

COMUNE DI VARESE

Provincia di Varese

RIFACIMENTO DELLE STRUTTURE IN LEGNO
RIFACIMENTO DEL MANTO DI COPERTURA E NUOVA LINEA VITA
DEL PADIGLIONE TANZI PRESSO L'EX ONP DI Via O. Rossi n. 9 - Varese
PROGETTO ESECUTIVO

0	Dicembre 2024	emissione	mav	ab	sdb	2104E-CAR-RDC-A
rev.	data	descrizione	dis.	contr.	appr.	file

Committente: ATS Insubria Via Ottorino Rossi n. 9 21100 Varese	Progettista: ing. Simeone De Benedictis Collaboratori: geom. Maria Volante
--	---

elaborato: E-CAR RDC-A	OPERE STRUTTURALI IN LEGNO RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE IN LEGNO					
		software:		rif.:	24-2104	

	STUDIO FANTONI LEONI E ASSOCIATI		giulio fantoni	-	ingegnere
			franco leoni	-	ingegnere
			alba barboni	-	geometra
			simeone de benedictis	-	ingegnere
Via Crispi 18 - 21100 Varese - Tel. 0332 288610 - Fax 0332 286788 - info@fantonileonieassociati.it - C.F. e P.IVA 01620950129					
A termini delle vigenti leggi sui diritti d'autore questo disegno non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato ad altre persone o ditte senza l'autorizzazione dello scrivente					



STUDIO FANTONI LEONI E ASSOCIATI

giulio fantoni - ingegnere

franco leoni - ingegnere

alba barboni - geometra

simeone de benedictis - ingegnere

Via Crispi 18 - 21100 Varese - Tel 0332 288610 - Fax 0332 286788 - info@fantonileonieassociati.it - C.F. e P.IVA 01620950129

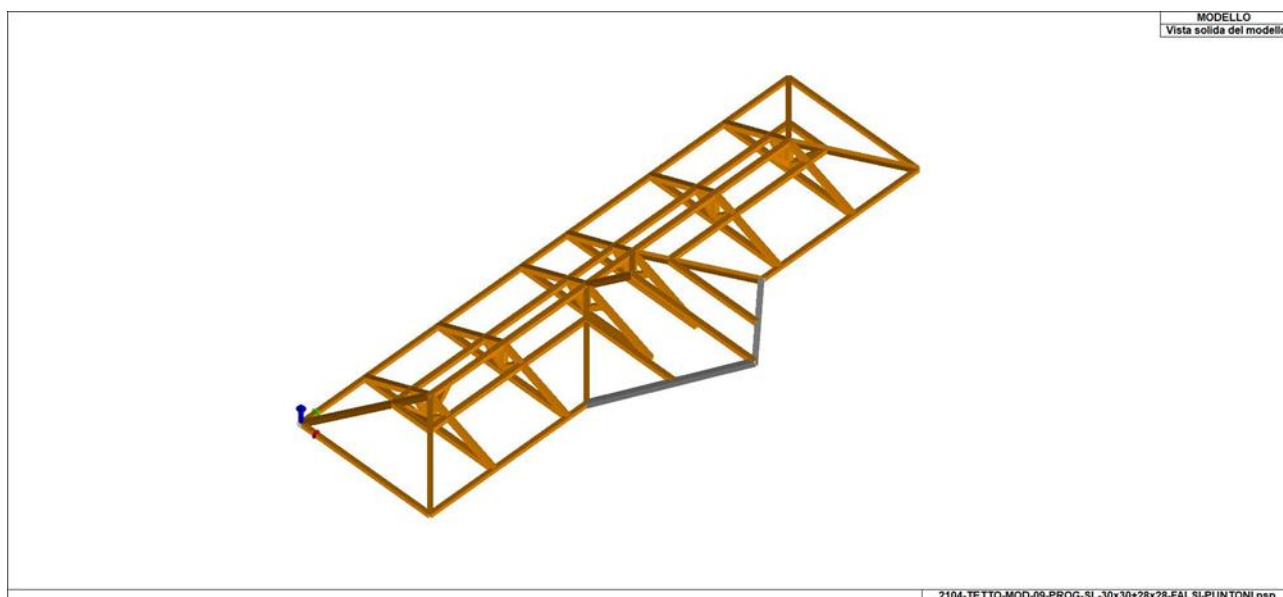
COMUNE DI VARESE

Provincia di Varese

ATS INSUBRIA

VIA OTTORINO ROSSI N.9

21100 - VARESE (VA)



RIFACIMENTO DELLE STRUTTURE IN LEGNO

RIFACIMENTO DEL MANTO DI COPERTURA E NUOVA LINEA VITA

DEL PADIGLIONE TANZI PRESSO L'EX ONP DI VIA O. ROSSI N.9 - VARESE

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTO DELLE STRUTTURE

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE IN LEGNO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA SINTETICA

RELAZIONE SUI MATERIALI IMPIEGATI

Dicembre 2024

INDICE

1.	RELAZIONE ILLUSTRATIVA SINTETICA.....	3
1.1	PREMESSA.....	3
1.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO	3
1.3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO STRUTTURALE	4
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	5
1.4.1	LEGNO MASSICCIO	5
1.4.2	BULLONATURE	5
1.4.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA - Acciaio per piastrame – S275–JR (EN 10025).....	5
1.4.4	CALCESTRUZZO - Classe di resistenza C25/30.....	5
1.4.5	ACCIAIO PER C.A - B450C	6
1.5	CARICHI BASE.....	6
1.5.1	PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE PRINCIPALI	6
1.5.2	CARICHI VARIABILI E PERMANENTI COPERTURA	6
1.6	CANTIERIZZAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO.....	6
2.	MODELLAZIONE.....	10
2.1	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI	10
2.2	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI	12
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI	13
3.1	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI	13
4.	NEVE E VENTO	14
5.	ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI	16
6.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	17
7.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	20
7.1	TIPO DI ANALISI EFFETTUATE.....	21
7.2	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO.....	21
8.	PRINCIPALI RISULTATI.....	23
9.	SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA	30
10.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	33

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2024-10-201)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it
Codice Licenza:	Licenza dsi3412

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST” disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

1. RELAZIONE ILLUSTRATIVA SINTETICA

1.1 PREMESSA

Nella presente relazione sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante il rifacimento delle strutture in legno della copertura del Padiglione Tanzi presso l'ex ONP in Via O. Rossi n.9 nel Comune di Varese, in relazione al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale e alle prestazioni attese dalla struttura.

Come intervento conservativo, è stato inizialmente considerato di rinnovare in modo completo il manto di copertura dell'edificio poiché contraddistinto da un elevato grado di vetustà che ne compromette l'efficacia rispetto alle classiche funzioni proprie di questo tipo di componente edilizia.

L'edificio ha una forma in pianta ad "H" con il corpo di fabbrica centrale di profondità di circa 12 metri e i corpi delle ali di profondità di circa 9 metri. La copertura a falde inclinate a padiglione dell'edificio è caratterizzata da tipologie strutturali differenti. Il tetto del corpo centrale ha una struttura in calcestruzzo armato in opera con solai inclinati. La copertura delle due ali è costituita da una struttura in legno realizzata con capriate palladiane semplici, da una orditura primaria composta da diagonal, terzere e colmi e, infine, da una orditura secondaria composta da travetti disposti nella direzione di massima pendenza della falda. La copertura delle ali è il risultato di un intervento di sopraelevazione e trasformazione da copertura piana a copertura a padiglione dei due corpi di fabbrica delle ali, successivo alla costruzione dell'edificio. Le falde esistenti hanno inclinazioni pressoché tutte uguali con pendenza pari a circa il 50%.

Le verifiche analitiche eseguite sulle strutture in legno della copertura dei corpi di fabbrica delle ali hanno evidenziato il mancato soddisfacimento dei criteri di verifica di resistenza per diversi elementi strutturali. A tal proposito, è opportuno evidenziare lo stato di degrado degli elementi strutturali in legno esistenti e lo stato di disordine generale dell'impianto delle strutture in legno determinato da interventi artificiosi e superfetazioni eseguiti nel tempo.

Pertanto si è reso necessario integrare il primo intervento di rifacimento del manto di copertura dell'intero edificio con la sostituzione delle strutture portanti in legno della copertura dei corpi di fabbrica delle due ali.

L'impostazione del progetto delle nuove strutture in legno deve necessariamente partire dal presupposto che non siano modificate le strutture esistenti in calcestruzzo armato della copertura del corpo centrale e delle gronde dell'intero edificio.

1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Per le valutazioni oggetto di codesta relazione si sono prese a riferimento:

- **D.M 17 gennaio 2018** (GU n. 42 del 20-2-2018) *"Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"*;
- **Circolare 21 gennaio 2019, n°7 C.S.LL.PP.** (GU n. 35 del 11-2-2019) *"Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018"*;

Per quanto non contenuto nelle norme di cui sopra si può fare utile riferimento agli Eurocodici e alle Norme CNR e più precisamente:

- CNR DT 206/2007 – *"Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione e il Controllo delle Strutture in Legno"*;
- CNR DT 207/2008 – *"Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni"*;
- UNI EN 1995-1-1:2014 : Eurocodice 5 – *"Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici"*.

1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'INTERVENTO STRUTTURALE

L'obiettivo del progetto delle strutture è quello di dimensionare il complesso dei nuovi elementi portanti in legno che costituiscono la copertura in legno delle ali e del raccordo con la copertura del corpo centrale **mantenendo inalterati gli schemi strutturali dello stato di fatto** e con riferimento ai carichi di progetto definiti dalle normative vigenti al fine di realizzare la **sostituzione completa dell'orditura in legno primaria e secondaria** della copertura dell'edificio.

Nell'impostazione della geometria degli schemi strutturali è stato indispensabile considerare il vincolo costituito dalle strutture esistenti in calcestruzzo armato della copertura del corpo centrale e delle gronde. In particolare, sulle gronde è posizionato il canale di raccolta delle acque piovane che definisce la quota fissa esistente di recapito delle acque piovane dalle falde delle coperture a padiglione.

Pertanto la quota di imposta delle radici e dell'appoggio delle capriate deve corrispondere con la quota di estradosso della gronda in calcestruzzo armato esistente mentre il punto più basso in gronda delle falde deve corrispondere con la quota di recapito delle acque piovane nel canale di gronda. La posizione in pianta e in altezza degli elementi strutturali delle falde di raccordo tra il tetto dei corpi di fabbrica delle ali e le falde del corpo centrale devono necessariamente corrispondere con quelle delle strutture esistenti nel rispetto delle quote determinate dalle falde esistenti del corpo centrale. Al momento della costruzione dell'edificio, prima dell'intervento di sopraelevazione delle ali, il corpo centrale dell'edificio aveva una copertura a padiglione a se stante con struttura portante in calcestruzzo armato, tutt'ora esistente, con solai inclinati che generano sia le falde longitudinali sia le falde di testata.

Come ulteriori interventi migliorativi sono stati previsti degli ancoraggi delle nuove strutture lignee su quelle esistenti in calcestruzzo armato o in muratura con connettori realizzati con barre metalliche filettate e ancoranti chimici.

Per quanto sopra riportato l'intervento è classificabile, a norma del §8.4 del D.M 17.01.2018, come **"Riparazione e intervento locale"**, di conseguenza non verranno eseguite verifiche complessive dell'edificio ma esclusivamente verifiche locali delle nuove strutture in legno della copertura.

Non sono oggetto di questo documento valutazioni del comportamento sismico dell'edificio e altre valutazioni sulla stabilità delle altre strutture dell'edificio.

Inoltre, l'intervento è **privo di rilevanza nei riguardi della pubblica incolumità** in quanto rientra in uno o più dei casi specificamente elencati dall'Allegato C alla D.G.R. n. 4317/2021 e, in particolare, nel caso corrispondente al punto 27 (da 1 a 32 dell'allegato C alla D.G.R. n. 4317/2021);

Le nuove strutture in legno del tetto saranno realizzate in legno massello rispettando, oltre alle caratteristiche degli schemi, anche la tipologia di materiale delle strutture in legno esistenti e saranno costituite da:

- Capriate palladiane semplici formate da elementi di sezione 30x30cm;
- Radici in gronda realizzate con elementi con sezione 24x24cm;
- Travi di colmo costituite da elementi di sezione 28x28cm;
- Terzere costituite da travi di sezione 28x28cm;
- Diagonali formati da travi di sezione 28x28cm;
- Travetti con sezione 10x12cm posti ad interasse di 60cm.

Sopra tali strutture verrà posto un assito dello spessore di 25mm, una membrana impermeabile e le tegole marsigliesi.

1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Nelle analisi sono state utilizzate le seguenti caratteristiche dei materiali:

1.4.1 LEGNO MASSICCIO

Tipologia

MASSICCIO
C24-USF/Atipo legno - Abete uso fiume
classe di resistenza

Resistenze

$f_{m,k} =$	27 N/mm ²	resistenza caratteristica a flessione
$f_{t,0,k} =$	14 N/mm ²	resistenza caratteristica a trazione parallela
$f_{t,90,k} =$	0.4 N/mm ²	resistenza caratteristica a trazione perpendicolare
$f_{c,0,k} =$	21 N/mm ²	resistenza caratteristica a compressione parallela
$f_{c,90,k} =$	2.5 N/mm ²	resistenza caratteristica a compressione perpendicolare
$f_{v,k} =$	4 N/mm ²	resistenza caratteristica a taglio

Moduli elastici

$E_{0,mean} =$	10500 N/mm ²	modulo elastico parallelo medio
$E_{0,05} =$	7000 N/mm ²	modulo elastico parallelo caratteristico
$E_{90,mean} =$	370 N/mm ²	modulo elastico perpendicolare medio
$G_{mean} =$	690 N/mm ²	modulo elastico tangenziale medio
$G_{0,05} =$	460 N/mm ²	modulo elastico tangenziale caratteristico

Pesi specifici

$\rho_k =$	3.80 KN/m ³	massa volumica caratteristica
$\rho_{mean} =$	4.60 KN/m ³	massa volumica media
$\gamma_m =$	1.50	coefficiente parziale

Si assume classe di servizio 2

1.4.2 BULLONATURE

Le bullonature sono del tipo "non precaricato" tipo SB secondo la norma UNI EN 15048-1, con resistenza secondo la UNI EN ISO 898-1:2013 e UNI EN ISO 898-2:2012, pari a:

Vite	Dado	$f_{y,b}$ [N/mm ²]	$f_{t,b}$ [N/mm ²]
8.8	8	640	800
5.8	8	400	500

Nel caso se ne rendesse necessario l'utilizzo si riportano le caratteristiche dei seguenti materiali:

1.4.3 ACCIAIO PER CARPENTERIA - Acciaio per piastrame – S275-JR (EN 10025)

Tensioni di progetto:

$$f_{yk} = 275 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} = 430 \text{ N/mm}^2$$

1.4.4 CALCESTRUZZO - Classe di resistenza C25/30

$f_{ck} = 25$	N/mm ²	Resistenza cilindrica caratteristica
$f_{cd} = 14,1$	N/mm ²	Resistenza di progetto a compressione
$f_{ctd} = -1,20$	N/mm ²	Resistenza di progetto a trazione semplice
$f_{ctd} = -1,44$	N/mm ²	Resistenza di progetto a trazione flessionale
$E_{cm} = 31476$	N/mm ²	Modulo di elasticità medio

1.4.5 ACCIAIO PER C.A - B450C

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ Tensione di snervamento caratteristica

$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ Tensione di rottura caratteristica

$E = 210000 \text{ N/mm}^2$ Modulo di elasticità

1.5 CARICHI BASE

Per la determinazione dei carichi di progetto, in ottemperanza a quanto previsto al paragrafo 2.4 del DM 17/1/2018, si assume:

- $V_n = 50$ anni vita nominale della costruzione
- Classe II classe d'uso

Nello specifico sono stati utilizzati i seguenti carichi:

1.5.1 PESO PROPRIO DELLE STRUTTURE PRINCIPALI

Il peso proprio delle strutture primarie è stato determinato in automatico dal software sulla base delle dimensioni degli elementi strutturali e del peso specifico dei materiali. Si sono assunti i seguenti pesi specifici dei materiali:

- legno massiccio C24 $\gamma = 4,6 \text{ KN/mc}$
- calcestruzzo armato $\gamma = 25 \text{ KN/mc}$

1.5.2 CARICHI VARIABILI E PERMANENTI COPERTURA

Oltre ai pesi degli elementi strutturali primari sono stati considerati i seguenti carichi permanenti portati:

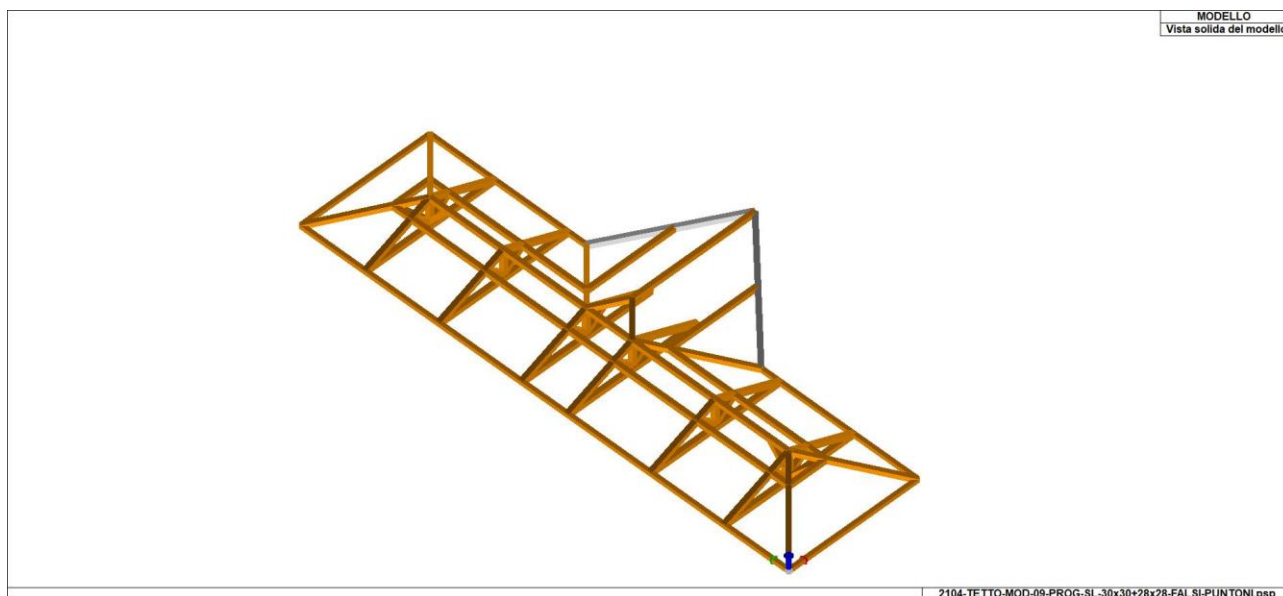
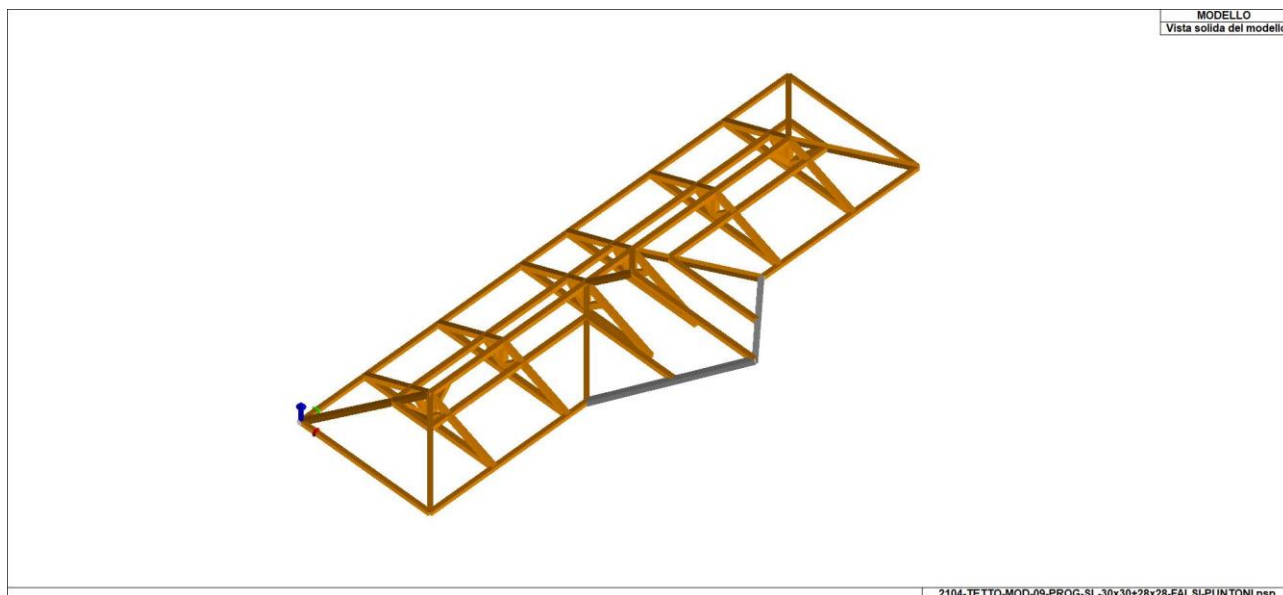
Neve	1,515 KN/m ²
Manto in tegole marsigliesi	0,420 KN/m ²
Guaina	0,005 KN/m ²
Assito - sp=2,5cm + Listellatura primaria e secondaria	0,126 KN/m ²
<u>Travetti 10x12cm i=60cm</u>	<u>0,084 KN/m²</u>
Totale	2,150 KN/m ²

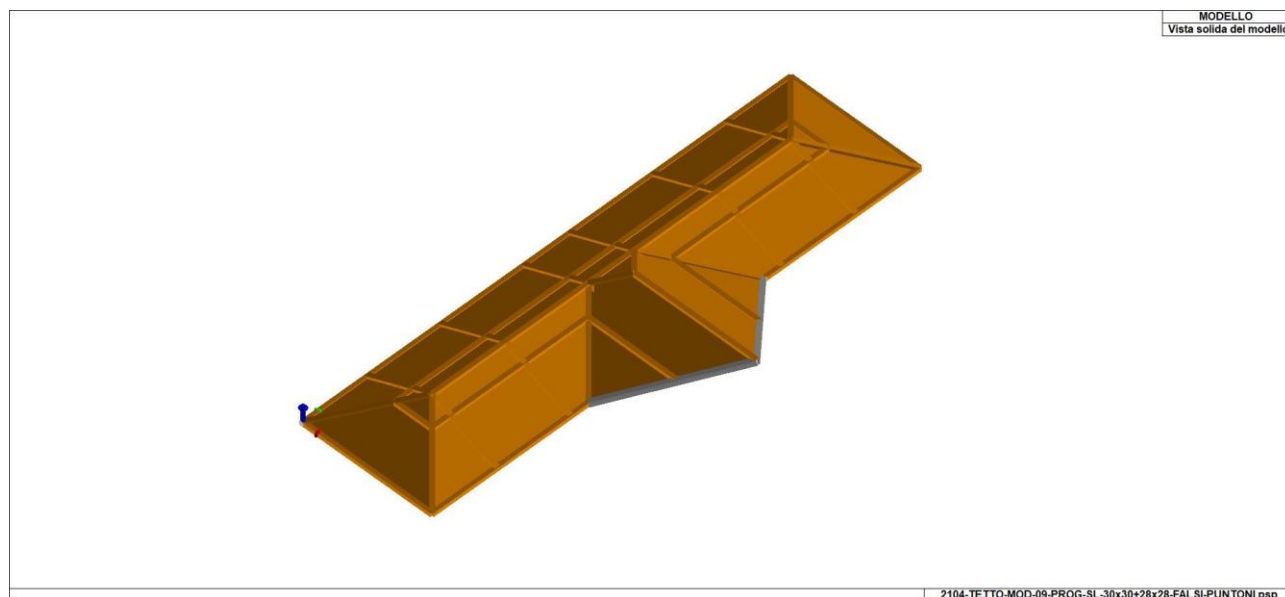
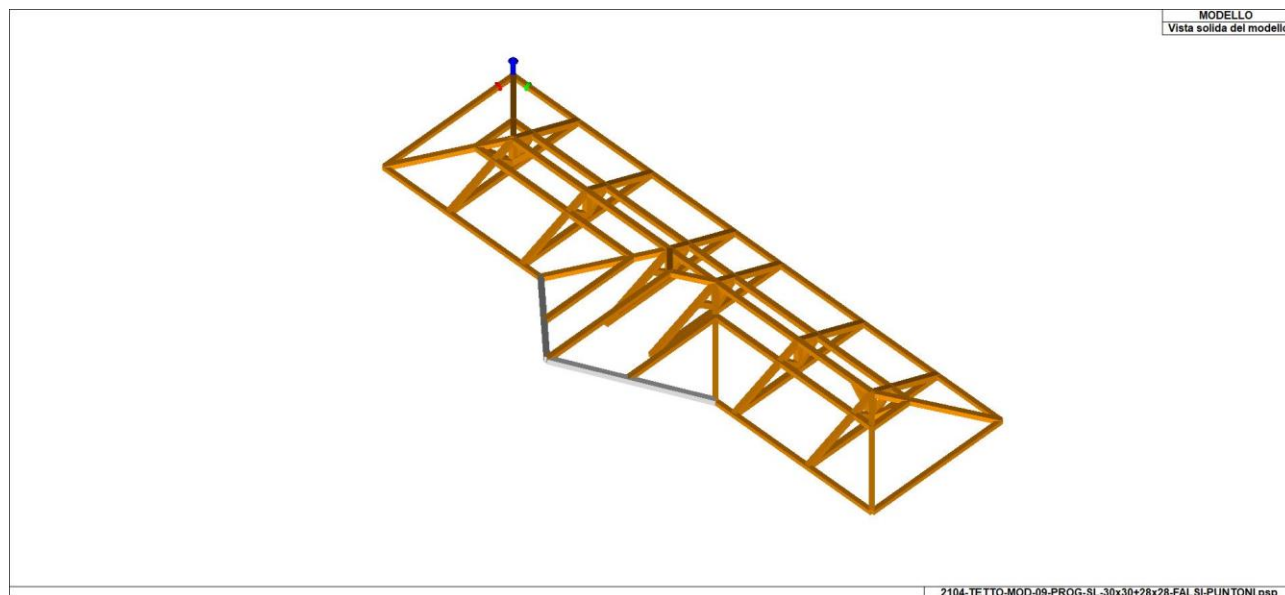
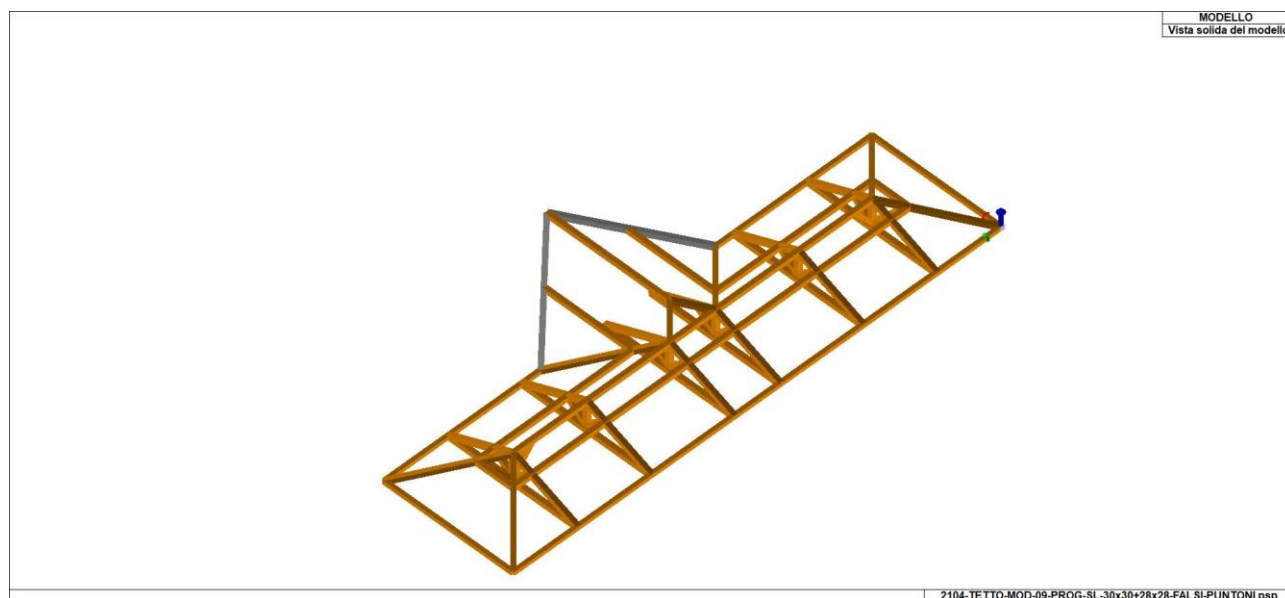
1.6 CANTIERIZZAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO

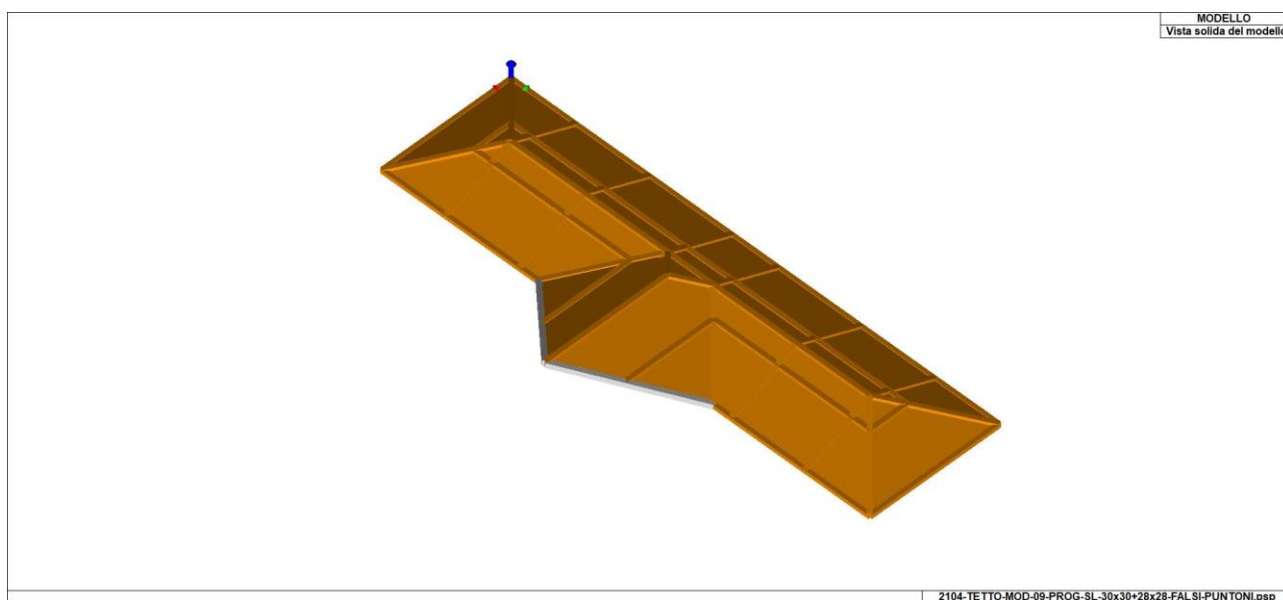
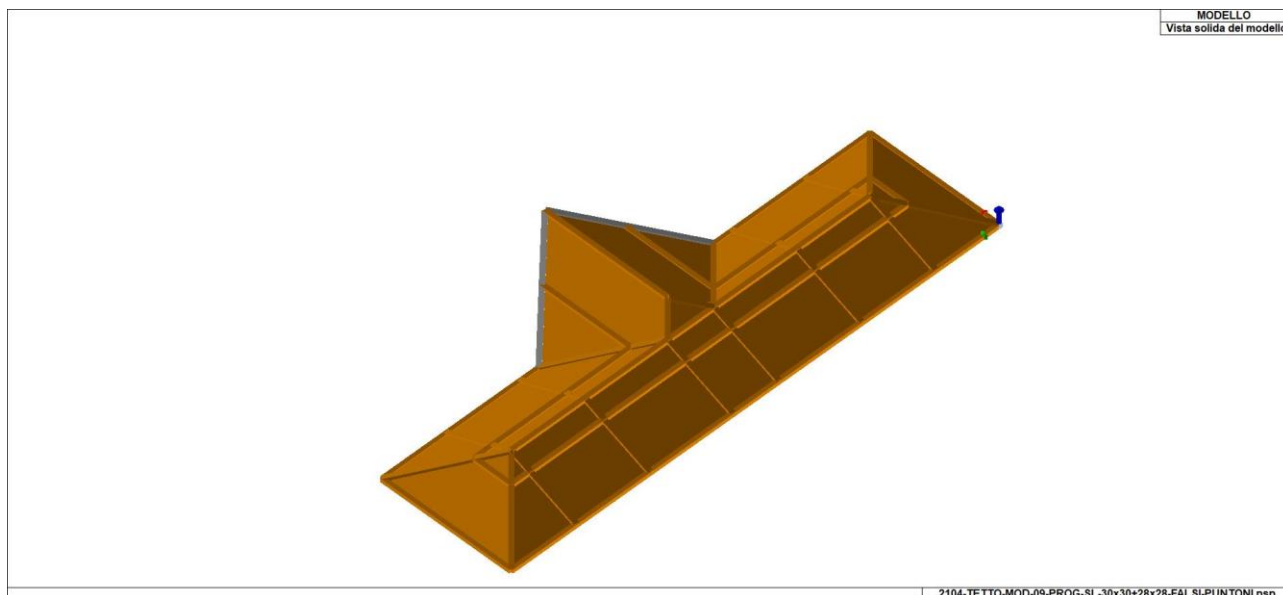
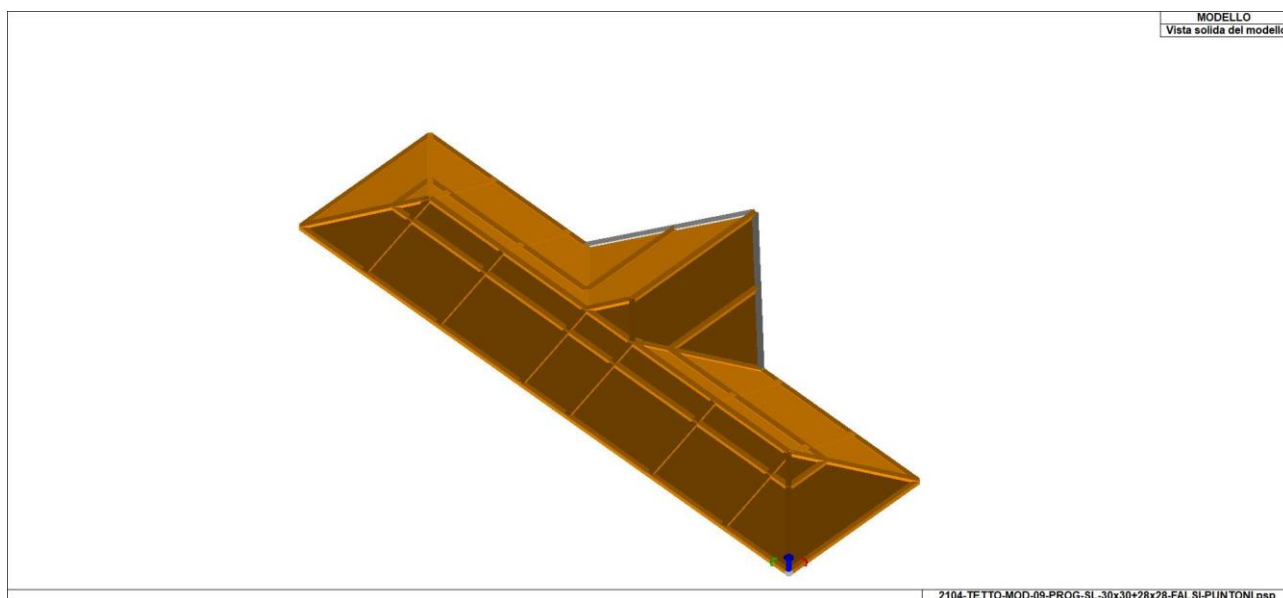
L'Impresa dovrà predisporre la cantierizzazione (ingegnerizzazione) del progetto delle strutture lignee partendo dal progetto esecutivo, con elaborazione di modelli tridimensionali per produrre file di taglio con macchine a controllo numerico di ogni singolo elemento della costruzione, con precisione millimetrica e determinazione delle quantità esatte di legno, distinte della ferramenta standard, elaborati per produzione di ferramenta speciale fino ad ottenere tavole di montaggio step by step.

L'Impresa dovrà inoltre predisporre a fine lavoro gli elaborati grafici esecutivi strutturali (as-built) nonché la Relazione di calcolo firmata da tecnico abilitato ed iscritto all'Albo Professionale e rilasciare i certificati di conformità CE, la DoP, le certificazioni di qualità dei materiali impiegati, ecc. (D.P.R. 380/01, Legge 1086/71, Decreto Min. Inf. 17/01/2018).

Di seguito si riportano le immagini del modello strutturale:







2. MODELLAZIONE

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F}$ dove \mathbf{K} = matrice di rigidezza

\mathbf{u} = vettore spostamenti nodali

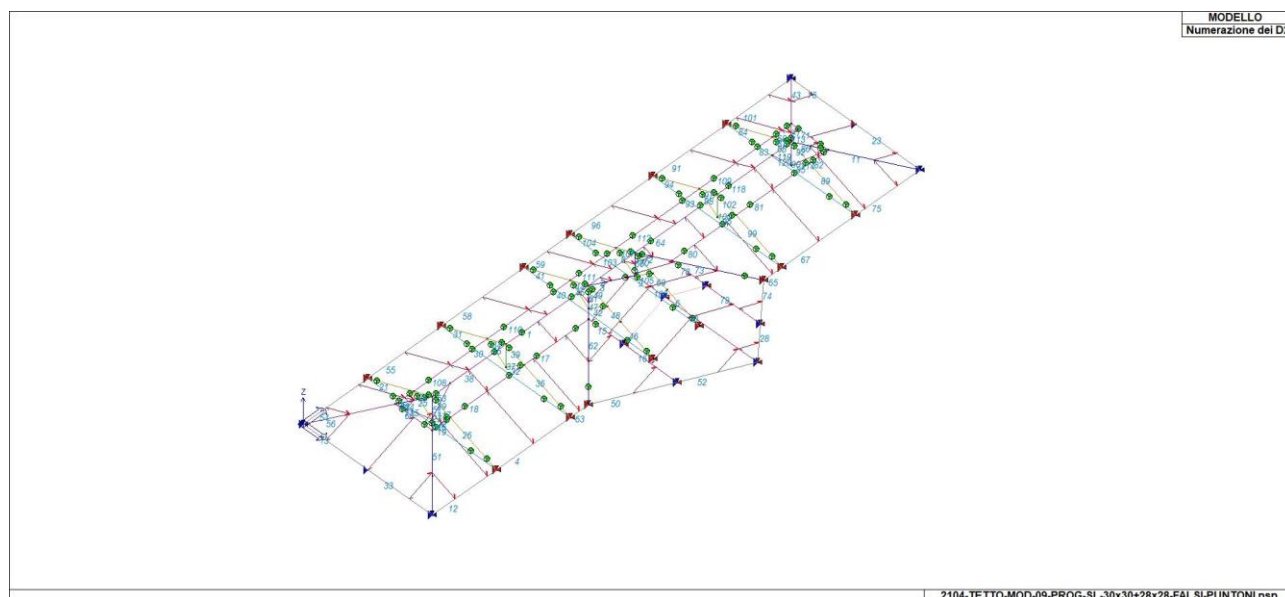
\mathbf{F} = vettore forze nodali

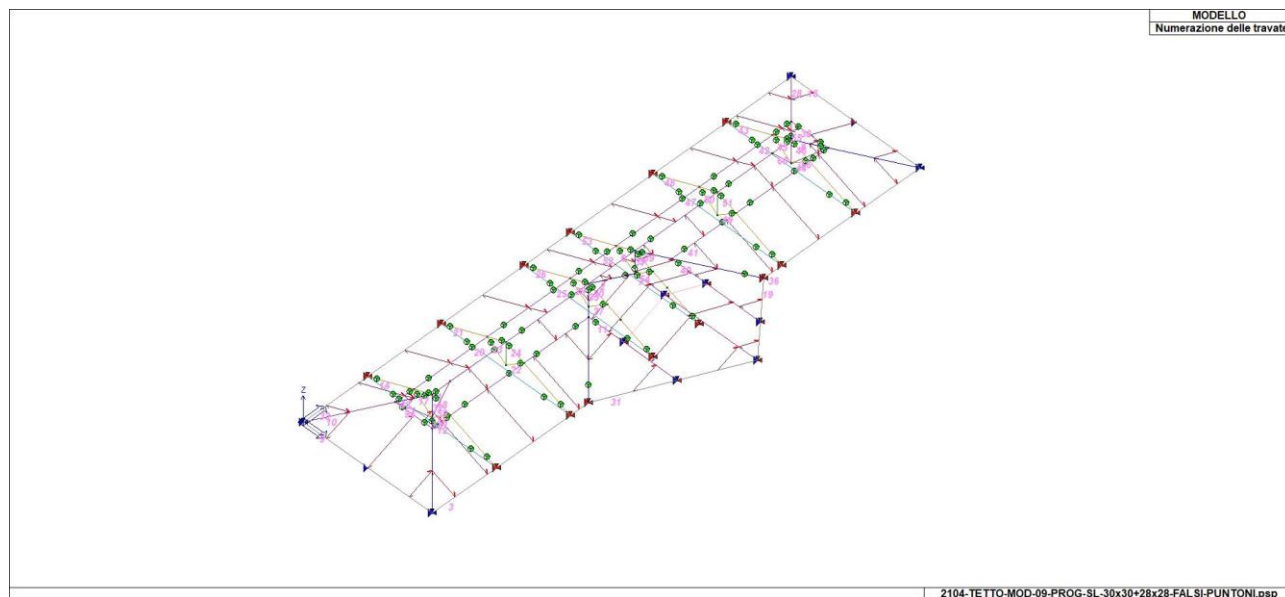
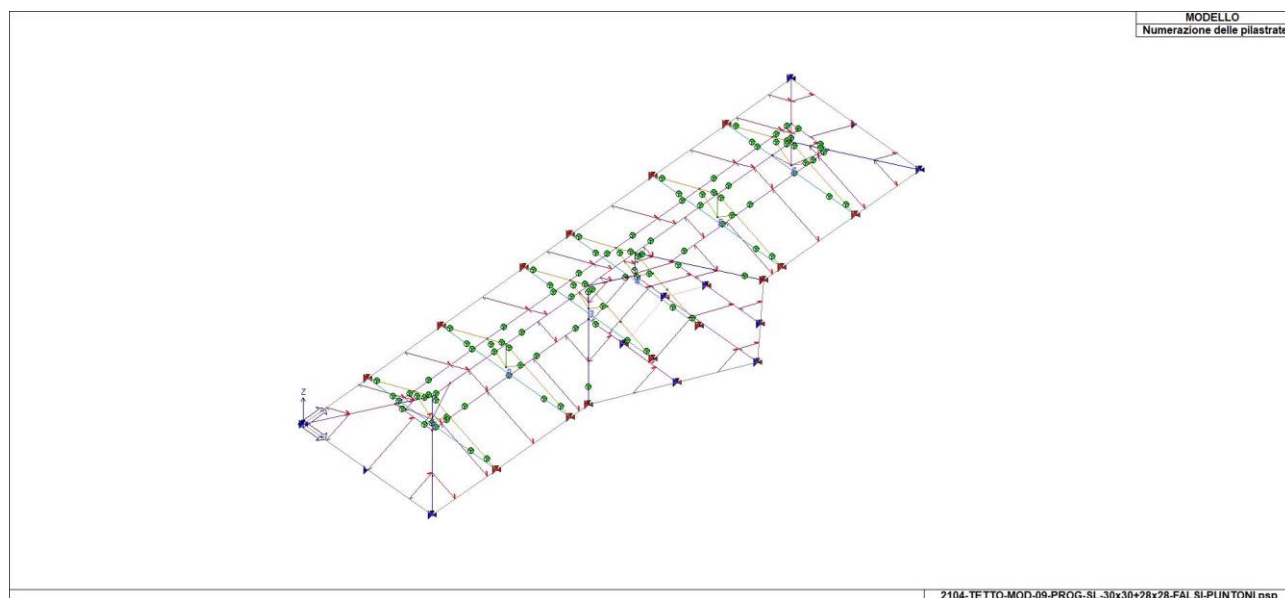
Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

2.1 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

A seguire si riportano le immagini relative alle numerazioni di interesse:





2.2 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

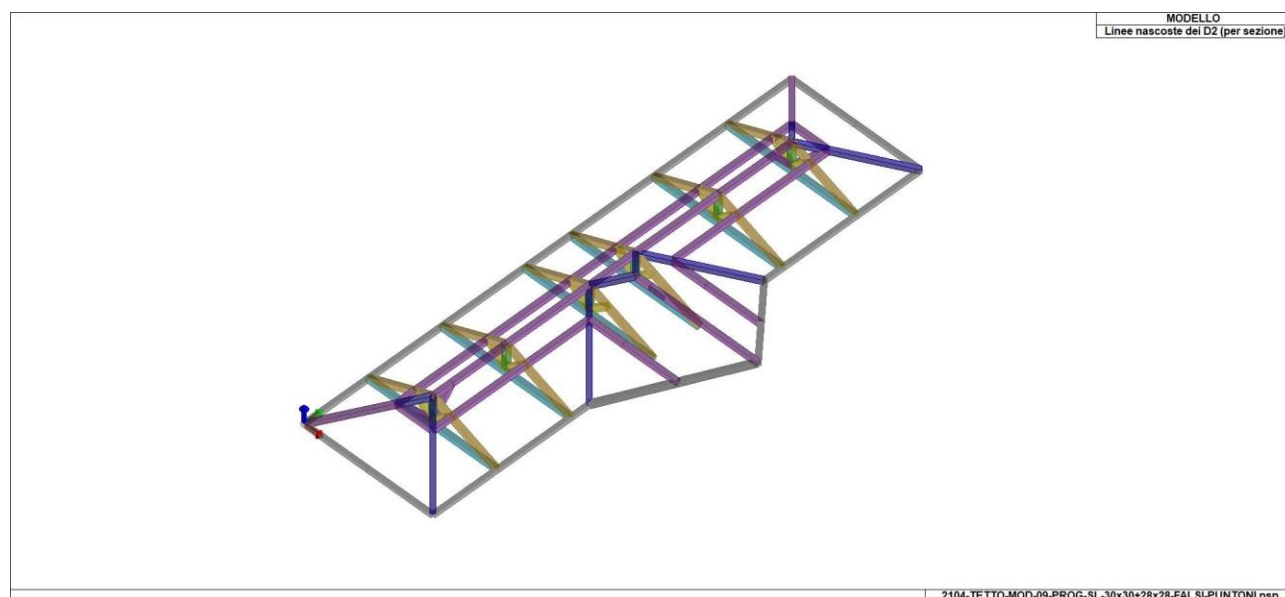
Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA_SEZIONI

Id	Tipo SEZ	Area cm2	A V2 cm2	A V3 cm2	Jt cm4	J 2-2 cm4	J 3-3 cm4	W 2-2 cm3	W 3-3 cm3	Wp 2-2 cm3	Wp 3-3 cm3
1	Rettangolare: b=30.00 h=30.00	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
17	Puntone - Rettangolare: b=30 h=30	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
18	Saetta - Rettangolare: b=30 h=30	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
19	Monaco - Rettangolare: b=30 h=30	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
20	Catena - Rettangolare: b=30 h=30	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00
21	Diagonali - Rettangolare: b=28 h=28	784.00	653.33	653.33	8.640e+04	5.122e+04	5.122e+04	3658.67	3658.67	5488.00	5488.00
22	Colmo Terzera - Rettangolare: b=28 h=28	784.00	653.33	653.33	8.640e+04	5.122e+04	5.122e+04	3658.67	3658.67	5488.00	5488.00
24	Banchina - Rettangolare: b=24 h=24	576.00	480.00	480.00	4.664e+04	2.765e+04	2.765e+04	2304.00	2304.00	3456.00	3456.00

Legenda

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2
J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3



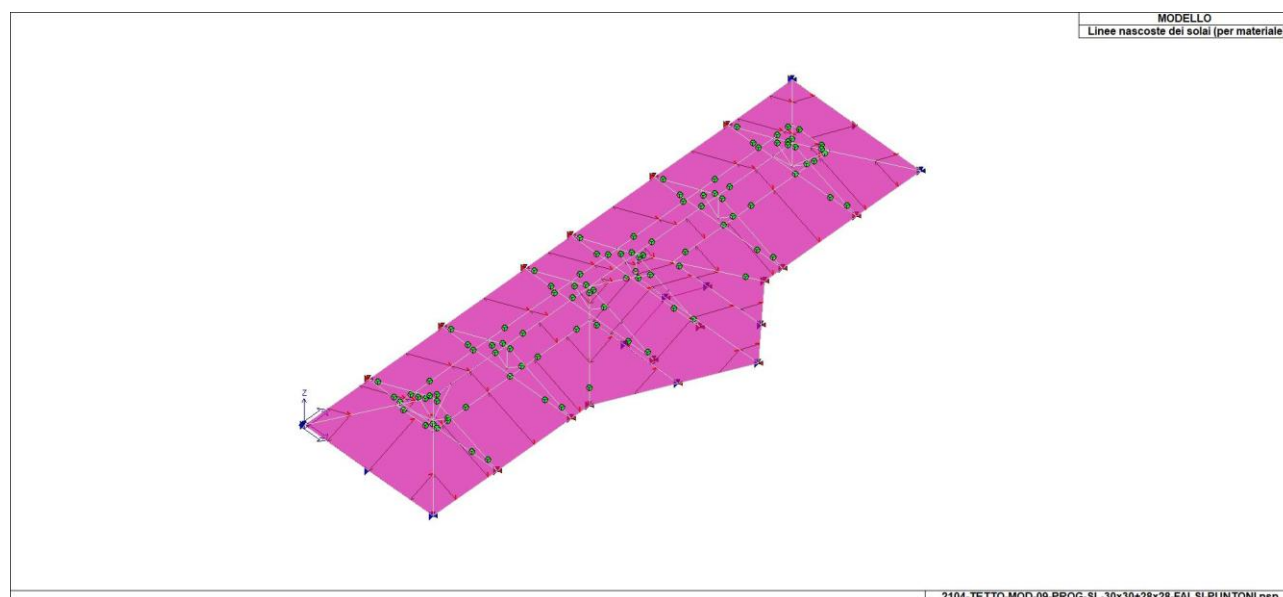
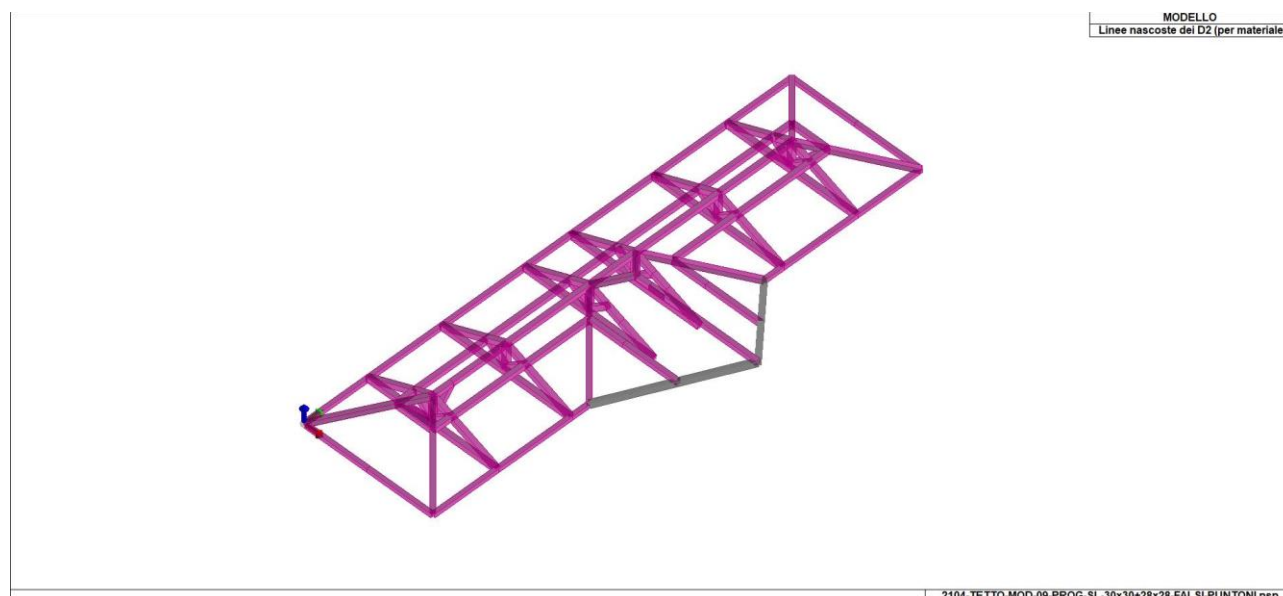
3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[120]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

Legno massiccio C24-legno E = 1.100e+05			
Id	-	-	u.m.
120		< MATERIALE NUOVO >	
		Resistenza f_{c0} (v. caratt.)	210.0 daN/cm ²
		Resistenza f_{t0} (v. caratt.)	145.0 daN/cm ²
		Resistenza f_m (v. caratt.)	240.0 daN/cm ²
		Resistenza f_v (v. caratt.)	40.0 daN/cm ²
		Coefficiente γ_{M} (CMB non sismiche)	1.50
		Coefficiente γ_{M} (CMB sismiche)	1.50
		Coefficiente γ_{M} connessioni (CMB non sismiche)	1.50
		Coefficiente γ_{M} connessioni (CMB sismiche)	1.95



4. NEVE E VENTO

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni di neve e vento.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	VARESE
Provincia	VARESE
Regione	LOMBARDIA
Latitudine	45,81800 N
Longitudine	8,82500 E
Altitudine s.l.m.	382,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per Tr = 50 anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
I Mediterranea	Zona normale	1,00	50 anni	382 m	189,36

Copertura a due falde:

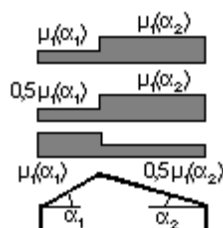
Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = 27,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_1) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 151 \text{ daN/mq}$

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_2 = 27,0^\circ$

$\mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_2 = 151 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

Vb,0: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a0: altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

ks: parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

as: altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

Vb: velocità di riferimento calcolata come segue:

$$Vb = Vb,0 \quad \text{per } as \leq a0$$

$$Vb = Vb,0 (1 + ks ((as / a0) - 1)) \quad \text{per } a0 < as \leq 1500 \text{ m}$$

per $as > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $as = 1500 \text{ m}$

Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR

Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb,0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
1	25 m/s	1000 m	0,40	382 m	50 anni	25,00 m/s	1,000	25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $qr = \rho Vr^2 / 2 = 39 \text{ daN/mq}$

dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione: Cat. IV - Entroterra fino a 500 m di altitudine

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,22	0,30 m	8 m

Classe di rugosità del terreno: B (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,78	10,00 m

Pressione del vento

$$p = qr Ce Cp Cd = 70 \text{ daN/mq}$$

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

Le temperature esterne, T max (massima estiva) e T min (minima invernale), sono calcolate secondo le seguenti espressioni riferite alla zona climatica:

$$T \text{ min} = -15 - 4 as / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.1})$$

$$T \text{ max} = 42 - 6 as / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.2})$$

dove as è l'altitudine di riferimento

Zona	as	T min	T max
I	382 m	-16,53 °C	39,71 °C

5. ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI

Si riportano di seguito l'analisi dei carichi relative ai solai presenti nella struttura in oggetto:

TABELLA_CARICHI_SOLAI

ID Arch.		Tipo SOL	G1	G2	Q	Fatt. A	s sis.	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi S 2	Fatt. Fi
-	-	-	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	-	-	-	-	-	-	-
8		Neve	2.10e-03	4.25e-03	1.51e-02		1.00	0.50	0.20	0.0	0.0	1.00
		Variab.						0.0	0.0	0.0		

Legenda

Tipo SOL Indica la destinazione d'uso sulla base del carico variabile

G1 Carichi permanenti

G2 Carichi permanenti non strutturali

Q Carichi variabili e neve

Fatt. A Fattore di riduzione dell'area caricata (solo per solai speciali)

s sis. Coefficiente di riduzione del sovraccarico accidentale -(DM 96)-

Psi 0 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi 1 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi 2 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi S 2 Coefficiente di combinazione che fornisce il valore Quasi Permanente dell'azione variabile Q_i -(OPCM 3274)-

Fatt. Fi Coefficiente che tiene conto della probabilità che tutti i carichi siano presenti sull'intera struttura durante l'azione sismica -(OPCM 3274)-

8 - Copertura in legno. Q cop = 215.0

Descrizione: Travi in legno: BxH = 10x12, i = 60.0 cm, peso proprio = 5.0 kg/m

Spessore virtuale del tavolato in legno per considerare anche la listellatura: $t_w = 3.0$ cm

Carichi permanenti strutturali [daN/mq]

- travi 10x12, i = 60.0 cm	8.4
- tavolato in legno	12.6
Totale carichi G1	21.0

Carichi permanenti portati [daN/mq]

- copertura in marsigliesi	42.0
- impermeabilizzazione + coibentazione	0.5
Totale carichi G2	42.5

Carichi variabili [daN/mq]

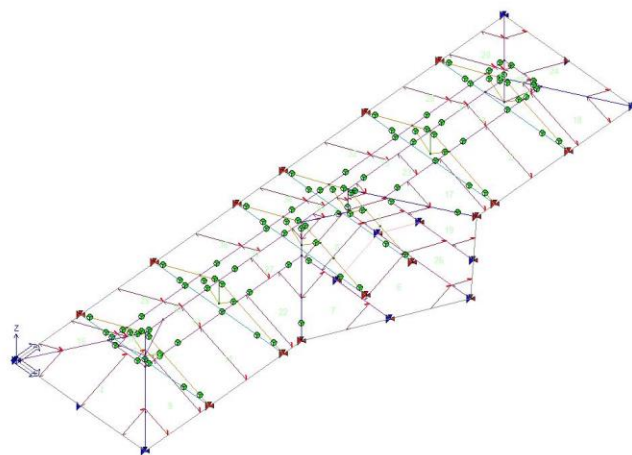
Sovraccarico neve Qneve	151.5
--------------------------------	--------------

Categoria carichi variabili: A - Ambienti ad uso residenziale - Aree per attività domestiche e residenziali.

Coefficienti di combinazione: $\psi_0 = 0.00$, $\psi_1 = 0.00$, $\psi_2 = 0.00$

Categoria carichi variabili: A - Ambienti ad uso residenziale - Aree per attività domestiche e residenziali.

Coefficienti di combinazione: $\psi_0 = 0.50$, $\psi_1 = 0.20$, $\psi_2 = 0.00$



MODELLO
Numerazione di solai e pannelli

2104-TETTO-MOD-09-PROG-SL-30x30+28x28-FALSI-PUNTONI.psp

6. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

	Tipo CDC	Descrizione
1	Ggk	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

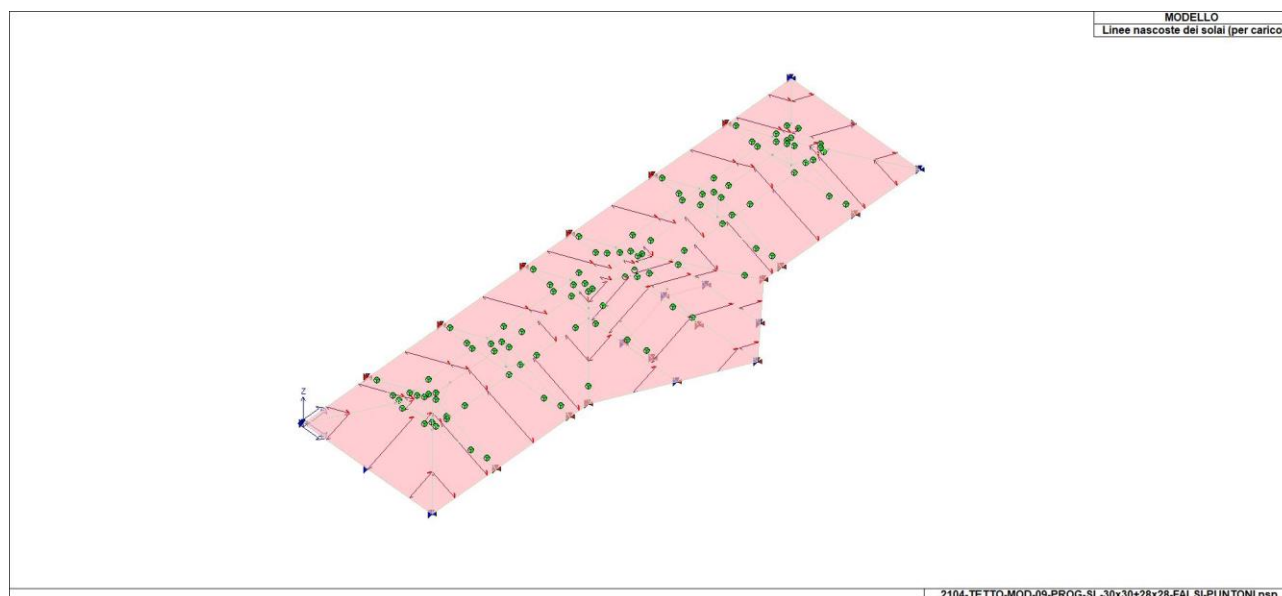
I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

TABELLA_CASI_DI_CARICO

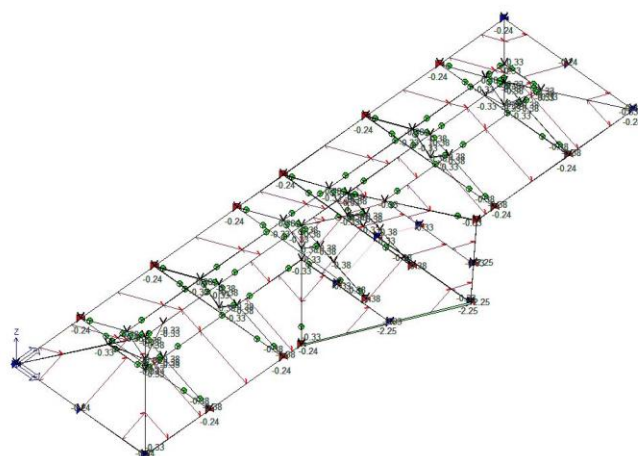
CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	

Legenda

Tipo CDC Indica il tipo di caso di carico

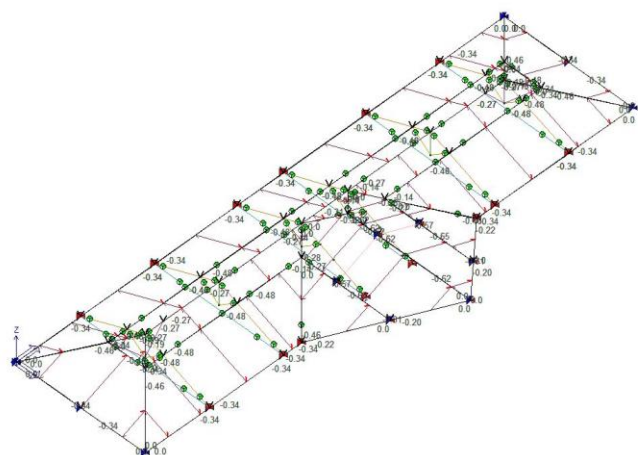


CARICHI 001) CDC=Ggk (peso proprio della struttura)



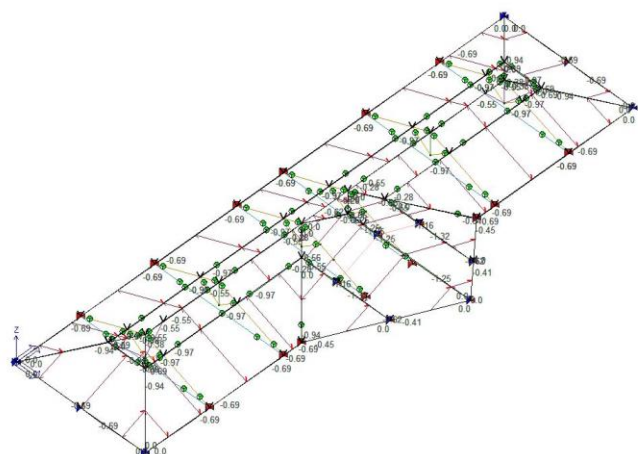
2104-TETTO-MOD-09-PROG-SL-30x30+28x28-FAL SI-PUNTONI.psp

CARICHI 002) CDC=G1sk (permanente solai-coperture)

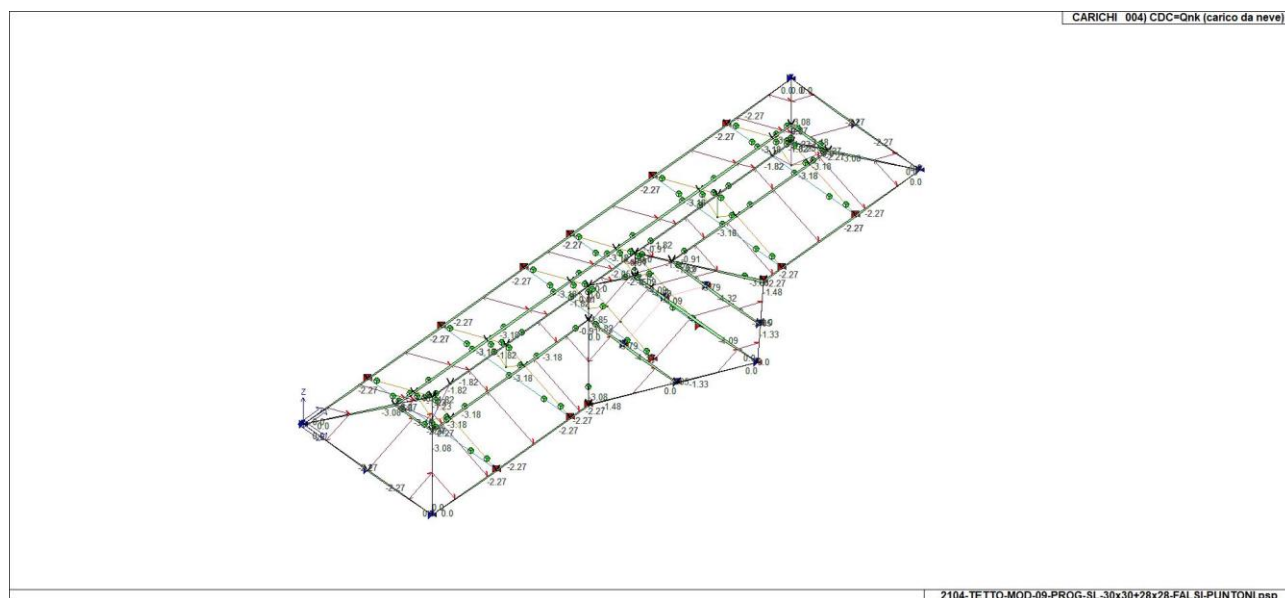


2104-TETTO-MOD-09-PROG-SL-30x30+28x28-FAL SI-PUNTONI.psp

CARICHI 003) CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)



2104-TETTO-MOD-09-PROG-SL-30x30+28x28-FAL SI-PUNTONI.psp



7. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E
 $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$A_d + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

7.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 – a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 – b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 – c §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 – a §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (multimod; G2 – c §7.3.4.2)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

7.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	NO
SLC	NO
SLD	NO
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

TABELLA_COMBINAZIONI

Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	4	Comb. SLU A1 4
SLE rara	5	Comb. SLE(rara) 5	6	Comb. SLE(rara) 6
SLE frequente	7	Comb. SLE(freq.) 7	8	Comb. SLE(freq.) 8
SLE quasi permanente	9	Comb. SLE(perm.) 9		

Legenda

Tipo CMB Indica la categoria di combinazione

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

Caso di carico:

CDC	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi 2 sis	Segni
[4] CDC=Qnk...	0.50	0.20	0	0	0 - positivo

Caso di carico:

CDC	[4] CDC=Qnk (carico da neve)
[4] CDC=Qnk (carico da neve)	

Caso di carico:

CDC	Durata	Valore rif.
[1] CDC=Ggk (peso propri...)	Permanente	1
[2] CDC=G1sk (permanent...)	Permanente	1
[3] CDC=G2sk (permanent...)	Permanente	1
[4] CDC=Qnk (carico da n...)	Media durata	1

SLU non sismici

	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1 [STR]	1.3	1	1.5	0.8	1	1	1.5
Fattori di comb. A2 [GEO]	1	1	1.3	0.8	1	1	1.3
<input type="checkbox"/> SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5

SL per azioni sismiche

	g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1	1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di comb. A2	1	1	1	1	1	1	1	1

☐ Non applicare automatismo per il punto NTC 7.2.5 (amplificazione azioni elementi soprastanti le fondazioni)

SLU per azioni eccezionali

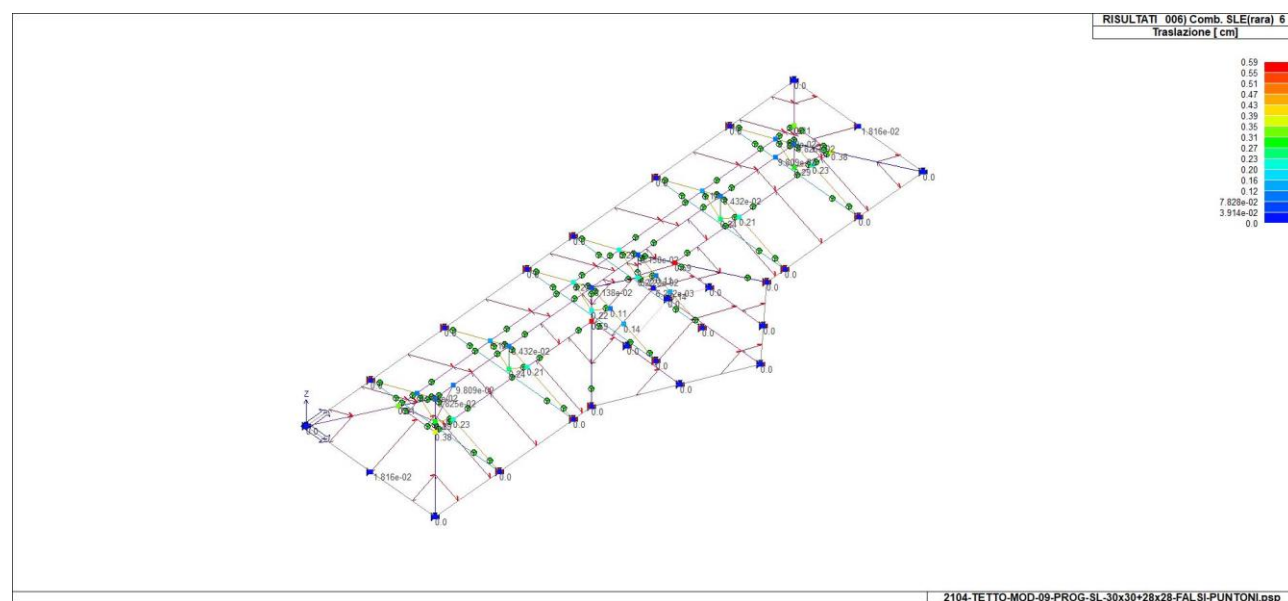
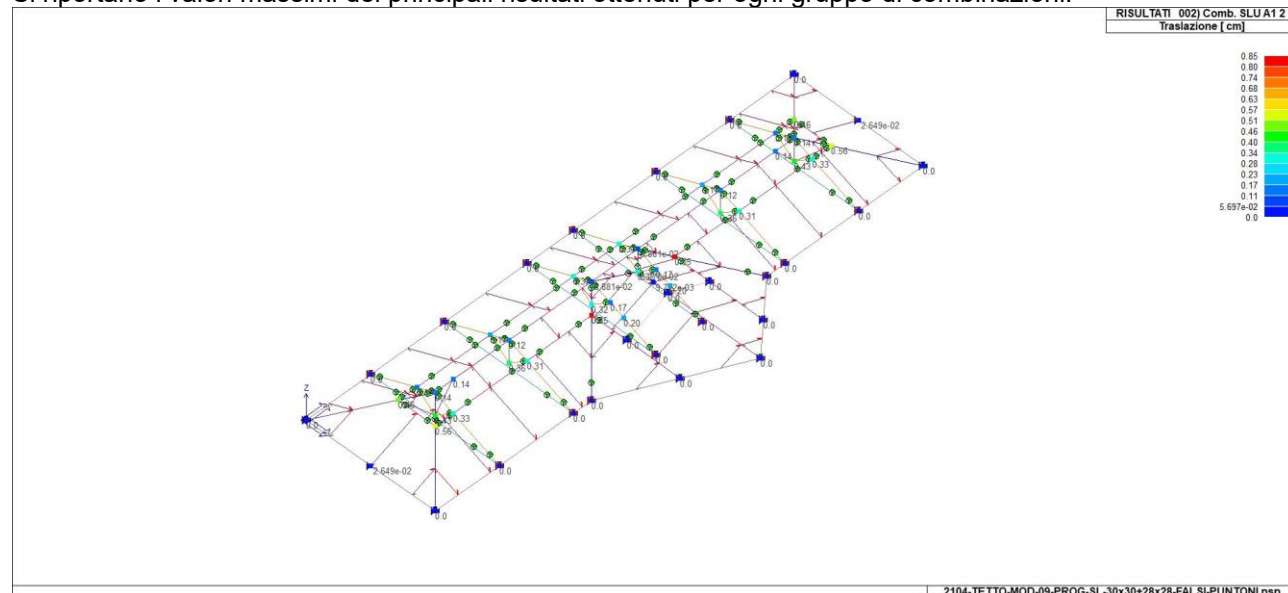
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1

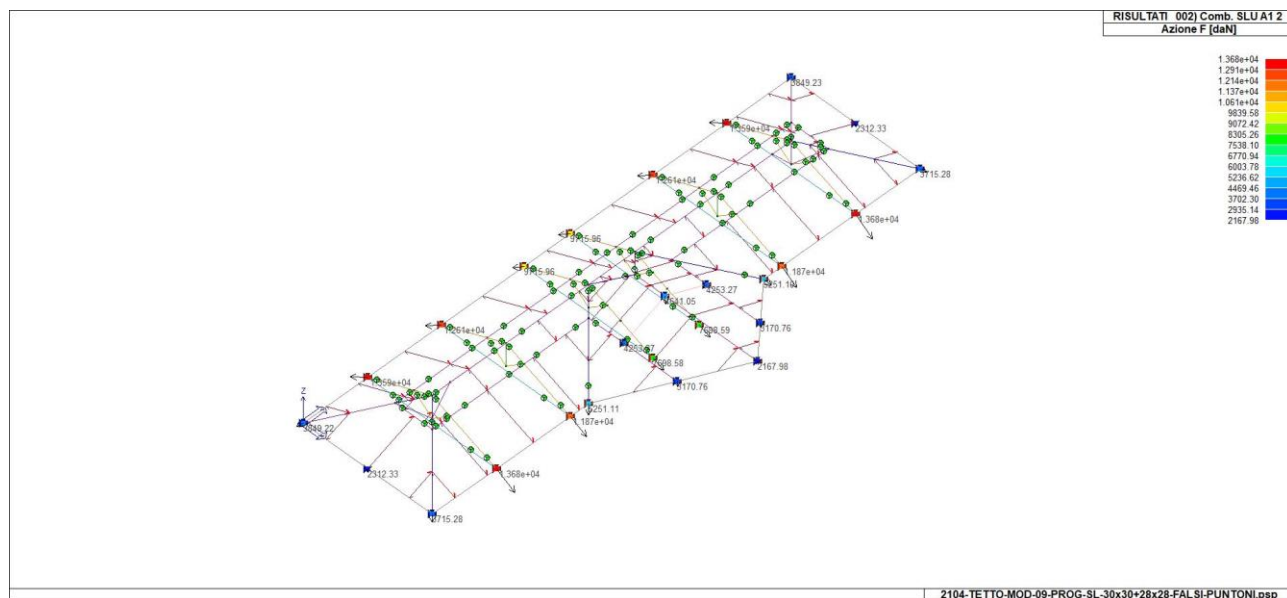
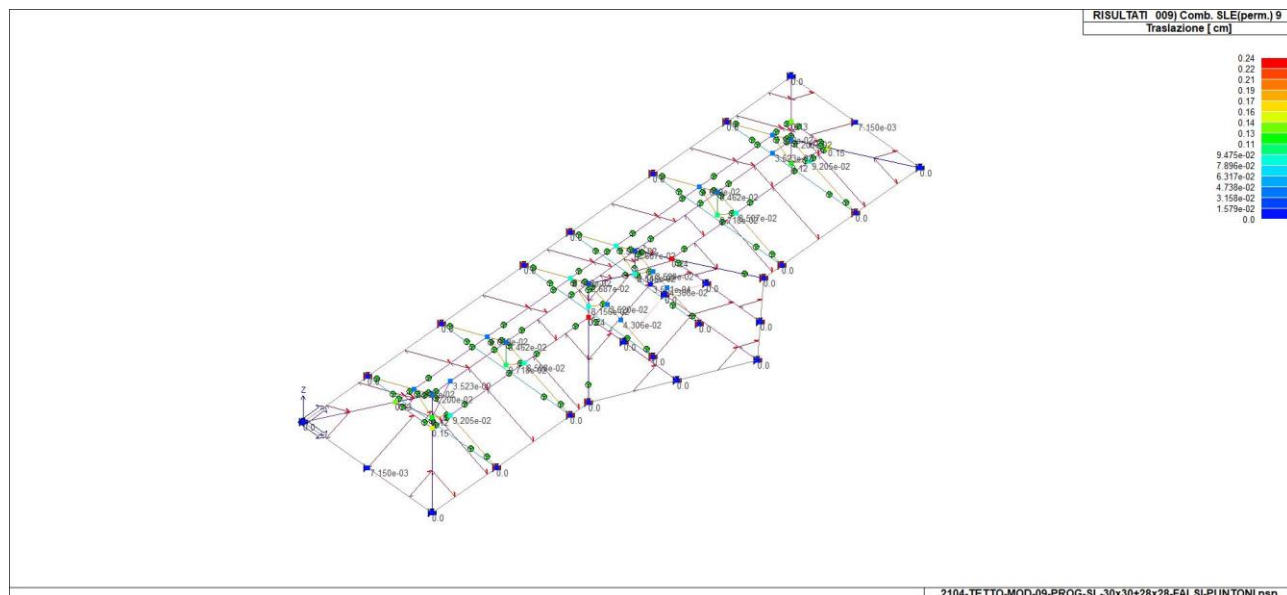
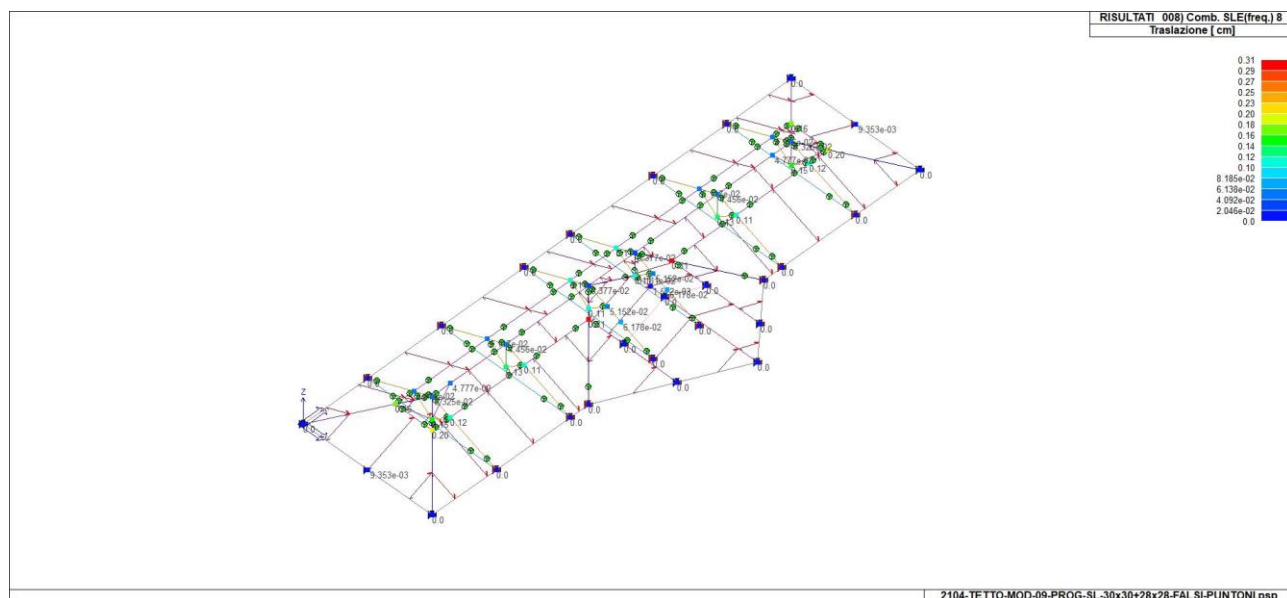
Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.

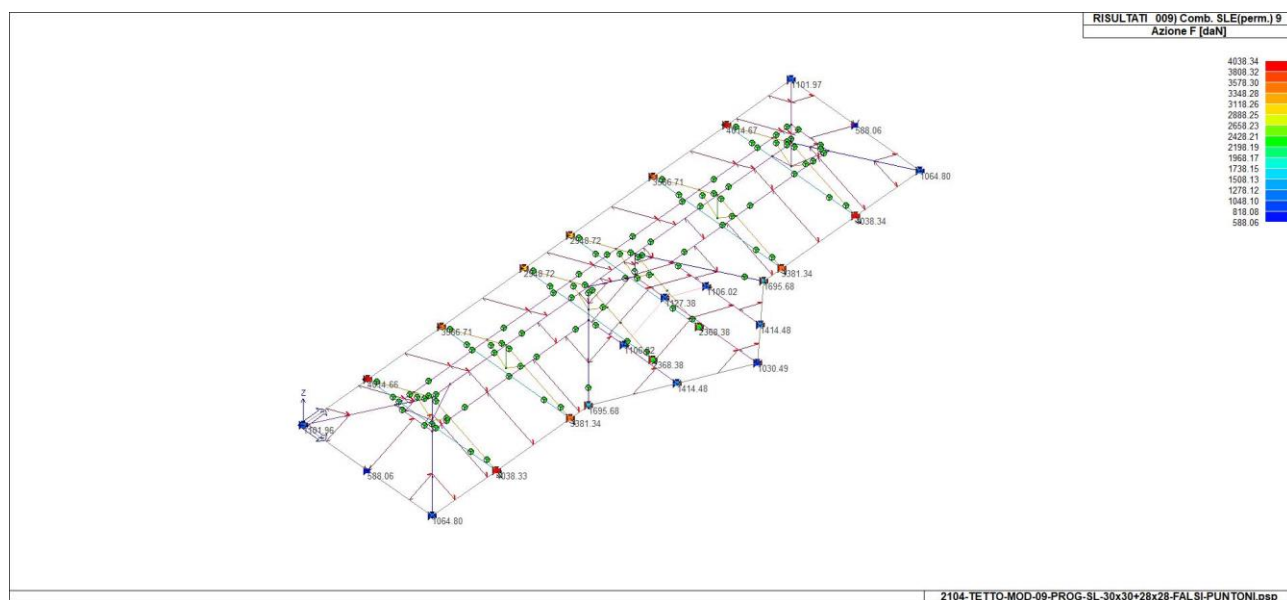
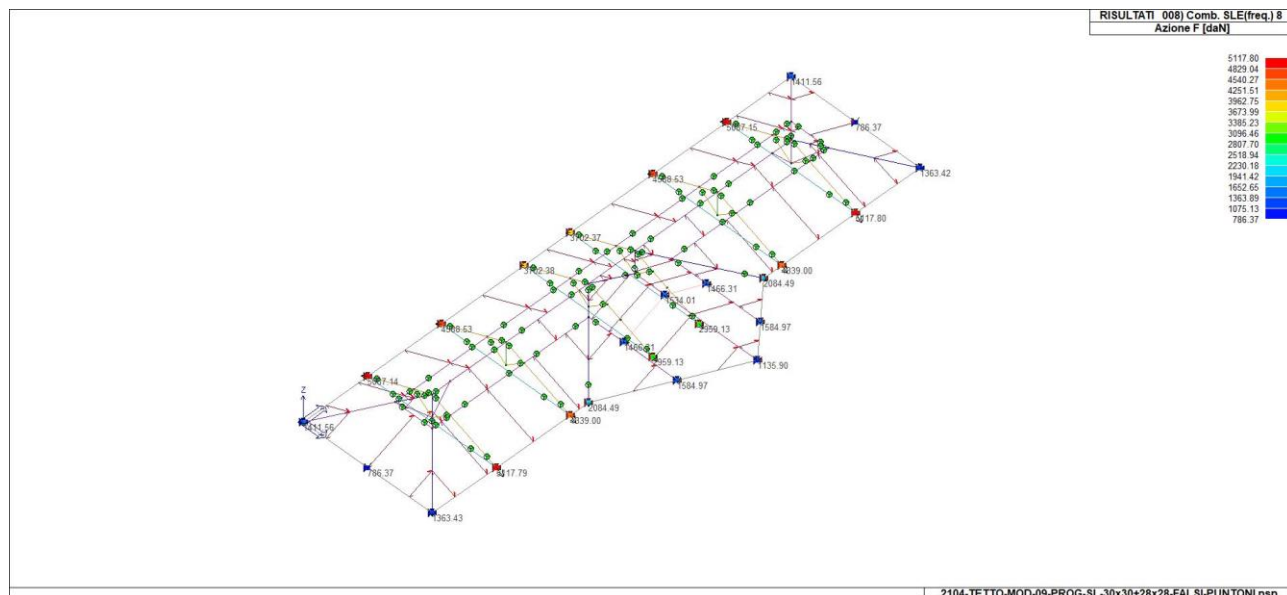
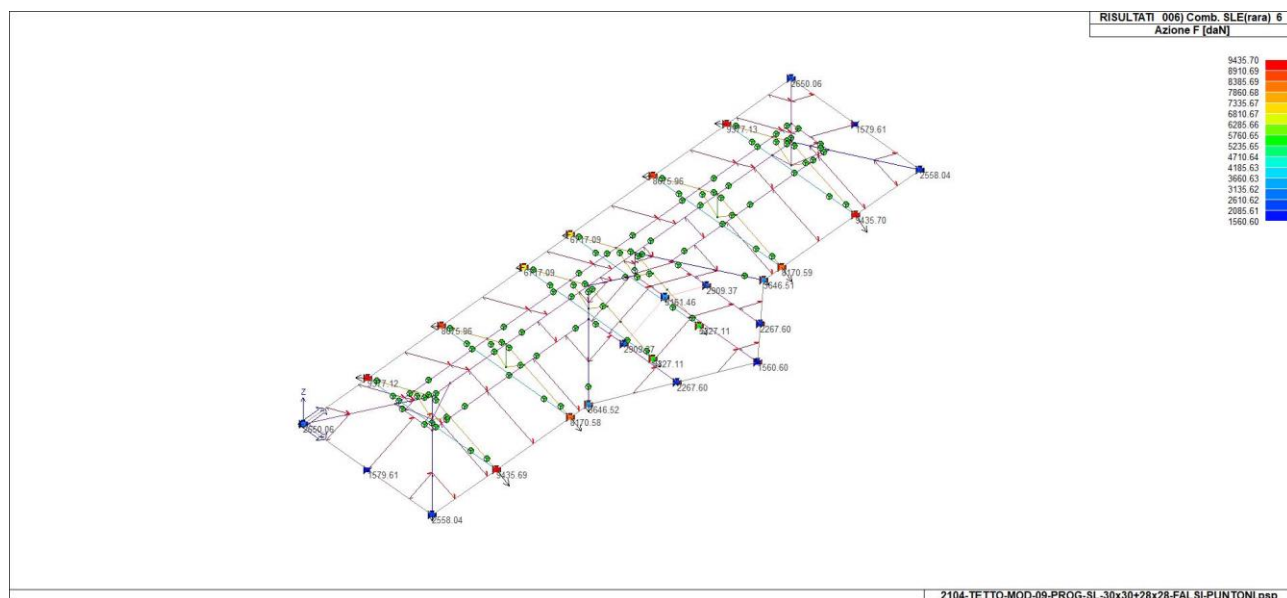
☐ Permuta valori g min e g max

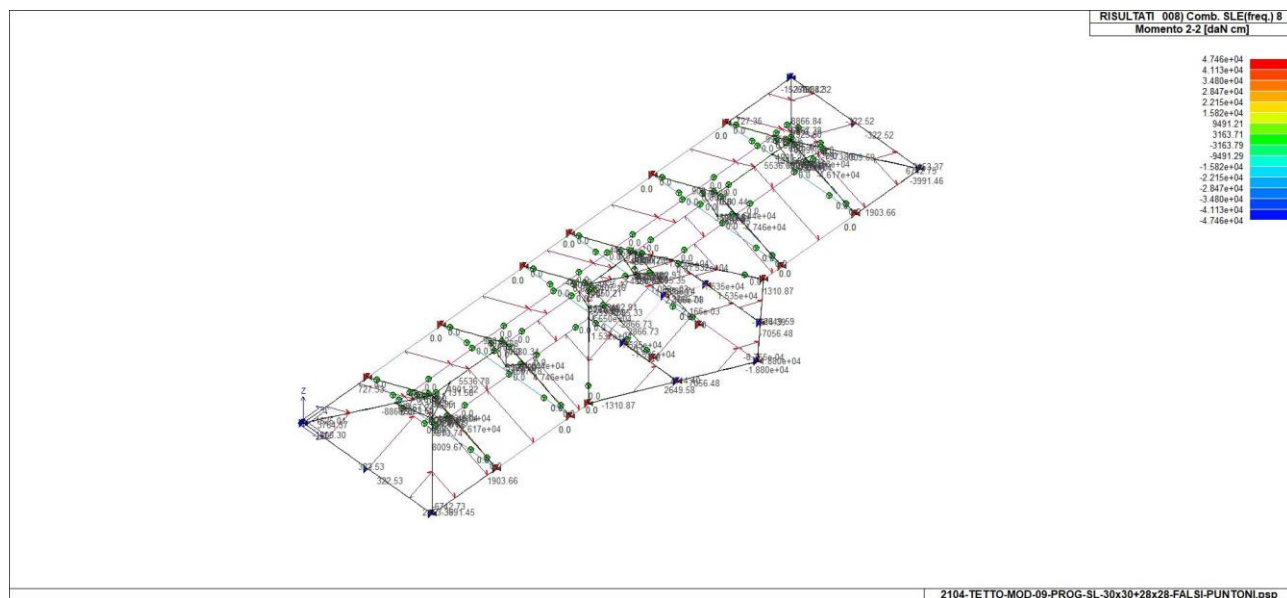
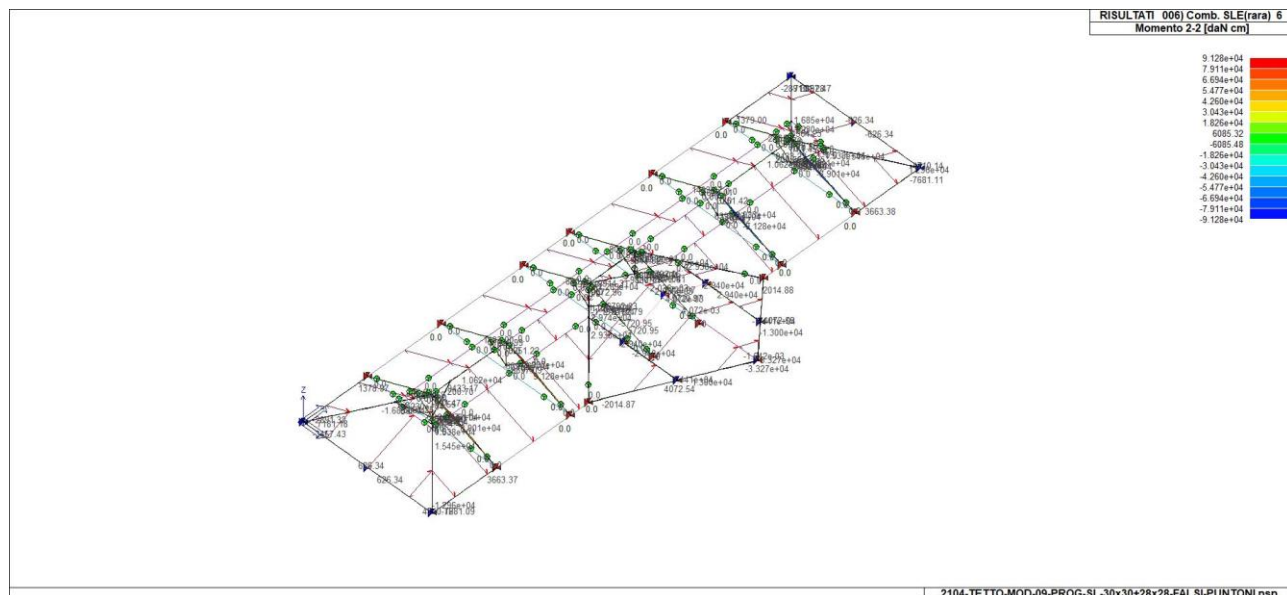
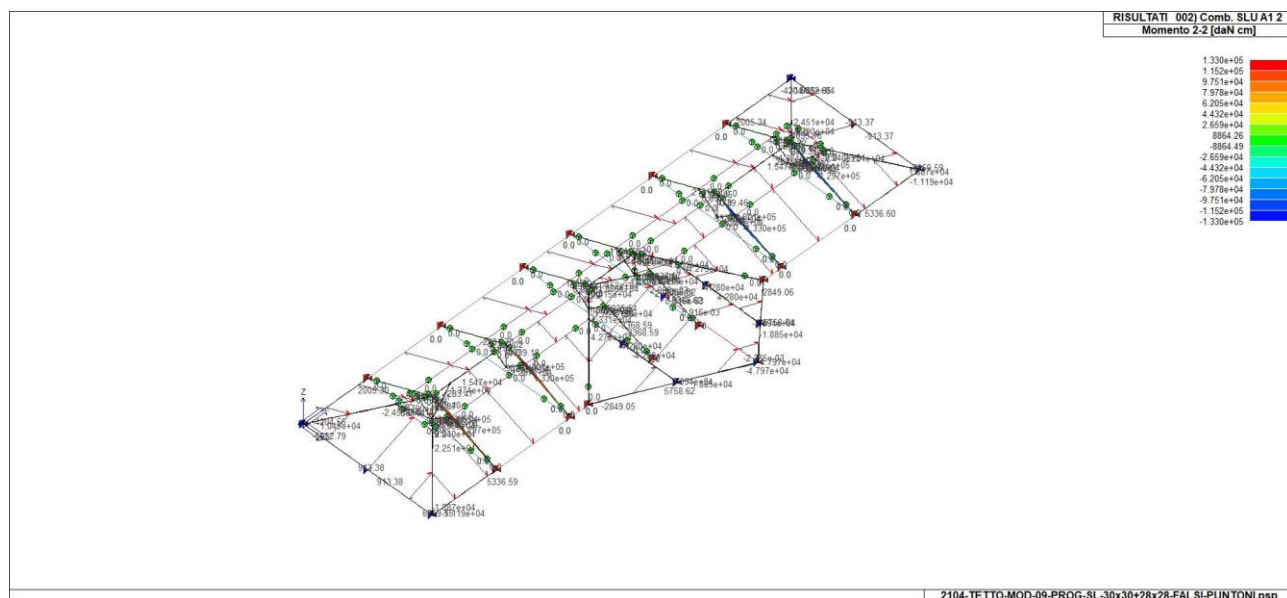
8. PRINCIPALI RISULTATI

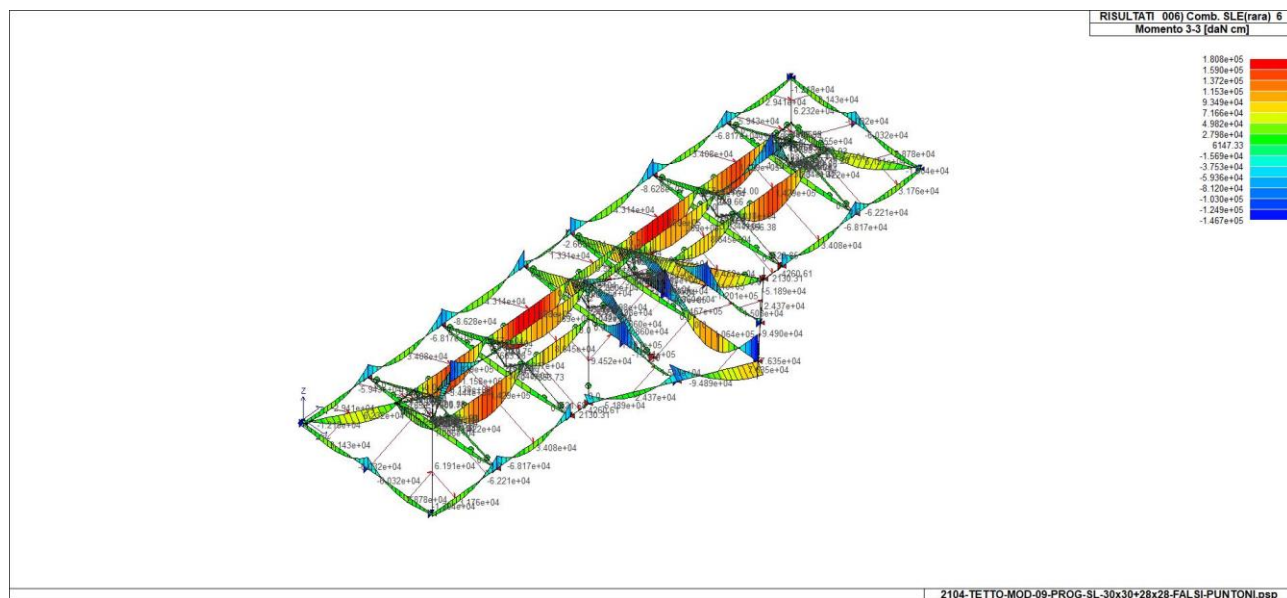
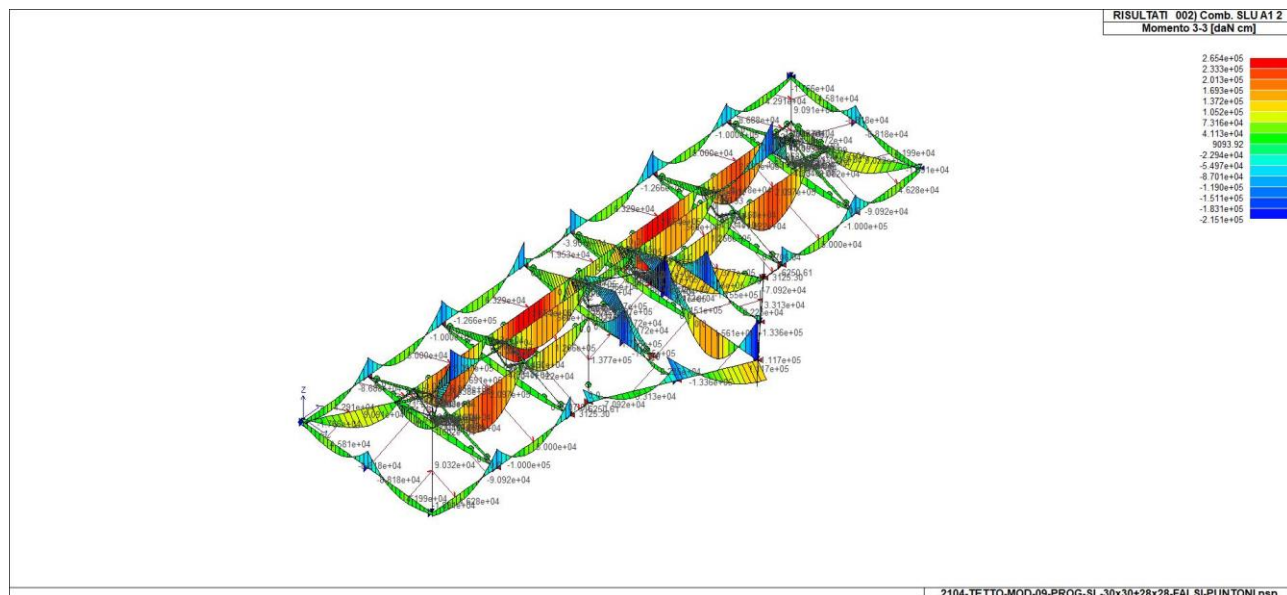
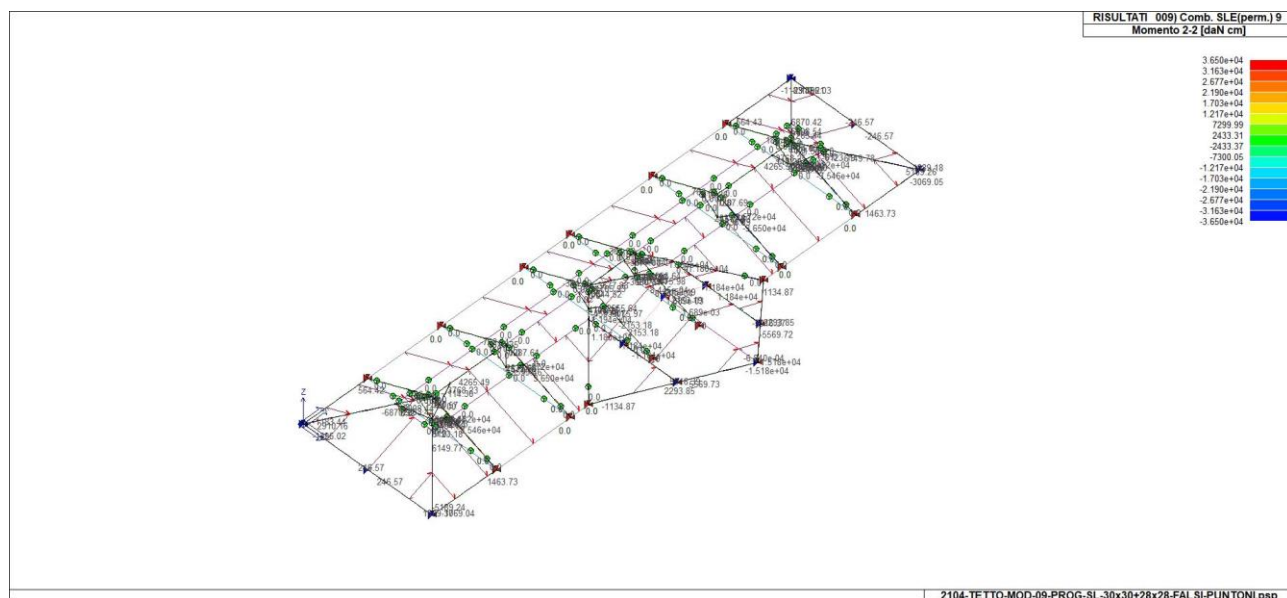
Si riportano i valori massimi dei principali risultati ottenuti per ogni gruppo di combinazioni:

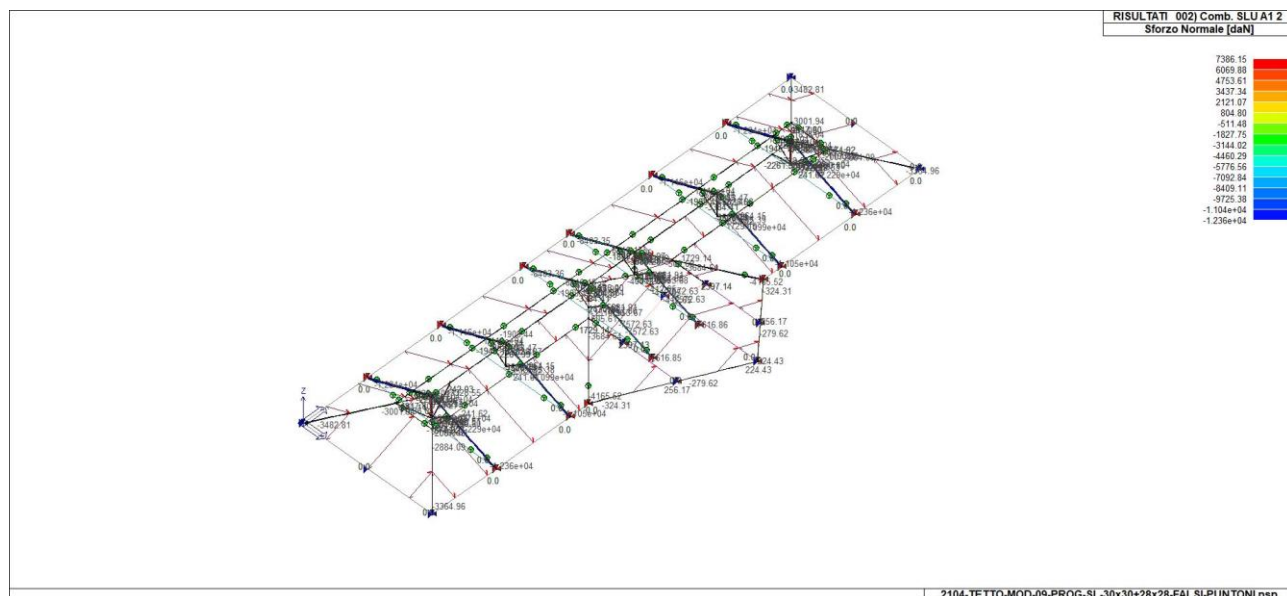
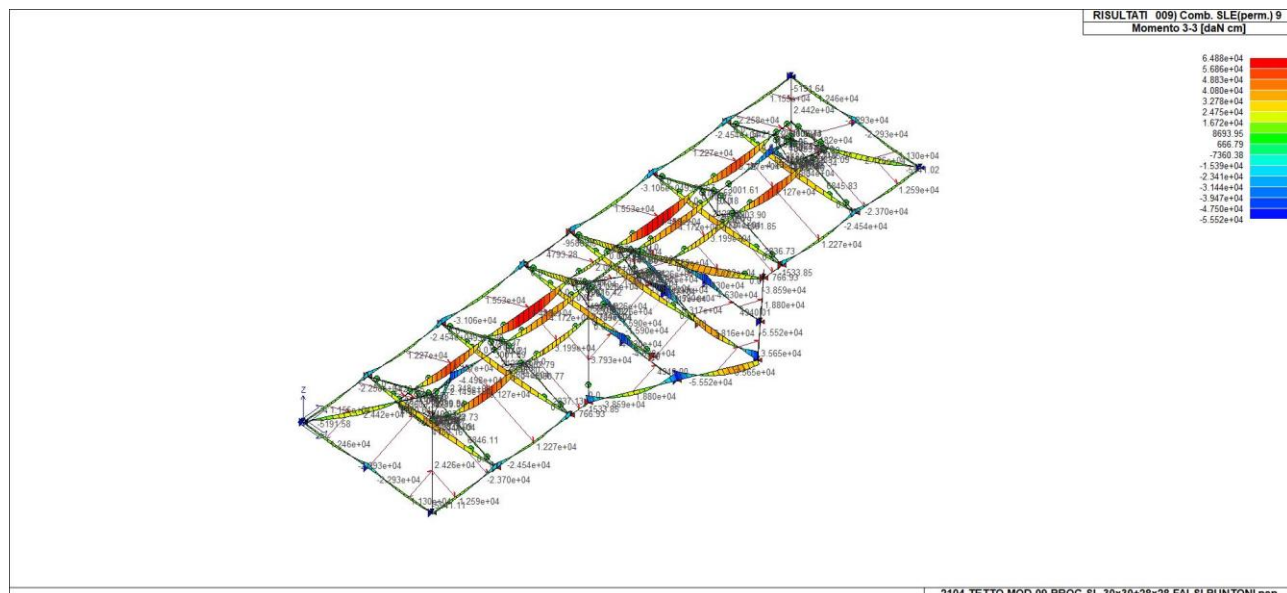
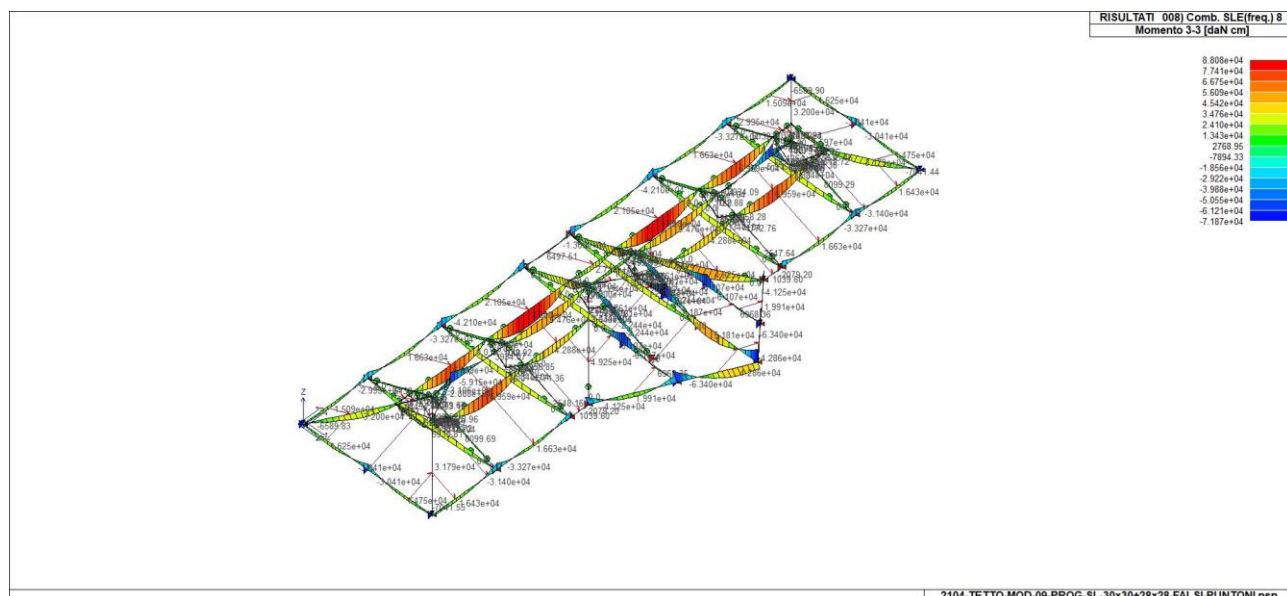


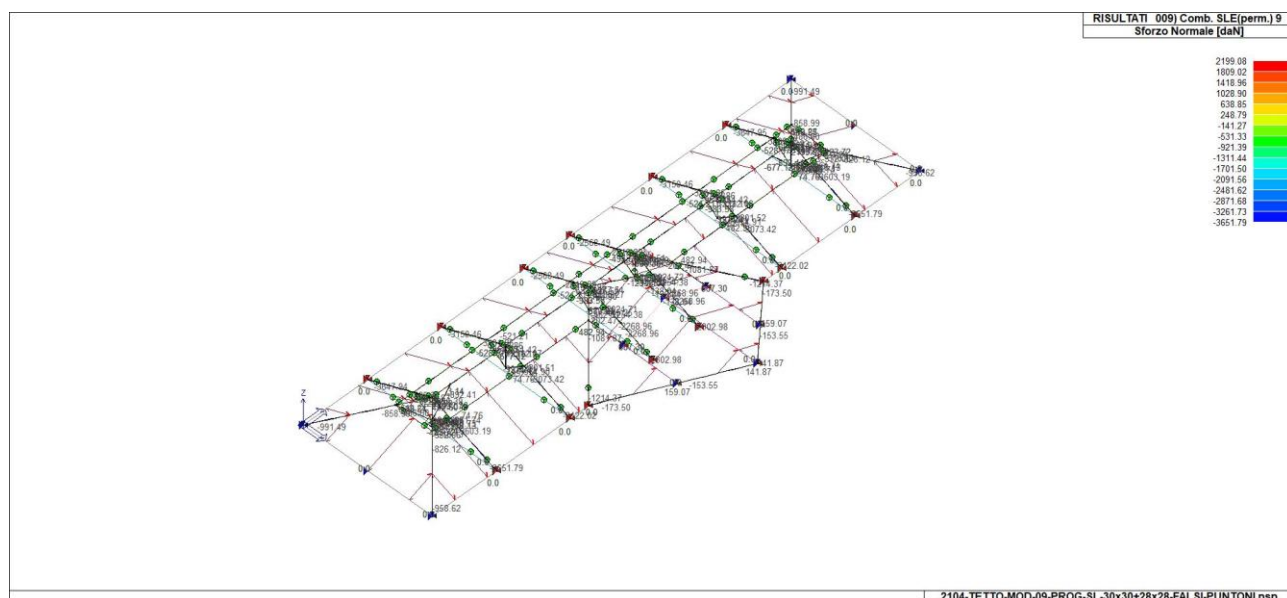
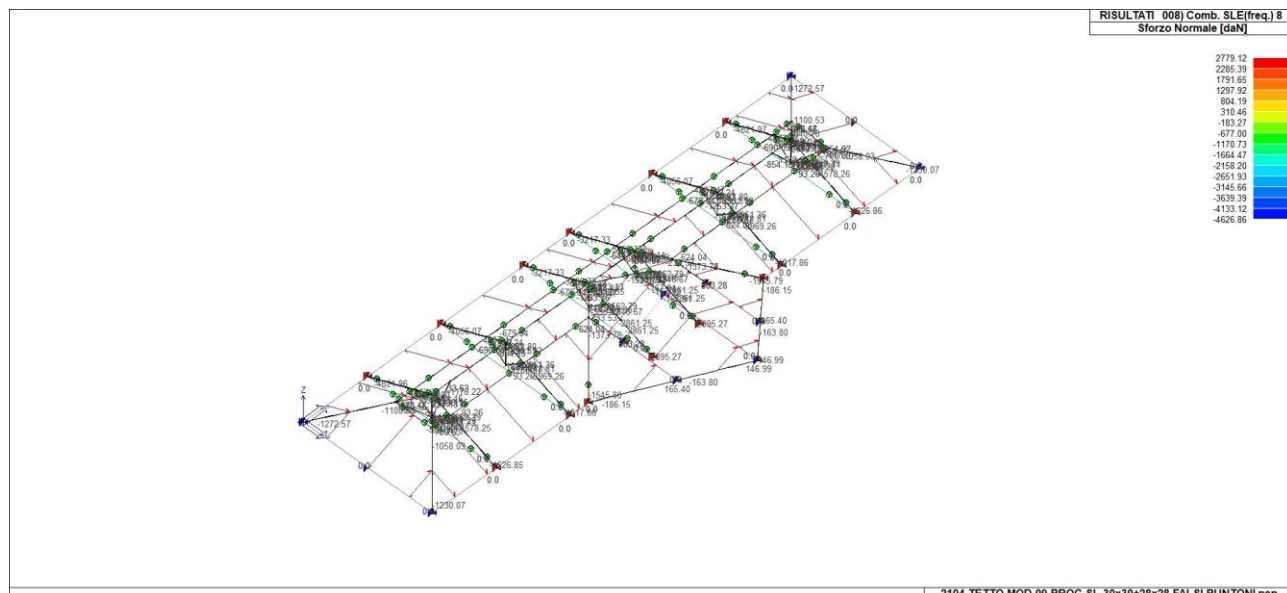
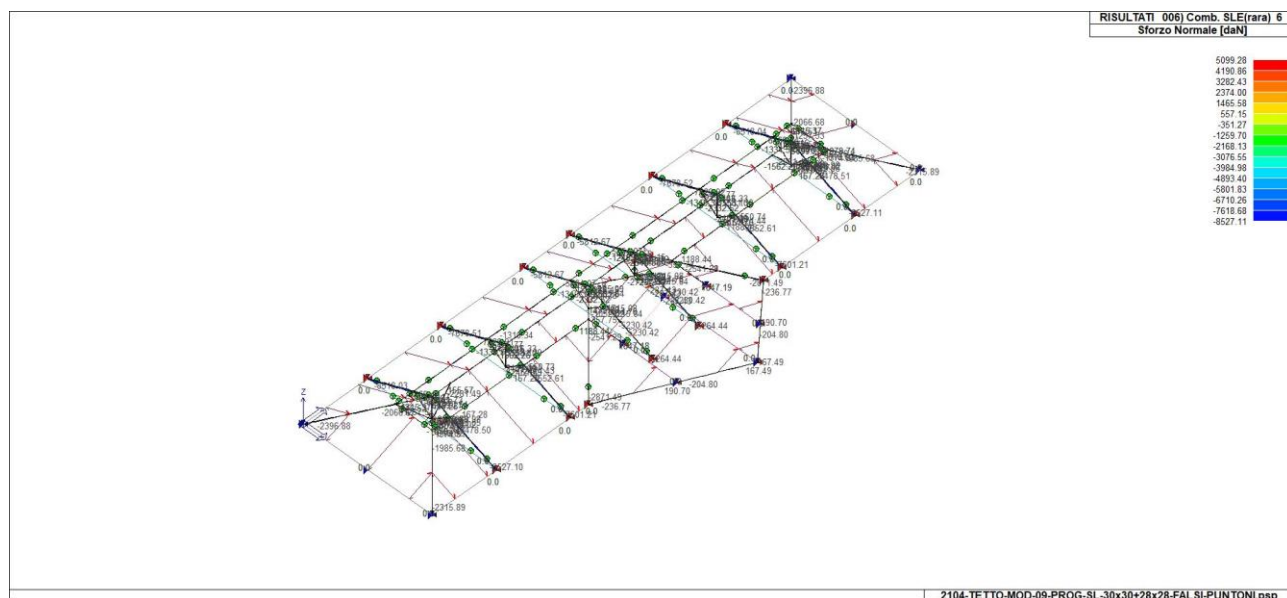












9. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

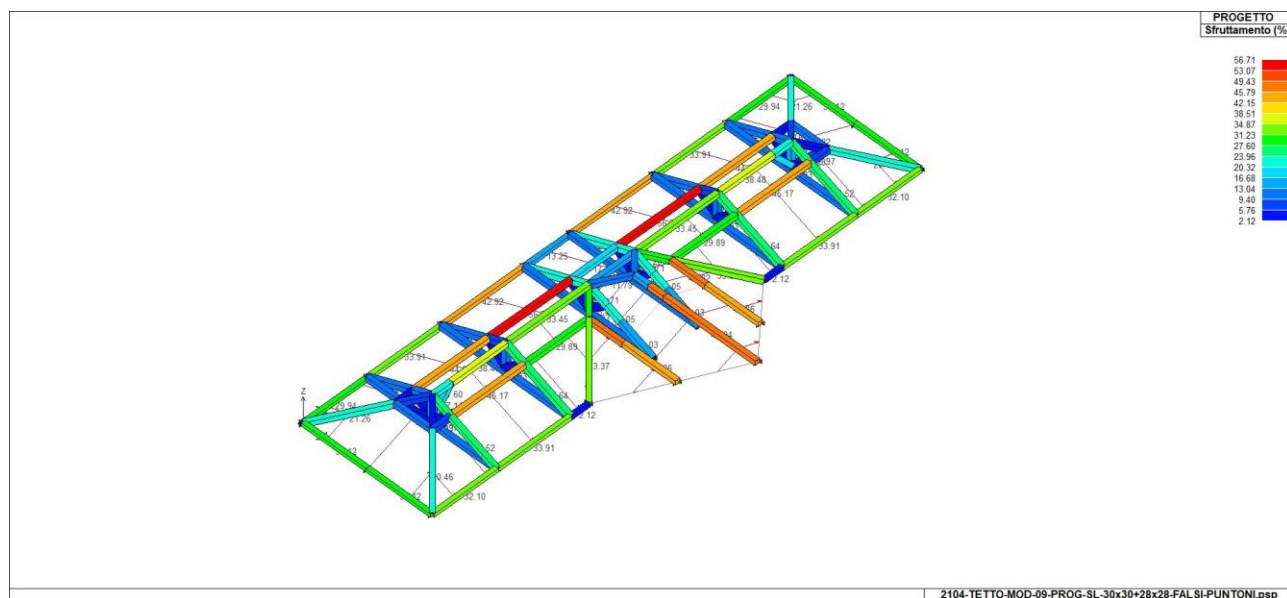
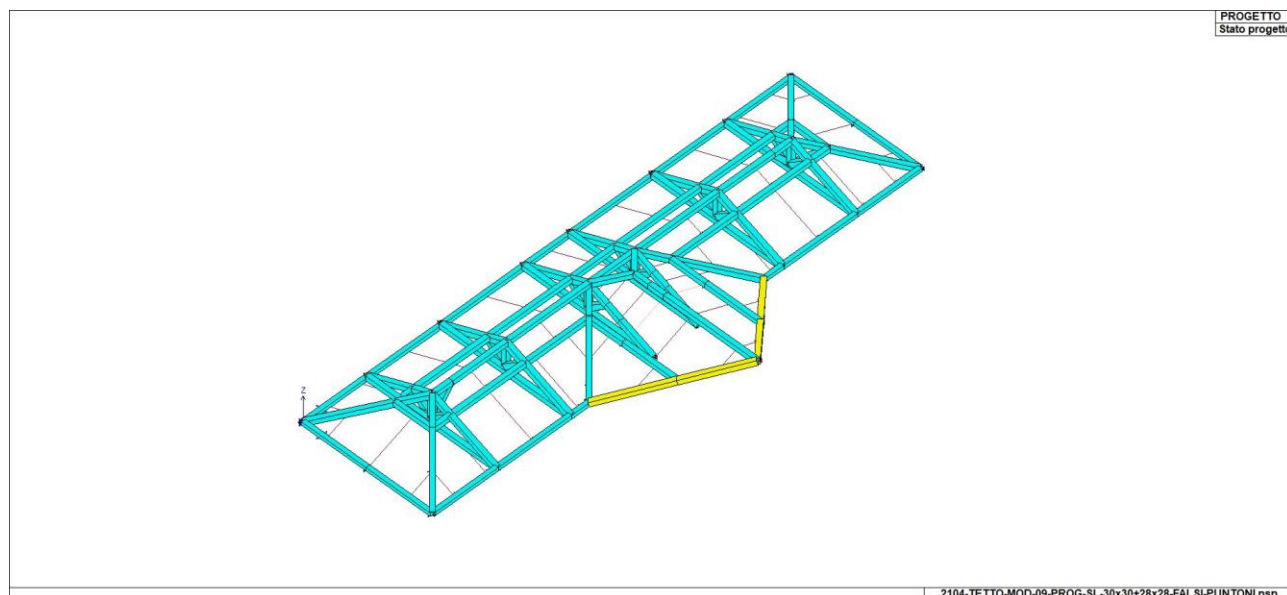
Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

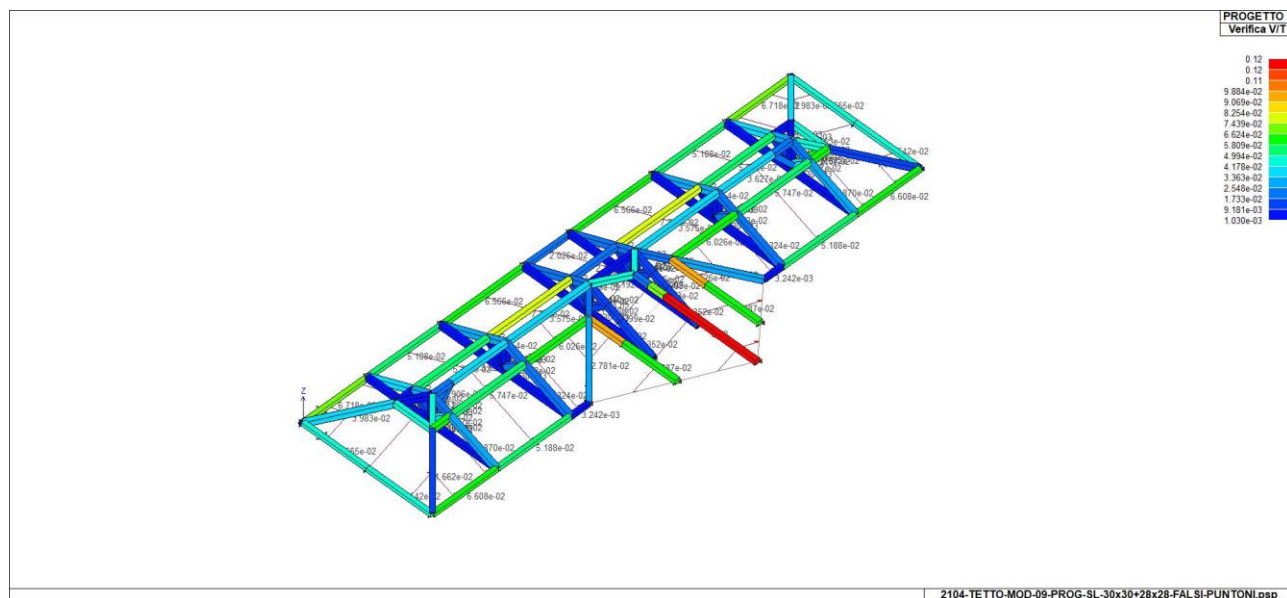
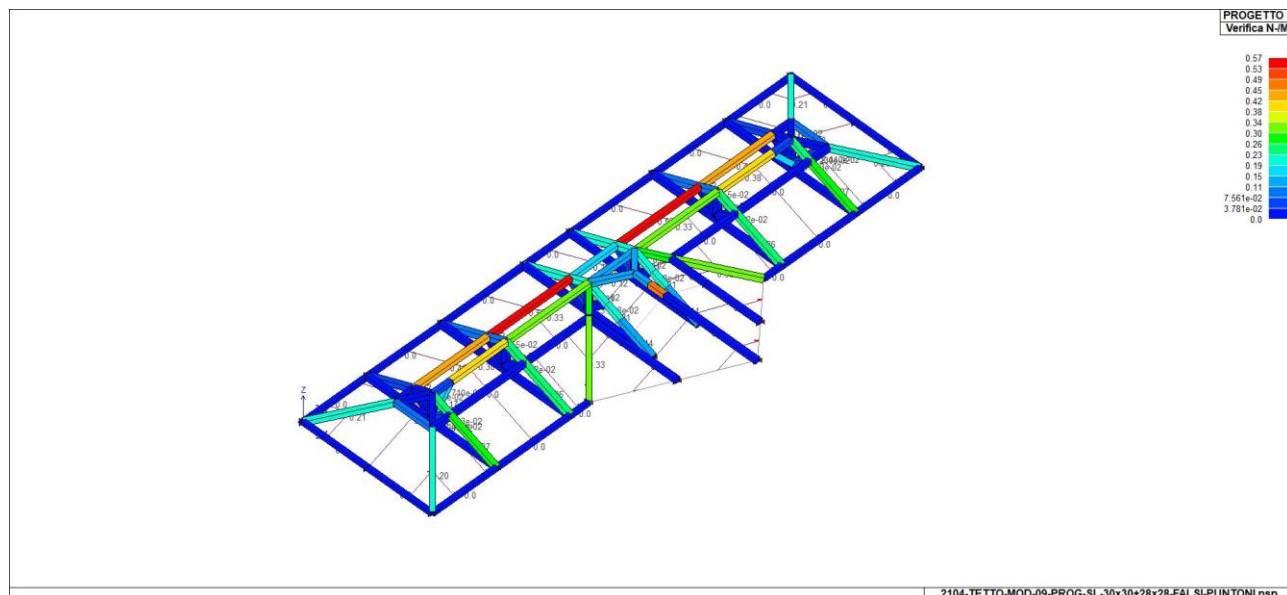
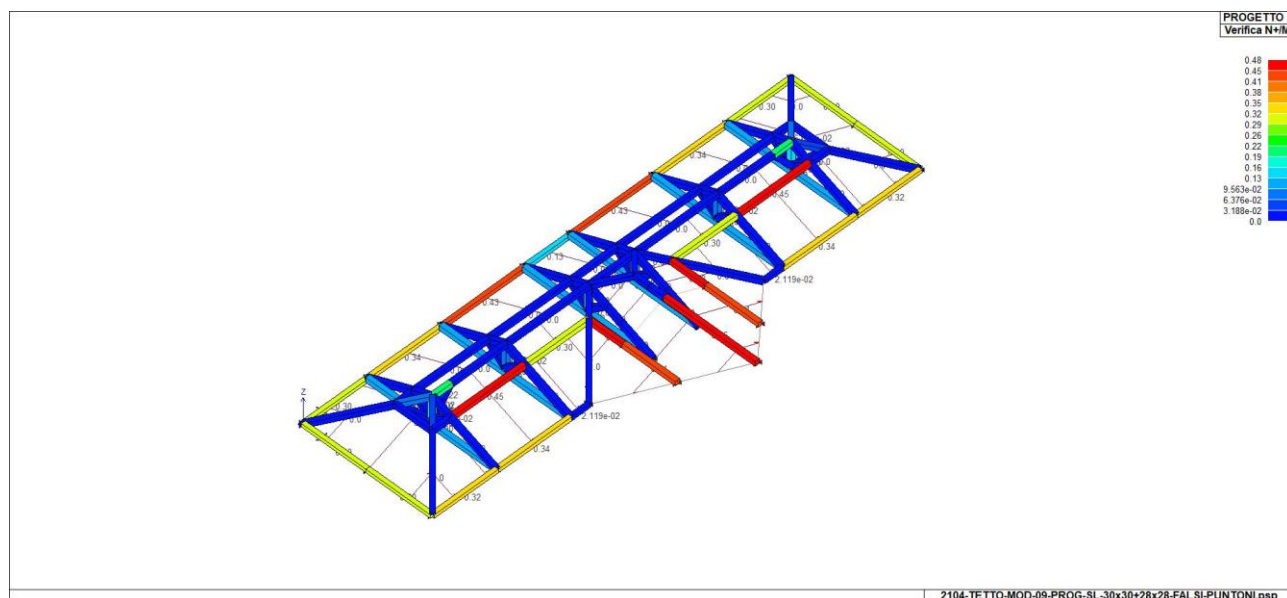
Gli stati di progetto *gialli* indicano elementi non oggetto di verifica

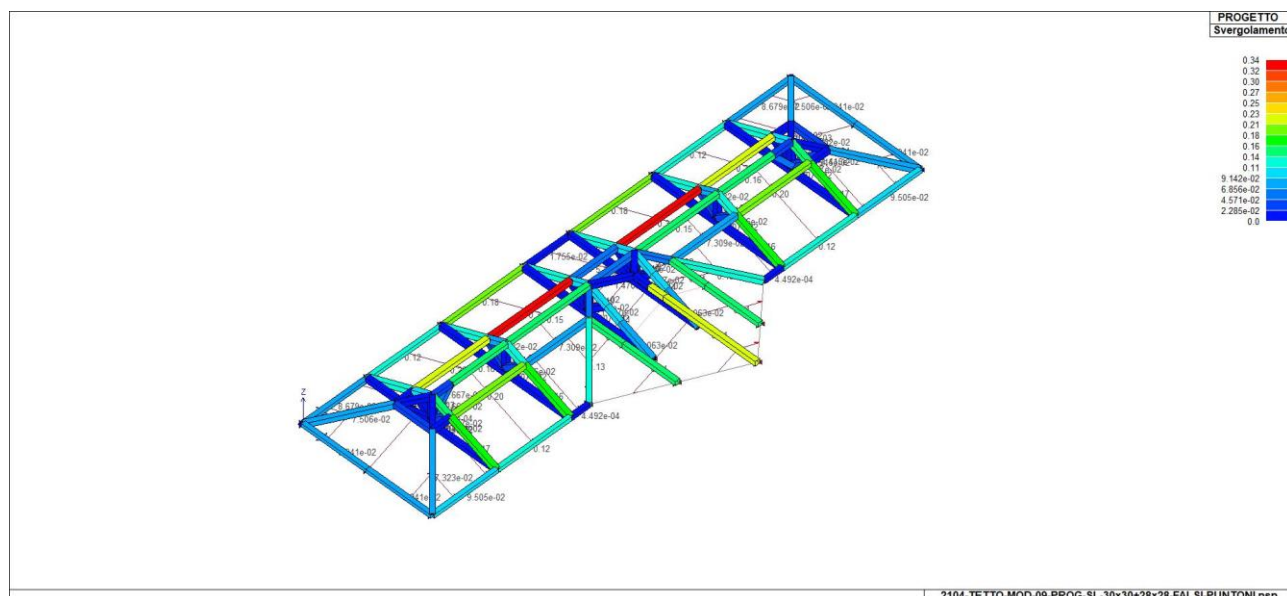
Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.

Elementi D2 in legno		
Elementi D2 in legno	Valore minimo	Valore massimo
Sfruttamento (%)	2.12	56.71
Verifica N+/M	0.0	0.48
Verifica N-/M	0.0	0.57
Verifica V/T	1.03e-03	0.12
Svergolamento	0.0	0.34
Luce libera 3-3	60.00	300.00
Luce libera 2-2	60.00	300.00







10. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

Sono stati svolti dei controlli sui risultati (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.).

Sono state svolte delle verifiche semplificate per gli elementi principali più significativi considerando delle ipotesi comunque a vantaggio di sicurezza. Le verifiche hanno confermato i risultati ottenuti con la modellazione agli elementi finiti.