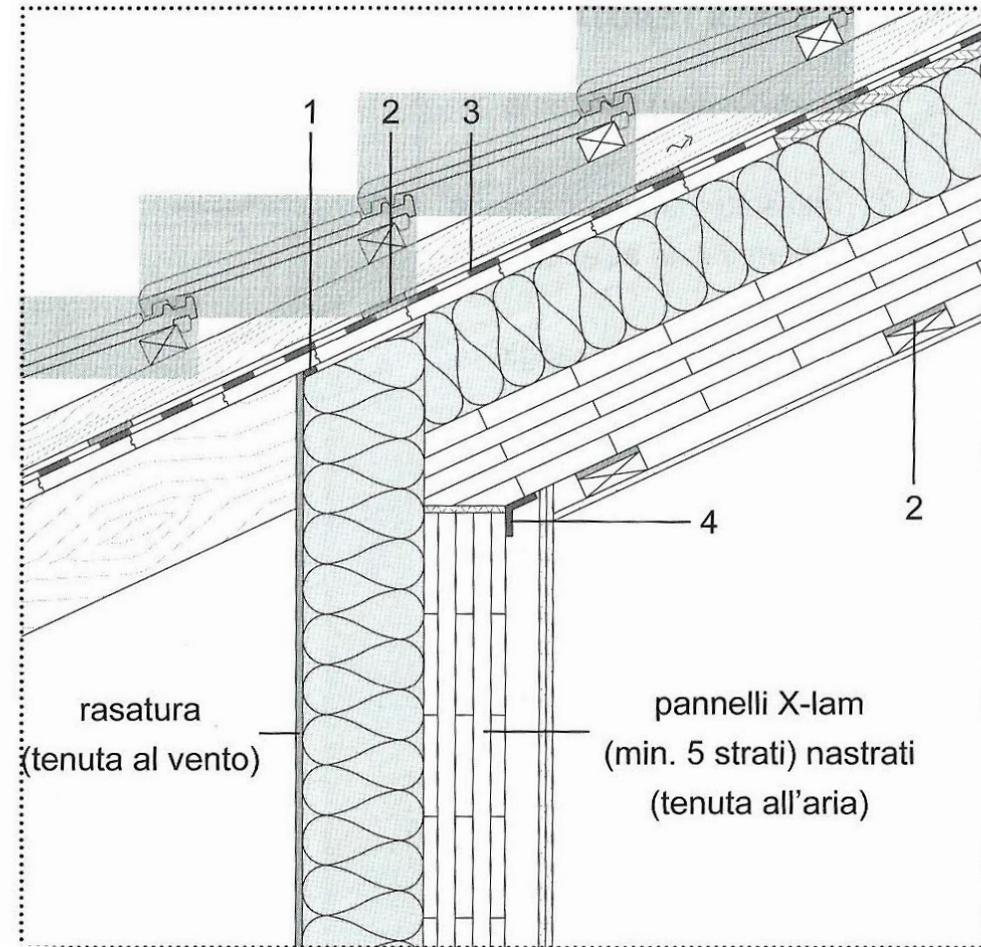
# Nodo tetto – parete (parete X-Lam)

## SISTEMA DI TENUTA

1. Nastro autoespandente
2. Guarnizioni per chiodi e viti
3. Telo sottomanto traspirante impermeabile all'acqua
4. Nastro adesivo universale per sigillatura giunti



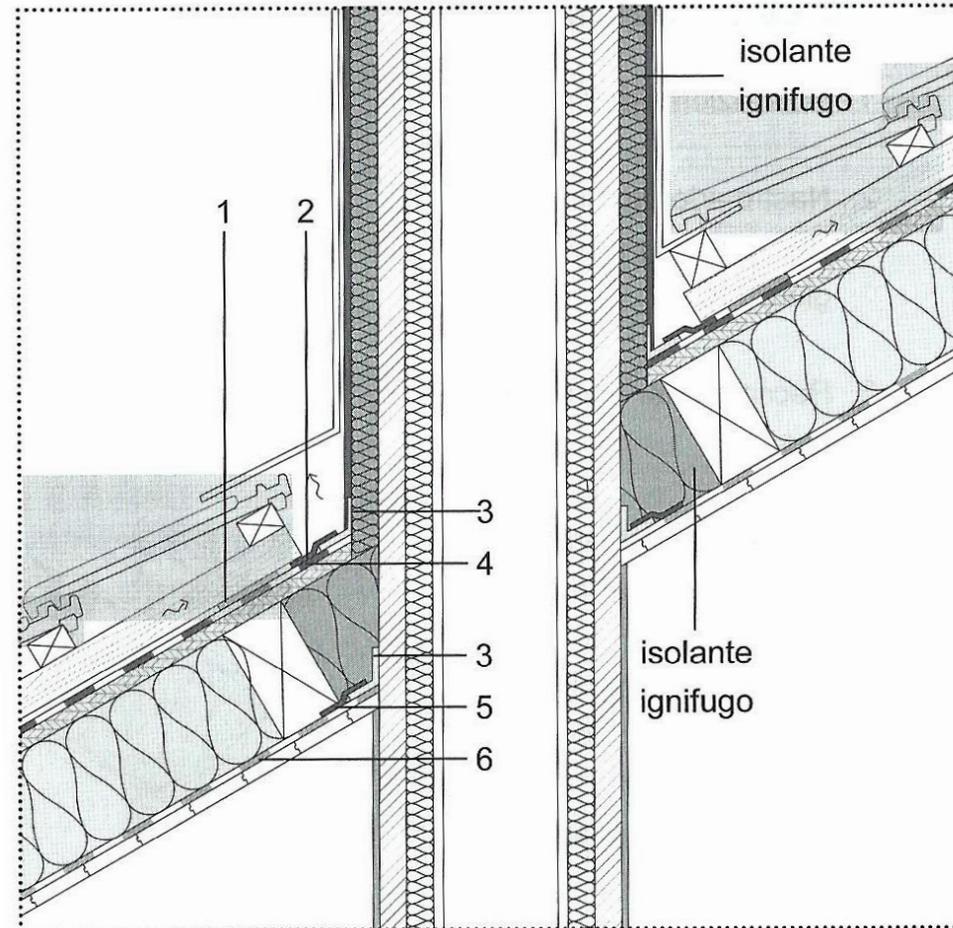
**NASTRATURA X-LAM**



# Elemento passante (canna fumaria/tubo)

## SISTEMA DI TENUTA

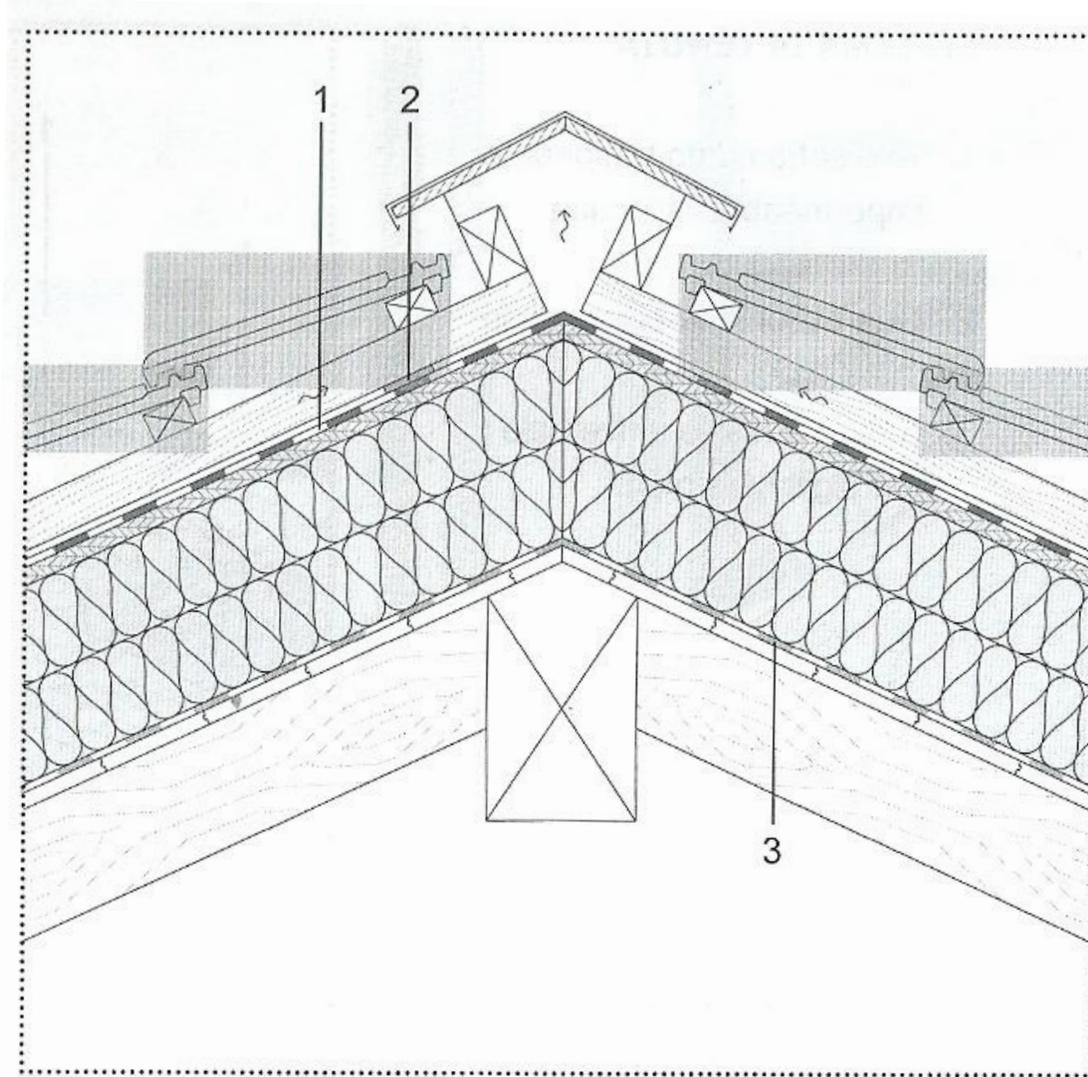
1. Guarnizioni per chiodi e viti
2. Nastro adesivo universale (per esterni) per sigillatura giunti
3. Raccordo per elemento passante
4. Telo sottomanto traspirante impermeabile all'acqua
5. Nastro adesivo universale per sigillatura giunti
6. Telo di tenuta all'aria/freno a vapore



# Colmo (tetto in legno)

## SISTEMA DI TENUTA

1. Telo sottomanto traspirante impermeabile all'acqua
2. Guarnizioni per chiodi e viti
3. Telo di tenuta all'aria/freno a vapore



The background of the slide is a close-up photograph of a blue, textured surface, possibly wood or stone, covered with numerous small, clear water droplets. The lighting creates highlights on the droplets, giving them a three-dimensional appearance.

**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE**