

**S.S 685 "DELLE TRE VALLI UMBRE"  
TRATTO SPOLETO - ACQUASPARTA  
1° stralcio: Madonna di Baiano-Firenzuola**

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **PG143**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**

Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Federico Durastanti  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Terni n° Terni n°A844

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

**Il Responsabile di Progetto**

Arch. Pianificatore Marco Colazza

**Il Responsabile del Procedimento**

Dott. Ing.  
Alessandro Micheli

**PROTOCOLLO**

**DATA**

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**

**MANDATARIA:**

**MANDANTI:**







Dott.Ing. N.Granieri  
Dott.Arch. N.Kamenicky  
Dott.Ing. V.Truffini  
Dott.Arch. A.Bracchini  
Dott.Ing. F.Durastanti  
Dott.Ing. E.Bartolucci  
Dott.Geol. G.Cerquiglini  
Geom. S.Scopetta  
Dott.Ing. L.Sbrenna  
Dott.Ing. E.Sellari  
Dott.Ing. L.Dinelli  
Dott.Ing. L.Nani  
Dott.Ing. F.Pambianco  
Dott. Agr. F.Berti Nulli

Dott. Ing. D.Carlaccini  
Dott. Ing. S.Sacconi  
Dott. Ing. C.Consorti  
Dott. Ing. E.Loffredo  
Dott. Ing. C.Chierichini

Dott. Ing. V.Rotisciani  
Dott. Ing. F.Macchioni  
Geom. C.Vischini  
Dott. Ing. V.Piunno  
Dott. Ing. G.Pulli  
Geom. C.Sugaroni



**13.FABBRICATI  
13.01 FABBRICATO TECNOLOGICO**

**Relazione tecnica e di calcolo**

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	ANNO	<i>T00FA01STRRE01B</i>		
DTPG143	E	23	CODICE ELAB. T00FA01STRRE01	B	-
B	Rev. A seguito istr. ANAS		Set 2023	F.Brunori	F.Durastanti
A	Emissione		Ago 2023	F.Brunori	F.Durastanti
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO
					APPROVATO



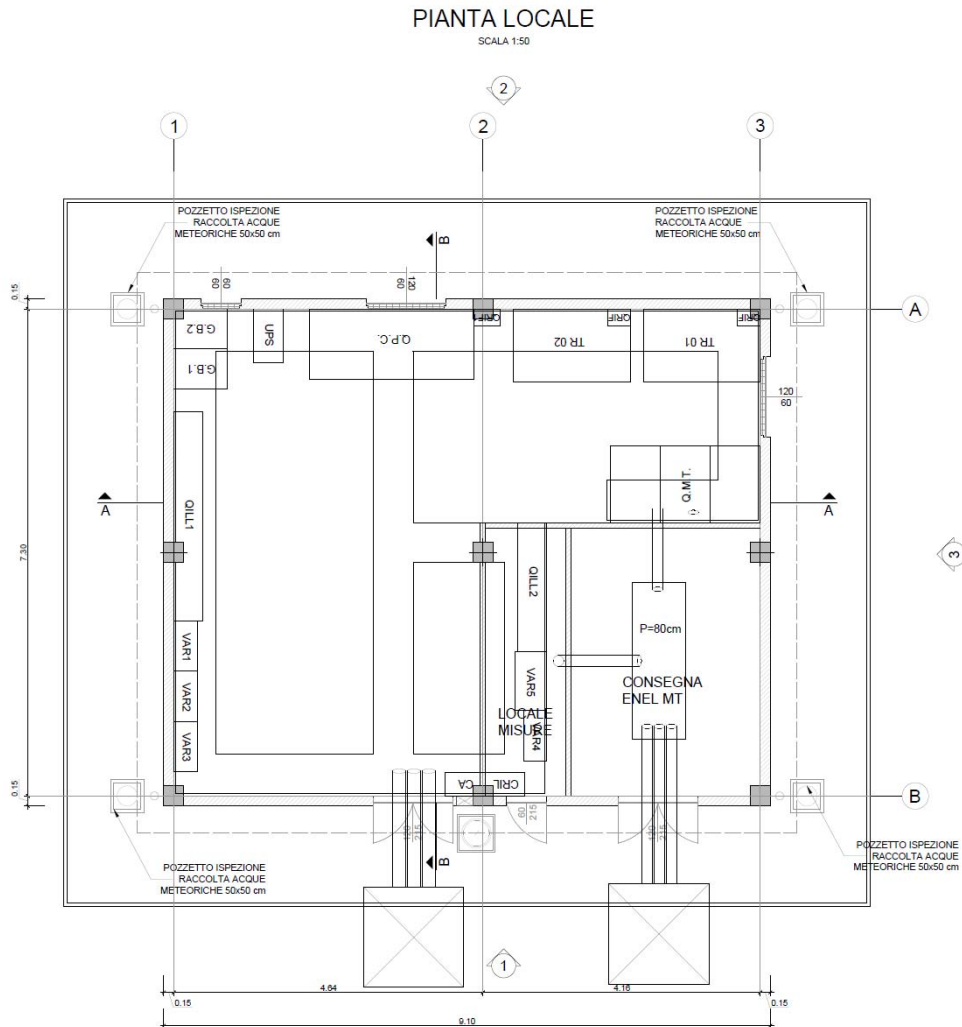
<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL' OPERA .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA TECNICA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE TERRENO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>MODELLAZIONE STRUTTURALE .....</b>	<b>14</b>
7.1	CODICE DI CALCOLO.....	14
7.2	NOTE SU PARAGRAFO 10.2 DEL DM 17-01-18 .....	14
7.3	VALIDAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO ADOTTATO.....	15
7.4	CARATTERISTICHE GENERALI COSTRUZIONE.....	16
7.5	TIPO DI ANALISI SVOLTA.....	17
7.6	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO .....	18
7.7	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	18
7.8	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	18
<b>8</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>19</b>
8.1	PESO PROPRIO DELLA STRUTTURA .....	19
8.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI .....	19
8.3	CARICHI VARIABILI.....	21
8.4	AZIONE TERMICA.....	22
8.5	CARICO DELLA NEVE SULLA COPERTURA .....	23
8.6	AZIONE DEL VENTO .....	25
8.7	AZIONE SISMICA.....	30
<b>9</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>35</b>
<b>10</b>	<b>RISULTATI DELLA MODELLAZIONE .....</b>	<b>51</b>
<b>11</b>	<b>VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>68</b>
11.1	VERIFICA SOLAIO .....	68
11.2	VERIFICA PILASTRI .....	74
11.2.1	Verifica di resistenza.....	74
11.2.2	Verifica di stabilità.....	85
11.2.3	Verifica a taglio .....	86
11.2.4	Verifica a torsione.....	90
11.2.5	Verifica limitazioni di armatura.....	91

<b>11.3</b>	<b>VERIFICA TRAVE DI BORDO.....</b>	<b>93</b>
11.3.1	Verifica di resistenza.....	93
11.3.2	Verifica a taglio .....	104
11.3.3	Verifica a torsione.....	107
11.3.4	Verifica limitazioni di armatura.....	109
<b>11.4</b>	<b>VERIFICA TRAVE INTERNA .....</b>	<b>111</b>
11.4.1	Verifica di resistenza.....	111
11.4.2	Verifica a taglio .....	121
11.4.3	Verifica a torsione.....	124
11.4.4	Verifica limitazioni di armatura.....	126
<b>11.5</b>	<b>VERIFICA SBALZO.....</b>	<b>128</b>
<b>12</b>	<b>EFFETTI DELLA NON LINEARITA' GEOMETRICA.....</b>	<b>148</b>
<b>13</b>	<b>VERIFICA STATO LIMITE DI DEFORMABILITA'.....</b>	<b>151</b>
13.1	TRAVI 30X40 INTERNE .....	151
13.2	TRAVI 30X40 BORDO.....	152
<b>14</b>	<b>VERIFICA AGLI SLE .....</b>	<b>153</b>
<b>15</b>	<b>MODELLAZIONE TRAVI ROVESCE DI FONDAZIONE .....</b>	<b>155</b>
15.1	VERIFICHE TRAVI ROVESCE DI FONDAZIONE.....	164
15.2	VERIFICHE GEOTECNICHE DELLA TRAVE ROVESCIA.....	176

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto i calcoli e le verifiche strutturali del fabbricato tecnologico collocato in corrispondenza dell'inizio della galleria artificiale Colle del Vento, nell'ambito del progetto definitivo della "Strada delle Tre Valli Umbre", tratto Eggi-Acquasparta.

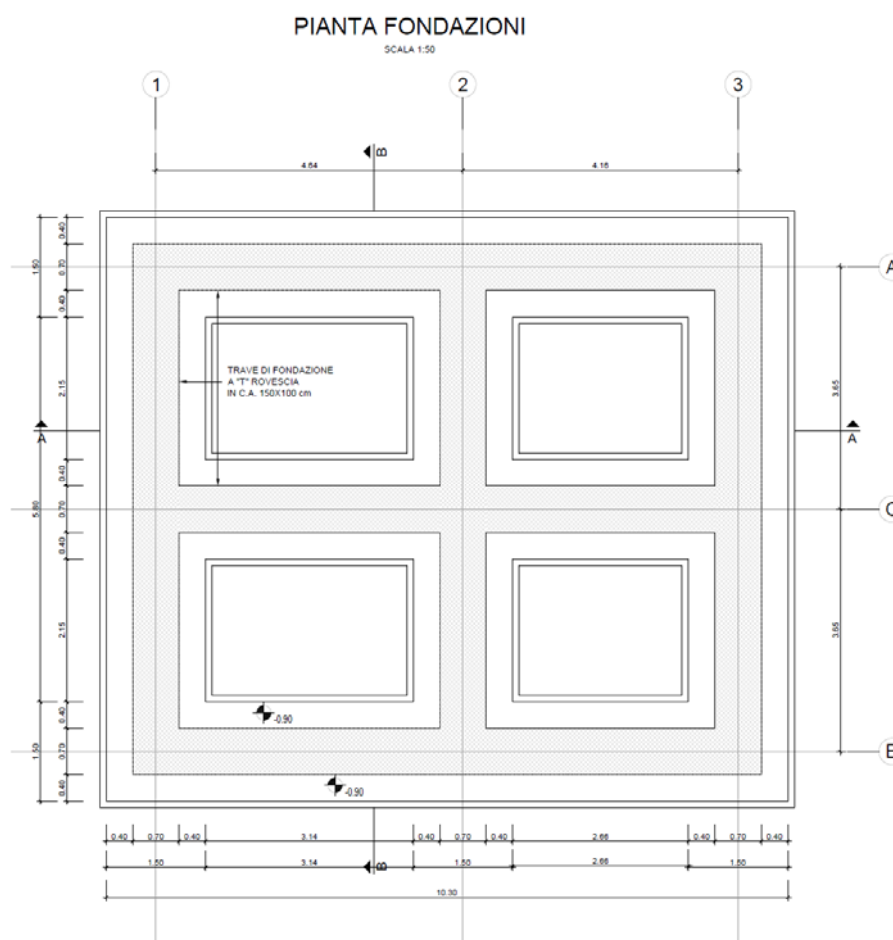
Di seguito si riporta la pianta del fabbricato.



## 2 DESCRIZIONE DELL' OPERA

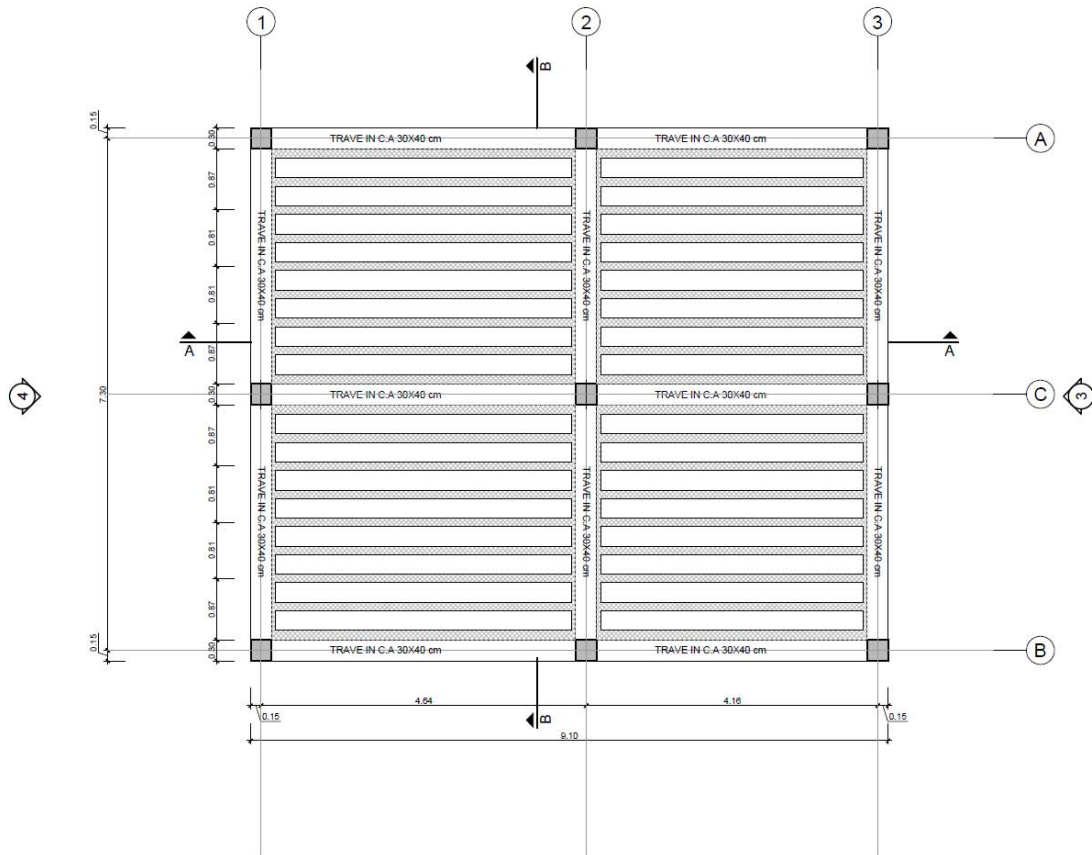
L'opera in esame è costituita da un fabbricato tecnologico ad un solo piano di dimensioni in pianta 9.10 x 7.60 m ed altezza 3.68 m. La struttura è realizzata con un telaio in c.a. composto da travi 30x40 cm e da pilastri 30x30 cm con tamponature esterne in muratura di spessore 15 cm. Il solaio di copertura è realizzato in latero-cemento con lastre prefabbricate  $sp=5+10+5$  cm. La fondazione è costituita da travi a T rovesce in c.a. 150x100 cm.

Di seguito si riportano le piante e le sezioni del fabbricato.



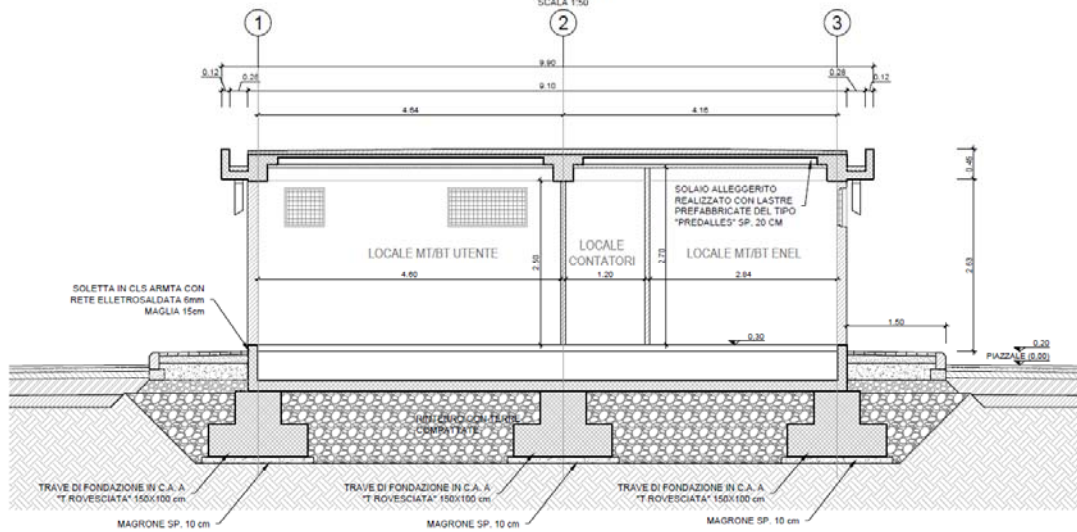
PIANTA COPERTURA

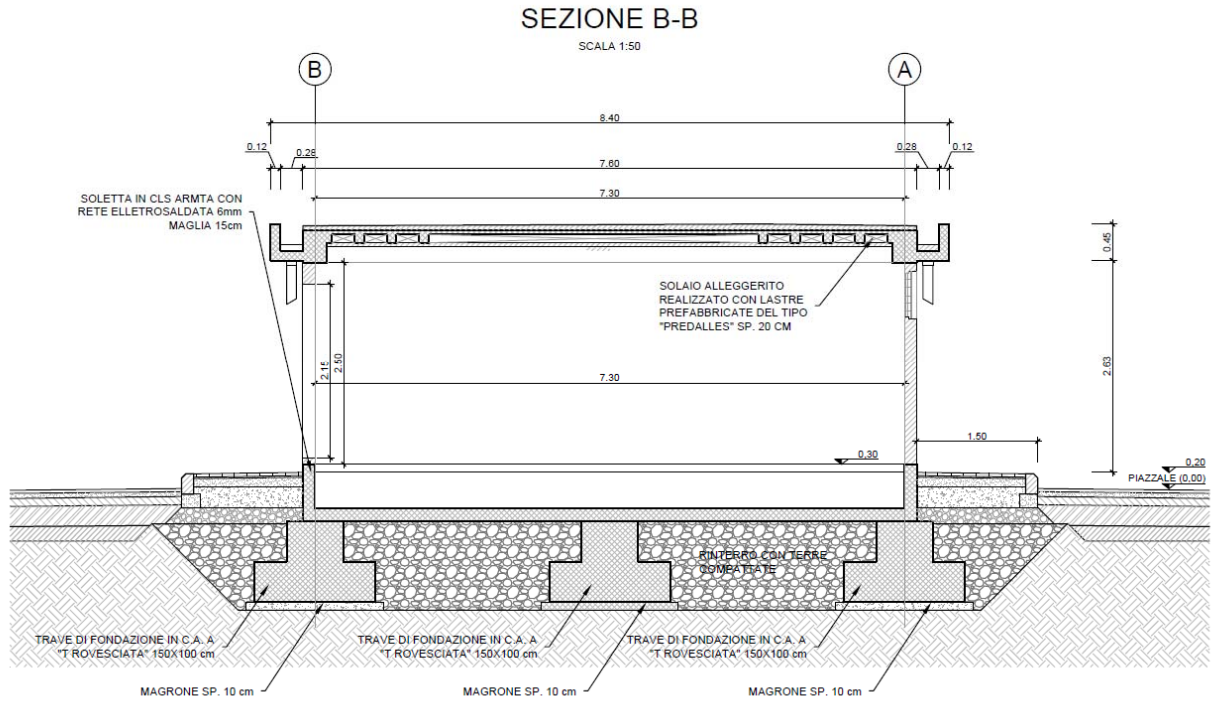
SCALA 1:50



SEZIONE A-A

SCALA 1:50







### **3   NORMATIVA TECNICA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO**

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la seguente:

- Nuove norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17-03-18 (NTC-2018);
- Circolare n. 7 / C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 . Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21/10/2003;
- Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1:Regole generali e regole per gli edifici;
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità;
- UNI EN 1998-5 – Fondazioni ed opere di sostegno.

#### **4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

##### **CALCESTRUZZO OPERE IN ELEVAZIONE (E PREDALLES): CLASSE C32/40**

Classe di resistenza C32/40 ( $R_{ck} \geq 40$  Mpa)

Classe di consistenza (slump) S4 – UNI EN 12350-2

Classe di esposizione XC4 – UNI EN 206-1

Dimensione massima nominale degli aggregati UNI EN 206 – 1: 22 mm

##### **CALCESTRUZZO OPERE DI FONDAZIONE: CLASSE C30/37**

Classe di resistenza C30/37 ( $R_{ck} \geq 37$  Mpa)

Classe di consistenza (slump) S4 – UNI EN 12350-2

Classe di esposizione XC2+XA1 – UNI EN 206-1

Dimensione massima nominale degli aggregati UNI EN 206 – 1: 32 mm

##### **CALCESTRUZZO MAGRONE: CLASSE C12/15**

Classe di resistenza C12/15 ( $R_{ck} \geq 15$  Mpa)

Classe di esposizione X0 – UNI EN 206-1

Dimensione massima nominale degli aggregati UNI EN 206 – 1: 30 mm

##### **COPRIFERRI**

Copriferro strutture di fondazione: 35 mm

Copriferro strutture in elevazione: 35 mm

##### **ARMATURA IN BARRE PER STRUTTURA INTELAIATA IN C.A.:**

L'acciaio utilizzato è ad aderenza migliorata tipo B 450 C ed è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura:

$$f_{y \text{ nom}} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t \text{ nom}} = 540 \text{ N/mm}^2$$

e deve rispettare i requisiti indicati di seguito:

Modulo di elasticità:  $E_s = 210000 \text{ Mpa} = 210 \text{ Gpa}$

Sovrapposizioni barre  $\geq 40$  diametri

**Resistenze di calcolo dell'acciaio per la verifica agli SLU ( $\gamma_S = 1,15$ ):**

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391,30 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 0,186\%$$

**Resistenze di calcolo dell'acciaio per la verifica agli SLE ( $\gamma_s = 1,00$ ):**

Resistenza di calcolo a rottura per trazione:

$$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1 = 450,00 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{yd} = f_{yd}/E_s = 0,218\%$$

$$\sigma_s = 0,80 \cdot f_{yk} = 0,8 \cdot 450 = 360,00 \text{ Mpa}$$

Le armature da porsi in opera devono essere non ossidate, non corrosive, senza difetti superficiali, senza sostanze superficiali che possano ridurre l'aderenza al conglomerato e di sezione resistente integra e priva di qualsiasi difetto di fusione.

**Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo:**

		Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
$f_{bk}$	(N/mm <sup>2</sup> )	4.36	4,36	4,36
$f_{bd}$	(N/mm <sup>2</sup> )	2.90	2,90	2,90

dove:

$$f_{bk} = 2.25 \cdot \eta \cdot f_{ctk} = \text{Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza}$$

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c} = \text{Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo}$$

$\eta = 1.0$  – per barre di diametro  $\Phi \leq 32 \text{ mm}$ ;

$\gamma_c = 1.5$  – Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo.

## 5 CARATTERIZZAZIONE TERRENO DI FONDAZIONE

Il fabbricato tecnologico si trova in una zona caratterizzata da una formazione marnosa arenacea avente i seguenti parametri geotecnici:

$\gamma_t$	$c'$	$\phi^\circ$
[kN/mc]	[kPa]	[°]
22÷23	50÷100	32÷40°

La costante di sottofondo  $K_s$  è stata assunta pari a 15000 kN/m<sup>3</sup>.

## 6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

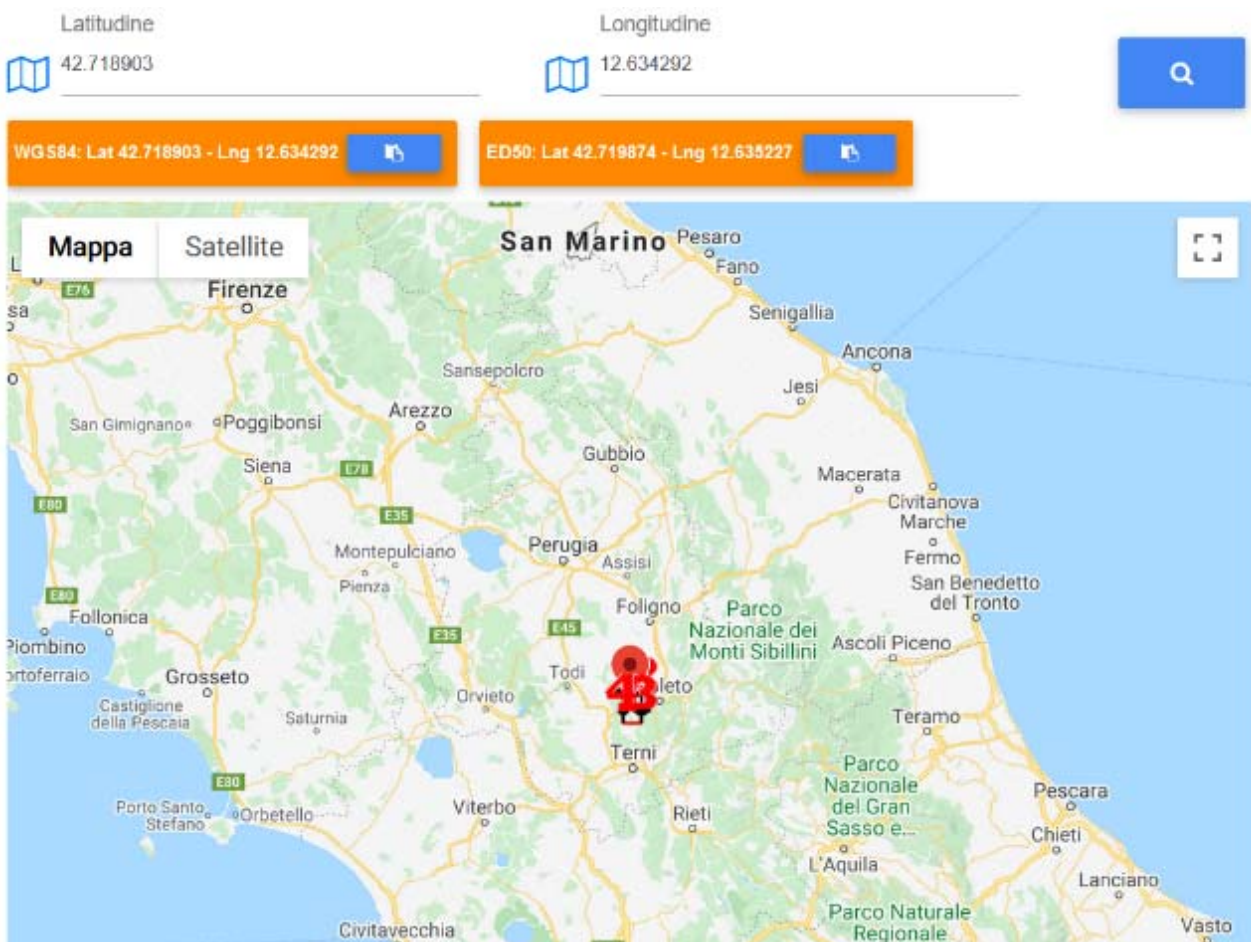
L'azione sismica è stata definita adottando i seguenti parametri.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 50 anni la classe d'uso è la IV.


Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica data la vita nominale e la classe d'uso vale quindi:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 100 \text{ anni.}$$

Secondo quanto riportato nella relazione geologica, sismica e geotecnica il terreno di fondazione rientra nella Categoria B e la zona è ascrivibile alla categoria T1 pertanto il coefficiente di amplificazione topografica è  $ST = 1,0$ .



### Stati limite

 Classe Edificio  
 IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...


 Vita Nominale: 50

 Interpolazione: Media ponderata

**CU = 2**


Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$	$T_c$ [s]
Operatività (SLO)	60	0.082	2.469	0.284
Danno (SLD)	101	0.102	2.451	0.294
Salvaguardia vita (SLV)	949	0.225	2.475	0.331
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.275	2.505	0.342
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	100			


### Coefficienti sismici

 Tipo: Muri di sostegno NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)  
 1 0.1

 Cat. Sottosuolo: B

 Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,18	1,12
CC Coeff. funz categoria	1,41	1,40	1,37	1,36
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]: 0.6



Latitudine: 42°43'8.05"N

Longitudine: 12°38'3.45"E

## **7 MODELLAZIONE STRUTTURALE**

### **7.1 Codice di calcolo**

L'analisi della struttura è stata condotta con un programma agli elementi finiti:

Titolo	SAP 2000
Versione	20.0
Distributore	CSI ITALIA

### **7.2 Note su paragrafo 10.2 del DM 17-01-18**

Le analisi e le verifiche della struttura sono state condotte con l'ausilio del codice di calcolo automatico SAP 2000 v20.0.0.

In particolare è stata condotta un'analisi statica nei confronti dei carichi permanenti ed accidentali di neve, vento e manutenzione ed un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico per quanto riguarda le azioni sismiche.

Il calcolo statico della struttura e la verifica delle strutture è stato eseguito secondo *i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni*.

Gli elementi costituenti la struttura sono stati modellati utilizzando degli elementi *frame* e sono stati definiti utilizzando l'ipotesi di materiale elastico lineare isotropo in un campo di piccoli spostamenti e deformazioni. I vincoli definiti alle estremità delle travi ed alla base dei pilastri si schematizzano con incastri.

Per la verifica delle strutture si è seguito il metodo agli stati limite facendo riferimento alle normative elencate; le verifiche sono state eseguite agli SLU (verifiche di resistenza) ed agli SLE (verifica di deformabilità verticale ed orizzontale).

Si sono analizzate le possibili condizioni di carico e si è proceduto al dimensionamento delle parti per le condizioni più gravose. A parità di sezione resistente è stato omesso il risultato della verifica di quegli elementi che risultano meno sollecitati.

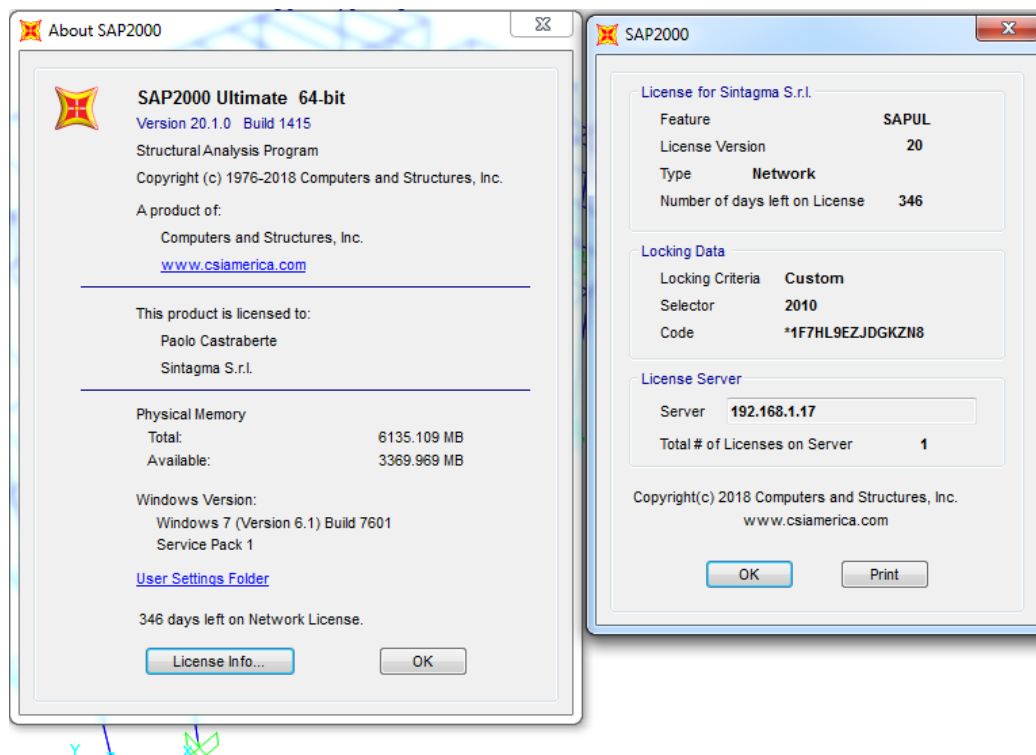
Il codice di calcolo SAP è fornito dalla C.S.I. Italia e correttamente licenziato nella versione 20.0.0.

### 7.3 Validazione del codice di calcolo adottato

Come detto, per la risoluzione del modello di calcolo si e' fatto uso del programma di calcolo

SAP2000 NL

Di seguito si riporta una schermata con tutte le informazioni del programma, del produttore e della licenza d'uso:



**Il produttore fornisce idonea documentazione utile al corretto uso del programma. sul sito del produttore e' inoltre possibile scaricare la necessaria documentazione utile alla validazione del programma.**



## 7.4 Caratteristiche generali costruzione

### COSTRUZIONE REGOLARE IN PIANTA

Per quanto riguarda gli edifici, una costruzione è regolare in pianta se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

a) la distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento;

verifica soddisfatta

b) il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4;

B= 7.6 m

L= 9.1 m

L/B = 1.20 < 4

verifica soddisfatta

c) ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione.

verifica soddisfatta

### COSTRUZIONE REGOLARE IN ALTEZZA

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione è regolare in altezza se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

d) tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio;

verifica soddisfatta

e) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o di pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base;

verifica soddisfatta

f) il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;

verifica soddisfatta

g) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

verifica soddisfatta

## 7.5 Tipo di analisi svolta

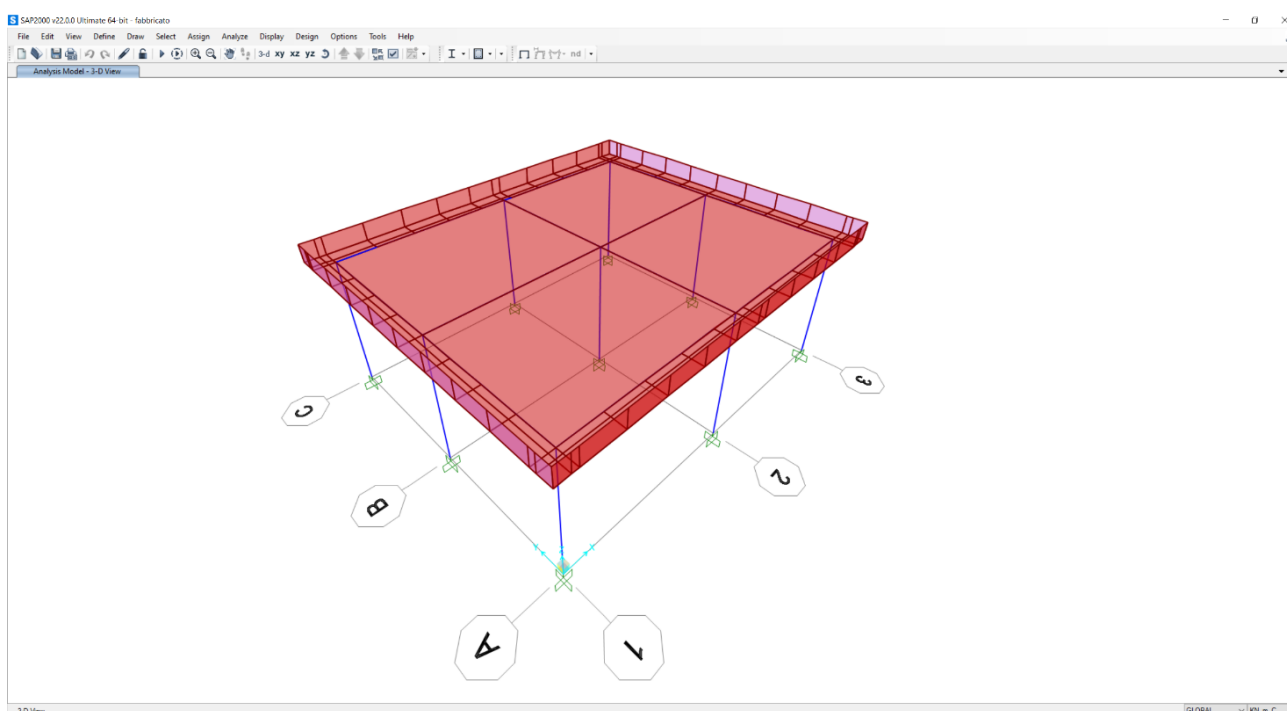
L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La struttura in elevazione viene discretizzata con un modello tridimensionale in elementi tipo frame per le travi e i pilastri. I pilastri sono vincolati alla base con degli incastrati mentre le travi sono incastrate ai pilastri con nodi rigidi.

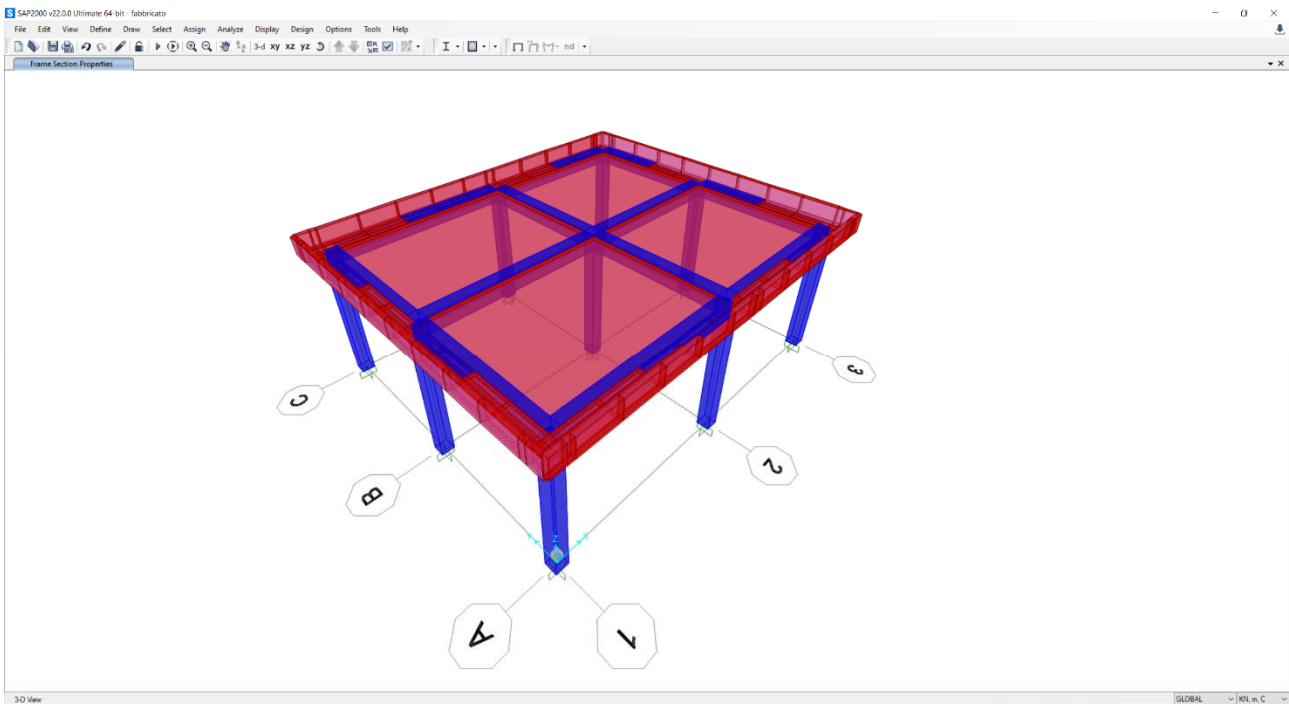
L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi dinamica lineare con spettro secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

La struttura è stata modellata come un telaio resistente definito mediante elementi frame connessi tra loro. La modellazione dei singoli elementi frame è stata fatta all'interasse dell'elemento trave e pilastro. Il solaio invece è stato modellato mediante elementi shell che trasmettono il carico alle travi di pertinenza.

Il modello di calcolo è mostrato in figura.





## 7.6 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego.

## 7.7 Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

## 7.8 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati

tensionali e deformativi determinati. si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

## 8 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

### 8.1 Peso proprio della struttura

Le sollecitazioni indotte dal peso della struttura sono valutate automaticamente dal programma.

### 8.2 Carichi permanenti non strutturali

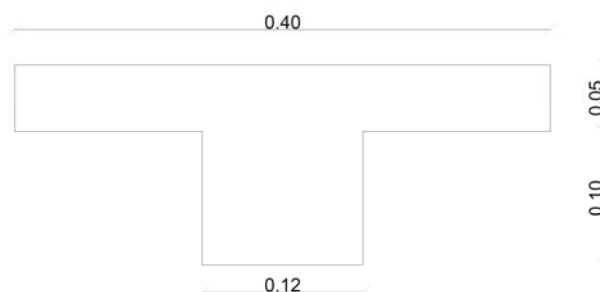
#### Solaio di copertura:

- Peso del solaio H(5+10+5):  $p=3.10 \text{ KN/m}^2$
- Peso guaina impermeabilizzazione:  $p=0.04 \text{ KN/m}^2$
- Peso del massetto in cls:  $p=1.6 \text{ KN/m}^2$
- Peso riempimento in cls su sbalzo:  $1.92 \text{ KN/m}^2$

Complessivamente il peso dei permanenti non strutturali vale  $p = 4.74 \text{ KN/m}^2$

Nella modellazione il solaio viene schematizzato con elementi tipo membrana a cui è assegnato uno spessore equivalente ottenuto dalla rigidezza del solaio effettivamente realizzato.

Caratteristiche travetto gettato in opera:



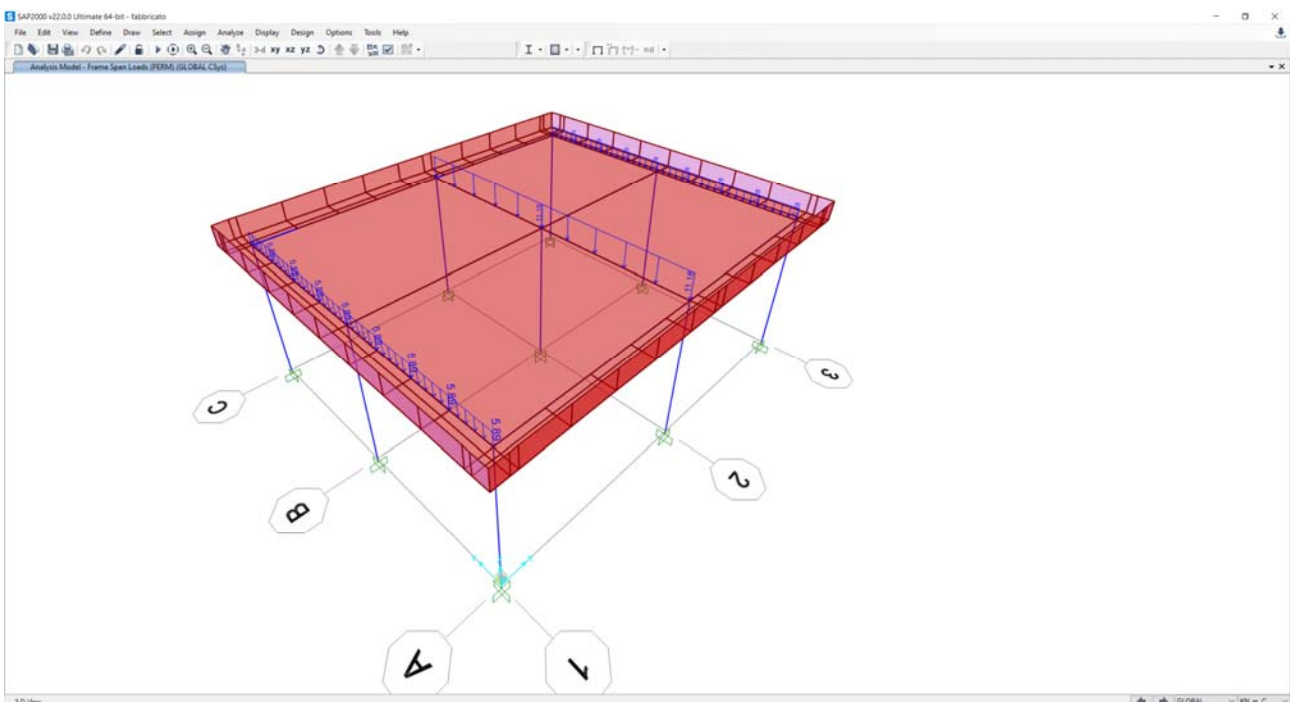
$$A=0.032 \text{ m}^2$$

$$J_x=0.000056 \text{ m}^4$$

Si considera una sezione rettangolare di larghezza  $B=1.0$  m e di spessore equivalente pari

$$a: H = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot J}{B}} = 0.088 \text{ m}$$

Considerando quindi che il peso del solaio di spessore 8.8 cm ( $0.088 \cdot 25 = 2.20$  KN/m<sup>2</sup>) è già considerato automaticamente dal modello il carico permanente esterno applicato sarà:  
 $4.74 - 2.20 = 2.54$  KN/m<sup>2</sup>

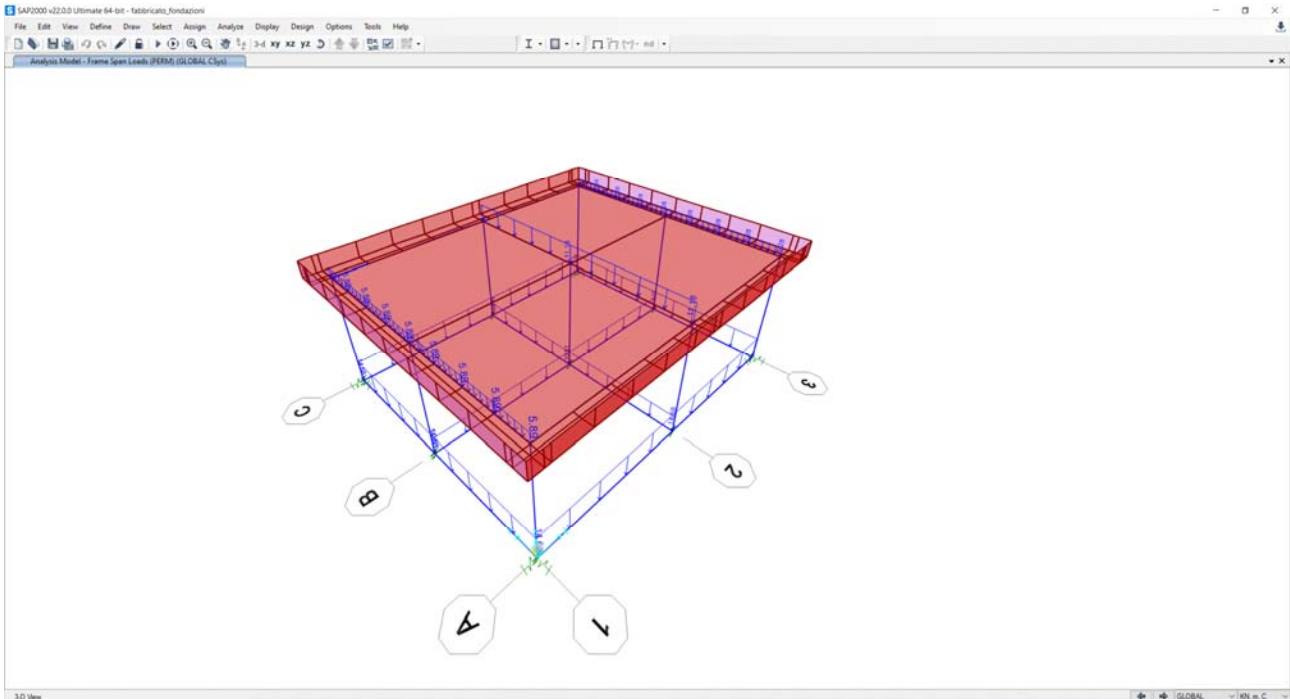


#### Travi rovesce di fondazione interne:

- peso del massetto: 1.68 kN/m
- peso della soletta: 2.63 kN/m
- Peso del riempimento in cls alleggerito: 6.3 kN/m

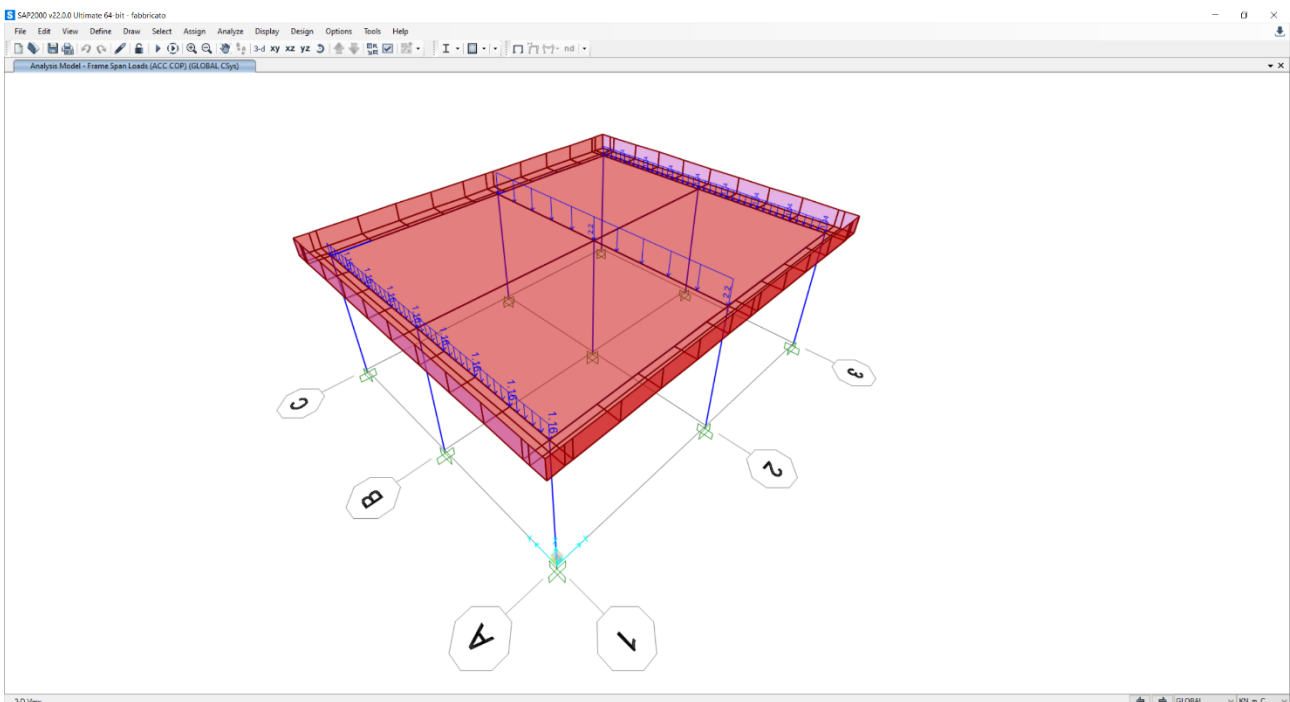
#### Travi rovesce di fondazione di bordo:

- peso del massetto: 0.84 kN/m
- peso della soletta: 3.94 kN/m
- Peso del riempimento in cls alleggerito: 3.15 kN/m
- Peso della tamponatura esterna: 6.75 kN/m



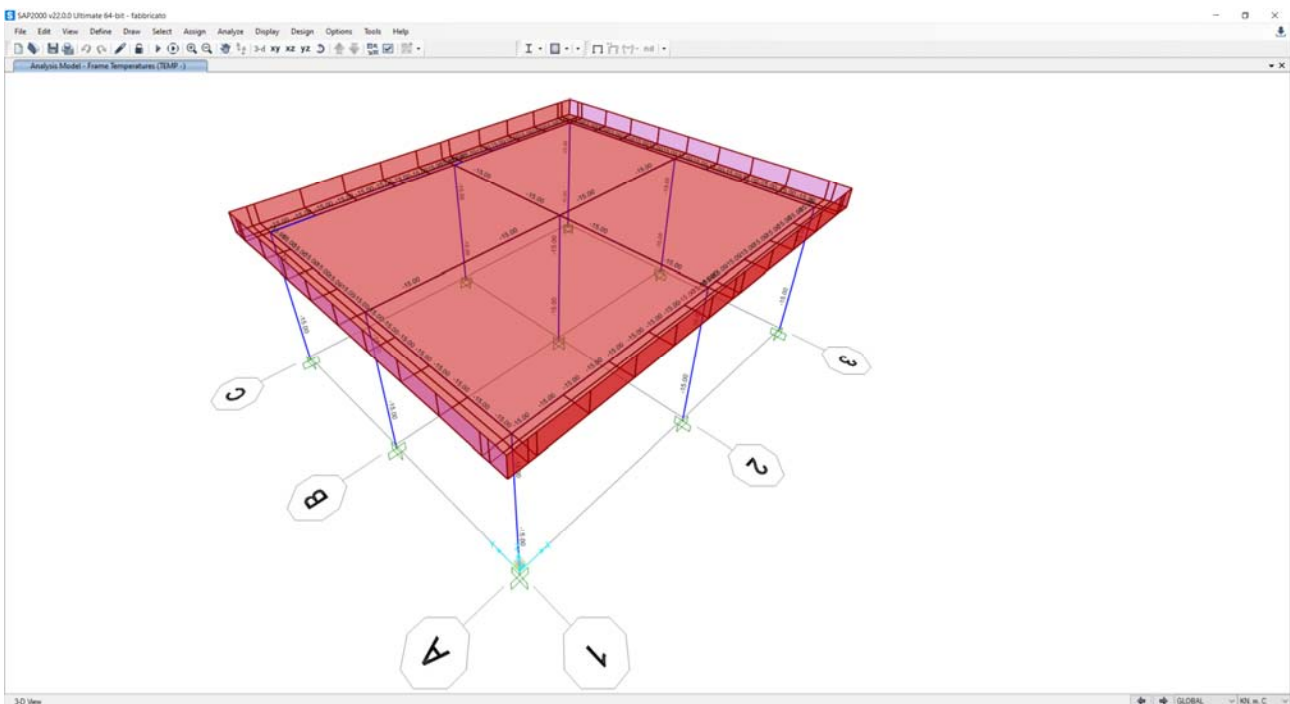
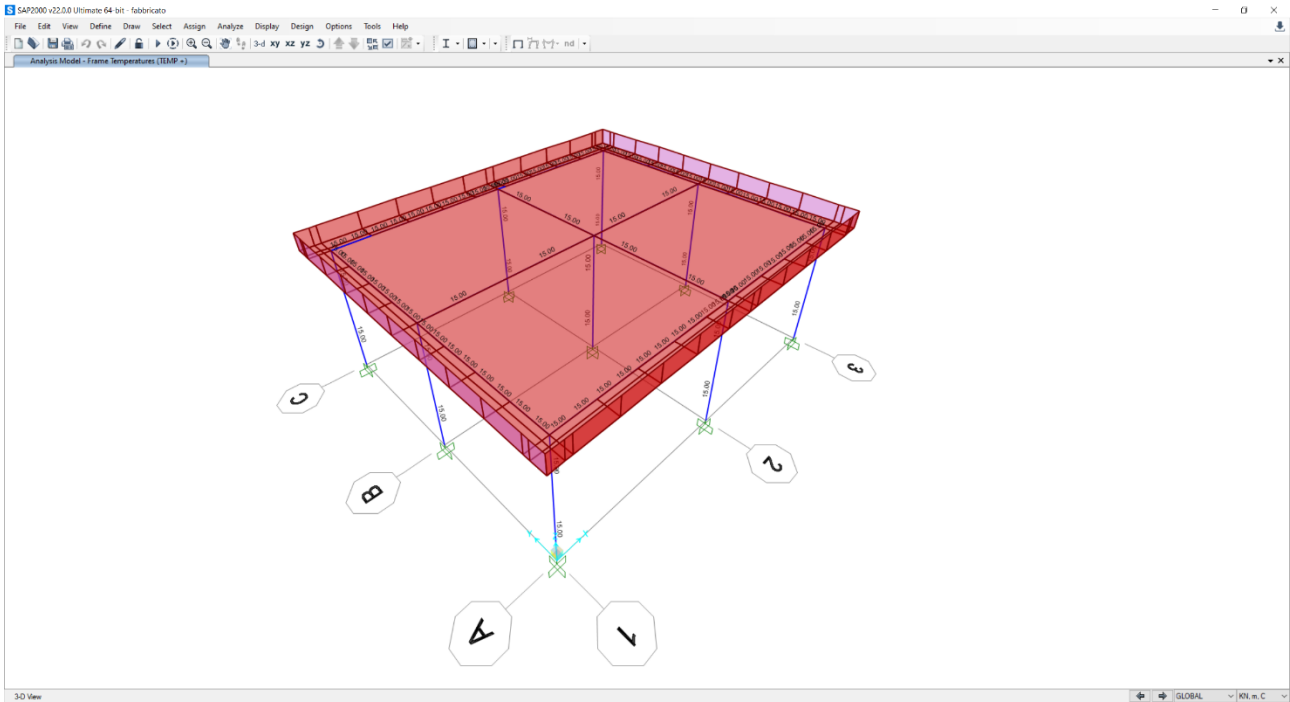
### 8.3 Carichi variabili

Il carico della manutenzione sulla copertura si pone pari a  $q=0.5 \text{ KN/m}^2$  (categoria H).



## 8.4 Azione termica

Si applica la variazione uniforme della temperatura di  $\pm 15^\circ$  alle membrature in cls.



## 8.5 Carico della neve sulla copertura

### CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

○	<b>Zona I - Alpina</b> Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ m $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona I - Mediterranea</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.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ m $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	<b>Zona II</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.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ m $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	<b>Zona III</b> Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Olgiastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ m $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200$ $a_s > 200 \text{ m}$

$q_s$ (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $q_{sk} \mu_i C_E C_t$
$q_{sk}$ (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
$\mu_i$ (coefficiente di forma)
$C_E$ (coefficiente di esposizione)
$C_t$ (coefficiente termico)

### Valore caratteristico della neve al suolo

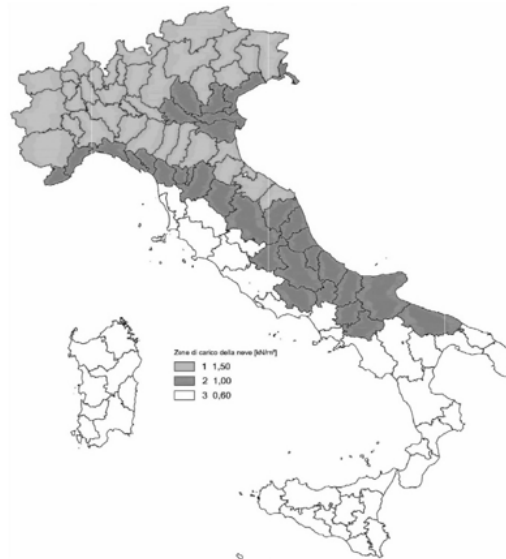
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	380
$q_{sk}$ (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1.38

### Coefficiente termico

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

### Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	$C_E$
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





**Valore del carico della neve al suolo**

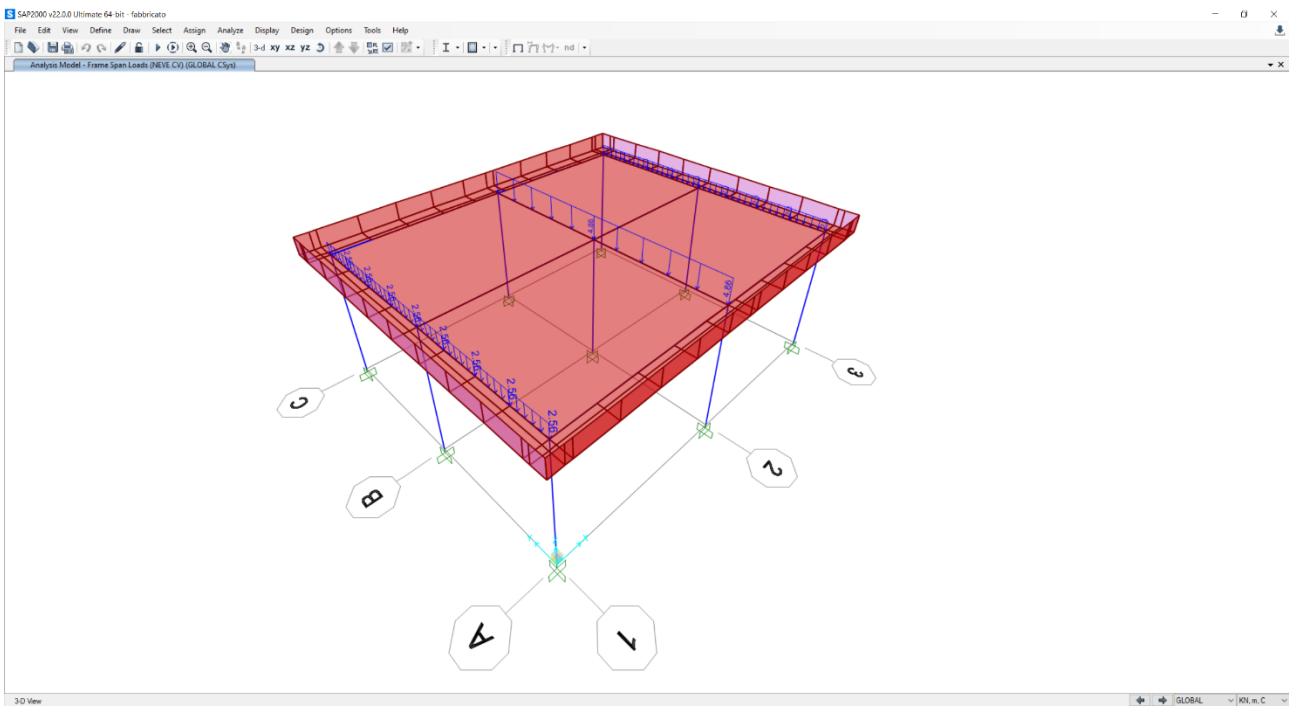
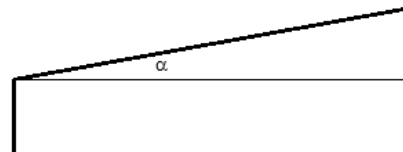
$q_s$ (carico della neve al suolo [kN/mq])	1.38
--	------

**Coefficiente di forma (copertura ad una falda)**

$\alpha$ (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

1.104 kN/mq  $\mu$

$\mu$	0.8
-------	-----



## 8.6 Azione del vento

Per le costruzioni usuali, le azioni del vento sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al § 3.3.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni relative al DM 20.02.2018.

La pressione del vento è quindi data dall'espressione 3.3.4 delle NTC 2018:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

I parametri  $c_e$  e  $c_d$  sono funzione della posizione geografica e dell'altitudine sul livello del mare della costruzione, oltre che della categoria di esposizione e della classe di rugosità del sito. La struttura ricade in zona 3, pertanto:

### CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
3	27	500	0.02

$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])	380
---	-----

$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

$v_b$ (velocità di riferimento [m/s])	27
---------------------------------------	----

$p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
$c_e$ (coefficiente di esposizione)
$c_p$ (coefficiente di forma)
$c_d$ (coefficiente dinamico)



#### Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_b$ [N/mq]	455.63
--------------	--------

#### Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

#### Coefficiente dinamico

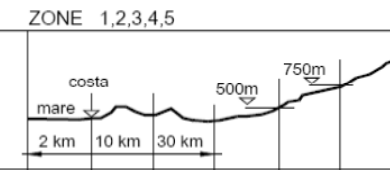
Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

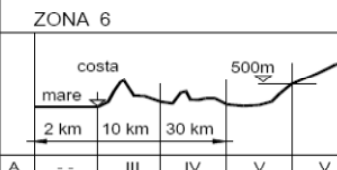
#### Coefficiente di esposizione

#### Classe di rugosità del terreno

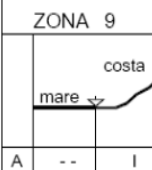
D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8		
		
A	--	IV
B	--	IV
C	--	III
D	I	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7		

ZONA 9	
	
A	-- I
B	-- I
C	-- I
D	I I

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

$c_e$	1.80
-------	------

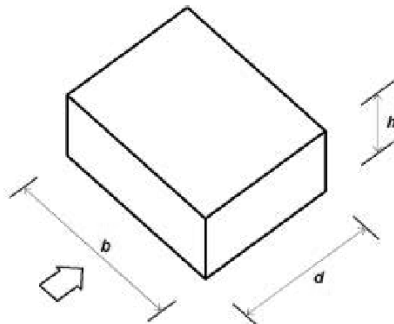
Z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	$a_s$ [m]
3.3	3	D	380

Cat. Esposiz.	$k_r$	$z_0$ [m]	$z_{\min}$ [m]	$c_t$
II	0.19	0.05	4	1

La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 820.37 N/mq (0.8203 kN/mq)

Il coefficiente dinamico  $c_d$  è assunto cautelativamente pari a 1.

Il coefficiente di forma  $c_p$  è stato valutato considerando il §C3.3.8.1 della Circolare Esplicativa delle NTC 2018, relativo agli “Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate e curvilinee”.



Pareti verticali (§C3.3.8.1.1):

L'edificio ha pianta rettangolare per cui si adottano i valori indicati in tabella C3.3.1

Faccia sopravvento	Facce laterali	Faccia sottovento
$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$ $h/d > 1$ : $c_{pe} = 0,8$	$h/d \leq 0,5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,8 \cdot h/d$ $h/d > 0,5$ : $c_{pe} = -0,9$	$h/d \leq 1$ : $c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$ $1 < h/d \leq 5$ : $c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

I rapporti  $h/d$  sono i seguenti:

In direzione X:  $h/d = 0.38$

In direzione Y:  $h/d = 0.45$

Per il vento in direzione X, si ottengono i seguenti coefficienti di forma:

$C_{pe,sopravento} = 0.74$

$C_{pe,sottovento} = -0.38$

$C_{pe,laterale} = -0.74$

Per il vento in direzione Y, si ottengono i seguenti coefficienti di forma:

$C_{pe,sopravento} = 0.75$

$C_{pe,sottovento} = -0.39$

$C_{pe,laterale} = -0.90$

Pressione interna (§C3.3.8.5):

Il fabbricato in esame può essere considerato stagno pertanto non si prende in considerazione la pressione interna del vento.

Di seguito si riportano i valori massimi di pressione applicati sulle diverse superfici:

- Pareti sopravento (vento X): 0.60 kN/m<sup>2</sup>
- Pareti sopravento (vento Y): 0.61 kN/m<sup>2</sup>
- Pareti sottovento (vento X): 0.31 kN/m<sup>2</sup>
- Pareti sottovento (vento Y): 0.32 kN/m<sup>2</sup>
- Pareti laterali (vento X): 0.74 kN/m<sup>2</sup>
- Pareti laterali (vento Y): 0.74 kN/m<sup>2</sup>

Oltre alla pressione normale va tenuta in conto anche un'azione tangenziale per unità di superficie parallela alla direzione del vento. Tale azione può essere valutata come:

$$p_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f$$

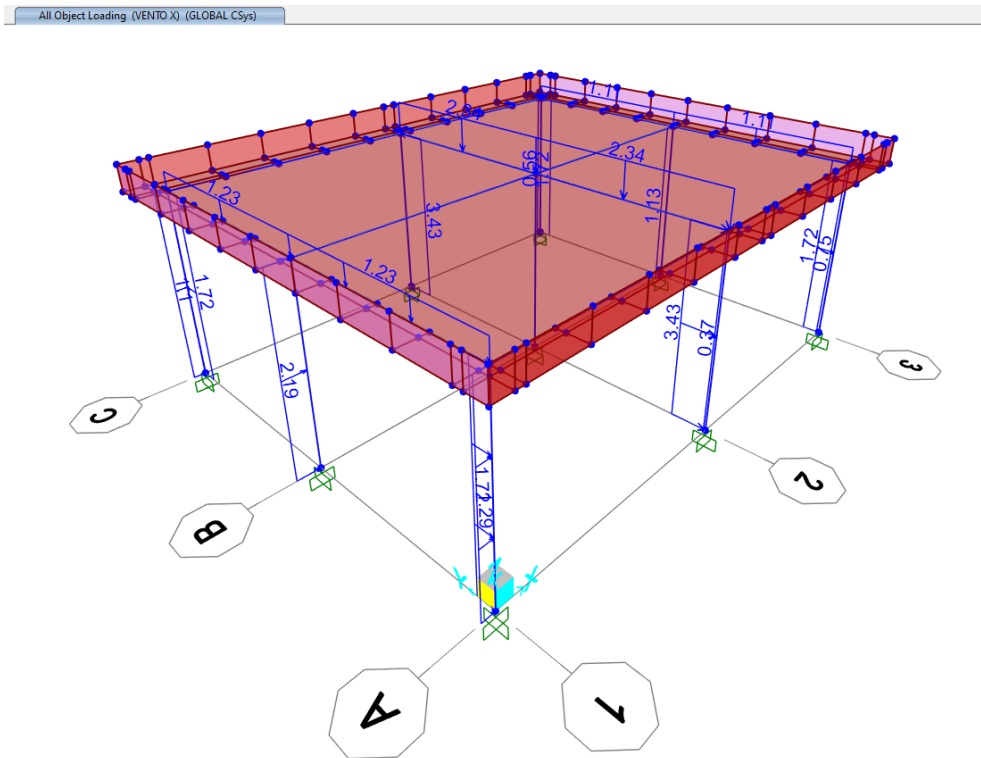
dove:

- $q_b$  e  $c_e$  sono quelli già definiti per il calcolo della pressione normale da vento;

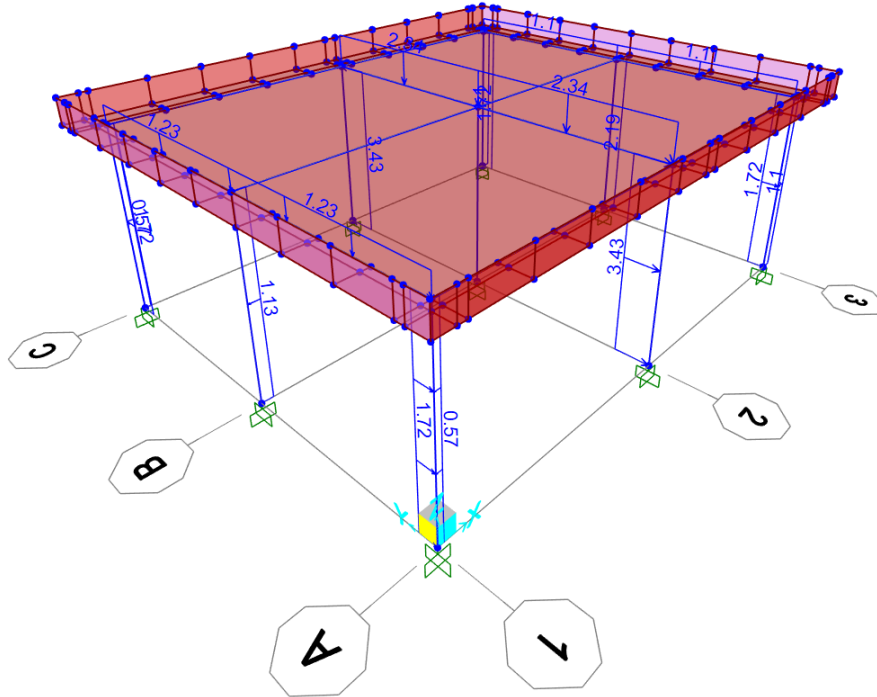
- $cf$  è il coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente e che per una generica superficie scabra può essere assunto pari a 0.02.

In definitiva

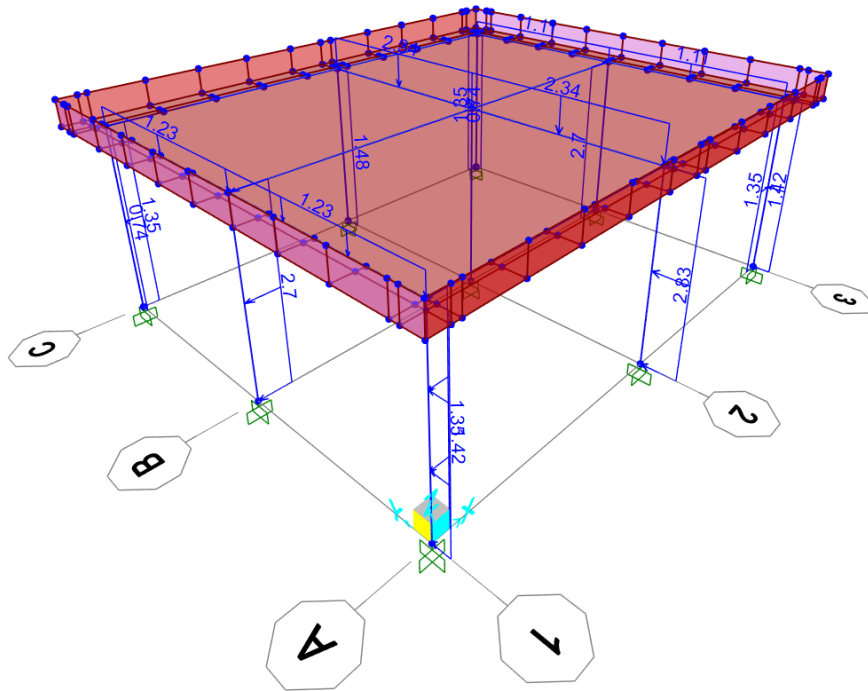
$$pf, \max = 0.01 \text{ Kn/m}$$



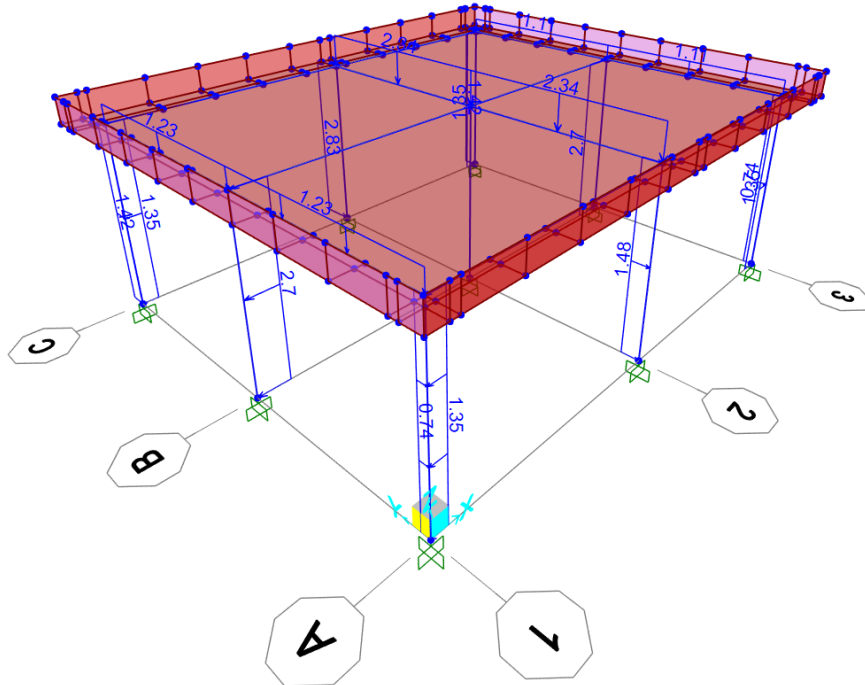
All Object Loading (VENTO X-) (GLOBAL CSys)



All Object Loading (VENTO Y) (GLOBAL CSys)



All Object Loading (VENTO Y-) (GLOBAL CSys)



## 8.7 Azione sismica

Come riportato al capitolo 7.3.1 ed al capitolo 7.4.3. del DM 2018, poichè la struttura è regolare in pianta ed in altezza ed è costituita da un telaio piano in c.a. viene progettata in classe di duttilità media CD "B" pertanto si considerano i seguenti parametri per l'azione sismica:

$$\frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 1.1$$

$$K_R = 1$$

$$q_0 = 3 \cdot \frac{\alpha_u}{\alpha_1} = 3.3$$

$$q = K_R \cdot q_0 = 3.3$$

Di seguito si riportano gli spettri di progetto utilizzati per l'analisi dinamica della struttura.

S Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition

×

**Function Name**

**Function Damping Ratio**

---

**Parameters**

ag, F0 and Tc\* - by Latitude/Longitude  
 ag, F0 and Tc\* - by Island  
 ag, F0 and Tc\* User Specified

Site Longitude (degree)

Site Latitude (degree)

Island Name

Limit State

Usage Class

Nominal Life

Peak Ground Acc., ag/g

Magnification Factor, F0

Reference period, Tc\*

Spectrum Type

Soil Type

Topography

h/H ratio

Spectrum Period, Tb

Spectrum Period, Tc

Spectrum Period, Td

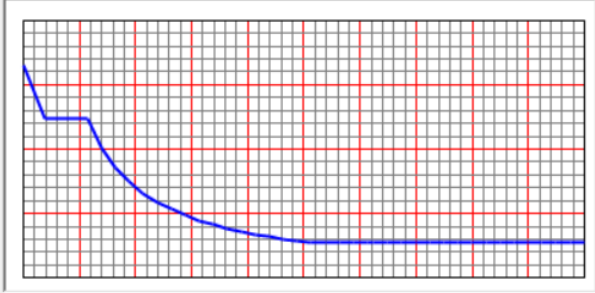
Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q

**Define Function**

Period	Acceleration
0.	0.2642
0.1514	0.1982
0.4542	0.1982
0.5542	0.1624
0.6542	0.1376
0.7542	0.1193
0.8542	0.1054
0.9542	0.0943

**Function Graph**





**S** Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition ✕

**Function Name**  **Function Damping Ratio**

**Parameters**

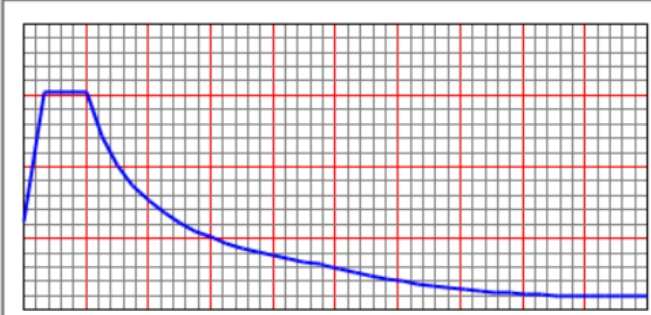
ag, F0 and Tc\* - by Latitude/Longitude  
 ag, F0 and Tc\* - by Island  
 ag, F0 and Tc\* User Specified

Site Longitude (degree)   
 Site Latitude (degree)   
 Island Name   
 Limit State   
 Usage Class   
 Nominal Life   
 Peak Ground Acc., ag/g   
 Magnification Factor, F0   
 Reference period, Tc\*   
 Spectrum Type   
 Soil Type   
 Topography   
 h/H ratio   
 Spectrum Period, Tb   
 Spectrum Period, Tc   
 Spectrum Period, Td   
 Damping Percentage, Xi   
 Behavior Factor, q

**Define Function**

Period	Acceleration
0.	0.0985
0.134	0.2433
0.4021	0.2433
0.5021	0.1949
0.6021	0.1625
0.7021	0.1394
0.8021	0.122
0.9021	0.1085

**Function Graph**



**Relazione tecnica e di calcolo**

Di seguito si riportano i casi di carico sismici comprensivi degli effetti dovuti all'eccentricità del 5 % utilizzati nel modello di calcolo per l'analisi dinamica della struttura.

**S** Load Case Data - Response Spectrum ×

**Load Case Name**

 Set Def Name

**Notes**

**Load Case Type**

Response Spectrum
Design...

**Modal Combination**

CQC

SRSS

Absolute

GMC

NRC 10 Percent

Double Sum

GMC f1

GMC f2

Periodic + Rigid Type SRSS

**Modal Load Case**

Use Modes from this Modal Load Case MODAL

Standard - Acceleration Loading

Advanced - Displacement Inertia Loading

**Loads Applied**

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Accel	U1	SLV	9.81
Accel	U1	SLV	9.81

Show Advanced Load Parameters

**Other Parameters**

Modal Damping Constant at 0.05 Modify/Show...

**Directional Combination**

SRSS

CQC3

Absolute

Scale Factor

**Mass Source**

**Diaphragm Eccentricity**

Eccentricity Ratio

Override Eccentricities



Direzione Progettazione e  
Realizzazione Lavori

STRADA DELLE TRE VALLI UMBRE  
Tratto Eggi-Acquasparta – 1° Stralcio Baiano-Firenzuola

## PROGETTO ESECUTIVO

### Relazione tecnica e di calcolo

S Load Case Data - Response Spectrum



<b>Load Case Name</b> SISMA Y <input type="button" value="Set Def Name"/>	<b>Notes</b> <input type="button" value="Modify/Show..."/>	<b>Load Case Type</b> Response Spectrum <input type="button" value="Design..."/>												
<b>Modal Combination</b> <input checked="" type="radio"/> CQC <input type="radio"/> SRSS <input type="radio"/> Absolute <input type="radio"/> GMC <input type="radio"/> NRC 10 Percent <input type="radio"/> Double Sum GMC f1: 1. GMC f2: 0. Periodic + Rigid Type: SRSS		<b>Directional Combination</b> <input checked="" type="radio"/> SRSS <input type="radio"/> CQC3 <input type="radio"/> Absolute Scale Factor: <input type="text"/>												
<b>Modal Load Case</b> Use Modes from this Modal Load Case: MODAL <input checked="" type="radio"/> Standard - Acceleration Loading <input type="radio"/> Advanced - Displacement Inertia Loading		<b>Mass Source</b> Previous (MSSSRC1)												
<b>Loads Applied</b> <table border="1"><thead><tr><th>Load Type</th><th>Load Name</th><th>Function</th><th>Scale Factor</th></tr></thead><tbody><tr><td>Accel</td><td>U2</td><td>SLV</td><td>9.81</td></tr><tr><td>Accel</td><td>U2</td><td>SLV</td><td>9.81</td></tr></tbody></table> <input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/> <input type="checkbox"/> Show Advanced Load Parameters	Load Type	Load Name	Function	Scale Factor	Accel	U2	SLV	9.81	Accel	U2	SLV	9.81		<b>Diaphragm Eccentricity</b> Eccentricity Ratio: 0.05 <input type="button" value="Override..."/>
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor											
Accel	U2	SLV	9.81											
Accel	U2	SLV	9.81											
<b>Other Parameters</b> Modal Damping: Constant at 0.05 <input type="button" value="Modify/Show..."/>		<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>												

## 9 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si riportano per comodità le combinazioni delle azioni riportate nella normativa ponti alla quale è possibile fare riferimento per la simbologia adottata:

– Combinazione fondamentale. generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

– Combinazione caratteristica (rara). generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

– Combinazione frequente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili; utilizzata nella verifica a Fessurazione:

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

– Combinazione quasi permanente. generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine;

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

– Combinazione sismica. impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \text{ oppure } E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica

Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica (da DM 14/01/2008)

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	1,00

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
AZIONI SINGOLE DA TRAFFICO	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0.80	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(1)</sup>	0.0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0.80	0.80	0.0
GRUPPI DI CARICO	$gr_1$	0.80 <sup>(2)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(1)</sup>	0.0
	$gr_2$	1.00 <sup>(2)</sup>	-	-
	$gr_3$	0.80 <sup>(2)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(1)</sup>	0.0
	$gr_4$	0.80 <sup>(2)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(1)</sup>	0.0
	$gr_5$	0.80 <sup>(2)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(1)</sup>	0.0
AZIONI DEL VENTO	$F_{wk}$	0,60	0,50	0,0
AZIONI TERMICHE	$T_k$	0,60	0,60	0,50

Tabella 1.7.4.3.2 - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.

**TABLE: Combination Definitions**

ComboName	ComboType	CaseType	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Text	Text	Unitless
SLU_1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_1		Linear Static	PERM	1.3
SLU_1		Linear Static	NEVE CV	1.5
SLU_1		Linear Static	VENTO X	0.9
SLU_1		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_2		Linear Static	PERM	1.3
SLU_2		Linear Static	NEVE CV	1.5
SLU_2		Linear Static	VENTO X-	0.9
SLU_2		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_3	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_3		Linear Static	PERM	1.3
SLU_3		Linear Static	NEVE CV	1.5
SLU_3		Linear Static	VENTO Y	0.9
SLU_3		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_6	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_6		Linear Static	PERM	1.3
SLU_6		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_6		Linear Static	VENTO X	1.5
SLU_6		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_7	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_7		Linear Static	PERM	1.3
SLU_7		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_7		Linear Static	VENTO X-	1.5
SLU_7		Linear Static	TEMP -	0.9

**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_5	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_5		Linear Static	PERM	1.3
SLU_5		Linear Static	NEVE SV	1.5
SLU_5		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_8	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_8		Linear Static	PERM	1.3
SLU_8		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_8		Linear Static	VENTO Y	1.5
SLU_8		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_10	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_10		Linear Static	PERM	1.3
SLU_10		Linear Static	VENTO X	1.5
SLU_10		Linear Static	TEMP +	0.9
SLU_11	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_11		Linear Static	PERM	1.3
SLU_11		Linear Static	VENTO X-	1.5
SLU_11		Linear Static	TEMP +	0.9
SLU_12	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_12		Linear Static	PERM	1.3
SLU_12		Linear Static	VENTO Y	1.5
SLU_12		Linear Static	TEMP +	0.9
SLU_14	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_14		Linear Static	PERM	1.3
SLU_14		Linear Static	VENTO X	0.9
SLU_14		Linear Static	TEMP +	1.5
SLU_15	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_15		Linear Static	PERM	1.3
SLU_15		Linear Static	VENTO X-	0.9
SLU_15		Linear Static	TEMP +	1.5

**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_16	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_16		Linear Static	PERM	1.3
SLU_16		Linear Static	VENTO Y	0.9
SLU_16		Linear Static	TEMP +	1.5
SLU_18	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_18		Linear Static	PERM	1.3
SLU_18		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_18		Linear Static	VENTO X	0.9
SLU_18		Linear Static	TEMP -	1.5
SLU_19	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_19		Linear Static	PERM	1.3
SLU_19		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_19		Linear Static	VENTO X-	0.9
SLU_19		Linear Static	TEMP -	1.5
SLU_20	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_20		Linear Static	PERM	1.3
SLU_20		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_20		Linear Static	VENTO Y	0.9
SLU_20		Linear Static	TEMP -	1.5
SLU_22	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_22		Linear Static	PERM	1.3
SLU_22		Linear Static	NEVE SV	0.75
SLU_22		Linear Static	TEMP -	1.5
SLU_23	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_23		Linear Static	PERM	1
SLU_23		Linear Static	NEVE CV	1.3
SLU_23		Linear Static	VENTO X	0.78
SLU_23		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_24	Linear Add	Linear Static	DEAD	1



**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_24		Linear Static	PERM	1
SLU_24		Linear Static	NEVE CV	1.3
SLU_24		Linear Static	VENTO X-	0.78
SLU_24		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_25	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_25		Linear Static	PERM	1
SLU_25		Linear Static	NEVE CV	1.3
SLU_25		Linear Static	VENTO Y	0.78
SLU_25		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_27	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_27		Linear Static	PERM	1
SLU_27		Linear Static	NEVE SV	1.3
SLU_27		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_28	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_28		Linear Static	PERM	1
SLU_28		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_28		Linear Static	VENTO X	1.3
SLU_28		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_29	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_29		Linear Static	PERM	1
SLU_29		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_29		Linear Static	VENTO X-	1.3
SLU_29		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_30	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_30		Linear Static	PERM	1
SLU_30		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_30		Linear Static	VENTO Y	1.3
SLU_30		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_32	Linear Add	Linear Static	DEAD	1

**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_32		Linear Static	PERM	1
SLU_32		Linear Static	VENTO X	1.3
SLU_32		Linear Static	TEMP +	0.78
SLU_33	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_33		Linear Static	PERM	1
SLU_33		Linear Static	VENTO X-	1.3
SLU_33		Linear Static	TEMP +	0.78
SLU_34	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_34		Linear Static	PERM	1
SLU_34		Linear Static	VENTO Y	1.3
SLU_34		Linear Static	TEMP +	0.78
SLU_36	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_36		Linear Static	PERM	1
SLU_36		Linear Static	TEMP +	1.3
SLU_36		Linear Static	VENTO X	0.78
SLU_37	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_37		Linear Static	PERM	1
SLU_37		Linear Static	VENTO X-	0.78
SLU_37		Linear Static	TEMP +	1.3
SLU_38	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_38		Linear Static	PERM	1
SLU_38		Linear Static	VENTO Y	0.78
SLU_38		Linear Static	TEMP +	1.3
SLU_40	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_40		Linear Static	PERM	1
SLU_40		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_40		Linear Static	VENTO X	0.78
SLU_40		Linear Static	TEMP -	1.3
SLU_41	Linear Add	Linear Static	DEAD	1

**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_41		Linear Static	PERM	1
SLU_41		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_41		Linear Static	VENTO X-	0.78
SLU_41		Linear Static	TEMP -	1.3
SLU_42	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_42		Linear Static	PERM	1
SLU_42		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_42		Linear Static	VENTO Y	0.78
SLU_42		Linear Static	TEMP -	1.3
SLU_44	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_44		Linear Static	PERM	1
SLU_44		Linear Static	NEVE SV	0.65
SLU_44		Linear Static	TEMP -	1.3
Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA X	1
Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA Y	0.3
Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA X	0.3
Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA Y	1
Sismica_SLE_+1.0_X_+0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLE_+1.0_X_+0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_+1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	1
Sismica_SLE_+1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	0.3
Sismica_SLE_+0.3_X_+1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLE_+0.3_X_+1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_+0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	0.3
Sismica_SLE_+0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	1

**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_43	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_43		Linear Static	PERM	1
SLU_43		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_43		Linear Static	VENTO Y-	0.78
SLU_43		Linear Static	TEMP -	1.3
SLU_39	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_39		Linear Static	PERM	1
SLU_39		Linear Static	VENTO Y-	0.78
SLU_39		Linear Static	TEMP +	1.3
SLU_35	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_35		Linear Static	PERM	1
SLU_35		Linear Static	VENTO Y-	1.3
SLU_35		Linear Static	TEMP +	0.78
SLU_31	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_31		Linear Static	PERM	1
SLU_31		Linear Static	VENTO Y-	1.3
SLU_31		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_31		Linear Static	NEVE CV	0.65
SLU_26	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_26		Linear Static	PERM	1
SLU_26		Linear Static	NEVE CV	1.3
SLU_26		Linear Static	VENTO Y-	0.78
SLU_26		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_21	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_21		Linear Static	PERM	1.3
SLU_21		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_21		Linear Static	VENTO Y-	0.9
SLU_21		Linear Static	TEMP -	1.5
SLU_17	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3

**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_17		Linear Static	PERM	1.3
SLU_17		Linear Static	VENTO Y-	0.9
SLU_17		Linear Static	TEMP +	1.5
SLU_13	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_13		Linear Static	PERM	1.3
SLU_13		Linear Static	VENTO Y-	1.5
SLU_13		Linear Static	TEMP +	0.9
SLU_9	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_9		Linear Static	PERM	1.3
SLU_9		Linear Static	NEVE CV	0.75
SLU_9		Linear Static	VENTO Y-	1.5
SLU_9		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_4	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_4		Linear Static	PERM	1.3
SLU_4		Linear Static	NEVE CV	1.5
SLU_4		Linear Static	VENTO Y-	0.9
SLU_4		Linear Static	TEMP -	0.9
Sismica_SLU_+1.0_X_-0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_+1.0_X_-0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_+1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA X	1
Sismica_SLU_+1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA Y	-0.3
Sismica_SLU_+0.3_X_-1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_+0.3_X_-1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_+0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA X	0.3
Sismica_SLU_+0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA Y	-1
Sismica_SLU_-1.0_X_-0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_-1.0_X_-0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_-1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA X	-1
Sismica_SLU_-1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA Y	-0.3

**Relazione tecnica e di calcolo**

Sismica_SLU_-0.3_X_-1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_-0.3_X_-1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_-0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA X	-0.3
Sismica_SLU_-0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA Y	-1
Sismica_SLU_-1.0_X_+0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_-1.0_X_+0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_-1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA X	-1
Sismica_SLU_-1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA Y	0.3
Sismica_SLU_-0.3_X_+1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLU_-0.3_X_+1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLU_-0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA X	-0.3
Sismica_SLU_-0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA Y	1
Sismica_SLE_-1.0_X_+0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLE_-1.0_X_+0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_-1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	-1
Sismica_SLE_-1.0_X_+0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	0.3
Sismica_SLE_-0.3_X_+1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLE_-0.3_X_+1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_-0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	-0.3
Sismica_SLE_-0.3_X_+1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	1
Sismica_SLE_+1.0_X_-0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLE_+1.0_X_-0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_+1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	1
Sismica_SLE_+1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	-0.3
Sismica_SLE_+0.3_X_-1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLE_+0.3_X_-1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_+0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	0.3
Sismica_SLE_+0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	-1
Sismica_SLE_-1.0_X_-0.3Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1

**Relazione tecnica e di calcolo**

Sismica_SLE_-1.0_X_-0.3Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_-1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	-1
Sismica_SLE_-1.0_X_-0.3Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	-0.3
Sismica_SLE_-0.3_X_-1.0Y	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
Sismica_SLE_-0.3_X_-1.0Y		Linear Static	PERM	1
Sismica_SLE_-0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE X	-0.3
Sismica_SLE_-0.3_X_-1.0Y		Response Spectrum	SISMA_SLE Y	-1
SLU_1a	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_1a		Linear Static	PERM	1.3
SLU_1a		Linear Static	ACC COP	1.5
SLU_1a		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_1a		Linear Static	VENTO X	0.9
SLU_2a	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_2a		Linear Static	PERM	1.3
SLU_2a		Linear Static	ACC COP	1.5
SLU_2a		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_2a		Linear Static	VENTO X-	0.9
SLU_3a	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_3a		Linear Static	PERM	1.3
SLU_3a		Linear Static	ACC COP	1.5
SLU_3a		Linear Static	TEMP -	0.9
SLU_3a		Linear Static	VENTO Y	0.9
SLU_4a	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_4a		Linear Static	PERM	1.3
SLU_4a		Linear Static	ACC COP	1.5
SLU_4a		Linear Static	TEMP +	0.9
SLU_4a		Linear Static	VENTO X	0.9
SLU_5a	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_5a		Linear Static	PERM	1.3

**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_5a		Linear Static	ACC COP	1.5
SLU_5a		Linear Static	TEMP +	0.9
SLU_5a		Linear Static	VENTO X-	0.9
SLU_6a	Linear Add	Linear Static	DEAD	1.3
SLU_6a		Linear Static	PERM	1.3
SLU_6a		Linear Static	ACC COP	1.5
SLU_6a		Linear Static	TEMP +	0.9
SLU_6a		Linear Static	VENTO Y	0.9
SLU_45	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_45		Linear Static	PERM	1
SLU_45		Linear Static	ACC COP	1.3
SLU_45		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_45		Linear Static	VENTO X	0.78
SLU_46	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_46		Linear Static	PERM	1
SLU_46		Linear Static	ACC COP	1.3
SLU_46		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_46		Linear Static	VENTO X-	0.78
SLU_47	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_47		Linear Static	PERM	1
SLU_47		Linear Static	ACC COP	1.3
SLU_47		Linear Static	TEMP -	0.78
SLU_47		Linear Static	VENTO Y	0.78
SLU_48	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_48		Linear Static	PERM	1
SLU_48		Linear Static	ACC COP	1.3
SLU_48		Linear Static	TEMP +	0.78
SLU_48		Linear Static	VENTO X	0.78
SLU_49	Linear Add	Linear Static	DEAD	1



**Relazione tecnica e di calcolo**

SLU_49		Linear Static	PERM	1
SLU_49		Linear Static	ACC COP	1.3
SLU_49		Linear Static	TEMP +	0.78
SLU_49		Linear Static	VENTO X-	0.78
SLU_50	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLU_50		Linear Static	PERM	1
SLU_50		Linear Static	ACC COP	1.3
SLU_50		Linear Static	TEMP +	0.78
SLU_50		Linear Static	VENTO Y	0.78
CARATTERISTICA 1	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
CARATTERISTICA 1		Linear Static	PERM	1
CARATTERISTICA 1		Linear Static	VENTO X	1
CARATTERISTICA 1		Linear Static	NEVE CV	0.5
CARATTERISTICA 1		Linear Static	TEMP +	0.5
CARATTERISTICA 2	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
CARATTERISTICA 2		Linear Static	PERM	1
CARATTERISTICA 2		Linear Static	VENTO X	1
CARATTERISTICA 2		Linear Static	NEVE CV	0.5
CARATTERISTICA 2		Linear Static	TEMP -	0.5
CARATTERISTICA 3	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
CARATTERISTICA 3		Linear Static	PERM	1
CARATTERISTICA 3		Linear Static	VENTO X	0.6
CARATTERISTICA 3		Linear Static	ACC COP	1
CARATTERISTICA 3		Linear Static	TEMP -	0.5
CARATTERISTICA 4	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
CARATTERISTICA 4		Linear Static	PERM	1
CARATTERISTICA 4		Linear Static	VENTO X	0.6
CARATTERISTICA 4		Linear Static	ACC COP	1
CARATTERISTICA 4		Linear Static	TEMP +	0.5

**Relazione tecnica e di calcolo**

CARATTERISTICA 5	Linear Add	Linear Static	DEAD	0
CARATTERISTICA 5		Linear Static	PERM	0
CARATTERISTICA 5		Linear Static	VENTO X	1
CARATTERISTICA 5		Linear Static	NEVE CV	0.5
CARATTERISTICA 5		Linear Static	TEMP +	0.5
CARATTERISTICA 6	Linear Add	Linear Static	DEAD	0
CARATTERISTICA 6		Linear Static	PERM	0
CARATTERISTICA 6		Linear Static	VENTO X	1
CARATTERISTICA 6		Linear Static	NEVE CV	0.5
CARATTERISTICA 6		Linear Static	TEMP -	0.5
CARATTERISTICA 7	Linear Add	Linear Static	DEAD	0
CARATTERISTICA 7		Linear Static	PERM	0
CARATTERISTICA 7		Linear Static	VENTO X	0.6
CARATTERISTICA 7		Linear Static	ACC COP	1
CARATTERISTICA 7		Linear Static	TEMP -	0.5
CARATTERISTICA 8	Linear Add	Linear Static	DEAD	0
CARATTERISTICA 8		Linear Static	PERM	0
CARATTERISTICA 8		Linear Static	VENTO X	0.6
CARATTERISTICA 8		Linear Static	ACC COP	1
CARATTERISTICA 8		Linear Static	TEMP +	0.5
SLE_1F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_1F		Linear Static	PERM	1
SLE_1F		Linear Static	NEVE CV	0.2
SLE_2F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_2F		Linear Static	PERM	1
SLE_2F		Linear Static	NEVE SV	0.2
SLE_3F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_3F		Linear Static	PERM	1
SLE_3F		Linear Static	VENTO X	0.2

**Relazione tecnica e di calcolo**

---

SLE_4F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_4F		Linear Static	PERM	1
SLE_4F		Linear Static	VENTO X-	0.2
SLE_5F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_5F		Linear Static	PERM	1
SLE_5F		Linear Static	VENTO Y	0.2
SLE_7F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_7F		Linear Static	PERM	1
SLE_7F		Linear Static	TEMP +	0.5
SLE_8F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_8F		Linear Static	PERM	1
SLE_8F		Linear Static	TEMP -	0.5
SLE_6F	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_6F		Linear Static	PERM	1
SLE_6F		Linear Static	VENTO Y-	0.2
SLE_QP	Linear Add	Linear Static	DEAD	1
SLE_QP		Linear Static	PERM	1

## 10 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

Si riportano di seguito i primi tre modi di vibrazione della struttura e le sollecitazioni massime ottenute dal modello con cui si effettuano le successive verifiche di resistenza.

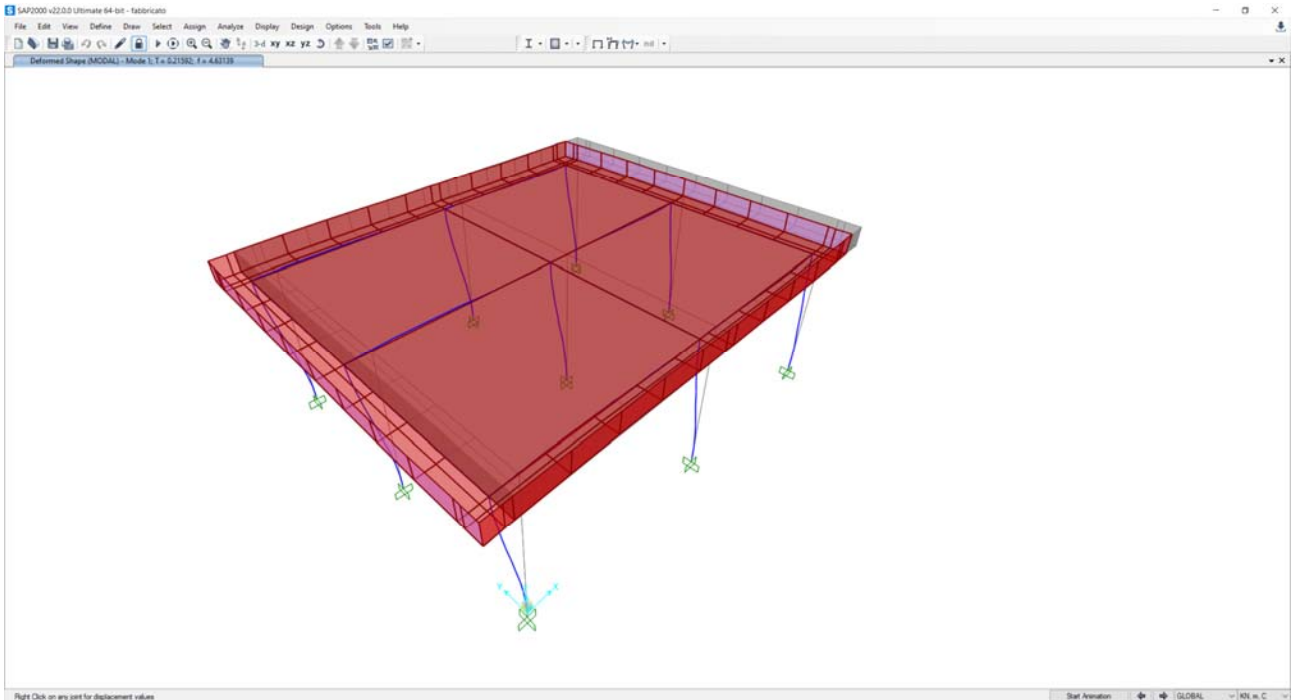


Figura 1 – primo periodo di vibrazione

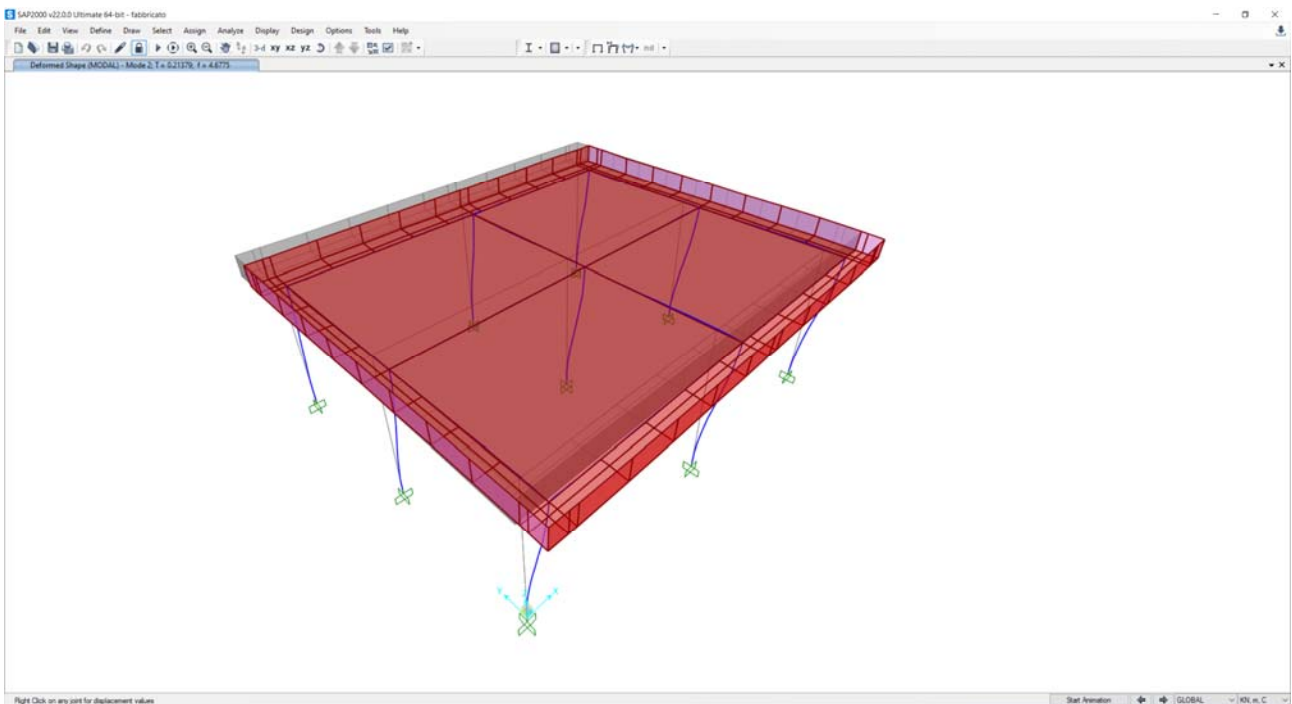


Figura 2 – secondo periodo di vibrazione

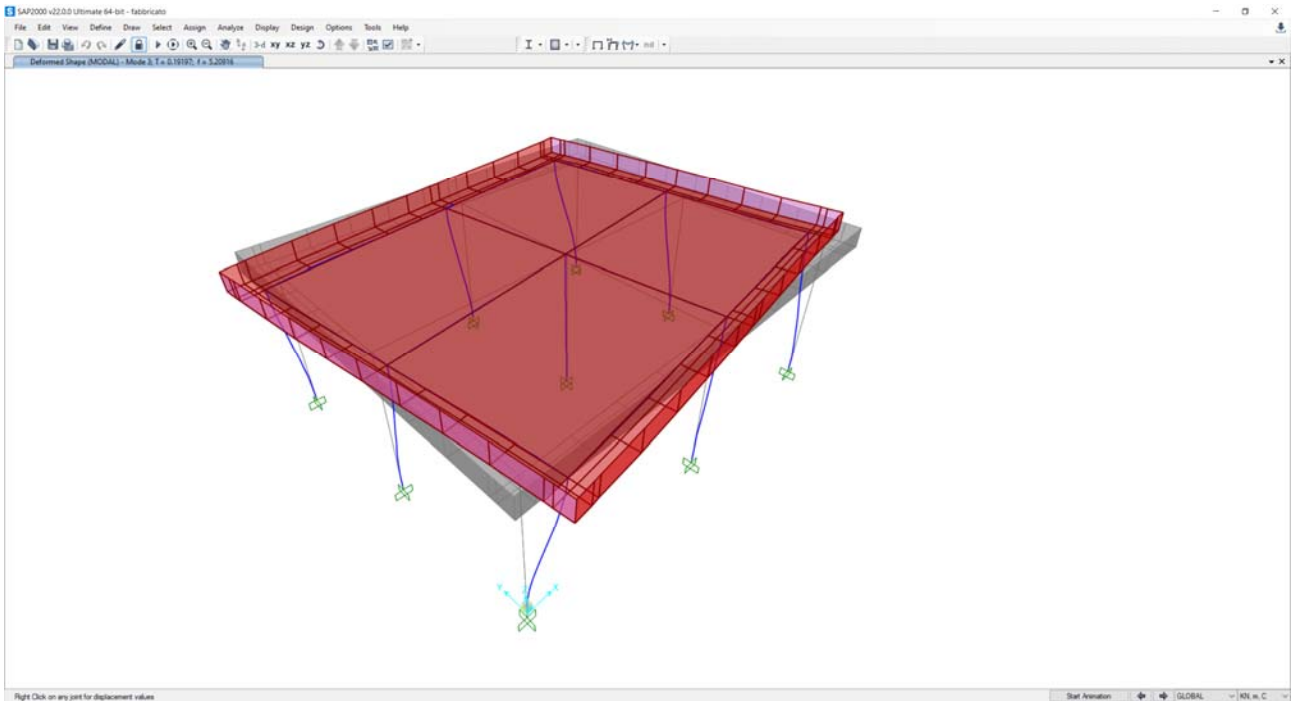


Figura 3 – terzo periodo di vibrazione

**TABLE: Modal Participating Mass Ratios**

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.215918	0.99951	0	2.333E-07	0.99951	0	2.333E-07
MODAL	Mode	2	0.213789	0	0.99543	0	0.99951	0.99543	2.333E-07
MODAL	Mode	3	0.191969	0	0.00409	0	0.99951	0.99952	2.333E-07
MODAL	Mode	4	0.030018	3.597E-18	0.00006186	1.155E-15	0.99951	0.99958	2.333E-07
MODAL	Mode	5	0.028967	0.0002	3.635E-17	0.02335	0.99971	0.99958	0.02335
MODAL	Mode	6	0.027314	2.072E-18	0.00021	1.019E-14	0.99971	0.99979	0.02335
MODAL	Mode	7	0.026789	1.601E-18	0.000001849	6.065E-15	0.99971	0.9998	0.02335
MODAL	Mode	8	0.025656	0.00004886	1.088E-17	0.02624	0.99976	0.9998	0.04959
MODAL	Mode	9	0.024793	0.00004266	1.299E-16	0.13102	0.9998	0.9998	0.1806
MODAL	Mode	10	0.023984	2.041E-19	0.00005498	3.937E-15	0.9998	0.99985	0.1806
MODAL	Mode	11	0.023416	3.153E-07	2.901E-18	0.39533	0.9998	0.99985	0.57593
MODAL	Mode	12	0.021848	1.206E-07	1.593E-17	0.2393	0.9998	0.99985	0.81522
MODAL	Mode	13	0.0176	4.913E-17	0.000002786	1.667E-13	0.9998	0.99985	0.81522
MODAL	Mode	14	0.016737	0.000007869	2.154E-17	0.00217	0.99981	0.99985	0.81739
MODAL	Mode	15	0.016353	2.038E-16	0.000003185	9.654E-15	0.99981	0.99986	0.81739
MODAL	Mode	16	0.016046	0.00001395	2.496E-17	0.00029	0.99982	0.99986	0.81769
MODAL	Mode	17	0.015757	3.297E-18	0.00003664	2.389E-16	0.99982	0.99989	0.81769
MODAL	Mode	18	0.015357	0.00003584	5.736E-17	0.00162	0.99986	0.99989	0.81931
MODAL	Mode	19	0.015137	1.49E-16	0.00002599	6.58E-16	0.99986	0.99992	0.81931
MODAL	Mode	20	0.015017	0.00007885	1.747E-16	0.00025	0.99994	0.99992	0.81955
MODAL	Mode	21	0.014598	0.000008006	2.735E-17	0.00009356	0.99995	0.99992	0.81965
MODAL	Mode	22	0.01405	1.354E-16	0.00001773	2.153E-13	0.99995	0.99994	0.81965
MODAL	Mode	23	0.013952	8.823E-16	0.000001956	4.36E-14	0.99995	0.99994	0.81965
MODAL	Mode	24	0.01394	0.000001244	1.599E-17	0.00276	0.99995	0.99994	0.82241
MODAL	Mode	25	0.013559	3.007E-16	0.000004971	9.194E-14	0.99995	0.99994	0.82241

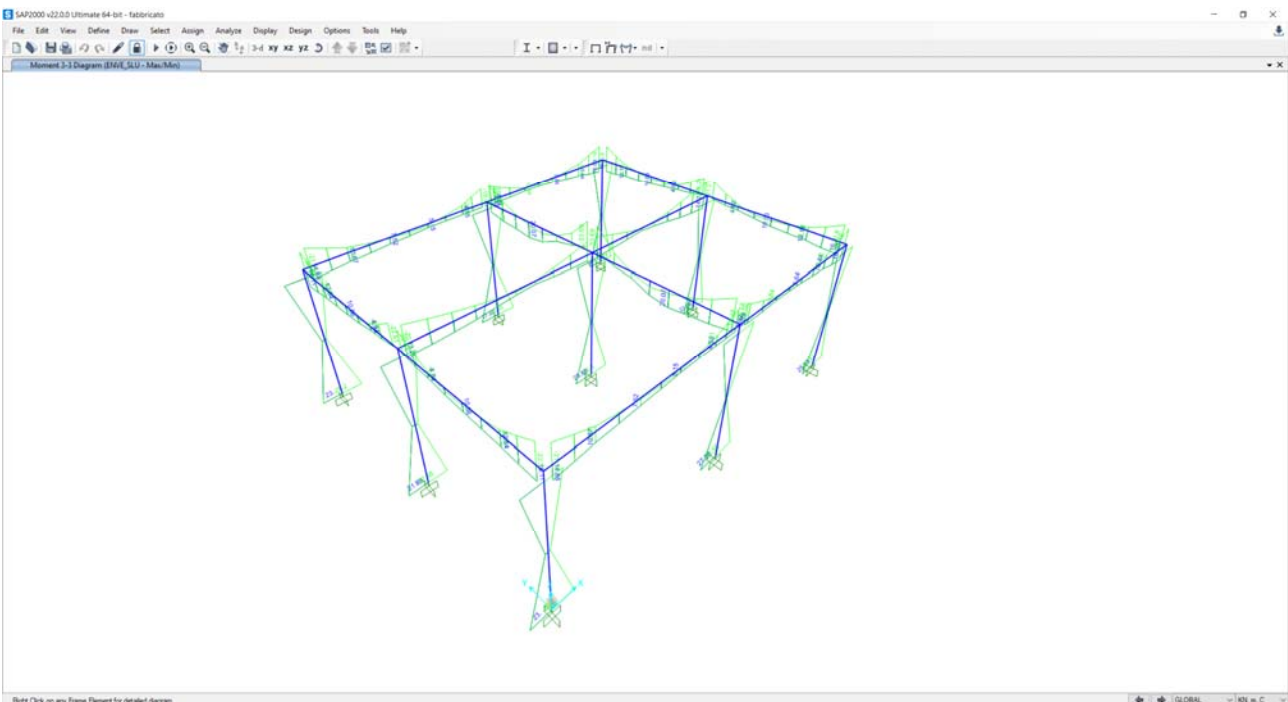


Figura 4 – Momento flettente M33 per la combinazione ENVE-SLU

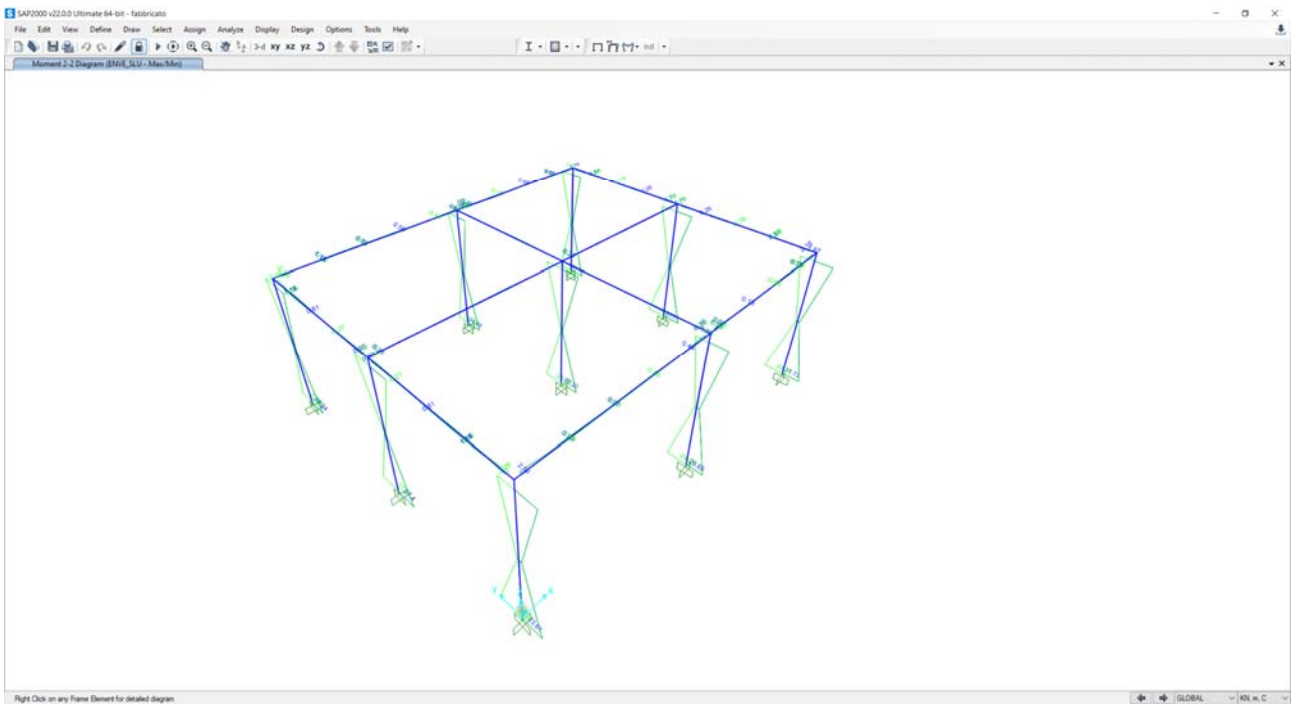


Figura 5 – Momento flettente  $M_{22}$  per la combinazione ENVE-SLU

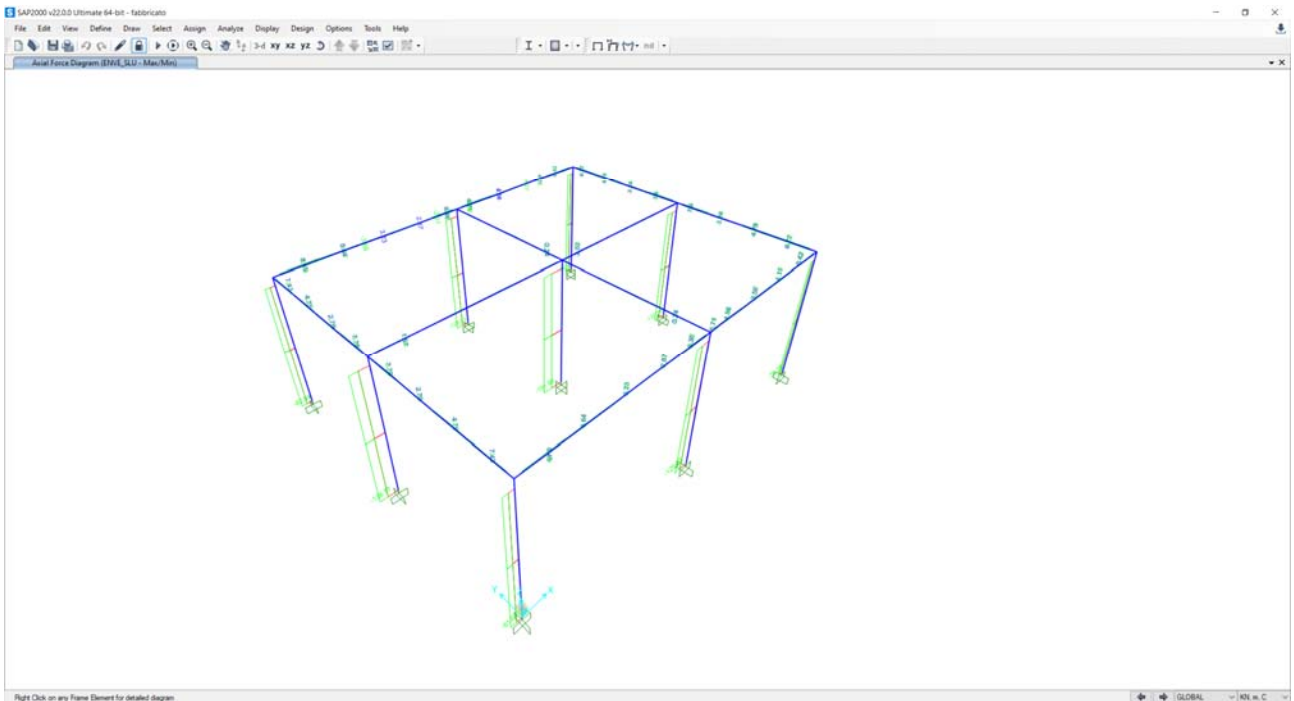


Figura 6 – sforzo assiale  $N$  per la combinazione ENVE-SLU

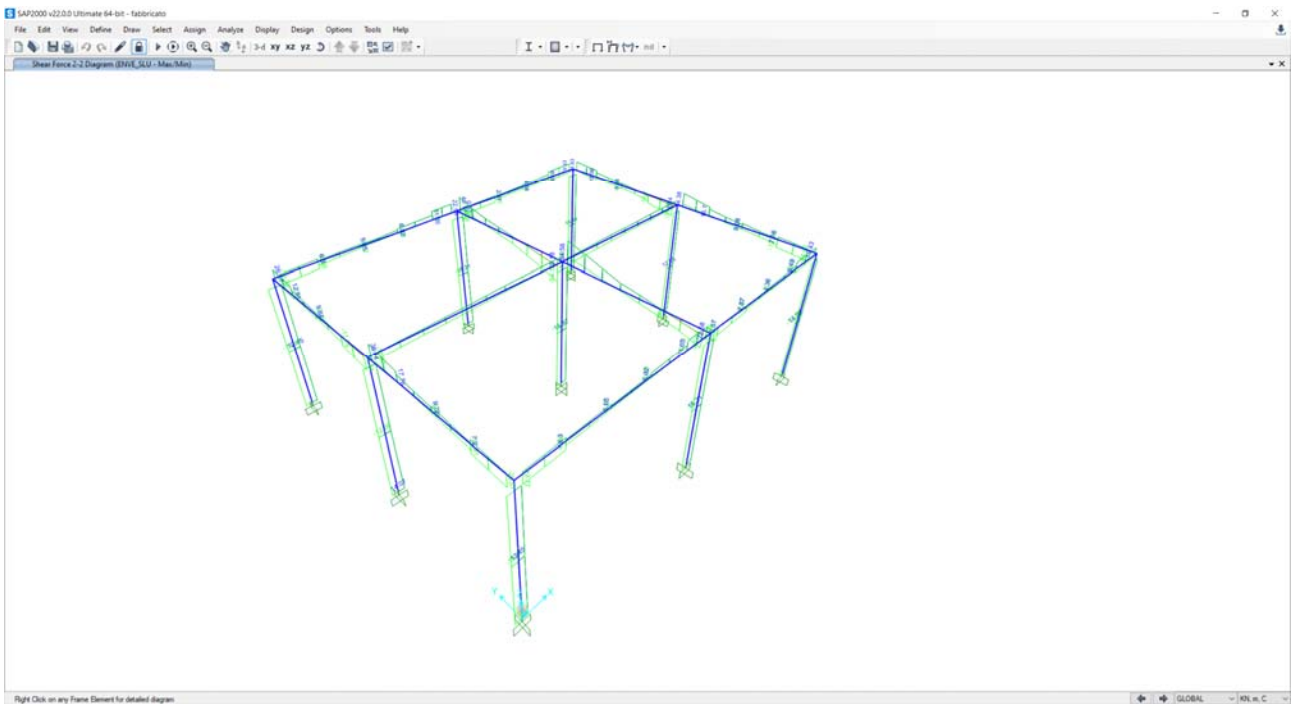


Figura 7 – Taglio V22 per la combinazione ENVE-SLU

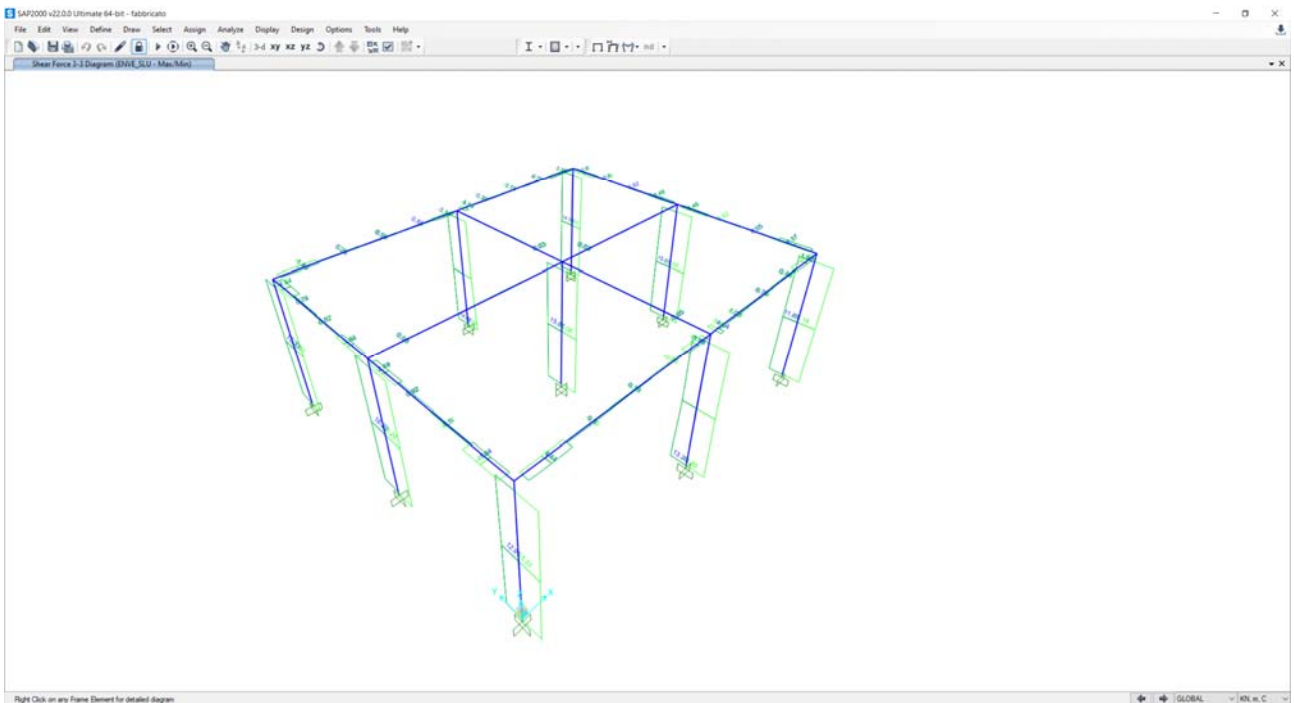


Figura 8 – Taglio V33 per la combinazione ENVE-SLU



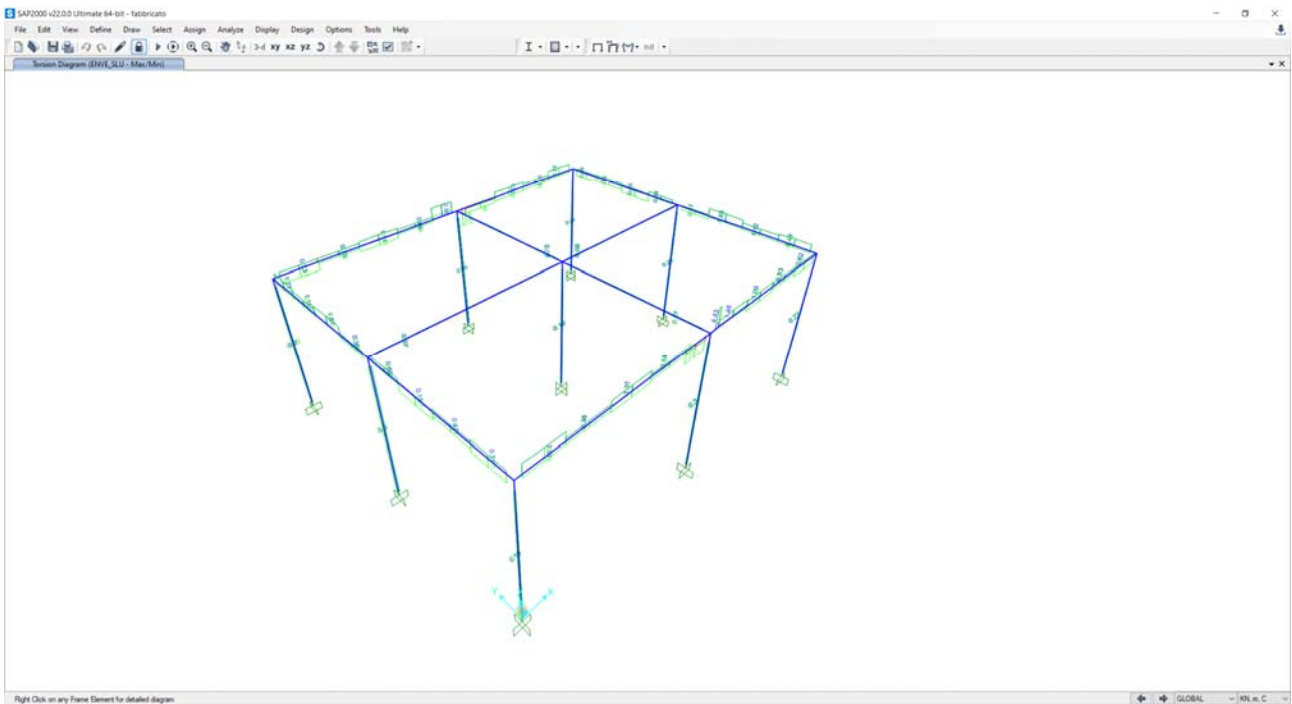


Figura 9 – Momento torcente per la combinazione ENVE-SLU

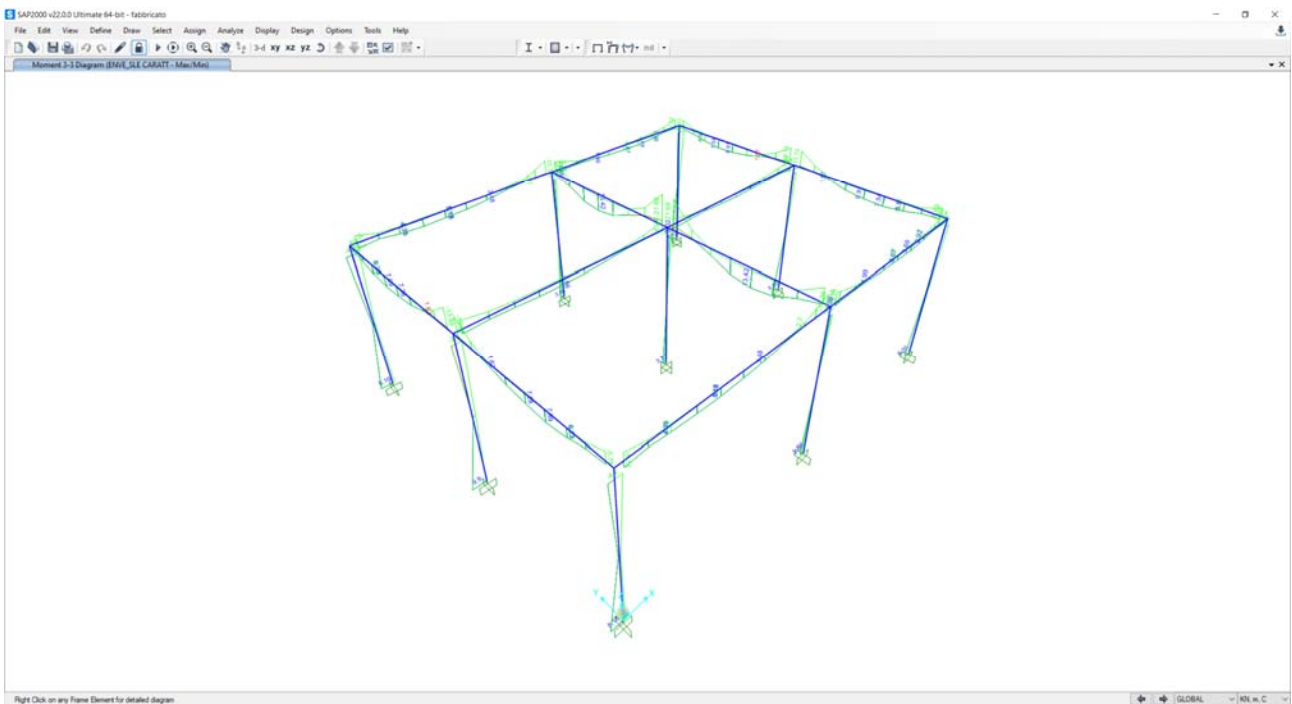


Figura 10 – Momento flettente M33 per la combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA

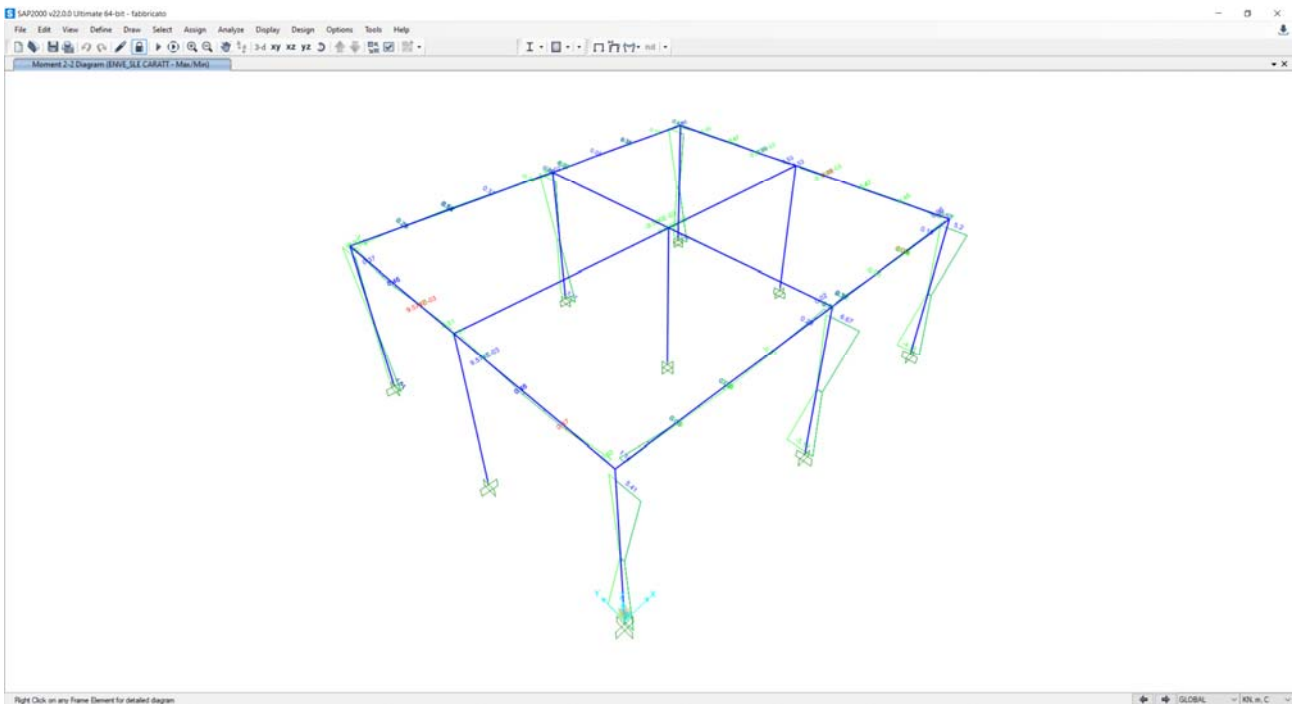


Figura 11 – Momento flettente  $M_{22}$  per la combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA

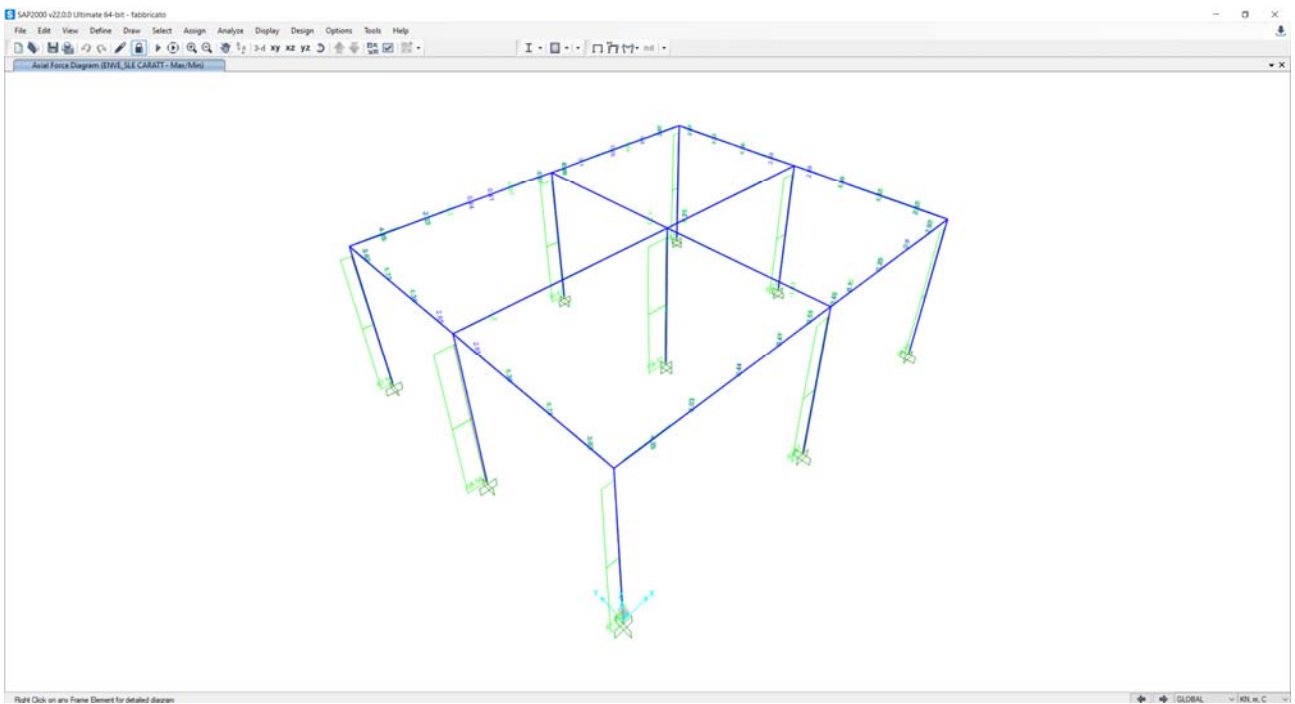


Figura 12 – Sforzo assiale  $P$  per la combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA

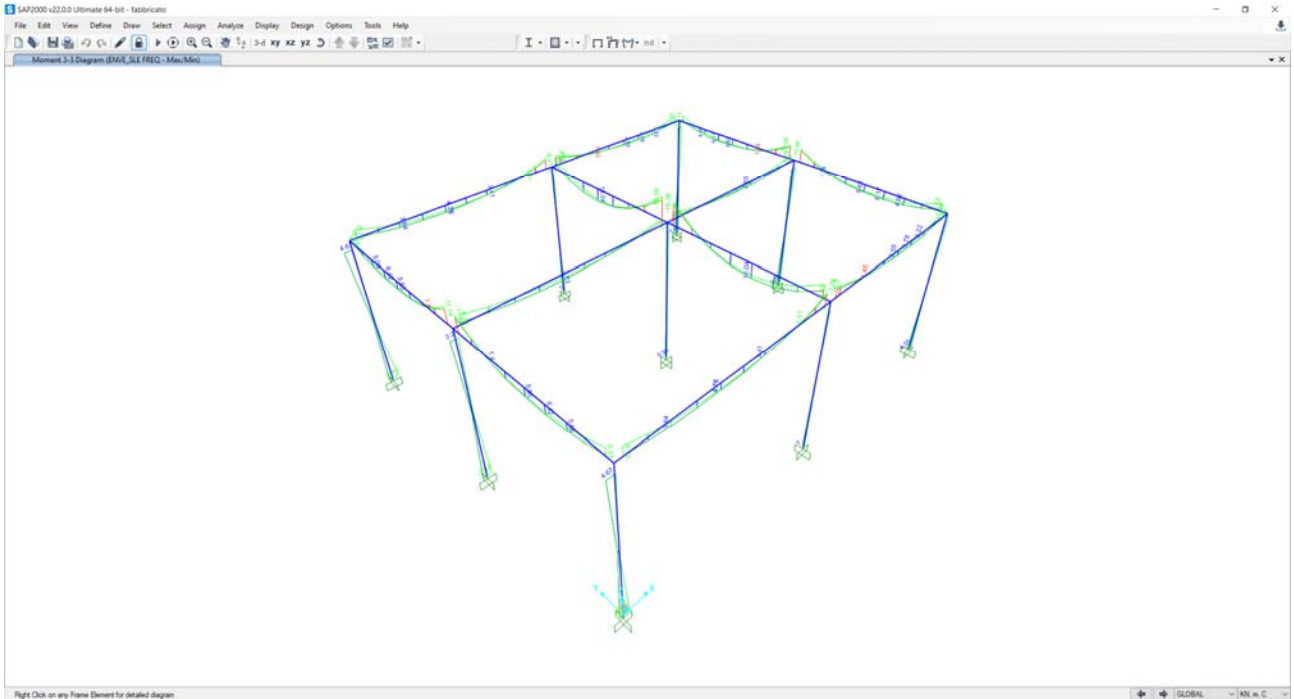


Figura 13 – Momento flettente  $M_{33}$  per la combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

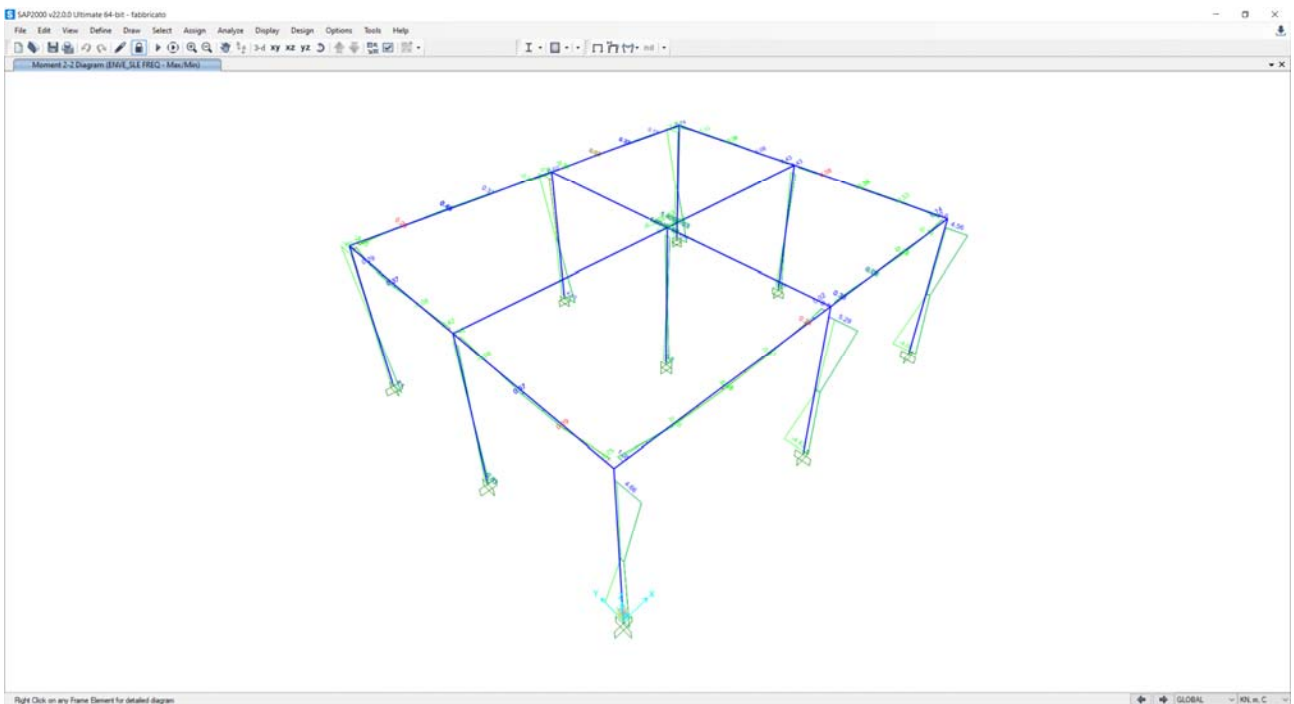


Figura 14 – Momento flettente  $M_{22}$  per la combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

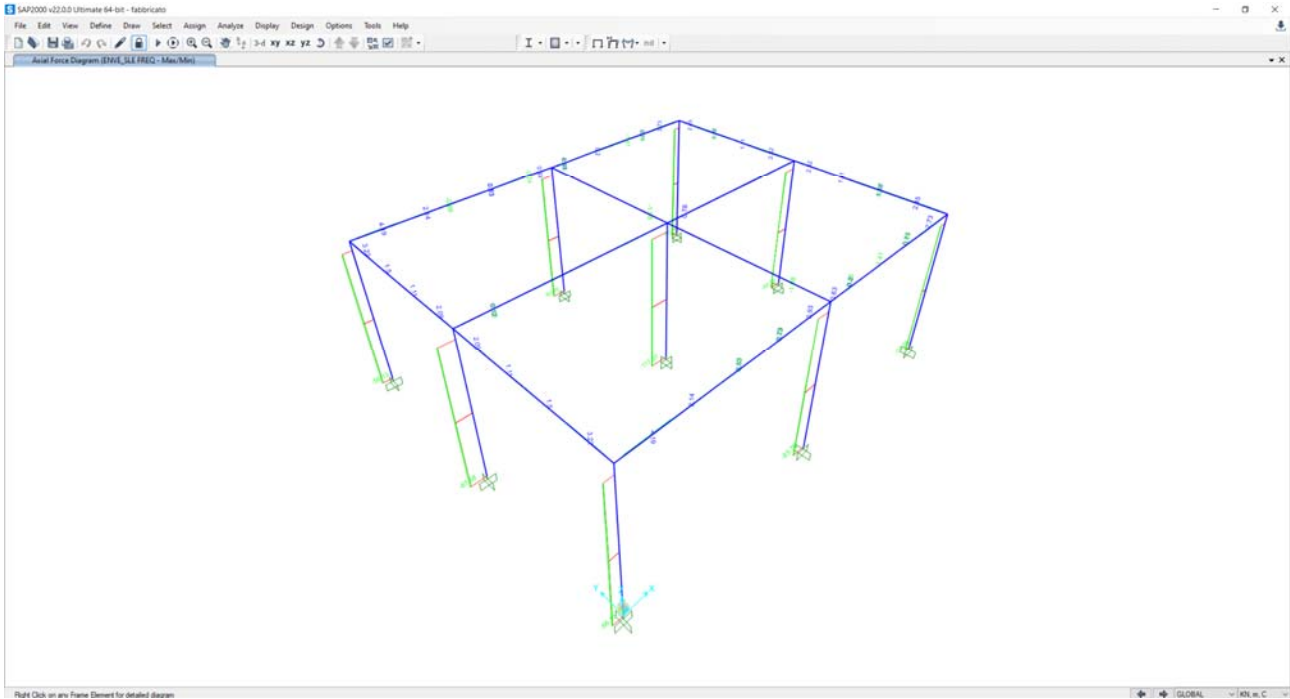


Figura 15 – Sforzo assiale  $P$  per la combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

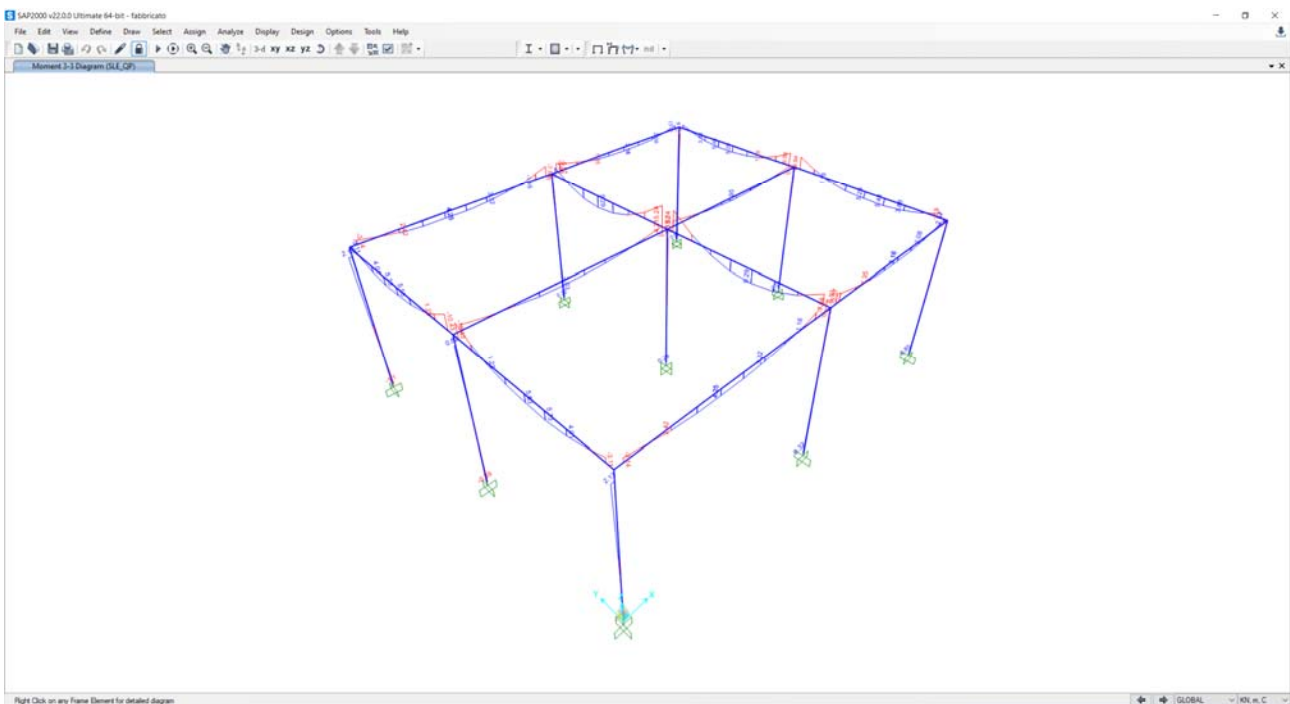


Figura 16 – Momento flettente  $M33$  per la combinazione ENVE-SLE QUASI PERMANENTE

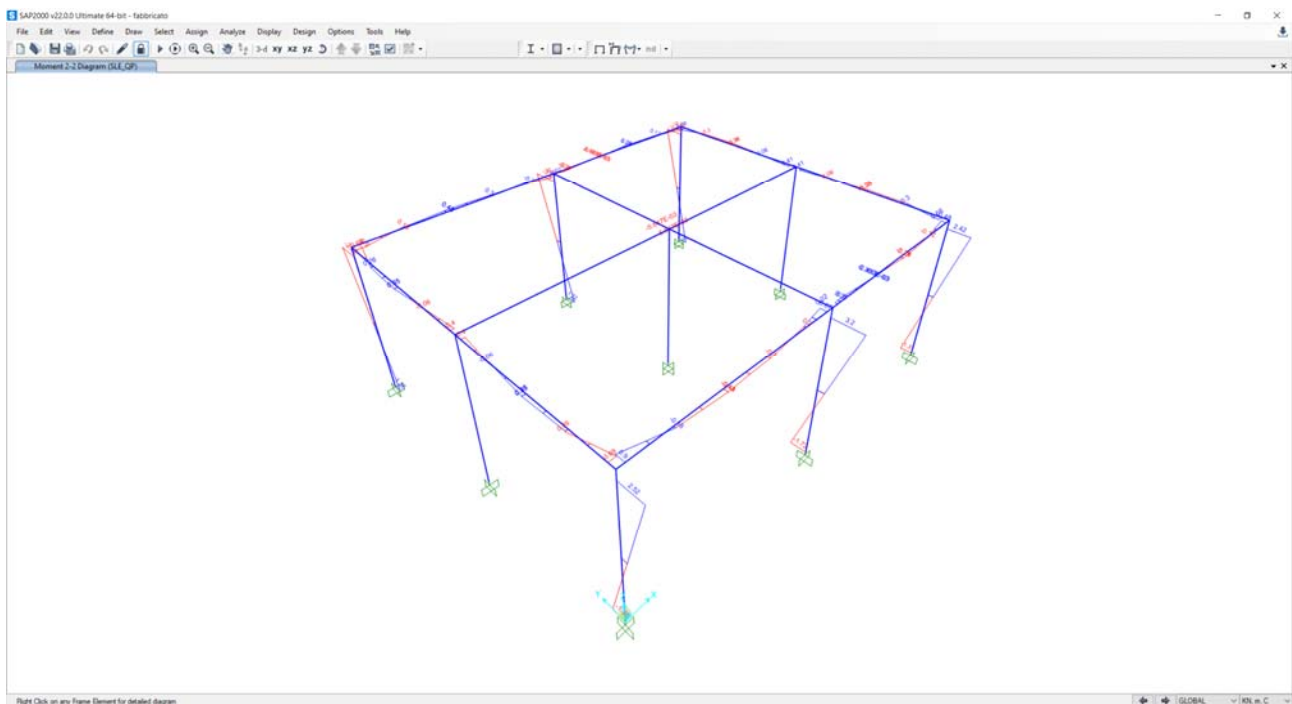


Figura 17 – Momento flettente  $M_{22}$  per la combinazione ENVE-SLE QUASI PERMANENTE

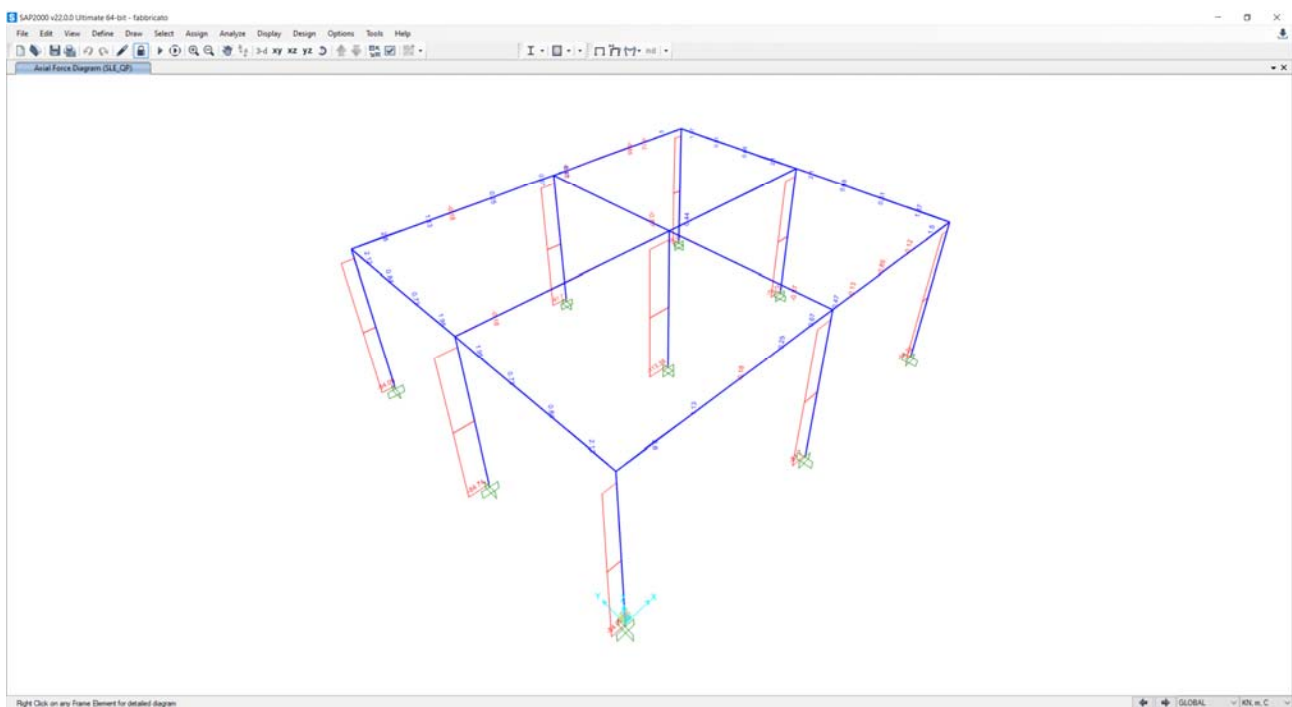


Figura 18 – Sforzo assiale  $P$  per la combinazione ENVE-SLE QUASI PERMANENTE

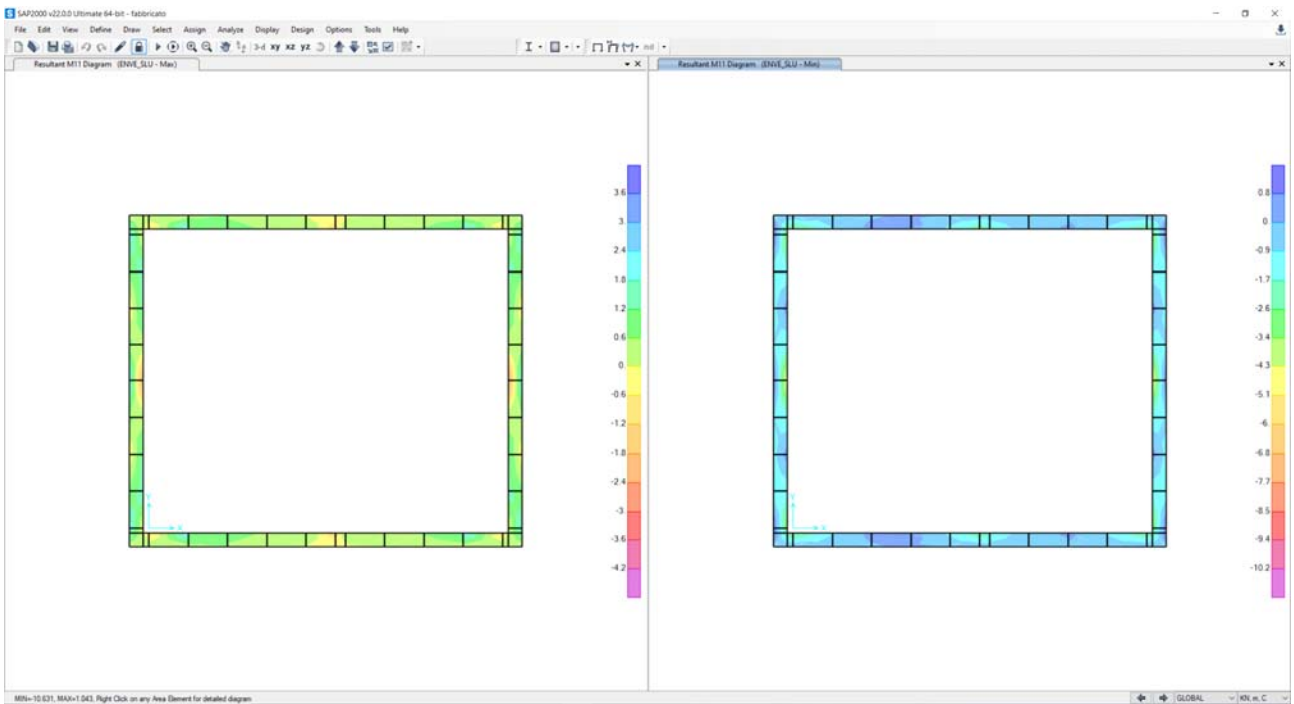


Figura 19 – Momento flettente M11 per la combinazione ENVE-SLU

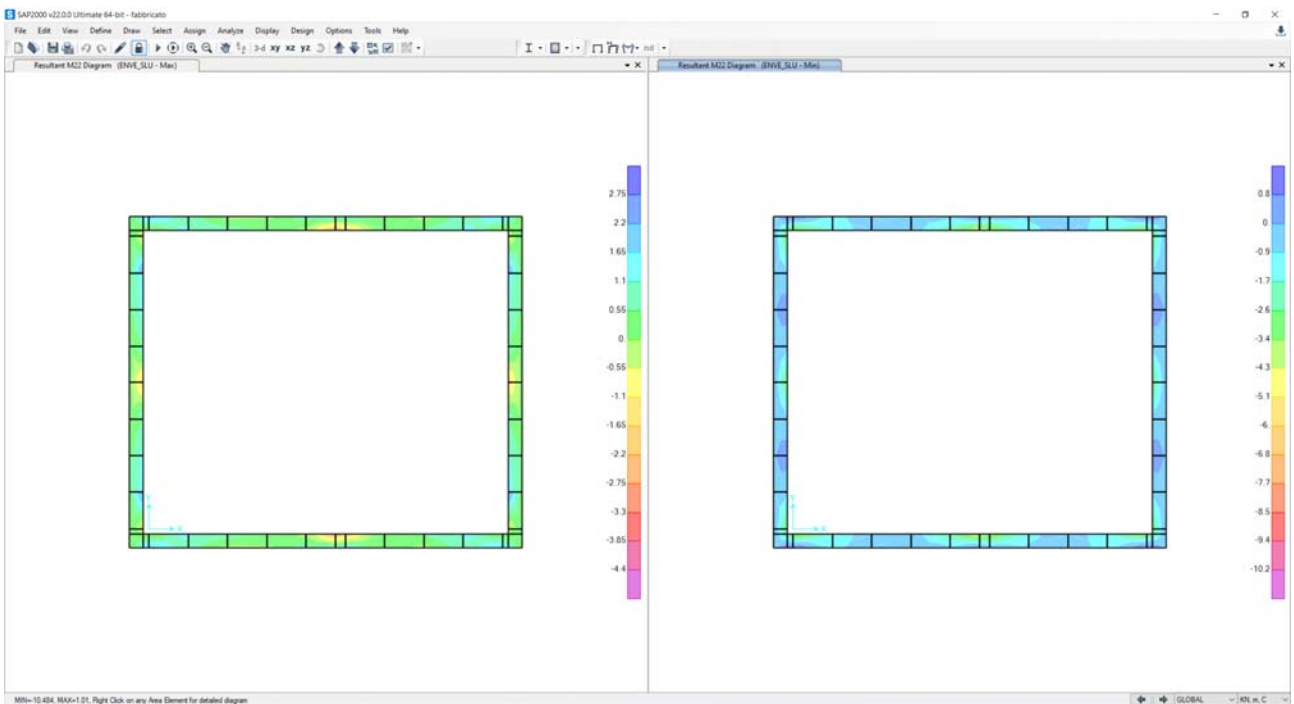


Figura 20 – Momento flettente M22 per la combinazione ENVE-SLU

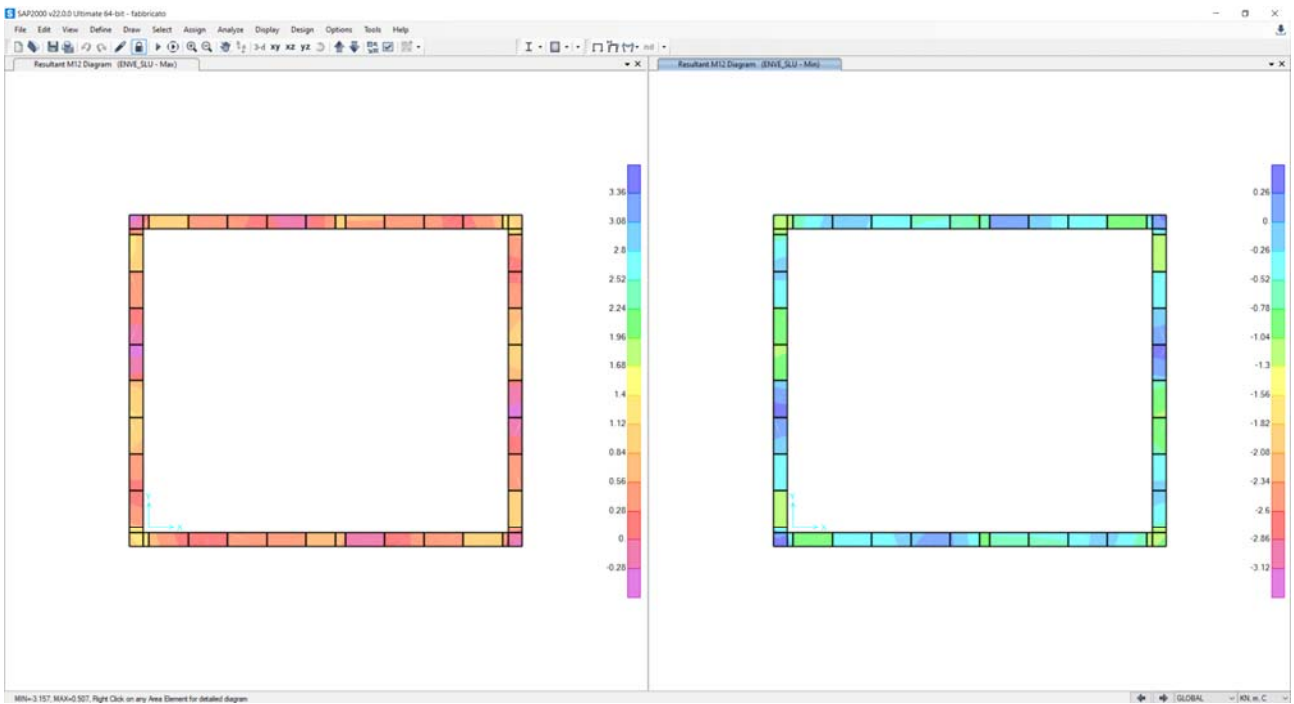


Figura 21 – Momento flettente M12 per la combinazione ENVE-SLU

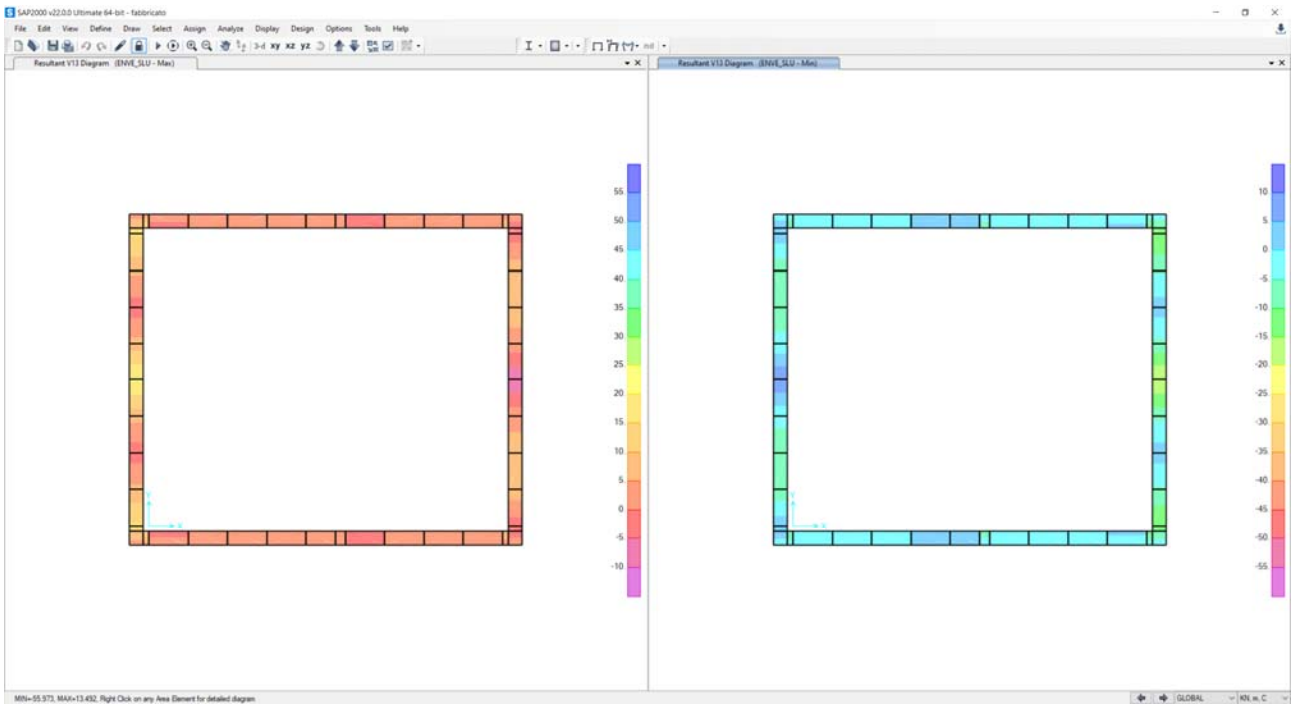


Figura 22 – Taglio V13 per la combinazione ENVE-SLU

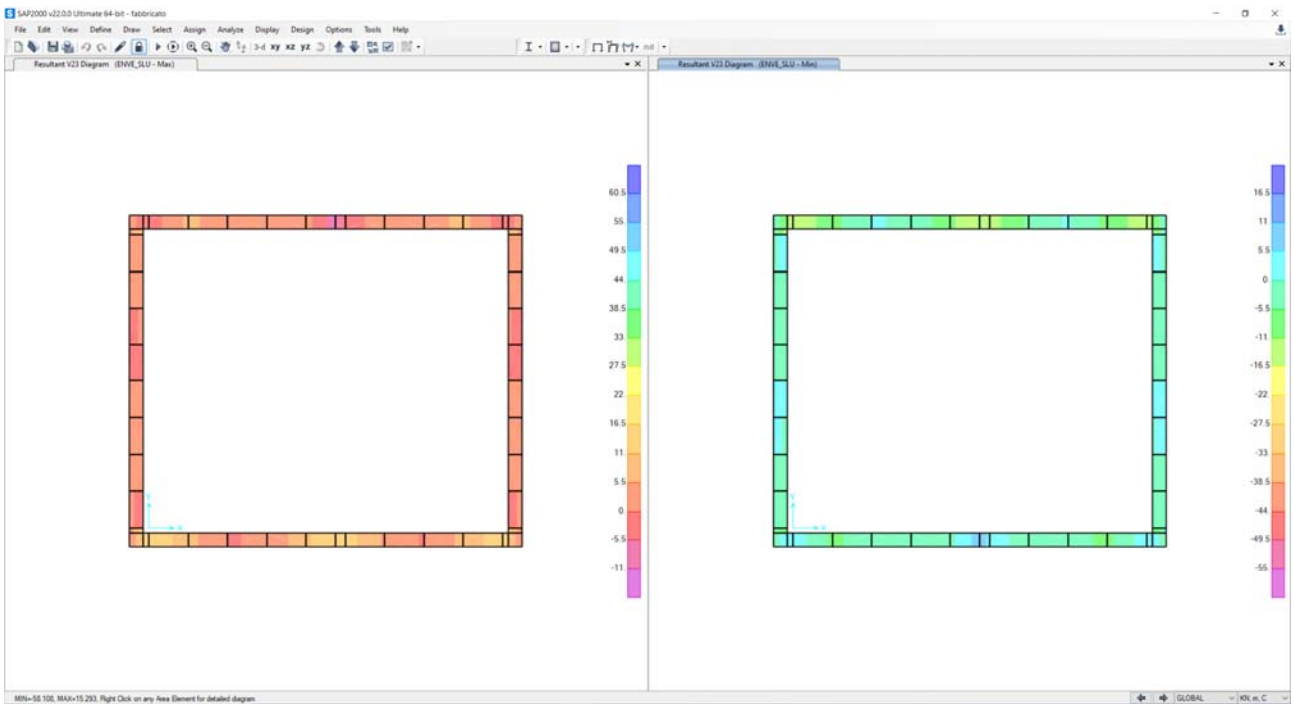


Figura 23 – Taglio V23 per la combinazione ENVE-SLU

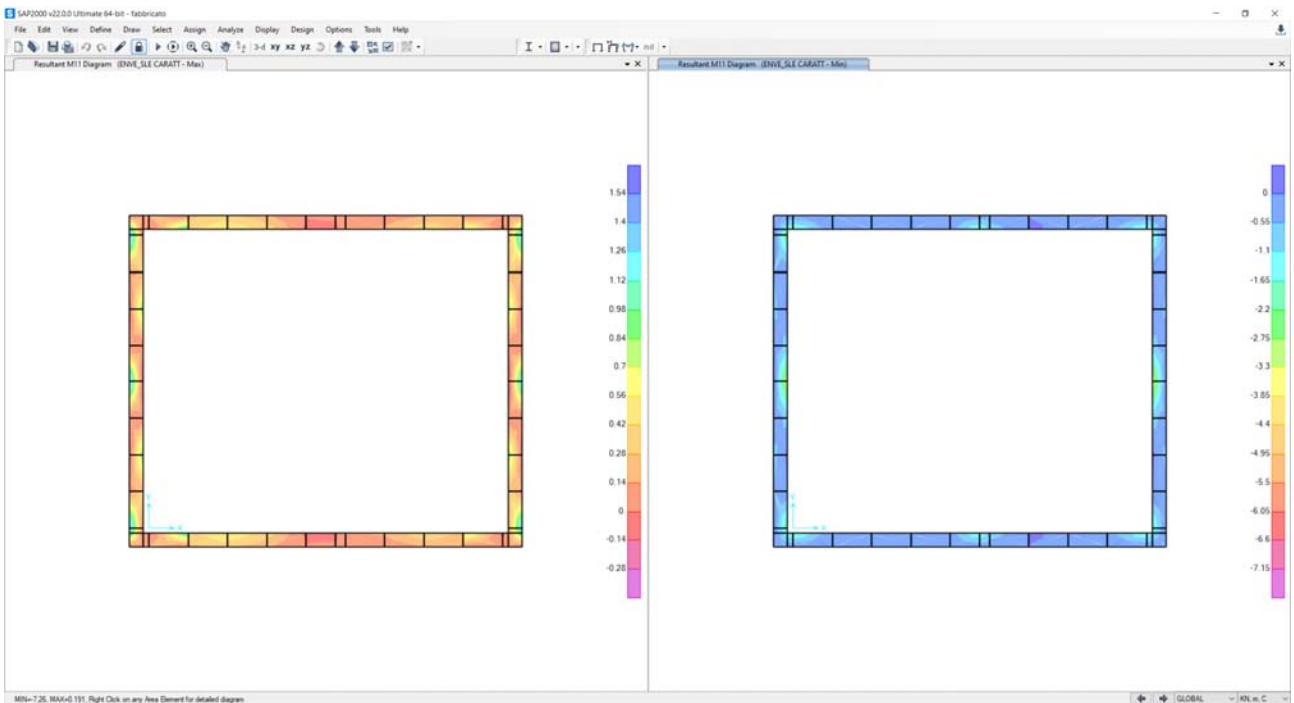


Figura 24 – Momento flettente M11 per la combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA



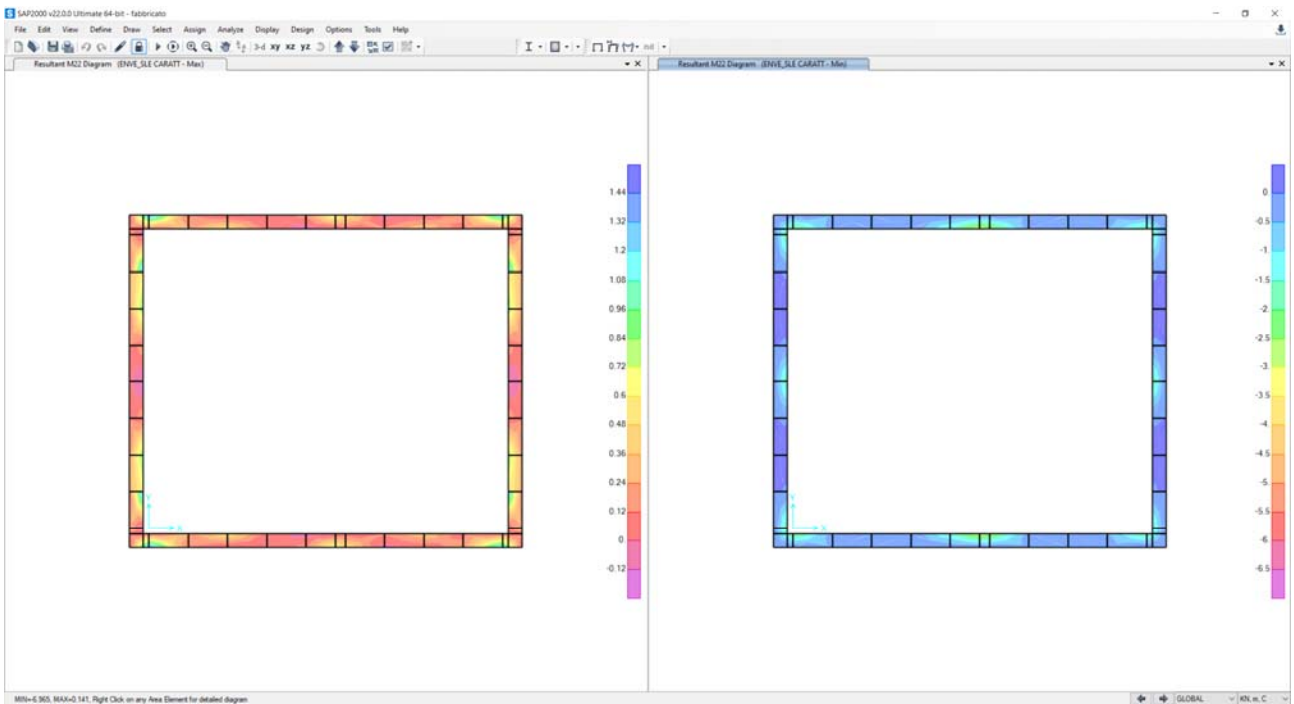


Figura 25 – Momento flettente M22 per la combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA

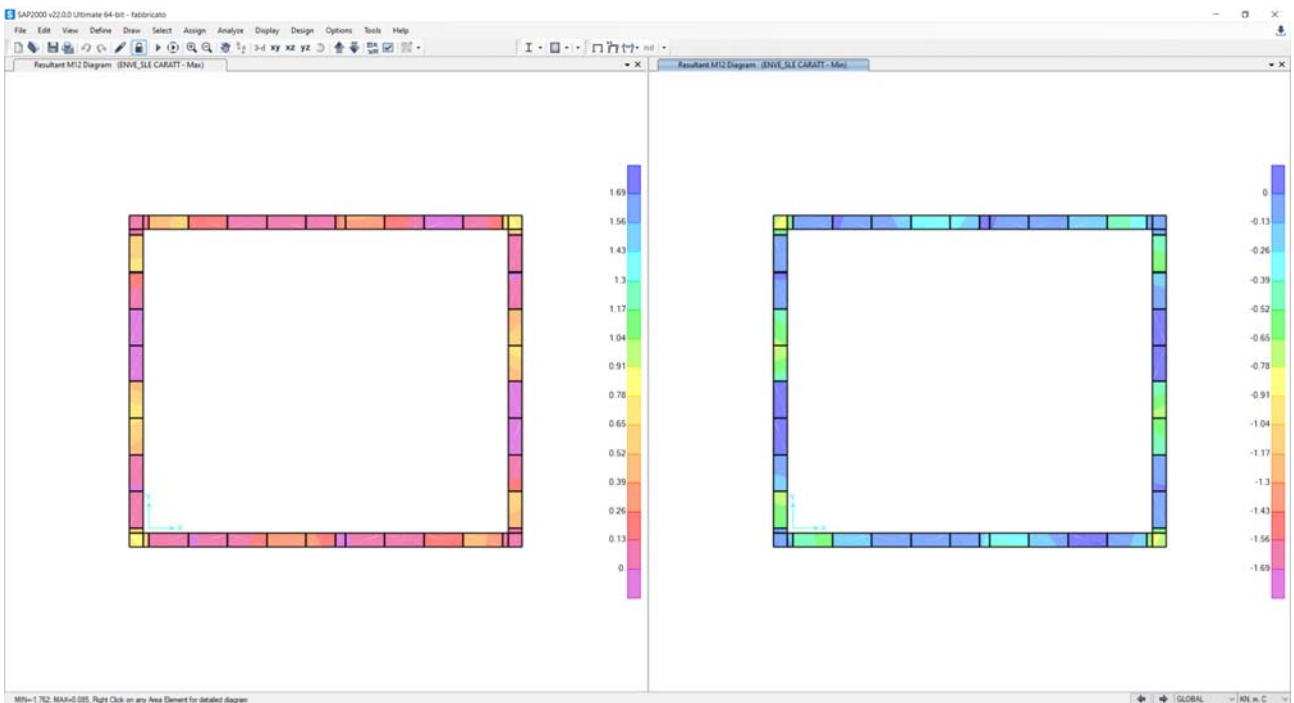


Figura 26 – Momento flettente M12 per la combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA

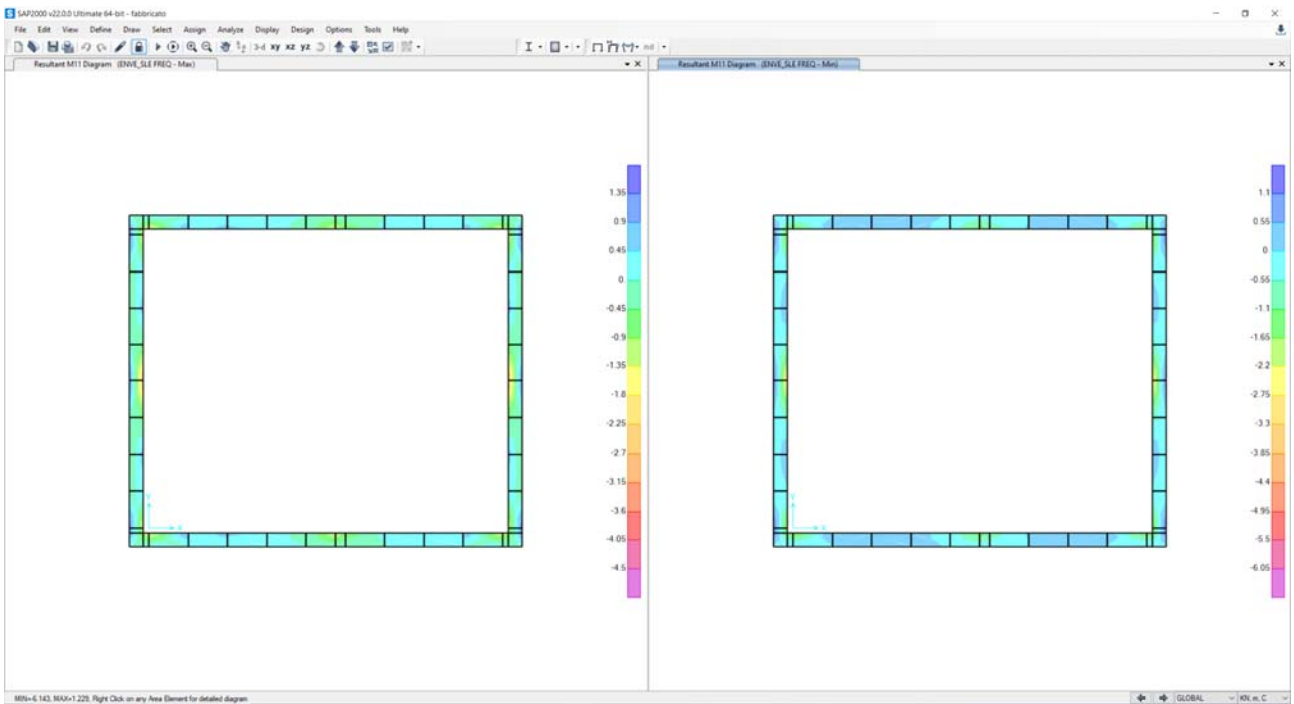


Figura 27 – Momento flettente M11 per la combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

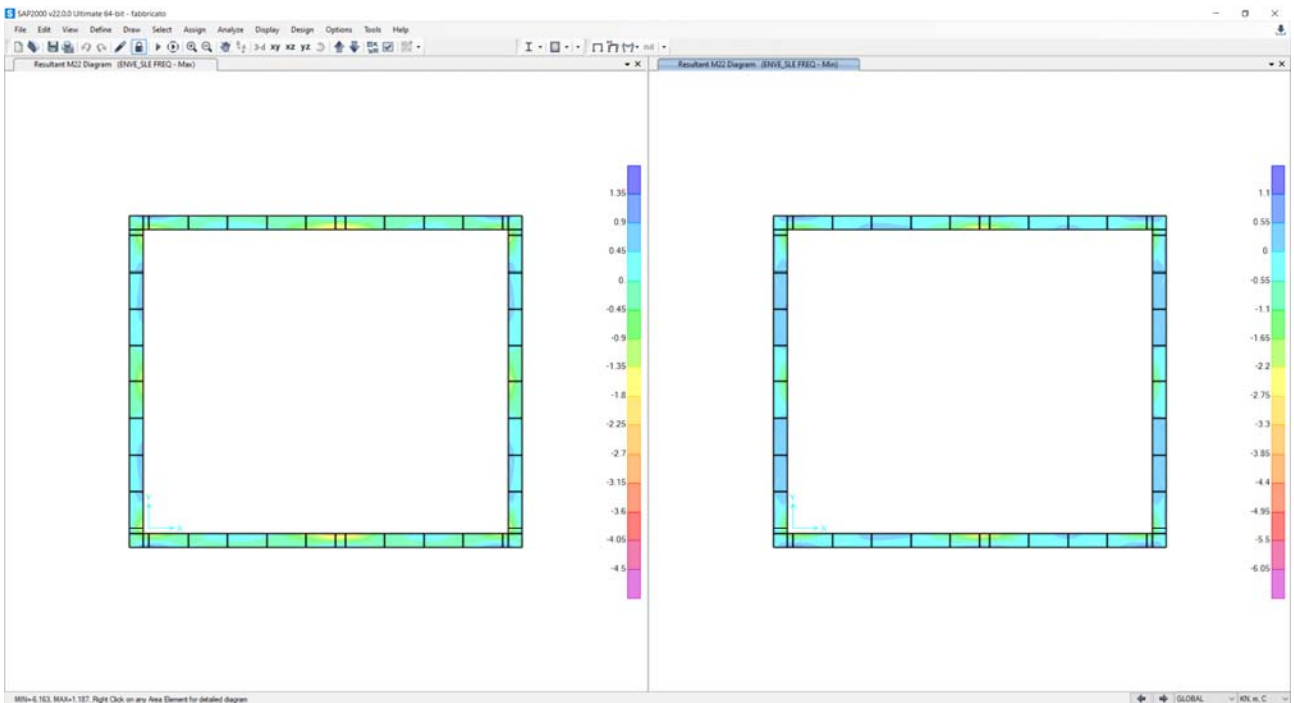


Figura 28 – Momento flettente M22 per la combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

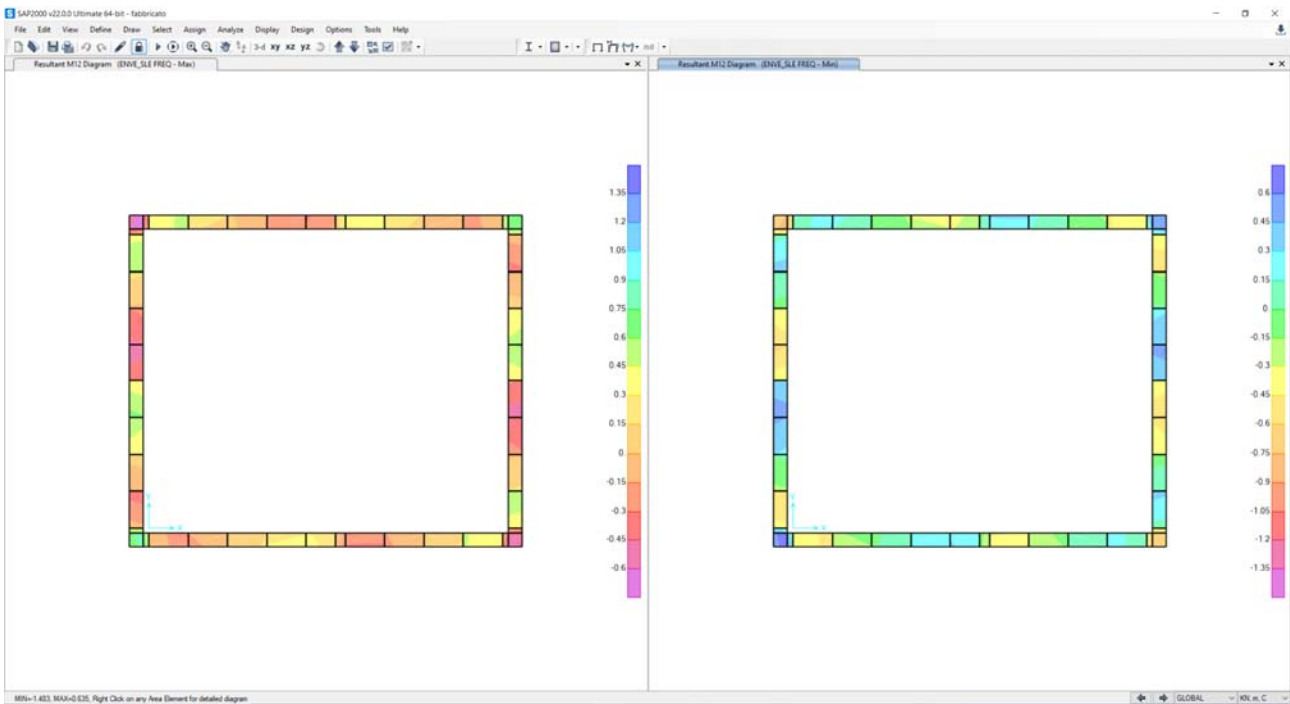


Figura 29 – Momento flettente M12 per la combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

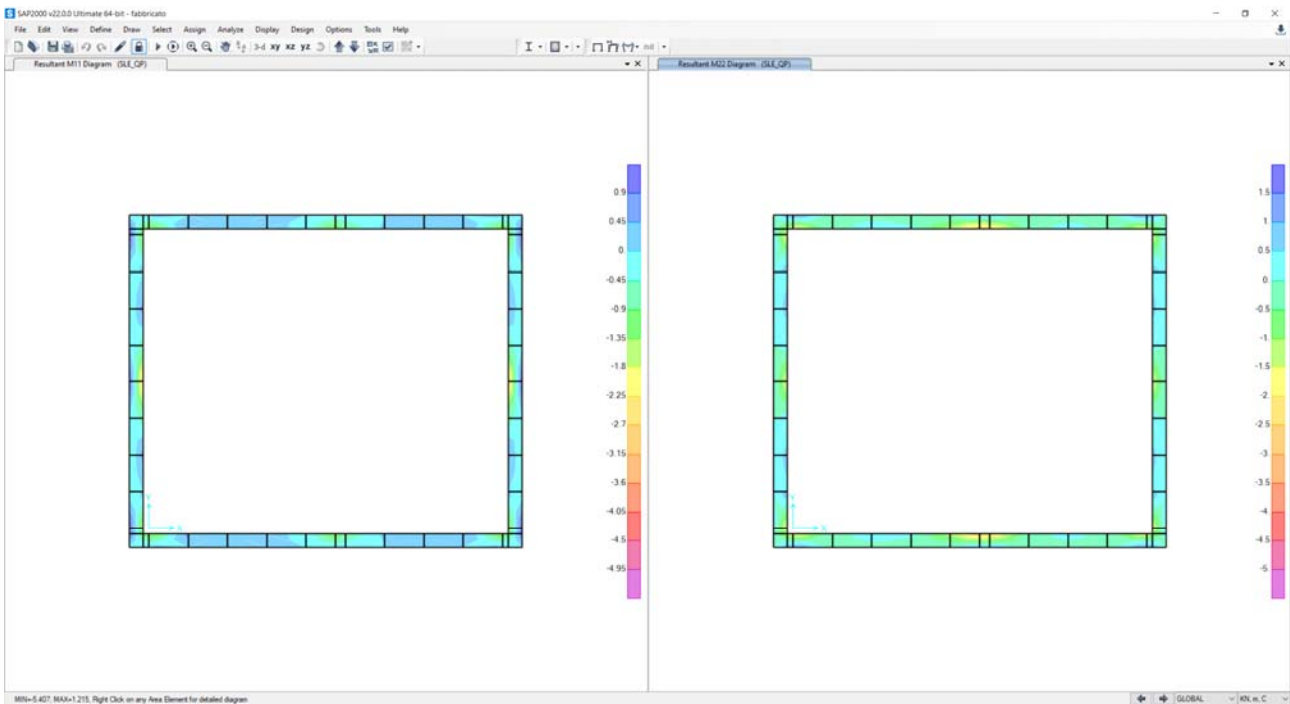


Figura 30 – Momento flettente M11 - M22 per la combinazione SLE QUASI PERMANENTE

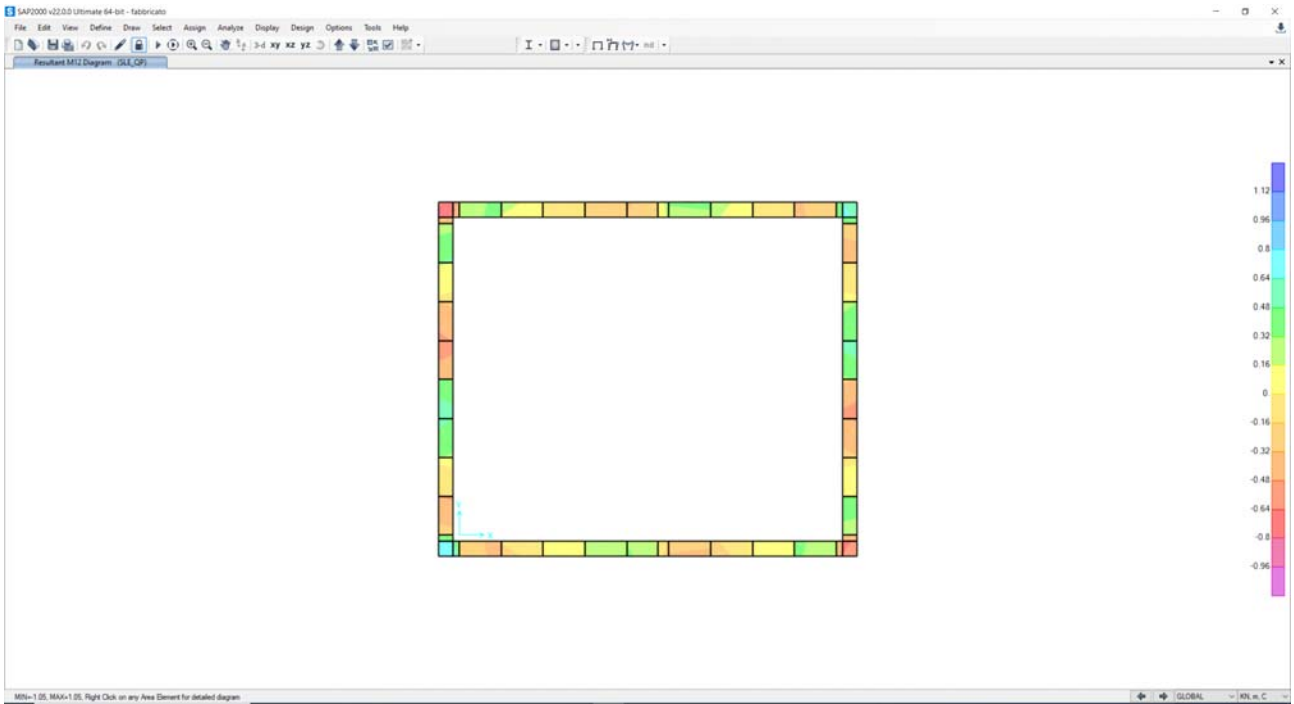


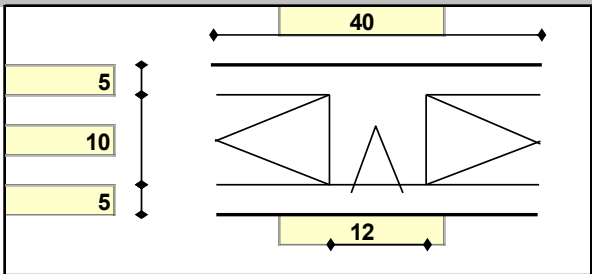
Figura 31 – Momento flettente  $M_{12}$  per la combinazione SLE QUASI PERMANENTE

## 11 VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Si effettua di seguito la verifica del solaio e delle membrature che compongono l'opera in esame.

### 11.1 Verifica solaio

Con riferimento all'analisi dei carichi effettuata al capitolo 8.2 si effettua la verifica del solaio a lastre prefabbricate di spessore 5+10+5.

Solaio a 2 campate																								
<b>Geometria</b> Misure in centimetri																								
<b>Tipo di solaio</b> Con blocchi in POLISTIROLO																								
<b>Controllo limiti geometrici</b>		<table border="1"> <tr><td>L max</td><td>5.00</td></tr> <tr><td>Largh.</td><td>28</td></tr> <tr><td>Largh.</td><td></td></tr> <tr><td>b min</td><td></td></tr> <tr><td>i max</td><td></td></tr> </table>		L max	5.00	Largh.	28	Largh.		b min		i max												
L max	5.00																							
Largh.	28																							
Largh.																								
b min																								
i max																								
Luce massima consigliata (snellezza 25) (m)																								
Larghezza dei blocchi calcolata (cm)																								
Larghezza max dei blocchi in laterizio (cm)																								
Larghezza min. nervature per blocchi in laterizio (cm)																								
Interasse max nervature per blocchi in laterizio (cm)																								
<b>Luci e carichi</b>		<table border="1"> <tr><td>L</td><td>4.64</td><td>4.16</td></tr> <tr><td>p.p. calc</td><td>330</td><td>330</td></tr> <tr><td>p.p.</td><td>310</td><td>310</td></tr> <tr><td>g1</td><td>160</td><td>160</td></tr> <tr><td>g2</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>q</td><td>163.6</td><td>163.6</td></tr> <tr><td>tot</td><td>633.6</td><td>633.6</td></tr> </table>		L	4.64	4.16	p.p. calc	330	330	p.p.	310	310	g1	160	160	g2	0	0	q	163.6	163.6	tot	633.6	633.6
L	4.64	4.16																						
p.p. calc	330	330																						
p.p.	310	310																						
g1	160	160																						
g2	0	0																						
q	163.6	163.6																						
tot	633.6	633.6																						
<b>Luci (m)</b>																								
Peso proprio solaio calcolato (daN/mq.)																								
Peso proprio solaio adottato (daN/mq.)																								
Sovr. perm. compiutamente definiti (daN/mq.)																								
Sovr. perm. non-compiutamente definiti (daN/mq.)																								
Sovr. variabili (daN/mq.)																								
Carichi totali (daN/m)																								
<b>Momento d'incastro negativo alle due estremità</b>		<table border="1"> <tr><td>x sx</td><td>20</td><td>20</td><td>x dx</td></tr> <tr><td>Mg1 sx</td><td>-202</td><td>-163</td><td>Mg1 dx</td></tr> <tr><td>Mg2 sx</td><td>-0</td><td>-0</td><td>Mg2 dx</td></tr> <tr><td>Mq sx</td><td>-70</td><td>-57</td><td>Mq dx</td></tr> <tr><td>Mtot sx</td><td>-273</td><td>-219</td><td>Mtot dx</td></tr> </table>		x sx	20	20	x dx	Mg1 sx	-202	-163	Mg1 dx	Mg2 sx	-0	-0	Mg2 dx	Mq sx	-70	-57	Mq dx	Mtot sx	-273	-219	Mtot dx	
x sx	20	20	x dx																					
Mg1 sx	-202	-163	Mg1 dx																					
Mg2 sx	-0	-0	Mg2 dx																					
Mq sx	-70	-57	Mq dx																					
Mtot sx	-273	-219	Mtot dx																					
<b>Categoria del carico variabile</b>																								
Cat. H Coperture		<table border="1"> <tr><td><math>\psi_0</math></td><td>0.0</td></tr> <tr><td><math>\psi_1</math></td><td>0.0</td></tr> <tr><td><math>\psi_2</math></td><td>0.0</td></tr> </table>		$\psi_0$	0.0	$\psi_1$	0.0	$\psi_2$	0.0															
$\psi_0$	0.0																							
$\psi_1$	0.0																							
$\psi_2$	0.0																							
<b>Ridistribuzione momenti comb. ultima</b>																								
Ridistribuzione desiderata		1- $\delta$ 15%																						
Rapporti fra le luci delle campate		1.00 1.12 1.00																						
Ridistribuzione applicata		15% 15% 15%																						

**Relazione tecnica e di calcolo**

**Coefficienti parziali sulle azioni**

$\gamma_{g1}$	1.0	1.3
$\gamma_{g2}$	0.8	1.5
$\gamma_q$	0.0	1.5

**Interasse nervature (m)**

**i 0.40**

<b>1: COMBINAZIONE ULTIMA</b>			
<b>Momenti Max - per nervatura</b>	<b>-313</b>	<b>-569</b>	<b>-252</b>
<b>Momenti Max + per nervatura</b>	<b>539</b>	<b>403</b>	
<b>Tagli dx Max per nervatura</b>	757	802	
<b>Tagli sx Max per nervatura</b>		859	665
<b>Reazioni Max per nervatura</b>	757	1662	665
<b>Reazioni Max per fascia di un metro</b>	<b>1893</b>	<b>4154</b>	<b>1663</b>
<b>2: COMBINAZIONE RARA</b>			
<b>Momenti Max - per nervatura</b>	<b>-273</b>	<b>-495</b>	<b>-219</b>
<b>Momenti Max + per nervatura</b>	<b>328</b>	<b>235</b>	
<b>Tagli dx Max per nervatura</b>	552	593	
<b>Tagli sx Max per nervatura</b>		636	479
<b>Reazioni Max per nervatura</b>	552	1229	479
<b>Reazioni Max per fascia di un metro</b>	<b>1379</b>	<b>3073</b>	<b>1197</b>
<b>3: COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE</b>			
<b>Momenti Max - per nervatura</b>	<b>-202</b>	<b>-367</b>	<b>-163</b>
<b>Momenti Max + per nervatura</b>	<b>225</b>	<b>148</b>	
<b>Tagli dx Max per nervatura</b>	401	440	
<b>Tagli sx Max per nervatura</b>		472	342
<b>Reazioni Max per nervatura</b>	401	912	342
<b>Reazioni Max per fascia di un metro</b>	<b>1002</b>	<b>2280</b>	<b>855</b>
<b>4: COMBINAZIONE FREQUENTE</b>			
<b>Momenti Max - per nervatura</b>	<b>-202</b>	<b>-367</b>	<b>-163</b>
<b>Momenti Max + per nervatura</b>	<b>225</b>	<b>148</b>	
<b>Tagli dx Max per nervatura</b>	401	440	
<b>Tagli sx Max per nervatura</b>		472	342
<b>Reazioni Max per nervatura</b>	401	912	342
<b>Reazioni Max per fascia di un metro</b>	<b>1002</b>	<b>2280</b>	<b>855</b>

**Relazione tecnica e di calcolo**

<b>Materiali</b>					
Calcestruzzo	Classe	C32/40			
Acciaio	Tipo	B450C			
<b>Dati geometrici</b>					
Diametro delle barre longitudinali superiori (mm)	φ	14	14	14	
Diametro delle barre longitudinali inferiori (mm)	φ	12	12	12	
<b>Armatura costante superiore</b>					
	φ	n.	n.	n.	c
a) nessuna	-	-	-	-	4.00
	CampSup	-	-	-	
	-	-	-	-	4.00
	AppSup	-	-	-	
<b>Armatura costante inferiore</b>					
a) nessuna	-	-	-	-	4.00
	CampInf	-	-	-	
	-	-	-	-	4.00
	AppInf	-	-	-	
Ricoprimento di calcestruzzo sulle barre (cm)	c	4.0	4.0	4.0	
Copriferro di calcolo (cm)	h'	4.7	4.7	4.7	
Spessore solaio (cm)	H	20	20	20	
Larghezza nervature (cm)	b	12	12	12	
Altezza utile (cm)	d	15.3	15.3	15.3	
<b>Armatura appoggi</b>					
	a) nessuna	0ø0	0ø0	0ø0	
		<b>1ø14</b>	<b>1ø14</b>	<b>1ø14</b>	
		<b>1ø12</b>	<b>1ø12</b>	<b>1ø12</b>	
	a) nessuna	0ø0	0ø0	0ø0	
Momento sollecitante (daN*m)	Med	313	569	252	
Momento resistente (daN*m)	Mrd	861	861	861	
<b>indice di verifica</b>	<b>f</b>	<b>2.75</b>	<b>1.51</b>	<b>3.42</b>	
Asse neutro (cm)	xc	4	4	4	
Sforzo acciaio (daN/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>s</sub>	3913	3913	3913	
Sforzo calcestruzzo (daN/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>c</sub>	-188.1	-188.1	-188.1	
Deformazione acciaio	ε <sub>s</sub>	0.977%	0.977%	0.977%	
Deformazione calcestruzzo	ε <sub>c</sub>	-0.350%	-0.350%	-0.350%	
Campo di rottura	n.	3	3	3	
Ridistribuzione massima consentita	1-δ	23%	23%	23%	
<b>Controllo redistribuzione</b>	<b>1-δ</b>	<b>si</b>	<b>si</b>	<b>si</b>	
	a) nessuna	0ø0	0ø0	0ø0	
		<b>0ø14</b>	<b>0ø14</b>	<b>0ø14</b>	
	a) nessuna	0ø0	0ø0	0ø0	
Momento sollecitante (daN*m)	Med	539	403		
Momento resistente (daN*m)	Mrd	655	655		
<b>indice di verifica</b>	<b>f</b>	<b>1.21</b>	<b>1.62</b>		
Asse neutro (cm)	xc	1	1		
Sforzo acciaio (daN/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>s</sub>	3913	3913		
Sforzo calcestruzzo (daN/cm <sup>2</sup> )	σ <sub>c</sub>	-142.8	-142.8		
Deformazione acciaio	ε <sub>s</sub>	1.000%	1.000%		
Deformazione calcestruzzo	ε <sub>c</sub>	-0.102%	-0.102%		
Campo di rottura	n.	2	2		

**Relazione tecnica e di calcolo**

controllo armatura minima scelta:		nessuna	si		si	
Armatura appoggi		$\phi$	n.	n.	n.	c
		-	-	-	-	4.0
	sup.	<b>Ø14</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4.0</b>
<a href="#">CLIK PER PROCEDERE</a>						
	inf.	<b>Ø12</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4.0</b>
		-	-	-	-	4.0
<b>1: VERIFICHE IN COMBINAZIONE ULTIMA</b>						
Momento sollecitante (daN*m)	Med	313		569		252
Momento resistente (daN*m)	Mrd	861		861		861
indice di verifica	<b>f</b>	<b>2.75</b>		<b>1.51</b>		<b>3.42</b>
Asse neutro (cm)	xc	4		4		4
Sforzo acciaio (daN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$	3913		3913		3913
Sforzo calcestruzzo (daN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$	-188.1		-188.1		-188.1
Deformazione acciaio	$\epsilon_s$	0.977%		0.977%		0.977%
Deformazione calcestruzzo	$\epsilon_c$	-0.350%		-0.350%		-0.350%
Campo di rottura	n.	3		3		3
Ridistribuzione massima consentita	1- $\delta$	23%		23%		23%
<b>Controllo redistribuzione</b>	1- $\delta$	<b>si</b>		<b>si</b>		<b>si</b>
<b>2: VERIFICHE IN COMBINAZIONE RARA</b>						
	$\sigma_s$ limite	3600		3600		3600
	$\sigma_s$	1350		2450		1085
<b>indice di verifica lato acciaio</b>	<b>f</b>	<b>2.67</b>		<b>1.47</b>		<b>3.32</b>
	$\sigma_c$ limite	199.2		199.2		199.2
	$\sigma_c$	54.5		99.0		43.8
<b>indice di verifica lato cls</b>	<b>f</b>	<b>3.65</b>		<b>2.01</b>		<b>4.54</b>
<b>3: VERIFICHE IN COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE</b>						
	$\sigma_s$ limite	149.4		149.4		149.4
	$\sigma_c$	40.5		73.4		32.5
<b>indice di verifica lato cls</b>	<b>f</b>	<b>3.69</b>		<b>2.03</b>		<b>4.59</b>



**Relazione tecnica e di calcolo**

Armatura campate		$\phi$	n.	n.	c
		-	-	-	4.0
sup.	$\phi 14$	-	-	-	4.0
inf.	$\phi 12$	1	1	1	4.0
		-	-	-	4.0
controllo armatura minima scelta:		nessuna	sì	sì	
<b>1: VERIFICHE IN COMBINAZIONE ULTIMA</b>					
Momento sollecitante (daN*m)	Med		539	403	
Momento resistente (daN*m)	Mrd		659	659	
<b>indice di verifica</b>	<b>f</b>		<b>1.22</b>	<b>1.63</b>	
Asse neutro (cm)	xc		1	1	
Sforzo acciaio (daN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_s$		3913	3913	
Sforzo calcestruzzo (daN/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_c$		-142.4	-142.4	
Deformazione acciaio	$\epsilon_s$		1.000%	1.000%	
Deformazione calcestruzzo	$\epsilon_c$		-0.101%	-0.101%	
Campo di rottura	n.		2	2	
<b>2: VERIFICHE IN COMBINAZIONE RARA</b>					
	y		3.21	3.21	
	Jci		2961	2961	
	$\sigma_s$ limite		3600	3600	
	$\sigma_s$		2026	1449	
<b>indice di verifica lato acciaio</b>	<b>f</b>		<b>1.78</b>	<b>2.49</b>	
	$\sigma_c$ limite		199.2	199.2	
	$\sigma_c$		35.6	25.5	
<b>indice di verifica lato cls</b>	<b>f</b>		<b>5.59</b>	<b>7.82</b>	
<b>3: VERIFICHE IN COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE</b>					
	y		3.21	3.21	
	Jci		2961	2961	
	$\sigma_c$ limite		149.4	149.4	
	$\sigma_c$		24.4	16.1	
<b>indice di verifica lato cls</b>	<b>f</b>		<b>6.13</b>	<b>9.29</b>	
	$\sigma_s$		1386	915	
<b>4: VERIFICHE IN COMBINAZIONE FREQUENTE</b>					
	$\sigma_s$		1386	915	

Verifiche a taglio					
<b>1: con fasce piene</b>					
Tagli resistenti sx (daN)	VRd	1047	1047		
fascia piena (dall'asse dell'appoggio)	d1	-	-		
Tagli resistenti dx (daN)	VRd	1047	1047		
fascia piena (dall'asse dell'appoggio)	d2	-	-		
<b>2: con fasce piene e barre longitudinali tese</b>					
	$\phi$	n.	n.	n.	
	-	-	-	-	
sup.	$\phi 14$	1	1	1	
	-	-	-	-	
inf.	$\phi 12$	1	1	1	
	-	-	-	-	
Tagli resistenti sx (daN)	VRd	1335	1335		
fascia piena (dall'asse dell'appoggio)	d1	-	-		
Tagli resistenti dx (daN)	VRd	1335	1335		
fascia piena (dall'asse dell'appoggio)	d2	-	-		

**Relazione tecnica e di calcolo**

<b>Verifiche di fessurazione</b>			
<b>CONDIZ. AMBIENTALI AGGRESSIVE</b>			
<b>Appoggi</b>			
diametro armature superiori	$\phi$	14	14
combinazione frequente	$\sigma_s$	1002	1817
comb. frequente CONDIZ. AMBIENTALI AGGRESSIVE	<b>f</b>	<b>2.29</b>	<b>2.01</b>
combinazione quasi permanente	$\sigma_s$	1002	1817
comb. quasi perm. CONDIZ. AMBIENTALI AGGRESSIVE	<b>f</b>	<b>1.79</b>	<b>1.44</b>
<b>Campate</b>			
diametro armature inferiori	$\phi$	12	12
combinazione frequente	$\sigma_s$	1386	915
comb. frequente CONDIZ. AMBIENTALI AGGRESSIVE	<b>f</b>	<b>2.67</b>	<b>2.67</b>
combinazione quasi permanente	$\sigma_s$	1386	915
comb. quasi perm. CONDIZ. AMBIENTALI AGGRESSIVE	<b>f</b>	<b>2.08</b>	<b>2.08</b>
<b>Verifiche di deformabilità</b>			
<b>PER L'INTEGRITA' DEI DIVISORI</b>			
Coefficiente di viscosità (11.2.10.7)	$\phi(\text{inf})$	4	4
Freccia massima sez. non-fessurata (cm)	f max	0.22	0.10
Freccia massima sez. fessurata (cm)	f max	1.86	0.82
Freccia massima combinata (cm)	f max	0.22	0.10
Freccia limite (cm)	f lim	0.93	0.83
<b>indice di verifica</b>	<b>f</b>	<b>4.19</b>	<b>8.45</b>

Si adotta un'armatura superiore  $\Phi 14$  e un'armatura inferiore  $\Phi 12$  estesa per tutta la lunghezza.

## 11.2 Verifica pilastri

### 11.2.1 Verifica di resistenza

In base ai risultati riportati al capitolo 10 si effettua di seguito la verifica del pilastro 30x30 cm maggiormente sollecitato.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto.

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
9	0	SLU_14	-74.37	8.92	-9.06	-11.83	13.94
1	0	SLU_15	-79.23	-8.99	-9.21	-12.06	-14.18
6	0	SLU_16	-108.43	0.51	10.63	14.72	0.72
4	0	SLU_17	-108.43	0.51	-10.63	-14.72	0.72
6	0	SLU_10	-109.78	2.48	14.50	13.32	4.07
2	0	SLU_12	-116.27	-11.04	2.48	4.23	-10.89
5	0	SLU_2	-193.84	-0.88	0.00	0.00	-1.69
7	3.2	SLU_44	-40.89	-3.97	-2.69	2.84	5.05

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
4	0	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-77.969	16.226	2.204	5.0183	27.245
4	0	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-85.411	-15.709	-5.286	-8.4611	-26.6012
2	0	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-82.843	3.271	16.301	27.4212	6.2922
2	0	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-86.638	-4.035	-16.301	-27.4212	-7.083
2	0	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-86.638	-4.035	-16.301	-27.4212	-7.083
4	1.6	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-74.371	16.226	2.204	1.497	1.2837
5	0	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-114.558	-14.913	-4.536	-7.6239	-25.3144
9	3.2	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-30.758	5.697	11.834	21.0401	5.4865

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
2	0	CARATTERISTICA 6	-15.234	7.052	-0.109	-0.1837	8.0043
9	3.2	CARATTERISTICA 1	-50.729	2.942	-0.538	4.3679	-5.8012
6	0	CARATTERISTICA 1	-89.463	1.682	9.899	8.9259	2.7474
4	0	CARATTERISTICA 1	-89.458	2.494	-9.892	-8.9141	3.4104
2	0	CARATTERISTICA 6	-15.234	7.052	-0.109	-0.1837	8.0043
2	3.2	CARATTERISTICA 1	-90.015	-3.96	-0.109	0.1653	2.3775
5	0	CARATTERISTICA 2	-138.041	1.564	0.003922	0.0066	2.5917

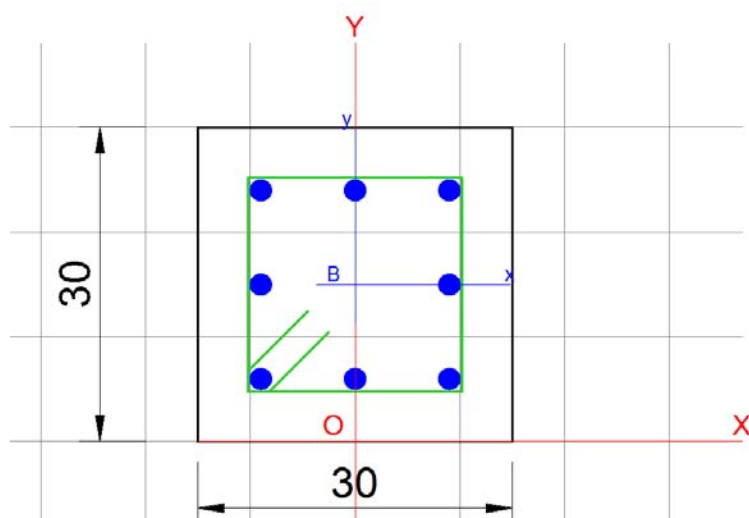
**Relazione tecnica e di calcolo**

3 3.2 CARATTERISTICA 7 -1.798 1.619 -2.816 2.2044 -3.2088

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	3.2	SLE_7F	-48.994	-2.908	-2.792	4.7401	4.7626
1	0	SLE_7F	-56.192	-2.908	-2.792	-4.1942	-4.5416
4	3.2	SLE_7F	-73.264	0.315	-3.085	5.3569	-0.5862
6	3.2	SLE_7F	-73.264	0.315	3.085	-5.3569	-0.5862
4	0	SLE_7F	-80.462	0.315	-3.085	-4.5158	0.4215
9	0	SLE_7F	-52.446	2.569	-2.747	-4.1428	4.1571
5	0	SLE_1F	-117.384	0.237	-8.8E-14	-1.6E-13	0.2967
7	3.2	SLE_8F	-40.806	-1.087	-0.396	-0.236	1.0453

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
1	3.2	SLE_QP	-46.89	-1.018	-1.221	2.5351	2.1457
7	3.2	SLE_QP	-43.027	0.741	1.175	-2.4416	-1.5086
4	3.2	SLE_QP	-74.492	0.258	-1.541	3.2098	-0.5052
6	3.2	SLE_QP	-74.492	0.258	1.541	-3.2098	-0.5052
4	0	SLE_QP	-81.69	0.258	-1.541	-1.7214	0.3219
1	0	SLE_QP	-54.088	-1.018	-1.221	-1.371	-1.1103
5	0	SLE_QP	-113.399	0.236	-8.8E-14	-1.6E-13	0.2947
9	3.2	SLE_QP	-43.027	0.741	-1.175	2.4416	-1.5086

**Armatura sezione**



- Arm. Longitudinale:  $\varnothing 16$
- Arm. Trasversale:  $\varnothing 12/10\text{cm}$  zona critica -  $\varnothing 12/15\text{cm}$  fuori zona critica

## Verifica SLU-SLE

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	17.6	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	17.6	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.8	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	30.0
3	15.0	30.0
4	15.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-9.0	6.0	16
2	-9.0	24.0	16
3	9.0	24.0	16
4	9.0	6.0	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø

1	1	4	1	16
2	2	3	1	16
3	1	2	1	16
4	3	4	1	16

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 15.0 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

N° Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-74.37	-11.83	13.94	-9.06	8.92
2	-79.23	-12.06	-14.18	-9.21	-8.99
3	-108.43	14.72	0.72	10.63	0.51
4	-108.43	-14.72	0.72	-10.63	0.51
5	-109.78	13.32	4.07	14.50	2.48
6	-116.27	4.23	-10.89	2.48	-11.04
7	-193.84	0.00	-1.69	0.00	-0.88
8	-40.89	2.84	5.05	-2.69	-3.97

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	-15.23	8.00	-0.18
2	-50.73	-5.80	4.37
3	-89.46	2.75	8.93
4	-89.46	3.41	-8.91
5	-138.04	2.59	0.01
6	-1.80	-3.21	2.20

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
----------	---	----	----

**Relazione tecnica e di calcolo**

1	-48.99	4.76 (6.65)	4.74 (6.62)
2	-56.19	-4.54 (-6.58)	-4.19 (-6.07)
3	-73.26	-0.59 (-1.03)	5.36 (9.38)
4	-73.26	-0.59 (-1.03)	-5.36 (-9.38)
5	-117.38	0.30 (0.84)	0.00 (0.00)
6	-40.81	1.05 (5.35)	-0.24 (-1.22)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-46.89	2.15 (5.13)	2.54 (6.06)
2	-43.03	-1.51 (-4.16)	-2.44 (-6.72)
3	-74.49	-0.51 (-1.16)	3.21 (7.29)
4	-74.49	-0.51 (-1.16)	-3.21 (-7.29)
5	-113.40	0.29 (0.84)	0.00 (0.00)
6	-43.03	-1.51 (-4.16)	2.44 (6.72)
7	-43.03	-1.51 (-4.16)	2.44 (6.72)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	-74.37	-11.83	13.94	-74.29	-38.52	45.51	3.26	16.1(2.7)
2	S	-79.23	-12.06	-14.18	-79.06	-38.40	-45.22	3.19	16.1(2.7)
3	S	-108.43	14.72	0.72	-108.31	56.16	2.94	3.82	16.1(2.7)
4	S	-108.43	-14.72	0.72	-108.31	-56.16	2.94	3.82	16.1(2.7)
5	S	-109.78	13.32	4.07	-110.07	54.04	16.50	4.06	16.1(2.7)
6	S	-116.27	4.23	-10.89	-116.21	20.16	-51.83	4.76	16.1(2.7)
7	S	-193.84	0.00	-1.69	-193.79	0.00	-48.17	28.50	16.1(2.7)
8	S	-40.89	2.84	5.05	-41.07	30.16	53.20	10.55	16.1(2.7)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Yc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)

**Relazione tecnica e di calcolo**

Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	15.0	0.0	0.00142	9.0	6.0	-0.00481	-9.0	24.0
2	0.00350	-15.0	0.0	0.00141	-9.0	6.0	-0.00484	9.0	24.0
3	0.00350	15.0	30.0	0.00031	9.0	24.0	-0.00927	-9.0	6.0
4	0.00350	15.0	0.0	0.00031	9.0	6.0	-0.00927	-9.0	24.0
5	0.00350	15.0	30.0	0.00101	9.0	24.0	-0.00644	-9.0	6.0
6	0.00350	-15.0	30.0	0.00107	-9.0	24.0	-0.00621	9.0	6.0
7	0.00350	-15.0	30.0	-0.00034	-9.0	24.0	-0.01187	9.0	6.0
8	0.00350	15.0	30.0	0.00138	9.0	24.0	-0.00499	-9.0	6.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000187235	-0.000158895	0.000691472	----	----
2	-0.000187797	-0.000159720	0.000683043	----	----
3	0.000020003	0.000511883	-0.012156535	----	----
4	0.000020003	-0.000511883	0.003199961	----	----
5	0.000087657	0.000326636	-0.007613922	----	----
6	-0.000304767	0.000099813	-0.004065887	----	----
7	-0.000640445	0.000000015	-0.006107130	----	----
8	0.000234003	0.000119758	-0.003602787	----	----

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.52	-15.0	30.0	-68.4	9.0	6.0	211	6.0
2	S	3.66	15.0	0.0	-101.2	-9.0	24.0	106	2.0
3	S	3.78	15.0	30.0	-141.7	-9.0	6.0	126	2.0
4	S	4.10	-15.0	30.0	-145.3	9.0	6.0	123	2.0
5	S	0.00	15.0	30.0	-109.8	-9.0	6.0	900	16.1
6	S	1.87	15.0	0.0	-34.1	-9.0	24.0	86	2.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k3	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali



**Relazione tecnica e di calcolo**

Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{\text{max}} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr\text{ max} * (e_{\text{ sm}} - e_{\text{ cm}})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00047	0.00000	0.500	16.0	52	0.00021 (0.00021)	272	0.056 (0.20)	14.86	-0.33
2	S	-0.00070	0.00000	0.500	16.0	52	0.00030 (0.00030)	320	0.097 (0.20)	-7.62	5.74
3	S	-0.00096	0.00000	0.500	16.0	52	0.00043 (0.00043)	347	0.147 (0.20)	2.85	9.26
4	S	-0.00098	0.00000	0.500	16.0	52	0.00044 (0.00044)	343	0.149 (0.20)	3.40	-8.88
5	S	-0.00063	-0.00023	0.683	16.0	52	0.00033 (0.00033)	385	0.127 (0.20)	4.65	0.02
6	S	-0.00025	0.00000	0.500	16.0	52	0.00010 (0.00010)	293	0.030 (0.20)	-9.67	6.63

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.44	15.0	30.0	-95.8	-9.0	6.0	102	2.0
2	S	3.14	-15.0	0.0	-97.0	9.0	24.0	109	2.0
3	S	1.55	15.0	0.0	-93.8	-9.0	24.0	236	6.0
4	S	1.55	-15.0	0.0	-93.8	9.0	24.0	236	6.0
5	S	0.00	-15.0	30.0	-75.7	-9.0	6.0	900	16.1
6	S	0.00	-15.0	30.0	-37.3	9.0	6.0	900	16.1

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00066	0.00000	0.500	16.0	52	0.00029 (0.00029)	314	0.090 (0.20)	6.65	6.62
2	S	-0.00067	0.00000	0.500	16.0	52	0.00029 (0.00029)	325	0.094 (0.20)	-6.58	-6.07
3	S	-0.00062	0.00000	0.500	16.0	52	0.00028 (0.00028)	283	0.080 (0.20)	-1.03	9.38
4	S	-0.00062	0.00000	0.500	16.0	52	0.00028 (0.00028)	283	0.080 (0.20)	-1.03	-9.38
5	S	-0.00039	-0.00034	0.941	16.0	52	0.00023 (0.00023)	463	0.105 (0.20)	0.84	0.00
6	S	-0.00023	-0.00003	0.562	16.0	52	0.00011 (0.00011)	348	0.039 (0.20)	5.35	-1.22

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.60	15.0	30.0	-65.5	-9.0	6.0	124	2.0
2	S	1.30	-15.0	0.0	-57.9	9.0	24.0	129	2.0
3	S	0.58	15.0	0.0	-79.8	-9.0	24.0	251	6.0
4	S	0.58	-15.0	0.0	-79.8	9.0	24.0	251	6.0
5	S	0.00	-15.0	30.0	-73.2	-9.0	6.0	900	16.1
6	S	1.30	15.0	0.0	-57.9	-9.0	24.0	129	2.0
7	S	1.30	15.0	0.0	-57.9	-9.0	24.0	129	2.0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00044	0.00000	0.500	16.0	52	0.00020 (0.00020)	344	0.068 (0.20)	5.13	6.06
2	S	-0.00039	0.00000	0.500	16.0	52	0.00017 (0.00017)	351	0.061 (0.20)	-4.16	-6.72
3	S	-0.00051	0.00000	0.500	16.0	52	0.00024 (0.00024)	290	0.069 (0.20)	-1.16	7.29
4	S	-0.00051	0.00000	0.500	16.0	52	0.00024 (0.00024)	290	0.069 (0.20)	-1.16	-7.29
5	S	-0.00037	-0.00033	0.941	16.0	52	0.00022 (0.00022)	463	0.102 (0.20)	0.84	0.00
6	S	-0.00039	0.00000	0.500	16.0	52	0.00017 (0.00017)	351	0.061 (0.20)	-4.16	6.72
7	S	-0.00039	0.00000	0.500	16.0	52	0.00017 (0.00017)	351	0.061 (0.20)	-4.16	6.72



*Direzione Progettazione e  
Realizzazione Lavori*

STRADA DELLE TRE VALLI UMBRE  
Tratto Eggi-Acquasparta – 1° Stralcio Baiano-Firenzuola

**PROGETTO ESECUTIVO**

---

**Relazione tecnica e di calcolo**

---

## Verifica SLV

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	181	daN/cm <sup>2</sup>
	Resis. compr. ridotta fcd':	90.7	daN/cm <sup>2</sup>
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	333458	daN/cm <sup>2</sup>
Resis. media a trazione fctm:	30.2	daN/cm <sup>2</sup>	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	4500	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. caratt. rottura ftk:	4500	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. snerv. di progetto fyd:	3913	daN/cm <sup>2</sup>
	Resist. ultima di progetto ftd:	3913	daN/cm <sup>2</sup>
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	30.0
3	15.0	30.0
4	15.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-9.0	6.0	16
2	-9.0	24.0	16
3	9.0	24.0	16
4	9.0	6.0	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	1	16
2	2	3	1	16
3	1	2	1	16
4	3	4	1	16

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12 mm
------------------	-------

Passo staffe: 10.0 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

#### CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale in daN applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [daN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	-78	5	27	2	16
2	-85	-8	-27	-5	-16
3	-83	27	6	16	3
4	-87	-27	-7	-16	-4
5	-87	-27	-7	-16	-4
6	-74	2	1	2	16
7	-115	-8	-25	-5	-15
8	-31	21	5	12	6

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0 cm

#### VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn	Sforzo normale assegnato [daN] nel baricentro sezione cls. (positivo se di compressione)
Mx Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn	Componente momento assegnato [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [daN] baricentrico (positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [daNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm <sup>2</sup> ]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	-78	5	27	-78	1196	6467	237.34	16.1(9.0)
2	S	-85	-8	-27	-88	-1986	-6140	231.20	16.1(9.0)
3	S	-83	27	6	-105	6361	1457	231.96	16.1(9.0)
4	S	-87	-27	-7	-99	-6292	-1625	229.48	16.1(9.0)
5	S	-87	-27	-7	-99	-6292	-1625	229.48	16.1(9.0)
6	S	-74	2	1	-104	4844	4150	999.00	16.1(9.0)
7	S	-115	-8	-25	-134	-1877	-6184	244.48	16.1(9.0)
8	S	-31	21	5	-60	6287	1644	298.87	16.1(9.0)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrip. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)



Direzione Progettazione e  
Realizzazione Lavori

STRADA DELLE TRE VALLI UMBRE  
Tratto Eggi-Acquasparta – 1° Stralcio Baiano-Firenzuola

**PROGETTO ESECUTIVO**

**Relazione tecnica e di calcolo**

Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	15.0	30.0	0.00115	9.0	24.0	-0.00591	-9.0	6.0
2	0.00350	-15.0	0.0	0.00129	-9.0	6.0	-0.00535	9.0	24.0
3	0.00350	15.0	30.0	0.00120	9.0	24.0	-0.00572	-9.0	6.0
4	0.00350	-15.0	0.0	0.00122	-9.0	6.0	-0.00560	9.0	24.0
5	0.00350	-15.0	0.0	0.00122	-9.0	6.0	-0.00560	9.0	24.0
6	0.00350	15.0	30.0	0.00154	9.0	24.0	-0.00435	-9.0	6.0
7	0.00350	-15.0	0.0	0.00127	-9.0	6.0	-0.00543	9.0	24.0
8	0.00350	15.0	30.0	0.00123	9.0	24.0	-0.00559	-9.0	6.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000330951	0.000060968	-0.003293293	----	----
2	-0.000284485	-0.000084366	-0.000767276	----	----
3	0.000069030	0.000315084	-0.006987962	----	----
4	-0.000074034	-0.000305223	0.002389493	----	----
5	-0.000074034	-0.000305223	0.002389493	----	----
6	0.000150665	0.000176560	-0.004056773	----	----
7	-0.000290790	-0.000081356	-0.000861853	----	----
8	0.000074560	0.000304003	-0.006738498	----	----

### 11.2.2 Verifica di stabilità

Le verifiche di stabilità degli elementi snelli devono essere condotte attraverso un'analisi del secondo ordine che tenga conto degli effetti flessionali delle azioni assiali sulla configurazione deformata degli elementi stessi.

Si deve tenere adeguatamente conto delle imperfezioni geometriche e delle deformazioni viscoso per carichi di lunga durata.

Si devono assumere legami fra azioni interne e deformazioni in grado di descrivere in modo adeguato il comportamento non lineare dei materiali e gli effetti della fessurazione delle sezioni. Cautelativamente il contributo del calcestruzzo teso può essere trascurato.

*Snellezza limite per pilastri singoli*

In via approssimata gli effetti del secondo ordine in pilastri singoli possono essere trascurati se la snellezza  $\lambda$  non supera il valore limite

$$\lambda_{lim} = \frac{25}{\sqrt{v}} \quad [4.1.41]$$

dove

$v = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd})$  è l'azione assiale adimensionalizzata.

La snellezza è calcolata come rapporto tra la lunghezza libera di inflessione,  $l_0$ , ed il raggio d'inerzia,  $i$ , della sezione di calcestruzzo non fessurato:

$$\lambda = l_0 / i \quad [4.1.42]$$

In base ai risultati riportati al paragrafo precedente lo sforzo assiale massimo di compressione sul singolo pilastro è pari a  $N = 193.84$  KN.

Di seguito si riporta la verifica di stabilità.

Ned	193840.00	NN
b	300	mm
a	300	mm
L	3.20	m
Ac	90000	mm <sup>2</sup>
Jx	675000000	mm <sup>4</sup>
Jy	675000000	mm <sup>4</sup>
v	0.12	
fcd	18.13	MPa
<b><math>\lambda_{lim}</math></b>	<b>72.53</b>	
$\beta$	1	
LO	3.2	m
i	86.6	mm
<b><math>\lambda</math></b>	<b>36.952</b>	

La verifica risulta soddisfatta.

### 11.2.3 Verifica a taglio

Ai fini della progettazione in capacità, per ciascuna direzione di applicazione del sisma la domanda a taglio  $V_{Ed}$  si ottiene imponendo l'equilibrio con i momenti delle sezioni di estremità (superiore e inferiore) del pilastro  $M_{i,d}^s$ ,  $M_{i,d}^i$ , determinate come appresso indicato ed amplificate del fattore di sovraresistenza  $\gamma_{Rd}$ , secondo l'espressione:

$$V_{Ed}l_p = \gamma_{Rd} (M_{i,d}^s + M_{i,d}^i) \quad [7.4.5]$$

dove:

per il valore di  $\gamma_{Rd}$  si veda la Tab. 7.2.I;

$M_{i,d} = M_{c,Rd} \cdot \min(1, \frac{\sum M_{b,Rd}}{\sum M_{c,Rd}})$  è il momento nella sezione di estremità (superiore o inferiore) in corrispondenza della

formazione delle cerniere nelle travi, dove i valori in sommatoria sono quelli impiegati nella [7.4.4];

$M_{c,Rd}$  è la capacità a flessione nella sezione di estremità (superiore o inferiore);

$l_p$  è la lunghezza del pilastro.

dove:

$\gamma_{Rd} = 1.10$  per strutture in CD"B";

$M_{c,Rd}^s = M_{c,Rd}^i = 64.92$  kNm

$l_p = 3.20$  m

**Relazione tecnica e di calcolo**

**NODO INTERMEDIO**

numero travi convergenti n= 3

**Dimensioni sezione pilastro**

b =	300	mm	RcK =	40	MPa
a =	300	mm	f <sub>ck</sub> =	32	MPa
l <sub>p</sub> =	3.2	m	f <sub>cd</sub> =	18.13	MPa
Ac =	90000	mm <sup>2</sup>			

**ASSE FORTE**

**Pressoflessione**

momento analisi	Med =	27.42	KNm
sforzo assiale analisi	Ned =	193.8	KN
momento resistente pilastro sup.	M <sub>C,Rd (sup)</sub> =	0	KNm
momento resistente pilastro inf.	M <sub>C,Rd (inf)</sub> =	64.92	KNm
momento resistente trave 1	M <sub>b,Rd</sub> =	96.42	KNm
momento resistente trave 2	M <sub>b,Rd</sub> =	75.55	KNm
momento resistente trave 3	M <sub>b,Rd</sub> =	75.55	KNm
momento resistente trave 4	M <sub>b,Rd</sub> =	0	KNm
fattore di sovraresistenza	γ <sub>rd</sub> =	1.1	CD "B"
	N <sub>Rdc</sub> =	1632	KN

Ned < 65% N<sub>Rdc</sub> La verifica risulta soddisfatta

**Taglio**

$$V_{Ed} l_p = \gamma_{Rd} (M_{i,d}^s + M_{i,d}^i) \quad M_{i,d} = M_{c,Rd} \cdot \min\left(1, \frac{\sum M_{b,Rd}}{\sum M_{c,Rd}}\right)$$

α = 1

V<sub>ed</sub> = 22.3 KN

Il taglio di calcolo ottenuto dall'analisi strutturale mediante il SAP2000 è pari a:

**V<sub>Ed</sub> = 16.3 kN**

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto dall'analisi strutturale mediante il SAP2000, si procede alla verifica di resistenza considerando il valore del taglio massimo assoluto.



**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

[4.1.2.1.3.2]

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) / (1 + ctg^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45</b> ° 0.79 rad
diametro staffe		$\emptyset$	<b>12</b> mm
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	226.19 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>100</b> mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	8.23 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	195.16 kN
		$V_{Rcd}$	272.23 kN
		$V_{Rd}$	195.16 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

Si adotteranno staffe  $\Phi 12 / 10$  cm per la lunghezza critica del pilastro pari a 0,6m.

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

**[4.1.2.1.3.2]**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45</b> °
diametro staffe		$\emptyset$	0.79 rad <b>12</b> mm
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	226.19 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>150</b> mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.07 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	130.11 kN
		$V_{Rcd}$	299.82 kN
		$V_{Rd}$	130.11 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

Al di fuori della zona dissipativa si adotteranno staffe  $\Phi 12 / 15$  cm.

### 11.2.4 Verifica a torsione

La resistenza alla torsione del pilastro è la minore delle tre sotto definite:

#### Calcestruzzo

B (m)	0.3
H (m)	0.3
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.09
u (m)	1.2
t (m)	0.08
A (m <sup>2</sup> )	0.05
f <sub>cd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	9065.0
cotgθ (-)	1.00
a <sub>1</sub>	0.0005
a <sub>s</sub>	0.002
<b>T<sub>Rcd</sub> (kNm)</b>	<b>34.42</b>

#### Staffe Trasversali

B (m)	0.3
H (m)	0.3
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.09
u (m)	1.2
t (m)	0.08
A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	0.0002
A (m <sup>2</sup> )	0.05
S <sub>(prog.)</sub> (m)	0.1
f <sub>yd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	391300
cotgθ (-)	1.00
<b>T<sub>Rsd</sub> (kNm)</b>	<b>89.57</b>

#### Armatura Longitudinale

B (m)	0.3
H (m)	0.3
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.09
u (m)	1.2
t (m)	0.08
u <sub>m</sub> (m)	0.90
ΣA <sub>l</sub> (m <sup>2</sup> )	0.0005
A (m <sup>2</sup> )	0.05
f <sub>yd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	391300
cotgθ (-)	1.00
<b>T<sub>Rsd</sub> (kNm)</b>	<b>23.04</b>

**T<sub>Rd</sub> (kNm)**      23.04

**T<sub>Ed</sub> (kNm)**      **0.30** sap

Per quanto riguarda la crisi lato calcestruzzo, la resistenza massima di una membratura soggetta a torsione e taglio è limitata dalla resistenza delle bielle compresse di calcestruzzo. Per non eccedere tale resistenza deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$T_{Ed} / T_{Rcd} + V_{Ed} / V_{Rcd} < 1$$

$$T_{Ed} / T_{Rcd} = 0.013$$

$$V_{Ed} / V_{Rcd} = 0.171$$

$$= 0.184$$

La verifica risulta soddisfatta

### 11.2.5 Verifica limitazioni di armatura

Resta da verificare che l'armatura determinata in funzione delle sollecitazioni agenti rispetti le limitazioni riportate nel punto 7.4.6.2 delle NTC2018.

Dimensioni sezione

b =	300 mm		
a =	300 mm		
c =	52 mm		
interasse barre =	100 mm	<	250 mm

**sezione corrente:**

Armatura	8	Ø	16 mm	
$A_s =$	1607.68	$\text{mm}^2$		
$\rho = A_s / (bh) =$	0.01786			
				$1\% \leq \rho \leq 4\%$
1% =	0.010			
4% =	0.040			La verifica risulta soddisfatta

$A_s =$	1607.68	$\text{mm}^2$	
$A_{smin} =$	270	$\text{mm}^2$	La verifica risulta soddisfatta
$A_{smax} =$	3600	$\text{mm}^2$	La verifica risulta soddisfatta

Passo massimo delle staffe nella zona critica

s1	150 mm
s2	175 mm
s3	128 mm
s =	128 mm

**Relazione tecnica e di calcolo**

RcK =	40 MPa		
f <sub>ck</sub> =	32 MPa		
f <sub>cd</sub> =	18.13 MPa	valore della resistenza di progetto a compressione	
f <sub>yk</sub> =	450 MPa	resistenza caratteristica a trazione dell'armatura	
f <sub>yd</sub> =	391 MPa		
b <sub>t</sub> =	208 mm	distanza tra i bracci più esterni	
A <sub>sw,min</sub> /s =	0.7711 mm <sup>2</sup> /mm		
∅ =	12 mm	diametro staffe	
A <sub>sw</sub> =	226.08 mm <sup>2</sup>		
s =	100 mm		
A <sub>sw</sub> /s =	2.261 mm <sup>2</sup> /mm	La verifica risulta soddisfatta	$\frac{A_{st}}{s} = 0.08 \frac{f_{cd} \cdot b_{st}}{f_{yd}}$

∅ =	12 mm	diametro staffe	
A <sub>s</sub> =	113.04 mm <sup>2</sup>	l'area della sezione trasversale della barra della singola staffa orizzontale	
n <sub>s</sub> =	2.0	numero di bracci	
f <sub>yk</sub> =	450 MPa		
i =	100 mm	interasse	
b <sub>j</sub> =	300 mm	larghezza utile	
	0.008 >	0.003556	La verifica risulta soddisfatta $\frac{n_{st} \cdot A_{st}}{i \cdot b_j} \geq 0.05 \frac{f_{ck}}{f_{yk}}$

Si riscontra, pertanto, che l'armatura dei pilastri rispetta i limiti prescritti dalle NTC2018.

### 11.3 Verifica trave di bordo

#### 11.3.1 Verifica di resistenza

In base ai risultati riportati al capitolo 10 si effettua di seguito la verifica della trave 30x40 cm di bordo maggiormente sollecitata.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto.

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
105	2.28125	SLU_1	3.593	0.777	0.12	0.6359	12.2436
101	3.5	SLU_3	3.236	36.211	0.775	-0.7205	-21.4409
10	0.15	SLU_21	9.478	-5.468	2.748	1.7807	4.4042
132	0.15	SLU_20	9.478	-5.468	-2.748	-1.7807	4.4042
101	0.15	SLU_2	6.337	-19.173	-2.779	-1.4819	0.0991
105	0.15	SLU_4	3.236	-36.211	-0.775	-0.7205	-21.4409
137	2.20444	SLU_15	-3.276	0.687	-0.248	0.2556	3.0644
132	0.97778	SLU_20	9.478	-2.241	-2.748	0.4941	7.5949

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
101	0.15	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	7.411	0.965	1.654	0.7144	16.1189
101	3.5	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-1.399	7.599	-0.937	-1.4309	-22.7022
10	0.15	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	7.948	3.676	4.434	2.5948	14.8752
132	0.15	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-2.438	-19.7	-4.434	-2.5948	-21.2051
17	0.15	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-5.751	-18.464	-5.407	-0.8922	-11.2879
105	0.15	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-1.399	-29.942	-1.89	-1.4309	-22.7022
17	0.24889	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-5.751	-18.167	-5.407	-0.3894	-9.477
132	0.97778	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	7.948	6.159	1.82	1.126	10.8072

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
105	2.28125	CARATTERISTICA 2	2.68	0.608	0.095	0.4368	8.4793
105	0.15	CARATTERISTICA 2	3.347	-24.925	-0.583	-0.5288	-14.4887
10	0.15	CARATTERISTICA 2	4.586	-6.146	1.684	1.1244	0.2676
132	0.15	CARATTERISTICA 2	4.565	-6.177	-1.669	-1.1186	0.2151
17	1.22667	CARATTERISTICA 1	-1.919	-2.572	0.22	-0.0313	1.8345
105	2.7375	CARATTERISTICA 2	4.691	4.698	1.845	0.4144	6.9165

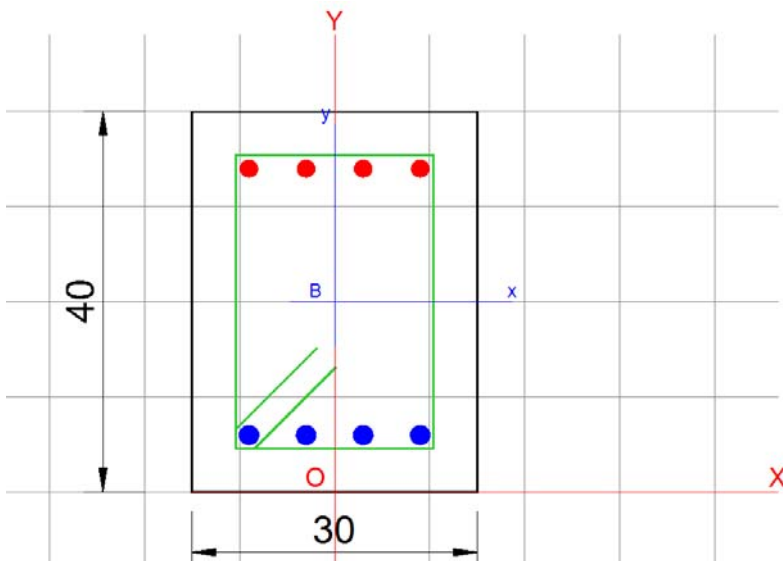
Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
---------------	--------------	--------------------	---------	----------	----------	------------	------------

**Relazione tecnica e di calcolo**

101	1.36875	SLE_8F	1.545	-0.778	-0.115	0.3239	6.5004
101	3.5	SLE_8F	2.074	19.539	0.468	-0.4127	-11.2452
10	0.15	SLE_8F	4.199	-6.329	1.593	1.0614	-0.4917
132	0.15	SLE_8F	4.199	-6.329	-1.593	-1.0614	-0.4917
137	2.20444	SLE_7F	-1.424	0.092	-0.241	0.2427	2.7993
132	0.97778	SLE_8F	4.199	-3.847	-1.593	0.2573	3.72

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
101	1.36875	SLE_QP	0.852	-1.618	-0.121	0.2989	5.7782
101	3.5	SLE_QP	1.912	18.77	0.477	-0.3986	-10.4991
10	0.15	SLE_QP	2.755	-8.012	1.307	0.9023	-3.1649
132	0.15	SLE_QP	2.755	-8.012	-1.307	-0.9023	-3.1649
137	1.22667	SLE_QP	-0.84	-3.356	-0.297	-0.0063	1.3546
132	0.15	SLE_QP	2.755	-8.012	-1.307	-0.9023	-3.1649

**Armatura sezione**



- Arm. Longitudinale: 4 $\varnothing$ 14 superiore - 4 $\varnothing$ 16 inferiore
- Arm. Trasversale:  $\varnothing$ 10/10cm zona critica -  $\varnothing$ 10/15cm fuori zona critica

## Verifica SLU-SLE

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40		
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa	
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.1	MPa	
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020		
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035		
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo		
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2	MPa	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2	MPa	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.4	MPa	
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0	MPa	
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa	
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa	
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>	
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito		
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50		
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00	MPa	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	40.0
3	15.0	40.0
4	15.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-9.0	6.0	16
2	-9.0	34.0	14
3	9.0	34.0	14
4	9.0	6.0	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø



1	1	4	2	16
2	2	3	2	14

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 15.0 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risolto per ogni staffa:

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	3.59	12.24	0.64	0.78	0.12
2	3.24	-21.44	-0.72	36.21	0.78
3	9.48	4.40	1.78	-5.47	2.75
4	9.48	4.40	-1.78	-5.47	-2.75
5	6.34	0.10	-1.48	-19.17	-2.78
6	3.24	-21.44	-0.72	-36.21	-0.78
7	-3.28	3.06	0.26	0.69	-0.25
8	9.48	7.59	0.49	-2.24	-2.75

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	2.68	8.48	0.44
2	3.35	-14.49	-0.53
3	4.59	0.27	1.12
4	4.57	0.22	-1.12
5	3.80	6.52	-0.48
6	3.35	-14.49	-0.53
7	-1.92	1.83	-0.03
8	4.69	6.92	0.41

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
---------	---	----	----

1	0.00	0.00 (6.65)	0.00 (6.62)
2	0.00	0.00 (-6.58)	0.00 (-6.07)
3	0.00	0.00 (-1.03)	0.00 (9.38)
4	0.00	0.00 (-1.03)	0.00 (-9.38)
5	0.00	0.00 (0.84)	0.00 (0.00)
6	0.00	0.00 (5.35)	0.00 (-1.22)
7	1.55	6.50 (29.13)	0.32 (1.45)
8	2.07	-11.25 (-28.83)	-0.41 (-1.06)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	0.00 (5.13)	0.00 (6.06)
2	0.00	0.00 (-4.16)	0.00 (-6.72)
3	0.00	0.00 (-1.16)	0.00 (7.29)
4	0.00	0.00 (-1.16)	0.00 (-7.29)
5	0.00	0.00 (0.84)	0.00 (0.00)
6	0.00	0.00 (-4.16)	0.00 (6.72)
7	0.85	5.78 (28.88)	0.30 (1.49)
8	1.91	-10.50 (-28.77)	-0.40 (-1.09)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	3.59	12.24	0.64	3.89	97.89	4.76	7.99	8.0
2	S	3.24	-21.44	-0.72	3.48	-77.04	-2.88	3.59	6.2
3	S	9.48	4.40	1.78	9.66	88.38	35.20	19.89	9.6
4	S	9.48	4.40	-1.78	9.66	88.38	-35.20	19.89	9.6
5	S	6.34	0.10	-1.48	6.12	5.49	-63.41	42.81	10.6
6	S	3.24	-21.44	-0.72	3.48	-77.04	-2.88	3.59	6.2
7	S	-3.28	3.06	0.26	-3.35	96.53	7.92	32.11	8.0
8	S	9.48	7.59	0.49	9.48	98.50	6.72	12.92	8.0

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.216	15.0	40.0	0.00059	9.0	34.0	-0.01267	-9.0	6.0
2	0.00350	0.184	-15.0	0.0	0.00011	-9.0	6.0	-0.01555	9.0	34.0
3	0.00350	0.384	15.0	40.0	0.00161	9.0	34.0	-0.00562	-9.0	6.0
4	0.00350	0.384	-15.0	40.0	0.00161	-9.0	34.0	-0.00562	9.0	6.0
5	0.00350	0.284	-15.0	0.0	0.00042	-9.0	6.0	-0.00884	9.0	34.0
6	0.00350	0.184	-15.0	0.0	0.00011	-9.0	6.0	-0.01555	9.0	34.0
7	0.00350	0.232	15.0	40.0	0.00074	9.0	34.0	-0.01160	-9.0	6.0
8	0.00350	0.229	15.0	40.0	0.00073	9.0	34.0	-0.01177	-9.0	6.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000032411	0.000452736	-0.015095622	0.216	0.711
2	-0.000018400	-0.000547245	0.003223998	0.184	0.700
3	0.000158739	0.000156110	-0.005125469	0.384	0.920
4	-0.000158739	0.000156110	-0.005125469	0.384	0.920
5	-0.000508526	-0.000004048	-0.004127883	0.284	0.794
6	-0.000018400	-0.000547245	0.003223998	0.184	0.700
7	0.000050951	0.000408237	-0.013593762	0.232	0.730
8	0.000043636	0.000418342	-0.013888208	0.229	0.726

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.46	15.0	40.0	-35.6	-9.0	6.0	243	8.0
2	S	2.57	-15.0	0.0	-78.2	9.0	34.0	271	6.2
3	S	0.38	15.0	40.0	-6.5	-9.0	6.0	103	2.0
4	S	0.37	-15.0	40.0	-6.3	9.0	6.0	104	2.0
5	S	1.19	-15.0	40.0	-26.9	9.0	6.0	225	8.0
6	S	2.57	-15.0	0.0	-78.2	9.0	34.0	271	6.2
7	S	0.28	-15.0	40.0	-9.0	9.0	6.0	284	8.0
8	S	1.22	15.0	40.0	-27.7	-9.0	6.0	233	8.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$

**Relazione tecnica e di calcolo**

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copri ferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
sr max	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
wk	Massima distanza tra le fessure [mm]
Mx fess.	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00023	0.00000	0.500	16.0	52	0.00011 (0.00011)	259	0.028 (990.00)	29.20	1.50
2	S	-0.00050	0.00000	0.500	14.0	53	0.00023 (0.00023)	285	0.067 (990.00)	-28.93	-1.06
3	S	-0.00005	0.00000	0.500	16.0	52	0.00002 (0.00002)	316	0.006 (990.00)	4.92	20.66
4	S	-0.00005	0.00000	0.500	16.0	52	0.00002 (0.00002)	317	0.006 (990.00)	4.10	-21.32
5	S	-0.00018	0.00000	0.500	16.0	52	0.00008 (0.00008)	253	0.020 (990.00)	28.79	-2.11
6	S	-0.00050	0.00000	0.500	14.0	53	0.00023 (0.00023)	285	0.067 (990.00)	-28.93	-1.06
7	S	-0.00006	0.00000	0.500	16.0	52	0.00003 (0.00003)	273	0.007 (990.00)	28.10	-0.48
8	S	-0.00018	0.00000	0.500	16.0	52	0.00008 (0.00008)	255	0.021 (990.00)	29.55	1.77

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.44	15.0	30.0	-95.8	-9.0	6.0	102	2.0
2	S	3.14	-15.0	0.0	-97.0	9.0	24.0	109	2.0
3	S	1.55	15.0	0.0	-93.8	-9.0	24.0	236	6.0
4	S	1.55	-15.0	0.0	-93.8	9.0	24.0	236	6.0
5	S	0.00	-15.0	30.0	-75.7	-9.0	6.0	900	16.1
6	S	0.00	-15.0	30.0	-37.3	9.0	6.0	900	16.1
7	S	1.12	15.0	40.0	-27.6	-9.0	6.0	245	8.0
8	S	2.00	-15.0	0.0	-61.1	9.0	34.0	272	6.2

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00066	0.00000	0.500	16.0	52	0.00029 (0.00029)	314	0.090 (0.40)	6.65	6.62
2	S	-0.00067	0.00000	0.500	16.0	52	0.00029 (0.00029)	325	0.094 (0.40)	-6.58	-6.07
3	S	-0.00062	0.00000	0.500	16.0	52	0.00028 (0.00028)	283	0.080 (0.40)	-1.03	9.38
4	S	-0.00062	0.00000	0.500	16.0	52	0.00028 (0.00028)	283	0.080 (0.40)	-1.03	-9.38
5	S	-0.00039	-0.00034	0.941	16.0	52	0.00023 (0.00023)	463	0.105 (0.40)	0.84	0.00
6	S	-0.00023	-0.00003	0.562	16.0	52	0.00011 (0.00011)	348	0.039 (0.40)	5.35	-1.22
7	S	-0.00018	0.00000	0.500	16.0	52	0.00008 (0.00008)	260	0.021 (0.40)	29.13	1.45
8	S	-0.00039	0.00000	0.500	14.0	53	0.00018 (0.00018)	285	0.052 (0.40)	-28.83	-1.06

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.60	15.0	30.0	-65.5	-9.0	6.0	124	2.0
2	S	1.30	-15.0	0.0	-57.9	9.0	24.0	129	2.0
3	S	0.58	15.0	0.0	-79.8	-9.0	24.0	251	6.0
4	S	0.58	-15.0	0.0	-79.8	9.0	24.0	251	6.0
5	S	0.00	-15.0	30.0	-73.2	-9.0	6.0	900	16.1
6	S	1.30	15.0	0.0	-57.9	-9.0	24.0	129	2.0
7	S	0.99	15.0	40.0	-24.9	-9.0	6.0	246	8.0



Direzione Progettazione e  
Realizzazione Lavori

STRADA DELLE TRE VALLI UMBRE  
Tratto Eggi-Acquasparta – I° Stralcio Baiano-Firenzuola

## PROGETTO ESECUTIVO

### Relazione tecnica e di calcolo

8 S 1.87 -15.0 0.0 -57.1 9.0 34.0 271 6.2

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm sr max	wk	Mx fess	My fess	
1	S	-0.00044	0.00000	0.500	16.0	52	0.00020 (0.00020)	344	0.068 (0.30)	5.13	6.06
2	S	-0.00039	0.00000	0.500	16.0	52	0.00017 (0.00017)	351	0.061 (0.30)	-4.16	-6.72
3	S	-0.00051	0.00000	0.500	16.0	52	0.00024 (0.00024)	290	0.069 (0.30)	-1.16	7.29
4	S	-0.00051	0.00000	0.500	16.0	52	0.00024 (0.00024)	290	0.069 (0.30)	-1.16	-7.29
5	S	-0.00037	-0.00033	0.941	16.0	52	0.00022 (0.00022)	463	0.102 (0.30)	0.84	0.00
6	S	-0.00039	0.00000	0.500	16.0	52	0.00017 (0.00017)	351	0.061 (0.30)	-4.16	6.72
7	S	-0.00016	0.00000	0.500	16.0	52	0.00007 (0.00007)	260	0.019 (0.30)	28.88	1.49
8	S	-0.00036	0.00000	0.500	14.0	53	0.00017 (0.00017)	285	0.049 (0.30)	-28.77	-1.09

## Verifica SLV

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	40.0
3	15.0	40.0
4	15.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-9.0	6.0	16
2	-9.0	34.0	14
3	9.0	34.0	14
4	9.0	6.0	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	2	16
2	2	3	2	14

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10 mm
Passo staffe:	8.0 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risolto per ogni staffa:

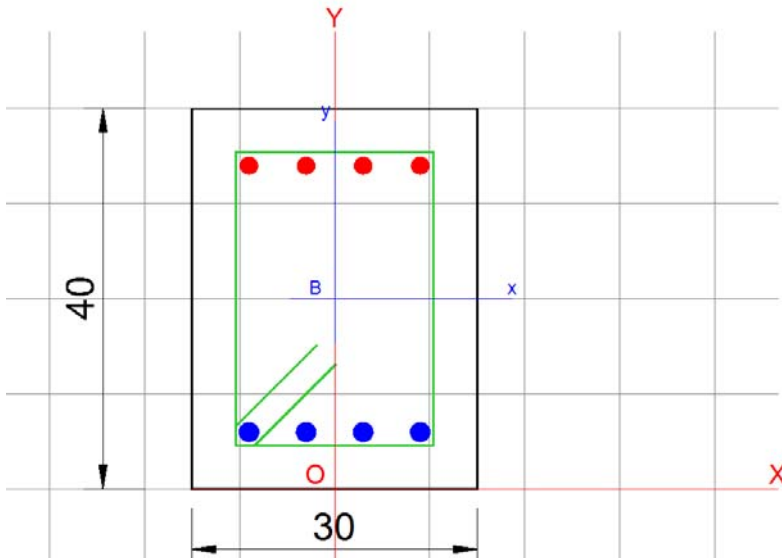
N°Staffa Barra Barra Barra Barra

1 1 2 3 4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	7.41	16.12	0.71	0.97	1.65
2	-1.40	-22.70	-1.43	7.60	-0.94
3	7.95	14.88	2.59	3.68	4.43
4	-2.44	-21.21	-2.59	-19.70	-4.43
5	-5.75	-11.29	-0.89	-18.46	-5.41
6	-1.40	-22.70	-1.43	-29.94	-1.89
7	-5.75	-9.48	-0.39	-18.17	-5.41
8	7.95	10.81	1.13	6.16	1.82



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)

**Relazione tecnica e di calcolo**

Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$

As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area massima ex (7.4.26)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	7.41	16.12	0.71	7.17	98.38	4.31	6.09	8.0
2	S	-1.40	-22.70	-1.43	-1.28	-76.23	-4.96	3.36	6.2
3	S	7.95	14.88	2.59	8.16	96.48	16.80	6.47	8.0
4	S	-2.44	-21.21	-2.59	-2.65	-75.64	-8.99	3.56	8.2
5	S	-5.75	-11.29	-0.89	-5.49	-75.54	-6.04	6.64	6.2
6	S	-1.40	-22.70	-1.43	-1.28	-76.23	-4.96	3.36	6.2
7	S	-5.75	-9.48	-0.39	-5.95	-75.71	-3.24	7.91	6.2
8	S	7.95	10.81	1.13	7.99	97.86	10.07	9.03	8.0

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45  
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.215	15.0	40.0	0.00057	9.0	34.0	-0.01280	-9.0	6.0
2	0.00350	0.192	-15.0	0.0	0.00023	-9.0	6.0	-0.01470	9.0	34.0
3	0.00350	0.285	15.0	40.0	0.00118	9.0	34.0	-0.00876	-9.0	6.0
4	0.00350	0.210	-15.0	0.0	0.00047	-9.0	6.0	-0.01313	9.0	34.0
5	0.00350	0.196	-15.0	0.0	0.00028	-9.0	6.0	-0.01435	9.0	34.0
6	0.00350	0.192	-15.0	0.0	0.00023	-9.0	6.0	-0.01470	9.0	34.0
7	0.00350	0.184	-15.0	0.0	0.00010	-9.0	6.0	-0.01555	9.0	34.0
8	0.00350	0.248	15.0	40.0	0.00090	9.0	34.0	-0.01064	-9.0	6.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000029337	0.000458837	-0.015293508	0.215	0.708
2	-0.000032263	-0.000512464	0.003016051	0.192	0.700
3	0.000088958	0.000297920	-0.009751165	0.285	0.797
4	-0.000054989	-0.000450342	0.002675159	0.210	0.703
5	-0.000038949	-0.000497444	0.002915759	0.196	0.700
6	-0.000032263	-0.000512464	0.003016051	0.192	0.700
7	-0.000022127	-0.000544595	0.003168091	0.184	0.700
8	0.000061070	0.000372655	-0.012322252	0.248	0.749



### 11.3.2 Verifica a taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo  $V_{Ed}$  si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza  $\gamma_{Rd}$  assunto pari a 1.1 per CDB.

Deve risultare (NTC2018):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

$V_d$  = Valore di calcolo del taglio agente;

$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

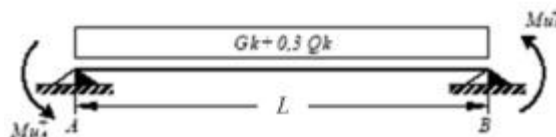
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

dove:

$\alpha$  : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$\theta$  : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

• **1° Schema:**

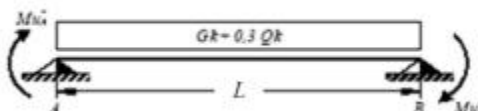


Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

• **2° Schema:**



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo con i valori delle sollecitazioni taglianti ottenute seguendo la metodologia descritta e riportata negli schemi precedenti:

**Determinazione taglio di calcolo**

Base	0.30	m
Altezza	0.40	m
L <sub>trave</sub>	7.30	m
L <sub>influenza</sub>	2.32	m
Peso proprio trave	3.00	kN/m
Carico solaio	3.10	kN/m <sup>2</sup>
Carico perm.	1.64	kN/m <sup>2</sup>
G <sub>k</sub>	11.00	kN/m
Y <sub>Q</sub>	0.30	[-]
Q <sub>k</sub>	1.104	kN/m
γ <sub>Rd</sub>	1.10	[-]

M <sub>uA</sub> <sup>(+)</sup> (kNm)	M <sub>uB</sub> <sup>(-)</sup> (kNm)	M <sub>uA</sub> <sup>(-)</sup> (kNm)	M <sub>uB</sub> <sup>(+)</sup> (kNm)
96.42	75.55	75.55	96.42

1° Schema		2° Schema	
V <sub>A</sub> (kN)	V <sub>B</sub> (kN)	V <sub>A</sub> (kN)	V <sub>B</sub> (kN)
70.4	-12.3	64.1	-18.6

V <sub>2</sub> (output) =	36.21	kN
V <sub>Ed</sub> =	70.41	kN

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000 (V<sub>2</sub>=36.21 kN) si procede alla verifica di resistenza considerando il seguente valore del taglio massimo:

**V<sub>Ed-max</sub> = 70.41 kN**

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

**[4.1.2.1.3.2]**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45</b> °
diametro staffe		$\emptyset$	0.79 rad <b>10</b> mm
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	157.08 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>80</b> mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.05 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	308.40 kN
		$V_{Rcd}$	544.90 kN
		$V_{Rd}$	308.40 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

Si adotteranno staffe  $\Phi 10 / 8$  cm per la lunghezza critica della trave, mentre al di fuori della zona critica si adotteranno staffe  $\Phi 10 / 15$  cm.

### 11.3.3 Verifica a torsione

La verifica di resistenza nei confronti della torsione (SLU) (NTC2018) consiste nel controllare che:

$$T_{Rd} \geq T_{Ed}$$

dove  $T_{Ed}$  è il valore di calcolo del momento torcente.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alle armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza si calcola con:

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}\theta)$$

dove  $t$  è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene  $t = A_c/u$  dove  $A_c$  è l'area della sezione ed  $u$  è il suo perimetro;  $t$  deve essere assunta comunque  $\geq 2$  volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore  $t$  del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (A_s/s) \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (\sum A_l / u_m) \cdot f_{yd} / \text{ctg}\theta$$

dove si è posto:

$A$  area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

$A_s$  area delle staffe;

$u_m$  perimetro medio del nucleo resistente;

$s$  passo delle staffe;

$\sum A_l$  area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione  $\theta$  delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti

$$0,4 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

Entro questi limiti, nel caso di torsione pura, può porsi  $\text{ctg}\theta = (a_l/a_s)^{1/2}$

**Relazione tecnica e di calcolo**

con:  $a_l = \Sigma A_l / u_m$

$a_s = A_s / s$

La resistenza alla torsione della trave è la minore delle tre sopra definite:

**Calcestruzzo**

B (m)	0.3
H (m)	0.4
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.12
u (m)	1.4
t (m)	0.09
A (m <sup>2</sup> )	0.07
f <sub>cd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	9050.0
cotgθ (-)	1.00
a <sub>1</sub>	0.0016
a <sub>s</sub>	0.002
<b>T<sub>Rcd</sub> (kNm)</b>	<b>52.24</b>

**Staffe Trasversali**

B (m)	0.3
H (m)	0.4
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.12
u (m)	1.4
t (m)	0.09
A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	0.0002
A (m <sup>2</sup> )	0.07
s <sub>(prog.)</sub> (m)	0.08
f <sub>yd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	391300
cotgθ (-)	1.00
<b>T<sub>Rsd</sub> (kNm)</b>	<b>148.95</b>

**Armatura Longitudinale**

B (m)	0.3
H (m)	0.4
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.12
u (m)	1.4
t (m)	0.09
u <sub>m</sub> (m)	1.06
ΣA <sub>l</sub> (m <sup>2</sup> )	0.0016
A (m <sup>2</sup> )	0.07
f <sub>yd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	391300
cotgθ (-)	1.00
<b>T<sub>Rsd</sub> (kNm)</b>	<b>78.28</b>

T<sub>Rd</sub> (kNm) 52.24

T<sub>Ed</sub> (kNm) 4.43 sap

Per quanto riguarda la crisi lato calcestruzzo, la resistenza massima di una membratura soggetta a torsione e taglio è limitata dalla resistenza delle bielle compresse di calcestruzzo. Per non eccedere tale resistenza deve essere soddisfatta la seguente condizione.

Verifica a taglio-torsione

$$T_{Ed} / T_{Rcd} + V_{Ed} / V_{Rcd} < 1$$

$$T_{Ed} / T_{Rcd} = 0.085$$

$$V_{Ed} / V_{Rcd} = 0.228$$

$$= 0.313 < 1 \quad \text{La verifica risulta soddisfatta}$$

### 11.3.4 Verifica limitazioni di armatura

Dimensioni sezione

b =	300 mm
h =	400 mm
c =	52 mm

**In campata:**

Armatura tesa	4 Ø	16 mm
$A_s =$	803.84 mm <sup>2</sup>	
$\rho = A_s / (bh) =$	0.00670	

Armatura compressa	4 Ø	14 mm
$A_s' =$	615.44 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0051287	

$1,4/f_{yk} =$	0.00311	$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$
$\rho_{comp} + 3,5/f_{yk} =$	0.01291	La verifica risulta soddisfatta

**Agli appoggi:**

Armatura tesa	4 Ø	14 mm
$A_s =$	615.44 mm <sup>2</sup>	
$\rho = A_s / (bh) =$	0.00513	

Armatura compressa	4 Ø	16 mm
$A_s' =$	803.84 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0066987	

$1,4/f_{yk} =$	0.00311	$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$
$\rho_{comp} + 3,5/f_{yk} =$	0.01448	La verifica risulta soddisfatta

L'armatura compressa non deve mai essere inferiore a un quarto di quella tesa:

$$\rho_{comp} \geq 0,25\rho$$

nel caso specifico risulta:

$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0067	
$0,25\rho =$	0.0013	La verifica risulta soddisfatta

Nelle zone critiche (agli appoggi) l'armatura compressa non deve mai essere inferiore a metà di quella tesa:

$$\rho_{comp} \geq 0,5\rho$$

nel caso specifico risulta:

$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0067	
$0,5\rho =$	0.0026	La verifica risulta soddisfatta

Passo massimo delle staffe nella zona critica

s1	87 mm
s2	225 mm
s3	112 mm
s4	240 mm
s =	87 mm

**Relazione tecnica e di calcolo**

Devono inoltre essere rispettati i limiti previsti per le travi in calcestruzzo in zona non sismica (punto 4.1.6.1.1 delle NTC2018).

RcK =	40 MPa	
f <sub>ck</sub> =	32 MPa	
f <sub>ctm</sub> =	3.02 MPa	valore medio della resistenza a trazione assiale
f <sub>yk</sub> =	450 MPa	resistenza caratteristica a trazione dell'armatura
b <sub>t</sub> =	300 mm	larghezza media della zona tesa
A <sub>smin</sub> =	182.40 mm <sup>2</sup>	
A <sub>s</sub> =	615.44 mm <sup>2</sup>	La verifica risulta soddisfatta
0.0013 b <sub>t</sub> d =	135.72 mm <sup>2</sup>	$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d$

A <sub>s</sub> =	803.84 mm <sup>2</sup>	
V <sub>Ed</sub> =	70.41 kN	taglio di calcolo
f <sub>yk</sub> =	450 MPa	
γ <sub>s</sub> =	1.15	
f <sub>yd</sub> =	391.3 MPa	
V <sub>Rd</sub> =A <sub>s</sub> x f <sub>yd</sub> =	314.5 kN	La verifica risulta soddisfatta

A <sub>s</sub> =	803.84 mm <sup>2</sup>	La verifica risulta soddisfatta
A <sub>s</sub> '=	803.84 mm <sup>2</sup>	La verifica risulta soddisfatta
0,04A <sub>c</sub> =	4800 mm <sup>2</sup>	

A <sub>st,min</sub> =1,5 b =	450 mm <sup>2</sup> /mm	
∅ =	10 mm	diametro staffe
A <sub>sw</sub> =	157 mm <sup>2</sup>	
s =	0.08 m	
A <sub>st</sub> =A <sub>sw</sub> /s =	1962.5 mm <sup>2</sup> /mm	La verifica risulta soddisfatta
0,8d=	278.4 mm	La verifica risulta soddisfatta

## 11.4 Verifica trave interna

### 11.4.1 Verifica di resistenza

In base ai risultati riportati al capitolo 10 si effettua di seguito la verifica della trave 30x40 cm interna maggiormente sollecitata.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime di progetto.

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
18	1.58571	SLU_1	-0.225	1.642	0.011	0.0139	20.8346
18	3.5	SLU_1	-0.225	54.899	0.011	-0.0078	-33.2837
18	0.15	SLU_6	0.803	-34.557	0.011	0.0312	-3.5245
19	0.15	SLU_6	0.804	-51.136	-0.013	-0.0149	-31.2975
19	3.5	SLU_6	0.804	34.564	-0.013	0.0293	-3.538
19	0.15	SLU_2	-0.226	-54.897	-0.00979	-0.0067	-33.281
19	0.15	SLU_13	-3.149	-40.035	-0.00924	-0.0079	-23.5955
13	0.15	SLU_8	3.255	-9.982	0.003476	0.0069	-7.8578

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
18	1.10714	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	0.241	1.311	0.027	0.2249	16.8152
18	3.5	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-1.999	17.547	-0.013	-0.195	-26.9048
18	0.15	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-0.514	-18.43	0.049	0.2606	-0.9609
18	0.15	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-1.245	-23.765	-0.034	-0.2244	-11.8057
18	2.54286	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-0.514	15.489	0.049	0.1591	4.4829
18	3.5	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	0.241	35.231	0.027	0.1833	-3.5861
18	3.5	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-1.999	17.547	-0.013	-0.195	-26.9048
13	4.01	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	1.932	13.412	0.011	0.1434	14.239

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
18	1.58571	CARATTERISTICA 2	0.382	1.166	0.00851	0.0108	14.2348
18	3.5	CARATTERISTICA 2	0.382	37.432	0.00851	-0.0055	-22.7086
18	0.15	CARATTERISTICA 2	0.382	-26.033	0.00851	0.023	-3.6163
19	0.15	CARATTERISTICA 2	0.383	-37.427	-0.0097	-0.0107	-22.7026
19	0.15	CARATTERISTICA 2	0.383	-37.427	-0.0097	-0.0107	-22.7026
19	0.15	CARATTERISTICA 2	0.383	-37.427	-0.0097	-0.0107	-22.7026
12	0.15	CARATTERISTICA 1	-1.291	-7.03	0.000304	0.0019	-5.9573
19	0.15	CARATTERISTICA 6	1.262	-11.038	-0.00255	-0.0049	-7.4571

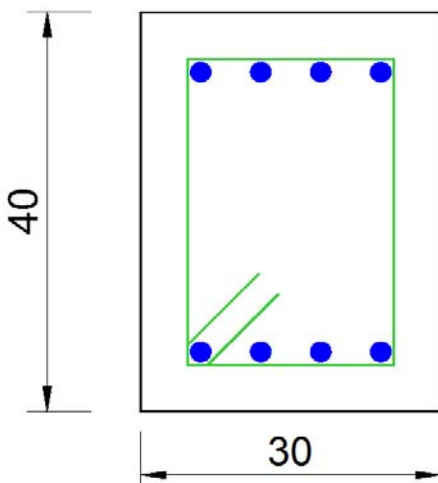


**Relazione tecnica e di calcolo**

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
18	1.58571	SLE_8F	-0.7	0.165	0.007446	0.0083	10.0668
18	3.5	SLE_1F	-0.952	28.262	0.007253	-0.0059	-16.3635
18	0.15	SLE_8F	-0.7	-20.187	0.007446	0.019	-4.3059
19	0.15	SLE_3F	-0.627	-27.477	-0.00754	-0.0067	-15.9827
18	3.5	SLE_8F	-0.7	27.3	0.007446	-0.006	-16.2211
18	3.5	SLE_1F	-0.952	28.262	0.007253	-0.0059	-16.3635
18	3.5	SLE_5F	-1.104	27.371	0.007211	-0.0059	-15.9831
13	4.01	SLE_8F	0.798	4.773	2.39E-14	-3.2E-14	-1.0822

Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
18	1.58571	SLE_QP	-0.879	-0.746	0.007146	0.0078	9.2979
18	3.5	SLE_QP	-0.879	26.389	0.007146	-0.0058	-15.2454
18	0.15	SLE_QP	-0.879	-21.098	0.007146	0.0181	-6.3833
18	3.5	SLE_QP	-0.879	26.389	0.007146	-0.0058	-15.2454
18	3.5	SLE_QP	-0.879	26.389	0.007146	-0.0058	-15.2454
18	3.5	SLE_QP	-0.879	26.389	0.007146	-0.0058	-15.2454
13	4.01	SLE_QP	0.441	5.69	2.37E-15	-8E-15	-3.4458
18	3.5	SLE_QP	-0.879	26.389	0.007146	-0.0058	-15.2454

**Armatura sezione**



- Arm. Longitudinale: 4Ø16 superiore - 4Ø16 inferiore
- Arm. Trasversale: Ø10/8 cm zona critica - Ø10/15cm fuori zona critica

## Verifica SLU-SLE

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.4	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00	MPa

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Calcestruzzo:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	40.0
3	15.0	40.0
4	15.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-9.0	6.0	16
2	-9.0	34.0	16
3	9.0	34.0	16
4	9.0	6.0	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø

1	1	4	2	16
2	2	3	2	16

**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe: 10 mm  
Passo staffe: 15.0 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	3	4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	20.83	0.01	1.64	0.01
2	0.00	-33.28	-0.01	54.90	0.01
3	0.80	-3.52	0.03	-34.56	0.01
4	0.80	-31.30	-0.01	-51.14	-0.01
5	0.80	-3.54	0.03	34.56	-0.01
6	0.00	-33.28	-0.01	-54.90	-0.01
7	-3.15	-23.60	-0.01	-40.04	-0.01
8	3.26	-7.86	0.01	-9.98	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.38	14.23	0.01
2	0.38	-22.71	-0.01
3	0.38	-3.62	0.02
4	0.38	-22.70	-0.01
5	-1.29	-5.96	0.00
6	1.26	-7.46	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	-0.70	10.07 (31.11)	0.01 (0.03)
2	-0.95	-16.36 (-31.15)	-0.01 (-0.01)

**Relazione tecnica e di calcolo**

3	-0.70	-4.31 (-30.73)	0.02 (0.14)
4	-0.63	-15.98 (-31.19)	-0.01 (-0.01)
5	-1.10	-15.98 (-31.13)	-0.01 (-0.01)
6	0.80	-1.08 (-33.05)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	-0.88	9.30 (31.05)	0.01 (0.03)
2	-0.88	-15.25 (-31.15)	-0.01 (-0.01)
3	-0.88	-6.38 (-30.86)	0.02 (0.09)
4	-0.88	-15.25 (-31.15)	-0.01 (-0.01)
5	0.44	-3.45 (-31.59)	0.00 (0.00)
6	-0.88	-15.25 (-31.15)	-0.01 (-0.01)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.2 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.45)NTC]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	20.83	0.01	0.00	97.55	0.03	4.68	8.0(1.8)
2	S	0.00	-33.28	-0.01	0.00	-97.52	-0.01	2.93	8.0(1.8)
3	S	0.80	-3.52	0.03	0.79	-97.94	0.55	27.79	8.0(1.8)
4	S	0.80	-31.30	-0.01	0.95	-97.67	-0.02	3.12	8.0(1.8)
5	S	0.80	-3.54	0.03	0.77	-98.00	0.32	27.70	8.0(1.8)
6	S	0.00	-33.28	-0.01	0.00	-97.52	-0.01	2.93	8.0(1.8)
7	S	-3.15	-23.60	-0.01	-3.40	-97.04	-0.01	4.11	8.0(1.8)
8	S	3.26	-7.86	0.01	3.24	-98.01	0.03	12.47	8.0(1.8)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

**Relazione tecnica e di calcolo**

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.188	15.0	40.0	0.00021	9.0	34.0	-0.01514	-9.0	6.0
2	0.00350	0.188	-15.0	0.0	0.00021	-9.0	6.0	-0.01514	9.0	34.0
3	0.00350	0.190	15.0	0.0	0.00024	9.0	6.0	-0.01495	-9.0	34.0
4	0.00350	0.188	-15.0	0.0	0.00021	-9.0	6.0	-0.01512	9.0	34.0
5	0.00350	0.189	15.0	0.0	0.00023	9.0	6.0	-0.01499	-9.0	34.0
6	0.00350	0.188	-15.0	0.0	0.00021	-9.0	6.0	-0.01514	9.0	34.0
7	0.00350	0.187	-15.0	0.0	0.00020	-9.0	6.0	-0.01522	9.0	34.0
8	0.00350	0.189	15.0	0.0	0.00022	9.0	6.0	-0.01506	-9.0	34.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000366	0.000547859	-0.018419823	0.188	0.700
2	-0.000000128	-0.000548271	0.003498073	0.188	0.700
3	0.000004774	-0.000539349	0.003428383	0.190	0.700
4	-0.000000261	-0.000547445	0.003496091	0.188	0.700
5	0.000004478	-0.000540781	0.003432823	0.189	0.700
6	-0.000000110	-0.000548284	0.003498344	0.188	0.700
7	-0.000000184	-0.000550430	0.003497236	0.187	0.700
8	0.000000479	-0.000545580	0.003492814	0.189	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.07	15.0	40.0	-59.6	-9.0	6.0	285	8.0
2	S	3.30	-15.0	0.0	-95.2	9.0	34.0	285	8.0
3	S	0.54	15.0	0.0	-15.0	-9.0	34.0	279	8.0
4	S	3.31	-15.0	0.0	-95.2	9.0	34.0	285	8.0
5	S	0.86	15.0	0.0	-25.8	-9.0	34.0	285	8.0
6	S	1.09	-15.0	0.0	-30.6	9.0	34.0	285	8.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k2	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
k3	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k4	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
Ø	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Cf	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
e sm - e cm	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]

**Relazione tecnica e di calcolo**

Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]  
 wk Apertura fessure in mm calcolata = sr max\*(e\_sm - e\_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00038	0.00000	0.500	16.0	52	0.00018 (0.00018)	273	0.049 (990.00)	31.32	0.02
2	S	-0.00060	0.00000	0.500	16.0	52	0.00029 (0.00029)	273	0.078 (990.00)	-31.33	-0.01
3	S	-0.00010	0.00000	0.500	16.0	52	0.00005 (0.00005)	271	0.012 (990.00)	-31.23	0.20
4	S	-0.00060	0.00000	0.500	16.0	52	0.00029 (0.00029)	273	0.078 (990.00)	-31.32	-0.01
5	S	-0.00016	0.00000	0.500	16.0	52	0.00008 (0.00008)	273	0.021 (990.00)	-30.81	0.01
6	S	-0.00019	0.00000	0.500	16.0	52	0.00009 (0.00009)	273	0.025 (990.00)	-31.65	-0.02

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.46	15.0	40.0	-42.8	-9.0	6.0	285	8.0
2	S	2.38	-15.0	0.0	-69.3	9.0	34.0	285	8.0
3	S	0.63	15.0	0.0	-18.6	-9.0	34.0	285	8.0
4	S	2.32	-15.0	0.0	-67.6	9.0	34.0	285	8.0
5	S	2.32	-15.0	0.0	-67.8	9.0	34.0	285	8.0
6	S	0.16	-15.0	0.0	-4.1	9.0	34.0	270	8.0

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00027	0.00000	0.500	16.0	52	0.00013 (0.00013)	273	0.035 (0.40)	31.11	0.03
2	S	-0.00044	0.00000	0.500	16.0	52	0.00021 (0.00021)	273	0.057 (0.40)	-31.15	-0.01
3	S	-0.00012	0.00000	0.500	16.0	52	0.00006 (0.00006)	273	0.015 (0.40)	-30.73	0.14
4	S	-0.00043	0.00000	0.500	16.0	52	0.00020 (0.00020)	273	0.055 (0.40)	-31.19	-0.01
5	S	-0.00043	0.00000	0.500	16.0	52	0.00020 (0.00020)	273	0.056 (0.40)	-31.13	-0.01
6	S	-0.00003	0.00000	0.500	16.0	52	0.00001 (0.00001)	268	0.003 (0.40)	-33.05	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.35	15.0	40.0	-39.6	-9.0	6.0	285	8.0
2	S	2.21	-15.0	0.0	-64.6	9.0	34.0	285	8.0
3	S	0.93	15.0	0.0	-27.4	-9.0	34.0	285	8.0
4	S	2.21	-15.0	0.0	-64.6	9.0	34.0	285	8.0
5	S	0.50	-15.0	0.0	-14.2	9.0	34.0	285	8.0
6	S	2.21	-15.0	0.0	-64.6	9.0	34.0	285	8.0

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00025	0.00000	0.500	16.0	52	0.00012 (0.00012)	273	0.032 (0.30)	31.05	0.03
2	S	-0.00041	0.00000	0.500	16.0	52	0.00019 (0.00019)	273	0.053 (0.30)	-31.15	-0.01
3	S	-0.00017	0.00000	0.500	16.0	52	0.00008 (0.00008)	273	0.022 (0.30)	-30.86	0.09
4	S	-0.00041	0.00000	0.500	16.0	52	0.00019 (0.00019)	273	0.053 (0.30)	-31.15	-0.01
5	S	-0.00009	0.00000	0.500	16.0	52	0.00004 (0.00004)	273	0.012 (0.30)	-31.59	0.00
6	S	-0.00041	0.00000	0.500	16.0	52	0.00019 (0.00019)	273	0.053 (0.30)	-31.15	-0.01

## Verifica SLV

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-15.0	0.0
2	-15.0	40.0
3	15.0	40.0
4	15.0	0.0

### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-9.0	6.0	16
2	-9.0	34.0	16
3	9.0	34.0	16
4	9.0	6.0	16

### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	2	16
2	2	3	2	16

### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	10 mm
Passo staffe:	8 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

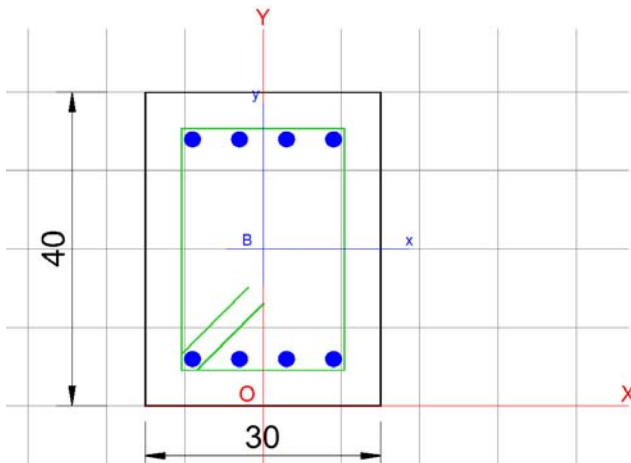
N°Staffa Barra Barra Barra Barra

1 1 2 3 4

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	16.82	0.22	1.31	0.03
2	-2.00	-26.90	-0.20	17.55	-0.01
3	-0.51	-0.96	0.26	-18.43	0.05
4	-1.25	-11.81	-0.22	-23.77	-0.03
5	-0.51	4.48	0.16	15.49	0.05
6	0.00	-3.59	0.18	35.23	0.03
7	-2.00	-26.90	-0.20	17.55	-0.01
8	1.93	14.24	0.14	13.41	0.01



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.4 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
---------	-----	---	----	----	-------	--------	--------	----------	---------



**Relazione tecnica e di calcolo**

1	S	0.00	16.82	0.22	0.00	92.83	0.86	5.52	8.0(1.8)
2	S	-2.00	-26.90	-0.20	-1.83	-92.37	-0.95	3.43	8.0(1.8)
3	S	-0.51	-0.96	0.26	-0.58	-72.89	20.15	75.96	8.0(2.1)
4	S	-1.25	-11.81	-0.22	-1.39	-91.68	-1.64	7.77	8.0(1.8)
5	S	-0.51	4.48	0.16	-0.64	90.50	3.05	20.19	8.0(1.8)
6	S	0.00	-3.59	0.18	0.00	-89.37	4.47	24.92	8.0(1.8)
7	S	-2.00	-26.90	-0.20	-1.83	-92.37	-0.95	3.43	8.0(1.8)
8	S	1.93	14.24	0.14	1.83	93.30	0.53	6.55	8.0(1.8)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00097	0.331	15.0	40.0	0.00045	9.0	34.0	-0.00196	-9.0	6.0
2	0.00097	0.331	-15.0	0.0	0.00045	-9.0	6.0	-0.00196	9.0	34.0
3	0.00132	0.403	15.0	0.0	0.00067	9.0	6.0	-0.00196	-9.0	34.0
4	0.00098	0.335	-15.0	0.0	0.00046	-9.0	6.0	-0.00196	9.0	34.0
5	0.00102	0.342	15.0	40.0	0.00048	9.0	34.0	-0.00196	-9.0	6.0
6	0.00105	0.348	15.0	0.0	0.00050	9.0	6.0	-0.00196	-9.0	34.0
7	0.00097	0.331	-15.0	0.0	0.00045	-9.0	6.0	-0.00196	9.0	34.0
8	0.00096	0.330	15.0	40.0	0.00045	9.0	34.0	-0.00196	-9.0	6.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000001139	0.000085165	-0.002457237	0.331	0.853
2	-0.000001450	-0.000084946	0.000944695	0.331	0.853
3	0.000041816	-0.000066793	0.000690804	0.403	0.943
4	-0.000003256	-0.000084211	0.000935961	0.335	0.859
5	0.000006218	0.000083029	-0.002398715	0.342	0.867
6	0.000009045	-0.000081914	0.000909975	0.348	0.875
7	-0.000001450	-0.000084946	0.000944695	0.331	0.853
8	0.000000859	0.000085249	-0.002460268	0.330	0.852

### 11.4.2 Verifica a taglio

Al fine di escludere la formazione di meccanismi inelastici dovuti al taglio, le sollecitazioni di taglio di calcolo  $V_{Ed}$  si ottengono sommando il contributo dovuto ai carichi gravitazionali agenti sulla trave, considerata incernierata agli estremi, alle sollecitazioni di taglio corrispondenti alla formazione di cerniere plastiche nella trave e prodotte dai momenti resistenti (ultimi) delle due sezioni di plasticizzazione (generalmente quelle di estremità) amplificati del fattore di sovra resistenza  $\gamma_{Rd}$  assunto pari a 1.1 per CDB.

Deve risultare (NTC2018):

$$V_{Rd} > V_d$$

dove:

$V_d$  = Valore di calcolo del taglio agente;

$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

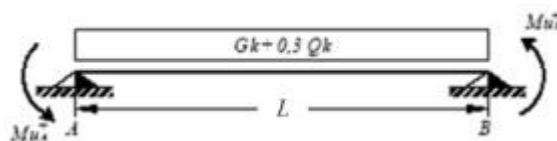
$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

dove:

$\alpha$  : Angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento;

$\theta$  : Angolo d'inclinazione dei puntoni in calcestruzzo rispetto all'asse dell'elemento.

- **1° Schema:**

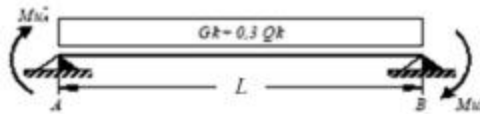


Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^+_A + Mu^+_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

• **2° Schema:**



Il taglio è variabile linearmente lungo la trave ed è pari a:

$$V_A = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} + \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

$$V_B = \gamma_{Rd} \frac{Mu^-_A + Mu^-_B}{l_{trave}} - \frac{(G_k + 0,3Q_k) \cdot l_{trave}}{2}$$

Si riporta di seguito un prospetto riepilogativo con i valori delle sollecitazioni taglienti ottenute seguendo la metodologia descritta e riportata negli schemi precedenti:

**Determinazione taglio di calcolo**

Base	0.30	m
Altezza	0.40	m
L <sub>trave</sub>	7.30	m
L <sub>influenza</sub>	4.40	m
Peso proprio trave	3.00	kN/m
Carico solaio	3.10	kN/m <sup>2</sup>
Carico perm.	1.64	kN/m <sup>2</sup>
G <sub>k</sub>	20.86	kN/m
γ <sub>Q</sub>	0.30	[-]
Q <sub>k</sub>	1.104	kN/m
γ <sub>Rd</sub>	1.10	[-]

M <sub>uA</sub> <sup>(+)</sup> (kNm)	M <sub>uB</sub> <sup>(-)</sup> (kNm)	M <sub>uA</sub> <sup>(-)</sup> (kNm)	M <sub>uB</sub> <sup>(+)</sup> (kNm)
96.42	96.42	96.42	96.42

1° Schema		2° Schema	
V <sub>A</sub> (kN)	V <sub>B</sub> (kN)	V <sub>A</sub> (kN)	V <sub>B</sub> (kN)
106.4	-48.3	106.4	-48.3

V <sub>2</sub> (output) =	54.9	kN
V <sub>Ed</sub> =	106.39	kN

Poiché il valore del taglio determinato mediante la procedura sopra riportata è maggiore del taglio di calcolo ottenuto a valle dell'analisi strutturale mediante il SAP2000 (V<sub>2</sub>=54.9 kN) si procede alla verifica di resistenza considerando il seguente valore del taglio massimo: **V<sub>Ed-max</sub> = 106.39 kN**

**Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio**

**[4.1.2.1.3.2]**

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

Acciaio	<b>B 450 C</b>	$f_{yd}$	<b>391.3</b> N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		$\gamma_s$	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		$\theta$	<b>45</b> °
diametro staffe		$\emptyset$	0.79 rad <b>10</b> mm
Area dell'armatura trasversale		$A_{sw}$	157.08 mm <sup>2</sup>
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	<b>80</b> mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		$\alpha$	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		$f'_{cd}$	9.07 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente maggiorativo		$\alpha_c$	<b>1</b>
		$V_{Rsd}$	306.33 kN
		$V_{Rcd}$	542.13 kN
		$V_{Rd}$	306.33 kN
<b>Verifica:</b>		$V_{Rd} > V_{Ed}$	<b>VERIFICATA</b>

Si adotteranno staffe  $\Phi 10 / 8$  cm per la lunghezza critica della trave, mentre al di fuori della zona critica si adotteranno staffe  $\Phi 10 / 15$  cm.

### 11.4.3 Verifica a torsione

La verifica di resistenza nei confronti della torsione (SLU) (NTC2018) consiste nel controllare che:

$$T_{Rd} \geq T_{Ed}$$

dove  $T_{Ed}$  è il valore di calcolo del momento torcente.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alle armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza si calcola con:

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}\theta)$$

dove  $t$  è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene  $t = A_c/u$  dove  $A_c$  è l'area della sezione ed  $u$  è il suo perimetro;  $t$  deve essere assunta comunque  $\geq 2$  volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore  $t$  del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (A_s/s) \cdot f_{yd} \cdot \text{ctg}\theta$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza si calcola con:

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot (\sum A_l / u_m) \cdot f_{yd} / \text{ctg}\theta$$

dove si è posto:

$A$  area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

$A_s$  area delle staffe;

$u_m$  perimetro medio del nucleo resistente;

$s$  passo delle staffe;

$\sum A_l$  area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione  $\theta$  delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti

$$0,4 \leq \text{ctg}\theta \leq 2,5$$

Entro questi limiti, nel caso di torsione pura, può porsi  $\text{ctg}\theta = (a_l/a_s)^{1/2}$

**Relazione tecnica e di calcolo**

con:  $a_1 = \Sigma A_l / u_m$

$a_s = A_s / s$

La resistenza alla torsione della trave è la minore delle tre sopra definite:

**Calcestruzzo**

B (m)	0.3
H (m)	0.4
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.12
u (m)	1.4
t (m)	0.09
A (m <sup>2</sup> )	0.07
f <sub>cd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	9065.0
cotgθ (-)	1.00
a <sub>1</sub>	0.0016
a <sub>s</sub>	0.002
<b>T<sub>Rcd</sub> (kNm)</b>	<b>52.33</b>

**Staffe Trasversali**

B (m)	0.3
H (m)	0.4
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.12
u (m)	1.4
t (m)	0.09
A <sub>s</sub> (m <sup>2</sup> )	0.0003
A (m <sup>2</sup> )	0.07
s <sub>(prog.)</sub> (m)	0.08
f <sub>yd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	391300
cotgθ (-)	1.00
<b>T<sub>Rsd</sub> (kNm)</b>	<b>202.73</b>

**Armatura Longitudinale**

B (m)	0.3
H (m)	0.4
A <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )	0.12
u (m)	1.4
t (m)	0.09
u <sub>m</sub> (m)	1.06
ΣA <sub>l</sub> (m <sup>2</sup> )	0.0016
A (m <sup>2</sup> )	0.07
f <sub>yd</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	391300
cotgθ (-)	1.00
<b>T<sub>Rsd</sub> (kNm)</b>	<b>78.28</b>

T<sub>Rd</sub> (kNm) 52.33

T<sub>Ed</sub> (kNm) 0.11 sap

Per quanto riguarda la crisi lato calcestruzzo, la resistenza massima di una membratura soggetta a torsione e taglio è limitata dalla resistenza delle bielle compresse di calcestruzzo. Per non eccedere tale resistenza deve essere soddisfatta la seguente condizione

Verifica a taglio-torsione

$T_{Ed} / T_{Rcd} + V_{Ed} / V_{Rcd} < 1$

$T_{Ed} / T_{Rcd} = 0.002$

$V_{Ed} / V_{Rcd} = 0.347$

$= 0.349 < 1$  La verifica risulta soddisfatta

### 11.4.4 Verifica limitazioni di armatura

Dimensioni sezione

b =	300 mm
h =	400 mm
c =	52 mm

**In campata:**

Armatura tesa	4 Ø	16 mm
$A_s =$	803.84 mm <sup>2</sup>	
$\rho = A_s / (bh) =$	0.00670	

Armatura compressa	4 Ø	16 mm
$A_s' =$	803.84 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0066987	

$1,4/f_{yk} =$	0.00311	$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$
$\rho_{comp} + 3,5/f_{yk} =$	0.01448	

La verifica risulta soddisfatta

**Agli appoggi:**

Armatura tesa	4 Ø	16 mm
$A_s =$	803.84 mm <sup>2</sup>	
$\rho = A_s / (bh) =$	0.00670	

Armatura compressa	4 Ø	16 mm
$A_s' =$	803.84 mm <sup>2</sup>	
$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0066987	

$1,4/f_{yk} =$	0.00311	$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$
$\rho_{comp} + 3,5/f_{yk} =$	0.01448	

La verifica risulta soddisfatta

L'armatura compressa non deve mai essere inferiore a un quarto di quella tesa:

$$\rho_{comp} \geq 0,25\rho$$

nel caso specifico risulta:

$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0067	
$0,25\rho =$	0.0017	La verifica risulta soddisfatta

Nelle zone critiche (agli appoggi) l'armatura compressa non deve mai essere inferiore a metà di quella tesa:

$$\rho_{comp} \geq 0,5\rho$$

nel caso specifico risulta:

$\rho_{comp} = A_s' / (bh) =$	0.0067	
$0,5\rho =$	0.0033	La verifica risulta soddisfatta

Passo massimo delle staffe nella zona critica

s1	87 mm
s2	225 mm
s3	128 mm
s4	240 mm
s =	<b>87 mm</b>

Devono inoltre essere rispettati i limiti previsti per le travi in calcestruzzo in zona non sismica (punto 4.1.6.1.1 delle NTC2018).

Passo massimo delle staffe nella zona critica

s1	87 mm
s2	225 mm
s3	128 mm
s4	240 mm
s =	<b>87 mm</b>

RcK =	<b>40 MPa</b>
f <sub>ck</sub> =	<b>32 MPa</b>
f <sub>ctm</sub> =	3.02 MPa
f <sub>yk</sub> =	450 MPa
b <sub>t</sub> =	300 mm

valore medio della resistenza a trazione assiale  
resistenza caratteristica a trazione dell'armatura  
larghezza media della zona tesa

A <sub>smin</sub> =	182.40 mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub> =	803.84 mm <sup>2</sup>
0.0013 b <sub>t</sub> d =	135.72 mm <sup>2</sup>

La verifica risulta soddisfatta

$$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d$$

A <sub>s</sub> =	803.84 mm <sup>2</sup>
V <sub>Ed</sub> =	<b>106.39 kN</b>
f <sub>yk</sub> =	450 MPa
γ <sub>s</sub> =	1.15
f <sub>yd</sub> =	391.3 MPa

taglio di calcolo

$$V_{Rd} = A_s \times f_{yd} = 314.5 \text{ kN}$$

La verifica risulta soddisfatta

A <sub>s</sub> =	803.84 mm <sup>2</sup>
A <sub>s</sub> '=	803.84 mm <sup>2</sup>
0,04A <sub>c</sub> =	4800 mm <sup>2</sup>

La verifica risulta soddisfatta

La verifica risulta soddisfatta

$$A_{st,min} = 1,5 b = 450 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$\varnothing = \mathbf{10 \text{ mm}}$$

diametro staffe

$$A_{sw} = 157 \text{ mm}^2$$

$$s = \mathbf{0.08 \text{ m}}$$

$$A_{st} = A_{sw} / s = 1962.5 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

La verifica risulta soddisfatta

$$0,8d = 278.4 \text{ mm}$$

La verifica risulta soddisfatta



## 11.5 Verifica sbalzo

In base ai risultati riportati al capitolo 10 si effettua di seguito la verifica dello sbalzo in sommità dello spessore di 12 cm.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime con cui si effettuano le verifiche.

		Frame	OutputCase	P	V13	V23	M11	M22	M12
		Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
maxP	KN	126	SLU_3	52.7	4.2	-0.1	-0.8	0.4	0.3
minP	KN	113	SLU_4	-41.0	4.0	-0.2	0.0	0.0	-1.2
maxV2	KN	113	SLU_2	-39.5	20.6	-0.2	2.0	-0.1	-0.7
minV2	KN	130	SLU_1	-38.4	-20.0	0.3	1.9	-0.1	-0.6
maxV3	KN	22	SLU_20	1.4	-0.2	17.1	0.2	1.8	0.3
minV3	KN	4	SLU_21	9.4	1.5	-17.1	-2.3	-3.4	0.0
maxM2	KN-m	1	SLU_1	-34.3	17.2	1.9	2.1	0.4	-0.3
minM2	KN-m	113	SLU_2	-5.9	20.6	-3.6	-4.8	-2.8	-0.6
maxM3	KN-m	107	SLU_21	3.6	-5.1	5.4	0.7	2.2	1.1
minM3	KN-m	31	SLU_4	1.3	-3.8	16.4	-2.3	-4.3	-0.1
maxM12	KN-m	17	SLU_17	-2.0	6.1	5.8	-1.0	-1.0	1.3
minM12	KN-m	2	SLU_16	-2.0	6.1	-5.8	-1.0	-1.0	-1.3

		Frame	OutputCase	P	V13	V23	M11	M22	M12
		Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
maxP	KN	109	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	67.7	6.2	0.1	0.8	0.4	0.5
minP	KN	107	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-46.8	-8.8	-0.2	-1.4	-0.2	0.0
maxV2	KN	1	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	4.0	15.5	3.0	1.5	0.6	0.1
minV2	KN	12	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-7.9	-14.8	-11.4	-3.2	-2.5	-0.3
maxV3	KN	22	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	1.9	1.8	15.6	0.5	1.4	0.8
minV3	KN	4	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	3.3	-8.2	-15.6	-2.6	-3.4	-0.8
maxM2	KN-m	68	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	0.8	-0.2	7.8	2.2	1.3	0.0
minM2	KN-m	107	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-4.3	3.1	0.7	-3.3	-2.6	-0.4
maxM3	KN-m	107	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	11.3	6.7	4.7	1.7	2.5	0.9

**Relazione tecnica e di calcolo**

minM3	KN-m	68	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	2.9	-3.9	3.3	-2.4	-3.5	-0.8
maxM12	KN-m	22	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	1.3	13.8	9.6	0.0	-0.7	1.4
minM12	KN-m	4	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-2.0	-9.9	-9.6	-2.3	-1.7	-1.4

		Frame	OutputCase	P	V13	V23	M11	M22	M12
		Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
maxP	KN	126	CARATTERISTICA 2	35.8	2.3	-0.1	-0.5	0.3	0.2
minP	KN	113	CARATTERISTICA 2	-26.9	2.3	-0.2	-0.1	0.0	-0.8
maxV2	KN	113	CARATTERISTICA 2	-26.7	14.2	-0.2	1.4	0.0	-0.4
minV2	KN	130	CARATTERISTICA 2	-26.3	-14.0	0.2	1.3	0.0	-0.4
maxV3	KN	22	CARATTERISTICA 2	0.7	-0.2	11.9	0.2	1.4	0.3
minV3	KN	4	CARATTERISTICA 2	6.1	0.6	-11.9	-1.6	-2.2	-0.1
maxM2	KN-m	1	CARATTERISTICA 2	-25.1	12.4	1.2	1.5	0.3	-0.3
minM2	KN-m	130	CARATTERISTICA 2	-3.7	-14.0	2.4	-3.3	-1.9	-0.4
maxM3	KN-m	4	CARATTERISTICA 2	0.7	-0.2	-11.9	0.2	1.4	-0.3
minM3	KN-m	31	CARATTERISTICA 2	0.9	-3.5	11.6	-1.7	-3.1	-0.2
maxM12	KN-m	17	CARATTERISTICA 1	-0.1	6.4	6.0	-1.2	-1.2	0.9
minM12	KN-m	2	CARATTERISTICA 1	-0.1	6.4	-6.0	-1.2	-1.2	-0.9

		Frame	OutputCase	P	V13	V23	M11	M22	M12
		Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
maxP	KN	126	SLE_8F	28.5	1.7	-0.1	-0.4	0.2	0.2
minP	KN	1	SLE_8F	-22.9	8.0	0.8	1.0	0.1	-0.5
maxV2	KN	113	SLE_8F	-21.7	12.1	-0.2	1.1	0.0	-0.4
minV2	KN	130	SLE_8F	-21.4	-11.8	0.2	1.1	0.0	-0.4
maxV3	KN	31	SLE_8F	-5.3	-0.1	10.7	-0.2	0.7	-0.1
minV3	KN	158	SLE_8F	1.0	-2.4	-10.7	-1.5	-2.8	0.1
maxM2	KN-m	1	SLE_1F	-20.3	9.9	1.0	1.3	0.3	-0.4
minM2	KN-m	113	SLE_8F	-3.3	12.1	-2.1	-2.9	-1.6	-0.3
maxM3	KN-m	4	SLE_8F	0.3	-0.3	-10.6	0.2	1.2	-0.3
minM3	KN-m	31	SLE_8F	1.0	-2.4	10.7	-1.5	-2.8	-0.1

**Relazione tecnica e di calcolo**

maxM12	KN-m	17	SLE_7F	-0.5	5.3	5.3	-0.9	-1.0	0.8
minM12	KN-m	2	SLE_7F	-0.5	5.3	-5.3	-0.9	-1.0	-0.8

		Frame	OutputCase	P	V13	V23	M11	M22	M12
		Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
maxP	KN	126	SLE_QP	25.4	1.0	0.0	-0.3	0.2	0.2
minP	KN	1	SLE_QP	-20.9	7.4	0.9	1.0	0.1	-0.5
maxV2	KN	113	SLE_QP	-19.7	11.4	-0.1	1.1	0.0	-0.4
minV2	KN	130	SLE_QP	-19.4	-11.1	0.1	1.0	0.0	-0.3
maxV3	KN	31	SLE_QP	-4.6	0.0	10.1	-0.2	0.6	-0.1
minV3	KN	158	SLE_QP	1.1	-2.3	-10.1	-1.4	-2.6	0.1
maxM2	KN-m	1	SLE_QP	-19.9	9.6	0.9	1.3	0.2	-0.4
minM2	KN-m	113	SLE_QP	-2.9	11.4	-2.0	-2.7	-1.5	-0.3
maxM3	KN-m	4	SLE_QP	-0.1	-0.2	-9.7	0.2	1.2	-0.4
minM3	KN-m	31	SLE_QP	1.1	-2.3	10.1	-1.4	-2.6	-0.1
maxM12	KN-m	17	SLE_QP	0.2	6.0	5.9	-1.1	-1.2	0.7
minM12	KN-m	2	SLE_QP	0.2	6.0	-5.9	-1.1	-1.2	-0.7

### Verifica flessione M11\*

Si effettua la verifica a flessione con i valori massimi del momento flettente, pari a  $M_{11}^* = M_{11} \pm M_{12}$ , trascurando, in favore di sicurezza, il contributo dello sforzo assiale.

Allo stesso tempo si effettua la verifica a pressoflessione considerando lo sforzo assiale massimo agente ed il momento flettente relativo  $M_{11}^*$ .

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Sbalzo\_rev01

(Percorso File: Z:\0260 TreValli Esecutivo\committente\Ricevuti\23-03-24 PD\Editabili\U\_OPERE-D'ARTE-MINORI\FABBRICATO\sbalzo\M11\Sbalzo\_rev01.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.4 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0 MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3 MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3 MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:		360.00 MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	12.0

3	50.0	12.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.5	4.5	10
2	-45.5	7.5	10
3	45.5	7.5	10
4	45.5	4.5	10

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	10
2	2	3	3	10

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-5.40	0.00	0.10	0.00
2	-52.70	-1.10	0.00	0.00	0.00
3	40.99	-1.20	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-3.70	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

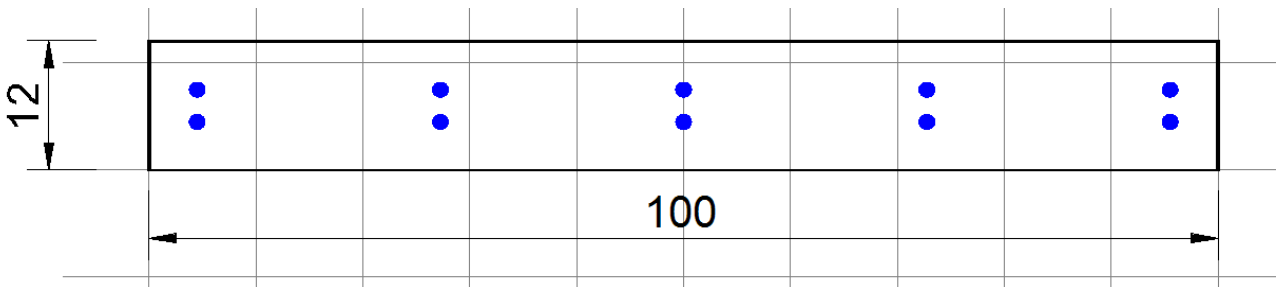
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-3.20 (-7.38)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-3.00 (-7.38)	0.00 (0.00)



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	2.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-5.40	0.00	0.00	-15.74	0.00	2.92	7.9(1.3)
2	S	-52.70	-1.10	0.00	-52.96	-13.42	0.00	12.20	7.9(1.3)
3	S	40.99	-1.20	0.00	40.99	-17.43	0.00	14.53	7.9(2.1)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

**Relazione tecnica e di calcolo**

Ys max		Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)								
N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.278	-50.0	0.0	-0.00406	-45.5	4.5	-0.00910	45.5	7.5
2	0.00350	0.236	-50.0	0.0	-0.00539	-45.5	4.5	-0.01132	45.5	7.5
3	0.00350	0.316	-50.0	0.0	-0.00315	-45.5	4.5	-0.00758	45.5	7.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c		Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.			
x/d		Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45			
C.Rid.		Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue			
N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001680461	0.003500000	0.278	0.787
2	0.000000000	-0.001976139	0.003500000	0.236	0.735
3	0.000000000	-0.001477741	0.003500000	0.316	0.835

**METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver		S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata					
Ved		Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)					
Vwct		Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]					
d		Altezza utile sezione [cm]					
bw		Larghezza minima sezione [cm]					
Ro		Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]					
Scp		Tensione media di compressione nella sezione [MPa]					
N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0.10	58.03	7.5	100.0	0.0105	0.00
2	S	0.00	0.00	7.5	100.0	0.0000	0.00
3	S	0.00	61.87	7.5	100.0	0.0105	0.34

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver		S = comb. verificata/ N = comb. non verificata							
Sc max		Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]							
Xc max, Yc max		Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)							
Ss min		Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]							
Xs min, Ys min		Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)							
Ac eff.		Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre							
As eff.		Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure							
N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.64	50.0	0.0	-119.4	45.5	7.5	305	3.9

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.		La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$
e1	Esito della verifica	
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata	
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata	
kt	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]	
k2	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]	
k3	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]	
k4	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali	
Ø	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali	
Cf	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]	
e sm - e cm	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa	
sr max	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]	
	Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]	
	Massima distanza tra le fessure [mm]	

**Relazione tecnica e di calcolo**

wk Apertura fessure in mm calcolata =  $sr \max(e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi  
Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]  
My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess		
1	S	-0.00116	0.00000	0.500	10.0	40	0.00036	(0.00036)	268	0.096	(990.00)	-7.38	0.00

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.01	50.0	0.0	-103.3	45.5	7.5	305	3.9

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess		
1	S	-0.00101	0.00000	0.500	10.0	40	0.00031	(0.00031)	268	0.083	(0.40)	-7.38	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.76	50.0	0.0	-96.8	45.5	7.5	305	3.9

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess		
1	S	-0.00094	0.00000	0.500	10.0	40	0.00029	(0.00029)	268	0.078	(0.30)	-7.38	0.00



**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

NOME SEZIONE: Sbalzo\_SLV\_REV01

(Percorso File: Z:\0260 TreValli Esecutivo\committente\Ricevuti\23-03-24 PD\Editabili\U\_OPERE-D'ARTE-MINORI\FABBRICATO\sbalzo\M11\Sbalzo\_SLV\_REV01.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	12.0
3	50.0	12.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.5	4.5	10
2	-45.5	7.5	10
3	45.5	7.5	10
4	45.5	4.5	10

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

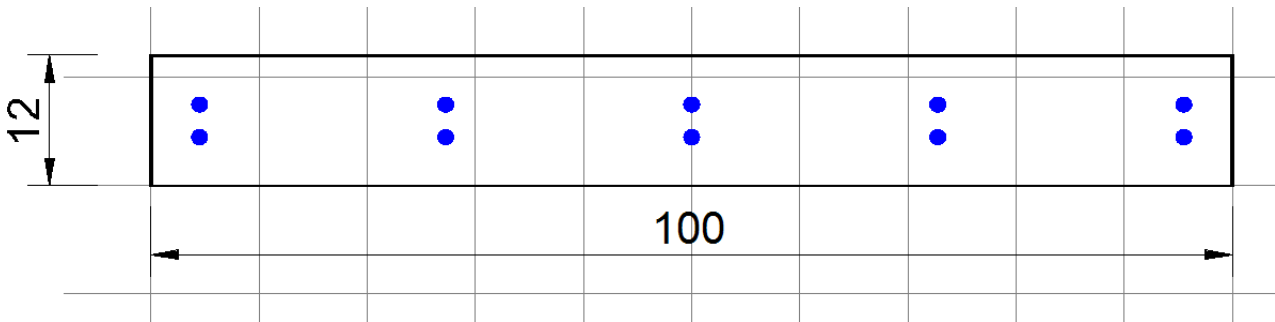
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
--------	--------------	--------------	---------	---

1	1	4	3	10
2	2	3	3	10

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-3.70	0.00	0.10	0.00
2	-67.70	1.30	0.00	0.00	0.00
3	46.79	-1.40	0.00	0.00	0.00



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-3.70	0.00	0.00	-12.16	0.00	3.29	7.9(1.3)
2	S	-67.70	1.30	0.00	-67.66	9.20	0.00	7.07	7.9(1.3)
3	S	46.79	-1.40	0.00	46.69	-14.12	0.00	10.09	7.9(2.1)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)

**Relazione tecnica e di calcolo**

es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00107	0.355	-50.0	0.0	-0.00074	-45.5	4.5	-0.00196	45.5	7.5
2	0.00086	0.305	-50.0	12.0	-0.00083	45.5	7.5	-0.00196	-45.5	4.5
3	0.00122	0.384	-50.0	0.0	-0.00069	-45.5	4.5	-0.00196	45.5	7.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000404150	0.001074627	0.355	0.883
2	0.000000000	0.000375301	-0.003645354	0.305	0.821
3	0.000000000	-0.000423727	0.001221450	0.384	0.920

**METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [MPa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0.10	58.03	7.5	100.0	0.0105	0.00
2	S	0.00	0.00	7.5	100.0	0.0000	0.00
3	S	0.00	62.42	7.5	100.0	0.0105	0.39

### Verifica flessione M22\*

Si effettua la verifica a flessione con i valori massimi del momento flettente, pari a  $M_{22}^* = M_{22} \pm M_{12}$ , trascurando, in favore di sicurezza, il contributo dello sforzo assiale.

Allo stesso tempo si effettua la verifica a pressoflessione considerando lo sforzo assiale massimo agente ed il momento flettente relativo  $M_{22}^*$ .

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: Sbalzo\_SLU\_rev01

(Percorso File: Z:\0260 TreValli Esecutivo\committente\Ricevuti\23-03-24 PD\Editabili\U\_OPERE-D'ARTE-MINORI\FABBRICATO\sbalzoM22\Sbalzo\_SLU\_rev01.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.2	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.2	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.4	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.0	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.0	MPa
Resist. snerv. di progetto fyd:		391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:		391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$ :		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	12.0

**Relazione tecnica e di calcolo**

3	50.0	12.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.5	4.5	10
2	-45.5	7.5	10
3	45.5	7.5	10
4	45.5	4.5	10

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	10
2	2	3	3	10

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-4.50	0.00	0.10	0.00
2	-52.70	0.70	0.00	0.00	0.00
3	40.99	-1.20	0.00	0.00	0.00

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-3.30	0.00

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

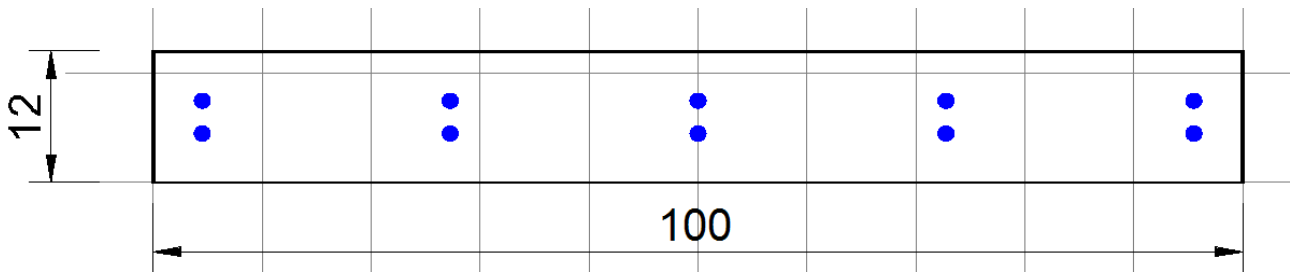
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-2.90 (-7.38)	0.00 (0.00)

**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-2.70 (-7.38)	0.00 (0.00)



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.0 cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	2.0 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-4.50	0.00	0.00	-15.74	0.00	3.50	7.9(1.3)
2	S	-52.70	0.70	0.00	-52.96	13.42	0.00	19.18	7.9(1.3)
3	S	40.99	-1.20	0.00	40.99	-17.43	0.00	14.53	7.9(2.1)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

**Relazione tecnica e di calcolo**

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.278	-50.0	0.0	-0.00406	-45.5	4.5	-0.00910	45.5	7.5
2	0.00350	0.236	-50.0	12.0	-0.00539	45.5	7.5	-0.01132	-45.5	4.5
3	0.00350	0.316	-50.0	0.0	-0.00315	-45.5	4.5	-0.00758	45.5	7.5

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c           Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d               Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45  
C.Rid.            Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001680461	0.003500000	0.278	0.787
2	0.000000000	0.001976139	-0.020213672	0.236	0.735
3	0.000000000	-0.001477741	0.003500000	0.316	0.835

**METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver                S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
Ved               Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vwct              Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
d                  Altezza utile sezione [cm]  
bw                Larghezza minima sezione [cm]  
Ro                Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]  
Scp                Tensione media di compressione nella sezione [MPa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0.10	58.03	7.5	100.0	0.0105	0.00
2	S	0.00	0.00	7.5	100.0	0.0000	0.00
3	S	0.00	61.87	7.5	100.0	0.0105	0.34

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver                S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max            Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]  
Xc max, Yc max   Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Ss min            Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]  
Xs min, Ys min   Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff.            Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff.            Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	4.14	50.0	0.0	-106.5	22.8	7.5	305	3.9

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.                La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1                Esito della verifica  
e2                Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1                Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k2                = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
k3                = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]  
k4                = 0.5 per flessione;  $= (e1 + e2)/(2 * e1)$  per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]  
Ø                 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
Cf                 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali  
e sm - e cm      Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]  
sr max            Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa  
wk                Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]  
                    Tra parentesi: valore minimo =  $0.6 S_{max} / E_s$  [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]  
                    Massima distanza tra le fessure [mm]  
                    Apertura fessure in mm calcolata =  $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$  [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi

**Relazione tecnica e di calcolo**

Comb.	Ver	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]					Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]					Mx fess	My fess
		e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess		
1	S	-0.00104	0.00000	0.500	10.0	40	0.00032 (0.00032)	268	0.086 (990.00)	-7.38	0.00		

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.64	50.0	0.0	-93.6	45.5	7.5	305	3.9

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]					Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]					Mx fess	My fess
		e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess		
1	S	-0.00091	0.00000	0.500	10.0	40	0.00028 (0.00028)	268	0.075 (0.40)	-7.38	0.00		

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.39	50.0	0.0	-87.1	45.5	7.5	305	3.9

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]					Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]					Mx fess	My fess
		e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess		
1	S	-0.00085	0.00000	0.500	10.0	40	0.00026 (0.00026)	268	0.070 (0.30)	-7.38	0.00		



**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

NOME SEZIONE: Sbalzo\_SLV\_REV01

(Percorso File: Z:\0260 TreValli Esecutivo\committente\Ricevuti\23-03-24 PD\Editabili\U\_OPERE-D'ARTE-MINORI\FABBRICATO\sbalzo\M22\Sbalzo\_SLV\_REV01.sez)

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze in campo sostanzialmente elastico
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave (solette, nervature solai) senza staffe
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.1	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.02	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.0	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.0	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	12.0
3	50.0	12.0
4	50.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-45.6	4.4	10
2	-45.6	7.6	10
3	45.6	7.6	10
4	45.6	4.4	10

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

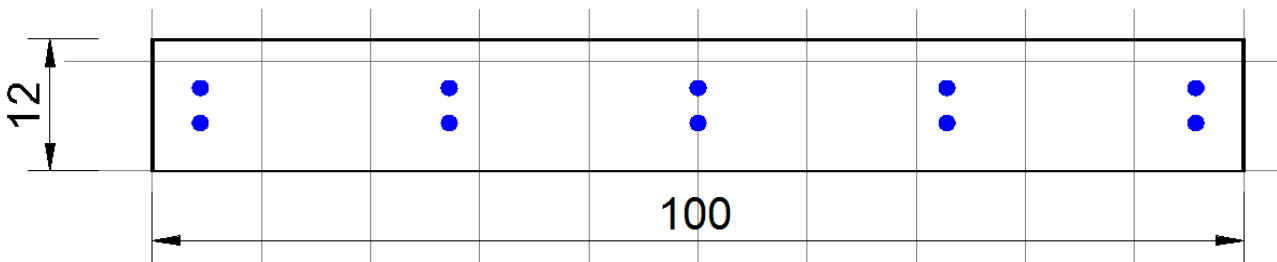
N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
--------	--------------	--------------	---------	---

1	1	4	3	10
2	2	3	3	10

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-4.20	0.00	0.10	0.00
2	-67.70	0.90	0.00	0.00	0.00
3	46.79	-0.20	0.00	0.00	0.00



**RISULTATI DEL CALCOLO**

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.2 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-4.20	0.00	0.00	-12.11	0.00	2.88	7.9(1.3)
2	S	-67.70	0.90	0.00	-67.63	9.15	0.00	10.17	7.9(1.3)
3	S	46.79	-0.20	0.00	46.65	-14.08	0.00	70.40	7.9(2.1)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)

**Relazione tecnica e di calcolo**

Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00105	0.349	-50.0	0.0	-0.00069	-45.6	4.4	-0.00196	45.6	7.6
2	0.00084	0.300	-50.0	12.0	-0.00078	45.6	7.6	-0.00196	-45.6	4.4
3	0.00119	0.379	-50.0	0.0	-0.00063	-45.6	4.4	-0.00196	45.6	7.6

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000395528	0.001049513	0.349	0.876
2	0.000000000	0.000367566	-0.003573793	0.300	0.815
3	0.000000000	-0.000414593	0.001194404	0.379	0.914

**METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vwct Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
d Altezza utile sezione [cm]  
bw Larghezza minima sezione [cm]  
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]  
Scp Tensione media di compressione nella sezione [MPa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0.10	58.55	7.6	100.0	0.0103	0.00
2	S	0.00	0.00	7.6	100.0	0.0000	0.00
3	S	0.00	62.99	7.6	100.0	0.0103	0.39

**Verifica a taglio**

**Verifica a taglio senza armatura a taglio**

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Rck	40 MPa				
fck	33.2 MPa				
$\gamma_c$	1.5				
h	120 mm				
d	82 mm				
$b_w$	1000 mm	As	5	$\Phi$	12.0
$1+(200/d)^{0,5}$	2.562				
k	2.000				
Asl	565 mmq				
Asl/( $b_w \cdot d$ )	0.0069				
$\rho_1$	0.007				
$v_{\min}$	0.570				
$v_{\min} \cdot b_w \cdot d$	46773				
$V_{Rd}$	55.9 KN	>	$V_{Ed}$	VERIFICATO	
senza considerare il contributo dello sforzo assiale					

## 12 EFFETTI DELLA NON LINEARITA' GEOMETRICA

### Effetti delle non linearità geometriche

Le non linearità geometriche sono prese in conto attraverso il fattore  $\theta$  che, in assenza di più accurate determinazioni, può essere definito come:

$$\theta = \frac{P \cdot d_{ER}}{V \cdot h} \quad [7.3.3]$$

dove:

$P$  è il carico verticale totale dovuto all'orizzontamento in esame e alla struttura ad esso sovrastante;

$d_{ER}$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano allo *SLV*, ottenuto come differenza tra lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento considerato e lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento immediatamente sottostante, entrambi valutati come indicato al § 7.3.3.3;

$V$  è la forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame, derivante dall'analisi lineare con fattore di comportamento  $q$ ;

$h$  è la distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.

Gli effetti delle non linearità geometriche:

- possono essere trascurati, quando  $\theta$  è minore di 0,1;
- possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a  $1/(1-\theta)$ , quando  $\theta$  è compreso tra 0,1 e 0,2;
- devono essere valutati attraverso un'analisi non lineare, quando  $\theta$  è compreso tra 0,2 e 0,3.

Il fattore  $\theta$  non può comunque superare il valore 0,3.

Dal modello di calcolo si ottengono le forze  $P$  e  $V$  agenti in corrispondenza dell'orizzontamento:

TABLE: Element Forces - Frames					TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	P	P tot	Frame	Station	OutputCase	V2	V3	V2 tot	V3 tot
Text	m	Text	KN	KN	Text	m	Text	KN	KN	KN	KN
1	3.2	G1+G2	-46.921	-585.117	1	3.2	SISMA X	13.147	0.531	130.443	127.63
2	3.2	G1+G2	-77.486		1	3.2	SISMA Y	1.136	13.985		
3	3.2	G1+G2	-46.921		2	3.2	SISMA X	12.163	0.425		
4	3.2	G1+G2	-74.486		2	3.2	SISMA Y	3.2E-08	16.135		
5	3.2	G1+G2	-106.202		3	3.2	SISMA X	13.147	0.531		
6	3.2	G1+G2	-74.486		3	3.2	SISMA Y	1.136	13.985		
7	3.2	G1+G2	-43.061		4	3.2	SISMA X	15.561	0.019		
8	3.2	G1+G2	-72.493		4	3.2	SISMA Y	1.181	12.408		
9	3.2	G1+G2	-43.061		5	3.2	SISMA X	15.133	0.015		
					5	3.2	SISMA Y	4.34E-09	15.051		
					6	3.2	SISMA X	15.561	0.019		
					6	3.2	SISMA Y	1.181	12.408		
					7	3.2	SISMA X	13.354	0.515		
					7	3.2	SISMA Y	0.964	12.886		
					8	3.2	SISMA X	12.461	0.41		
					8	3.2	SISMA Y	1.16E-08	14.906		
					9	3.2	SISMA X	13.354	0.515		
					9	3.2	SISMA Y	0.964	12.886		

7.3.3.3 VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DELLA STRUTTURA

Gli spostamenti  $d_E$  sotto l'azione sismica di progetto relativa allo *SLV* si ottengono moltiplicando per il fattore di duttilità in spostamento  $\mu_d$  i valori  $d_{E0}$  ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{E0} \quad [7.3.8]$$

Dove :

$$\begin{aligned} \mu_d &= q && \text{se } T_1 \geq T_c \\ \mu_d &= 1 + (q-1) \cdot \frac{T_c}{T_1} && \text{se } T_1 < T_c \end{aligned} \quad [7.3.9]$$

In ogni caso  $\mu_d \leq 5q - 4$ .

Dal modello di calcolo si ottengono i seguenti spostamenti:

q=	3.3
Tc =	0.4542
T1 =	0.2159
$\mu_d$ =	5.84

**TABLE: Joint Displacements**

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U1 m	U1		U1d		$\Delta$
					max	min	max	min	m
2	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002269	0.00227	0.000000	0.01325	0.00000	0.15
2	SISMA Y	LinRespSpec Max		0.000171					
4	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002219					
4	SISMA Y	LinRespSpec Max		8.53E-14					
6	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002269					
6	SISMA Y	LinRespSpec Max		0.000171					
8	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002269					
8	SISMA Y	LinRespSpec Max		0.000171					
10	SISMA X	LinRespSpec Max		0.00222					
10	SISMA Y	LinRespSpec Max		2.8E-13					
12	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002269					
12	SISMA Y	LinRespSpec Max		0.000171					
14	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002269					
14	SISMA Y	LinRespSpec Max		0.000171					
16	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002219					
16	SISMA Y	LinRespSpec Max		8.53E-14					
18	SISMA X	LinRespSpec Max		0.002269					
18	SISMA Y	LinRespSpec Max		0.000171					

**TABLE: Joint Displacements**

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U2	U2		U2d		$\Delta$
					max	min	max	min	m
2	SISMA X	LinRespSp	Max	0.000062	0.00234	0.00000	0.013632	0.000013	0.15
2	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002335					
4	SISMA X	LinRespSp	Max	0.000062					
4	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002335					
6	SISMA X	LinRespSp	Max	0.000062					
6	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002335					
8	SISMA X	LinRespSp	Max	2.23E-06					
8	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002168					
10	SISMA X	LinRespSp	Max	2.23E-06					
10	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002169					
12	SISMA X	LinRespSp	Max	2.23E-06					
12	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002168					
14	SISMA X	LinRespSp	Max	0.00006					
14	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002157					
16	SISMA X	LinRespSp	Max	0.00006					
16	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002157					
18	SISMA X	LinRespSp	Max	0.00006					
18	SISMA Y	LinRespSp	Max	0.002157					

**Effetti della non linearità geometrica**

P=	585.117	KN		
V2=	130.443	KN		
V3=	127.63	KN		
U1d =	0.013247	m		
U2d =	0.013632	m		
h=	3.2	m		
$\theta_1 =$	0.019	$\leq$	0.1	trascurare
$\theta_2 =$	0.020	$\leq$	0.1	trascurare

### 13 VERIFICA STATO LIMITE DI DEFORMABILITA'

#### 13.1 Travi 30x40 interne

Travi e solai					
Per travi e solai con luci non superiori a 10 m è possibile omettere la verifica delle inflessioni come sopra riportata, ritenendola implicitamente soddisfatta, se il rapporto l/h tra luce e altezza rispetta la limitazione					
$\frac{l}{h} \leq K \left[ 11 + \frac{0.015 f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \left[ \frac{500 A_{s,eff}}{f_{yk} A_{s,calc}} \right] \quad [C4.1.4]$					
dove $f_{ck}$ e $f_{yk}$ sono espressi in MPa, $\rho$ e $\rho'$ sono i rapporti tra armatura tesa e compressa, rispettivamente, $A_{s,eff}$ ed $A_{s,calc}$ sono, rispettivamente, l'armatura tesa effettivamente presente nella sezione più sollecitata e l'armatura di progetto nella stessa sezione, e K è un coefficiente correttivo, che dipende dallo schema strutturale.					
altezza trave	h=	400	mm		
base trave	b=	300	mm		condizione di validità
luce trave	L=	7300	mm	≤	10 m OK
calcestruzzo	Rck	40	MPa		
C32/40	fck	32	MPa		
acciaio	fyk	450	MPa		
area cls	Ac =	120000	mmq		
armat. Tesa	As,tesa =	4	Φ	16.0	⇒ 804.25 mmq
armat. Comp	As,compressa =	4	Φ	16.0	⇒ 804.25 mmq
armat. Tesa sez +soll	As,eff =	4	Φ	16.0	⇒ 804.25 mmq
armat. Di progetto sez + soll	As,calc =	4	Φ	16.0	⇒ 1608.495 mmq
		4	Φ	16.0	⇒ 1608.495 mmq
	K=	1			
	ρ =	0.0067			
	ρ' =	0.0067			
	λ =	18.25			
	λ lim =	26.01			
[C4.1.4]	λ ≤ λ lim	verificato		⇒	verifica inflessione soddisfatta



### 13.2 Travi 30x40 bordo

Travi e solai						
Per travi e solai con luci non superiori a 10 m è possibile omettere la verifica delle inflessioni come sopra riportata, ritenendola implicitamente soddisfatta, se il rapporto l/h tra luce e altezza rispetta la limitazione						
$\frac{l}{h} \leq K \left[ 11 + \frac{0.015 f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \left[ \frac{500 A_{s,eff}}{f_{yk} A_{s,calc}} \right]$				[C4.1.4]		
dove $f_{ck}$ e $f_{yk}$ sono espressi in MPa, $\rho$ e $\rho'$ sono i rapporti tra armatura tesa e compressa, rispettivamente, $A_{s,eff}$ ed $A_{s,calc}$ sono, rispettivamente, l'armatura tesa effettivamente presente nella sezione più sollecitata e l'armatura di progetto nella stessa sezione, e $K$ è un coefficiente correttivo, che dipende dallo schema strutturale.						
altezza trave	h=	400	mm			
base trave	b=	300	mm			condizione di validità
luce trave	L=	7300	mm	≤	10 m	OK
calcestruzzo	Rck	40	MPa			
	fck	32	MPa			
acciaio	f <sub>yk</sub>	450	MPa			
area cls	A <sub>c</sub> =	120000	mmq			
armat. Tesa	A <sub>s,tesa</sub> =	4	Φ	16.0	⇒	804.25 mmq
armat. Comp	A <sub>s,compressa</sub> =	4	Φ	14.0	⇒	615.75 mmq
armat. Tesa sez + soll	A <sub>s,eff</sub> =	4	Φ	16.0	⇒	804.25 mmq
armat. Di progetto sez + soll	A <sub>s,calc</sub> =	4	Φ	16.0	⇒	1420 mmq
		4	Φ	14.0	⇒	mmq
	K=	1				
	ρ =	0.0067				
	ρ' =	0.0051				
	λ =	18.25				
	λ lim =	32.45				
[C4.1.4]	λ ≤ λ lim	verificato		⇒		verifica inflessione soddisfatta

## 14 VERIFICA AGLI SLE

Per le costruzioni ricadenti in classe d'uso III e IV si deve verificare che gli spostamenti interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto relativa allo SLO siano inferiori a  $2/3 \cdot 0.01 h$  e quindi:

$d_r < 2/3 \cdot 0.01 h$ , essendo  $d_r$  lo spostamento di interpiano ed  $h$  l'altezza del piano.

Si riportano di seguito le verifiche degli spostamenti orizzontali lungo X (U1) e lungo Y (U2) effettuate per le combinazioni di carico Sisma-SLEX e Sisma-SLEY.

TABLE: Joint Displacements								
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	U1	U1 (m)		H	$\delta$
Text	Text	Text	Text	m	max	min	m	m
2	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002788	0.002788	0.000000	3.40	0.023
2	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.000211	OK	OK		
4	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002726				
4	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	4.33E-14				
6	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002788				
6	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.000211				
8	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002788				
8	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.000211				
12	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002788				
12	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.000211				
14	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002788				
14	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.000211				
16	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002726				
16	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	4.33E-14				
18	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.002788				
18	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.000211				

**Relazione tecnica e di calcolo**

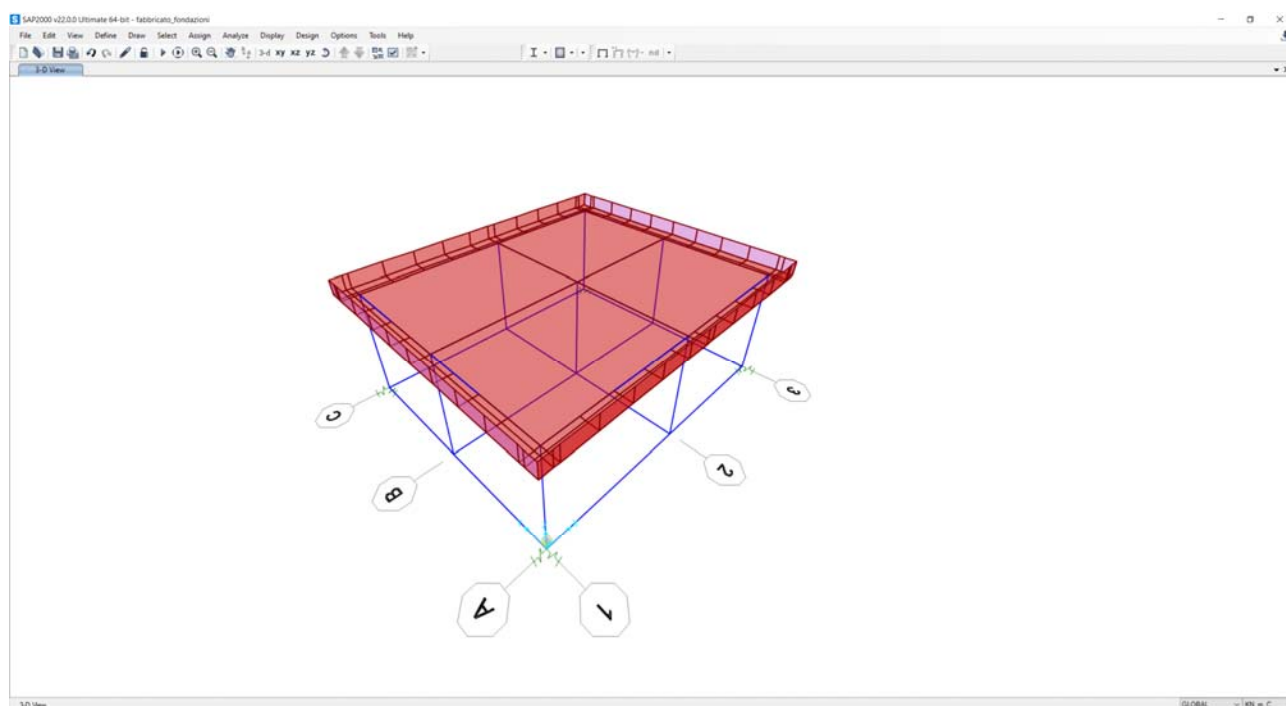
**TABLE: Joint Displacements**

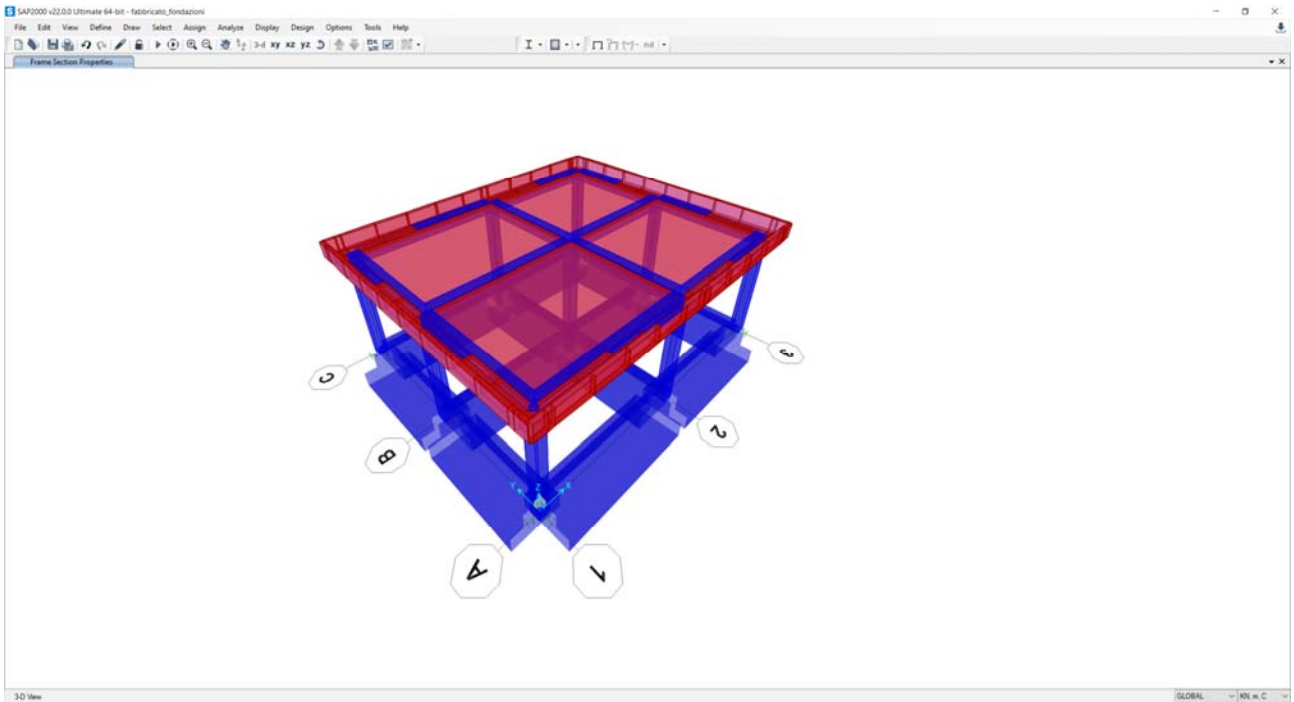
Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	StepType Text	U2 m	U2 (m)		H	$\delta$
					max	min	m	m
2	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.000076	0.0029	0.0000	3.40	0.034
2	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.002869	OK	OK		
4	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.000076				
4	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.002869				
6	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.000076				
6	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.002869				
8	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	2.75E-06				
8	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.002664				
12	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	2.75E-06				
12	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.002664				
14	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.000073				
14	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.00265				
16	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.000073				
16	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.00265				
18	SISMA_SLE X	LinRespSpec	Max	0.000073				
18	SISMA_SLE Y	LinRespSpec	Max	0.00265				

## 15 MODELLAZIONE TRAVI ROVESCE DI FONDAZIONE

Le sollecitazioni sulle travi rovesce di fondazione sono state determinate con l'ausilio del codice di calcolo automatico SAP2000 utilizzando il modello di calcolo implementato a partire da quello utilizzato per il dimensionamento e la verifica delle strutture in elevazione. In particolare le travi di fondazione sono state modellate utilizzando elementi *frame* ai quali sono state assegnate molle verticali con una costante elastica  $K_s = 15000 \text{ KN/m}^3$  per simulare il terreno alla Winkler.

Si riporta di seguito il modello di calcolo.





Si riportano di seguito le sollecitazioni agenti sulla soletta di fondo ottenute dall'analisi.

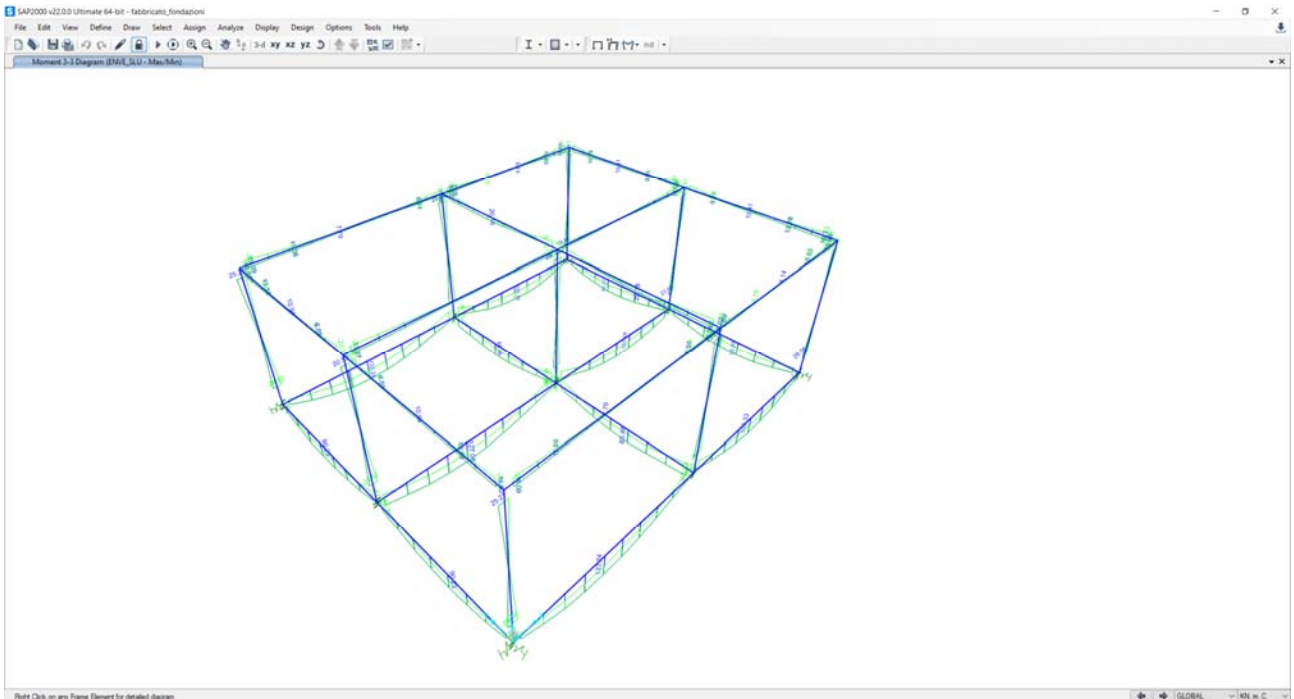


Figura 32 – Momento flettente M33 - combinazione ENVE-SLU

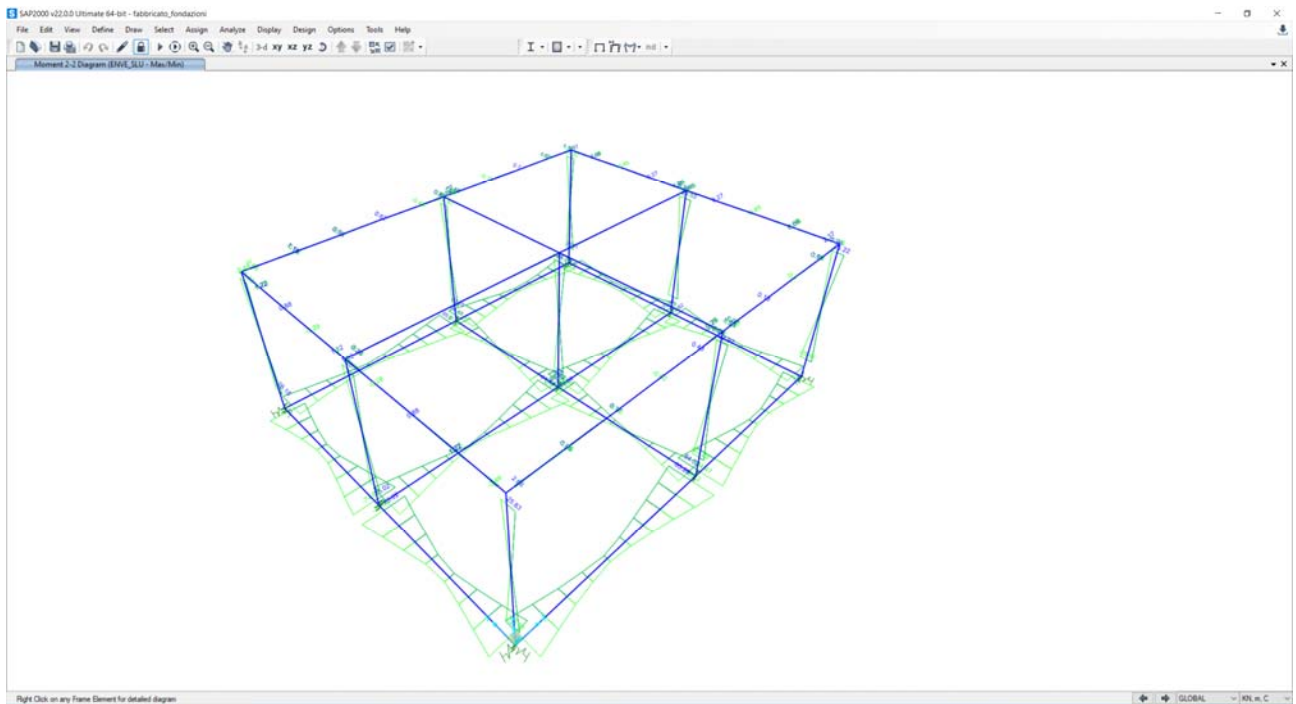


Figura 33 –Momento flettente  $M_{22}$  - combinazione ENVE-SLU

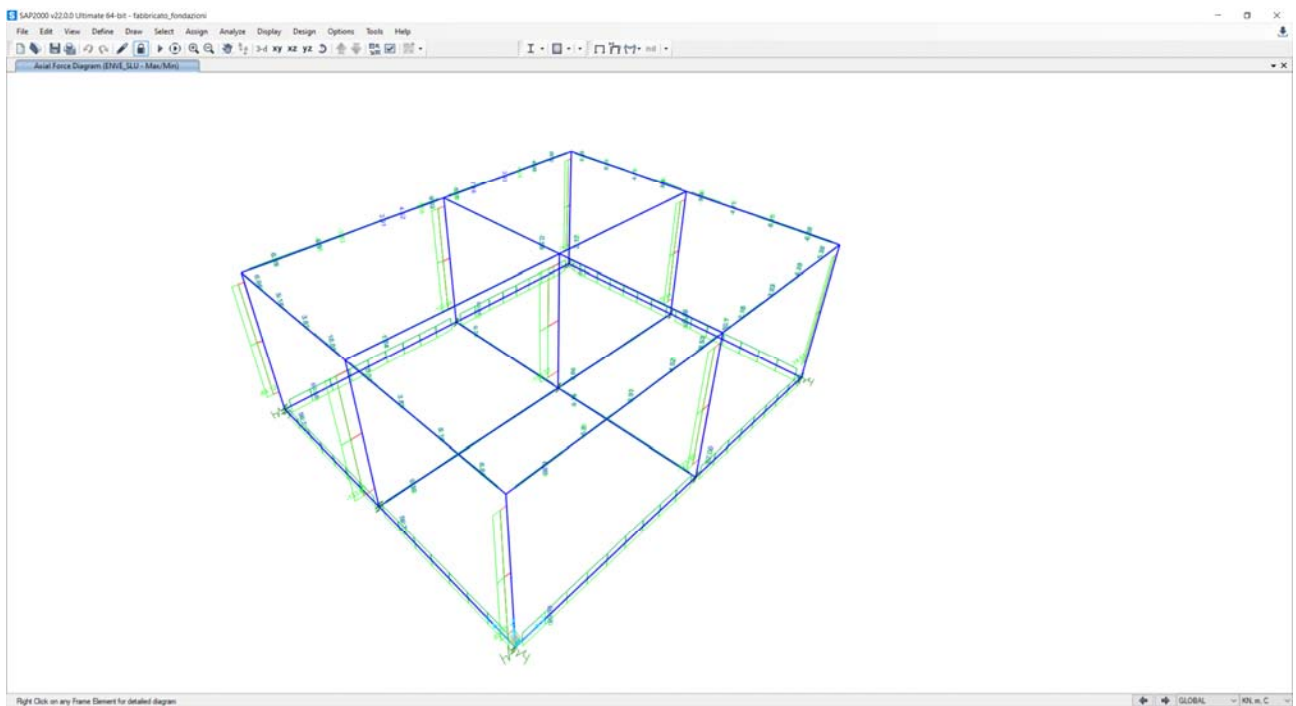


Figura 34 – Sforzo assiale  $N$  - combinazione ENVE-SLU

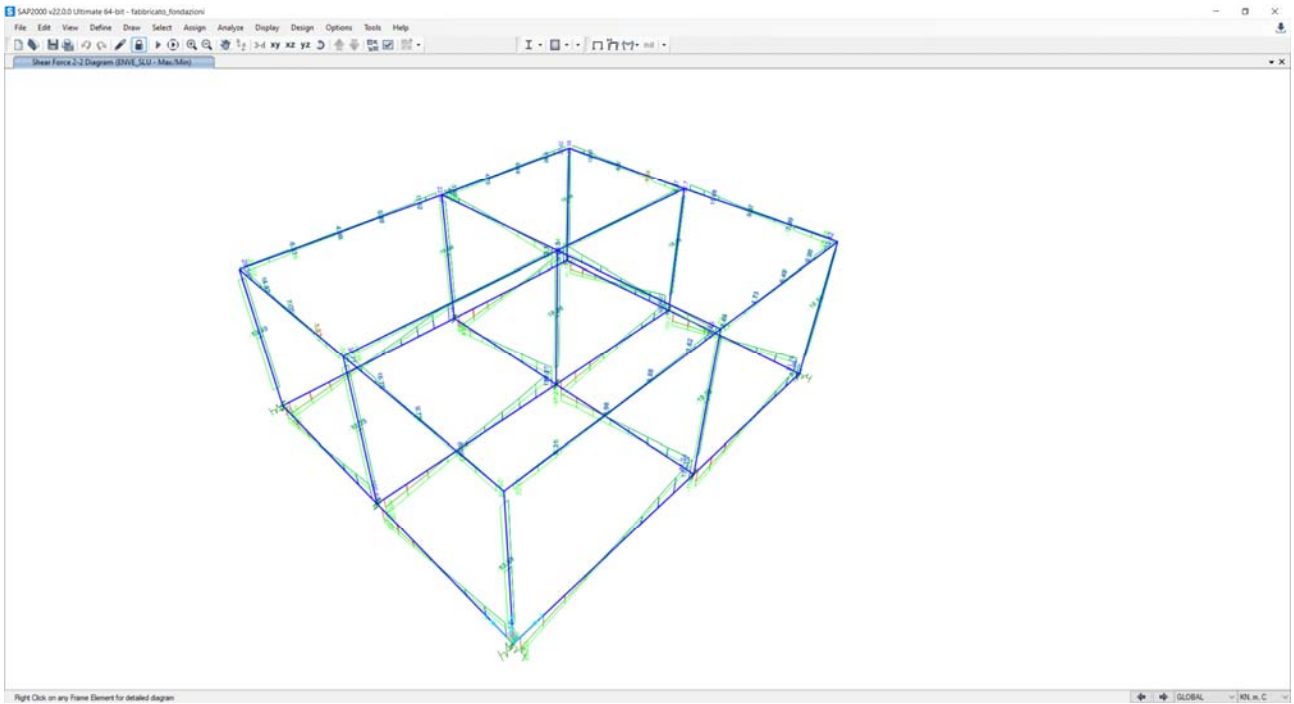


Figura 35 –Taglio V22 - combinazione ENVE-SLU

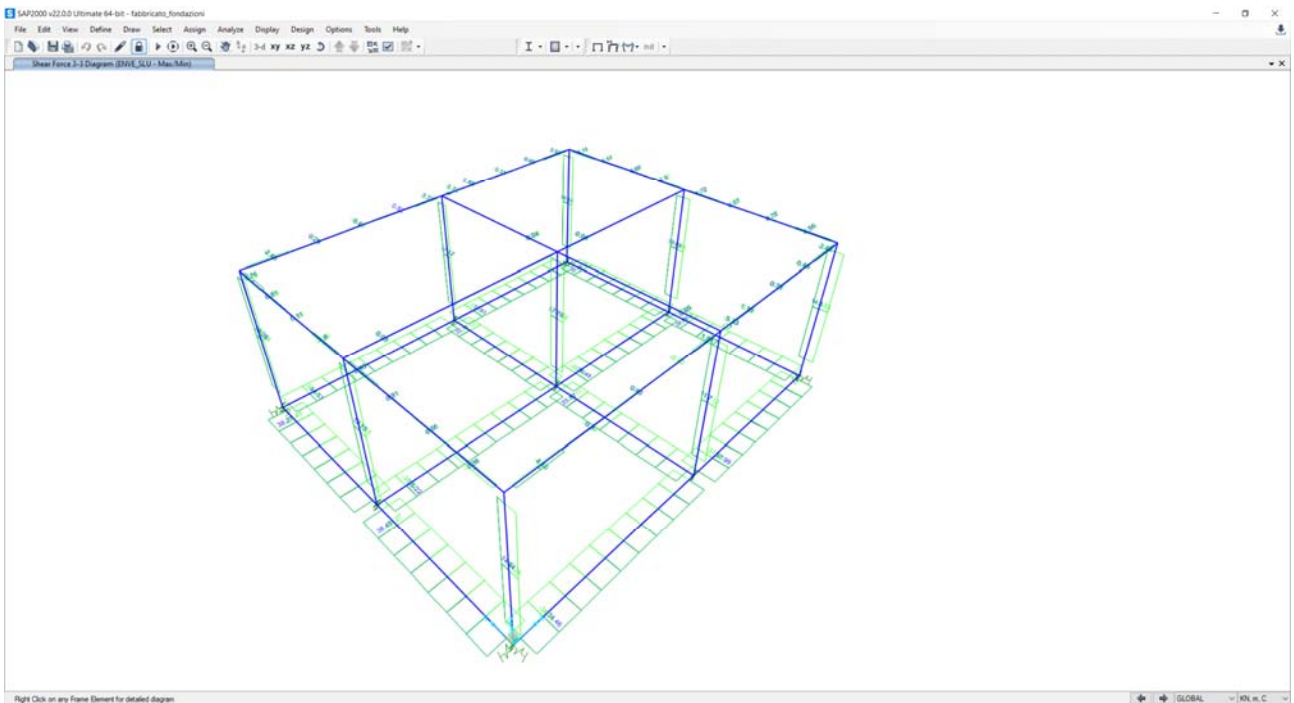


Figura 36 –Taglio V33 - combinazione ENVE-SLU

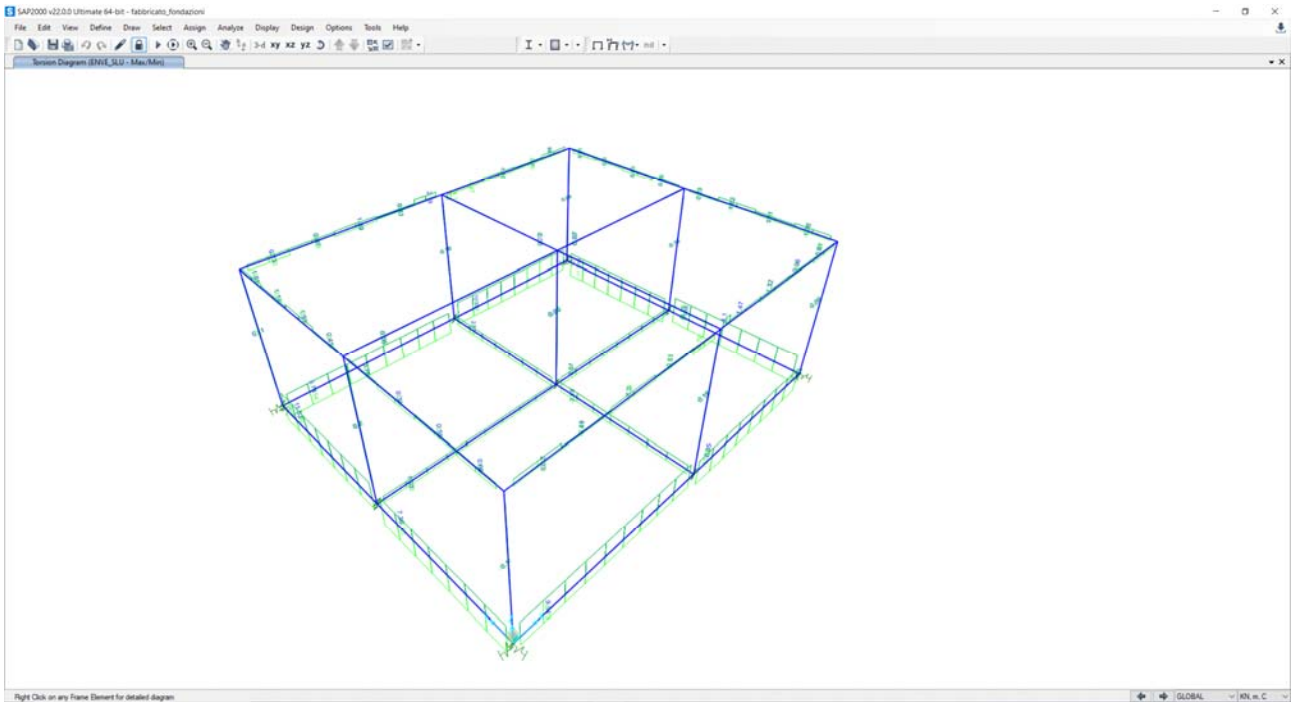


Figura 37 – Momento torcente - combinazione ENVE-SLU

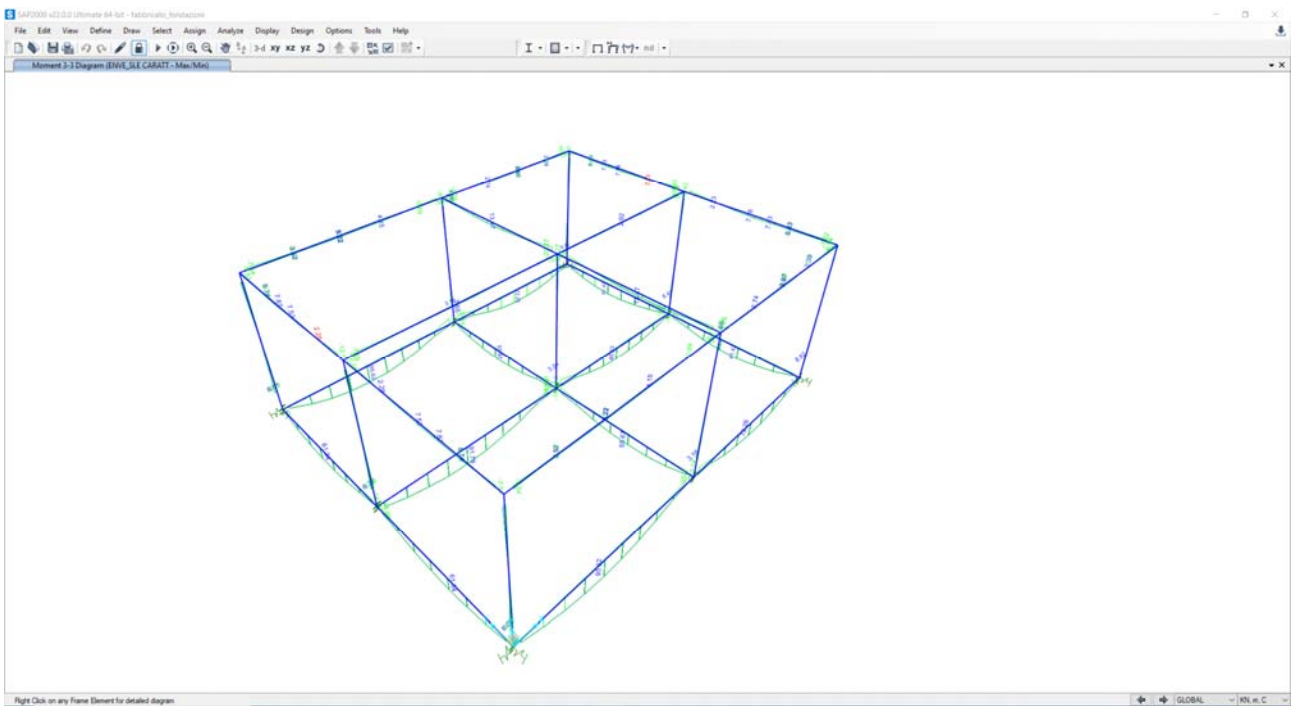


Figura 38 –Momento flettente M33 - combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA



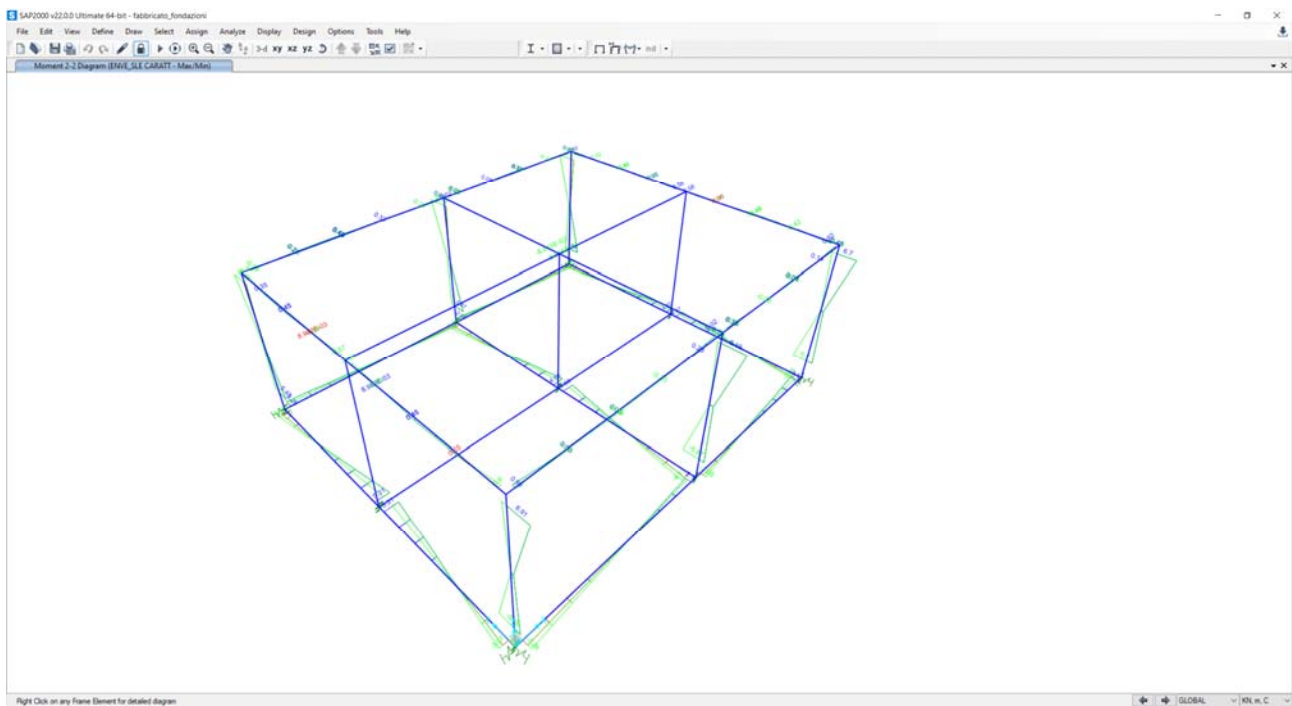


Figura 39 –Momento flettente  $M_{22}$  - combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA

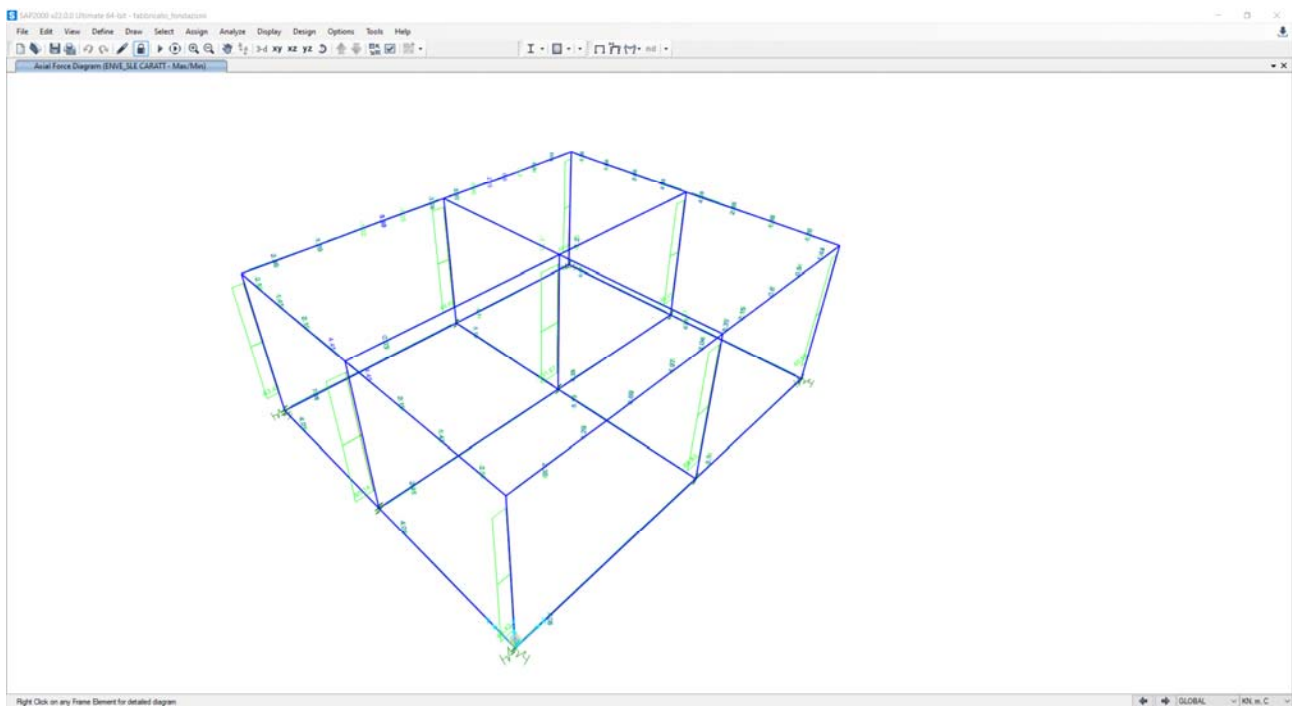


Figura 40 –Sforzo assiale  $N$  - combinazione ENVE-SLE CARATTERISTICA

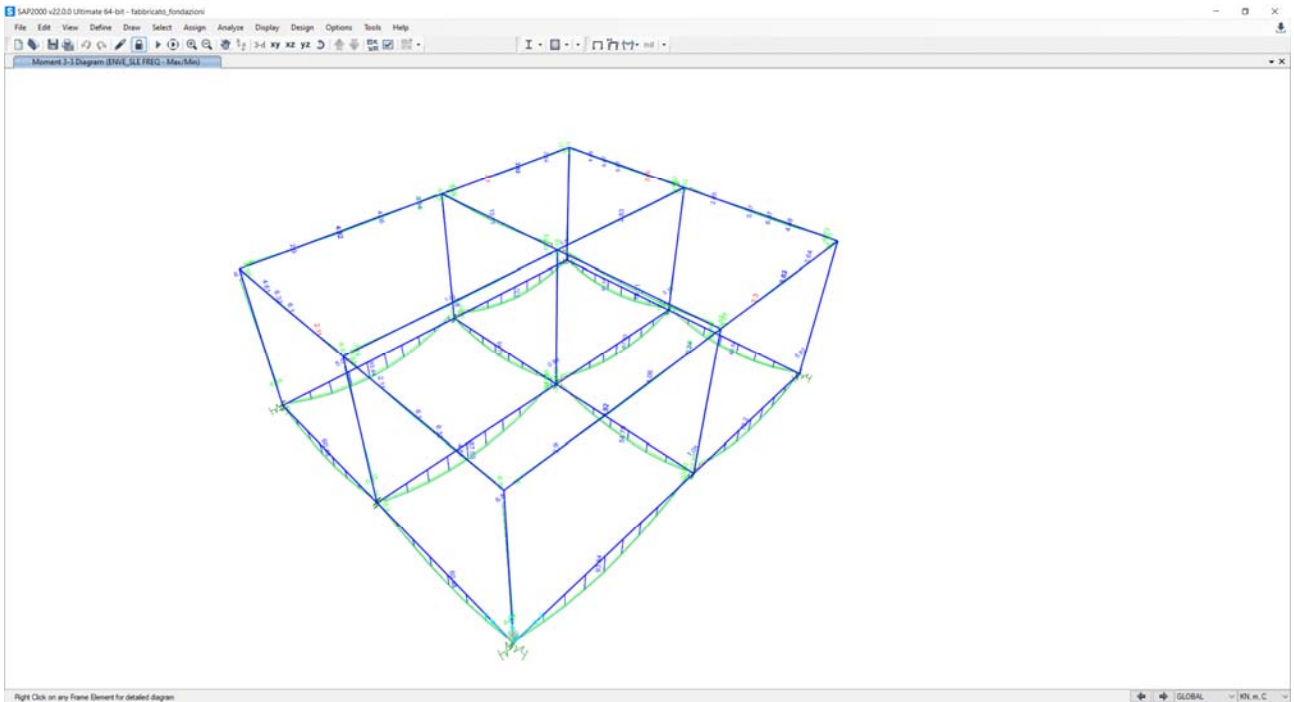


Figura 41 –Momento flettente  $M_{33}$  - combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

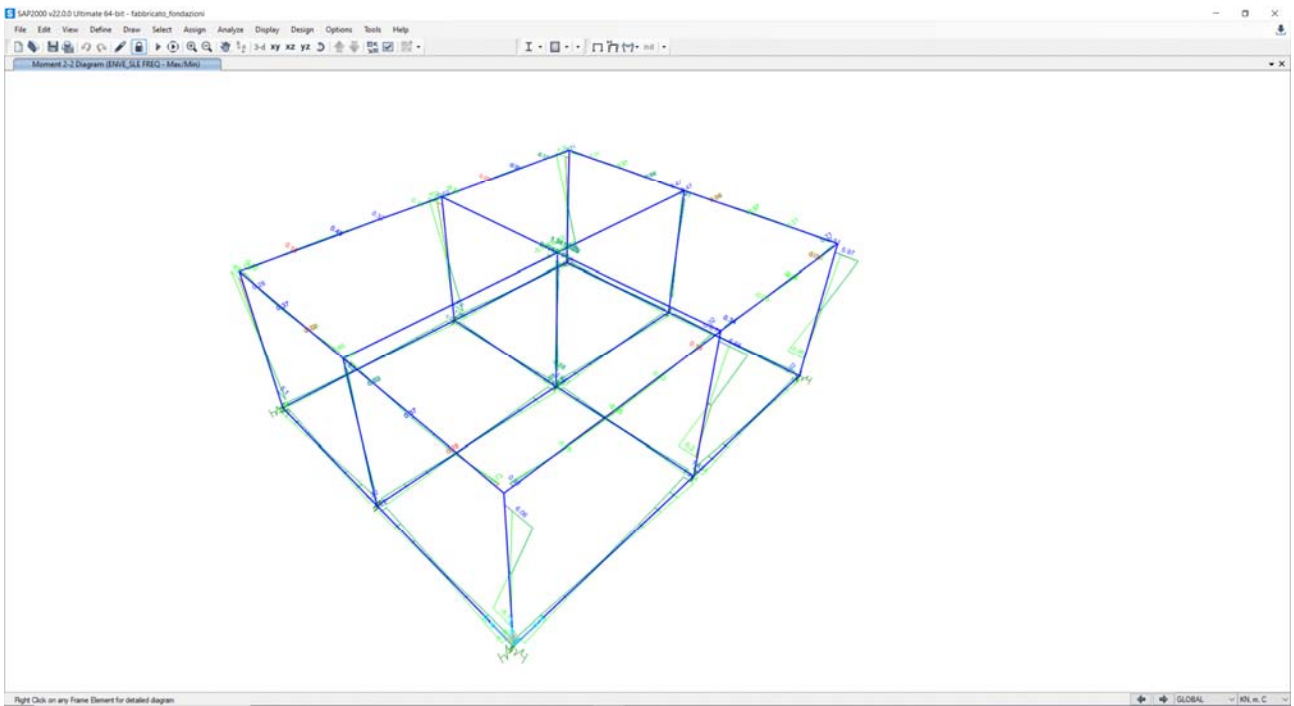


Figura 42 –Momento flettente  $M_{22}$  - combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

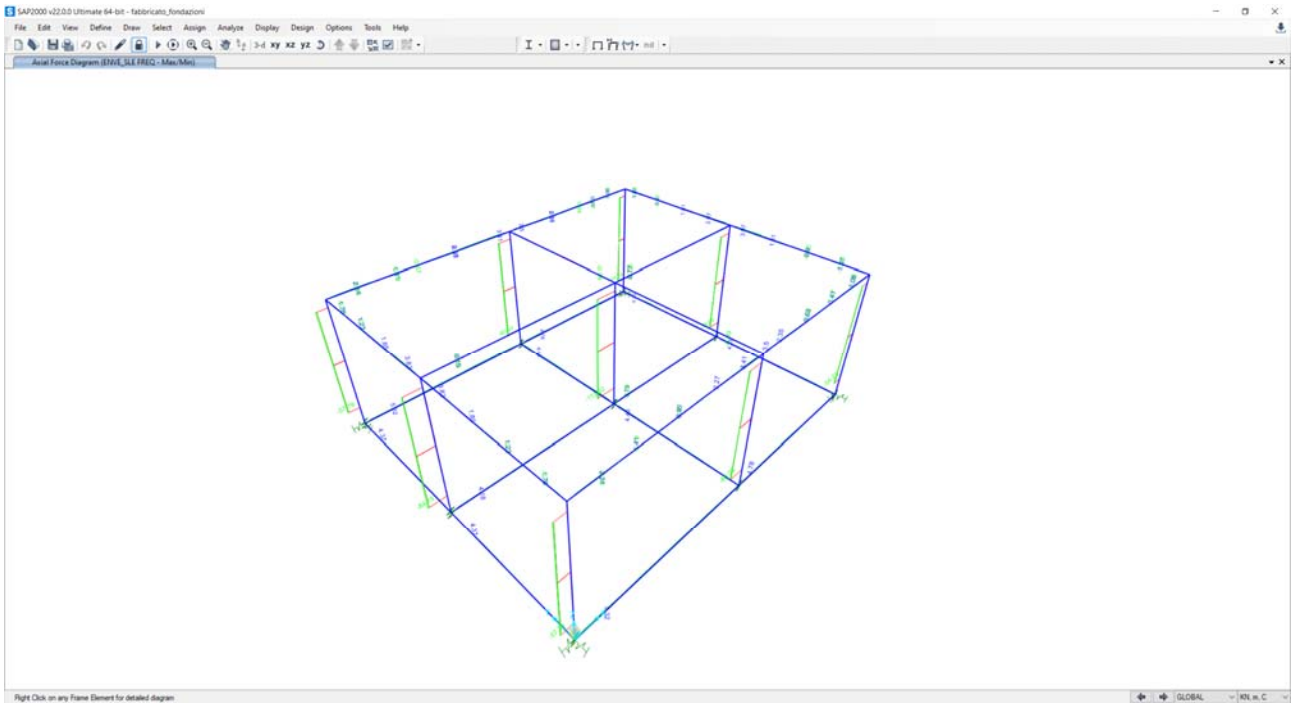


Figura 43 –Sforzo normale  $N$  - combinazione ENVE-SLE FREQUENTE

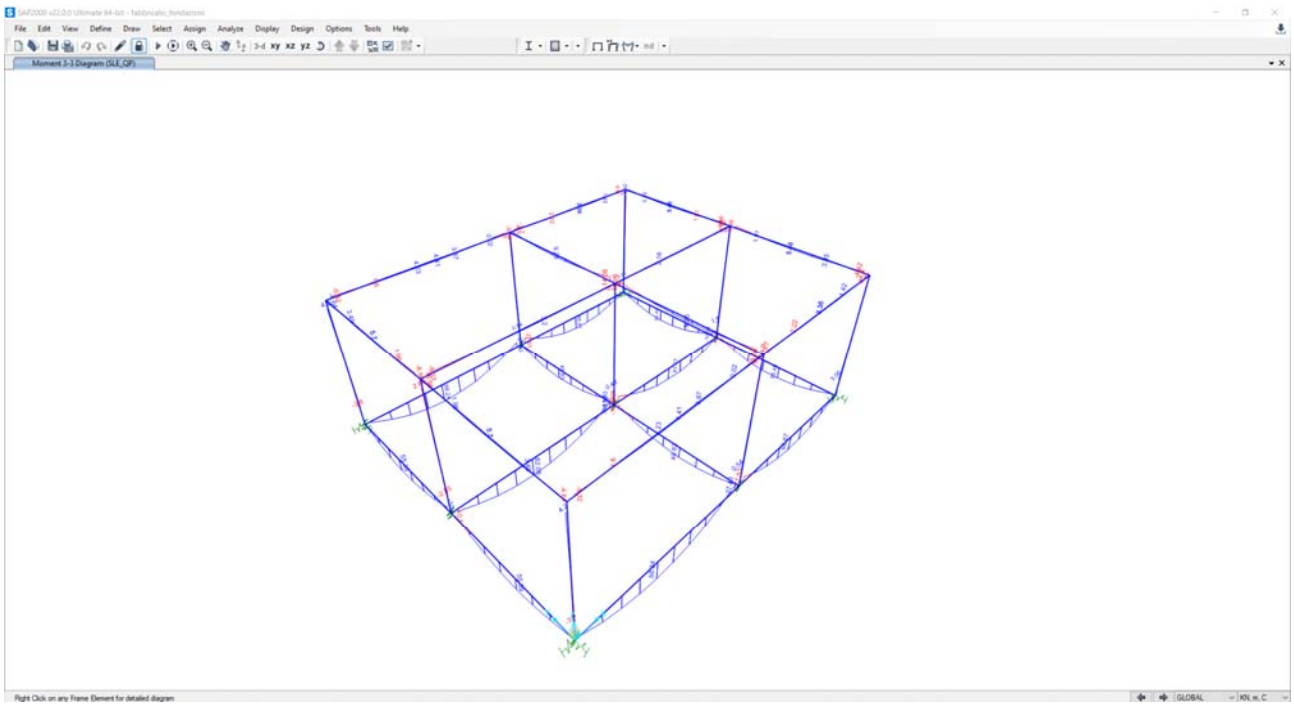


Figura 44 –Momento flettente  $M_{33}$  - combinazione ENVE-SLE QUASI PERMANENTE

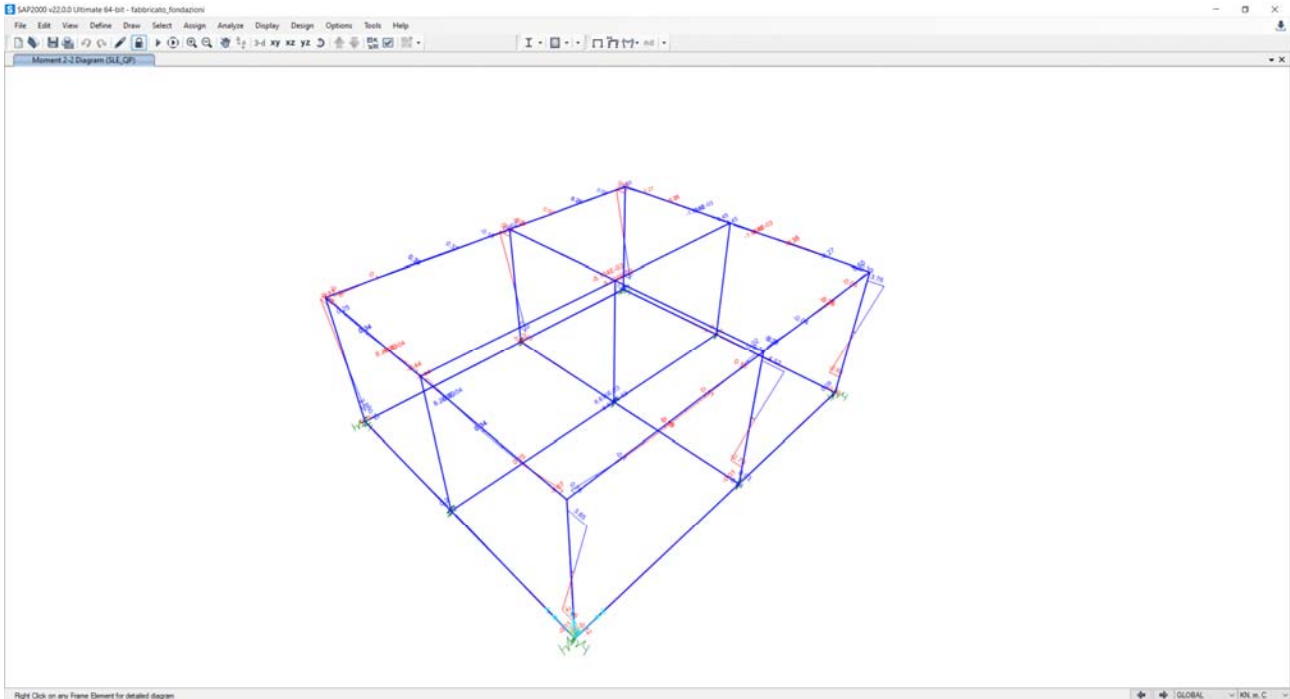


Figura 45 –Momento flettente  $M_{22}$  - combinazione ENVE-SLE QUASI PERMANENTE

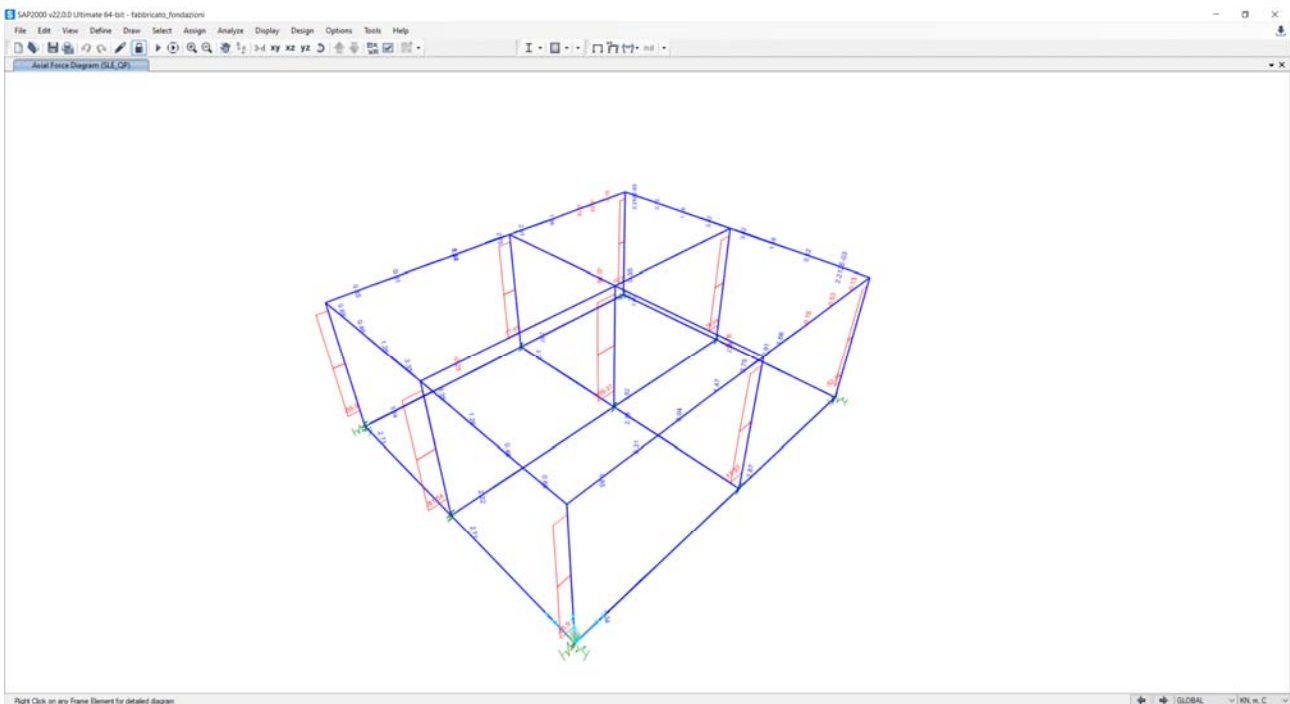


Figura 46 –Sforzo normale  $N$  - combinazione ENVE-SLE QUASI PERMANENTE

### 15.1 Verifica travi rovesce di fondazione

In base ai risultati ottenuti dal modello si effettua di seguito la verifica di resistenza delle travi rovesce.

Di seguito si riportano le sollecitazioni massime con cui si effettuano le verifiche.

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
11	2.07889	SLU_18	-0.057	-3.803	-1.121	-0.8056	133.4879
11	4.49	SLU_14	12.04	130.821	-1.131	1.9213	-57.4088
15	4.49	SLU_12	6.624	119.149	-4.7	10.8696	-46.4576
15	4.49	SLU_13	6.624	119.149	4.7	-10.8696	-46.4576
16	0.15	SLU_12	5.987	-108.646	5.174	10.7356	-47.2144
20	4.49	SLU_10	10.624	131.178	1.852	-3.1656	-50.4225
16	4.01	SLU_19	-6.128	81.471	2.93E-12	-5.7E-12	35.4189
11	4.49	SLU_17	12.601	129.545	2.343	-6.1338	-55.5692

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
20	2.56111	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	60.68	25.764	24.485	8.6706	105.2611
15	4.49	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	0.712	73.837	-10.584	-24.4691	-69.0729
11	4.49	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	43.818	102.285	34.485	85.3564	-13.5063
20	4.49	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-37.024	95.369	-34.485	-85.3564	-41.7376
16	2.08	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	2.848	-5.007	38.515	5.6839	62.3638
15	4.49	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	3.832	109.476	10.584	24.4691	12.4148
14	0.15	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-56.334	-96.149	-27.289	-49.9115	-54.8909
14	0.15	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	62.167	-82.882	27.355	49.9779	-0.5093

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
11	2.07889	CARATTERISTICA 2	3.127	-1.999	-1.234	-0.8742	95.6114
11	4.49	CARATTERISTICA 1	7.188	100.436	-1.235	2.1014	-35.4752
22	3.5	CARATTERISTICA 1	3.731	74.424	-2.502	5.3077	-14.3045
24	0.15	CARATTERISTICA 1	5.21	-58.064	-2.69	-4.1303	1.5005
15	0.15	CARATTERISTICA 6	-4.971	1.984	-9.6E-13	-1.9E-12	13.6897
11	0.15	CARATTERISTICA 1	7.188	-82.59	-1.235	-3.2589	3.2507

**Relazione tecnica e di calcolo**

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
11	2.07889	SLE_8F	1.366	-3.231	-0.036	-0.0456	93.8319
16	0.15	SLE_7F	3.822	-83.831	-1.4E-12	-3.4E-12	-35.1295
15	4.49	SLE_5F	2.278	91.607	-0.627	1.4493	-28.1474
15	4.49	SLE_6F	2.278	91.607	0.627	-1.4493	-28.1474
16	4.01	SLE_8F	-0.101	63.682	9.45E-13	-2.1E-12	14.7831
20	4.49	SLE_7F	5.427	99.204	0.037	-0.0412	-34.2844

Frame Text	Station m	OutputCase Text	P KN	V2 KN	V3 KN	M2 KN-m	M3 KN-m
11	2.07889	SLE_QP	3.397	-2.854	-0.036	-0.0468	88.0787
16	0.15	SLE_QP	1.86	-83.611	-2.5E-13	-8.9E-13	-29.1918
22	3.5	SLE_QP	2.744	74.746	-0.092	0.2014	-10.5362
26	3.5	SLE_QP	2.702	74.592	0.076	-0.1647	-10.1807
16	4.01	SLE_QP	1.86	63.462	-2.5E-13	6.18E-14	9.695
11	4.49	SLE_QP	3.397	98.827	-0.036	0.0408	-27.622

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

NOME SEZIONE: trave rovescia\_rev01

(Percorso File: Z:\0260 TreValli Esecutivo\committente\Ricevuti\23-03-24 PD\Editabili\J\_OPERE-D'ARTE-MINORI\FABBRICATO\travi rovesce\trave rovescia\_rev01.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza: Resistenze agli Stati Limite Ultimi  
 Tipologia sezione: Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica  
 Normativa di riferimento: N.T.C.  
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante  
 Condizioni Ambientali: Poco aggressive  
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia  
 Riferimento alla sismicità: Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO - Classe: C30/37  
 Resis. compr. di progetto fcd: 17.0 MPa  
 Resis. compr. ridotta fcd': 8.5 MPa  
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020  
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035  
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo  
 Modulo Elastico Normale Ec: 32836.0 MPa  
 Resis. media a trazione fctm: 2.90 MPa  
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00  
 Sc limite S.L.E. comb. Rare: 18.0 MPa  
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 18.0 MPa  
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.400 mm  
 Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 13.5 MPa  
 Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C  
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.0 MPa  
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.0 MPa  
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.3 MPa  
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.3 MPa  
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068

Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

#### CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-75.0	0.0
2	-75.0	50.0
3	-35.0	50.0
4	-35.0	100.0
5	35.0	100.0
6	35.0	50.0
7	75.0	50.0
8	75.0	0.0

#### DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-68.9	6.1	18
2	-68.9	43.9	18
3	-28.9	43.9	18
4	-28.9	93.9	18
5	28.9	93.9	18
6	28.9	43.9	18
7	68.9	43.9	18
8	68.9	6.1	18
9	-29.0	6.1	18
10	29.0	6.1	18

#### DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	9	10	3	18
2	4	5	3	18
3	2	3	1	18
4	6	7	1	18
5	1	9	1	18
6	10	8	1	18

#### ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	10.0	cm

#### Indicazione Barre Longitudinali di risolto per ogni staffa:

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra
1	1	2	7	8
2	9	4	5	10

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1.33	-0.01	-0.04	-0.01
2	0.00	-0.57	0.02	1.31	-0.01
3	0.00	-0.46	0.11	1.19	-0.05
4	0.00	-0.46	-0.11	1.19	0.05
5	0.00	-0.47	0.11	-1.09	0.05
6	0.00	-0.50	-0.03	1.31	0.02
7	0.00	0.35	0.00	0.81	0.00
8	0.00	-0.56	-0.06	1.30	0.02

**COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.03	0.96	-0.01
2	0.07	-0.35	0.02
3	0.04	-0.14	0.05
4	0.05	0.02	-0.04
5	-0.05	0.14	0.00
6	0.07	0.03	-0.03

**COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.01	0.94 (656.09)	0.00 (-0.32)
2	0.04	-0.35 (-457.97)	0.00 (0.00)
3	0.02	-0.28 (-448.68)	0.01 (23.10)
4	0.02	-0.28 (-448.68)	-0.01 (-23.10)
5	0.00	0.15 (653.73)	0.00 (0.00)
6	0.05	-0.34 (-460.87)	0.00 (-0.55)

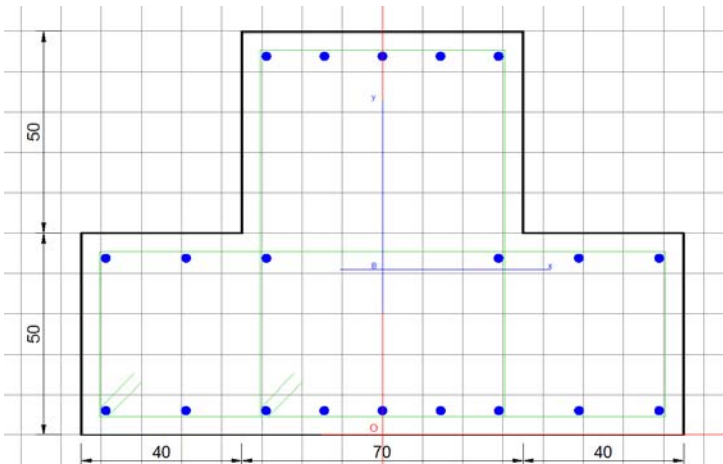
**COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)



My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	0.03	0.88 (659.08)	0.00 (-0.35)
2	0.02	-0.29 (-455.19)	0.00 (0.00)
3	0.03	-0.11 (-464.58)	0.00 (8.88)
4	0.03	-0.10 (-465.35)	0.00 (-7.53)
5	0.02	0.10 (679.47)	0.00 (0.00)
6	0.03	-0.28 (-458.63)	0.00 (0.68)



## RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	12.7 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$
As Tesa	Area armature trave [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N° Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1.33	-0.01	0.00	1100.73	-6.98	824.59	38.2(22.0)
2	S	0.00	-0.57	0.02	0.00	-707.82	23.36	999.00	28.0(22.0)
3	S	0.00	-0.46	0.11	0.00	-705.09	165.16	999.00	33.1(22.0)
4	S	0.00	-0.46	-0.11	0.00	-705.09	-165.16	999.00	33.1(22.0)
5	S	0.00	-0.47	0.11	0.00	-705.12	163.97	999.00	33.1(22.0)
6	S	0.00	-0.50	-0.03	0.00	-706.85	-41.95	999.00	28.0(22.0)
7	S	0.00	0.35	0.00	0.00	1101.01	0.00	999.00	38.2(22.0)
8	S	0.00	-0.56	-0.06	0.00	-706.56	-75.20	999.00	28.0(22.0)

## METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.122	-35.0	100.0	0.00164	-28.9	93.9	-0.02513	68.9	6.1
2	0.00350	0.063	75.0	0.0	-0.00013	68.9	6.1	-0.05245	-28.9	93.9
3	0.00350	0.076	75.0	0.0	0.00051	68.9	6.1	-0.04256	-28.9	93.9
4	0.00350	0.076	-75.0	0.0	0.00051	-68.9	6.1	-0.04256	28.9	93.9
5	0.00350	0.076	75.0	0.0	0.00051	68.9	6.1	-0.04262	-28.9	93.9
6	0.00350	0.064	-75.0	0.0	-0.00004	-68.9	6.1	-0.05095	28.9	93.9
7	0.00350	0.120	-35.0	100.0	0.00161	-28.9	93.9	-0.02566	68.9	6.1
8	0.00350	0.068	-75.0	0.0	0.00014	-68.9	6.1	-0.04831	28.9	93.9

#### POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	-0.000001828	0.000302872	-0.026851126	0.122	0.700
2	0.000001194	-0.000594504	0.003410472	0.063	0.700
3	0.000009016	-0.000480569	0.002823826	0.076	0.700
4	-0.000009016	-0.000480569	0.002823826	0.076	0.700
5	0.000008971	-0.000481236	0.002827207	0.076	0.700
6	-0.000002191	-0.000577468	0.003335666	0.064	0.700
7	0.000000000	0.000310527	-0.027552694	0.120	0.700
8	-0.000004418	-0.000546835	0.003168614	0.068	0.700

#### VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe:	12 mm
Passo staffe:	10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. La resistenza delle travi è calcolata assumendo il valore di 0.9 Dmed come coppia interna. I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	0.04	1736.44	2680.81	93.9	70.1	2.500	1.000	0.0	32.4(0.0)
2	S	1.31	2687.18	2159.02	75.7	134.5	2.500	1.000	0.0	32.4(0.0)
3	S	1.19	2673.05	2170.10	75.6	134.1	2.500	1.000	0.0	32.6(0.0)

4	S	1.19	2673.05	2170.10	75.6	134.1	2.500	1.000	0.0	32.6(0.0)
5	S	1.09	2673.09	2170.05	75.6	134.1	2.500	1.000	0.0	32.6(0.0)
6	S	1.31	2688.78	2160.74	75.7	134.6	2.500	1.000	0.0	32.4(0.0)
7	S	0.81	1733.91	2675.07	93.9	70.0	2.500	1.000	0.0	32.4(0.0)
8	S	1.30	2686.04	2158.85	75.5	134.8	2.500	1.000	0.0	32.5(0.0)

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel calcestruzzo [MPa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Ss min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [MPa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Ss min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.01	-35.0	100.0	-0.4	68.9	6.1	2427	22.9
2	S	0.00	75.0	0.0	-0.2	-28.9	93.9	1130	12.7
3	S	0.00	75.0	0.0	-0.1	-28.9	93.9	1258	12.7
4	S	0.00	-75.0	50.0	0.0	68.9	6.1	733	7.6
5	S	0.00	-35.0	100.0	-0.1	68.9	6.1	2314	22.9
6	S	0.00	-35.0	100.0	0.0	68.9	6.1	579	5.1

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a $f_{ctm}$ Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	501 0.001 (990.00)	652.65	-5.97	
2	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	449 0.000 (990.00)	-454.88	26.95	
3	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	479 0.000 (990.00)	-415.78	154.28	
4	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	471 0.000 (990.00)	210.48	-579.37	
5	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	486 0.000 (990.00)	612.15	0.00	
6	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	525 0.000 (990.00)	412.27	-413.31	

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.01	-35.0	100.0	-0.4	68.9	6.1	2314	22.9
2	S	0.00	-75.0	0.0	-0.2	28.9	93.9	1085	12.7
3	S	0.00	75.0	0.0	-0.2	-28.9	93.9	1123	12.7
4	S	0.00	-75.0	0.0	-0.2	28.9	93.9	1123	12.7
5	S	0.00	-35.0	100.0	-0.1	68.9	6.1	2314	22.9
6	S	0.00	-75.0	0.0	-0.2	28.9	93.9	1085	12.7

**Relazione tecnica e di calcolo**

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	486	0.001 (0.40)	656.09	-0.32
2	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	438	0.000 (0.40)	-457.97	0.00
3	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	447	0.000 (0.40)	-448.68	23.10
4	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	447	0.000 (0.40)	-448.68	-23.10
5	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	486	0.000 (0.40)	653.73	0.00
6	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	438	0.000 (0.40)	-460.87	-0.55

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Ss min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.01	-35.0	100.0	-0.4	68.9	6.1	2314	22.9
2	S	0.00	-75.0	0.0	-0.2	28.9	93.9	1085	12.7
3	S	0.00	75.0	0.0	0.0	-28.9	93.9	1095	12.7
4	S	0.00	-75.0	0.0	0.0	28.9	93.9	1089	12.7
5	S	0.00	35.0	100.0	0.0	-68.9	6.1	2314	22.9
6	S	0.00	75.0	0.0	-0.2	-28.9	93.9	1085	12.7

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	486	0.001 (0.30)	659.08	-0.35
2	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	438	0.000 (0.30)	-455.19	0.00
3	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	440	0.000 (0.30)	-464.58	8.88
4	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	439	0.000 (0.30)	-465.35	-7.53
5	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	486	0.000 (0.30)	679.47	0.00
6	S	0.00000	0.00000	0.500	18.0	52	0.00000 (0.00000)	438	0.000 (0.30)	-458.63	0.68

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA NON DISSIPATIVA IN C.A.**

NOME SEZIONE: trave rovescia SLV\_rev01

(Percorso File: Z:\0260 TreValli Esecutivo\committente\Ricevuti\23-03-24 PD\Editabili\J\_OPERE-D'ARTE-MINORI\FABBRICATO\travi rovesci\trave rovescia SLV\_rev01.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Resistenze in campo sostanzialmente elastico

Tipologia sezione:

Sezione generica di Trave di fondazione in combinazione sismica

Normativa di riferimento:

N.T.C.

Percorso sollecitazione:

A Sforzo Norm. costante

Riferimento Sforzi assegnati:

Assi x,y principali d'inerzia

Riferimento alla sismicità:

Comb. non sismiche

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -

Classe:

C30/37

Resis. compr. di progetto fcd:

17.0 MPa

Resis. compr. ridotta fcd':

8.5 MPa

Def.unit. max resistenza ec2:

0.0020

Def.unit. ultima ecu:

0.0035

Diagramma tensione-deformaz.:

Parabola-Rettangolo

Modulo Elastico Normale Ec:

32836.0 MPa

Resis. media a trazione fctm:

2.90 MPa

ACCIAIO -

Tipo:

B450C

Resist. caratt. snervam. fyk:

450.0 MPa

Resist. caratt. rottura ftk:

450.0 MPa

**Relazione tecnica e di calcolo**

Resist. snerv. di progetto fyd:	391.3	MPa
Resist. ultima di progetto ftd:	391.3	MPa
Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	

**CARATTERISTICHE DOMINIO CALCESTRUZZO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Calcestruzzo:	C30/37

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-75.0	0.0
2	-75.0	50.0
3	-35.0	50.0
4	-35.0	100.0
5	35.0	100.0
6	35.0	50.0
7	75.0	50.0
8	75.0	0.0

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-68.9	6.1	18
2	-68.9	43.9	18
3	-28.9	43.9	18
4	-28.9	93.9	18
5	28.9	93.9	18
6	28.9	43.9	18
7	68.9	43.9	18
8	68.9	6.1	18
9	-29.0	6.1	18
10	29.0	6.1	18

**DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE**

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	9	10	3	18
2	4	5	3	18
3	2	3	1	18
4	6	7	1	18
5	1	9	1	18
6	10	8	1	18

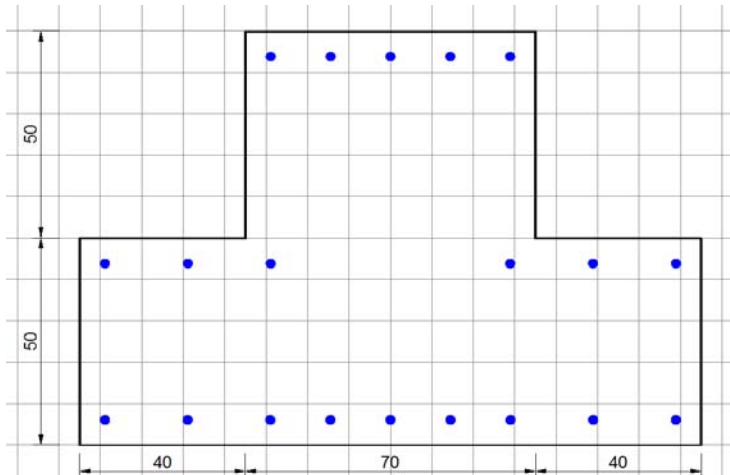
**ARMATURE A TAGLIO**

Diametro staffe:	12	mm
Passo staffe:	10.0	cm
Staffe:	Una sola staffa chiusa perimetrale	

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia  
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	60.68	105.26	8.67	25.76	24.49
2	0.71	-69.07	-24.47	73.84	-10.58
3	43.82	-13.51	85.36	102.29	34.49
4	-37.02	-41.74	-85.36	95.37	-34.49
5	2.85	62.36	5.68	-5.01	38.52
6	3.83	12.41	24.47	109.48	10.58
7	-56.33	-54.89	-49.91	-96.15	-27.29
8	62.17	-0.51	49.98	-82.88	27.36



## RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	12.7 cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.0 cm

## VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE SOSTANZIALMENTE ELASTICO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex § 7.2.6 NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	60.68	105.26	8.67	60.84	840.63	68.85	7.98	38.2(22.0)
2	S	0.71	-69.07	-24.47	0.83	-507.86	-178.60	7.35	28.0(22.0)
3	S	43.82	-13.51	85.36	43.99	-126.61	810.40	9.49	30.5(22.0)

**Relazione tecnica e di calcolo**

4	S	-37.02	-41.74	-85.36	-36.83	-356.07	-714.56	8.38	30.5(22.0)
5	S	2.85	62.36	5.68	2.57	808.78	73.76	12.97	38.2(22.0)
6	S	3.83	12.41	24.47	3.80	270.53	535.67	21.87	25.4(22.0)
7	S	-56.33	-54.89	-49.91	-56.32	-445.87	-403.78	8.05	22.9(22.0)
8	S	62.17	-0.51	49.98	62.30	-7.11	745.65	14.92	28.0(22.0)

**METODO AGLI STATI LIMITE IN CAMPO SOSTANZIALMENTE ELASTICO - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE**

ec max	Deform. unit. massima del calcestruzzo a compressione
x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00079	0.287	35.0	100.0	0.00061	28.9	93.9	-0.00196	-68.9	6.1
2	0.00050	0.205	-75.0	0.0	0.00035	-68.9	6.1	-0.00196	28.9	93.9
3	0.00062	0.241	75.0	0.0	0.00051	68.9	6.1	-0.00196	-68.9	43.9
4	0.00085	0.302	-75.0	0.0	0.00067	-68.9	6.1	-0.00196	28.9	93.9
5	0.00077	0.282	35.0	100.0	0.00059	28.9	93.9	-0.00196	-68.9	6.1
6	0.00058	0.229	75.0	50.0	0.00043	68.9	43.9	-0.00196	-68.9	6.1
7	0.00068	0.257	-75.0	0.0	0.00051	-68.9	6.1	-0.00196	28.9	93.9
8	0.00066	0.251	75.0	50.0	0.00053	68.9	43.9	-0.00196	-68.9	6.1

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.00002446	0.00026527	-0.001949809	0.287	0.799
2	-0.00002259	-0.00023701	0.000334331	0.205	0.700
3	0.000017712	-0.00000680	-0.000706296	0.241	0.742
4	-0.000014589	-0.000013718	-0.000246792	0.302	0.818
5	0.00002636	0.000026085	-0.001934018	0.282	0.792
6	0.000014277	0.000010995	-0.001039866	0.229	0.726
7	-0.000006603	-0.000020749	0.000182673	0.257	0.762
8	0.000016813	0.000004413	-0.000825013	0.251	0.754

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 12 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiezione di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato calcestruzzo [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. La resistenza delle travi è calcolata assumendo il valore di 0.9 Dmed come coppia interna. I pesi della media sono le lunghezze delle strisce. (Sono escluse le strisce totalmente non compresse).
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallele all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m]



Direzione Progettazione e  
Realizzazione Lavori

STRADA DELLE TRE VALLI UMBRE  
Tratto Eggi-Acquasparta – 1° Stralcio Baiano-Firenzuola

## PROGETTO ESECUTIVO

### Relazione tecnica e di calcolo

Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.  
L'area della legatura è ridotta col fattore  $L/d_{max}$  con  $L$ =lunghezza legatura proiettata sulla direzione del taglio e  $d_{max}$ = massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	27.90	1712.52	1844.33	92.6	69.9	2.500	1.003	0.3	22.6(0.0)
2	S	72.50	2639.11	1493.99	75.0	133.4	2.500	1.000	1.1	22.6(0.0)
3	S	30.53	1867.97	2803.81	140.8	50.2	2.500	1.002	0.2	22.6(0.0)
4	S	40.21	1595.18	2094.52	105.2	57.5	2.500	1.000	0.4	22.6(0.0)
5	S	1.11	1692.90	1846.48	92.7	69.2	2.500	1.000	0.0	22.6(0.0)
6	S	75.18	2476.41	1806.62	90.7	103.5	2.500	1.000	0.9	22.6(0.0)
7	S	99.90	2112.88	1650.50	82.9	96.6	2.500	1.000	1.4	22.6(0.0)
8	S	5.42	2471.27	2078.98	104.4	89.4	2.500	1.003	0.1	22.6(0.0)



## 15.2 Verifiche geotecniche della trave rovescia

Si effettua di seguito la verifica a scorrimento e carico limite della trave rovescia di fondazione sia in condizioni statiche (SLU-GEO) sia in condizioni sismiche (SLU-SISMICHE) come riportato al punto 6.4.2. dell'NTC 2018.

Le verifiche devono essere effettuate nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;

SLU di tipo sismico (SISMA)

- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- collasso per scorrimento sul piano di posa;

Tali verifiche devono essere effettuate applicando la combinazione (A1+M1+R3) di coefficienti parziali prevista dall'Approccio 2.

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Di seguito si riportano le verifiche in condizioni statiche e sismiche dei 4 nodi di base più sollecitati e i rispettivi coefficienti di sicurezza.

	CONDIZIONI STATICHE			
	FS capacità portante	FS scorrimento	FS ribaltamento intorno x	FS ribaltamento intorno y
nodo 1	6.18	7.52	6.2	17.66
<b>nodo 3</b>	<b>5.55</b>	<b>9.26</b>	<b>19.4</b>	<b>15.94</b>
nodo 5	6.18	7.53	6.21	17.69
nodo 7	5.49	9.56	6.48	65.77

**Relazione tecnica e di calcolo**

	CONDIZIONI SISIMICHE			
	FS capacità portante	FS scorrimento	FS ribaltamento intorno x	FS ribaltamento intorno y
nodo 1	4.99	4.98	3.6	10.45
nodo 3	4.29	5.33	3.58	10.81
nodo 5	4.99	4.98	3.6	10.45
nodo 7	5.17	5.79	4.65	11.96

Dai dati risulta che il nodo maggiormente sollecitato è il nodo 3.

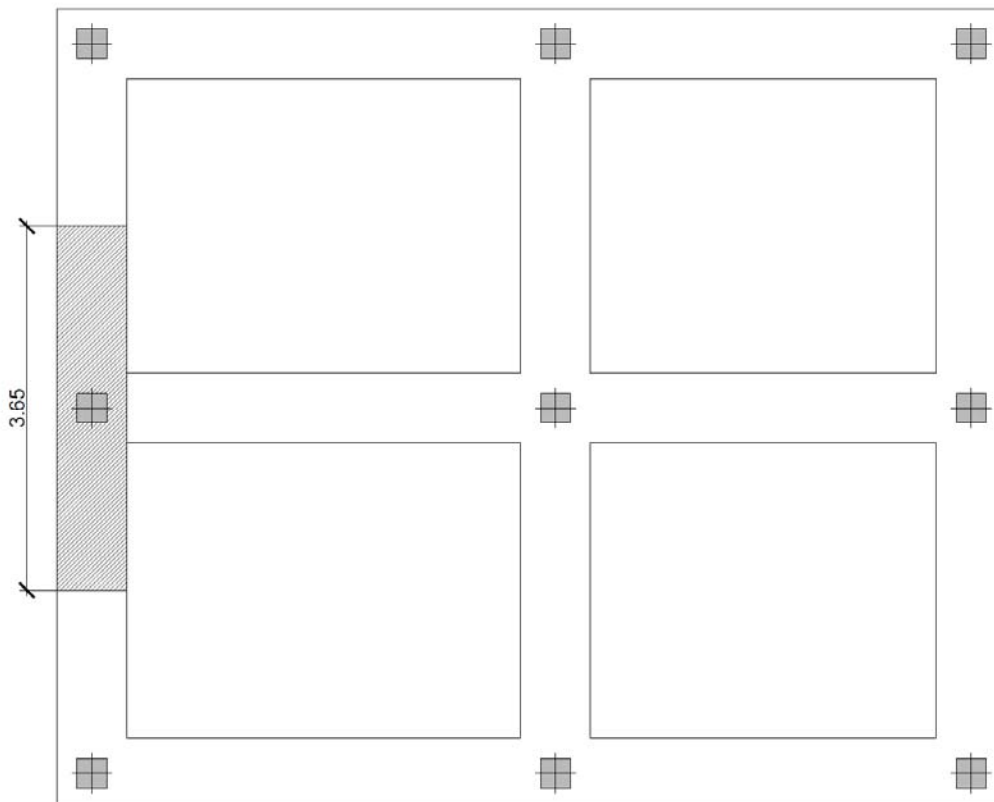
Di seguito sono riportate le sollecitazioni utilizzate per le verifiche.

		Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
maxF1	KN	3	SLU_11	11.46	0.00	118.32	0.00	14.12	0.00
minF1	KN	3	SLU_6	-14.07	0.00	131.33	0.00	-15.31	0.00
maxF2	KN	3	SLU_13	3.62	3.67	116.87	-6.25	6.31	-0.01
minF2	KN	3	SLU_8	-2.73	-3.67	131.63	6.25	-5.40	0.01
maxF3	KN	3	SLU_2	1.94	0.00	138.77	0.00	-0.74	0.00
minF3	KN	3	SLU_36	-0.97	0.00	85.83	0.00	3.65	0.00
maxM1	KN-m	3	SLU_8	-2.73	-3.67	131.63	6.25	-5.40	0.01
minM1	KN-m	3	SLU_13	3.62	3.67	116.87	-6.25	6.31	-0.01
maxM2	KN-m	3	SLU_15	10.44	0.00	112.48	0.00	14.90	0.00
minM2	KN-m	3	SLU_6	-14.07	0.00	131.33	0.00	-15.31	0.00
maxM3	KN-m	3	SLU_8	-2.73	-3.67	131.63	6.25	-5.40	0.01
minM3	KN-m	3	SLU_13	3.62	3.67	116.87	-6.25	6.31	-0.01

**Relazione tecnica e di calcolo**

		Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2	M3
		Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
maxF1	KN	3	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	12.56	5.29	91.03	8.89	22.68	0.17
minF1	KN	3	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-11.80	-5.29	78.44	-8.89	-21.89	-0.17
maxF2	KN	3	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	4.03	16.29	86.63	27.40	7.08	0.30
minF2	KN	3	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-3.27	-16.29	82.85	-27.40	-6.29	-0.30
maxF3	KN	3	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	12.56	5.29	91.03	8.89	22.68	0.17
minF3	KN	3	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-11.80	-5.29	78.44	-8.89	-21.89	-0.17
maxM1	KN-m	3	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	4.03	16.29	86.63	27.40	7.08	0.30
minM1	KN-m	3	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-3.27	-16.29	82.85	-27.40	-6.29	-0.30
maxM2	KN-m	3	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	12.56	5.29	91.03	8.89	22.68	0.17
minM2	KN-m	3	Sismica_SLU_+1.0_X_+0.3Y	-11.80	-5.29	78.44	-8.89	-21.89	-0.17
maxM3	KN-m	3	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	4.03	16.29	86.63	27.40	7.08	0.30
minM3	KN-m	3	Sismica_SLU_+0.3_X_+1.0Y	-3.27	-16.29	82.85	-27.40	-6.29	-0.30

Le verifiche sono state svolte considerando una porzione di trave rovescia di lunghezza pari a 3.65 m in corrispondenza di tale nodo.



Nonostante il profilo geotecnico mostra un terreno marnoso arenaceo affiorante, si considera a favore di sicurezza un terreno costituito da alluvioni recenti e attuali caratterizzato dai seguenti parametri:

$\gamma_t$	$c'$	$\phi^\circ$
[kN/mc]	[kPa]	[°]
20÷21	0÷10	30÷35°

Si riportano di seguito le verifiche a ribaltamento, a scorrimento ed a carico limite.

### TRAVE ROVESCIA

**Caratteristiche trave rovescia**

b= 1.50 m  
a= 3.65 m  
h= 0.5 m  
 $\gamma_{cls}$ = 25 KN/mc

**Baggiolo**

a'= 3.65 m  
b'= 0.7 m  
h'= 0.5 m  
n° = 1

**Caratteristiche opera**

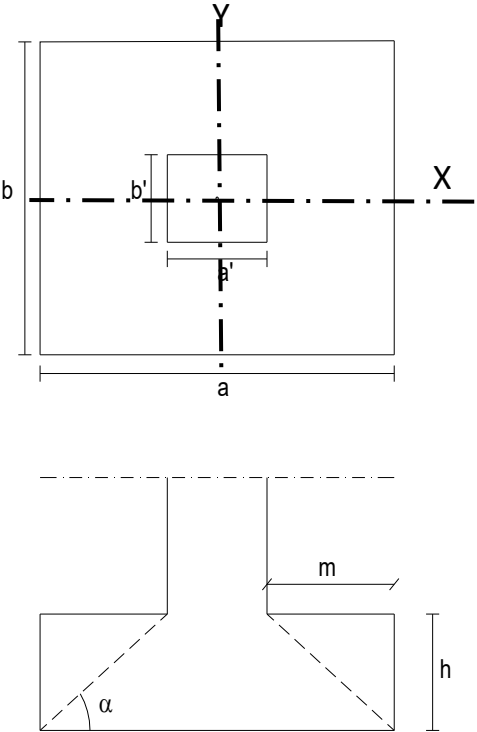
Classe di duttilità= **B**  
fattore amplificativo= **1.1**

**Rinterro**

s= 0.50 m  
 $\gamma$ = 20 KN/mc

**Parametri terreno**

$\gamma$  = 20 KN/mc  
 $\Phi$  = 30 °  
c = 0 KPa  
Zw = 15 m da p.c.



**Carichi di progetto**

Peso della trave rovescia P = 130 KN

**SCARICHI STRUTTURA IN ELEVAZIONE**

**Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base**

Mx = 6.25 KNm  
My = 15.31 KNm  
Vy = 3.67 KN  
Vx = 14.07 KN  
N = 138.77 KN

**Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base**

Mx = 27.40 KNm  
My = 22.68 KNm  
Vy = 16.29 KN  
Vx = 12.56 KN  
N = 91.03 KN

**SCARICHI AMPLIFICATI**

**Sollecitazioni di progetto SLU STATICHE alla base**

Mx = 6.88 KNm  
My = 16.84 KNm  
Vy = 4.04 KN  
Vx = 15.48 KN  
N = 152.65 KN

**Sollecitazioni di progetto SLU SISMICHE alla base**

Mx = 30.14 KNm  
My = 24.95 KNm  
Vy = 17.92 KN  
Vx = 13.82 KN  
N = 100.13 KN

**INTORNO X**

**VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI STATICHE**

**Approccio A1+M1+R3:**

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50

Sollecitazioni di progetto :

N	V <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>
KN	KN	KN*m
152.65	4.04	6.88

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N <sub>tot</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>xtot</sub>
KN	KN	KN*m
<b>282.2</b>	<b>4.04</b>	<b>10.91</b>

Momento ribaltante                      **MR =**    10.91    KN m

Momento stabilizzante                  **MS =**    211.67    KN m

FS = MS/MR =            19.40     $\geq$     1.15    [verifica soddisfatta](#)

**VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE**

**Approccio E+M1+R3::**

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50

Sollecitazioni di progetto :

N	V <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>
KN	KN	KN*m
100.13	17.92	30.14

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N <sub>tot</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>xtot</sub>
KN	KN	KN*m
<b>229.7</b>	<b>17.919</b>	<b>48.06</b>

Momento ribaltante  $M_R = 48.06$  KN m

Momento stabilizzante  $M_S = 172.28$  KN m

FS =  $M_S/M_R = 3.58 \geq 1.15$  [verifica soddisfatta](#)

**INTORNO Y**

**VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI STATICHE**

**Approccio A1+M1+R3:**

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50

Sollecitazioni di progetto :

N	V <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>
KN	KN	KN*m
152.6	15.5	16.8

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N <sub>tot</sub>	V <sub>x</sub>	M <sub>y</sub> tot
KN	KN	KN*m
<b>282.2</b>	<b>15.477</b>	<b>32.32</b>

Momento ribaltante  $M_R = 32.32$  KN m

Momento stabilizzante  $M_S = 515.06$  KN m

FS =  $M_S/M_R = 15.94 \geq 1.15$  [verifica soddisfatta](#)

**VERIFICA A RIBALTAMENTO IN CONDIZIONI SISMICHE**

**Approccio A1+M1+R3:**

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	<b>1.00</b>
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	<b>1.50</b>

Sollecitazioni di progetto :

N	V <sub>x</sub>	My
KN	KN	KN*m
100.13	14	25

Sollecitazioni finali sulla plinto :

N <sub>tot</sub>	V <sub>x</sub>	My <sub>tot</sub>
KN	KN	KN*m
<b>229.7</b>	<b>13.816</b>	<b>38.76</b>

Momento ribaltante **MR = 38.76 KN m**

Momento stabilizzante **MS = 419.22 KN m**

FS = MS/MR = 10.81  $\geq$  1.15 **verifica soddisfatta**

**VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI STATICHE**

**Approccio 2 A1+M1+R3:**

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	<b>1.00</b>
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	<b>1.50</b>
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	<b>1.00</b>
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	<b>1.10</b>
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_R =$	<b>2.30</b>

Sollecitazioni di progetto :

N	V <sub>y</sub>	M <sub>x</sub>	V <sub>x</sub>	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
152.65	4.04	6.88	15.48	16.84

Sollecitazioni finali sul plinto :

N <sub>tot</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>xtot</sub>	V <sub>x</sub>	My <sub>tot</sub>
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
<b>282</b>	<b>4.04</b>	<b>10.91</b>	<b>15.48</b>	<b>32.32</b>



$$q_{lim} = c^*Nc^* sc^*dc^*ic^*bc^*gc + q^*Nq^*sq^*dq^*iq^*bq^*gq + 0,5^*\gamma^*B^*Ny^*sy^*dy^*iy^*by^*gy$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = Ml/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

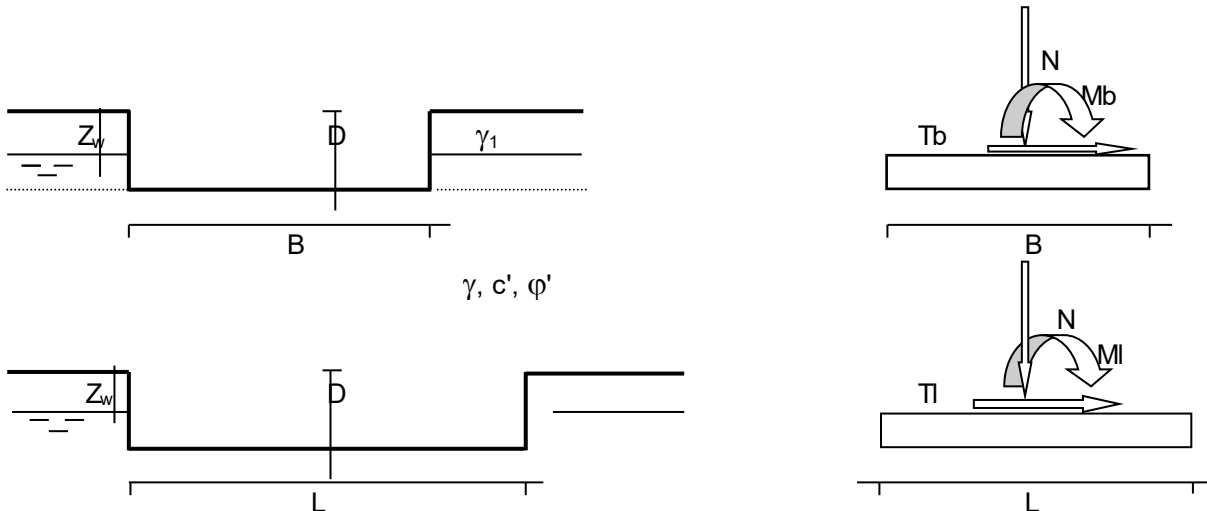
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2^*e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2^*e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

**coefficienti parziali**

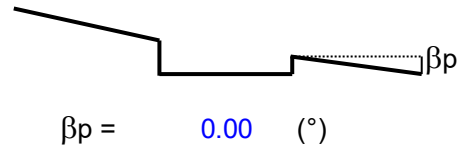
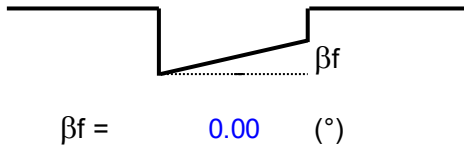
Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$
Stato limite ultimo	○	1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	●	1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme  $L = 100$  m)

B = 1.50 (m)  
L = 3.65 (m)  
D = 1.00 (m)

**Relazione tecnica e di calcolo**



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	282.22	0.00	282.22
Mb [kNm]	10.91	0.00	10.91
MI [kNm]	32.32	0.00	32.32
Tb [kN]	4.04	0.00	4.04
TI [kN]	15.48	0.00	15.48
H [kN]	15.99	0.00	15.99

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00 \text{ (kN/mc)}$   
 $\gamma = 20.00 \text{ (kN/mc)}$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 0.00 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Valori di progetto*

$c' = 0.00 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Profondità della falda*

$Z_w = 15.00 \text{ (m)}$

$e_B = 0.04 \text{ (m)}$   
 $e_L = 0.11 \text{ (m)}$

$B^* = 1.42 \text{ (m)}$   
 $L^* = 3.42 \text{ (m)}$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 20.00 \text{ (kN/mq)}$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 20.00 \text{ (kN/mc)}$

**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$Nq = 18.40$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 30.14$$

$$Ny = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$Ny = 22.40$$

**sc, sq, sy : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.25$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.24$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_\gamma = 0.83$$

**ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.71 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 14.62 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.29 \quad m = 1.32 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^m$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

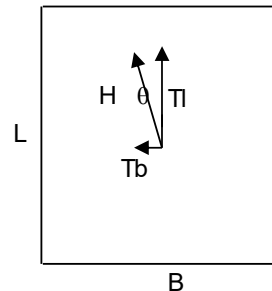
$$i_q = 0.93$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.92$$

$$i_\gamma = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_\gamma = 0.87$$



**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>y</sub> : fattori di profondità del piano di appoggio**

 per  $D/B^* \leq 1$ ;  $d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2 / B^*$ 

 per  $D/B^* > 1$ ;  $d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \sin\varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$ 

$$d_q = 1.20$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$d_c = 1.21$$

$$d_y = 1$$

$$d_y = 1.00$$

**b<sub>c</sub>, b<sub>q</sub>, b<sub>y</sub> : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_r \tan\varphi')^2 \quad \beta_r + \beta_p = 0.00 \quad \beta_r + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_y = b_q$$

$$b_y = 1.00$$

**g<sub>c</sub>, g<sub>q</sub>, g<sub>y</sub> : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \quad \beta_r + \beta_p = 0.00 \quad \beta_r + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_y = g_q$$

$$g_y = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 740.36 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B^* L^*$$

$$q = 57.99 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Coefficiente di sicurezza**

$$F_s = q_{lim} / q = 5.55 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

$$H_d = 15.99 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N * \tan(\varphi') + c' B^* L^*$$

$$S_d = 162.94 \quad (\text{kN})$$

**Coefficiente di sicurezza allo scorrimento**

$$F_{scorr} = 9.26 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO E CAPACITA' PORTANTE IN CONDIZIONI SISMICHE**

**Approccio 2 E+M1+R3:**

coefficiente azioni permanenti	$\gamma_g =$	1.00
coefficiente azioni variabili	$\gamma_s =$	1.50
coefficiente M1 parametri geotecnici	$\gamma_\phi =$	1.00
coefficiente R3 scorrimento	$\gamma_R =$	1.10
coefficiente R3 capacità portante	$\gamma_R =$	2.30

Sollecitazioni di progetto :

N	Vy	Mx	Vx	My
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
100.13	17.92	30.14	13.82	24.95

Sollecitazioni finali sul plinto :

N <sub>tot</sub>	Vy	M <sub>xtot</sub>	Vx	My <sub>tot</sub>
KN	KN	KN*m	KN	KN*m
<b>229.71</b>	<b>17.92</b>	<b>48.06</b>	<b>13.82</b>	<b>38.76</b>

$$q_{lim} = c^*Nc^* sc^*dc^*ic^*bc^*gc + q^*Nq^*sq^*dq^*iq^*bq^*gq + 0,5^*\gamma^*B^*N\gamma^*s\gamma^*d\gamma^*i\gamma^*b\gamma^*g\gamma$$

D = Profondità del piano di appoggio

$e_B$  = Eccentricità in direzione B ( $e_B = Mb/N$ )

$e_L$  = Eccentricità in direzione L ( $e_L = Ml/N$ ) (per fondazione nastriforme  $e_L = 0$ ;  $L^* = L$ )

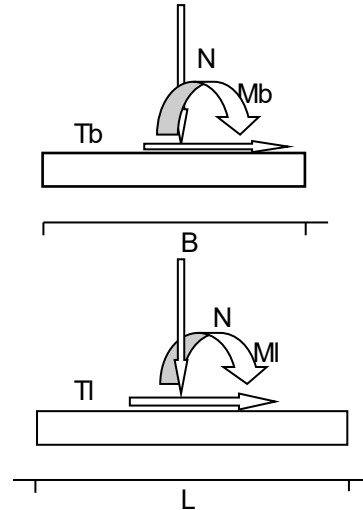
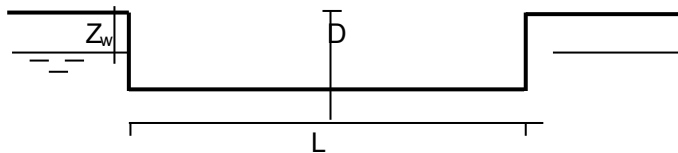
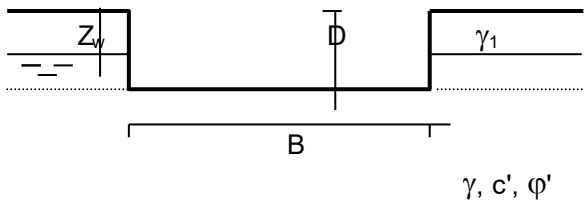
$B^*$  = Larghezza fittizia della fondazione ( $B^* = B - 2^*e_B$ )

$L^*$  = Lunghezza fittizia della fondazione ( $L^* = L - 2^*e_L$ )

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

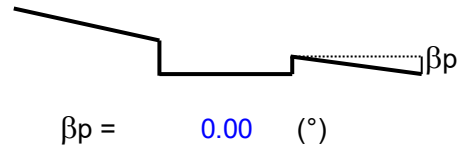
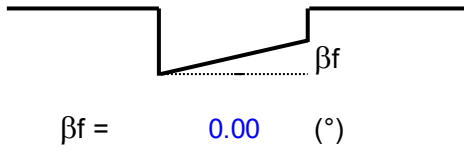
**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	$c'$
Stato limite ultimo	○	1.00	1.30	1.25	1.25
Tensioni ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00



(Per fondazione nastriforme  $L = 100$  m)

B = 1.50 (m)  
L = 3.65 (m)  
D = 1.00 (m)



**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	229.71	0.00	229.71
Mb [kNm]	48.06	0.00	48.06
Ml [kNm]	38.76	0.00	38.76
Tb [kN]	17.92	0.00	17.92
Tl [kN]	13.82	0.00	13.82
H [kN]	22.63	0.00	22.63

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 20.00 \text{ (kN/mc)}$   
 $\gamma = 20.00 \text{ (kN/mc)}$

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 0.00 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Valori di progetto*

$c' = 0.00 \text{ (kN/mq)}$   
 $\varphi' = 30.00 \text{ (}^\circ\text{)}$

*Profondità della falda*

$Z_w = 15.00 \text{ (m)}$

$e_B = 0.21 \text{ (m)}$   
 $e_L = 0.17 \text{ (m)}$

$B^* = 1.08 \text{ (m)}$   
 $L^* = 3.31 \text{ (m)}$

**q : sovraccarico alla profondità D**

$q = 20.00 \text{ (kN/mq)}$

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 20.00 \text{ (kN/mc)}$



**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$Nq = 18.40$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 30.14$$

$$Ny = 2 \cdot (Nq + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$Ny = 22.40$$

**sc, sq, sy : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B \cdot Nq / (L \cdot Nc)$$

$$s_c = 1.20$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L$$

$$s_q = 1.19$$

$$s_y = 1 - 0.4 \cdot B / L$$

$$s_y = 0.87$$

**ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.75 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 52.37 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.25 \quad m = 1.56 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e  
m=(m<sub>b</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>l</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

$$i_q = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^m$$

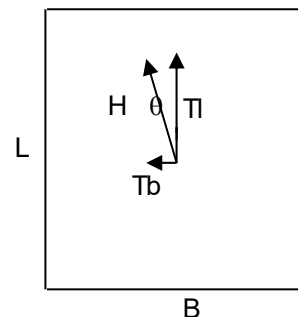
$$i_q = 0.85$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.84$$

$$i_y = (1 - H / (N + B \cdot L \cdot c' \cdot \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_y = 0.77$$



**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>γ</sub> : fattori di profondità del piano di appoggio**

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan\varphi' (1 - \text{sen}\varphi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan\varphi' (1 - \text{sen}\varphi')^2) * \arctan (D / B^*)$$

$$d_q = 1.27$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$d_c = 1.28$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

**b<sub>c</sub>, b<sub>q</sub>, b<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\varphi')^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

**g<sub>c</sub>, g<sub>q</sub>, g<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_q = (1 - \tan\beta_p)^2 \qquad \beta_f + \beta_p = 0.00 \qquad \beta_f + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_c = g_q - (1 - g_q) / (N_c \tan\varphi')$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 632.61 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

$$q = N / B * L *$$

$$q = 64.12 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Coefficiente di sicurezza**

$$F_s = q_{lim} / q = 4.29 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

$$H_d = 22.63 \quad (\text{kN})$$

$$S_d = N * \tan(\varphi') + c' * B * L *$$

$$S_d = 132.62 \quad (\text{kN})$$

**Coefficiente di sicurezza allo scorrimento**

$$F_{scorr} = 5.33 > 1 \quad \text{verifica soddisfatta}$$