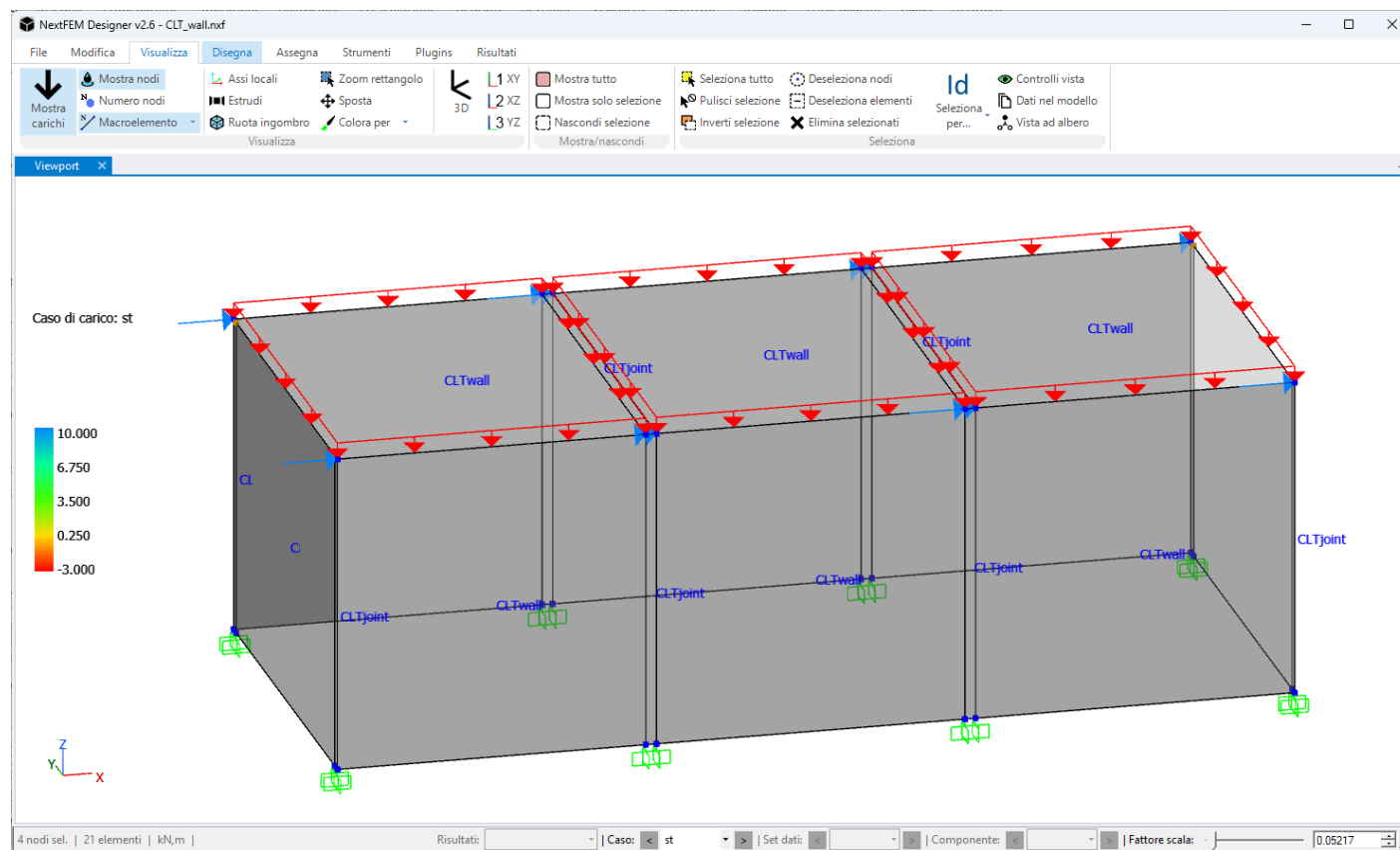




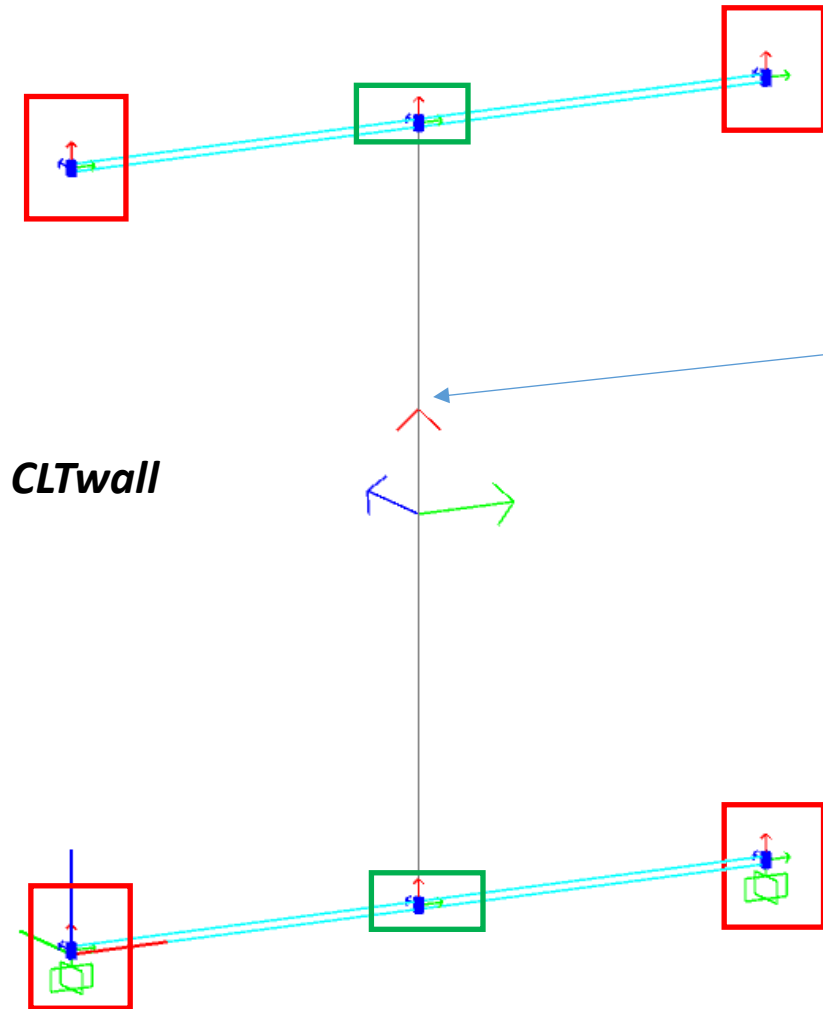
NextFEM Designer

Manuale modulo analisi e verifiche per *X-Lam*  
WoodCheck



# Macroelemento per pannelli in X-Lam

I pannelli in X-Lam possono essere rappresentati, a partire dalla versione 2.7, con il macroelemento **CLTwall**.



Questo macroelemento è formato da un macroelemento simile al wall, con 2 strati di molle (inferiore e superiore).

Si compone di:

- Pannello Xlam con comportamento a trave
- **Molle HD** (hold-down o tie-down) con risposta in trazione / compressione
- **Molle AB** (angle brackets, angolari) con risposta a taglio

Indipendentemente dai vincoli adottati alla base (es. incastri), il pannello risulta labile fuori dal suo piano, a motivo della necessità di adozione di uno schema scatolare per gli edifici in Xlam.

# Macroelemento per pannelli in X-Lam – Giunti verticali

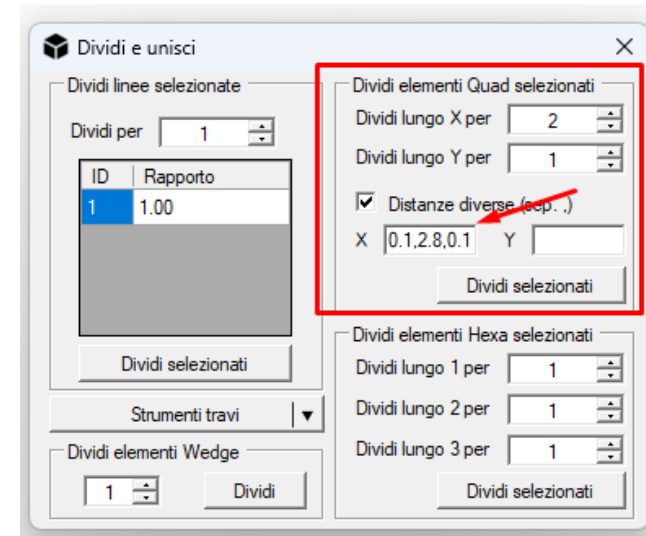
I giunti verticali fra i pannelli in X-Lam possono essere rappresentati con il macroelemento **CLTjoint**.



Si compone di **molle VJ** (vertical joint) con risposta a taglio, rappresentanti ciascuna metà della rigidezza del giunto a viti fra le pareti CLTwall.

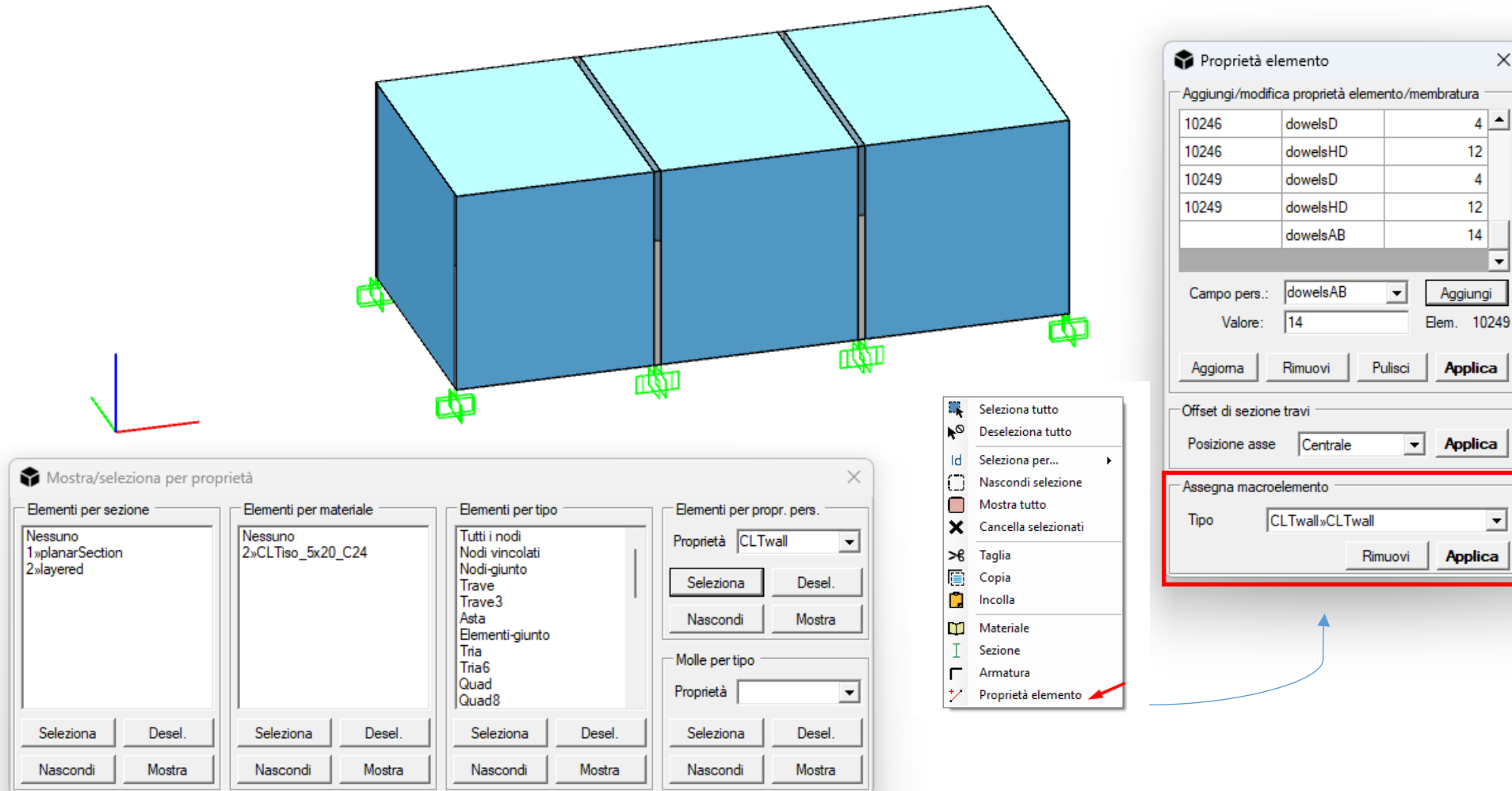
Il macroelemento deve essere posizionato fra pareti CLTwall, e non può essere usato da solo perché labile. Per facilitare il posizionamento, dividere il CLTwall originale mediante il comando *Modifica / Dividi e unisci*.

**CLTjoint**



# Macroelemento per pannelli in X-Lam – assegnazione

I pannelli in X-Lam possono essere rappresentati, a partire dalla versione 2.7, con il macroelemento **CLTjoint**.



Il macroelemento viene assegnato dalle **Proprietà Elemento** dal menu contestuale (doppio click dx nel viewport) o dal menu *Assegna*.

# Macroelemento per pannelli in X-Lam – connessioni

Per ciascun macroelemento *CLTwall* o *CLTjoint* vanno assegnate le seguenti proprietà:

Proprietà elemento

Aggiungi/modifica proprietà elemento/membratura

10246	dowelsD	4
10246	dowelsHD	12
10249	dowelsD	4
10249	dowelsHD	12
	dowelsAB	14

Campo pers.: dowelsAB    Aggiungi

Valore: 14    Elem. 10249

Aggiorna    Rimuovi    Pulisci    Applica

Offset di sezione travi

Posizione asse: Centrale    Applica

Assegna macroelemento

Tipo: CLTwall»CLTwall

Rimuovi    Applica

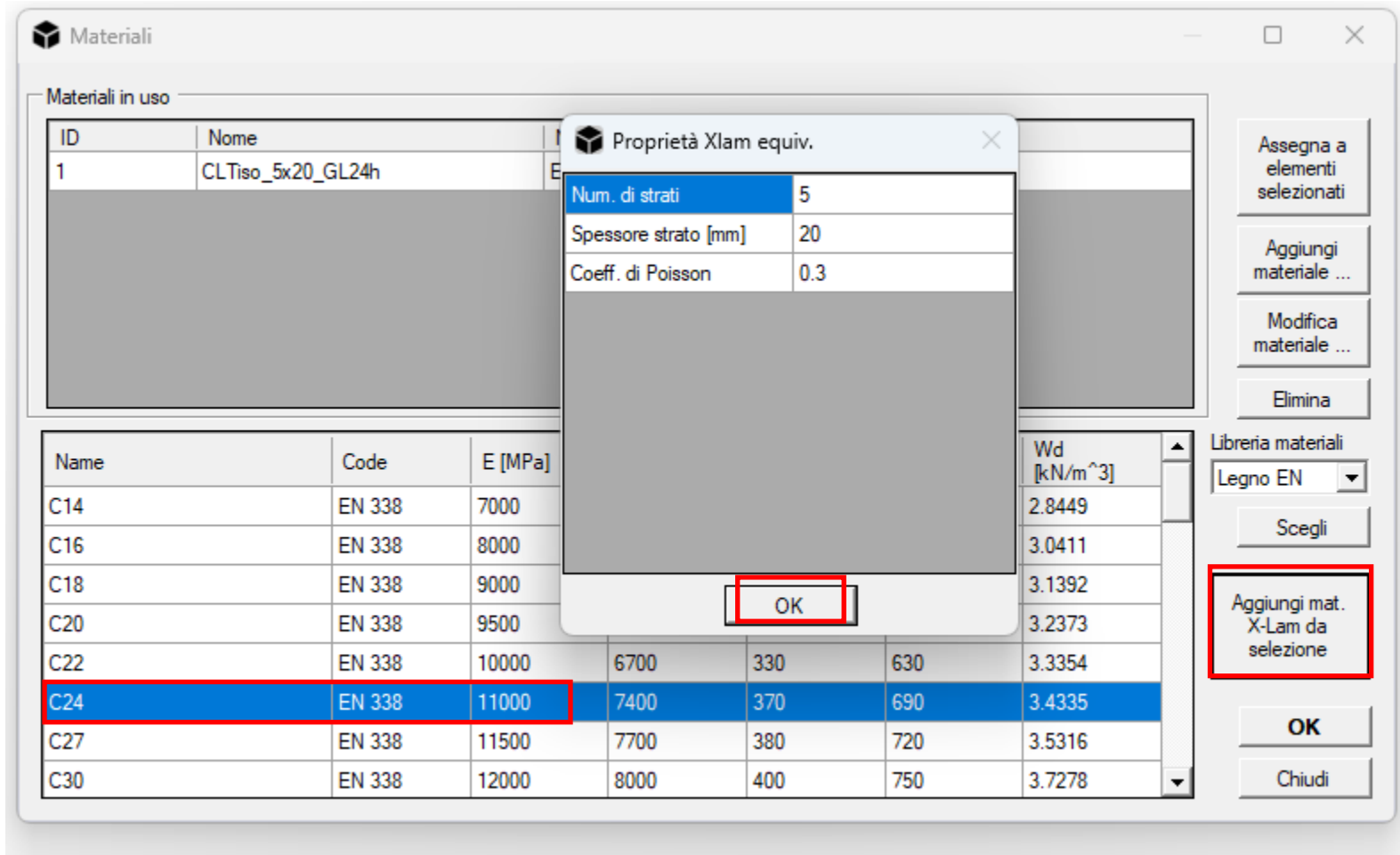
- Per *CLTwall* la proprietà **dowelsHD** indica il numero di viti o chiodi con preforo o viti per ciascun hold-down o tie-down
- per *CLTwall* la proprietà **dowelsAB** indica il numero totale di viti o chiodi di tutti gli angolari inferiori o superiori
- Per *CLTjoint*, la proprietà **dowelsVJ** indica il numero di viti o chiodi totali lungo il giunto fra pareti
- Per *CLTwall* e *CLTjoint*, la proprietà **dowelsD** indica il diametro dei connettori (chiodi o viti). Questo parametro è unico supponendo di utilizzare gli stessi chiodi/viti per tutta la parete.

È possibile assegnare queste proprietà a tutto il modello (pareti + giunti); le proprietà non sono in conflitto (*CLTwall* non usa *dowelsVJ*, e *CLTjoint* non usa *dowelsAB/HD*).

I dati verranno utilizzati per calcolare le rigidezze dei connettori per l'analisi.

# Materiale legno per pannelli in Xlam

Il comando «Aggiungi mat. X-Lam da selezione», disponibile quando si seleziona un materiale legno da libreria, permette di aggiungere un materiale elastico alla Blass-Fellmoser per rappresentare il pannello a strati.



È necessario:

- Selezionare un materiale legno
- Specificare un numero di strati
- Lo spessore degli strati
- Confermare o modificare il Coeff. di Poisson equivalente che si vuole adottare.

Si segnala infine che il programma supporta anche sezioni formate da più layer, tuttavia il materiale equivalente rimane l'approccio consigliato per semplicità operativa.

# Materiale legno per pannelli in Xlam

L'approccio di Blass-Fellmoser permette di ottenere un modulo di Young E e di taglio G equivalenti nell'analisi elastica. Assegnare quindi il materiale alle pareti in Xlam.

## Calcolo modulo elastico equivalente Xlam

C24  $E_0 := 11000 \text{ MPa}$   $E_{90} := 370 \text{ MPa}$   $\nu := 0.3$

media su 2 lati a 0°:

$s_0 := 20 \text{ mm}$   $n_0 := 3$   $s_{90} := 20 \text{ mm}$   $n_{90} := 2$

$$s_{\text{tot}} := n_0 \cdot s_0 + s_{90} \cdot n_{90}$$

$$E_{\text{eq1}} := \frac{n_{90} \cdot s_{90}}{s_{\text{tot}}} \cdot E_{90} + \frac{n_0 \cdot s_0}{s_{\text{tot}}} \cdot E_0 = 6748 \text{ MPa}$$

media su lati a 90°: (necessaria solo se pannelli sono dispari)

$$E_{\text{eq2}} := \frac{n_0 \cdot s_{90}}{s_{\text{tot}}} \cdot E_{90} + \frac{n_{90} \cdot s_0}{s_{\text{tot}}} \cdot E_0 = 4622 \text{ MPa}$$

$$E_{\text{eq}} := \frac{E_{\text{eq1}} + E_{\text{eq2}}}{2} = 5685 \text{ MPa}$$

I valori originali di E0 e G0 del materiale legno originale vengono salvati nei dati aggiuntivi del materiale.

Modifica proprietà del materiale	
E90mean [MPa]	300
pk [kg/m^3]	385
pmean [kg/m^3]	420
ym	1.45
beta_c	0.1
beta_n	0.7
layers0	2
layers90	3
E0	11500
G0	650
G90	65

Strumenti

Comportamento: Isotropo

Tipo per verifiche: Legno

Nuovo campo:  Aggiungi

Valore:  Rimuovi

kN, m, MPa, °C

Applica Annulla

# Calcolo delle connessioni

La **rigidezza** viene valutata secondo le indicazioni di EC5 7.1.

prospetto 7.1

Valori di  $K_{ser}$  per mezzi di unione e connettori in N/mm, nelle connessioni legno-legno e pannello a base di legno-legno

**n<sub>pn</sub>=0**

**n<sub>pn</sub>=1**

Tipo di mezzo di unione	$K_{ser}$
Spinotti Bulloni con o senza gioco <sup>a)</sup> Viti Chiodi (con preforatura)	$\rho_m^{1,5} d / 23$
Chiodi (senza preforatura)	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 30$
Cambrette	$\rho_m^{1,5} d^{0,8} / 80$
Connettori ad anello aperto di tipo A secondo EN 912 Connettori a tassello di tipo B secondo EN 912	$\rho_m d_c / 2$
Connettori a piastra dentata:	
- Connettori dei tipi da C1 a C9 secondo EN 912	$1,5 \rho_m d_c / 4$
- Connettori dei tipi C10 e C11 secondo EN 912	$\rho_m d_c / 2$
a) Si raccomanda che il gioco sia aggiunto separatamente alla deformazione.	

**N.B.** La procedura di calcolo delle rigidzze trascura l'indicazione a latere dell'EC5 per non dover assumere una rigidezza diversa per gli Stati Limite Ultimi.

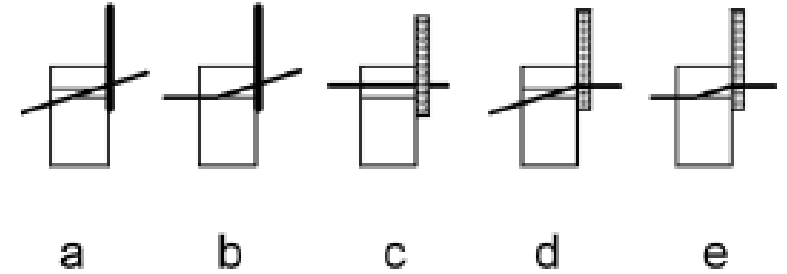
(2) Si raccomanda che il modulo di scorrimento di una connessione per lo stato limite ultimo,  $K_u$ , sia assunto come:

$$K_u = \frac{2}{3} K_{ser} \quad (2.1)$$



# Calcolo delle connessioni

Il calcolo **resistente** viene eseguito con le indicazioni dell'Eurocodice 5 8.2.3.



- Per una piastra di acciaio sottile, a taglio singolo:

$$F_{v,Rk} = \min. \begin{cases} 0,4 f_{h,k} t_1 d & (a) \\ 1,15 \sqrt{2 M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (b) \end{cases}$$

- Per una piastra di acciaio spessa, a taglio singolo:

$$F_{v,Rk} = \min. \begin{cases} f_{h,k} t_1 d & (c) \\ f_{h,k} t_1 d \left[ \sqrt{2 + \frac{4 M_{y,Rk}}{f_{h,k} d t_1^2}} - 1 \right] + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (d) \\ 2,3 \sqrt{M_{y,Rk} f_{h,k} d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & (e) \end{cases}$$

Il termine  $F_{ax,Rk}$  (estrazione) è assunto cautelativamente nullo.

La resistenza, così calcolata secondo la teoria di Johansen, usa i seguenti valori:

- Momento di snervamento caratteristico:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_u \cdot d^{2,6}$$

in cui  $d$ = diametro chiodo, per le viti è necessario specificare sempre il diametro interno. Per

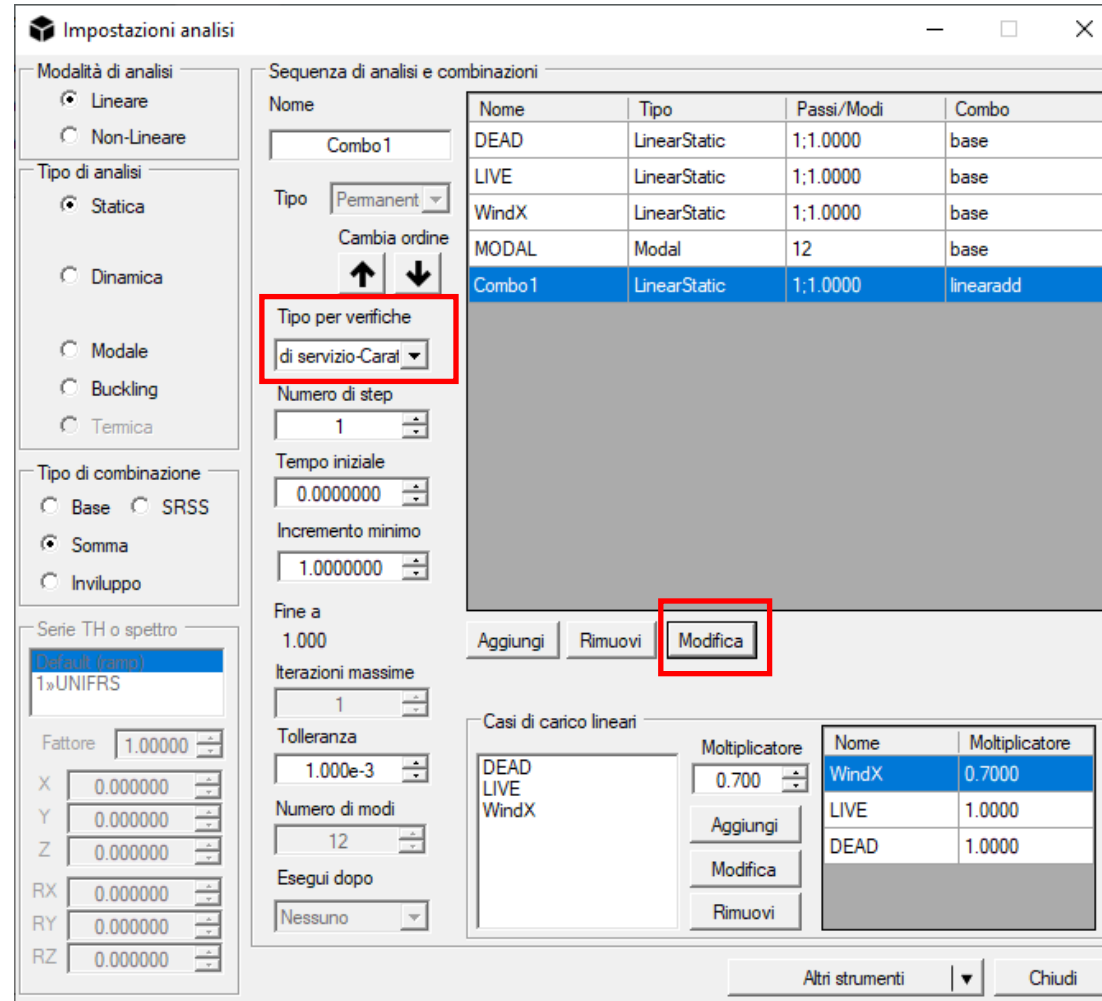
- Resistenza a rifollamento caratteristica:

$$f_{h,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k \quad [N/mm^2]$$

# Impostazioni generali modello – Tipo di combinazioni

Il tipo di combinazioni di carico permette alle verifiche di identificare automaticamente la combinazione rara su cui effettuare le verifiche sulla freccia, includendo gli effetti visco-elastici. Di default, tutte le combinazioni sono associate allo Stato Limite Ultimo.

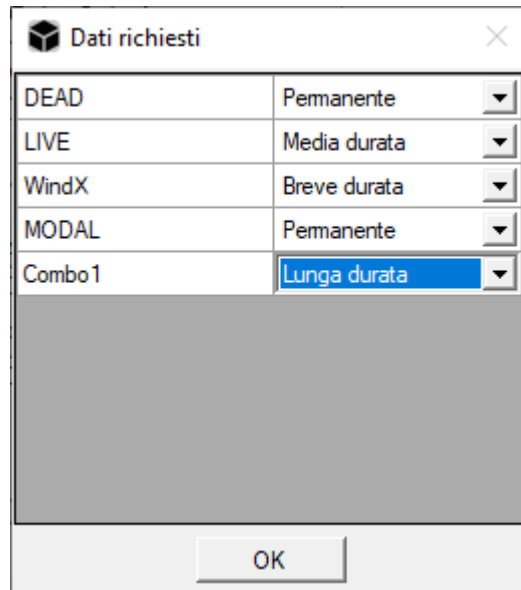
Da *Assegna / Impostazioni analisi*, selezionare la combinazione di servizio rara e modificare il campo «Tipo per verifiche», premendo poi «Modifica».



# Impostazioni generali modello – Durata del carico

Sempre da *Assegna / Impostazioni analisi*, premere il pulsante «Assegna durata ai casi di carico»

Apparirà una finestra come quella sottostante, in cui scegliere la durata per ogni caso di carico di base e la durata prevalente per le combinazioni.

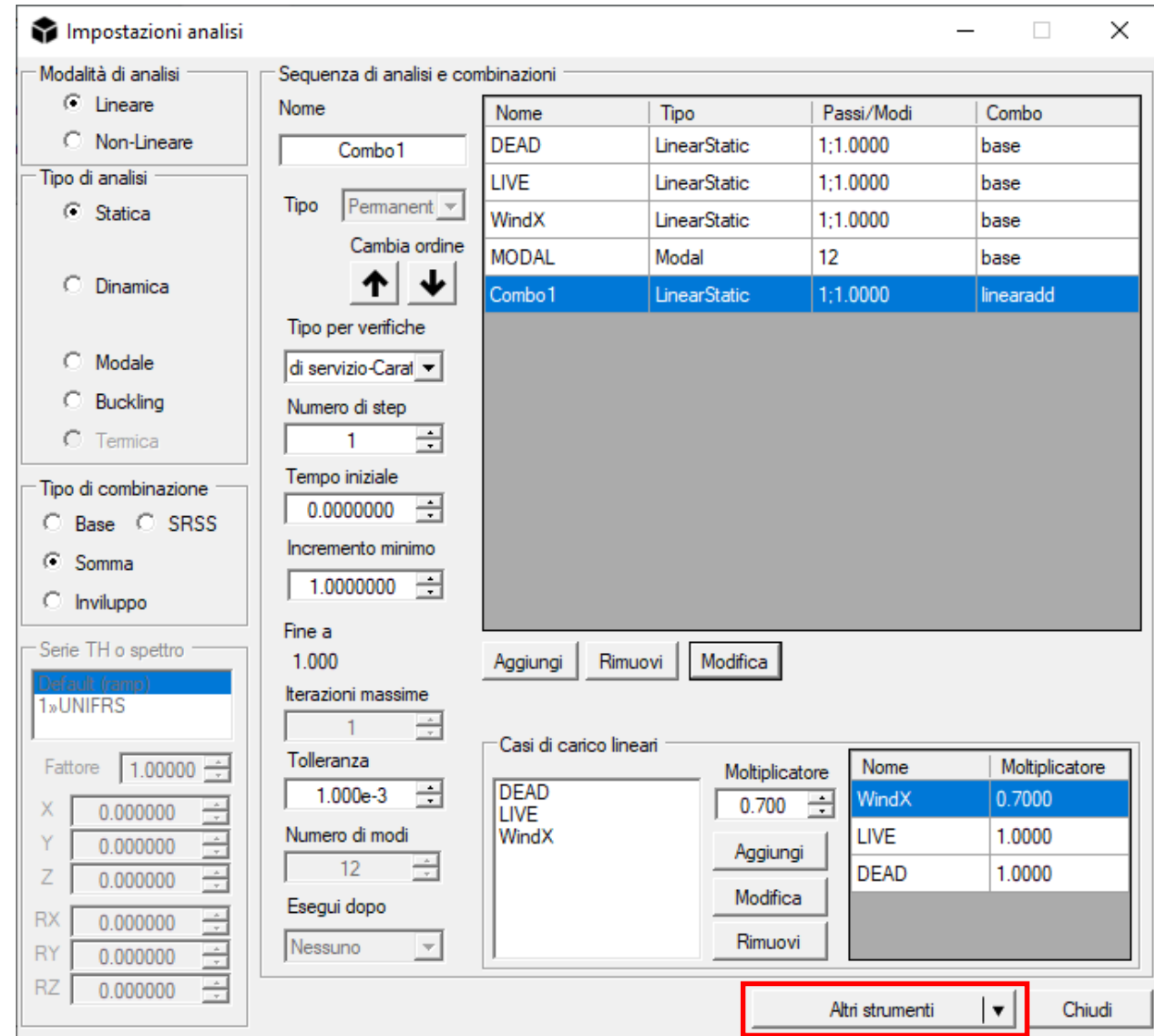


Finestra "Dati richiesti" con i seguenti campi:

Caso	Durata
DEAD	Permanente
LIVE	Media durata
WindX	Breve durata
MODAL	Permanente
Combo1	Lunga durata

Bottoni: OK

Se non viene svolta questa operazione, tutte le combinazioni e i casi di carico saranno considerati come «Permanenti».



Finestra "Impostazioni analisi" con le seguenti sezioni:

- Modalità di analisi:** Lineare (selezionato), Non-Lineare
- Tipo di analisi:** Statica (selezionato), Dinamica
- Tipo di combinazione:** Base, SRSS, Somma (selezionato), Involuppo
- Serie TH o spettro:** Default (omb), 1»UNIFRS
- Fattore:** 1.00000
- X, Y, Z, RX, RY, RZ:** 0.000000
- Sequenza di analisi e combinazioni:**

Nome	Tipo	Passi/Modi	Combo
DEAD	LinearStatic	1;1.0000	base
LIVE	LinearStatic	1;1.0000	base
WindX	LinearStatic	1;1.0000	base
MODAL	Modal	12	base
Combo1	LinearStatic	1;1.0000	linearadd
- Tipi e parametri:** Tipo: Permanente, Tipo per verifiche: di servizio-Caral, Numero di step: 1, Tempo iniziale: 0.000000, Incremento minimo: 1.000000, Fine a: 1.000, Iterazioni massime: 1, Tolleranza: 1.000e-3, Numero di modi: 12, Esegui dopo: Nessuno
- Casi di carico lineari:**

Nome	Moltiplicatore
DEAD	0.700
LIVE	1.0000
WindX	1.0000

Bottoni: Aggiungi, Rimuovi, Modifica, Altri strumenti, Chiudi

# Analisi in NextFEM Designer

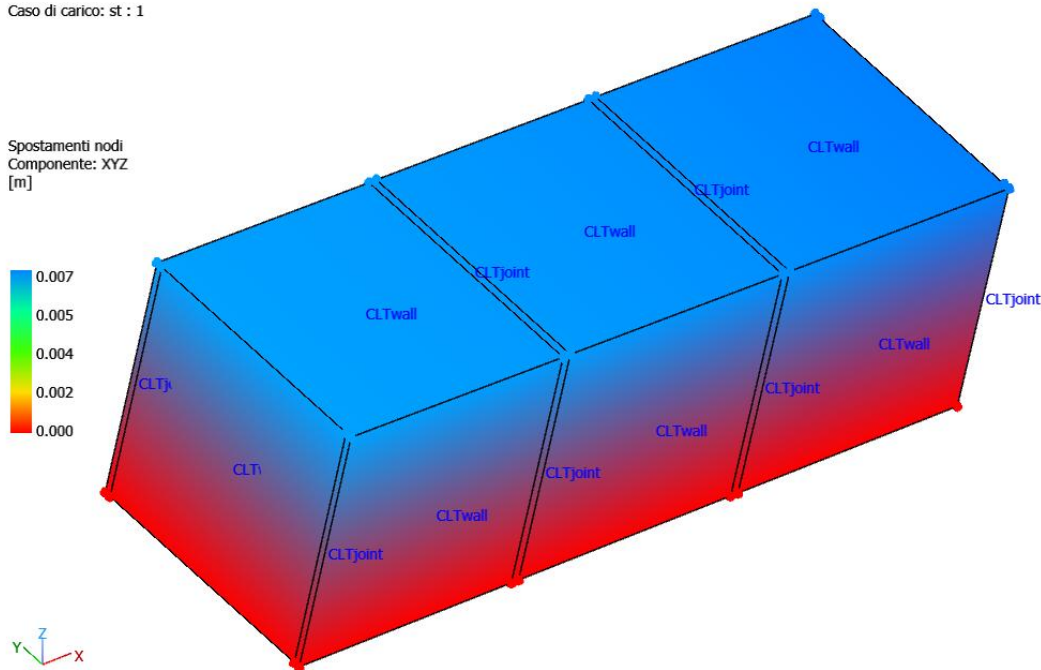
Dal menu *Strumenti*, selezionare **Lancia**, o premere ALT+R. Il programma automaticamente espande i macroelementi.

Viene eseguita l'analisi dei casi di carico impostati. Si consiglia di procedere con il solutore standard per verificare la presenza di labilità nel modello.

Caso di carico: st : 1

Spostamenti nodi  
Componente: XYZ  
[m]

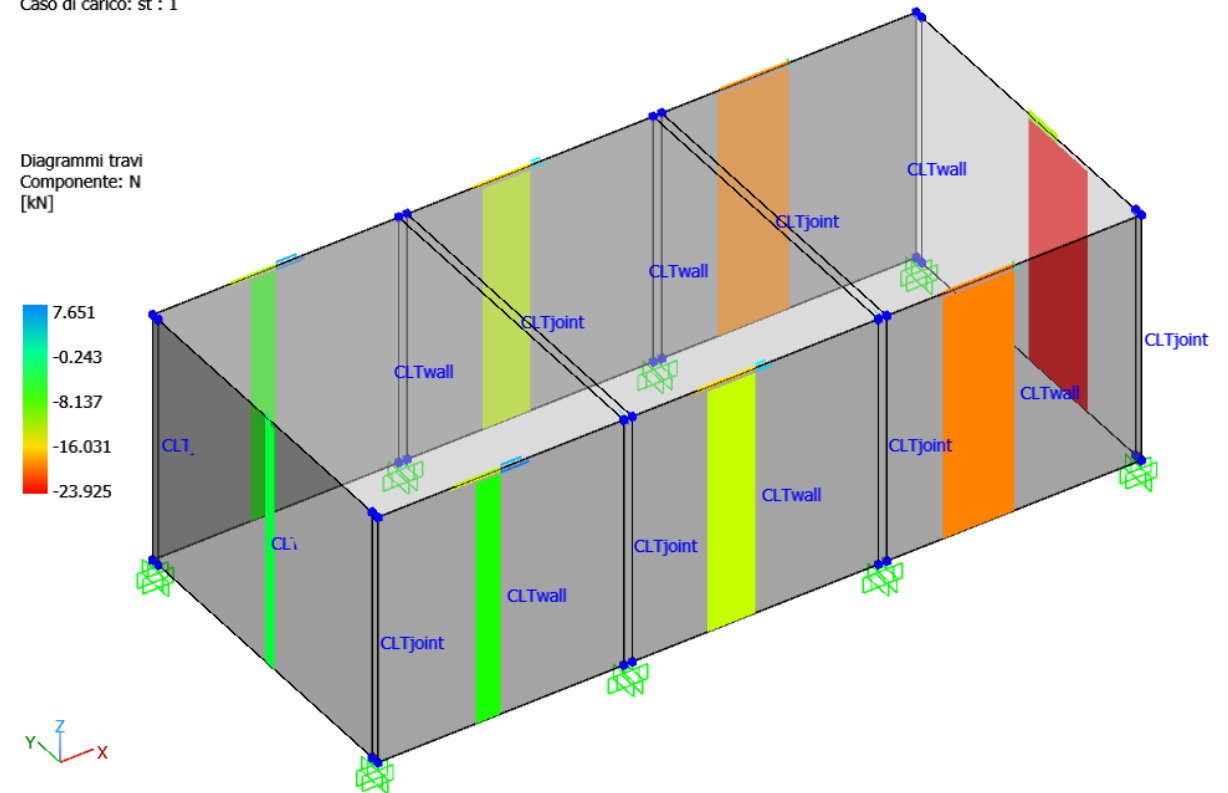
0.007  
0.005  
0.004  
0.002  
0.000



Caso di carico: st : 1

Diagrammi travi  
Componente: N  
[kN]

7.651  
-0.243  
-8.137  
-16.031  
-23.925



# Analisi in NextFEM Designer

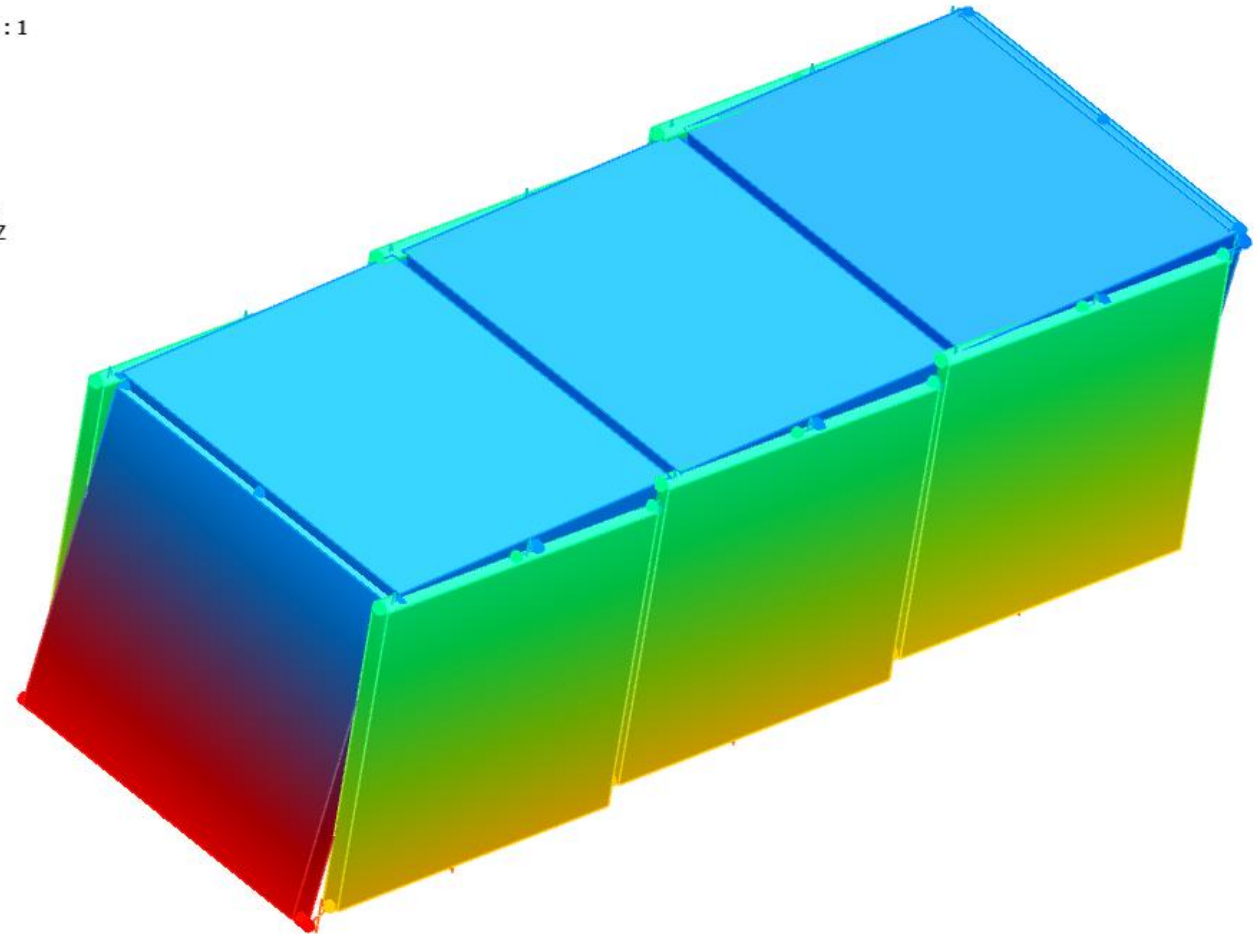
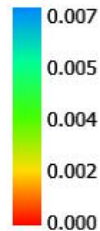
I macroelementi rappresentano al loro interno anche la rotazione rigida della parete a causa della flessibilità dei connettori. Questa deformazione è invisibile a livello di macroelemento; sotto il cofano accade quanto mostrato in figura.

In questo modo, è possibile:

- Eseguire le verifiche dei pannelli in legno con il set di verifica *NTC2018\_Legno* o *EC5\_Timber*
- Verificare la resistenza dei connettori nei *CLTwall* (angolari in parallelo e hold-down, considerando simmetriche le connessioni inferiori e superiori)
- Verificare i giunti fra i pannelli *CLTjoint* che riportano direttamente il taglio da scorrimento.


Caso di carico: st : 1


Spostamenti nodi  
Componente: XYZ  
[m]



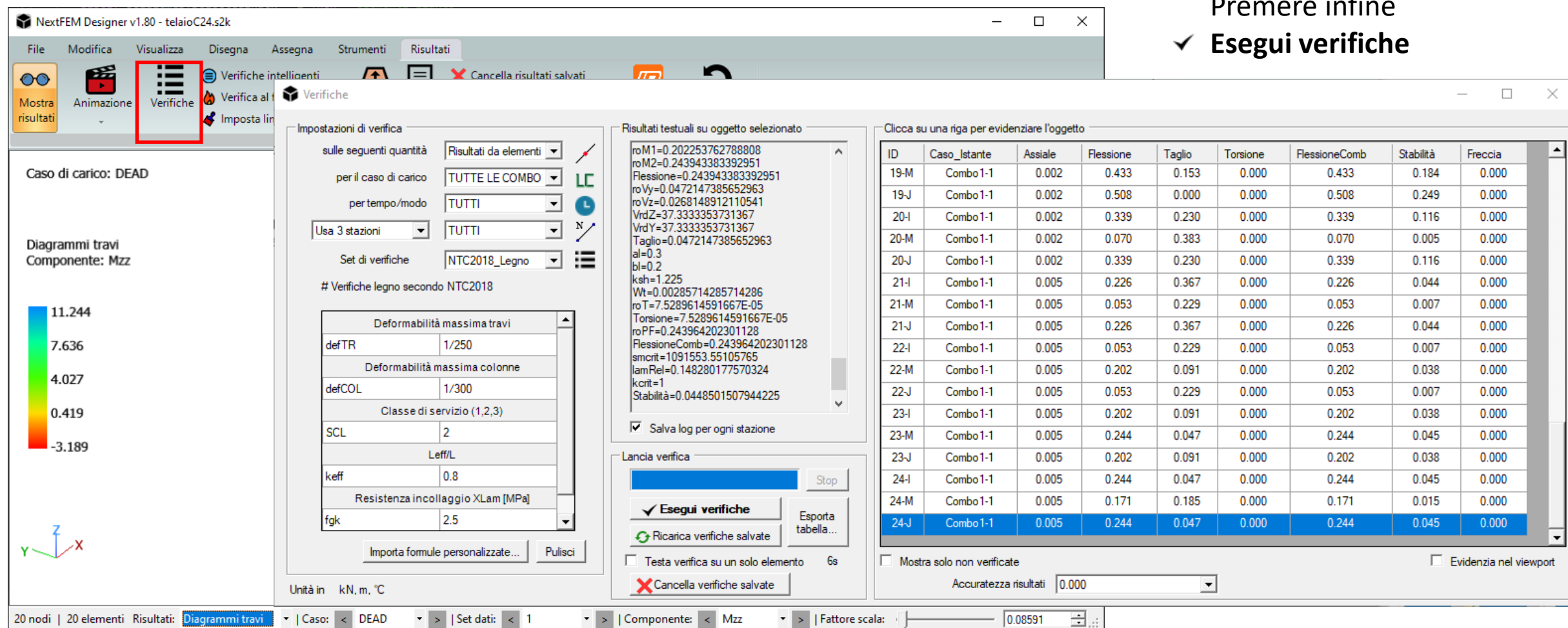
# Verifica in NextFEM Designer – verifica pareti X-Lam

Dal menu *Risultati*, selezionare **Verifiche**, o premere CTRL+5. Impostare:

 il caso di carico su «TUTTE LE COMBO» per verificare tutte le combinazioni importate

 il set di verifiche su NTC2018\_Legno e il numero di stazioni su 3 (consigliato) o 5.

Premere infine  
✓ **Esegui verifiche**



NextFEM Designer v1.80 - telaioC24.s2k

File Modifica Visualizza Disegna Assegna Strumenti Risultati

Mostra risultati Animazione Verifiche Verifica al t Imposta lin

Cancella risultati salvati

Verifiche

Impostazioni di verifica

sulle seguenti quantità Risultati da elementi

per il caso di carico TUTTE LE COMBO LC

per tempo/modo TUTTI

Usa 3 stazioni

Set di verifiche NTC2018\_Legno

# Verifiche legno secondo NTC2018

Deformabilità massima travi

defTR 1/250

Deformabilità massima colonne

defCOL 1/300

Classe di servizio (1,2,3)

SCL 2

Leff/L

keff 0.8

Resistenza incollaggio XLam [MPa]

fgk 2.5

Importa formule personalizzate... Pulisci

Risultati testuali su oggetto selezionato

roM1=0.202253762788808  
roM2=0.243943383392951  
Flessione=0.243943383392951  
roVy=0.0472147385652963  
roVz=0.0268148912110541  
VrdZ=37.3333353731367  
VrdY=37.3333353731367  
Taglio=0.0472147385652963  
al=0.3  
bl=0.2  
ksh=1.225  
Wt=0.00285714285714286  
roT=7.5289614591667E-05  
Torsione=7.5289614591667E-05  
roPF=0.243964202301128  
FlessioneComb=0.243964202301128  
smcrit=1091553.55105765  
lamRel=0.148280177570324  
kcrit=1  
Stabilità=0.0448501507944225

Salva log per ogni stazione

Lancia verifica

Esegui verifiche

Ricarica verifiche salvate

Esporta tabella...

Testa verifica su un solo elemento 6s

Cancella verifiche salvate

Clicca su una riga per evidenziare l'oggetto

ID	Caso_Istante	Assiale	Flessione	Taglio	Torsione	FlessioneComb	Stabilità	Freccia
19-M	Combo 1-1	0.002	0.433	0.153	0.000	0.433	0.184	0.000
19-J	Combo 1-1	0.002	0.508	0.000	0.000	0.508	0.249	0.000
20-I	Combo 1-1	0.002	0.339	0.230	0.000	0.339	0.116	0.000
20-M	Combo 1-1	0.002	0.070	0.383	0.000	0.070	0.005	0.000
20-J	Combo 1-1	0.002	0.339	0.230	0.000	0.339	0.116	0.000
21-I	Combo 1-1	0.005	0.226	0.367	0.000	0.226	0.044	0.000
21-M	Combo 1-1	0.005	0.053	0.229	0.000	0.053	0.007	0.000
21-J	Combo 1-1	0.005	0.226	0.367	0.000	0.226	0.044	0.000
22-I	Combo 1-1	0.005	0.053	0.229	0.000	0.053	0.007	0.000
22-M	Combo 1-1	0.005	0.202	0.091	0.000	0.202	0.038	0.000
22-J	Combo 1-1	0.005	0.053	0.229	0.000	0.053	0.007	0.000
23-I	Combo 1-1	0.005	0.202	0.091	0.000	0.202	0.038	0.000
23-M	Combo 1-1	0.005	0.244	0.047	0.000	0.244	0.045	0.000
23-J	Combo 1-1	0.005	0.202	0.091	0.000	0.202	0.038	0.000
24-I	Combo 1-1	0.005	0.244	0.047	0.000	0.244	0.045	0.000
24-M	Combo 1-1	0.005	0.171	0.185	0.000	0.171	0.015	0.000
24-J	Combo 1-1	0.005	0.244	0.047	0.000	0.244	0.045	0.000

Mostra solo non verificate

Evidenzia nel viewport

Accuratezza risultati 0.000

Unità in kN, m, °C

20 nodi | 20 elementi Risultati: Diagrammi travi | Caso: DEAD | Set dati: 1 | Componente: Mzz | Fattore scala: 0.08591



# Verifica in NextFEM Designer – verifica connessioni

Per la verifica delle connessioni, selezionare il set di verifica **CLTwall** e una sola stazione per elemento (I, M o J). Impostare inoltre i parametri per la verifica descritti nel seguito.

**Verifiche**

Impostazioni di verifica

sulle seguenti quantità: Risultati da elementi

per il caso di carico: TUTTE LE COMBO

per tempo/modo: Solo I

Set di verifiche: CLTwall

# Fastener checking for CLT walls as per EN 1995-1-1

Steel plate thickness [mm]	
tp	3

Ultimate connector strength [MPa]	
fuk	580

Service class (1,2,3)	
SCL	2

Use non-predrilled nails [0/1]	
npr	0

Importa formule personalizzate... Pulisci

Risultati testuali su oggetto selezionato

Element #10228 - Station I  
EINum=10228  
isWall=1  
isSlab=0  
isTruss=0  
macroelem=4  
Column=1  
partOfMember=0  
isMember=0  
L=3  
LOyy=3  
LOzz=3  
LO=3  
area=9  
edge1=3

☒ Salva log per ogni stazione

Lancia verifica

☒ Esegui verifiche

☒ Ricarica verifiche salvate

☒ Cancella verifiche salvate 0s

Clicca su una riga per evidenziare l'oggetto

ID	Caso_Istante	Shear_ABbot	Shear_ABtop	Tension_HDbot	Tension_HDtop	Shear_joint
10228-I	st-1	0.000	0.000	0.000	0.000	
10229-I	st-1	0.000	0.000	0.082	0.000	
10230-I	st-1					0.000
10231-I	st-1	0.000	0.000	0.040	0.000	
10232-I	st-1					0.000
10233-I	st-1	0.000	0.000	0.000	0.000	
10234-I	st-1	0.000	0.000	0.082	0.000	
10235-I	st-1					0.000
10236-I	st-1	0.000	0.000	0.040	0.000	
10237-I	st-1					0.000
10239-I	st-1	-0.023	0.035	0.000	0.000	
10240-I	st-1					0.191
10241-I	st-1	0.008	-0.012	0.000	0.000	
10242-I	st-1					0.290
10243-I	st-1	0.015	-0.023	0.000	0.000	

☐ Mostra solo non verificate ☐ Evidenzia nel viewport

Accuratezza risultati: 0.000 Unità in: kN, m, °C

# Verifica in NextFEM Designer

Impostazioni di verifica

sulle seguenti quantità

per il caso di carico

per tempo/modo

Set di verifiche

# Fastener checking for CLT walls as per EN 1995-1-1

Steel plate thickness [mm]	
tp	3
Ultimate connector strength [MPa]	
fuk	580
Service class (1,2,3)	
SCL	2
Use non-predrilled nails [0/1]	
npr	0

Impostare:

- lo spessore delle piastre metalliche di angolari e hold-down, in mm
- La resistenza ultima dell'acciaio del connettore angolare o hold-down, in MPa
- La classe di servizio (1, 2 o 3)
- Il flag per considerare chiodi senza pre-foro al posto delle viti

## LEGENDA COLONNE di verifica:

- bot/top suffisso per inferiore e superiore
- AB angle bracket
- HD hold-down o tie-down (verifica solo a trazione)
- Shear\_joint taglio a scorrimento nel giunto fra pareti

Eventuali errori di verifica o assenza di risultati vengono segnalati in rosso (colonna *Non processato* con valore 100).

Cliccando su ogni riga viene prodotto un log testuale sulla verifica svolta, che viene aperto il comando 



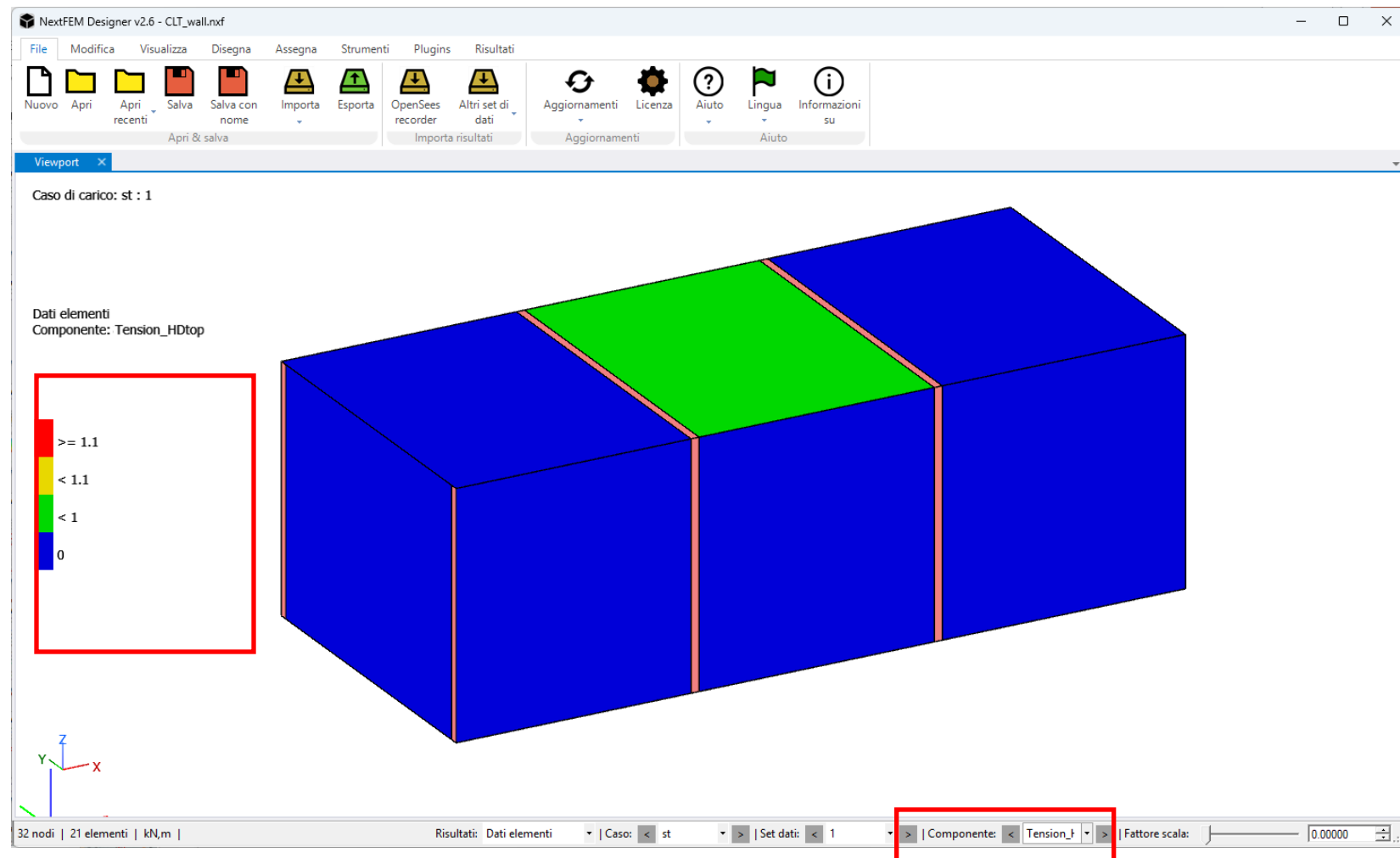
# Verifica in NextFEM Designer

Nel viewport vengono visualizzate le aste campite in funzione del rapporto D/C con la scala di colori evidenziata sotto.

La barra di stato (inferiore) contiene tutti i menu per passare da un caso di carico all'altro e mostrare i risultati di verifica («Dati elementi»).

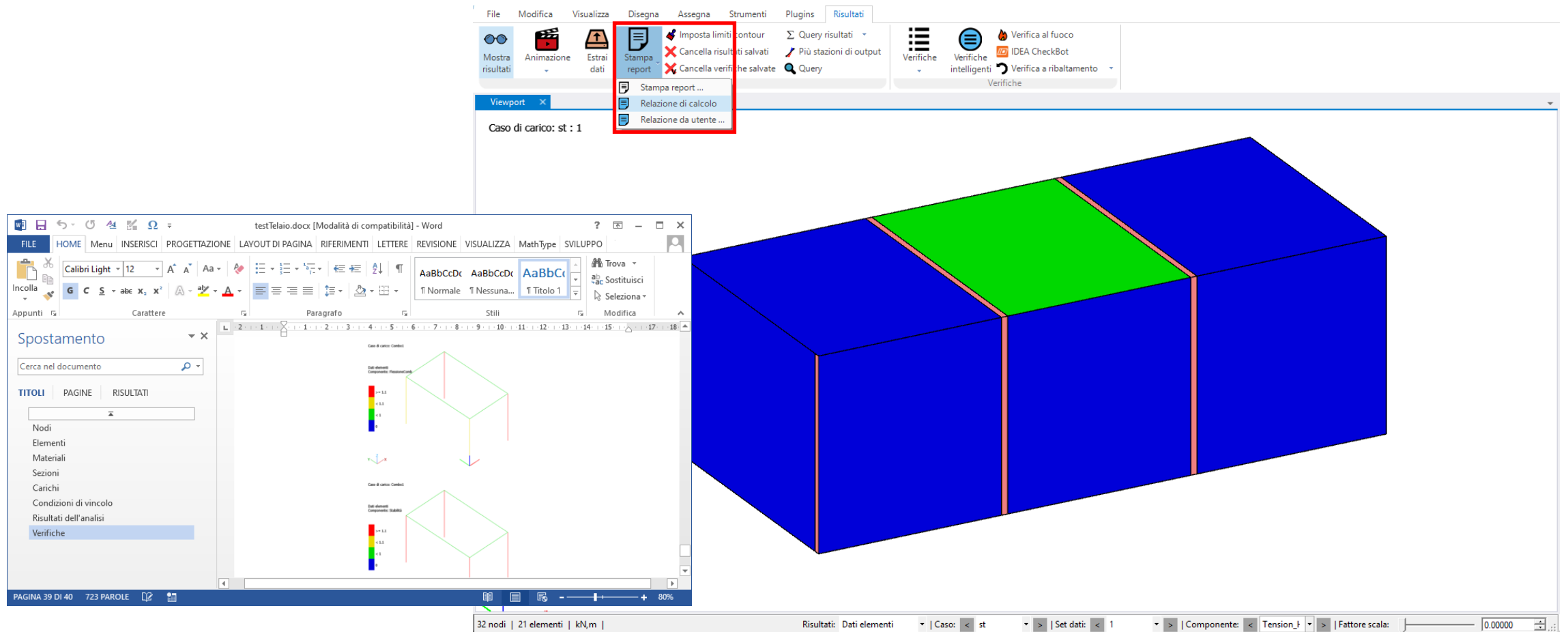
Premendo F10 è possibile visualizzare i rapporti di verifica per la verifica selezionata in barra di stato nel menu *Componente*.

Premendo F9 è possibile passare al formato decimale per i rapporti visualizzati.



# Report di verifica

Dal menu Risultati, il pulsante Stampa report permette la creazione di un report in formato DocX, con il template di default fornito con il programma, oppure uno fornito dall'utente.



## Note finali

- A. La lunghezza effettiva dei pannelli rappresentati dal macroelemento CLTwall è inferiore del 2% rispetto all'altezza modellata
- B. Altresì, la presenza di macroelementi *CLTjoint* fra pannelli Xlam adiacenti diminuisce la lunghezza effettiva di quest'ultimi. Si suggerisce di utilizzare al massimo 5% dello sviluppo di ogni pannello per posizionare i *CLTjoint*.
- C. Ai fini dell'analisi lineare, la rigidezza degli hold-down è pari al doppio della loro rigidezza a trazione. Per ulteriori approfondimenti consultare il paragrafo «**Modellazione delle connessioni metalliche**» [qui](#).
- D. Conservativamente, la rigidezza del connettore viene determinata utilizzando un numero efficace di chiodi/viti pari a  $n^{0.9}$ . Questo serve a compensare parzialmente la richiesta normativa di considerare per gli SLU una rigidezza pari a  $2/3 K_{ser}$ .
- E. Non vengono effettuate verifiche ad estrazione dei connettori. Le verifiche sono riferite solo alle connessioni al pannello modellato (es. il bullone di fondazione di un hold-down non è compreso).
- F. **Confrontare sempre gli esiti della verifica con le indicazioni del produttore per tutti i connettori** (hold-down, tie-down, ecc.). I valori resistenti stimati si trovano nel log di verifica nelle variabili *fvr*, *fnd* e *fjrd*.

NextFEM SRLS

piazza del Foro Romano 12, 31046 Oderzo (TV) Italy – P.IVA 04954290260 – REA TV-413297

[facebook.com/nextfem](https://facebook.com/nextfem)



[twitter.com/NextFEM](https://twitter.com/NextFEM)



[linkedin.com/company/nextfem](https://linkedin.com/company/nextfem)



**NextFEM SRLS**

*piazza del Foro Romano 12, 31046 Oderzo (TV) Italy – P.IVA 04954290260 – REA TV-413297*