

# COMUNE DI VERRONE



PROVINCIA DI BIELLA

## RESTAURO CONSERVATIVO DI UNA PARTE DEL CASTELLO DI VERRONE DA ADIBIRSI A NUOVA SEDE DEL MUNICIPIO.

**RESTAURO E RIPRISTINO FUNZIONALE DELL'ADDIZIONE  
OTTOCENTESCA AD USO UFFICI, ARCHIVIO E DEPOSITI.  
II° LOTTO**

### PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

### RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA VERIFICA STRUTTURALE

#### RIFERIMENTI DOCUMENTO

| DOCUMENTO |                              | PAGINE               | DATA                 |
|-----------|------------------------------|----------------------|----------------------|
| <b>04</b> | <b>CUP – H44F18000050004</b> | <b>63 + allegati</b> | <b>Dicembre 2018</b> |

|               |               |                                            |                 |                 |                  |
|---------------|---------------|--------------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 2 - Revisione | Dicembre 2018 | Aggiornamento                              | Ing. E. Giletti | Ing. E. Giletti | Arch. N. Poletti |
| 1 - Revisione | Novembre 2018 | Parere Soprintendenza e revisione generale | Ing. E. Giletti | Ing. E. Giletti | Arch. N. Poletti |
| 0 - Emissione | Luglio 2018   |                                            | Ing. E. Giletti | Ing. E. Giletti | Arch. N. Poletti |
| REVISIONE N°  | DATA          | DESCRIZIONE REVISIONE                      | REDATTO         | APPROVATO       | AUTORIZZATO      |

#### DATI PROGETTISTA

STUDIO G.P. S.a.s.  
Arch. Maria Nefeli Poletti - Ing. Emanuele Giletti  
Str. Superga n. 136 – 10132 Torino  
Tel.: 011 8997408  
e-mail: [studio.gpsas@tin.it](mailto:studio.gpsas@tin.it)

Collaboratori: Geom. Davide Segà  
Geom. Sara Pasotto

## INDICE

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. PREMESSA.....                                                               | 3         |
| 2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....                                                  | 5         |
| 3. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE .....                                 | 7         |
| 3.1 Muratura portante .....                                                    | 7         |
| 3.2 Solai .....                                                                | 8         |
| 3.2.1 Solaio A in legno.....                                                   | 8         |
| 3.2.2 Solaio B in acciaio .....                                                | 10        |
| 3.3 Copertura in legno .....                                                   | 12        |
| 3.4 Scala in legno .....                                                       | 13        |
| 4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI IN PROGETTO.....                   | 14        |
| 5. DATI GENERALI.....                                                          | 14        |
| 6. PARAMETRI DEI MATERIALI UTILIZZATI .....                                    | 15        |
| 7. PARAMETRI DEL TERRENO .....                                                 | 16        |
| 8. AZIONI E CARICHI SULLA STRUTTURA.....                                       | 16        |
| 8.1 Combinazioni SLU statica.....                                              | 19        |
| 8.2 Combinazioni SLE caratteristica.....                                       | 20        |
| 8.3 Combinazione SLE frequente.....                                            | 20        |
| 8.4 Combinazione SLE quasi permanente .....                                    | 20        |
| 8.5 Combinazione SISMICA .....                                                 | 20        |
| 8.6 ANALISI DEI CARICHI.....                                                   | 20        |
| 8.7 Classi di durata del carico .....                                          | 21        |
| 8.8 Classe di servizio .....                                                   | 22        |
| 9. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....                                    | 23        |
| 9.1 Consolidamento solaio esistente in acciaio (soluzione non adottata) .....  | 23        |
| 9.2 Nuovo solaio in legno (solaio A).....                                      | 27        |
| 9.3 Nuovo solaio in legno (solaio B).....                                      | 38        |
| 9.4 Struttura di sostegno del controsoffitto .....                             | 47        |
| 9.5 Nuova scala in acciaio .....                                               | 56        |
| 10. SOFTWARE DI CALCOLO .....                                                  | 63        |
| 11. CONCLUSIONE .....                                                          | 63        |
| <b>Allegato 1 – Descrizione del software ed esempi di calcolo svolti .....</b> | <b>64</b> |

## 1. PREMESSA

Gli interventi previsti dal presente progetto di restauro e ripristino funzionale interessano una porzione del Castello di Verrone, la cosiddetta “Addizione Ottocentesca”, al fine di ricavare al piano terra ed al primo piano la sede degli operai/cantonieri in forza al Comune di Verrone ed alcuni locali funzionali per la loro attività. Di seguito si riporta una vista aerea con la localizzazione del fabbricato in oggetto:



Attualmente la porzione di fabbricato in oggetto è formata da piano terra e primo piano con struttura portante verticale in muratura mista di pietrame e orizzontamenti in legno per il solaio intermedio verso est (sup. circa 22 mq) e in acciaio e riempimento in mattoni pieni per il solaio intermedio verso ovest (sup. 33 mq circa); la copertura, a vista, ha struttura portante in legno (capriate, arcarecci e puntoni) e manto in coppi ed è stata oggetto di rifacimento nell'anno 1998. Il collegamento tra piano terra e primo piano è realizzato mediante una scala in legno disposta addossata al muro verso est. L'utilizzazione prevalente di tale porzione di castello è stata quella agricola.

Gli interventi di carattere strutturale previsti nel presente progetto consistono nel rifacimento del solaio in legno esistente tra piano terra e primo piano, che si presenta in avanzato stato di degrado tanto nella struttura portante quanto nell'assito, nella realizzazione di un collegamento funzionale (scala con

struttura portante in acciaio) tra il piano terra ed il piano primo addossato al muro posto sul fronte nord in corrispondenza del solaio in acciaio e nella ricostruzione del solaio in acciaio e soletta in cemento armato. Quest'ultima scelta è stata operata in quanto il consolidamento del solaio esistente, in acciaio (profili NP100) e riempimento in mattoni pieni, non avrebbe garantito la portanza necessaria dei carichi previsti dall'attuale normativa; infatti il sovraccarico accidentale dopo il consolidamento sarebbe stato inferiore a 1,00 kN/mq, molto minore di quello previsto dalla norma per civile abitazione. Pertanto, per aumentarne la portanza, nel presente progetto si prevede il completo rifacimento del solaio esistente con l'impiego di una struttura portante analoga a quella esistente (travi in acciaio interessate di 80 cm e soletta di completamento).

Ai fini della normativa sismica vigente (NTC 2018), gli interventi di carattere strutturale in progetto sono classificabili come intervento di “**riparazione o intervento locale**” (rif. Par. 8.4.1 delle NTC18) che non producono sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme ma che comportano un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti dal momento che attualmente la struttura portante risulta ammalorata e presenta cedimenti localizzati. Come previsto dalla norma (rif. Par. C.8.4.3 della Circolare applicativa), il rinforzo e la sostituzione di porzioni di solaio rientrano nella categoria di riparazione o intervento locale purché, come nel caso oggetto della presente relazione, non comportino una variazione significativa di rigidezza nel proprio piano né un aumento dei carichi verticali statici. Inoltre gli interventi su entrambe le tipologie di solaio (legno e acciaio) prevedono la realizzazione di connessioni tra solaio e pareti portanti perimetrali con significativo miglioramento anche del comportamento globale della struttura, particolarmente rispetto alle azioni sismiche.

Ai sensi della normativa della Regione Piemonte D.G.R. 65-7656 del 21/05/2014, tali interventi **NON** sono soggetti a “denuncia e autorizzazione preventiva” prima dell’inizio dei lavori ai sensi degli artt. 93 e 94 del D.P.R. 380/2001, trattandosi di interventi relativi agli edifici strategici di cui al punto 1.1 lettera c) dell’Allegato 1 (edifici destinati a sedi di Amministrazioni Comunali) ma relativi a porzione di edificio che non è destinata a ospitare funzioni/attività connesse con la gestione dell’emergenza (sede degli operai/cantonieri). Di seguito si riporta l’estratto dell’allegato 1 della norma regionale:

## **Allegato 1 Definizione di edifici ed opere infrastrutturali strategiche e rilevanti**

### **1 Edifici ed opere infrastrutturali strategiche**

Oltre alle categorie individuate nell'Elenco A dell'Allegato 1 del Decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri 21/10/2003, sono indicate le tipologie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

#### **1.1 Edifici**

Edifici in tutto o in parte ospitanti funzioni di comando, supervisione e controllo, sale operative, strutture ed impianti di trasmissione, banche dati, strutture di supporto logistico per il personale operativo (alloggiamenti e vettovagliamento), strutture adibite all'attività logistica di supporto alle operazioni di protezione civile (stoccaggio, movimentazione, trasporto), strutture per l'assistenza e l'informazione alla popolazione, strutture e presidi ospedalieri, il cui utilizzo abbia luogo da parte dei seguenti soggetti istituzionali:

- a. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione Regionale (\*)
- b. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (\*)
- c. Edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (\*)
- d. Edifici destinati a sedi di comunità montane (\*)
- e. Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, A.R.P.A., Volontariato ecc.)
- f. Centri funzionali a supporto delle attività di Protezione Civile
- g. Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- h. Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotate di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- i. Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (\*)
- j. Centrali operative 118
- k. Asili Nido e Scuole di ogni ordine e grado, esclusivamente nei casi in cui sono individuate dai Piani di Protezione Civile comunale, quali strutture idonee alla gestione dell'emergenza.

(\*) limitatamente agli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza

## **2. RIFERIMENTI NORMATIVI**

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

### **Normativa nazionale**

- *OPCM 20 marzo 2003 n. 3274*  
"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica";
- *OPCM 2 ottobre 2003 n. 3316*  
"Modifiche e integrazioni all'OPCM n.3274/2003";
- *OPCM 3 maggio 2005 n. 3431*  
"Ulteriori modifiche e integrazioni all'OPCM n.3274/2003";
- *OPCM 28 aprile 2006 n. 3519*  
"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- *Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018*  
"Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni", pubblicato sul S.O. alla G.U. n° 42 del 20 febbraio 2018;

- *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617*

“Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)”.

## **Normativa regionale**

- *Regione Piemonte - DGR 19 gennaio 2010 n. 11-13058*

“Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (OPCM n. 3274/2003 e OPCM n. 3519/2006)”;

- *Regione Piemonte - DGR 12 dicembre 2011 n. 4-3084*

“DGR n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese”;

- *Regione Piemonte - DGR 21 maggio 2014 n. 65-7656*

“Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del DPR 6 giugno 2001 n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con DGR 12 dicembre 2011 n. 4-3084”.

### 3. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA ESISTENTE

#### 3.1 Muratura portante

La muratura portante è del tipo misto in pietrame e mattoni pieni, intonacata verso l'interno, con spessori variabili e pari a circa 55 cm per le murature esterne e per quella lato ovest, pari a 70 cm circa per quella lato est e pari a 45 cm circa per quella intermedia di spina.

Nel locale presente a est la muratura si presenta in discrete condizioni con fessurazioni localizzate specie in corrispondenza dei voltini delle aperture e delle nicchie. Nel locale a ovest sono presenti significativi distacchi di intonaco dai quali emerge la sconnessione localizzata del paramento con disgregazione dei giunti e assenza di alcuni elementi lapidei.



*Muratura portante lato ovest*

Nel presente progetto è quindi previsto il recupero delle murature, ove necessario, mediante rimozione delle parti deteriorate e incoerenti, ripristino degli elementi lapidei mancanti, chiusura cucì-scucì di piccoli vani con malta idonea per l'incassamento in profondità e stilatura dei giunti in malta di calce idraulica naturale, il tutto al fine di ripristinare la continuità strutturale.

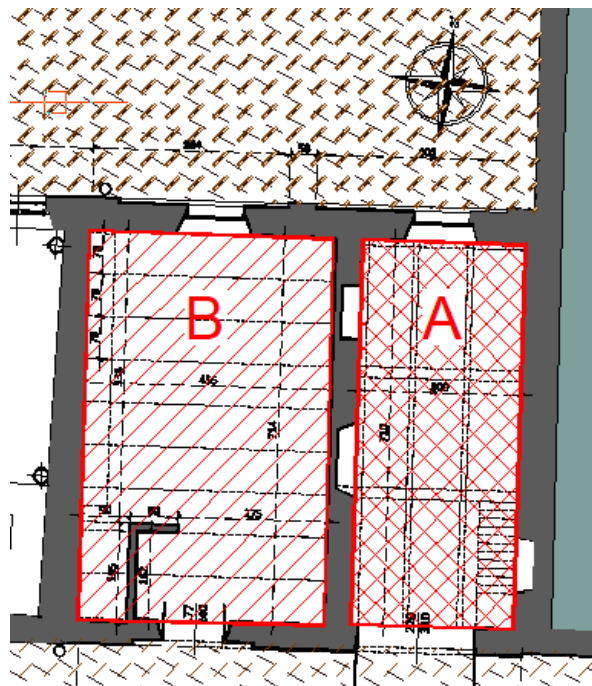
All'esterno la muratura portante si presenta invece in buone condizioni di conservazione senza evidenza di lesioni o distacchi; nel presente progetto non è quindi previsto alcun intervento sulle facciate.

Sono inoltre previsti interventi localizzati sulle lesioni presenti su spallette e voltini.

## 3.2 Solai

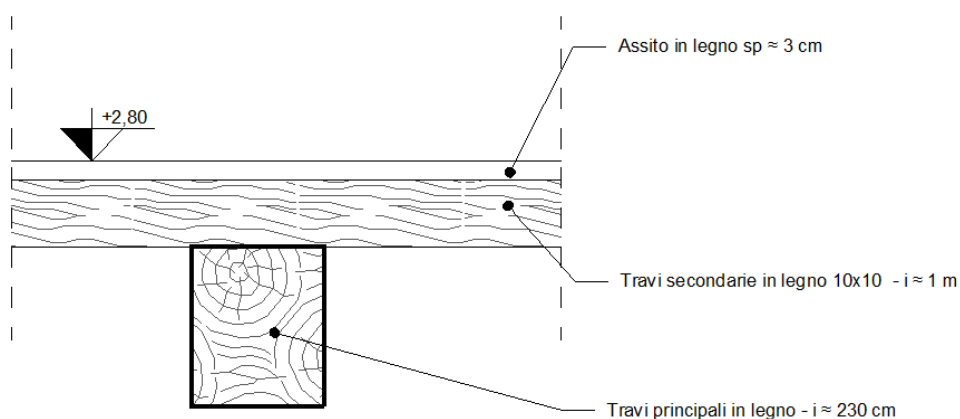
All'interno del fabbricato oggetto d'intervento è presente, oltre alla copertura, un unico orizzontamento tra il piano terra e il piano primo realizzato con due tipologie costruttive:

- solaio A (verso est) in legno;
- solaio B (verso ovest) in acciaio e riempimento in mattoni pieni.



### 3.2.1 Solaio A in legno

Il solaio A in legno è costituito da travi principali disposte lungo il lato corto del solaio e interessate a circa 240 cm sulle quali poggiano ortogonalmente travi secondarie interassate a 100 cm circa; il piano di calpestio è realizzato con assito di spessore pari a circa 3 cm.



Tale solaio presenta un avanzato stato di degrado tanto nella struttura portante (travi principali e secondarie) quanto nell'assito con locali sfondamenti e riduzioni della sezione resistente come da documentazione fotografica seguente:



*Solaio A – vista verso sud*

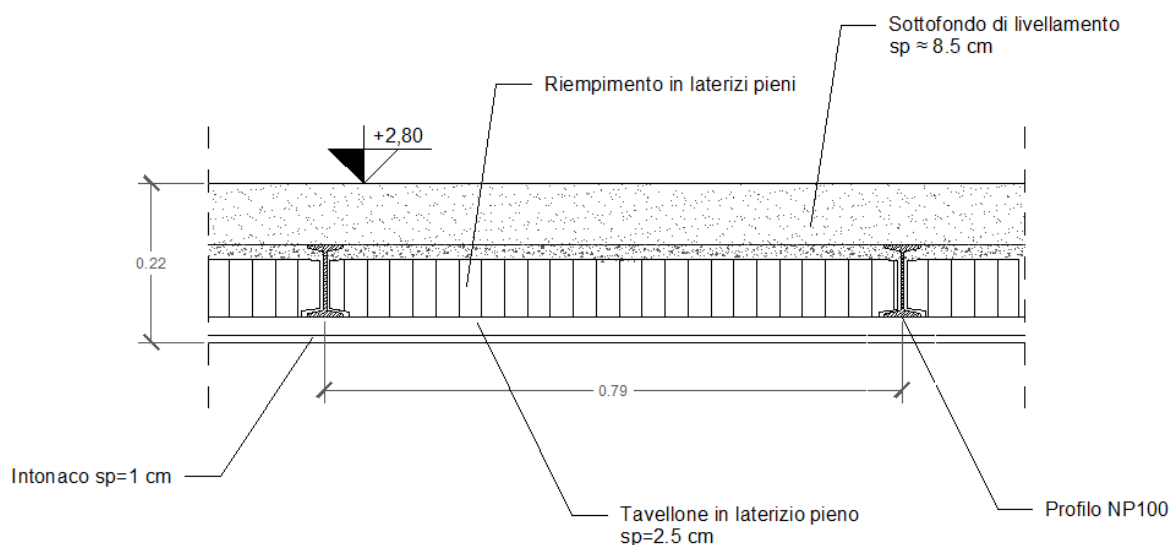


*Solaio A – vista verso nord*

Dato il pessimo stato di conservazione, nel presente progetto è previsto il completo rifacimento di tale solaio con struttura portante del tutto analoga a quella esistente.

### 3.2.2 Solaio B in acciaio

Il solaio B è costituito da profilati in acciaio tipo NP100 posti lungo il lato corto ad interasse di 79 cm, tavellone inferiore in laterizio pieno intonacato all'intradosso e riempimento fra le travi realizzato con laterizi pieni; il solaio si completa con un sottofondo di livellamento dello spessore di circa 8,5 cm.



Tale solaio si presenta in discrete condizioni pur manifestando fessurazioni continue dell'intonaco in corrispondenza delle travi in acciaio:



*Solaio B – vista verso nord*



*Solaio B – particolare vista verso nord-ovest*



*Solaio B – particolare stratigrafia intradosso (intonaco+tavellone+ala inferiore NP100)*

Come evidenziato nei paragrafi successivi, la struttura portante del solaio esistente, anche a fronte di un intervento di consolidamento, assicura la portanza per un sovraccarico accidentale massimo di 1,00 kN/mq, inferiore a quello di civile abitazione. Per aumentarne la portanza nel presente progetto si prevede il completo rifacimento del solaio esistente con l'impiego di una struttura portante analoga a quella esistente (travi in acciaio interessate di 80 cm e soletta di completamento).

### 3.3 Copertura in legno

La copertura a doppia falda, a vista, ha struttura portante in legno (capriate, arcarecci e puntoni) e manto in coppi ed è stata oggetto di rifacimento nell'anno 1998. Le capriate, interessate a circa 330 cm, poggiano a ciascuna estremità su un cordolo perimetrale in cemento armato di dimensioni pari a circa 50x25cm.



Nel presente progetto non sono previsti interventi sulla struttura portante della copertura ma si procederà unicamente alla ripassatura del manto in coppi previa interposizione di lastre di sottocopertura ondulate (peso pari a circa 5 kg/mq) per rendere più efficace la ventilazione e l'impermeabilizzazione del tetto, senza incrementare significativamente i carichi permanenti agenti sulla struttura.

E' prevista inoltre la realizzazione di una controsoffittatura REI 120 a separazione dei nuovi locali dal tetto, con struttura portante costituita da profilati in acciaio IPE160 posti ad interasse di 100 cm e appoggiati alle estremità all'estradosso dei cordoli perimetrali esistenti su cui già poggiano le capriate di copertura.

### 3.4 Scala in legno

Attualmente il collegamento tra piano terra e piano primo è realizzato mediante una scala in legno posta in adiacenza alla muratura di confine sul lato est. Tale scala è inutilizzabile sia perché manca il tratto di collegamento al piano di calpestio del piano terra sia perché la sua struttura versa in pessime condizioni di conservazione.



Nel presente progetto è quindi prevista l'eliminazione di tale scala e la creazione di un nuovo collegamento verticale con rampante con struttura portante in acciaio e gradini in legno, da realizzarsi in adiacenza alla muratura sul fronte nord.

#### 4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI STRUTTURALI IN PROGETTO

Dal punto di vista strutturale, visto il pessimo stato di conservazione delle strutture esistenti degli orizzontamenti, si prevede la demolizione e la completa ricostruzione del solaio del piano primo e la creazione di una nuova scala di collegamento tra piano terra e piano primo. Gli interventi strutturali in progetto consistono quindi in:

- 1) nuovo solaio in legno e calcestruzzo (solaio A)
- 2) nuovo solaio in legno e calcestruzzo (solaio B)
- 3) struttura di sostegno del nuovo controsoffitto
- 4) nuova scala in acciaio.

#### 5. DATI GENERALI

In questo paragrafo si riportano le caratteristiche generali relative all'opera, alla località di ubicazione ed i dati anagrafici dei soggetti coinvolti nell'intervento.

##### 3.1 Caratteristiche

|                                  |                                                                                                            |                                 |                                 |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| <b>Nome Progetto:</b>            | Restauro e ripristino funzionale dell'addizione ottocentesca ad uso uffici, archivio e depositi. li° lotto |                                 |                                 |
| <b>Tipologia opera:</b>          | Solaio in legno, solaio e scala in acciaio                                                                 | <b>Tipologia di intervento:</b> | Riparazione o intervento locale |
| <b>Normativa di riferimento:</b> | Stati limite Norme Tecniche 2018                                                                           |                                 |                                 |

##### 3.2 Località

|                                      |                   |                                    |          |
|--------------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------|
| <b>Comune:</b>                       | VERRONE           | <b>Provincia:</b>                  | BI       |
| <b>Indirizzo:</b>                    | Via Castello n. 2 |                                    |          |
| <b>Longitudine:</b>                  | 45,5026 °         | <b>Latitudine:</b>                 | 8,1173 ° |
| <b>Altitudine:</b>                   | 270 m s.l.m.      |                                    |          |
| <b>Zona sismica</b>                  | 4                 | Bassa sismicità                    |          |
| <b>Classe d'uso dell'edificio</b>    | IV                | Costruzioni con funzioni pubbliche |          |
| <b>Vita nominale della struttura</b> | ≥ 50 anni         |                                    |          |

##### 3.3 Soggetti coinvolti

|                               |                                                     |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>Progettista strutture:</b> | Ing. Emanuele GILETTI - Via Addis Abeba, 5 - Biella |
| <b>Progettista opera:</b>     | Ing. Emanuele GILETTI - Via Addis Abeba, 5 - Biella |
| <b>Direttore dei lavori:</b>  | Ing. Emanuele GILETTI - Via Addis Abeba, 5 - Biella |
| <b>Impresa:</b>               | da definire                                         |
| <b>Proprietà:</b>             | Comune di Verrone – Via Castello n.2 – Verrone (BI) |

## 6. PARAMETRI DEI MATERIALI UTILIZZATI

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 del Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

| Legno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nome: <b>C24</b><br>Tipo: Legno massiccio<br>Descrizione: UNI EN 14080: 2013                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Tipologia del materiale: legno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Caratteristiche del legno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Resistenza caratteristica media a flessione $f_{mk}$ : 24,0 N/mm <sup>2</sup><br>Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare $f_{t90k}$ : 0,4 N/mm <sup>2</sup><br>Resistenza caratteristica a compress. perpendicolare $f_{c90k}$ : 2,5 N/mm <sup>2</sup><br>Modulo Elastico parallelo medio $E_{0m}$ : 11.000 N/mm <sup>2</sup><br>Modulo Elastico parallelo caratteristico $E_{0.05}$ : 7.400 N/mm <sup>2</sup><br>Densità $\rho$ : 350 kg/m <sup>3</sup> | Resistenza caratteristica a trazione parallela $f_{t0k}$ : 14,0 N/mm <sup>2</sup><br>Resistenza caratteristica a compressione parallela $f_{c0k}$ : 21,0 N/mm <sup>2</sup><br>Resistenza caratteristica a taglio $f_{vk}$ : 4,0 N/mm <sup>2</sup><br>Modulo Elastico perpendicolare medio $E_{90m}$ : 370 N/mm <sup>2</sup><br>Modulo Elastico tangenziale medio $G_m$ : 690 N/mm <sup>2</sup><br>Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 0 |

| Calcestruzzo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nome: <b>C25/30</b><br>Classe di resistenza: C25/30<br>Descrizione:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Tipologia del materiale: calcestruzzo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Caratteristiche del calcestruzzo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Densità $\rho$ : 2.453 daN/m <sup>3</sup><br>Resistenza caratteristica cilindrica a compressione $f_{ck}$ : 24,9 daN/cm <sup>2</sup><br>Resistenza media a trazione semplice $f_{ctm}$ : 25,6 daN/cm <sup>2</sup><br>Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 5% $f_{ctk,5}$ : 17,9 daN/cm <sup>2</sup><br>Modulo Elastico $E_{cm}$ : 300.450,9 daN/cm <sup>2</sup><br>Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 1E-05<br>Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo $\gamma_c$ : 1,5<br>Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% $f_{ctd,5}$ : 11,9 daN/cm <sup>2</sup> | Resistenza caratteristica cubica a compressione $R_{ck}$ : 300,0 daN/cm <sup>2</sup><br>Resistenza cilindrica media $f_{cm}$ : 329,0 daN/cm <sup>2</sup><br>Resistenza media a flessione $f_{cfm}$ : 30,7 daN/cm <sup>2</sup><br>Resistenza caratt. trazione semplice, frattile 95% $f_{ctk,95}$ : 33,3 daN/cm <sup>2</sup><br>Coefficiente di Poisson $\nu$ : 0,20<br>Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione $\alpha_{cc}$ : 0,85<br>Resistenza a compressione di progetto $f_{cd}$ : 141,1 daN/cm <sup>2</sup><br>Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% $f_{ctd,95}$ : 22,2 daN/cm <sup>2</sup> |

| Acciaio per cemento armato                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nome: <b>B450C</b><br>Descrizione:                                                                                                                                                                                                           | Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato                                                                                                                                  |
| Caratteristiche dell'acciaio                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                      |
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : 4.500,0 daN/cm <sup>2</sup><br>Modulo elastico $E_S$ : 2.060.000,0 daN/cm <sup>2</sup><br>Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$ : 67,5 %<br>Coefficiente di omogeneizzazione $n$ : 15 | Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio $\gamma_s$ : 1,15<br>Densità $\rho$ : 7.651,800 daN/m <sup>3</sup><br>Tensione ammissibile $\sigma_s$ : 2.600,0 daN/cm <sup>2</sup> |

|                                                                                 |                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Acciaio per strutture metalliche                                                |                                                           |
| Nome: « <b>nomemat</b> »                                                        | Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche |
| Descrizione: «Descmat»                                                          |                                                           |
| Caratteristiche dell'acciaio                                                    |                                                           |
| Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$ : «FYK»                         | Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$ : «FTK»       |
| Modulo elastico $E_s$ : «ES»                                                    | Modulo di elasticità trasversale $G$ : «G»                |
| Coefficiente di Poisson $\nu$ : « <b>NUacciaio</b> »                            | Densità $\rho$ : « $\rho_0$ »                             |
| Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : « <b>Alfaacciaio</b> » | Tensione ammissibile $\sigma_s$ : «SigmaAmm»              |

## Connettori a piolo in acciaio

Tipo CTF 12/40

Gambo  $\phi 12$  mm in acciaio speciale C4C (secondo EN10263- 2: 2003)

Piastra di base rettangolare 38 x 54 x sp 4 mm in FE DD11 (secondo EN10111)

Chiodi tipo Spit HSB R14 in acciaio al carbonio per fissaggi su acciai: resistenza ultima a trazione: 2300 N/mm<sup>2</sup> - limite di elasticità: 1600 N/mm<sup>2</sup>.

## 7. PARAMETRI DEL TERRENO

Per la definizione delle caratteristiche del terreno si fa riferimento alla relazione geologica che il Dott. Lesca ha predisposto nel luglio 2014 per il I° lotto dei lavori di restauro del Castello; tale lotto è adiacente a quello oggetto del presente progetto e pertanto le caratteristiche geologico-geotecniche sono identiche.

Categoria di sottosuolo: B

Amplificazione topografica: T1

Peso di volume medio:  $\gamma = 19$  kN/m<sup>3</sup>

Angolo di resistenza al taglio:  $\varphi = 29,8^\circ$

## 8. AZIONI E CARICHI SULLA STRUTTURA

Con riferimento al paragrafo 2.5.1.3 delle NTC 2018, le azioni che investono la struttura sono classificate in relazione alla durata della loro presenza nell'arco della vita di progetto come:

- *permanenti* (G): azioni con sufficiente approssimazione costanti nel tempo, tra le quali:
  - peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- *variabili* (Q): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo:
  - di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

- di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

- *sismiche* (E): azioni derivanti dai terremoti.

L'effetto delle azioni viene valutato ai fini delle verifiche con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite, secondo diverse combinazioni:

- **Combinazione fondamentale SLU** dei carichi, impiegata per gli stati limite ultimi (nei risultati SLU statica)

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione caratteristica CA rara**, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili (nei risultati SLE rara)

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione frequente FR**, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili (nei risultati SLE frequente)

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione quasi permanente QP**, impiegata per gli effetti a lungo termine (nei risultati SLE quasi permanente)

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

- **Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (nei risultati SLU sisma)

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

Nella verifica allo stato limite ultimo si distinguono le combinazioni **EQU**, **STR** e **GEO** (cfr NTC 2018 § 2.6.1), rispettivamente definite come:

stato limite di equilibrio EQU, che considera la struttura ed il terreno come corpi rigidi; stato limite di resistenza della struttura STR, da riferimento per tutti gli elementi strutturali, e stato limite di resistenza del terreno GEO.

Nelle verifiche STR e GEO 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 complessiva, nell'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale.

Coefficienti parziali per le azioni [cfr. NTC 2018 Tabella 2.6.I].

|                                    |             | Coefficiente<br>$\gamma_f$ | EQU | STR | GEO |
|------------------------------------|-------------|----------------------------|-----|-----|-----|
| Carichi permanenti                 | Favorevoli  | $\gamma_{G1}$              | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
|                                    | Sfavorevoli |                            | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali | Favorevoli  | $\gamma_{G2}$              | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
|                                    | Sfavorevoli |                            | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Carichi variabili                  | Favorevoli  | $\gamma_{Qi}$              | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
|                                    | Sfavorevoli |                            | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

Le Norme Tecniche prescrivono i valori dei coefficienti  $\psi$  in dipendenza dalle caratteristiche della funzione di ripartizione di ciascuna azione: si ammette infatti che, assieme alle azioni permanenti, esistano combinazioni di azioni in cui una sola azione è presente al valore caratteristico mentre le altre hanno intensità ridotte  $\psi_0 Q_k$ .

Le categorie di azioni variabili ed i rispettivi coefficienti di combinazione utilizzati nell'applicazione dei carichi al modello sono riportati nella tabella seguente:

| Destinazione d'uso/azione                       | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|-------------------------------------------------|----------|----------|----------|
| Permanenti                                      | 1,00     | 1,00     | 1,00     |
| Permanenti non strutturali                      | 1,00     | 1,00     | 1,00     |
| Categoria A (domestici e residenziali)          | 0,70     | 0,50     | 0,30     |
| Categoria B (uffici)                            | 0,70     | 0,50     | 0,30     |
| Categoria C (aree di congresso)                 | 0,70     | 0,70     | 0,60     |
| Categoria D (aree di acquisto)                  | 0,70     | 0,70     | 0,60     |
| Categoria E (magazzini, Archivi, scale)         | 1,00     | 0,90     | 0,80     |
| Categoria F (Peso veicoli $\leq 30\text{kN}$ )  | 0,70     | 0,70     | 0,60     |
| Categoria G (Peso veicoli $\leq 160\text{kN}$ ) | 0,70     | 0,50     | 0,30     |
| Categoria H (tetti)                             | 0,00     | 0,00     | 0,00     |
| Carichi da Neve                                 | 0,70     | 0,50     | 0,20     |
| Carichi da Neve sotto 1000m                     | 0,50     | 0,20     | 0,00     |
| Carichi da Vento                                | 0,60     | 0,20     | 0,00     |
| Variazioni Termiche                             | 0,60     | 0,50     | 0,00     |

## Progetto in condizione statica

Il progetto degli elementi è condotto considerando i risultati di ciascuna combinazione delle azioni di calcolo in condizione statica, ovvero vengono considerati ed involuppati i risultati massimi e minimi delle seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale SLU
- Combinazione SLE caratteristica rara
- Combinazione SLE frequente
- Combinazione SLE quasi permanente

Per ciascuna combinazione elencata vengono valutate le distinte configurazioni di carico distinguendo i diversi gruppi di carico e considerando tutte le possibili varianti secondo i metodi del calcolo combinatorio ottenendo così  $2^n + 1$  combinazioni, dove 'n' coincide con il numero di carichi accidentali considerati nell'analisi, qui di seguito un esempio esplicativo.

Carico permanente P

Carico accidentale residenziale A

Le combinazioni dedotte sono:

P solo carico permanente

P A carico permanente + carico accidentale A

Inoltre per le combinazioni SLU e SLE caratteristica vengono individuate in aggiunta le permutazioni di tali configurazioni aventi di volta in volta un carico accidentale principale differente fra quelli considerati, qui di seguito un esempio esplicativo.

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Carico permanente               | P  |
| Carico accidentale residenziale | A1 |
| Carico accidentale tipo neve    | A2 |
| Carico accidentale tipo vento   | A3 |

Le combinazioni dedotte sono:

|            |                                                                                                        |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P          | solo carico permanente                                                                                 |
| P A1       | carico permanente + carico accidentale A1                                                              |
| P A2       | carico permanente + carico accidentale A2                                                              |
| P A3       | carico permanente + carico accidentale A3                                                              |
| P A1 A2    | carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2                         |
| P A2 A1    | carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale)                         |
| P A1 A3    | carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A3                         |
| P A3 A1    | carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A3 (principale)                         |
| P A2 A3    | carico permanente + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3                         |
| P A3 A2    | carico permanente + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale)                         |
| P A1 A2 A3 | carico permanente + carico accidentale A1 (principale) + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 |
| P A2 A1 A3 | carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 (principale) + carico accidentale A3 |
| P A3 A1 A2 | carico permanente + carico accidentale A1 + carico accidentale A2 + carico accidentale A3 (principale) |

## Progetto in condizione sismica

Per gli elementi portanti dei solai oggetto della presente relazione di calcolo ossia la struttura portante in legno o acciaio, la combinazione sismica non è dimensionante. Infatti le masse in gioco sono trascurabili rispetto ai carichi verticali e pertanto l'azione sismica orizzontale, proporzionale alle masse, non è significativa per il dimensionamento degli elementi di solaio mentre l'azione sismica verticale non viene presa in considerazione nei siti ubicati in zona sismica 4 con  $a_g < 0.05g$ .

### 8.1 Combinazioni SLU statica

- $1,3 \cdot \text{Permanenti} + 1,5 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 1,5 \cdot \text{Carichi cat. B}$

## 8.2 Combinazioni SLE caratteristica

- $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + \text{Carichi cat. B}$

## 8.3 Combinazione SLE frequente

- $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 0,5 \cdot \text{Carichi cat. B}$

## 8.4 Combinazione SLE quasi permanente

- $1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 0,3 \cdot \text{Carichi cat. B}$

## 8.5 Combinazione SISMICA

- $E + 1 \cdot \text{Permanenti} + 1 \cdot \text{Permanenti non strutturali} + 0,3 \cdot \text{Carichi cat. B}$

→ combinazione non dimensionante rispetto a quella SLU statica

## 8.6 ANALISI DEI CARICHI

La struttura è soggetta oltre che ai pesi propri anche a carichi esterni dovuti alla presenza di elementi non strutturali ed alla distribuzione di carichi permanenti e variabili legati alla funzione stessa dell'opera. Tra i carichi variabili inoltre vengono considerate le azioni del vento e della neve. Di seguito, in dettaglio la composizione delle azioni e la loro applicazione sulla struttura in esame.

### ***Pesi propri della struttura (G1)***

Sono calcolati in funzione della geometria e dei seguenti pesi specifici:

- Struttura in legno  $\gamma = 420 \text{ daN/m}^3$
- Struttura in acciaio  $\gamma = 7.850 \text{ daN/m}^3$
- Calcestruzzo  $\gamma = 2.500 \text{ daN/m}^3$

### ***Carichi permanenti non strutturali (G2)***

La stratigrafia dei solai, oltre che dalla struttura portante in legno o acciaio, è costituita da:

#### **NUOVO SOLAIO IN LEGNO (A e B)**

- Pavimento in cotto  $sp=2 \text{ cm}$  -  $\gamma = 1.500 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 30 \text{ daN/m}^2$
- Massetto alleggerito -  $sp=5 \text{ cm}$  -  $\gamma_{\text{max}} = 1.300 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 65 \text{ daN/m}^2$
- Assito in legno -  $sp=3 \text{ cm}$  -  $\gamma = 650 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 20 \text{ daN/m}^2$
- Peso proprio divisori interni ( $h=300 \text{ cm}$  -  $sp=12 \text{ cm}$ ) -  $\gamma = 800 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 120 \text{ daN/m}^2$

Totale carichi permanenti non strutturali sul solaio in legno =  $235 \text{ daN/m}^2$

## Sovraccarichi

Per i solai sia in legno che in acciaio:

**Cat. B1 – Uffici non aperti al pubblico -  $q_k = 200 \text{ daN/m}^2$**

Per la scala di collegamento tra piano terra e piano primo:

**Cat. B – Scale -  $q_k = 400 \text{ daN/m}^2$**

| Cat. | Ambienti                                                                                                                                                                                                                  | $q_k$<br>[kN/m <sup>2</sup> ]                                | $Q_k$<br>[kN] | $H_k$<br>[kN/m] |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|
| A    | Ambienti ad uso residenziale                                                                                                                                                                                              |                                                              |               |                 |
|      | Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali | 2,00                                                         | 2,00          | 1,00            |
|      | Scale comuni, balconi, ballatoi                                                                                                                                                                                           | 4,00                                                         | 4,00          | 2,00            |
| B    | Uffici                                                                                                                                                                                                                    |                                                              |               |                 |
|      | Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico                                                                                                                                                                                     | 2,00                                                         | 2,00          | 1,00            |
|      | Cat. B2 Uffici aperti al pubblico                                                                                                                                                                                         | 3,00                                                         | 2,00          | 1,00            |
|      | Scale comuni, balconi e ballatoi                                                                                                                                                                                          | 4,00                                                         | 4,00          | 2,00            |
| C    | Ambienti suscettibili di affollamento                                                                                                                                                                                     |                                                              |               |                 |
|      | Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento                                                                                                                       | 3,00                                                         | 3,00          | 1,00            |
|      | Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne                                                                                        | 4,00                                                         | 4,00          | 2,00            |
|      | Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie                                        | 5,00                                                         | 5,00          | 3,00            |
|      | Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.                                                                                                                 | 5,00                                                         | 5,00          | 3,00            |
|      | Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.                                  | 5,00                                                         | 5,00          | 3,00            |
|      | Scale comuni, balconi e ballatoi                                                                                                                                                                                          | Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni |               |                 |
|      |                                                                                                                                                                                                                           | ≥ 4,00                                                       | ≥ 4,00        | ≥ 2,00          |

## Carichi variabili da neve

Non previsti in quanto interventi strutturali all'interno del fabbricato.

## Carichi variabili da vento

Non previsti in quanto interventi strutturali all'interno del fabbricato.

## 8.7 Classi di durata del carico

Per le costruzioni in legno le azioni di calcolo devono essere assegnate a una delle classi di durata del carico di seguito elencate:

**Tab. 4.4.I - Classi di durata del carico**

| Classe di durata del carico | Durata del carico    |
|-----------------------------|----------------------|
| Permanente                  | più di 10 anni       |
| Lunga durata                | 6 mesi - 10 anni     |
| Media durata                | 1 settimana – 6 mesi |
| Breve durata                | meno di 1 settimana  |
| Istantaneo                  | --                   |

Come indicato dalla normativa vigente (NTC18) al par. 4.4.4 ai fini del calcolo si può assumere:

- il peso proprio e i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della struttura appartengono alla classe di durata permanente;
- i carichi permanenti suscettibili di cambiamenti durante il normale esercizio della struttura e i carichi variabili relativi a magazzini e depositi appartengono alla classe di lunga durata;
- i carichi variabili degli edifici, ad eccezione di quelli relativi a magazzini e depositi, appartengono alla classe di media durata;
- il sovraccarico da neve riferito al suolo  $q_{sk}$  si considera appartenente, data l'altitudine a cui sorge il sito in esame, alla classe di durata breve, così come l'azione del vento medio;
- l'azione di picco del vento e le azioni eccezionali in genere appartengono alla classe di durata istantanea.

### 8.8 Classe di servizio

I travetti oggetto della presente relazione di calcolo, essendo collocati all'interno del possono essere considerati in classe di servizio 1:

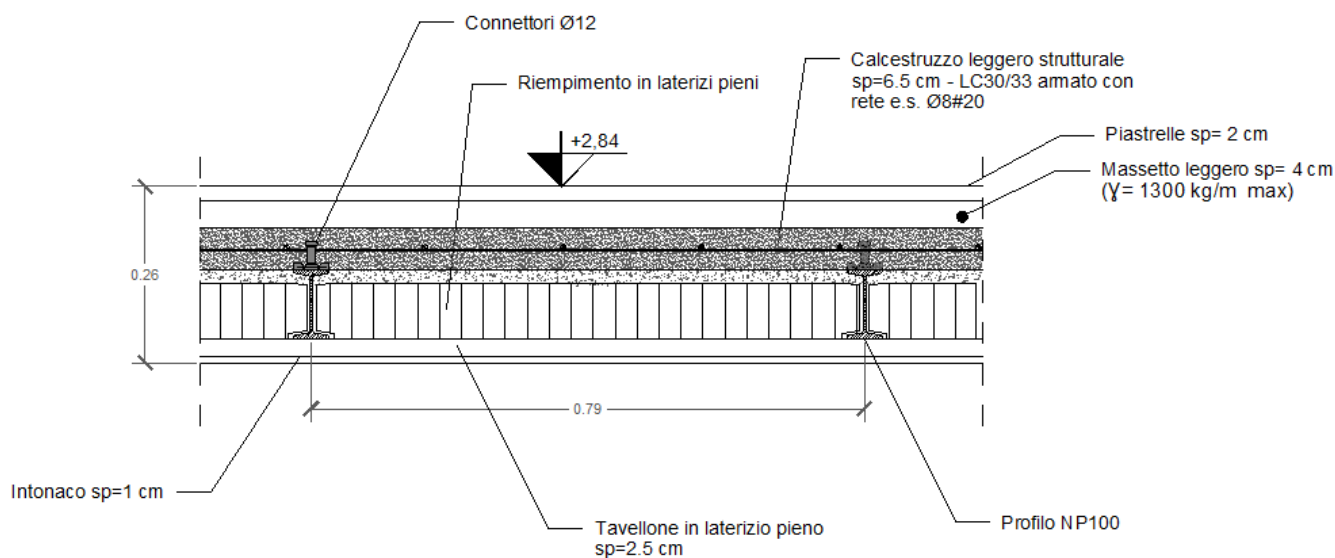
Tab. 4.4.II - Classi di servizio

|                      |                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe di servizio 1 | È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno. |
| Classe di servizio 2 | È caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20 °C e un'umidità relativa dell'aria circostante che superi l'85% solo per poche settimane all'anno.         |
| Classe di servizio 3 | È caratterizzata da umidità più elevata di quella della classe di servizio 2.                                                                                                                                |

## 9. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 9.1 Consolidamento solaio esistente in acciaio (soluzione non adottata)

Di seguito si riporta il calcolo e la verifica del solaio esistente in acciaio, nell'ipotesi di procedere con il consolidamento della struttura esistente mediante la posa di connettori sulle travi in acciaio NP100 (connettori tipo Tecnaria CTF12/40) e la realizzazione della soprastante nuova caldana in calcestruzzo leggero strutturale (LC30/33) di spessore 6,5 cm; la stratigrafia del solaio è di seguito schematizzata:



#### **Carichi permanenti non strutturali (G2)**

La stratigrafia del solaio, a seguito dell'intervento di consolidamento, oltre che dalla struttura portante con travi in acciaio e soletta collaborante in calcestruzzo leggero strutturale, è costituita da:

#### **SOLAIO IN ACCIAIO**

- Pavimento in cotto sp=2 cm -  $\gamma = 1.500 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 30 \text{ daN/m}^2$
- Massetto alleggerito - sp=4 cm -  $\gamma_{\text{max}} = 1.300 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 52 \text{ daN/m}^2$
- Riempimento in mattoni pieni - h=10 cm -  $\gamma = 1.600 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 160 \text{ daN/m}^2$
- Tavellone in laterizio pieno - sp=2.5 cm -  $\gamma = 1.600 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 40 \text{ daN/m}^2$
- Intonaco - sp=1 cm -  $\gamma = 2.000 \text{ daN/m}^3$   
 $G2 = 20 \text{ daN/m}^2$

Totale carichi permanenti non strutturali sul solaio in acciaio esistente =  $302 \text{ daN/m}^2$

La verifica della sezione composta è eseguita con il software Tecnaria. Si riportano di seguito i risultati dell'analisi:

Tecnaria SPA, via Pecori Giraldi 55, 36061 Bassano del Grappa (Vicenza), ITALY  
Tel. +39 0424.502029 - Fax +39 0424.502386 - info@tecnaria.com - www.tecnaria.com

## RELAZIONE DI CALCOLO - TRAVI MISTE ACCIAIO/CALCESTRUZZO CON CONNETTORI TECNARIA

Normativa di riferimento: NTC2008 D.M. 14-01-2008 / EN 1994-1-1:2004

Riferimento per la resistenza e la duttilità dei connettori: Approvazioni Tecniche SOCOTEC.

Versione programma: 4.0.3.4 per solai esistenti

Progetto: CASTELLO DI VERRONE - II° LOTTO ADDIZIONE OTTOCENTESCA

Progettista: ING. EMANUELE GILETTI

Solaio: CONSOLIDAMENTO SOLAIO ESISTENTE MISTO ACCIAIO (soluzione non adottata)

### Tipologia

Soletta piena

Trave puntellata

Trave in semplice appoggio con carichi uniformemente distribuiti

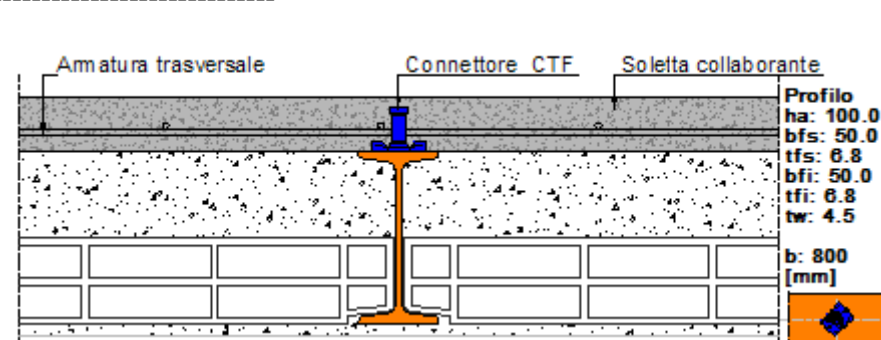
Ambiente secco

### Coefficienti di sicurezza:

|                                      |      |
|--------------------------------------|------|
| Azioni - Permanenti strutturali:     | 1.30 |
| Azioni - Permanenti non strutturali: | 1.30 |
| Azioni - Variabili:                  | 1.50 |
| Materiali - Acciaio:                 | 1.10 |
| Materiali - Calcestruzzo:            | 1.50 |
| Materiali - Connettori:              | 1.25 |
| Materiali - Lamiera grecata:         | 1.10 |
| Materiali - Acciaio per barre:       | 1.15 |

Limite all'inflessione delta 2:  $L / 300$

Limite all'inflessione finale:  $L / 250$



### Geometria

|                   |          |
|-------------------|----------|
| Luce di calcolo:  | 480.0 cm |
| Interasse travi:  | 80.0 cm  |
| Spessore soletta: | 6.5 cm   |
| Base efficace:    | 80.0 cm  |

Profilo: IPN 100

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

Restauro e ripristino funzionale dell'addizione ottocentesca ad uso uffici, archivio e depositi. II° lotto

|               |                          |
|---------------|--------------------------|
| ha:           | 100.0 mm                 |
| bf:           | 50.0 mm                  |
| tf:           | 6.8 mm                   |
| bfi:          | 50.0 mm                  |
| tfi:          | 6.8 mm                   |
| tw:           | 4.5 mm                   |
| r0:           | 4.5 mm                   |
| r1:           | 2.7 mm                   |
| Area:         | 1060.0 mm <sup>2</sup>   |
| Iy:           | 171.0 cm <sup>4</sup>    |
| Wy Sup:       | 34200.0 mm <sup>3</sup>  |
| Wy Inf:       | 34200.0 mm <sup>3</sup>  |
| W Ply:        | 39800.0 mm <sup>3</sup>  |
| Acciaio       | S235                     |
| fy:           | 235 N/mm <sup>2</sup>    |
| Es:           | 210000 N/mm <sup>2</sup> |
| Calcestruzzo: | Leca CLS 1600            |
| fck:          | 30 N/mm <sup>2</sup>     |
| Rck:          | 33 N/mm <sup>2</sup>     |
| Densità:      | 17.50 kN/m <sup>3</sup>  |
| E cm:         | 20000 N/mm <sup>2</sup>  |

#### Carichi

|                   |                              |
|-------------------|------------------------------|
| Peso proprio:     | 1.24 kN/m <sup>2</sup>       |
| Altri p.p.:       | 2.20 kN/m <sup>2</sup>       |
| Sottofondo:       | 0.55 kN/m <sup>2</sup>       |
| Pavimento:        | 0.30 kN/m <sup>2</sup>       |
| Tramezzi:         | 0.00 kN/m <sup>2</sup>       |
| Altri perm.:      | 0.00 kN/m <sup>2</sup>       |
| <b>Variabili:</b> | <b>0.60 kN/m<sup>2</sup></b> |

#### Fase 1+2 - sezione mista - SLU - STATO LIMITE ULTIMO

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| Classe sezione mista:       | 1           |
| Calcolo elastico            |             |
| Azioni:                     | 5.18 kN/m   |
| Posizione asse neutro:      | 5.69 cm     |
| Altezza totale:             | 16.50 cm    |
| Momento sollecitante - MEd: | 14.9 kNm    |
| Momento resistente - MRd:   | 15.1 kNm    |
| <b>Verifica momento:</b>    | <b>0.99</b> |
| Taglio sollecitante - VEd:  | 12.4 kNm    |
| Taglio resistente - VRd:    | 55.5 kN     |
| Verifica taglio:            | 0.22        |

#### Fase 1+2 - SLS - STATO LIMITE DI SERVIZIO

|                                                      |         |
|------------------------------------------------------|---------|
| Delta 0 - pre-monta iniziale:                        | 0.0 mm  |
| Delta 1 - Sezione: mista - Carichi: P.p. + Perm.:    | 12.3 mm |
| Delta 2 - Sezione: mista - Carichi: Var.+ viscosità: | 4.6 mm  |
| Delta 2 da ritiro:                                   | 7.6 mm  |

|                             |                                                 |
|-----------------------------|-------------------------------------------------|
| Delta 2 totale:             | 12.3 mm = L / 392                               |
| <b>Delta finale totale:</b> | <b>24.5 mm = L / 196 !!! NON VERIFICATO !!!</b> |

|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Asse neutro elastico dall'estradosso: | 5.7 cm |
|---------------------------------------|--------|

|                                                    |                       |
|----------------------------------------------------|-----------------------|
| Coefficiente di omogeneizzazione istantaneo:       | 10.50                 |
| Momento di inerzia sezione omog. istantaneo:       | 921.6 cm <sup>4</sup> |
| Coefficiente di omogeneizzazione - n:              | 21.00                 |
| Momento di inerzia sezione omog.:                  | 762.7 cm <sup>4</sup> |
| Incremento freccia per interazione incompleta - i: | 1.00                  |
| Frequenza fondamentale naturale:                   | 5.0 Hz                |
| calcolata con combinazione frequente. Psi1=        | 0.7                   |

#### Fase 1+2 - sezione mista - Connessione

Connessione elastica

Compressione nella soletta in calcestruzzo:

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Nc data dai connettori posizionati(kN):                 | 128 |
| Nc,f relativa al completo ripristino di resistenza(kN): | 226 |
| Nc,el relativa al massimo momento elastico Mel,Rd (kN): | 128 |

|                                  |                  |
|----------------------------------|------------------|
| Tipo Connettore:                 | <b>CTF 12/40</b> |
| Altezza:                         | 40 mm            |
| Resistenza del connettore - Prd: | 32.10 kN         |
| Resistenza connessione PRd * k:  | 32.10 kN         |

Connettore rigido.  
Distribuzione connettori elastica variabile

Distribuzione uniforme:

|             |                       |                |
|-------------|-----------------------|----------------|
| L= 480.0 cm | Numero connettori= 16 | Passo= 30.0 cm |
|-------------|-----------------------|----------------|

Distribuzione variabile (in alternativa):

|                     |                      |                |
|---------------------|----------------------|----------------|
| Settore a sinistra: |                      |                |
| L= 120.0 cm         | Numero connettori= 4 | Passo= 30.0 cm |
| Settore centrale:   |                      |                |
| L= 240.0 cm         | Numero connettori= 7 | Passo= 39.0 cm |
| Settore a destra:   |                      |                |
| L= 120.0 cm         | Numero connettori= 4 | Passo= 30.0 cm |

#### Fase 1+2 - sezione mista - Armatura trasversale in acciaio B450C

Soletta: 1.4 cm<sup>2</sup>/m -

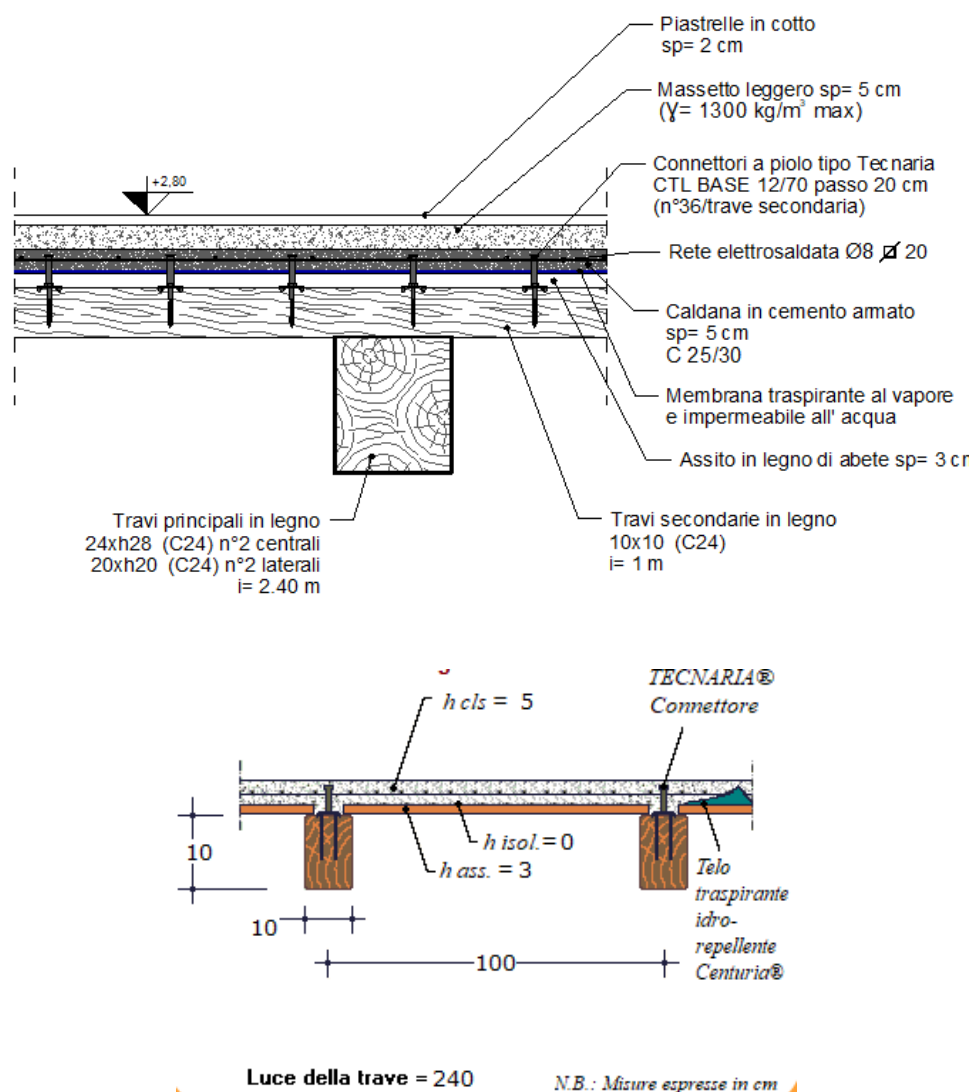
Note:

Il connettore va disposto con l'asse dei chiodi a 45° rispetto all'asse della trave.

La verifica del solaio nella direzione trasversale alle travi non è inclusa nella presente verifica.

Come evidenziato dalle verifiche sopra riportate, l'intervento di consolidamento del solaio esistente e la successiva realizzazione del nuovo pavimento del locale al piano primo rende il solaio esistente idoneo a sopportare un carico massimo di 60 daN/m<sup>2</sup> non conforme all'utilizzo per cui si intende impiegare la porzione di edificio oggetto della presente. Si ritiene pertanto di procedere con la demolizione completa del solaio esistente (e non solo della parte a nord in cui ricavare il nuovo vano scala) e la realizzazione di un nuovo solaio in acciaio analogo a quello esistente ma con la portanza adeguata all'uso previsto - uffici non aperti al pubblico – cat. B1.

## 9.2 Nuovo solaio in legno (solaio A)



TECNARIA S.p.A. V.le Pecori Giraldi, 55 36061 Bassano del Grappa (VI)  
tel 0424 502029 fax 0424 502386 info@tecnaria.com www.tecnaria.com  
TECNARIA - versione 4.20

Solai misti legno-calcestruzzo con connettori a piolo e ramponi

Verifiche agli Stati Limite secondo il D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"  
ed EN 1995-1-1:2009: "Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno"

Progetto : Solaio misto legno-calcestruzzo

Progettista : ING. EMANUELE GILETTI

I risultati di seguito descritti si ottengono esclusivamente con l'utilizzo dei connettori Tecnaria; ogni altro utilizzo del presente calcolo è da ritenersi del tutto inattendibile.

### DATI

Solaio a semplice orditura con assito interrotto

### GEOMETRIA

Spessore soletta: 5 cm

Spessore assito/pianelle/tavole: 3 cm

Spessore isolante: 0 cm

Peso specifico assito/pianelle/tavole:  $6.40 \text{ kN/m}^3$

Peso specifico isolante:  $0.25 \text{ kN/m}^3$

- Interasse travi: 100 cm

Base travi: 10 cm

Altezza travi: 10 cm

Luce travi: 240 cm

Freccia iniziale massima ammissibile: 6.86 mm

- Freccia attiva massima ammissibile: 6.86 mm

Freccia totale massima ammissibile: 9.60 mm

#### CARICHI

- Portati per metro quadrato

Sottofondo:  $0.65 \text{ kN/m}^2$

Pavimento:  $0.30 \text{ kN/m}^2$

Tramezzi:  $1.20 \text{ kN/m}^2$

Altri:  $0.00 \text{ kN/m}^2$

Totale permanenti strutturali:  $1.53 \text{ kN/m}^2$

Totale permanenti non strutturali:  $2.15 \text{ kN/m}^2$

**Totale accidentali:  $2.00 \text{ kN/m}^2$  - cat. B1 uffici non aperti al pubblico**

- Totali per metro lineare

Totali SLE per freccia iniziale:  $5.68 \text{ kN/m}$

Totali SLE per freccia finale:  $4.28 \text{ kN/m}$

Totali SLU:  $7.78 \text{ kN/m}$

#### MATERIALI

- Legno - Tipo : C24 secondo EN338:2009

Resistenza a flessione caratteristica  $f_{m,k} = 24.0 \text{ N/mm}^2$

kh a flessione = 1.08

Resistenza a trazione caratteristica  $f_{t,0,k} = 14.0 \text{ N/mm}^2$

kh a trazione = 1.08

Resistenza a taglio caratteristica  $f_{v,k} = 4.00 \text{ N/mm}^2$

Modulo di elasticità medio  $E_{0,m} = 11000 \text{ N/mm}^2$

Peso specifico medio  $r_m = 4.2 \text{ kN/m}^3$

Coeff. modificazione azioni accidentali  $K_{mod} = 0.80$

Fattore di deformazione  $K_{def} = 0.60$

Coefficiente di sicurezza  $g_m = 1.50$

Riduzione larghezza per verifica a taglio  $k_{cr} = 0.67$

- Classe calcestruzzo: C25/30 - Rck30

Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{c,k} = 25.0 \text{ N/mm}^2$

Resistenza caratteristica a trazione 5%  $f_{ctk} = 1.8 \text{ N/mm}^2$

Modulo elasticità  $E = 30500 \text{ N/mm}^2$

Peso specifico  $r = 25.0 \text{ kN/m}^3$

Coefficiente di viscosità  $F = 2.50$

Coefficiente di sicurezza  $g_m = 1.50$

- Connettore: Tecnaria **CTL BASE 12/ 70** posato su trave

Resistenza caratteristica connettore  $F_k = 17200 \text{ N}$

Rigidezza connettore in esercizio  $K_{ser} = 17900 \text{ N/mm}$

Rigidezza connettore ultima  $K_u = 9990 \text{ N/mm}$

Coefficiente di sicurezza  $g_{mk} = 1.50$

- Altri parametri

Coefficiente parziale carichi permanenti strutturali  $g_{G,1} = 1.30$

Coefficiente parziale carichi permanenti non strutturali  $g_{G,2} = 1.30$

Coefficiente parziale carichi accidentali  $g_Q = 1.50$

Coefficiente carichi quasi permanenti  $Y_2 = 0.30$

Coefficiente carichi caratteristici  $Y_0 = 0.70$

Appoggio del tavolato su trave: 2.0 cm  
Resistenza di progetto armatura complementare: 391.3 N/mm<sup>2</sup>

## RISULTATI

Connettori a piolo e ramponi Tecnaria CTL BASE 12/ 70 posati su trave con assito interrotto  
Connettori a spaziatura costante: 25.8 cm  
Numero di connettori per trave: 11  
Numero di connettori a metro quadrato: 4.58  
Armatura minima nel raccordo: 1.68 cm<sup>2</sup>/trave nella parte inferiore del raccordo.  
Armatura minima nella soletta: 0.00 cm<sup>2</sup>/trave nella parte inferiore della soletta.  
Armatura trasversale nella soletta: 0.00 cm<sup>2</sup>/m

## VERIFICHE

- larghezza soletta collaborante: 72.8 cm  
- larghezza interruzione/carotaggio tavolato: 6.0 cm

## STATO LIMITE ULTIMO

momento massimo: 5.60 kNm  
taglio massimo: 9.34 kN

- a tempo zero

CLS - tensione max: 8.03 N/mm<sup>2</sup> <= 14.17 N/mm<sup>2</sup>  
CLS - tensione min: -14.50 N/mm<sup>2</sup>  
LEGNO - tensoflessione: 0.58 <= 1.00  
LEGNO - taglio: 0.57 N/mm<sup>2</sup> <= 2.13 N/mm<sup>2</sup>  
CONN. - taglio: 7553 N <= 9173 N

- a tempo infinito

CLS - tensione max: 6.65 N/mm<sup>2</sup> <= 14.17 N/mm<sup>2</sup>  
CLS - tensione min: -11.49 N/mm<sup>2</sup>  
LEGNO - tensoflessione: 0.71 <= 1.00  
LEGNO - taglio: 0.70 N/mm<sup>2</sup> <= 2.13 N/mm<sup>2</sup>  
CONN. - taglio: 9158 N <= 9173 N

## STATO LIMITE DI ESERCIZIO

- a tempo zero

EJ: 717.7 kNm<sup>2</sup>

- a tempo infinito

EJ: 334.8 kNm<sup>2</sup>

freccia iniziale: 3.42 mm <= 6.86 mm

freccia attiva: 3.31 mm <= 6.86 mm

freccia a tempo infinito: 5.52 mm <= 9.60 mm

---

## AVVERTENZE

---

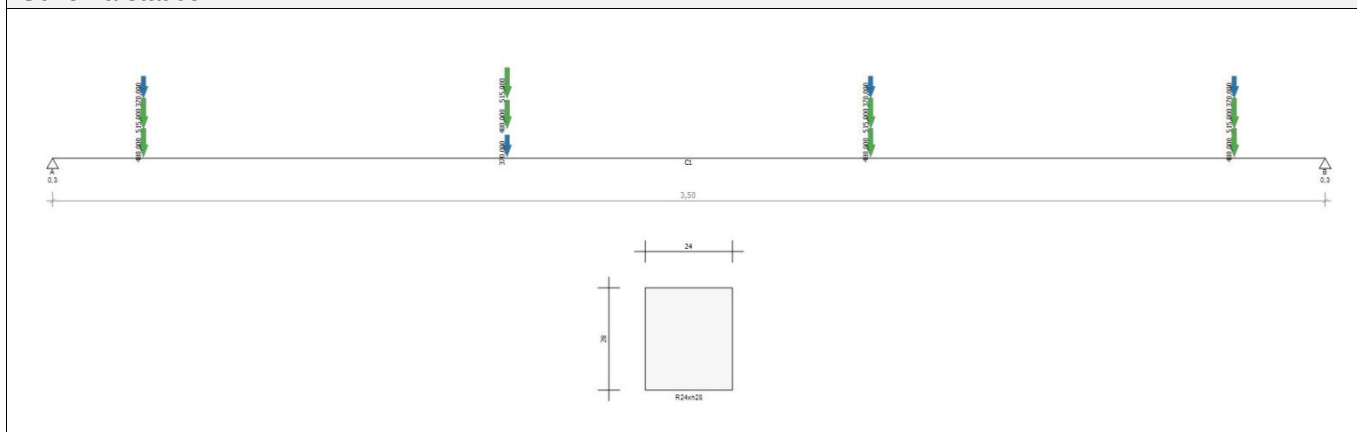
- Oltre all'armatura trasversale indicata inserire armatura per il calcolo a flessione della soletta in direzione trasversale alle travi (almeno rete d6 20x20)
  - Puntellare efficacemente il solaio prima del getto e mantenere i puntelli fino a completa maturazione del calcestruzzo.
  - Si consiglia di collegare la soletta alle murature perimetrali mediante perforazioni armate utilizzando l'apposita resina epossidica bicomponente
-

## Verifica delle travi principali

### 1 verrone\_trave principale in legno Geometria

|                                               |                          |
|-----------------------------------------------|--------------------------|
| Nome Trave: verrone_trave principale in legno | Lunghezza totale: 3,50 m |
| Numero di campate: 1                          | Numero di appoggi: 2     |
| Materiale della sezione: C24                  |                          |

#### Schema statico



#### Geometria

| Nome | Campata       | Sezione | Caratteristiche della sezione |            |                           |                              |
|------|---------------|---------|-------------------------------|------------|---------------------------|------------------------------|
|      | Lunghezza [m] |         | B max [cm]                    | H max [cm] | Area A [cm <sup>2</sup> ] | Inerzia I [cm <sup>4</sup> ] |
| C1   | 3,50          | R24xh28 | 24,0                          | 28,0       | 672,0                     | 43.904,0                     |

#### Appoggi e vincoli

| Nome | Larghezza [m] | Tipo di Vincolo | Parametro caratteristico |
|------|---------------|-----------------|--------------------------|
| A    | 0,30          | Appoggio        | Ridistribuzione 0,0 %    |
| B    | 0,30          | Appoggio        | Ridistribuzione 0,0 %    |

#### Carichi statici

| Campata | Tipo di carico                          | Categoria                        | Ascissa [m] | Val. iniz. P1 | Lung. [m] | Val. fin. P2 |
|---------|-----------------------------------------|----------------------------------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| C1      | Carico distribuito asse Y globale       | Peso proprio                     | 0,00        | 23,073 daN/m  | 3,50      | 23,073 daN/m |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                       | 1,25        | 370,000 daN   | 0,00      | 370,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                       | 0,25        | 370,000 daN   | 0,00      | 370,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                       | 2,25        | 370,000 daN   | 0,00      | 370,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                       | 3,25        | 370,000 daN   | 0,00      | 370,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 1,25        | 515,000 daN   | 0,00      | 515,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 0,25        | 515,000 daN   | 0,00      | 515,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 2,25        | 515,000 daN   | 0,00      | 515,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 3,25        | 515,000 daN   | 0,00      | 515,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria B - Uffici             | 1,25        | 480,000 daN   | 0,00      | 480,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria B - Uffici             | 0,25        | 480,000 daN   | 0,00      | 480,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria C - Ambienti affollati | 2,25        | 480,000 daN   | 0,00      | 480,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria C - Ambienti affollati | 3,25        | 480,000 daN   | 0,00      | 480,000 daN  |

#### Carichi mobili

| Campata | Tipo di carico | Categoria | Ascissa [m] | Val. iniz. P1 | Lung. [m] | Val. fin. P2 |
|---------|----------------|-----------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| Assenti |                |           |             |               |           |              |

## 2 Scheda tecnica del materiale

### Descrizione

Nome: **C24**

Tipo: Legno massiccio

Descrizione: UNI EN 14080: 2013

Tipologia del materiale: legno

### Caratteristiche del legno

Resistenza caratteristica media a flessione  $f_{mk}$  : 24,0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare  $f_{t90k}$  : 0,4 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica a compress. perpendicolare  $f_{c90k}$  : 2,5 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico parallelo medio  $E_{0m}$  : 11.000 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico parallelo caratteristico  $E_{0.05}$  : 7.400 N/mm<sup>2</sup>

Densità  $\rho$  : 350 kg/m<sup>3</sup>

Resistenza caratteristica a trazione parallela  $f_{t0k}$  : 14,0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica a compressione parallela  $f_{c0k}$  : 21,0 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica a taglio  $f_{vk}$  : 4,0 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico perpendicolare medio  $E_{90m}$  : 370 N/mm<sup>2</sup>

Modulo Elastico tangenziale medio  $G_m$  : 690 N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$  : 0

## 3 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLU

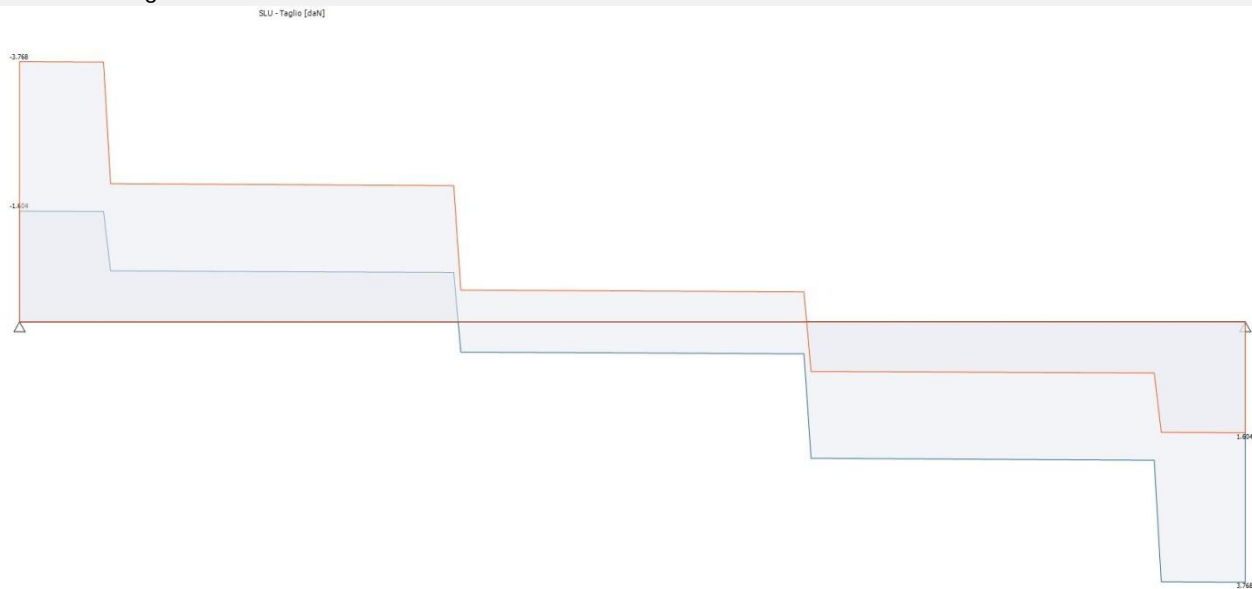
### Diagramma del Momento Flettente



Momento massimo

Momento minimo

## Diagramma del Taglio



Taglio massimo

Taglio minimo

## Reazioni vincolari

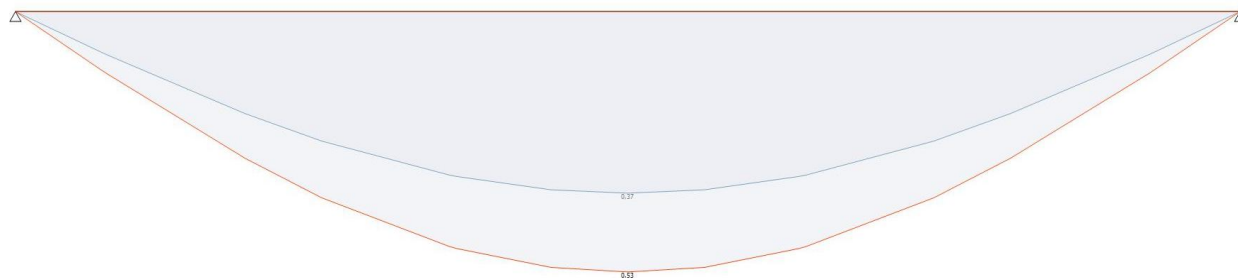
| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 3.768,063             | 1.604,378             |
| B        | 3.768,063             | 1.604,378             |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -1.604,378          | -3.768,063          |
| C1      | 1,26           | 2.851,379              | 1.208,331              | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 3,50           | 0,000                  | 0,000                  | 3.768,063           | 1.604,378           |

## 4 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE rara

## Diagramma della Deformata Elastica



Deformata massima

Deformata minima

### Diagramma del Momento Flettente

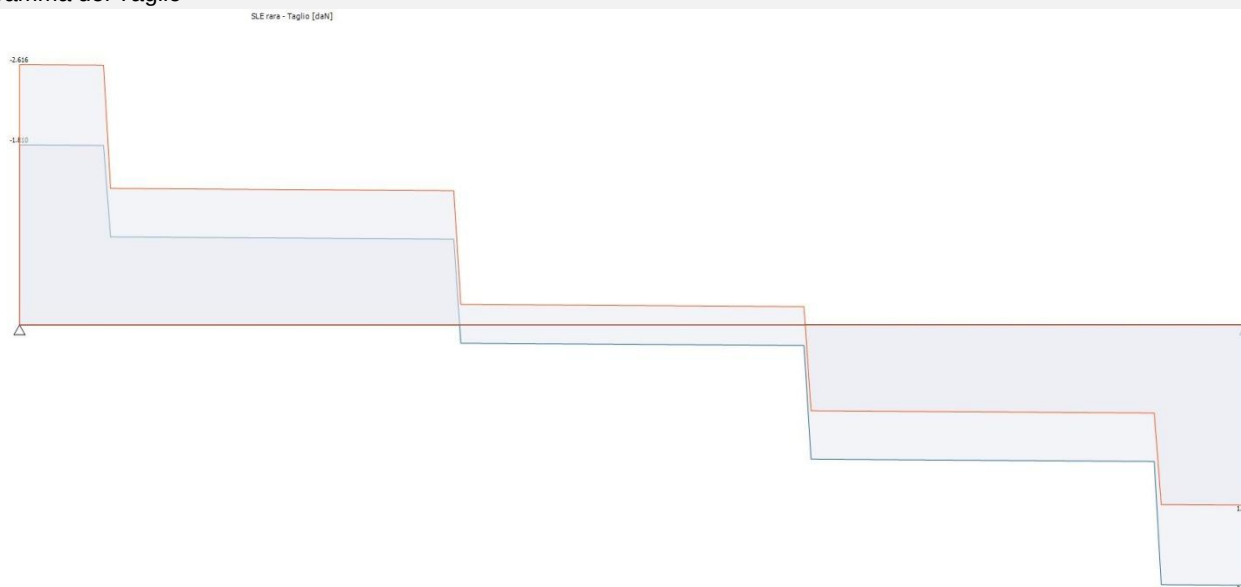


Momento massimo



Momento minimo

### Diagramma del Taglio



Taglio massimo



Taglio minimo

### Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 2.616,092             | 1.810,378             |
| B        | 2.616,092             | 1.810,378             |

### Azioni

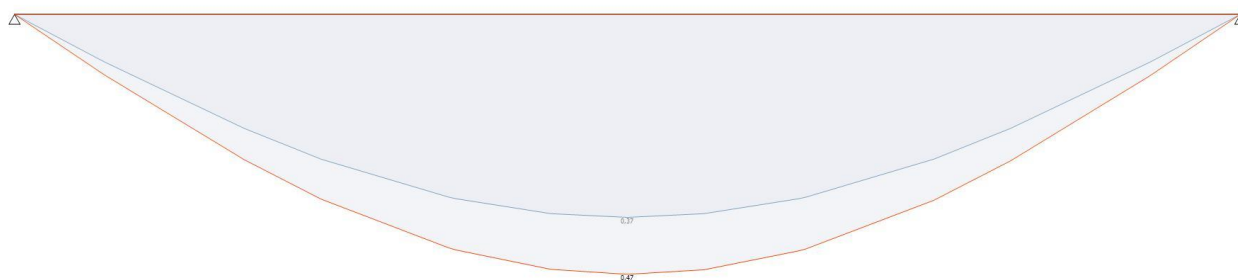
| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -1.810,378          | -2.616,092          |
| C1      | 2,24           | 1.979,261              | 1.362,831              | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 3,50           | 0,000                  | 0,000                  | 2.616,092           | 1.810,378           |

| Deformata |                |                           |
|-----------|----------------|---------------------------|
| Campata   | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
| C1        | 1,75           | 0,53                      |
|           |                |                           |

## 5 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE frequente

### Diagramma della Deformata Elastica

SLE freq - Deformata Elastica [cm]



Deformata massima



Deformata minima

### Diagramma del Momento Flettente

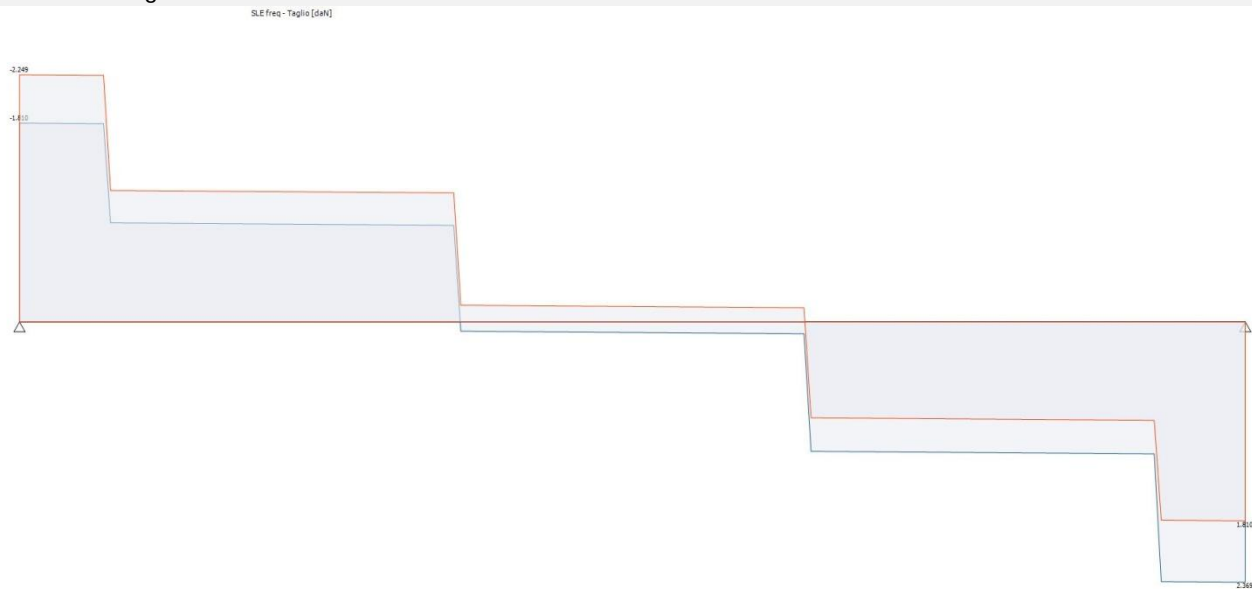


Momento massimo



Momento minimo

## Diagramma del Taglio



Taglio massimo

Taglio minimo

## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 2.249,235             | 1.810,378             |
| B        | 2.369,235             | 1.810,378             |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -1.810,378          | -2.249,235          |
| C1      | 2,24           | 1.757,501              | 1.362,831              | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 3,50           | 0,000                  | 0,000                  | 2.369,235           | 1.810,378           |

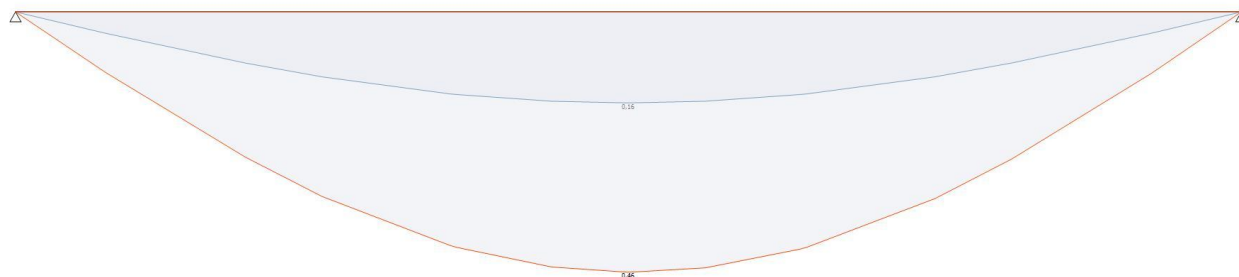
## Deformata

| Campata | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
|---------|----------------|---------------------------|
| C1      | 1,75           | 0,47                      |

## 6 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE quasi permanente

Diagramma della Deformata Elastica

SLE qp - Deformata Elastica [cm]

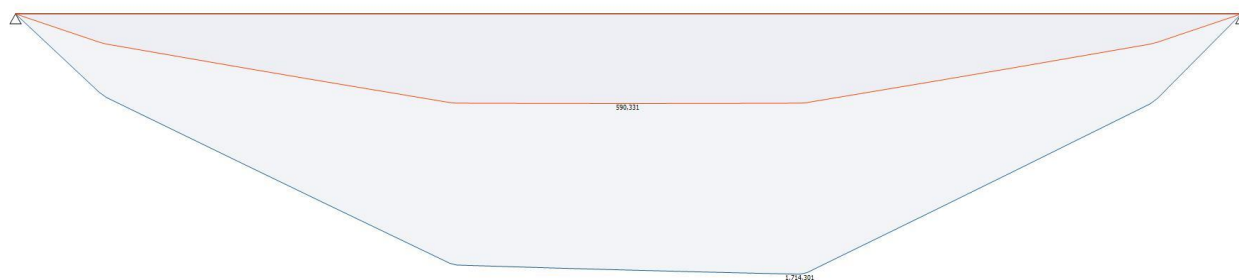


Deformata massima



Deformata minima

Diagramma del Momento Flettente

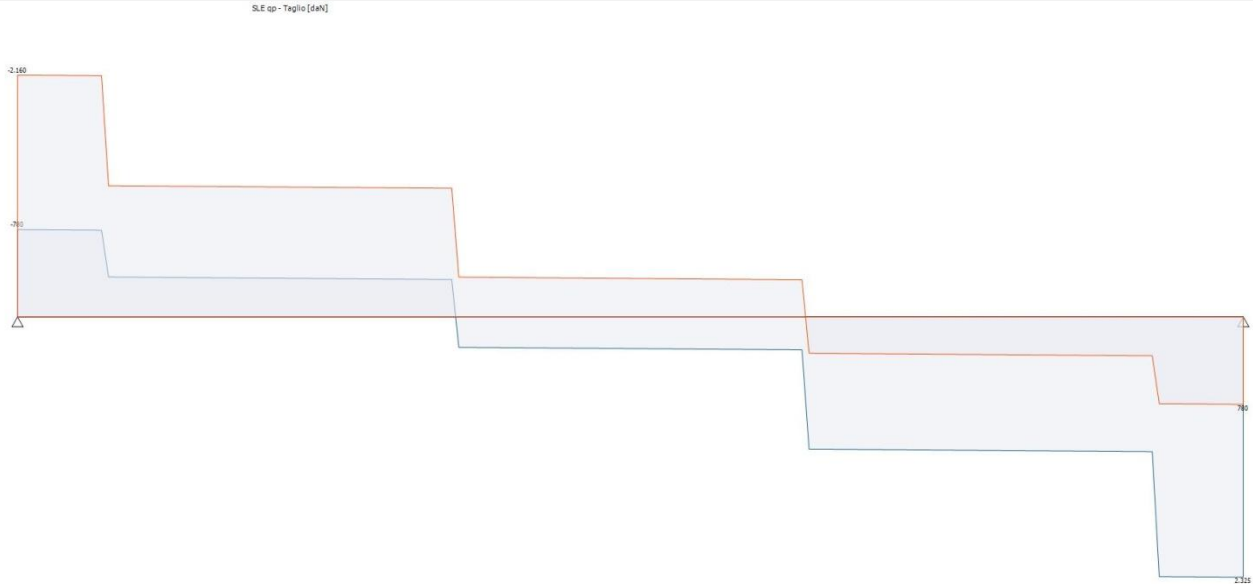


Momento massimo



Momento minimo

## Diagramma del Taglio



Taglio massimo

Taglio minimo

## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 2.160,092             | 780,378               |
| B        | 2.324,664             | 780,378               |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -780,378            | -2.160,092          |
| C1      | 2,24           | 1.714,301              | 590,331                | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 3,50           | 0,000                  | 0,000                  | 2.324,664           | 780,378             |

## Deformata

| Campata | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
|---------|----------------|---------------------------|
| C1      | 1,75           | 0,46                      |

| Verifica di resistenza | Verifica di stabilità      | Verifica di deformabilità |             |         |            |          |      |      |      |          |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|---------|------------|----------|------|------|------|----------|
| COMBINAZIONE: SLU      | Verifica                   | Sfruttamento              | Ascissa [m] | N [daN] | M3 [daN m] | T2 [daN] | kmod | kh   | km   | Verifica |
| Asta 1                 | Verifica a pressoflessione | 0,71                      | 1,313       | 0,000   | 2.851,379  | --       | 0,80 | 1,00 | 0,70 | OK       |

| Verifica di resistenza           | Verifica di stabilità | Verifica di deformabilità |               |                  |                    |               |          |  |  |  |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|----------|--|--|--|
| COMBINAZIONE: SLE CARATTERISTICA | Criterio              | Sfruttamento              | Lunghezza [m] | Spostamento [cm] | Spostamento limite | Lungo termine | Verifica |  |  |  |
| Asta 1                           | Elemento singolo      | 0,53                      | 3,500         | 0,53             | 1,00               | NO            | OK       |  |  |  |

| Verifica di resistenza           | Verifica di stabilità | Verifica di deformabilità |               |                  |                    |               |          |  |  |  |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|----------|--|--|--|
| COMBINAZIONE: SLE CARATTERISTICA | Criterio              | Sfruttamento              | Lunghezza [m] | Spostamento [cm] | Spostamento limite | Lungo termine | Verifica |  |  |  |
| Asta 1                           | Elemento singolo      | 0,57                      | 3,500         | 0,80             | 1,40               | SI            | OK       |  |  |  |

### 9.3 Nuovo solaio in legno (solaio B)

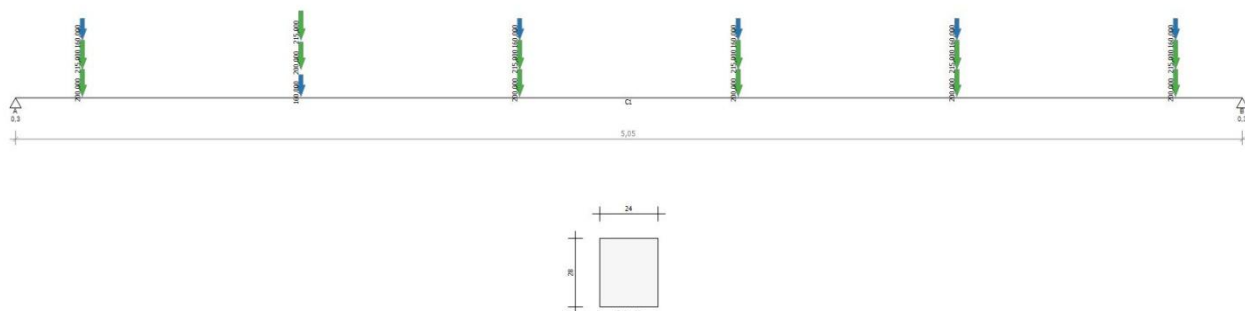
Per la verifica delle travi secondarie in legno rese collaboranti con la soletta in calcestruzzo si rimanda, a favore di sicurezza, alle verifiche condotte per il solaio A in quanto con geometria e carichi analoghi.

Di seguito si riporta la verifica della trave principale:

#### verrone\_trave principale in legno\_i=110 cm Geometria

|                                                        |                          |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|
| Nome Trave: verrone_trave principale in legno_i=110 cm | Lunghezza totale: 5,05 m |
| Numero di campate: 1                                   | Numero di appoggi: 2     |
| Materiale della sezione: C24                           |                          |

#### Schema statico



#### Geometria

| Nome | Campata       |         | Caratteristiche della sezione |            |                           |                              |
|------|---------------|---------|-------------------------------|------------|---------------------------|------------------------------|
|      | Lunghezza [m] | Sezione | B max [cm]                    | H max [cm] | Area A [cm <sup>2</sup> ] | Inerzia I [cm <sup>4</sup> ] |
| C1   | 5,05          | R 24x28 | 24,0                          | 28,0       | 672,0                     | 43.904,0                     |

#### Appoggi e vincoli

| Nome | Larghezza [m] | Tipo di Vincolo | Parametro caratteristico |
|------|---------------|-----------------|--------------------------|
| A    | 0,30          | Appoggio        | Ridistribuzione 0,0 %    |
| B    | 0,30          | Appoggio        | Ridistribuzione 0,0 %    |

#### Carichi statici

| Campata | Tipo di carico                          | Categoria                  | Ascissa [m] | Val. iniz. P1 | Lung. [m] | Val. fin. P2 |
|---------|-----------------------------------------|----------------------------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| C1      | Carico distribuito asse Y globale       | Peso proprio               | 0,00        | 23,073 daN/m  | 5,05      | 23,073 daN/m |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                 | 1,18        | 160,000 daN   | 0,00      | 160,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                 | 0,28        | 160,000 daN   | 0,00      | 160,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                 | 2,08        | 160,000 daN   | 0,00      | 160,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                 | 2,98        | 160,000 daN   | 0,00      | 160,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                 | 3,88        | 160,000 daN   | 0,00      | 160,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanente                 | 4,78        | 160,000 daN   | 0,00      | 160,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali | 1,18        | 215,000 daN   | 0,00      | 215,000 daN  |
| C1      | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali | 0,28        | 215,000 daN   | 0,00      | 215,000 daN  |

|    |                                         |                                  |      |             |      |             |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------|------|-------------|------|-------------|
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 2,08 | 215,000 daN | 0,00 | 215,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 2,98 | 215,000 daN | 0,00 | 215,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 3,88 | 215,000 daN | 0,00 | 215,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Permanenti non strutturali       | 4,78 | 215,000 daN | 0,00 | 215,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria B - Uffici             | 1,18 | 200,000 daN | 0,00 | 200,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria B - Uffici             | 0,28 | 200,000 daN | 0,00 | 200,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria C - Ambienti affollati | 2,08 | 200,000 daN | 0,00 | 200,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria C - Ambienti affollati | 2,98 | 200,000 daN | 0,00 | 200,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria C - Ambienti affollati | 3,88 | 200,000 daN | 0,00 | 200,000 daN |
| C1 | Carico concentrato lungo asse Y globale | Categoria C - Ambienti affollati | 4,78 | 200,000 daN | 0,00 | 200,000 daN |

| Carichi mobili |                |           |             |               |           |              |
|----------------|----------------|-----------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| Campata        | Tipo di carico | Categoria | Ascissa [m] | Val. iniz. P1 | Lung. [m] | Val. fin. P2 |
| Assenti        |                |           |             |               |           |              |

## 2 Scheda tecnica del materiale

| Descrizione                     |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Nome: <b>C24</b>                | Tipologia del materiale: legno |
| Tipo: Legno massiccio           |                                |
| Descrizione: UNI EN 14080: 2013 |                                |

| Caratteristiche del legno                                                               |                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Resistenza caratteristica media a flessione $f_{mk}$ : 24,0 N/mm <sup>2</sup>           | Resistenza caratteristica a trazione parallela $f_{t0k}$ : 14,0 N/mm <sup>2</sup>     |
| Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare $f_{t90k}$ : 0,4 N/mm <sup>2</sup>  | Resistenza caratteristica a compressione parallela $f_{c0k}$ : 21,0 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza caratteristica a compress. perpendicolare $f_{c90k}$ : 2,5 N/mm <sup>2</sup> | Resistenza caratteristica a taglio $f_{vk}$ : 4,0 N/mm <sup>2</sup>                   |
| Modulo Elastico parallelo medio $E_{0m}$ : 11.000 N/mm <sup>2</sup>                     | Modulo Elastico perpendicolare medio $E_{90m}$ : 370 N/mm <sup>2</sup>                |
| Modulo Elastico parallelo caratteristico $E_{0.05}$ : 7.400 N/mm <sup>2</sup>           | Modulo Elastico tangenziale medio $G_m$ : 690 N/mm <sup>2</sup>                       |
| Densità $\rho$ : 350 kg/m <sup>3</sup>                                                  | Coefficiente di dilatazione termica lineare $\alpha_t$ : 0                            |

### 3 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLU

Diagramma del Momento Flettente

SLU - Momento Flettente [daNm]

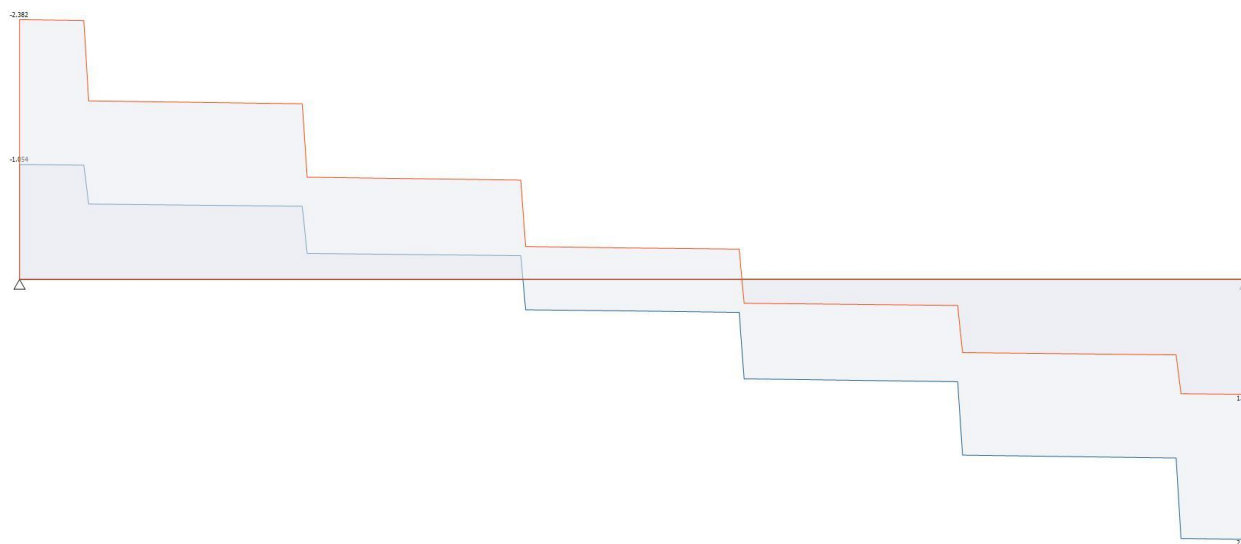


Momento massimo

Momento minimo

Diagramma del Taglio

SLU - Taglio [daN]



Taglio massimo

Taglio minimo

### Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 2.382,336             | 1.054,260             |
| B        | 2.382,336             | 1.054,260             |

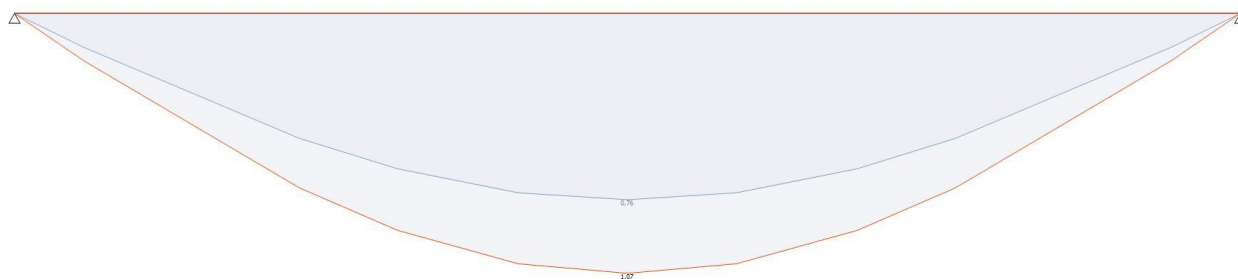
### Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -1.054,260          | -2.382,337          |
| C1      | 2,96           | 2.812,624              | 1.243,853              | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 5,05           | 0,000                  | 0,000                  | 2.382,336           | 1.054,260           |

## 4 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE rara

### Diagramma della Deformata Elastica

SLE rara - Deformata Elastica [cm]

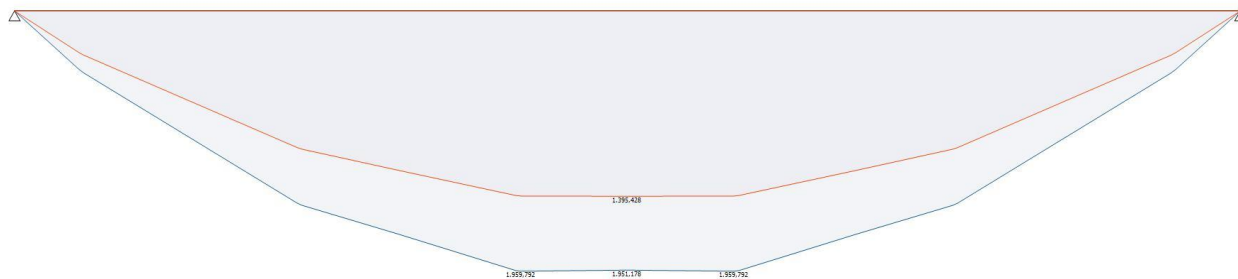


Deformata massima



Deformata minima

### Diagramma del Momento Flettente

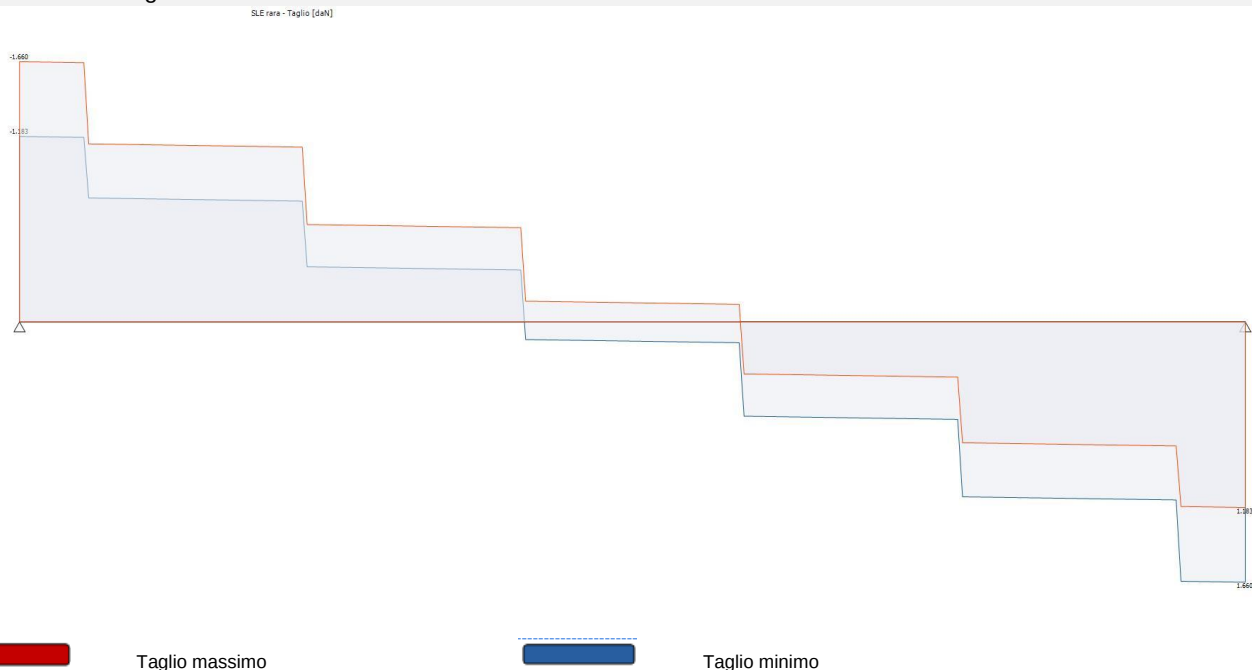


Momento massimo



Momento minimo

## Diagramma del Taglio



## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 1.659,992             | 1.183,260             |
| B        | 1.659,992             | 1.183,260             |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -1.183,260          | -1.659,992          |
| C1      | 2,96           | 1.959,792              | 1.395,428              | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 5,05           | 0,000                  | 0,000                  | 1.659,992           | 1.183,260           |

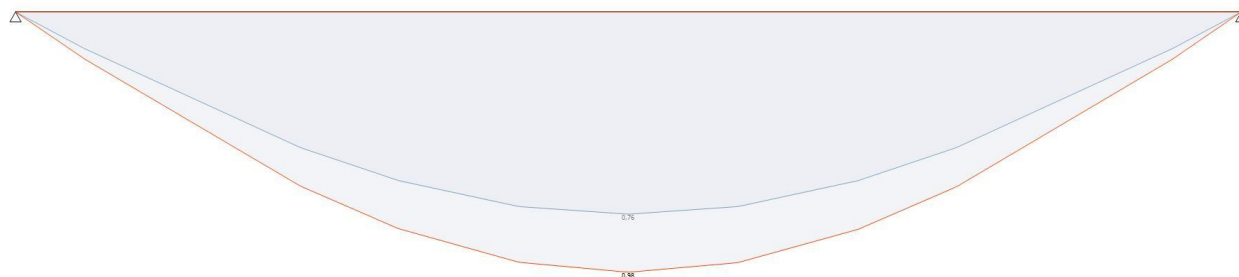
## Deformata

| Campata | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
|---------|----------------|---------------------------|
| C1      | 2,53           | 1,07                      |

## 5 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE frequente

Diagramma della Deformata Elastica

SLE freq - Deformata Elastica [cm]

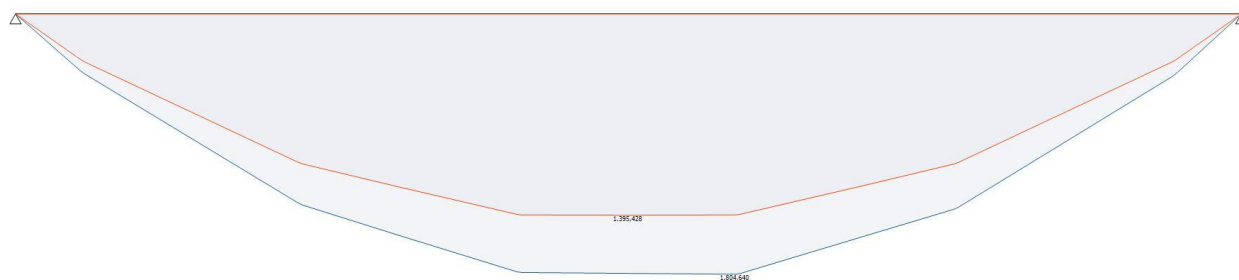


Deformata massima



Deformata minima

Diagramma del Momento Flettente

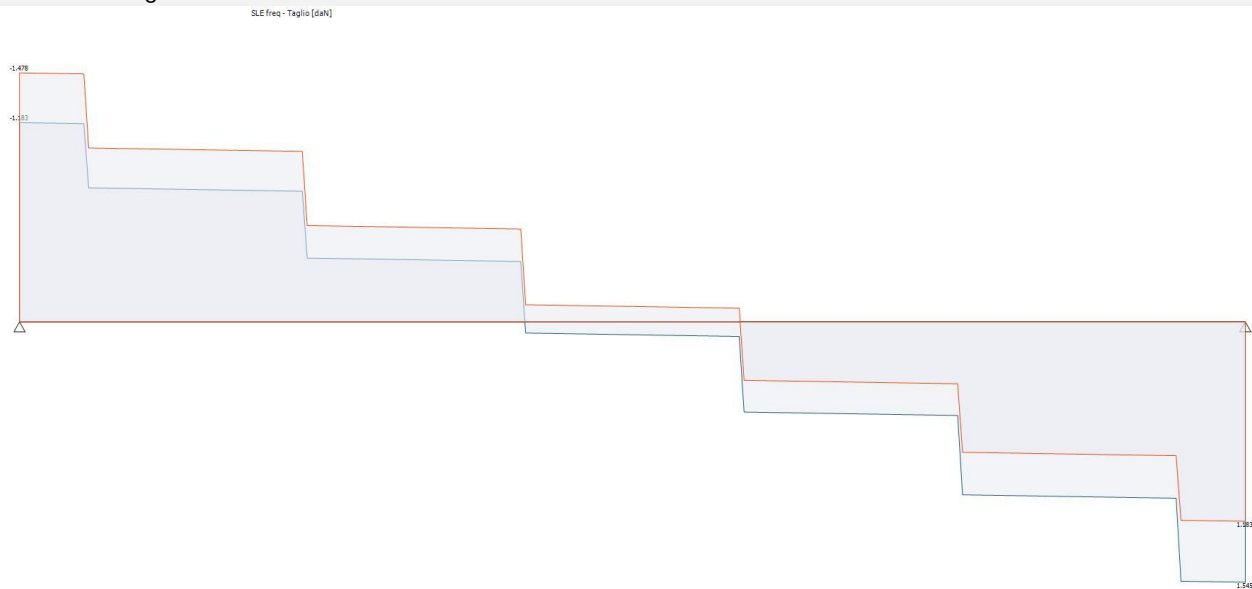


Momento massimo



Momento minimo

## Diagramma del Taglio



Taglio massimo



Taglio minimo

## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 1.478,309             | 1.183,260             |
| B        | 1.544,943             | 1.183,260             |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -1.183,260          | -1.478,309          |
| C1      | 2,96           | 1.804,640              | 1.395,428              | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 5,05           | 0,000                  | 0,000                  | 1.544,943           | 1.183,260           |

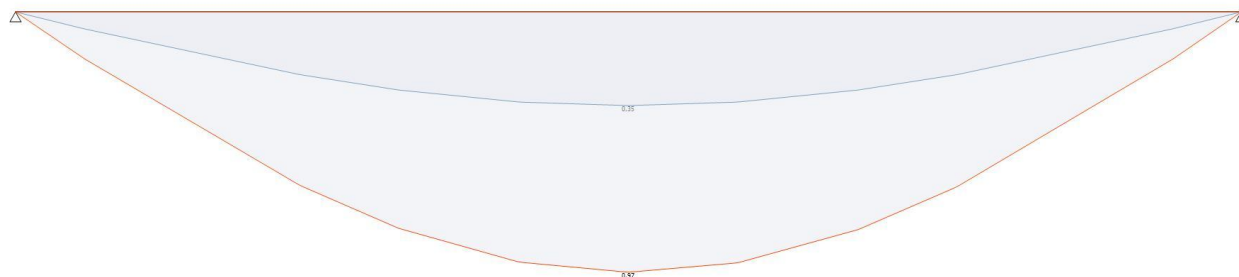
## Deformata

| Campata | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
|---------|----------------|---------------------------|
| C1      | 2,53           | 0,98                      |

## 6 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE quasi permanente

Diagramma della Deformata Elastica

SLE qp - Deformata Elastica [cm]



Deformata massima



Deformata minima

Diagramma del Momento Flettente



Momento massimo



Momento minimo

## Diagramma del Taglio



Taglio massimo

Taglio minimo

## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max [daN] | Reazione Min [daN] |
|----------|--------------------|--------------------|
| A        | 1.440,487          | 538,260            |
| B        | 1.526,032          | 538,260            |

## Azioni

| Campata | Ascissa [m] | Momento Max [daN m] | Momento Min [daN m] | Taglio Max [daN] | Taglio Min [daN] |
|---------|-------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------|
| C1      | 0           | 0,000               | 0,000               | -538,260         | -1.440,487       |
| C1      | 2,96        | 1.780,275           | 637,553             | 0,000            | 0,000            |
| C1      | 5,05        | 0,000               | 0,000               | 1.526,032        | 538,260          |

## Deformata

| Campata | Ascissa [m] | Deformata Massima [cm] |
|---------|-------------|------------------------|
| C1      | 2,53        | 0,97                   |

| Verifica di resistenza | Verifica di stabilità      | Verifica di deformabilità |             |         |            |          |      |      |      |          |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|---------|------------|----------|------|------|------|----------|
| COMBINAZIONE: SLU      | Verifica                   | Sfruttamento              | Ascissa [m] | N [daN] | M3 [daN m] | T2 [daN] | kmod | kh   | km   | Verifica |
| Asta 1                 | Verifica a pressoflessione | 0,93                      | 2,841       | 0,000   | 2.812,624  | --       | 0,60 | 1,00 | 0,70 | OK       |

| Verifica di resistenza | Verifica di stabilità      | Verifica di deformabilità |             |         |            |          |      |      |      |          |
|------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------|---------|------------|----------|------|------|------|----------|
| COMBINAZIONE: SLU      | Verifica                   | Sfruttamento              | Ascissa [m] | N [daN] | M3 [daN m] | T2 [daN] | kmod | kh   | km   | Verifica |
| Asta 1                 | Verifica a pressoflessione | 0,70                      | 2,841       | 0,000   | 2.812,624  | --       | 0,80 | 1,00 | 0,70 | OK       |

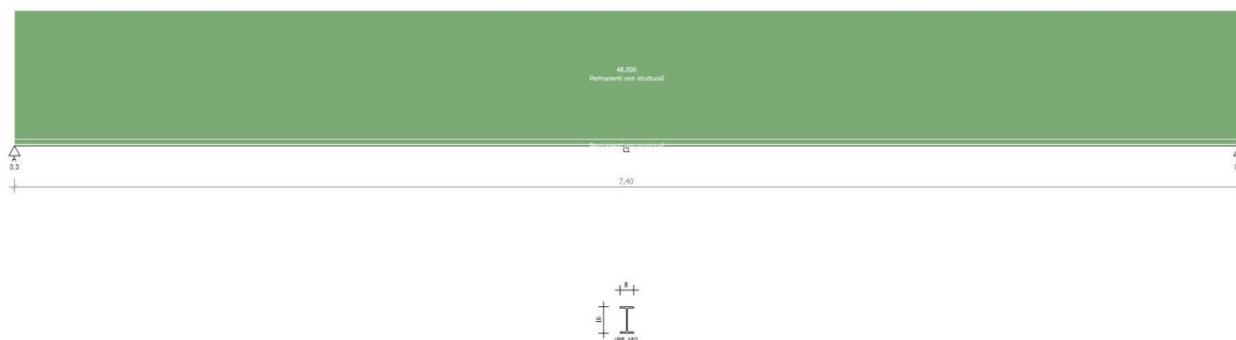
| Verifica di resistenza           | Verifica di stabilità | Verifica di deformabilità |               |                  |                    |               |          |  |  |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|----------|--|--|
| COMBINAZIONE: SLE CARATTERISTICA | Criterio              | Sfruttamento              | Lunghezza [m] | Spostamento [cm] | Spostamento limite | Lungo termine | Verifica |  |  |
| Asta 1                           | Elemento singolo      | 0,82                      | 5,050         | 1,65             | 2,02               | SI            | OK       |  |  |

## 9.4 Struttura di sostegno del controsoffitto

### 1 verrone\_trave per controsoffitto Geometria

|                                              |                          |
|----------------------------------------------|--------------------------|
| Nome Trave: verrone_trave per controsoffitto | Lunghezza totale: 7,40 m |
| Numero di campate: 1                         | Numero di appoggi: 2     |
| Materiale della sezione: S 275               |                          |

#### Schema statico



#### Geometria

| Campata |               |         | Caratteristiche della sezione |            |                           |                              |
|---------|---------------|---------|-------------------------------|------------|---------------------------|------------------------------|
| Nome    | Lunghezza [m] | Sezione | B max [cm]                    | H max [cm] | Area A [cm <sup>2</sup> ] | Inerzia I [cm <sup>4</sup> ] |
| C1      | 7,40          | IPE 160 | 8,2                           | 16,0       | 20,1                      | 869,4                        |

#### Appoggi e vincoli

| Nome | Larghezza [m] | Tipo di Vincolo | Parametro caratteristico |
|------|---------------|-----------------|--------------------------|
| A    | 0,30          | Appoggio        | Ridistribuzione 0,0 %    |
| B    | 0,30          | Appoggio        | Ridistribuzione 0,0 %    |

#### Carichi statici

| Campata | Tipo di carico                    | Categoria                  | Ascissa [m] | Val. iniz. P1 | Lung. [m] | Val. fin. P2 |
|---------|-----------------------------------|----------------------------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| C1      | Carico distribuito asse Y globale | Peso proprio               | 0,00        | 15,474 daN/m  | 7,40      | 15,474 daN/m |
| C1      | Carico distribuito asse Y globale | Permanenti non strutturali | 0,00        | 2,000 daN/m   | 7,40      | 2,000 daN/m  |
| C1      | Carico distribuito asse Y globale | Permanenti non strutturali | 0,00        | 48,000 daN/m  | 7,40      | 48,000 daN/m |

#### Carichi mobili

| Campata | Tipo di carico | Categoria | Ascissa [m] | Val. iniz. P1 | Lung. [m] | Val. fin. P2 |
|---------|----------------|-----------|-------------|---------------|-----------|--------------|
| Assenti |                |           |             |               |           |              |

## 2 Scheda tecnica del materiale

### Descrizione

Nome: **S 275**

Tipologia del materiale: acciaio per strutture metalliche

Descrizione:

### Caratteristiche dell'acciaio

Tensione caratteristica di snervamento  $f_{yk}$  : 2.750,00 daN/cm<sup>2</sup>

Tensione caratteristica di rottura  $f_{tk}$  : 4.300,00 daN/cm<sup>2</sup>

Modulo elastico  $E_s$  : 2.100.000,00 daN/cm<sup>2</sup>

Modulo di elasticità trasversale  $G$  : 807.692,31 daN/cm<sup>2</sup>

Coefficiente di Poisson  $\nu$  : 0,30

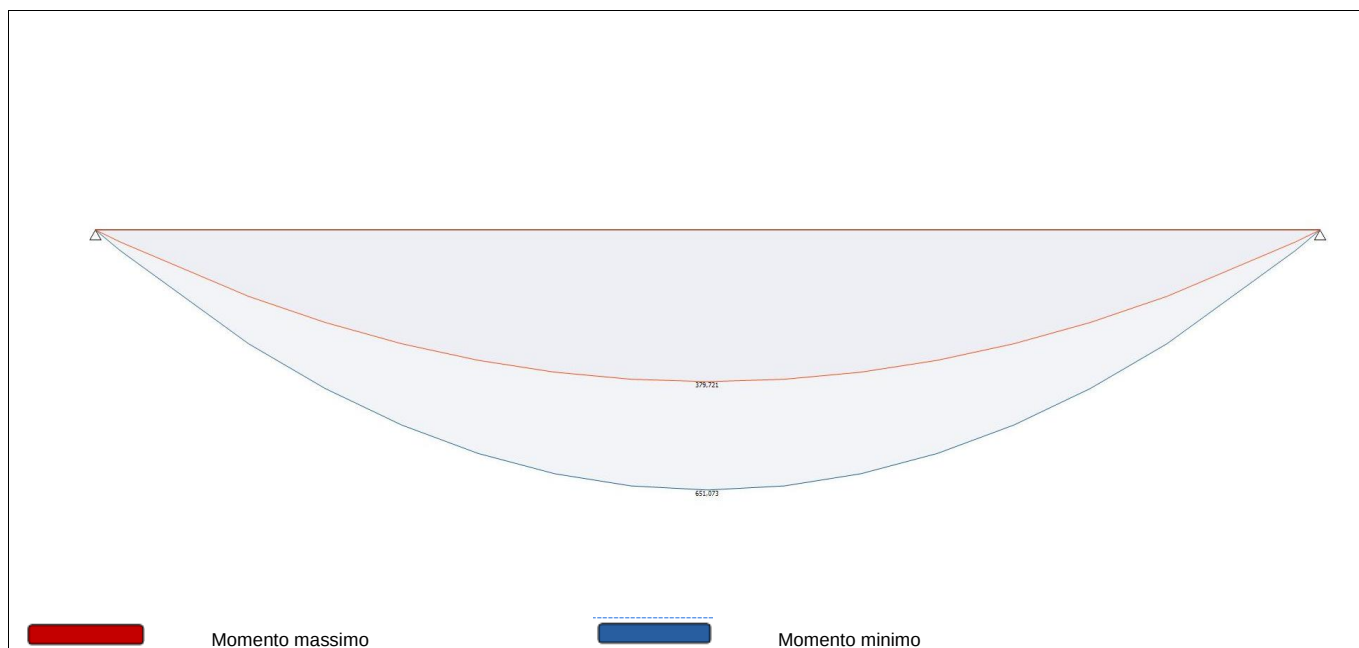
Densità  $\rho$  : 7.850,000 kg/m<sup>3</sup>

Coefficiente di dilatazione termica lineare  $\alpha_t$  : 1,2E-05

Tensione ammissibile  $\sigma_s$  : 1.863,90 daN/cm<sup>2</sup>

## 3 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLU

### Diagramma del Momento Flettente



## Diagramma del Taglio



## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 351,931               | 205,255               |
| B        | 351,931               | 205,255               |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -205,255            | -351,931            |
| C1      | 3,70           | 651,073                | 379,721                | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 7,40           | 0,000                  | 0,000                  | 351,931             | 205,255             |

## 4 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE rara

Diagramma della Deformata Elastica

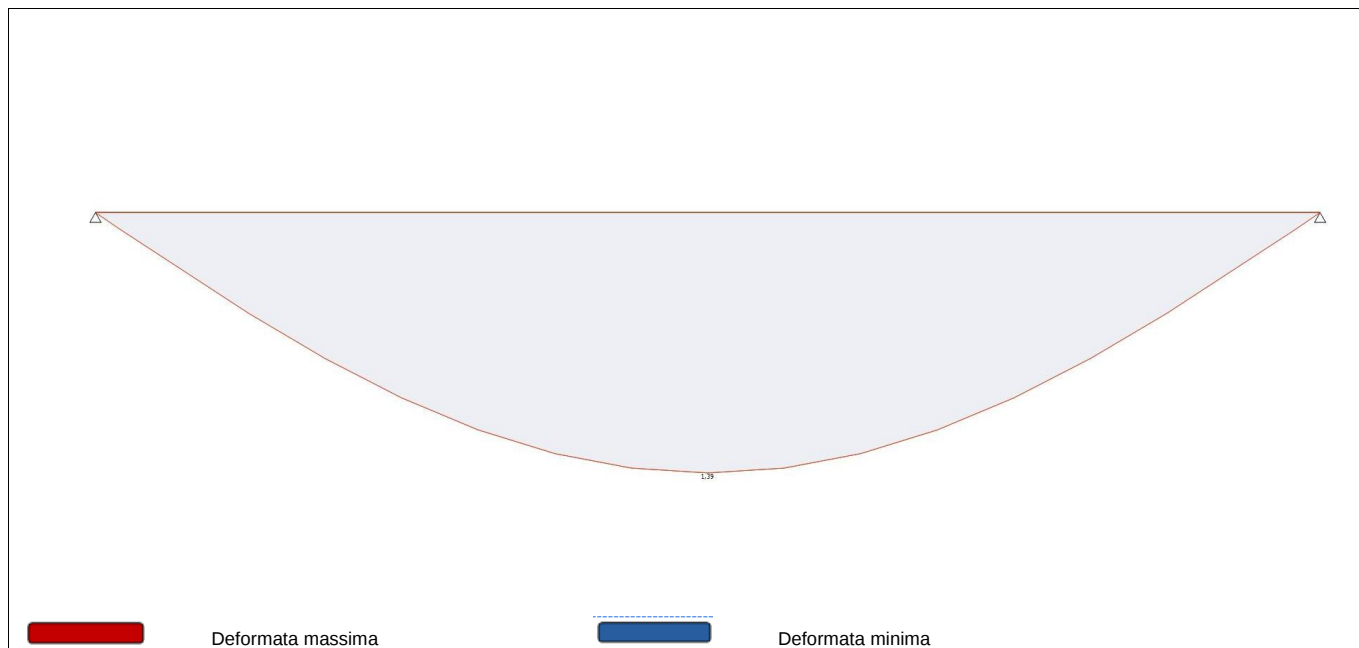
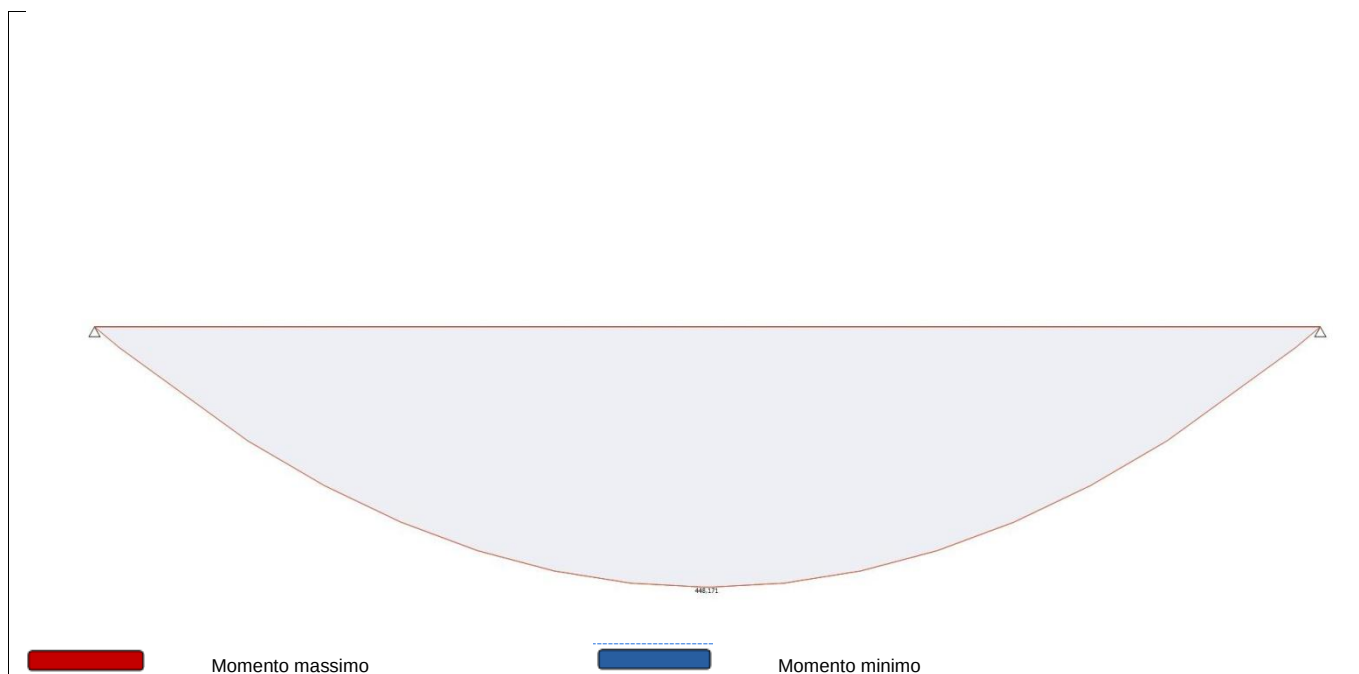
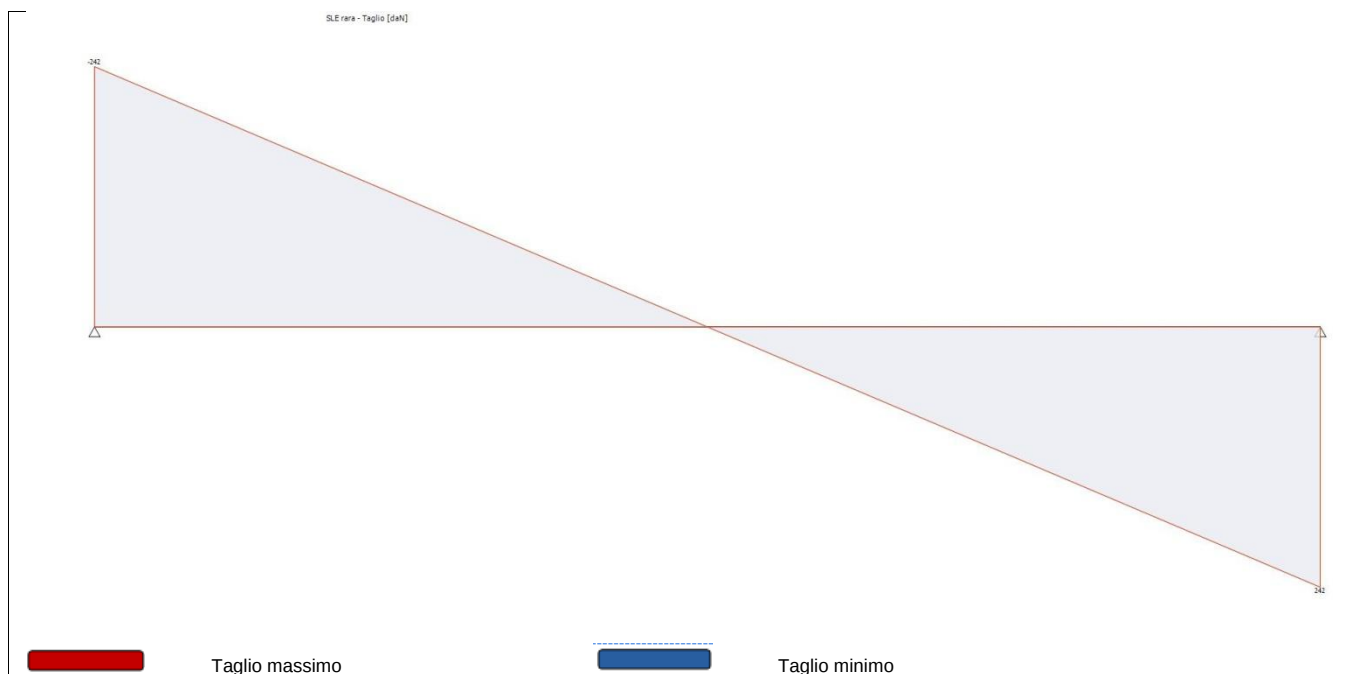


Diagramma del Momento Flettente



## Diagramma del Taglio



## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 242,255               | 242,255               |
| B        | 242,255               | 242,255               |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -242,255            | -242,255            |
| C1      | 3,70           | 448,171                | 448,171                | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 7,40           | 0,000                  | 0,000                  | 242,255             | 242,255             |

## Deformata

| Campata | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
|---------|----------------|---------------------------|
| C1      | 3,70           | 1,39                      |

## 5 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE frequente

Diagramma della Deformata Elastica

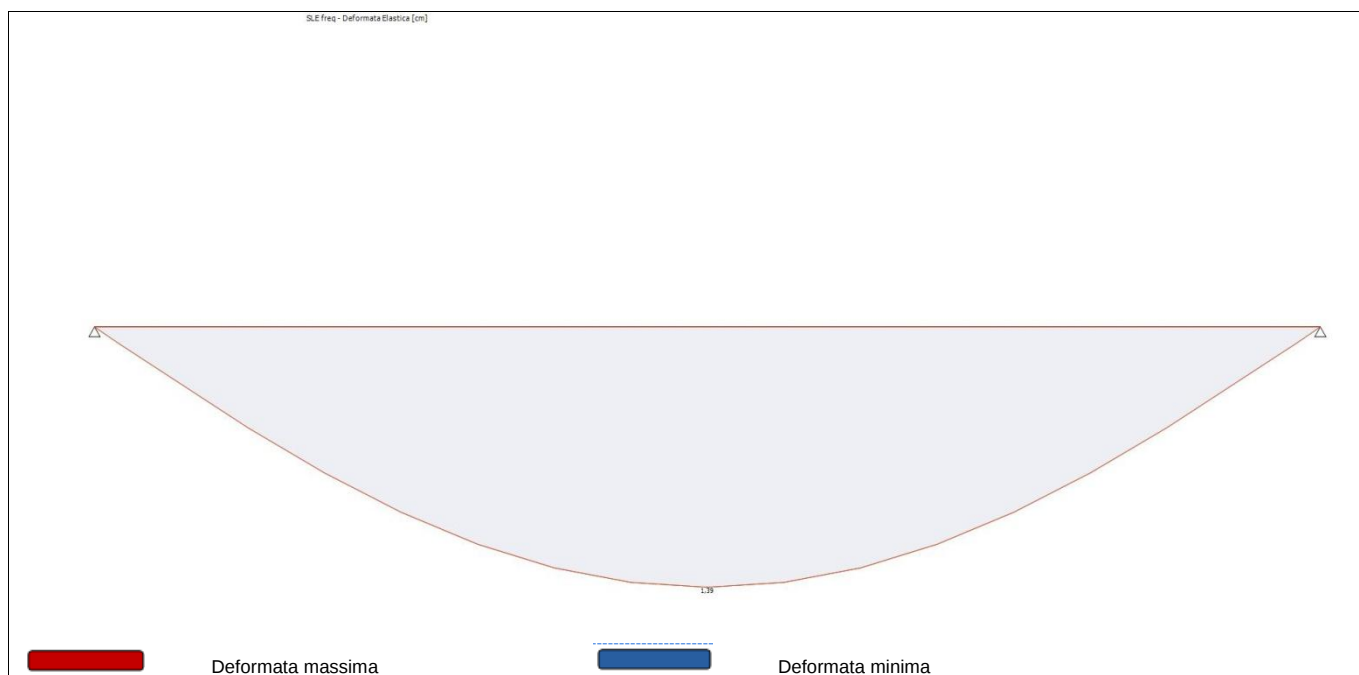
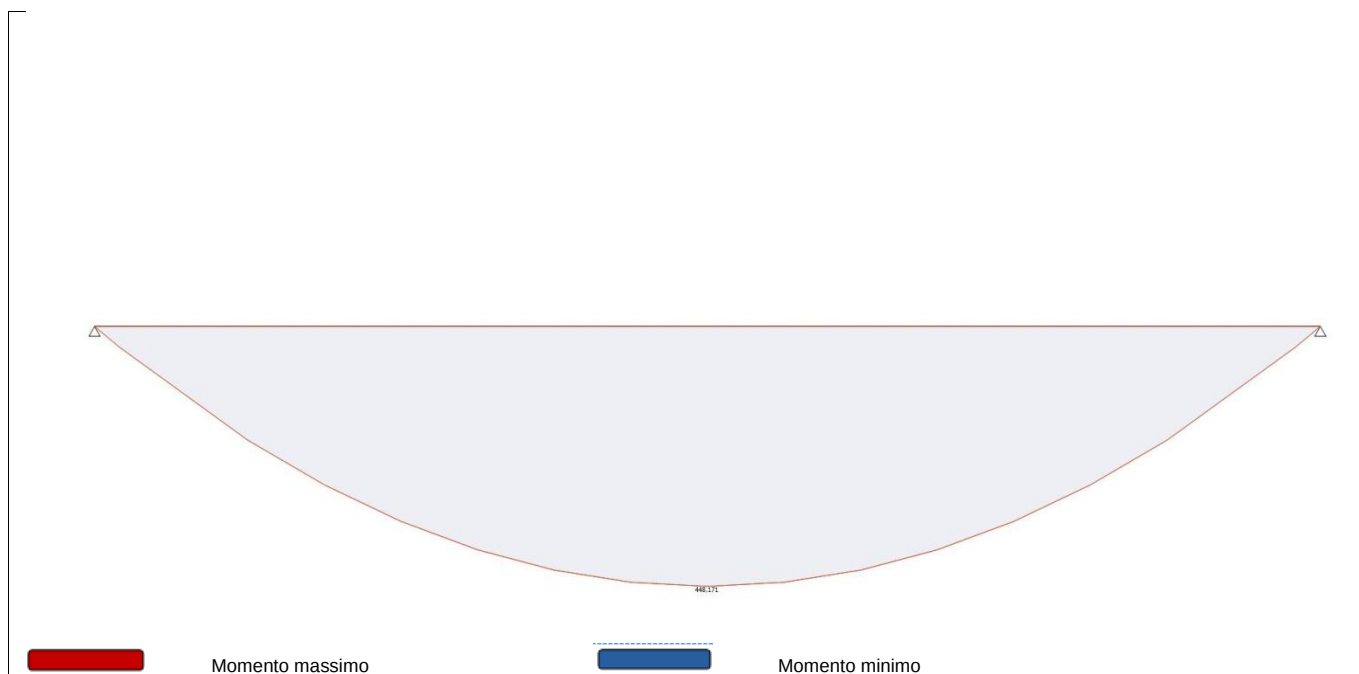
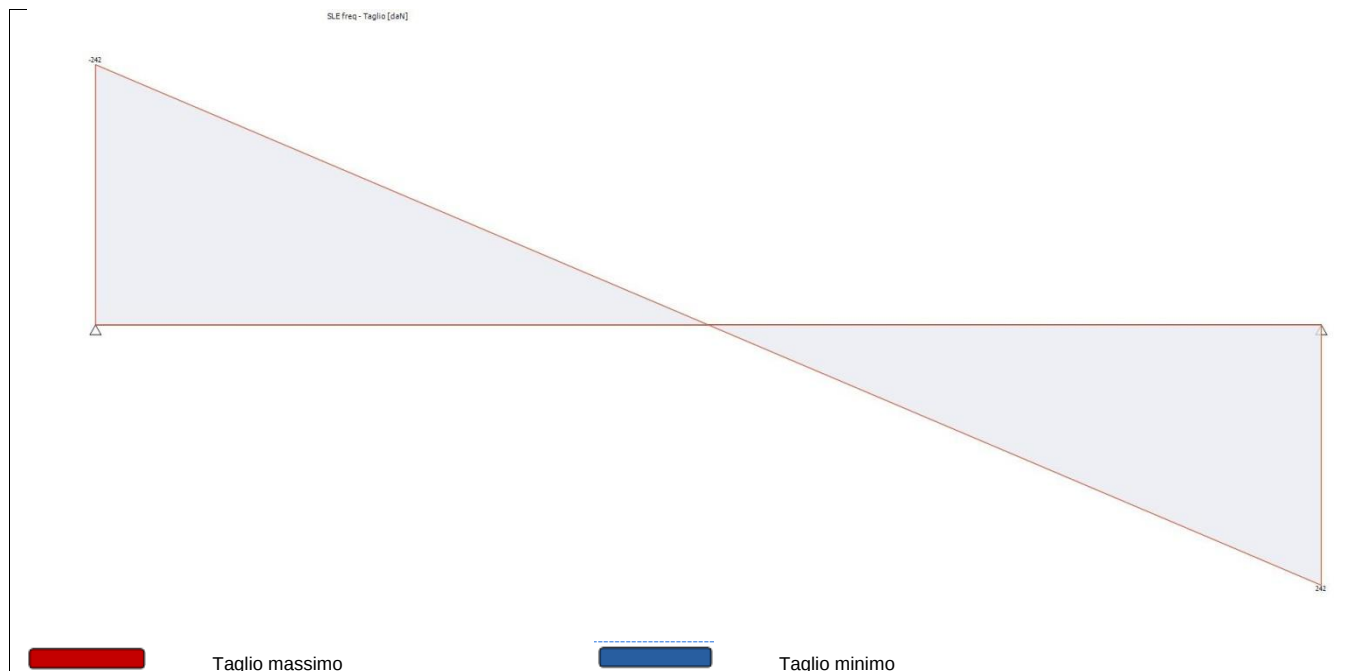


Diagramma del Momento Flettente



## Diagramma del Taglio



## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 242,255               | 242,255               |
| B        | 242,255               | 242,255               |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -242,255            | -242,255            |
| C1      | 3,70           | 448,171                | 448,171                | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 7,40           | 0,000                  | 0,000                  | 242,255             | 242,255             |

## Deformata

| Campata | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
|---------|----------------|---------------------------|
| C1      | 3,70           | 1,39                      |

## 6 Sollecitazioni agenti - Combinazione SLE quasi permanente

Diagramma della Deformata Elastica

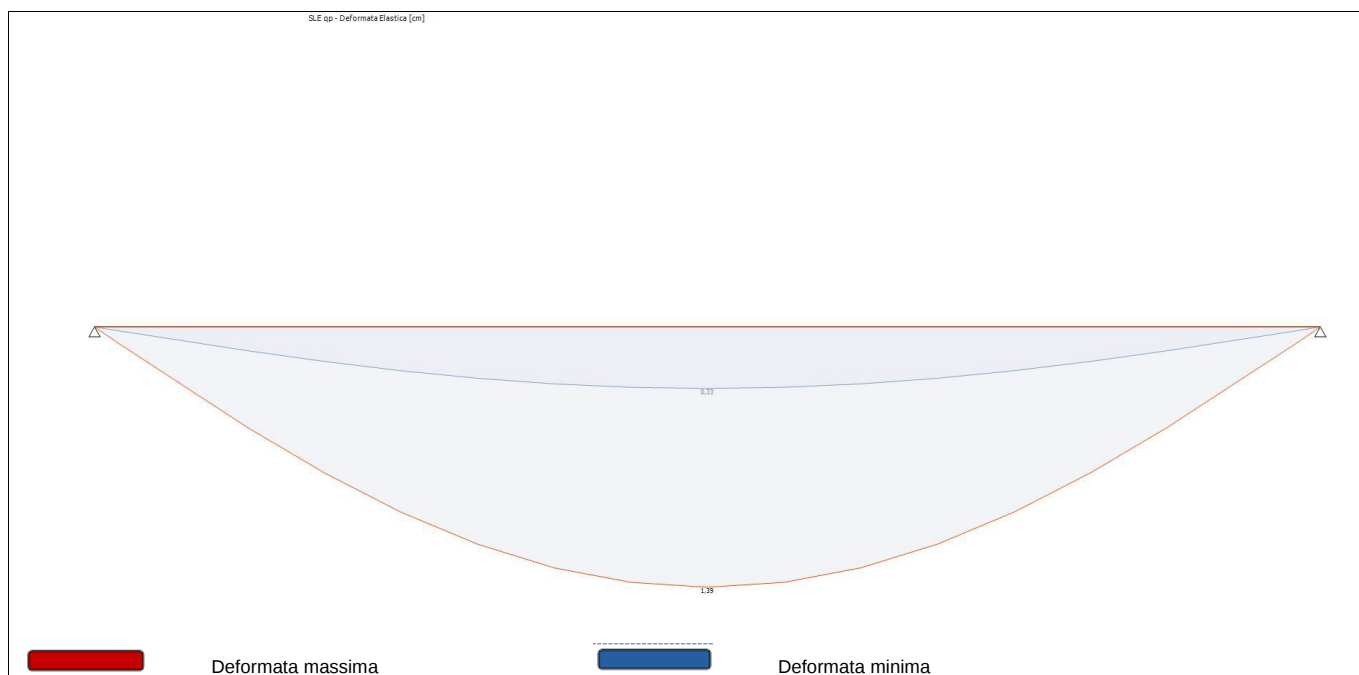
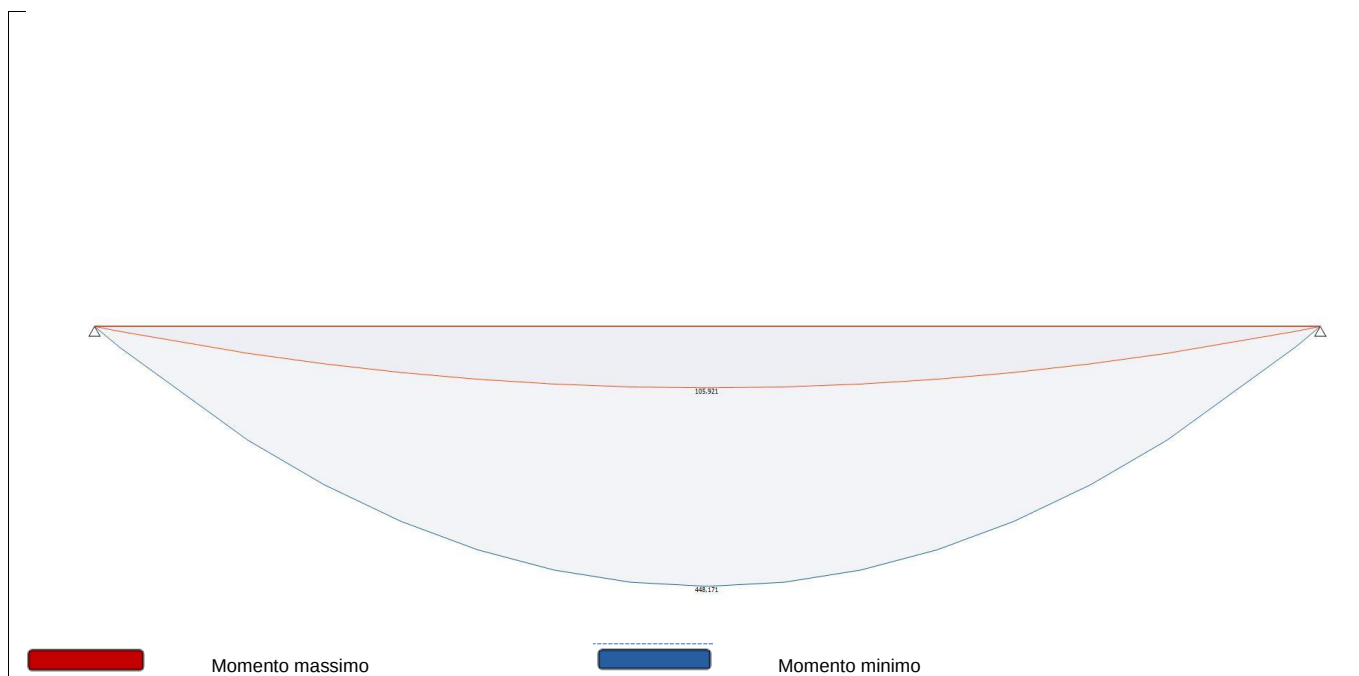


Diagramma del Momento Flettente



## Diagramma del Taglio



## Reazioni vincolari

| Appoggio | Reazione Max<br>[daN] | Reazione Min<br>[daN] |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| A        | 242,255               | 57,255                |
| B        | 242,255               | 57,255                |

## Azioni

| Campata | Ascissa<br>[m] | Momento Max<br>[daN m] | Momento Min<br>[daN m] | Taglio Max<br>[daN] | Taglio Min<br>[daN] |
|---------|----------------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| C1      | 0              | 0,000                  | 0,000                  | -57,255             | -242,255            |
| C1      | 3,70           | 448,171                | 105,921                | 0,000               | 0,000               |
| C1      | 7,40           | 0,000                  | 0,000                  | 242,255             | 57,255              |

## Deformata

| Campata | Ascissa<br>[m] | Deformata Massima<br>[cm] |
|---------|----------------|---------------------------|
| C1      | 3,70           | 1,39                      |

| Verifica di resistenza | Verifica di stabilità          | Verifica di deformabilità |             |         |            |          |          |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------|---------|------------|----------|----------|
| COMBINAZIONE: SLU      | Criterio                       | Sfruttamento              | Ascissa [m] | N [daN] | M3 [daN m] | T2 [daN] | Verifica |
| Asta 1                 | Verifica a flessione retta y-y | 0,20                      | 3,700       | --      | 651,073    | --       | OK       |

| Verifica di resistenza | Verifica di stabilità               | Verifica di deformabilità |             |            |             |      |        |          |
|------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------|------------|-------------|------|--------|----------|
| COMBINAZIONE: SLU      | Criterio                            | Sfruttamento              | Ascissa [m] | M3 [daN m] | Mcr [daN m] | Kc   | Chi LT | Verifica |
| Asta 1                 | Verifica stabilità a flessotorsione | 0,88                      | 3,700       | 651,073    | 889,120     | 0,94 | 0,26   | OK       |

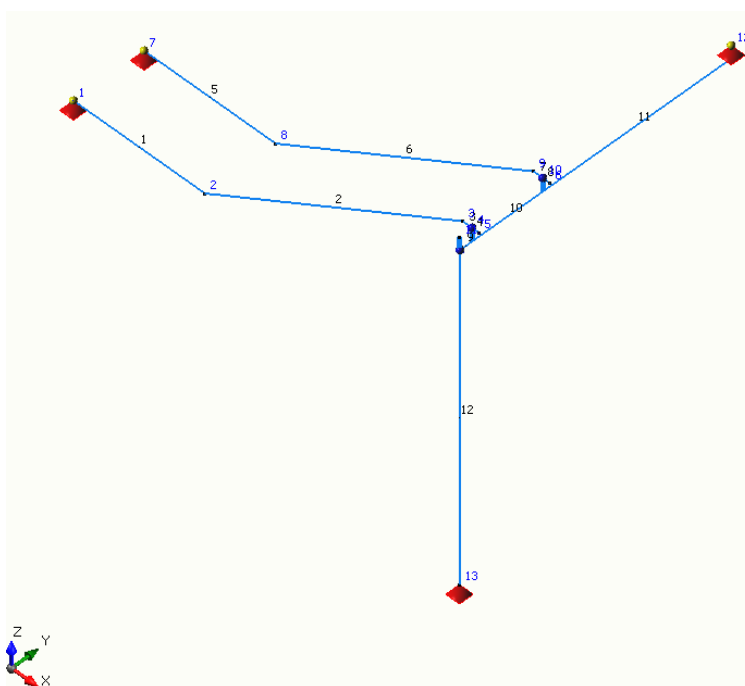
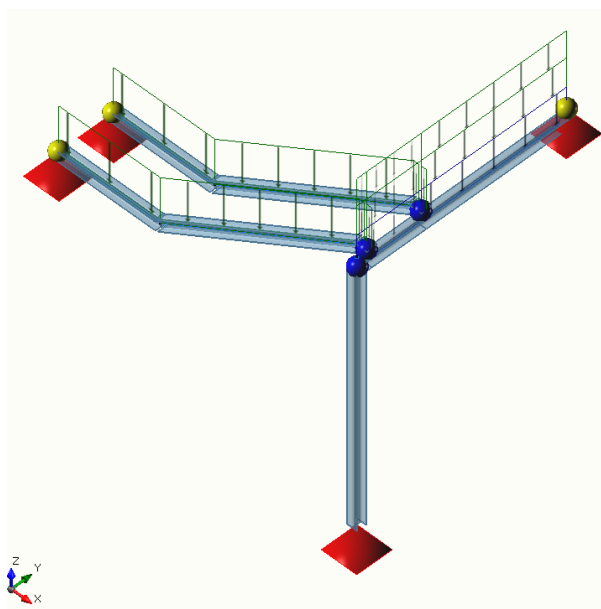
| Verifica di resistenza           | Verifica di stabilità | Verifica di deformabilità |               |                  |                         |          |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------|------------------|-------------------------|----------|
| COMBINAZIONE: SLE CARATTERISTICA | Criterio              | Sfruttamento              | Lunghezza [m] | Spostamento [cm] | Spostamento limite [cm] | Verifica |
| Asta 1                           | Elemento singolo      | 0,94                      | 7,400         | 1,39             | 1,48                    | OK       |

Spostamento limite = 1/500 L

## 9.5 Nuova scala in acciaio

In corrispondenza del solaio B in adiacenza al fronte nord è prevista la realizzazione di una scala in acciaio di collegamento tra il piano terra e il primo piano. Tale scala è costituita da due rampe la cui struttura portante è costituita da una coppia parallela di profilati in acciaio (HEA120) interessati fra loro a 65 cm: la rampa 1 si sviluppa dal piano terra al pianerottolo intermedio e i profilati sono fissati a un'estremità a terra e all'estremità opposta poggiano sulla muratura portante ( $L \cong 490$  cm); la rampa 2 si sviluppa dal pianerottolo intermedio al piano primo e i profilati poggiano sulla muratura portante e sulla trave in acciaio (HEA120) che sostiene il pianerottolo di sbarco ( $L \cong 405$  cm).

La struttura portante del pianerottolo di sbarco è realizzata con due travi in acciaio (HEA120) interassate 130 cm ca sulle quali è fissata una lamiera grecata del tutto analoga a quella impiegata per realizzare il solaio in acciaio calcestruzzo adiacente. Tali travi in acciaio poggiano sulla muratura del fronte nord da un lato e sulla muratura di centrale di spina e su una nuova colonna in acciaio (HEA120).



## Nodi

| Nodo | X<br>[m] | Y<br>[m] | Z<br>[m] |  | Nodo | X<br>[m] | Y<br>[m] | Z<br>[m] |  | Nodo | X<br>[m] | Y<br>[m] | Z<br>[m] |
|------|----------|----------|----------|--|------|----------|----------|----------|--|------|----------|----------|----------|
| 1    | 0,00     | 0,00     | 0,00     |  | 2    | 1,21     | 0,00     | 0,00     |  | 3    | 3,58     | 0,00     | 1,42     |
| 4    | 3,67     | 0,00     | 1,42     |  | 5    | 3,73     | 0,00     | 1,42     |  | 6    | 3,73     | 0,65     | 1,42     |
| 7    | 0,00     | 0,65     | 0,00     |  | 8    | 1,21     | 0,65     | 0,00     |  | 9    | 3,58     | 0,65     | 1,42     |
| 10   | 3,67     | 0,65     | 1,42     |  | 11   | 3,67     | -0,12    | 1,42     |  | 12   | 3,67     | 2,38     | 1,42     |
| 13   | 3,67     | -0,12    | -1,78    |  |      |          |          |          |  |      |          |          |          |

## Aste – Incidenza e proprietà

| Asta | Nodo iniziale | Nodo finale | Lunghezza<br>[m] | Rotazione<br>[°] | Sezione | Materiale | Elemento strutturale | Descrizione   |
|------|---------------|-------------|------------------|------------------|---------|-----------|----------------------|---------------|
| 1    | 1             | 2           | 1,21             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 1-1 1 1 |
| 2    | 2             | 3           | 2,76             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 1-1 1 1 |
| 3    | 3             | 4           | 0,09             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 1-1 1 1 |
| 4    | 4             | 5           | 0,06             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 1-1 1 1 |
| 5    | 7             | 8           | 1,21             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 2-2 1 1 |
| 6    | 8             | 9           | 2,76             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 2-2 1 1 |
| 7    | 9             | 10          | 0,09             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 2-2 1 1 |
| 8    | 10            | 6           | 0,06             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | rampa 2-2 1 1 |
| 9    | 11            | 4           | 0,12             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | Tr 1 2        |
| 10   | 4             | 10          | 0,65             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | Tr 1 2        |
| 11   | 10            | 12          | 1,73             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Trave                | Tr 1 2        |
| 12   | 13            | 11          | 3,08             | 0,0              | HEA 120 | S 275     | Asta                 |               |

## Vincoli esterni (con riferimento alla terna globale)

| Nodo | Traslazione X | Traslazione Y | Traslazione Z | Rotazione X | Rotazione Y | Rotazione Z | Tipo di vincolo |
|------|---------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-----------------|
| 1    | •             | •             | •             |             |             | •           | cerniera x,y    |
| 7    | •             | •             | •             |             |             | •           | cerniera x,y    |
| 12   | •             | •             | •             |             |             | •           | cerniera x,y    |
| 13   | •             | •             | •             | •           | •           | •           | incastro        |

## Svincoli interni (con riferimento alla terna locale)

| Asta | Nodo | Assiale N | Taglio Ty | Taglio Tz | Momento Mx | Momento My | Momento Mz |
|------|------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| 3    | 4    |           |           |           |            |            | •          |
| 7    | 10   |           |           |           |            |            | •          |
| 9    | 11   |           |           |           |            |            | •          |

## Carichi distribuiti sulle aste

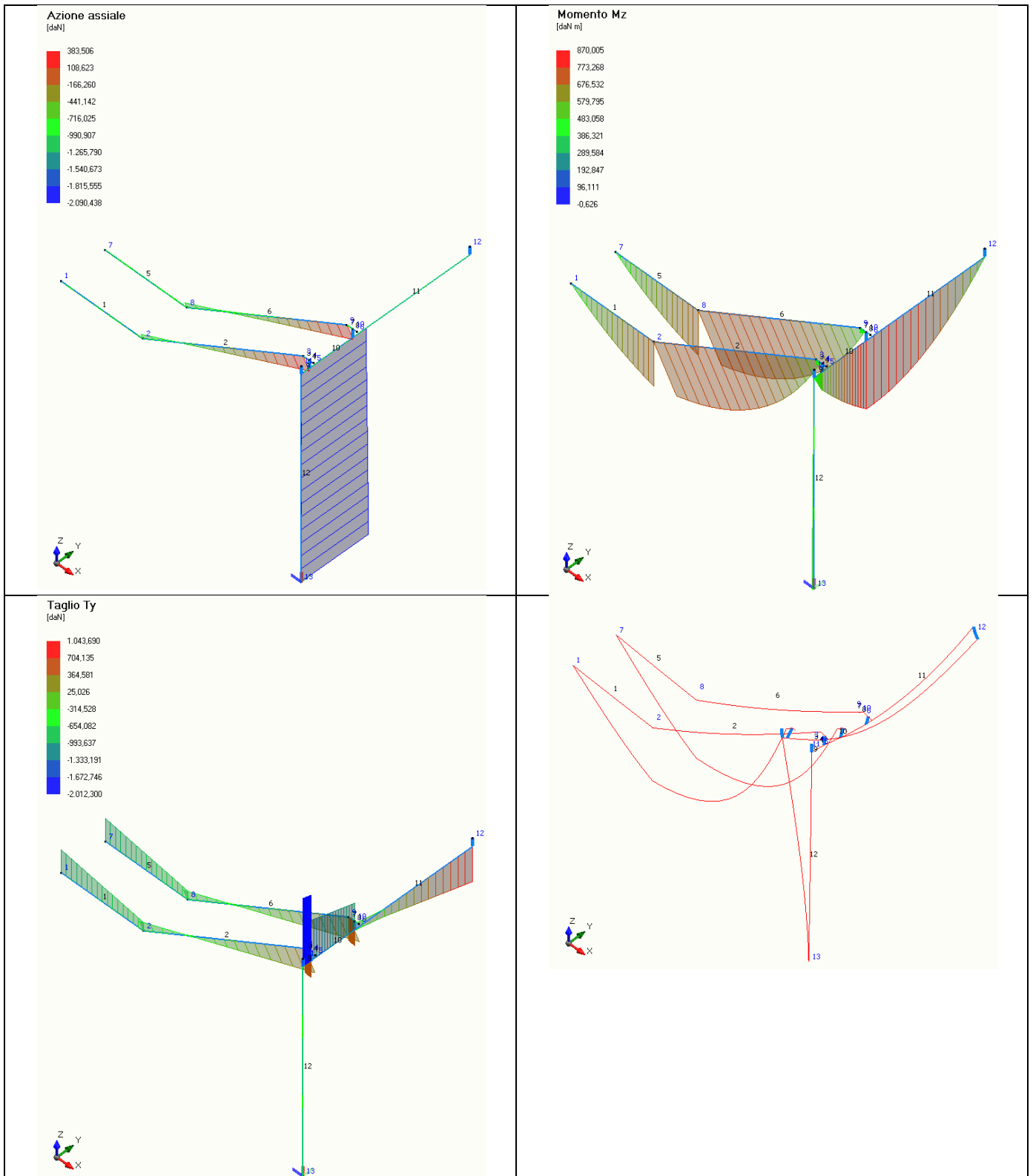
| Asta | Ascissa<br>[m] | Lunghezza<br>[m] | Valore  | P1    | Valore  | P2    | Tipologia di carico               | Categoria                  | Massa<br>sismica |
|------|----------------|------------------|---------|-------|---------|-------|-----------------------------------|----------------------------|------------------|
| 1    | 0,00           | 1,21             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 1,21             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 2    | 0,00           | 2,76             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 2,76             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 3    | 0,00           | 0,06             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 0,06             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 4    | 0,00           | 0,06             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 0,06             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 5    | 0,00           | 1,21             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 1,21             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 6    | 0,00           | 2,76             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 2,76             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 7    | 0,00           | 0,09             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z         | Permanente non strutturale | sì               |

| Asta | Ascissa<br>[m] | Lunghezza<br>[m] | Valore  | P1    | Valore  | P2    | Tipologia di carico               | Categoria                  | Massa<br>sismica |
|------|----------------|------------------|---------|-------|---------|-------|-----------------------------------|----------------------------|------------------|
|      |                |                  |         |       |         |       | globale                           |                            |                  |
|      | 0,00           | 0,06             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 8    | 0,00           | 0,06             | 15,000  | daN/m | 15,000  | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 0,06             | 200,000 | daN/m | 200,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 9    | 0,00           | 0,12             | 150,000 | daN/m | 150,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente                 | sì               |
|      | 0,00           | 0,12             | 140,000 | daN/m | 140,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 0,12             | 130,000 | daN/m | 130,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 10   | 0,00           | 0,65             | 150,000 | daN/m | 150,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente                 | sì               |
|      | 0,00           | 0,65             | 140,000 | daN/m | 140,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 0,65             | 130,000 | daN/m | 130,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |
| 11   | 0,00           | 1,73             | 150,000 | daN/m | 150,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente                 | sì               |
|      | 0,00           | 1,73             | 140,000 | daN/m | 140,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Permanente non strutturale | sì               |
|      | 0,00           | 1,73             | 130,000 | daN/m | 130,000 | daN/m | Carico distribuito asse Z globale | Categoria B - Uffici       | sì               |

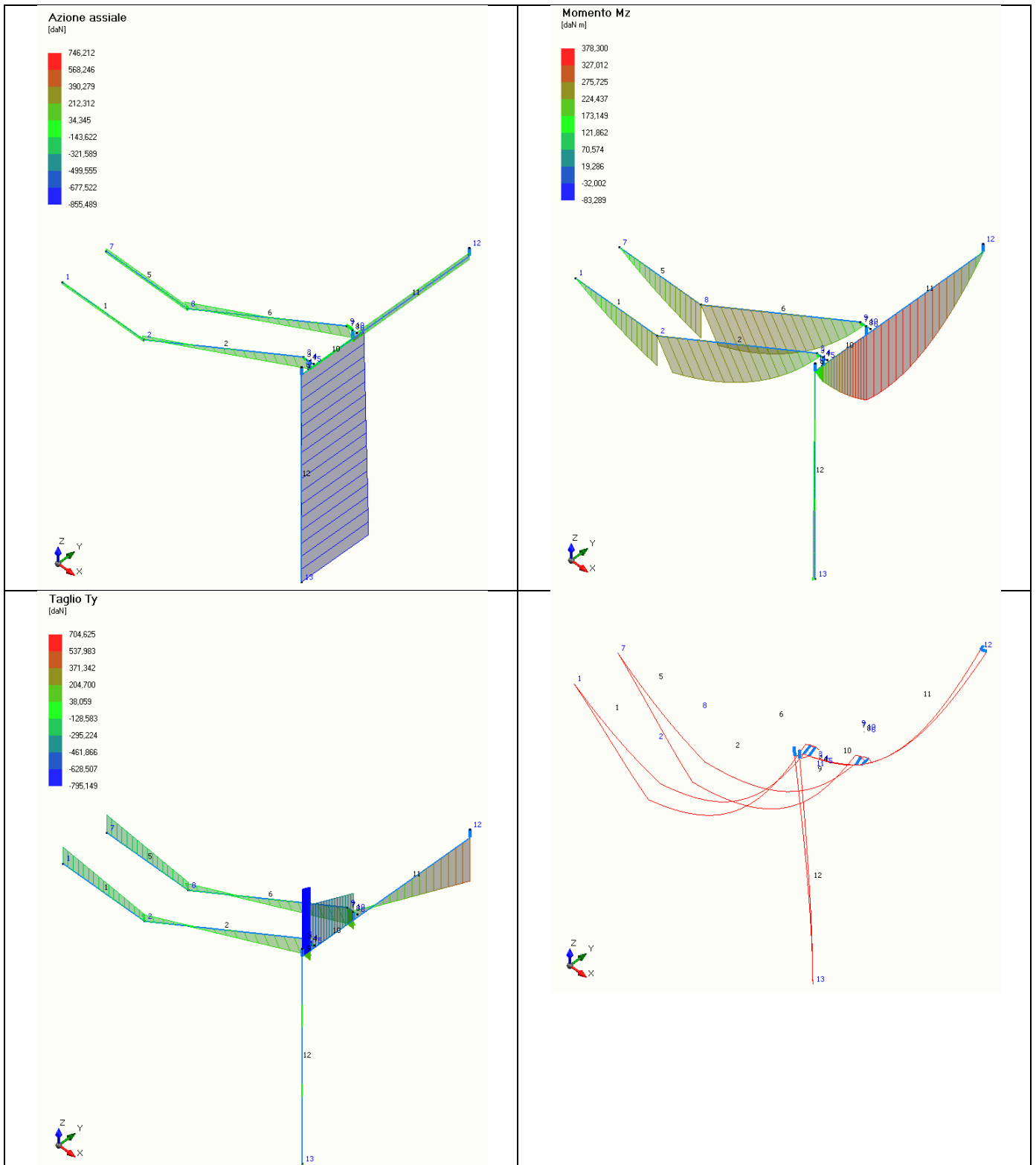
### Reazioni vincolari (con riferimento alla terna globale) – combinazione: SLU (statica) Involuppo

| Nodo | Reazione<br>X<br>massima<br>[daN] | Reazione<br>X<br>minima<br>[daN] | Reazione<br>Y<br>massima<br>[daN] | Reazione<br>Y<br>minima<br>[daN] | Reazione<br>Z<br>massima<br>[daN] | Reazione<br>Z<br>minima<br>[daN] | Momento<br>in X<br>massimo<br>[daN m] | Momento<br>in X<br>minimo<br>[daN m] | Momento<br>in Y<br>massimo<br>[daN m] | Momento<br>in Y<br>minimo<br>[daN m] | Momento<br>in Z<br>massimo<br>[daN m] | Momento<br>in Z<br>minimo<br>[daN m] |
|------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 1    | -6,824                            | -24,281                          | 6,240                             | 2,136                            | 676,383                           | 59,489                           | 0,000                                 | 0,000                                | 0,000                                 | 0,000                                | 8,679                                 | 2,861                                |
| 7    | 14,832                            | -18,031                          | 1,089                             | -0,272                           | 680,798                           | 65,876                           | 0,000                                 | 0,000                                | 0,000                                 | 0,000                                | 1,577                                 | 0,365                                |
| 12   | 22,902                            | -6,364                           | 1,993                             | -0,486                           | 1.043,690                         | 373,491                          | 0,000                                 | 0,000                                | 0,000                                 | 0,000                                | 52,348                                | 2,786                                |
| 13   | 16,478                            | 1,288                            | -2,531                            | -8,169                           | 2.090,438                         | 524,540                          | 25,160                                | 7,796                                | 51,478                                | 4,009                                | 0,223                                 | 0,049                                |

# SLU



# SLV



**Verifiche di resistenza (cfr NTC § 4.2.4.1.2) - combinazione SLU (statica)**

|         | Criterio                                    | Sfrutt. | Ascissa<br>[m] | N<br>[daN] | M3<br>[daN m] | T2<br>[daN] | M2<br>[daN m] | T3<br>[daN] | Verifica |
|---------|---------------------------------------------|---------|----------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|----------|
| Asta 1  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,18    | 1,210          | 24,281     | 563,765       | 255,461     | 1,128         | 6,240       | SI       |
| Asta 2  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,21    | 0,863          | 43,898     | 652,518       | 26,024      | -4,420        | 6,240       | SI       |
| Asta 3  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,03    | 0,000          | 24,281     | 64,772        | 705,648     | -13,661       | 6,240       | SI       |
| Asta 4  | Sollecitazione trascurabile                 | --      | --             | --         | --            | --          | --            | --          | SI       |
| Asta 5  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,18    | 1,210          | 18,031     | 569,107       | 259,876     | 0,783         | 1,089       | SI       |
| Asta 6  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,21    | 0,691          | -17,414    | 656,473       | 23,430      | 0,783         | 1,089       | SI       |
| Asta 7  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,02    | 0,000          | 18,031     | 64,385        | 701,233     | -2,323        | 1,089       | SI       |
| Asta 8  | Sollecitazione trascurabile                 | --      | --             | --         | --            | --          | --            | --          | SI       |
| Asta 9  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,08    | 0,120          | 8,169      | 236,973       | 1.937,256   | 2,201         | 16,478      | SI       |
| Asta 10 | Verifica a flessione deviata e taglio       | 0,29    | 0,650          | --         | 869,669       | 8,468       | -17,094       | 782,612     | SI       |
| Asta 11 | Verifica a flessione deviata e taglio       | 0,29    | 0,108          | --         | 870,005       | 22,902      | -18,807       | 127,274     | SI       |
| Asta 12 | Verifica non richiesta                      | --      | --             | --         | --            | --          | --            | --          | --       |

**Verifiche di resistenza (cfr NTC § 4.2.4.1.2) - combinazione SLU (sismica)**

|         | Criterio                                    | Sfrutt. | Ascissa<br>[m] | N<br>[daN] | M3<br>[daN m] | T2<br>[daN] | M2<br>[daN m] | T3<br>[daN] | Verifica |
|---------|---------------------------------------------|---------|----------------|------------|---------------|-------------|---------------|-------------|----------|
| Asta 1  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,05    | 1,210          | 26,774     | 167,848       | 81,476      | 0,744         | 23,318      | SI       |
| Asta 2  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,06    | 0,691          | 22,670     | 188,788       | 13,619      | -2,766        | 3,408       | SI       |
| Asta 3  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,01    | 0,000          | 21,390     | 18,328        | 199,765     | -7,216        | 8,482       | SI       |
| Asta 4  | Sollecitazione trascurabile                 | --      | --             | --         | --            | --          | --            | --          | --       |
| Asta 5  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,06    | 1,210          | -34,874    | 185,698       | 96,196      | 0,582         | 20,925      | SI       |
| Asta 6  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,07    | 0,691          | -36,952    | 202,263       | 14,777      | -1,243        | 1,074       | SI       |
| Asta 7  | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,01    | 0,000          | -26,145    | 18,242        | 198,740     | -1,841        | 7,382       | SI       |
| Asta 8  | Sollecitazione trascurabile                 | --      | --             | --         | --            | --          | --            | --          | --       |
| Asta 9  | Verifica a flessione deviata e taglio       | 0,03    | 0,120          | --         | 92,909        | 7,063       | 0,933         | 753,327     | SI       |
| Asta 10 | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,13    | 0,650          | 13,809     | 367,731       | 315,758     | -12,726       | 10,425      | SI       |
| Asta 11 | Verifica a pressoflessione deviata e taglio | 0,13    | 0,216          | 43,486     | 378,300       | 31,021      | -13,989       | 2,805       | SI       |
| Asta 12 | Verifica non richiesta                      | --      | --             | --         | --            | --          | --            | --          | --       |

**Verifiche di stabilità (cfr NTC § 4.2.4.1.3) - combinazione SLU (statica)**

|         | Criterio                             | Sfrutt. | Ascissa<br>[m] | N<br>[daN] | M3<br>[daN m] | M2<br>[daN m] | Ncr<br>[daN] | $\lambda_{sgn,y}$ | $\lambda_{sgn,z}$ | $\chi_Y$ | $\chi_Z$ | Mcr<br>[daN m] | kc | $\chi_{LT}$ | kyy  | kyz  | kzy  | kzz  | Verifica |
|---------|--------------------------------------|---------|----------------|------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|----------|----------------|----|-------------|------|------|------|------|----------|
| Asta 1  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 2  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 3  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 4  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 5  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 6  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 7  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 8  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 9  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 10 | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 11 | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 12 | Verifica stabilità a pressoflessione | 0,09    | 0,000          | -2.012     | 25,160        | 51,478        | 50.448       | 0,73              | 1,18              | 0,77     | 0,45     | 4.478          | -- | 0,79        | 0,61 | 0,40 | 0,37 | 0,66 | SI       |

**Verifiche di stabilità (cfr NTC § 4.2.4.1.3) - combinazione SLU (sismica)**

|         | Criterio                             | Sfrutt. | Ascissa<br>[m] | N<br>[daN] | M3<br>[daN m] | M2<br>[daN m] | Ncr<br>[daN] | $\lambda_{sgn,y}$ | $\lambda_{sgn,z}$ | $\chi_Y$ | $\chi_Z$ | Mcr<br>[daN m] | kc | $\chi_{LT}$ | kyy  | kyz  | kzy  | kzz  | Verifica |
|---------|--------------------------------------|---------|----------------|------------|---------------|---------------|--------------|-------------------|-------------------|----------|----------|----------------|----|-------------|------|------|------|------|----------|
| Asta 1  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 2  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 3  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 4  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 5  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 6  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 7  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 8  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 9  | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 10 | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 11 | Verifica non richiesta               | --      | --             | --         | --            | --            | --           | --                | --                | --       | --       | --             | -- | --          | --   | --   | --   | --   | --       |
| Asta 12 | Verifica stabilità a pressoflessione | 0,04    | 0,000          | -795,383   | 11,732        | 15,379        | 50.447,722   | 0,73              | 1,18              | 0,77     | 0,45     | 4.477,917      | -- | 0,79        | 0,62 | 0,40 | 0,37 | 0,67 | SI       |

## 10. SOFTWARE DI CALCOLO

Le verifiche delle capriate in legno sono state condotte con il seguente software di calcolo:

| Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo |                                                                 |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Software                                        | <b>TRAVILOG TITANIUM 5 – 2017.18</b>                            |
| Autore, produttore e distributore               | <b>Logical Soft s.r.l</b> – via Garibaldi 253, 20832 Desio (MB) |
| Metodo numerico adottato                        | Metodo di calcolo agli elementi finiti                          |
| Solutore ad elementi finiti adottato            | Xfinest di Harpaceas                                            |

La licenza di utilizzo del codice di calcolo è concessa da Logical Soft s.r.l a:

Emanuele Giletti, Codice Cliente: 75904

Addis Abeba, 13900, biella - bi

Numero di serie: 3708 Chiave HARDWARE

Codice di abilitazione: 5YG9 6YVN 9P8D QTYS GDVG FVQN YVPC U59H

Tecnaria SPA, via Pecori Giraldi 55, 36061 Bassano del Grappa (Vicenza), ITALY

Tel. +39 0424.502029 - Fax +39 0424.502386 - info@tecnaria.com - www.tecnaria.com

Programma: Tecnaria acciaio-cls RESTAURO SOLAI - Versione programma: 4.0.3.4 per solai esistenti

Programma: Tecnaria acciaio-cls SOLAI NUOVI - Versione programma: 4.0.2.4 per solai nuovi

Programma: Tecnaria legno-cls - Versione programma: 4.20 per solai misti legno-calcestruzzo

## 11. CONCLUSIONE

Nel rispetto di quanto richiesto nel capitolo 10 dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 ed al fine di fornire un giudizio motivato di accettabilità dei valori raggiunti, alla luce delle verifiche e dei calcoli effettuati, di cui è data spiegazione nel presente documento, il progettista strutturale ritiene che i risultati ottenuti relativamente al progetto in oggetto siano conformi a quanto previsto dai regolamenti e dalle leggi vigenti in materia.

A supporto di tale affermazione il progettista dichiara di aver controllato accuratamente i tabulati ottenuti, di aver preliminarmente esaminato il software di calcolo, ritenendolo affidabile ed idoneo alla struttura in oggetto, di aver confrontato i risultati ottenuti da analisi computazionale con semplici calcoli di massima svolti dallo stesso progettista e di aver infine esaminato gli stati tensionali e deformativi, ritenendoli consistenti e coerenti con la modellazione della struttura analizzata.

Biella, Dicembre 2018

I progettisti

arch. Maria Nefeli Poletti

ing. Emanuele Giletti

*ALLEGATI: Allegato 1 – Descrizione del software ed esempi di calcolo svolti*

## Allegato 1 – Descrizione del software ed esempi di calcolo svolti

Questo paragrafo fornisce un inquadramento teorico relativo alle metodologie di calcolo ed all'impostazione generale utilizzate dal software di calcolo ad elementi finiti *TRAVILOG TITANIUM 3*.

### Codice di calcolo

Il codice di *TRAVILOG TITANIUM 3* è stato sviluppato da Logical Soft srl in linguaggio Visual Studio 2008 e .Net Framework 2.0 e non può essere modificato o manipolato dall'utente.

Il contenuto del presente capitolo certifica l'affidabilità del calcolo limitatamente ai test effettuati, di cui si allega analisi teorica e soluzione fornita da *TRAVILOG TITANIUM 3* ed altro codice di calcolo di confronto.

Il solutore a elementi finiti utilizzato dal programma è XFinest 8.1, prodotto da Harpaceas s.r.l.

La bontà del solutore è certificata direttamente da CEAS srl, produttore di XFinest 8.1. Per maggiori dettagli si consiglia di consultare le specifiche i n merito.

### Metodo numerico adottato

Il software esegue l'analisi della struttura tramite il **metodo di calcolo agli elementi finiti**, ovvero mediante la costruzione di un modello matematico costituito da un numero definito di elementi discreti, per ognuno dei quali è stata definita analiticamente una relazione tra forze e spostamenti.

Da queste il programma assembla quindi la matrice di rigidezza e calcola la risposta dell'intera struttura.

### Caratteristiche del modello

Ogni telaio, considerato in materiale perfettamente elastico, è modellato con 2 tipologie di elemento finito:

- **Tipo asta**, adatto per elementi aventi proprietà riconducibili a un comportamento unidirezionale.  
L'elemento asta è calcolato mediante funzioni di forma cubiche. Le matrici di rigidezza e di massa associate all'elemento sono costituite sulla base della teoria delle travi snelle, tipo Eulero – Bernoulli. Il programma mostra i diagrammi delle azioni interne discretizzando l'elemento in 17 punti di calcolo.  
Se l'asta ha proprietà di suolo elastico, il software valuta le azioni interne e le pressioni sul terreno secondo la teoria delle travi su suolo elastico alla Winkler.  
L'elemento finito di XFinest, al cui manuale si rimanda per maggiori dettagli, è l'elemento MBEAM.
- **Tipo shell** (elemento finito XFinest tipo QF46) per elementi aventi proprietà riconducibili a un comportamento bidimensionale. Il tipo di elemento utilizzato può lavorare in regime membranale e flessionale e, grazie alla linearità del sistema, i due effetti possono essere considerati separatamente.  
L'elemento finito QF46 utilizzato è isoparametrico, basato sulla teoria dei gusci secondo Mindlin – Reissner. E' adatto sia per gusci spessi che sottili, non contiene modi spuri, consente di valutare i tagli fuori piano e può degenerare in un triangolo. Tutte le componenti del tensore delle deformazioni sono integrate nel piano medio con ordine di integrazione gaussiana 2 x 2. Per maggiori dettagli si può fare riferimento al manuale di XFinest.

### Tipologie di analisi svolte dal software

La scelta del metodo di analisi è effettuata dal progettista a seconda delle prescrizioni previste dalla normativa. Tali prescrizioni dipendono in generale dalla destinazione d'utilizzo della struttura, dalla forma in pianta e dallo sviluppo in altezza della stessa, nonché dalla zona sismica di riferimento. Il software è in grado eseguire i seguenti metodi di analisi:

- **Analisi statica.** La struttura è soggetta a carichi statici, distribuiti concentrati, applicati alle aste, ai nodi o agli elementi shell. L'equazione risolvibile in tal caso ha la seguente forma:

$$F = Kx$$

dove:

$F$  è il vettore dei carichi agenti sulla struttura

$K$  è la matrice di rigidezza

$x$  il vettore di spostamenti e rotazioni (gradi di libertà del sistema).

- **Analisi sismica statica.** Se la struttura possiede le caratteristiche previste dalla normativa, l'azione del sisma può essere modellata con un sistema di forze di piano equivalenti, valutate e assegnate in funzione della rigidezza degli elementi. La precedente diventa pertanto:

$$F + F_s = Kx$$

dove:

$F_s$  è il vettore dei carichi sismici equivalenti agenti sulla struttura, valutati in base alle relative norme di riferimento.

- **Analisi sismica dinamica modale.** In questo caso il programma valuta un comportamento inerziale della struttura, attribuendo un'accelerazione al sistema di riferimento terreno, secondo uno spettro sismico previsto dalla normativa in funzione della classificazione del territorio e altri parametri.

$$M \ddot{x} + K x = -M \ddot{u}$$

dove:

$M$  è la matrice di massa della struttura

$\ddot{u}$  è il vettore delle accelerazioni sismiche applicate al terreno

Gli effetti dinamici dovuti al comportamento inerziale della struttura e l'effetto dei carichi statici vengono successivamente combinati, secondo opportuni coefficienti stabiliti dalla norma.

### Formulazione del metodo

Il software esegue il calcolo ad elementi finiti formulando un'analisi di tipo lineare. In questo caso la matrice di rigidezza non varia durante lo sviluppo dell'analisi, considerando l'approssimazione dei piccoli spostamenti. Sotto tali ipotesi valgono i seguenti benefici:

- Vale il principio di sovrapposizione degli effetti.
- Non influisce la sequenza di applicazione dei carichi sulla struttura.
- La precedente storia di carico della struttura non ha alcuna influenza, pertanto gli sforzi residui possono essere trascurati.

L'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti permette di considerare indipendentemente le ipotesi di carico elementari, per poi combinarle secondo opportuni coefficienti di partecipazione. In questo modo è possibile calcolare la risposta come una combinazione lineare di carichi elementari, rendendo il processo di analisi estremamente efficiente.

Le non linearità trascurate in questo tipo di analisi sono le seguenti:

- Non linearità dovuta a effetti geometrici. Grandi spostamenti e rotazioni possono introdurre significativi cambiamenti di forma e orientamento, variando drasticamente la rigidità totale delle struttura.
- Non linearità delle caratteristiche dei materiali, legate al legame costitutivo o a eventuali anisotropie.
- Non linearità delle condizioni di vincolo.
- Non linearità dei carichi. La direzione di applicazione può variare in funzione della deformata della struttura.

#### Metodo di risoluzione del problema dinamico

La risoluzione del problema dinamico a n gradi di libertà si basa su un **metodo di sovrapposizione modale**. Tale metodo permette di trasformare un sistema di equazioni accoppiate a un sistema di equazioni disaccoppiate, utilizzando le proprietà di ortogonalità di autovalori e autovettori, ovvero i modi di vibrare della struttura. La studio della struttura non necessita dell'estrazione di tutti gli autovalori, ma solo di una parte significativa di essi, secondo limiti previsti dalle norme.

Il metodo utilizzato dal software per l'estrazione degli autovalori è il metodo di *Lanczos*, adatto anche per matrici non simmetriche a termini complessi.

Nel calcolo della risposta sismica i contributi derivanti dai singoli modi sono combinati secondo il metodo *CQC*, che consente di tener conto delle singole componenti modali  $X_k$ , ottenute da una combinazione quadratica delle componenti  $X_{k,j}$  secondo opportuni coefficienti.

#### Metodi di verifica svolti dal software

TRAVILOG TITANIUM 3 è in grado di eseguire analisi di sezioni e di verificare il comportamento delle strutture secondo due metodi principali di verifica:

- **Tensioni ammissibili.** I carichi sono applicati alla struttura con il loro valore nominale. Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per opportuni coefficienti ottenendo delle tensioni massime a cui potranno lavorare i materiali stessi. Tali tensioni risultano al di sotto del limite elastico convenzionale.
- **Stati limite.** Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per dei coefficienti di sicurezza ottenendo dei valori limite in campo plastico. I carichi di esercizio, accidentali o permanenti vengono incrementati secondo opportuni coefficienti definiti dalla normativa (vedi in seguito).

Il programma valuta diverse condizioni di stato limite:

- o **Stato limite ultimo.** La normativa prevede in questo caso che la struttura sia soggetta in condizioni straordinarie a carichi che possano causare il collasso della stessa, quali ad esempio l'evento sismico.
- o **Stato limite di esercizio.** Anche in questo caso il calcolo della struttura è effettuato incrementando i carichi secondo opportuni coefficienti. A differenza del caso precedente però la struttura è soggetta a carichi in condizioni di esercizio, sotto l'azione dei quali devono prodursi deformazioni controllate, che non impediscano il funzionamento previsto. Esistono tre diverse condizioni di esercizio: **Rara, Frequente, Quasi permanente**.
- o **Stato limite di danno.** E' il caso in cui la struttura è soggetta a forze di natura sismica. La verifica al danno è da effettuarsi sugli spostamenti.

La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende dalle prescrizioni previste dalle normative vigenti.

#### Sistemi di riferimento

Il programma possiede 2 diversi tipi di sistema di riferimento:

- **Riferimento globale.**  
Il sistema di riferimento è definito da una terna cartesiana destrorsa, valido per tutti gli elementi della struttura e non dipende dal particolare orientamento di parti di essa.

**I vincoli esterni, le reazioni vincolari e gli spostamenti nodali calcolati sono riferiti alla terna globale**



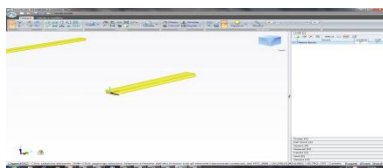
La terna di riferimento globale

- **Riferimento locale.**

In questo caso il sistema di riferimento è ancora definito da una terna cartesiana destrorsa, l'orientamento del quale varia elemento per elemento.

**Le azioni interne sono sempre riferite alla terna locale**

- o **Riferimento locale per le Aste.** Per l'elemento asta la direzione x è coincidente con l'asse baricentrico dell'asta stessa, mentre y e z sono perpendicolari ad x e diretti secondo gli assi principali d'inerzia della sezione assegnata all'asta. Secondo l'impostazione di default y è diretto secondo la direzione di azione del peso, a meno di rotazioni assegnate alla sezione. Selezionando un'asta TRAVILOG TITANIUM 3 mostra la terna locale: asse locale X rosso, asse locale Y verde, asse locale Z blu.



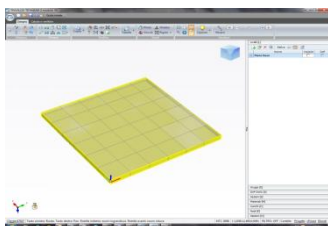
Terna locale dell'elemento asta

- o **Riferimento locale per gli elementi shell.** Per gli elementi bidimensionali TRAVILOG TITANIUM 3 trasforma le azioni interne in un unico sistema di riferimento.

**Il riferimento adottato dipende da come vengono costruiti i macro elementi dai quali verrà generata automaticamente la mesh di calcolo:**

Elemento lastra/piastra:

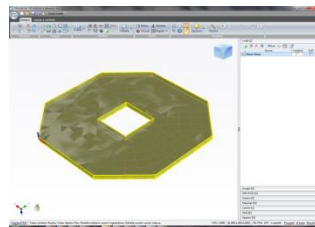
Si tratta di un macro elemento quadrangolare a mesh regolare. La terna locale è così definita:  
 asse X locale (rosso) con origine nel primo nodo cliccato e in direzione primo nodo – secondo nodo. Asse Y locale (verde) ortogonale a X locale, complanare all'elemento ed in direzione del terzo nodo. Asse Z locale (blu) ortogonale al macro elemento.



Esempio terna locale elemento lastra/piastra

Elemento platea o parete:

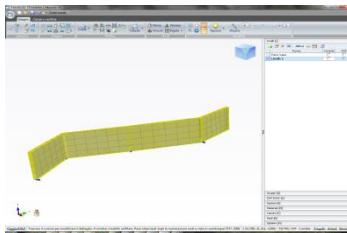
Si tratta di un macro elemento poligonale piano, con possibilità di fori poligonali, con generazione automatica della mesh. La terna locale è definita come per l'elemento lastra/piastra.



Esempio terna locale elemento platea

Elemento estruso (Muro o Nucleo):

Si tratta di un macro elemento a mesh regolare generato per estrusione in direzione delle forze peso a partire da una traccia. Per ciascuna faccia piana la terna locale è definita nel seguente modo: Asse locale X (rosso) lungo i nodi della traccia. Asse locale Y (verde) diretto come la direzione di estrusione. Asse locale Z (blu) ortogonale alla faccia a formare una terna destra con X e Y.



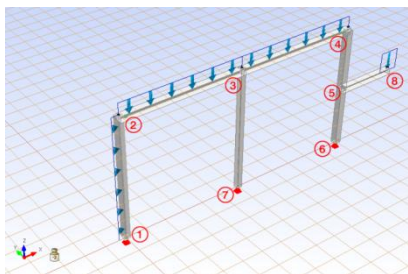
Esempio terna locale elemento nucleo estruso

#### Test di verifica 1: telaio ad aste ortogonali

##### Descrizione

In questo esempio si vogliono valutare gli effetti di un carico distribuito verticalmente e orizzontalmente su di un telaio ad aste ortogonali. Si è inoltre voluto tener conto di un carico concentrato su mensola. I vincoli introdotti sono perfetti e nel calcolo a mano si sono supposte aste assialmente rigide. Per la modellazione del telaio sono stati utilizzati elementi ASTA.

##### Geometrie, carichi e materiali



$$L_{12} = L_{23} = L_{34} = 6 \text{ m}, \quad L_{45} = L_{56} = L_{58} = 6 \text{ m}$$

$$p = 10000 \text{ N/m}, \quad q = 5000 \text{ N/m}, \quad P = 15000 \text{ N}$$

Sezioni 12, 23, 34, 45, 56, 58

$$0,30 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$$

$$J_{30 \times 30} = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

Sezione 37

$$0,15 \text{ m} \times 0,30 \text{ m}$$

$$J_{15 \times 30} = 3,38 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$E = 2,85 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

##### Risultati

| Azione     | Teorico                                                               | Calcolato *            | Scostamento % |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| M max 34   | $5,54 \cdot \frac{p \cdot l^2}{52} = 38354 \text{ Nm}$ a 3,234 m da C | 38440 Nm a 3,37 m da C | +0,22         |
| M in 32    | $11 \cdot \frac{p \cdot l^2}{52} = 76154 \text{ Nm}$                  | 75703 Nm               | -0.61         |
| M 7        | $10,5 \cdot \frac{p \cdot l^2}{52} = 72692 \text{ Nm}$                | 72697 Nm               | -0,006        |
| M nullo 23 | 0 Nm a 3,462 m da B                                                   | 0 Nm a 3,469 m da B    | +0,20         |

|       |                                                    |         |        |
|-------|----------------------------------------------------|---------|--------|
| $T_7$ | $19,5 \cdot \frac{p \cdot l}{8} = 22499 \text{ N}$ | 22500 N | +0,004 |
|-------|----------------------------------------------------|---------|--------|

\*Punto di valutazione delle azioni interne più vicino all'ascissa del momento massimo

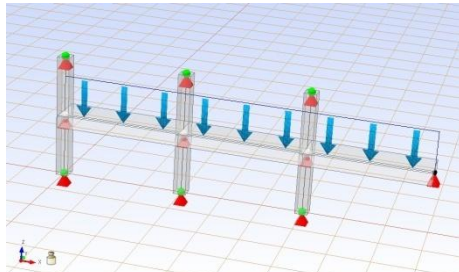
**Bibliografia:** Esercizi di Tecnica delle Costruzioni. P.Gambarova - E.Giuriani - P.Ronca - S.Tattoni - Edizione: "Città Studi Edizioni"

#### Test di verifica 2: trave a telaio ridotto (nodi non spostabili)

##### Descrizione

In questo esempio si valutano gli effetti dei carichi su un telaio ridotto a tre luci con pilastri ad altezza pari a alla meta delle luci. I vincoli introdotti sono delle cerniere alla testa dei pilastri e incastro sull'ultima trave. In questo esempio i nodi sono considerati come non spostabili. Per imporre questo tipo di vincolo, nel modello abbiamo introdotto delle cerniere tra il collegamento dei pilastri con le travi.

##### Geometrie, carichi e materiali

|                                                                                   |                                        |                                                      |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | $L_{pil} = 1,5 \text{ m}$              | $L_{travi} = 3 \text{ m}$                            |                       |
|                                                                                   | $p = 10000 \text{ N/m}$                | $q = 5000 \text{ N/m}$                               | $P = 15000 \text{ N}$ |
|                                                                                   | Sezioni travi (b x h)                  |                                                      |                       |
|                                                                                   | 0,90 m x 0,30 m                        | $J_{90 \times 30} = 20,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |                       |
|                                                                                   | Sezione pilastri                       |                                                      |                       |
|                                                                                   | 0,30 m x 0,30 m                        | $J_{30 \times 30} = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$  |                       |
|                                                                                   | $E = 2,85 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ |                                                      |                       |

##### Risultati

| Azione      | Teorico                                                                       | Calcolato             | Scostamento % |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| M camp 2-5  | $\frac{175}{402} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 4897 \text{ Nm}$ a 1,50 m da 2 | 4898 Nm a 1,50 m da 2 | +0,02         |
| M pil 12    | $\frac{35}{301} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 1959 \text{ Nm}$ a 1,50 m da 1  | 19598 Nm              | 0             |
| M 6 sin     | $\frac{157}{201} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 8787 \text{ Nm}$               | 8787 Nm               | 0             |
| M camp 8-10 | $\frac{135}{402} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 3778 \text{ Nm}$ a 1,50 m da 8 | 3772 Nm a 1,50 m da 8 | -0,15         |
| T 9 dest    | $\frac{801}{804} \cdot \frac{p \cdot l}{8} = 14944 \text{ N}$                 | 14944 N               | 0             |

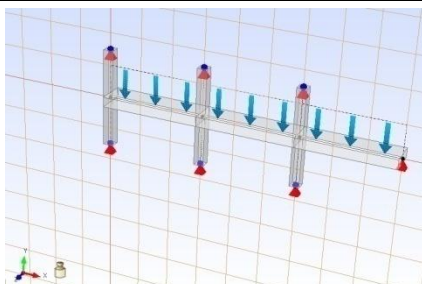
**Bibliografia:** Esercizi di Tecnica delle Costruzioni. Giandomenico Toniolo - Edizione: "Zanichelli"

#### Test di verifica 3: trave a telaio ridotto (1)

##### Descrizione

In questo esempio si vogliono valutare gli effetti dei carichi su un telaio ridotto a tre luci con pilastri ad altezza paria alla meta delle luci. I vincoli introdotti sono delle cerniere alla testa dei pilastri e incastro sull'ultima trave.

##### Geometrie, carichi e materiali

|                                                                                     |                                        |                                                      |                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|
|  | $L_{pil} = 1,5 \text{ m}$              | $L_{travi} = 3 \text{ m}$                            |                       |
|                                                                                     | $p = 10000 \text{ N/m}$                | $q = 5000 \text{ N/m}$                               | $P = 15000 \text{ N}$ |
|                                                                                     | Sezioni travi (b x h)                  |                                                      |                       |
|                                                                                     | 0,90 m x 0,30 m                        | $J_{90 \times 30} = 20,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$ |                       |
|                                                                                     | Sezione pilastri                       |                                                      |                       |
|                                                                                     | 0,30 m x 0,30 m                        | $J_{30 \times 30} = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$  |                       |
|                                                                                     | $E = 2,85 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$ |                                                      |                       |

##### Risultati

| Azione      | Teorico                                                                       | Calcolato             | Scostamento % |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------|
| M camp 2-5  | $\frac{175}{402} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 4897 \text{ Nm}$ a 1,50 m da 2 | 4903 Nm a 1,50 m da 2 | +0,12         |
| M pil 12    | $\frac{35}{301} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 1959 \text{ Nm}$ a 1,50 m da 1  | 2002 Nm               | +2,19         |
| M 6 sin     | $\frac{157}{201} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 8787 \text{ Nm}$               | 8691 Nm               | -1,09         |
| M camp 8-10 | $\frac{135}{402} \cdot \frac{p \cdot l^2}{8} = 3778 \text{ Nm}$ a 1,50 m da 8 | 3739 Nm a 1,50 m da 8 | -1,03         |
| T 9 dest    | $\frac{801}{804} \cdot \frac{p \cdot l}{8} = 14944 \text{ N}$                 | 14788 N               | -1,04         |

PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO – PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO

Restauro e ripristino funzionale dell'addizione ottocentesca ad uso uffici, archivio e depositi. li° lotto"

ALLEGATI

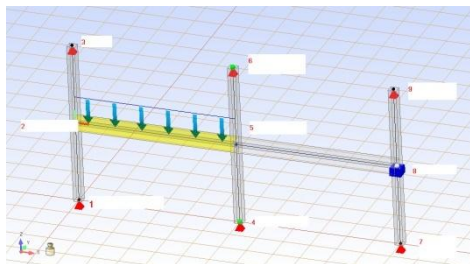
**Test di verifica 4: trave a telaio ridotto (2)**

**Descrizione**

In questo esempio si vogliono valutare gli effetti dei carichi su un telaio ridotto a due luci con pilastri ad altezza paria alla meta delle luci. I vincoli introdotti sono degli incastraggi agli estremi mentre quelli centrali sono delle cerniere.

Nel modello si considerano i nodi non spostabili, quindi è necessario inserire un carrello all'estremità del telaio.

**Geometrie, carichi e materiali**



$$L_{15} = L_{58} = 6 \text{ m} \quad L_{123} = L_{456} = L_{789} = 3 \text{ m}$$

$$p = 5000 \text{ N/m}$$

Sezioni 25, 58

1,20 m x 0,30 m

$$J_{120 \times 30} = 27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

Sezione 12, 23, 45, 56, 78, 89

0,30 m x 0,30 m

$$J_{30 \times 30} = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$E = 2,85 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

**Risultati**

| Azione     | Teorico                                                                                 | Calcolato              | Scostamento % |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| M camp 2-5 | $125 \cdot \frac{1}{160} \cdot \frac{p \cdot l^2}{12} = 11719 \text{ Nm}$ a 2,88 m da 2 | 11732 Nm a 3,00 m da 2 | +0,11         |
| M pil 12   | $25 \cdot \frac{1}{160} \cdot \frac{p \cdot l^2}{12} = 2344 \text{ Nm}$                 | 2348 Nm                | +0,17         |
| M 6        | $130 \cdot \frac{1}{160} \cdot \frac{p \cdot l^2}{12} = 12187 \text{ Nm}$               | 12143 Nm               | -0,36         |
| M nullo 58 | 0 Nm a 1,333 m da 8                                                                     | 0 Nm a 1,311 m da 8    | -0,16         |
| T 6 sin    | $\frac{990}{960} \cdot \frac{p \cdot l}{2} = 15469 \text{ Nm}$                          | 15458 N                | -0,07         |

**Bibliografia:** Esercizi di Tecnica delle Costruzioni. P.Gambarova - E.Giuriani - P.Ronca - S.Tattoni - Edizione: "Città Studi Edizioni"

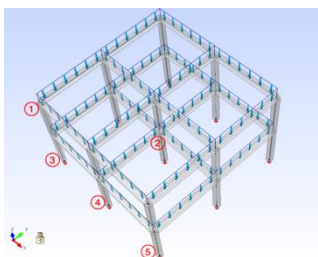
**Test di verifica 5: telaio tridimensionale**

**Descrizione**

In questo esempio si vogliono valutare gli effetti di un carico distribuito verticalmente su di un telaio tridimensionale ad aste ortogonali.

I vincoli introdotti sono perfetti e le aste assialmente rigide. Per la modellazione del telaio sono stati utilizzati elementi ASTA.

**Geometrie, carichi e materiali**



$$L_{campata} = 6 \text{ m} \quad H_{piano} = 3 \text{ m} \quad H_{totale} = 8 \text{ m}$$

$$p = 50000 \text{ N/m}$$

Sezione 40x40

0,40 m x 0,40 m

$$J_{40 \times 40} = 21,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$E = 2,942 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$$

**Risultati**

| Azione | SAP          | Calcolato    |
|--------|--------------|--------------|
| M 1    | 100522,38 Nm | 100522,4 Nm  |
| M 2    | -161077,7 Nm | -161077,7 Nm |
| R V3   | 563934,3 N   | 563934,3 N   |
| R V4   | 918032,8 N   | 918032,8 N   |
| R M5   | 22207,3 Nm   | 22207,3 Nm   |

**Test di verifica 6: sezione rettangolare**

**Descrizione**

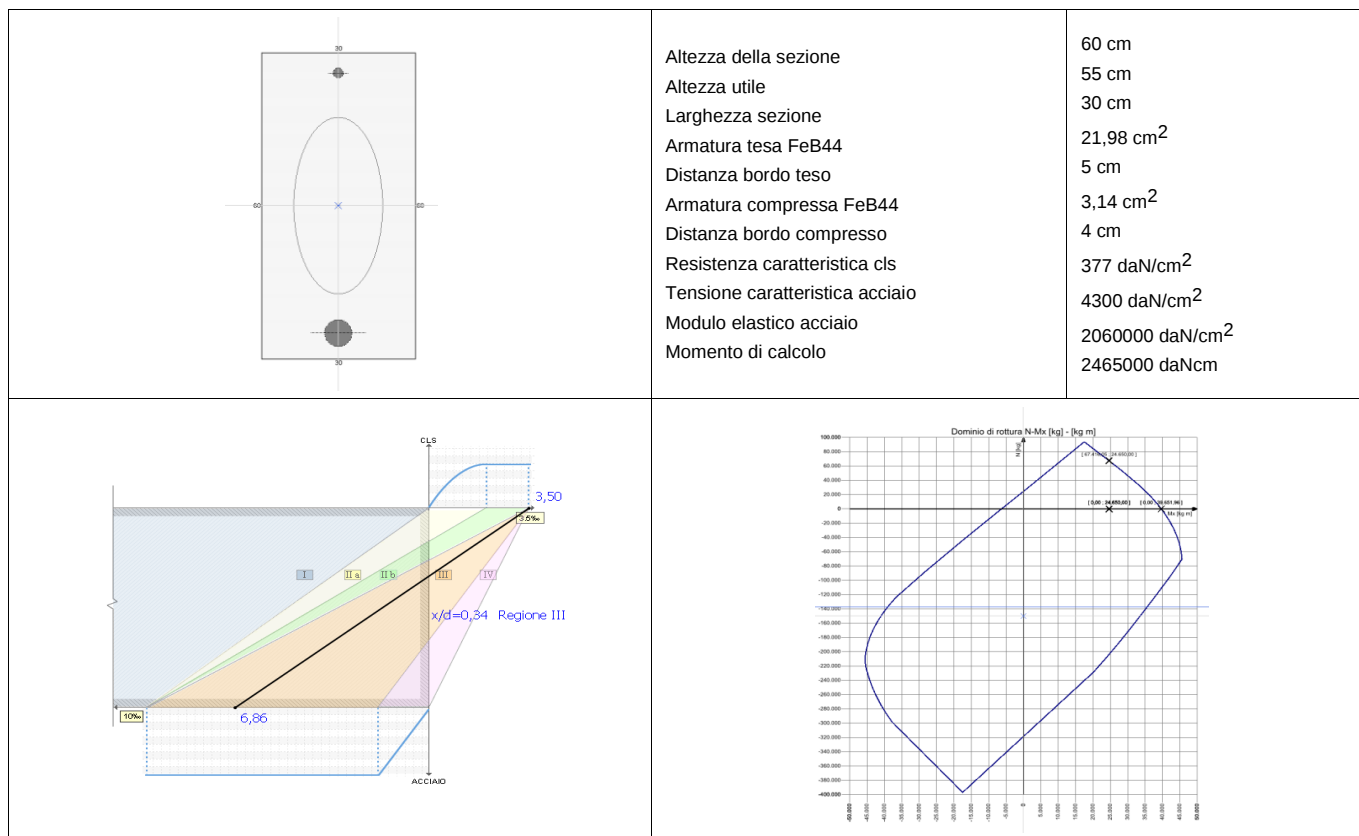
In questo esempio si vogliono valutare allo SLU gli effetti di una flessione semplice applicata ad una sezione rettangolare.

**Geometrie, carichi e materiali**

PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO – PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO

Restauro e ripristino funzionale dell'addizione ottocentesca ad uso uffici, archivio e depositi. li° lotto"

ALLEGATI



## Risultati

| Azione | Teorico       | Calcolato     | Scostamento % |
|--------|---------------|---------------|---------------|
| Xi     | 17,682 cm     | 18,580 cm     | +5.08         |
| Mu     | 3975159 daNcm | 3963934 daNcm | -0.28         |
| Ks     | 1,613         | 1,610         | -0.18         |

**Bibliografia:** Calcolo delle sezioni in cemento armato. Giovanni Falchi Delitala - Edizione: "Hoepli"

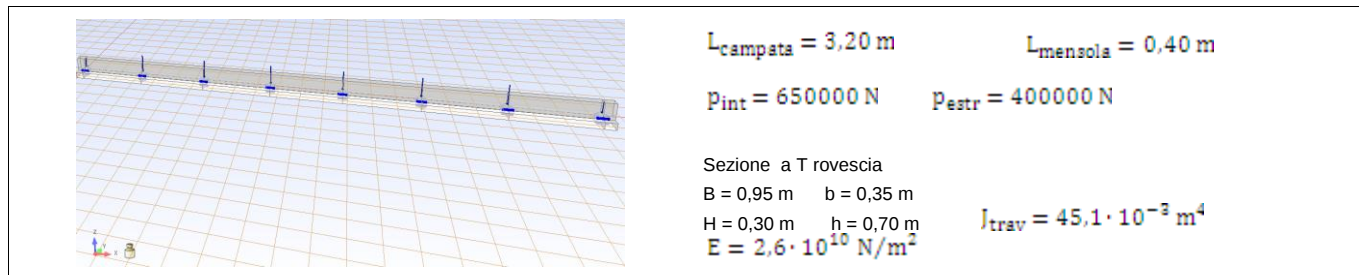
## Test di verifica 7: trave su suolo elastico

### Descrizione

In questo esempio si valuta una trave di fondazione appoggiata su un terreno schematizzabile come suolo elastico alla Winkler.

Per la modellazione del telaio sono stati utilizzati elementi ASTA alla WINKLER.

### Geometrie, carichi e materiali



## Risultati

| Azione      | Bibliografia           | Calcolato              | Scostamento % |
|-------------|------------------------|------------------------|---------------|
| M I camp    | 182000 Nm              | 185632 Nm              | +1.99         |
| M II camp   | 92000 Nm               | 91925 Nm               | +0.08         |
| M III camp  | 80000 Nm               | 79696 Nm               | -0.38         |
| T II camp   | 322000 N               | 327802 N               | +1.80         |
| P camp cent | 20,2 N/cm <sup>2</sup> | 21,0 N/cm <sup>2</sup> | +3.96         |

**Bibliografia:** Esercizi di Tecnica delle Costruzioni. Giandomenico Toniolo - Edizione: "Zanichelli"

PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO – PROGETTO DEFINITIVO – ESECUTIVO

Restauro e ripristino funzionale dell'addizione ottocentesca ad uso uffici, archivio e depositi. li° lotto"

ALLEGATI