

**arch. Andrea BOZ**

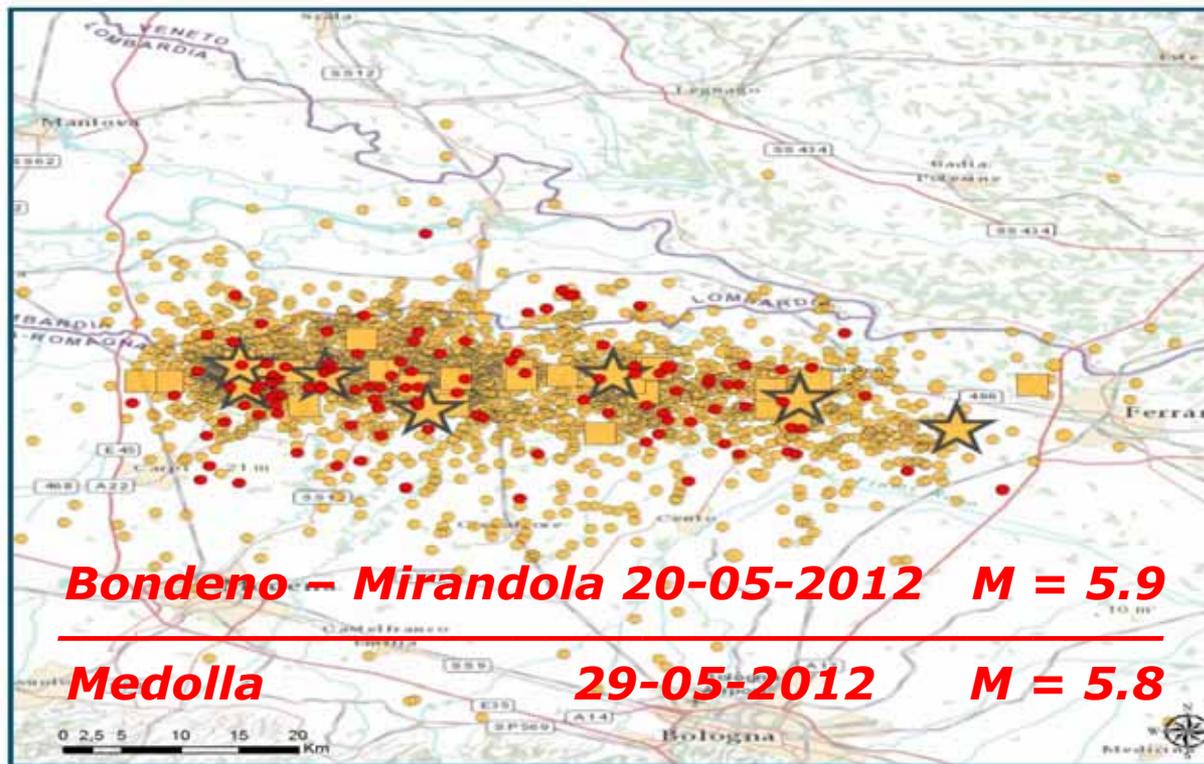


Via Nazionale, n°44  
33026 - Paluzza (Ud)  
Tel. 0433890282

www.arkboz.com  
andrea@4ad.it



## PRINCIPALI CAUSE DI COLLASSO DELLE STRUTTURE



Istituto Nazionale di  
Geofisica e Vulcanologia

SEQUENZA SISMICA  
aggiornata al 27 giugno  
ore 14.00

EVENTI ULTIMI 7 giorni  
magnitudo ML

- Minore di 3.0
- Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
- Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
- ★ Maggiore uguale di 5.0

EVENTI dal 19 maggio

- magnitudo ML
- Minore di 3.0
  - Maggiore uguale di 3.0 e minore di 4.0
  - Maggiore uguale di 4.0 e minore di 5.0
  - ★ Maggiore uguale di 5.0

1) Cattiva esecuzione

2) Scarsa duttilità

3) Peso elevato

## SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI



Effetti distruttivi sollecitazioni sismiche



12/01/2010 Terremoto di Haiti 7,3 Mj – 250/300.000 vittime Vs 17/01/1995 Terremoto di Kobe 7,0 Mj – 6434 vittime

## SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI



Collassi totale con schiacciamento dall'alto



## SOLLECITAZIONI ECCEZIONALI DESTABILIZZANTI



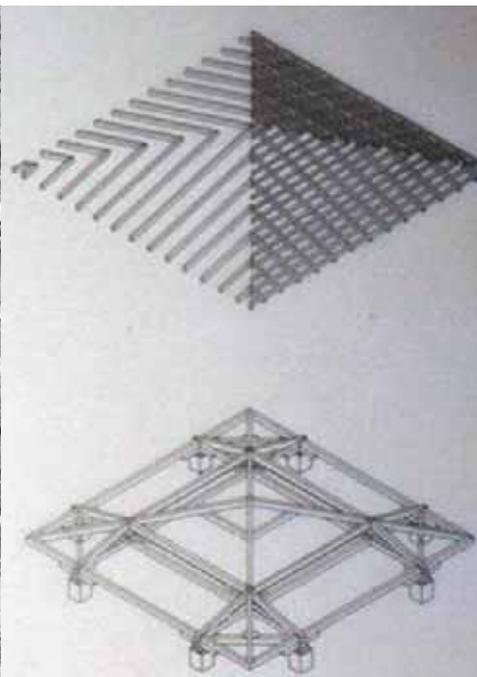
Collassi dovuti a coperture pesanti



2016 Terremoto in centro Italia – Immagini varie

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Arch. Gino VALLE – Casa Quaglia: “La nuvola” – Sutrio 1954 – Copertura in legno 150 mq



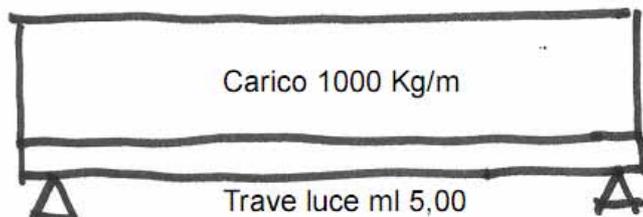
Struttura tetto in legno 30 kg/mq Vs Laterocemento 250 kg/mq

*Peso proprio permanente strutturale: 4500 kg Vs 37500 kg*

***Soluzione lignea: - 33 TONELLATE in copertura !!!***

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

Raffronto prestazionale esemplificativo per elemento strutturale

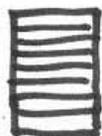


Leggero 500-600 Kg/mc

Basse forze inerziali

Tetto in legno = 70 Kg/mq

Tetto in laterocemento = 250 Kg/mq



Legno lamellare 1cat

Peso 600 Kg/mc

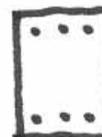
Sez. 200x350 peso 42 Kg/m = 210



Acciaio HEA Fe 360

Peso 7800 Kg/mc

Sez. 180x171 peso 36 Kg/m = 180



Cemento armato 3+3  $\varnothing$ 16

Peso 2500 Kg/mc

Sez. 250x300 peso 188 Kg/m = 940

Alto rapporto resistenza/peso

PROPRIETA'	LEGNO	ACCIAIO	CALCES TRUZZO
Tensione ammissibile $\sigma_{adm}$ [MPa]	10	160	10
Peso specifico $\gamma_m$ [daN/m <sup>3</sup> ]	600	7850	2400
Rapporto $\gamma_m/\sigma_{adm}$	60	50	240

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

D.M. del 14.01.2008

Stati limite;

Azioni sulle costruzioni;

Costruzioni civili ed industriali

–

Costruzioni di legno;

Progettazioni per azioni sismiche

–

Requisiti nei confronti degli stati limite;  
Criteri generali di progettazione e modellazione;  
Costruzioni di legno;

Allegati;

- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27);
- Eurocodice 1 – Basi di calcolo ed azioni sulle strutture;
- Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio;
- Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno  
Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
- 1. Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture;

## **PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO**

Classificazione a vista/meccanica legname secondo le resistenze caratteristiche a flessione

<b>Classe d'appartenenza in base alla DIN 4074</b>	<b>Classe di resistenza secondo la EN338</b>
<b>S7, MS7</b>	<b>C16</b>
<b>S10, MS10</b>	<b>C24</b>
<b>S13</b>	<b>C30</b>
<b>MS13</b>	<b>C35</b>
<b>MS17</b>	<b>C40</b>

<b>Classe d'appartenenza delle lamelle secondo la DIN 4074</b>	<b>Classe di resistenza del lamellare secondo le DIN</b>	<b>Classe d'appartenenza del lamellare secondo la EN 386</b>
<b>S10-MS10</b>	<b>BS11</b>	<b>GL24</b>
<b>S13</b>	<b>BS14</b>	<b>GL28</b>
<b>MS13</b>	<b>BS16</b>	<b>GL32</b>
<b>MS17</b>	<b>BS18</b>	<b>GL36</b>

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### Categorie strutturali e resistenze caratteristiche legno massiccio

<b>LEGNO MASSICCIO</b>						
Pioppo, Abete rosso, abete bianco, pino, larice, Douglasia						
		<b>C16</b>	<b>C24</b>	<b>C30</b>	<b>C35</b>	<b>C40</b>
Proprietà di resistenza in N/mm <sup>2</sup>						
Flessione	fm,k	16	24	30	35	40
Trazione // alle fibre	ft,0,k	10	14	18	21	24
Trazione per ⊥ alle fibre	ft,90,k	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
Compressione // alle fibre	Fc,0,k	17	21	23	25	26
Compressione ⊥ alle fibre	Fc,90,k	4,6	5,3	5,7	6,0	6,3
Taglio	Fv,k	1,8	2,5	3,0	3,4	3,8
Proprietà di rigidezza in KN/mm <sup>2</sup>						
Modulo di elasticità medio // alle fibre	E0,mean	8	11	12	13	14
Modulo di elasticità // alle fibre	E0,05	5,4	7,4	8,0	8,7	9,4
Modulo di elasticità ⊥ alle fibre	E90,mean	0,27	0,37	0,40	0,43	0,47
Modulo di taglio medio	Gmean	0,50	0,69	0,75	0,81	0,88
Massa volumica in Kg/m <sup>3</sup>						
Massa volumica	pk	310	350	380	400	420
Massa volumica media	pmean	370	420	460	480	500

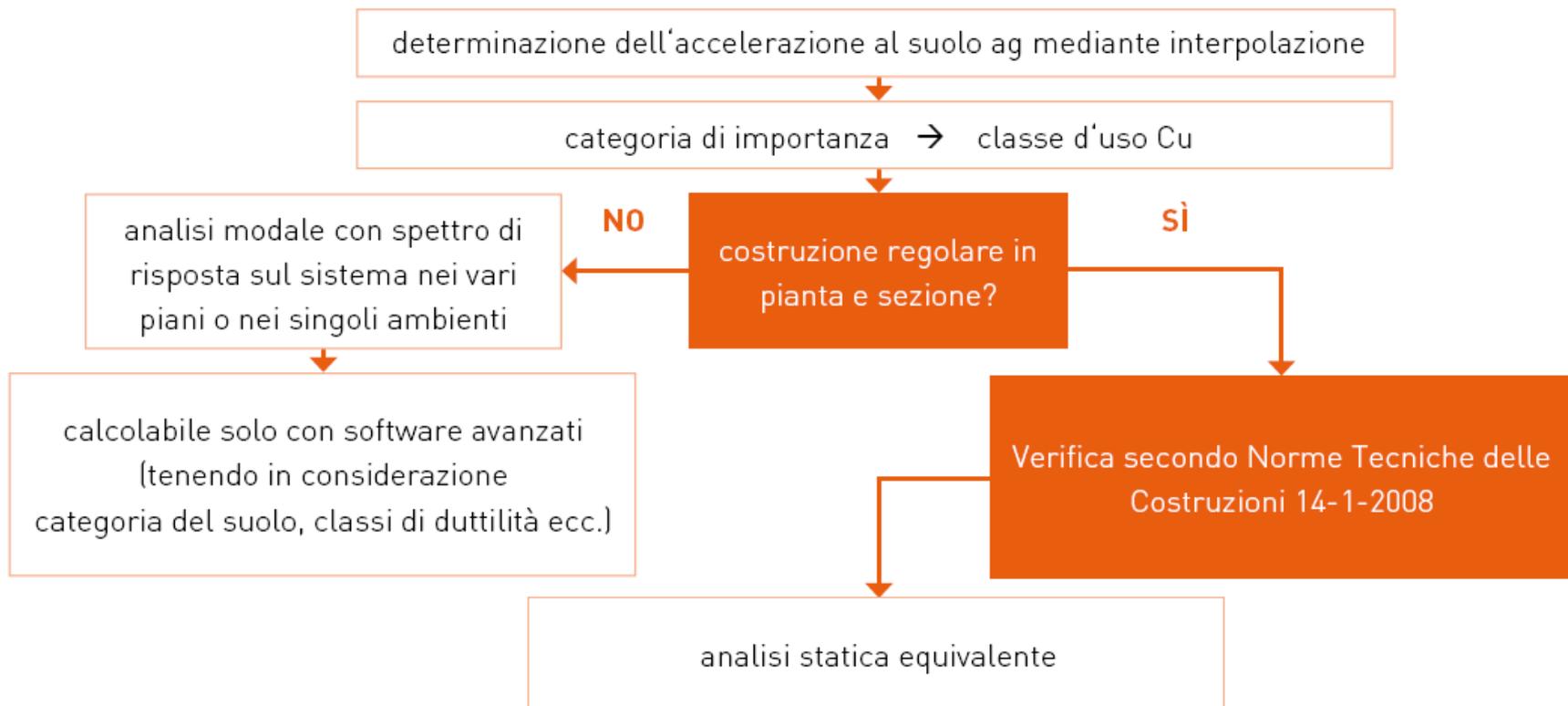
## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### Categorie strutturali e resistenze caratteristiche legno lamellare

<b>LEGNO LAMELLARE</b>						
		<b>GL24</b>	<b>GL28</b>	<b>GL32</b>	<b>GL36</b>	
Proprietà di resistenza in N/mm <sup>2</sup>						
Flessione	fm,g,k	24	28	32	36	
Trazione // alle fibre	ft,0,g,k	16,5	19,5	22,5	26	
Trazione per ⊥ alle fibre	ft,90,g,k	0,40	0,45	0,50	0,60	
Compressione // alle fibre	Fc,0,g,k	24	26,5	29	31	
Compressione ⊥ alle fibre	Fc,90,g,k	2,7	3,0	3,3	3,6	
Taglio	Fv,g,k	2,7	3,2	3,8	4,3	
Proprietà di rigidezza in N/mm <sup>2</sup>						
Modulo di elasticità medio // alle fibre	E0,g,mean	11600	12600	13700	14700	
Modulo di elasticità // alle fibre	E0,g,05	9400	10200	11100	11900	
Modulo di elasticità ⊥ alle fibre	E90,g,mean	390	420	460	490	
Modulo di taglio medio	G,g,mean	720	780	850	910	
Massa volumica in Kg/m <sup>3</sup>						
Massa volumica	Pg,k	380	410	430	450	

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

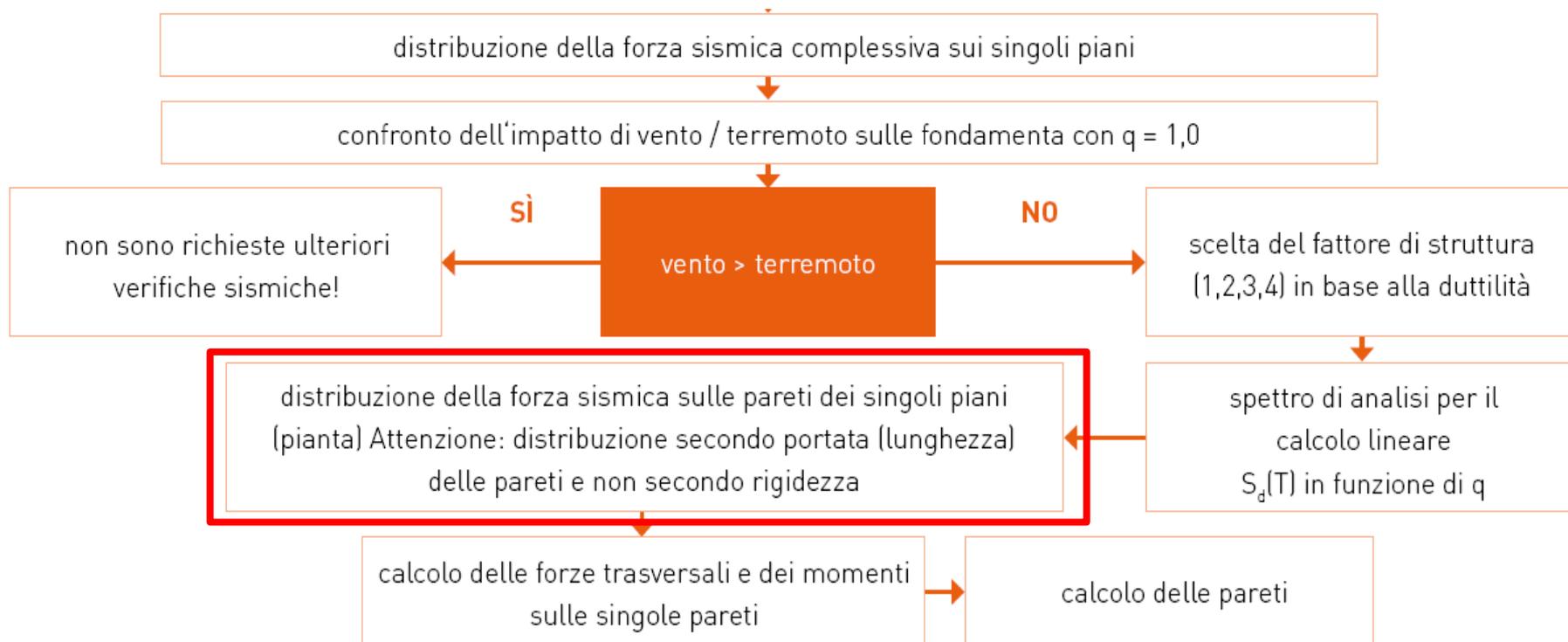
### ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA



Tratto da: Costruzioni in legno antisismiche con le lastre in gesso fibra – *Fermacell 2014*

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA



## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### ITER DI PROGETTAZIONE SISMICA

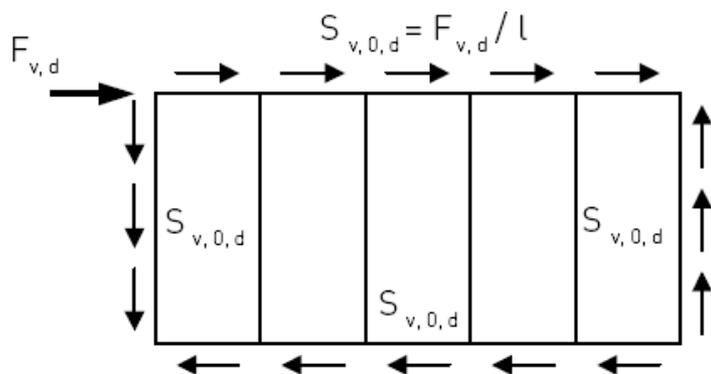
#### Distribuzione sulle singole pareti

Distribuzione pro quota dei carichi orizzontali sulle singole pareti in pianta secondo la portata (lunghezza) e non secondo la rigidezza.

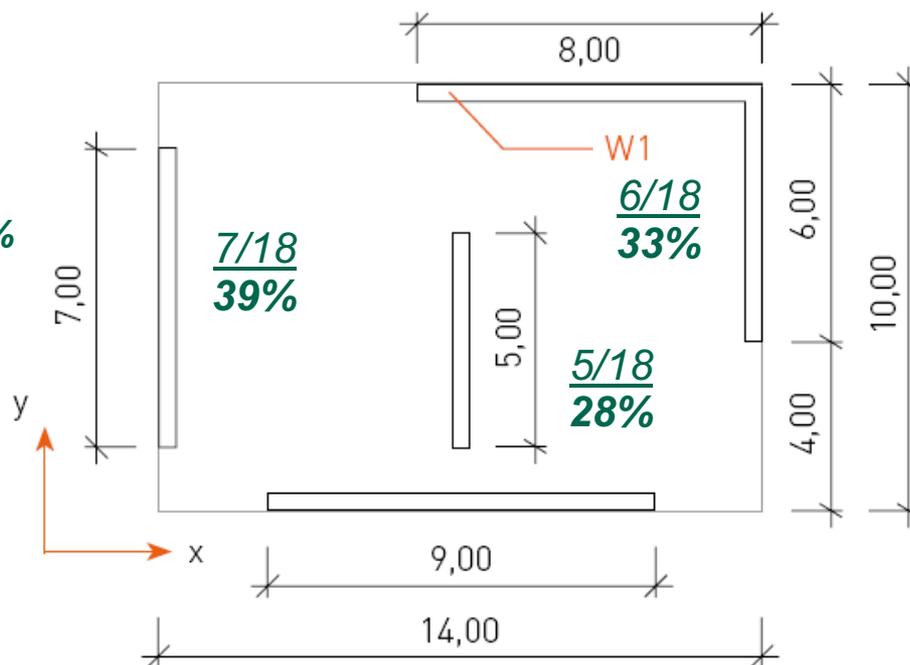
#### “Rapporto” tra rigidezze direzione Y:

$$(5^2+6^2+7^2)=110 - 5^2/110=23\% \quad 6^2/110=33\% \quad 7^2/110=44\%$$

#### Schema di principio: flusso di taglio



#### Pianta (tutti i piani)



Tratto da: Costruzioni in legno antisismiche con le lastre in gesso fibra – *Fermacell* 2014

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### FATTORE DI STRUTTURA

Azione sismica  tipologia di struttura

$$q = q_0 \cdot K_R \quad (7.3.1)$$

Duttilità



dissipazione  
di energia

$q_0$  è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto  $\alpha_u/\alpha_1$  tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

$K_R$  è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### FATTORE DI STRUTTURA COSTRUZIONI IN CA – $Max q_0=5,8$

Tabella 7.4.I – Valori di  $q_0$

Tipologia	$q_0$	
	CD" B "	CD" A "
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \alpha_w / \alpha_1$	$4,5 \alpha_w / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_w / \alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di  $\alpha_w / \alpha_1$ :

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai

- strutture a telaio di un piano  $\alpha_w / \alpha_1 = 1,1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata  $\alpha_w / \alpha_1 = 1,2$
- strutture a telaio con più piani e più campate  $\alpha_w / \alpha_1 = 1,3$

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti

- strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale  $\alpha_w / \alpha_1 = 1,0$
- altre strutture a pareti non accoppiate  $\alpha_w / \alpha_1 = 1,1$
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti  $\alpha_w / \alpha_1 = 1,2$

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### FATTORE DI STRUTTURA COSTRUZIONI IN ACCIAIO – $Max q_0=6,5$

Tabella 7.5.II – Limiti superiori dei valori di  $q_0$  per le diverse tipologie strutturali e le diverse classi di duttilità.

TIPOLOGIA STRUTTURALE	$q_0$	
	CD “B”	CD “A”
a) Strutture intelaiate	4	$5\alpha_u/\alpha_1$
c) Strutture con controventi eccentrici		
b1) Controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4	4
b2) Controventi concentrici a V	2	2,5
d) Strutture a mensola o a pendolo inverso	2	$2\alpha_u/\alpha_1$
e) Strutture intelaiate con controventi concentrici	4	$4\alpha_u/\alpha_1$
f) Strutture intelaiate con tamponature in muratura	2	2

Per le strutture regolari in pianta possono essere adottati i seguenti valori di  $\alpha_u/\alpha_1$ :

- edifici a un piano  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,1$
- edifici a telaio a più piani, con una sola campata  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- edifici a telaio con più piani e più campate  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,3$
- edifici con controventi eccentrici a più piani  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,2$
- edifici con strutture a mensola o a pendolo inverso  $\alpha_u/\alpha_1 = 1,0$

## PRINCIPI GENERALI DI PROGETTAZIONE E CALCOLO

### FATTORE DI STRUTTURA COSTRUZIONI IN LEGNO – $Max q_0=5$

Tabella 7.7.I - Tipologie strutturali e fattori di struttura massimi  $q_0$  per le classi di duttilità

Classe		$q_0$	Esempi di strutture
A	Strutture aventi una alta capacità di dissipazione energetica	3,0	Pannelli di parete chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con giunti chiodati
		4,0	Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)
		5,0	Pannelli di parete chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi e bulloni
B	Strutture aventi una bassa capacità di dissipazione energetica	2,0	Pannelli di parete incollati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi e bulloni; strutture reticolari con collegamenti a mezzo di bulloni o spinotti; strutture cosiddette miste, ovvero con intelaiatura (sismo-resistente) in legno e tamponature non portanti Portali isostatici con giunti con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)
		2,5	Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico, spinotti e bulloni (con le precisazioni contenute nei seguenti capoversi del § 7.7.3)

## STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

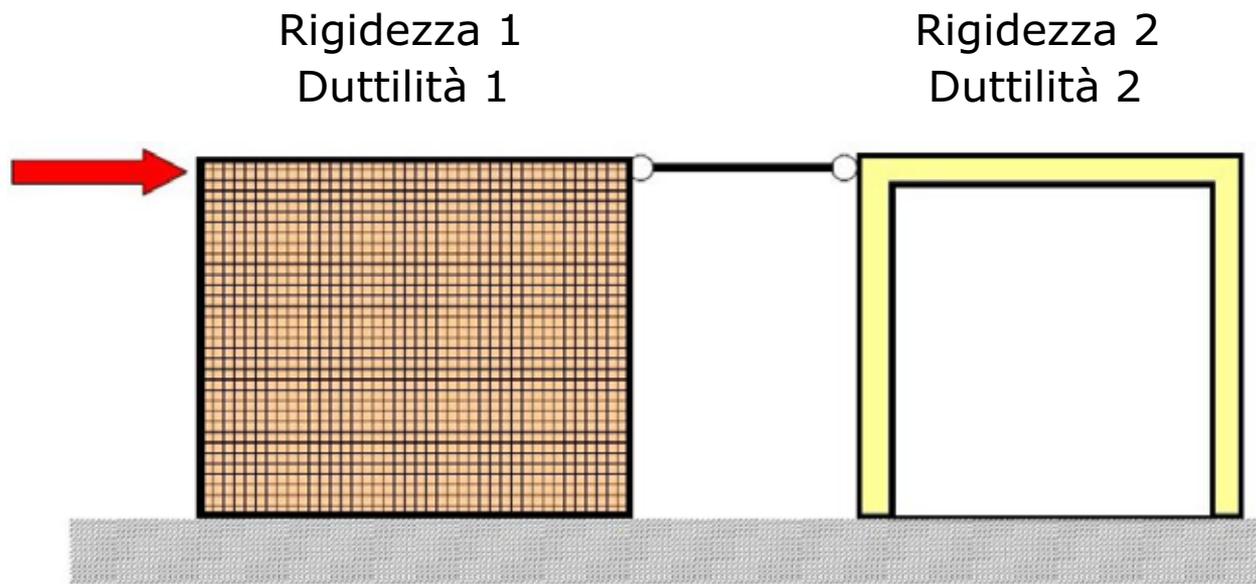


Tipologie miste moderne vs storiche



## STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

**Una struttura si intende mista ai fini sismici quando elementi di diversa natura strutturale lavorano insieme (in parallelo) per trasferire l'azione sismica.**

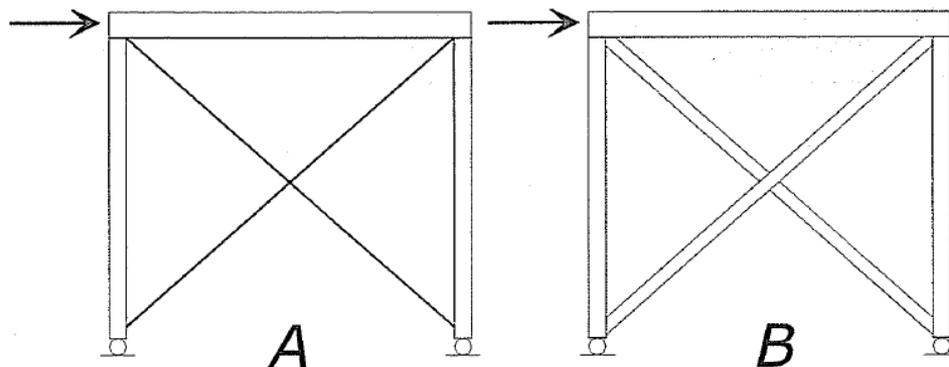


## STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

### Strutture impropriamente considerate miste

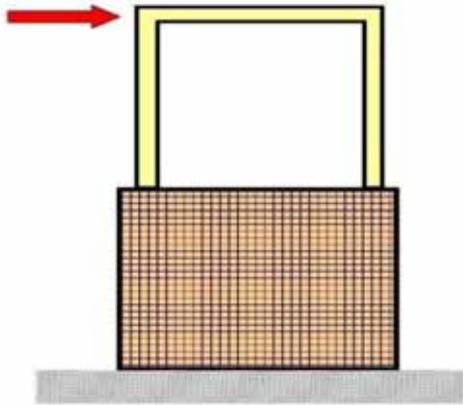
A) Controvento a croce  
in acciaio

B) Controvento a croce  
in legno



## STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

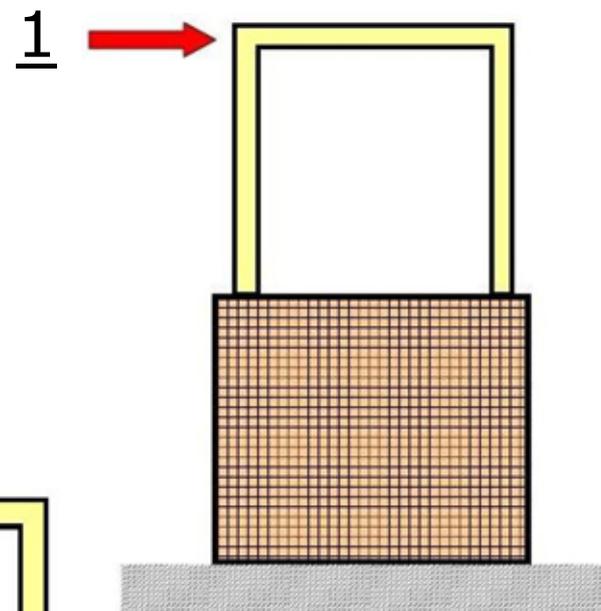
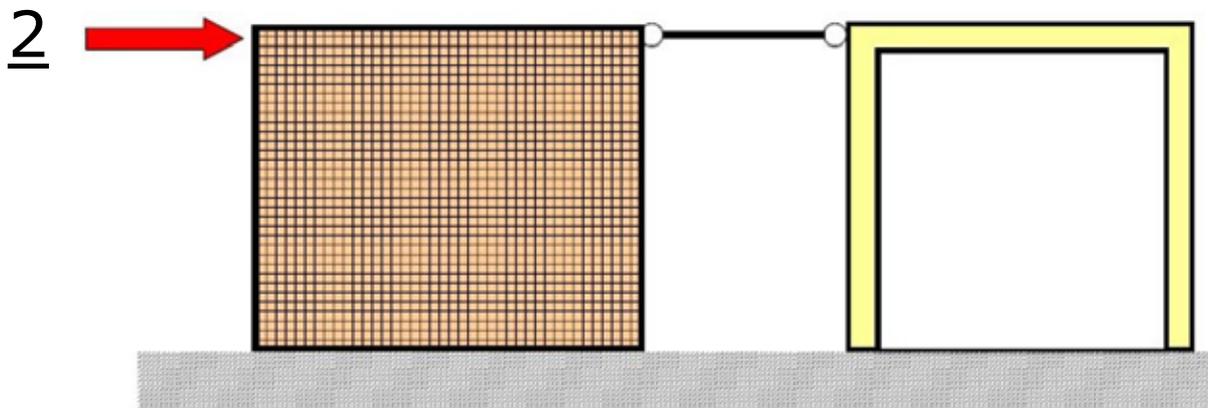
Strutture impropriamente considerate miste



## STRUTTURE MISTE E RELATIVI SCHEMI DI CALCOLO

1) Tra i due possibili fattori viene scelto quello più basso

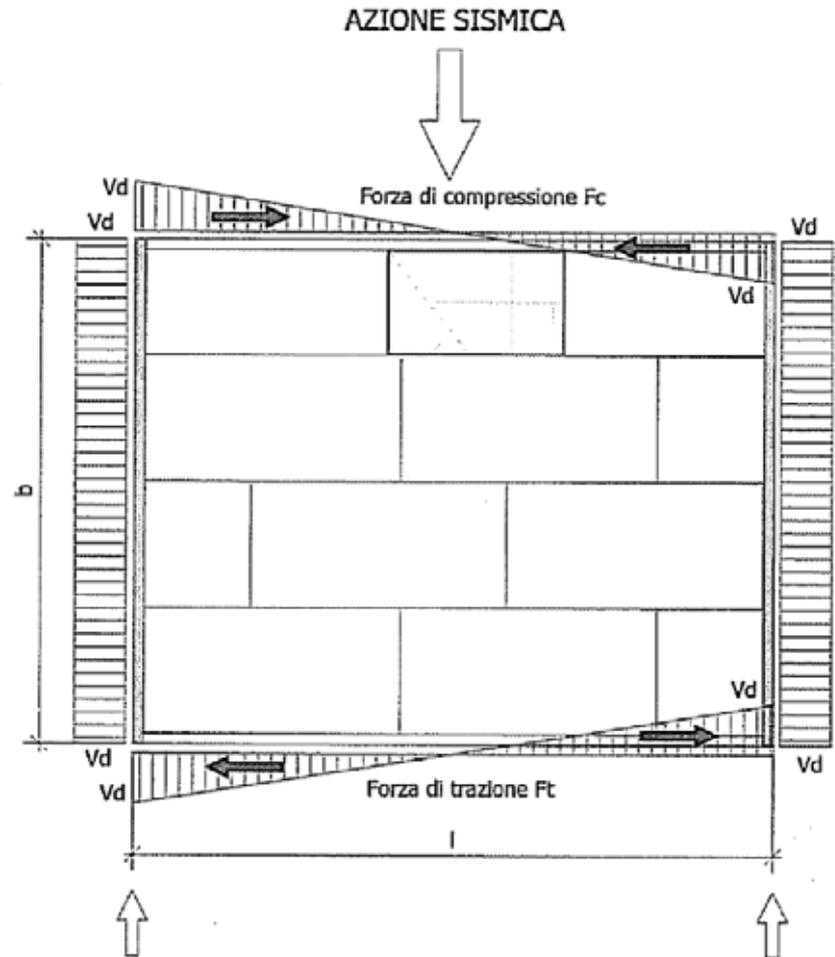
2) Fattore di struttura  $q_0 = 1$



## I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI

### NTC 2008

-§ C7.2.6 ...possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano se, modellandone la deformabilità nel piano, i loro spostamenti orizzontali massimi in condizioni sismiche non superano per più del 10% quelli calcolati con l'assunzione di piano rigido.



## I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI

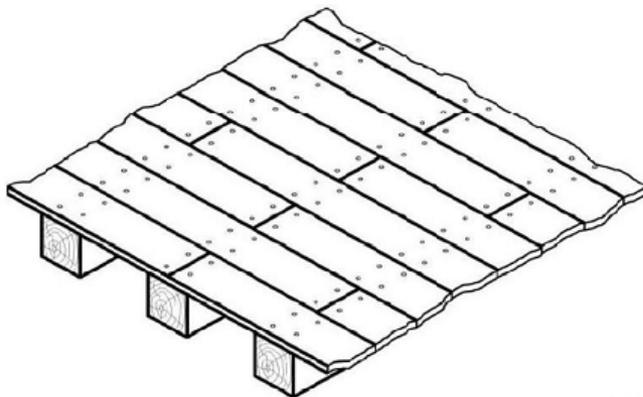
Nel caso di analisi sismiche è necessario determinare la rigidezza nel piano dei solai per calcolare la distribuzione delle forze orizzontali derivanti dal sisma sulle singole pareti.

I due estremi sono rappresentati da:

- solaio infinitamente deformabile →  $F_{\text{orizzontale}} \propto$  all'area di influenza della parete;
- solaio infinitamente rigido →  $F_{\text{orizzontale}} \propto$  alla rigidezza della parete stessa.

### SPERIMENTAZIONE SU SOLAI LIGNEI: RINFORZO E IRRIGIDIMENTO NEL PIANO

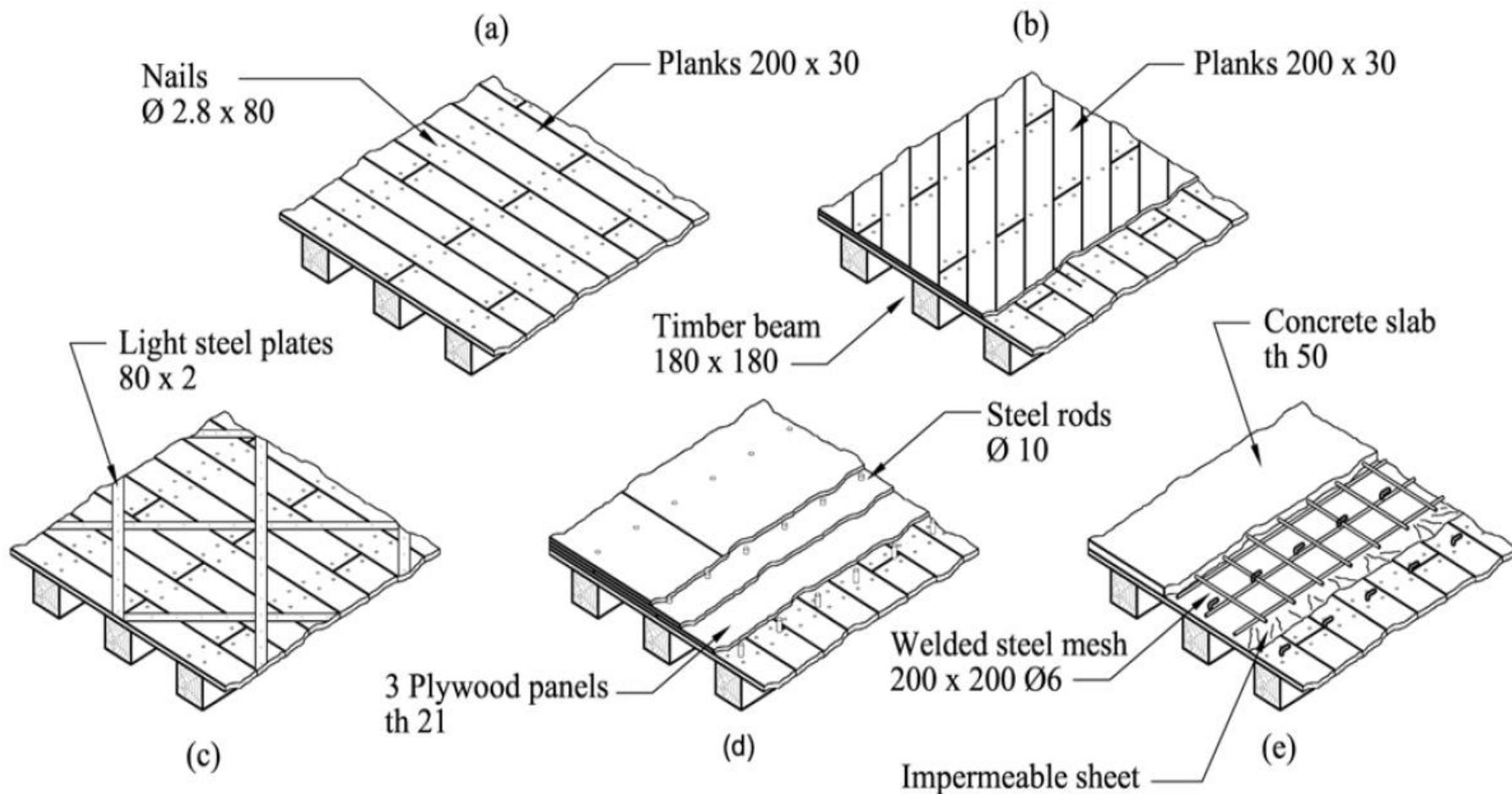
Tipologia di solaio: solaio di riferimento 5 m x 4 m



- Solaio ligneo in semplice appoggio
- Sezione dei travetti 180 x 180 mm, interasse 0,5 m
- Tavole in legno d'abete (200 mm x 30 mm)
- Chiodi  $\Phi 2.8 \times 80$  (interasse 100 mm, 4 ogni intersezione tavola-travetto)
- L'impalcato è composto da un singolo strato di tavole disposte ortogonalmente alla direzione dei travetti

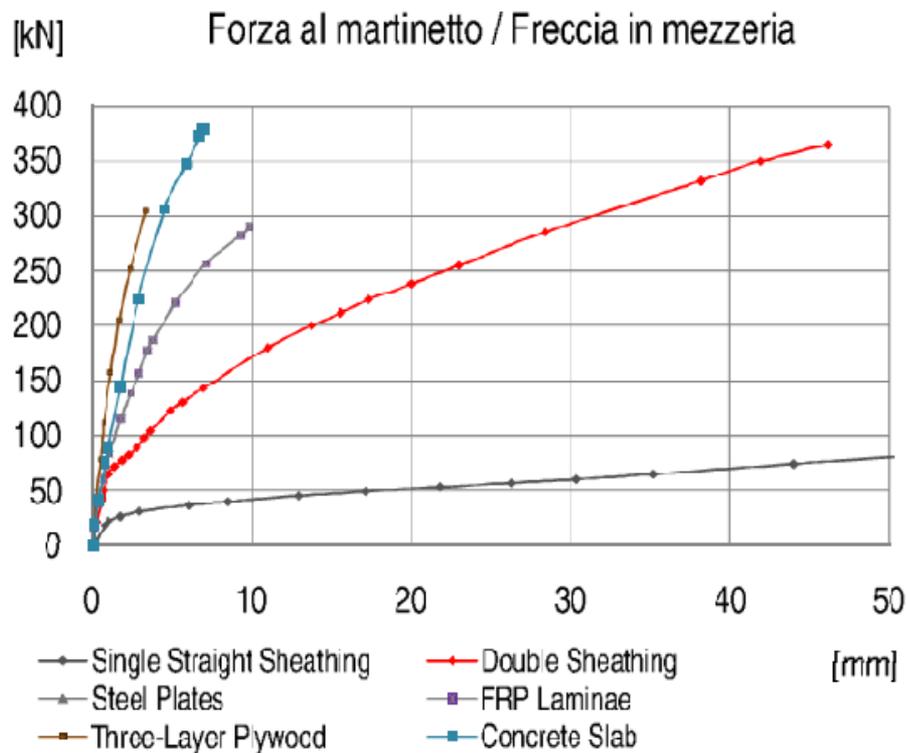
Influenza sulla risposta globale della rigidezza di solai lignei – Ing. Ivan Giongo et al. - ANIDIS Bari 2011

## I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI

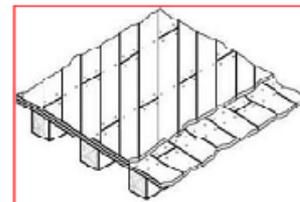


Influenza sulla risposta globale della rigidità di solai lignei – Ing. Ivan Giongo et al. - ANIDIS Bari 2011

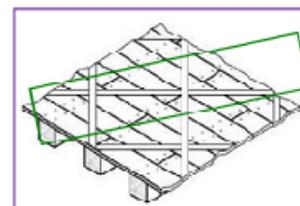
## I SOLAI E LA DISTRIBUZIONE UNIFORME SFORZI ORIZZONTALI



1. Doppio tavolato

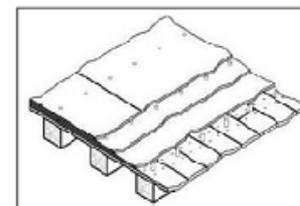


2. Bandelle metalliche

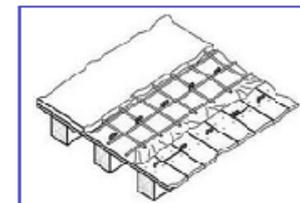


3. CFRP

4. Pannelli compensato

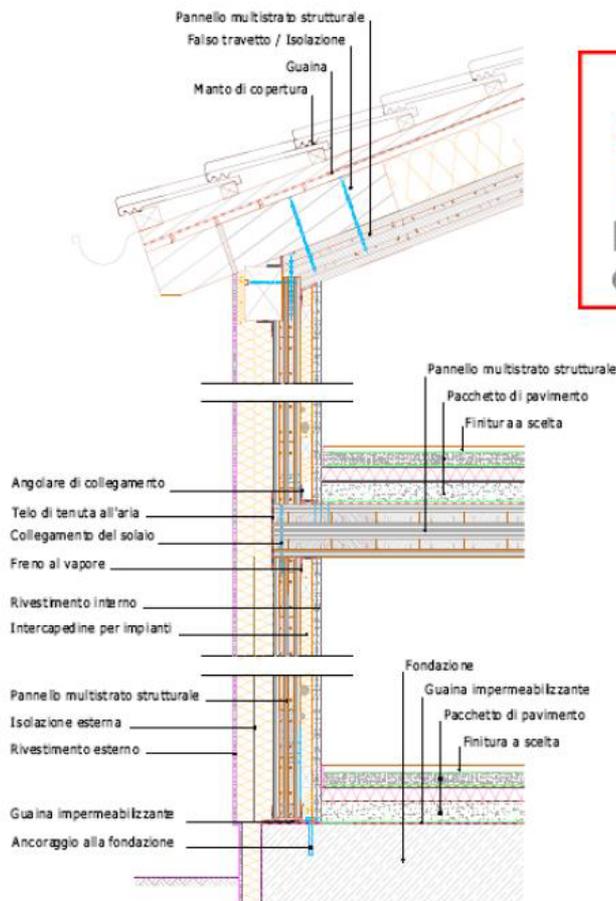


5. Soletta cls

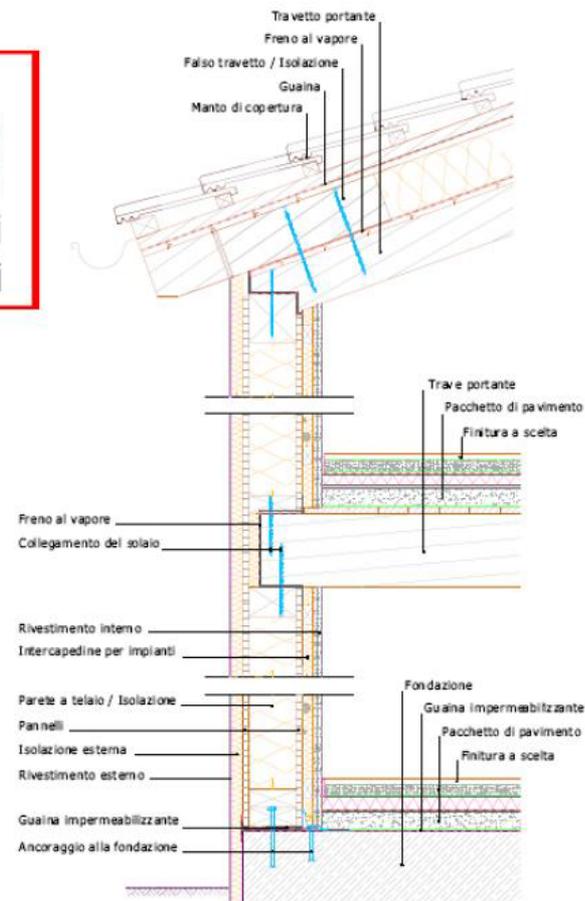


Influenza sulla risposta globale della rigidezza di solai lignei – Ing. Ivan Giongo et al. - ANIDIS Bari 2011

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

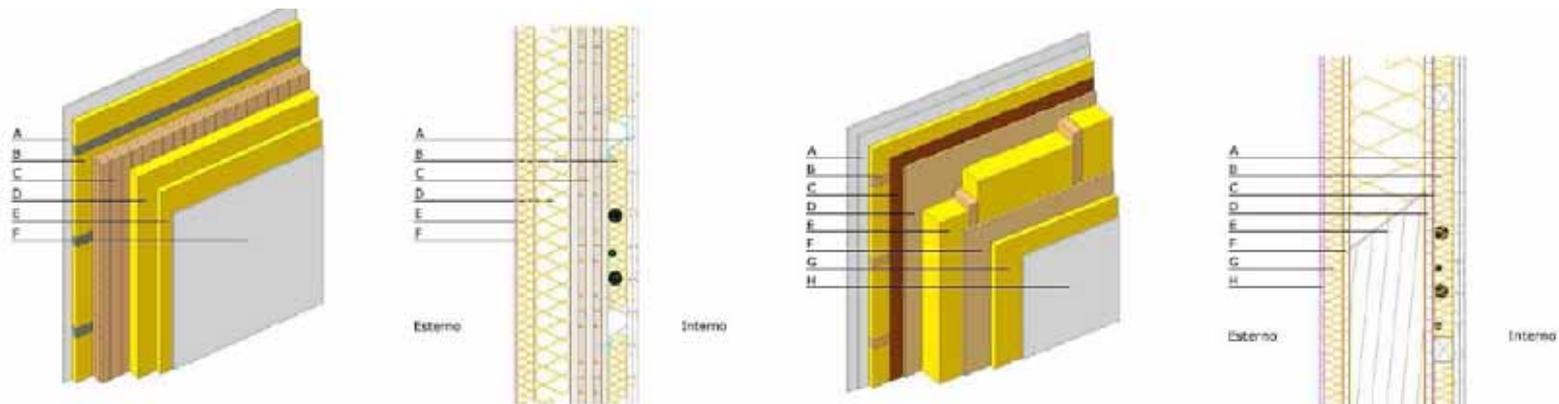


**XLAM**  
**o telaio e**  
**pannelli:**  
prestazioni  
equivalenti



Tratto da: Manuale tecnico – *Consorzio Stile 21*

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



### Stratigrafia

Materiale	Spessore [mm]
A Pannelli di cartongesso + idropittura SOLAS M20	2x12,5
B Interspedine per impianti / CELENIT Vital <sup>1)</sup>	40
C Pannello multistrato strutturale (90-120 mm) <sup>2)</sup>	90
D CELENIT FL/150	90
E CELENIT FL/250 C	40
F Rasatura + idropittura SOLAS Forte M15	5
	280

Trasmittanza: 0,21 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 14 h

Attenuazione: 0,11

Diffusione vapore: 8,1\*10<sup>-5</sup> g/m<sup>2</sup>hPa

Isolamento acustico: 54 dB

Resistenza al fuoco: 90'

Spessore: 280 mm

### Stratigrafia

Materiale	Spessore [mm]
A Pannelli di cartongesso + idropittura SOLAS M20	2x12,5
B Interspedine per impianti / CELENIT Vital	40
C Freno vapore ICOPAL DEX Multi	-
D Pannello OSB	15
E Struttura in legno / isolante	160
F Pannello OSB	15
G CELENIT FL/250 C	40
H Rasatura + idropittura SOLAS Forte M15	5
	300

Trasmittanza: 0,17 W/m<sup>2</sup>K

Sfasamento: 12 h

Attenuazione: 0,13

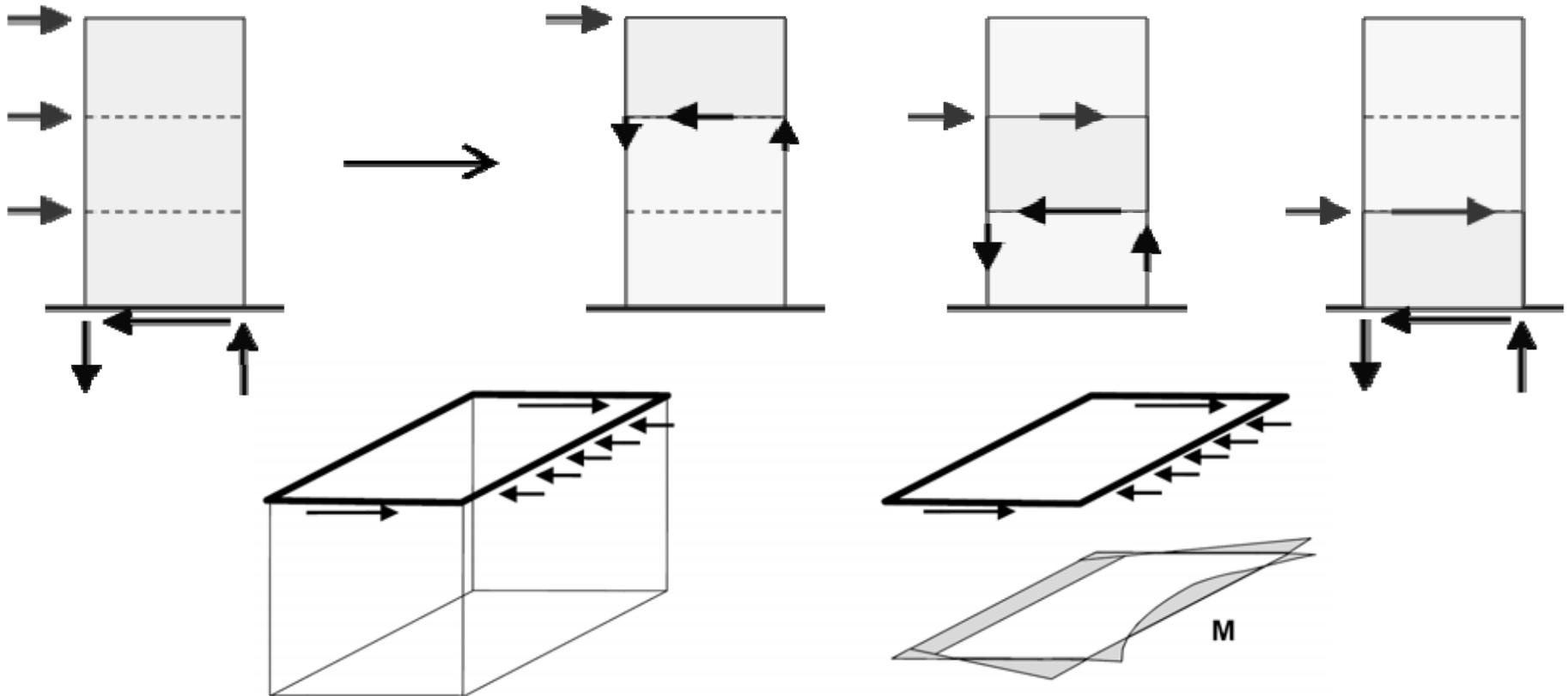
Diffusione vapore: 9,2\*10<sup>-5</sup> g/m<sup>2</sup>hPa

Isolamento acustico: 52 dB

Resistenza al fuoco: 60'

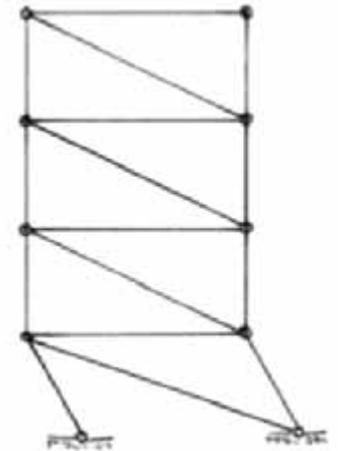
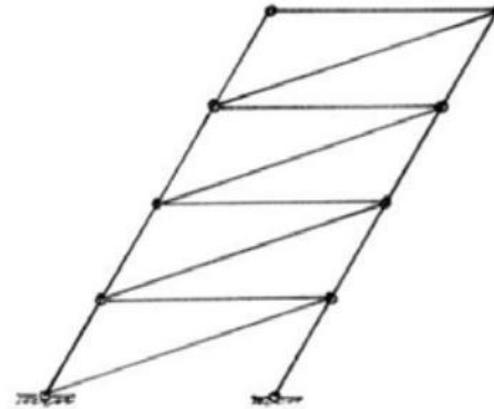
Spessore: 300 mm

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



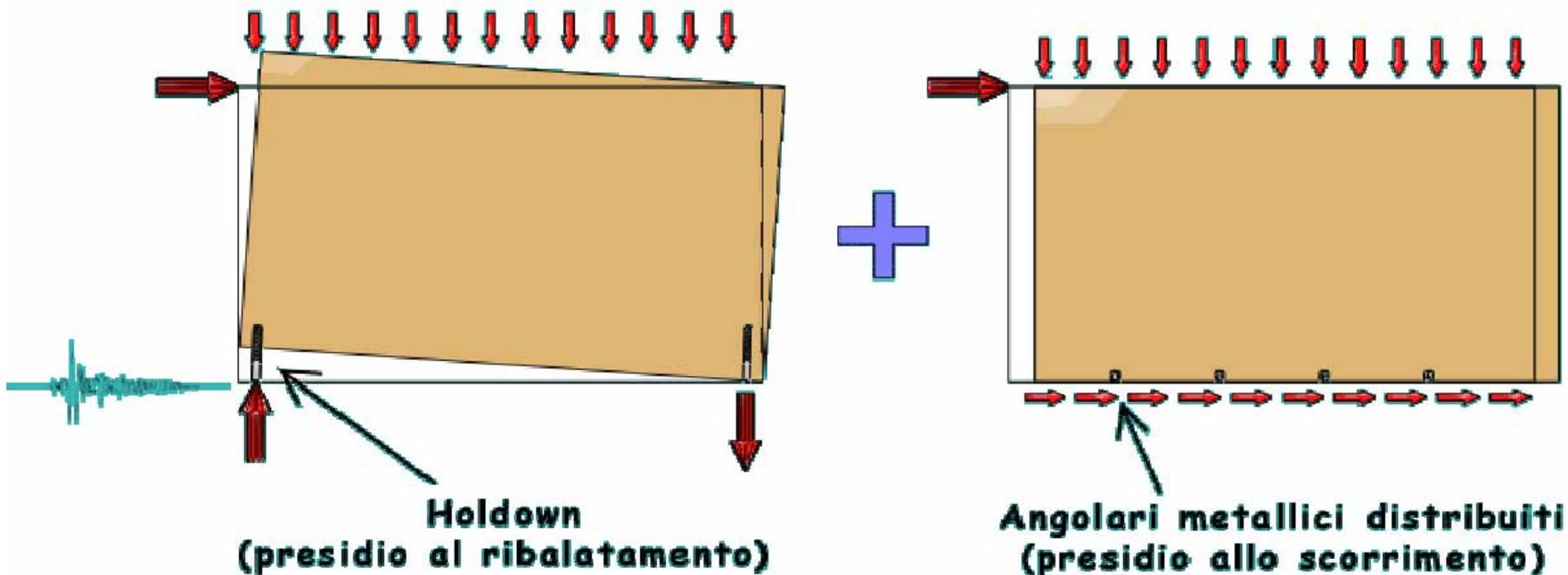
Tratto da: *Aspetti strutturali della copertura e del tetto in un edificio* – ing. *Andrea Bernasconi* - promo legno

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



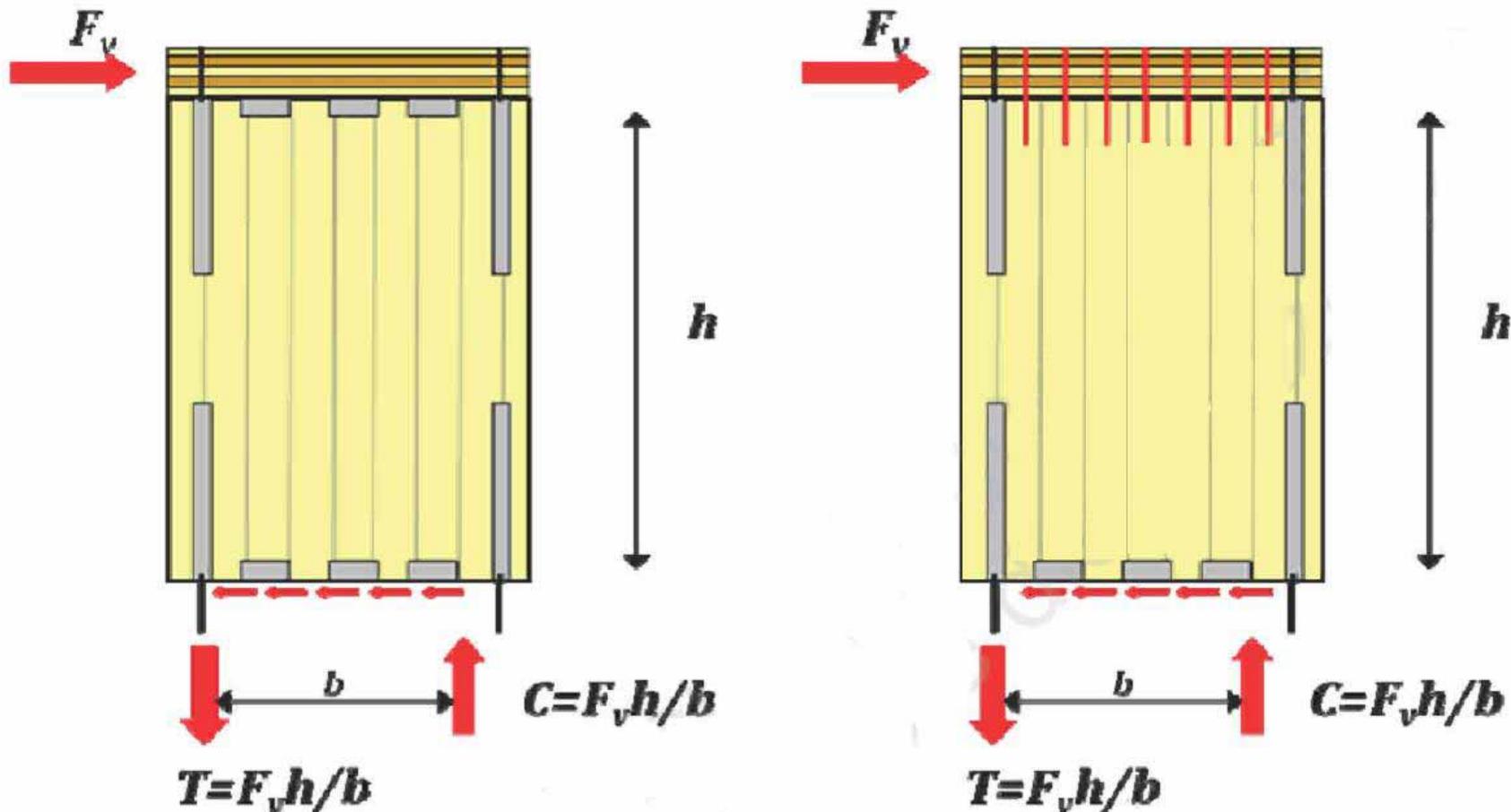
## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Schema funzionale elementi di collegamento principali



Tratto da: Edifici in legno in X-lam: sismica – ing. Maurizio Follesa - promo\_ legno

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO



Tratto da: Edifici in legno in X-lam: connessioni e collegamenti – ing. Roberto Tomasi - promo\_legno

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

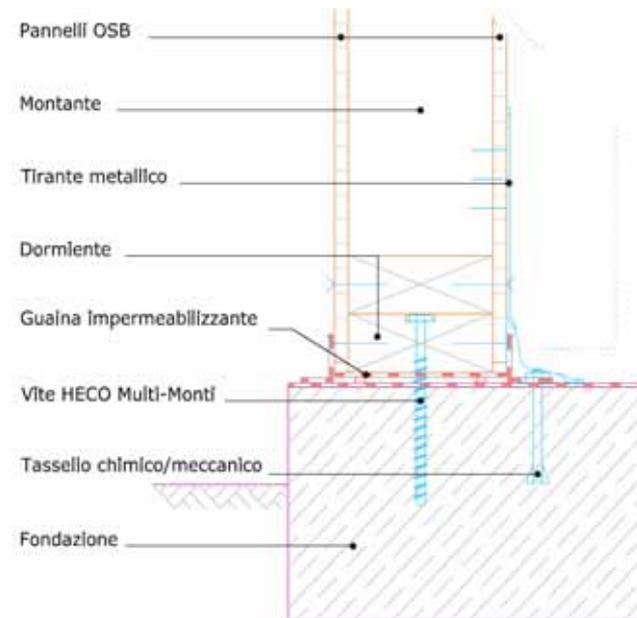
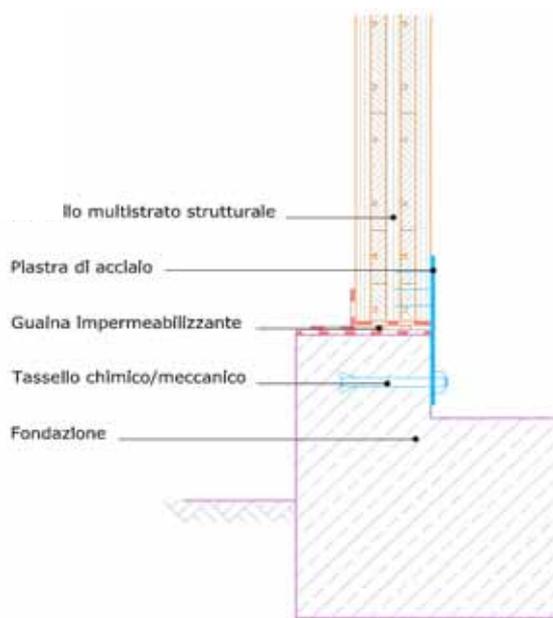
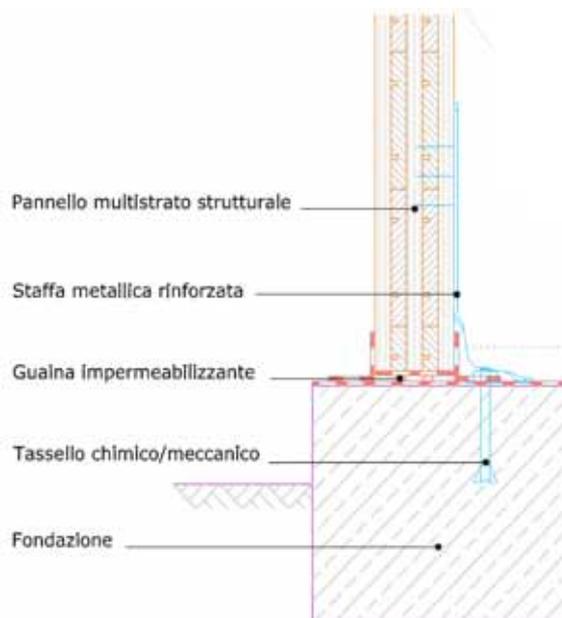


Esempi di ancoraggi tipo per struttura X-lam



## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

### Sistemi di giunzione attacchi a terra



Tratto da: Manuale tecnico – *Consorzio Stile 21*

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Analisi ponte termico nodo collegamento a terra struttura intelaiata con dormiente in legno

	U	L [m]	U*L
Parete	0,1620	2,250	0,3645
Pavimento	0,3610	2,084	0,7451
$\Sigma U*L$			1,1096

Interno	Total Length=	U-factor=	L [m]	L2D
	3645	0,223076	3,645	0,8131

$$\psi + \Sigma U*L = L2D$$

$$\psi = L2D - \Sigma U*L$$

$$\psi = -0,2965$$

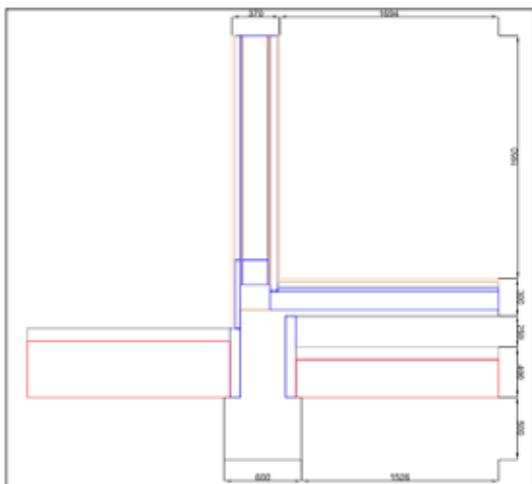


Diagramma isoterme

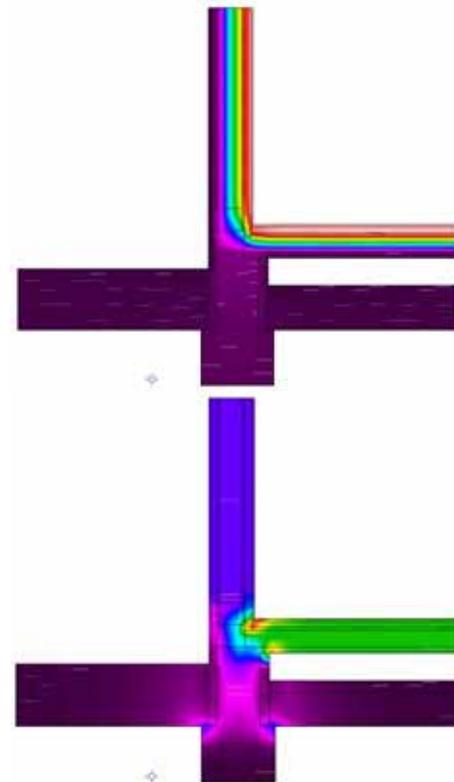


Diagramma flussi di calore

Analisi caso studio - Abitazione unifamiliare – Località Cormòns (Gorizia) – Diagnosi energetica arch. Andrea Boz

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

Analisi ponte termico nodo collegamento a terra struttura intelaiata con dente in calcestruzzo

	U	L [m]	U*L
Parete	0,1620	2,250	0,3645
Pavimento	0,3610	2,064	0,7451
$\Sigma U*L$			1,1096

	Total Length=	U-factor=	L [m]	L2D
Interno	3645	0,230737	3,645	0,8410

$$\psi + \Sigma U * L = L2D$$

$$\psi = L2D - \Sigma U * L$$

$$\psi = -0,2686$$

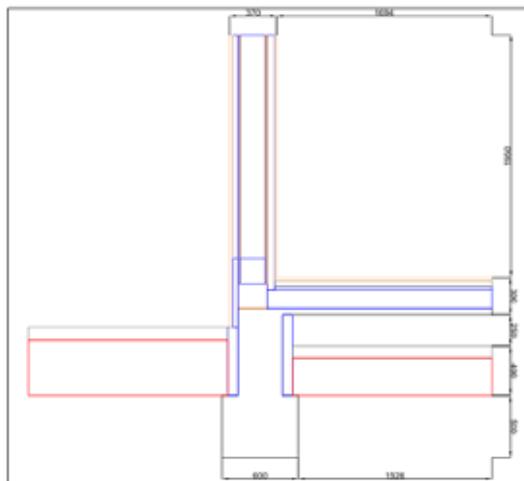


Diagramma isoterme

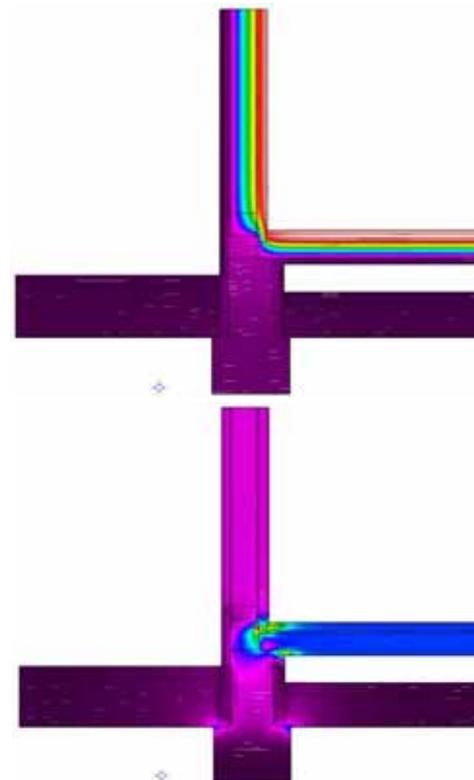


Diagramma flussi di calore

Analisi caso studio - Abitazione unifamiliare – Località Cormòns (Gorizia) – Diagnosi energetica arch. Andrea Boz

## SOLUZIONI COSTRUTTIVE ANTISISMICHE IN LEGNO

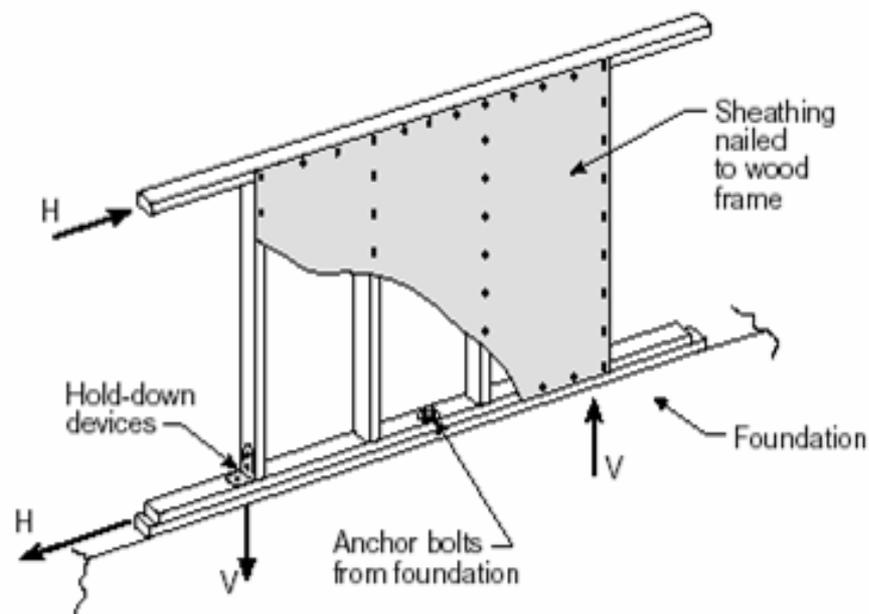


Attacchi a terra strutture in legno



## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

Sistemi intelaiati e controventati ad alta capacità dissipativa -  $q=5$



Tratto da: Collegamenti: problemi speciali nelle costruzioni di legno in zona sismica – ing. Maurizio Piazza e Roberto Tomasi - promo\_legno

## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



Sistemi intelaiati e controventati con tavole



## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



Sistemi intelaiati e controventati con pannelli

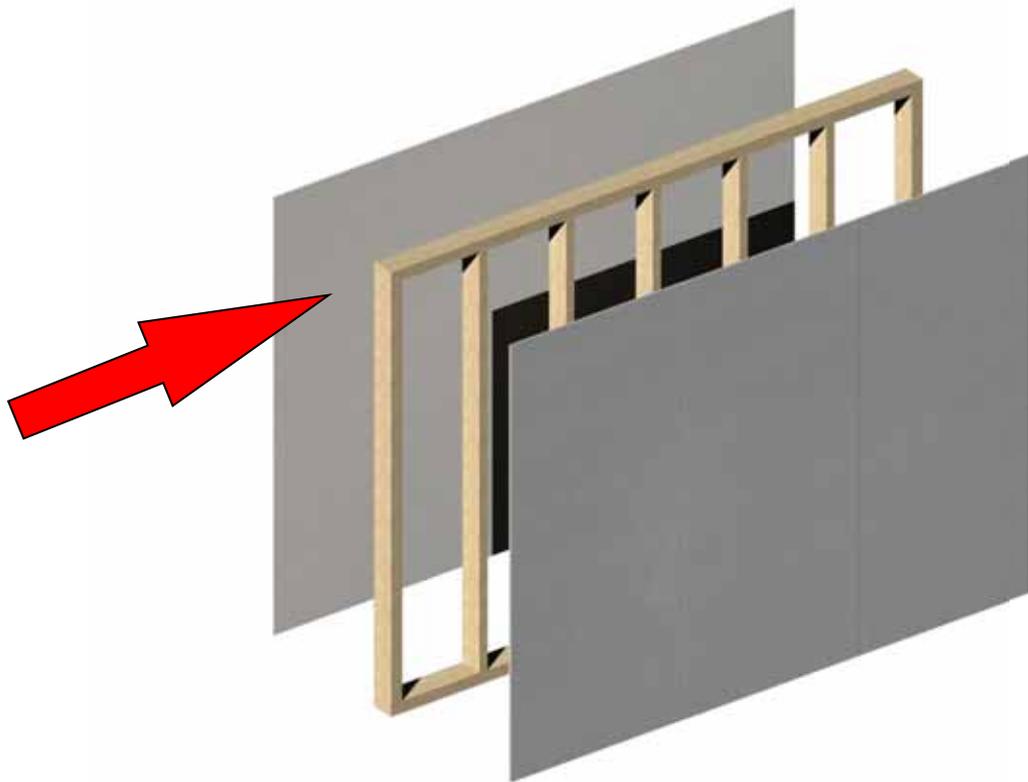


## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

### Carichi orizzontali vs Carichi verticali

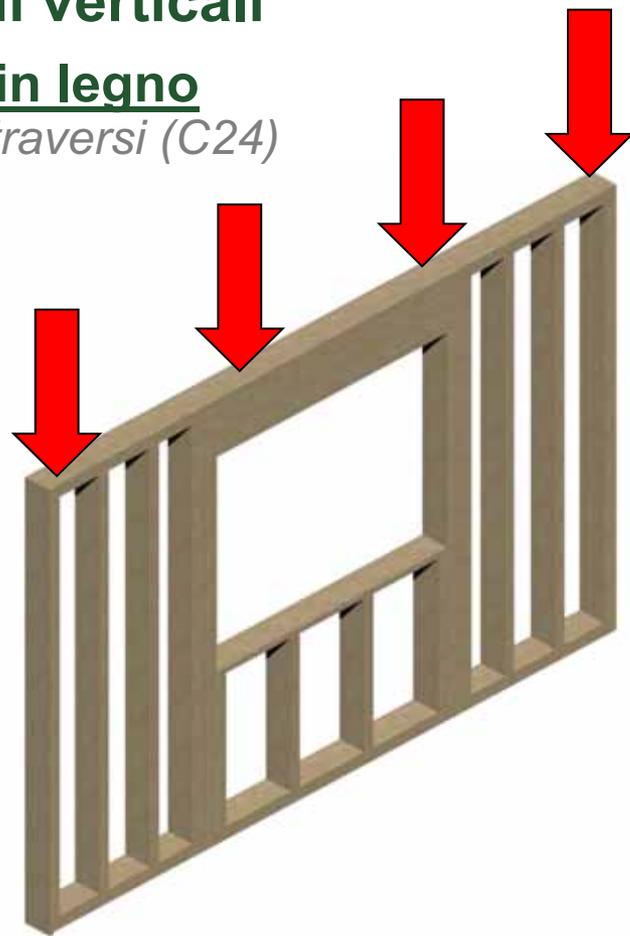
#### Pannelli di chiusura

*Osb, Masonite, Gesso fibra, etc*

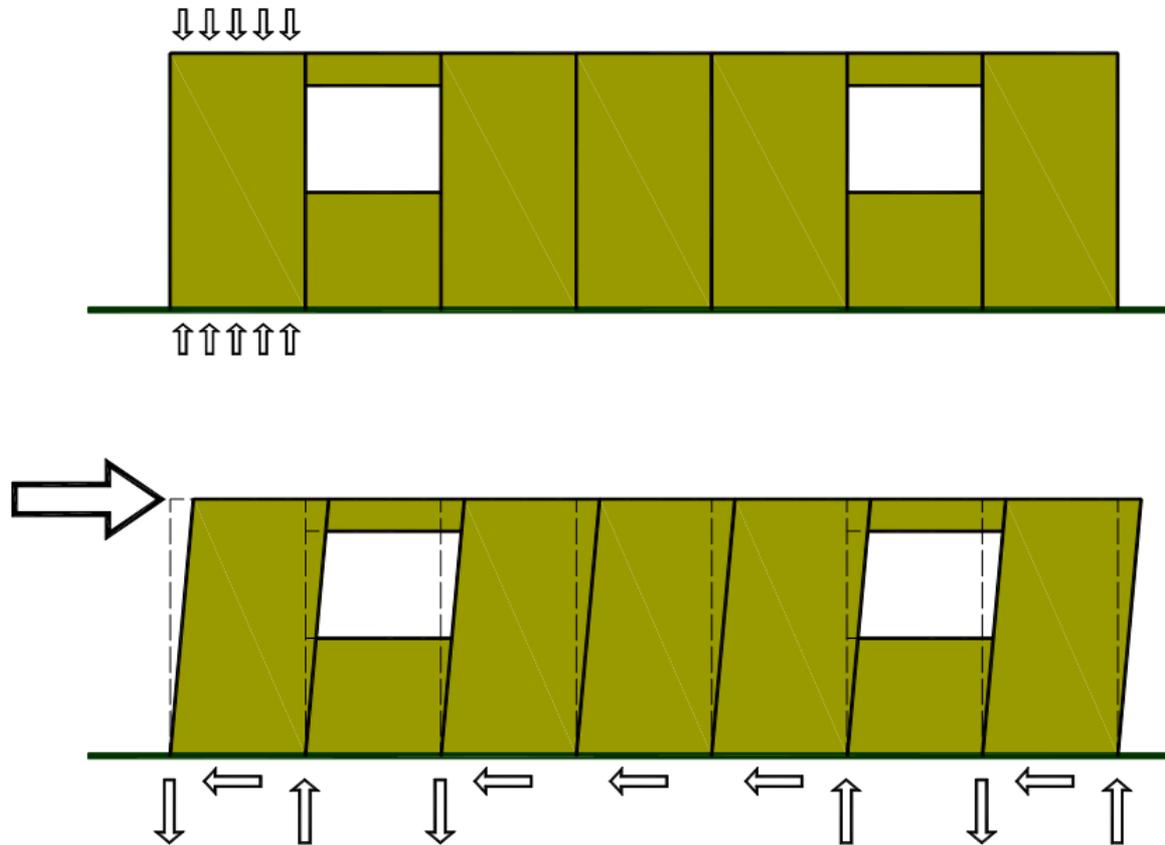


#### Telaio in legno

*Montanti e traversi (C24)*



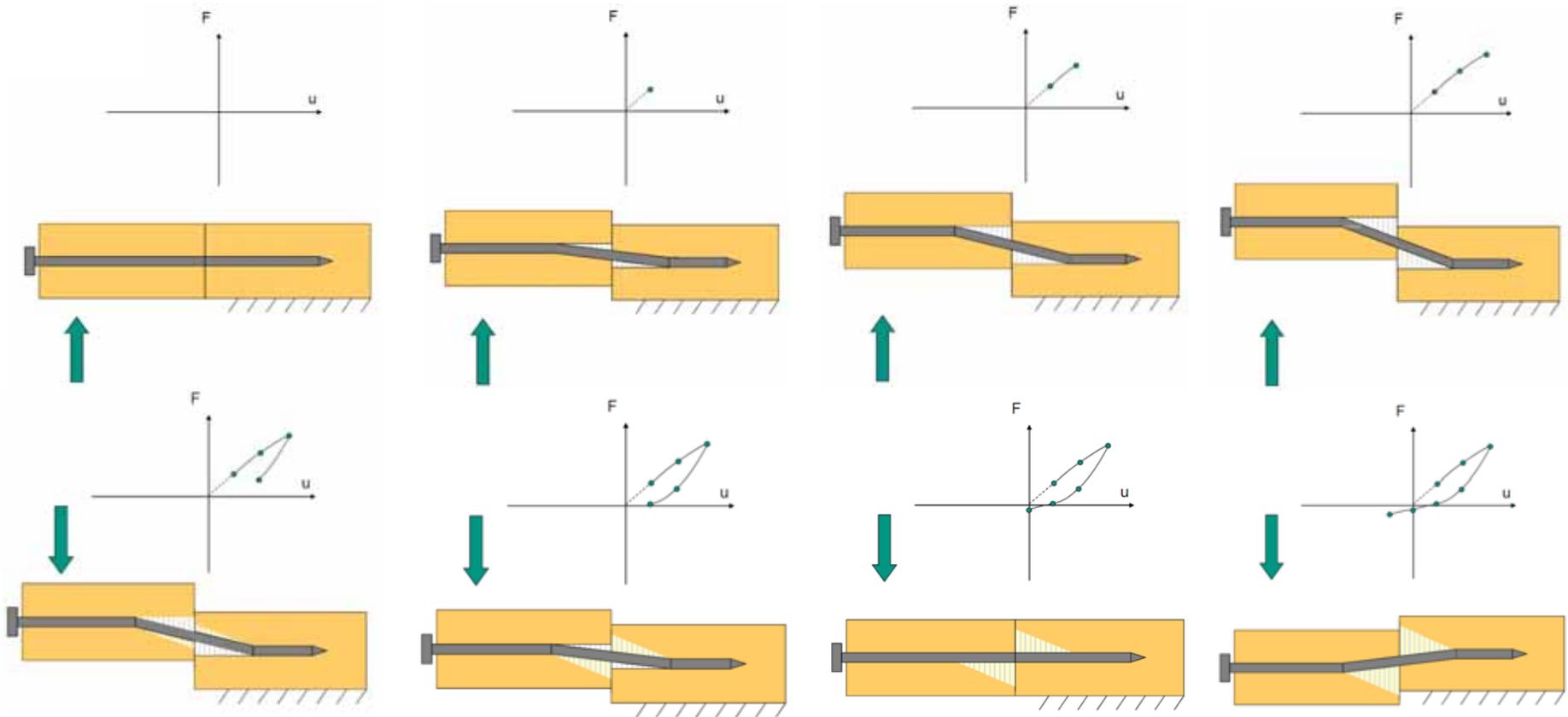
## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



Effetti strutturali differenti nel caso di azioni verticali ed orizzontali su una parete

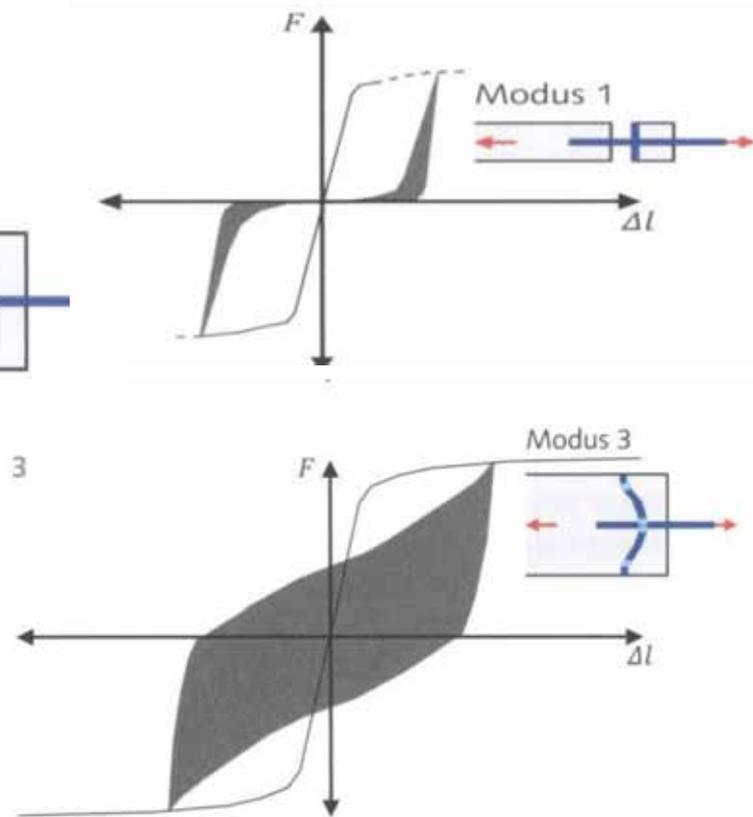
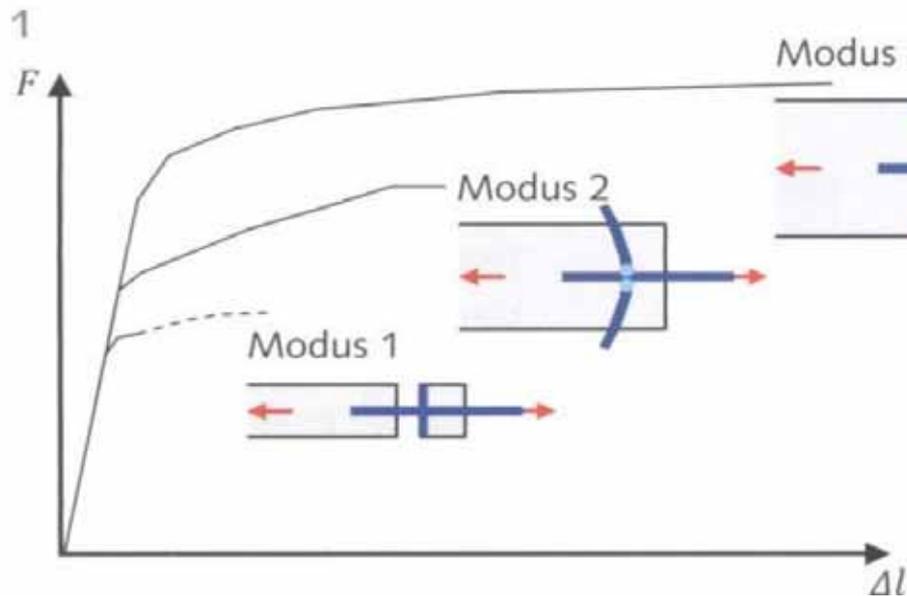
## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

### Dissipazione di energia e rifollamento



## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

### Dissipazione di energia e rifollamento



## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

### Dissipazione di energia

#### NTC 2008 - Prescrizioni costruttive §7.7.3:

Per poter considerare la struttura ad alta duttilità:

a) I collegamenti legno-legno o legno acciaio

$$d \leq 12\text{mm}; \quad s \geq 10d$$

b) Il materiale di rivestimento strutturale è di

legno o di materiale derivato

$$d \leq 3,1\text{mm}; \quad s \geq 4d$$

## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

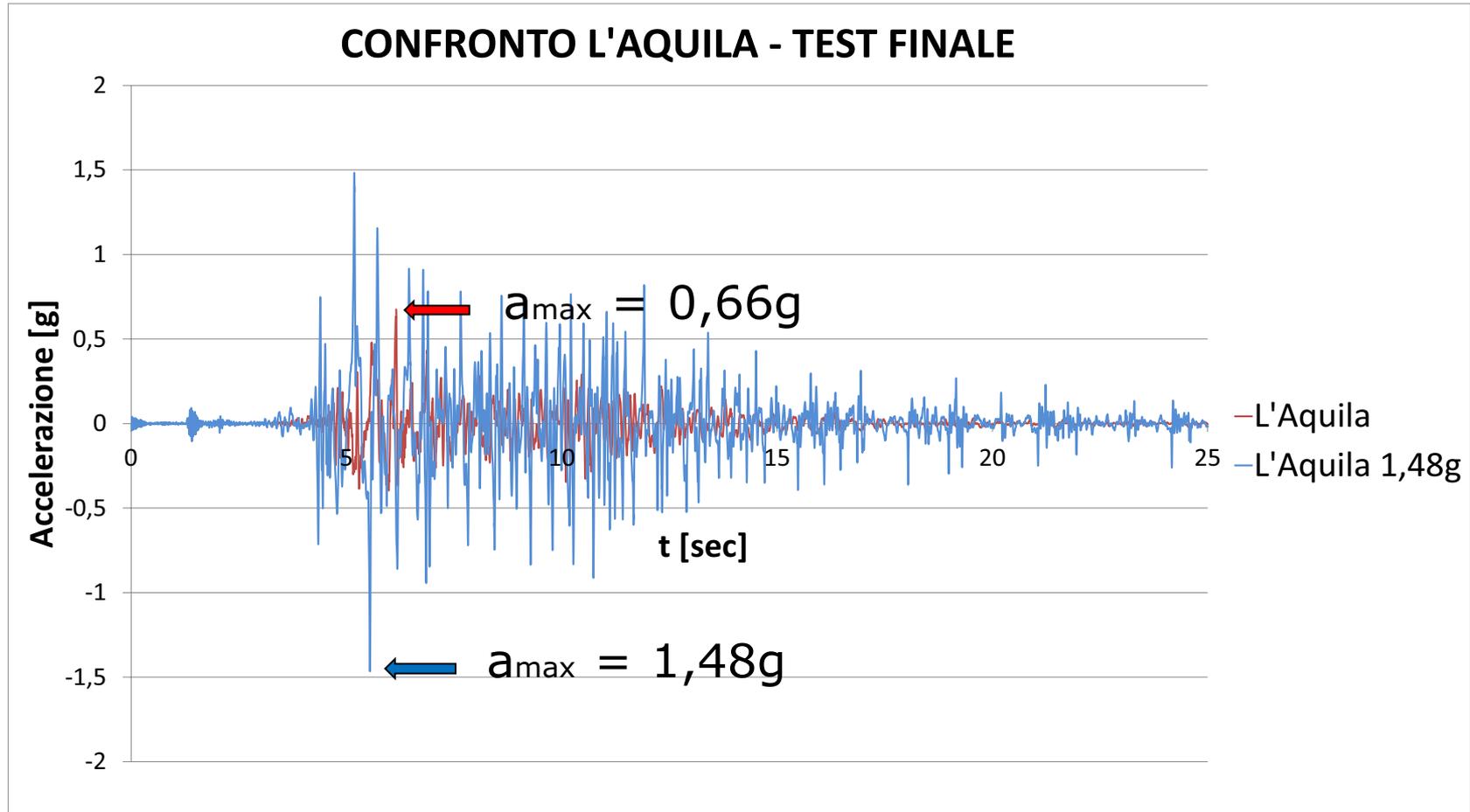
### Progetto di ricerca: EUCENTRE – Pavia

#### Dati generali

- Struttura di 4 piani;
- Altezza  $h = 11,65\text{m}$ ;
- Peso struttura  $\approx 48\text{t}$
- Struttura più alta testata in Europa



## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI



## SISTEMI COSTRUTTIVI LIGNEI INTELAIATI

### Risultato finale dei test

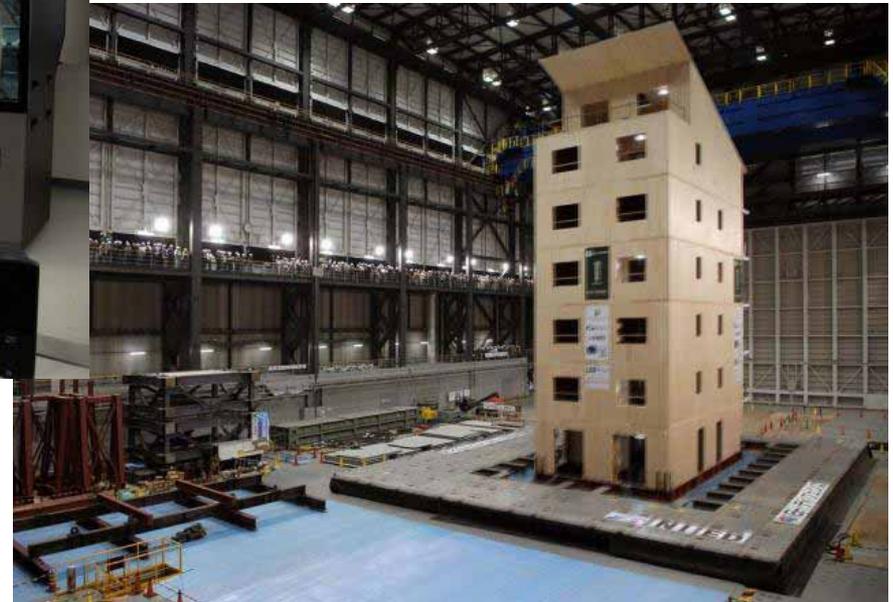
Sulla struttura finita sono state eseguite quattro prove con accelerazioni di picco tutte superiori a 1g con un massimo pari a **1,48g** (**224%** rispetto a L'Aquila).

Tale accelerazione risulta essere pari al **529%** di quella massima prevista in normativa.

**NESSUN DANNO !**

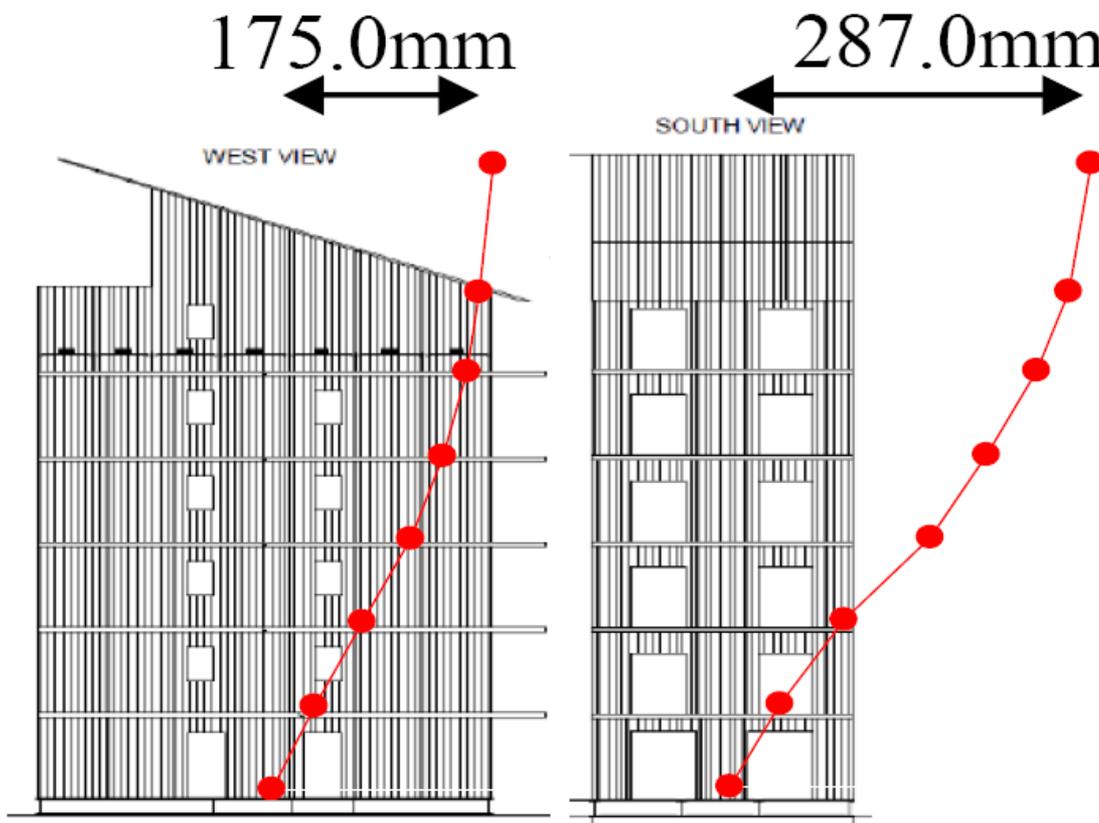


## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Prof. dott. ing. Ario Ceccotti - CNR - IVALSA – Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree

## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



### DATI GENERALI

#### SPESSORI PARETI X-LAM

0-1 Liv. = 14,2 cm  
2-3 Liv. = 12,2 cm  
4-7 Liv. = 8,5 cm

#### LEGNAME DI ABETE ROSSO

Tempo ricrescita boschi trentini = 2 ore  
Volume lordo in tronchi = 250 mc  
Peso proprio legname = 120 Ton  
Zavorre totali ogni piano = 150 ton

#### FERRAMENTA

Hold down metallici = 800 pz  
Angolari metallici = 2.200 pz  
Viti per legno = 52.000 pz  
Chiodi per legno 32.000 pz

## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza strutturale al fuoco Sistema CLT



Garage multi piano – Innsbruck (Austria)

## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza alle intemperie Sistema CLT

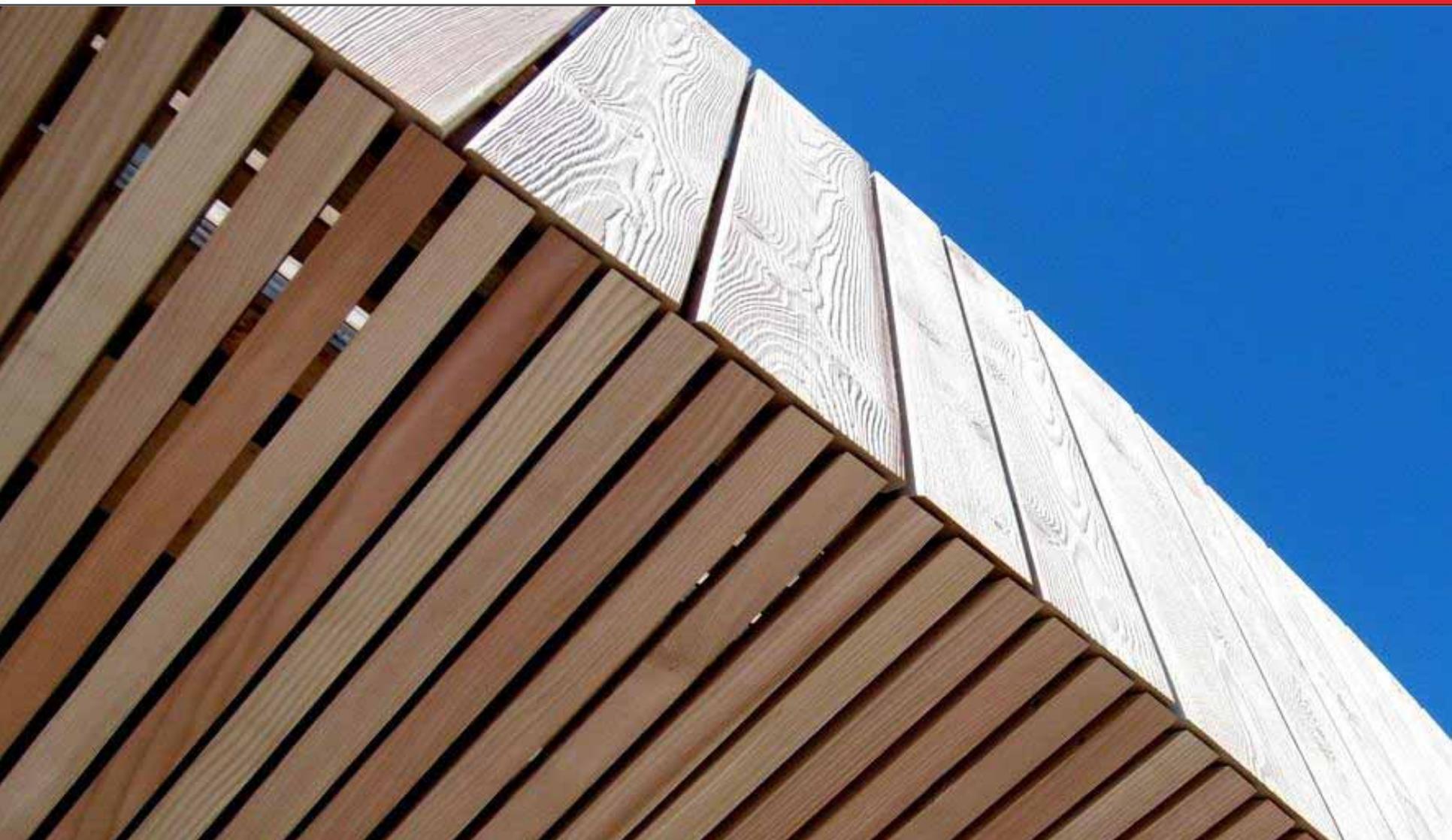


## TECNOLOGIE COSTRUTTIVE INNOVATIVE LIGNEE: L'X-LAM



Resistenza alle intemperie Sistema CLT





**MANDI E GRASIE PA L'ATENZION!**