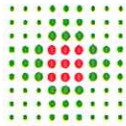


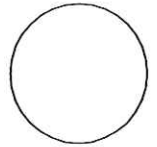
COMUNE DI BENTIVOGLIO



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Bologna
Dipartimento Tecnico Patrimoniale

Istituto delle Scienze Neurologiche
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

N° PROGR.



CONSEGNA

VERIFICA/VALIDAZIONE/APPROVAZIONE

DATA E PROT.

DATA E PROT.

TIMBRI E FIRME DI ATTESTAZIONE DELLA VERIFICA/VALIDAZIONE

OSPEDALE DI BENTIVOGLIO NUOVO PRONTO SOCCORSO PROGETTO ESECUTIVO

SPAZIO RISERVATO PER APPROVAZIONE TITOLO EDILIZIO



PROGETTO ARCHITETTONICO

Ing. Fabio Penacchioni

PROGETTO STRUTTURALE

Ing. Daniele Biondi

PROPRIETA':

AZIENDA USL
DI BOLOGNA
DELEGATO CON DELIBERA
N. 275 del 26/10/2016

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

Studio AZ S.r.l.
Per. Ind. Loris Amaduzzi

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

P.I. Leonardo Belloni

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
TECNICO PATRIMONIALE
(Ing. Francesco Rainaldi)

DIRETTORE GENERALE

Dott. ssa Chiara Gibertoni

COORDINATORE SICUREZZA FASE PROGETTAZIONE

Geom. Umberta Ugolini

COORDINATORE SICUREZZA FASE ESECUZIONE

RESPONSABILE
UO Servizi Progettazione Edile
Ing. Franco Emiliani

RESPONSABILE PROCEDIMENTO
Ing. Francesco Rainaldi

PRESIDIO: **OSPEDALE DI BENTIVOGLIO**

INGEGNERIZZAZIONE BIM

Ing. Fabio Penacchioni
Geom. Daniele Dall'Olio

EDIFICIO: **NUOVO PRONTO SOCCORSO**

CODICE EDIFICIO

140

PIANO:

DIREZIONE LAVORI

ELABORATO: **Relazione di calcolo delle strutture
Relazione di integrazioni e chiarimenti**

CODICE PROG.

PE

ELAB. N.

ST-R-INT

SOSTITUISCE IL N.

SOSTITUITO DAL N.

ARCHIVIO USL N.:

DATA:
marzo 2017

SCALA:

REFERENTE AMMINISTRATIVO:

AGGIORNAMENTI

ARCHIVIO N.:

FILE:

MOD01 PsqB01 ADT
Rev. 5.1 del 26/10/2016

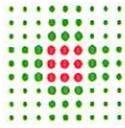
1

3

2

4

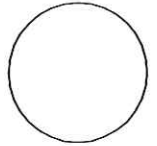
COMUNE DI BENTIVOGLIO



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Bologna
Dipartimento Tecnico Patrimoniale

Istituto delle Scienze Neurologiche
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

N° PROGR.



CONSEGNA

VERIFICA/VALIDAZIONE/APPROVAZIONE

DATA E PROT.

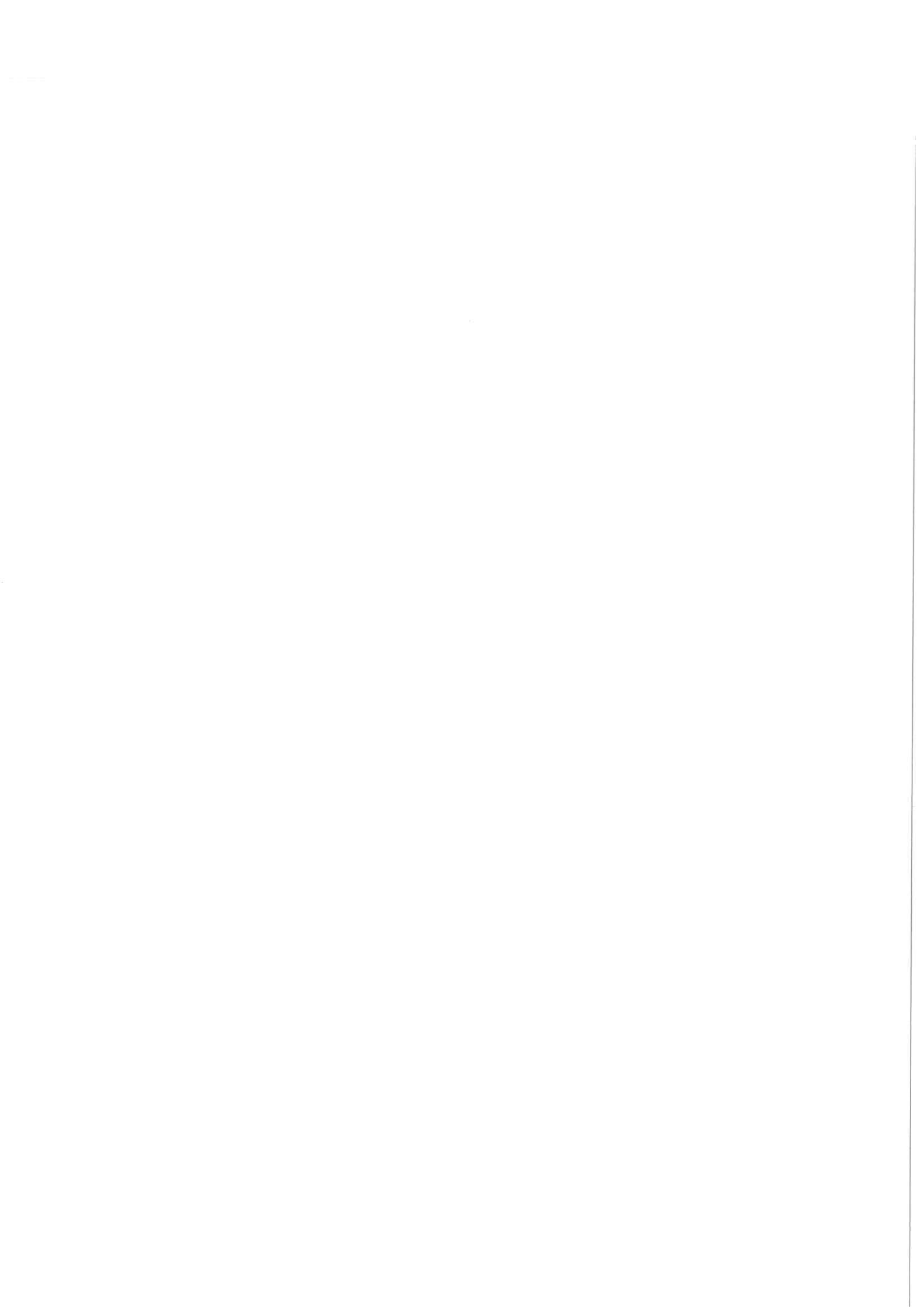
DATA E PROT.

TIMBRI E FIRME DI ATTESTAZIONE DELLA VERIFICA/VALIDAZIONE

OSPEDALE DI BENTIVOGLIO NUOVO PRONTO SOCCORSO PROGETTO ESECUTIVO

SPAZIO RISERVATO PER APPROVAZIONE TITOLO EDILIZIO

PROGETTO ARCHITETTONICO Ing. Fabio Penacchioni		PROGETTO STRUTTURALE Ing. Daniele Biondi	PROPRIETA': AZIENDA USL DI BOLOGNA DELEGATO CON DELIBERA N. 275 del 26/10/2016 IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO TECNICO PATRIMONIALE (Ing. Francesco Rainaldi)	
PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI Studio AZ S.r.l. Per. Ind. Loris Amaduzzi		PROGETTO IMPIANTI MECCANICI P.I. Leonardo Belloni	DIRETTORE GENERALE Dott. ssa Chiara Gibertoni	
COORDINATORE SICUREZZA FASE PROGETTAZIONE Geom. Umberta Ugolini		COORDINATORE SICUREZZA FASE ESECUZIONE	RESPONSABILE UO Servizi Progettazione Edile Ing. Franco Emiliani RESPONSABILE PROCEDIMENTO Ing. Francesco Rainaldi	
PRESIDIO: OSPEDALE DI BENTIVOGLIO			INGEGNERIZZAZIONE BIM Ing. Fabio Penacchioni Geom. Daniele Dall'Olio	
EDIFICIO: NUOVO PRONTO SOCCORSO		CODICE EDIFICIO 140	DIREZIONE LAVORI	
PIANO:			CODICE PROG. PE ELAB. N. ST-R-INT	
ELABORATO: Relazione di calcolo delle strutture Relazione di integrazioni e chiarimenti PARTE PRIMA			SOSTITUISCE IL N. SOSTITUITO DAL N.	
ARCHIVIO USL N.:	DATA: marzo 2017	SCALA:	REFERENTE AMMINISTRATIVO:	
	ARCHIVIO N.:	FILE:	MOD01 PsqB01 ADT Rev. 5.1 del 26/10/2016	
AGGIORNAMENTI				
		1	3	
		2	4	



I. Premessa

Formano l' oggetto della presente relazione le integrazioni ed i chiarimenti richiesti, ai sensi dell' art. 12 della Legge Regionale n. 19 del 2008, dalla "Struttura tecnica competente in materia sismica dell' UNIONE RENO GALLIERA" con propria nota prot. n. 14231 del 31.03.2017.

Come si potrà evincere da quanto di seguito riportato, per chiarezza di esposizione e comodità di lettura, le integrazioni ed i chiarimenti forniti vengono contrassegnati dalla stessa numerazione adottata nella nota citata.

1. La relazione geologica

Si trasmette in allegato alla presente l'elaborato ST-GEO "RELAZIONE GEOLOGICA" firmato digitalmente anche dal dott. geol. Riccardo Degli Esposti.

2./3. La corrispondenza tra le risultanze delle indagini geologiche e geotecniche con il progetto strutturale.

Nell'elaborato integrativo ST-GEOT "RELAZIONE GEOTECNICA INTEGRATIVA ALLA RELAZIONE PRODOTTA DALLO SCRIVENTE NEL MESE DI MARZO 2016, PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO PRONTO SOCCORSO A SERVIZIO DELLA STRUTTURA OSPEDALIERA DI BENTIVOGLIO" prodotto dal dott. geol. Riccardo Degli Esposti nel marzo del 2017 si riportano:

- i parametri meccanici e di deformabilità dei terreni fondali, così come desumibili dagli esiti della campagna di indagini condotte,
- i valori delle pressioni limite per:
 - approccio 1, combinazione 1:
 $(q_{lim} = 3.11 \text{ kg/cm}^2)$,
 - approccio 1, combinazione 2:
 $(q_{lim} = 2.31 \text{ kg/cm}^2)$,
 - approccio 2:
 $(q_{lim} = 3.11 \text{ kg/cm}^2)$.

Come si può evincere da quanto dianzi riportato, nel caso in cui il calcolo della pressione limite venga condotto con riferimento all'approccio 1, combinazione 2, il valore di detta pressione risulta inferiore a quello calcolato dallo scrivente in sede di "RELAZIONE TECNICA OPERE STRUTTURALI - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE".

Per questa ragione, al fine di garantire, per le pressioni limite il rispetto del nuovo valore di 2.31 kg/cm^2 per tutte le condizioni di carico considerate, si è reso necessario un modesto allargamento della fondazione in corrispondenza del vano scale/ascensore (si confrontino in proposito gli elaborati integrativi variati ST-01_R1 "PIANTA FONDAZIONI E SPICCATO PARETI E PILASTRI - CARPENTERIA" e ST-06_R1 "PIANTA FONDAZIONI - ARMATURA"; detti elaborati sostituiscono integralmente quelli precedentemente consegnati).

Nelle seguenti figg. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 e 2.5 si riportano le pressioni limite di contatto fondazione/terreno calcolate per le seguenti condizioni di carico:

- Stato limite SLU per effetto dei soli carichi verticali;
- Stato limite SLV per effetto dei carichi verticali e delle azioni sismiche ($E_X = E_d$ e $E_Y = 0.30E_d$; il coefficiente di struttura q adottato per la valutazione degli effetti delle azioni sismiche è pari a 3.30);
- Stato limite SLV per effetto dei carichi verticali e delle azioni sismiche ($E_X = 0.30E_d$ e $E_Y = E_d$; il coefficiente di struttura q adottato per la valutazione degli effetti delle azioni sismiche è ancora pari a 3.30);
- Stato limite SLV per effetto dei carichi verticali e delle azioni sismiche ($E_X = E_d$ e $E_Y = 0.30E_d$; il coefficiente di struttura q adottato per la valutazione degli effetti delle azioni sismiche è in questo caso pari a 1.00);
- Stato limite SLV per effetto dei carichi verticali e delle azioni sismiche ($E_X = 0.30E_d$ e $E_Y = E_d$; il coefficiente di struttura q adottato per la valutazione delle azioni sismiche è ancora pari a 1.00).

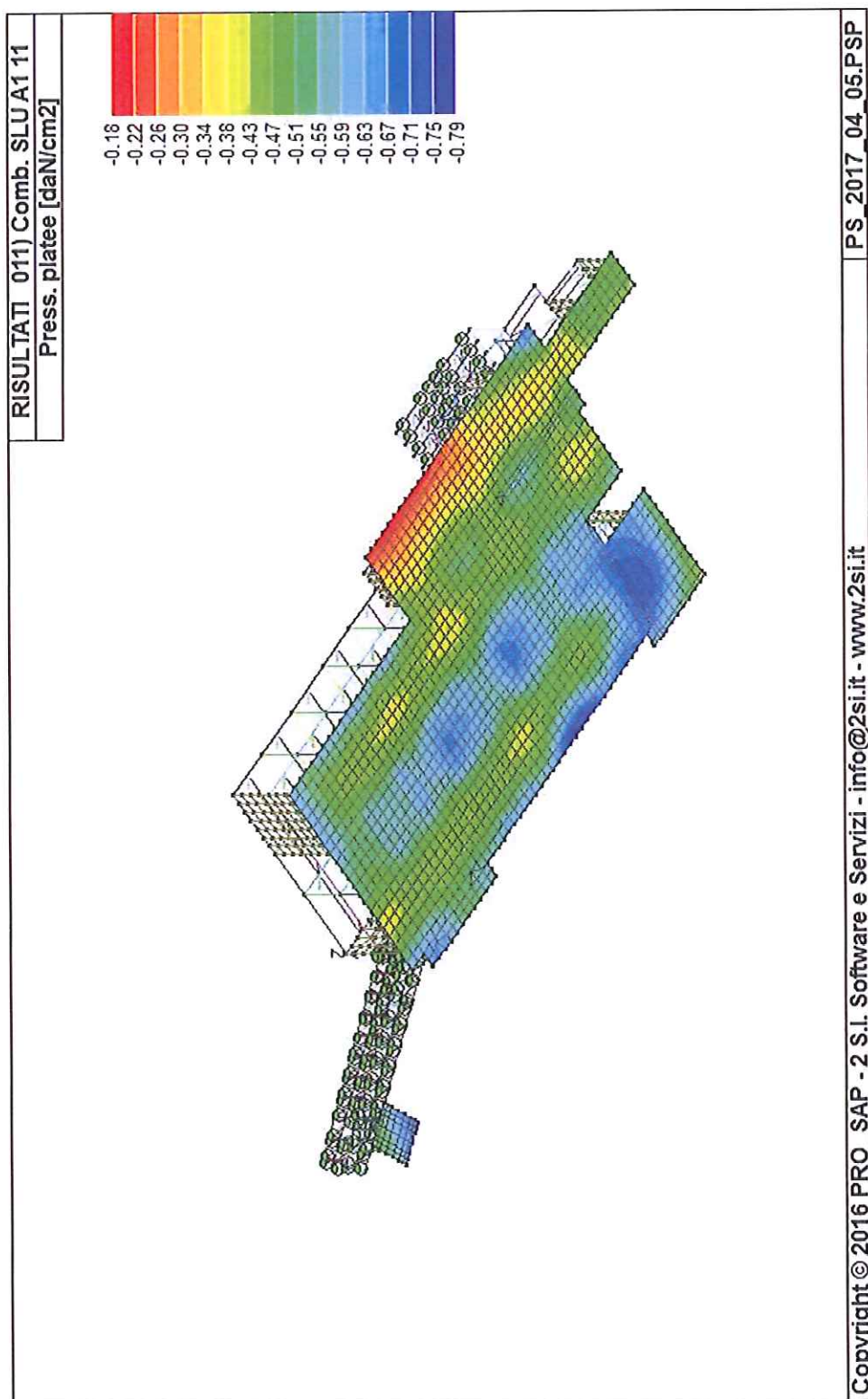


figura 2.1

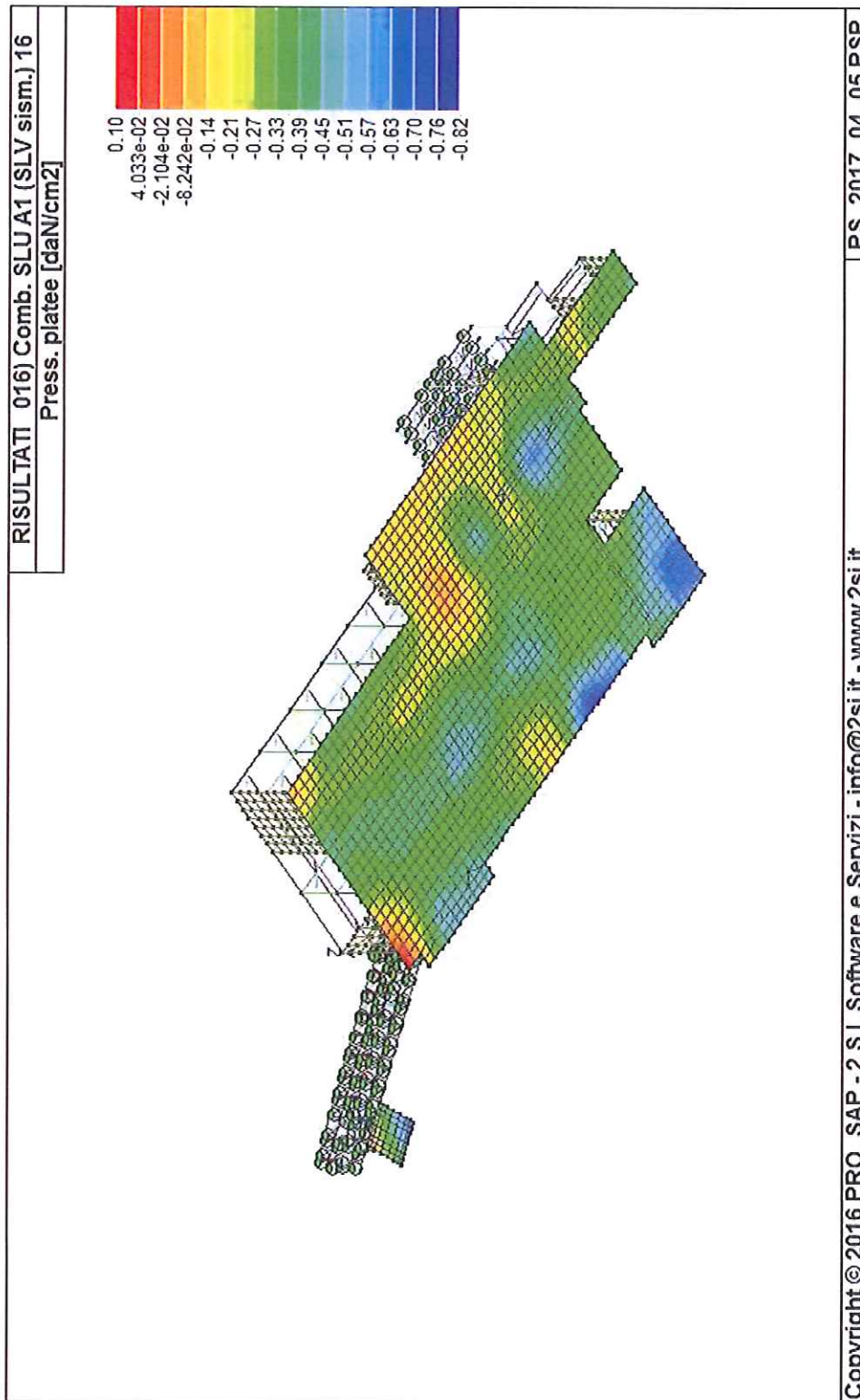


figura 2.2

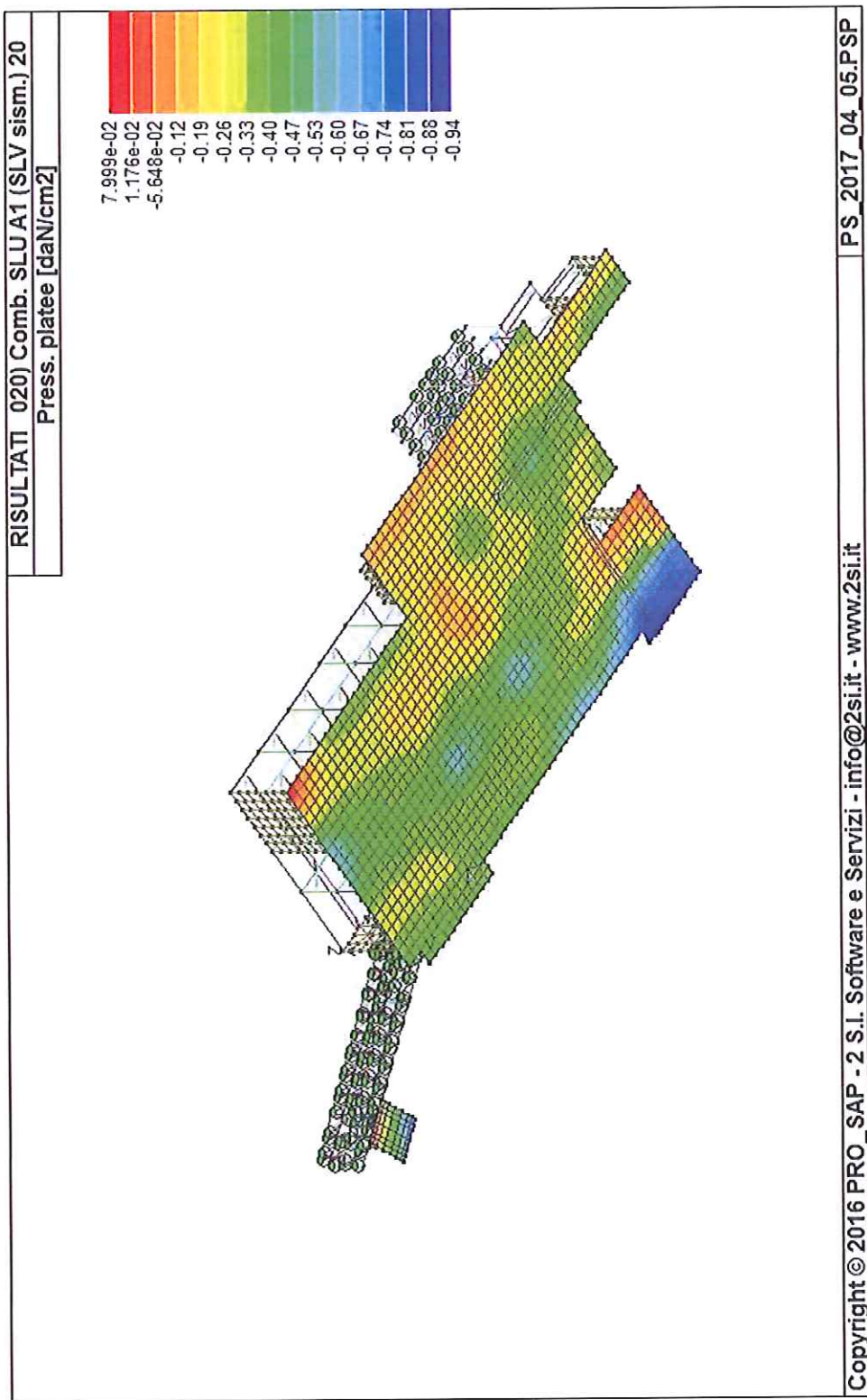


figura 2.3

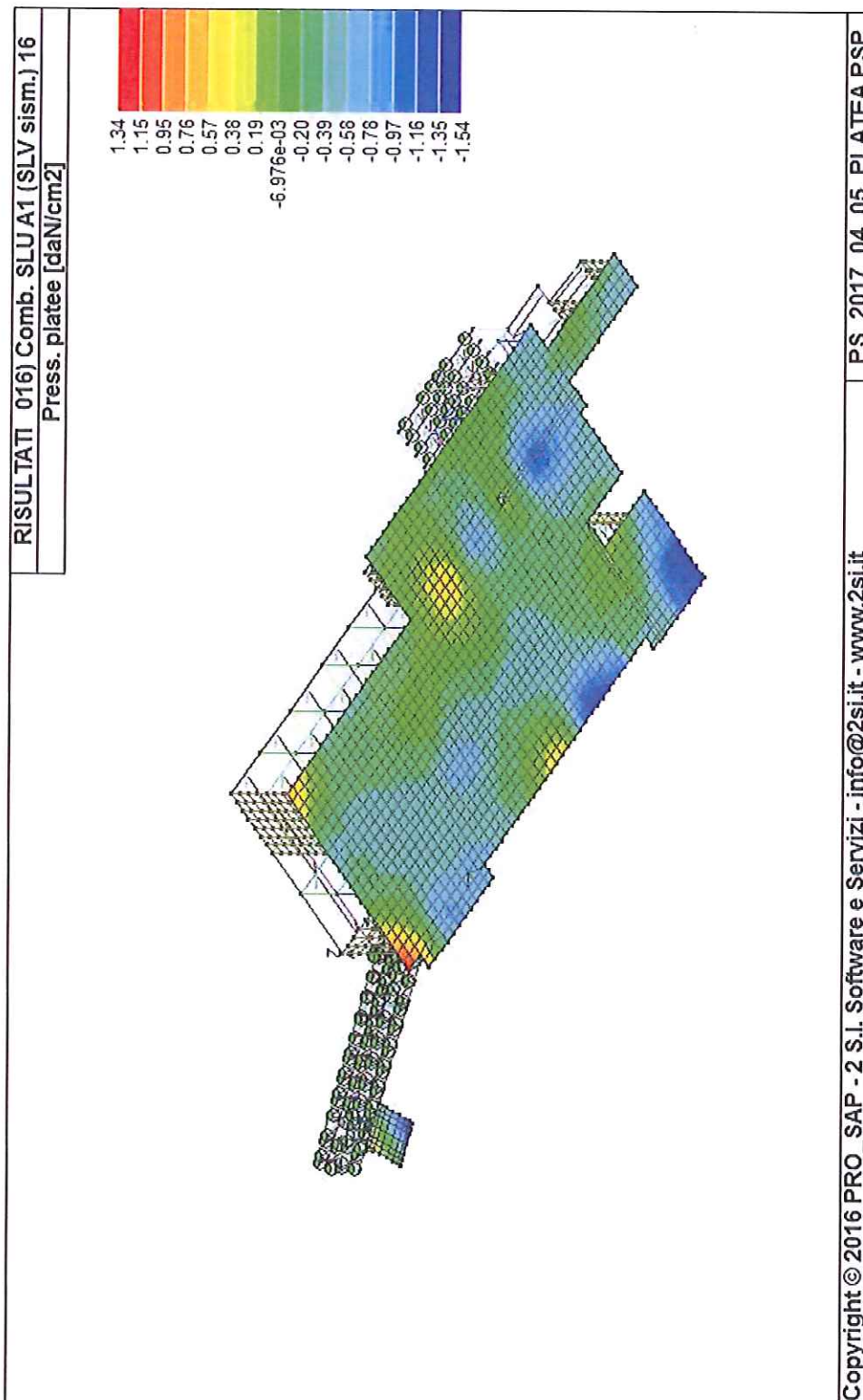


figura 2.4

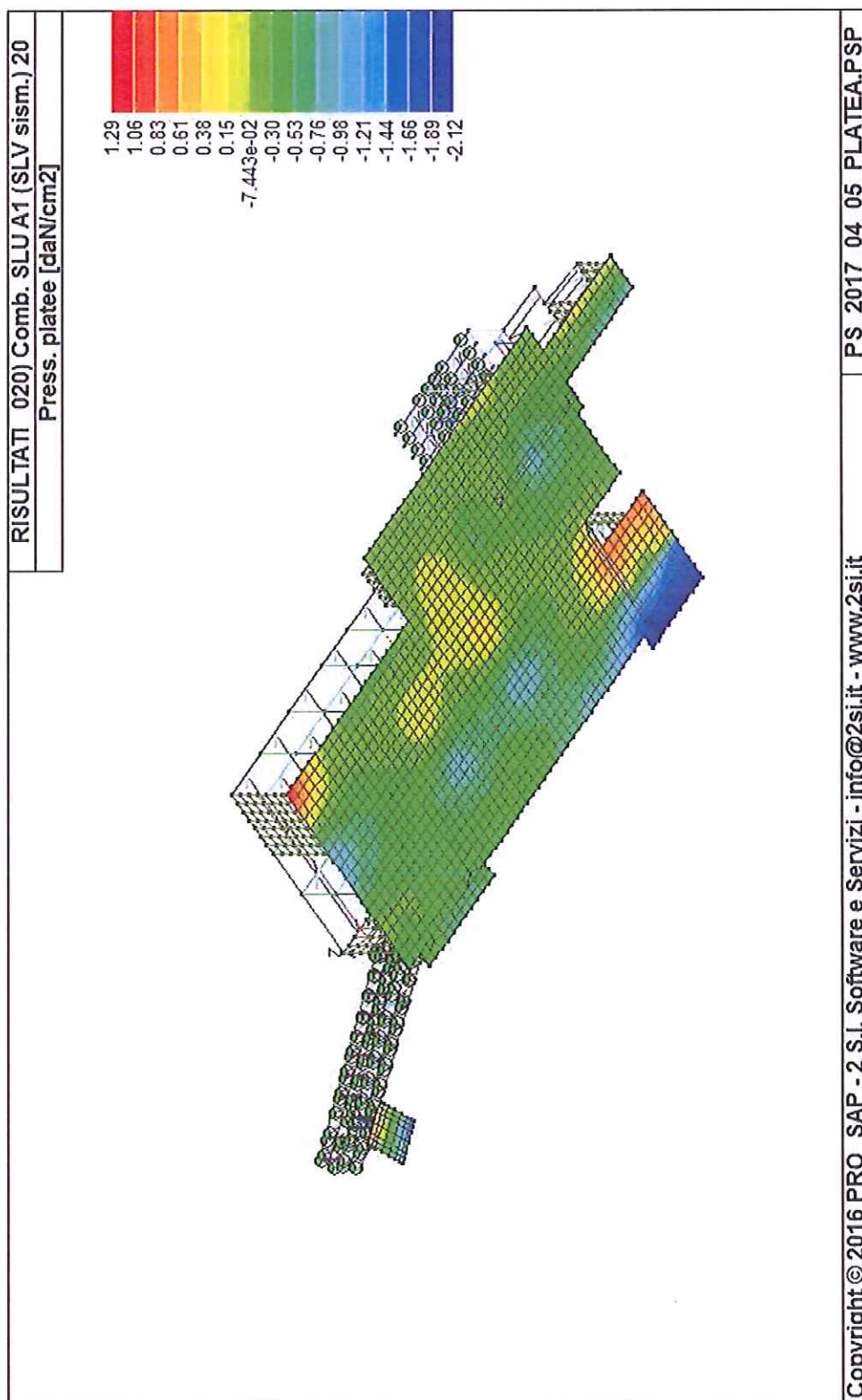


figura 2.5

4. Cedimenti

Nella citata "RELAZIONE GEOTECNICA INTEGRATIVA ALLA RELAZIONE PRODOTTA DALLO SCRIVENTE NEL MESE DI MARZO 2016, PER LA REALIZZAZIONE DEL NUOVO PRONTO SOCCORSO A SERVIZIO DELLA STRUTTURA OSPEDALIERA DI BENTIVOGLIO" si riporta inoltre la stima dei cedimenti.

Considerato un incremento di pressione "medio" pari a:

$$\Delta p = 3.30 \text{ t/m}^2$$

e tenuto conto della quota d' imposta della fondazione (e dunque della conseguente "compensazione" dovuta agli scavi), si ottiene:

$$w_{\max} = 2.00 \text{ cm circa.}$$

5. Fattori di struttura

5.1. Modelli numerici e parametri adottati in sede di dimensionamento: sintesi

Giova premettere che il calcolo delle sollecitazioni e delle deformazioni, il dimensionamento degli elementi strutturali e le verifiche di resistenza sono stati sviluppati mediante l' elaborazione dei seguenti modelli numerici:

- a- un modello "complessivo" che simula il comportamento delle strutture di tutti i corpi di fabbrica (edificio principale, camera calda, passerella e vano scala-ascensore),
- b- un modello "parziale" per il solo edificio principale,
- c- un modello "parziale" per la sola camera calda,
- d- un modello "parziale" per la sola passerella,
- e- un modello "parziale" per il solo vano scala ascensore.

Sia nel modello "complessivo" che in quelli "parziali" il valore del coefficiente di struttura utilizzato è:

$$q = 3.30.$$

Di seguito si riportano nel dettaglio i valori ed i parametri adottati caso per caso

- edificio principale:
 - classe di duttilità: bassa,
 - regolarità in pianta: no,
 - regolarità in altezza: sì,
 - struttura in calcestruzzo mista telaio/pareti $q_0 = 3.00,$
 $\alpha_U/\alpha_1 = 1.10,$

da cui:

$$q = q_0 \times (\alpha_U/\alpha_1) = 3.00 \times 1.10 = 3.30.$$

- camera calda:
 - classe di duttilità: bassa,
 - regolarità in pianta: no,
 - regolarità in altezza: no,
 - struttura in calcestruzzo mista telaio/pareti $q_0 = 3.00,$
 $\alpha_U/\alpha_1 = 1.10,$

da cui:

$$q = q_0 \times (\alpha_U/\alpha_1) = 3.00 \times 1.10 = 3.30.$$

- passerella:
 - classe di duttilità: bassa,
 - regolarità in pianta: no,
 - regolarità in altezza: sì,
 - struttura in acciaio $q_0 = 3.00,$
 $\alpha_U/\alpha_1 = 1.10,$

da cui:

$$q = q_0 \times (\alpha_u / \alpha_1) = 3.00 \times 1.10 = 3.30.$$

- vano scala-ascensore:

classe di duttilità:

bassa,

regolarità in pianta:

sì,

regolarità in altezza:

sì,

struttura in calcestruzzo mista telaio/pareti

$q_0 = 3.00,$

$\alpha_u / \alpha_1 = 1.10,$

da cui:

$$q = q_0 \times (\alpha_u / \alpha_1) = 3.00 \times 1.10 = 3.30.$$

5.2. *Precisazioni e controlli*

- La camera calda

Per la camera calda si è ritenuto opportuno approfondire le conoscenze e si è valutato il comportamento della sola struttura metallica considerata vincolata al piede in corrispondenza dell' estradosso delle sottostanti strutture in calcestruzzo.

Per lo sviluppo di detti calcoli si sono adottati i seguenti parametri:

classe di duttilità:

bassa,

regolarità in pianta:

sì,

regolarità in altezza:

sì,

struttura:

- nella direzione longitudinale (struttura a controventi concentrici con diagonale tesa attiva):

$q_0 = 3.00,$

$\alpha_u / \alpha_1 = 1.00,$

da cui:

$$q = q_0 \times (\alpha_u / \alpha_1) = 3.00 \times 1.00 = 3.00.$$

- nella direzione trasversale (struttura a pendolo inverso):

$q_0 = 2.00,$

$\alpha_u / \alpha_1 = 1.00,$

da cui:

$$q = q_0 \times (\alpha_u / \alpha_1) = 2.00 \times 1.00 = 2.00.$$

Le seguenti figg. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 illustrano:

- le caratteristiche del modello numerico,

- le verifiche di resistenza e di stabilità allo stato limite ultimo.

Come si può evincere dall' esame delle figure allegate, le verifiche ancora soddisfatte (per l' interpretazione dei risultati illustrati mediante le "mappe colore" che seguono si rimanda ai punti successivi della presente relazione integrativa).

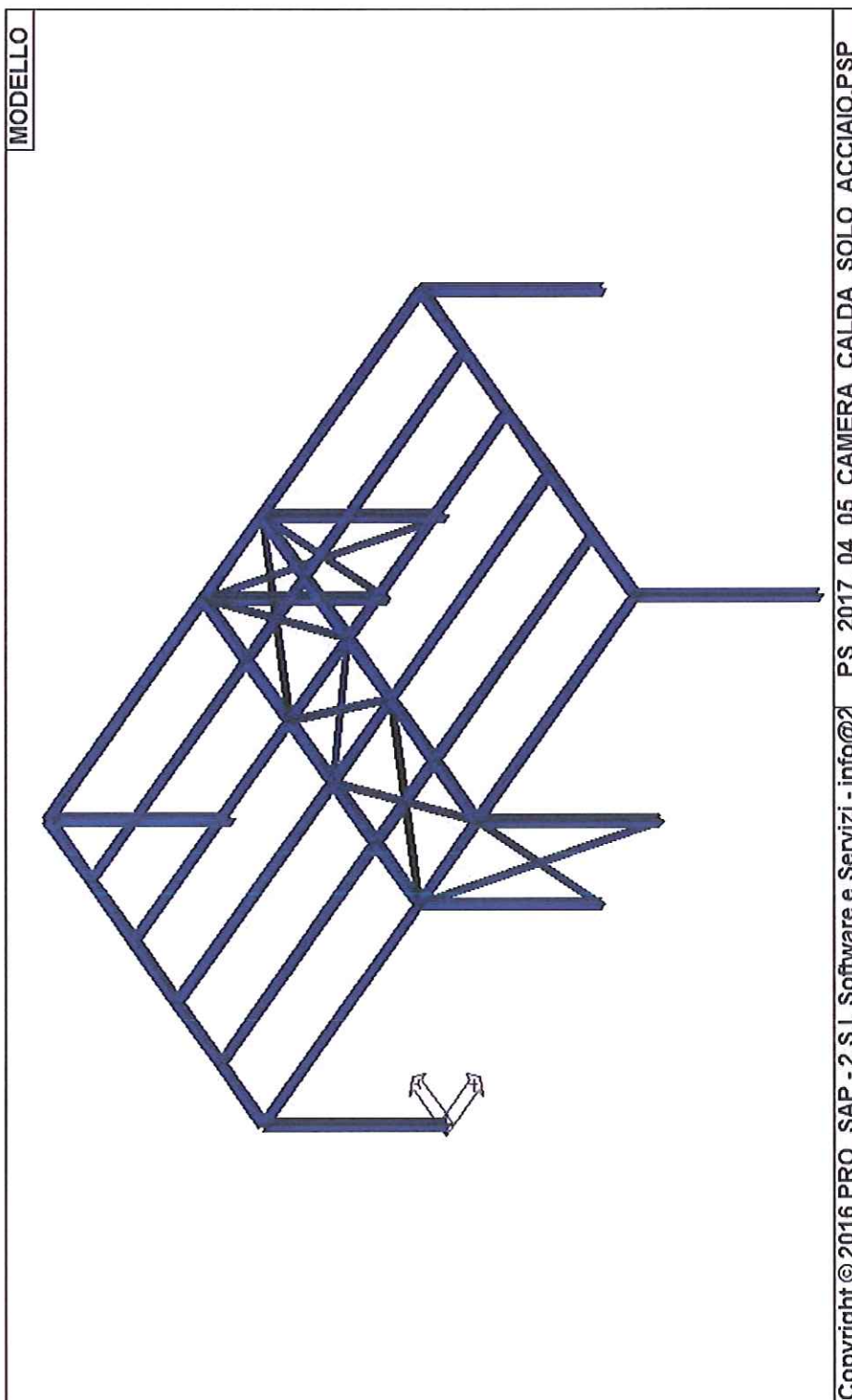


figura 5.1

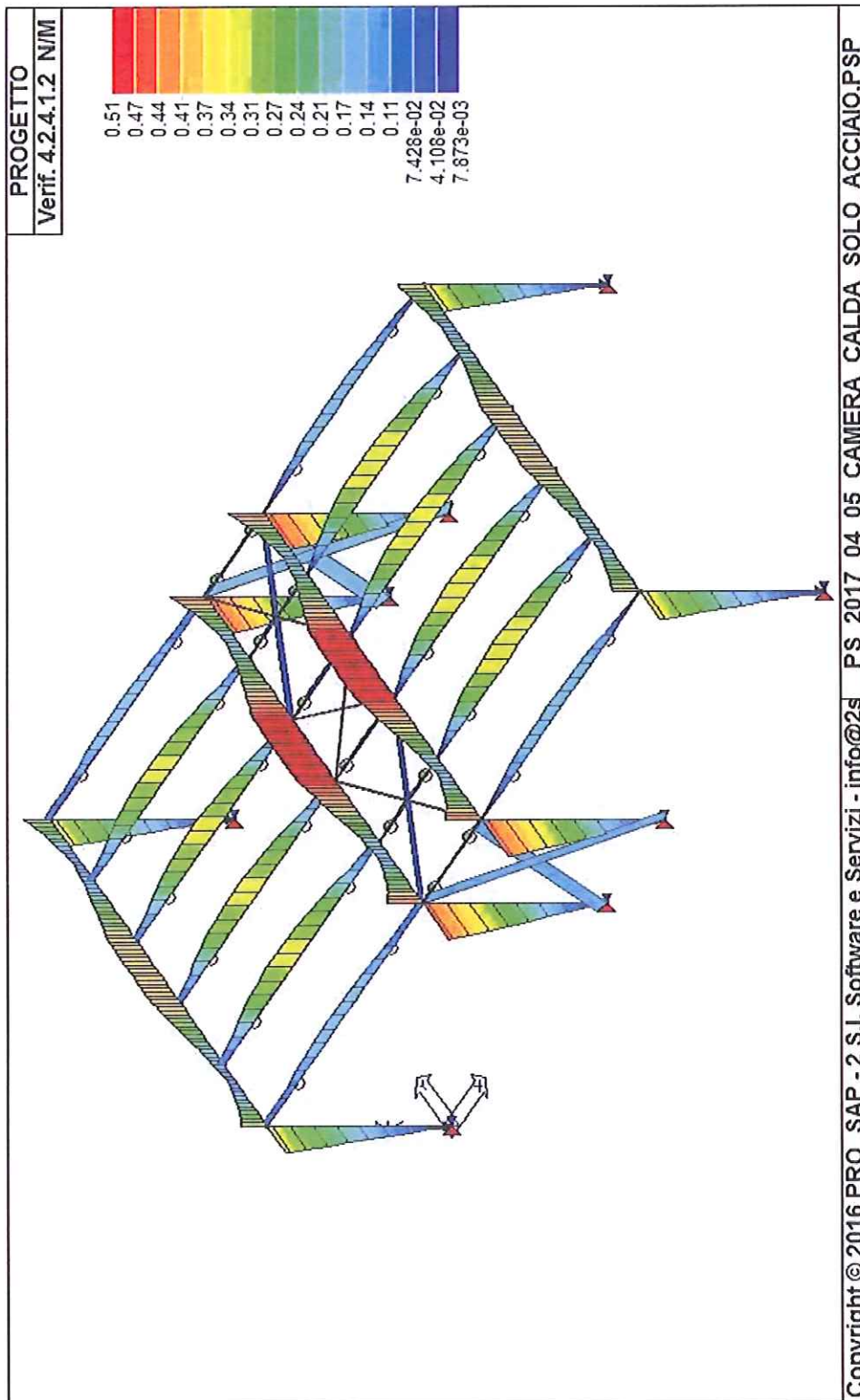


figura 5.2

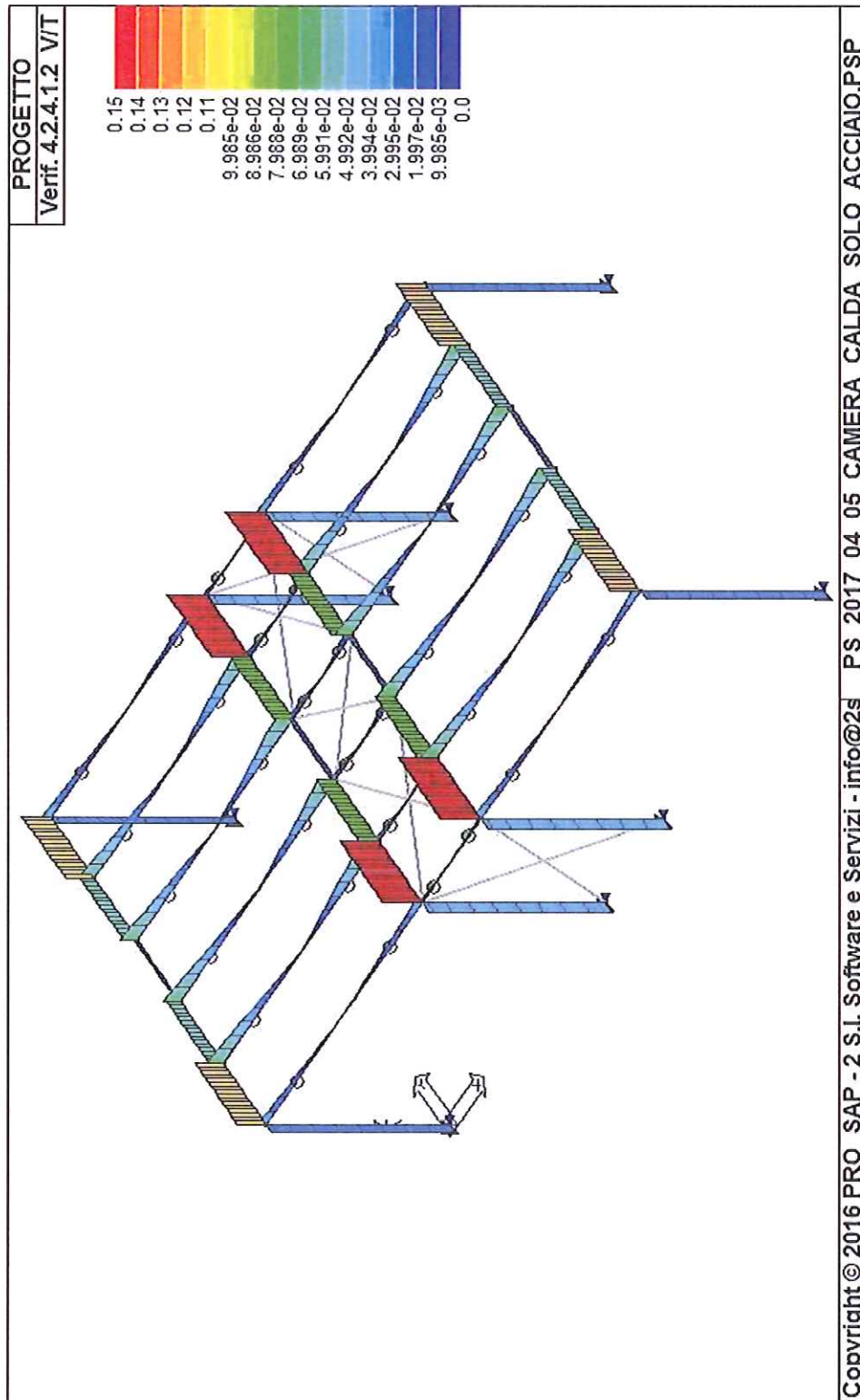


figura 5.3

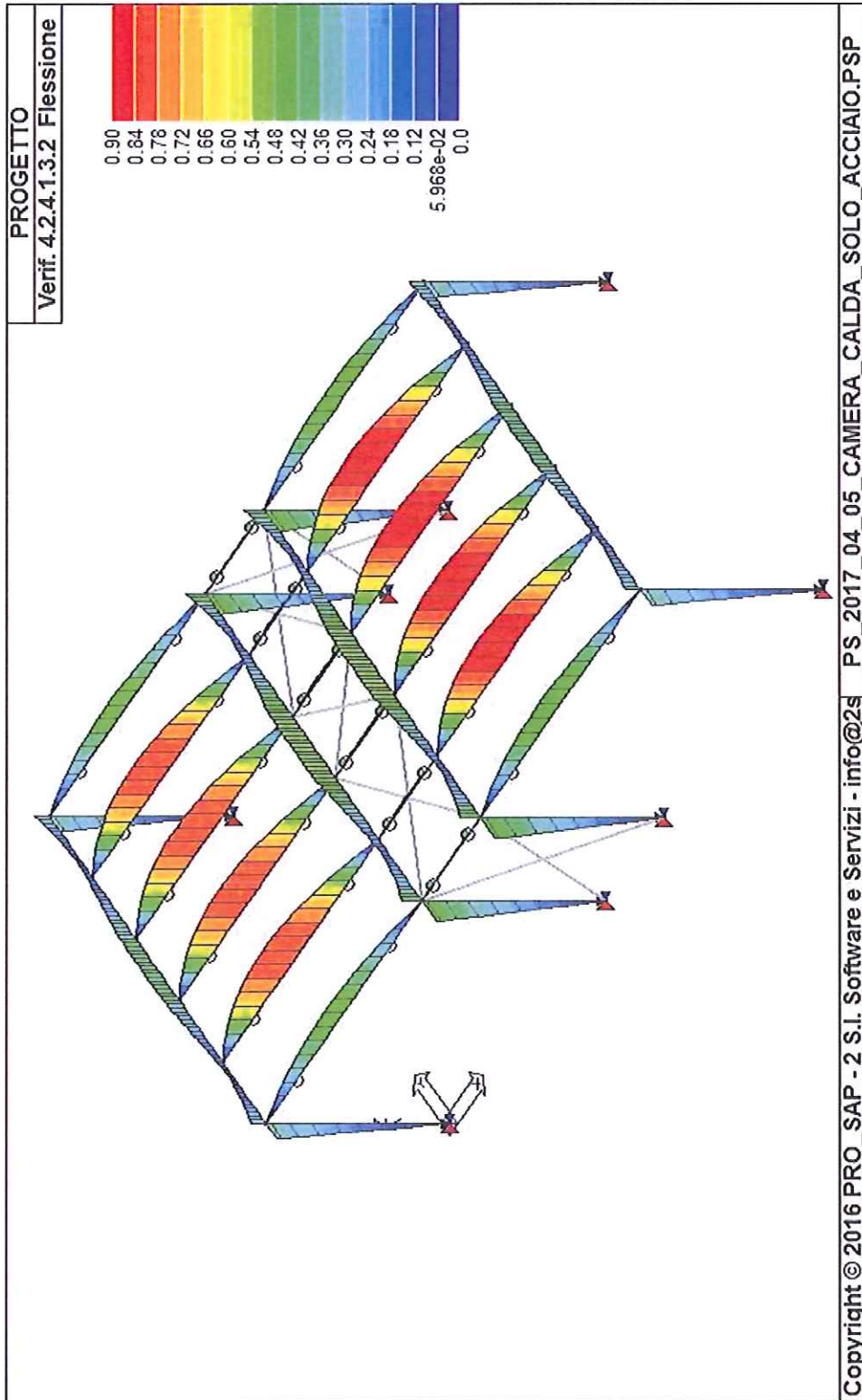


figura 5.4

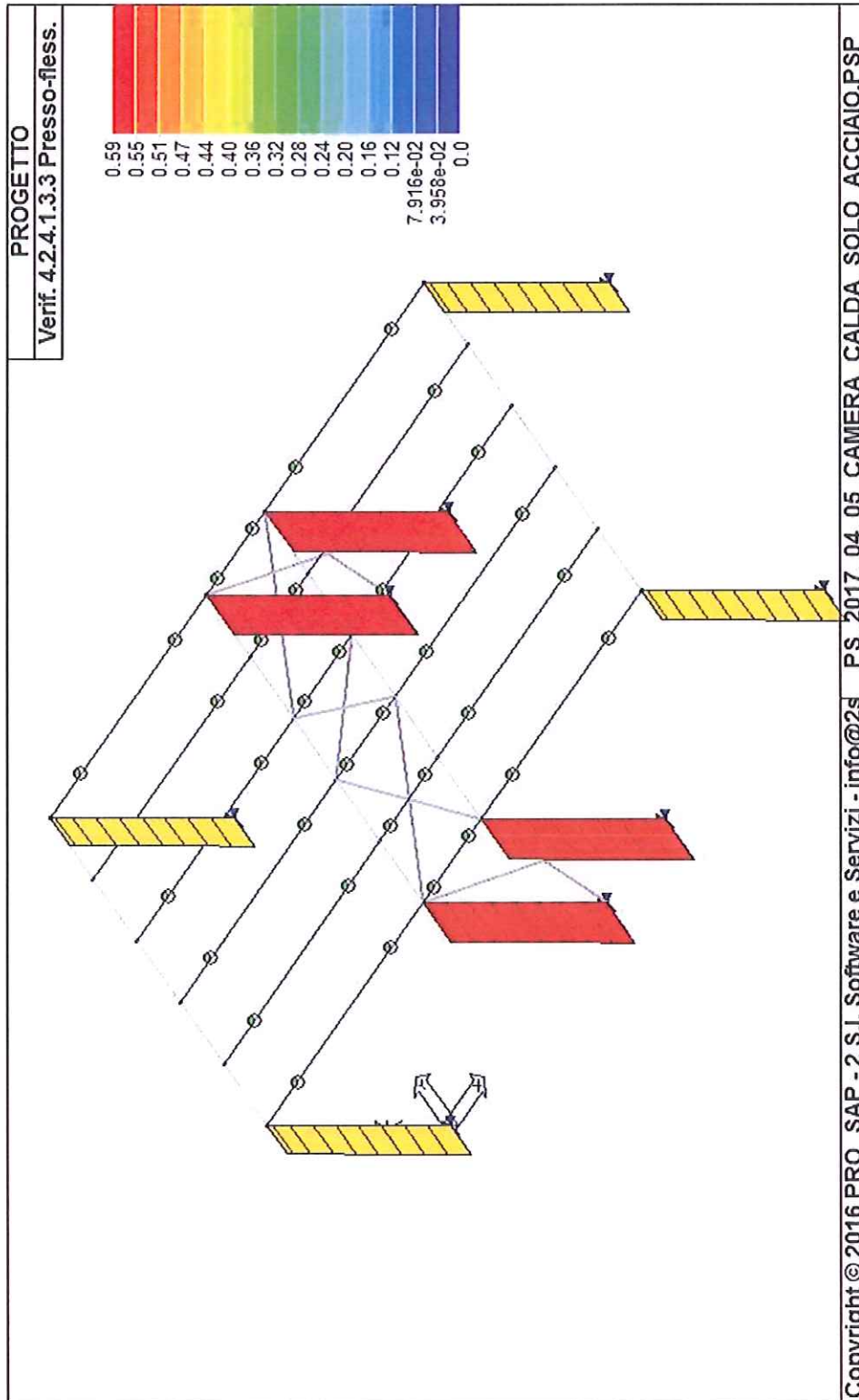


figura 5.5

- La passerella

Anche per la passerella sono stati valutati gli effetti di una eventuale modifica del coefficiente di struttura posto alla base dei calcoli. In particolare, in sede di approfondimento, sono stati adottati i seguenti parametri:

classe di duttilità:	bassa,
regolarità in pianta:	sì,
regolarità in altezza:	sì,
struttura metallica:	$q_0 = 2.00,$
	$\alpha_U/\alpha_1 = 1.00,$

da cui:

$$q = q_0 \times (\alpha_U/\alpha_1) = 2.00 \times 1.00 = 2.00.$$

Le seguenti figg. 5.6, 5.7, 5.8, 5.9 e 5.10 illustrano:

- le caratteristiche del modello numerico,
- le verifiche di resistenza e di stabilità allo stato limite ultimo.

Come si può evincere dall' esame delle figure allegate, le verifiche ancora soddisfatte (per l' interpretazione dei risultati illustrati mediante le "mappe colore" che seguono si rimanda nuovamente ai punti successivi della presente relazione integrativa).

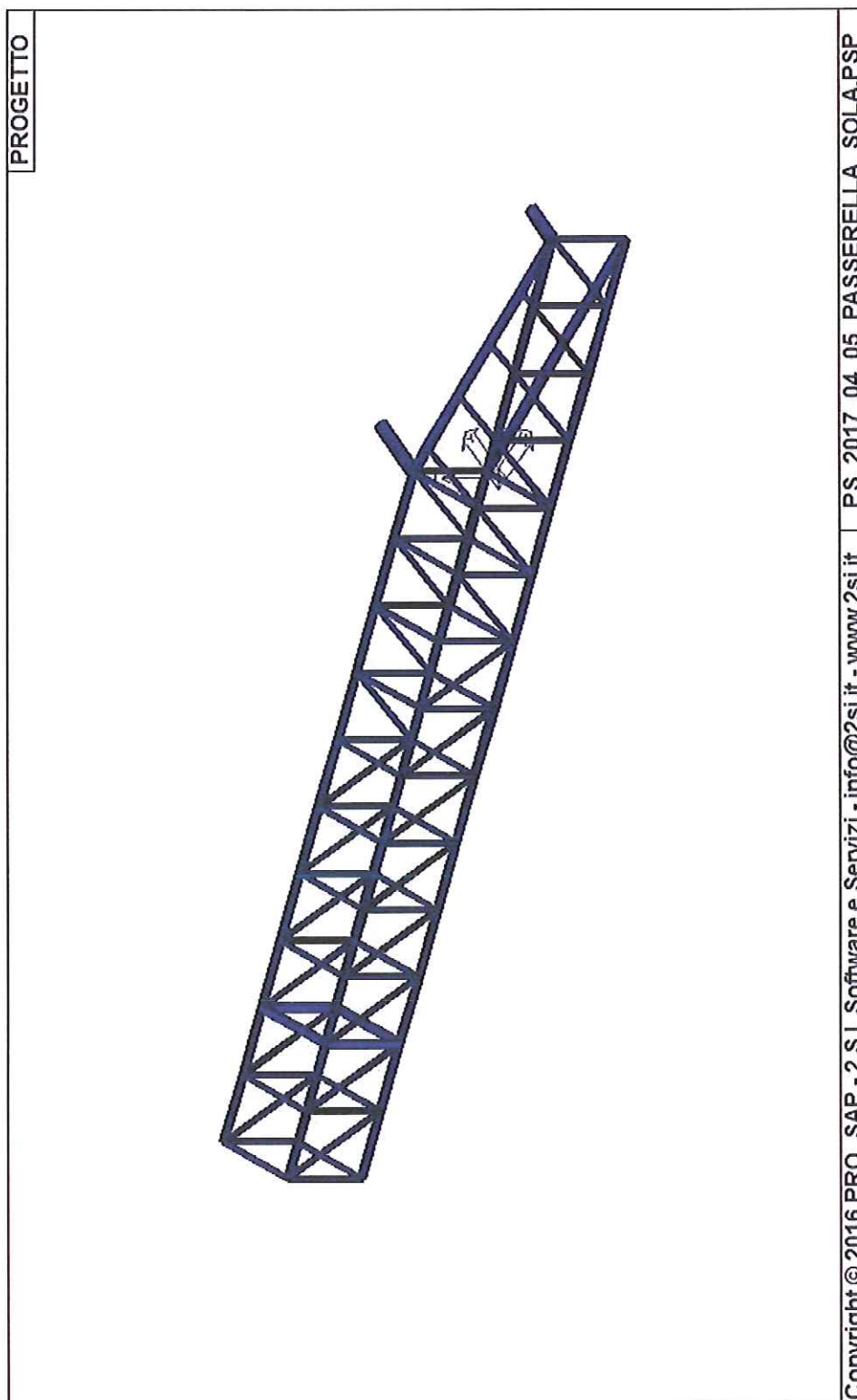


figura 5.6

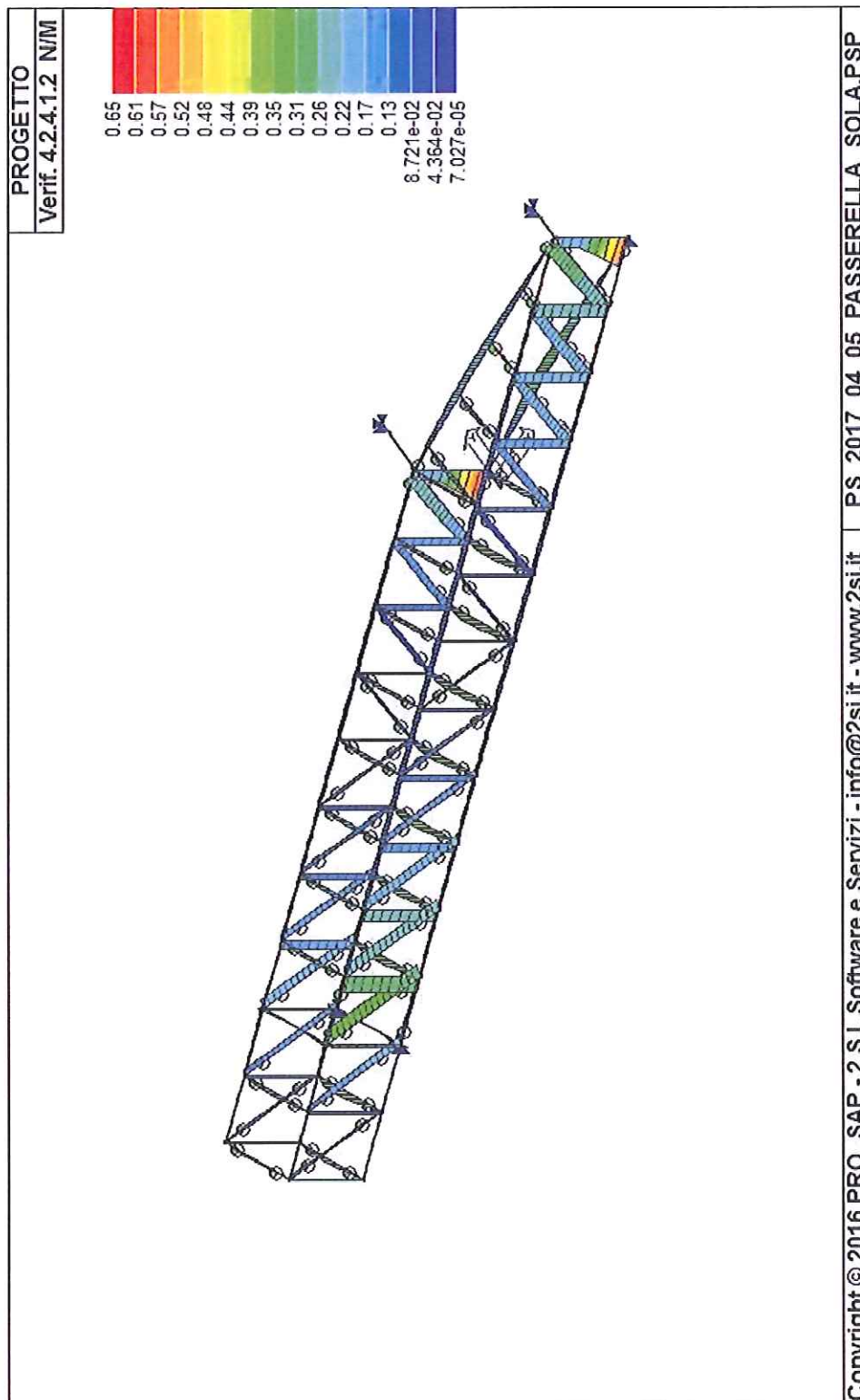


figura 5.7

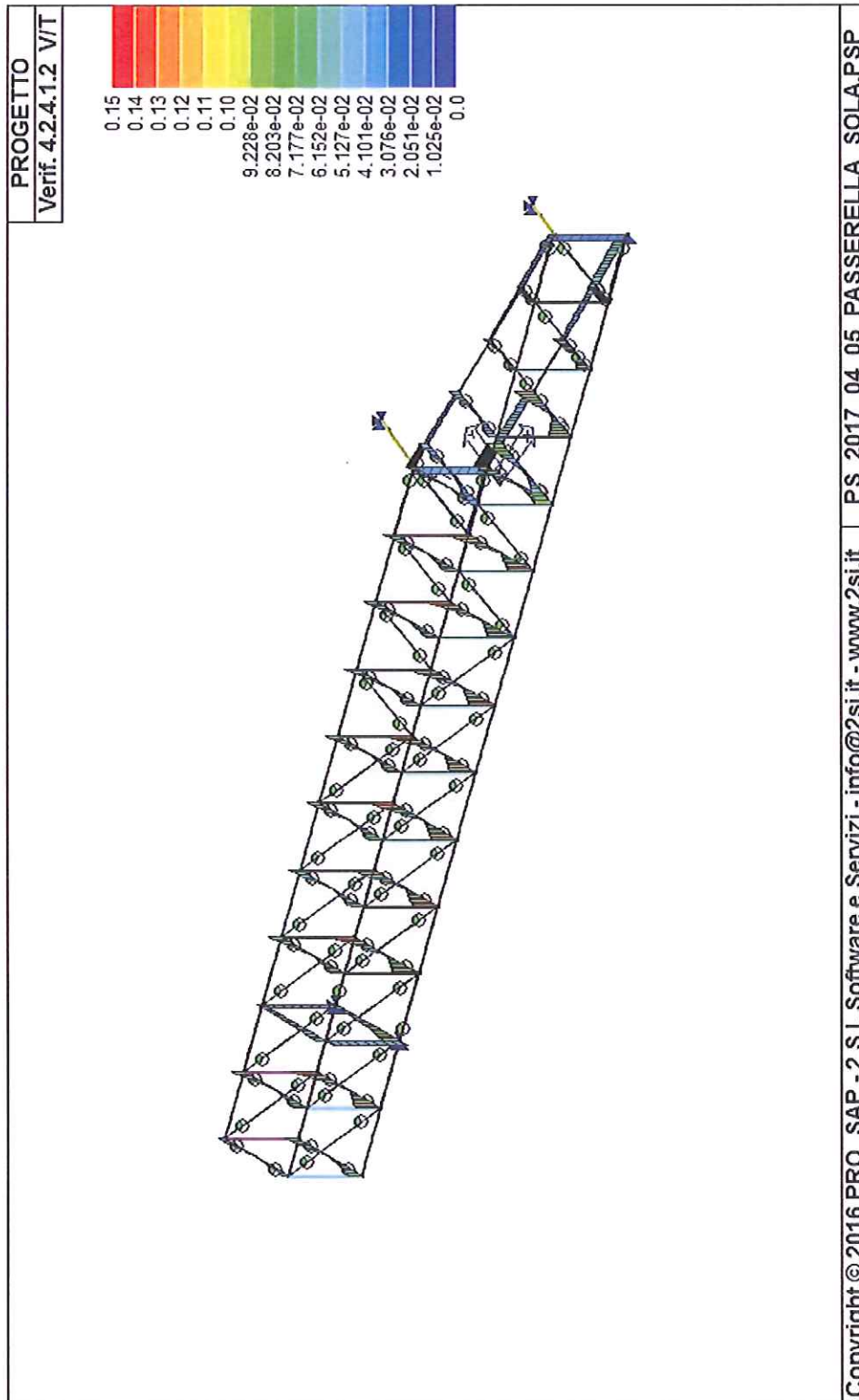


figura 5.8

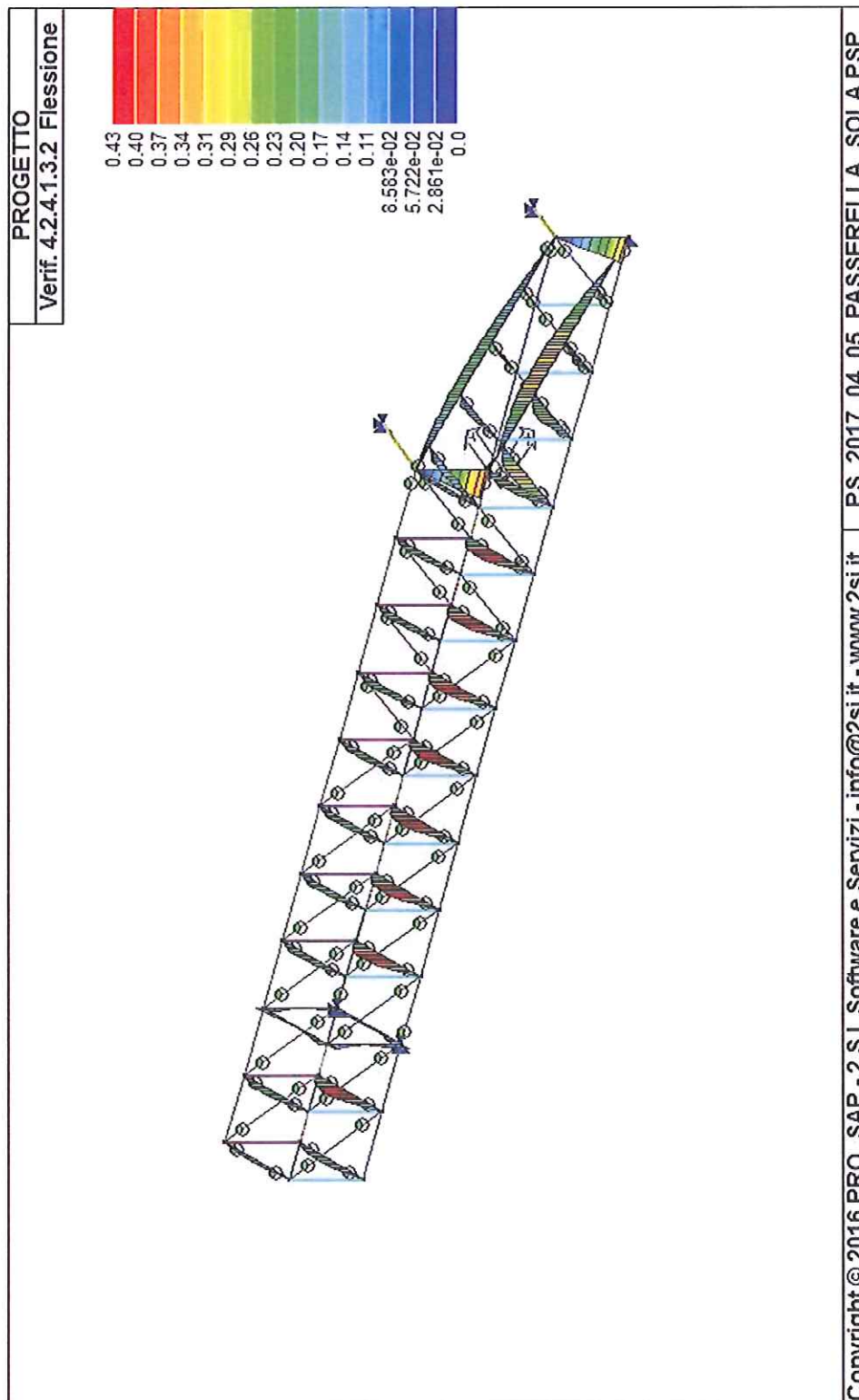


figura 5.9

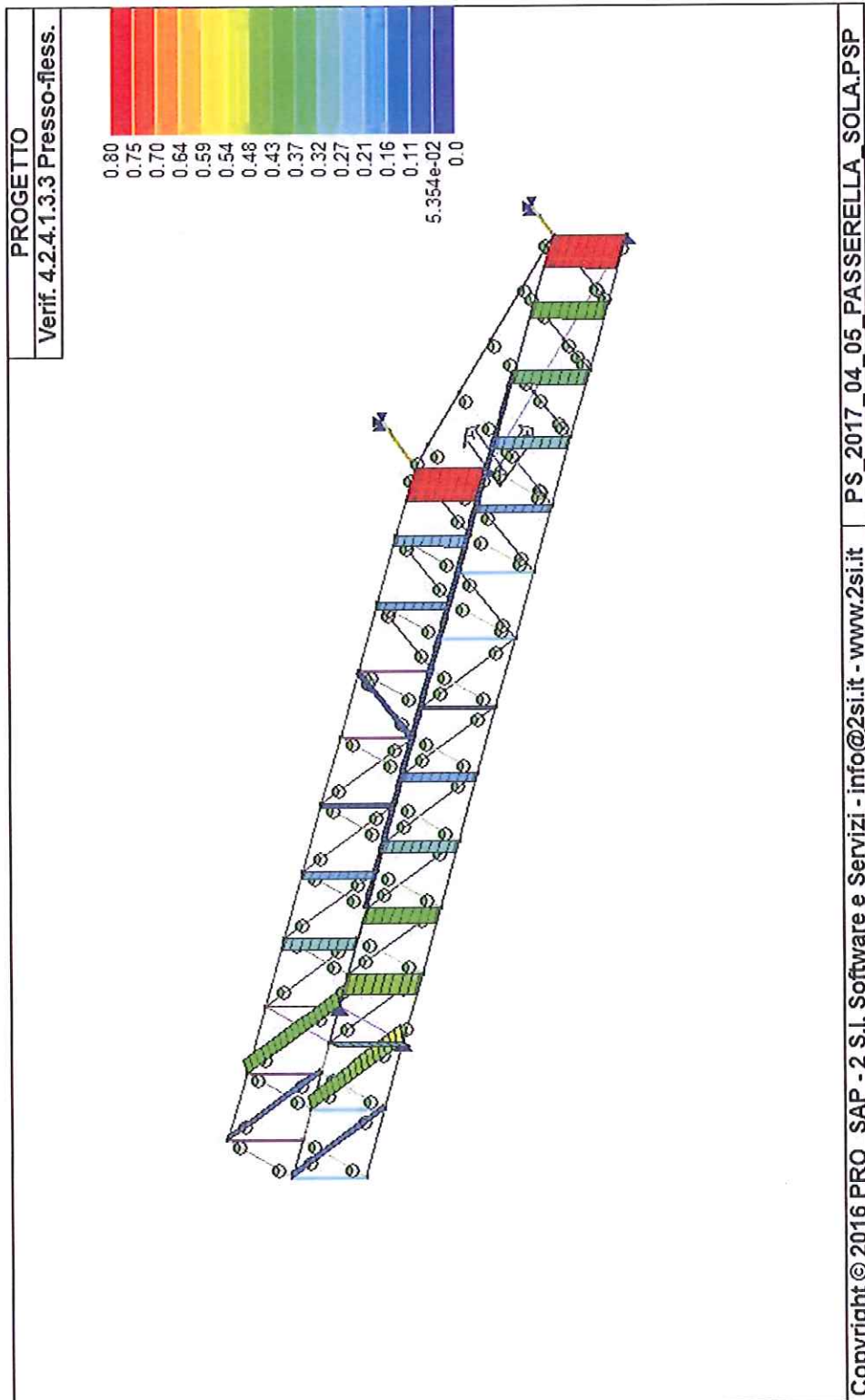


figura 5.10

6. Dimensione dei giunti e spostamenti relativi attesi

Le dimensioni dei giunti strutturali di completa separazione fra i diversi corpi di fabbrica che compongono il complesso sono:

- fra il corpo principale e la camera calda alla quota del livello 1:
 $b = 15.00 \text{ cm};$
- fra il corpo principale e la camera calda alla quota della copertura (di entrambi):
 $b = 22.00 \text{ cm};$
- fra la passerella ed il corpo principale alla quota del livello 1 (calpestio della passerella):
 $b = 10.00 \text{ cm};$
- fra la passerella ed il corpo principale alla quota della copertura della passerella:
 $b = 0.00 \text{ cm (*)};$

(*)

la passerella ed il corpo principale sono fra di loro collegati da "bielle" che impediscono l' allontanamento e l' avvicinamento reciproco.

- fra il corpo principale ed il vano scala ascensore (a tutte le quote):
 $b = 10.00 \text{ cm}.$

Gli spostamenti orizzontali relativi fra i diversi corpi di fabbrica valgono invece:

- fra il corpo principale e la camera calda alla quota della copertura:
 $v_{cp} = 1.22 \text{ cm},$
 $v_{cc} = 3.34 \text{ cm},$

da cui:

$$\Delta v = (v_{cp} + v_{cc}) \times q = (1.22 + 3.34) \times 3.30 = 15.04 \text{ cm} = 16.00 \text{ cm circa} < 22.00 \text{ cm}.$$

- fra la passerella ed il corpo principale alla quota del livello 1 (calpestio della passerella):
 $v_{pas} = 1.20 \text{ cm},$
 $v_{cp} = 0.50 \text{ cm},$

da cui:

$$\Delta v = (v_{pas} + v_{cp}) \times q = (1.20 + 0.50) \times 3.30 = 5.61 \text{ cm} = 6.00 \text{ cm circa} < 10.00 \text{ cm}.$$

- fra il corpo principale ed il vano scala ascensore in corrispondenza della copertura alta:
 $v_{cp} = 1.40 \text{ cm},$
 $v_{vsa} = 1.10 \text{ cm},$

da cui:

$$\Delta v = (v_{cp} + v_{vsa}) \times q = (1.40 + 1.10) \times 3.30 = 8.25 \text{ cm} = 9.00 \text{ cm circa} < 10.00 \text{ cm}.$$

7. Elementi "non strutturali" ed impianti

I criteri per il calcolo delle sollecitazioni e l' esecuzione delle verifiche di resistenza sono riportati nell' elaborato del progetto generale architettonico "Relazione sui criteri di verifica degli elementi non strutturali". Detto elaborato viene consegnato in allegato alla presente relazione di integrazione e chiarimenti.

8. Vincolamenti interni ed esterni e schemi statici

In merito ai "vincolamenti" esterni ed interni si precisa:

- a- La fondazione è unica e continua per tutti i corpi di fabbrica del complesso; essa è schematizzata mediante elementi finiti di piastra che poggiano su un suolo "elastico" con costante di sottofondo pari a 1.50 kg/cm^3 .

La stessa modellazione è stata adottata anche per la fondazione isolata posta in corrispondenza della estremità della passerella di collegamento.

- b- Come dianzi accennato, i corpi di fabbrica sono fra di loro indipendenti, con la sola eccezione costituita dall' unione realizzata fra il corpo principale e la passerella di collegamento in corrispondenza della copertura di quest' ultima (a questa unione si affida il compito di impedire l' allontanamento e l' avvicinamento mutuo dei due corpi di fabbrica, senza che vengano impediti i loro movimenti relativi nella direzione parallela a quella del lato lungo del corpo principale).
- c- Per tutti i corpi di fabbrica (passerella esclusa) le strutture in elevazione sono considerate incastrate in corrispondenza delle loro fondazioni; la passerella poggia invece ad una estremità su due cerniere fisse ed all' altra su due cerniere scorrevoli nella direzione delle briglie.

9. Gli effetti del second' ordine

Il fattore Θ è ampiamente contenuto entro i limiti imposti dalla norma, si deve infatti verificare che sia:

$$\Theta = (Pxd_r)/(Vxh) \leq 0.10,$$

e quindi che sia:

$$(Pxd_r) \leq 0.10x(Vxh).$$

dove:

P = carico verticale totale sovrastante l' orizzontamento in esame,

d_r = spostamento orizzontale medio di interpiano,

V = forza orizzontale totale in corrispondenza dell' orizzontamento in esame,

h = distanza tra l' orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.

Si consideri ora l' intero "peso sismico" del corpo principale collocato in corrispondenza della copertura; in questo caso si avrebbe:

$$P = 2162.00 = 2200.00 \text{ t circa,}$$

$$d_r = 1.40x3.30 = 4.62 = 5.00 \text{ cm circa,}$$

$$V = 451.00 \text{ t} = 450.00 \text{ t circa,}$$

$$h = 8.50 \text{ m.}$$

Con queste premesse si ottiene:

$$Pxd_r = 2200.00x5.00 = 11000.00 \text{ tcm} = 110.00 \text{ tm,}$$

$$Vxh = 450.00x8.50 = 3825.00 \text{ tm,}$$

$$0.10x(Vxh) = 382.00 \text{ tm,}$$

da cui:

$$(Pxd_r) = 110.00 \text{ tm} < 0.10x(Vxh) = 382.00 \text{ tm.}$$

10. I modi di vibrare e le masse partecipanti

10.1. Premessa

Come già esposto ai punti precedenti, al fine di valutare la risposta delle strutture nei confronti delle azioni sismiche sono stati approntati:

- un modello "generale" col quale si è schematizzato il comportamento delle strutture di tutti i corpi di fabbrica;
- modelli "singoli" per i diversi corpi di fabbrica.

Per quanto i risultati ottenuti dal modello generale e da quelli "singoli" non divergono sostanzialmente, la diversa organizzazione strutturale dei diversi corpi di fabbrica (e dunque la necessità di caratterizzare il comportamento dinamico di ciascuno di essi, oltre che quello del complesso) giustifica tale approccio.

Sotto queste premesse si riportano di seguito i principali risultati delle analisi dinamiche condotte.

10.2. Il modello generale

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x	%	M efficace Y	%	M efficace Z	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	1.854	0.539	0.224	126.54	4.50e-03	9.877e+04	3.5	0.02	0.0
2	2.404	0.416	0.263	269.11	9.57e-03	2653.04	9.43e-02	0.73	2.59e-05
3	2.592	0.386	0.263	2.101e+04	0.7	6.547e+04	2.3	0.80	2.85e-05
4	2.596	0.385	0.263	1.540e+05	5.5	9.079e+04	3.2	8.37	2.97e-04
5	2.636	0.379	0.263	5.241e+04	1.9	115.85	4.12e-03	0.71	2.54e-05
6	2.795	0.358	0.263	9438.57	0.3	1.263e+06	44.9	821.68	2.92e-02
7	2.874	0.348	0.263	4387.88	0.2	8166.40	0.3	38.73	1.38e-03
8	3.232	0.309	0.263	1.788e+06	63.6	1.734e+04	0.6	8.61	3.06e-04
9	3.330	0.300	0.263	1.781e+04	0.6	252.81	8.99e-03	1.75	6.21e-05
10	3.714	0.269	0.263	1.866e+04	0.7	5.201e+05	18.5	44.70	1.59e-03
11	4.003	0.250	0.263	2.264e+04	0.8	9.405e+04	3.3	166.92	5.93e-03
12	4.106	0.244	0.263	5.756e+04	2.0	141.65	5.04e-03	137.53	4.89e-03
13	4.176	0.239	0.263	476.52	1.69e-02	25.50	9.06e-04	0.06	2.19e-06
14	4.533	0.221	0.263	1.149e+04	0.4	1.500e+04	0.5	298.93	1.06e-02
15	4.549	0.220	0.263	3.373e+04	1.2	1.255e+04	0.4	730.79	2.60e-02
16	4.606	0.217	0.263	1.056e+04	0.4	184.35	6.55e-03	6197.46	0.2
17	4.669	0.214	0.263	4.656e+04	1.7	309.87	1.10e-02	110.90	3.94e-03
18	4.680	0.214	0.263	85.30	3.03e-03	316.10	1.12e-02	5.91	2.10e-04
19	5.212	0.192	0.263	138.62	4.93e-03	6.362e+04	2.3	566.91	2.02e-02
20	5.251	0.190	0.263	279.90	9.95e-03	5197.96	0.2	6079.60	0.2
21	5.292	0.189	0.263	1.12	4.00e-05	2.538e+04	0.9	98.45	3.50e-03
22	5.327	0.188	0.263	28.65	1.02e-03	93.15	3.31e-03	2383.63	8.47e-02
23	5.347	0.187	0.263	77.56	2.76e-03	29.63	1.05e-03	4540.94	0.2
24	5.661	0.177	0.263	1.530e+04	0.5	18.40	6.54e-04	2.10	7.47e-05
25	6.004	0.167	0.263	2.045e+04	0.7	3871.06	0.1	145.76	5.18e-03
26	6.443	0.155	0.263	8275.49	0.3	1462.77	5.20e-02	725.10	2.58e-02
27	6.514	0.154	0.263	1466.38	5.21e-02	314.62	1.12e-02	1.45	5.17e-05
28	6.986	0.143	0.269	114.25	4.06e-03	69.91	2.49e-03	2.813e+04	1.0
29	7.091	0.141	0.270	2.912e+04	1.0	2.08	7.38e-05	98.41	3.50e-03
30	7.202	0.139	0.272	4.004e+04	1.4	7.26	2.58e-04	0.07	2.65e-06
31	7.376	0.136	0.273	299.28	1.06e-02	0.47	1.66e-05	1.28	4.55e-05
32	7.998	0.125	0.280	825.67	2.94e-02	3.55	1.26e-04	1.730e+04	0.6
33	8.136	0.123	0.281	38.33	1.36e-03	350.79	1.25e-02	4.379e+04	1.6
34	8.664	0.115	0.285	32.41	1.15e-03	556.89	1.98e-02	7906.33	0.3
35	8.889	0.112	0.287	1606.77	5.71e-02	203.35	7.23e-03	451.56	1.61e-02
Risulta				2.367e+06		2.290e+06		1.208e+05	
In percentuale				84.16		81.43		4.29	

10.3. L'edificio principale

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	2.862	0.349	0.263	1.292e+05	6.0	1.219e+06	56.4	30.05	1.39e-03
2	3.127	0.320	0.263	1.537e+06	71.1	2.338e+05	10.8	10.52	4.87e-04
3	3.413	0.293	0.263	1.316e+05	6.1	2.796e+05	12.9	92.44	4.28e-03
4	5.267	0.190	0.263	3657.79	0.2	7.782e+04	3.6	257.02	1.19e-02
5	5.762	0.174	0.263	8276.95	0.4	5266.98	0.2	122.18	5.65e-03
6	6.243	0.160	0.263	1.362e+04	0.6	27.89	1.29e-03	849.10	3.93e-02
7	9.995	0.100	0.294	620.65	2.87e-02	8.32	3.85e-04	3.012e+04	1.4
8	10.016	0.100	0.294	274.20	1.27e-02	89.91	4.16e-03	8.698e+05	40.2
9	10.075	0.099	0.295	3.64	1.69e-04	45.72	2.11e-03	8936.34	0.4
10	10.325	0.097	0.296	141.22	6.53e-03	1060.26	4.90e-02	2.235e+05	10.3
11	10.496	0.095	0.297	1.27	5.89e-05	1255.26	5.81e-02	1.334e+05	6.2
12	10.834	0.092	0.299	0.50	2.32e-05	798.19	3.69e-02	2.429e+05	11.2
13	10.983	0.091	0.300	261.13	1.21e-02	96.32	4.46e-03	2.054e+04	1.0
14	11.164	0.090	0.300	70.12	3.24e-03	76.03	3.52e-03	4.143e+04	1.9
15	11.453	0.087	0.302	80.93	3.74e-03	33.05	1.53e-03	5.362e+04	2.5
16	11.939	0.084	0.304	146.35	6.77e-03	36.41	1.68e-03	3.813e+04	1.8
17	12.006	0.083	0.304	1353.99	6.26e-02	836.90	3.87e-02	9187.53	0.4
18	12.152	0.082	0.305	196.65	9.10e-03	2.34	1.08e-04	963.82	4.46e-02
19	12.390	0.081	0.306	0.75	3.45e-05	401.74	1.86e-02	2.083e+04	1.0
20	12.472	0.080	0.306	2663.23	0.1	199.11	9.21e-03	1.958e+04	0.9
21	12.486	0.080	0.306	3969.96	0.2	412.24	1.91e-02	4229.01	0.2
22	12.696	0.079	0.307	3276.07	0.2	2070.61	9.58e-02	4.438e+04	2.1
23	12.940	0.077	0.308	2.212e+04	1.0	4970.24	0.2	6.223e+04	2.9
24	13.185	0.076	0.309	1.553e+05	7.2	2.316e+04	1.1	9559.78	0.4
25	13.265	0.075	0.309	8317.19	0.4	48.15	2.23e-03	703.92	3.26e-02
26	13.600	0.074	0.310	1459.79	6.75e-02	1486.27	6.88e-02	43.15	2.00e-03
27	13.694	0.073	0.310	45.41	2.10e-03	346.05	1.60e-02	2.711e+04	1.3
28	14.213	0.070	0.312	1.413e+04	0.7	4507.19	0.2	7.371e+04	3.4
29	14.365	0.070	0.312	5631.62	0.3	9260.03	0.4	6.644e+04	3.1
30	14.410	0.069	0.312	1330.91	6.16e-02	5928.10	0.3	1.412e+04	0.7
31	14.561	0.069	0.313	6937.89	0.3	2.521e+04	1.2	2770.02	0.1
32	14.584	0.069	0.313	3.538e+04	1.6	9.153e+04	4.2	2548.21	0.1
33	14.641	0.068	0.313	21.13	9.78e-04	114.90	5.31e-03	5.665e+04	2.6
34	14.934	0.067	0.314	2316.78	0.1	2285.31	0.1	3109.35	0.1
35	15.242	0.066	0.315	150.33	6.95e-03	98.84	4.57e-03	547.26	2.53e-02
Risulta				2.090e+06		1.992e+06		2.083e+06	
In percentuale				96.68		92.15		96.33	

10.4. La camera calda

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	2.089	0.479	0.252	0.21	6.68e-05	6.631e+04	20.7	8.38	2.61e-03
2	3.323	0.301	0.263	0.26	7.96e-05	1.051e+05	32.8	36.87	1.15e-02
3	4.403	0.227	0.263	9926.52	3.1	470.74	0.1	226.73	7.07e-02
4	4.447	0.225	0.263	15.48	4.82e-03	67.94	2.12e-02	3918.90	1.2
5	4.478	0.223	0.263	490.86	0.2	83.65	2.61e-02	2361.80	0.7
6	4.712	0.212	0.263	2.699e+04	8.4	0.45	1.42e-04	3.09	9.62e-04
7	5.014	0.199	0.263	1.478e+05	46.1	41.54	1.29e-02	382.50	0.1
8	5.075	0.197	0.263	1.676e+04	5.2	0.16	4.96e-05	3057.65	1.0
9	5.130	0.195	0.263	1294.01	0.4	0.02	4.77e-06	3000.65	0.9
10	5.755	0.174	0.263	1.420e+04	4.4	490.90	0.2	12.62	3.93e-03
11	5.858	0.171	0.263	52.56	1.64e-02	2.595e+04	8.1	271.38	8.46e-02
12	6.340	0.158	0.263	211.50	6.59e-02	7.49	2.33e-03	32.19	1.00e-02
13	6.435	0.155	0.263	1.070e+04	3.3	0.07	2.08e-05	1.93	6.00e-04
14	7.367	0.136	0.273	23.37	7.28e-03	12.55	3.91e-03	12.58	3.92e-03
15	7.721	0.130	0.277	1.489e+04	4.6	0.13	4.01e-05	0.03	9.36e-06
16	9.393	0.106	0.291	5.002e+04	15.6	63.92	1.99e-02	348.02	0.1
17	10.666	0.094	0.298	128.96	4.02e-02	2.223e+04	6.9	5601.76	1.7
18	11.434	0.087	0.302	60.20	1.88e-02	43.61	1.36e-02	23.35	7.28e-03
19	11.459	0.087	0.302	519.27	0.2	5696.19	1.8	4.010e+04	12.5
20	11.596	0.086	0.302	524.61	0.2	550.64	0.2	2620.44	0.8
21	12.549	0.080	0.306	27.69	8.63e-03	471.35	0.1	241.76	7.54e-02
22	12.677	0.079	0.307	0.95	2.95e-04	75.40	2.35e-02	2196.55	0.7
23	12.705	0.079	0.307	36.49	1.14e-02	1213.69	0.4	1.953e+04	6.1
24	12.932	0.077	0.308	597.66	0.2	72.73	2.27e-02	2.164e+04	6.7
25	13.445	0.074	0.309	154.84	4.83e-02	88.36	2.75e-02	1060.66	0.3
26	13.625	0.073	0.310	74.25	2.31e-02	9.75	3.04e-03	353.16	0.1
27	13.776	0.073	0.310	27.13	8.46e-03	296.28	9.23e-02	1381.67	0.4
28	14.293	0.070	0.312	531.37	0.2	1.344e+04	4.2	4.488e+04	14.0
29	14.633	0.068	0.313	32.10	1.00e-02	437.77	0.1	0.26	8.21e-05
30	14.903	0.067	0.314	885.73	0.3	600.65	0.2	1.457e+04	4.5
31	15.139	0.066	0.314	25.81	8.04e-03	30.23	9.42e-03	141.45	4.41e-02
32	15.910	0.063	0.316	755.73	0.2	1018.41	0.3	9462.13	2.9
33	16.169	0.062	0.317	179.42	5.59e-02	4.85	1.51e-03	75.31	2.35e-02
34	16.366	0.061	0.317	33.20	1.03e-02	81.71	2.55e-02	33.16	1.03e-02
35	16.455	0.061	0.317	100.37	3.13e-02	344.12	0.1	5508.19	1.7
Risulta				2.981e+05		2.453e+05		1.831e+05	
In percentuale				92.91		76.46		57.07	

10.5. *La passerella*

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	3.932	0.254	0.434	6.251e+04	83.9	3.49	4.68e-03	1957.55	2.6
2	5.176	0.193	0.434	655.53	0.9	2.604e+04	34.9	1095.89	1.5
3	5.323	0.188	0.434	0.32	4.30e-04	0.49	6.59e-04	1797.83	2.4
4	7.157	0.140	0.427	1026.98	1.4	9.07	1.22e-02	2.028e+04	27.2
5	8.025	0.125	0.419	878.92	1.2	1.552e+04	20.8	2252.49	3.0
6	8.418	0.119	0.416	241.45	0.3	3749.09	5.0	3613.00	4.8
7	10.416	0.096	0.404	151.73	0.2	5249.72	7.0	5888.50	7.9
8	10.700	0.093	0.403	3.57	4.80e-03	363.86	0.5	1.322e+04	17.7
9	13.246	0.075	0.393	578.27	0.8	143.53	0.2	9689.23	13.0
10	16.392	0.061	0.385	6.01	8.07e-03	603.34	0.8	844.24	1.1
11	18.279	0.055	0.382	14.33	1.92e-02	428.38	0.6	302.17	0.4
12	20.741	0.048	0.379	284.50	0.4	20.27	2.72e-02	508.64	0.7
13	22.119	0.045	0.377	83.11	0.1	135.16	0.2	261.32	0.4
14	23.398	0.043	0.376	264.31	0.4	207.22	0.3	221.59	0.3
15	24.210	0.041	0.375	4.07	5.46e-03	534.04	0.7	566.96	0.8
16	25.362	0.039	0.374	65.45	8.78e-02	3.61	4.85e-03	2229.70	3.0
17	27.334	0.037	0.373	161.49	0.2	1485.62	2.0	756.25	1.0
18	29.193	0.034	0.371	5.40	7.25e-03	1724.44	2.3	1887.65	2.5
19	31.343	0.032	0.370	6.77	9.09e-03	124.17	0.2	103.27	0.1
20	33.539	0.030	0.369	1.61	2.16e-03	689.44	0.9	947.05	1.3
21	34.442	0.029	0.369	53.65	7.20e-02	0.73	9.81e-04	150.65	0.2
22	35.020	0.029	0.368	1107.17	1.5	980.41	1.3	15.88	2.13e-02
23	36.068	0.028	0.368	249.75	0.3	312.24	0.4	5.89	7.90e-03
24	36.978	0.027	0.367	25.58	3.43e-02	392.74	0.5	5.76	7.73e-03
25	37.760	0.026	0.367	138.65	0.2	1210.46	1.6	66.18	8.88e-02
26	38.975	0.026	0.367	89.50	0.1	2280.28	3.1	545.79	0.7
27	40.140	0.025	0.366	2162.50	2.9	391.90	0.5	606.67	0.8
28	41.366	0.024	0.366	11.14	1.49e-02	6.31	8.47e-03	0.19	2.50e-04
29	43.950	0.023	0.365	0.13	1.68e-04	442.05	0.6	884.00	1.2
30	45.133	0.022	0.365	38.88	5.22e-02	83.10	0.1	8.14	1.09e-02
31	45.917	0.022	0.365	122.05	0.2	32.70	4.39e-02	0.17	2.26e-04
32	48.157	0.021	0.364	25.13	3.37e-02	0.06	7.50e-05	12.72	1.71e-02
33	49.344	0.020	0.364	37.69	5.06e-02	706.43	0.9	5.38	7.22e-03
34	51.520	0.019	0.363	1.01	1.35e-03	34.68	4.65e-02	8.67e-03	1.16e-05
35	53.689	0.019	0.363	357.15	0.5	19.65	2.64e-02	26.33	3.53e-02
Risulta				7.136e+04		6.393e+04		7.076e+04	
In percentuale				95.75		85.77		94.94	

10.6. Il vano scala-ascensore

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%
	Hz	sec	g	daN		daN		daN	
1	2.629	0.380	0.263	1.951e+05	77.2	207.77	8.22e-02	692.47	0.3
2	3.184	0.314	0.263	159.10	6.29e-02	1.931e+05	76.4	1727.38	0.7
3	6.795	0.147	0.267	3416.06	1.4	857.14	0.3	1127.73	0.4
4	10.793	0.093	0.299	644.22	0.3	1229.29	0.5	2.402e+05	95.0
5	15.301	0.065	0.315	2.815e+04	11.1	0.39	1.54e-04	73.76	2.92e-02
6	18.480	0.054	0.321	1469.67	0.6	9.26	3.66e-03	587.40	0.2
7	21.310	0.047	0.326	133.91	5.30e-02	190.63	7.54e-02	4750.42	1.9
8	22.330	0.045	0.327	2536.61	1.0	2461.76	1.0	822.20	0.3
9	23.765	0.042	0.328	118.82	4.70e-02	1.990e+04	7.9	299.91	0.1
10	25.540	0.039	0.330	109.05	4.31e-02	198.69	7.86e-02	140.22	5.55e-02
11	25.678	0.039	0.330	70.20	2.78e-02	3537.39	1.4	794.19	0.3
12	26.683	0.037	0.331	64.19	2.54e-02	1166.52	0.5	49.05	1.94e-02
13	27.571	0.036	0.332	1138.59	0.5	2831.64	1.1	8.72	3.45e-03
14	28.507	0.035	0.333	918.52	0.4	7554.02	3.0	1.70	6.72e-04
15	29.510	0.034	0.333	234.54	9.28e-02	1423.65	0.6	172.43	6.82e-02
16	30.520	0.033	0.334	47.50	1.88e-02	4338.89	1.7	90.25	3.57e-02
17	30.812	0.032	0.334	19.47	7.71e-03	870.20	0.3	317.96	0.1
18	33.043	0.030	0.335	85.17	3.37e-02	141.42	5.60e-02	5.12	2.02e-03
19	35.185	0.028	0.336	28.46	1.13e-02	24.15	9.55e-03	5.15	2.04e-03
20	37.320	0.027	0.337	1075.09	0.4	41.25	1.63e-02	18.47	7.31e-03
21	38.512	0.026	0.338	27.63	1.09e-02	114.00	4.51e-02	326.01	0.1
22	40.837	0.024	0.339	655.99	0.3	52.02	2.06e-02	7.08	2.80e-03
23	41.798	0.024	0.339	1315.01	0.5	126.02	4.99e-02	133.92	5.30e-02
24	42.528	0.024	0.339	5186.41	2.1	9.62	3.81e-03	25.00	9.89e-03
25	43.110	0.023	0.339	652.98	0.3	2.50	9.91e-04	57.75	2.28e-02
26	44.695	0.022	0.340	433.65	0.2	892.61	0.4	16.72	6.62e-03
27	46.254	0.022	0.340	15.55	6.15e-03	239.73	9.49e-02	7.36	2.91e-03
28	47.790	0.021	0.341	147.53	5.84e-02	412.60	0.2	2.17	8.58e-04
29	48.582	0.021	0.341	107.07	4.24e-02	1965.51	0.8	1.44	5.71e-04
30	50.444	0.020	0.341	10.60	4.19e-03	6.38	2.53e-03	0.37	1.46e-04
31	50.955	0.020	0.342	193.80	7.67e-02	108.58	4.30e-02	0.25	1.00e-04
32	51.889	0.019	0.342	0.86	3.41e-04	509.99	0.2	0.37	1.45e-04
33	56.314	0.018	0.343	30.50	1.21e-02	426.79	0.2	3.95	1.56e-03
34	56.477	0.018	0.343	4.05	1.60e-03	1.01	4.02e-04	1.00	3.96e-04
35	58.316	0.017	0.343	141.18	5.59e-02	1.81	7.17e-04	1.68	6.65e-04
Risulta				2.444e+05		2.450e+05		2.525e+05	
In percentuale				96.72		96.93		99.90	

10.7. Sintesi dei risultati

- modello generale
 - periodo del primo modo di vibrare:
 $T_1 = 0.539$ s,
 - peso sismico:
 $P_{TOT} = 2812.00$ t,
 - peso sismico attivato in direzione X:
 $P_X = 2367.00$ t,
 - percentuale attivata in direzione X:
 $\%X = 84.16$,
 - peso sismico attivato in direzione Y:
 $P_X = 2290.00$ t,
 - percentuale attivata in direzione Y:
 $\%X = 81.43$.
- corpo principale
 - periodo del primo modo di vibrare:
 $T_1 = 0.349$ s,
 - peso sismico:
 $P_1 = 2162.00$ t,
 - peso sismico attivato in direzione X:
 $P_X = 2090.00$ t,
 - percentuale attivata in direzione X:
 $\%X = 96.68$,
 - peso sismico attivato in direzione Y:
 $P_X = 1992.00$ t,
 - percentuale attivata in direzione Y:
 $\%X = 92.15$.
- camera calda
 - periodo del primo modo di vibrare:
 $T_1 = 0.479$ s,
 - peso sismico:
 $P_2 = 320.00$ t,
 - peso sismico attivato in direzione X:
 $P_X = 298.00$ t,
 - percentuale attivata in direzione X:
 $\%X = 92.91$,
 - peso sismico attivato in direzione Y:
 $P_X = 243$ t,
 - percentuale attivata in direzione Y:
 $\%X = 76.46$.
- passerella di collegamento
 - periodo del primo modo di vibrare:
 $T_1 = 0.254$ s,
 - peso sismico:
 $P_3 = 74.00$ t,
 - peso sismico attivato in direzione X:
 $P_X = 71.40$ t,

- percentuale attivata in direzione X:
 $\%X = 95.75,$
- peso sismico attivato in direzione Y:
 $P_X = 63.90 \text{ t},$
- percentuale attivata in direzione Y:
 $\%X = 85.77.$
- vano scala-ascensore
 - periodo del primo modo di vibrare:
 $T_1 = 0.380 \text{ s},$
 - peso sismico:
 $P_4 = 252.00 \text{ t},$
 - peso sismico attivato in direzione X:
 $P_X = 244.00 \text{ t},$
 - percentuale attivata in direzione X:
 $\%X = 96.72,$
 - peso sismico attivato in direzione Y:
 $P_X = 245.00 \text{ t},$
 - percentuale attivata in direzione Y:
 $\%X = 96.93.$

Si noti che, definita con ΣP_i la somma dei pesi "sismici" dei corpi di fabbrica, si ha:

$$\Sigma P_i = 2162.00 + 320.00 + 74.00 + 252 = 2808.00 \text{ t},$$

e che il modello generale fornisce:

$$P_{TOT} = 2812.00 \text{ t}.$$

11. La qualità della restituzione dei risultati

11.1. Il miglioramento della qualità

Al fine di rendere più comprensibili i diagrammi riportati nella relazione di calcolo delle strutture, questo elaborato viene ripresentato integralmente (si confronti in proposito l' ELABORATO ST-RT_R1 ST-RC_R1

11.2. Le precisazioni ed i completamenti

- Edificio principale

Le figure 11.1.1, 11.1.2, 11.1.3, 11.1.4, 11.1.5 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per carichi statici:

- sforzo assiale nei pilastri,
- sforzo assiale di membrana nei setti,
- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- deformata.

Le figure 11.1.6, 11.1.7, 11.1.8, 11.1.9 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per sisma in direzione X:

- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- taglio nei setti,
- deformata.

Le figure 11.1.10, 11.1.11, 11.1.12, 11.1.13 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per sisma in direzione Y:

- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- taglio nei setti,
- deformata.

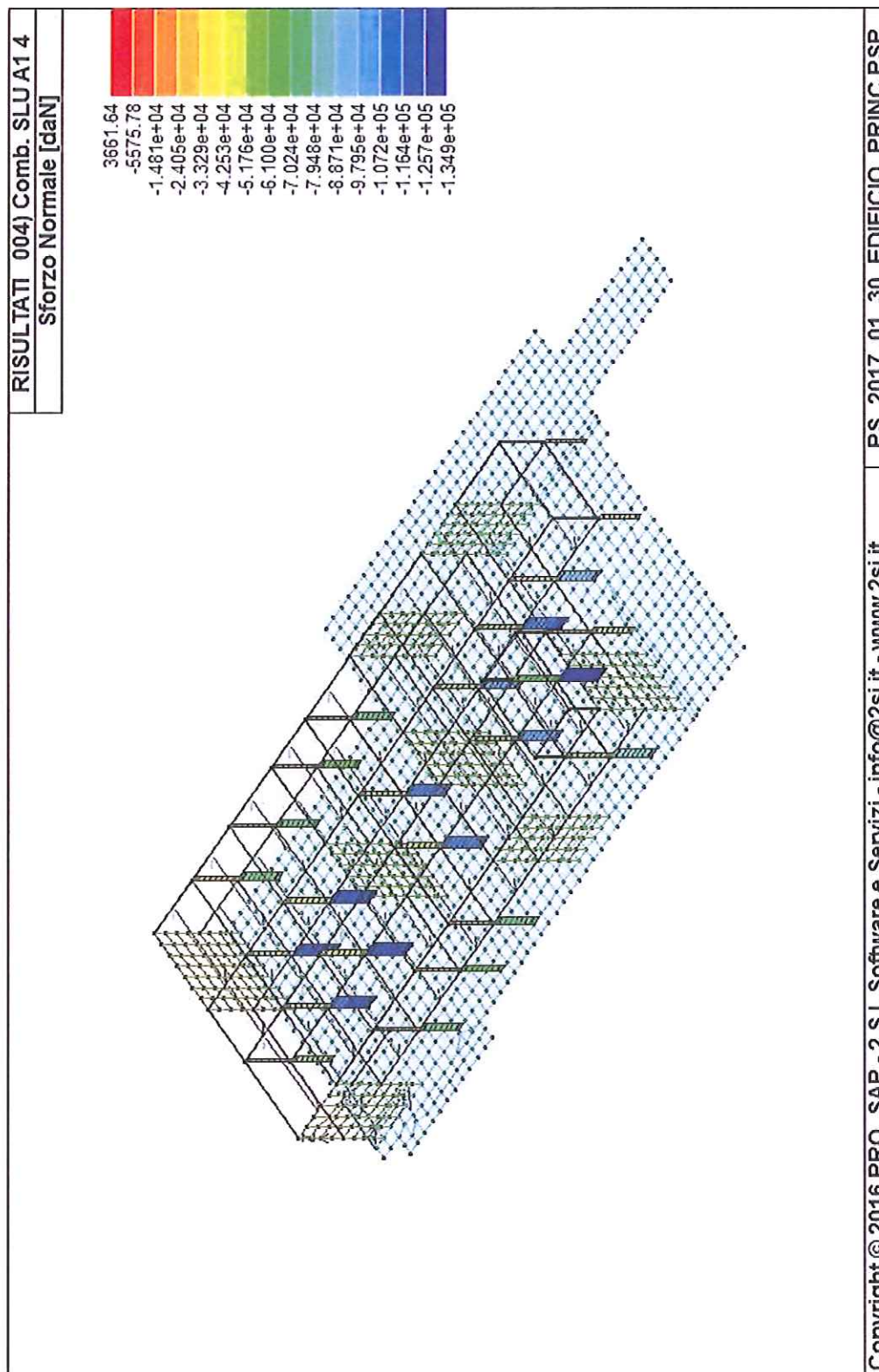


figura 11.1.1

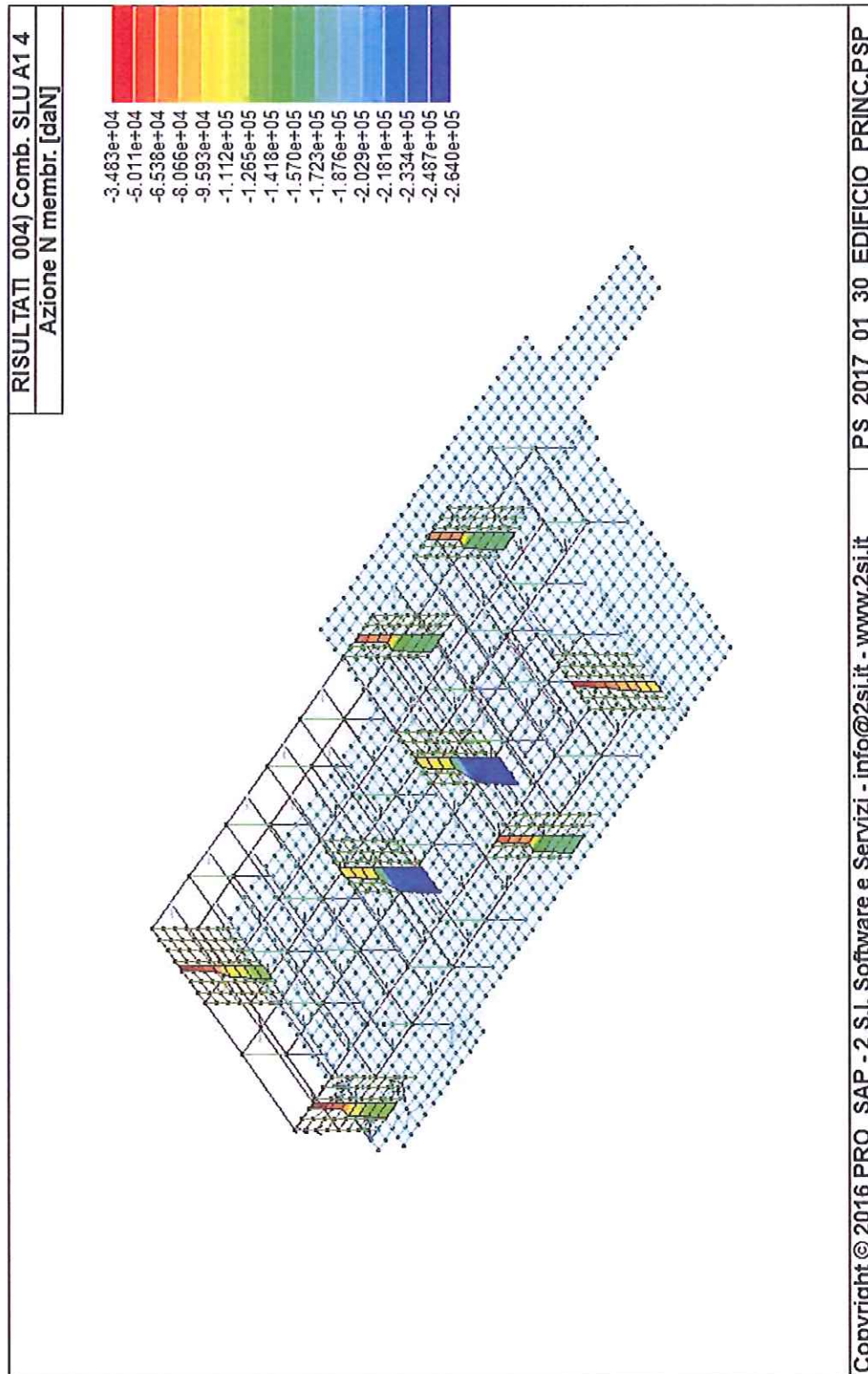


figura 11.1.2

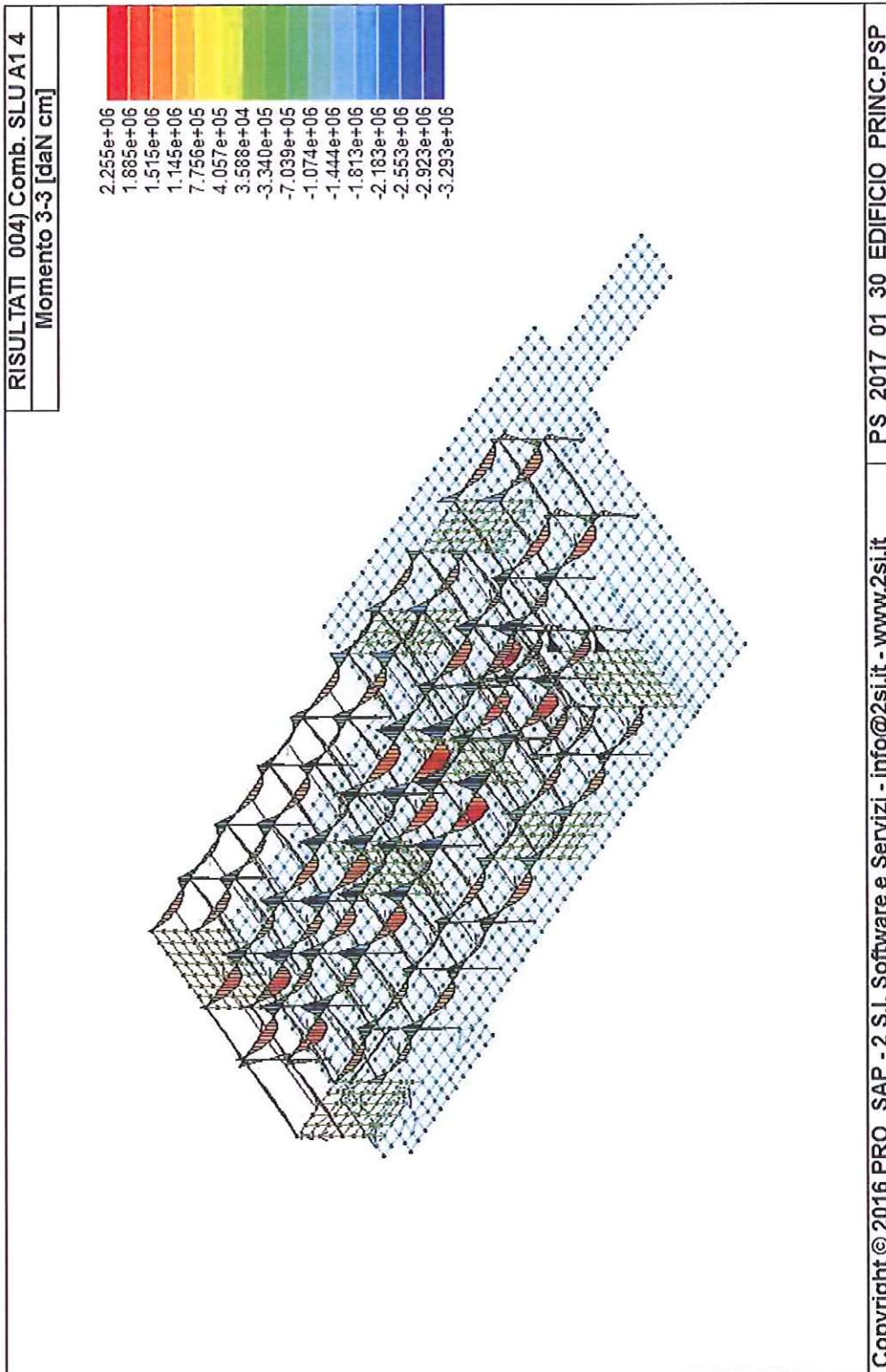


figura 11.1.3

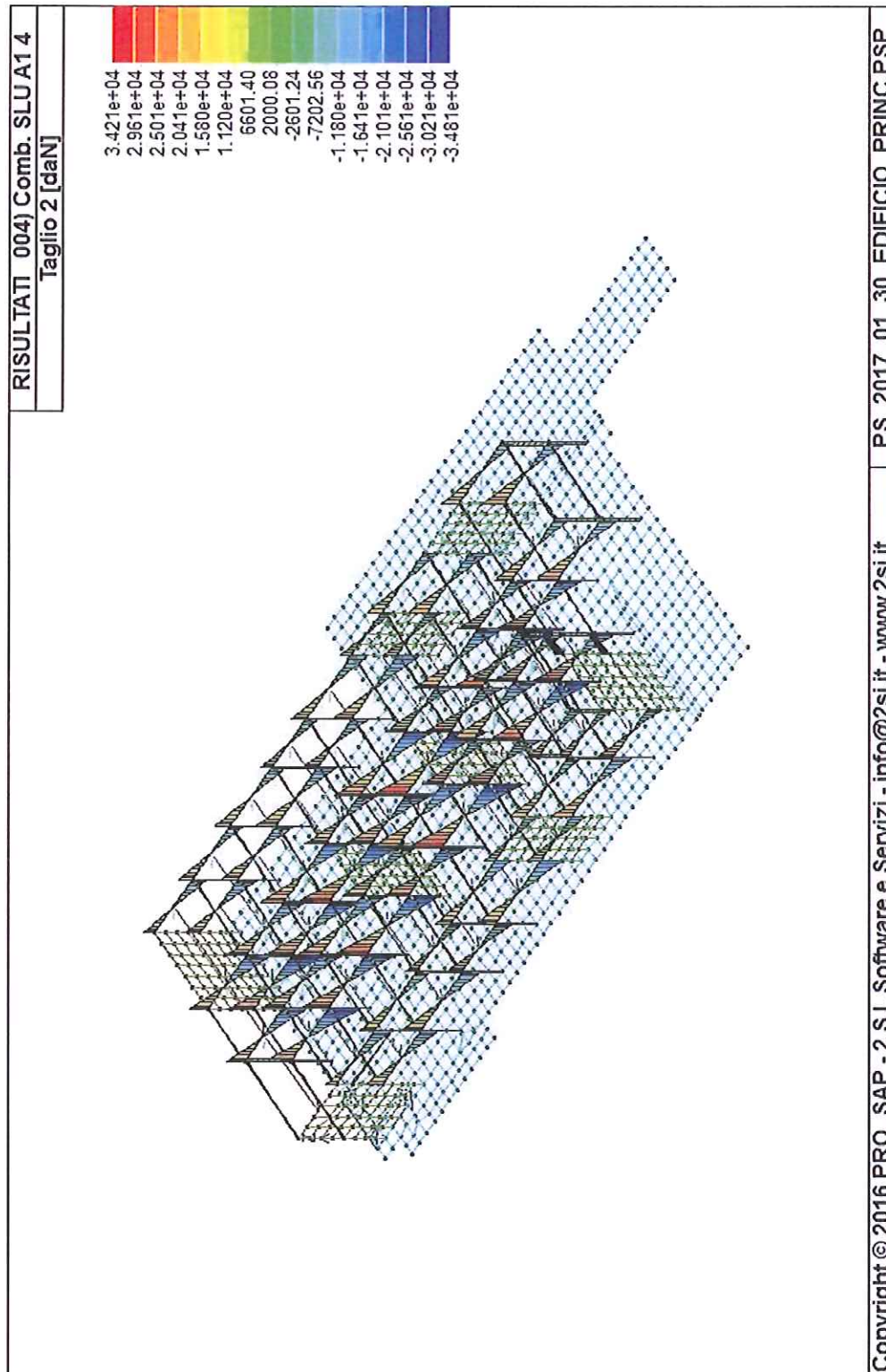


figura 11.1.4

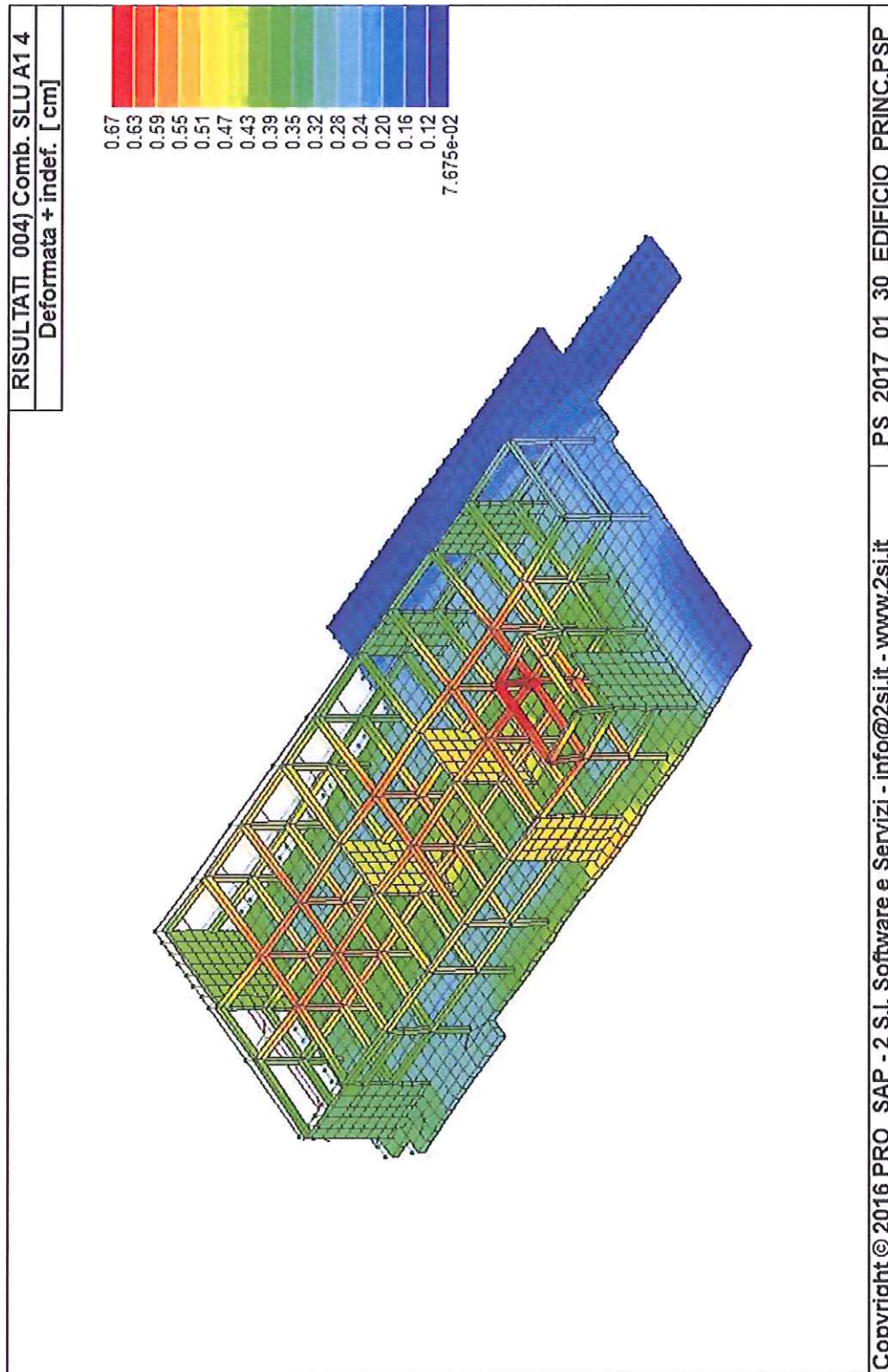


figura 11.1.5

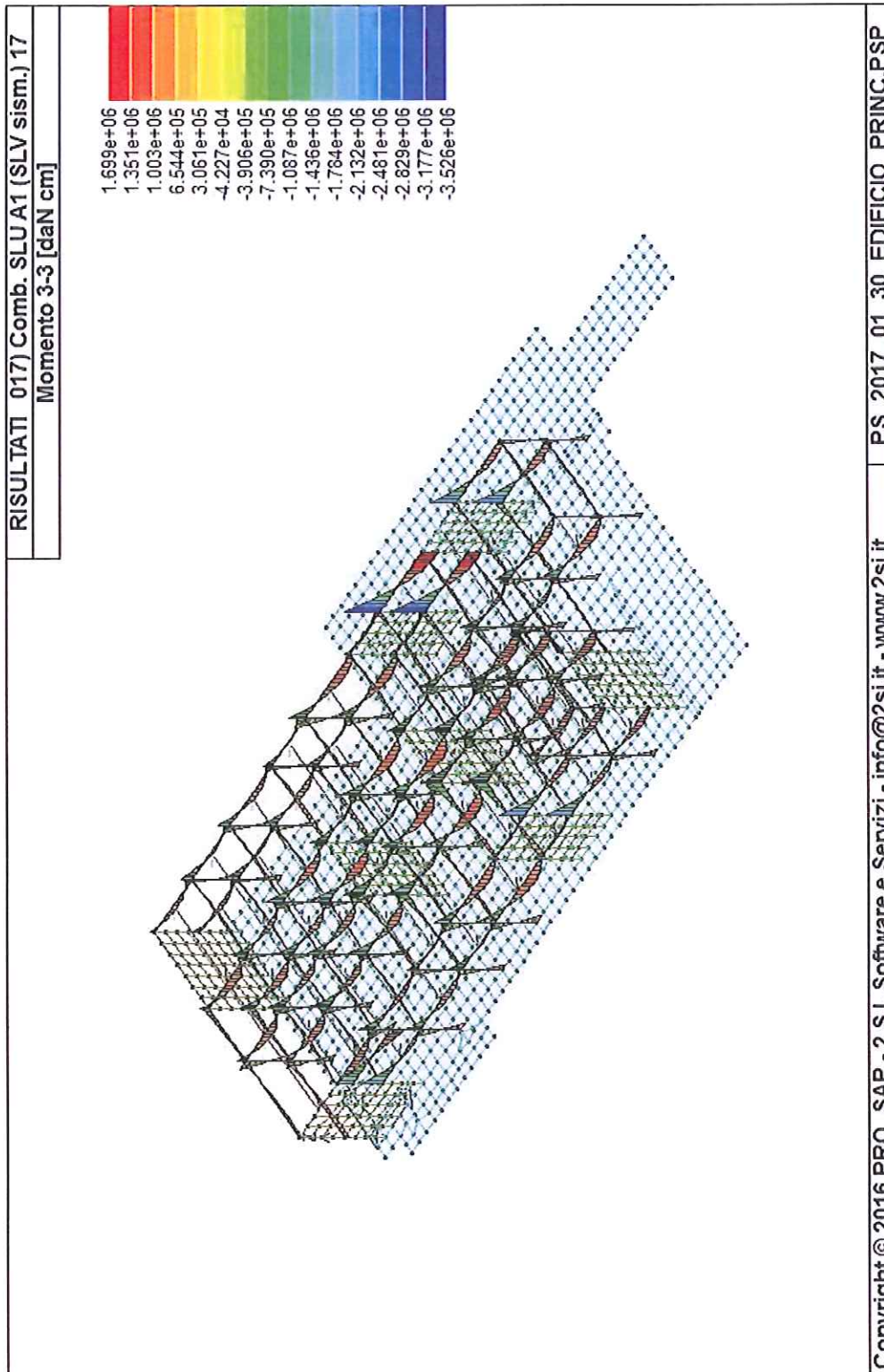


figura 11.1.6

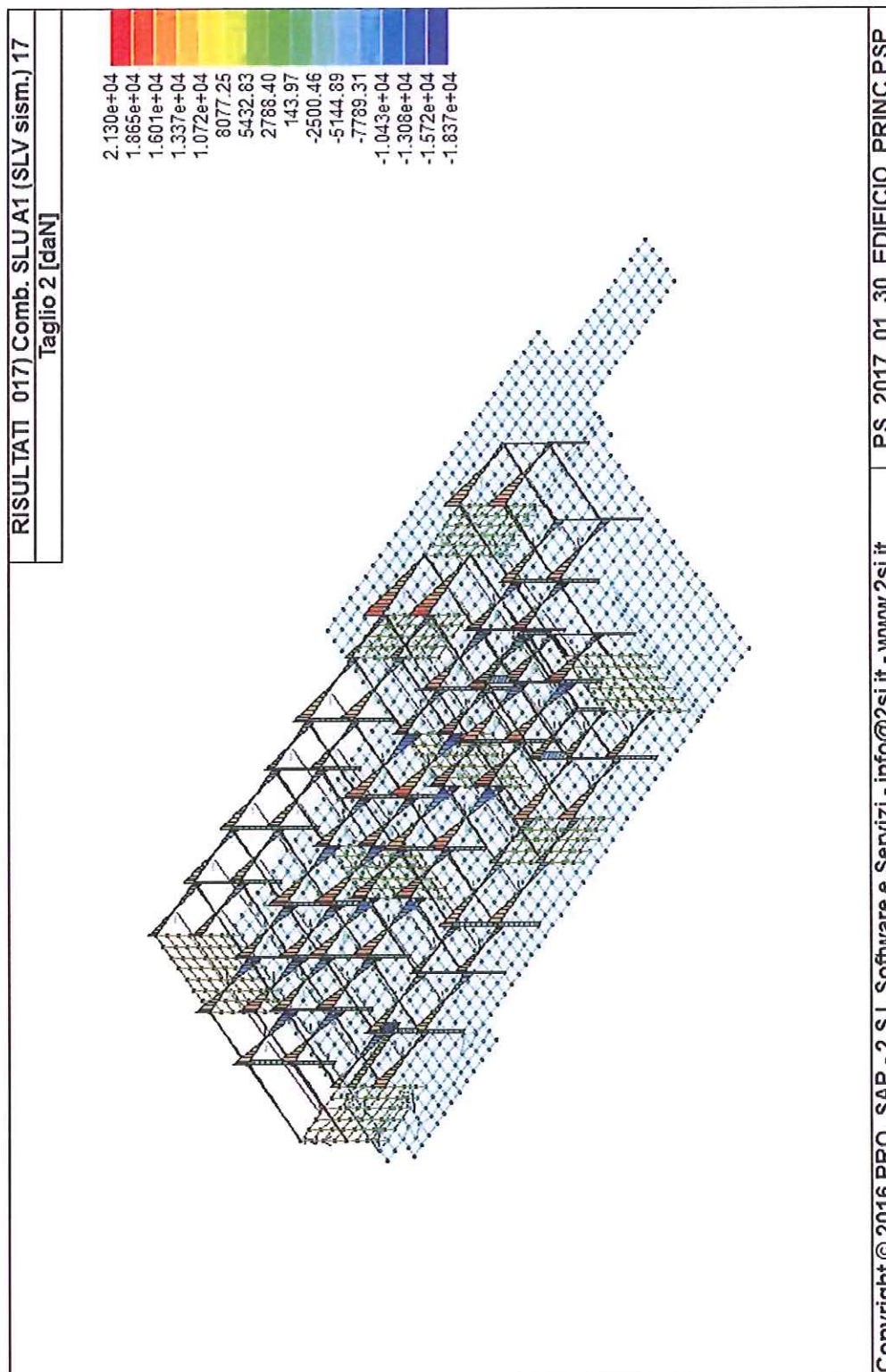


figura 11.1.7

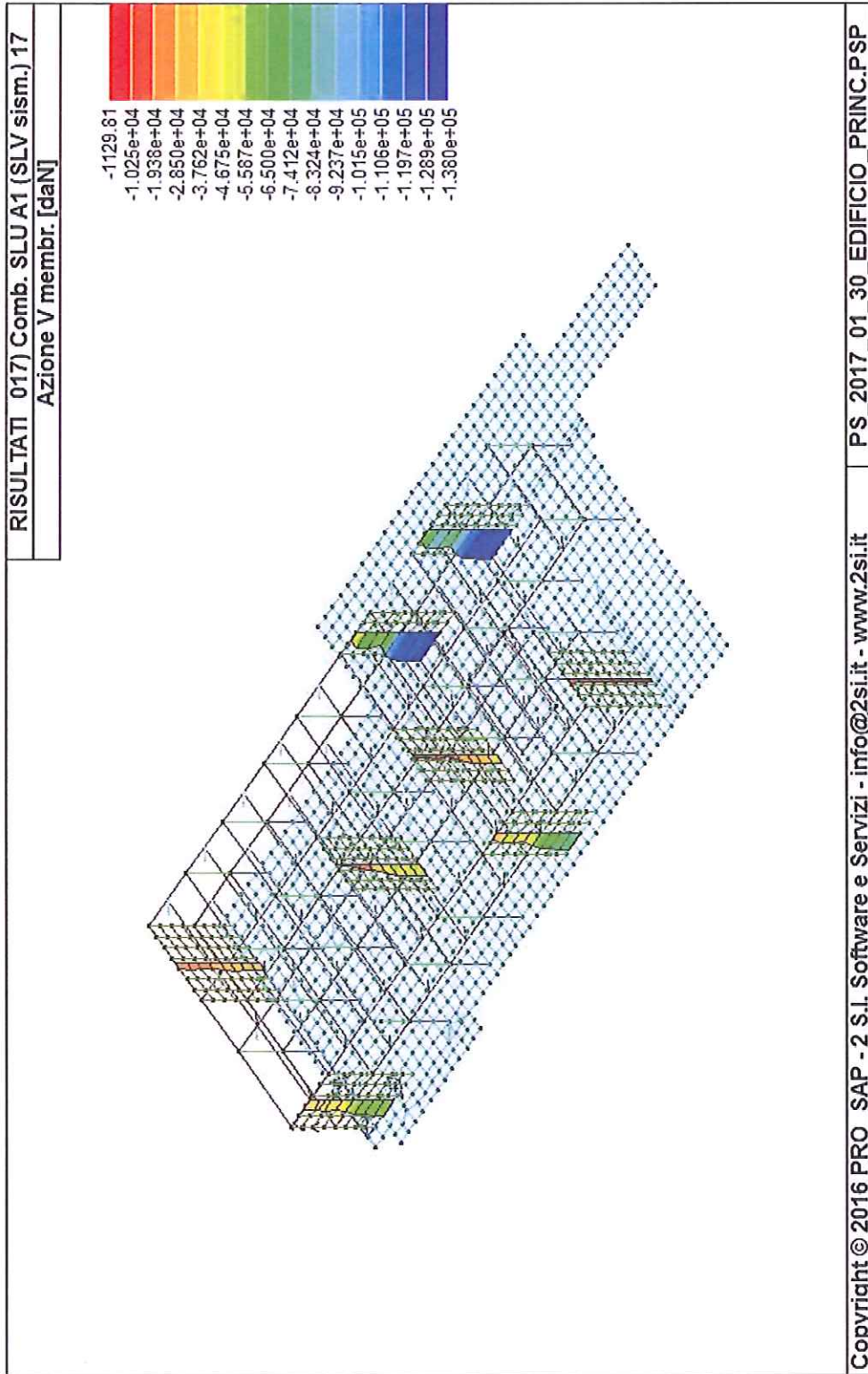


figura 11.1.8

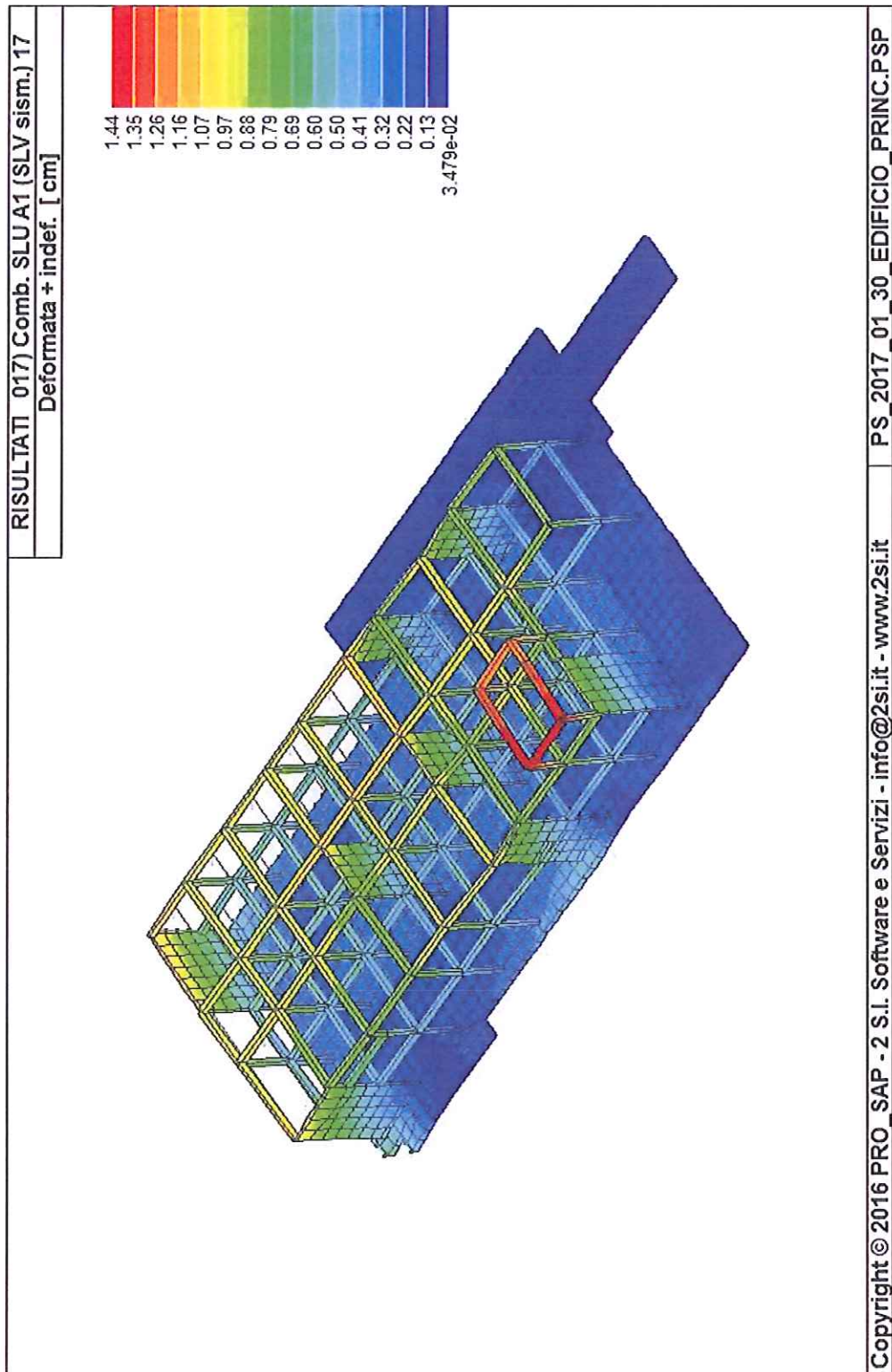


figura 11.1.9

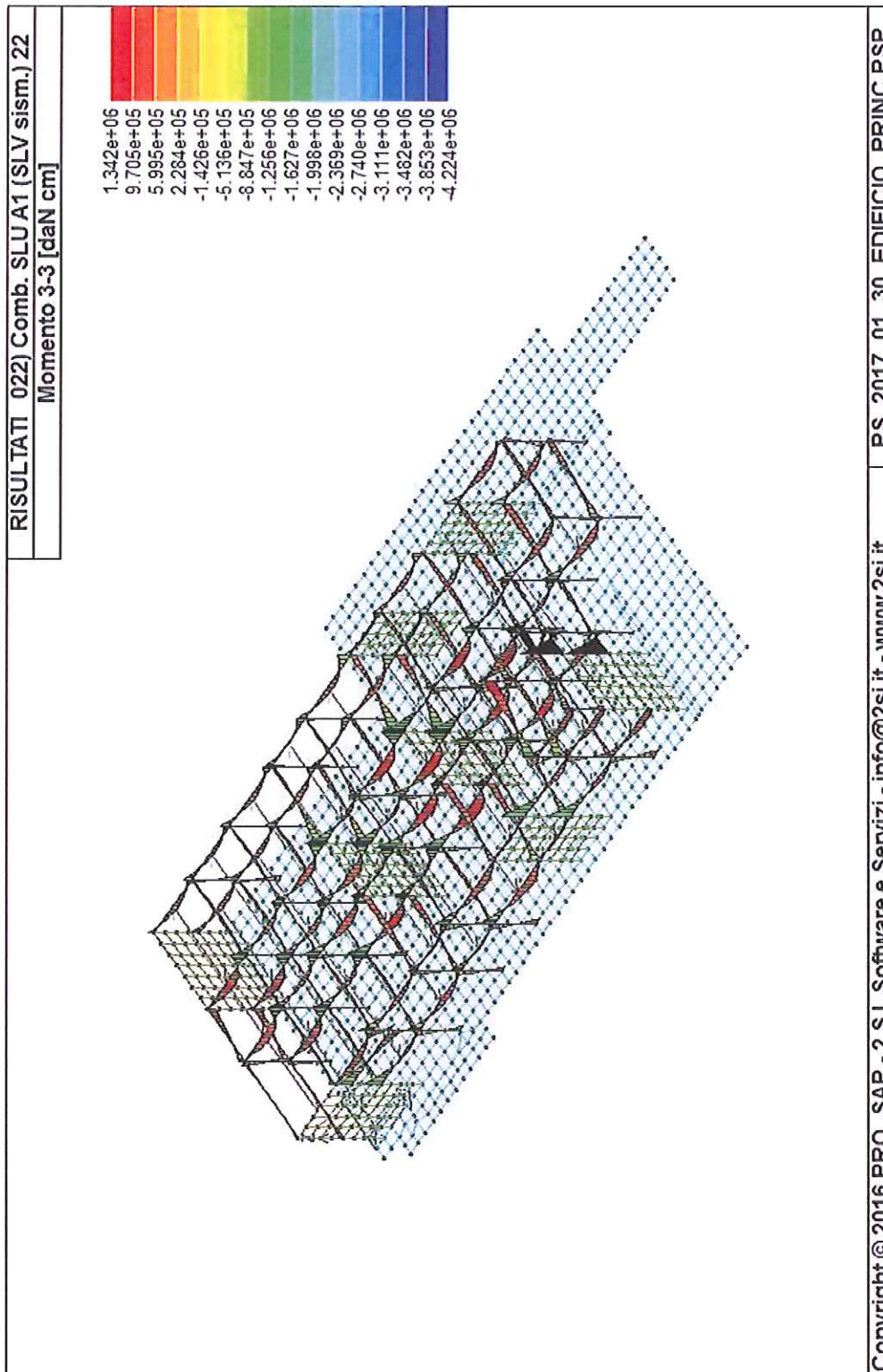


figura 11.1.10

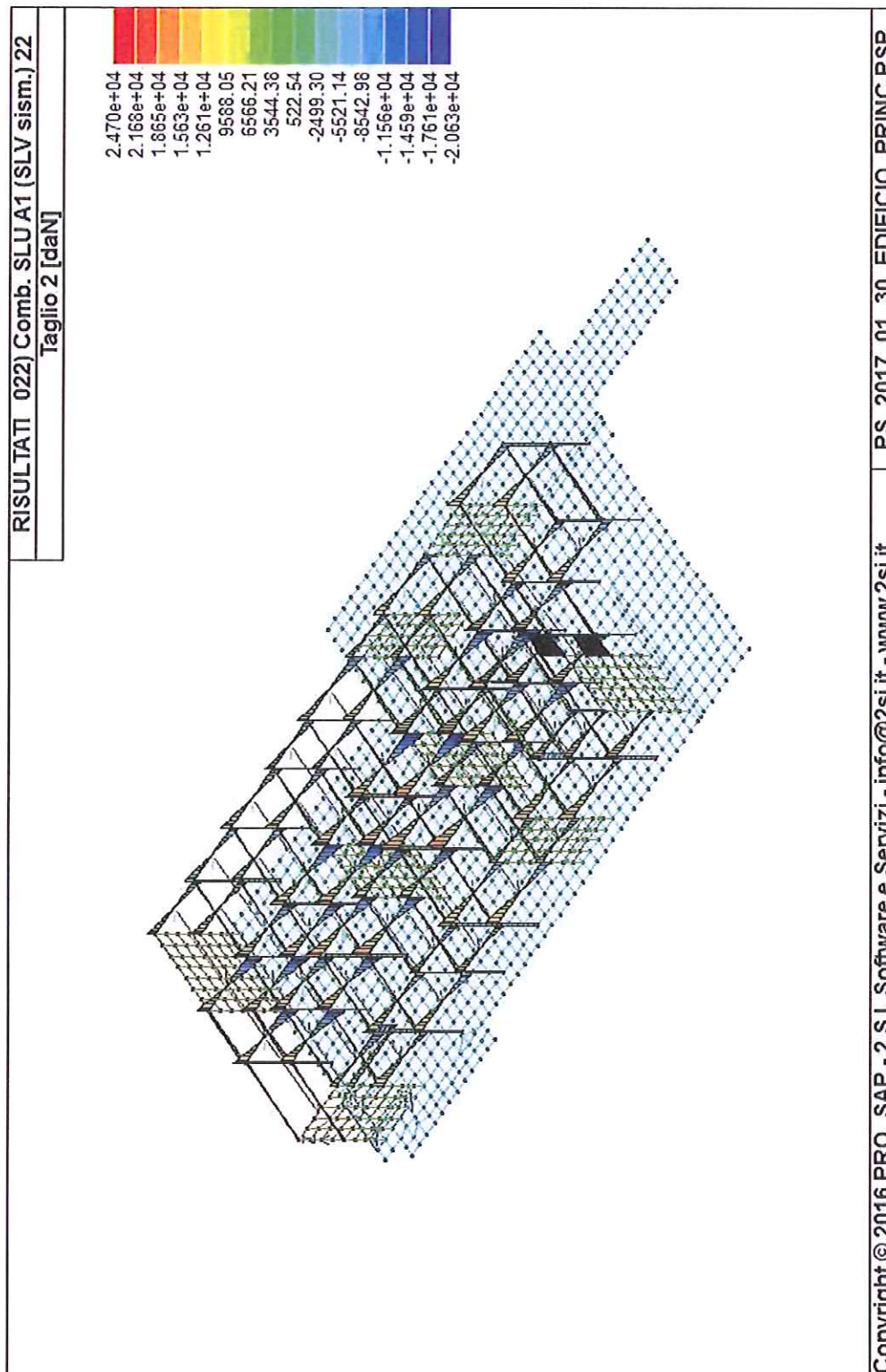


figura 11.1.11

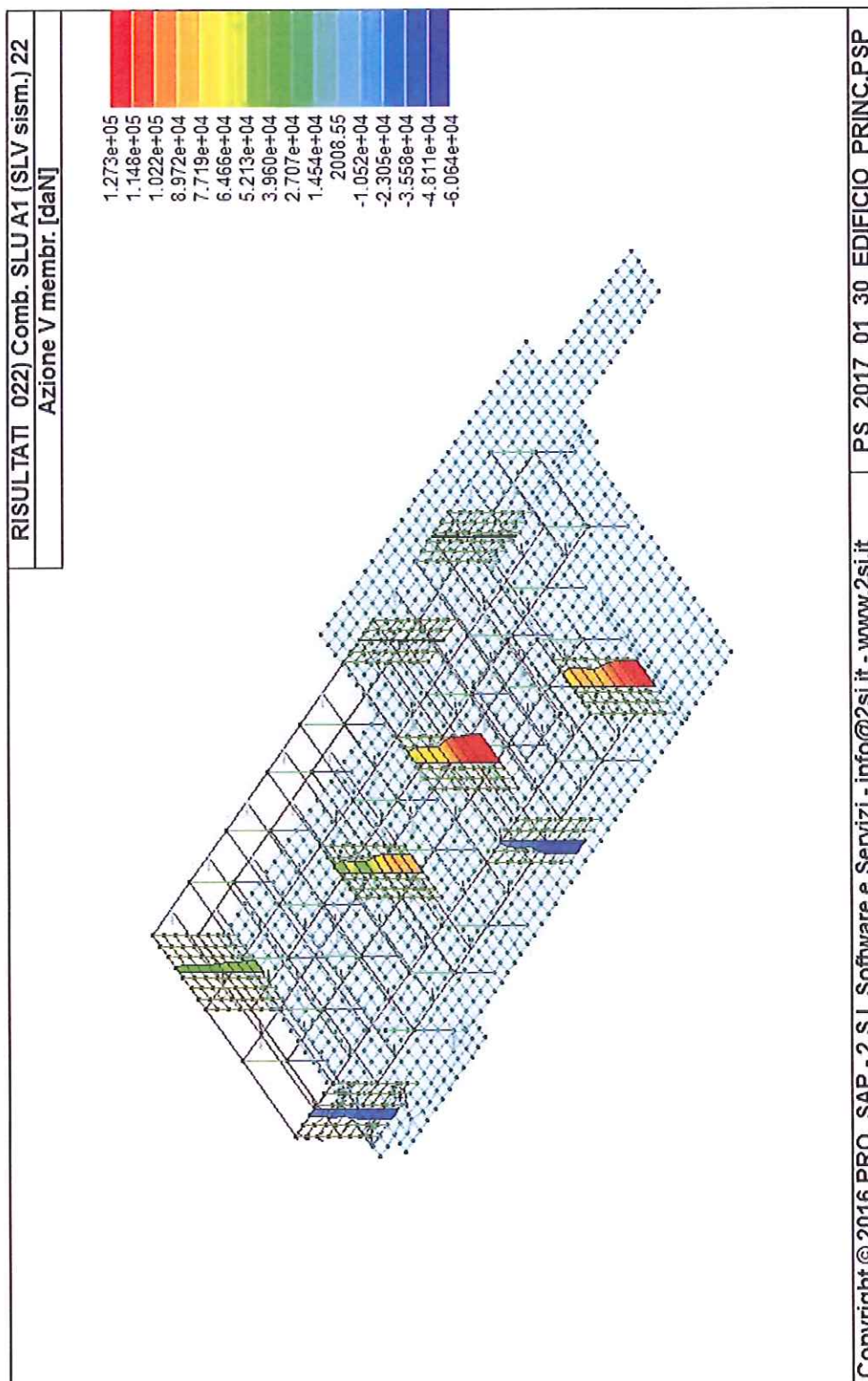


figura 11.1.12

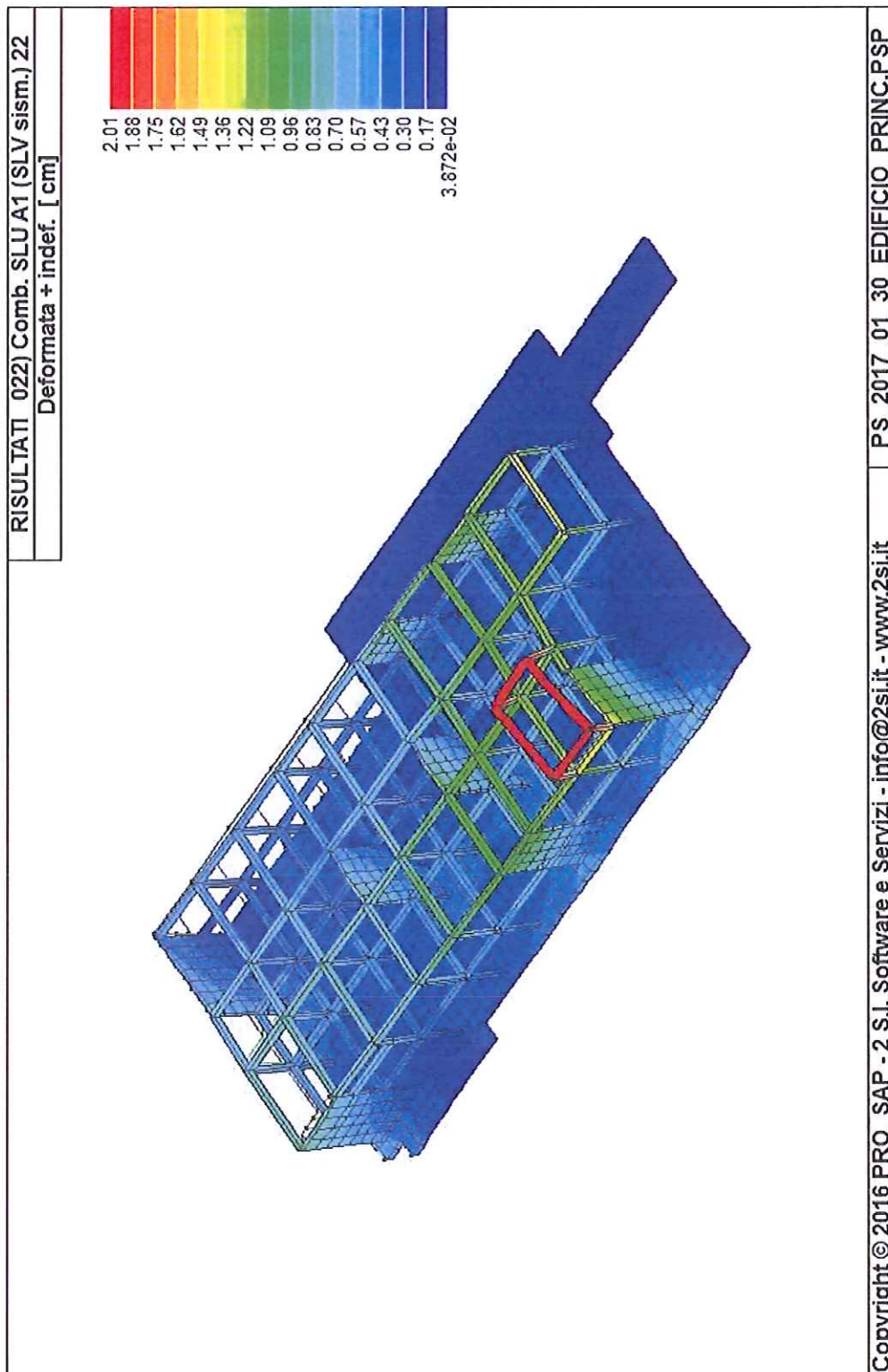


figura 11.1.13

- Camera calda

Le figure 11.2.1, 11.2.2, 11.2.3, 11.2.4, 11.2.5 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per carichi statici:

- sforzo assiale nei pilastri,
- sforzo assiale nei setti,
- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- deformata.

Le figure 11.2.6, 11.2.7, 11.2.8, 11.2.9 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per sisma in direzione X:

- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- taglio nei setti,
- deformata.

Le figure 11.2.10, 11.2.11, 11.2.12, 11.2.13 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per sisma in direzione Y:

- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- taglio nei setti,
- deformata.

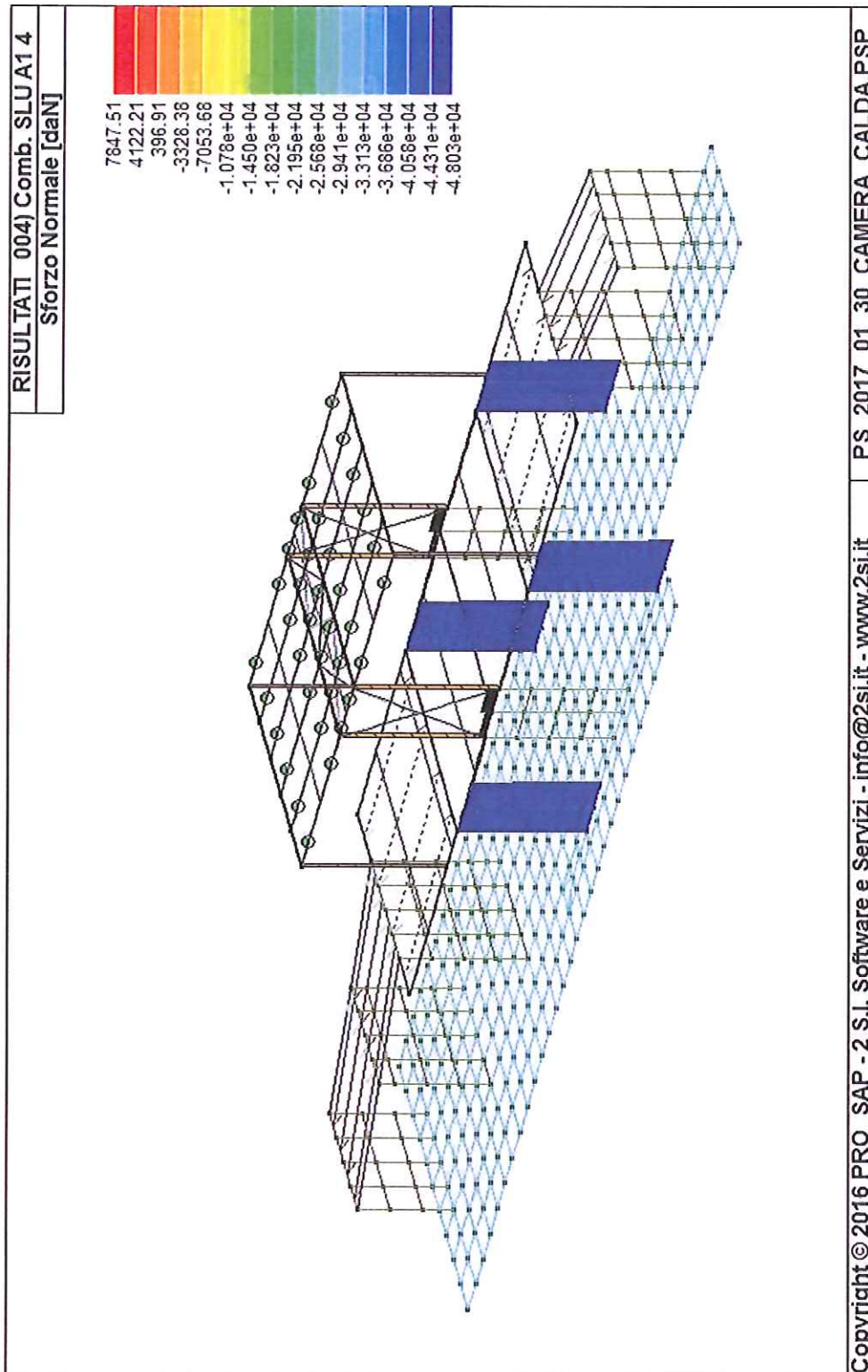


figura 11.2.1

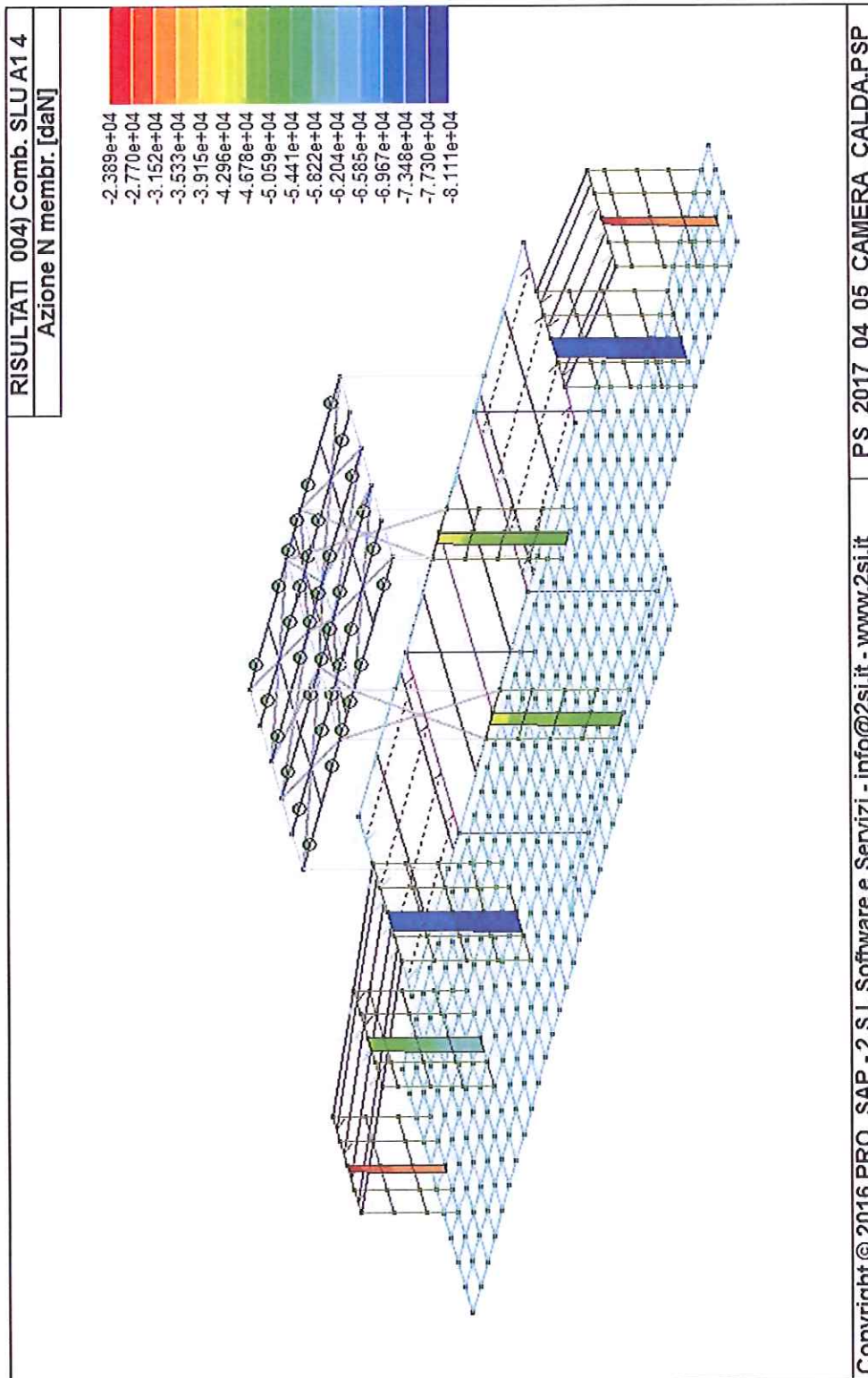


figura 11.2.2

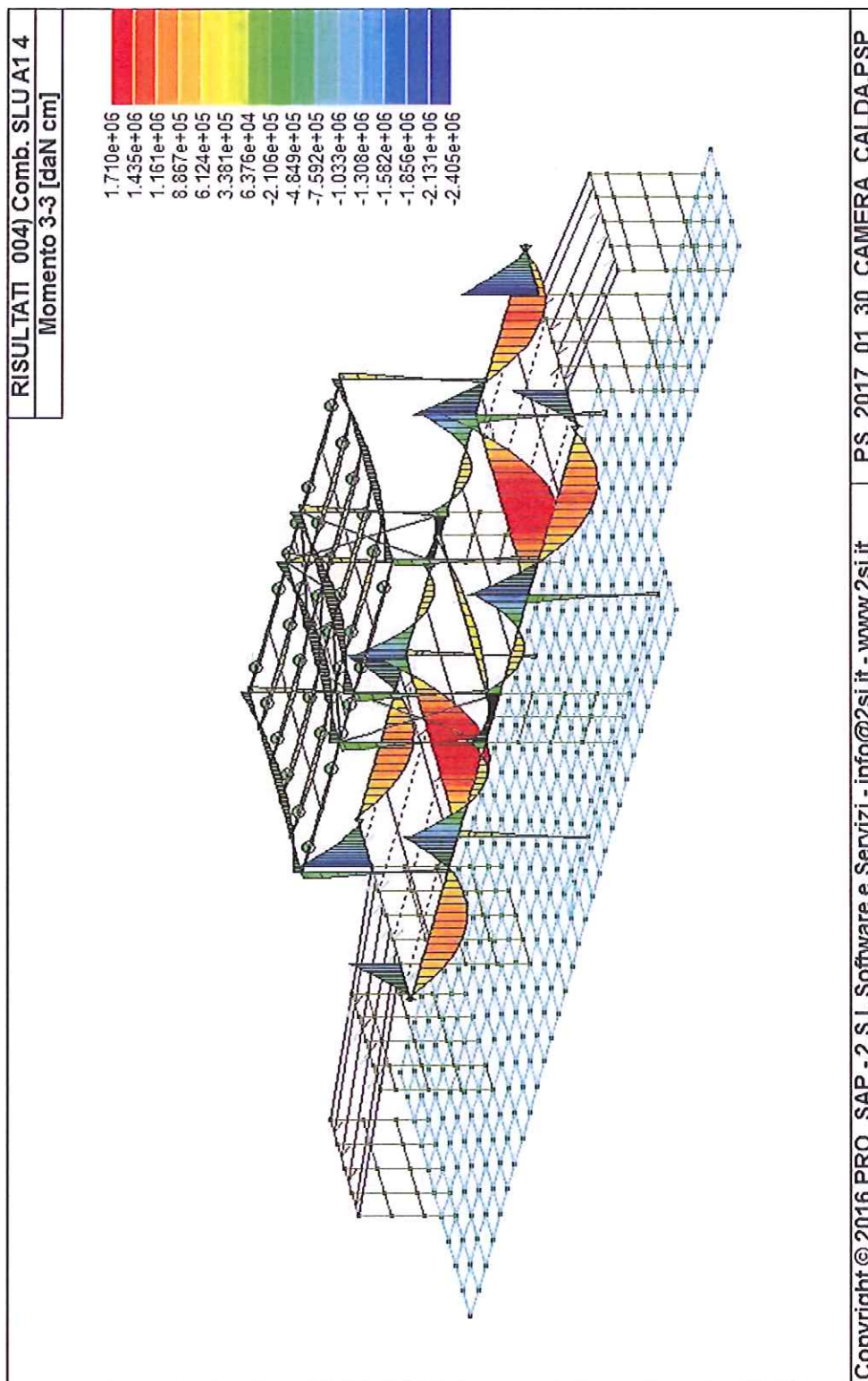


figura 11.2.3

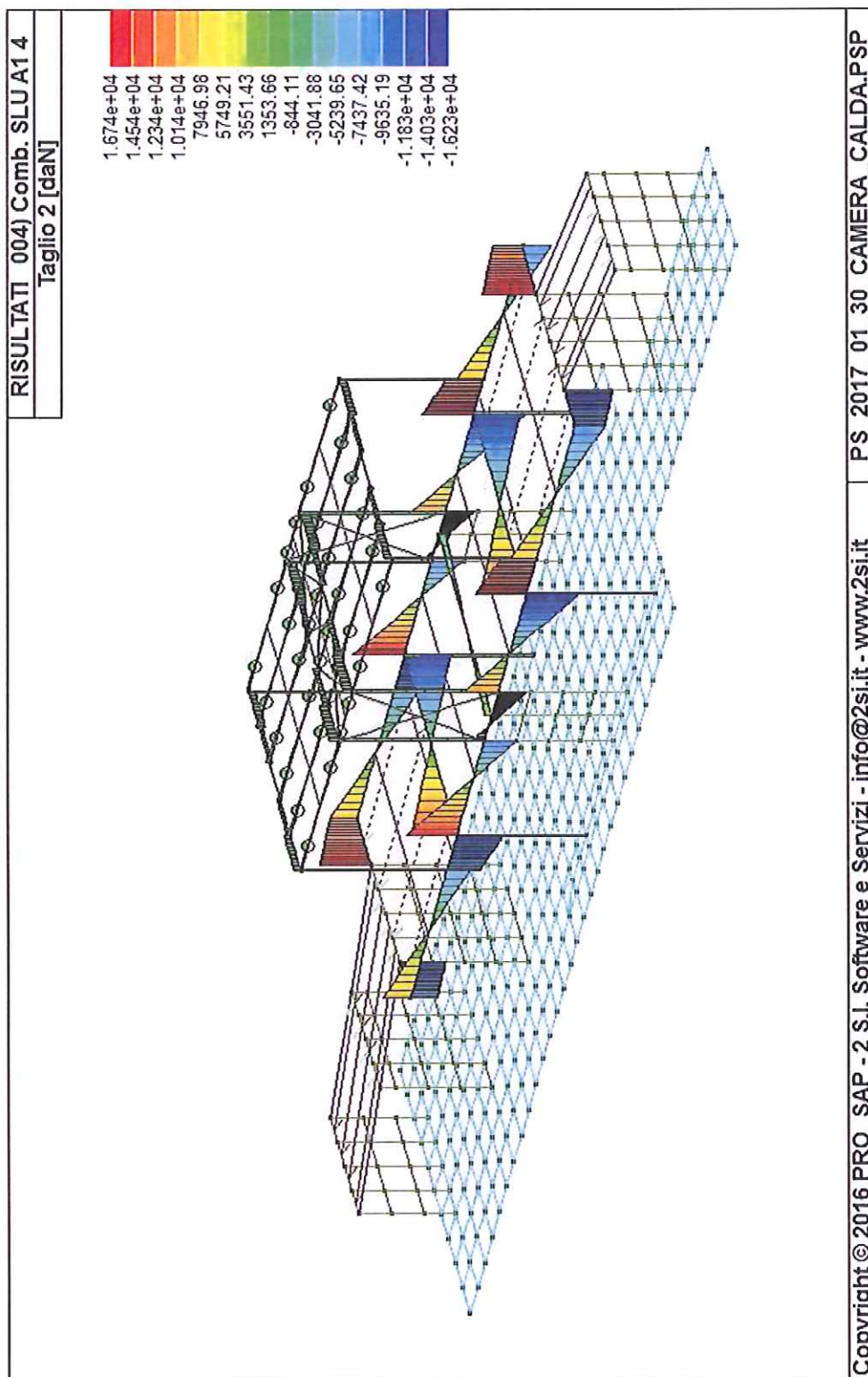


figura 11.2.4

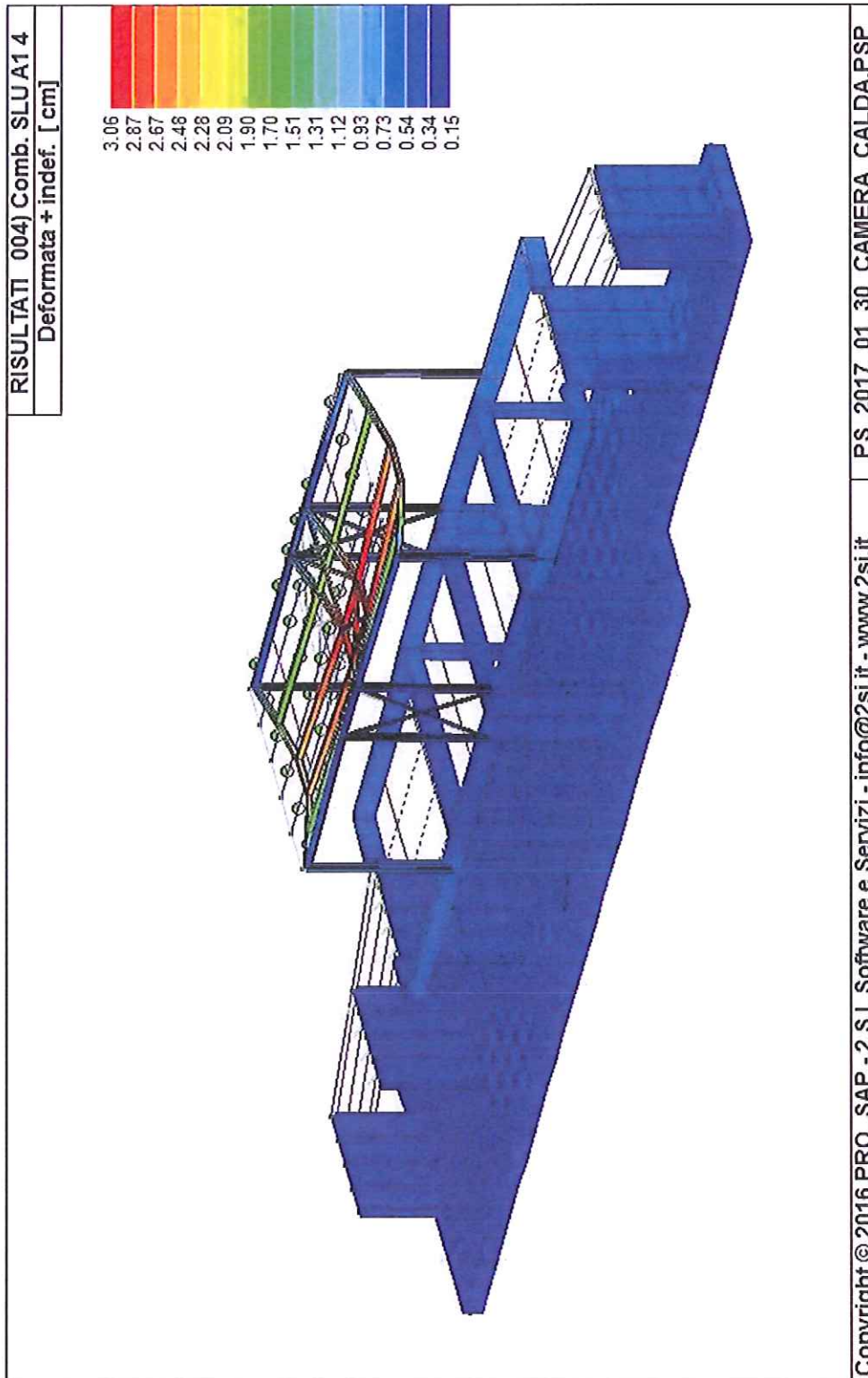


figura 11.2.5

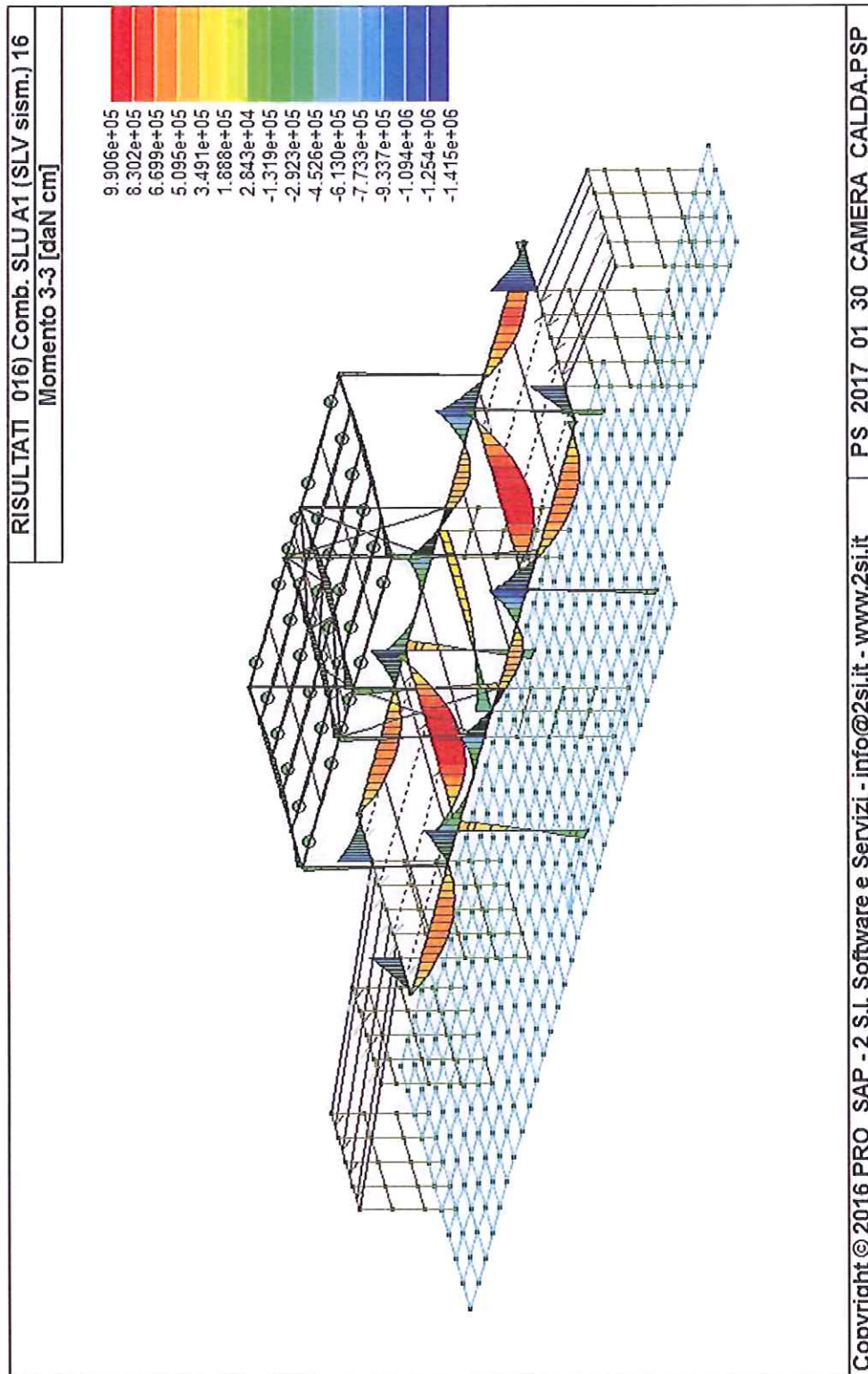


figura 11.2.6

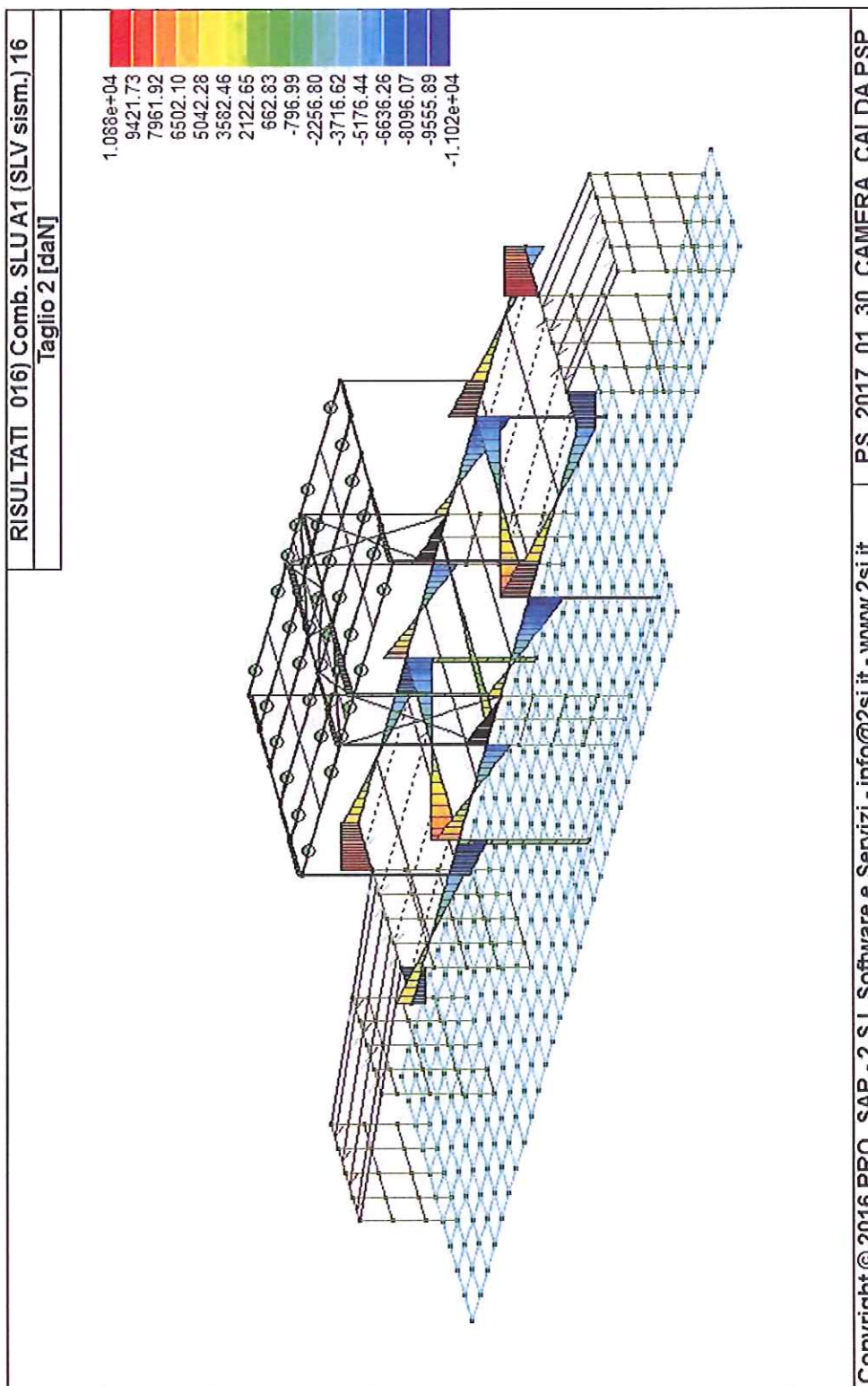


figura 11.2.7

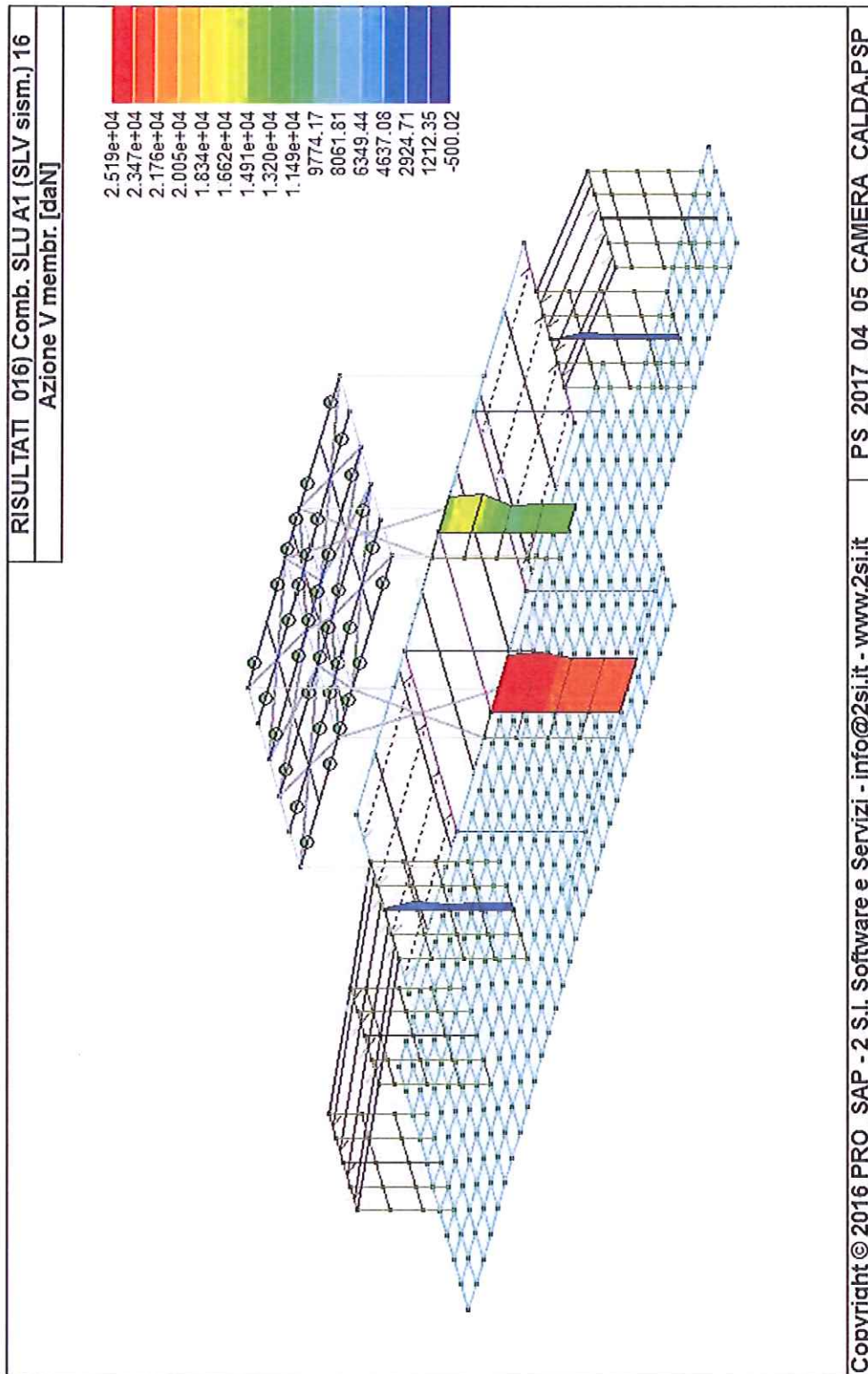


figura 11.2.8

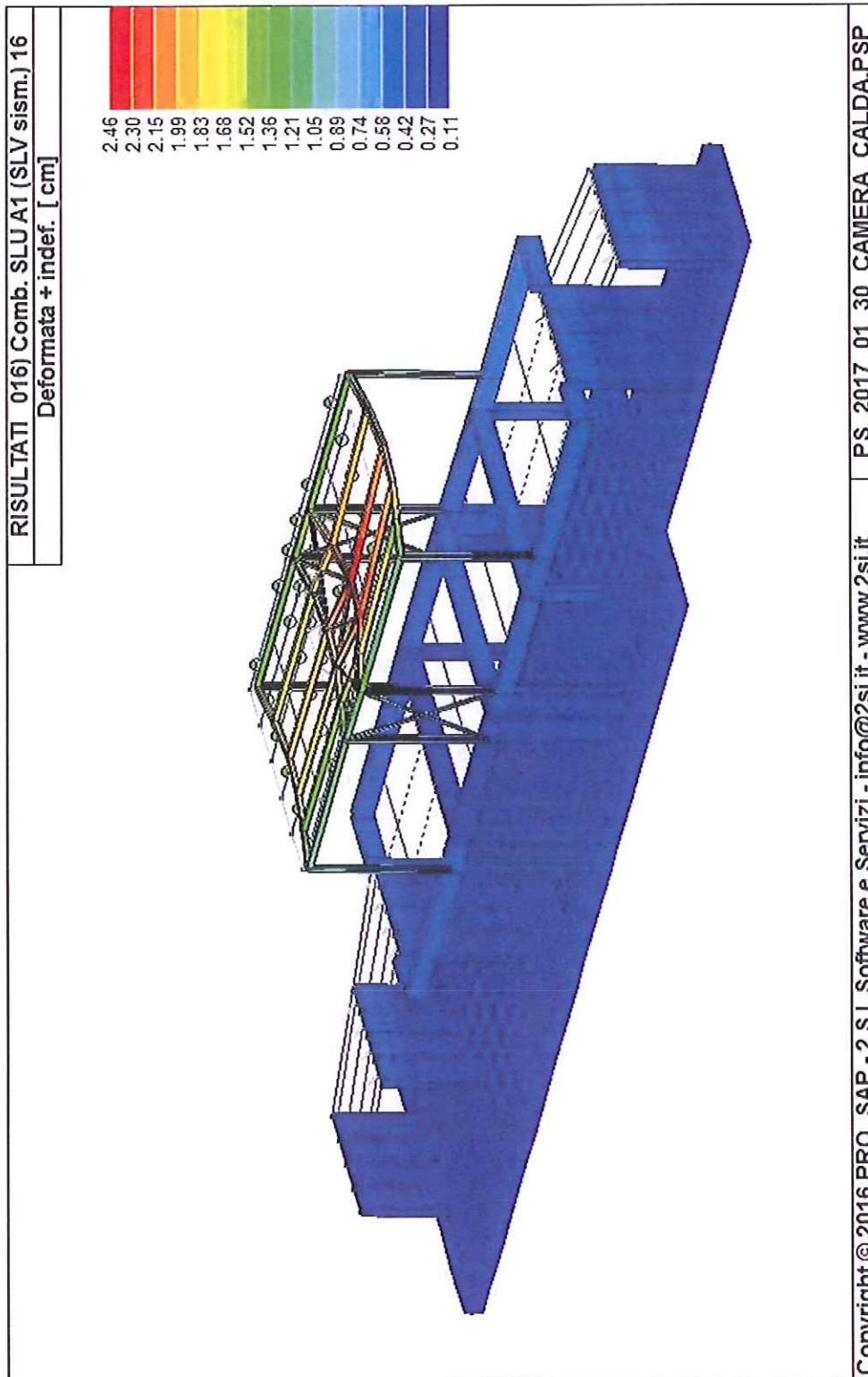


figura 11.2.9

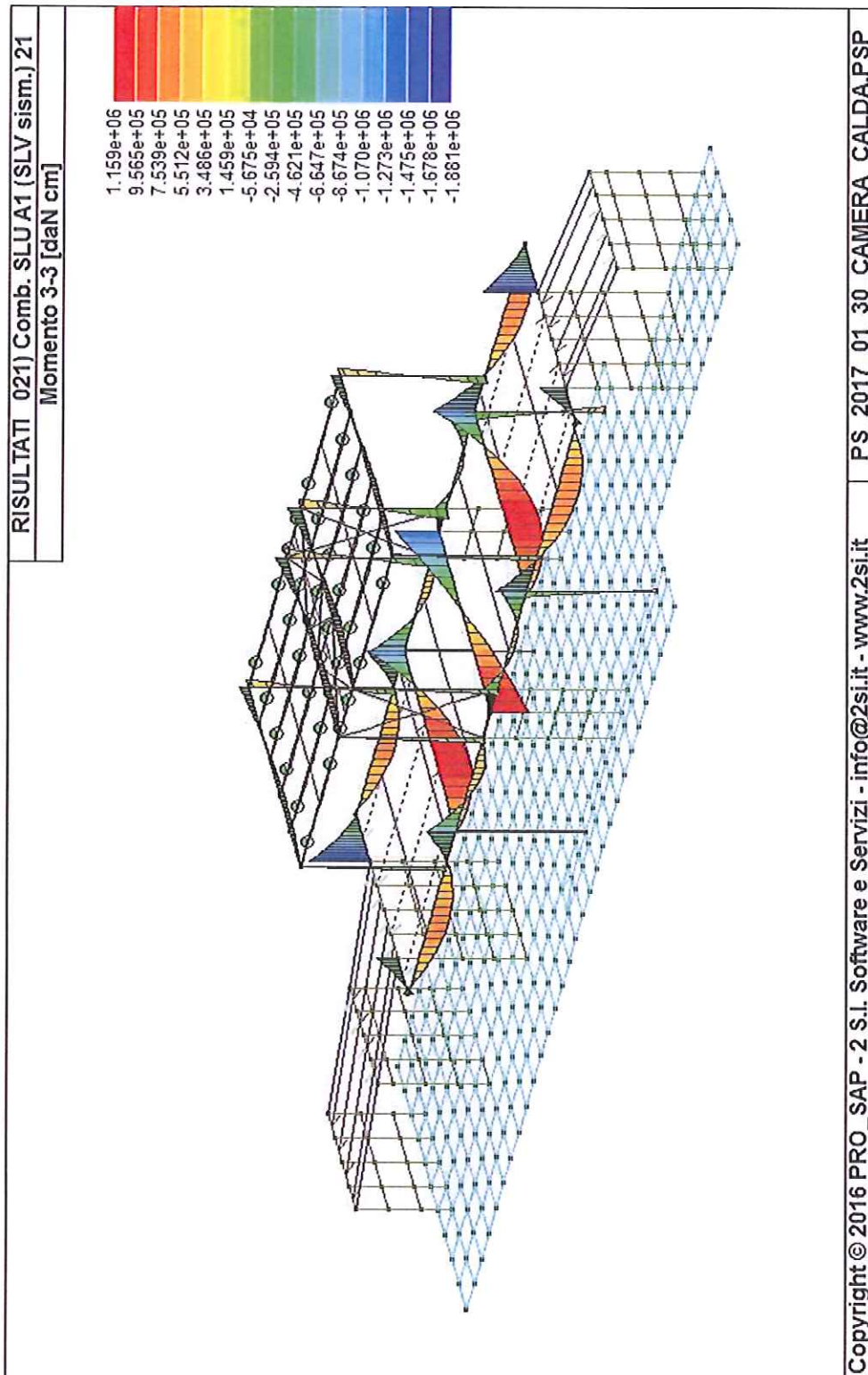


figura 11.2.10

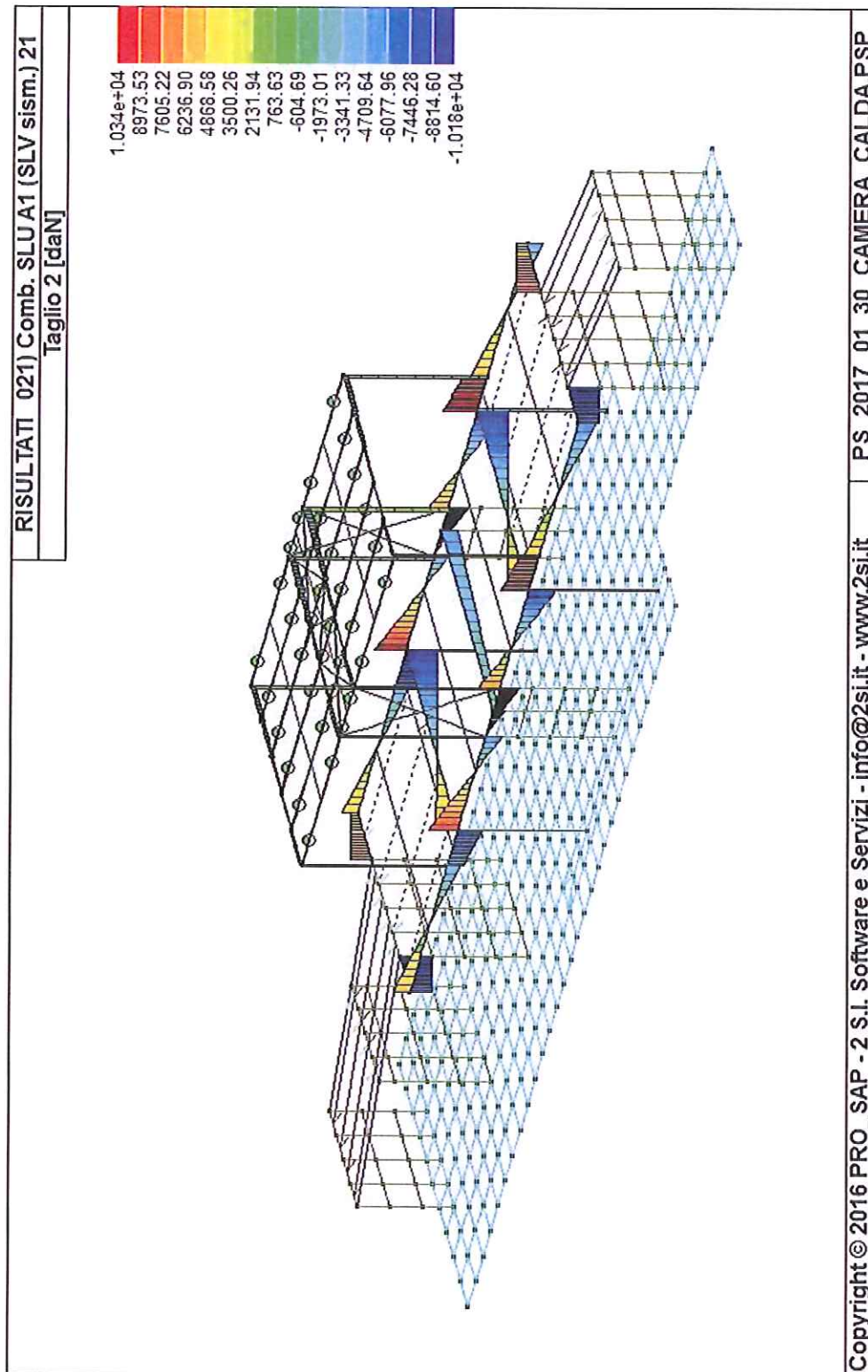


figura 11.2.11

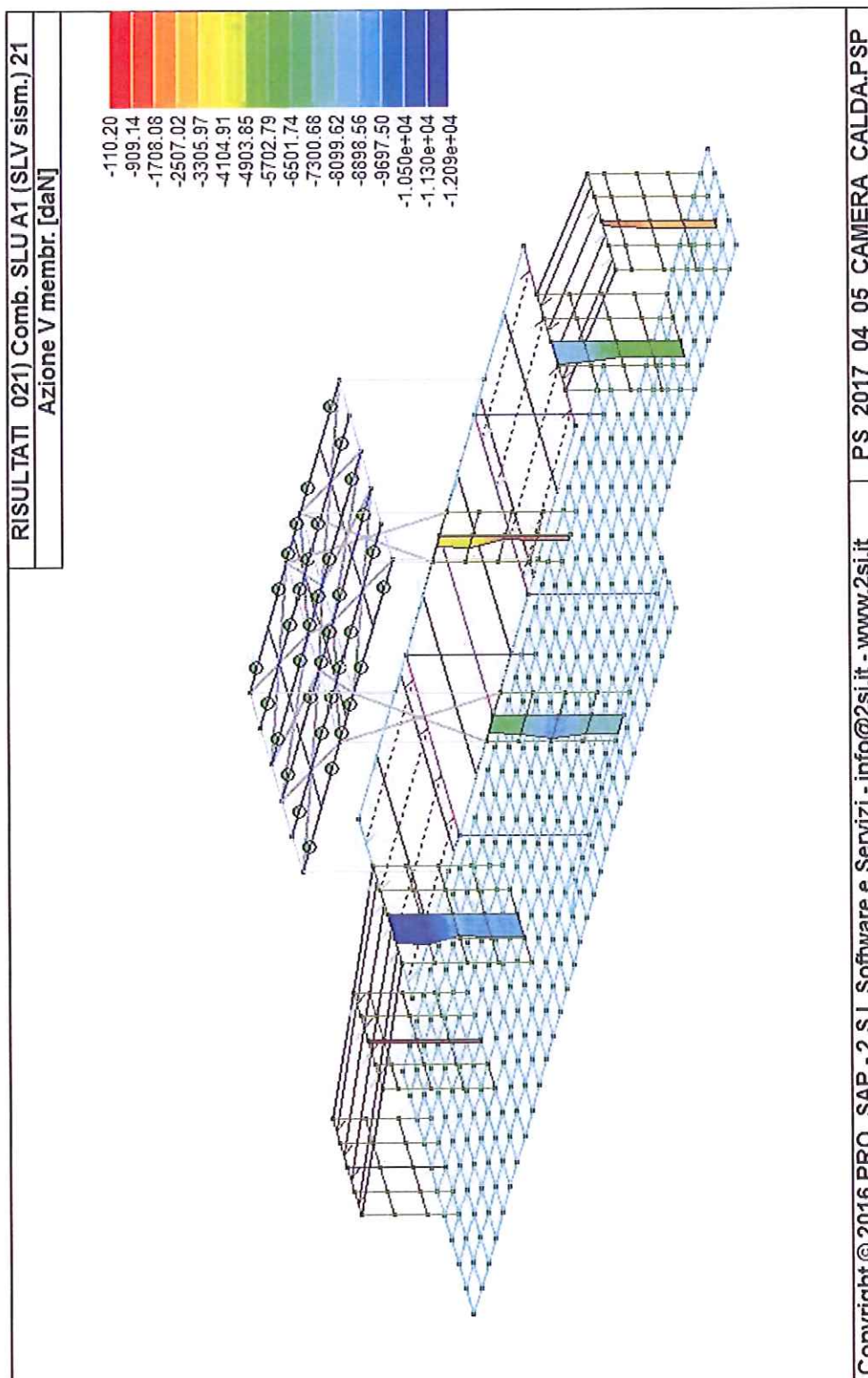


figura 11.2.12

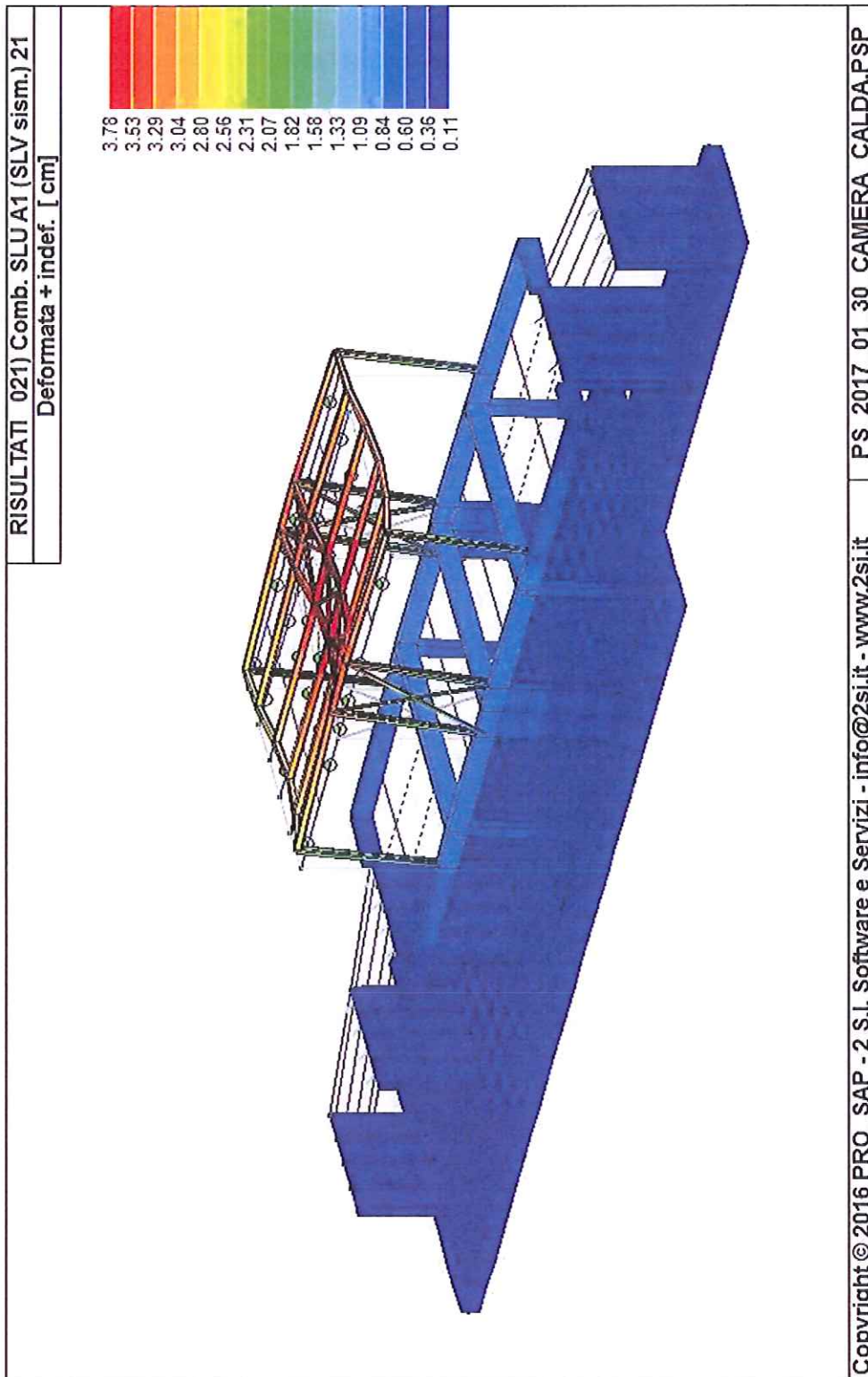


figura 11.2.13

11.3 Passerella

Le figure 11.3.1, 11.3.2, 11.3.3, 11.3.4 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per carichi statici:

- sforzo assiale nelle aste,
- flessione nelle travi,
- taglio nelle aste e nelle travi,
- deformata.

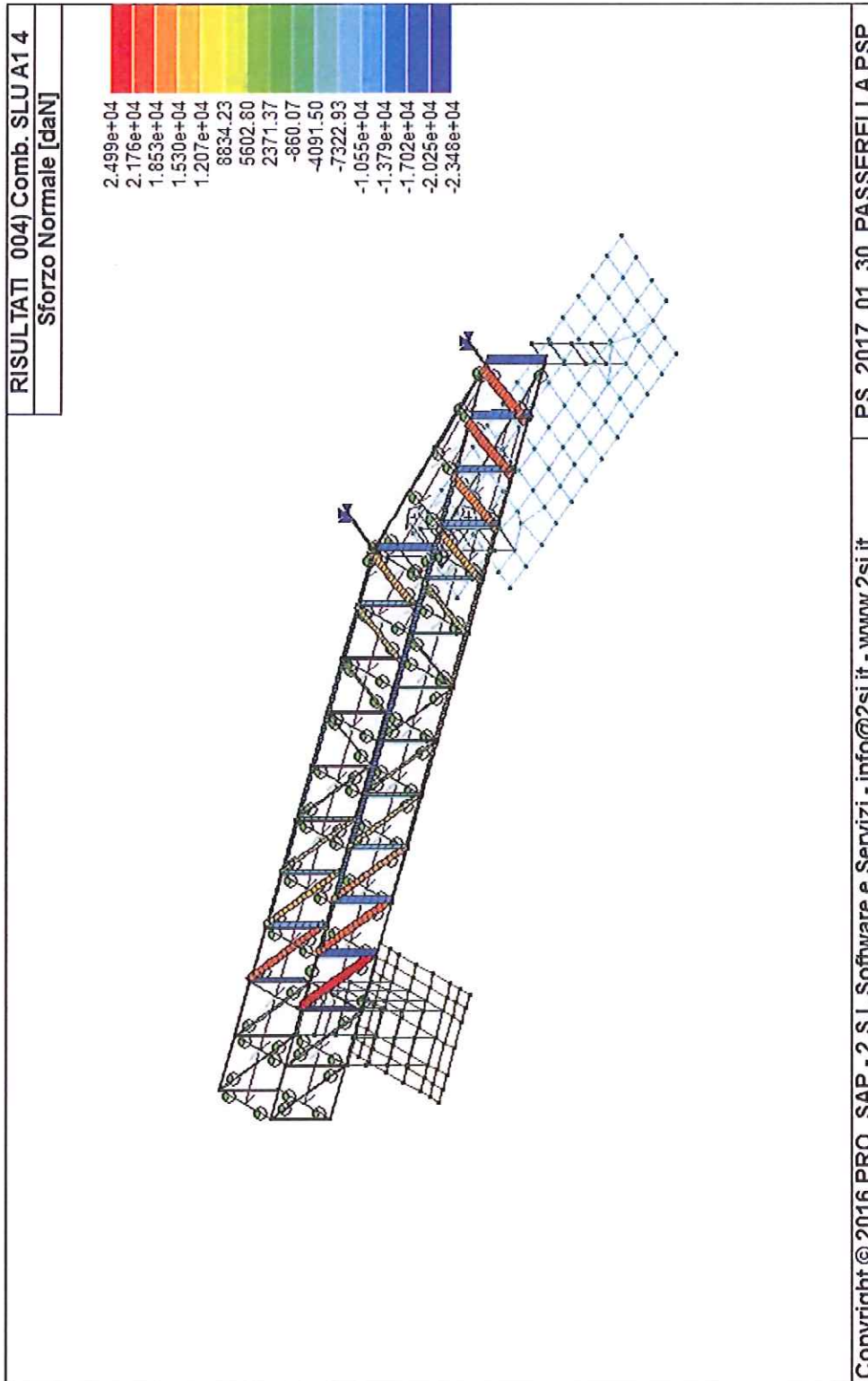


figura 11.3.1

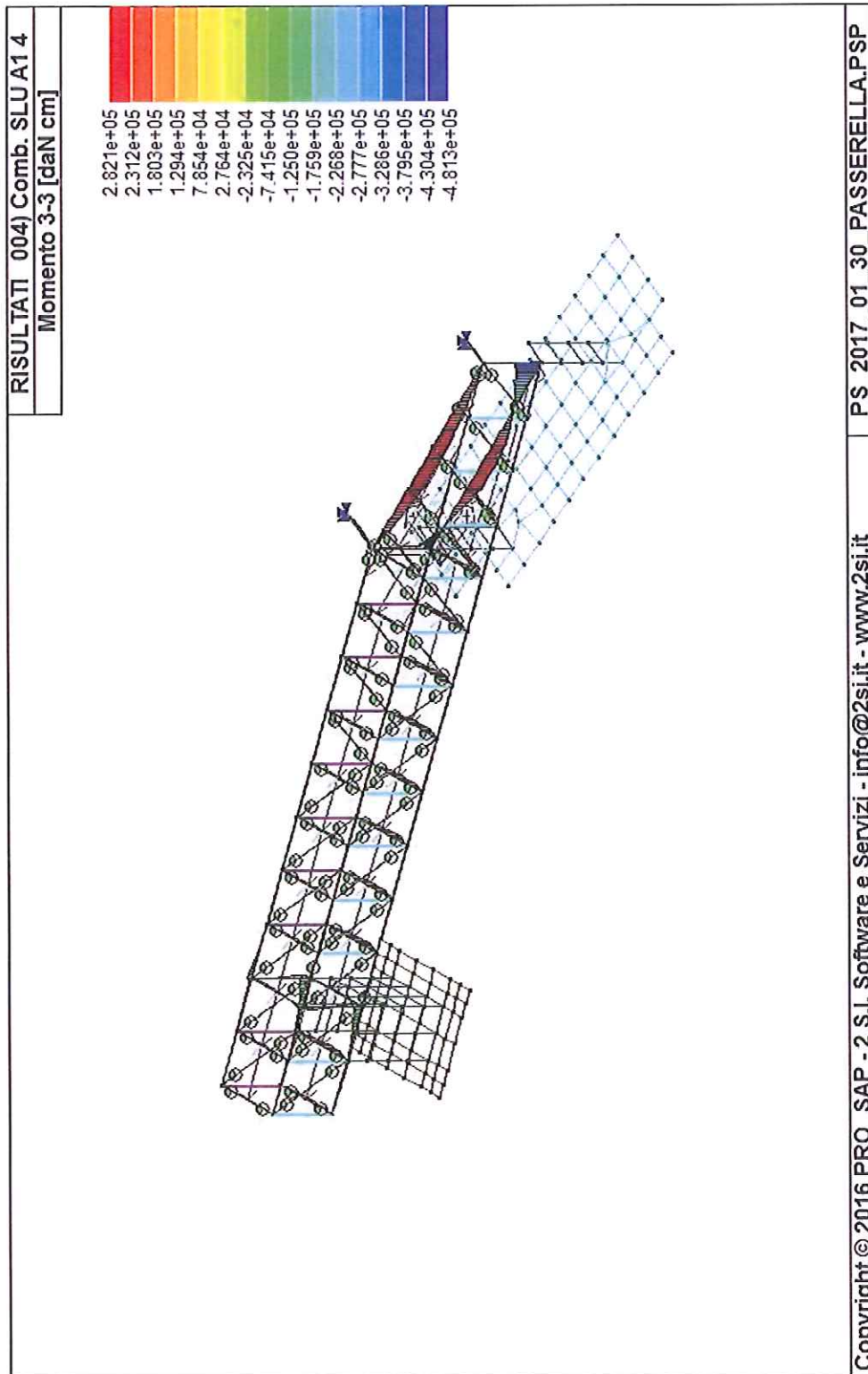


figura 11.3.2

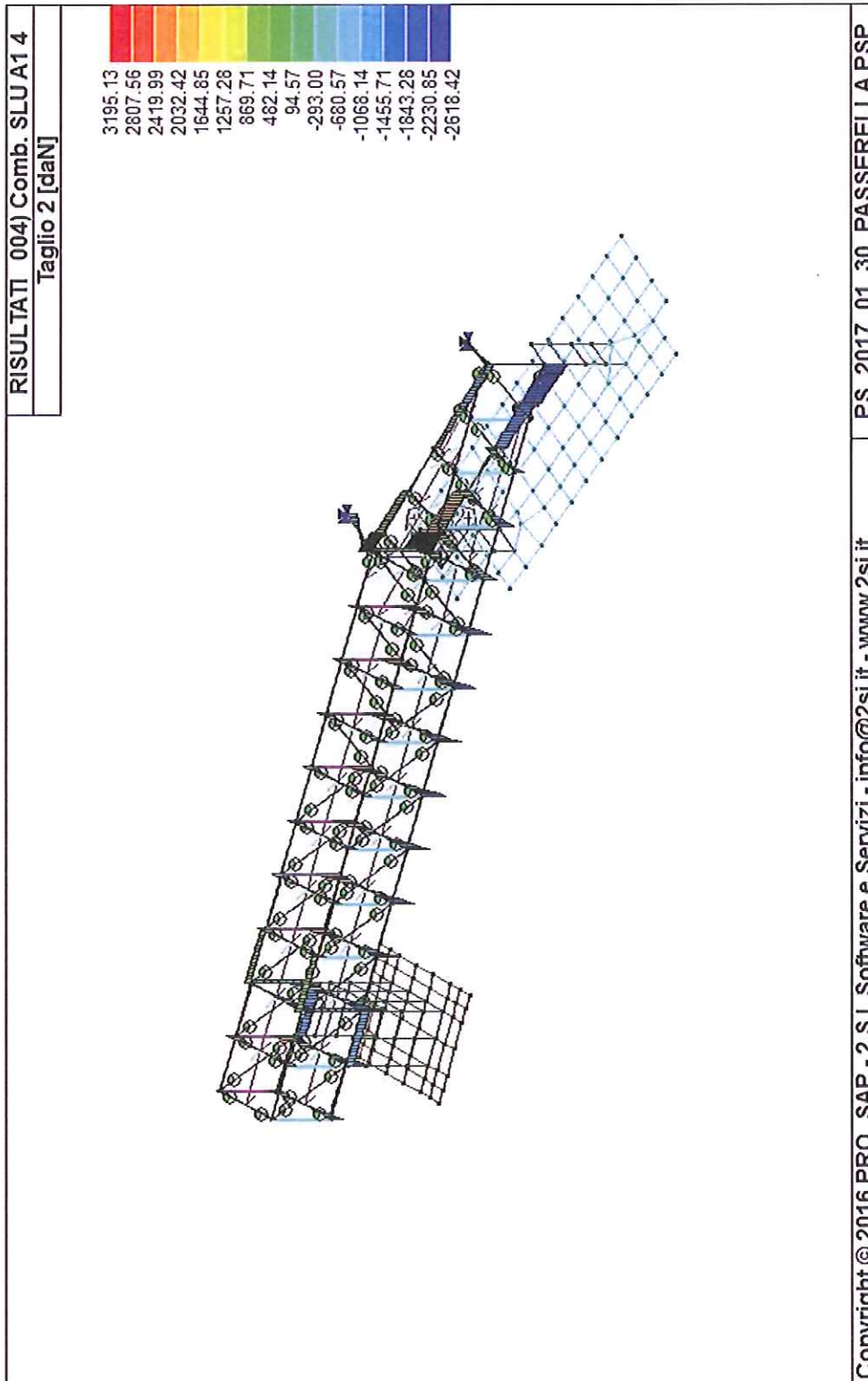


figura 11.3.3

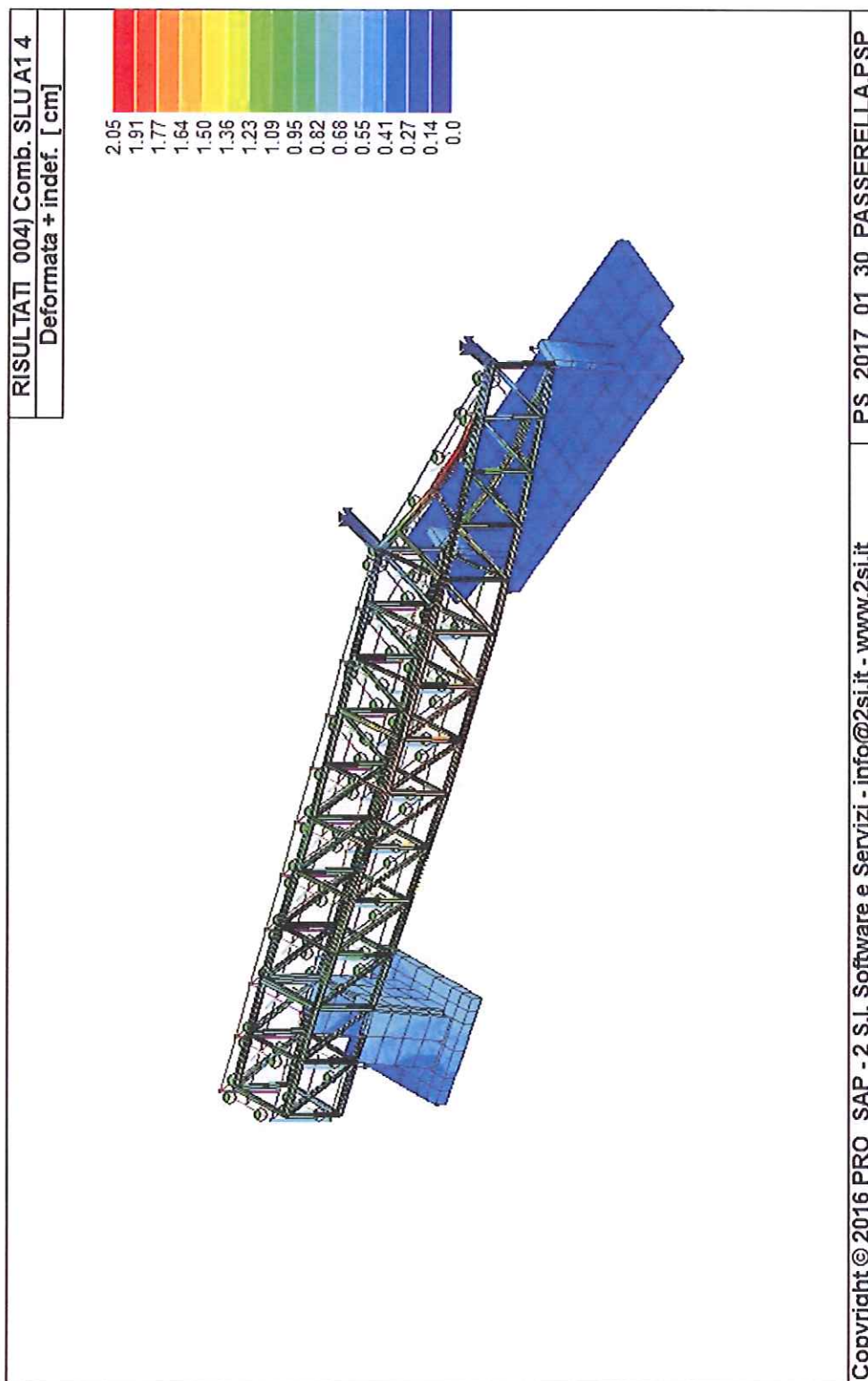


figura 11.3.4

- Il vano scale-ascensore

Le figure 11.4.1, 11.4.2, 11.4.3, 11.4.4, 11.4.5, 11.4.6 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per carichi statici:

- sforzo assiale nei setti,
- flessione nei setti,
- taglio nei setti,
- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- deformata.

Le figure 11.4.7, 11.4.8, 11.4.9, 11.4.10, 11.4.11, 11.4.12 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per sisma in direzione X:

- sforzo assiale nei setti,
- flessione nei setti,
- taglio nei setti,
- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- deformata.

Le figure 11.4.13, 11.4.14, 11.4.15, 11.4.16, 11.4.17, 11.4.18 illustrano le sollecitazioni e la deformazione relativi allo stato limite ultimo per sisma in direzione Y:

- sforzo assiale nei setti,
- flessione nei setti,
- taglio nei setti,
- flessione nelle travi,
- taglio nelle travi,
- deformata.

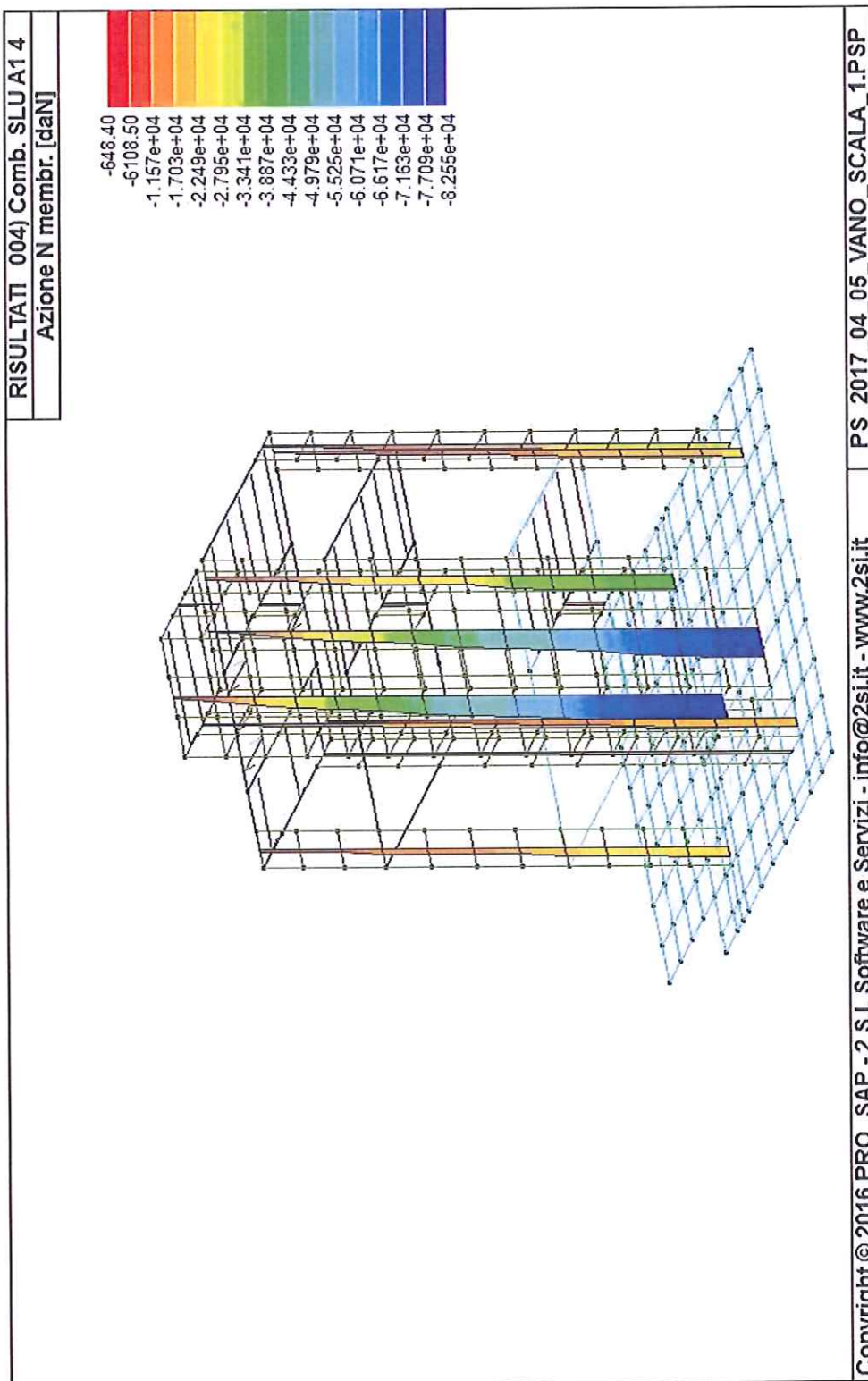


figura 11.4.1

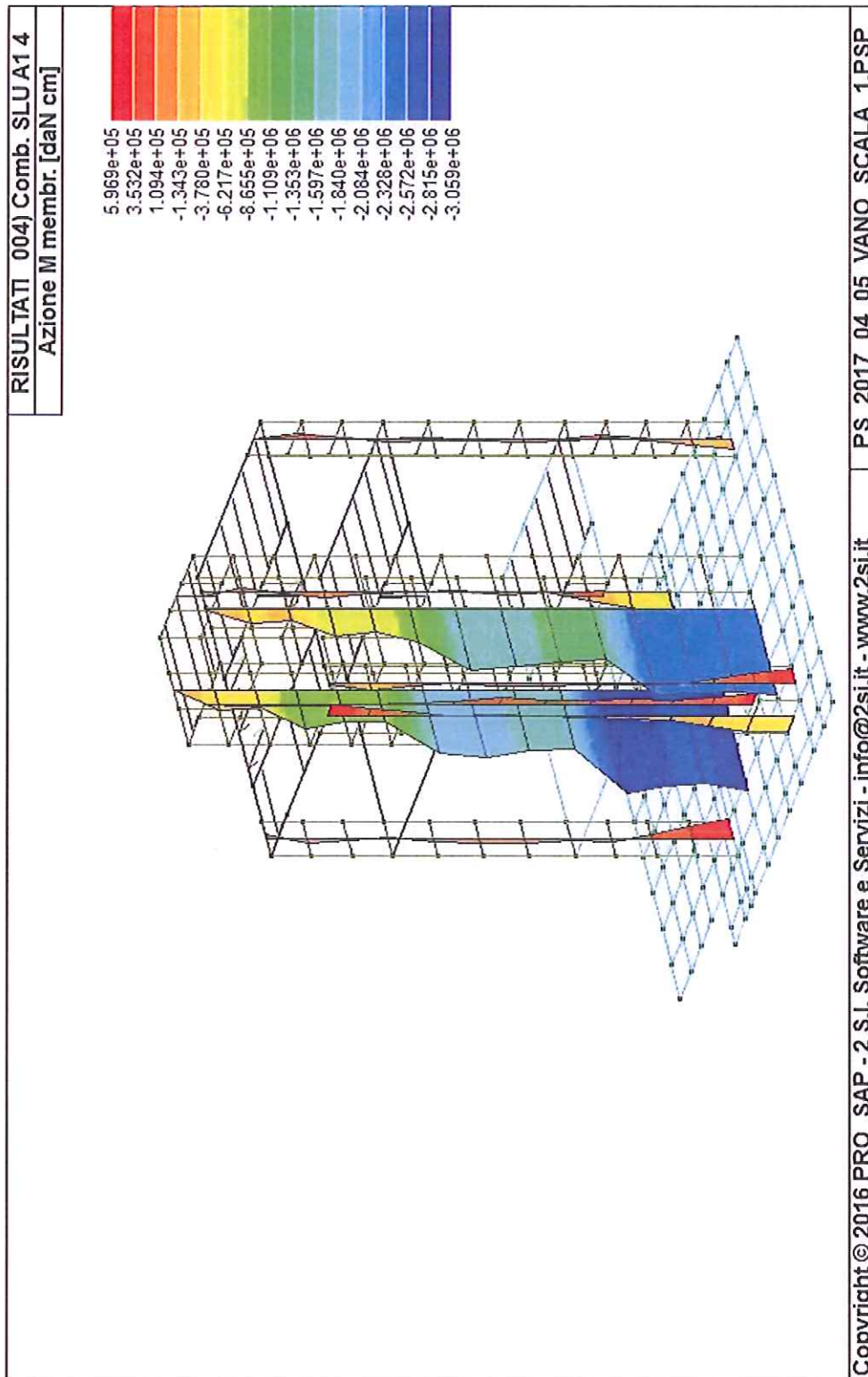


figura 11.4.2

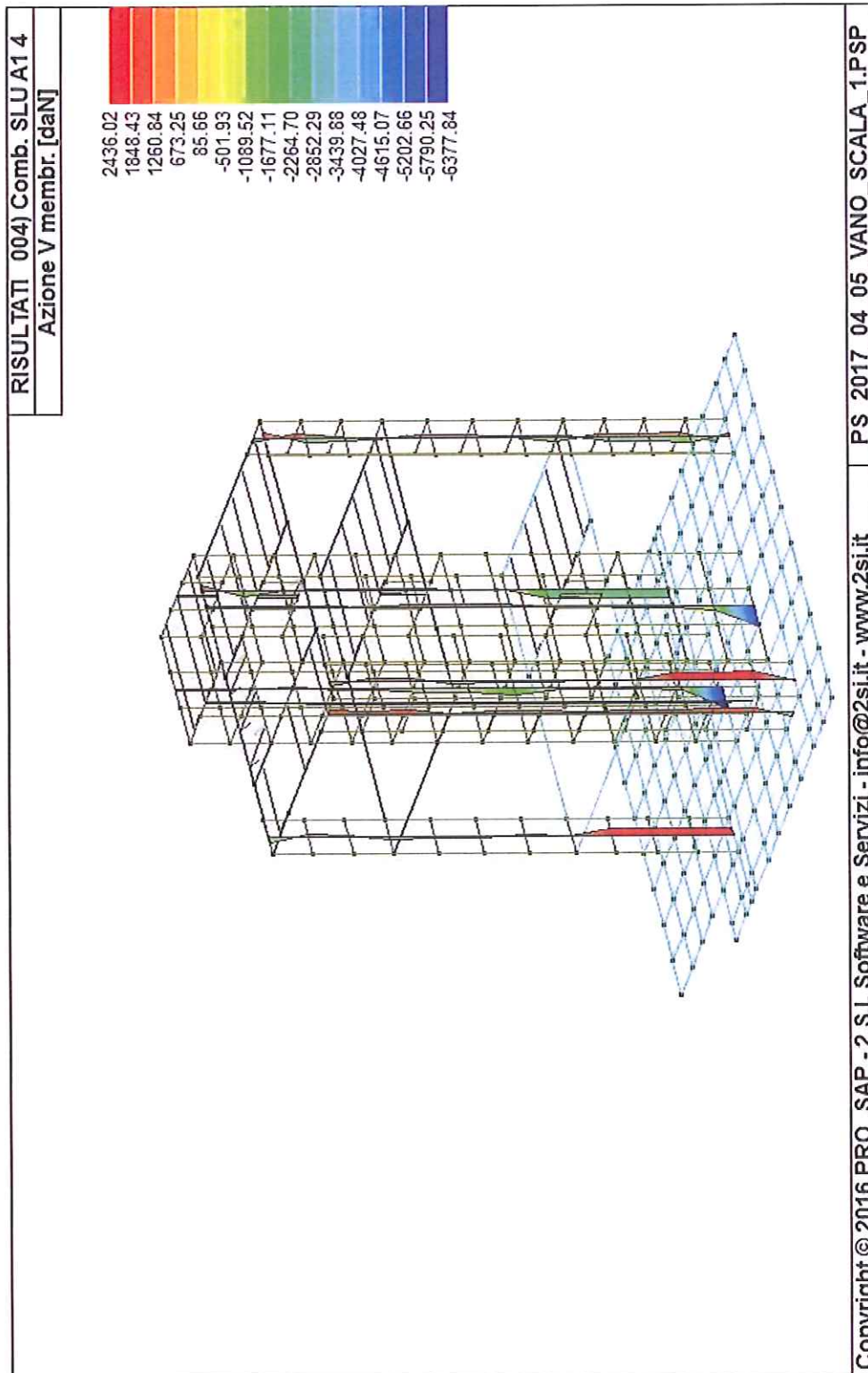


figura 11.4.3

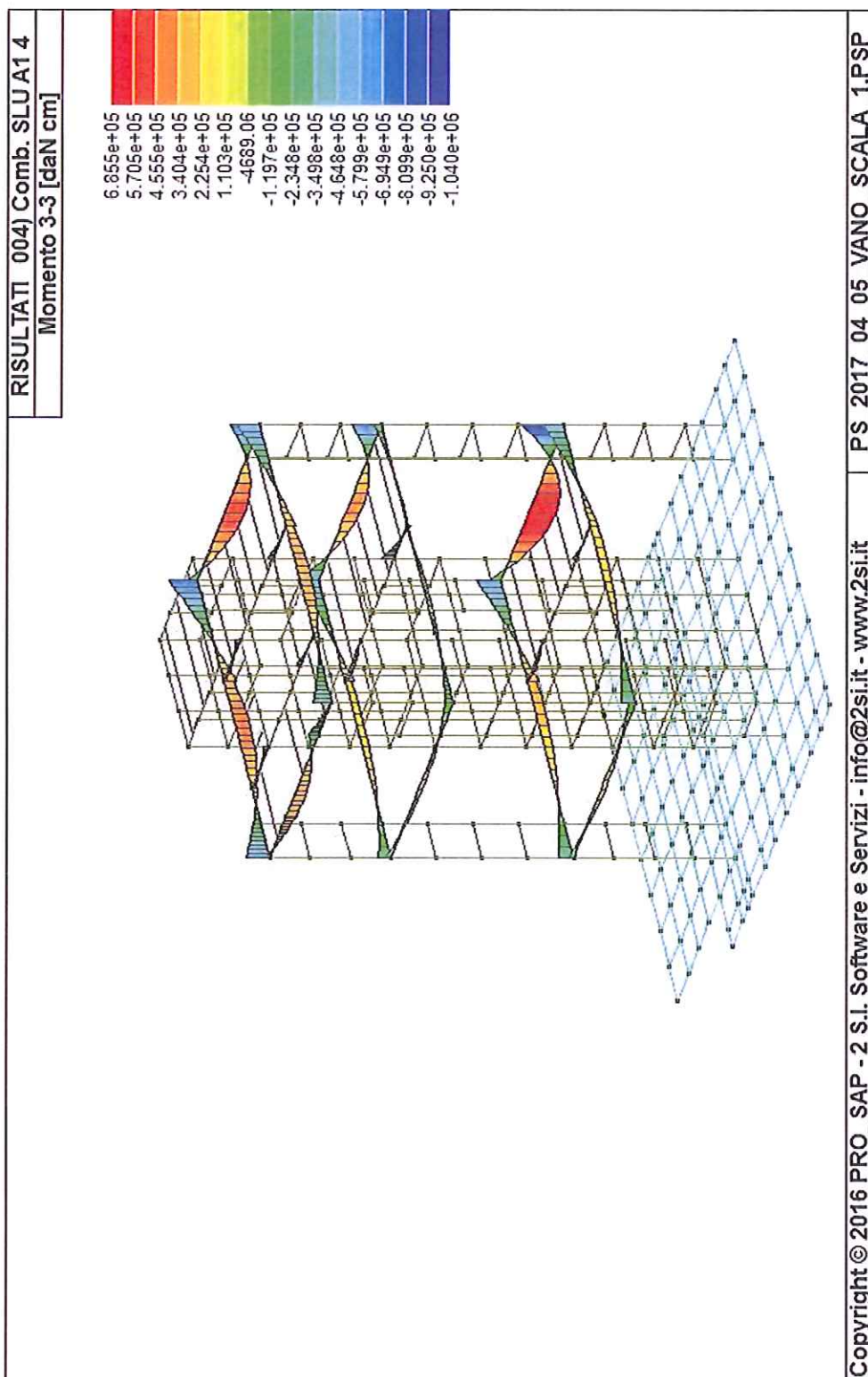


figura 11.4.4

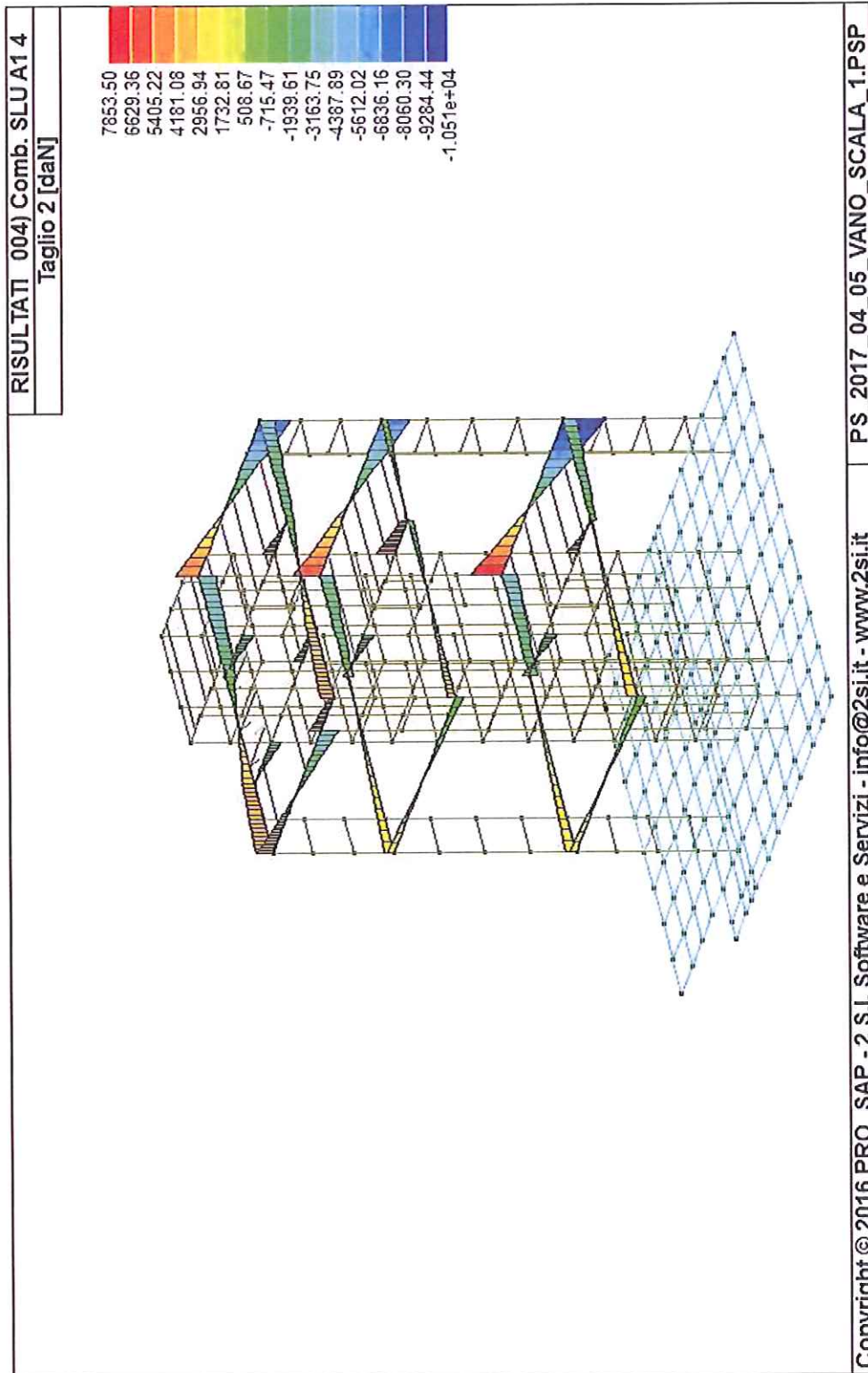


figura 11.4.5

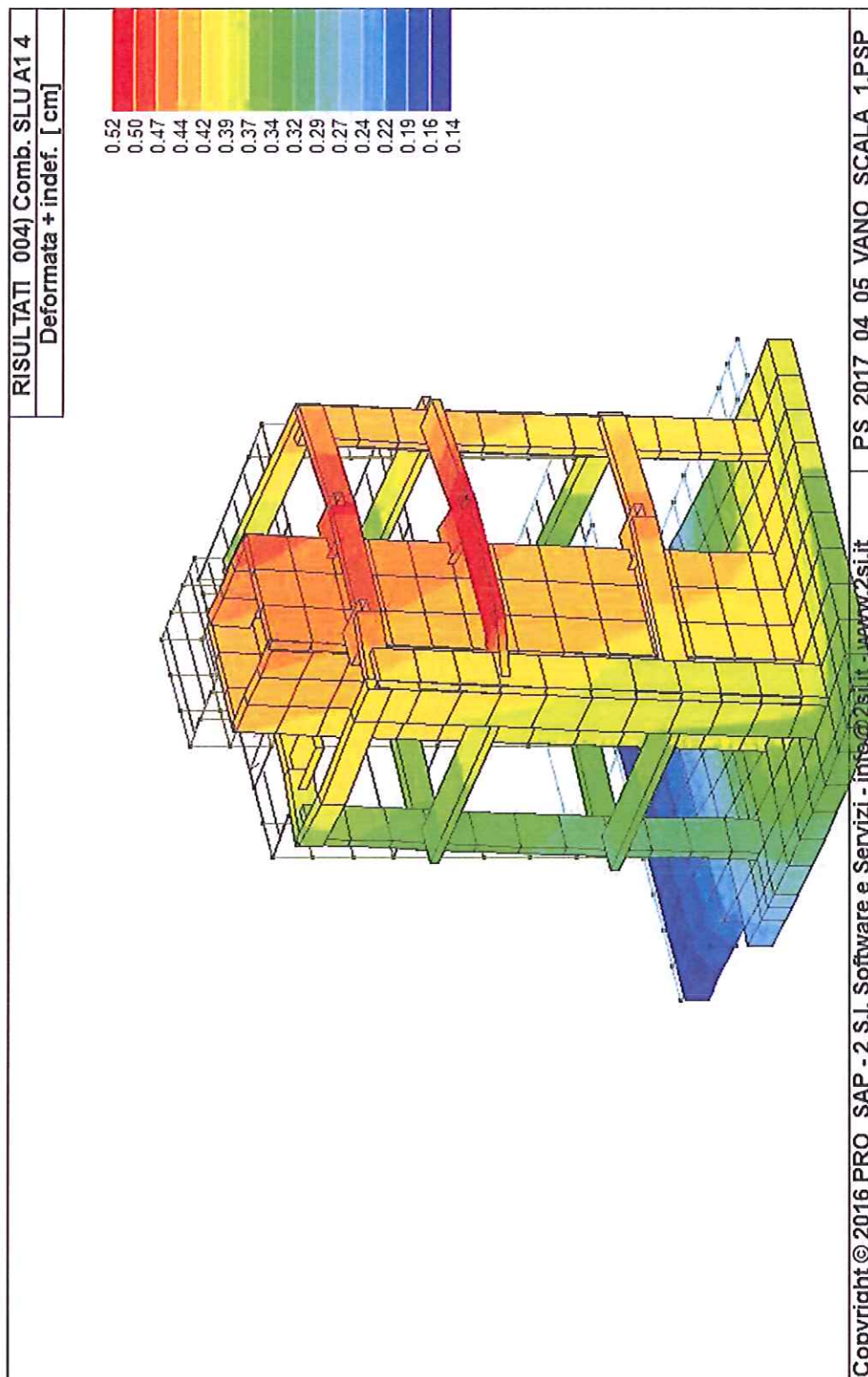


figura 11.4.6

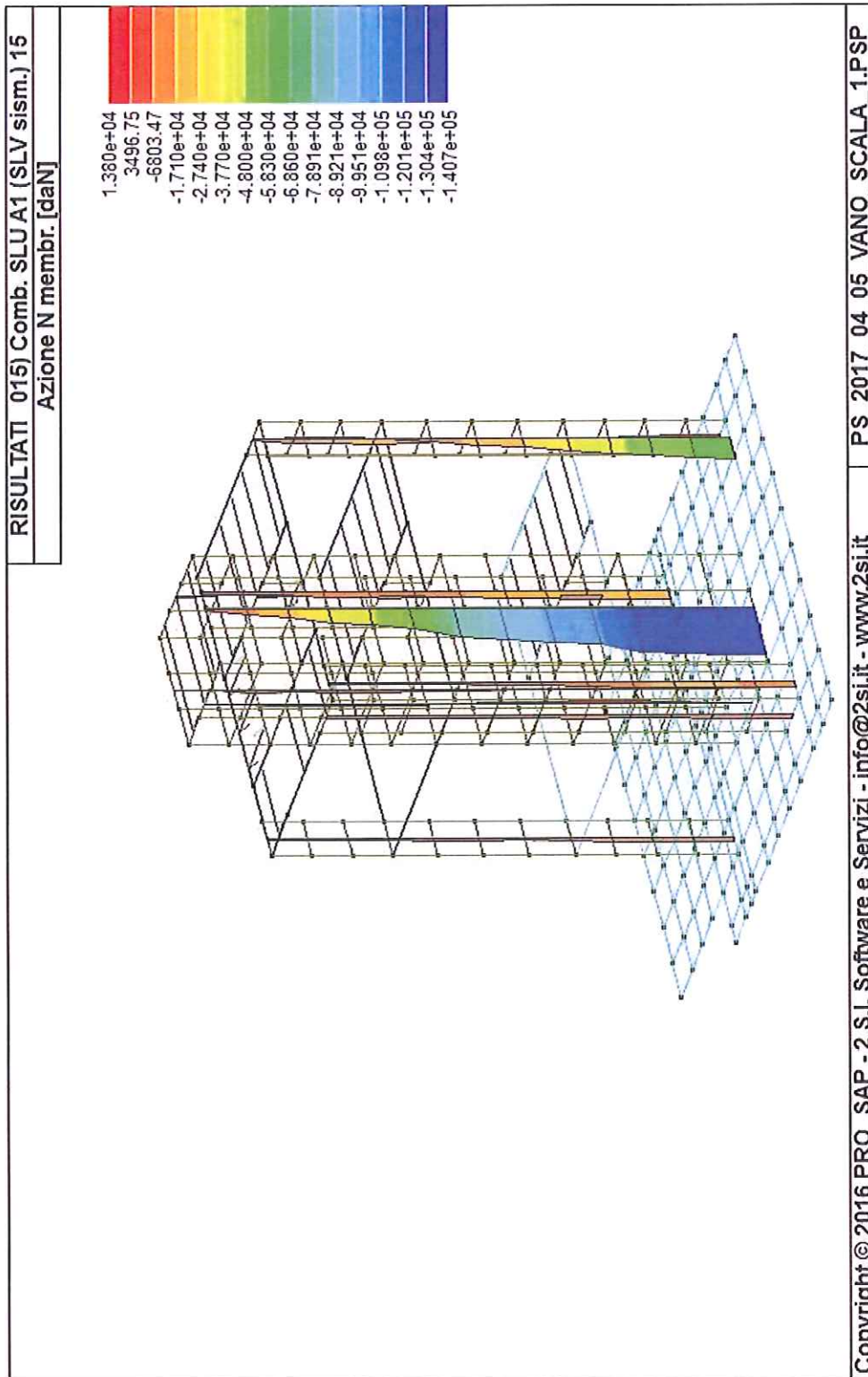


figura 11.4.7

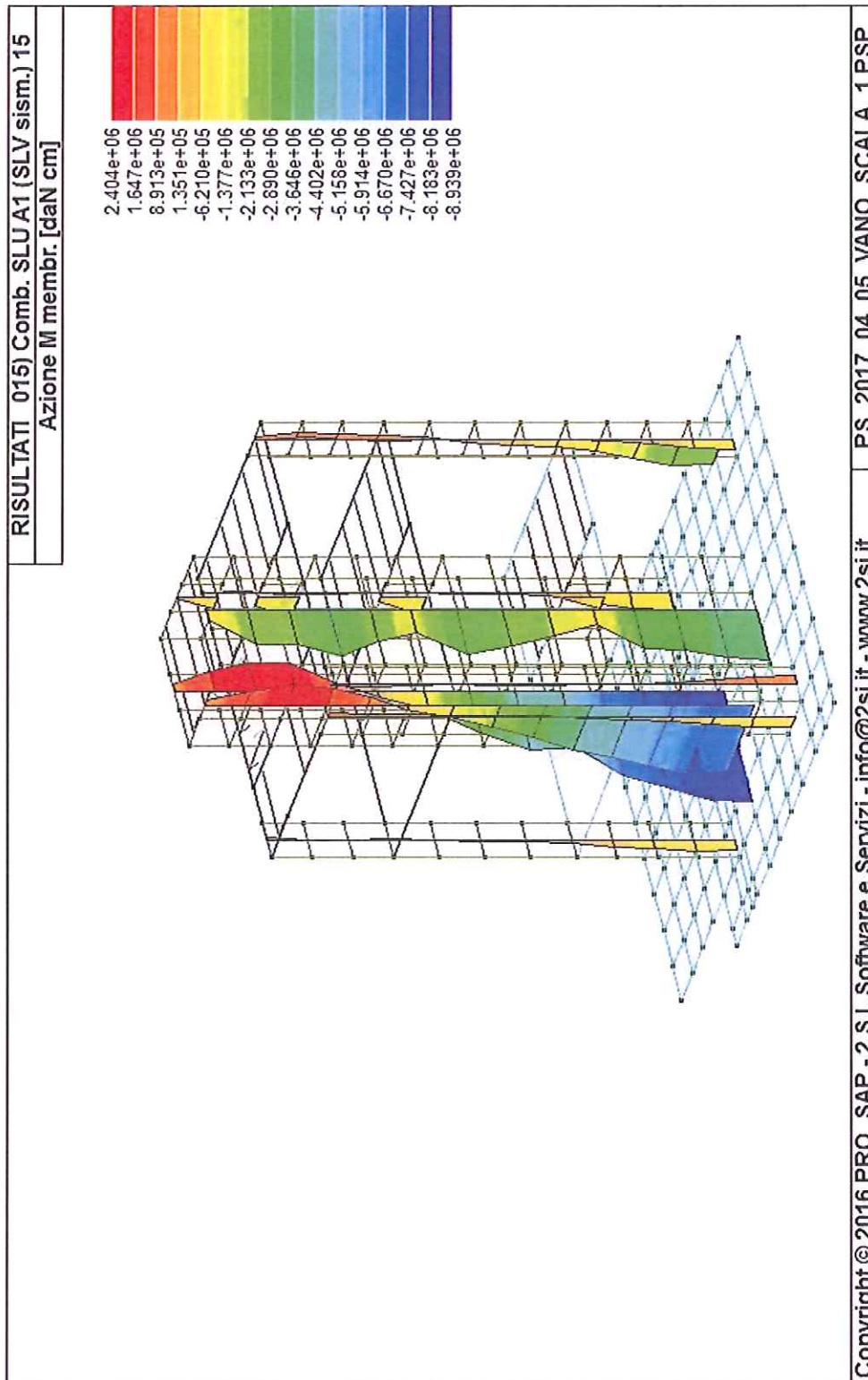


figura 11.4.8

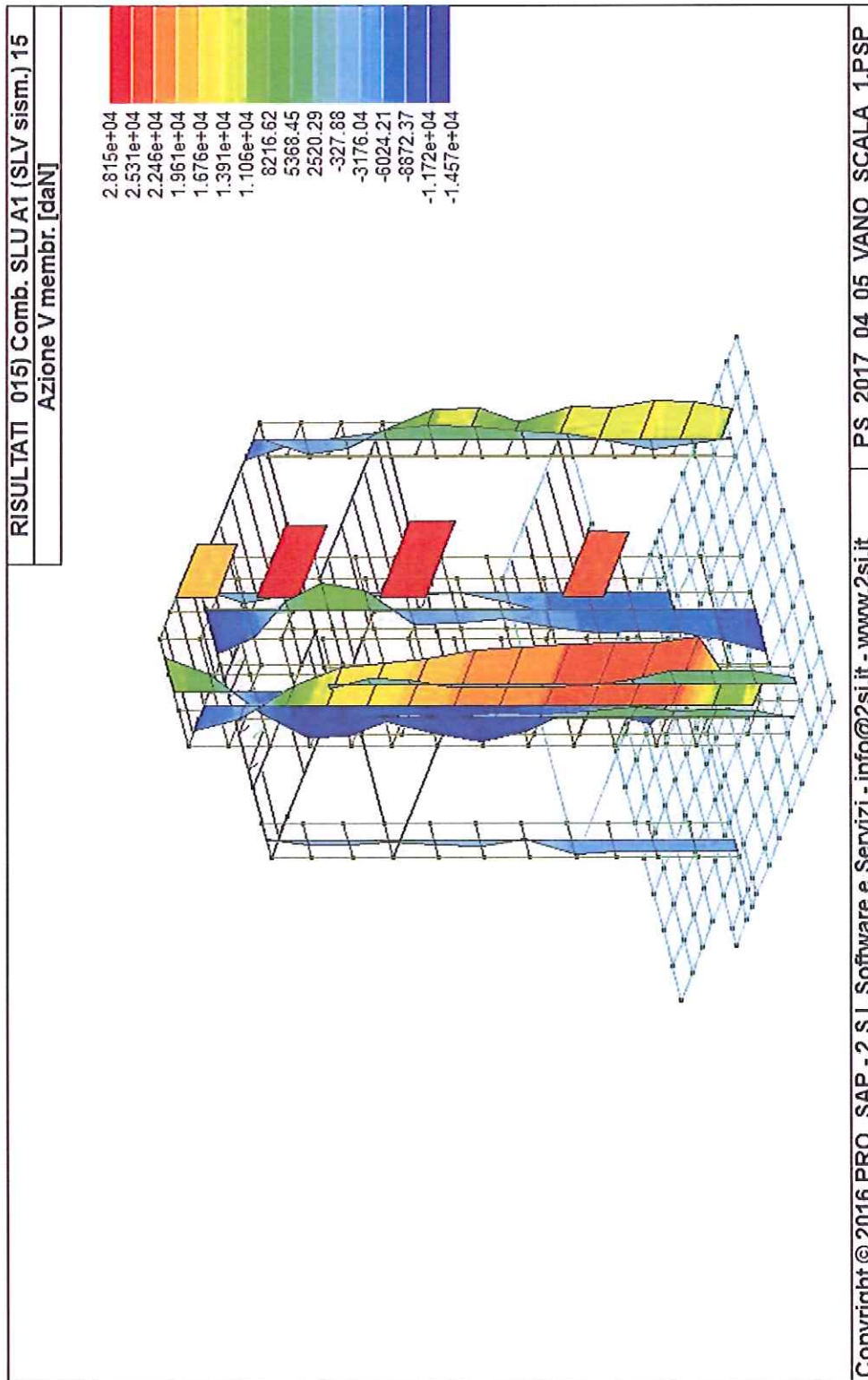


figura 11.4.9

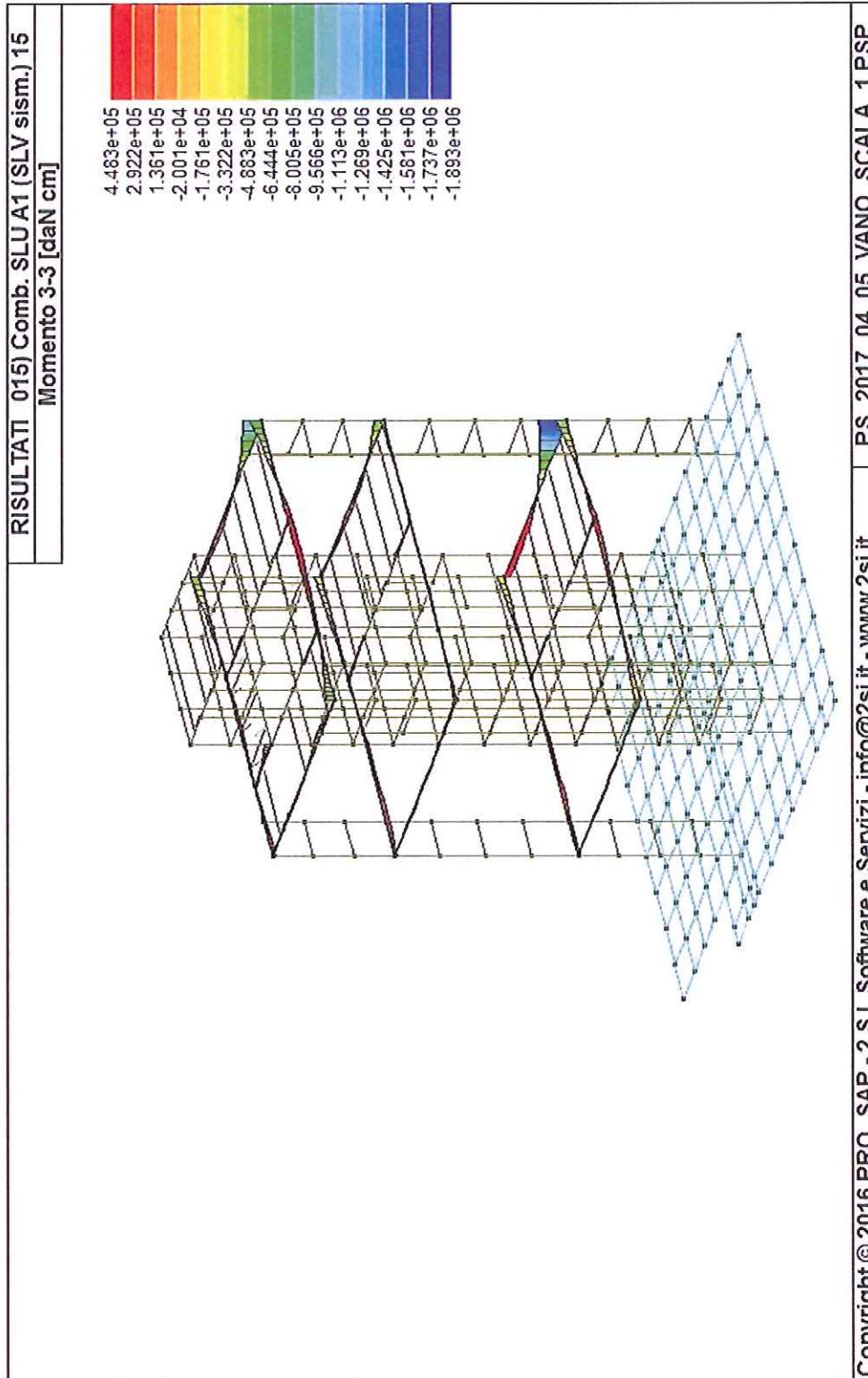


figura 11.4.10

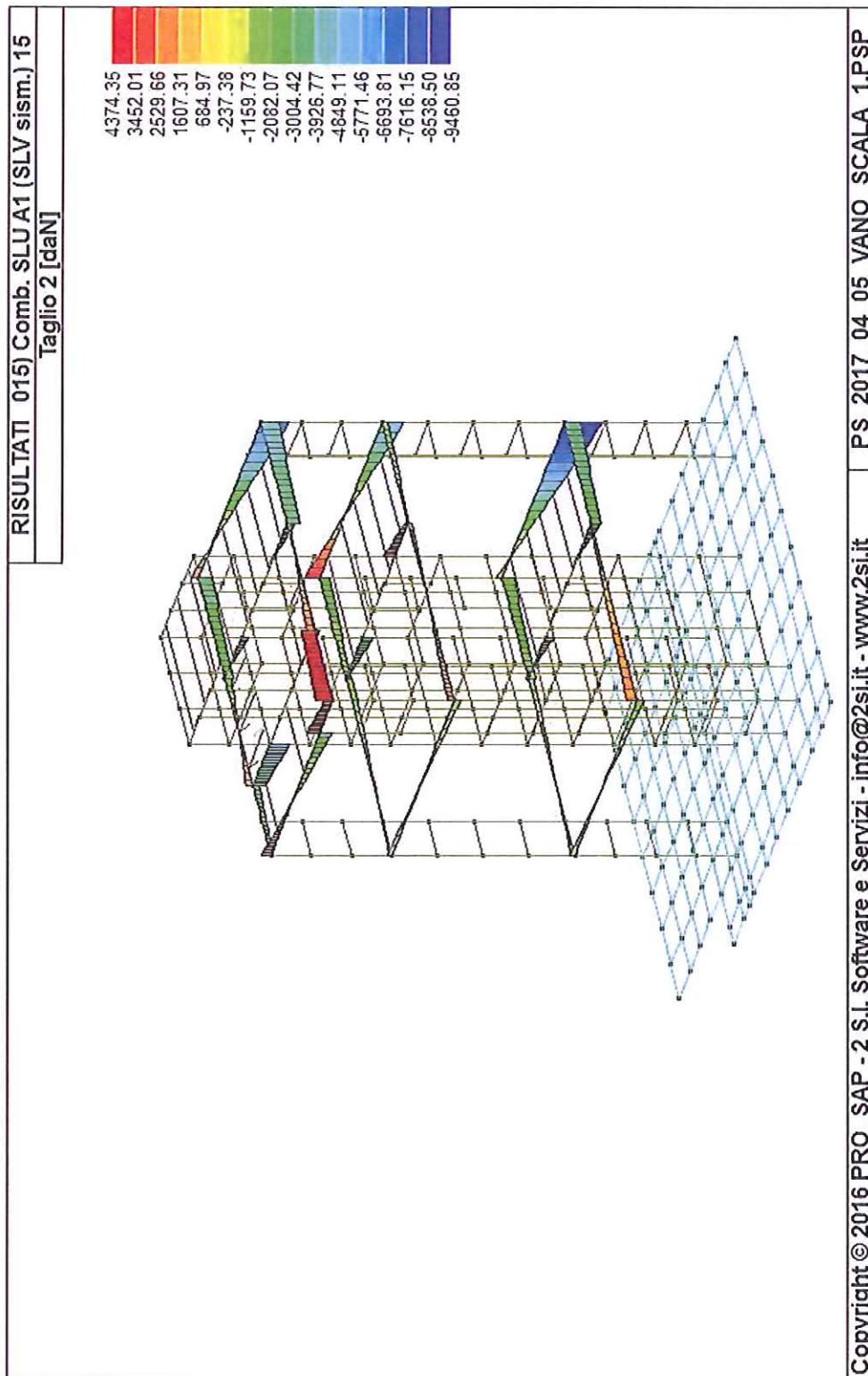


figura 11.4.11

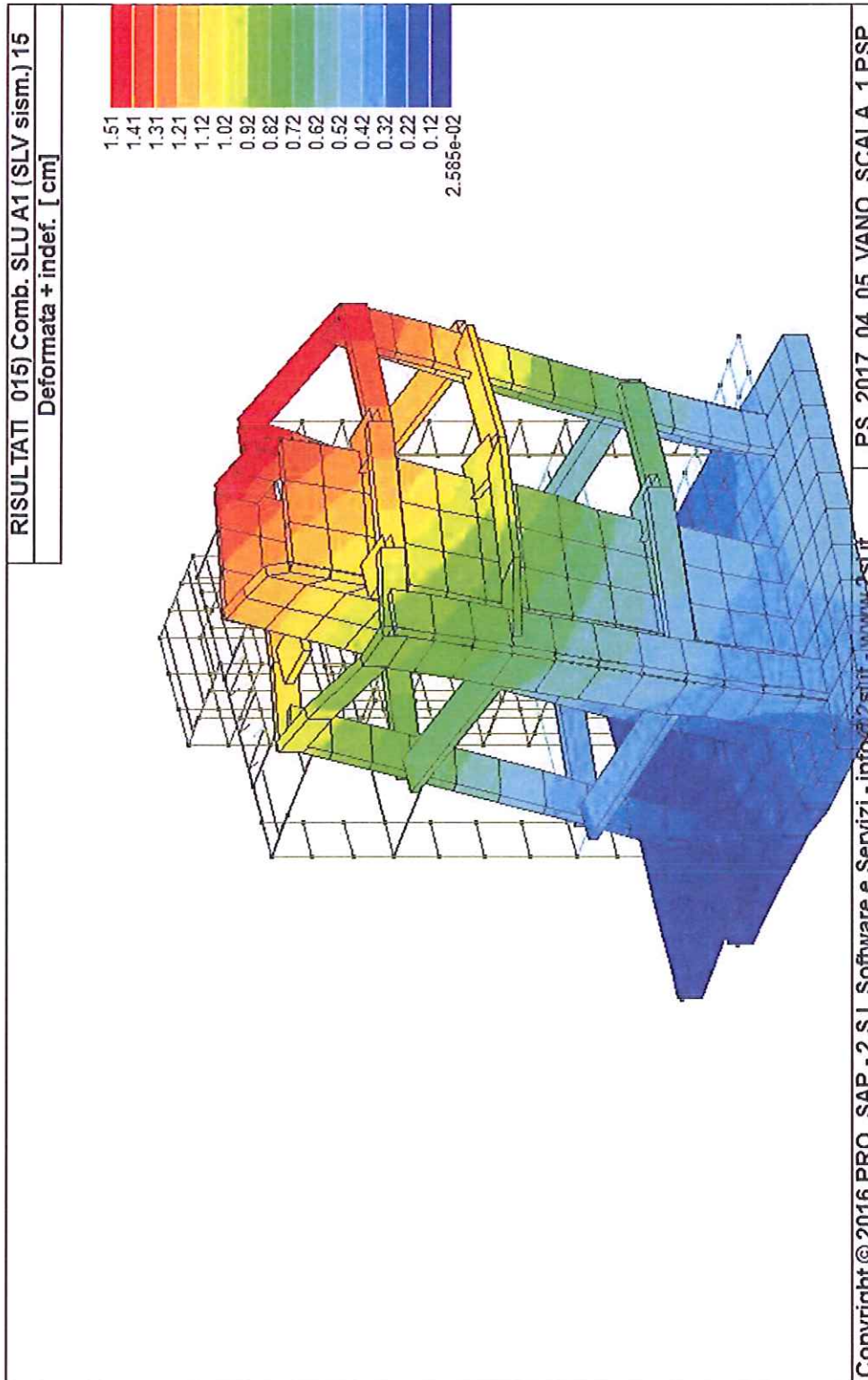


figura 11.4.12

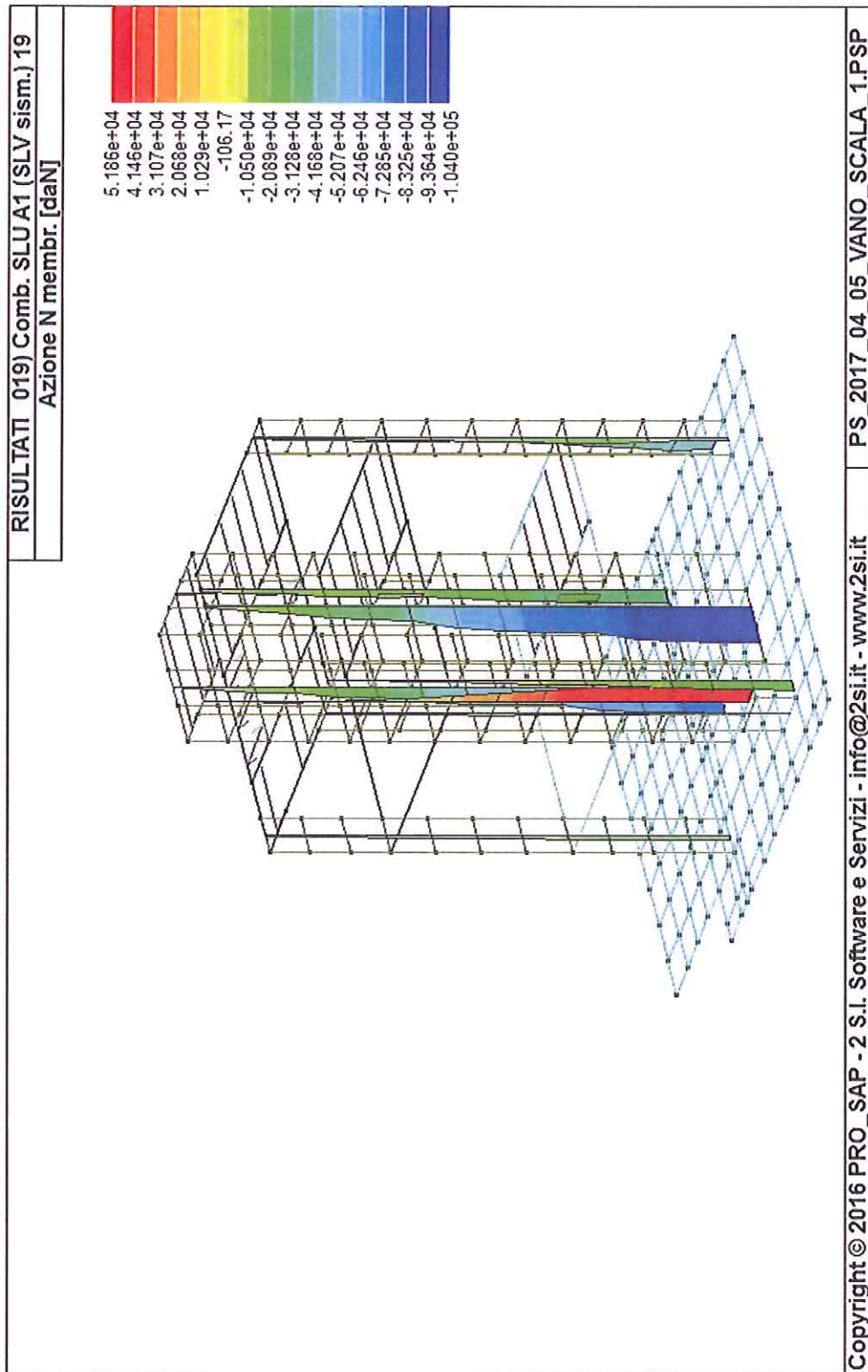


figura 11.4.13

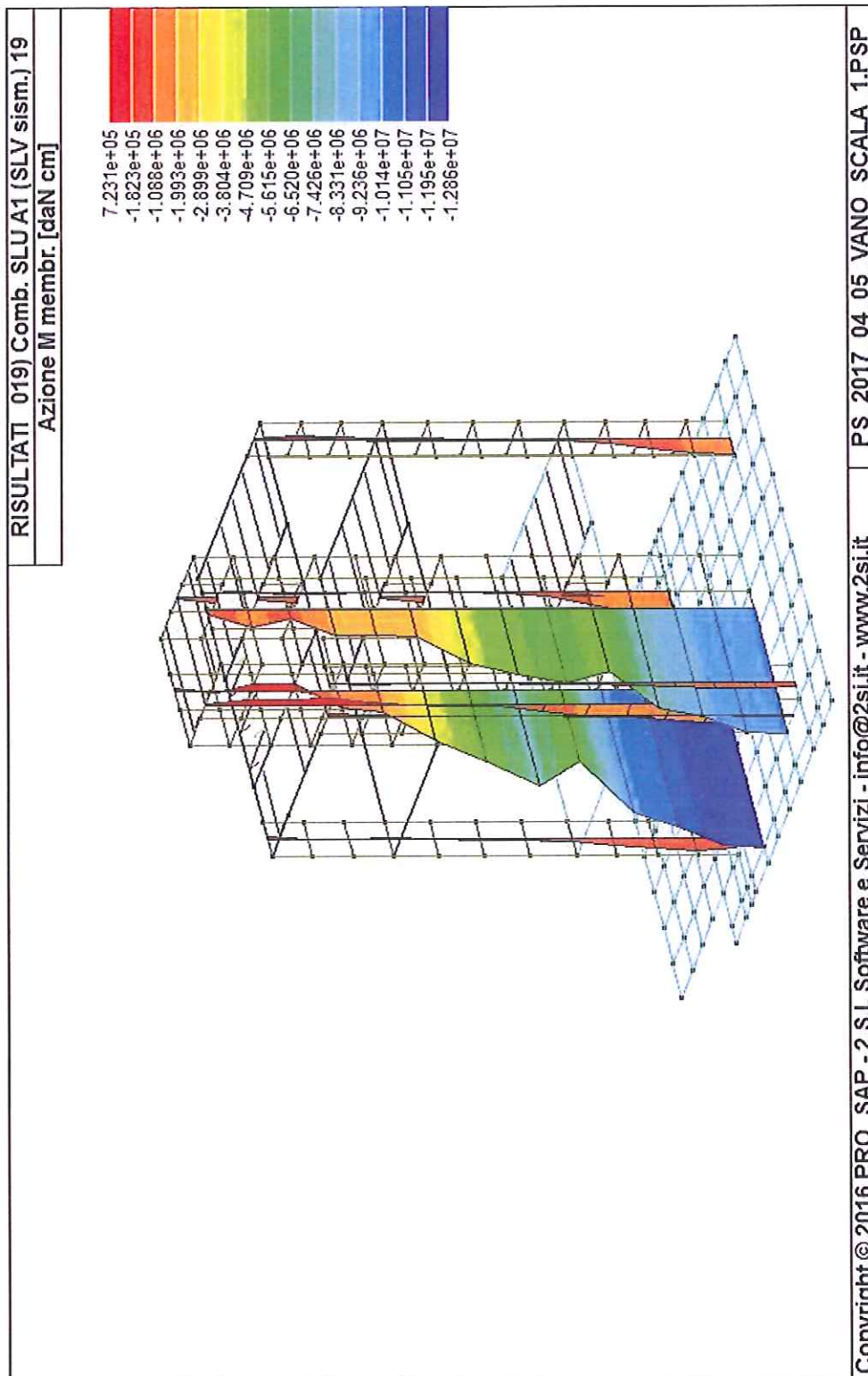


figura 11.4.14

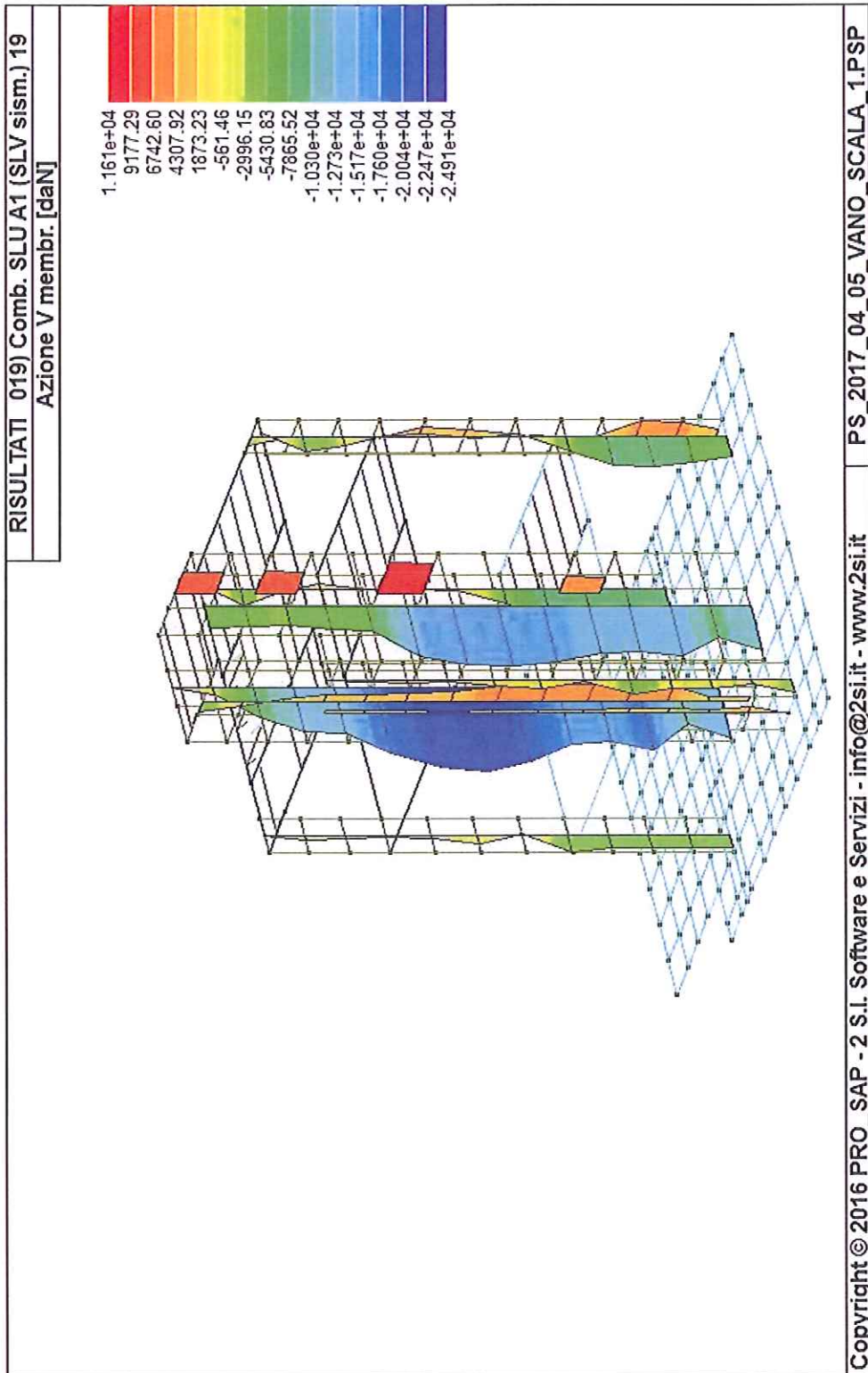


figura 11.4.15

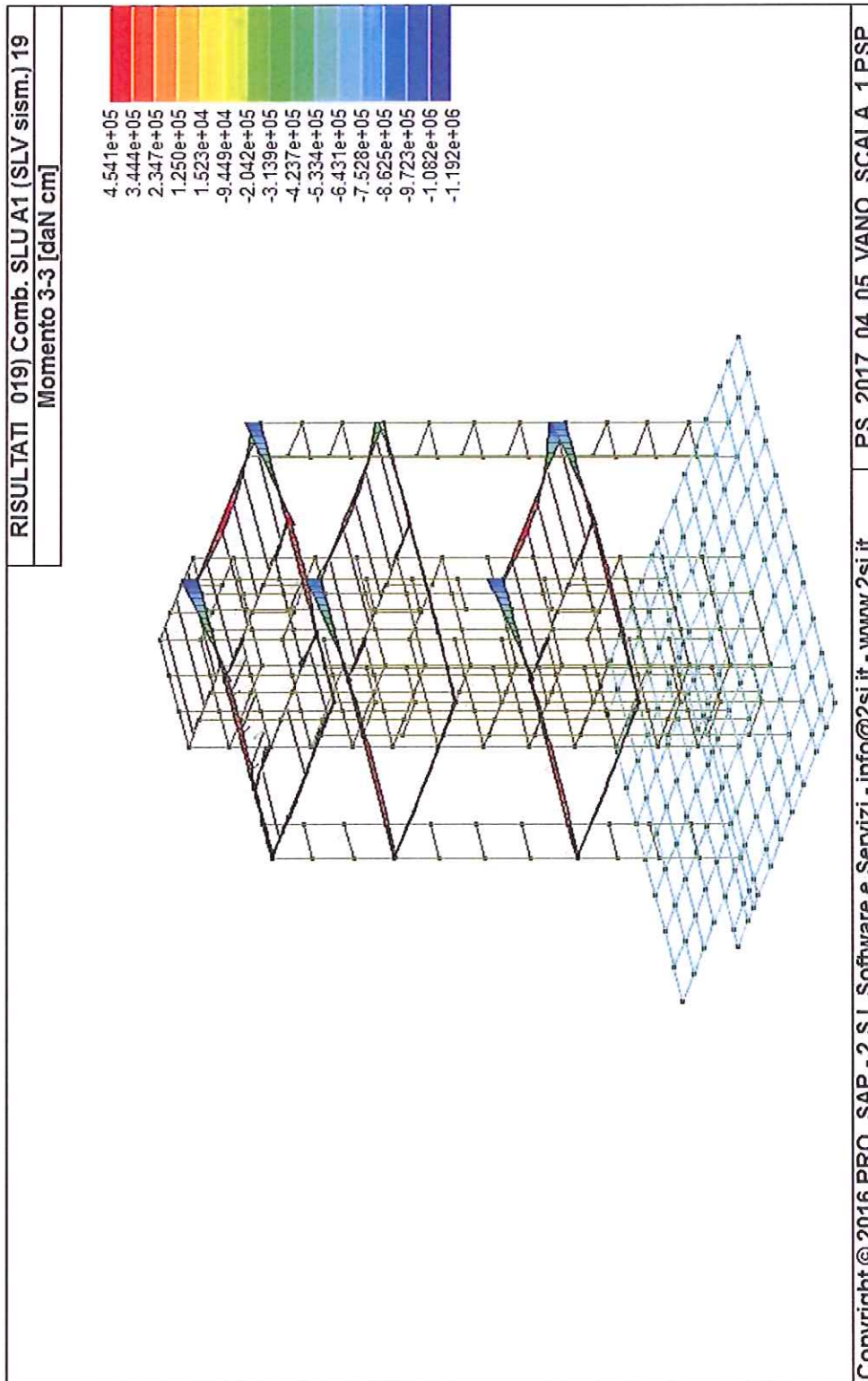


figura 11.4.16

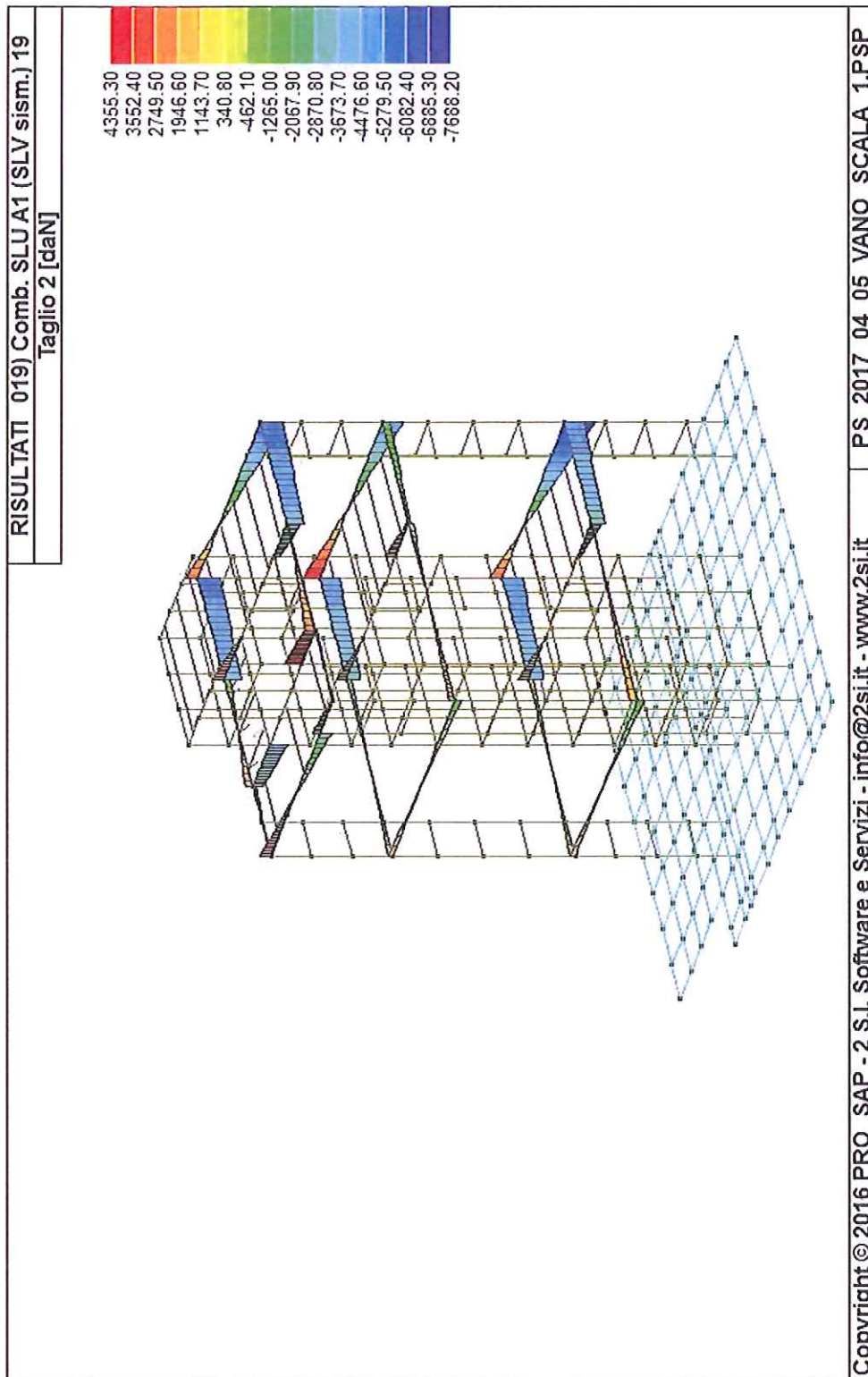


figura 11.4.17

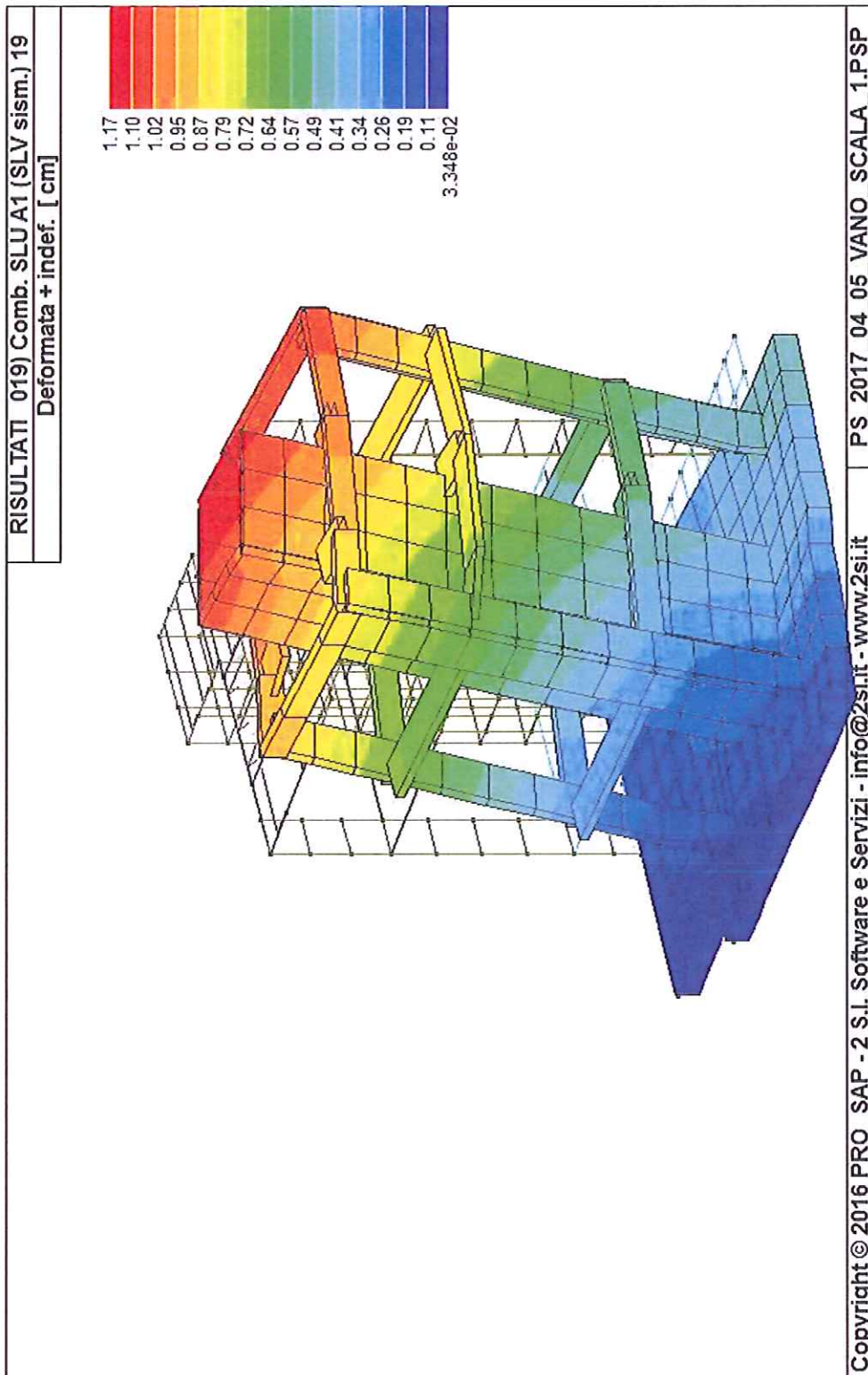


figura 11.4.18

12. Le verifiche allo stato limite ultimo

12.1. Generalità

Come ormai di consueto, gli esiti delle verifiche di sicurezza allo stato limite ultimo sono stati esposti mediante "mappe colore" nelle quali viene nella sostanza evidenziato il rapporto tra la generica sollecitazione di progetto ultima (o combinazione di più caratteristiche della sollecitazione) e la relativa resistenza di progetto ultima.

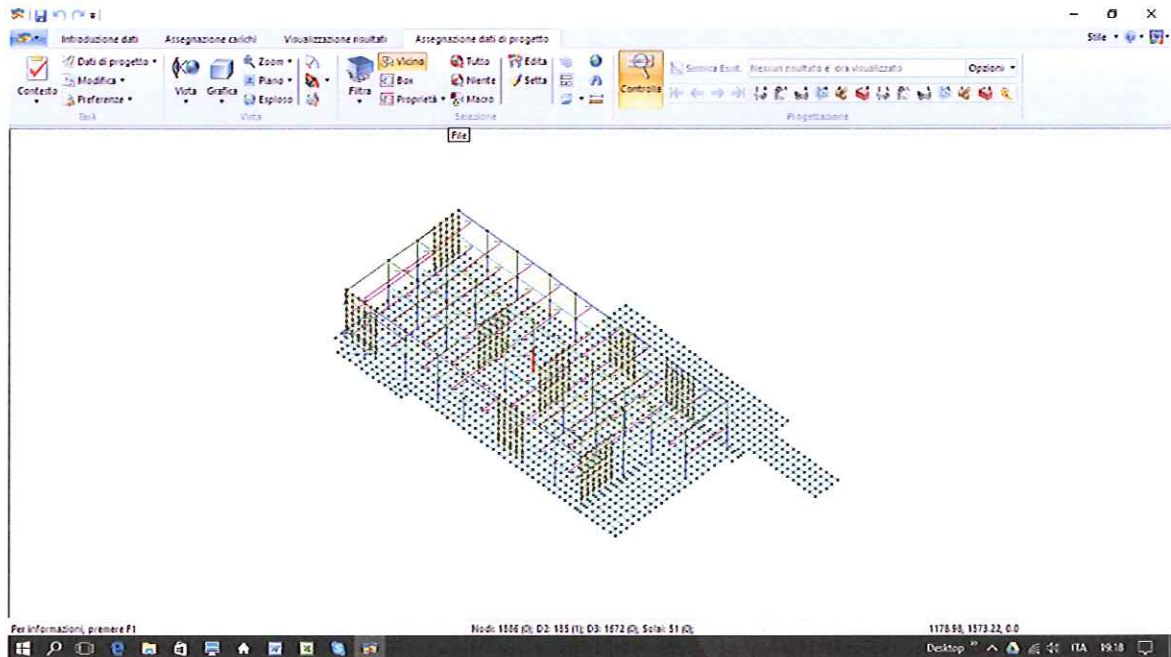
Il valore numerico del rapporto

$$S_{du}/R_{du}$$

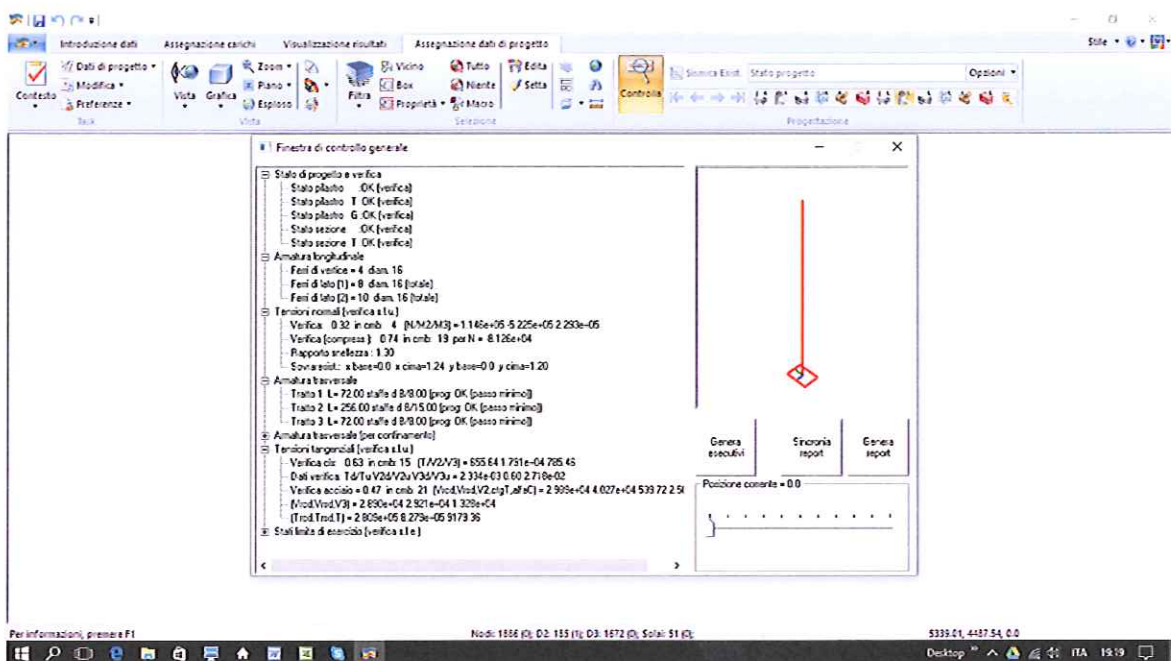
rappresenta quindi il livello di sicurezza in termini di quello che viene usualmente definito lo "sfruttamento" delle sezioni.

12.2. Verifiche degli elementi strutturali più significativi

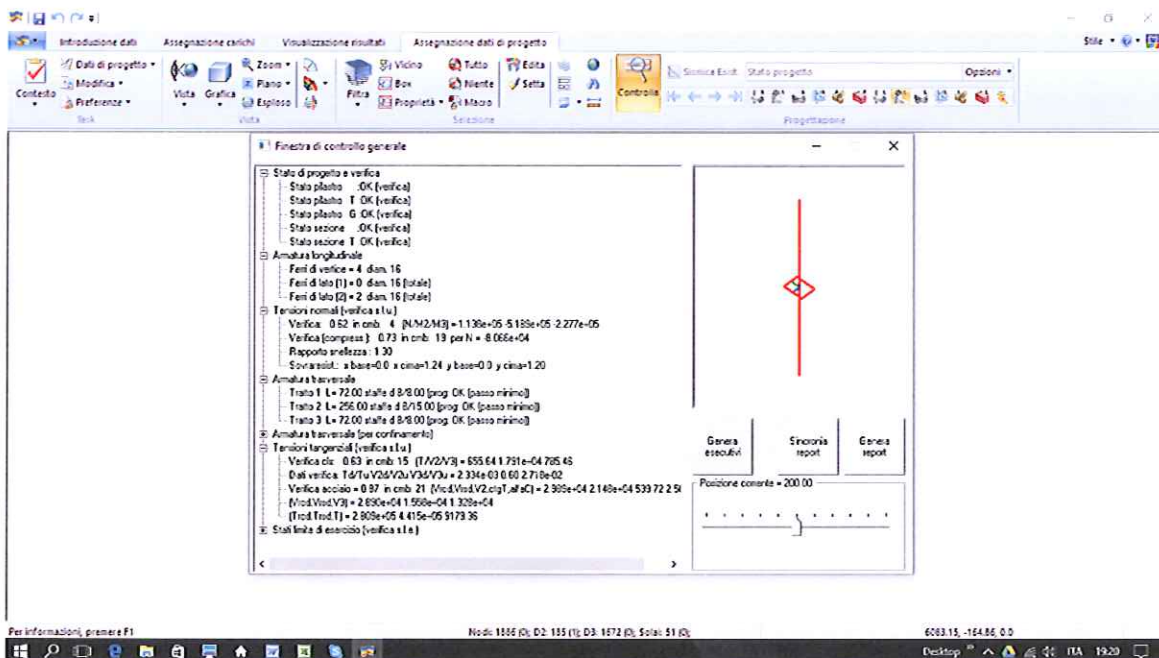
- Pilastrata interna dell'edificio principale



Il pilastro oggetto di verifica

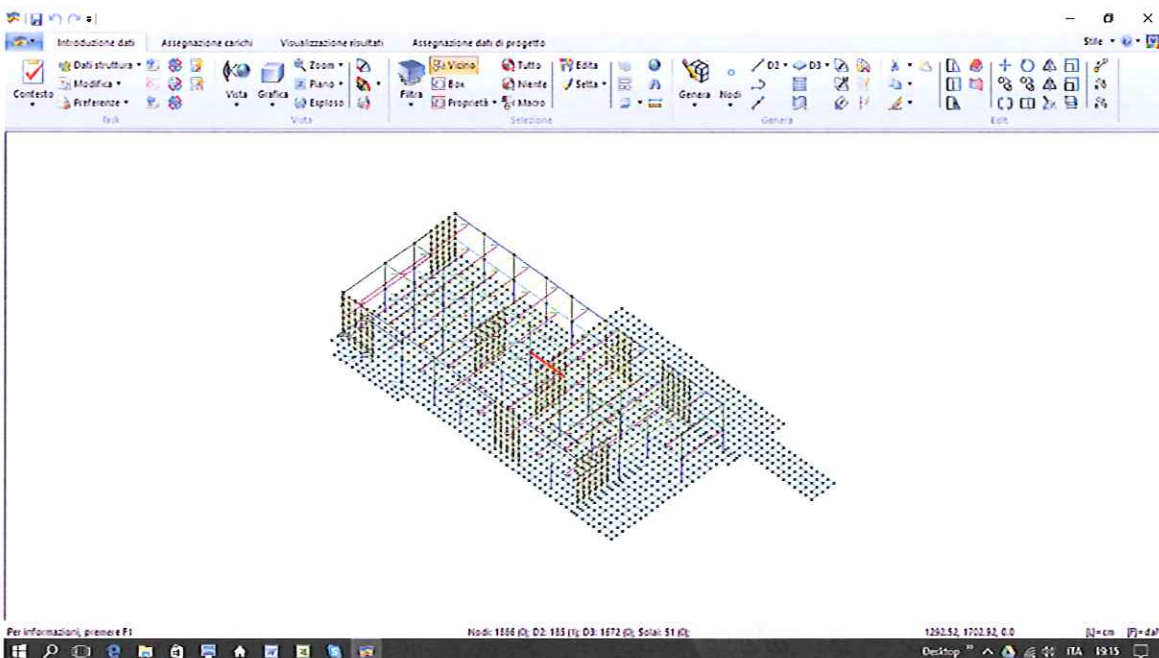


La verifica alla base

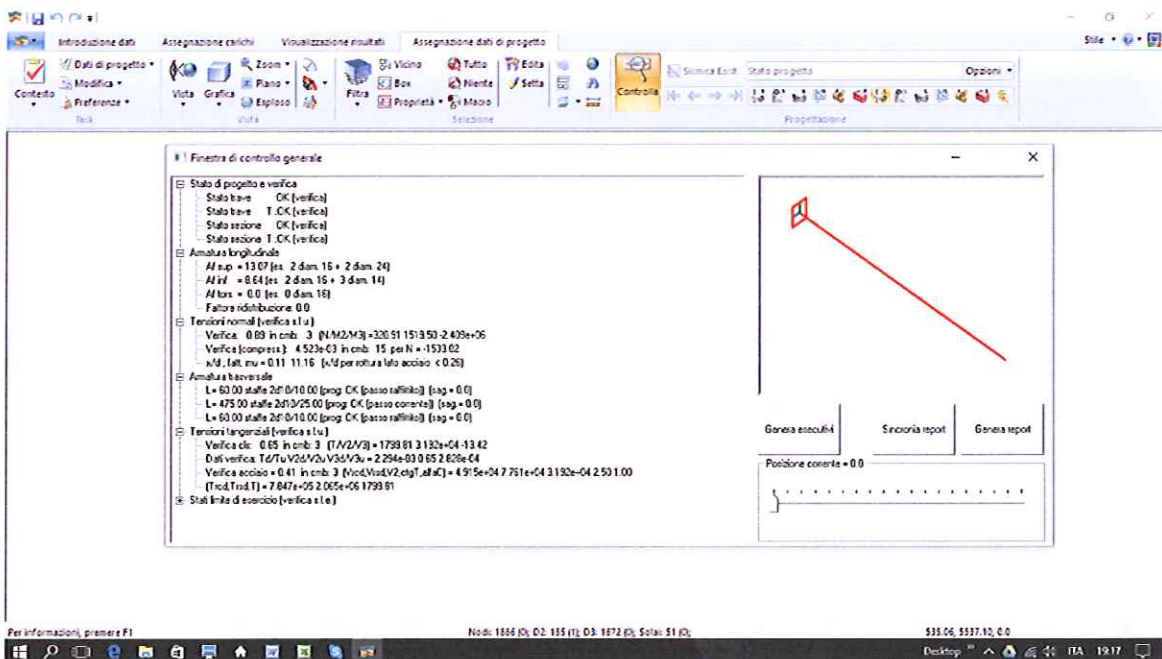


La verifica in mezzeria

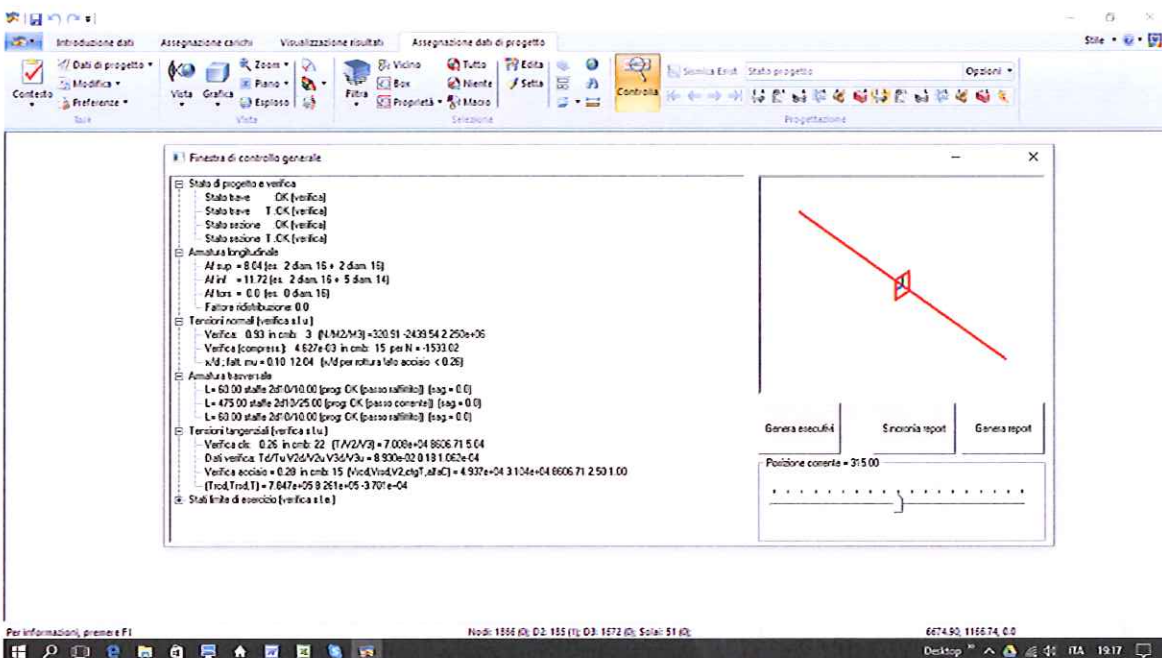
- Una trave dell'edificio principale



La trave oggetto di verifica

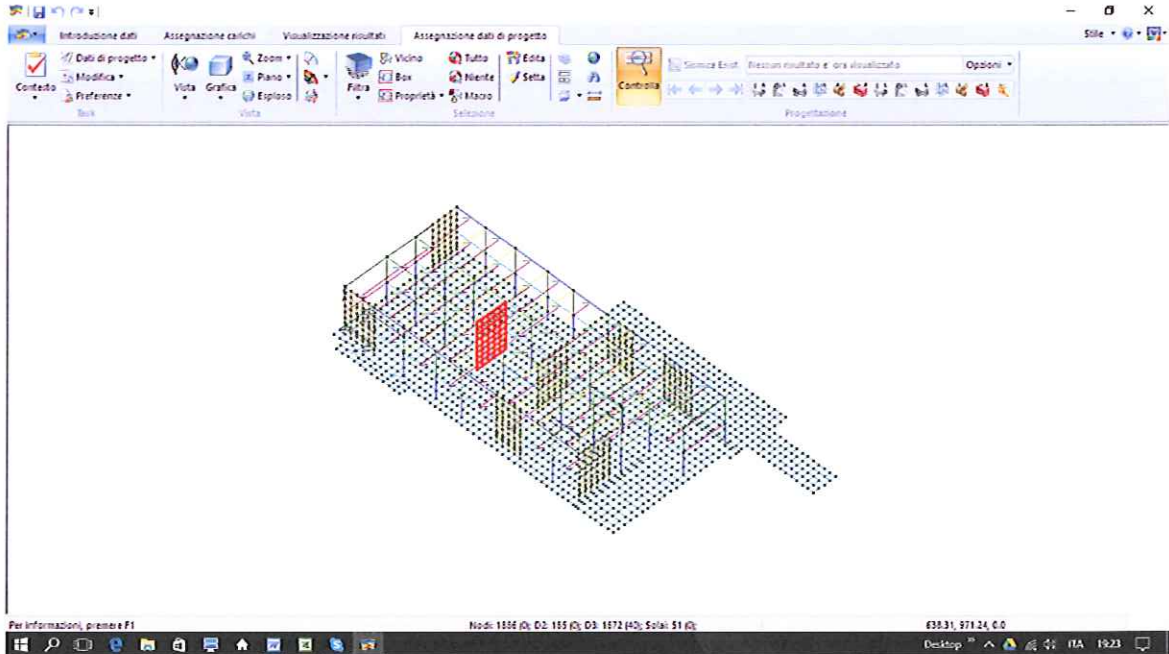


La verifica all'incastro

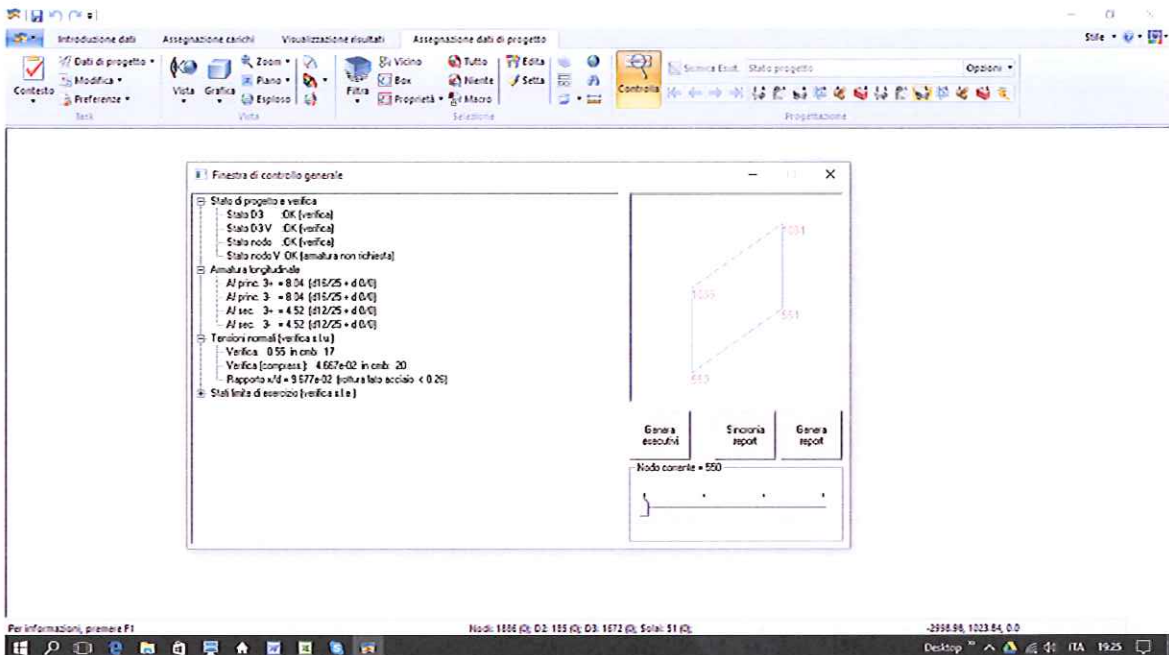


La verifica in mezzzeria

- Un setto dell'edificio principale

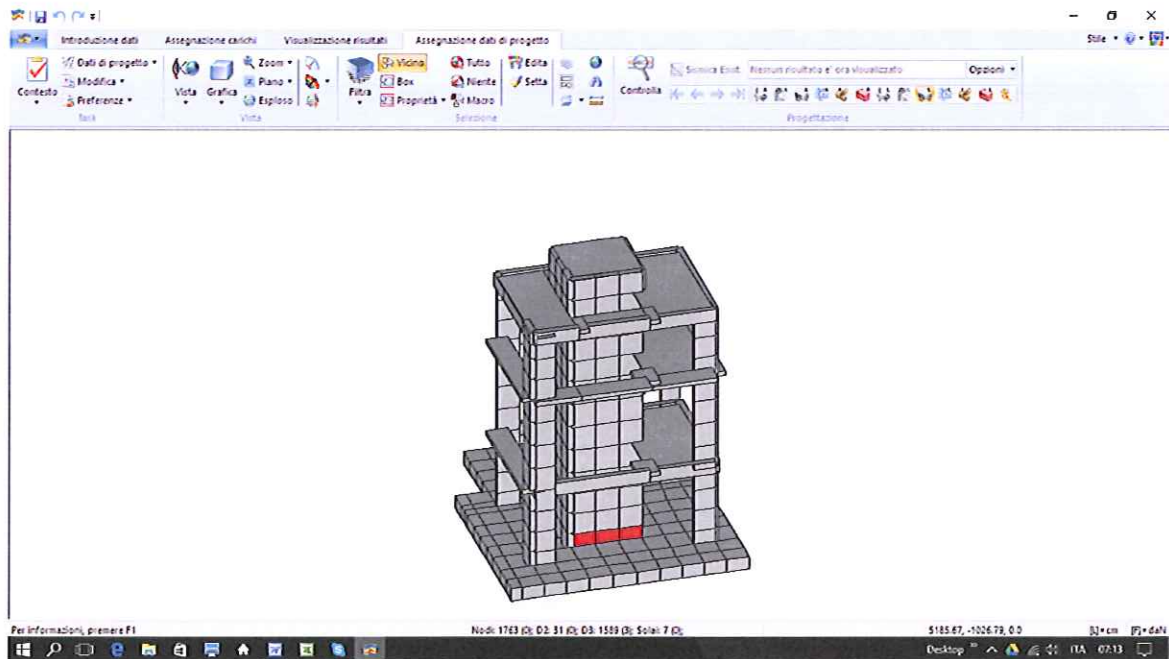


Il setto oggetto di verifica

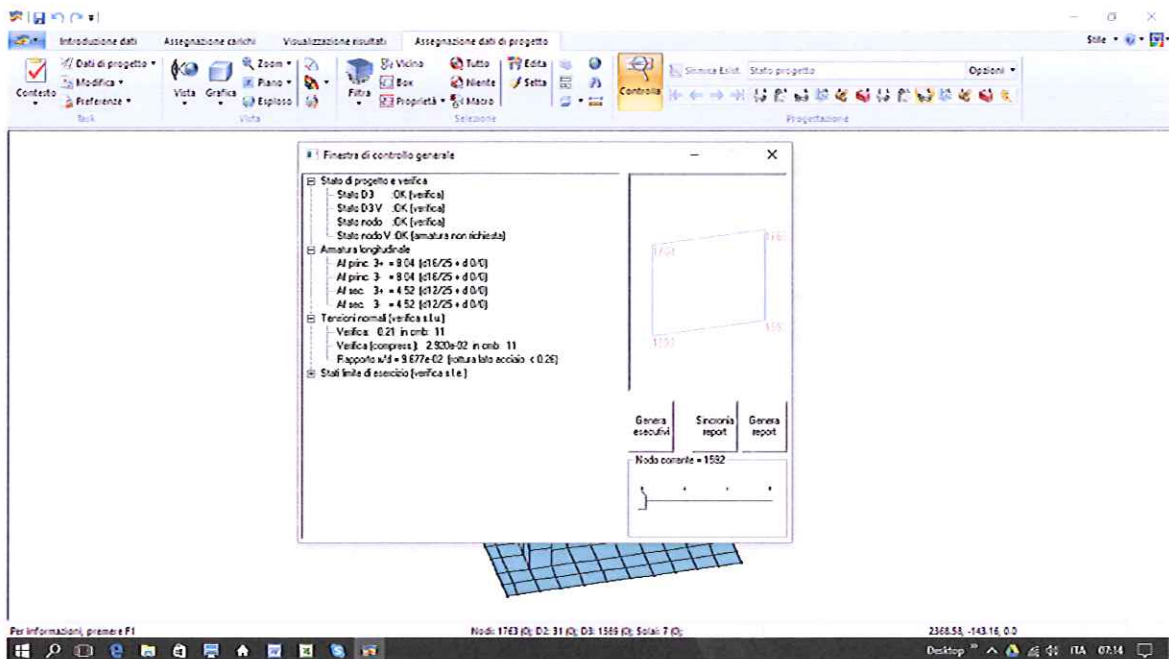


La verifica alla base

- Un setto del vano ascensore

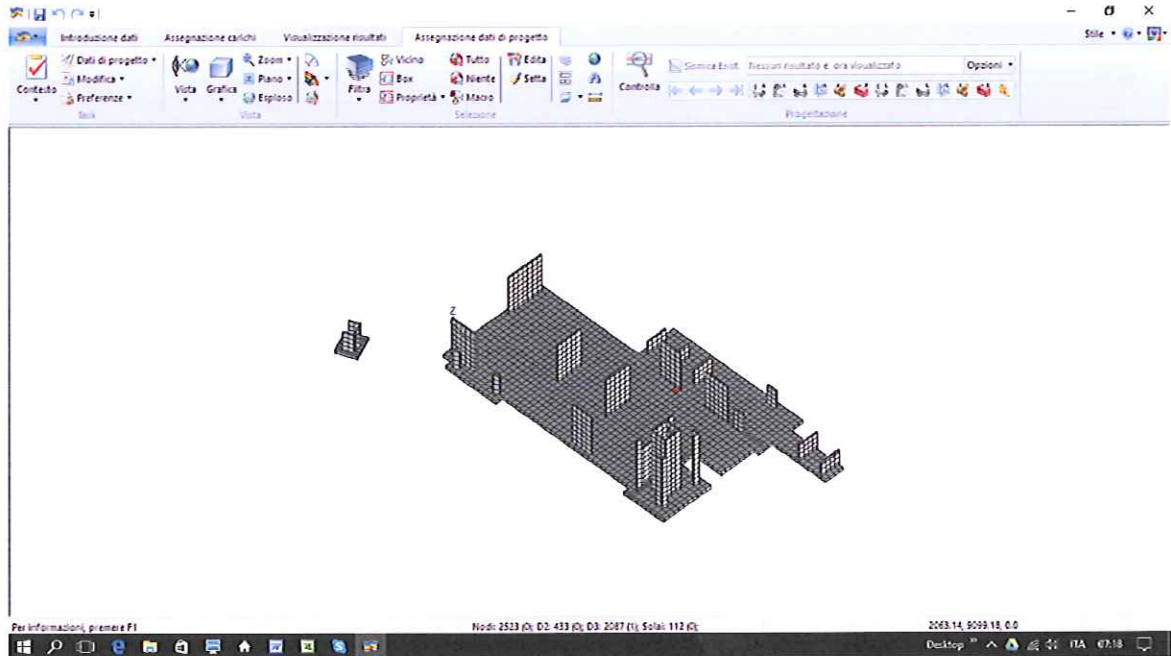


La sezione oggetto di verifica

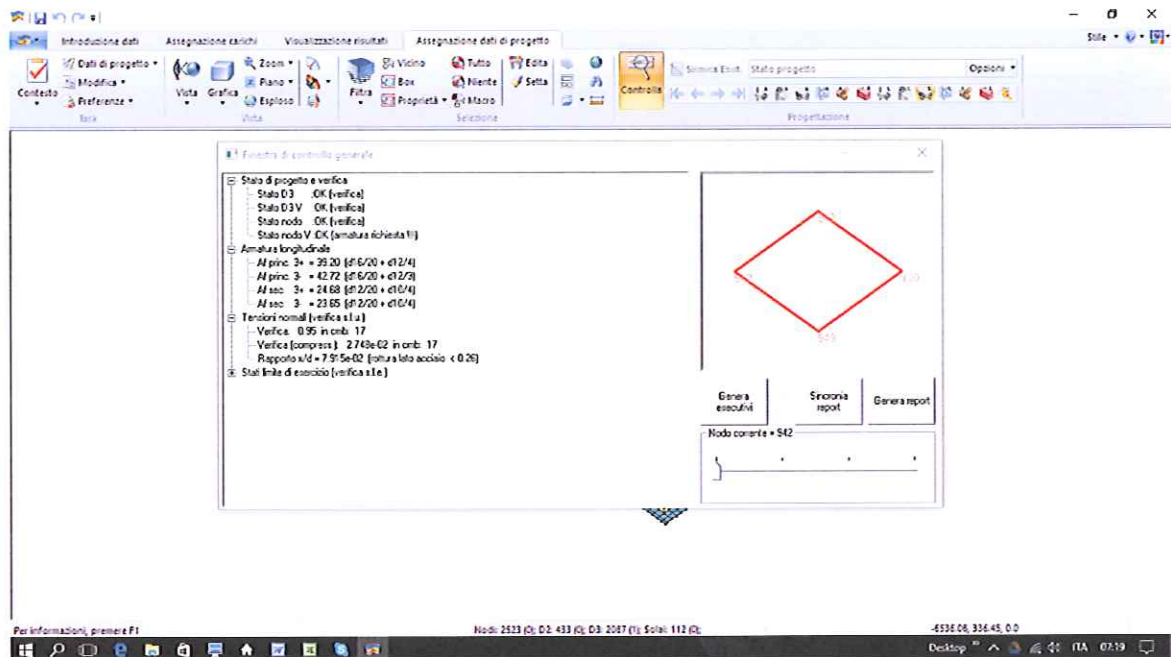


La verifica della sezione

- Un elemento della fondazione



L'elemento oggetto di verifica



La verifica della sezione

- Verifica della scala in c.c.a

- peso proprio della rampa e dei gradini:

$$p_{1k} = 600.00 \text{ kg/m}^2,$$

- pavimentazione ed intonaco:

$$p_{2k} = 150.00 \text{ kg/m}^2,$$

- sovraccarico accidentale di progetto:

$$a_k = 400.00 \text{ kg/m}^2,$$

- carico verticale totale (ultimo):

$$q_{sdu} = (600.00+150+400) \times 1.50 = 1725.00 \text{ kg/m}^2,$$

- momento flettente massimo in corrispondenza della mezzeria:

$$m_{sdu} = 1725.00 \times 2.40^2 / 8 = 1242.00 = 1250.00 \text{ kgm/m circa.}$$

Si conduce la verifica di resistenza per flessione con riferimento ad una sezione avente:

$$b = 100.00 \text{ cm,}$$

$$h = 20.00 \text{ cm,}$$

calcestruzzo C 25/30,

acciaio 450 C,

armatura: 1 ϕ 14/15 sup ed inf, pari a 10.00 cm²/m sup ed inf.

La verifica di resistenza porge:

$$m_{rdu} = 6088.00 \text{ kgm/m} > m_{sdu} = 1250.00 \text{ kgm/m.}$$

Per quanto riguarda la verifica a taglio, si ha:

$$V_{sdu} = 1725.00 \times 2.40 / 2 = 2070.00 \text{ kg/m,}$$

$$V_{rdu} = v_{\min} \times b_w \times d,$$

$$v_{\min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2},$$

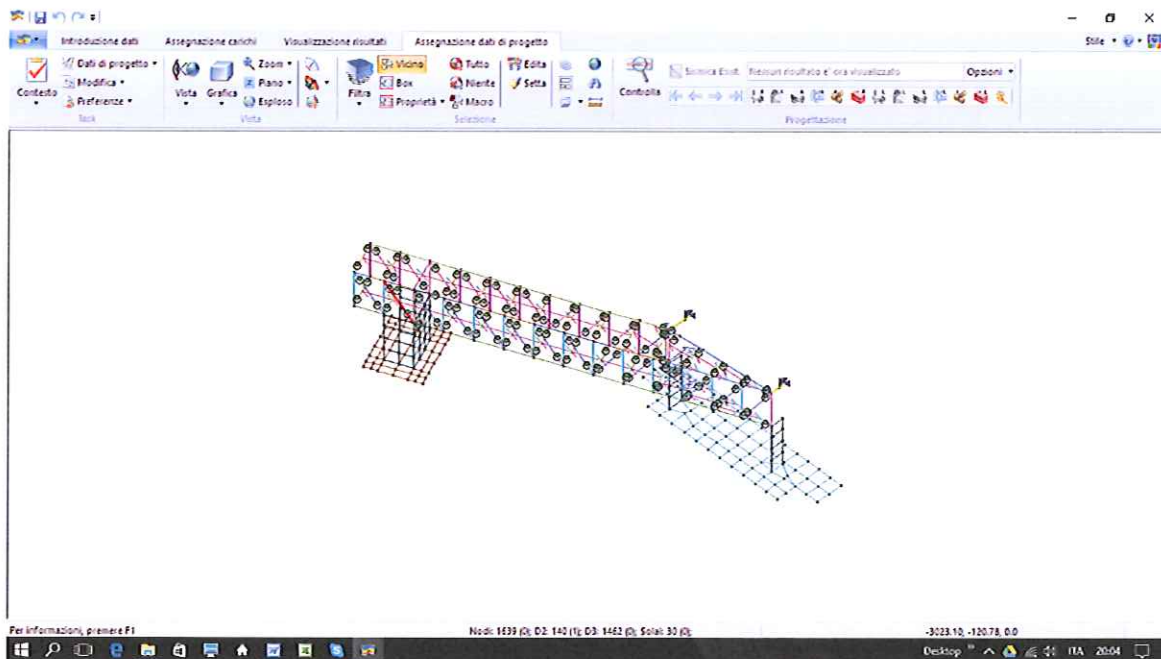
$$k = 1 + (200/200)^{1/2} = 2.00$$

si ha:

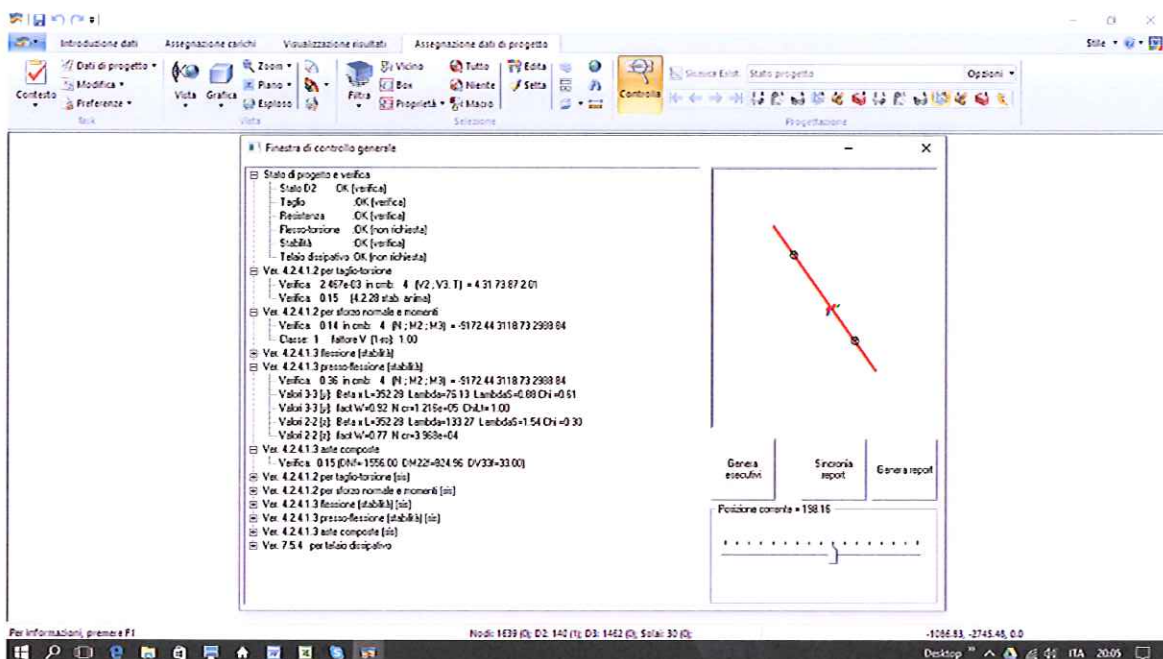
$$v_{\min} = 0.035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0.035 \times 2^{3/2} \times 25^{1/2} = 0.49 \text{ N/mm}^2 = 4.90 \text{ kg/cm}^2,$$

$$V_{rdu} = 4.90 \times 100 \times 20 = 9800.00 \text{ kg/m} > V_{sdu} = 2070.00 \text{ kg/m.}$$

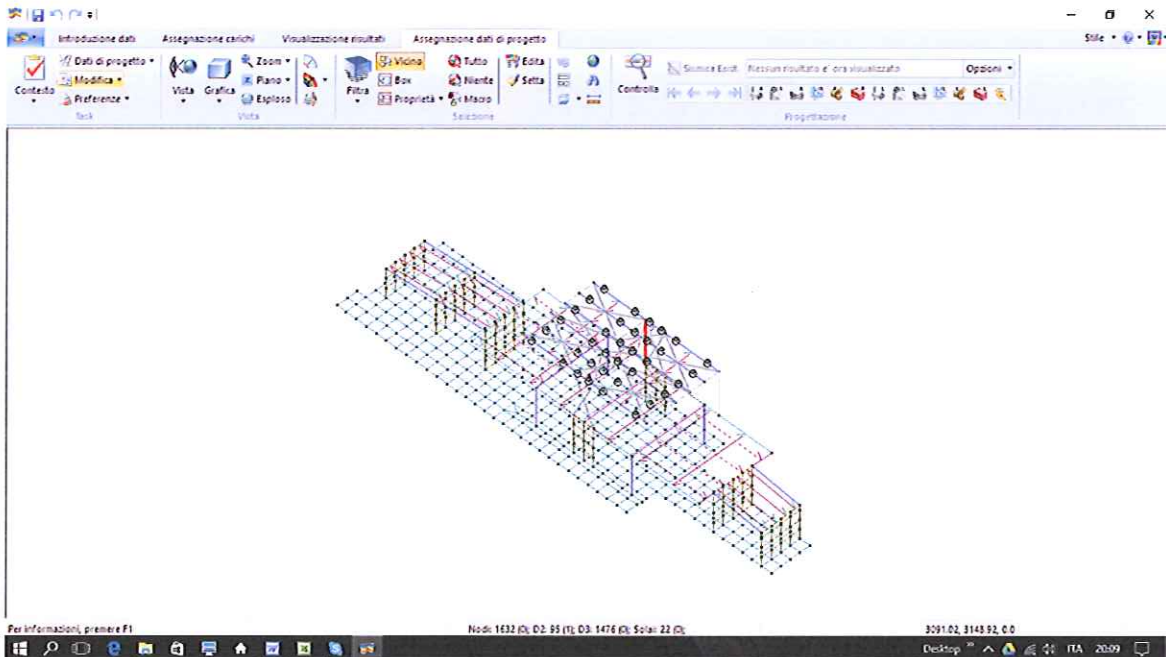
- Elementi metallici principali



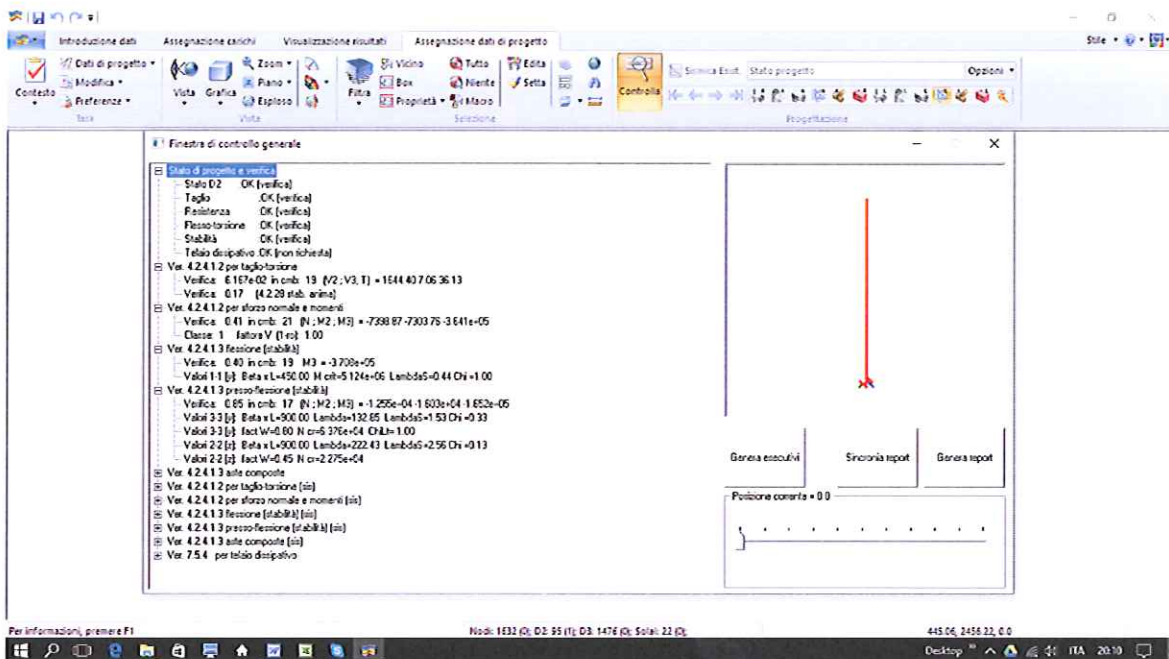
L'elemento della passerella oggetto di verifica



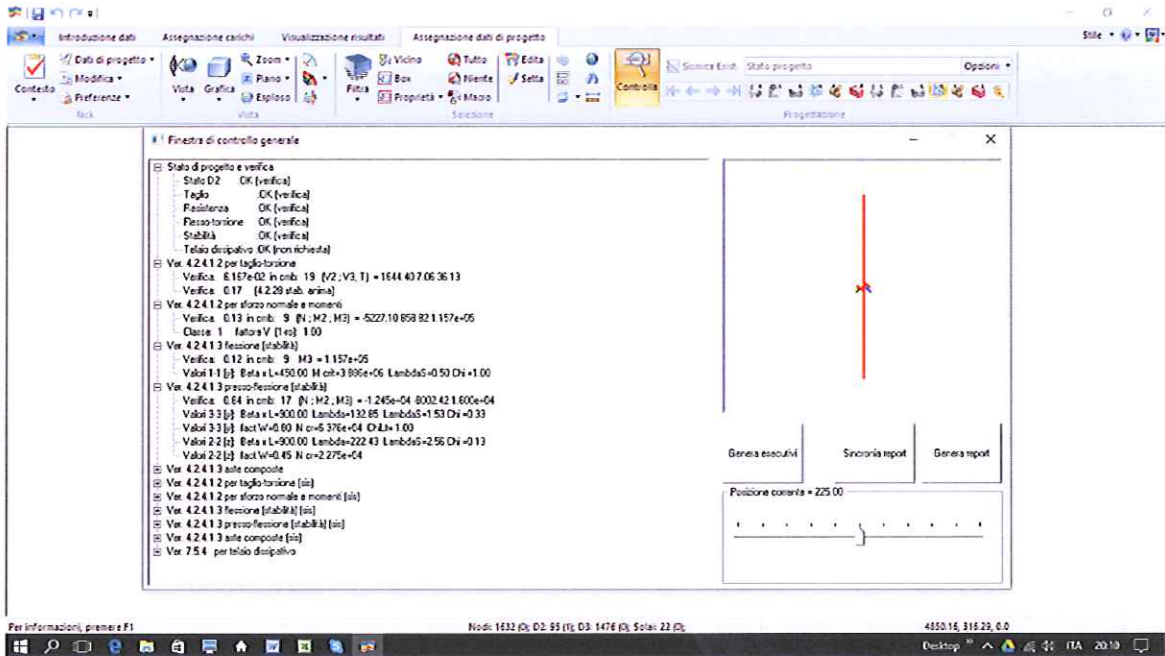
La verifica della sezione



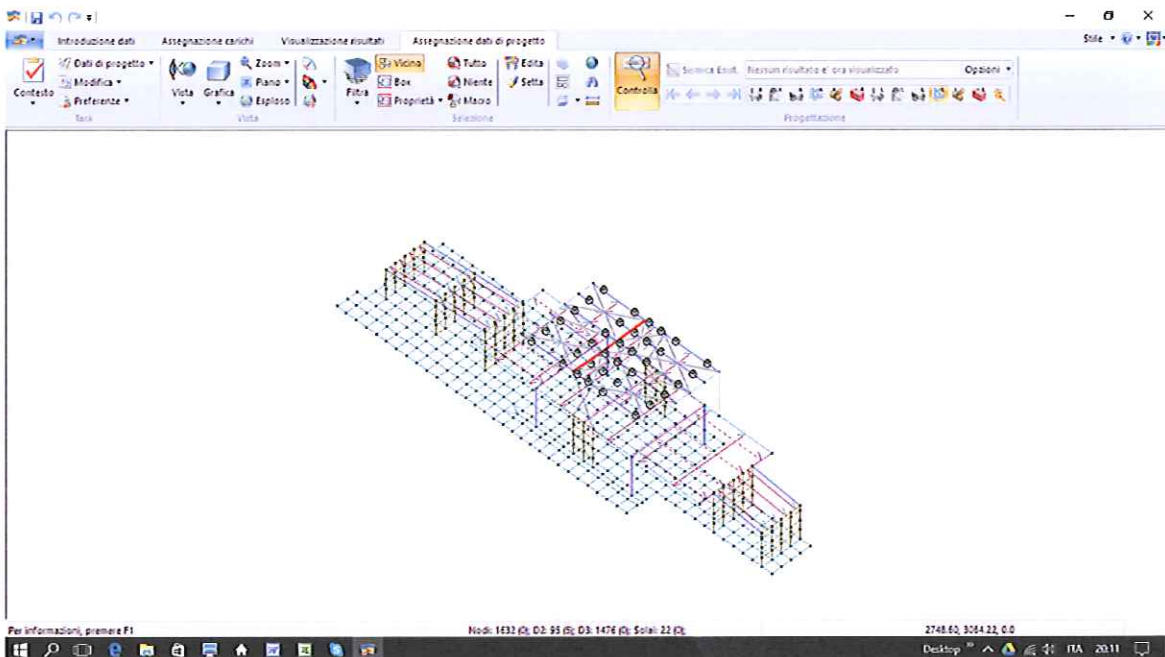
Il pilastro in acciaio della camera calda



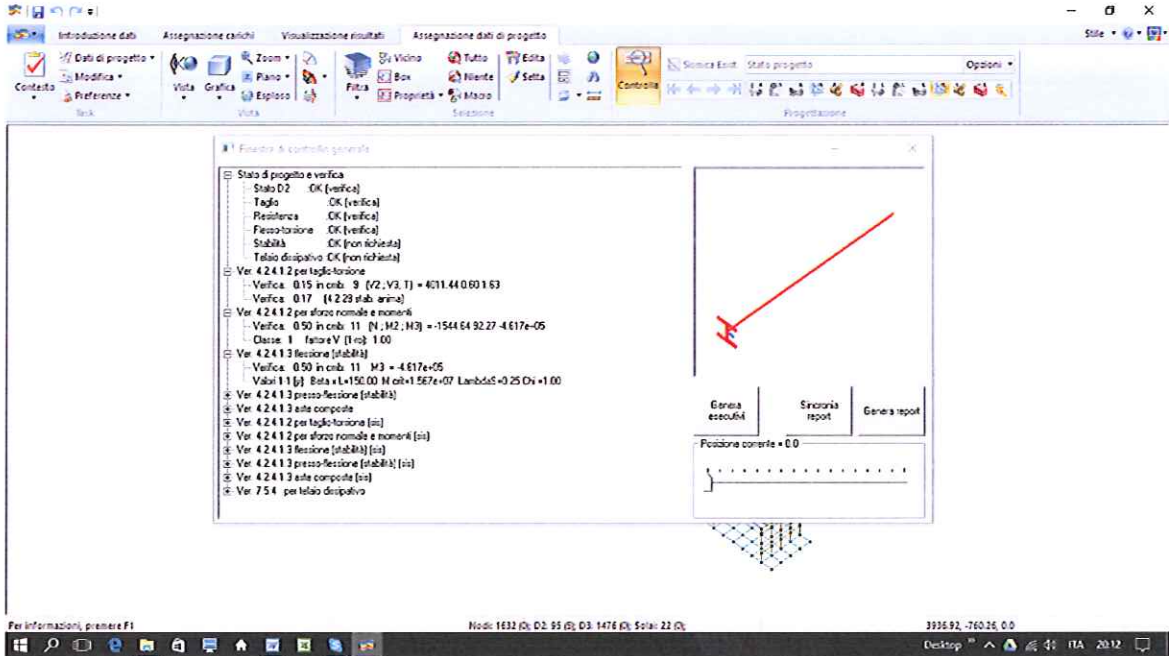
La verifica della sezione alla base



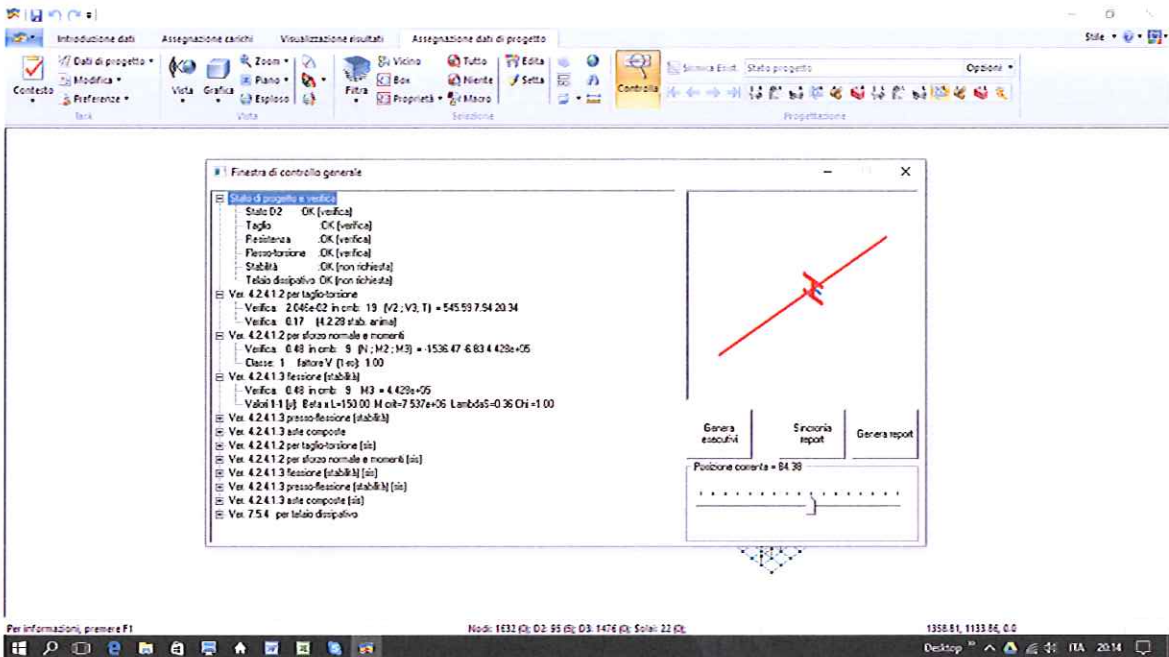
La verifica della sezione in mezzeria



La trave della camera calda



La verifica della sezione all'incastro



La verifica della sezione in mezzeria

13. Le verifiche allo stato limite di danno: confronto fra valori di progetto e limiti di norma

Come si può adesso evincere dalle figure riportate nell' ELABORATO ST-RT_R1 ST-RC_R1, gli spostamenti di interpiano, rapportati agli interpiani valgono:

- allo stato limite di danno:

$$(d/h)_{\max} = 4.79 \times 10^{-3},$$

- allo stato limite di operatività:

$$(d/h)_{\max} = 2.00 \times 10^{-3}$$

(i valori superiori riportati nella mappa colore sono riferiti alla camera calda, priva di tamponamenti rigidi collegati alla struttura).

I corrispondenti limiti imposti dalla norma sono:

- allo stato limite di danno:

$$(d/h)_{\lim} = 5.00 \times 10^{-3},$$

- allo stato limite di operatività:

$$(d/h)_{\lim} = 5.00 \times 10^{-3} \times (2/3) = 3.33 \times 10^{-3}.$$

14. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

14.1. L'edificio principale

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori del peso "sismico" totale, dell'accelerazione sismica, e del taglio totale al piede per sisma in direzione X e in direzione Y.

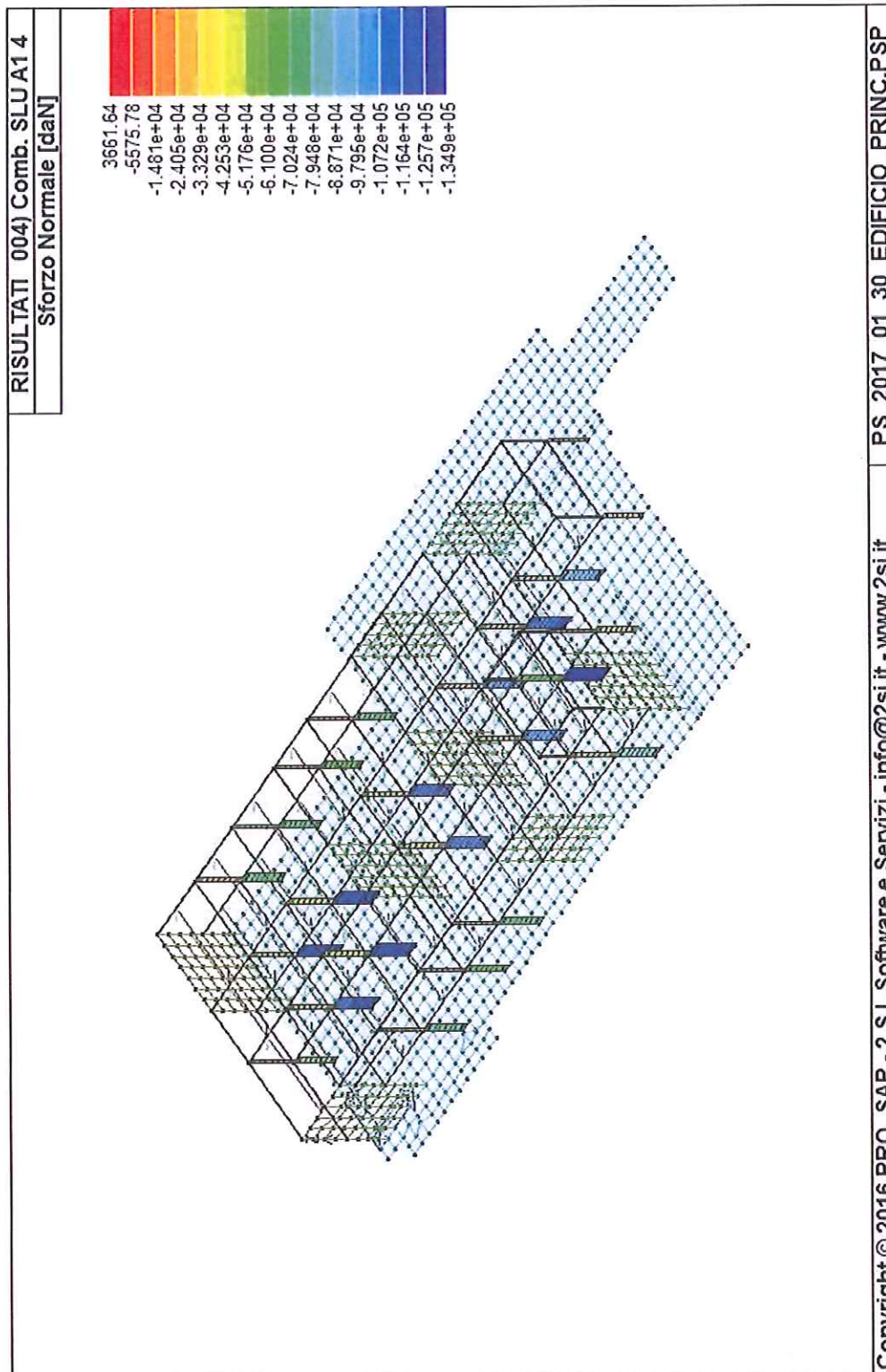
CDC	Tipo	Sigla Id	Note
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. R)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.299
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.263 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: rapida
			periodo proprio T1: 0.320 sec.
			fattore di struttura q: 3.300
			fattore per spost. mu d: 4.294
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 35
			combinaz. modale: CQC
			Taglio di calcolo 4514.0 [kN]
		Massa sismica totale	2.162e+06 daN

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. R)	
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.299
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.263 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: rapida
			periodo proprio T1: 0.349 sec.
			fattore di struttura q: 3.300
			fattore per spost. mu d: 4.015
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 35
			combinaz. modale: CQC
			Taglio di calcolo 3930.7 [kN]
		Massa sismica totale	2.162e+06 daN

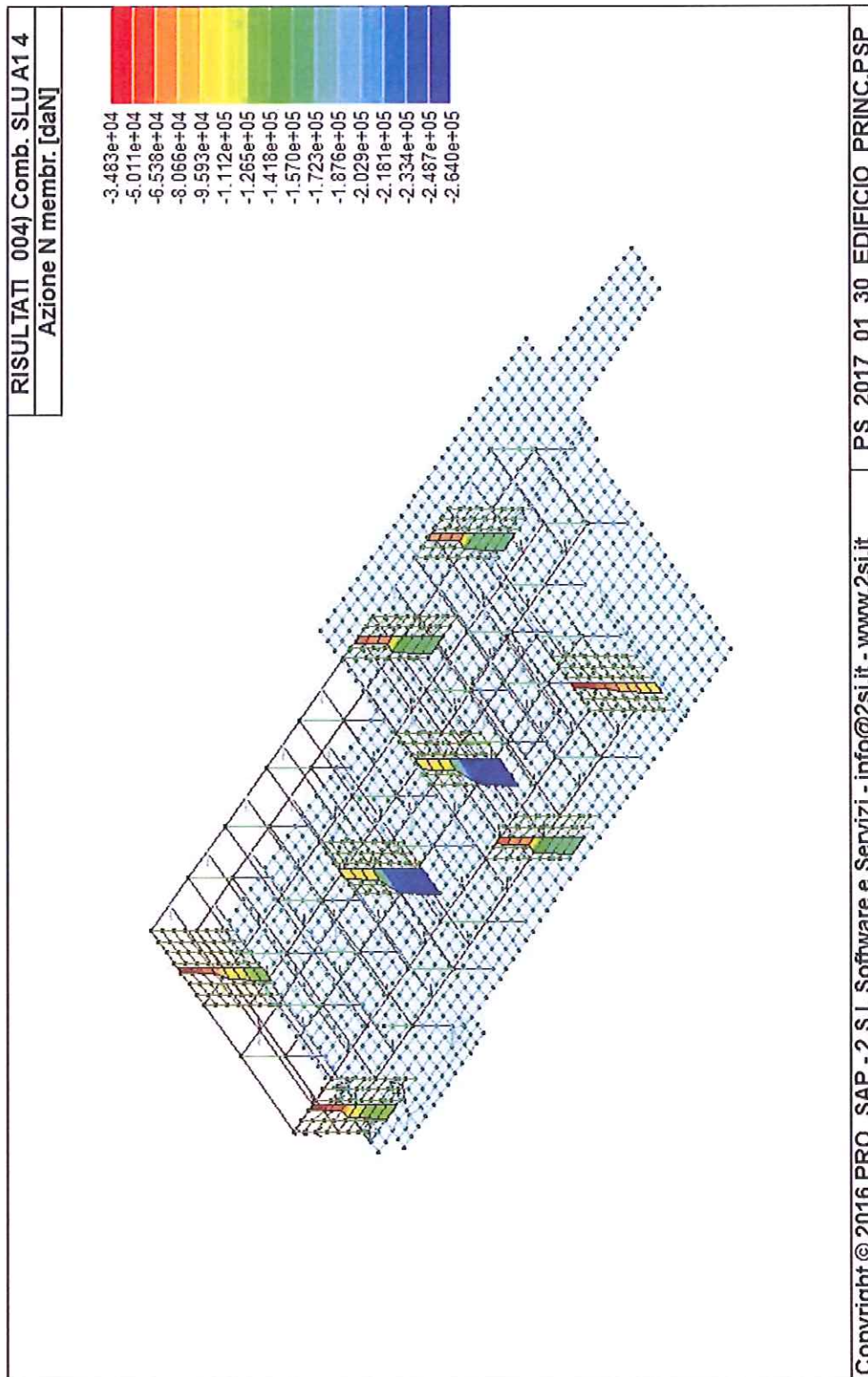
Di seguito si riportano invece le sollecitazioni nei principali elementi resistenti.

15. Elaborati grafici

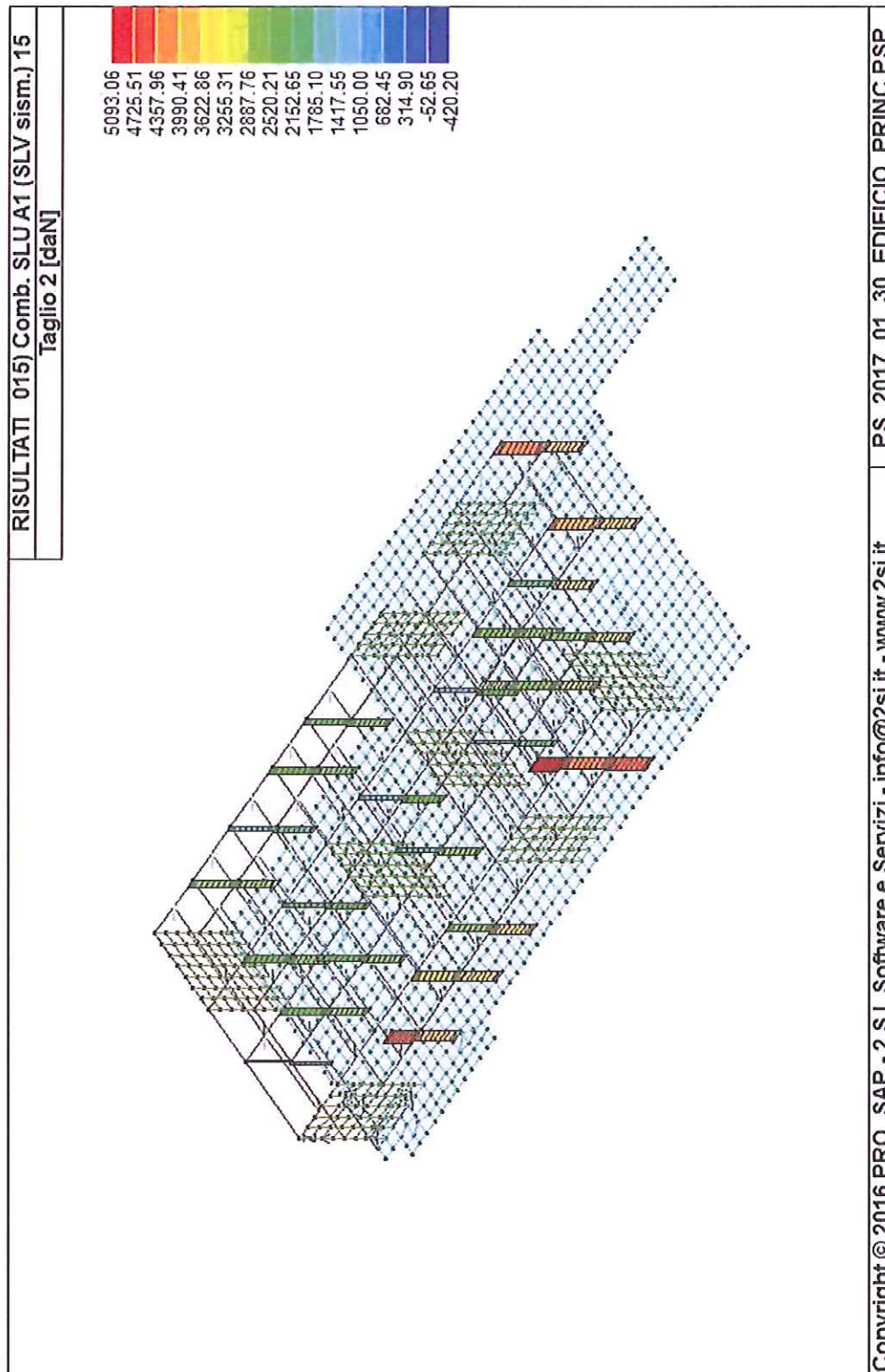
Le incongruenze riscontrate sono state eliminate (si confrontino in proposito gli elaborati ST-04_R1 e ST-05_R1 che sostituiscono integralmente quelli precedentemente consegnati).



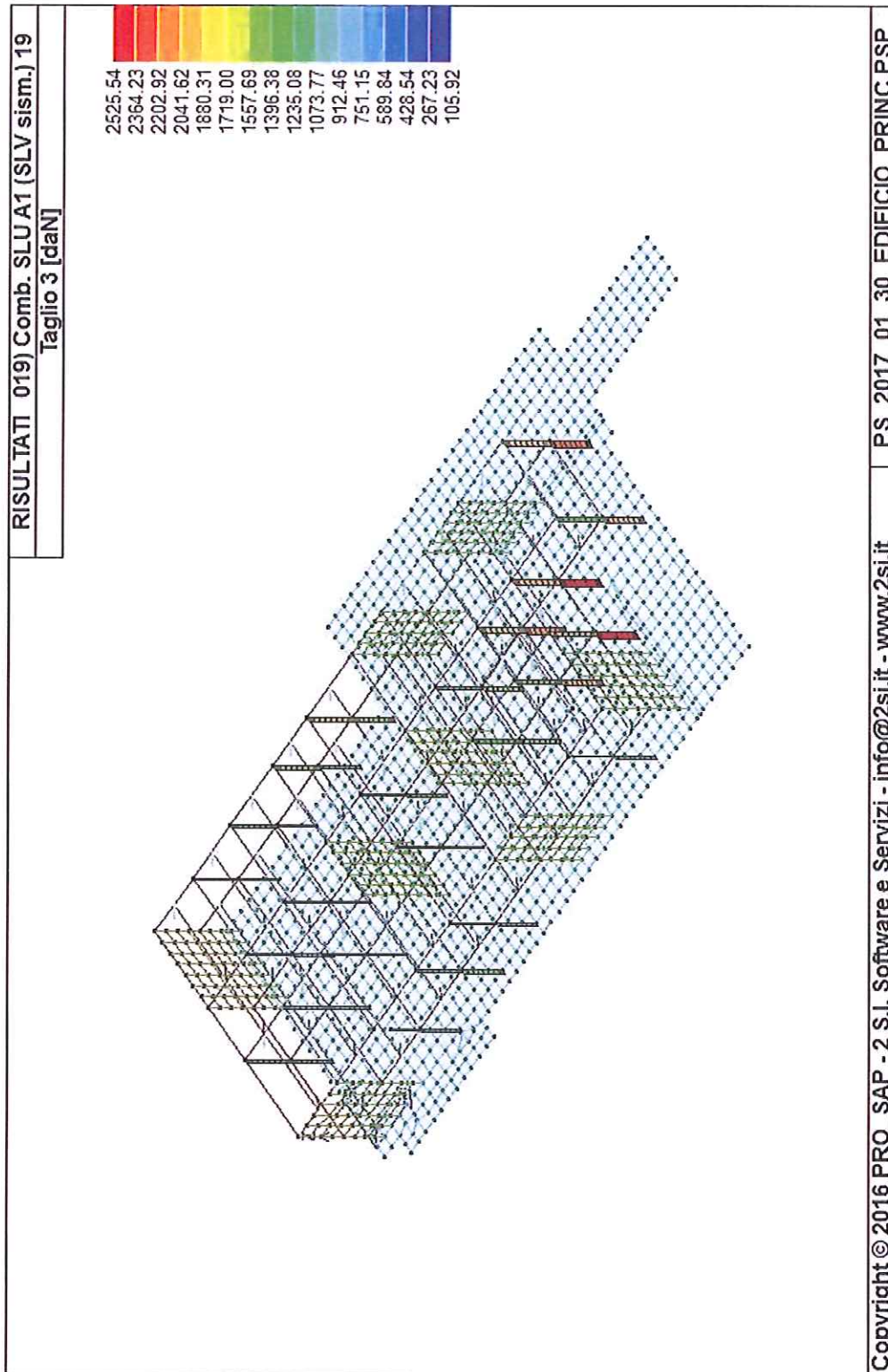
Lo sforzo assiale nei pilastri per SLU statico



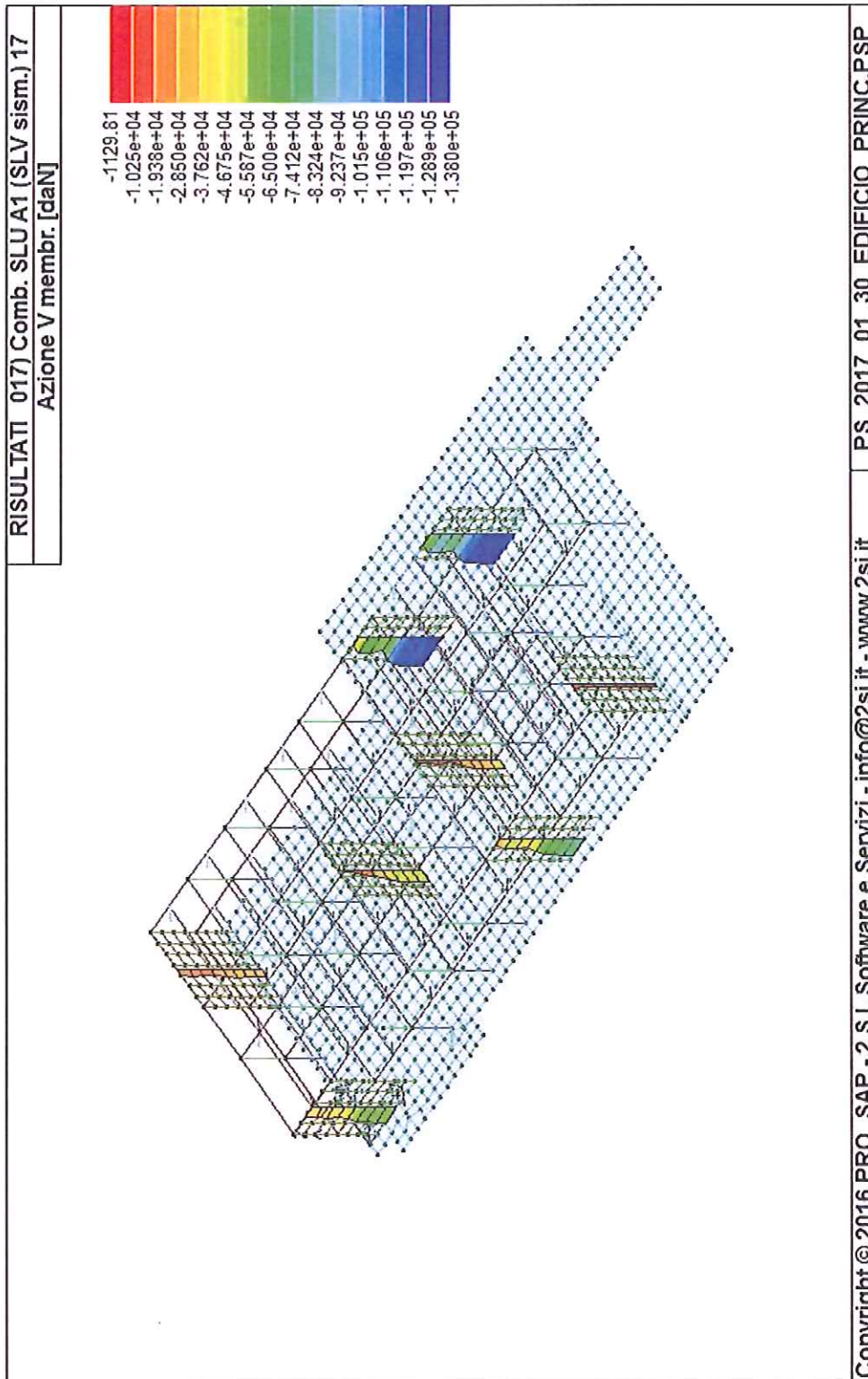
Lo sforzo assiale di membrana nei setti per SLU statico



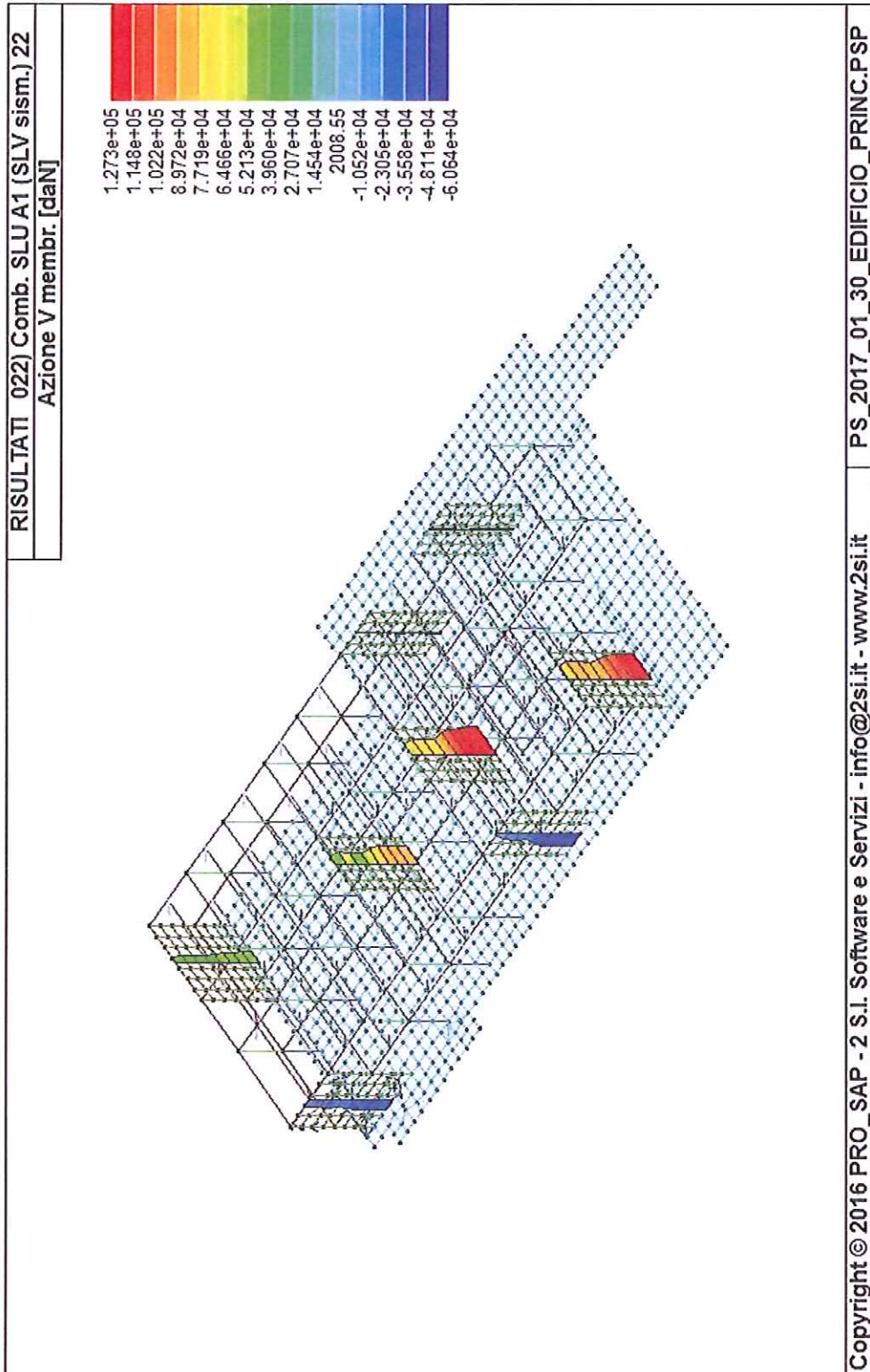
Il taglio nei pilastri per sisma in direzione X



Il taglio nei pilastri per sisma in direzione Y



Lo sforzo di membrana V nei setti per sisma in direzione X



Lo sforzo di membrana V nei setti per sisma in direzione Y

Il controllo dell' equilibrio delle azioni orizzontali fornisce i seguenti risultati:

- la somma degli sforzi di taglio in direzione X al piede dei pilastri e dei setti risulta pari a:
 $V_X = 438 \text{ t}$,
- il taglio sismico totale in direzione X risulta pari a:
 $V_{X \text{ sis}} = 451 \text{ t}$,
- la somma degli sforzi di taglio in direzione Y al piede dei pilastri e dei setti risulta pari a:
 $V_Y = 388 \text{ t}$,
- il taglio sismico totale in direzione Y risulta pari a:
 $V_{Y \text{ sis}} = 394 \text{ t}$.

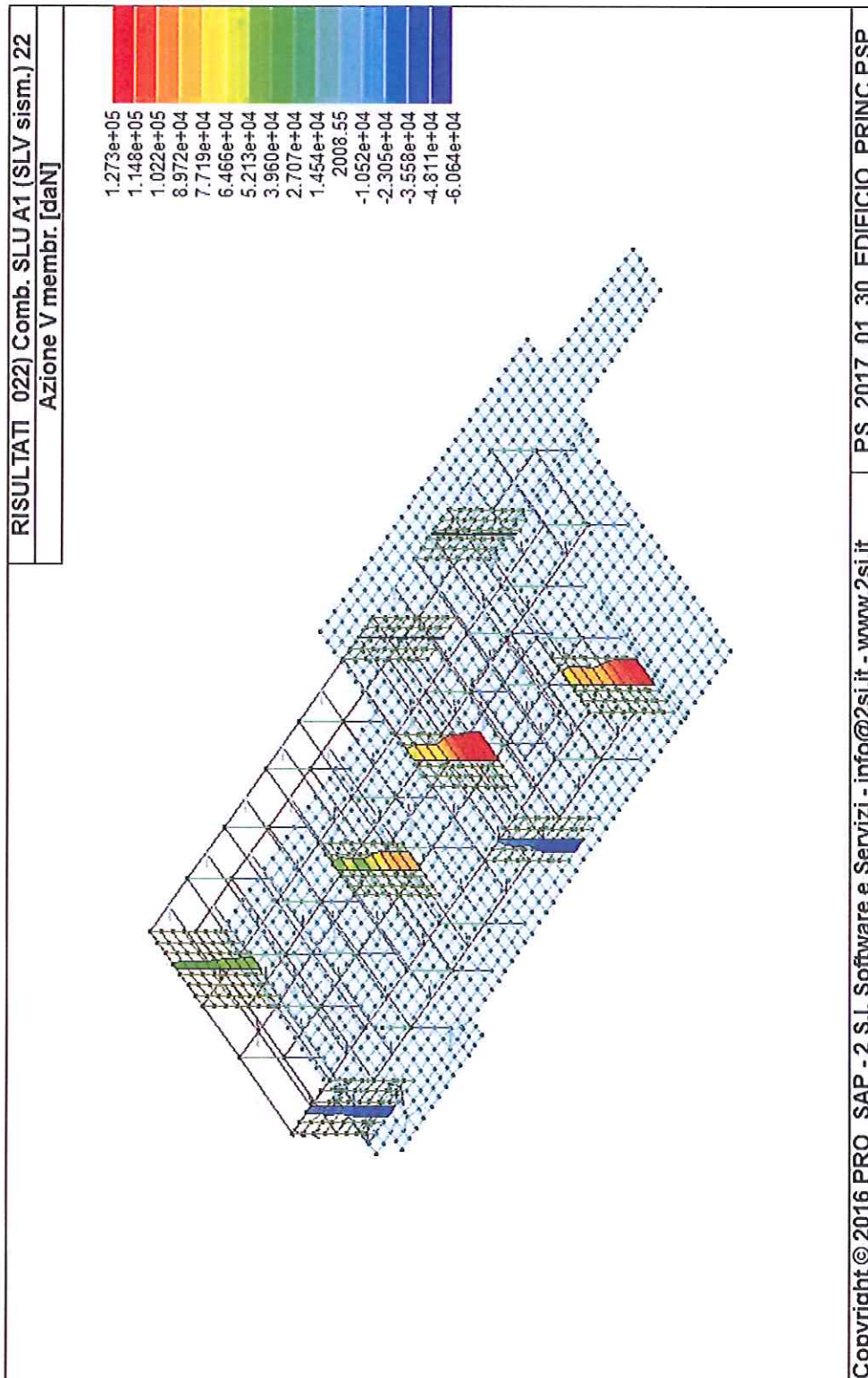
Per quanto riguarda invece i carichi verticali, si noti che:

Il peso totale del fabbricato risulta pari a circa:

$$P_{\text{tot}} = 3150 \text{ t}$$

mentre la somma degli sforzi assiali al piede dei pilastri e dei setti risulta pari a:

$$N_{\text{tot}} = 3226 \text{ t}$$



Lo sforzo di membrana V nei setti per sisma in direzione Y

Il controllo dell'equilibrio delle azioni orizzontali fornisce i seguenti risultati:

- la somma degli sforzi di taglio in direzione X al piede dei pilastri e dei setti risulta pari a:
 $V_X = 438 \text{ t}$,
- il taglio sismico totale in direzione X risulta pari a:
 $V_{X \text{ sis}} = 451 \text{ t}$,
- la somma degli sforzi di taglio in direzione Y al piede dei pilastri e dei setti risulta pari a:
 $V_Y = 388 \text{ t}$,
- il taglio sismico totale in direzione Y risulta pari a:
 $V_{Y \text{ sis}} = 394 \text{ t}$.

Per quanto riguarda invece i carichi verticali, si noti che:

Il peso totale del fabbricato risulta pari a circa:

$$P_{\text{tot}} = 3150 \text{ t},$$

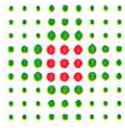
mentre la somma degli sforzi assiali al piede dei pilastri e dei setti risulta pari a:

$$N_{\text{tot}} = 3226 \text{ t}.$$

Bologna, 11 aprile 2017

ing. Daniele Biondi

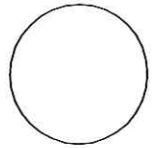
COMUNE DI BENTIVOGLIO



SERVIZIO SANITARIO REGIONALE
EMILIA-ROMAGNA
Azienda Unità Sanitaria Locale di Bologna
Dipartimento Tecnico Patrimoniale

Istituto delle Scienze Neurologiche
Istituto di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico

N° Progr.



CONSEGNA

VERIFICA/VALIDAZIONE/APPROVAZIONE

DATA E PROT.

DATA E PROT.

TIMBRI E FIRME DI ATTESTAZIONE DELLA VERIFICA/VALIDAZIONE

OSPEDALE DI BENTIVOGLIO NUOVO PRONTO SOCCORSO PROGETTO ESECUTIVO

SPAZIO RISERVATO PER APPROVAZIONE TITOLO EDILIZIO



PROGETTO ARCHITETTONICO

Ing. Fabio Penacchioni

PROGETTO STRUTTURALE

Ing. Daniele Biondi

PROPRIETA':
AZIENDA USL
DI BOLOGNA
DELEGATO CON DELIBERA
N. 275 del 26/10/2016

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI

Studio AZ S.r.l.
Per. Ind. Loris Amaduzzi

PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

P.I. Leonardo Belloni

IL DIRETTORE DEL DIPARTIMENTO
TECNICO PATRIMONIALE
(Ing. Francesco Rainaldi)

DIRETTORE GENERALE

Dott. ssa Chiara Gibertoni

COORDINATORE SICUREZZA FASE PROGETTAZIONE

Geom. Umberta Ugolini

COORDINATORE SICUREZZA FASE ESECUZIONE

RESPONSABILE
UO Servizi Progettazione Edile
Ing. Franco Emiliani

RESPONSABILE PROCEDIMENTO
Ing. Francesco Rainaldi

PRESIDIO: **OSPEDALE DI BENTIVOGLIO**

INGEGNERIZZAZIONE BIM

Ing. Fabio Penacchioni
Geom. Daniele Dall'Olio

EDIFICIO: **NUOVO PRONTO SOCCORSO**

CODICE EDIFICIO

140

PIANO:

DIREZIONE LAVORI

ELABORATO: **Relazione di calcolo delle strutture
Relazione di integrazioni e chiarimenti
PARTE SECONDA**

CODICE PROG.

PE

ELAB. N.

ST-R-INT

SOSTITUISCE IL N.

SOSTITUITO DAL N.

ARCHIVIO USL N.:

DATA:
marzo 2017

SCALA:

REFERENTE AMMINISTRATIVO:

AGGIORNAMENTI

ARCHIVIO N.:

FILE:

MOD01 PsqB01 ADT
Rev. 5.1 del 26/10/2016

1

3

2

4

STUDIO CECCOLI E ASSOCIATI
Piazza di Porta Maggiore, 5 - 40137 Bologna
tel. 051 399542 fax051 399512 e.mail: ceccoliassociati@ceccoliassociati.it
dott. ing. Daniele Biondi e.mail: biondi@danielebiondi.co.uk

RELAZIONE DI INTEGRAZIONE E CHIARIMENTI
ADDENDUM: VERIFICHE DELLE UNIONI

Bologna, 11 aprile 2017

ing. Daniele Biondi

DEFINIZIONE DEL NODO

NODO A CERNIERA

DIAGONALE TRAVE RETICOLARE

CARICHI APPLICATI AL NODO

$$N_z = 250 \text{ KN} = 25.000 \text{ daN}$$

CARATTERISTICHE MATERIALI E PROFILI

Asta

UPN 120		numero profili	
Sp. Anima	t = 7 mm	Asse baricentr.	x = 60 mm
Altezza	h t = 120 mm	Asse truschino	60 mm
Base	b t = 55 mm	eccentricità	e = 0 mm
Sp. Ali	t t = 9		

Piastra di collegamento

Sp. Piastra	t = 10 mm	Lunghezza	200 mm	
Larghezza	l t = 223 mm	Area lorda	2.230 mm ²	
Numero piastre	n p = 1	Area netta	1.990 mm ²	
Dist bull-bordo	e1 = 40 mm	$\alpha =$	1,00 1,86 1,11	$\alpha \text{ min} = 0,86$
passo bulloni	p1 = 40 mm	$\alpha =$	1,00 1,86 0,86	$k \text{ min} = 2,50$
Dist bull-bordo	e2 = 40 mm	k =	2,50 7,63	
Dist. File	p2 = 40 mm	k =	2,50 2,97	

Acciaio:

S275

$$f_t = 430 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M2} = 1,25$$

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M0} = 1,05$$

Bulloni	{	d b = 12 mm	A b = 113 mm ²
		file = 2	A r = 157 mm ²
		n = 4	f t b = 800 N/mm ²
		Cl 8.8	f y b = 640 N/mm ²
		Passo p = 40 mm	$\gamma_{M2} = 1,25$

CARICHI APPLICATI SUI BULLONI

$$\text{Sforzo asta } N_z = 250.000 \text{ N}$$

$$\text{Sorzo tot.bullone } F_{v,Ed} = N_z / n = 31.250 \text{ N}$$

VERIFICA DEI BULLONI

Resistenza di calcolo a taglio del bullone

$$F_{v,Rd} = 43.429 \text{ N} \quad \text{VERIFICATO}$$

VERIFICA DEL PROFILO

Rifollamento profilo

Resistenza di calcolo a taglio del profilo

$$F_{b,Rd} = 124.413 \text{ N} \quad \text{VERIFICATO}$$

VERIFICA DELLA PIASTRA

Rifollamento piastra

Resistenza di calcolo a taglio della piastra

$$F_{b,Rd} = 88.867 \text{ N} \quad \text{VERIFICATO}$$

DEFINIZIONE DEL NODO

NODO A CERNIERA

BRIGLIA SUP. TRAVE RETICOLARE

CARICHI APPLICATI AL NODO

$$N_z = 148 \text{ KN} = 14.800 \text{ daN}$$

CARATTERISTICHE MATERIALI E PROFILI

Asta

UPN 200			numero profili	2
Sp. Anima	t =	7 mm	Asse baricentr.	x = 100 mm
Altezza	h t =	120 mm	Asse truschino	100 mm
Base	b t =	55 mm	eccentricità	e = 0 mm
Sp. Ali	t t	9		

Piastra di collegamento

Sp. Piastra	t =	10 mm	Lunghezza	310 mm		
Larghezza	l t =	200 mm	Area lorda	2.000 mm ²		
Numero piastre	n p =	1	Area netta	1.680 mm ²		
Dist bull-bordo	e1 =	35 mm	$\alpha =$	1,00	1,86	0,73
passo bulloni	p1 =	80 mm	$\alpha =$	1,00	1,86	1,42
Dist bull-bordo	e2 =	65 mm	k =	2,50		9,68
Dist. File	p2 =	70 mm	k =	2,50		4,43

Acciaio:

S275

$$f_t = 430 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M2} = 1,25$$

$$f_y = 275 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_{M0} = 1,05$$

Bulloni	{	d b =	16 mm	A b =	201 mm ²
		file =	2	A r =	157 mm ²
		n =	4	f t b =	800 N/mm ²
		Cl	8.8	f y b =	640 N/mm ²
		Passo p =	80 mm	γ_{M2}	1,25

CARICHI APPLICATI SUI BULLONI

$$\text{Sforzo asta } N_z = 148.000 \text{ N}$$

$$\text{Sforzo tot. bullone } F_{v,Ed} = N_z / n = 18.500 \text{ N}$$

VERIFICA DEI BULLONI

Resistenza di calcolo a taglio del bullone

$$F_{v,Rd} = 77.208 \text{ N} \quad \text{VERIFICATO}$$

VERIFICA DEL PROFILO

Rifollamento profilo

Resistenza di calcolo a taglio del profilo

$$F_{b,Rd} = 140.467 \text{ N} \quad \text{VERIFICATO}$$

VERIFICA DELLA PIASTRA

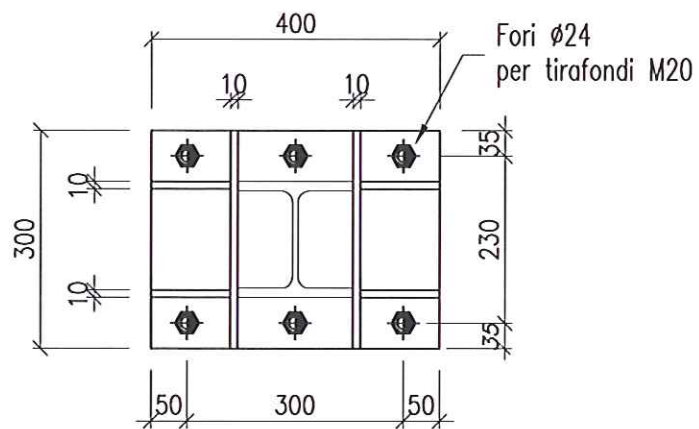
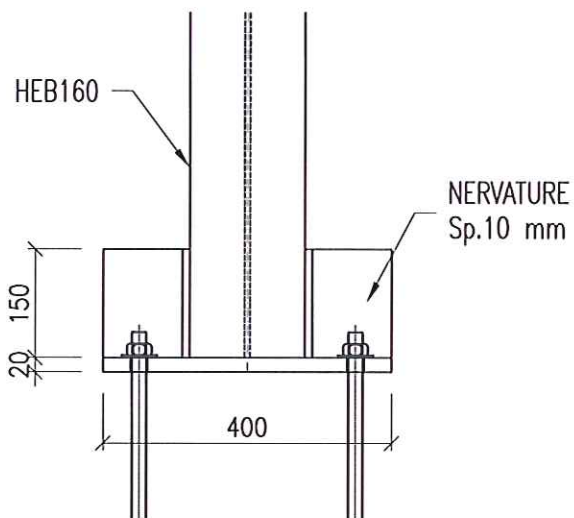
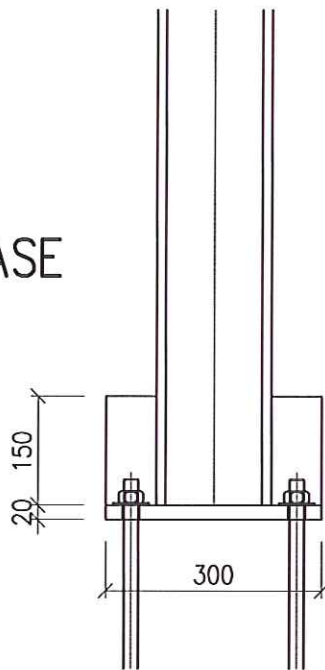
Rifollamento piastra

Resistenza di calcolo a taglio della piastra

$$F_{b,Rd} = 100.333 \text{ N} \quad \text{VERIFICATO}$$

PIASTRA DI BASE HEB 160

SCALA 1:10



piastra base

DEFINIZIONE DEL NODO

PIASTRA DI BASE

CAMERA CALDA

CARICHI APPLICATI AL NODO

$N_z =$	43,00 KN	=	4.300 daN
$V_x =$	17,00 KN	=	1.700 daN
$V_y =$	0,00 KN	=	0 daN
$V =$	17,00 KN	=	1.700 daN
$M_x =$	38,00 KNxm	=	3.800 daNxm

CARATTERISTICHE MATERIALI E PROFILI

<i>Colonna:</i>	HEB	160			
	Sp. ali	t =	12,5 mm	Sp. anima s =	7,5 mm
	Altezza	$h_t =$	160 mm	raggio $r_t =$	24 mm
	Base	$b_t =$	160 mm		
<i>Piastra di base</i>					
	Sp. Piastra	s =	20 mm	Lungh. B =	300 mm
	Larghezza	A =	400 mm		
	Distanza bullone-bordo piastra	a =	35 mm	H utile h =	265 mm

Acciaio: S275

$f_t =$	430 N/mm ²
$f_y =$	275 N/mm ²

γ_{M2}	1,25
γ_{M0}	1,05

<i>tirafondi</i>	}	$d_b =$	20 mm	$A_b =$	314 mm ²
		file =	2	$A_r =$	242 mm ²
		n =	3	$A_t =$	942 mm ²
		Cl	S275	$f_{tb} =$	430 N/mm ²
				$f_{yb} =$	275 N/mm ²
Coeff omogeneizz.	n =	10			

VERIFICA TIRAFONDI

eccentricità	$e = M/N =$	884 mm
	$B/6 =$	50 mm
	$e > B/6$	

distanza centro pressione bullone teso	$d = e - B/2 =$	734 mm
Asse neutro	y =	101 mm
Tensione sul cls	$\sigma_{c,max} =$	8,78 N/mm ²

Sollecitazione di trazione nel tirafondo	$F_{t,Ed} =$	44.799 N	
Resistenza a trazione del tirafondo	$F_{t,Rd} =$	64.842 N	
Sollecitazione di taglio nel tirafondo	$F_{v,Ed} =$	2.833 N	
Resistenza a taglio del tirafondo	$F_{v,Rd} =$	54.035 N	
$(F_{v,Ed}/F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed}/1,4 * F_{t,Rd})$	=	0,546 < 1	VERIFICATO
$(F_{t,Ed}/F_{t,Rd})$	=	0,6909 < 1	VERIFICATO

piastra base

VERIFICA PIASTRA DI BASE

Tensioni sul cls $\sigma_{c,max} = 8,8 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{c,min} = 2,7 \text{ N/mm}^2$
 $\sigma_{c,med} = 5,7 \text{ N/mm}^2$

Momento striscia unitaria piastra $M_{Ed} = 14.060 \text{ Nxmm}$

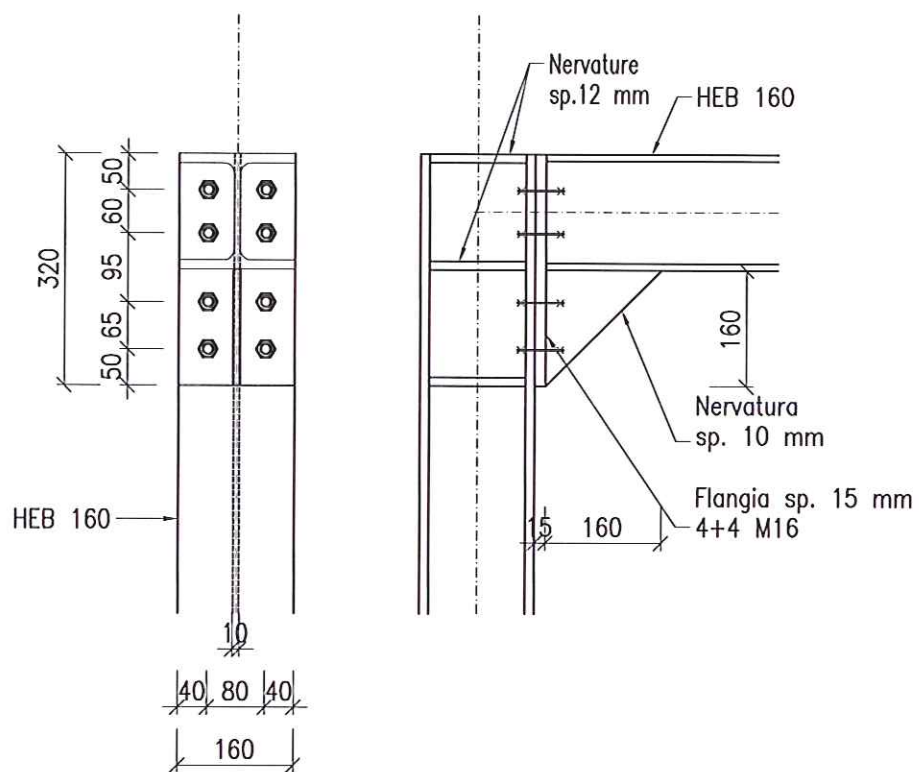
Spessore minimo $t_{min} = 17,5 \text{ mm}$ spessore sufficiente

$w = 67 \text{ mm}^3$
 $M_{Rd} = 18.333 \text{ Nxmm}$

VERIFICATO

NODO TRAVE-COLONNA HEB 160

SCALA 1:10



nodo trave-colonna

DEFINIZIONE DEL NODO
 NODO TRAVE - COLONNA
 CAMERA CALDA

CARICHI APPLICATI AL NODO

$N_z =$	0 KN	=	0 daN
$V_y =$	40 KN	=	4.000 daN
$M_x =$	46 KNxm	=	4.600 daNxm

CARATTERISTICHE MATERIALI E PROFILI

Trave:

HEB	160		
Base	160	Sp. anima s =	80 mm
Altezza	160	raggio r t =	15 mm
Sp. ali t =	13 mm	H anima h t =	134 mm

Colonna:

HEB	160		
Base	160	Sp. anima s =	8 mm
Altezza	160	raggio r c =	15 mm
Sp. ali t =	13 mm	H anima h c =	134 mm

Nervature Colonna

$t_s =$	10 mm	$h_c =$	134 mm
$b_s =$	134 mm	$h_s =$	76 mm

Flangia trave colonna

$t_f =$	15 mm	$h_f =$	320 mm
---------	-------	---------	--------

Acciaio:

S275		γ_{M2}	1,25
$f_t =$	430 N/mm ²	γ_{M0}	1,05
$f_y =$	275 N/mm ²		

Bulloni

$d_b =$	16 mm	$A_b =$	201,1 mm ²
file =	2	$A_r =$	154,7 mm ²
n =	4	$d_m =$	25,6 mm
Cl	8.8	$f_{tb} =$	800 N/mm ²
		$f_{yb} =$	640 N/mm ²

Parametri e posizione bulloni

Dist bull-bordo	$e1 =$	50 mm	$\alpha =$	1,00	1,86	1,04	
passo bulloni	$p1 =$	40 mm	$\alpha =$	1,00	1,86	0,58	
Dist bull-bordo	$e2 =$	35 mm	k =	2,50		4,43	
Dist. File	$p2 =$	50 mm	k =	2,50		2,68	
			$\alpha_{min} =$	0,58		$k_{min} =$	2,50

POSIZIONE BULLONI

$y_1 =$	50 mm	$y_1 =$	2.500 mm ²
$y_2 =$	115 mm	$y_2 =$	13.225 mm ²
$y_3 =$	210 mm	$y_3 =$	44.100 mm ²
$y_4 =$	270 mm	$y_4 =$	72.900 mm ²
$y_5 =$	mm	$y_5 =$	0 mm ²
$y_6 =$	mm	$y_6 =$	0 mm ²
$y_7 =$	mm	$y_7 =$	0 mm ²
$y_8 =$	mm	$y_8 =$	0 mm ²
			<u>132.725 mm²</u>

Interasse foratura sull'ala della colonna:

$f =$	80 mm
-------	-------

nodo trave-colonna

CARICHI APPLICATI SUI BULLONI

$$y_c = 1,5h - t_s/2 = 194,5 \text{ mm}$$
$$M_{tot} = M_x + N_z \cdot y_c = 46,0 \text{ KNm}$$

$$\frac{M_{tot}}{\sum y_{ii}^2} = 0,347 \quad F_i = \frac{M_{tot} \cdot y_i}{\sum y_{ii}^2}$$

F ₁ =	17,3 KN	N _{b1} =	8,7 KN
F ₂ =	39,9 KN	N _{b2} =	19,9 KN
F ₃ =	72,8 KN	N _{b3} =	36,4 KN
F ₄ =	93,6 KN	N _{b4} =	46,8 KN
F ₅ =	0,0 KN	N _{b5} =	0,0 KN
F ₆ =	0,0 KN	N _{b6} =	0,0 KN
F ₇ =	0,0 KN	N _{b7} =	0 KN
F ₈ =	0,0 KN	N _{b8} =	0 KN
$\sum F_i =$	<u>223,5</u>	$\sum N_{bi} =$	<u>111,8</u>

Reazione sulla flangia: $F_c = \sum F_i + N_z = 223,5 \text{ KN}$

VERIFICA DELLA COLONNA

Distanza foro - smusso: $b = (l/2 - a/2 - r/2) = 28,5 \text{ mm}$
Distanza foro punto di leva: $n = 2t = 26 \text{ mm}$
Larghezza striscia collaborante: $w = 2(b + d_b) = 89 \text{ mm}$
Si assume $w = 85 \text{ mm}$

$$N_{b,max} = 46,8 \text{ KN} \quad M_{max} = \frac{N_{b,max} \cdot b}{2} = 0,67 \text{ KNm}$$

$$W_{ala} = \frac{w \cdot e^2}{6} = 2394,17 \text{ mm}^3 \quad \sigma_{ala} = \frac{M}{W_{ala}} = 278,48 \text{ N/mm}^2$$

VERIFICA DEI BULLONI

$$N_{b,max} = 46,8 \text{ KN} \quad M_{max} = 0,67 \text{ KNm}$$

Trazione supplementare per effetto leva: $N'_b = \frac{M_{max}}{n} = 25,6 \text{ KN}$

Sollecitazione di trazione nel bullone $F_{t,Ed} = N'_b + N_{b,max} = 72,43 \text{ KN}$

Resistenza a trazione del bullone $F_{t,Rd} = 115,81 \text{ KN}$

Sollecitazione di taglio nel bullone $F_{v,Ed} = 5,00 \text{ KN}$

Resistenza a taglio del bullone $F_{v,Rd} = 77,21 \text{ KN}$

$(F_{v,Ed}/F_{v,Rd}) + (F_{t,Ed}/1,4 \cdot F_{t,Rd}) = 0,51 < 1$ **VERIFICATO**

$(F_{t,Ed}/F_{t,Rd}) = 0,63 < 1$ **VERIFICATO**

VERIFICA A RIFOLLAMENTO ALA COLONNA

Rifollamento piastra

Resistenza di calcolo a taglio della piastra

$$F_{b,Rd} = 120 \text{ KN}$$

VERIFICATO

VERIFICA A PUNZONAMENTO PIATTO

Resistenza di calcolo a punzonamento

nodo trave-colonna

$$B_{p,Rd} = 248.995 \text{ KN}$$

VERIFICATO

Verifica rischio instabilità anima

$$\text{spessore minimo anima } t_w = 4,129 \text{ mm}$$

spessore anima 8 mm non sono necessarie nervature di rinforzo

$$\text{Si inseriscono costole spessore} = 10 \text{ mm}$$

VERIFICA DELNODO

$$M_x = 46,0 \text{ KNm}$$

Sollecitazione del nodo

$$C = T = \frac{M_x}{h_t} = 144 \text{ KN}$$

$$\text{Resistenza del nodo } 170 \text{ KN} > 144 \text{ KN}$$

VERIFICATO