



**Finanziato  
dall'Unione europea**  
NextGenerationEU



**Provincia di Ravenna**

## Settore Lavori Pubblici

### Servizio Edilizia Scolastica e Patrimonio

LAVORI DI MIGLIORAMENTO SISMICO DELLA SEDE DELL'INDIRIZZO LINGUISTICO DI VIA  
PASCOLI, 4 DEL LICEO "TORRICELLI - BALLARDINI" DI FAENZA (RA)  
PNRR - NEXT GENERATION EU - Missione 4, Componente 1, Investimento 3.3  
CUP : J23F20000000001

### PROGETTO ESECUTIVO

Presidente: Michele de Pascale	Consigliere delegato Pubblica Istruzione - Edilizia Scolastica - Patrimonio: Maria Luisa Martinez
Dirigente responsabile del Settore: Ing. Paolo Nobile	Responsabile del Servizio: Arch. Giovanna Garzanti
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:	Ing. Paolo Nobile
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE:	Arch. Giovanna Garzanti
COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:	Ing. Calogera Tiziana Napoli, Arch. Sara Saliba
Professionisti esterni:	
PROGETTISTA COORDINATORE: Ing. Christian Tassinari	
PROGETTISTA OPERE ARCHITETTONICHE: Ing. Christian Tassinari	
PROGETTISTA OPERE STRUTTURALI: Ing. Christian Tassinari	
PROGETTISTA OPERE IMPIANTISTICHE: Ing. Daniele Mirri	

TITOLO ELABORATO:

## STRUTTURE

Considerazioni sulla modellazione FEM, sull'accettabilità dei risultati e illustrazione dei grafici  
sintetici

Codice elaborato:	Revisione:	Data:	Scala:	Nome file di archiviazione:
PE_STR_03.f_00	00	22/09/2022	---	PE_STR_03.f_Grafici_00

PROFESSIONISTA RESPONSABILE:  Ing. Christian Tassinari	FIRMATO DIGITALMENTE ..... Timbro e firma del Professionista	FIRMATO DIGITALMENTE ..... Il progettista coordinatore Ing. Christian Tassinari  FIRMATO DIGITALMENTE ..... Il Responsabile Unico del Procedimento Ing. Paolo Nobile
--	--	--

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
00	EMISSIONE	A.T.	C.T.	C.T.	22/09/2022
01					
02					
03					

## CONSIDERAZIONI SULLA MODELLAZIONE FEM, SULL'ACCETTABILITA' DEI RISULTATI E ILLUSTRAZIONE DEI GRAFICI SINTETICI

### TIPO DI ANALISI SVOLTA

Gli effetti del sisma sono stati valutati convenzionalmente mediante ANALISI DINAMICA MODALE della struttura soggetta ai seguenti carichi e sollecitazioni:

- un sistema di forze orizzontali parallele alle direzioni ipotizzate per il sisma, distribuite (sia planimetricamente che altimetricamente) in modo da simulare gli effetti dinamici del sisma;
- un sistema di forze verticali, distribuite sulla struttura proporzionalmente alle masse presenti.

Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo è stato effettuato mediante un programma agli elementi finiti le cui caratteristiche verranno descritte nel seguito. Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione escludendo i tamponamenti. Non ci sono approssimazioni su tetti inclinati, piani sfalsati o scale, solette, pareti irrigidenti e nuclei. Si è tenuto conto delle deformabilità taglienti e flessionali degli elementi monodimensionali; pareti, setti, solette sono stati correttamente schematizzati tramite elementi finiti a tre/quattro nodi con comportamento sia a piastra che a lastra. Sono stati considerati sei gradi di libertà per nodo; in ogni nodo della struttura sono state applicate le forze sismiche derivanti dalle masse circostanti. Le sollecitazioni derivanti da tali forze sono state poi combinate con quelle derivanti dagli altri carichi come prima specificato.

### ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Nome del Software	<b>EdiLus</b>
Versione	<b>BIM 3 (hyhe)</b>
Caratteristiche del Software	<b>Software per il calcolo di strutture agli elementi finiti per Windows</b>
Numero di serie	<b>17020699</b>
Produzione e Distribuzione	<b>ACCA software S.p.A.</b> Via Contrada Rosole n.13 83043 BAGNOLI IRPINO (AV) Tel. 0827/69504 r.a. - Fax 0827/601235 e-mail: <a href="mailto:info@acca.it">info@acca.it</a> - Internet: <a href="http://www.acca.it">www.acca.it</a>

#### **AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO**

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione. La società produttrice, ACCA SPA, ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Documentazione di Affidabilità

<http://forum.acca.it/it/edilus/id10198/documentazione-di-affidabilita-del-codice-di-calcolo.html>

#### **VALIDAZIONE DEI CODICI DI CALCOLO**

Per la struttura non sono stati eseguiti controlli incrociati sui risultati di calcolo attraverso l'esecuzione dei calcoli da soggetto, prescelto dal Committente, diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente.

Casi prova

[http://servizi.accasoftware.com/uploads/id39896/212877\\_1605862112\\_doc\\_affidabilita\\_04\\_casi\\_mu\\_fullit.pdf](http://servizi.accasoftware.com/uploads/id39896/212877_1605862112_doc_affidabilita_04_casi_mu_fullit.pdf)

#### **MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare la relazione di calcolo oltre a illustrare in modo esauritivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini, almeno per le parti più sollecitate della struttura, tale da avere una sintesi completa e efficace del comportamento della struttura per ogni tipo di analisi svolta.

#### **INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE**

Il programma prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione (diagnostica), del non rispetto delle limitazioni geometriche e di armatura e della presenza di elementi non verificati. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti e quant'altro attraverso una tabella interrogativa dei risultati di calcolo. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la quasi totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

#### GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

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. In base a quanto detto, si può asserire che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

#### SINTESI GRAFICA DEI RISULTATI

Un allegato del presente documento è l'elaborato "Grafici Sintetici" in conformità a quanto previsto nel par. 10.2 del D.M. 17 gennaio 2018. Tale elaborato ha lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e riporta informazioni sintetiche e schemi relativi a sollecitazioni e sforzi, spostamenti e deformazioni, reazioni vincolari, etc. Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa. Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura. Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura.

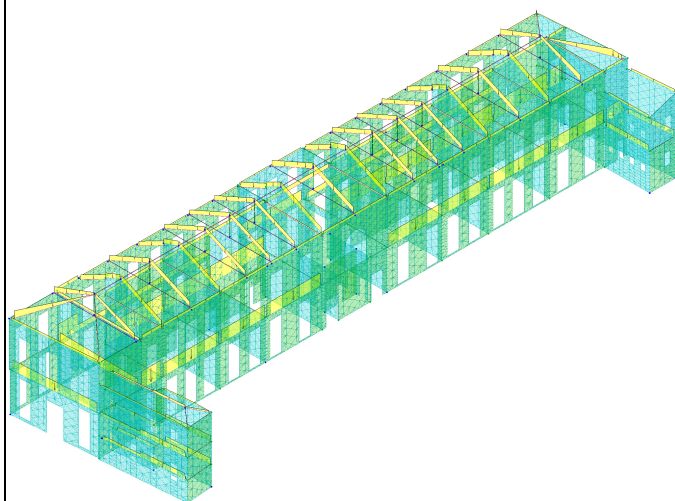
Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.



## STATO DI FATTO

### Carichi



#### Descrizione Tavola

CONDIZIONI di CARICO

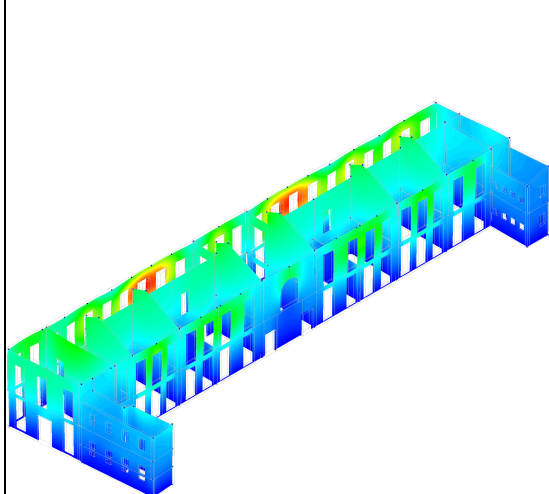
Carico Permanente

Permanenti NON Strutturali

Scuole

Carico da Neve  $\leq 1000$  m s.l.m.

### Spostamenti



#### Descrizione Tavola

Spostamenti - per carichi statici

CONDIZIONI di CARICO

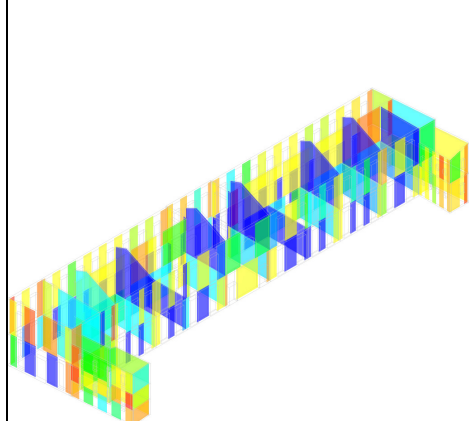
Carico Permanente

Permanenti NON Strutturali

Scuole

Carico da Neve  $\leq 1000$  m s.l.m.

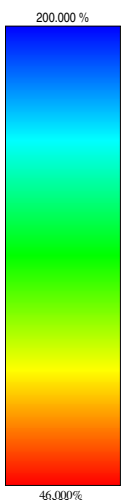
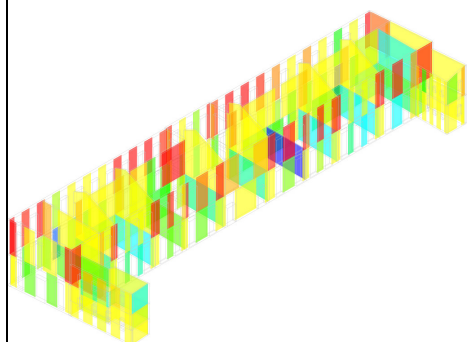
### Accelerazione di Collasso



Descrizione Tavola

Tipo meccanismo: Pressoflessione nel Piano del Maschio

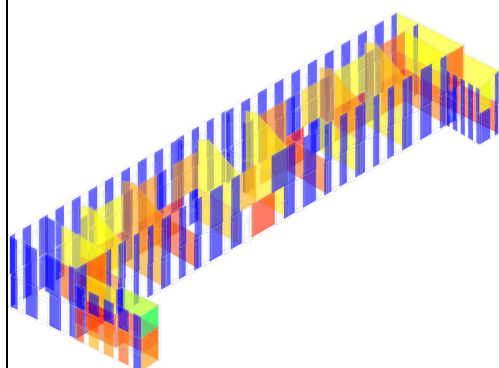
### Accelerazione di Collasso



Descrizione Tavola

Tipo meccanismo: Pressoflessione Fuoripiano del Maschio

### Accelerazione di Collasso

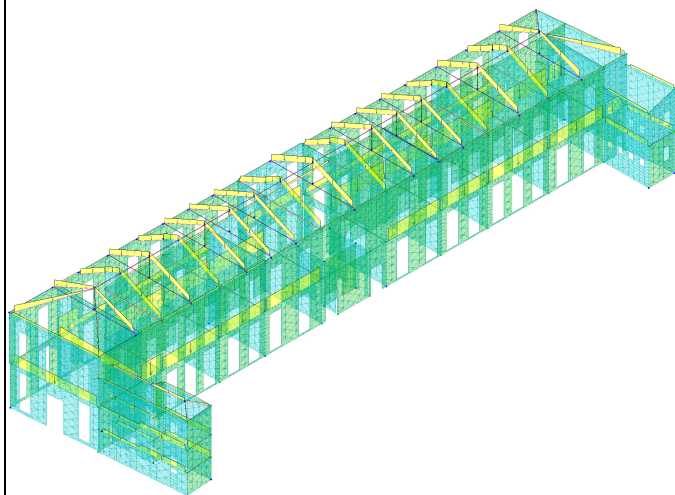


Descrizione Tavola

Tipo meccanismo: Taglio nel Piano del Maschio

## STATO DI PROGETTO

### Carichi



#### Descrizione Tavola

CONDIZIONI di CARICO

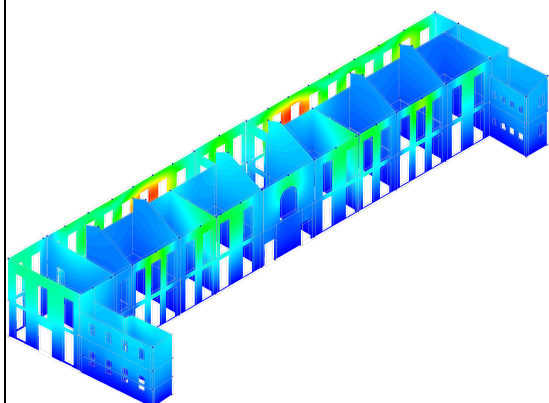
Carico Permanente

Permanenti NON Strutturali

Scuole

Carico da Neve  $\leq 1000$  m s.l.m.

### Spostamenti



0.31 cm

0.00 cm

#### Descrizione Tavola

Spostamenti - per carichi statici

CONDIZIONI di CARICO

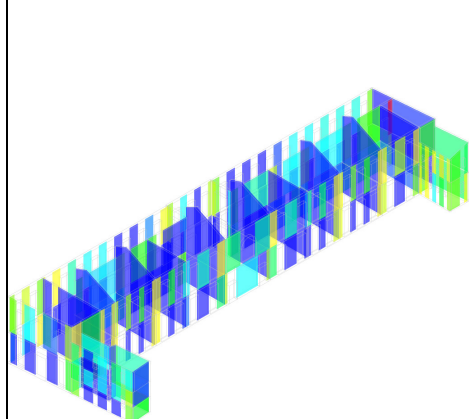
Carico Permanente

Permanenti NON Strutturali

Scuole

Carico da Neve  $\leq 1000$  m s.l.m.

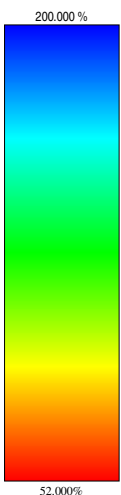
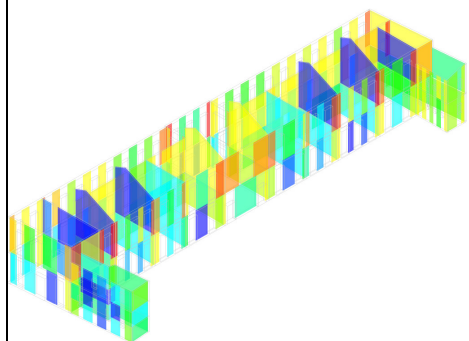
### Accelerazione di Collasso



[Descrizione Tavola](#)

Tipo meccanismo: Pressoflessione nel Piano del Maschio

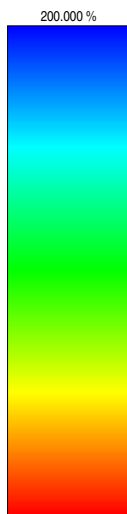
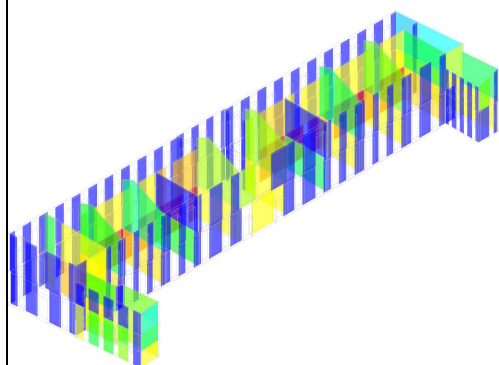
### Accelerazione di Collasso



[Descrizione Tavola](#)

Tipo meccanismo: Pressoflessione Fuoripiano del Maschio

### Accelerazione di Collasso



[Descrizione Tavola](#)

Tipo meccanismo: Taglio nel Piano del Maschio

## ILLUSTRAZIONE DEI GRAFICI SINTETICI – NUOVA SCALA IN ACCIAIO

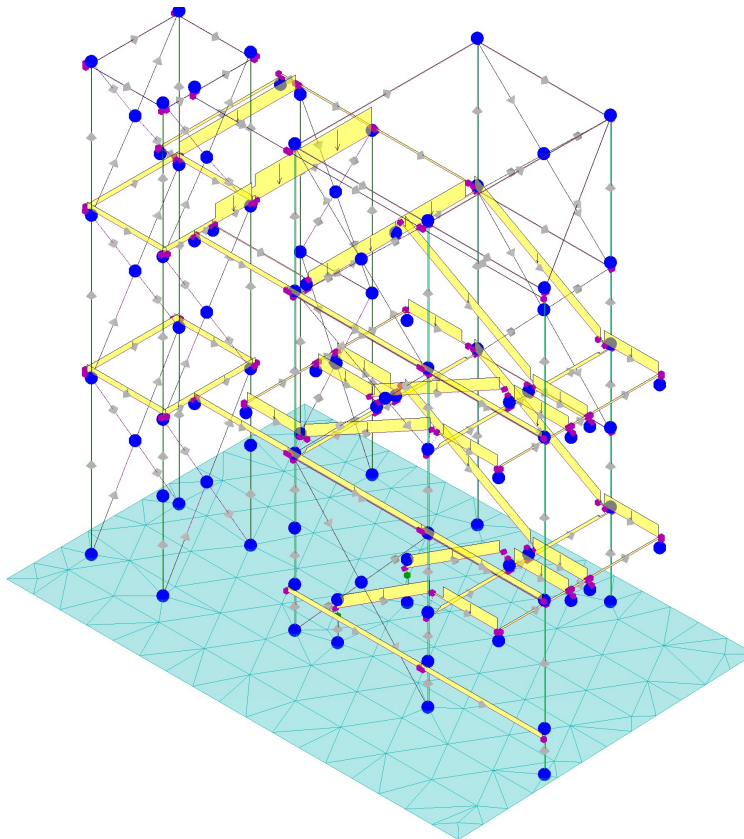
### SINTESI GRAFICA DEI RISULTATI

In conformità a quanto previsto nel par.10.2 del D.M. 17 gennaio 2018 è stato elaborato il presente documento con lo scopo di riassumere il comportamento della struttura relativamente al tipo di analisi svolta e riporta informazioni sintetiche e schemi relativi a sollecitazioni e sforzi, spostamenti e deformazioni, reazioni vincolari, etc. Al fine delle verifiche della misura della sicurezza, si riportano delle rappresentazioni che ne sintetizzano i valori numerici dei coefficienti di sicurezza nelle sezioni significative della struttura stessa. Per ogni singolo elaborato grafico, contenente un telaio, una parte della struttura o la struttura nel suo insieme, si riportano indicazioni sulle convenzioni adottate e sulle unità di misura, nonché disegni, schemi grafici e mappature cromatiche che schematizzano il comportamento complessivo della struttura. Grazie alle mappature a colori, per ciascun tipo di risultato, si fornisce un quadro chiaro e sintetico: è possibile rilevare agevolmente il valore delle diverse grandezze in base al colore assunto dagli elementi della struttura.

Ogni colore rappresenta un determinato valore, dal blu (corrispondente generalmente al valore minimo) al rosso (generalmente valore massimo), passando attraverso le varie sfumature di colore corrispondenti ai valori intermedi.

Prima di ogni tipologia di risultato è riportata la scala cromatica con l'indicazione numerica del valore minimo e massimo.

## Carichi



### Descrizione Tavola

#### CONDIZIONI di CARICO

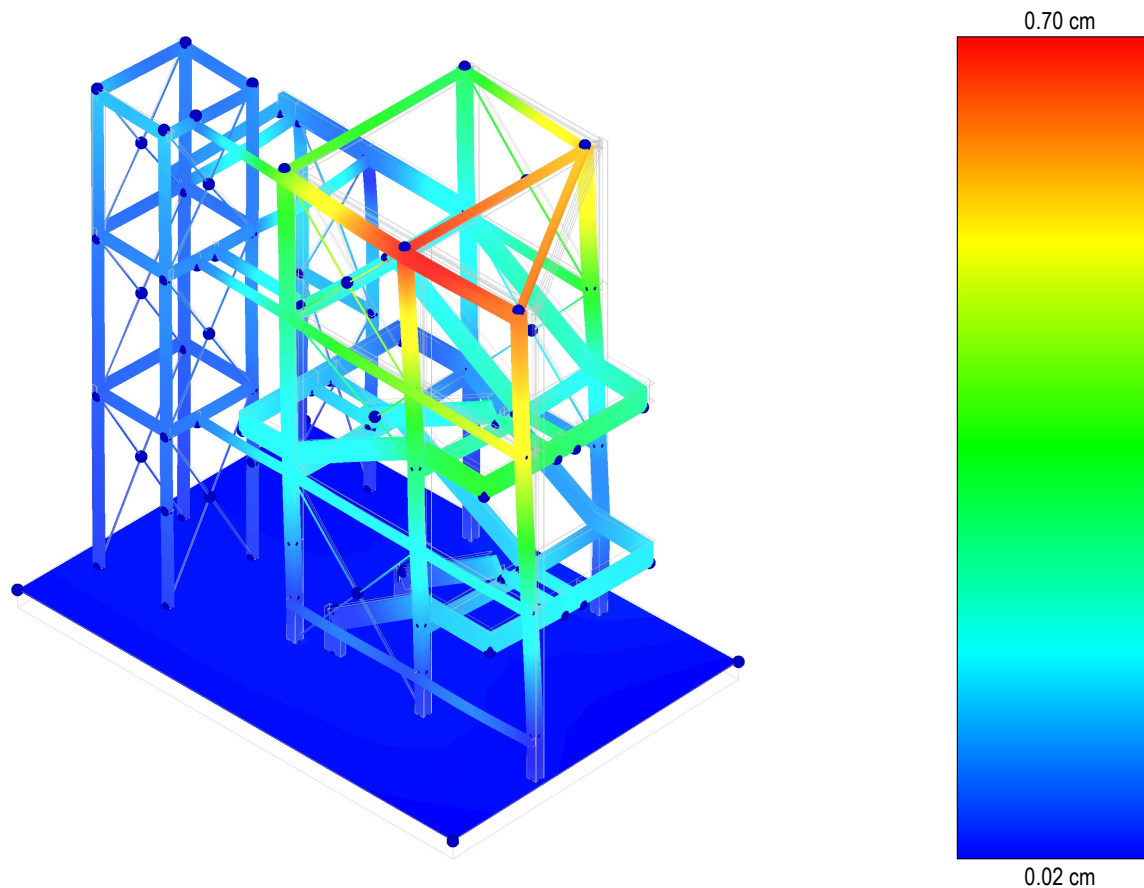
Carico Permanente

Permanenti NON Strutturali

Scale, balconi, ballatoi (Cat. C)

Variazione Termica

## Spostamenti - per carichi statici



### Descrizione Tavola

Spostamenti - per carichi statici

CONDIZIONI di CARICO

Carico Permanente

Permanenti NON Strutturali

Scale, balconi, ballatoi (Cat. C)

Variazione Termica

Pressione del Vento (+X)

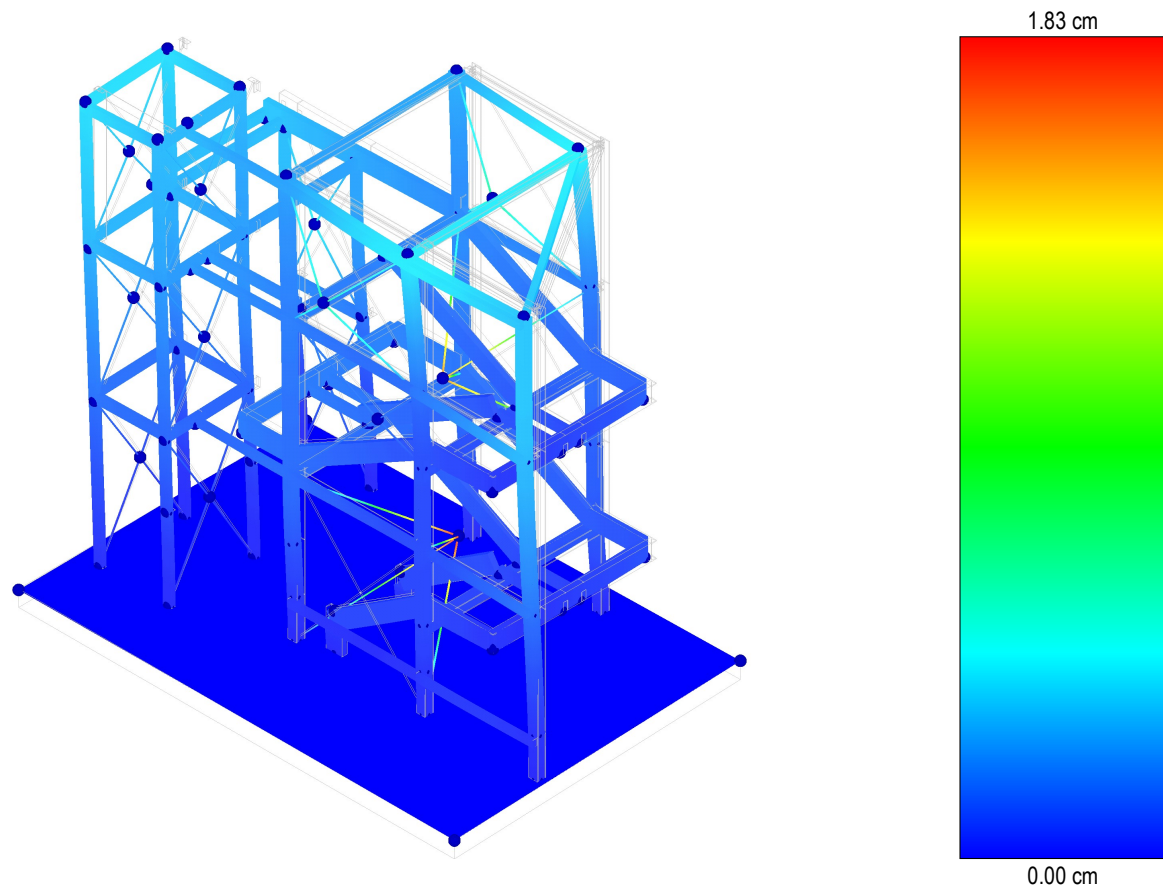
Pressione del Vento (-X)

Pressione del Vento (+Y)

Pressione del Vento (-Y)



## Spostamenti



### Descrizione Tavola

Spostamenti - per effetto del sisma

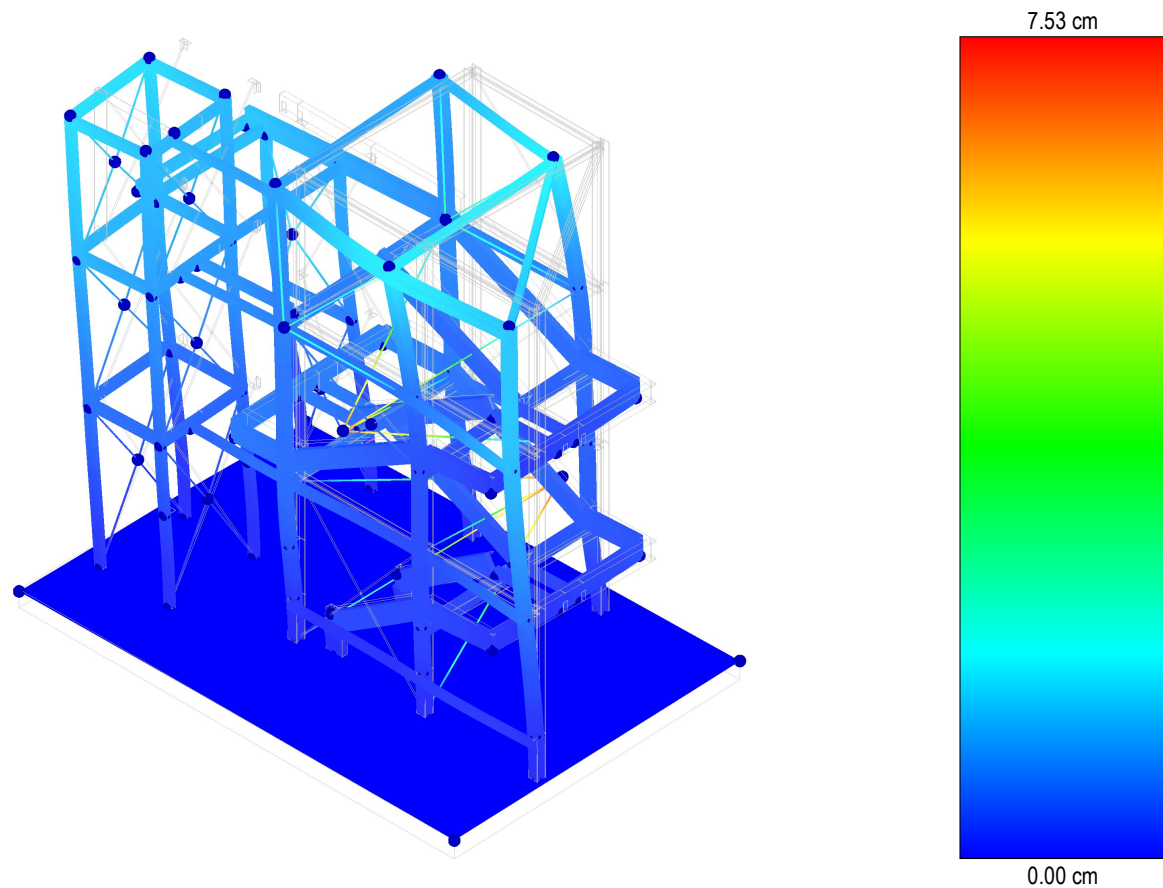
Sisma: X

Stato Limite Ultimo

Modo: 1



## Spostamenti



### Descrizione Tavola

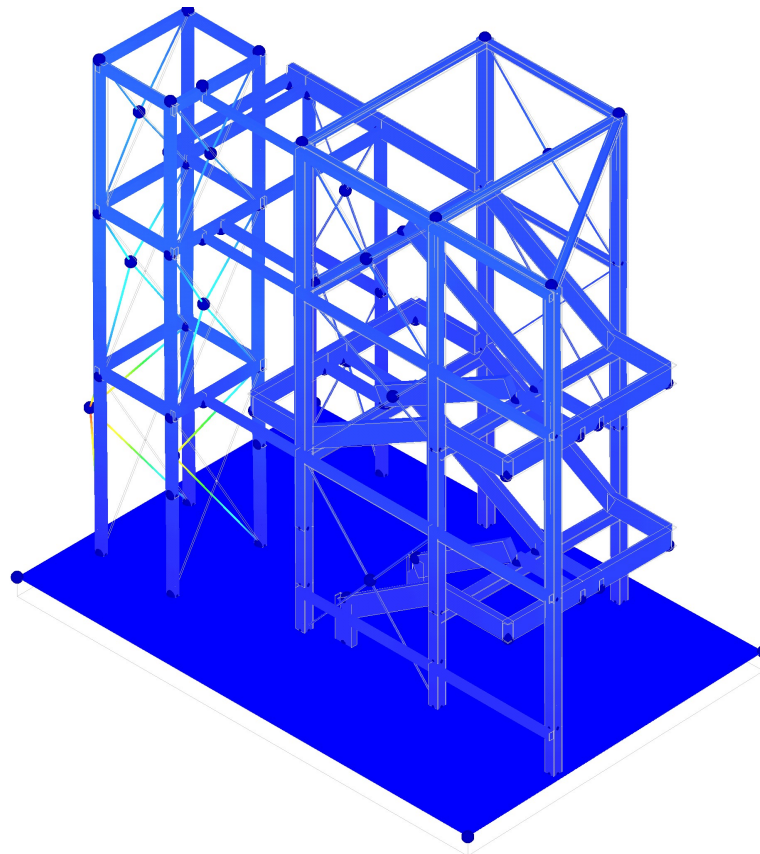
Spostamenti - per effetto del sisma

Sisma: Y

Stato Limite Ultimo

Modo: 1

## Modi di vibrazione



### Descrizione Tavola

Modo: 2

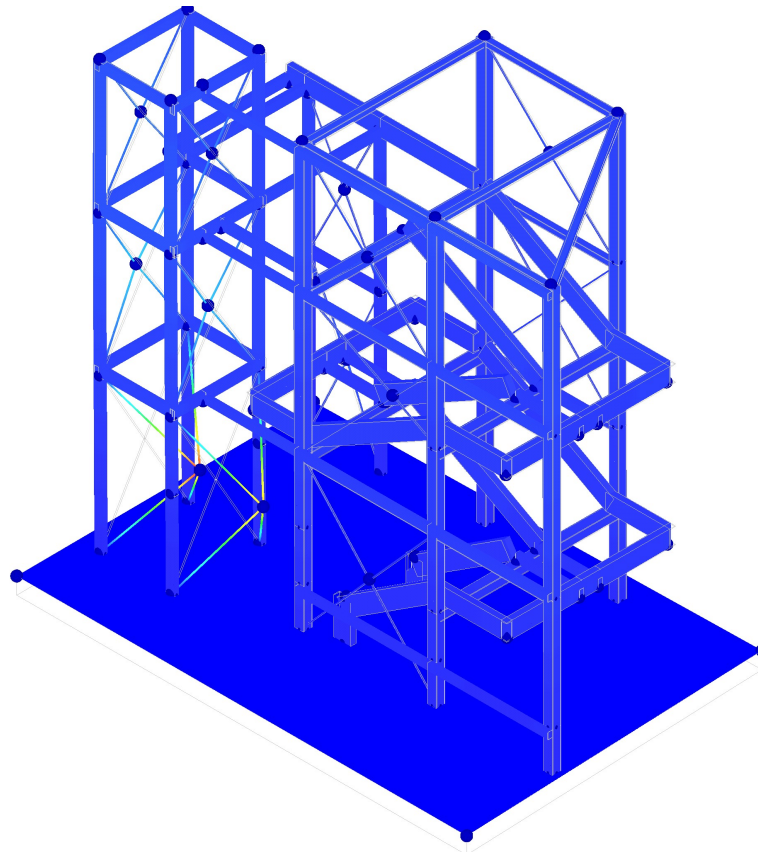
Periodo  $T = 0.128s$

P.M.EccX = 50.40%

P.M.EccY = 1.05%

P.M.EccZ = 0.00%

## Modi di vibrazione



### Descrizione Tavola

Modo: 3

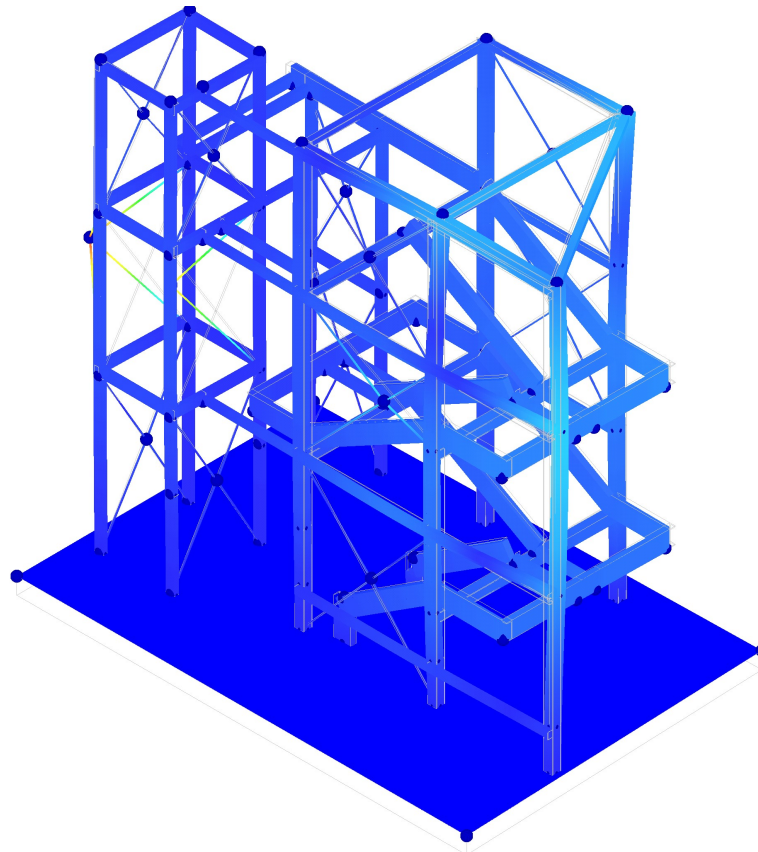
Periodo  $T = 0.126s$

P.M.EccX = 24.96%

P.M.EccY = 0.71%

P.M.EccZ = 0.00%

## Modi di vibrazione



### Descrizione Tavola

Modo: 4

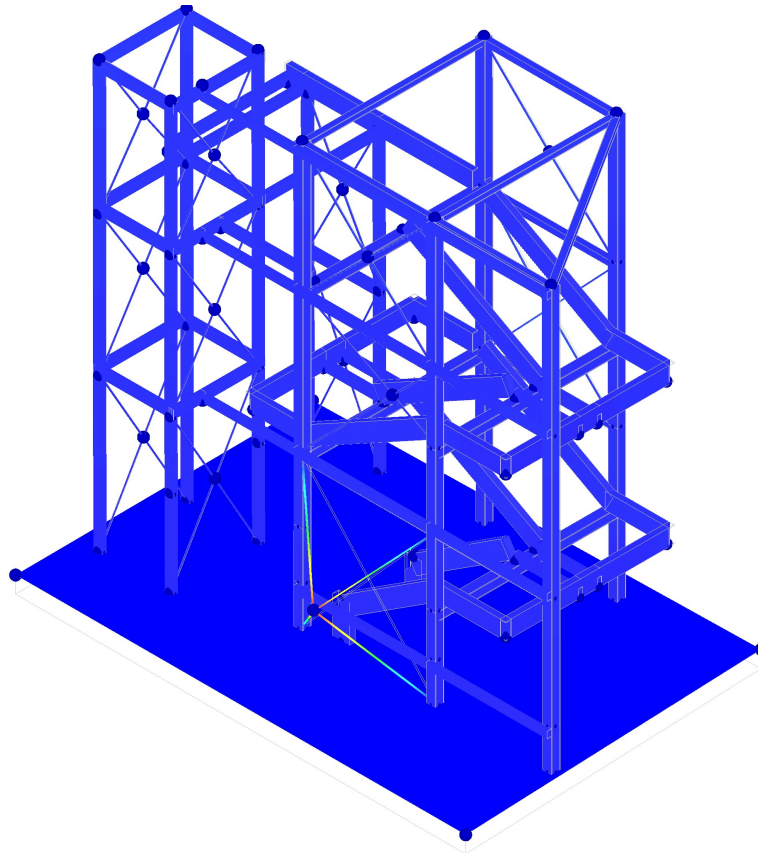
Periodo  $T = 0.117s$

P.M.EccX = 1.51%

P.M.EccY = 19.11%

P.M.EccZ = 0.00%

## Modi di vibrazione



### Descrizione Tavola

Modo: 5

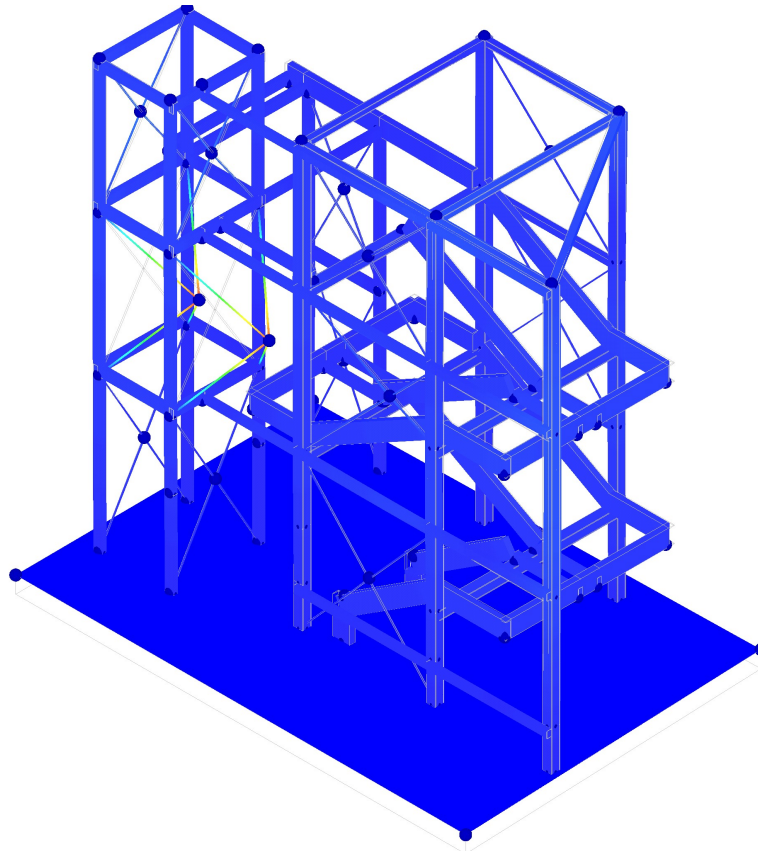
Periodo  $T = 0.162s$

P.M.EccX = 0.15%

P.M.EccY = 4.52%

P.M.EccZ = 0.00%

## Modi di vibrazione



### Descrizione Tavola

Modo: 6

Periodo  $T = 0.115s$

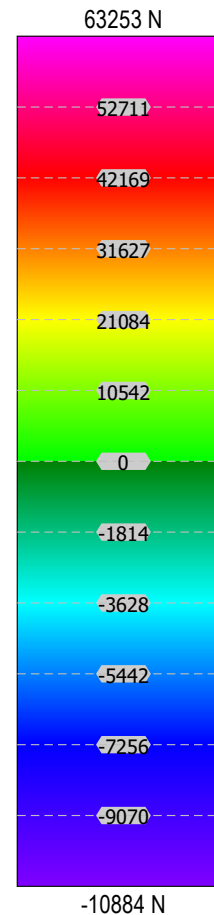
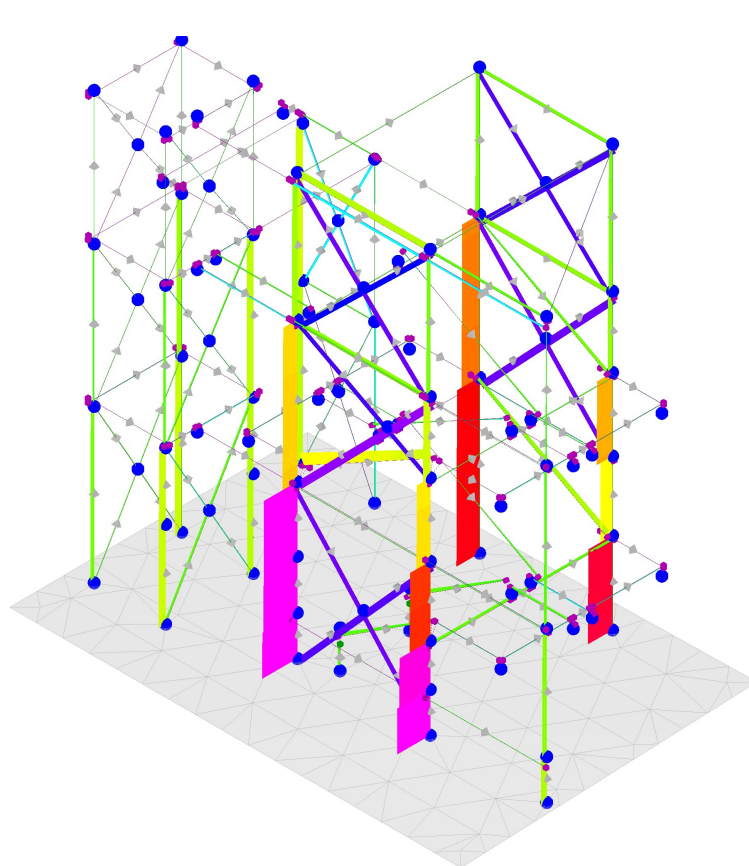
P.M.EccX = 1.60%

P.M.EccY = 3.08%

P.M.EccZ = 0.00%



## Sollecitazioni Pilastri, Travi e Winkler - Sforzo Normale



### Descrizione Tavola

Sollecitazioni - per carichi statici

CONDIZIONI di CARICO

Carico Permanente

Permanenti NON Strutturali

Scale, balconi, ballatoi (Cat. C)

Variazione Termica

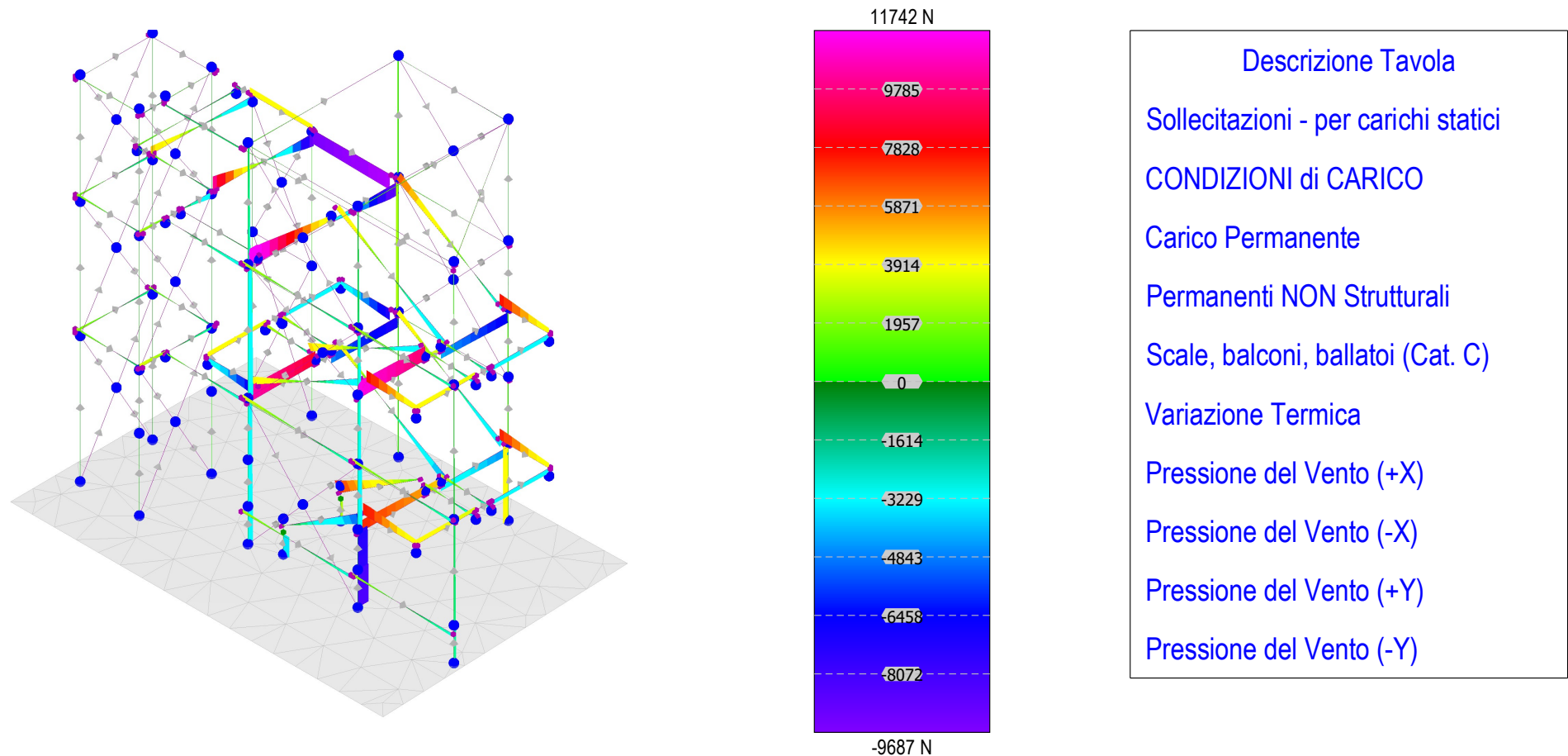
Pressione del Vento (+X)

Pressione del Vento (-X)

Pressione del Vento (+Y)

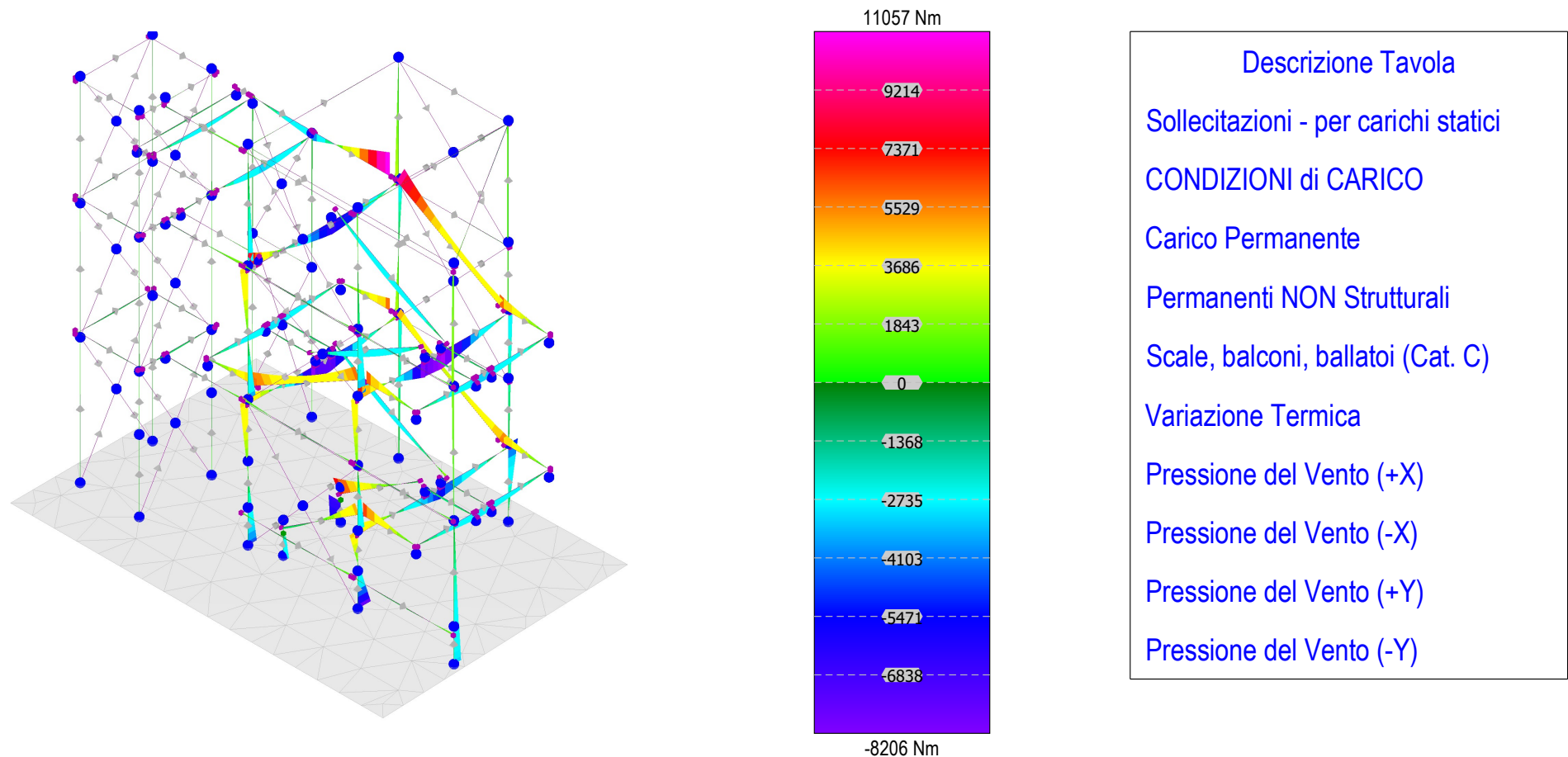
Pressione del Vento (-Y)

## Sollecitazioni Pilastri, Travi e Winkler- Taglio

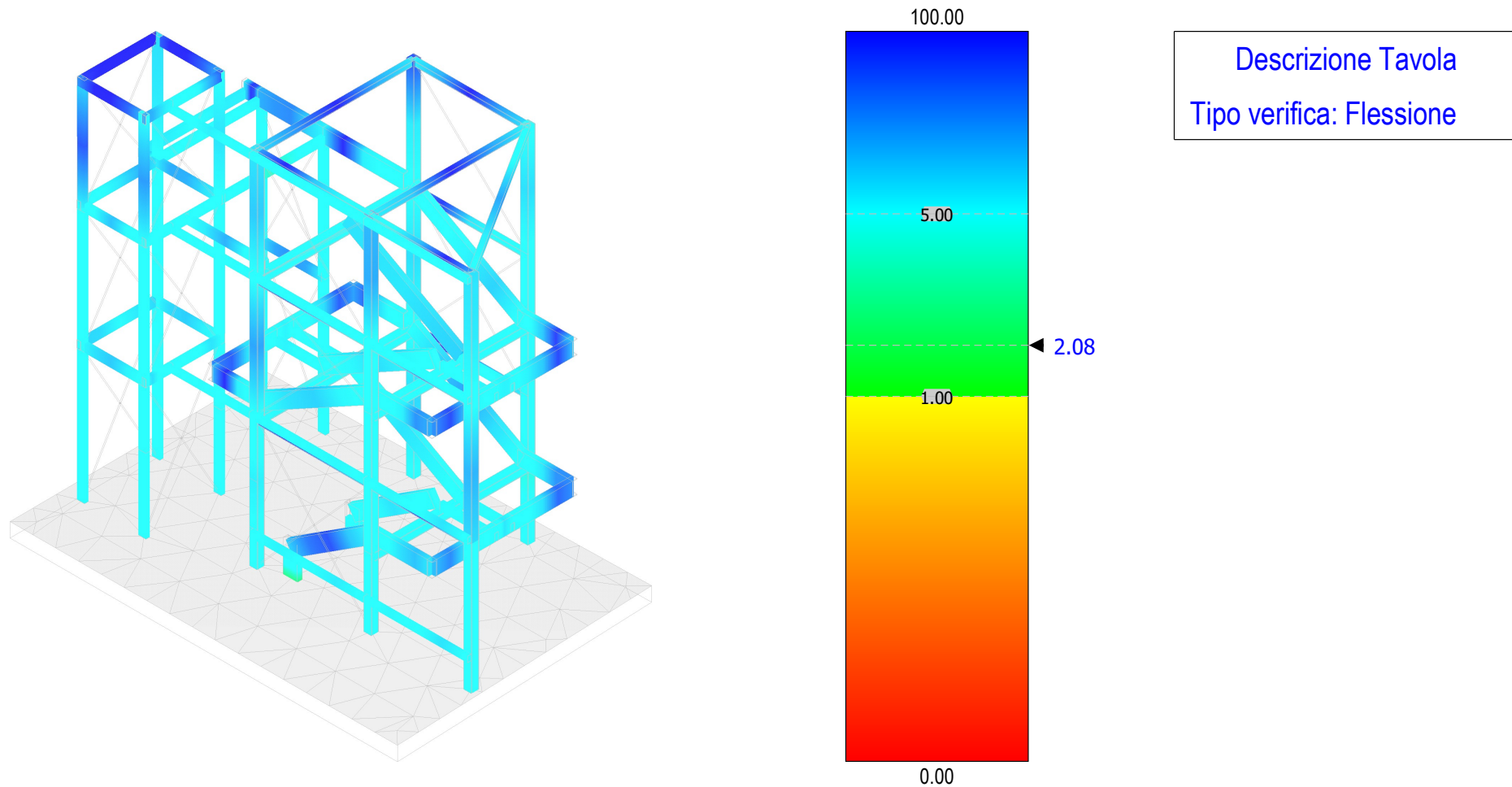




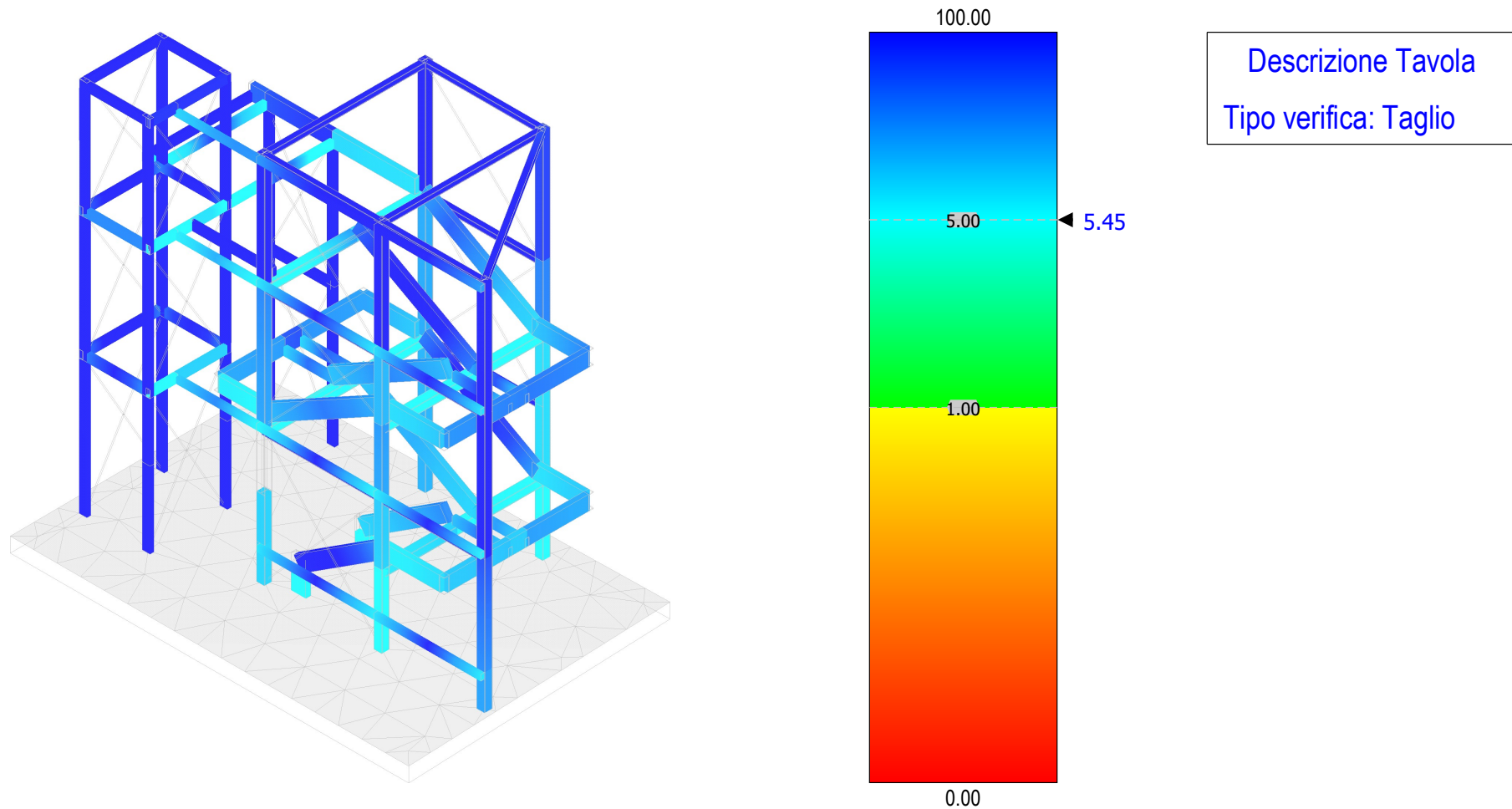
## Sollecitazioni Pilastri, Travi e Winkler - Momento Flettente



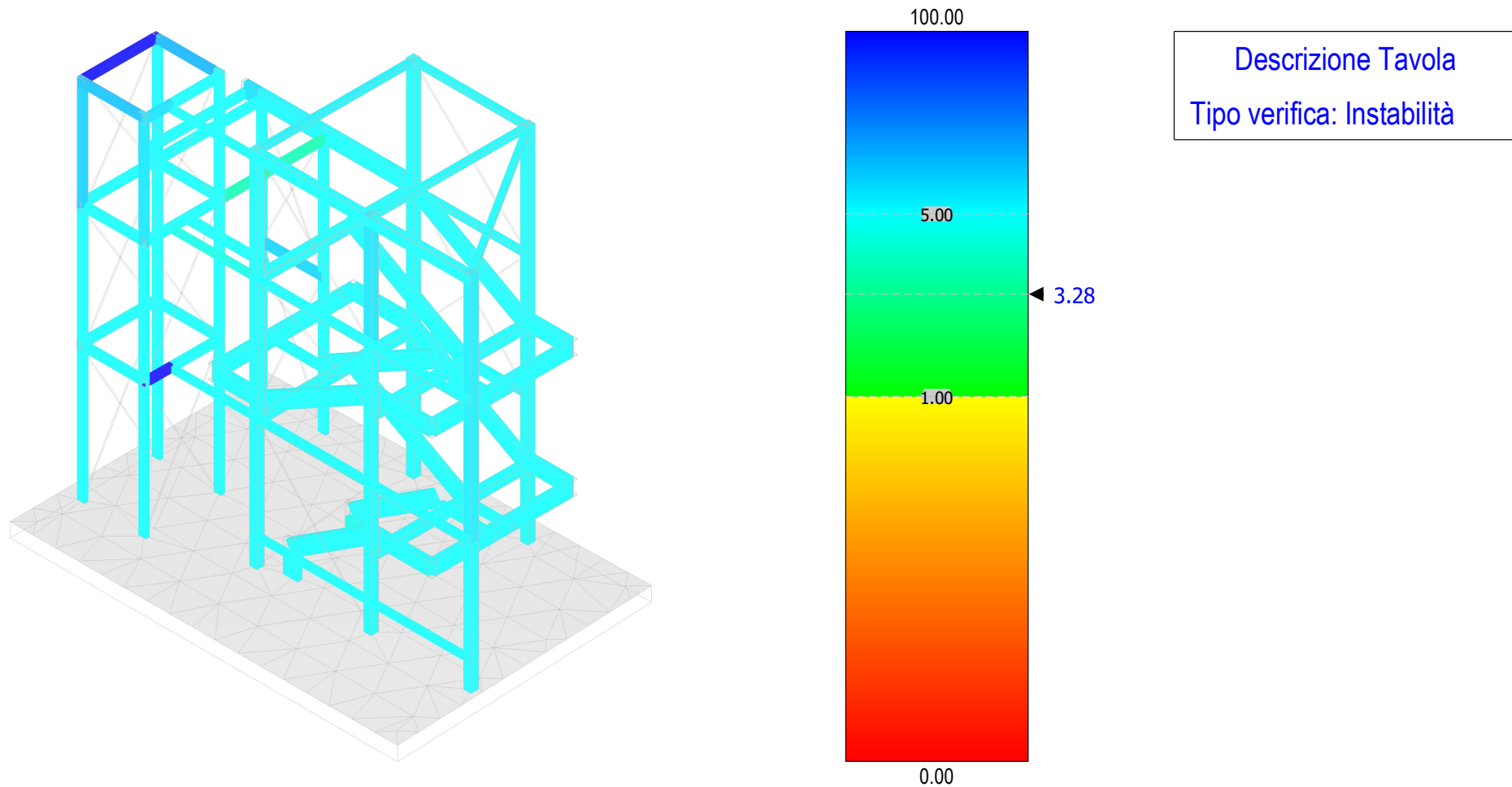
## Coefficienti di Sicurezza



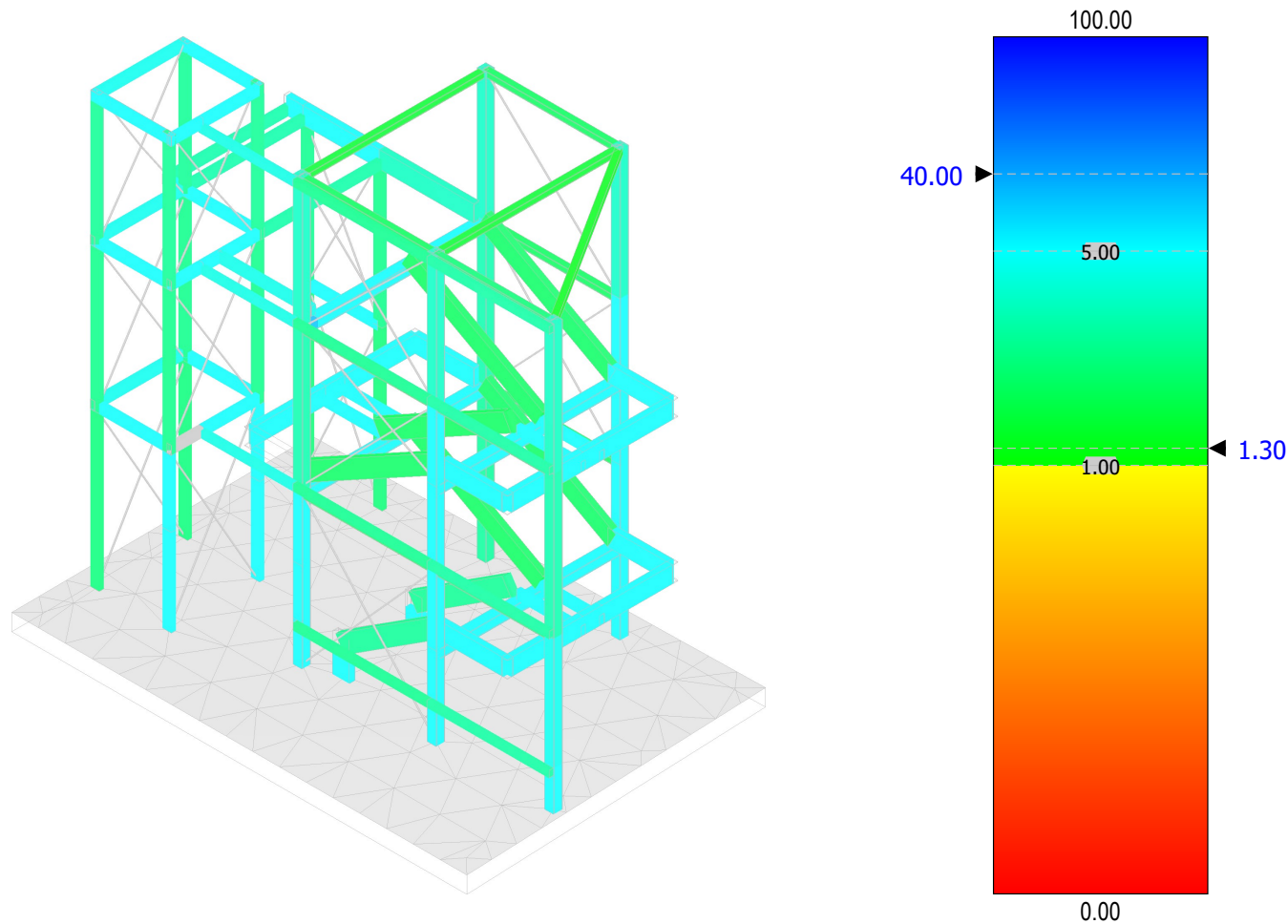
## Coefficienti di Sicurezza



## Coefficienti di Sicurezza



## Coefficienti di Sicurezza



Descrizione Tavola  
Tipo verifica: Snellezza