

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Conference Track Tour 2020



LEGNO & PROGETTO

Idee che meritano di essere condivise

**Legno & Progetto: Futuro, Innovazione e Idee
Sostenibilità, sicurezza per tessuto urbano**

TORINO • 21 Febbraio

Premium partner:

conlogno
consorzio servizi legno sughero



rothoblaas
Solutions for Building Technology



SOLTECH
S.R.L.

RUBNER
holzbau



XLAM
DOLOMITI
The wood building r-evolution

Partner tecnico

Partner finanziario

Media Partner



BANCO BPM

legnoarchitettura

Con il patrocinio di:



POLITECNICO
DI TORINO



UNIVERSITÀ
DI TRENTO
Dipartimento di
Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica

Prof. Maurizio Piazza
maurizio.piazza@unitn.it

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

**Il 22-03-2018 sono entrate in vigore le NTC2018.
Quali le novità introdotte per le strutture/costruzioni in legno?**

Aggiornamento delle NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Decreto 17 Gennaio 2018, G.U. suppl.ord., n. 42, 20/02/2018

Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.II.pp.

Istruzioni per l'applicazione

dell' «Aggiornamento delle "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"» di cui al D.M. 17 Gen. 2018

Convegno organizzato da:



legnoarchitettura



Prof. Maurizio Piazza
maurizio.piazza@unitn.it

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per *grandi* strutture nel passato



Sakyamuni Pagoda, Fogong Temple
NO nella Ying County, prov. Shanxi



Altezza 67,31 m; diam. base 30 m. 9 piani di cui 5 visibili dall'esterno (~ 20 piani odierni)
Totalmente in legno, senza chiodi, all'interno 26 statue di Buddha
Costruita durante il regno Qing Ning (1056), da un monaco

E' sopravvissuta a molti terremoti distruttivi,
si racconta di un terremoto "durato 7 giorni" ...

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per *grandi* strutture nel passato

Castello Himeji, Giappone, 1608 AD
7 Piani, struttura intelaiata in legno. Foto sovrapposta del modello con spaccato della struttura lignea

*Courtesy
Randolph Langenbach*



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per *grandi* strutture nel passato

Claremont Hotel, Oakland, CA, USA, costruito nel 1906.

Parte più alta con 11 piani. Rivestimento in pietra alla base attaccato alla struttura lignea.



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per *grandi* strutture nel passato

1876, Wellington (NZ), struttura in legno *kauri*. Restaurato 1994/95

- è stato costruito in modo da "sembrare" un *palazzo Italiano in pietra*
- il governo scelse allora la struttura interna in legno, perché la pietra era costosa ... e probabilmente non sarebbe sopravvissuto ai terremoti se fosse stato in pietra!

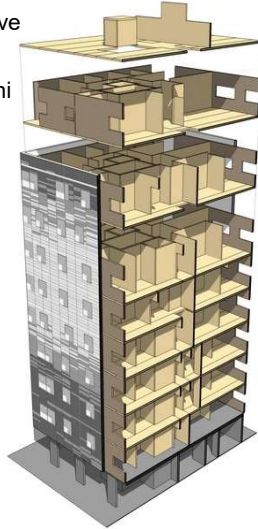


Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per grandi strutture, oggi

STADTHAUS, Murray Grove
Hackney, London

Complesso abitativo 9 piani
(di cui 8 in legno)
Arch.s: Waugh Thistleton
Client: Telford Homes



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

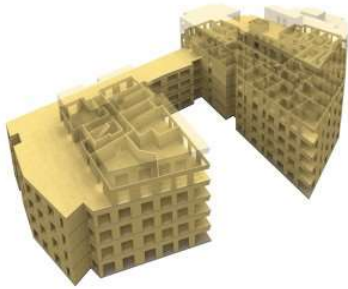
Utilizzo del legno per grandi strutture, oggi



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per grandi strutture, oggi

Dalston Lane
London (Hackney)
The world's largest timber building by volume
Apartments and commercial space
Waugh Thistleton Architects

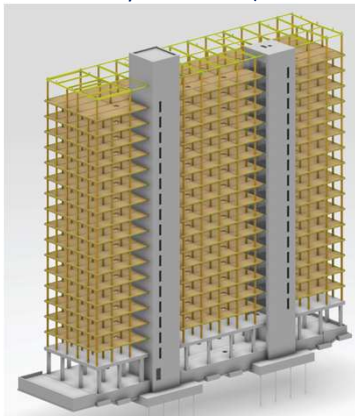


Tall Buildings Progetti recenti

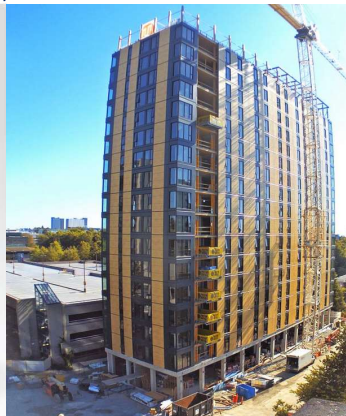
Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per grandi strutture, oggi

Brock Commons
Dormitory for 404 students of UBC Vancouver
(set to finish in 2017), ~ 54 m (17 storeys)
Acton Ostry Architects i(Vancouver)



courtesy Fast + Epp

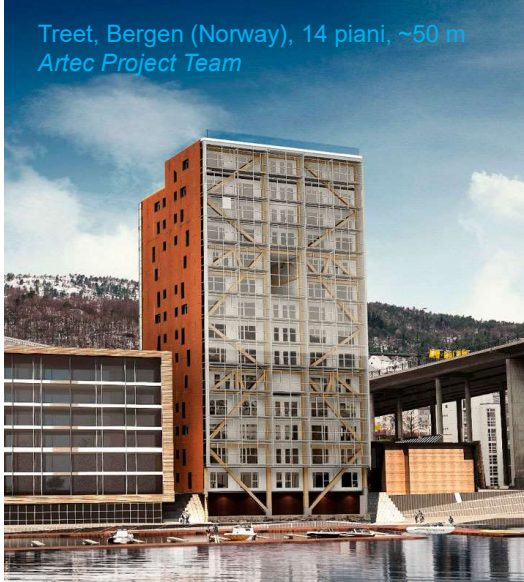


courtesy of Acton Ostry Architects Inc.



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

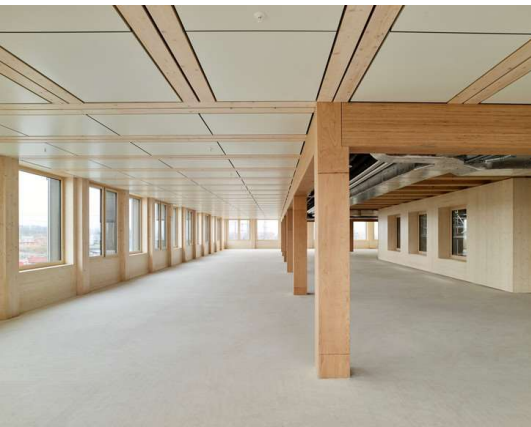
Utilizzo del legno per grandi strutture, oggi



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per grandi strutture, oggi

Torre per uffici, struttura ibrida legno - calcestruzzo
Risch-Rotkreuz am Zugerseereet (CH), 10 piani



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Utilizzo del legno per grandi strutture, oggi

HoHo Wien struttura ibrida legno - calcestruzzo
Progetto torre 24 piani (84 m), edificio satellite 6 piani finito



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente



Mjøstårnet – Brumunddal (Norway) - 18 storeys

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Grandi strutture "ottimizzate" per forma

Grandi spazi con l'uso economico (ottimizzato) dei materiali

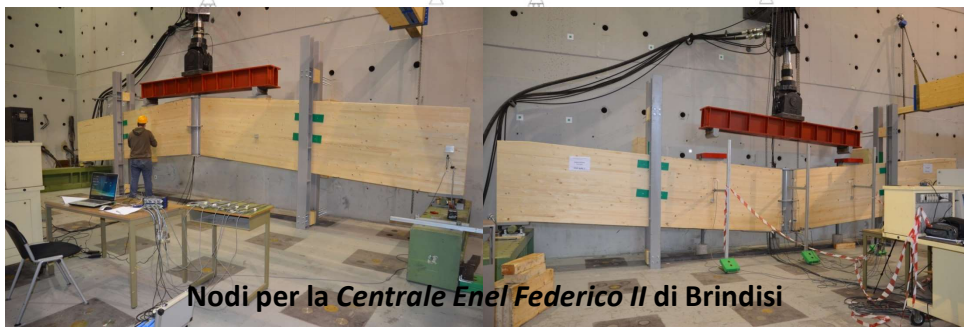
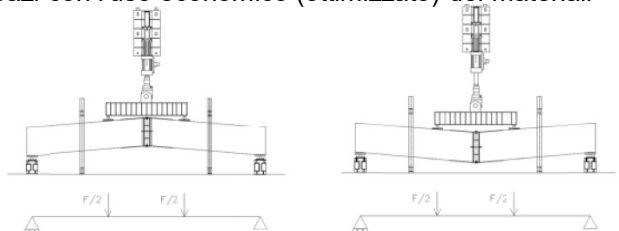


Nodi per la Centrale Enel Federico II di Brindisi

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Grandi strutture "ottimizzate" per forma

Grandi spazi con l'uso economico (ottimizzato) dei materiali



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente



Nodi per la Centrale Enel Federico II di Brindisi

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

- 4 COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI
4.4 Costruzioni di legno
- 7 PROGETTAZIONE IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE
7.7 Costruzioni di legno
- 8 COSTRUZIONI ESISTENTI
- 11 MATERIALI E PRODOTTI
11.7 Materiali e prodotti a base di legno

Convegno organizzato da:



legnoarchitettura

Prof. Maurizio Piazza
maurizio.piazza@unitn.it

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Capitolo 4 - Costruzioni civili ed industriali

Convegno organizzato da:



legnoarchitettura



Prof. Maurizio Piazza
maurizio.piazza@unitn.it

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

§ 4.4 Costruzioni di legno

A differenza di altri materiali da costruzione (es. c.a.) ciascun elemento di legno è soggetto a classificazione e marcatura.

LEGNO LAMELLARE

01234	
GlulamCo A/S, P. O. Box 12, DK 1234	
05	
01234-CPD-00234	
EN 14080	
Glued laminated timber	Strength Class GL 32
Adhesive Type I according to EN 301	
Spruce: Picea abies	
Formaldehyde class: Class E1	
Reaction to fire: Class D-s2,d0	
Durability Class: 4	

Gli elementi lignei possono essere considerati a tutti gli effetti dei prodotti industriali!

LEGNO MASSICCIO

01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050	
06	
01234-CPD-00234	
EN 14081-1	
Structural timber	
C24 (STII)	Dry graded
Species code	WPCA
Grading standard	EN 338 + NF B 52 001
Reaction to fire	D-s2,d0 (Table C.1)
Durability class	4

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI
COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

$$\sigma_d \leq f_k \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

NTC '08 e NAD		EN 1995-1-1	
Stati limite ultimi	γ_M	Combinazioni fondamentali:	
- combinazioni fondamentali		Legno massiccio	1,3
legno massiccio	1,50	Legno lamellare incollato	1,25
legno lamellare incollato	1,45	LVL, compensato, OSB,	1,2
pannelli di particelle o di fibre	1,50	Pannelli di particelle	1,3
compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	Pannelli di fibre, alta densità	1,3
unioni	1,50	Pannelli di fibre, media densità	1,3
- combinazioni eccezionali	1,00	Pannelli di fibre, MDF	1,3
		Pannelli di fibre, bassa densità	1,3
		Connessioni	1,3
		Mezzi di unione a piastra metallica punzonata	1,25
		Combinazioni accidentali	1,0

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NTC 2018

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

Tab. 4.4.III Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	γ_M			
	(2014) 2017		'08	EC5
	Colonna A	Colonna B		
combinazioni fondamentali				
legno massiccio	1,50	1,45	1,50	1,30
legno lamellare incollato	1,45	1,35	1,45	1,25
pannelli di particelle o di fibre	1,50	1,40	1,50	1,30
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	1,30	1,40	1,20
unioni	1,50	1,40	1,50	1,30
combinazioni eccezionali	1,00	1,00	1,00	1,00

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NTC 2018

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

Tab. 4.4.III Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	γ_M			
	NTC2018		08	EC5
combinazioni fondamentali	Colonna A	Colonna B		
	legno massiccio	1,50	1,45	1,50
legno lamellare incollato	1,45	1,35	1,45	1,25
<i>pannelli di tavole incollate a strati incrociati (X-Lam)</i>	1,45	1,35	-	-
pannelli di particelle o di fibre	1,50	1,40	1,50	1,30
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	1,30	1,40	1,20
unioni	1,50	1,40	1,50	1,30
combinazioni eccezionali	1,00	1,00	1,00	1,00

Il coefficiente γ_M è valutato secondo la colonna A della tabella 4.4.III. Si possono assumere i valori riportati nella colonna B per produzioni continuative di elementi o strutture, **soggette a controllo continuativo del materiale** dal quale risulti un **coefficiente di variazione della resistenza non superiore al 15%**, inserite in un sistema di qualità di cui al § 11.7.

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NTC 2018

Valori di k_{mod} Tab. 4.4.IV Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico					
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea	
Legno massiccio Legno lamellare incollato (*) LVL	UNI EN 14081-1 UNI EN 14080 UNI EN 14374, UNI EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Compensato	UNI EN 636:2013	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Pannello di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		OSB/3 – OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
			2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312 :2010	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		Parte 5	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		Parti 6, 7	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		Parte 7	2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90

Per materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Cap. 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.
(*) I valori si possono adottare anche per i pannelli X-Lam (solo classi di servizio 1 e 2).

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NTC 2018

- ✓ Riduzione dei **coefficienti parziali di sicurezza** γ_M per le proprietà dei materiali
- ✓ Aumento dei **valori di k_{mod}**
- ✓ Incremento di **competitività**

GL24 | Resistenza a flessione di progetto

(Classe di Servizio 1, Durata del carico istantanea)

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_m} = \frac{1,0 \cdot 24}{1,45} = 16,6 \text{ Mpa} \quad \leftarrow \text{NTC2008}$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{m,k}}{\gamma_m} = \frac{1,1 \cdot 24}{1,35} = 19,6 \text{ Mpa} \quad \leftarrow \text{NTC2018}$$

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NTC 2018

§ 4.4.17 VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI

Per situazioni progettuali eccezionali, il progetto dovrà dimostrare la robustezza della costruzione mediante procedure di scenari di danno per i quali i fattori parziali γ_M dei materiali possono essere assunti pari all'unità.



Ronan Point Appartement Building (Londra, 1968)

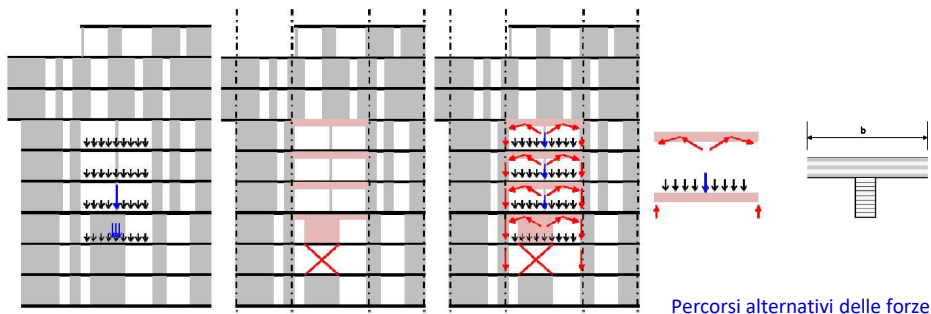


Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NTC 2018

§ 4.4.17 VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI

Per situazioni progettuali eccezionali, il progetto dovrà dimostrare la robustezza della costruzione mediante procedure di scenari di danno per i quali i fattori parziali γ_M dei materiali possono essere assunti pari all'unità.



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

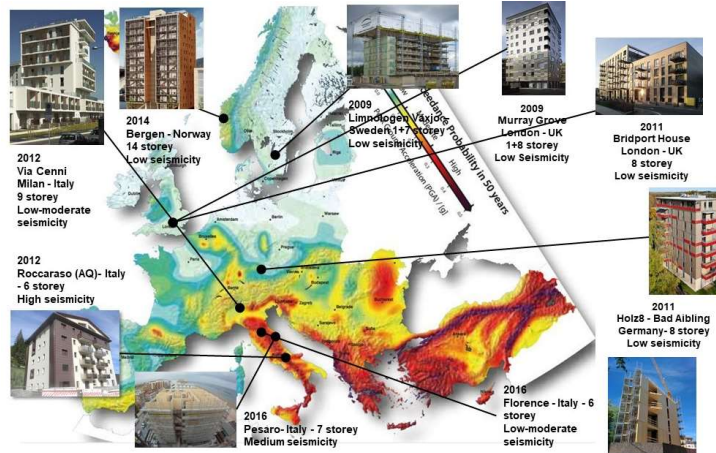
Capitolo 7 - Progettazione per azioni sismiche

Convegno organizzato da:



Prof. Maurizio Piazza
maurizio.piazza@unitn.it

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente



Convegno organizzato da:



legnoarchitettura



Prof. Maurizio Piazza
maurizio.piazza@unitn.it

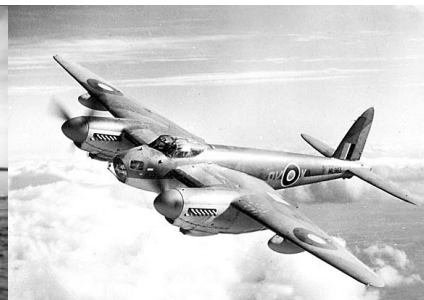
Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

LA RISPOSTA SISMICA DELLE STRUTTURE IN LEGNO

Bisogna tenere conto delle "specificità" del legno

VANTAGGI

- ✓ Leggerezza
- ✓ Resistenza
- ✓ Rigidezza
- ✓ Resistenza carichi di breve durata



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

LA RISPOSTA SISMICA DELLE STRUTTURE IN LEGNO

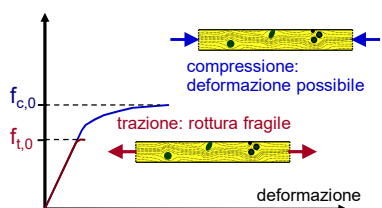
Bisogna tenere conto delle "specificità" del legno

CRITICITÀ

- × **Comportamento fragile**
- × **Comportamento igroscopico**
(⇒ *durabilità*)

VANTAGGI

- ✓ **Leggerezza**
- ✓ **Resistenza**
- ✓ **Rigidezza**
- ✓ **Resistenza carichi di breve durata**



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

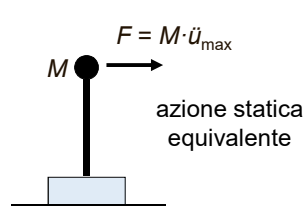
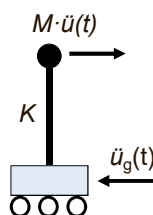
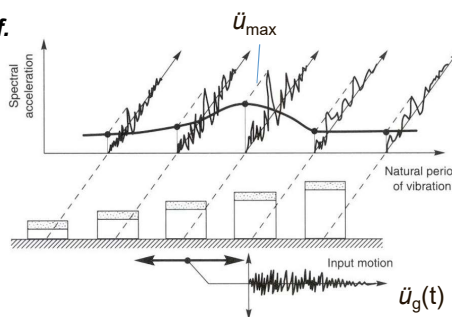
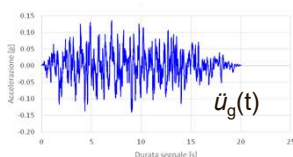
LA RISPOSTA SISMICA DELLE STRUTTURE | DEFINIZIONE DELLA FORZANTE

Analisi per un sistema elastico a 1 d.o.f.

Dato un evento sismico caratterizzato da un'accelerazione di picco al suolo a_g , l'accelerazione/forza effettivamente subita da una struttura dipende dal periodo naturale di vibrazione della struttura stessa

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ [sec]}$$

→ massa
← rigidezza



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

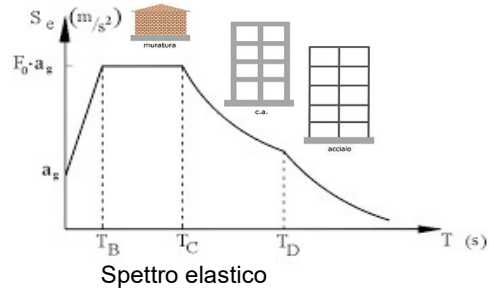
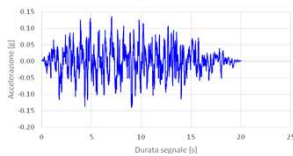
LA RISPOSTA SISMICA DELLE STRUTTURE | DEFINIZIONE DELLA FORZANTE

Analisi per un sistema elastico a 1 d.o.f.

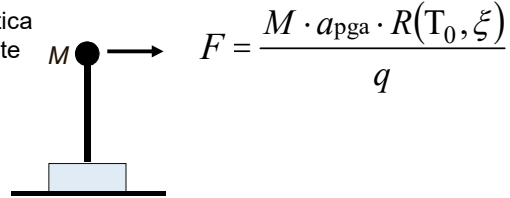
Dato un evento sismico caratterizzato da un'accelerazione di picco al suolo a_g , l'accelerazione/forza effettivamente subita da una struttura dipende dal periodo naturale di vibrazione della struttura stessa

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \text{ [sec]}$$

→ massa
← rigidità



azione statica equivalente



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

LA RISPOSTA SISMICA DELLE STRUTTURE | DEFINIZIONE DELLA FORZANTE

La massa volumica del legno è bassa $\rho_{mean} \approx 500 \text{ kg/m}^3$ ($\approx 1/5$ c.a.)
 Però le "forze sismiche" non si riducono a tal punto ...
 permanenti portati e il carico variabile rimangono circa invariati

	Massa totale sismica (kN)
Struttura intelaiata c.a., solai latero-cementizi, tramezzature laterizio	21260
Struttura di legno	13413

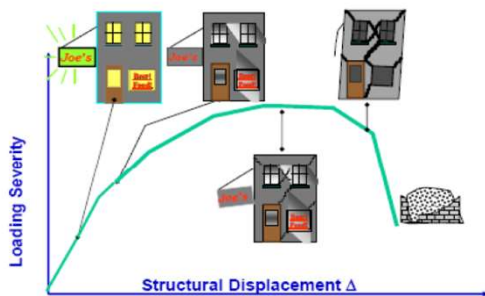
↪
63%



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

PRINCIPI CONTENUTI NELLE NUOVE NORME

- a. CAPACITY DESIGN (principio di gerarchia delle resistenze)
- b. PERFORMANCE BASED DESIGN (definizione dello stato limite di progetto)



- Stato Limite di esercizio**
- Stato Limite di Operatività (SLO)
- Stato Limite di Danno (SLD)
- Stato Limite ultimi**
- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

PRINCIPI CONTENUTI NELLE NUOVE NORME

- a. CAPACITY DESIGN (principio di gerarchia delle resistenze)
- b. PERFORMANCE BASED DESIGN (definizione dello stato limite di progetto)

Performance objectives				
Occurrence probability ↓	FULLY OPERATIONAL	OPERATIONAL	LIFE SAFETY	NEAR COLLAPSE
Frequent earthquake	b		Unacceptable Performance	
Occasional earthquake	e	b		
Rare earthquake	c	e	b	
Very Rare earthquake	c	c	e	b

b = Basic Facilities e = Essential Facilities c = Critical Facilities

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Prove su ciascun componente

Hold-downs



Angle brackets



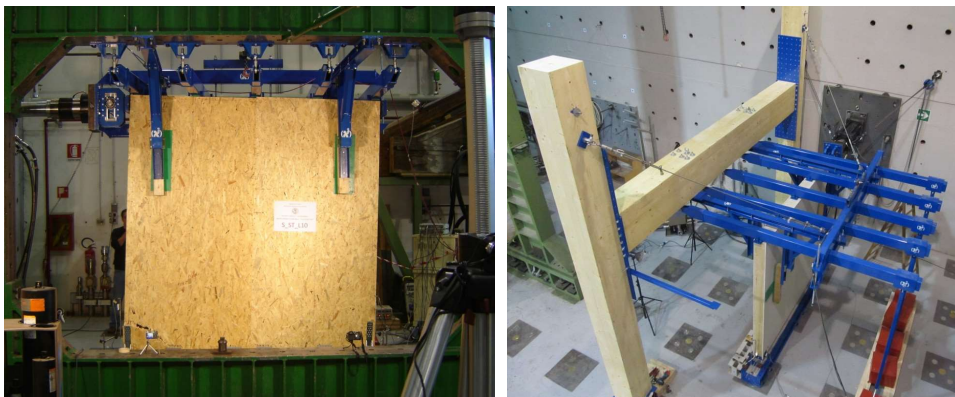
Panel - stud



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Prove su intera parete

Set-up di prova adatto a testare pareti portanti in legno



UniTN. Set-up di prova per pareti portanti in legno sottoposte ad azione orizzontale ciclica, con differenti dimensioni, carichi verticali, condizioni di vincolo a terra.

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

7.2.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA NTC 2018

ERRATO collegare comportamento strutturale (quindi q_0) alla **sol**a tipologia strutturale



Prove LPMS, Università di Trento

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

7.2.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA NTC 2018

ERRATO collegare comportamento strutturale (quindi q_0) alla **sol**a tipologia strutturale



Prove LPMS, Università di Trento

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

7.2.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA NTC 2018

ERRATO collegare comportamento strutturale (quindi q_0) alla **sola** tipologia strutturale



Esempi di rottura fragile nei collegamenti

Prove LPMS, Università di Trento

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (OPCM n. 3431 del 03.05.2005)

Zona sismica

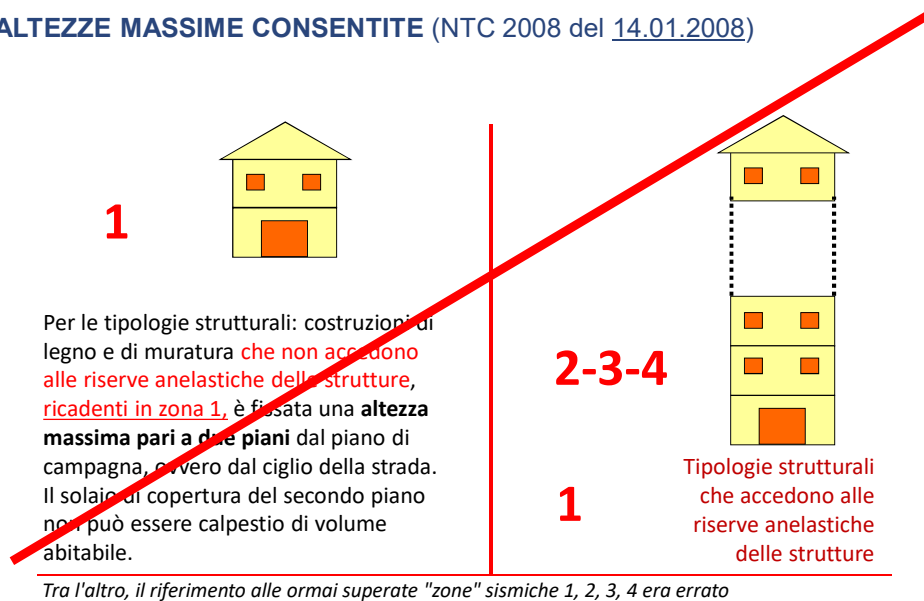
Tabella 4.2 ALTEZZE MASSIME CONSENTITE

	4	3	2	1			
Sistema costruttivo	Altezza massima consentita (in m)						
Edifici con struttura in calcestruzzo	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione					
Edifici con struttura in acciaio							
Edifici con struttura mista in acciaio e calcestruzzo							
Edifici con struttura in muratura ordinaria					16	11	7,5
Edifici con struttura in muratura armata					25	19	13
Edifici con struttura in legno	10	7	7				

Per le costruzioni in legno è ammessa la costruzione di uno zoccolo in calcestruzzo o in muratura, di altezza non superiore a 4 m, nel qual caso i limiti indicati si riferiscono alla sola parte in legno.

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (NTC 2008 del 14.01.2008)



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (DL del 06.12.2011)

DECRETO MONTI "SALVA ITALIA"

Art. 45

Disposizioni in materia edilizia

2. Al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, e successive modificazioni, sono apportate le seguenti modificazioni:
 - a) all'articolo 52, il comma 2 ...

"2. Qualora vengano usati sistemi costruttivi diversi da quelli in muratura o con ossatura portante in cemento armato normale e precompresso, acciaio o sistemi combinati dei predetti materiali, per edifici con quattro o più piani entro e fuori terra, l'idoneità di tali sistemi deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio."

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

ALTEZZE MASSIME CONSENTITE (DL del 06.12.2011)

DECRETO MONTI "SALVA ITALIA"

Art. 45

Disposizioni in materia edilizia

2. Al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, e successive modificazioni, sono apportate le seguenti modificazioni:
 - a) all'articolo 52, il comma 2 è sostituito dal seguente:

"2. Qualora vengano usati materiali o sistemi costruttivi **diversi** da quelli disciplinati dalle **norme tecniche in vigore**, la loro idoneità deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal Presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio."

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

NTC 2018

CIRCOLARE ESPLICATIVA DELLE NTC

TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

È consentito realizzare una struttura in legno che sormonti una struttura realizzata con altra tipologia di materiale (calcestruzzo armato, muratura, acciaio, ecc.).

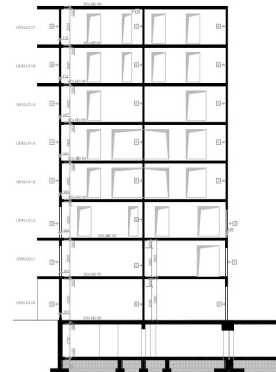
In particolare, qualora sia presente un piano cantinato o seminterrato con pareti di calcestruzzo armato, esso può essere assimilato a struttura di fondazione dei sovrastanti piani in legno.

NTC 2008

7.8.1.8 Fondazioni (MURATURA)

Le strutture di fondazione devono essere realizzate in cemento armato, secondo quanto indicato al §7.2.5, continue, senza interruzioni in corrispondenza di aperture nelle pareti soprastanti.

Qualora sia presente un piano cantinato o seminterrato in pareti di cemento armato esso può essere considerato quale struttura di fondazione dei sovrastanti piani in muratura portante, nel rispetto dei requisiti di continuità delle fondazioni, e non è computato nel numero dei piani complessivi in muratura.



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

CIRCOLARE ESPLICATIVA DELLE NTC

NTC 2018

TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO

In genere, **le forze sismiche dovrebbero essere contrastate solo da una tipologia strutturale per ogni direzione.**

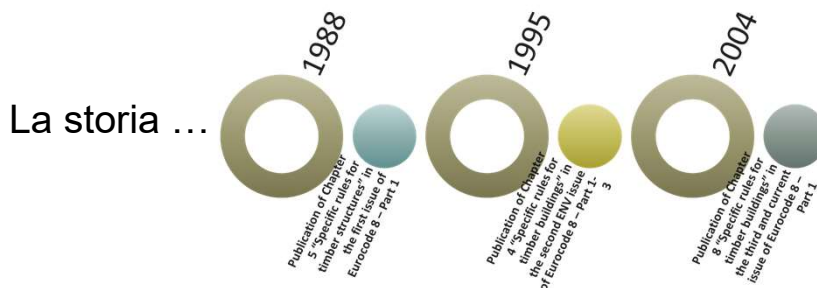
Tuttavia, qualora più tipologie strutturali, anche di materiali diversi, collaborino nella resistenza sismica (sistemi resistenti in parallelo), è possibile computare il contributo di entrambe le tipologie, **purché nell'analisi sia adottato il fattore di comportamento con valore minore.**



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance
- Part 1-2: Rules for new buildings

New **Chapter 13 Timber Buildings**



Follesa, M., Fragiocomo, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 1-2: Rules for new buildings

New Chapter 13 *Timber Buildings*

Quali informazioni sono necessarie per la applicazione corretta di una normative sismica "force based design" (Eurocode 8)?

DEVONO essere presenti le seguenti informazioni:

1. I sistemi strutturali sono [chiaramente](#) identificati
2. Le [zone dissipative](#) (duttile) e quelle non dissipative (fragili) sono identificate per ciascun tipologia strutturale (*NB: le zone dissipative devono essere indicate in ciascun progetto!*)
3. I [fattori di sovra-resistenza](#) per le zone fragili devono essere indicati

Follesa, M., Fragiocomo, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance - Part 1-2: Rules for new buildings

New Chapter 13 *Timber Buildings*

Quali informazioni sono necessarie per la applicazione corretta di una normative sismica "force based design" (Eurocode 8)?

DEVONO essere presenti le seguenti informazioni:

1. I sistemi strutturali sono [chiaramente](#) identificati
2. Le [zone dissipative](#) (duttile) e quelle non dissipative (fragili) sono identificate per ciascun tipologia strutturale (*NB: le zone dissipative devono essere indicate in ciascun progetto!*)
3. I [fattori di sovra-resistenza](#) per le zone fragili devono essere indicati

Nella attuale versione di Eurocodice 8, si nota che:

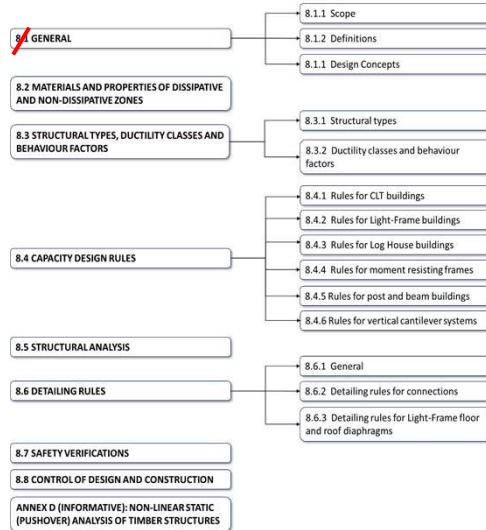
1. I [sistemi strutturali NON SONO](#) chiaramente identificati, con tipologie strutturali (CLT, Log House) non citate
2. Le [regole](#) della "progettazione in capacità" **NON SONO DEFINITE**, salvo poche regole sui collegamenti a mezzo di *fasteners*
3. [Fattori di sovra-resistenza](#) per le zone fragili **NON SONO RIPORTATI**

Follesa, M., Fragiocomo, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake resistance
- Part 1-2: Rules for new buildings

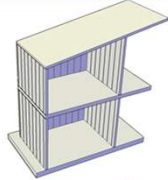
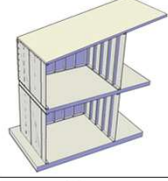
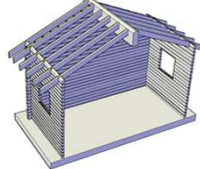
New Chapter **13 Timber Buildings**



Follesa, M., Fragiocomo, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

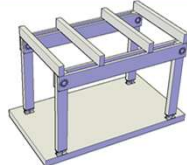
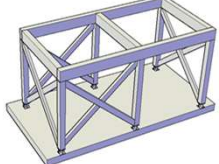

Chapter 13 Timber Buildings

1	Cross laminated timber (CLT) buildings.	
2	Light-frame (LF) buildings.	
3	Log House buildings.	

Follesa, M., Fragiocomo, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

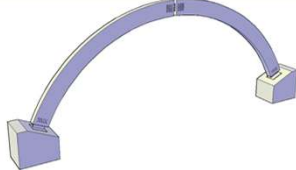
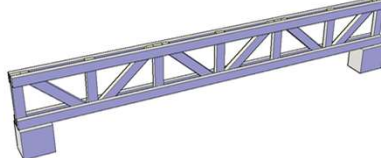

Chapter 13 Timber Buildings

4	Moment resisting frames.	
5	Post and beam timber buildings with vertical bracings made of timber trusses.	
6	Timber framed walls with carpentry connections and masonry infill.	

Follesa, M., Fragiaco, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Chapter 13 Timber Buildings

7	Large span arches with two or three hinged joints.	
8	Large span trussed frames with nailed, screwed, doweled and bolted joints.	
9	Vertical cantilever systems made with structurally continuous Glulam or CLT wall elements.	

Follesa, M., Fragiaco, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

Chapter 13 Timber Buildings Structural types and upper limit values of the behaviour q-factors for buildings regular in elevation

Structural type		DCM	DCH
1	CLT buildings	2.0	3.0
2	Light-Frame buildings	2.5	4.0
3	Log House buildings	2.0	-
4	Moment resisting frames	2.5	4.0
5	Post and beam timber buildings	2.0	-
6	Mixed structures made of timber framing and masonry infill resisting to the horizontal forces	2.0	-
7	Large span arches with two or three hinged joints	-	-
8	Large span trusses with nailed, screwed, doweled and bolted joints	-	-
9	Vertical cantilever systems made with glulam or CLT wall elements	2.0	-

Follesa, M., Fragiacomò, M., Casagrande, D., Canetti D., Tomasi, R., Piazza, M., Vassallo, D. and Rossi, S., *The new Provisions for the Seismic Design of Timber Buildings in Europe*, Engineering Structures 168 (2018) 736–747

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente



Seismic Engineering
Research Infrastructures
for European Synergies



Seismic performance of multi-storey timber buildings¹

¹SERIES Project
Programme FP7/2007-2013, grant agreement n. 227887

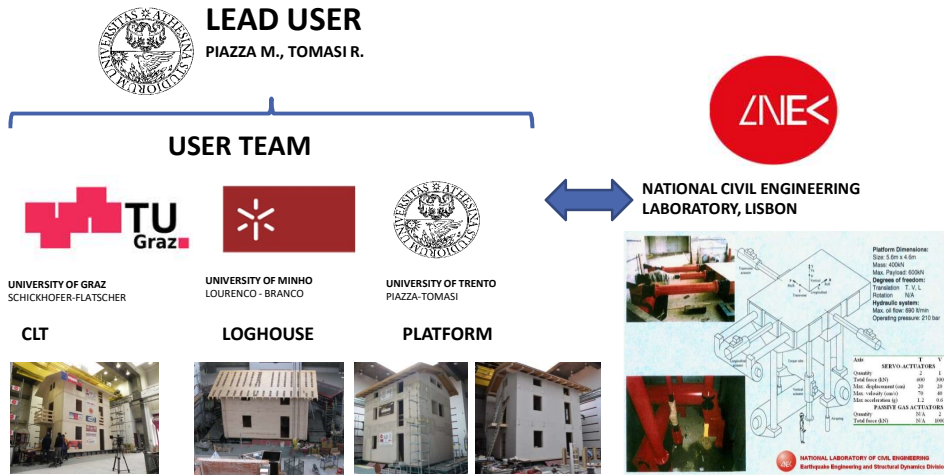
http://www.series.upatras.gr/TIMBER_BUILDINGS

<http://www.youtube.com/playlist?list=PL655ED5688F18BE84>

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente



SEISMIC PERFORMANCE OF MULTI-STOREY TIMBER BUILDINGS



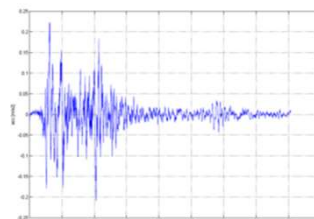
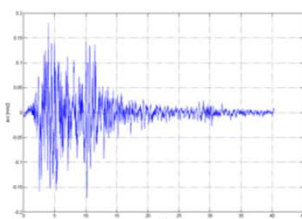
Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente



SEISMIC PERFORMANCE OF MULTI-STOREY TIMBER BUILDINGS

Montenegro (1979)- stazione Ulcinj Hotel Albatros

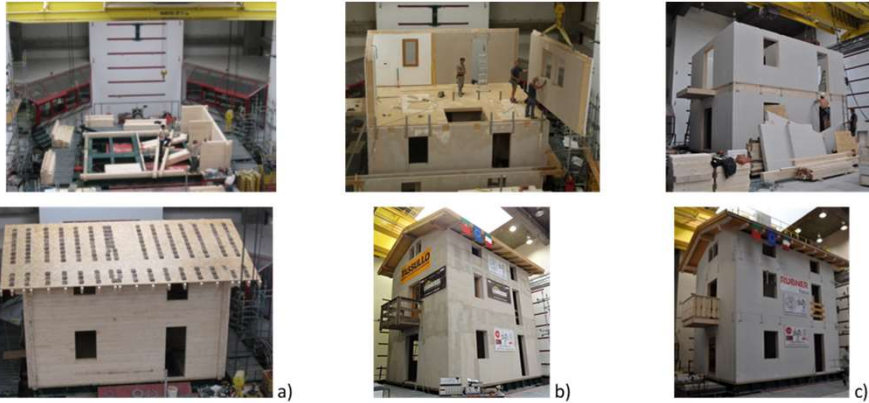
Seismic test level	L (Longitudinal) Shake Table direction		T (Longitudinal) Shake Table direction		Motion
1	Montenegro X	-	Montenegro Y	0.07g	2D
2	Montenegro X	-	Montenegro Y	0.15g	2D
3	Montenegro X	-	Montenegro Y	0.28g	2D
4	Montenegro X	-	Montenegro Y	0.50g	2D



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente



SEISMIC PERFORMANCE OF MULTI-STOREY TIMBER BUILDINGS



Assembly phase and completed specimens for

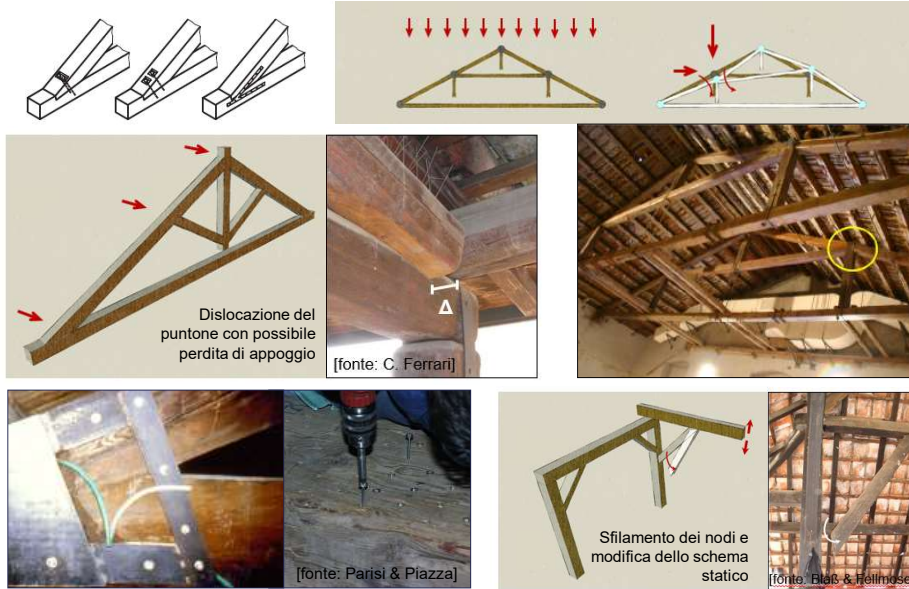
- a) loghouse specimen,
- b) platform frame system with OSB panels,
- c) platform frame system with gypsum fiber panels

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

**Il legno nelle aree a rischio sismico:
non solo costruzioni di nuova realizzazione**

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

VULNERABILITÀ SISMICA DELLE STRUTTURE LIGNEE ESISTENTI



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

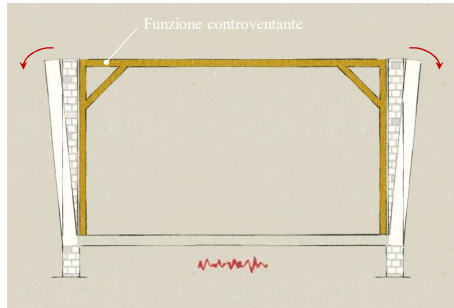
VULNERABILITÀ SISMICA DELLE STRUTTURE ESISTENTI

Solai e coperture eccessivamente deformabili, anche in presenza di un collegamento efficace diaframma – muratura, non sono in grado di contrastare il ribaltamento fuori piano della muratura



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

TELAIO IN LEGNO A SOSTEGNO DELLA MURATURA



Struttura a telaio in legno progettata per evitare il ribaltamento fuori piano della muratura perimetrale



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

ELEMENTI MONODIMENSIONALI IN LEGNO A SOSTEGNO DELLA MURATURA

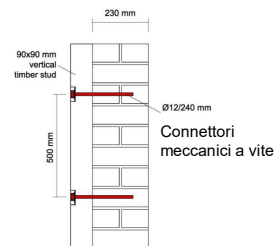


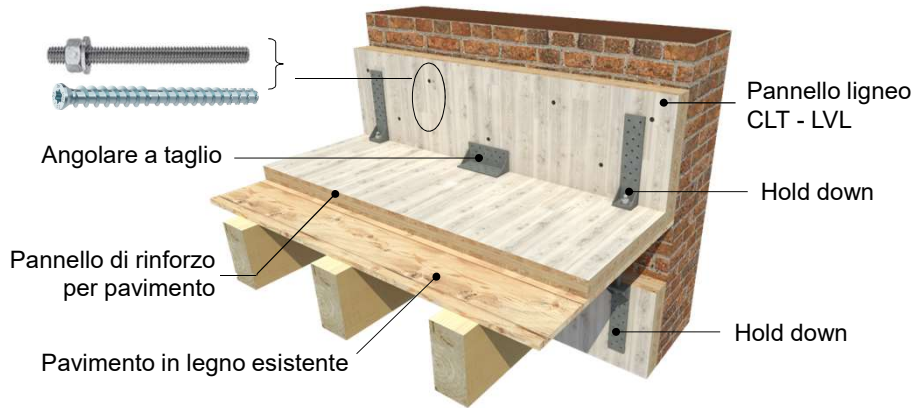
Tavola vibrante



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

RINFORZO DI EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA MEDIANTE PANNELLI X-LAM

Sistema di connessione nel caso di solai in legno

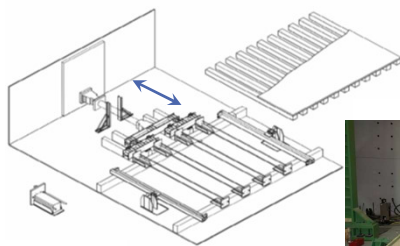


Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

RINFORZO DELLE STRUTTURE LIGNEE ESISTENTI

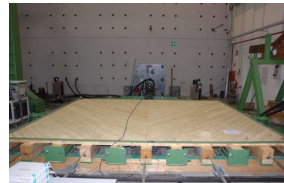
RIGIDEZZA DI PIANO DEGLI ORIZZONTAMENTI | TEST IN LABORATORIO

Dimensione campioni: 5 m x 4 m
 Direzione di carico: parallela ai travetti



Tavolato semplice

Tavolato doppio



Bandelle metalliche / CFRP

Soletta in c.a.

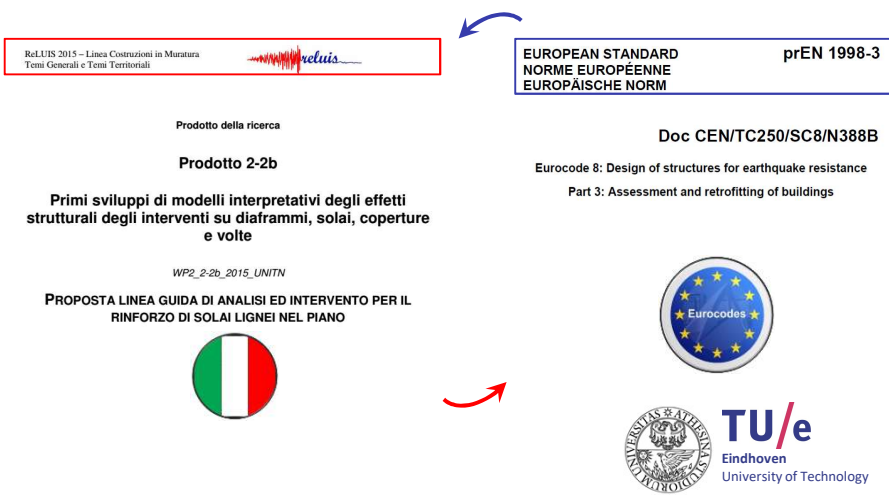
Compensato (3 strati)



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

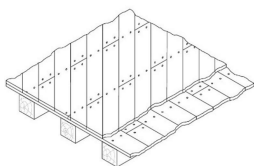
RINFORZO DELLE STRUTTURE LIGNEE ESISTENTI
 RIGIDEZZA DI PIANO DEGLI ORIZZONTAMENTI | TEST IN SITU

Proposte normative a livello europeo

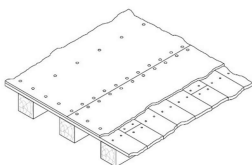


Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

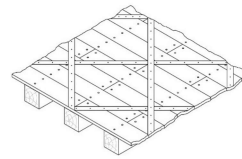
SOLUZIONI DI RINFORZO DEI SOLAI PER AZIONI NEL PIANO E FUORI PIANO



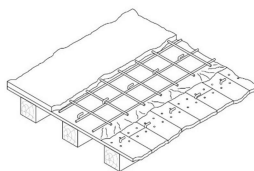
a) tavolato aggiuntivo



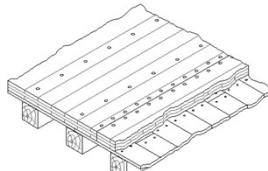
b) pannelli strutturali



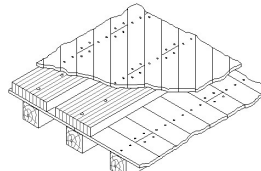
c) nastri metallici



d) soletta in c.a.



e) pannelli in X-LAM/LVL

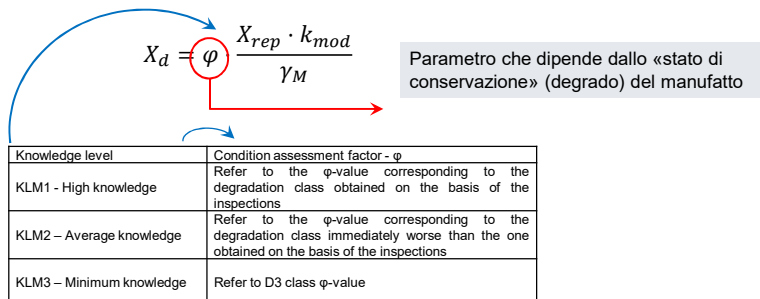


f) tavoloni continui e tavolato aggiuntivo

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

EN1998 – PART III: SPECIFIC RULES FOR TIMBER

REGOLE GENERALI



Coefficienti φ per solai lignei

Condition rating	Condition description	As-built	(*) Retrofitted
D1 - Good	Timber free of borer; little separation of floorboards; no signs of past water damage*; little or no nail rust; floorboard-to-joist connection tight, coherent and unable to wobble	1.00	1.00
D2 - Fair	Little or no borer; less than 3 mm of floorboard separation; little or no signs of past water damage*; some nail rust but integrity still fair; floorboard-to-joist connection has some but little movement; small degree of timber wear surrounding nails	0.75	0.90
D3 - Poor	Considerable borer; floorboard separation greater than 3 mm; water damage evident*; nail rust extensive; significant timber degradation surrounding nails; floorboard joist connection appears loose and able to wobble	0.30	0.70

(*): Degradation process is assumed to be no longer active, the biotic cause of degradation is assumed to be no longer present

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

EN1998 – PART III: SPECIFIC RULES FOR TIMBER

CRITERI DI VERIFICA PER I SOLAI LIGNEI

Vengono fornite indicazioni per diverse tipologie di analisi, da statica lineare a dinamica non-lineare (NLTH).

$$G_{d0,eff} = \varphi \cdot \alpha_m \cdot \frac{A_n}{A} \cdot G_{d,0}$$

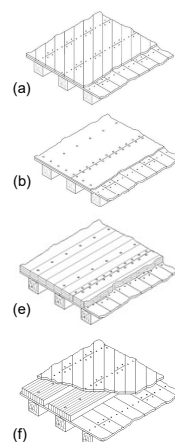
tiene conto del contributo di rigidità dei muri caricati «fuori piano»

tiene conto della presenza di aperture

Valori di riferimento per la rigidità a taglio equivalente, $G_{d,0}$ [kN/m]**

	No retrofit	Retrofit			
		(a)	(b)	(e)	(f)***
Single straight sheathing	150	3000	1800	3000	3000
Single straight sheathing (SQ joists)*	400	3600	2400	4100	3800

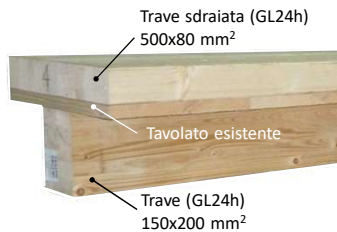
* When the diaphragm is loaded in the direction perpendicular to the joists.
 ** Given values can be considered as reference values. Background information is provided in Annex F2
 *** This retrofit strategy, that is mainly intended for improving diaphragm out-of plane performance, requires squat joists (SQ) in order to be effective.



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

INTERVENTI SU ORIZZONTAMENTI LIGNEI ESISTENTI RINFORZO FUORI-PIANO E NEL-PIANO | SOLAI COMPOSTI LEGNO-LEGNO

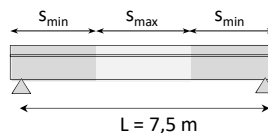
L'elemento di rinforzo viene reso «collaborante» tramite l'inserimento di connettori a vite



Disposizione e tipologie dei connettori testate:

- S1** Viti doppio filetto disposte a X ($\alpha = 45^\circ$)
- S2** Viti doppio filetto ($\alpha = 45^\circ$ taglio-trazione)
- S3** Viti tutto filetto disposte a X ($\alpha = 45^\circ$)
- S4** Viti a filetto semplice ($\alpha = 90^\circ$)

Spaziatura dei connettori:
 $s_{min} = 100 \text{ mm}$
 $s_{max} = 200 \text{ mm}$



Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

SOLUZIONI INNOVATIVE SOLAI COMPOSTI LEGNO-LEGNO «PRECOMPRESSI»

Metodo sviluppato in UniTN
Brevetto [VR2012A000195]

Test a rottura (L=6.4 m)
Pannello: LVL di latifoglia / CLT di conifera
Trave: Latifoglia (GL70) / Conifera (GL24)

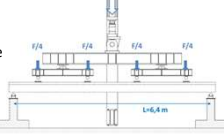
MATERIALI



CONNETTORI



SETUP



LEGNO DI CONIFERA



LEGNO DI LATIFOGLIA



SOLUZIONI IBRIDE



Nuove realizzazioni, sostituzioni

Soluzioni di rinforzo

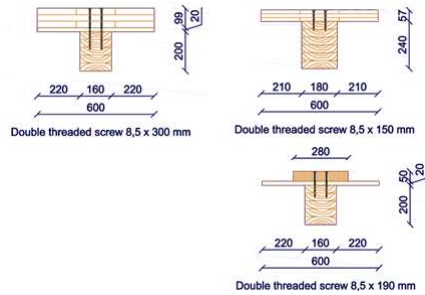
Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

SOLAI COMPOSTI LEGNO-LEGNO «PRECOMPRESSI» | TEST A ROTTURA



MATERIALI:

- Pannello: Trave in LVL di faggio (GL70) sdraiata (50 x 250 mm)
- Pannello CLT in legno di conifera (sp: 57 - 99 mm)
- Travetto: Trave GL24h (160x200 mm)
- Connettori: Viti doppio filetto

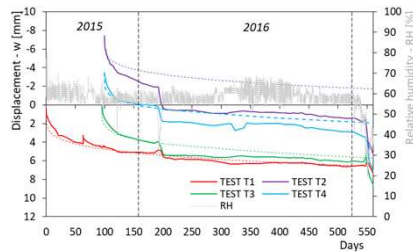


Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

SOLUZIONI INNOVATIVE

SOLAI COMPOSTI LEGNO-LEGNO «PRECOMPRESSI» | TEST A ROTTURA

Test a **lungo termine** in camera climatica a temperatura e umidità controllate



Combinazione di carico quasi-permanente		
g_{2k}	[kN/m ²]	3.00
q_k	[kN/m ²]	0.60
Total Load	[kN/m ²]	3.60

Solaio originario inadatto a sopportare i carichi imposti dalle recenti normative



Dopo più di 2 anni la freccia massima << limite richiesto

37 sacchi di sabbia (25 kg l'uno)

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

PROMUOVERE L'USO DEL LEGNO FAVORENDO LA «FILIERA CORTA»

PROGETTO PRIN in corso: «La filiera corta nel settore biomasse-legno: approvvigionamento, tracciabilità, certificazione e sequestro di Carbonio. Innovazioni per la bioedilizia e l'efficienza energetica»

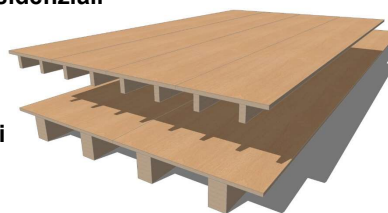


MODULI PREFABBRICATI DI SOLAI IN LEGNO (PRESOLLECITATI) REALIZZATI IN LVL DI FAGGIO



FLOOR itHARD WOOD Modulo di un solaio per edifici residenziali

- Luce 6 m
- $Q_k = 2 \text{ kN/m}^2$



Modulo per capannoni, uffici, scuole, ristoranti

- Luce 10 m
- $Q_k = 3 \text{ kN/m}^2$

Legno e sicurezza abitativa: nuove realizzazioni e dialogo con l'esistente

GRAZIE PER L'ATTENZIONE



Convegno organizzato da:



Prof. Maurizio Piazza
maurizio.piazza@unitn.it