

Committente / Identificativo progetto:

**COMUNE DI SESTO CALENDE  
PIAZZA CESARE DA SESTO, 1  
21018 SESTO CALENDE (VA)**

Oggetto:

**NUOVA MENSA SCOLASTICA  
PRESSO SCUOLA PRIMARIA  
UNGARETTI**

Progetto / Nome documento:

**PROGETTO DI FATTIBILITA'  
TECNICO- ECONOMICA**

**RELAZIONE TECNICA**

Numero progetto o documento:

**8792 PFTE 200**

Note:

**CUP I85E22000400006**

Logo Committente:



Immagine:



Tabella revisioni:

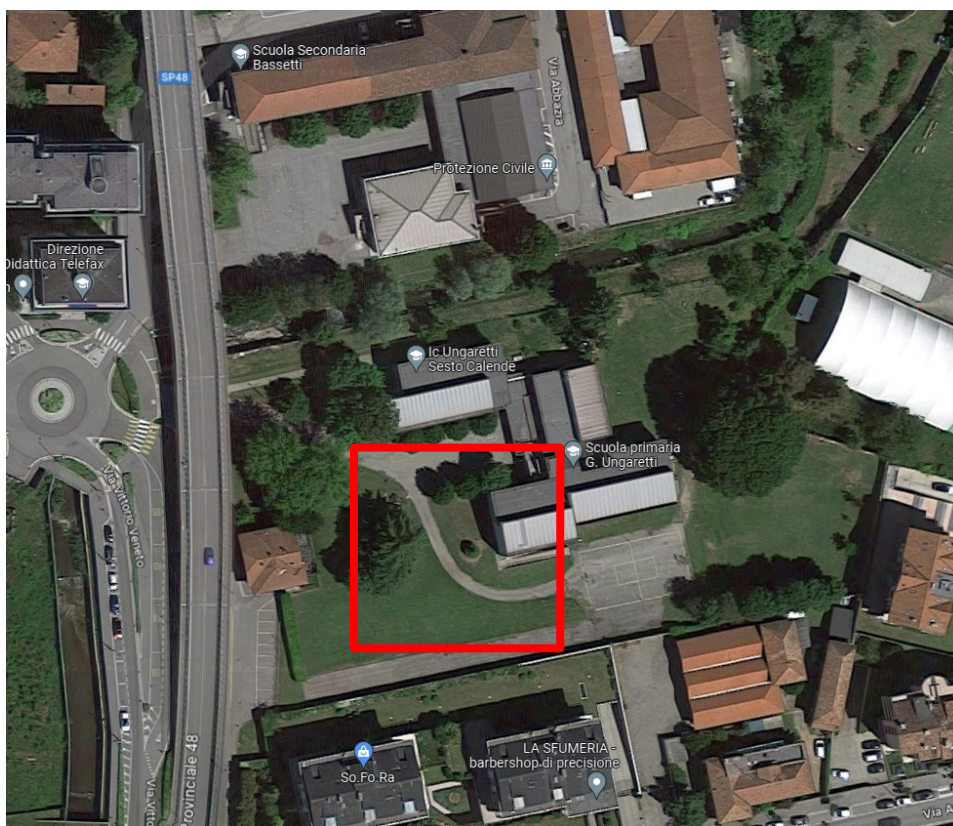
Revisione	Descrizione	data	Eseguito	Verificato	Approvato
0	Emissione	08.06.2023	M.T.	DeG	F.N.

## INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....	3
3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	5
4	MATERIALI.....	6
4.1	CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO.....	6
4.2	CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	7
4.3	CARATTERISTICHE DEL LEGNO LAMELLARE PER COPERTURA .....	7
5	MODELLO NUMERICO .....	8
6	AZIONI, CASI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO .....	10
6.1	AZIONI STATICHE .....	10
6.2	AZIONE SISMICA (ART. 3.2 NTC2018).....	12
6.3	AZIONE DEL VENTO (ART. 3.3 NTC2018) .....	15
6.4	AZIONE DELLA NEVE (ART. 3.4 NTC2018).....	16
6.5	MODELLAZIONE DELLE AZIONI .....	16
6.6	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO .....	17
7	PRINCIPALI RISULTATI .....	20
7.1	RISULTATI DELL'ANALISI MODALE.....	20
7.2	SOLLECITAZIONI PER COMBINAZIONI DI CARICO .....	21
7.2.1	Stato Limite Ultimo .....	22
7.2.2	Stato Limite di salvaguardia della Vita .....	24
7.3	DEFORMATE PER COMBINAZIONI DI CARICO .....	27
7.3.1	Stato Limite Esercizio .....	27
7.3.2	Stato Limite di salvaguardia della Vita .....	27
7.3.3	Stato Limite di Danno .....	28
8	PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	28
8.1	MURATURA PORTANTE IN CEMENTO ARMATO.....	28
8.1.1	Stato Limite Ultimo – Sollecitazioni statiche .....	28
8.1.2	Stato Limite di salvaguardia della Vita – Sollecitazioni sismiche.....	29
8.2	TRAVI IN CEMENTO ARMATO.....	29
8.3	TRAVI IN LEGNO LAMELLARE .....	30
9	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI .....	30

## 1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al dimensionamento ed alla verifica degli elementi strutturali previsti nell'ambito dei lavori di esecuzione della nuova mensa scolastica da realizzarsi nell'area di pertinenza della scuola primaria "Ungaretti" sita in Via Vittorio Veneto, 34 a Sesto Calende (VA).



Vista aerea immobile oggetto d'intervento

Tale relazione di calcolo strutturale, in conformità al §10.1 del DM 17/01/18, è comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica. Segue inoltre le indicazioni fornite al §10.2 del DM stesso per quanto concerne analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo.

Ai fini delle verifiche sono state individuate le azioni che interessano il manufatto e le relative sollecitazioni sia nella fase statica che in quella sismica; per le sezioni maggiormente caratterizzanti le strutture, sono state riportate le verifiche di stabilità e di resistenza adottando il metodo semiprobabilistico degli stati limite.

Nella presente parte sono riportati i principali elementi di inquadramento del progetto esecutivo riguardante le strutture, in relazione agli strumenti urbanistici, al progetto architettonico, al progetto delle componenti tecnologiche in generale ed alle prestazioni attese dalla struttura.

## 2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".

- Circolare Esplicativa Min. Infrastrutture del 21/01/2019 n° 7;
- Legge 5 novembre 1971, n.1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio normale e precompresso ad a struttura metallica";
- Ministero dei Lavori Pubblici. Circolare n. 11951, 14 febbraio 1974 - "Istruzioni relative alla Legge 5 novembre 1971".
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.P.R. 6 giugno 2001, n°380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia Edilizia".
- UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
- UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
- UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
- UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
- UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
- UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
- UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
- UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
- UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
- UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
- UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
- UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
- UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

### 3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

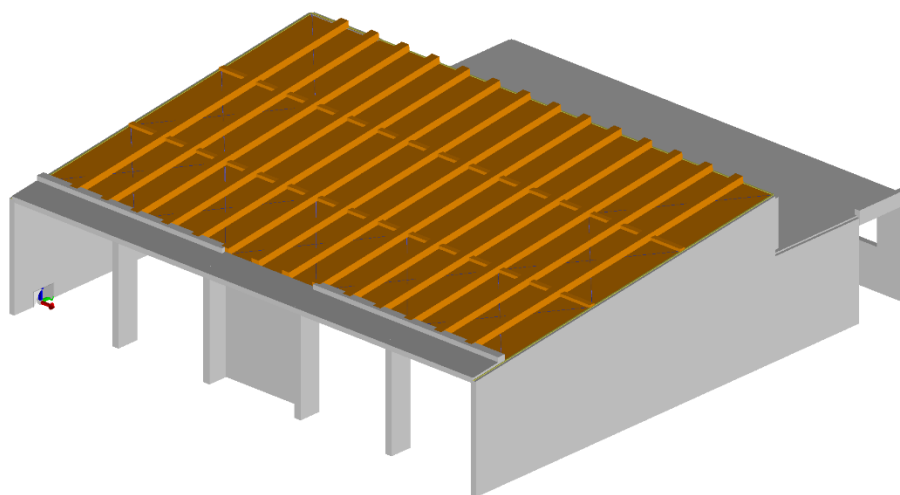
L'immobile in progetto si sviluppa in un corpo di fabbrica costituito da due volumi: uno ad altezza costante di 3 metri l'altro ad altezza variabile da 3.5 a 5 metri.

Differenti sono i materiali e la tecnologia di realizzazione della copertura: lastre prefabbricate tipo predalles per la parte bassa e legno per quella in pendenza.

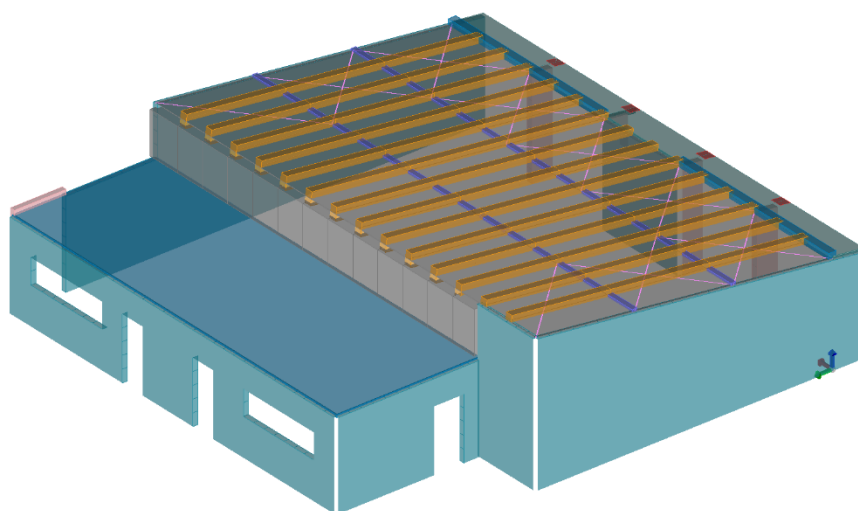
Alle strutture verticali in elevazione, costituite da murature strutturali, è demandato il compito di resistere alle sollecitazioni statiche e sismiche.

Al fine di realizzare un'intercapedine ventilata sotto al pavimento del piano terra è stato eseguito un solaio in pannelli alveolari prefabbricati.

La regolarità strutturale nei confronti delle forze sismiche è presente in pianta ma, come evidente dagli schemi di modello strutturale mostrati nel seguito, non in altezza essendo la copertura dei due volumi impostata a quote differenti.



3-D con vista da sud-est



3-D con vista da nord-ovest

Descrizione generale dell'opera	
Fabbricato ad uso	
Ubicazione	Comune di SESTO CALENDE (VA) (Regione LOMBARDIA)
	Località SESTO CALENDE (VA)
	Longitudine 8.638, Latitudine 45.726
Numero di piani	Fuori terra
	Interrati
	le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di
Numero vani scale	-
Numero vani ascensore	-
Tipo di fondazione	Superficiali di tipo continuo

Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	SI'
Struttura regolare in altezza	NO
Classe di duttilità	NON DISSIPATIVA
Travi: ricalate o in spessore	NO
Pilastrì	NO
Pilastrì in falso	NO
Tipo di fondazione	Superficiali di tipo continuo
Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma	NO

Parametri della struttura			
Classe d'uso	Vita Vn [anni]	Coeff. Uso	Periodo Vr [anni]
III	50.0	1.5	75.0

#### Fattore di struttura/comportamento

Il fattore di struttura adottato è 1,50

## 4 MATERIALI

### 4.1 CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO



**Magrone per bonifica e opere di sottofondazione**

**Calcestruzzo classe equivalente C12/15:**

Modulo di elasticità normale	$E = 23.219 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione	$f_{ctk} = 2,10 \text{ N/mm}^2$
Peso specifico	$w = 24 \text{ KN/m}^3$

**Fondazioni, solaio piano terra ed elevazioni piano terra**

**Calcestruzzo classe equivalente C30/37:**

Modulo di elasticità normale	$E = 33.020 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione	$f_{ctk} = 2,94 \text{ N/mm}^2$
Peso specifico	$w = 24 \text{ KN/m}^3$

**Solaio copertura**

**Calcestruzzo classe equivalente C25/30:**

Modulo di elasticità normale	$E = 31.450 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica a compressione	$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a trazione	$f_{ctk} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
Peso specifico	$w = 24 \text{ KN/m}^3$

## 4.2 CARATTERISTICHE DELL'ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

**Barre di armatura equivalenti B450C:**

Tensione caratteristica di rottura:	$f_{t,k} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica di snervamento:	$f_{y,k} \geq 450 \text{ N/mm}^2$

## 4.3 CARATTERISTICHE DEL LEGNO LAMELLARE PER COPERTURA

**Legno Lamellare GL24h:**

Densità	$\rho_k = 380 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$
Resistenza caratteristica a flessione	$f_{m,k} = 24 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Resistenza caratteristica a trazione parallela a fibre	$f_{t,0,k} = 16,5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Resistenza caratteristica a trazione perpendicolare a fibre	$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Resistenza caratteristica a compressione parallela a fibre	$f_{c,0,k} = 24 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Resistenza caratteristica a compressione perp. a fibre	$f_{c,90,k} = 2,7 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Resistenza caratteristica a taglio torsione	$f_{v,k} = 2,7 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Modulo di elasticità normale parallelo alle fibre	$E_{0,mean} = 11.600 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Modulo di elasticità normale perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean} = 390 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Modulo di elasticità caratteristico	$E_{0,5} = 9400 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
Modulo di elasticità a taglio	$G_{mean} = 720 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

## 5 MODELLO NUMERICO

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico, dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame *sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica*.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} \cdot \mathbf{u} = \mathbf{F}$$

dove  $\mathbf{K}$  = matrice di rigidezza  
 $\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali  
 $\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo <b>TRUSS</b>	(biella-D2)
Elemento tipo <b>BEAM</b>	(trave-D2)
Elemento tipo <b>MEMBRANE</b>	(membrana-D3)
Elemento tipo <b>PLATE</b>	(piastra-guscio-D3)
Elemento tipo <b>BOUNDARY</b>	(molla)
Elemento tipo <b>STIFFNESS</b>	(matrice di rigidezza)
Elemento tipo <b>BRICK</b>	(elemento solido)



Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 e relativi sottoparagrafi delle NTC-18, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

Tipo di analisi strutturale	
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO
Analisi lineare	NO

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2018-06-182)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Codice Licenza:	Licenza dsi5371

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <a href="https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/">https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/</a>

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	1291
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	269
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	1011
elementi solaio	51
elementi solidi	0

Dimensione del modello strutturale [cm]:	
X min =	0.00
Xmax =	1900.00
Ymin =	-125.00
Ymax =	1780.00
Zmin =	0.00
Zmax =	550.00
Strutture verticali:	
Elementi di tipo asta	SI
Pilastrati	NO
Pareti	SI
Setti (a comportamento membranale)	NO
Strutture non verticali:	
Elementi di tipo asta	SI
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	SI
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	NO
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

## 6 AZIONI, CASI DI CARICO E COMBINAZIONI DI CARICO

I valori delle azioni considerati nei calcoli sono quelli previsti dal D.M. 17.01.2018. Nel seguito si riportano le azioni statiche e non a cui è soggetto l'immobile nel suo insieme.

### 6.1 AZIONI STATICHE

#### SOLAIO PIANO TERRA

Co d	Descrizione	Spessore [cm]	Peso al mc [Kg/mc]	Peso al mq [Kg/mq]	Carico [Kg/mq]
1	Pavimento	1,5		40	40
2	Sottofondo	13,0	2.000		260

3	Isolamento	12,0	40		5
4	Cappa strutturale	6,0	2.500		150
5	Pannelli alveolari	16,0		300	300
6	tavolati			200	200

SPESSORE TOTALE 48,5

TOTALE PERMANENTI STRUTTURALI E DEFINITI 450,0

TOTALE PERMANENTI PORTATI NON DEFINITI 505,0

CARICO ACCIDENTALE MENSA 300,0

<b>TOTALE CARICO</b>	<b>1.255,0 Kg/mq</b>
----------------------	----------------------

### COPERTURA LEGNO

Co d	Descrizione	Spessore [cm]	Peso al mc [Kg/mc]	Peso al mq [Kg/mq]	Carico [Kg/mq]
1	Lamiera grecata	0,5		40	40
2	Isolamento	10,0	40		5
3	Isolamento lana di roccia	10,0	120		15
4	Impermeabilizzazione	0,5		15	15
5	assito legno	5,0	800		40
6	Struttura legno			100	100
7	Impianti			30	30
8	Fotovoltaico			15	15

SPESSORE TOTALE 26,0

TOTALE PERMANENTI STRUTTURALI E DEFINITI 215,0

TOTALE PERMANENTI PORTATI NON DEFINITI 45,0

CARICO ACCIDENTALE NEVE 120,0

<b>TOTALE CARICO</b>	<b>380,0 Kg/mq</b>
----------------------	--------------------

### COPERTURA PREDALLES

Co d	Descrizione	Spessore [cm]	Peso al mc [Kg/mc]	Peso al mq [Kg/mq]	Carico [Kg/mq]
1	Pavimento	2,0		40	40
2	Impermeabilizzazione	0,5		15	15
3	Strato pendenza (medio 6 cm)	6,0	2.000		120

4	Isolamento	16,0	40		10
5	Impermeabilizzazione	0,5		15	15
6	Predalles (5+15+5)	25,0		390	390
7	Impianti appesi			30	30
8	Macchine copertura			300	300

SPESSORE TOTALE 50,0

TOTALE PERMANENTI STRUTTURALI E DEFINITI 590,0

TOTALE PERMANENTI PORTATI NON DEFINITI 330,0

CARICO ACCIDENTALE NEVE 120,0

<b>TOTALE CARICO</b>	<b>1.040,0 Kg/mq</b>
----------------------	----------------------

**GRONDA**

Co d	Descrizione	Spessore [cm]	Peso al mc [Kg/mc]	Peso al mq [Kg/mq]	Carico [Kg/mq]
1	Lamiera grecata	0,5		40	40
2	Isolamento	10,0	40		5
3	Isolamento lana di roccia	10,0	120		15
4	Impermeabilizzazione	0,5		15	15
5	Getto pieno	20,0	2.500		500

SPESSORE TOTALE 41,0

TOTALE PERMANENTI STRUTTURALI E DEFINITI 575,0

TOTALE PERMANENTI PORTATI NON DEFINITI 0,0

CARICO ACCIDENTALE NEVE 120,0

<b>TOTALE CARICO</b>	<b>695,0 Kg/mq</b>
----------------------	--------------------

## 6.2 AZIONE SISMICA (ART. 3.2 NTC2018)

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell' allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento  $V_r$  e la probabilità di superamento  $P_{ver}$  associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno  $T_r$  e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

- ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;  
Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;  
 $T^*c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita $V_n$ [anni]	Coeff. Uso	Periodo $V_r$ [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
III	50.0	1.5	75.0	C	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente  $S = S_s \cdot S_t$  (3.2.3)  
Fo è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale  
Fv è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale  
Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.  
Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.  
Td è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

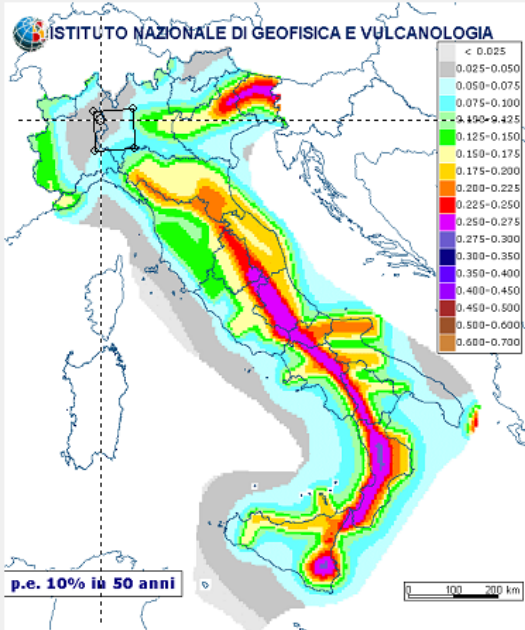
Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	8.638	45.726	
11143	8.629	45.687	4.514
11144	8.700	45.690	6.272
10922	8.696	45.740	4.656
10921	8.624	45.737	1.621

SL	$P_{ver}$	$T_r$	ag	Fo	$T^*c$
		Anni	g		sec
SLO	81.0	45.2	0.017	2.557	0.168
SLD	63.0	75.4	0.021	2.530	0.201
SLV	10.0	711.8	0.042	2.653	0.295
SLC	5.0	1462.2	0.050	2.731	0.316

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.017	1.500	2.557	0.451	0.106	0.318	1.668
SLD	0.021	1.500	2.530	0.496	0.119	0.358	1.684
SLV	0.042	1.500	2.653	0.733	0.154	0.463	1.768
SLC	0.050	1.500	2.731	0.821	0.162	0.485	1.798

Valutazione della pericolosità sismica

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA



Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
11143	8.629	45.687	4.514
11144	8.700	45.690	6.272
10922	8.696	45.740	4.656
10921	8.624	45.737	1.621

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

Longitudine:  Latitudine:

☐ Applica la Risposta Sismica Locale

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	45.16	0.0171	2.557	0.168
SLD	63	75.43	0.0211	2.530	0.201
SLV	10	711.84	0.0419	2.653	0.295
SLC	5	1462.18	0.0496	2.731	0.316

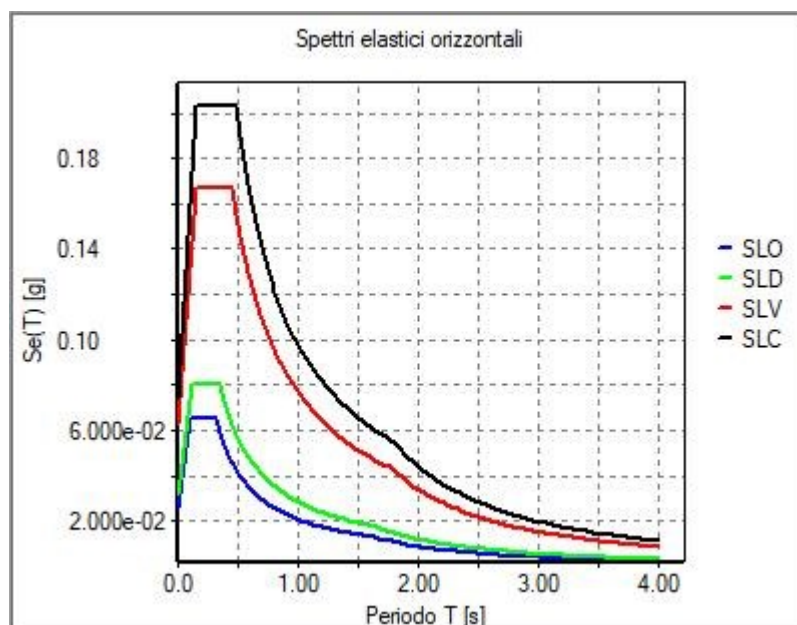
Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="100"/>

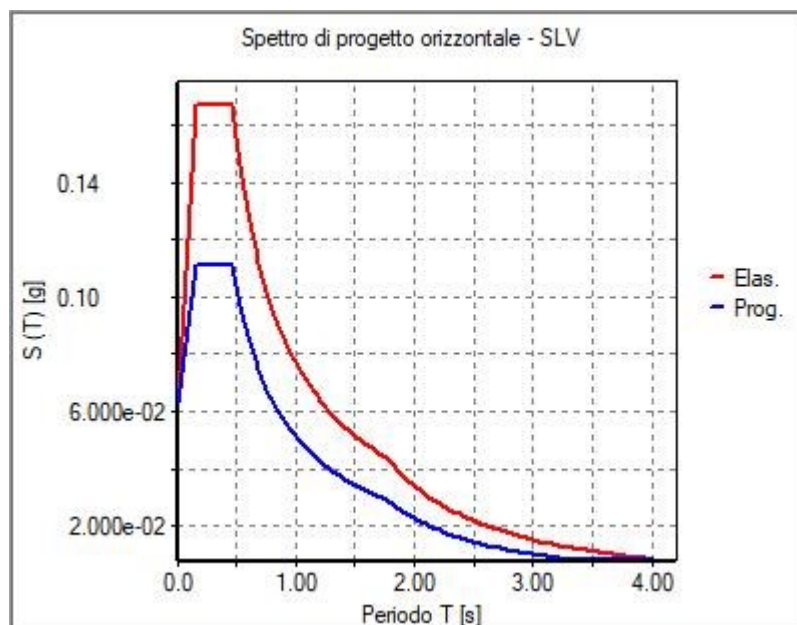
☐ Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Nota: per il calcolo dei parametri sismici  
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu

Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N  
[con N = 1,2,3,4,5]







### 6.3 AZIONE DEL VENTO (ART. 3.3 NTC2018)

Zona vento = 1

Velocità base della zona,  $V_{b.o} = 25$  m/s (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona,  $A_o = 1000$  m (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito,  $A_s = 198$  m

Velocità di riferimento,  $V_b = 25,00$  m/s ( $V_b = V_{b.o}$  per  $A_s \leq A_o$ )

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

$C_r = 1$  per  $T_r = 50$  anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto,  $V_r = V_b C_r = 25,00$  m/s

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)]

Esposizione: Cat. II - Entroterra fino a 500 m di altitudine

( $K_r = 0,19$ ;  $Z_o = 0,05$  m;  $Z_{min} = 4$  m)

Pressione cinetica di riferimento,  $q_b = 39$  daN/mq

Coefficiente di forma,  $C_p = 1,20$

Coefficiente dinamico,  $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione,  $C_e = 1,93$

Coefficiente di esposizione topografica,  $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio,  $h = 5,00$  m

Pressione del vento,  $p = q_b C_e C_p C_d = 90$  daN/mq

## 6.4 AZIONE DELLA NEVE (ART. 3.4 NTC2018)

Località: SESTO CALENDE

Provincia: VARESE

Regione: LOMBARDIA

Altitudine s.l.m.: 198,0 m

Zona Neve = I Mediterranea

Periodo di ritorno,  $T_r = 50$  anni

$C_{tr} = 1$  per  $T_r = 50$  anni

$C_e$  (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

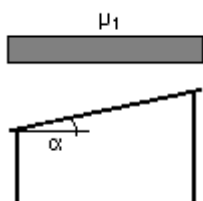
Valore caratteristico del carico al suolo =  $q_{sk} C_e C_{tr} = 150$  daN/mq

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 7,0^\circ$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 120$  daN/mq

Schema di carico:



## 6.5 MODELLAZIONE DELLE AZIONI

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)
			partecipazione:1.00 per 4 CDC=Qnk (carico da neve)
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) $\alpha=90.00$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) $\alpha=0.0$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) $\alpha=0.0$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) $\alpha=90.00$ (ecc. +)	come precedente CDC sismico
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) $\alpha=90.00$ (ecc. -)	come precedente CDC sismico
13	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	
14	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X -	
15	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	
16	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y -	

## 6.6 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Si veda il capitolo “Definizione delle combinazioni” in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente.

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

### **Combinazione fondamentale SLU**

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi03 \cdot Qk3 + \dots$$

### **Combinazione caratteristica (rara) SLE**

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi02 \cdot Qk2 + \psi03 \cdot Qk3 + \dots$$

### **Combinazione frequente SLE**

$$G1 + G2 + P + \psi11 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \psi23 \cdot Qk3 + \dots$$

### **Combinazione quasi permanente SLE**

$$G1 + G2 + P + \psi21 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \psi23 \cdot Qk3 + \dots$$

### **Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E**

$$E + G1 + G2 + P + \psi21 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \dots$$

### **Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali**

$$G1 + G2 + Ad + P + \psi21 \cdot Qk1 + \psi22 \cdot Qk2 + \dots$$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.1

<i>Destinazione d'uso/azione</i>	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<i>Categoria A residenziali</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria B uffici</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria C ambienti suscettibili di affollamento</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria D ambienti ad uso commerciale</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...</i>	1,00	0,90	0,80
<i>Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli <math>\leq 30kN</math>)</i>	0,70	0,70	0,60
<i>Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli <math>&gt; 30kN</math>)</i>	0,70	0,50	0,30
<i>Categoria H Coperture</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Vento</i>	0,60	0,20	0,00
<i>Neve a quota <math>\leq 1000\ m</math></i>	0,50	0,20	0,00
<i>Neve a quota <math>&gt; 1000\ m</math></i>	0,70	0,50	0,20
<i>Variazioni Termiche</i>	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.1

		Coefficiente $\gamma_f$	<b>EQU</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
<i>Carichi permanenti</i>	<i>Favorevoli</i>	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	<i>Sfavorevoli</i>		1,1	1,3	1,0
<i>Carichi permanenti non strutturali</i>	<i>Favorevoli</i>	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8

(Non compiutamente definiti)	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id
1	SLU	Comb. SLU A1 1
...	SLU	Comb. SLU A1
46	SLU	Comb. SLU A1 46
47	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 47
...	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.)
78	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 78
79	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 79
...	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.)
110	SLE(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 110
111	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 111
...	SLE(r)	Comb. SLE(rara)
133	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 133
134	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 134
...	SLE(f)	Comb. SLE(freq.)
139	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 139
140	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 140
141	SLU(ecc.)	Comb. SLU (Eccez.) 141

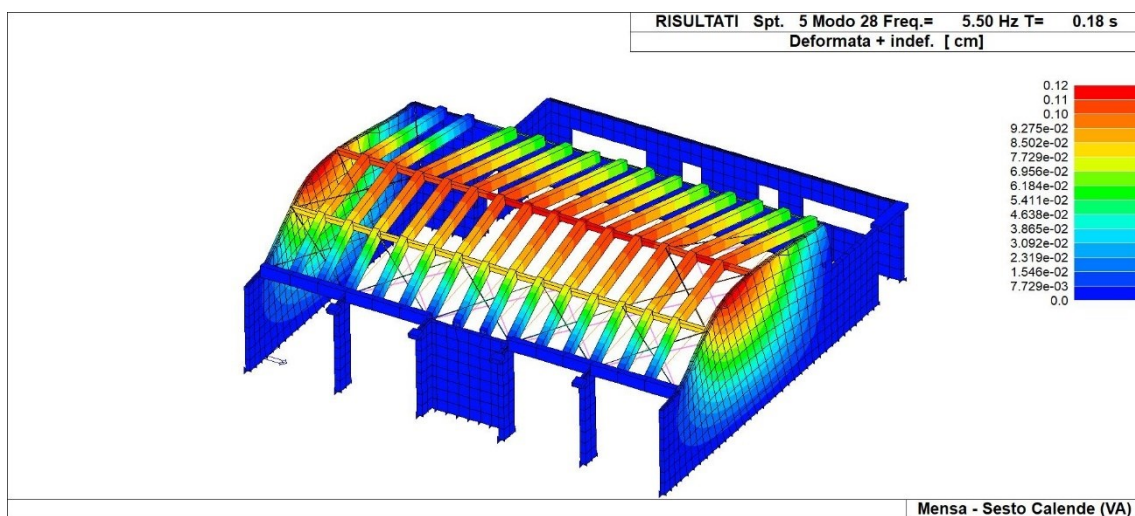
Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
...	0.0	1.50												
46	1.00	1.00	0.80	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	1.50												
47	1.00	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
...														
78	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
79	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
...														
110	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
111	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
...	0.0	0.0												
133	1.00	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	1.00												
134	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
...														
139	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.20												
140	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												
141	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
...	0.0	0.0												

## 7 PRINCIPALI RISULTATI

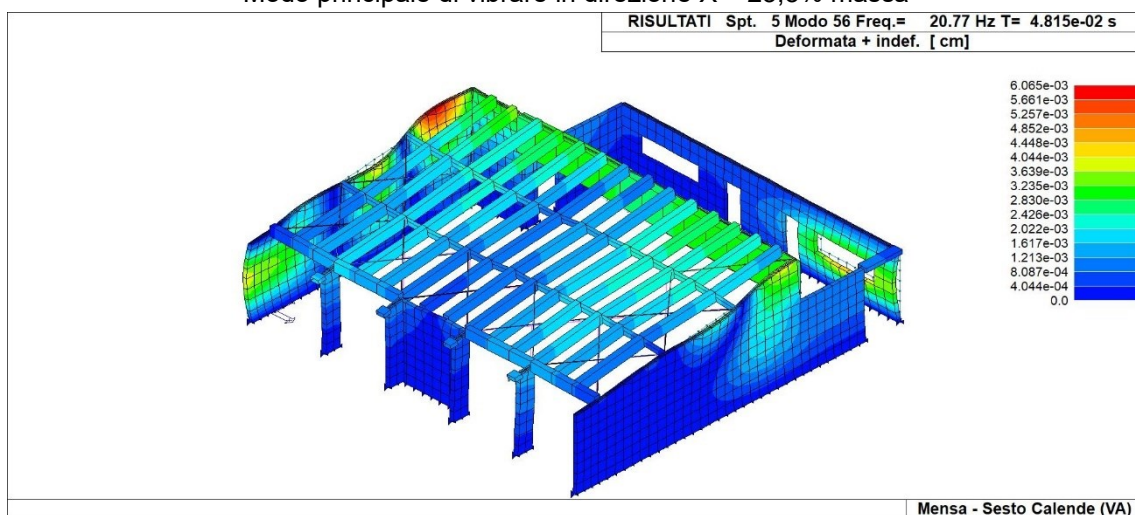
I risultati devono costituire una sintesi completa ed efficace, presentata in modo da riassumere il comportamento della struttura, per ogni tipo di analisi svolta.

### 7.1 RISULTATI DELL'ANALISI MODALE

Il programma Prosap effettua le verifiche allo SLU ed allo SLE relative a tutte le combinazioni.

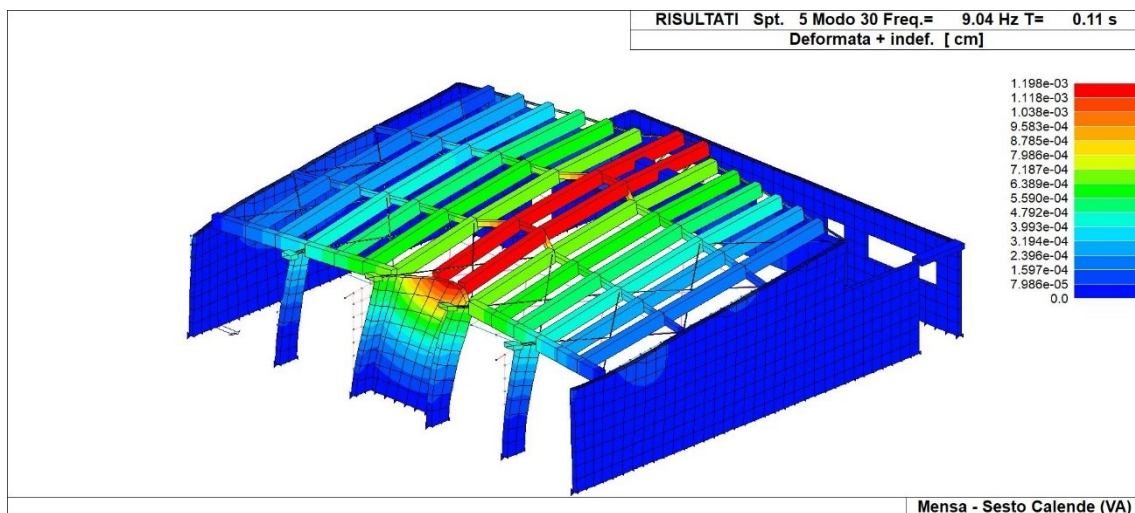


Modo principale di vibrare in direzione X – 23,3% massa

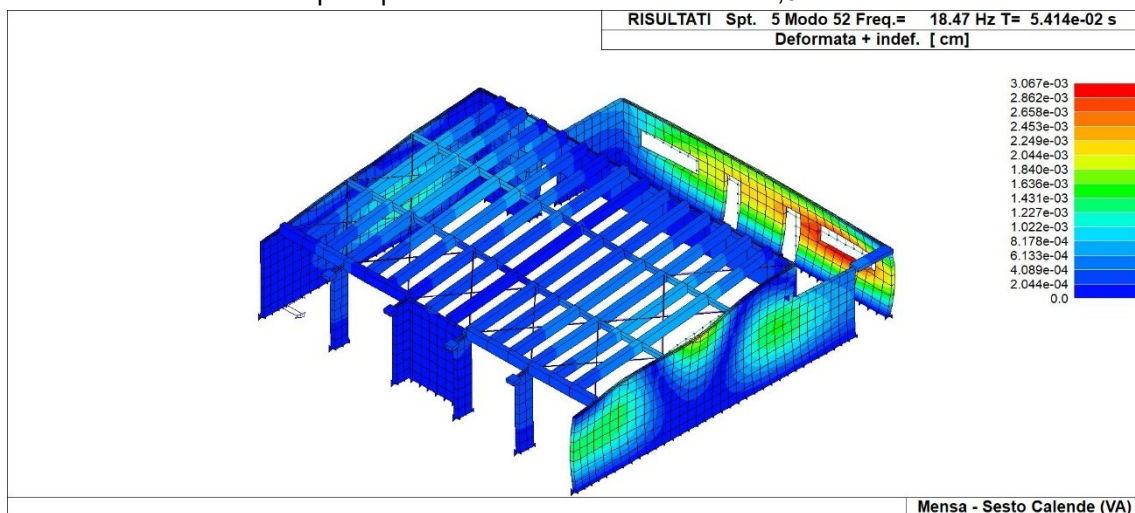


Modo secondario di vibrare in direzione X – 14,0% massa





Modo principale di vibrare in direzione Y – 22,9% massa

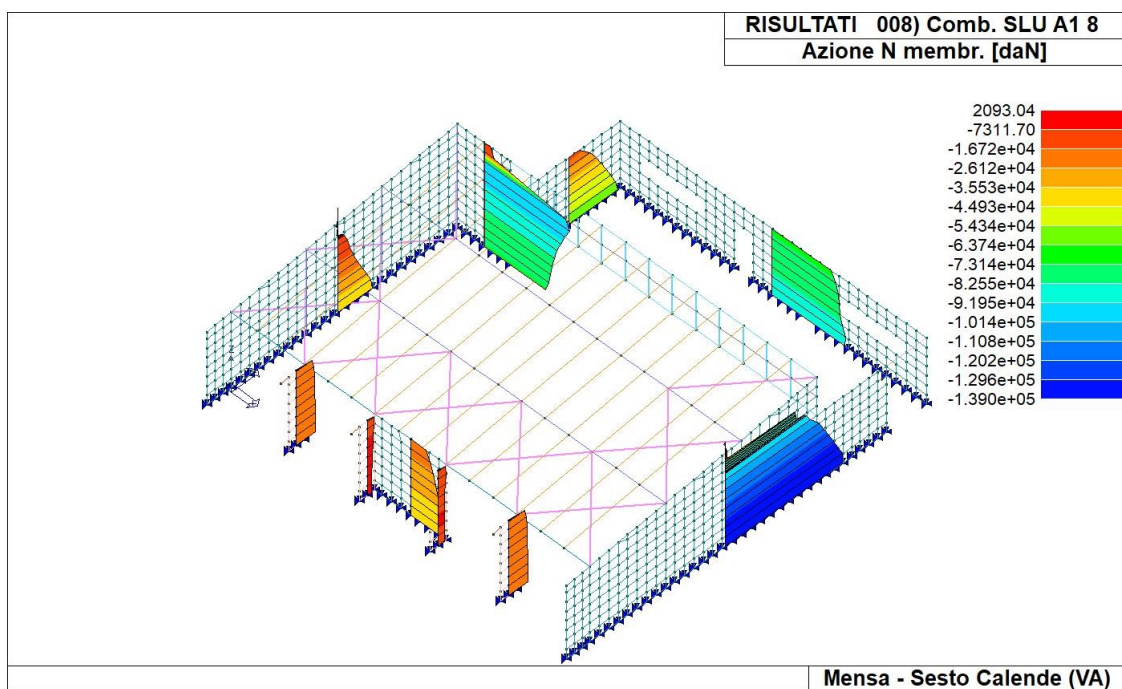


Modo secondario di vibrare in direzione Y – 21,8% massa

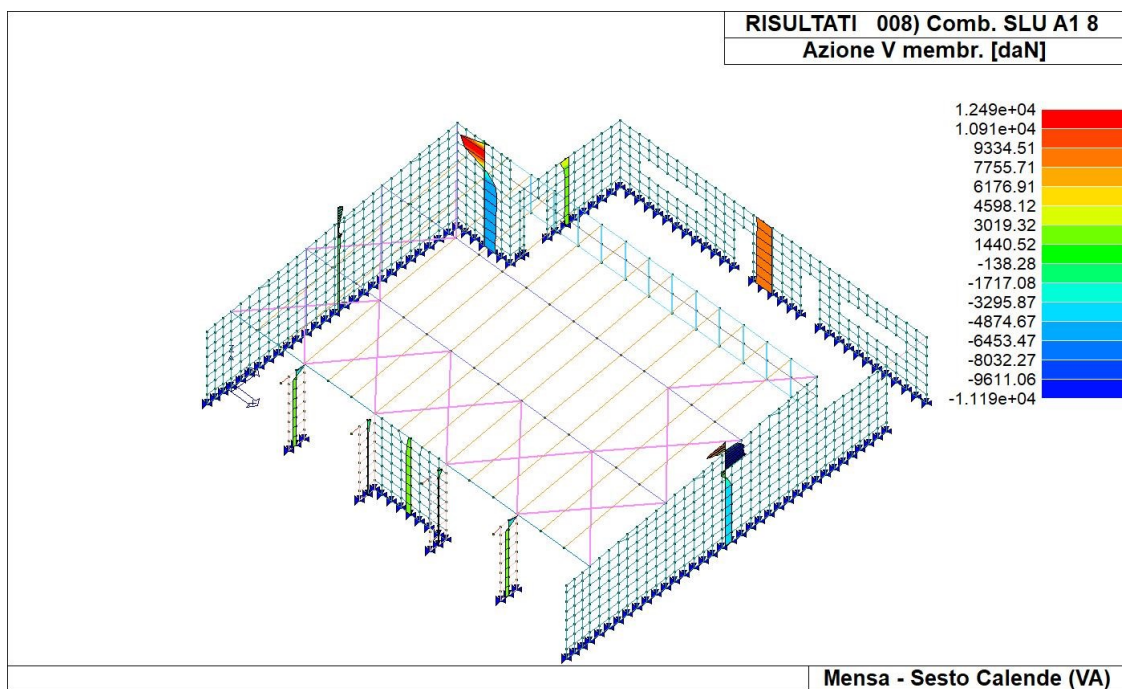
## 7.2 SOLLECITAZIONI PER COMBINAZIONI DI CARICO

Vengono riportati i principali risultati atti a descrivere il comportamento della struttura, in termini di stati di sollecitazione generalizzata, distinti per combinazioni di carico.

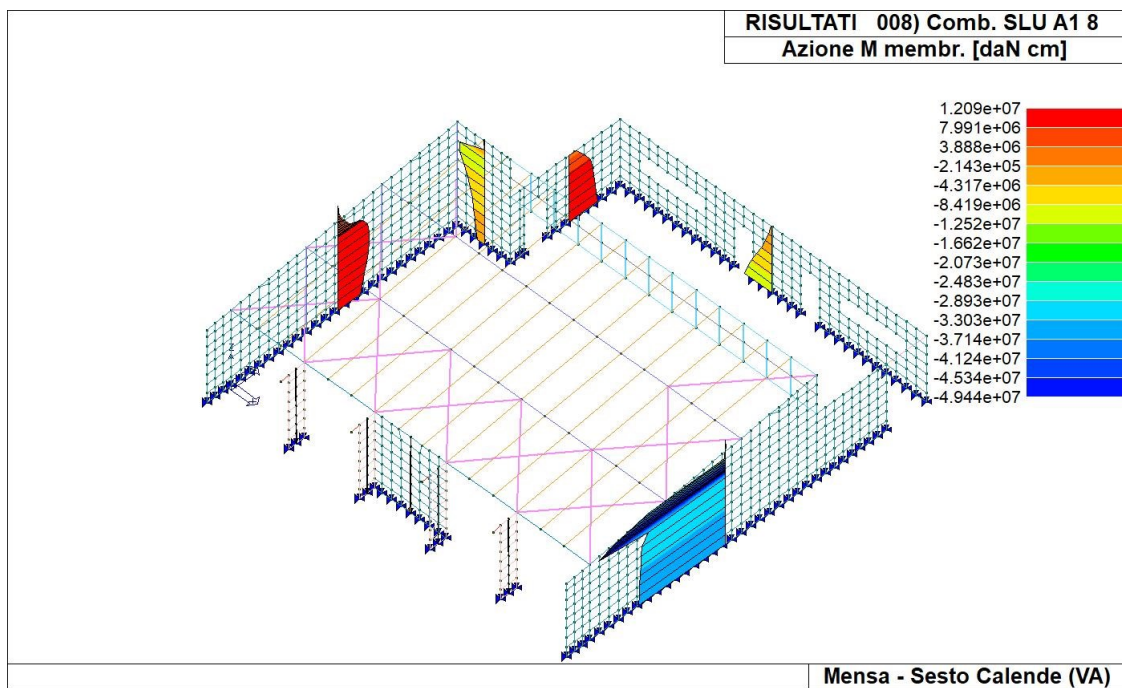
## 7.2.1 Stato Limite Ultimo



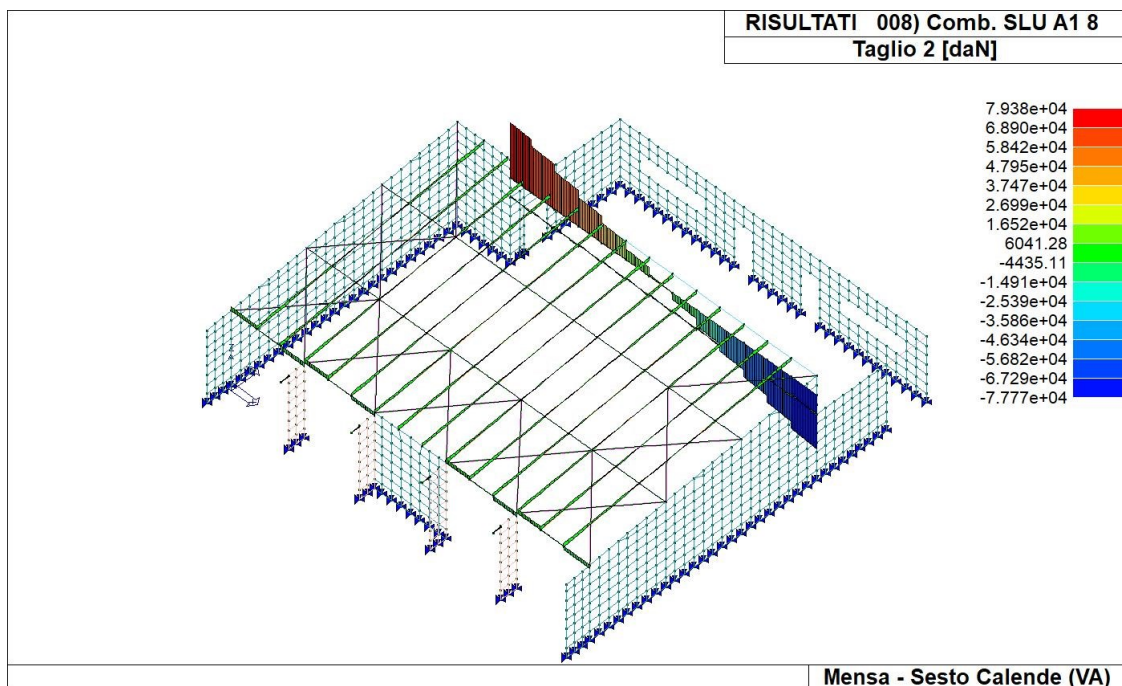
Azione assiale N sulle murature



Azione V membranale sulle murature

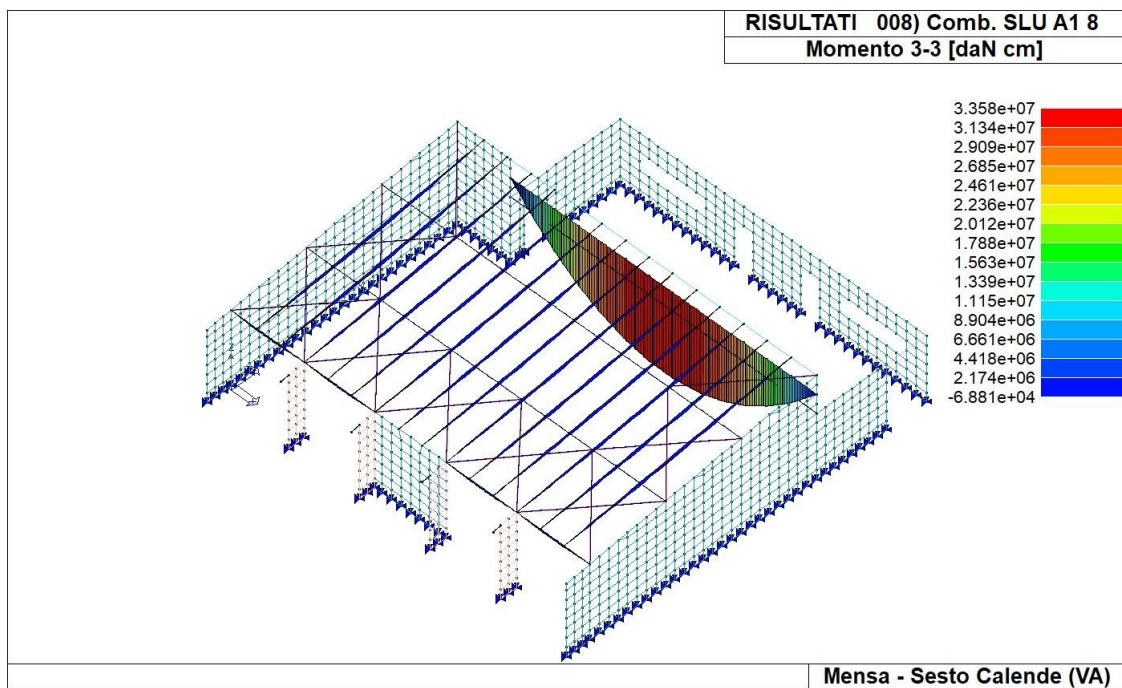


Azione M membranale sulle murature



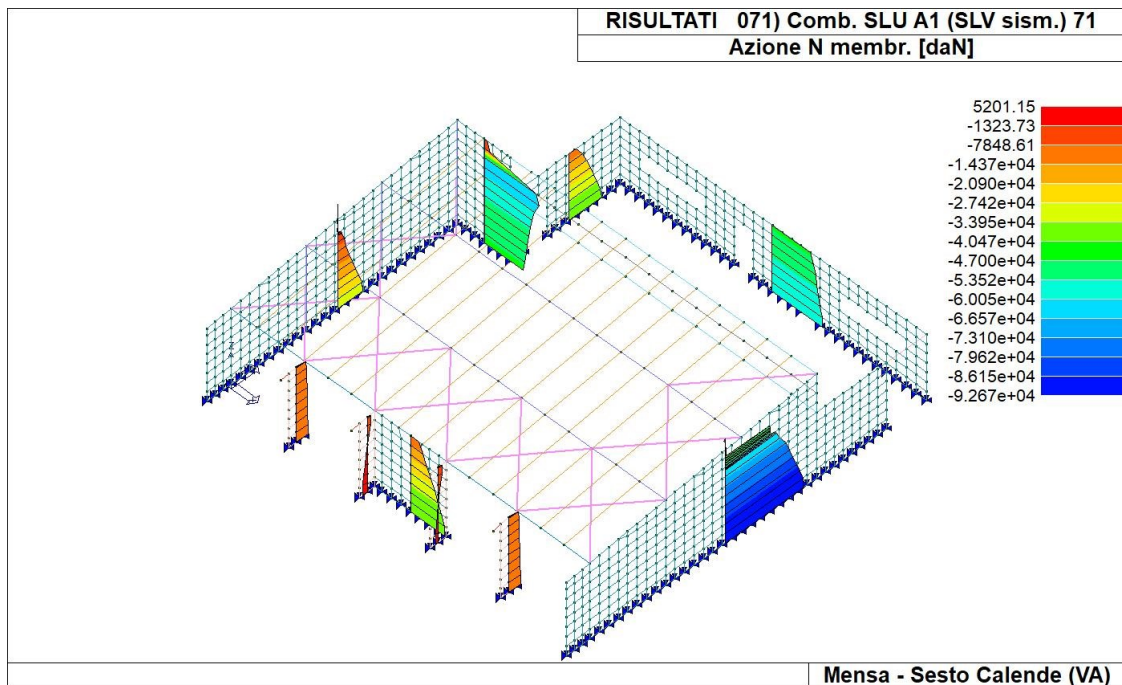
Azione V2 travi



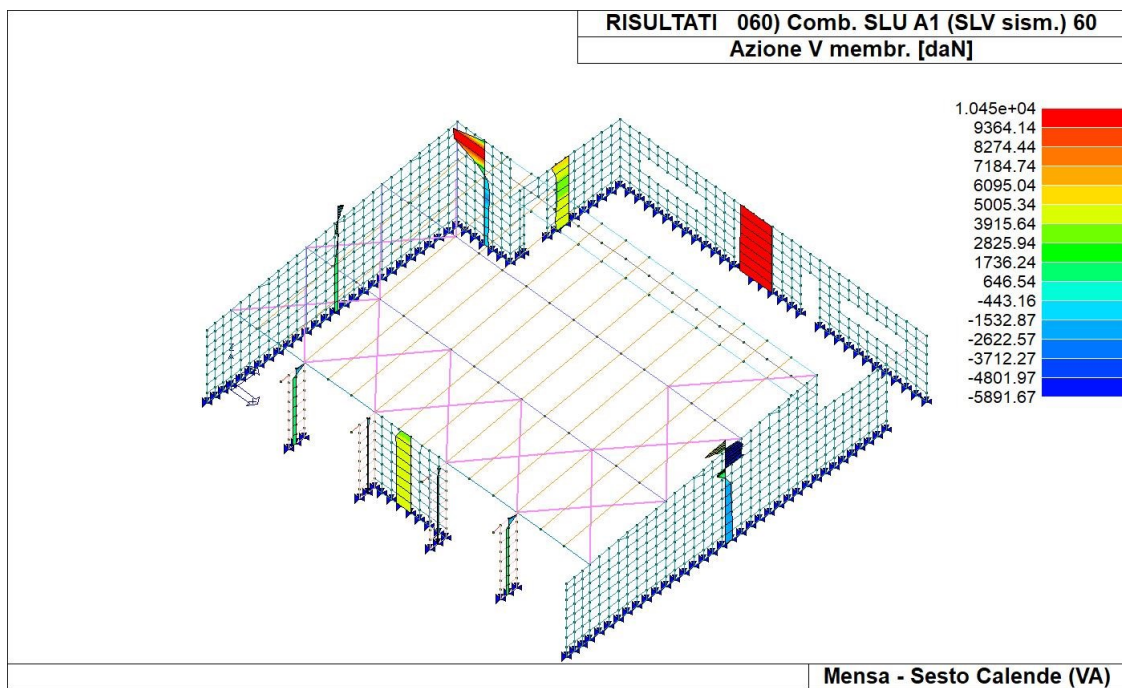


Azione M3 travi

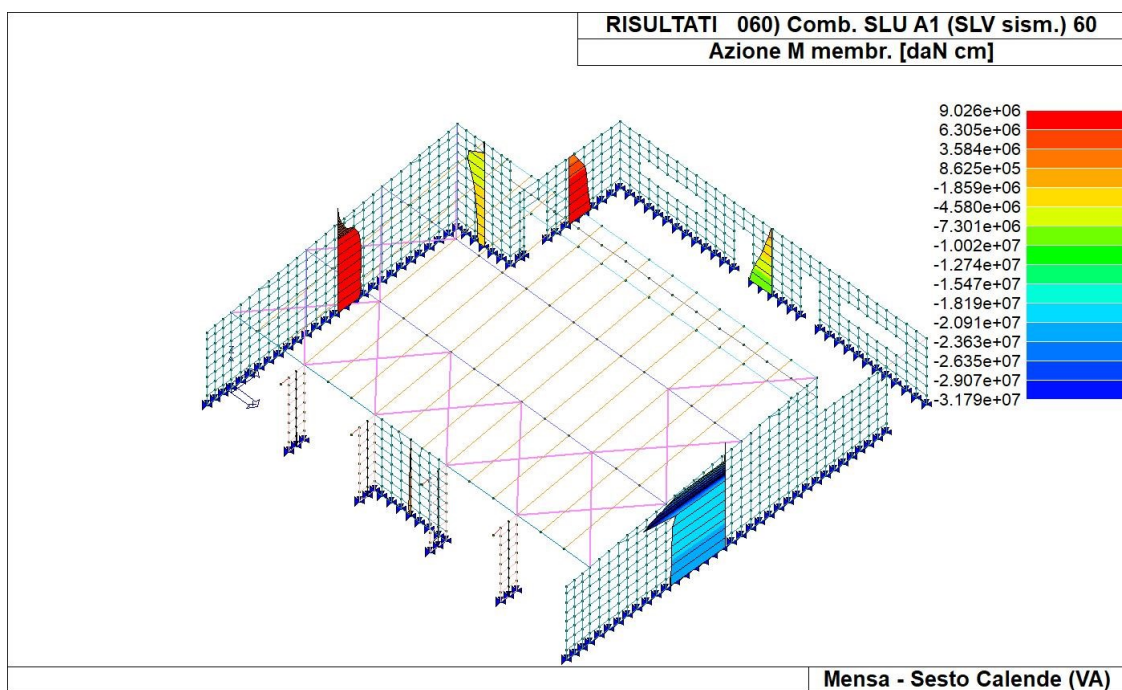
## 7.2.2 Stato Limite di salvaguardia della Vita



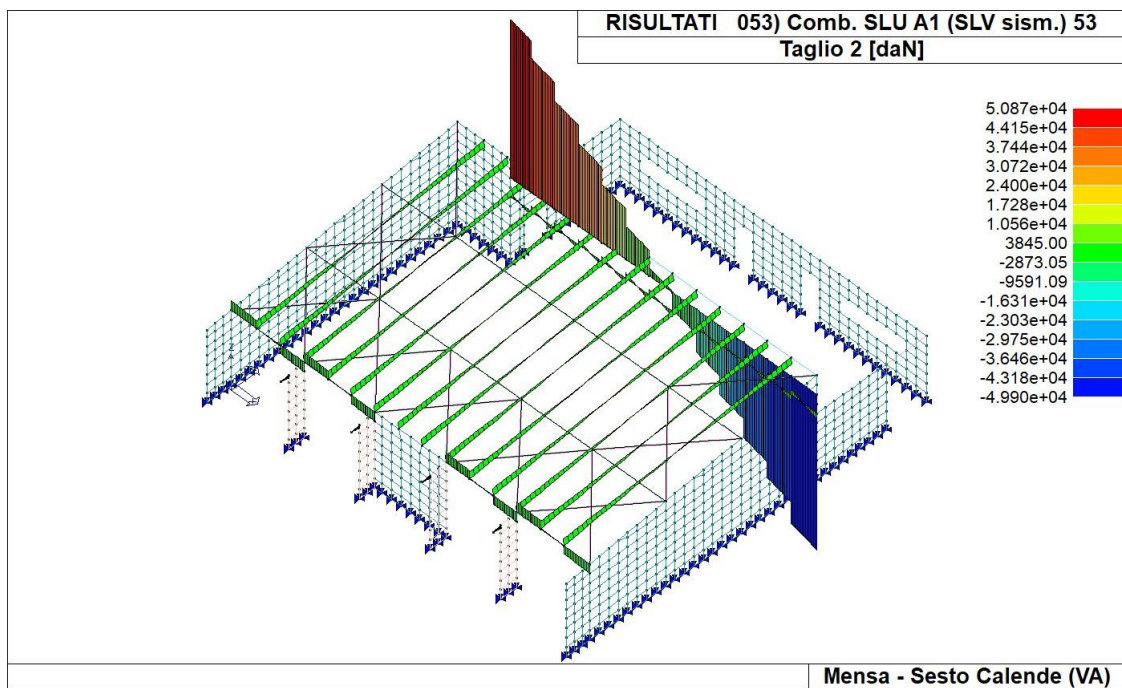
Azione assiale N sulle murature



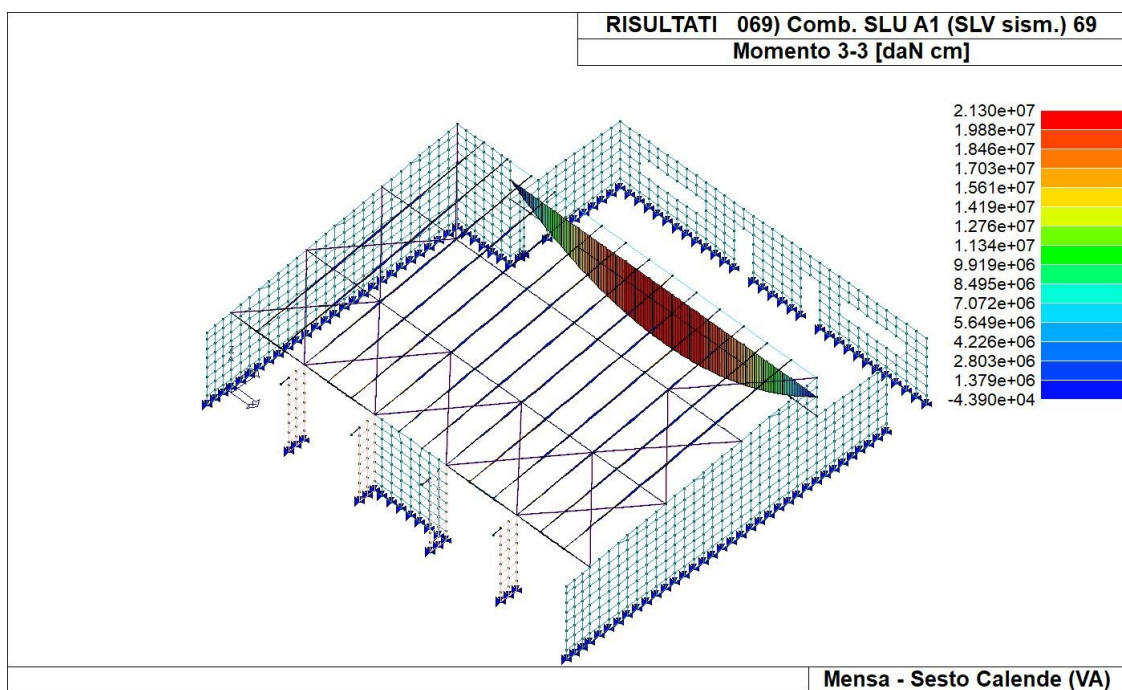
Azione V membranale sulle murature



Azione M membranale sulle murature



Azione V2 travi



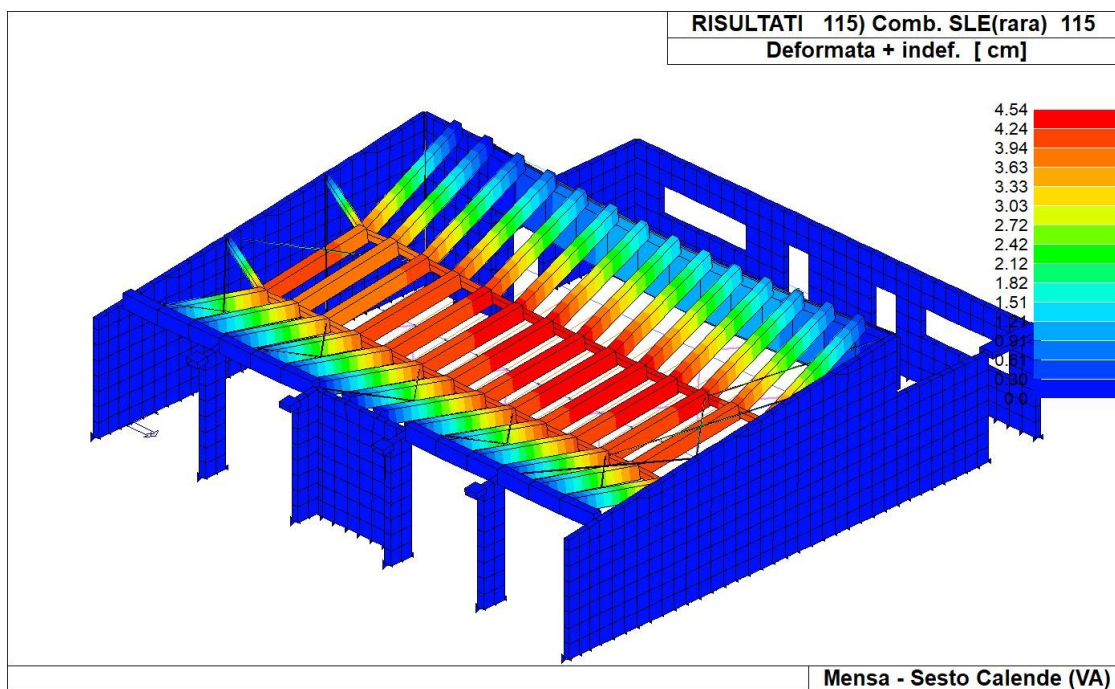
Azione M3 travi



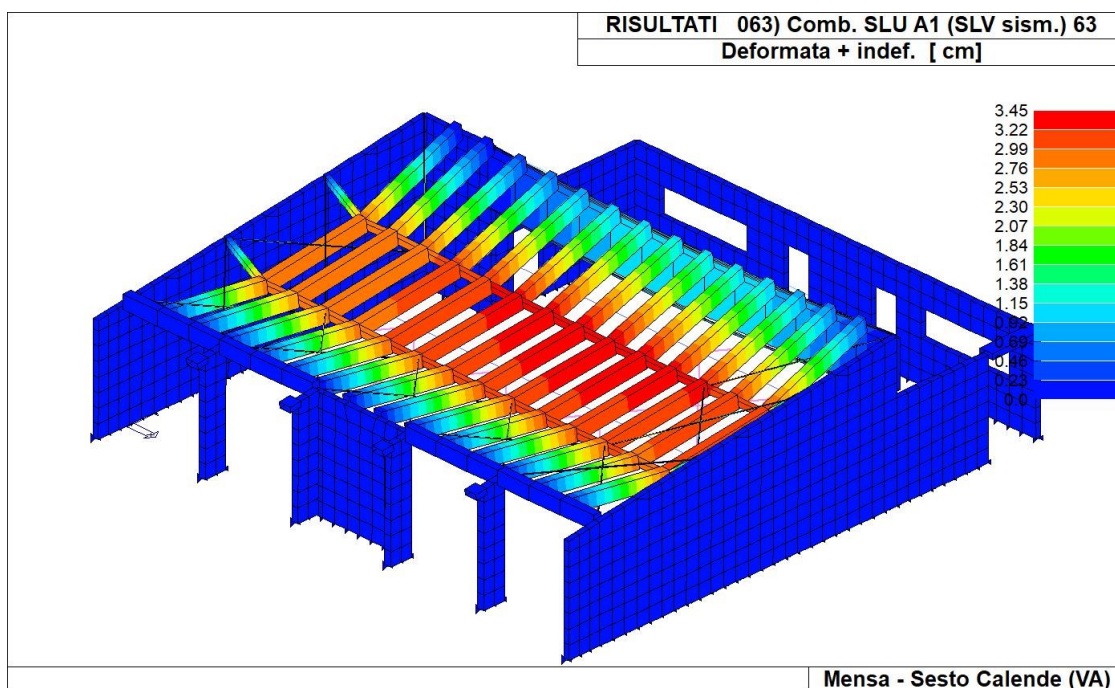
### 7.3 DEFORMATE PER COMBINAZIONI DI CARICO

Vengono riportati i principali risultati atti a descrivere il comportamento della struttura, in termini di deformazione generalizzata, distinti per combinazioni di carico.

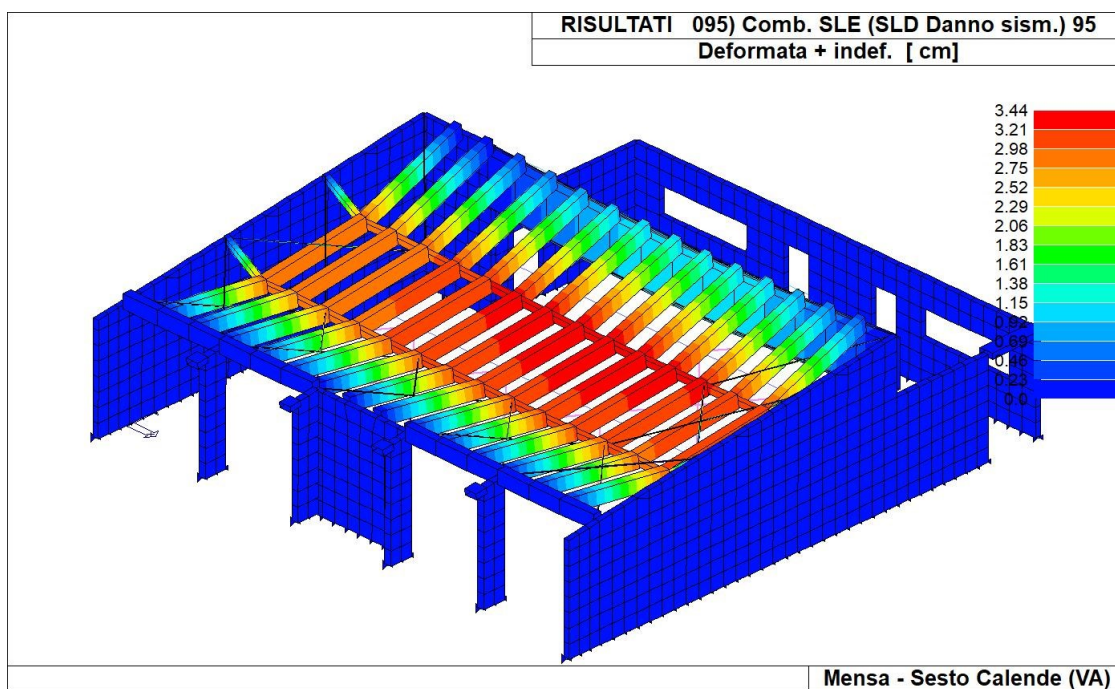
#### 7.3.1 Stato Limite Esercizio



#### 7.3.2 Stato Limite di salvaguardia della Vita



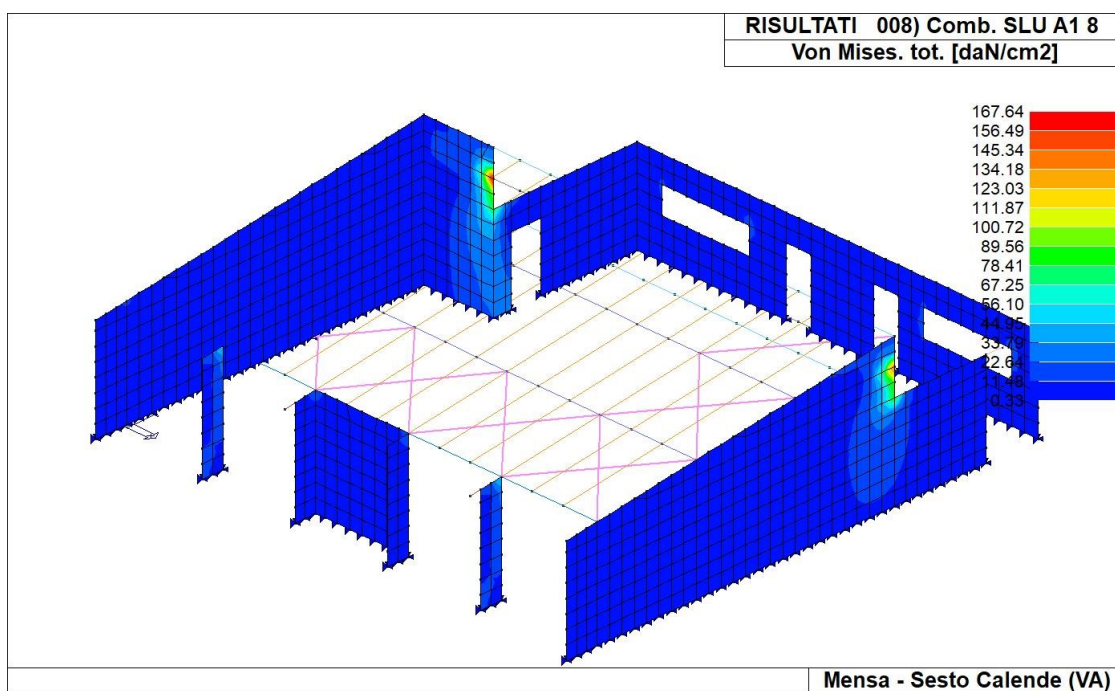
### 7.3.3 Stato Limite di Danno



## 8 PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

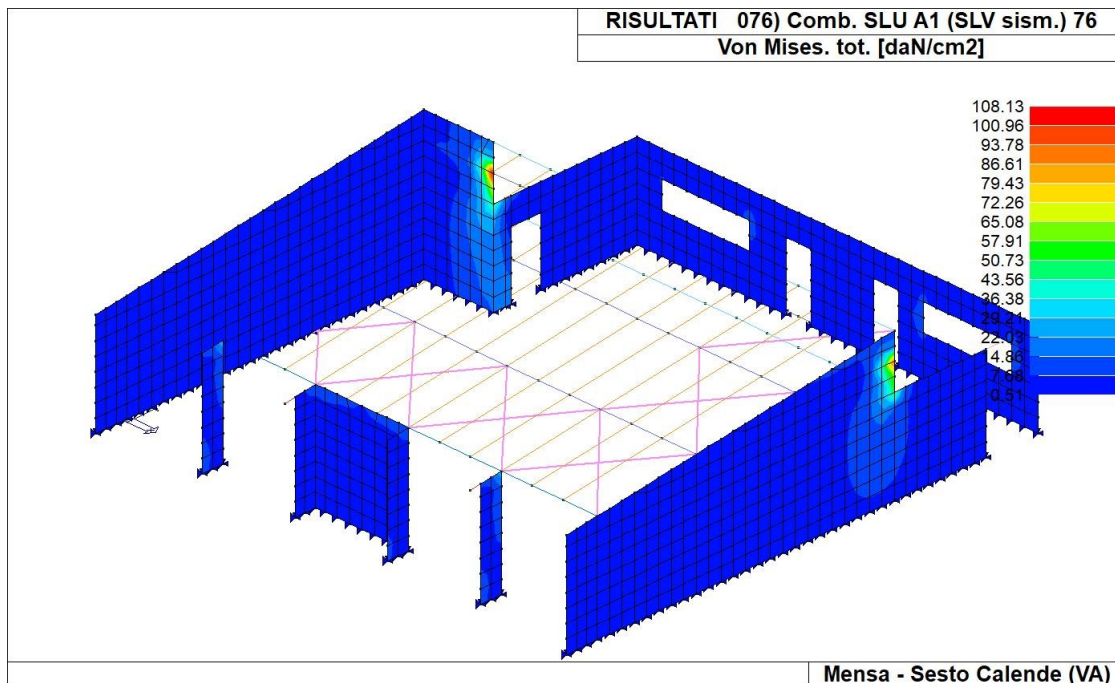
### 8.1 MURATURA PORTANTE IN CEMENTO ARMATO

#### 8.1.1 Stato Limite Ultimo – Sollecitazioni statiche

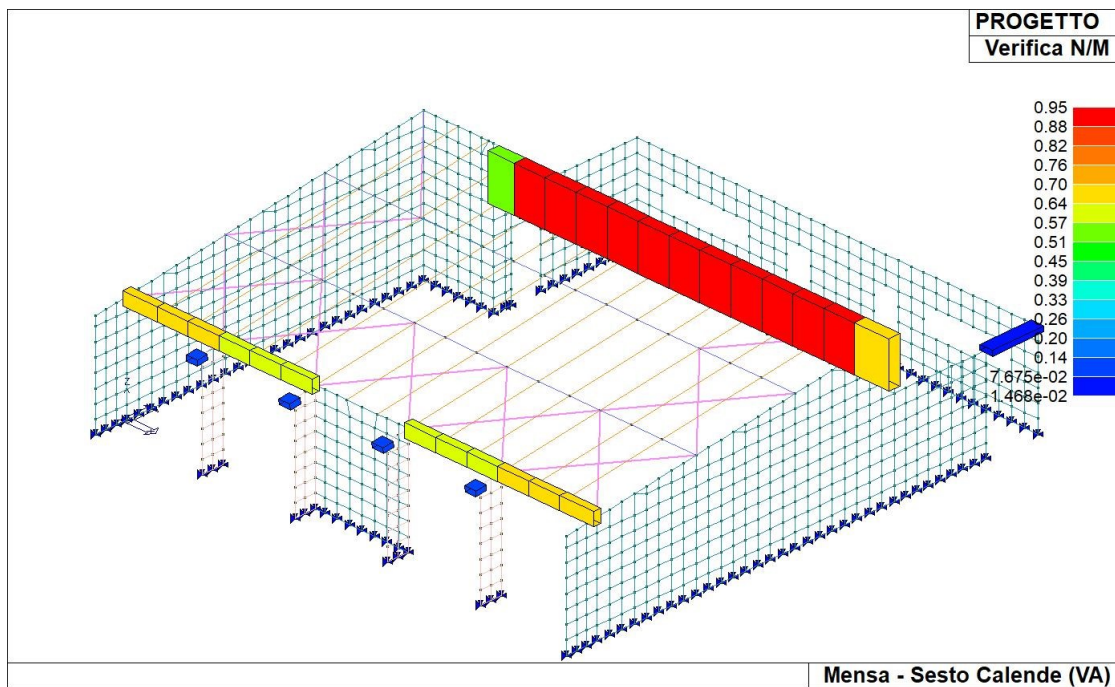




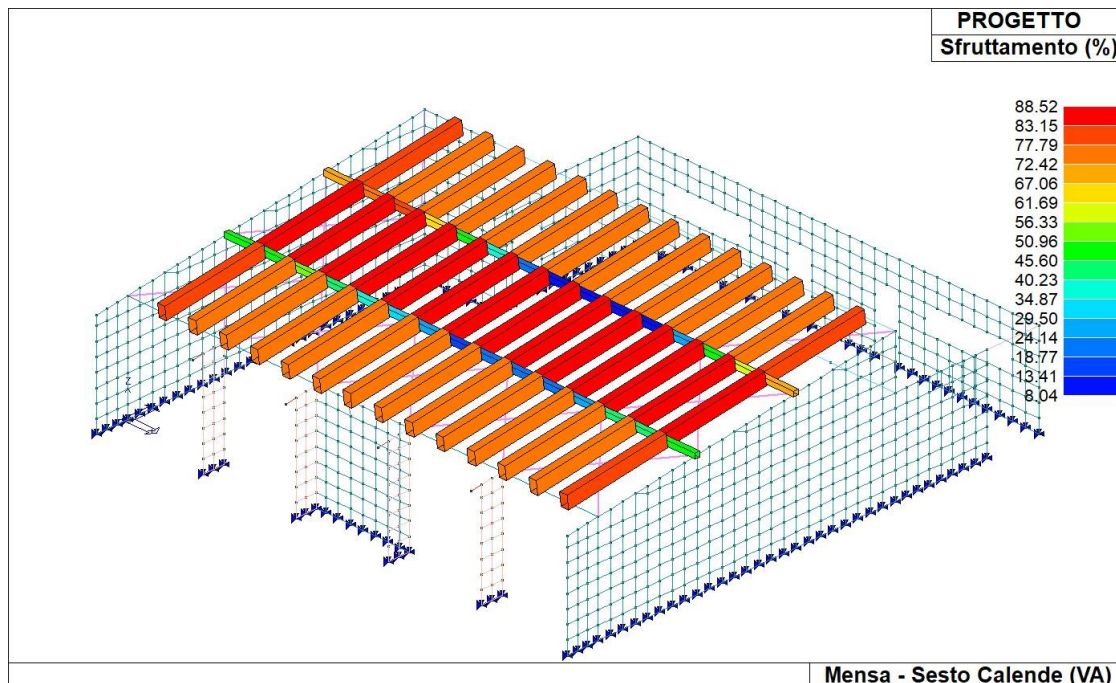
### 8.1.2 Stato Limite di salvaguardia della Vita – Sollecitazioni sismiche



### 8.2 TRAVI IN CEMENTO ARMATO



### 8.3 TRAVI IN LEGNO LAMELLARE



## 9 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE E GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

Sono stati eseguiti dei controlli quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, che hanno denotato la validità dei risultati ottenuti.