XLAM

Proprietà e caratteristiche di un materiale innovativo

Andrea Bernasconi

Consulente dell'Istituto per la costruzione, le strutture e la tecnologia del legno, Politecnico di Graz (Austria)

Professore di tecnologia e costruzione di legno, University of applied sciences, Yverdon-CH

in collaborazione con:

Gerhard Schickhofer

Professore e direttore d'istituto, Politecnico di Graz (Austria)

Seminario specialistico promo_legno

L'altro massiccio

Costruire con l'XLAM, pannelli di legno massiccio a strati incrociati

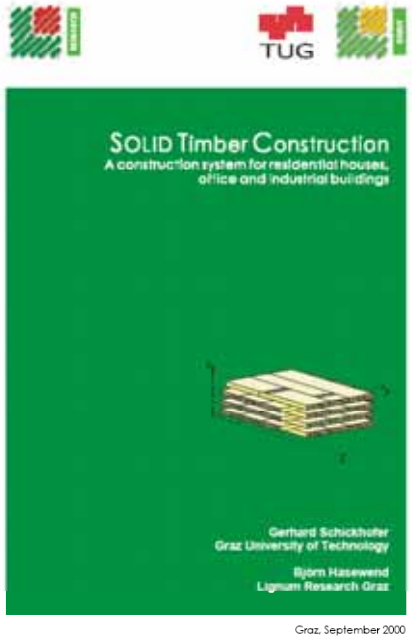
Firenze - Venerdì 12 novembre 2010

Edifici di legno con un materiale strutturale nuovo

- **Prime realizzazioni nella seconda metà degli anni '90**

Edifici di legno con un materiale strutturale nuovo

- **Prendeva forma un materiale nuovo …**



- **1996: un progetto di sviluppo per sfruttare meglio il materiale prodotto dalle segherie producendo pannelli strutturali massicci**
- **1998: prima omologazione austriaca**

Edifici di legno con un materiale strutturale nuovo

- **Oggi - circa 10 anni dopo …**
  …. la capacità produttiva in Europa raggiunge 0.5 Mio. m^3/anno

… il nuovo materiale è una realtà indiscussa e interessante

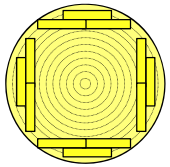
- **in tedesco: BrettSPerrholz**
- **in inglese: Cross Laminated Timber**

promo legno

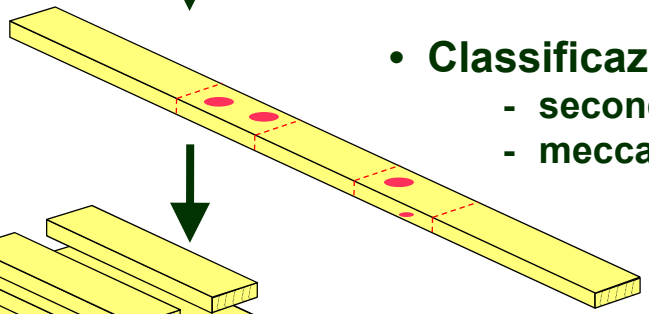
I pannelli di legno massiccio a strati incrociati XLAM

- Descrizione di un materiale nuovo e innovativo
- Caratteristiche e potenzialità tecniche e strutturali
- Disponibilità e possibilità di impiego
- Impieghi e applicazioni possibili

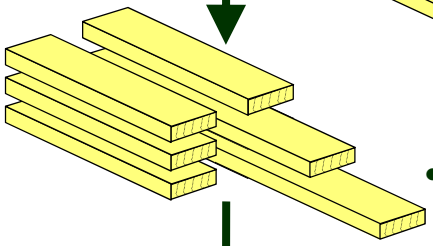
La materia prima - Le lamelle



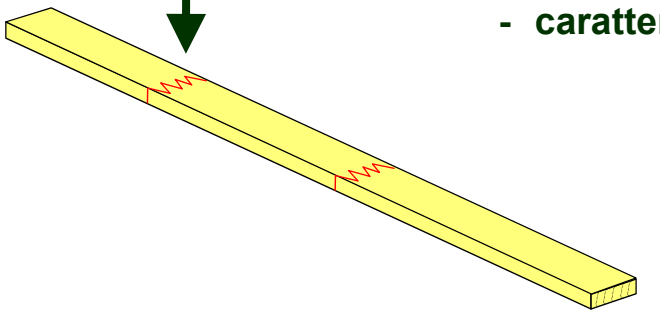
- **Taglio**
  - tavole più esterne
  - migliori, ma meno interessanti
  - essiccazione

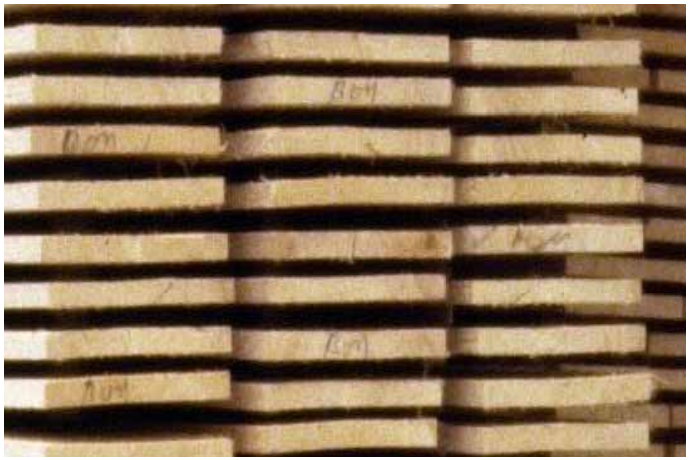


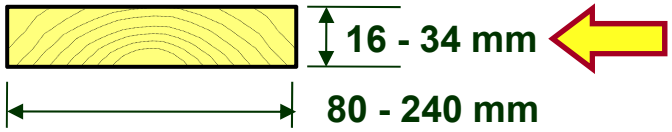
- **Classificazione**
  - secondo la resistenza
  - meccanica o visiva

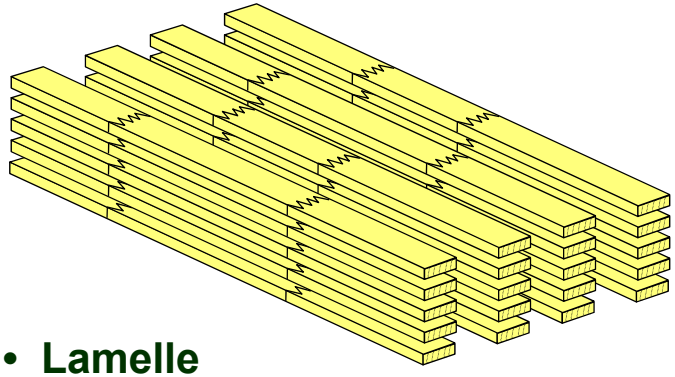


- **Giunti incollati a pettine**
  - lunghezza a piacimento
  - caratteristiche definite



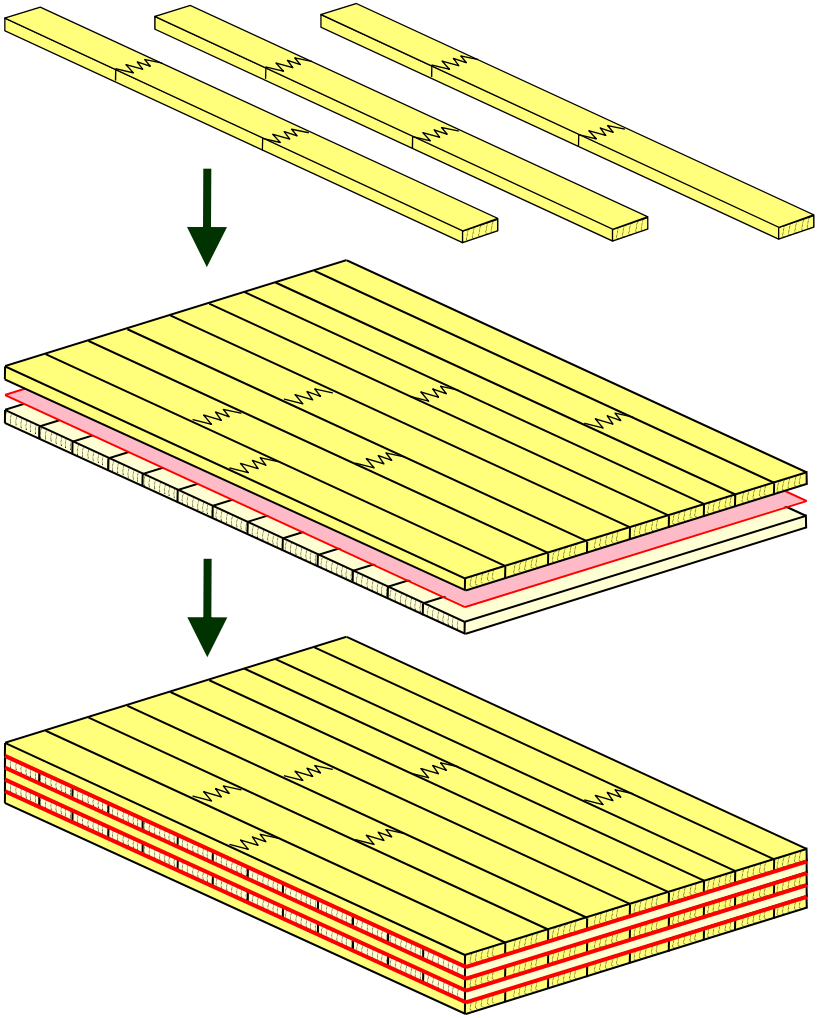






- **Lamelle**
  - lunghezza a piacimento
  - caratteristiche definite

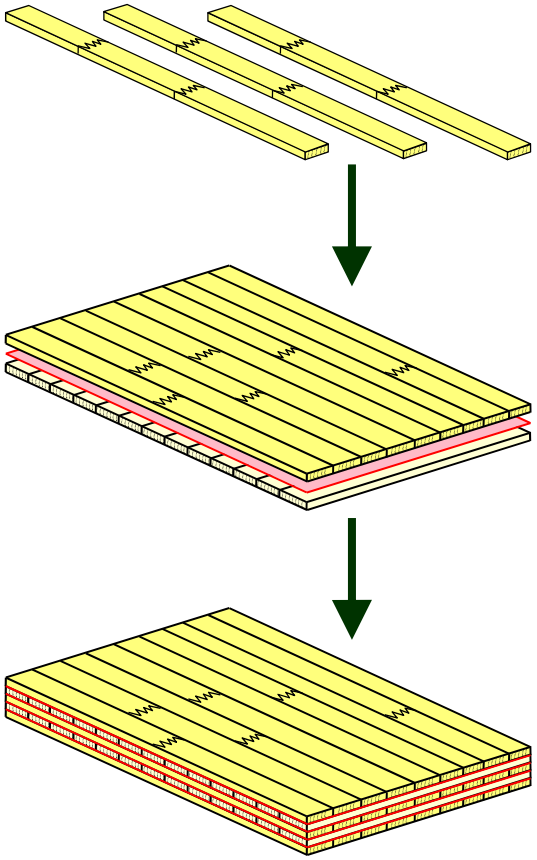
Il principio del pannello massiccio a strati incrociati



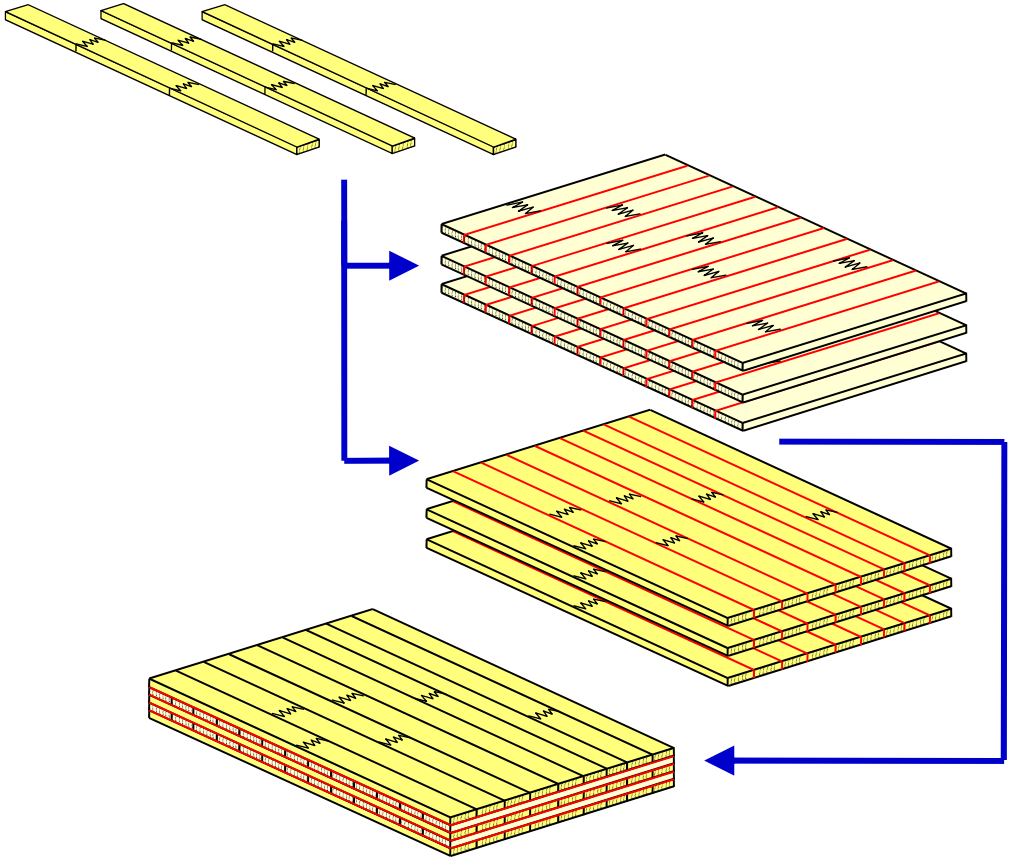
- **Strati unidirezionali**
  - formati da più lamelle
  - incollati uno sull'altro
- **Direzione della fibratura degli starti**
  - "incrociati"
  - strati adiacenti ruotati di 90°
- **Incollatura strutturale**
  - adesivi e tecnica dal lamellare
  - procedimenti innovativi

La produzione - Le procedure

- **in una sola fase**
  - incollaggio del pannello completo



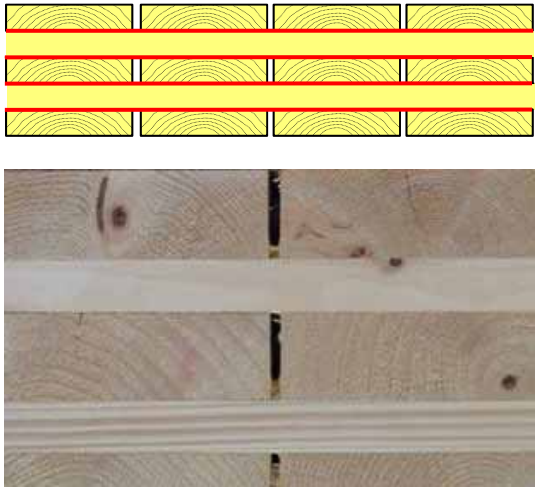
- **in più fasi**
  - produzione di strati singoli
  - incollaggio del pacchetto di più strati



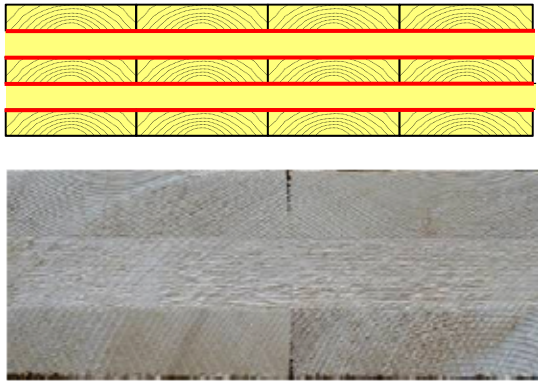
promo_legno

La produzione - l'incollatura laterale delle lamelle

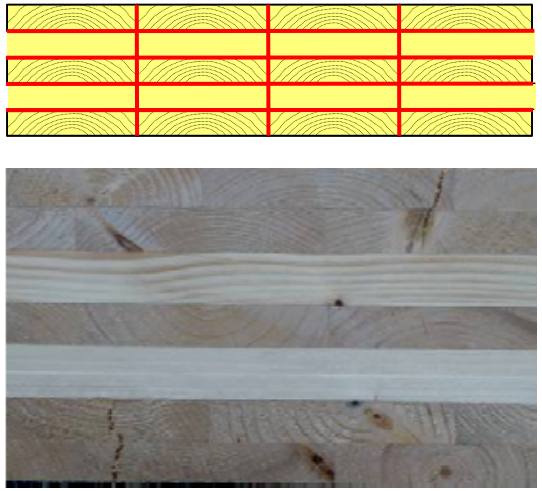
- **senza incollatura**
  - **con spazio visibile**



- **senza incollatura**
  - **a contatto**
  - **superficie +/- continua**



- **con incollatura**
  - **a contatto**
  - **ev. fessure da ritiro**

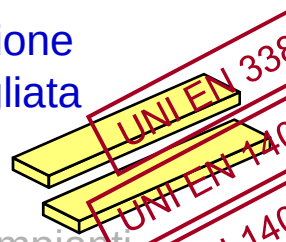


Caratteristiche tecniche del prodotto finito

- **praticamente non influenzate dalla tecnica di produzione**
- **incollatura laterale non determinante per il comportamento meccanico**

La qualità del materiale - la sicurezza del prodotto

- **Lamelle grezze:**
  - cernita e classificazione certificata e sorvegliata
  - autocontrollo
  - controllo esterno
  - certificazione degli impianti
  - certificazione del personale
  - tutte le lamelle sono marcate
- **Le colle:**
  - omologate per l'uso previsto
- **I giunti a pettine delle lamelle:**
  - impianti omologati
  - collanti omologati
  - controllo interno permanente della qualità: prove di carico
  - sorveglianza costante esterna: prove di carico



- **L'incollatura:**
  - impianti omologati
  - controllo interno permanente della qualità
  - sorveglianza esterna
  - protocollo della produzione
- **Il prodotto finito:**
  - protocollo della produzione e della sorveglianza della qualità
  - certificazione della produzione
  - marcatura del prodotto

UNI EN 338
UNI EN 14081
UNI EN 14081
UNI EN 301
UNI EN 302
UNI EN 385
UNI EN 1995-1
DIN 1052:2004
UNI EN 1194
UNI EN 391
UNI EN 392
UNI EN 1194
UNI EN 386
UNI EN 14080

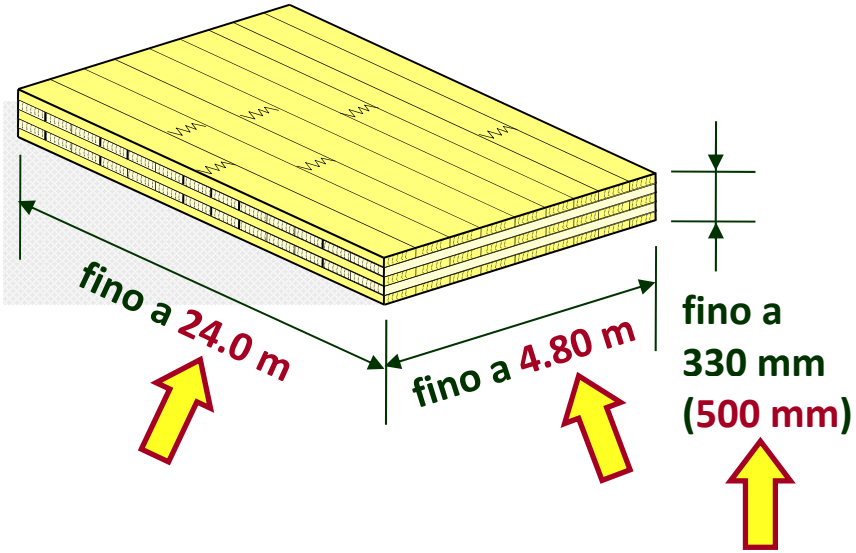
Normativa italiana:

Testo unico ⟺ **DT 206 CNR**

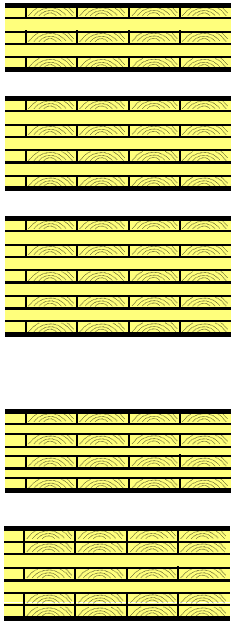
promo_legno

La disponibilità

- **dimensioni**
  - diverse fra i produttori



- **stratigrafia**
  - diversa fra i produttori



- Numero strati
  - (3), 5 … 11
- Spessore lamelle
  - costante
  - diverso nelle due direzioni
  - ev. strati doppi in una direzione

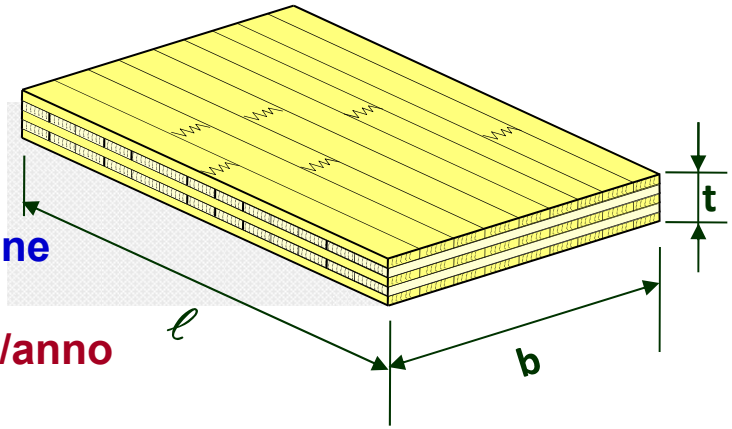
Dimensioni e composizione dei pannelli

- definita dal prodotto e al produttore
- differenze fra i produttori non trascurabili

promo_legno

L'offerta - I prodotti disponibili

- **attualmente in Europa**
  - **7 … 8 grossi stabilimenti di produzione**
  - **diversi piccoli produttori**
  - **capacità produttiva: oltre 0.5 Mio. m³/anno**
  - **tendenza … in crescita**



Prodotto	Numero strati	Dimensioni max. standard			Produzione speciale		
		b in m	ℓ in m	**t** in m	**b** in m	ℓ in m	**t** in m
KLH	… 7 +	**2.95**	**16.5**	**500**			
Leno	… 11	**4.80**	**14.8**	**297**	4.80	20.0	500
MM-BSP	… 7	**3.00**	**16.5**	**278**			
CLT	… 7	**2.95**	**16.0**	**301**	3.00	16.0	400
BBS	… 7	**1.25**	**24.0**	**341**	1.25	24.0	341
HMS	… 7	**4.00**	**18.0**	**217**			
MMT	… 9	**1.20**	**14.0**	**240**			

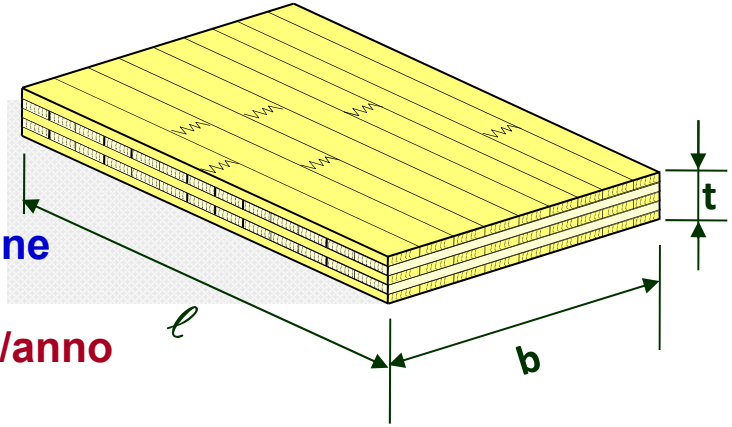
Tabella indicativa - Sono indicati i produttori più importanti in Europa - Stato primavera 2010

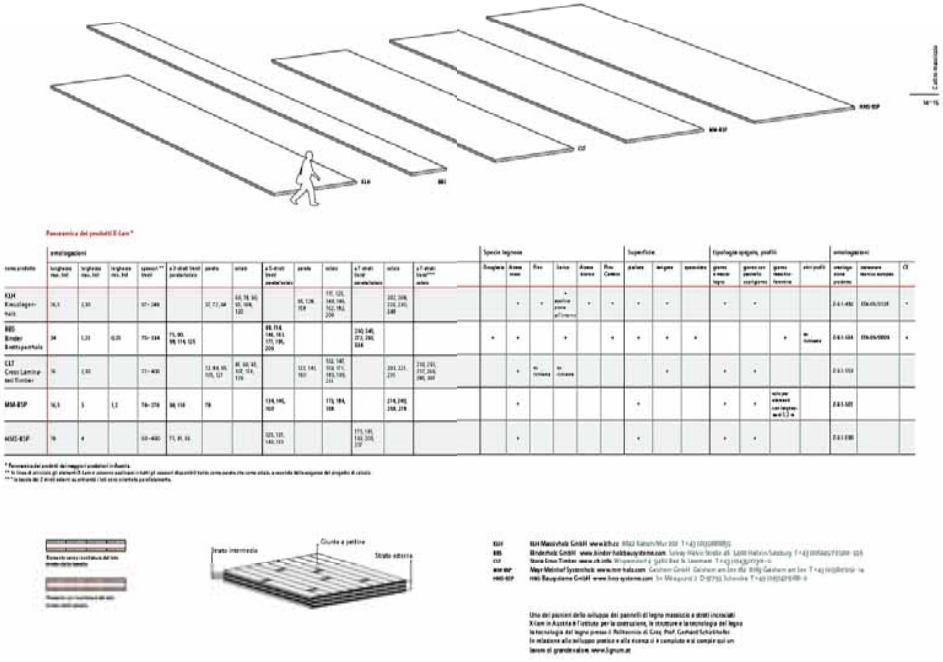
L'altro massiccio

promo_legno

L'offerta - I prodotti disponibili

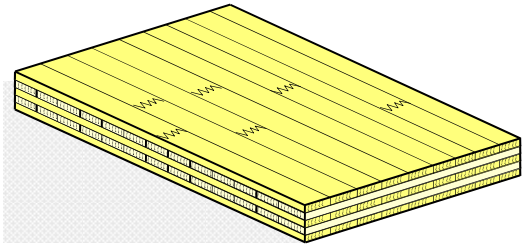
- **attualmente in Europa**
  - **7 … 8 grossi stabilimenti di produzione**
  - **diversi piccoli produttori**
  - **capacità produttiva: oltre 0.5 Mio. m³/anno**
  - **tendenza … in crescita**





L'offerta - I prodotti disponibili

- **i profili prestazionali**
  - **normativa di prodotto (ancora) inesistente**
  - **normative nazionali solo in parte disponibili**
  - **omologazione dei singoli prodotti / produttori**
  - **marcatura CE**

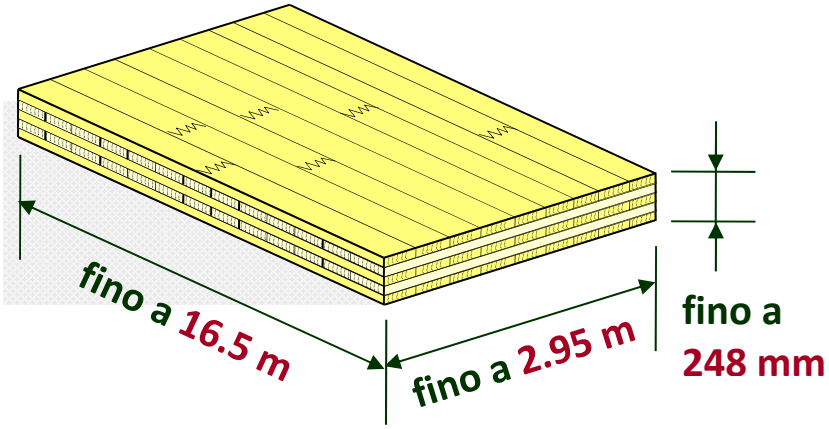


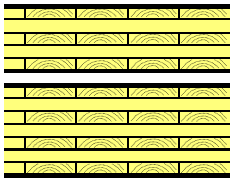
Prodotto	Numero strati	**Dimensioni max. standard**			Omologazione		
		b in m	ℓ in m	**t** in m	de	at	**CE**
KLH	… 7 +	**2.95**	**16.5**	**500**	Z-9.1-482	AT-3 06-77	ETA-06/0138
Leno	… 11	**4.80**	**14.8**	**297**	Z-9.1-501		ETA-10/0241
MM-BSP	… 7	**3.00**	**16.5**	**278**	Z-9.1-638		ETA-09/0036
CLT	… 7	**2.95**	**16.0**	**301**	Z-9.1-559		ETA-08/0271
BBS	… 7	**1.25**	**24.0**	**341**	Z-9.1-534		ETA-06/0009
HMS	… 7	**4.00**	**18.0**	**217**	Z-9.1-680		ETA-06/0242

Tabella indicativa - Sono indicati i produttori più importanti in Europa - Stato estate 2011

I prodotti standard disponibili

- **KLH- Kreuzlagenholz - KLH-Massivholzpaltten - KLH solid wood slabs**
  - **denominazioni ufficiali riportate nelle omologazioni**
  - **www.klh.it - www.klh.at**

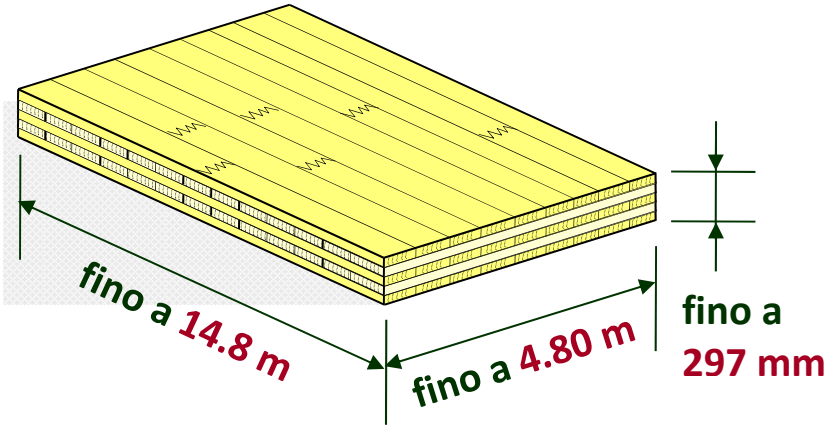


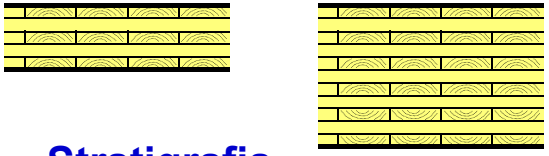


- **Stratigrafia**
  - fino a 7 strati standard
  - soluzioni speciali possibili
- **Omologazioni**
  - de: Z-9.1-501
  - CE: ETA-06/0138

I prodotti standard disponibili

- **LENO Merk Dickholz MDH**
  - **denominazioni ufficiali riportate nelle omologazioni**
  - **www.finnforest.de - www.finnforest.com**

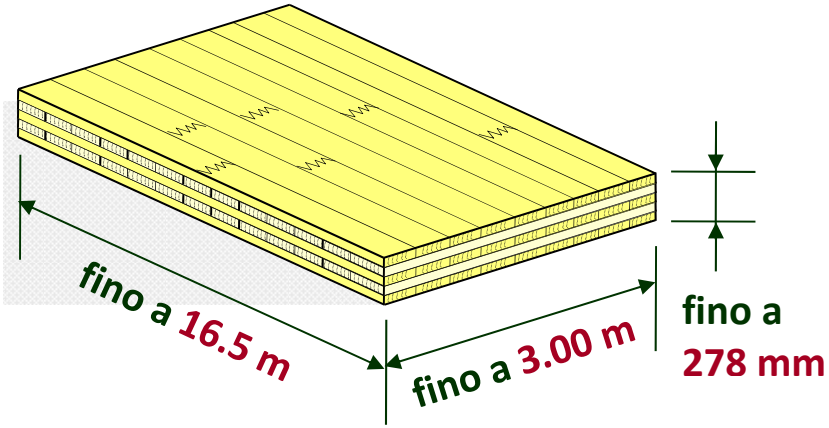


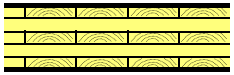


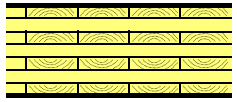
- **Stratigrafia**
  - fino a 11 strati standard
  - soluzioni speciali possibili
- **Omologazioni**
  - de: Z-9.1-482
  - CE: ETA-10/0241

I prodotti standard disponibili

- **MM-BSP Brettsperrholz**
  - **denominazioni ufficiali riportate nelle omologazioni**
  - **www.mm-holz.com**



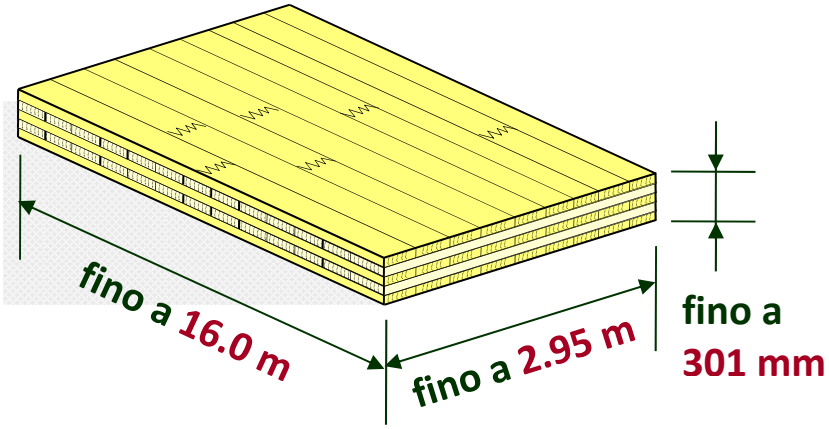


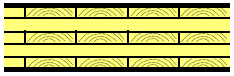


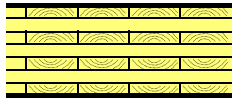
- **Stratigrafia**
  - fino a 7 strati standard
  - soluzioni speciali possibili
- **Omologazioni**
  - de: Z-9.1-638
  - CE: ETA-09/0036

I prodotti standard disponibili

- **CLT Cross Laminated Timber**
  - **denominazioni ufficiali riportate nelle omologazioni**
  - **www.clt.info**







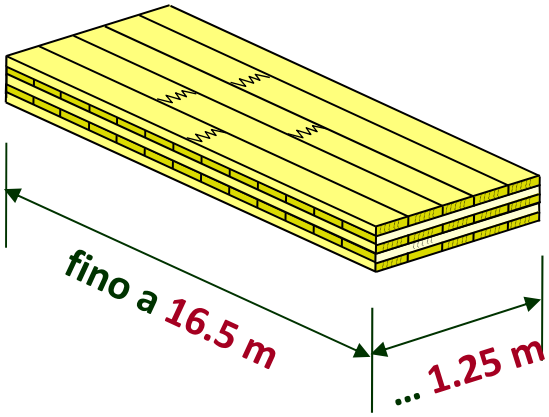
- **Stratigrafia**
  - fino a 7 strati standard

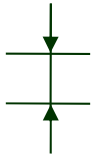
- **Omologazioni**
  - de: Z-9.1-559
  - CE: ETA-08/0271

promo_legno

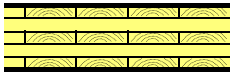
I prodotti standard disponibili

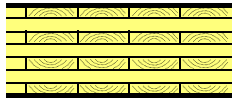
- **Binder Brettsperrholz BBS**
  - **denominazioni ufficiali riportate nelle omologazioni**
  - **www.binderholz.bauholzsysteme.com**





fino a
341 mm

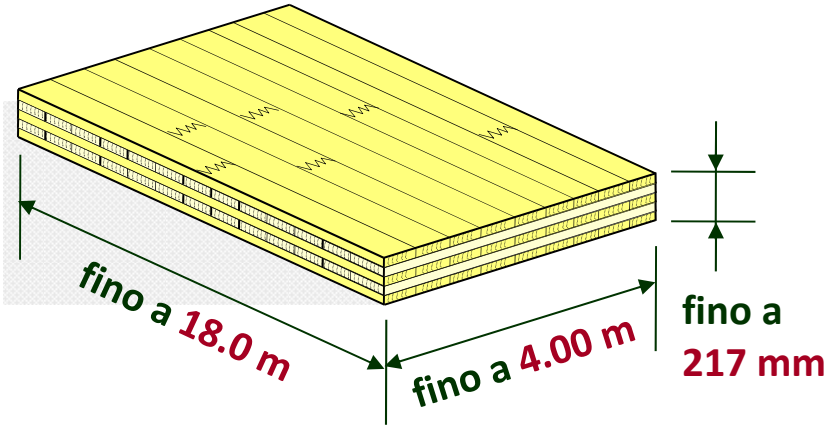


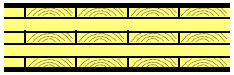


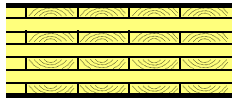
- **Stratigrafia**
  - fino a 7 strati standard
  - soluzioni speciali possibili
- **Omologazioni**
  - CE: ETA-06/009
  - de: Z-9.1-534

I prodotti standard disponibili

- **HMS Element / Brettsperrholz**
  - **denominazioni ufficiali riportate nelle omologazioni**
  - **www. haas-holzindustrie.com**







- **Stratigrafia**
  - fino a 7 strati standard

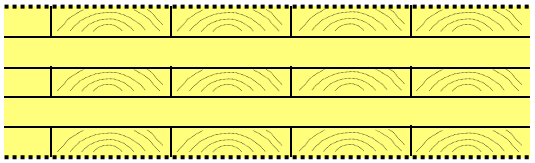
- **Omologazioni**
  - de: Z-9.1-680
  - CE: ETA-06/0242

Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

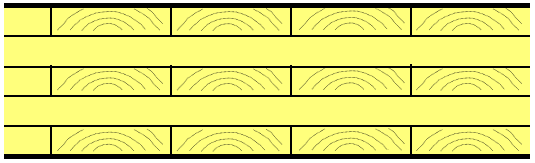
- **Il pannello finito**

Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

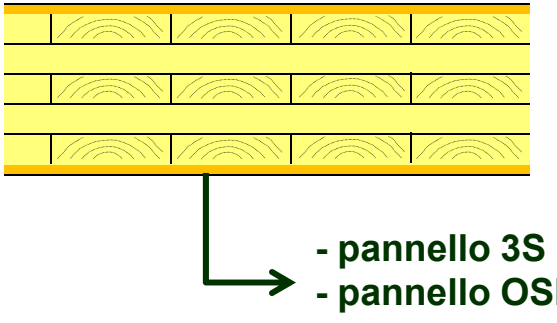
- La superficie



- non a vista
- "grezza"



- a vista
  - piallata
  - levigata
  - …

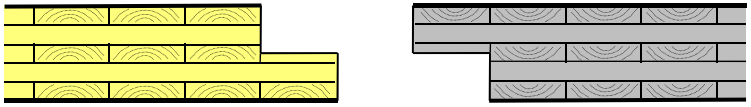


- strato supplementare
- pannello a vista
- altro
  - pannello 3S
  - pannello OSB
  - …

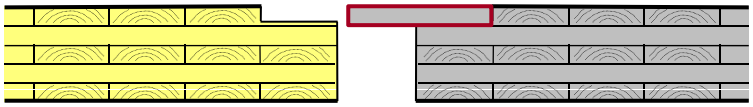
Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

- **Le finiture e il taglio**
  - **a scelta**
  - **adattate all'applicazione**

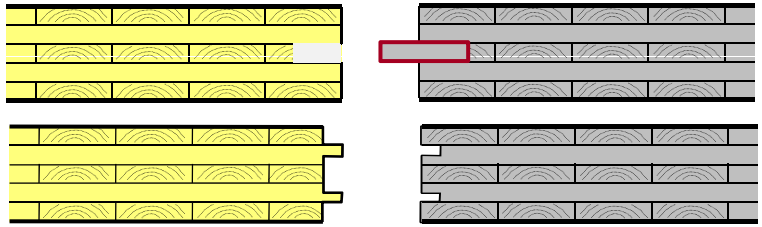
- **a mezzo legno**



- **intaglio per coprigiunto**

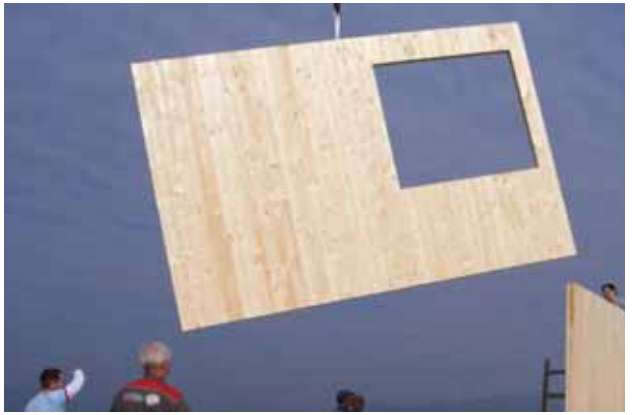


- **maschaitura**



Il prodotto - Pannelli di legno massiccio a strati incrociati

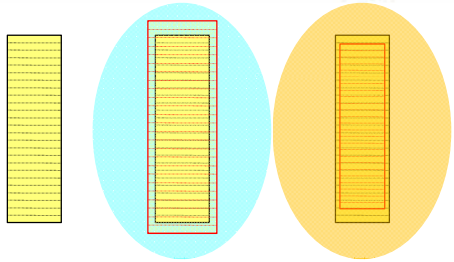
- La forma e le dimensioni
  - pannello grezzo e rettangolare
  - forma e dimensioni a piacimento

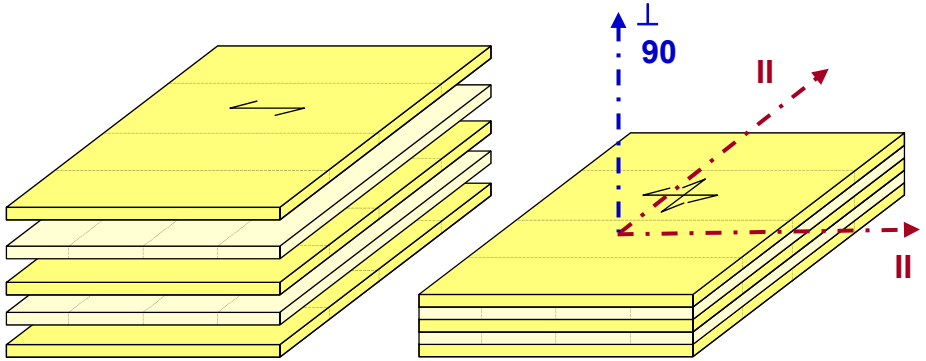


Caratteristiche fisiche

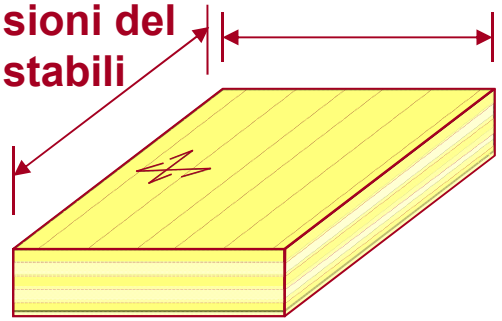
- … legno massiccio incollato
  - legno massiccio
  - struttura originale

- … a più strati incrociati
  - struttura della fibratura "bidirezionale"
  - due direzioni del paino simili





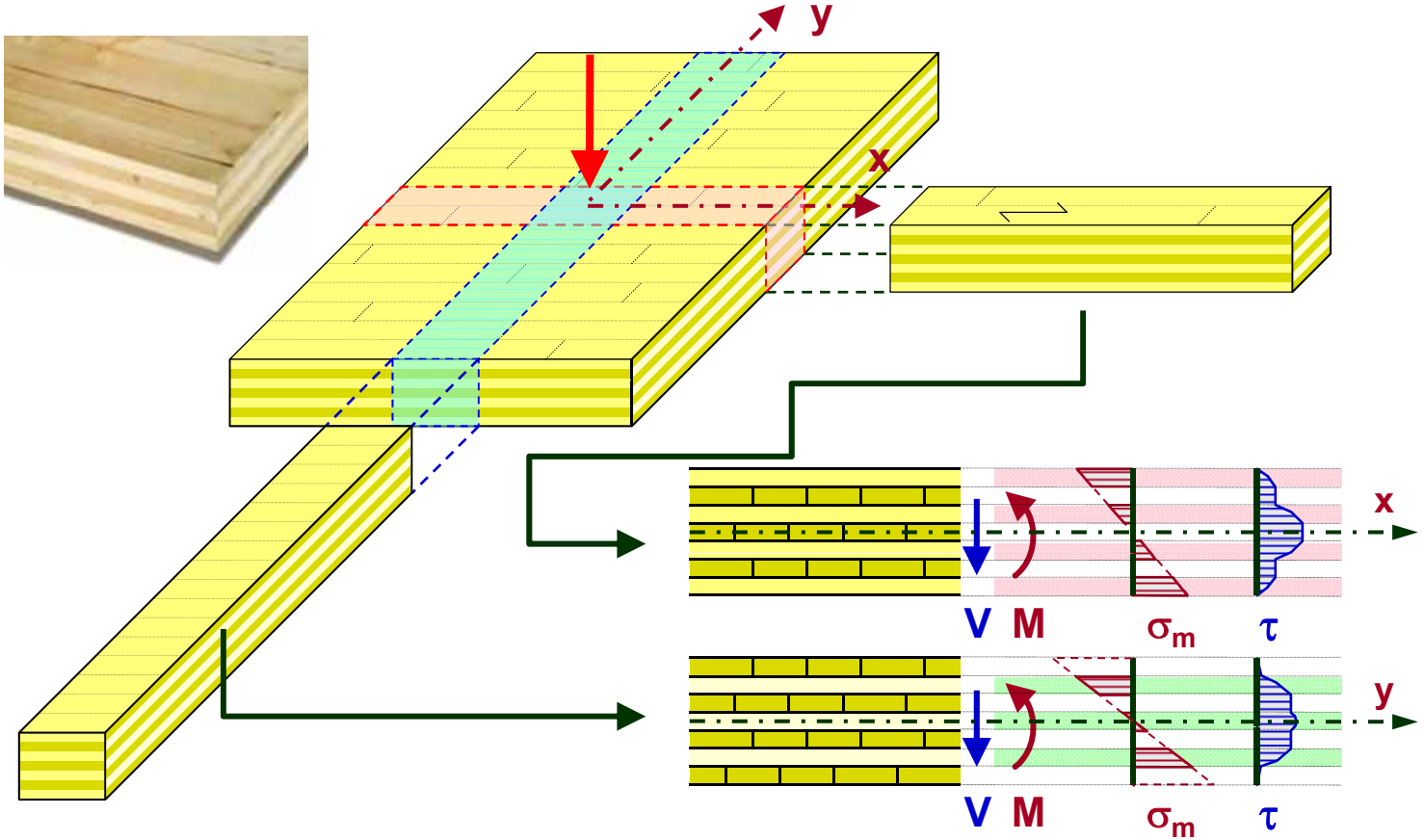
dimensioni del piano stabili



Ritiro e rigonfiamento del pannello … trascurabili

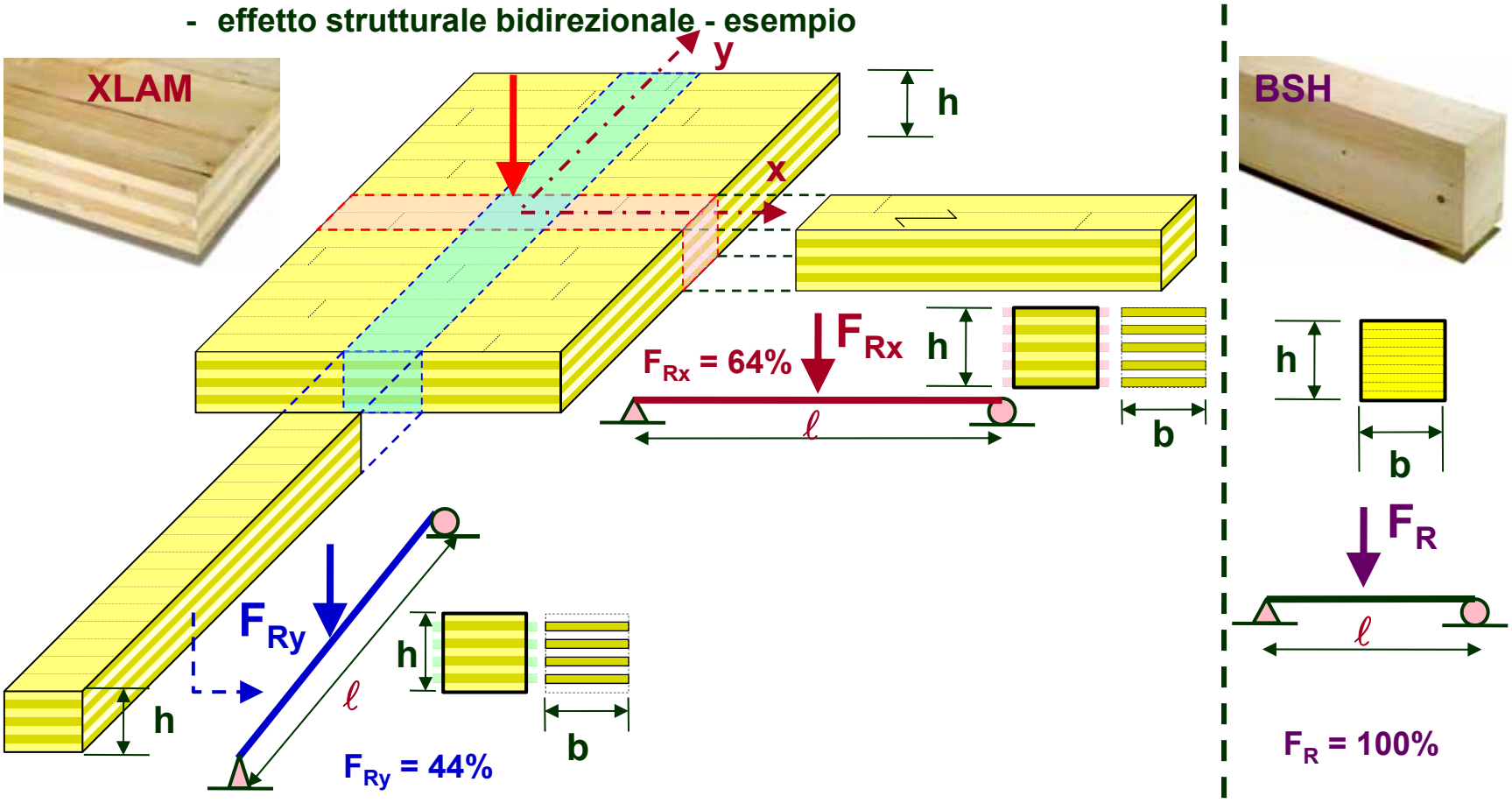
Caratteristiche meccaniche - Resistenza e rigidezza

- **Piastra sollecitata perpendicolarmente al piano**
  - **strati alternati nelle due direzioni**
  - **effetto strutturale bidirezionale**



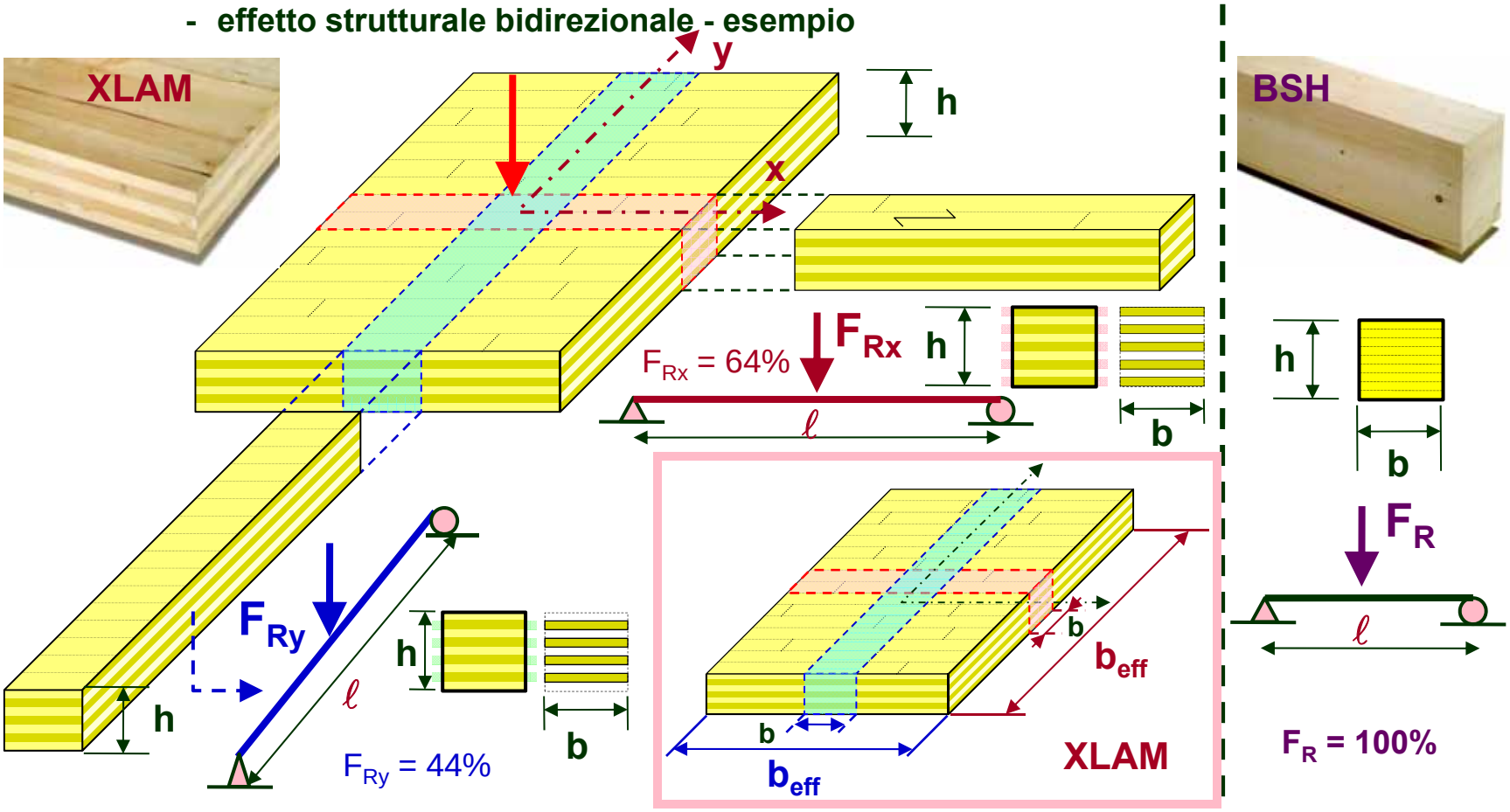
Caratteristiche meccaniche - Resistenza e rigidezza

- **Piastra sollecitata perpendicolarmente al piano**
  - strati alternati nelle due direzioni
  - effetto strutturale bidirezionale - esempio



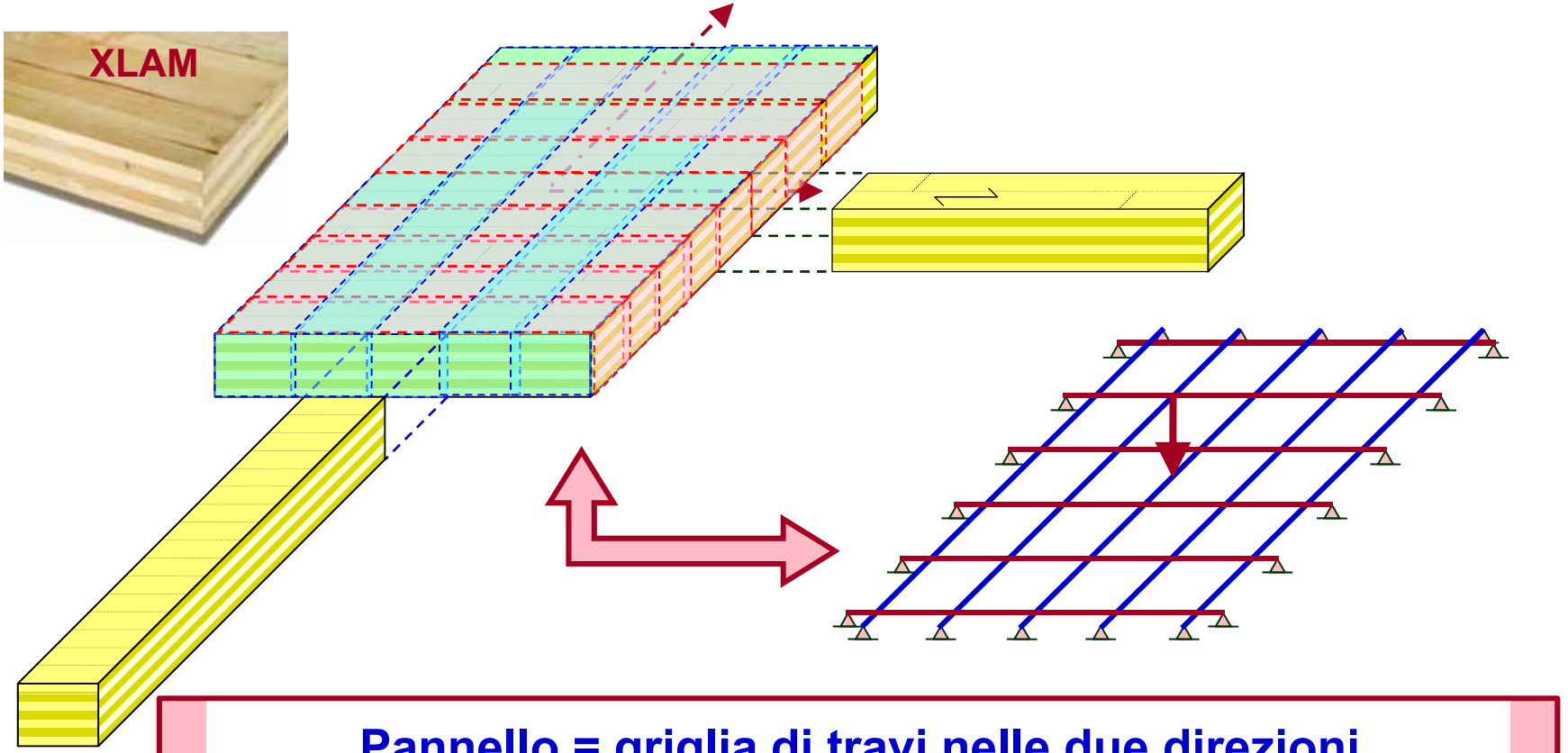
Caratteristiche meccaniche - Resistenza e rigidezza

- **Piastra sollecitata perpendicolarmente al piano**
  - strati alternati nelle due direzioni
  - effetto strutturale bidirezionale - esempio



Caratteristiche meccaniche - Resistenza e rigidezza

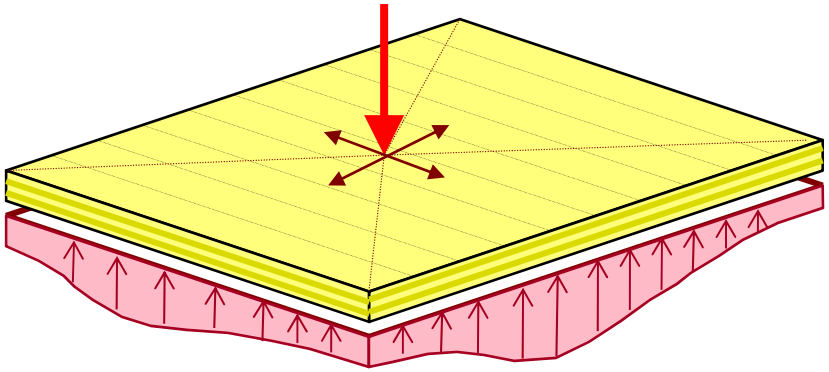
- **Piastra sollecitata perpendicolarmente al piano**
  - **strati alternati nelle due direzioni**
  - **effetto strutturale bidirezionale - esempio**



Pannello = griglia di travi nelle due direzioni

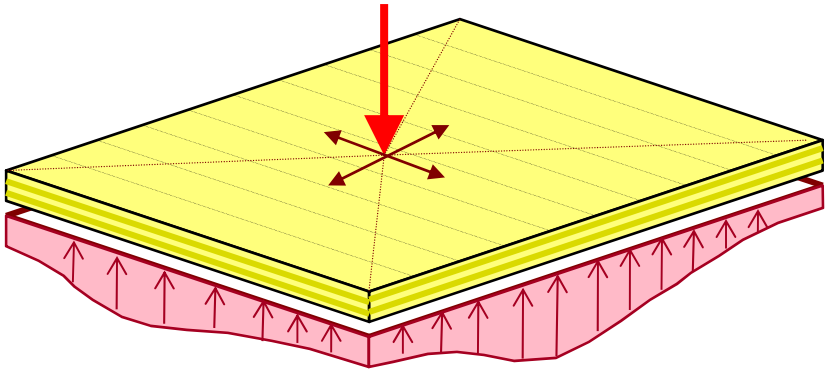
Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- Piastra quale soletta di un edificio
  - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
  - distribuzione dei carichi nelle due direzioni possibile
  - spessori ridotti
  - resistenza e rigidezza elevata



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

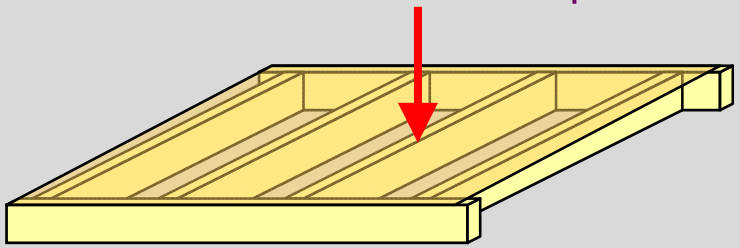
- Piastra quale soletta di un edificio
  - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
  - distribuzione dei carichi nelle due direzioni possibile
  - spessori ridotti
  - resistenza e rigidezza elevata



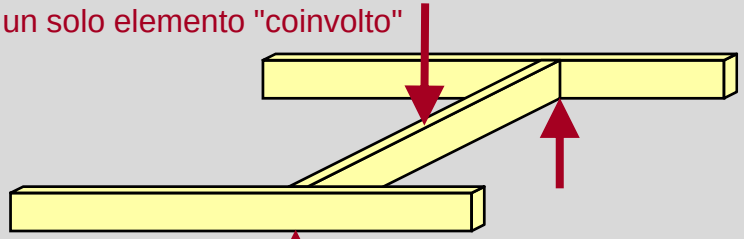
Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Piastra quale soletta di un edificio**
  - **contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")**
  - **distribuzione dei carichi nelle due direzioni possibile**
  - **spessori ridotti**
  - **resistenza e rigidezza elevate**

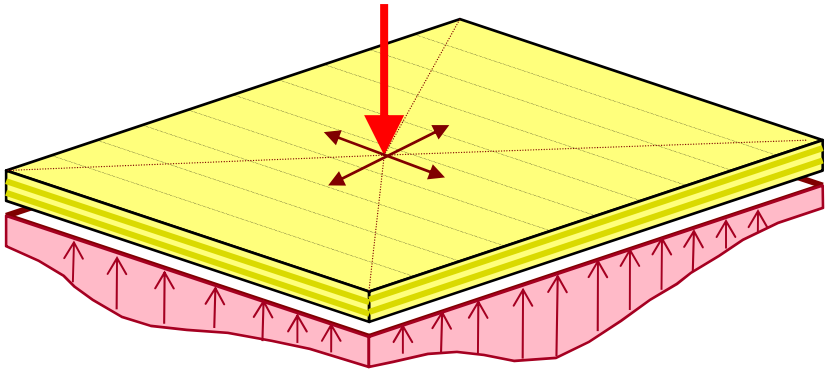
- **Sistema di solaio classico …**
  - travatura parallela
  - elementi lineari indipendenti



- una sola direzione portante
- un solo elemento "coinvolto"



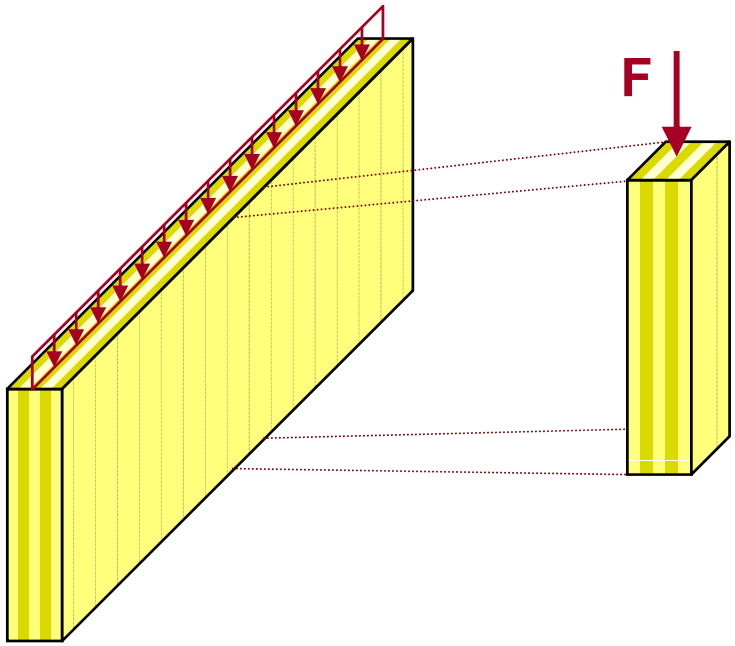
… non può competere



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Lastra quale elemento di parete di un edificio**
  - **contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")**
  - **resistenza e rigidezza elevata**

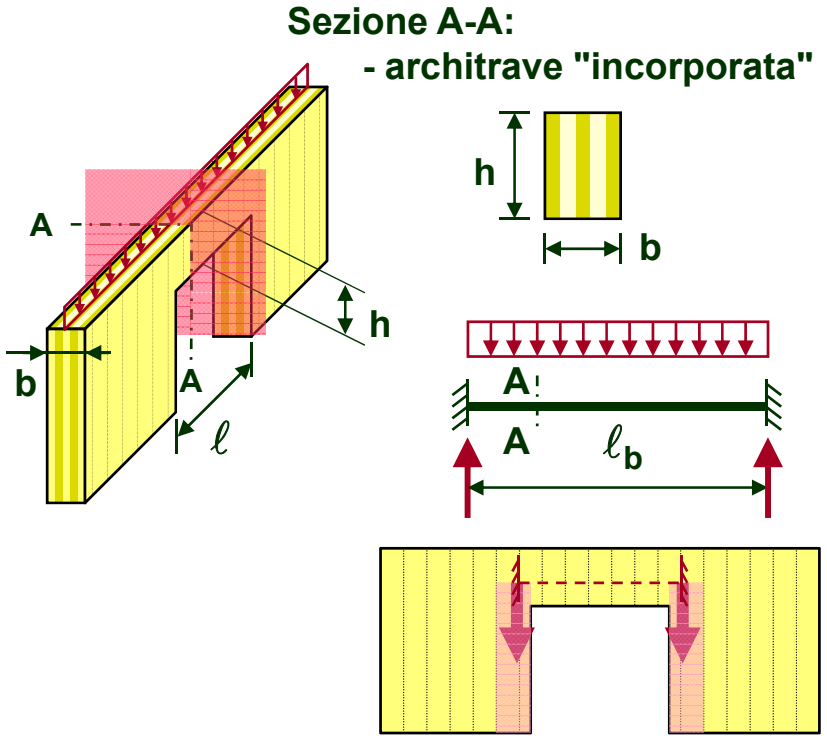
- **Carichi verticali**



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Lastra quale elemento di parete di un edificio**
  - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
  - resistenza e rigidezza elevata
- **Parete con aperture**
  - parete con architravi
  - lastra verticale massiccia

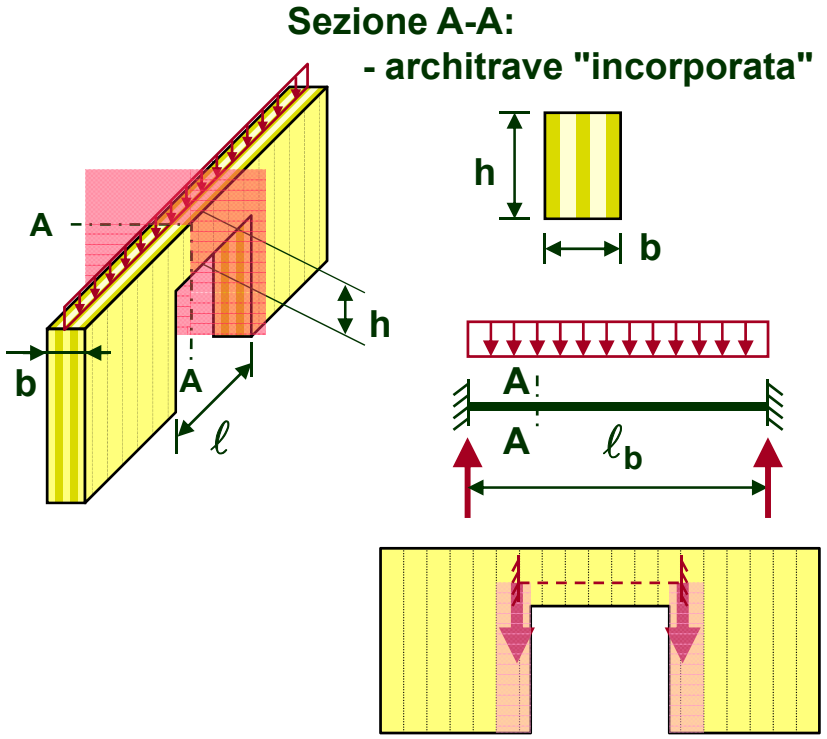
- **Carichi verticali**



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Lastra quale elemento di parete di un edificio**
  - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
  - resistenza e rigidezza elevata
- **Parete con aperture**
  - parete con architravi
  - lastra verticale massiccia

- **Carichi verticali**

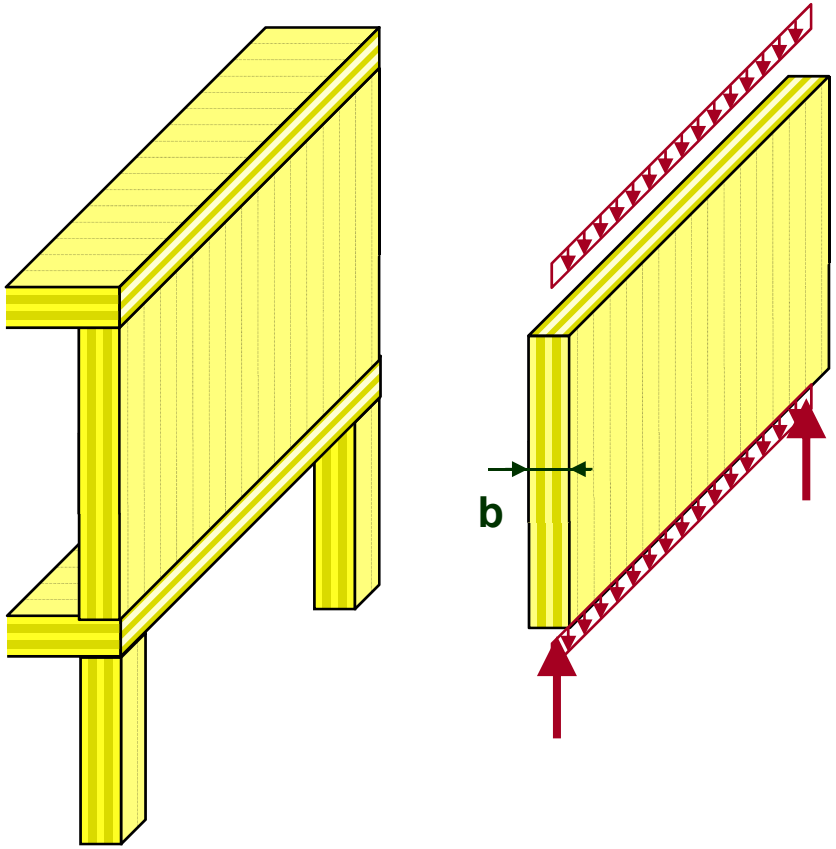


Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Parete con aperture**
  - **parete con architravi incorporate**
  - **lastra verticale massiccia**

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

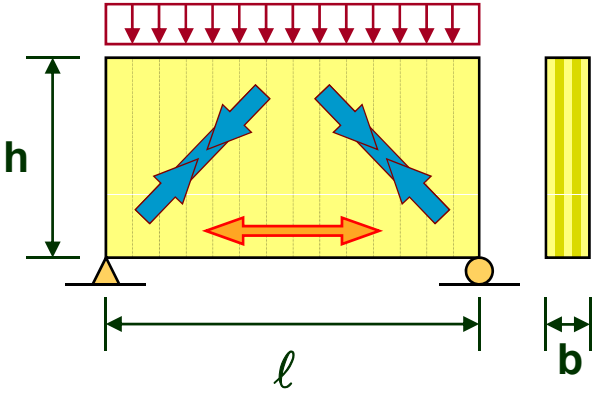
- **Parete quale elemento strutturale**
  - parete quale trave - parete
  - lastra verticale massiccia



- **Carichi verticali**

L'elemento strutturale "parete":

- **lastra = trave di grandi dimensioni**
- **resistenza e rigidezza ottimali**



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

- **Parete quale elemento strutturale**
  - parete quale **trave - parete**
  - lastra verticale massiccia

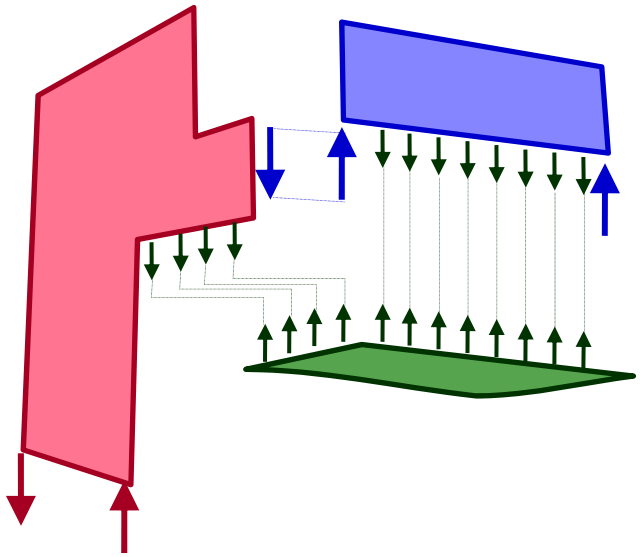
Comportamento strutturale

- Parete quale elemento strutturale
  - parete quale trave - parete
  - lastra verticale massiccia

Soletta sospesa alla parete

Comportamento strutturale

- Parete quale elemento strutturale
  - parete quale trave - parete
  - lastra verticale massiccia

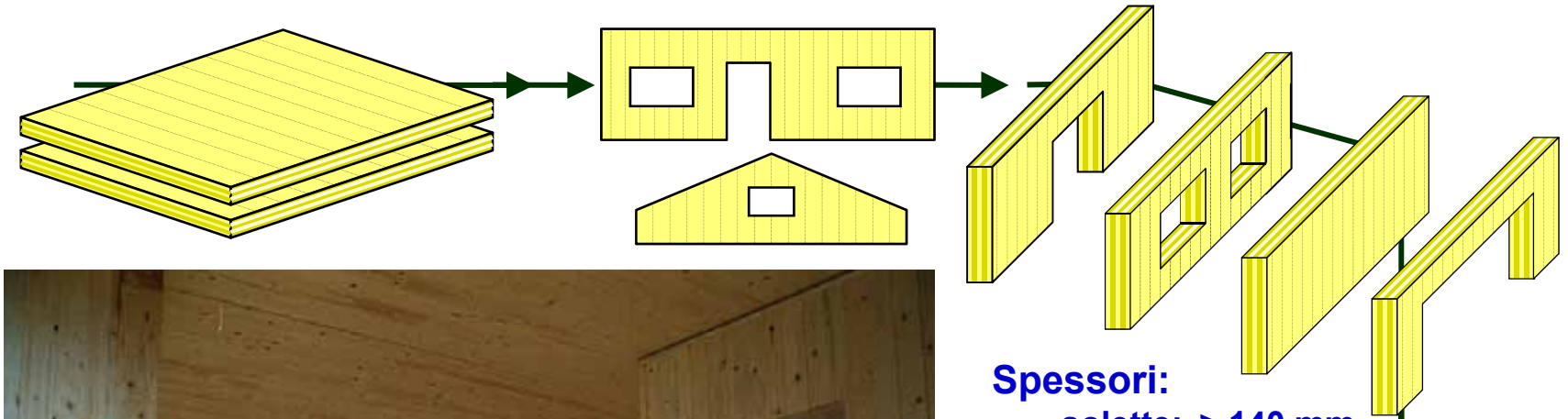


Soletta sospesa alla parete

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

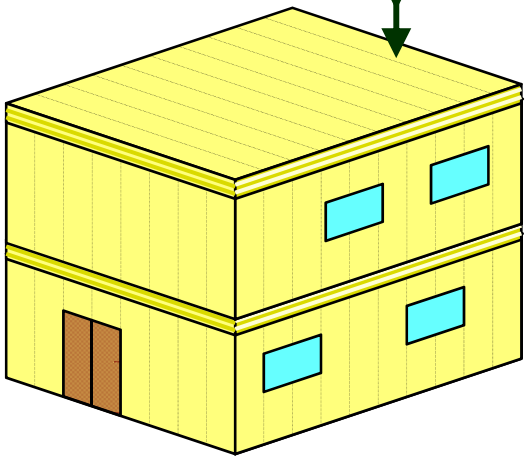
- **Le aperture nelle solette di legno**
  - **possibili**
  - **spesso senza rinforzo locale**

L'edificio di pannelli di legno massiccio a strati incrociati



Spessori:

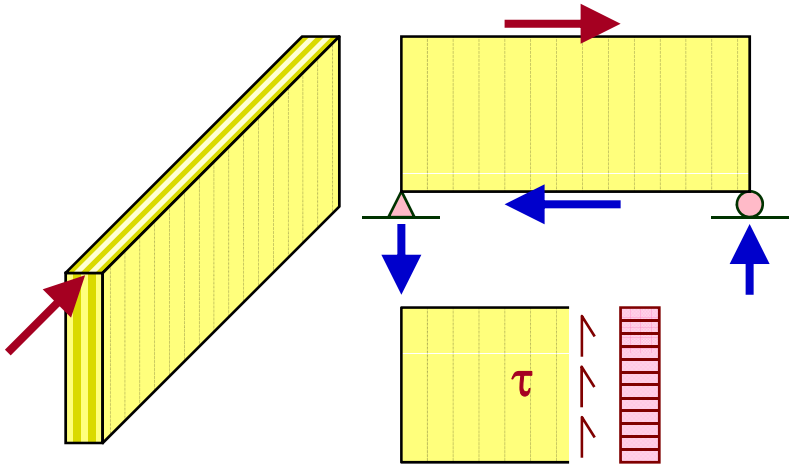
- **solette: > 140 mm**
- **pareti: > 100 mm**



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

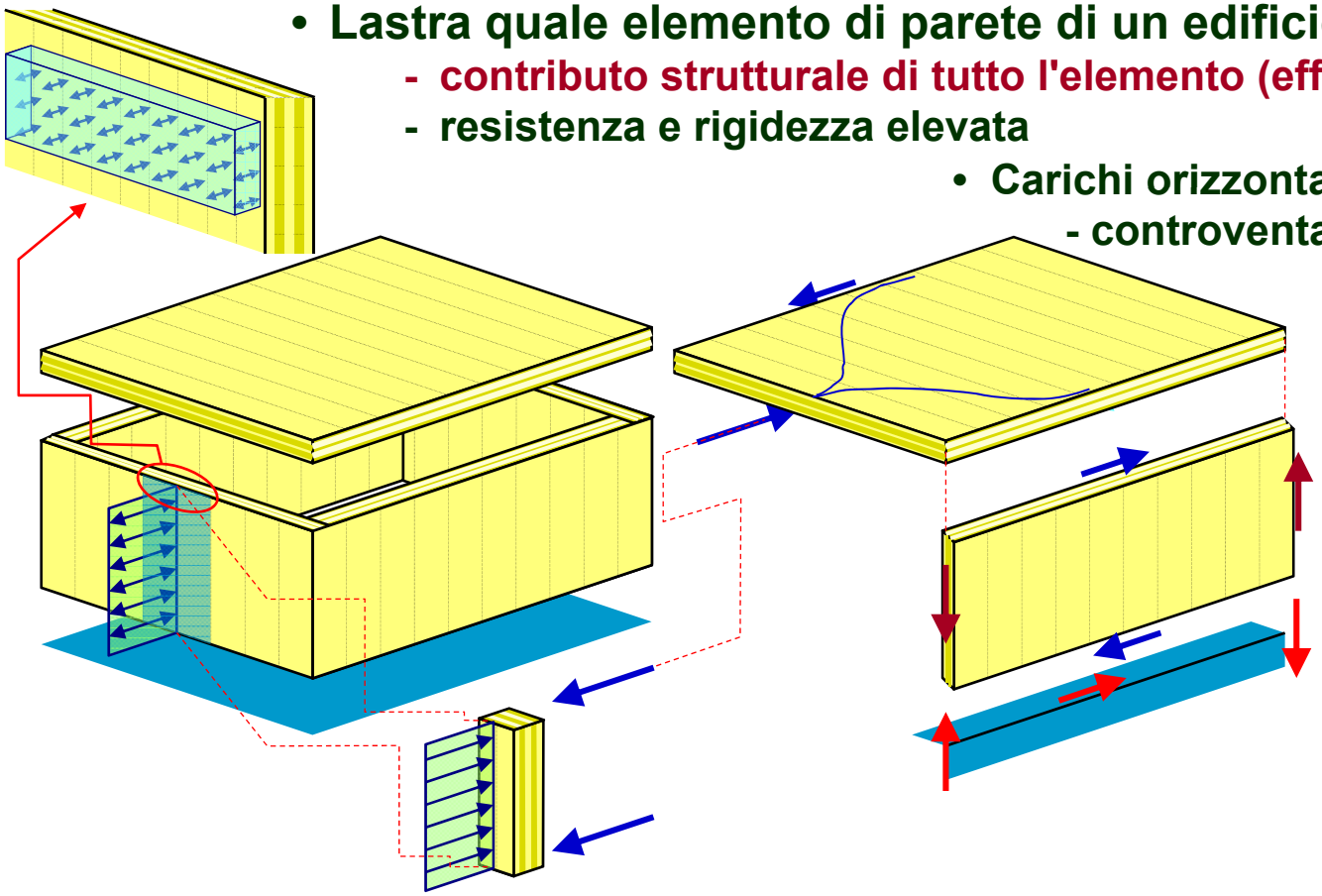
- **Lastra quale elemento di parete di un edificio**
  - **contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")**
  - **resistenza e rigidezza elevata**

- **Carichi orizzontali**
  - **controventatura dell'edificio**



Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

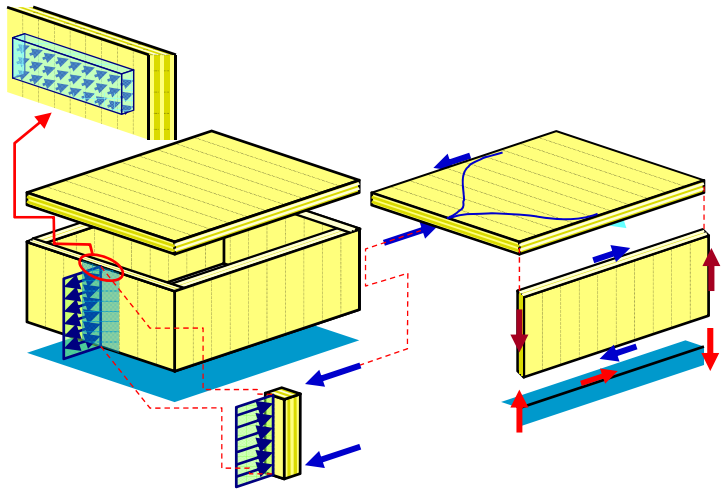
- Lastra quale elemento di parete di un edificio
  - contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")
  - resistenza e rigidezza elevata
    - Carichi orizzontali
      - controventatura dell'edificio



Le pareti e le solette formano una struttura portante rigida

Comportamento strutturale - Resistenza e rigidezza

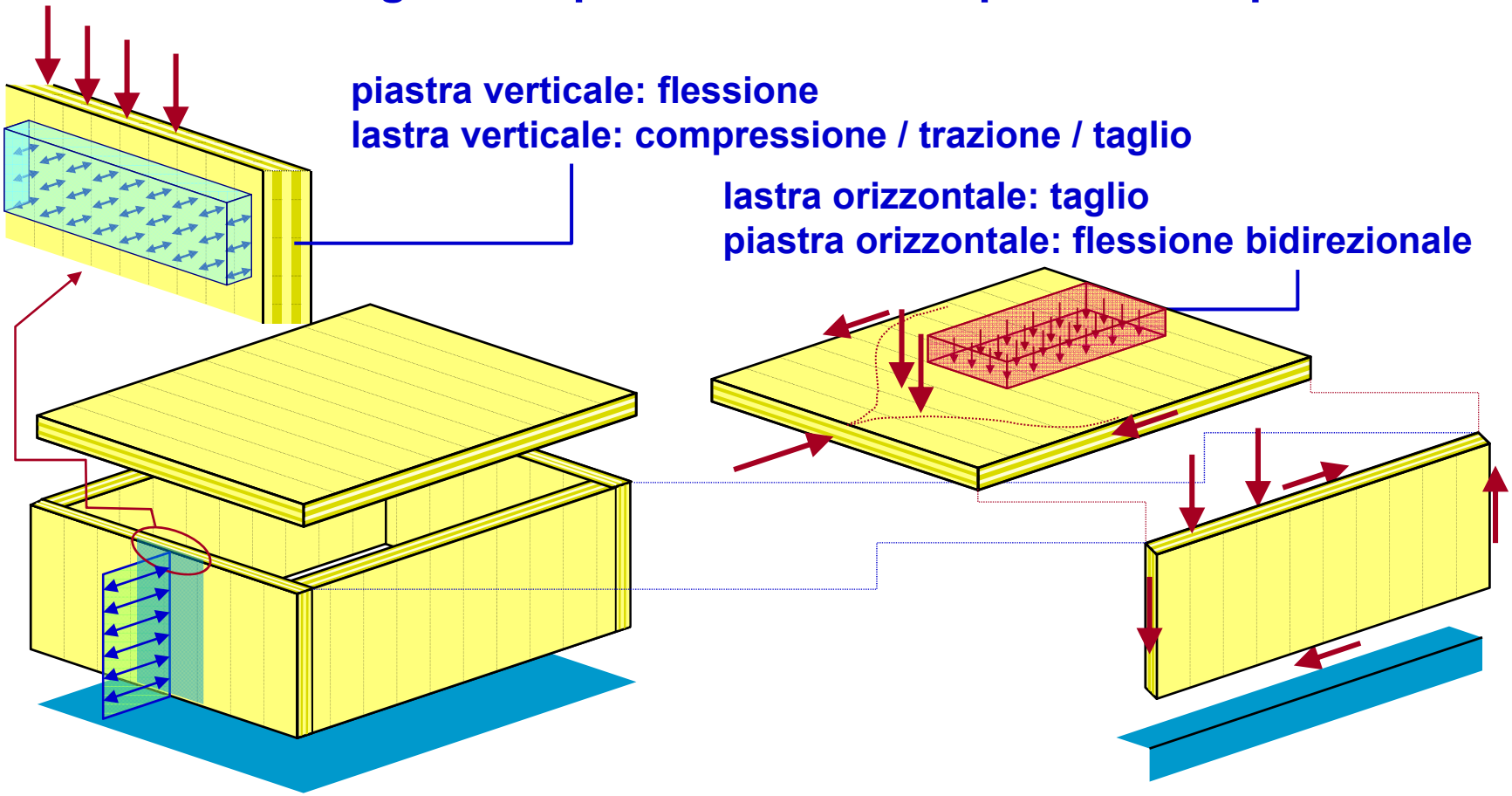
- **Lastra quale elemento di parete di un edificio**
  - **contributo strutturale di tutto l'elemento (effetto "superficie")**
  - **resistenza e rigidezza elevata**



Le pareti e le solette formano una struttura portante rigida

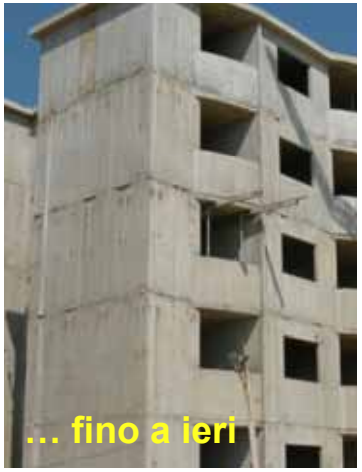
promo_legno

La struttura di legno composta da elementi piani - da superfici



Elementi strutturali piani, massicci, di legno

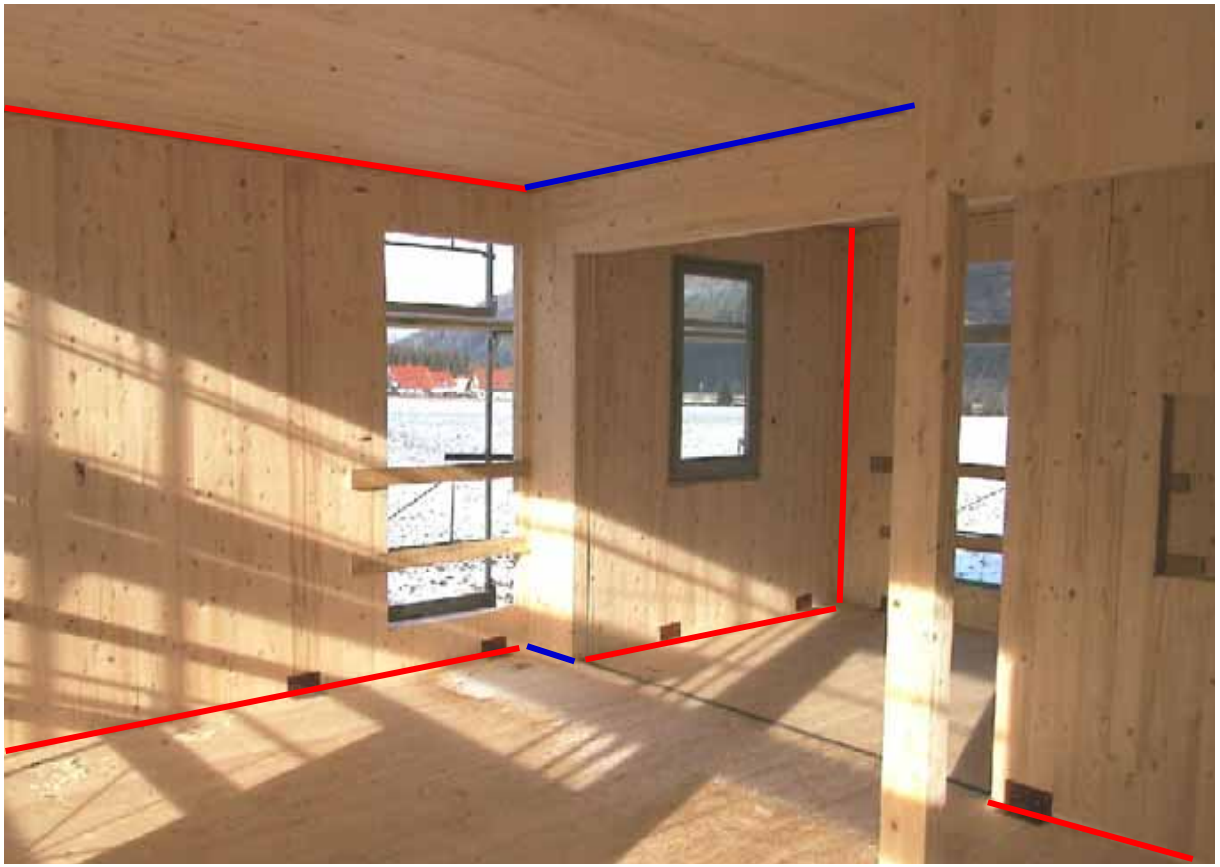
La rivoluzione delle costruzioni di legno

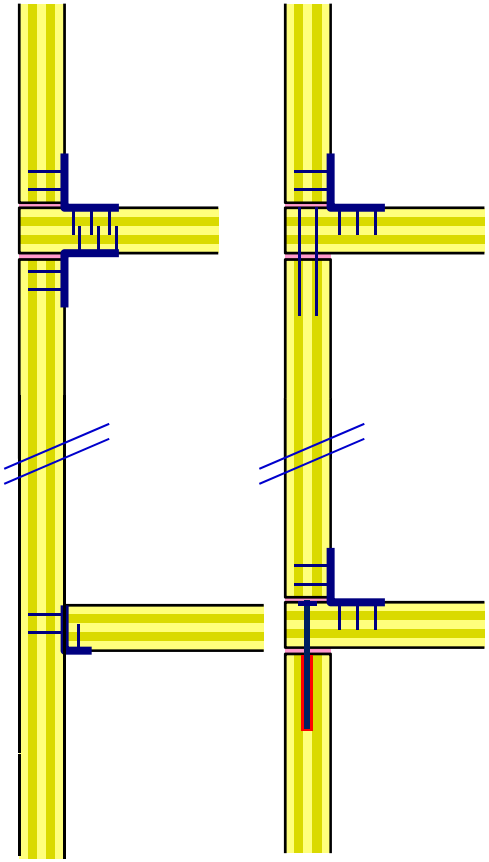


Elementi strutturali piani, massicci, di legno

La costruzione di legno con i pannelli XLAM

- I collegamenti fra i pannelli
  - elementi essenziali
  - tecnicamente semplici e molto efficaci





promo_legno

La costruzione con i pannelli XLAM

- I collegamenti fra i pannelli
  - elementi essenziali
  - disponibili
  - tecnicamente semplici ed efficaci

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

- **Flessibilità nelle forme …**

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

- **Flessibilità nelle forme …**

- **Produzione speciale**
  - pannelli curvi

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

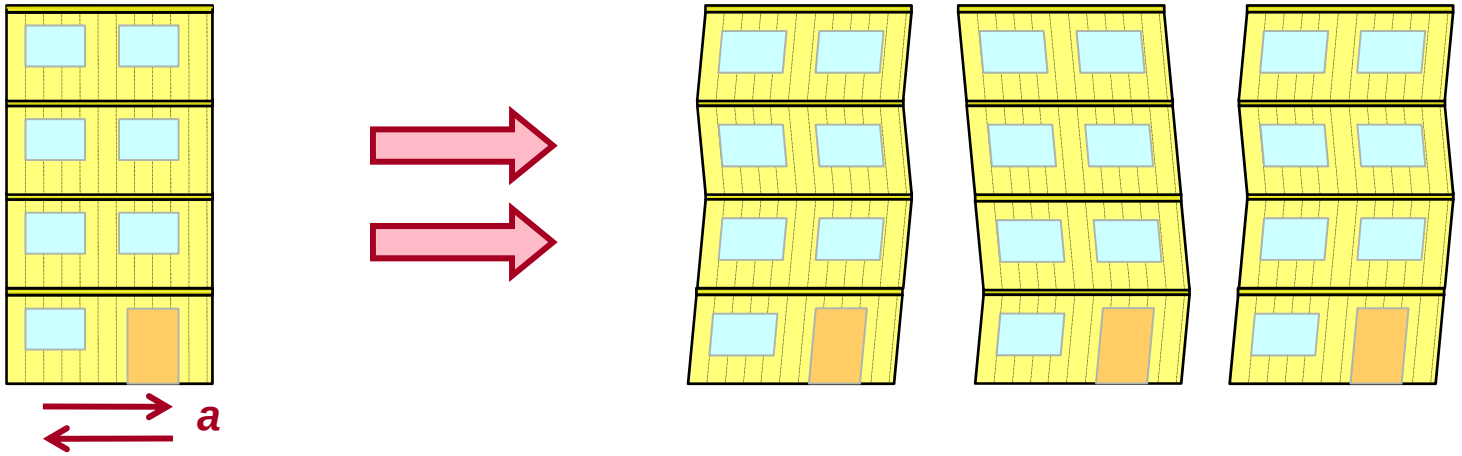
- **Flessibilità nel progetto …**

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

- **Flessibilità nelle dimensioni**

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

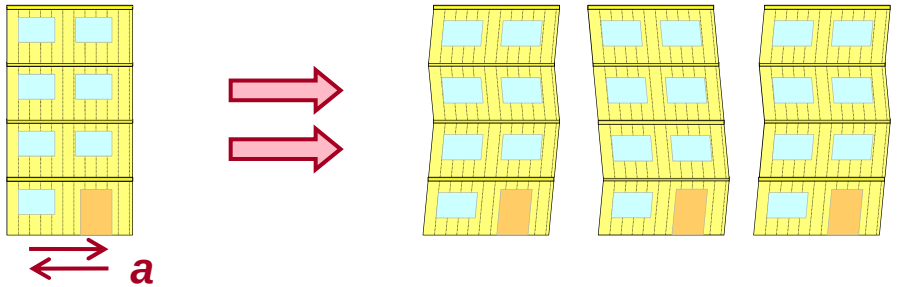
- **Aspetti tecnici critici particolari e "critici": il terremoto …**

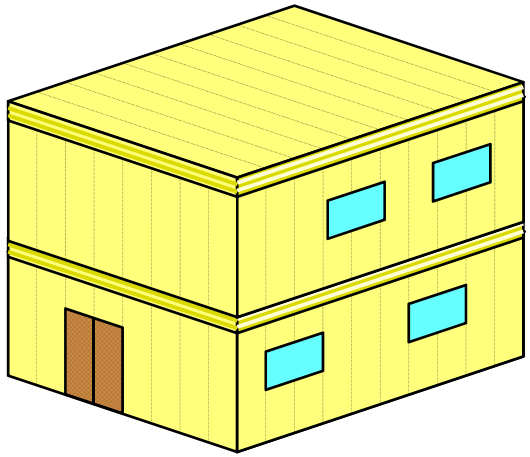


- **Favorevoli alla resistenza sismica sono …**
  - **le strutture di legno:**
    - **peso ridotto**
    - **caratteristiche meccaniche del legno**
  - **gli elementi piani in generale**

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

- **Aspetti tecnici critici particolari e "critici": il terremoto …**

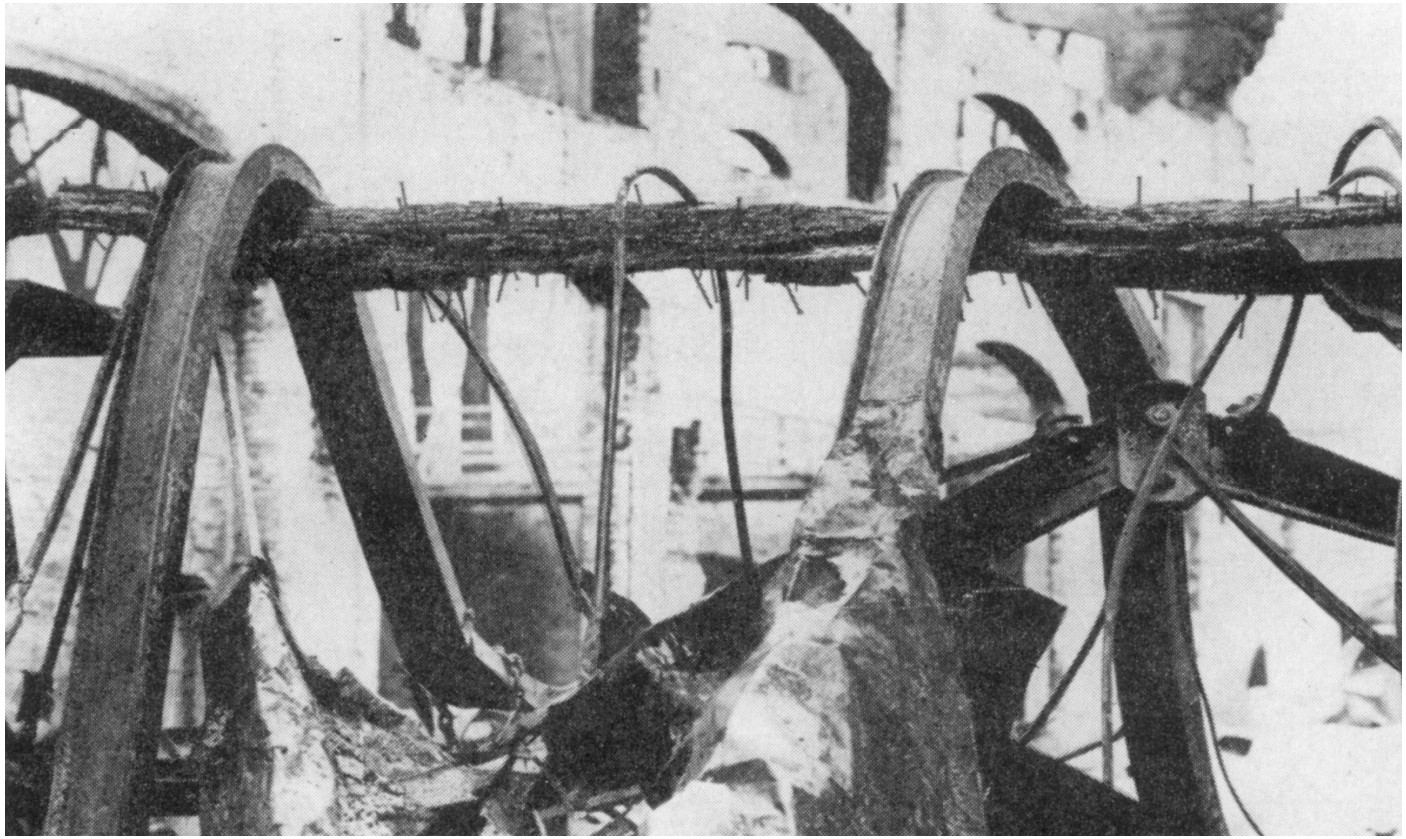




una soluzione quanto meno interessante e favorevole

Le possibilità della costruzione di legno

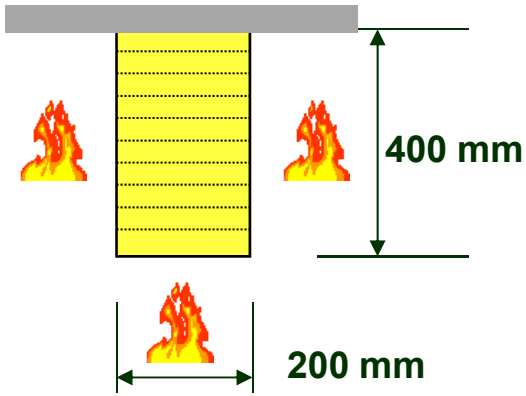
- **Aspetti tecnici particolari e "critici": il fuoco e l'incendio**

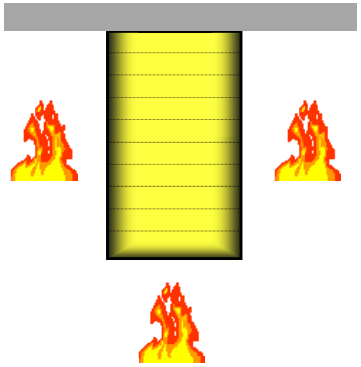


- **Il punto debole della struttura è difficilmente la resistenza al fuoco del legno !!**
- **La sicurezza contro l'incendio dipende da altri fattori...**

Le possibilità della costruzione di legno

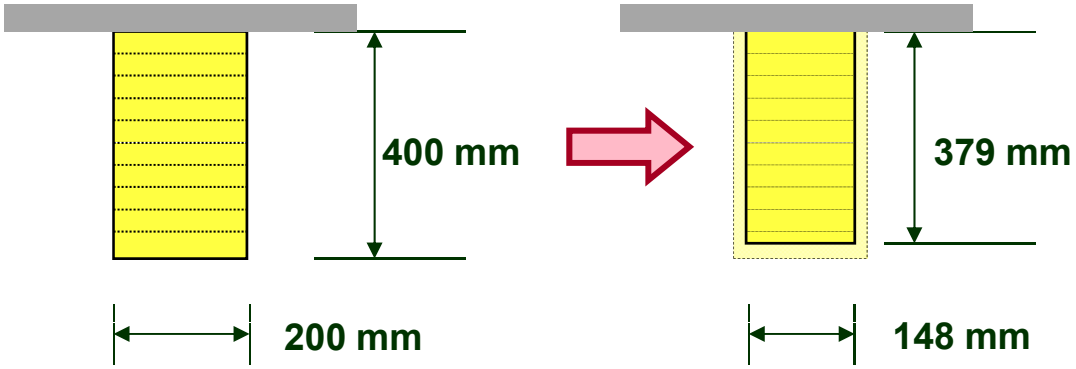
- **Aspetti tecnici particolari e "critici": il fuoco e l'incendio**





Il legno brucia …
ad una velocità di ~ 0.7 mm/min

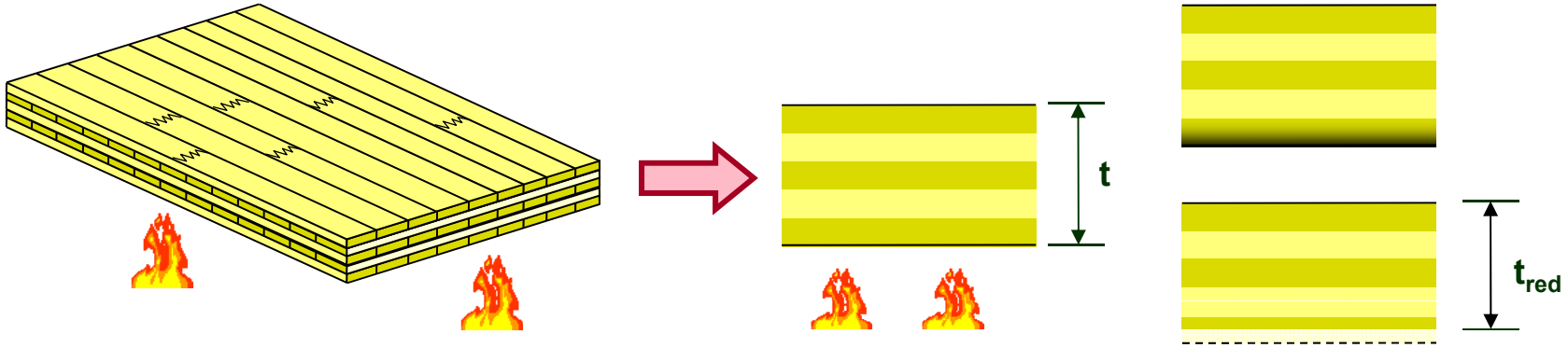
... dopo 30 min. ...



- **sezione ridotta**
- **capacità strutturale ridotta, ma mantenuta**

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

- **Aspetti tecnici particolari e critici: il fuoco e l'incendio**

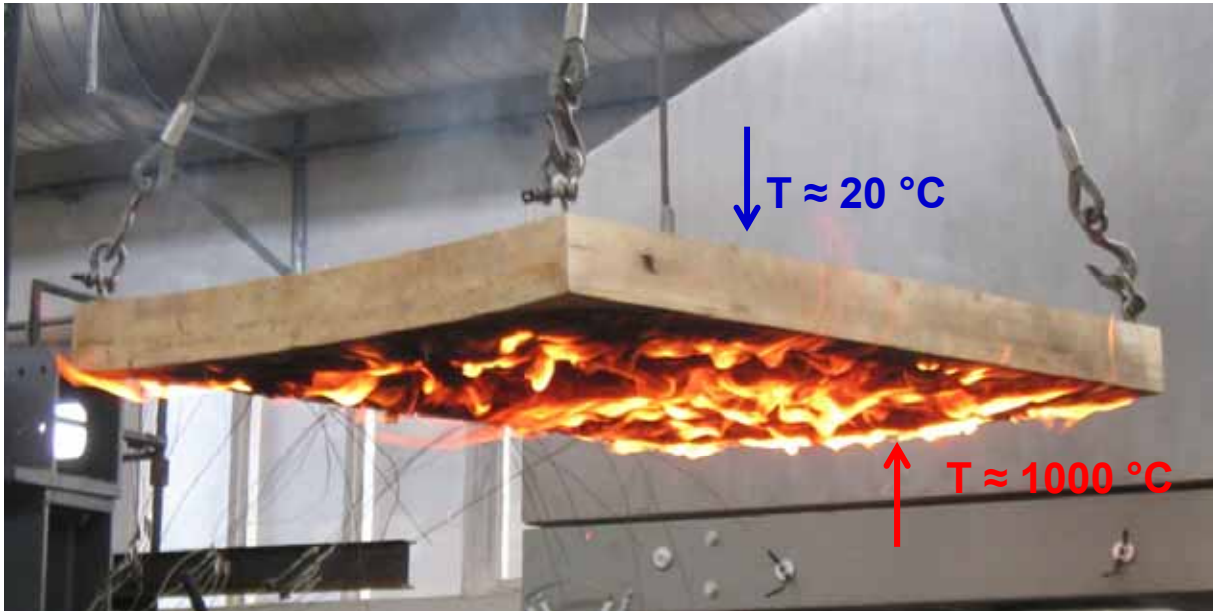


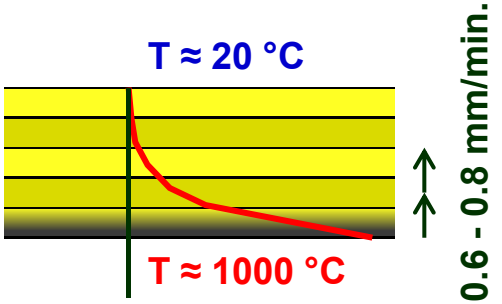
Il pannello massiccio …

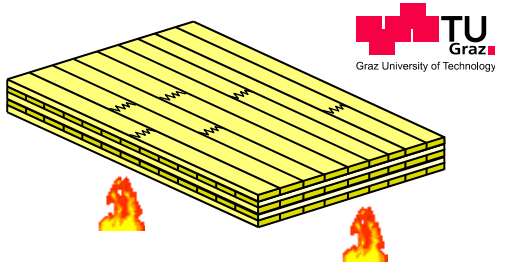
- **… offre una sola superficie di attacco al fuoco**
- **… presenta quindi un comportamento favorevole**

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

- **Aspetti tecnici particolari e critici: il fuoco e l'incendio**







Il pannello massiccio …

- **… offre una sola superficie di attacco al fuoco**
- **… presenta quindi un comportamento favorevole**

Le possibilità della costruzione di legno con i pannelli XLAM

- **Produzione, fabbricazione e montaggio**
  - **preassemblaggio completo di pareti e solai**
  - **montaggio della struttura portante e finitura in cantiere**

Le possibilità … infinite

Abitazioni unifamiliari

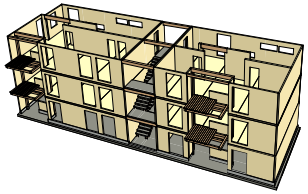
Le possibilità … infinite

- **Villa in Italia**
  - **struttura massiccia**
  - **rigidezza elevata**
  - **aspetto esterno ...**

decisamente tradizionale

L'altro massiccio

promo legno

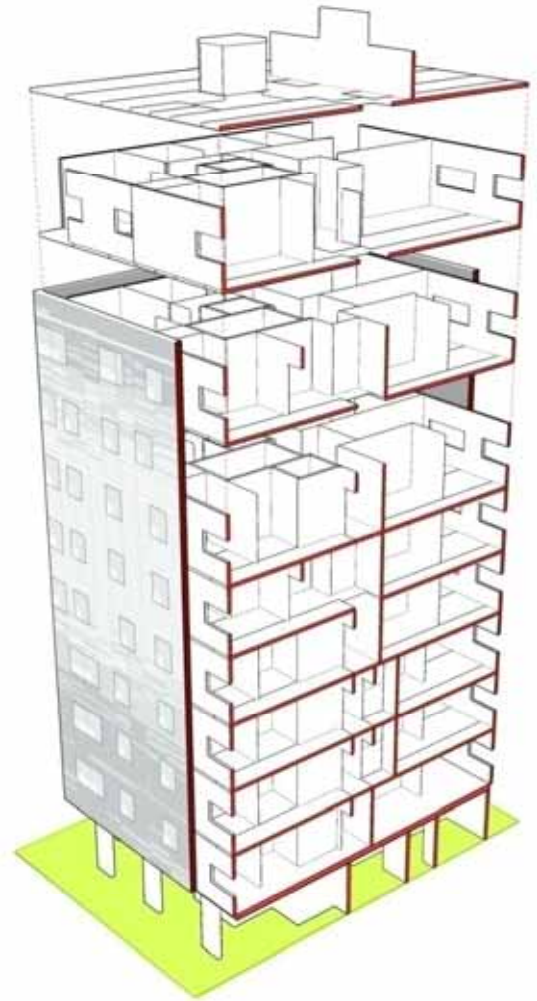


Le possibilità … infinite

Edificio abitativo

- **3 piani**
- **12 appartamenti**
- **1999**

Le possibilità … infinite



- **Murray Grove a Londra: 9 piani di legno**

Le possibilità … infinite

Le possibilità … infinite

Quartiere di abitazione

- **Vienna**
- **2006**

XLAM in Italia

Edifici abitativi in Abruzzo - XLAM

- ca. 30 unità abitative per edificio
- costruzione 2009

- 27 appartamenti, di tipologie diverse
- 3 piani, in totale ca. 2100 m^2 lordi
- realizzati in 78 giorni

L'altro massiccio

promo legno

Edifici abitativi in Abruzzo - XLAM

- ca. 30 unità abitative per edificio
- costruzione 2009

- 27 appartamenti, di tipologie diverse
- 3 piani, in totale ca. 1800 m² lordi
- realizzati in 55 giorni

Le possibilità … infinite: gli ingredienti

- campi di applicazione interessanti
- basi tecniche per le diverse situazioni e esigenze
- esperienze e competenze specifiche alle diverse situazioni

Le possibilità … infinite: i prodotti

- dalla casa di abitazione … all'edificio residenziale e abitativo
- dalla casa di abitazione … all'opera di ingegneria strutturale
- dalla casa di abitazione … all'opera di architettura

Un materiale estremamente performante

- moderno
  - qualità
  - affidabilità
  - precisione
  - prestazioni tecniche
- nuove prospettive per il legno:
  - progettuali
  - tecniche
- l'evoluzione sta soltanto cominciando ...