

CITTA' DI  
VENEZIA



commessa

## Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR)

Missione 5 - inclusione e coesione, componente 2 infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore (M5C2). Misura 3, investimento 3.1 " sport e inclusione sociale" - cluster 1.

## Nuovo impianto polivalente indoor

## Mestre-Venezia - C.I. 15219



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

## Progetto di fattibilità tecnico economica

committente

Comune di Venezia  
Area Lavori Pubblici , Mobilità e Trasporti  
Servizio Edilizia comunale Terraferma  
viale Ancona, 63  
30170 Mestre - Venezia

Il R.U.P.  
**ing. Francesco Dittadi**  
Il Dirigente  
**dott. Aldo Menegazzi**  
Il Direttore  
**ing. Simone Agrondi**



coordinamento generale  
progetto architettonico

**Sari Coletti architetti**  
sede legale  
piazza Garibaldi 14  
31100, Treviso  
P.I. 03624060269  
studio@saricoletti.it  
marco.sari@archiworldpec.it

progettisti  
**ing. arch. Marco Sari**  
**arch. Marco Coletti**  
responsabile di commessa  
e giovane professionista  
arch. Manuele Bettiol

collaboratori  
arch. Andrea Marcon  
arch. Alessandro Martin  
geom. Alex Santamaria



progetto strutture

**Boaretto e Associati s.r.l.**  
sede legale  
via Ospedale n. 9  
30174 Venezia Mestre  
info@boarettoeassociati.it

progettista  
**ing. Luca Boaretto**  
responsabile di commessa  
ing. Mattia Ongarato

collaboratori  
ing. Stefania Boaretto  
arch. Francesco Sambo  
ing. Mattia Tessari



progetto impianti

**EVO engineering s.r.l.**  
sede legale  
corte San Francesco, 4  
31053 Pieve di Soligo (TV)  
info@evoeng.it

progettisti  
**per. ind. Mirco Bovo**  
**ing. Massimo Nadal**  
**per. ind. Giovanni Negroni**

commessa	ambito	codice elaborato	data emissione		
SCA_101	Progetto di fattibilità tecnico economica	SCA_101-F.S.P.R.02-R00	12-2022		
gruppo elaborati		numero elaborato		revisione	
STRUTTURE		F.S.P.R.02		R00	
titolo elaborato					
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE					
CORPO A - INGRESSO					
rev	data	motivo dell'emissione	eseguito	controllato	approvato
00	12-2022	EMISSIONE	S.Boaretto	M.Ongarato	L.Boaretto

La proprietà del presente elaborato è tutelata a termini di legge. È vietata qualsiasi forma di riproduzione o di copia non autorizzata.

# 1 INDICE

<b>1</b>	<b>INDICE</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>VERIFICHE PER AZIONI STATICHE</b>	<b>3</b>
3.1	PLATEA.....	3
3.1.1	Elementi resistenti .....	3
3.1.2	Verifiche di resistenza SLU .....	5
3.1.2.1	Verifiche a flessione .....	5
3.1.2.2	Verifiche a taglio .....	7
3.2	SOLAIO DI COPERTURA .....	9
3.2.1	Elementi resistenti .....	9
3.2.2	Verifiche di resistenza SLU .....	11
3.2.2.1	Verifiche a flessione .....	11
3.2.2.2	Verifiche a taglio .....	13
3.3	PILASTRI .....	15
3.3.1	Verifiche SLU .....	15
<b>4</b>	<b>VERIFICHE PER AZIONI SISMICHE</b>	<b>16</b>
4.1	MODI DI VIBRARE PRINCIPALI .....	16
4.1.1	Primo modo.....	16
4.1.1	Secondo modo .....	17
4.1.1	Terzo modo .....	17
4.2	SETTI.....	18
4.2.1	Verifiche di resistenza SLV.....	18
4.2.1.1	Verifiche a flessione .....	18
4.2.1.1	Verifiche a taglio .....	19
4.3	PLATEA.....	21
4.3.1	Verifiche di resistenza SLV.....	21
4.3.1.1	Verifiche a flessione .....	21
4.3.1.1	Verifiche a taglio .....	25
<b>5</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE</b>	<b>27</b>
5.1	VERIFICA CAPACITÀ PORTANTE TERRENO (SLU) .....	27
<b>6</b>	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO</b>	<b>28</b>

## 2 PREMESSA

Sono esposte nel seguito le calcolazioni relative alle strutture portanti ricomprese nell'intervento di realizzazione del **Corpo A – ingresso del nuovo impianto polivalente indoor di Mestre – Venezia (C.I. 15219)**.

La relazione riporta i carichi permanenti ed accidentali di verifica, descrive le ipotesi di calcolo assunte nelle operazioni di progetto e dimostra le calcolazioni condotte.

Le verifiche vengono descritte attraverso la rappresentazione degli schemi statici di calcolo e la verifica delle sezioni caratteristiche delle strutture. I disegni di tali strutture sono presentati nelle allegate tavole grafiche.

Il presente documento è da leggersi accompagnato alla **“Relazione specialistica sulle strutture”**, la quale ne costituisce **fondamentale premessa** ai fini della contestualizzazione e della comprensione.

## 3 VERIFICHE PER AZIONI STATICHE

### 3.1 Platea

#### 3.1.1 ELEMENTI RESISTENTI

La platea di spessore pari a 40cm, con armatura base ai lembi inferiore e superiore costituita da barre  $\varnothing 12/25 \times 25$ cm, è dotata del seguente momento resistente SLU, calcolato con riferimento ad una sezione di larghezza unitaria:

Verifica C.A. S.L.U. - File: SAR+001 MRd platea-Ingresso-221027-SBO

Titolo: 4+4f12

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4.52	5
2	4.52	35

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
Coord. [cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 66.19 kN m

Materiali: B450C C25/30

Proprietà	B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	9.5 N/mm²
$E_s$	200 000 N/mm²	14.17 N/mm²
$E_s/E_c$	15	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	9.75 ‰
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0.6
$\tau_{c1}$	1.829	

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Dove non è sufficiente l'armatura base si dispone armatura aggiuntiva superiore o inferiore costituita da barre  $\varnothing 16/25$ cm il cui momento resistente SLU risulta pari a:

Verifica C.A. S.L.U. - File: SAR+001 MRd platea-Ingresso-221027-SBO

Titolo: 4+4f12

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4.52	5
2	12.57	35

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
Coord. [cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 163.8 kN m

Materiali: B450C C25/30

Proprietà	B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	9.5 N/mm²
$E_s$	200 000 N/mm²	14.17 N/mm²
$E_s/E_c$	15	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	9.75 ‰
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0.6
$\tau_{c1}$	1.829	

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. Metodo n

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

La platea è dotata del seguente taglio resistente SLU, in assenza di armatura a taglio per armatura base longitudinale:

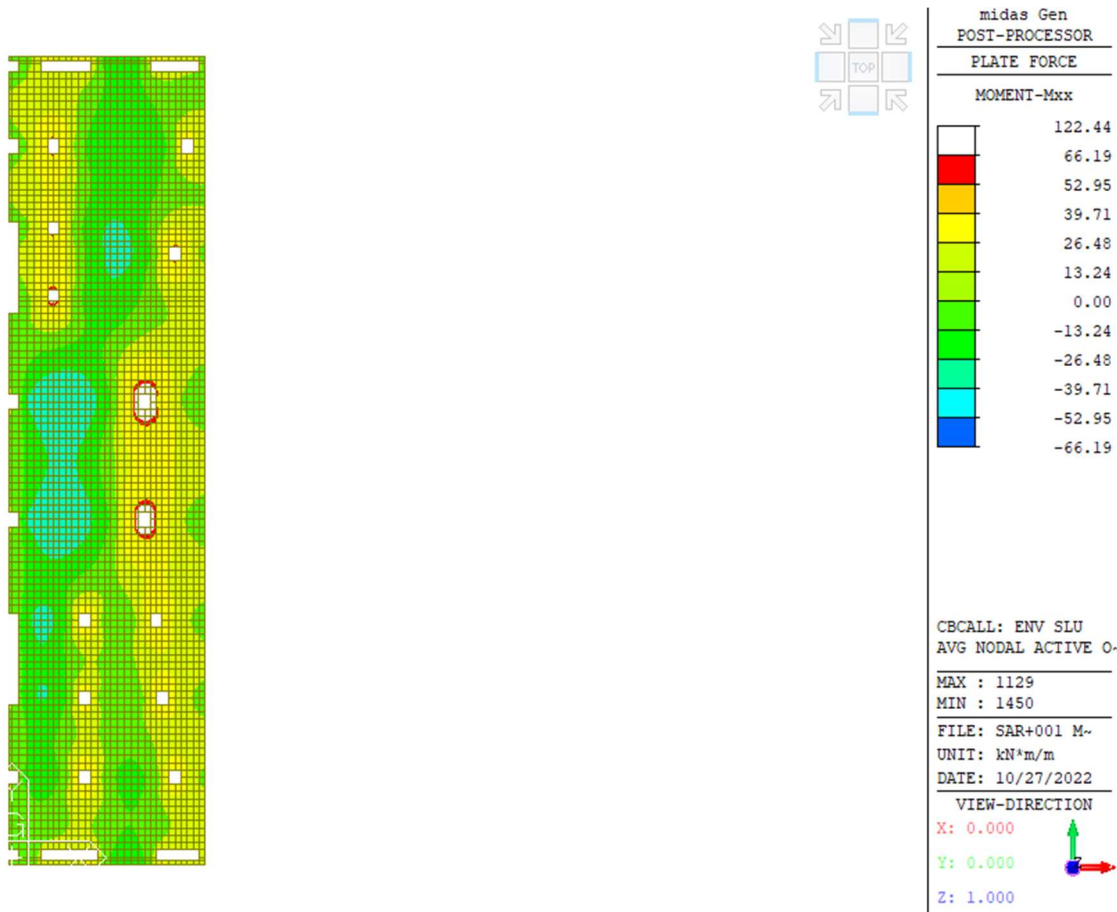
VERIFICA A TAGLIO AGLI S.L.U. (D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5.1)		
Caratteristiche del Calcestruzzo	$R_{ck}$	30 MPa
	$f_{ck}$	25 MPa
	$f_{ctm}$	2.56 MPa
	$f_{ctk}$	1.80 MPa
	$\gamma_m$	1.50
	$f_{cd}$	14.17 MPa
Caratteristiche dell'Acciaio B450C	$f_{yk}$	450 MPa
	$\gamma_m$	1.15
	$f_{yd}$	290 MPa
Dimensioni della sezione	$b_w$	1000 mm
	$h$	400 mm
Copriferro	$c$	40 mm
Altezza utile della sezione	$d$	360 mm
Barre longitudinali opportunamente ancorate al di là dell'ipotetica fessura per taglio - barre tese sulla sezione	$\phi_{ts}$	12 mm
	$n_1$	4
	$\phi_{ts}$	0 mm
	$n_2$	0
	$A_{st}$	452 mm <sup>2</sup>
Staffe trasversali a 90°	$n_{braccio}$	0
	$passo$	0 mm
	$\phi_s$	0 mm
	$A_{sw}$	0 mm <sup>2</sup>
Barre piegate a 45°	$n_{braccia}$	0
	$passo$	0 mm
	$\phi_s$	0 mm
	$A_{sw}$	0 mm <sup>2</sup>
Parametri intermedi	$k$	1.75
	$\rho_1$	1.26E-03
	$N_{Ed}$	0 kN
	$\sigma_{cp}$	0.000 MPa
	$v_{min}$	0.40 MPa
	$\alpha_c$	1
	$f'_{cd}$	7.08 MPa
	$\alpha$	0.00 rad
	$\theta$	0.79 rad
ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI		
TAGLIO RESISTENTE	$V_{Rd}$	145.27 kN

### 3.1.2 VERIFICHE DI RESISTENZA SLU

#### 3.1.2.1 Verifiche a flessione

##### Flessione XX

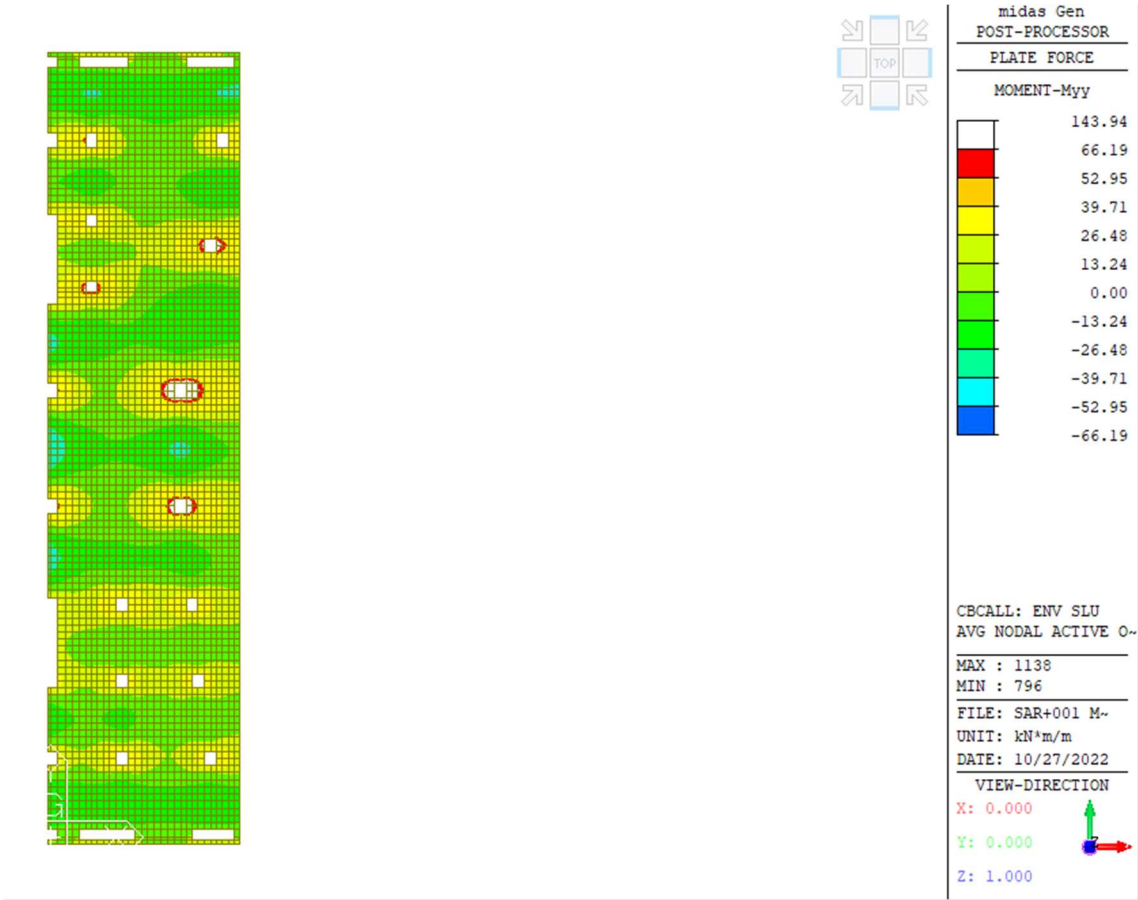
Si riporta il *contour* delle sollecitazioni flettenti in direzione X per l'involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del momento resistente per la sola armatura base:



Come si può osservare, la verifica non è soddisfatta in alcune zone. In corrispondenza di tali aree si prevede di disporre un'armatura aggiuntiva superiore o inferiore pari a  $\varnothing 16/25$  cm. Il valore di momento sollecitante massimo e minimo nelle zone di colore bianco riportato all'estremo superiore e inferiore della legenda (122.44kNm e -66.19kNm) è inferiore al momento resistente di armatura base con aggiuntiva pari a 163.8 kNm. La verifica è soddisfatta.

Flessione YY

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni flettenti in direzione Y per l’involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del momento resistente per la sola armatura base:

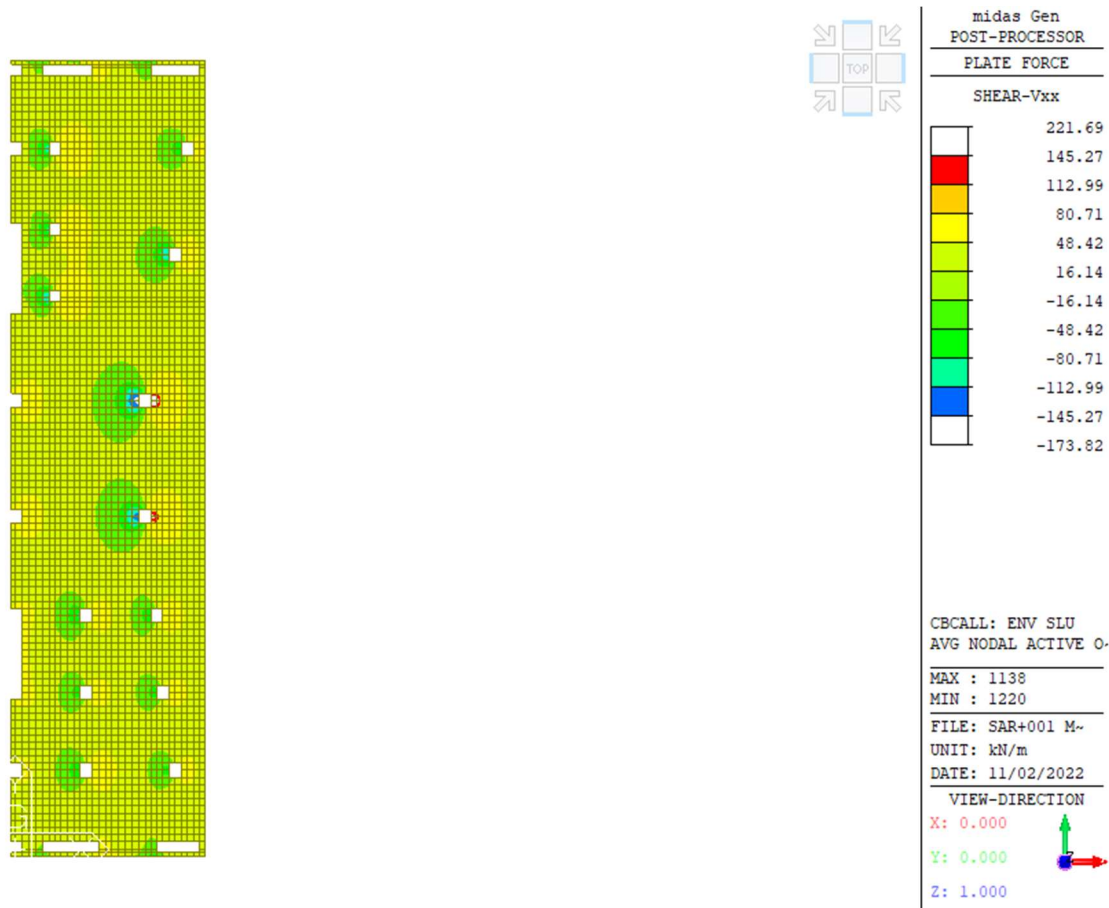


Come si può osservare, la verifica non è soddisfatta in alcune zone. In corrispondenza di tali aree si prevede di disporre un’armatura aggiuntiva superiore o inferiore pari a Ø16/25 cm. Il valore di momento sollecitante massimo e minimo nelle zone di colore bianco riportato all’estremo superiore e inferiore della legenda (143.94kNm e -66.19kNm) è inferiore al momento resistente di armatura base con aggiuntiva pari a 163.8 kNm. La verifica è soddisfatta.

### 3.1.2.2 Verifiche a taglio

#### Taglio XX

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni taglianti XX per l'involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del taglio resistente per sola armatura base longitudinale:

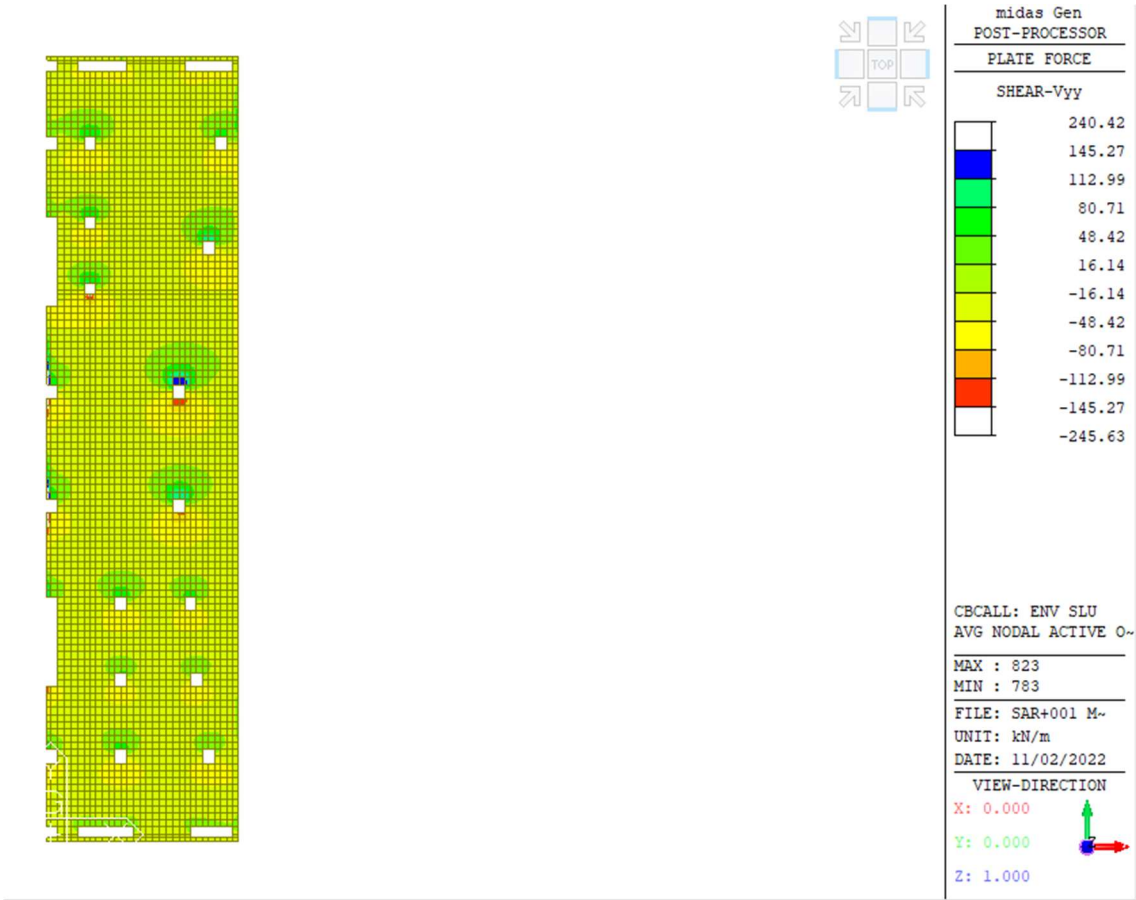


La verifica è soddisfatta ovunque tranne in corrispondenza di alcuni pilastri, dove dovrà essere disposta opportuna armatura a punzonamento. Si rimanda alle fasi successive di progettazione per la definizione di tale armatura.



Taglio YY

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni taglienti YY per l’involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del taglio resistente per sola armatura base longitudinale:



La verifica è soddisfatta ovunque.

## 3.2 Solaio di copertura

### 3.2.1 ELEMENTI RESISTENTI

La soletta di copertura di spessore pari a 30cm in c.a. con alleggerimenti, con armatura base ai lembi inferiore e superiore costituita da barre  $\varnothing 12/20 \times 20$ cm, è dotata del seguente momento resistente SLU, calcolato con riferimento ad una sezione di larghezza unitaria:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018

Titolo: 5+5f12

N° figure elementari 3 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	7
2	0	16
3	100	7

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5
2	5.65	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 58.35 kNm

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s/E_c$  200.000  $f_{cd}$  14.17  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

$\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  21.8 ‰  
d 25 cm  
x 3.459 x/d 0.1384  
 $\delta$  0.7

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -  
☒ Metodo n

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviato

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
☐ Precompresso

Dove non è sufficiente l'armatura base si dispone armatura aggiuntiva superiore o inferiore costituita da barre  $\varnothing 16/20$ cm il cui momento resistente SLU risulta pari a:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018

Titolo: 5+5f12

N° figure elementari 3 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	7
2	0	16
3	100	7

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	5
2	15.71	25

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 139.9 kNm

Materiali

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s/E_c$  200.000  $f_{cd}$  14.17  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

$\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  13.28 ‰  
d 25 cm  
x 5.214 x/d 0.2086  
 $\delta$  0.7007

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -  
☒ Metodo n

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviato

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
☐ Precompresso

La platea è dotata del seguente taglio resistente SLU, in assenza di armatura a taglio per armatura base longitudinale:

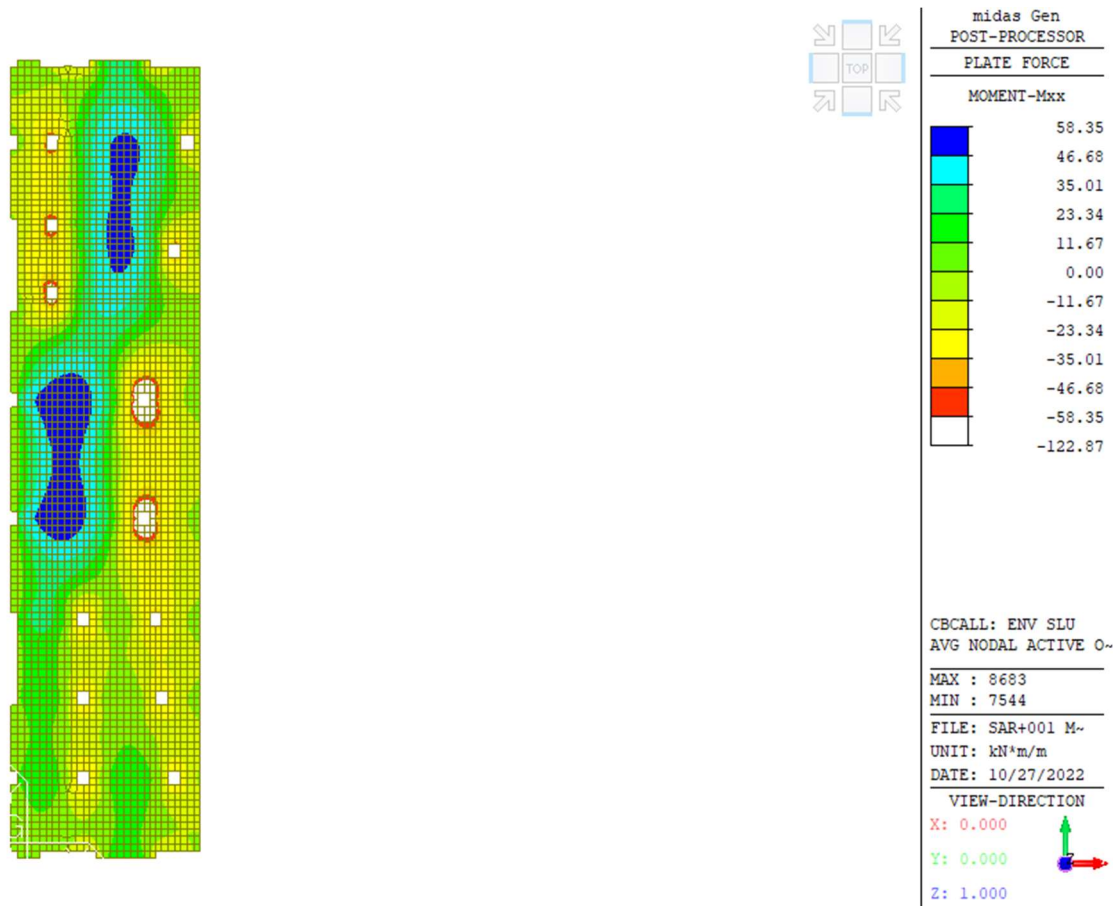
VERIFICA A TAGLIO AGLI S.L.U. (D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5.1)		
Caratteristiche del Calcestruzzo	$R_{ck} =$	30 MPa
	$f_{ck} =$	25 MPa
	$f_{ctm} =$	2.56 MPa
	$f_{ctk} =$	1.80 MPa
	$\gamma_m =$	1.50
	$f_{cd} =$	14.17 MPa
Caratteristiche dell'Acciaio B450C	$f_{yk} =$	450 MPa
	$\gamma_m =$	1.15 MPa
	$f_{yd} =$	290 MPa
Dimensioni della sezione	$b_w =$	1000 mm
	$h =$	300 mm
Copriferro	$c =$	40 mm
Altezza utile della sezione	$d =$	260 mm
Barre longitudinali opportunamente ancorate al di là dell'ipotetica fessura per taglio - barre tese sulla sezione	$\phi_{lt} =$	12 mm
	$n_1 =$	5
	$\phi_{lz} =$	0 mm
	$n_2 =$	0
	$A_{st} =$	565 mm <sup>2</sup>
Staffe trasversali a 90°	$n_{bracci} =$	0
	$passo =$	0 mm
	$\phi_s =$	0 mm
	$A_{sw} =$	0 mm <sup>2</sup>
Barre piegate a 45°	$n_{braccia} =$	0
	$passo =$	0 mm
	$\phi_s =$	0 mm
	$A_{sw} =$	0 mm <sup>2</sup>
Parametri intermedi	$k =$	1.88
	$\rho_1 =$	2.17E-03
	$N_{Ed} =$	0 kN
	$\sigma_{cp} =$	0.000 MPa
	$v_{min} =$	0.45 MPa
	$\alpha_c =$	1
	$f'_{cd} =$	7.08 MPa
	$\alpha =$	0.00 rad
	$\theta =$	0.79 rad
ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI		
TAGLIO RESISTENTE	$V_{Rd} =$	117.01 kN

### 3.2.2 VERIFICHE DI RESISTENZA SLU

#### 3.2.2.1 Verifiche a flessione

##### Flessione XX

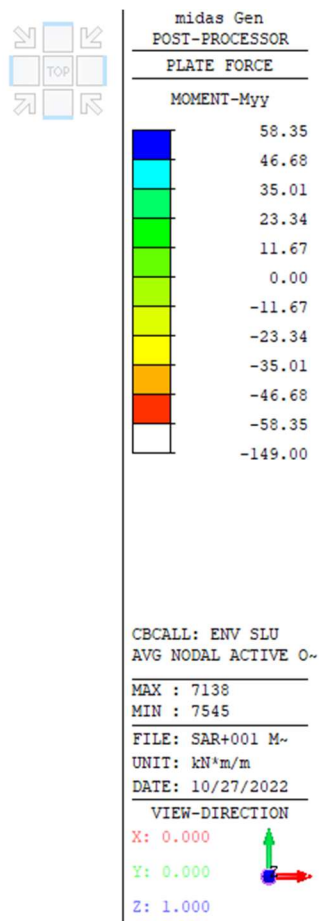
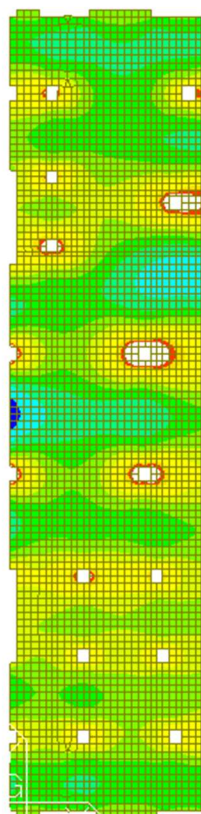
Si riporta il *contour* delle sollecitazioni flettenti in direzione X per l'involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del momento resistente per la sola armatura base:



Come si può osservare, la verifica non è soddisfatta in alcune zone. In corrispondenza di tali aree si prevede di disporre un'armatura aggiuntiva superiore o inferiore pari a  $\varnothing 16/20$  cm. Il valore di momento sollecitante massimo e minimo nelle zone di colore bianco riportato all'estremo superiore e inferiore della legenda (58.35kNm e -122.87kNm) è inferiore al momento resistente di armatura base con aggiuntiva pari a 139.9 kNm. La verifica è soddisfatta.

## Flessione YY

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni flettenti in direzione Y per l'involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del momento resistente per la sola armatura base:

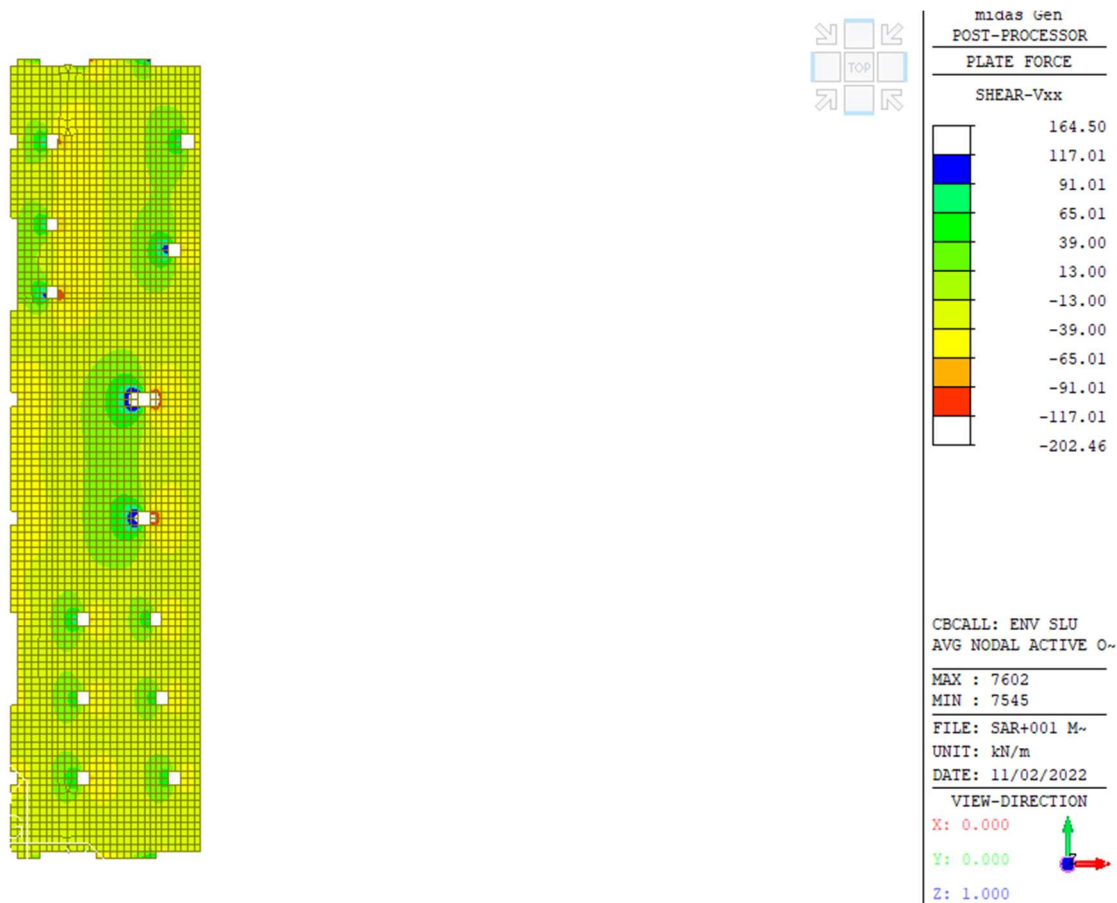


Come si può osservare, la verifica non è soddisfatta in alcune zone. In corrispondenza di tali aree si prevede di disporre un'armatura aggiuntiva superiore o inferiore pari a  $\varnothing 16/20$  cm. Il valore di momento sollecitante massimo e minimo nelle zone di colore bianco riportato all'estremo superiore e inferiore della legenda (58.35kNm e -149kNm) è inferiore al momento resistente di armatura base con aggiuntiva pari a 139.9 kNm in un caso, e di poco superiore nell'altro. Per queste puntuali zone limitate in corrispondenza degli appoggi la sollecitazione rientra nel limite se considerata mediata con quella dei plate adiacenti. La verifica è pertanto da ritenersi ovunque soddisfatta.

### 3.2.2.2 Verifiche a taglio

#### Taglio XX

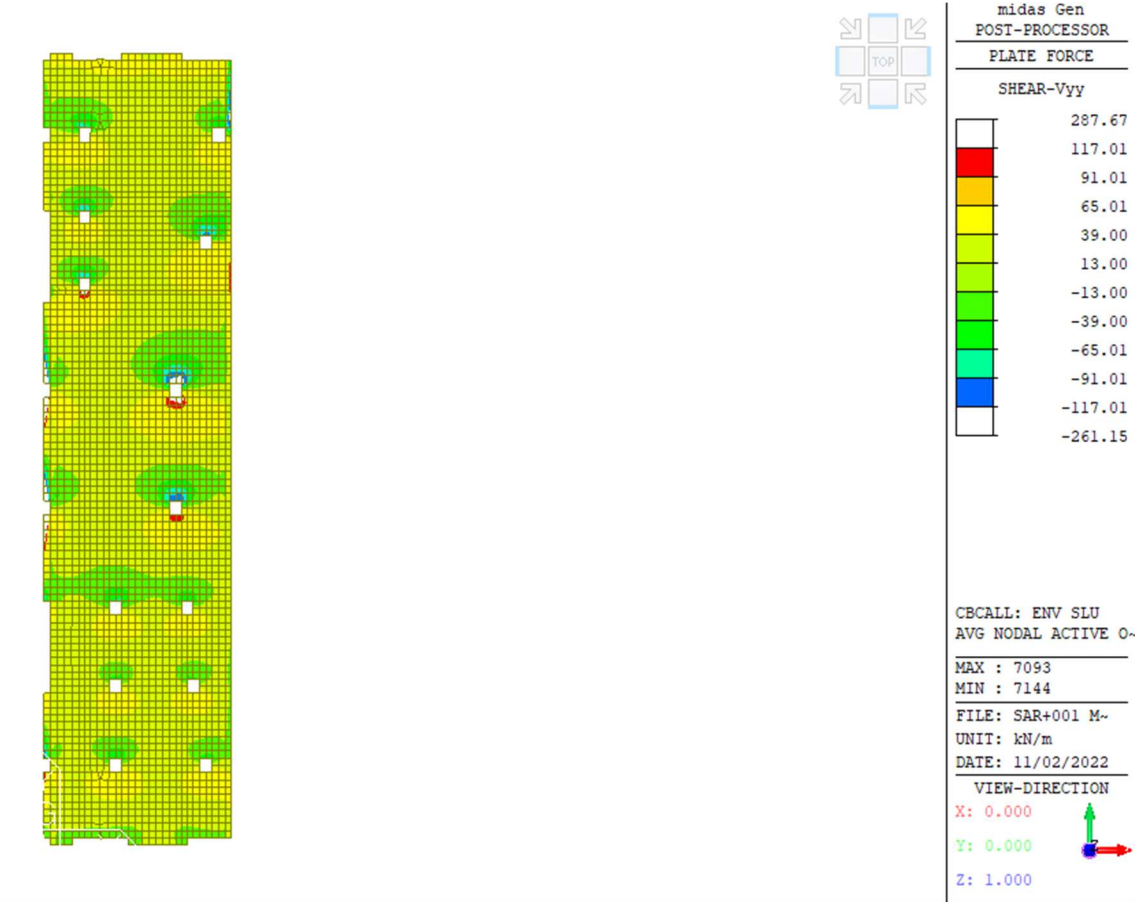
Si riporta il *contour* delle sollecitazioni taglienti XX per l'involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del taglio resistente per sola armatura base longitudinale:



La verifica è soddisfatta ovunque tranne in corrispondenza di alcuni pilastri, dove dovrà essere disposta opportuna armatura a punzonamento. Si rimanda alle fasi successive di progettazione per la definizione di tale armatura.

Taglio YY

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni taglienti YY per l’involuppo delle combinazioni SLU, limitando la visualizzazione al valore del taglio resistente per sola armatura base longitudinale:



La verifica è soddisfatta ovunque tranne in corrispondenza di alcuni pilastri, dove dovrà essere disposta opportuna armatura a punzonamento. Si rimanda alle fasi successive di progettazione per la definizione di tale armatura.

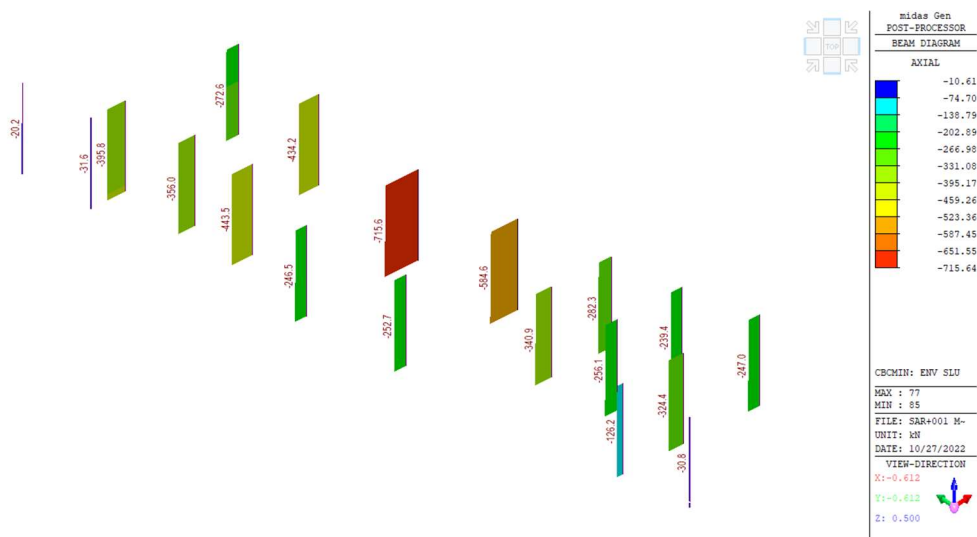


### 3.3 Pilastri

Si riportano nel seguito le verifiche dei pilastri in c.a. di sezione quadrata con lato 25cm, armati con 4  $\phi 16$  longitudinali e dei pilastri in c.a. di sezione circolare con diametro 40cm, armati con 8  $\phi 16$  longitudinali

#### 3.3.1 VERIFICHE SLU

Si riporta nel seguito il diagramma di sforzo normale dei pilastri per l'involuppo delle combiazioni SLU.



Lo sforzo normale massimo di compressione agente sul pilastro quadrato è pari a:

$$NS_{dmax} = 443.48 \text{ kN}$$

Lo sforzo normale resistente del pilastro soggetto a sola compressione assiale, valutato con la formula C4.1.11 riportata nella Circolare delle NTC18, che consente di ritenere implicitamente soddisfatta la prescrizione circa l'eccentricità minima dell'azione assiale, è pari a:

$$NR_d = 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_{s,tot} \cdot f_{yd} = 0.8 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 250 \text{ mm} \cdot 14.17 \text{ MPa} + 804 \text{ mm}^2 \cdot 391.3 \text{ MPa} = 1023 \text{ kN} > 443.48 \text{ kN} = NS_d$$

La verifica è soddisfatta.

Lo sforzo normale massimo di compressione agente sul pilastro circolare è pari a:

$$NS_{dmax} = 715.6 \text{ kN}$$

Lo sforzo normale resistente del pilastro soggetto a sola compressione assiale, valutato con la formula C4.1.11 riportata nella Circolare delle NTC18, che consente di ritenere implicitamente soddisfatta la prescrizione circa l'eccentricità minima dell'azione assiale, è pari a:

$$NR_d = 0.8 \cdot A_c \cdot f_{cd} + A_{s,tot} \cdot f_{yd} = 0.8 \cdot \pi \cdot 400 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm} / 4 \cdot 14.17 \text{ MPa} + 1608 \text{ mm}^2 \cdot 391.3 \text{ MPa} = 2054 \text{ kN} > 715.6 \text{ kN} = NS_d$$

La verifica è soddisfatta.



## 4 VERIFICHE PER AZIONI SISMICHE

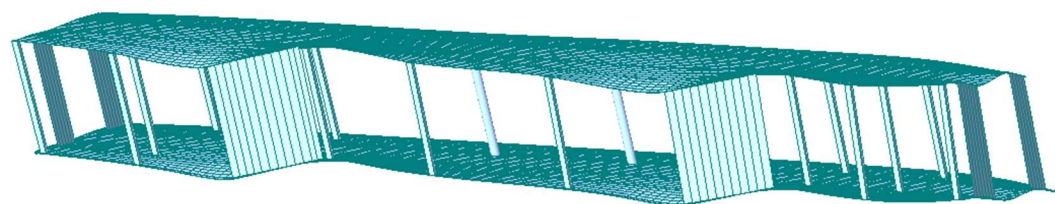
### 4.1 Modi di vibrare principali

I modi analizzati, le frequenze, i periodi e le percentuali di massa coinvolta sono indicati nella tabella seguente.

Mode	UX		UY		UZ		RX		RY		RZ	
EIGENVALUE ANALYSIS												
Mode No	Frequency				Period		Tolerance					
	(rad/sec)		(cycle/sec)		(sec)							
1	15.6771		2.4951		0.4008		0.0000e+00					
2	17.0770		2.7179		0.3679		0.0000e+00					
3	27.2144		4.3313		0.2309		0.0000e+00					
4	31.5457		5.0207		0.1992		0.0000e+00					
5	50.8641		8.0953		0.1235		0.0000e+00					
6	91.4705		14.5580		0.0687		0.0000e+00					
7	134.4295		21.3951		0.0467		0.0000e+00					
8	202.5167		32.2315		0.0310		0.0000e+00					
9	208.3866		33.1658		0.0302		0.0000e+00					
10	313.0269		49.8198		0.0201		3.8572e-55					
MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT												
Mode No	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z		ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	14.1281	14.1281	54.5369	54.5369	0.0000	0.0000	6.0662	6.0662	3.0751	3.0751	0.2023	0.2023
2	36.6454	50.7736	7.4400	61.9770	0.0000	0.0000	0.1274	6.1936	0.1056	3.1807	0.1845	0.3867
3	4.6894	55.4630	8.2859	70.2629	0.0000	0.0000	17.5775	23.7711	12.4537	15.6344	34.6742	35.0609
4	17.9941	73.4571	2.2690	72.5319	0.0000	0.0000	18.7791	42.5502	37.4696	53.1040	13.4232	48.4841
5	18.4448	91.9018	23.9344	96.4662	0.0000	0.0000	51.6751	94.2253	32.0113	85.1153	1.0805	49.5646
6	0.6251	92.5270	2.8372	99.3034	0.0000	0.0000	4.5975	98.8228	1.0217	86.1370	47.2843	96.8489
7	7.0024	99.5294	0.1962	99.4996	0.0000	0.0000	0.3334	99.1562	13.0419	99.1789	0.0990	96.9479
8	0.2315	99.7609	0.3366	99.8362	0.0000	0.0000	0.5549	99.7111	0.3981	99.5770	0.7690	97.7170
9	0.0503	99.8112	0.0371	99.8733	0.0000	0.0000	0.0774	99.7885	0.0861	99.6631	1.9884	99.7053
10	0.0740	99.8852	0.0163	99.8896	0.0000	0.0000	0.0271	99.8156	0.1430	99.8061	0.0194	99.7247

Si riporta la rappresentazione grafica dei principali modi di vibrare della struttura.

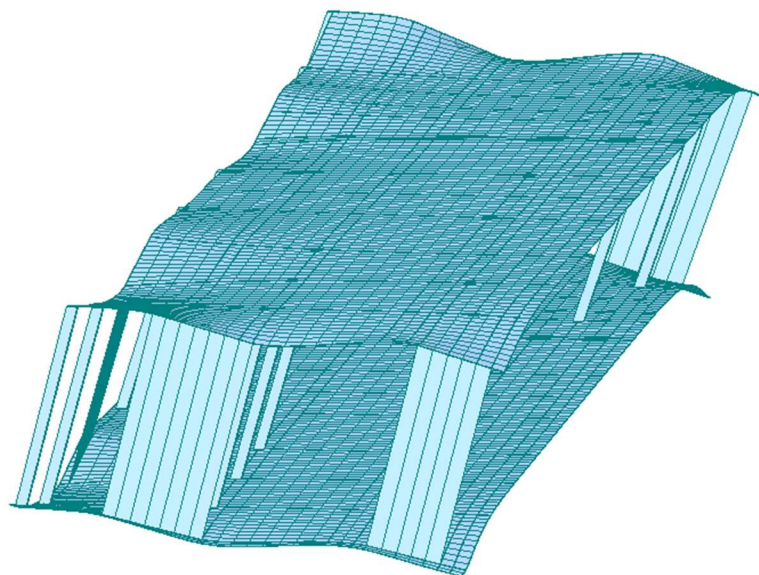
#### 4.1.1 PRIMO MODO





midas Gen POST-PROCESSOR VIBRATION MODE	
FREQUENCY (CYCLE/SEC)	2.495088
NATURAL PERIOD (SEC)	0.400788
MM(%)	
DX=	14.128101
DY=	54.536933
DZ=	0.000000
RX=	6.066191
RY=	3.075073
RZ=	0.202288
MODE 1	
MAX :	6170
MIN :	115
FILE :	SAR+001 M-
UNIT :	kN,m
DATE :	11/02/2022
VIEW-DIRECTION	
X:-0.917	
Y:-0.370	
Z: 0.148	

Il primo modo di vibrare è di tipo traslazionale lungo la direzione Y.

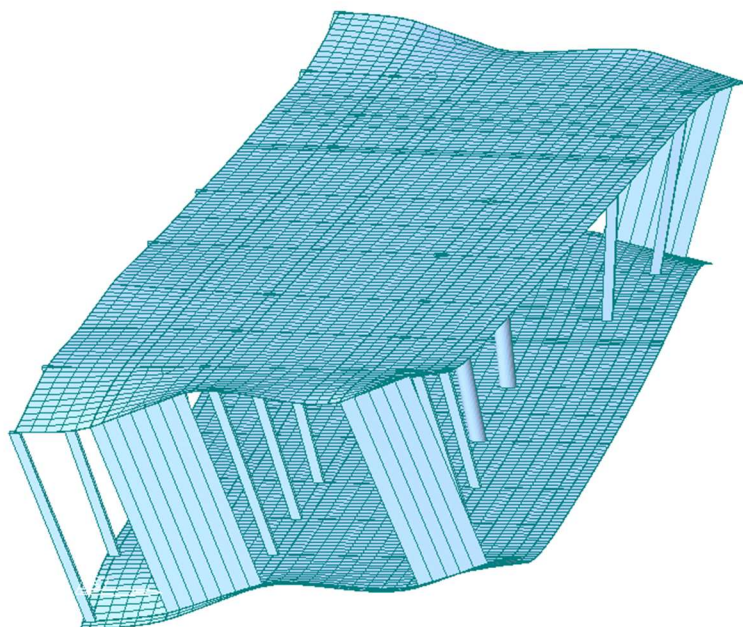
#### 4.1.1 SECONDO MODO





	midas Gen POST-PROCESSOR VIBRATION MODE	
	FREQUENCY (CYCLE/SEC) 2.717882	
	NATURAL PERIOD (SEC) 0.367934	
	MPM(%) DX= 36.645450 DY= 7.440038 DZ= 0.000000 RX= 0.127413 RY= 0.105646 RZ= 0.184457	
	MODE 2	
	MAX : 6195 MIN : 1450	
	FILE: SAR+001 M- UNIT: kN,m DATE: 11/02/2022	
	VIEW-DIRECTION X: 0.129 Y:-0.979 Z: 0.157	
		

Il secondo modo di vibrare è di tipo traslazionale lungo la direzione X.

#### 4.1.1 TERZO MODO



	midas Gen POST-PROCESSOR VIBRATION MODE	
	FREQUENCY (CYCLE/SEC) 4.331307	
	NATURAL PERIOD (SEC) 0.230877	
	MPM(%) DX= 4.689420 DY= 8.285922 DZ= 0.000000 RX= 17.577528 RY= 12.453700 RZ= 34.674205	
	MODE 3	
	MAX : 6170 MIN : 10025	
	FILE: SAR+001 M- UNIT: kN,m DATE: 11/02/2022	
	VIEW-DIRECTION X: 0.102 Y:-0.973 Z: 0.208	
		

Il terzo modo di vibrare è di tipo rotazionale.

4.2 Setti

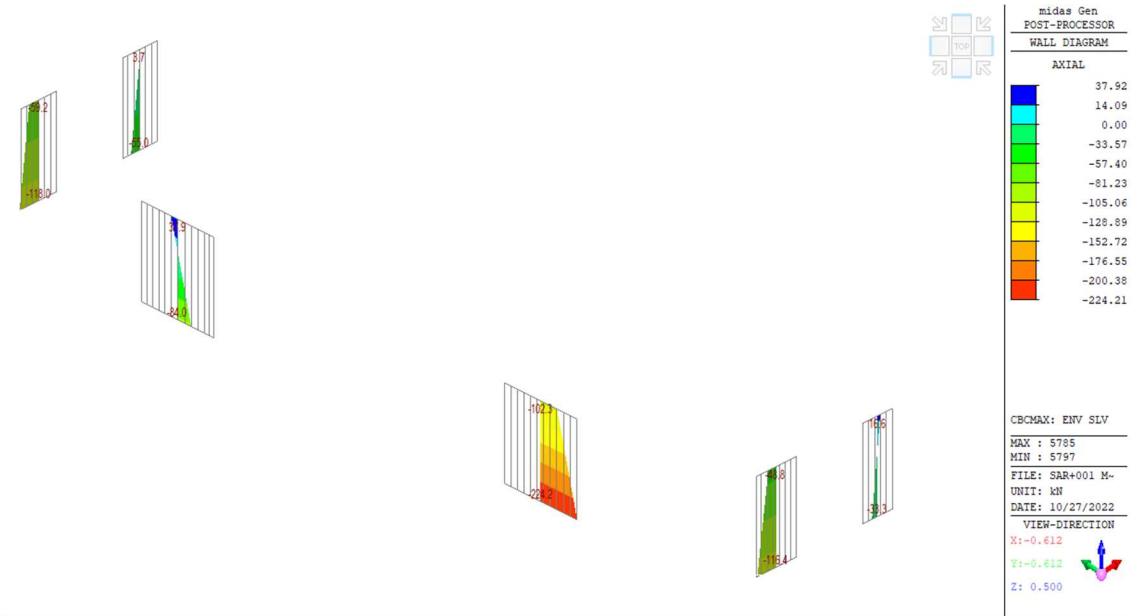
I quattro setti in c.a. in direzione X hanno lunghezza pari a 1.70m, 2.30m e i restanti 2m e spessore pari a 25cm, mentre i due in direzione Y hanno entrambi lunghezza pari a 4.15m e spessore pari a 25cm.

4.2.1 VERIFICHE DI RESISTENZA SLV

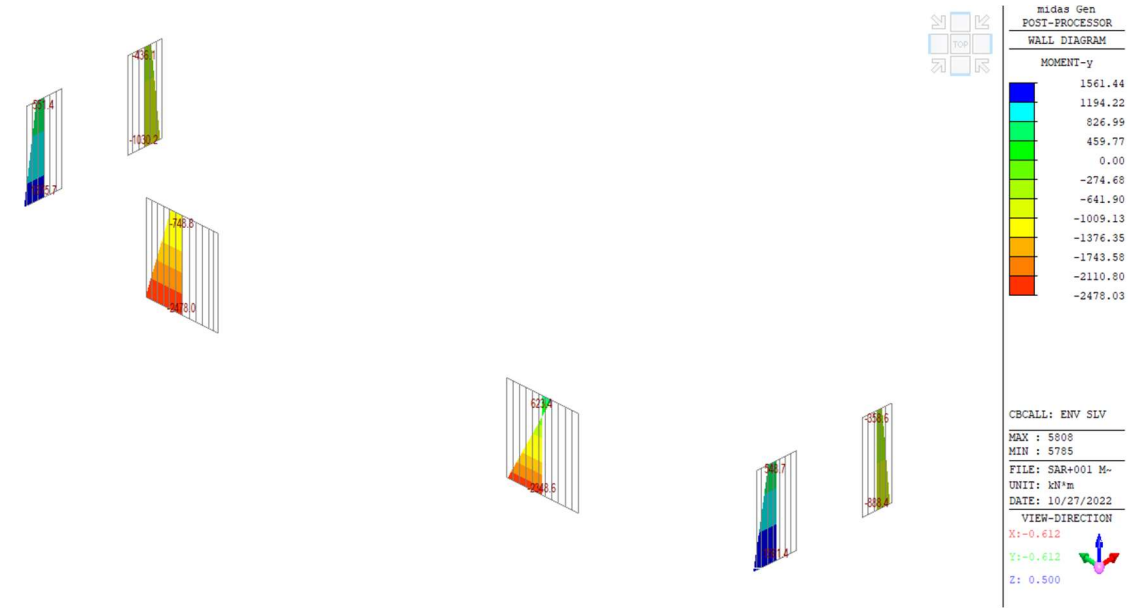
4.2.1.1 Verifiche a flessione

Si riporta nel seguito i diagrammi di sollecitazione di sforzo normale minimo e momento massimo dei setti per l’involuppo delle combiazioni SLV.

SFORZO NORMALE MINIMO



MOMENTO FLETTENTE



Si riporta nel seguito il calcolo del momento massimo resistente del setto maggiormente sollecitato, disposto in direzione X e di lunghezza pari a 2m, con armatura longitudinale in corrispondenza di ciascuna testa pari a 10  $\phi 16$ .

Verifica C.A. S.L.U. - File: SAR+001 MRd Setto X L=2m-ingresso-221027-SBO

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018

Titolo: 9+9616

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	200

N°	As [cm²]	d [cm]
1	20.11	20
2	20.11	190

Tipo Sezione:  
☒ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.  
☐ DXF

Sollecitazioni:  
S.L.U. Metodo n  
N<sub>Ed</sub> 55 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura:  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:  
B450C C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200 000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

M<sub>xRd</sub> 1 450 kNm  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  25.45 ‰  
d 190 cm  
x 22.97 x/d 0.1209  
 $\delta$  0.7

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. -  
☐ Metodo n

Tipo flessione:  
☒ Retta ☐ Deviate

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
Precompresso

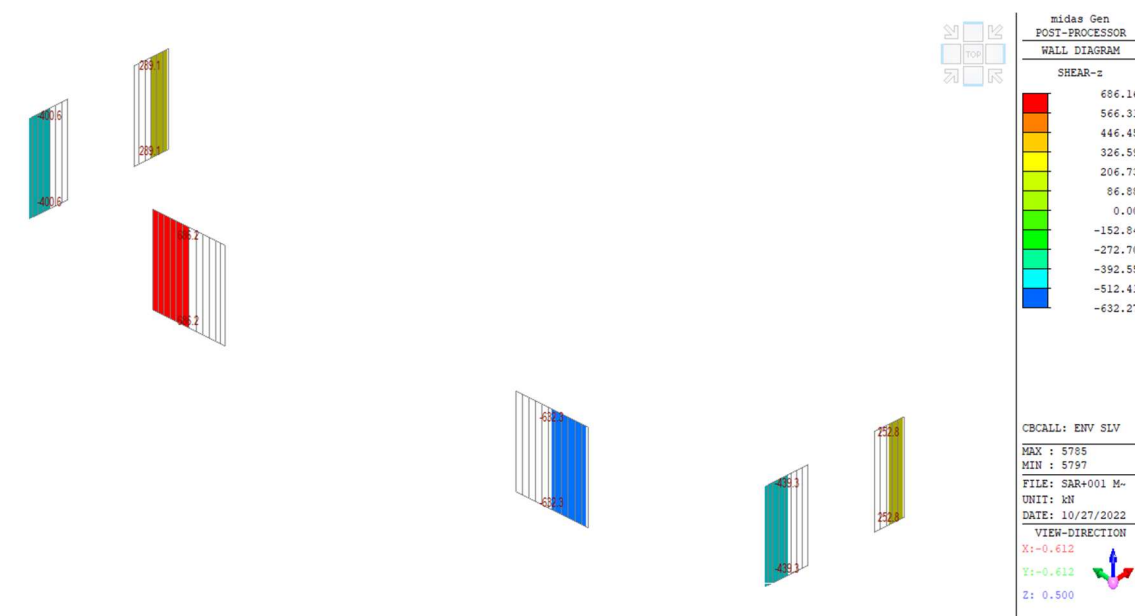
$$M_{Sd} = 1375.60 \text{ kNm} < 1450.00 \text{ kNm} = M_{Rd}$$

La verifica è soddisfatta.

#### 4.2.1.1 Verifiche a taglio

Si riportano nel seguito i diagrammi di sollecitazione di taglio massimo dei setti per l'inviluppo delle combinazioni SLV.

#### TAGLIO



Si riporta nel seguito il calcolo del taglio resistente del setto maggiormente sollecitato, disposto in direzione X e di lunghezza pari a 2m, con staffe  $\phi 10/15\text{cm}$  a 2 bracci.

VERIFICA A TAGLIO AGLI S.L.U. (D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5.1)		
Caratteristiche del Calcestruzzo	$R_{ck} =$	30 MPa
	$f_{ck} =$	25 MPa
	$f_{ctm} =$	2.56 MPa
	$f_{ctk} =$	1.80 MPa
	$\gamma_m =$	1.50
	$f_{cd} =$	14.17 MPa
Caratteristiche dell'Acciaio B450C	$f_{yk} =$	450 MPa
	$\gamma_m =$	1.15
	$f_{td} =$	290 MPa
Dimensioni della sezione	$b_w =$	250 mm
	$h =$	2000 mm
Copriferro	$c =$	40 mm
Altezza utile della sezione	$d =$	1960 mm
Barre longitudinali opportunamente ancorate al di là dell'ipotetica fessura per taglio - barre tese sulla sezione	$\phi_{lt} =$	16 mm
	$n_s =$	9
	$\phi_{lt} =$	0 mm
	$n_2 =$	0
	$A_{st} =$	1810 mm <sup>2</sup>
Staffe trasversali a 90°	$n_{bracci} =$	2
	$\text{passo} =$	150 mm
	$\phi_s =$	10 mm
	$A_{sw} =$	157 mm <sup>2</sup>
Barre piegate a 45°	$n_{braccia} =$	0
	$\text{passo} =$	0 mm
	$\phi_s =$	0 mm
	$A_{sw} =$	0 mm <sup>2</sup>
Parametri intermedi	$k =$	1.32
	$\rho_1 =$	3.69E-03
	$N_{Ed} =$	0 kN
	$\sigma_{cp} =$	0.000 MPa
	$v_{min} =$	0.27 MPa
	$\alpha_c =$	1
	$f'_{cd} =$	7.08 MPa
	$\alpha =$	1.57 rad
	$\theta =$	0.79 rad
ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI		
TAGLIO RESISTENTE	$V_{Rd} =$	162.76 kN
ELEMENTI CON ARMATURE TRASVERSALI A TAGLIO		
Verifica del conglomerato	$V_{Rcd} =$	1561.88 kN
Verifica dell'armatura trasversale d'anima	$V_{Rsd} =$	535.17 kN
TAGLIO RESISTENTE	$V_{Rd} =$	535.17 kN

$$V_{Sd} = 400.6\text{kN} < 535.17\text{kN} = V_{Rd}$$

La verifica è soddisfatta.



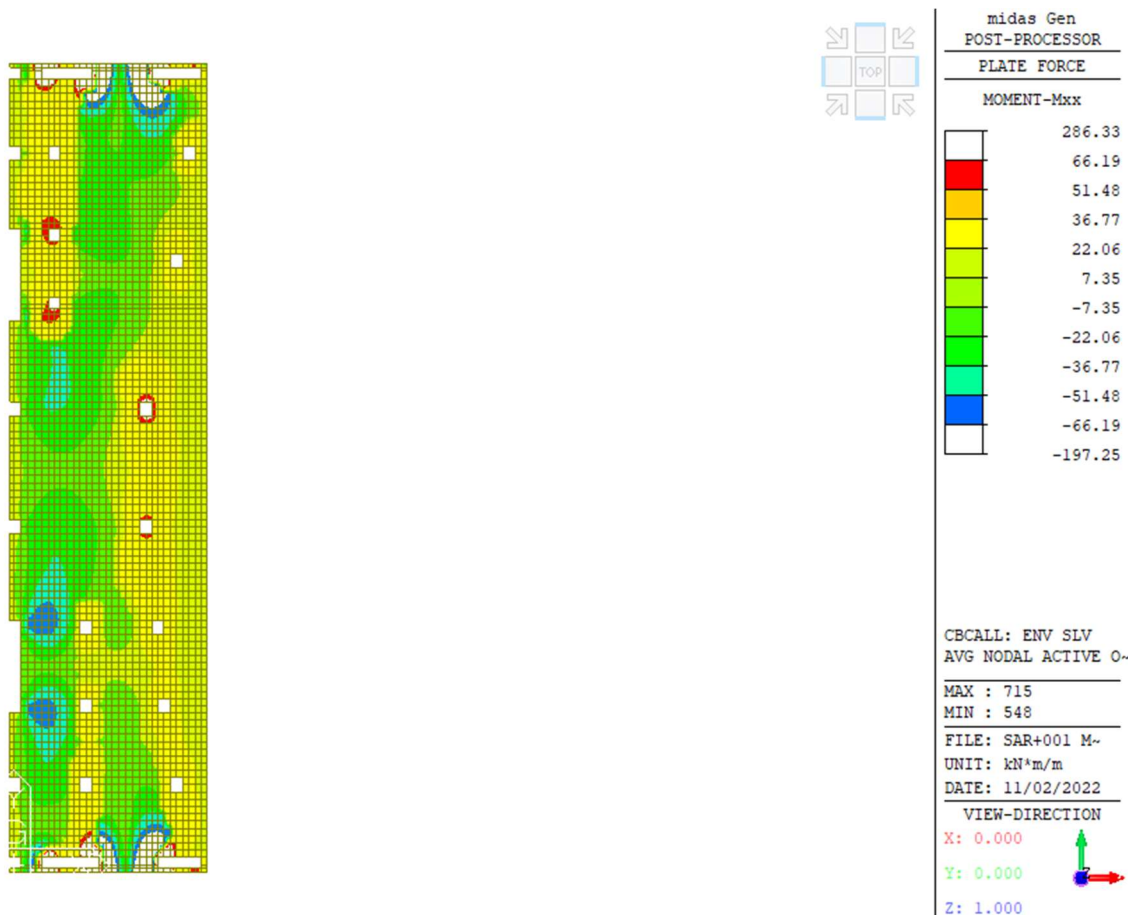
## 4.3 Platea

### 4.3.1 VERIFICHE DI RESISTENZA SLV

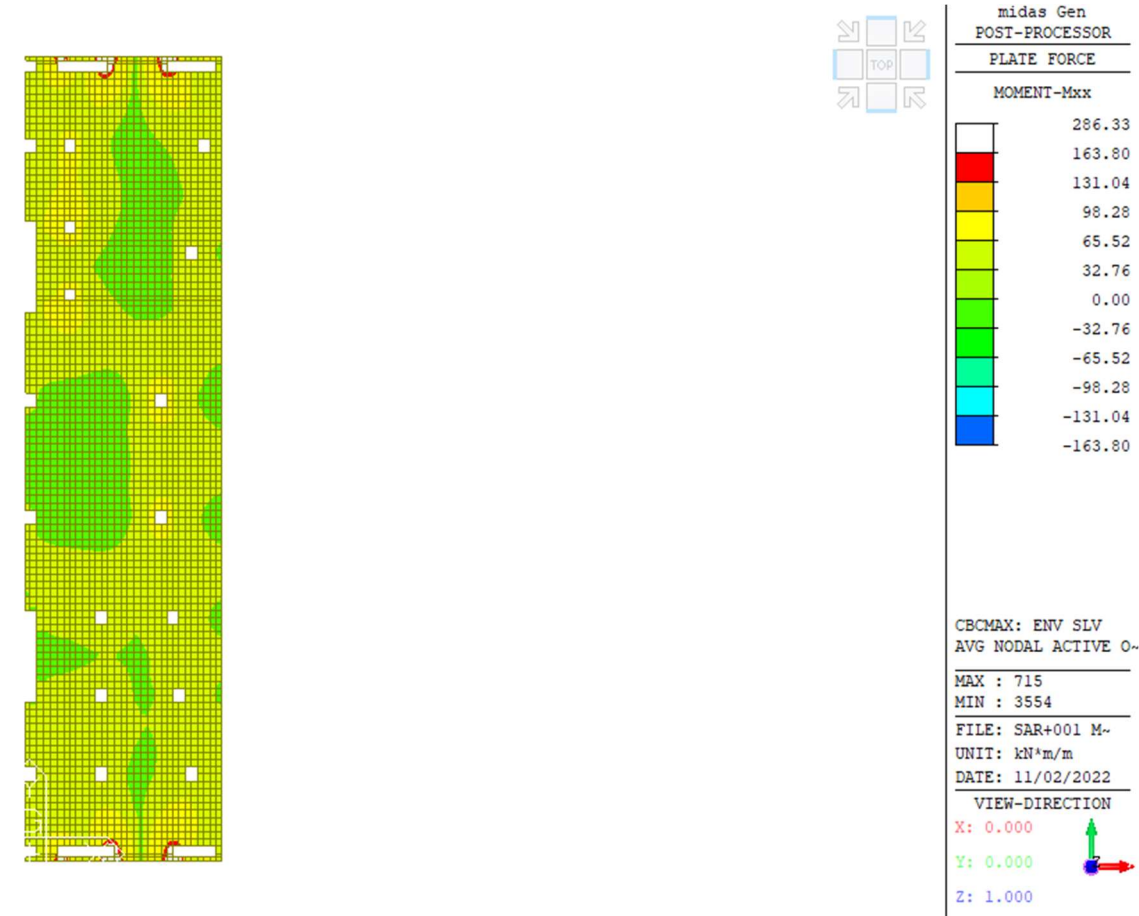
#### 4.3.1.1 Verifiche a flessione

##### Flessione XX

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni flettenti in direzione X per l'involuppo delle combinazioni SLV, limitando la visualizzazione al valore del momento resistente per la sola armatura base:



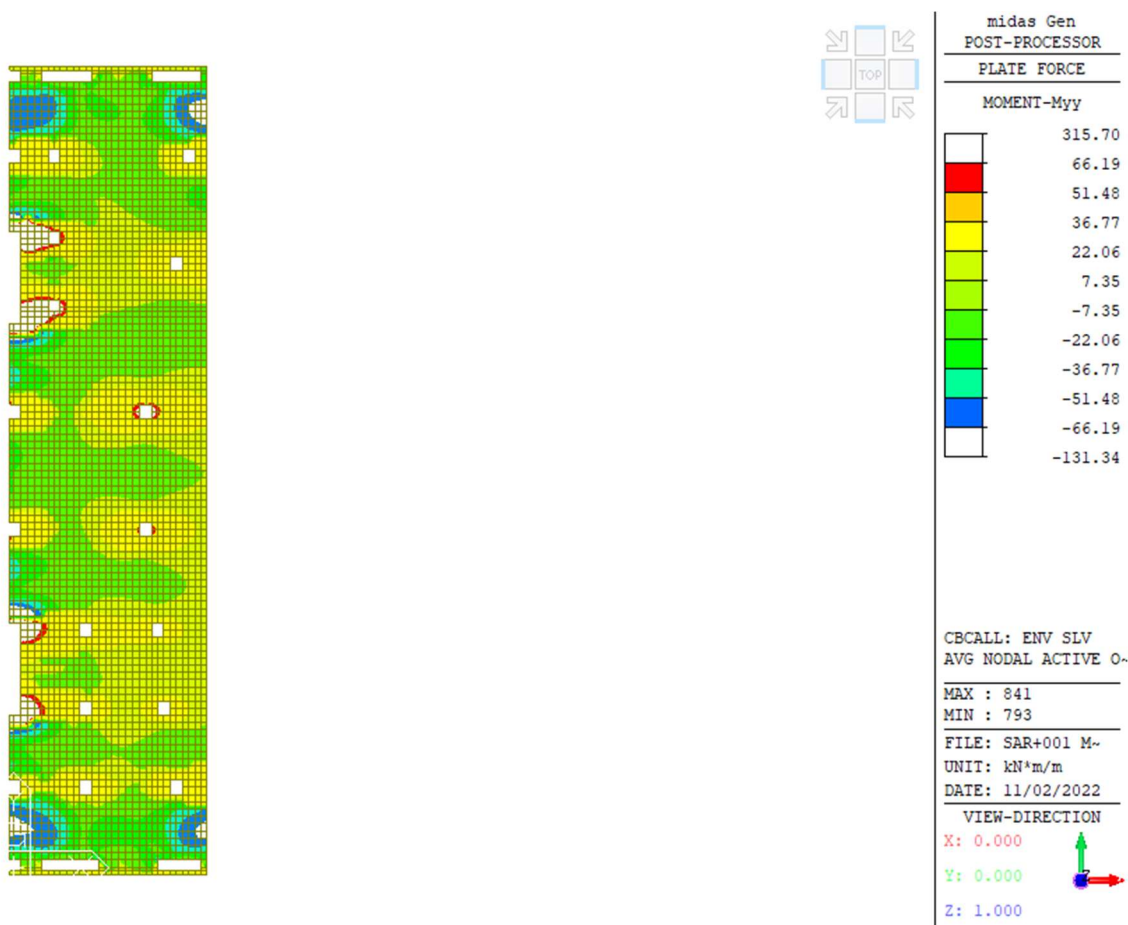
Come si può osservare, la verifica non è soddisfatta in alcune zone. In corrispondenza di tali aree si prevede di disporre un'armatura aggiuntiva superiore o inferiore pari a  $\varnothing 16/25$  cm. Si riporta nel seguito il *contour* precedente con la limitazione al valore resistente corrispondente.



Come si può osservare, rimangono ancora alcune zone bianche in prossimità della testa dei setti in cui la verifica non è soddisfatta. Mediando la sollecitazione puntuale di picco con quella dei plate adiacenti il valore di momento si abbassa rientrando nel limite. La verifica pertanto si ritiene ovunque soddisfatta.

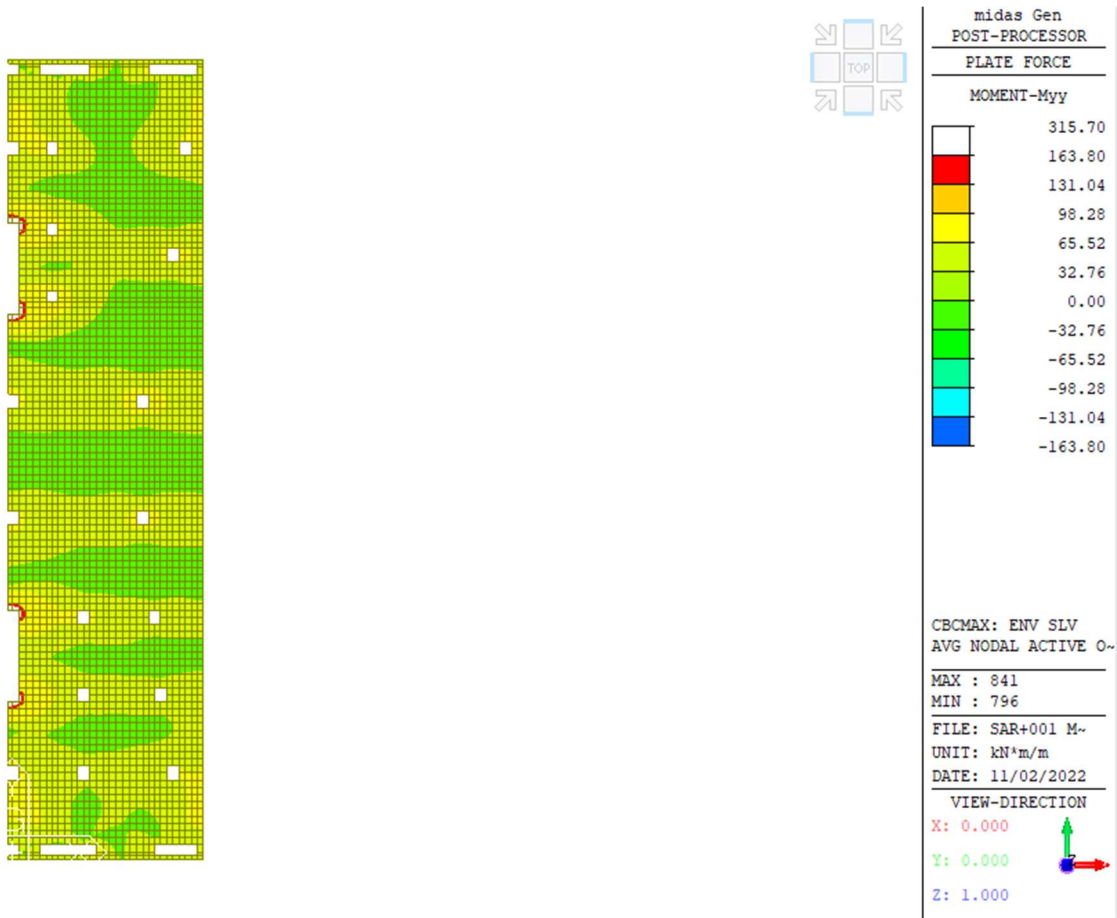
### Flessione YY

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni flettenti in direzione Y per l'involuppo delle combinazioni SLV, limitando la visualizzazione al valore del momento resistente per la sola armatura base:



Come si può osservare, la verifica non è soddisfatta in alcune zone. In corrispondenza di tali aree si prevede di disporre un'armatura aggiuntiva superiore o inferiore pari a  $\varnothing 16/25$  cm. Si riporta nel seguito il *contour* precedente con la limitazione al valore resistente corrispondente.



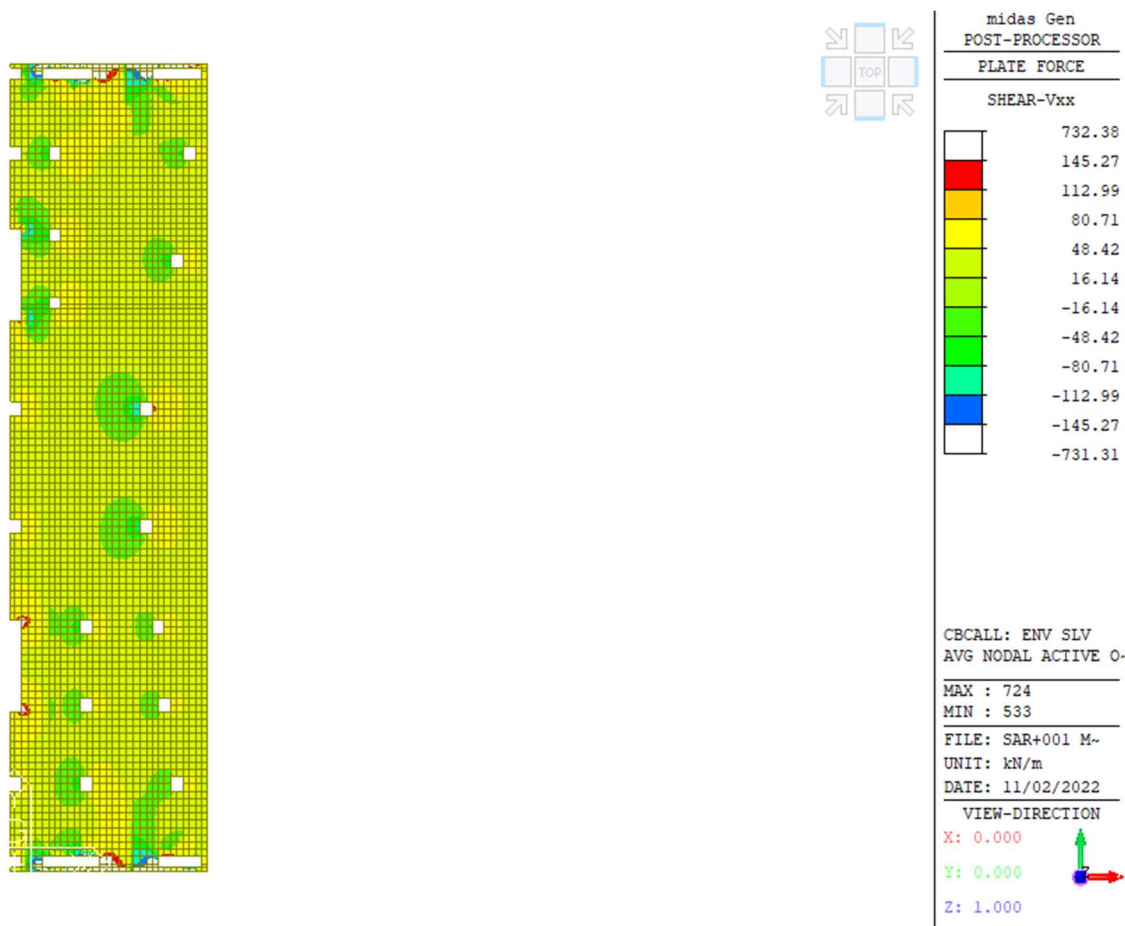


Come si può osservare, rimangono ancora alcune zone bianche in prossimità della testa dei setti in cui la verifica non è soddisfatta. Mediando la sollecitazione puntuale di picco con quella dei plate adiacenti il valore di momento si abbassa rientrando nel limite. La verifica pertanto si ritiene ovunque soddisfatta.

#### 4.3.1.1 Verifiche a taglio

##### Taglio XX

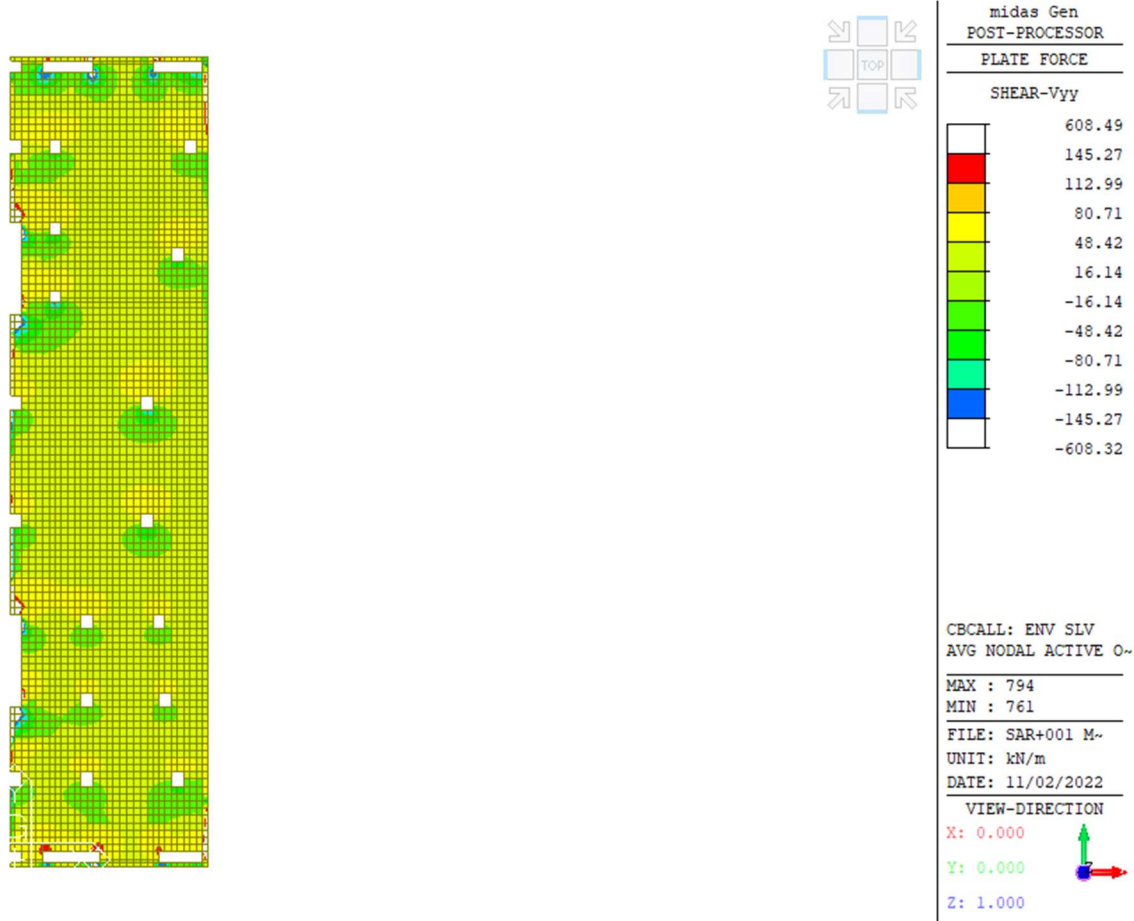
Si riporta il *contour* delle sollecitazioni taglienti XX per l'involuppo delle combinazioni SLV, limitando la visualizzazione al valore del taglio resistente per sola armatura base longitudinale:



La verifica è soddisfatta ovunque tranne in corrispondenza delle teste dei setti, dove dovrà essere disposta opportuna armatura a punzonamento. Si rimanda alle fasi successive di progettazione per la definizione di tale armatura.

Taglio YY

Si riporta il *contour* delle sollecitazioni taglienti YY per l’involuppo delle combinazioni SLV, limitando la visualizzazione al valore del taglio resistente per sola armatura base longitudinale:

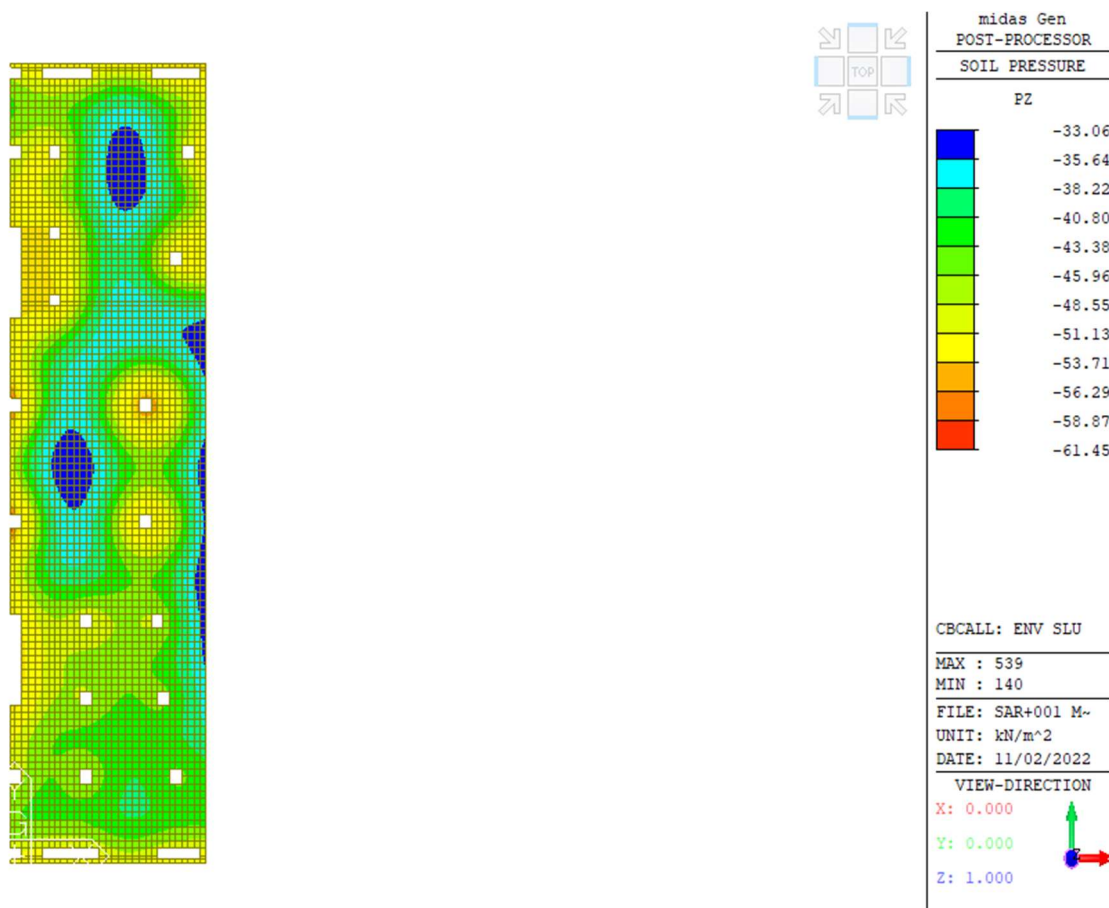


La verifica è soddisfatta ovunque tranne in corrispondenza delle teste dei setti, dove dovrà essere disposta opportuna armatura a punzonamento. Si rimanda alle fasi successive di progettazione per la definizione di tale armatura.

## 5 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 5.1 Verifica capacità portante terreno (SLU)

Si riporta nel seguito il contour della tensione agente sul terreno di fondazione considerando l'involuppo delle combinazioni SLU.



Il valore massimo di tensione sul terreno, agente solo in alcuni punti isolati, è pari a:

$$\sigma = 61.45 \text{ kN/m}^2 = 0.061 \text{ MPa} = 0.61 \text{ kg/cmq}$$

La tensione agente sul terreno è da ritenersi compatibile con il terreno di fondazione presente al di sotto della platea di fondazione.

## 6 VERIFICHE DI RESISTENZA AL FUOCO

Per tutte le strutture esposte è richiesta una resistenza al fuoco **R60**.

Per le strutture in calcestruzzo armato la resistenza al fuoco R60 viene garantita mantenendo un opportuno valore di copriferro. Si demanda alle successive fasi di progettazione una più esaustiva trattazione delle verifiche.

Il progettista delle strutture

ing. Luca Boaretto