

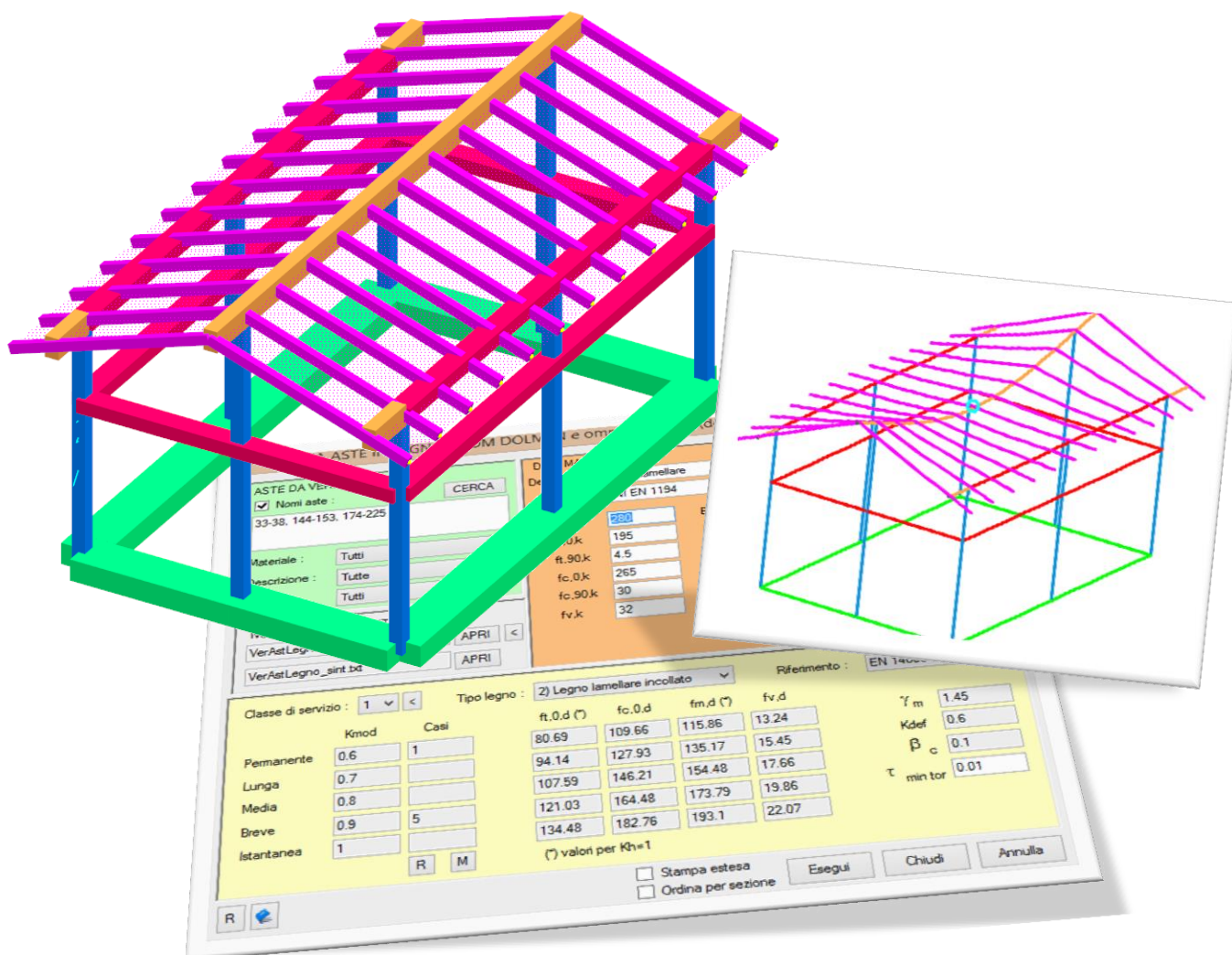


CDM DOLMEN

CALCOLO STRUTTURALE
GEOTECNICA
RESISTENZA AL FUOCO

Tutorial LEGNO

Applicazioni Pratiche: copertura in legno



Nel seguito andremo a modellare e verificare una copertura in legno composta da trave di colmo e puntoni; particolare attenzione sarà dedicata alla gestione degli svincoli interni.

N.B. Le possibilità di modellazione di una copertura in legno sono molteplici, nell'esempio verrà trattato un solaio di falda poggiate su puntoni rialzati in modo da caricare nel modo più realistico possibile il colmo e i dormienti.

Si darà per scontata la creazione della struttura e l'inserimento dei carichi statici essendo questi argomenti già approfonditamente trattati all'interno del tutorial dedicato alle strutture in CA ("tut_strutturainca" presente all'interno della cartella "Manuali".)

- Creiamo una struttura in CA con le seguenti caratteristiche geometriche: pianta rettangolare 6m x 10m, 8 pilastri perimetrali (25cm x 25cm) alti 3m, trave di fondazione 80cm x 40cm Winkler 5 daN/cm³ e trave perimetrale 40cm x 25cm.

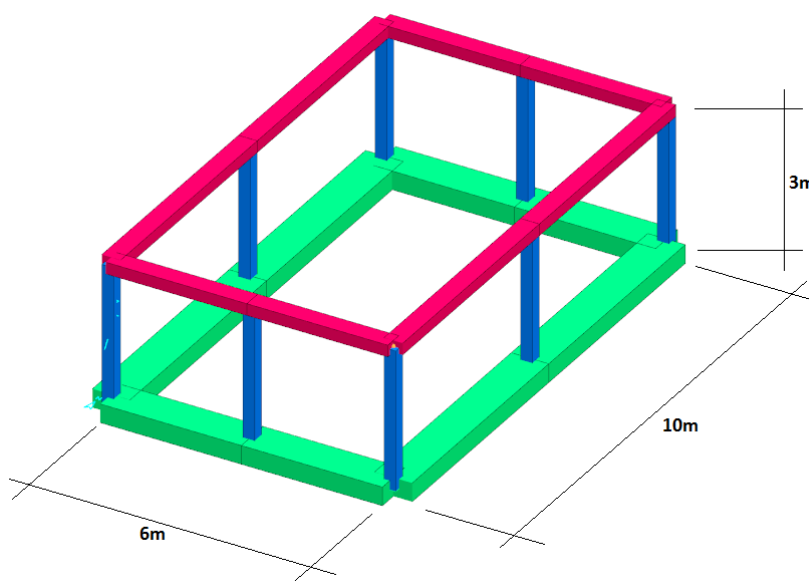
N.B:

Per la guida dettagliata all'utilizzo del CAD 3D Struttura e alla creazione della struttura si rimanda al tutorial "[tut_strutturainca](#)" presente all'interno della cartella "Manuali".

Creiamo una pianta 10m x 6m (verde chiaro) e disegniamo dei segmenti verticali (blu) lunghi 300cm ai 4 vertici ed alla mezzeria dei lati; colleghiamo le sommità di questi segmenti con una poligonale (rossa).

Creiamo ed assegniamo le seguenti sezioni:

- 25cm x 25cm in cls ai blu
- 40cm x 25cm in cls ai rossi
- 80cm x 40cm (Winkler 5 daN/cm³) in cls ai verdi



- Prolunghiamo i pilastri "lato 10 m" di 150 cm unendoli con una trave 40 cm x 25 cm; i due pilastri in mezzeria del lato da 6 m li prolunghiamo di 250 cm. Uniamo i due più alti con una asta in legno 26 cm x 40 cm e facciamo sporgere di 1m sia il colmo che le travi a quota 300 cm sempre assegnando la nuova sezione in legno.

Creiamo come continuazione dei pilastri dei segmenti blu lungo l'asse Z di lunghezza 150 cm per i pilastri lungo il lato da 10 m e di 250 cm per i due pilastri in mezzeria del lato da 6m. Uniamo i due pilastri più alti con un segmento arancione (colmo).

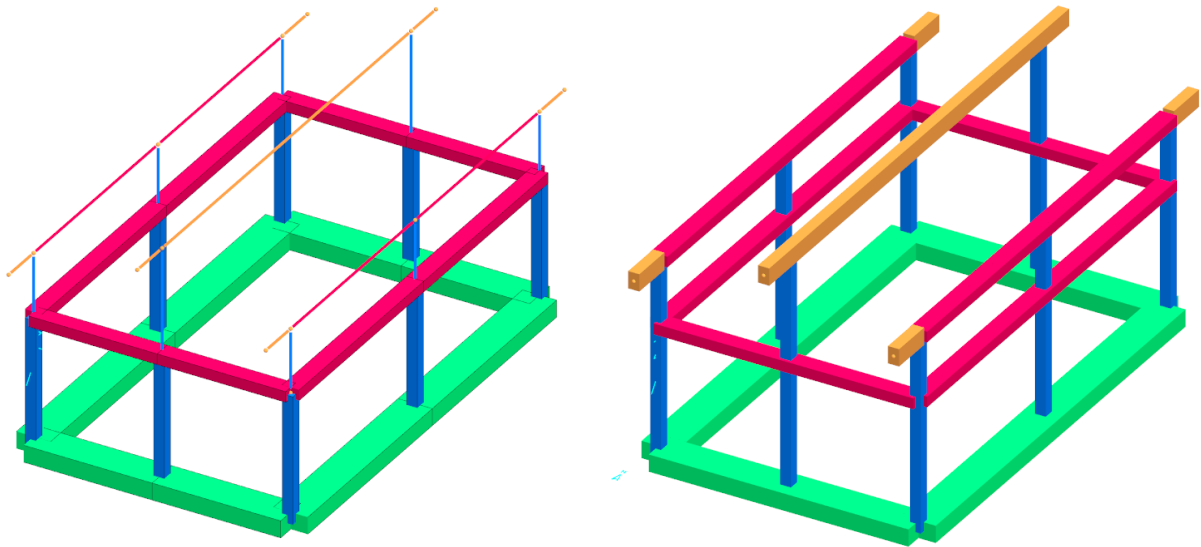
Mettiamoci ora su un piano verticale passante per i due pilastri più alti e tramite l'utilizzo della costruzione parallela creiamo gli sbalzi del colmo: due segmenti laterali lunghi 1 m; copiamo questi nuovi elementi anche sui 4 pilastri angolari.



Uniamo le sommità dei segmenti da 150 cm lungo il lato da 10 m con un segmento rosso.

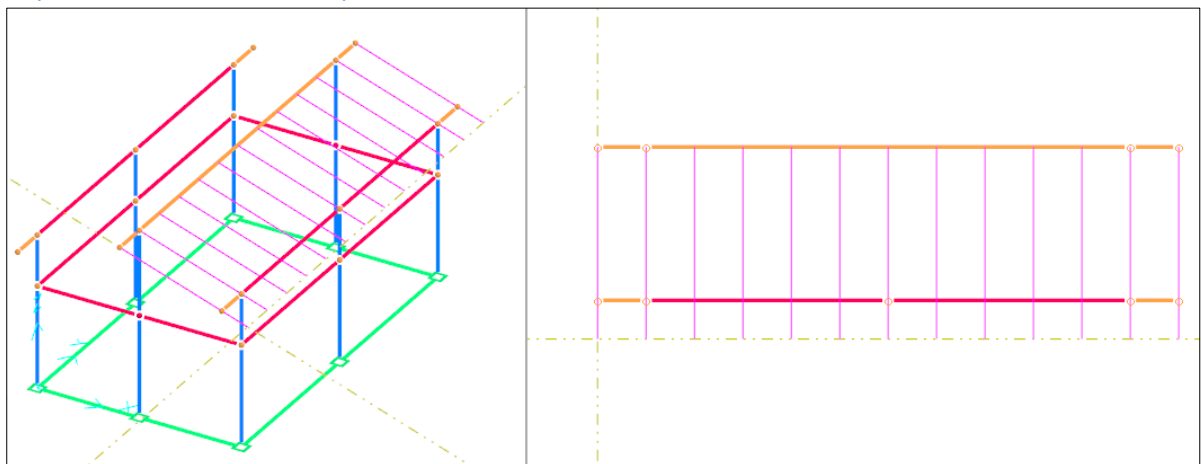
Assegniamo ora le seguenti sezioni:

- 25 cm x 25 cm in cls ai blu
- 40 cm x 25 cm in cls ai rossi
- 26 cm x 40 cm in legno agli arancioni



- Inseriamo in copertura i puntoni di sezione 16cm x 18cm, uno al metro, facendoli sporgere a sbalzo di 80cm.

Lavoriamo su una falda selezionando la vista di un “piano per tre punti” passante per il colmo e per una trave a quota 450 cm; con il comando “costruzione parallela” generiamo una parallela alla linea di colmo distante 80 cm dalla trave esterna per simulare lo sbalzo. Usando il colore viola creiamo i puntoni, di lunghezza compresa tra il colmo e la linea di costruzione ad esso parallela, disponendone uno al metro per tutta la falda.

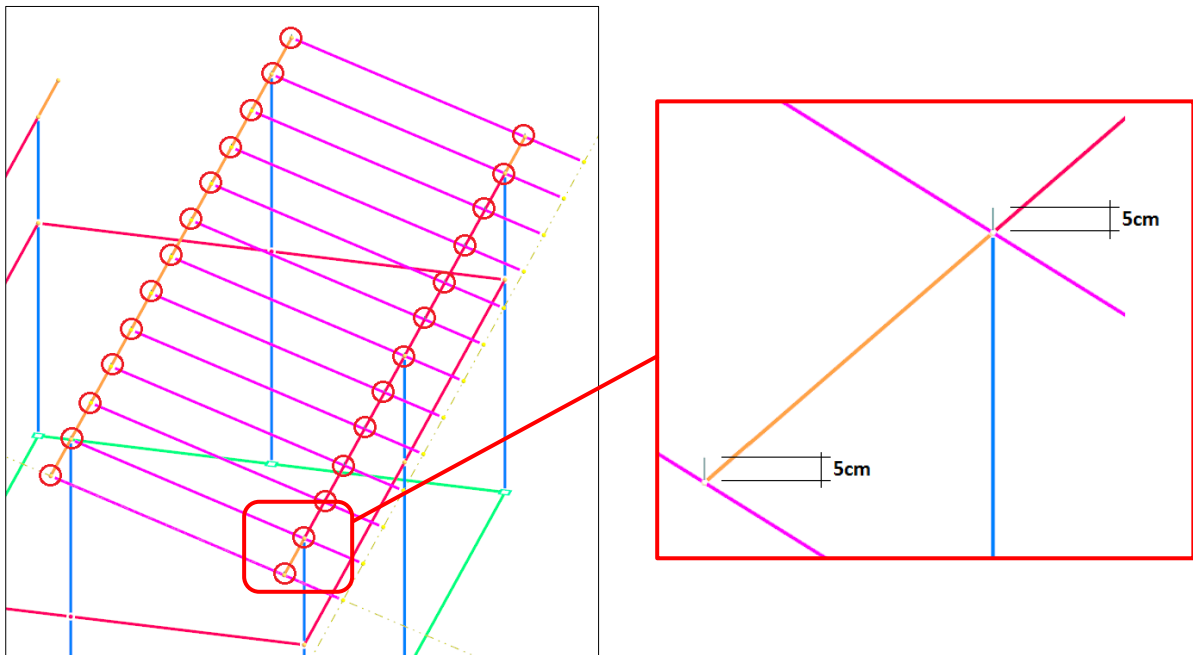


Creiamo ed assegniamo la sezione 16 cm x 18 cm ai segmenti viola.

- “Rialziamo” i puntoni con piccole aste fittizie di sezione 5 cm x 5 cm in cls, in modo da far poggiare tutto il piano falda su un piano rialzato di 5 cm.

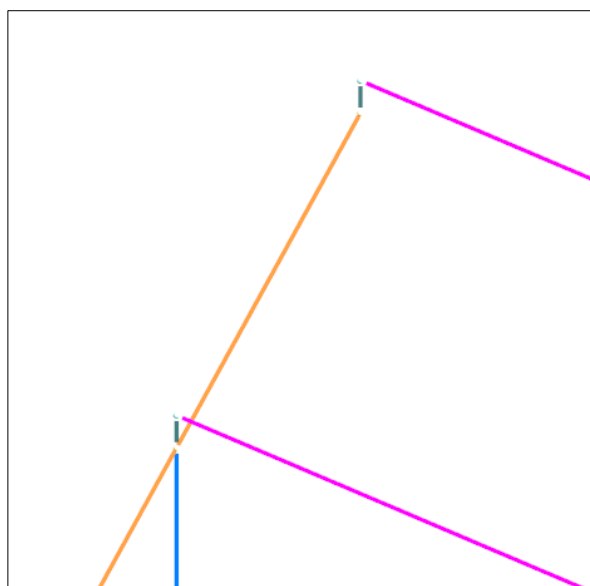
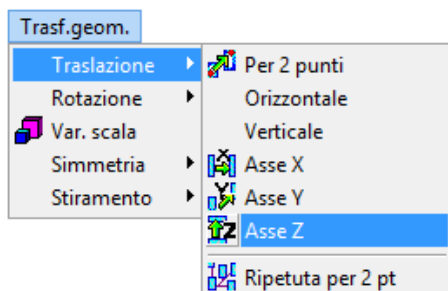
N.B. in realtà si dovrebbe rialzare del disassamento $h/2 + H/2$, ma per semplicità di modello usiamo 5 cm per l'esempio analizzato.

Lavoriamo sul piano per 3 punti e ad ogni incrocio asta rossa/viola e asta arancione/viola creiamo un segmentino verticale lungo l'asse Z di lunghezza pari a 5 cm e colore verde scuro. Si consiglia di fare il primo segmentino, poi copiarlo per n° 12 copie indicando come distanza “per due punti” quella presente fra i puntoni. Una volta creata la prima fila di segmenti verde scuro sarà sufficiente copiare tutti i “verde scuro” sull'altra fila.



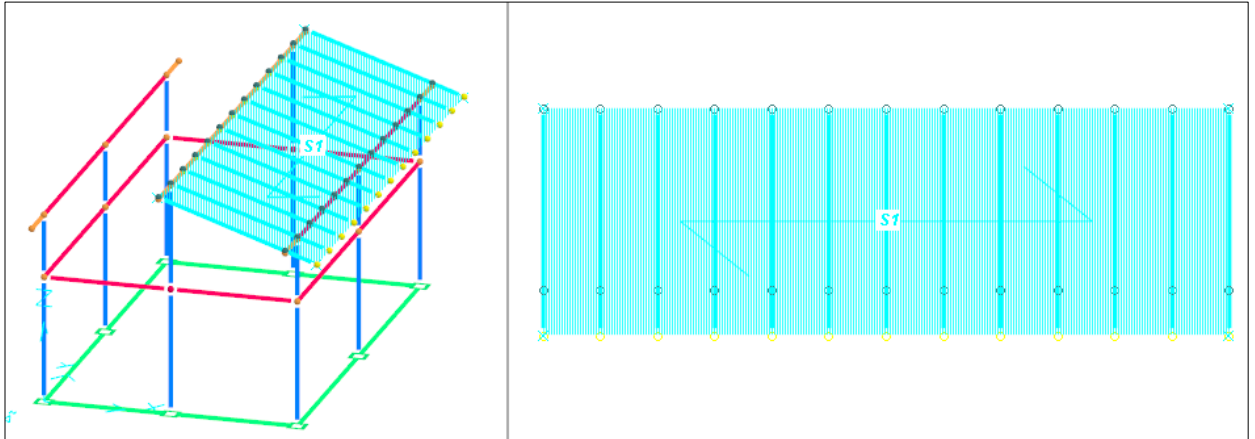
Assegniamo la nuova sezione 5 cm x 5 cm in cls a tutti gli elementi verde scuro.

Spostiamo tutti i puntoni viola verso l'alto di 5 cm: “Trasf. geom. → Traslazione → Asse Z” digitiamo “5”, Premiamo Invio, numero di copie “0”, Premiamo Invio e poi il tasto “SEL” e il colore Viola.



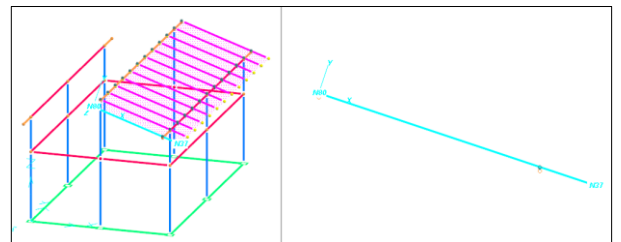
- Creiamo un solaio che carica tutti i puntoni.

Spostiamoci su un piano per 3 punti passante per il nuovo piano dei puntoni appena spostati; ora tramite il comando “Struttura → Solai → Nuovo” creiamo un nuovo solaio denominato “falda” che ripartisca i carichi su tutti i puntoni quindi con direzione dei travetti ortogonale ai puntoni viola. Modifichiamo in viola il colore del solaio appena creato.

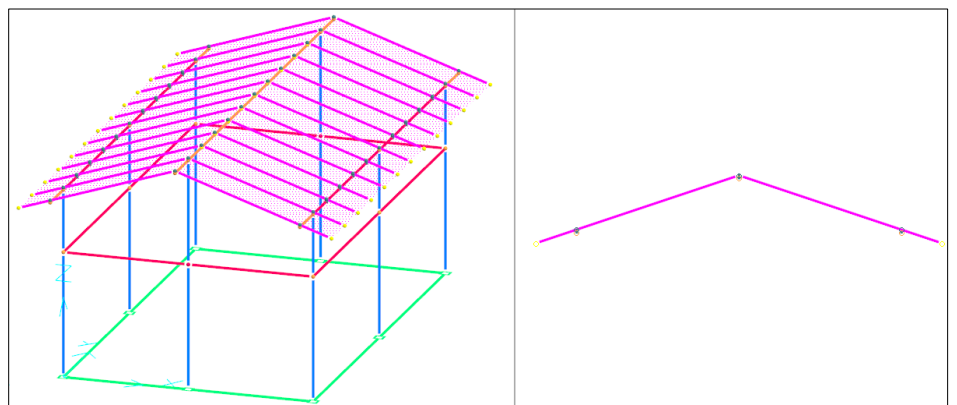
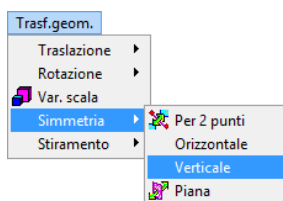


- Copiamo per simmetria puntoni, aste fittizie e solaio sull'altra falda.

Spostiamoci su un piano XZ per $Y = -100$ cm

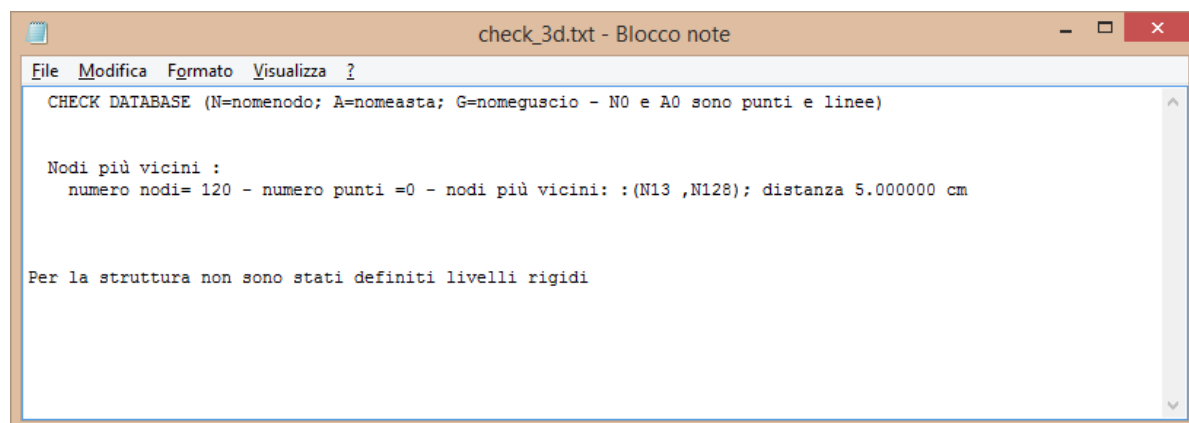


Ora, tramite il comando “Trasf. geom. → Simmetria → Verticale” attiviamo il comando per eseguire la simmetria dei puntoni, della falda e delle aste fittizie sull'altra falda. Dopo aver lanciato il comando, selezioniamo nel piano verticale il nodo più alto del puntone, numero di copie = 1, invio, SEL – Viola, SEL – Verde scuro.



Eseguiamo adesso i comandi classici per “pulire” e sistemare gli eventuali errori di modellazione che si creano quando si copiano elementi (aste sovrapposte, nodi all'interno di aste, ecc...). Quindi chiamiamo il comando “Struttura → Aste → Spezza aste in automatico” e poi “Selezione → Tutto”; inoltre con il comando “Struttura → Elimina sovrapposti” eliminiamo gli ultimi possibili

problemi nelle aste del modello. A questo punto il comando “File → Check DB” non dovrebbe contenere errori di modellazione.

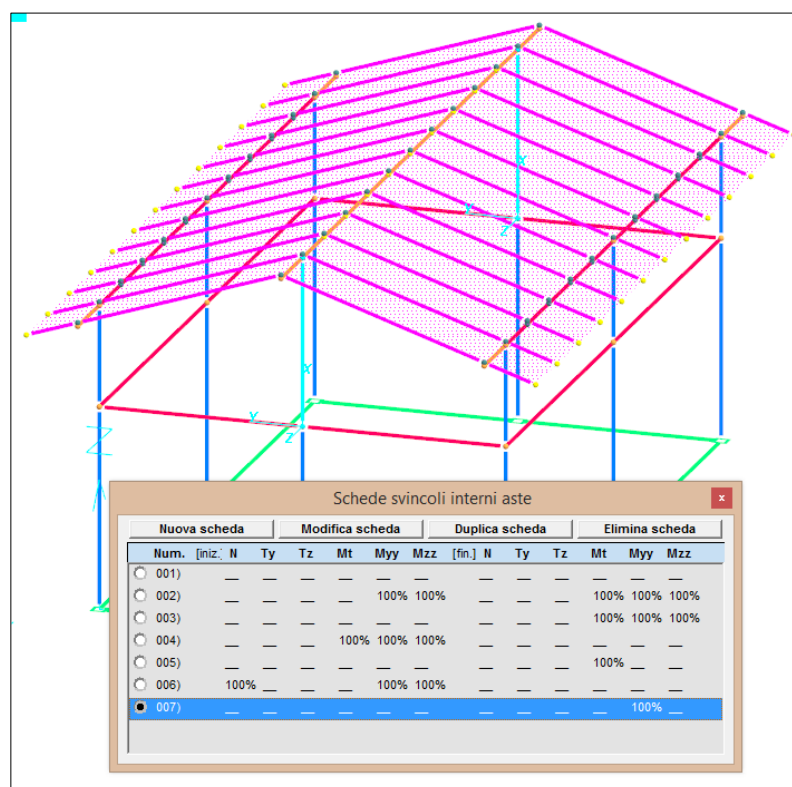


- **Svincoliamo a momento la sommità dei pilastri che sorreggono la trave di colmo, la sommità delle aste verde scuro; in seguito svincoliamo a momento ed a sforzo normale la sommità dei puntoni.**

Vogliamo ottenere uno schema statico che rappresenti la trave di colmo appoggiata sui pilastri e per far questo occorre svincolare a momento Y la sommità dei pilastri; inoltre le sommità di tutte le aste fittizie verdi dovranno essere svincolate a momento e i puntoni viola dovranno essere svincolati a sforzo normale in sommità (oltre che a momento) in modo da scaricare completamente il carico sul colmo ma senza creare un falso effetto capriata.

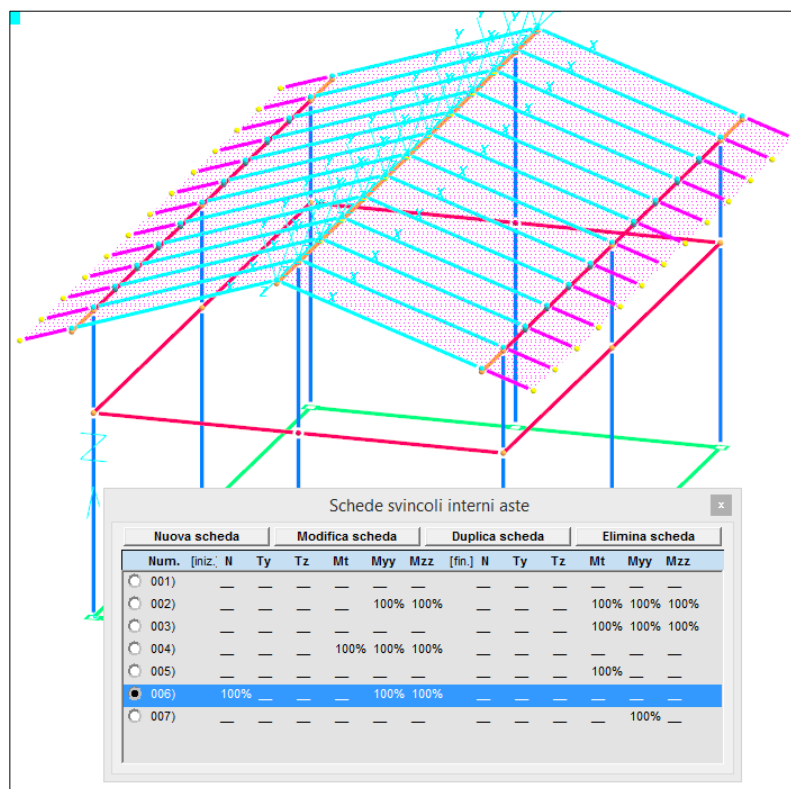
Quindi occorre creare e applicare le seguenti schede di svincolo:

- 1) Scheda con 100% Myy al nodo finale:
(da applicare ai pilastri del colmo)

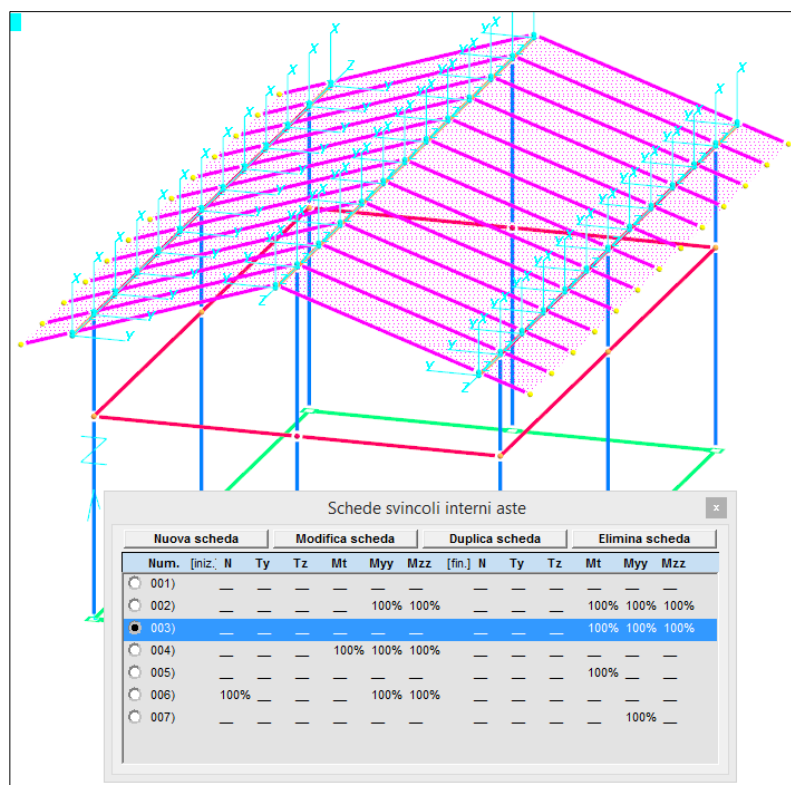


- 2) Scheda con 100% N, 100% Myy e 100% Mxx da applicare a tutti i puntoni viola:

N.B. Attenzione a non fare SEL-Viola in quanto si applicherebbe tale scheda di svincolo anche alla parte sporgente dei puntoni creando una labilità.



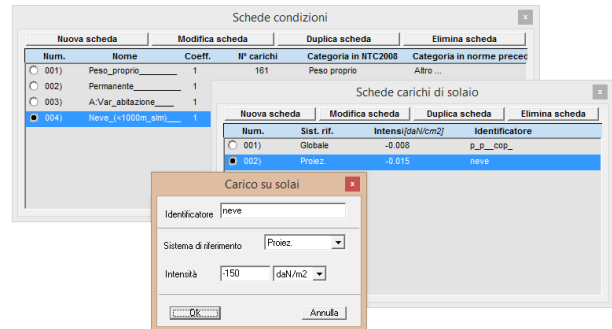
- 3) Scheda con 100%Mt, 100%Myy, 100%Mxx (di default scheda n°3) da applicare a tutte le asticine fittizie verde scuro (SEL – verde scuro):



- Assegniamo i carichi: peso proprio agli elementi, 80 daN/m² come peso proprio copertura, 150 daN/m² come neve.

Tramite il comando “Carichi → Condizioni → Schede condizioni” attiviamo il pannello delle condizioni; selezionata la condizione Peso Proprio lanciamo il comando “Carichi → Peso proprio → Assegna” e selezioniamo tutta la struttura.

Ora attiviamo “Carichi → Carichi Solai → Assegna”, creiamo un carico denominato “p.p. cop.” di -80 daN/m² e tramite SEL-Viola applichiamo questo carico ai due solai di falda. Sempre con il comando attivo spostiamo il pallino di selezione sulla condizione “Neve” e creiamo un nuovo carico proiettato, di intensità -150 daN/m² da applicare sempre ai solai di falda viola.



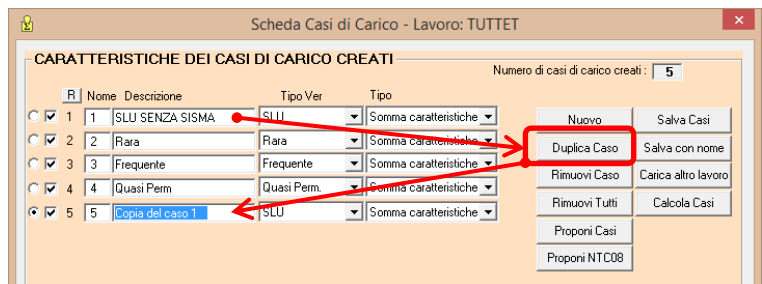
- Eseguiamo il calcolo delle sollecitazioni, creiamo i casi di carico aggiungendone uno apposito nel quale verrà scorporata la neve (facoltativo).

“Calcolo → Calcolo sollecitaz.” per avviare il calcolo, premere “Sì” alla richiesta di aggiornamento dei casi di carico e generiamo il default per le NTC'18.

N.B.

A questo punto potrebbe essere utile duplicare il caso SLU per far sì che nelle verifiche degli elementi lignei venga tenuto conto che la neve non rappresenta un carico di lunga durata ma temporaneo.

Se non viene eseguita questa operazione, il programma cautelativamente considera la neve come un carico con durata infinita ed utilizza il relativo Kmod pari a 0.6.

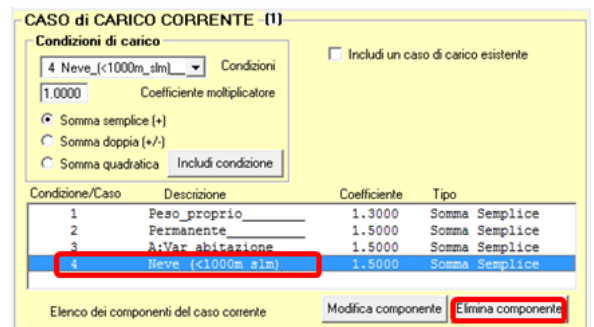


Quindi, creati i 4 classici casi di carico selezioniamo il primo SLU SENZA SISMA e premiamo “Duplica caso”, coeff. per duplicazione 1.0 e il nuovo caso creato, il 5°, lo rinominiamo SLU NEVE.



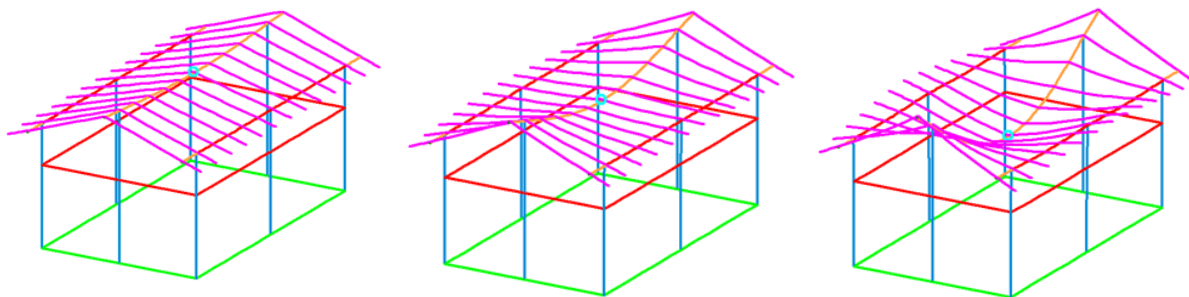
Selezioniamo ora il primo caso e dalle sue componenti eliminiamo la neve selezionando l'apposita condizione nel riquadro in basso e premendo “Elimina componente”.

“Calcola Casi”, “Salva e Chiudi”, e torniamo nell’ambiente grafico per eseguire la verifica della copertura.

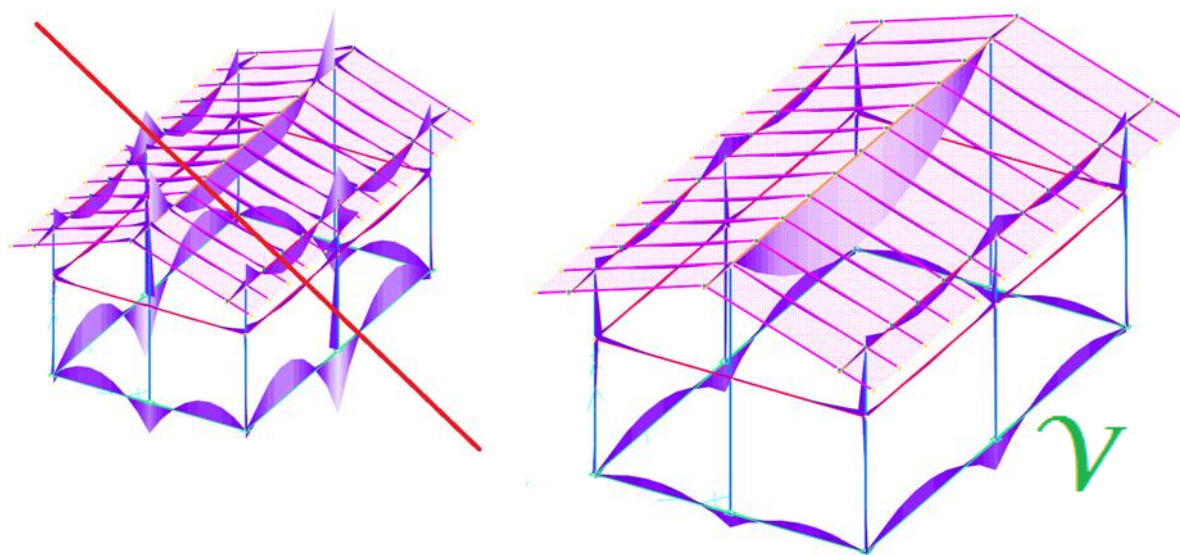


- Visualizziamo le deformate animate ed i momenti sulle aste come controllo.

“Risultati→Deformate→Animate” ed avviamo la deformazione per il caso SLU, qui si ha la conferma visiva degli svincoli inseriti prima in quanto il tutto si deforma come previsto:



Si può ottenere un ulteriore controllo visivo attivando i momenti Mzz del caso di carico SLU NEVE: osserveremo se l'andamento dei momenti rispetta lo schema statico modellato applicando ad hoc gli svincoli interni delle aste.



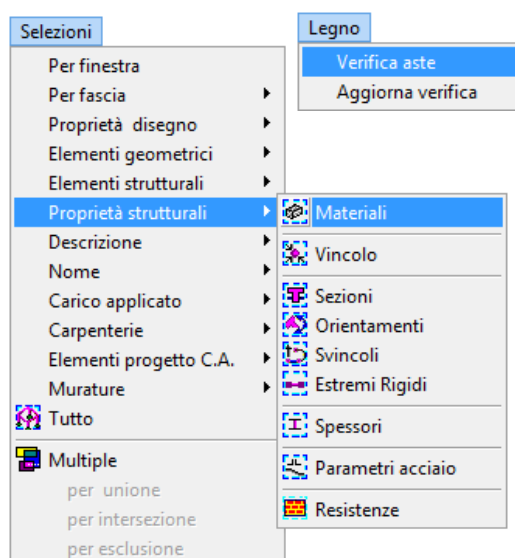
- Verifica delle aste in legno utilizzando come materiale legno lamellare GL28h

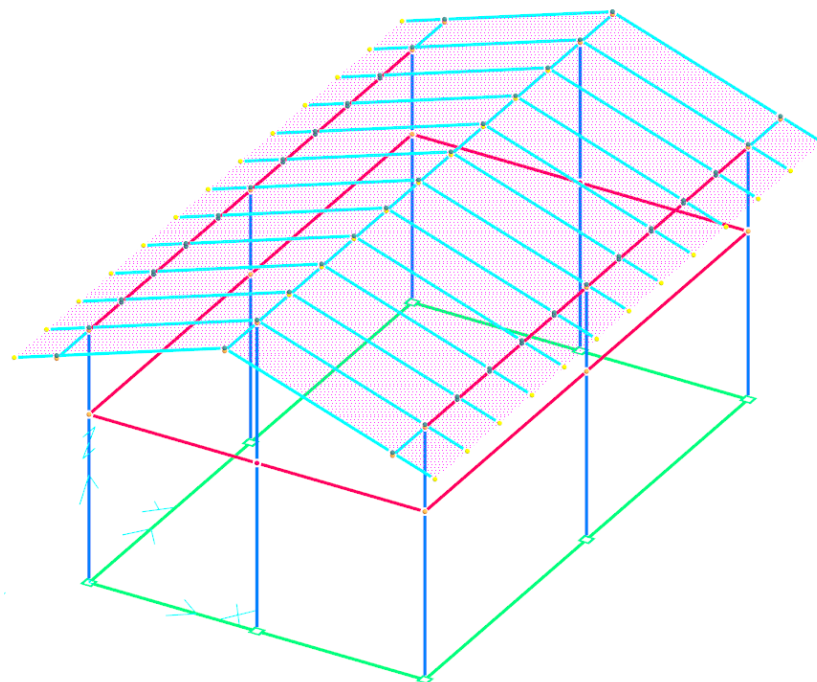
Tramite il comando “Legno → Verifica aste” attiviamo il comando che rimane in attesa di sapere quali aste vogliamo verificare.

Utilizzare la selezione per colore ora potrebbe non essere la soluzione più agevole quindi si consiglia di utilizzare la voce “Selezioni → Proprietà strutturali → Materiale” aprendo così il sotto-menu con l'elenco dei materiali definiti per questo lavoro; selezioniamo LEGNO dall'elenco e premiamo OK, in grafica verranno evidenziate tutte le aste selezionate e si aprirà il pannello per la verifica delle aste in legno.

Num.	Descrizione	E	n	G
001)	CALCESTRUZZO	300000.0	0.15	130000.0
002)	ACCIAIO	2100000.0	0.30	850000.0
003)	LEGNO	100000.0	0.25	6000.0
004)	MURATURA	18000.0	0.20	3000.0

Ok





All'avvio il programma utilizza un materiale di default, modifichiamolo tramite il tasto ARCHIVIO selezionando un legno lamellare GL28h.

ASTE DA VERIFICARE

☒ Nomi aste :

33-38, 144-153, 174-225

Materiale :

Descrizione :

Colore :

NOME FILE DI OUTPUT

VerAstLegno.txt

VerAstLegno_sint.txt

DATI MATERIALE

Descrizione

Norma Classe

fm,k	<input type="text" value="280"/>	E0,m	<input type="text" value="126000"/>	ρ_k	<input type="text" value="0.0004"/>
ft,0,k	<input type="text" value="195"/>	E0,05	<input type="text" value="102000"/>	ρ_m	<input type="text" value="0.00048"/>
ft,90,k	<input type="text" value="4.5"/>	E90,m	<input type="text" value="4200"/>	<input type="button" value="←"/>	
fc,0,k	<input type="text" value="265"/>	Gm	<input type="text" value="7800"/>		
fc,90,k	<input type="text" value="30"/>	G0,05	<input type="text" value="6314.29"/>		
fv,k	<input type="text" value="32"/>				

☐ Salva in custom per i nuovi lavori

Classe di servizio : Tipo legno : Riferimento :

	Kmod	Casi	ft,0,d (*)	fc,0,d	fm,d (*)	fv,d	
Permanente	<input type="text" value="0.6"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="80.69"/>	<input type="text" value="109.66"/>	<input type="text" value="115.86"/>	<input type="text" value="13.24"/>	γ_m <input type="text" value="1.45"/>
Lunga	<input type="text" value="0.7"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="94.14"/>	<input type="text" value="127.93"/>	<input type="text" value="135.17"/>	<input type="text" value="15.45"/>	Kdef <input type="text" value="0.6"/>
Media	<input type="text" value="0.8"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="107.59"/>	<input type="text" value="146.21"/>	<input type="text" value="154.48"/>	<input type="text" value="17.66"/>	β_c <input type="text" value="0.1"/>
Breve	<input type="text" value="0.9"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="121.03"/>	<input type="text" value="164.48"/>	<input type="text" value="173.79"/>	<input type="text" value="19.86"/>	$\tau_{min tor}$ <input type="text" value="0.01"/>
Istantanea	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="134.48"/>	<input type="text" value="182.76"/>	<input type="text" value="193.1"/>	<input type="text" value="22.07"/>	

(*) valori per Kh=1

La gestione dei casi di carico dovrebbe essere caricata correttamente dal programma, altrimenti è possibile resettare i Casi tramite il tasto "R" per poi modificarne a mano la durata tramite il tasto "M".

Premendo il tasto “Esegui” il programma processa e verifica tutte le aste selezionate; premendo APRI (quello relativo alla relazione sintetica delle aste) comparirà un report in formato .txt dove saranno visualizzate le percentuali di utilizzo di ogni singola asta, ovviamente l’elemento è verificato se la percentuale di utilizzo è inferiore al 100%.

VerAstLegno_sint.txt - Blocco note

File Modifica Formato Visualizza ?

VERIFICA ASTE IN LEGNO - RELAZIONE SINTETICA

Lavoro : TUTTIET
Normativa : NTC08 - ECS (UNI EN 1995-1-1)
Unità di misura : cm; daN; daN/cm; daN/cm; daN/cm2; daN/cm3.
Data : 2/02/2015 - 15:34
Numero aste : 68

RESISTENZE LIMITE RAGGIUNTE (%) :

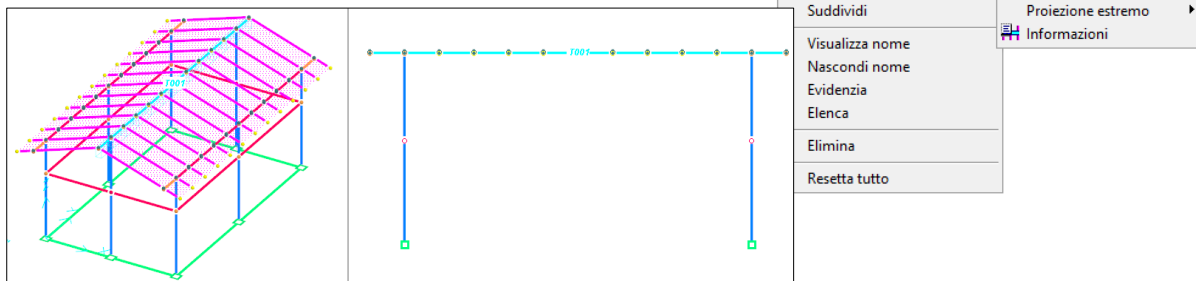
asta	sez	b	h	fsPfd	fsfl	fsIto	fsTau	%	V
33	4	26.	40.	0.042	0.000	0.002	0.041	4	1 s
34	4	26.	40.	0.042	0.000	0.002	0.041	4	1 s
35	4	26.	40.	0.048	0.000	0.002	0.004	5	1 s
36	4	26.	40.	0.048	0.000	0.002	0.004	5	1 s
37	4	26.	40.	0.048	0.000	0.002	0.004	5	1 s
38	4	26.	40.	0.048	0.000	0.002	0.004	5	1 s
144	4	26.	40.	0.312	0.000	0.098	0.325	32	1 s
145	4	26.	40.	0.589	0.000	0.346	0.254	50	1 s
146	4	26.	40.	0.784	0.000	0.615	0.182	75	1 s
147	4	26.	40.	0.902	0.000	0.814	0.110	90	1 s
148	4	26.	40.	0.941	0.000	0.887	0.039	94	1 s
149	4	26.	40.	0.941	0.000	0.887	0.039	94	1 s
150	4	26.	40.	0.902	0.000	0.814	0.110	90	1 s
151	4	26.	40.	0.784	0.000	0.615	0.182	75	1 s
152	4	26.	40.	0.589	0.000	0.346	0.254	50	1 s
153	4	26.	40.	0.312	0.000	0.098	0.325	32	1 s
174	5	16.	18.	0.113	0.116	0.016	0.076	12	1 s
175	5	16.	18.	0.035	0.000	0.001	0.036	4	1 s
176	5	16.	18.	0.213	0.217	0.051	0.142	22	1 s
177	5	16.	18.	0.065	0.000	0.004	0.068	7	1 s
178	5	16.	18.	0.213	0.217	0.051	0.142	22	1 s
179	5	16.	18.	0.065	0.000	0.004	0.068	7	1 s
180	5	16.	18.	0.213	0.217	0.051	0.142	22	1 s
181	5	16.	18.	0.065	0.000	0.004	0.068	7	1 s
182	5	16.	18.	0.213	0.217	0.051	0.142	22	1 s
183	5	16.	18.	0.065	0.000	0.004	0.068	7	1 s
184	5	16.	18.	0.213	0.217	0.051	0.142	22	1 s
185	5	16.	18.	0.065	0.000	0.004	0.068	7	1 s
186	5	16.	18.	0.213	0.217	0.051	0.142	22	1 s
187	5	16.	18.	0.065	0.000	0.004	0.068	7	1 s
188	5	16.	18.	0.213	0.217	0.051	0.142	22	1 s
189	5	16.	18.	0.065	0.000	0.004	0.068	7	1 s

< 100% ✓

12

- Controlliamo la massima deformazione della trave di colmo.

Creiamo la membratura della trave di colmo tramite il comando “Carpenterie → Membrature → Travi → Assegnaz. automatica” e selezioniamo un’asta del colmo; verrà creata la membratura T001.

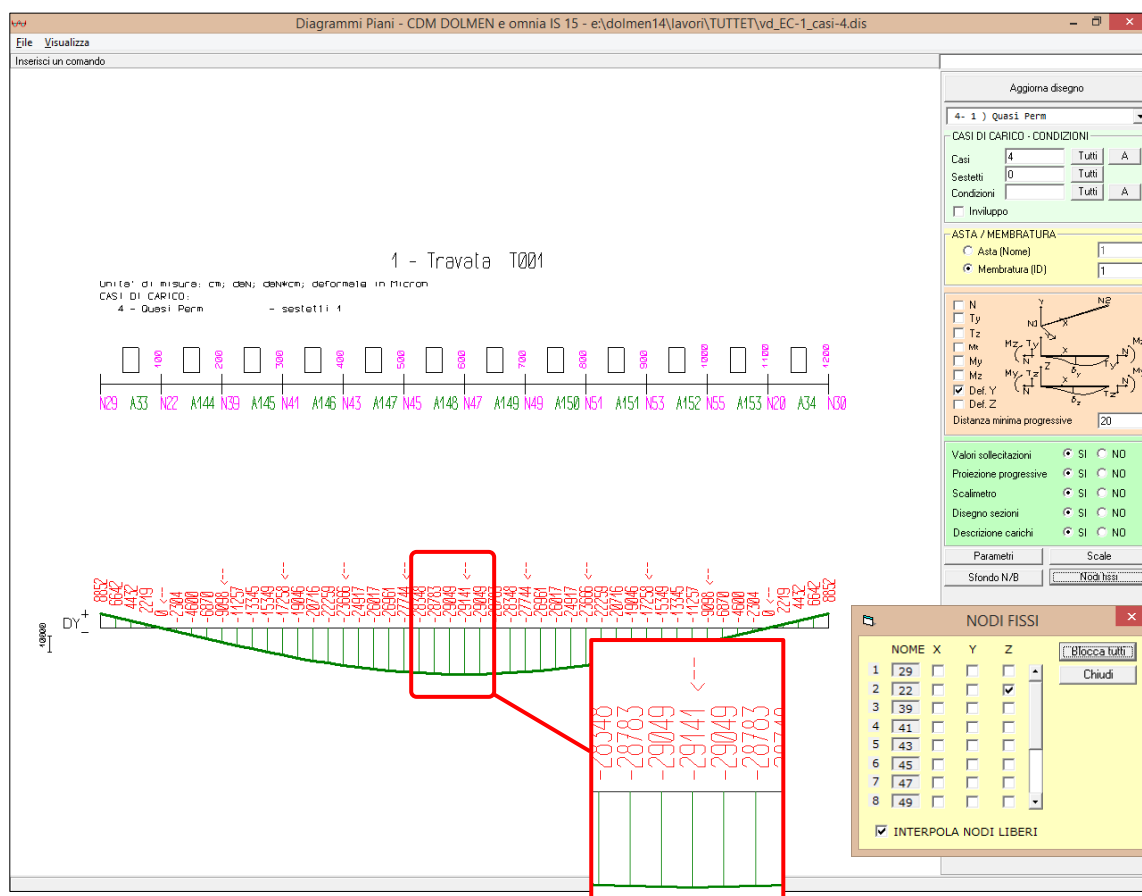


Ora avviaamo il visualizzatore di diagrammi piani tramite la voce “Risultati → Diagrammi piani di elem. continui” e selezioniamo la trave T001.

All’avvio del programma “Diagrammi Piani” deseleggiamo le voci attive di taglio e momento, attiviamo “Def.Y” e come caso di carico imponiamo di vedere il caso “4”; inoltre entriamo nel menu dei “nodi fissi” e blocchiamo in Z i nodi poggianti sui pilastri (2[N22] e 12[N20]) selezionando infine la voce “interpola nodi liberi”. Chiudiamo e premiamo “Aggiorna disegno”.

N.B.

Per maggiori dettagli sul funzionamento e sull’utilizzo del programma per la visualizzazione dei diagrammi piani delle aste e delle membrature si rimanda al file [“tut_diagrammipiani.pdf”](#) presente nella cartella Manuali del menu principale di Dolmen.



Supponendo di dover rispettare l'1/250 della luce per il colmo di copertura operiamo nel seguente modo:

- Leggiamo la massima deformazione in grafica:

$$29141 \text{ micro} = 29141 \text{ millesimi di mm} = 2.9141 \text{ cm}$$

- Moltiplichiamo tale valore per il coeff. $1+K_{def}$ (quest'ultimo letto nel pannello delle verifiche del legno):

γ_m	1.45
K_{def}	0.6
β_c	0.1
$\tau_{min\ tor}$	0.01

$$2.91 * (1 + 0.6) = 4.65 \text{ cm}$$

- Verifichiamo che l'1/250 della luce (10m) sia maggiore della massima deformazione:

$$1000 / 250 = 4 \text{ cm} \Rightarrow 4.65 \text{ cm} > 4 \text{ cm} \quad \text{X} \quad (\text{Non verificato})$$