

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

Workshop

Progetto DPC_ReLUIS 2019-2021 Roma 5 luglio 2022

WP 13

STRUTTURE DI LEGNO – CONTRIBUTI NORMATIVI

Coordinatore: Maurizio Piazza, Università di Trento

Unità partecipanti WP13

UR UNITN	responsabile prof. Maurizio Piazza (coordinatore del WP)
UR UNINA	responsabile prof.ssa Beatrice Faggiano
UR UNIUD	responsabile prof.ssa Alessandra Gubana
UR UNIVAQ	responsabile prof. Massimo Fragiaco

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI COMPLESSIVI DEL WP13

Le attività nel triennio 2019-2021 erano finalizzate a sviluppare documenti pre-normativi, normativi, linee guida, per una implementazione efficace nella pratica costruttiva dei nuovi documenti normativi e delle risultanze delle ricerche già svolte nel corso dei precedenti progetti DPC – ReLUIS.

Questo WP13 è stato suddiviso operativamente nei seguenti 4 task:

Task 13.1 Strutture lignee a telaio pesante

Task 13.2 Edifici in legno a telaio leggero

Task 13.3 Edifici in legno a pannelli massicci

Task 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI COMPLESSIVI DEL WP13

Task 13.1 Strutture lignee a telaio pesante

Le attività sono state condotte principalmente dalla UR UNINA

- Strutture a telaio realizzate con elementi lineari in legno lamellare (edilizia abitativa, attività commerciali e produttive), strutture multipiano.
- Progettazione di edifici intelaiati in legno lamellare in zona sismica; tecnologie costruttive atte a resistere a sollecitazioni cicliche, con buon comportamento duttile.
- Attività previste nel WP prevedono lo sviluppo di linee guida, basate sulla normativa nazionale esistente (NTC 2018), su normativa tecnica a carattere volontario (DT 206 R1:2018), su proposte di revisioni in corso delle normative europee (Eurocodici). Il documento deve anche evidenziare le risultanze sperimentali ottenute in precedenti progetti DPC-ReLUIS, per aiutare concretamente i progettisti a valutare le "capacità" delle strutture intelaiate, a attribuire un corretto valore al fattore di struttura e a collegarlo al progetto dei collegamenti.

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI COMPLESSIVI DEL WP13

Task 13.2 Edifici in legno a telaio leggero

Le attività sono state condotte principalmente dalla UR UNIUD

- Sistemi costruttivi a parete a "telaio leggero", la ricerca è indirizzata al comportamento sismico degli edifici realizzati con tale tipologia costruttiva.
- Lo spostamento orizzontale di una *shear wall* intelaiata in legno, dipende dalla deformabilità dei differenti elementi che la compongono. Attuali regole pratiche considerano che la parete assorba forza orizzontale di taglio proporzionale alla propria lunghezza, modelli avanzati valutano l'effetto del comportamento flessionale e di ribaltamento (*rocking*) per valutare correttamente la rigidità della stessa. Da non trascurare l'effetto del carico verticale (dai piani superiori), visto che può impedire l'attivazione degli *hold-down*. Sperimentazioni a scala reale su pareti, condotte in precedenti progetti DPC-ReLUIS, hanno dimostrato la capacità dei sistemi a telaio di dissipare energia, a patto che siano correttamente progettati.
- La modellazione in ambito non lineare è quindi fondamentale, considerando il comportamento effettivo dei componenti strutturali di base, anche per implementare correttamente le regole del *capacity design*.
- Linee guida e di indirizzo per i progettisti, con esempi di calcolo svolti.

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI COMPLESSIVI DEL WP13

Task 13.3 Edifici in legno a pannelli massicci

Le attività sono state condotte principalmente dalla UR UNIVAQ

- Importante diffusione dei sistemi costruttivi a pareti "massicce" (pannelli *CLT* o *Xlam*) per edifici multipiano (10 piani a Milano e a Rovereto, 6 piani a Firenze).
- Indicazioni per il progetto e calcolo carenti, sia in condizioni statiche che sismiche. Ad es., per la resistenza sismica, sono richiamati i criteri di *progettazione in capacità* ma non esplicitati con chiarezza, lasciando ai professionisti vari dubbi.
- Chiarire, anche mediante linee guida ed esempi di calcolo: meccanismi dissipativi per l'utilizzo di un determinato *fattore di struttura* q ; valori minimi di *duttilità* da garantire per le connessioni; *condizioni* per poter raggiungere quei valori di duttilità; *fattori di sovraresistenza* con i quali dimensionare le componenti fragili; *coefficienti parziali di sicurezza* da utilizzare (→ degrado di resistenza dovuto a sollecitazioni cicliche).
- Sulla base di prove sperimentali (svolte in precedenti progetti DPC-ReLUIS) e modellazioni numeriche, si illustra l'applicazione pratica dei criteri di progettazione in capacità, definendo procedure prive di ambiguità che consentano ai professionisti di progettare correttamente e agli Enti preposti al controllo di avere certezze in merito.
- Sviluppo del capitolo 13 (Edifici in legno), Eurocodice 8, Parte 1-2.

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI COMPLESSIVI DEL WP13

Task 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

Le attività sono state condotte principalmente dalla UR UNITN

- Vulnerabilità sismica di edifici esistenti in muratura, con orizzontamenti in legno.
- Gli orizzontamenti sono fondamentali, visto che dalla loro rigidezza (e resistenza) nel piano può dipendere la possibilità di evitare meccanismi di ribaltamento fuori piano delle murature, che spesso anticipano i meccanismi resistenti nel piano delle stesse.
- Sviluppare criteri di progettazione dei diaframmi lignei esistenti nei riguardi dei carichi orizzontali (vento e sisma); sviluppare tipologie di intervento, possibilmente reversibili, per irrigidire solai e coperture nel loro piano senza aumentarne la massa.
- Linee guida ed esempi di calcolo serviranno per guidare la progettazione di un intervento di irrigidimento nel piano di un solaio a seconda della "conoscenza" dello stesso in modo da realizzare le funzioni richieste di prevenire il ribaltamento fuori piano delle pareti e di ripartire i carichi laterali tra le pareti verticali in relazione soprattutto alla rigidezza nel piano delle pareti verticali.
- Sviluppo del capitolo 10 (Edifici in legno), Eurocodice 8, Parte 3.

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI TRENTO

COMPONENTI UNITÀ DI RICERCA		
Nominativo	Ruolo	Affiliazione
Maurizio Piazza	Coordinatore UR, PO	Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, DICAM – Università di Trento
Ivan Giongo	Ricercatore	DICAM – UNITN
Ermes Rizzi	Dottore di ricerca	DICAM – UNITN
Andrea Gaspari	Dottorando	DICAM – UNITN
Alfredo Pojer	Tecnico Laboratorio LPMS	DICAM – UNITN

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI TRENTO

WP 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

1. Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e di copertura. Linee guida

1. PARTE INTRODUTTIVA ED INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA

2. STATO DELL'ARTE – BACKGROUND

- ANALISI SPERIMENTALI
- ANALISI NUMERICHE
- SOLAI ESISTENTI
- TECNICHE DI RINFORZO

3. QUADRO NORMATIVO

- ASCE/SEI 41-17
- NZSEE 2017
- EN1998 – PARTE 3

4. APPLICAZIONE DELLE PROCEDURE A CASI STUDIO

- ESEMPI DI APPLICAZIONE DELLE PROCEDURE DI VALUTAZIONE
- CONFRONTO TRA I RISULTATI
- EFFICACIA DELLE TECNICHE DI RINFORZO SELEZIONATE

ReLuis 2019-2021
WP13 - Contributi normativi relativi a strutture in legno



Prodotto della ricerca
36° Mese

WP13 – CONTRIBUTI NORMATIVI RELATIVI A STRUTTURE IN LEGNO

Task 4 - Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici
tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e
di copertura

WP13_UNITN_11

RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA DI EDIFICI TRADIZIONALI TRAMITE INTERVENTI SUI DIAFRAMMI LIGNEI DI PIANO E DI COPERTURA

Maurizio Piazza^{1*}, Ivan Giongo¹, Ermes Rizzi¹, Daniele Riccadonna¹

¹ UR UNITN, Università degli Studi di Trento, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica
* e-mail: maurizio.piazza@unitn.it

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI TRENTO

WP 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

1. Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e di copertura. Linee guida

QUADRO NORMATIVO: EN1998 – PARTE III

Diaframmi lignei – Valutazione dell'esistente

10.6	Resistance models for assessment	106
10.6.1	General	106
10.6.2	Timber diaphragms	106
10.6.3	Carpentry joints	107
10.6.3.1	General	107
10.6.3.2	Compression of timber	107
10.6.3.3	Single step joints (SSJ)	108
10.6.3.3.1	Shear crack in the tie beam	108
10.6.3.3.2	Crushing at the front-notch surface	109
10.6.3.4	Double step joints (DSJ)	111
10.6.3.4.1	Shear crack in the tie beam	111
10.6.3.4.2	Crushing at the front-notch surface	113
10.6.4	Dowel-type joints	114
10.6.5	Dowel-type joints	114
10.7	Verification to limit states	114
10.7.1	Timber diaphragms	114
10.7.1.1	Displacement limitation	115
10.7.1.2	Force limitation	115
10.7.2	Timber frames	115
10.7.2.1	Displacement limitation	115
10.7.2.2	Force limitation	115
10.7.3	Carpentry joints	115
10.7.4	Dowel-type joints	115

Table 10.4 Acceptance criteria in terms of force $v_{R,k}$ [kN/m]

	No retrofit	Type of retrofit (Figure 10.2)			
		(a)	(b)	(e)	(f)
Parallel to joists	3	30	25	40	30
Perpendicular to joists	5*	45	25	45	40

* In case of SQ joists, diaphragm shear strength in the direction perpendicular to the joists, can be significantly higher than the $v_{R,rep}$ value reported in the table.

$$d_r = \frac{2 \Delta_d}{L_a} \times 100 \quad (10.20)$$

where Δ_d and L_a are given in 10.5.2(7).

Table 10.5 Acceptance criteria for horizontal diaphragms in terms of drift ratios d_r [%]

	No retrofit	Type of diaphragm (Figure 10.10 1)			
		(a)	(b)	(e)	(f)
Near Collapse (NC)	6,0%	2,1%	1,6%	1,5%	2,1%
Significant Damage (SD)	4,0%	1,5%	1,2%	1,1%	1,5%
Damage Limitation (DL)	2,5%	0,8%	0,7%	0,6%	0,8%

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI TRENTO

WP 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

1. Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e di copertura. Linee guida

QUADRO NORMATIVO: EN1998 – PARTE III

Diaframmi lignei – Rinforzo

10.8	Resistance models for strengthening	116
10.8.1	Material design resistance	116
10.8.2	Diaphragms	116
10.8.2.1	Methods for strengthening	116
10.8.2.2	Modelling and analysis	118
10.8.2.3	Verifications	119
10.8.3	Timber frames	119
10.8.3.1	Methods for strengthening	119
10.8.3.2	Modelling and analysis	119
10.8.3.3	Verifications	120
10.8.4	Carpentry joints	120
10.8.4.1	General	120
10.8.4.2	Repair and reinforcement	120
10.8.4.3	Verifications	121
10.8.5	Dowel-type joints	122
10.8.5.1	Reinforcement measures	122
10.8.5.2	Verifications	122

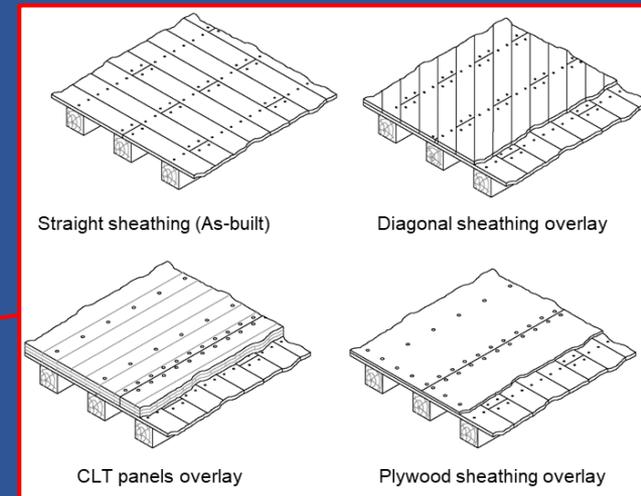


Table 10.7 Equivalent shear stiffness values $G_{a,d}$ [kN/m]*

	No retrofit	Type of retrofitted diaphragm (Figure 10.2)			
		(a)	(b)	(e)	(f)**
Single straight sheathing	150	3000	1800	3000	3000
Single straight sheathing (SQ joists) ***	400	3600	2400	4100	3800

* Given values can be considered as reference values.

** This retrofit strategy, that is mainly intended for improving diaphragm out-of-plane performance, requires squat joists (SQ) in order to be effective.

*** When the diaphragm is loaded in the direction perpendicular to the joists.

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI TRENTO

WP 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

2. Procedimento di presollecitazione per realizzare solai composti legno-legno (TTC)

17 FULL-SCALE TESTS | L = 6.4 m

Slab: Beech LVL panel – Softwood CLT

Beam: Beech LVL (GL70) – GL24 glulam

MATERIALS



Softwood GLT

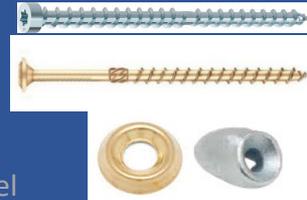


Softwood CLT



Hardwood LVL joist (GL70) & panel

CONNECTORS



SOFTWOOD | SPRUCE



HARDWOOD / BEECH



HYBRID – NEW



HYBRID – RETROFIT



Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI TRENTO

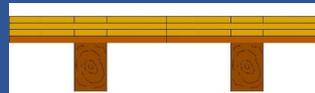
WP 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

3. Comportamento a lungo termine di solai composti legno-legno (TTC) realizzati mediante tecnica di presollecitazione mediante viti autoforanti

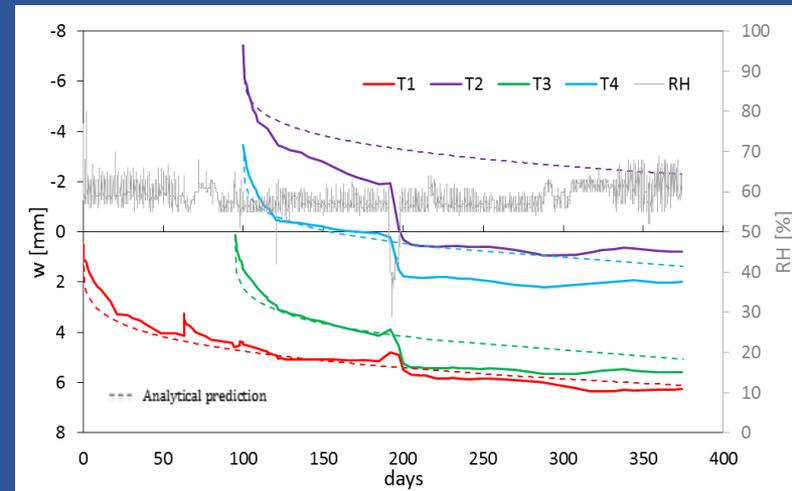
Long term testing in a **climatic chamber** under controlled temperature and air humidity



CLT reinforcement
3 layers (57 mm)



Original floor
inadequate to
support loads
NTC'18
(joist 10x14 cm)



After more than 2 years...
Max. deflection << Limit ($L/300 = 16,7$ mm)

Quasi-permanent load combination

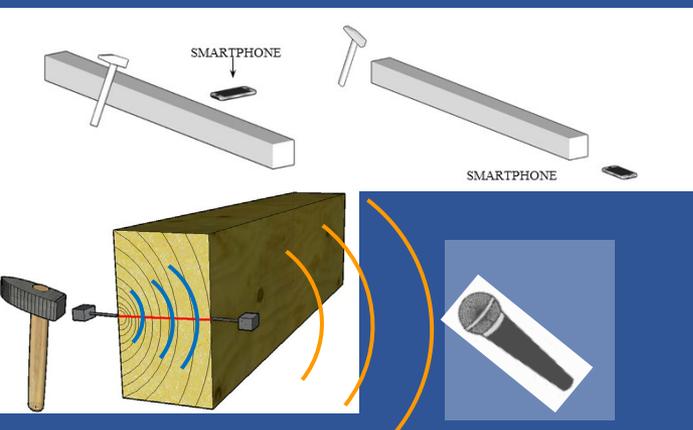
g_{2k}	[kN/m ²]	3.00
q_k	[kN/m ²]	0.60
Total Load	[kN/m ²]	3.60

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI TRENTO

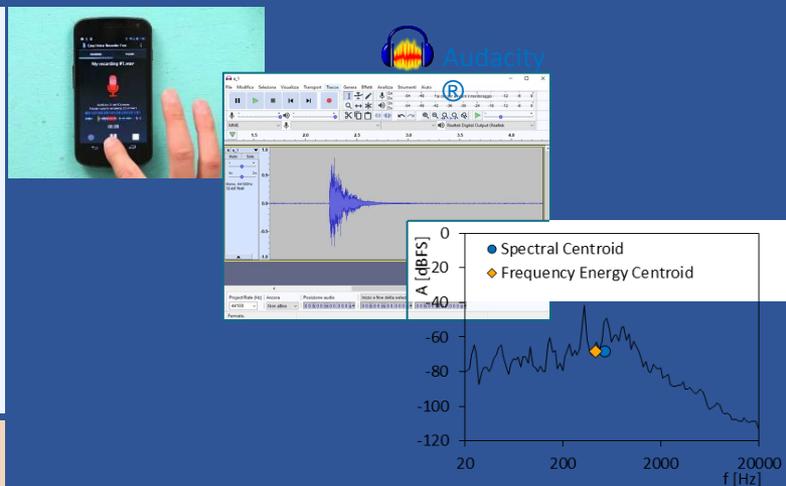
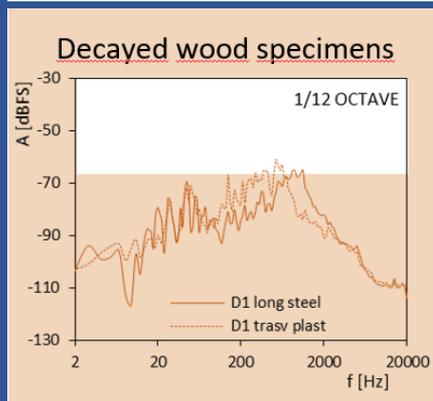
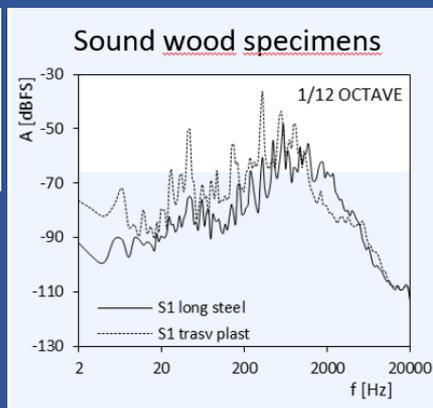
WP 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

4. Assessment - Test di tipo acustico per la valutazione di travi lignee in situ



VIBRATIONS
accelerometers

SOUND PRESSURE
microphones



Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 **UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERICO II**

COMPONENTI UNITÀ DI RICERCA		
Nominativo	Ruolo	Affiliazione
Beatrice Faggiano	Coordinatore UR, PA	Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, Università di Napoli Federico II
Bruno Calderoni	PA	Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, UNINA
Carla Ceraldi	Ricercatore	Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, UNINA
Costantino Giubileo	Dottore di ricerca	Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, UNINA
Giacomo Iovane	Dottore di ricerca	Dipartimento di Strutture per l'Ingegneria e l'Architettura, UNINA

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERICO II

WP 13.1 Strutture lignee a telaio pesante

Sviluppo delle strutture sismoresistenti in legno a telaio e con controventi

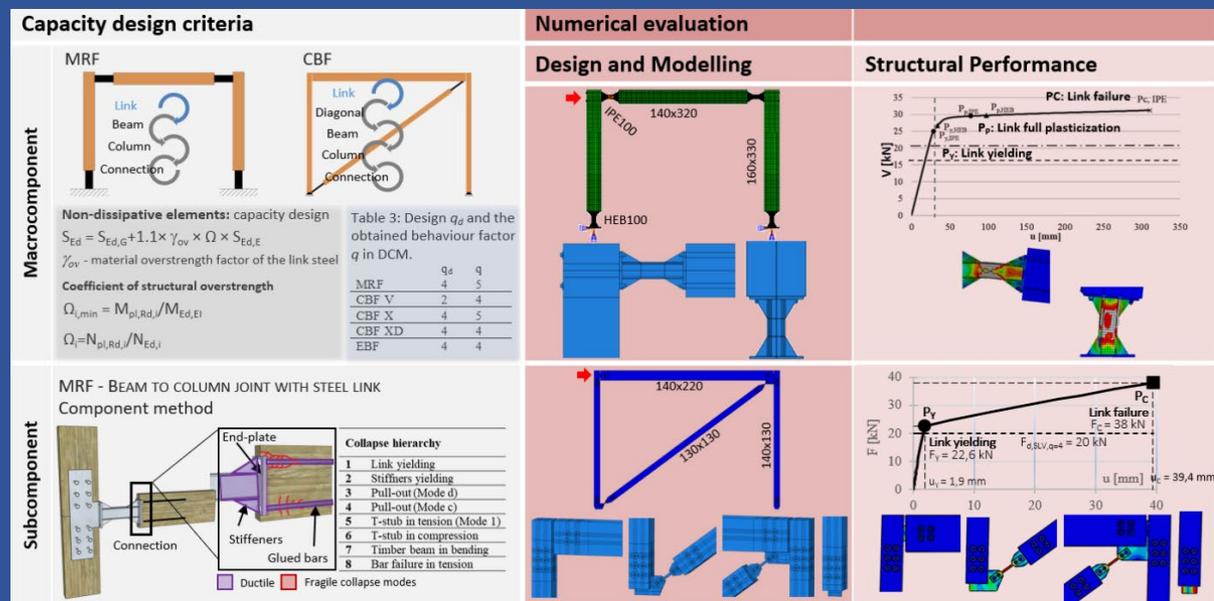
Link di acciaio

Obiettivi della ricerca

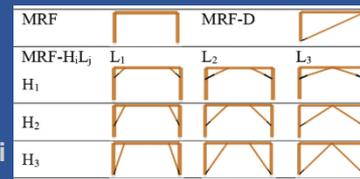
- Aggiornamento stato dell'arte
- Definizione dei criteri di progetto
- Classificazione dei giunti
- Sviluppo di linee guida

Metodologia

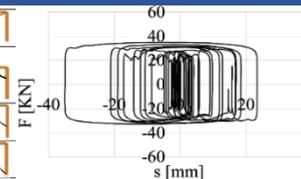
- Analisi numeriche non-lineari statiche / dinamiche
- Prove sperimentali su nodi trave-colonna con link dissipativi



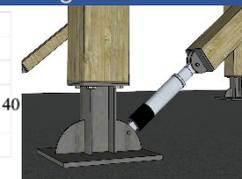
Casi studio



Ciclo isteretico



Dettaglio costruttivo



Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI NAPOLI FEDERICO II

WP 13.4 Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e sulla copertura

Connettore a collare di acciaio per solai composti legno-calcestruzzo

Obiettivi della ricerca

- Concezione strutturale
- Definizione dei criteri di progetto su base numerica e sperimentale

Provino con doppio collare senza gomma

Prove Push-out di riferimento

Step di Prova

Step 1: serraggio bulloni

Step 2: push-out

Interazioni di contatto

Implementazione della legge di attrito

Discretizzazione dell'attrito per fasce

Discretizzazione step di carico

Modalità di Rottura

- 1) Rifollamento del calcestruzzo
- 2) Taglio del connettore
- 3) Formazione di cerniere plastiche (assenza di scorrimento):
 - 3.1) Piolo corto: Tranciamento
 - 3.2) Piolo medio: Una cerniera plastica
 - 3.3) Piolo Lungo: Due cerniere plastiche
- 4) Formazione di cerniere plastiche (presenza di scorrimento):
 - 4.1) Semplice scorrimento
 - 4.2) Scorrimento + una cerniera plastica
 - 4.3) Scorrimento più due cerniere plastiche

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI UDINE

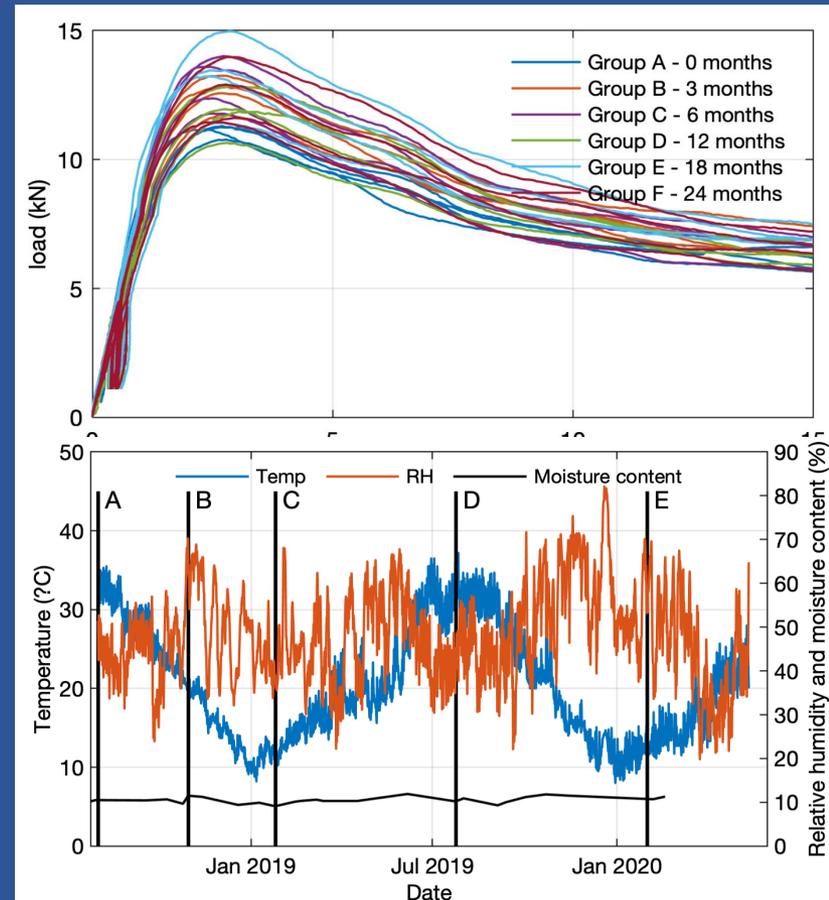
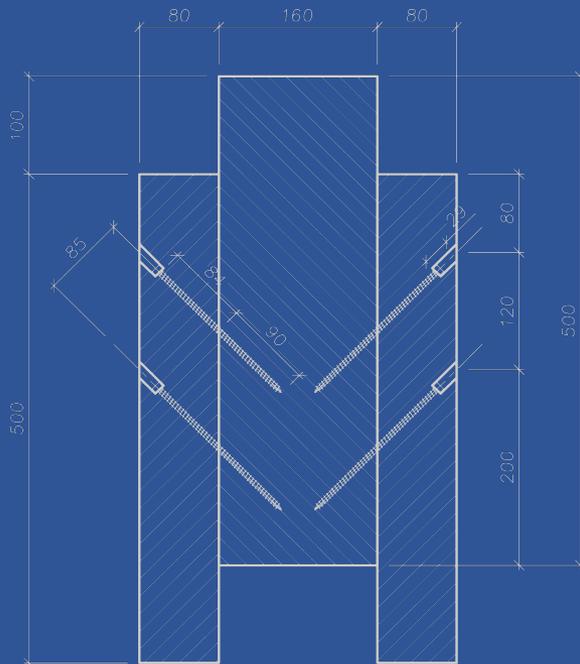
COMPONENTI UNITÀ DI RICERCA		
Nominativo	Ruolo	Affiliazione
Alessandra Gubana	Coordinatore UR, PA	DPIA Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università di Udine
Antonino Morassi	PO	DPIA Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, UNIUD
Fabio Zorzini	Assegnista di ricerca	DPIA Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, UNIUD
Massimo Melotto	Assegnista di ricerca	DPIA Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, UNIUD

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI UDINE

WP 13.2 - Edifici in legno a telaio leggero

1. Prove a lungo termine sul comportamento delle connessioni con viti autoforanti

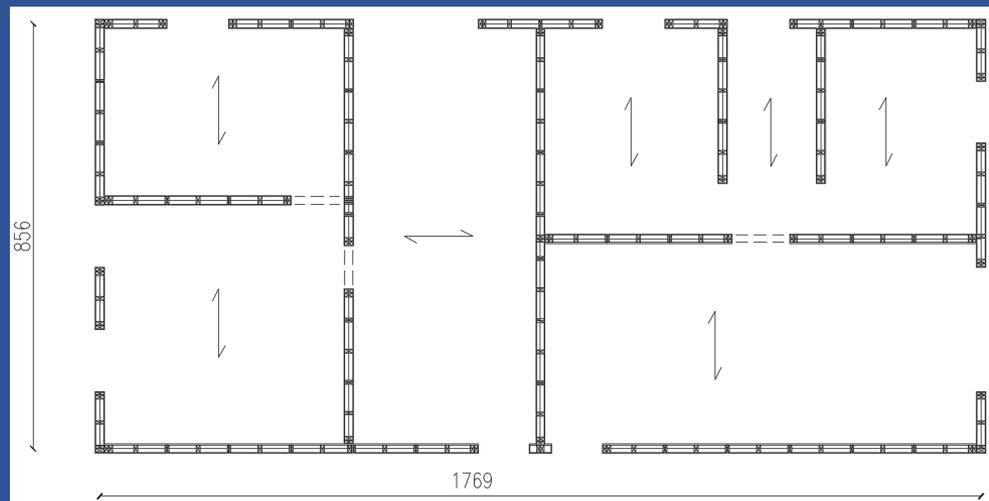
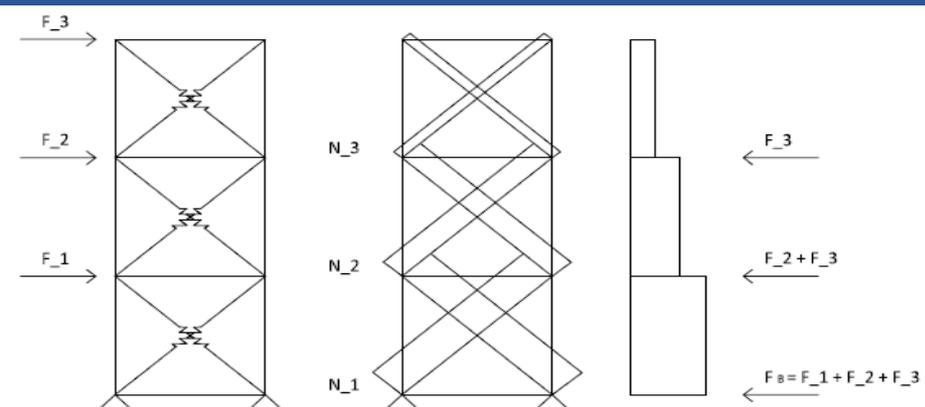


Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI UDINE

WP 13.2 - Edifici in legno a telaio leggero

2. Linee guida per il calcolo di un edificio in legno a telaio leggero platform frame con esempio di calcolo interamente svolto

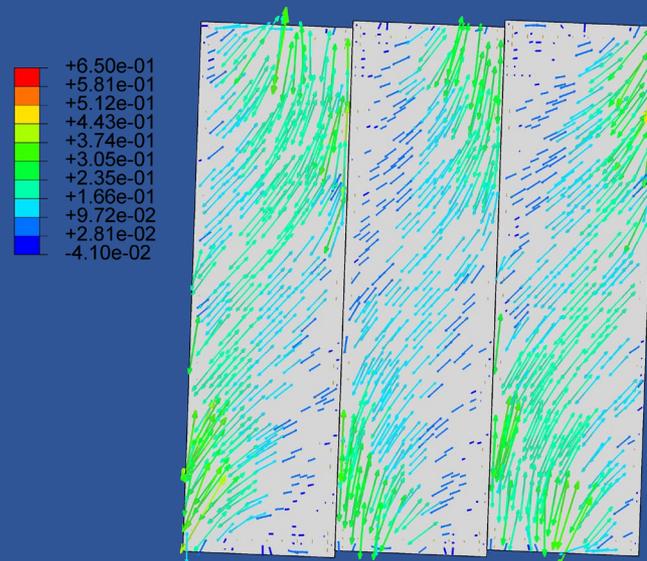
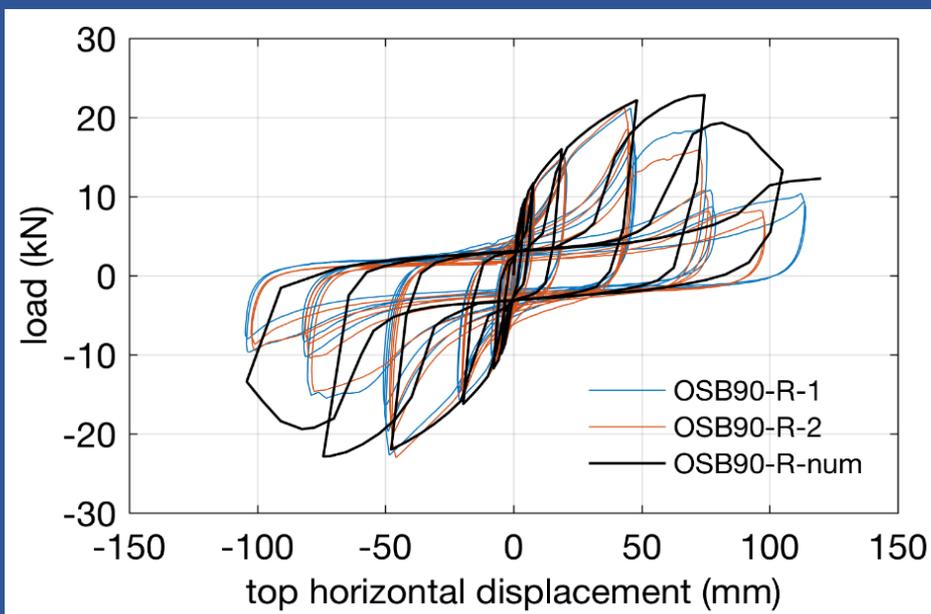


Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI UDINE

WP 13.4 - Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali ...

1. Modellazione numerica di dettaglio del comportamento ciclico di solai in legno irrigiditi con diverse tipologie di pannelli a base di legno (OSB o CLT)

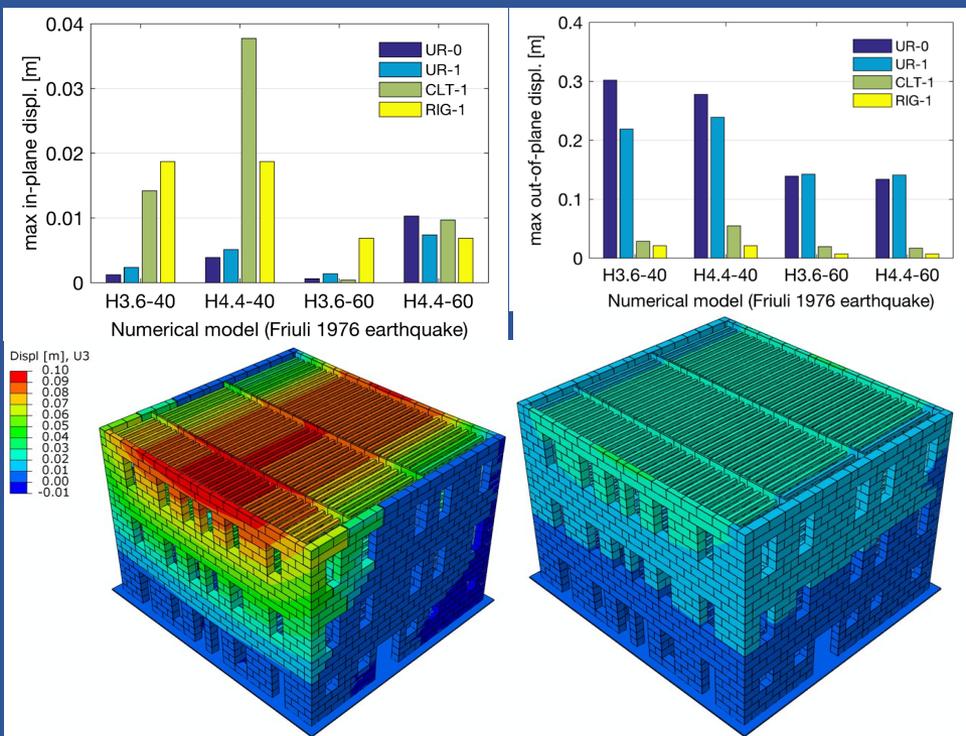


Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

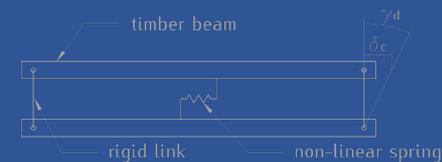
OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DI UDINE

WP 13.4 - Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali ...

- Analisi dinamiche non lineari della risposta sismica di strutture semplici e strutture reali in muratura con solai in legno, tradizionali e irrigiditi, usando *DEM* per la muratura e modelli ciclici dei solai



Spostamenti massimi con modello di dettaglio del comportamento ciclico dei solai con irrigidimenti diversi



Top horizontal displacements of the building in case of traditional timber floor and strengthened timber

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 **UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DELL'AQUILA**

COMPONENTI UNITÀ DI RICERCA		
Nominativo	Ruolo	Affiliazione
Massimo Fragiacomò	Coordinatore UR, PO	Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale (DICEAA) – UNIVAQ
Franco Di Fabio	RU	DICEAA – UNIVAQ
Chiara Bedon	RTDB	Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste
Martina Sciomenta	RTDA	DICEAA – UNIVAQ
Vincenzo Rinaldi	Assegnista	DICEAA – UNIVAQ
Gabriele Tamagnone	Assegnista	DICEAA – UNIVAQ
Maurizio Follesa	Contrattista	DICEAA – UNIVAQ
Giuseppe Cenci	Contrattista	DICEAA – UNIVAQ

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

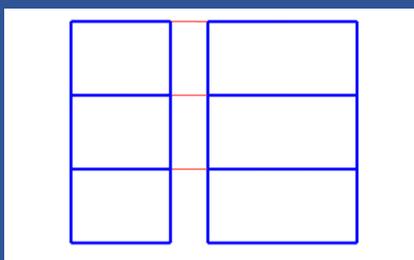
OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DELL'AQUILA

WP 13.3 Edifici in legno a pannelli massicci

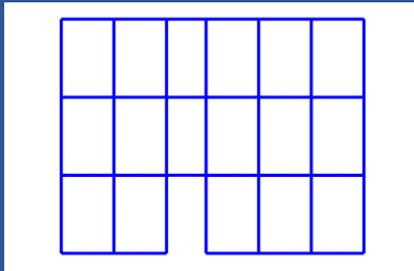
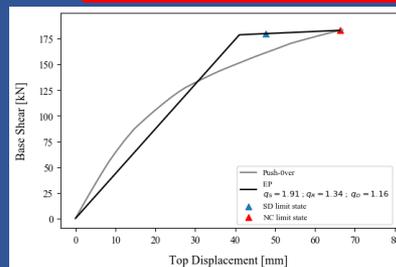
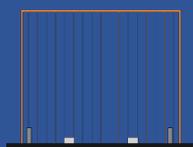
1. Valutazione dei contributi del fattore di comportamento per strutture a pannelli massicci (CLT) per la modifica del capitolo sul legno dell'Eurocodice 8 mediante analisi di push-over

$$q = q_S \cdot q_R \cdot q_D$$

prEN1998-1:2003



DC2



DC3

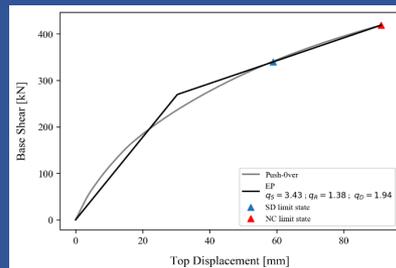


Table 8.1: Design concept, Structural types and upper limit values of the behaviour factors for the three ductility classes.

Design concept and ductility class	q	Examples of structures
Low capacity to dissipate energy - DCL	1,5	Cantilevers; Beams; Arches with two or three pinned joints; Trusses joined with connectors.
Medium capacity to dissipate energy - DCM	2	Glued wall panels with glued diaphragms, connected with nails and bolts; Trusses with doweled and bolted joints; Mixed structures consisting of timber framing (resisting the horizontal forces) and non-load bearing infill.
	2,5	Hyperstatic portal frames with doweled and bolted joints (see 8.1.3(3)P).
High capacity to dissipate energy - DCH	3	Nailed wall panels with glued diaphragms, connected with nails and bolts; Trusses with nailed joints.
	4	Hyperstatic portal frames with doweled and bolted joints (see 8.1.3(3)P).
	5	Nailed wall panels with nailed diaphragms, connected with nails and bolts.

prEN1998-1-2:2022

Table 13.2 — Default values of the behaviour factors q for buildings regular in elevation with maximum values of the seismic action index S_8 for design in DC1

Structural type	Maximum S_8 for design in DC1 [m/s ²]	Ductility class						
		DC1		DC2		DC3		
		q	q_D	q_R	q	q_D	q_R	q
a) Cross laminated timber (CLT) structures	4,0	1,5	1,2	1,3	2,3	1,4	1,5	3,2

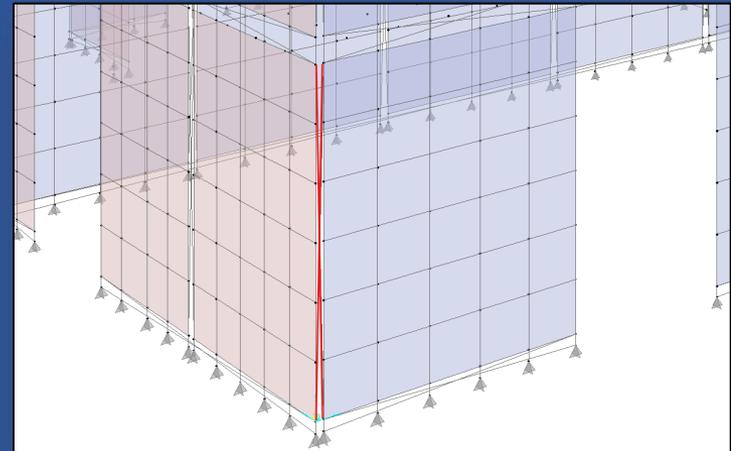
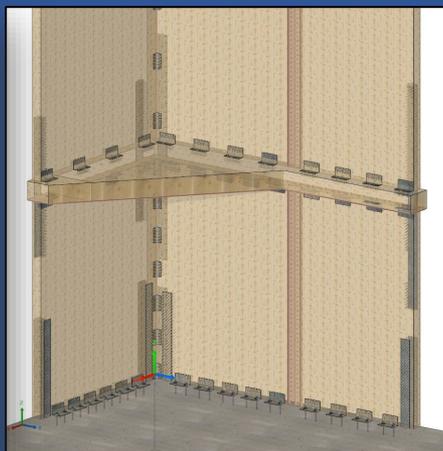
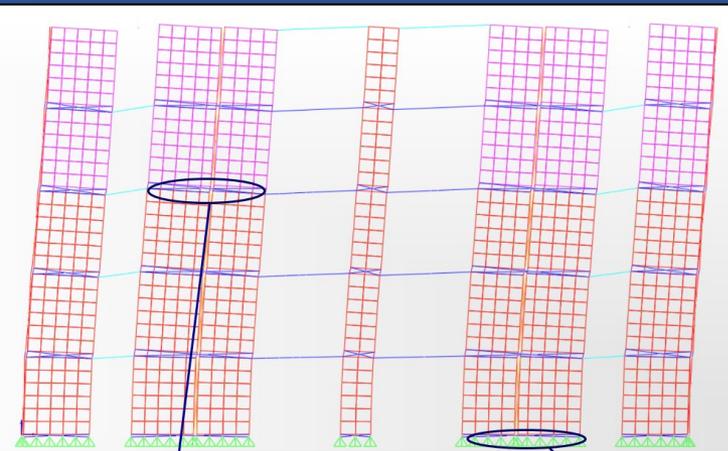
Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

OBIETTIVI RAGGIUNTI nel triennio 2019-2021 UNITÀ DI RICERCA UNIVERSITÀ DELL'AQUILA

WP 13.3 Edifici in legno a pannelli massicci

2. Sviluppo di un esempio di calcolo di un edificio multipiano in CLT in zona sismica in accordo con le NTC2018 e con la nuova bozza dell'EC8, allo scopo di:

- Fornire un esempio applicativo di progettazione in zona sismica di un edificio multipiano in CLT in accordo alle NTC2018 e alla nuova bozza della EN1998-1-2
- Discutere le problematiche della modellazione agli elementi finiti dei pannelli e delle connessioni, fornendo linee guida ai professionisti
- Confrontare le soluzioni progettate in classe di duttilità media (*DC2*) e alta (*DC3*)



Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

prodotti WP13 - sintesi

UR	Responsabile	Rivista internazionale	Convegni internazionali	Convegni nazionali	Report ReLUIS
UNITN	Maurizio Piazza	6	2	-	1 (64 p.)
UNINA	Beatrice Faggiano	4	3	1	1 (25 p.)
UNIUD	Alessandra Gubana	5	2	1	1 (111 p.)
UNIVAQ	Massimo Fragiacomò	2	-	-	1 (258 p.) 1 (20 p.)
		15*	7	1*	5

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

prodotti WP13

UNITN

- 1 Piazza M., Giongo I., Rizzi E., Riccadonna D. (2022). *Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici tradizionali tramite interventi sui diaframmi lignei di piano e di copertura*, Rapporto di Ricerca RELUIS, 64 p.
- 2 Gaspari A., Smiroldo F., Polastri A., Piazza M., Giongo I. (2021). *A new connection system for minimizing seismic damage in cross laminated timber (CLT) structures*, Proc. WCTE 2021 World Conference of Timber Engineering, Santiago (Chile), August 24-27, 2021, p. 1264-1273
- 3 Gaspari A., Gianardoli S., Giongo I., Piazza M. (2021). *Risk analysis of balconies and parapets in timber buildings decay prediction*, Proc. WCTE 2021 World Conference of Timber Engineering, Santiago (Chile), August 24-27, 2021, p. 203-210
- 4 Giongo I, Ingham J and Piazza M (2021). Editorial. Institution of Civil Engineers ICE – Structures and Buildings 174(5): 339–341, <https://doi.org/10.1680/jstbu.2021.174.5.339>
- 5 Giongo I, Ingham J and Piazza M (2021). Editorial 2. Institution of Civil Engineers ICE – Structures and Buildings 174(6): 457–458, <https://doi.org/10.1680/jstbu.2021.174.6.457>
- 6 Faggiano B., Iovane G., Gaspari A., Fournely E., Bouchair A., Landolfo R., Piazza M. (2021). The Cartis Form for the Seismic Vulnerability Assessment of Timber Large-Span Structures. BUILDINGS 2021, 11, 45
- 7 Riccadonna D., Walsh K., Schiro G., Piazza M., Giongo I. (2020). *Testing of long-term behaviour of pre-stressed timber-to-timber composite (TTC) floors*, Construction and Building Materials 236 (2020) 117596
- 8 Giongo I., Schiro G., Riccadonna D. (2019). *Innovative pre-stressing and cambering of timber-to-timber composite beams*, Composite Structures 226 (2019) 111195
- 9 Riccadonna D., Giongo I., Casagrande D., Piazza M. (2019). *Acoustic testing for the onsite assessment of timber beams*, International Journal of Architectural Heritage, 2019, Vol. 13, No. 7, 979–991

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

prodotti WP13

UNINA

- 1 Faggiano B., Iovane G. (2022). Linee guida per il progetto di strutture lignee sismoresistenti a telaio pesante. Rapporto di Ricerca RELUIS, 25 p.
- 2 Faggiano B., Sandoli A., Iovane G., Fragiaco M., Bedon C., Gubana A., Ceraldi C., Follesa M., Gattesco N., Giubileo C., Lauriola M.P., Podestà S., Calderoni (2022). *The Italian instructions for the design, execution and control of timber constructions (CNR DT 206 R1/2018)*, Engineering Structures, Volume 253, 2022, 113753
- 3 Faggiano B., Iovane G., Gaspari A., Fournely E., Bouchair A., Landolfo R., Piazza M. (2021). *The Cartis Form for the Seismic Vulnerability Assessment of Timber Large-Span Structures*. BUILDINGS 2021, 11, 45
- 4 Faggiano B., Iovane G., Salzillo D., Mazzolani F. M., Landolfo R. (2021). *Dissipative bracing systems for seismic upgrading of new and existing timber structures*, Int. Journal of Architectural Heritage, Vol. 15-2, p. 289-312
- 5 Faggiano B., Iovane G., Marzo A., Grippa M. R., Calado L., Mazzolani F.M. (2021). *Reinforcement of ancient floors by timber-concrete composite systems with collar connector*. Institution of Civil Engineers ICE – Structures and Buildings, 174(6): 491–503
- 6 Iovane G., Noviello C., Mazzolani F. M., Landolfo R., Faggiano B. (2021). *Beam-to-column joint with steel link for timber structures: system optimization through numerical investigations and design criteria*, Proc. WCTE 2021 World Conference of Timber Engineering, Santiago (Chile), August 24-27, 2021, p. 1299-1304
- 7 Iovane G., Faggiano B. (2021). *Timber beam-to-column joint with steel link: design and mechanical characterization through numerical investigation*, Proc. COMPDYN 2021, 8th ECCOMAS Thematic Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, Streamed from Athens, Greece, 27–30 June 2021
- 8 Calderoni B., Bedon C., Ceraldi C., Faggiano B., Follesa M., Fragiaco M., Gattesco N., Giubileo C., Gubana A., Iovane G., Lauriola M. P., Martinelli E., Pizzo B., Podestà S., Sandoli A. (2019). *The instructions for the design, execution and control of timber construction (CNR-DT 206 R1/2018)*. XVIII Congresso ANIDIS L'ingegneria sismica in Italia, 15-19 Settembre, Ascoli Piceno, PISA University Press, paper SG08-2, p. 1057-1065
- 9 Faggiano B., Iovane G., Salzillo D., Mazzolani F. M., Landolfo R. (2019). *Dissipative bracing systems for seismic upgrading of new and existing timber structures*. Proc. 5th SHATIS, Int. Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures, Guimarães (PT), 25-27 Sept. 2019, p. 1042-1052

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

prodotti WP13

UNIUD

- 1 Faggiano B., Sandoli A., Iovane G., Fragiaco M., Bedon C., Gubana A., Ceraldi C., Follesa M., Gattesco N., Giubileo C., Lauriola M.P., Podestà S., Calderoni B. (2022). *The Italian instructions for the design, execution and control of timber constructions (CNR-DT 206 R1/2018)*, Engineering Structures, Volume 253, 113753
- 2 Gubana A., Tomasi G., Mazelli A., Genero C. (2021). *Linee guida per il calcolo, corredate da esempio risolto, di riferimento per il dimensionamento sismico degli edifici ad uso residenziale del tipo a telaio leggero "platform frame"*. Rapporto di Ricerca RELUIS, 111 p.
- 3 Gubana A., Melotto M. (2021). *Evaluation of timber floor in-plane retrofitting interventions on the seismic response of masonry structures by DEM analysis: a case study*. Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 19, Issue 14, p.6003–6026
- 4 Gubana A., Melotto M. (2021). *Cyclic numerical analyses on wood-based in plane retrofit for existing timber floors*. Structures, Vol. 33, p. 1764-1774
- 5 Gubana A., Melotto M. (2021). *Discrete-element analysis of floor influence on seismic response of masonry structures*. Structures and Buildings, Institution of Civil Engineers ICE – Structures and Buildings 174(5): 1-14
- 6 Gubana A., Melotto M., De Cillia L. (2019). *Long-Term Behavior of Timber to Timber Shear Connections made by Inclined Self-Tapping Screws*. In: (a cura di): Jorge M. Branco Elisa Poletti and Hélder S. Sousa, Proc. 5th SHATiS, Int. Conference Structural Health Assessment of Timber Structures, Guimarães, 25-27 Sept. 2019, p. 457-466
- 7 Gubana A., Melotto M. (2019). *Numerical Models for the non-linear in-plane behaviour of traditional unreinforced and reinforced timber floors*. In: (a cura di): Jorge M. Branco Elisa Poletti and Hélder S. Sousa, Proc. SHATiS'2019, Int. Conference Structural Health Assessment of Timber Structures, Guimarães, 25-27 Sept. 2019, p. 1012-1021
- 8 Calderoni B., Bedon C., Ceraldi C., Faggiano B., Follesa M., Fragiaco M., Gattesco N., Giubileo C., Gubana A., Iovane G., Lauriola M. P., Martinelli E., Pizzo B., Podestà S., Sandoli A. (2019). *The instructions for the design, execution and control of timber construction (CNR-DT 206 R1/2018)*. XVIII Congresso ANIDIS L'ingegneria sismica in Italia, 15-19 Settembre, Ascoli Piceno, PISA University Press, paper SG08-2, p. 1057-1065
- 9 Gubana A., Melotto M. (2018). *Experimental tests on wood-based in-plane strengthening solutions for the seismic retrofit of traditional timber floors*. Construction and Building Materials, vol. 191, p. 290-299

Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica e strutturale

prodotti WP13

UNIVAQ

- 1 Cenci, G., Follesa, M., Rinaldi, V., Casagrande, D., Fragiaco, M. (2022). *Edifici in legno a pannelli massicci - Esempio di calcolo di un edificio a pannelli massicci in zona sismica: Progettazione in bassa, media e alta duttilità*. Rapporto di Ricerca RELUIS, 258 pp.
- 2 Rinaldi, V., Fragiaco, M. (2020). *Edifici in legno a pannelli massicci - Determinazione dei fattori di struttura per la progettazione in zona sismica*. Rapporto di Ricerca RELUIS, 20 pp.
- 3 Bedon, C., Rinaldin, G., Fragiaco, M., Noé, S. (2019). *q-factor estimation for 3D log-house timber buildings via Finite Element analyses*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 116, pp. 215-229
- 4 Bedon, C., Fragiaco, M. (2019). *Numerical analysis of timber-to-timber joints and composite beams with inclined self-tapping screws*. Composite Structures, Vol. 207, pp. 13-28