



## COMUNE DI MONTEPRANDONE PROVINCIA DI ASCOLI PICENO

FINANZIAMENTO PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)  
MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

COMPONENTE 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle università  
INVESTIMENTO 1.1: piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia

**FUTURA**

**LA SCUOLA  
PER L'ITALIA DI DOMANI**



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Istruzione  
e del Merito



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

## REALIZZAZIONE DEL NUOVO ASILO NIDO IN VIA SPIAGGE, FRAZIONE CENTOBUCHI

CUP: G55E25000130006

Progetto Esecutivo

### PROGETTO STRUTTURALE

### RELAZIONE DI CALCOLO

LOCALIZZAZIONE Via Spiagge, fraz. Centobuchi

PROPONENTE Comune di Monteprandone

RUP Geom. Pino Cori

PROGETTISTI arch. Alessio Marini

DATA: Dicembre 2024

SCALA:

ELABORATO

DISCIPLINA	TIPOL.	N. ELAB	REV
------------	--------	---------	-----

PS - R 01 \_ 00

revisione	Data	Descrizione	redatto	verificato	approvato
00	Luglio 2025	1° Emissione	PL-GM	AC	AM

## Sommario

<b>1. DESCRIZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. CRITERI DI MODELLAZIONE ED ANALISI.....</b>	<b>4</b>
2.1 Criteri utilizzati .....	4
2.2 Software di calcolo e Normative di riferimento .....	7
<b>3. AZIONI DI PROGETTO .....</b>	<b>8</b>
3.1 Azione della neve .....	8
3.2 Azione del Vento.....	8
3.3 Azione sismica.....	8
3.4 Azioni eccezionali - incendio .....	9
3.5 Analisi dei carichi .....	10
3.6 Combinazioni considerate.....	11
<b>4. RISULTATI.....</b>	<b>12</b>
4.1 Dati generali e fattori di comportamento.....	12
4.2 Spettri di progetto e principali valori in accelerazione.....	13
4.3 Baricentri e rigidezza .....	14
4.4 Principali modi di vibrare .....	15
4.5 Principali caratteristiche delle sollecitazioni.....	17
4.6 Verifiche aste .....	20
4.7 Deformate principali .....	30
<b>5. VERIFICA DELLE PENSILINE IN CEMENTO ARMATO .....</b>	<b>31</b>
5.1 Pensilina Nord .....	31
5.2 Pensilina Sud.....	34
<b>6. VERIFICA DEL GIUNTO .....</b>	<b>37</b>
<b>7. ELEMENTI SECONDARI .....</b>	<b>37</b>
7.1 Tamponature .....	37
7.2 Controsoffitti .....	37
<b>8. IMPIANTI.....</b>	<b>38</b>
<b>9. CONSIDERAZIONI FINALI .....</b>	<b>39</b>
9.1 Collaudo .....	39
9.2 Giudizio motivato di accettabilità .....	39

---

9.3	Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	40
-----	--	----

1. DESCRIZIONE ILLUSTRATIVA GENERALE

L'unità strutturale è composta dall'unione di due geometrie asimmetriche, un quadrilatero ed una ad "L", che contribuiscono a realizzare una forma complessiva irregolare.

L'intera struttura è costituita da un unico piano in elevazione a partire dal piano delle fondazioni fino a raggiungere un'altezza di circa 4 metri fuori terra.

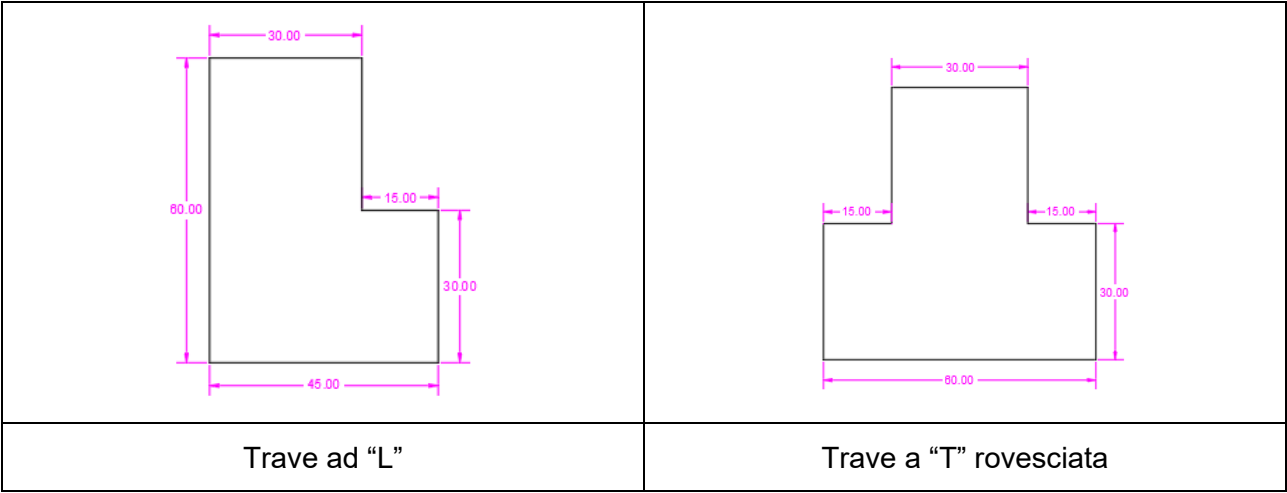
Il quadrilatero è composto da una campata nel lato corto e da quattro campate nel lato lungo per un totale di circa 9.60 m (lato maggiore) per 19.00 m di lunghezza; la struttura ad "L" si compone invece di telai in cui la campata maggiore è di circa 9,00 m e presenta una pianta che può essere inscritta in un rettangolo di 20 m per 19 m circa. Maggiori dettagli riguardo alla geometria sono visibili nelle figure successive.

Tra le due forme principali viene realizzato un giunto sismico di 7 cm al fine di migliorare il comportamento dinamico globale ed evitare fenomeni di martellamento tra le due geometrie.

La struttura è sorretta da 28 pilastri rettangolari 30x45 cm di cui solo 2 sono all'interno della figura. Il sistema di fondazione è rappresentato da 28 pali  $\phi 60$  di profondità 13.00 m collegati da un sistema di travi da 30x60 cm. In prossimità del giunto, a causa dell'eccessiva vicinanza tra i pilastri, viene realizzata una piastra in cemento armato spessa 60 cm di collegamento a sostituzione dei plinti. Viene inoltre realizzata una soletta di 15 cm che si estende per tutta l'impronta dell'edificio e che finge da ripartizione dei carichi.

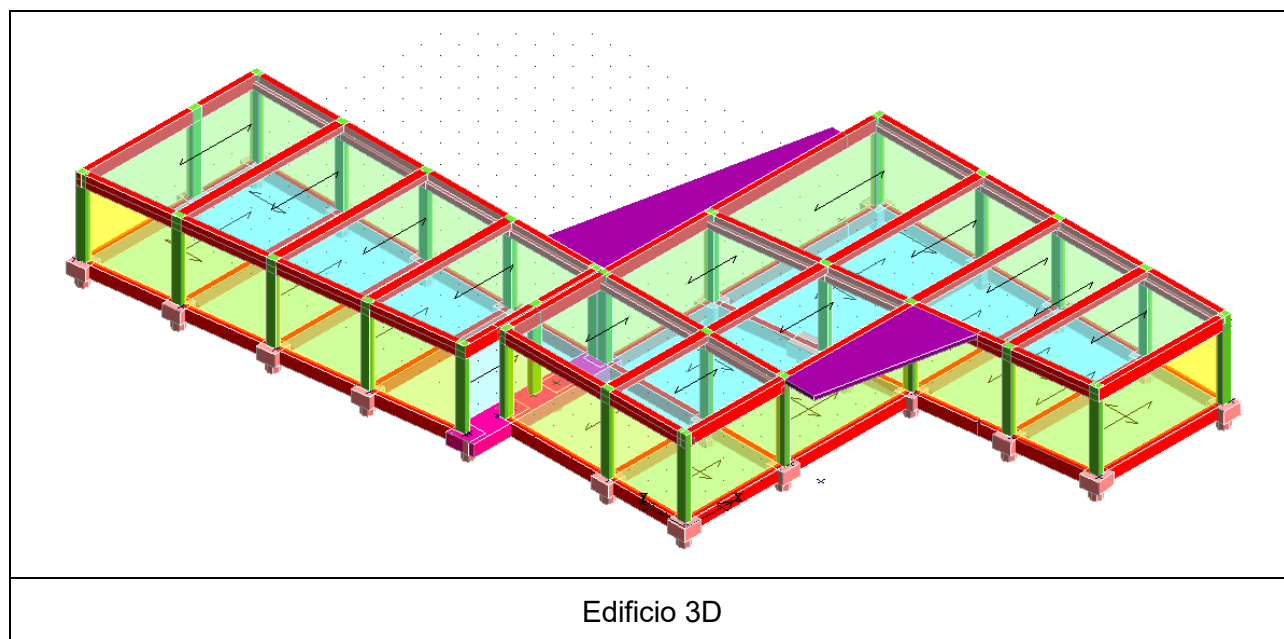
Gli ingressi dell'edificio sono invece segnati da 2 pensiline realizzate con solette piene in cemento armato spesse 20 cm e che si estendono per una lunghezza massima di 3 m.

I telai sono congiunti da travi perimetrali ad "L" e travi centrali a "T" rovesciata con dimensione come mostrato nelle figure seguenti. Il sistema è progettato per accogliere dei solai alveolari prefabbricati che costituiranno l'impalcato dell'edificio. Nelle zone perimetrali in cui non poggiano i solai, sono disposte travi rettangolari 30x60 cm mentre, nelle zone centrali, delle travi a spessore di solaio 45x30 cm.



Essendo l'edificio costruito per accogliere una scuola è **stato progettato in III classe** con comportamento dissipativo nei confronti delle azioni sismiche.

Di seguito le principali verifiche che sono state effettuate, i criteri di calcolo e le ipotesi alla base delle analisi. Per quanto riguarda l'analisi delle fondazioni si rimanda alla relazione geotecnica e alla relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Gianluca Testaguzza.



## 2. CRITERI DI MODELLAZIONE ED ANALISI

### 2.1 Criteri utilizzati

In base a quanto premesso, l'unità strutturale è stata calcolata implementando diversi modelli strutturali con il programma agli elementi finiti **C.D.S. di S.T.S. s.r.l.**, conducendo sia l'**analisi statica che tenendo conto degli effetti del sisma mediante analisi dinamica lineare**.

Si è scelto, al fine di ottenere un'analisi più accurata, di modellare separatamente le due geometrie fondamentali considerandole incastrate alla base senza tenere conto della presenza dei pali e del sistema di fondazione (modello A e modello B).

Per lo studio della fondazione sono stati realizzati due modelli, il primo per indagare la portanza dei pali, mentre il secondo per valutare le sollecitazioni e spostamenti delle travi e della piastra di fondazione. Ulteriori precisazioni su tale sistema saranno fornite nell'apposita relazione.

I modelli strutturali sono stati sviluppati nelle tre dimensioni, con elementi finiti connessi in corrispondenza di un fissato numero di punti denominati nodi, univocamente individuati dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale unico per tutti i componenti.

La risoluzione numerica è condotta con il metodo dell'equilibrio ipotizzando un comportamento elastico lineare degli elementi. Gli elementi verticali sono stati modellati come elementi monodimensionali (pilastri) con le effettive dimensioni; gli elementi orizzontali sono stati modellati come elementi monodimensionali beam (travi), direttamente caricati dai carichi applicati o trasmessi dai solai, tutti i collegamenti delle aste sono modellati come nodi rigidi.

Il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche condotte sono svolti in conformità a quanto riportato nel capitolo 4 “Costruzioni civili e industriali” e nel cap. 7 “Progettazione per azioni sismiche” delle NTC 2018, le modalità sono indicate nei tabulati prodotti dal software.

Nella modellazione sono state assunte le seguenti ipotesi fondamentali:

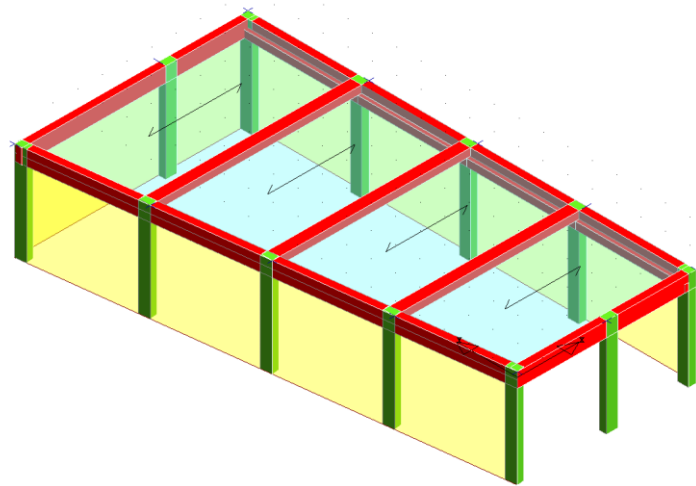
- il modello è stato incastrato alla base in corrispondenza del livello da cui spiccano gli elementi in c.a.
- nelle analisi sismiche i solai sono stati considerati infinitamente rigidi nel piano, tenuto conto della presenza di solette di spessore pari a 5,00 cm;
- si è tenuto conto dei carichi dei solai e della copertura mediante carichi applicati attraverso aree di carico;
- I carichi delle tamponature sono stati applicati come carichi linearmente distribuiti sugli elementi;
- I carichi delle tramezzature interne sono stati applicati come carichi distribuiti su unità di area secondo le indicazioni del §3.1.3 delle NTC
- i materiali sono stati caratterizzati in base alle considerazioni riportate nell'elaborato “Relazione sui Materiali”

Al fine di ottenere un'adeguata e più verosimile modellazione della struttura, si è scelto di modellare e studiare separatamente le due solette in cemento armato situate a quota 4,00 m attraverso elementi shell, vincolate esternamente con incastri.

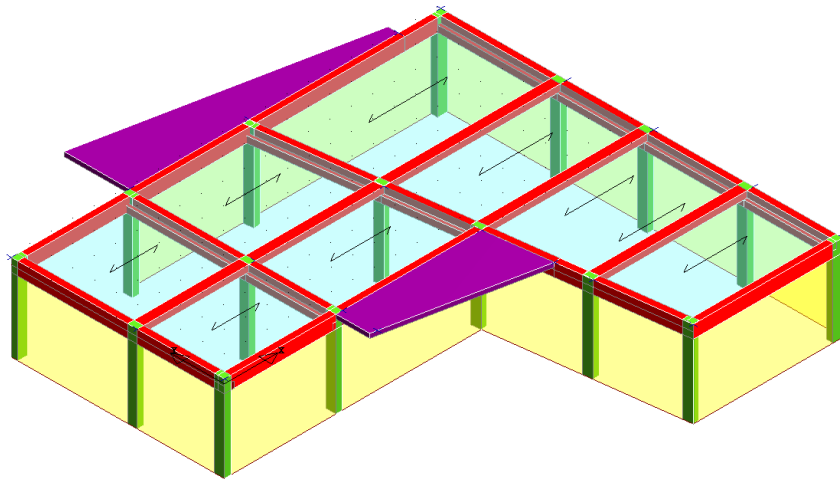
Come già descritto, essendo l'edificio futura sede scolastica, è stato calcolato secondo la **classe di utilizzo III** ai sensi del §2.4.2.

Di seguito la tabella riassuntiva delle verifiche condotte ai sensi della Tab. 7.3.III delle NTC2018.

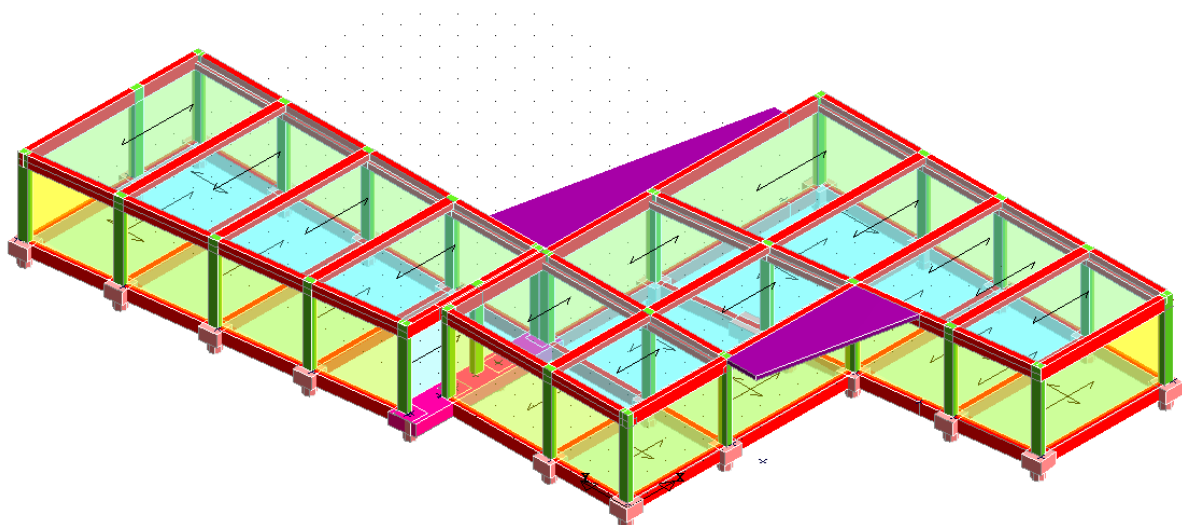
STATO LIMITE		ELEMENTI STRUTTURALI	ELEMENTI NON STRUTTURALI	IMPIANTI
SLE	SLO	Rigidezza		Funzionamento
	SLD	Resistenza		
SLU	SLV	Resistenza	Stabilità	Stabilità
	SLC	Duttilità		



Modello strutturale A



Modello strutturale B



Modello strutturale Globale

## 2.2 Software di calcolo e Normative di riferimento

Il calcolo e l'analisi delle strutture sono stati svolti tramite l'ausilio dei seguenti software di calcolo:

NOME	TIPOLOGIA
CDSWin	Analisi e verifica della struttura in calcestruzzo e delle opere geotecniche
Ftool	Controlli di validazione delle verifiche condotte

L'affidabilità e l'attendibilità dei codici di calcolo dei software sopra citati è scaricabile nei siti internet delle relative case di produzione ed è stata svolta tramite un confronto con i risultati di calcoli ausiliari, così come indicato dalle NTC2018 al §10.2

La progettazione delle opere strutturali è stata svolta nel rispetto del D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e la relativa Circolare del MIT del 21/01/2019, n.7.

Oltre alla normativa sopracitata, si è fatto riferimento alle seguenti normative Europee:

UNI EN 1990:2006 Eurocodice 0 Criteri generali di progettazione strutturale;	UNI EN 1994-1-1:2005 Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
UNI EN 1991-1-1:2004 Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici;	UNI EN 1997-1:2005 Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica Parte 1: Regole generali;
UNI EN 1992-1-1:2015 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;	UNI EN 1998-1:2005 Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici;
UNI EN 1992-1-2:2005 Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l'incendio;	UNI EN 1993-1-1:2014 Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;



### 3. AZIONI DI PROGETTO

#### 3.1 Azione della neve

DATI DI CALCOLO PER AZIONE NEVE			
Zona Geografica	II	Coefficiente Termico	1,00
Altitudine sito s.l.m. (m)	280	Coefficiente di forma	0,80
Tipo di Esposizione	Normale	Coefficiente di esposizione	1,00
Carico di riferimento kg/mq	113	Carico neve di calcolo kg/mq	90,00
Il calcolo della neve e' effettuato in base al punto 3.4 del D.M. 2018 e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019			

#### 3.2 Azione del Vento

DATI DI CALCOLO PER AZIONE VENTO			
Zona Geografica	3	Altitudine s.l.m. (m)	280,00
Distanza dalla costa (km)	5,00	Tempo di Ritorno (anni)	50,00
Classe di Rugosita'	C	Coefficiente Topografico	1,00
Coefficiente dinamico	1,00	Coefficiente di attrito	0,02
Velocita' di riferim. (m/s)	27,02	Pressione di riferim.(kg/mq)	45,63
Categoria di Esposizione	II		
Edificio dotato di porosita' distribuita uniforme			
Il calcolo delle azioni del vento e' effettuato in base al punto 3.3 delle NTC e relative modifiche e integrazioni riportate nella Circolare del 21/01/2019			

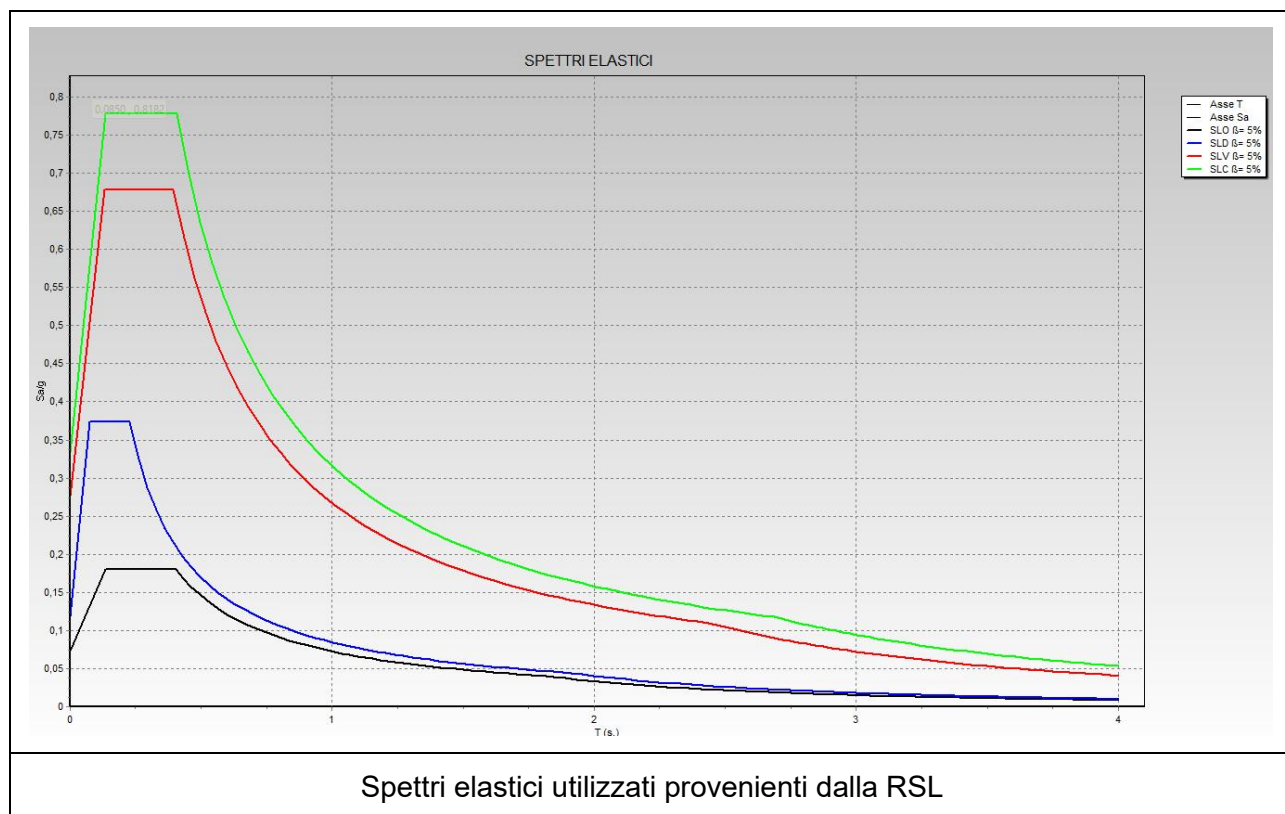
#### 3.3 Azione sismica

Per quanto riguarda l'azione sismica, si utilizzata l'analisi sismica locale presente nella relazione geologica sopra nominata.

Si specifica che sono stati utilizzati integralmente gli spettri della RSL poiché come riportato nell'apposita relazione, dal confronto degli spettri per gli stati limite esaminati (SLD SLV e SLC), quello medio di output, ricavato dall'analisi di RSL, risulta superiore a quello derivante da approccio semplificato fino a 0,35 s in SLD, 0,45 s in SLV e 0,40 s in SLC s e leggermente inferiore nel restante arco temporale. Si fa notare che per l'SLO si sono invece utilizzati i valori da normativa.

PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.O.			
Probabilita' Pvr	0,81	Periodo di Ritorno Anni	45,00
Accelerazione Ag/g	0,06	Periodo T'c (sec.)	0,29
Fo	2,46	Fv	0,82
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,20	Periodo TB (sec.)	0,13
Periodo TC (sec.)	0,40	Periodo TD (sec.)	1,85
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.D.			

Probabilità Pvr	0,63	Periodo di Ritorno Anni	75,00
Accelerazione Ag/g	0,08	Periodo T'c (sec.)	0,31
Fo	3,17	Fv	0,92
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,51	Periodo TB (sec.)	0,08
Periodo TC (sec.)	0,23	Periodo TD (sec.)	1,91
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.V.			
Probabilità Pvr	0,10	Periodo di Ritorno Anni	712,00
Accelerazione Ag/g	0,21	Periodo T'c (sec.)	0,34
Fo	2,46	Fv	1,51
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,32	Periodo TB (sec.)	0,13
Periodo TC (sec.)	0,40	Periodo TD (sec.)	2,44
PARAMETRI SPETTRO ELASTICO - SISMA S.L.C.			
Probabilità Pvr	0,05	Periodo di Ritorno Anni	1462,00
Accelerazione Ag/g	0,27	Periodo T'c (sec.)	0,35
Fo	2,33	Fv	1,74
Fattore Stratigrafia'Ss'	1,23	Periodo TB (sec.)	0,14
Periodo TC (sec.)	0,41	Periodo TD (sec.)	2,69



### 3.4 Azioni eccezionali - incendio

Il rischio di incendio all'interno del fabbricato è trascurabile coerentemente con quanto previsto dalla normativa di settore. Non si prevedono dunque ulteriori valutazioni in merito.

## 3.5 Analisi dei carichi

**SOLAIO FONDAZIONE**

<b>G.1</b>	<b>peso proprio elementi strutturali</b>	<b>PESO [kg/m³]</b>	<b>B [m]</b>	<b>L [m]</b>	<b>H [m]</b>	<b>TOT [kg/m²]</b>
1	Soletta	2 500,00			0,15	375,00
						375,00
<b>G.2</b>	<b>peso proprio elementi non strutturali</b>	<b>PESO</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>H</b>	<b>TOT</b>
2	Alleggerito coprimpanti	1 800,00			0,07	126,00
3	Isolante	150,00			0,08	12,00
4	Massetto	1 800,00			0,04	72,00
5	Pavimento	1 800,00			0,02	36,00
6	Divisori interni					120,00
						366,00
<b>Q</b>	<b>VARIABILI</b>	<b>PESO</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>H</b>	<b>TOT</b>
1	Cat C1 - Ambienti affollati					300,00
						300,00

**TAMPONATURE**

<b>G.1</b>	<b>peso proprio elementi strutturali</b>	<b>PESO [kg/m³]</b>	<b>B [m]</b>	<b>L [m]</b>	<b>H [m]</b>	<b>TOT [kg/m²]</b>
1	Montanti					30,00
						30,00
<b>G.2</b>	<b>peso proprio elementi non strutturali</b>	<b>PESO</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>H</b>	<b>TOT</b>
1	Intonachino	1 600,00			0,005	8,00
2	Acquapanel	1 200,00			0,015	18,00
3	Lana di roccia	100,00			0,120	12,00
4	Cartongesso	1 000,00			0,013	30,00
5	Lana di roccia	100,00			0,080	30,00
7	Cartongesso	1 000,00			0,013	30,00
8	Cartongesso	1 000,00			0,013	30,00
						158,00
<b>Q</b>	<b>VARIABILI</b>	<b>PESO</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>H</b>	<b>TOT</b>
1	Vento	Come da analisi				

**SOLAIO COPERTURA - ALVEOLARI H 25+5**

<b>G.1</b>	<b>peso proprio elementi strutturali</b>	<b>PESO [kg/m³]</b>	<b>B [m]</b>	<b>L [m]</b>	<b>H [m]</b>	<b>TOT [kg/m²]</b>
1	Alveolare	325,00				325,00
2	Soletta	2 500,00			0,05	125,00
						450,00
<b>G.2</b>	<b>peso proprio elementi non strutturali</b>	<b>PESO</b>	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>H</b>	<b>TOT</b>

1	Massetto	1 800,00			0,08	144,00
2	Isolante	150,00			0,20	30,00
3	Ghiaia	1 600,00			0,05	80,00
4	Controsoffitto					30,00
5	Fotovoltaico					26,00
						310,00
Q	VARIABILI	PESO	B	L	H	TOT
1	Copertura	Coperture per sola manutenzione				50,00
3	Neve	Come da analisi				90,00

### 3.6 Combinazioni considerate

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.															
DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Peso Strutturale	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Neve h<=1000	0,75	1,50	0,75	1,50	0,75	0,75	1,50	0,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	1,50	0,00	1,50	0,00	0,00	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,90	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,90	0,90	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.															
DESCRIZIONI	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Neve h<=1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	-1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	-1,00	1,00	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30
Corr. Tors. dir. 90	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	0,30	0,30	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00
Sisma direz. grd 0	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sisma direz. grd 90	-0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00

COMBINAZIONI CARICHI A1 - S.L.V. / S.L.D.										
DESCRIZIONI	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Neve h<=1000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Var.Coperture	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,30	-0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30	-0,30	0,30
Corr. Tors. dir. 90	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00	1,00	1,00
Sisma direz. grd 0	0,30	0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	-0,30
Sisma direz. ard 90	-1,00	-1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

COMBINAZIONI RARE - S.L.E.								
DESCRIZIONI	1	2	3	4	5	6	7	8
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Neve h<=1000	0,50	1,00	0,50	1,00	0,50	0,50	1,00	0,50
Var.Coperture	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,60	0,60	1,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,60	1,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.				
DESCRIZIONI	1	2	3	4
Peso Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00	1,00	1,00	1,00
Var.Neve h<=1000	0,00	0,20	0,00	0,00
Var.Coperture	0,00	0,00	0,00	0,00
Vento dir. 90	0,00	0,00	0,20	0,00

COMBINAZIONI FREQUENTI - S.L.E.				
DESCRIZIONI	1	2	3	4
Vento dir. 270	0,00	0,00	0,00	0,20
Corr. Tors. dir. 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00	0,00	0,00	0,00

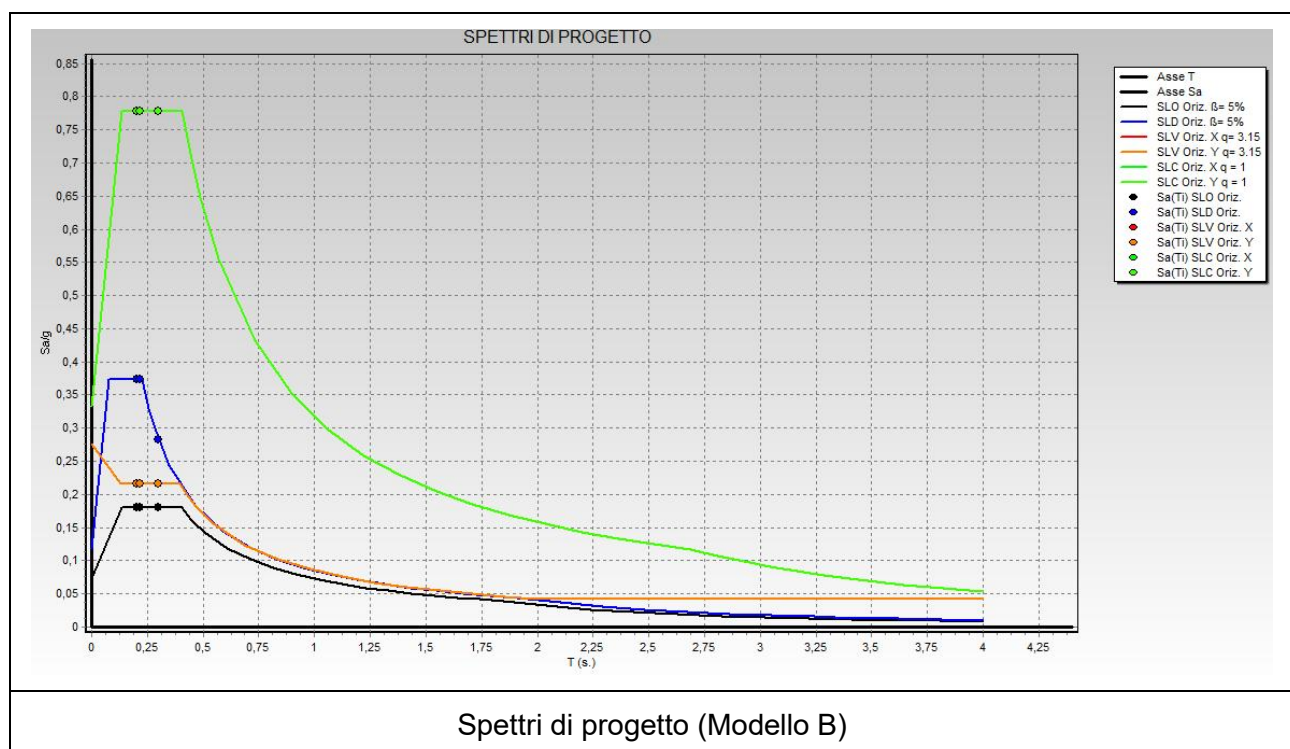
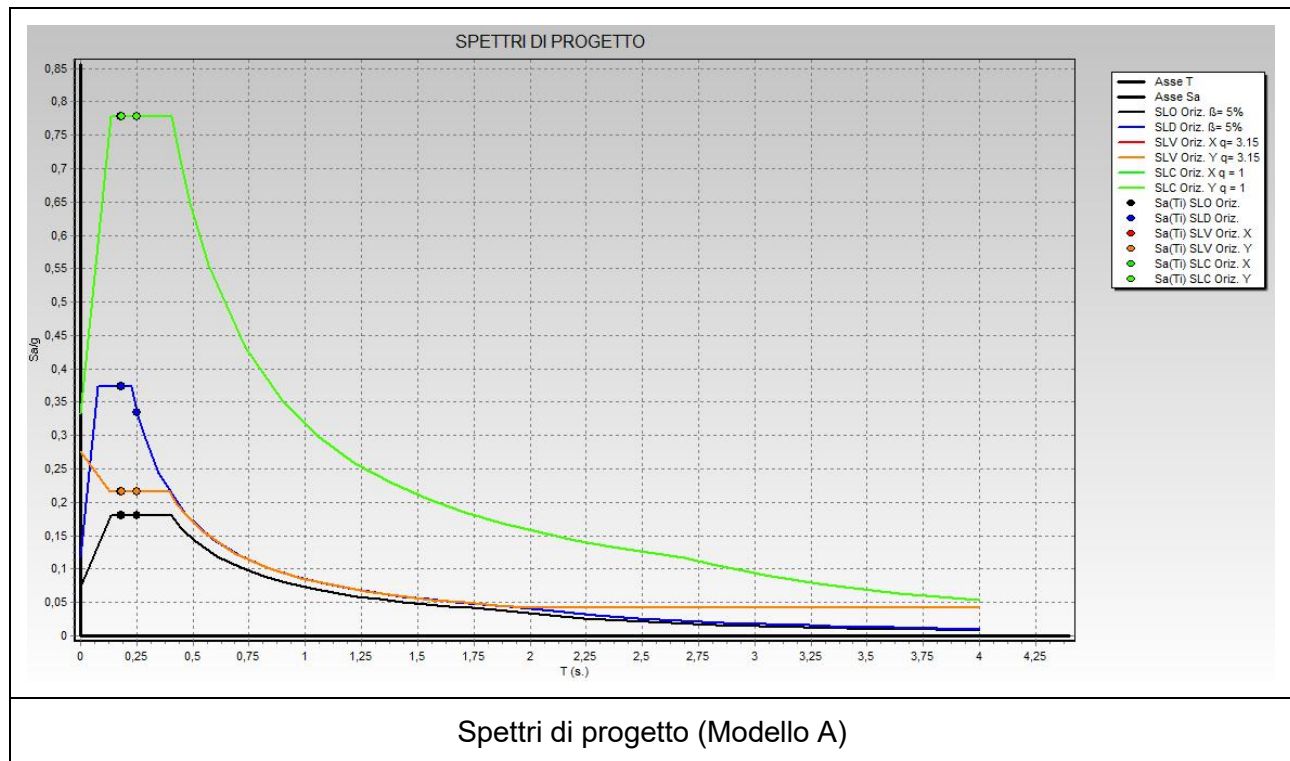
COMBINAZIONI PERMANENTI - S.L.E.	
DESCRIZIONI	1
Peso Strutturale	1,00
Perm.Non Strutturale	1,00
Var.Neve h<=1000	0,00
Var.Coperture	0,00
Vento dir. 90	0,00
Vento dir. 270	0,00
Corr. Tors. dir. 0	0,00
Corr. Tors. dir. 90	0,00
Sisma direz. grd 0	0,00
Sisma direz. grd 90	0,00

## 4. RISULTATI

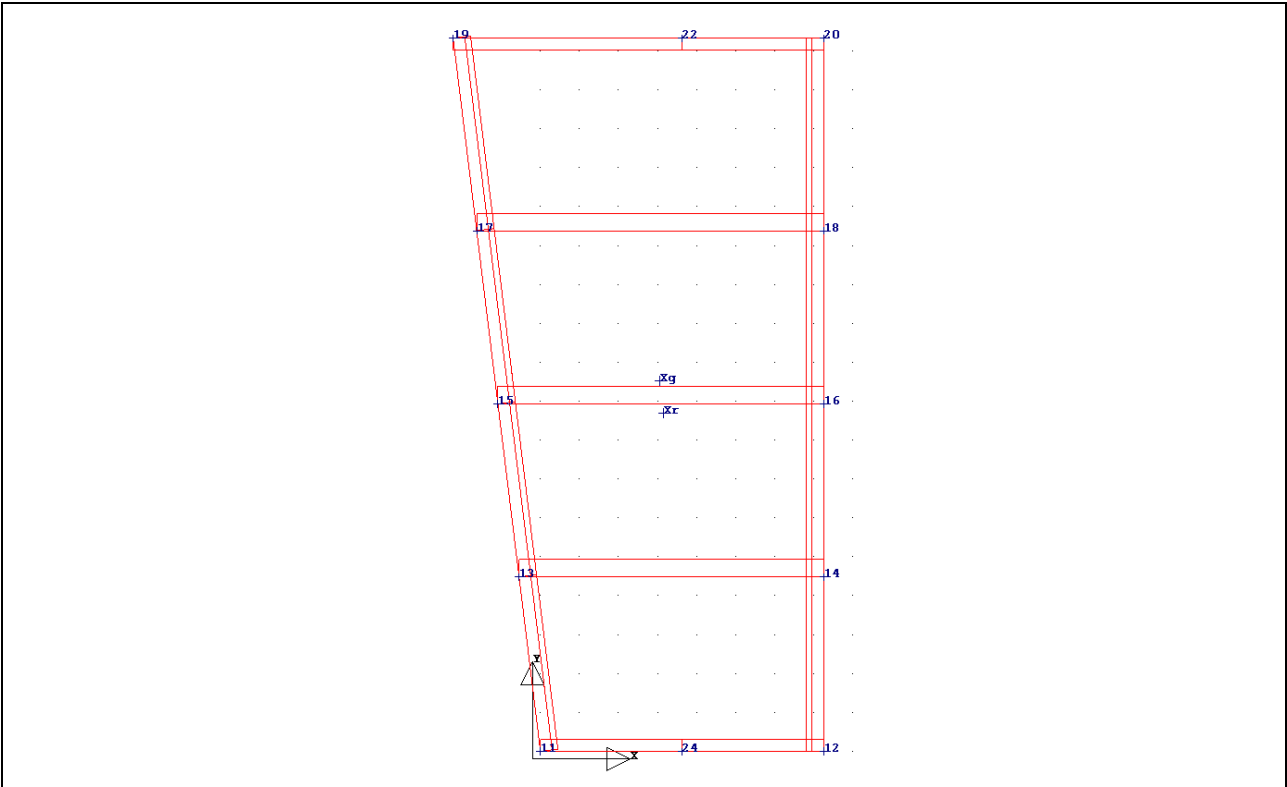
### 4.1 Dati generali e fattori di comportamento

PARAMETRI SISMICI			
Vita Nominale (Anni)	50	Classe d' Uso	III Cu=1.5
Longitudine Est (Grd)	13,84620	Latitudine Nord (Grd)	42,89840
Categoria Suolo	B	Coeff. Condiz. Topogr.	1,00000
Sistema Costruttivo Dir.1	C.A.	Sistema Costruttivo Dir.2	C.A.
Regolarita' in Altezza	SI (KR=1)	Regolarita' in Pianta	NO
Direzione Sisma (Grd)	0	Sisma Verticale	ASSENTE
Effetti P/Delta	NO	Quota di Zero Sismico (m)	0,00000
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 1			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/Alfa1	1,05	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	3,15		
PARAMETRI SISTEMA COSTRUTTIVO C.A. - DIR. 2			
Classe Duttilita'	MEDIA	Sotto-Sistema Strutturale	Telaio
AlfaU/Alfa1	1,05	Fattore riduttivo KW	1,00
Fattore di comportam 'q'	3,15		

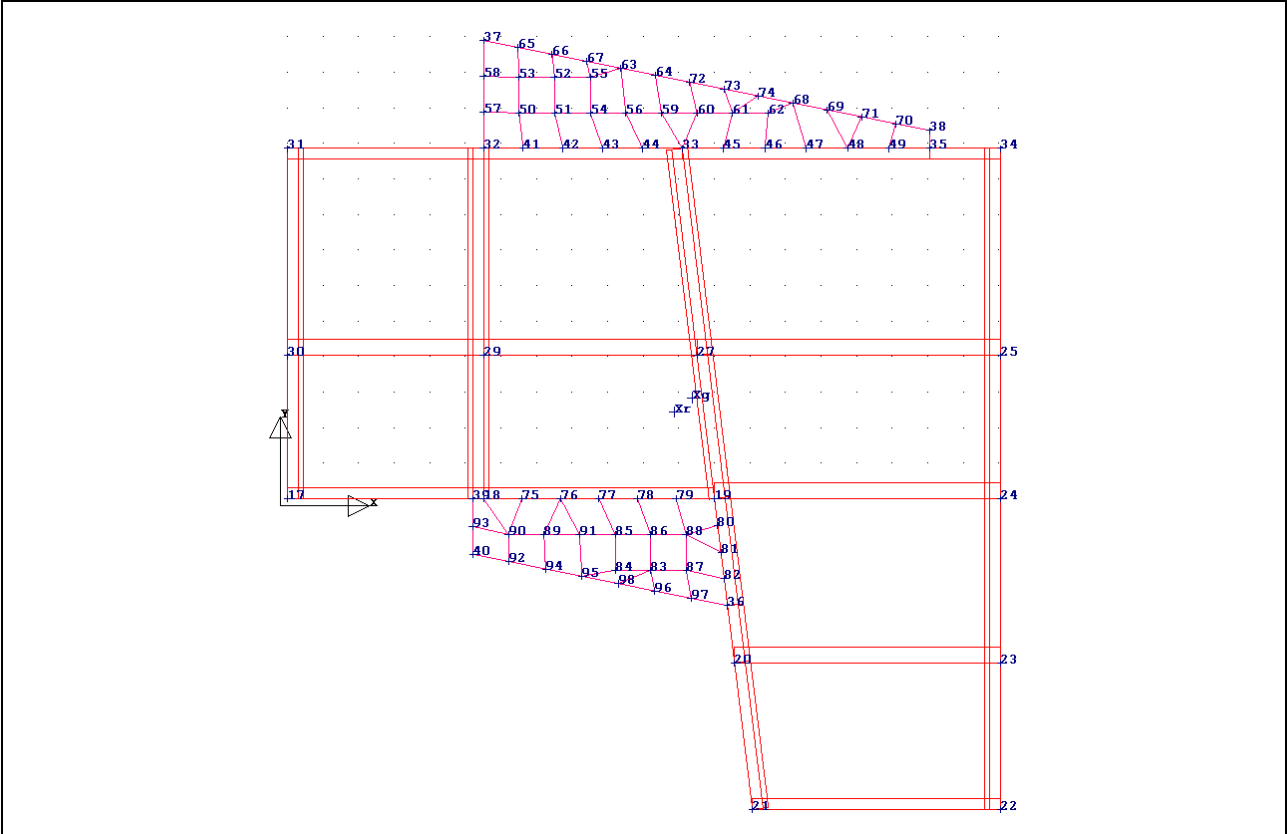
## 4.2 Spettri di progetto e principali valori in accelerazione



4.3 Baricentri e rigidezze



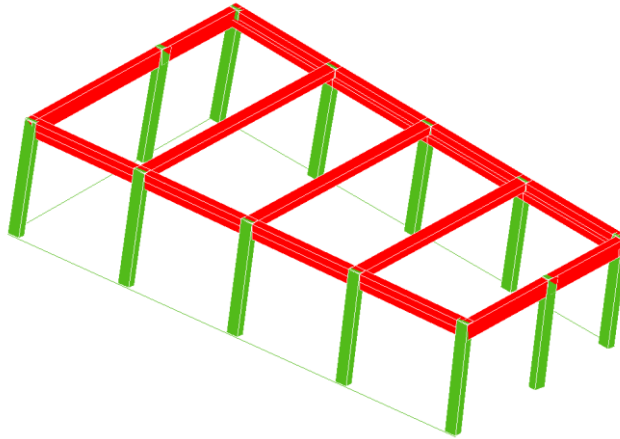
Posizionamento di Xr (centro delle rigidezze) e Xg (baricentro) nel Modello A



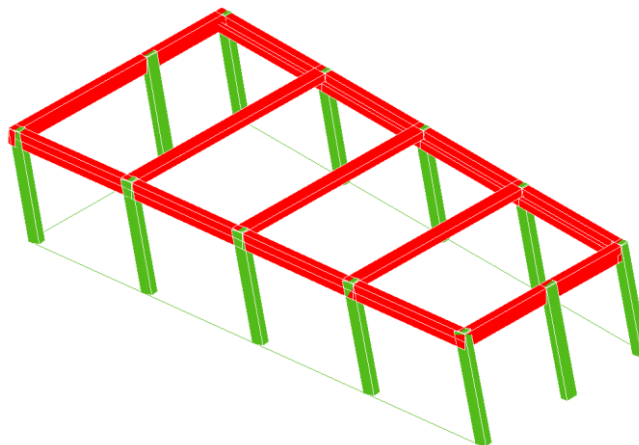
Posizionamento di Xr (centro delle rigidezze) e Xg (baricentro) nel Modello B

#### 4.4 Principali modi di vibrare

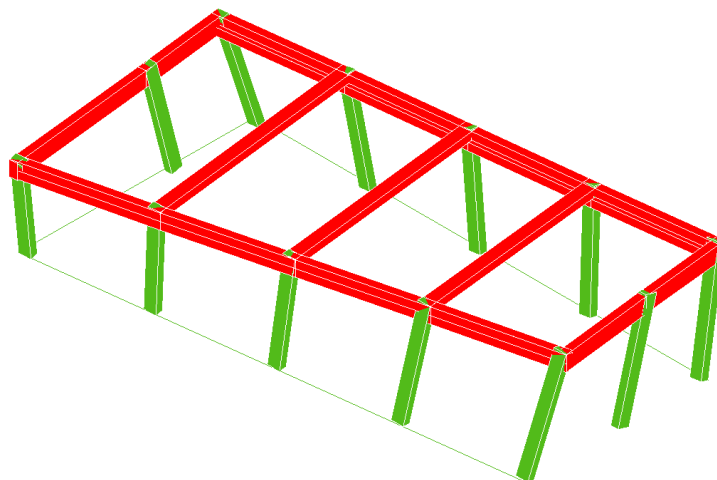
##### Modello A



1° Modo di vibrazione ( $T=0.253$  s)



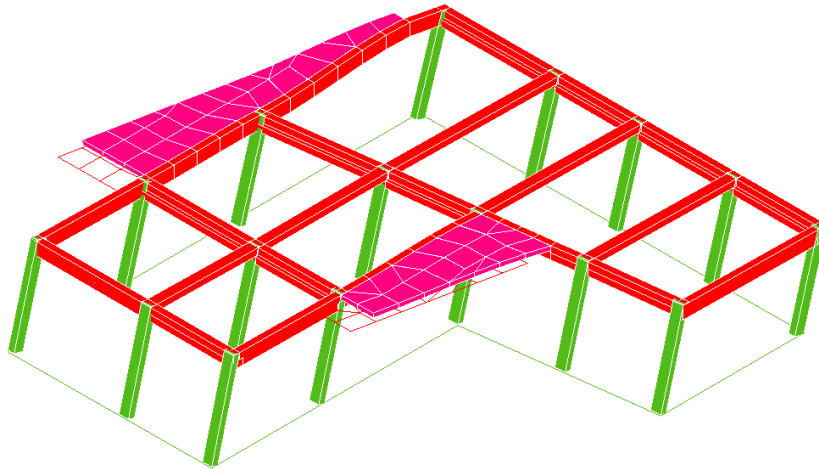
2° Modo di vibrazione ( $T=0.184$  s)



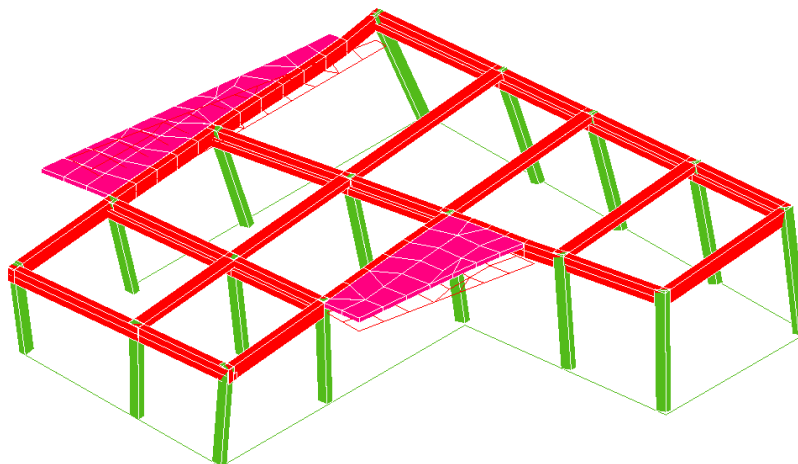
3° Modo di vibrazione ( $T=0.179$  s)



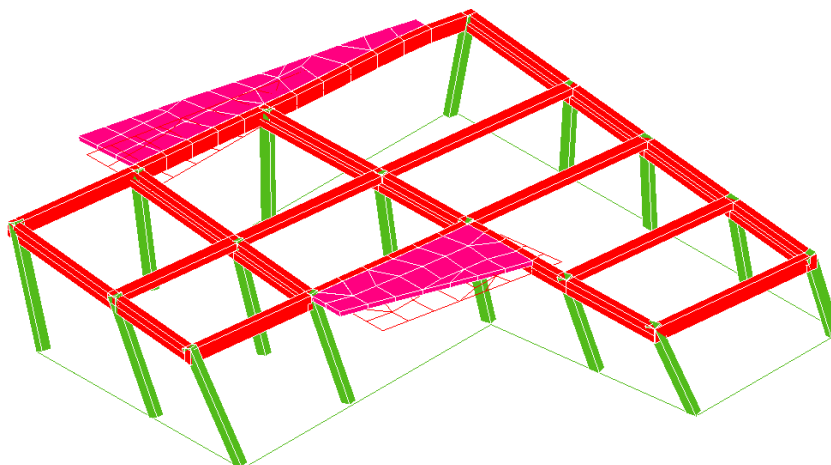
## Modello B



1° Modo di vibrazione ( $T=0.30$  s)



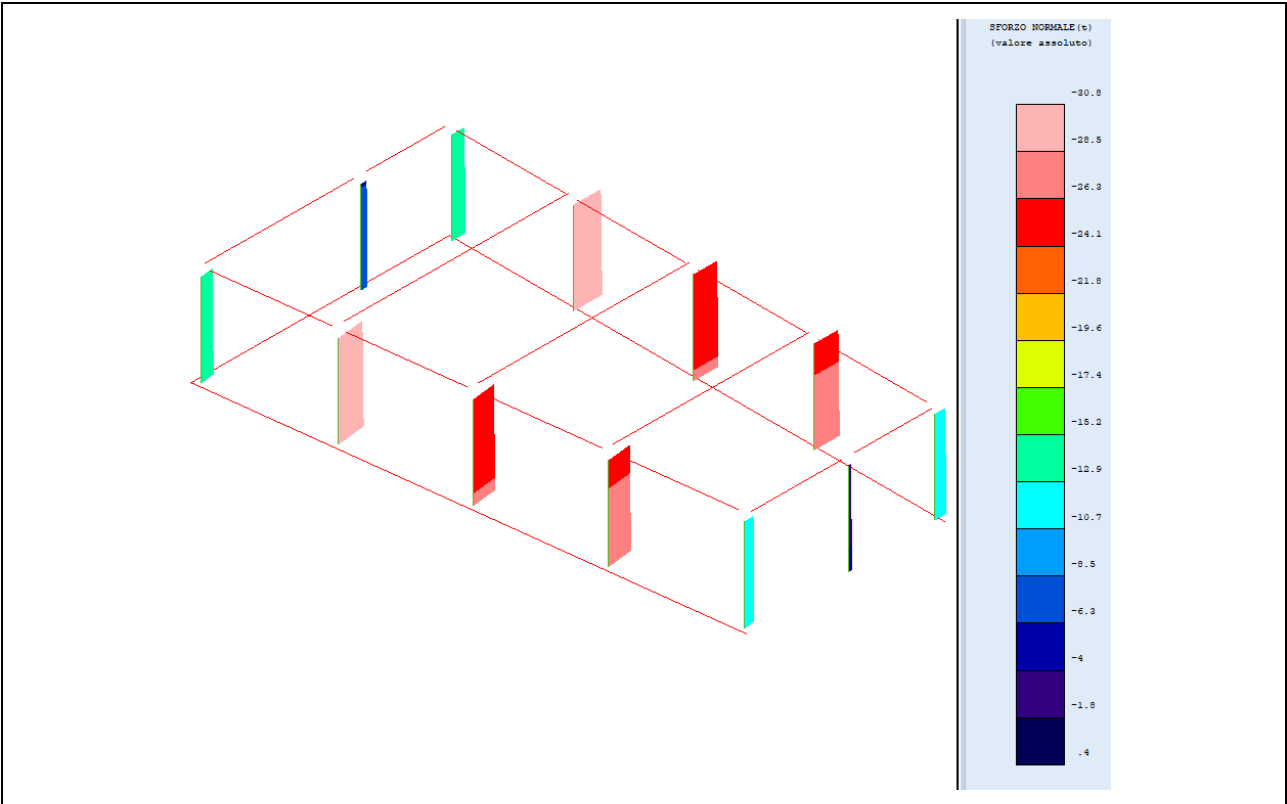
2° Modo di vibrazione ( $T=0.21$  s)



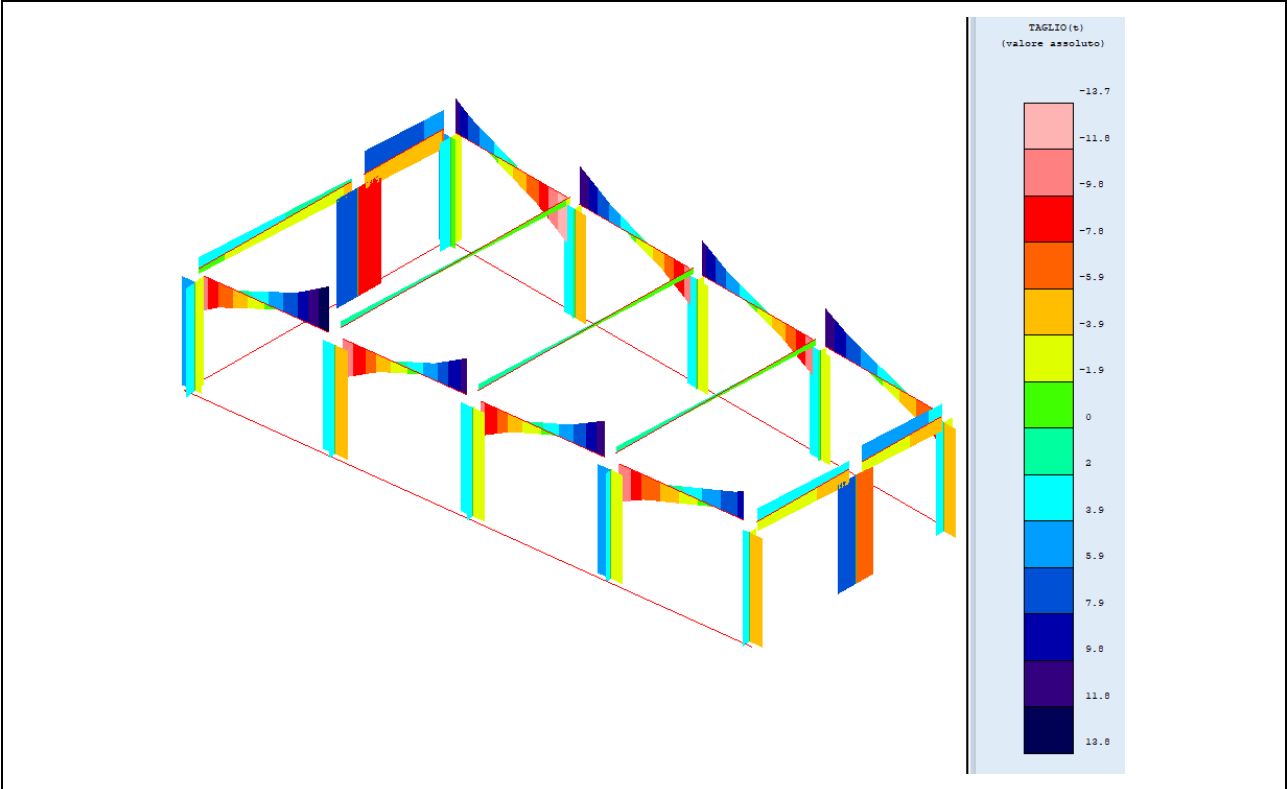
3° Modo di vibrazione ( $T=0.20$  s)

4.5 Principali caratteristiche delle sollecitazioni

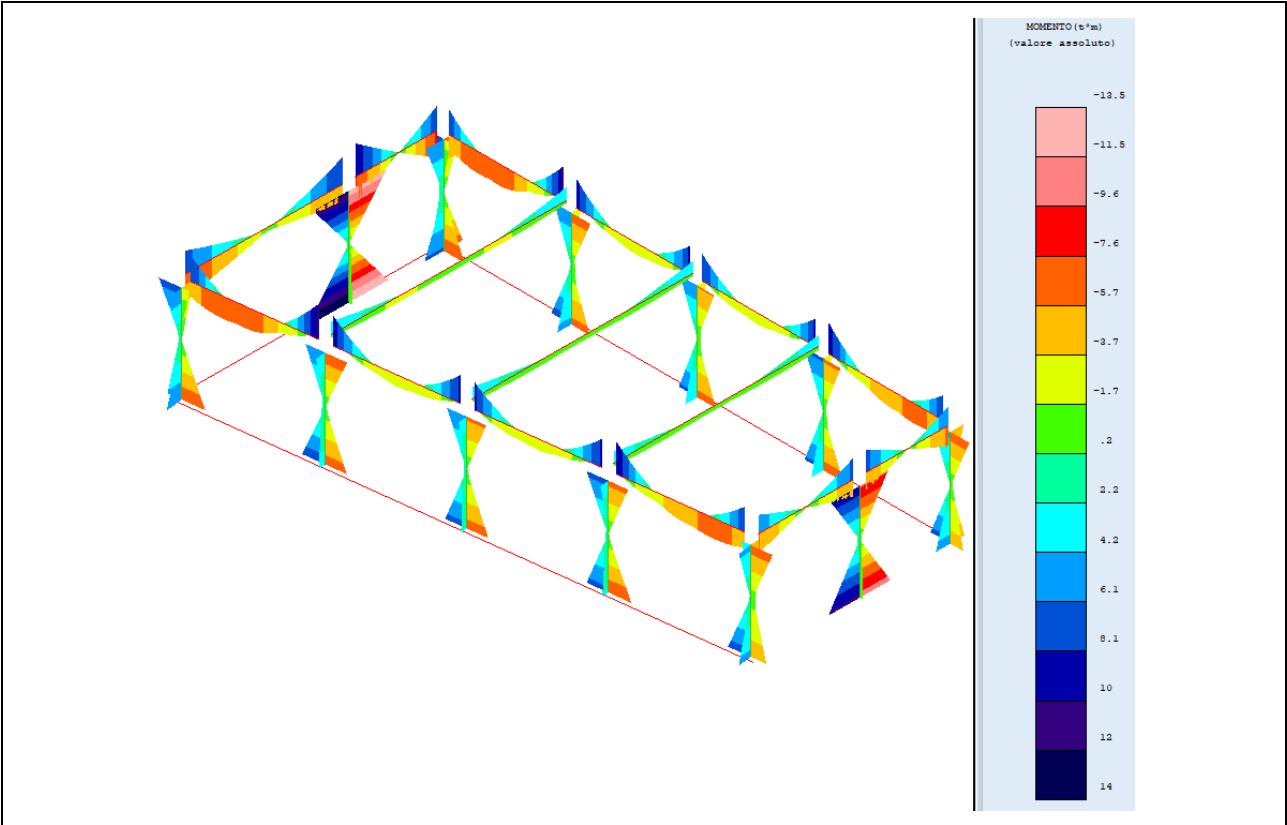
Modello A



Inviluppo sforzo assiale N

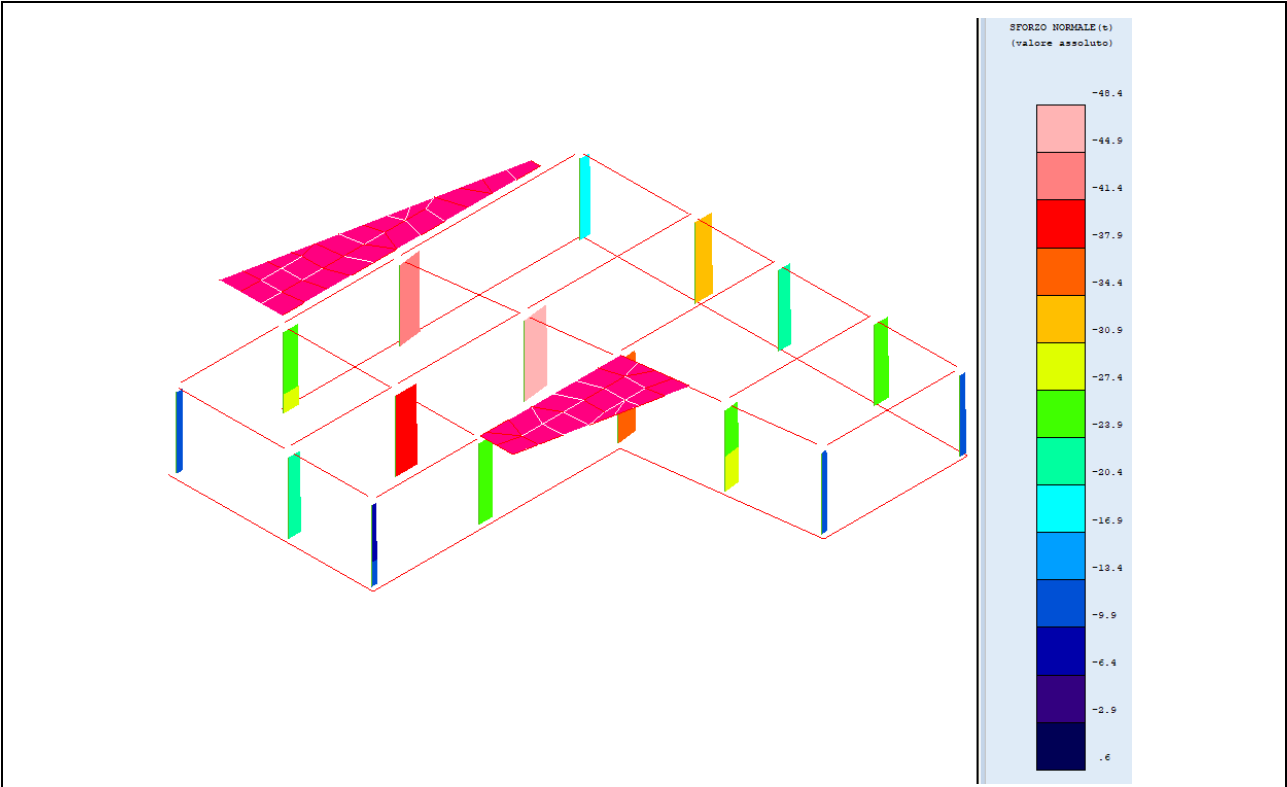


Inviluppo taglio Vx e Vy

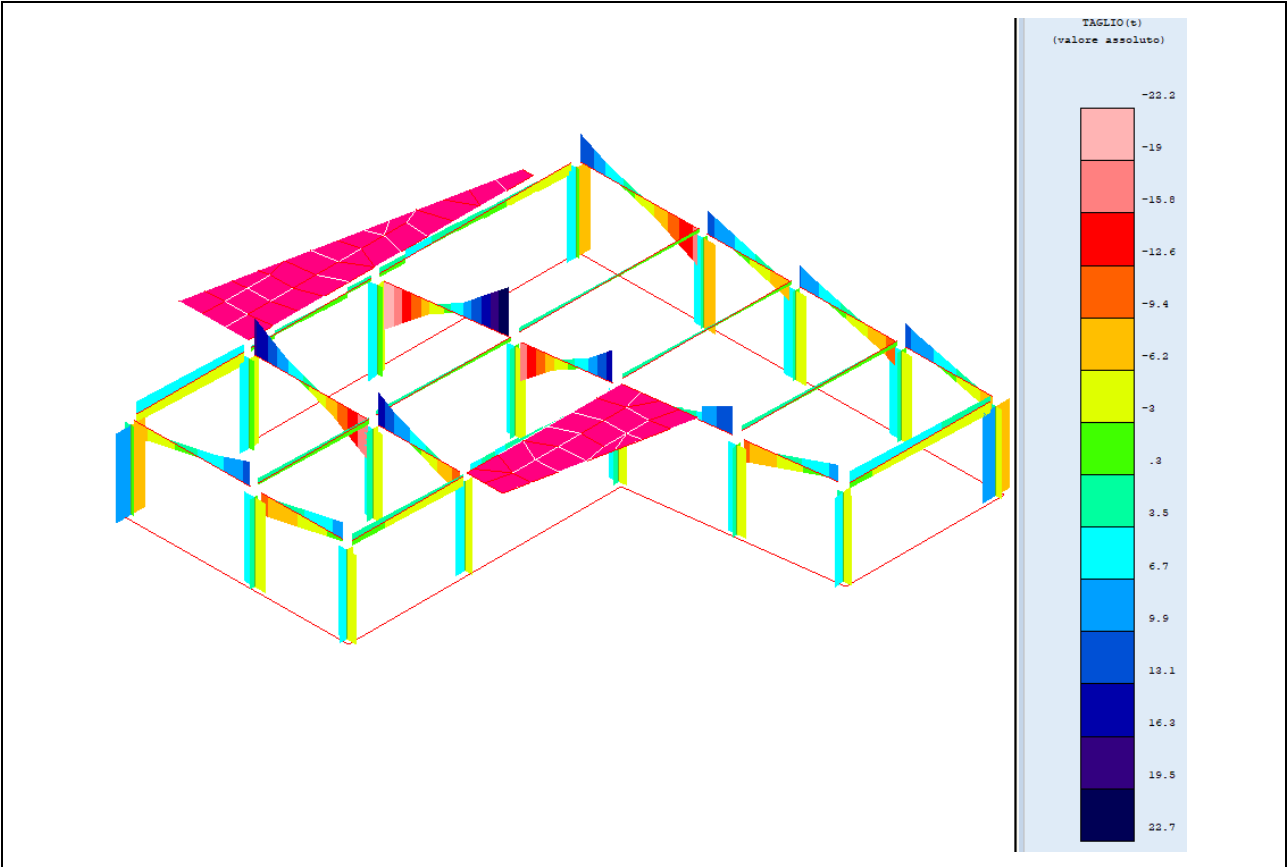


Inviluppo dei momenti Mx e My

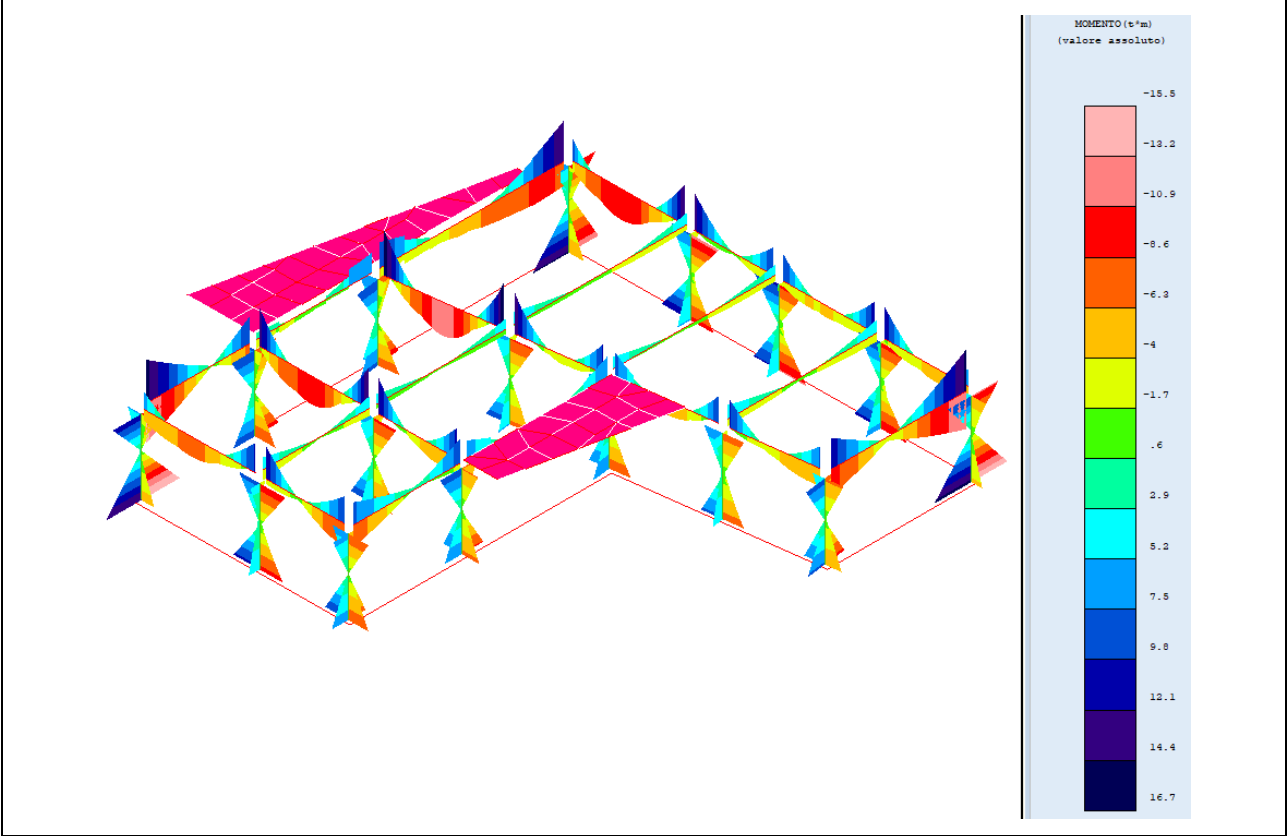
Modello B



Inviluppo sforzo assiale N



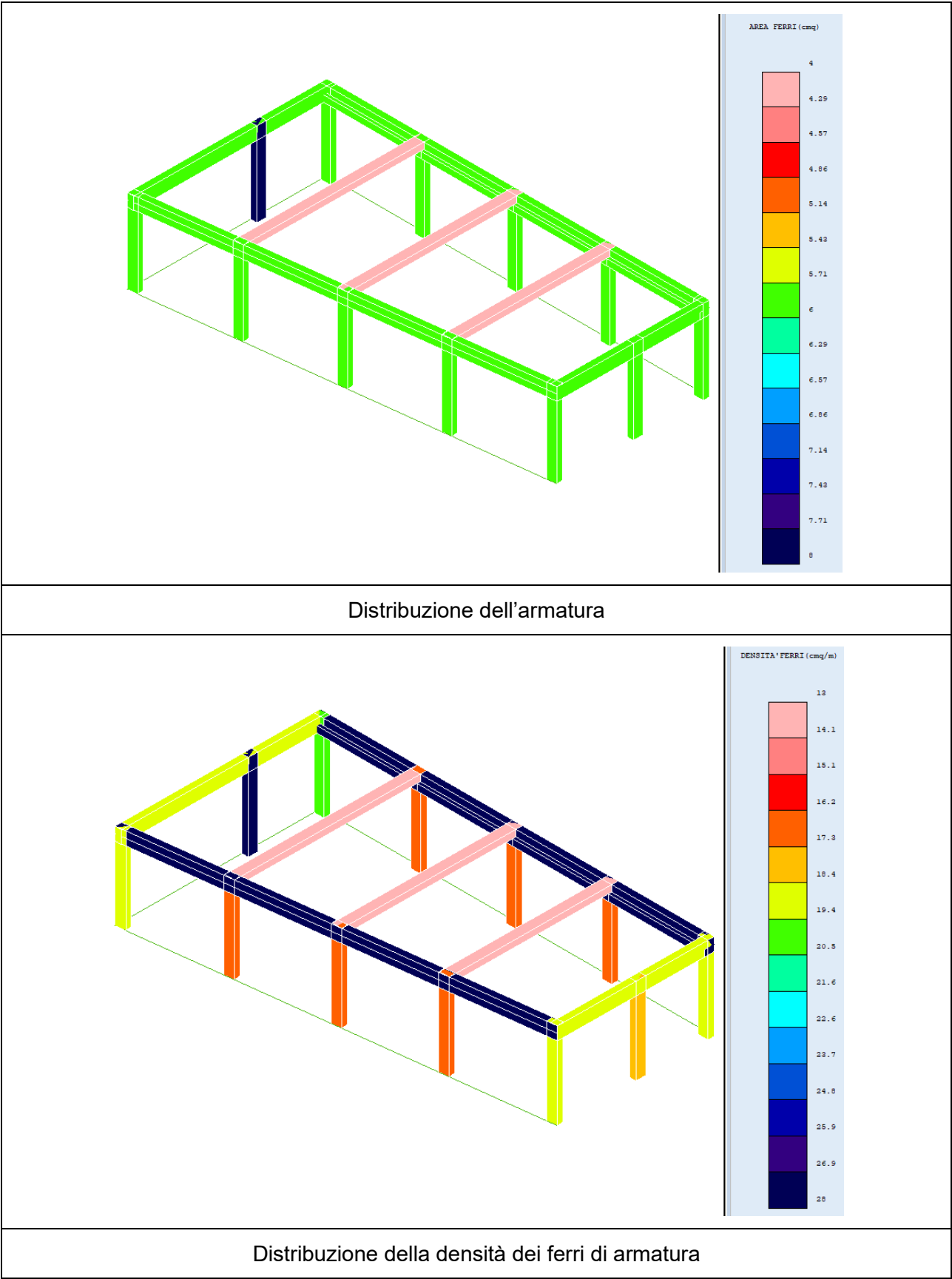
Inviluppo taglio Vx e Vy

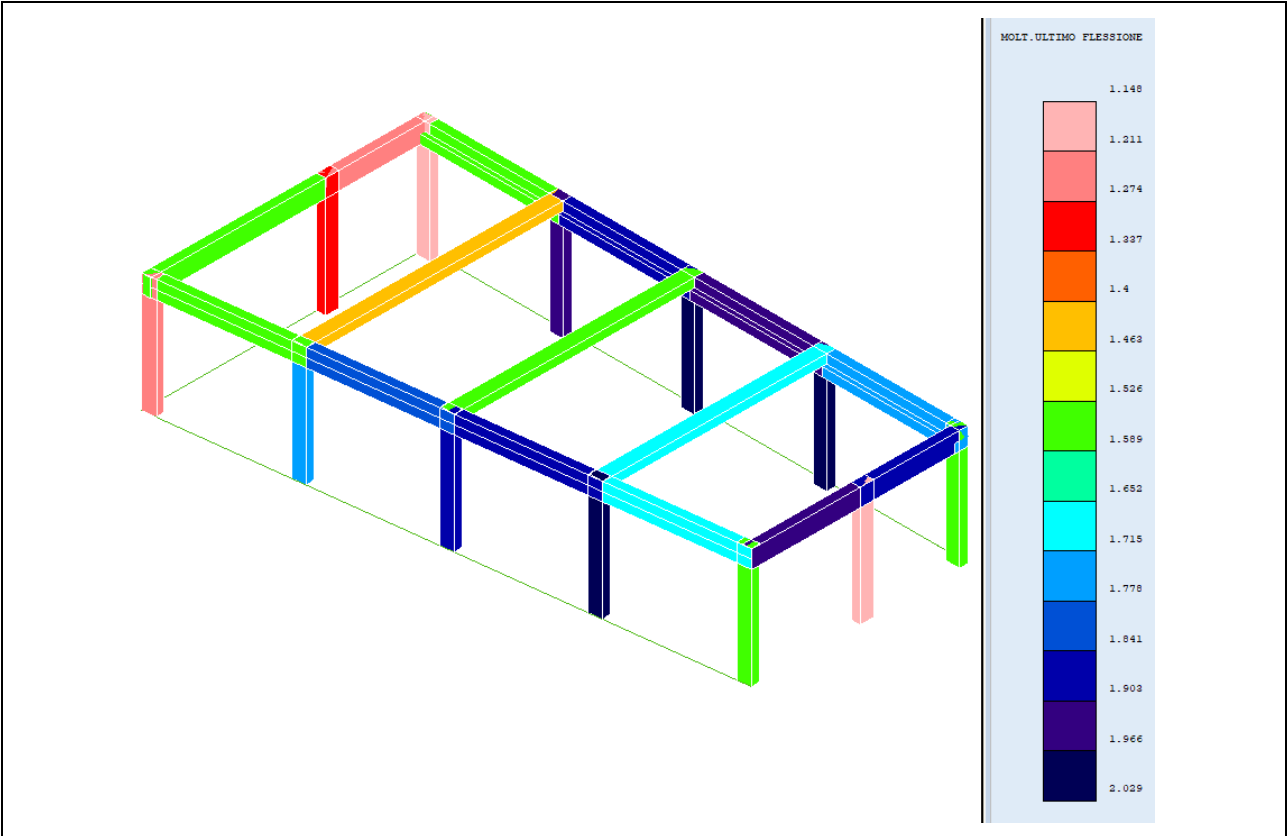


Inviluppo dei momenti Mx e My

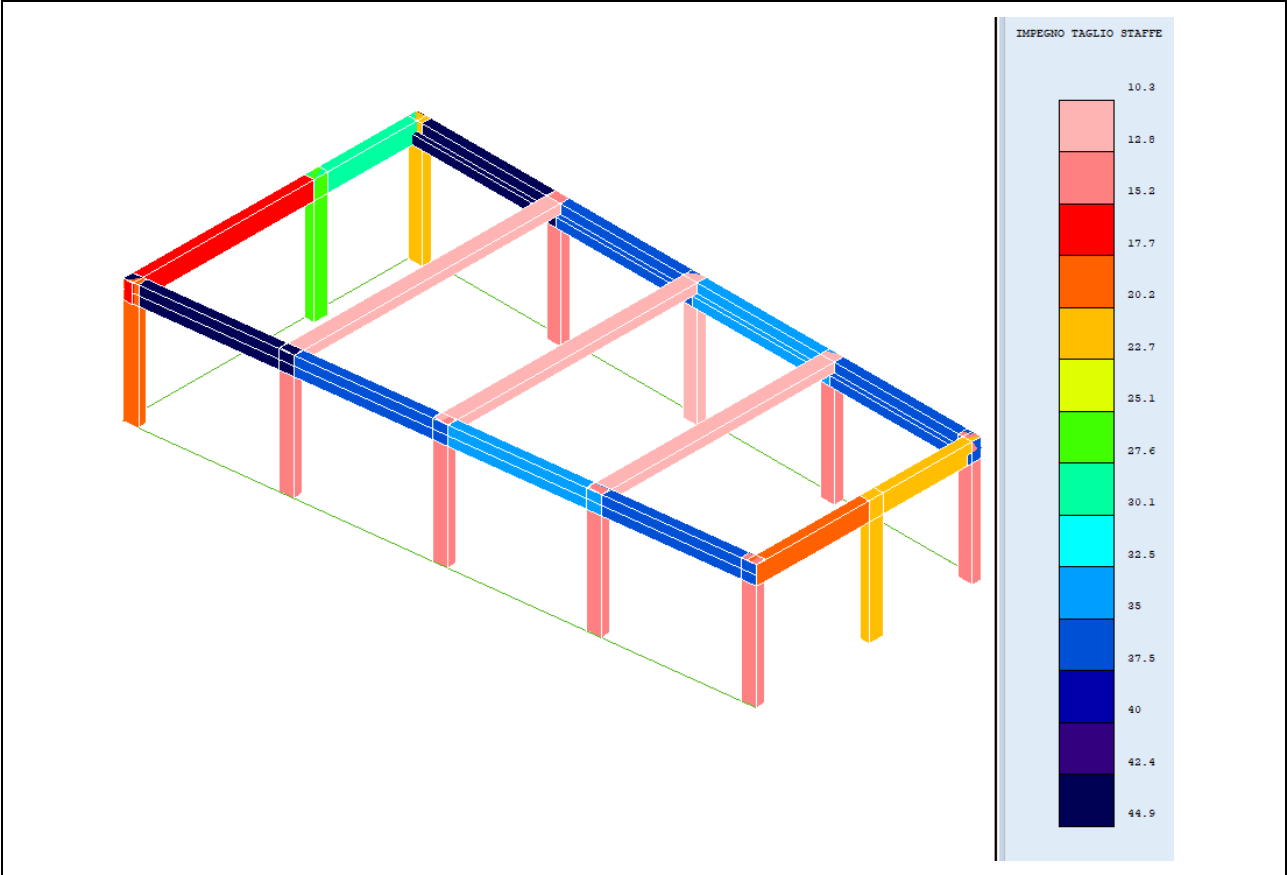
4.6 Verifiche aste

Modello A

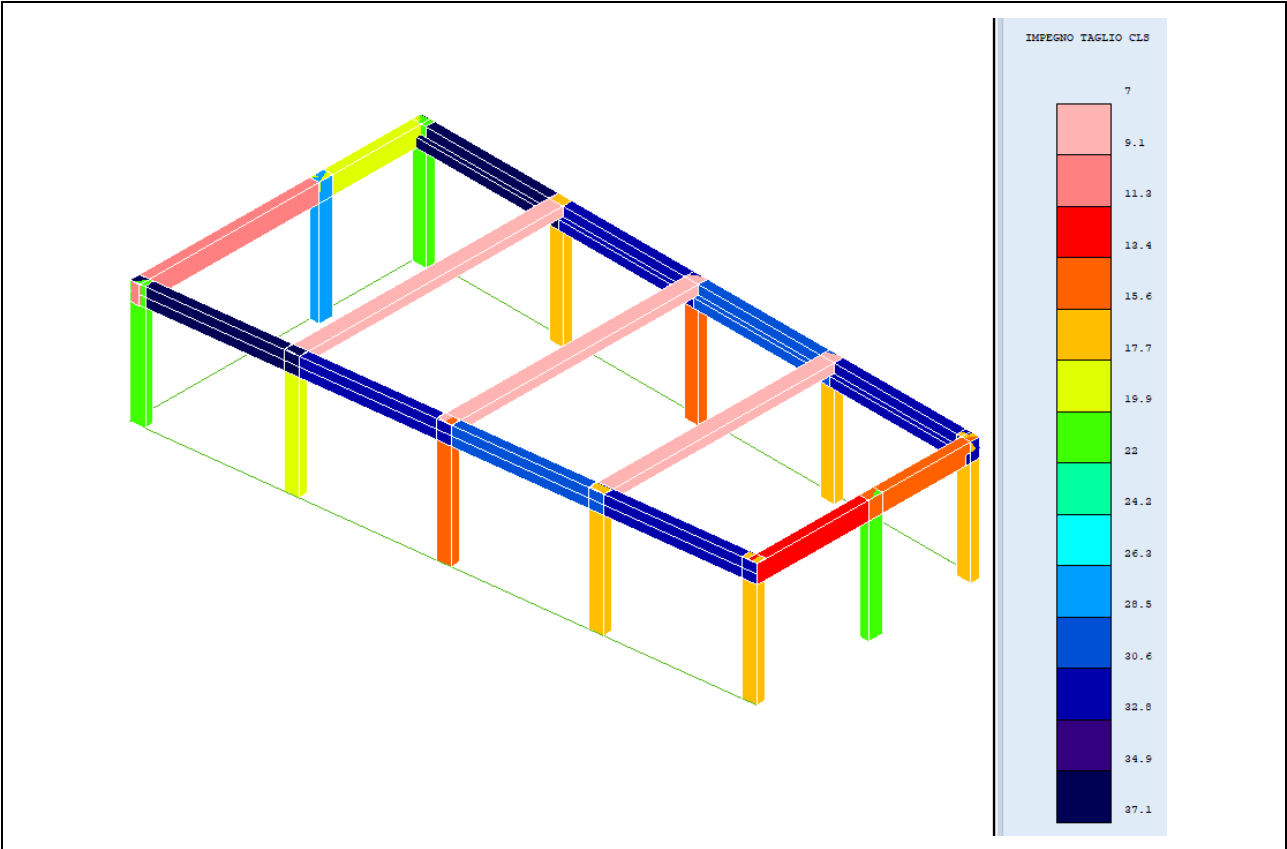




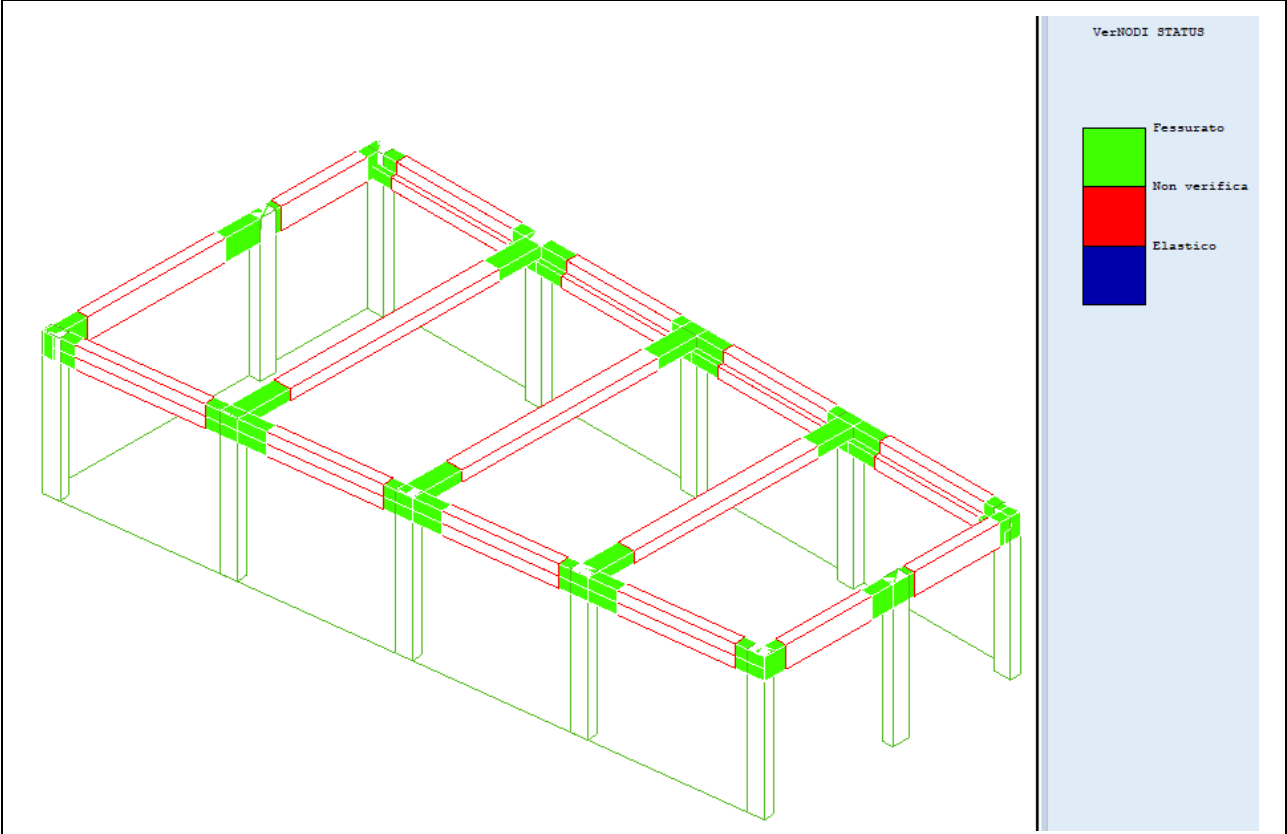
Moltiplicatore ultimo a flessione



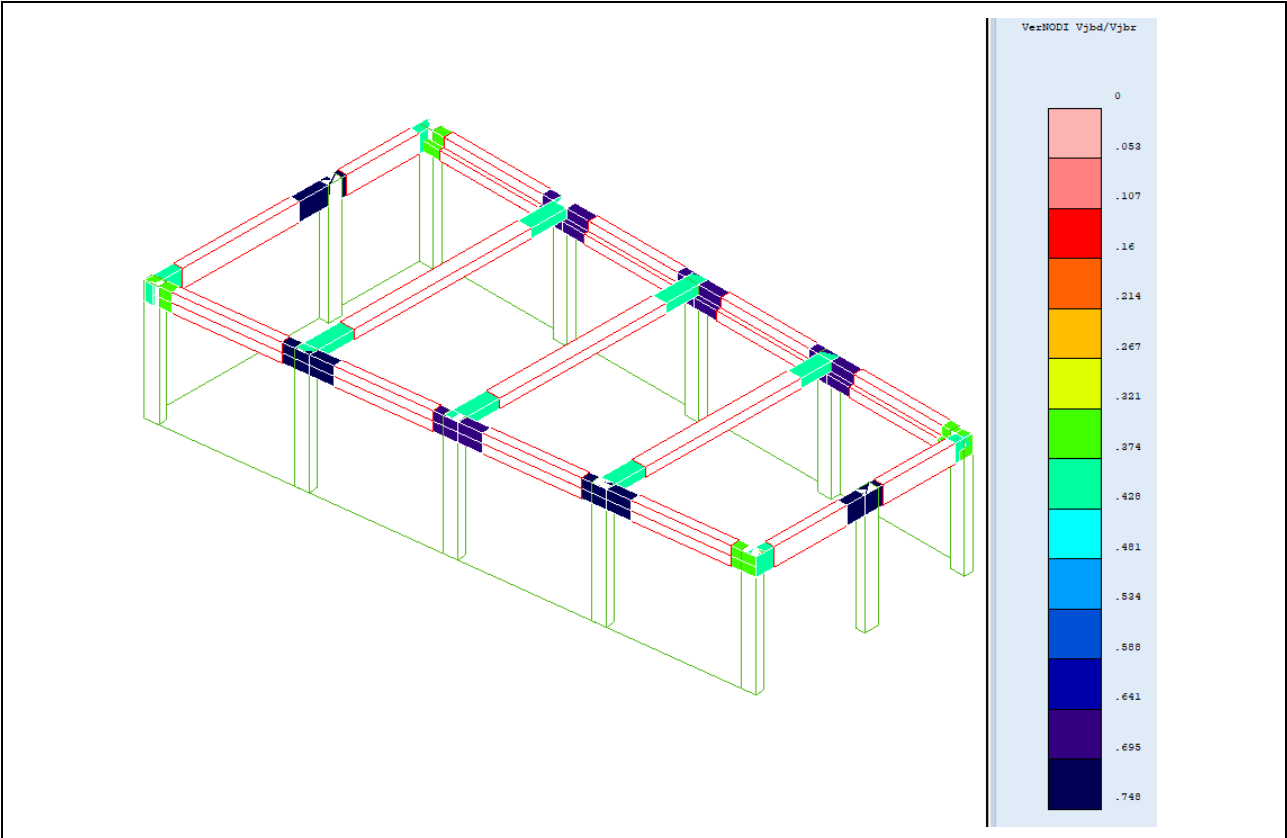
Impegno a taglio delle staffe



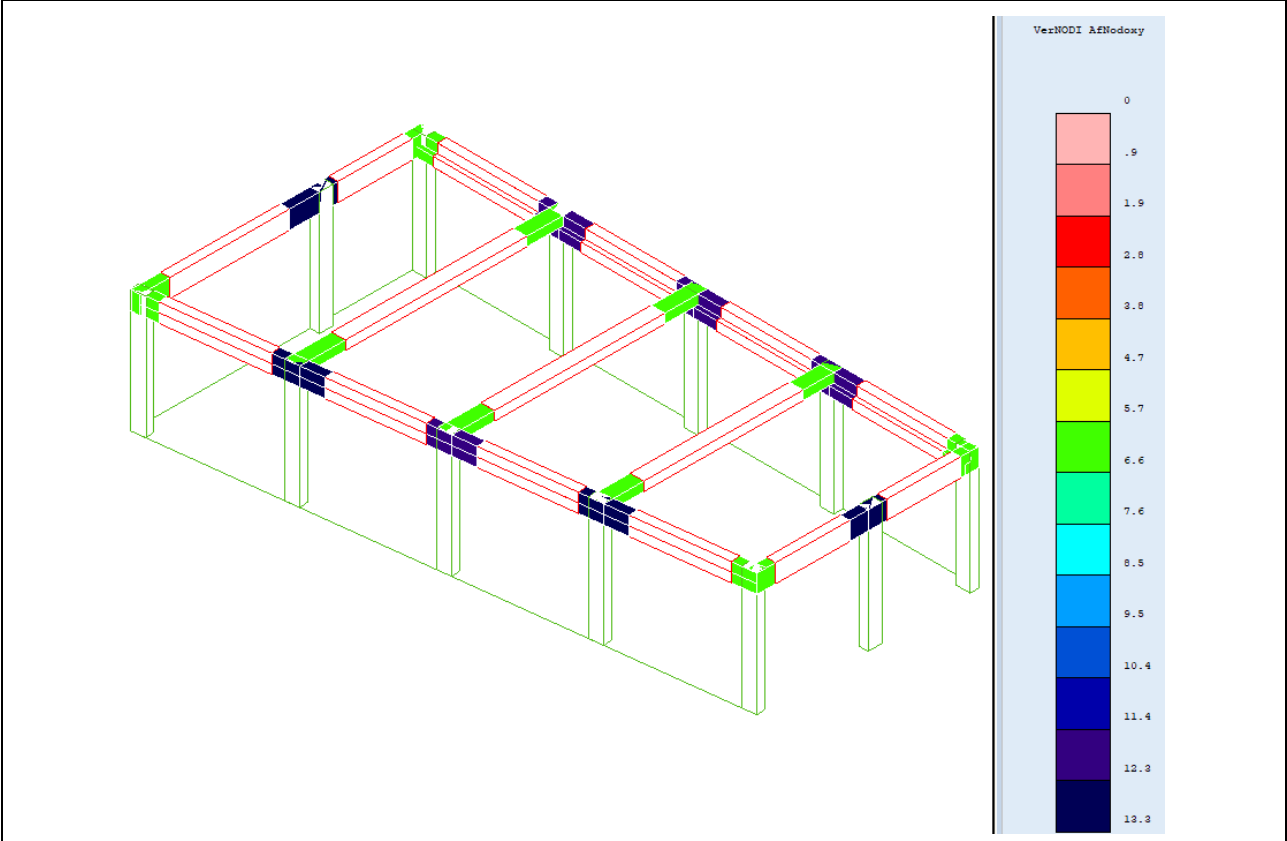
Impegno a taglio del calcestruzzo



Status verifica dei nodi

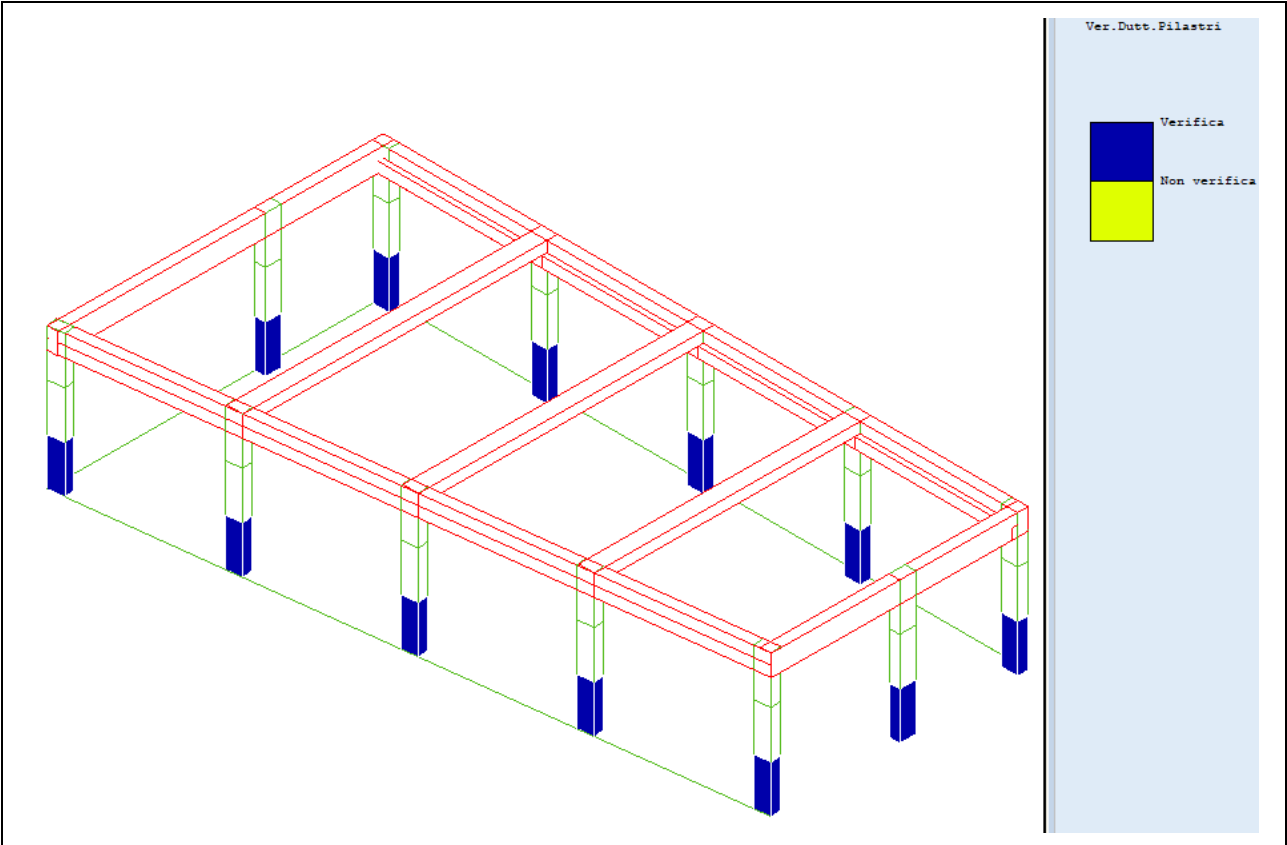


Rapporto di verifica  $V_{jbd}/V_{jbr}$

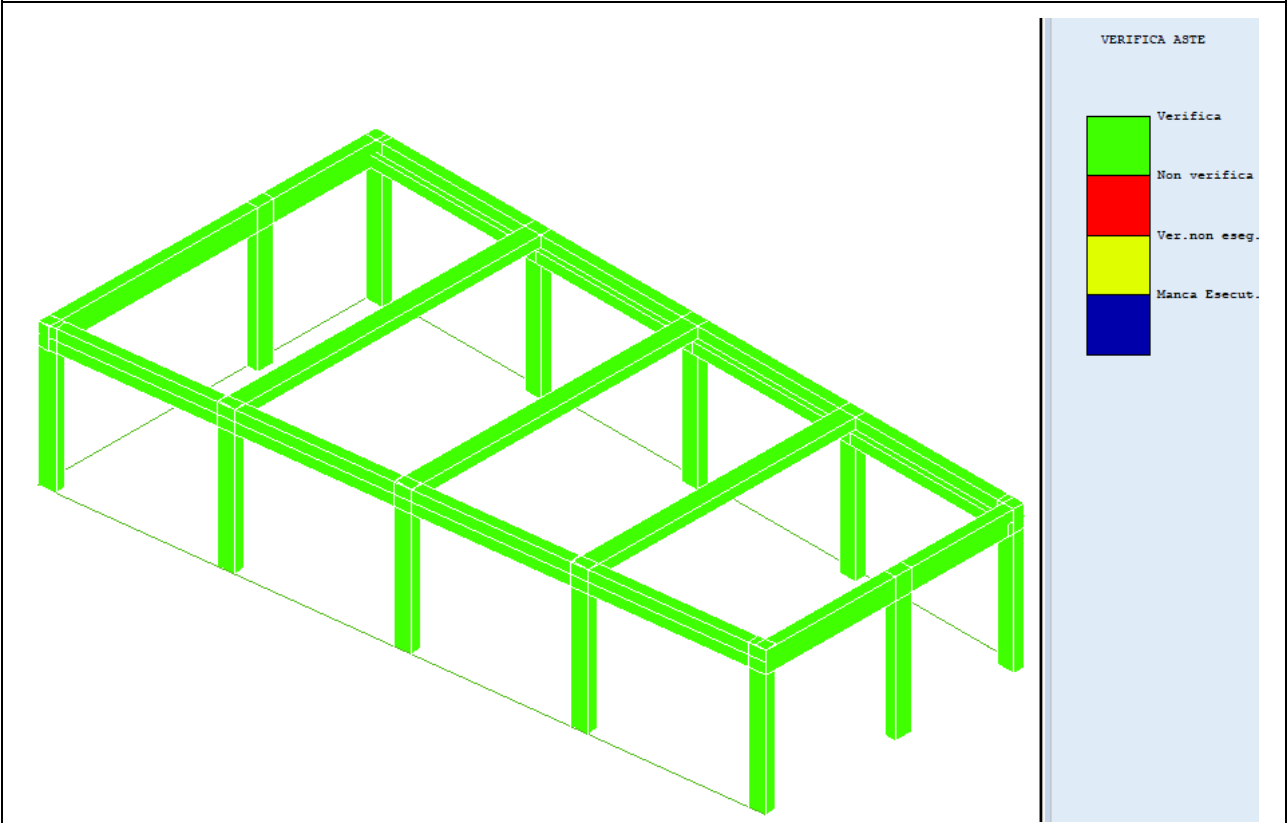


Verifica  $A_f$  nodale xy



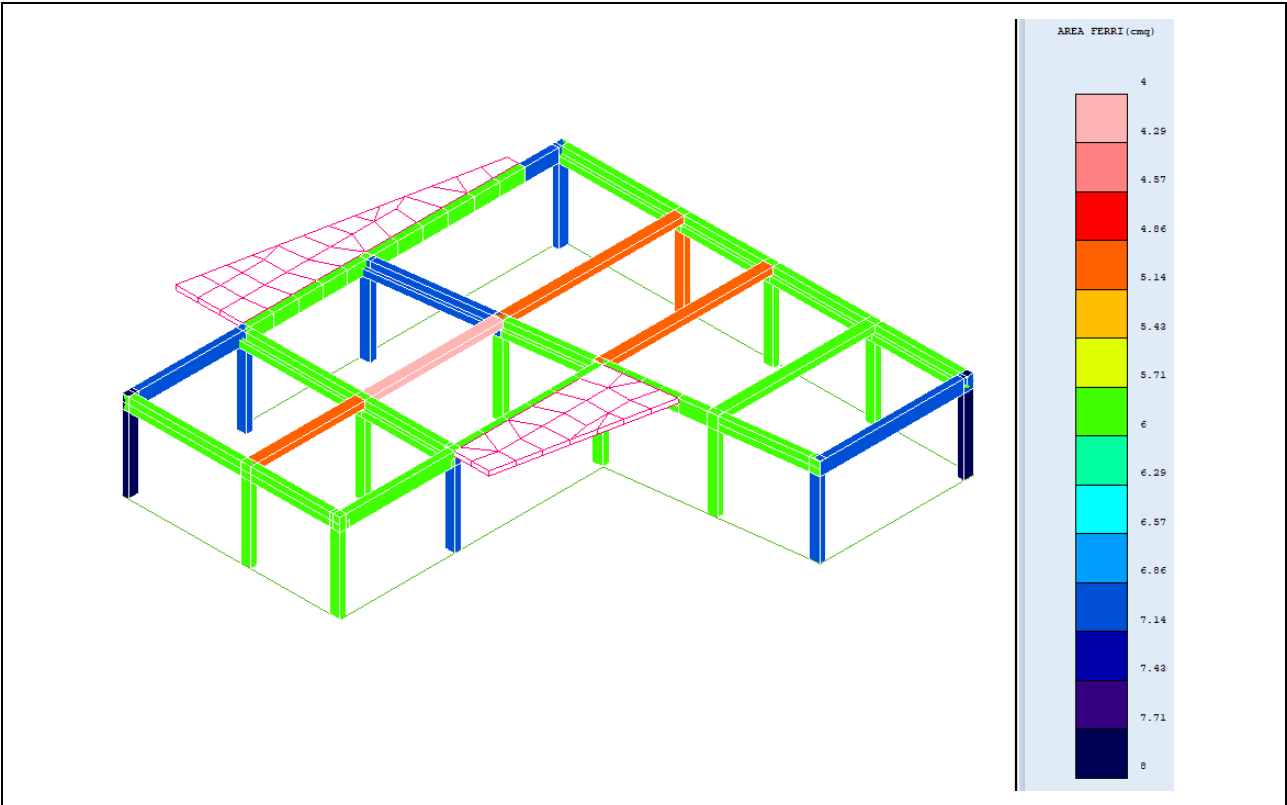


Verifica duttilità pilastri

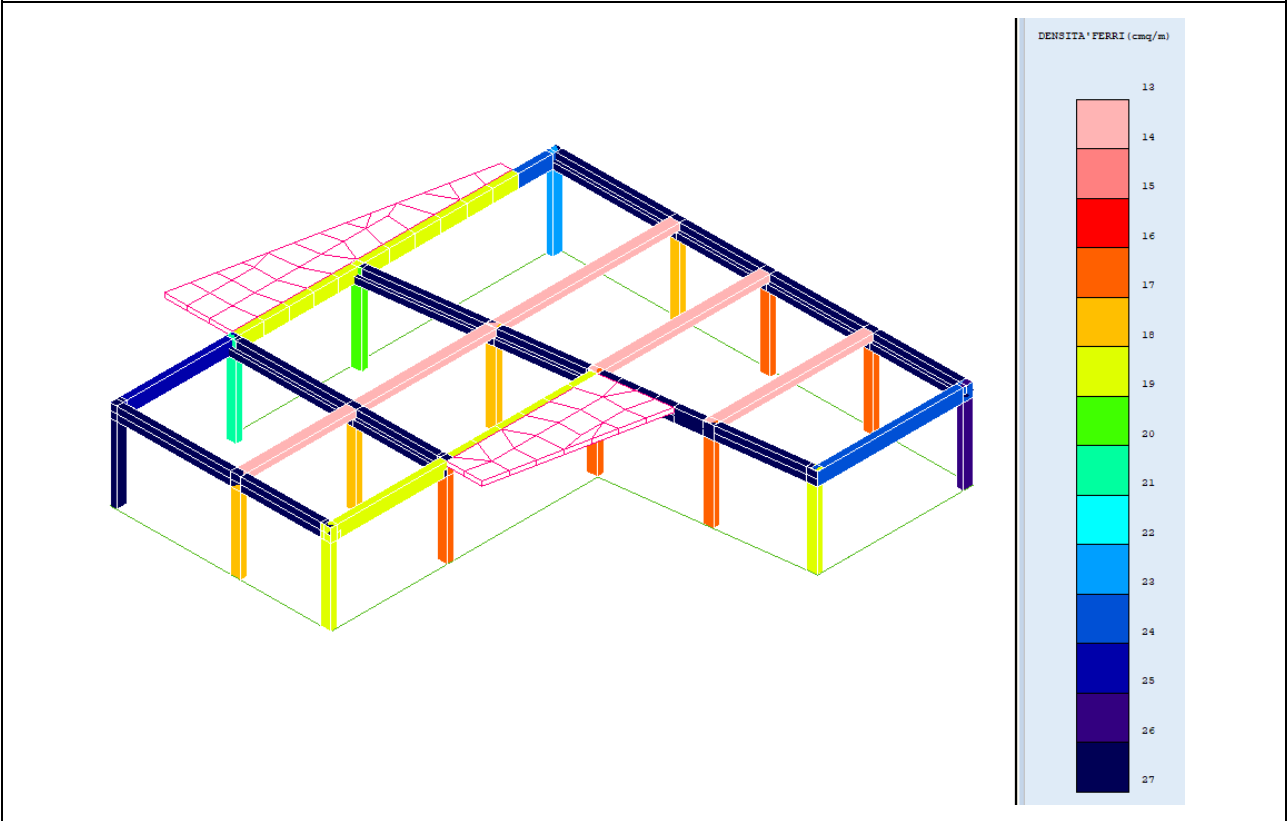


Verifica generale

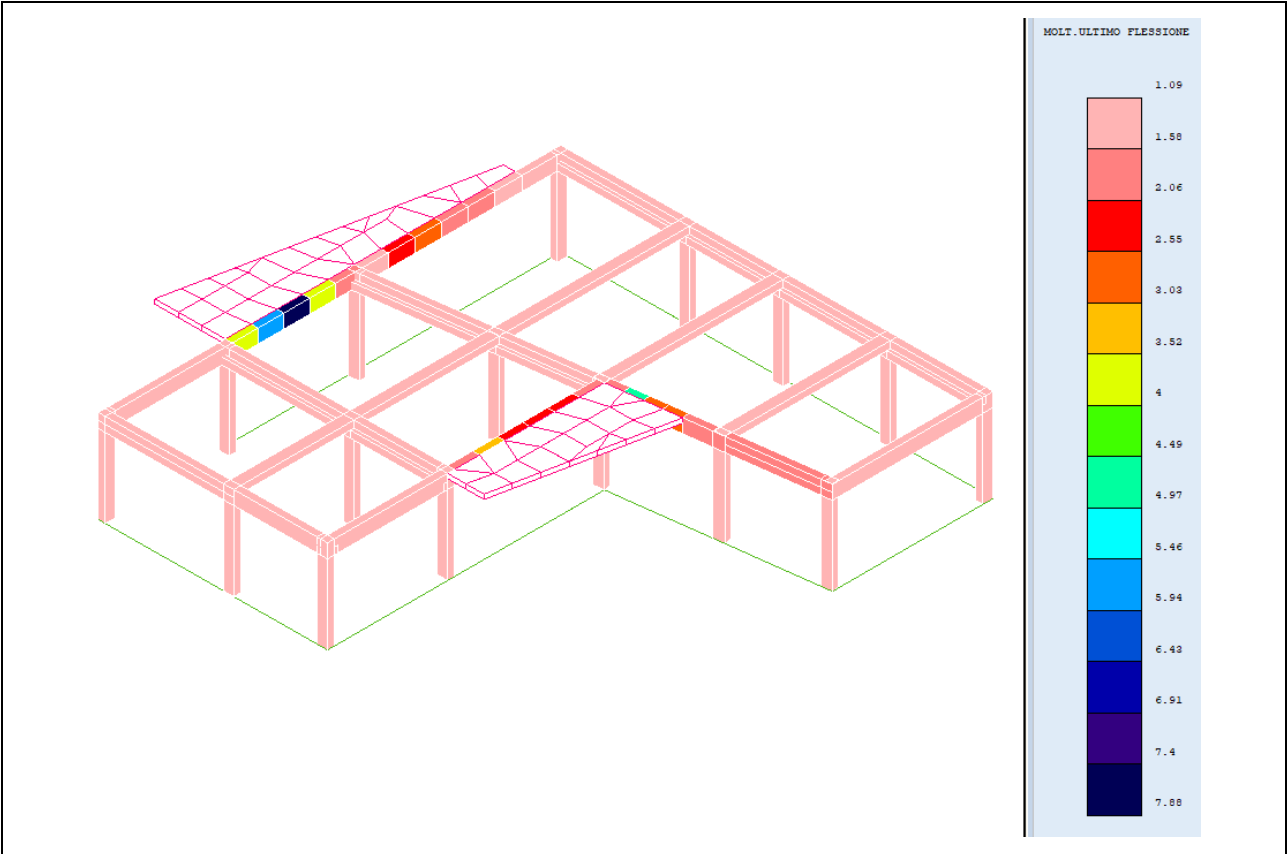
Modello B



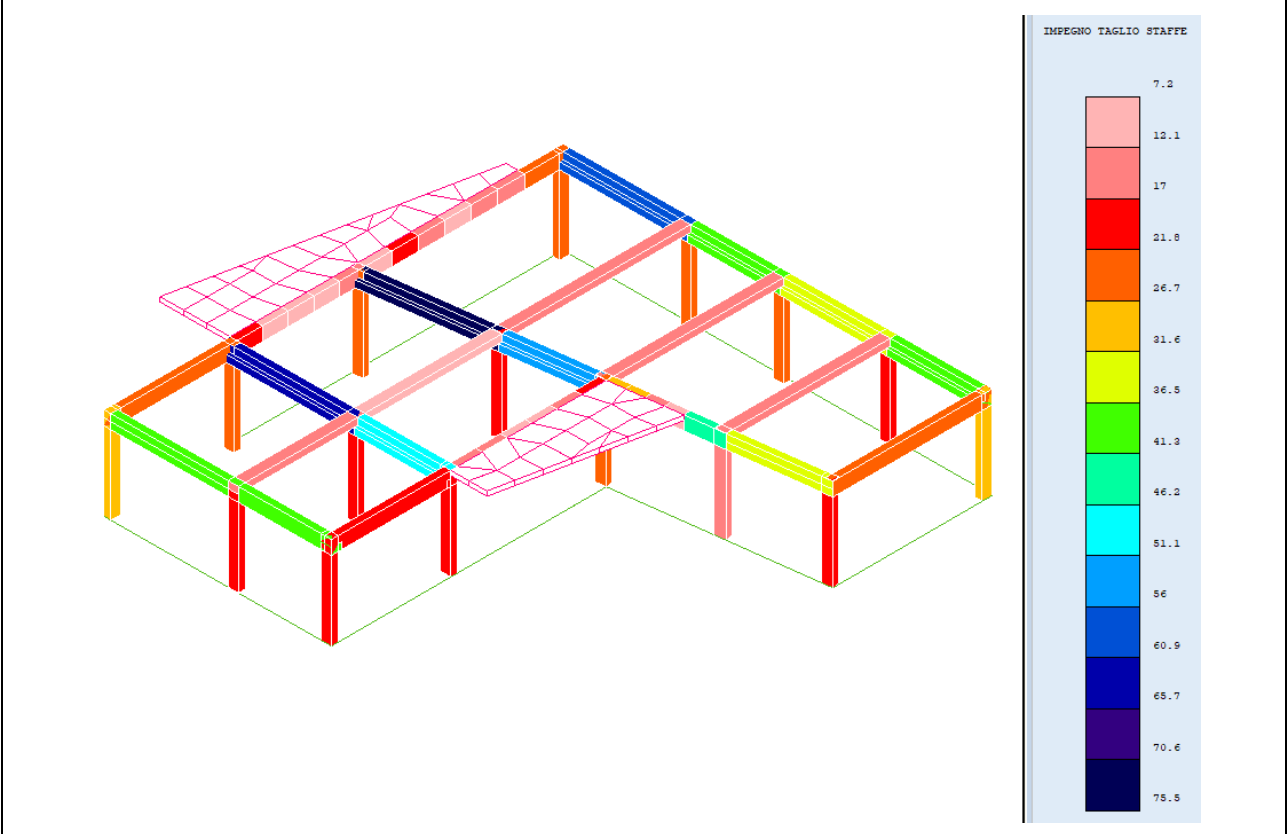
Distribuzione dell'armatura



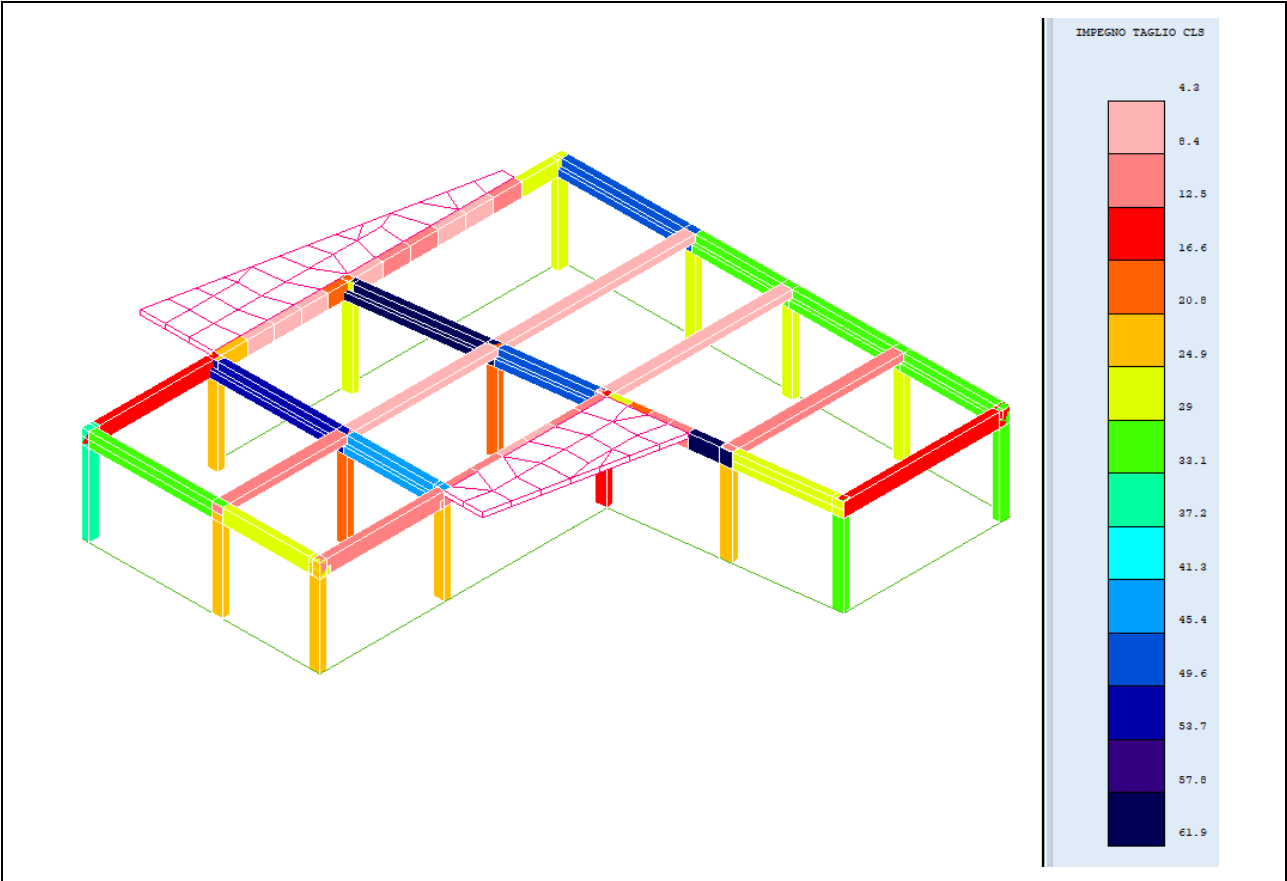
Distribuzione della densità dei ferri di armatura



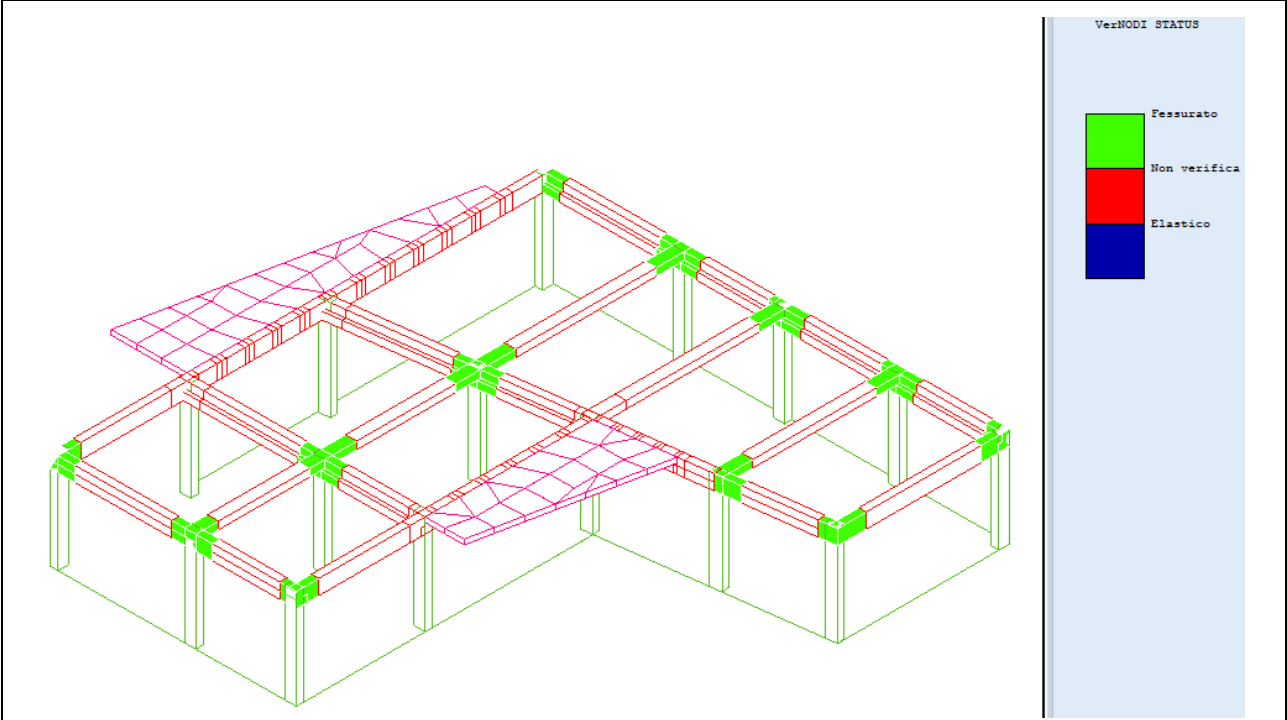
Moltiplicatore ultimo a flessione



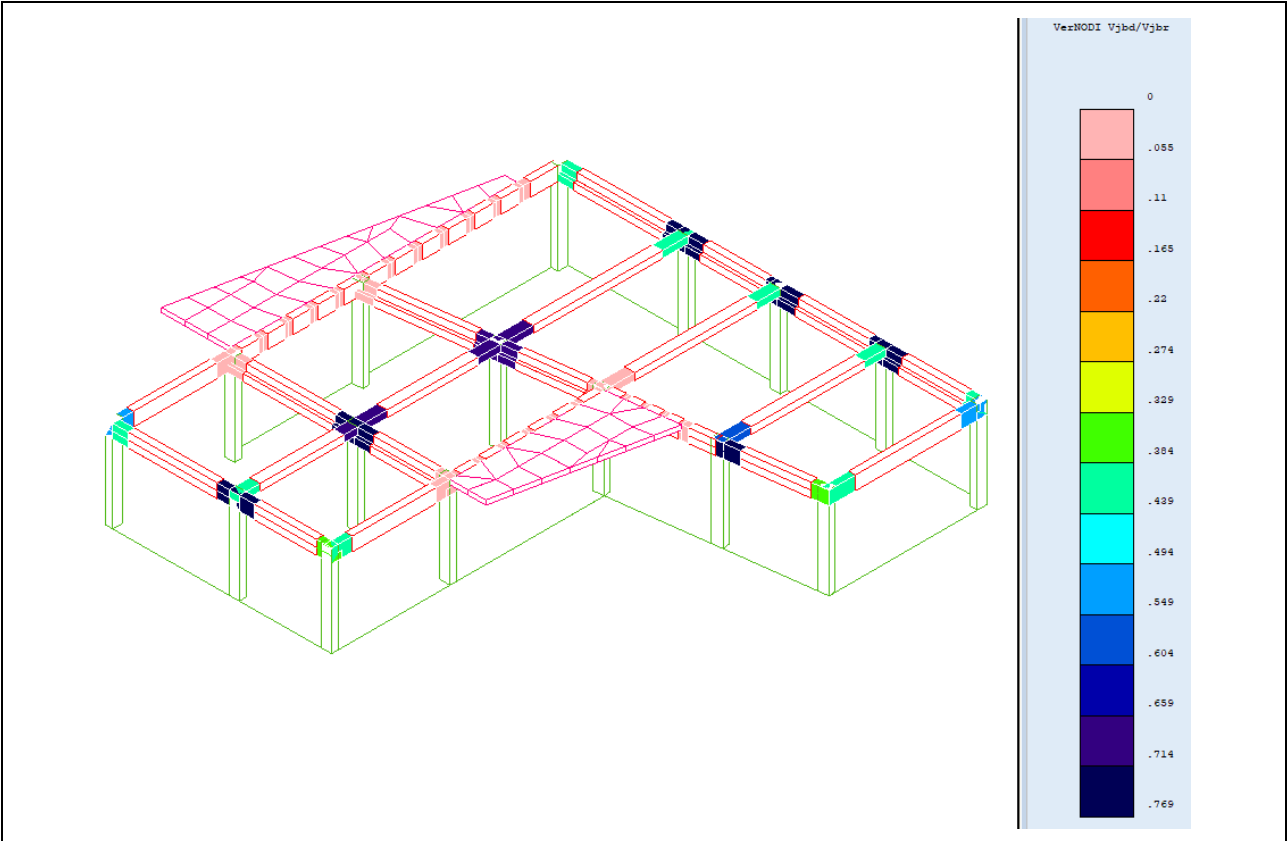
Impegno a taglio delle staffe



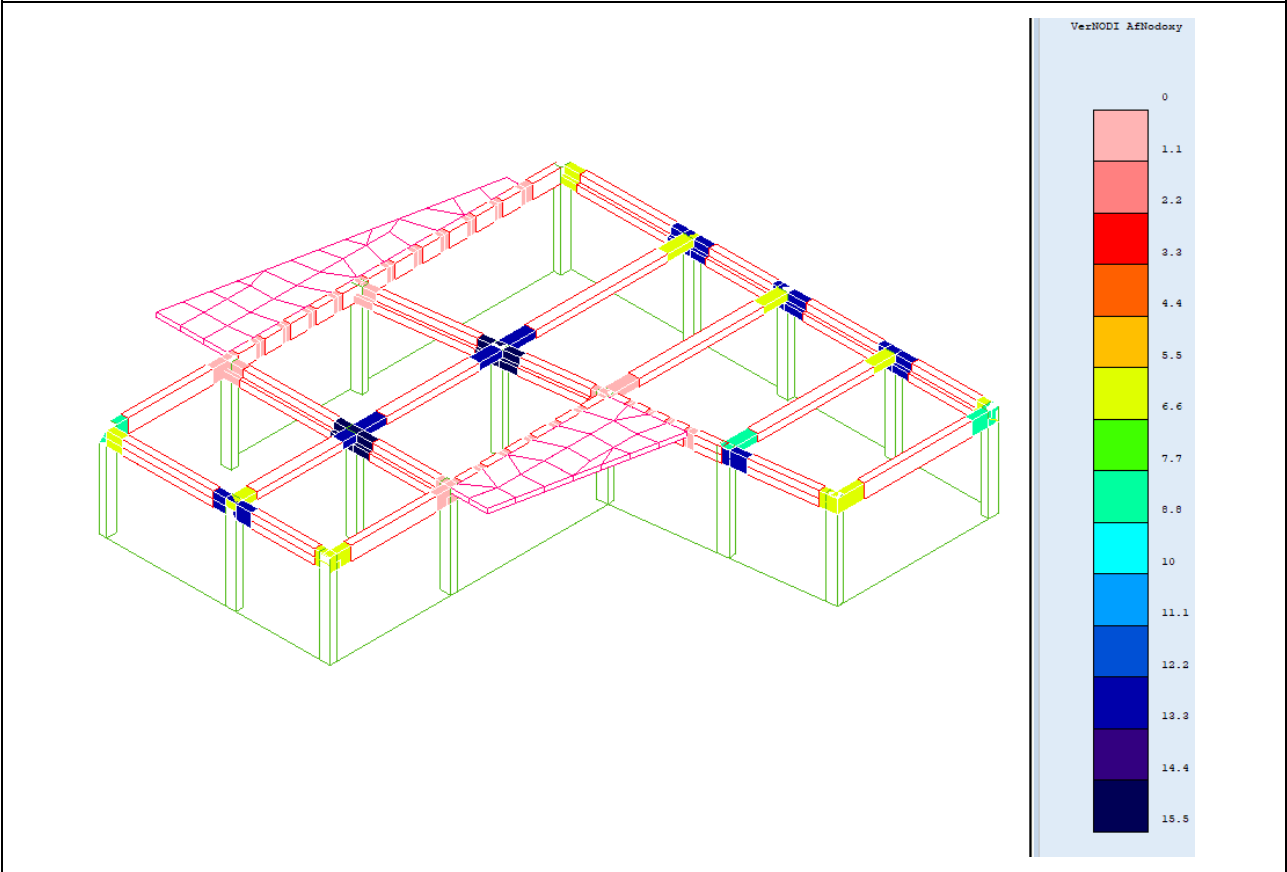
Impegno a taglio del calcestruzzo



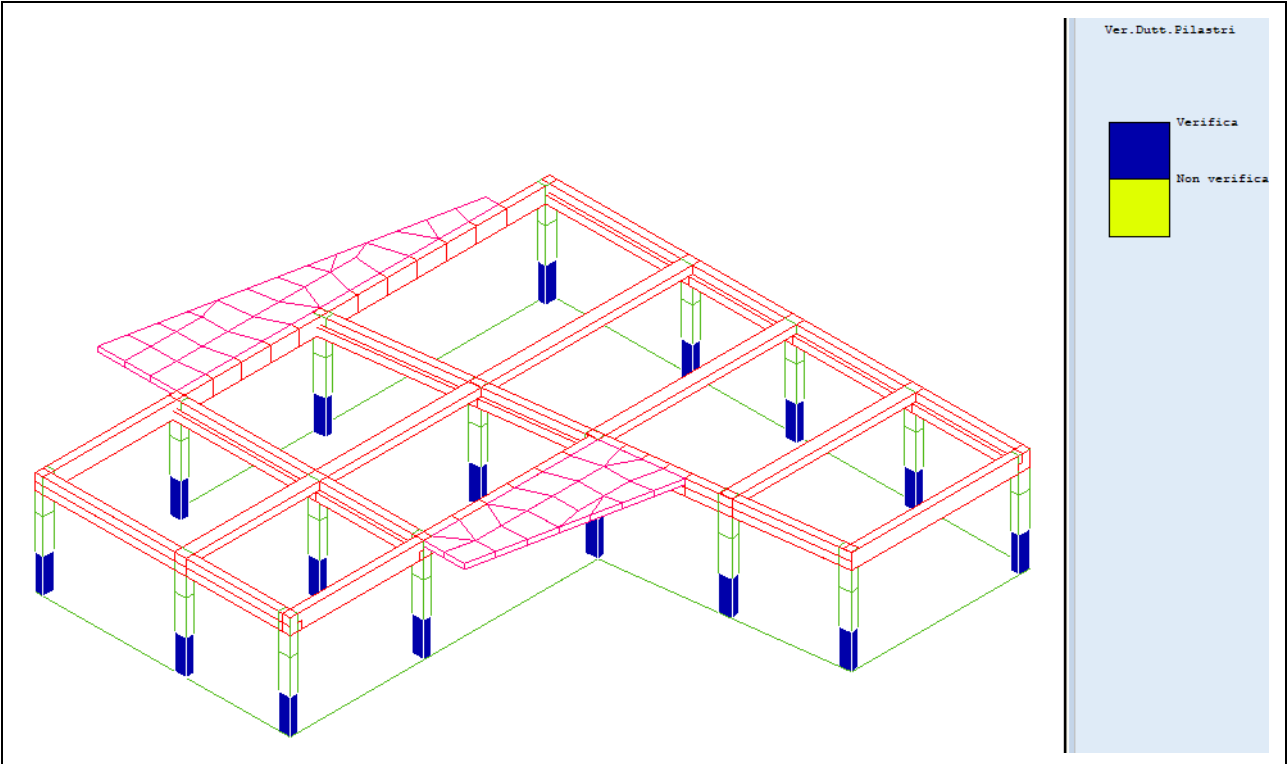
Status verifica dei nodi



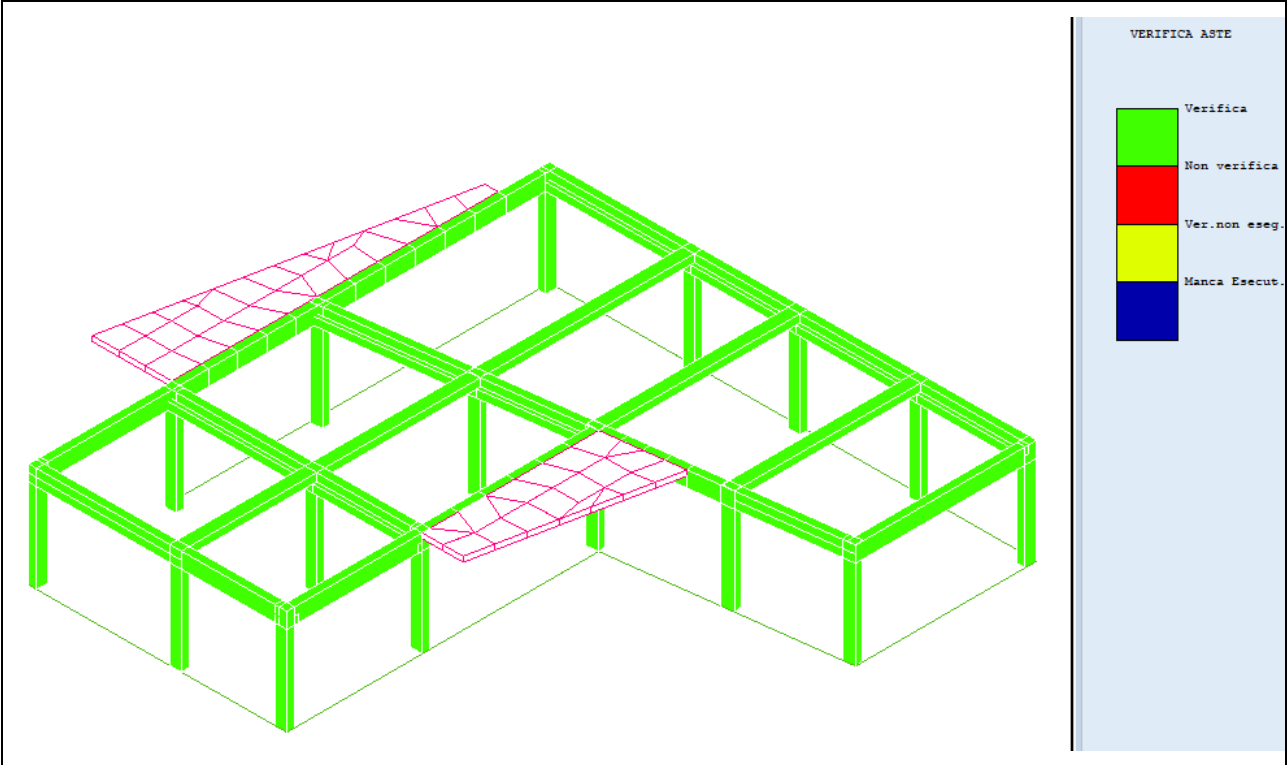
Rapporto di verifica  $V_{jbd}/V_{jbr}$



Verifica  $A_f$  nodale xy



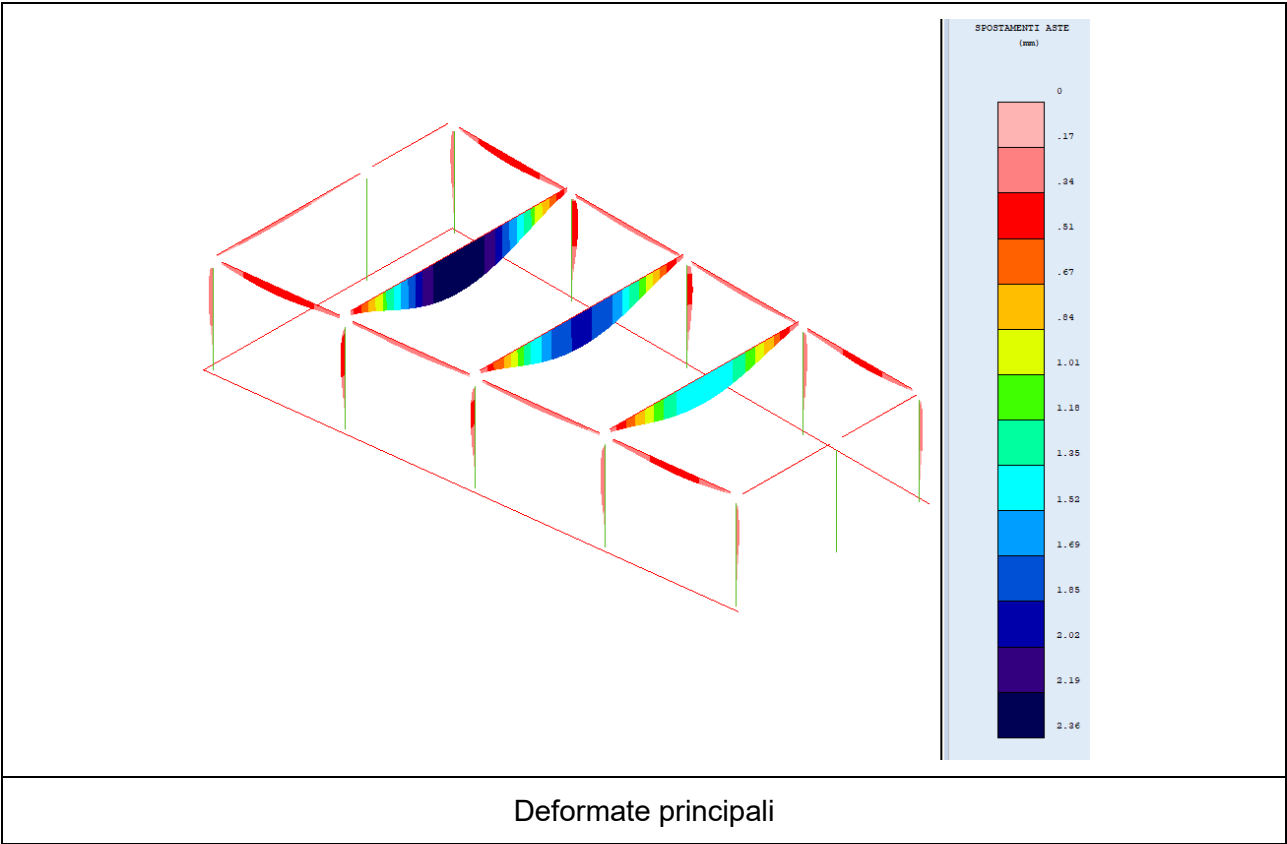
Verifica duttilità pilastri



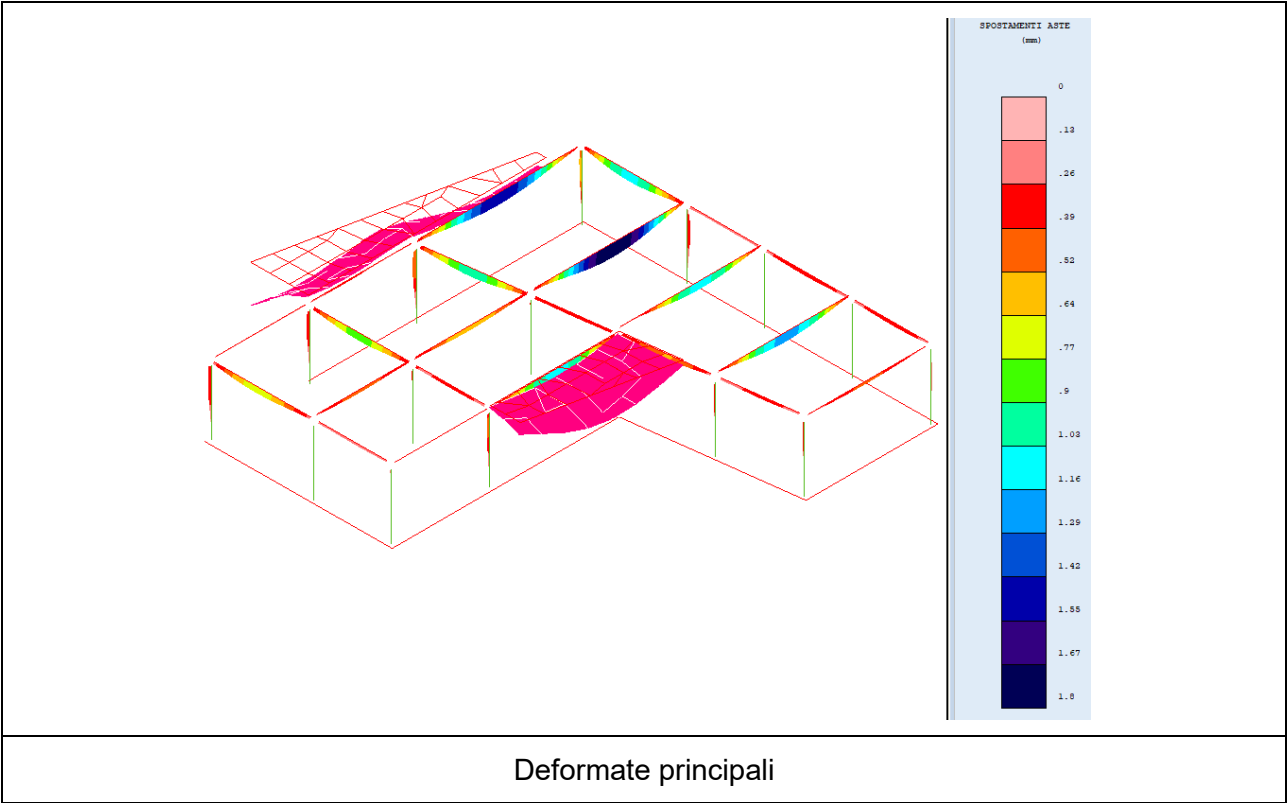
Verifica generale

4.7 Deformate principali

Modello A

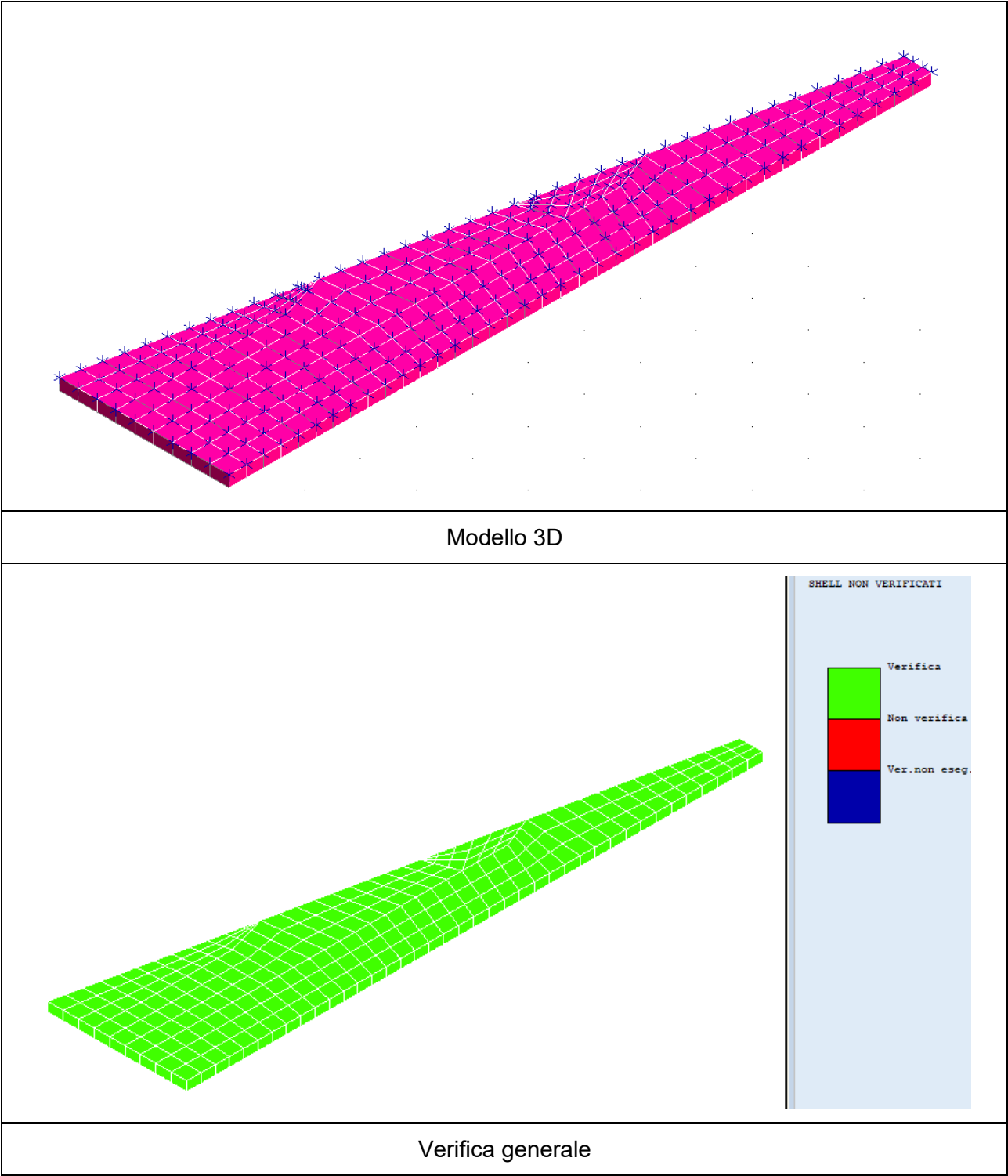


Modello B

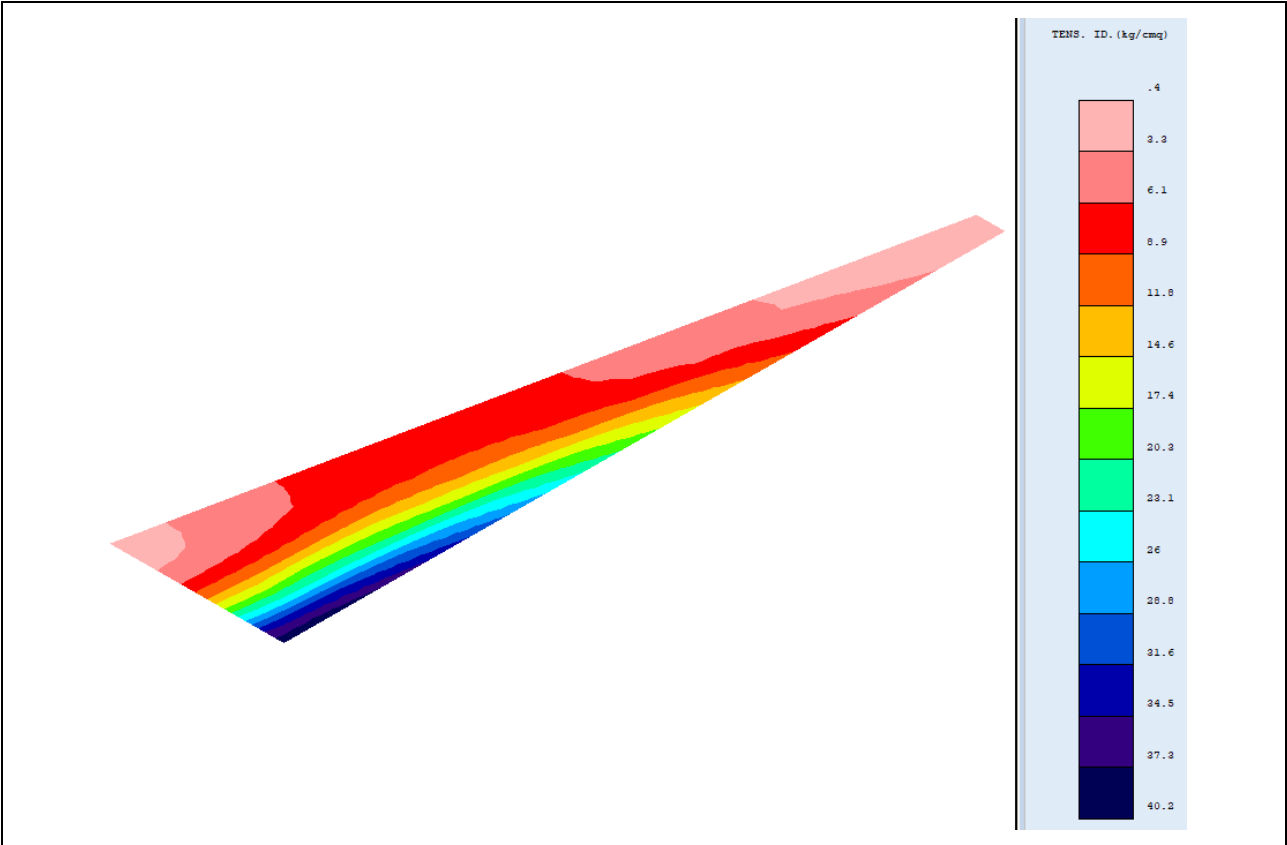


5. VERIFICA DELLE PENSILINE IN CEMENTO ARMATO

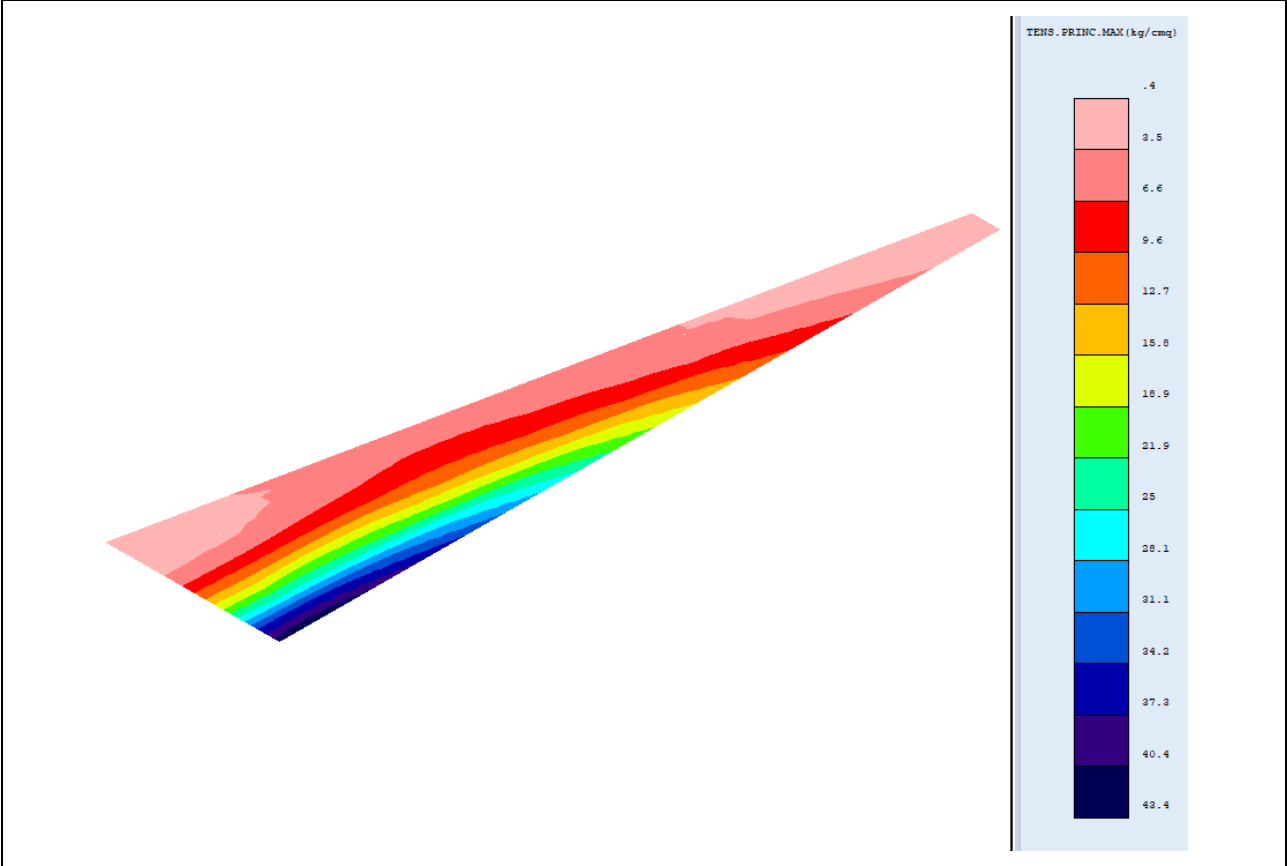
5.1 Pensilina Nord



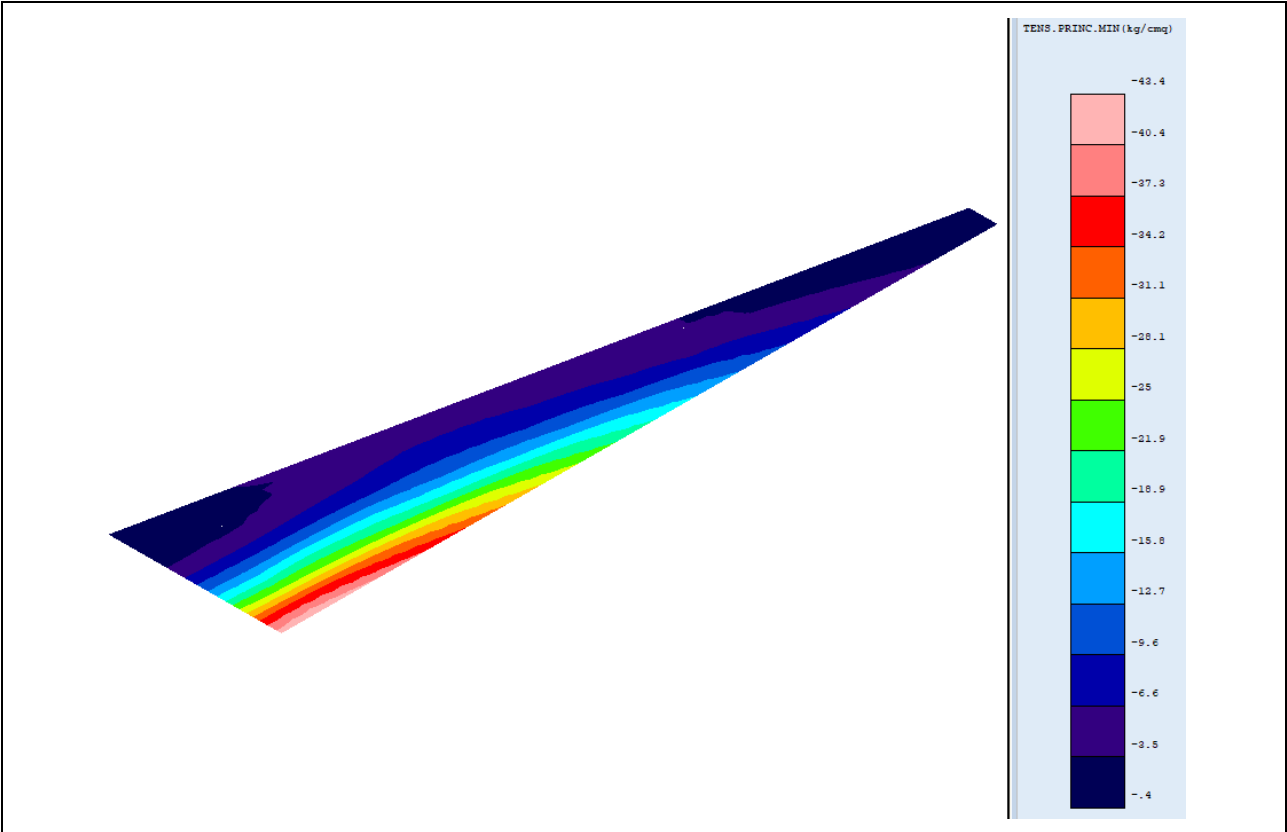




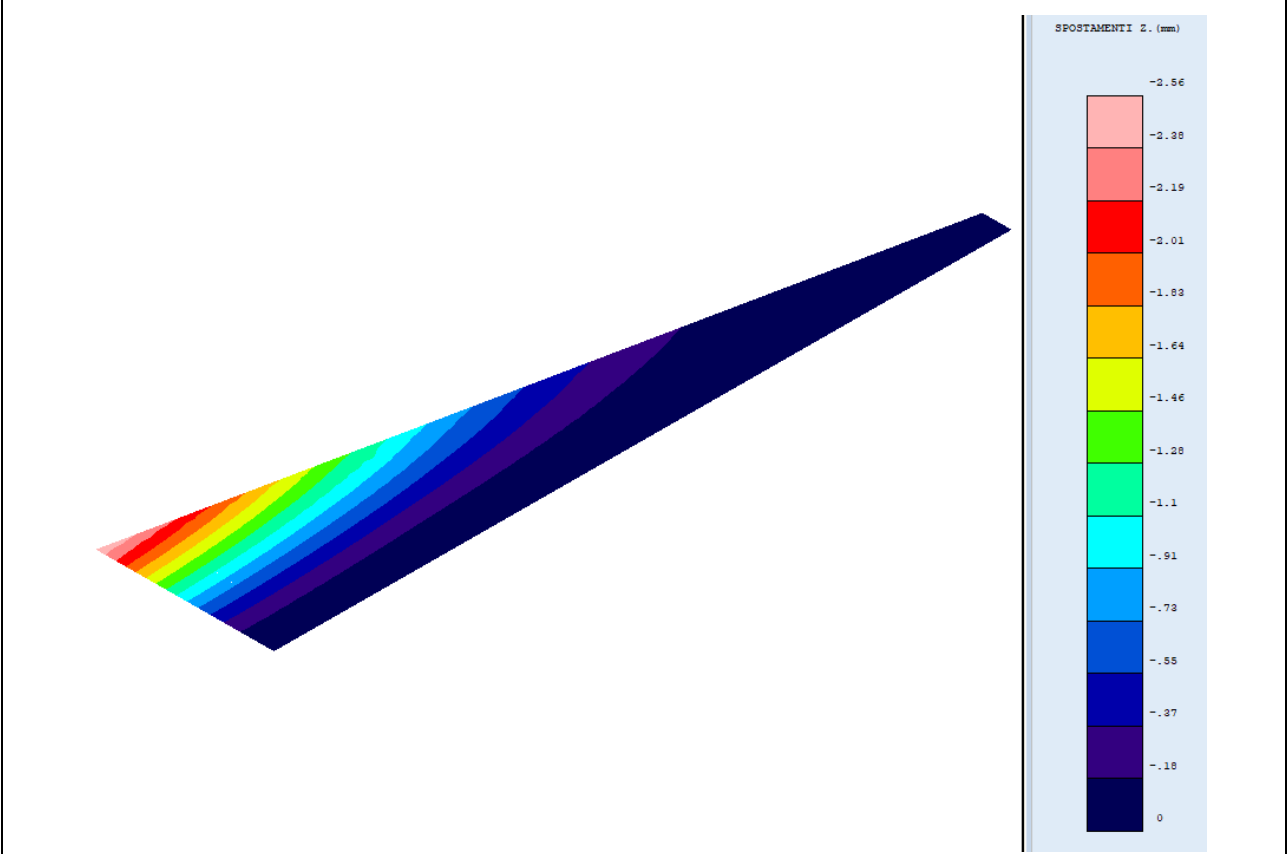
Tensione ideale



Tensione principale massima

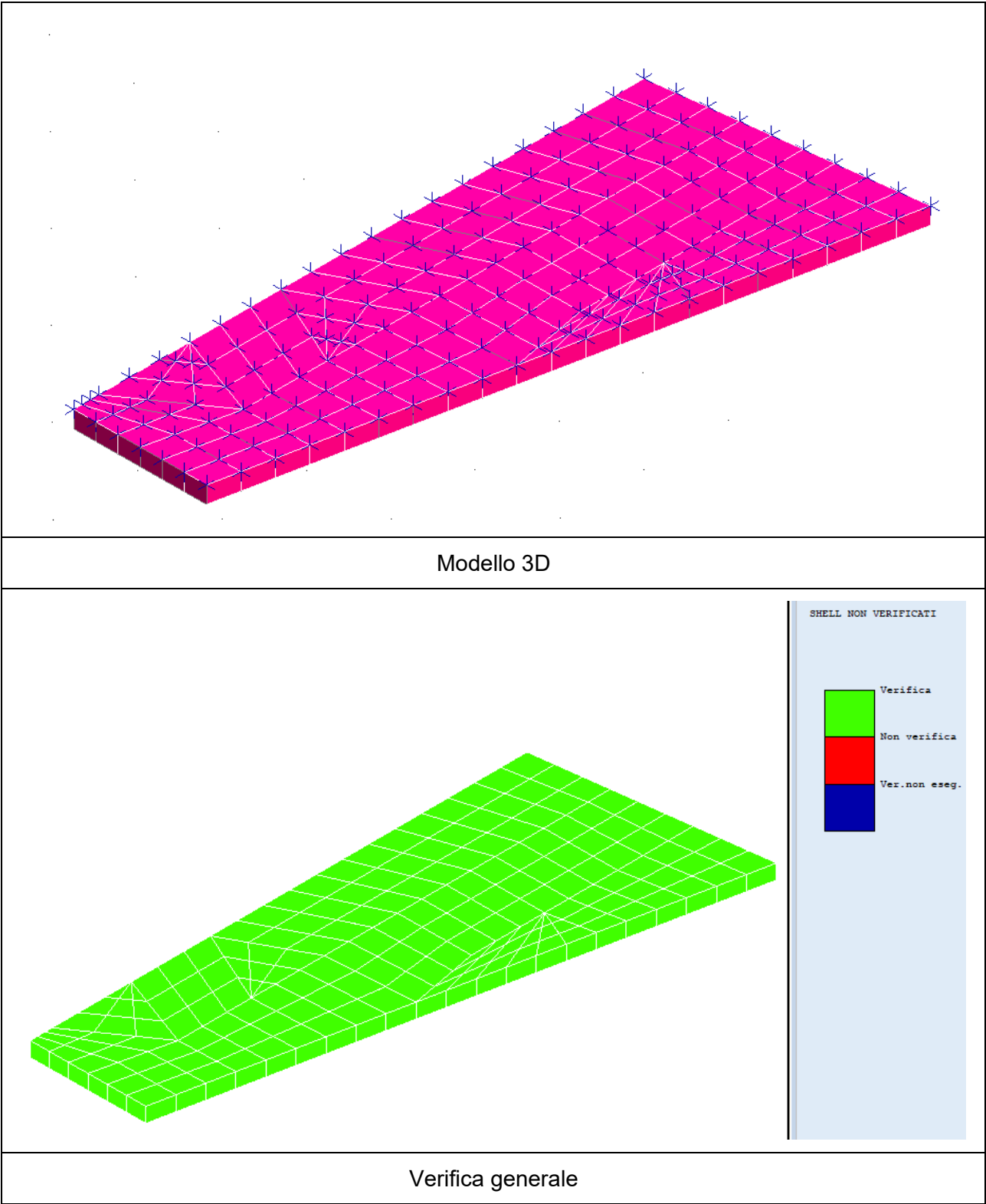


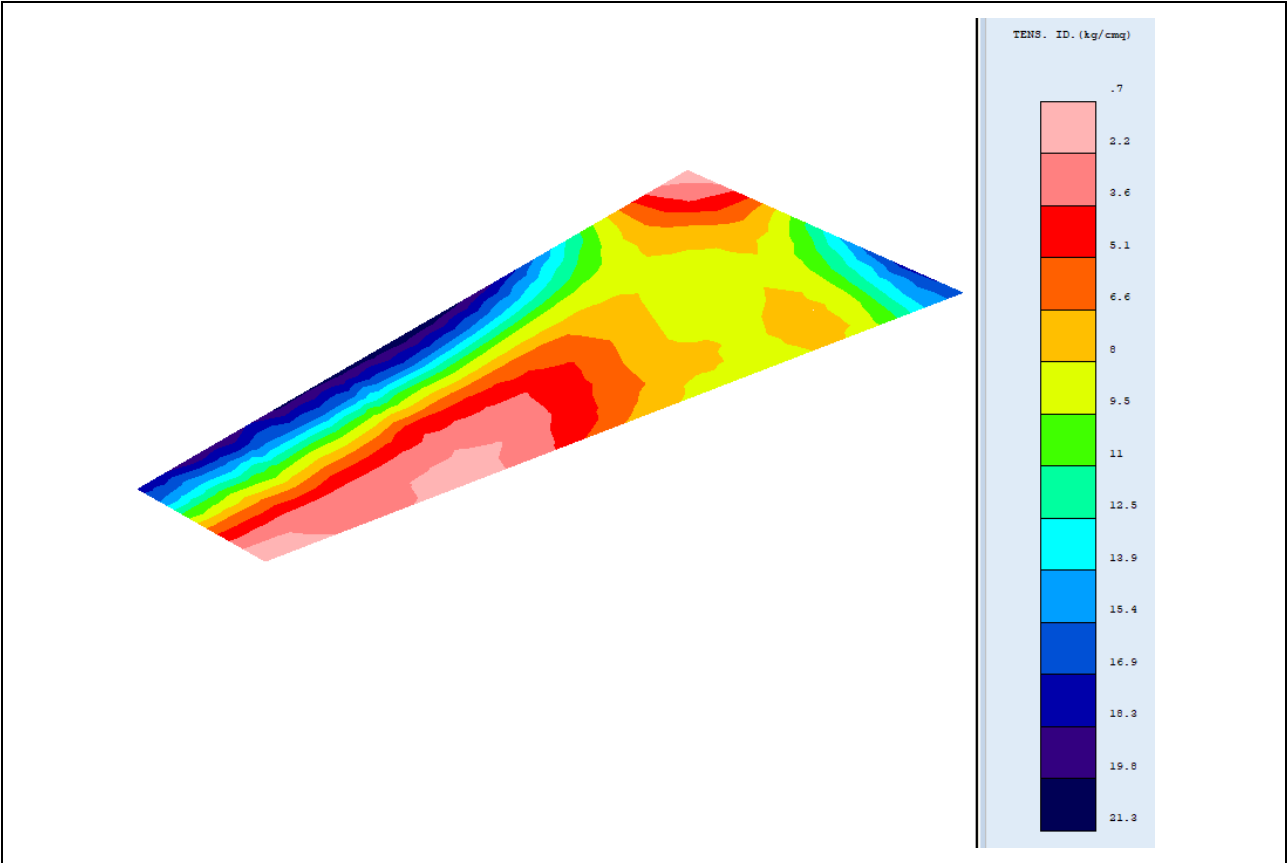
Tensione principale minima



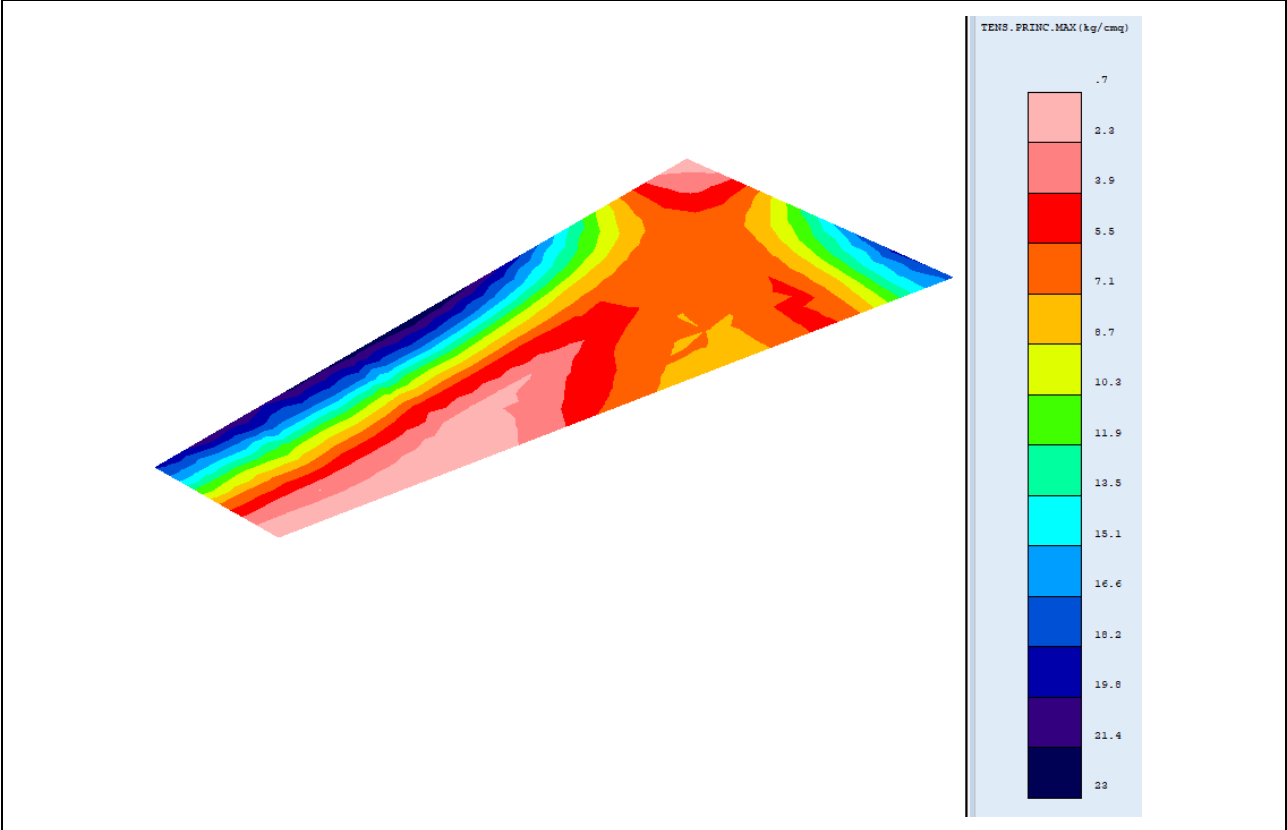
Spostamenti Z

5.2 Pensilina Sud

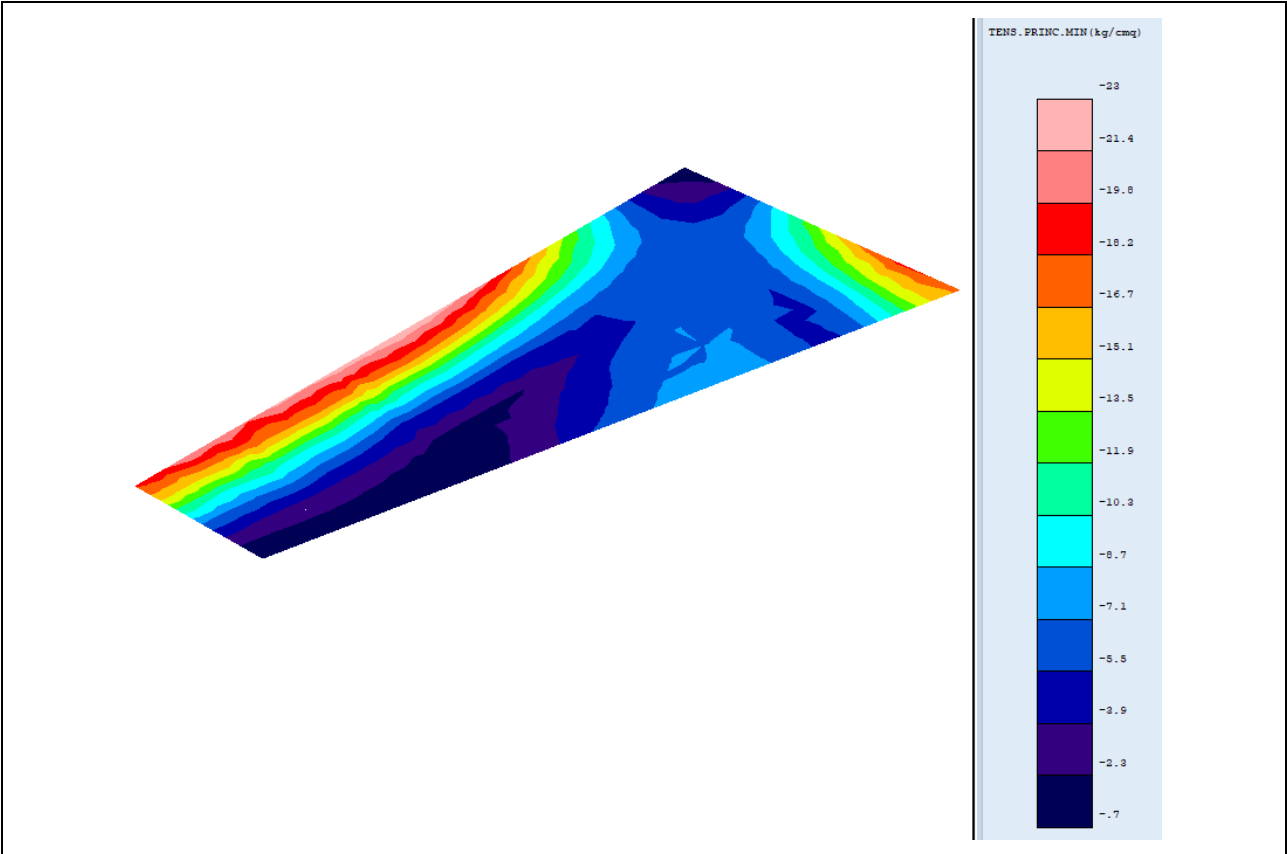




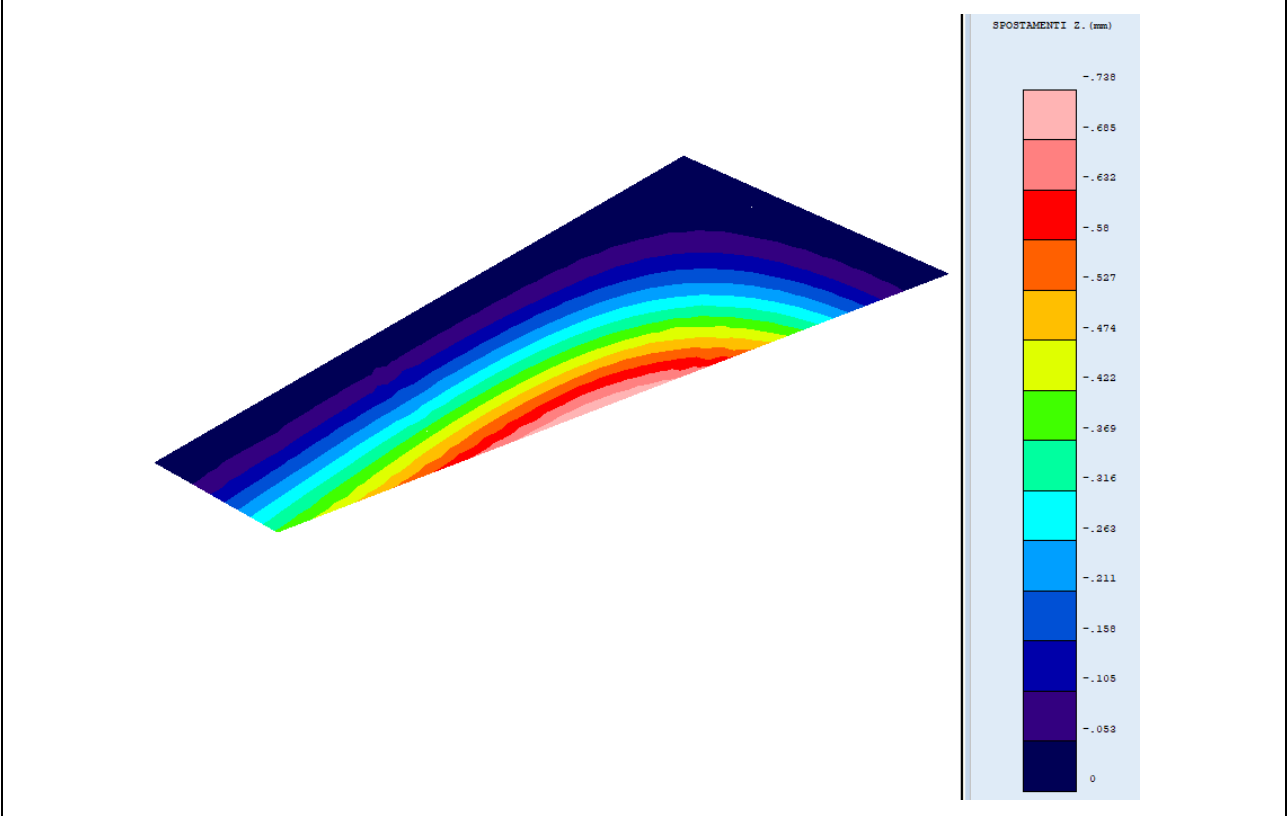
Tensione ideale



Tensione principale massima



Tensione principale minima



Spostamenti Z

## 6. VERIFICA DEL GIUNTO

Come precedentemente spiegato, si è scelto di inserire un giunto sismico in corrispondenza dell'unione tra le due principali geometrie dell'edificio, in modo da migliorare notevolmente il comportamento dinamico della struttura ed evitare fenomeni di martellamento tra le due geometrie fondamentali.

Si è dunque proceduto con la determinazione della distanza minima da garantire sulla base di quanto esposto al §7.2.1 delle NTC2018

In particolare, avendo suddiviso l'edificio in due modelli, è stato possibile individuare lo spostamento massimo delle due strutture sulla quota in esame (+4.00) lungo i fili di interesse pari a circa 15 mm (Modello A) e 25 mm (Modello B).

È stato inoltre verificato il rispetto della distanza minima che nel presente caso è pari a:

$$d_{MIN} = \frac{H}{100} * \frac{2a_g S}{g}$$

Per SLV sarà  $a_g/g = 0.209$  g ed  $S = 1.32$

al primo piano con  $H = 4.00$  m si dispone quindi un **giunto pari a 7 cm** in modo da garantire il rispetto dello spostamento massimo relativo dei due edifici pari a circa  $15 + 25 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$

## 7. ELEMENTI SECONDARI

### 7.1 Tamponature

Per quanto concerne gli elementi non strutturali quali le tamponature perimetrali, oltre alle verifiche degli spostamenti allo SLD e SLO riportate nei tabulati di calcolo, nel progetto sono previste tamponature in grado di deformarsi con la struttura per cui è stato possibile ritenere soddisfatta la richiesta al §7.3.6.2 così come prescritto nel medesimo paragrafo della circolare esplicativa n.7/2019 del C.S.LL.PP.

### 7.2 Controsoffitti

Per quanto riguarda i controsoffitti, a seconda della marca e del sistema costruttivo prescelto, sarà cura del fornitore verificare il controsoffitto secondo le formule di accelerazione di piano fornite nel capitolo 8 "Impianti" della presente relazione.

## 8. IMPIANTI

Per quanto riguarda gli impianti, questi dovranno essere verificati alla domanda, di seguito esposta, a cura del fornitore ai sensi del §7.2.3 delle NTC2018.

Per la progettazione degli impianti si fa riferimento alla formulazione della normativa, ed in particolare la forza orizzontale agente è pari a:

$$F_a = (S_a \cdot W_a)/q_a$$

*formula 7.2.1 delle NTC2018*

Con  $W_a$  pari al peso dell'elemento da verificare

$q_a$  il fattore di comportamento specifico dell'elemento

Mentre per  $S_a$  è possibile far riferimento alla formulazione semplificata per costruzioni con struttura a telai alla Circolare esplicativa C7.2.3. Per tale formulazione valgono le formule seguenti per le quali vengono forniti i parametri a seconda del Livello Operativo da considerare per le verifiche:

PARAMETRO/SL	SLO	SLD	SLV	SLC
$\alpha$	0.06	0.08	0.21	0.27
S	1.44	1.51	1.32	1.23

Si specificano inoltre i parametri:

### Modello A

$$T1 \text{ (direzione y)} = 0.184 \text{ s}$$

$$T2 \text{ (direzione x)} = 0.253 \text{ s}$$

$$H = 4.60 \text{ m}$$

$$a = 0,8$$

$$b = 1,4$$

$$a_p = 5,0$$

### Modello B

$$T1 \text{ (direzione y)} = 0.20 \text{ s}$$

$$T2 \text{ (direzione x)} = 0.30 \text{ s}$$

$$H = 4.60 \text{ m}$$

$$a = 0,8$$

$$b = 1,4$$

$$a_p = 5,0$$

$$S_a(T_a) = \begin{cases} \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{aT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a < aT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) a_p & \text{per } aT_1 \leq T_a < bT_1 \\ \alpha S \left(1 + \frac{z}{H}\right) \left[ \frac{a_p}{1 + (a_p - 1) \left(1 - \frac{T_a}{bT_1}\right)^2} \right] \geq \alpha S & \text{per } T_a \geq bT_1 \end{cases}$$

Si ricorda inoltre che  $T_a$  è il periodo fondamentale di vibrazione dell'elemento non strutturale da considerare

Nel caso si dovessero rendere necessaria valutazione più accurate della risonanza degli impianti o di altri elementi non strutturali con il comportamento dell'edificio, all'interno dei tabulati di calcolo sono riportati tutti i modi di vibrare che complessivamente eccitano una massa maggiore dell'85% di quella totale.

## 9. CONSIDERAZIONI FINALI

### 9.1 Collaudo

La struttura al momento del collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nel capitolato speciale di appalto e alla presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

### 9.2 Giudizio motivato di accettabilità

Il software utilizzato ha permesso di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti. Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello hanno consentito di controllare sia la coerenza geometrica che la adeguatezza delle azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre, la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali: sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti e reazioni vincolari, hanno permesso un immediato controllo di tali valori con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati della struttura stessa.

Si è inoltre riscontrato che le reazioni vincolari sono in equilibrio con i carichi applicati, e che i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche sono confrontabili con gli omologhi valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.



Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato tutte esito positivo.

Da quanto sopra esposto si può quindi affermare che il calcolo è andato a buon fine e che il modello di calcolo utilizzato è risultato essere rappresentativo della realtà fisica, anche in funzione delle modalità e sequenze costruttive.

### 9.3 Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Produttore	S.T.S. srl
Titolo	CDSWin
Versione	Rel. 2019
Nro Licenza	35523

Ragione sociale completa del produttore del software:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

**Via Tre Torri n°11 – Complesso Tre Torri**

**95030 Sant'Agata li Battiati (CT).**

Affidabilità dei codici utilizzati

L'affidabilità del codice utilizzato e la sua idoneità al caso in esame, è stata attentamente verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l., a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti, fornisce direttamente on-line i test sui casi prova liberamente consultabili all' indirizzo:

<http://www.stsweb.it/area-utenti/test-validazione.html>

Il software è dotato di propri filtri e controlli di autodiagnostica che intervengono sia durante la fase di definizione del modello sia durante la fase di calcolo vero e proprio.

In particolare, il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

Filtri per la congruenza geometrica del modello generato

- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su labilità o eventuali mal condizionamenti delle matrici, con verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

- Rappresentazioni grafiche di post-processo che consentono di evidenziare eventuali anomalie sfuggite all' autodiagnostica automatica.