

MANDATARIA:



STUDIO D' INGEGNERIA ASSOCIATO  
ISOLA-BOASSO & ASSOCIATI S.r.l.

MANDANTI:



ETATEC STUDIO PAOLETTI



C. & S. DI GIUSEPPE INGEGNERI  
ASSOCIATI SRL Socio Unico

CIG: 896704821A

Vs. Rif. arch.:

Riproduzione o consegna a terzi  
solo dietro specifica autorizzazione

Ente destinatario:

-



**ACQUA**  
**NOVARA.VCO**  
S.p.A.

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321/413111 - Fax. 0321/413196



## PROGETTO ESECUTIVO

TITOLO COMMESSA

# ADEGUAMENTO DEL DEPURATORE DI GRAVELLONA TOCE ALLE DIRETTIVE COMUNITARIE

Via Trattati di Roma in Comune di  
Gravellona Toce (VB)

Rif. N° Commessa: W01M - 10030635  
CUP: D49E17000030002  
RUP: Dott. Ing Barbara Dell'Edera

Data: Maggio 2022

Rif. archivio: 002.19

Scala

ELABORATO: ST.01.004 I

Rev.	AGGIORNAMENTI	DATA

OGGETTO

FASCICOLO DEI CALCOLI – TETTOIE E LOCALE  
SOFFIANTI

Il Responsabile  
Dott. Ing. Riccardo ISOLA

Visto

\* Riservato all'Amministrazione

## Sommario

<b>1</b>	<b>FASCICOLO DEI CALCOLI TETTOIE E LOCALE SOFFIANTI .....</b>	<b>2</b>
1.1	PREMESSA .....	2
1.2	ANALISI DEI CARICHI .....	3
1.2.1	<i>Pesi propri</i> .....	3
1.2.2	<i>Sovraccarico accidentale principale – vento</i> .....	3
1.2.3	<i>Sovraccarichi accidentali secondari – neve e manutenzione</i> .....	4
1.2.4	<i>Azione indotta dal sisma</i> .....	4
1.3	VERIFICA DELL'ARCARECCIO .....	7
1.3.1	<i>Verifica a SLU</i> .....	7
1.3.2	<i>Verifica a SLE</i> .....	8
1.4	VERIFICA DELLA TRAVE PRINCIPALE .....	11
1.4.1	<i>Verifica a SLU</i> .....	11
1.4.2	<i>Verifica a SLE</i> .....	11
1.5	VERIFICA DELLA STRUTTURA SISMO-RESISTENTE .....	15
1.5.1	<i>Verifica controvento a "V"</i> .....	17
1.5.2	<i>Verifica controvento a "X"</i> .....	19
1.5.3	<i>Verifica arcarecci</i> .....	20
1.5.4	<i>Verifica trave principale</i> .....	24
1.5.5	<i>Verifica colonna</i> .....	27
1.6	VERIFICA DELLA PLATEA IN CALCESTRUZZO ARMATO .....	29
1.6.1	<i>Comparto biologico</i> .....	30
1.6.2	<i>Locale soffianti</i> .....	34
1.6.3	<i>Verifica a SLU della platea</i> .....	36
1.6.3.1	<i>Flessione</i> .....	36
1.6.3.2	<i>Taglio</i> .....	37
1.6.4	<i>Verifica a SLE della platea</i> .....	38
1.6.4.1	<i>Limitazione delle tensioni</i> .....	38
1.6.4.2	<i>Fessurazione</i> .....	39
1.7	VERIFICA DELLE OPERE DI FONDAZIONE .....	40
1.7.1	<i>Verifica a SLU - GEO</i> .....	41
1.7.1.1	<i>Capacità portante del terreno</i> .....	41
1.7.1.2	<i>Verifica a scorrimento</i> .....	42

## 1 Fascicolo dei calcoli Tettoie e locale soffianti

### 1.1 Premessa

La presente sezione riguarda il calcolo dei seguenti edifici:

1. Tettoia in adiacenza al comparto biologico
2. Tettoia in adiacenza al comparto di disinfezione
3. Locale soffianti

L'edificio è realizzato in struttura metallica è realizzato in profilati in acciaio di classe S235 secondo la UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1. La struttura principale è costituita da telai incernierati agli estremi posti ad interasse non maggiore di 3,0 m, costituiti dai seguenti elementi:

- colonne: HE 160 A
- travi longitudinali ed arcarecci in profilo IPE 120, posti ad interasse non maggiore di 1,13 m, vincolata alle colonne mediante n° 2 bulloni M10 cl. 8.8 posti sull'anima e su piatti di spessore 5 mm saldati a cordone d'angolo sulla colonna stessa;
- travi principali di copertura intermedie in profilo HE 200 A, vincolata alle colonne mediante n° 3 bulloni M12 cl. 8.8 posti sull'anima e su piatti di spessore 6 mm saldati a cordone d'angolo sulla colonna stessa;

Il sistema di controventi è così costituito:

- controventi di parete trasversale: sono costituiti da schema concentrico a "V", realizzato mediante doppio profilo L 100X65X7 mm posti a distanza 8 mm, vincolati alle colonne mediante n° 2 bulloni M12 classe 8.8 e piatti di spessore 8 mm saldati sulle colonne. Le due L sono calastrellate con spaziatura 250 mm, ciascun calastrello costituito mediante n° 1 bullone M12
- controventi di parete longitudinale: sono costituiti da schema concentrico a croci di Sant'Andrea, realizzato mediante doppio profili L 70X70X6 mm posti a distanza 8 mm, vincolati alle colonne mediante n° 2 bulloni M12 classe 8.8 e piatti di spessore 8 mm saldati sulle colonne. Le due L sono calastrellate con spaziatura 250 mm, ciascun calastrello costituito mediante n° 1 bullone M12

La platea dell'edificio presenta spessore 30 cm. L'armatura è pari a  $\Phi 12/20$  cm bi-direzionale ad entrambi i lembi.

Il vincolo colonne – platea è realizzato mediante n° 2 tirafondi M16 classe 8.8 posti in corrispondenza della mezzeria dell'anima della colonna e ad interasse 100 mm, annegati nel calcestruzzo per almeno 250 mm;

Le piastre di base delle colonne sono di spessore 12 mm e disposte su letto di allettamento in malta cementizia reoplastica anti-ritiro si spessore 30 mm. I tirafondi sono provvisti, all'estremità annegata nella platea di rondella terminale.

Poiché il sistema strutturale è costituito nel suo complesso da sistemi isostatici, il dimensionamento strutturale degli stessi non dipende dal sistema in cui essi sono installati ma è funzione unicamente della loro dimensione principale (luce libera di inflessione). Pertanto, a favore di sicurezza, ciascun elemento strutturale componente le opere di cui alla presente sezione verrà verificato ai sensi della NTC2018 relativamente alla struttura in cui esso presenta dimensioni maggiori e pertanto risulta più sollecitato. Quanto ai carichi cui gli elementi strutturali sono soggetti, saranno utilizzati quelli relativi alla struttura in cui essi manifestano il valore massimo. Verrà fornito, di volta in volta e per ciascun elemento, giustificazione della scelta effettuata e dettaglio delle dimensioni e carichi di calcolo.

## 1.2 Analisi dei carichi

### 1.2.1 Pesi propri

I pesi propri sono nel seguito riportati.

- $g_{1k}$  - peso proprio manto di copertura: 1 kN/m<sup>2</sup>
- $g_{2k}$  - peso proprio arcarecci IPE 120: 0,104 kN/m
- $g_{3k}$  - peso proprio travi di copertura HE 200 A: 0,423 kN/m
- $g_{4k}$  - peso proprio colonne HE 160 A: 0,204 kN/m

### 1.2.2 Sovraccarico accidentale principale - vento

Il calcolo dell'azione indotta dal vento viene effettuato assumendo i seguenti parametri, in grado di massimizzare l'azione sui vari elementi di copertura:

- Altezza della copertura  $z = 4,65$  m corrispondente alla tettoia a servizio del comparto biologico; si assume il valore massimo in quanto in grado di massimizzare il coefficiente di esposizione;
- Superficie della copertura  $A = 52,2$  mq corrispondente alla tettoia a servizio del comparto biologico; si assume il valore massimo in quanto in grado di massimizzare il carico sugli elementi principali della struttura;
- Superficie laterale soggetta ad azioni orizzontali del vento  $A_{LAT} = 13$  mq corrispondente all'edificio soffiante essendo l'unico tra i tre analizzati ad avere schermature verticali suscettibili all'azione del vento.

Ai fini del calcolo indotto dal vento sugli elementi secondari di copertura (arcarecci) si considera il campo di pressione definito nell'EC 1 parte 4 e riportato nella Figura 1, da cui si evince che il massimo coefficiente di pressione vale, per coperture con angolo di inclinazione 5°,  $c_p = +2,1$  per azioni di pressione (dirette verso il basso) e  $c_p = -2,5$  per azioni di suzione (dirette verso l'alto). A tali coefficienti corrisponde un carico pari a:

- pressione -  $q_{ik} = q_b \times c_e \times c_p \times c_d \times c_t = 1,545$  kN/m<sup>2</sup>
- suzione -  $q_{ik} = q_b \times c_e \times c_p \times c_d \times c_t = -1,840$  kN/m<sup>2</sup>

dove  $c_e = c_e(z = 4,65 \text{ m}) = 1,887$ ,  $q_b = 0,390$  kPa mentre  $c_d$  e  $c_t = 1,0$  (si veda la relazione di calcolo delle strutture per la definizione dei coefficienti citati).

Ai fini del calcolo degli elementi principali (travi di copertura e colonne) si applica quanto previsto dalla Circolare ministeriale in materia di vento sulle tettoie. In particolare, devono essere considerate le 4 condizioni di carico di cui alla Figura 2, ove  $F = q_b \times c_e \times c_f \times c_d \times c_t \times A$ , essendo  $A = 52,2$  m<sup>2</sup> l'area della copertura e  $c_f$  il "coefficiente di forza" definito nella Tabella 1. Data la presenza di apparecchiature di dimensioni non trascurabili poste sotto la tettoia, nonché della vicinanza della stessa alle vasche del depuratore, si assume un grado di bloccaggio  $\phi = 1$ , da cui si ottiene:

- pressione ( $c_f = +0,2 + 5/30 = 0,367$ ) -  $F = 14,10$  kN
- suzione ( $c_f = -1,4$ ) -  $F = -53,78$  kN

Le azioni di cui sopra saranno equamente ripartite su tutte le travi principali costituenti la copertura.

Ai fini infine del calcolo degli elementi di controvento, l'azione orizzontale indotta dal vento è pari alla somma  $F_H$  delle pressioni orizzontali agenti sulla metà superiore delle pareti laterali delle strutture, ove presenti, oltre che all'azione tangenziale agente sulla copertura. Le due azioni valgono:

$$F_H = q_b \times c_e \times (c_{p,pressione} + c_{p,suzione}) \times A_{LAT} = 11,48 \text{ kN}$$

$$F_T = q_b \times c_e \times c_f \times 2 \times A = 3,07 \text{ kN}$$

ove si è assunto un coefficiente di attrito  $c_f$  pari a 0,04 (superficie molto scabra), mentre  $A_{LAT} = 13$  mq ed i coefficienti di pressione e di suzione sono quelli definiti nella relazioni di calcolo strutturale per pareti di edifici a pianta rettangolare.

Il carico totale orizzontale indotto dal vento è pari a  $F_H + F_T = 14,55$  kN che, moltiplicato per il rispettivo coefficiente parziale di sicurezza sulle azioni ( $\gamma_Q = 1,50$ ) diviene  $Q_W = 1,5 (F_H + F_T) = 21,825$  kN. Il valore è di poco inferiore all'azione inerziale indotta dal sisma e di cui al successivo §1.2.4 e pari a  $F = 23,13$  kN. Di conseguenza, il dimensionamento e verifica delle strutture di controvento avverrà in riferimento al carico sismico, risultando di conseguenza automaticamente verificate nei confronti dell'azione indotta dal vento che è, come dimostrato, minore anche quando considerata in combinazione SLU.

### 1.2.3 Sovraccarichi accidentali secondari - neve e manutenzione

- $q_{2k}$  - neve = 0,80 kN/m<sup>2</sup>
- $q_{3k}$  - accidentale per manutenzione = 0,50 kN/m<sup>2</sup>

Si riferisca alla relazione di calcolo delle strutture per la definizione dei citati carichi.

### 1.2.4 Azione indotta dal sisma

Ai fini del calcolo dell'azione sismica si adotta in questa sede una analisi statica lineare secondo quanto previsto al par. 7.3.3.2 della NTC2018. L'azione indotta dal sisma, da considerarsi applicata nel baricentro della copertura, vale:

$$F = S_d(T_1) \times W \times \lambda / g = 23,13 \text{ kN}$$

essendo:

- $S_d(T_1)$  il valore dello spettro in corrispondenza del periodo proprio del 1° modo di vibrazione della struttura  $T_1$ . Ai fini della sicurezza si assume in questa sede  $S_d(T_1)$  quale il massimo valore dello spettro di progetto, pari ad  $a_g \times S \times F_o / q = 0,966 \times S = 1,449$  m/s<sup>2</sup> (con  $S = 1,50$  - si riferisca alla relazione di calcolo delle strutture per la definizione dei fattori di cui sopra);
- $W$  è il peso della struttura in combinazione sismica. Essendo che il coefficiente di combinazione di tutti i carichi accidentali è pari a  $\psi_{2i} = 0$ ,  $W$  è costituito unicamente dal peso proprio degli elementi di copertura, assunto in questa sede pari a 3 kN/m<sup>2</sup>. Il carico  $W$  che massimizza l'azione sismica è quello relativo alla tettoia aventi dimensioni planimetriche maggiori, pertanto quella afferente al comparto biologico, per la quale si ha  $W = 52,2$  mq x 3 kN/mq = 156,6 kN
- $\lambda = 1$  a favore di sicurezza
- $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>

L'azione  $F$  è da ripartire sui vari sistemi di controvento. A tale proposito, va osservato che tutte le strutture in oggetto presentano schema di controventi a "U", ovvero i pannelli controventati sono disposti su soli 3 dei 4 lati perimetrali. Ne consegue che, quando il sisma agisce in direzione parallela a quella in cui è disposto un solo pannello di controvento, viene generato un momento torcente  $M_T$  così definito:

$$M_T = F \times d$$

essendo  $d$  la distanza tra il baricentro della struttura (coincidente con il baricentro della copertura) e l'asse del pannello di controvento.

La struttura per cui la distanza è massima è la tettoia a servizio del comparto biologico, ove  $d = 11,1\text{m}/2 = 5,55$  m, da cui si ottiene:

$$M_T = F \times d = 23,1 \text{ kN} \times 5,55 \text{ m} = 128,76 \text{ kNm}$$

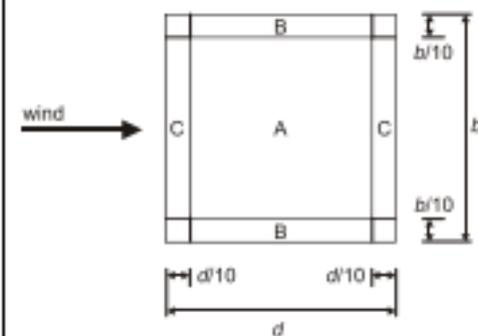
			Net Pressure coefficients $c_{p,net}$		
			Key plan		
					
Roof angle $\alpha$	Blockage $\phi$	Overall Force Coefficients $c_f$	Zone A	Zone B	Zone C
$0^\circ$	Maximum all $\phi$	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\phi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\phi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
$5^\circ$	Maximum all $\phi$	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\phi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\phi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
$10^\circ$	Maximum all $\phi$	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\phi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\phi = 1$	- 1,4	- 2,1	- 2,6	- 2,7
$15^\circ$	Maximum all $\phi$	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Minimum $\phi = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Minimum $\phi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
$20^\circ$	Maximum all $\phi$	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Minimum $\phi = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Minimum $\phi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
$25^\circ$	Maximum all $\phi$	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Minimum $\phi = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Minimum $\phi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,5	- 2,8
$30^\circ$	Maximum all $\phi$	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Minimum $\phi = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Minimum $\phi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,2	- 2,7
NOTE + values indicate a net downward acting wind action - values represent a net upward acting wind action					

Figura 1. Campo di pressione indotto dal vento su tettoie mono-falda - tab. 7.6 EC 1 parte 4.

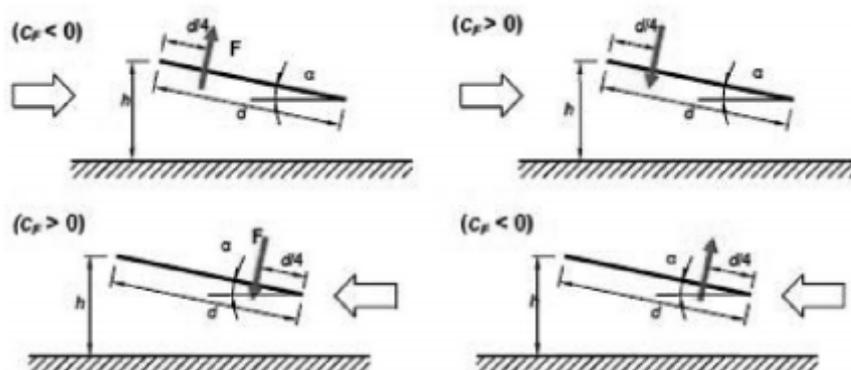


Figura 2. Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza – fig. C3.3.22 della Circolare

Valori positivi	Tutti i valori di $\varphi$	$c_F = +0,2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\varphi = 0$	$c_F = -0,5 - 1,3\alpha/30$
	$\varphi = 1$	$c_F = -1,4$

Tabella 1. Coefficiente di forza per tettoie a semplice falda – tab. C3.3.XV della Circolare

In aggiunta, ai sensi della NTC2018, è da aggiungersi un momento torcente indotto dall'eccentricità accidentale della stessa azione  $F$  prevista dalla normativa e pari al 5% della dimensione ortogonale alla direzione dell'azione sismica considerata. A tale fine si ha:

- per sisma agente in direzione ove risulta disposto un solo pannello di controvento, la massima eccentricità accidentale si ha per l'edificio a servizio del comparto biologico e vale  $e = 0,05 \times 11,1\text{m} = 0,555\text{ m}$ , da cui  $M_{T,acc} = 0,555\text{m} \times F = 12,82\text{ kNm}$
- per sisma agente in direzione ove risultano di sposti due pannelli di controvento, la massima eccentricità si ha per il locale soffianti ed è pari ad  $3 = 6,0\text{m} \times 0,05 = 0,3\text{ m}$ , da cui  $M_{T,acc} = 0,3\text{m} \times F = 6,93\text{ kNm}$

Il momento torcente si ripartisce proporzionalmente al momento statico dei pannelli di controvento. Poiché i controventi a V hanno 2 diagonali resistenti mentre quelli a X ne hanno una sola (in quanto quella compressa si assume non reagisca), può assumersi che il controvento a X abbia una area equivalente resistente alle azioni orizzontali pari alla metà di quella del controvento a V; la componente orizzontale indotta dal torcente ed agente sul pannello  $j$ -esimo  $F_{j,T}$  è data quindi dalla relazione:

$$F_{j,T} = M_{T,tot} \frac{a_j d_j}{\sum_{j=1}^3 a_j d_j^2}$$

essendo  $d_j$  la distanza tra la  $j$ -esima parete ed il baricentro della struttura, mentre  $a_j$  vale 1 per pannelli a V a 0,5 per pannelli ad X.

Il calcolo di ripartizione delle azioni sismiche è riportato nella seguente Tabella 2, ove i simboli hanno il seguente significato

- $M_T$  momento torcente indotto dalla disposizione dei controventi;
- $M_{T,acc}$  momento torcente accidentale secondo NTC2018;
- $M_{T,tot}$  momento torcente totale indotto dal sisma;
- $F$  azione sismica;
- $V_F$  taglio agente sui pannelli di controvento paralleli all'azione sismica per effetto di  $F$ ;
- $V_T$  taglio agente sui pannelli di controvento paralleli all'azione sismica per effetto di  $M_{T,tot}$ ;

- $T_F$  taglio agente sui pannelli di controvento ortogonali all'azione sismica per effetto di  $F$ ;  
 $T_T$  taglio agente sui pannelli di controvento ortogonali all'azione sismica per effetto di  $M_{T,tot}$ ;

$M_T$ [kNm]	$M_{T,acc}$ [kNm]	$M_{T,tot}$ [kNm]	$F$ [kN]	$V_F$ [kN]	$V_T$ [kN]	$T_F$ [kN]	$T_T$ [kN]
<b>Tettoia comparto biologico</b>							
<b>Sisma parallelo alla direzione in cui sono disposti 2 pannelli di controvento</b>							
0	6,93	6,93	23,1	11,55	0,20	0	1,11
<b>Sisma parallelo alla direzione in cui sono disposti 1 pannelli di controvento</b>							
128,21	12,82	141,03	23,1	23,1	22,62	0	3,97
<b>Tettoia comparto disinfezione</b>							
<b>Sisma parallelo alla direzione in cui sono disposti 2 pannelli di controvento</b>							
0	6,93	6,93	23,1	11,55	0,58	0	1,37
<b>Sisma parallelo alla direzione in cui sono disposti 1 pannelli di controvento</b>							
128,21	12,82	141,03	23,1	23,1	27,82	0	11,79
<b>Locale soffianti</b>							
<b>Sisma parallelo alla direzione in cui sono disposti 2 pannelli di controvento</b>							
0	6,93	6,93	23,1	11,55	0,95	0	0,45
<b>Sisma parallelo alla direzione in cui sono disposti 1 pannelli di controvento</b>							
128,21	12,82	141,03	23,1	23,1	9,06	0	19,24

Tabella 2 – Calcolo dei tagli agenti sui singoli pannelli di controvento.

A valle della combinazione direzionale dell'azione sismica prevista dalla NTC2018, si ottengono i seguenti sforzi di taglio sulle due tipologie di pannello di controvento (in grassetto i valori massimi):

	Controvento a "V"	Controvento a "X"
<b>Tettoia comparto biologico</b>		
$E_x + 0,3 E_y$	14,827 kN	12,937 kN
$0,3 E_x + E_y$	46,052 kN	7,497 kN
<b>Tettoia comparto disinfezione</b>		
$E_x + 0,3 E_y$	16,644 kN	15,666 kN
$0,3 E_x + E_y$	<b>51,334 kN</b>	15,429 kN
<b>Locale soffianti</b>		
$E_x + 0,3 E_y$	18,267 kN	10,093 kN
$0,3 E_x + E_y$	22,988 kN	<b>32,292 kN</b>

ove si precisa che la direzione X identifica quella in cui sono disposti 2 pannelli di controvento, la Y invece è la direzione in cui si trova 1 solo pannello reagente.

## 1.3 Verifica dell'arcareccio

### 1.3.1 Verifica a SLU

L'arcareccio è soggetto a taglio + flessione deviata.

Il massimo momento flettente si verifica in mezzzeria ed è pari a  $M_{Ed} = q_{SLU} \times l^2 / 8$ , essendo  $l = 3,00$  m e :

$$q_{SLU} = \gamma_G \times (g_{1k} + g_{2k}) + \gamma_Q \times (q_{1k} + \psi_{02} q_{2k} + \psi_{03} q_{3k}) = 4,945 \text{ kN/m}$$

Il massimo taglio si verifica agli appoggi e vale  $V_{Ed} = q_{SLU} \times l / 2$

Il momento flettente  $M_{Ed}$  ed il taglio si ripartiscono sugli assi principali come  $M_{Ed,y} (V_{Ed,y}) = M_{Ed} \times \cos \alpha$  e  $M_{Ed,z} (V_{Ed,z}) = M_{Ed} \times \sin \alpha$ .

La verifica agli SLU di superamento della resistenza e instabilità flesso-torsionale è riportata nella Tabella 3 e Tabella 4, da cui si evince che il profilo è verificato a SLU.

La verifica del giunto bullonato di estremità (costituito da n° 2 bulloni M10) e del piatto (e saldatura) di collegamento sono riportate rispettivamente nelle Tabella 5 e Tabella 6.

### 1.3.2 Verifica a SLE

La verifica a deformabilità dell'arcareccio è condotta nell'ipotesi cautelativa che esso sia soggetto a flessione retta. La massima freccia in mezzeria indotta dal generico carico  $p$  vale  $f = 5/384 \times p \times l^4 / E / J_y$ . Il calcolo di verifica è riportato nella Tabella 3, da cui si evince che l'elemento è verificato allo SLE di deformabilità.

ARCARECCI - VERIFICA SLU RESISTENZA								
PROFILO	IPE 120							
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	1320	<i>SOLLECITAZIONI</i>				
Mod. di res. plastico	$W_{pl,y}$	[mm <sup>3</sup> ]	60700	Momento massimo	$M_{v,max,Ed}$	[kNm]	5,541	
	$W_{pl,z}$	[mm <sup>3</sup> ]	13600		$M_{z,max,Ed}$	[kNm]	0,485	
Momenti d'inerzia	$J_y$	[mm <sup>4</sup> ]	3180000					
	$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	277000	Sforzo normale	$N_{Ed}$	[kN]	0,000	
Altezza sezione	h	[mm]	120					
Laghezza sezione	b	[mm]	64	Tagli	$V_{z,Ed}$	[kN]	7,389	
Spessore ali	$t_f$	[mm]	6,3		$V_{v,Ed}$	[kN]	0,646	
Spessore anima	$t_w$	[mm]	4,4					
Raggio raccordo	r	[mm]	7	<i>VERIFICA A TAGLIO</i>				
				Area a taglio - anima	$A_{v,z}$	[mm <sup>2</sup> ]	630	
Tens. caratt. snervamento	$f_{yk}$	[MPa]	235	Area a taglio - ali	$A_{v,y}$	[mm <sup>2</sup> ]	909	
				Taglio resistente	$V_{z,c,Rd}$	[kN]	81,34	
Luce d'inflessione	l	[m]	3		$V_{v,c,Rd}$	[kN]	117,46	
Inclinazione profilo	$\alpha$	[°]	5		$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd}$	<b>0,091</b>	< <b>1</b>	
Interasse arcarecci	i	[m]	1,13		$V_{v,Ed}/V_{v,c,Rd}$	<b>0,006</b>	< <b>1</b>	
<i>CARICHI</i>				<i>VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE DEVIATA</i>				
Peso proprio profilo	$g_{1k}$	[kN/m]	0,104	Sf. normale resistente	$N_{Rd}$	[kN]	295,43	
Pesi propri portati	$g_{2k}$	[kN/m]	1,000		n	[ ]	0	
Sovracc. accidentale	$q_{1k}$	[kN/m]	0,5		a	[ ]	0,389	
Sovracc. neve	$q_{2k}$	[kN/m]	0,8	Mom. flett. resistente	$M_{N,v,Rd}$	[kNm]	13,585	
Sovracc. vento	$q_{3k}$	[kN/m]	-1,840		$M_{N,z,Rd}$	[kNm]	3,044	
		[kN/m]	1,545	Verifica a presso-flex dev.	<b>0,567</b>	<	<b>1</b>	
Comb. fondam. SLU	$q_{SLU}$	[kN/m]	4,945					
Variab. in comb. rara SLE	$q_{SLE}$	[kN/m]	2,19785	<i>VERIFICA A DEFORMAZIONE</i>				
				Freccia carichi perman.	$\delta_1$	[mm]	1,83	
				Freccia carichi var.	$\delta_2$	[mm]	3,64	
				Freccia tot.	$\delta_{max}$	[mm]	5,48	
					$L/\delta_{max}$	<b>548</b>	> <b>200</b>	
					$L/\delta_2$	<b>823</b>	> <b>250</b>	

Tabella 3. Verifica arcareccio a SLU – superamento resistenza ultima e SLE - deformazione

ARCARECCI - VERIFICA SLU INSTABILITA'							
PROFILO	IPE 120						
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	1320	Carico critico euleriano	N <sub>cr,v</sub>	[kN]	825
Mod. di res. plastico	W <sub>pL,v</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	6,07E+04		N <sub>cr,z</sub>	[kN]	72
	W <sub>pL,z</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	1,36E+04	Snellezza normalizzata	λ	[ ]	2,078
Momenti d'inerzia	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,18E+06	Fattore di imperfezione	α	[ ]	0,49
	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	2,77E+05		Φ	[ ]	3,119
Momento torsionale	J <sub>T</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,74E+04	Coefficient riduttivo	χ <sub>min</sub>	[ ]	0,184
Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	[mm <sup>6</sup> ]	0,00E+00				
				Coeff. distrib. momento	ψ	[ ]	1
Modulo d'elasticità	E	[MPa]	2,00E+05	Mom. critico d'instabilità	M <sub>cr</sub>	[kNm]	9
Modulo tangenziale	G	[MPa]	7,69E+04	Fattore di imperfezione	α <sub>LT</sub>	[ ]	0,34
				Fattore correttivo	k <sub>c</sub>	[ ]	0,94
Luce d'inflessione	l	[mm]	3000	Snellezza normalizzata	λ <sub>LT</sub>	[ ]	1,258
Coefficiente di vincolo	β	[ ]	1	Correz. distrib. momento	f	[ ]	0,983
Luce libera d'inflessione	L	[mm]	3000		Φ <sub>LT</sub>	[ ]	1,471
					Kχ	[ ]	0,643
Tens. caratt. snervamento	f <sub>vk</sub>	[MPa]	235		χ <sub>LT</sub>	[ ]	0,456
Momento max in mezzeria	M <sub>y,max,Ed</sub>	[kNm]	5,541	Momento medio	M <sub>vm,Ed</sub>	[kNm]	2,7707
	M <sub>z,max,Ed</sub>	[kNm]	0,485		M <sub>zm,Ed</sub>	[kNm]	0,2424
Momento min agli appoggi	M <sub>y,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000	Momento equivalente	M <sub>yeq,Ed</sub>	[kNm]	4,1561
	M <sub>z,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000		M <sub>zeq,Ed</sub>	[kNm]	0,364
Sforzo normale compr.	N <sub>Ed</sub>	[kN]	0,000				
Snellezza	λ	[ ]	207				
<b>Verifica ad instabilità</b>	<b>0,671</b>	<b>&lt;</b>	<b>1,00</b>				

**Tabella 4. Verifica arcareccio a SLU – instabilità dell'equilibrio**

**ARCARECCIO IPE 120- ANIMA - VERIFICA GIUNTO**

Diametro bullone	d	[mm]	10,00	Classe bullone			8,8	
Diametro foro	d <sub>0</sub>	[mm]	11,00	Classe acciaio			S235	
Diametro del dado	d <sub>m</sub>	[mm]	19,00	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00	
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	58,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00	
				Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00	
Spessore piastra	t	[mm]	4,40					
Altezza piastra	h'	[mm]	90,00	Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	0,00	
Geometria bullonatura	e <sub>1</sub>	[mm]	27,00	Taglio verticale di progetto	V <sub>z,Ed</sub>	[kN]	7,39	
	e <sub>2</sub>	[mm]	25,00	Taglio orizzontale di progetto	V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	0,65	
	p <sub>1</sub>	[mm]	36,00					
	p <sub>2</sub>	[mm]	36,00	<b>Sforzi sul singolo bullone</b>				
Valori limite geometria	e <sub>1</sub>	[mm]	13,20	Taglio di progetto	F <sub>v,Ed</sub>	[kN]	8,078	
			57,60	Trazione di progetto	F <sub>t,Ed</sub>	[kN]	0,32	
	e <sub>2</sub>	[mm]	13,20					
			57,60	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M2</sub>	[ ]	1,25	
	p <sub>1</sub>	[mm]	24,20					
			61,60	Resistenza a taglio	F <sub>v,Rd</sub>	[kN]	22,27	
	p <sub>2</sub>	[mm]	26,40	Resistenza a rifollamento	F <sub>b,Rd</sub>	[kN]	25,92	
			61,60	Resistenza a trazione	F <sub>t,Rd</sub>	[kN]	33,41	
Numero colonne bulloni	c		1,00	Resistenza a punzonamento	B <sub>p,Rd</sub>	[kN]	45,38	
Numero righe bulloni	r		2,00					
				<b>Verifica a taglio</b>	<b>8,08</b>	<	<b>22,27</b>	
Bulloni di bordo paralleli	α	[ ]	0,82	<b>Verifica a trazione</b>	<b>0,32</b>	<	<b>33,41</b>	
Bulloni interni paralleli	α	[ ]	0,84	<b>Verifica a taglio + trazione</b>	<b>0,37</b>	<	<b>1,00</b>	
Bulloni di bordo perpendic.	k	[ ]	2,50					
Bulloni interni perpendic.	k	[ ]	2,50	<b>Verifica instabilità piatto</b>	<b>8,182</b>	<	<b>9,00</b>	

**Tabella 5. Verifica arcareccio a SLU – Superamento resistenza ultima del giunto bullonato.**
**ARCARECCIO IPE 120 - ANIMA - VERIFICA SALDATURE**

Lunghezza piastra/cordone	d	[mm]	90,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00
Spessore piastra/cordone	t	[mm]	4,00	Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	360,00	Tensione normale max	n <sub>⊥</sub>	[MPa]	142,16
Mom. Inerzia Y-Y	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	2,4E+05	Taglio parallelo	t <sub>∥</sub>	[MPa]	30,79
Mom. Inerzia Z-Z	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	4,8E+02	Taglio perpendicolare	t <sub>⊥</sub>	[MPa]	2,69
Mom. Inerzia polare	J <sub>p</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,9E+03				
				<b>Verifica saldature</b>			
Sforzo Normale	N <sub>Ed</sub>	[kN]	0,00		β <sub>1</sub>	[ ]	0,85
Taglio parallelo	V <sub>∥,Ed</sub>	[kN]	7,39		β <sub>2</sub>	[ ]	1,00
Taglio perpendicolare	V <sub>⊥,Ed</sub>	[kN]	0,65	<b>Condizione [4.2.84]</b>	145,48	<	199,75
Mom. Flettente attorno Y-Y	M <sub>y,Ed</sub>	[kNm]	0,26	<b>Condizione [4.2.85]</b>	144,85	<	235,000
Mom. Flettente attorno Z-Z	M <sub>z,Ed</sub>	[kNm]	0,02				
Mom. Torcente	M <sub>t,Ed</sub>	[kNm]	0,00				

**Tabella 6 Verifica arcareccio a SLU – Superamento resistenza ultima piastra di giunto e saldature.**

## 1.4 Verifica della trave principale

### 1.4.1 Verifica a SLU

La trave principale è soggetta a flessione retta + taglio.

Il massimo momento flettente si verifica in mezzeria ed è pari a  $M_{Ed} = q_{SLU} \times l^2 / 8$ , essendo  $L = 5,65\text{m}$  e :

$$q_{SLU} = \gamma_G \times [(g_{1k} + g_{2k}) \times i + g_{3k}] + \gamma_Q \times (\psi_{02} q_{2k} + \psi_{03} q_{3k}) \times i = 10,646 \text{ kN/m}$$

essendo  $i = 3,0\text{m}$  l'interasse delle travi principali.

Il massimo taglio si verifica agli appoggi e vale  $V_{Ed} = q_{SLU} \times l / 2$

La relazione di cui sopra non comprende il carico variabile principale indotto dal vento. In caso di travi principali, il vento è considerato come carico concentrato  $F$ . Tale carico è assunto equamente distribuito sulle travi principali, pertanto il carico afferente a ciascuna trave vale  $Q = F/3$  (con 3 numero minimo di travi presenti in copertura), risultando:

- Pressione –  $F = 14,10 \text{ kN} - Q = 4,7 \text{ kN}$
- Suzione –  $F = -53,78 \text{ kN} - Q = -17,93 \text{ kN}$

Il carico risulta applicato ad una distanza dagli appoggi pari a  $L/4$ , inducendo le seguenti sollecitazioni massime:

- Momento flettente  $M_{Ed} = \frac{Q}{L} \left( \frac{L}{4} \cdot \frac{3L}{4} \right) = \frac{3}{16} QL$ , assunto a favore di sicurezza agente in mezzeria della trave e dunque sommato a quanto indotto dai carichi distribuiti;
- Taglio massimo all'appoggio  $V_{Ed} = \frac{3}{4} Q$

Le sollecitazioni di cui sopra si sommano a quanto indotto dai carichi principali, secondo il principio di sovrapposizione degli effetti.

Le verifiche a SLU sono riportate nelle seguenti Tabella 7 e Tabella 8, da cui si evince che l'elemento è verificato.

La verifica del giunto bullonato di estremità (costituito da n° 3 bulloni M12) e del piatto (e saldatura) di collegamento sono riportate rispettivamente nelle Tabella 9 e Tabella 10.

### 1.4.2 Verifica a SLE

La massima freccia in mezzeria indotta dal generico carico  $p$  distribuito vale  $f = 5/384 \times p \times l^4 / E / J_y$ .

La massima freccia indotta invece da un carico concentrato  $Q$  applicato ad una generica distanza  $b$  dall'estremo sinistro vale:

$$\delta = \frac{Qb\sqrt{(L^2 - b^2)^3}}{9\sqrt{3} L E J_x}$$

Il calcolo di verifica è riportato nella seguente Tabella 7, da cui si evince che l'elemento è verificato allo SLE di deformabilità.

TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA SLU RESISTENZA						
PROFILO	HE 200 A			SOLLECITAZIONI		
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	5380	Momento massimo	$M_{vmax,Ed}$	[kNm] 39,831
Mod. di res. plastico	$W_{pl,y}$	[mm <sup>3</sup> ]	429500		$M_{zmax,Ed}$	[kNm] 0,000
	$W_{pl,z}$	[mm <sup>3</sup> ]	203800			
Momenti d'inerzia	$J_y$	[mm <sup>4</sup> ]	36920000	Sforzo normale	$N_{Ed}$	[kN] 0,000
	$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	13360000			
Altezza sezione	h	[mm]	190	Tagli	$V_{zEd}$	[kN] 28,199
Laghezza sezione	b	[mm]	200		$V_{vEd}$	[kN] 0,000
Spessore ali	$t_f$	[mm]	10			
Spessore anima	$t_w$	[mm]	6,5	<b>VERIFICA A TAGLIO</b>		
Raggio raccordo	r	[mm]	18	Area a taglio - anima	$A_{v,z}$	[mm <sup>2</sup> ] 1805
				Area a taglio - ali	$A_{v,y}$	[mm <sup>2</sup> ] 4509
Tens. caratt. snervamento	$f_{yk}$	[MPa]	235	Taglio resistente	$V_{z,c,Rd}$	[kN] 233,24
					$V_{v,c,Rd}$	[kN] 582,64
Luce d'inflessione	l	[m]	5,65		$V_{zEd}/V_{z,c,Rd}$	<b>0,121</b> < <b>1</b>
Inclinazione profilo	$\alpha$	[°]	0		$V_{vEd}/V_{v,c,Rd}$	<b>0,000</b> < <b>1</b>
Interasse	i	[m]	3	<b>VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE DEVIATA</b>		
<b>CARICHI</b>				Sf. normale resistente	$N_{Rd}$	[kN] 1204,10
Peso proprio profilo	$g_{1k}$	[kN/m]	0,423		n	[ ] 0
Pesi propri portati	$g_{2k}$	[kN/m]	3,276		a	[ ] 0,257
Sovracc. accidentale	$q_{1k}$	[kN/m]	1,5	Mom. flett. resistente	$M_{N,v,Rd}$	[kNm] 96,126
Sovracc. neve	$q_{2k}$	[kN/m]	2,4		$M_{N,z,Rd}$	[kNm] 45,612
Sovracc. vento	$Q_{3k}$	[kN]	-17,93	Verifica a presso-flex dev.	<b>0,414</b>	< <b>1</b>
		[kN]	4,7			
				<b>VERIFICA A DEFORMAZIONE</b>		
La combinazione dei carichi più penalizzante a SLU vede il carico di manutenzione come sovraccarico principale.				Freccia carichi perman.	$\delta_1$	[mm] 6,65
				Freccia carichi var.	$\delta_2$	[mm] 6,38
				Freccia tot.	$\delta_{max}$	[mm] 12,50
La combinazione dei carichi più penalizzante a SLE vede il carico di manutenzione come sovraccarico principale per la deformazione totale ed il vento in suzione per la					$L/\delta_{max}$	<b>452</b> > <b>200</b>
					$L/\delta_2$	<b>886</b> > <b>250</b>

Tabella 7. Verifica trave principale a SLU – superamento resistenza ultima e SLE - deformazione

**TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA SLU INSTABILITA'**

<b>PROFILO</b>	<b>HE 200 A</b>						
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	5380	Carico critico euleriano	N <sub>cr,v</sub>	[kN]	2699
Mod. di res. plastico	W <sub>pL,y</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	4,30E+05		N <sub>cr,z</sub>	[kN]	977
	W <sub>pL,z</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	2,04E+05	Snellezza normalizzata	λ	[ ]	1,138
Momenti d'inerzia	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,69E+07	Fattore di imperfezione	α	[ ]	0,49
	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,34E+07		Φ	[ ]	1,377
Momento torsionale	J <sub>T</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	2,10E+05	Coefficient riduttivo	χ <sub>min</sub>	[ ]	0,465
Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	[mm <sup>6</sup> ]	0,00E+00				
				Coeff. distrib. momento	ψ	[ ]	1
Modulo d'elasticità	E	[MPa]	2,00E+05	Mom. critico d'instabilità	M <sub>cr</sub>	[kNm]	115
Modulo tangenziale	G	[MPa]	7,69E+04	Fattore di imperfezione	α <sub>LT</sub>	[ ]	0,34
				Fattore correttivo	k <sub>c</sub>	[ ]	0,94
Luce d'inflessione	l	[mm]	5650	Snellezza normalizzata	λ <sub>LT</sub>	[ ]	0,935
Coefficiente di vincolo	β	[ ]	1	Correz. distrib. momento	f	[ ]	0,971
Luce libera d'inflessione	L	[mm]	5650		Φ <sub>LT</sub>	[ ]	1,062
					Kχ	[ ]	1,000
Tens. caratt. snervamento	f <sub>vk</sub>	[MPa]	235		χ <sub>LT</sub>	[ ]	0,658
Momento max in mezzeria	M <sub>y,max,Ed</sub>	[kNm]	39,831	Momento medio	M <sub>vm,Ed</sub>	[kNm]	19,915
	M <sub>z,max,Ed</sub>	[kNm]	0,000		M <sub>zm,Ed</sub>	[kNm]	0
Momento min agli appoggi	M <sub>y,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000	Momento equivalente	M <sub>y,eq,Ed</sub>	[kNm]	29,873
	M <sub>z,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000		M <sub>z,eq,Ed</sub>	[kNm]	0,000
Sforzo normale compr.	N <sub>Ed</sub>	[kN]	0,000				
Snellezza	λ	[ ]	113				
<b>Verifica ad instabilità</b>	<b>0,473</b>	<b>&lt;</b>	<b>1,00</b>				

**Tabella 8. Verifica trave principale a SLU – instabilità dell'equilibrio**

**TRAVE PRINCIPALE HE 200 A - ANIMA - VERIFICA GIUNTO**

Diametro bullone	d	[mm]	12,00	Classe bullone			8,8	
Diametro foro	d <sub>0</sub>	[mm]	13,00	Classe acciaio			S235	
Diametro del dado	d <sub>m</sub>	[mm]	19,30	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00	
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	84,30	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00	
				Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00	
Spessore piastra	t	[mm]	6,50					
Altezza piastra	h'	[mm]	#####	Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	0,00	
Geometria bullonatura	e <sub>1</sub>	[mm]	25,00	Taglio verticale di progetto	V <sub>z,Ed</sub>	[kN]	28,20	
	e <sub>2</sub>	[mm]	30,00	Taglio orizzontale di progetto	V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	0,00	
	p <sub>1</sub>	[mm]	45,00					
	p <sub>2</sub>	[mm]	45,00	<b>Sforzi sul singolo bullone</b>				
Valori limite geometria	e <sub>1</sub>	[mm]	15,60	Taglio di progetto	F <sub>v,Ed</sub>	[kN]	15,666	
			66,00	Trazione di progetto	F <sub>t,Ed</sub>	[kN]	0,00	
	e <sub>2</sub>	[mm]	15,60					
			66,00	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M2</sub>	[ ]	1,25	
	p <sub>1</sub>	[mm]	28,60					
			91,00	Resistenza a taglio	F <sub>v,Rd</sub>	[kN]	32,37	
	p <sub>2</sub>	[mm]	31,20	Resistenza a rifollamento	F <sub>b,Rd</sub>	[kN]	36,00	
			91,00	Resistenza a trazione	F <sub>t,Rd</sub>	[kN]	48,56	
Numero colonne bulloni	c		1,00	Resistenza a punzonamento	B <sub>p,Rd</sub>	[kN]	68,10	
Numero righe bulloni	r		3,00					
				<b>Verifica a taglio</b>	<b>15,67</b>	<	<b>32,37</b>	
Bulloni di bordo paralleli	α	[ ]	0,64	<b>Verifica a trazione</b>	<b>0,00</b>	<	<b>48,56</b>	
Bulloni interni paralleli	α	[ ]	0,90	<b>Verifica a taglio + trazione</b>	<b>0,484</b>	<	<b>1,00</b>	
Bulloni di bordo perpendic.	k	[ ]	2,50					
Bulloni interni perpendic.	k	[ ]	2,50	<b>Verifica instabilità piatto</b>	<b>6,92</b>	<	<b>9,00</b>	

**Tabella 9. Verifica trave principale a SLU – Superamento resistenza ultima del giunto bullonato.**
**ARCARECCIO IPE 120 - ANIMA - VERIFICA SALDATURE - SISMICA**

Lunghezza piastra/cordone	d	[mm]	90,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00
Spessore piastra/cordone	t	[mm]	5,00	Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	450,00	Tensione normale max	n <sub>⊥</sub>	[MPa]	81,64
Mom. Inerzia Y-Y	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,0E+05	Taglio parallelo	t <sub>∥</sub>	[MPa]	5,96
Mom. Inerzia Z-Z	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	9,4E+02	Taglio perpendicolare	t <sub>⊥</sub>	[MPa]	0,52
Mom. Inerzia polare	J <sub>p</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,8E+03				
				<b>Verifica saldature</b>			
Sforzo Normale	N <sub>Ed</sub>	[kN]	26,00		β <sub>1</sub>	[ ]	0,85
Taglio parallelo	V <sub>∥,Ed</sub>	[kN]	1,79		β <sub>2</sub>	[ ]	1,00
Taglio perpendicolare	V <sub>⊥,Ed</sub>	[kN]	0,16	<b>Condizione [4.2.84]</b>	81,86	<	199,75
Mom. Flettente attorno Y-Y	M <sub>y,Ed</sub>	[kNm]	0,06	<b>Condizione [4.2.85]</b>	82,16	<	235,000
Mom. Flettente attorno Z-Z	M <sub>z,Ed</sub>	[kNm]	0,01				
Mom. Torcente	M <sub>t,Ed</sub>	[kNm]	0,00				

**Tabella 10 Verifica trave principale a SLU – Superamento resistenza ultima piastra di giunto e saldature.**

## 1.5 Verifica della struttura sismo-resistente

La struttura sismo-resistente è costituita da portali controventati a "X" ed a "V" che resistono allo sforzo di taglio su di essi indotto dal sisma mediante unicamente sforzo normale negli elementi. Le sollecitazioni qui ottenute vanno poi integrate, ai fini della verifica in condizione sismica, come segue:

- Trave principale. Deve essere considerato anche la flessione retta + taglio indotta dal peso proprio e dai sovraccarichi della copertura. In combinazione sismica tali sovraccarichi sono costituiti unicamente dal peso proprio della copertura, essendo i coefficienti di combinazione dei restanti sovraccarichi nulli.
- Arcareccio. Deve essere considerata la quota parte di peso proprio dell'elemento e della copertura che induce taglio e flessione deviata.
- Colonna. Deve essere aggiunta la quota parte di peso proprio della copertura ad essa afferente, che inducono uno sforzo normale di compressione addizionale.

Nel seguito si riportano le sollecitazioni su ciascun pannello controventato (da Figura 3 a Figura 8).

Si evince quanto segue:

- Il massimo sf. normale nei diagonali dei controventi a "V" si ha per il comparto biologico ed è pari a  $N_{Ed} = 52,9$  kN;
- Il massimo sf. normale nella trave principale dei controventi a "V" si ha per il locale soffianti e vale  $N_{Ed} = 52,3$  kN;
- Il massimo sf. normale nei diagonali dei controventi a "X" si ha per il locale soffianti e vale  $N_{Ed} = 53,8$  kN;
- Il massimo sf. normale negli arcarecci in testa ai controventi a "X" è pari a  $N_{Ed} = 32,3$  kN;
- Il massimo sf. normale di trazione nelle colonne si ha per quelle afferenti ai controventi a "X" del locale soffianti e vale  $N_{Ed} = 41,2$  kN.

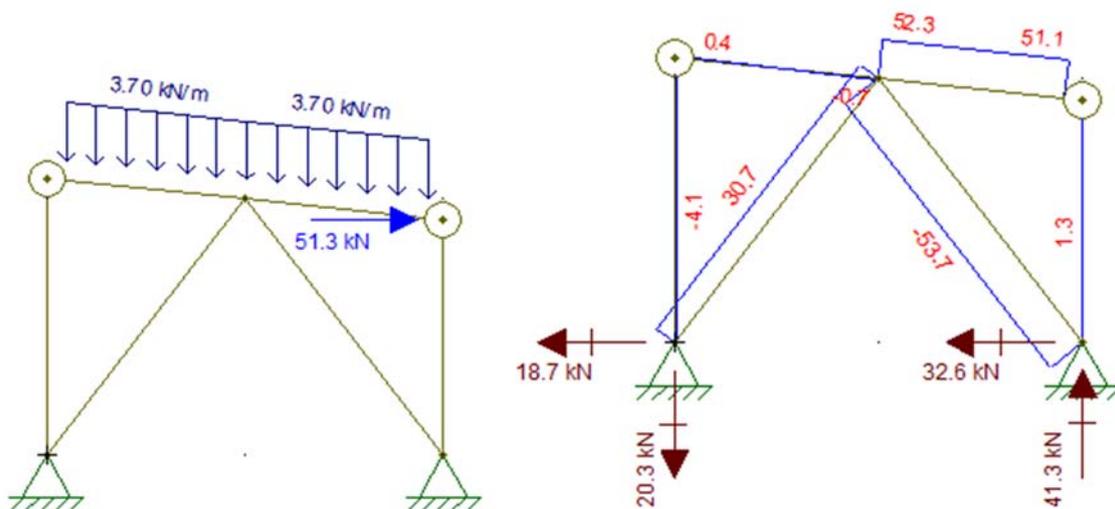


Figura 3. Locale soffianti – portale con controventi a V - sforzo normale e reazioni vincolari sugli elementi.

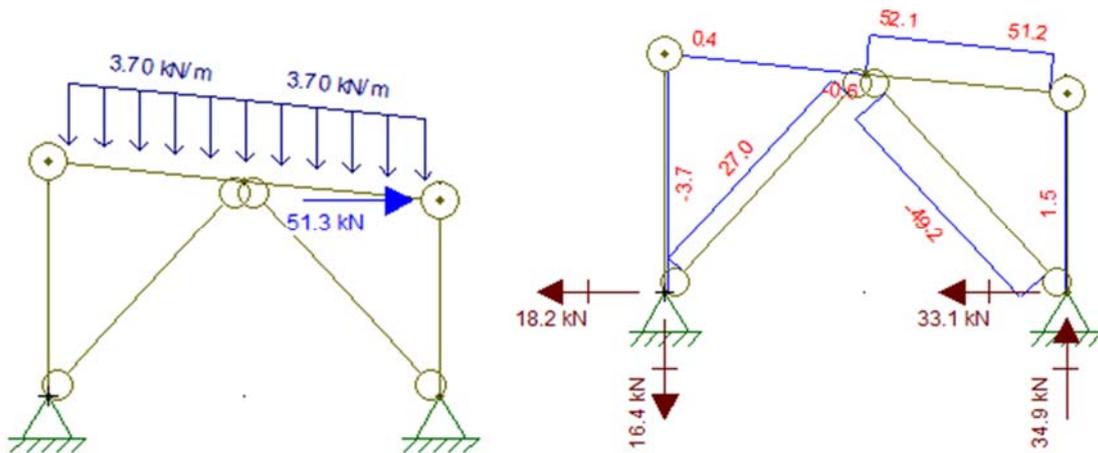


Figura 4. Tettoia comparto disinfezione – portale con controventi a V - sforzo normale e reazioni vincolari sugli elementi.

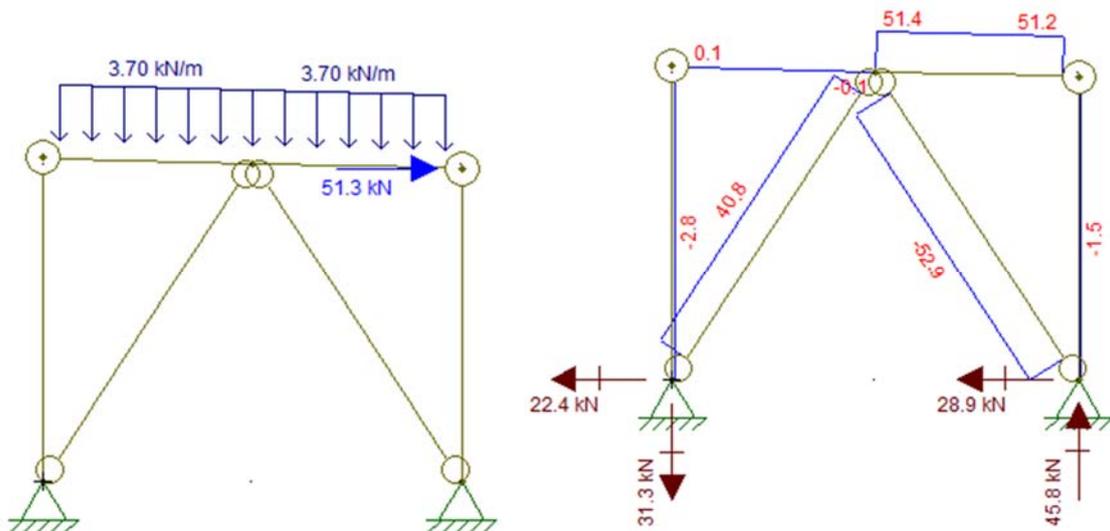


Figura 5. Tettoia comparto biologico – portale con controventi a V - sforzo normale e reazioni vincolari sugli elementi.

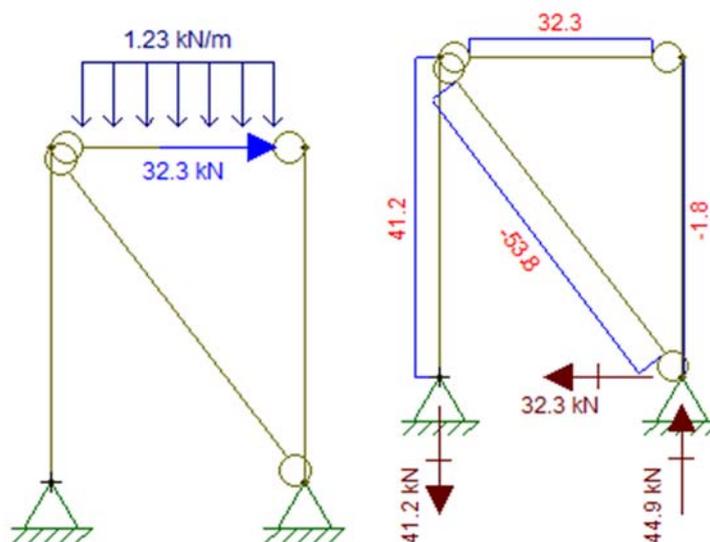


Figura 6. Locale soffianti – portale con controventi a X - sforzo normale e reazioni vincolari sugli elementi.

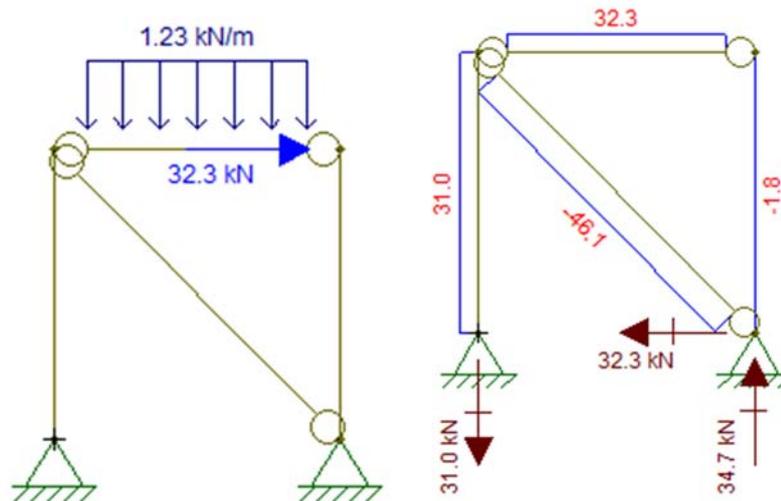


Figura 7. Tettoia comparto disinfezione – portale con controventi a X - sforzo normale e reazioni vincolari sugli elementi.

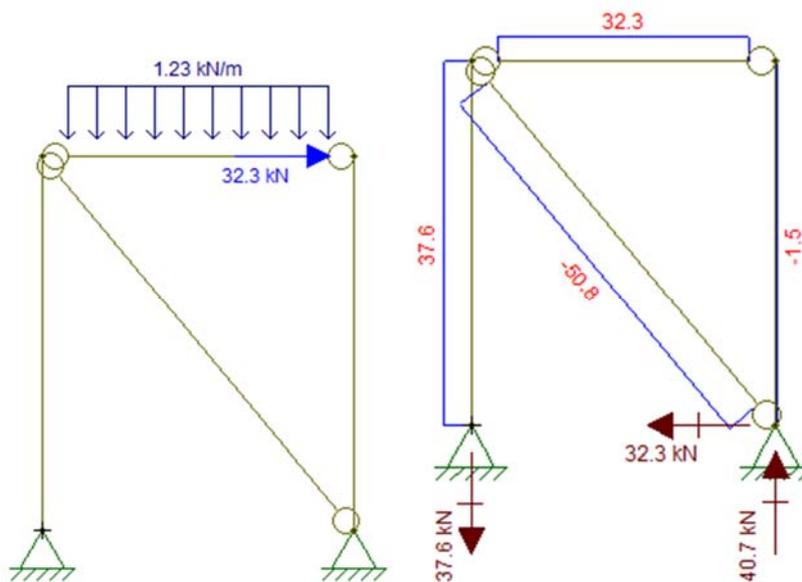


Figura 8. Tettoia comparto biologico – portale con controventi a X - sforzo normale e reazioni vincolari sugli elementi

### 1.5.1 Verifica controvento a "V"

La verifica a SLU del diagonale di controvento è riportata nella Tabella 11.

La verifica del giunto bullonato di estremità (costituito da n° 2 bulloni M12) e del piatto (e saldatura) di collegamento sono riportate rispettivamente nelle Tabella 12 e Tabella 13.

**DIAGONALI "V" - VERIFICA SLU**

PROFILO	L 100 x 65 x 7						
Area singolo profilo	A	[mm <sup>2</sup> ]	1120	<b>VERIFICA A SLU - RESISTENZA</b>			
Momenti d'inerzia singolo profilo	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1125000	Sf. normale resistente	N <sub>Rd</sub>	[kN]	250,67
	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	375800				
Distanza baricentro	y <sub>G</sub>	[mm]	15,1	<b>Verifica a sf. normale</b>	<b>0,211</b>	<	<b>1</b>
Spessore calastrolo	y	[mm]	8				
Area profilo assemblato	A	[mm <sup>2</sup> ]	2240				
Momenti d'inerzia del profilo assemblato	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	2250000	<b>VERIFICA A SLU - INSTABILITA'</b>			
	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1568774	Carico critico euleriano	N <sub>cr,v</sub>	[kN]	963
Modulo d'elasticità	E	[MPa]	2,00E+05		N <sub>cr,z</sub>	[kN]	168
Modulo tangenziale	G	[MPa]	7,69E+04	Snellezza	λ <sub>v</sub>	[ ]	74
Luce d'inflessione	l	[mm]	4670		λ <sub>z</sub>	[ ]	176
Coefficiente di vincolo	β	[ ]	1	Snellezza normalizzata	λ <sub>v</sub>	[ ]	0,739
Luce libera d'inflessione	L	[mm]	4670		λ <sub>z</sub>	[ ]	1,771
				Fattore di imperfezione	α	[ ]	0,34
Tens. caratt. snervamento	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235		Φ	[ ]	2,335
				Coefficient riduttivo	χ <sub>min</sub>	[ ]	0,259
Sforzo normale compr.	N <sub>Ed</sub>	[kN]	52,900	Sf. normale resistente	N <sub>b,Rd</sub>	[kN]	129,99
				<b>Verifica a sf. normale</b>	<b>0,407</b>	<	<b>1</b>

**Tabella 11. Controventi a "V" – verifica del diagonale a SLU – superamento resistenza limite ed instabilità**
**CONTROVENTI "V" L100 X 65 X 7 - VERIFICA GIUNTO**

Diametro bullone	d	[mm]	12,00	Classe bullone			8,8
Diametro foro	d <sub>0</sub>	[mm]	13,00	Classe acciaio			S235
Diametro del dado	d <sub>m</sub>	[mm]	19,30	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	84,30	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00
				Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00
Spessore piastra	t	[mm]	7,00				
				Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	52,90
Geometria bullonatura	e <sub>1</sub>	[mm]	30,00	Taglio verticale di progetto	V <sub>z,Ed</sub>	[kN]	0,00
	e <sub>2</sub>	[mm]	40,00	Taglio orizzontale di progetto	V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	0,00
	p <sub>1</sub>	[mm]	40,00				
	p <sub>2</sub>	[mm]	35,00	<b>Sforzi sul singolo bullone</b>			
Valori limite geometria	e <sub>1</sub>	[mm]	15,60	Taglio di progetto	F <sub>v,Ed</sub>	[kN]	26,450
			68,00	Trazione di progetto	F <sub>t,Ed</sub>	[kN]	0,00
	e <sub>2</sub>	[mm]	15,60				
			68,00	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M2</sub>	[ ]	1,25
	p <sub>1</sub>	[mm]	28,60				
			98,00	Resistenza a taglio	F <sub>v,Rd</sub>	[kN]	32,37
p <sub>2</sub>	[mm]	31,20	Resistenza a rifollamento	F <sub>b,Rd</sub>	[kN]	46,52	
		98,00	Resistenza a trazione	F <sub>t,Rd</sub>	[kN]	48,56	
Numero colonne bulloni	c		1,00	Resistenza a punzonamento	B <sub>p,Rd</sub>	[kN]	73,34
Numero righe bulloni	r		2,00				
				<b>Verifica a taglio</b>	<b>26,45</b>	<	<b>32,37</b>
Bulloni di bordo paralleli	α	[ ]	0,77	<b>Verifica a trazione</b>	<b>0,00</b>	<	<b>48,56</b>
Bulloni interni paralleli	α	[ ]	0,78	<b>Verifica a taglio + trazione</b>	<b>0,817</b>	<	<b>1,00</b>
Bulloni di bordo perpendic.	k	[ ]	2,50				
Bulloni interni perpendic.	k	[ ]	2,07	<b>Verifica instabilità piatto</b>	<b>5,714</b>	<	<b>9,00</b>

**Tabella 12. Controventi a "V" – verifica del diagonale a SLU – superamento resistenza ultima giunti bullonato**

**CONTROVENTI A "V" L 100 X 65 X 7 - VERIFICA SALDATURE**

Lunghezza piastra/cordone	d	[mm]	150,00	Resistenza snervam. acciaio	$f_{yk}$	[MPa]	235,00
Spessore piastra/cordone	t	[mm]	8,00	Resistenza a rottura acciaio	$f_{tk}$	[MPa]	360,00
Inclinazione rispetto profilo	$\alpha$	[ ]	33,00				
Braccio di leva	b	[mm]	100,00	Tensione normale max	$n_{\perp}$	[MPa]	159,89
Area resistente	$A_{res}$	[mm <sup>2</sup> ]	1200,00	Taglio parallelo	$t_{\parallel}$	[MPa]	55,46
Mom. Inerzia Y-Y	$J_y$	[mm <sup>4</sup> ]	2,3E+06	Taglio perpendicolare	$t_{\perp}$	[MPa]	0,00
Mom. Inerzia Z-Z	$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	6,4E+03				
Mom. Interzia polare	$J_p$	[mm <sup>4</sup> ]	2,6E+04	Verifica saldature			
Sforzo Normale	$N_{Ed}$	[kN]	14,41		$\beta_1$	[ ]	0,85
Taglio parallelo	$V_{\parallel,Ed}$	[kN]	44,37		$\beta_2$	[ ]	1,00
Taglio perpendicolare	$V_{\perp,Ed}$	[kN]	0,00	<b>Condizione [4.2.84]</b>	169,23	<	199,75
Mom. Flettente attorno Y-Y	$M_{y,Ed}$	[kNm]	4,44	<b>Condizione [4.2.85]</b>	159,89	<	235,000
Mom. Flettente attorno Z-Z	$M_{z,Ed}$	[kNm]	0,00				
Mom. Torcente	$M_{t,Ed}$	[kNm]	0,00				

**Tabella 13. Controventi a "V" – verifica del diagonale a SLU – superamento resistenza ultima saldature e piatti**
**1.5.2 Verifica controvento a "X"**

La verifica a SLU del diagonale di controvento è riportata nella Tabella 14.

La verifica del giunto bullonato di estremità (costituito da n° 2 bulloni M12) e del piatto (e saldatura) di collegamento sono riportate rispettivamente nelle Tabella 15 e Tabella 16.

**DIAGONALI A "X" - VERIFICA SLU**

<b>PROFILO</b>	<b>L 70 x 70 x 6</b>							
Area singolo profilo	A	[mm <sup>2</sup> ]	813	<b>VERIFICA A SLU - RESISTENZA</b>				
Momenti d'inerzia singolo profilo	$J_y$	[mm <sup>4</sup> ]	368800	Sf. normale resistente	$N_{Rd}$	[kN]	181,96	
	$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	368800					
Distanza baricentro	$y_G$	[mm]	19,3	<b>Verifica a sf. normale</b>	<b>0,296</b>	<	<b>1</b>	
Spessore calastrello	y	[mm]	8					
Area profilo assemblato	A	[mm <sup>2</sup> ]	1626	<b>VERIFICA A SLU - INSTABILITA'</b>				
Momenti d'inerzia del profilo assemblato	$J_y$	[mm <sup>4</sup> ]	737600	Carico critico euleriano	$N_{cr,y}$	[kN]	275	
	$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	1620339					
Modulo d'elasticità	E	[MPa]	2,00E+05		$N_{cr,z}$	[kN]	151	
Modulo tangenziale	G	[MPa]	7,69E+04	Snellezza	$\lambda_y$	[ ]	117	
Luce d'inflessione	l	[mm]	5000		$\lambda_z$	[ ]	158	
Coefficiente di vincolo	$\beta$	[ ]	1	Snellezza normalizzata	$\lambda_y$	[ ]	1,178	
Luce libera d'inflessione	L	[mm]	5000		$\lambda_z$	[ ]	1,589	
				Fattore di imperfezione	$\alpha$	[ ]	0,34	
Tens. caratt. snervamento	$f_{yk}$	[MPa]	235		$\Phi$	[ ]	1,999	
				Coefficient riduttivo	$\chi_{min}$	[ ]	0,311	
Sforzo normale compr.	$N_{Ed}$	[kN]	53,800	Sf. normale resistente	$N_{b,Rd}$	[kN]	113,30	
				<b>Verifica a sf. normale</b>	<b>0,475</b>	<	<b>1</b>	

**Tabella 14. Controventi a "X" – verifica del diagonale a SLU – superamento resistenza limite ed instabilità**

**CONTROVENTI "X" L70 X 70 X 6 - VERIFICA GIUNTO**

Diametro bullone	d	[mm]	12,00	Classe bullone			8,8	
Diametro foro	d <sub>0</sub>	[mm]	13,00	Classe acciaio			S235	
Diametro del dado	d <sub>m</sub>	[mm]	19,30	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00	
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	84,30	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00	
				Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00	
Spessore piastra	t	[mm]	6,00					
				Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	53,80	
Geometria bullonatura	e <sub>1</sub>	[mm]	30,00	Taglio verticale di progetto	V <sub>z,Ed</sub>	[kN]	0,00	
	e <sub>2</sub>	[mm]	30,00	Taglio orizzontale di progetto	V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	0,00	
	p <sub>1</sub>	[mm]	40,00					
	p <sub>2</sub>	[mm]	35,00	<b>Sforzi sul singolo bullone</b>				
Valori limite geometria	e <sub>1</sub>	[mm]	15,60	Taglio di progetto	F <sub>v,Ed</sub>	[kN]	26,900	
			64,00	Trazione di progetto	F <sub>t,Ed</sub>	[kN]	0,00	
	e <sub>2</sub>	[mm]	15,60					
			64,00	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M2</sub>	[ ]	1,25	
	p <sub>1</sub>	[mm]	28,60					
			84,00	Resistenza a taglio	F <sub>v,Rd</sub>	[kN]	32,37	
	p <sub>2</sub>	[mm]	31,20	Resistenza a rifollamento	F <sub>b,Rd</sub>	[kN]	39,88	
			84,00	Resistenza a trazione	F <sub>t,Rd</sub>	[kN]	48,56	
Numero colonne bulloni	c		1,00	Resistenza a punzonamento	B <sub>p,Rd</sub>	[kN]	62,86	
Numero righe bulloni	r		2,00					
				<b>Verifica a taglio</b>	<b>26,90</b>	<	<b>32,37</b>	
Bulloni di bordo paralleli	α	[ ]	0,77	<b>Verifica a trazione</b>	<b>0,00</b>	<	<b>48,56</b>	
Bulloni interni paralleli	α	[ ]	0,78	<b>Verifica a taglio + trazione</b>	<b>0,831</b>	<	<b>1,00</b>	
Bulloni di bordo perpendic.	k	[ ]	2,50					
Bulloni interni perpendic.	k	[ ]	2,07	<b>Verifica instabilità piatto</b>	<b>6,667</b>	<	<b>9,00</b>	

**Tabella 15. Controventi a "X" – verifica del diagonale a SLU – superamento resistenza ultima giunti bullonato**
**CONTROVENTI A "X" L 70 X 70 X 6 - VERIFICA SALDATURE**

Lunghezza piastra/cordone	d	[mm]	190,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00
Spessore piastra/cordone	t	[mm]	8,00	Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00
Inclinazione rispetto profilo	α	[ ]	33,00				
Braccio di leva	b	[mm]	190,00	Tensione normale max	n <sub>L</sub>	[MPa]	187,75
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	1520,00	Taglio parallelo	t <sub>  </sub>	[MPa]	44,53
Mom. Inerzia Y-Y	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	4,6E+06	Taglio perpendicolare	t <sub>⊥</sub>	[MPa]	0,00
Mom. Inerzia Z-Z	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	8,1E+03				
Mom. Interzia polare	J <sub>p</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,2E+04	Verifica saldature			
Sforzo Normale	N <sub>Ed</sub>	[kN]	14,65		β <sub>1</sub>	[ ]	0,85
Taglio parallelo	V <sub>  ,Ed</sub>	[kN]	45,12		β <sub>2</sub>	[ ]	1,00
Taglio perpendicolare	V <sub>⊥,Ed</sub>	[kN]	0,00	<b>Condizione [4.2.84]</b>	192,95	<	199,75
Mom. Flettente attorno Y-Y	M <sub>y,Ed</sub>	[kNm]	8,57	<b>Condizione [4.2.85]</b>	187,75	<	235,00
Mom. Flettente attorno Z-Z	M <sub>z,Ed</sub>	[kNm]	0,00				
Mom. Torcente	M <sub>t,Ed</sub>	[kNm]	0,00				

**Tabella 16. Controventi a "X" – verifica del diagonale a SLU – superamento resistenza ultima saldature e piatti**
**1.5.3 Verifica arcarecci**

La verifica a SLU dell'arcareccio è riportata nella Tabella 17 e Tabella 18

La verifica del giunto bullonato di estremità e del piatto (e saldatura) di collegamento sono riportate rispettivamente nelle Tabella 19 e Tabella 20.

Si precisa che la verifica è condotta andando a sommare lo sforzo normale derivante dal sisma alle azioni precedentemente calcolate a SLU, in quanto l'azione sismica è equivalente e quella indotta dal vento, per la quale la verifica deve esser condotta utilizzando la combinazione fondamentale dei carichi e non quella sismica (per la quale i carichi verticali e le sollecitazioni sarebbero notevolmente inferiori).

ARCARECCI - VERIFICA SLU RESISTENZA - SISMICA							
PROFILO	IPE 120						
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	1320	<b>SOLLECITAZIONI</b>			
Mod. di res. plastico	$W_{pl,y}$	[mm <sup>3</sup> ]	60700	Momento massimo	$M_{vmax,Ed}$	[kNm]	2,771
	$W_{pl,z}$	[mm <sup>3</sup> ]	13600		$M_{zmax,Ed}$	[kNm]	0,242
Momenti d'inerzia	$J_y$	[mm <sup>4</sup> ]	3180000				
	$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	277000	Sforzo normale	$N_{Ed}$	[kN]	32,300
Altezza sezione	h	[mm]	120				
Laghezza sezione	b	[mm]	64	Tagli	$V_{zEd}$	[kN]	3,694
Spessore ali	$t_f$	[mm]	6,3		$V_{vEd}$	[kN]	0,323
Spessore anima	$t_w$	[mm]	4,4				
Raggio raccordo	r	[mm]	7	<b>VERIFICA A TAGLIO</b>			
				Area a taglio - anima	$A_{v,z}$	[mm <sup>2</sup> ]	630
Tens. caratt. snervamento	$f_{yk}$	[MPa]	235	Area a taglio - ali	$A_{v,y}$	[mm <sup>2</sup> ]	909
				Taglio resistente	$V_{z,c,Rd}$	[kN]	81,34
Luce d'inflessione	l	[m]	3		$V_{v,c,Rd}$	[kN]	117,46
Inclinazione profilo	$\alpha$	[°]	5		$V_{zEd}/V_{z,c,Rd}$	<b>0,045</b>	< <b>1</b>
Interasse arcarecci	i	[m]	1,13		$V_{vEd}/V_{v,c,Rd}$	<b>0,003</b>	< <b>1</b>
<b>CARICHI</b>				<b>VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE DEVIATA</b>			
Peso proprio profilo	$g_{1k}$	[kN/m]	0,104	Sf. normale resistente	$N_{Rd}$	[kN]	295,43
Pesi propri portati	$g_{2k}$	[kN/m]	1		n	[ ]	0,1093
Sovracc. accidentale	$q_{1k}$	[kN/m]	0,5		a	[ ]	0,389
Sovracc. neve	$q_{2k}$	[kN/m]	0,8	Mom. flett. resistente	$M_{N,v,Rd}$	[kNm]	13,585
Sovracc. vento	$q_{3k}$	[kN/m]	-1,84		$M_{N,z,Rd}$	[kNm]	3,044
		[kN/m]	1,545	<b>Verifica a presso-flex dev.</b>	<b>0,284</b>	<	<b>1</b>
Comb. sismica. SLU	$q_{SLU}$	[kN/m]	2,472				

**Tabella 17. Verifica arcareccio a SLU – superamento resistenza ultima -combinazione sismica**

**ARCARECCI - VERIFICA SLU INSTABILITA' - SISMICA**

<b>PROFILO</b>	<b>IPE 120</b>						
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	1320	Carico critico euleriano	N <sub>cr,v</sub>	[kN]	825
Mod. di res. plastico	W <sub>pL,v</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	6,07E+04		N <sub>cr,z</sub>	[kN]	72
	W <sub>pL,z</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	1,36E+04	Snellezza normalizzata	λ	[ ]	2,078
Momenti d'inerzia	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,18E+06	Fattore di imperfezione	α	[ ]	0,49
	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	2,77E+05		Φ	[ ]	3,119
Momento torsionale	J <sub>T</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,74E+04	Coefficient riduttivo	χ <sub>min</sub>	[ ]	0,184
Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	[mm <sup>6</sup> ]	0,00E+00				
				Coeff. distrib. momento	ψ	[ ]	1
Modulo d'elasticità	E	[MPa]	2,00E+05	Mom. critico d'instabilità	M <sub>cr</sub>	[kNm]	9
Modulo tangenziale	G	[MPa]	7,69E+04	Fattore di imperfezione	α <sub>LT</sub>	[ ]	0,34
				Fattore correttivo	k <sub>c</sub>	[ ]	0,94
Luce d'inflessione	l	[mm]	3000	Snellezza normalizzata	λ <sub>LT</sub>	[ ]	1,258
Coefficiente di vincolo	β	[ ]	1	Correz. distrib. momento	f	[ ]	0,983
Luce libera d'inflessione	L	[mm]	3000		Φ <sub>LT</sub>	[ ]	1,471
					Kχ	[ ]	0,643
Tens. caratt. snervamento	f <sub>vk</sub>	[MPa]	235		χ <sub>LT</sub>	[ ]	0,456
Momento max in mezzeria	M <sub>y,max,Ed</sub>	[kNm]	2,771	Momento medio	M <sub>vm,Ed</sub>	[kNm]	1,3854
	M <sub>z,max,Ed</sub>	[kNm]	0,242		M <sub>zm,Ed</sub>	[kNm]	0,1212
Momento min agli appoggi	M <sub>y,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000	Momento equivalente	M <sub>y,eq,Ed</sub>	[kNm]	2,078
	M <sub>z,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000		M <sub>z,eq,Ed</sub>	[kNm]	0,182
Sforzo normale compr.	N <sub>Ed</sub>	[kN]	32,300				
Snellezza	λ	[ ]	207				
<b>Verifica ad instabilità</b>	<b>0,945</b>	<b>&lt;</b>	<b>1,00</b>				

**Tabella 18. Verifica arcareccio a SLU – instabilità dell'equilibrio – combinazione sismica**

**ARCARECCIO IPE 120- ANIMA - VERIFICA GIUNTO - SISMICA**

Diametro bullone	d	[mm]	10,00	Classe bullone			8,8	
Diametro foro	d <sub>0</sub>	[mm]	11,00	Classe acciaio			S235	
Diametro del dado	d <sub>m</sub>	[mm]	19,00	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00	
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	58,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00	
				Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00	
Spessore piastra	t	[mm]	4,40					
Altezza piastra	h'	[mm]	90,00	Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	32,30	
Geometria bullonatura	e <sub>1</sub>	[mm]	27,00	Taglio verticale di progetto	V <sub>z,Ed</sub>	[kN]	3,69	
	e <sub>2</sub>	[mm]	25,00	Taglio orizzontale di progetto	V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	0,32	
	p <sub>1</sub>	[mm]	36,00					
	p <sub>2</sub>	[mm]	36,00	<b>Sforzi sul singolo bullone</b>				
Valori limite geometria	e <sub>1</sub>	[mm]	13,20	Taglio di progetto	F <sub>v,Ed</sub>	[kN]	16,647	
			57,60	Trazione di progetto	F <sub>t,Ed</sub>	[kN]	0,16	
	e <sub>2</sub>	[mm]	13,20					
			57,60	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M2</sub>	[ ]	1,25	
	p <sub>1</sub>	[mm]	24,20					
			61,60	Resistenza a taglio	F <sub>v,Rd</sub>	[kN]	22,27	
	p <sub>2</sub>	[mm]	26,40	Resistenza a rifollamento	F <sub>b,Rd</sub>	[kN]	25,92	
			61,60	Resistenza a trazione	F <sub>t,Rd</sub>	[kN]	33,41	
Numero colonne bulloni	c		1,00	Resistenza a punzonamento	B <sub>p,Rd</sub>	[kN]	45,38	
Numero righe bulloni	r		2,00					
				<b>Verifica a taglio</b>	<b>16,65</b>	<	<b>22,27</b>	
Bulloni di bordo paralleli	α	[ ]	0,82	<b>Verifica a trazione</b>	<b>0,16</b>	<	<b>33,41</b>	
Bulloni interni paralleli	α	[ ]	0,84	<b>Verifica a taglio + trazione</b>	<b>0,751</b>	<	<b>1,00</b>	
Bulloni di bordo perpendic.	k	[ ]	2,50					
Bulloni interni perpendic.	k	[ ]	2,50	<b>Verifica instabilità piatto</b>	<b>8,182</b>	<	<b>9,00</b>	

**Tabella 19. Verifica arcareccio a SLU – Superamento resistenza ultima del giunto bullonato – combinazione sismica**
**ARCARECCIO IPE 120 - ANIMA - VERIFICA SALDATURE - SISMICA**

Lunghezza piastra/cordone	d	[mm]	90,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00
Spessore piastra/cordone	t	[mm]	5,00	Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	450,00	Tensione normale max	n <sub>⊥</sub>	[MPa]	121,10
Mom. Inerzia Y-Y	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,0E+05	Taglio parallelo	t <sub>∥</sub>	[MPa]	12,31
Mom. Inerzia Z-Z	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	9,4E+02	Taglio perpendicolare	t <sub>⊥</sub>	[MPa]	1,08
Mom. Inerzia polare	J <sub>p</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,8E+03				
				Verifica saldature			
Sforzo Normale	N <sub>Ed</sub>	[kN]	32,30		β <sub>1</sub>	[ ]	0,85
Taglio parallelo	V <sub>∥,Ed</sub>	[kN]	3,69		β <sub>2</sub>	[ ]	1,00
Taglio perpendicolare	V <sub>⊥,Ed</sub>	[kN]	0,32	<b>Condizione [4.2.84]</b>	121,73	<	199,75
Mom. Flettente attorno Y-Y	M <sub>y,Ed</sub>	[kNm]	0,13	<b>Condizione [4.2.85]</b>	122,18	<	235,000
Mom. Flettente attorno Z-Z	M <sub>z,Ed</sub>	[kNm]	0,01				
Mom. Torcente	M <sub>t,Ed</sub>	[kNm]	0,00				

**Tabella 20 Verifica arcareccio a SLU – Superamento resistenza ultima piastra di giunto e saldature – combinazione sismica.**

### 1.5.4 Verifica trave principale

La verifica a SLU della trave a principale è riportata nella Tabella 21 e Tabella 22

La verifica del giunto bullonato di estremità e del piatto (e saldatura) di collegamento sono riportate rispettivamente nelle Tabella 23 e Tabella 24.

Si precisa che la verifica è condotta andando a sommare lo sforzo normale derivante dal sisma alle azioni precedentemente calcolate a SLU, in quanto l'azione sismica è equivalente e quella indotta dal vento, per la quale la verifica deve esser condotta utilizzando la combinazione fondamentale dei carichi e non quella sismica (per la quale i carichi verticali e le sollecitazioni sarebbero notevolmente inferiori).

TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA SLU RESISTENZA - SISMICA							
PROFILO	HE 200 A						
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	5380	<b>SOLLECITAZIONI</b>			
Mod. di res. plastico	$W_{pl,y}$	[mm <sup>3</sup> ]	429500	Momento massimo	$M_{vmax,Ed}$	[kNm]	39,831
	$W_{pl,z}$	[mm <sup>3</sup> ]	203800		$M_{zmax,Ed}$	[kNm]	0,000
Momenti d'inerzia	$J_y$	[mm <sup>4</sup> ]	36920000	Sforzo normale	$N_{Ed}$	[kN]	52,300
	$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	13360000	Tagli	$V_{zEd}$	[kN]	34,400
Altezza sezione	h	[mm]	190		$V_{vEd}$	[kN]	0,000
Laghezza sezione	b	[mm]	200				
Spessore ali	$t_f$	[mm]	10	<b>VERIFICA A TAGLIO</b>			
Spessore anima	$t_w$	[mm]	6,5	Area a taglio - anima	$A_{v,z}$	[mm <sup>2</sup> ]	1805
Raggio raccordo	r	[mm]	18	Area a taglio - ali	$A_{v,v}$	[mm <sup>2</sup> ]	4509
				Taglio resistente	$V_{z,c,Rd}$	[kN]	233,24
Tens. caratt. snervamento	$f_{yk}$	[MPa]	235		$V_{v,c,Rd}$	[kN]	582,64
					$V_{zEd}/V_{z,c,Rd}$	<b>0,147</b>	< <b>1</b>
Luce d'inflessione	l	[m]	5,65		$V_{vEd}/V_{v,c,Rd}$	<b>0,000</b>	< <b>1</b>
Inclinazione profilo	$\alpha$	[°]	0				
				<b>VERIFICA A PRESSO-FLESSIONE DEVIATA</b>			
				Sf. normale resistente	$N_{Rd}$	[kN]	1204,10
					n	[ ]	0,0434
					a	[ ]	0,257
				Mom. flett. resistente	$M_{N,y,Rd}$	[kNm]	96,126
					$M_{N,z,Rd}$	[kNm]	45,612
				<b>Verifica a presso-flex dev.</b>	<b>0,414</b>	<	<b>1</b>

Tabella 21. Verifica trave principale a SLU – superamento resistenza ultima -combinazione sismica

**TRAVI PRINCIPALI - VERIFICA SLU INSTABILITA' - SISMICA**

PROFILO	HE 200 A						
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	5380	Carico critico euleriano	N <sub>cr,v</sub>	[kN]	2699
Mod. di res. plastico	W <sub>pL,y</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	4,30E+05		N <sub>cr,z</sub>	[kN]	977
	W <sub>pL,z</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	2,04E+05	Snellezza normalizzata	λ	[ ]	1,138
Momenti d'inerzia	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	3,69E+07	Fattore di imperfezione	α	[ ]	0,49
	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,34E+07		Φ	[ ]	1,377
Momento torsionale	J <sub>T</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	2,10E+05	Coefficient riduttivo	χ <sub>min</sub>	[ ]	0,465
Costante d'ingobbamento	J <sub>w</sub>	[mm <sup>6</sup> ]	0,00E+00				
				Coeff. distrib. momento	ψ	[ ]	1
Modulo d'elasticità	E	[MPa]	2,00E+05	Mom. critico d'instabilità	M <sub>cr</sub>	[kNm]	115
Modulo tangenziale	G	[MPa]	7,69E+04	Fattore di imperfezione	α <sub>LT</sub>	[ ]	0,34
				Fattore correttivo	k <sub>c</sub>	[ ]	0,94
Luce d'inflessione	l	[mm]	5650	Snellezza normalizzata	λ <sub>LT</sub>	[ ]	0,935
Coefficiente di vincolo	β	[ ]	1	Correz. distrib. momento	f	[ ]	0,971
Luce libera d'inflessione	L	[mm]	5650		Φ <sub>LT</sub>	[ ]	1,062
					Kχ	[ ]	1,000
Tens. caratt. snervamento	f <sub>vk</sub>	[MPa]	235		χ <sub>LT</sub>	[ ]	0,658
Momento max in mezzeria	M <sub>y,max,Ed</sub>	[kNm]	39,831	Momento medio	M <sub>vm,Ed</sub>	[kNm]	19,915
	M <sub>z,max,Ed</sub>	[kNm]	0,000		M <sub>zm,Ed</sub>	[kNm]	0
Momento min agli appoggi	M <sub>y,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000	Momento equivalente	M <sub>y,eq,Ed</sub>	[kNm]	29,873
	M <sub>z,min,Ed</sub>	[kNm]	0,000		M <sub>z,eq,Ed</sub>	[kNm]	0,000
Sforzo normale compr.	N <sub>Ed</sub>	[kN]	0,000				
Snellezza	λ	[ ]	113				
<b>Verifica ad instabilità</b>	<b>0,473</b>	<b>&lt;</b>	<b>1,00</b>				

**Tabella 22. Verifica trave principale a SLU – instabilità dell'equilibrio – combinazione sismica**

TRAVE PRINCIPALE HE 200 A - ANIMA - VERIFICA GIUNTO - SISMICA								
Diametro bullone	d	[mm]	12,00	Classe bullone			8,8	
Diametro foro	d <sub>0</sub>	[mm]	13,00	Classe acciaio			S235	
Diametro del dado	d <sub>m</sub>	[mm]	19,30	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00	
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	84,30	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00	
				Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00	
Spessore piastra	t	[mm]	6,50					
Altezza piastra	h'	[mm]	#####	Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	52,30	
Geometria bullonatura	e <sub>1</sub>	[mm]	25,00	Taglio verticale di progetto	V <sub>z,Ed</sub>	[kN]	34,40	
	e <sub>2</sub>	[mm]	30,00	Taglio orizzontale di progetto	V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	0,00	
	p <sub>1</sub>	[mm]	45,00					
	p <sub>2</sub>	[mm]	45,00	<b>Sforzi sul singolo bullone</b>				
Valori limite geometria	e <sub>1</sub>	[mm]	15,60	Taglio di progetto	F <sub>v,Ed</sub>	[kN]	25,868	
			66,00	Trazione di progetto	F <sub>t,Ed</sub>	[kN]	0,00	
	e <sub>2</sub>	[mm]	15,60					
			66,00	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M2</sub>	[ ]	1,25	
	p <sub>1</sub>	[mm]	28,60					
			91,00	Resistenza a taglio	F <sub>v,Rd</sub>	[kN]	32,37	
	p <sub>2</sub>	[mm]	31,20	Resistenza a rifollamento	F <sub>b,Rd</sub>	[kN]	36,00	
			91,00	Resistenza a trazione	F <sub>t,Rd</sub>	[kN]	48,56	
Numero colonne bulloni	c		1,00	Resistenza a punzonamento	B <sub>p,Rd</sub>	[kN]	68,10	
Numero righe bulloni	r		3,00					
				<b>Verifica a taglio</b>	<b>25,87</b>	<	<b>32,37</b>	
Bulloni di bordo paralleli	α	[ ]	0,64	<b>Verifica a trazione</b>	<b>0,00</b>	<	<b>48,56</b>	
Bulloni interni paralleli	α	[ ]	0,90	<b>Verifica a taglio + trazione</b>	<b>0,799</b>	<	<b>1,00</b>	
Bulloni di bordo perpendic.	k	[ ]	2,50					
Bulloni interni perpendic.	k	[ ]	2,50	<b>Verifica instabilità piatto</b>	<b>6,92</b>	<	<b>9,00</b>	

**Tabella 23. Verifica trave principale a SLU – Superamento resistenza ultima del giunto bullonato – combinazione sismica**

TRAVE PRINCIPALE HE 200 A - ANIMA - VERIFICA GIUNTO - SISMICA							
Lunghezza piastra/cordone	d	[mm]	140,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00
Spessore piastra/cordone	t	[mm]	6,00	Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	840,00	Tensione normale max	n <sub>⊥</sub>	[MPa]	141,24
Mom. Inerzia Y-Y	J <sub>y</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,4E+06	Taglio parallelo	t <sub>∥</sub>	[MPa]	61,43
Mom. Inerzia Z-Z	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	2,5E+03	Taglio perpendicolare	t <sub>⊥</sub>	[MPa]	0,00
Mom. Inerzia polare	J <sub>p</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,0E+04				
				Verifica saldature			
Sforzo Normale	N <sub>Ed</sub>	[kN]	52,30		β <sub>1</sub>	[ ]	0,85
Taglio parallelo	V <sub>∥,Ed</sub>	[kN]	34,40		β <sub>2</sub>	[ ]	1,00
Taglio perpendicolare	V <sub>⊥,Ed</sub>	[kN]	0,00	<b>Condizione [4.2.84]</b>	154,02	<	199,75
Mom. Flettente attorno Y-Y	M <sub>y,Ed</sub>	[kNm]	1,55	<b>Condizione [4.2.85]</b>	141,24	<	235,000
Mom. Flettente attorno Z-Z	M <sub>z,Ed</sub>	[kNm]	0,00				
Mom. Torcente	M <sub>t,Ed</sub>	[kNm]	0,00				

**Tabella 24 Verifica trave principale a SLU – Superamento resistenza ultima piastra di giunto e saldature – combinazione sismica.**

### 1.5.5 Verifica colonna

La verifica a SLU della trave a principale è riportata nella Tabella 25

La verifica del giunto di base è riportata nelle Tabella 26, Tabella 27 e Tabella 28.

A tale fine, dall'analisi dei telai controventati si evincono le seguenti sollecitazioni agenti sui tirafondi:

- Massimo sforzo di trazione nella colonna del controvento a "V" – 31,3 kN
- Massimo taglio nella colonna del controvento a "V" – 33,1 kN
- Massima trazione nella colonna del controvento a "X" – 41,2 kN
- Massimo taglio nella colonna del controvento a "X" – 32,3 kN

La verifica è condotta ammettendo, a favor di sicurezza, la contemporaneità di tutte le azioni suddette, avendo almeno una colonna in comune tra due portali controventati ortogonali.

COLONNE							
PROFILO	HE 160 A						
Area	A	[mm <sup>2</sup> ]	3,88E+03	<b>VERIFICA A SLU - RESISTENZA</b>			
Mod. di res. plastico	W <sub>el,v</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	2,45E+05	Sf. normale resistente	N <sub>Rd</sub>	[kN]	868,38
	W <sub>el,z</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	1,18E+05				
Momenti d'inerzia	J <sub>v</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	1,67E+07	<b>Verifica a sf. normale</b>	<b>0,083</b>	<b>&lt;</b>	<b>1</b>
	J <sub>z</sub>	[mm <sup>4</sup> ]	6,16E+06				
Modulo d'elasticità	E	[MPa]	2,00E+05	<b>VERIFICA A SLU - INSTABILITA'</b>			
Modulo tangenziale	G	[MPa]	7,69E+04	Carico critico euleriano	N <sub>cr,v</sub>	[kN]	1928
					N <sub>cr,z</sub>	[kN]	709
Luce d'inflessione	l	[mm]	4500	Snellezza normalizzata	λ	[ ]	1,134
Coefficiente di vincolo	β	[ ]	1	Fattore di imperfezione	α	[ ]	0,49
Luce libera d'inflessione	L	[mm]	4500		Φ	[ ]	1,371
					Coefficient riduttivo	χ <sub>min</sub>	[ ]
Tens. caratt. snervamento	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235	Sf. normale resistente	N <sub>b,Rd</sub>	[kN]	405,23
Sforzo normale compr.	N <sub>Ed</sub>	[kN]	72,500	<b>Verifica a sf. normale</b>	<b>0,179</b>	<b>&lt;</b>	<b>1</b>
Snellezza	λ	[ ]	113				

Tabella 25. Colonne – verifica a SLU – superamento resistenza limite ed instabilità

PIASTRA DI BASE HE 160 A - VERIFICA GIUNTO								
Diametro bullone	d	[mm]	16,00	Classe bullone			8,8	
Diametro foro	d <sub>0</sub>	[mm]	17,00	Classe acciaio			S235	
Diametro del dado	d <sub>m</sub>	[mm]	24,00	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00	
Area resistente	A <sub>res</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	157,0	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00	
				Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00	
Spessore piastra	t	[mm]	12,00	Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	72,50	
				Geometria bullonatura	e <sub>1</sub>	[mm]	30,00	Taglio verticale di progetto
e <sub>2</sub>	[mm]	67,00	Taglio orizzontale di progetto		V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	32,20	
p <sub>1</sub>	[mm]	47,00						
p <sub>2</sub>	[mm]	47,00	<b>Sforzi sul singolo bullone</b>					
Valori limite geometria	e <sub>1</sub>	[mm]	20,40	Taglio di progetto	F <sub>v,Ed</sub>	[kN]	23,089	
			88,00	Trazione di progetto	F <sub>t,Ed</sub>	[kN]	36,25	
	e <sub>2</sub>	[mm]	20,40					
			88,00	Coefficiente di sicurezza	γ <sub>M2</sub>	[ ]	1,25	
	p <sub>1</sub>	[mm]	37,40					
			168,0	Resistenza a taglio	F <sub>v,Rd</sub>	[kN]	60,29	
	p <sub>2</sub>	[mm]	40,80	Resistenza a rifollamento	F <sub>b,Rd</sub>	[kN]	81,32	
			168,0	Resistenza a trazione	F <sub>t,Rd</sub>	[kN]	90,43	
Numero colonne bulloni	c		1,00	Resistenza a punzonamento	B <sub>p,Rd</sub>	[kN]	156,35	
Numero righe bulloni	r		2,00					
				<b>Verifica a taglio</b>	<b>23,09</b>	<	<b>60,29</b>	
Bulloni di bordo paralleli	α	[ ]	0,59	<b>Verifica a trazione</b>	<b>36,25</b>	<	<b>90,43</b>	
Bulloni interni paralleli	α	[ ]	0,67	<b>Verifica a taglio + trazione</b>	<b>0,669</b>	<	<b>1,00</b>	
Bulloni di bordo perpendic.	k	[ ]	2,50					
Bulloni interni perpendic.	k	[ ]	2,17	<b>Verifica instabilità piatto</b>	<b>3,917</b>	<	<b>9,00</b>	

Tabella 26. Colonne – verifica a SLU – superamento resistenza limite giunto di base

PIASTRA DI BASE HE 160 A - TIRAFONDI - DATI DI BASE							
Diametro bullone	d	[mm]	16,00	Classe bullone			8,8
Diametro rondella terminale	d <sub>0</sub>	[mm]	40,00	Classe acciaio			S235
				Classe calcestruzzo			C32/40
Spessore piastra	t	[mm]	15,00	Resistenza a rottura bullone	f <sub>tbk</sub>	[MPa]	800,00
Altezza attuale platea	h	[mm]	300,00	Resistenza snervam. acciaio	f <sub>yk</sub>	[MPa]	235,00
Profondità infissione	h <sub>ef</sub>	[mm]	250,00	Resistenza a rottura acciaio	f <sub>tk</sub>	[MPa]	360,00
Spaziatura in z-z	s <sub>1</sub>	[mm]	--	Resistenza a trazione cls	f <sub>ctk</sub>	[MPa]	2,12
Spaziatura in y-y	s <sub>2</sub>	[mm]	100,00	Resistenza di aderenza cls	f <sub>bk</sub>	[MPa]	3,33
Bordo in z-z	c <sub>1</sub>	[mm]	345,00				
Bordo in y-y	c <sub>2</sub>	[mm]	--	Sf. Normale di progetto	N <sub>Ed</sub>	[kN]	72,50
Numero ancoraggi	n	[ ]	2,00	Taglio verticale di progetto	V <sub>z,Ed</sub>	[kN]	33,10
				Taglio orizzontale di progetto	V <sub>y,Ed</sub>	[kN]	32,20
				Taglio di progetto	V <sub>Ed</sub>	[kN]	46,18

Tabella 27. Colonne – verifica a SLU – superamento resistenza limite tirafondi – dati di base

PIASTRA DI BASE HE 160 A - TIRAFONDI - DATI DI BASE							
VERIFICHE A TRAZIONE				VERIFICHE A TAGLIO			
Verifica a pull-out e rottura a cono del cls				Verifica a pry-out del cls			
Resistenza iniziale ancoraggio	$N_{Rk,p}^0$	[kN]	104,73	Resistenza caratt. a pull-out	$N_{Rk,p}$	[kN]	145,40
	$s_{cr,Np}$	[mm]	545,05	Resistenza caratt. cono cls	$N_{Rk,c}$	[kN]	268,13
	$c_{cr,Np}$	[mm]	272,53	Resistenza di calcolo	$V_{Rk,cp}$	[kN]	290,81
Area di influenza singolo	$A_{p,n}^0$	[mm <sup>2</sup> ]	3,0E+05	Coeff. di sicurezza	$\gamma_{Mc}$	[ ]	1,50
Area di influenza gruppo	$A_{p,n}$	[mm <sup>2</sup> ]	3,5E+05	Resistenza di calcolo	$V_{Sd,cp}$	[kN]	193,87
Fattore di disturbo di bordo	$\psi_{s,Np}$	[ ]	1,00				
	$\psi_{g,Np}^0$	[ ]	1,30	Verifica a rottura del bordo di cls			
Fattore di disturbo di gruppo	$\psi_{g,Np}$	[ ]	1,17	Resistenza iniziale ancoraggio	$V_{Rk,C}^0$	[kN]	166,04
Disturbo da eccentricità	$\psi_{ec,Np}$	[ ]	1,00	Area di influenza singolo	$A_{c,v}^0$	[mm <sup>2</sup> ]	5,4E+05
Disturbo da armature platea	$\psi_{re,Np}$	[ ]	1,00	Area di influenza gruppo	$A_{c,v}$	[mm <sup>2</sup> ]	3,4E+05
Resistenza ancoraggio	$N_{Rk,p}$	[kN]	145,40	Fattore di disturbo di bordo	$\psi_{s,v}$	[ ]	1,00
Coeff. di sicurezza	$\gamma_{Mp}$	[ ]	1,50	Fattore sproporzionalità	$\psi_{h,v}$	[ ]	1,31
Resistenza di calcolo	$N_{Sd,p}$	[kN]	96,94		$\alpha_v$	[ ]	44,21
				Fattore inclinazione	$\psi_{\alpha,v}$	[ ]	1,30
Verifica a rottura a cono del cls				Disturbo da eccentricità	$\psi_{ec,v}$	[ ]	1,00
Resistenza iniziale ancoraggio	$N_{Rk,c}^0$	[kN]	252,50	Disturbo da armature platea	$\psi_{re,v}$	[ ]	1,00
	$s_{cr,N}$	[mm]	750,00	Resistenza di calcolo	$V_{Rk,c}$	[kN]	180,25
	$c_{cr,N}$	[mm]	375,00	Coeff. di sicurezza	$\gamma_{Mc}$	[ ]	1,50
Area di influenza singolo	$A_{p,n}^0$	[mm <sup>2</sup> ]	5,6E+05	Resistenza di calcolo	$V_{Sd,cp}$	[kN]	120,17
Area di influenza gruppo	$A_{p,n}$	[mm <sup>2</sup> ]	6,1E+05				
Fattore di disturbo di bordo	$\psi_{s,N}$	[ ]	0,98	<b>VERIFICHE COMBINATA TAGLIO + TRAZIONE</b>			
Disturbo da armature platea	$\psi_{re,N}$	[ ]	1,00	Max sfruttamento a sf. normale	$\beta_N$	[ ]	0,75
Disturbo da eccentricità	$\psi_{ec,Np}$	[ ]	1,00	Max sfruttamento a taglio	$\beta_V$	[ ]	0,38
Resistenza ancoraggio	$N_{Rk,c}$	[kN]	268,13	Verifica combinata (< 1,2)	$\beta_N + \beta_V$	[ ]	1,13
Coeff. di sicurezza	$\gamma_{Mp}$	[ ]	1,50				
Resistenza di calcolo	$N_{Sd,c}$	[kN]	178,75				
Verifica a splitting							
Altezza minima platea	$h_{min}$	[mm]	500,00				
	$s_{cr,sp}$	[mm]	512,00				
	$c_{cr,sp}$	[mm]	256,00				
Area di influenza singolo	$A_{p,n}^0$	[mm <sup>2</sup> ]	2,6E+05				
Area di influenza gruppo	$A_{p,n}$	[mm <sup>2</sup> ]	3,1E+05				
Influenza spessore	$\psi_{h,Sp}$	[ ]	1,00				
Resistenza di calcolo	$N_{Sd,sp}$	[kN]	294,57				
Coeff. di sicurezza	$\gamma_{Mp}$	[ ]	1,50				
Resistenza di calcolo	$N_{Sd,c}$	[kN]	196,38				

**Tabella 28. Colonne – verifica a SLU – superamento resistenza limite tirafondi – calcolo resistenze**

## 1.6 Verifica della platea in calcestruzzo armato

Al fine del calcolo della platea della tettoia si è sviluppato un modello di calcolo agli elementi finiti.

Sono state analizzate la struttura in c.a. della tettoia a servizio del biologico e la platea del locale soffianti.

Non si analizza la platea della tettoia a servizio del comparto disinfezione essendo che essa presenta



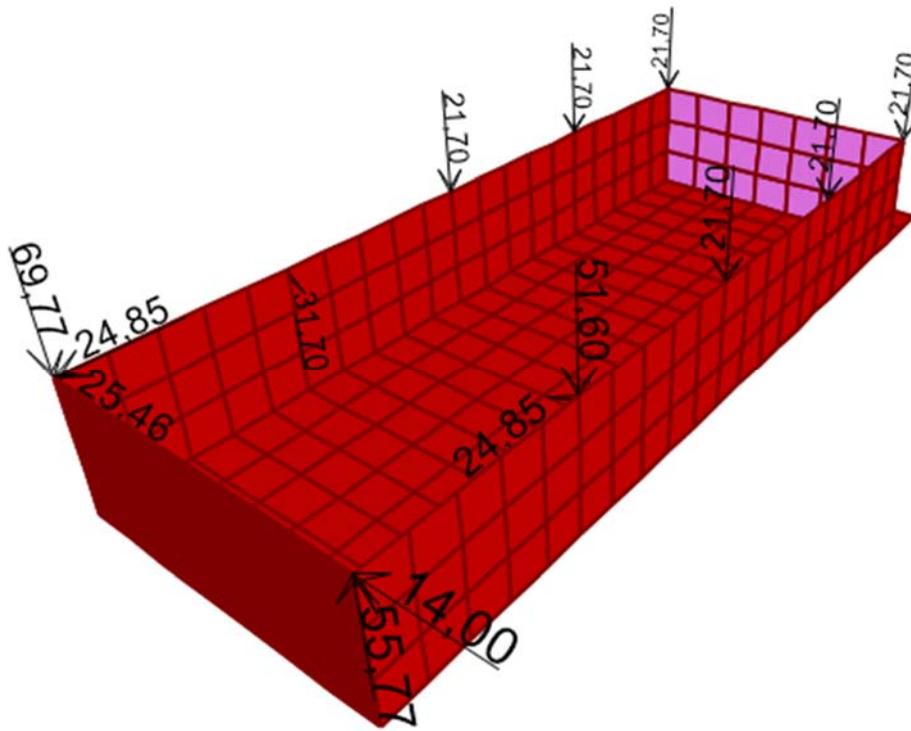
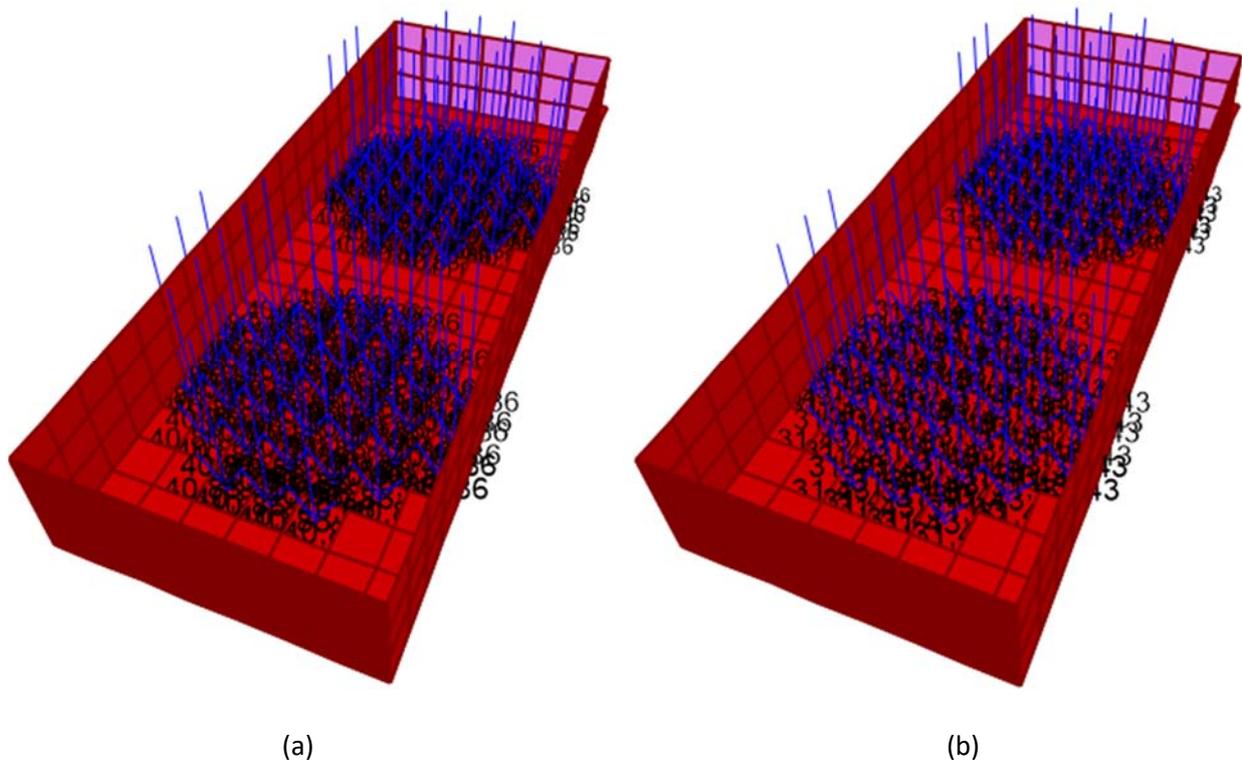


Figura 10. Tettoia comparto biologico. Carichi indotti dalla struttura metallica in combinazione SLE.

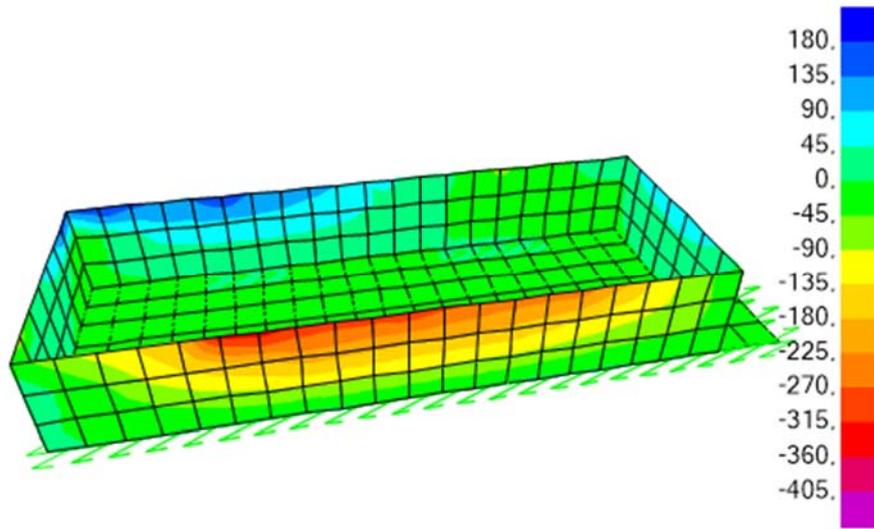


(a)

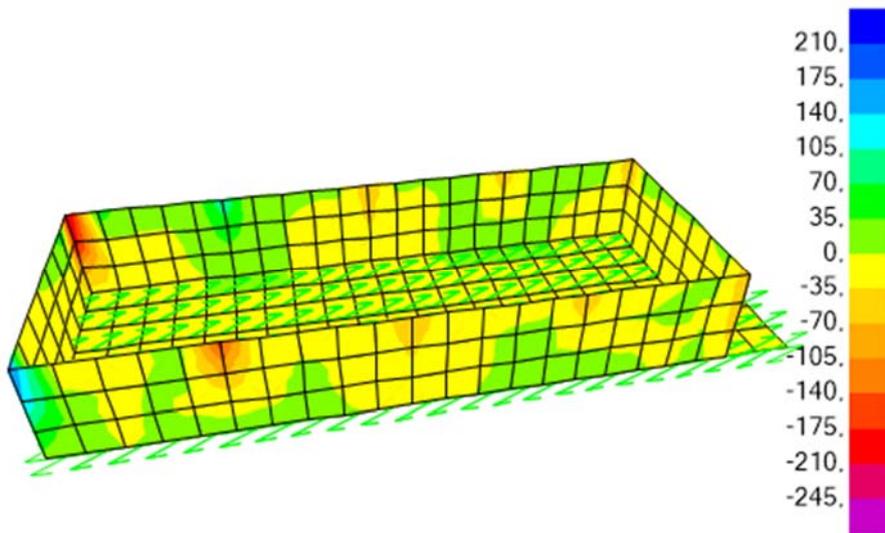
(b)

Figura 11. Tettoia comparto biologico. Assegnazione del carico trasmesso dai serbatoi PAC. (a) SLU, (b) SLE.

Si propongono nelle seguenti figure le sollecitazioni in combinazione SLU.

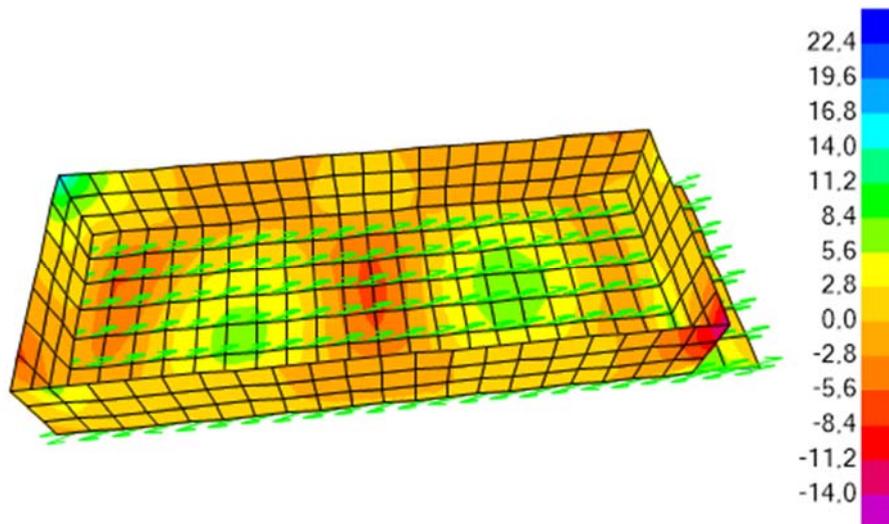


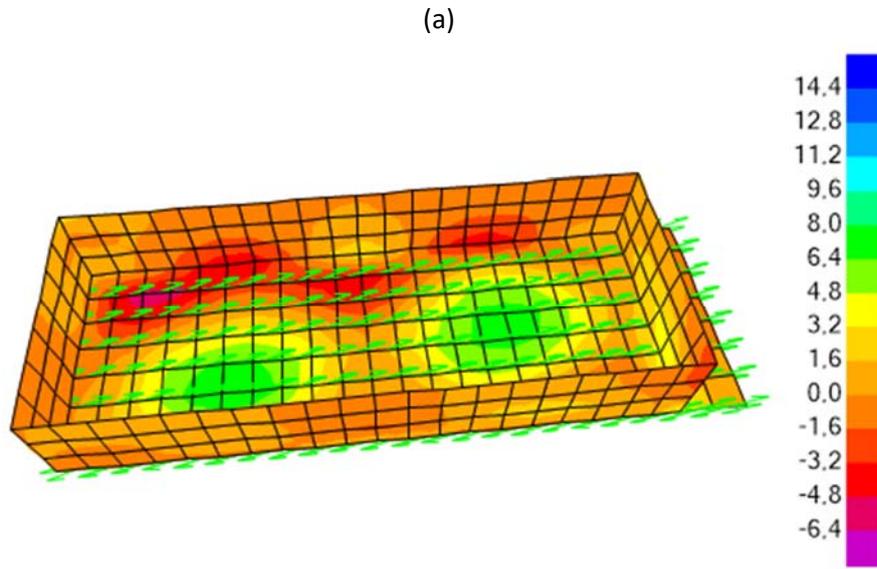
(a)



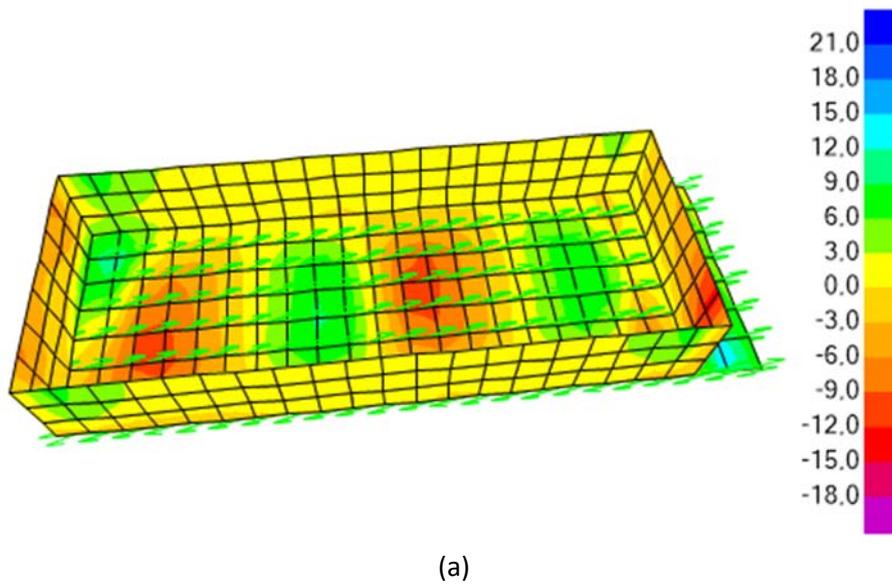
(b)

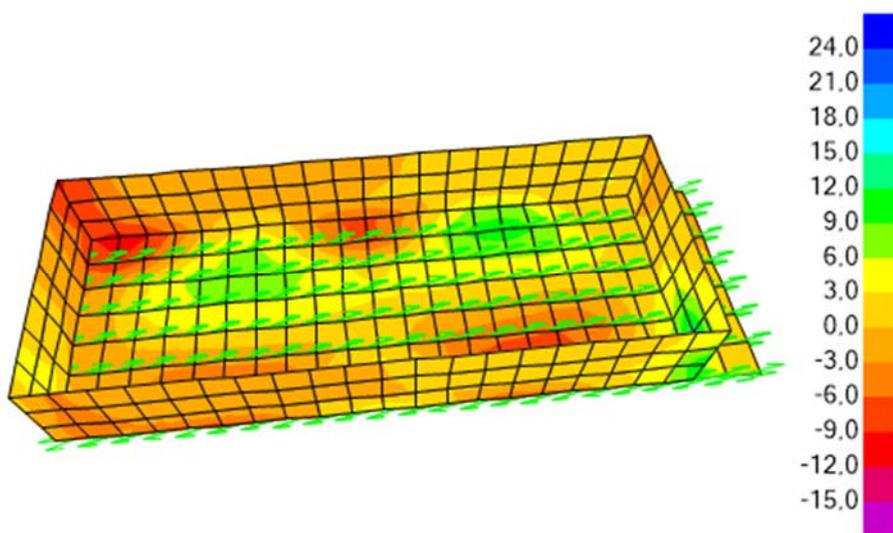
Figura 12. Tettoia comparto biologico. (a) Sforzo normale F11 orizzontale e (b) sforzo normale F22 verticale.





(b)  
**Figura 13. Tettoia comparto biologico. (a) Momento flettente M11 (direzione X-X) e (b) momento flettente M22 (direzione Y-Y).**





(b)

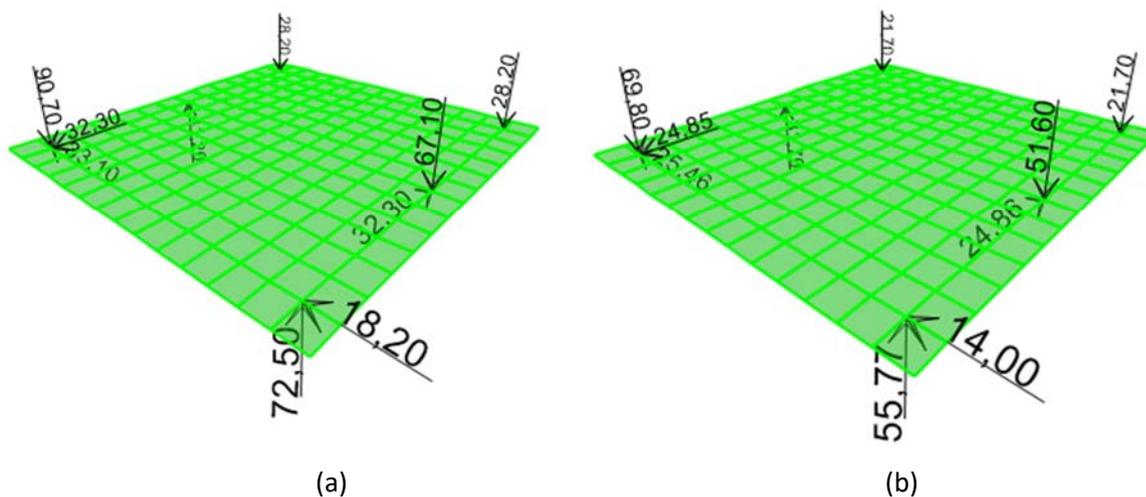
Figura 14. Tettoia comparto biologico. (a) Taglio V13 e (b) taglio V23.

### 1.6.2 Locale soffianti

Valgono le stesse considerazioni, in materia di carichi e combinazioni, di cui al precedente paragrafo.

Viene considerato in questa sede anche una pressione di 50 kPa rappresentativa delle soffianti.

Nelle figure seguenti si riportano le assegnazioni dei carichi e le sollecitazioni flettenti e taglianti a SLU, a titolo esemplificativo.



(a)

(b)

Figura 15. Tettoia locale soffianti. Carichi indotti dalla struttura metallica in combinazione SLU (a) ed SLE (b).

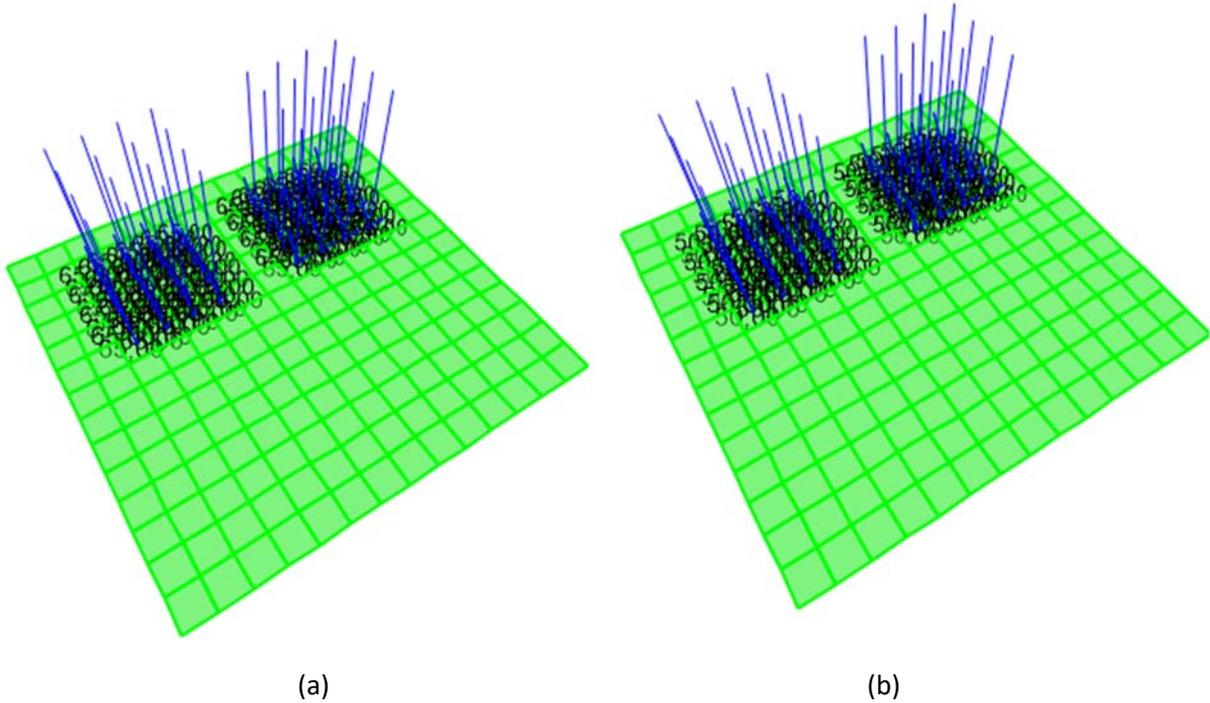


Figura 16. Tettoia locale soffianti. Carichi indotti dalle soffianti in combinazione SLU (a) ed SLE (b).

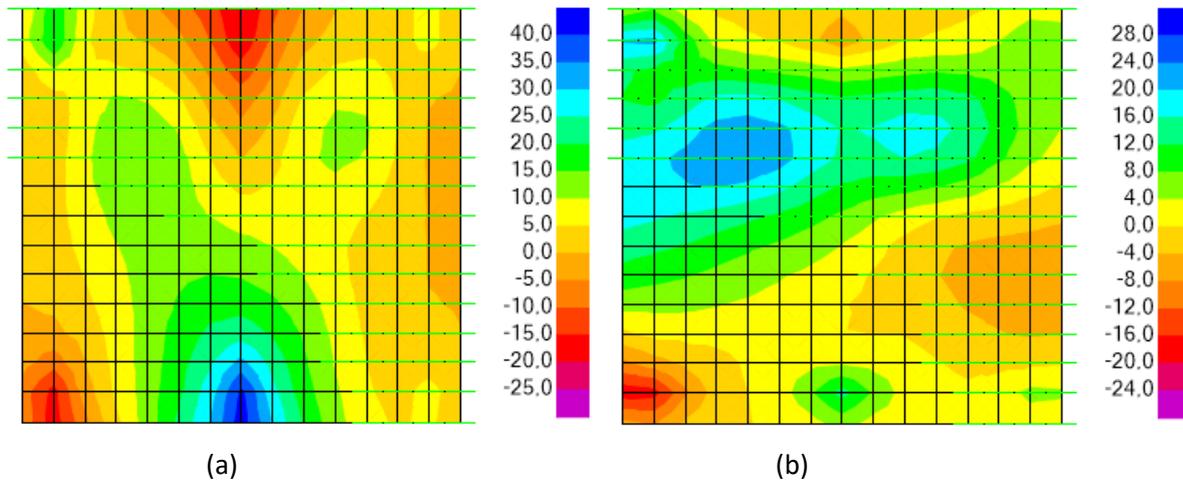


Figura 17. Tettoia locale soffianti. (a) Momento flettente M11 (direzione X-X) e (b) momento flettente M22 (direzione Y-Y).

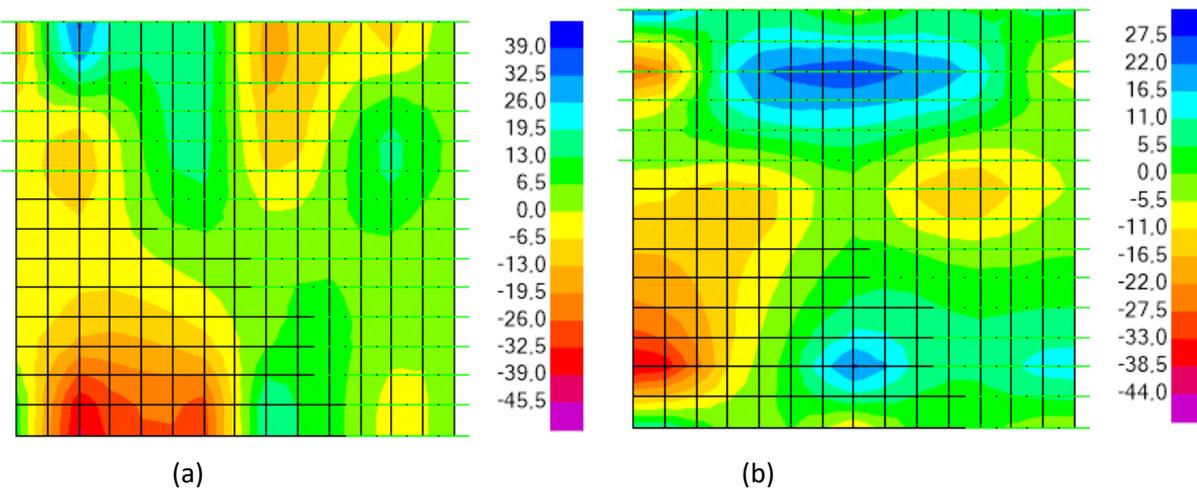


Figura 18. Tettoia locale soffianti. (a) Taglio V13 e (b) taglio V23.

1.6.3 Verifica a SLU della platea

1.6.3.1 Flessione

AreaElem	OutputCase	StepType	F11Ed	F22Ed	M11Ed	M22Ed	M11Rd	M22Rd	M11Ed /M11Rd	M22Ed /M22Rd
Text	Text	KN/m	kN/m	kN/m	kN m/m	kN m/m	kN m/m	kN m/m	[]	[]
40	SLU		203,811	203,830	13,353	13,353	15,221	15,219	0,877	0,877
218	SLU		186,398	186,358	13,582	13,580	17,722	17,727	0,766	0,766
278	SLU		138,890	143,117	16,638	16,641	24,455	23,861	0,680	0,697
40	SLU		131,757	132,129	16,123	16,122	25,454	25,402	0,633	0,635
202	SLU		0,000	0,000	21,602	21,602	43,399	43,399	0,498	0,498
218	SLU		187,676	187,764	8,490	8,490	17,539	17,526	0,484	0,484
281	SLU		167,776	167,769	9,109	9,108	20,376	20,377	0,447	0,447
202	SLU		0,000	0,000	19,097	19,097	43,399	43,399	0,440	0,440
203	SLU		0,000	0,000	18,560	18,560	43,399	43,399	0,428	0,428
41	SLU		28,795	28,797	15,637	15,637	39,562	39,562	0,395	0,395
37	SLU		136,120	136,122	9,330	9,330	24,843	24,843	0,376	0,376
281	SLU		163,936	163,951	7,375	7,375	20,921	20,919	0,353	0,353
203	SLU		0,000	0,000	14,772	14,772	43,399	43,399	0,340	0,340
204	SLU		0,000	0,000	14,021	14,021	43,399	43,399	0,323	0,323
37	SLU		130,394	130,398	7,839	7,839	25,645	25,645	0,306	0,306
44	SLU		26,257	26,253	11,435	11,435	39,902	39,902	0,287	0,287
218	SLU		54,112	54,115	9,791	9,791	36,149	36,149	0,271	0,271
44	SLU		9,519	9,513	11,257	11,257	42,136	42,136	0,267	0,267
217	SLU		94,197	94,218	8,175	8,176	30,671	30,668	0,267	0,267
91	SLU		0,000	0,000	11,513	11,513	43,399	43,399	0,265	0,265
98	SLU		0,000	0,000	11,437	11,437	43,399	43,399	0,264	0,264
41	SLU		-10,032	-9,994	11,498	11,498	44,724	44,719	0,257	0,257
204	SLU		0,000	0,000	11,133	11,133	43,399	43,399	0,257	0,257
284	SLU		128,563	128,783	6,568	6,568	25,901	25,870	0,254	0,254

<omissis>

Tabella 29. Comparto Biologico. Verifica degli elementi in c.a. a flessione

AreaElem	OutputCase	F11	F11Ed	F22Ed	M11Ed	M22Ed	M11Rd	M22Rd	M11Ed/M11Rd	M22Ed/M22Rd
Text	Text	KN/m	kN/m	kN/m	kN m/m	kN m/m	kN m/m	kN m/m	[]	[]
31	SLU		0,000	0,000	47,178	47,179	60,783	60,783	0,776	0,776
31	SLU		0,000	0,000	46,881	46,881	60,783	60,783	0,771	0,771
92	SLU		0,000	0,000	46,724	46,724	60,783	60,783	0,769	0,769
116	SLU		0,000	0,000	45,072	45,073	60,783	60,783	0,742	0,742
110	SLU		0,000	0,000	44,989	44,988	60,783	60,783	0,740	0,740
110	SLU		0,000	0,000	43,140	43,141	60,783	60,783	0,710	0,710
30	SLU		0,000	0,000	38,541	38,542	60,783	60,783	0,634	0,634
92	SLU		0,000	0,000	38,468	38,467	60,783	60,783	0,633	0,633
92	SLU		0,000	0,000	37,628	37,628	60,783	60,783	0,619	0,619
80	SLU		0,000	0,000	36,967	36,967	60,783	60,783	0,608	0,608
80	SLU		0,000	0,000	36,110	36,111	60,783	60,783	0,594	0,594
93	SLU		0,000	0,000	35,506	35,507	60,783	60,783	0,584	0,584
116	SLU		0,000	0,000	35,489	35,490	60,783	60,783	0,584	0,584
30	SLU		0,000	0,000	35,437	35,437	60,783	60,783	0,583	0,583
93	SLU		0,000	0,000	35,234	35,234	60,783	60,783	0,580	0,580
81	SLU		0,000	0,000	34,362	34,362	60,783	60,783	0,565	0,565
31	SLU		0,000	0,000	33,595	33,595	60,783	60,783	0,553	0,553

AreaElem Text	OutputCase Text	F11 KN/m	F11Ed kN/m	F22Ed kN/m	M11Ed kN m/m	M22Ed kN m/m	M11Rd kN m/m	M22Rd kN m/m	M11Ed/M11Rd []	M22Ed/M22Rd []
117	SLU		0,000	0,000	33,220	33,219	60,783	60,783	0,547	0,547
29	SLU		0,000	0,000	32,862	32,862	60,783	60,783	0,541	0,541
43	SLU		0,000	0,000	32,755	32,754	60,783	60,783	0,539	0,539
31	SLU		0,000	0,000	32,738	32,738	60,783	60,783	0,539	0,539

<omissis>

Tabella 30. Locale soffianti. Verifica degli elementi in c.a. a flessione

### 1.6.3.2 Taglio

AreaElem Text	OutputCase Text	StepType KN/m	V13 kN/m	V23 kN/m	V13Rd kN/m	V23Rd kN/m	V13/V13Rd []	V23/V23Rd []
41	SLU		-8,000	25,780	86,611	86,611	0,092	0,298
41	SLU		-8,000	25,780	92,153	92,153	0,087	0,280
41	SLU		-8,000	25,780	93,215	93,215	0,086	0,277
41	SLU		-8,000	25,780	96,910	96,905	0,083	0,266
75	SLU		7,790	-16,270	95,681	95,681	0,081	0,170
75	SLU		7,790	-16,270	95,681	95,681	0,081	0,170
75	SLU		7,790	-16,270	95,681	95,681	0,081	0,170
75	SLU		7,790	-16,270	95,681	95,681	0,081	0,170
97	SLU		-1,820	-15,230	95,681	95,681	0,019	0,159
97	SLU		-1,820	-15,230	95,681	95,681	0,019	0,159
97	SLU		-1,820	-15,230	95,681	95,681	0,019	0,159
97	SLU		-1,820	-15,230	95,681	95,681	0,019	0,159
131	SLU		-0,340	-14,140	95,681	95,681	0,004	0,148
131	SLU		-0,340	-14,140	95,681	95,681	0,004	0,148
131	SLU		-0,340	-14,140	95,681	95,681	0,004	0,148
131	SLU		-0,340	-14,140	95,681	95,681	0,004	0,148
166	SLU		0,500	13,960	95,681	95,681	0,005	0,146
166	SLU		0,500	13,960	95,681	95,681	0,005	0,146
166	SLU		0,500	13,960	95,681	95,681	0,005	0,146
166	SLU		0,500	13,960	95,681	95,681	0,005	0,146
90	SLU		-3,370	-13,850	95,681	95,681	0,035	0,145
90	SLU		-3,370	-13,850	95,681	95,681	0,035	0,145
90	SLU		-3,370	-13,850	95,681	95,681	0,035	0,145

<omissis>

Tabella 31. Comparto Biologico. Verifica degli elementi in c.a. a taglio

AreaElem Text	OutputCase Text	F11 KN/m	V13 kN/m	V23 kN/m	V13Rd kN/m	V23Rd kN/m	V13/V13Rd []	V23/V23Rd []
26	SLU		-46,450	9,080	138,184	138,184	0,336	0,066
26	SLU		-46,450	9,080	138,184	138,184	0,336	0,066
26	SLU		-46,450	9,080	138,184	138,184	0,336	0,066
26	SLU		-46,450	9,080	138,184	138,184	0,336	0,066
104	SLU		43,540	19,590	138,184	138,184	0,315	0,142
104	SLU		43,540	19,590	138,184	138,184	0,315	0,142
104	SLU		43,540	19,590	138,184	138,184	0,315	0,142
104	SLU		43,540	19,590	138,184	138,184	0,315	0,142
32	SLU		-40,990	-39,910	138,184	138,184	0,297	0,289
32	SLU		-40,990	-39,910	138,184	138,184	0,297	0,289
32	SLU		-40,990	-39,910	138,184	138,184	0,297	0,289
32	SLU		-40,990	-39,910	138,184	138,184	0,297	0,289
43	SLU		34,610	-28,120	138,184	138,184	0,250	0,203
43	SLU		34,610	-28,120	138,184	138,184	0,250	0,203
43	SLU		34,610	-28,120	138,184	138,184	0,250	0,203

AreaElem Text	OutputCase Text	F11 KN/m	V13 kN/m	V23 kN/m	V13Rd kN/m	V23Rd kN/m	V13/V13Rd []	V23/V23Rd []
43	SLU		34,610	-28,120	138,184	138,184	0,250	0,203
27	SLU		-34,300	-3,050	138,184	138,184	0,248	0,022
27	SLU		-34,300	-3,050	138,184	138,184	0,248	0,022
27	SLU		-34,300	-3,050	138,184	138,184	0,248	0,022
27	SLU		-34,300	-3,050	138,184	138,184	0,248	0,022
31	SLU		-34,090	-11,270	138,184	138,184	0,247	0,082

&lt;omissis&gt;

Tabella 32. Locale soffianti. Verifica degli elementi in c.a. a taglio

## 1.6.4 Verifica a SLE della platea

### 1.6.4.1 Limitazione delle tensioni

AreaElem Text	OutputCase Text	StepType KN/m	F11Ed kN/m	F22Ed kN/m	M11Ed kN m/m	M22Ed kN m/m	S11 MPa	S22 MPa	C11 MPa	C11 MPa	Slim MPa	Clim MPa
283	SLE		51,499	51,534	4,168	4,168	115,684	115,732	0,229	0,227	360,000	14,400
44	SLE		20,197	20,199	8,796	8,796	121,260	121,260	1,466	1,466	360,000	14,400
284	SLE		50,001	49,805	3,790	3,790	109,541	109,274	0,094	0,103	360,000	14,400
58	SLE		49,399	49,288	3,867	3,867	109,563	109,410	0,160	0,164	360,000	14,400
203	SLE		0,000	0,000	11,365	11,365	121,500	121,501	1,918	1,918	360,000	14,400
304	SLE		49,246	49,260	3,660	3,660	107,066	107,084	0,039	0,038	360,000	14,400
276	SLE		45,447	45,449	4,447	4,447	110,191	110,194	0,448	0,448	360,000	14,400
264	SLE		41,060	41,057	4,988	4,988	109,737	109,734	0,639	0,639	360,000	14,400
277	SLE		33,605	33,610	6,137	6,137	111,463	111,468	0,936	0,936	360,000	14,400
58	SLE		47,533	47,455	3,585	3,585	103,934	103,829	0,077	0,081	360,000	14,400
304	SLE		47,267	47,280	3,537	3,536	103,035	103,051	0,057	0,056	360,000	14,400
228	SLE		46,287	46,291	3,783	3,783	104,364	104,371	0,220	0,220	360,000	14,400
204	SLE		0,000	0,000	10,787	10,786	115,328	115,319	1,821	1,821	360,000	14,400
261	SLE		34,529	34,528	5,713	5,713	108,265	108,262	0,848	0,848	360,000	14,400
301	SLE		46,525	46,531	3,481	3,480	101,412	101,419	0,056	0,055	360,000	14,400
264	SLE		39,914	39,924	4,668	4,668	104,772	104,785	0,580	0,580	360,000	14,400
267	SLE		41,786	41,786	4,313	4,313	103,667	103,667	0,471	0,471	360,000	14,400
31	SLE		38,750	38,772	4,799	4,800	104,529	104,563	0,623	0,623	360,000	14,400
264	SLE		30,645	30,646	6,016	6,016	106,077	106,080	0,932	0,932	360,000	14,400
258	SLE		36,405	36,414	5,091	5,090	104,319	104,330	0,709	0,708	360,000	14,400
301	SLE		45,247	45,235	3,390	3,390	98,678	98,665	0,058	0,058	360,000	14,400

&lt;omissis&gt;

Tabella 33. Comparto Biologico. Verifica degli elementi in c.a. a limitazione delle tensioni

AreaElem Text	OutputCase Text	F11 KN/m	F11Ed kN/m	F22Ed kN/m	M11Ed kN m/m	M22Ed kN m/m	S11 MPa	S22 MPa	C11 MPa	C11 MPa	Slim MPa	Clim MPa
62	SLE		0,000	0,000	19,600	19,600	148,254	148,257	2,819	2,819	360,000	14,400
65	SLE		0,000	0,000	19,553	19,552	147,788	147,896	2,810	2,812	360,000	14,400
18	SLE		0,000	0,000	19,530	19,530	147,722	147,730	2,809	2,809	360,000	14,400
71	SLE		0,000	0,000	19,524	19,524	147,682	147,690	2,808	2,808	360,000	14,400
19	SLE		0,000	0,000	19,462	19,462	147,214	147,208	2,799	2,799	360,000	14,400
70	SLE		0,000	0,000	19,437	19,438	147,020	147,025	2,795	2,795	360,000	14,400
59	SLE		0,000	0,000	19,436	19,436	147,028	147,010	2,795	2,795	360,000	14,400
77	SLE		0,000	0,000	19,270	19,270	145,759	145,765	2,771	2,771	360,000	14,400
50	SLE		0,000	0,000	19,259	19,259	145,693	145,684	2,770	2,770	360,000	14,400
73	SLE		0,000	0,000	19,257	19,257	145,659	145,670	2,769	2,770	360,000	14,400
48	SLE		0,000	0,000	19,254	19,254	145,642	145,648	2,769	2,769	360,000	14,400

AreaElem Text	OutputCase Text	F11 KN/m	F11Ed kN/m	F22Ed kN/m	M11Ed kN m/m	M22Ed kN m/m	S11 MPa	S22 MPa	C11 MPa	C11 MPa	Slim MPa	Clim MPa
72	SLE		0,000	0,000	19,224	19,224	145,431	145,414	2,765	2,765	360,000	14,400
40	SLE		0,000	0,000	19,216	19,216	145,349	145,346	2,764	2,763	360,000	14,400
66	SLE		0,000	0,000	19,193	19,193	145,184	145,187	2,760	2,760	360,000	14,400
94	SLE		0,000	0,000	19,179	19,179	145,083	145,060	2,758	2,758	360,000	14,400
72	SLE		0,000	0,000	19,170	19,170	145,017	145,004	2,757	2,757	360,000	14,400
36	SLE		0,000	0,000	19,159	19,159	144,918	144,912	2,755	2,755	360,000	14,400
22	SLE		0,000	0,000	19,086	19,086	144,374	144,374	2,745	2,745	360,000	14,400
36	SLE		0,000	0,000	19,061	19,061	144,182	144,187	2,741	2,741	360,000	14,400
83	SLE		0,000	0,000	19,054	19,054	144,120	144,124	2,740	2,740	360,000	14,400
69	SLE		0,000	0,000	19,033	19,033	143,978	143,982	2,737	2,738	360,000	14,400
59	SLE		0,000	0,000	19,032	19,032	143,971	143,968	2,737	2,737	360,000	14,400
27	SLE		0,000	0,000	19,012	19,011	143,808	143,802	2,734	2,734	360,000	14,400

&lt;omissis&gt;

Tabella 34. Locale soffianti. Verifica degli elementi in c.a. a limitazione delle tensioni

## 1.6.4.2 Fessurazione

AreaElem Text	OutputCase Text	StepType KN/m	F11Ed kN/m	F22Ed kN/m	M11Ed kN m/m	M22Ed kN m/m	S11 MPa	S22 MPa	wd11 mm	wd22 mm	wdlim mm
283	SLE		51,499	51,534	4,168	4,168	115,684	115,732	0,200	0,200	0,3
44	SLE		20,197	20,199	8,796	8,796	121,260	121,260	0,193	0,193	0,3
284	SLE		50,001	49,805	3,790	3,790	109,541	109,274	0,191	0,190	0,3
58	SLE		49,399	49,288	3,867	3,867	109,563	109,410	0,190	0,190	0,3
203	SLE		0,000	0,000	11,365	11,365	121,500	121,501	0,188	0,188	0,3
304	SLE		49,246	49,260	3,660	3,660	107,066	107,084	0,188	0,188	0,3
276	SLE		45,447	45,449	4,447	4,447	110,191	110,194	0,187	0,187	0,3
264	SLE		41,060	41,057	4,988	4,988	109,737	109,734	0,183	0,183	0,3
277	SLE		33,605	33,610	6,137	6,137	111,463	111,468	0,182	0,182	0,3
58	SLE		47,533	47,455	3,585	3,585	103,934	103,829	0,181	0,181	0,3
304	SLE		47,267	47,280	3,537	3,536	103,035	103,051	0,180	0,180	0,3
228	SLE		46,287	46,291	3,783	3,783	104,364	104,371	0,180	0,180	0,3
204	SLE		0,000	0,000	10,787	10,786	115,328	115,319	0,178	0,178	0,3
261	SLE		34,529	34,528	5,713	5,713	108,265	108,262	0,178	0,178	0,3
301	SLE		46,525	46,531	3,481	3,480	101,412	101,419	0,177	0,177	0,3
264	SLE		39,914	39,924	4,668	4,668	104,772	104,785	0,175	0,175	0,3
267	SLE		41,786	41,786	4,313	4,313	103,667	103,667	0,175	0,175	0,3
31	SLE		38,750	38,772	4,799	4,800	104,529	104,563	0,174	0,174	0,3
264	SLE		30,645	30,646	6,016	6,016	106,077	106,080	0,173	0,173	0,3
258	SLE		36,405	36,414	5,091	5,090	104,319	104,330	0,173	0,173	0,3
301	SLE		45,247	45,235	3,390	3,390	98,678	98,665	0,173	0,172	0,3

&lt;omissis&gt;

Tabella 35. Comparto Biologico. Verifica degli elementi in c.a. a fessurazione

AreaElem Text	OutputCase Text	F11 KN/m	F11Ed kN/m	F22Ed kN/m	M11Ed kN m/m	M22Ed kN m/m	S11 MPa	S22 MPa	wd11 mm	wd22 mm	wdlim mm
62	SLE		0,000	0,000	19,600	19,600	148,254	148,257	0,200	0,200	0,3
65	SLE		0,000	0,000	19,553	19,552	147,788	147,896	0,199	0,199	0,3
18	SLE		0,000	0,000	19,530	19,530	147,722	147,730	0,199	0,199	0,3
71	SLE		0,000	0,000	19,524	19,524	147,682	147,690	0,199	0,199	0,3
19	SLE		0,000	0,000	19,462	19,462	147,214	147,208	0,198	0,198	0,3
70	SLE		0,000	0,000	19,437	19,438	147,020	147,025	0,198	0,198	0,3
59	SLE		0,000	0,000	19,436	19,436	147,028	147,010	0,198	0,198	0,3
77	SLE		0,000	0,000	19,270	19,270	145,759	145,765	0,197	0,197	0,3

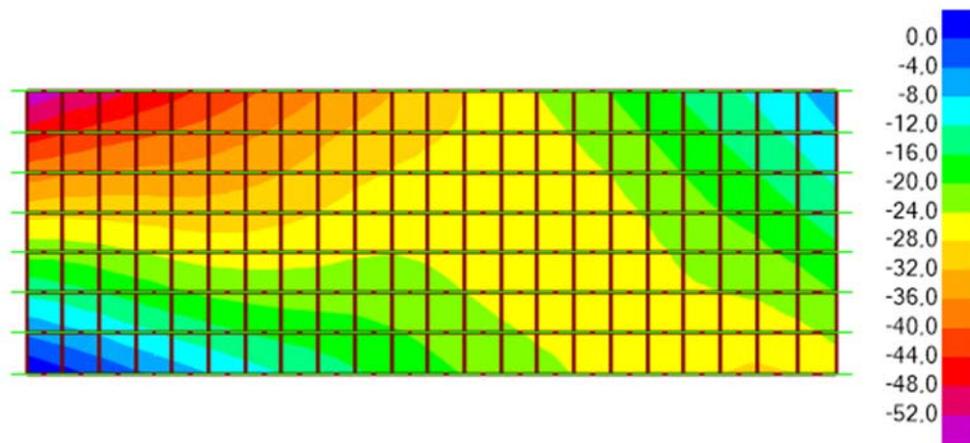
AreaElem Text	OutputCase Text	F11 KN/m	F11Ed kN/m	F22Ed kN/m	M11Ed kN m/m	M22Ed kN m/m	S11 MPa	S22 MPa	wd11 mm	wd22 mm	wdlim mm
50	SLE		0,000	0,000	19,259	19,259	145,693	145,684	0,196	0,196	0,3
73	SLE		0,000	0,000	19,257	19,257	145,659	145,670	0,196	0,196	0,3
48	SLE		0,000	0,000	19,254	19,254	145,642	145,648	0,196	0,196	0,3
72	SLE		0,000	0,000	19,224	19,224	145,431	145,414	0,196	0,196	0,3
40	SLE		0,000	0,000	19,216	19,216	145,349	145,346	0,196	0,196	0,3
66	SLE		0,000	0,000	19,193	19,193	145,184	145,187	0,196	0,196	0,3
94	SLE		0,000	0,000	19,179	19,179	145,083	145,060	0,196	0,196	0,3
72	SLE		0,000	0,000	19,170	19,170	145,017	145,004	0,195	0,195	0,3
36	SLE		0,000	0,000	19,159	19,159	144,918	144,912	0,195	0,195	0,3
22	SLE		0,000	0,000	19,086	19,086	144,374	144,374	0,195	0,195	0,3
36	SLE		0,000	0,000	19,061	19,061	144,182	144,187	0,194	0,194	0,3
83	SLE		0,000	0,000	19,054	19,054	144,120	144,124	0,194	0,194	0,3
69	SLE		0,000	0,000	19,033	19,033	143,978	143,982	0,194	0,194	0,3
59	SLE		0,000	0,000	19,032	19,032	143,971	143,968	0,194	0,194	0,3
27	SLE		0,000	0,000	19,012	19,011	143,808	143,802	0,194	0,194	0,3

<omissis>

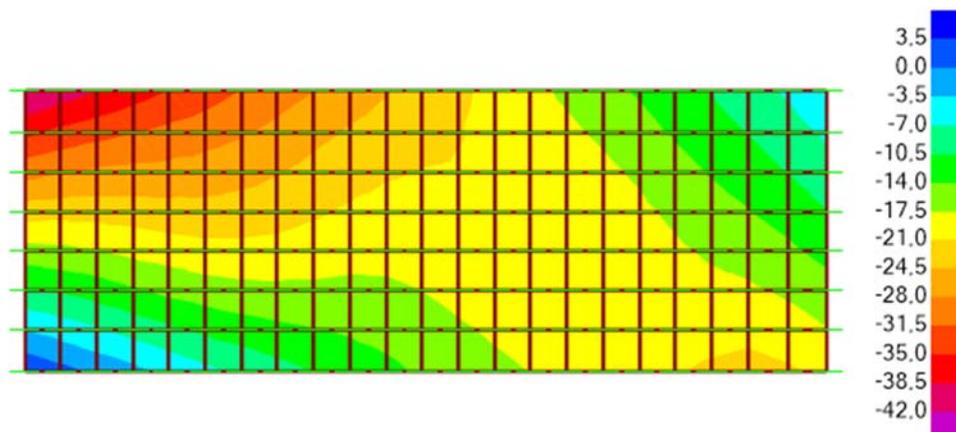
Tabella 36. Locale soffianti. Verifica degli elementi in c.a. a fessurazione

## 1.7 Verifica delle opere di fondazione

Le opere di fondazione sono evidentemente coincidenti con la platea in calcestruzzo armato, che viene calcolata nel seguito come fondazione isolata. Nelle seguenti Figura 19 e Figura 20 sono riportate le massime tensioni sul terreno indotte dalle platee delle strutture esaminate.



(a)



(b)

Figura 19. Tettoia comparto biologico. Pressioni indotte sul terreno

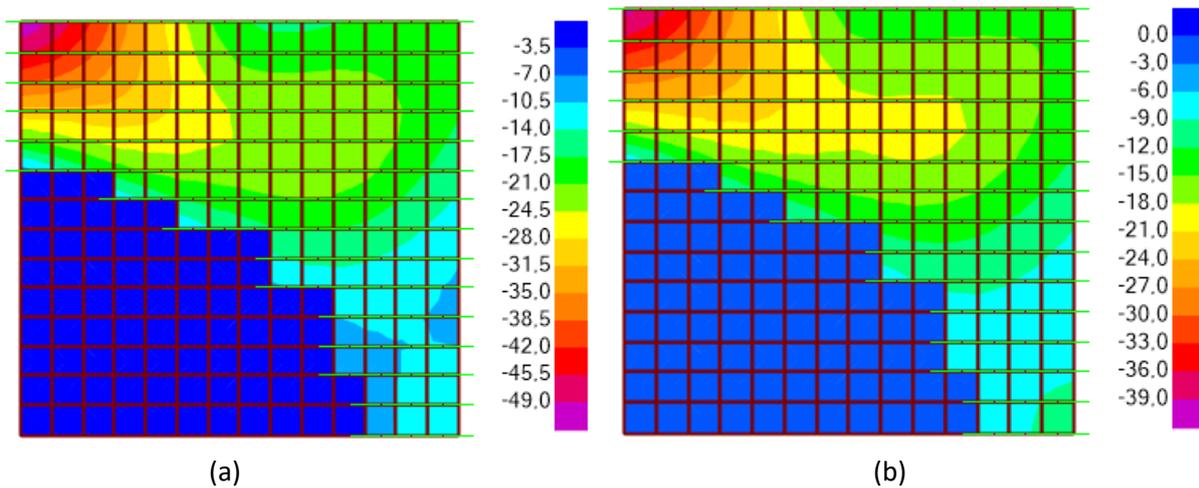


Figura 20. Locale soffianti. Pressioni indotte sul terreno

Nei seguenti calcoli di verifica si farà riferimento alla platea della tettoia a servizio del comparto biologico, avendo essa le maggiori pressioni indotte sul terreno.

### 1.7.1 Verifica a SLU - GEO

#### 1.7.1.1 Capacità portante del terreno

La capacità portante del terreno è calcolata con la relazione di Brinch-Hansen modificata come da Eurocodice 7. Nel calcolo sono considerati i coefficienti di riduzione per effetto degli effetti inerziali sismici (Paolucci & Pecker) ma sono trascurate le eccentricità, avendo già tenuto conto di esse nel calcolo della pressione indotta sul terreno (in maniera automatica attraverso il software). I risultati dei calcoli sono riportati nelle seguenti Tabella 37, Tabella 38, e Tabella 39

PARAMETRI PRINCIPALI FONDAZIONE					
Dimensione massima fondazione	L	[m]	11,10	Fattori di portanza	
Dimensione minima fondazione	B	[m]	3,90	$N_q$ [ ]	14,720
Area fondazione	A	[m]	43,29	$N_c$ [ ]	25,803
Peso di volume caratteristico	$\gamma'_k$	[kN/m <sup>3</sup> ]	17,06	$N_\gamma$ [ ]	14,590
Coefficiente di sicurezz M1 su $\gamma$	$\gamma_\gamma$	[ ]	1,00		
	$\gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	7,25	Riduzione per effetti inerziali	
Profondità fondazione	H	[m]	-0,30		
Spessore fondazione	D	[m]	0,30	$z_q$ [ ]	0,943
Tensione litostatica	$q'$	[kPa]	2,18	$z_c$ [ ]	0,990
				$z_\gamma$ [ ]	0,943
Angolo di attrito caratteristico	$\phi_k$	[ ° ]	28,00		
Coefficiente di sicurezz M1 su $\gamma$	$\gamma_\phi$	[ ]	1,00		
Angolo di attrito di calcolo	$\phi'$	[ ° ]	28,00		
Coesione caratteristica	$c_k$	[kPa]	0,00		
Coefficiente di sicurezz M1 su c	$\gamma_c$	[ ]	1,00		
Coesioine di calcolo	$c'$	[kPa]	0,00		

**Tabella 37. Platea tettoie comparto biologico. Parametri geotecnici, fattori di portanza e coefficienti di riduzione sismica per il calcolo della capacità portante**

OutputCase	FX	FY	FZ	$s_q$	$s_c$	$s_v$	$d_q$	$d_c$	$d_v$	$i_q$	$i_c$	$i_v$
Text	KN	KN	KN	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
SLV_X	32,3	15,45	1055	1,16	1,18	0,89	0,98	0,98	1,00	0,94	0,94	0,91
SLV_Y	9,7	51,5	1055	1,16	1,18	0,89	0,98	0,98	1,00	0,94	0,93	0,89

**Tabella 38. Platea tettoie comparto biologico. Azioni globali in fondazione e parametri della relazione Brinch – Hansen**

OutputCase	FX	FY	FZ	R/A'	$q_{lim}$	$q_{Ed}$	$q_{Ed}/q_{lim}$
Text	KN	KN	KN	[kPa]	[kPa]	[kPa]	[ ]
SLV_X	32,3	15,45	1055	191,32	106,29	52,00	<b>0,49</b>
SLV_Y	9,7	51,5	1055	187,22	104,01	52,00	<b>0,50</b>

**Tabella 39. Platea tettoie comparto biologico. Calcolo della capacità portante**

Si evince dal calcolo che la verifica a capacità portante è soddisfatta.

#### 1.7.1.2 Verifica a scorrimento

La verifica a scorrimento è esplicitata nella seguente Tabella 40 e risulta soddisfatta.

OutputCase	FX	FY	FZ	FE <sub>d</sub>	FR <sub>d</sub>	FE <sub>d</sub> /FR <sub>d</sub>
Text	KN	KN	KN	KN	kN	[ ]
SLV_X	32,3	15,45	1055	35,80	560,955	<b>0,06</b>
SLV_Y	9,7	51,5	1055	52,41	560,955	<b>0,09</b>

**Tabella 40. Platea tettoia comparto biologico. Verifica a scorrimento**