



**Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Pistoia**

Corso di aggiornamento professionale
***“Progettazione di strutture in legno
massiccio e lamellare secondo le NTC 2008”***
Pistoia, 16-29 ottobre e 5-12 novembre 2010



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Pistoia
Via Panciatichi, 11 – 51100 Pistoia
Tel. 0573 25931 - fax 0573 24383
info@ordineingegneri.pistoia.it www.ordineingegneri.pistoia.it



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PISTOIA

Corso di aggiornamento professionale
***“Progettazione di strutture in legno
massiccio e lamellare secondo le NTC 2008”***

Pistoia, 16-29 ottobre e 5-12 novembre 2010



**SISTEMI COSTRUTTIVI IN LEGNO: EDIFICI A
TELAIO / A PARETI**

Pistoia, 12/11//2010

Ing. Marie-Claire NTIBARIKURE

SOMMARIO

- Sistemi costruttivi
- Comportamento sismico
- Sistema Blockhaus
- Sistema a telaio
- Sistema a telaio e pannelli (Platform)
- Sistema a pannelli Cross-Lam (cenni)
- Sistemi misti



SISTEMI COSTRUTTIVI

Le tipologie strutturali in legno attualmente più utilizzate sono principalmente di **4 tipi**:

- 1. A PANNELLI IN LEGNO MASSICCIO INCOLLATI (XLAM)**
- 2. PLATFORM-FRAME (TELAIO+PANNELLI CHIODATI)**
- 3. A TELAIIO (CON CONTROVENTI)**
- 4. LOG HOUSE O BLOCKHAUS (TRONCHI SOVRAPPOSTI)**



1

2

3

4

SISTEMI COSTRUTTIVI IN LEGNO

VANTAGGI

- ESTREMA **SEMPLICITÀ E VELOCITÀ DI ESECUZIONE**;
- **OTTIMI REQUISITI STRUTTURALI** (SISMA E FUOCO);
- **ELEVATA DURATA NEL TEMPO**, SE CORRETTAMENTE ESEGUITI I DETTAGLI ESECUTIVI E LA POSA IN OPERA;
- FACILITÀ DI MONTAGGIO DEGLI **IMPIANTI**;
- **BUON ISOLAMENTO TERMO-ACUSTICO**;
- **TEMPI DI REALIZZAZIONE RIDOTTI E COSTI CONTENUTI E COMPETITIVI** RISPETTO AGLI ALTRI MATERIALI (FONDAZIONI PIÙ LEGGERE)



COMPORTAMENTO SISMICO

Il legno è un materiale particolarmente appropriato per realizzare strutture in grado di resistere a terremoti anche di elevata intensità.

LEGGEREZZA: peso specifico pari a 1/5 del calcestruzzo

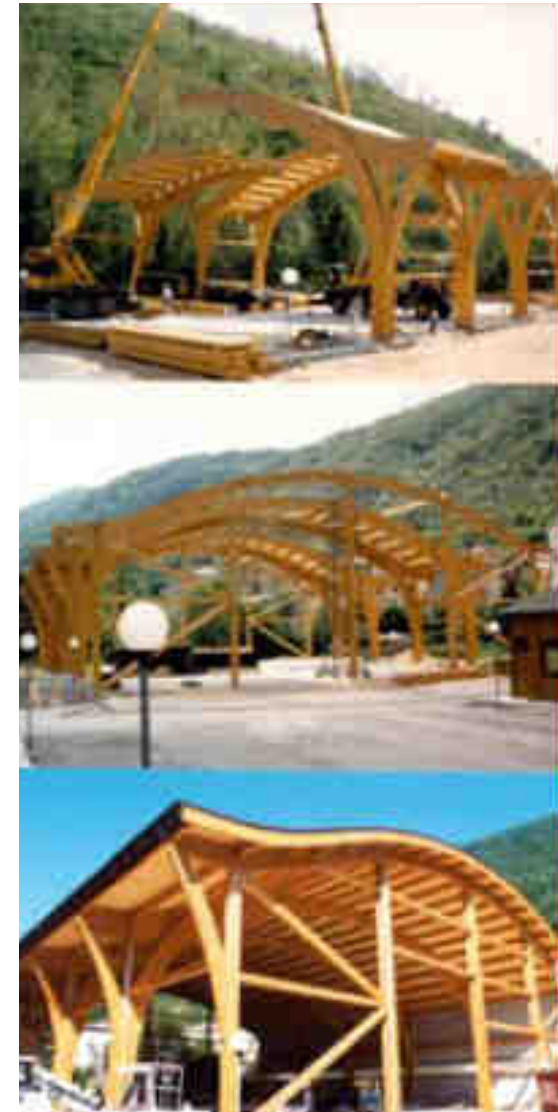
RESISTENZA: resistenza a compressione dello stesso ordine di grandezza di quella del calcestruzzo, ma in più è presente anche a trazione

FLESSIBILITA': $E_{m, //, legno} \approx 1/3 E_{cls}$

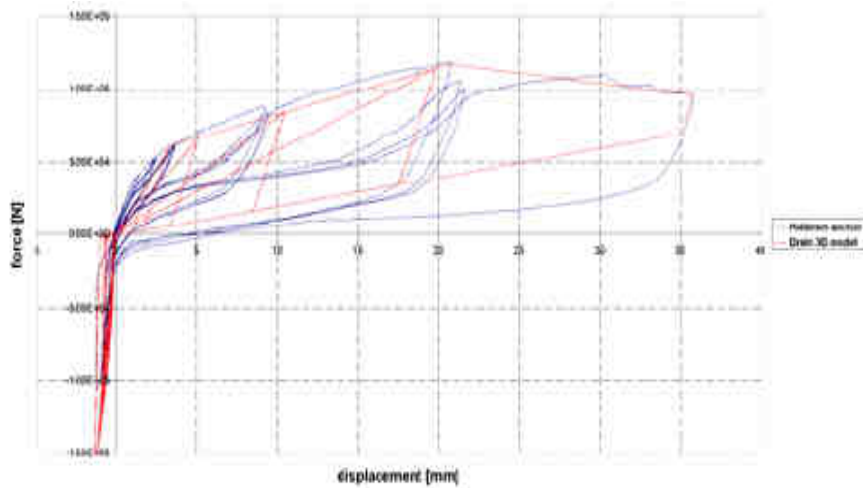
CAPACITA' DISSIPATIVA:

FRAGILEperò.....l'utilizzo di **elementi meccanici di collegamento**, i quali avendo uno spiccato comportamento plastico, permettono il raggiungimento di elevati livelli di duttilità per tutto l'organismo strutturale

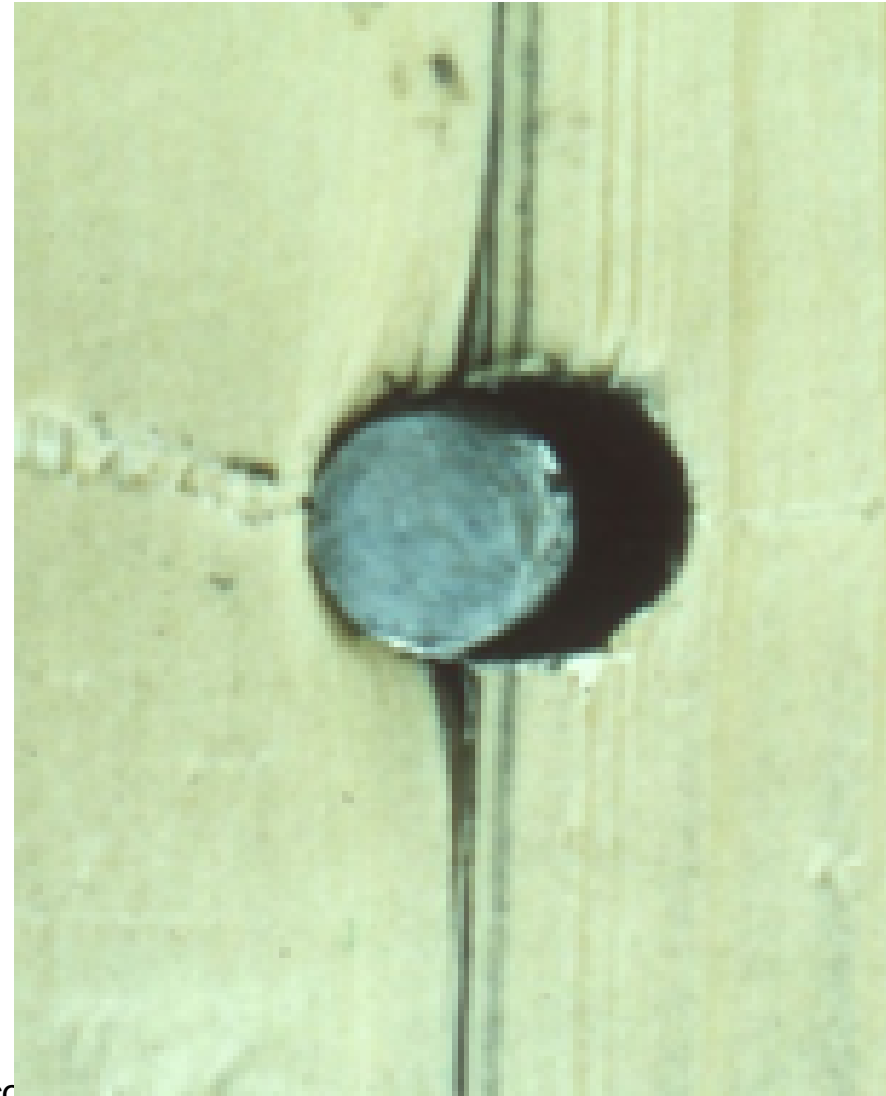
Sistemi costruttivi



GIUNTI DUTTILI



Nel caso di strutture lignee l'**energia del terremoto è dissipata dagli elementi metallici di collegamento** che, nel caso in cui presentino un comportamento duttile, si snervano e si plasticizzano prima che avvenga la rottura. Viceversa il materiale legno ha un comportamento fragile, e si rompe senza una fase post-elastica.



TIPOLOGIE STRUTTURALI NELLE COSTRUZIONI MODERNE



TELAIO
travi, pilastri,
controventi, saette
q=2-4



PANNELLI
setti portanti
incollati
q=2 (3)



TELAIO E PANNELLI
setti portanti
chiodati
q=5



COMPORTAMENTO SISMICO

NORMATIVA (NTC 2008)

2 COMPORTAMENTI STRUTTURALI:

1) COMPORTAMENTO SCARSAMENTE DISSIPATIVO

- $q \leq 1,5$.
- analisi **elastica** globale

Es.: Strutture isostatiche in genere (mensole, travi, archi con 2 o 3 cerniere, reticolari con connettori)



COMPORTAMENTO SISMICO

NORMATIVA (NTC 2008)

2) COMPORTAMENTO DISSIPATIVO → strutture in CD “A” e in CD “B”;

Le strutture devono rispettare i requisiti di cui al § 7.7.3 in relazione a: **tipologia strutturale, materiali, tipologia di connessione e duttilità della connessione.**

$q > 1,5$ fino a 5

STRUTTURE RETICOLARI CON COLLEGAMENTI A MEZZO DI BULLONI O SPINOTTI	PANNELLI DI PARETE CHIODATI CON DIAFRAMMI CHIODATI, COLLEGATI MEDIANTE CHIODI E BULLONI
	<p data-bbox="846 842 1048 922">BASSA CAPACITÀ</p> <p data-bbox="846 946 947 986">$q = 2$</p> <p data-bbox="846 1010 981 1153">unioni con solo perni e bulloni</p> <p data-bbox="1294 842 1608 882">ALTA CAPACITÀ</p> <p data-bbox="1294 890 1384 930">$q = 5$</p> <p data-bbox="1294 946 1462 1010">solo unioni chiodate</p>  

ALTEZZA MASSIMA COSTRUZIONI IN LEGNO

- **UNICA LIMITAZIONE IN ZONA SISMICA 1 ($p_{ga} > 0,25g$) PER STRUTTURE CON SCARSA CAPACITA' DISSIPATIVA ($q \leq 1,5$) → MAX 2 PIANI**

Altezza massima dei nuovi edifici

Per le tipologie strutturali: costruzioni di legno e di muratura non armata che non accedono alle riserve anelastiche delle strutture, ricadenti in zona I, è fissata una altezza massima pari a due piani dal piano di campagna, ovvero dal ciglio della strada. Il solaio di copertura del secondo piano non può essere calpestio di volume abitabile.

Per le altre zone l'altezza massima degli edifici deve essere opportunamente limitata, in funzione delle loro capacità deformative e dissipative e della classificazione sismica del territorio.

Per le altre tipologie strutturali (cemento armato, acciaio, etc) l'altezza massima è determinata unicamente dalle capacità resistenti e deformative della struttura.

- **DPR 380/01 (art. 52 comma 2) (art. 1 comma 4 L.64/74) PER COSTRUZIONI IN LEGNO CON 4 O PIU' PIANI ENTRO E FUORI TERRA**
→ OCCORRE IL **PARERE FAVOREVOLE DEL CONS. SUPERIORE LL.PP.**

Fattori di struttura

$$q = q_0 \times k_R$$

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)

Fattori di struttura

Sistema costruttivo

q_0	Esempi di strutture
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
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)



Sistema misto: Pareti con pannelli chiodati (platform) e solai incollati es. X-lam

Portali iperstatici (*)

Platform con pannelli chiodati e solai chiodati

Pannelli X-Lam per solai e pareti; Strutture reticolari; Sistemi a telaio con tamponature non portanti

Portali isostatici

Portali iperstatici (*)

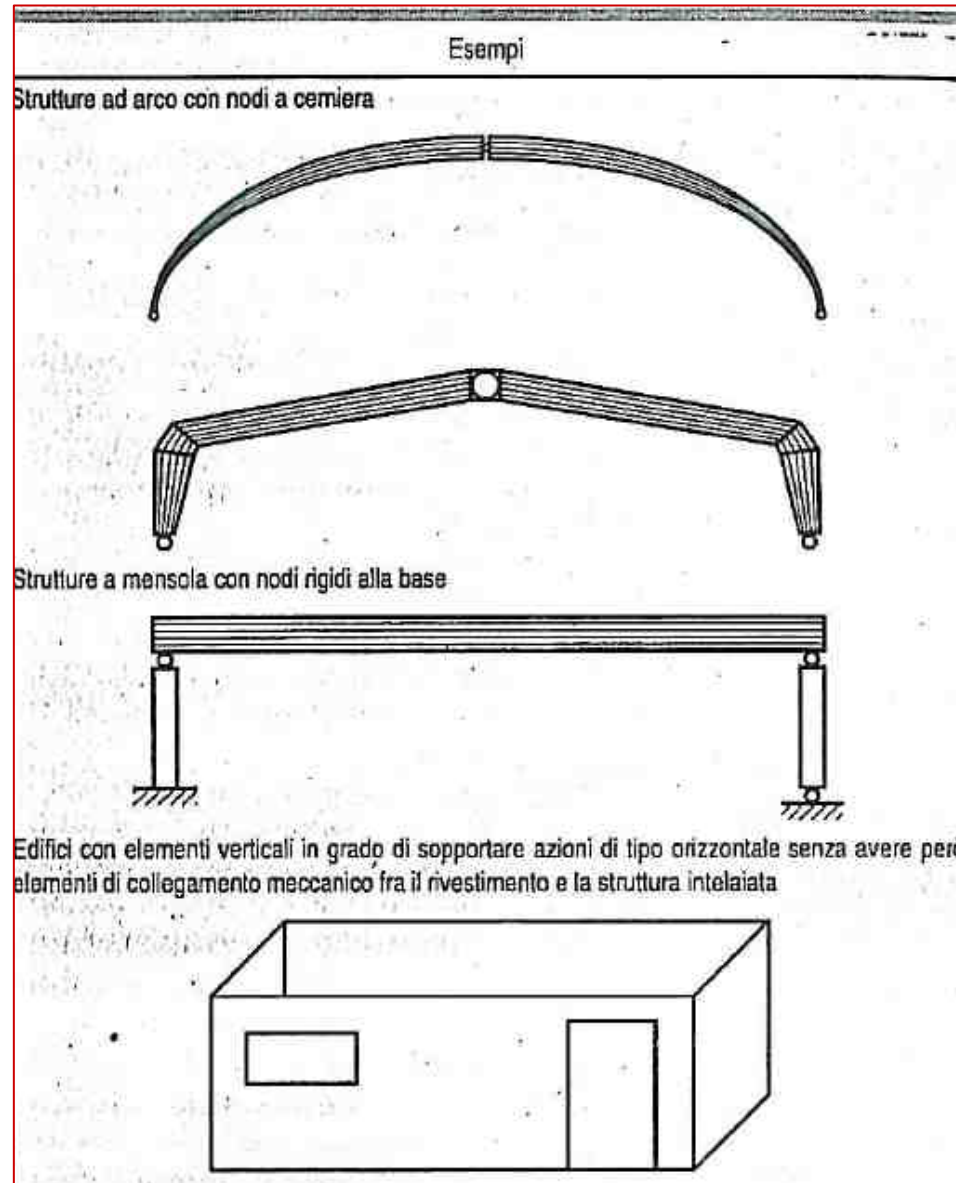
(*) in base al rispetto delle specifiche geometriche del § 7.7.3

Fattori di struttura

EC8:1998

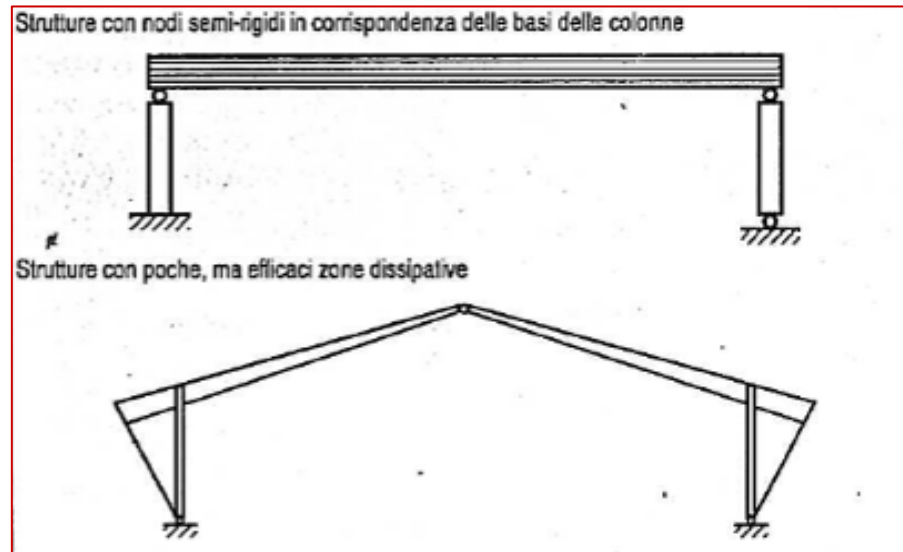
Schemi grafici che erano presenti nella versione sperimentale del EC8:1998 (superata)

Non dissipative

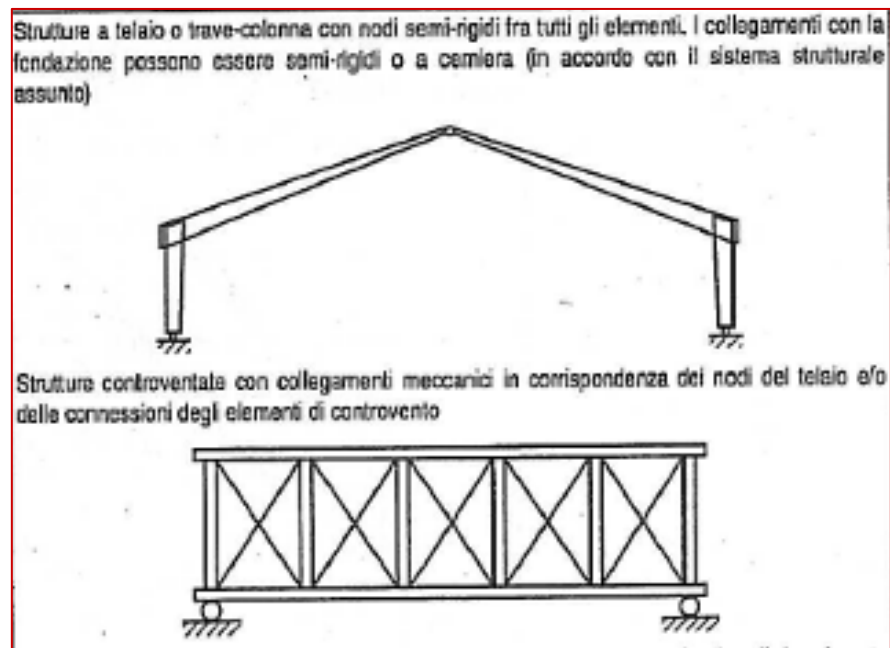


Fattore di struttura

Bassa Capacità

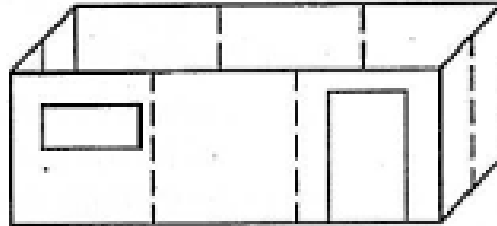


Media Capacità

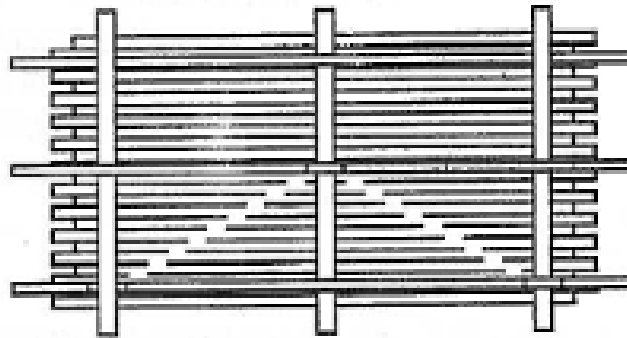


Media Capacità

Edifici con elementi verticali in grado di sopportare azioni di tipo orizzontale, dove il rivestimento è incollato alla struttura intelaiata. I diaframmi sono collegati meccanicamente (i diaframmi orizzontali possono essere incollati o chiodati)

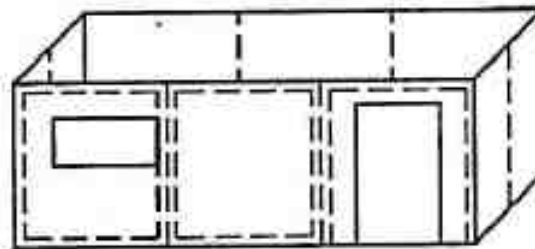


Strutture miste composte da intelaiature di legno (in grado di sopportare azioni di tipo orizzontale) e pareti di tamponamento senza funzione portante



Alta Capacità

Edifici con elementi verticali in grado di sopportare azioni di tipo orizzontale, dove il rivestimento è meccanicamente collegato alla struttura intelaiata così come per gli elementi parete (i diaframmi orizzontali possono essere incollati o chiodati)



Principi di progettazione antisismica

COMPORAMENTO DISSIPATIVO

- **SOLO I COLLEGAMENTI POSSONO ESSERE DISSIPATIVI**
 - **Requisiti minimi per i materiali e le zone dissipative**, per garantire il raggiungimento di una duttilità tale da poter giustificare l'adozione dei coefficienti proposti.
- **CRITERIO DELLA “GERARCHIA DELLE RESISTENZE”**
 - per garantire lo sviluppo del comportamento plastico nei giunti ed evitare rotture fragili negli elementi strutturali: rendere gli **elementi di legno più resistenti dei giunti**.
- **ADOZIONE DEL FATTORE DI STRUTTURA q ADEGUATO**
 - Strutture più o meno dissipative con “**fattori di struttura**” q differenti, indicati in funzione della tipologia (da $q=1,5$ fino a $q=5$) che consentono di ridurre lo spettro di risposta e quindi di ottenere lo spettro di progetto per l'analisi lineare.
- **DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER I COLLEGAMENTI E GLI IMPALCATI**
 - Al fine di garantire lo sviluppo e il mantenimento delle capacità dissipative assunte

REGOLE NEL CASO DI COMPORTAMENTO DISSIPATIVO §7.7.2

COLLEGAMENTI

- a) nelle zone considerate dissipative possono essere utilizzati solamente materiali e mezzi di unione che garantiscono un adeguato **comportamento di tipo oligociclico** (da prove sperimentali) oppure rispettare quanto riportato nel successivo § 7.7.3 (specifiche di carattere geometrico);

CD "A" → N°6 cicli a inversione completa

CD "B" → N°4 cicli a inversione completa

- b) le **unioni incollate** devono essere considerate in generale come **non dissipative**;
Nota: i collegamenti con barre incollate ("misti") possono essere progettati per essere dissipativi
- c) i **giunti di carpenteria** possono essere utilizzati **solamente** quando questi possono garantire una sufficiente dissipazione energetica, senza presentare rischi di rottura fragile **per taglio o per trazione ortogonale alla fibratura**, e con la presenza di dispositivi atti ad evitarne la sconnessione.
- **I giunti di carpenteria** non presentano rischi di rottura fragile se la verifica per **tensioni tangenziali**, condotta in accordo con il § 4.4, è soddisfatta utilizzando **un ulteriore coefficiente parziale di sicurezza pari a 1,3**.

PROPRIETA' DELLE ZONE DISSIPATIVE §7.7.3

SPECIFICHE GEOMETRICHE DEI COLLEGAMENTI

**Collegamenti
legno-legno/ legno-acciaio
con connettori cilindrici**

- $D \leq 12\text{mm}$
- Spess. Membr. $\geq 10d$

⇒ **CD "A" (q=4)**

- $D \leq 12\text{mm}$
- Spess. Membr. $\geq 8d$

⇒ **CD "B" (q=2,5)**

La norma contiene altre prescrizioni per i collegamenti **in zone non dissipative** § 7.7.7.1 (es. connettori resistenti $d \leq 16\text{mm}$, ...)

**Nelle pareti e diaframmi
con intelaiatura in legno
(Collegamenti pannello-
legno)**

- Pannelli di particelle (truciolari) con
 $\rho_m \geq 650 \text{ kg/m}^3$ e $sp. \geq 13 \text{ mm}$
- Pannelli di compensato con $sp. \geq 9 \text{ mm}$

- D chiodi $\leq 3,1 \text{ mm}$
- Spess. Pannello $\geq 4d$

⇒ **CD "A" (q=5)**

- D chiodi $\leq 3,1 \text{ mm}$
- Spess. Pannello $\geq 3d$

⇒ **CD "A" (q=4)**

**I collegamenti incollati non
sono dissipativi in generale**

Nota: i collegamenti con barre incollate ("misti") possono essere progettati per essere dissipativi (prove sperimentali)

GERARCHIA DELLE RESISTENZE

Gli elementi strutturali a comportamento plastico raggiungono lo stato post-elastico quando gli elementi a comportamento fragile sono ancora in fase elastica e ben lontani dal raggiungimento della rottura.

Strutture in acciaio: es.: i giunti saldati (fragili) vengono progettati in modo da essere molto più resistenti delle aste. La funzione dissipativa, essendo insita nelle caratteristiche del materiale, verrà svolta dalle parti di struttura non interessate dalle saldature.

Strutture in C.A.: la gerarchia si ottiene progettando le sezioni con una opportuna staffatura, in modo tale da evitare la rottura a taglio che è sempre una rottura fragile.

Strutture in legno: si progettano adeguatamente i giunti con connettori meccanici, avendo ovviamente cura nel rendere gli elementi di legno più resistenti dei giunti **(esattamente l'opposto quindi del criterio seguito nella progettazione delle strutture in acciaio)**.

- **Le zone dissipative sono localizzate nei collegamenti**
- **Gli elementi lignei hanno comportamento elastico fino a rottura (fragile)**

GERARCHIA DELLE RESISTENZE

- Al fine di garantire lo sviluppo del comportamento ciclico dissipativo in corrispondenza delle zone assunte come dissipative, **tutti gli altri elementi strutturali e/o connessioni** devono essere progettati con adeguati **valori di sovraresistenza**.

In particolare:

- I collegamenti di **elementi tesi**;
- I collegamenti alle **strutture di fondazione**;
- I collegamenti tra **diaframmi orizzontali ed elementi verticali** di controvento ($\gamma_R=1,3$)

CD "A" → 1,3

CD "B" → 1,1

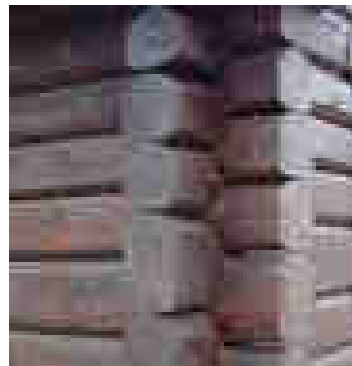


Sistemi costruttivi

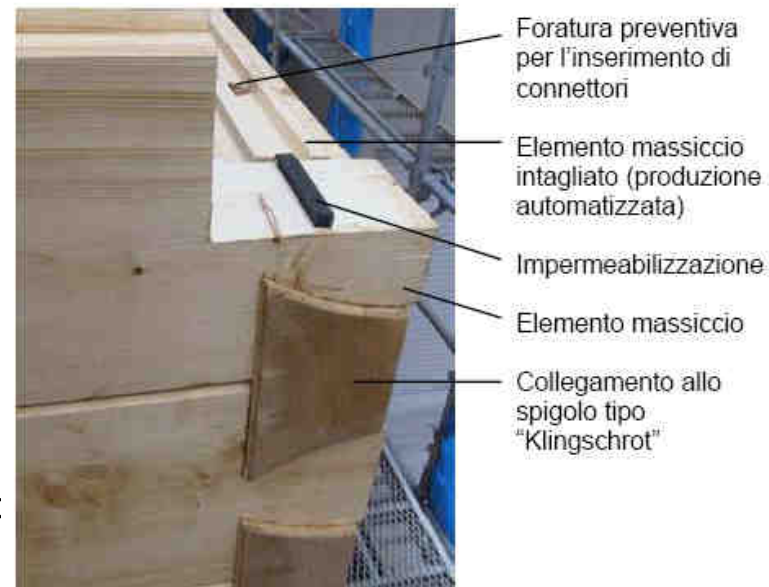
SISTEMI COSTRUTTIVI

LOG HOUSE O BLOCKHAUS

sistema costruttivo tradizionale delle zone alpine e nord-europee



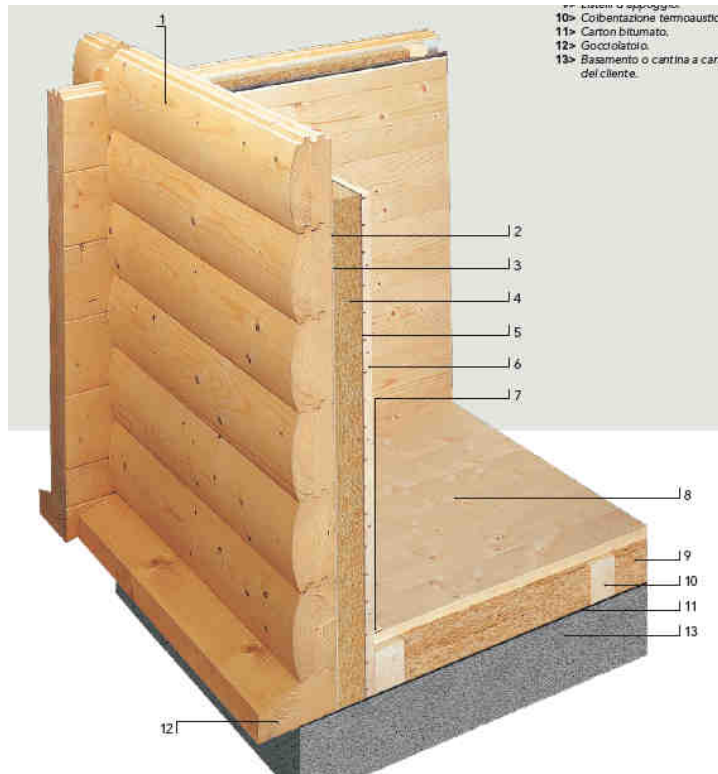
- Costruzione di **tipo massiccio** con elementi lineari (tronchi) di legno di conifera orizzontali sovrapposti tra di loro a formare una parete in legno, **collegati con viti o cavicchi di legno**
- Gli elementi possono essere tronchi di **legno massiccio scortecciato** oppure **elementi squadri** (sia **segati** che prodotti a base di **legno incollato**, come per esempio il lamellare o il bi- o trilama), sagomati nella parte inferiore e superiore per aumentare l'attrito e la stabilità laterale.



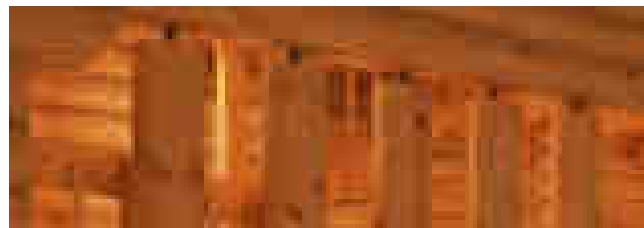
Sistemi c

SISTEMI COSTRUTTIVI

LOG HOUSE O BLOCKHAUS



- **La resistenza a carichi verticali** è affidata alle pareti e eventuali pilastri interni. Le pareti resistono a **compressione perpendicolare alla fibratura** (~1/4 della resistenza a compressione parallela)
- Occorre tenere conto del **fenomeno del ritiro** che è particolarmente sensibile in direzione ortogonale rispetto alla fibratura (**fino a alcuni cm per L.M.!**):
 - Dispositivi regolabili in testa ai pilastri che consentano di recuperare il dislivello che si crea inevitabilmente
 - Prevedere giunti orizzontali in testa ai montanti degli infissi/porte
 - Consentire i movimenti (es. cappotto esterno su pannellatura fissata su listelli con asolature)

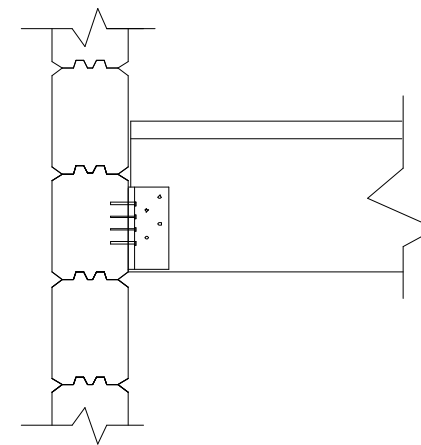
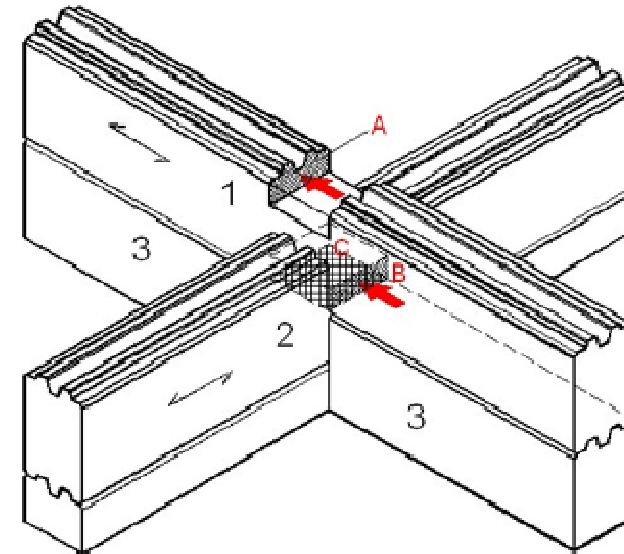


SISTEMI COSTRUTTIVI

LOG HOUSE O BLOCKHAUS

- **La resistenza alle azioni orizzontali** è dovuta alle **maschiature di incrocio** fra le pareti ortogonali che vengono sollecitate a sia a taglio (per rotolamento, C), sia a compressione ortogonale alla fibratura (B), e all'**attrito tra i tronchi sovrapposti**, di solito trascurato.
- E' buona norma, affinché le azioni fuori dal piano non creino problemi, limitare a valori opportuni la distanza tra due pareti successive (per esempio **non superare i 5 m**).
- Tradizionalmente le strutture dei solai di interpiano e di copertura vengono realizzate con travi e semplice tavolato: il taglio sismico agente su ogni parete viene calcolato **ripartendo la massa sismica nelle due direzioni secondo le aree di influenza nell'ipotesi di impalcati non rigidi**.
- Nel caso di impalcati rigidi, occorre ripartire l'azione sismica in funzione della rigidezza a taglio delle pareti → **n° di incroci per parete, se pareti tutte uguali**

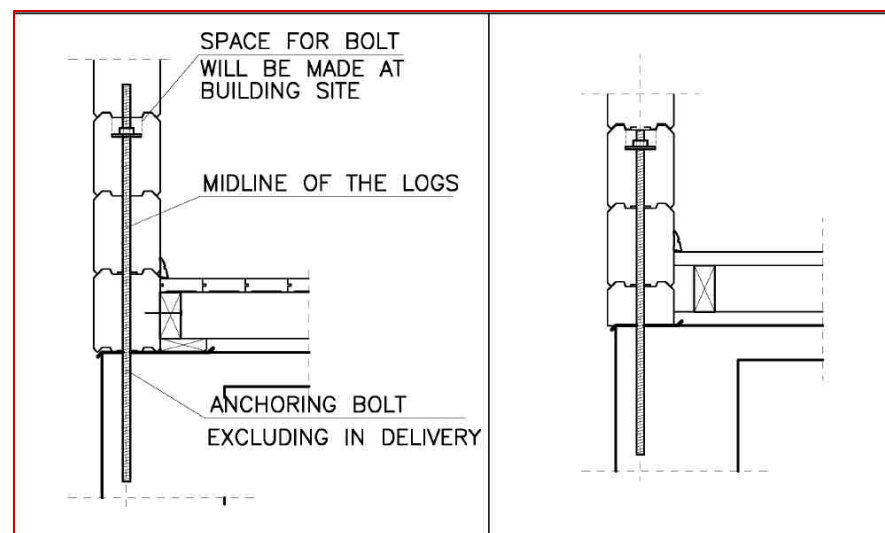
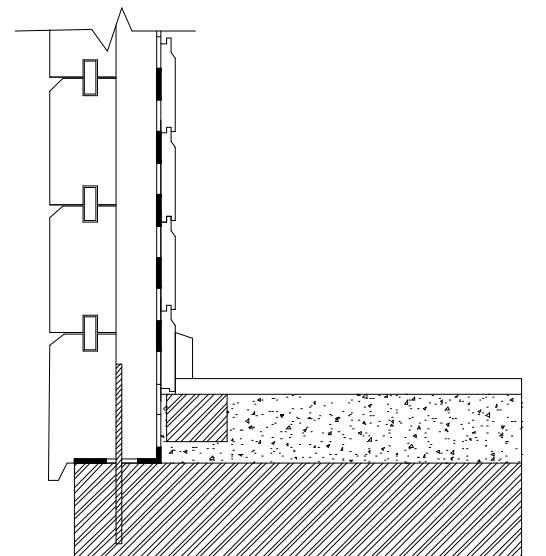
Meccanismo di trasferimento delle azioni orizzontali



SISTEMI COSTRUTTIVI

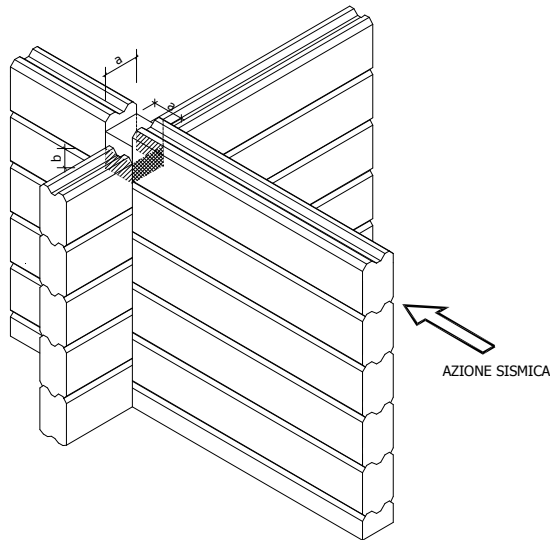
LOG HOUSE O BLOCKHAUS

- L'ancoraggio alle fondazioni, realizzate, per esempio, con una platea sottile di cemento armato, può avvenire con **tirafondi annegati** in fondazione e vincolati, con dado e rondella nell'estremità dotata di filetto, ad uno degli elementi orizzontali sovrapposti (per esempio al primo elemento giacente direttamente sulla fondazioni).
- Occorre comunque effettuare **una verifica al ribaltamento globale** dell'edificio considerando come azioni agenti sisma e vento e come elementi di presidio al ribaltamento, se necessari, le barre filettate inserite all'interno del pacchetto della parete che servono a tenere insieme il pacchetto di tavole collegate alle strutture di fondazione.



SISTEMI COSTRUTTIVI

LOG HOUSE O BLOCKHAUS



- **Max 2-3 piani (2 piani in Zona 1)**
- **L.M. o L.L.**

- Non previsto tra i sistemi costruttivi → occorre fare riferimento alle indicazioni generali date dalla normativa vigente.
- **Struttura con bassa capacità di dissipazione**
 $q \leq 1,5$
- Analisi statica lineare (se regolarità in pianta e altezza)

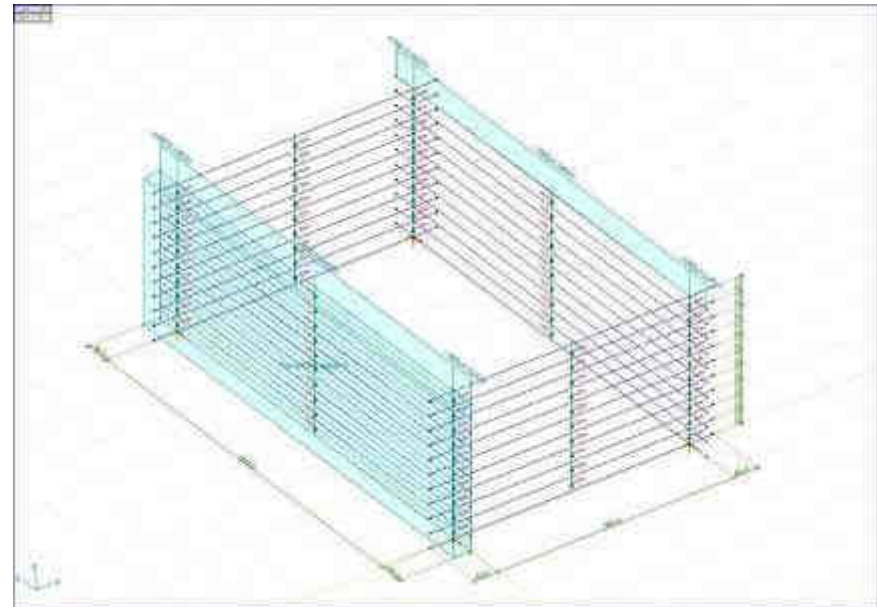
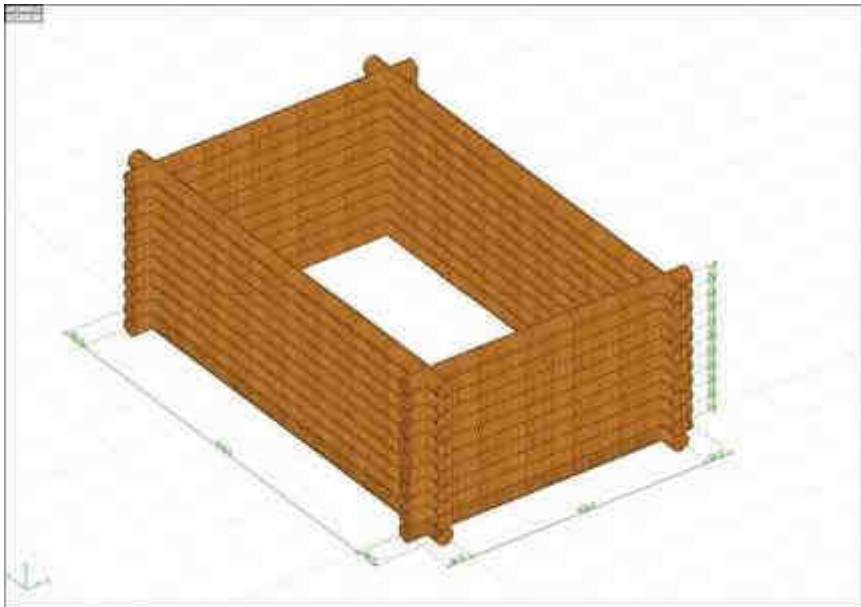
VERIFICHE SLU

- **Compressione ortogonale alla fibra**
- **Effetti del ritiro del legno**
- **Incroci con le pareti ortogonali (rolling shear, compressione ortogonale)**
- **Scorrimento delle pareti (ancoraggio alla fondazione con barre filettate)**
- **Ribaltamento (corpo rigido)**

SISTEMI COSTRUTTIVI

LOG HOUSE O BLOCKHAUS

VERIFICA A MANO O MODELLAZIONE



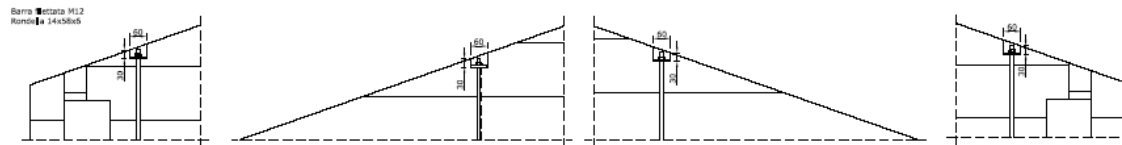
Elementi 'beam' collegati con **link** che simulano la cedevolezza delle connessioni (difficoltà di modellazione):

- legno-legno o legno-acciaio tra i tronchi sovrapposti
- attrito tra i tronchi

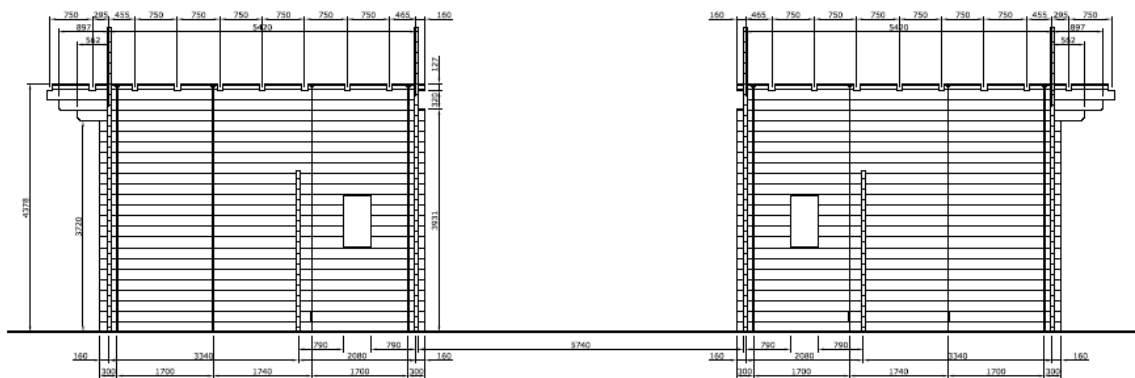
SISTEMI COSTRUTTIVI

LOG HOUSE O BLOCKHAUS

Particolari serraggio pannello B - Scala 1:10



Prospetto pannelli retro - Scala 1:50



ELABORATI GRAFICI

Tavole di montaggio delle pareti, con indicate:

- Lunghezze dei tronchi
- la posizione dei giunti con le pareti ortogonali
- il tipo e numero di elementi di ancoraggio alla fondazione.

SISTEMI COSTRUTTIVI

LOG HOUSE O BLOCKHAUS

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- **Piazza M., Tomasi R., Modena R. (2005)**, Strutture in legno - Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee, Ulrico Hoepli Editore, Milano
- **Natterer J., Sandoz J. L., Rey M. (2000)**, Construction en bois, Traité de Génie Civil de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Volume 13, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR)
- **Götz K. H., Hoor D., Möhler, K., Natterer, J. (1980)**, Holzbau Atlas, Institut für Internationale Architektur – Dokumentation GmbH, Munich
- **Ceccotti A., Follesa, M., Lauriola, M. P. (2005)**, Le strutture di legno in zona sismica, Criteri e regole per la progettazione ed il restauro, Edizioni CLUT, Torino
- **ETAG 012**, Log building kits, *Eota*, Edition 2002, Kunstlaan 40, Avenue des arts, 1040 Brussels

SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO

POST AND BEAM



- **2-3 piani**
- **L.M. o L.L.**
- **Pannelli in legno**

travi, pilastri, controventi, saette

- Maggiore flessibilità architettonica
- Difficoltà a realizzare collegamenti rigidi → necessita, per motivi di carattere strutturale, dell'uso di elementi di irrigidimento della maglia costruttiva sia nel piano verticale che in quello orizzontale
- Gli elementi di controvento possono essere realizzati con aste di legno, con pannelli strutturali a base di legno, o con croci in acciaio
- **Fondazioni:** platea, travi rovesce, plinti in c.a. isolati sotto i pilastri connessi da cordoli di collegamento.
- **Impalcati:** rigidi (tavolato doppio, compensato strutturale, soletta c.a.)

SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO



POST AND BEAM

- **Collegamenti:** connettori meccanici, pannelli, collegamenti di carpenteria (es. coda di rondine, intagli, ecc.)
- **Protezione al fuoco**
- **Protezione dalla possibilità di ristagno di acqua** → evitare scatole o cuffie che non consentono il deflusso dell'acqua



Foto piscina a Pescasseroli

SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO

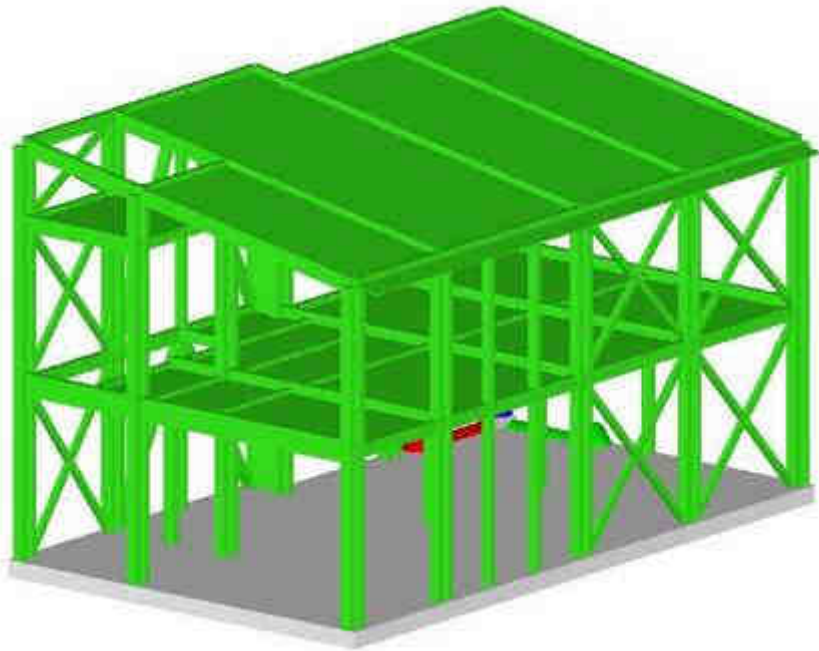
Fattori di struttura

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)

SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO



- **MODELLAZIONE SEMPLICE**
- **DIFFICOLTA' A REALIZZARE COLLEGAMENTI RIGIDI → CERNIERE**
- **NECESSITA' DI STRUTTURE DI CONTROVENTAMENTO (DIAGONALI IN LEGNO O ACCIAIO, PANNELLI)**
- **FATTORE DI STRUTTURA: CD "A" (q=4) o CD "B" (q=2-2,5)**

**Collegamenti
legno-legno/ legno-acciaio/
pannello-legno con
connettori cilindrici**

- $D \leq 12\text{mm}$
- Spess. Membr. $\geq 10d$

⇒ **CD "A" (q=4)**

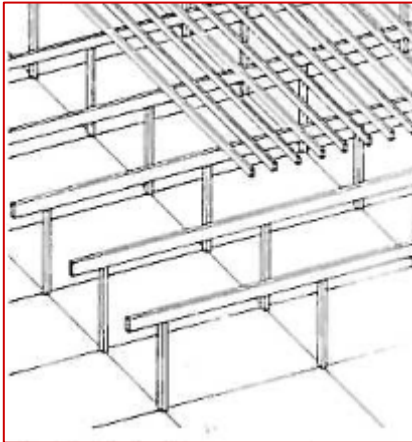
- $D \leq 12\text{mm}$
- Spess. Membr. $\geq 8d$

⇒ **CD "B" (q=2,5)**

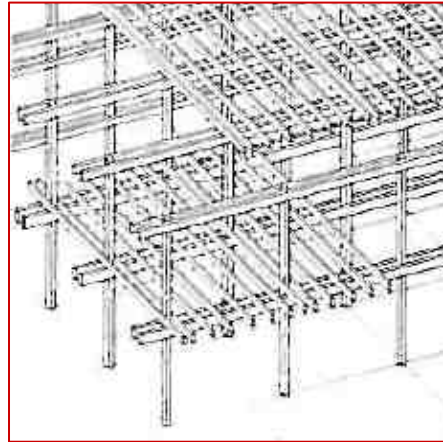
SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO

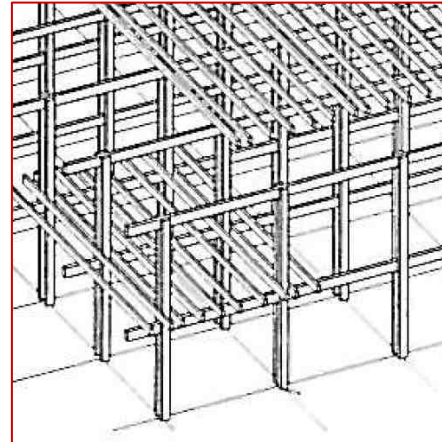
SCHEMI COSTRUTTIVI



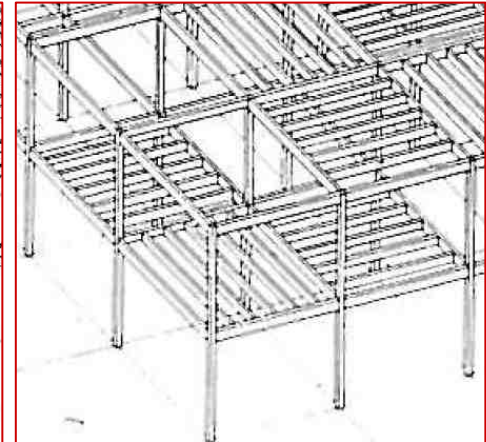
- Travi principali su montanti
- Travi secondarie su travi principali
- Costruzione a un piano



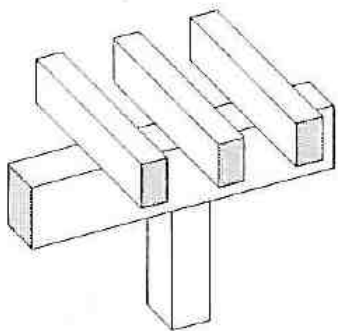
- Travi principali fissate lateralmente alle colonne
- Travi secondarie appoggiate su travi principali
- Costruzione a due o più piani



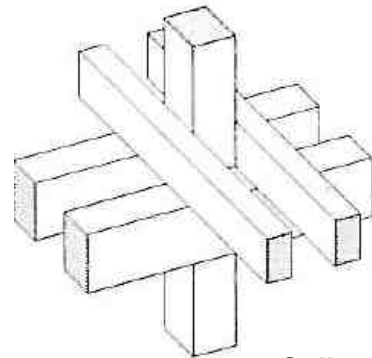
- Travi principali fissate lateralmente al montanti
- Travi secondarie appoggiate su travi principali
- Colonne doppie



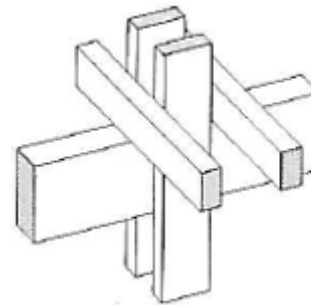
- Travi principali fissate **frontalmente** al montanti
- Travi secondarie fissate **frontalmente** al montanti



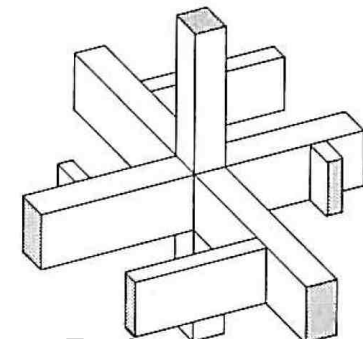
- Collegamento Travi principali su montanti semplice



- Collegamento Travi principali su montanti più complesso



- Collegamento Travi principali/secondarie su montanti più complesso



SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO

VERIFICHE SLU

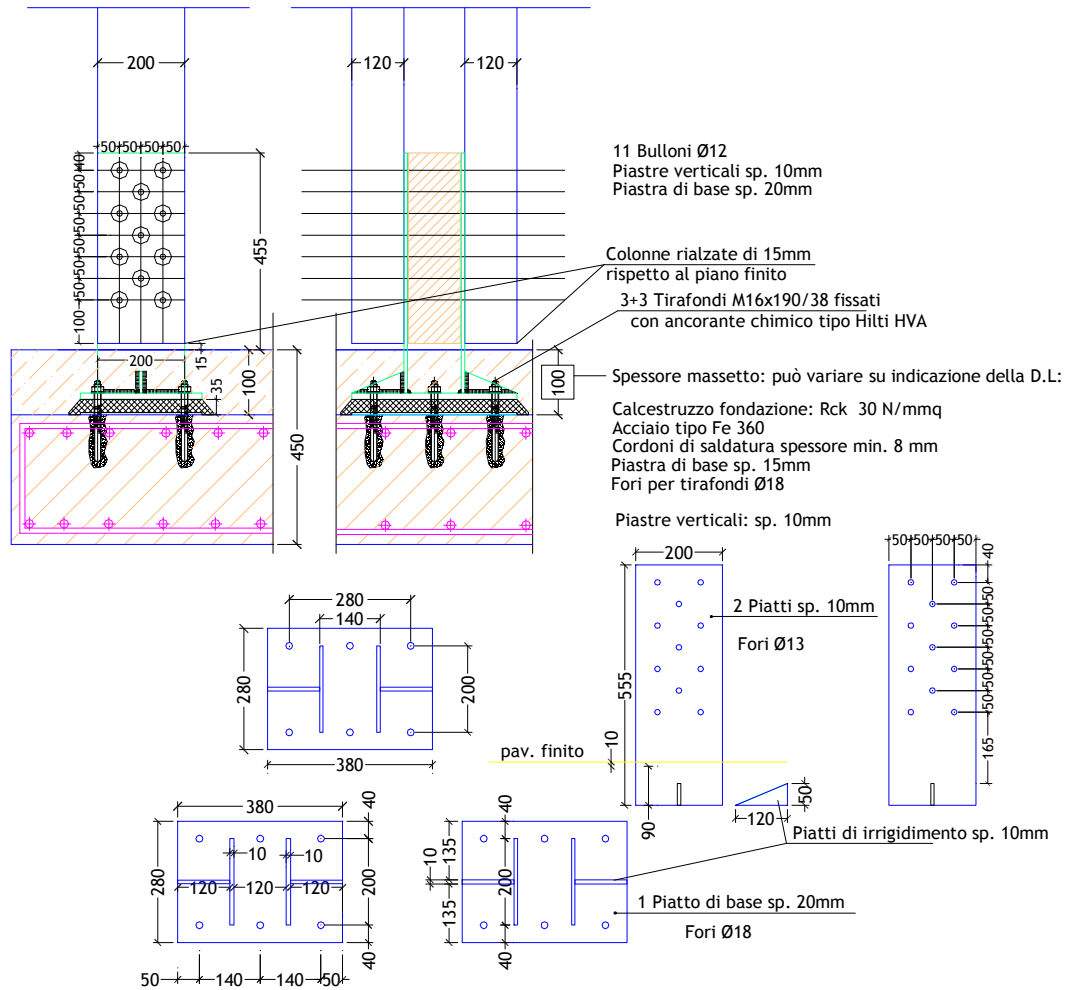
- **Resistenza e stabilità** delle singole membrature, tenendo conto:
 - delle **effettive condizioni dei vincoli** (eccentricità degli appoggi, rigidità rotazionale o traslazionale degli appoggi)
 - **delle imperfezioni geometriche e strutturali**, inquadrando le corrispondenti azioni convenzionali nella stessa classe di durata dei carichi che le hanno provocate.
- **Capacità portante dei collegamenti**
 - **la deformazione delle connessioni** deve essere compatibile con quella assunta nell'analisi globale



SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO

ESEMPIO DI COLLEGAMENTO SEMI-RIGIDO IN FONDAZIONE

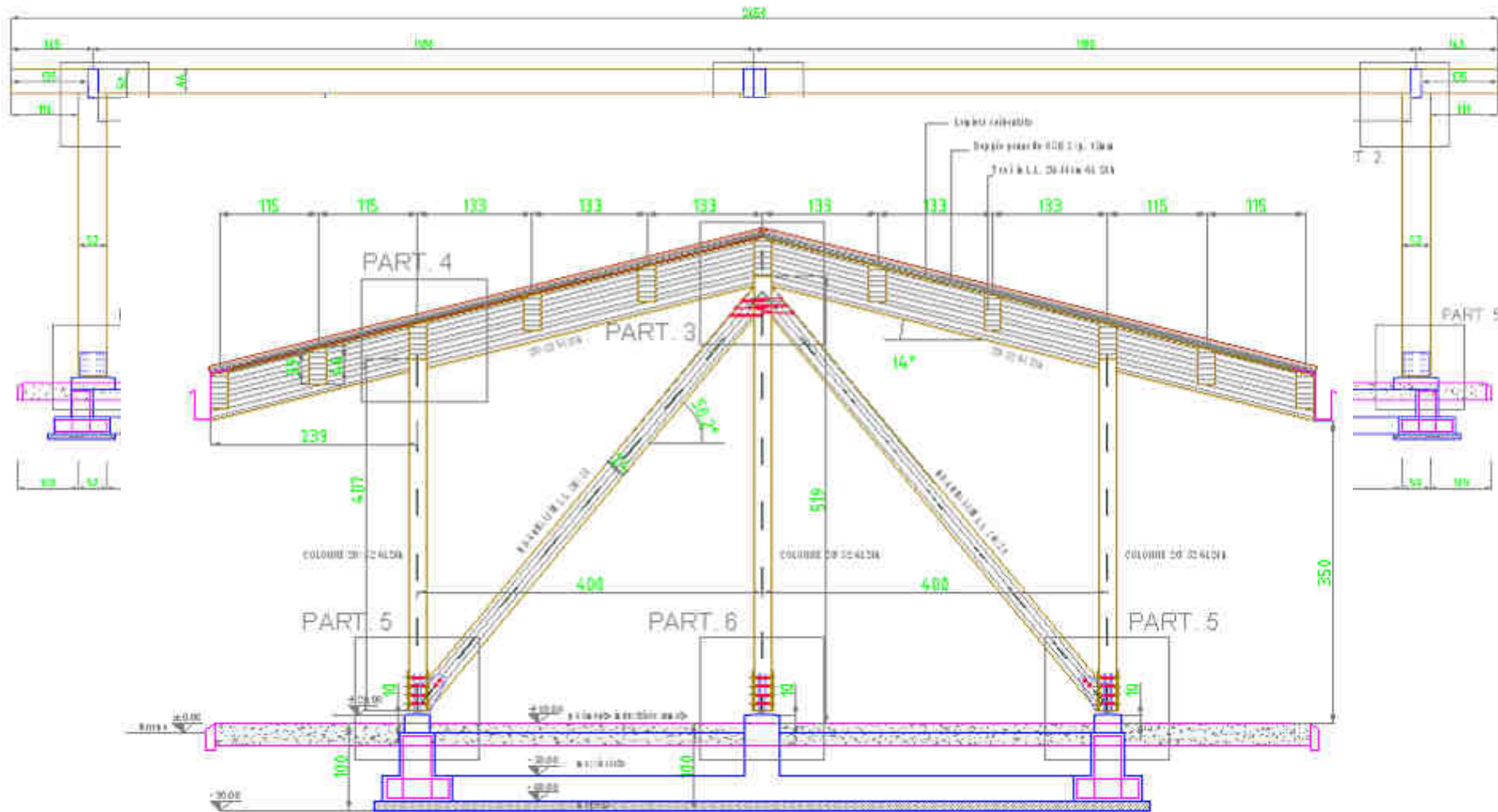


SISTEMI COSTRUTTIVI

A TELAIO

ELABORATI GRAFICI

SEZIONE LONG.

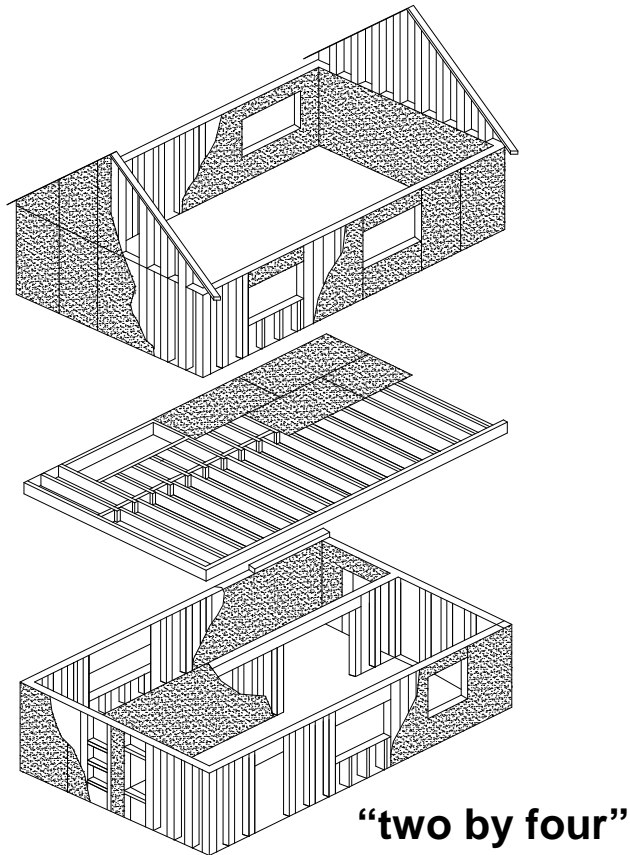


Sistemi costruttivi

SEZIONE TRASV.

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)



- **Fino a 4 piani (altrimenti occorre parere del Csilpp)**
- **L.M. o L.L.**
- **Pannelli compensato o OSB**

LIGHT TIMBER FRAME STRUCTURES

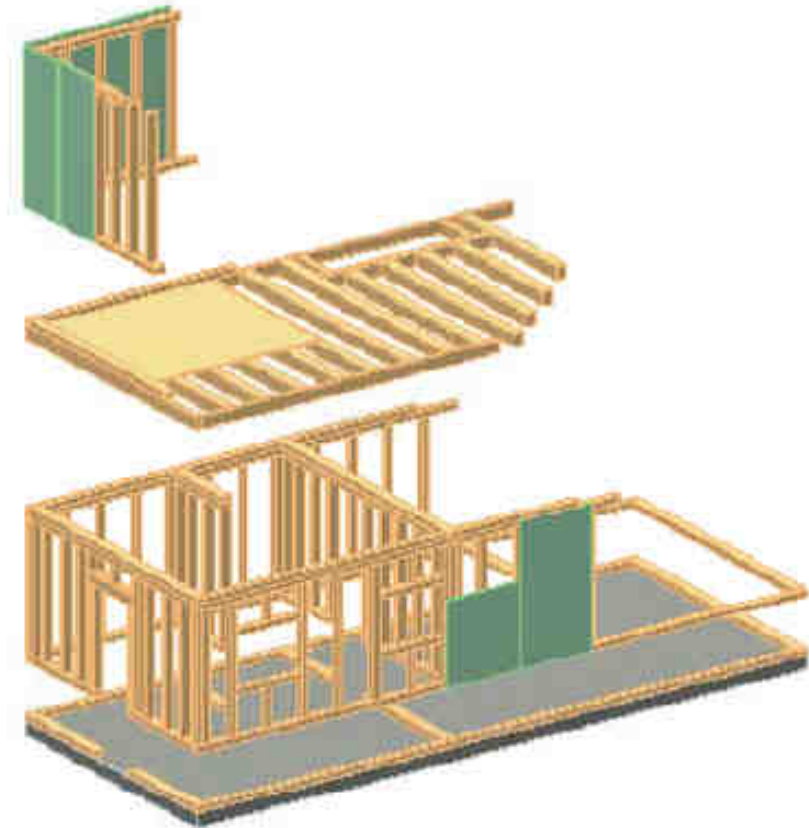
- Sistema costruttivo più diffuso al mondo, molto leggero
- Edifici costruiti piano per piano ("platform frame") e solo occasionalmente (in genere in America) si utilizzano elementi di altezza pari a più piani ("balloon frame").
- Pareti e solai sono costituiti da **intelaiature di elementi di legno di piccola sezione** (generalmente 4x9 o 5x10 cm) posti ad interasse costante di 40-60 cm sulle quali da un lato o da entrambi i lati vengono collegati, con tanti chiodi o viti di piccolo diametro, dei pannelli di legno strutturale, ossia generalmente **compensato o OSB**
- Ridondanza strutturale
- L'interasse dei montanti delle pareti è sempre un sottomultiplo della larghezza del pannello di rivestimento strutturale (es. dimensioni commerciali di 1200x2400 mm o 1220x2440 mm)

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)



„balloon frame“



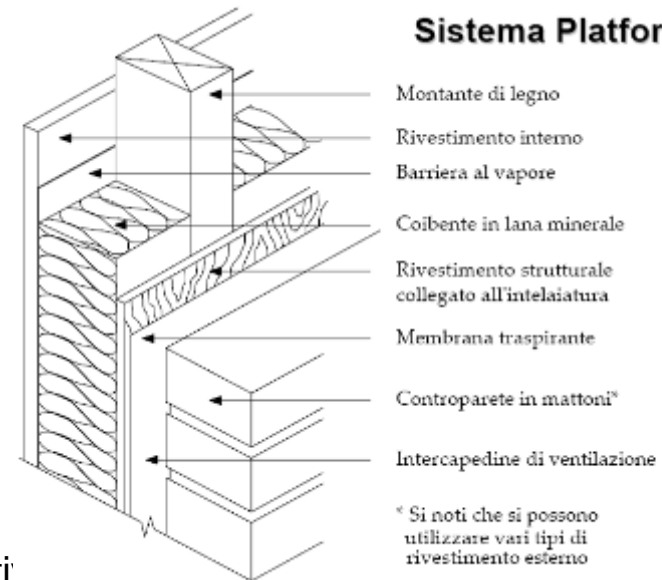
„platform frame“

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

PARETI: CARICHI VERTICALI E CONTROVENTAMENTO

- **I carichi verticali** provenienti dalla copertura e dai solai di piano sono assorbiti dai montanti.
- I montanti delle pareti esterne assorbono anche i carichi orizzontali dovuti al vento agenti sulle pareti stesse. Essi possono essere dimensionati molto snelli, dato che il rivestimento ha anche funzione stabilizzante per loro.
- **I carichi orizzontali** sono assorbiti dal rivestimento, a sua volta stabilizzato all'imbozzamento dai montanti stessi.
- **Collegamenti rigidi** delle pareti con la piattaforma sottostante

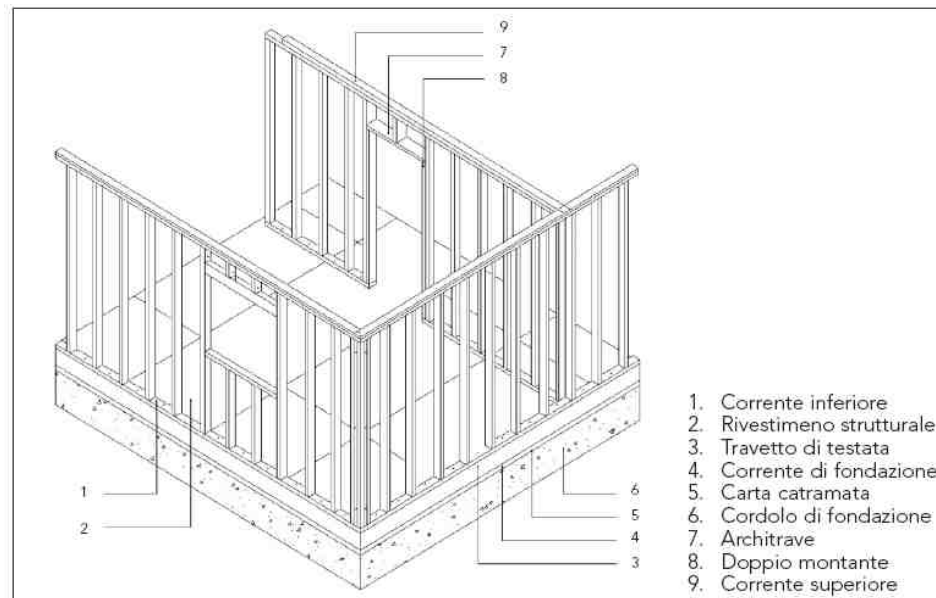


Sistemi costrutti

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

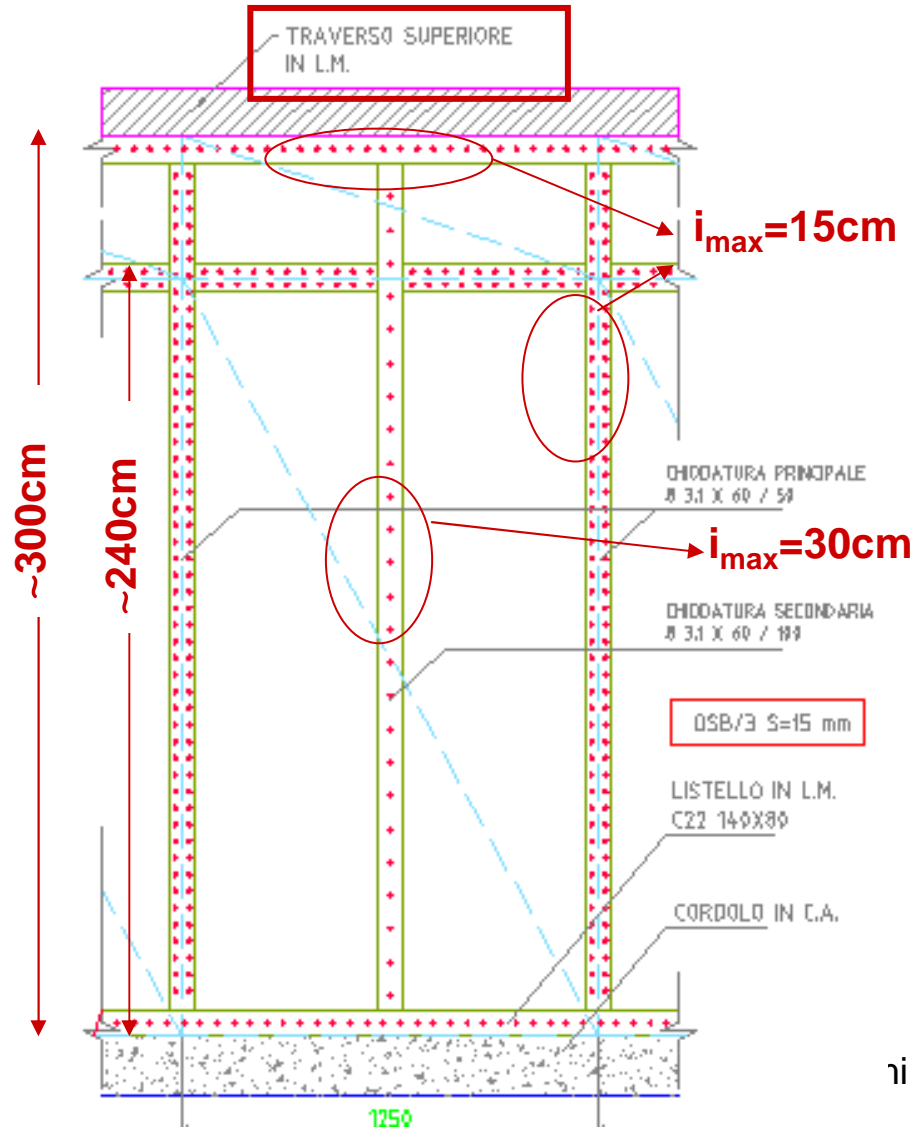
- Gli elementi di parete, solaio e copertura possono essere **prodotti in stabilimento** a differenti livelli di prefabbricazione e montati in cantiere **oppure realizzati a piè d’opera**



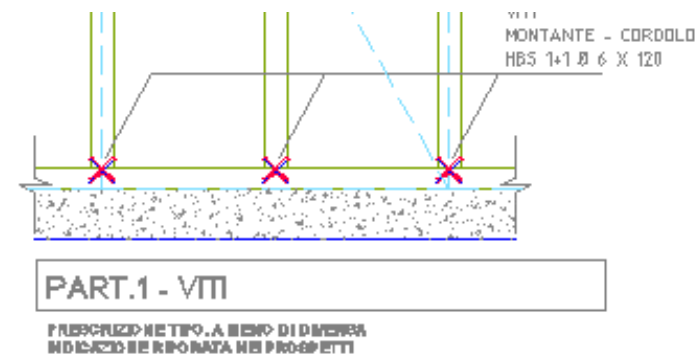
SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

PARETI: CHIODATURA



Scuola a Fabbriche di Vallico (LU)

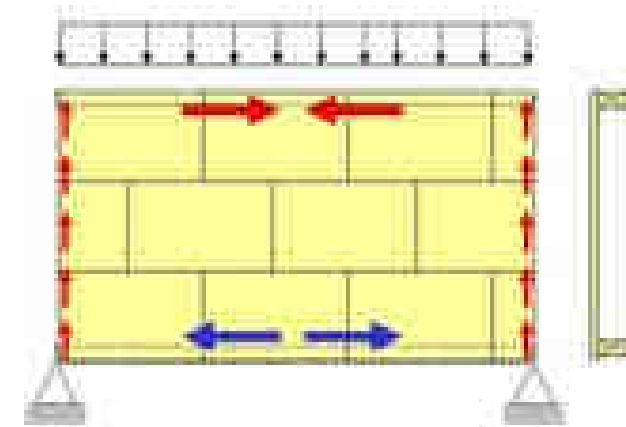


SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

SOLAI

- Realizzati con la **stessa tecnica costruttiva delle pareti** (travetti equispaziati allo stesso interasse dei montanti), irrigiditi con pannelli di legno strutturale (compensato o OSB) collegati con chiodi
- Assunti nei calcoli come **diaframma rigido** (se rispettano i requisiti costruttivi della norma)
- Lungo il perimetro del solaio va previsto **un cordolo di collegamento** in grado di riassorbire gli sforzi di trazione che nascono quando lo stesso solaio viene caricato dalle azioni orizzontali nel proprio piano.
- Il collegamento delle pareti dei piani successivi al solaio di interpiano avviene con angolari e viti per lo scorrimento e **holdown interni o bande forate esterne** per il ribaltamento.



COMPORTAMENTO SCATOLARE Sistemi costruttivi

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

FONDAZIONI:

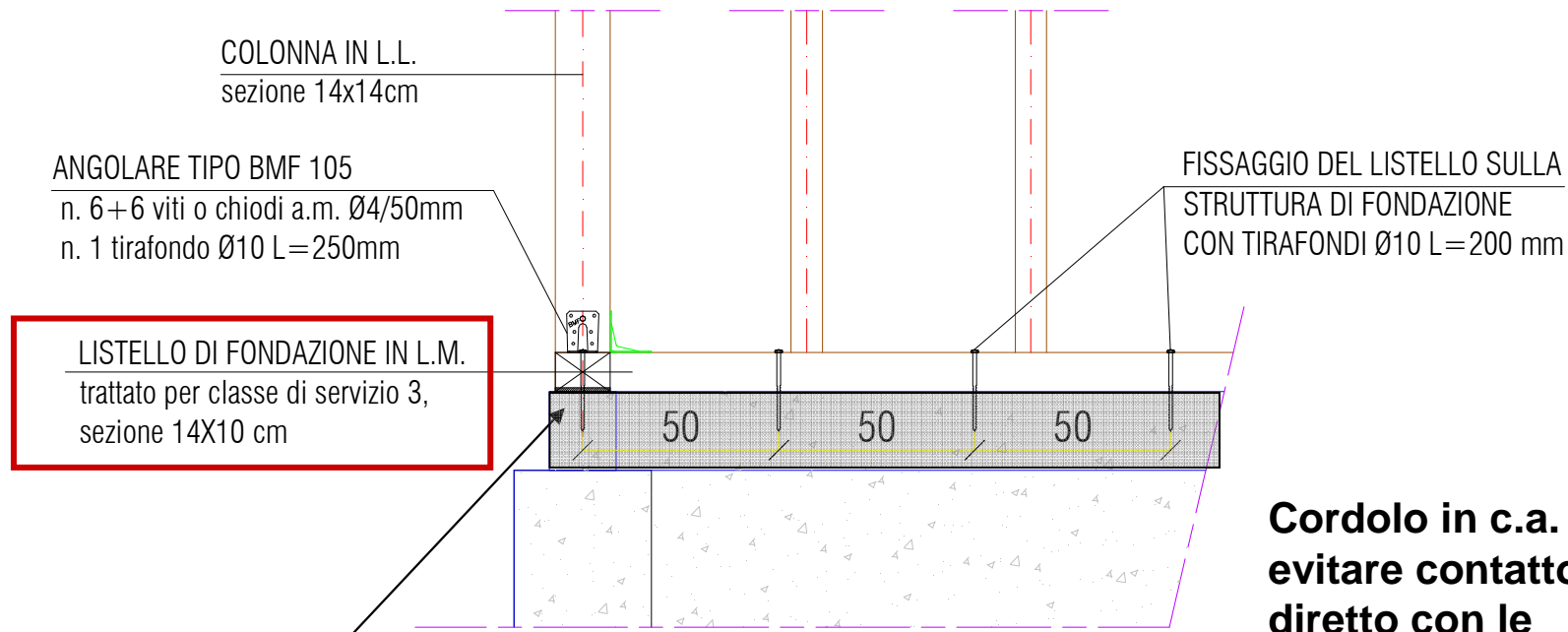
- **le strutture di fondazione** risultano **molto contenute**, possono essere realizzate con una platea o travi rovesce in c.a. oppure, nel caso di edifici di minore importanza, con plinti di fondazione isolati ai quali vengono collegate, lasciando una intercapedine da terra di almeno 10-15 cm, le travi dell’orditura del solaio del piano terra
- Il collegamento delle pareti alle fondazioni [piastre metalliche angolari (holdown), tirafondi, viti e chiodi] deve svolgere la duplice funzione di **contrastare il ribaltamento e lo scorrimento delle pareti** per effetto delle azioni orizzontali.
 - Per il ribaltamento vengono utilizzati sempre gli holdown collegati alle fondazioni con barre filettate inserite in fori sigillati con malta cementizia o epossidica e ai montanti delle pareti con chiodi o viti.
 - Lo scorrimento viene contrastato sempre con tirafondi che collegano il corrente inferiore della parete alla fondazione.



SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

FONDAZIONI:



Cordolo in c.a. per evitare contatto diretto con le fondazioni

Striscia isolante, da risvoltare sulla fondazione e non sul cordolo

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

DIMENSIONAMENTO DI UNA STRUTTURA PLATFORM

- Sistema costruttivo ad alta capacità dissipativa
- Solai a diaframma rigido
- Metodo di calcolo in EC5, EC8
- Regole costruttive in EC5, CNR-DT 206/2007, EC8

IN ZONA SISMICA

Nelle pareti e diaframmi con
intelaiatura in legno
(Collegamenti pannello-legno)

NTC 2008

- Pannelli di particelle (truciolari) con

$\rho_m \geq 650 \text{ kg/m}^3$ e $sp. \geq 13 \text{ mm}$

- Pannelli di compensato con $sp. \geq 9 \text{ mm}$

- D chiodi $\leq 3,1 \text{ mm}$

- Spess. Pannello $\geq 4d$



CD “A” (q=5)

- D chiodi $\leq 3,1 \text{ mm}$

- Spess. Pannello $\geq 3d$



CD “A” (q=4)

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

DIMENSIONAMENTO DI UNA STRUTTURA PLATFORM

Modellazione FEM

- **PARETI:** modellazione della rigidezza a taglio delle pareti :
 - rigidezza a taglio dei fogli di rivestimento (in genere compensato oppure OSB)
 - cedevolezza dei mezzi di unione (chiodatura tra i fogli di rivestimento e gli elementi in legno del telaio).
- **COLLEGAMENTO IN FONDAZIONE:** cerniere.

Nella valutazione della rigidezza della struttura si deve considerare anche la cedevolezza legata alle connessioni in fondazione (holdown, squadrette, ecc.), qualora sia significativa;
- **IMPALCATI INFINITAMENTE RIGIDI** rispettando le indicazioni di calcolo e costruttive riportate nella norma (NTC 2008 paragrafo 7.7.4)



AZIONI

sulle connessioni e sulle pareti

Sistemi costruttivi

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

DIMENSIONAMENTO DI UNA STRUTTURA PLATFORM

VERIFICHE

- **Carichi verticali**
 - Compressione ortogonale alla fibra del listello di base
 - Compressione/Pressoflessione e stabilità dei montanti
- **Azioni orizzontali**
 - Trazione del cordolo dei solai
 - Resistenza a taglio delle pareti (metodo semplificato EC5)
 - Ribaltamento delle pareti – resistenza a sollevamento degli elementi di ancoraggio delle pareti (holdown)
 - Scorrimento dei tirafondi di base

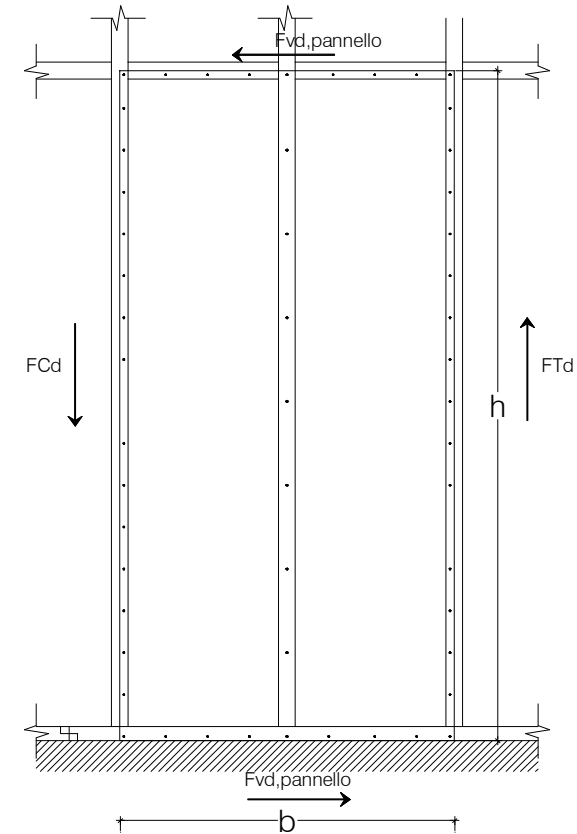
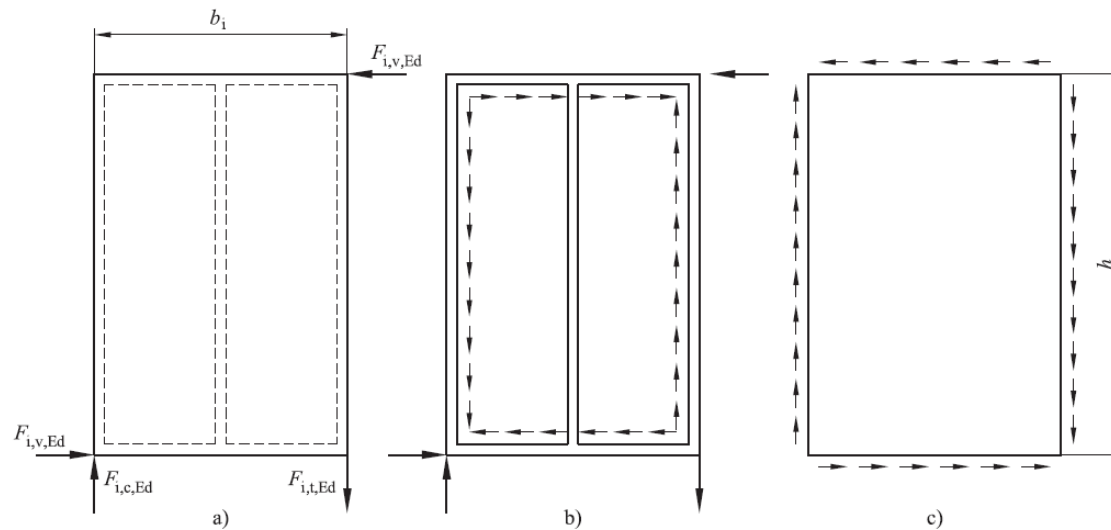
SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

ESEMPIO DI CALCOLO PARETE PLATFORM

§ 9.2.4 EC5 – metodo A

- Montanti 80X140mm in C24 (EN 338)
- Interasse 60 cm
- Singolo pannello **OSB/3 sp. 15mm** (largh. 1200mm)
 $\rho=650\text{kg/m}^3$
- Viti o chiodi ad aderenza migliorata $\phi 3 \times 50\text{mm}$
- Interasse perimetrale 120mm, interasse montante interno 240 mm
- Altezza parete 3,00m



SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

VERIFICHE

1. **Verifica interassi e distanze dai bordi**
2. **Verifica di resistenza a taglio dei pannelli**
3. **Verifica di resistenza ad estrazione degli ancoraggi alla fondazione (holdown)**
4. **Verifica a taglio sulle viti di ancoraggio angolare-montante in legno**
5. **Verifica dei montanti delle pareti (trazione, compressione, pressoflessione)**
6. **Controllo dell'ingobbamento del pannello**
7. **Verifica a compressione ortogonale alla fibratura del listello di base**
8. **Verifica a taglio dei tasselli di ancoraggio alla fondazione**

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

1. DISTANZE DAI BORDI E INTERASSI
- SUGLI ELEMENTI LIGNEI

COLLEGAMENTO
CON CHIODI $d=3\text{mm}$

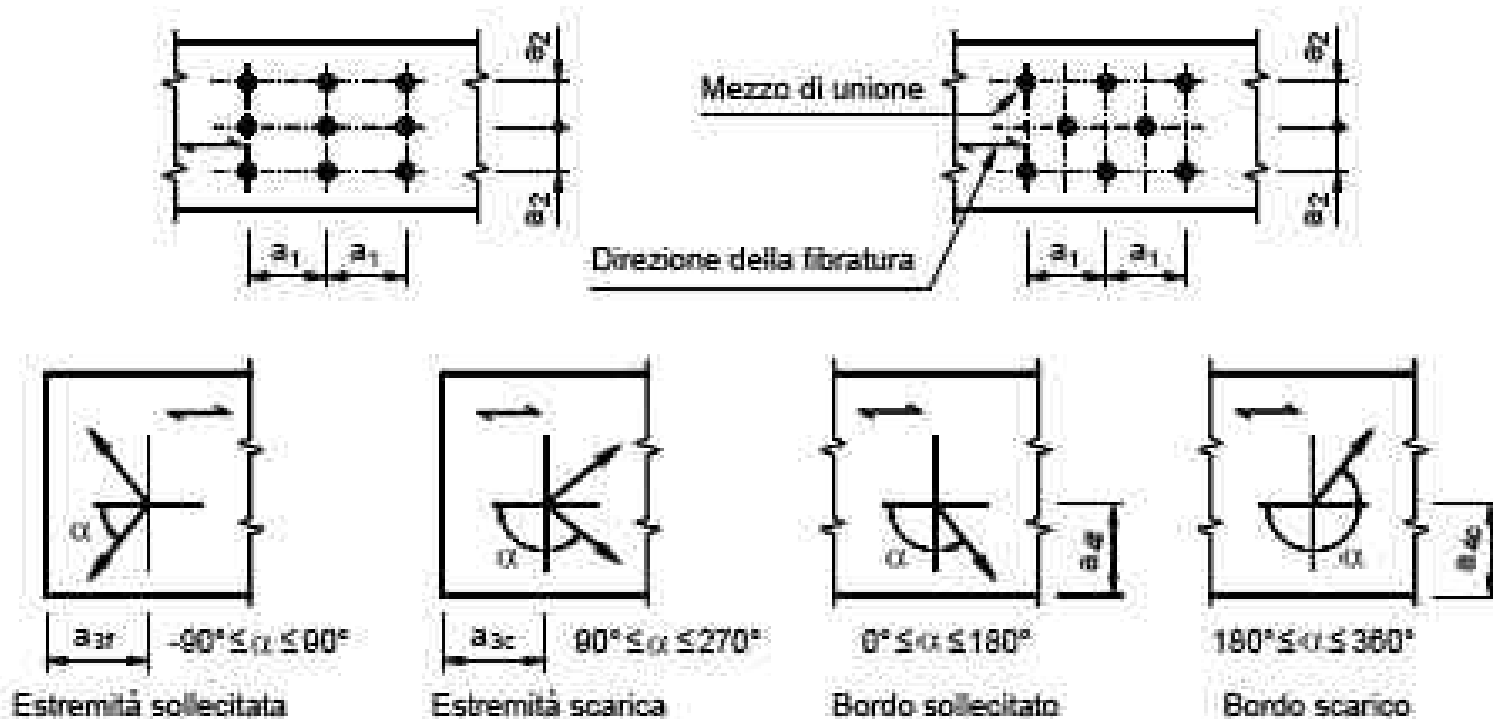


Figura 7-12 – Spaziature e distanze minime

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

1. DISTANZE DAI BORDI E INTERASSI - SUGLI ELEMENTI LIGNEI

COLLEGAMENTO
CON CHIODI $d=3\text{mm}$

Spaziature e distanze da bordi ed estremità, valori minimi per chiodi

Spaziatura o distanza (vedere figura 8.7)	Angolo α	Spaziature e distanze da bordi ed estremità, valori minimi		
		senza preforatura		con preforatura
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
Spaziatura a_1 (parallela alla fibratura)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5 + 5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5 + 7 \cos \alpha) d$	$(7 + 8 \cos \alpha) d$	$(4 + \cos \alpha) d$
Spaziatura a_2 (ortogonale alla fibratura)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3 + \sin \alpha) d$
Distanza $a_{3,t}$ (estremità sollecitata)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10 + 5 \cos \alpha) d$	$(5 + 5 \cos \alpha) d$	$(7 + 5 \cos \alpha) d$
Distanza $a_{3,c}$ (estremità scarica)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
Distanza $a_{4,t}$ (bordo sollecitato)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5 + 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(7 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(7 + 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(3 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(3 + 4 \sin \alpha) d$
Distanza $a_{4,c}$ (bordo scarico)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

→ $10d=30 \text{ mm} < 120\text{mm}$

→ $5d=15 \text{ mm} < 30\text{mm}$

→ $15d=45 \text{ mm}$

→ $10d=30 \text{ mm}$

→ $5d=15\text{mm} < 25\text{mm}$

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

1. DISTANZE DAI BORDI E INTERASSI

- SUI PANNELLI

Le spazature minime di chiodi per tutte le connessioni con chiodi pannello-legno sono quelle fornite nel prospetto 8.2, moltiplicate per un coefficiente 0,85. Le distanze da estremità/bordi per i chiodi rimangono invariate, a meno di esplicita diversa prescrizione nel seguito.

Spazature e distanze da bordi ed estremità, valori minimi per chiodi

PANNELLI OSB

Spaziatura o distanza (vedere figura 8.7)	Angolo α	Spazature e distanze da bordi ed estremità, valori minimi		
		senza preforatura		con preforatura
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
Spaziatura a_1 (parallela alla fibratura)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5 + 5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5 + 7 \cos \alpha) d$	$(7 + 8 \cos \alpha) d$	$(4 + \cos \alpha) d$
Spaziatura a_2 (ortogonale alla fibratura)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3 + \sin \alpha) d$
Distanza $a_{3,t}$ (estremità sollecitata)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(10 + 5 \cos \alpha) d$	$(15 - 5 \cos \alpha) d$	$(7 + 5 \cos \alpha) d$
Distanza $a_{3,e}$ (estremità scarica)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$10d$	$15d$	$7d$
Distanza $a_{4,t}$ (bordo sollecitato)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5 + 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(7 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(7 + 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(3 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(3 + 4 \sin \alpha) d$
Distanza $a_{4,e}$ (bordo scarico)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$3d$

d=3mm

$30 * 0.85 = 26\text{mm} < 120\text{mm}$

$15 * 0.85 = 12,75\text{mm} < 30\text{mm}$

30 mm

$15\text{mm} < 25\text{mm}$

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

1. DISTANZE DAI BORDI E INTERASSI

Spaziature e distanze da bordi ed estremità, valori minimi per chiodi

Spaziatura o distanza (vedere figura 8.7)	Angolo α	Spaziature e distanze da bordi ed estremità, valori minimi		
		senza preforatura		con preforatura
		$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 \text{ kg/m}^3 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$	
Spaziatura a_1 (parallela alla fibratura)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$d < 5 \text{ mm}$: $(5 + 5 \cos \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(5 + 7 \cos \alpha) d$	$(7 + 8 \cos \alpha) d$	$(4 + \cos \alpha) d$
Spaziatura a_2 (ortogonale alla fibratura)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$5d$	$7d$	$(3 + \sin \alpha) d$
Distanza $a_{3,t}$ (estremità sollecitata)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$3 + 4 \sin(\alpha)$	$(15 + 5 \cos \alpha) d$	$(7 + 5 \cos \alpha) d$
Distanza $a_{3,c}$ (estremità scarica)	$90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	$3d$	$15d$	$7d$
Distanza $a_{4,t}$ (bordo sollecitato)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$3 + 4 \sin(\alpha)$	$d < 5 \text{ mm}$: $(7 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(7 + 5 \sin \alpha) d$	$d < 5 \text{ mm}$: $(3 + 2 \sin \alpha) d$ $d \geq 5 \text{ mm}$: $(3 + 4 \sin \alpha) d$
Distanza $a_{4,c}$ (bordo scarico)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$3d$	$7d$	$3d$

**PANNELLI DI
COMPENSATO**

d=3mm

→ $30 * 0.85 = 26 \text{ mm} < 120 \text{ mm}$

→ $15 * 0.85 = 12,75 \text{ mm} < 30 \text{ mm}$

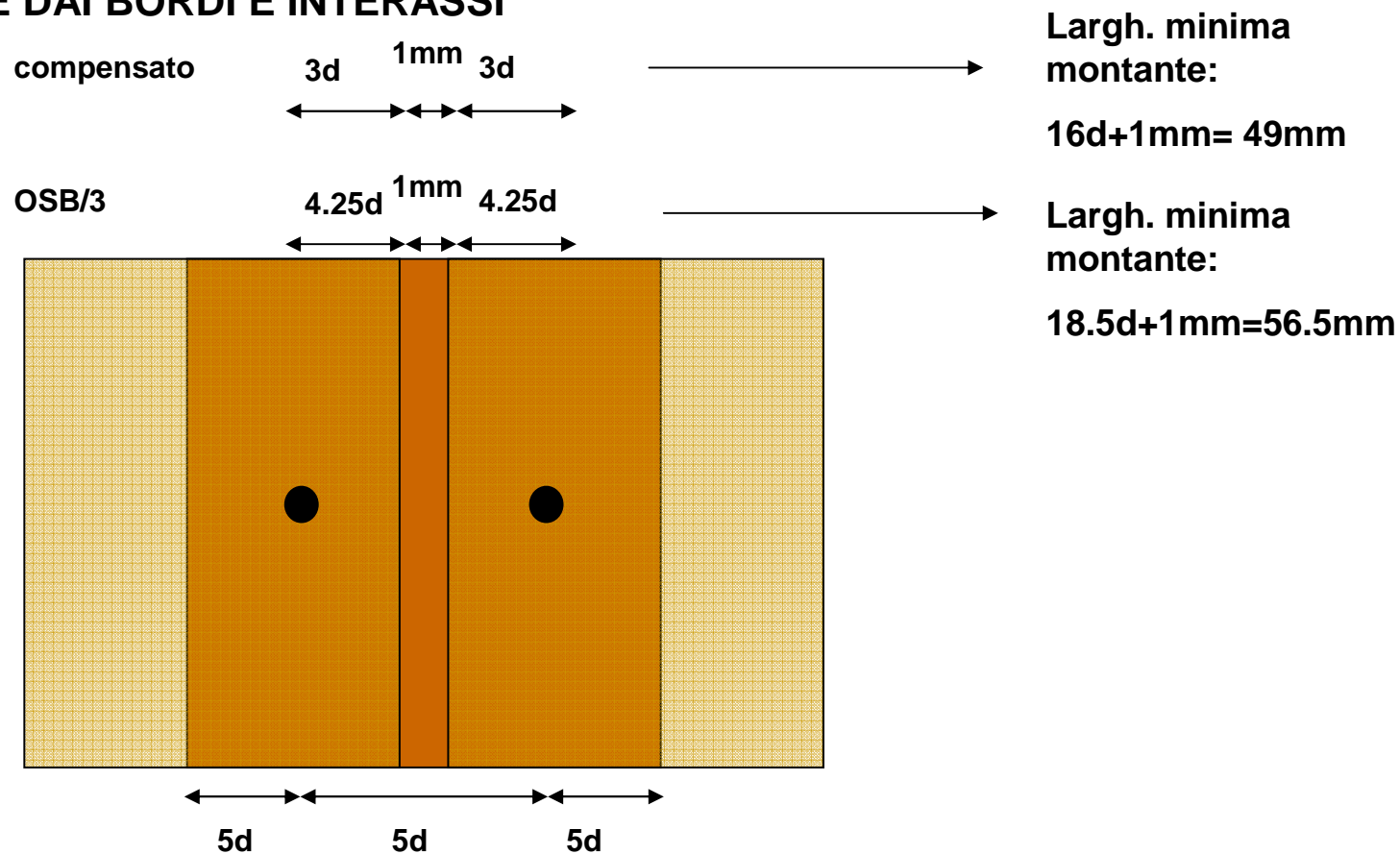
→ **9 mm**

→ **9 mm < 25 mm**

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

1. DISTANZE DAI BORDI E INTERASSI



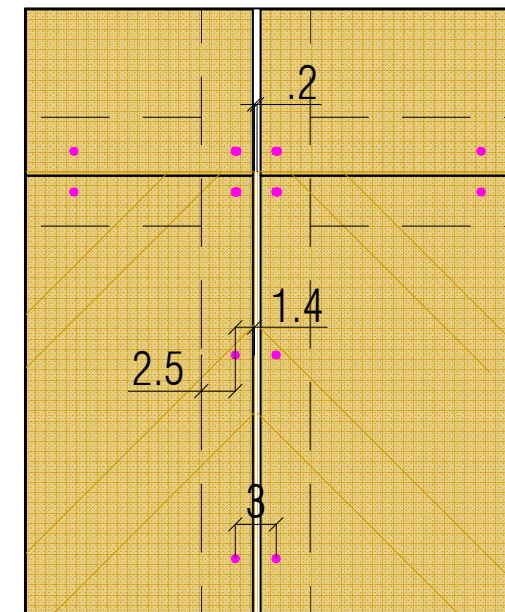
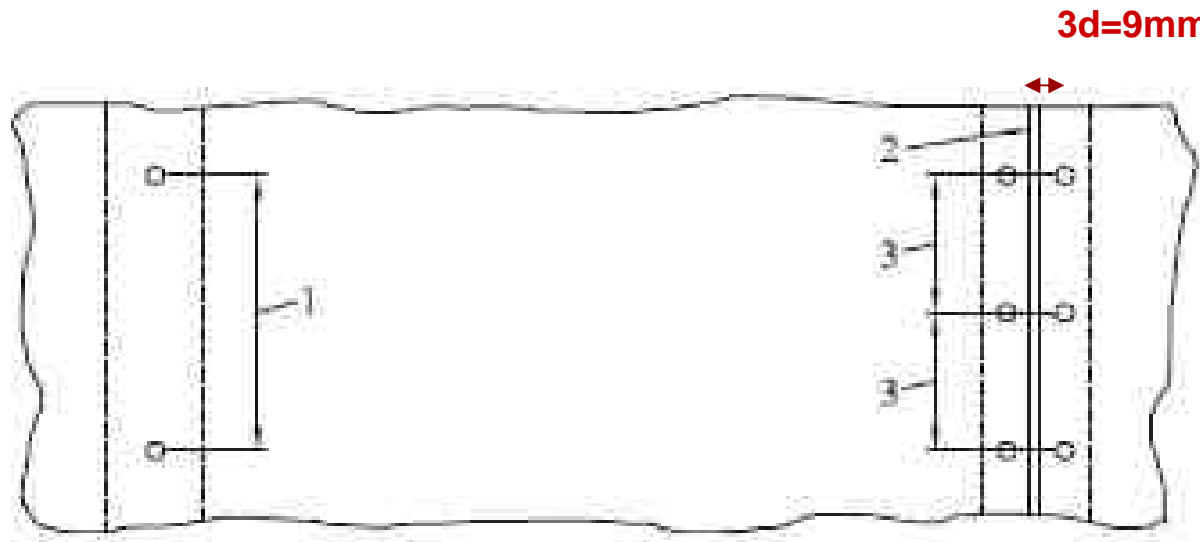
SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

1. DISTANZE DAI BORDI E INTERASSI

Si raccomanda che le distanze minime da bordi ed estremità negli elementi di pannello di legno compensato siano assunte pari a $3d$ per un bordo (o estremità) scarico e pari a $(3 + 4 \sin \alpha)d$ per un bordo (o estremità) sollecitato, dove α è l'angolo fra la direzione del carico e il bordo (l'estremità) sollecitato.

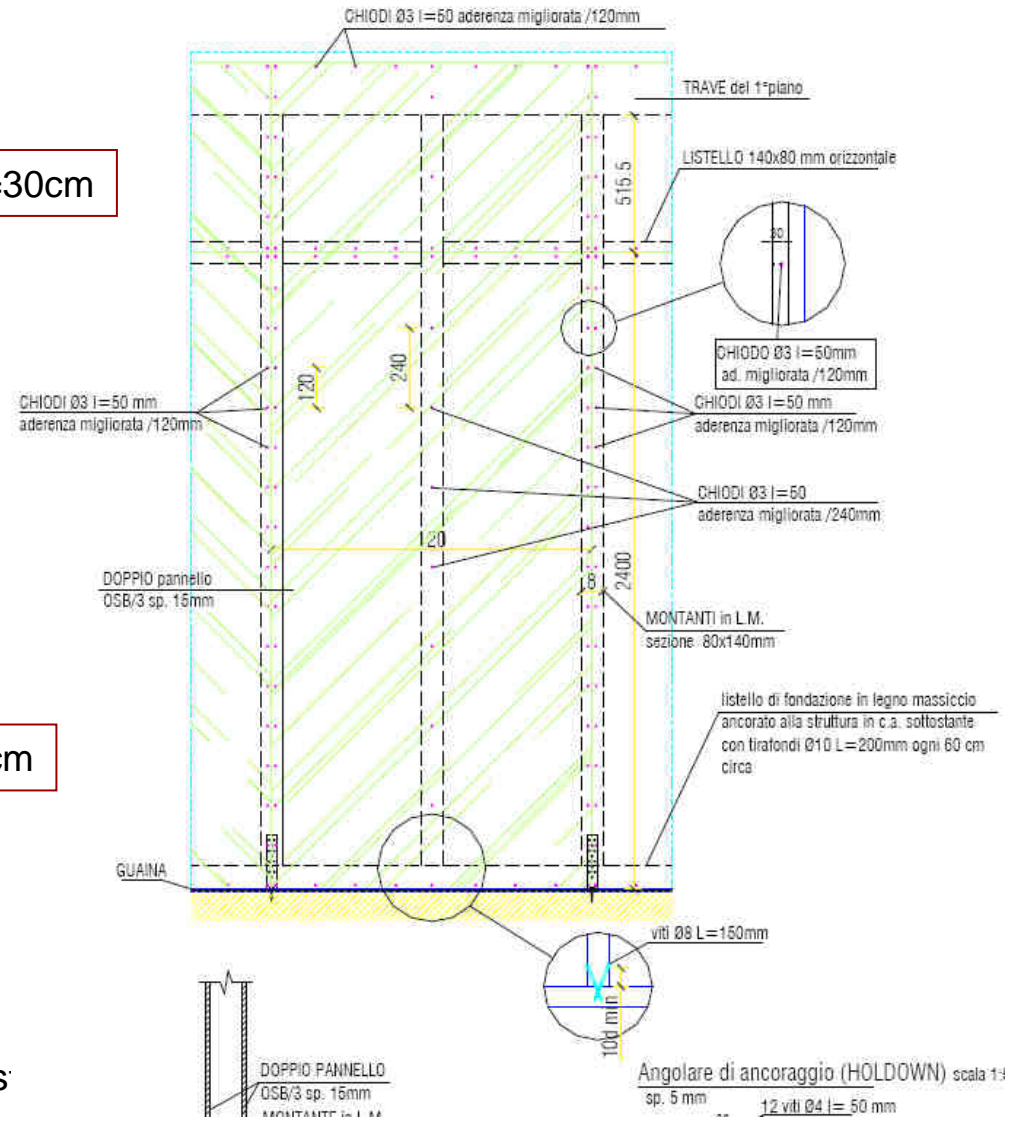
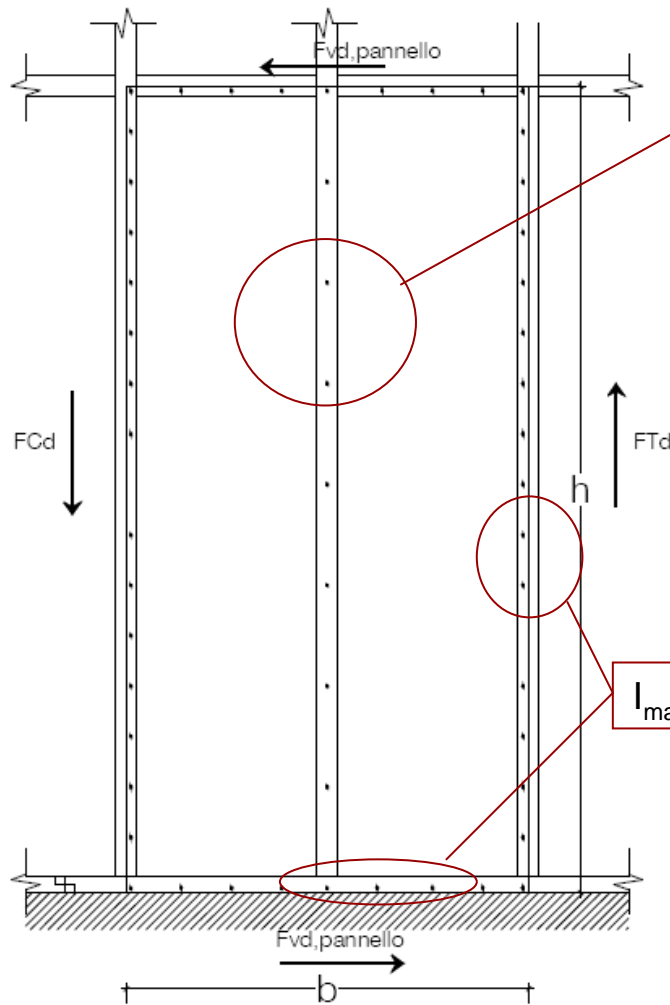
§10.8.2 EC5



SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME ("A TELAIO" E PANNELLI CHIODATI)

SCHEMA PARETE



Sis

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

PANNELLI OSB (Oriented Strand Board)

Materiale a base legno costituito da diversi strati, composti da **trucioli di legno prevalentemente lunghi e stretti (strand)** assemblati con un legante (colla).

Gli strand degli strati esterni sono paralleli al lato longitudinale o trasversale del pannello.

Gli strand dello strato interno possono essere orientati in maniera casuale oppure, di norma, in direzione perpendicolare agli strand degli strati esterni.



specifiche di prodotto **EN 300**



Dimensioni tipiche dei pannelli [mm]

Lunghezza	2500 – 5000
Larghezza	607 – 2500
Spessore	8 – 40

Tipo di pannello	Requisiti	Classi di servizio secondo UNI EN 1995-1-1
OSB/2	Impieghi strutturali, secco	1
OSB/3	Impieghi strutturali, umido	1 e 2
OSB/4	Impieghi strutturali, umido, carico elevato	1 e 2

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

PANNELLI OSB (Oriented Strand Board) – valori caratteristici (forniti dal produttore)

Spessore [mm]	OSB/2 e OSB/3		
	>6-10	>10-18	>18-25
ρ_k [kg/m ³]	550	550	550
$f_{m,k}$ [N/mm ²]	0	18,0	16,4
	90	9,0	8,2
$f_{t,k}$ [N/mm ²]	0	9,9	9,4
	90	7,2	7,0
$f_{c,k}$ [N/mm ²]	0	15,9	15,4
	90	12,9	12,7
$f_{v,k}$ [N/mm ²]	6,8	6,8	6,8
$f_{r,k}$ [N/mm ²]	1,0	1,0	1,0
E_m [N/mm ²]	0	4930	4930
	90	1980	1980
$E_{t,c}$ [N/mm ²]	0	3800	3800
	90	3000	3000
G_v [N/mm ²]	1080	1080	1080
G_r [N/mm ²]	50	50	50

Tab. 1: Valori caratteristici dei pannelli di tipo OSB/2 e OSB/3 fabbricati secondo UNI EN 300

$$\gamma_M = 1,40$$

Coefficiente k_{mod}

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico					
			Perm	Lunga	Media	Breve	Istant	
Pannelli OSB	EN 300	OSB/2	1	0,3	0,45	0,65	0,85	1
		OSB/3 – OSB/4	1	0,4	0,5	0,7	0,9	1
			2	0,3	0,4	0,55	0,7	0,9

Resistenza a taglio del pannello

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,85 \cdot \frac{6,8}{1,4} = 4,13 \text{ N/mm}^2$$

L'ingobbamento per taglio del foglio può essere trascurato, purché

$$\frac{b_{net}}{t} \leq 100$$

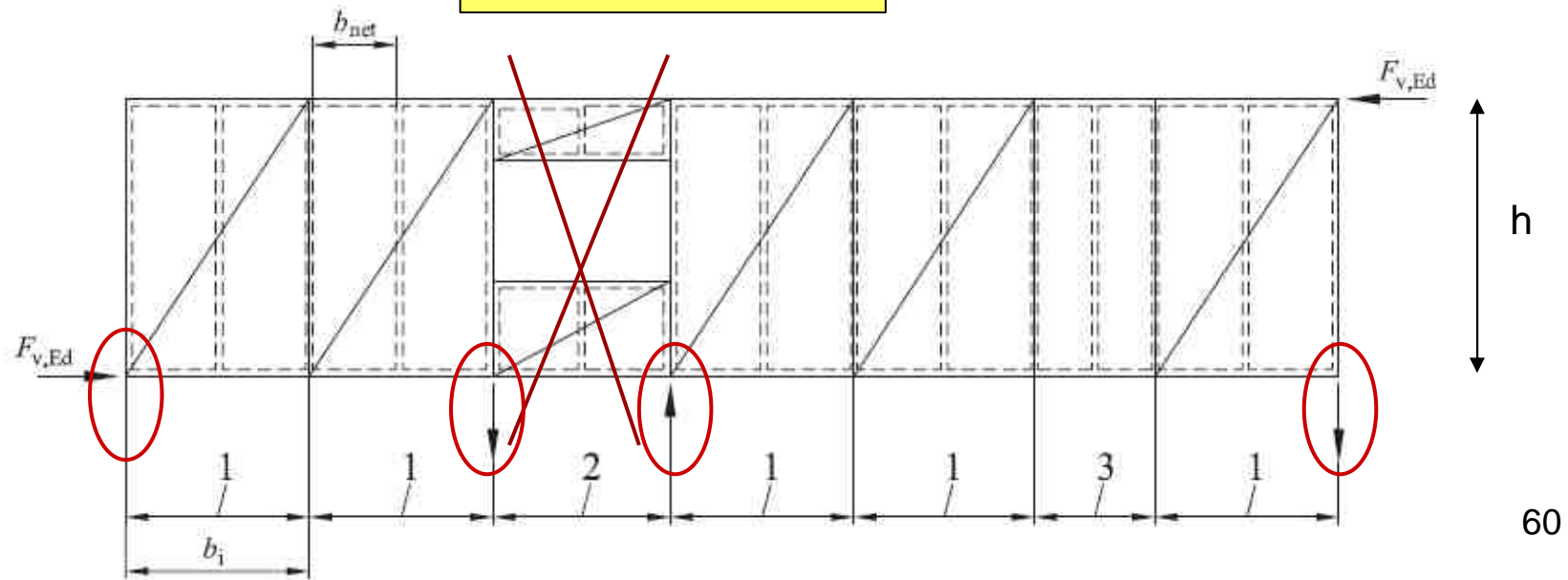
SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

2. RESISTENZA DI CALCOLO DELLA SINGOLA PARETE

- Schema statico a mensola ancorata alla sottostruttura (calcolo piano per piano)
- Pareti realizzate con 1 o più pannelli
- Spaziatura dei mezzi di unione costante lungo il perimetro di ciascun foglio;
- Larghezza di ciascun foglio ammonti ad almeno $h / 4$
- Per una parete realizzata con diversi pannelli, il valore di progetto della capacità portante di piastra di una parete è calcolato da

$$F_{v,Rd} = \sum F_{i,v,Rd}$$



SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

2. RESISTENZA DI CALCOLO DELLA SINGOLA PARETE

La capacità portante di piastra di ciascun pannello, $F_{i,v,Rd}$, contro una forza $F_{i,v,Ed}$ è calcolata tramite

$$F_{i,v,Rd} = \frac{F_{f,Rd} \cdot b_i \cdot c_i}{s}$$

dove:

$F_{f,Rd}$ è il valore di progetto della capacità laterale di un singolo mezzo di unione;

b_i è la larghezza del pannello;

s è la spaziatura dei mezzi di unione.

e

$$c_i = \begin{cases} 1 & \text{per } b_i \geq b_0 \\ \frac{b_i}{b_0} & \text{per } b_i < b_0 \end{cases}$$

dove:

$$b_0 = h / 2$$

h è l'altezza della parete.

$$\begin{aligned} b_i &= 1200 \text{ mm} \\ b_0 &= 1500 \text{ mm} \\ c_i &= 0,8 \\ s &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{i,v,Rd} = \frac{577 \times 1200 \times 0,8}{120} = 4.616 \text{ N}$$

SISTEMI COSTRUTTIVI

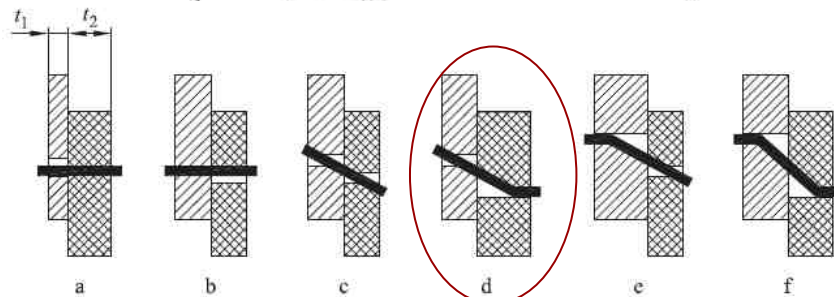
PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

CALCOLO DI $F_{f,Rd}$ Collegamento pannello-legno con chiodi (§ 8.2.2 EC5)

Per mezzi di unione a taglio singolo:

8.2.2.a	1 777.3
8.2.2.b	3 173.6
8.2.2.c	1 129.1
8.2.2.d	865.5
8.2.2.e	1 303.2
8.2.2.f	1 031.6

$$F_{v,Rk} = \min. \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} t_1 d \quad (a) \\ f_{h,2,k} t_2 d \quad (b) \\ \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (c) \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_1 d}{2+\beta} \left[\sqrt{2\beta(1+\beta) + \frac{4\beta(2+\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} dt_1^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (d) \text{ (8.6)} \rightarrow 865,5 \text{ kN} \\ 1,05 \frac{f_{h,1,k} t_2 d}{1+2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1+\beta) + \frac{4\beta(1+2\beta)M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} dt_2^2}} - \beta \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (e) \\ 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1+\beta}} \sqrt{2M_{y,Rk} f_{h,1,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \quad (f) \end{array} \right.$$



$$F_{f,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{f,Rd}}{\gamma_M} = \frac{1 \cdot 865,5}{1,5} = 577 \text{ N}$$

struttivi

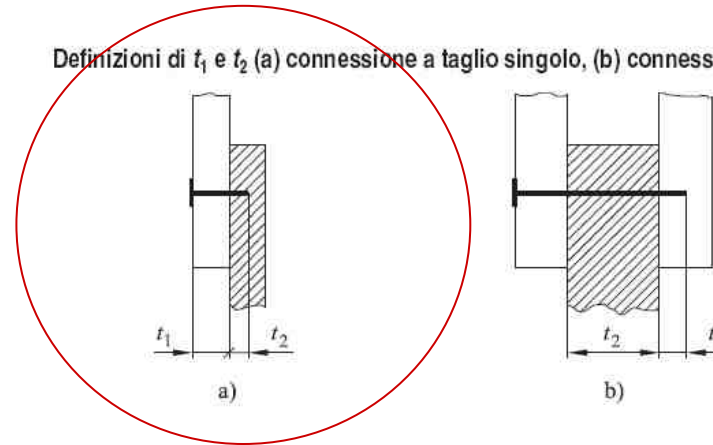
62

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

Collegamento pannello-legno con chiodi (§ 8.2.2 EC5)

Definizioni di t_1 e t_2 (a) connessione a taglio singolo, (b) connessione a taglio doppio



Chiodi ad aderenza migliorata

Momento di snervamento

$$M_{y,Rk} = \begin{cases} 0,3f_u d^{2,6} & \text{per chiodi a gambo cilindrico} \\ 0,45f_u d^{2,6} & \text{per chiodi a gambo quadro e scanalato} \end{cases}$$

Resistenza a rifollamento per chiodi su pannelli

per pannelli di particelle e pannelli OSB:

$$f_{h,k} = 65d^{-0,7}t^{0,1}$$

dove:

$f_{h,k}$ è la resistenza caratteristica a rifollamento, in N/mm^2 ;

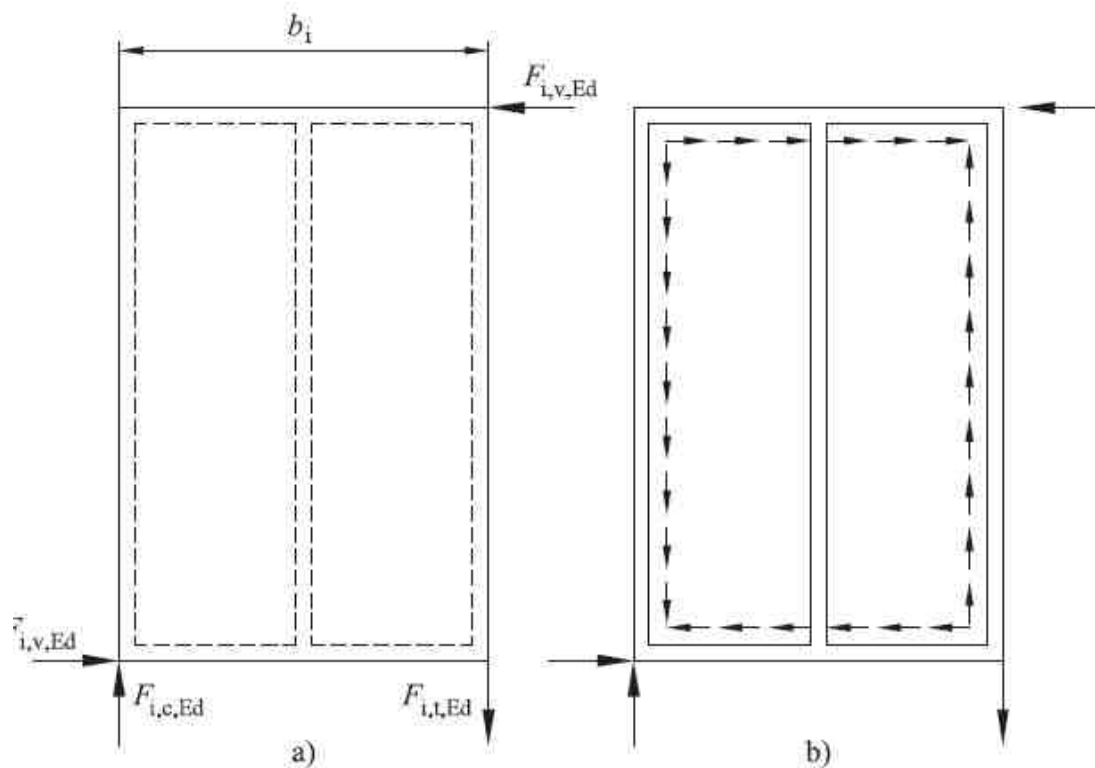
d è il diametro del chiodo, in mm;

t è lo spessore del pannello, in mm.

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)

5. VERIFICA DEI MONTANTI (TRAZIONE, COMPRESSIONE, PRESSOFLESSIONE) SUI MONTANTI DELLE PARETI



$$F_{i,c,Ed} = F_{i,t,Ed} = \frac{F_{i,v,Ed}h}{b_i}$$

- Dimensionamento Holdown
- Trazione del montante (eventuale)

Verifica a carico di punta del montante (pressoflessione se parete esterna)

Di solito le sollecitazioni sui montanti vengono determinate con il programma di calcolo

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

6. CONTROLLO DELL'INGOBBAMENTO

L'ingobbamento per taglio del foglio può essere trascurato, purché $\frac{b_{net}}{t} \leq 100$
dove:

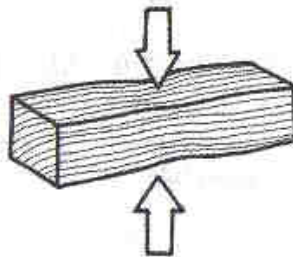
b_{net} è la distanza libera fra montanti;

t è lo spessore del foglio.

$$b_{net} = 60 - 8 = 52 \text{ cm}$$

$$b_{net}/t = 52/1,5 = 34,7 < 100$$

7. VERIFICA A COMPRESSIONE ORTOGONALE ALLA FIBRATURA DEL LISTELLO DI BASE

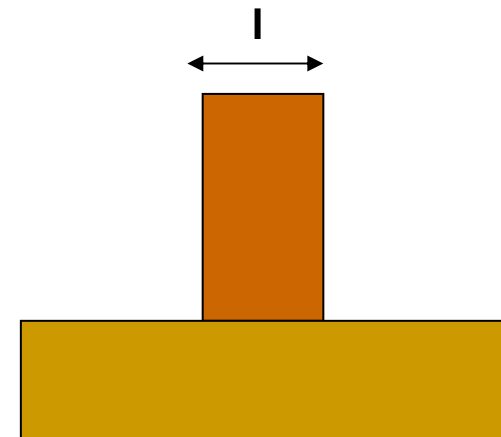


$$\sigma_{c,90,d} = \frac{F_{c,90,d}}{A_{ef}} \leq k_{c,90} \cdot f_{c,90,d}$$

$F_{c,90,d}$ = sforzo normale nei montanti
(compressione)

$A_{ef} = b \times l_{ef}$ Area efficace di impronta

Sistemi costruttivi



SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

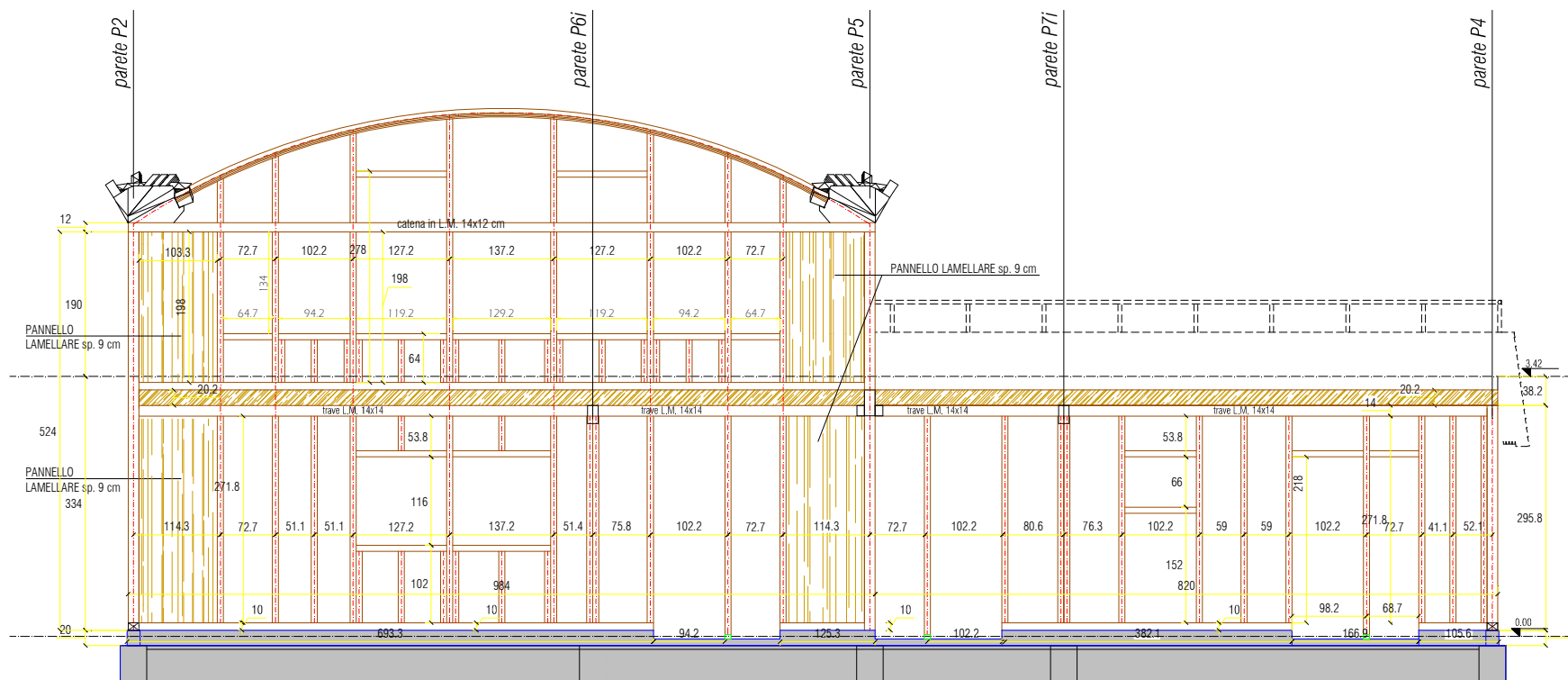
9. VERIFICA A TAGLIO DEI TASSELLI DI ANCORAGGIO ALLA FONDAZIONE

- Connessione legno-cemento, assimilata a connessione legno-acciaio con piastra spessa.
- Taglio sulla parete ripartito uniformemente sui tasselli



SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (“A TELAIO” E PANNELLI CHIODATI)



ELABORATI GRAFICI

Tavole di montaggio con indicati disposizione e fissaggio di:

- elementi dell'intelaiatura delle pareti;
- pannelli di rivestimento strutturale;
- elementi di collegamento alla fondazione e al solaio di interpiano.

Sistemi costruttivi

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

ESTENSIONE SCUOLA DI SEANO (PO)



Sistemi costruttivi

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

ESTENSIONE SCUOLA DI SEANO (PO)

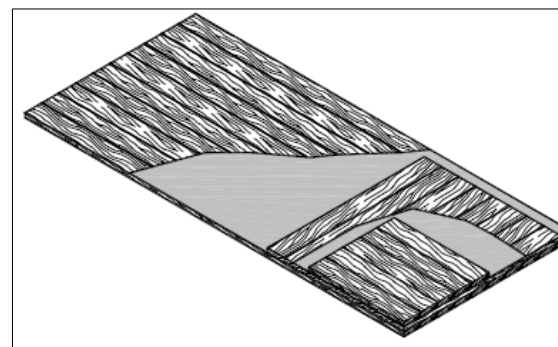
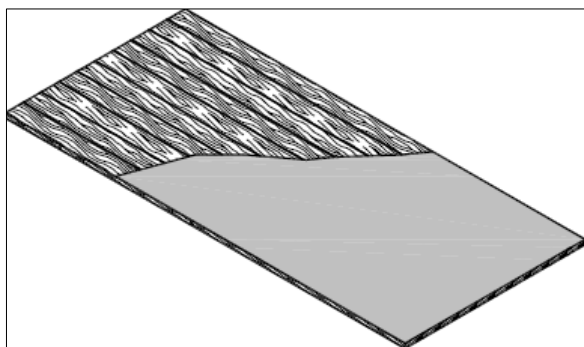
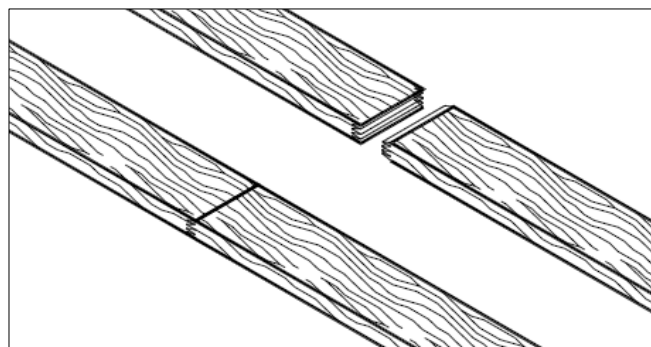


SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM



- Pannelli costituiti da strati incrociati di tavole in legno massiccio, **chiodate o incollate**, detto anche “compensato di tavole”
- Setto portante “pieno”, dotato di buona stabilità dimensionale e “massa” elevata (circa 3 volte il ‘pannello’ tipo platform)
- Numero strati **dispari (3-5-7 strati o più)**, spessore tavole variabile o meno
- **Legno massiccio di abete** generalmente, ma anche pannelli in larice, pino, douglasia
- I prodotti sul mercato variano da 16 a 24 m in lunghezza, da 1,25 a 4 m in larghezza, da 57 a 400 mm in spessore.



SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

PRODUZIONE



SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CERTIFICAZIONI

Non esiste una norma europea armonizzata, ma esistono Benestari Tecnici Europei (ETA) o specifiche tecniche di altri stati europei.

Alcuni produttori hanno ottenuto la **marcatatura CE** secondo uno specifico Benestare Tecnico Europeo (caso “C” del cap. 11.1)

Se i pannelli non hanno la marcatatura CE, occorre:

il **Certificato di Idoneità all’impiego del prodotto**, rilasciato dal STC (caso “C”)

Altrimenti la fornitura non deve essere accettata dalla DL

UNI EN 13353 definisce i requisiti per pannelli di spessore < 80 mm

UNI EN 13986 solid wood panels

Prodotto	Omologazioni		
	de	at	eu
KLH	Z-9.1-482	AT-3 06-77	ETA-06/0138
Leno	Z-9.1-501		
MM-BSP	Z-9.1-638		ETA-06/0036
CLT	Z-9.1-559		ETA-08/0271
BBS	Z-9.1-534		ETA-06/0009
HMS	Z-9.1-680		ETA-06/0242

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM



- Nasce verso la fine degli anni '90 in Austria e Germania
- Sistema costruttivo concettualmente simile ad un edificio in muratura
- Maggior utilizzo di materia prima, ma di qualità inferiore (difficilmente utilizzabile in altri sistemi costruttivi)



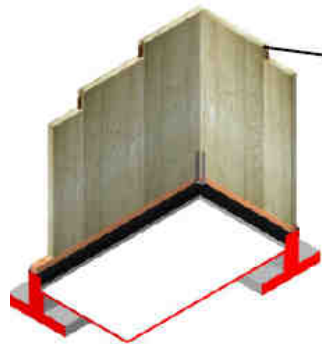
- **Nessuna limitazione di altezza**
...per più di 4 piani ...CSLLPP
- **Pannelli X-lam incollati**
- **L.M. o L.L.**

generalmente per un edificio **fino a tre piani** il pannello a strati incrociati incollato raggiunge per le pareti uno **spessore di circa 12 cm**

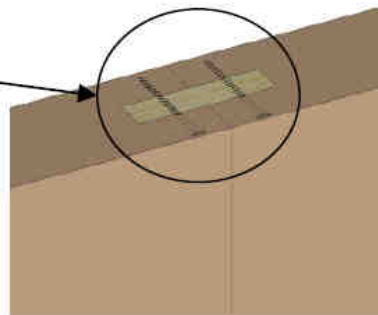
SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

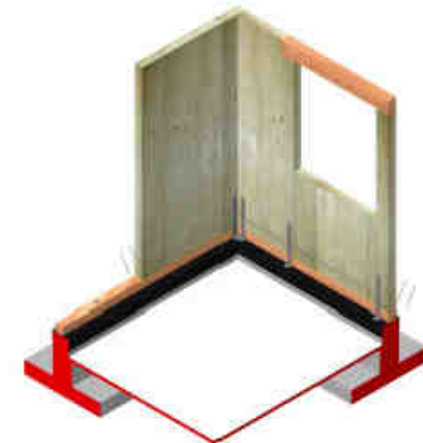
PROCESSO COSTRUTTIVO



Giunti verticali fra i pannelli
BBS



fisaggio con viti

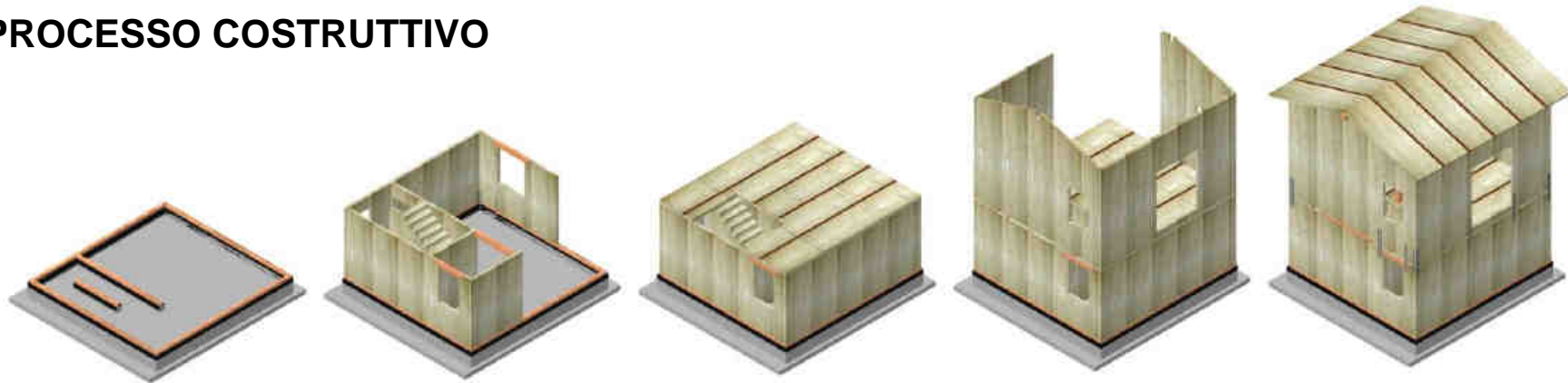


Collegamento alla fondazione

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

PROCESSO COSTRUTTIVO



Fondazioni: platea o travi rovesce in c.a. Cordolo in legno o in c.a. soprastante per evitare il contatto diretto del pannello con la fondazione (inserimento di guaina bituminosa che deve risvoltare sulla struttura di fondazione)

Pannelli per le pareti e i solai prefabbricati in stabilimento mediante il taglio computerizzato con macchine a controllo numerico, arrivano in cantiere pronti per il montaggio già dotati di aperture per porte e finestre

Sistemi costruttivi



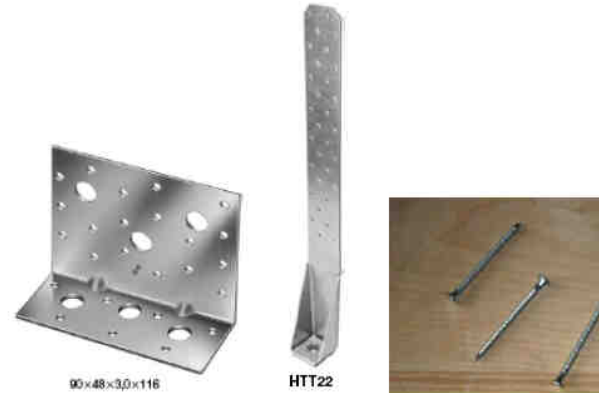
SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

PROCESSO COSTRUTTIVO

Collegamenti:

Fondazione: angolari o viti
(scorrimento) e **holdown** agli angoli e ai
lati delle aperture (ribaltamento)



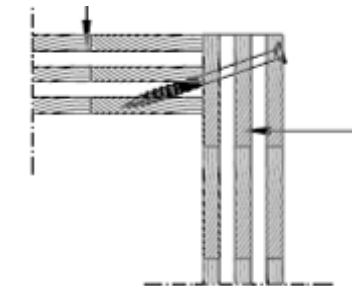
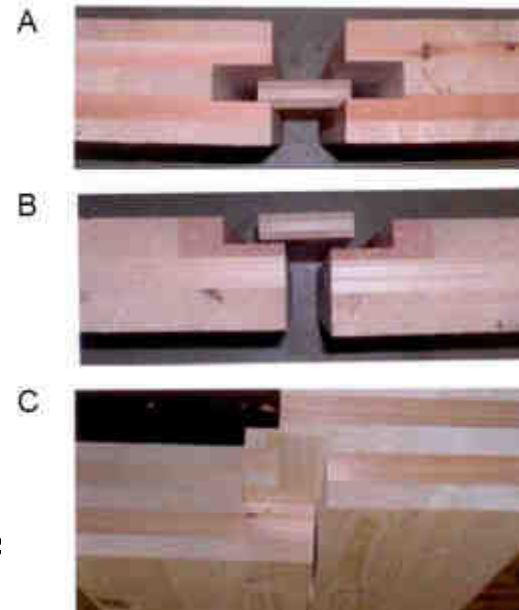
Angolari, Holddown, viti e chiodi ad aderenza migliorata



Giunto verticale tra pareti:

3 modalità, con impiego di viti

- striscia di pannello multistrato a base di legno in **fresatura interna**
- striscia di pannello multistrato a base di legno in **fresatura su una sua faccia**.
- giunto **a mezzo legno** a tutta altezza.



Pareti ortogonali: viti autopreforanti

Sistemi co:

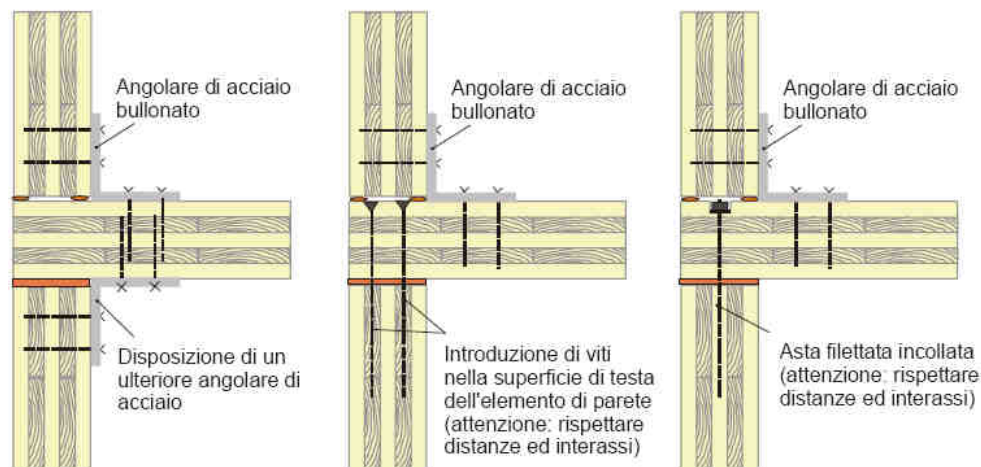
SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

PROCESSO COSTRUTTIVO

Collegamenti:

Solaio-parete: viti autopreforanti (preferibilmente con asse inclinato) per scorrimento e angolari holdown internamente (a coppia) o nastri forati esterni per sollevamento.



**Collegamento rigido a taglio:
viti $d=10$ mm /100-150 mm
sufficienti**



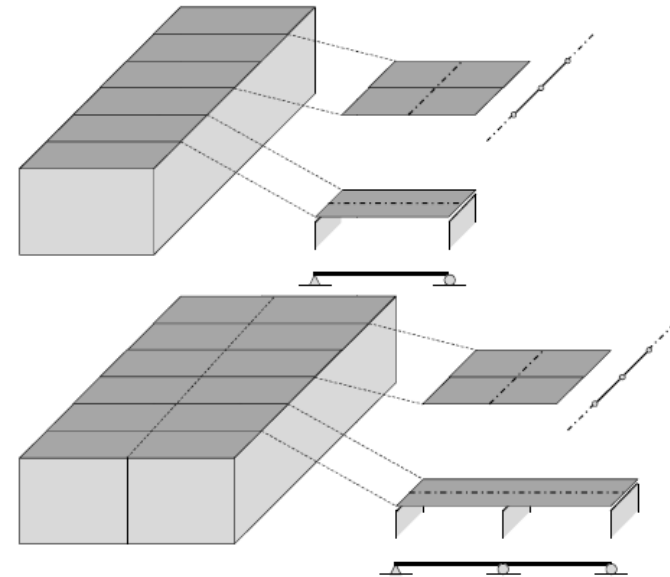
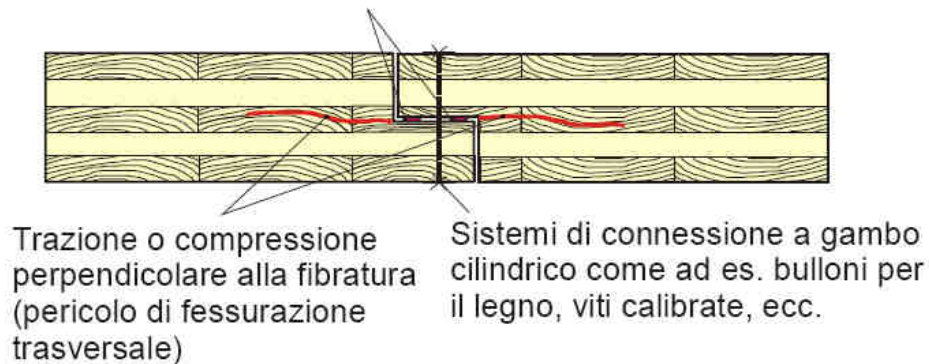
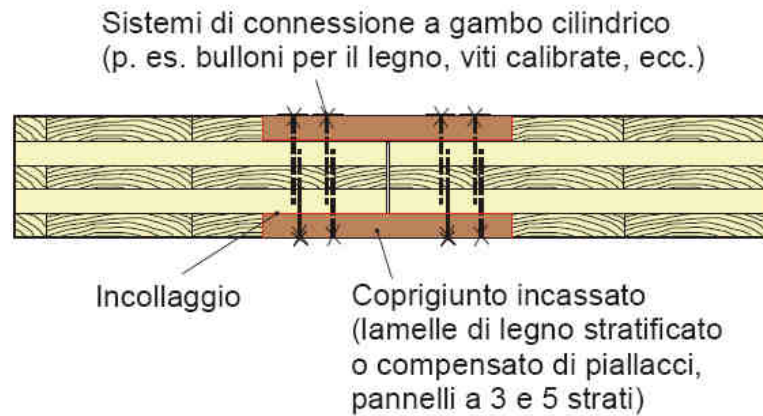
SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

PROCESSO COSTRUTTIVO

Collegamenti:

Solaio-solaio: viti autopreforanti



**Comportamento a
diaframma rigido del solaio:
collegamento dimensionato
per trasferire le azioni
taglianti tra pannelli**

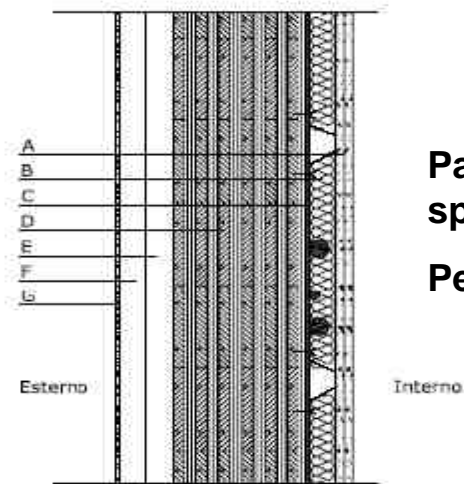
SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

ESEMPI DI PACCHETTI COSTRUTTIVI PER SOLAI E PARETI

Stratigrafia

	Materiale	Spessore (mm)
A		2x12,5
B	Intercapedine per impianti / Isolante (da definire)	40
C	Barriera al vapore	-
D	Pannello multistrato strutturale	203
E	CELENIT FL/150	40
F	CELENIT FL/250 C	40
G	Rasatura + Idropittura SOLAS Forte M15	5
		353



Parete esterna pannello
sp. 203mm

Peso parete: ~150 kg/mq

Sistema di fissaggio impianti
termoidraulici ed elettrici:

- sanitari sospesi
- cassette incassate
- posa degli impianti
senza tracce e demolizioni.

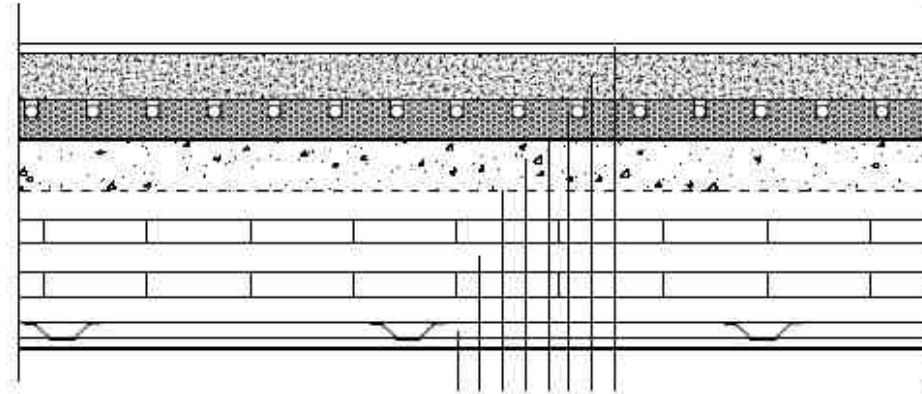


SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

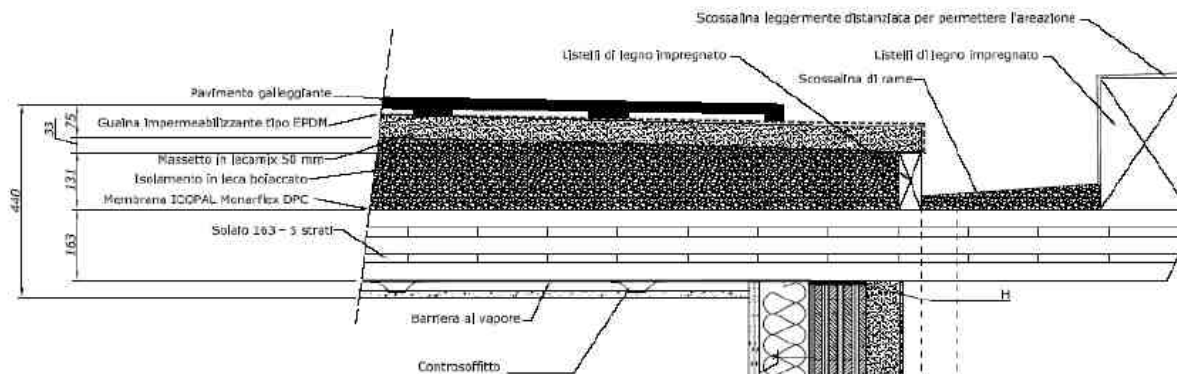
Stratigrafia

	Materiale	Spessore (mm)
0	Pannelli di cartongesso + idropittura SOLAS M20	40
1	Pannello multistrato strutturale 5 strati	203
2	Membrana ICOPAL Monarflex DPC	-
3	Massetto leggero portaplanti (800kg/mc)	80
4	Sistema anticapestio ICOPAL Assour Chape	3
5	Riscaldamento a pavimento	60
6	Caldana	70
7	Finitura a scelta	15
		471



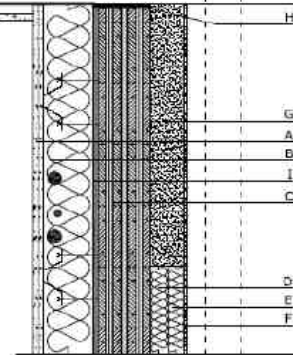
Solaio di interpiano h=203mm

Permanenti: 370 kg/mq



Stratigrafia

	Materiale	Spessore (mm)
A	Pannelli di cartongesso + idropittura SOLAS M20	2x12,5
B	Intercedine per impianti / isolante da definire	113
C	Pannello strutturale + Supergomma 5mm (H)	130
G	Isolante in sughero	
D	CELENT FL/150	40
E	CELENT FL/250 C	40
F	Rasatura + idropittura SOLAS Forte M15	5
H	Disaccoppiatore tipo Corflex 5mm	-
I	Barriera al vapore	-
		353



Solaio di copertura h=163mm

Permanenti: 370 kg/mq

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO



- I **carichi verticali** vengono trasferiti dai solai alle pareti e da queste ultime alle fondazioni. Sia per le pareti che per i solai andrà considerata **la successione degli strati, tenendo in considerazione la direzione della fibratura.**
- Gli strati esterni danno indicazione della “direzione della fibratura” del pannello: **i pannelli parete andranno posizionati con le tavole esterne disposte in verticale e i pannelli solaio andranno disposti con le tavole esterne nella direzione di orditura del solaio**
- In realtà il comportamento dei pannelli è più simile a quello di una **piastra** per i pannelli solaio e a quello di una **lastra** per i pannelli parete però solitamente vengono schematizzati come **elementi monodimensionali** (trave e pilastro) → valutazione più semplice e conservativa

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO



- **Comportamento scatolare**
- **Diaframmi orizzontali** dei solai e della copertura schematizzati nel calcolo come **infinitamente rigidi**:
 - irrigidimento dei giunti fra pannelli e collegamento alle pareti sottostanti
 - irrigidimento del piano di copertura nel caso di copertura a travi
- **Ripartizione delle azioni orizzontali** tra le pareti in funzione della loro **rigidezza** considerando gli effetti torsionali (eccentricità effettiva e eccentricità accidentale)
- In prima approssimazione, **per pareti collegate in maniera omogenea lungo il loro sviluppo** (ossia con elementi di collegamento disposti approssimativamente allo stesso interasse lungo la lunghezza della parete e con elementi della stessa tipologia per tutte le pareti) **la rigidezza può essere assunta proporzionale** alla resistenza e quindi sostanzialmente **alla lunghezza della parete stessa**.

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO

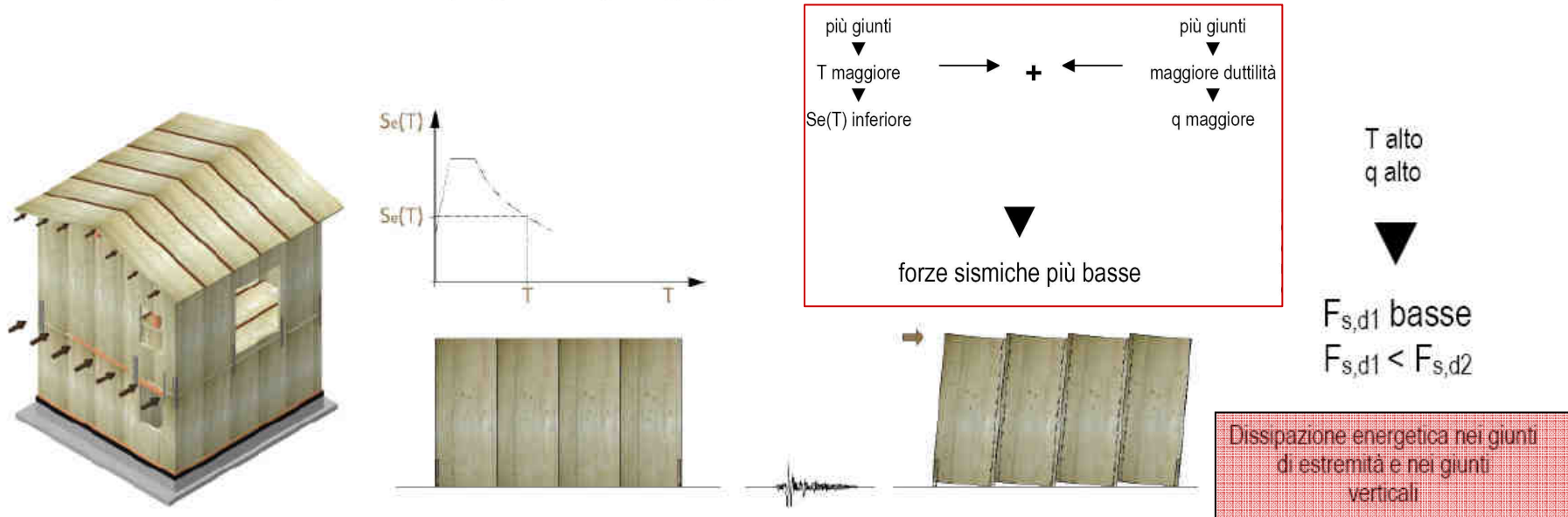


- **Pannelli di legno incollati molto rigidi e resistenti** → la **rigidezza e la resistenza delle pareti** è data esclusivamente dalle **modalità di collegamento** di queste alle fondazioni o ai solai di pertinenza e dalle modalità di realizzazione dei giunti verticali fra pannelli ove presenti.
- **Non è necessario** realizzare a livello degli **orizzontamenti** un **cordolo di collegamento** alle pareti sottostanti. Infatti, i pannelli adeguatamente e correttamente collegati fra loro e alle pareti sottostanti garantiscono il funzionamento resistente a trave-parete del solaio nel proprio piano caricato dalle azioni orizzontali.
- I **collegamenti dissipativi** sono:
 - Collegamenti tra pannelli
 - Angolari holdown
- I collegamenti che garantiscono il **comportamento scatolare** **non** devono essere dissipativi: angoli di estremità, solai-pareti

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

Caso 1 Edificio con pannelli BBS (larghezza 1,25 m) e giunti verticali con collegamenti meccanici intere:



Caso 2 Edificio con pareti intere:



SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO

- Caratteristiche meccaniche dei pannelli a strati incrociati di tavole in legno massiccio

Caratteristiche meccaniche del lamellare (es. GL24h-UNI 1192) oppure dalle specifiche tecniche del prodotto conformi a un ETA

- Coefficienti di calcolo $\gamma_M = 1,45$
 $k_{mod} = \text{legno lamellare}$
 $k_{def} = \text{pannelli di compensato}$

- Resistenza a taglio per rotolamento (rolling shear) $f_{v,r,k} = 2 \cdot f_{t,90,k}$

- Modulo di taglio per rotolamento (rolling shear) $G_r = \frac{G_0}{10}$

- Capacità dissipativa (bassa) : fattore di struttura $q_o = 2$

B	Strutture aventi una bassa capacità di dissipazione energetica	2,0	<p>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</p> <p>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)</p>
---	--	-----	--

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO

Riferimento normativo per il calcolo

-DIN 1052:2004-08: allegato D

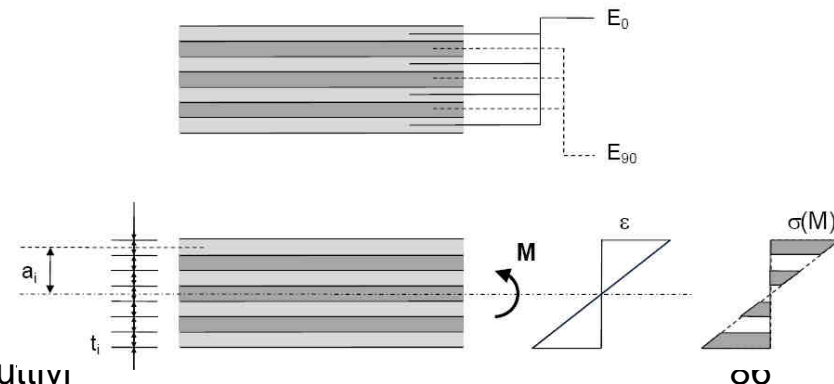
-EC5: allegati B e C

ELEMENTI INFLESSI (solai)

- **Comportamento a piastra** (sollecitata perpendicolarmente al piano)
- Nella maggior parte dei casi **schematizzati come trave** (elemento monodimensionale), con larghezza pari a quella dei pannelli accostati
- La determinazione dello stato tensionale tiene conto della struttura a strati della sezione trasversale e delle caratteristiche meccaniche dei singoli strati: **vari metodi in bibliografia**
- Gli strati ortogonali hanno rigidità trascurabile ($E_{90}=E_0/10$) rispetto agli strati paralleli → vengono trascurati

$$A_{\text{eff}} = A_{\text{strati fibrat long.}}$$

Sistemi costruttivi



Connessione rigida

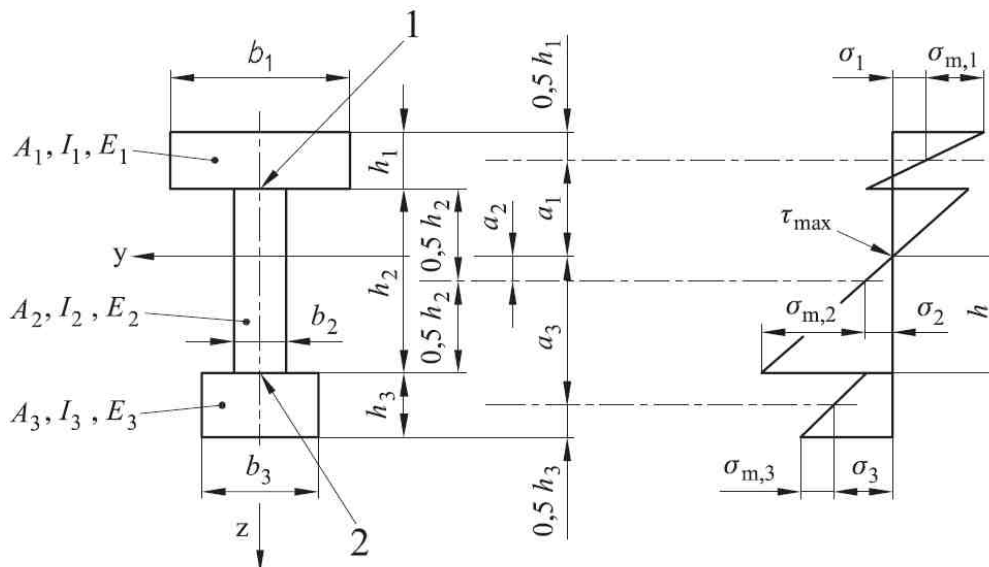
SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO

ELEMENTI INFLESSI (solai)

- Un metodo si basa sulla **teoria di Mähler per le sezioni composte (EC5-Appendice B, fino a 5 strati)** con **connessione cedevole**, con alcune modifiche per tener conto degli strati ortogonali.
- Gli strati ortogonali contrastano lo scorrimento degli strati paralleli con la loro rigidezza a taglio per rotolamento G_r



Rigidezza della
connessione γ_i

$$\frac{k_i}{s_i} = \frac{G_r \cdot b}{g_i}$$

b =largh. pannello o 1m
 g_i : spessore strato
ortogonale

Efficienza della
connessione γ_i

$$\gamma_1 = \gamma_3 = \frac{1}{1 + (\pi^2 \times E_{0,mean,d} \times A_i \times s_i / (k \times I^2))}$$

$$\gamma_2 = 1$$

Luce del
pannello

Calcolo di EJ_{eff}

SISTEMI COSTRUTTIVI

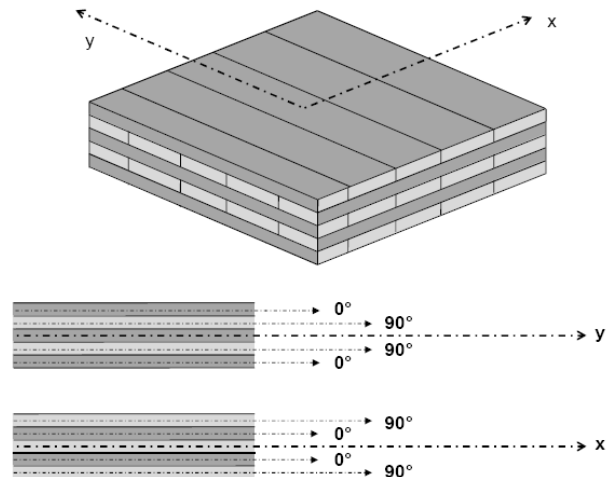
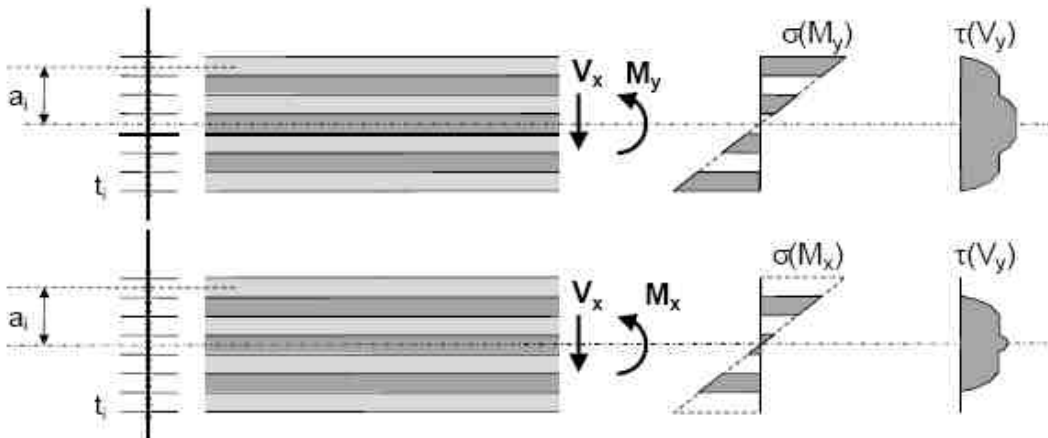
PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO

ELEMENTI INFLESSI (solai) - VERIFICHE

Le verifiche effettuate sui pannelli solaio sono le seguenti:

- **verifica per tensioni normali** di flessione e sforzo normale sulla sezione composta;
- **verifica a taglio negli strati ortogonali** dove la tensione di taglio non è la massima ma la resistenza a taglio è più bassa in quanto il legno viene sollecitato a “rolling shear”;
- **verifica a taglio nello strato centrale** dove la tensione di taglio è massima ed il legno viene sollecitato a taglio parallelo alla fibratura;
- **verifiche a compressione ortogonale** agli appoggi;
- **verifiche di deformabilità** a tempo zero e a tempo infinito.



SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

CENNI SUL CALCOLO E COMPORTAMENTO SISMICO

PARETI

- **Comportamento a lastra** (sollecitata perpendicolarmente al piano dal vento e nel piano da carichi verticali e azioni di controventamento)
- Schematizzazione come elementi monodimensionali (pilastri)
- Teoria di Möhler per le sezioni composte (EC5- Appendice B, fino a 5 strati) per comportamento a piastra
- Deve essere condotta la **verifica a pressoflessione e stabilità a carico di punta** del pannello, si può fare riferimento **all'appendice C** dell'EC5
- **Verifica di stabilità globale** per effetto dei carichi orizzontali dovuti al vento (SLU STR con coefficienti favorevoli) e al sisma (SLU sismica)



SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

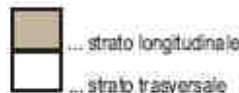
ESEMPI DI SCHEDE TECNICHE

Binderholz

strati	spessore [mm]	struttura [mm]						l_{ref} [m]	parametri				
									A_{net} [cm ²]	A_{surf} [cm ²]	W_{net} [cm ³]	I_{net} [cm ⁴]	i_{ref} [cm]
3	66 ^h	20	26	20				400	2	648	659	1988	2,23
									4	710	676	2177	2,33
									6	723	679	2217	2,35
	78	20	38	20				400	2	756	858	2922	2,70
									4	862	887	3332	2,89
									6	885	892	3422	2,92
	90	27	36	27				540	2	806	1189	4568	2,91
									4	944	1244	5355	3,15
									6	976	1255	5534	3,20

Valori di sezione per strati longitudinali giunti in modo morbido secondo il procedimento Gamma.

$$A_{v,eff} = 1,5 \frac{\rho_{net}}{l_{ref} \cdot b} \quad (b=100 \text{ cm})$$



- A_{net} ... area di sezione netta (solo strati longitudinali)
- A_{surf} ... superficie per la comprova di spinta
- I_{net} ... momento d'inerzia netto
- W_{net} ... momento di resistenza netto
- l_{ref} ... lunghezza di riferimento

SISTEMI COSTRUTTIVI

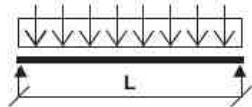
PANNELLI MASSICCI X-LAM

ESEMPI DI SCHEDE DI PREDIMENSIONAMENTO

Binderholz

BBS premisurazione

a luce unica



$g_{1,k}+n_k$	luce													
	3,0 m		3,5 m		4,0 m		4,5 m		5,0 m		5,5 m		6,0 m	
	flessione ammessa													
	I/250	I/350	I/250	I/350	I/250	I/350	I/250	I/350	I/250	I/350	I/250	I/350	I/250	I/350
2,0		78	90	90	90	110-5s	110-5s	130-5s	130-5s			147	147	163
2,5	78	90	90	100-5s	110-5s	130-5s	130-5s	147	147	147	163	181	163	181
3,0			110-5s											
3,5	90	90	100-5s	130-5s	130-5s	147	147	147	163	181	181	203	181	203
4,0	90	100-5s	110-5s											
4,5		90	110-5s	110-5s	130-5s	147	147	147	163	163	181	181	203	203
5,0	100-5s													
5,5	100-5s	130-5s	130-5s	147	147	147	163	163	203	203	213	213	213	233
6,0														
6,5	110-5s	130-5s	130-5s	147	147	163	163	181	181	203	203	233	233	248
7,0														
7,5														
8,0			147					203		213				284

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

Kaufmann

ESEMPI DI SCHEDE TECNICHE

PANNELLI IN LEGNO
LAMELLARE A STRATI
INCROCIATI (BSP)

M1 BSP crossplan

Tipo di legno

- Abete rosso

Spessore

- 78 - 278 mm

Formato

- max. 3,00 x 16,50 m

Omologazioni tecniche

- Omologazione Tecnica Europea
ETA-09 / 0036
- Omologazione dell'Ispettorato Edile
Z-9.1-638

Superfici

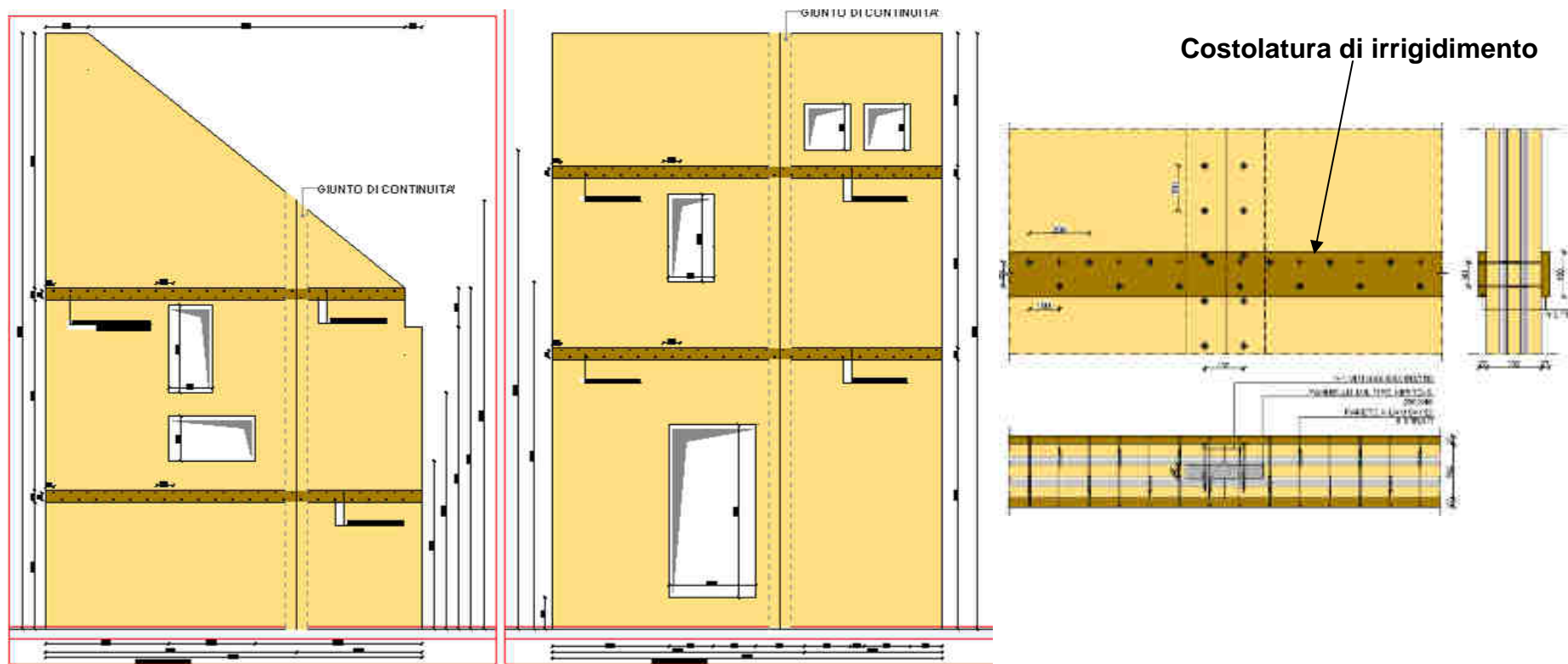
- Qualità industriale
- Qualità standard

Denominazione		Strati	Struttura Grassetto = parallelo agli strati esterni					Spessore	Larghezza standard	Lunghezza	Peso proprio
M1 BSP crossplan			mm					mm	m	m	kN / m ²
78	3s	3	25	28	25		78			0,38	
94	3s	3	33	28	33		94			0,45	
95	5s	5	19	19	19	19	19			0,46	

A _{voll}	A _{netto}	I _{netto}	I _{eff} (in base alla distanza tra gli appoggi di travi a un campata)													
			1,00 m		2,00 m		2,50 m		3,00 m		4,00 m		6,00 m		8,00 m	
		(bxd ³) / 12	I _{eff}	I _{eff} / I _{voll}	I _{eff}	I _{eff} / I _{voll}	I _{eff}	I _{eff} / I _{voll}	I _{eff}	I _{eff} / I _{voll}	I _{eff}	I _{eff} / I _{voll}	I _{eff}	I _{eff} / I _{voll}	I _{eff}	I _{eff} / I _{voll}
[cm ²]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm ⁴]	[%]	[cm ⁴]	[%]	[cm ⁴]	[%]	[cm ⁴]	[%]	[cm ⁴]	[%]	[cm ⁴]	[%]	[cm ⁴]	[%]
780	500	3955	2255	57	3211	81	3391	86	3498	88	3612	91	3699	94	3730	94
940	660	6922	3664	53	5508	80	5889	85	6123	88	6376	92	6572	95	6644	96
950	570	7145	3248	45	4760	67	5047	71	5219	73	5402	76	5542	78	5592	78

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM



ELABORATI GRAFICI

Deve essere raggiunto un elevato livello di precisione, quasi da progettazione meccanica.

Tavole strutturali e tavole di produzione dei pannelli e di montaggio con indicati

- I giunti verticali tra pareti,
- I giunti orizzontali dei solai,
- I collegamenti alle fondazioni e ai solai di interpiano

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- **Piazza M., Tomasi R., Modena R. (2005)**, Strutture in legno - Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee, Ulrico Hoepli Editore, Milano
- **Natterer J., Sandoz J. L., Rey M. (2000)**, Construction en bois, Traité de Génie Civil de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Volume 13, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes (PPUR)
- **Götz K. H., Hoor D., Möhler, K., Natterer, J. (1980)**, Holzbau Atlas, Institut für Internationale Architektur – Dokumentation GmbH, Munich
- **Ceccotti A., Follesa, M., Lauriola, M. P. (2005)**, Le strutture di legno in zona sismica, Criteri e regole per la progettazione ed il restauro, Edizioni CLUT, Torino
- **ETAG 012**, Log building kits, *Eota*, Edition 2002, Kunstlaan 40, Avenue des arts, 1040 Brussels
- Manuale sul calcolo “**BSPHandbuch-Holz-Massivbauweise in Brettsperrholz-Nachweise auf Basis des neuen europäischen Normenkonzepts**” del Politecnico di Graz (nov 2009)

SISTEMI COSTRUTTIVI

PANNELLI MASSICCI X-LAM

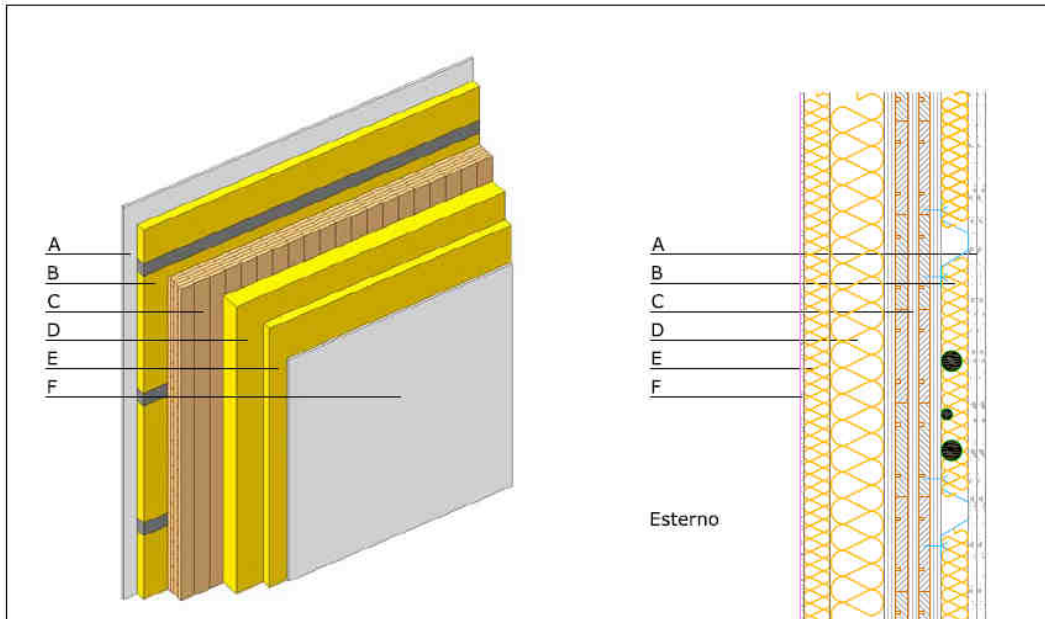
ESEMPI DI PACCHETTI DI PARETE

Parete esterna a pannello

Parete esterna non ventilata con intercapedine per impianti

scheda n.
2.1.1.a

Parete esterna costituita strutturalmente da pannelli compensati di tavole con colbentazione esterna a cappotto, internamente intercapedine per impianti con llistellatura e materiale CELENIT Vital e finitura a pannelli in cartongesso.



Stratigrafia

	Materiale	Spessore [mm]
A	Pannelli di cartongesso + idropittura SOLAS M20	2x12,5
B	Intercapedine per impianti / CELENIT Vital ¹⁾	40
C	Pannello multistrato strutturale (90-120 mm) ²⁾	90
D	CELENIT FL/150	80
E	CELENIT FL/250 C	40
F	Rasatura + idropittura SOLAS Forte M15	5
		280

Protezione termica

U [W/m²K]

0,21

Φ=14,0h f_a=0,1103 k₀=8,1*10⁻³g/m²hPa

Protezione dal rumore

R_w [dB] L_{n,w} [dB]

54* -

Protezione dal fuoco

REI

90

SISTEMI COSTRUTTIVI

PLATFORM FRAME (A TELAIO E PANNELLI CHIODATI)

ESEMPI DI PACCHETTI DI PARETE

Parete esterna a telaio

Parete esterna non ventilata con intercapedine per impianti

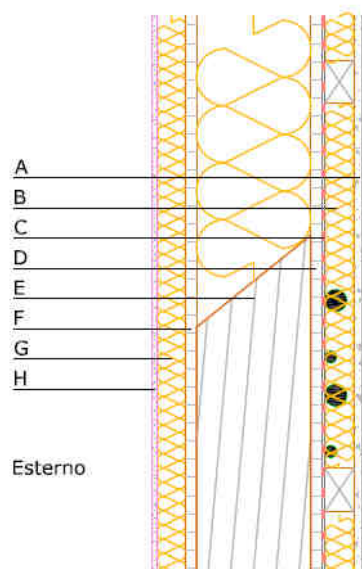
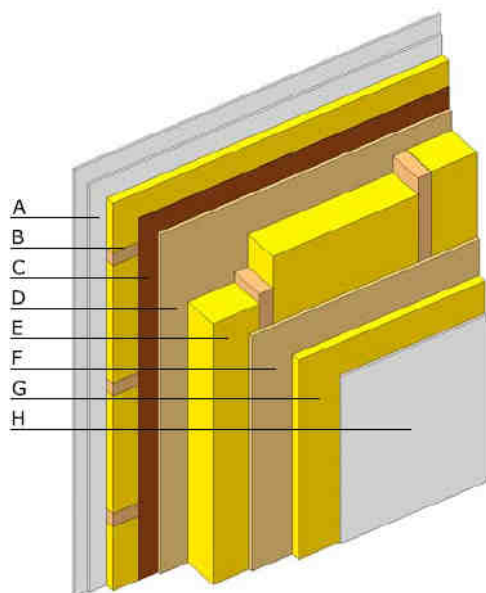
scheda r

2.1.2

Parete esterna costituita strutturalmente da telaio in legno e rivestimento su ambo i lati con pannelli di OSB, coibentazione esterna a cappotto, internamente intercapedine per impianti con listellatura, materiale CELENIT Vital e finitura a pannelli in cartongesso.

Stratigrafia

	Materiale	Spessore [mm]
A	Pannelli di cartongesso + idropittura SOLAS M20	2x12,5
B	Intercapedine per impianti / CELENIT Vital	40
C	Freno vapore ICOPAL Def'X 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



Protezione termica

U [W/m²K]

0,17

Protezione dal rumore

R_w [dB] $L_{n,w}$ [dB]

52 -

Protezione dal fuoco

REI

60

SISTEMI COSTRUTTIVI

SISTEMI MISTI

Edifici con pannelli di parete tipo a telaio leggero **chiodati** e solai in pannelli massicci Xlam **incollati**

CENTRO SOCIALE A RIGNANO SULL'ARNO (FI)



**PARETI PLATFORM
+
SOLAI X-LAM**

SISTEMI COSTRUTTIVI

SISTEMI MISTI

Edifici a telaio con controventatura a pannelli di parete tipo a telaio leggero **chiodati**

CAPANNONE TLF - CHIUSI DELLA VERNA (AR)

Progettista: Prof. Julius Natterer



**STRUTTURA A TELAIO
+
CONTROVENTI
PLATFORM O X-LAM**

SISTEMI COSTRUTTIVI



Nessun limite di piani
(se parere CSLLP)

MATERIALE:

legno di conifera, anche di qualità inferiore

VANTAGGI:

- Velocità di montaggio
- Buone caratteristiche termo-acustiche

SVANTAGGI:

- Maggior quantità di materiale
- Minor flessibilità architettonica

PREFABBRICAZIONE:

- In stabilimento



Nessun limite di piani
(se parere CSLLP)

MATERIALE:

L.M. o L.L., controventi in compensato multistrato o OSB

VANTAGGI:

- Velocità di montaggio
- Buone caratteristiche termo-acustiche
- Quantità minore di materiale → minori costi e peso

SVANTAGGI:

- Minor flessibilità architettonica

PREFABBRICAZIONE:

- In stabilimento o a piè d'opera



2-3 piani

MATERIALE:

L.M. o L.L., controventi in legno, acciaio o pannelli

VANTAGGI:

- Maggiore flessibilità architettonica

SVANTAGGI:

- Collegamenti complessi
- Necessità di controventi
- Comportamento al fuoco

PREFABBRICAZIONE:

- Preassemblaggio in stabilimento



2-3 piani
(1 piano in zona 1)

MATERIALE:

L.M. tondo o segato, L.L.

VANTAGGI:

- Tutte le pareti sono portanti

SVANTAGGI:

- Minor flessibilità architettonica
- Grande quantità di tronchi lunghi e dritti
- Eccessive deformazioni

PREFABBRICAZIONE:

- Preassemblaggio in stabilimento e montaggio in sito

DURABILITA'

§ 4.4.13 NTC 2008

- accurata progettazione dei **dettagli esecutivi**
- adeguata **durabilità naturale** oppure adeguato **trattamento preservante**.

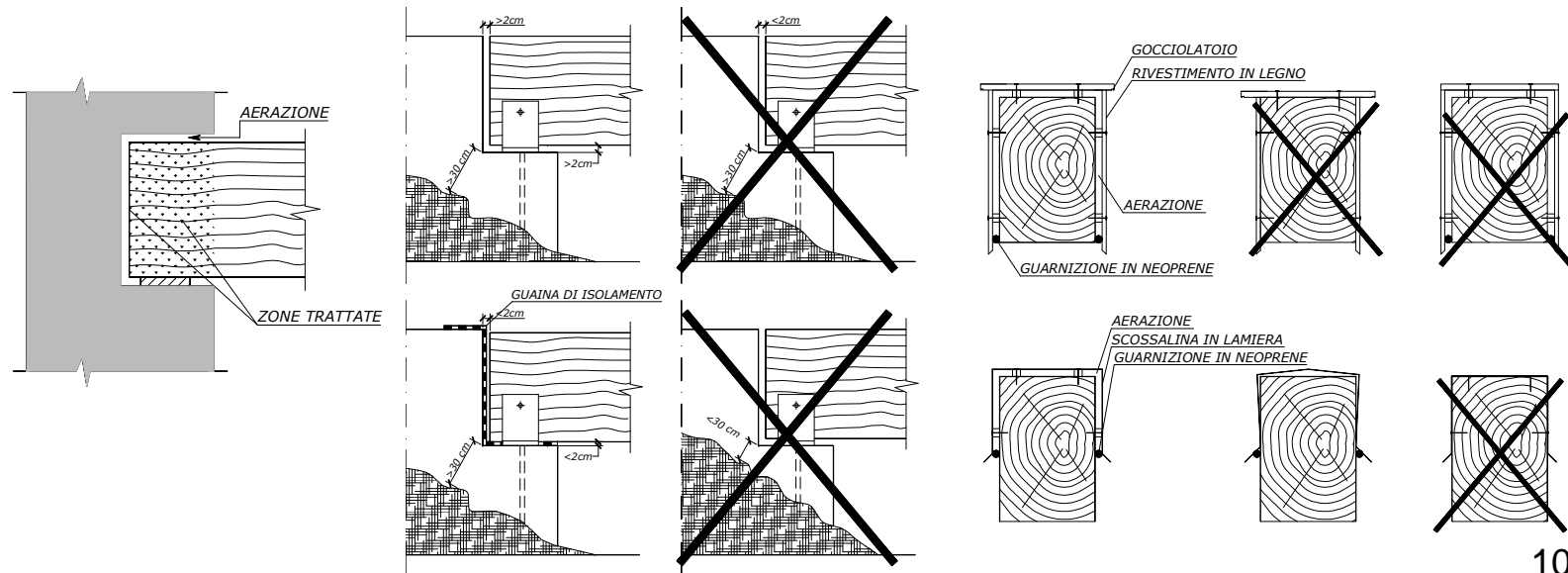
OCCORRE VALUTARE I SEGUENTI FATTORI:

- La **destinazione d'uso** della struttura ;
- le **condizioni ambientali** prevedibili;
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei **materiali**;
- la **forma degli elementi strutturali** ed i **particolari costruttivi**;
- la qualità dell'**esecuzione** ed il livello di **controllo** della stessa;
- le particolari **misure di protezione**;
- la probabile **manutenzione** durante la vita presunta adottando in fase di progetto idonei provvedimenti volti alla protezione dei materiali.

Dettagli per la durabilità

La buona tecnica costruttiva impone :

- che attorno alla testata esista uno **spazio ventilato** in cui l'umidità relativa possa mantenersi a valori compatibili con condizioni di sicurezza per il legno;
- che il legno non venga a diretto contatto con murature in laterizio o conglomerati cementizi;
- che sia posto in opera legno trattato con un idoneo preservante, oppure uno strato di materiale preservante intorno alla testata.



BIBLIOGRAFIA UTILE



Piazza-Tomasi-Modena

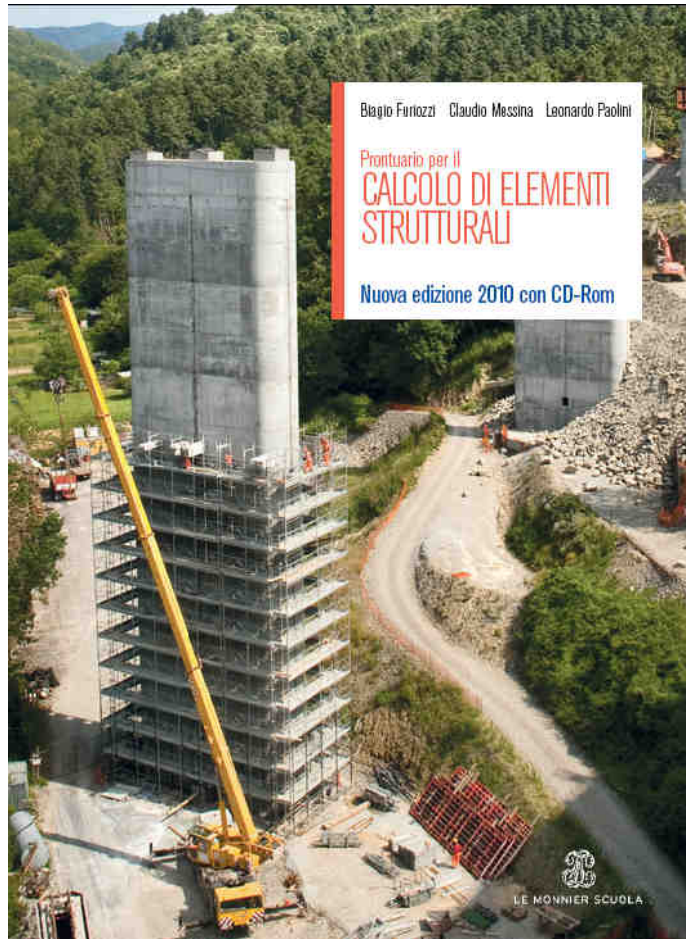
- Caratteristiche del legno
- Metodi di calcolo e di verifica
- Dimensionamento di sistemi ed elementi costruttivi
- Durabilità e protezione del legno
- Resistenza al fuoco
- Costruzioni in legno in zona sismica
- Esempi dal costruito
- Bibliografia e riferimenti normativi.



Natterer-Herzog-Volz

- Particolari costruttivi, disegnati in scala
- Esempi di strutture portanti
- Esempi di facciate
- Non aggiornato sulla normativa.

BIBLIOGRAFIA UTILE



PRONTUARIO Furiozzi-Messina-Paolini

- Software Prontwin 2010
- Verifiche elementi in legno
- Sezioni composte legno-legno

2010

COMPOSIZIONE LEGNO-LEGNO

ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	COMBETTORI
Tipo Legno: <input type="text"/> Categoria: <input type="text"/> Sped: <input type="text"/> Mod: <input type="text"/> h: [cm] 20,0 b: [cm] 20,0	Tipo Legno: <input type="text"/> Categoria: <input type="text"/> Sped: <input type="text"/> Mod: <input type="text"/> h: [cm] 20,0 b: [cm] 20,0	Sped: [cm] ² Mod: [cm] ² T: [cm] ² Sped: [cm] ² Mod: [cm] ² Sped: [cm] ²

SPEDIO INERZIALE E TENSIONE NELLE SEZIONI DI LEGNO

CARATTERISTICHE NECESSARIE	SPAZIAMENTO
Tipo Legno: <input type="text"/> Categoria: <input type="text"/> Sped: <input type="text"/> Mod: <input type="text"/>	CARATTERISTICHE h: [cm] 20,0 b: [cm] 20,0

TENSIONE E COMPRESSIONE

Mod: [cm] ² 20,0	Mod: [cm] ² 20,0
Mod: [cm] ² 20,0	Mod: [cm] ² 20,0

PRESSIONE

Mod: [cm] ² 20,0	Mod: [cm] ² 20,0
Mod: [cm] ² 20,0	Mod: [cm] ² 20,0

PRESSIONE INVERSA

Mod: [cm] ² 20,0	Mod: [cm] ² 20,0
Mod: [cm] ² 20,0	Mod: [cm] ² 20,0



Il legno come
materiale è:

- biodegradabile
- fragile
- combustibile

Le **strutture** di legno
sono:

- durabili
- duttile
- resistenti al fuoco

**quando la
progettazione e la posa
sono corrette.**

...GRAZIE PER L'ATTENZIONE...

IL LEGNO : MATERIALE DA COSTRUZIONE ANTICO

EDIFICI

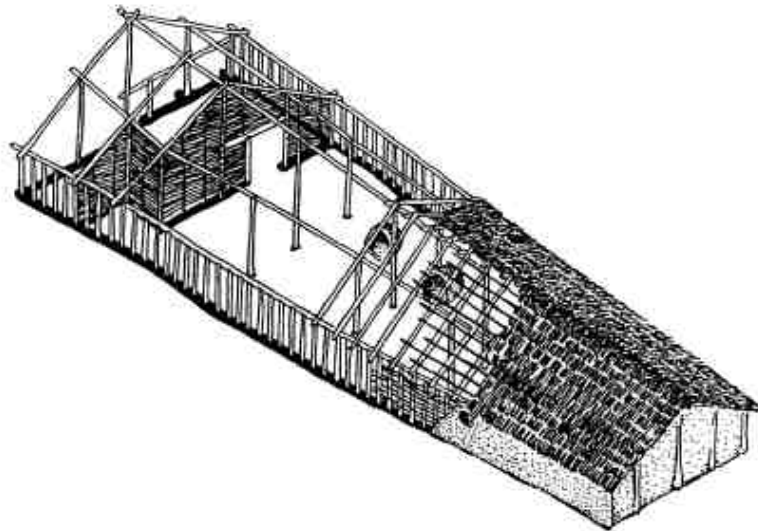


Figure 1.1 Archaeological reconstruction of long house from 3000 BC (Reproduced from Kuklik, 2000 by permission of Petr Kuklik, Prague University)

Ricostruzione archeologica di una “Long house” in Europa centrale, (3000 AC).
Dimensioni circa 5,5-7m x 20-45m

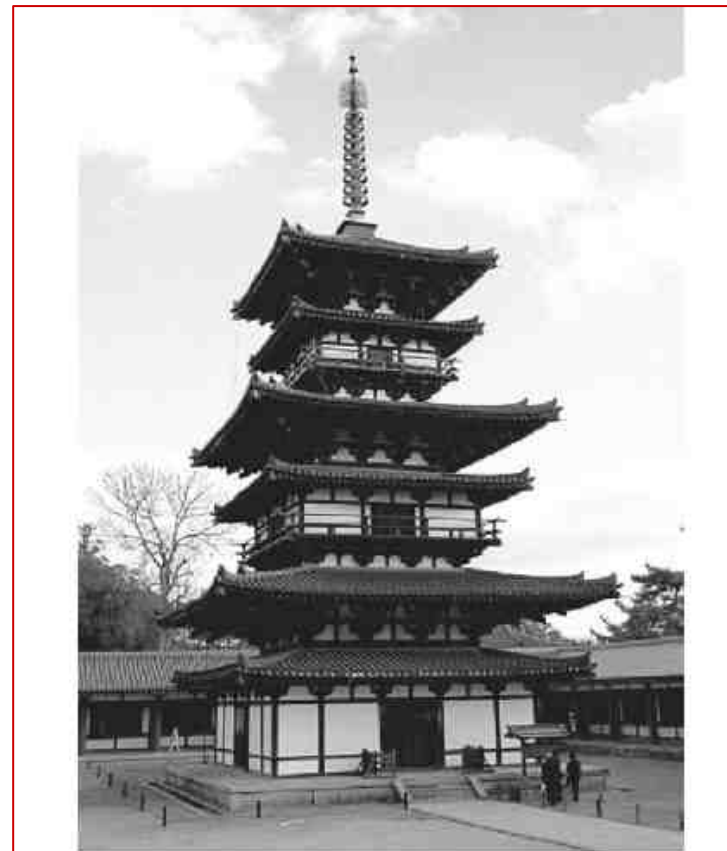


Figure 1.2 Three storey pagoda, Yakusiji Toto, built 730 (Yasemura, 2000). (Reproduced by permission of M. Yasemura)

Sistemi costruttivi Pagoda in Giappone - 3 piani
(730 D.C.)

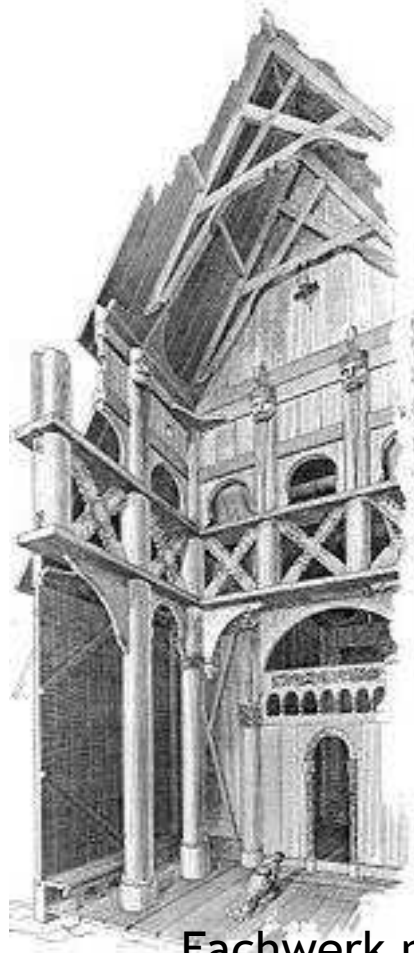
IL LEGNO : MATERIALE DA COSTRUZIONE ANTICO



Stavkirke norvegesi
(XI-XII sec.)



EDIFICI



Fachwerk nel
centro Europa (17-18 sec.)



IL LEGNO : MATERIALE DA COSTRUZIONE ANTICO

SOLAI E TETTI



IL LEGNO : MATERIALE DA COSTRUZIONE 'MODERNO'

EDIFICI



Sistemi costruttivi

IL LEGNO : MATERIALE DA COSTRUZIONE 'MODERNO'

COPERTURE DI GRANDE LUCE



Sistemi co

IL LEGNO : MATERIALE DA COSTRUZIONE 'MODERNO'

PONTI



Ponte pedonale a Milano 3 in legno massiccio di larice (2004)



Ponte pedonale ad Agordo (BL) (1998)

Sistemi costruttivi

IL LEGNO : MATERIALE DA COSTRUZIONE 'MODERNO'

STRUTTURE SPAZIALI



Sistemi costruttivi