

**SICUREZZA E COMFORT NELLE ABITAZIONI  
CON STRUTTURE DI LEGNO**  
Mostra "Legno & Edilizia" – Verona, 16 Giugno 2001

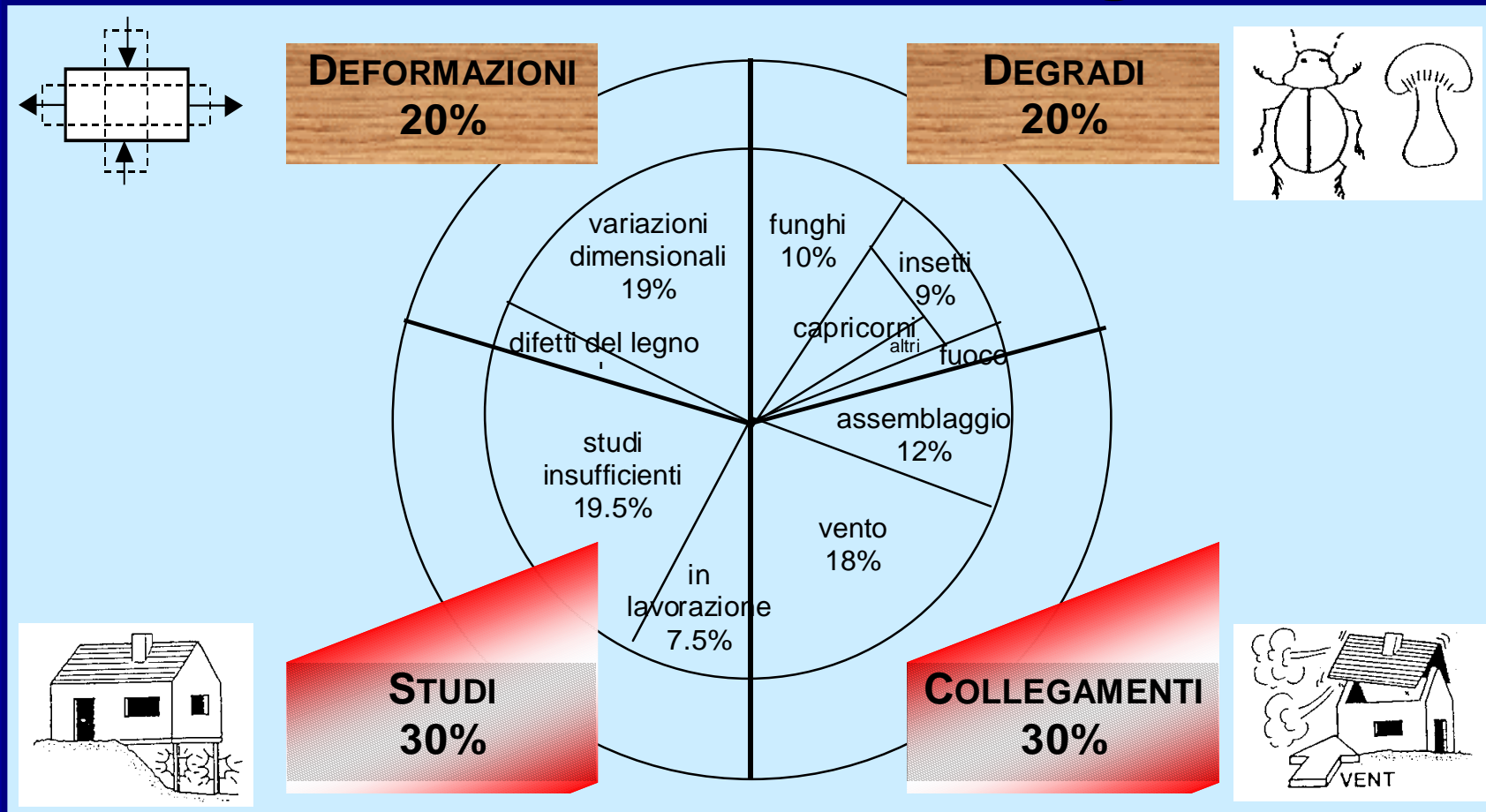
# *I dettagli costruttivi nel progetto della durabilità*



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*

# Dissesti e rotture nelle costruzioni in legno



# Umidità del legno

$$u\% = \frac{G_u - G_0}{G_0} \cdot 100$$

$G_u$ : peso legno per una  $U_{rel}$  aria

$G_0$ : secco ( $+103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ )

Coefficienti medi di ritiro e rigonfiamento\* (DIN 1052)  
per conifere europee

Tang. $\alpha_T$	Radiale $\alpha_R$	Long. $\alpha_L$
0.24	0.12	0.01

$$* \alpha_{(T,R,L)} = \frac{\Delta l_{(T,R,L)}}{l_{(T,R,L)}}$$

per  $\Delta \omega = 0.01$



# Relazione legno - acqua

➡ Stagionatura

➡ *Pare che Teofrasto fosse del parere che il legname non sia mai seccato a sufficienza, ..., prima di un periodo di tre anni*

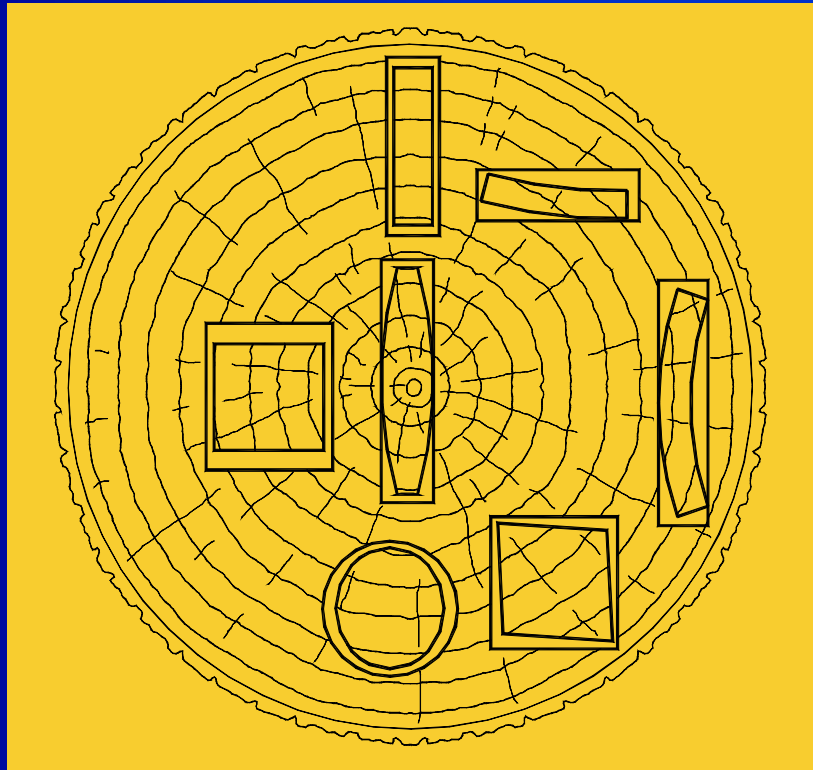
(Leon Battista Alberti: De Re Aedificatoria, libro II, cap. VI)

➡ *...né avanti tre anni saranno ben secchi per uso de' palchi, e delle porte, e delle fenestre ...*

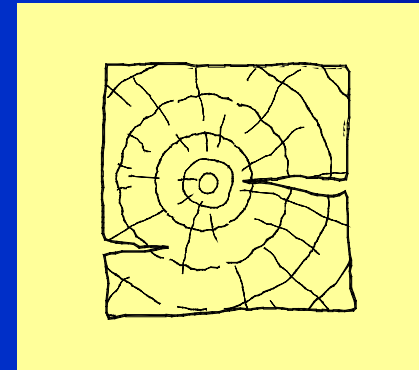
(Andrea Palladio, libro I, Quattro Libri dell'Architettura)



# Relazione legno - acqua



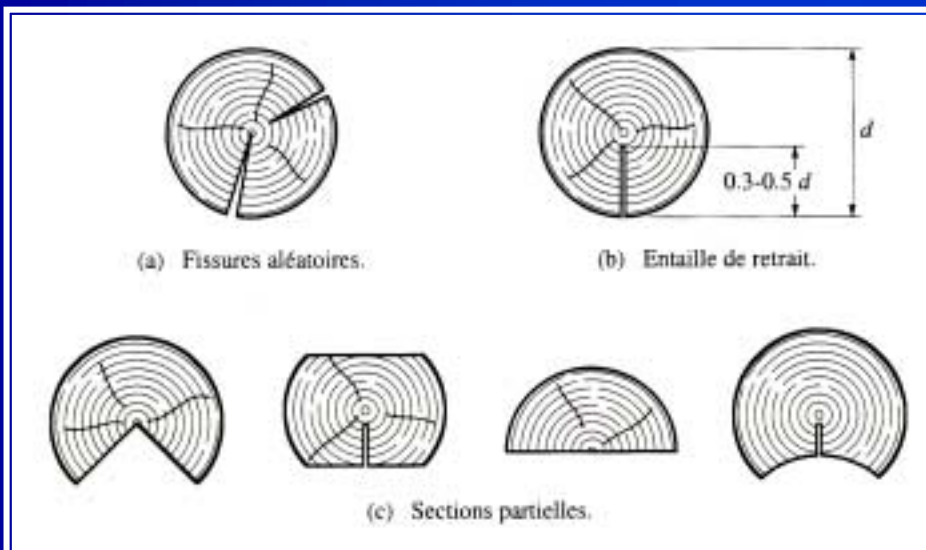
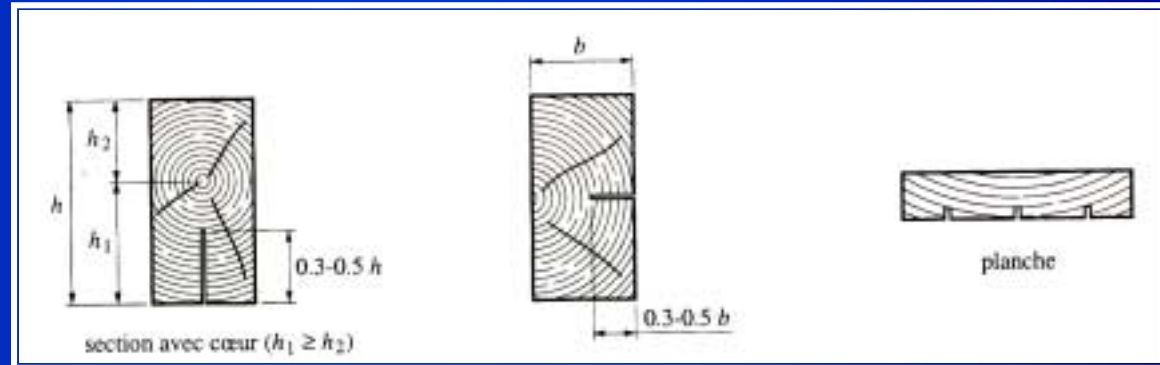
**Variazioni volumetriche  
in funzione della umidità**





# Pre-posizionamento dei cretti

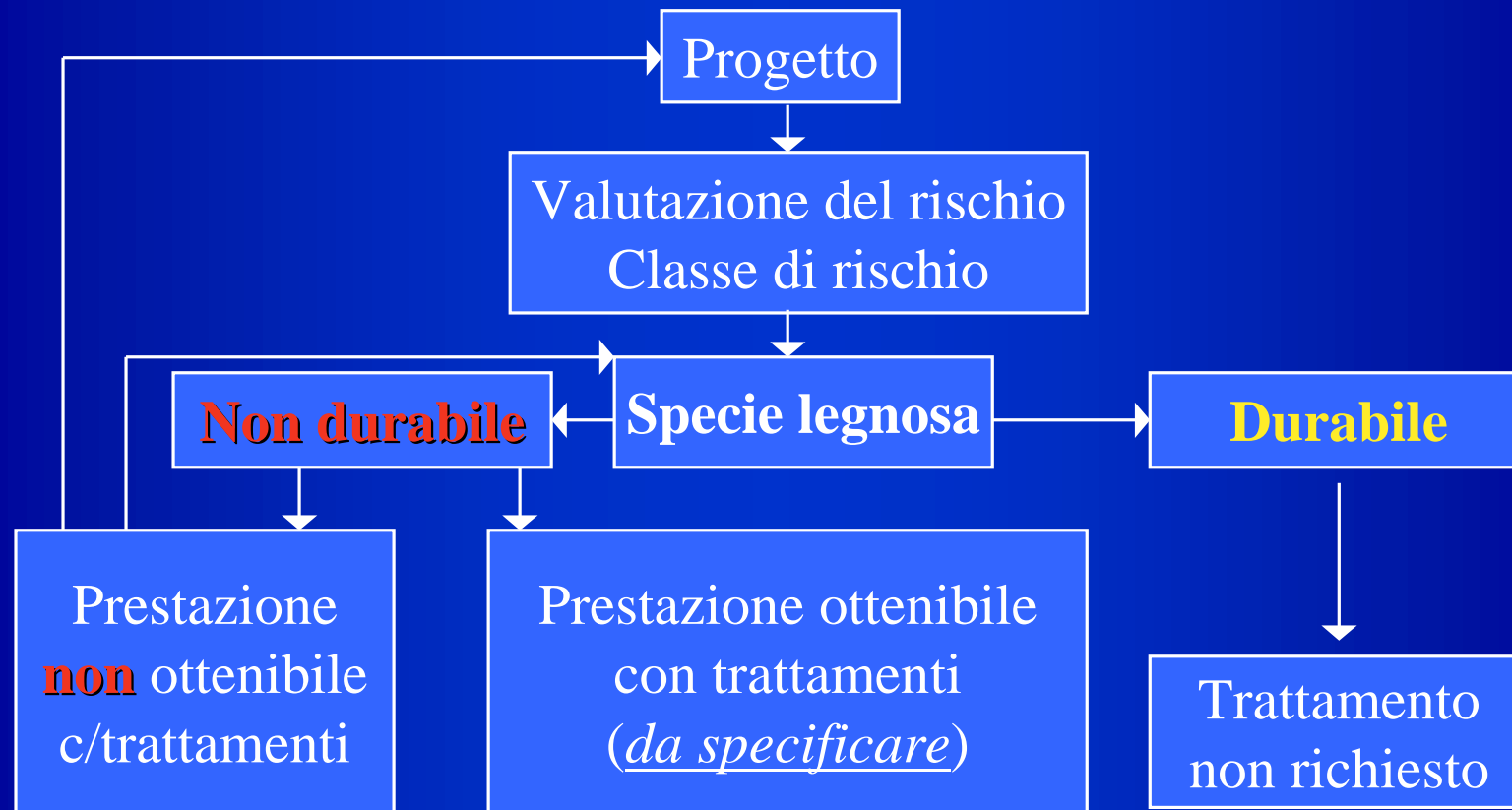
La posizione  
sarà scelta in  
funzione di:



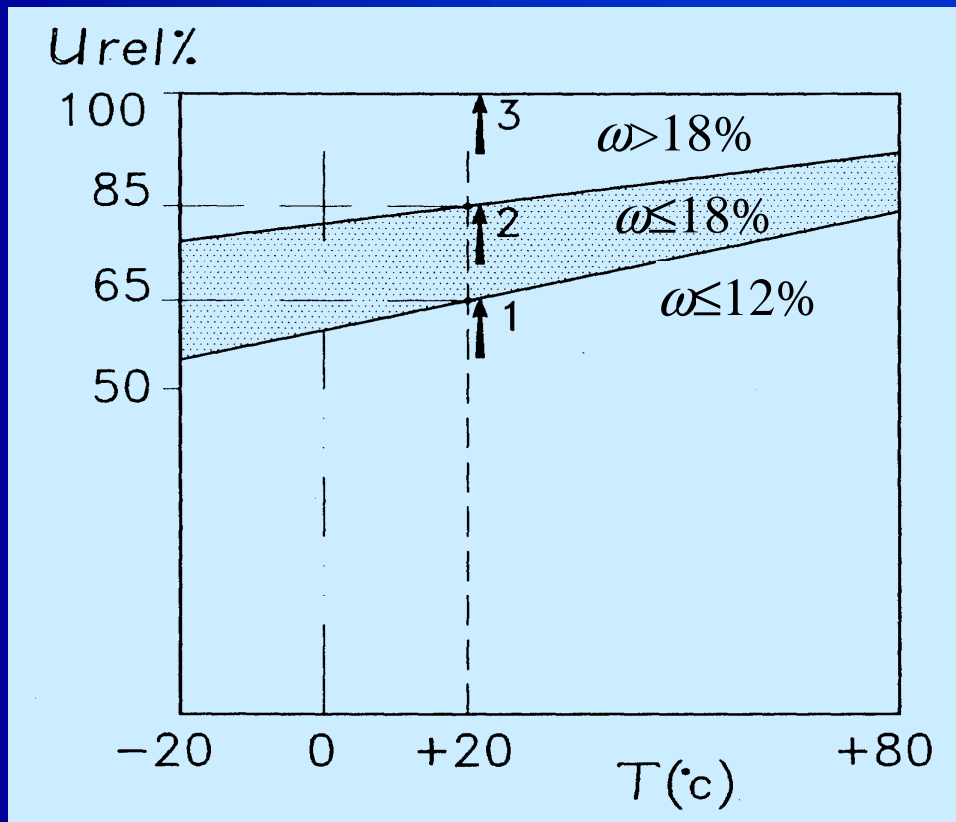
- impegno statico
- esposizione
- estetica



# Scelta di specie/trattamenti adatti alla classe di rischio in opera (EN 335-2)



# Legno / umidità: classi di servizio



- 1  $T=(20\pm 2)^{\circ}C$ ;  $U_{rel} > 65\%$  per poche settimane all'anno ( $\omega \approx 12\%$ );
- 2  $T=(20\pm 2)^{\circ}C$ ;  $U_{rel} > 80\%$  per poche settimane all'anno ( $\omega \approx 18\%$ );
- 3 condizioni con valori di umidità più elevati;





# Influenza dell'umidità sulle prestazioni

Resistenza  $k_{\text{mod}}$

$$X_d = \frac{k_{\text{mod}} \cdot X_k}{\gamma_M}$$

Deformabilità  $k_{\text{def}}$

$$U_{\text{fin}} = U_{\text{inst}} \cdot (1 + k_{\text{def}})$$

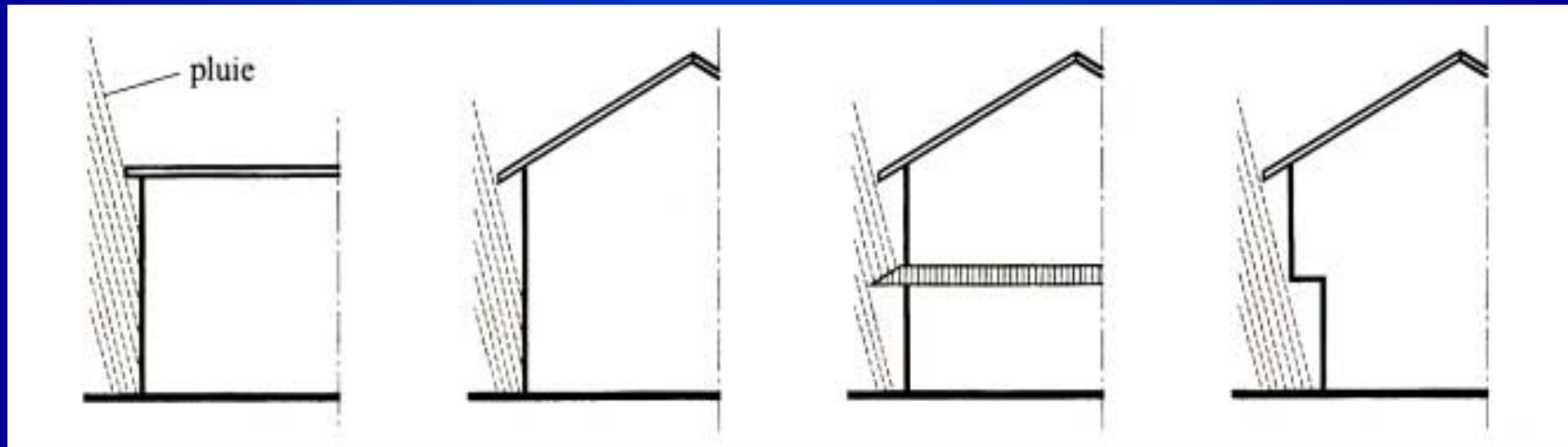
Classe di durata dell'azione	Classe di servizio	
	1÷2	3
Permanente	0.60	0.50
Lunga	0.70	0.55
Media	0.80	0.65
Breve	0.90	0.70
Istantanea	1.10	0.90

## Carichi permanenti

Classe di durata dell'azione	Classe di servizio		
	1	2	3
Massiccio, GL, LVL	0.60	0.80	2.00
Plywood	0.50	0.50	1.50
+1.0 se montato $\cong$ saturo			



# Progetto: concezione generale



**Scelte di progetto  
(protezione naturale)**



# ***Progettare la durabilità***

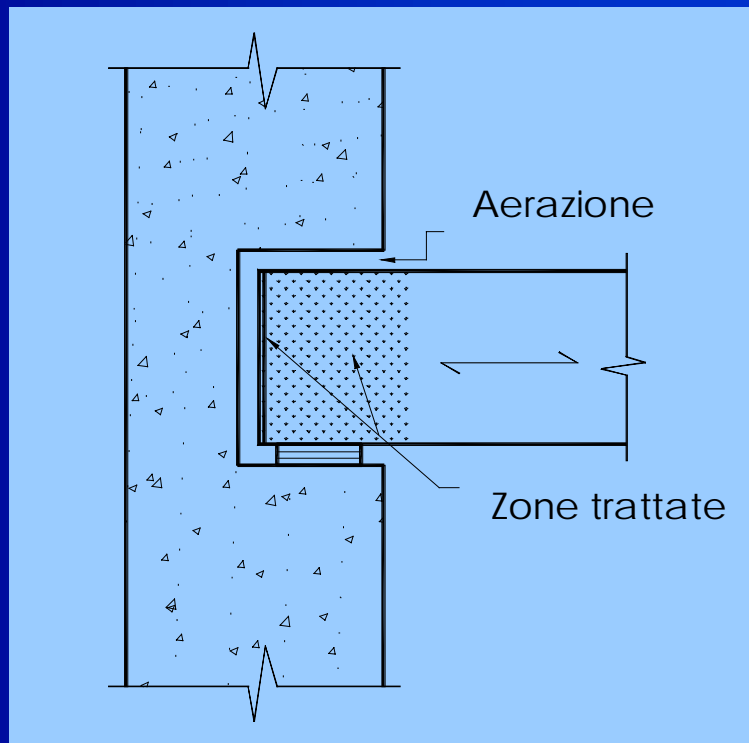
## ***La regola delle 4 D's***



- 1) Protezione dall'acqua
- 2) Rapido allontanamento dell'acqua
- 3) Ventilazione adeguata
- 4) Scelta della specie e dei trattamenti



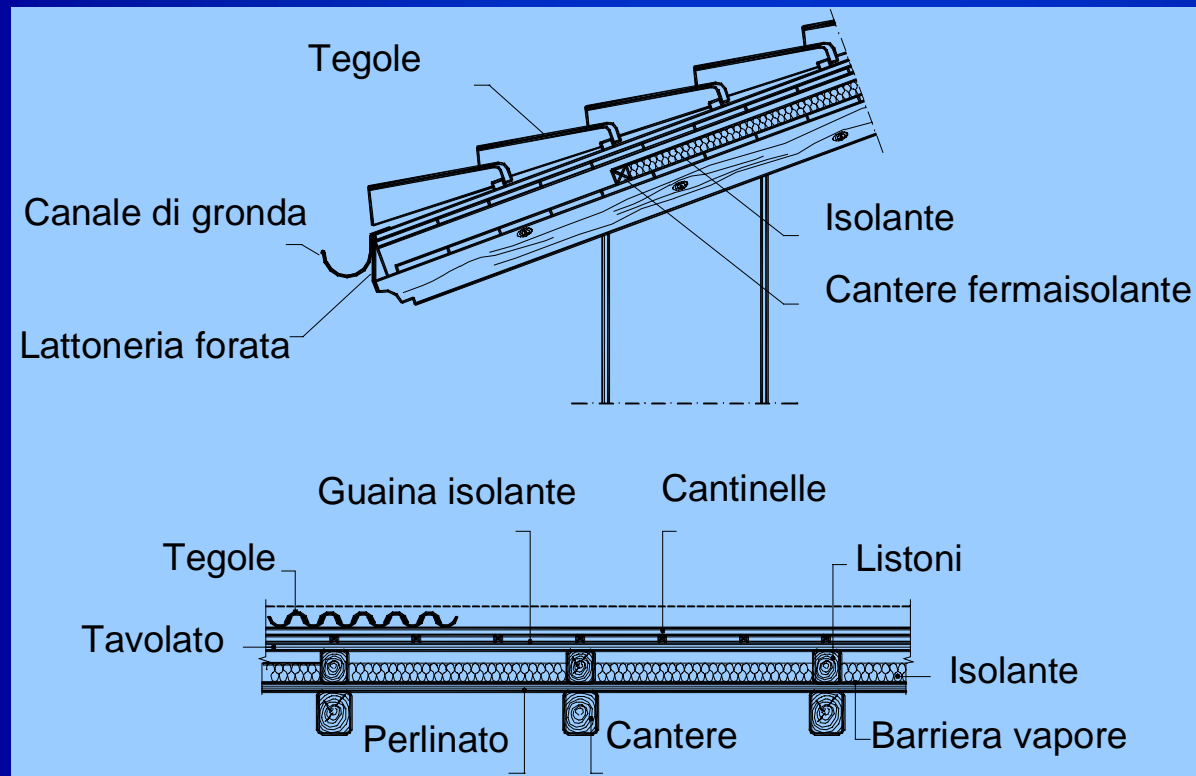
# Particolari costruttivi



**Sistema di ventilazione di estremità di trave lignea: particolare di appoggio della trave su muratura**



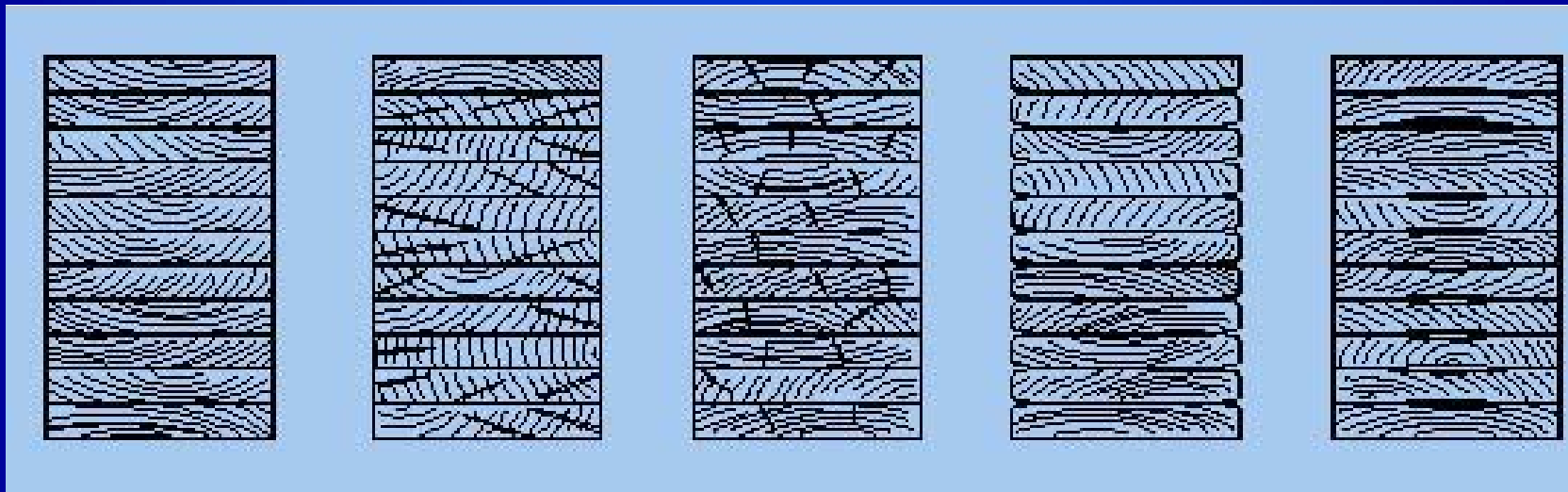
# Particolari costruttivi



**Sezione tipo  
tetto ventilato**

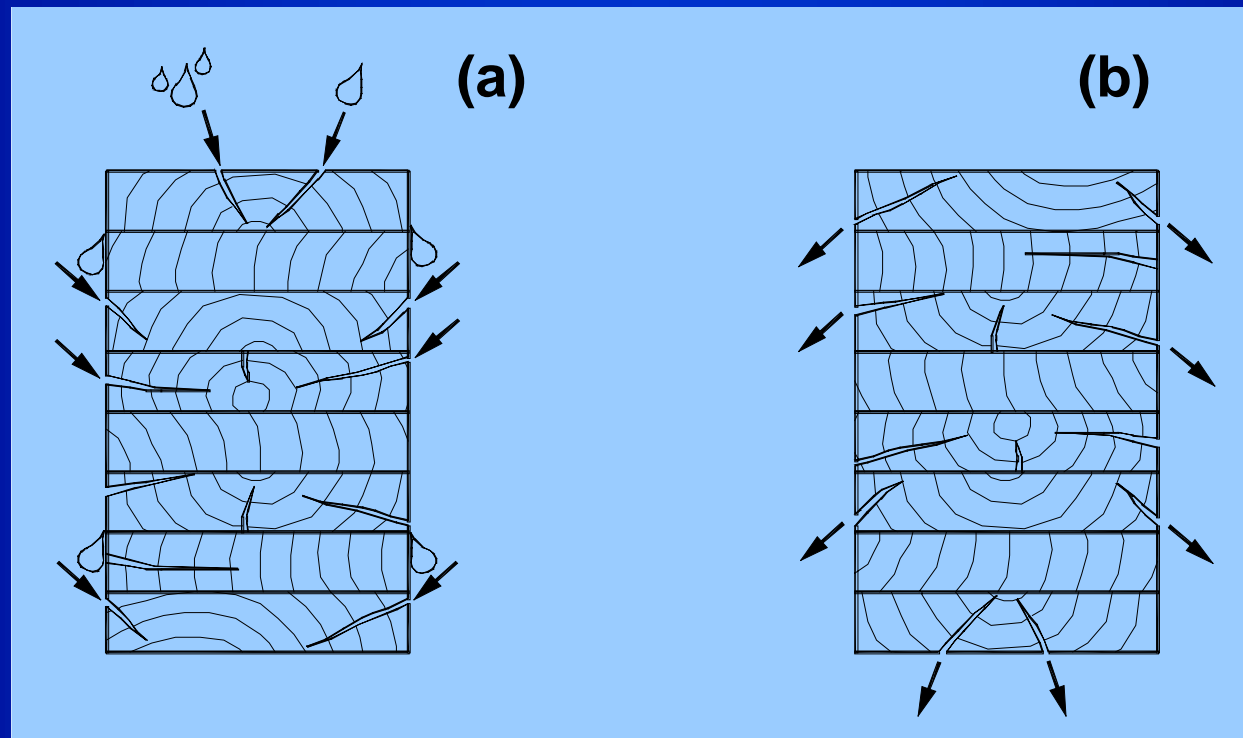


# Formazione del L.L. incollato

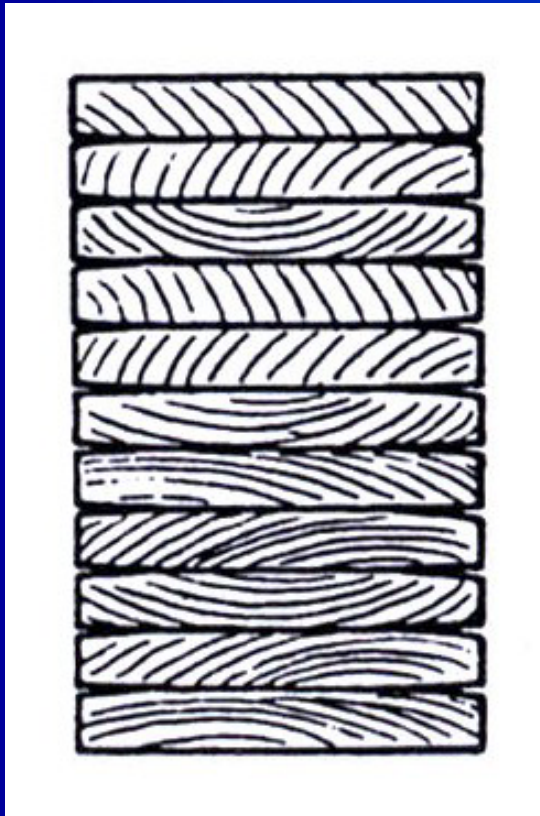




# Formazione del L.L. incollato



# **L.L. incollato - Delaminazione**



## ***Cause e fattori favorevoli alla formazione***

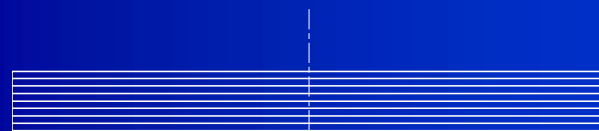
- *Procedure e tecnologie produttive non corrette*
- *Scelta delle tavole*
- *Modalità di formazione del pacco*
- *Problemi legati all'incollaggio*

## ***Cause e fattori favorevoli allo sviluppo***

- *Condizioni ambientali e statiche di esercizio*
- *Condizioni igrometriche*
- *Esposizione della struttura*
- *Tipo, entità, durata delle azioni sollecitanti*



# L.L. incollato - Delaminazione



MODELLO 1



MODELLO 2



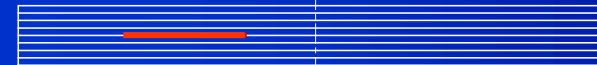
MODELLO 3



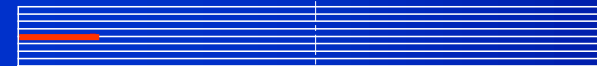
MODELLO 4



MODELLO 5



MODELLO 6



MODELLO 7

***Posizione del difetto***

***Tipo, entità, durata delle sollecitazioni***

***Sollecitazioni cicliche o dinamiche***



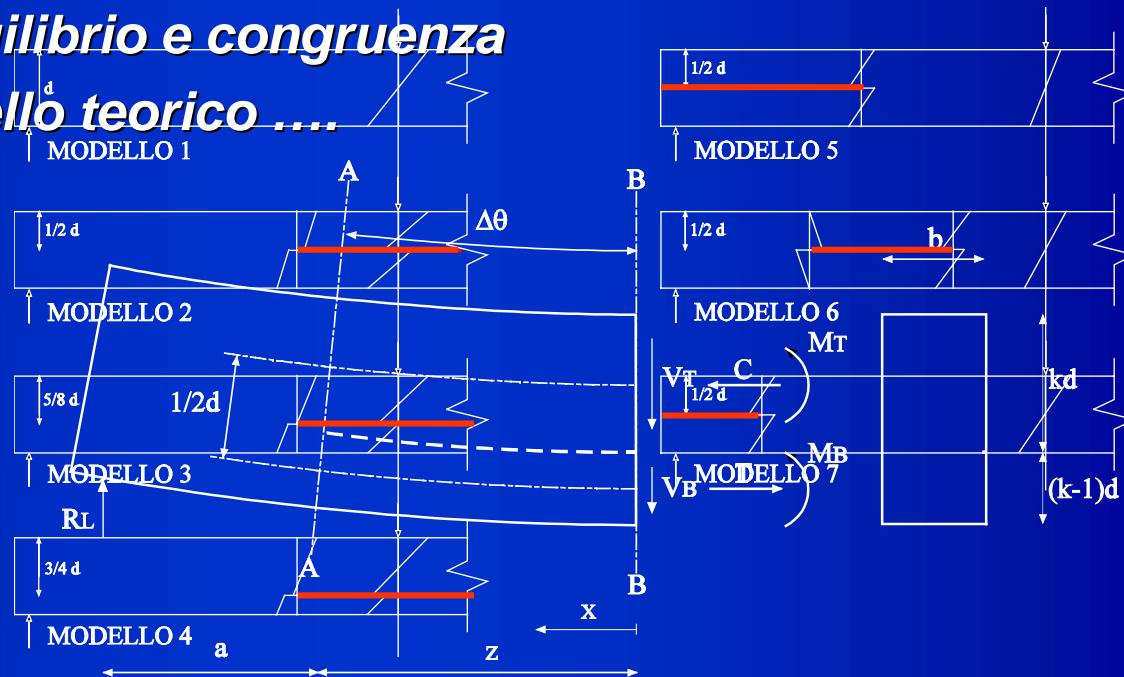
**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**

**Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale**

*prof. ing. Maurizio Piazza*

# L.L. incollato - Delaminazione

*Postforare con le soluzioni teoriche ai casi indicati  
le relazioni di equilibrio e congruenza  
applicate al modello teorico ....*



# **L.L. incollato - Delaminazione**

- *Delaminazioni in zone centrali di trave influenzano poco la rigidezza flessionale della trave*
- *Delaminazioni in prossimità di testate comportano perdite prestazionali maggiori*
- *Le travi soggette a delaminazione sono particolarmente vulnerabili al collasso per taglio*



# Protezione degli elementi lignei dalle azioni meteoriche



- Pannelli





# Protezione degli elementi lignei dalle azioni meteoriche

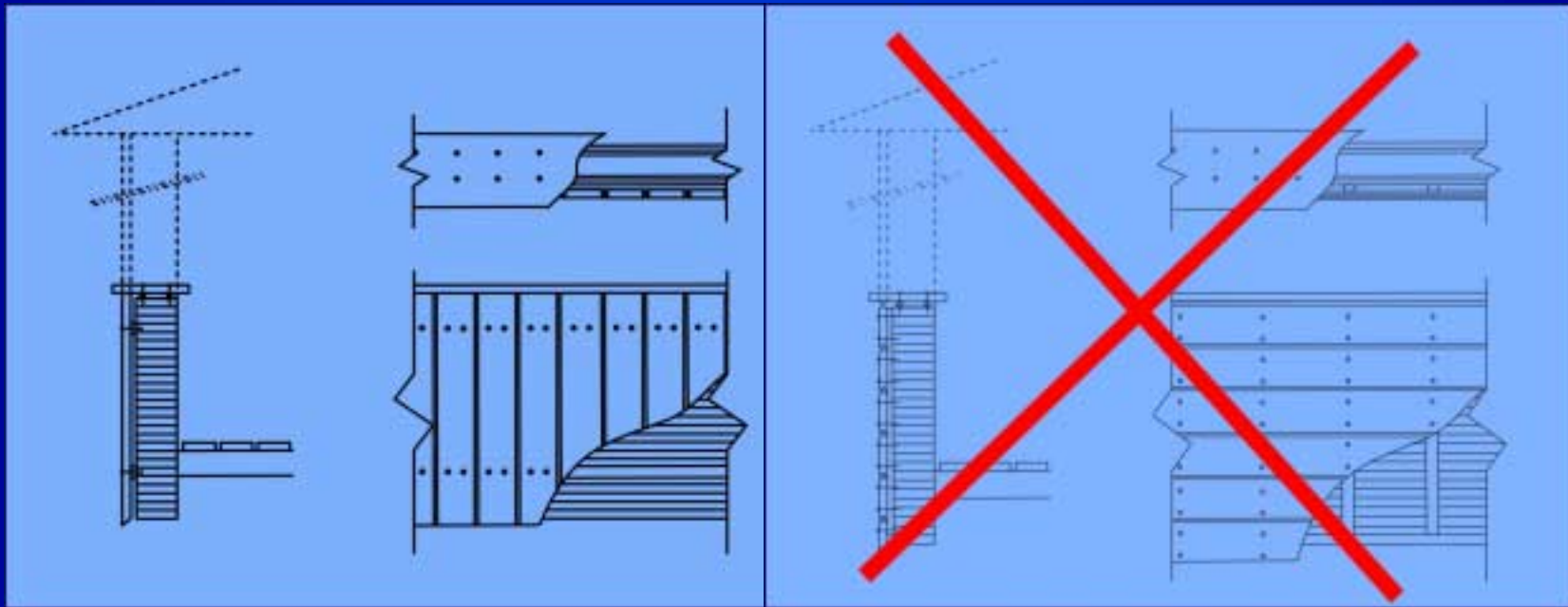


- Scossaline



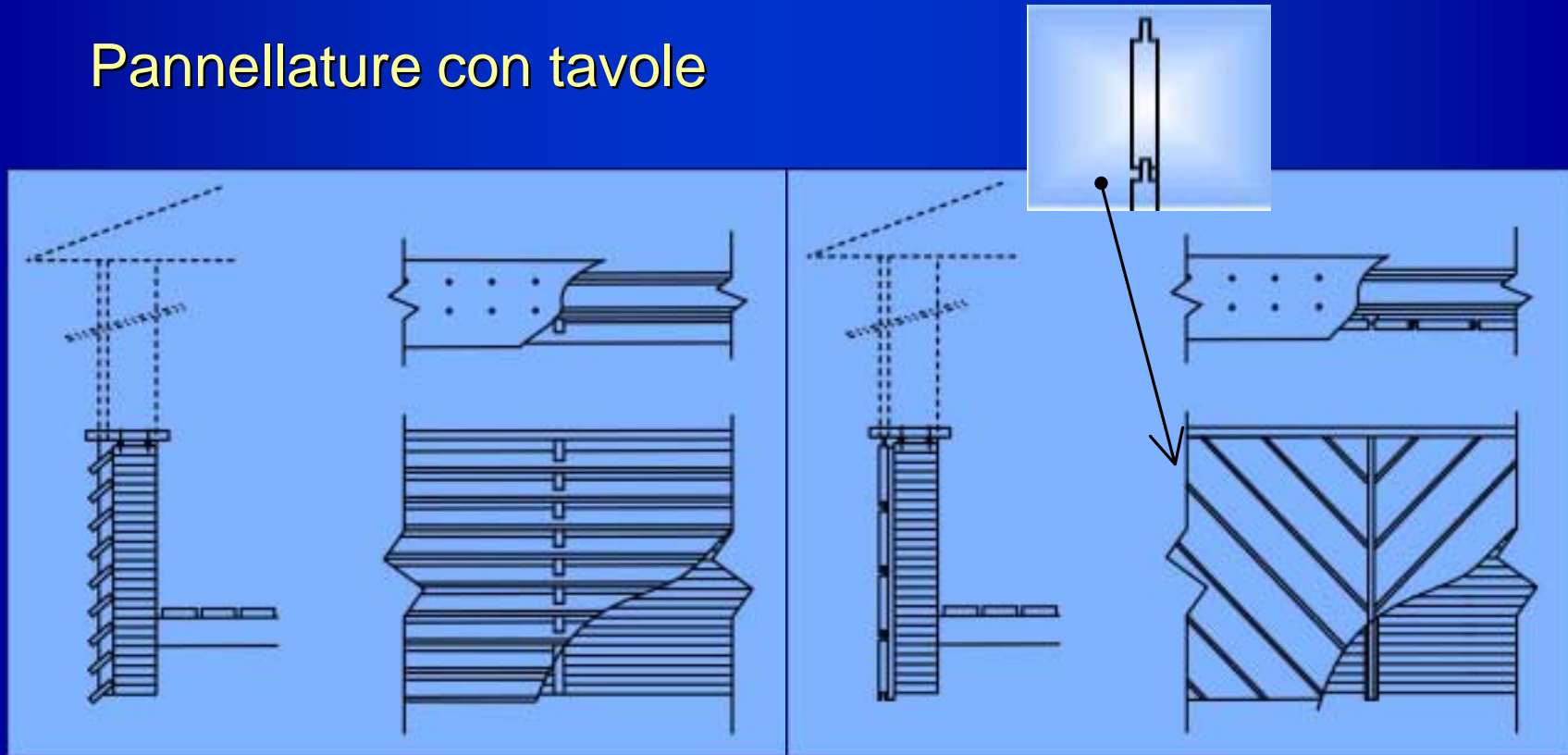
# Protezione degli elementi lignei

Pannellature con tavole

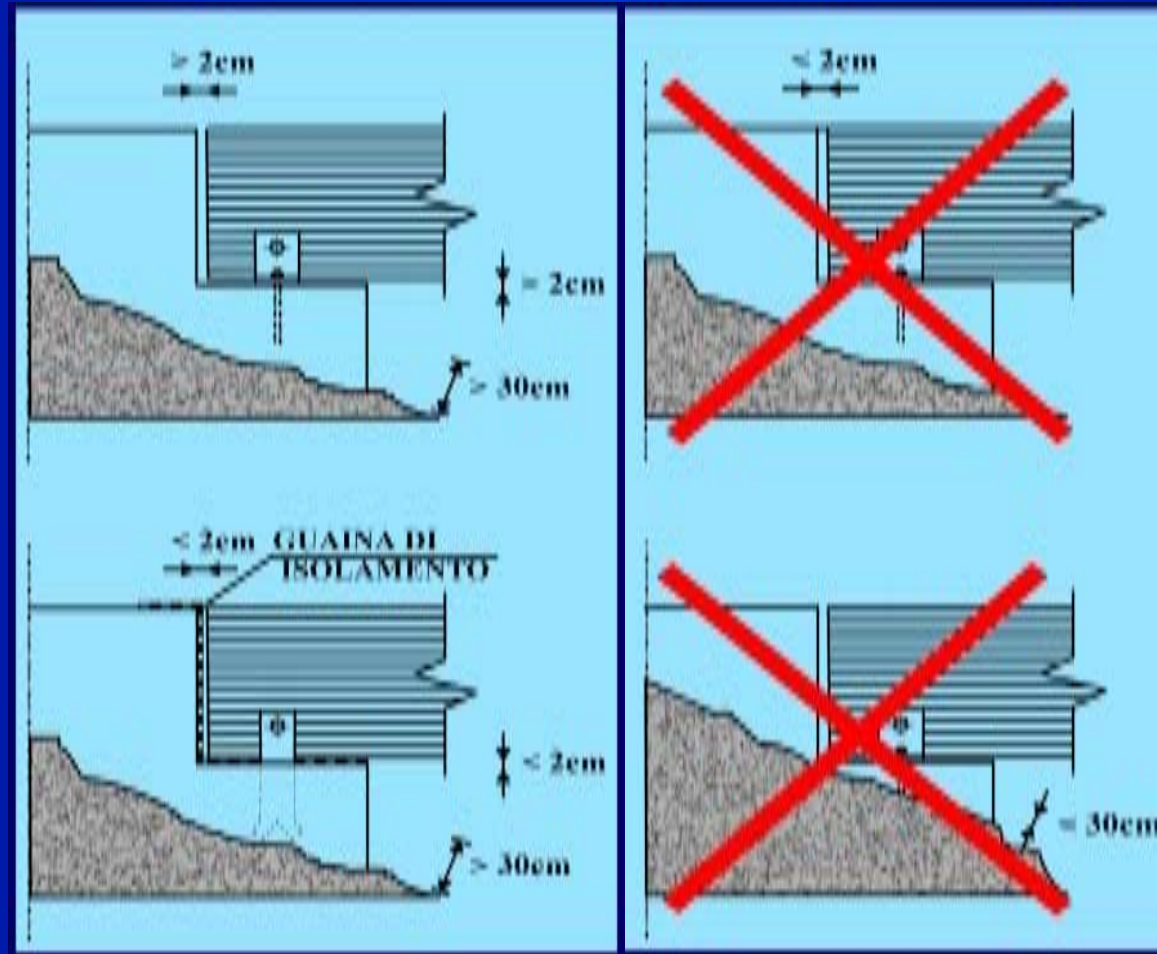


# Protezione degli elementi lignei

## Pannellature con tavole

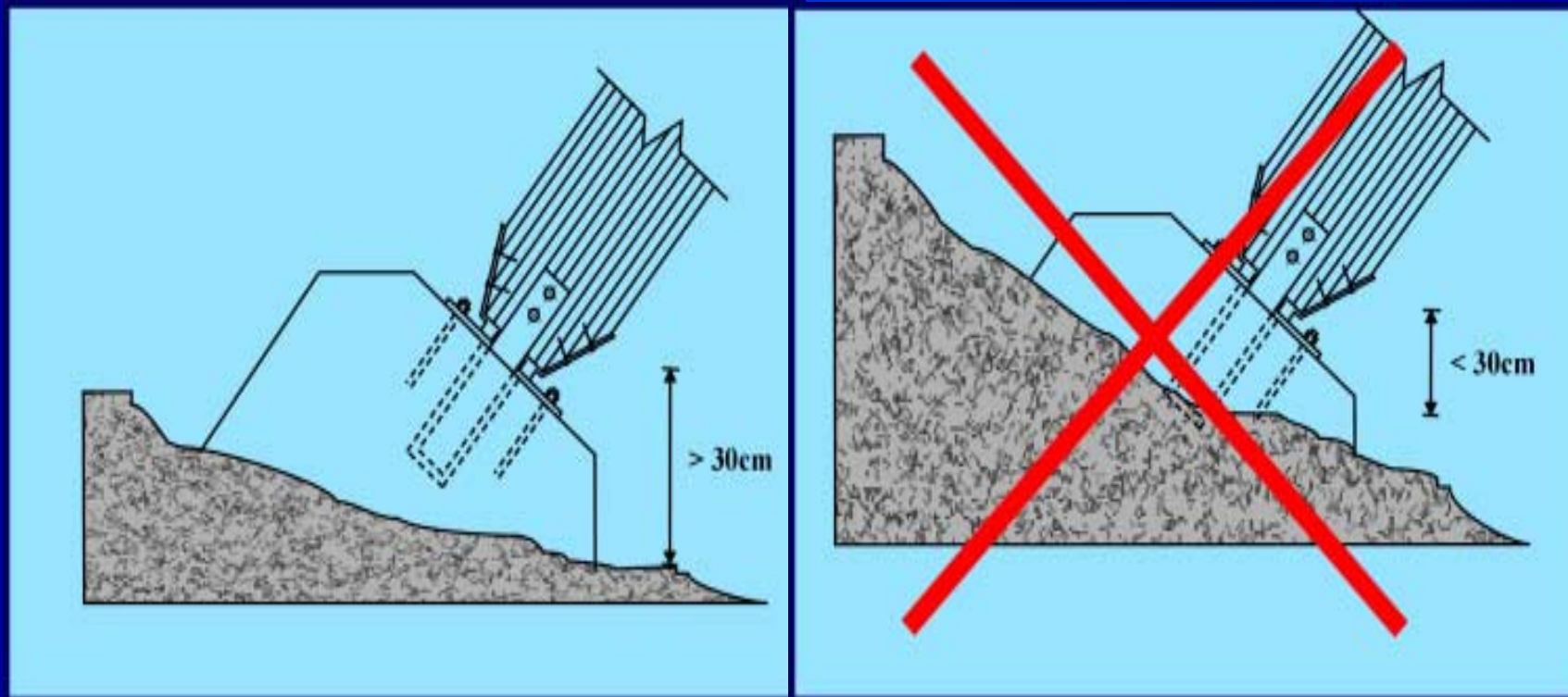


# Protezione delle zone di appoggio



# Protezione delle zone di appoggio

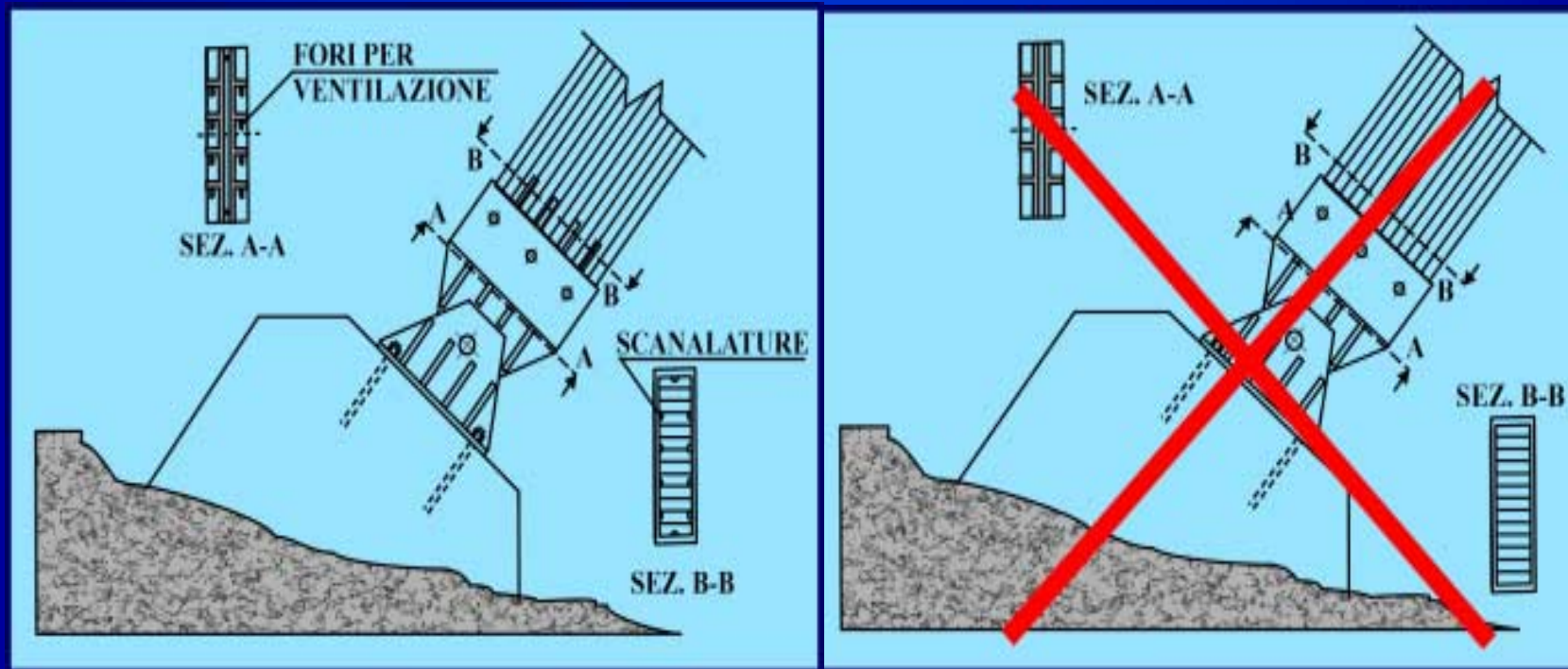
## Posizione rispetto al terreno





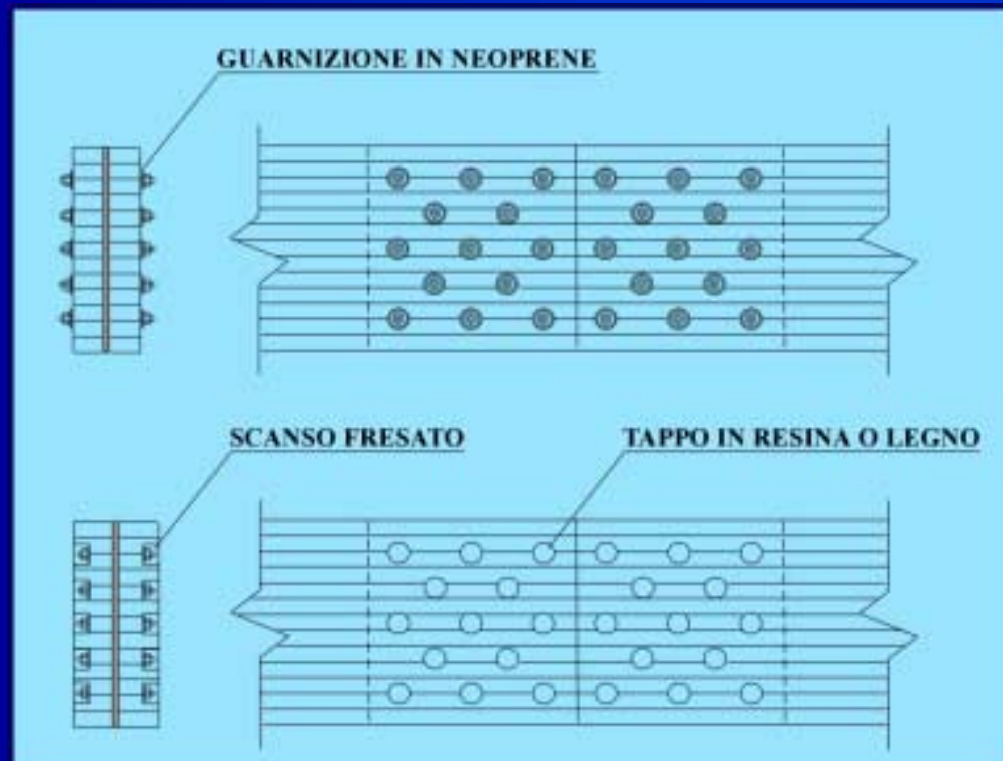
# Protezione delle zone di appoggio

## Teste di trave in scarpe metalliche





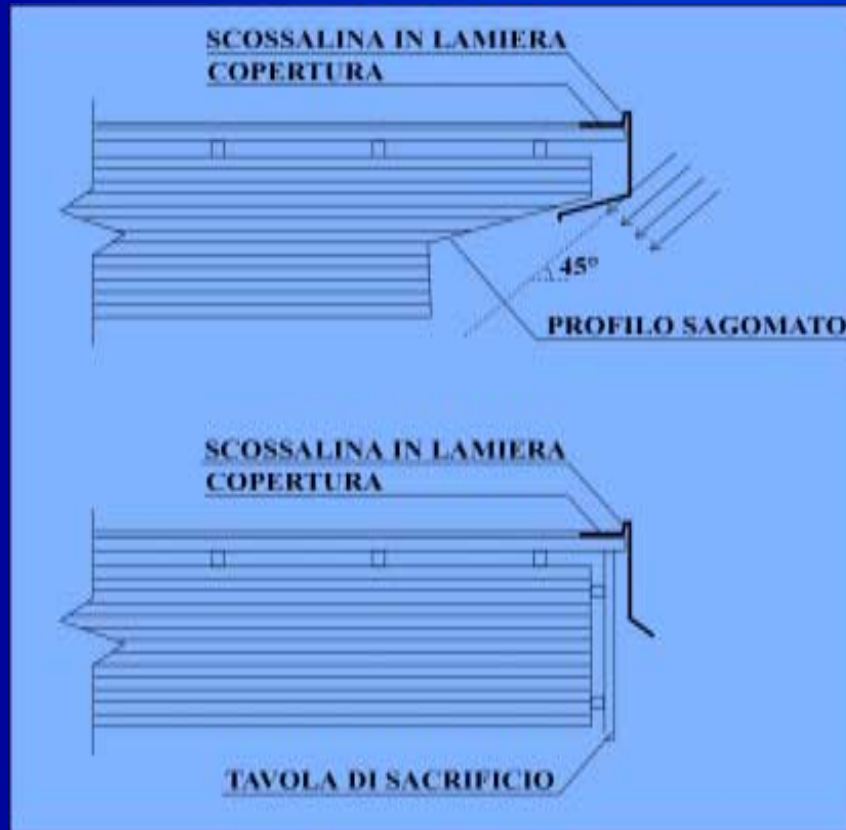
# Collegamenti mediante elementi metallici



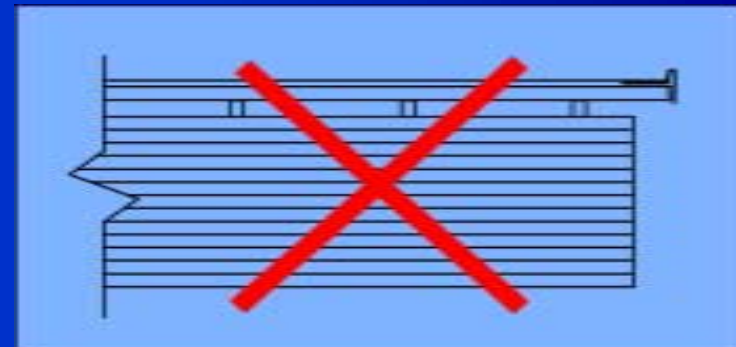
**Protezione delle  
superfici di contatto  
legno - metallo**



# Protezione testate di travi



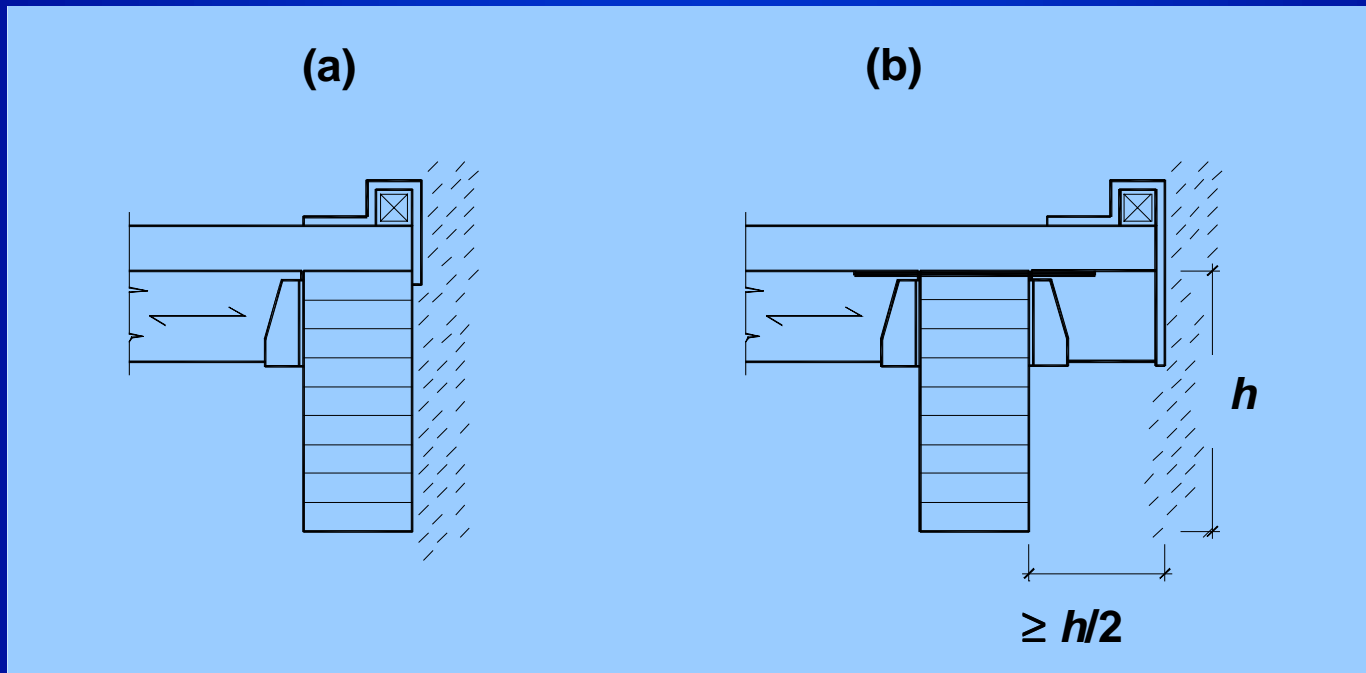
Travi di copertura



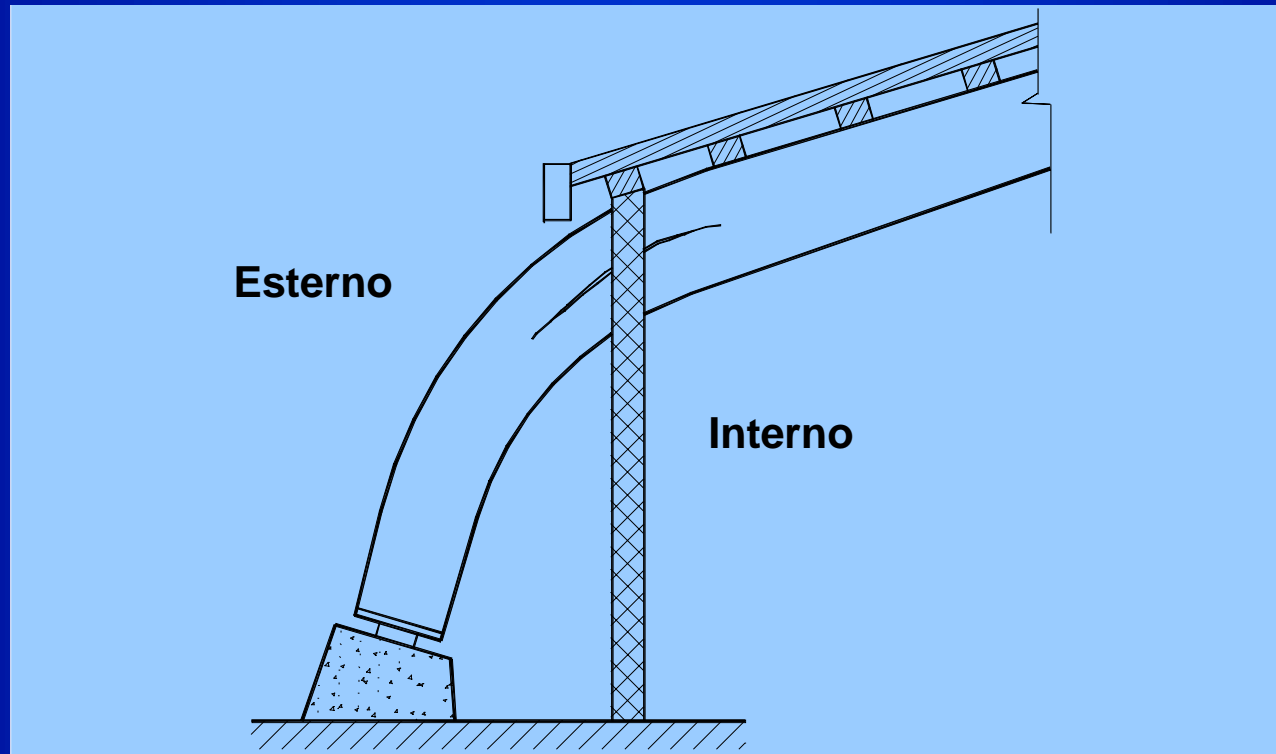
# Protezione travi di bordo

(a) intervallo di manutenzione  $\approx 1 \div 2$  anni

(b) intervallo di manutenzione  $\approx 5 \div 10$  anni



# Travi parzialmente esposte



# Travi completamente esposte





## Passerella su Simme (Wimmis, Svizzera)

Realizzazione: *1989*

Progetto: *Natterer, Gärtl*

Luce totale: *108 m*

Larghezza utile: *3.50 m*

Struttura: *2 travi  $h=3\text{ m}$*   
*su tre campate*

Impalcato: *tavolato di Larice*

Sporto di coperto: *1.5 m*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*



*Esempi di realizzazioni*

## Passerella su Cordevole (Val Imperina, Agordo)

Realizzazione: *1999*

Progetto: *Genio Civile Belluno,  
ufficio tecnico Holzbau*

Luce totale: *75.5 m*

Larghezza utile: *2.32 m*

Struttura: *2 travi  $h=3.30\text{ m}$   
su tre campate*

Pile: *struttura L.L. a V,  $h=5.20\text{ m}$*

Coperto: *L.L. a volta, manto di rame*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*

*Esempi di realizzazioni*

## **Montaggio**



## **Passerella sul Cordevole**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*

*Esempi di realizzazioni*

**Passerella sul  
Cordevole  
(Val Imperina,  
Agordo)**



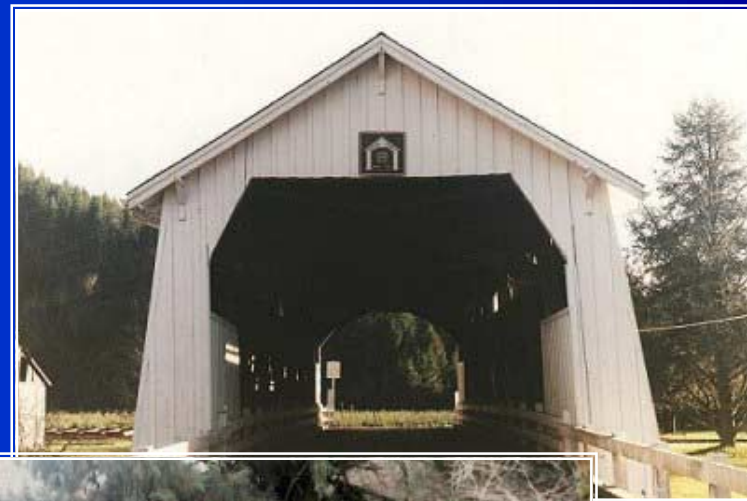
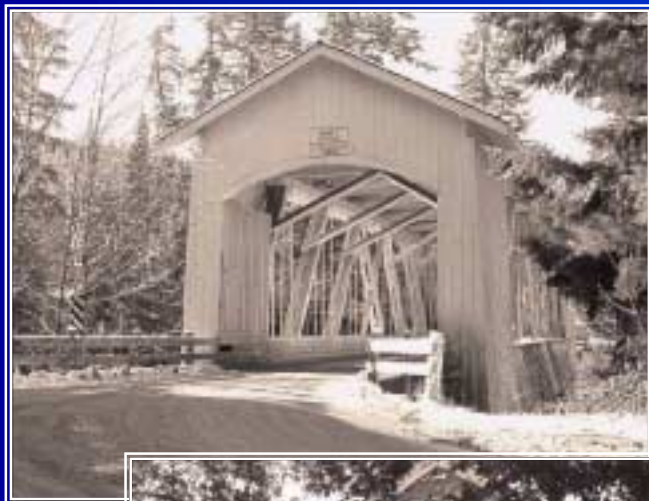
**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*



*Esempi di realizzazioni*

## Ponti in legno coperti (Oregon, U.S.A.)

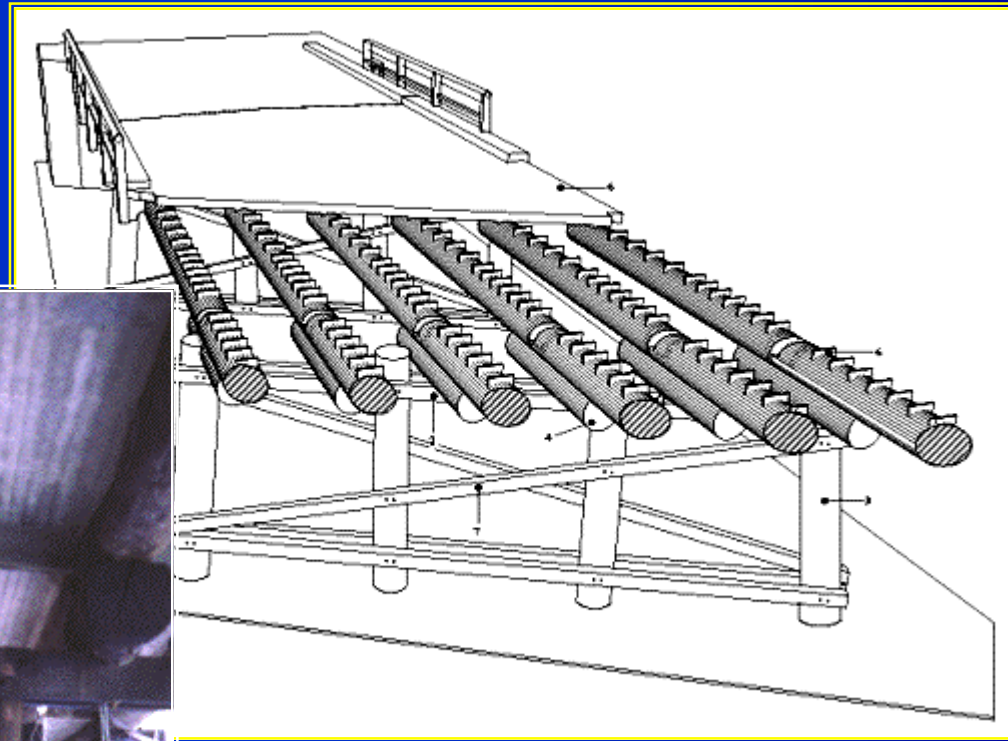


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*

*Esempi di realizzazioni*

## Ponti legno-calcestruzzo (NSW, Australia)



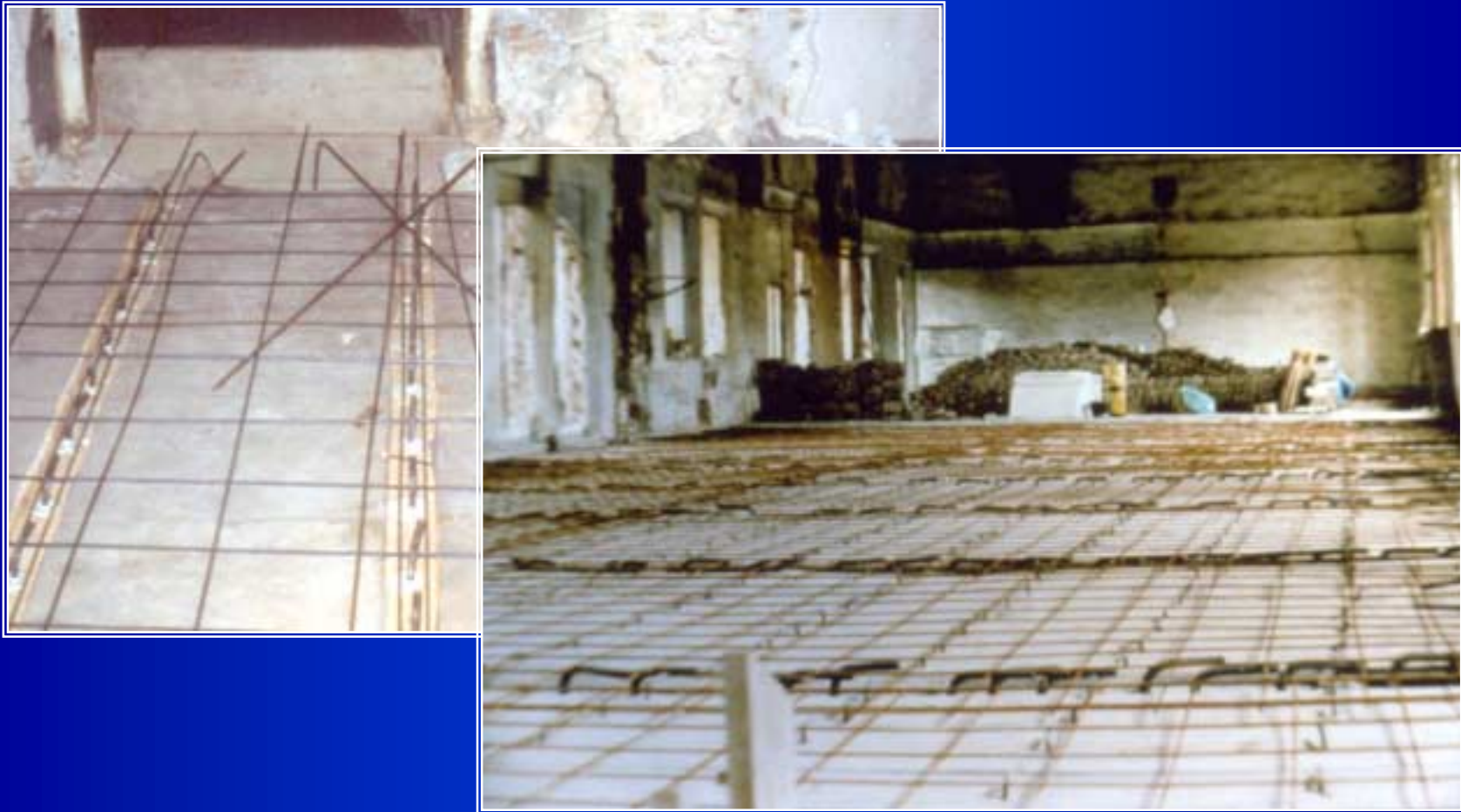
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*



*Esempi di realizzazioni*

## Impalcati composti legno-calcestruzzo



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*



*Esempi di realizzazioni*

## Passerella a Böblingen (Stoccarda, Germania)

Realizzazione: **1995**

Progetto:

*Janson e Wolfrum (arch.)*

*Stainer, Juncker,*

*Blumer, Herisau (ing.)*

Luce totale: **13.5 m**

Larghezza utile: **2.0 m**

Struttura: **2 travi  $h_{\text{var}}=0.55 \div 1.65 \text{ m}$**

Specie legnosa: **Larice**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**

**Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale**

*prof. ing. Maurizio Piazza*

*Esempi di realizzazioni*

## Strutture esposte



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*

*Esempi di realizzazioni*

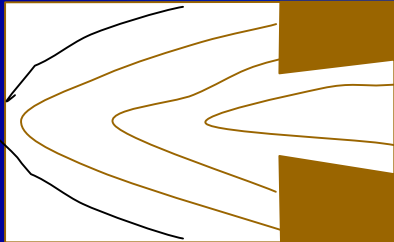
## **Durabilità – Resistenza al fuoco**



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO**  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*






SICUREZZA E COMFORT NELLE ABITAZIONI  
CON STRUTTURE DI LEGNO – Verona, 16 Giugno 2001

## *Progettare la durabilità*

### Conclusioni

- *Qualità del materiale* 
- **Scelta della specie legnosa e dei tratti**
- **Utilizzazione corretta del legname**  
**Produzione controllata del legno lamellare**
- **Concezione progettuale generale dell'opera**  
⇒ ideazione, progetto, calcolo
- **I dettagli costruttivi del progetto**  
**Scelta del rivestimento protettivo**

#### Qualità

#### Taglio/prime lavorazioni

- *periodo di abbattimento*
- *prime lavorazioni*
- *stoccaggio/magazzino*



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Strutturale

*prof. ing. Maurizio Piazza*