



Rete dei Laboratori Universitari
di Ingegneria Sismica e Strutturale

Convegno ReLUIS



Progetto DPC_ReLUIS 2022-2024
Esposizione delle attività svolte e prospettive

Roma, 7 novembre 2023

WP 13 - STRUTTURE DI LEGNO – CONTRIBUTI NORMATIVI
prof. Maurizio Piazza

Importanza dei progetti *DPC-ReLUIS* per il comparto delle costruzioni in legno

O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Pubblicata nella G.U. 8 maggio 2003, n. 108

9 EDIFICI CON STRUTTURA IN LEGNO

Le norme relative agli edifici con struttura in legno verranno prodotte successivamente alla emanazione delle corrispondenti norme relative alle combinazioni non sismiche.



Importanza dei progetti *DPC-ReLUI*S per il comparto delle costruzioni in legno

O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Pubblicata nella G.U. 8 maggio 2003, n. 108

9 EDIFICI CON STRUTTURA IN LEGNO

Le norme relative agli edifici con struttura in legno verranno prodotte successivamente alla emanazione delle corrispondenti norme relative alle combinazioni non sismiche.

O.P.C.M. 3431 del 3 maggio 2005

9 EDIFICI CON STRUTTURA IN LEGNO

9.1 Generalità

9.1.1 Campo di applicazione

Le presenti prescrizioni sono da intendere quali integrazioni per le strutture in zona sismica delle regole di pertinenti prescrizioni tecnico - normative italiane, quando disponibili.

→ 5 pagine, di fatto assorbite poi nelle NTC 2008



- Task 1** **Edifici a pannelli massicci (CLT, lamellare, microlamellare)**
- Task 2** **Edifici a telaio leggero**
- Task 3** **Edifici a telaio pesante**
- Task 4** **Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici esistenti**
- Task 5** **Influenza della durabilità sulle prestazioni delle costruzioni in legno**

Referente DPC: *dott. Francesco Giordano*

| UNITÀ RICERCA | RESPONSABILE SCIENTIFICO | UNIVERSITÀ | DIP. | TASK 1 | TASK 2 | TASK 3 | TASK 4 | TASK 5 |
|---------------|---------------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| UNITN | Maurizio Piazza | Università di Trento | DICAM | | | | X | X |
| UNINA | Beatrice Faggiano | Università di Napoli "Federico II" | Di.St. | | | X | X | X |
| UNIUD | Antonino Morassi | Università di Udine | DPIA | | X | | X | |
| UNIVAQ | Massimo Fragiacomò | Università dell'Aquila | CERFIS | X | X | | | |

Progetto DPC-ReLUIIS 2022-2024 Generalità sui contributi normativi dal WP13

Revisione EN1995

Buildings (parte 1-1)

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1995-1-1

September 2023

ICS 91.010.30; 91.080.20

Will supersede EN 1995-1-1:2004

English Version

Eurocode 5 - Design of timber structures - Part 1-1:
General rules and rules for buildings

Execution (parte 3)

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1995-3

September 2023

ICS 91.010.30; 91.080.20

English Version

Eurocode 5 - Design of timber structures - Part 3:
Execution

Revisione finale, disponibilità in Italiano (UNI, 27 aprile 2023)

UNI CEN/TS 19103:2021 - Eurocodice 5: Progettazione delle strutture di legno - Progettazione di strutture composte legno-calcestruzzo - Regole comuni e regole per gli edifici

Progetto DPC-ReLUIIS 2022-2024 Generalità sui contributi normativi dal WP13

Revisione EN1998

Buildings (parte 1-2)

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1998-1-2

September 2023

ICS 91.120.25

Will supersede EN 1998-1:2004

English Version

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake
resistance - Part 1-2: Buildings

Cap. 13 Specific rules for timber buildings

Assessment and retrofitting (parte 3)

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

DRAFT
prEN 1998-3

September 2023

ICS 91.120.25

Will supersede EN 1998-3:2005

English Version

Eurocode 8 - Design of structures for earthquake
resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of
buildings and bridges

Cap. 10 Specific rules for timber buildings

Task 1

Edifici a pannelli massicci (CLT, lamellare, microlamellare)

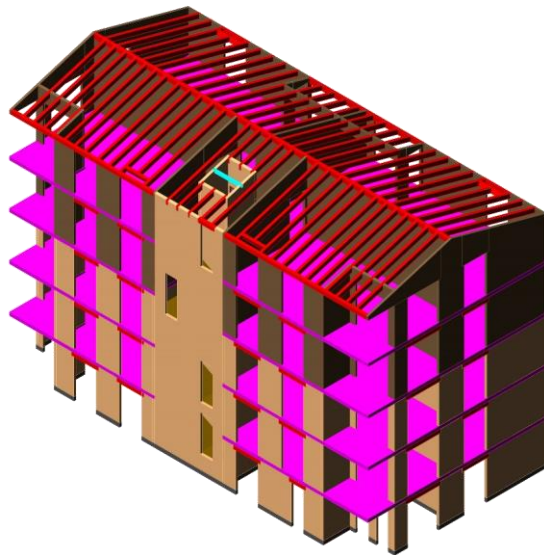


Task 1 – EDIFICI A PANNELLI MASSICCI – UNIVAQ – Responsabile scientifico *Prof. M. Fragiaco*

Membri UR: Prof. M. Fragiaco, Ing. G. Cenci, Dott. M. Follesa, Dott. V. Rinaldi, Dott. D. Casagrande

(1) OBIETTIVI

- Continuare il processo di revisione e aggiornamento della norma prEN 1998-1-2
- Risoluzione di alcune difficoltà per la progettazione in DC3 riscontrate nel triennio 2019-2021 mediante l'introduzione di un metodo di progettazione "semplificato"



DC1 (per $S_d \leq 4m/s^2$)

DC2

DC3

Metodo "rigoroso" → $q=3.20$



Metodo "semplificato" → $q=2.70$

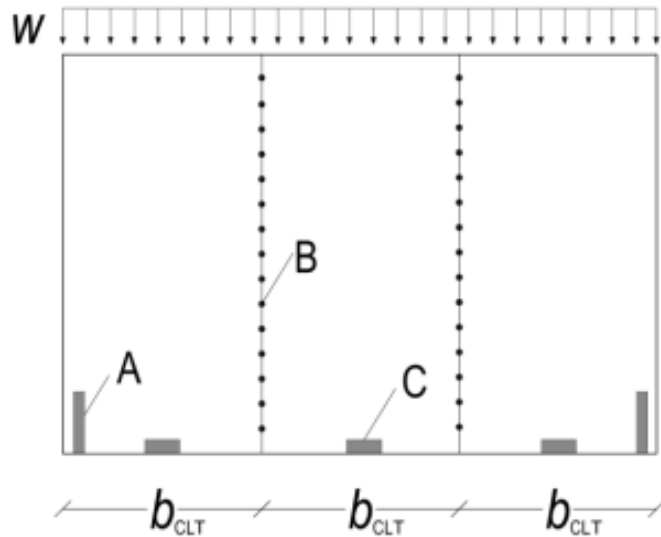
Sono accettate delle semplificazioni per la progettazione in capacità

Task 1 – EDIFICI A PANNELLI MASSICCI – UNIVAQ – Responsabile scientifico Prof. M. Fragiaco

Membri UR: Prof. M. Fragiaco, Ing. G. Cenci, Dott. M. Follesa, Dott. V. Rinaldi, Dott. D. Casagrande



(1) METODOLOGIA



- $M_{Rd,rock} = b_{CLT} \left[F_{Rd,hd} + F_{Rd,c} (m_{lp} - 1) n_{vj} + \frac{N_{Ed}}{2} \right]$

- ~~$\Omega_{d,i} = \min \left(\frac{\sum_{j=1}^{N_i} |M_{Rd,rock,i,j}|}{\sum_{j=1}^{N_i} |M_{Ed,E,i,j}|} \right) \quad \frac{\max(\Omega_{d,i})}{\Omega_d} \leq 1,25$~~

- (7) For each segmented wall, conditions given by Formula (13.12) should be satisfied.

$$F_{Rd,hd} \geq 1,1 F_{Rd,c} \frac{K_{SLS,anc}}{K_{SLS,con}} \quad \text{if } K_{SLS,anc} \geq n K_{SLS,con}$$

$$F_{Rd,hd} \geq \max \left[1,1 F_{Rd,c} \frac{K_{SLS,anc}}{K_{SLS,con}}; 1,1 n_{vj} F_{Rd,c} - \frac{N_{Ed}}{m_{lp}} \right] \quad \text{if } K_{SLS,anc} < n K_{SLS,con} \quad (13.12)$$

- $F_{Rd,s} \geq 1,1 \frac{M_{Rd,rock}}{M_{Ed,E}} F_{Ed,E,s}$

Valore di sovraresistenza: $\Omega_d = 1.1$

- $F_{Rd,b} = k_{mod} \frac{F_{Rk,b}}{\gamma_M} \geq \frac{\gamma_{Rd}}{k_{deg}} \Omega_d F_{Ed,E} + F_{Ed,G}$

Verifica componenti non-dissipative

$q=2.70$ (metodo "semplificato") ≤ 3.20 (metodo "rigoroso")

Task 2

Edifici a telaio leggero

Task 2 – EDIFICI A EDIFICI A TELAIO LEGGERO – UNIUD – Responsabile Scientifico: *prof A. Morassi*

Membri UR: prof. A. Morassi, ing. A. Mazelli

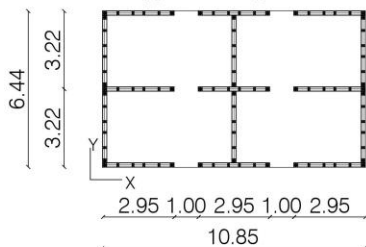
Regular (R) reference building



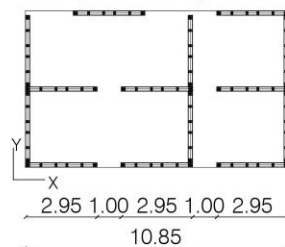
Non-Regular (NR) reference building



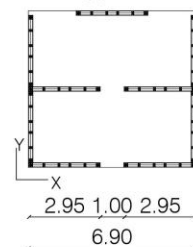
R - typical floor plan



NR - ground floor plan



NR - typical floor plan



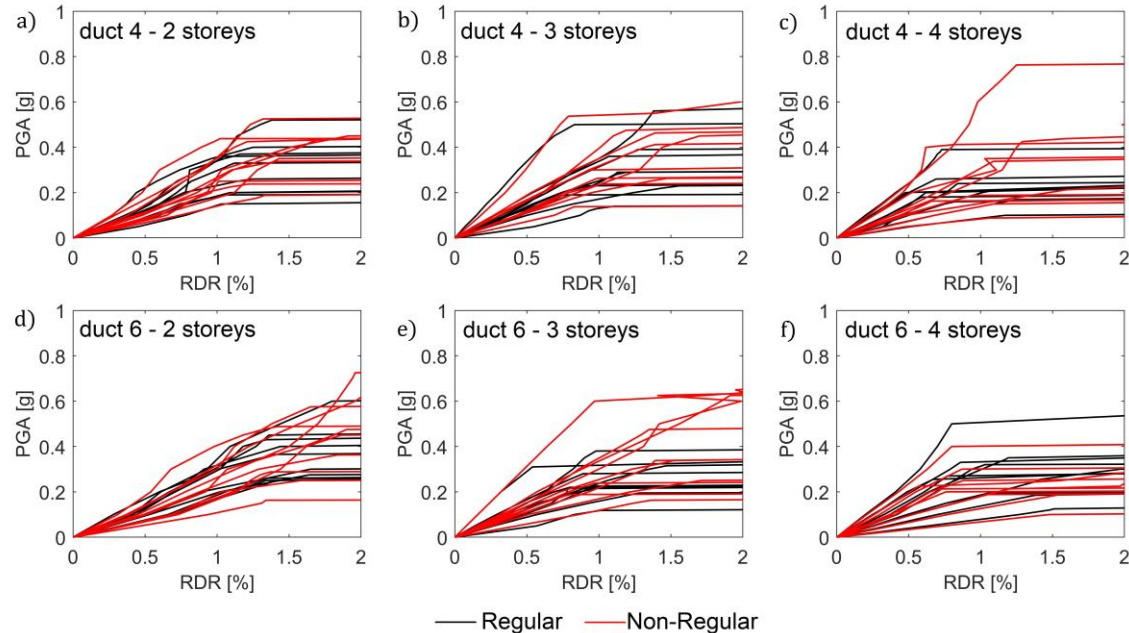
L'unità di ricerca UNIUD sta valutando il fattore di comportamento strutturale q per edifici a telaio leggero mediante *Analisi Dinamiche Incrementali* IDA parametriche.

Sei edifici di riferimento, regolari e non regolari di 2, 3 e 4 piani, sono stati progettati secondo *Eurocodice* e *Capacity Design*, variando la duttilità della connessione pannello-telaio.

Il modello non lineare delle pareti è calibrato grazie a una prova ciclica su una parete a scala reale.

Task 2 – EDIFICI A EDIFICI A TELAIO LEGGERO – UNIUD – Responsabile Scientifico: *prof A. Morassi*

Membri UR: *prof. A. Morassi, ing. A. Mazelli*



| | | q_{μ} | | q_D | | q | |
|----|-------|-----------|------|-------|------|-----|------|
| | | Avg | CoV | Avg | CoV | Avg | CoV |
| R | duct4 | 1.6 | 0.19 | 1.2 | 0.16 | 2.9 | 0.30 |
| | duct6 | 1.8 | 0.23 | 1.2 | 0.14 | 3.4 | 0.29 |
| NR | duct4 | 1.6 | 0.24 | 1.3 | 0.15 | 3.1 | 0.25 |
| | duct6 | 1.8 | 0.29 | 1.3 | 0.15 | 3.5 | 0.31 |

Le analisi IDA sono state condotte con 20 coppie di accelerogrammi e 3 classi di duttilità per la connessione parete-telaio (4-6-8)

I risultati preliminari confermano i valori dei fattori di comportamento per la CD.B.

Il valore di q per la CD.A risulta invece inferiore a quello proposto da NTC18 e attuale EC8.

Nei prossimi mesi è prevista la conclusione delle analisi e la stesura del technical report finale.

I primi risultati sono già stati presentati a conferenze internazionali (WCTE23 e 64th International Conference on VIBROENGINEERING)

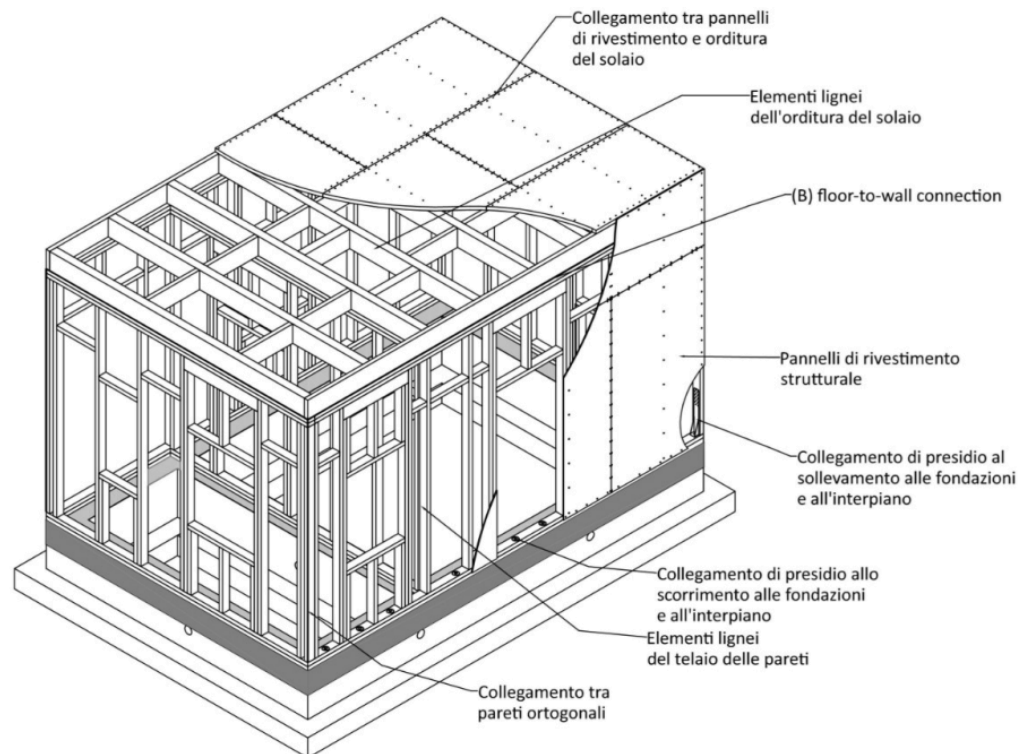
Task 2 – EDIFICI A TELAIO LEGGERO – UNIVAQ – Responsabile scientifico *Prof. M. Fragiacomò*

Membri UR: Prof. M. Fragiacomò, Dott. V. Rinaldi, Dott. D. Casagrande



(1) OBIETTIVI

- Verificare i valori del fattore di comportamento per strutture a telaio leggero in accordo a prEN 1998 per le due classi di duttilità (DC2 e DC3)
- Valutare i relativi contributi parziali q_R e q_D del fattore di comportamento in accordo alla nuova formulazione



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

q_S Componente di sovraresistenza introdotta in fase di progettazione (1.5 per tutti i materiali)

q_R Componente di sovraresistenza dovuta alla redistribuzione dell'azione sismica dovuta all'iperstaticità strutturale

q_D Componente di capacità deformativa e di dissipazione energetica

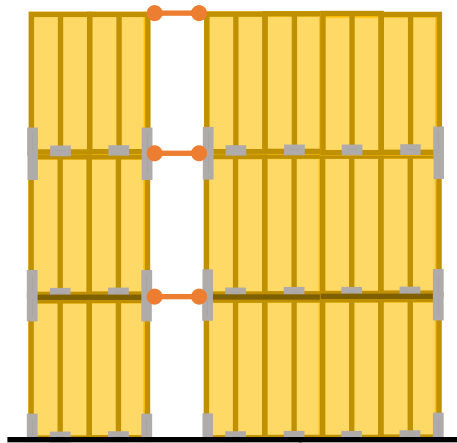
Task 2 – EDIFICI A TELAIO LEGGERO – UNIVAQ – Responsabile scientifico *Prof. M. Fragiacomo*

Membri UR: Prof. M. Fragiacomo, Dott. V. Rinaldi, Dott. D. Casagrande



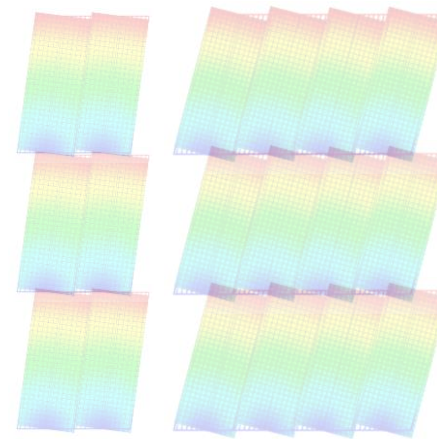
(2) METODOLOGIA

1) Progettazione archetipi strutturali



Progettazione di 384 archetipi strutturali piani (per classe di duttilità) in accordo al prEN 1998-1-2

2) Modellazione e analisi numeriche



Analisi statiche non-lineari

Calcolo dei contributi q_R e q_D
Calcolo duttilità minima connessioni

Analisi dinamiche non-lineari

Verifiche risk-based dei fattori di comportamento

Task 3

Edifici a telaio pesante

Task 2 – EDIFICI A TELAIO PESANTE – UNINA – Responsabile scientifico Prof. B. Faggiano

Membri UR: Dott. G. Iovane

Iovane et al, 2022a - ANIDIS; Faggiano et al, 2016 - WCTE



Seismic-resistant heavy timber frame structures with dissipative steel links

Objectives and achievements

Goals of the research

- Definition of seismic-resistant heavy timber frame structural types;
- Design criteria for dissipative seismic heavy timber frame structures;
- Evaluation of structures seismic performance.

Methodology

- Incremental-static analysis

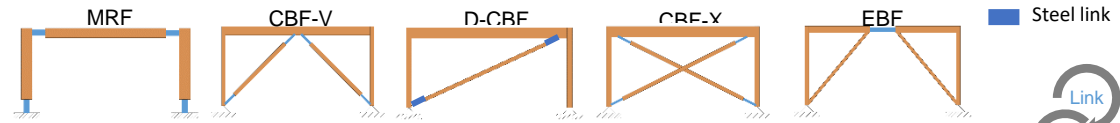
Main issues

- Reduction of structural mass respect to Non-Dissipative structures;
- Reduction of construction costs;
- High dissipative and ductile capacity;
- Re-centering of the structures.

General future improvements

- Cyclic behaviour;
- Non-Linear Dynamic analysis;
- Experimental tests;
- Design rules calibration:
 - Behaviour factor, q_D , for different ductility classes
 - Material overstrength factor, γ_{Rd}
 - Overstrength factor for dissipative elements, Ω

Seismic-resistant heavy timber frame structural types

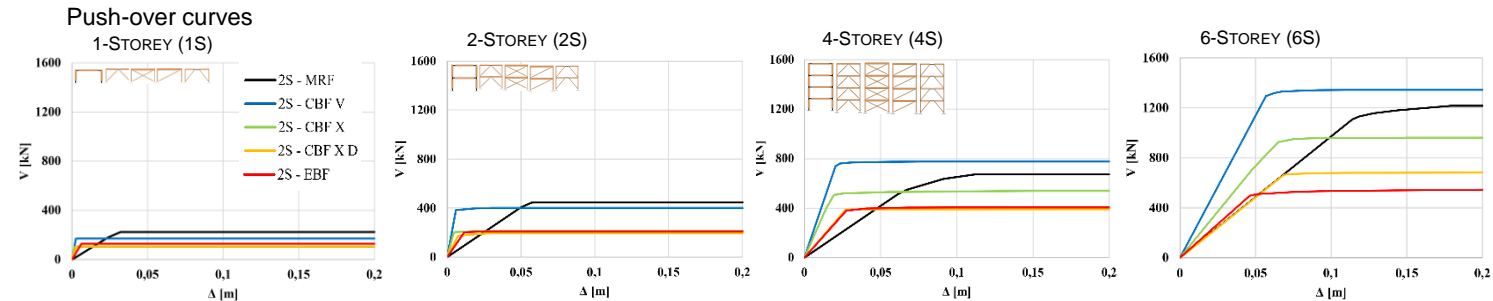


Design criteria: Capacity design

Steel links = dissipative [D] elements

Timber elements and steel connections = non-dissipative [ND] elements

Incremental-static numerical analysis



Mean values of behaviour factors for 1-, 2-, 4- and 6-storeys structures

| | Structural Mass M_D/M_{ND} [%] | Design q_d CD'B' | Evaluated $q_{LifeSafe}$ |
|-----------------|----------------------------------|--------------------|--------------------------|
| MRF | 10-15 | 4 | 5 |
| CBF V π | 6-8 | 2 | 4 |
| CBF V Λ | 6-8 | 2 | 4 |
| CBF X | 29-33 | 4 | 5 |
| CBF X D | 30-36 | 4 | 4 |
| EBF | 30-72 | 4 | 4 |

Task 2 – EDIFICI A TELAIIO PESANTE – UNINA – Responsabile scientifico Prof. B. Faggiano

Membri UR: Dott. G. Iovane

Iovane et al, 2023 - WCTE; Iovane et al, 2021 - WCTE; Iovane et al, 2021 - COMPDYN; Faggiano et al, 2018 - ICNAAM

Joints equipped with dissipative steel links

Objectives and achievements

Goals of the research

- Design criteria proposal;
- Evaluation of the mechanical behaviour of joints.

Methodology

- Numerical analysis;
- Parametric analysis.
- Monotonic experimental test.

Main issues

- Suitability of steel link as dissipative device;

General future improvements

- Extension of the numerical analysis;
- Cyclic experimental test;
- Improvement of the joint details: removable link;
- Focus on bars-to-timber glued connection.

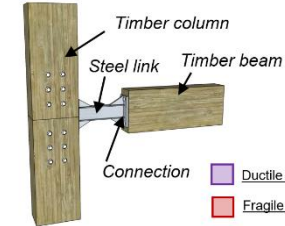
Design criteria for joints equipped with steel links: Capacity design

Steel links = dissipative [D] elements

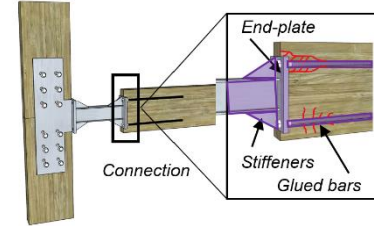
Timber elements and steel connections = non-dissipative [ND] elements

- Macro-components: link; timber elements; connections
- Sub-components: end-plate, bolts, stiffeners, etc. (connection's components)

Macro-components

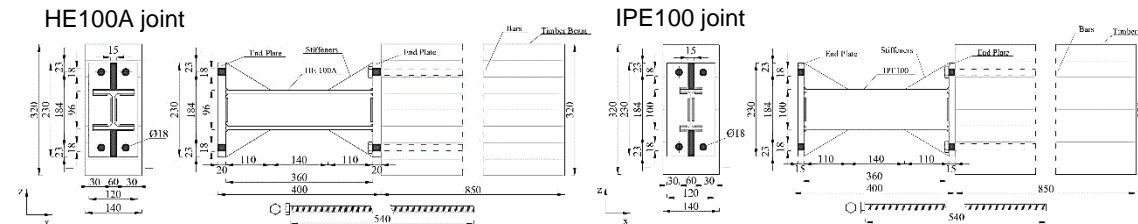


Sub-components (of connection)

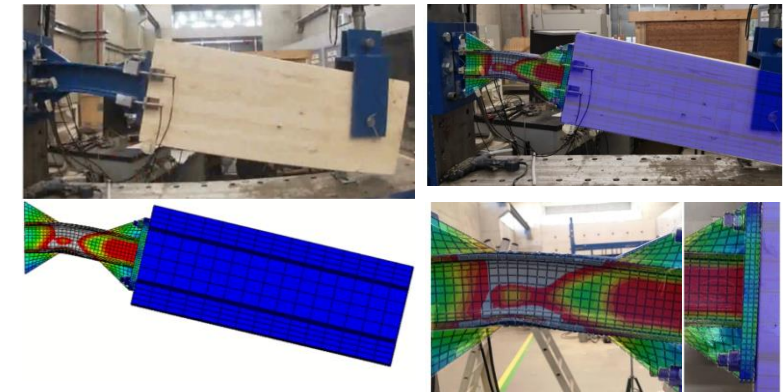
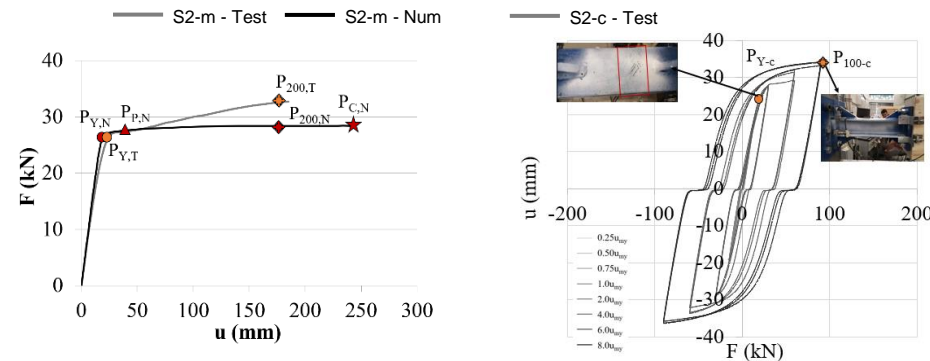


- Ductile collapse modes
- Fragile collapse modes

Monotonic numerical analysis - Monotonic and cyclic experimental tests



Experimental vs numerical F-u curves - HE100A joint



Task 4

Riduzione della vulnerabilità sismica di edifici esistenti

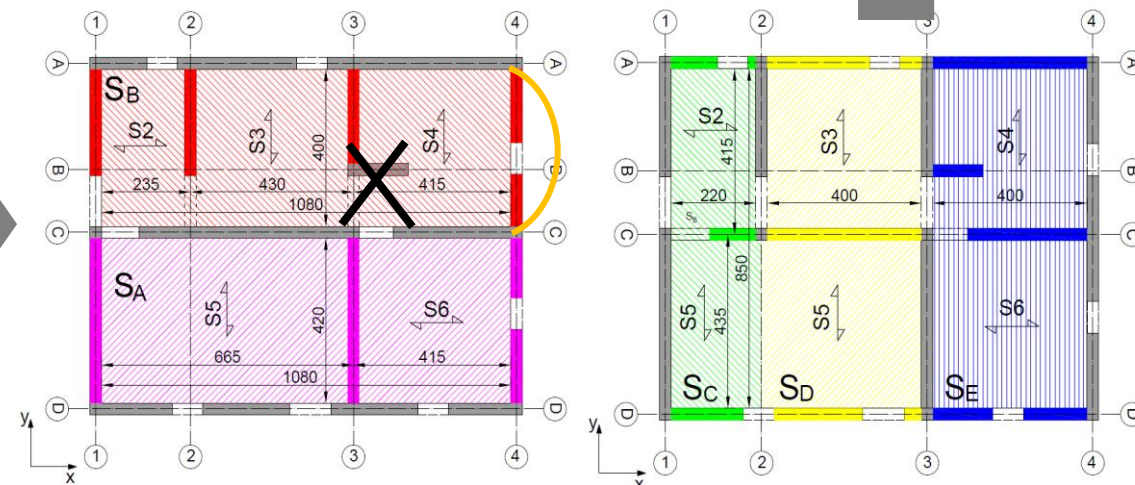
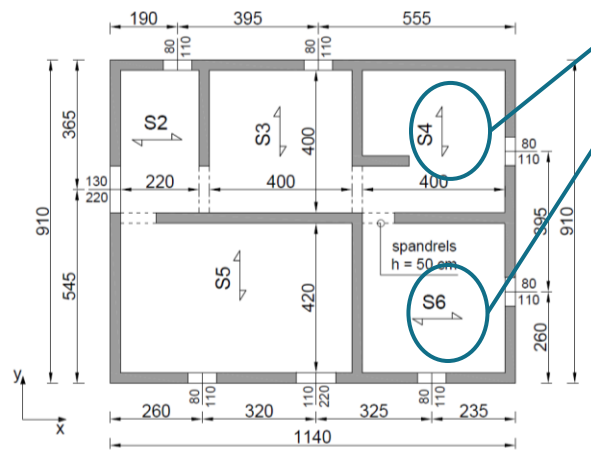
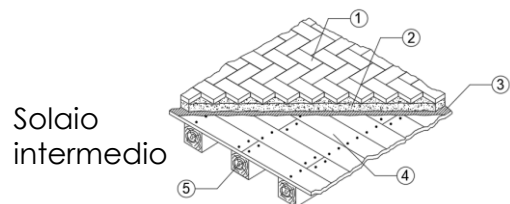
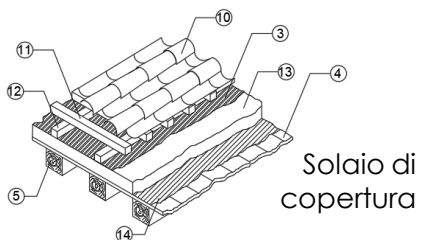
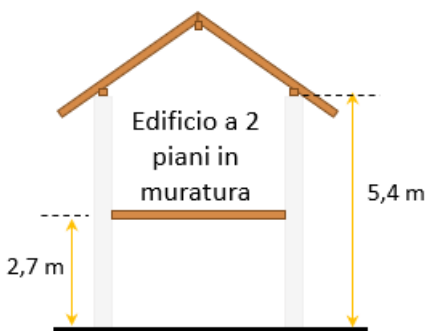
Task 4 – RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA ... – UNITN – Responsabile scientifico Prof. M. Piazza

Membri UR: prof. M. Piazza, prof. I. Giongo, dr. D. Cassol, dr. F. Smiroldo, dr. E. Rizzi, ing. S. Gelmetti

Documento per la valutazione e rinforzo degli orizzontamenti lignei

Aggiornamento del documento "Linee guida" (previsto nel progetto) con applicazione a nuovi casi-studio.

A causa della disposizione delle pareti, i vari campi di solaio (S2 fino S6) hanno orditura differente



| Fl. level | L_a [m] | B [m] | $G_{d,eff}$ [kN/m] | m_{ap} [kg] | T_{ap} [s] | F_a [kN] | Δ_d [mm] |
|-----------|--------------|----------|-----------------------|------------------|-----------------|---------------|--------------------|
| S_A | 4.2 | 10.8 | 233 | 32005 | 0.507 | 60.46 | 30.19 |
| S_B | 4.0 | 10.8 | 264 | 30526 | 0.454 | 57.67 | 24.22 |
| S_C | 2.2 | 8.5 | 206 | 13339 | 0.284 | 70.53 | 26.52 |
| S_D | 4.0 | 8.5 | 118 | 26693 | 0.715 | 50.43 | 60.05 |
| S_E | 4.0 | 8.5 | 214 | 29164 | 0.555 | 55.10 | 36.20 |

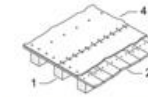
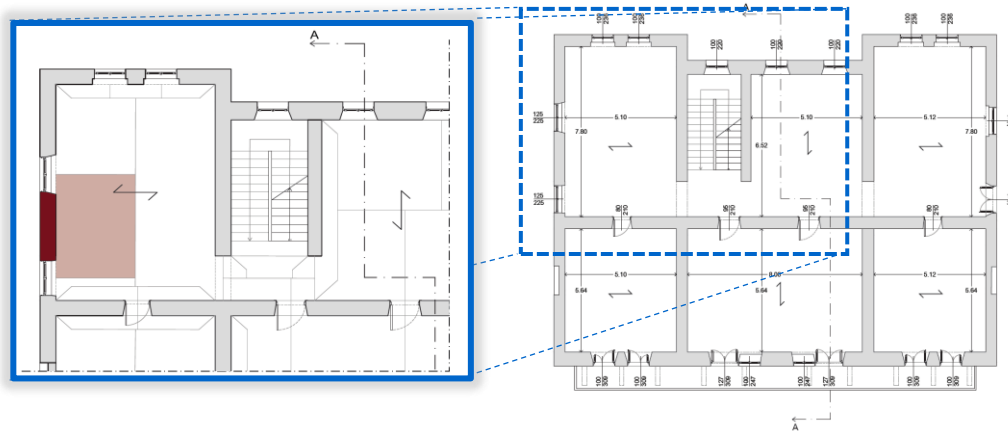
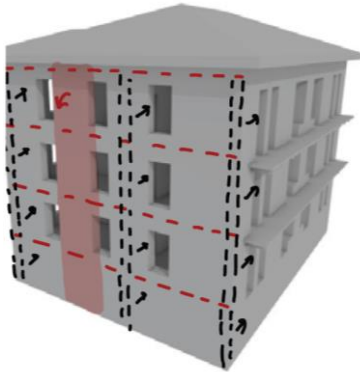
- Diaframmi/solai equivalenti (S_A, S_B, S_C, S_D, S_E)
- Ipotesi di compatibilità delle deformazioni
- Le pareti parallele all'azione del sisma offrono un vincolo "efficace" alla deformazione nel piano (se > 25% lunghezza solaio equivalente)

Task 4 – RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA ... – UNITN – Responsabile scientifico Prof. M. Piazza Membri UR: prof. M. Piazza, prof. I. Giongo, dr. D. Cassol, dr. F. Smiroldo, dr. E. Rizzi, ing. S. Gelmetti

Documento per la valutazione e rinforzo degli orizzontamenti lignei

Aggiornamento del documento "Linee guida" (previsto nel progetto) con applicazione a nuovi casi-studio.

- Nel 3° semestre, UR UNITN ha completato un nuovo esempio completo, basato su un caso studio reale.



| | G_{50} [kN/m] | vRk [kN/m] | dr_{200} [%] |
|-------|-----------------|--------------|----------------|
| $a0$ | 1800 | 25 | 1,2 |
| $a90$ | 2400 | 25 | 1,2 |

| Solaio | T_s [s] | S_u | F_s [kN] | Δ_u [mm] | dr [%] |
|----------|-----------|-------|------------|-----------------|----------|
| S_u | 0,379 | 0,67 | 287,69 | 40,4 | 1,43 |
| S_{90} | 0,511 | 0,56 | 87,80 | 61,4 | 1,88 |
| S_c | 0,472 | 0,60 | 191,07 | 56,7 | 1,74 |
| S_p | 0,321 | 0,66 | 187,28 | 28,7 | 1,13 |
| S_l | 0,441 | 0,63 | 205,53 | 52,0 | 2,04 |
| S_r | 0,322 | 0,66 | 187,40 | 28,9 | 1,13 |

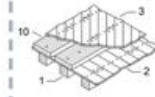
| Solaio | Δ_u [mm] | dr [%] | dr_{200} [%] | dr/dr_{200} | Verifica |
|----------|-----------------|----------|----------------|---------------|----------|
| S_u | 40,4 | 1,43 | 1,20 | 1,19 | non ver |
| S_{90} | 61,4 | 1,88 | 1,20 | 1,57 | non ver |
| S_c | 56,7 | 1,74 | 1,20 | 1,45 | non ver |
| S_p | 28,7 | 1,13 | 1,20 | 0,94 | ver |
| S_l | 52,0 | 2,04 | 1,20 | 1,70 | non ver |
| S_r | 28,9 | 1,13 | 1,20 | 0,94 | ver |

| Campo | G_{50} [kN/m] | F_a [kN] | vEd [kN/m] | vRk [kN/m] | vRd [kN/m] | vEd/vRd | Verifica |
|-------|-----------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|
| S_1 | 1800 | 64,71 | 6,34 | 25,00 | 17,50 | 0,36 | ver |
| S_2 | 2400 | 135,34 | 8,46 | 25,00 | 17,50 | 0,48 | ver |
| S_3 | 1800 | 64,96 | 6,34 | 25,00 | 17,50 | 0,36 | ver |
| S_4 | 1800 | 73,04 | 7,16 | 25,00 | 17,50 | 0,41 | ver |
| S_5 | 2400 | 114,88 | 11,26 | 25,00 | 17,50 | 0,64 | ver |
| S_6 | 1800 | 86,50 | 8,45 | 25,00 | 17,50 | 0,48 | ver |

| Campo | G_{50} [kN/m] | F_a [kN] | vEd [kN/m] | vRk [kN/m] | vRd [kN/m] | vEd/vRd | Verifica |
|-------|-----------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|
| S_1 | 2400 | 70,59 | 6,26 | 25,00 | 17,50 | 0,36 | ver |
| S_2 | 1800 | 96,26 | 8,53 | 25,00 | 17,50 | 0,49 | ver |
| S_3 | 2400 | 70,68 | 6,27 | 25,00 | 17,50 | 0,36 | ver |
| S_4 | 2400 | 97,63 | 6,26 | 25,00 | 17,50 | 0,36 | ver |
| S_5 | 1800 | 111,27 | 8,53 | 25,00 | 17,50 | 0,49 | ver |
| S_6 | 2400 | 97,75 | 6,27 | 25,00 | 17,50 | 0,36 | ver |

RINFORZO CON PANNELLI IN LEGNO DI BASSO SPESSORE

Confronto tra soluzioni di rinforzo



| | G_{50} [kN/m] | vRk [kN/m] | dr_{200} [%] |
|-------|-----------------|--------------|----------------|
| $a0$ | 3000 | 30 | 1,5 |
| $a90$ | 3800 | 40 | 1,5 |

| Solaio | T_s [s] | S_u | F_s [kN] | Δ_u [mm] | dr [%] |
|----------|-----------|-------|------------|-----------------|----------|
| S_u | 0,297 | 0,65 | 279,28 | 24,2 | 0,86 |
| S_{90} | 0,408 | 0,66 | 103,58 | 46,1 | 1,41 |
| S_c | 0,372 | 0,67 | 212,11 | 39,1 | 1,20 |
| S_p | 0,255 | 0,61 | 173,25 | 16,8 | 0,66 |
| S_l | 0,342 | 0,67 | 216,92 | 33,0 | 1,29 |
| S_r | 0,256 | 0,61 | 173,48 | 16,9 | 0,66 |

| Solaio | Δ_u [mm] | dr [%] | dr_{200} [%] | dr/dr_{200} | Verifica |
|----------|-----------------|----------|----------------|---------------|----------|
| S_u | 24,2 | 0,86 | 1,50 | 0,57 | ver |
| S_{90} | 46,1 | 1,41 | 1,50 | 0,94 | ver |
| S_c | 39,1 | 1,20 | 1,50 | 0,80 | ver |
| S_p | 16,8 | 0,66 | 1,50 | 0,44 | ver |
| S_l | 33,0 | 1,29 | 1,50 | 0,86 | ver |
| S_r | 16,9 | 0,66 | 1,50 | 0,44 | ver |

| Campo | G_{50} [kN/m] | F_a [kN] | vEd [kN/m] | vRk [kN/m] | vRd [kN/m] | vEd/vRd | Verifica |
|-------|-----------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|
| S_1 | 3000 | 66,42 | 6,51 | 30,00 | 21,00 | 0,31 | ver |
| S_2 | 3800 | 131,97 | 8,25 | 40,00 | 28,00 | 0,29 | ver |
| S_3 | 3000 | 66,68 | 6,51 | 30,00 | 21,00 | 0,31 | ver |
| S_4 | 3000 | 76,89 | 7,54 | 30,00 | 21,00 | 0,36 | ver |
| S_5 | 3800 | 112,34 | 11,01 | 40,00 | 28,00 | 0,39 | ver |
| S_6 | 3000 | 89,04 | 8,70 | 30,00 | 21,00 | 0,41 | ver |

| Campo | G_{50} [kN/m] | F_a [kN] | vEd [kN/m] | vRk [kN/m] | vRd [kN/m] | vEd/vRd | Verifica |
|-------|-----------------|------------|--------------|--------------|--------------|-----------|----------|
| S_1 | 3800 | 70,59 | 6,26 | 40,00 | 28,00 | 0,22 | ver |
| S_2 | 3000 | 96,26 | 8,53 | 30,00 | 21,00 | 0,41 | ver |
| S_3 | 3800 | 70,68 | 6,27 | 40,00 | 28,00 | 0,22 | ver |
| S_4 | 3800 | 97,63 | 6,26 | 40,00 | 28,00 | 0,22 | ver |
| S_5 | 3000 | 111,27 | 8,53 | 30,00 | 21,00 | 0,41 | ver |
| S_6 | 3800 | 97,75 | 6,27 | 40,00 | 28,00 | 0,22 | ver |

RINFORZO CON TAVOLONI E TAVOLATO DIAGONALE

Task 4 – Riduzione della vulnerabilità sismica ... – UNINA – Responsabile scientifico Prof. B. Faggiano

Membri UR: Dott. G. Iovane

Faggiano et al, 2020 - ICE; 2018 - IJAH; 2012 - SACH; 2011 - ANIDIS; 2009 - JCEM; C&S; 2007 - JCEM; Mazzolani et al, 2010 - PROHITECH; Marzo et al, 2010 - WCTE



Steel collar connection for composite timber-concrete floors

Objectives and achievements

Goals of the research

- Design criteria proposal;
- Evaluation of the mechanical behaviour of the connection

Methodology

- Analytical elaboration;
- Monotonic numerical analysis.

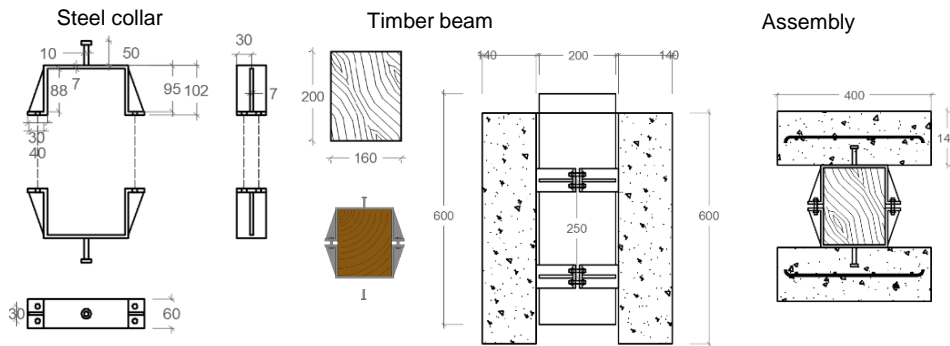
Main issues

- Suitability of steel collar for composite timber-concrete system

General future improvements

- Extension of the numerical analysis;
- Cyclic experimental test;
- Improvement of the collar system details;
- Robustness design.

Steel collar connection for composite timber-concrete floors



Design criteria : Capacity design

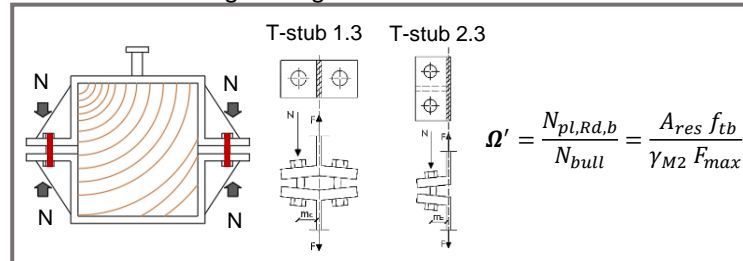


Overstrengthened components Weak element Overstrengthened components

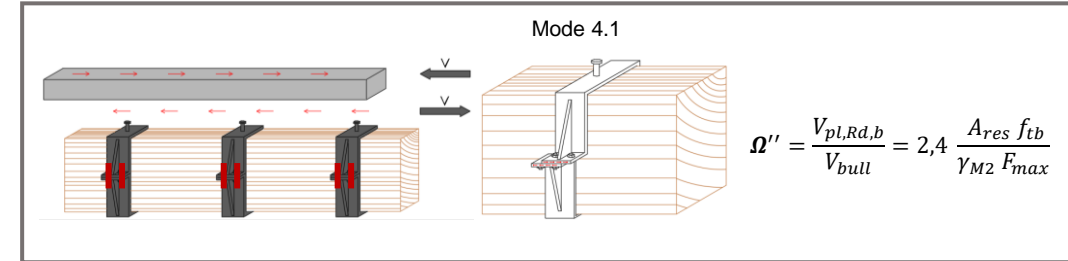
Design forces $S_{Ed,\Omega} = S_{Ed} \gamma'_{Rd} \gamma_{Rd} \Omega_{max}$

Overstrenght factor $\Omega_{max} = \Omega''; \Omega'$

Phase 1: Bolts tightening – Bolts in tension



Phase 2: Service condition – Bolts in shear



Task 4 – Riduzione della vulnerabilità sismica ... – UNINA – Responsabile scientifico Prof. B. Faggiano

Membri UR: Dott. G. Iovane

Iovane et al, 2022b - ANIDIS



Timber-based systems for retrofitting of existing structures

Objectives and achievements

Goals of the research

- Definition of timber-based systems for the structural and energetic retrofitting of existing concrete and masonry constructions;
- Design rules proposal;
- Evaluation of overall integrated systems performance.

Methodology

- Numerical analysis.

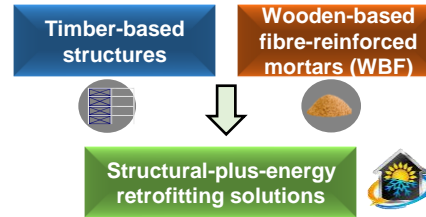
Main issues

- Suitability of timber-based systems for retrofitting of existing structures

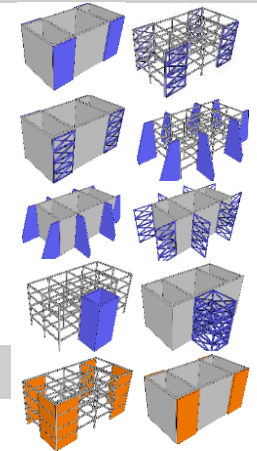
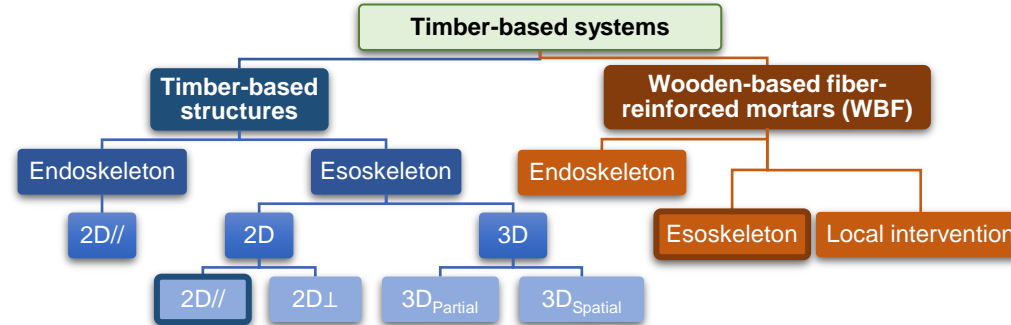
General future improvements

- Extension of numerical investigations
- Experimental tests
- Guidelines for the design of timber-based system for retrofitting of existing buildings.

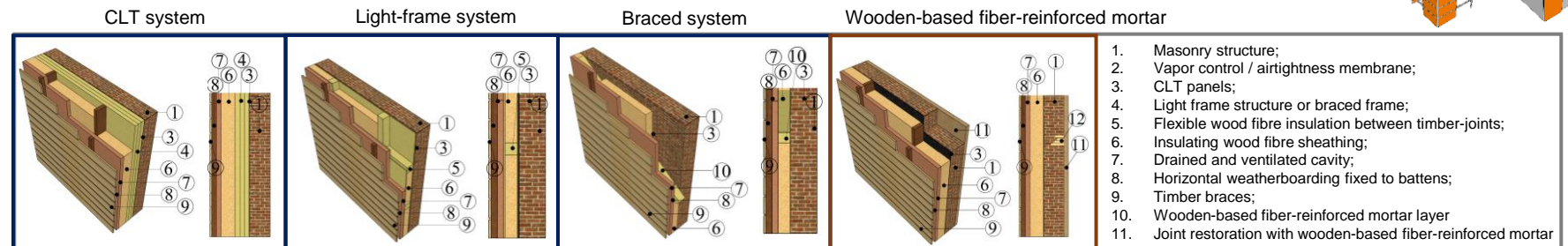
Seismic retrofit strategy



Integrated Structural-energy retrofitting solutions

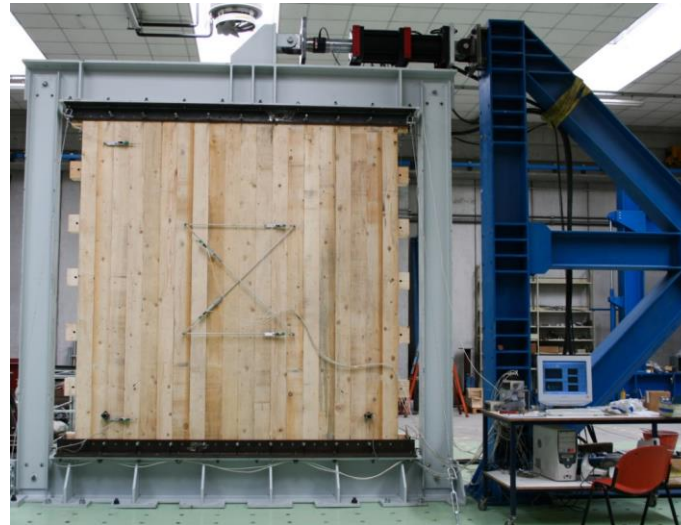
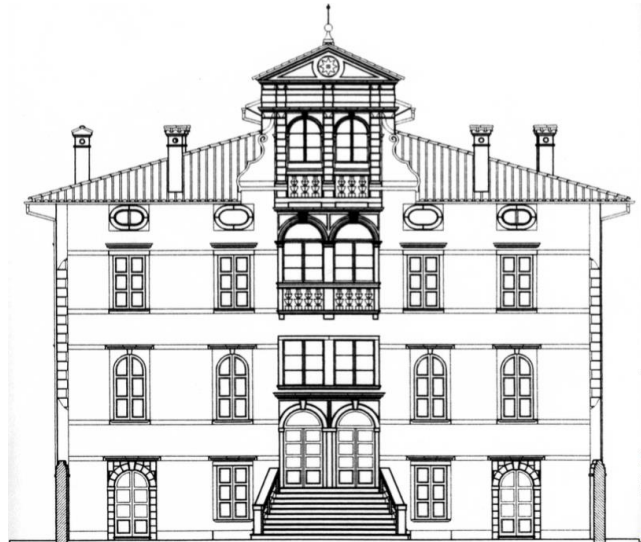


Structural-plus-energy retrofitting solutions



Task 4 – RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA ... – UNIUD – Responsabile scientifico *Prof. A. Morassi*

Membri UR: prof. A. Morassi, ing. A. Mazelli



Interventi di rinforzo di solai esistenti in legno

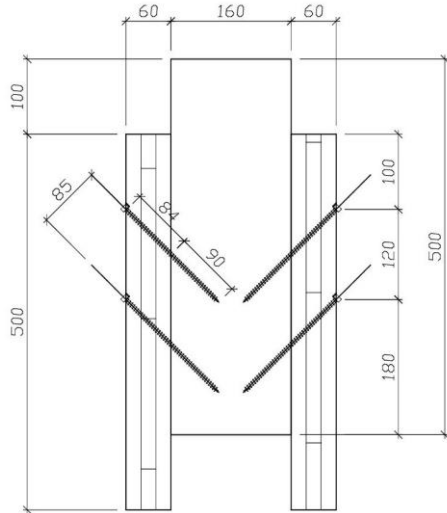
È stato predisposto un caso studio reale su cui valutare l'efficacia dei solai irrigiditi con pannelli OSB o CLT. L'obiettivo è fornire un esempio con modellazioni semplificate utili anche per la pratica professionale. Sono considerate più tipologie di rinforzo.

Sono in corso le analisi non lineari. È prevista la stesura di un technical report a conclusione del lavoro.

| ID | Tipo di rinforzo | Connettori | Rigidezza G_{10-40} [kN/mm] |
|----------|------------------|---------------------|-------------------------------|
| TF-UR-G | Non rinforzato | | 0.06 |
| TF-UR-NG | Non rinforzato | | 0.29 |
| TF-OSB-R | Pannelli OSB | Chiodi | 1.80 |
| TF-OSB-S | Pannelli OSB | Viti autofilettanti | 2.09 |
| TF-CLT-S | Pannelli CLT | Viti autofilettanti | 1.00 |

Task 4 – RIDUZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA ... – UNIUD – Responsabile scientifico *Prof. A. Morassi*

Membri UR: prof. A. Morassi, ing. A. Mazelli



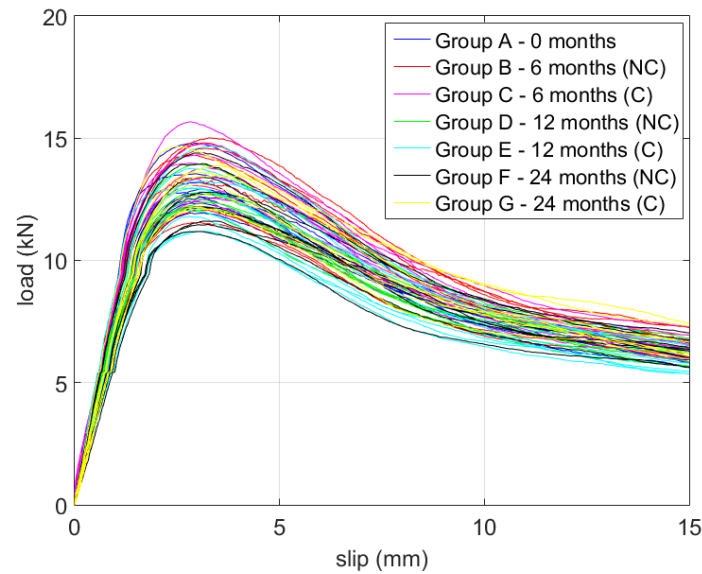
Valutazione del comportamento a lungo termine di connessioni legno-legno con viti

Connessioni CLT-GL-CLT con viti autofilettanti a 45° (9 provini per ognuno dei 7 gruppi) sono state testate a tempo differente.

I gruppi sono stati conservati metà in ambiente controllato e metà in ambiente non controllato, e testati appena realizzati e dopo 6, 12 e 24 mesi.

La campagna sperimentale è conclusa ed è in fase di elaborazione un report riassuntivo dei risultati ottenuti.

I risultati dei test sono stati presentati al WCTE23.



Task 5

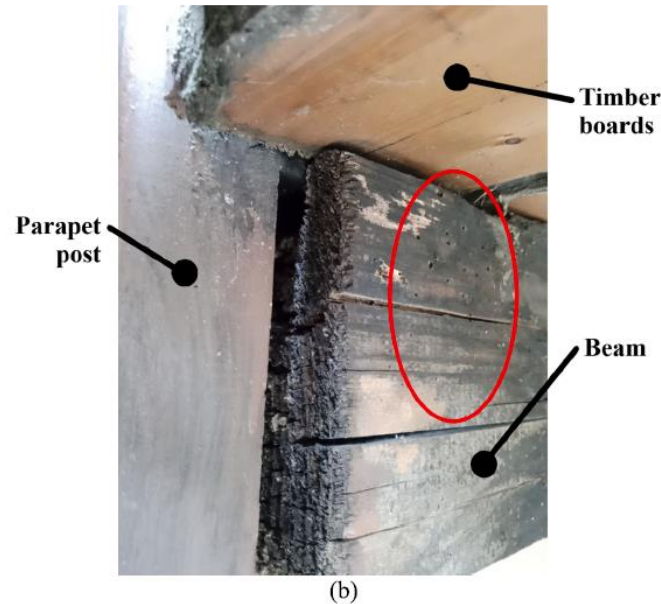
Influenza della durabilità sulle prestazioni delle costruzioni in legno

Task 5 – INFLUENZA DELLA DURABILITÀ SULLE PRESTAZIONI ... – UNITN – Responsabile scientifico Prof. M. Piazza

Membri UR: prof. M. Piazza, prof. I. Giongo, dr. A. Gaspari, ing. S. Gianordoli

Modelli predittivi per la durabilità delle strutture in legno

Sviluppo e calibrazione di modelli predittivi per la durabilità delle strutture in legno. Linee guida per la progettazione dei dettagli strutturali. La carenza di linee guida specifiche ha spesso comportato il verificarsi di situazioni a rischio.



INSPECTION OF TIMBER BALCONIES - FORM A

PART I: GENERAL INFORMATION

NOTE: before starting the activity check safety requirements and dotations.

DATE: .../.../... OPERATOR (name, surname)

BUILDING ADDRESS: street/square n. municipality

STRUCTURAL TYPOLOGY reinforced concrete timber masonry other:

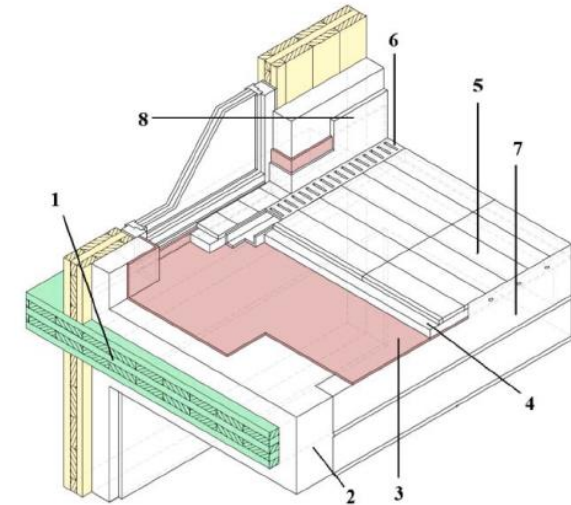
N. FLOORS ABOVE GROUND BUILDING IN USE yes no partially

WALL EXTERNAL INSULATION yes no INSULATION TYPOLOGY (if known):

EXTERNAL FINISHING plaster stone bricks other:

LAST RETROFIT (YEARS) <10 10 + 30 >30 unknown

ROOF TYPOLOGY sloped flat other:



1. CLT panel (main timber structural element, in green)
2. Insulation
3. Waterproof sheath
4. Drainage mat

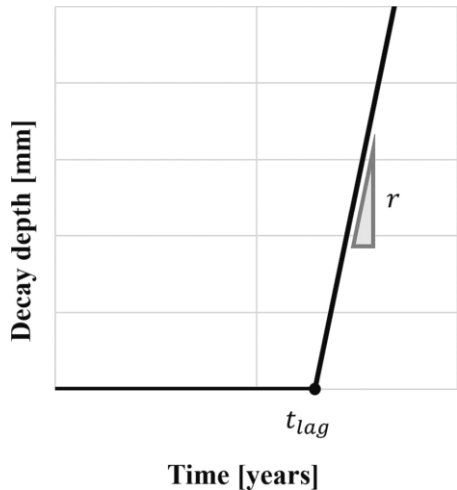
5. Upper finishing
6. Drain
7. Flashing
8. Wall finishing

Task 5 – INFLUENZA DELLA DURABILITÀ SULLE PRESTAZIONI ... – UNITN – Responsabile scientifico Prof. M. Piazza

Membri UR: prof. M. Piazza, prof. I. Giongo, dr. A. Gaspari, ing. S. Gianordoli

Modelli predittivi per la durabilità delle strutture in legno

Sviluppo e calibrazione di modelli predittivi per la durabilità delle strutture in legno. Linee guida per la progettazione dei dettagli strutturali. La carenza di linee guida specifiche, infatti, ha spesso comportato il verificarsi di situazioni a volte solo spiacevoli, a volte pericolose.

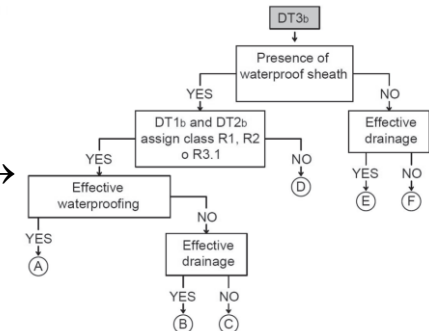
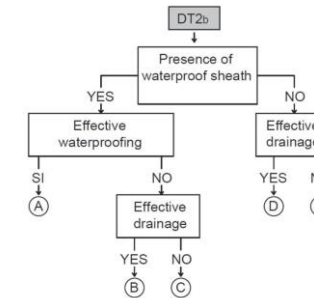
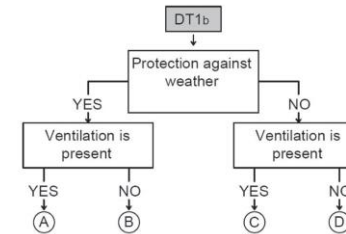


Funzione di predizione del degrado

$$t_{lag} = 8.5 \cdot r^{-0.85}$$

$$r = k_{wood} k_{wetness} k_p k_t k_w k_n k_g$$

Velocità di degrado



Applicazione di alberi decisionali →

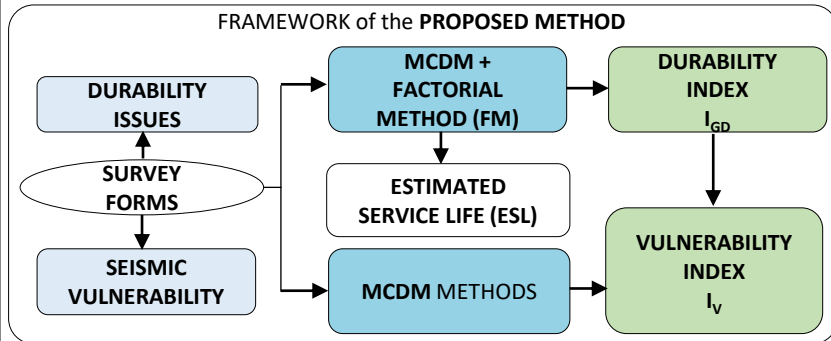


Task 5 – INFLUENZA DELLA DURABILITÀ SULLE PRESTAZIONI ... – UNINA – Responsabile scientifico Prof. B. Faggiano

Membri UR: Dott. G. Iovane, Ing. D. Marranzini

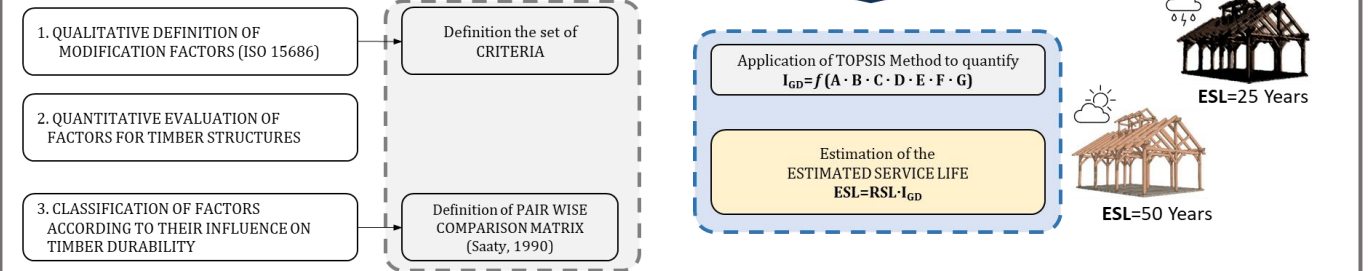


VULNERABILITY ASSESSMENT FOR SEISMIC AND ENVIRONMENTAL ACTIONS



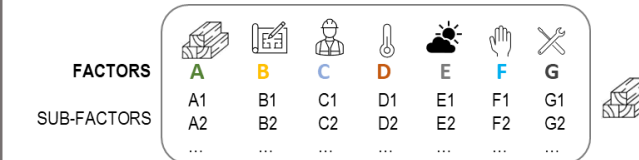
METHOD FOR ESTIMATED SERVICE LIFE (ESL) AND DURABILITY INDEX (I_{GD}) ASSESSMENT

Framework of the method



Main contributions

1. Qualitative definition of modification factors (iso 15686) for the durability of timber structures

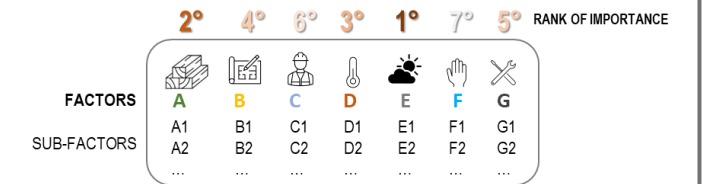


| Factor | Sub-Factor (criterion) | |
|-----------------------|------------------------|------------------------|
| A | A1 | Type of timber product |
| | A2 | Presence of sapwood |
| | A3 | State of conservation |
| Quality of components | ... | |
| ... | | |

2. Quantitative evaluation of factors for timber structures

| Factor | Sub-Factor | Value |
|--------|------------|----------|
| E1 | A | 500 day |
| | B | 750 day |
| | C | 1150 day |
| | D | 1750 day |
| | E | 2550 day |
| | F | 3500 day |

3. Classification of factors according to the influence on timber durability



QUICK LEVEL METHOD FOR SEISMIC VULNERABILITY ASSESSMENT

Framework of the method

- Definition of **vulnerability criteria** and weight
- Application of the survey form to the buildings for acquiring data
- Definition of the decision matrix and normalization
- Determination of the ideal solutions (less and most vulnerable buildings)
- Calculation of the Euclidean distance (**Vulnerability index I_v**)

Main contributions

Vulnerability criteria for large span timber buildings

| Designations | Elements (criteria) | Classification 1 | Classification 2 | Classification 3 |
|--------------|--|------------------|------------------|------------------|
| S1 | Compact and symmetrical plan | 1 | 5 | 1 |
| S2 | Ratio of the largest to the smallest side < 4 | 1 | 5 | 1 |
| S3 | Plants that do not exceed 5% of the total area | 1 | 5 | 1 |
| S4 | External wall evenly and symmetrically distributed | 1 | 5 | 1 |
| S5 | No eccentric core or blocks | 1 | 5 | 1 |

Weighting according to Saaty method (1980)

| A | S1 | S2 | S3 | S4 | ... | S29 | S30 | S31 | S32 | Mgi | wj |
|-----|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|
| S1 | 1 | 1 | 1 | 1 | ... | 13 | 13 | 13 | 14 | 4,209 | 0,074 |
| S2 | 1 | 1 | 1 | 1 | ... | 13 | 13 | 13 | 14 | 4,209 | 0,074 |
| S3 | 1 | 1 | 1 | 1 | ... | 13 | 13 | 13 | 14 | 4,209 | 0,074 |
| S4 | 1 | 1 | 1 | 1 | ... | 13 | 13 | 13 | 14 | 4,209 | 0,074 |
| ... | ... | ... | ... | ... | 1 | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| S29 | 1/13 | 1/13 | 1/13 | 1/13 | ... | 1 | 3 | 3 | 3 | 0,180 | 0,003 |
| S30 | 1/13 | 1/13 | 1/13 | 1/13 | ... | 1/3 | 1 | 3 | 3 | 0,168 | 0,003 |
| S31 | 1/13 | 1/13 | 1/13 | 1/13 | ... | 1/3 | 1/3 | 1 | 3 | 0,157 | 0,003 |
| S32 | 1/14 | 1/14 | 1/14 | 1/14 | ... | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1 | 0,133 | 0,002 |

Task 5 – INFLUENZA DELLA DURABILITÀ SULLE PRESTAZIONI ... – UNINA – Responsabile scientifico Prof. B. Faggiano

Membri UR: Dott. G. Iovane, Ing. D. Marranzini



DEVELOPMENT OF A SURVEY FORM AND MANUAL TO SUPPORT THE DIAGNOSIS OF TIMBER DECAY PHENOMENA

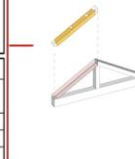
Survey form (Faggiano et al., 2022, SHATIS22)

Description of the survey-form: Section E

Section E: Decay effects identification

| | | |
|--|--|--|
| E1) Colour | E2) Aspect to the touch | E3) Superficial aspect |
| <input type="checkbox"/> Dark <input type="checkbox"/> White - yellow <input type="checkbox"/> Light blue <input type="checkbox"/> No colour alteration <input type="checkbox"/> Others | <input type="checkbox"/> Dusty <input type="checkbox"/> Fluffy <input type="checkbox"/> Buttery <input type="checkbox"/> Wet <input type="checkbox"/> Soft <input type="checkbox"/> Others | <input type="checkbox"/> Presence of stripes <input type="checkbox"/> Presence of cracks <input type="checkbox"/> Presence of exfoliation <input type="checkbox"/> Thin intact layer <input type="checkbox"/> Others |
| E4) Cracks | E5) Presence of holes | E6) Presence of galleries |
| <input type="checkbox"/> Longitudinal cracks <input type="checkbox"/> Transversal cracks <input type="checkbox"/> Superficial cracks 1-3 mm <input type="checkbox"/> Deep cracks >4 mm <input type="checkbox"/> Others | <input type="checkbox"/> Circular shape <input type="checkbox"/> Oval shape <input type="checkbox"/> 1-2 mm <input type="checkbox"/> 3-5 mm <input type="checkbox"/> > 5 mm <input type="checkbox"/> Others | <input type="checkbox"/> Visible galleries <input type="checkbox"/> Not visible galleries <input type="checkbox"/> Shape of galleries <input type="checkbox"/> Circular <input type="checkbox"/> Oval <input type="checkbox"/> Others |
| E7) Extent of damage | | |
| E7_a) Tools for diagnostic | | |
| <input type="checkbox"/> Core extracting tool <input type="checkbox"/> Resistance drilling tool <input type="checkbox"/> Penetration tool <input type="checkbox"/> Other | | |
| E7_b) Location | | |
| <input type="checkbox"/> End zone <input type="checkbox"/> Middle zone <input type="checkbox"/> Whole member | | |
| E8) Other aspects | | |
| <input type="checkbox"/> Presence of beetles <input type="checkbox"/> Presence of mold <input type="checkbox"/> Other | | |
| <input type="checkbox"/> Presence of timber residuals <input type="checkbox"/> Mold smell | | |
| <input type="checkbox"/> Presence of excrement <input type="checkbox"/> Gnawing noise | | |
| Other | | |
| E9) Presence of existing treatments | | |
| <input type="checkbox"/> Not recognizable <input type="checkbox"/> Other | | |
| <input type="checkbox"/> Superficial treatment <input type="checkbox"/> Deep treatment | | |
| E10) Moisture content (M.C.) | | |
| <input type="checkbox"/> M.C < 20% <input type="checkbox"/> 20% < M.C < 30% <input type="checkbox"/> M.C > 30% | | |

E) Decay effects identification



E1) Colour

E2) Aspect to the touch

E3) Superficial aspect

E4) Cracks

E5) Holes

E6) Galleries

Manual for diagnosing of timber decay phenomena

Attacco biotico: Insetti xilofagi - coleotteri

AGENTE: Cerambycidae - *Hylotrupes bajulus*, anche detto il capricorno delle case

DESCRIZIONE ANOMALIA: Tali insetti possono raggiungere un centimetro di diametro e sono i più pericolosi e presentano:

- fori sulla superficie del legno, da 8 a 10 mm, di forma ovale;
- gallerie che si estendono verso la periferia del manufatto, protette da una pellicola sottile di legno, pareti striate;
- escrementi di colore beige molto chiaro, a forma di piccole botti da 0,8 mm di lunghezza;
- lieve rumore di "rosicchiamento"

ESTENSIONE ANOMALIA: Su tutti gli elementi.

DECADIMENTO PRESTAZIONALE: Perdita di prestazioni meccaniche.

RIMEDI: Creare un ambiente sfavorevole alla proliferazione di questi insetti, come:

- Temperature elevate che causano la morte delle larve;
- Trattamenti preservanti per impregnazione;
- Trattamenti preservanti superficiali contenenti Permetrina o Sali di boro;
- Trattamenti con gas tossici, fumigazione.

CAUSE INDIVIDUABILI:

- strutture lignee in particolare in legno di conifera;
- temperatura dell'ambiente ideale per il suo sviluppo durante lo stato di larva compreso tra 28°C e 30°C;
- legno "arccente", meno di novanta anni, perché ricco di sostanze azotate.

NOTE: Preferire legno privo di fessure se trattato solo superficialmente.

Attacco Biotico: Insetti

Attacco da Anobiidi (*polligum.it*)

SPECIE LEGNOSE PIÙ VULNERABILI: Sono specie non molto frequenti in Italia, preferiscono legname di latifolia, ma attaccano anche conifere se a stretto contatto con latifoglie infestate. Prevalentemente è sempre associato ad un attacco da Funghi

DECADIMENTO PRESTAZIONALE: Perdita di prestazioni meccaniche.

RIMEDI: Creare un ambiente sfavorevole alla proliferazione di questi insetti, come:

- Temperature elevate che causano la morte delle larve;
- Trattamenti preservanti per impregnazione;
- Trattamenti preservanti superficiali contenenti Permetrina o Sali di boro;
- Trattamenti con gas tossici, fumigazione.

CAUSE INDIVIDUABILI:

- strutture lignee in particolare in legno di latifolia;
- temperatura dell'ambiente ideale per il suo sviluppo durante lo stato di larva compreso tra 10°C e 32°C;
- Vicinanza a elementi già infestati;

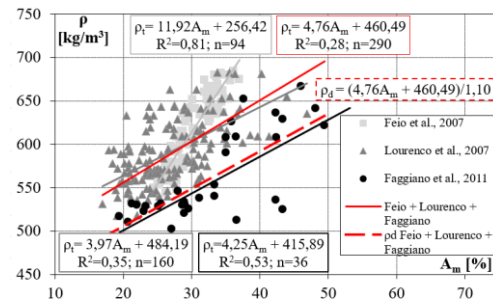
NOTE: Preferire legno privo di fessure se trattato solo superficialmente.

MECHANICAL IDENTIFICATION OF EXISTING TIMBER CONSTRUCTIONS

Geometrical survey and mechanical characterization of Chestnut and Corsican Pine members (Verre et al., 2023, IALCCE23)

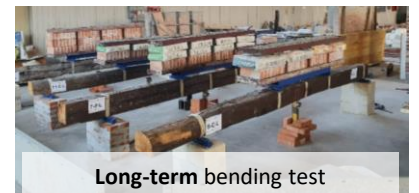
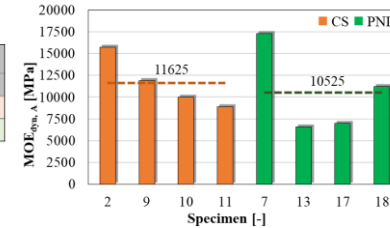


Improvement of the correlation NDT-DT for Chestnut wood (Marranzini et al., 2022, SHATIS22)



CS: Chestnut PNL: Corsican Pine

| Specimen | SWS [m/s] | | MOE _{dyn,A} [MPa] | |
|----------|-----------|-----|----------------------------|-----|
| | Mean | COV | Mean | COV |
| CS | 4392 | 4% | 11625 | 26% |
| PNL | 4265 | 17% | 10525 | 47% |



TASK 1 UNIVAQ

- Cenci G., Follesa M., Rinaldi V., Casagrande D., Fragiaco M., *Seismic design of a CLT multi-storey building in different ductility classes*. In: World Conference on Timber Engineering 2023 (WCTE 2023), pp. 2227-2233, DOI: 10.52202/069179-0296

TASK 2 UNIUD

- Gubana A., Mazelli A., *Evaluation of the behaviour factor by Incremental Dynamic Analyses for the seismic design of Light-Frame Timber buildings*. In: World Conference on Timber Engineering 2023 (WCTE2023), DOI: 10.52202/069179-0325
- Mazelli A., Bedon C., Morassi A., *Influence of structural irregularity on the q-behaviour factor of Light-Frame Timber buildings by means of Incremental Dynamic Analysis*. *Vibroengineering Procedia*, Vol. 50, pp. 21–27, Sep. 2023, DOI: 10.21595/vp.2023.23429

TASK 3 UNINA

- Iovane G., Rodrigues L., Branco J., Faggiano B. (2024). *“Cyclic tests on beam-to-column joint with steel link for timber seismic resistant structures”*. In: 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE2024), 30 June - 5 July 2024, Milan, Italy [Abstract submitted].
- Iovane G., Rodrigues L., Branco J., Faggiano B. (2023). *“Monotonic tests on beam-to-column joint with steel link for timber seismic resistant structures”*. In: World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023), 19-22 June 2023, Oslo, Norway
- Iovane G., Noviello C., Mazzolani F.M., Landolfo R., Faggiano B. (2023). *“A proposal for the mechanical classification of beam-to-column joints for timber structures”*. In: World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023), 19-22 June 2023, Oslo, Norway
- Iovane G., Oliva V., Faggiano B. (2023). *“Design and analysis of dissipative seismic resistant heavy timber frame structures equipped with steel links”*. In: *Procedia Structural Integrity*, 44 (2023) 1864–1869. Online ISSN: 2452-3216. DOI:10.1016/j.prostr.2023.01.238

TASK 4 UNITN

- Ivan Giongo, Ermes Rizzi, Maurizio Piazza (2022), *Seismic Assessment of Timber Diaphragms According to the new Draft of EN1998-3*. Proc. 6th Int. Conference on Structural Health Assessment of Timber Structures (SHATIS 2022), Prague (CZ)

Integrazione documento esplicativo con esemplificazione:

Task 5 UNITN File WP13_Task5-2022_24-UR1-UNITN_02.pdf *** File WP13_Task5-2022_04-UR1-UNITN_03.pdf ***

TASK 4 UNINA

- Iovane G., Zoccolillo A., Marranzini D., Landolfo R., Prota A., Sandoli A., Faggiano B. (2024). *“Innovative CLT endoskeletons for integrated structural and energetic retrofit of ancient masonry buildings”*. In: 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE2024), 30 June - 5 July 2024, Milan, Italy. [Abstract submitted]
- Iovane G., Prota A., Faggiano B. (2024). *“Assessment of experimental tests on cross-laminated timber panels as infill systems for framed structures”*. In: 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE2024), 30 June - 5 July 2024, Milan, Italy. [Abstract submitted]
- Iovane G., Faggiano B., Lombardi M., Carbone P., Landolfo R., Mazzolani F.M. (2024). *“Design of steel collar connectors for timber concrete composite floors”*. In: 11th International Conference on the Behaviour of steel structures in seismic areas (STESSA2024) [Abstract submitted]
- Iovane G., Sandoli A., Marranzini D., Landolfo R., Prota A., Faggiano B. (2023). *“Timber based systems for the seismic and energetic retrofit of existing structures”*. In: *Procedia Structural Integrity*, 44 (2023) 1870–1876. Online ISSN: 2452-3216. DOI:10.1016/j.prostr.2023.01.239

TASK 4 UNIUD

- Gubana A., Melotto M., *Efficacy assessment of timber based in-plane strengthening of wooden floors on the seismic response of masonry structures by means of DEM analyses*. Procedia Structural Integrity, Volume 44, 2023, Pages 1885-1892, ISSN 2452-3216, DOI: [10.1016/j.prostr.2023.01.241](https://doi.org/10.1016/j.prostr.2023.01.241)
- Gubana A., Melotto M., De Cillia L., Mazelli A., *Experimental investigation on long-term behavior of timber-to-timber shear connections made by inclined self-tapping screws*. In: World Conference on Timber Engineering 2023 (WCTE2023), DOI: 10.52202/069179-0080

TASK 5 UNITN

- A. Gaspari, S. Gianordoli, I. Giongo, M. Piazza (2024). *A decay prediction model to minimise the risk of failure in timber balconies*. Engineering Failure Analysis, 155 (2024)

TASK 5 UNINA

- Marranzini D., Iovane G., Cascini L., Landolfo R., Faggiano B. (2024). *“Vulnerability assessment of large-span timber buildings exposed to seismic hazard using an indicator-based approach”*. In: 18th World Conference on Earthquake Engineering (WCEE2024), 30 June - 5 July 2024, Milan, Italy. [Abstract submitted]
- Verre S., Marranzini D., Brunetti M., Nocetti M., Ruggieri N., Cauteruccio G. F., Iovane G., Togni M., Ombres L. (2023). *“Assessment of strength and stiffness properties for ancient timber members combining visual and non-destructive methods”*. In: 8th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCE 2023), 02-06 June 2023, Milano
- Marranzini D., Iovane G., Cascini L., Landolfo R., M. Nicolella, Faggiano B. (2023). *“A methodology for the service life estimation of timber buildings”*. In: 8th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering (IALCE 2023), 02-06 June 2023, Milano
- Faggiano B., Nicolella M., Iovane G., Marranzini D. (2022). *“A survey form for the structural health assessment of timber constructions”*. In: 6th International Conference on Structural Health Assessment of Timber Constructions (SHATIS22), 7-9 September 2022, Prague (CZ)
- Marranzini, D., Iovane, G., Cozzolino, F., Faggiano, B. (2022). *“In situ assessment of mechanical properties of timber using the drilling resistance method”*. In: 6th International Conference on Structural Health Assessment of Timber Constructions (SHATIS22), 7-9 September 2022, Prague (CZ)

| | |
|---|----|
| WP13 Prodotti pubblicati | |
| Articoli su rivista | 5 |
| Articoli conferenza internazionale | 11 |
| Articoli conferenza (submitted per il 2024) | 5 |

Progetto DPC_ReLUIIS 2022-2024
Esposizione delle attività svolte e prospettive

Roma, 7 novembre 2023

WP 13 - STRUTTURE DI LEGNO – CONTRIBUTI NORMATIVI
prof. Maurizio Piazza

Grazie per l'attenzione