

**Affidamento in «Concessione mediante project financing del servizio di assistenza passeggeri e di Stazione Marittima nel porto di Ravenna, nonché delle aree per la realizzazione e gestione della nuova Stazione Marittima e degli altri beni strumentali e/o complementari alla prestazione del suddetto servizio da realizzare sulla banchina crociere di Porto Corsini (RA) e aree demaniali adiacenti»**

**CUP: C61B21002130003 - CIG: 8709330E77 – CUI L92033190395202100009**

**Progetto Esecutivo – Relazione di calcolo strutturale Edificio Terminal**



## Committente



## Progettista Definitivo ed Esecutivo



### Atelier(S) Alfonso Femia / AF517

55 rue des petites Ecuries 75010 Paris  
tel. +33 1 42 46 28 94  
[paris@atelierfemia.com](mailto:paris@atelierfemia.com)

via interiano 3/11 16124 Genova  
tel. +39 010 54 00 95  
[genova@atelierfemia.com](mailto:genova@atelierfemia.com)

via cadolini 32/38 20137 Milano  
tel. +39 02 54 01 97 01  
[milano@atelierfemia.com](mailto:milano@atelierfemia.com)

#### Lead Architect

Simonetta Cenci, Alfonso Femia

#### Project Manager

Carola Picasso

#### Design Team

Stefania Bracco, Francesca Raffaella Pirrello, Sara Traverso,  
Fabio Marchiori, Alessandro Bellus, Simone Giglio,  
Fernando Cannata

#### Responsabile progettazione prevenzione incendi

##### AFC Srl

Ing. Antonio Corbo  
[antonio.corbo@afcsrl.it](mailto:antonio.corbo@afcsrl.it)  
[www.afcsrl.it](http://www.afcsrl.it)

#### Immagini

**DIORAMA**  
DIORAMA Paris & Atelier(s) Alfonso Femia  
modello 3d e visualizzazioni

#### Paesaggio

ARCHITETTURA E PAESAGGIO  
**MICHELANGELO PUGLIESE**  
STUDIO DI ARCHITETTURA E PAESAGGIO  
Arch. Michelangelo Pugliese  
Landscape architect PhD

#### Acustica

**ACU.TO**



### Rina Consulting S.p.A.

Via Cecchi, 6 – 16129 GENOVA – ITALIA  
tel. +39 010 31961

[info@rina.org](mailto:info@rina.org)  
<http://www.rinagroup.org>

#### Technical Director

Alessandro Odasso

#### Project Manager

Antonio De Ferrari, Alessandra Canale

#### Investment Analyst

Cristina Migliaro

#### Structural Engineers

Alaeddine Fatnassi, Simone Caffè, Alex Riolfo (AREA)

#### Geotechnical Engineers

Roberto Pedone, Luca Buraschi, Veronica Minardi (CEAS)

#### Sustainability, Energy Efficiency, LEED

Fabrizio Tavaroli, Eva Raggi

#### MEP

Diego Rattazzi, Andrea Guerra, Fabio Mantelli, Igor Ruscelli

#### Roads and Parkings

Nunzio Pisicchio, Andrea Marengo

#### Environment

Pierluigi Guiso

#### H&S

Federico Barabino

#### Security

Giovanni Napoli, Davide Zanardi

#### BIM Manager

Fabio Figini, Michela Cirelli

#### Legal

Avv. Luigi Cocchi

Rev	Data	Verificato	Approvato	Oggetto Revisione
REV00	221027	ALAF	RINA	

## INDICE

		Pag.
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>NORME DI RIFERIMENTO</b>	<b>6</b>
	2.1 NORME GENERALI	6
	2.2 MANUFATTI IN CALCESTRUZZO	6
	2.3 MANUFATTI IN ACCIAIO	7
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELLO SCHEMA STATICO, SCELTE PROGETTUALI E TIPO DI ANALISI SVOLTA</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>MATERIALI</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOTECNICO</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>15</b>
	7.1 CARICHI PERMANENTI	15
	7.2 CARICHI VARIABILI	15
	7.3 AZIONE DELLA NEVE	16
	7.4 AZIONE DEL VENTO	19
	7.5 AZIONE TERMICA	19
	7.6 AZIONE SISMICA	20
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO</b>	<b>27</b>
	9.1 VERIFICA TABELLARE DELLA PORTATA DEI SOLAI ALVEOLARI TIPO NEW-CEM	30
	9.2 REAZIONI COMPLESSIVE ALLA BASE	33
	9.3 RISPOSTA MODALE DELLA STRUTTURA	34
<b>10</b>	<b>VALIDAZIONE DEL MODELLO FEM E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI</b>	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE</b>	<b>38</b>
<b>12</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>	<b>42</b>
	12.1 VERIFICHE DI TRAVI E PILASTRI	42
	12.2 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI PARETE DEL VANO ASCENSORE CENTRALE	42
	12.2.1 Verifica SLU/SLE Sezione P1 armatura in direzione orizzontale	49
	12.2.2 Verifica SLU/SLE Sezione P2 armatura in direzione verticale	53
	12.3 VERIFICHE SCALA APPESA E LUCERNAI	58
	12.3.1 SCALA CENTRALE PARZIALMENTE APPESA	58
	12.3.2 LUCERNARI DI COPERTURA	64
<b>13</b>	<b>AZIONI IN FONDAZIONE E VERIFICHE STRUTTURALI</b>	<b>68</b>
	13.1 CENNI REALTIVI ALLA SCELTA DELLE FONDAZIONI PROFONDE	68
	13.2 PRESSIONI SUL TERRENO	69
	13.3 PROGETTO DELLE ARMATURE DELLE FONDAZIONI SOLETTA DA 100CM	75
	13.4 VERIFICHE SLU/SLE	77
	13.5 PROGETTO DELLE ARMATURE DELLE FONDAZIONI SOLETTA DA 185CM	84
	13.6 FESSURAZIONE	92
<b>14</b>	<b>VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO</b>	<b>95</b>
	14.1 VERIFICA DEFORMATIVA E VIBRAZIONALE	95
	14.2 VERIFICA VIBRAZIONALE DEGLI IMPALCATI	96
<b>15</b>	<b>ELEMENTI NON STRUTTURALI</b>	<b>99</b>
	15.1 VERIFICA DRIFT	99
	15.2 VERIFICA DI DRIFT TRA ASCENSORE CENTRALE E PRIMO IMPALCATO DEL TERMINAL	104

<b>16</b>	<b>CONTENUTI SPECIALI</b>	<b>107</b>
<b>17</b>	<b>CONDIZIONI DI CARICO ECCEZIONALI</b>	<b>108</b>
<b>18</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>109</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione riguarda il progetto e la verifica dell'Edificio Terminal Traghetti (d'ora in avanti denominato "**Ed. Terminal**") all'interno della Stazione Marittima nel porto di Ravenna.

Vista la peculiarità dell'intervento esso è stato catalogato come SENSIBILE ai sensi del paragrafo 2.4.2 del D.M. 17/01/18. Pertanto si definisce per le strutture in oggetto della presente relazione, una **Classe d'uso III**.

## 2 NORME DI RIFERIMENTO

### 2.1 NORME GENERALI

NTC 2018

Norme Tecniche per le costruzioni

EUROCODICE 1

Basi di calcolo e azioni sulle strutture

EUROCODICE 2

Progettazione delle strutture di calcestruzzo

EUROCODICE 3

Progettazione delle strutture di acciaio

EUROCODICE 4

Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo

EUROCODICE 7

Progettazione geotecnica

EUROCODICE 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture

### 2.2 MANUFATTI IN CALCESTRUZZO

UNI EN 206:2021

Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità

UNI 11104:2016

Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206

UNI EN 197-1:2011

Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni

UNI EN 197-2:2020

Cemento - Parte 2: Valutazione e verifica della costanza della prestazione

UNI CEN/TR 14245:2015

Cemento - Linee Guida per l'applicazione della EN 197-2 Valutazione della Conformità

UNI EN 1168:2008

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Lastre alveolari

UNI EN 12794:2007

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Pali di fondazione

UNI EN 13225:2005

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi strutturali lineari

UNI EN 13318:2002

Massetti e materiali per massetti – Definizioni

UNI EN 13369:2008

Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo

UNI EN 13693:2005

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi speciali per coperture

UNI EN 13747:2005

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo -Lastre per solai

UNI EN 13813:2004

Massetti e materiali per massetti - Materiali per massetti - Proprietà e requisiti

UNI EN 13892:2004

Metodi di prova dei materiali per massetti

UNI EN 15037-2:2011

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Solai a travetti e blocchi - Parte 2: Blocchi di calcestruzzo

UNI EN 15258:2009

Prodotti prefabbricati di calcestruzzo - Elementi per muri di sostegno

## 2.3 MANUFATTI IN ACCIAIO

UNI EN 1090-1 (parte armonizzata)

Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali

UNI EN 1090-2:2018

Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 2: Requisiti tecnici per strutture di acciaio

UNI EN 10025-1(parte armonizzata)

Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali: condizioni tecniche generali di fornitura

UNI EN 10025-2:2019

Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali

UNI EN 10025-3:2019

Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato

UNI EN 10025-4:2019

Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termo meccanica

UNI EN 10025-5:2019

Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica

UNI EN 10025-6:2019

Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 6: Condizioni tecniche di fornitura per prodotti piani di acciai per impieghi strutturali ad alto limite di snervamento allo stato bonificato

UNI EN 10024:1996

Travi ad I ad ali inclinate laminate a caldo. Tolleranze dimensionali e di forma

UNI EN 10034:1995

Travi ad I e ad H di acciaio per impieghi strutturali. Tolleranze dimensionali e di forma

UNI EN 10279:2002

Profilati ad U di acciaio laminati a caldo tolleranze sulla forma, sulle dimensioni e sulla massa

UNI EN 10365:2017

Profili a U di acciai laminati a caldo, travi I e H - Dimensioni e masse

UNI EN 10055:1998

Profilati a T ad ali uguali e a spigoli arrotondati di acciaio, laminati a caldo - Dimensioni e tolleranze dimensionali e di forma

UNI EN 10056-1:2017

Angolari ad ali uguali e disuguali di acciaio per impieghi strutturali - Parte 1: Dimensioni

UNI EN 10056-2:1995

Angolari ad ali uguali e disuguali di acciaio per impieghi strutturali. Tolleranze dimensionali e di forma

UNI EN 10029:2011

Lamiere di acciaio laminate a caldo di spessore maggiore o uguale a 3 mm - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma

UNI EN 10051:2011

Nastri laminati a caldo in continuo e lamiere/fogli tagliati da nastri larghi di acciai non legati e legati - Tolleranze sulle dimensioni e sulla forma

UNI EN 10210-1 (parte armonizzata)

Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura

UNI EN 10219-1 (parte armonizzata)

Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Condizioni tecniche di fornitura

UNI EN 10210-2:2019

Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo

UNI EN 10219-2:2019

Profilati cavi formati a freddo di acciai non legati e a grano fine per strutture saldate. Tolleranze, dimensioni e caratteristiche del profilo

UNI EN 10149-1:2013

Prodotti piani laminati a caldo di acciai ad alto limite snervamento per formatura a freddo - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura generali

UNI EN 10149-2:2013

Prodotti piani laminati a caldo di acciai ad alto limite snervamento per formatura a freddo - Parte 2: Condizioni di fornitura degli acciai ottenuti mediante laminazione termomeccanica

UNI EN 10149-3:2013

Prodotti piani laminati a caldo di acciai ad alto limite snervamento per formatura a freddo - Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura degli acciai normalizzati o laminati normalizzati

UNI EN 10346:2015

Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo - Condizioni tecniche di fornitura



### 3 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

L'Ed. Terminal, oggetto della presente relazione tecnica di calcolo è costituito da un fabbricato rettangolare, avente dimensioni in pianta pari a 145m x 35m con uno spiccatto fuori terra costituito da due impalcati aventi altezze di interpiano pari a circa 7.5 m il primo e 6.5 m il secondo.

Il collegamento tra i livelli dell'edificio avviene attraverso tre corpi scala, uno posto centralmente e due alle estremità laterali, corredati da altrettanti vani ascensore e da scale mobili.

Il secondo impalcato che funge da copertura, presenta un forte aggetto di 9,7 m, sul fronte anteriore dell'edificio, che copre la terrazza posta al livello del primo impalcato, sporgendo oltre il limite esterno della stessa.

L'Edificio Terminal ospita aree di sosta per i passeggeri e aree di deposito, ritiro e controllo bagagli. Presenta inoltre uffici riservati al personale e alle forze dell'ordine, oltre ad aree dedicate alla locazione di impianti posti in copertura (elettrici, frigo, etc..). Sulla parte perfettamente orizzontale della copertura è altresì presente un impianto fotovoltaico oltre ad un'ampia zona con sistemazione a verde estensivo sita prettamente nella porzione inclinata della stessa.

Sul fronte posteriore dell'Ed. Terminal si accosta, a livello del primo impalcato, una struttura accessoria di collegamento con le banchine per l'imbarco e lo sbarco dei passeggeri, d'ora in avanti definita "**Passerella**". Essa è lunga circa 270m ed è costituita da due impalcati (uno di cominamento, uno di copertura) aggettanti rispettivamente di 3m per parte rispetto alle colonne portanti centrali, poste ad interasse di 15m.

Le seguenti immagini sono rappresentative dei modelli di calcolo FEM in oggetto:

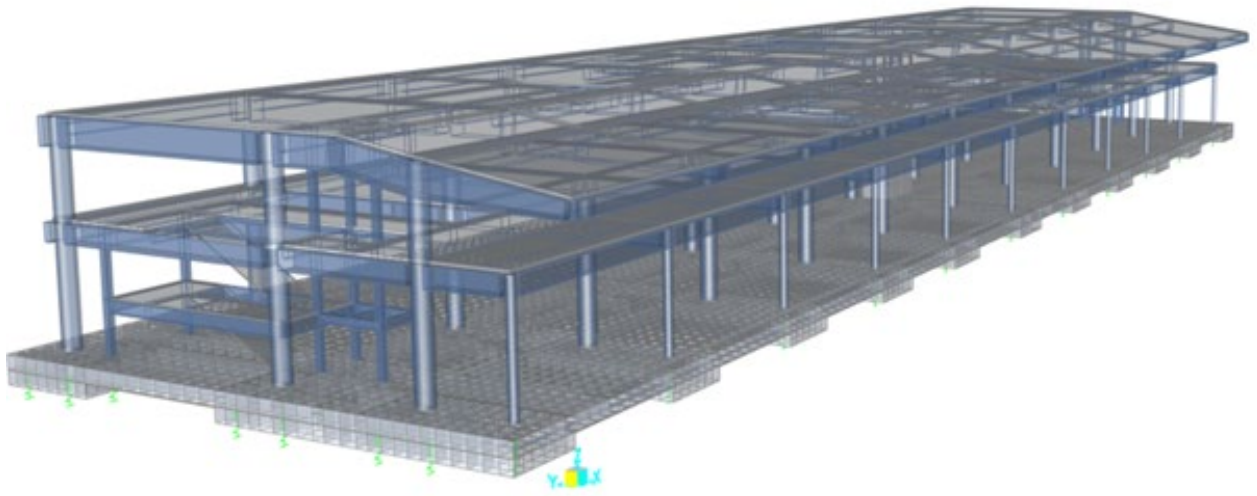


Figura 3.1: Modello di calcolo FEM dell'Edificio Terminal

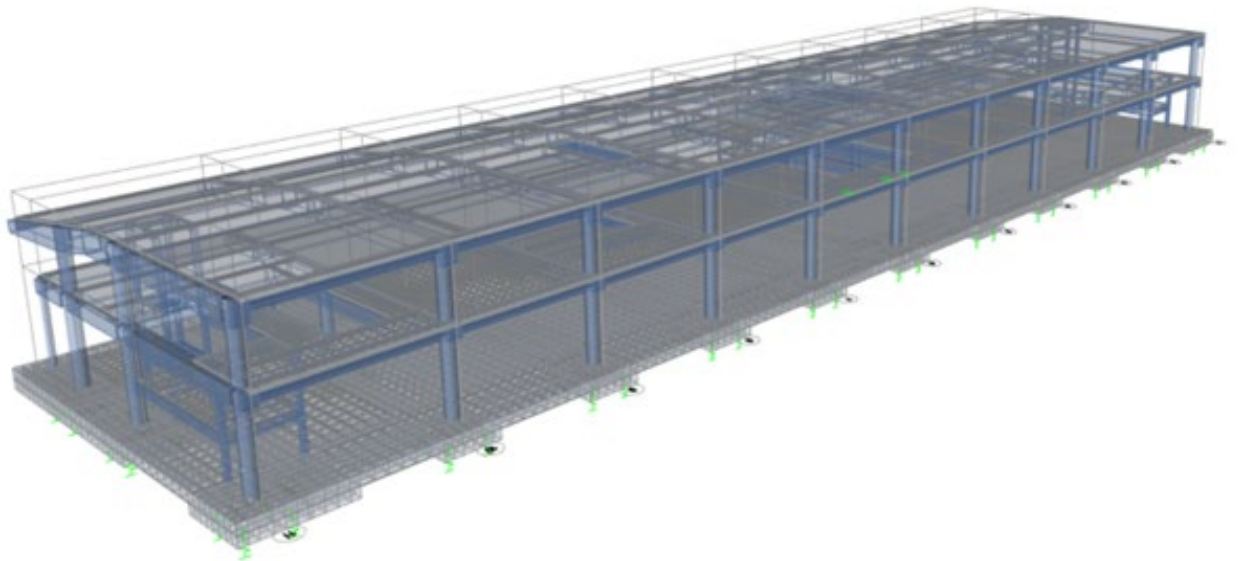


Figura 3.2: Modello di calcolo FEM dell'Edificio Terminal – Griglia strutturale

## 4 DESCRIZIONE DELLO SCHEMA STATICO, SCELTE PROGETTUALI E TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'Ed. Terminal è realizzato secondo uno schema statico interamente intelaiato nelle due direzioni principali. I telai costituiscono l'ossatura portante atta ad equilibrare le azioni orizzontali di natura sismica, eolica e vibrazionale, oltre a sostenere le azioni gravitazionali.

Per un miglior comportamento strutturale si è optato per isolare il vano ascensore centrale in calcestruzzo armato gettato in opera, svincolandolo dalle strutture a telaio dell'Ed. Terminal; i vani ascensore laterali sono invece progettati come strutture secondarie, realizzabili anche con tecnologie di parziale o totale prefabbricazione.

In questo modo l'edificio risulta avere un buon comportamento strutturale poiché risulta **non deformabile** torsionalmente (come giustificato in seguito) e pertanto può essere considerato come **struttura a telaio** secondo le tipologie standard descritte al paragrafo 7.4.3.1 del D.M. 17/01/18.

Si è optato per una scelta progettuale a "carattere DISSIPATIVO" con il conseguimento della Classe di Duttività Media "CDB", ai sensi del capitolo 7.2.2 del D.M. 17/01/18 e della successiva Circolare del 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.

Di seguito si riporta la procedura per il calcolo della suscettività della struttura alla deformabilità torsionale, ai sensi del capitolo C7.4.3.1 della Circolare Applicativa n°7 del 21/01/19.

Essendo  $\Omega$  il rapporto tra i periodi dei modi di vibrare traslazionale e torsionale disaccoppiati, se  $\Omega$  risulta maggiore di 1 la risposta della struttura è principalmente traslazionale.

Nel caso in oggetto:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.058	0.7253	0.0000	0.0087
MODAL	Mode	2	0.945	0.0001	0.7808	0.0038
MODAL	Mode	3	0.894	0.0102	0.0040	0.76

**Tabella 4.1: Primi tre modi di vibrare delle struttura in condizione fessurata**

Come si può notare dalla tabella riportata sopra, i modi di vibrare risultano disaccoppiati ed essendo  $\Omega$  maggiore di 1, rispettivamente in entrambe le direzioni principali, la struttura viene definita NON deformabile torsionalmente.

Per la progettazione di strutture a comportamento DISSIPATIVO la capacità delle membrature è calcolata con riferimento al loro comportamento ultimo. Le sezioni trasversali sono state quindi progettate considerando il momento resistente per raggiungimento dei seguenti stati deformativi delle sezioni trasversali:  $e_{cu}$  ed  $e_{su}$ .

Si sottolinea che lo Stato Limite di Danno è stato considerato all'interno delle verifiche di resistenza (e non di rigidità) in accordo con la tabella 7.3.III del D.M. 17/01/18, poiché la struttura ricade in Classe d'uso III. Pertanto, le verifiche di drift di interpiano sono state condotte nei confronti dello Stato Limite di Operatività e non dello Stato Limite di Danno, considerando un limite di spostamento pari a 2/3 di quello riportato nel paragrafo 7.3.6.1 del D.M. 17/01/18 (nella fattispecie, considerando tamponamenti duttili, il limite risulta pari a  $0.0075 \cdot h_{piano}$  e nella fattispecie 0,0594 m per l'interpiano primo e di 0,0474 m per l'interpiano secondo).

Essendo la struttura tipologicamente **a telaio**, il valore di base  $q_0$  del fattore di comportamento allo SLV ai sensi della tabella 7.3.II del D.M. 17/01/18 è risultato pari a:  $q_0 = 3.00$

Il valore del fattore di comportamento allo SLV dipende dalle caratteristiche di regolarità in pianta e in altezza della costruzione. Essendo la struttura considerata non regolare in pianta e in altezza, al valore  $q_0$  si applica un fattore riduttivo pari a 0.8, oltre ad un rapporto  $\alpha_u / \alpha_1$  uguale a 1, portando il valore del fattore di comportamento finale, nelle due direzioni principali, pari a:  **$q = 2.40$**

Vista la notevole luce degli elementi trave e vista anche la necessità di contenere l'altezza delle sezioni trasversali per motivi architettonici, è apparso vincente l'utilizzo di soluzioni semi-prefabbricate. Tale soluzione è stata estesa

anche ai pilastri in modo da garantire un'adeguata gerarchizzazione dei nodi trave-pilastro. Dal punto di vista del modello di calcolo FEM, le caratteristiche meccaniche delle sezioni semi-prefabbricate sono state implementate considerando opportuni moltiplicatori di rigidità assiale, flessionale e di peso.

La tabella successiva mostra la definizione delle sezioni di calcolo nel modello e l'applicazione dei rispettivi fattori moltiplicativi, dei quali si riporta il calcolo esplicito nel seguito.

TABLE: Frame Section Properties 01 - General													
SectionName	Material	Shape	t3	t2	Area	AMod	A2Mod	A3Mod	JMod	I2Mod	I3Mod	MMod	WMod
Text	Text	Text	m	m	m2	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
TR_NPS_P1_120x120	C32/40	Rectangular	1.2	1.2	1.44	1.21	1	1	1	0.98	1.19	1	1
TR_NPS_P1.PC_120x60	C32/40	Rectangular	1.2	0.6	0.72	1.29	1	1	1	1.29	1.29	1	1
TR_NPS_PC_180x120	C32/40	Rectangular	1.8	1.2	2.16	1.44	1	1	1	1.27	1.36	1	1
PIL_PDTI_1200	C32/40	Circle	1.2		1.13	1.35	1	1	1	1.4	1.4	1.17	1.17
PIL_PDTI_600	C32/40	Circle	0.6		0.28	1.51	1	1	1	1.56	1.56	1.21	1.21

**Tabella 4.2: Definizione delle sezioni dei principali elementi semi-prefabbricati di ordine primario di tipo verticale e orizzontale**

## 5 MATERIALI

Di seguito si riportano le principali caratteristiche meccaniche dei materiali adottati:

### CALCESTRUZZO PER TRAVI E PILASTRI SEMI-PREFABBRICATI – CLASSE C32/40

Fattore di sicurezza:	$Y_c = 1,5$
Resistenza di calcolo:	18,18 MPa

### CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI E NUCLEI – CLASSE C32/40

Fattore di sicurezza:	$Y_c = 1,5$
Resistenza di calcolo:	18,13 MPa

### ACCIAIO PER ARMATURE – B450C

Fattore di sicurezza:	$Y_s = 1,15$
Resistenza di calcolo:	391,3043 MPa

La classe di esposizione per strutture esposte all'azione marina è pari a **XS3** (copriferro 55mm).

### ACCIAIO PER CARPENTERIE – S355JR

Fattore di sicurezza:	$Y_s = 1,05$
Resistenza di calcolo:	$3,38 \times 10^2$ MPa

### ACCIAIO PER BULLONATURE – C10.9

Valore di snervamento $f_{yb}$ :	640 Mpa
Valore di rottura $f_{ub}$ :	800 Mpa
Coefficiente di sicurezza $Y_{M2}$ :	1,25

## 6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Le analisi Geologiche e Geotecniche, per le quali si rimanda ad apposita documentazione, hanno definito, in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio nel terreno, una tipologia di sottosuolo C ed un coefficiente di amplificazione topografica T1, da adottarsi per la costruzione dei relativi spettri sismici.

Poiché tuttavia la presenza di substrati cedevoli posizionati tra circa i 4 e i 12 metri di profondità ha determinato la scelta di intervenire nel sito con fondazioni profonde tipo pali, nella fattispecie pali C.F.A, si demanda ai successivi cenni di carattere geotecnico per definire specificatamente le caratteristiche dell'intervento di palificazione oltre che le rigidità delle molle equivalenti.

## 7 ANALISI DEI CARICHI

### 7.1 CARICHI PERMANENTI

#### 1. Carichi permanenti strutturali $G_1$

- Solai alveolari sp. 50cm + 10cm: 8.00 kN/mq
- Solai alveolari sp. 40cm + 10cm: 7.50 kN/mq
- Carter dei pilastri  $\Phi 1200$  2.5 kN /m (per spessore carter 8 mm)
- Carter dei pilastri  $\Phi 600$  1.25 kN /m (per spessore carter 8 mm)

#### 2. Carichi permanenti non strutturali $G_2$

- Incidenza controsoffitti: 0.30 kN/mq
- Incidenza pareti esterne: 6.00 kN/mq
- Incidenza impianti tecnici ai piani: 0.30 kN/mq
- Incidenza impianti tecnici in copertura: 3.00 kN/mq
- Incidenza massetti zone interne: 1.80 kN/mq
- Incidenza massetti in copertura: 3.00 kN/mq
- Incidenza copertura verde: 2.00 kN/mq
- Incidenza gradini riportati sulle scale: 2.00 kN/mq
- Incidenza strati non portanti di fondazione: 1.15 kN/mq
- Incidenza pavimentazioni: 0.85 kN/mq
- Incidenza tamponature interne: 0.80 kN/mq

### 7.2 CARICHI VARIABILI

La struttura in oggetto è stata progettata in relazione ai seguenti carichi variabili funzione della destinazione d'uso delle relative aree caricate secondo la Tabella 3.1.II del D.M. 17/01/18:

#### 1. Carichi variabili $Q_k$

- Categoria C3: 5.00 kN/mq
- Categoria H (coperture): 0.50 kN/mq

### 7.3 AZIONE DELLA NEVE

L'azione della neve è stata valutata con riferimento al capitolo 3.4 del D.M. 17/01/18.

L'azione di progetto per il sito in esame, considerando un coefficiente di forma pari a 0.80 (coperture piane), è pari a 1.20 kPa.

#### **AZIONE DELLA NEVE PAR. 3.4 NTC18**

##### **1.DEFINIZIONE DEI DATI**

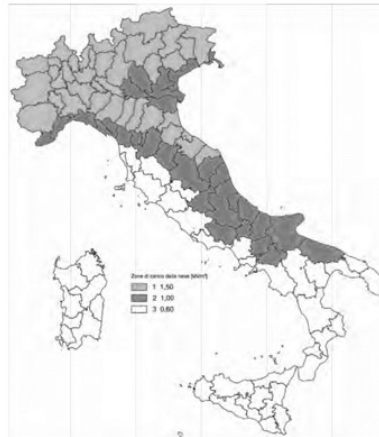
Il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota  $a_s \leq 1500$  m s.l.m., non dovrà essere assunto minore di quello indicato in tabella, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per altitudini  $a_s \geq 1500$  m s.l.m. si dovrà fare riferimento a valori statistici locali utilizzando comunque valori non inferiori a quelli previsti per 1500m

1.1  $a_s$  (altitudine sul livello del mare):  [m]

1.2 zona:

<p><b><u>Zona I - Alpina</u></b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
<p><b><u>Zona I - Mediterranea</u></b> Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese</p>	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
<p><b><u>Zona II</u></b> Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona</p>	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
<p><b><u>Zona III</u></b> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo</p>	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$





Per altitudini superiori a 1500 m sul livello del mare si fa riferimento alle condizioni locali di clima e di esposizione utilizzando comunque valori di carico neve non inferiori a quelli previsti per 1500 m.  
Per un'opera di nuova realizzazione in fase di costruzione o per le fasi transitorie relative ad interventi sulle costruzioni esistenti,  
il periodo di ritorno dell'azione si riduce come di seguito specificato:  
- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto non superiore a tre mesi, si assumerà  $TR \geq 5$  anni;  
- per fasi di costruzione o fasi transitorie con durata prevista in sede di progetto compresa fra tre mesi d un anno, si assumerà  $TR \geq 10$  anni.

## 2 CALCOLO DEL CARICO NEVE AL SUOLO

---

$q_{sk}$  valore caratteristico della neve al suolo                      1,50                      [kN/m<sup>2</sup>]

## 3 CALCOLO DEI COEFFICIENTI

---

### 3.1 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione deve essere utilizzato per modificare il valore del carico della neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Normalmente si adotta  $C_e=1$ . Si riportano in tabella i coefficienti consigliati per le diverse classi di topografia.

Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.	1,1

**3.1.1 Classe di topografia:**

**Il coefficiente di esposizione vale:**

$c_E$	1,00
-------	------

**3.2 Coefficiente termico**

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1$ .

**Il coefficiente topografico vale:**

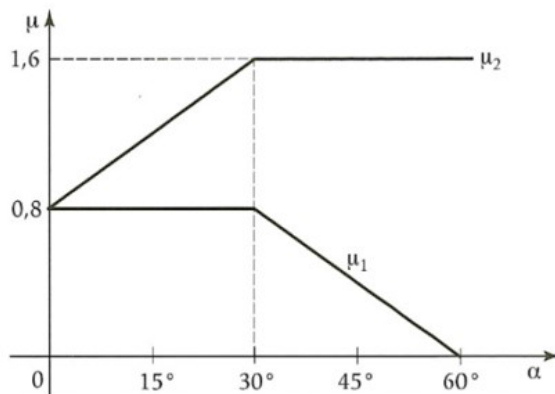
$c_t$	1,00
-------	------

**3.2 Coefficiente di forma**

**3.2.1 Inclinazione della falda  $\alpha$  (1)**

**3.2.2 Inclinazione della falda  $\alpha$  (2)**

**3.2.3 Legge di variazione del coefficiente di forma:**



$\mu_1 (\alpha_1)$	0,80
$\mu_1 (\alpha_2)$	0,80
$\mu_2 (\alpha)$	0,80

	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60$
$\mu_1 (\alpha)$	0,80	$0.8(60-\alpha)/30$	0,00
$\mu_2 (\alpha)$	$0.8+0,8 \alpha/30$	1,60	0,00

#### 4 CARICO NEVE SULLA COPERTURA E COMBINAZIONI DI CARICO

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/m}^2\text{])} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

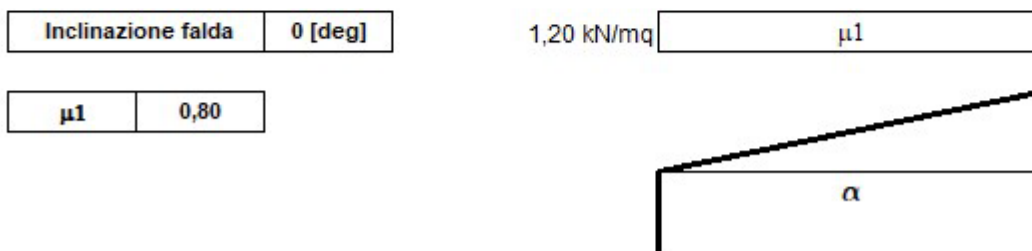
$\mu_i$  (coefficiente di forma)

$q_{sk}$  (valore caratteristico della neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>])

$C_E$  (coefficiente di esposizione)

$C_t$  (coefficiente termico)

##### 4.1 Combinazione per il caso di copertura ad una falda



La presenza di parapetti di bordo, sia in copertura del terminal sia sul bordo di impalcato della passerella, potrebbero causare la formazione di accumuli nelle zone di “ombra aerodinamica”.

A tale proposito si è considerando un'altezza di parapetto pari a 120 cm dal calpestio, si stima un carico lineare dovuto all'accumulo della neve pari a 2.88 kN/m.

Altezza Parapetto o altro elemento di contenimento <b>h</b> :	120 cm
Estensione zona di accumulo <b>L<sub>s</sub></b> :	<b>L<sub>s</sub> = 2 * h = 2,4 m</b>
Peso specifico della neve fresca (considerata nel calcolo) <b>Y<sub>neve</sub></b> :	2,0 kN/m <sup>3</sup>
Coefficiente di forma per sporgenze <b>μ<sub>2</sub></b> con $q_{sk}$ pari a 1,5	<b>μ<sub>2</sub> = (Y<sub>neve</sub> * h) / q<sub>sk</sub> = 1,6</b>
Accumulo lineare della neve tradotto in carico	<b>q<sub>acc</sub> = (μ<sub>2</sub> - μ<sub>1</sub>) * L<sub>s</sub> * 1,5 = 2,88 kN/m</b>

#### 7.4 AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento è stata valutata con riferimento al capitolo 3.3 del D.M. 17/01/18, tuttavia ai sensi della modellazione FEM tale azione è stata esclusa nelle combinazioni delle azioni, poiché il taglio alla base da essa prodotto, risulta inferiore di un ordine di grandezza rispetto al taglio sismico.

L'azione eolica si è valutata con analisi unicamente locali atte a valutare l'idoneità delle tamponature esterne.

#### 7.5 AZIONE TERMICA

L'azione termica è stata valutata con riferimento al capitolo 3.5 del D.M. 17/01/18 ed in particolare in accordo con la tabella 3.5. Il relativo alle strutture in c.a. protette, per le quali si adotta un  $DT_u$  pari a +/- 10°C.

Al fine della modellazione FEM l'azione termica è stata applicata come costante su elementi beam ed elementi shell: il caso di carico termico è stato trapiantato con riferimento alla rigidezza fessurata degli elementi strutturali.

## 7.6 AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche di progetto si calcolano partendo dalla definizione della pericolosità sismica di base del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che concorrono nel determinare la risposta sismica locale.

Le NTC 2018, al paragrafo 3.2, in merito alla definizione dell'azione sismica ed in particolare della pericolosità sismica di base, specificano di far "riferimento agli allegati A e B al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008" ... "ed eventuali successivi aggiornamenti". Al 3.2.1 della circolare esplicativa uscita a febbraio 2019 vengono confermati gli stessi riferimenti.

Allo stato attuale, si fa riferimento al **modello MPS04-S1** rilasciato tra il 2004 e il 2006, i cui dati sono disponibili sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e su cui si basa il software "Spettri di risposta" Vers. 1.03.

L'azione sismica è stata valutata con riferimento al capitolo 3.2 del D.M. 17/01/18 considerando una Vita Nominale pari a 50 anni, una classe d'uso III cui corrisponde un coefficiente d'uso  $C_U=1.5$ .

Di seguito si riportano gli spettri orizzontali adimensionalizzati all'accelerazione di gravità per ciascuno Stato Limite di progetto:

di seguito gli spettri di risposta elastici per i diversi stati limite e gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento

LATITUDINE	<input type="text" value="44,4949000"/>
LONGITUDINE	<input type="text" value="12,2860000"/>
Tipologia di costruzione	<input type="text" value="2 - Opere ordinarie"/>
Classe d'uso della struttura	<input type="text" value="Classe III"/>
Fattore di Struttura "q"	q <input type="text" value="2,8"/>
Categoria di Sottosuolo	Tab. 3.2 II <input type="text" value="C"/>
Categoria topografica	Tab. 3.2 III <input type="text" value="T1"/>

Stato limite	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_w$
Operatività (SLO)	0,0492 (g)	2,499	0,275 s	0,483 m/s <sup>2</sup>
Danno (SLD)	0,0608 (g)	2,511	0,290 s	0,596 m/s <sup>2</sup>
Salvaguardia vita (SLV)	0,1627 (g)	2,565	0,281 s	1,596 m/s <sup>2</sup>
Collasso (SLC)	0,2149 (g)	2,517	0,286 s	2,108 m/s <sup>2</sup>

	SLO	SLD	SLV	SLC
$S_s$ Amp. Stratigrafica	1,5000	1,500	1,450	1,376
$C_c$ Coef. Funz. Categoria	1,6084	1,580	1,596	1,587
$S_r$ Amp. Topografica	1,0000	1,000	1,000	1,000
$S$ Amp. Sito $S=S_s \cdot C_c \cdot S_r$	1,5000	1,5000	1,4495	1,3755

**§3.2 DM 17/01/2018 Azione Sismica:** Per i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n.29, ed eventuali successivi aggiornamenti.

# Relazione di calcolo strutturale Edificio Terminal

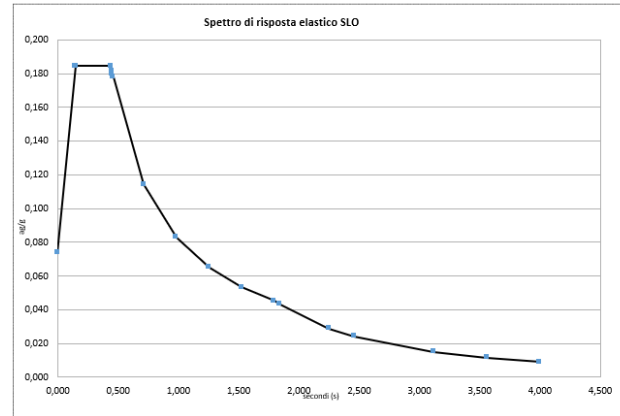
Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLO			
S	1,50		C <sub>e</sub> 1,608
T <sub>b</sub>	0,147	T <sub>c</sub> 0,442	T <sub>d</sub> 1,797

Dati spettro	
Secondi	Ordinata elast.
0,000	0,074
<b>0,147</b>	<b>0,185</b>
0,153	0,185
0,150	0,185
0,151	0,185
<b>0,442</b>	<b>0,185</b>
0,458	0,178
0,449	0,182
0,454	0,180
0,713	0,114
0,984	0,083
1,255	0,065
1,526	0,053
<b>1,797</b>	<b>0,045</b>
1,843	0,043
2,251	0,029
2,460	0,024
3,119	0,015
3,559	0,012
4,000	0,009

Inizio tratto orizzontale SLO (T<sub>b</sub>)

Fine tratto orizzontale SLO (T<sub>c</sub>)

Inizio ultimo tratto SLO (T<sub>d</sub>)



Definizione dei valori di S, TB, TC e TD degli spettri di risposta SLD			
S	1,50		C <sub>e</sub> 1,580
T <sub>b</sub>	0,153	T <sub>c</sub> 0,458	T <sub>d</sub> 1,843

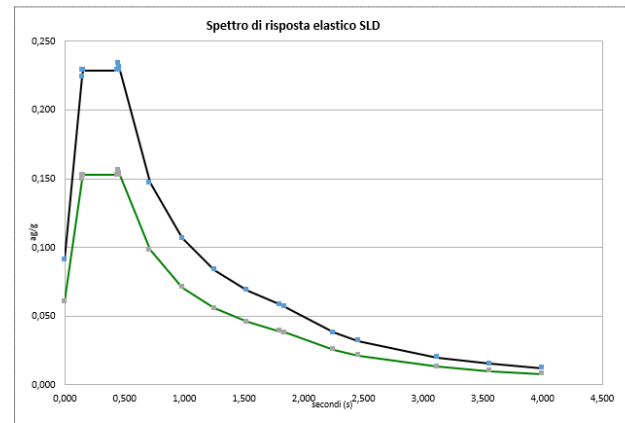
Dati spettro		
Secondi	Ordinata elast.	con η=2/3
0,000	0,091	0,061
0,147	0,224	0,149
<b>0,153</b>	<b>0,229</b>	<b>0,153</b>
0,150	0,229	0,153
0,151	0,229	0,153
0,442	0,229	0,153
<b>0,458</b>	<b>0,229</b>	<b>0,153</b>
0,449	0,234	0,156
0,454	0,231	0,154
0,713	0,147	0,098
0,984	0,107	0,071
1,255	0,084	0,056
1,526	0,069	0,046
1,797	0,058	0,039
<b>1,843</b>	<b>0,057</b>	<b>0,038</b>
2,251	0,038	0,025
2,460	0,032	0,021
3,119	0,020	0,013
3,559	0,015	0,010
4,000	0,012	0,008

----- Colore verde nel grafico

Inizio tratto orizzontale SLD (T<sub>b</sub>)

Fine tratto orizzontale SLD (T<sub>c</sub>)

Inizio ultimo tratto SLD (T<sub>d</sub>)



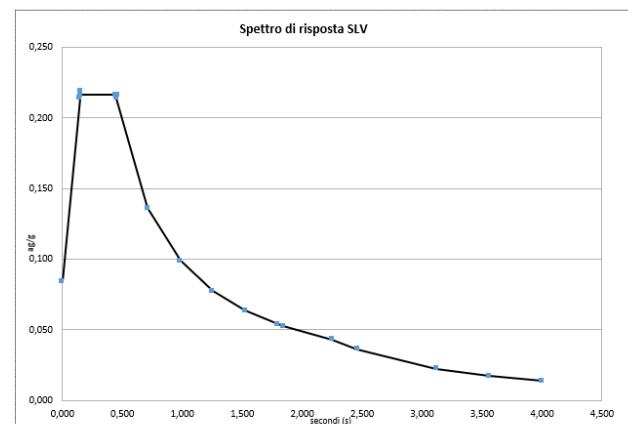
Definizione dei valori di S, TB, TC e TD dello spettro di risposta SLV			
S	1,44953		C <sub>e</sub> 1,59551
T <sub>b</sub>	0,150	T <sub>c</sub> 0,449	T <sub>d</sub> 2,251

Dati spettro			Fattore di struttura
Secondi	Ordinata elast.	Ordinata SLU	2,80
0,000	0,236	0,084	
0,147	0,599	0,214	
0,153	0,613	0,219	
<b>0,150</b>	<b>0,605</b>	<b>0,216</b>	
0,151	0,605	0,216	
0,442	0,605	0,216	
0,458	0,605	0,216	
<b>0,449</b>	<b>0,605</b>	<b>0,216</b>	
0,454	0,599	0,214	
0,713	0,381	0,136	
0,984	0,276	0,099	
1,255	0,217	0,077	
1,526	0,178	0,064	
1,797	0,151	0,054	
1,843	0,147	0,053	
<b>2,251</b>	<b>0,121</b>	<b>0,043</b>	
2,460	0,101	0,036	
3,119	0,063	0,022	
3,559	0,048	0,017	
4,000	0,038	0,014	

Inizio tratto orizzontale SLV (T<sub>b</sub>)

Fine tratto orizzontale SLV (T<sub>c</sub>)

Inizio ultimo tratto SLV (T<sub>d</sub>)



# Relazione di calcolo strutturale Edificio Terminal

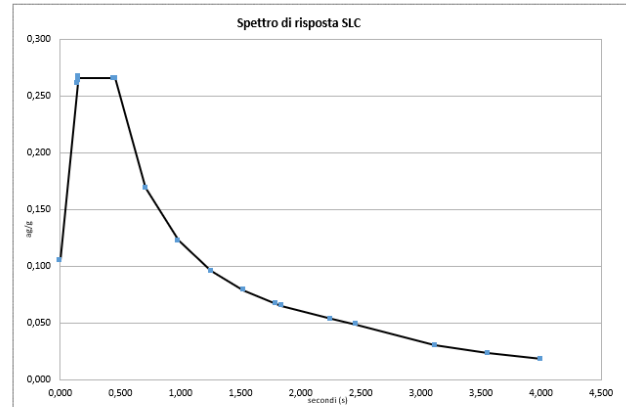
Definizione dei valori di S, T <sub>B</sub> , T <sub>C</sub> e T <sub>D</sub> dello spettro di risposta SLC			
S	1,37553		C <sub>e</sub> 1,58748
T <sub>b</sub>	0,151	T <sub>c</sub> 0,454	T <sub>d</sub> 2,460

Dati spettro Fattore di struttura 2,80		
Secondi	Ordinata elast.	Ordinata SLU
0,000	0,296	0,106
0,147	0,732	0,261
0,153	0,748	0,267
0,150	0,739	0,264
<b>0,151</b>	<b>0,744</b>	<b>0,266</b>
0,442	0,744	0,266
0,458	0,744	0,266
0,449	0,744	0,266
<b>0,454</b>	<b>0,744</b>	<b>0,266</b>
0,713	0,473	0,169
0,984	0,343	0,122
1,255	0,269	0,096
1,526	0,221	0,079
1,797	0,188	0,067
1,843	0,183	0,065
2,251	0,150	0,054
<b>2,460</b>	<b>0,137</b>	<b>0,049</b>
3,119	0,085	0,030
3,559	0,066	0,023
4,000	0,052	0,019

Inizio tratto orizzontale SLC (T<sub>b</sub>)

Fine tratto orizzontale SLC (T<sub>c</sub>)

Inizio ultimo tratto SLC (T<sub>d</sub>)



### Periodi fondamentali

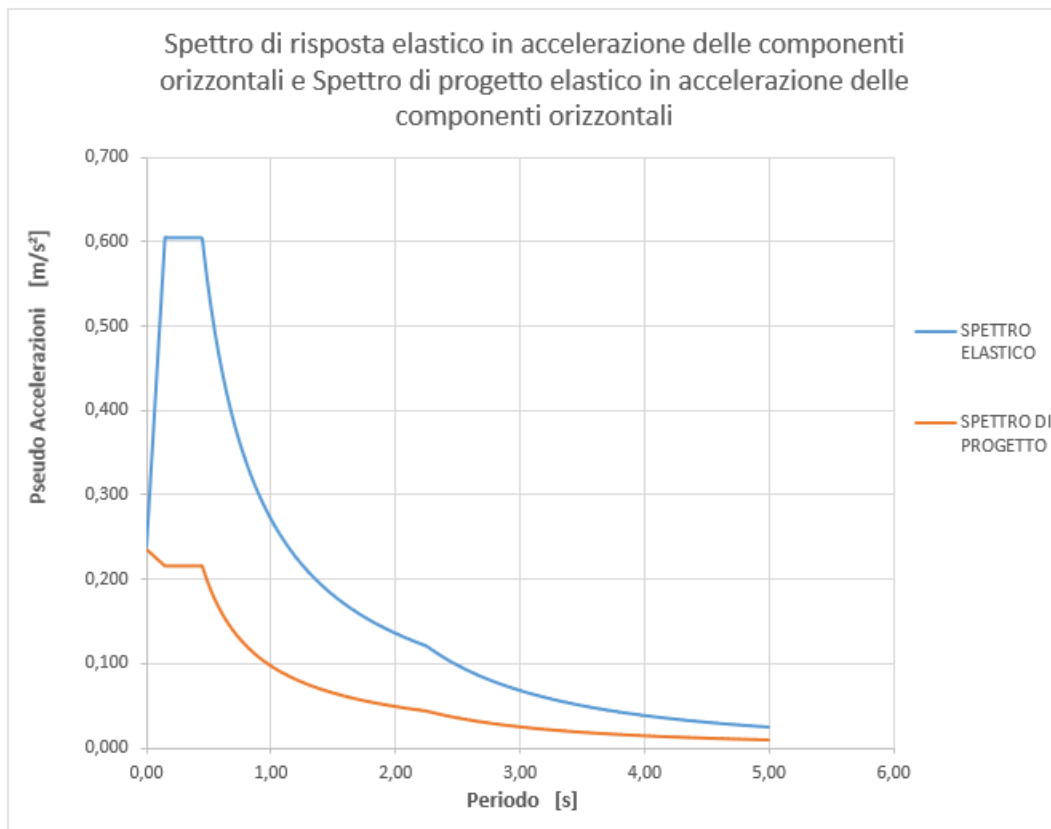
T <sub>0</sub>	0,000	s
T <sub>B</sub>	0,150	s
T <sub>C</sub>	0,449	s
T <sub>D</sub>	2,251	s

### Acc. Spettro orizzontale elastico

Se (0)	0,236	m/s <sup>2</sup>
Se (T <sub>B</sub> )	0,605	m/s <sup>2</sup>
Se (T <sub>C</sub> )	0,605	m/s <sup>2</sup>
Se (T <sub>D</sub> )	0,121	m/s <sup>2</sup>

### Acc. Spettro orizzontale di progetto

Sd (0)	0,236	m/s <sup>2</sup>
Sd (T <sub>B</sub> )	0,216	m/s <sup>2</sup>
Sd (T <sub>C</sub> )	0,216	m/s <sup>2</sup>
Sd (T <sub>D</sub> )	0,043	m/s <sup>2</sup>



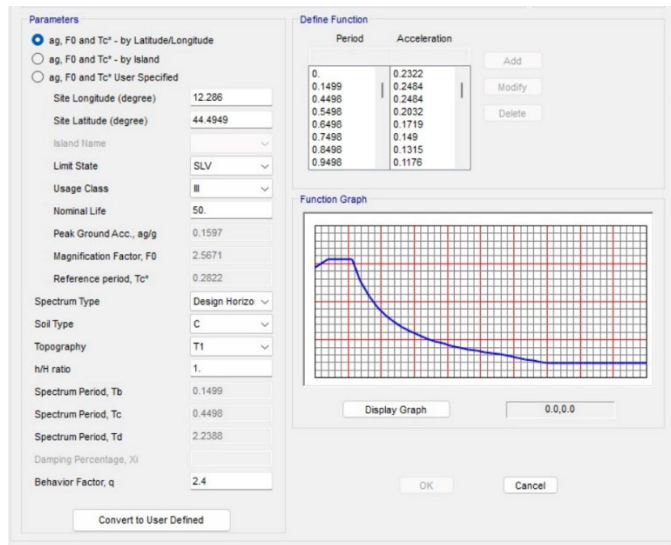
## Relazione di calcolo strutturale Edificio Terminal

Lo Spettro di Progetto allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita è stato determinato ai sensi della tabella 7.3.II del D.M. 17/01/18, in ragione delle seguenti ipotesi:

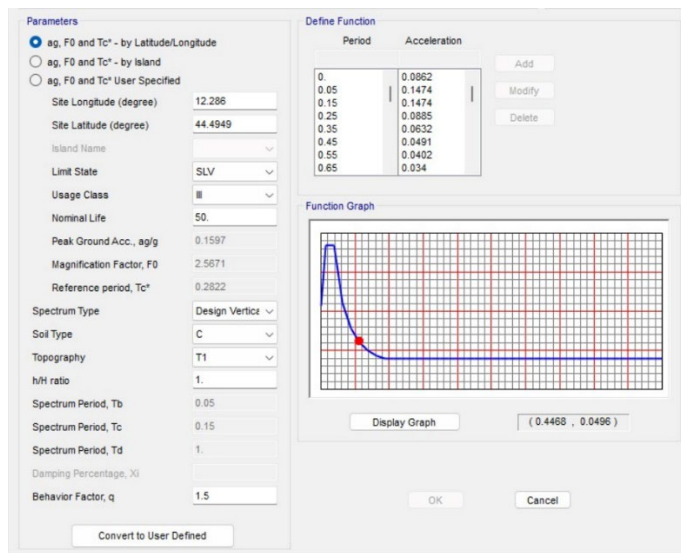
- ✓ COMPORTAMENTO STRUTTURALE DISSIPATIVO
- ✓ STRUTTURA A TELAIO
- ✓ CLASSE DI DUTTILITÀ "CDB"
- ✓ STRUTTURA NON REGOLARE IN PIANTA
- ✓ STRUTTURA NON REGOLARE IN ALTEZZA

Sulla base di quanto sopra il valore del fattore di comportamento adottato è risultato pari a:

**q = 2.40.** sulla componente orizzontale:



**q = 1.50.** sulla componente verticale:



Diagrammi 6.1 e 2: Diagrammi di individuazione dei fattori di comportamento

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le Combinazioni delle Azioni sono state valutate in conformità con quanto riportato nel paragrafo 2.5.2 del D.M. 17/01/18 e vengono riportate nella tabella seguente

Nome della combinazione	Combinazione dei carichi
STR_01	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.5Q_CAT C + 0.9QT + 0.75QN
STR_02	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.5Q_CAT C + 0.9QT + 0.75QN-sbalzo
STR_03	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.5Q_Cat C-sbalzo + 0.9QT + 0.75QN
STR_04	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 1.5Q_Cat C-sbalzo + 0.9QT + 0.75QN-sbalzo
STR_05	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.5Q_CAT C - 0.9QT + 0.75QN
STR_06	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.5Q_CAT C - 0.9QT + 0.75QN-sbalzo
STR_07	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.5Q_Cat C-sbalzo - 0.9QT + 0.75QN
STR_08	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 1.5Q_Cat C-sbalzo - 0.9QT + 0.75QN-sbalzo
STR_09	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.05Q_CAT C + 0.9QT + 1.5QN
STR_10	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.05Q_CAT C + 0.9QT + 1.5QN-sbalzo
STR_11	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.05Q_Cat C-sbalzo + 0.9QT + 1.5QN
STR_12	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 1.05Q_Cat C-sbalzo + 0.9QT + 1.5QN-sbalzo
STR_13	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.05Q_CAT C - 0.9QT + 1.5QN
STR_14	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.05Q_CAT C - 0.9QT + 1.5QN-sbalzo
STR_15	1.3G1_DEAD + 1.3G1_SOLAI+PILASTRI + 1.5G2_IMPIANTI + 1.5G2_PERMANENTI + 1.05Q_Cat C-sbalzo - 0.9QT + 1.5QN
STR_16	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 1.05Q_Cat C-sbalzo - 0.9QT + 1.5QN-sbalzo
SLV_01	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLV + 0.3EQY_RS_SLV + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLV



SLV_02	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLV + 1.0EQY_RS_SLV + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLV
SLV_03	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLV + 0.3EQY_RS_SLV - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLV
SLV_04	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLV + 1.0EQY_RS_SLV - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLV
SLD_01	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLD + 0.3EQY_RS_SLD + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLD
SLD_02	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLD + 1.0EQY_RS_SLD + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLD
SLD_03	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLD + 0.3EQY_RS_SLD - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLD
SLD_04	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLD + 1.0EQY_RS_SLD - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLD
SLO_01	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLO + 0.3EQY_RS_SLO + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLO
SLO_02	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLO + 1.0EQY_RS_SLO + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLO
SLO_03	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLO + 0.3EQY_RS_SLO - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLO
SLO_04	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLO + 1.0EQY_RS_SLO - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLO
SLC_01	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLC + 0.3EQY_RS_SLC + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLC
SLC_02	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLC + 1.0EQY_RS_SLC + 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLC
SLC_03	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 1.0EQX_RS_SLC + 0.3EQY_RS_SLC - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLC
SLC_04	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.6Q_CAT C + 0.3EQX_RS_SLC + 1.0EQY_RS_SLC - 0.9QT + 1.0EQZ_RS_SLC

CHR_01	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 1.0Q_CAT C + 0.6QT + 0.5QN
CHR_02	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 1.0Q_CAT C + 0.6QT + 0.5QN-sbalzo
CHR_03	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 1.0Q_Cat C-sbalzo + 0.6QT + 0.5QN
CHR_04	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 1.0Q_Cat C-sbalzo + 0.6QT + 0.5QN-sbalzo
CHR_05	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 1.0Q_CAT C - 0.6QT + 0.5QN
CHR_06	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 1.0Q_CAT C - 0.6QT + 0.5QN-sbalzo
CHR_07	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 1.0Q_Cat C-sbalzo - 0.6QT + 0.5QN
CHR_08	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 1.0Q_Cat C-sbalzo - 0.6QT + 0.5QN-sbalzo
CHR_09	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.7Q_CAT C + 0.6QT + 1.0QN
CHR_10	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.7Q_CAT C + 0.6QT + 1.0QN-sbalzo
CHR_11	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.7Q_Cat C-sbalzo + 0.6QT + 1.0QN
CHR_12	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 0.7Q_Cat C-sbalzo + 0.6QT + 1.0QN-sbalzo
CHR_13	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.7Q_CAT C - 0.6QT + 1.0QN
CHR_14	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.7Q_CAT C - 0.6QT + 1.0QN-sbalzo
CHR_15	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 1.0G2_IMPIANTI + 1.0G2_PERMANENTI + 0.7Q_Cat C-sbalzo - 0.6QT + 1.0QN
CHR_16	1.0G1_DEAD + 1.0G1_SOLAI+PILASTRI + 0.8G2_IMPIANTI + 0.8G2_PERMANENTI + 0.7Q_Cat C-sbalzo - 0.6QT + 1.0QN-sbalzo
PALI_G+Q	1.0PESO SISMICO
PALI_1.1EQX	1.1EQX_RS_SLV
PALI_1.1EQY	1.1EQY_RS_SLV
PALI_1.1EQZ	1.1EQZ_RS_SLV

Tabella 8.1: Combinazioni di carico

## 9 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Il modello di calcolo è stato realizzato con il Codice di Calcolo SAP2000 V.24.00 Plus; il fine del modello agli elementi finiti è quello di cogliere nel modo più realistico possibile il comportamento statico e dinamico dell'intera struttura.

Gli elementi trave e pilastro sono stati modellati mediante elementi monodimensionali tipo "beam" secondo la teoria di *Timoshenko*, mentre le pareti e la platea di fondazione sono state modellate facendo uso di elementi bidimensionali tipo shell sottili secondo la teoria di *Kirchhoff*.

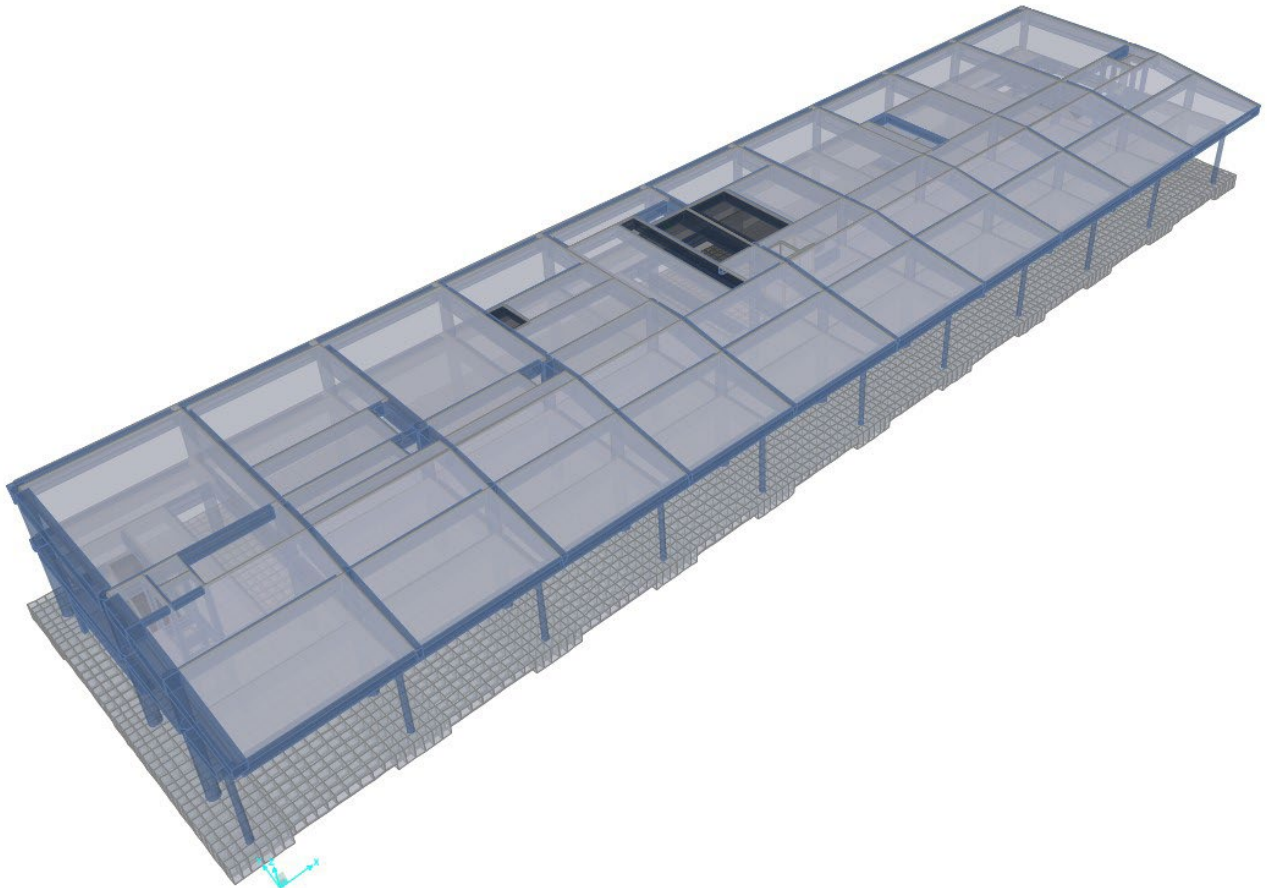


Figura 9.1: Vista prospettica del modello di calcolo

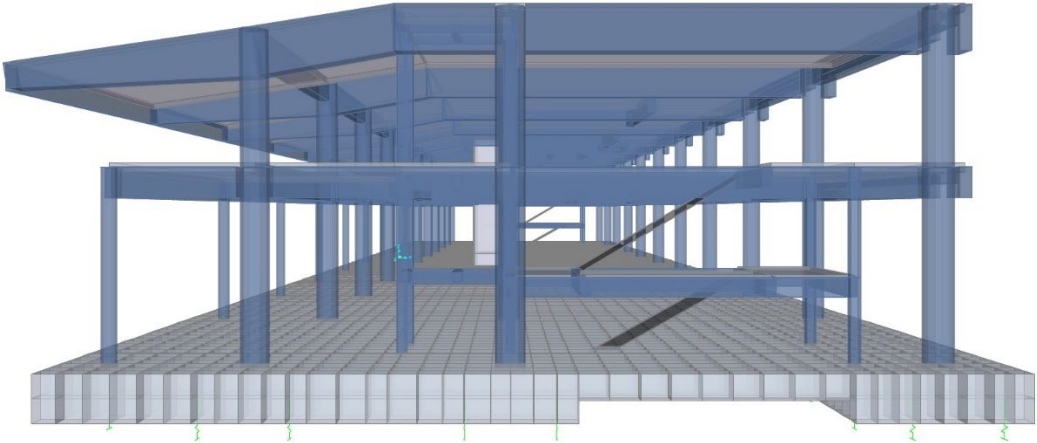


Figura 9.2: Vista tridimensionale laterale 1 del modello di calcolo

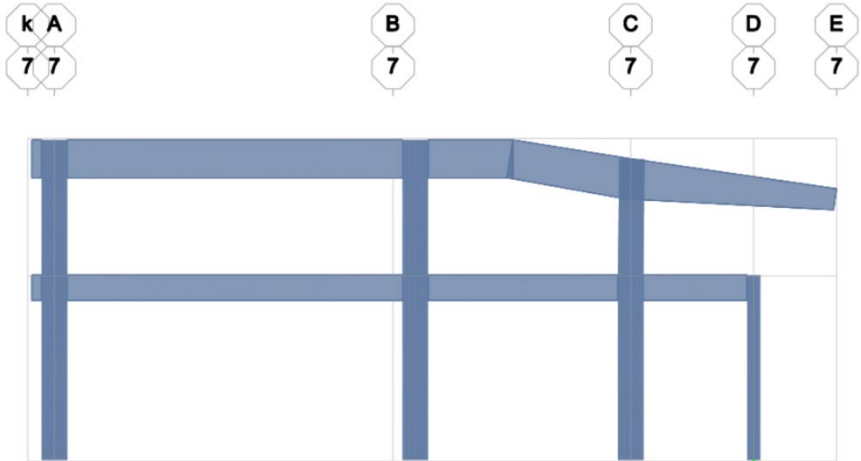


Figura 9.3: Sezione trasversale del modello di calcolo – Filo 2

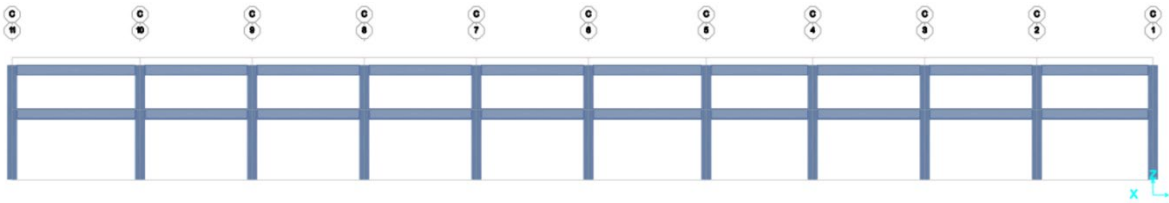


Figura 9.4: Sezione longitudinale del modello di calcolo – Filo C

I solai alveolari sono stati modellati con elementi Membrane (ovvero elementi shell a comportamento unicamente membranale) in grado di simulare la corretta rigidità di impalcato e atti a trasferire i carichi (a mq) agli elementi beam ad essi interconnessi. Riguardo la rigidità di impalcato si sottolinea che l'ipotesi di "piano rigido", sebbene verosimile dal punto di vista costruttivo (caldana sp. 5.0 cm o maggiore), è stata omessa nel calcolo a favore di una più coerente ipotesi di "piano semi – rigido" che eredita la corretta flessibilità direttamente dalla rigidità estensionale degli elementi membrana. La rigidità equivalente di membrana è stata valutata a partire dalle caratteristiche geometriche delle sezioni trasversali dei solai alveolari considerando la caldana collaborante di spessore pari a 5.0cm o 10.0cm a seconda del caso. Visto il comportamento prevalentemente monodimensionale degli elementi alveolari, è stata assunta una rigidità trasversale pari al 40% di quella longitudinale.

Nello sviluppo del modello in fase esecutiva, per quanto concerne l'applicazione delle matrici di rigidità agli elementi trave e agli elementi pilastro si è scelto di verificare queste ultime sulla base di valori forniti da un produttore di elementi tipologici simili per poter garantire l'utilizzo di valori corretti nell'impostazione delle SC.

Nella fattispecie si Riportano di seguito i valori del modulo elastico equivalente  $E_{eq}$  (§4.3.2.2.1), utilizzati per le verifiche nel modello di calcolo:

**ELEMENTO TRAVE**

Travi NPS@BASIC 120X120 PRIMO PIANO principali:	$E_{eq} = 297563 \text{ kg/cm}^2$ ;
Travi NPS@BASIC 120X120 PRIMO PIANO secondarie:	$E_{eq} = 268785 \text{ kg/cm}^2$ ;
Travi NPS@BASIC 120X120 COPERTURA principali:	$E_{eq} = 430053 \text{ kg/cm}^2$ ;
Travi NPS@BASIC 120X120 COPERTURA secondarie:	$E_{eq} = 256732 \text{ kg/cm}^2$ ;

modulo elastico equivalente  $E_{eq}$  istantaneo:

Travi NPS@BASIC 120X120 PRIMO PIANO principali:	$E_{eq} = 486804 \text{ kg/cm}^2$ ;
Travi NPS@BASIC 120X120 PRIMO PIANO secondarie:	$E_{eq} = 458025 \text{ kg/cm}^2$ ;
Travi NPS@BASIC 120X120 COPERTURA principali:	$E_{eq} = 619294 \text{ kg/cm}^2$ ;
Travi NPS@BASIC 120X120 COPERTURA secondarie:	$E_{eq} = 445973 \text{ kg/cm}^2$ ;

**ELEMENTO PILASTRI**

PDTI D1200	$E_{eq} = 502712 \text{ kg/cm}^2$ ;
PDTI D609	$E_{eq} = 531263 \text{ kg/cm}^2$ ;

Tali valutazioni sono state condotte in base all'impiego di un cls di classe C32/40.

I valori di rigidità fessurata sono stati calcolati in accordo con quanto riportato nel paragrafo C7.2.6 della Circolare Ministeriale N.7 del 21/01/19.

Per le strutture a carattere DISSIPATIVO, ove la corretta modellazione della rigidità risulta essere imprescindibile, tale approccio è stato applicato alle sole analisi spettrali SLV ed SLC, mentre per gli stati limite di esercizio (SLD ed SLO) si è fatto comunque riferimento alla rigidità iniziale non fessurata.

**Nota:** Nel calcolo si è scelto di trascurare il modulo elastico istantaneo considerando unicamente il valore di rigidità fessurato.

Nella redazione del modello di calcolo finale si è optato per impiegare unicamente il modulo elastico fornito in condizioni fessurate evitando di incorrere in una forte riduzione dell'azione sismica. Per quanto concerne i pilastri si è scelto di non renderli interessati dalla riduzione tipica di conformazioni fessurative anche in forza dell'incamiciatura di acciaio esterna.

### 9.1 VERIFICA TABELLARE DELLA PORTATA DEI SOLAI ALVEOLARI TIPO NEW-CEM

Sulla base dell'analisi dei carichi, delle luci di progetto e dei sistemi di appoggio tra trave semi-prefabbricata ed elementi di solaio alveolari previsti tipo New-Cem, anch'essi prefabbricati, è possibile "dimensionare" le portate caratteristiche di questi ultimi, avvalendosi di specifiche tabelle poste a disposizione dal produttore, attraverso le quali è possibile dedurre la portata di carico degli elementi di solaio alveolare conoscendo:

- ✓ Luce tra gli appoggi;
- ✓ Carico incidente in kN/m<sup>2</sup>;
- ✓ Altezza della sezione trasversale del solaio;
- ✓ Spessore della cappa collaborante

Si considerano sostanzialmente 2 tipologie di solaio alveolare prefabbricato:

1. la prima di spessore pari a 40 cm con cappa collaborante armata di 10 cm;
2. la seconda di spessore pari a 50 cm con cappa collaborante armata di 10 cm.

Nel primo caso tale tipologia di solaio è collocata in copertura e, sulla base dell'analisi dei carichi dedotta dalle sezioni stratigrafiche fornite dalla progettazione architettonica e sulla base dei carichi accidentali previsti per normativa è chiamata a sostenere un carico massimo espresso in kN/m<sup>2</sup> di 11,5 kN/mq nelle zone impianti, con una luce massima tra gli appoggi di circa 13,5 m. Consultando la tabella seguente è possibile individuare la tipologia di solaio preveista nella Es 40 Tn tipo New-Cem.

		H 40 CON CAPPDA DA 10 cm - carico in kN/m <sup>2</sup>																	
luce (m)		9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,00	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16	16,5	17	17,5
Codice Armatura	ES 40 Ta	4,20	2,10																
		9,60	7,90	6,50	5,30	4,20	3,30	2,40	1,70	1,10									
	ES 40 Tb	8,10	5,60	3,40	1,60														
		12,20	10,30	8,60	7,20	6,00	4,90	4,00	3,10	2,40	1,70	1,10							
	ES 40 Tc	12,50	9,50	7,00	4,80	2,90	1,30												
		15,20	12,90	11,00	9,40	8,00	6,70	5,60	4,60	3,80	3,00	2,30	1,70	1,20					
	ES 40 Td	16,80	13,40	10,50	8,00	5,80	3,90	2,30											
		18,10	15,50	13,40	11,50	9,90	8,50	7,20	6,00	5,20	4,30	3,50	2,80	2,20	1,60				
	ES 40 Te	-	-	14,00	11,2	8,70	6,60	4,70	3,10	1,60									
		20,90	18,10	15,70	13,60	11,80	10,20	8,80	7,60	6,50	5,60	4,70	3,90	3,20	2,60				
	ES 40 Tf	-	-	-	14,5	11,7	9,3	7,20	5,40	3,70	2,20								
		23,70	20,60	18,00	15,70	13,70	11,90	10,40	9,10	7,90	6,80	5,90	5,00	4,10	3,20	2,30			
	ES 40 Tg	-	-	-	-	14,60	12,00	9,70	7,60	5,80	4,20	2,70	1,40						
		26,40	23,10	20,20	17,70	15,50	13,60	12,00	10,50	9,20	8,00	7,00	6,00	5,20	4,30	3,70	2,00		
	ES 40 Th	-	-	-	-	-	14,60	12,10	9,90	7,90	6,10	4,50	3,10	1,80					
		29,10	25,40	22,30	19,60	17,30	15,30	13,50	11,90	10,50	9,20	8,10	7,10	6,20	5,30	3,90	2,80	1,10	
ES 40 Ti	-	-	-	-	-	-	12,00	9,90	8,00	6,30	4,70	3,30	2,10	1,30					
	31,70	27,80	24,50	21,60	19,10	16,90	15,00	13,30	11,80	10,40	9,20	8,20	7,20	6,30	4,70	2,80			
ES 40 Tl	-	-	-	-	-	-	-	11,90	9,80	8,00	6,30	4,80	3,50	2,30	1,10				
	34,30	30,10	26,60	23,50	20,80	18,40	16,40	14,60	13,00	11,60	10,30	9,10	8,10	6,80	4,70	2,80	1,10		
ES 40 Tm	-	-	-	-	-	-	-	13,50	11,30	9,40	7,60	6,00	4,60	3,30	2,10				
	36,30	31,90	28,20	24,90	22,10	19,70	17,50	15,60	14,00	12,50	11,10	9,90	8,80	6,90	4,70	2,80	1,10		
ES 40 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11,40	9,50	7,80	6,30	4,90	3,60	2,40	1,4	
	39,20	34,60	30,60	27,10	24,10	21,50	19,20	17,20	15,40	13,80	12,30	11,10	9,90	8,80	7,70	5,60	3,70	2,00	

Nota: I carichi riportati in tabella sono riferiti ai sovraccarichi, ovvero ai permanenti non strutturali e ai carichi variabili

	Carico (kN/m <sup>2</sup> ) corrispondente al raggiungimento del limite deformativo ammissibile a lungo termine >1/500
	Carico (kN/m <sup>2</sup> ) corrispondente al raggiungimento del momento resistente massimo
	Carico (kN/m <sup>2</sup> ) corrispondente all'inizio della trazione al lembo inferiore - consigliato per le classi di esposizione più gravose

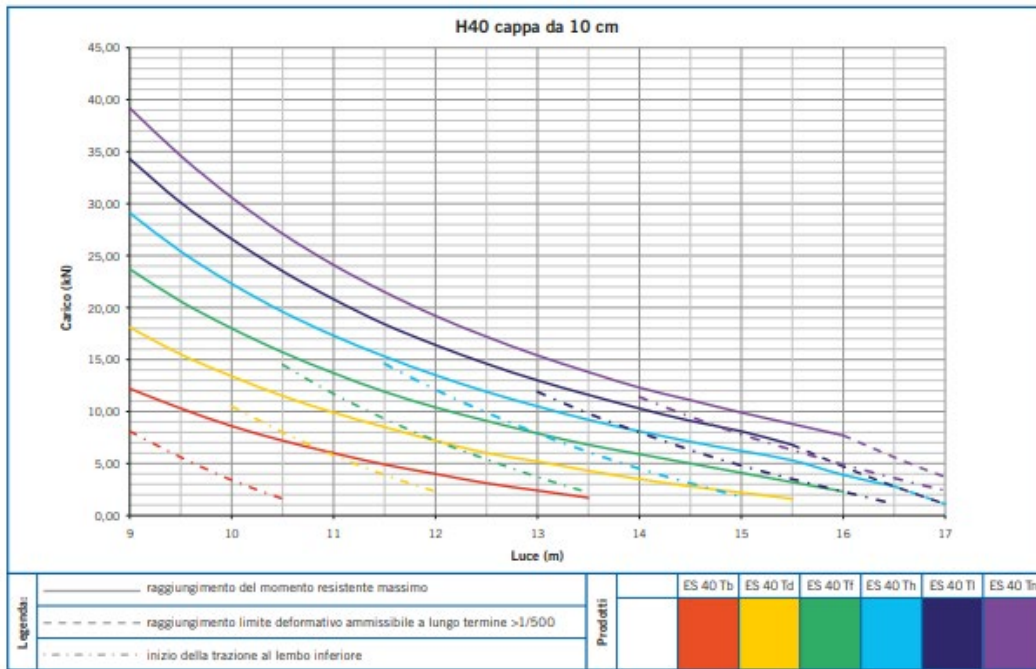


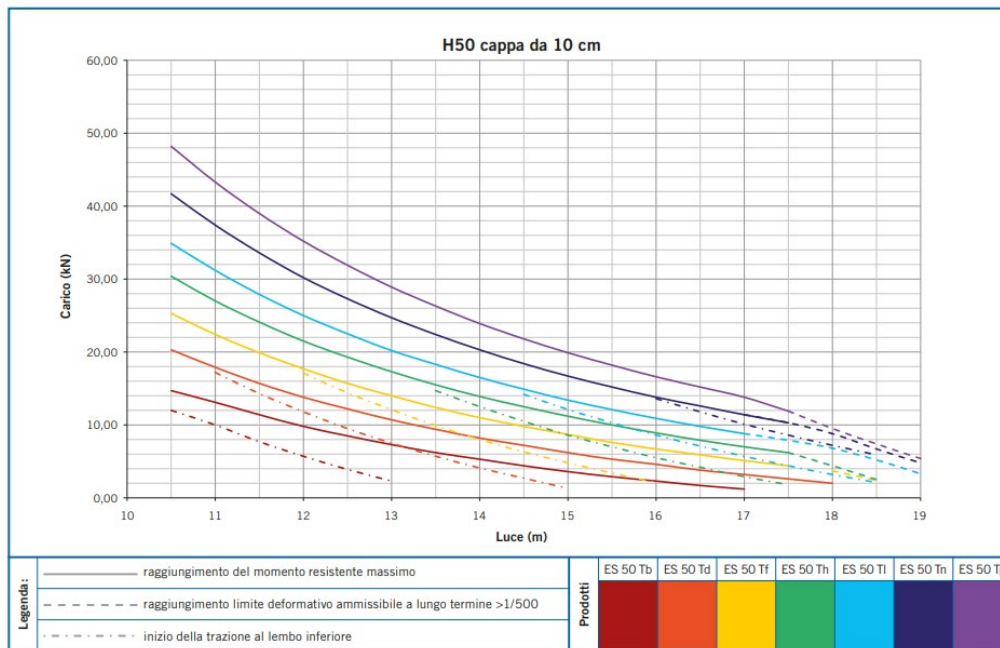
Tabella 9.5: Grafico di portanza del pannello tipo Es40Tn New-Cem

Nel secondo caso tale tipologia di solaio è collocata al primo livello e, sulla base dell'analisi dei carichi dedotta dalle sezioni stratigrafiche fornite dalla progettazione architettonica e sulla base dei carichi accidentali previsti per normativa è chiamata a sostenere un carico massimo di 20 kN/m<sup>2</sup>, con una luce massima tra gli appoggi di circa 13,5 m. Consultando la tabella seguente è possibile individuare la tipologia di solaio preveista a progetto nella Es 50 Tp tipo New-Cem.

		H 50 CON CAPPDA DA 10 cm - carico in kN/m <sup>2</sup>																						
		luce (m)	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5			
Codice Armatura	ES 50 Ta	4,80	2,90																					
		9,70	8,20	6,90	5,70	4,70	3,80	3,00	2,20	1,60														
	ES 50 Tb	8,80	6,50	4,50	2,20																			
		12,40	10,70	9,10	7,80	6,60	5,50	4,60	3,80	3,00	2,30	1,70												
	ES 50 Tc	12,00	10,00	7,70	5,70	3,90	2,30																	
		14,70	13,10	11,40	9,80	8,50	7,30	6,20	5,30	4,40	3,60	2,90	2,30	1,70	1,20									
	ES 50 Td	16,50	13,50	11,00	8,70	6,70	4,90	3,30	1,80															
		17,70	15,50	13,50	11,80	10,30	9,00	7,80	6,70	5,80	4,90	4,10	3,40	2,80	2,20	1,60								
	ES 50 Te	-	17,20	14,30	11,80	9,50	7,50	5,70	4,10	2,70	1,30													
		20,30	17,90	15,70	13,80	12,20	10,70	9,40	8,20	7,20	6,20	5,30	4,60	3,80	3,20	2,60	2,00							
	ES 50 Tf	-	-	17,60	14,70	12,30	10,00	8,10	6,30	4,70	3,30	2,00												
		22,90	20,20	17,80	15,80	14,00	12,40	10,90	9,60	8,50	7,40	6,50	5,60	4,90	4,20	3,50	2,90	1,80						
	ES 50 Tg	-	-	-	17,10	14,40	12,10	9,90	8,00	6,30	4,80	3,40	2,10											
		25,30	22,40	19,90	17,70	15,70	14,00	12,40	11,00	9,80	8,70	7,60	6,70	5,90	5,10	4,40	3,70	2,40						
	ES 50 Th	-	-	-	17,20	14,60	12,30	10,30	8,40	6,70	5,20	3,80	2,60	1,40										
		27,90	24,80	22,00	19,60	17,50	15,60	14,00	12,50	11,10	9,90	8,80	7,80	6,90	6,10	5,30	4,30	2,50						
	ES 50 Ti	-	-	-	-	-	-	14,70	12,50	10,50	8,60	7,00	5,50	4,20	2,90	1,80								
		30,40	27,00	24,10	21,50	19,30	17,30	15,50	13,90	12,50	11,20	10,00	8,90	7,90	7,00	6,20	4,40	2,50						
	ES 50 Tl	-	-	-	-	-	-	-	14,20	12,10	10,20	8,40	6,90	5,40	4,10	2,90	1,80							
		32,30	28,80	25,70	23,00	20,80	18,70	16,70	15,00	13,50	12,10	10,90	9,70	8,70	7,80	6,60	4,50	2,60						
ES 50 Tm	-	-	-	-	-	-	-	-	14,20	12,10	10,30	8,60	7,10	5,70	4,40	3,20	2,10							
	34,90	31,20	27,90	25,00	22,50	20,20	18,30	16,50	14,90	13,40	12,10	10,90	9,80	8,80	7,90	6,80	5,20	3,30						
ES 50 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,90	11,90	10,20	8,60	7,20	5,90	4,60	3,50	2,50						
	39,50	35,30	31,70	28,50	25,70	23,20	21,00	19,00	17,20	15,60	14,20	12,80	11,60	10,50	9,50	8,60	6,60	4,70	3,00					
ES 50 To	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,60	11,80	10,10	8,60	7,20	5,90								
	41,70	37,40	33,00	30,20	27,30	24,70	22,40	20,30	18,40	16,70	15,20	13,80	12,60	11,40	10,30	8,80	6,70	4,80	3,10					
ES 50 Tp	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,00	8,50											
	44,00	39,40	35,40	31,90	28,80	26,10	23,70	21,60	19,60	17,80	16,20	14,80	13,50	12,20	11,10	8,90	6,80	4,90	3,10					
ES 50 Tq	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
	48,20	43,30	39,00	35,20	31,90	28,90	26,30	23,90	21,80	19,90	18,20	16,60	15,20	13,80	11,90	9,50	7,40	5,40	3,70					

Nota: I carichi riportati in tabella sono riferiti ai sovraccarichi, ovvero ai permanenti non strutturali e ai carichi variabili

- Carico (kN/m<sup>2</sup>) corrispondente al raggiungimento del limite deformativo ammissibile a lungo termine >1/500
- Carico (kN/m<sup>2</sup>) corrispondente al raggiungimento del momento resistente massimo
- Carico (kN/m<sup>2</sup>) corrispondente all'inizio della trazione al lembo inferiore - consigliato per le classi di esposizione più gravose



**Tabella 9.6: Grafico di portanza del pannello tipo Es50Tp New-Cem**

Nota: la verifica finale della portata sarà a cura del prefabbricatore.



## 9.2 REAZIONI COMPLESSIVE ALLA BASE

Di seguito si riporta la tabella delle reazioni complessive alla base suddivise per singolo caso di carico. I valori in essa riportati, saranno messi a confronto con i risultati ricavati da un calcolo manuale atto a "validare" il modello di calcolo ai sensi del paragrafo 10.2.2 del D.M. 17/01/18.

<b>TABLE: Base Reactions</b>					
OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ	
Text	Text	KN	KN	KN	
G1_DEAD	LinStatic	-2.62E-11	-1.053E-09	253150.899	
G1_SOLAI+PILASTRI	LinStatic	-3.528E-11	3.184E-11	88095.932	
G2_PERMANENTI	LinStatic	-96	-4.53E-10	110148.867	
G2_IMPIANTI	LinStatic	2.16E-11	3.714E-11	9820.584	
Q_CAT C	LinStatic	-55.92	-2.358E-10	50928.936	
Q_Cat C-sbalzo	LinStatic	-3.279E-11	-8.803E-11	4124.796	
Q_Cat H	LinStatic	-1.227E-12	7.255E-12	2681.876	

Tabella 9.7: Base Reactions – Load Case Statici

<b>TABLE: Base Reactions</b>					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	Text	KN	KN	KN
EQX_RS_SLC	LinRespSpec	Max	147491.731	1211.957	464.225
EQY_RS_SLC	LinRespSpec	Max	1208.339	156169.715	6594.2
EQX_RS_SLV	LinRespSpec	Max	49566.19	405.944	158.838
EQY_RS_SLV	LinRespSpec	Max	404.704	52310.843	2245.153
EQX_RS_SLD	LinRespSpec	Max	45173.932	371.164	142.222
EQY_RS_SLD	LinRespSpec	Max	370.055	47827.281	2020.178
EQX_RS_SLO	LinRespSpec	Max	35648.821	290.602	114.793
EQY_RS_SLO	LinRespSpec	Max	289.682	37450.648	1628.196
EQX_TH_SLV	LinModHist	Max	42483.867	371.25	124.435
EQX_TH_SLV	LinModHist	Min	-45962.601	-395.182	-129.154
EQY_TH_SLV	LinModHist	Max	371.252	52059.395	2161.779
EQY_TH_SLV	LinModHist	Min	-395.181	-54349.235	-2033.502

Tabella 9.8: Base Reactions – Load Case Sismici

### 9.3 RISPOSTA MODALE DELLA STRUTTURA

Le analisi modali sono state condotte con il metodo di Ritz in luogo della classica soluzione agli autovalori mediante la soluzione dell'equazione caratteristica. Tale metodo consente infatti di ottenere una miglior risposta in termini di massa partecipante, se viene utilizzato per scopi di modellazione antisismica, rispetto alla determinazione della risposta alle vibrazioni non forzate di una struttura.

Di seguito si riportano le tabelle delle masse partecipanti riferite a ciascun modo di vibrare, per lo scenario non fessurato e per lo scenario fessurato:

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.058	0.7253	0.0000	0.0087
MODAL	Mode	2	0.945	0.0001	0.7808	0.0038
MODAL	Mode	3	0.894	0.0102	0.0040	0.76
MODAL	Mode	4	0.424	0.0000	0.0000	0.0082
MODAL	Mode	5	0.417	0.0000	0.0004	0.0096
MODAL	Mode	6	0.408	0.2338	0.0006	0.0003
MODAL	Mode	7	0.406	0.0230	0.0092	0.0091
MODAL	Mode	8	0.401	0.0020	0.0147	0.0113
MODAL	Mode	9	0.394	0.0001	0.0029	0.0005
MODAL	Mode	10	0.382	0.0001	0.1819	0.0008
MODAL	Mode	11	0.369	0.0004	0.0011	0.0004
MODAL	Mode	12	0.363	0.0014	0.0012	0.0001
MODAL	Mode	13	0.356	0.0000	0.0000	0.0039
MODAL	Mode	14	0.349	0.0000	0.0000	0.0021
MODAL	Mode	15	0.335	0.0000	0.0017	0.0100
MODAL	Mode	16	0.326	0.0000	0.0001	0.0048
MODAL	Mode	17	0.318	0.0000	0.0000	0.0102
MODAL	Mode	18	0.279	0.0000	0.0000	0.0014
MODAL	Mode	19	0.273	0.0000	0.0000	0.0135
MODAL	Mode	20	0.226	0.0001	0.0003	0.0012
MODAL	Mode	21	0.221	0.0031	0.0000	0.0000
MODAL	Mode	22	0.202	0.0001	0.0000	0.0048
MODAL	Mode	23	0.196	0.0000	0.0009	0.0075
MODAL	Mode	24	0.186	0.0000	0.0001	0.0873
MODAL	Mode	25	0.175	0.0002	0.0000	0.0002
MODAL	Mode	26	0.146	0.0000	0.0000	0.5697
MODAL	Mode	27	0.123	0.0000	0.0000	0.0174
MODAL	Mode	28	0.117	0.0000	0.0001	0.0627
MODAL	Mode	29	0.097	0.0000	0.0000	0.1531
MODAL	Mode	30	0.085	0.0001	0.0000	0.0003
				100.00	100.00	99.03

Tabella 9.9: Masse partecipanti

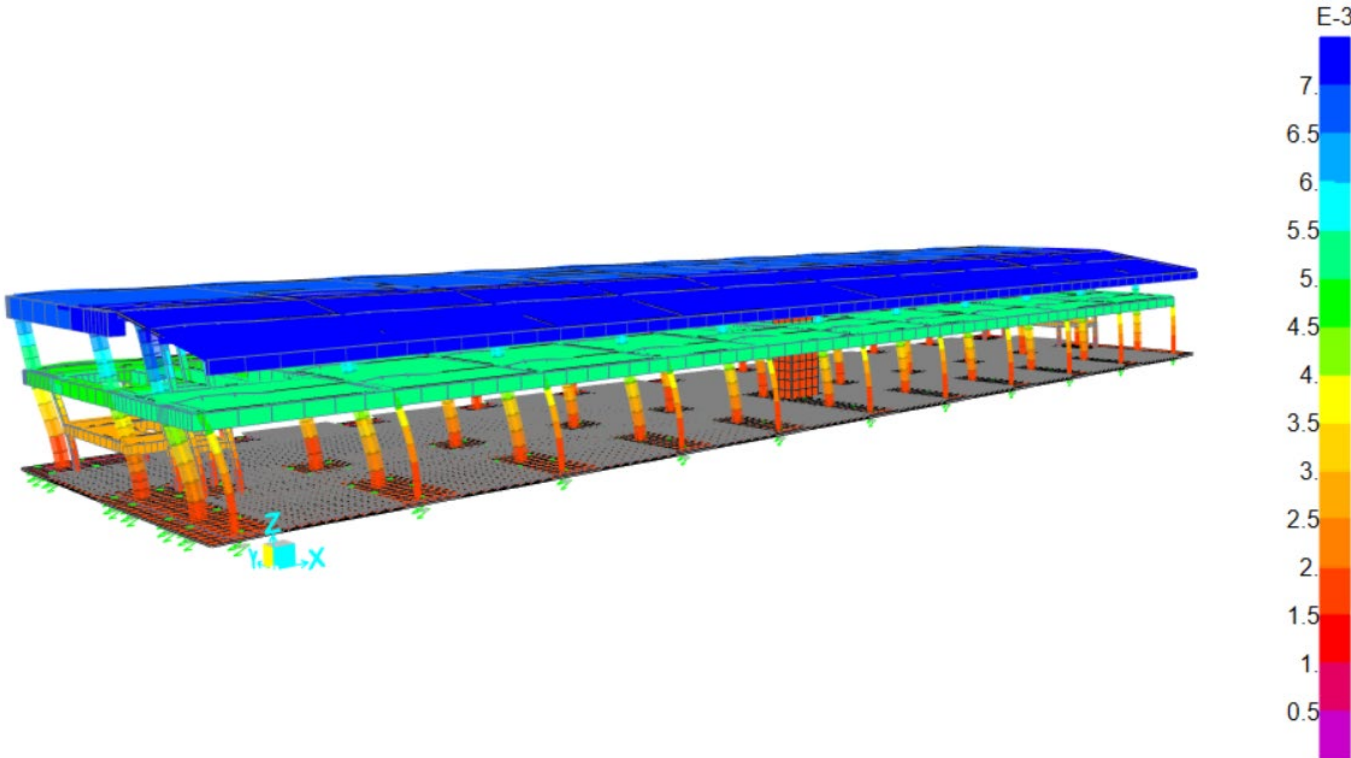


Figura 9.10: Modo Flessionale Longitudinale T = 1.057 s

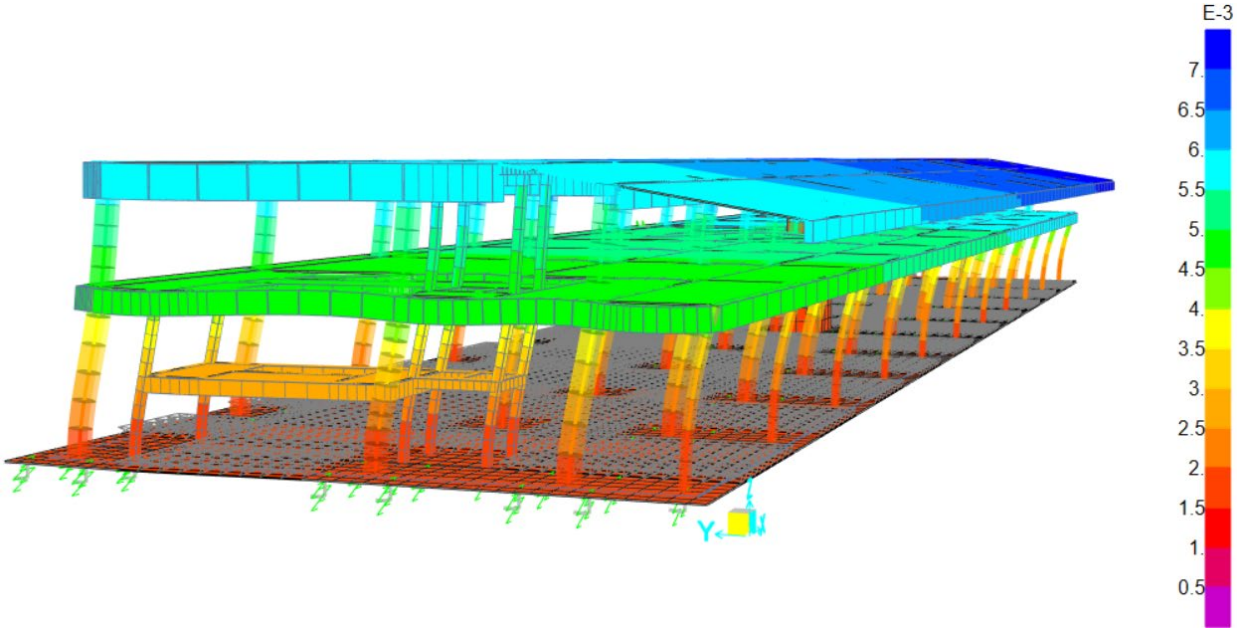


Figura 9.11: Modo Flessionale Trasversale T = 0.940 s

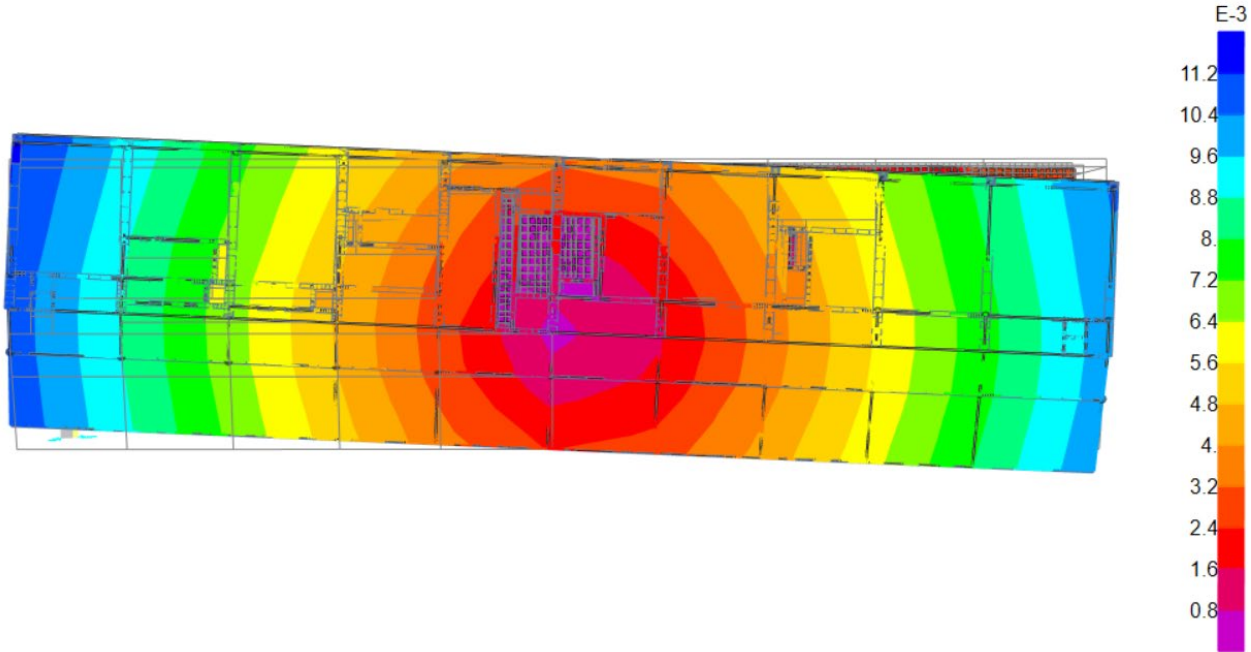


Figura 9.1: Modo Flessionale Torsionale T = 0.893s

## 10 VALIDAZIONE DEL MODELLO FEM E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Ai sensi del paragrafo 10.2.2 del D.M. 17/01/18 si rende necessaria la validazione del modello FEM in termini di risultati, andando a confrontare questi ultimi, con calcoli semplici (anche manuali) che ne attestino la bontà.

**La validazione in termini di confronto tra le reazioni complessive alla base di cui al Capitolo 8 e le risultanti delle stesse calcolate manualmente verrà fornita in un addendum alla presente relazione tecnica di calcolo. Tale addendum risulta attualmente in fase di elaborazione.**

## 11 CARATTERISTICHE DI SOLLECITAZIONE

Di seguito si riportano gli andamenti delle caratteristiche di sollecitazioni statiche e sismiche che interessano le strutture.

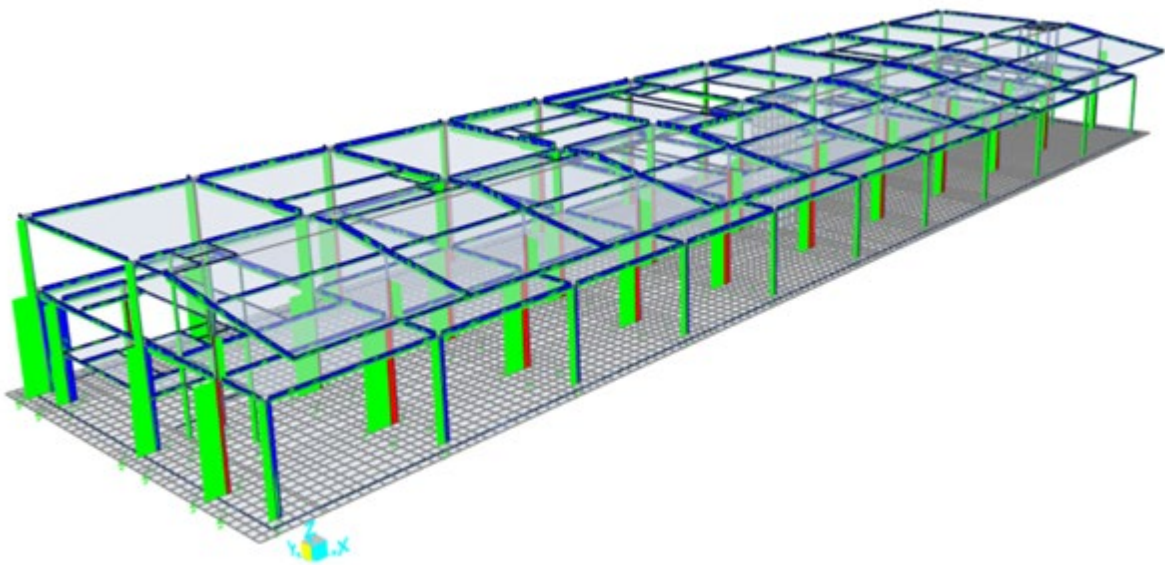


Figura 11.1: Andamento della forza Normale (involuppo statico e involucro sismico)

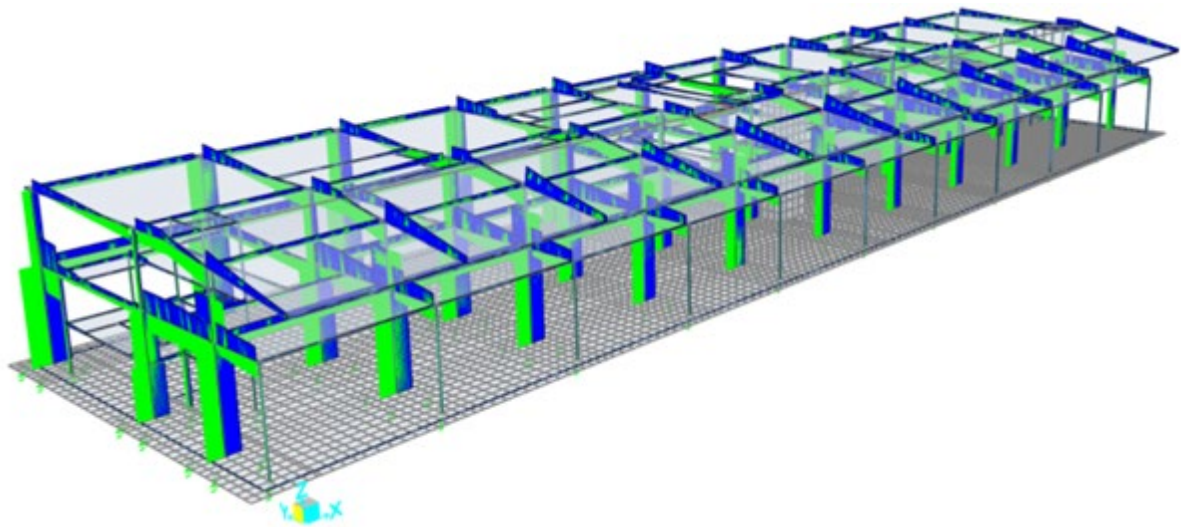


Figura 11.2: Andamento della forza di Taglio Vz (involuppo statico e involucro sismico)

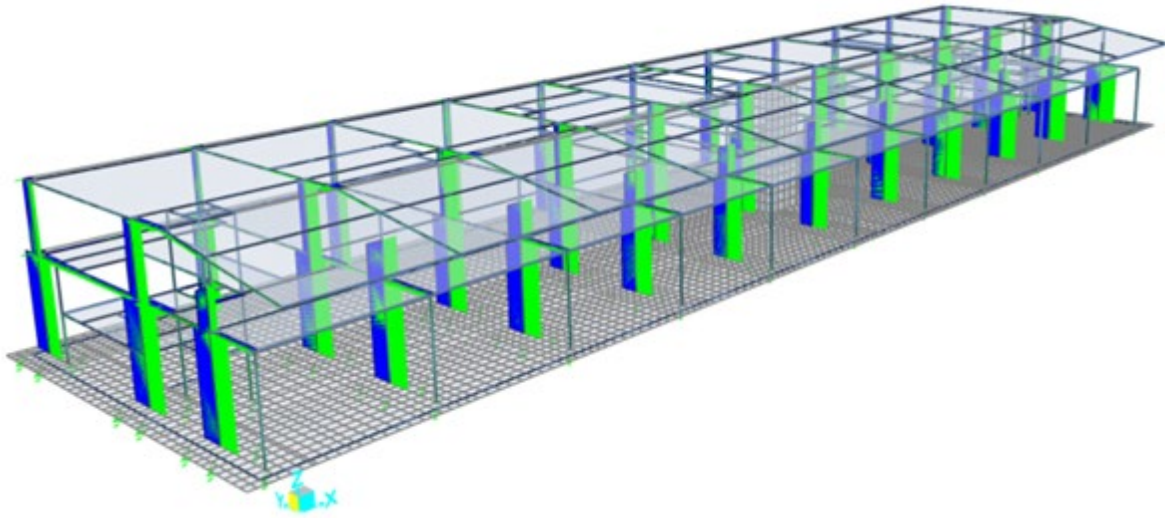


Figura 11.3: Andamento della forza di Taglio  $V_y$  (involuppo statico e involucro sismico)

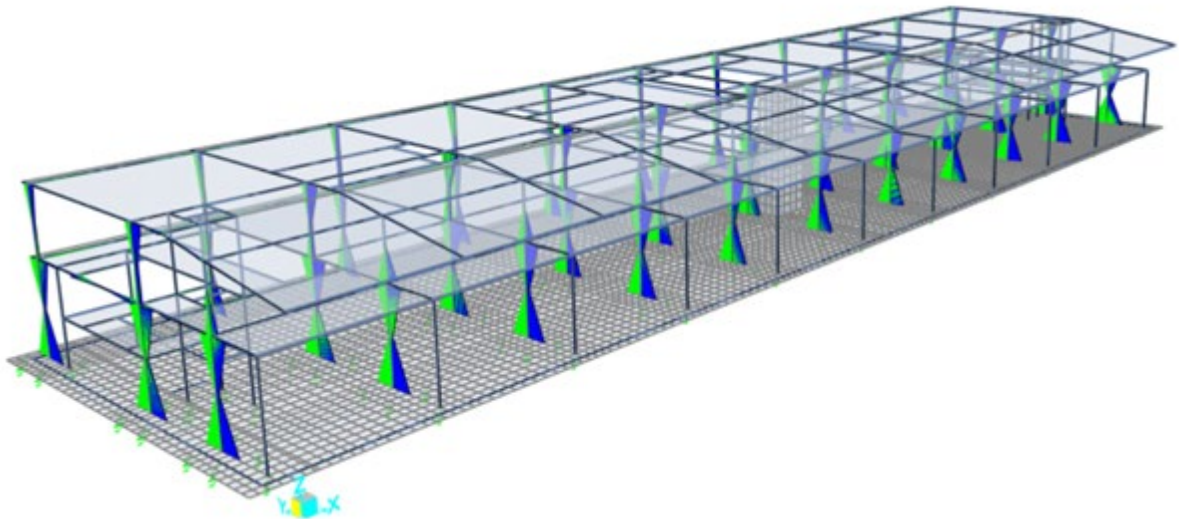


Figura 11.4: Andamento del Momento Flettente  $M_z$  (involuppo statico e involucro sismico)



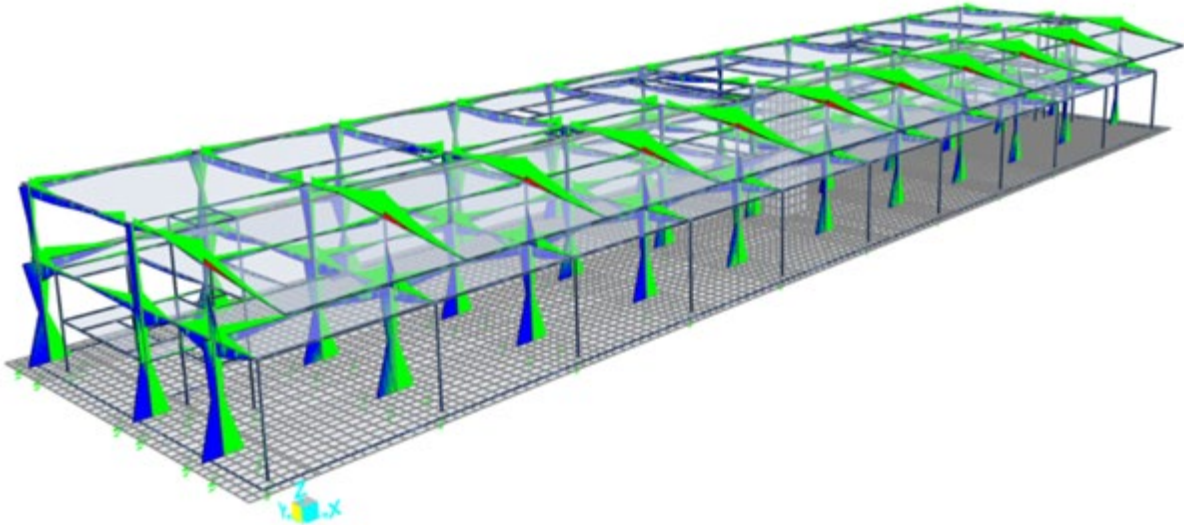


Figura 11.5: Andamento del Momento Flettente  $M_y$  (involuppo statico e involucpo sismico)

## 12 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 12.1 VERIFICHE DI TRAVI E PILASTRI

**Le verifiche degli elementi strutturali quali travi e pilastri, in termini di resistenza e gerarchia, essendo di fatto demandate al prefabbricatore, sono state inserite in appositi annessi e risultano attualmente in fase di elaborazione.**

### 12.2 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI PARETE DEL VANO ASCENSORE CENTRALE

Le verifiche strutturali eseguite tengono implicitamente in conto delle prescrizioni in termini di limiti d'armatura di cui ai Capitoli 4 e 7 del D.M 17/01/18. Le armature nelle pareti del nucleo ascensore centrale sono state predisposte in modo da soddisfare i criteri di resistenza per quanto attiene le combinazioni STR (SLU) e SLD e in gerarchia per quello che riguarda le combinazioni sismiche a Stato Limite di Salvaguardia della Vita.

La zona critica delle pareti si estende dallo spiccatto di fondazione alla quota del primo piano.

Di seguito vengono presentati graficamente i risultati dei momenti flettenti M22 e M11 (kN.m/m) e delle forze di taglio V13 e V23 (kN/m) per inviluppo della combinazione SLU SLV SLD.

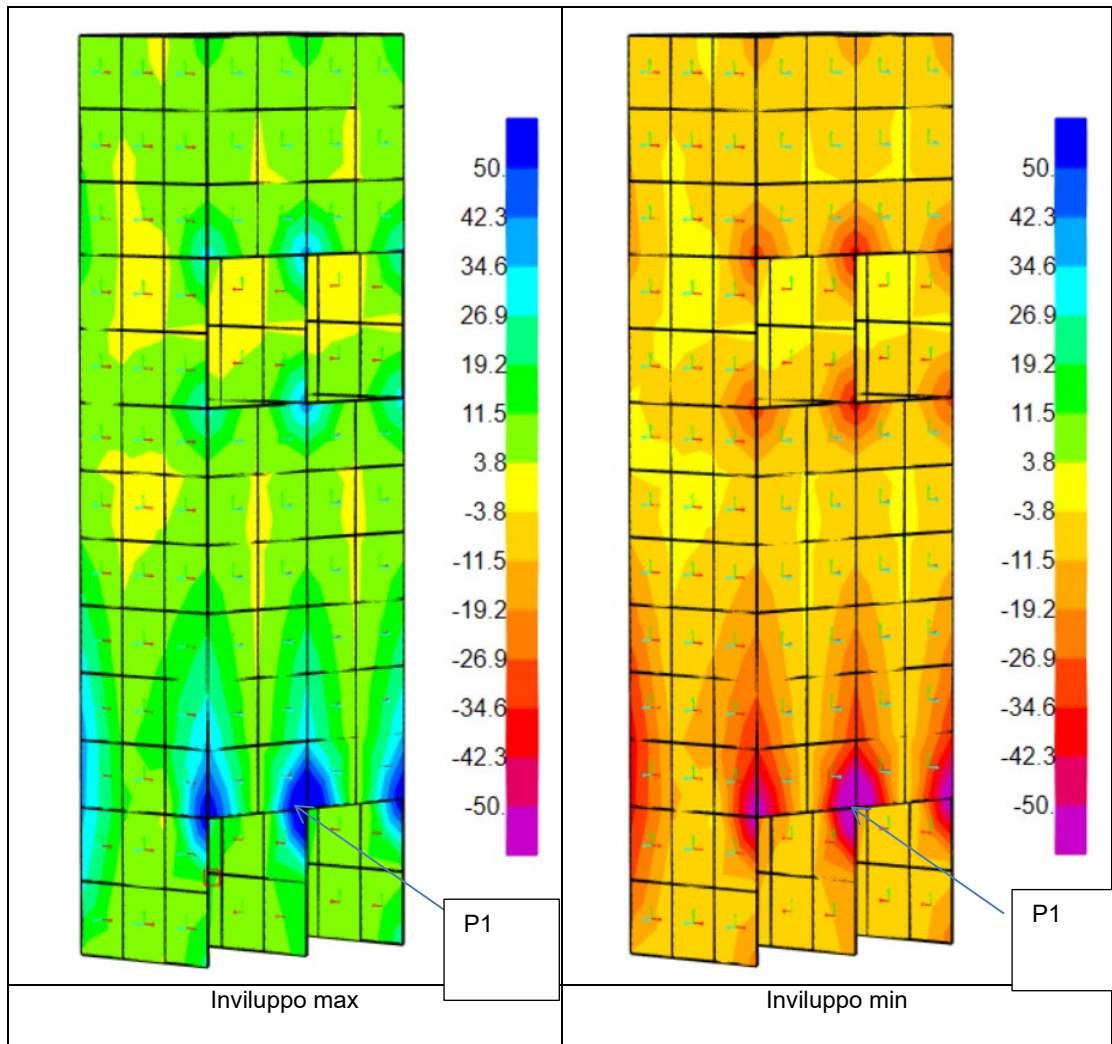


Figura 12.1: Momento flettente M11 (direzione orizzontale)

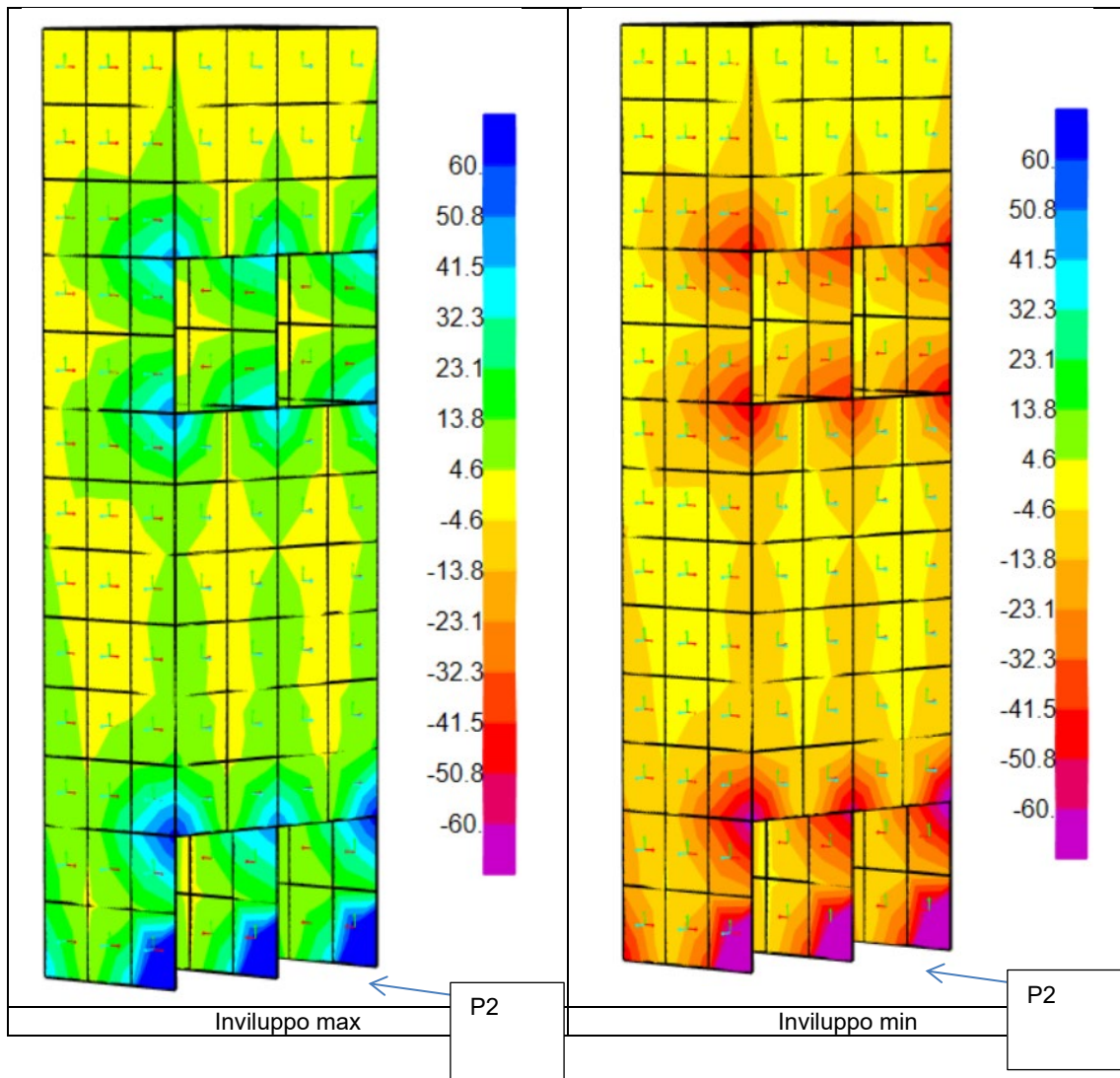


Figura 12.2: Momento flettente  $M_{22}$  (direzione verticale)

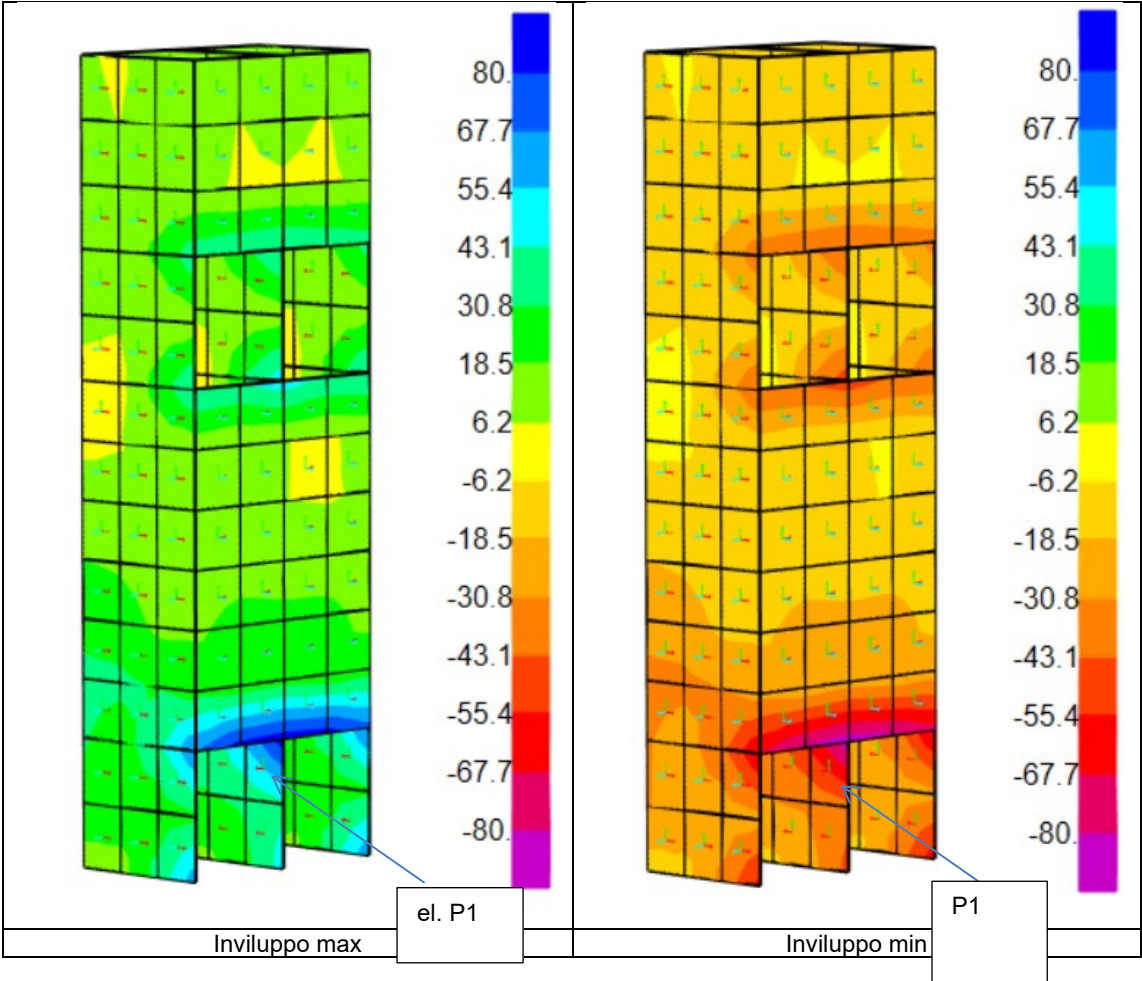


Figura 12.3: Forza di taglio V13

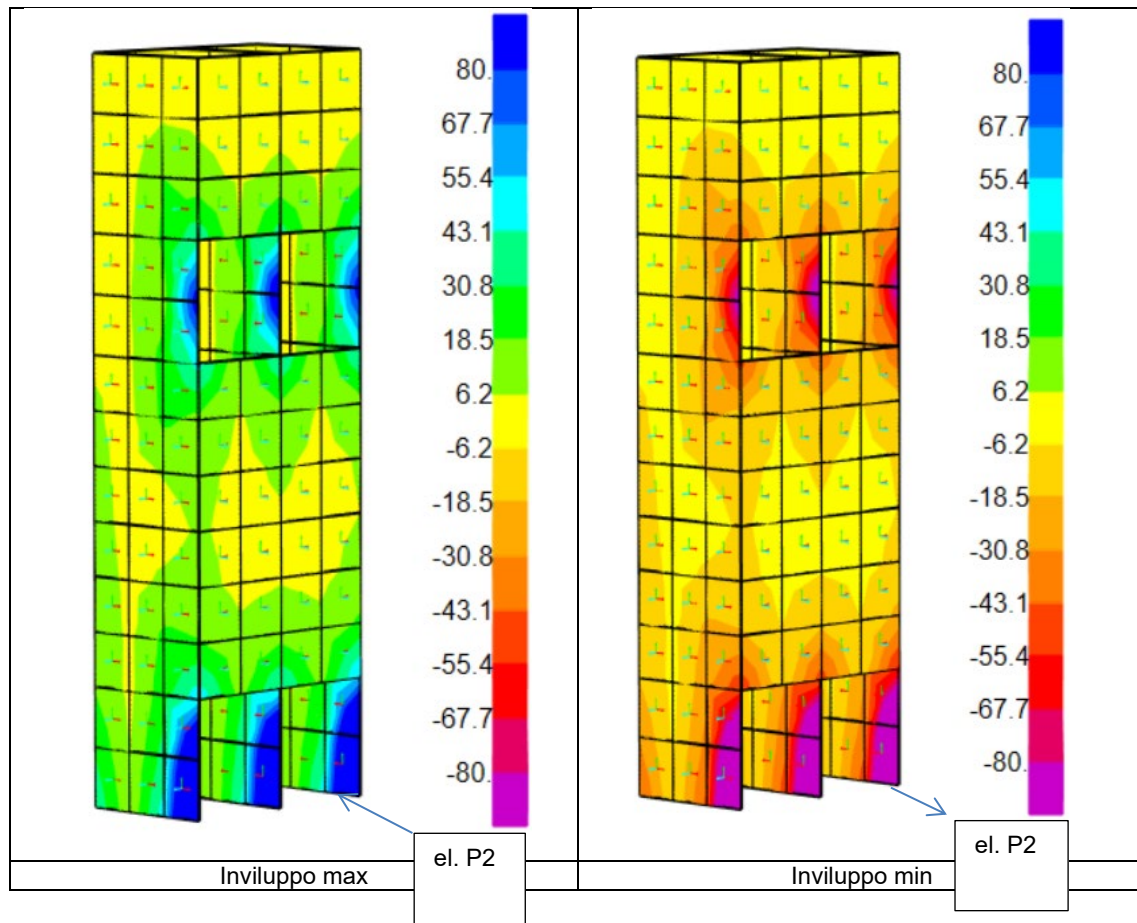


Figura 12.4: Forza di taglio V23

Di seguito vengono presentati graficamente i risultati dei requisiti delle armature di rinforzo su ciascuna superficie e in ciascuna direzione del muro  $A_{st}$  ( $\text{cm}^2/\text{cm}$ ).

La Normativa Tecnica NTC2018 prescrive di considerare una **traslazione** del momento flettente allo Stato Limite Ultimo per effetto del taglio. Le armature longitudinali devono essere dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali ottenute **traslando** il diagramma dei momenti flettenti di:

$$a_1 = (0,9 \cdot d \cdot \text{ctg } \theta) / 2$$

lungo l'asse della trave, nel verso **meno favorevole**.

- ✓  $a_1$  = lunghezza di traslazione del diagramma del momento flettente;
- ✓  $d$  = altezza utile della sezione ( $h - d'$ );
- ✓  $\theta$  = angolo di inclinazione delle bielle compresse di calcestruzzo.

Che di fatto consiste in una traslazione del diagramma del momento flettente per effetto del taglio

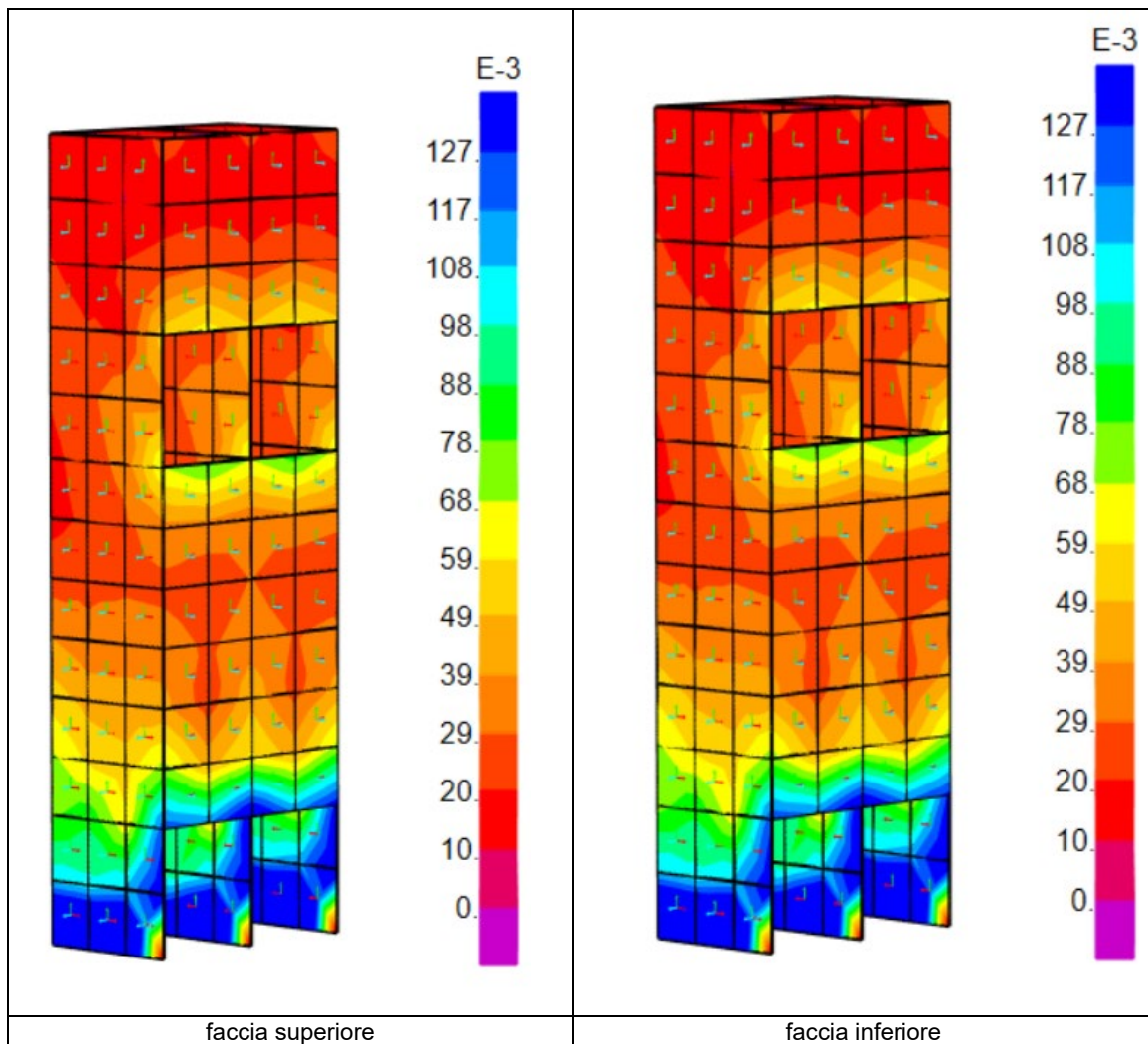
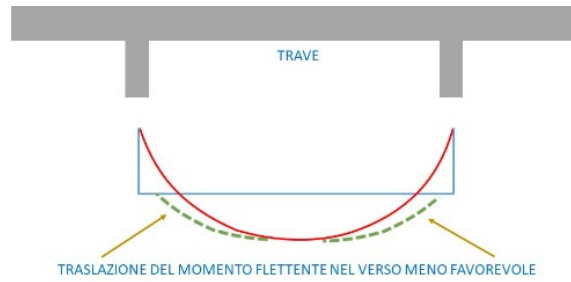


Figura 12.5: Acciaio di rinforzo  $A_s$  (cm<sup>2</sup>/cm) - direzione orizzontale

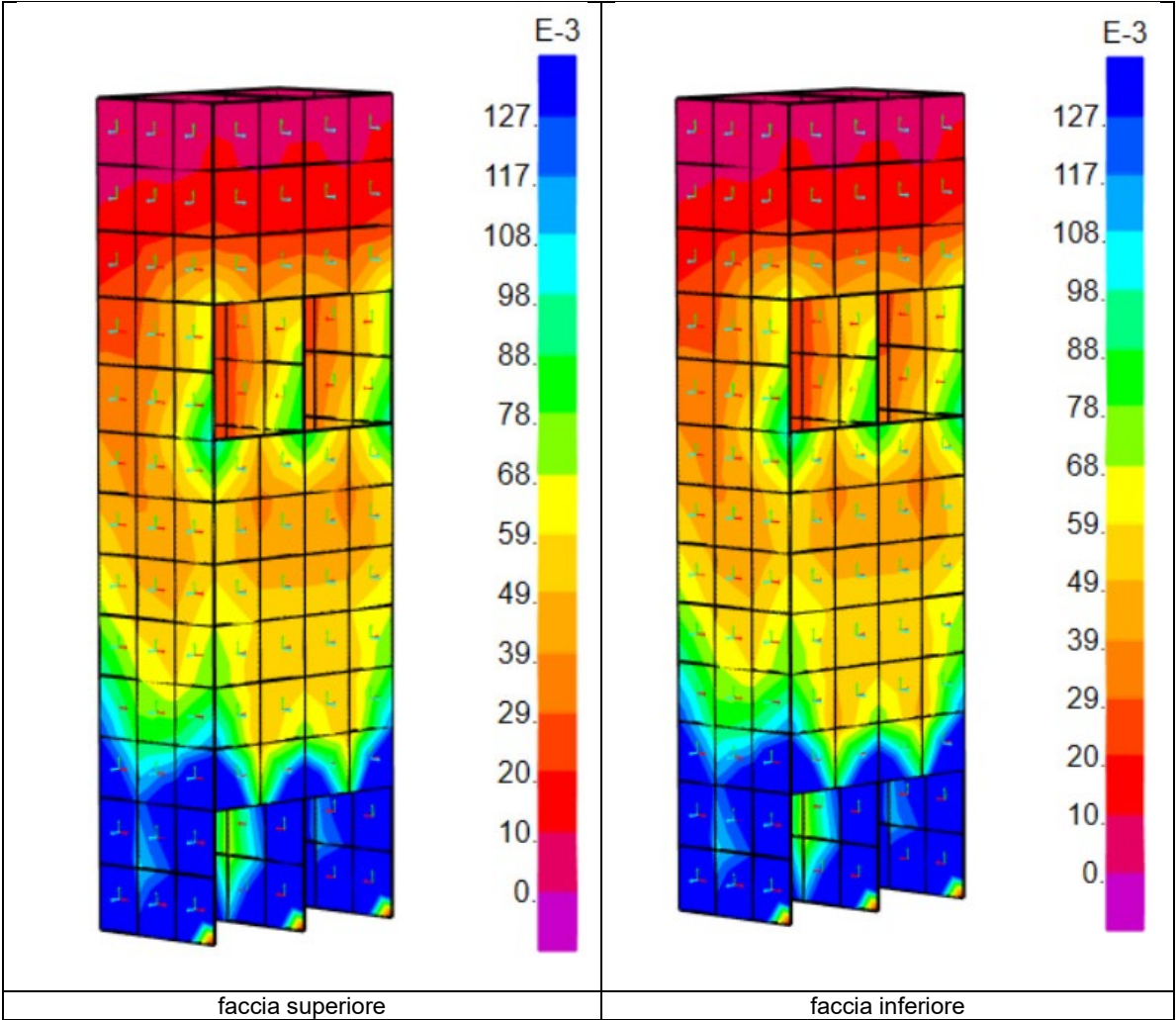
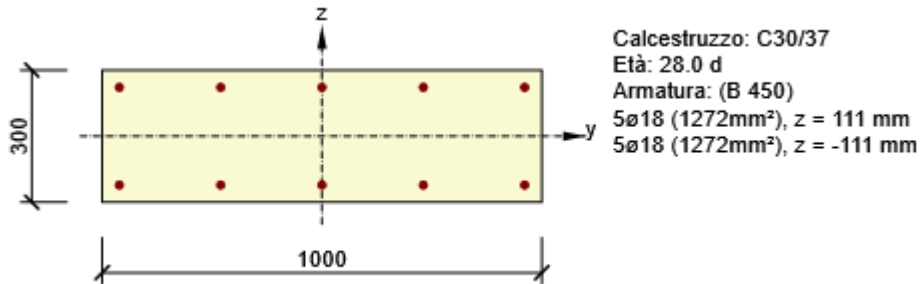


Figura 12.6: Acciaio di rinforzo As (cm2/cm) - verticale



### 12.2.1 Verifica SLU/SLE Sezione P1 armatura in direzione orizzontale



Effetti dei carichi - forze interne

Tipo di carico	Tipo combinazione	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Totale	Fondamentale SLU	-200.0	0.0	92.0	0.0	75.0	0.0
Totale	Caratteristico	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Totale	Quasi-permanente	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0

Panoramica

Tipo di verifica governante	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore [%]	Verifica
Taglio	-200.0			92.0	0.0	54.2	OK
Tipo di verifica	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore [%]	Verifica
Diagramma di utilizzo N-M-M	-200.0	75.0	0.0			41.3	OK
Taglio	-200.0			92.0	0.0	54.2	OK
Torsione					0.0	0.0	OK
Interazione	-200.0	75.0	0.0	92.0	0.0	54.2	OK
Controllo delle tensioni	0.0	12.0	0.0			5.5	OK
Apertura delle fessure	0.0	12.0	0.0			0.0	OK
Snellezza flessionale	0.0	12.0	0.0			14.2	OK

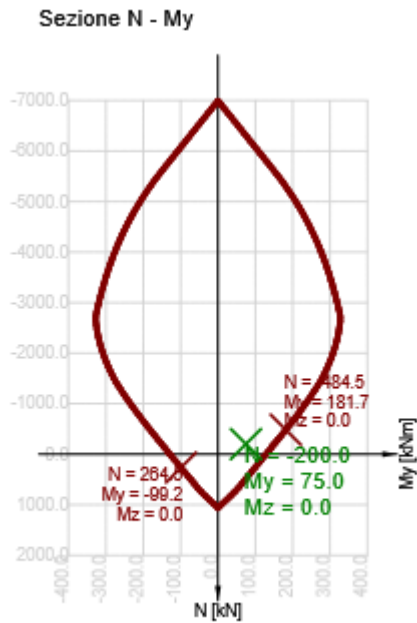
Diagramma di utilizzo N-M-M

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Tipo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
-200.0	75.0	0.0	Nu-Mu-Mu	41.3	100.0	OK

Resistenza di progetto dei css sottoposti a flessione e forza assiale

Tipo	F <sub>Ed</sub>	F <sub>Rd1</sub>	F <sub>Rd2</sub>
N [kN]	-200.0	-484.5	264.5
M <sub>y</sub> [kNm]	75.0	181.7	-99.2
M <sub>z</sub> [kNm]	0.0	0.0	0.0



### Taglio

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

V <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	Zona di verifica	Paragrafo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
92.0	-200.0	169.7	senza riduzione	6.2.2(1)	54.2	100.0	OK

Sollecitazioni di progetto a taglio e resistenze a taglio

V <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd,c</sub> [kN]	V <sub>Rd,max</sub> [kN]	V <sub>Rd,r</sub> [kN]	V <sub>Rd,s</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]
92.0	169.7	1422.6	1378.1	0.0	169.7

Valori di input e risultati intermedi del progetto del taglio

n <sub>c</sub>	a <sub>sw</sub> [mm <sup>2</sup> /m]	A <sub>sl</sub> [mm <sup>2</sup> ]	b <sub>w</sub> [mm]	d [mm]	z [mm]	θ [°]	α [°]	α <sub>cw</sub> [-]
0	0	1272	1000	261	230	45.0	90.0	1.03
C <sub>Rd,c</sub> [-]	k [-]	k <sub>1</sub> [-]	ρ <sub>l</sub> [-]	σ <sub>cp</sub> [MPa]	σ <sub>wd</sub> [MPa]	v <sub>min</sub> [MPa]	v [-]	v <sub>1</sub> [-]
0.12	1.88	0.15	0.00	0.7	0.0	0.5	0.53	0.60

### Interazione

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Edy</sub> [kNm]	M <sub>Edz</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore V+T [%]	Valore V+T+M [%]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
-200.0	75.0	0.0	92.0	0.0	54.2	41.8	54.2	100.0	OK

Verifica di interazione del taglio e della torsione (calcestruzzo)

V <sub>Rd,c</sub> [kN]	T <sub>Rd,c</sub> [kNm]	V <sub>Rd,max</sub> [kN]	T <sub>Rd,max</sub> [kNm]	Eq. 6.31 [%]	Eq. 6.29 [%]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
169.7	50.9	1422.6	205.3	54.2	6.5	54.2	100.0	OK

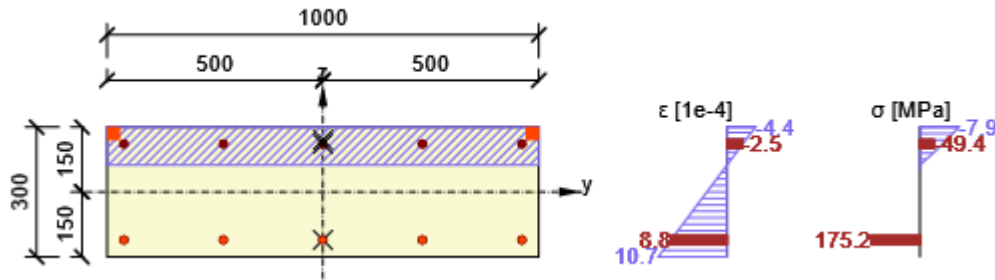
Verifica di interazione del taglio, della torsione, della flessione e delle forze normali

$F_b$ [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \varepsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \varepsilon_t$ [1e-4]	Limite in ferro	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
160.1	92.0	0.0	0.0	0.0	6	41.8	100.0	OK

Verifica dettagliata dell'armatura

Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\Delta \varepsilon_{st}$ [1e-4]	$\varepsilon$ [1e-4]	$\varepsilon_{lim}$ [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
6	-461	-111	0.0	8.8	405.0	0.0	175.2	419.3	41.8	OK

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



### Controllo delle tensioni

Controllo delle tensioni - effetto a breve termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	3	-0.7	-13.5	5.5	100.0	OK

Controllo delle tensioni - effetto a lungo termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	3	-0.6	-13.5	4.7	100.0	OK

Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$N$ [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	1	-500	-150	0.0	0.0	0.0	0.0	-18.0	0.0	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	150	0.0	12.0	0.0	-0.7	-13.5	5.5	OK

Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$N$ [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	1	461	111	0.0	0.0	0.0	0.0	-450.0	0.0	OK

Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a lungo termine

Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$N$ [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	1	-500	-150	0.0	0.0	0.0	0.0	-18.0	0.0	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	150	0.0	12.0	0.0	-0.6	-13.5	4.7	OK

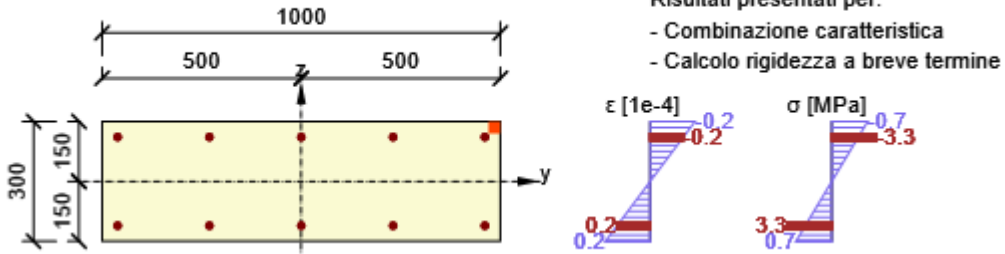
Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a lungo termine

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$N$ [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	1	461	111	0.0	0.0	0.0	0.0	-450.0	0.0	OK

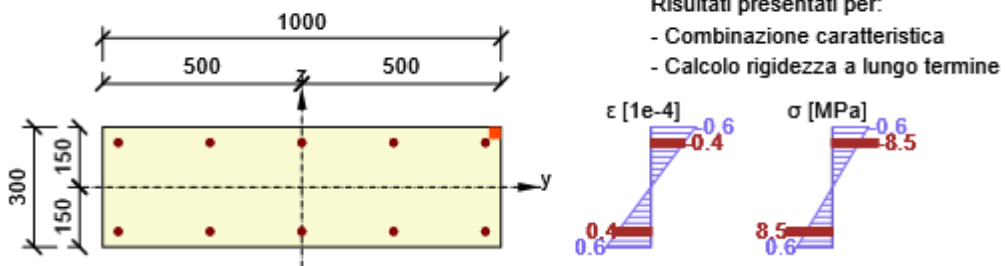
Coefficiente di viscosità

Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$u$ [mm]	$t$ [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Uso $\gamma_{it}$	$\phi(t,t_0)$ [-]
Automatico	231	300000	2600	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.94

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



### Fessurazione

Apertura delle fessure- effetti a breve termine

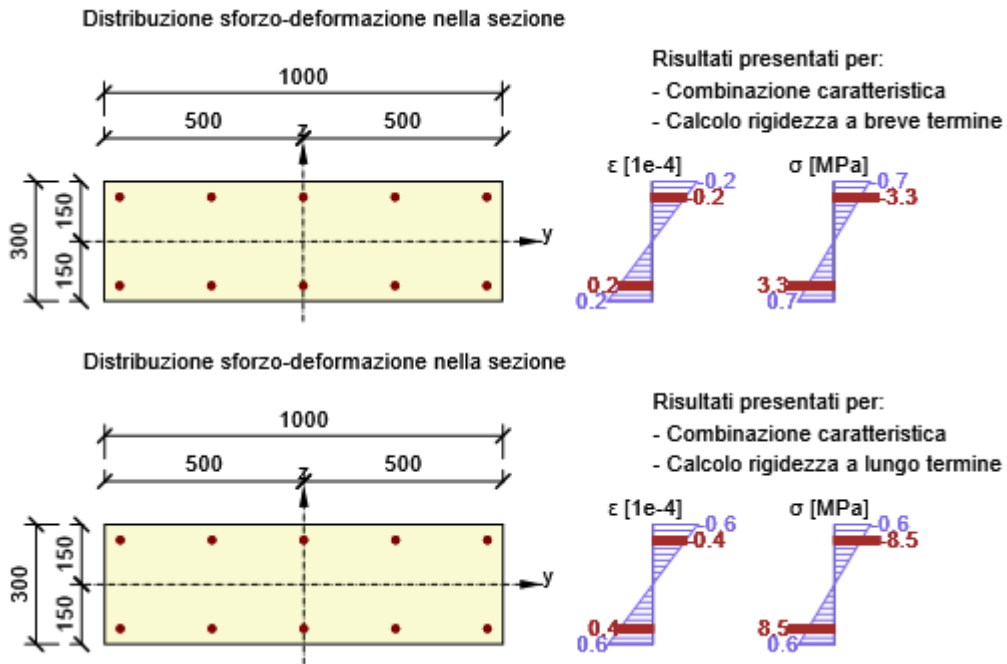
Combinazione	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$w_k$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	12.0	0.0	0.000	0.300	0.0	100.0	OK

Apertura delle fessure - effetti a lungo termine

Combinazione	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$w_k$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	12.0	0.0	0.000	0.300	0.0	100.0	OK

Coefficiente di viscosità

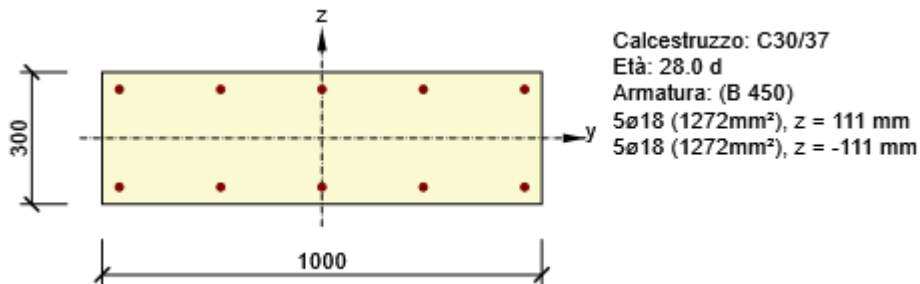
Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$u$ [mm]	$t$ [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Uso $\gamma_{it}$	$\phi(t,t_0)$ [-]
Automatico	231	300000	2600	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.94



Snellezza flessionale

N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	λ [-]	λ <sub>d</sub> [-]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0.0	12.0	0.0	4.98	35.00	14.2	100.0	OK
I <sub>n</sub> [mm <sup>4</sup> ]	I <sub>eff</sub> [mm <sup>4</sup> ]	d [mm]	K	ρ [%]	ρ <sub>0</sub> [%]	ρ' [%]	σ <sub>s</sub>
1000	1300	261	1	0.2	0.5	0.2	39.1

### 12.2.2 Verifica SLU/SLE Sezione P2 armatura in direzione verticale



Effetti dei carichi - forze interne

Tipo di carico	Tipo combinazione	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Totale	Fondamentale SLU	-3152.0	0.0	180.0	0.0	202.0	0.0
Totale	Caratteristico	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	0.0
Totale	Quasi-permanente	0.0	0.0	0.0	0.0	37.0	0.0

Panoramica

Tipo di verifica governante	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore [%]	Verifica

Diagramma di utilizzo N-M-M	-3152.0	202.0	0.0			75.6	OK
Tipo di verifica	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore [%]	Verifica
Diagramma di utilizzo N-M-M	-3152.0	202.0	0.0			75.6	OK
Taglio	-3152.0			180.0	0.0	60.0	OK
Torsione					0.0	0.0	OK
Interazione	-3152.0	202.0	0.0	180.0	0.0	60.0	OK
Controllo delle tensioni	0.0	37.0	0.0			16.8	OK
Apertura delle fessure	0.0	37.0	0.0			0.0	OK
Snellezza flessionale	0.0	37.0	0.0			14.2	OK

Valore limite dello sfruttamento della sezione: 100.0 %

### Diagramma di utilizzo N-M-M

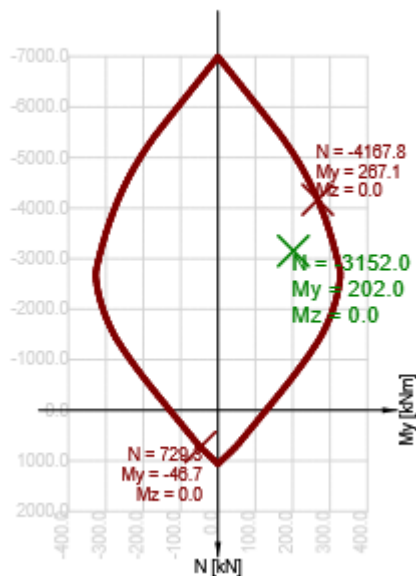
Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Tipo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
-3152.0	202.0	0.0	Nu-Mu-Mu	75.6	100.0	OK

Resistenza di progetto dei css sottoposti a flessione e forza assiale

Tipo	F <sub>Ed</sub>	F <sub>Rd1</sub>	F <sub>Rd2</sub>
N [kN]	-3152.0	-4167.8	729.3
M <sub>y</sub> [kNm]	202.0	267.1	-46.7
M <sub>z</sub> [kNm]	0.0	0.0	0.0

Sezione N - My



### Taglio

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

V <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	Zona di verifica	Paragrafo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
180.0	-3152.0	300.2	senza riduzione	6.2.2(1)	60.0	100.0	OK

Sollecitazioni di progetto a taglio e resistenze a taglio

V <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd,c</sub> [kN]	V <sub>Rd,max</sub> [kN]	V <sub>Rd,r</sub> [kN]	V <sub>Rd,s</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]

180.0	300.2	1308.9	1378.1	0.0	300.2
-------	-------	--------	--------	-----	-------

Valori di input e risultati intermedi del progetto del taglio

$n_c$	$a_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$b_w$ [mm]	$d$ [mm]	$z$ [mm]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$\alpha_{cw}$ [-]
0	0	1272	1000	261	175	45.0	90.0	1.25
$C_{Rd,c}$ [-]	$k$ [-]	$k_1$ [-]	$\rho_l$ [-]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$\sigma_{wd}$ [MPa]	$V_{min}$ [MPa]	$v$ [-]	$v_1$ [-]
0.12	1.88	0.15	0.00	4.0	0.0	0.5	0.53	0.60

### Inteazione

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Ed}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	Valore V+T [%]	Valore V+T+M [%]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
-3152.0	202.0	0.0	180.0	0.0	60.0	59.9	60.0	100.0	OK

Verifica di interazione del taglio e della torsione (calcestruzzo)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	Eq. 6.31 [%]	Eq. 6.29 [%]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
300.2	50.9	1308.9	248.7	60.0	13.8	60.0	100.0	OK

Verifica di interazione del taglio, della torsione, della flessione e delle forze normali

$F_b$ [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Limite in ferro	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
-310.3	180.0	0.0	0.0	0.0	1	59.9	100.0	OK

Verifica dettagliata dell'armatura

Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	$\epsilon$ [1e-4]	$\epsilon_{lim}$ [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
1	461	111	0.0	-12.6	-405.0	0.0	-251.3	-419.3	59.9	OK

### Controllo delle tensioni

Controllo delle tensioni - effetto a breve termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	3	-2.3	-13.5	16.8	100.0	OK

Controllo delle tensioni - effetto a lungo termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	3	-2.0	-13.5	14.6	100.0	OK

Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$N$ [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	3	500	150	0.0	37.0	0.0	-2.3	-18.0	12.6	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	150	0.0	37.0	0.0	-2.3	-13.5	16.8	OK

Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$N$ [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	6	-461	-111	0.0	37.0	0.0	10.2	360.0	2.8	OK

Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a lungo termine

Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	3	500	150	0.0	37.0	0.0	-2.0	-18.0	11.0	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	150	0.0	37.0	0.0	-2.0	-13.5	14.6	OK

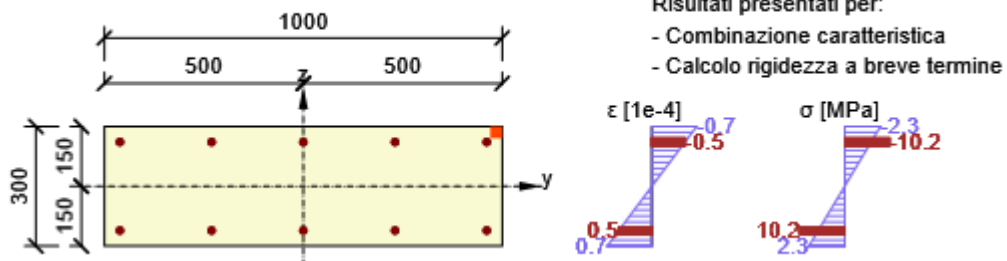
Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a lungo termine

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	6	-461	-111	0.0	37.0	0.0	26.2	360.0	7.3	OK

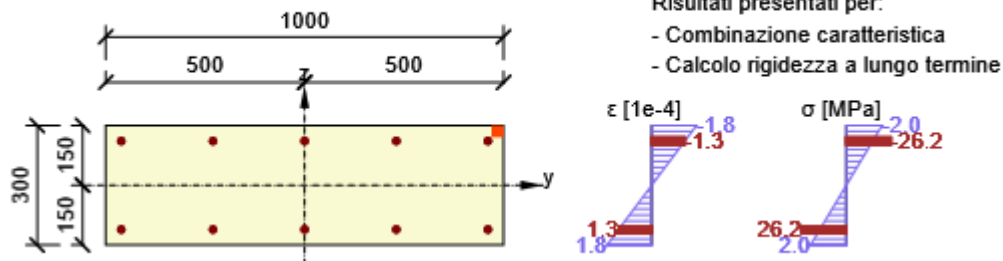
Coefficiente di viscosità

Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$u$ [mm]	$t$ [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Usò $\gamma_{lt}$	$\varphi(t,t_0)$ [-]
Automatico	231	300000	2600	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.94

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



### Fessurazione

Apertura delle fessure- effetti a breve termine

Combinazione	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$w_k$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	37.0	0.0	0.000	0.300	0.0	100.0	OK

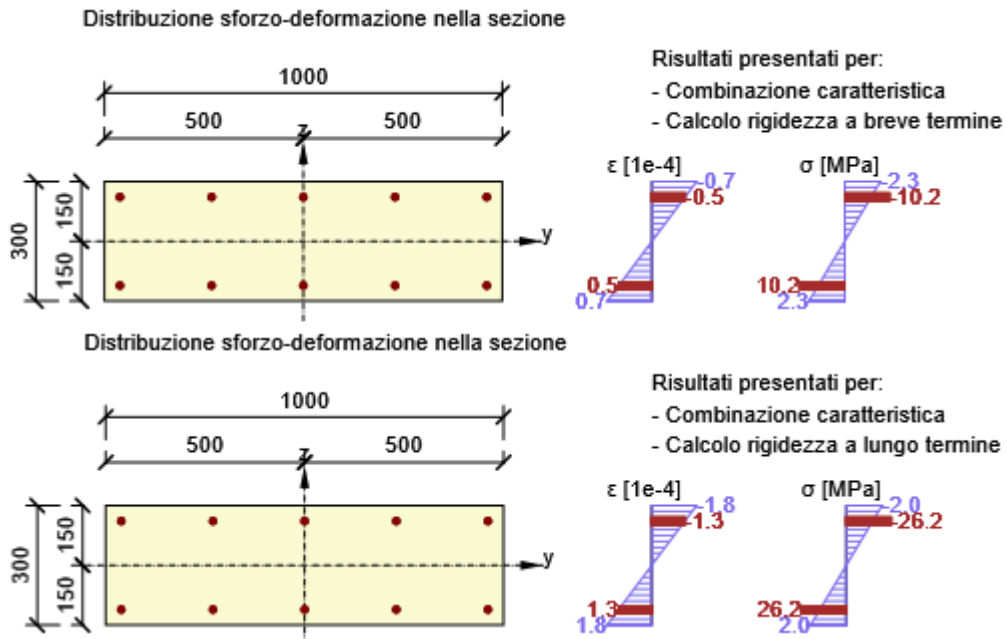
Apertura delle fessure - effetti a lungo termine

Combinazione	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$w_k$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	37.0	0.0	0.000	0.300	0.0	100.0	OK

Coefficiente di viscosità

Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$u$ [mm]	$t$ [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Usò $\gamma_{lt}$	$\varphi(t,t_0)$ [-]
Automatico	231	300000	2600	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.94





Snellezza flessionale

N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	λ	λ <sub>d</sub>	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0.0	37.0	0.0	4.98	35.00	14.2	100.0	OK
I <sub>n</sub> [mm <sup>4</sup> ]	I <sub>eff</sub> [mm <sup>4</sup> ]	d [mm]	K	ρ [%]	ρ <sub>0</sub> [%]	ρ' [%]	σ <sub>s</sub>
1000	1300	261	1	0.3	0.5	0.3	120.5

### Dettagli costruttivi

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Rapporto <sub>lungo</sub> [%]	Rapporto <sub>taglio</sub> [%]	Governante [%]	Limite [%]	Verifica
-3152.0	202.0	0.0	34.3	0.0	34.3	100.0	OK

Verifica dei dettagli costruttivi dell'armatura longitudinale

Tipo	Valore <sub>calc</sub>	Valore <sub>lim</sub>	Rapporto [%]	Verifica
Rapp. di armatura min. per armatura longitudinale (9.2.1.1 (1)) [%]	0.49	0.17	34.3	OK
Rapporto arm. max per armatura longitudinale (9.2.1.1(3)) [%]	0.85	4.00	21.2	OK
Luce netta minima dell'armatura longitudinale (8.2 (2)) [mm]	204	21	10.3	OK
Distanza assiale massima dell'armatura longitudinale (9.2.3 (4)) [mm]	-	350	0.0	Off

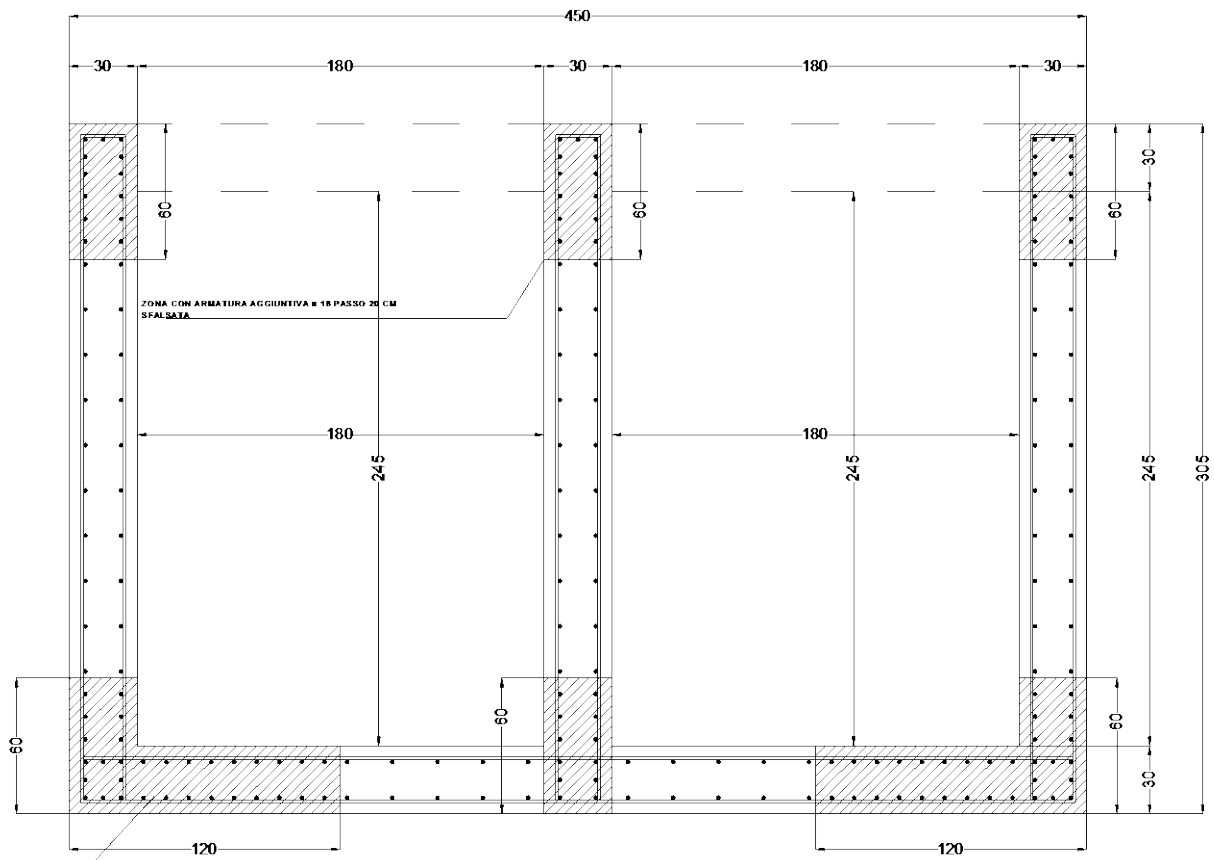


Figura 12.7: Sezione orizzontale della struttura a setti in c.a. del nucleo ascensore, sezione a 150 cm dal calpestio. Si notino le zone confinate e le relative armature di rinforzo

## 12.3 VERIFICHE SCALA APPESA E LUCERNAI

### 12.3.1 SCALA CENTRALE PARZIALMENTE APPESA

Per quanto riguarda la scala del blocco Terminal, che collega il piano terra con il piano primo, presente al centro dell'edificio e parzialmente appesa, va sottolineato quanto essa risulti particolarmente interessante dal punto di vista progettuale per via dell'insieme di necessità strutturali (statico-dinamiche) e architettoniche che la stessa è chiamata a soddisfare.

La struttura della scala, interamente sviluppato in carpenteria metallica, integra un sistema di sospensione che la sospende in grande parte e che insiste sulle due travi in c.a. prefabbricate, di coronamento del vano scala nel solaio alveolare del primo livello.

Il carico distribuito linearmente per tutto lo sviluppo dei due collegamenti è stato correttamente considerato in sede di verifica strutturale del Terminal mentre per quanto concerne le verifiche dei collegamenti, previsti con piastre e tassellatura chimica alle travi di perimetrazione del foro, si rimanda alla relazione di dettaglio dei giunti e collegamenti strutturali.

Di seguito si riportano le immagini dei due modelli tecnologico-costruttivi e del modello locale FEM con i relativi tassi di lavoro della scala centrale parzialmente appesa alle travi di solaio precostruite.

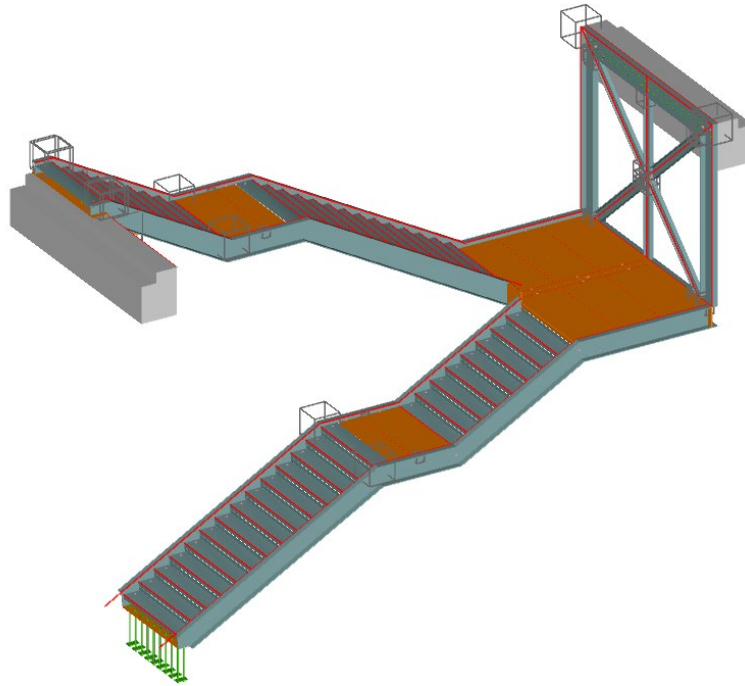


Figura 12.8: Viste assometriche della struttura della scala centrale parzialmente appesa

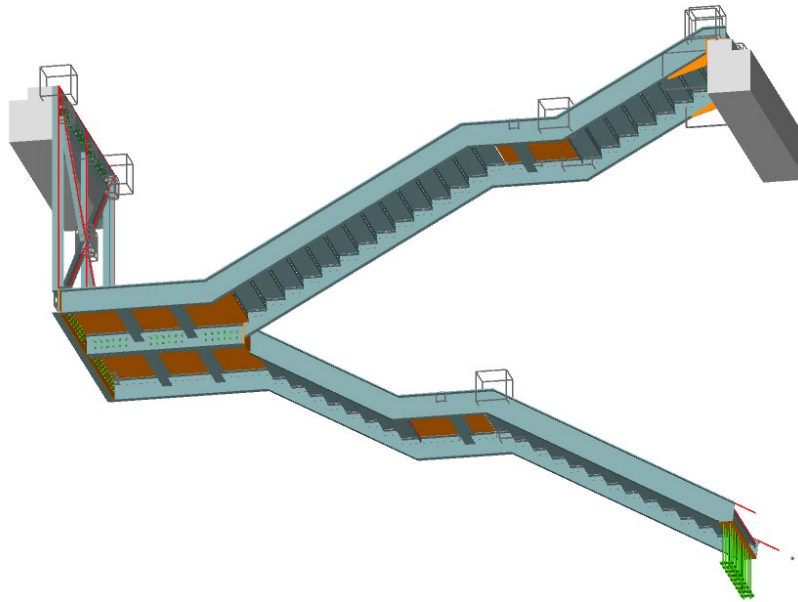


Figura 12.9: Viste assometriche della struttura della scala centrale parzialmente appesa

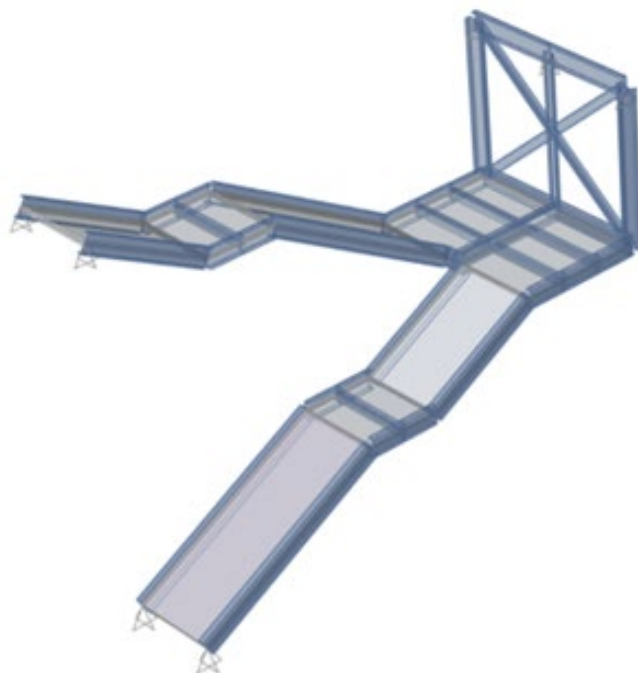


Figura 12.10: Scala centrale parzialmente appesa, vista assonometrica modello FEM

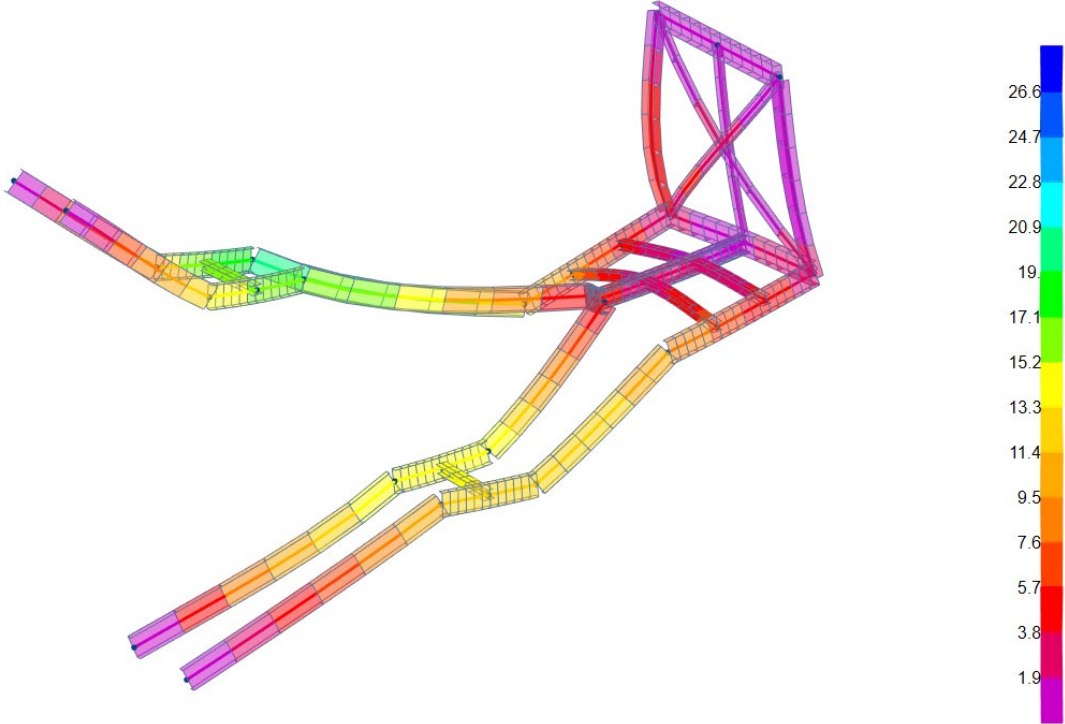


Figura 12.11: Spostamenti scala centrale parzialmente appesa in combinazione più gravosa SLE

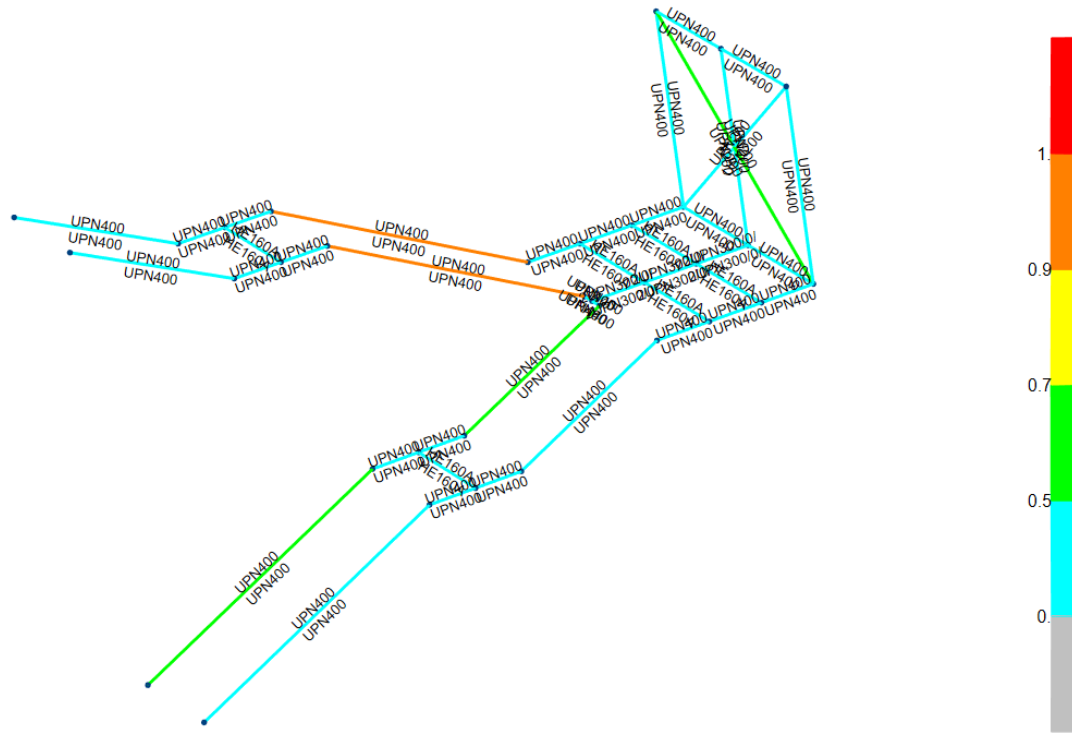


Figura 12.12: Tassi di lavoro della scala centrale parzialmente appesa

### 12.3.2 LUCERNARI DI COPERTURA

I lucernai presenti in copertura costituiscono un elemento costruttivo in acciaio e vetro di dimensioni in pianta e in elevato ragguardevoli e variabili, presentandosi come tronchi di piramide sghemba a pianta rettangolare che, di fatto, risultano vere e proprie coperture a padiglione.

Staticamente questi elementi "leggeri" sono stati progettati sviluppando telai incastrati e interamente saldati in officina relativi alle due facce trapezoidali laterali maggiori in grado di essere prodotte, trasportate e montate successivamente collegate con elmeneti metallici di sezione chiusa, anch'essi precostruiti e saldati in opera a "chiudere" l'intera struttura.

Lo schema statico e la verifica di stabilità è stata mutuata dal modello definitivo poiché nessuna modifica sostanziale di carattere morfologico, dimensionale e/o tecnologico è intervenuto a modificare le scelte del livello progettuale precedente a parte quella, squisitamente costruttiva, di non prevedere controventamenti sui piani di falda in forza dell'utilizzo di membrature integralmente saldate a completo ripristino della sezione. Per quanto concerne le verifiche dei collegamenti tra gli elementi costruttivi previsti a progetto si rimanda alla relazione di dettaglio sui giunti e collegamenti strutturali.



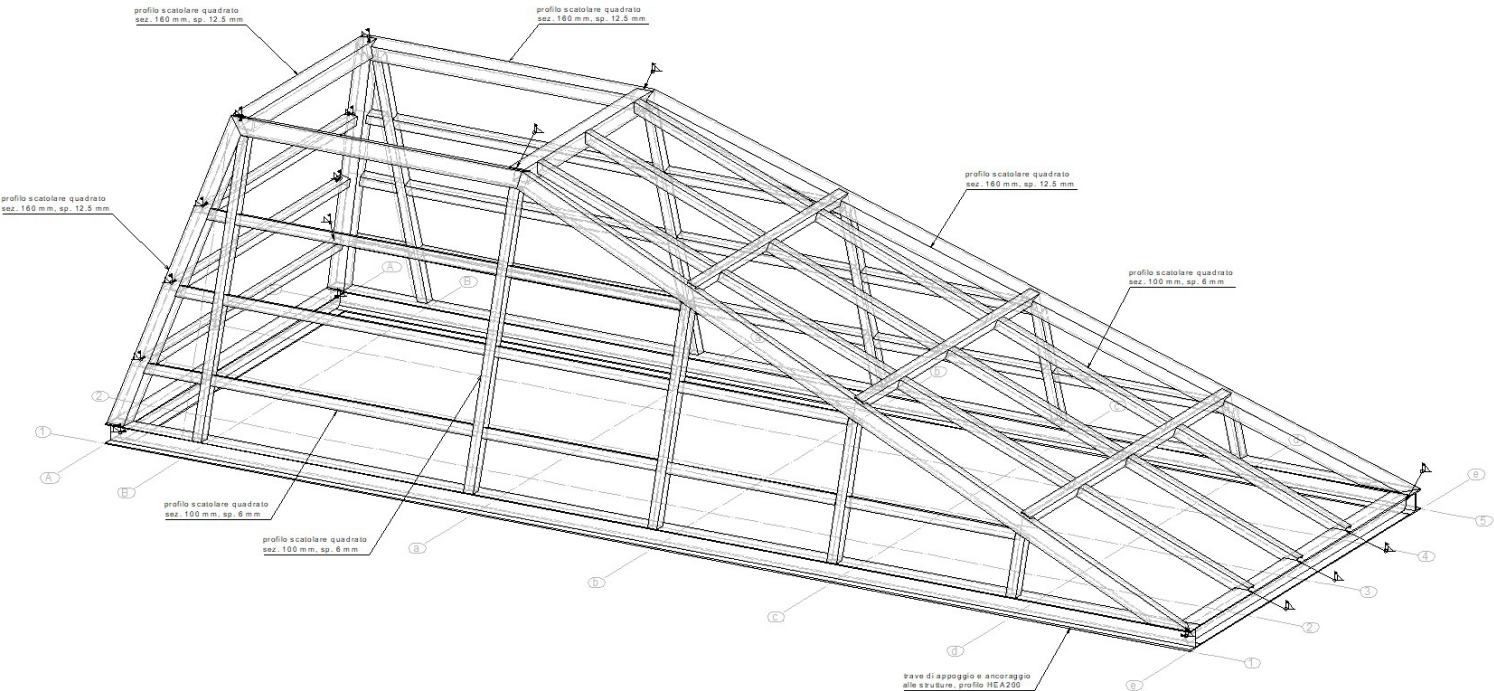


Figura 12.13: Vista 3D assometrica degli elementi strutturali metallici del lucernario

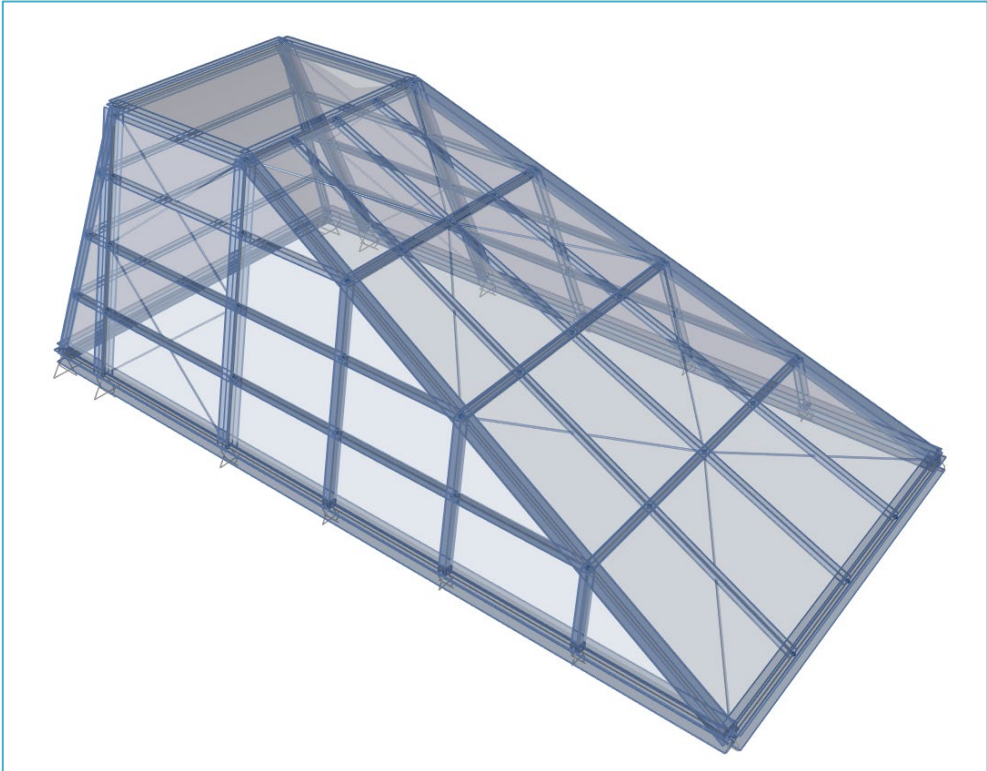


Figura 12.14: Modello FEM del lucernaio tipo in copertura

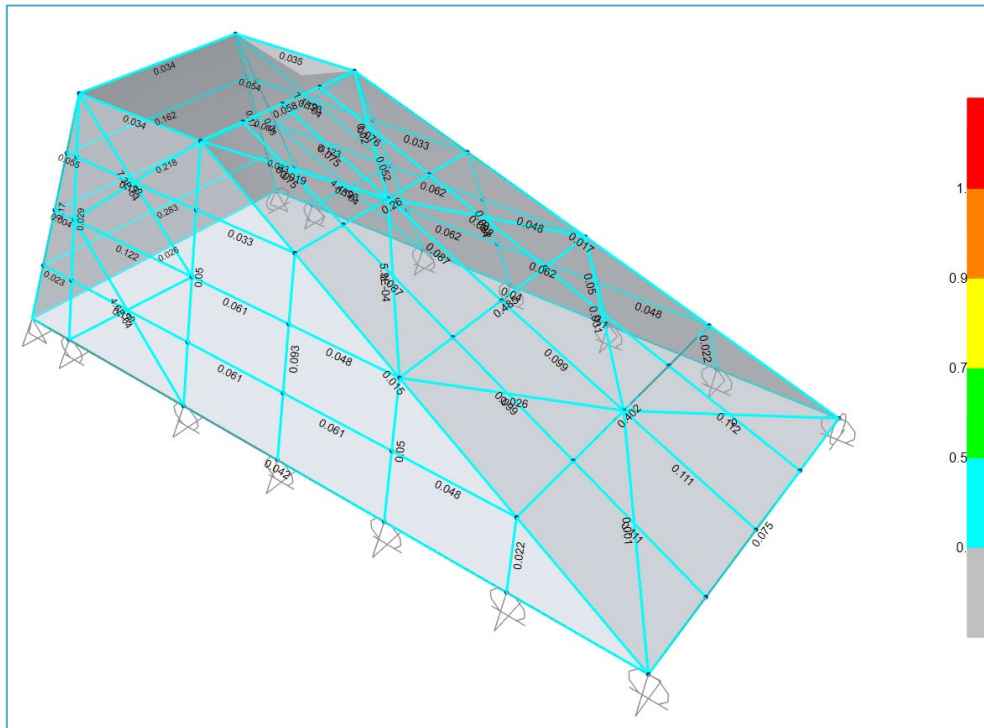


Figura 12.15: Tassi di lavoro dei lucernari in copertura

## 13 AZIONI IN FONDAZIONE E VERIFICHE STRUTTURALI

### 13.1 CENNI REALTIVI ALLA SCELTA DELLE FONDAZIONI PROFONDE

Si riportano di seguito i principali assunti di tipo Geotecnico da cui si è partiti per le verifiche progettuali del sistema fondazionale di tipo superficiale (platea con plinti di rinforzo) e per una prima verifica relativa alla capacità portante del palo, rimandando alle specifiche relazioni per i necessari approfondimenti disciplinari.

Il palo considerato per la fondazione profonda è di tipo trivellato ad elica continua C.F.A. (Continuos Flight Auger) i cui principali vantaggi risultano:

- ✓ Effettuazione dello scavo in assenza di fluidi per il sostegno delle pareti, con materiale di risulta costituito esclusivamente da terreno naturale;
- ✓ istantanea sostituzione del terreno di risulta dal calcestruzzo iniettato a pressione; in tal modo viene limitato il rilassamento delle pareti di scavo e sono garantiti il sostegno del foro e la corretta aderenza tra palo e terreno;
- ✓ Elevate portate per attrito laterale e di punta;
- ✓ Assenza di vibrazioni durante le attività di realizzazione e limitata rumorosità;

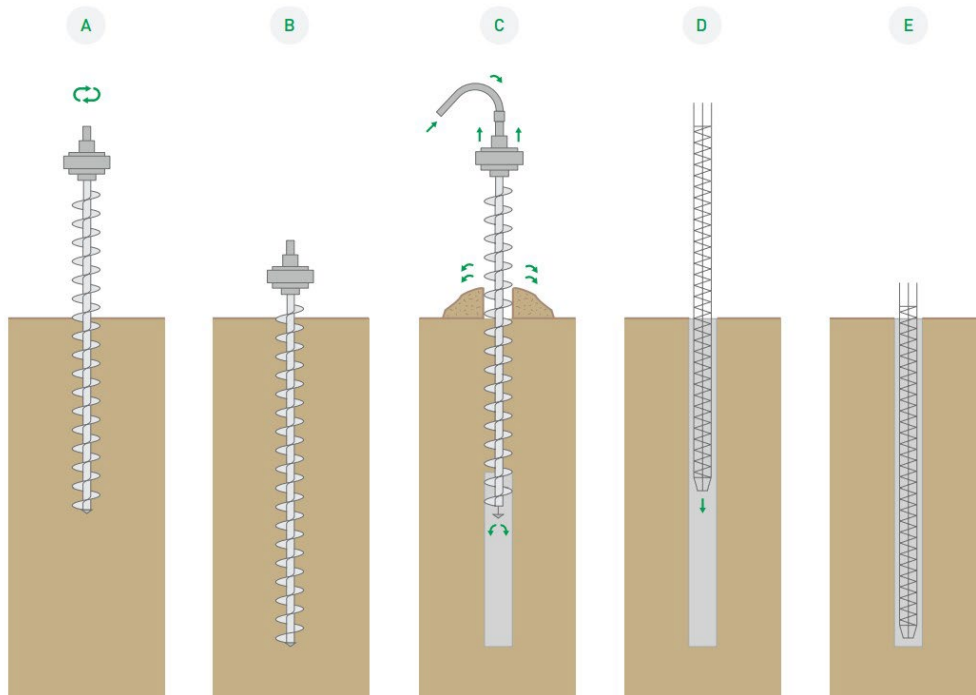


Figura 13.1: Schema esemplificativo della posa di pali tipo C.F.A

Il diametro del palo previsto risulta di 1000 mm e il suo posizionamento preferenziale risulta in corrispondenza dei pilastri in c.a. incamiciati raggruppati in ragione di 4 e per ciascun pilastro.

Questi pali sono posti ad interasse equivalente nelle due direzioni X e Y

- ✓ Direzione longitudinale e trasversale pari a 3,5 m
- ✓ Camicia d'acciaio 15 mm;
- ✓ lunghezza 38 m.

La platea di fondazione prevista per l'Ed. Terminal ha spessore pari a 100 cm nella sua parte generale e 185 cm in corrispondenza dei pilastri e di alcuni carichi concentrati considerati di rilevante entità, tra cui, ad esempio, i blocchi ascensore e i blocchi scale in c.a..

Le azioni sismiche del progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si sono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono state calibrate in funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

Secondo quanto stabilito dalla Norma la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓  $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- ✓  $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓  $T^*_c$  valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il fattore di amplificazione stabilito per la verifica fondazionale è pari a: 1,1

La verifica di idoneità delle fondazioni è stata valutata in termini di pressioni massime sul suolo (testa dei pali), in termini di spostamenti elastici della fondazione oltre alle usuali verifiche di resistenza a flessione e taglio.

Le platee di fondazione in calcestruzzo sono state armate considerando orditure longitudinali, secondo due direzioni ortogonali, aventi percentuale non inferiore allo 0.1% dell'area della sezione trasversale della platea, sia inferiormente che superiormente. Nella fattispecie le due percentuali di armatura base (superiore e inferiore) risultano ciascuna pari allo 0,61% dell'area della sezione trasversale della platea.

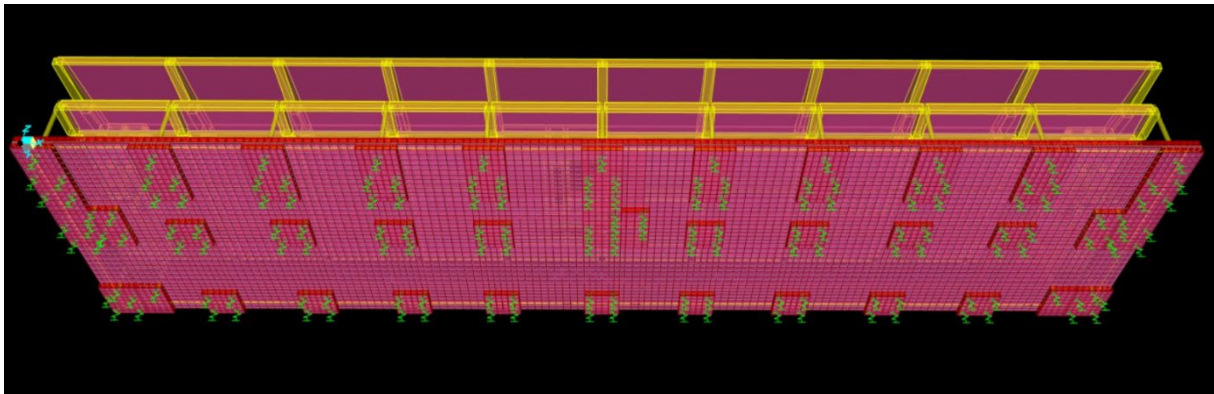


Figura 13.2: Immagine del modello FEM da cui si deducono i ringrossi antipunzonamento e le molle di rigidità rappresentative dei pali.

### 13.2 PRESSIONI SUL TERRENO

Di seguito si riportano come mappatura di colore il momento massime e minime sul fondazione, come risultato delle combinazioni di involucro statico e sismico.

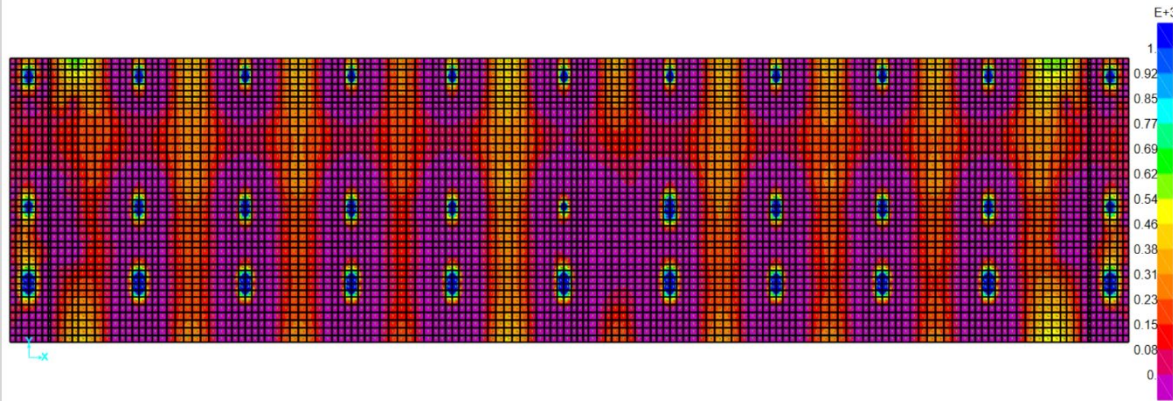


Figura 13.3: Momento max in direzione x in condizioni statiche STR [kNm]

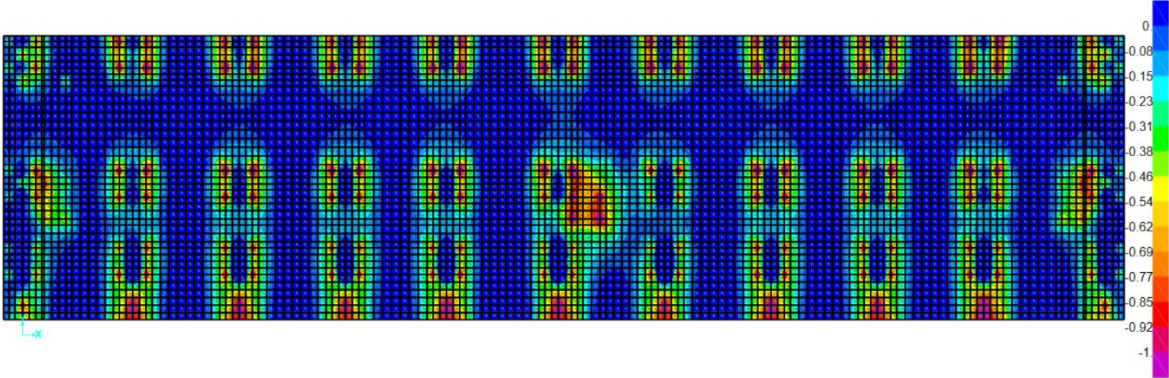


Figura 13.4: Momento min in direzione x in condizioni statiche STR [kNm]

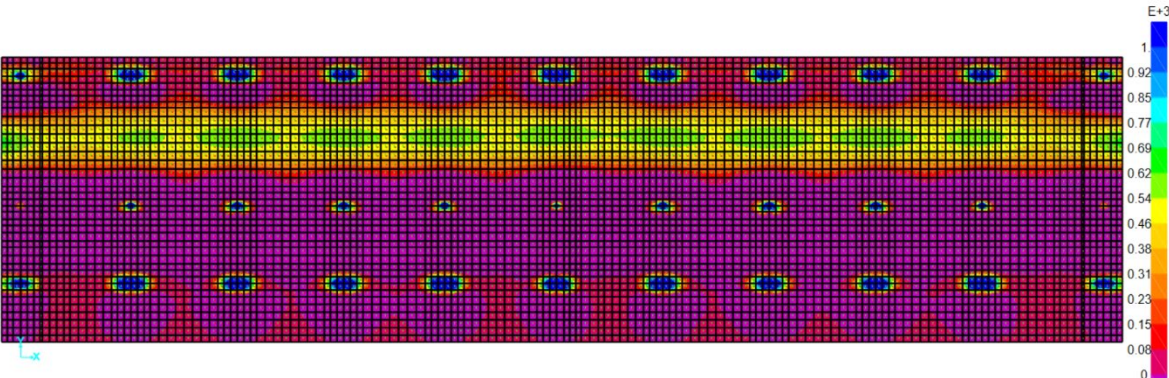


Figura 13.5: Momento max in direzione y in condizioni statiche STR [kNm]

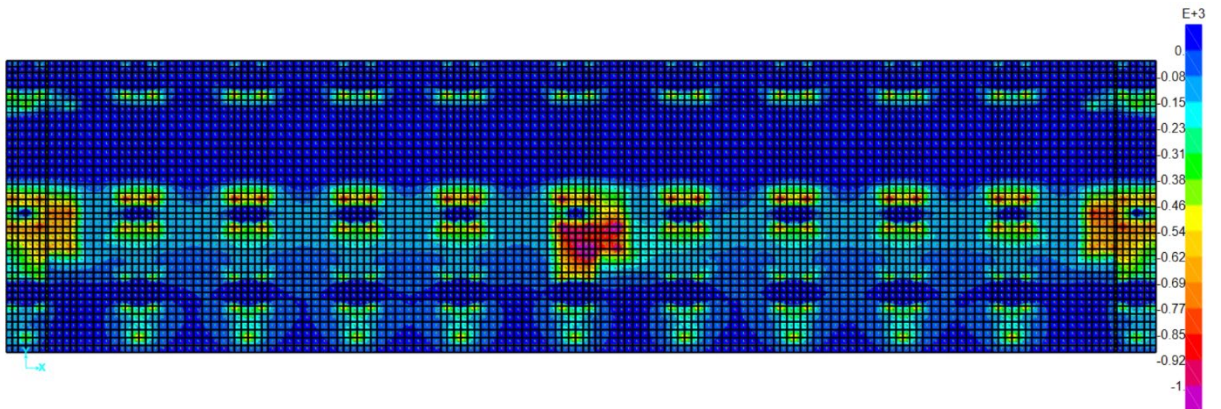


Figura 13.6: Momento min in direzione y in condizioni statiche STR [kNm]

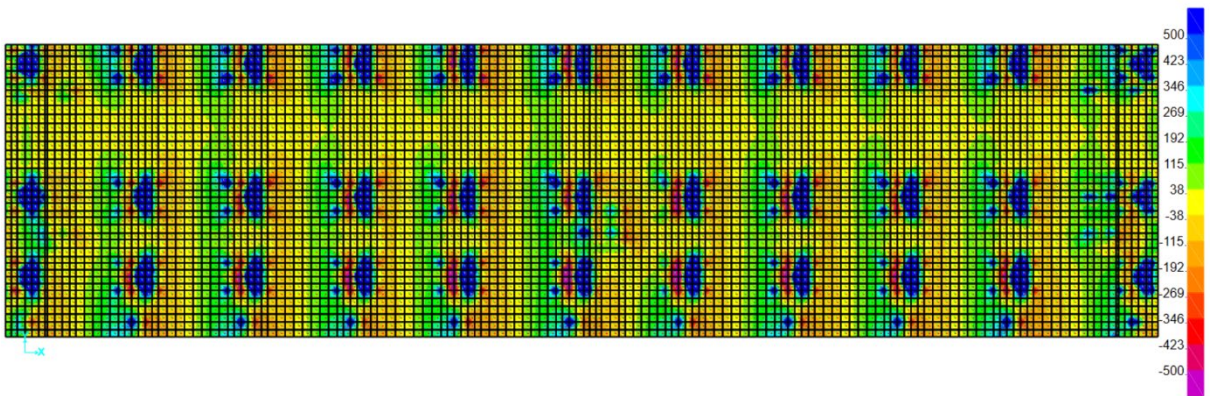


Figura 13.7: Taglio V13 in in condizioni statiche STR [kN]

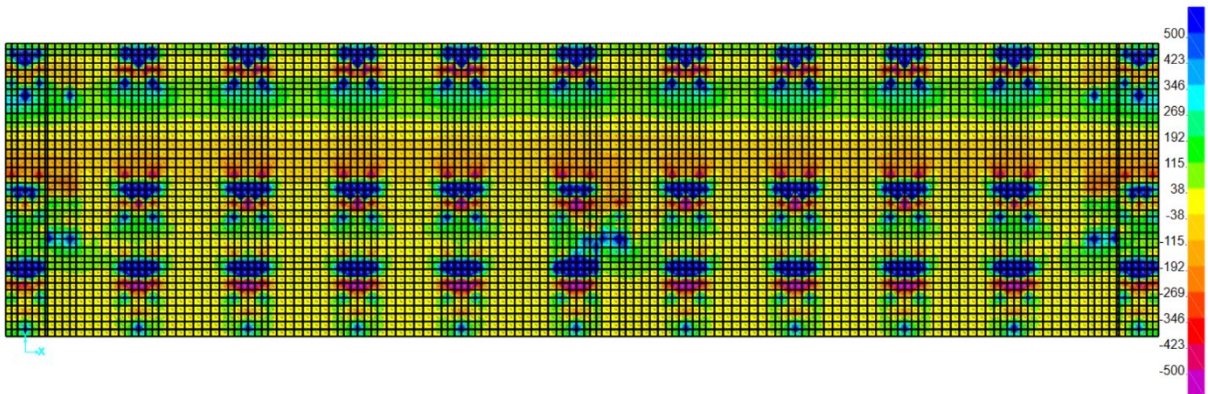


Figura 13.8: Taglio V23 in in condizioni statiche STR [kN]

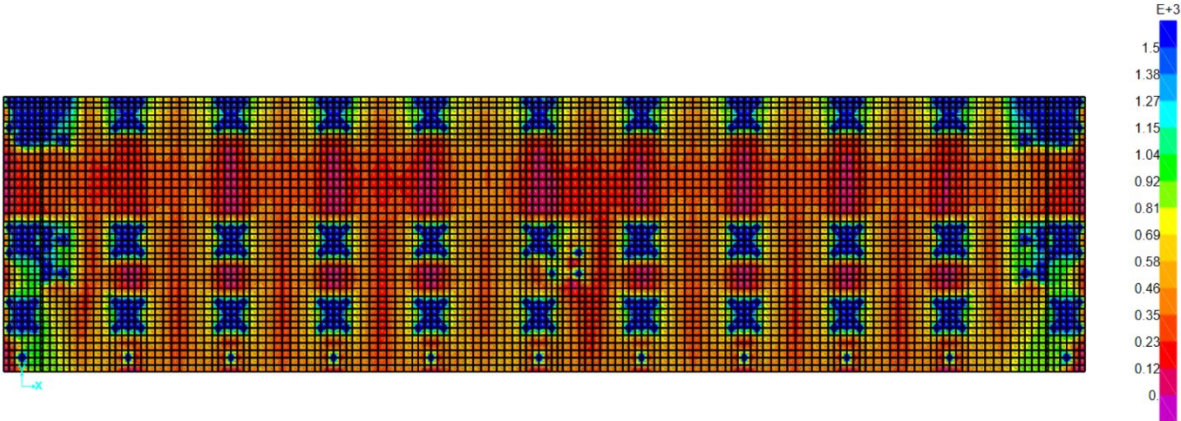


Figura 13.9: Momento max in direzione x in condizioni sismiche [kNm]

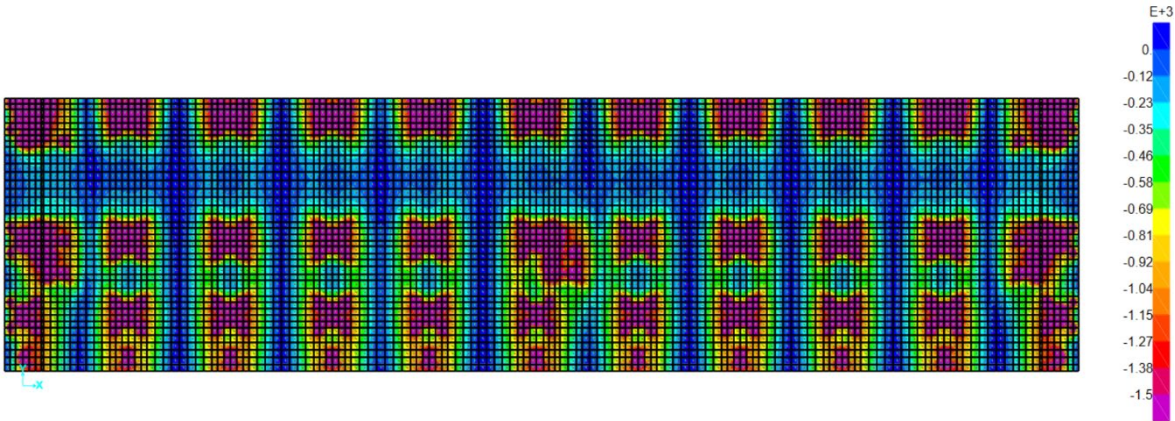


Figura 13.10: Momento min in direzione x in condizioni sismiche [kNm]



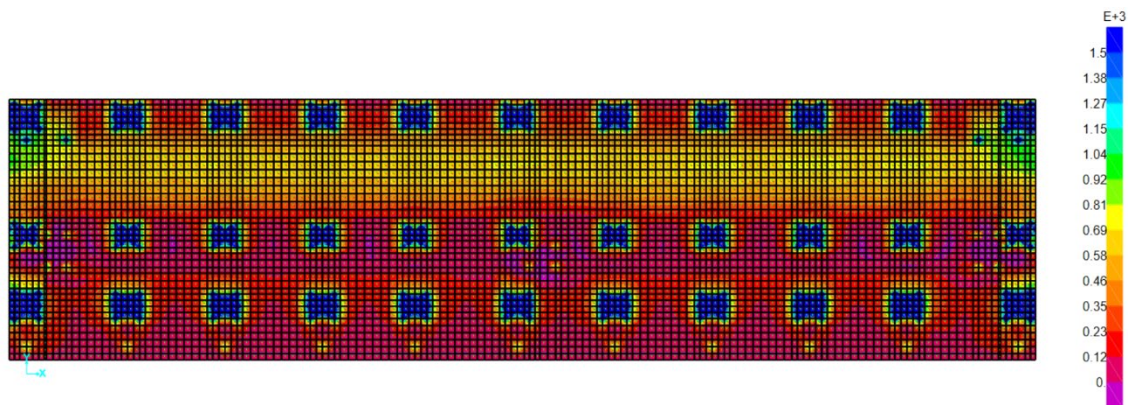


Figura 13.11: Momento max in direzione y in condizioni sismiche [kNm]

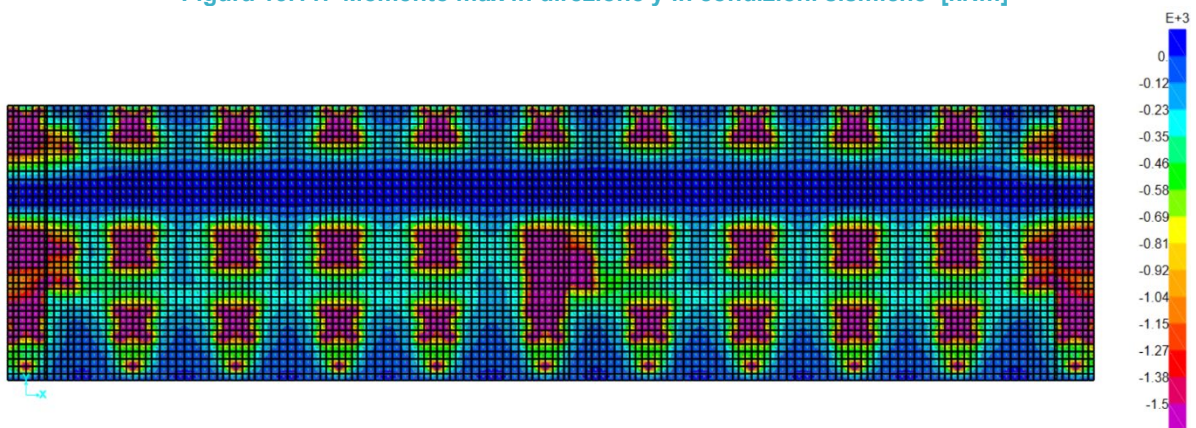


Figura 13.12: Momento min in direzione y in condizioni sismiche [kNm]

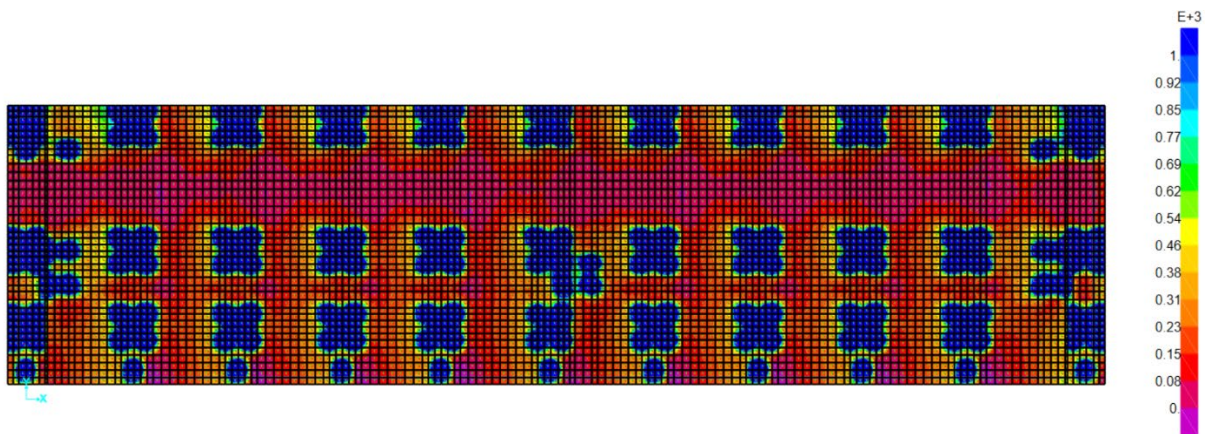


Figura 13.13: Taglio V13 in condizioni sismiche [kN]

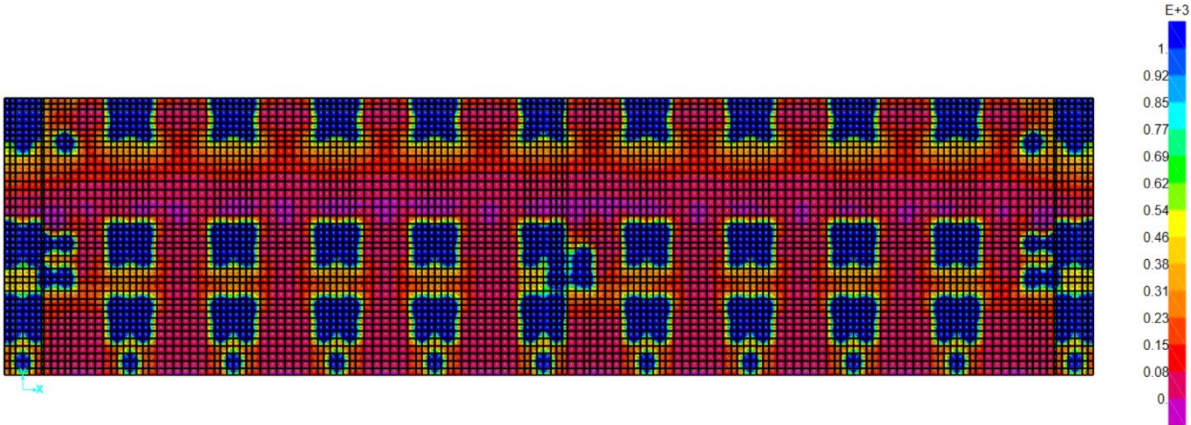


Figura 13.14: Taglio V23 in condizioni sismiche [kN]

### **13.3 PROGETTO DELLE ARMATURE DELLE FONDAZIONI SOLETTA DA 100CM**

Le armature delle fondazioni sono state progettate attraverso il metodo di Wood&Armer, a partire da una maglia base che soddisfacesse i requisiti di cui al paragrafo 7.2.5 del D.M. 17/01/2018, ed andando ad infittire il passo laddove si rendesse necessario:

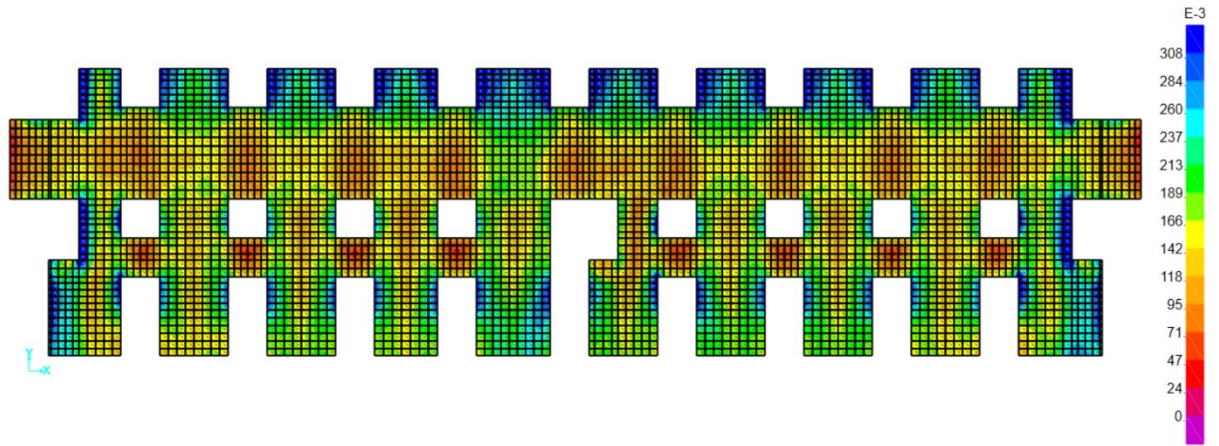


Figura 13.15: Resistenza offerta dalla maglia base  $\varnothing 28$  passo  $20 \times 20$  – soletta da 100cm Dir. X

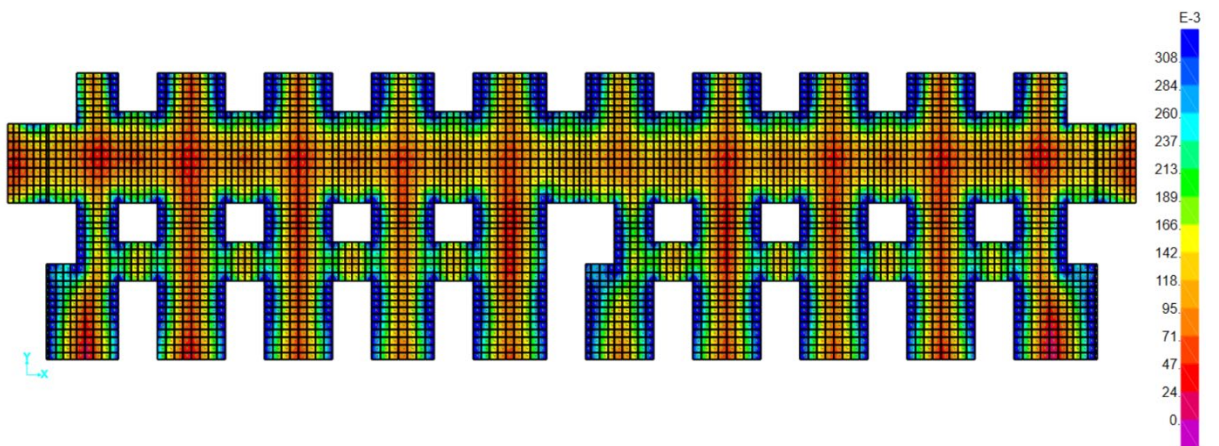


Figura 13.16: Resistenza offerta dalla maglia superiore  $\varnothing 28$  passo  $20 \times 20$  – soletta da 100cm Dir. X

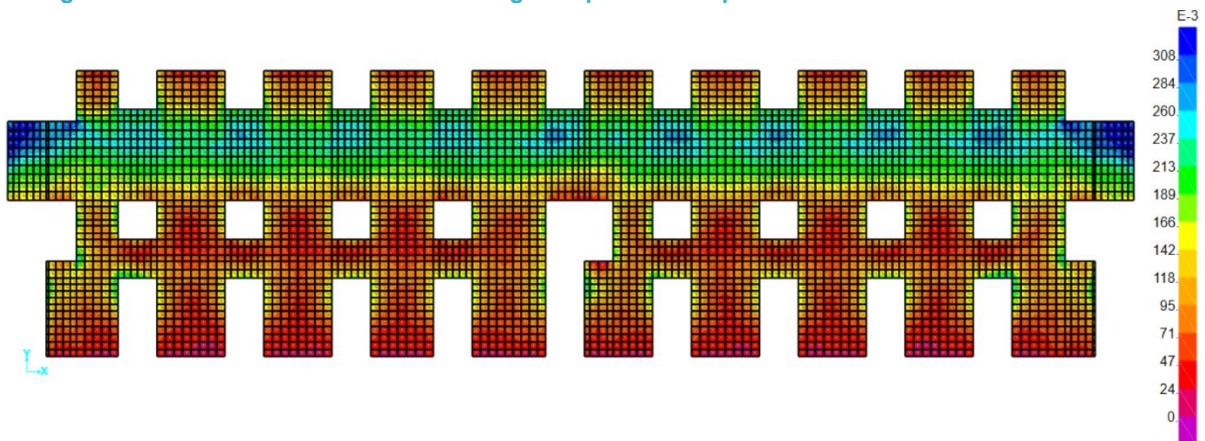


Figura 13.17: Resistenza offerta dalla maglia base  $\varnothing 28$  passo  $20 \times 20$  – soletta da 100cm Dir. Y

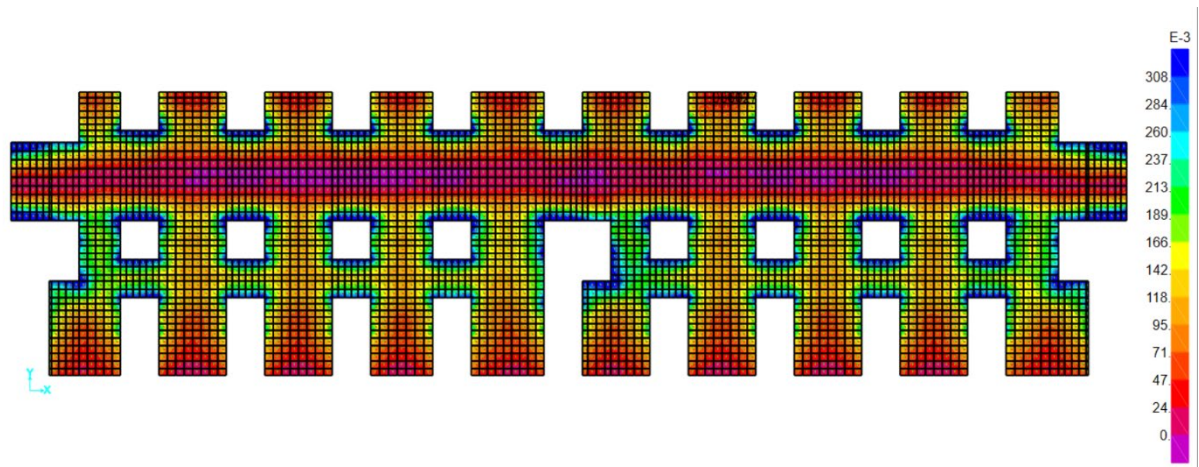
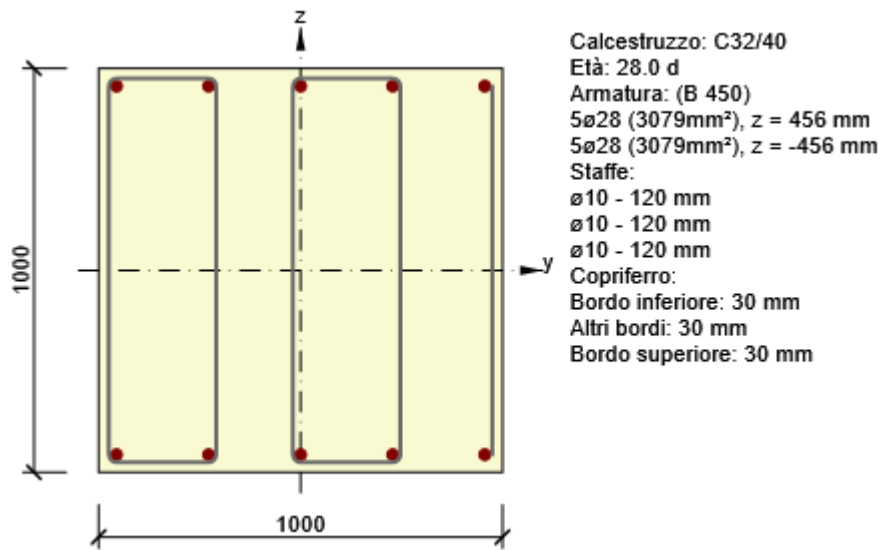


Figura 13.18: Resistenza offerta dalla maglia superiore  $\varnothing 28$  passo 20x20 – soletta da 100cm Dir.Y

### 13.4 VERIFICHE SLU/SLE



#### Effetti dei carichi - forze interne

Tipo di carico	Tipo combinazione	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Totale	Fondamentale SLU	0.0	0.0	750.0	0.0	974.0	0.0
Totale	Caratteristico	0.0	0.0	0.0	0.0	460.0	0.0
Totale	Quasi-permanente	0.0	0.0	0.0	0.0	460.0	0.0

#### Panoramica

Tipo di verifica governante	N <sub>Ed</sub>	M <sub>Ed,y</sub>	M <sub>Ed,z</sub>	V <sub>Ed</sub>	T <sub>Ed</sub>	Valore	Verifica
-----------------------------	-----------------	-------------------	-------------------	-----------------	-----------------	--------	----------

	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[%]	
Dettagli costruttivi	0.0	974.0	0.0			260.6	
Tipo di verifica	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore [%]	Verifica
Diagramma di utilizzo N-M-M	0.0	974.0	0.0			81.9	OK
Taglio	0.0			750.0	0.0	71.2	OK
Torsione					0.0	0.0	OK
Interazione	0.0	974.0	0.0	750.0	0.0	93.5	OK
Controllo delle tensioni	0.0	460.0	0.0			17.5	OK
Apertura delle fessure	0.0	460.0	0.0			0.0	OK
Snellezza flessionale	0.0	460.0	0.0			4.2	OK
Dettagli costruttivi	0.0	974.0	0.0			260.6	

Valore limite dello sfruttamento della sezione: 100.0 %

### Diagramma di utilizzo N-M-M

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

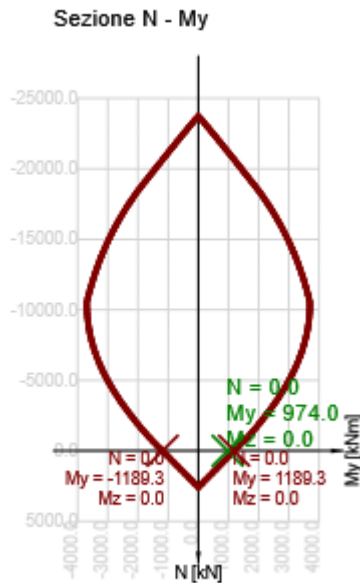
N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Tipo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0.0	974.0	0.0	Nu-Mu-Mu	81.9	100.0	OK

Resistenza di progetto dei css sottoposti a flessione e forza assiale

Tipo	F <sub>Ed</sub>	F <sub>Rd1</sub>	F <sub>Rd2</sub>
N [kN]	0.0	0.0	0.0
M <sub>y</sub> [kNm]	974.0	1189.3	-1189.3
M <sub>z</sub> [kNm]	0.0	0.0	0.0

### Non conformità

Nessuna non conformità



### Taglio

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

$V_{Ed}$ [kN]	$N_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd}$ [kN]	Zona di verifica	Paragrafo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
750.0	0.0	1053.3	senza riduzione	6.2.3(3)	71.2	100.0	OK

Sollecitazioni di progetto a taglio e resistenze a taglio

$V_{Ed}$ [kN]	$V_{Rd,c}$ [kN]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$V_{Rd,r}$ [kN]	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd}$ [kN]
750.0	363.8	5722.1	5335.2	1053.3	1053.3

Valori di input e risultati intermedi del progetto del taglio

$n_c$	$a_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$b_w$ [mm]	$d$ [mm]	$z$ [mm]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$\alpha_{cw}$ [-]
5	3272	3079	1000	956	894	45.0	90.0	1.00
$C_{Rd,c}$ [-]	$k$ [-]	$k_1$ [-]	$\rho_l$ [-]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$\sigma_{wd}$ [MPa]	$v_{min}$ [MPa]	$v$ [-]	$v_1$ [-]
0.12	1.46	0.15	0.00	0.0	256.3	0.3	0.52	0.60

### Interazione

Risultati presentati per combinazione: Fondamentale SLU

$N_{Ed}$	$M_{Edy}$	$M_{Edz}$	$V_{Ed}$	$T_{Ed}$	Valore V+T	Valore V+T+M	Valore	Limite	Verifica
----------	-----------	-----------	----------	----------	------------	--------------	--------	--------	----------

[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[%]	[%]	[%]	[%]	
0.0	974.0	0.0	750.0	0.0	65.5	93.5	93.5	100.0	OK

**Verifica di interazione del taglio e della torsione (calcestruzzo)**

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	Eq. 6.31 [%]	Eq. 6.29 [%]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
363.8	396.9	5722.1	1569.6	206.1	13.1	13.1	100.0	OK

**Verifica di interazione del taglio e della torsione (armature longitudinali)**

$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$F_{sl}$ [kN]	$F_{sl,lim}$ [kN]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
6158	750.0	2582.1	29.0	100.0	OK

**Verifica di interazione del taglio e della torsione (armature a taglio)**

$a_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$F_{sw}$ [kN]	$F_{sw,lim}$ [kN]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
654	167.8	256.1	65.5	100.0	OK

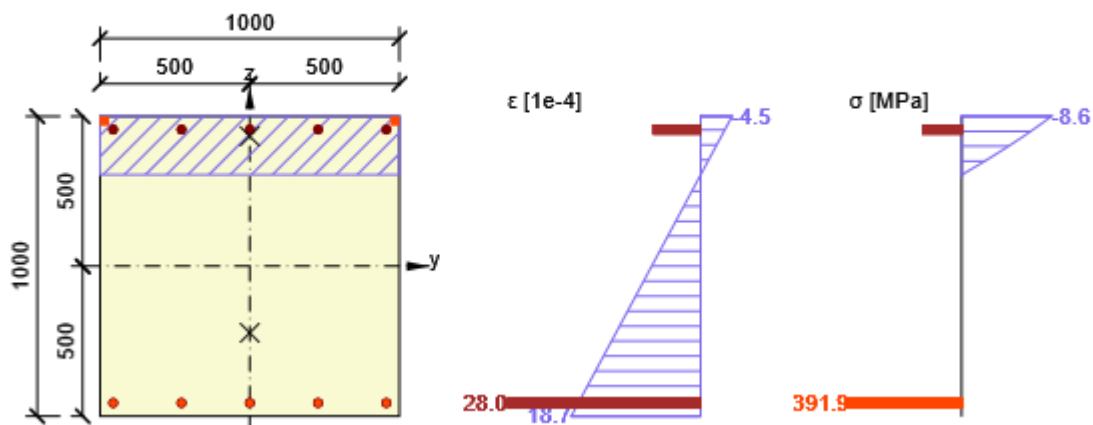
**Verifica di interazione del taglio, della torsione, della flessione e delle forze normali**

$F_b$ [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Limite in ferro	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
872.7	750.0	0.0	10.3	0.0	6	93.5	100.0	OK

**Verifica dettagliata dell'armatura**

Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	$\epsilon$ [1e-4]	$\epsilon_{lim}$ [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
6	-456	-456	10.3	28.0	405.0	38.1	391.9	419.3	93.5	OK

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



**Controllo delle tensioni**



**Controllo delle tensioni - effetto a breve termine**

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	3	-2.5	-14.4	17.5	100.0	OK

**Controllo delle tensioni - effetto a lungo termine**

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	3	-2.2	-14.4	15.4	100.0	OK

**Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a breve termine**

Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	3	500	500	0.0	460.0	0.0	-2.5	-19.2	13.2	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	500	0.0	460.0	0.0	-2.5	-14.4	17.5	OK

**Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a breve termine**

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	9	228	-456	0.0	460.0	0.0	13.8	360.0	3.8	OK

**Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a lungo termine**

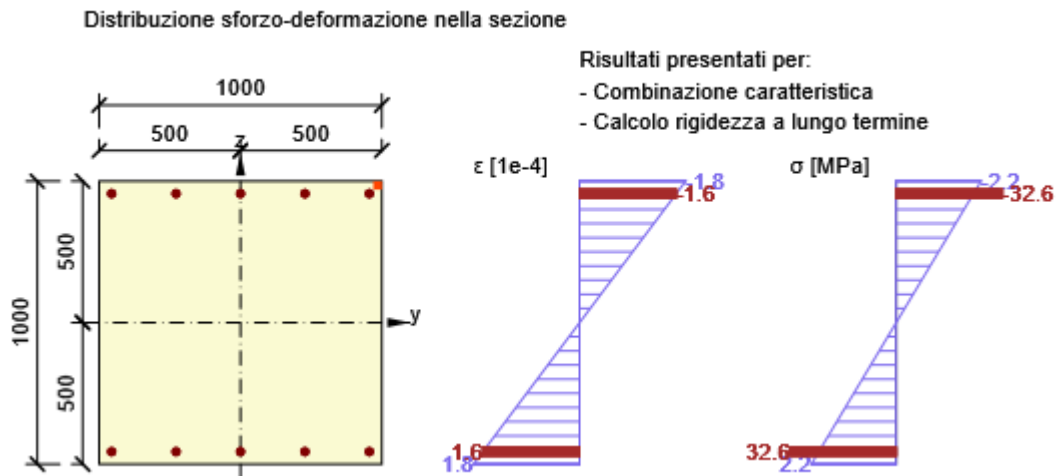
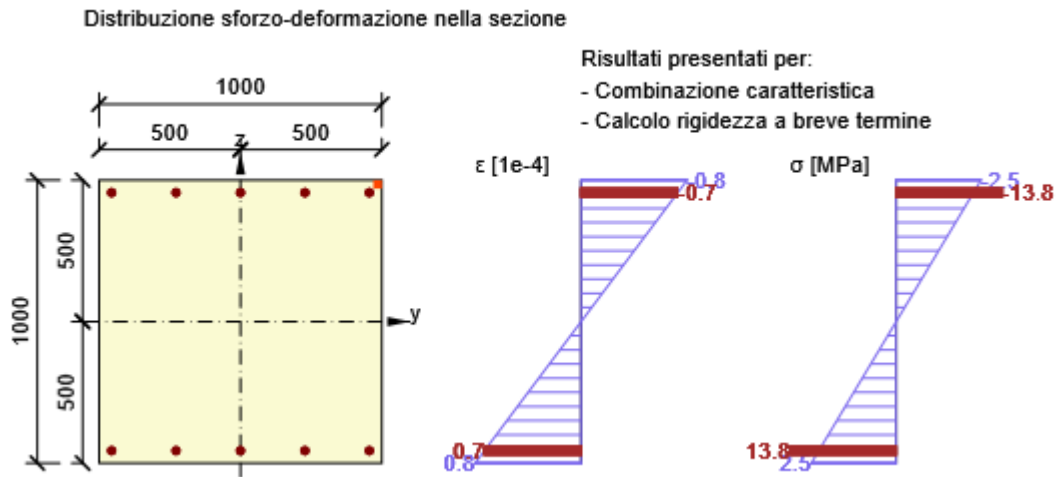
Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	3	500	500	0.0	460.0	0.0	-2.2	-19.2	11.5	OK
7.2(3)-Quasi	3	500	500	0.0	460.0	0.0	-2.2	-14.4	15.4	OK

**Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a lungo termine**

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	9	228	-456	0.0	460.0	0.0	32.6	360.0	9.1	OK

**Coefficiente di viscosità**

Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$u$ [mm]	$t$ [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Uso $\gamma_{lt}$	$\varphi(t, t_0)$ [-]
Automatico	500	1000000	4000	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.69



### Fessurazione

#### Apertura delle fessure- effetti a breve termine

Combinazione	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$w_k$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	460.0	0.0	0.000	0.300	0.0	100.0	OK

#### Apertura delle fessure - effetti a lungo termine

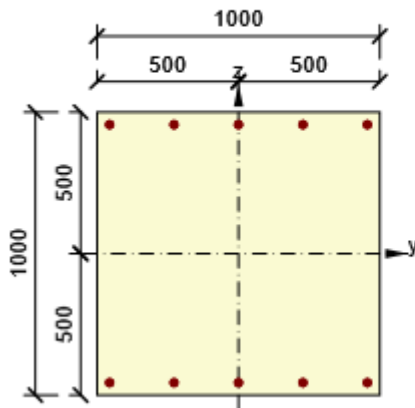
Combinazione	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$w_k$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	460.0	0.0	0.000	0.300	0.0	100.0	OK

#### Coefficiente di viscosità

Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$u$ [mm]	$t$ [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Uso $\gamma_{lt}$	$\phi(t, t_0)$ [-]
-----------------------	------------	--------------------------	----------	---------	-----------	-----------	--------	-------------------	--------------------

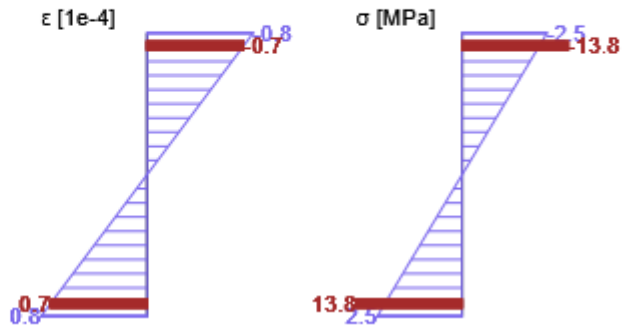
Automatico	500	1000000	4000	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.69
------------	-----	---------	------	---------	------	-----	----	----	------

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione

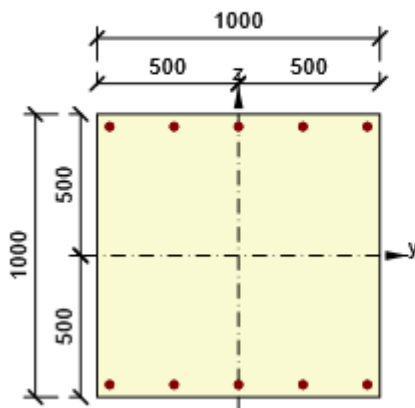


Risultati presentati per:

- Combinazione caratteristica
- Calcolo rigidezza a breve termine

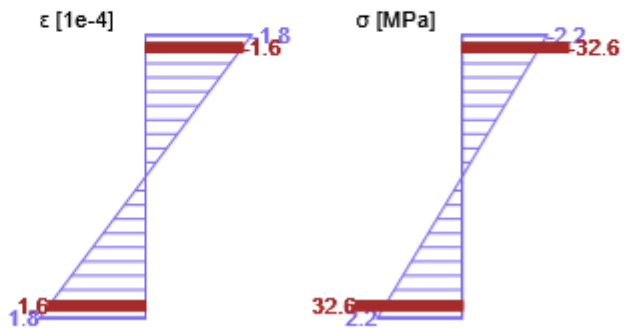


Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione



Risultati presentati per:

- Combinazione caratteristica
- Calcolo rigidezza a lungo termine



### Snellezza flessionale

N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	λ [-]	λ <sub>d</sub> [-]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0.0	460.0	0.0	1.46	35.00	4.2	100.0	OK
I <sub>n</sub> [mm <sup>4</sup> ]	I <sub>eff</sub> [mm <sup>4</sup> ]	d [mm]	K	ρ [%]	ρ <sub>0</sub> [%]	ρ' [%]	σ <sub>s</sub>
1000	1400	956	1	0.3	0.6	0.3	165.2

### 13.5 PROGETTO DELLE ARMATURE DELLE FONDAZIONI SOLETTA DA 185CM

Le armature delle fondazioni sono state progettate attraverso il metodo di Wood&Armer, a partire da una maglia base che soddisfacesse i requisiti di cui al paragrafo 7.2.5 del D.M. 17/01/2018, ed andando ad infittire il passo laddove si rendesse necessario:

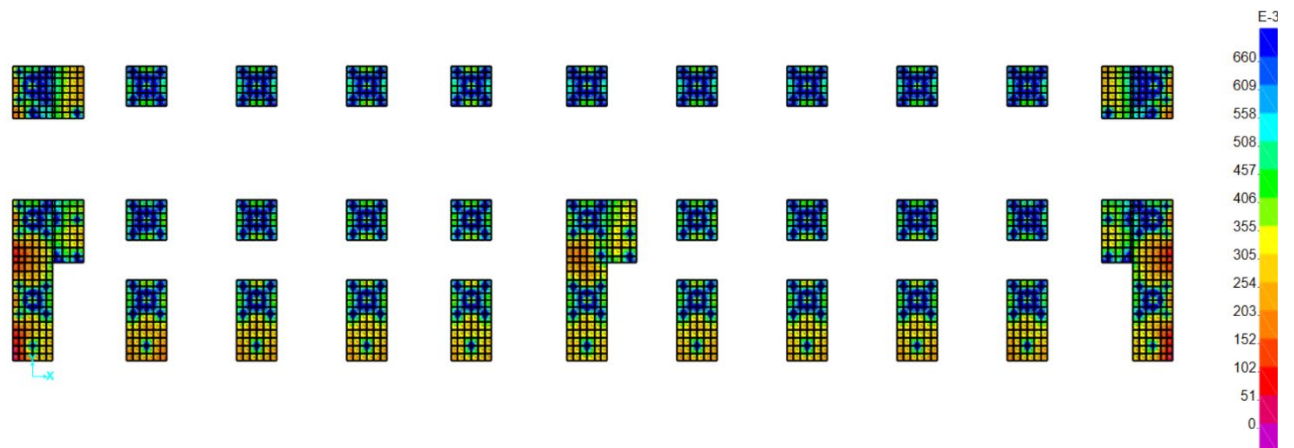


Figura 13.19: Resistenza offerta dalla maglia superiore ø28 passo 200 – soletta da 185cm Dir. X

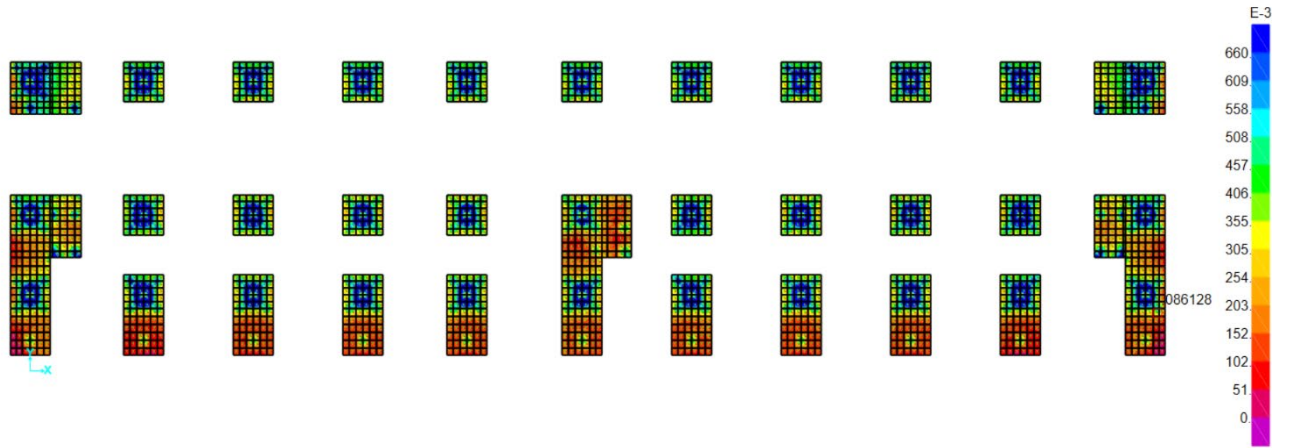


Figura 13.20: Resistenza offerta dalla maglia inferiore  $\varnothing 28$  passo 200 – soletta da 185cm Dir. X

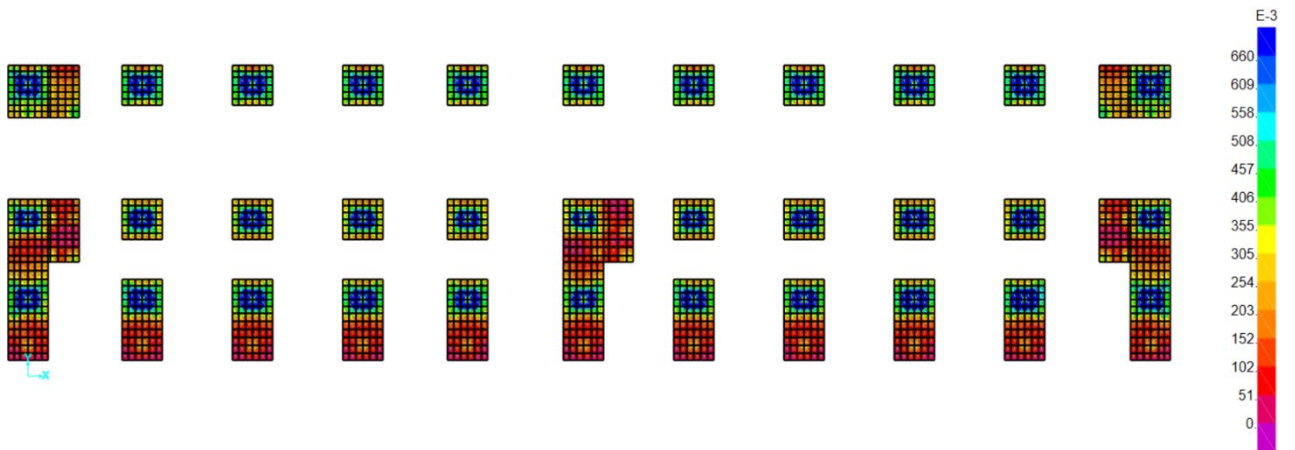


Figura 13.21: Resistenza offerta dalla maglia inferiore  $\varnothing 28$  passo 200 – soletta da 185cm Dir. Y

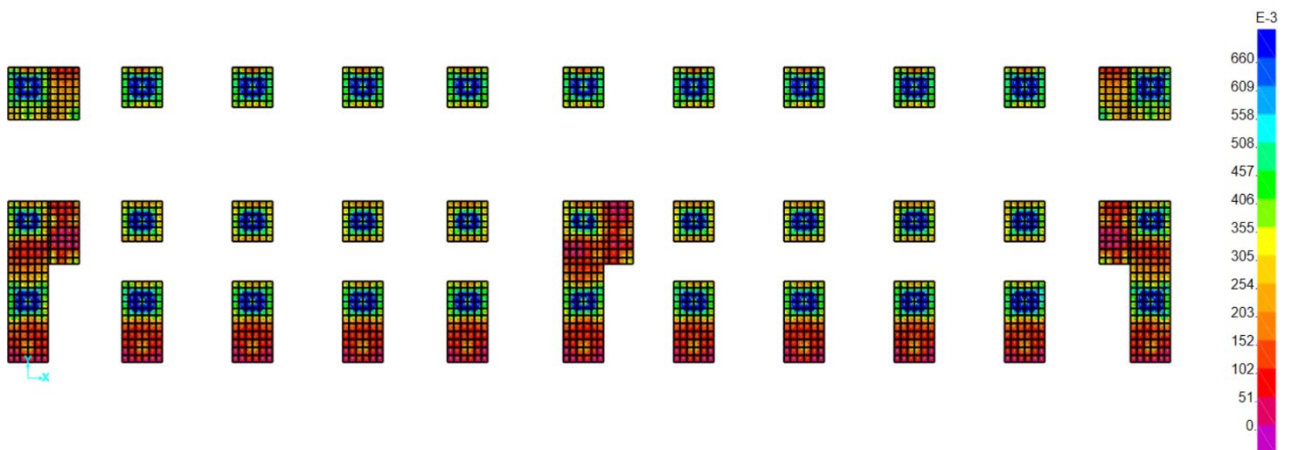
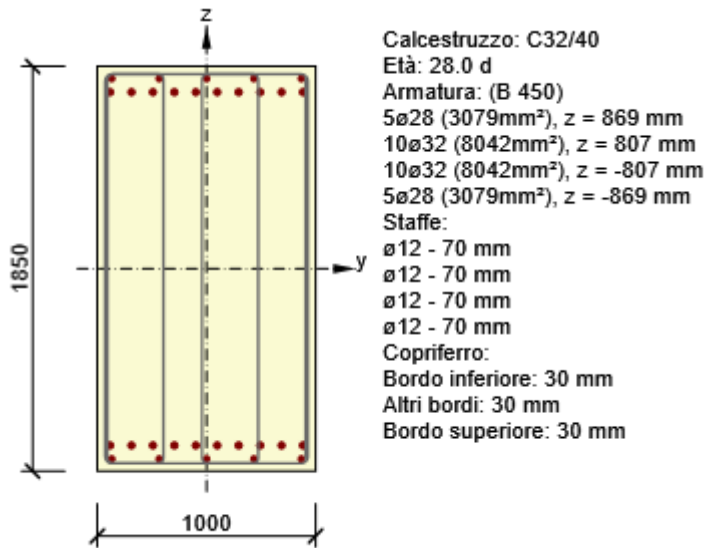


Figura 13.22: Resistenza offerta dalla maglia superiore  $\varnothing 28$  passo 200 – soletta da 185cm Dir. Y

**NOTA:**

Le zone blu (diffuse in prevalenza sotto i pilastri e sotto i carichi concentrati diversi) rappresentano le parti di sezione nelle quali la resistenza dell'armatura base è superata dalla sollecitazione; in tali zone sarà predisposta un'armatura aggiuntiva  $\varnothing 30$  passo 10x10 cm.

**Estremo S 1 - E 1**



**Effetti dei carichi - forze interne**

Tipo di carico	Tipo combinazione	N [kN]	V <sub>y</sub> [kN]	V <sub>z</sub> [kN]	T [kNm]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]
Totale	Fondamentale SLU	0.0	0.0	4000.0	0.0	-7500.0	0.0
Totale	Caratteristico	0.0	0.0	0.0	0.0	-4000.0	0.0
Totale	Quasi-permanente	0.0	0.0	0.0	0.0	-4000.0	0.0

**Panoramica**

Tipo di verifica governante	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore [%]	Verifica
Interazione	0.0	-7500.0	0.0	4000.0	0.0	100.0	OK
Tipo di verifica	N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	V <sub>Ed</sub> [kN]	T <sub>Ed</sub> [kNm]	Valore [%]	Verifica
Diagramma di utilizzo N-M-M	0.0	-7500.0	0.0			96.1	OK
Taglio	0.0			4000.0	0.0	42.2	OK
Torsione					0.0	0.0	OK
Interazione	0.0	-7500.0	0.0	4000.0	0.0	100.0	OK
Controllo delle tensioni	0.0	-4000.0	0.0			71.2	OK
Apertura delle fessure	0.0	-4000.0	0.0			86.2	OK
Snellezza flessionale	0.0	-4000.0	0.0			2.3	OK

Valore limite dello sfruttamento della sezione: 100.0 %

**Diagramma di utilizzo N-M-M**

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

N <sub>Ed</sub> [kN]	M <sub>Ed,y</sub> [kNm]	M <sub>Ed,z</sub> [kNm]	Tipo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0.0	-7500.0	0.0	Diagramma di utilizzo N-M-M	96.1	100.0	OK

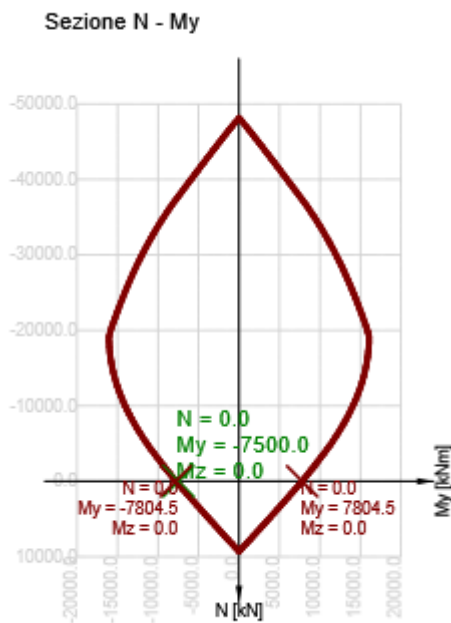
0.0	-7500.0	0.0	Nu-Mu-Mu	96.1	100.0	OK
-----	---------	-----	----------	------	-------	----

**Resistenza di progetto dei css sottoposti a flessione e forza assiale**

Tipo	F <sub>Ed</sub>	F <sub>Rd1</sub>	F <sub>Rd2</sub>
N [kN]	0.0	0.0	0.0
M <sub>y</sub> [kNm]	-7500.0	-7804.5	7804.5
M <sub>z</sub> [kNm]	0.0	0.0	0.0

**Non conformità**

Nessuna non conformità



**Taglio**

**Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU**

V <sub>Ed</sub> [kN]	N <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	Zona di verifica	Paragrafo	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
4000.0	0.0	9469.7	senza riduzione	6.2.3(3)	42.2	100.0	OK

**Sollecitazioni di progetto a taglio e resistenze a taglio**

V <sub>Ed</sub> [kN]	V <sub>Rd,c</sub> [kN]	V <sub>Rd,max</sub> [kN]	V <sub>Rd,r</sub> [kN]	V <sub>Rd,s</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]
4000.0	766.8	9469.7	9761.8	11282.1	9469.7

**Valori di input e risultati intermedi del progetto del taglio**



$n_c$	$a_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$b_w$ [mm]	$d$ [mm]	$z$ [mm]	$\theta$ [°]	$\alpha$ [°]	$\alpha_{cw}$ [-]
7	11310	11121	1000	1749	1672	31.1	90.0	1.00
$C_{Rd,c}$ [-]	$k$ [-]	$k_1$ [-]	$\rho_l$ [-]	$\sigma_{cp}$ [MPa]	$\sigma_{wd}$ [MPa]	$v_{min}$ [MPa]	$v$ [-]	$v_1$ [-]
0.12	1.34	0.15	0.01	0.0	127.6	0.3	0.52	0.60

### Interazione

Risultati presentati per combinazione : Fondamentale SLU

$N_{Ed}$ [kN]	$M_{Edy}$ [kNm]	$M_{Edz}$ [kNm]	$V_{Ed}$ [kN]	$T_{Ed}$ [kNm]	Valore V+T [%]	Valore V+T+M [%]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0.0	-7500.0	0.0	4000.0	0.0	71.1	100.0	100.0	100.0	OK

Verifica di interazione del taglio e della torsione (calcestruzzo)

$V_{Rd,c}$ [kN]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$V_{Rd,max}$ [kN]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	Eq. 6.31 [%]	Eq. 6.29 [%]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
766.8	943.8	9469.7	3302.4	521.7	42.2	42.2	100.0	OK

Verifica di interazione del taglio e della torsione (armature longitudinali)

$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	$F_{sl}$ [kN]	$F_{sl,lim}$ [kN]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
22242	6627.8	9327.1	71.1	100.0	OK

Verifica di interazione del taglio e della torsione (armature a taglio)

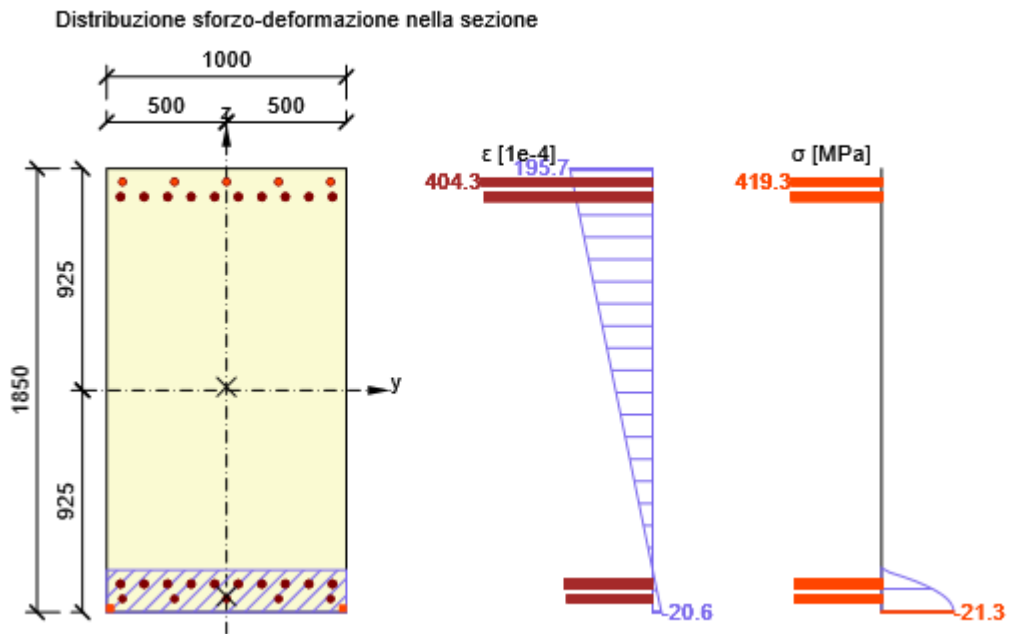
$a_{sw}$ [mm <sup>2</sup> /m]	$F_{sw}$ [kN]	$F_{sw,lim}$ [kN]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
1616	206.2	632.2	32.6	100.0	OK

Verifica di interazione del taglio, della torsione, della flessione e delle forze normali

$F_b$ [kN]	$\Delta F_{td,s}$ [kN]	$\Delta F_{td,t}$ [kN]	$\Delta \epsilon_s$ [1e-4]	$\Delta \epsilon_t$ [1e-4]	Limite in ferro	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
2533.7	6627.8	0.0	215.1	0.0	1	100.0	100.0	OK

Verifica dettagliata dell'armatura

Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	$\Delta \epsilon_{st}$ [1e-4]	$\epsilon$ [1e-4]	$\epsilon_{lim}$ [1e-4]	$\Delta \sigma_{st}$ [MPa]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
1	434	869	215.1	404.3	405.0	15.6	419.3	419.3	100.0	OK



### Controllo delle tensioni

#### Controllo delle tensioni - effetto a breve termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(3)-Quasi	Fibre di calcestruzzo	1	-10.3	-14.4	71.2	100.0	OK

#### Controllo delle tensioni - effetto a lungo termine

Tipo di verifica	Tipo componente	Indice	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
7.2(5)-Char	Ferro	1	233.0	360.0	64.7	100.0	OK

#### Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	1	-500	-925	0.0	-4000.0	0.0	-10.3	-19.2	53.4	OK
7.2(3)-Quasi	1	-500	-925	0.0	-4000.0	0.0	-10.3	-14.4	71.2	OK

#### Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a breve termine

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	1	434	869	0.0	-4000.0	0.0	228.1	360.0	63.4	OK

**Verifica dettagliata del calcestruzzo - effetti a lungo termine**

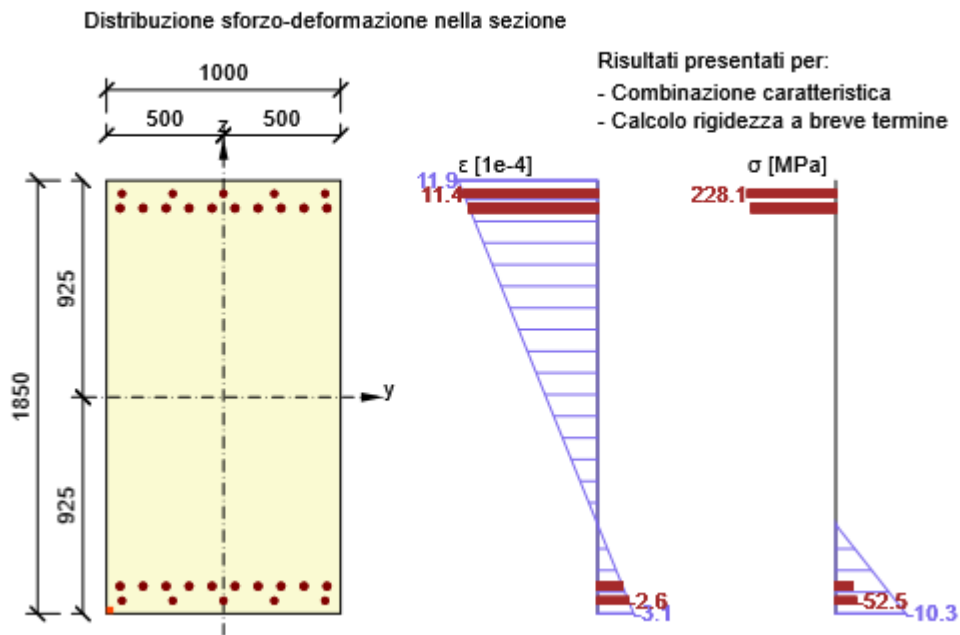
Tipo di verifica	Fibra	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(2)-Char	1	-500	-925	0.0	-4000.0	0.0	-6.1	-19.2	31.9	OK
7.2(3)-Quasi	1	-500	-925	0.0	-4000.0	0.0	-6.1	-14.4	42.6	OK

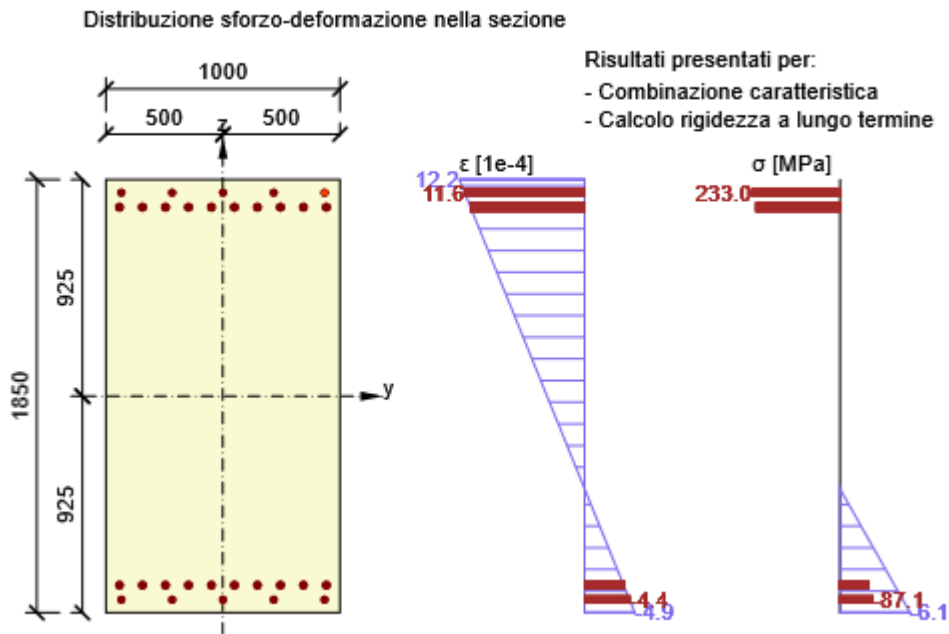
**Verifica dettagliata dell'armatura - effetti a lungo termine**

Tipo di verifica	Ferro	$y_i$ [mm]	$z_i$ [mm]	N [kN]	$M_y$ [kNm]	$M_z$ [kNm]	$\sigma$ [MPa]	$\sigma_{lim}$ [MPa]	Valore [%]	Verifica
7.2(5)-Char	1	434	869	0.0	-4000.0	0.0	233.0	360.0	64.7	OK

**Coefficiente di viscosità**

Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	u [mm]	t [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Uso $\gamma_{lt}$	$\phi(t,t_0)$ [-]
Automatico	649	1850000	5700	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.65





### 13.6 FESSURAZIONE

#### Apertura delle fessure- effetti a breve termine

Combinazione	N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	W <sub>k</sub> [mm]	W <sub>lim</sub> [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	-4000.0	0.0	0.230	0.300	76.6	100.0	OK

#### Apertura delle fessure - effetti a lungo termine

Combinazione	N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	W <sub>k</sub> [mm]	W <sub>lim</sub> [mm]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
Quasi	0.0	-4000.0	0.0	0.259	0.300	86.2	100.0	OK

#### Risultati intermedi e coefficienti per il calcolo a fessurazione - effetti a breve termine

x [mm]	h <sub>c,eff</sub> [mm]	d [mm]	A <sub>c,eff</sub> [mm <sup>2</sup> ]	A <sub>s,eff</sub> [mm <sup>2</sup> ]	ρ <sub>p,eff</sub> [-]
381	251	1750	250684	11121	0.04
k <sub>t</sub> [-]	ε <sub>sm</sub> -ε <sub>cm</sub> [1e-4]	k <sub>1</sub> [-]	k <sub>2</sub> [-]	k <sub>3</sub> [-]	k <sub>4</sub> [-]
0.60	8.8	0.80	0.50	3.40	0.43
c [mm]	ε <sub>1</sub> [1e-4]	ε <sub>2</sub> [1e-4]	s <sub>r,max</sub> [mm]	Φ [mm]	σ <sub>s</sub> [MPa]
42	11.9	-3.1	261	31	228.1

#### Risultati intermedi e coefficienti per il calcolo a fessurazione - effetti a lungo termine

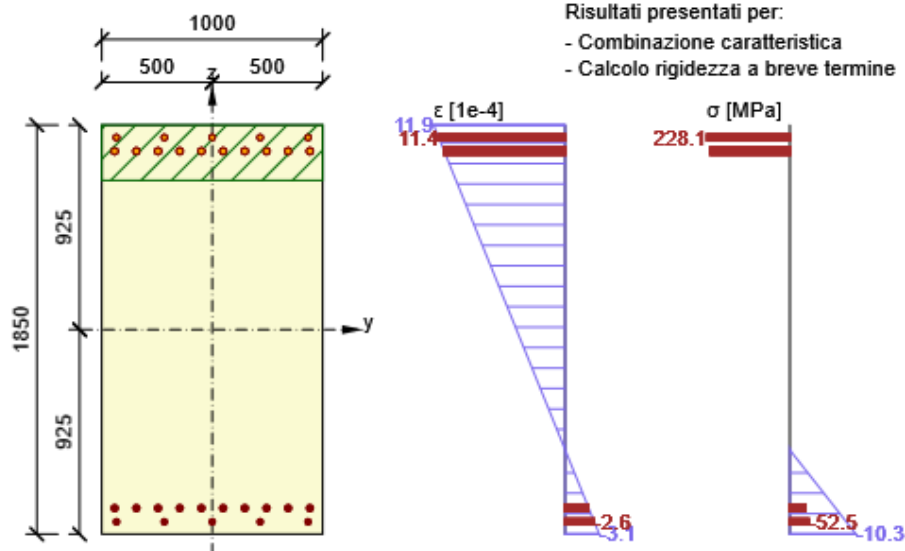
x	h <sub>c,eff</sub>	d	A <sub>c,eff</sub>	A <sub>s,eff</sub>	ρ <sub>p,eff</sub>
---	--------------------	---	--------------------	--------------------	--------------------

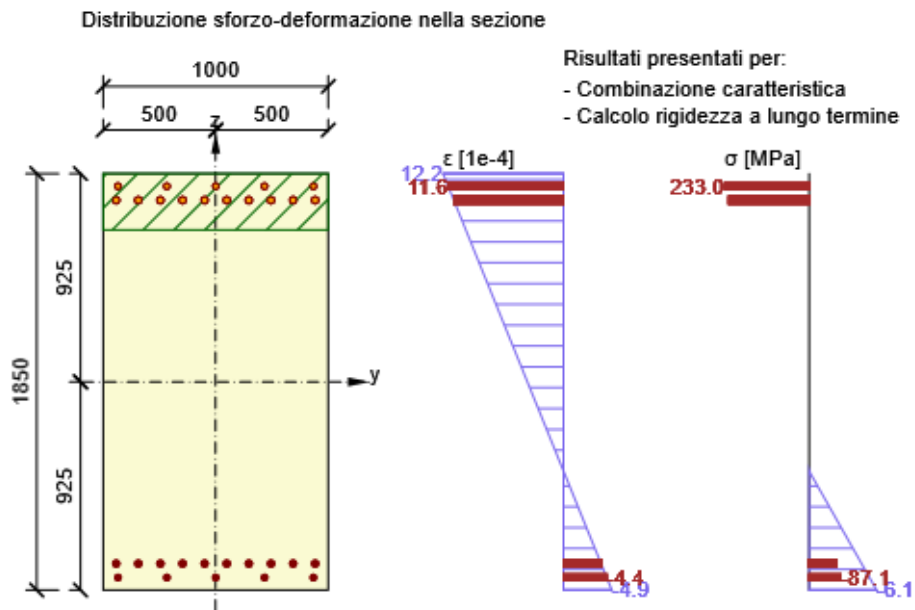
[mm]	[mm]	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[mm <sup>2</sup> ]	[-]
529	251	1750	250514	11121	0.04
$k_t$	$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$
[-]	[1e-4]	[-]	[-]	[-]	[-]
0.40	9.9	0.80	0.50	3.40	0.43
$c$	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	$s_{r,max}$	$\Phi$	$\sigma_s$
[mm]	[1e-4]	[1e-4]	[mm]	[mm]	[MPa]
42	12.2	-4.9	261	31	233.0

**Coefficiente di viscosità**

Metodo di valutazione	$h_0$ [mm]	$A_c$ [mm <sup>2</sup> ]	$u$ [mm]	$t$ [d]	$t_0$ [d]	$t_s$ [d]	RH [%]	Uso $\gamma_{lt}$	$\phi(t,t_0)$ [-]
Automatico	649	1850000	5700	18250.0	28.0	7.0	65	No	1.65

Distribuzione sforzo-deformazione nella sezione





**2.1.1.9 Snellezza flessionale**

N [kN]	M <sub>y</sub> [kNm]	M <sub>z</sub> [kNm]	λ [-]	λ <sub>d</sub> [-]	Valore [%]	Limite [%]	Verifica
0.0	-4000.0	0.0	0.80	35.00	2.3	100.0	OK
I <sub>n</sub> [mm]	I <sub>eff</sub> [mm]	d [mm]	K	ρ [%]	ρ <sub>0</sub> [%]	ρ' [%]	σ <sub>s</sub>
1000	1400	1750	1	0.6	0.6	0.6	228.1

## 14 VERIFICHE A STATO LIMITE DI ESERCIZIO

### 14.1 VERIFICA DEFORMATIVA E VIBRAZIONALE

Le figure sottostanti mostrano i massimi spostamenti verticali “assoluti” che si verificano sulle strutture a seguito delle combinazioni caratteristiche di esercizio. Per le verifiche deformative delle singole travi semi-prefabbricate si ramanda all'apposito ANNESSO.

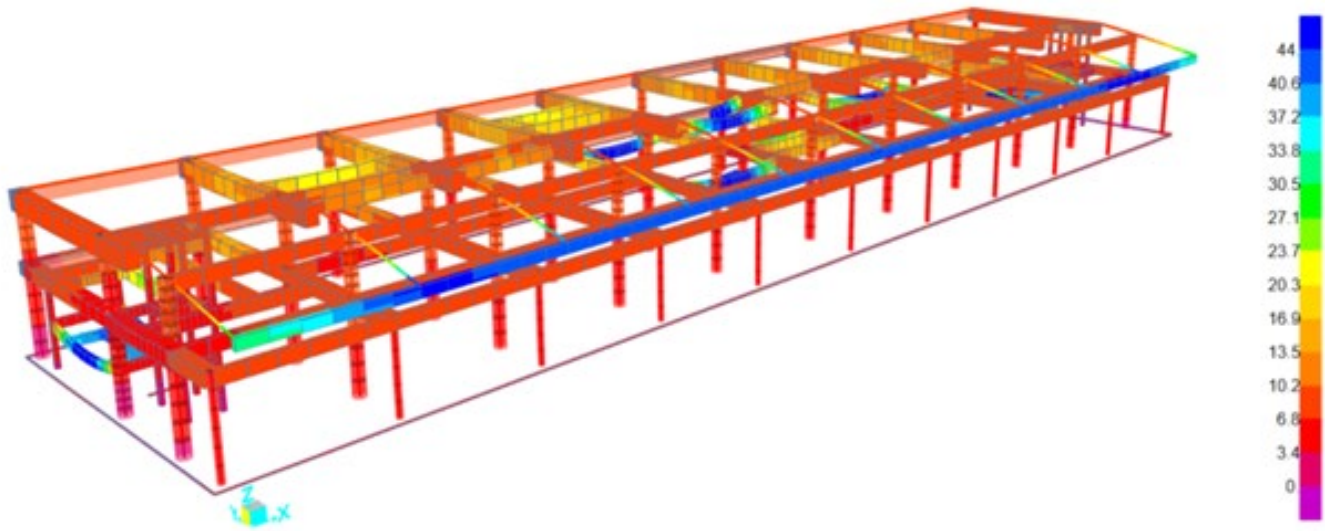


Figura 14.1: Massimi spostamenti delle strutture – Involuppo Rara

Il massimo spostamento verticale in combinazione caratteristica in corrispondenza dello sbalzo è pari a **44.00 mm** considerando la rigidità istantanea degli elementi strutturali; al fine di ottenere lo spostamento effettivo a lungo termine il valore sopra riportato dovrà essere moltiplicato per il rapporto tra la rigidità flessionale istantanea e quella di lungo termine:  $44.00 \text{ mm} * (1.53/1.02) = \mathbf{66.00 \text{ mm}}$

Lunghezza dello sbalzo: 9700 mm

$$9700 * 2 / 66.00 = \mathbf{L/306}$$

## 14.2 VERIFICA VIBRAZIONALE DEGLI IMPALCATI

In questo paragrafo si valutano gli effetti delle vibrazioni verticali sul primo impalcato destinato ad un traffico pedonale rilevante.

La valutazione del comfort viene condotta a partire dalla conoscenza della frequenza verticale associata ad un modo predefinito, dalla determinazione della relativa massa modale ed infine dalla valutazione della sorgente di smorzamento modale.

Type	Damping (% of critical damping)
<b>Structural Damping <math>D_1</math></b>	
Wood	6%
Concrete	2%
Steel	1%
Composite (steel-concrete)	1%
<b>Damping due to furniture <math>D_2</math></b>	
Traditional office for 1 to 3 persons with separation walls	2%
Paperless office	0%
Open plan office	1%
Library	1%
Houses	1%
Schools	0%
Gymnastic	0%
<b>Damping due to finishes <math>D_3</math></b>	
Ceiling under the floor	1%
Free floating floor	0%
Swimming screed	1%
<b>Total Damping <math>D = D_1 + D_2 + D_3</math></b>	

Figura 14.2: Smorzamenti

Nel caso in oggetto lo smorzamento modale totale  $D_{tot}$  risulta pari a:

$$D_1 = 1\%$$

$$D_2 = 1\%$$

$$D_3 = 1\%$$

$$\mathbf{D_{tot} = 3\%}$$



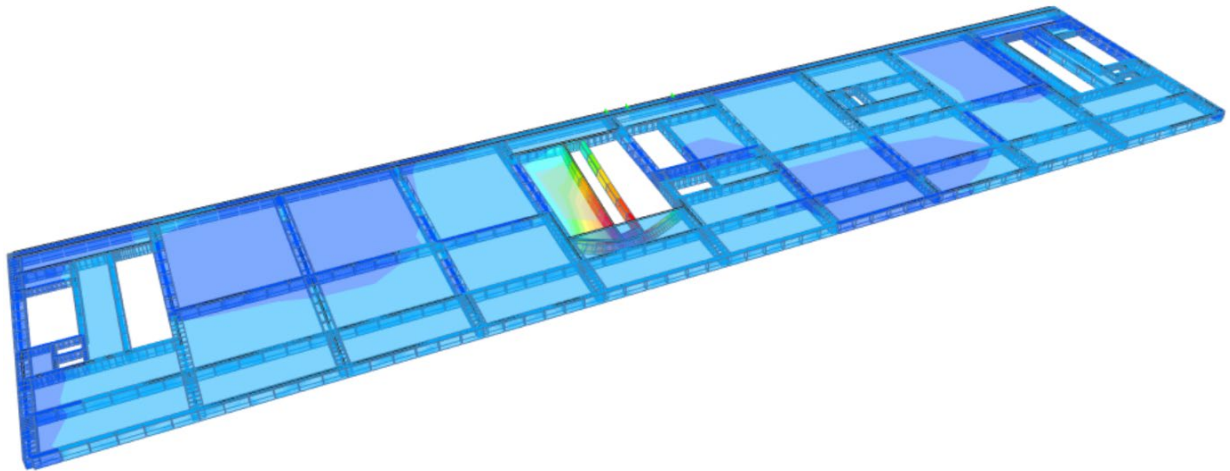


Figura 14.3: Prima frequenza vericale  $f = 2.39\text{Hz}$

La massa modale associata al primo modo verticale viene calcolata come l'inverso del quadrato del massimo spostamento modale verticale:

$$U_{z,\text{modal,max}} = 67 \text{ mm}$$

$$M_{\text{modal}} = 1/(0.067^2) = 223 \text{ ton} = 223000 \text{ kg}$$

Infine si raffrontano massa modale e frequenza fondamentale, all'interno di un nomogramma con smorzamento modale pari al 3%:

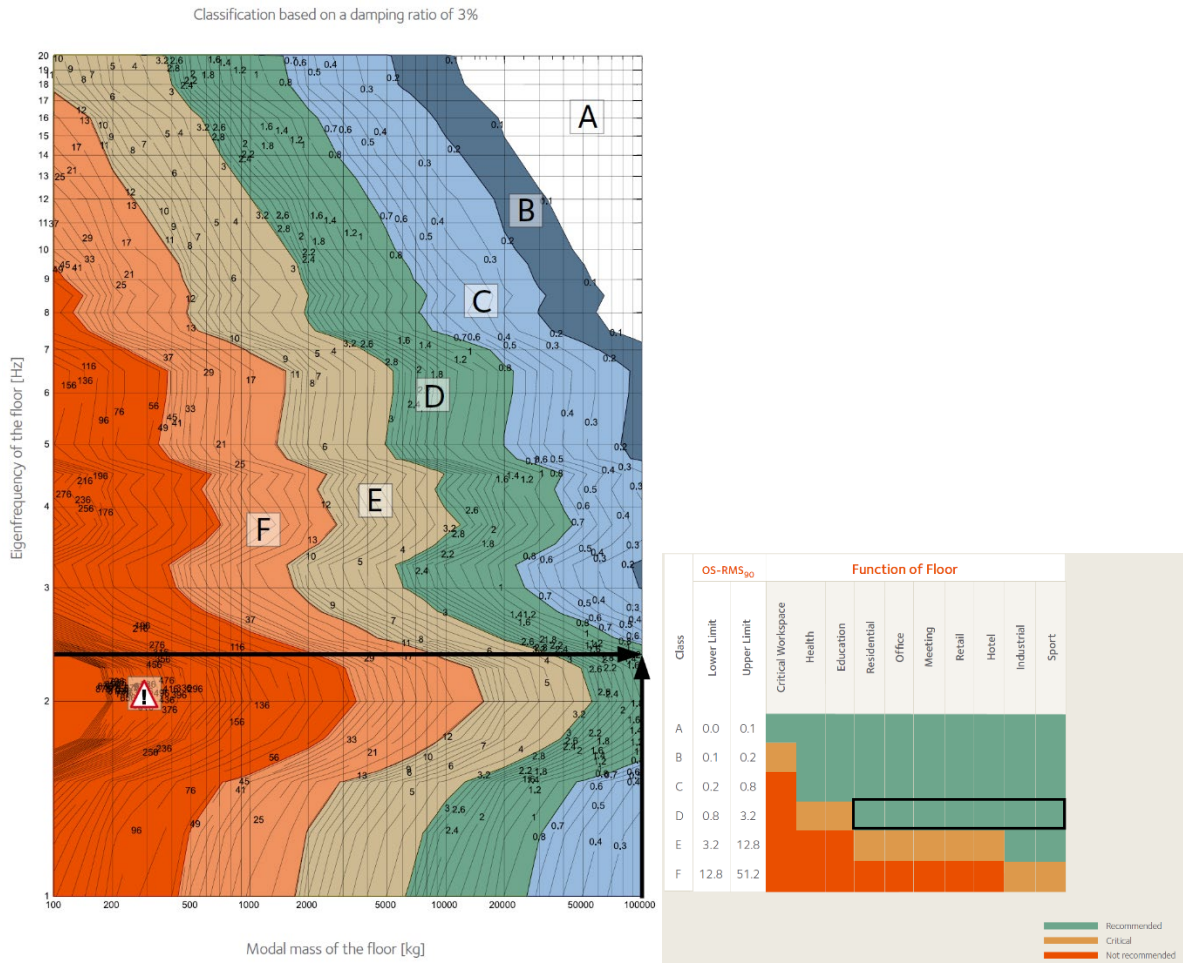


Figura 14.4: Valutazione empirica del comfort

Come si evince dal nomogramma, si ricade nella fasci di comfort “D” corrispondente ad una soglia accettabile per la presente destinazione d’uso.

## 15 ELEMENTI NON STRUTTURALI

### 15.1 VERIFICA DRIFT

La verifica nei confronti del drift di interpiano atto alla salvaguardia dei tamponamenti esterni è stata condotta nei confronti dello STATO LIMITE DI OPERATIVITA' (SLO) in conformità con la Classe d'uso III, ai sensi del paragrafo 7.3.6.1 del D.M.17/01/18.

Il limite di spostamento è stato assunto pari a  $2/3 \times 0.0075 \times h_{\text{interpiano}}$  ( $2/3 \times 0.0075 \times 6.36\text{m} = \mathbf{31.8\text{mm}}$  per il primo impalcato e  $2/3 \times 0.0075 \times 8.71\text{m} = \mathbf{43.55\text{mm}}$  per il secondo impalcato) considerando le tamponature "duttili" e confrontato con il drift di interpiano, valutato modo a modo e ricombinato CQC, calcolato agli spigoli esterni della struttura per meglio coglierne gli effetti torsionali:



Figura 15.1: Punti di controllo sul modello FEM per la valutazione del drift interpiano

TABLE: Joint Displacements - Generalized						
GenDispl	DisplType	OutputCase	Translation	h	dr.max	tasso
Text	Text	Text	mm	mm	mm	
A1_X_3-2	Translation	SLO_01	7.96	6360.00	31.80	0.25
A1_X_3-2	Translation	SLO_01	-8.78		31.80	-0.28
A1_X_3-2	Translation	SLO_02	2.46		31.80	0.08
A1_X_3-2	Translation	SLO_02	-3.29		31.80	-0.10
A1_X_3-2	Translation	SLO_03	9.26		31.80	0.29
A1_X_3-2	Translation	SLO_03	-7.49		31.80	-0.24
A1_X_3-2	Translation	SLO_04	3.76		31.80	0.12
A1_X_3-2	Translation	SLO_04	-1.99		31.80	-0.06
A1_Y_3-2	Translation	SLO_01	0.90		31.80	0.03
A1_Y_3-2	Translation	SLO_01	-6.19		31.80	-0.19
A1_Y_3-2	Translation	SLO_02	4.13		31.80	0.13
A1_Y_3-2	Translation	SLO_02	-9.42		31.80	-0.30
A1_Y_3-2	Translation	SLO_03	1.46		31.80	0.05
A1_Y_3-2	Translation	SLO_03	-5.63		31.80	-0.18

Relazione di calcolo strutturale Edificio Terminal

A1_Y_3-2	Translation	SLO_04	4.68		31.80	0.15
A1_Y_3-2	Translation	SLO_04	-8.86		31.80	-0.28
A11_X_3-2	Translation	SLO_01	8.85		31.80	0.28
A11_X_3-2	Translation	SLO_01	-7.91		31.80	-0.25
A11_X_3-2	Translation	SLO_02	3.23		31.80	0.10
A11_X_3-2	Translation	SLO_02	-2.28		31.80	-0.07
A11_X_3-2	Translation	SLO_03	7.61		31.80	0.24
A11_X_3-2	Translation	SLO_03	-9.15		31.80	-0.29
A11_X_3-2	Translation	SLO_04	1.98		31.80	0.06
A11_X_3-2	Translation	SLO_04	-3.52		31.80	-0.11
A11_Y_3-2	Translation	SLO_01	0.96		31.80	0.03
A11_Y_3-2	Translation	SLO_01	-6.44		31.80	-0.20
A11_Y_3-2	Translation	SLO_02	4.43		31.80	0.14
A11_Y_3-2	Translation	SLO_02	-9.92		31.80	-0.31
A11_Y_3-2	Translation	SLO_03	1.52		31.80	0.05
A11_Y_3-2	Translation	SLO_03	-5.88		31.80	-0.19
A11_Y_3-2	Translation	SLO_04	4.99		31.80	0.16
A11_Y_3-2	Translation	SLO_04	-9.36		31.80	-0.29
C1_X_3-2	Translation	SLO_01	8.58		31.80	0.27
C1_X_3-2	Translation	SLO_01	-9.56		31.80	-0.30
C1_X_3-2	Translation	SLO_02	2.90		31.80	0.09
C1_X_3-2	Translation	SLO_02	-3.88		31.80	-0.12
C1_X_3-2	Translation	SLO_03	9.86		31.80	0.31
C1_X_3-2	Translation	SLO_03	-8.28		31.80	-0.26
C1_X_3-2	Translation	SLO_04	4.18		31.80	0.13
C1_X_3-2	Translation	SLO_04	-2.60		31.80	-0.08
C1_Y_3-2	Translation	SLO_01	1.03		31.80	0.03
C1_Y_3-2	Translation	SLO_01	-5.79		31.80	-0.18
C1_Y_3-2	Translation	SLO_02	4.18		31.80	0.13
C1_Y_3-2	Translation	SLO_02	-8.94		31.80	-0.28
C1_Y_3-2	Translation	SLO_03	1.72		31.80	0.05
C1_Y_3-2	Translation	SLO_03	-5.10		31.80	-0.16
C1_Y_3-2	Translation	SLO_04	4.87		31.80	0.15
C1_Y_3-2	Translation	SLO_04	-8.24		31.80	-0.26
C11_X_3-2	Translation	SLO_01	9.68		31.80	0.30
C11_X_3-2	Translation	SLO_01	-8.52		31.80	-0.27
C11_X_3-2	Translation	SLO_02	3.99		31.80	0.13
C11_X_3-2	Translation	SLO_02	-2.83		31.80	-0.09
C11_X_3-2	Translation	SLO_03	8.48		31.80	0.27
C11_X_3-2	Translation	SLO_03	-9.72		31.80	-0.31
C11_X_3-2	Translation	SLO_04	2.79		31.80	0.09
C11_X_3-2	Translation	SLO_04	-4.03		31.80	-0.13

C11_Y_3-2	Translation	SLO_01	1.13		31.80	0.04
C11_Y_3-2	Translation	SLO_01	-5.97		31.80	-0.19
C11_Y_3-2	Translation	SLO_02	4.52		31.80	0.14
C11_Y_3-2	Translation	SLO_02	-9.35		31.80	-0.29
C11_Y_3-2	Translation	SLO_03	1.75		31.80	0.06
C11_Y_3-2	Translation	SLO_03	-5.35		31.80	-0.17
C11_Y_3-2	Translation	SLO_04	5.14		31.80	0.16
C11_Y_3-2	Translation	SLO_04	-8.73		31.80	-0.27

Figura 15.2: Spostamenti di interpiano allo SLO min/max, Copertura – Primo impalcato

GenDispl	DisplType	OutputCase	Translation	h	dr.max	tasso
Text	Text	Text	mm	mm	mm	-
A1_X_2-1	Translation	SLO_01	8.28	8710	43.55	0.19
A1_X_2-1	Translation	SLO_01	-20.78		43.55	-0.48
A1_X_2-1	Translation	SLO_02	-0.83		43.55	-0.02
A1_X_2-1	Translation	SLO_02	-11.66		43.55	-0.27
A1_X_2-1	Translation	SLO_03	21.21		43.55	0.49
A1_X_2-1	Translation	SLO_03	-7.85		43.55	-0.18
A1_X_2-1	Translation	SLO_04	12.10		43.55	0.28
A1_X_2-1	Translation	SLO_04	1.27		43.55	0.03
A1_Y_2-1	Translation	SLO_01	9.38		43.55	0.22
A1_Y_2-1	Translation	SLO_01	-8.97		43.55	-0.21
A1_Y_2-1	Translation	SLO_02	17.67		43.55	0.41
A1_Y_2-1	Translation	SLO_02	-17.26		43.55	-0.40
A1_Y_2-1	Translation	SLO_03	5.21		43.55	0.12
A1_Y_2-1	Translation	SLO_03	-13.13		43.55	-0.30
A1_Y_2-1	Translation	SLO_04	13.50		43.55	0.31
A1_Y_2-1	Translation	SLO_04	-21.43		43.55	-0.49
A11_X_2-1	Translation	SLO_01	21.17		43.55	0.49
A11_X_2-1	Translation	SLO_01	-7.88		43.55	-0.18
A11_X_2-1	Translation	SLO_02	11.97		43.55	0.27
A11_X_2-1	Translation	SLO_02	1.33		43.55	0.03
A11_X_2-1	Translation	SLO_03	7.84		43.55	0.18
A11_X_2-1	Translation	SLO_03	-21.21		43.55	-0.49
A11_X_2-1	Translation	SLO_04	-1.36		43.55	-0.03
A11_X_2-1	Translation	SLO_04	-12.01		43.55	-0.28
A11_Y_2-1	Translation	SLO_01	9.70		43.55	0.22
A11_Y_2-1	Translation	SLO_01	-9.35		43.55	-0.21
A11_Y_2-1	Translation	SLO_02	18.60		43.55	0.43
A11_Y_2-1	Translation	SLO_02	-18.25		43.55	-0.42
A11_Y_2-1	Translation	SLO_03	5.61		43.55	0.13

Relazione di calcolo strutturale Edificio Terminal

A11_Y_2-1	Translation	SLO_03	-13.44		43.55	-0.31
A11_Y_2-1	Translation	SLO_04	14.51		43.55	0.33
A11_Y_2-1	Translation	SLO_04	-22.33		43.55	-0.51
C1_X_2-1	Translation	SLO_01	9.44		43.55	0.22
C1_X_2-1	Translation	SLO_01	-21.69		43.55	-0.50
C1_X_2-1	Translation	SLO_02	-0.61		43.55	-0.01
C1_X_2-1	Translation	SLO_02	-11.64		43.55	-0.27
C1_X_2-1	Translation	SLO_03	21.95		43.55	0.50
C1_X_2-1	Translation	SLO_03	-9.18		43.55	-0.21
C1_X_2-1	Translation	SLO_04	11.91		43.55	0.27
C1_X_2-1	Translation	SLO_04	0.87		43.55	0.02
C1_Y_2-1	Translation	SLO_01	6.35		43.55	0.15
C1_Y_2-1	Translation	SLO_01	-12.05		43.55	-0.28
C1_Y_2-1	Translation	SLO_02	14.66		43.55	0.34
C1_Y_2-1	Translation	SLO_02	-20.35		43.55	-0.47
C1_Y_2-1	Translation	SLO_03	8.73		43.55	0.20
C1_Y_2-1	Translation	SLO_03	-9.67		43.55	-0.22
C1_Y_2-1	Translation	SLO_04	17.03		43.55	0.39
C1_Y_2-1	Translation	SLO_04	-17.97		43.55	-0.41
C11_X_2-1	Translation	SLO_01	27.88		43.55	0.64
C11_X_2-1	Translation	SLO_01	-14.48		43.55	-0.33
C11_X_2-1	Translation	SLO_02	14.00		43.55	0.32
C11_X_2-1	Translation	SLO_02	-0.60		43.55	-0.01
C11_X_2-1	Translation	SLO_03	14.75		43.55	0.34
C11_X_2-1	Translation	SLO_03	-27.61		43.55	-0.63
C11_X_2-1	Translation	SLO_04	0.87		43.55	0.02
C11_X_2-1	Translation	SLO_04	-13.73		43.55	-0.32
C11_Y_2-1	Translation	SLO_01	10.05		43.55	0.23
C11_Y_2-1	Translation	SLO_01	-15.69		43.55	-0.36
C11_Y_2-1	Translation	SLO_02	22.90		43.55	0.53
C11_Y_2-1	Translation	SLO_02	-28.54		43.55	-0.66
C11_Y_2-1	Translation	SLO_03	12.55		43.55	0.29
C11_Y_2-1	Translation	SLO_03	-13.19		43.55	-0.30
C11_Y_2-1	Translation	SLO_04	25.40		43.55	0.58
C11_Y_2-1	Translation	SLO_04	-26.04		43.55	-0.60
D1_X_2-1	Translation	SLO_01	9.91		43.55	0.23
D1_X_2-1	Translation	SLO_01	-22.54		43.55	-0.52
D1_X_2-1	Translation	SLO_02	0.01		43.55	0.00
D1_X_2-1	Translation	SLO_02	-12.63		43.55	-0.29
D1_X_2-1	Translation	SLO_03	22.92		43.55	0.53
D1_X_2-1	Translation	SLO_03	-9.53		43.55	-0.22
D1_X_2-1	Translation	SLO_04	13.02		43.55	0.30

D1_X_2-1	Translation	SLO_04	0.38		43.55	0.01
D1_Y_2-1	Translation	SLO_01	5.70		43.55	0.13
D1_Y_2-1	Translation	SLO_01	-12.74		43.55	-0.29
D1_Y_2-1	Translation	SLO_02	14.01		43.55	0.32
D1_Y_2-1	Translation	SLO_02	-21.05		43.55	-0.48
D1_Y_2-1	Translation	SLO_03	9.41		43.55	0.22
D1_Y_2-1	Translation	SLO_03	-9.03		43.55	-0.21
D1_Y_2-1	Translation	SLO_04	17.73		43.55	0.41
D1_Y_2-1	Translation	SLO_04	-17.34		43.55	-0.40
D11_X_2-1	Translation	SLO_01	22.86		43.55	0.52
D11_X_2-1	Translation	SLO_01	-9.61		43.55	-0.22
D11_X_2-1	Translation	SLO_02	12.90		43.55	0.30
D11_X_2-1	Translation	SLO_02	0.35		43.55	0.01
D11_X_2-1	Translation	SLO_03	9.55		43.55	0.22
D11_X_2-1	Translation	SLO_03	-22.92		43.55	-0.53
D11_X_2-1	Translation	SLO_04	-0.41		43.55	-0.01
D11_X_2-1	Translation	SLO_04	-12.96		43.55	-0.30
D11_Y_2-1	Translation	SLO_01	6.04		43.55	0.14
D11_Y_2-1	Translation	SLO_01	-13.13		43.55	-0.30
D11_Y_2-1	Translation	SLO_02	14.97		43.55	0.34
D11_Y_2-1	Translation	SLO_02	-22.06		43.55	-0.51
D11_Y_2-1	Translation	SLO_03	9.80		43.55	0.23
D11_Y_2-1	Translation	SLO_03	-9.37		43.55	-0.22
D11_Y_2-1	Translation	SLO_04	18.73		43.55	0.43
D11_Y_2-1	Translation	SLO_04	-18.30		43.55	-0.42

Figura 15.3: Spostamenti di interpiano allo SLO min/max, Primo impalcato – Piano Terra

## 15.2 VERIFICA DI DRIFT TRA ASCENSORE CENTRALE E PRIMO IMPALCATO DEL TERMINAL

La scelta di separare il nucleo dell'ascensore centrale, in setti di c.a., dagli impalcati del terminal (sostanzialmente dal 1°) e la concomitante richiesta architettonica di mantenere continua la superficie calpestabile del primo impalcato fino alle pareti del suddetto nucleo ascensore, in assenza di soluzione di continuità, determina la necessità di verificare gli spostamenti relativi tra questi due elementi costruttivi e di individuare il più corretto giunto sismico atto ad evitare eventuali effetti di martellamento e, al contempo, di consentire la corretta posa degli strati di calpestio.

Di seguito si rammostrano le schermate del modello di calcolo con il posizionamento dei punti di controllo sotto l'azione sismica nelle due direzioni orizzontali verificata per lo SLE:

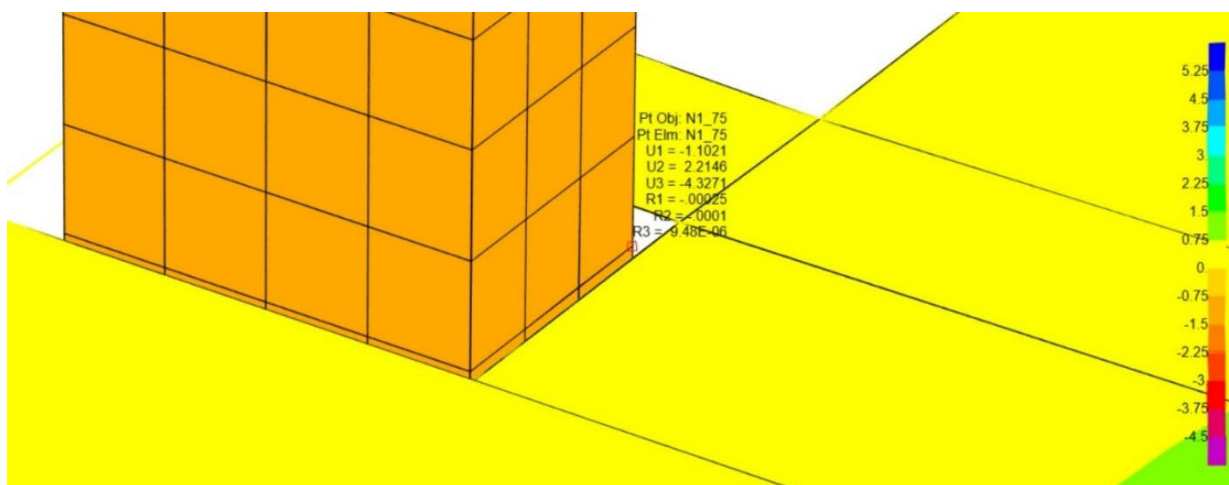


Figura 15.4: Spostamento del nucleo allo SLE min/max, rispetto al livello di primo impalcato

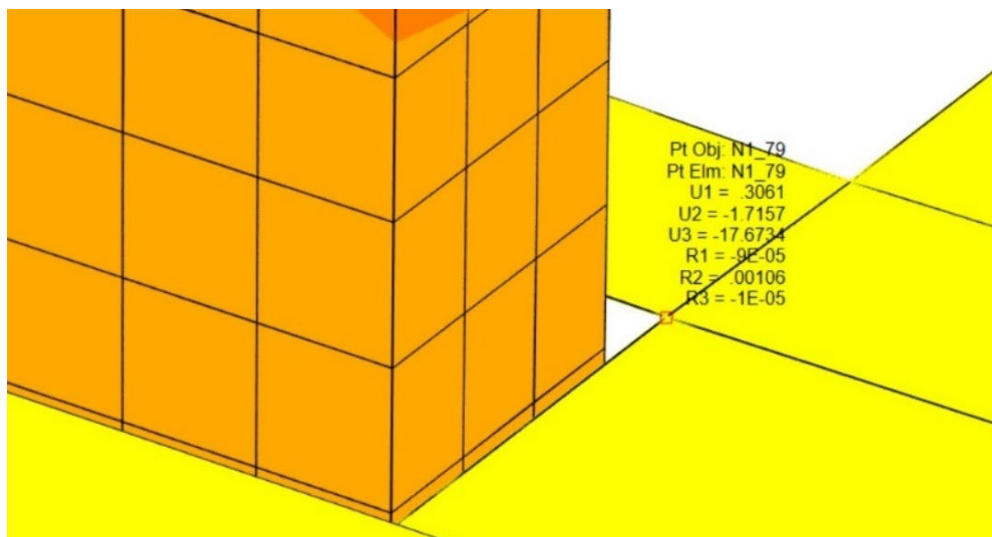


Figura 15.5: Spostamento dell'impalcato di primo livello allo SLE min/max, rispetto al nucleo ascensore



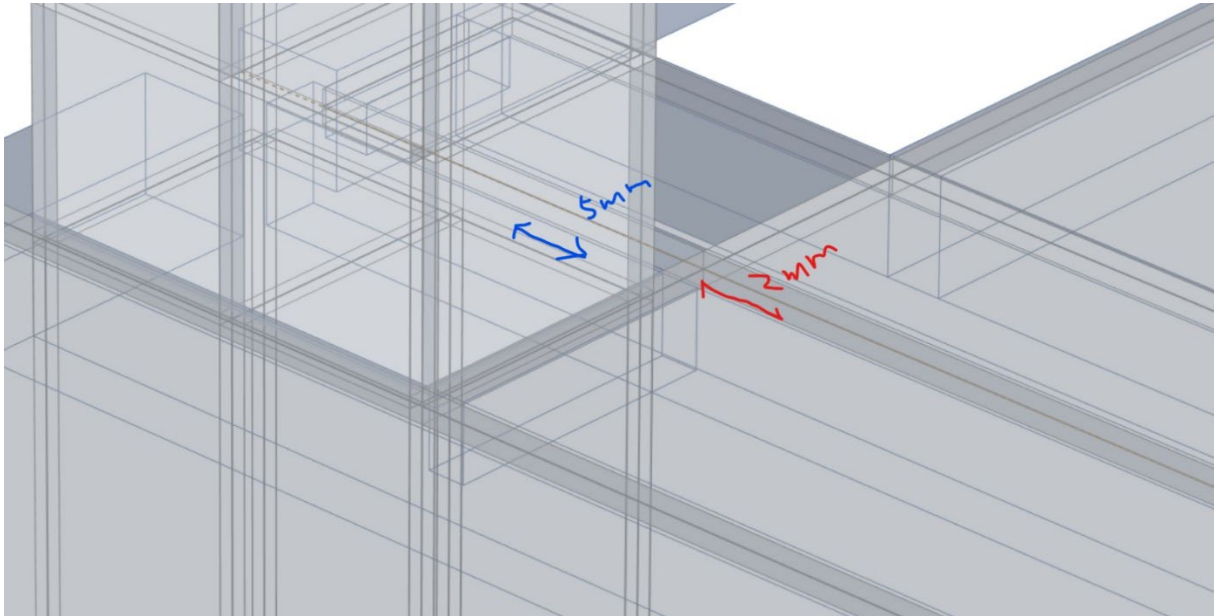


Figura 15.6: Massimi spostamenti relativi tra impalcato di primo livello e nucleo ascensore allo SLE

Si noti come gli spostamenti massimi in combinazione dinamica più gravosa riferiti allo Stato Limite di Esercizio si manifestino nella direzione longitudinale all'andamento dell'edificio, schematicamente riportata sulla schermata del modello FEM del Terminal e del Nucleo centrale e indicata come X. In tale direzione, rispettivamente, i due elementi costruttivi sono interessati da spostamenti pari a 5 mm per il nucleo e 2 mm per l'impalcato del primo livello. Ciò conduce a dover dimensionare un giunto sottopavimentazione che sia in grado di "assorbire" uno spostamento massimo di 7 mm come viene mostrato nella schermata qui sotto.

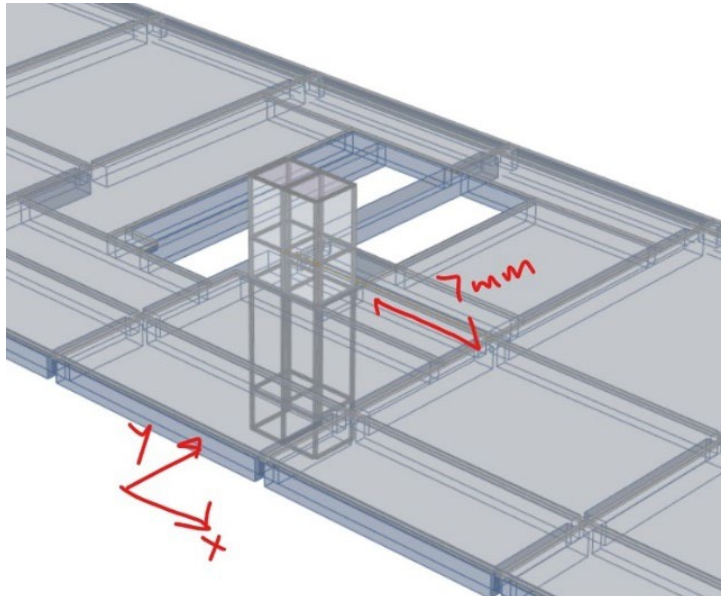


Figura 15.7: Massimi spostamenti relativi tra impalcato di primo livello e nucleo ascensore allo SLE

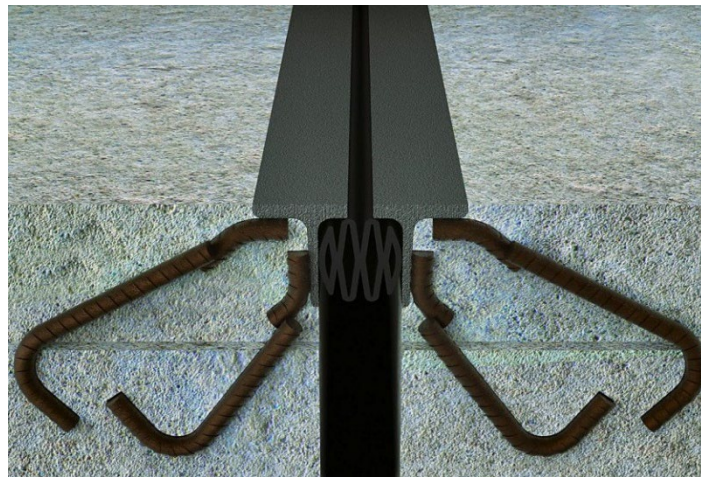
A favore di sicurezza viene proposto l'uso di un dispositivo tipo Giunto Sotto-pavimentazione SFE SP FIP previsto per la bordatura di interfaccia tra la trave di coronamento del solaio e il perimetro esterno del nucleo centrale ascensore, costituito da un estruso in elastomero a soffietto, interamente solidarizzato a due profili metallici a T ancorati alla soletta mediante zanche in acciaio ad a.m. da saldare ai ferri d'armatura della soletta medesima.

L'acciaio dei profili a T dovrà risultare di tipo strutturale S275JR

Il polimero estruso dovrà risultare continuo e solidarizzato per tutta l'estensione del giunto ai due elementi metallici costituendo effettiva barriera all'acqua, alle polveri e ai suoni.

L'eventuale limitazione della corsa non dovrà essere dettata dal giunto ma dall'elasticità della pavimentazione soprastante il giunto stesso.

La luce libera tra i due elementi metallici a T non dovrà risultare inferiore a 25 mm.



**Figura 15.8: Tipo di giunto sottopavimentazione utilizzabile tra impalcato di primo livello dell'Ed. Terminal e pareti del Nucleo centrale ascensore.**

## 16 CONTENUTI SPECIALI

Per quanto attiene l'edificio in oggetto non sussistono contenuti speciali.

## 17 CONDIZIONI DI CARICO ECCEZIONALI

Per quanto attiene l'edificio in oggetto non sussistono condizioni di carico eccezionali.

## 18 CONCLUSIONI

Le verifiche condotte attraverso idonei strumenti di calcolo strutturale e verifica attestano la bontà della progettazione.

Si rimanda ad appositi allegati di dettaglio per tutto ciò che concerne approfondimenti di verifica costruttiva e/o a ulteriori elementi e connessioni strutturali non citate nella presente relazione.

## Committente



## Progettista Definitivo ed Esecutivo



Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto dei Proponenti.