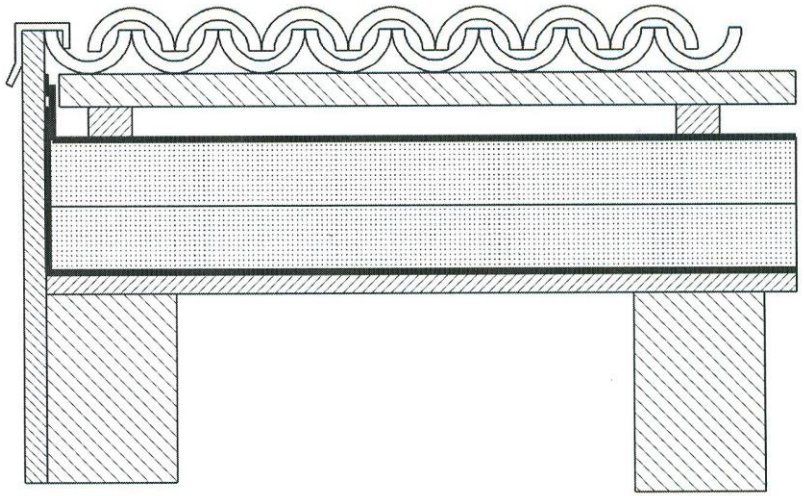
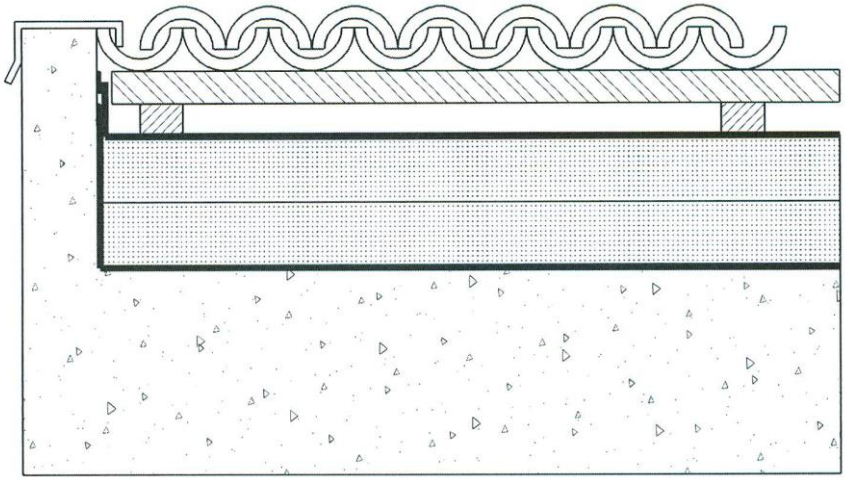
La ventilazione e la gestione della condensa

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.

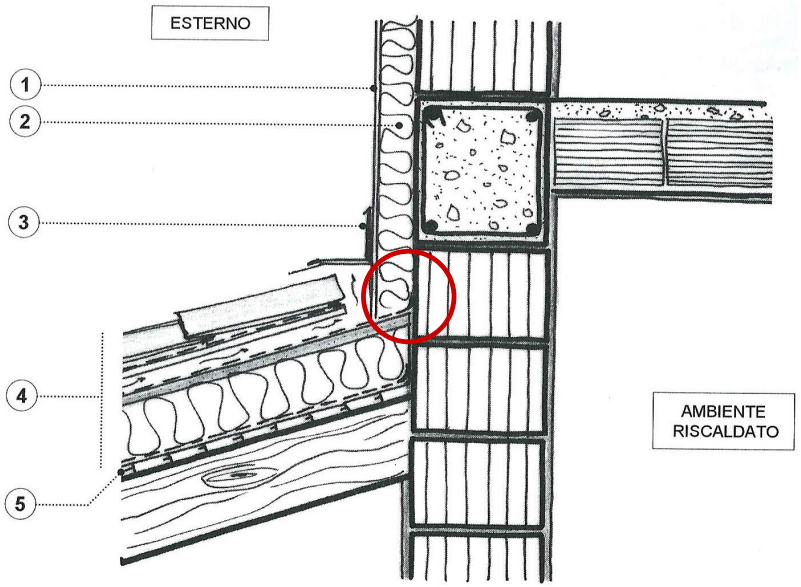


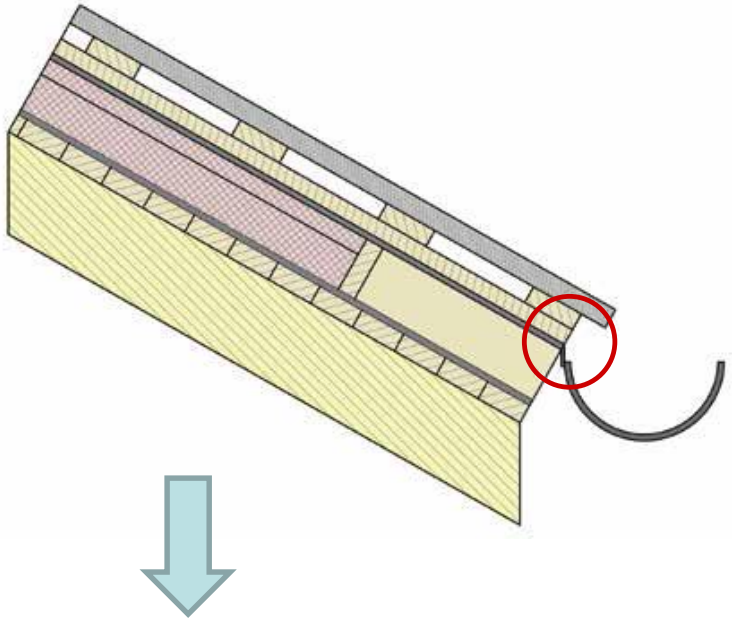
Raccordo universale Easy Form®



La ventilazione e la gestione della condensa

Posa corretta della guaina sottotegola





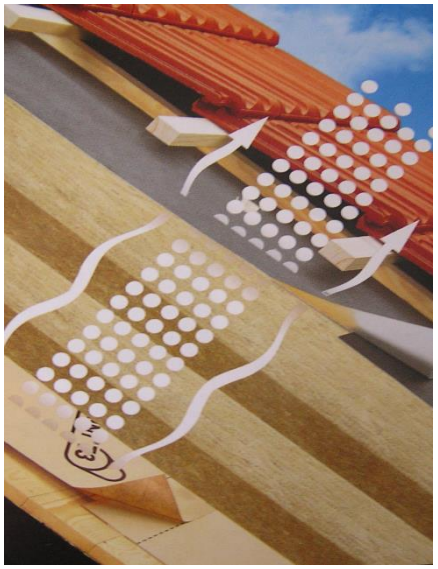
1. rasatura esterna
2. isolante in EPS
3. lattoneria
4. pacchetto copertura:
   tegole
   guaina impermeabile
   tavolato
   camera di ventilazione
   telo traspirante
   fibra di legno mineralizzata
   fibra di legno
   freno al vapore
5. tavolato a vista

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.

Sistemi per la ventilazione

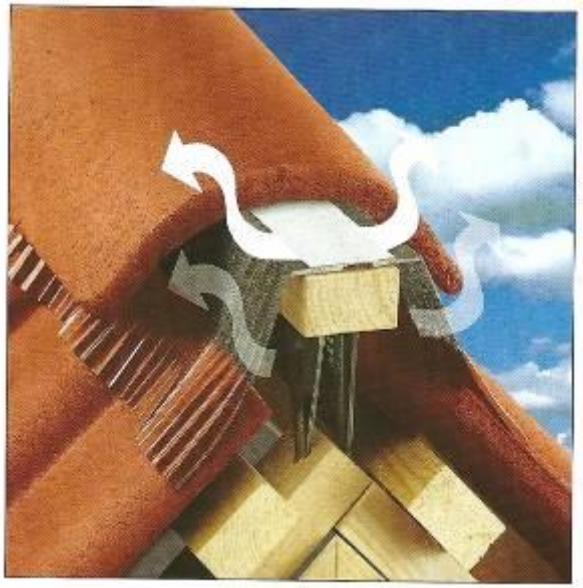
La ventilazione della copertura



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 gronda fino alla linea di colmo

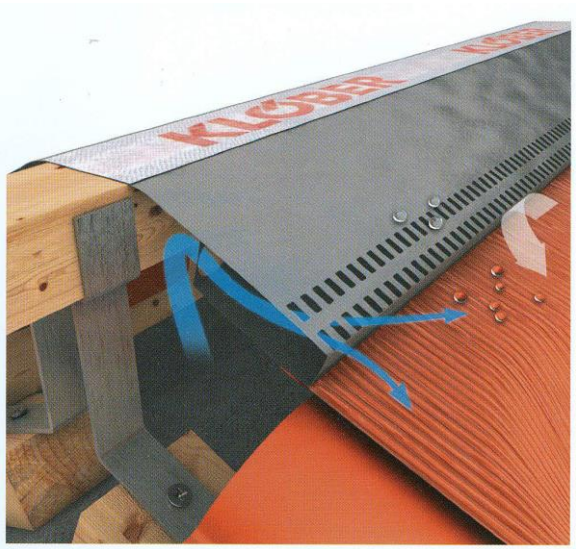
Altezza ventilazione mantenuta costante a 4 cm sotto la copertura attraverso controlistelli nella direzione di inclinazione del tetto



Sistemi per la ventilazione

La ventilazione della copertura

Prodotti sottocolmo Roll Fix®,Top Roll®, Compact Roll® e Vental Air®



Sistemi per la ventilazione

La ventilazione della copertura

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

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

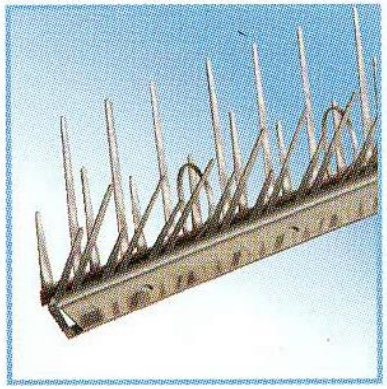
Sistemi per la ventilazione

La ventilazione della copertura

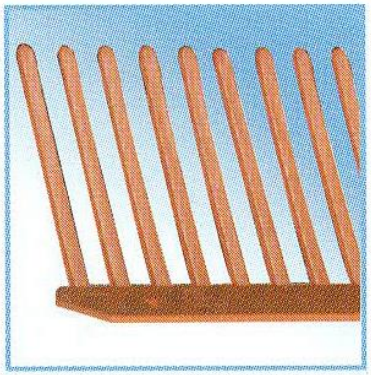
Ventilazione in linea di gronda

Ventilazione in linea di colmo

Parapiccione
(in acciaio/acciaio inossidabile)



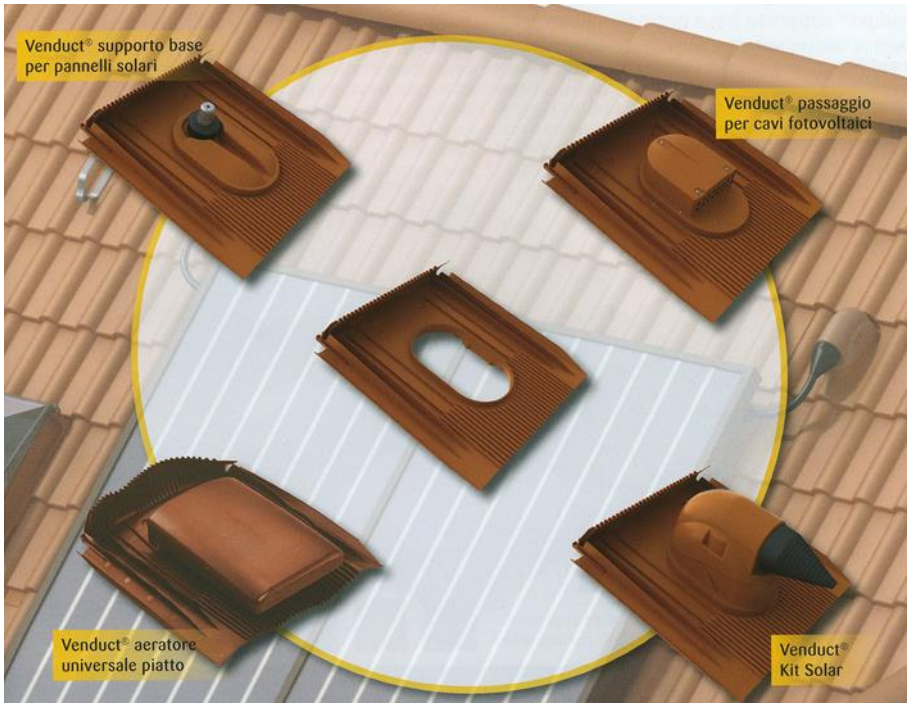
Pettine parapasseri

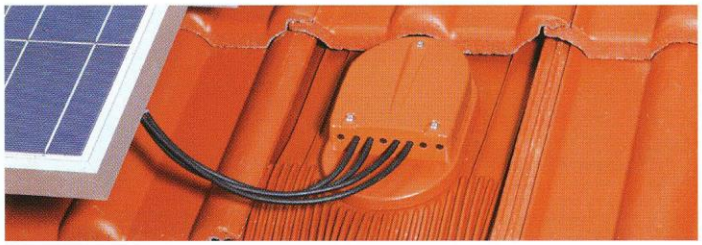


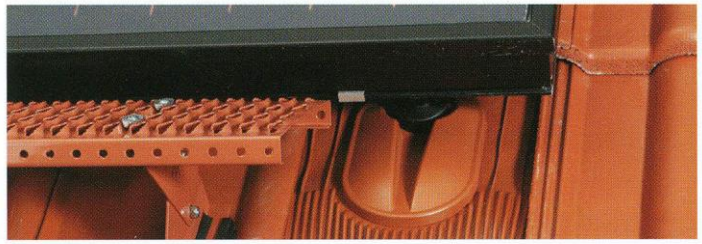
Sistemi per la ventilazione

La ventilazione della copertura

Klober Venduct®



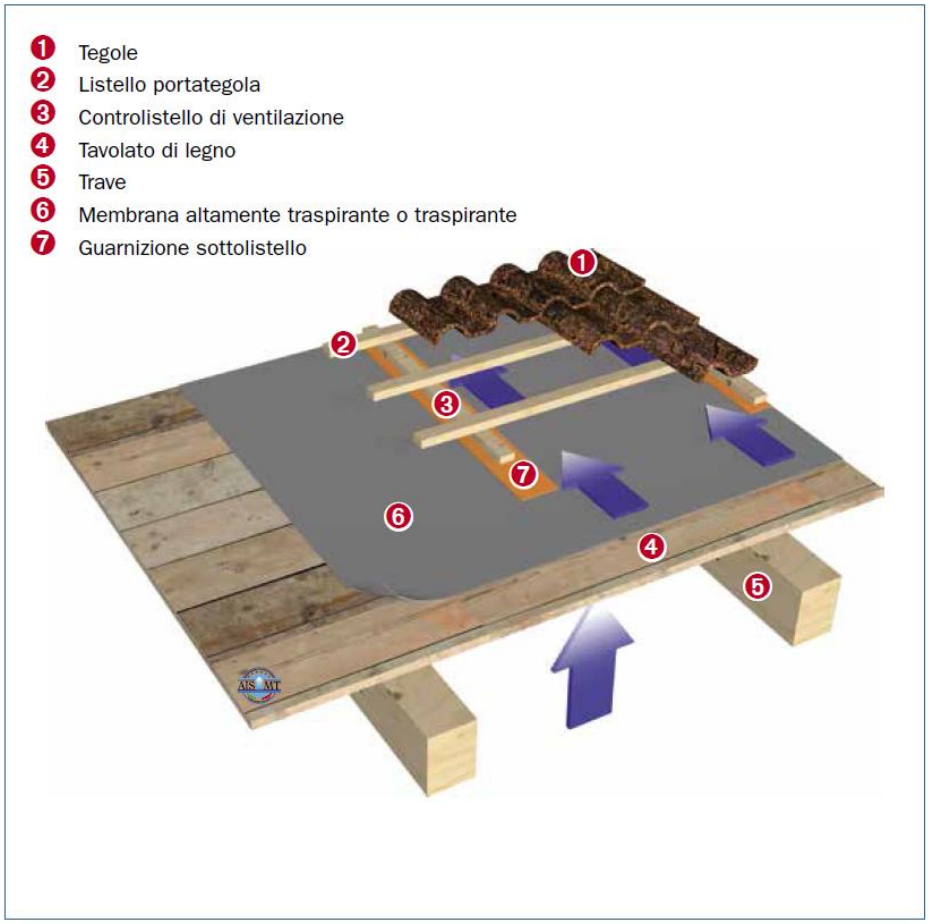




Garantire la continuità dello strato di ventilazione

Differenti stratigrafie di copertura

Tetto in legno con ventilazione singola (tetto freddo)



Guida ristrutturazione coperture AISMT

https://www.aismt.it

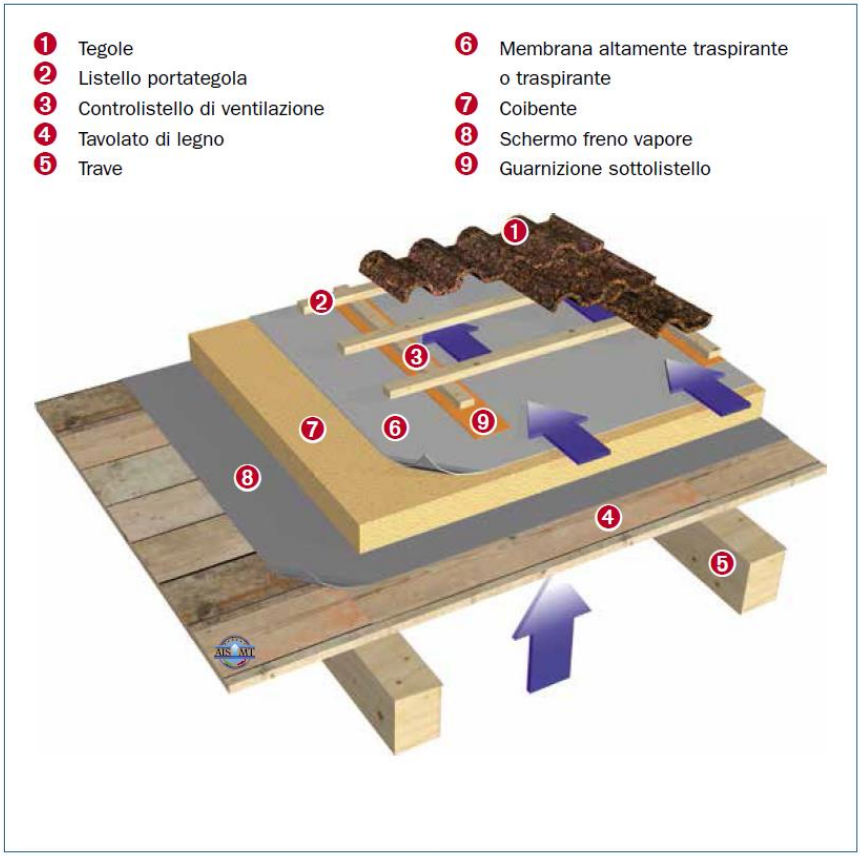
Isolare adeguatamente l'ultimo solaio !!

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

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

Differenti stratigrafie di copertura

Tetto in legno con ventilazione singola (tetto caldo)

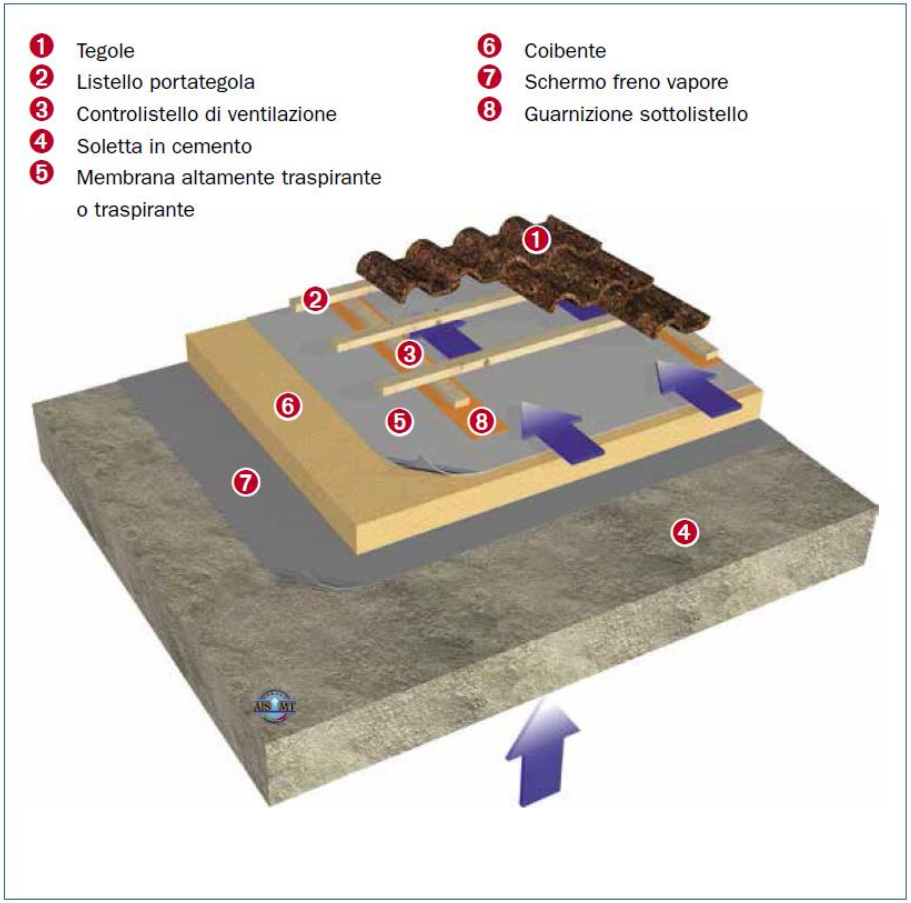


Molto diffuso in climi non particolarmente rigidi e/o nevosi (< 1000 m s.l.m)

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

Differenti stratigrafie di copertura

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:

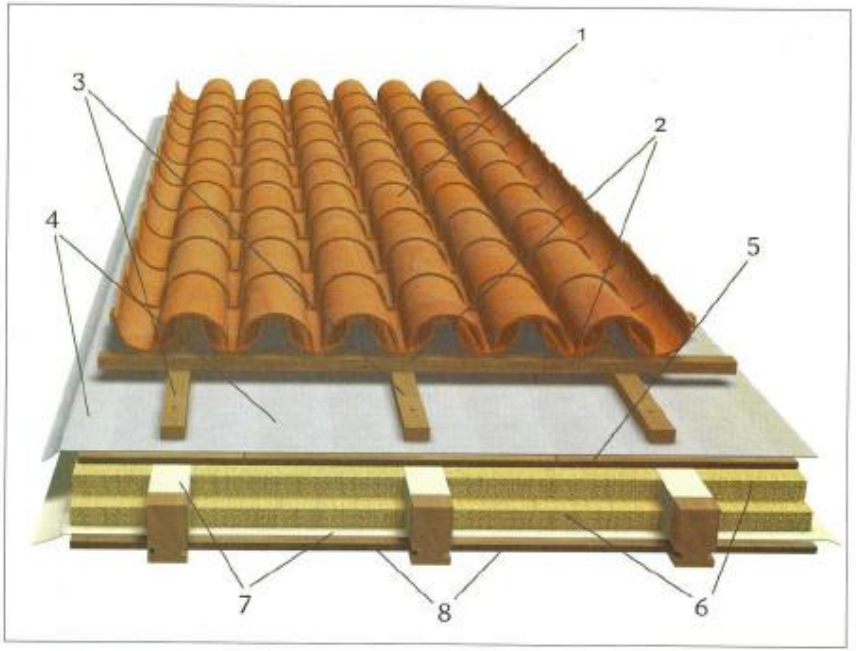
- minimo classe A (massa areica ≥ 200 g/mq)

Membrana traspirante sopra coibente:

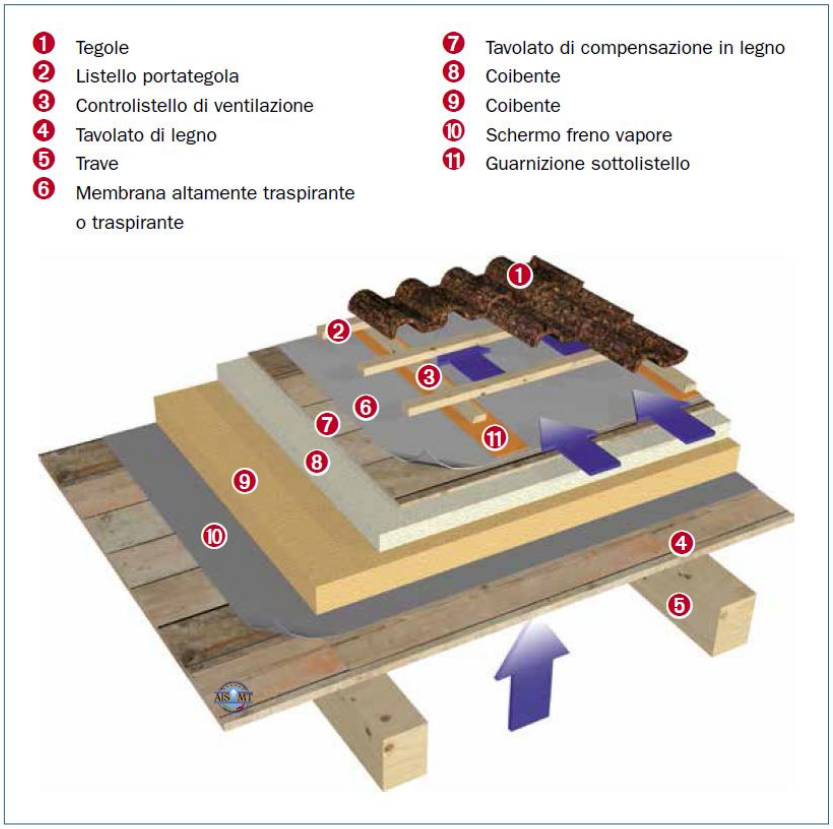
- per pendenze ≥ 30% minimo classe B (massa areica ≥ 145 g/mq)
- per pendenze < 30% minimo classe A (massa areica ≥ 200 g/mq)

Differenti stratigrafie di copertura

Tetto in legno con ventilazione singola e doppio tavolato



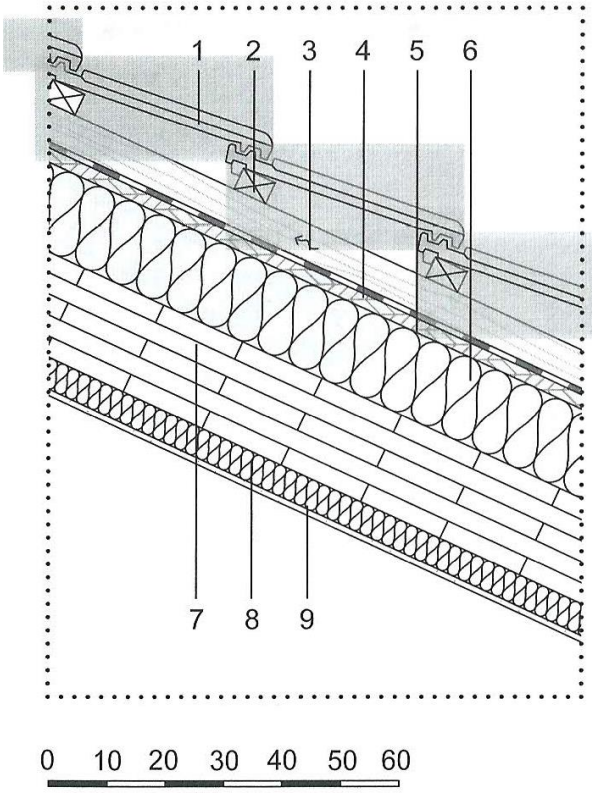
1. Copertura
2. Listelli
3. Controlistelli
4. Guaina traspirante (>145 g/mq)
5. Tavolato
6. Isolante
7. Guaina freno-vapore (>145 g/mq)
8. Tavolato interno



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

Differenti stratigrafie di copertura

Tetto con ventilazione singola in X-Lam



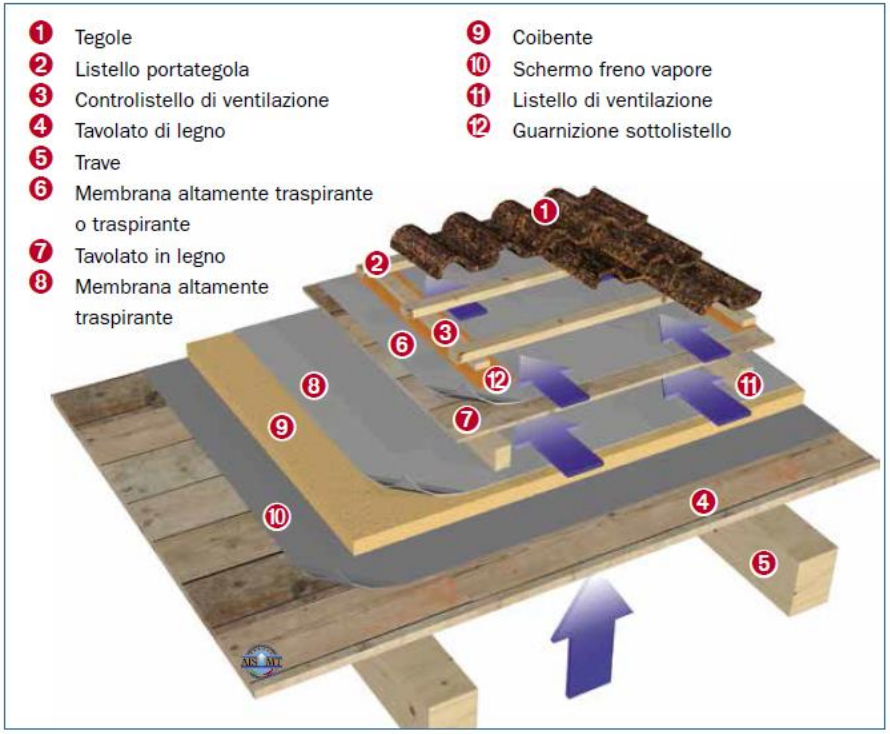
		d [m]	ρ [kg/m³]	λ [W/mK]	c_p [J/kgK]	μ / s_d [-] / [m]
1	manto di copertura	-	-	-	-	-
2	listello	-	-	-	-	-
3	controlistello	-	-	-	-	-
4	telo sottomanto traspirante	-	-	-	-	s_d= 0,1
5	pannello in fibra di legno ad alta densità	0,022	240	0,050	2100	5
6	isolamento in fibra di legno WF(*)	BZ 0,140 RM 0,120 PA 0,060	140	0,040	2100	5
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
	intercapedine non ventilata	RM 0,030 PA 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

Differenti stratigrafie di copertura

La doppia ventilazione della copertura (tetto freddo)



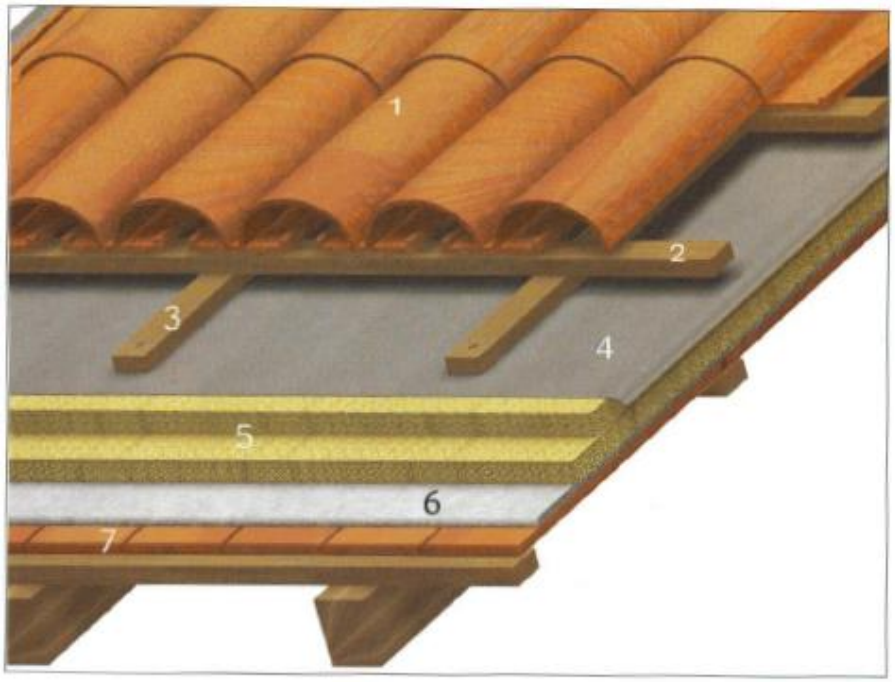
Utilizzata soprattutto nelle zone montuose, con precipitazioni particolarmente intense

Piano di ventilazione inferiore → Eliminare l'umidità generata per diffusione

Piano di ventilazione superiore → Eliminare l'umidità sottotegola e le eventuali perdite d'acqua (infiltrazioni, danni accidentali alla copertura)

Differenti stratigrafie di copertura

Varianti - Tetto con mezzane in cotto

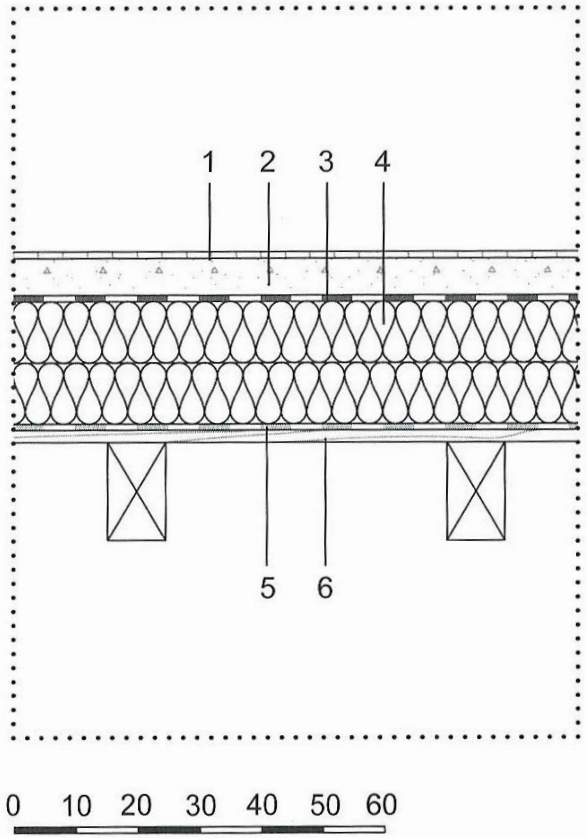


1. Copertura
2. Listelli
3. Controlistelli
4. Guaina traspirante (> 145 g/mq)
5. Isolante
6. Caldana (2 cm)
7. Mezzane in cotto 25 cm

- 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

Differenti stratigrafie di copertura

Copertura piana in legno non ventilata



			d	ρ	λ	c_p	μ / s_d
			[m]	[kg/m³]	[W/mK]	[J/kgK]	[-] / [m]
1	pavimentazione		0,010	2000	1,000	840	100
2	massetto cementizio		0,050	2000	1,600	1000	70
3	impermeabilizzazione		-	-	-	-	s_d= 225
4	isolamento in fibra di legno WF(*)	BZ	0,280	180	0,043	2100	5
		RM	0,200				
		PA	0,140				
5	tenuta all'aria/freno a vapore	BZ	-	-	-	-	s_d= 3,0
		RM	-	-	-	-	s_d= 1,0
		PA	-	-	-	-	s_d= 0,5
6	tavolato		0,022	500	0,130	1600	50

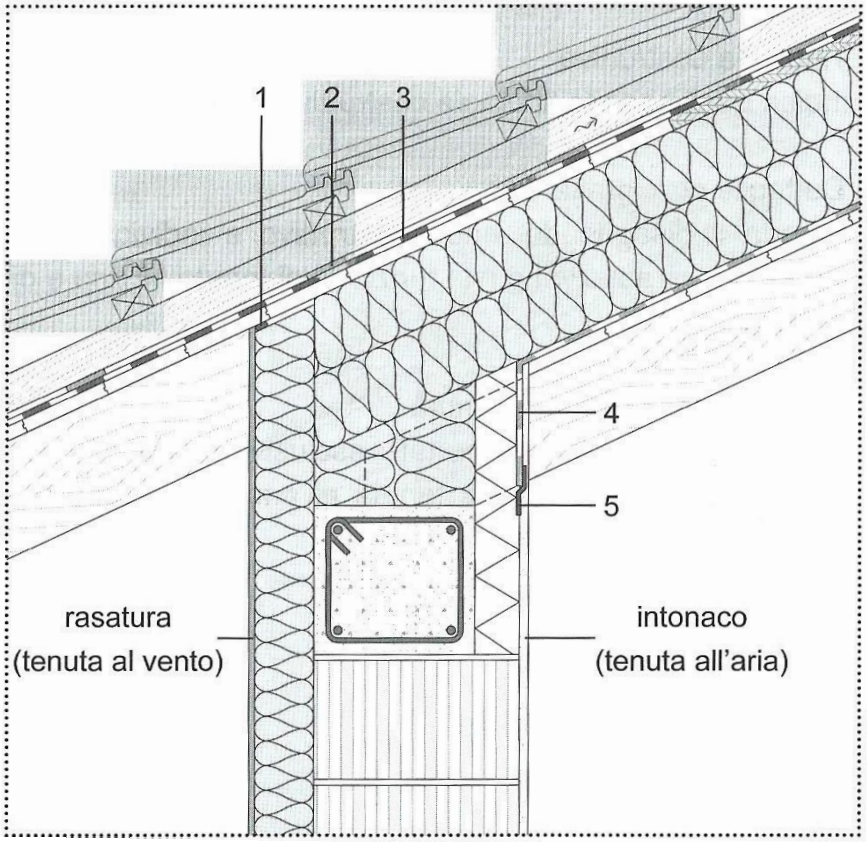
Attenzione alla corretta impermeabilizzazione della copertura sotto il massetto !!

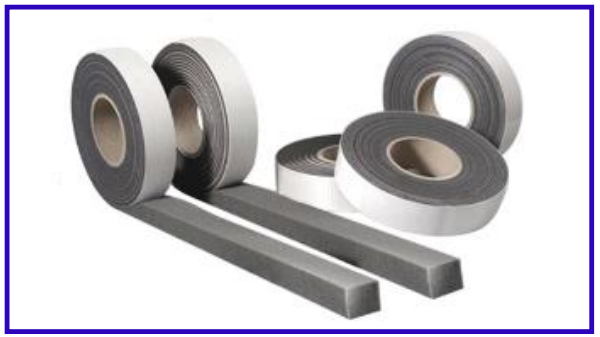
Punti critici nelle coperture

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



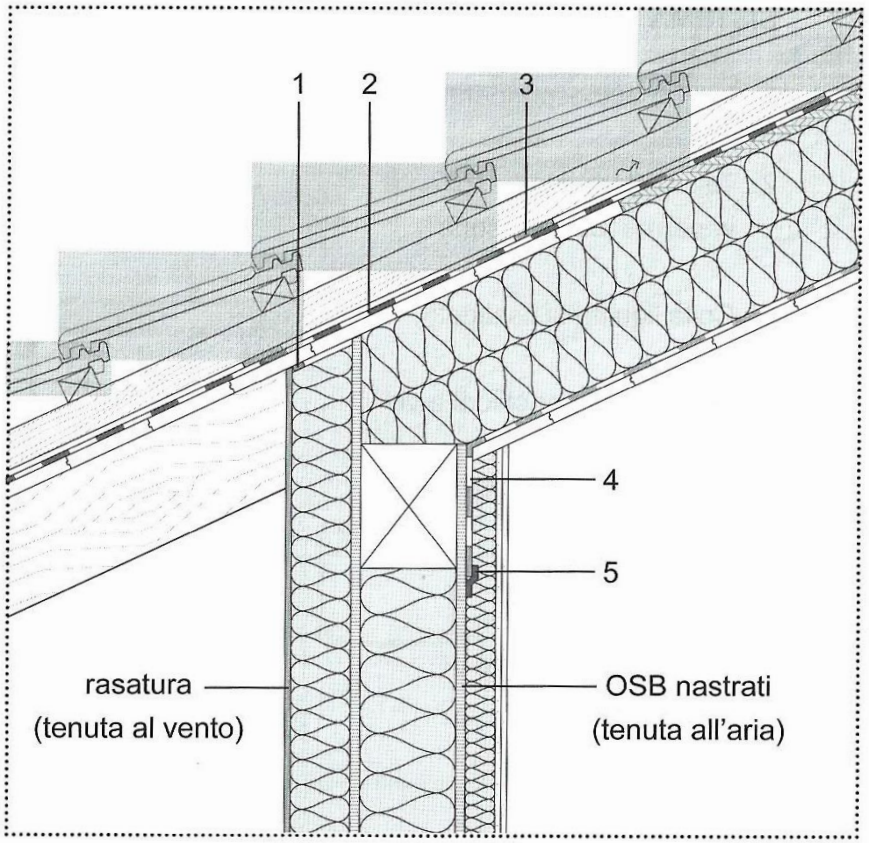


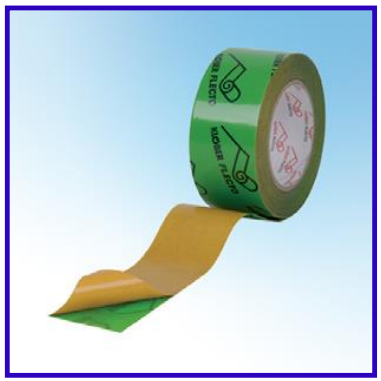
Punti critici nelle coperture

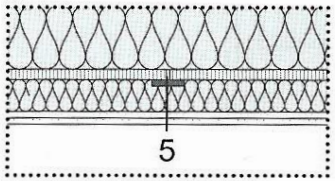
Nodo tetto – parete (parete a telaio)

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







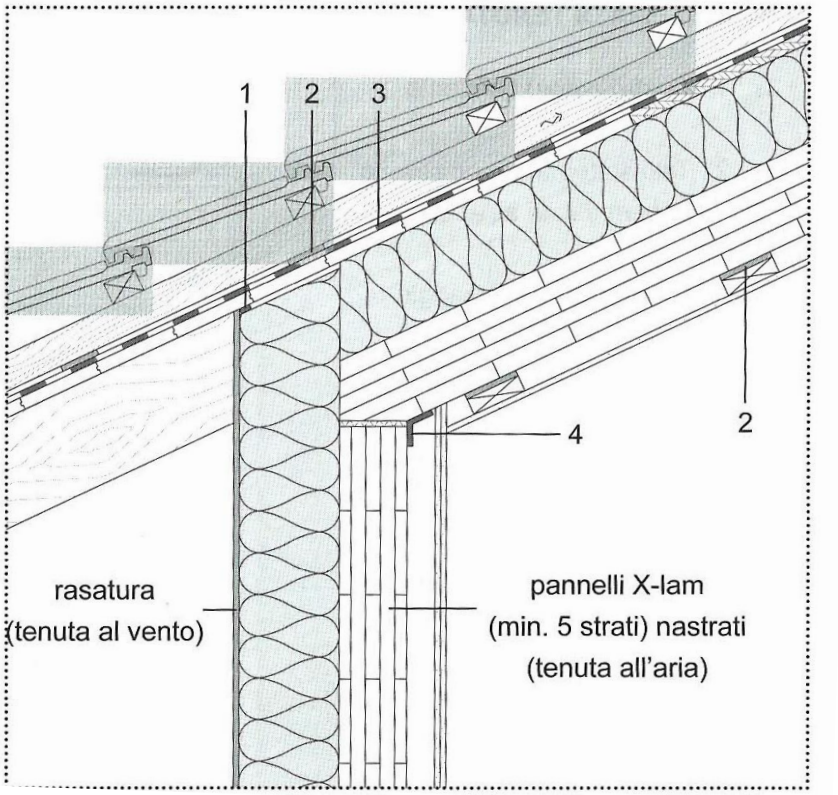
NASTRATURA OSB

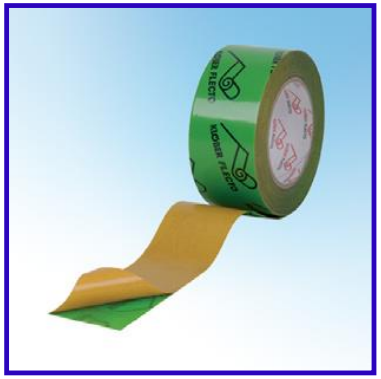
Punti critici nelle coperture

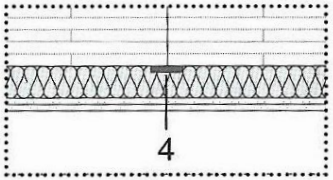
Nodo tetto – parete (parete X-Lam)

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







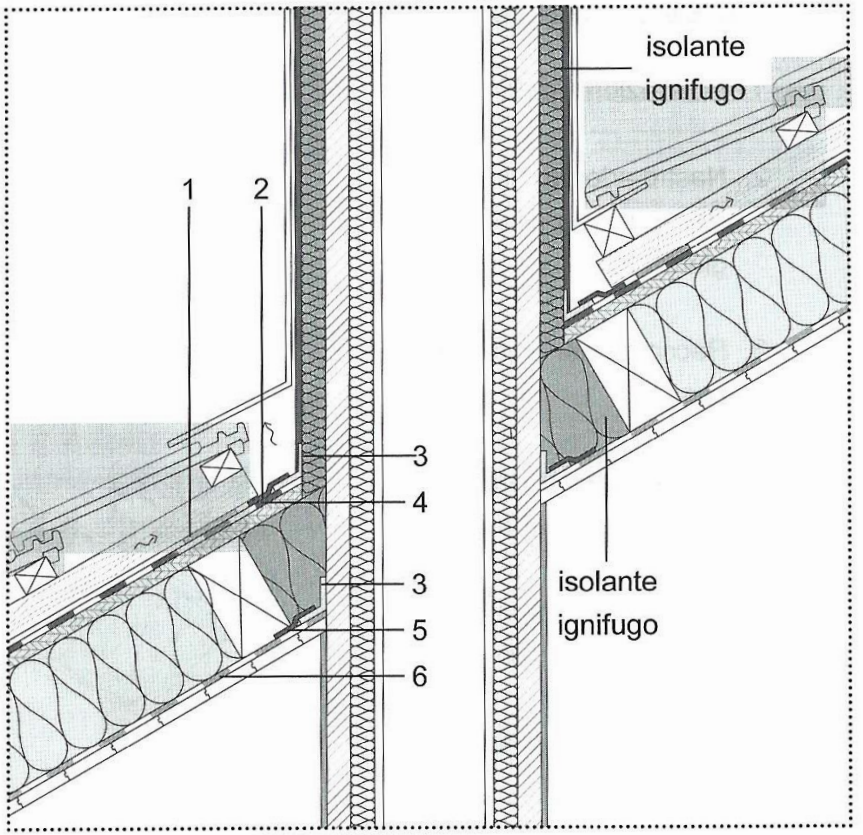
NASTRATURA X-LAM

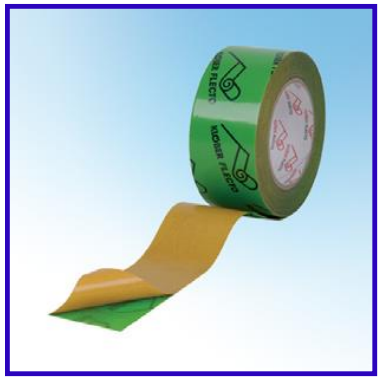
Punti critici nelle coperture

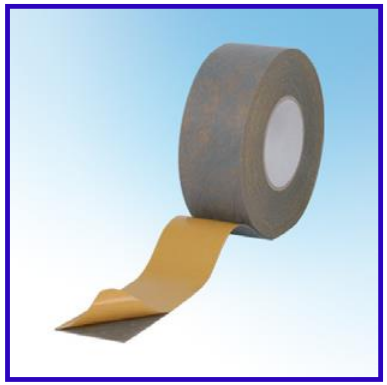
Elemento passante (canna fumaria/tubo)

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





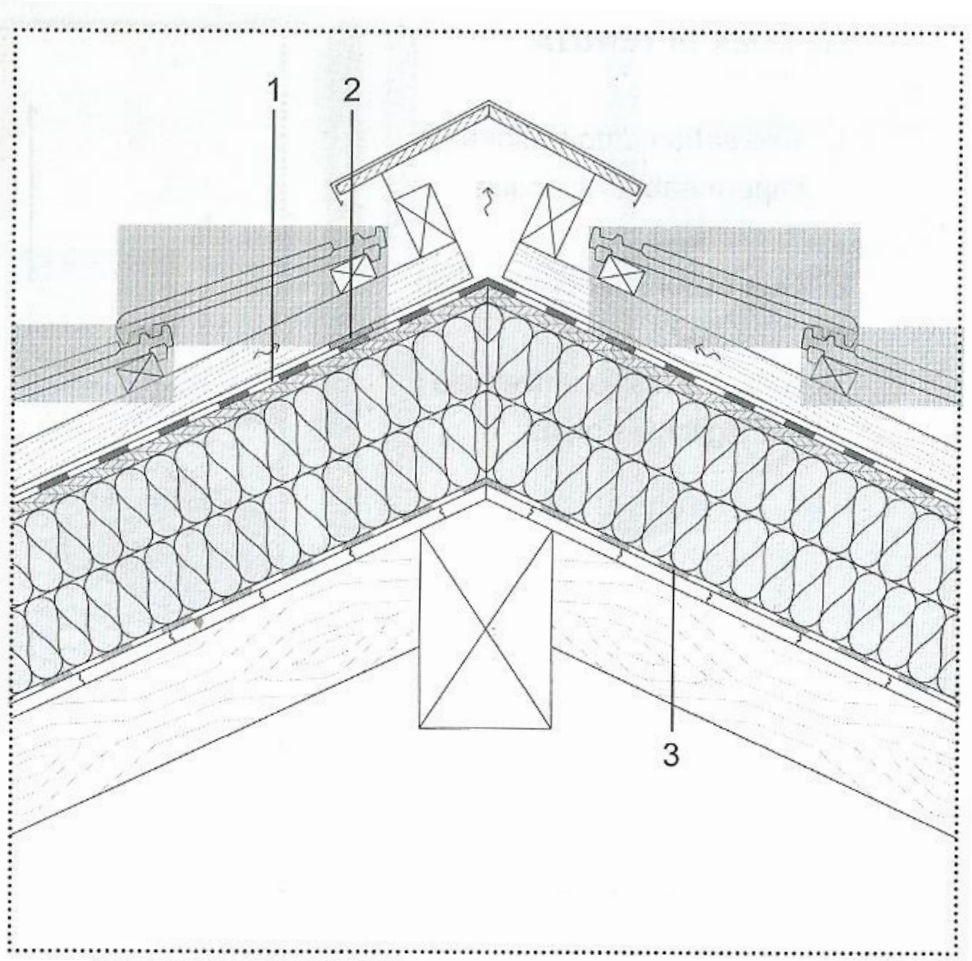


Punti critici nelle coperture

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



IL FUOCO IN COPERTURA

BMI ACADEMY

BMI ACADEMY

Inquadramento legislativo

- D.lvo 81/08 T.U. Tutela Salute e Sicurezza Luoghi di lavoro
- D.M. 10/03/98 Criteri generale sicurezza antincendi luoghi di lavoro e gestione emergenze
- D.P.R. 151/2011 Regolamento di prevenzione incendi
- DM 03/08/2015 Approvazione di norme tecniche di prevenzione incendi, ai sensi dell'articolo 16 del decreto legislativo 8 marzo 2006, n. 139

Revisione del DM 03/08/2015

Nuovo Codice denominato D.M. 18/10/2019

Sempre basato su **un approccio prestazionale**, con la determinazione dei profili di rischio, dei livelli di prestazione e delle soluzioni conformi o alternative.

- nuovi approcci progettuali
- nuove soluzioni in linea con l'evoluzione tecnica
- maggiore libertà e responsabilità ai professionisti

Capitolo S.1 Reazione al fuoco

Con la pubblicazione del **DM 03/09/2001** “Modifiche ed integrazioni al decreto 26/6/1984 concernente classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi” **i metodi di prova CSE RF diventano metodi UNI**, non alterando in alcun modo la classificazione.

La reazione al fuoco dei materiali ed oggi dei prodotti, **viene definita da una “classe”** e **non viene attribuita al prodotto in quanto tale, ma è funzione del suo impiego** (pavimentazione, parete, soffitto, etc) **e della effettiva posa in opera** (appoggiato, incollato, etc), cioè delle condizioni di “end use”.

Uno stesso prodotto, quindi**, può avere una classe di reazione al fuoco diversa se impiegato in maniera differente.**

Capitolo S.1 Reazione al fuoco

DM 26/06/1984 (modificato con DM 03/09/2001)" *Classificazione di reazione al fuoco ed omologazione dei materiali ai fini della prevenzione incendi*"

→ Classi : 0-1-2-3-4-5
1IM-2IM-3IM

• DM 10/03/2005 (modificato con DM 25/10/2007) "*Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione da impiegarsi nella opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso di incendio*"

→ Classi : A_X-B_X-C_X-D_X-E_X-F_X

•DM 15/3/2005 (modificato dal DM 16/02/2009)*" Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo"*

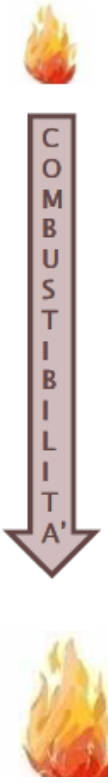
La reazione al fuoco

Capitolo S.1 Reazione al fuoco

CLASSI DI REAZIONE AL FUOCO (NAZIONALI)

UNI 9177 "*Classificazione di reazione al fuoco dei materiali combustibili*"

MATERIALI E ISOLANTI		PRODOTTI IMBOTTITI
0	INCOMBUSTIBILI	1IM
1	•ELEMENTI STRUTTURALI •MATERIALI DI COMPLETAMENTO •INSTALLAZIONI TECNICHE •MATERIALI DI ARREDAMENTO •MATERIALE SCENICO •VERNICI IGNIFUGHE • PANNELLI SOLARI	2IM
2		
3		
4		3IM
5		



CLASSI DI REAZIONE AL FUOCO (EUROPEE)

UNI EN 13501-1 "Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione – Parte 1: Classificazione in base ai risultati delle prove di reazione al fuoco"

TUTTI I PRODOTTI		PAVIMENTI		ISOLANTI LINEARI		CAVI ELETTRCI	
CLASSE	AGGIUNTIVA	CLASSE	AGGIUNTIVA	CLASSE	AGGIUNTIVA	CLASSE	AGGIUNTIVA
A1	-	$A1_{FL}$	-	$A1_{L}$	-	A_{CA}	-
A2	PRODUZIONE DI FUMO (S1,S2,S3)	$A2_{FL}$	PRODUZIONE DI FUMO (S1,S2,S3)	$A2_{L}$	PRODUZIONE DI FUMO (S1,S2,S3)	$B1_{CA}$	PRODUZIONE DI FUMO (S1,S2,S3)
B		B_{FL}		B_{L}		$B2_{CA}$	
C	GOCCIOLAMENTO (d0,d1,d2)	C_{FL}	GOCCIOLAMENTO (d0,d1,d2)	C_{L}	GOCCIOLAMENTO (d0,d1,d2)	C_{CA}	GOCCIOLAMENTO (d0,d1,d2)
D		D_{FL}		D_{L}		D_{CA}	
E	GOCCIOLAMENTO (d0,d1,d2)	E_{FL}		E_{L}		E_{CA}	
F	NPD	F_{FL}	NPD	F_{L}	NPD	F_{CA}	NPD
DECISIONE 2000/147/CE				DECISIONE 2003/632/CE		DECISIONE 2006/751/CE	

La reazione al fuoco

CORRISPONDENZA TRA LE CLASSI DI REAZIONE AL FUOCO NAZIONALI ED EUROPEE

DM 15/3/2005 (modificato dal DM 16/02/2009)*"Requisiti di reazione al fuoco dei prodotti da costruzione installati in attività disciplinate da specifiche disposizioni tecniche di prevenzione incendi in base al sistema di classificazione europeo"*

Classe italiana	Classe europea
Impiego a pavimento.	
Classe 1	(A2fl-s1), (A2fl-s2), (Bfl-s1), (Bfl-s2), (Cfl-s1),
Classe 2	(Cfl-s2), (Dfl-s1)
Classe 3	(Dfl-s2)
Impiego a parete	
Classe 1	(A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s3,d0), (A2-s1,d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1),(B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s1,d1), (B-s2,d1)
Classe 2	(A2-s1,d2), (A2-s2,d2), (A2-s3,d2), (B-s3,d0), (B-s3,d1), (B-s1,d2),(B-s2,d2), (B-s3,d2), (C-s1,d0), (C-s2,d0), (C-s1,d1), (C-s2,d1)
Classe 3	(C-s3,d0), (C-s3,d1), (C-s1,d2), (C-s2,d2), (C-s3,d2), (D-s1,d0),(D-s2,d0), (D-s1,d1), (D-s2,d1)
Impiego a soffitto	
Classe 1	(A2-s1,d0), (A2-s2,d0), (A2-s3,d0), (A2-s1,d1), (A2-s2,d1), (A2-s3,d1), (B-s1,d0), (B-s2,d0), (B-s3,d0)
Classe 2	(B-s1,d1), (B-s2,d1), (B-s3,d1), (C-s1,d0), (C-s2,d0), (C-s3,d0)
Classe 3	(C-s1,d1), (C-s2,d1), (C-s3,d1), (D-s1,d0), (D-s2,d0)

La reazione al fuoco

La reazione al fuoco **è una misura antincendio di protezione passiva** che esplica i suoi principali effetti **nella fase di prima propagazione dell'incendio**, con **l'obiettivo di limitare l'innesco dei materiali e la propagazione stessa dell'incendio**.

Essa si riferisce al comportamento al fuoco dei materiali **nelle effettive condizioni finali di applicazione**, con riferimento al grado di partecipazione all'incendio che essi manifestano in condizioni standardizzate di prova.

Livelli di prestazione per la reazione al fuoco dei materiali impiegati nelle attività

Livello di prestazione	Descrizione
I	Nessun requisito
II	I materiali contribuiscono in modo non trascurabile all'incendio
III	I materiali contribuiscono moderatamente all'incendio
IV	I materiali contribuiscono limitatamente all'incendio
Per *contributo all'incendio* si intende l'energia rilasciata dai materiali che influenza la crescita e lo sviluppo dell'incendio in condizioni pre e post incendio generalizzato (flashover) secondo EN 13501-1.	

Soluzioni per il livello di prestazione II → Materiali compresi del gruppo GM3

Soluzioni per il livello di prestazione III → Materiali compresi nel gruppo GM2

Soluzioni per il livello di prestazione IV → Materiali compresi nel gruppo GM1

Gruppo di materiali GM0 → materiali aventi classe 0 (italiana) o classe A1 (europea)

La reazione al fuoco

Classificazione in gruppi per arredamento, scenografie, tendoni per coperture

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Mobili imbottiti (poltrone, divani, divani letto, materassi, *sommier*, guanciali, *topper*, cuscini)	1 IM	[na]	1 IM	[na]	2 IM	[na]
Bedding (coperte, copriletti, coprimaterassi)	1		1		2	
Mobili fissati e non agli elementi strutturali (sedie e sedili non imbottiti)						
Tendoni per tensostrutture, strutture pressostatiche e tunnel mobili						
Sipari, drappeggi, tendaggi,						
Materiale scenico, scenari fissi e mobili (quinte, velari, tendaggi e simili)						
[na] Non applicabile						

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Rivestimenti a soffitto [1]	0	A2-s1,d0	1	B-s2,d0	2	C-s1,d0
Controsoffitti						
Pavimentazioni sopraelevate (superficie nascosta)						
Rivestimenti a parete [1]	1	B-s1,d0				
Partizioni interne, pareti, pareti sospese						
Rivestimenti a pavimento [1]	1	B_{fl}-s1	1	C_{fl}-s1	2	C_{fl}-s2
Pavimentazioni sopraelevate (superficie calpestabile)						
[1] Qualora trattati con prodotti vernicianti ignifughi, questi ultimi devono avere la corrispondente classificazione indicata ed essere idonei all'impiego previsto.						

La reazione al fuoco

Classificazione in gruppi di materiali per l'isolamento

Descrizione materiali	GM1		GM2		GM3	
	Ita	EU	Ita	EU	Ita	EU
Isolanti protetti [1]	2	C-s2,d0	3	D-s2,d2	4	E
Isolanti lineari protetti [1], [3]		C_L-s2,d0		D_L-s2,d2		E_L
Isolanti in vista [2], [4]	0, 0-1	A2-s1,d0	1, 0-1	B-s2,d0	1, 1-1	B-s3,d0
Isolanti lineari in vista [2], [3], [4]		$A2_L$-s1,d0		B_L-s3,d0		B_L-s3,d0

[1] Protetti con materiali non metallici del gruppo GM0 ovvero prodotti di classe di resistenza al fuoco K 10 e classe minima di reazione al fuoco B-s1,d0.
[2] Non protetti come indicato nella nota [1] della presente tabella
[3] Classificazione riferita a prodotti di forma lineare destinati all'isolamento termico di condutture di diametro massimo comprensivo dell'isolamento di 300 mm
[4] Eventuale doppia classificazione italiana (materiale nel suo complesso- componente isolante a sé stante) riferita a *materiale isolante in vista* realizzato come prodotto a più strati di cui almeno uno sia componente isolante; quest'ultimo non esposto direttamente alle fiamme

Esclusione dalla verifica dei requisiti di reazione al fuoco

- materiali stoccati od **oggetto di processi produttivi** (es. beni in deposito, in vendita, in esposizione, ...)
- **elementi strutturali portanti** per i quali **sia già richiesta la verifica dei requisiti di resistenza al fuoco**
- materiali protetti con separazioni di classe di **resistenza al fuoco almeno K 30 o EI 30**

La resistenza al fuoco

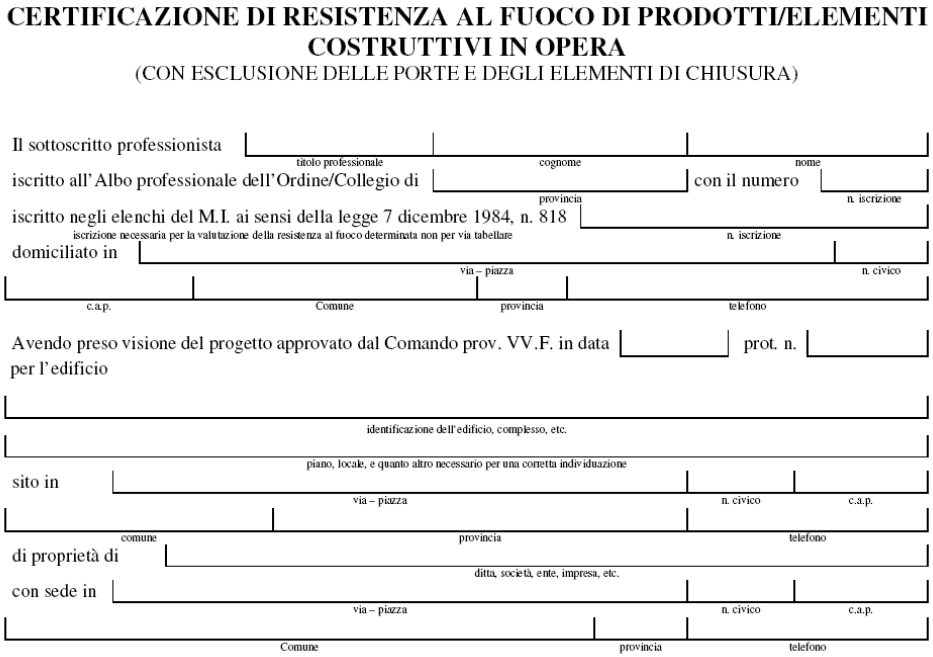
Capitolo S.2 Resistenza al fuoco

Normativa vigente sulla resistenza al fuoco degli elementi strutturali e separanti

- **DM 16/02/2007**: Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- **DM 09/03/2007**: Prestazioni di resistenza al fuoco delle costruzioni nelle attività soggette al controllo del Corpo nazionale dei Vigili del fuoco.
- **DM 09/05/2007**: Direttive per l'attuazione dell'approccio ingegneristico alla sicurezza antincendio.

Il modello CERT.REI è la certificazione di resistenza al fuoco delle strutture indicate nello stesso.

Chi sottoscrive il modello certifica anche la corretta posa degli elementi e di eventuali protettivi utilizzati.



CERTIFICAZIONE DI RESISTENZA AL FUOCO DI PRODOTTI/ELEMENTI COSTRUTTIVI IN OPERA

(CON ESCLUSIONE DELLE PORTE E DEGLI ELEMENTI DI CHIUSURA)

Il sottoscritto professionista | titolo professionale | cognome | nome

iscritto all'Albo professionale dell'Ordine/Collegio di | provincia | con il numero | n. iscrizione

iscritto negli elenchi del M.I. ai sensi della legge 7 dicembre 1984, n. 818 | iscrizione necessaria per la valutazione della resistenza al fuoco determinata non per via tabellare | n. iscrizione

domiciliato in | via – piazza | n. civico

c.a.p. | Comune | provincia | telefono

Avendo preso visione del progetto approvato dal Comando prov. VV.F. in data | prot. n.

per l'edificio

identificazione dell'edificio, complesso, etc.

piano, locale, e quanto altro necessario per una corretta individuazione

sito in | via – piazza | n. civico | c.a.p.

comune | provincia | telefono

di proprietà di | ditta, società, ente, impresa, etc.

con sede in | via – piazza | n. civico | c.a.p.

Comune | provincia | telefono

La resistenza al fuoco

Capitolo S.2 Resistenza al fuoco

La finalità della resistenza al fuoco e quella di **garantire la capacità portante delle strutture in condizioni di incendio** nonchè **la capacita di compartimentazione**, per un **tempo minimo necessario** al raggiungimento degli obiettivi di sicurezza di prevenzione incendi.

Livelli di prestazione per la resistenza al fuoco attribuibili alle opere da costruzione

Livello di prestazione	Descrizione
I	Assenza di conseguenze esterne per collasso strutturale
II	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo sufficiente all'evacuazione degli occupanti in luogo sicuro all'esterno della costruzione.
III	Mantenimento dei requisiti di resistenza al fuoco per un periodo congruo con la durata dell'incendio.
IV	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, un limitato danneggiamento della costruzione.
V	Requisiti di resistenza al fuoco tali da garantire, dopo la fine dell'incendio, il mantenimento della totale funzionalità della costruzione stessa.

La resistenza al fuoco

Livello di prestazione	Criteri di attribuzione
I	Opere da Costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti e strutturalmente separate da esse e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni ad altre opere da costruzione; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio: ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • non adibite ad attività che comportino presenza di occupanti, ad esclusione di quella occasionale e di breve durata di personale addetto.
II	Opere da Costruzione o porzioni di opere da costruzione, comprensive di eventuali manufatti di servizio adiacenti nonché dei relativi impianti tecnologici di servizio, dove sono verificate *tutte* le seguenti condizioni: • compartimentate rispetto ad altre opere da costruzione eventualmente adiacenti; • strutturalmente separate da altre opere da costruzione e tali che l'eventuale cedimento strutturale non arrechi danni alle stesse ovvero, in caso di assenza di separazione strutturale, tali che l'eventuale cedimento della porzione non arrechi danni al resto dell'opera da costruzione; • adibite ad attività afferenti ad un solo *responsabile dell'attività* e con i seguenti profili di rischio: ◦ R_{vita} compresi in A1, A2, A3, A4; ◦ R_{beni} pari a 1; ◦ $R_{ambiente}$ non significativo; • densità di affollamento non superiore a 0,2 persone/m^2; • non prevalentemente destinate ad occupanti con disabilità; • aventi piani situati a quota compresa tra -5 m e 12 m.
III	Opere da costruzione non ricomprese negli altri criteri di attribuzione.
IV, V	Su specifica richiesta del committente, previsti da capitolati tecnici di progetto, richiesti dalla autorità competente per costruzioni destinate ad attività di particolare importanza.

La resistenza al fuoco

Soluzioni conformi per il livello di prestazione III

La classe minima di resistenza al fuoco e ricavata per compartimento in relazione al **carico di incendio specifico di progetto ($q_{f,d}$)**

Carico di incendio specifico di progetto	Classe minima di resistenza al fuoco
$q_{f,d} \leq 200$ MJ/m²	Nessun requisito
$q_{f,d} \leq 300$ MJ/m²	15
$q_{f,d} \leq 450$ MJ/m²	30
$q_{f,d} \leq 600$ MJ/m²	45
$q_{f,d} \leq 900$ MJ/m²	60
$q_{f,d} \leq 1200$ MJ/m²	90
$q_{f,d} \leq 1800$ MJ/m²	120
$q_{f,d} \leq 2400$ MJ/m²	180
$q_{f,d} > 2400$ MJ/m²	240

$$q_{f,d} = \delta_{q1} \cdot \delta_{q2} \cdot \delta_n \cdot q_f$$

$$q_f = \frac{\sum_{i=1}^{n} g_i \cdot H_i \cdot m_i \cdot \psi_i}{A}$$

δ_{q1} fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione alla dimensione del compartimento e i cui valori sono definiti nella tabella S.2-4.

δ_{q2} è il fattore che tiene conto del rischio di incendio in relazione al tipo di attività svolta nel compartimento e i cui valori sono definiti nella tabella S.2-5.

$\delta_n = \prod_i \delta_{ni}$ è il fattore che tiene conto delle differenti *misure antincendio* del compartimento ed i cui valori sono definiti nella tabella S.2-6.

NB. Per ogni livello di prestazione, sono ammesse delle soluzioni alternative

La resistenza al fuoco

Simboli per classificazione resistenza al fuoco

Simbolo	Prestazione	Descrizione
R	Capacità portante	Capacità di un elemento strutturale di portare i carichi presenti in condizioni di incendio normalizzato, per un certo periodo di tempo
E	Tenuta	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di impedire il passaggio di fumi e gas caldi per un certo periodo di tempo, in condizioni di incendio normalizzate
I	Isolamento	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di impedire il passaggio calore di un incendio normalizzato per un certo periodo di tempo. A seconda dei limiti più o meno severi al trasferimento di calore, il requisito si specializza in I_1 o I_2. L'assenza di indicazione al pedice sottintende il requisito I_2.
W	Irraggiamento	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di limitare, per un certo periodo di tempo, l'irraggiamento termico da parte della superficie non esposta in condizioni di incendio normalizzate.
M	Azione meccanica	Capacità di un elemento costruttivo o strutturale di resistere all'impatto da parte di altri elementi senza perdere i requisiti di resistenza al fuoco.
C	Dispositivo automatico di chiusura	Capacità di chiusura di un varco da parte di un elemento costruttivo in condizioni normalizzate di incendio e di sollecitazione meccanica.

La resistenza al fuoco

Simboli per classificazione resistenza al fuoco

Simbolo	Prestazione	Descrizione
S	Tenuta di fumo	Capacità di un elemento di chiusura di limitare o ridurre il passaggio di gas o fumi freddi in condizioni di prova normalizzate. Il requisito si specializza in: • S_a: se la tenuta al passaggio dei gas o fumi è garantita a temperatura ambiente; • S_m (o S_{200}): se la tenuta al passaggio dei gas o fumi è garantita sia a temperatura ambiente che a 200°C.
P o PH	Continuità di corrente o capacità di segnalazione	Capacità di funzionamento di un cavo percorso da corrente o da segnale ottico in condizioni di incendio normalizzate
G	Resistenza all'incendio della fuliggine	Capacità di condotto di passaggio di fumi di resistere all'incendio di fuliggine in condizioni di incendio normalizzate, garantendo la tenuta al passaggio di gas caldi e l'isolamento termico.
K	Capacità di protezione al fuoco	Capacità di rivestimenti a parete o a soffitto di proteggere i materiali o gli elementi costruttivi o strutturali su cui sono installati dalla carbonizzazione, dall'accensione o da altro tipo di danneggiamento, per un certo periodo di tempo in condizioni di incendio normalizzate.
D	Durata della stabilità a temperatura costante	Capacità delle barriere al fumo di conservare i requisiti di resistenza al fuoco in condizioni di incendio normalizzate.
DH	Durata della stabilità lungo la curva standard tempo-temperatura	
F	Funzionalità degli evacuatori motorizzati di fumo e calore	Capacità degli evacuatori di fumo motorizzati (F) o naturali (B) di conservare i requisiti di funzionamento in condizioni di incendio normalizzate.
B	Funzionalità degli evacuatori naturali di fumo e calore	

La resistenza al fuoco

S.2.12.1 Elementi portanti privi di funzione di compartimento antincendio

Si applica a	Muri, solai, tetti, travi, colonne, balconi, scale, passerelle									
Norme	EN 13501-2; EN 1365-1,2,3,4,5,6; EN 1992-1.2; EN 1993-1.3; EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificazione:										
R	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360

S.2.12.2 Elementi portanti con funzione di compartimento antincendio

Si applica a	Solai e tetti									
Norme	EN 13501-2; EN 1365-2; EN 1992-1.2; EN 1993-1.3; EN 1994-1.2; EN 1995-1.2; EN 1996-1.2; EN 1999-1.2									
Classificazione:										
R			30							
RE		20	30		60	90	120	180	240	360
REI	15	20	30	45	60	90	120	180	240	360

La resistenza al fuoco

S.2.15.3 Solette piene e solai alleggeriti

1. La tabella S.2-42 riporta i valori minimi (mm) dello spessore totale H di solette e solai, della distanza a dall'asse delle armature longitudinali alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate.

Classe	30		60		90		120		180		240	
	H	a	H	a	H	a	H	a	H	a	H	a
Solette piene con armatura monodirezionale o bidirezionale	80	10	120	20	120	30	160	40	200	55	240	65
Solai misti di lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo [1]	80	10	120	20	120	30	160	40	200	55	240	65
Solai a travetti con alleggerimento [2]	160	15	200	30	240	35	240	45	300	60	300	75
Solai a lastra con alleggerimento [3]	160	15	200	30	240	35	240	45	300	60	300	75

I valori di a devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di H e a ne devono tenere conto nella seguente maniera:

- 10 mm di intonaco normale (definizione in tabella S.2-37) equivalgono ad 10 mm di calcestruzzo;
- 10 mm di intonaco protettivo antincendio (definizione in tabella S.2-37) equivalgono a 20 mm di calcestruzzo.

Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

[1] In caso di lamiera grecata H rappresenta lo spessore medio della soletta. Il valore di a non comprende lo spessore della lamiera. La lamiera ha unicamente funzione di cassero.

[2] Deve essere sempre presente uno strato di intonaco normale di spessore non inferiore a 20 mm ovvero uno strato di intonaco isolante di spessore non inferiore a 10 mm.

[3] In caso di alleggerimento in polistirene o materiali affini prevedere opportuni sfoghi delle sovrappressioni.

La resistenza al fuoco

Per garantire i requisiti di tenuta e isolamento i solai di cui alla tabella S.2-42 devono **presentare uno strato pieno di materiale isolante**, non combustibile e con conducibilità termica non superiore a quella del calcestruzzo, di cui almeno una parte in calcestruzzo armato.

La tabella S.2-43 riporta i valori minimi (mm) dello spessore h dello strato di materiale isolante e della parte d di c.a., sufficienti **a garantire i requisiti EI per le classi indicate.**

Classe	30		60		90		120		180		240	
	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d	h	d
Tutte le tipologie	60	40	60	40	100	50	100	50	150	60	150	60
In presenza di intonaco i valori di h e di d ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella S.2-42. In ogni caso d non deve mai essere inferiore a 40 mm. In presenza di strati superiori di materiali di finitura incombustibile (massetto, malta di allettamento, pavimentazione, ...) i valori di h ne possono tener conto.												

Tabella S.2-43: Solai (requisiti E, I)

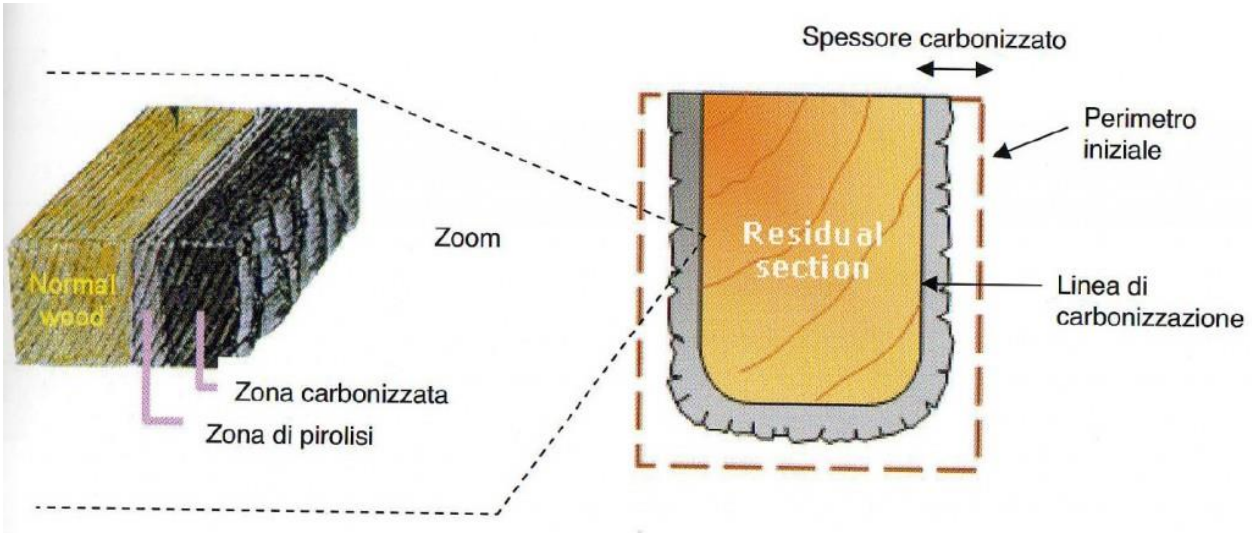
La resistenza al fuoco

Strutture in legno

A differenza delle strutture in C.A. e di quelle in acciaio, gli elementi lignei **non sono contemplati nelle tabelle dell'allegato D del D.M. 16/02/2007.**

Per questo motivo la loro classificazione **potrà avvenire solo tramite metodo analitico o sperimentale.**

Altro aspetto che differenzia il legno dal cls e dall'acciaio è il fatto che **in caso di incendio il legno partecipa alla combustione trasformandosi, negli strati più esposti all'incendio, in strati carbonizzati** che determinano un assottigliamento delle sezioni resistenti, ma garantiscono una protezione dall'incendio alle fibre più interne dell'elemento.



La resistenza al fuoco

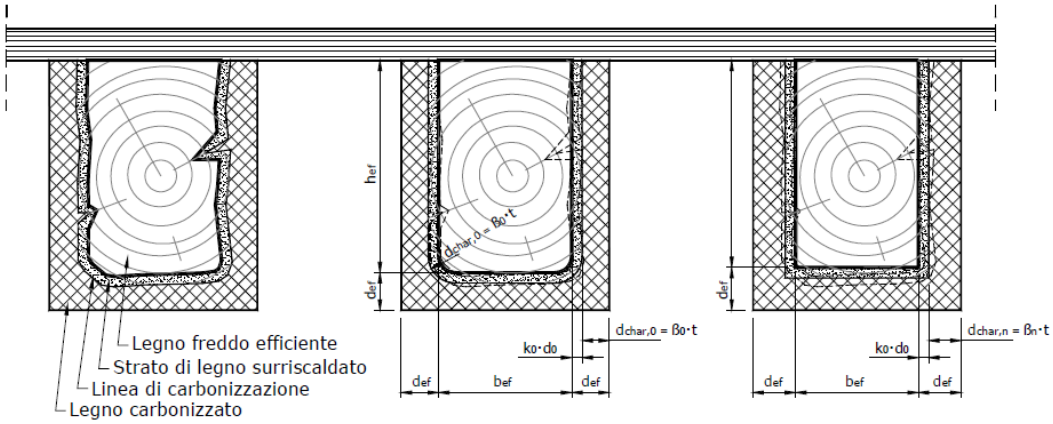
La velocità con cui il legno si carbonizza e perde la sua resistenza meccanica è detta **velocità di carbonizzazione**.
Detta velocità è funzione anche del tipo di legno e nella UNI 9504 varia da 0.7 a 0.9 mm/min.

L'Eurocodice EN 1995-1-2 prevede 2 metodi semplificati per il calcolo al fuoco di elementi monodimensionali

- Metodo della sezione ridotta
- Metodo della riduzione delle proprietà meccaniche

Il primo consiste nella valutazione della resistenza di una **sezione al netto dello strato carbonizzato**, mentre il secondo oltre a prevedere una determinazione della sezione ridotta in modo più accurato, **impone di ridurre le proprietà meccaniche del legno**.

Un altro aspetto molto importante per una struttura in legno **è la resistenza delle connessioni** (vedi Eurocodice EN 1995-1-2).



La resistenza al fuoco

Se poi si confronta il comportamento del legno con quello di altri materiali da costruzione più tradizionalmente utilizzati nel nostro paese, verso i quali normalmente non c'è alcun pregiudizio rispetto alla loro resistenza nei confronti dell'incendio, non essendo materiali combustibili, si capisce ancora meglio perché il legno non parta svantaggiato, ma anzi al contrario dell'opinione comunemente diffusa possa essere considerato addirittura preferibile:

- gli elementi strutturali di acciaio non bruciano, ma il materiale subisce un rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche (resistenza e rigidezza) in funzione della temperatura; essendo l'acciaio un buon conduttore di calore, la temperatura sale rapidamente in tutta la sezione;
- nelle costruzioni di calcestruzzo armato la resistenza al fuoco è determinata dallo spessore del rivestimento delle armature metalliche (copriferro), che rallenta l'aumento di temperatura nell'acciaio;
- nelle strutture di legno i punti deboli sono le unioni, che presentano elementi metallici a vista, come scarpe, piastre, ecc.; queste, se non protette, sono le prime a cedere durante l'incendio.

Gli impianti fotovoltaici

PANNELLI FOTOVOLTAICI

Obbligo di marcatura CE.
I pannelli **non rientrano nella direttiva prodotti da Costruzione ma in quella Bassa Tensione 2006/95/CE LVD**

Norme armonizzate:

- EN 61730-1:2007 Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 1: Prescrizioni per la costruzione
- EN 61730-2:2007 Qualificazione per la sicurezza dei moduli fotovoltaici (FV) Parte 2: Prescrizioni per le prove

Gli impianti fotovoltaici

Nota prot n. 1324 del 7 febbraio 2012
“GUIDA PER L'INSTALLAZIONE DEGLI IMPIANTI FOTOVOLTAICI – Edizione 2012”

Gli impianti fotovoltaici **non rientrano fra le attività soggette ai controlli di prevenzione incendi** ai sensi del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011 "Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49 comma 4-quater, decreto-legge 31 maggio 2010, n. 78, convertito con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n. 122".

In via generale l'installazione di un impianto fotovoltaico (FV), in funzione delle caratteristiche elettriche/costruttive e/o delle relative modalità di posa in opera, **può comportare un aggravio del preesistente livello di rischio di incendio**.

L'installazione di un impianto fotovoltaico a servizio di un’ attività soggetta ai controlli di prevenzione incendi **richiede gli adempimenti previsti** dal comma 6 dell'art. 4 del D.P.R. n. 151 del 1 agosto 2011.

Gli impianti fotovoltaici

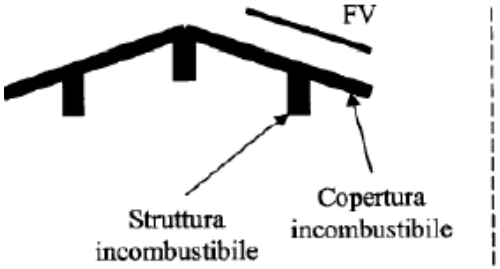
L'installazione dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato. Tale condizione si ritiene rispettata qualora l'impianto fotovoltaico, incorporato in un opera di costruzione, venga installato su strutture ed elementi di copertura e/o di facciata incombustibili (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005). Risulta, altresì, equivalente l'interposizione tra i moduli fotovoltaici e il piano di appoggio, di uno strato di materiale di resistenza al fuoco almeno EI 30 ed incombustibile (Classe 0 secondo il DM 26/06/1984 oppure Classe A1 secondo il DM 10/03/2005).

In alternativa potrà essere effettuata una specifica valutazione del rischio di propagazione dell'incendio, tenendo conto della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture di tetti (secondo UNI EN 13501-5:2009 Classificazione al fuoco dei prodotti e degli elementi da costruzione - Parte 5: Classificazione in base ai risultati delle prove di esposizione dei tetti a un fuoco esterno secondo UNI ENV 1187:2007) e della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico attestata secondo le procedure di cui all'art. 2 del DM 10 marzo 2005 recante *"Classi di reazione al fuoco per i prodotti da costruzione"* da impiegarsi nelle opere per le quali è prescritto il requisito della sicurezza in caso d'incendio.

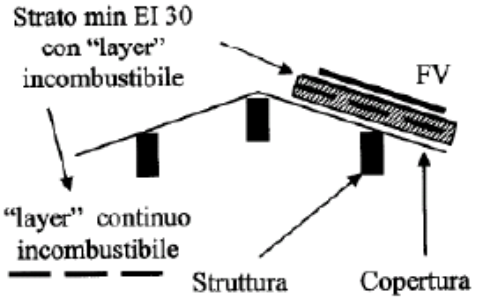
Gli impianti fotovoltaici

L'installazione degli impianti FV dovrà essere eseguita in modo da evitare la propagazione di un incendio dal generatore fotovoltaico al fabbricato nel quale è incorporato (Requisiti tecnici)

Caso 1
Installazione su strutture ed elementi di copertura e/o di facciata incombustibili



Caso 2
Interposizione tra i moduli fotovoltaici e il piano di appoggio di uno strato di materiale di resistenza al fuoco almeno EI 30 ed incombustibile



Caso 3
Valutazione specifica del rischio di propagazione dell'incendio

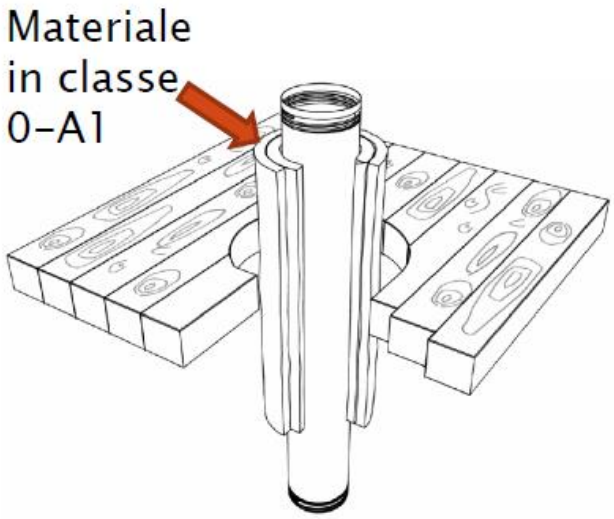
Caso 3/a
Valutazione del rischio tenendo conto:
- della classe di resistenza agli incendi esterni dei tetti e delle coperture dei tetti;
- della classe di reazione al fuoco del modulo fotovoltaico.

Caso 3/b
Valutazione del rischio ad hoc finalizzata al raggiungimento degli obiettivi del Regolamento UE 305/2011

8

I camini

CAMINI - REAZIONE AL FUOCO



Es. Camino Mono Parete che attraversa un solaio in legno:

1) Mono Parete con coibentazione 25 mm.
La distanza da materiale combustibile dovrà essere di 75 mm.

2) Mono Parete con coibentazione 50 mm.
La distanza da materiale combustibile dovrà essere di 50 mm.

CAMINI - REAZIONE AL FUOCO

T 400 N1 W 3 G 50

T Temperatura massima di funzionamento

Pressione di funzionamento, e per l'installazione interno dell'edificio:
N1, P1, P2, H1, H2 = per funzionamento in depressione
P1 o H1 = per intubamento in pressione

Funzionamento a secco ed umido
W a secco e ad umido
O solamente a secco (solo caldaie B)

Tipo di combustibile ammesso
1 per gas e kerosene
2 per gas, gasolio e caminetti a legna aperti
3 per tutti combustibili

G Indica la resistenza al fuoco di fuliggine oppure non resistenza (O)

Il numero indica la distanza di sicurezza in millimetri da materiali combustibili

STABILITA' E ANTISISMICA

BMI ACADEMY

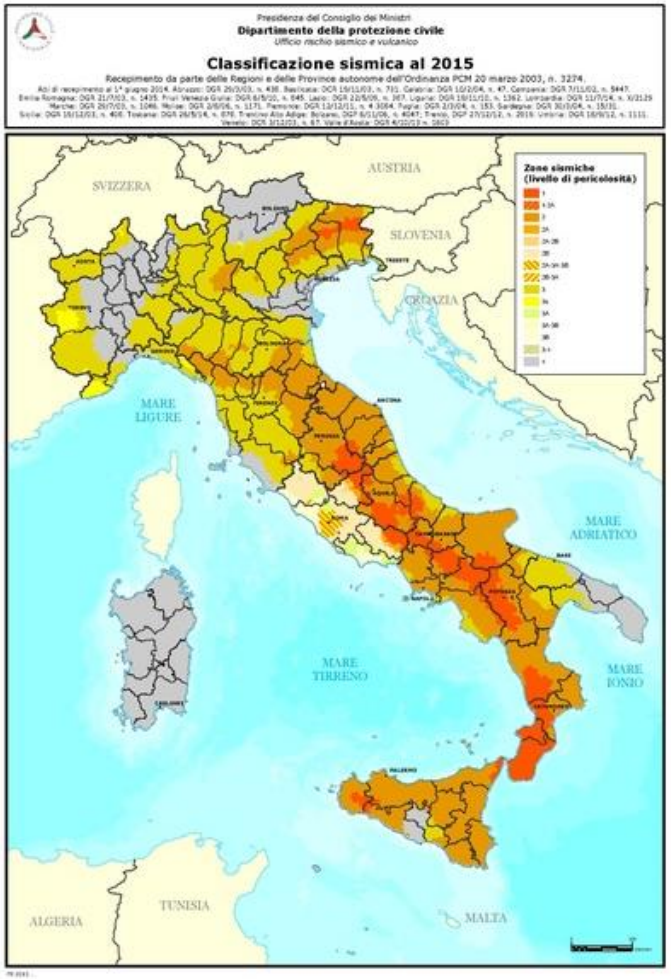
BMI ACADEMY

Il rischio sismico

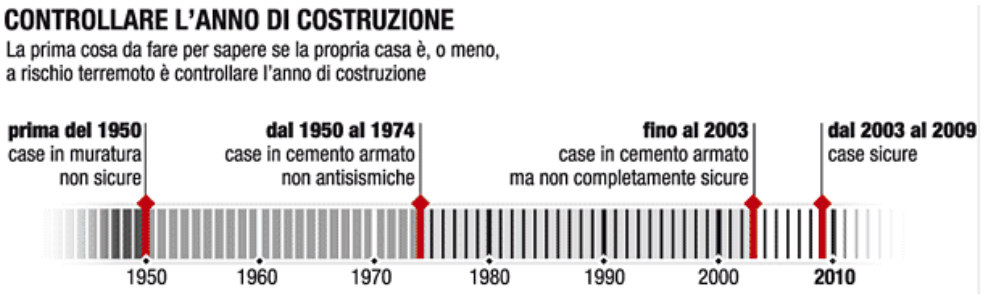
L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la sua particolare posizione geografica, nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica.

La sismicità più elevata si concentra nella parte centro-meridionale della Penisola, lungo la dorsale appenninica (Val di Magra, Mugello, Val Tiberina, Val Nerina, Aquilano, Fucino, Valle del Liri, Beneventano, Irpinia), in Calabria e Sicilia e in alcune aree settentrionali, come il Friuli, parte del Veneto e la Liguria occidentale.

- Zona 1: sismicità alta (PGA oltre 0.25 g)
- Zona 2: sismicità medio-alta (PGA fra 0.15 e 0.25 g)
- Zona 3: sismicità medio-bassa (PGA fra 0.05 e 0.15 g)
- Zona 4: sismicità bassa (PGA inferiore a 0.05 g)



La riqualificazione sismica

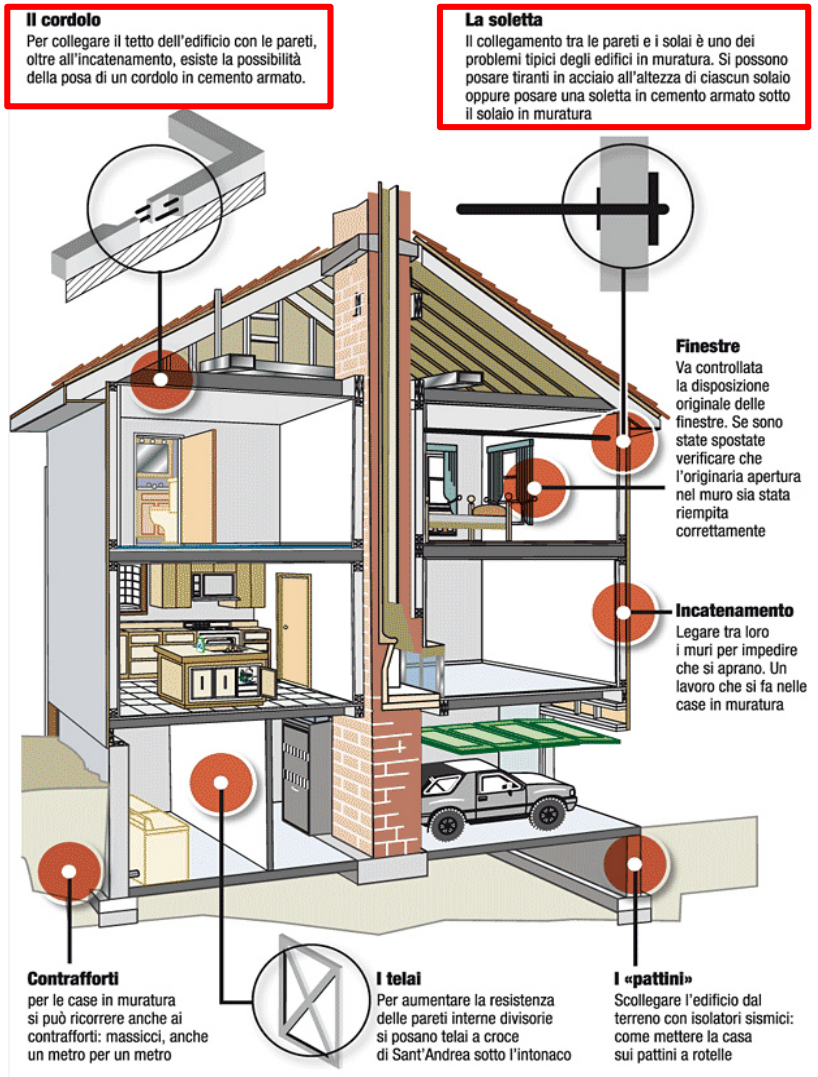


Per l'adeguamento sismico, il costo parametrico è stabilito nella misura massima di 150 €/m^3, ma dipende dalla distanza tra la prestazione richiesta dal fabbricato nella zona sismica di riferimento e quella valutata nella fase di analisi dello stato attuale.

Sono costi che vanno dal 50% fino al 70-80% del costo di costruzione, soglia rispetto alla quale evidentemente diviene certamente più conveniente la demolizione e la ricostruzione.

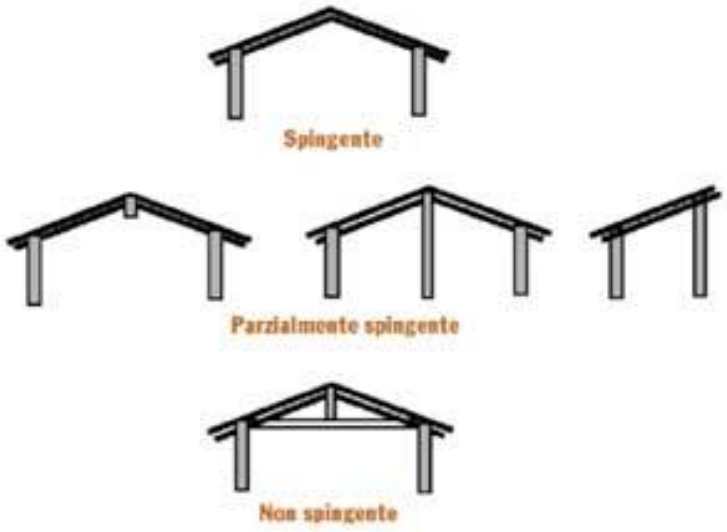
Tetto

In genere l'adozione di tecniche antisismiche è consigliata quando si rifà la copertura, perché non comporta un eccessivo aumento dei costi.



Le coperture in zona sismica

Le strutture di copertura, essendo poste in sommità degli edifici, risentono delle massime accelerazioni imposte dallo scuotimento sismico. Le conseguenti sollecitazioni sulle murature, aggravate da un'eventuale azione spingente, possono dare luogo al superamento della resistenza delle stesse o allo scorrimento della copertura rispetto ai muri.



Le strutture di copertura, in taluni casi, possono esercitare azioni orizzontali anche per soli carichi verticali.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08) stabiliscono, in merito, che le azioni spingenti devono essere annullate o idoneamente contrastate, sia per le nuove costruzioni, sia per quelle esistenti.

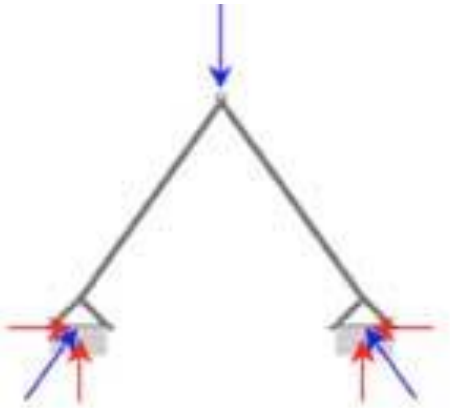
Sono dette "spingenti" le coperture a falde inclinate che determinano un'azione orizzontale sulle strutture verticali su cui gravano e che, in caso di sisma, possono causare collassi parziali delle zone più alte delle pareti.

Schema statico delle coperture

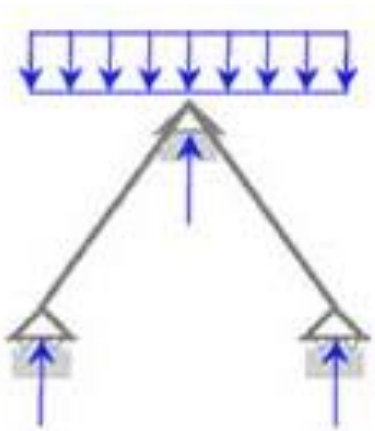
In presenza di soli carichi verticali, risulta che un tetto a “puntoni” è caratterizzato da reazioni vincolari nella direzione principale della falda con componenti sia verticali che orizzontali; quello ad “arcarecci” agli appoggi risponde, invece, con forze orizzontali nulle.

In ogni modo, occorre sempre garantire che agli appoggi non risultino errate configurazioni che possano creare spinte non contrastate o labilità della struttura stessa.

Schema statico a puntoni

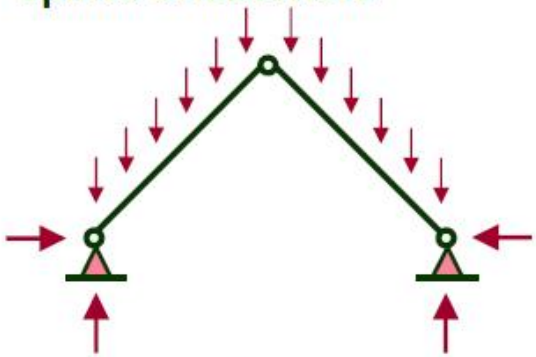


Schema statico ad arcarecci

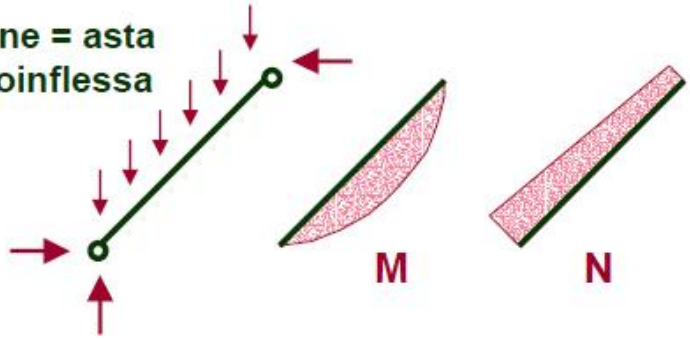


Tetti a puntoni

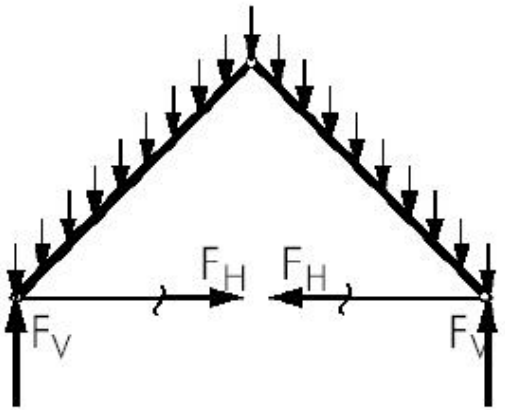
- **Struttura portante**
  - coppie di puntoni
  - interasse ridotto
  - di regola con pendenza importante
  - spinta orizzontale



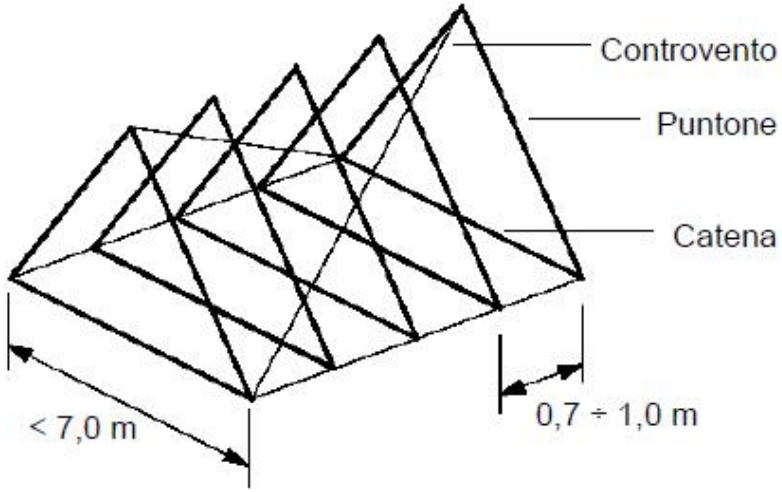
puntone = asta pressoinflessa

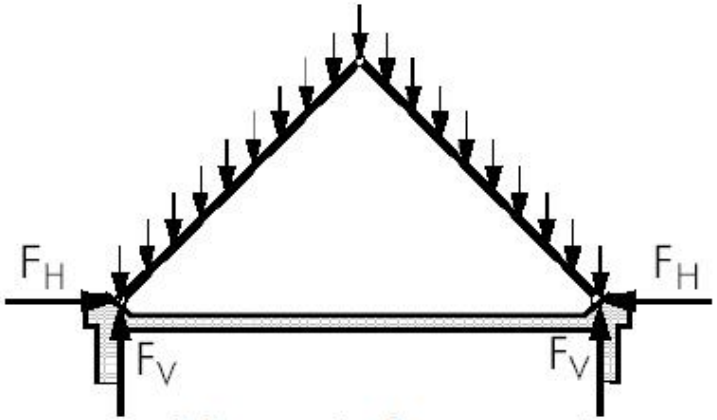


Tetti a puntoni



con catena





con solaio massiccio come catena

Tetti a puntoni

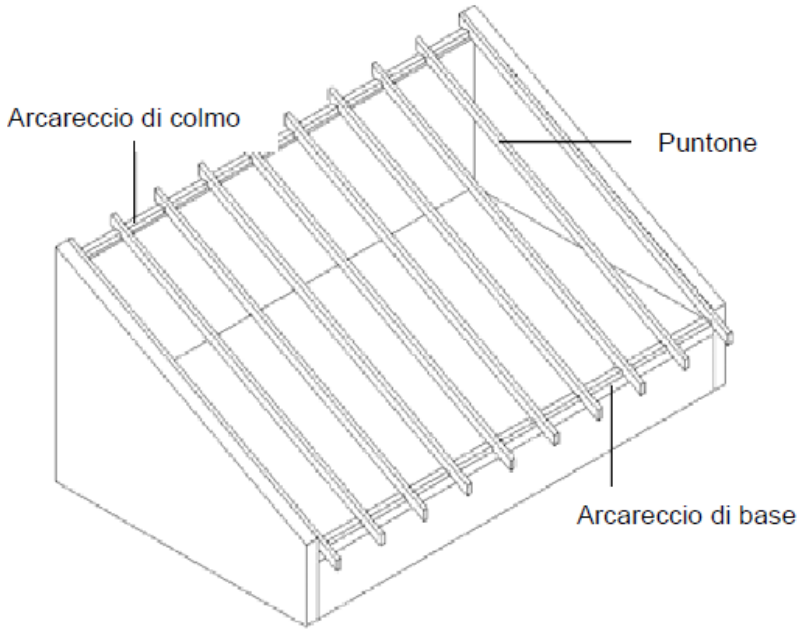
I tetti a puntoni vengono utilizzati di regola per pendenze comprese tra 30° e 60°. I tetti a puntoni sono in grado di coprire un edificio senza bisogno di colonne intermedie.

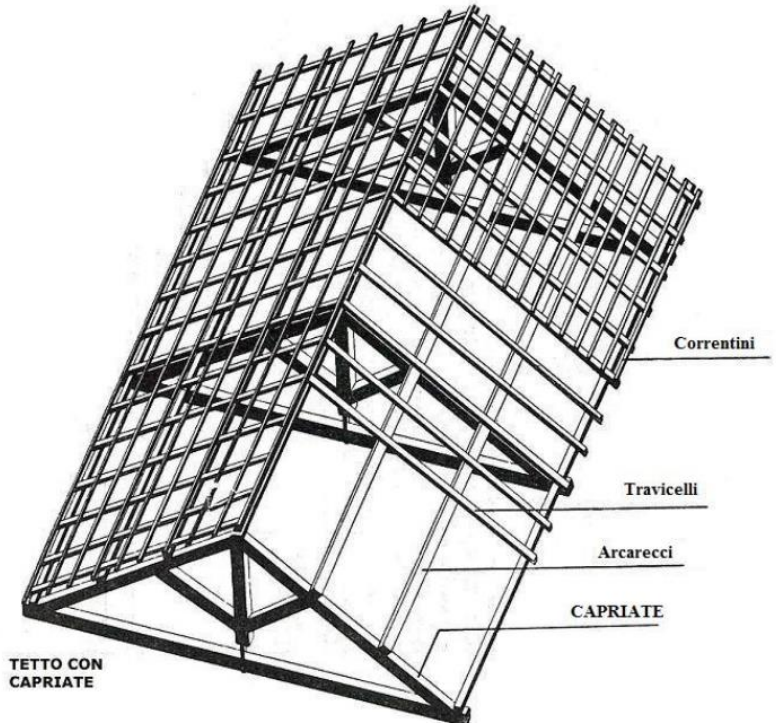
Da ciò emergono due vantaggi sostanziali:
- i carichi concentrati provenienti dai montanti non vengono trasmessi al solaio
- la ristrutturazione del sottotetto non viene ostacolata da colonne e simili.

Devono però essere considerati anche i seguenti svantaggi:
- la spinta orizzontale derivante dai carichi verticali necessita connessioni impegnative nella realizzazione
- la disposizione dei puntoni da entrambe le parti del colmo dipende l'una dall'altra (sostegno reciproco dei puntoni). A causa di ciò risulta complicata la realizzazione di strutture trasversali che ripartiscono il carico agente su un puntone interrotto per il passaggio di lucernari o abbaini e le aperture nel tetto dovute, ad esempio, alla presenza di canne fumarie
- nella realizzazione di abbaini possono sorgere, a causa della deviazione dei carichi (dai puntoni interrotti agli elementi trasversali), elevate sollecitazioni locali nei puntoni di bordo e pertanto possono nascere problemi di natura statico-costruttiva.

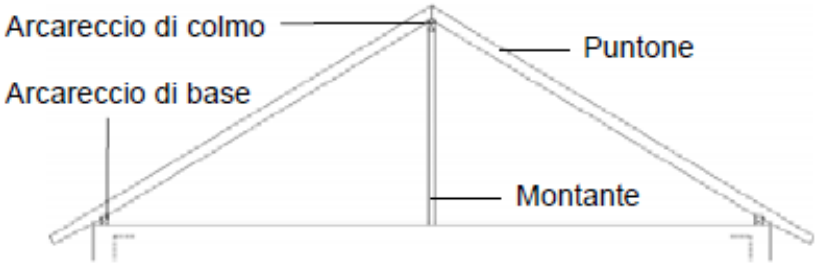
Tetti ad arcarecci

Il tetto ad arcarecci viene utilizzato di regola per pendenze tra 10° e 45°. Esso rappresenta l'evoluzione del tetto ad uno spiovente o del tetto piano e si è sviluppato originariamente nell'area mediterranea.
I puntoni risultano semplicemente appoggiati sugli arcarecci.

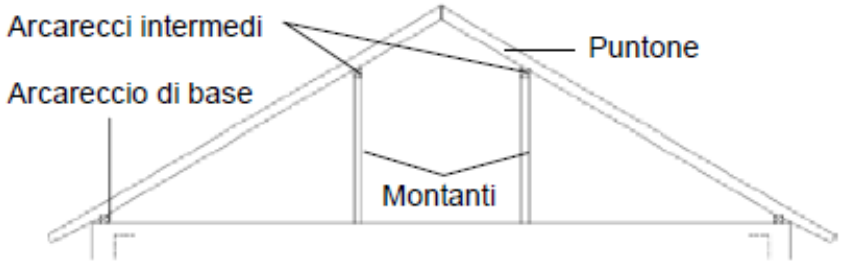




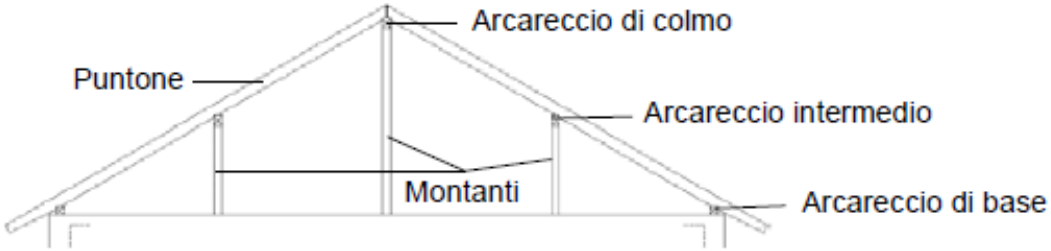
Tetti ad arcarecci



Struttura secondaria ad un montante



Struttura secondaria a due montanti



Struttura secondaria a tre montanti

Meccanismi di collasso

In caso di terremoto, l'azione spingente delle coperture può favorire o amplificare alcuni dei diversi meccanismi di collasso degli edifici in muratura.

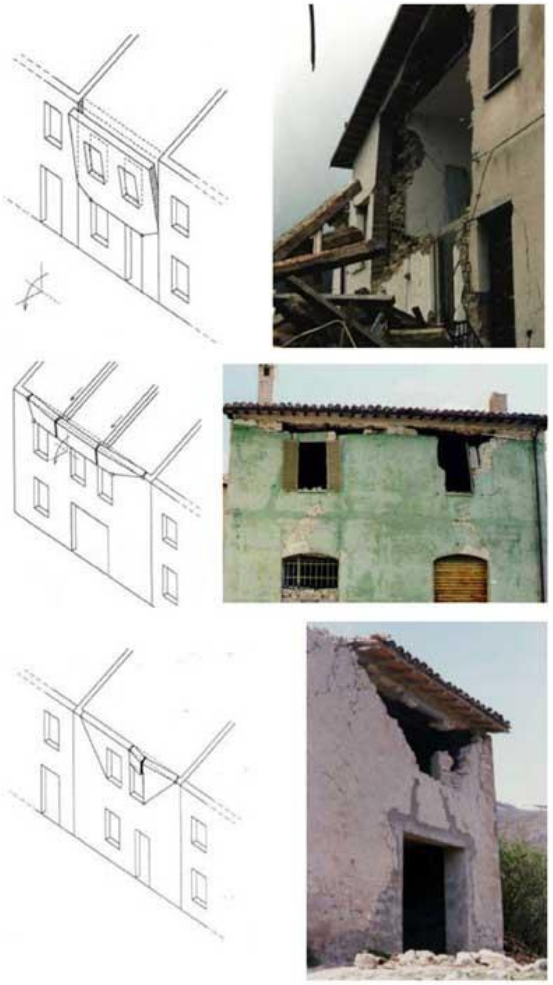
Tale azione può essere, in genere, contrastata seguendo i criteri e le regole di progettazione per le nuove costruzioni e applicando gli opportuni provvedimenti di adeguamento o miglioramento sismico dell'esistente contenuti nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14/01/08).

Indicazioni costruttive e progettuali per i solai interpiano e di copertura (DM 14/01/08) :

– non devono essere spingenti ed eventuali spinte orizzontali, valutate tenendo in conto l'azione sismica, devono essere assorbite per mezzo di idonei elementi strutturali

– devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali e, pertanto, devono essere ben collegati e garantire un adeguato funzionamento a diaframma

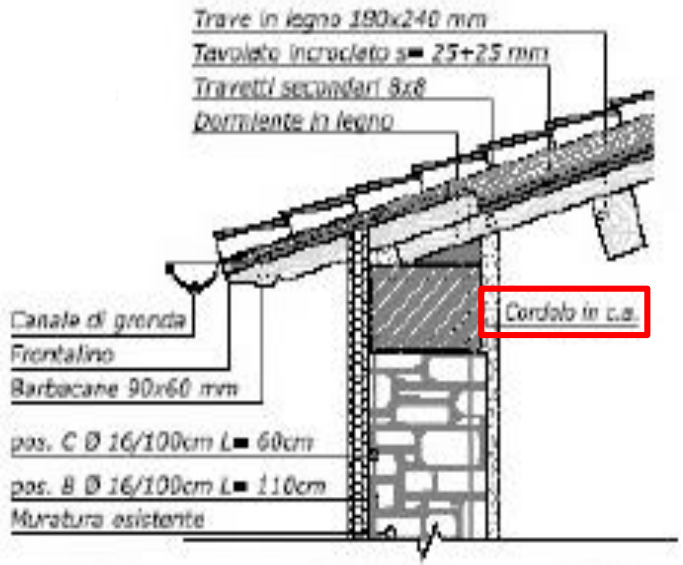
– tra due solai successivi deve esserci una distanza massima di 5 m.

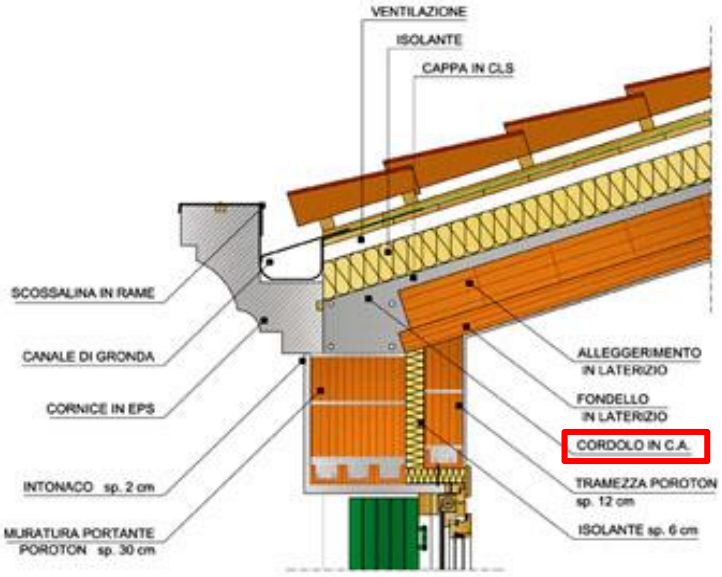


Nuove costruzioni

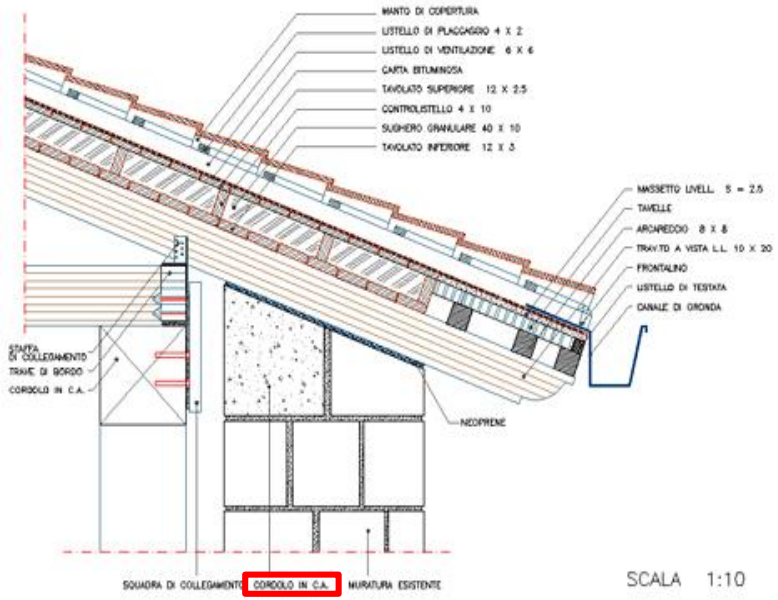
Per le nuove costruzioni, il “cordolo” di piano rappresenta una delle soluzioni strutturali più adottate che risponde anche al requisito di assorbire le spinte orizzontali.

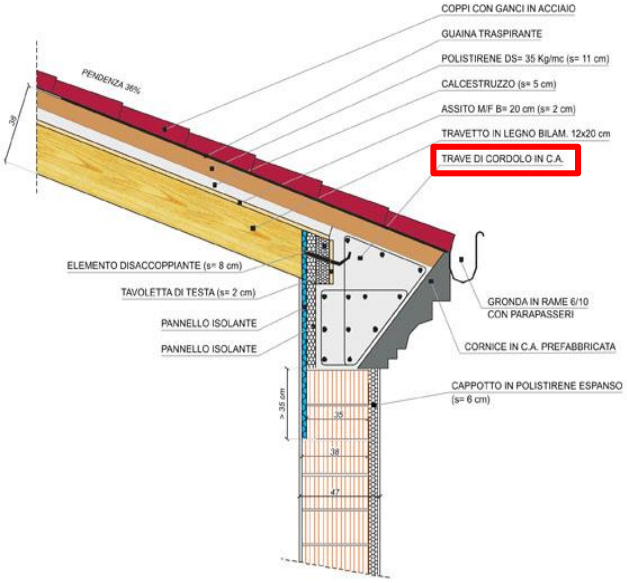
Il cordolo dovrà, comunque, essere correttamente dimensionato (geometria della sezione, armatura a trazione, interasse tra le due pareti murarie successive, dettagli costruttivi d’angolo, ecc.) tenendo in considerazione l’inerzia flessionale di questo elemento.

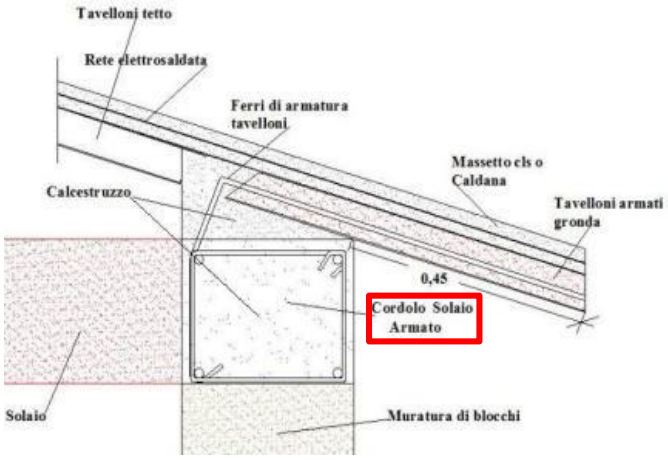


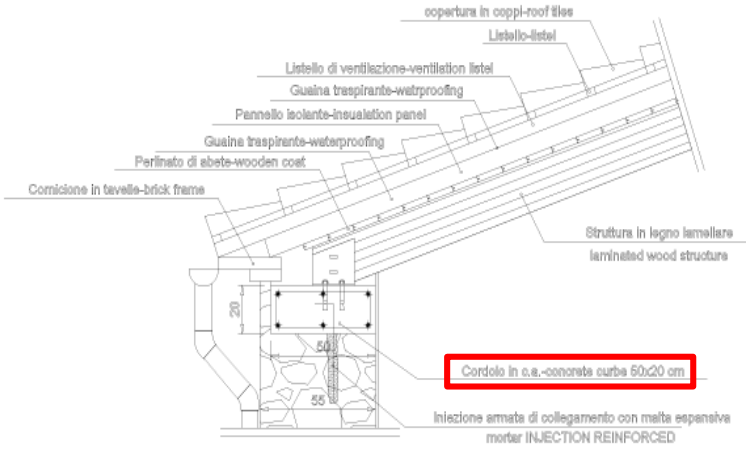


Nuove costruzioni









Nuove costruzioni (DM 14/01/2008)

– ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo continuo all'intersezione tra solai e pareti.

– i cordoli debbono avere altezza minima pari all'altezza del solaio e larghezza almeno pari a quella del muro; è consentito un arretramento massimo di 6 cm dal filo esterno.

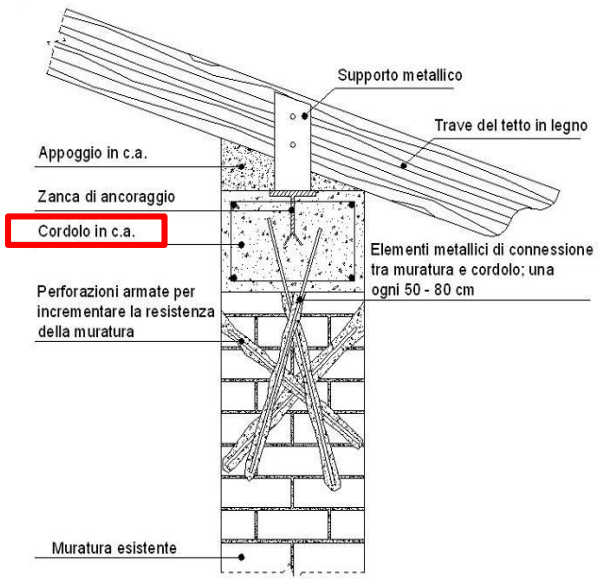
– l'armatura corrente non deve essere inferiore a 8 cm^2; le staffe debbono avere diametro non inferiore a 6 mm ed interasse non superiore a 25 cm.

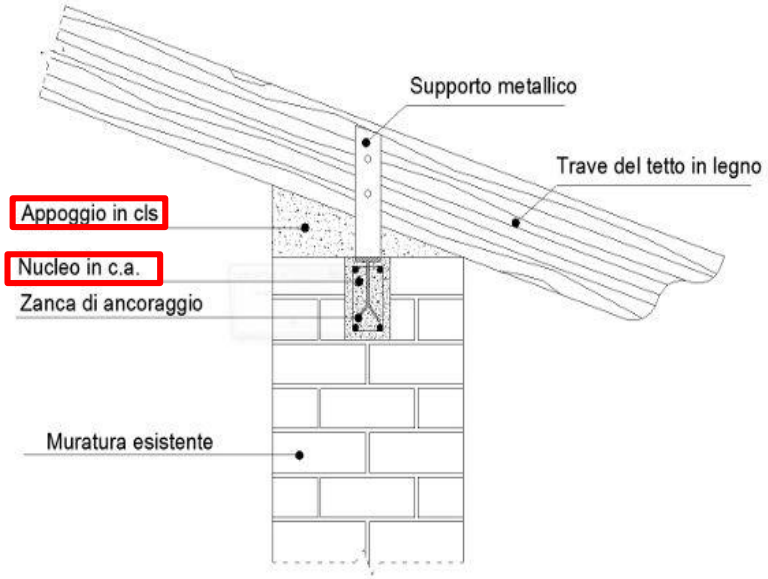
– travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai debbono essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 12 cm ed adeguatamente ancorate ad esso.

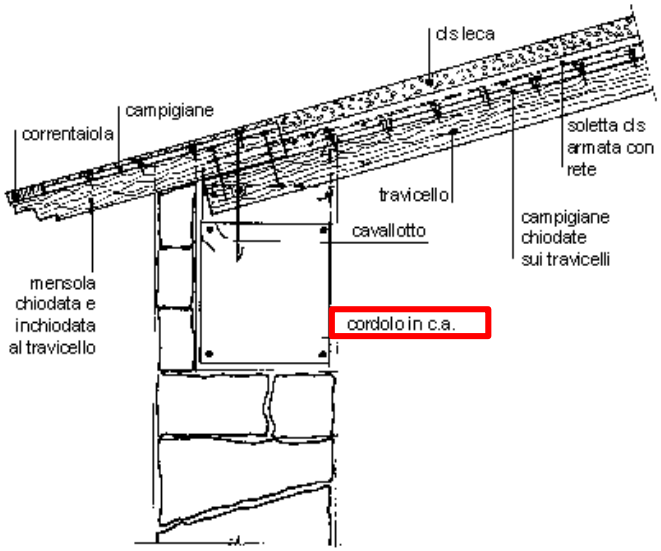
– in corrispondenza di incroci d'angolo tra due pareti perimetrali sono prescritte, su entrambe le pareti, zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m, compreso lo spessore del muro trasversale.

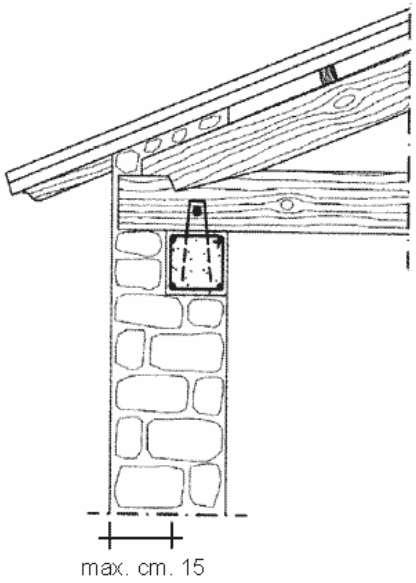
– al di sopra di ogni apertura deve essere realizzato un architrave resistente a flessione efficacemente ammorsato alla muratura.

Edifici esistenti (DM 14/01/2008)









CENNI DI ACUSTICA IN COPERTURA

BMI ACADEMY

BMI ACADEMY

Quadro legislativo

Sul territorio nazionale, il tema del benessere acustico all'interno degli edifici è stato regolamentato con l'emanazione della Legge Quadro 447 del 1995, in tema di protezione dei cittadini dall'inquinamento da rumore.

DPCM "determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" del 5 dicembre 1997

- ridurre l'esposizione al rumore
- determinare le qualità acustiche delle sorgenti sonore interne
- **stabilire i limiti dei requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera**

Il DPCM classifica gli edifici in 7 categorie

Tab.1

Categoria	Descrizione
A	Edifici adibiti a residenza o assimilabili
B	Edifici adibiti ad uffici o assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura o assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli o assimilabili
F	Edifici adibiti ad ricreative o di culto o assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili

Requisiti acustici passivi edifici

R'_w

Indice di potere fonoisolante apparente di partizione tra unità immobiliari adiacenti.

Definisce la capacità delle partizioni, orizzontali e verticali, di abbattere il rumore. Con il termine “apparente” si intende “misurato in opera”. Il decreto prende in considerazione il valore limite R'_w, indicato dal pedice w, che è un valore unico ottenuto dai valori alle varie frequenze secondo una procedura normalizzata.

$D_{2m,nT,w}$

Indice dell’isolamento acustico di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverbero.

Definisce la capacità delle facciate di ridurre il rumore proveniente dall’esterno. Il pedice 2m indica che la misura viene effettuata a 2 metri dalla facciata; il pedice nT indica che il risultato viene normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell’ambiente ricevente.

$L'_{n,w}$

Indice del livello di rumore di calpestio dei solai, normalizzato rispetto all’assorbimento acustico.

Definisce la capacità dei solai di abbattere il rumore di calpestio proveniente dai piani soprastanti. Il pedice n indica che la misura è normalizzata rispetto all’area equivalente di assorbimento acustico.

Rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici

$L_{a,max}$
Livello massimo di pressione sonora, ponderato A e misurato con costante di tempo sonoro slow degli impianti a funzione discontinua.

$L_{a,eq}$
Livello equivalente massimo di pressione sonora, ponderato A, degli impianti a funzione continua..

Tab. 2

categorie	R_w	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	$L_{a,max}$	$L_{a,eq}$
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

Le norme armonizzate europee per calcolare i requisiti acustici passivi R'_w, $D_{2m,n,T,w}$ e $L'_{n,w}$ sono le **UNI EN 12354** “acustica in edilizia – valutazione delle prestazioni di prodotto”.

Il potere fonoisolante R_w

Il potere fonoisolante R_w può essere determinato da:

- **dati di laboratorio**. Da rapporti di prova conformi alle norme europee che devono essere attentamente valutati allo scopo di prevedere le eventuali difformità di cantiere, come, ad esempio, il periodo di stagionatura, la corretta messa in opera dei materiali e la presenza degli impianti.

- **relazioni generali**. Da algoritmi matematici che, in genere, sono funzione della massa frontale della struttura m' (kg/m^2).

L'impiego dei pannelli isolanti è preso in considerazione solo in termini di spessore e non certamente in base alle proprietà acustiche dei medesimi.

Tab.3

Formula	Validità
$R_w = 16.9 \log(m') + 3.6$	Pareti monostrato in laterizio alleggerito Porzioni per m' > 100 kg/m²
$R_w = 16 \log(m') + 7$	Pareti monostrato in laterizio Porzioni per 80<m'<400 kg/m²
$R_w = 26 \log(m') - 11$	Pareti monostrato in blocchi di argilla espansa Porzioni per m' > 100 kg/m²
$R_w = 37.5 \log(m') - 42$	Pareti monostrato in laterizio Porzioni per m'>150 kg/m²
$R_w = 20 \log(m')$	Pareti monostrato in laterizio Porzioni per 50<m'<400 kg/m²
$R_w = 15.4 \log(m') + 8$	Pareti monostrato in laterizio Porzioni per 100<m'<700 kg/m²
$R_w = 21.6 \log(m') - 2.3$	Pareti monostrato Porzioni per m' > 100 kg/m²
$R_w = 40 \log(m') - 45$	Pareti monostrato Porzioni per m' > 150 kg/m²
$R_w = 13.3 \log(m') + 12$	Pareti monostrato Porzioni per m' < 150 kg/m²
$R_w = 32.4 \log(m') - 26$	Pareti monostrato Porzioni per m' > 150 kg/m²
$R_w = 32.1 \log(m') - 28.5$	Pareti monostrato Porzioni per m' > 150 kg/m²
$R_w = 16 \log(m') + 10$	Pareti doppie in laterizio con intercapedini > 5 cm riempita
$R_w = 26 \log(m') - 11$	Pareti doppie in blocchi di argilla espansa, intercapedine vuota Porzioni per 115<m'<400 kg/m²
$R_w = 20 \log(m') + 0.05d$ d = spessore isolante	generica
$R_w = 23 \log(m') - 8$	Solai in laterocemento Solai con 250<m'<500 kg/m²

Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nTw}$

Tale indice caratterizza, a 2 metri dalla facciata, la capacità della medesima di abbattere il rumore proveniente dall'esterno.

Esso dipende dal potere fonoisolante, dalla forma esterna della facciata e dalle dimensioni della camera in esame.

$$D_{2m,nTw} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{6 T_0 S_{tot}}$$

R'_w = indice del potere fonoisolante apparente di facciata, calcolato sulla base dei valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w dei singoli elementi che la costituiscono (opachi e serramenti) e sulla base degli indici di isolamento acustico D_{newi} dei piccoli elementi presenti su di essa (porte, finestre con superficie < 1m^2).

ΔL_{fs} = è il termine correttivo delle caratteristiche di facciata.

V = è il volume interno del locale considerato.

T_0 = è il tempo di riverbero di riferimento, pari a 0.5 s

S_{tot} = è la superficie di facciata vista dall'interno.

Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nTw}$

$$R_w = -10\log\left(\sum_{i=1}^{n}\frac{S_i}{S_{tot}}10^{\frac{-R_{iw}}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}}\sum_{i=1}^{p}10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}}\right) - K$$

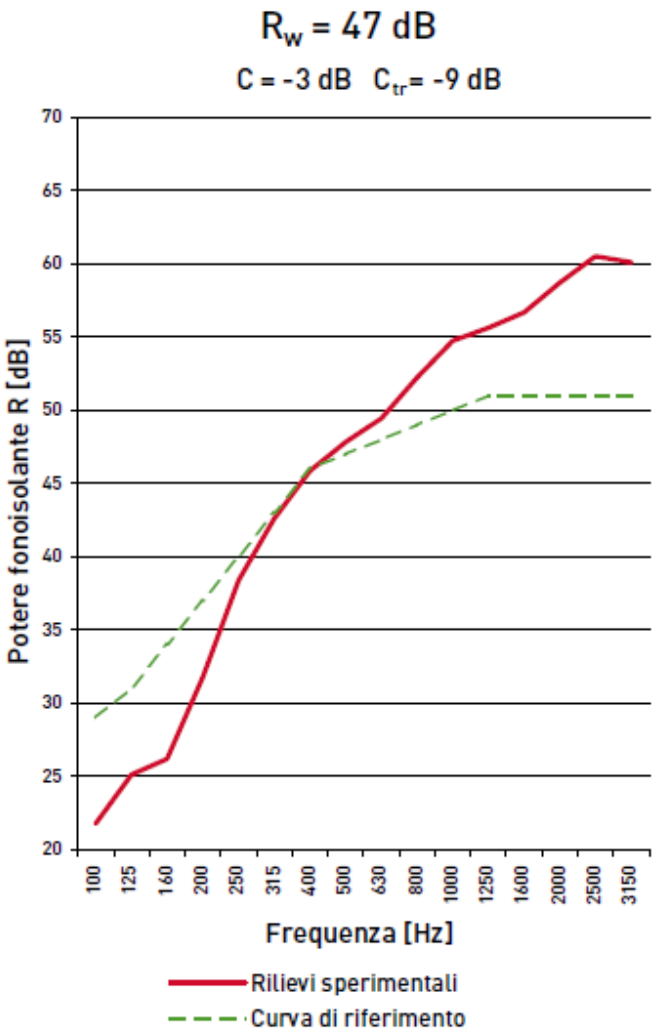
K = correzione relativa al contributo della trasmissione laterale (max 2 dB).

R_{iw} = indice del potere fonoisolante dell'elemento i-esimo costituente la facciata.
S_i = superficie dell'elemento i-esimo costituente la facciata visto dall'interno del locale.
A_0 = sono le unità di assorbimento di riferimento, pari a 10 m^2.

Isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nTw}$

Per misurare effettivamente l'isolamento acustico di una copertura è necessario considerare il **parametro $D_{2m,nT,w}$** che misura la capacità di una facciata di abbattere i rumori aerei provenienti dall'esterno. Questo indice di valutazione permette di caratterizzare con un solo numero le proprietà fonoisolanti della facciata.

L'indice di valutazione del **potere fonoisolante misurato in laboratorio (R_w)** caratterizza la capacità di una partizione, divisoria tra due differenti unità immobiliari, di abbattere i rumori aerei. **Quindi, nel caso delle coperture, non si tratta di un parametro idoneo da considerare e non è previsto dalla normativa.**



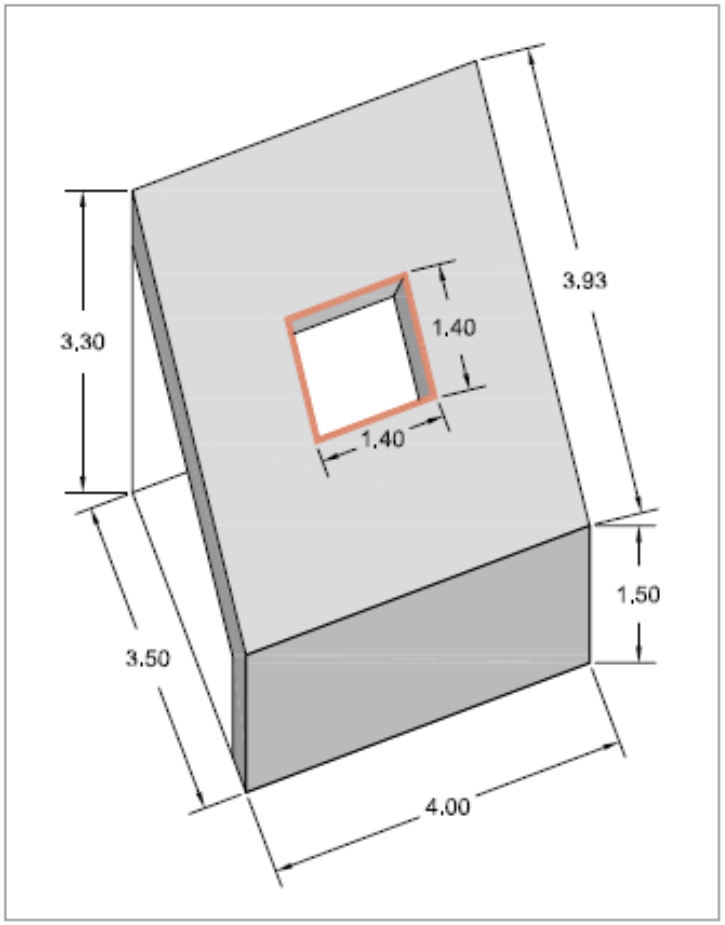
MIGLIORE È LA PRESTAZIONE:	▲	più grande è il valore di	D2m,nT,w, Rw

Es. Isolamento acustico di un locale sotto copertura

Esempio di calcolo di una camera da letto abitabile con superficie di 14,0 mq e tetto in legno (il requisito minimo normativo da rispettare è $D_{2m,nT,w}$ = 40 dB).

CARATTERISTICHE DELL' AMBIENTE IN OGGETTO:

superficie locali	S= 14.0 mq
dimensioni ambiente	3.50 x 4.00 m
lato prospiciente con l'esterno (larghezza)	L= 4.00 m
altezza minima ambiente abitabile	L= 1.50 m
altezza massima ambiente	L= 3.30 m
altezza media ponderata del locale	L= 2.40 m
superficie finestrata minima (1/8 Sup.)	S= 1.75 mq
superficie finestrata reale	S= 1.96 mq
potere fonoisolante muratura perimetrale	R_w (2)= 56 dB
potere fonoisolante copertura	R_w (3)= 47 dB
potere fonoisolante serramenti	R_w (4)= 39 dB



Es. Isolamento acustico di un locale sotto copertura

Verifica di calcolo:

1] Determinazione del potere fonoisolante apparente R' attraverso la seguente formula:

$$R' = -10 \cdot \log\left(\sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{S} \cdot 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S} \sum_{i=1}^{p} 10^{\frac{-Dn_i}{10}} \right)$$

2] Determinazione dell'indice di isolamento acustico di facciata mediante la seguente formula:

$$D_{nT} = R' + 10 \cdot \log\left(\frac{V}{6T_0S}\right)$$

$$D_{nT} = 43{,}2 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$$

Dati	Unità di misura	Valore
Larghezza ambiente	m	4,00
Profondità	m	3,50
Altezza media ponderata	m	2,40
Superficie locale	m^2	14,00
Superficie facciata	m^2	21,72
Volume locale	m^2	33,60
Superficie muratura	m^2	6,00
R_w muratura	dB	56
Superficie copertura	m^2	13,76
R_w copertura	dB	47
Superficie finestrata	m^2	1,96
R_w serramenti	dB	39

Isolamento acustico delle facciate di copertura

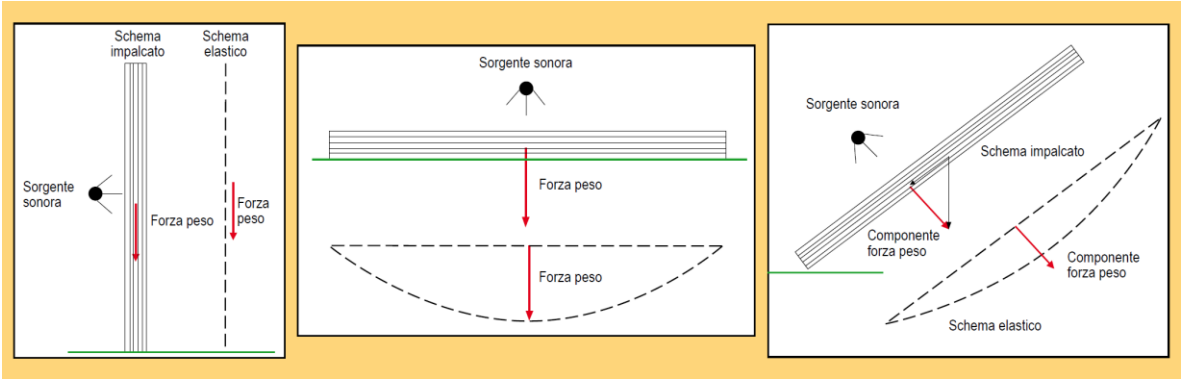
Aspetti progettuali

Come per le facciate in muratura, la capacità isolante di una struttura è funzione della massa. Il raggiungimento dei **limiti normativi è altresì facile, quando si realizzano coperture pesanti costituite da solai in cemento o CLS.**

Il solaio pesante rende, infatti, la struttura sufficientemente rigida da impedire eventuali fenomeni di vibrazione della medesima che causerebbero perdita delle prestazioni fonoisolanti.

Raggiungere un elevato isolamento acustico di strutture leggere è, invece, un serio problema.

Nella copertura, inoltre, **subentra una componente di forza peso che contribuisce negativamente all'isolamento acustico** determinando una perdita di isolamento acustico alle frequenze medio basse.



Isolamento acustico delle facciate di copertura

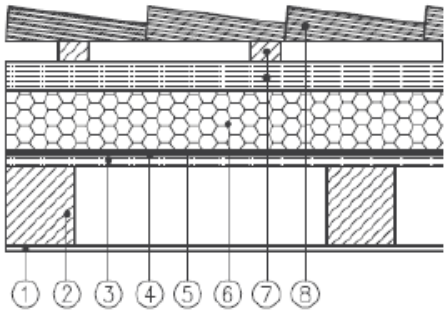
Aspetti progettuali

Va, inoltre, considerato come **l'impiego del laterizio (coppi e tegole) determini un ulteriore peggioramento delle medie frequenze.** In particolare, indipendentemente dalla densità superficiale, massiva o leggera, il posizionamento del laterizio determina un peggioramento dell'isolamento acustico della falda.

Valori di isolamento acustico di coperture leggere di legno siano facilmente raggiungibili operando delle **scelte progettuali mirate alla riduzione delle proprietà elastiche** e, quindi, vibrazionali delle strutture di legno medesime (assito e travi).

- Scegliere **tipologie di legno meno elastiche**.
- Impiego di **travi possibilmente di dimensioni superiori alla norma**, ad esempio, 14 x 16 cm, e eliminare condizioni che possano incrementare fenomeni vibrazionali.
- Combinare **sopra all'assito materiali isolanti aventi densità differenti**. Lo spessore di ciascun isolante dovrà essere suddiviso in frazioni allo scopo di essere posati intrecciati.
- Quando possibile **separare i laterizi (coppi e tegole) dalla struttura sottostante usando materiali elastici**, come ad esempio, mediante l'impiego di membrane bituminose impermeabili, combinati a tavolati, ad esempio di OSB/3 che fungono da strato separatore fra gli strati superiori e il pacchetto massivo sottostante.

Esempi progettuali

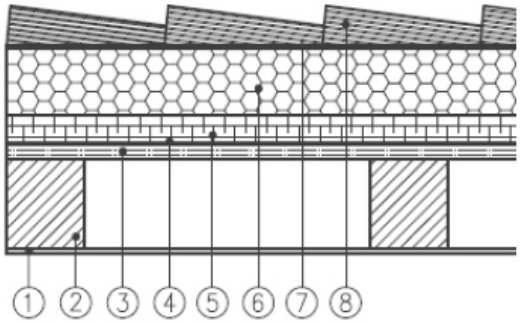


$R_w = 35$

Copertura leggera di legno costituita da:

1. Strato resiliente di Polietilene espanso a celle chiuso, spessore nominale 10 mm, densità 30 kg/m³, posto lungo il perimetro per appoggio e desodalizzazione della struttura sotto descritta
2. n. 6 traversi in legno massello di abete, posti ad interasse costante pari a circa 60 cm, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 140 × 160 mm;
3. assito realizzato mediante l'accostamento di perline in legno d'abete, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 140 × 25 mm, munite di bordi sagomati per l'incastro del tipo maschio/femmina;
4. strato di barriera al vapore realizzato mediante la posa di telo freno al vapore, avente le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 1500 mm;
   - lunghezza nominale = 50000 mm;
   - spessore nominale = 0.5 mm;
   - massa superficiale nominale = 0.140 kg/m²;
5. strato di materiale isolante fonoassorbente, spessore nominale totale 9 mm, realizzato mediante la sovrapposizione di n.3 strati di rotoli di materassini di gomma, aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 1000 mm;
   - lunghezza nominale = 20000 mm;
   - spessore nominale = 3 mm;
   - densità nominale = 950 kg/m³;
6. strato di materiale isolante, spessore nominale 120 mm, realizzato mediante la posa di pannelli sandwich, sigillati mediante nastro di alluminio/butile, costituiti da un componente isolante in schiuma polyiso espansa, senza l'impiego di CFC o HCFC, rivestito su entrambe le facce con alluminio di spessore 40 µm, denominati "STIFERITE Ai4", aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 600 mm;
   - lunghezza nominale = 1200 mm;
   - spessore nominale = 120 mm;
   - densità nominale = 40 kg/m³;
7. doppio strato di listelli in legno massello d'abete, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 40 × 60 mm;
8. strato di finitura realizzato mediante la posa di tegole avente le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 240 mm;
   - lunghezza nominale = 400 mm;
   - massa superficiale nominale = 39 kg/m²

Esempi progettuali

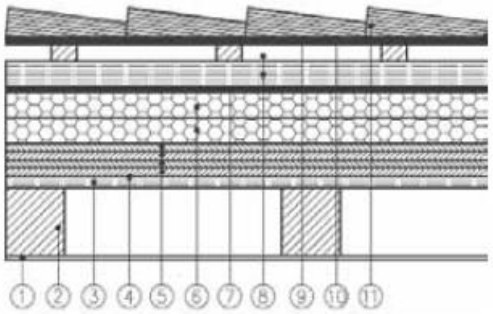


$R_w = 40$

Copertura leggera di legno costituita da:

1. Strato resiliente di Polietilene espanso a celle chiuso, spessore nominale 10 mm, densità 30 kg/m³, posto lungo il perimetro per appoggio e desodalizzazione della struttura sotto descritta
2. n. 6 traversi in legno massello di abete, posti ad interasse costante pari a circa 60 cm, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 140 × 160 mm;
3. assito realizzato mediante l'accostamento di perline in legno d'abete, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 140 × 25 mm, munite di bordi sagomati per l'incastro del tipo maschio/femmina;
4. strato di barriera al vapore realizzato mediante la posa di membrana bituminosa biadesiva flessibile con strato di alluminio, avente le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 1000 mm;
   - lunghezza nominale = 7500 mm;
   - spessore nominale = 3 mm;
   - massa superficiale nominale = 2 kg/m²;
5. primo strato di materiale isolante, spessore nominale 50 mm, realizzato mediante la posa di pannelli in fibra di legno legati con cemento, aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 500 mm;
   - lunghezza nominale = 2000 mm;
   - spessore nominale = 50 mm;
   - densità nominale = 390 kg/m³;
6. secondo strato di materiale isolante, spessore nominale 120 mm, realizzato mediante la posa di pannelli sandwich costituiti da un componente isolante in schiuma polyiso espansa, senza l'impiego di CFC o HCFC, rivestito sulla faccia superiore con velo vetro bitumato accoppiato a PPE denominati "STIFERITE CLASS B" aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 600 mm;
   - lunghezza nominale = 1200 mm;
   - spessore nominale = 120 mm;
   - densità nominale = 44 kg/m³;
7. strato di impermeabilizzazione realizzato mediante l'accostamento di membrana bituminosa ardesiata grigia flessibile avente le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 1000 mm;
   - lunghezza nominale = 3000 mm;
   - spessore nominale = 4 mm;
   - massa superficiale nominale = 5,5 kg/m²;
   - i rotoli presentano una fascia non ardesiata per la sovrapposizione di larghezza nominale 80 mm;
8. strato di finitura realizzato mediante la posa di coppi avente le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 150 mm;
   - lunghezza nominale = 450 mm;
   - massa superficiale nominale = 56 kg/m²;
   - luce tra la listellatura 60 x 40 mm

Esempi progettuali

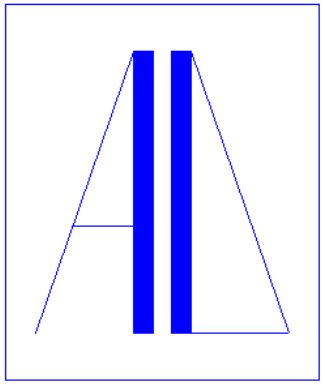


$R_w = 47$

Copertura leggera di legno costituita da:

1. Strato resiliente di Polietilene espanso a celle chiuso, spessore nominale 10 mm, densità 30 kg/m³, posto lungo il perimetro per appoggio e desodalizzazione della struttura sotto descritta
2. n. 6 traversi in legno massello di abete, posti ad interasse costante pari a circa 60 cm, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 140 × 160 mm;
3. assito realizzato mediante l'accostamento di perline in legno d'abete, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 140 × 25 mm, munite di bordi sagomati per l'incastro del tipo maschio/femmina;
4. strato di barriera al vapore realizzato mediante la posa di telo freno al vapore, avente le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 1500 mm;
   - lunghezza nominale = 50000 mm;
   - spessore nominale = 0.5 mm;
   - massa superficiale nominale = 0.140 kg/m²;
5. primo strato di materiale isolante, spessore nominale totale 80 mm, realizzato mediante la sovrapposizione di n.4 strati di pannelli in perlite espansa, aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 600 mm;
   - lunghezza nominale = 1200 mm;
   - spessore nominale = 20 mm;
   - densità nominale = 180 kg/m³;
6. secondo strato di materiale isolante, spessore nominale 120 mm, realizzato mediante la sovrapposizione di n.2 strati di pannelli sandwich costituiti da un componente isolante in schiuma polyiso espansa, senza l'impiego di CFC o HCFC, rivestito su entrambe le facce con rivestimento impermeabile Duotwin®, denominati "STIFERITE GT", aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 600 mm;
   - lunghezza nominale = 1200 mm;
   - spessore nominale = 60 mm;
   - densità nominale = 36 kg/m³;
7. strato di pannelli a scaglie di legno orientate OSB/3 (oriented strand board), aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 1220 mm;
   - lunghezza nominale = 2440 mm;
   - spessore nominale = 15 mm;
   - massa superficiale nominale = 11,4 kg/m²
8. doppio strato di listelli in legno massello d'abete, densità nominale 450 kg/m³ e sezione nominale d'ingombro 40 × 60 mm;
9. strato di chiusura dell'intercapedine d'aria realizzato mediante pannelli a scaglie di legno orientate OSB/3 (oriented strand board), aventi le seguenti caratteristiche fisiche:
   - larghezza nominale = 1220 mm;
   - lunghezza nominale = 2440 mm;
   - spessore nominale = 15 mm;
   - massa superficiale nominale = 11,4 kg/m²
10. strato di impermeabilizzazione realizzato mediante l'accostamento di membrana bituminosa ardesiata grigia flessibile avente le seguenti caratteristiche fisiche:
    - larghezza nominale = 1000 mm;
    - lunghezza nominale = 3000 mm;
    - spessore nominale = 4 mm;
    - massa superficiale nominale = 5,5 kg/m²;
    - i rotoli presentano una fascia non ardesiata per la sovrapposizione di larghezza nominale 80 mm;
11. strato di finitura realizzato mediante la posa di tegole avente le seguenti caratteristiche fisiche:
    - larghezza nominale = 240 mm;
    - lunghezza nominale = 400 mm;
    - massa superficiale nominale = 39 kg/m²

Per informazioni



Ing. Andrea Dorigato, PhD
Residenza: Via per Telve 56/5 38051 Borgo Valsugana (TN)

E-mail : andrea.dorigato@gmail.com
Cell. 3495640860
Pagina Web : https://me.unitn.it/andrea-dorigato

BMI ACADEMY
La scuola del fare

PUNTI CRITICI NELLE COPERTURE A FALDA

Corso di formazione per i progettisti
Codice Seminario : P1

Ing. Andrea Dorigato, PhD

Borgonato di Corte Franca (BS), 13/11/2019