

REGIONE MARCHE
PROVINCIA DI FERMO
COMUNE DI FERMO




IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI
RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA PRODUZIONE DI BIOMETANO

CIG: 9880245C18 – CUP: F62F18000070004

PROGETTO ESECUTIVO

NOME ELABORATO		CLASSE 10.15
VASCA CONFERIMENTO RELAZIONE DI CALCOLO		STRUTTURE CISTERNA ANTINCENDIO E ACQUA SERVIZI
		N. TAVOLA 10.15.1
		FORMATO A4
		SCALA /
CODIFICA ELABORATO	23008-OW-C-101-RS-080-MA1-0	

00	11/10/2024	PRIMA EMISSIONE	B.BARONE	C. BUTTICE'	R. MARTELLO
REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO

Committente	Progettista indicato	Mandataria
 CITTA' DI FERMO Settore IV e V Lavori Pubblici, Protezione Civile, Ambiente, Urbanistica, Patrimonio, Contratti e Appalti Via Mazzini 4 63900 – Fermo (FM) DOTT. Mauro Fortuna RUP	 Via Resuttana 360 90142 -PALERMO OWAC Engineering Company S.R.L. ING. Rocco Martello Direttore Tecnico UNI EN ISO 9001:2015 N. 30233/14/S UNI EN ISO 45001:2018 N. OHS-4849 UNI EN ISO 14001:2015 N. EMS-9477/S UNI/PDR 74 :2019 N. SGBIM-01/23 UNI/PdR 74:2019 N. 21042BIM	 Via del Cardoncello 22 70022 – Altamura (BA) EDILALTA S.R.L. DOTT. Angelantonio Disabato Socio Mandante  Via Bassa di Casalmoro 3 46041 – Asola (MN) ANAERGIA S.R.L. DOTT. Andrea Parisi Istutore



00	B.BARONE	10/10/2024	C.BUTTICE’	11/10/2024	R.MARTELLO	11/10/2024
REV	ESEGUITO	DATA	VERIFICATO	DATA	APPROVATO	DATA



Città di Fermo
Settore IV e V

Lavori Pubblici, Protezione
Civile, Ambiente, Urbanistica,
Patrimonio, Contratti e Appalti

PROGETTAZIONE ESECUTIVA "IMPIANTO DI TRATTAMENTO ANAEROBICO
DELLA FRAZIONE ORGANICA DEI RIFIUTI SOLIDI URBANI PER LA
PRODUZIONE DI BIOMETANO"

CIG: 9880245C18 CUP: F62F18000070004



RELAZIONE DI CALCOLO AI SENSI 10.1 E 10.2 DM 17/01/18

MANDATARIA

EdilAlta

MANDANTE

Anaergia
Fueling a Sustainable World™

PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

VASCA CONFERIMENTO
RELAZIONE DI CALCOLO

REV. 00

Pag. 3 di 74



INDICE

1.	RELAZIONE ILLUSTRATIVO SINTETICA	1
1.1	PREMESSA.....	1
1.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO	1
1.3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA	1
2.	MODELLAZIONE.....	5
2.1	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI	5
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI.....	18
3.1	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	18
4.	AZIONE SISMICA	19
4.1	CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO	20
5.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	27
6.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	38
6.1	TIPO DI ANALISI EFFETTUATE	39
6.2	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO	39
7.	PRINCIPALI RISULTATI.....	42
8.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	63
9.	RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO	67

1. RELAZIONE ILLUSTRATIVO SINTETICA

1.1 PREMESSA

Nella presente introduzione 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 e alle prestazioni attese dalla struttura.

1.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO

Le Norme e i documenti assunti a riferimento per la progettazione strutturale vengono indicati di seguito.

Progetto-verifica degli elementi	
Progetto cemento armato	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto legno	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019
Azione sismica	
Norma applicata per l' azione sismica	D.M. 17-01-2018; Circolare 21 Gennaio 2019 n.7 del 21/01/2019

1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

La struttura della vasca di contenimento è un elemento che contiene i rifiuti scaricati dai mezzi di trasporto dalla raccolta urbana. Gli elementi sismo-resistenti sono per la parte in elevazione delle pareti in di spessore 30 cm e per gli elementi in fondazione una platea di spessore 40cm. La qualità del calcestruzzo è C35/45 in quanto la classe di esposizione è XA3, il copriferro è pari a cm 4,5.

Le barre di acciaio sono di qualità B450C.

Per il rifiuto sono stati utilizzati i seguenti parametri meccanici:

$\gamma = 1000 \text{ daN/mc}$;

$\phi' = 30^\circ$

I piani di calpestio intorno alla vasca sono posti a diversa quota. Di seguito sono riportati i valori del materiale utilizzato per creare il calpestio posto a quota maggiore.

Parametri del materiale utilizza come riempimento:

$\gamma = 1500 \text{ daN/mc}$;

$\phi' = 30^\circ$

La valutazione dell'incremento di spinta dei materiali sotto sisma è avvenuta utilizzando il metodo di Mononobe-Okabe.

Descrizione generale dell'opera	
Opera di nuova realizzazione	SI
Fabbricato ad uso	A servizio dei processi industriali
Ubicazione	Comune di FERMO (FM) (Regione MARCHE)
	Località FERMO (FM)
	Longitudine 13.677, Latitudine 43.123 (Riferimento WGS84)
Numero di piani	Fuori terra: 0
	Interrati: 0
	le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di m 11,00 x 14,90
Numero vani scale	0
Numero vani ascensore	0
Tipo di fondazione	Platea

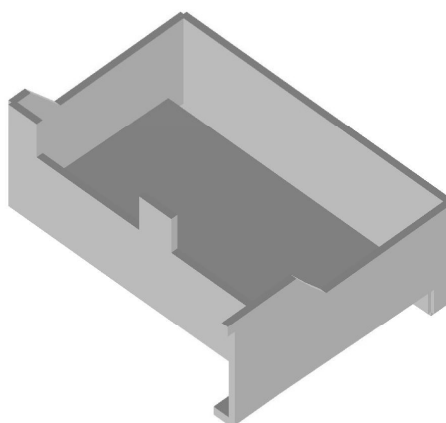
Materiali impiegati	
Cemento Armato	SI
Acciaio	NO
Legno	NO
Muratura	NO

Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	ND struttura non dissipativa
Travi: ricalate o in spessore	0
Pilastr	0
Pilastr in falso	0
Condizioni per cui è necessario considerare la componente verticale del sisma	Nessuna
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Dinamica lineare
Verifica SLD di resistenza	SI

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

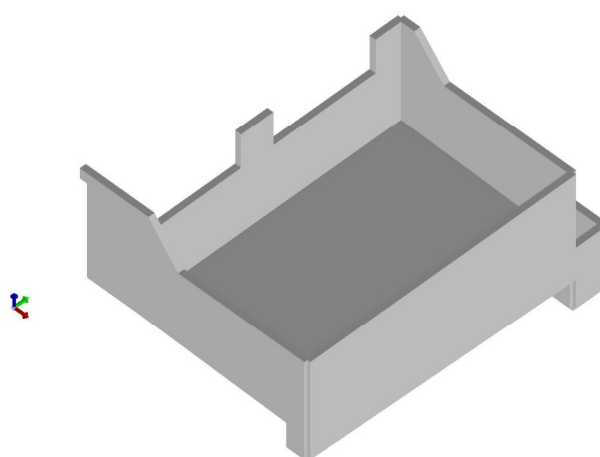
Di seguito si riportano le immagini del modello strutturale:

MODELLO
Vista solida del modello



VAS_CONT_LAV03.PSP

MODELLO
Vista solida del modello



VAS_CONT_LAV03.PSP

MANDATARIA

EdilAlta

MANDANTE

Anaergia
Fueling a Sustainable World™

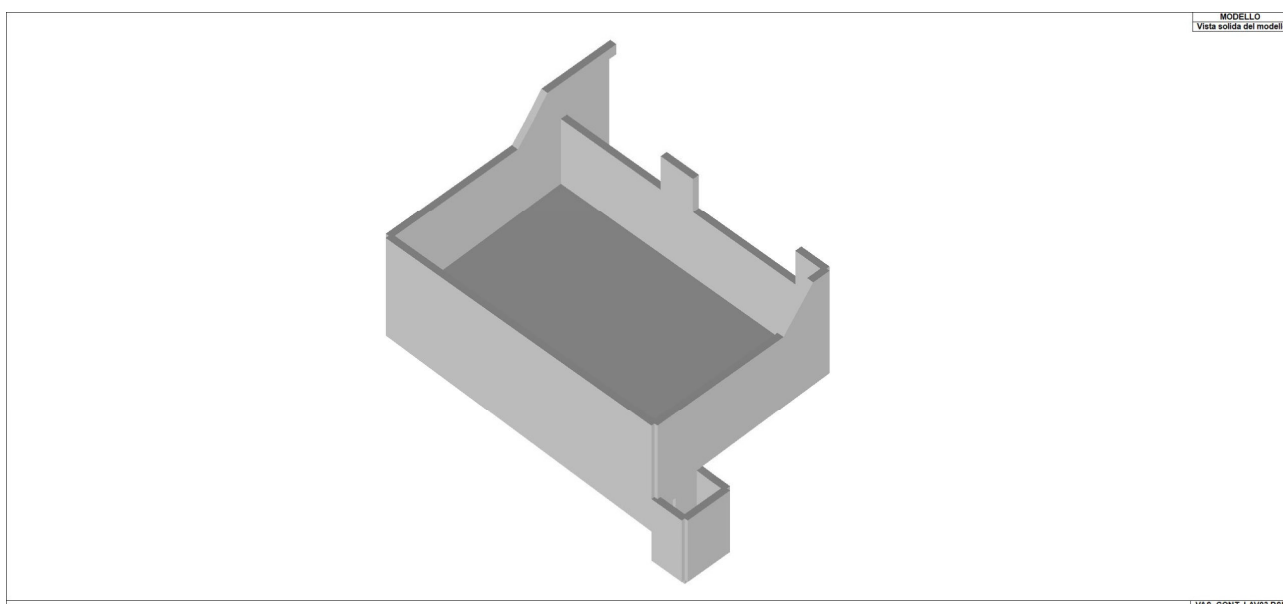
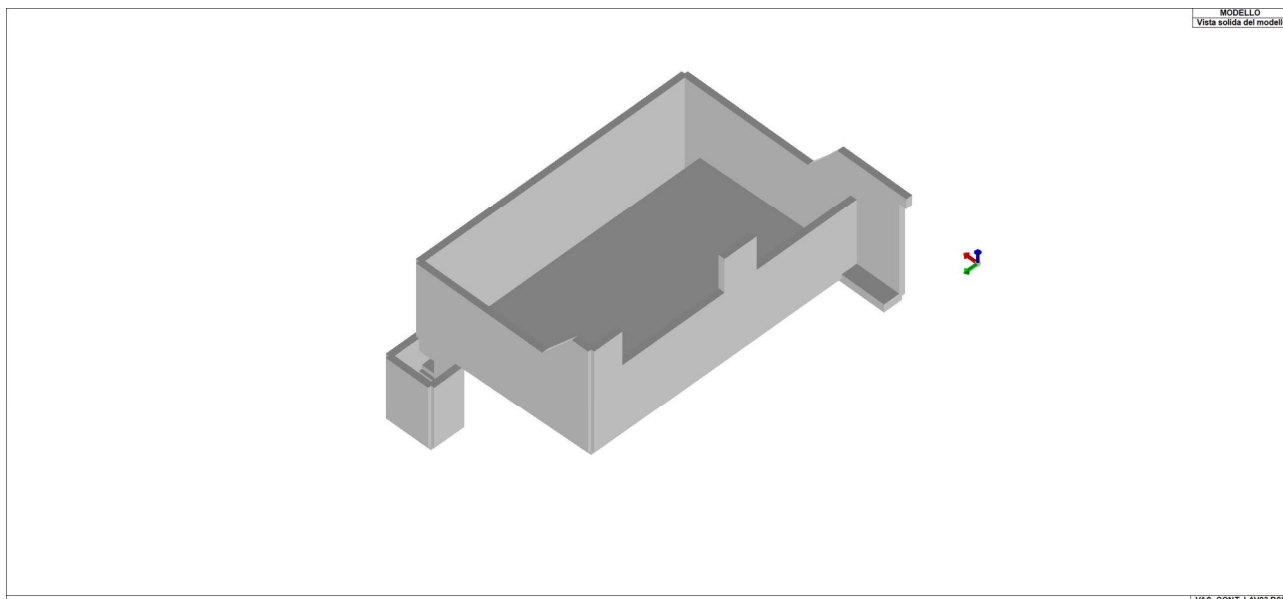
PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**VASCA CONFERIMENTO
RELAZIONE DI CALCOLO**

REV. 00

Pag. 3 di 74



2. MODELLAZIONE

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo 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 tenso-deformativo 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:

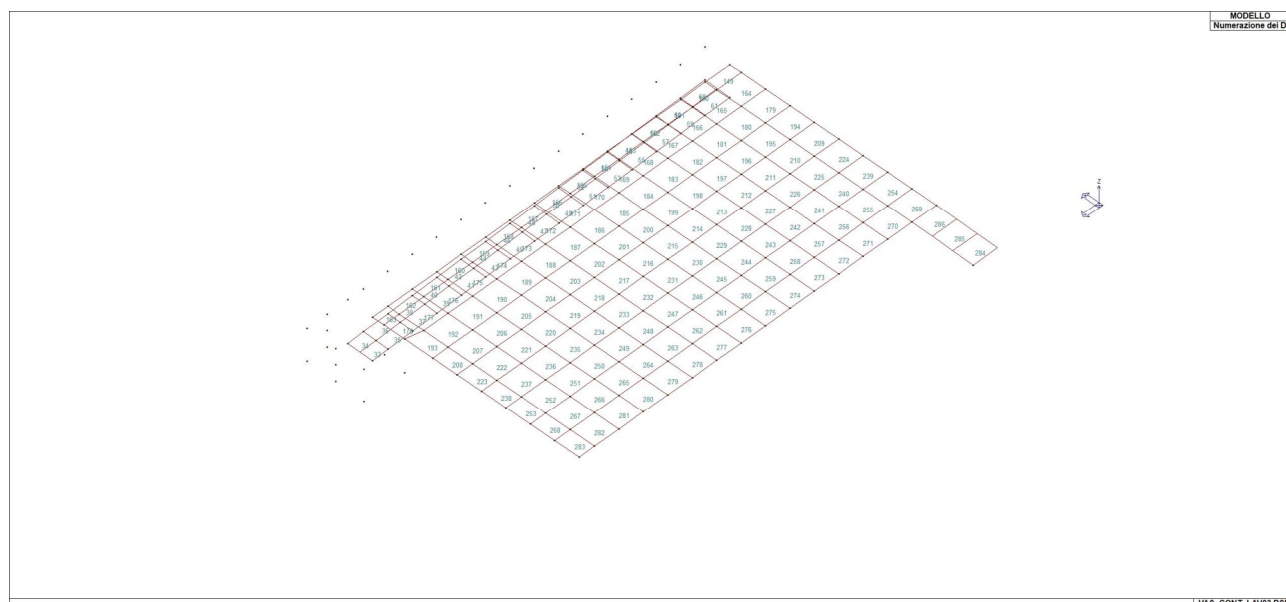
$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \begin{array}{l} \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza} \\ \mathbf{u} = \text{vettore spostamenti nodali} \\ \mathbf{F} = \text{vettore forze nodali} \end{array}$$

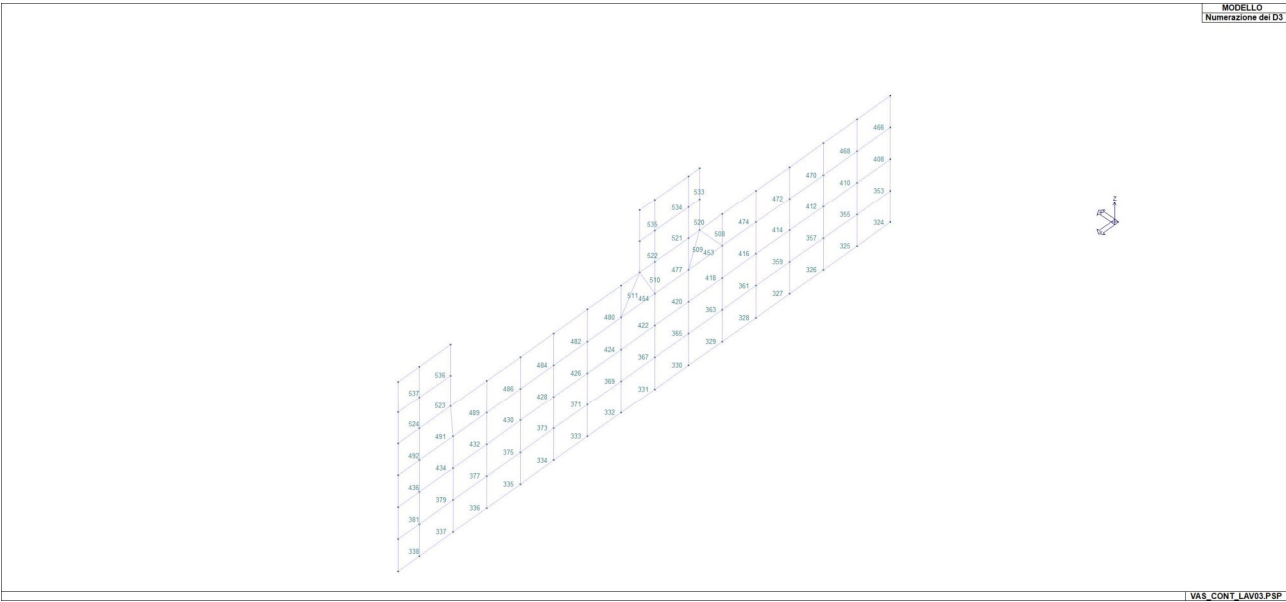
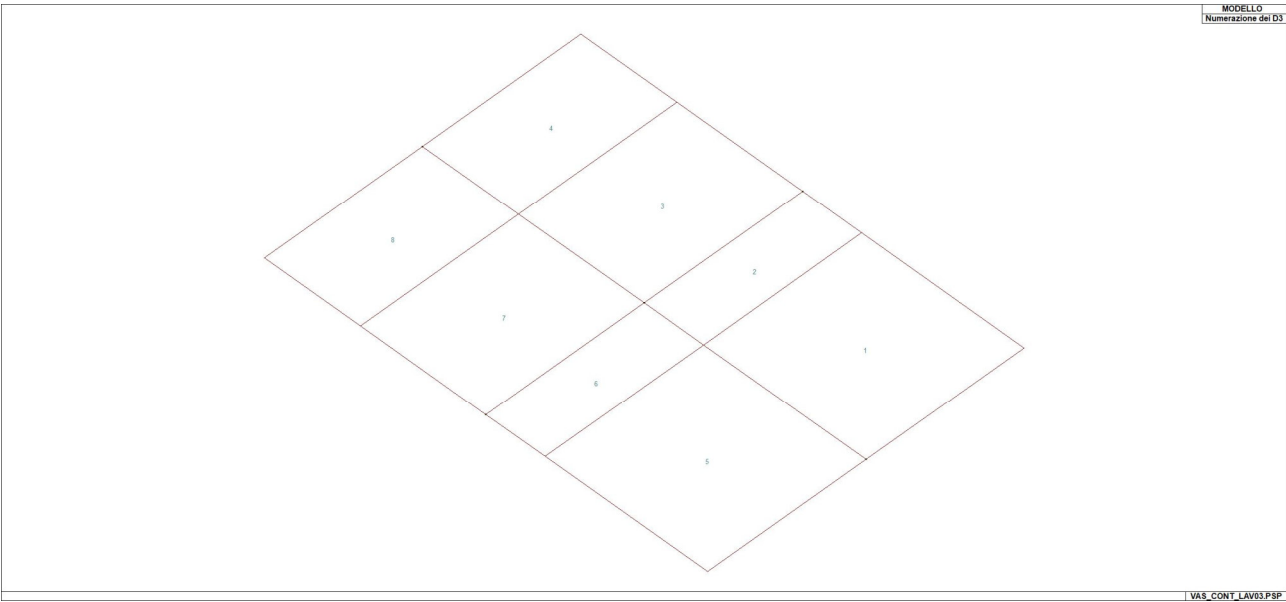
Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

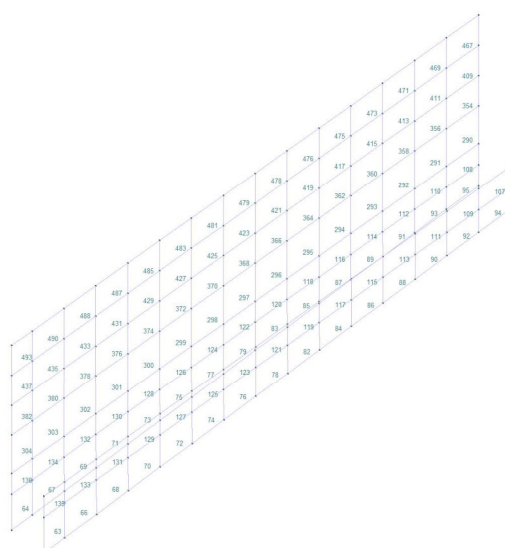
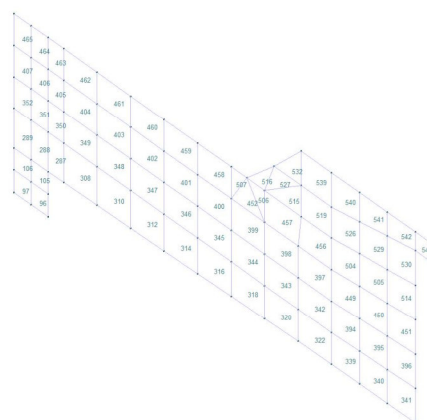
Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

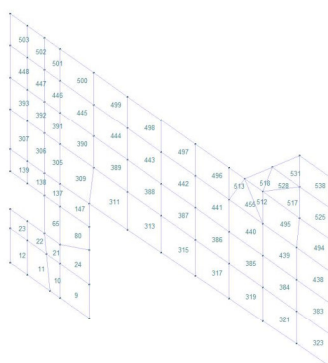
2.1 ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI

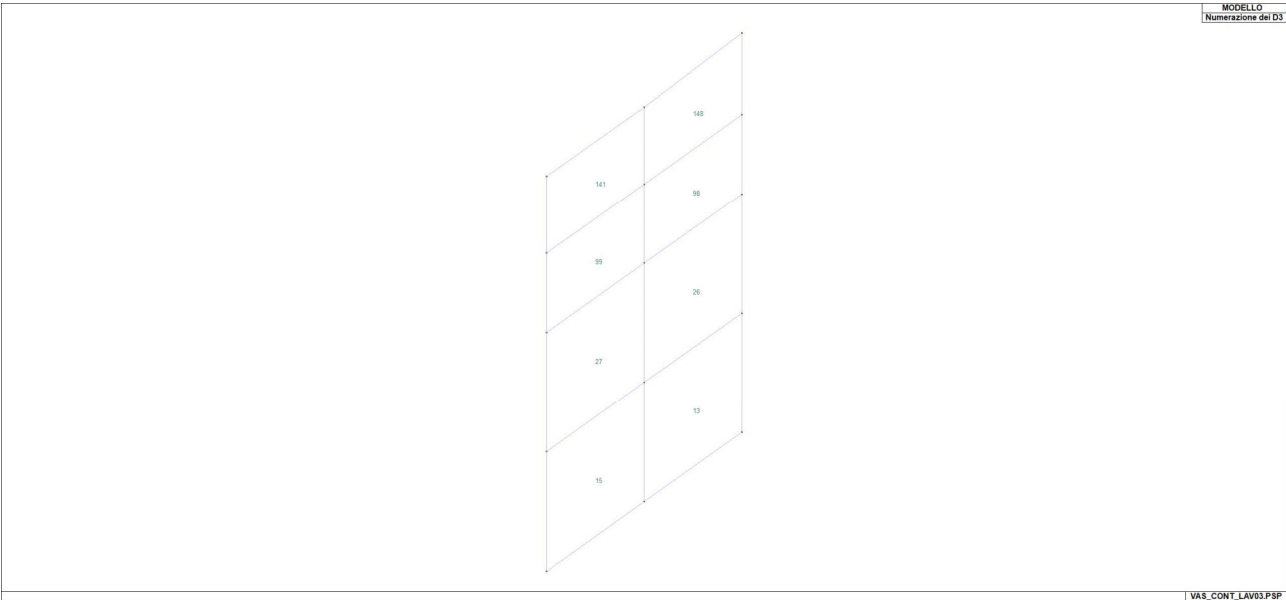
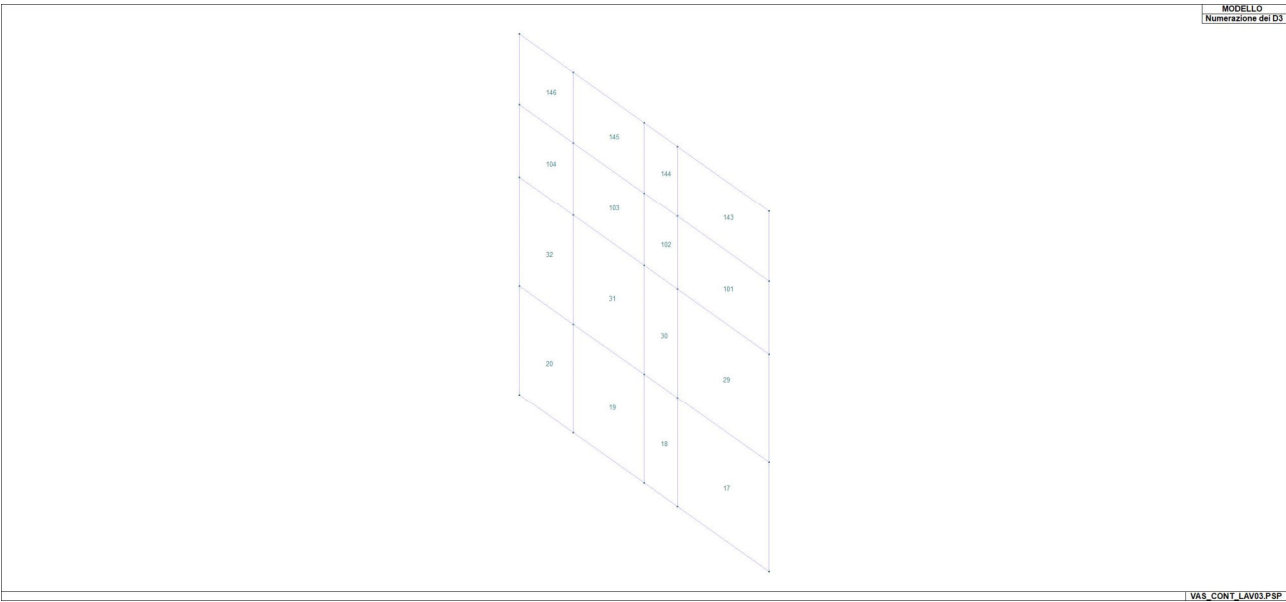
A seguire si riportano le immagini relative alle numerazioni di interesse:

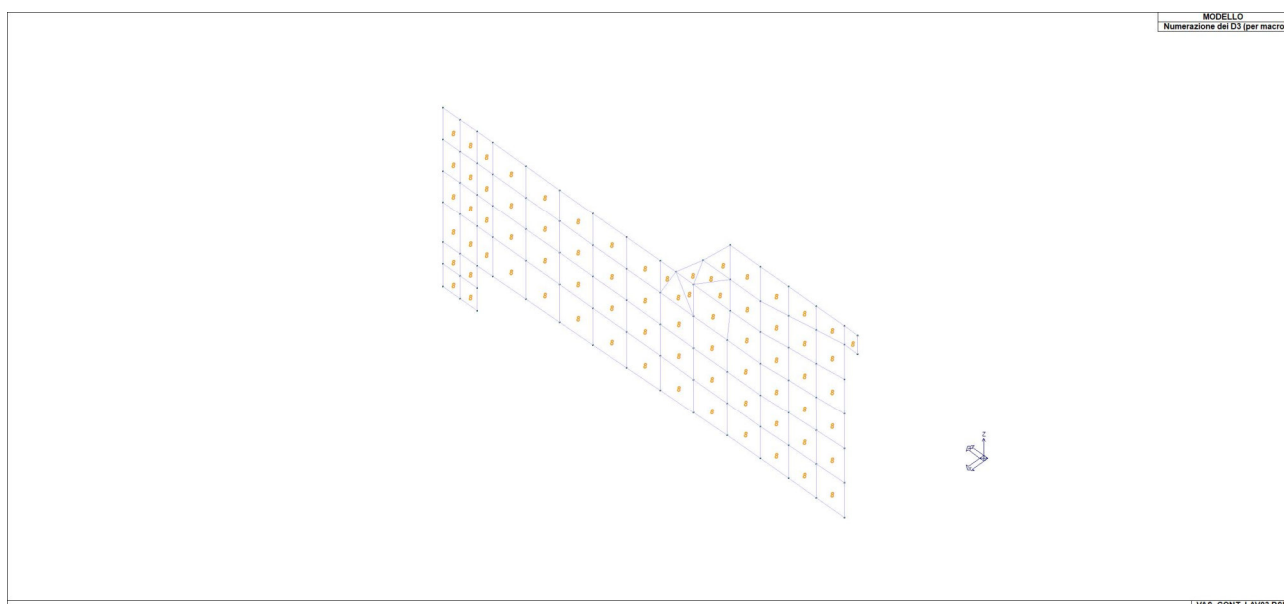
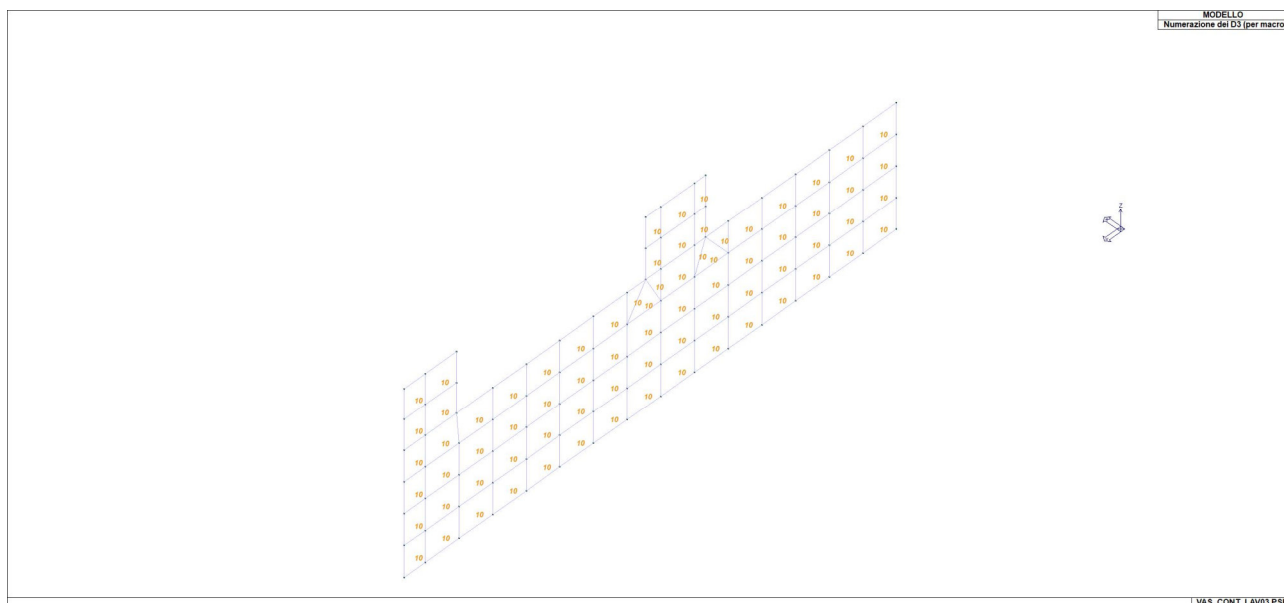


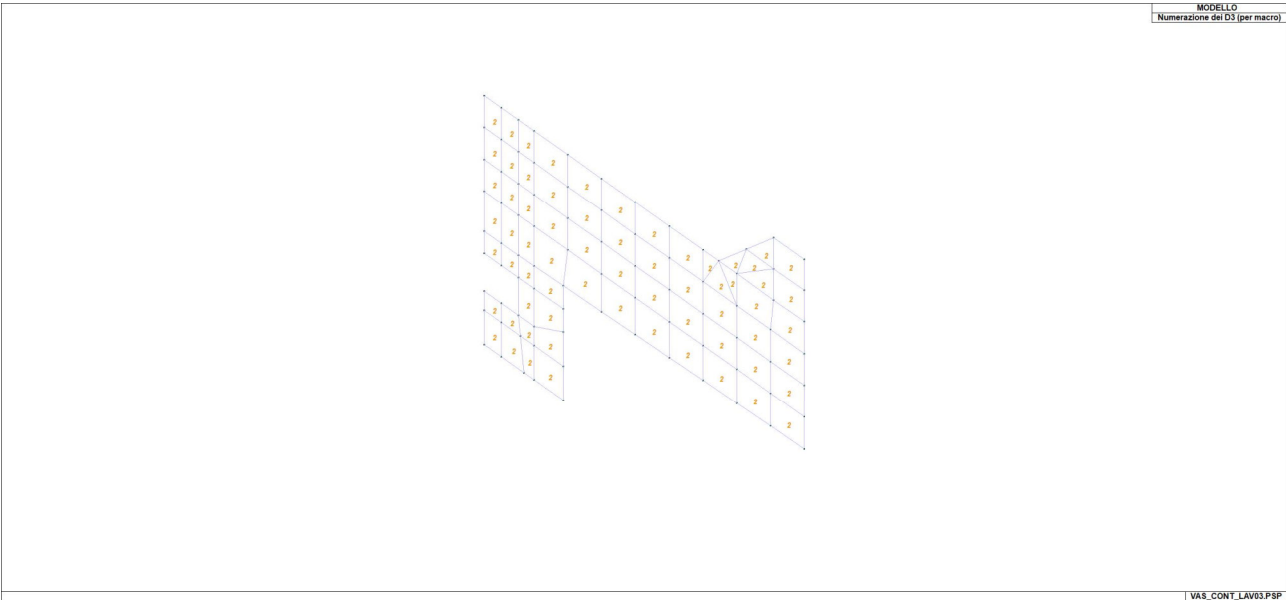
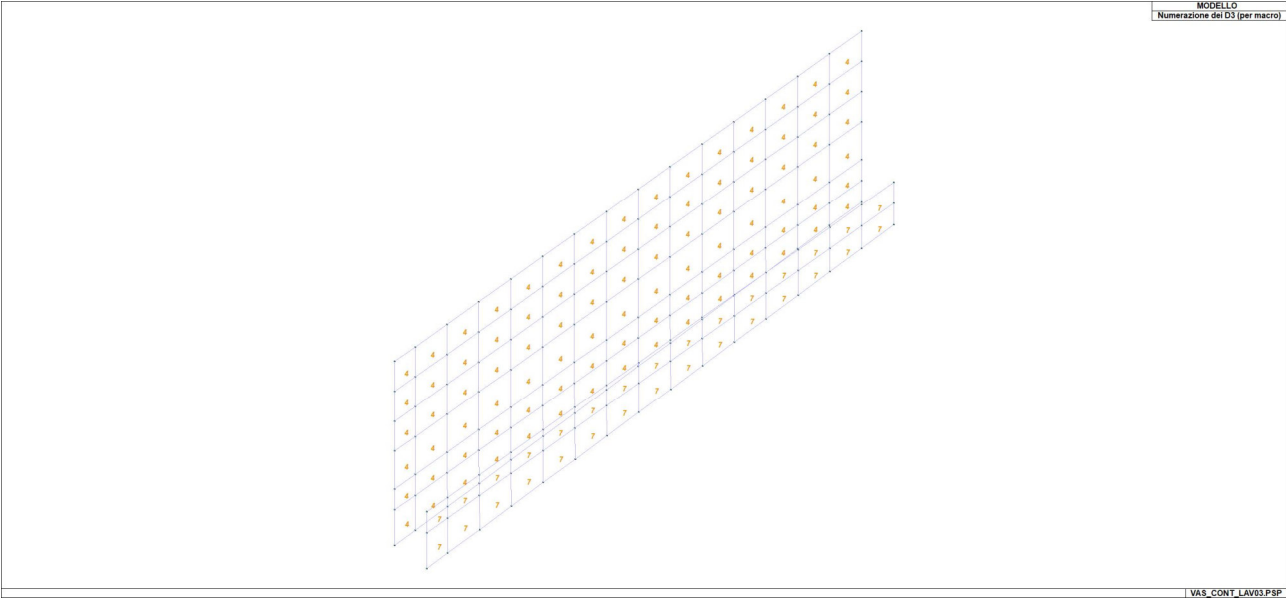


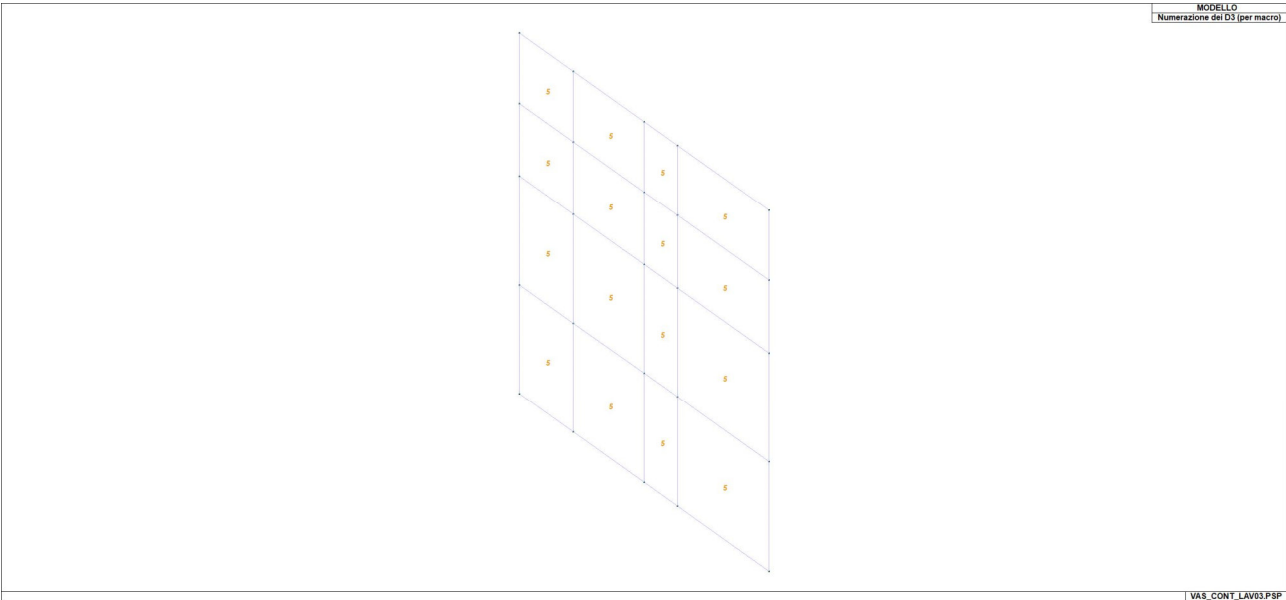
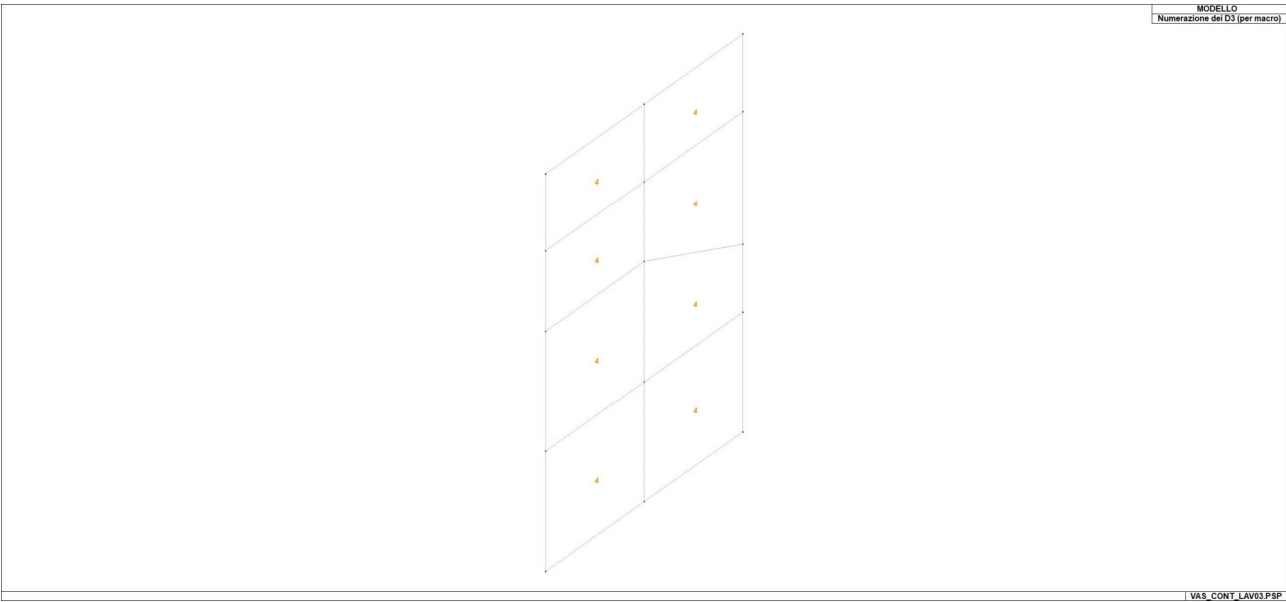


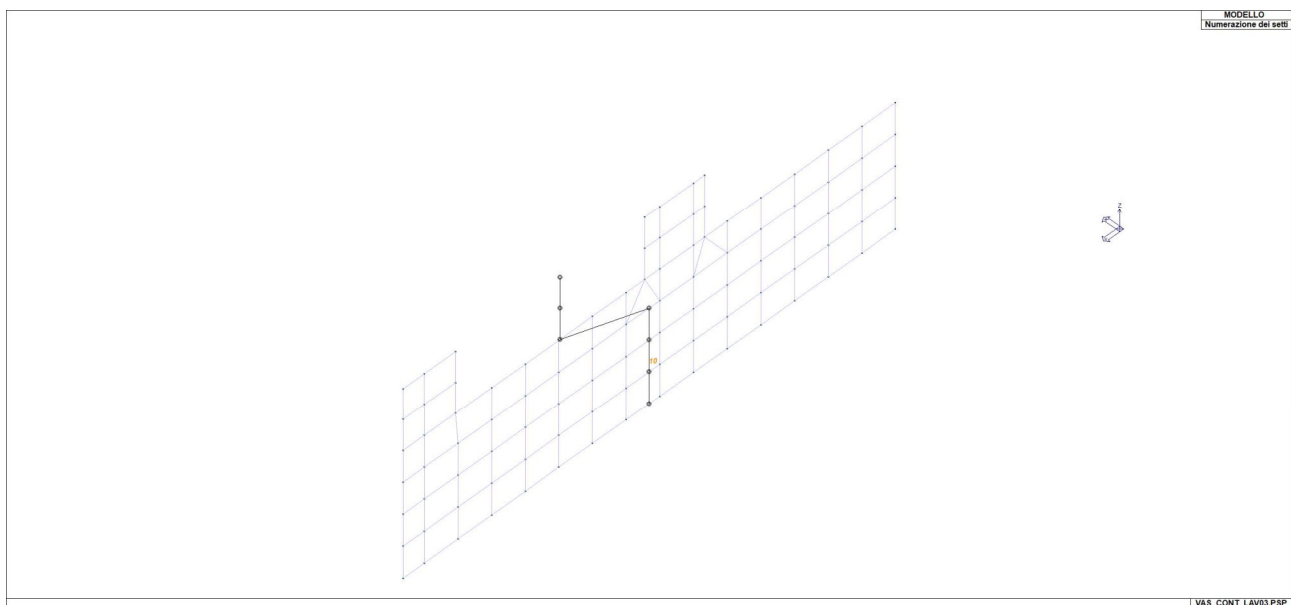
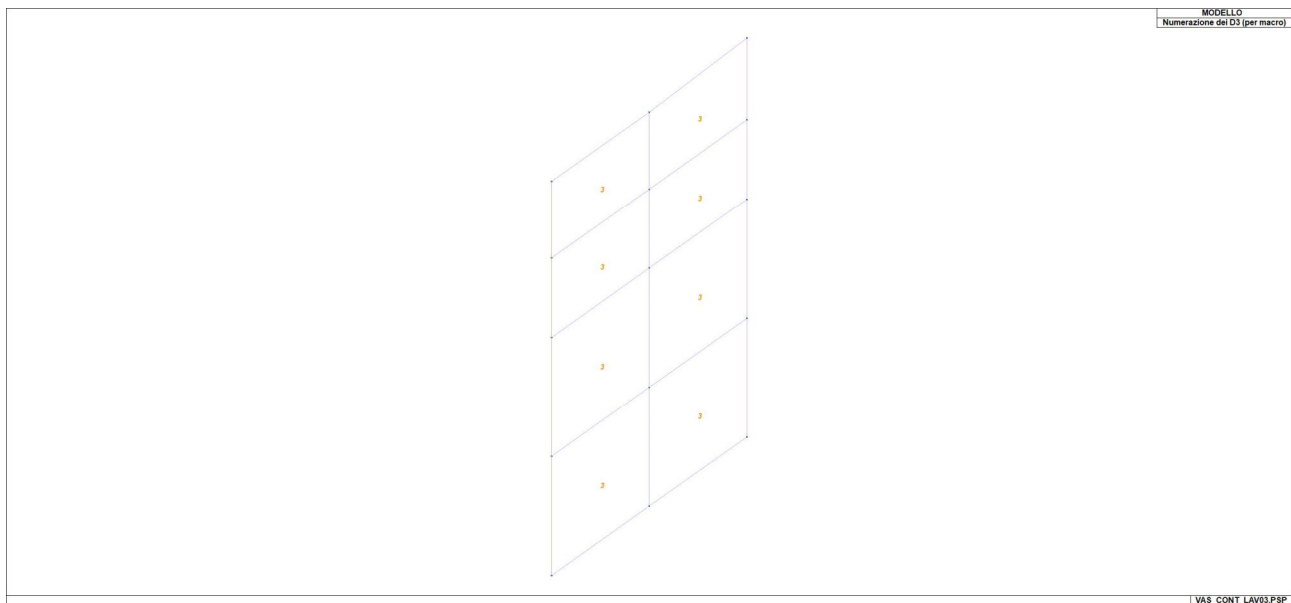


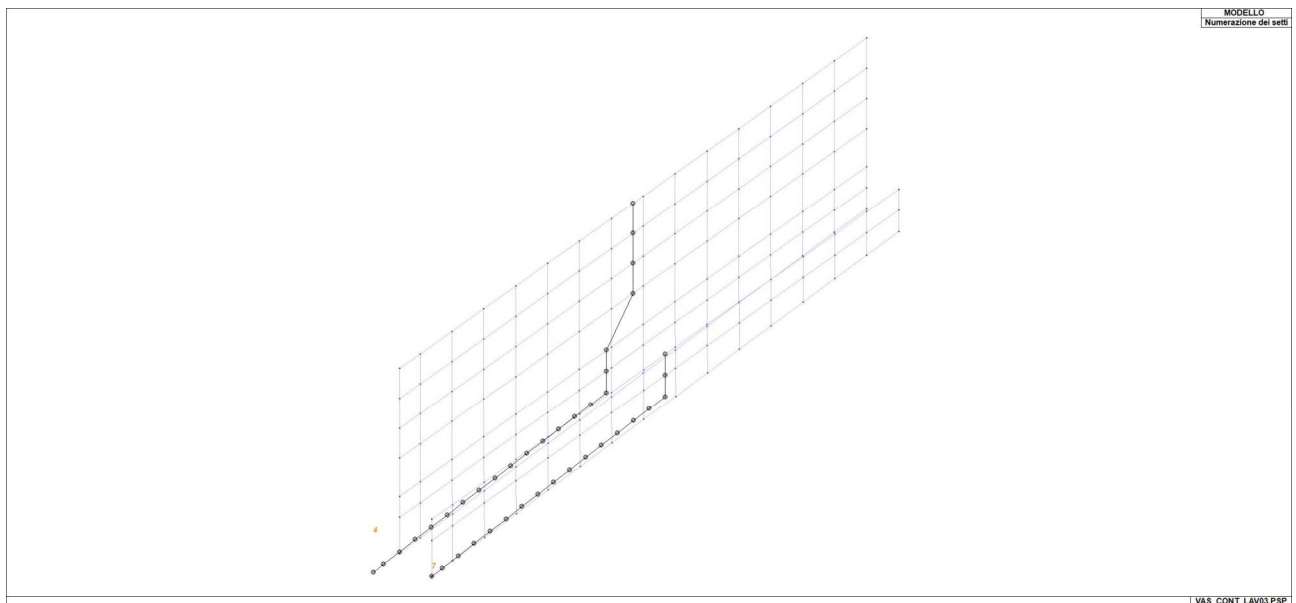
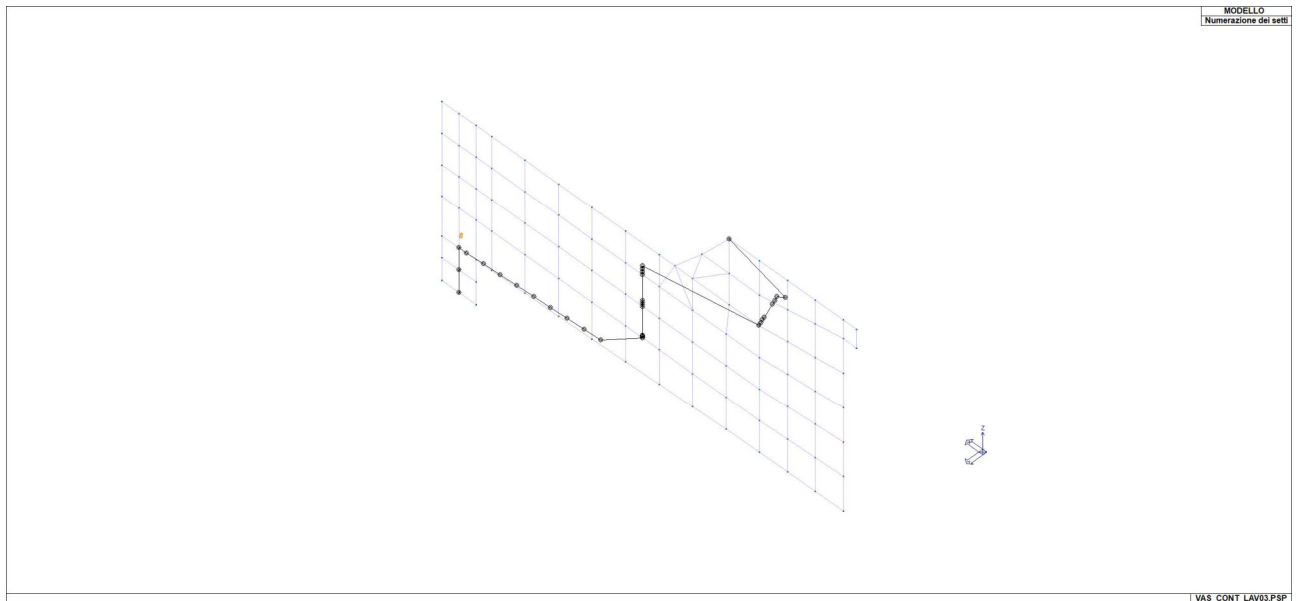


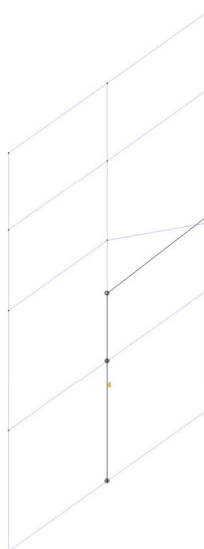
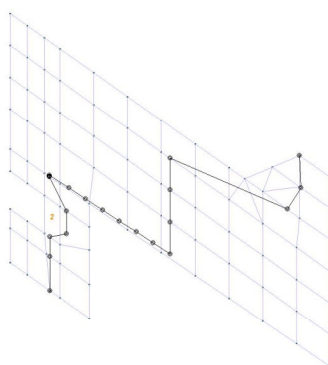


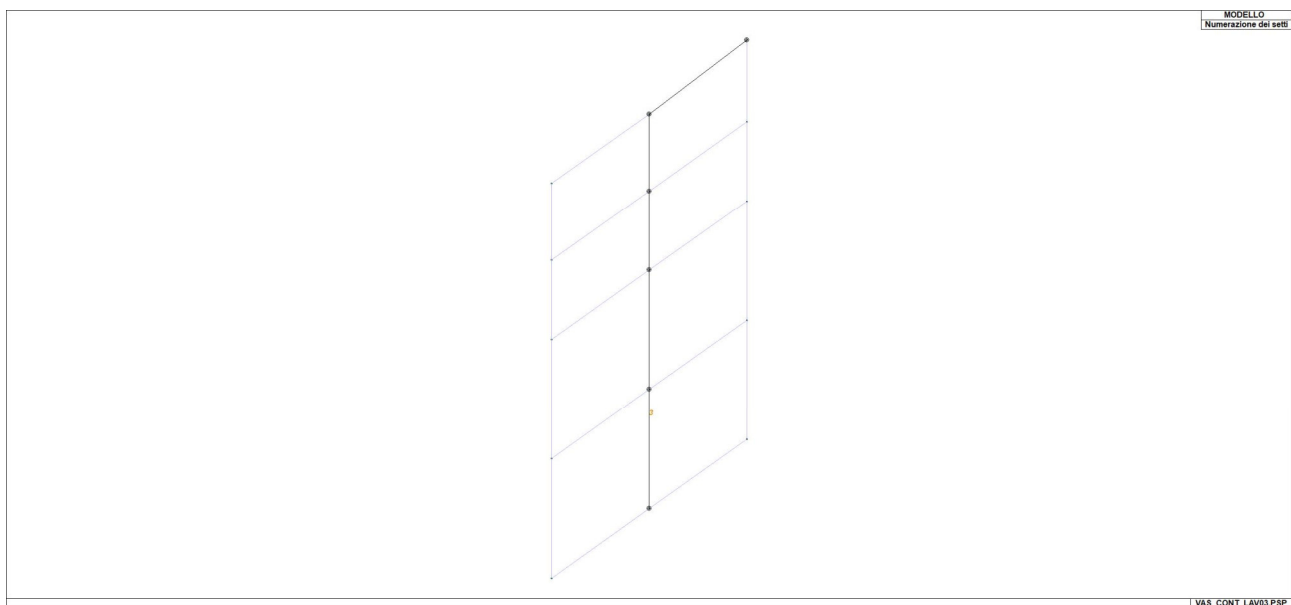
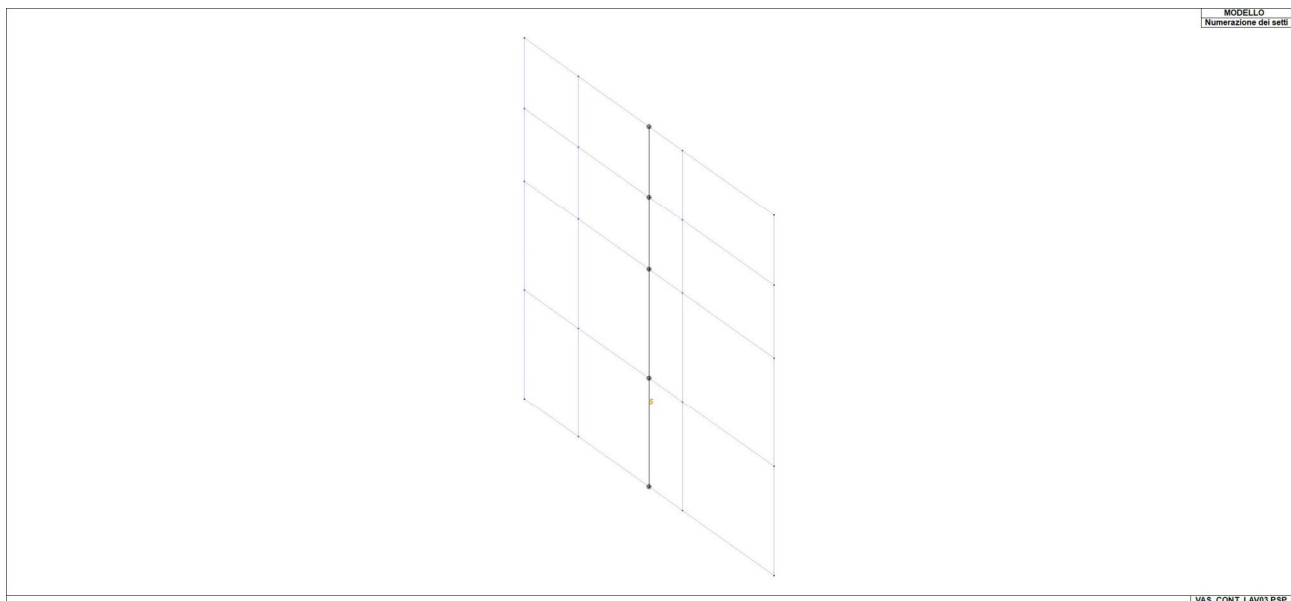












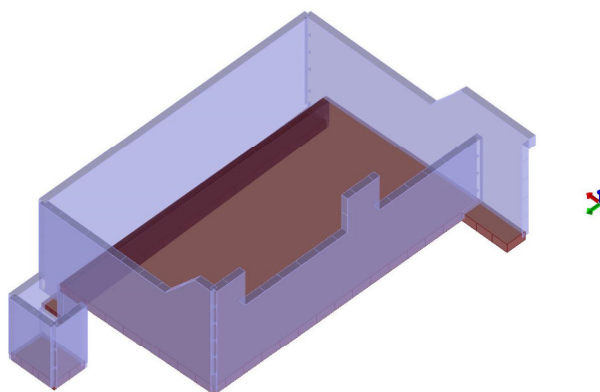
Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA_SPESSORI

Id		Spessore Gusci	Spessore Setti	Sp. solai piano rigido
-	-	cm	cm	cm
1		-	30.00	-
2		40.00	-	-

Legenda

Spessore Gusci Spessore degli elementi shell con sviluppo orizzontale
 Spessore Setti Spessore degli elementi shell con sviluppo verticale



3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

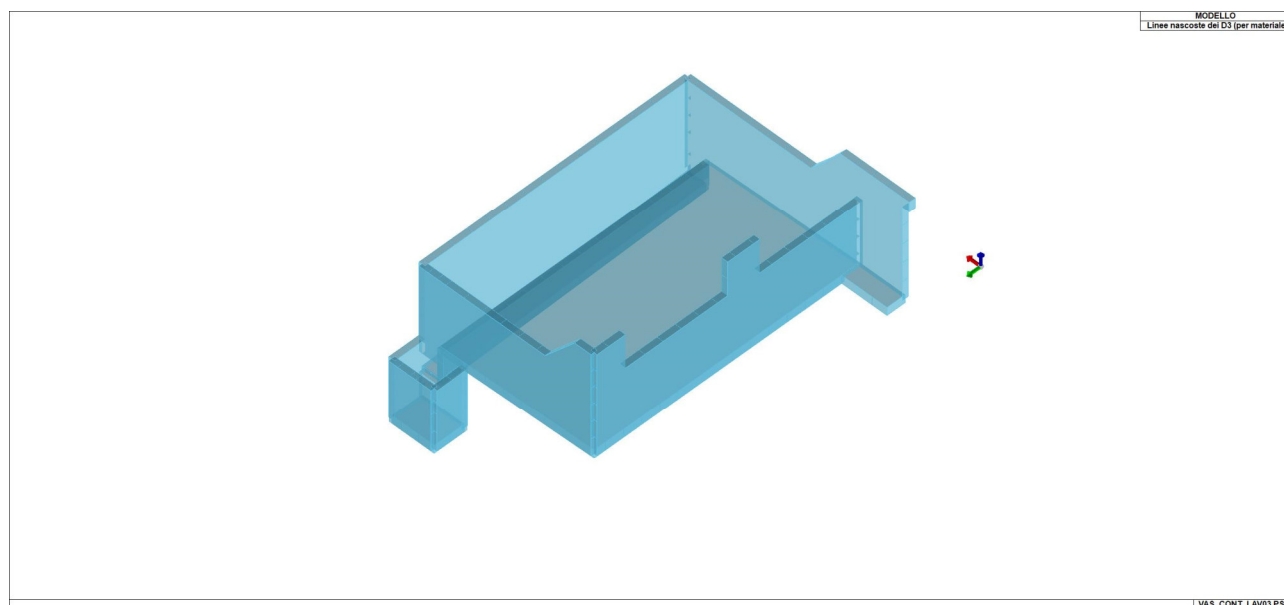
3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[5]- MATERIALE PER FONDAZIONE -

Calcestruzzo Classe C32/40			
Id	-	-	u.m.
5	< MATERIALE NUOVO >		
	Resistenza caratteristica cubica Rck	400.0	daN/cm2
	Resistenza caratteristica cilindrica fck	332.0	daN/cm2
	Resistenza fctm	31.0	daN/cm2
	Tensione caratteristica di snervamento acciaio	4300.0	daN/cm2
	Tipo acciaio	tipo C	
	Coefficiente gamma c	1.60	
	Coefficiente gamma s	1.15	
	Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00	
	Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00	
	Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00	

[5]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -

Calcestruzzo Classe C32/40			
Id	-	-	u.m.
5	< MATERIALE NUOVO >		
	Resistenza caratteristica cubica Rck	400.0	daN/cm2
	Resistenza caratteristica cilindrica fck	332.0	daN/cm2
	Resistenza fctm	31.0	daN/cm2
	Tensione caratteristica di snervamento acciaio	4300.0	daN/cm2
	Tipo acciaio	tipo C	
	Coefficiente gamma c	1.60	
	Coefficiente gamma s	1.15	
	Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00	
	Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00	
	Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00	



4. AZIONE SISMICA

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.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle seguenti espressioni:

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D**, **E** i coefficienti S_S e C_C vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

I valori di S_S , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

La struttura è localizzata in:

Localizzazione
Località FERMO (FM)
Comune di FERMO (FM)
Regione MARCHE
Longitudine 13.677, Latitudine 43.123 (Riferimento WGS84)

L'azione sismica viene definita in relazione a 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	Coeff. Uso	Periodo V_r	Tipo di suolo	Categoria topografica	Quota relativa
	[anni]		[anni]			[%]
III	50.0	1.5	75.0	C	T1	-

La risposta sismica locale (RSL) è definita come da NTC 2018 Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III

4.1 CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO

Principali caratteristiche della struttura	
Opera di nuova realizzazione	SI
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	ND struttura non dissipativa
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Dinamica lineare
Verifica SLD di resistenza	SI

Fattori di comportamento utilizzati SLU			
	Dissipativi	Verifiche fragili	Non Dissipativi
q SLU x	1.50	1.00	1.50
q SLU y	1.50	1.00	1.50
q SLU z	1.50	-	-

Fattori di comportamento utilizzati SLD	
q SLD x	1.00
q SLD y	1.00
q SLD z	1.00
Eta SLO	1.00

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

Classe d'uso <input type="radio"/> I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...] <input type="radio"/> II edifici ordinari <input checked="" type="radio"/> III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...) <input type="radio"/> IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)	Pericolosità e zonazione <div> pericolosità sismica </div> <div> agS per SLV: <input type="text" value="0.292"/> </div> <div> Modalità di progettazione semplificata per $agS < 0.075$ <input type="checkbox"/> </div>
	Strutture esistenti <input checked="" type="radio"/> LC1: conoscenza limitata <input type="radio"/> LC2: conoscenza adeguata <input type="radio"/> LC3: conoscenza accurata <div> Fattore di confidenza FC: <input type="text" value="1.35"/> </div>

Categoria di suolo di fondazione <input type="radio"/> A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ... <input type="radio"/> B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ... <input checked="" type="radio"/> C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti ... <input type="radio"/> D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti ... <input type="radio"/> E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D ...	Categoria topografica <input checked="" type="radio"/> T1 <input type="radio"/> T2 in sommità al pendio <input type="radio"/> T3 in cresta al rilievo con moderata <input type="radio"/> T4 in cresta al rilievo <div> <input type="text" value="100"/> quota relativa (%) </div>
	Spettri di progetto <input type="checkbox"/> Usa spettri esterni <input type="button" value="Sfoggia..."/>

Parametri e fattori spettrali								Duttilità <input checked="" type="radio"/> ND - non dissipativa <input type="radio"/> B - media <input type="radio"/> A - alta
S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD	Regolarità <input checked="" type="checkbox"/> in pianta <input checked="" type="checkbox"/> in altezza Edifici isolati <input type="text" value="2.0"/> T is <input type="text" value="10.0"/> s esi
SLO	<input type="text" value="0.063"/>	<input type="text" value="1.500"/>	<input type="text" value="2.439"/>	<input type="text" value="0.826"/>	<input type="text" value="0.153"/>	<input type="text" value="0.458"/>	<input type="text" value="1.852"/>	
SLD	<input type="text" value="0.080"/>	<input type="text" value="1.500"/>	<input type="text" value="2.432"/>	<input type="text" value="0.927"/>	<input type="text" value="0.159"/>	<input type="text" value="0.476"/>	<input type="text" value="1.919"/>	
SLV	<input type="text" value="0.210"/>	<input type="text" value="1.390"/>	<input type="text" value="2.462"/>	<input type="text" value="1.523"/>	<input type="text" value="0.168"/>	<input type="text" value="0.503"/>	<input type="text" value="2.440"/>	
SLC	<input type="text" value="0.273"/>	<input type="text" value="1.295"/>	<input type="text" value="2.473"/>	<input type="text" value="1.744"/>	<input type="text" value="0.171"/>	<input type="text" value="0.512"/>	<input type="text" value="2.692"/>	
Verticale per tutti:		<input type="text" value="1.000"/>			<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="0.150"/>	<input type="text" value="1.000"/>	
eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z	<input type="button" value="Aiuto..."/>	
	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="1.5"/>		
Smorzamento...				<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<= Esistenti v. fragili		<input type="button" value="Info..."/>

Dati comuni per le analisi Quota spiccato [cm] <input type="text" value="0.0"/> Contributo carichi in fondazione <input type="checkbox"/> Eccentricità aggiuntiva X: <input type="text" value="5"/> Y: <input type="text" value="5"/> Spost. relativo rapp. SLC/SLD <input type="text" value="5"/> ex. muratura Dati per analisi dinamica N. modi <input type="text" value="12"/> N. modi rigidi <input type="text" value="0"/>		Dati per analisi statica lineare e non lineare Altezza edificio [cm] <input type="text" value="840.0"/> N. orizzontamenti <input type="text" value="1"/> Fatt. Lambda [0.85 - 1] <input type="text" value="1.0"/> <input type="button" value="Calcola periodi T1"/> Periodo T1 [primo modo] <input type="text" value="0.3"/> dir. x-x <input type="text" value="0.3"/> dir. y-y <input type="text" value="0.3"/> dir. z-z <input type="text" value="0.3"/> Sd (T1) - SLU <input type="text" value="0.479"/> <input type="text" value="0.479"/> <input type="text" value="0.107"/> Se (T1) - SLD <input type="text" value="0.291"/> <input type="text" value="0.291"/> <input type="text" value="0.037"/> Rapp T1/TrZ <input type="text" value="1.629"/> <input type="text" value="1.204"/> suggerito: Accelerazione uniforme [Fi=Fh] <input type="checkbox"/> NO Eccentricità convenzionale con momenti Mz <input type="checkbox"/> NO Usa spostamenti medi di piano per pushover <input checked="" type="checkbox"/> SI		
---	--	---	--	--

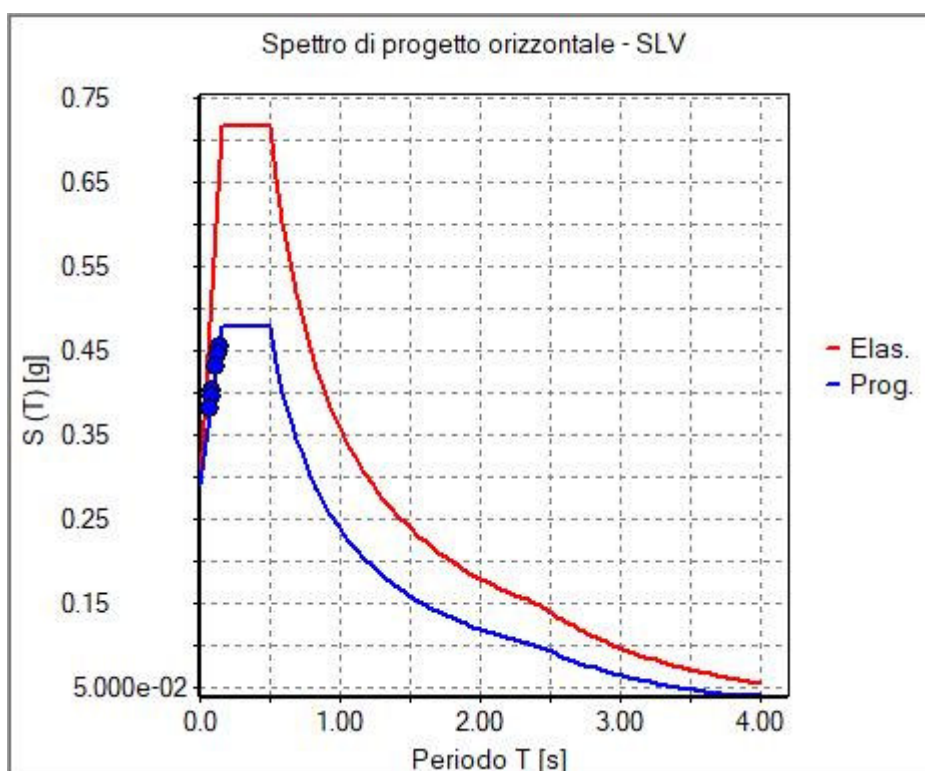
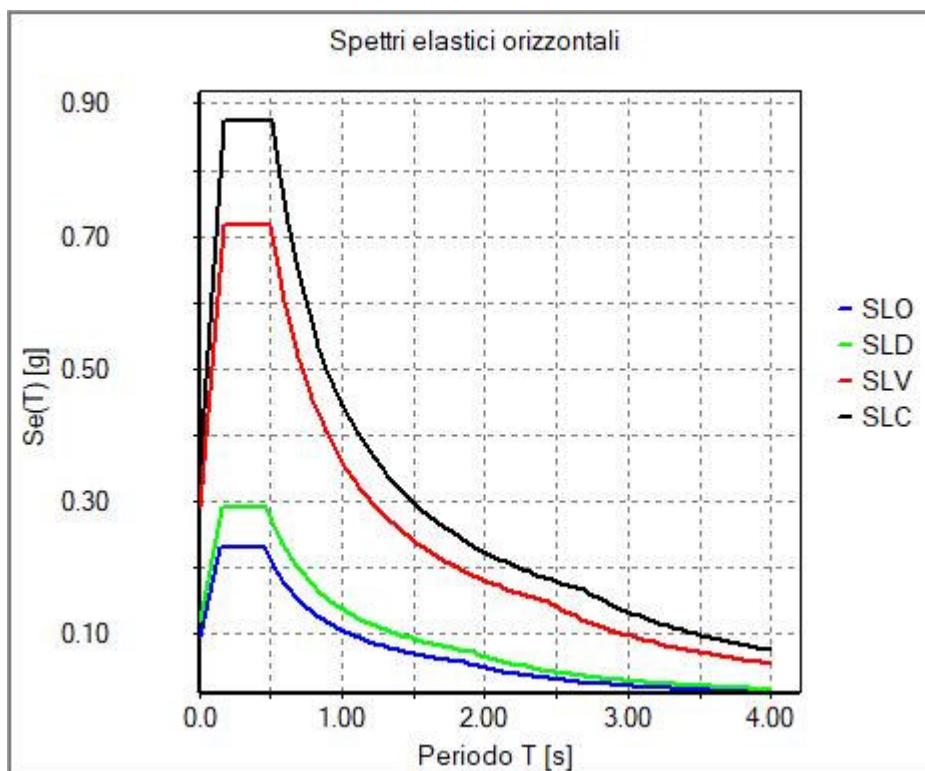
C.D.C. sismico	<input type="text"/>	Nodo cont.	<input type="text" value="0"/> (**)
C.D.C.	<input type="text"/>		
Analisi modale di riferimento	<input type="text"/> <input type="button" value="Sforgia..."/>	Modo rifer.	<input type="text" value="0"/> (**)

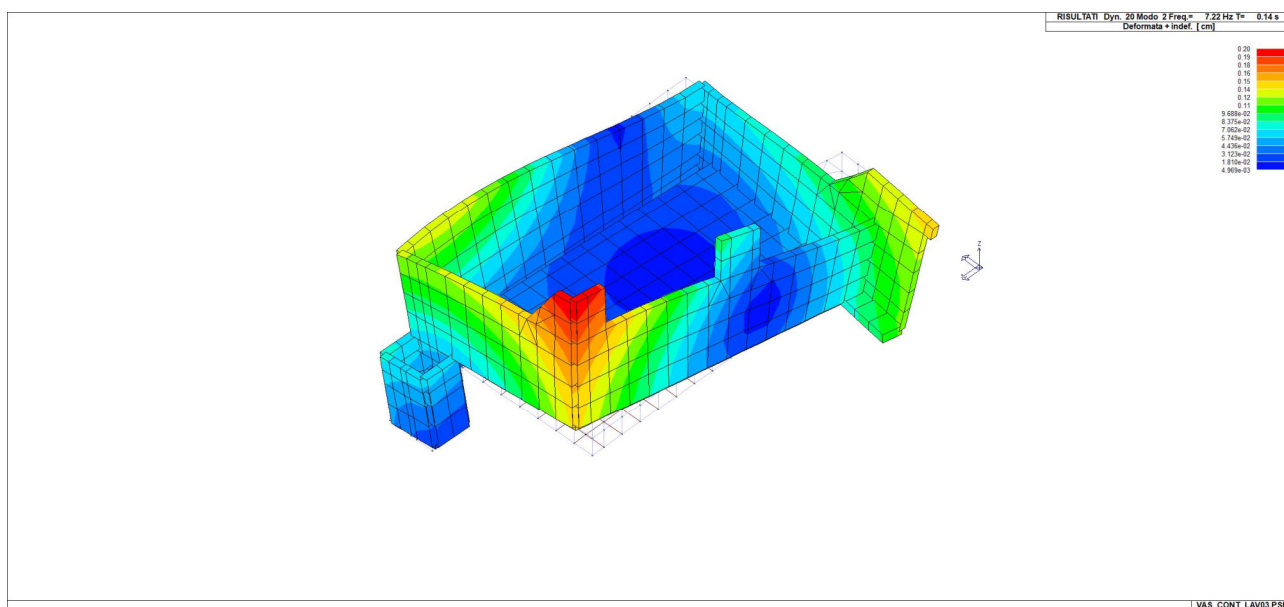
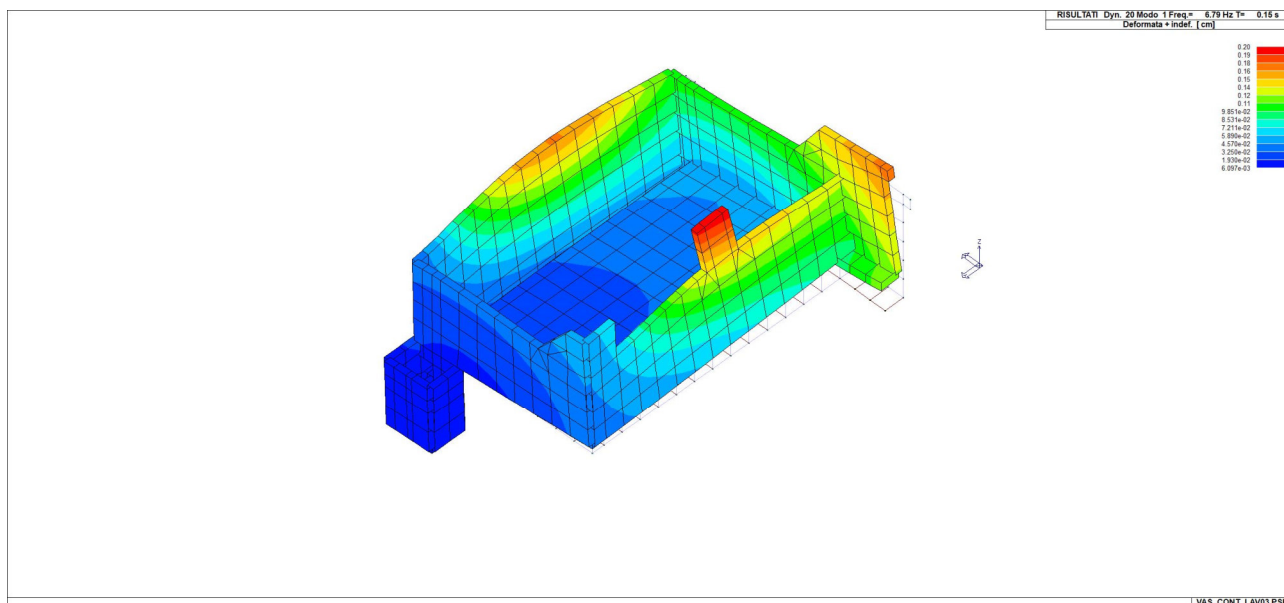
Sisma	LC 1	LC 2	LC 3
LC U 4	1.00	1.00	1.00
LC U 5	1.00	1.00	1.00
LC U 6	1.00	1.00	1.00
LC D 7	1.00	1.00	1.00
LC D 8	1.00	1.00	1.00
LC D 9	1.00	1.00	1.00
LC D 10	1.00	1.00	1.00

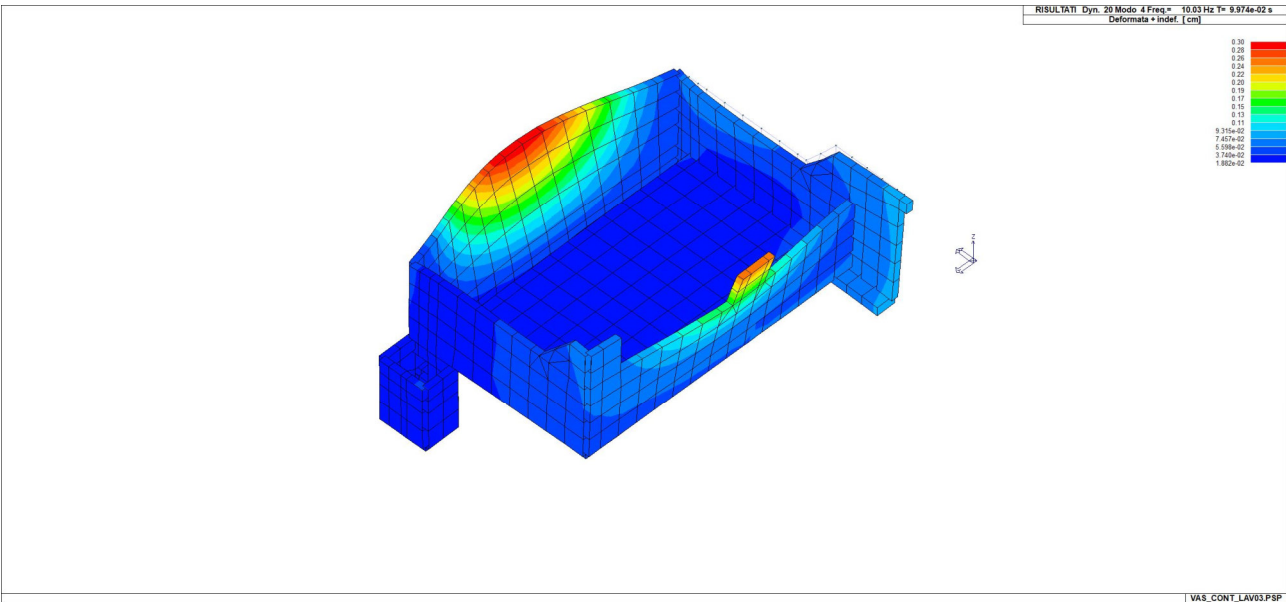
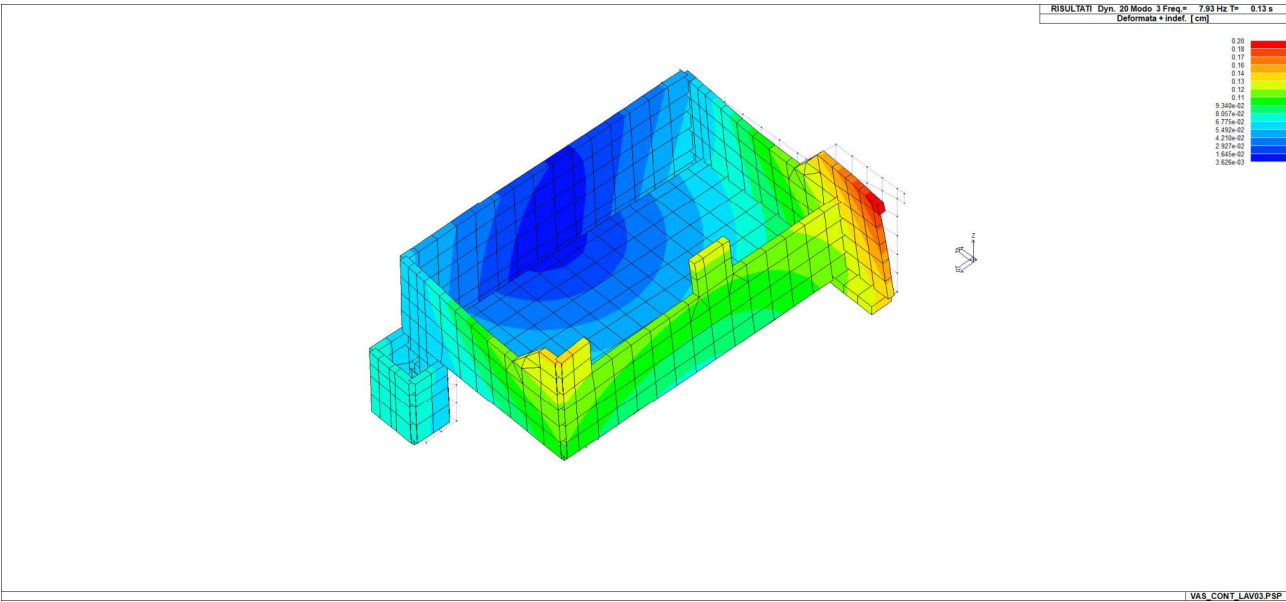
NOTA: (*) coefficienti per carichi variabili Q
 cdc Qk : utilizzare psi 2
 cdc Qsk/Qnk : utilizzare di regola 1 (psi 2 da archivio carico)

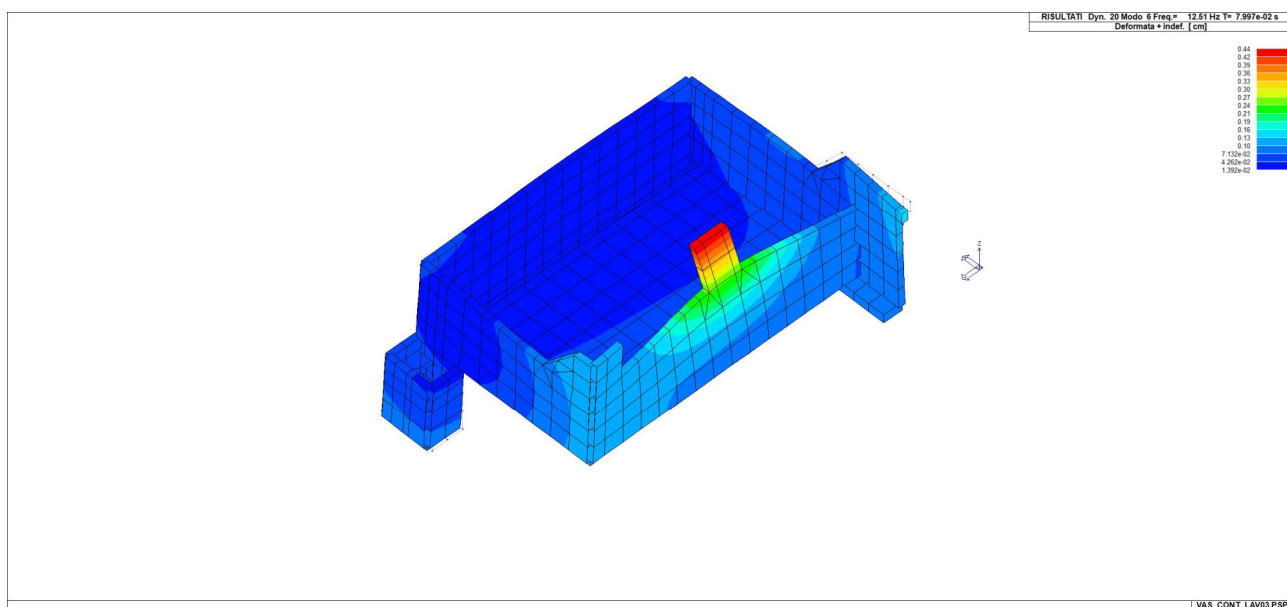
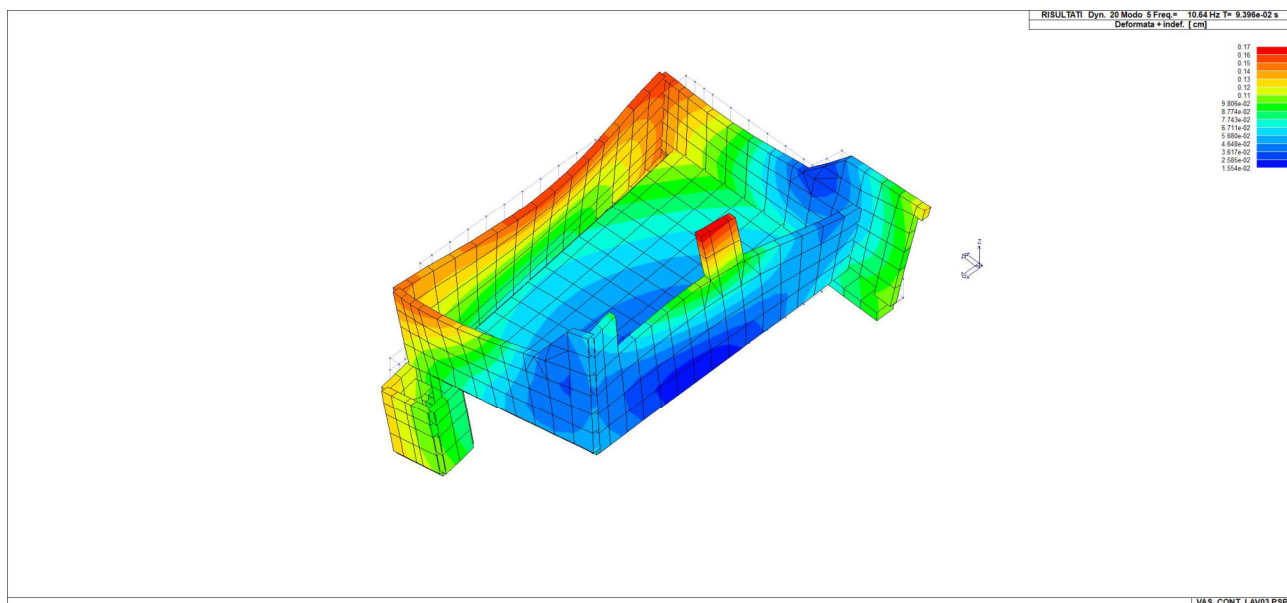
(**) 0 per default in pushover

Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:









ANALISI MODALE_NO_ECCENTRICITA

Modo	Frequenza	Periodo	X M efficace x g	%	Y M efficace x g	%	Z M efficace x g	%	RZ M efficace x g	%
-	Hz	sec	daN	-	daN	-	daN	-	daN cm2	-
1	6.79	0.15	6.910e+04	60	43.8	0	5951.9	5	3.280e+05	6
2	7.22	0.14	7418.1	6	3277.0	2	31.3	0	1.472e+06	30
3	7.93	0.13	0.4	0	5.157e+04	45	1507.5	1	2.078e+06	43
4	10.03	0.10	2547.9	2	5089.7	4	1.040e+04	9	4.966e+04	1
5	10.64	0.09	1446.9	1	2.976e+04	26	21.9	0	7.719e+05	15
6	12.51	0.08	5846.0	5	249.8	0	3.293e+04	28	6.414e+04	1

5. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

	Tipo CDC	Descrizione
1	Ggk	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

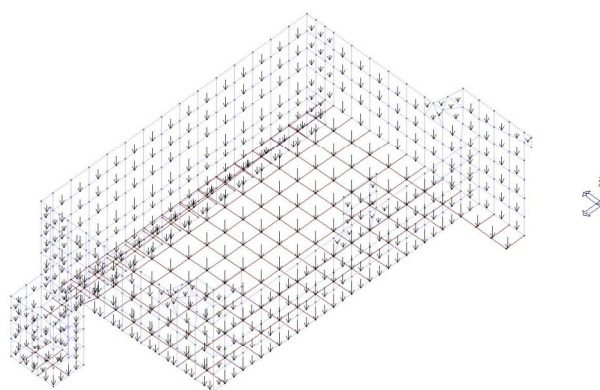
TABELLA_CASI_DI_CARICO

CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G2k (permanente generico n.c.d.) RIF	
3	Gk	CDC=G2k (permanente generico n.c.d.) TERR	
4	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
12	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir + alfa=0.0	
13	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir - alfa=0.0	
14	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir + alfa=90.00	
15	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLV dir - alfa=90.00	
16	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLD dir + alfa=0.0	
17	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLD dir - alfa=0.0	
18	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLD dir + alfa=90.00	
19	Etk	CDC=Etk (inc. sp. terreno) SLD dir - alfa=90.00	

Legenda

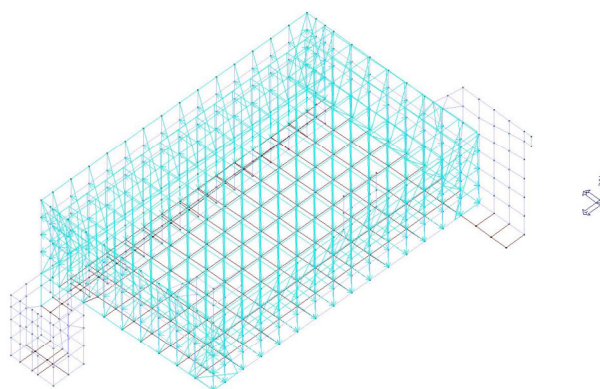
Tipo CDC Indica il tipo di caso di carico

CARICHI 001) CDC=0gk (peso proprio della struttura)



VAS_CONT_LAV03.PSP

CARICHI 002) CDC=02k (permanente generico n.c.d.) RIF



VAS_CONT_LAV03.PSP

MANDATARIA

EdilAlta

MANDANTE

Anaergia
Fueling a Sustainable World™

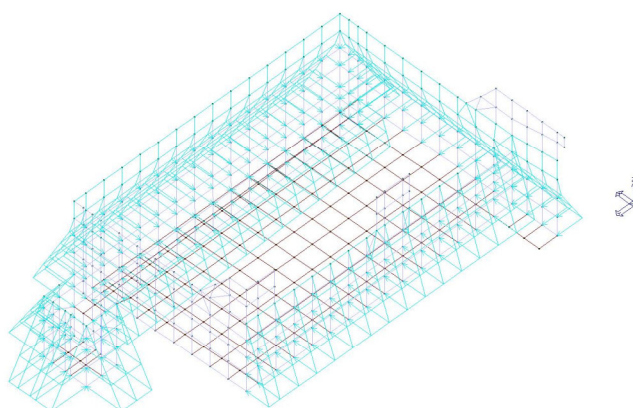
PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

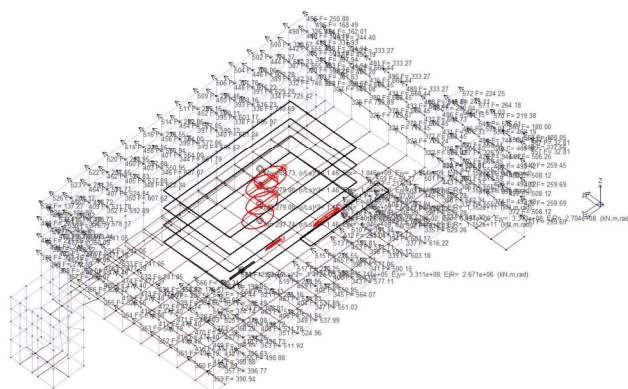
**VASCA CONFERIMENTO
RELAZIONE DI CALCOLO**

REV. 00

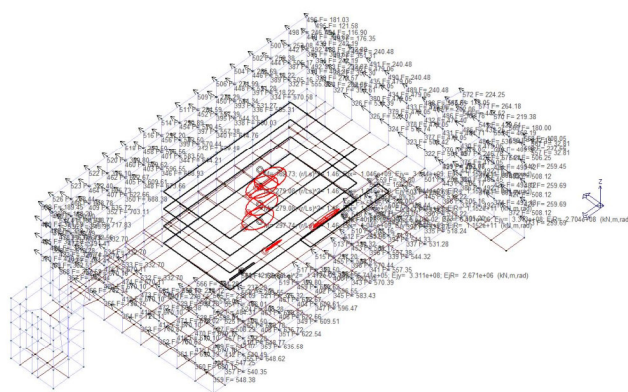
Pag. 28 di 74



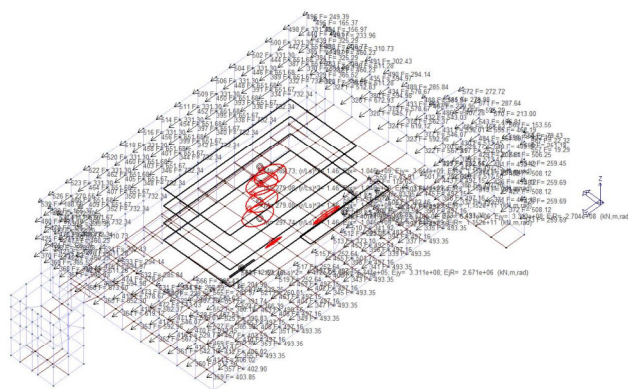
VAS_CONT_LAV03.PSP



VAS_CONT_LAV03.PSP

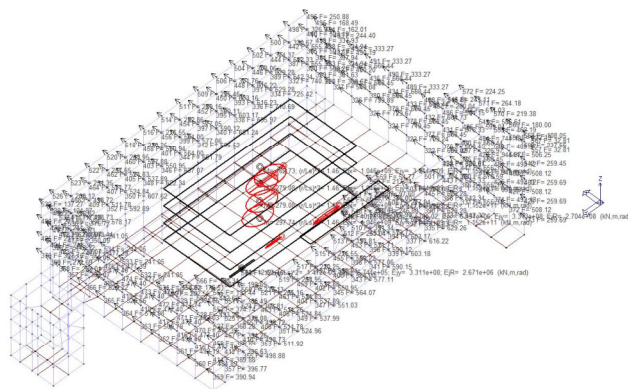


VAS_CONT_LAV03.PSP



VAS_CONT_LAV03.PSP

CARICHI 008) CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)



EdilAlta



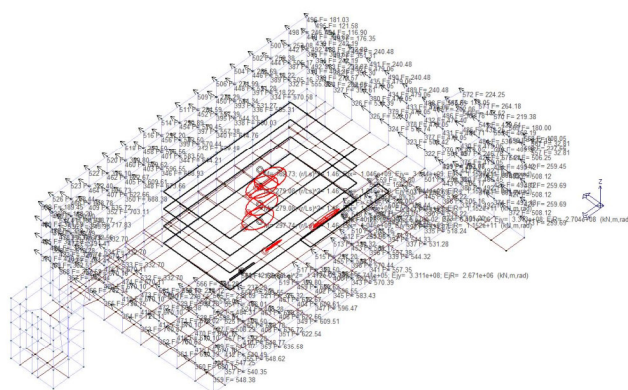
Anaergia
Fueling a Sustainable World™



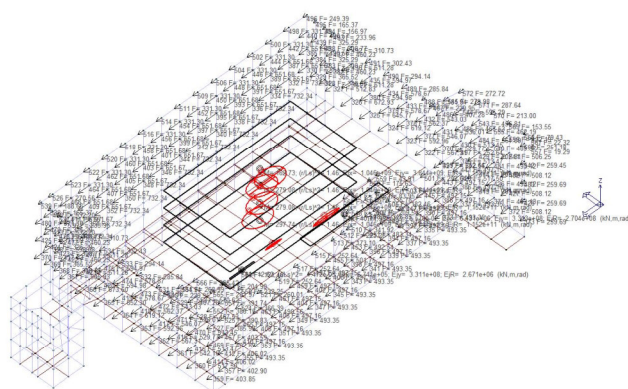
OWAC
ENGINEERING COMPANY

REV. 00

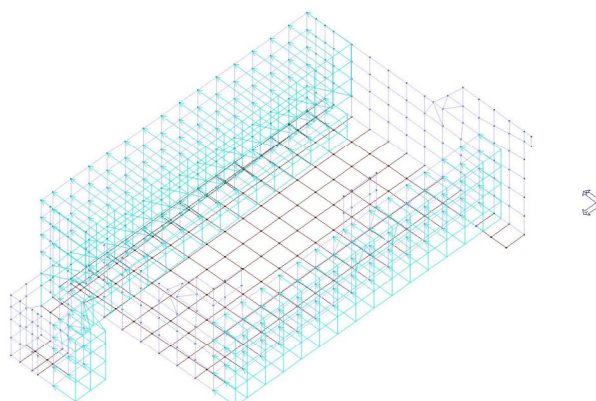
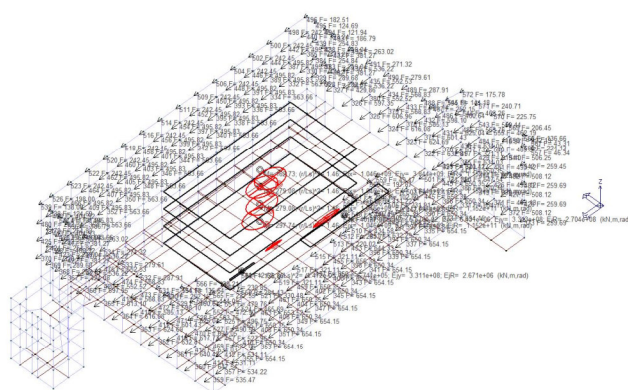
Pag. **31** di **74**

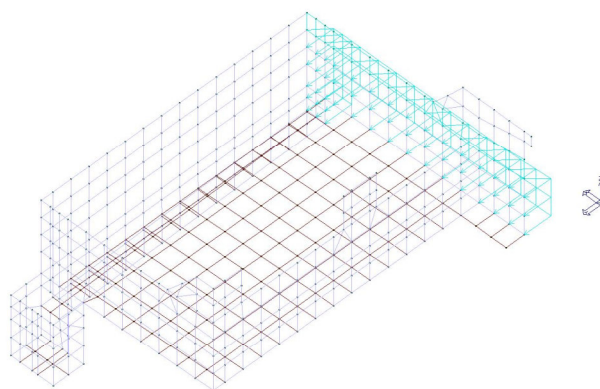
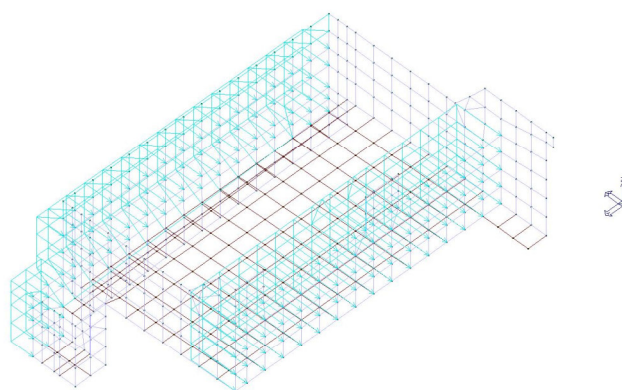


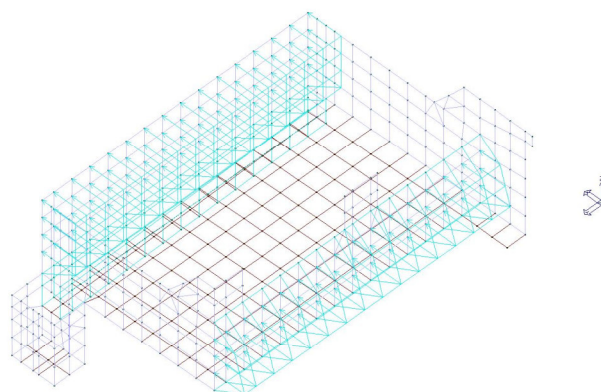
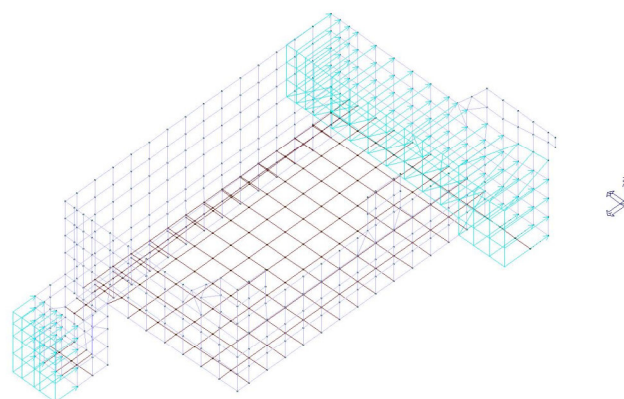
VAS_CONT_LAV03.PSP



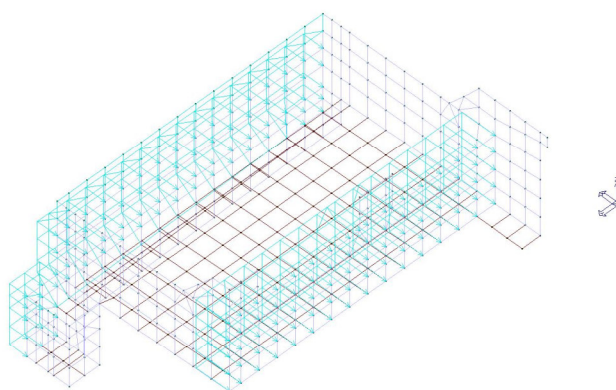
VAS_CONT_LAV03.PSP





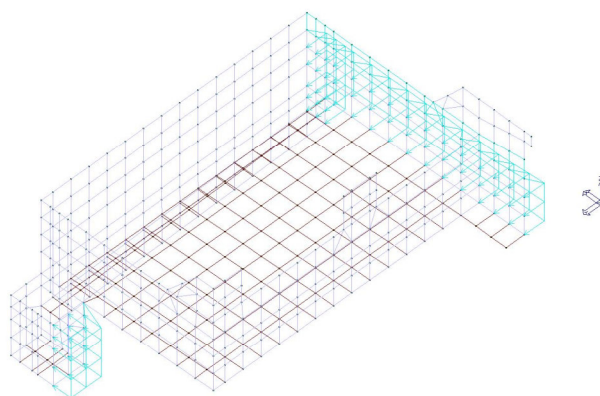


CARICHI 017) CDC=Eik (inc. sp. terreno) SLD dir - alfa=0.0



VAS_CONT_LAV03.PSP

CARICHI 018) CDC=Eik (inc. sp. terreno) SLD dir + alfa=90.00



VAS_CONT_LAV03.PSP

MANDATARIA

EdilAlta

MANDANTE

Anaergia
Fueling a Sustainable World™

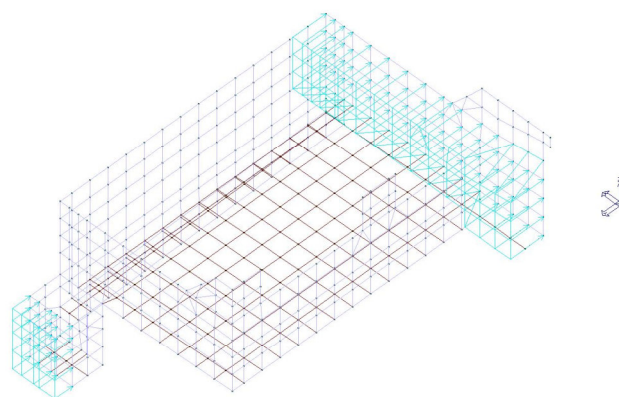
PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**VASCA CONFERIMENTO
RELAZIONE DI CALCOLO**

REV. 00

Pag. 36 di 74



6. DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma G_1 \cdot G_1 + \gamma G_2 \cdot G_2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q_1 \cdot Q_{k1} + \gamma Q_2 \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma Q_3 \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente SLE

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E
 $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$

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

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli ≤ 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota ≤ 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	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.I

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli Sfavorevoli	γ_{G1}	0,9 1,1	1,0 1,3	1,0 1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non computamente definiti)	Favorevoli Sfavorevoli	γ_{G2}	0,8 1,5	0,8 1,5	0,8 1,3
Carichi variabili	Favorevoli Sfavorevoli	γ_{Qi}	0,0 1,5	0,0 1,5	0,0 1,3

6.1 TIPO DI ANALISI EFFETTUATE

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 – a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 – b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 – c §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 – a §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (multimod; G2 – c §7.3.4.2)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

6.2 COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
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

TABELLA_COMBINAZIONI				
Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	2	Comb. SLU A1 2
SLE rara	3	Comb. SLE(rara) 3		
SLE frequente	4	Comb. SLE(freq.) 4		
SLE quasi permanente	5	Comb. SLE(perm.) 5		
SLV	6	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 6	21	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21

TABELLA_COMBINAZIONI				
Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLD	22	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 22	69	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 69

Legenda

Tipo CMB	Indica la categoria di combinazione
----------	-------------------------------------

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

[illegible]

SLU non sismici							
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1 [STR]	1.3	1	1.5	0.8	1	1	1.5
Fattori di comb. A2 [GEO]	1	1	1.3	0.8	1	1	1.3
<input type="checkbox"/> SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5

SL per azioni sismiche							
g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di comb. A2	1	1	1	1	1	1	1
<input type="checkbox"/> Non applicare automatismo per il punto NTC 7.2.5 (amplificazione azioni elementi soprastanti le fondazioni)							

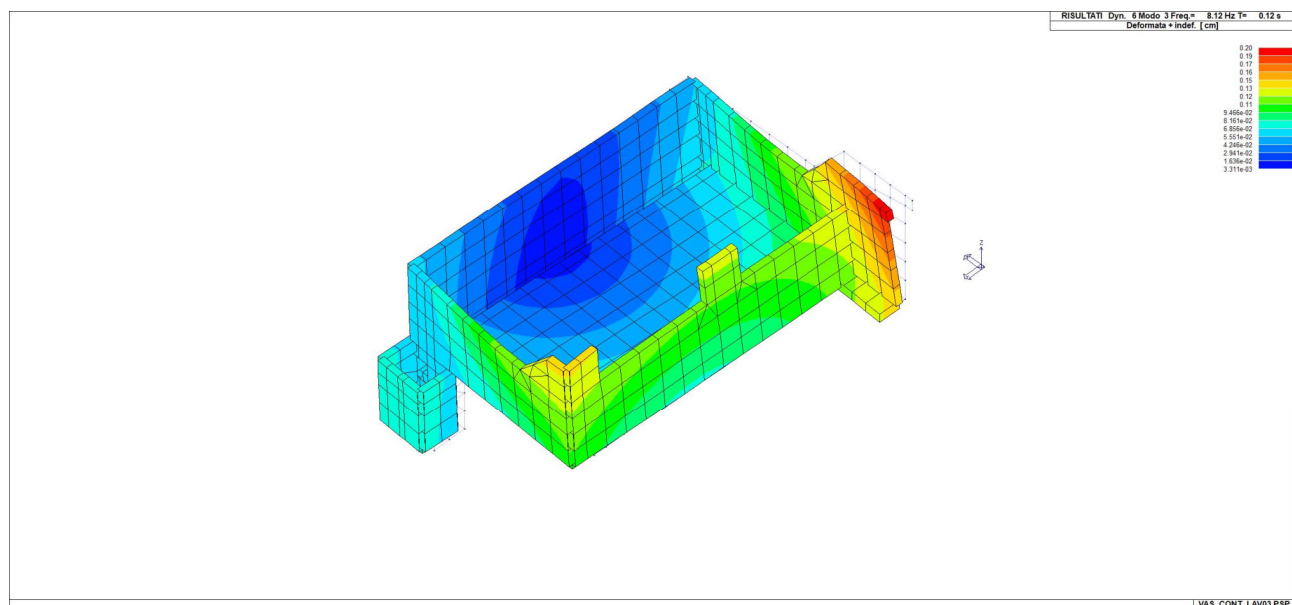
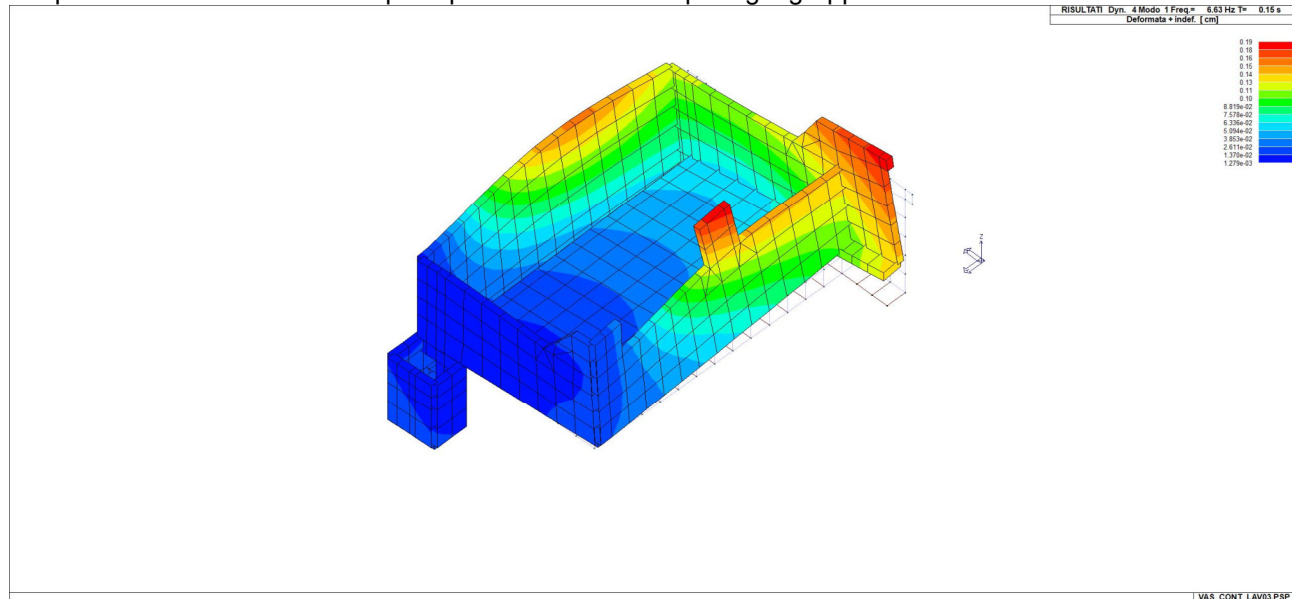
SLU per azioni eccezionali							
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1

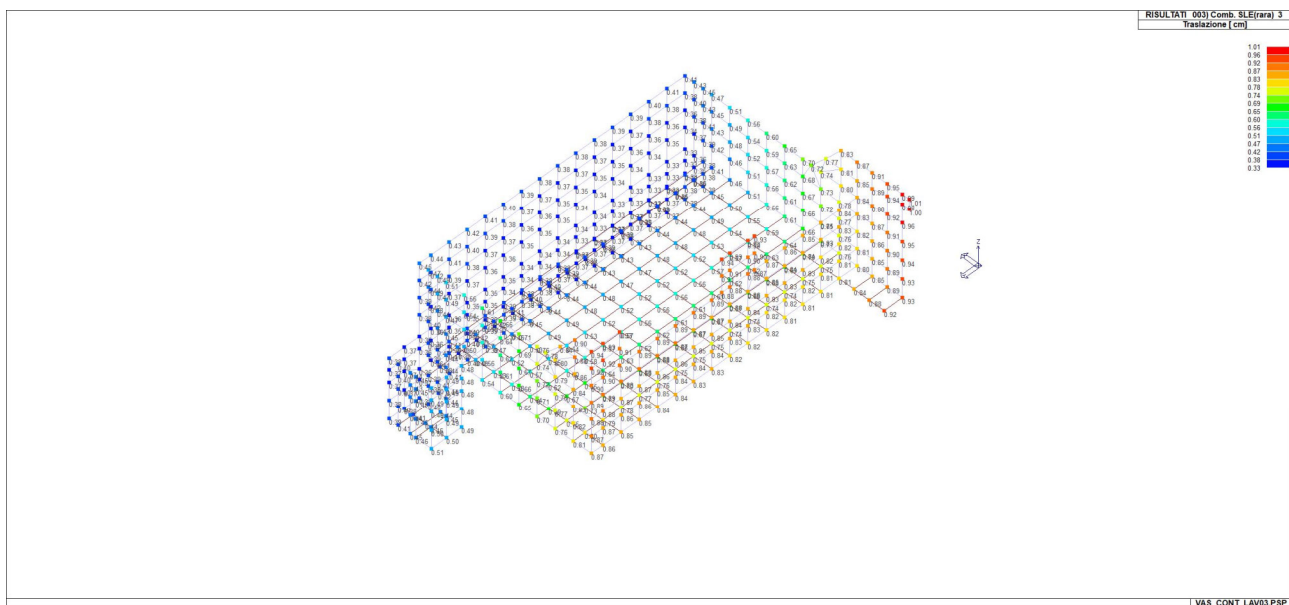
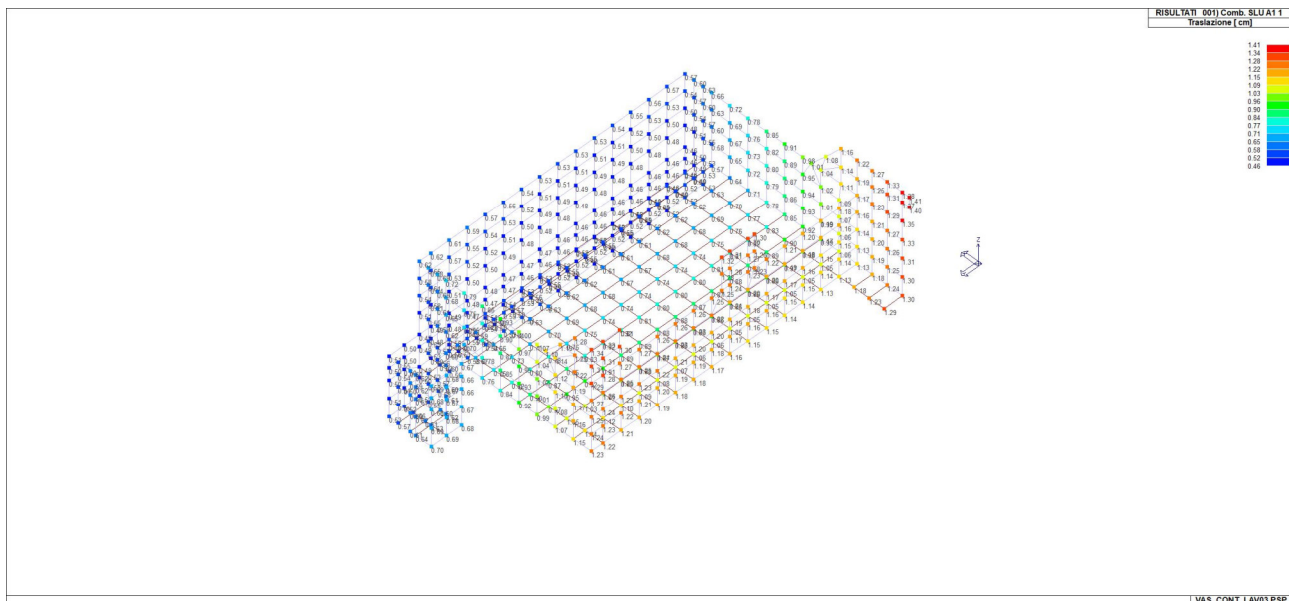
Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.

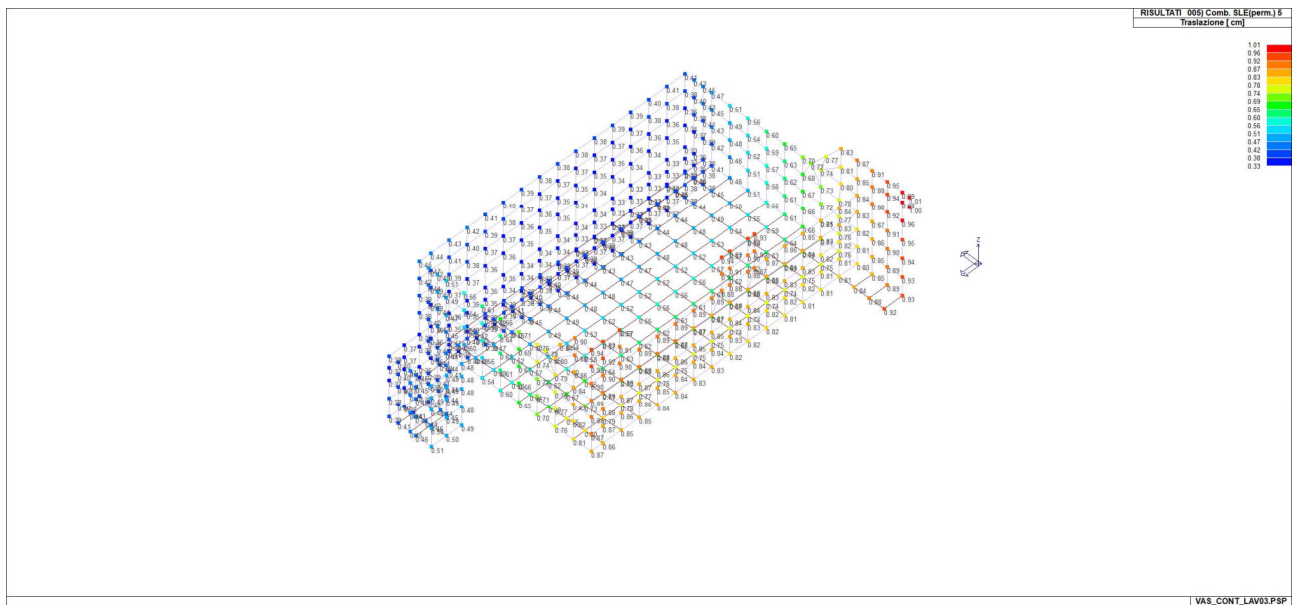
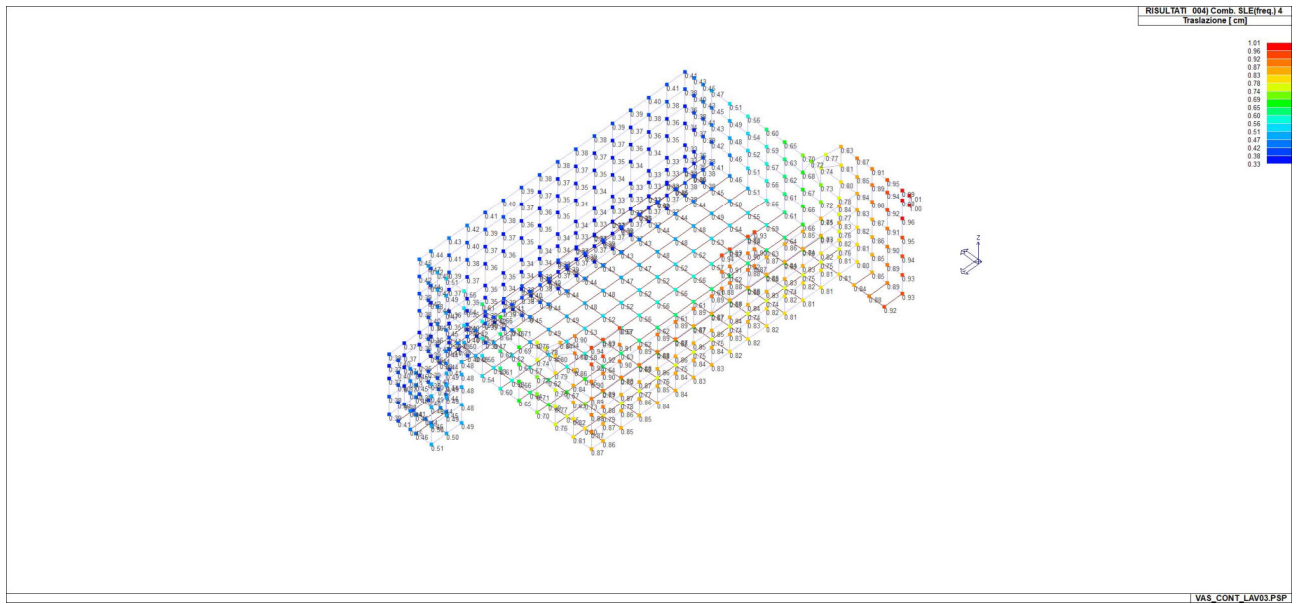
☐ Permuta valori g min e g max

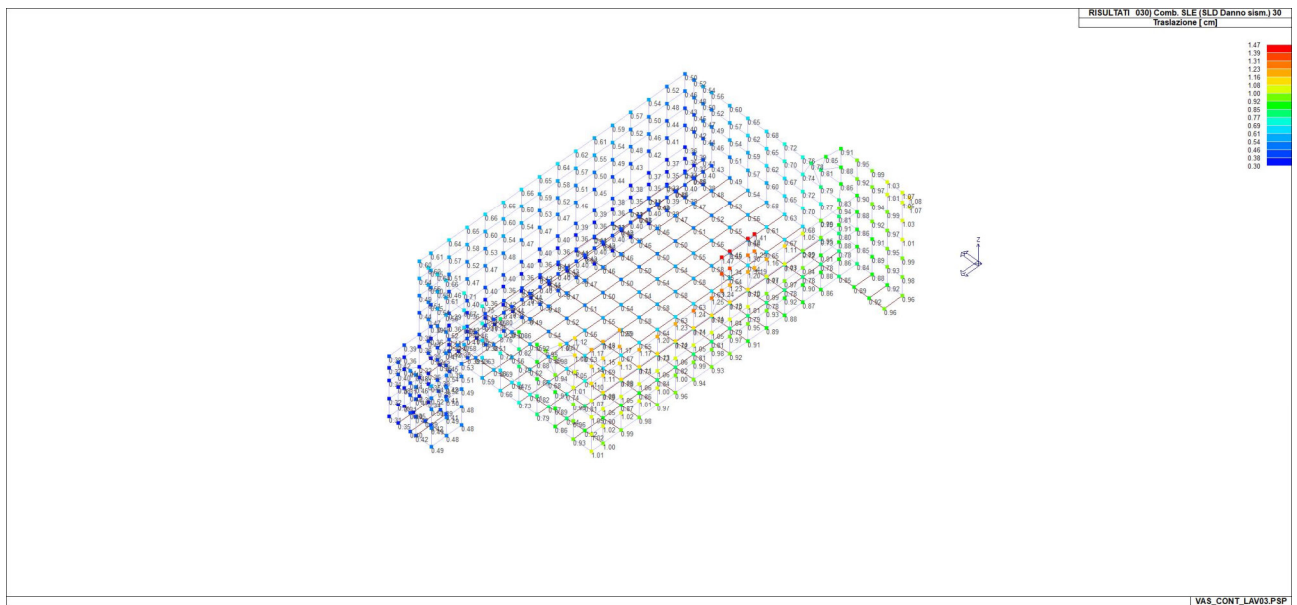
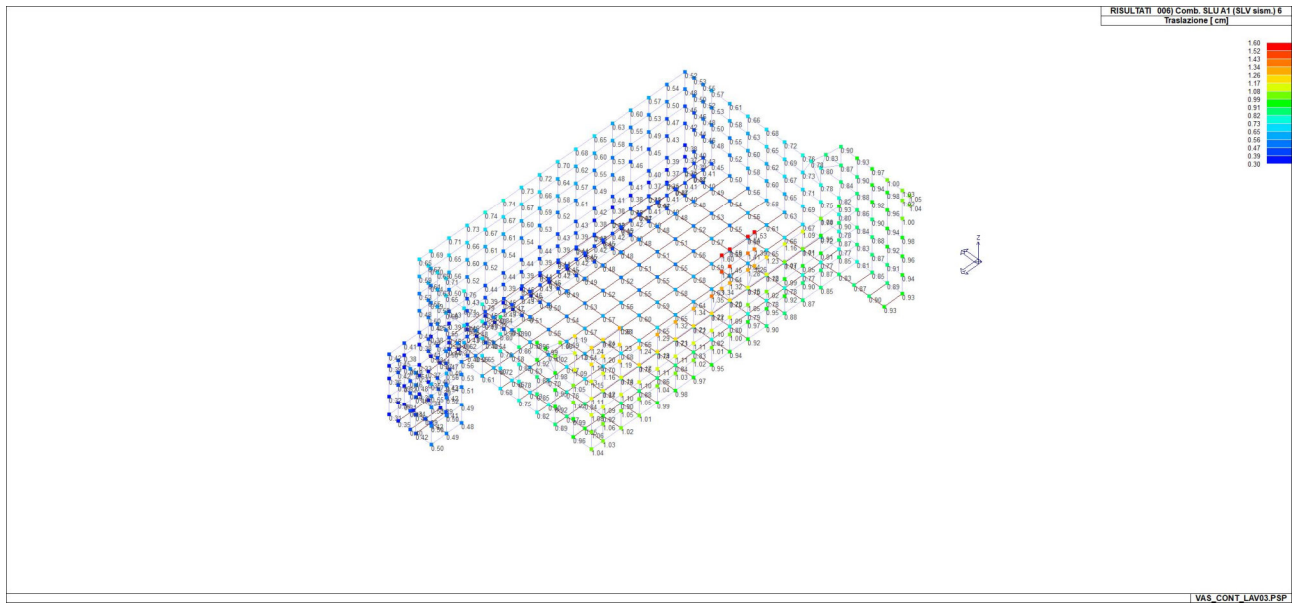
7. PRINCIPALI RISULTATI

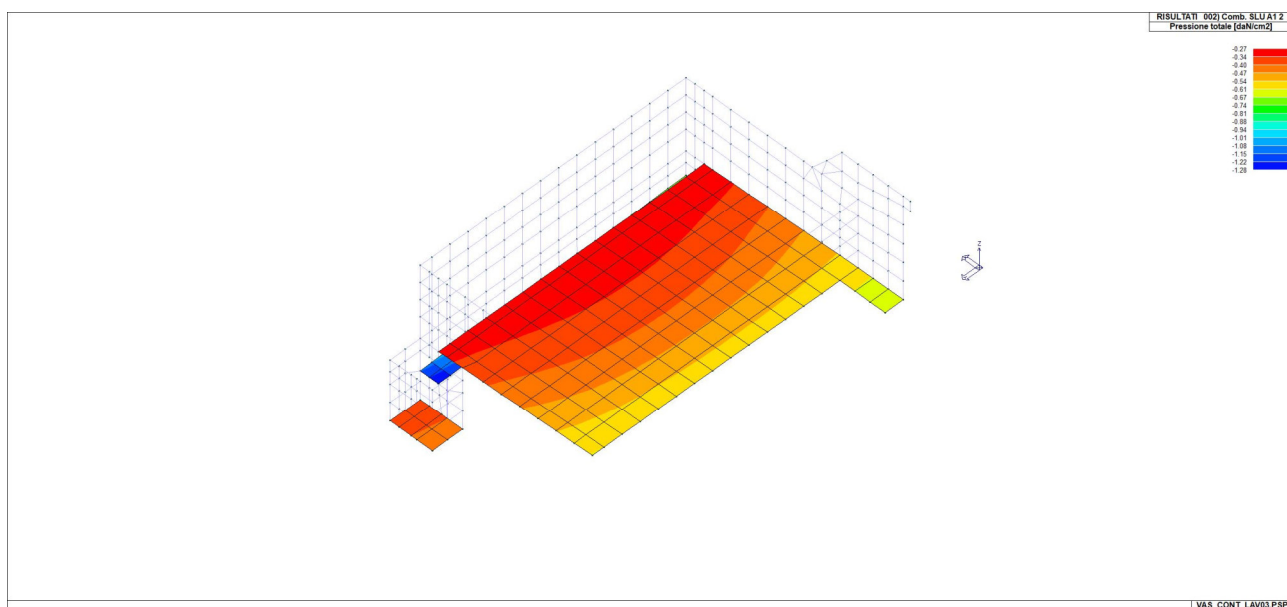
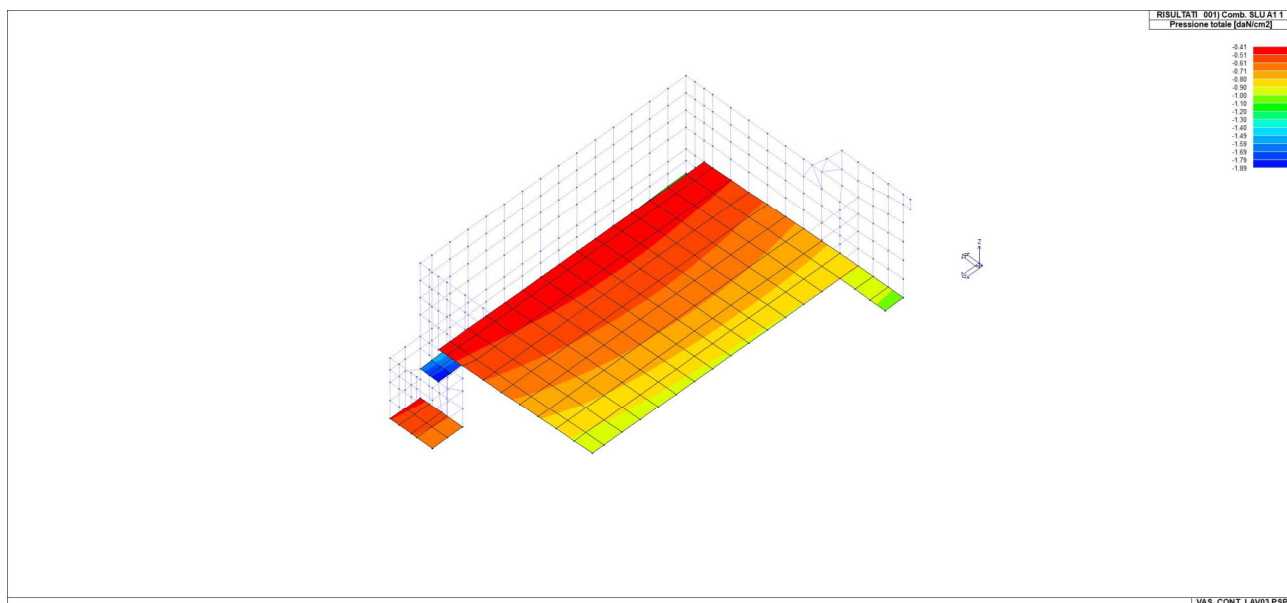
Si riportano i valori massimi dei principali risultati ottenuti per ogni gruppo di combinazioni:

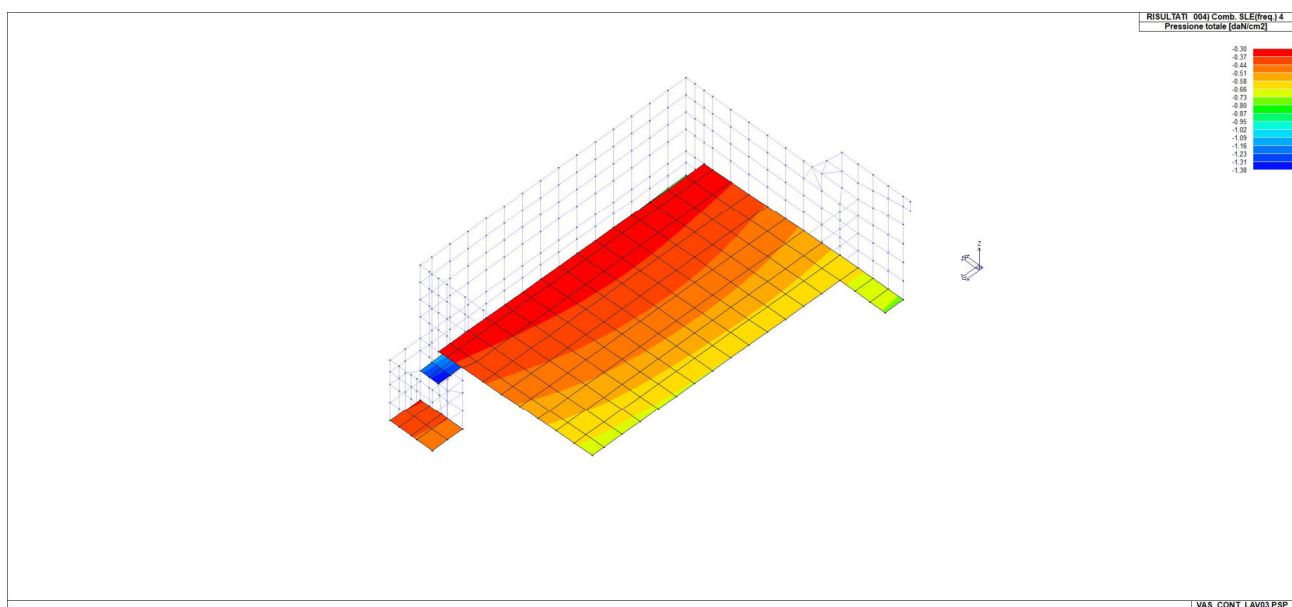
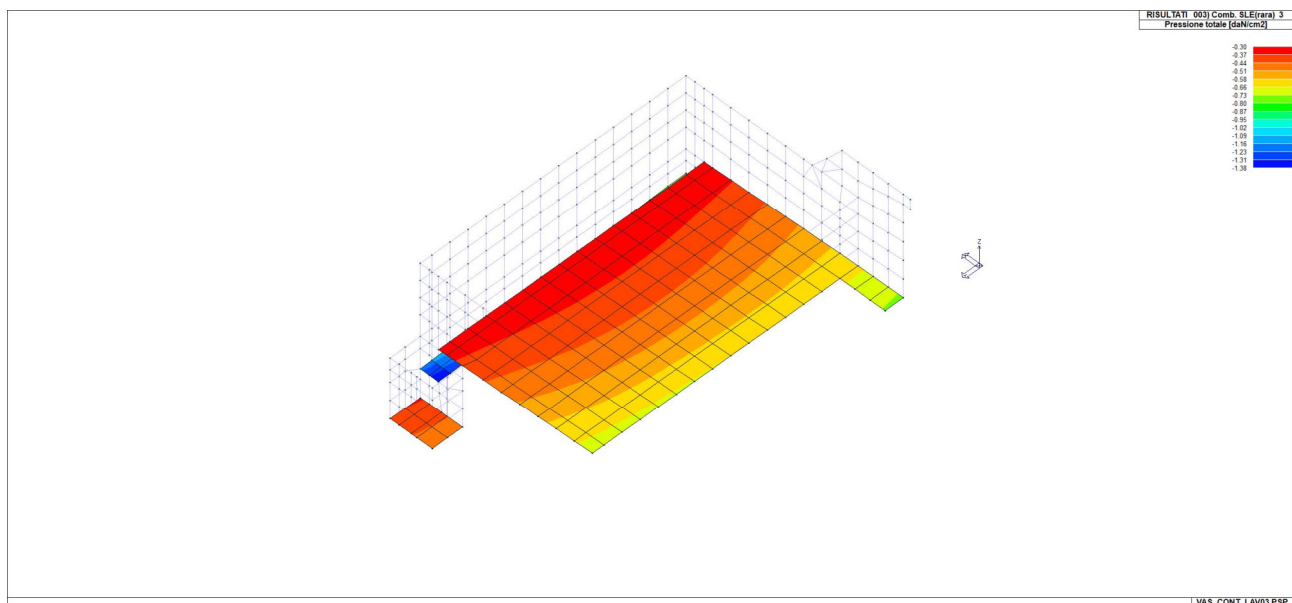


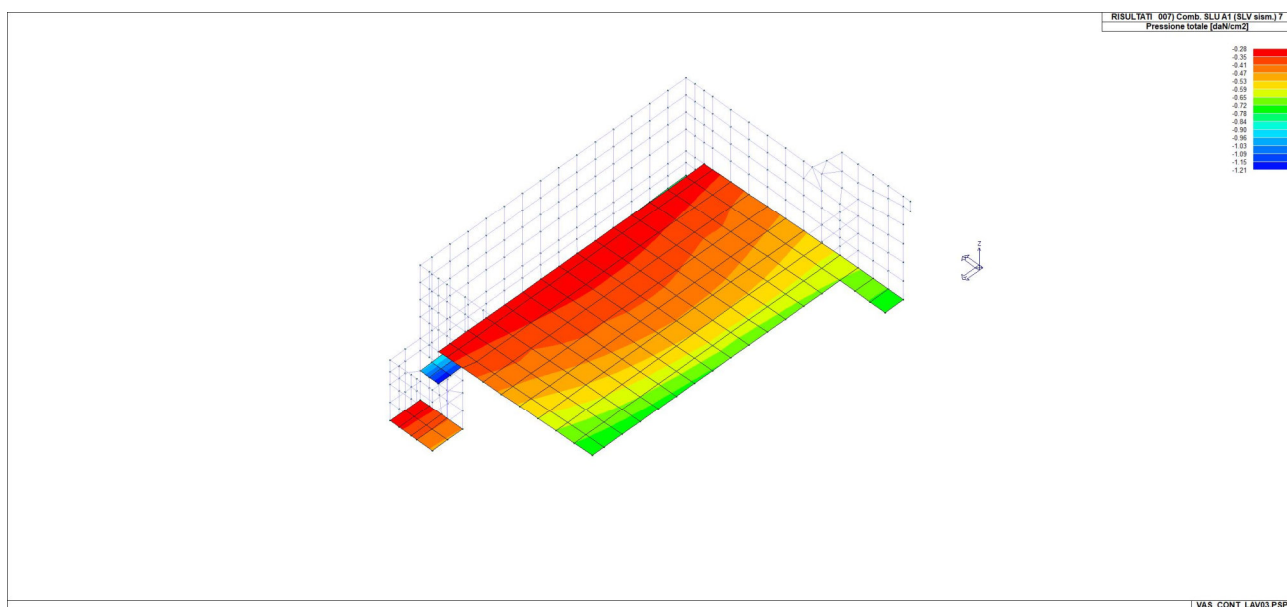
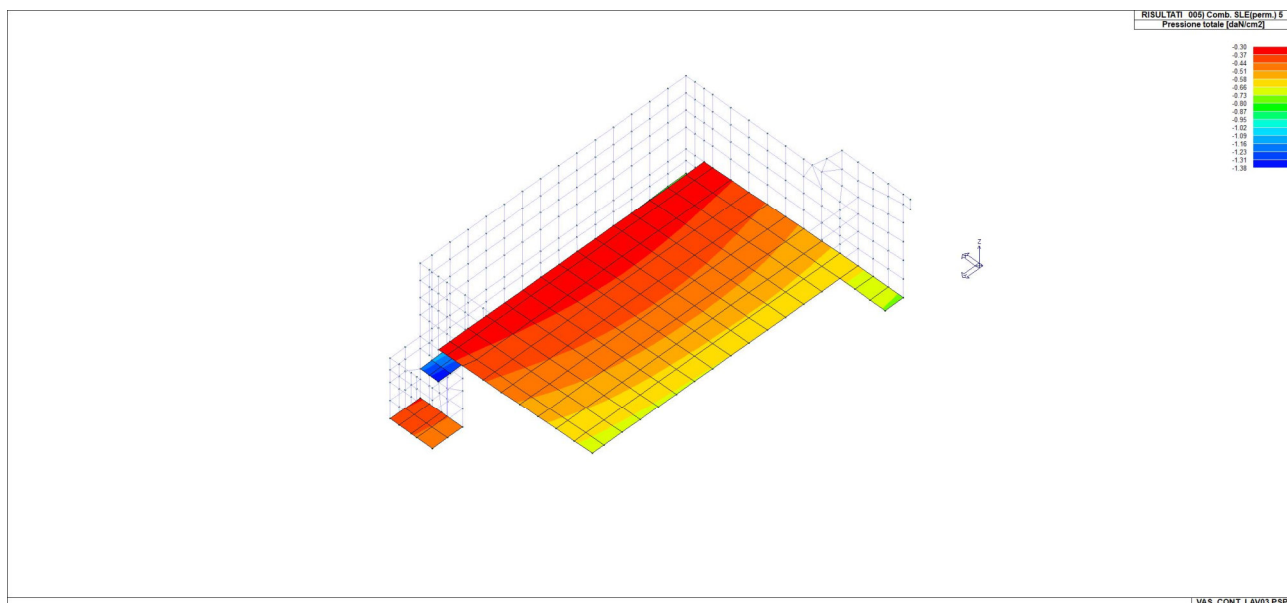


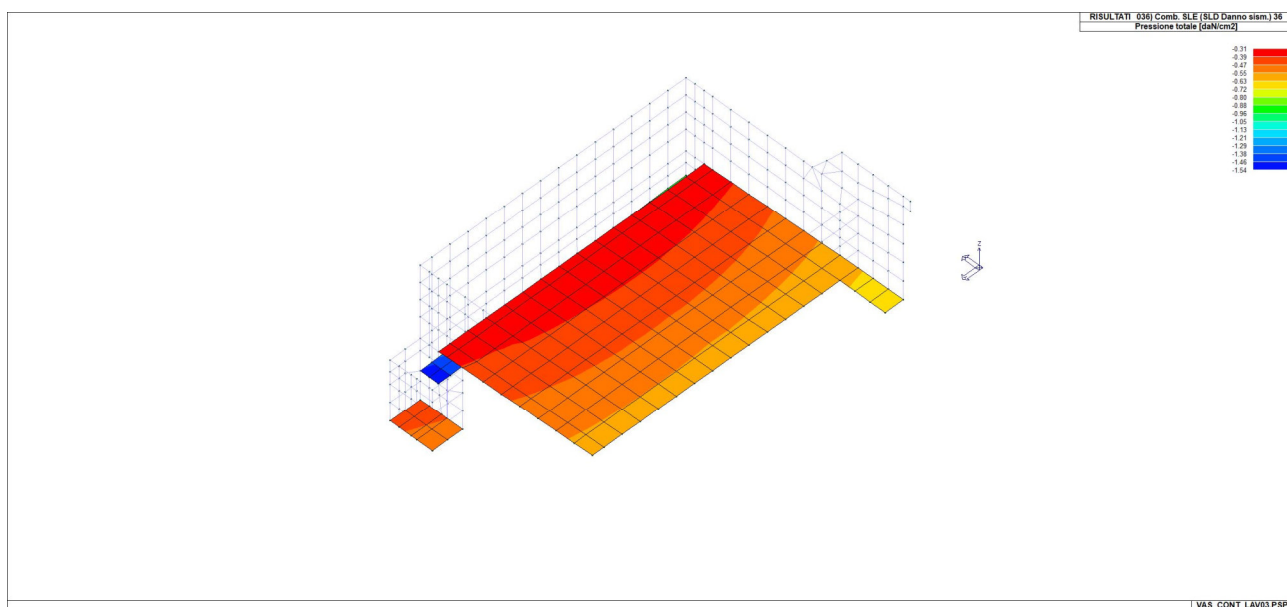
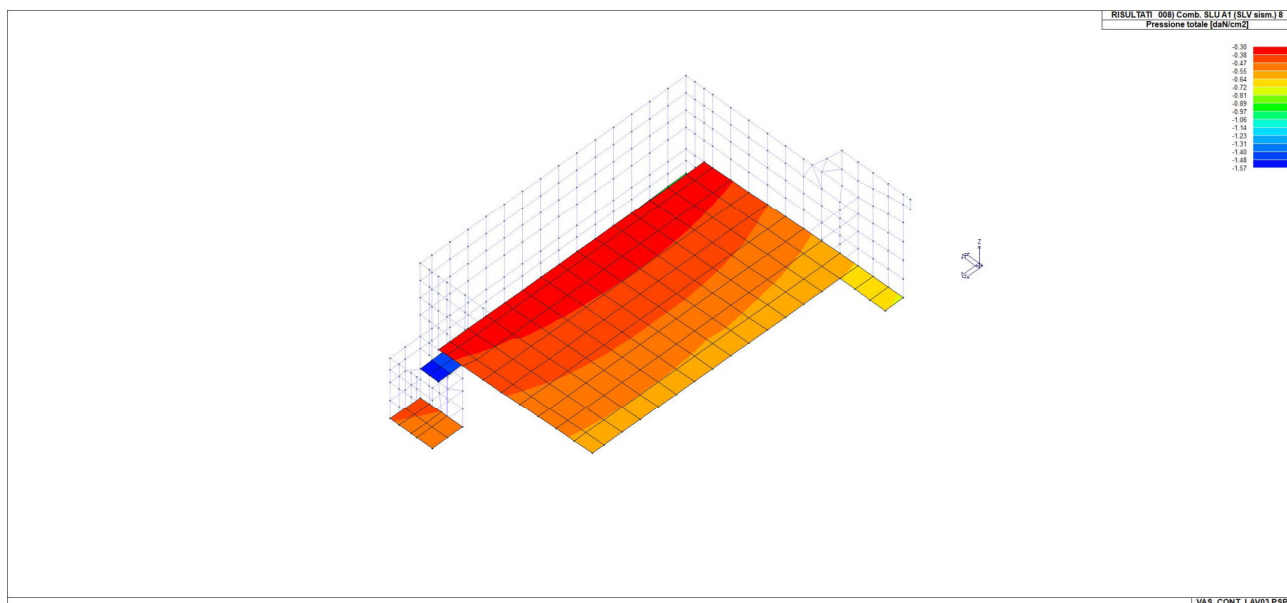


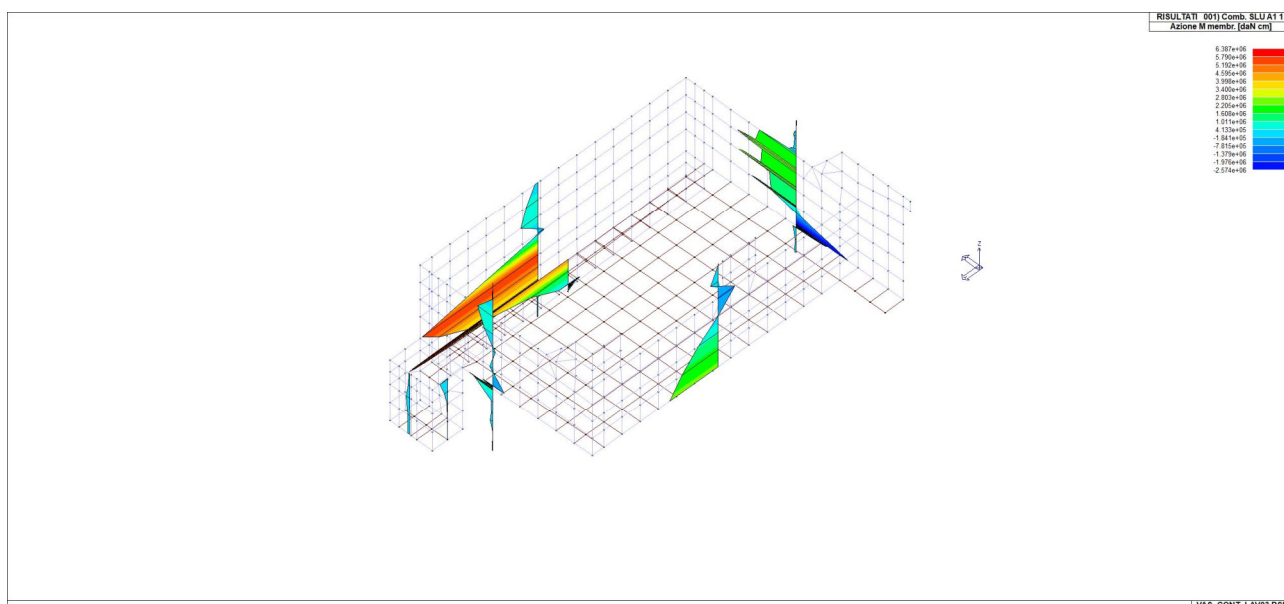
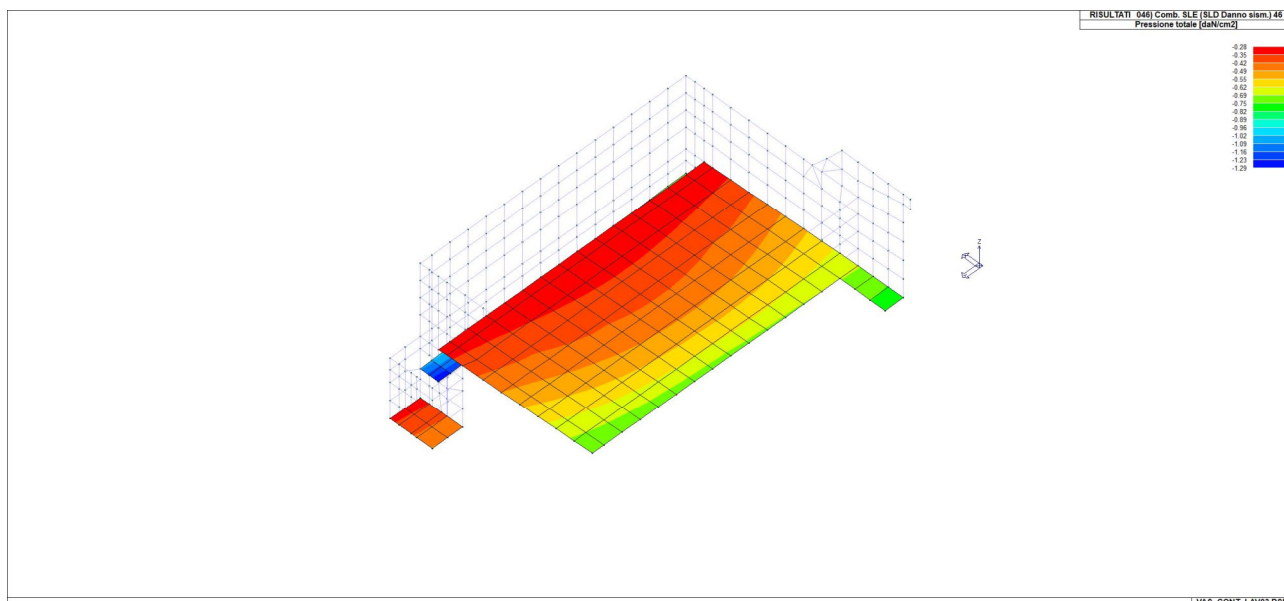


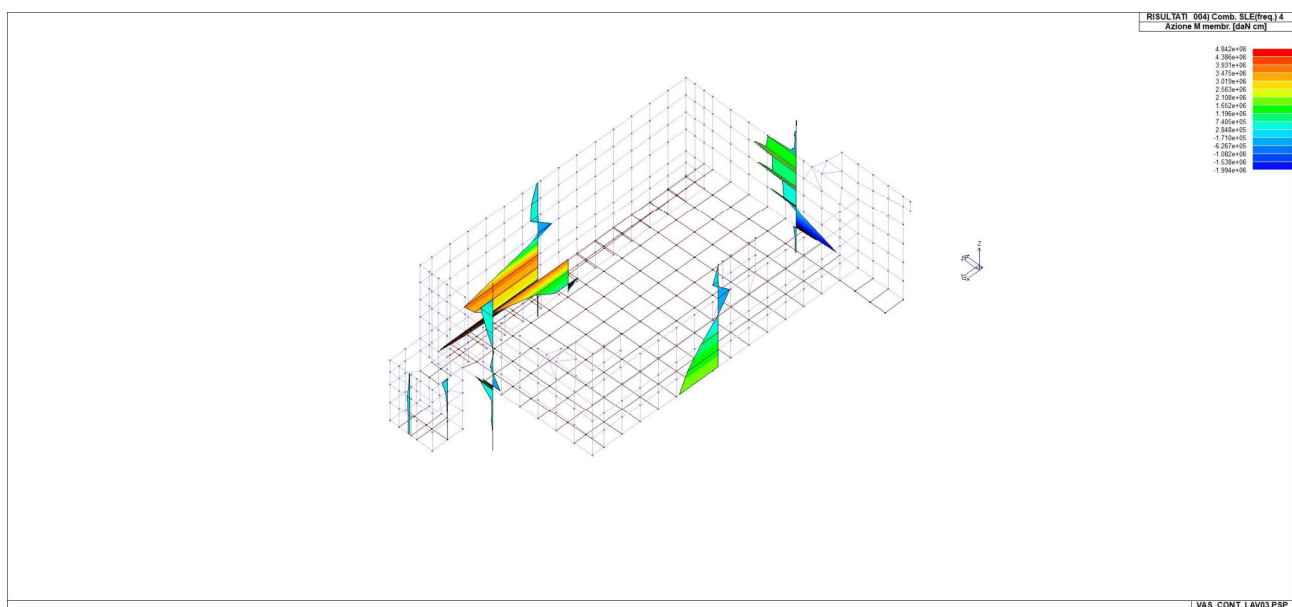
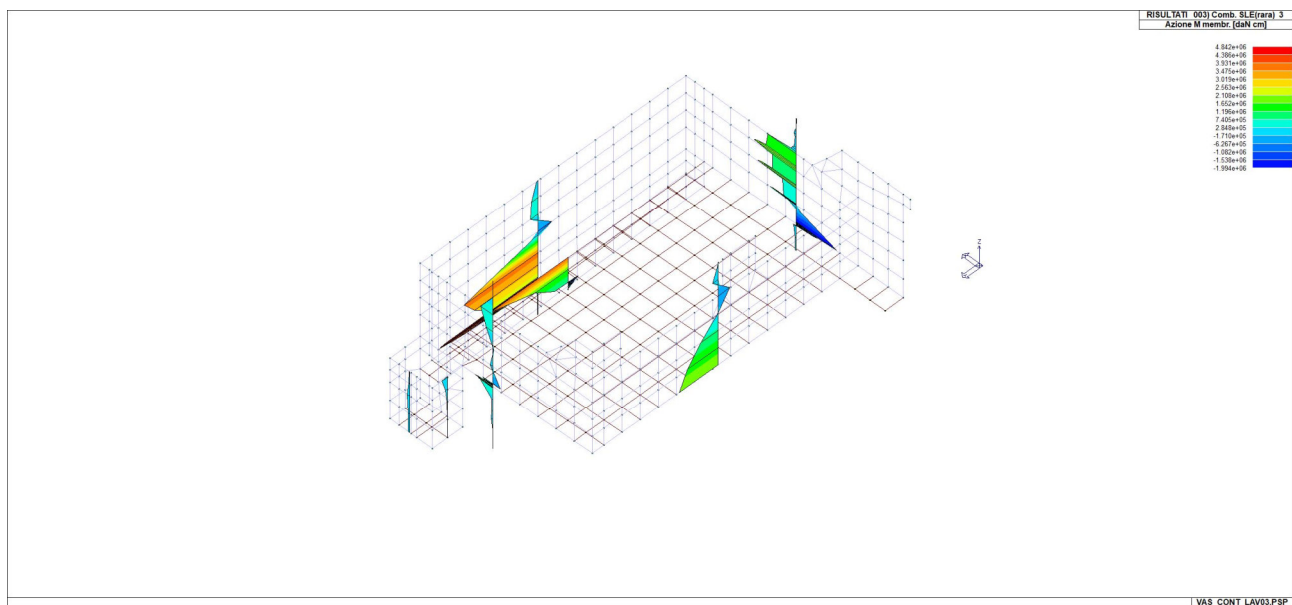


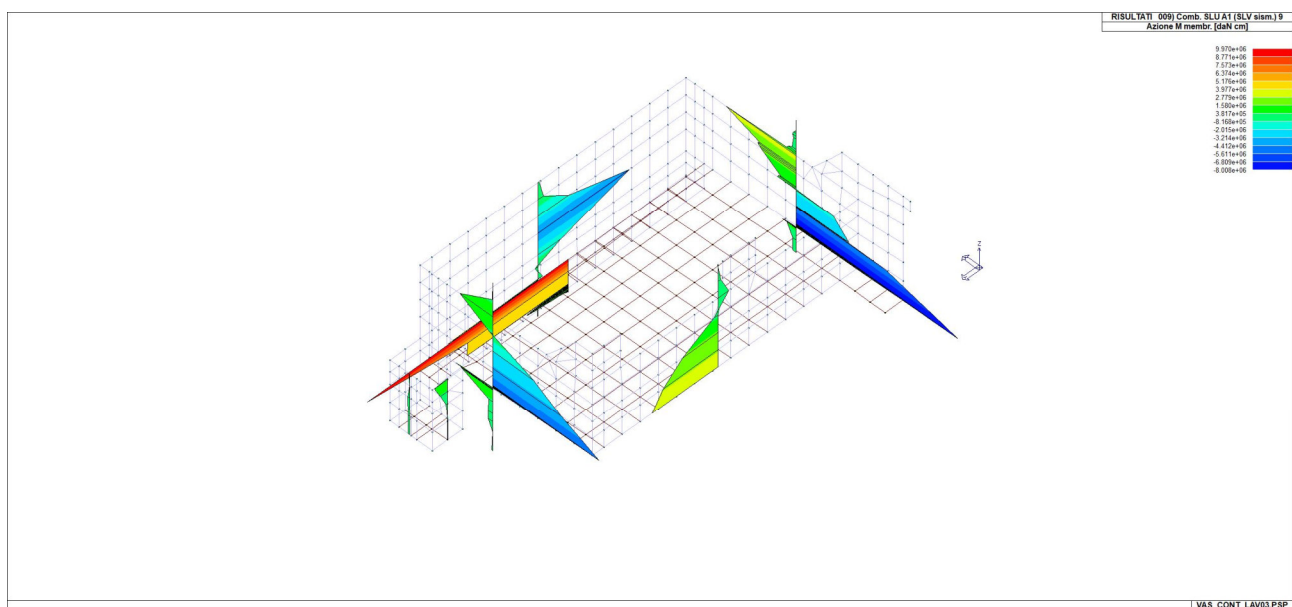
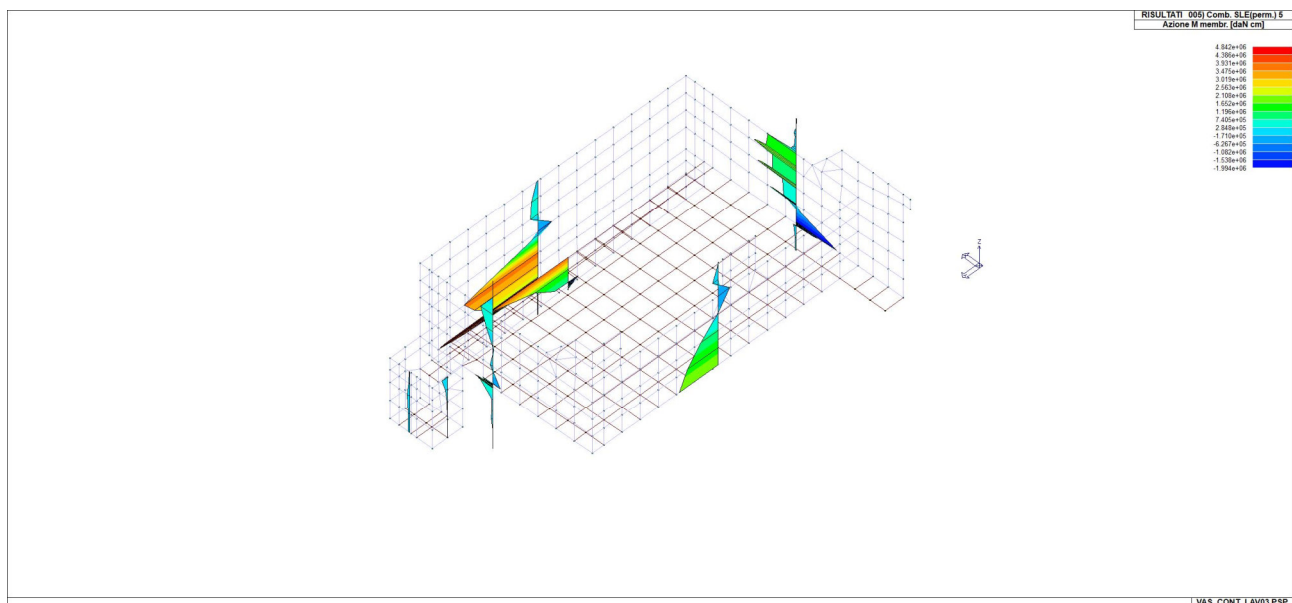


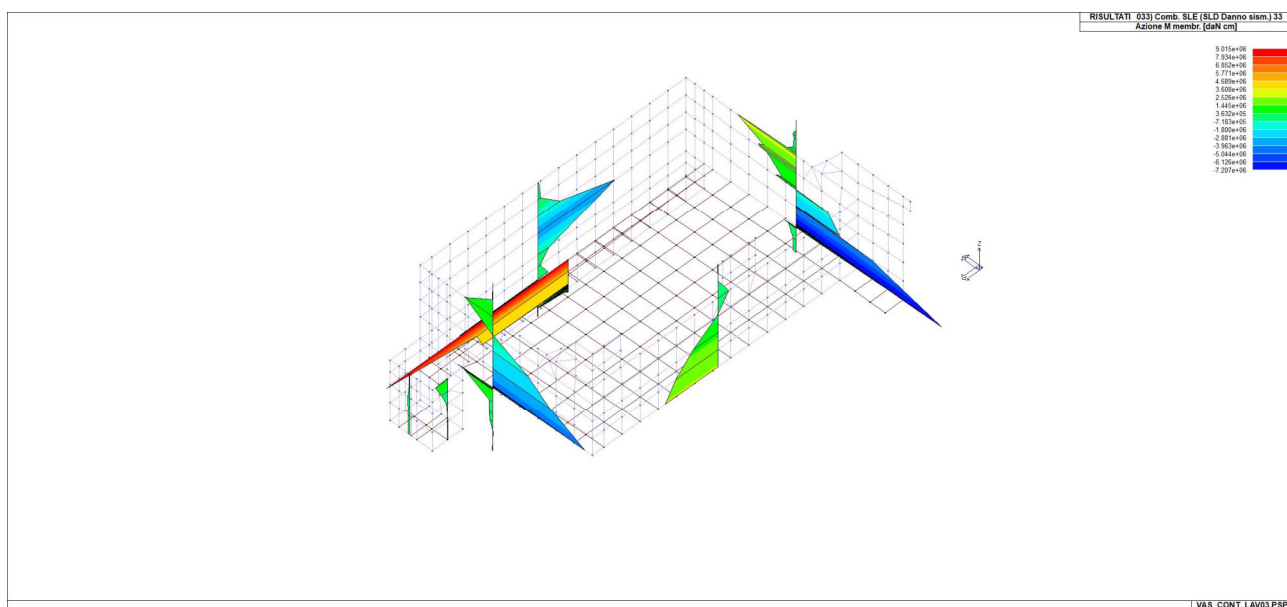
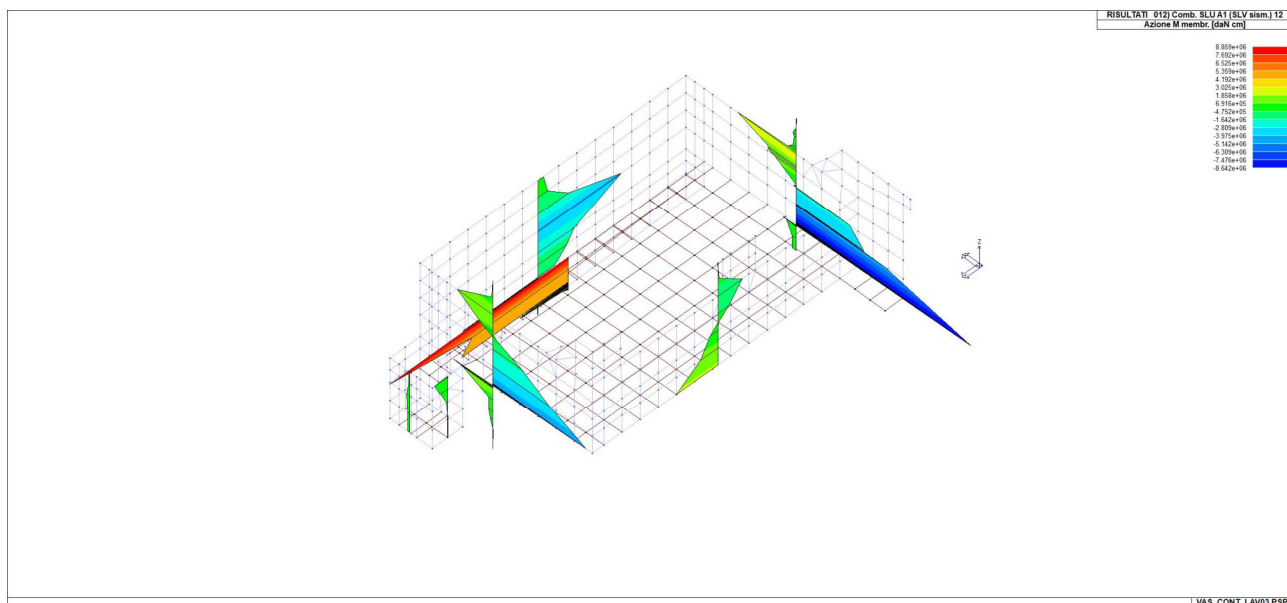


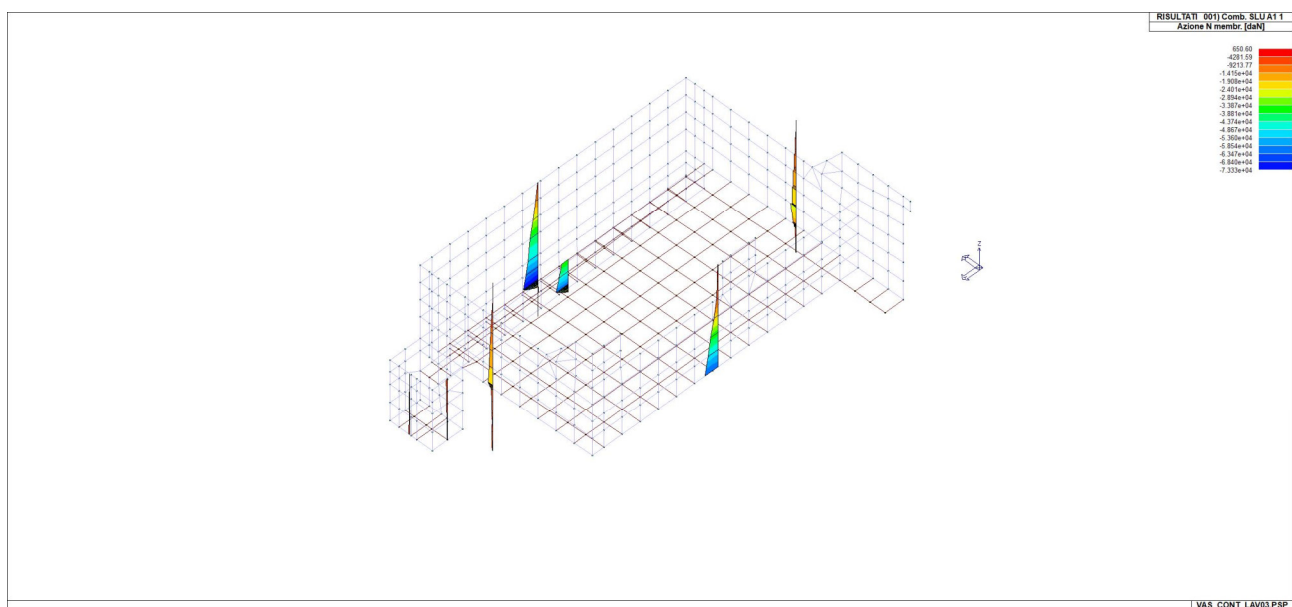
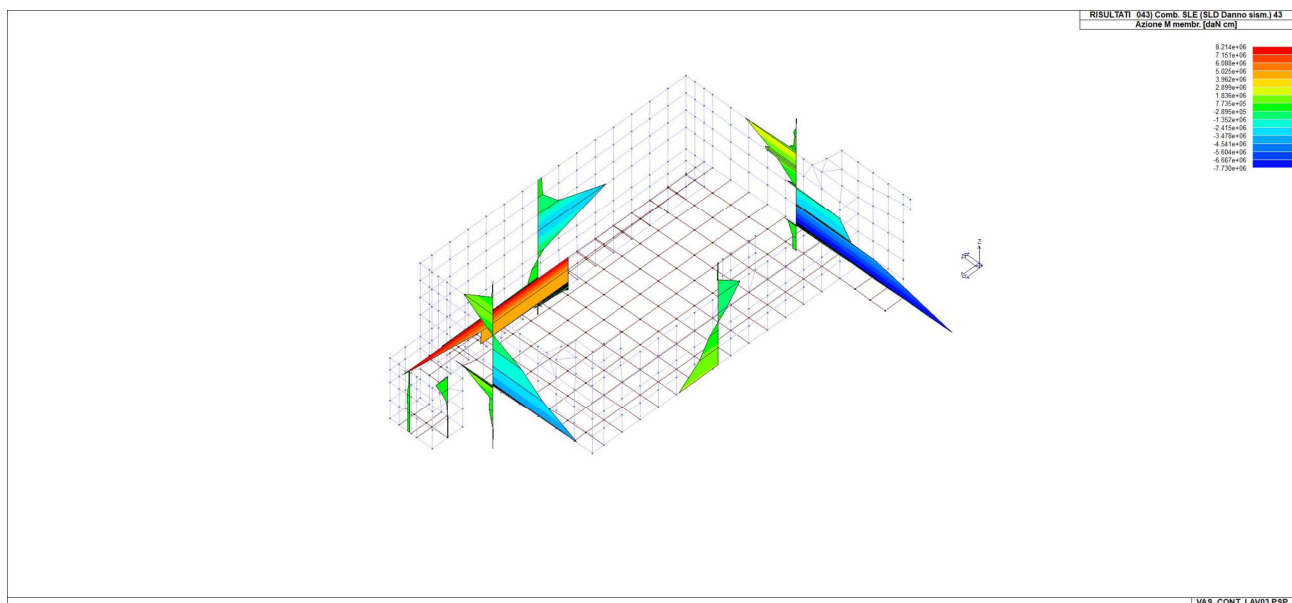


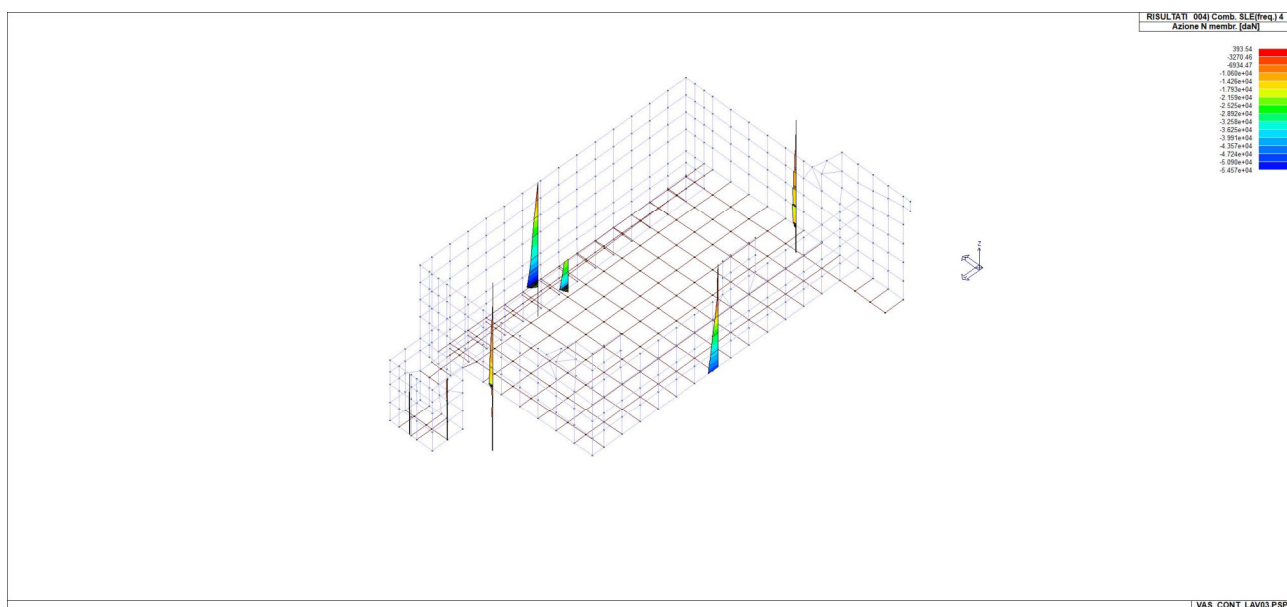
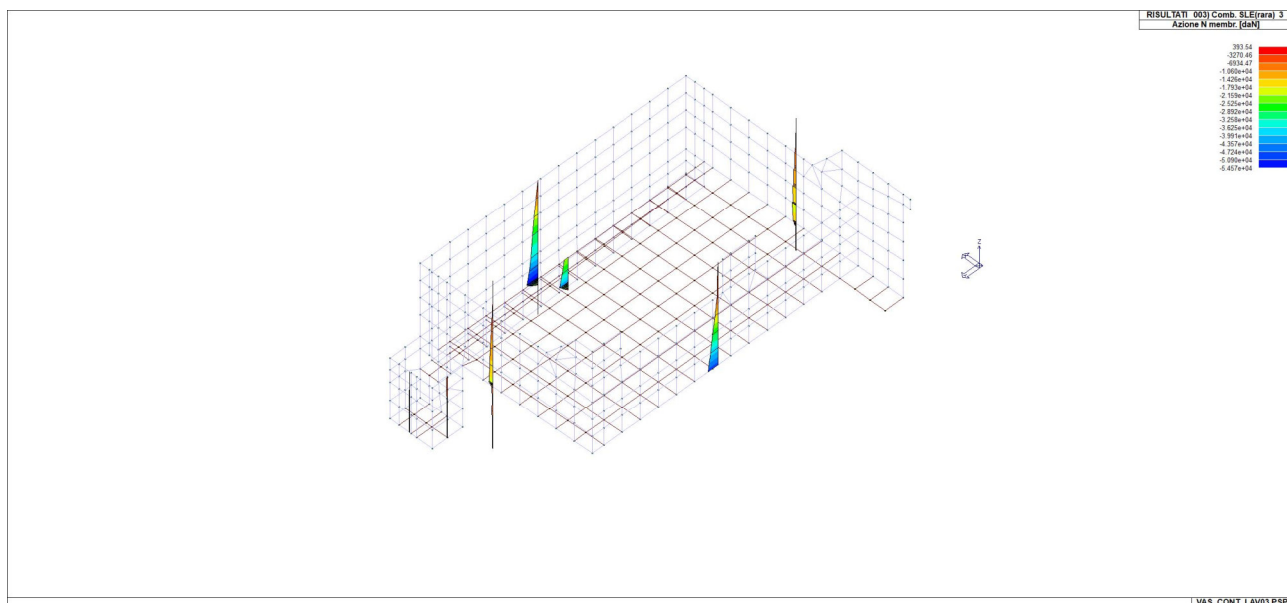


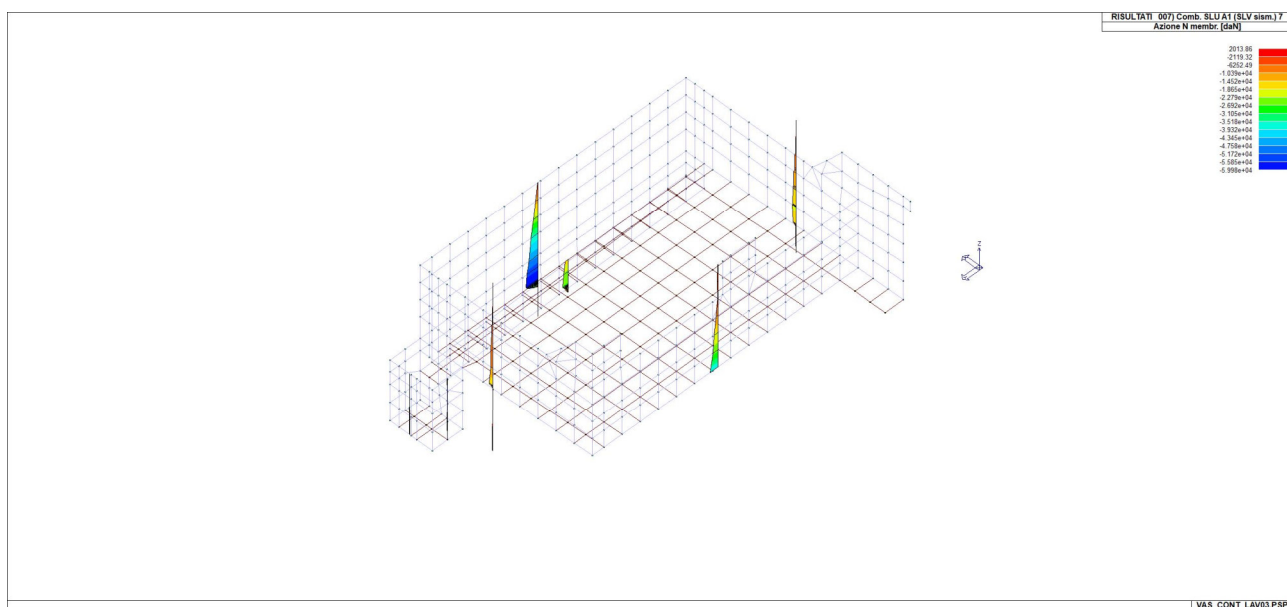
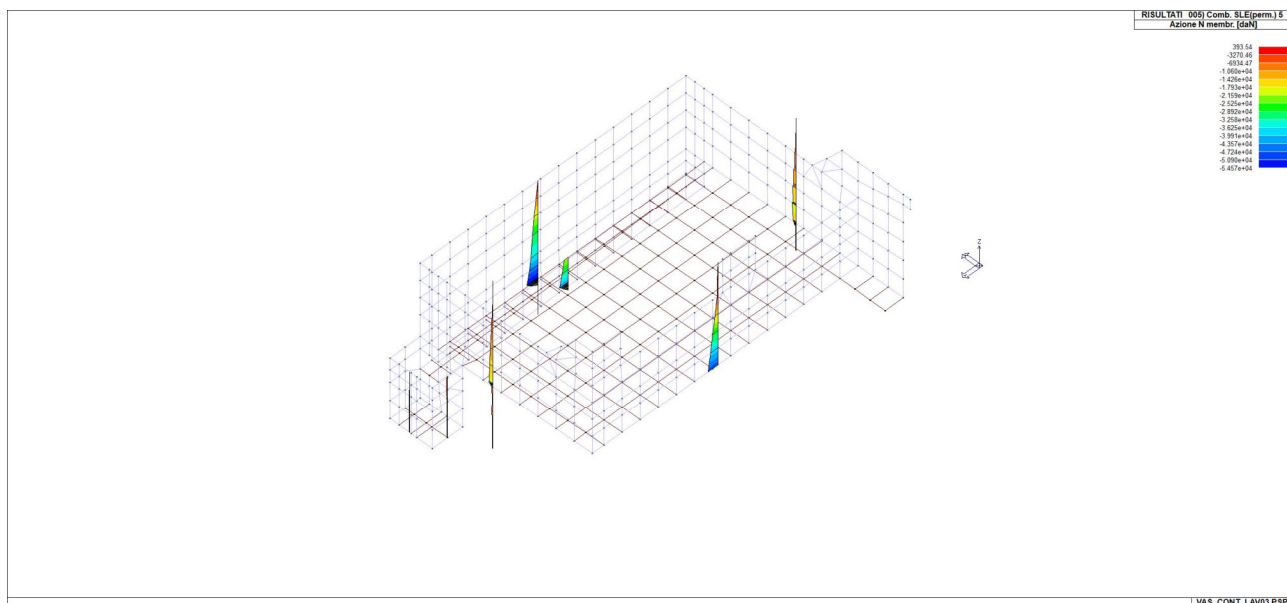


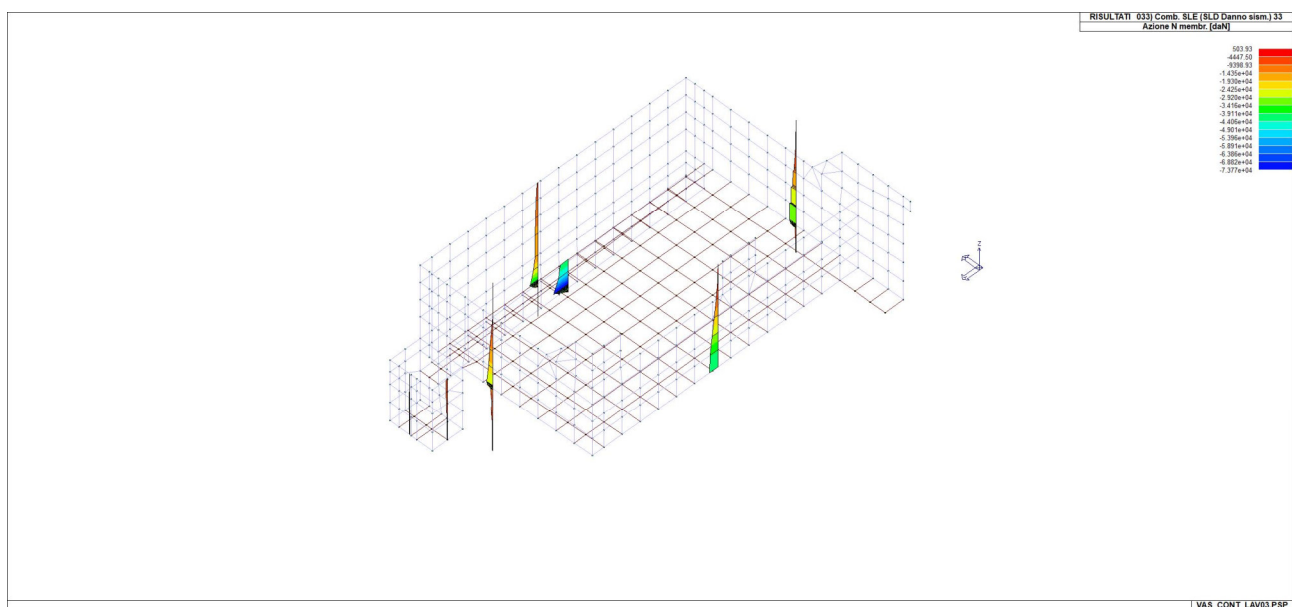
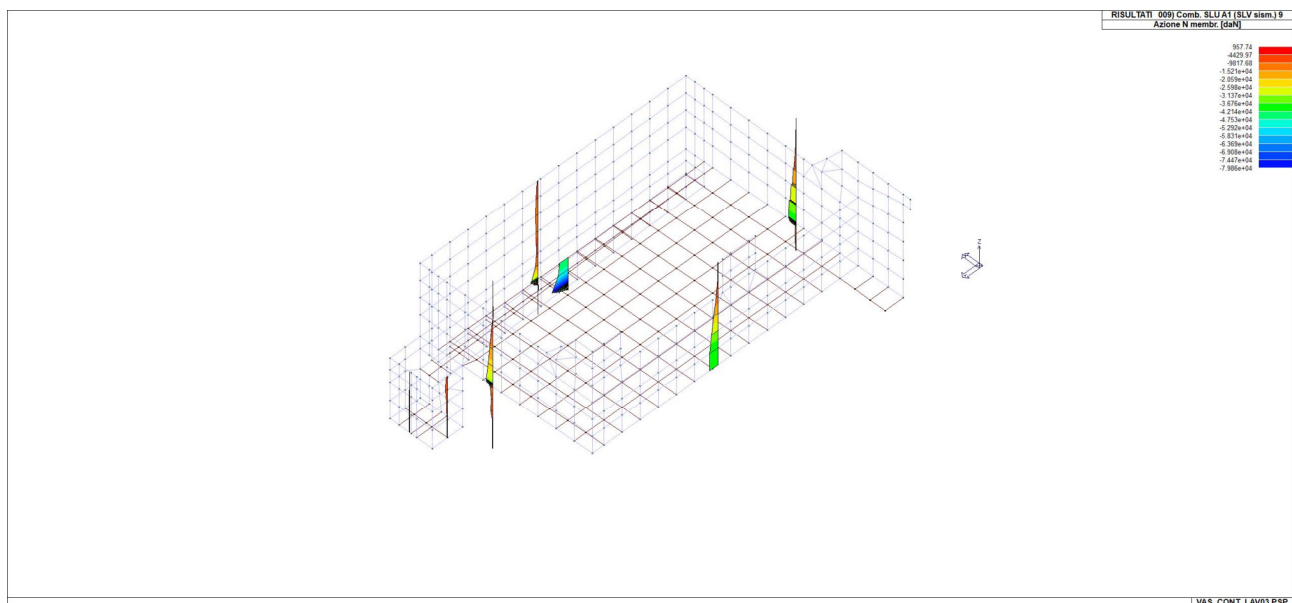


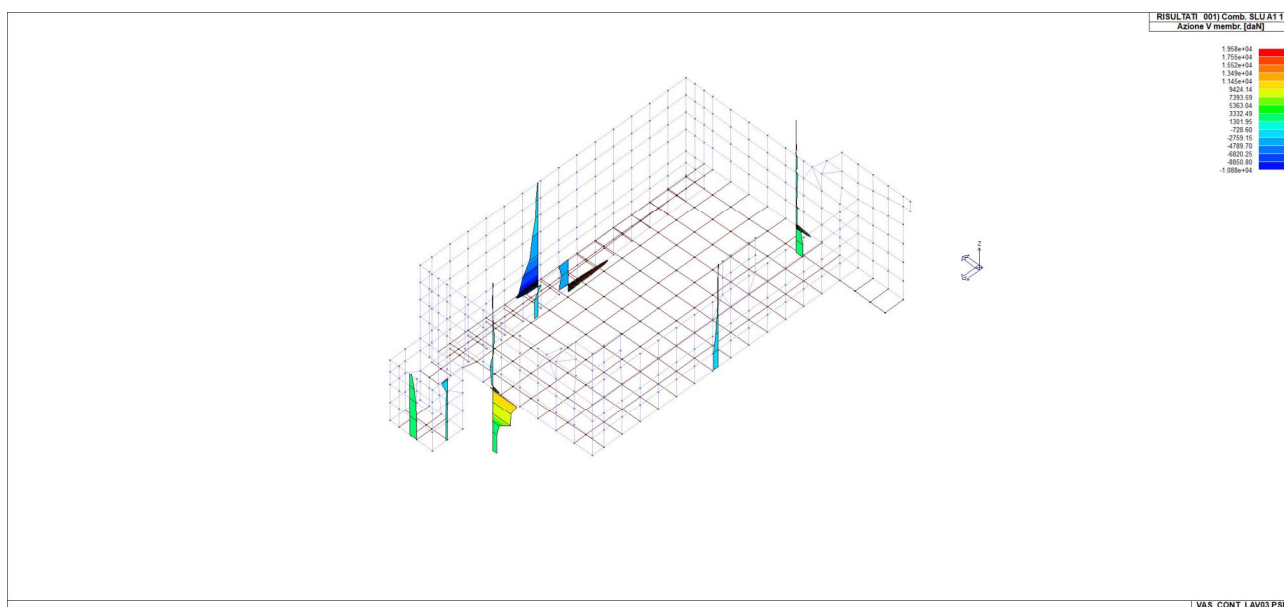
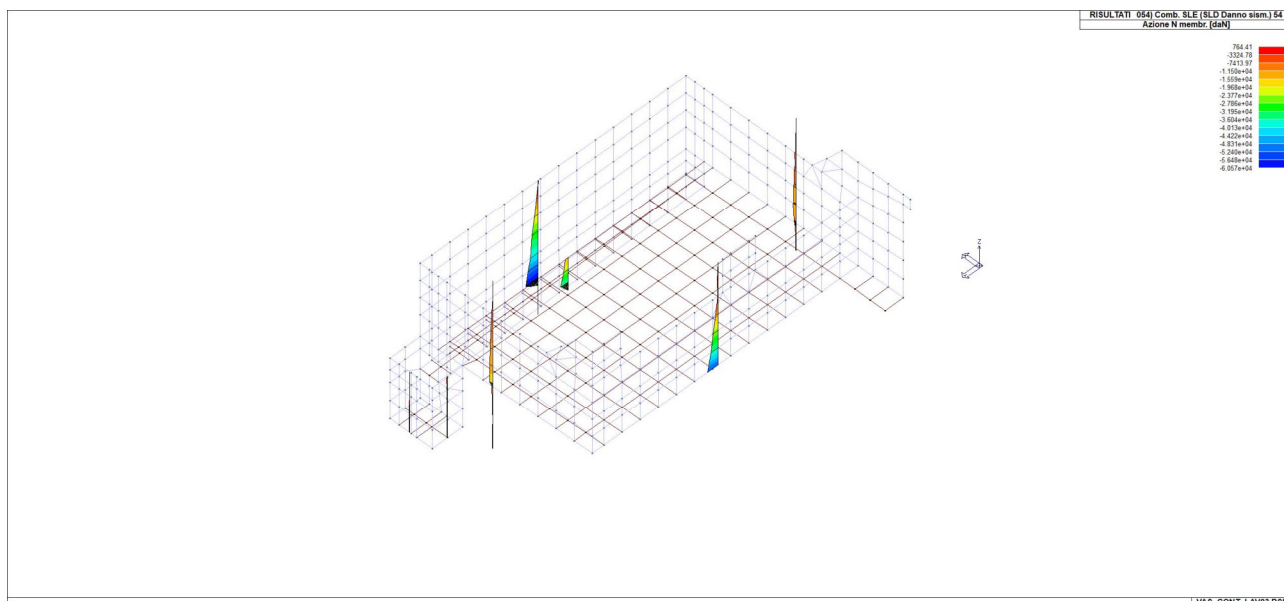


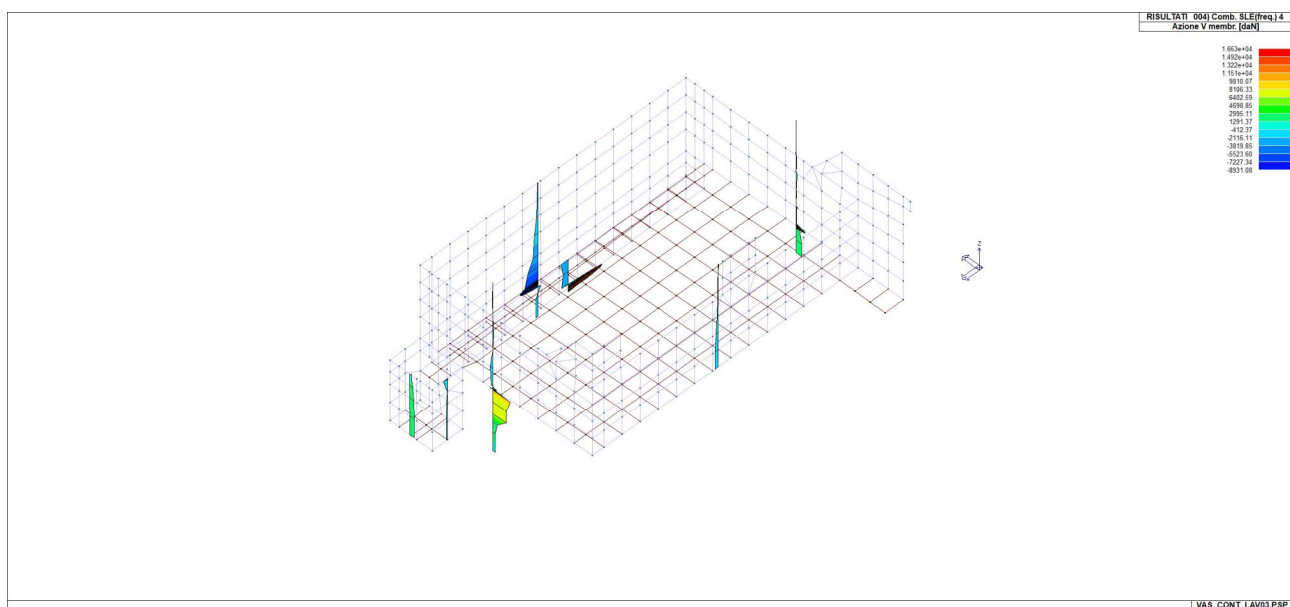
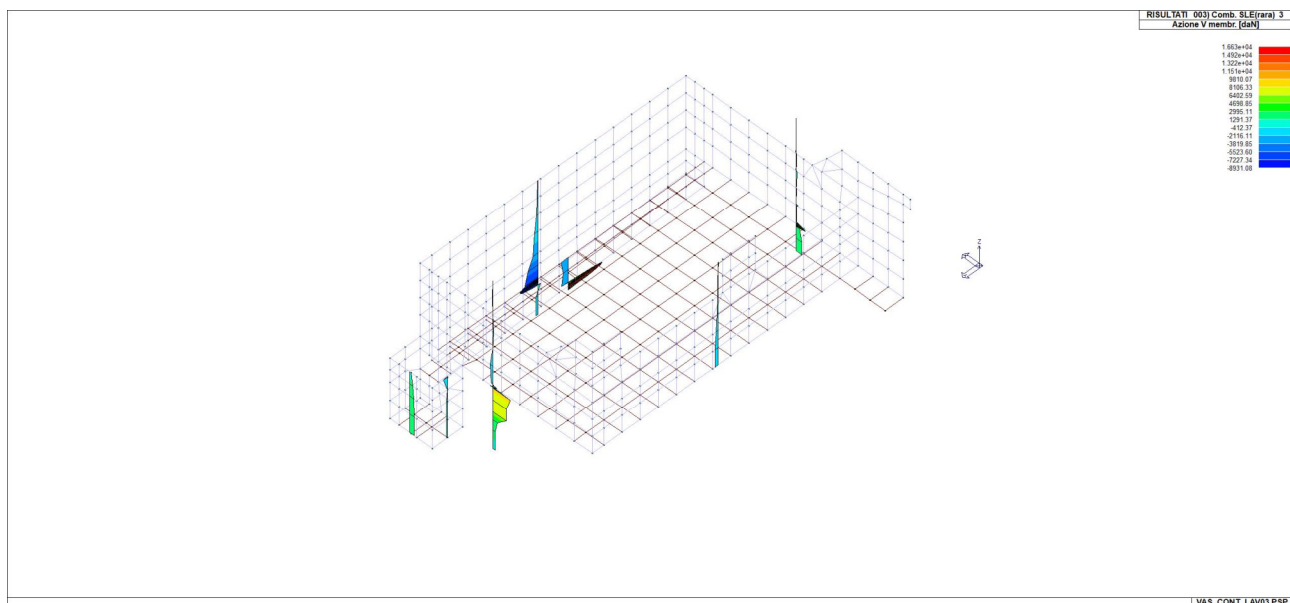


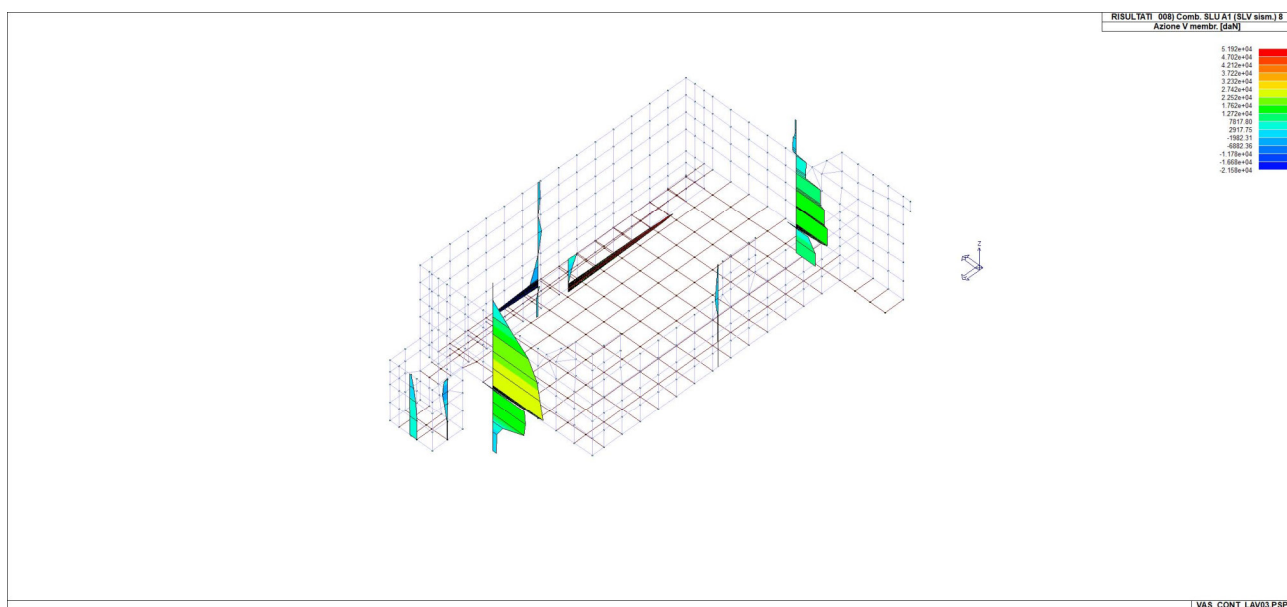
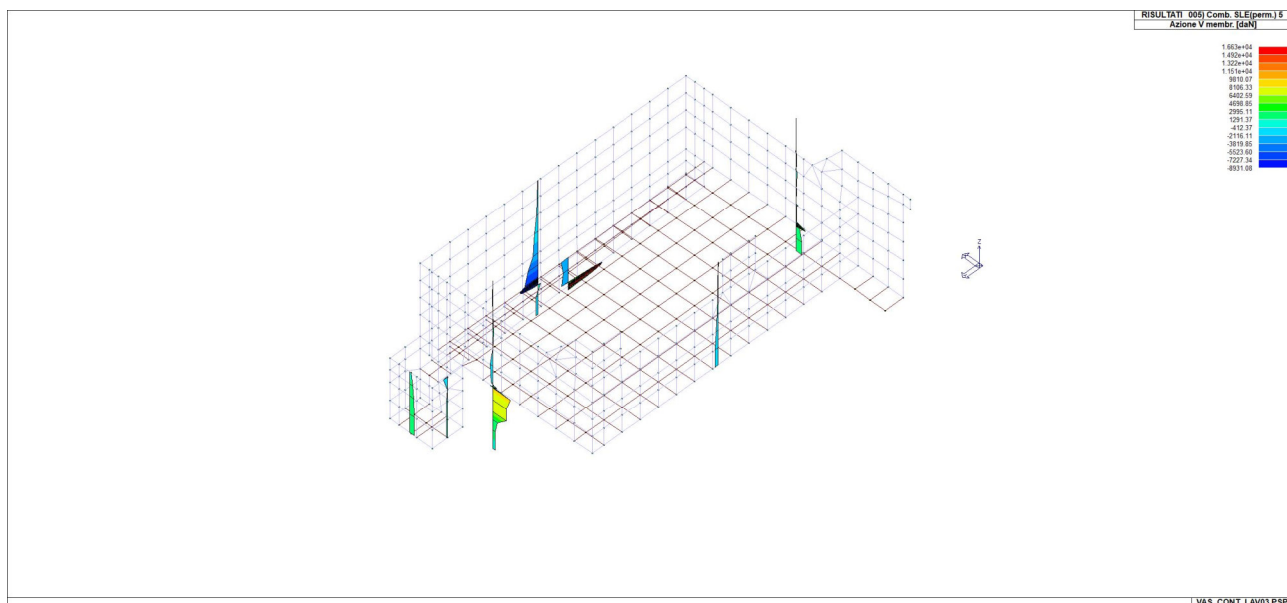


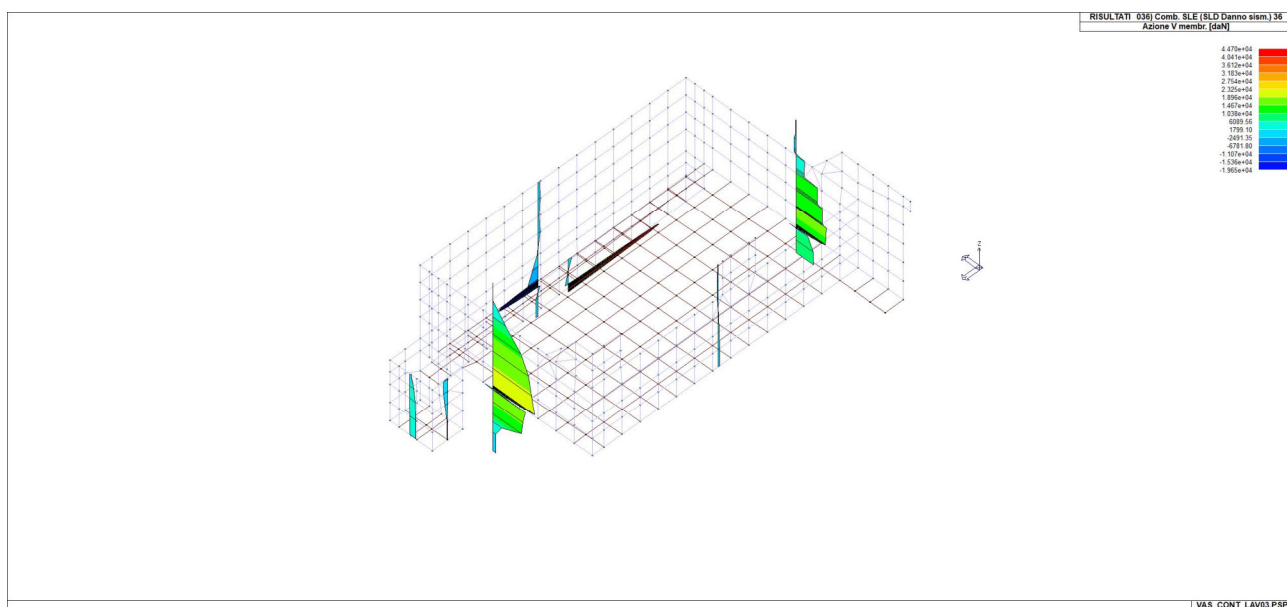
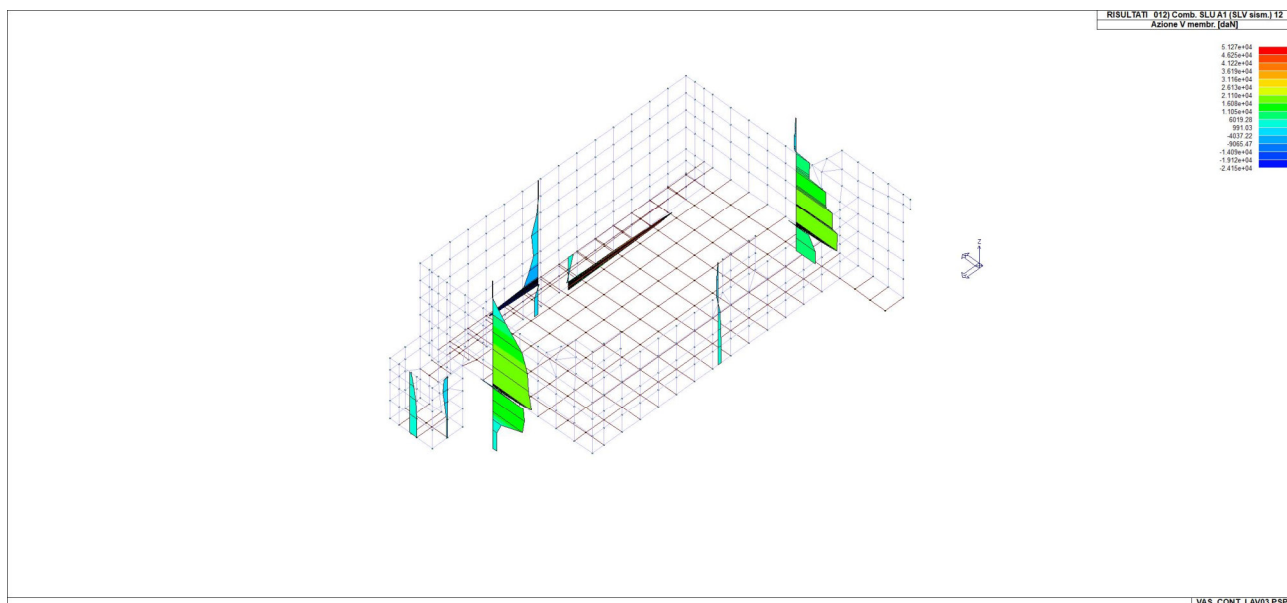


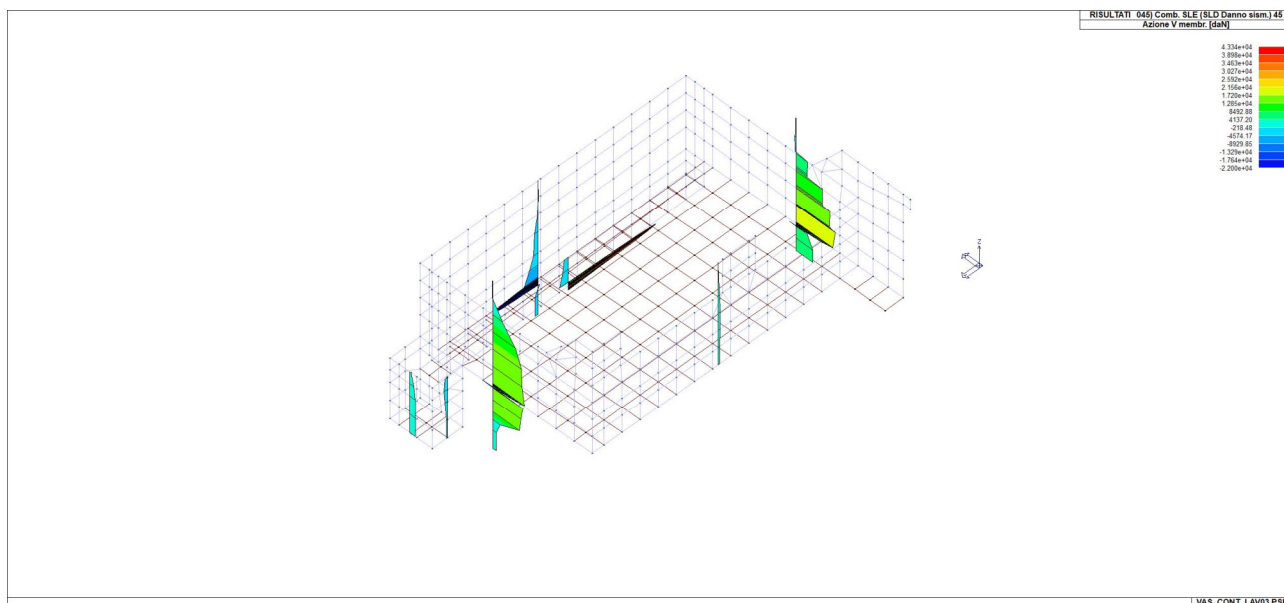












8. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

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. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.).

Test 10 PIASTRA CON ELEMENTI PLATE E MATERIALE ORTOTROPO

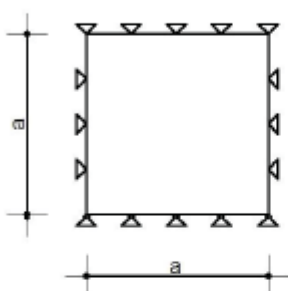
Revisione: 02
Data: 25/07/2019
Programma: PRO_SAP
Versione: 2006-09-138; 2019-07-185
Files: Mod00_T010_orto_piastra_ALGOR.PSP; Mod00_T010_orto_piastra.PSP

- **Scopo:**

Validazione dell'analisi di una piastra ortotropa (A).

- **Descrizione test:**

Si prende in considerazione una piastra di forma quadrata in materiale ortotropo con $E_2=0.1 \cdot E_1$, semplicemente appoggiata e soggetta ad una pressione uniforme p .



$p=0.1 \text{ daN/cm}^2$
 $a=500 \text{ cm}$
 $t=10 \text{ cm}$
 $E_1=312200 \text{ daN/cm}^2$
 $E_2=31220 \text{ daN/cm}^2$
 $G=139380 \text{ daN/cm}^2$
 $\nu_{12}=0.12$
 $\nu_{21}=\nu_{12} \cdot E_2/E_1=0.012$

- **Tipo di confronto:**

A. Cecchi, G. Milani, A. Tralli, *Validation of Analytical Multiparameter Homogenization Models for Out-of-Plane Loaded Masonry Walls by Means of the Finite Element Method*, JOURNAL OF ENGINEERING MECHANICS; sviluppo analitico delle formule riportate.

Tabella risultati:

Parametro	Soluzione teorica	Soluzione ALGOR	Differenza	Soluzione e_SAP (*)	Differenza
δ_z, max [cm]	1.3155	1.314	0.11%	1.355	3.00%
$M_{1-1, \text{max}}$ [daN-cm/cm]	1284.10	1283.66	0.03%	1301.97	1.40 %
$M_{1-2, \text{max}}$ [daN-cm/cm]	-1553.60	-1548.96	0.30%	-1662.93	7.03 %

- **Commenti:**

I risultati numerici sono in ottimo accordo con quelli teorici.

(*) risultati relativi alla versione corrente di e_SAP.

Allegati:

Calcoli manuali.

$$D = \frac{E_1 t^3}{12(1 - \nu_{21}^2)} ; \quad \alpha = \frac{E_2}{E_1} ; \quad \beta = \frac{G}{E_1}$$

$$\delta_{2, \max} = \frac{16 PL^4}{11^6 D} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\sin\left(n \frac{\pi}{2}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{2}\right)}{n \cdot m \left[m^4 + 2 \left(\nu_{21} + \frac{2\beta(\alpha - \nu_{21}^2)}{\alpha} \right) n^2 m^2 + \alpha m^4 \right]}$$

$$M_{1-1} = \frac{16 PL^2}{11^4} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(m^2 + \nu_{21} \cdot m^2) \sin\left(n \frac{\pi}{2}\right) \sin\left(m \frac{\pi}{2}\right)}{n \cdot m \left[m^4 + 2 \left(\nu_{21} + \frac{2\beta(\alpha - \nu_{21}^2)}{\alpha} \right) n^2 m^2 + \alpha m^4 \right]}$$

$$M_{1-2} = \frac{-32 PL^2 \beta}{11^4} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(1 - \nu_{21} \frac{m^2}{\alpha})}{\left[m^4 + 2 \left(\nu_{21} + \frac{2\beta(\alpha - \nu_{21}^2)}{\alpha} \right) n^2 m^2 + \alpha m^4 \right]}$$

CALCOLO MANUALE FINO A CONVERGENZA DELLA SOLUZIONE

Test 25 TENSIONI DI ELEMENTI PLATE

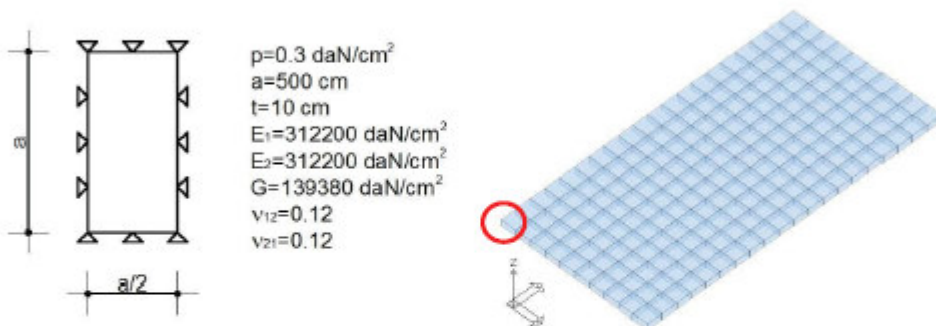
Revisione: 02
Data: 19/01/2011
Programma: PRO_SAP
Versione: 2006-09-138; 2010-05-151;
Files: Mod00_T025_tensioniD3_ALGOR.PSP; 2 Mod00_T025_tensioniD3.PSP

- **Scopo:**

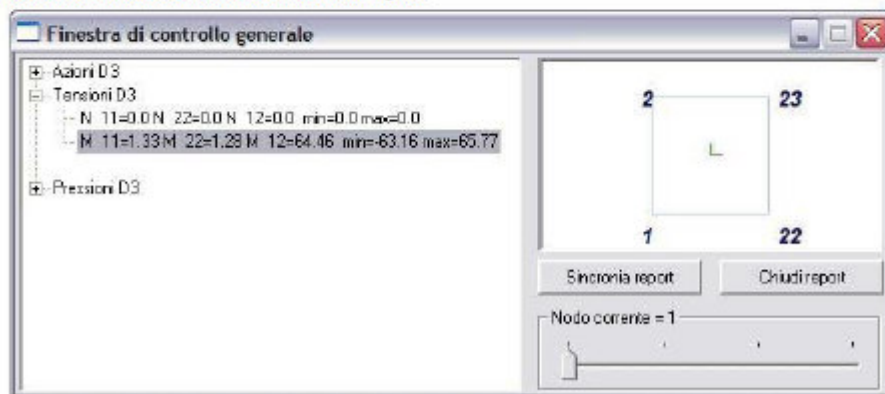
Validazione dell'utilizzo delle tensioni ottenute con elementi D3 (R).

- **Descrizione test:**

Si prende in considerazione una piastra di forma rettangolare, semplicemente appoggiata e soggetta ad una pressione uniforme p .



Sollecitazioni ottenute con ALGOR del nodo indicato in figura.



- **Tipo di confronto:**

Calcolo manuale.

- **Tabella risultati:**

Parametro	Struttura	Soluzione teorica	Soluzione ALGOR	Differenza	Soluzione e_SAP (*)	Differenza
Tensione di von Mises [daN/cm ²]	Nodo 1	111.66	111.66	0.00%	98.57	11.72%
Tensione di Tresca [daN/cm ²]	Nodo 2	128.92	128.92	0.00%	113.76	11.76%

- **Commenti:**

I risultati numerici ottenuti con ALGOR sono in perfetto accordo con quelli teorici. I risultati numerici ottenuti con e_SAP sottostimano i valori teorici di circa il 12%.

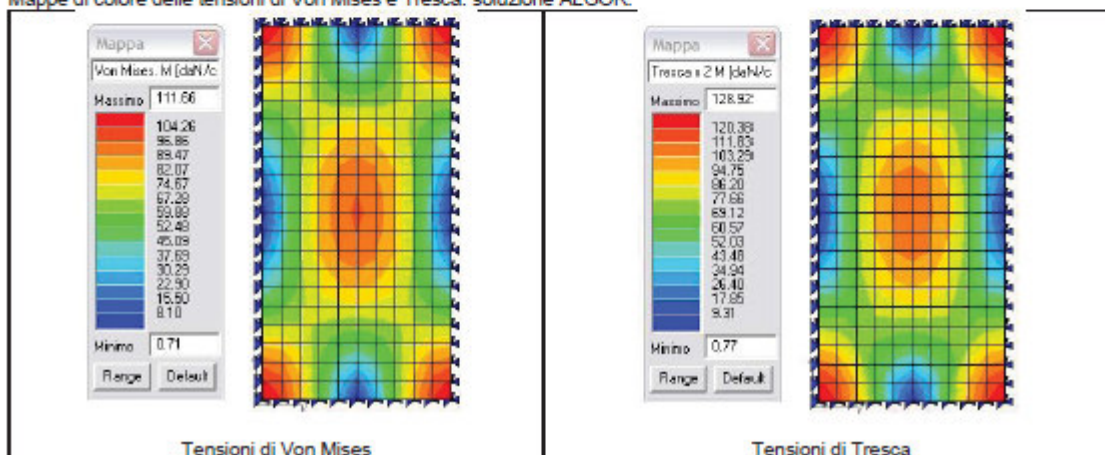
(*) risultati relativi alla versione corrente di e_SAP.

- **Allegati:**

Calcoli manuali.

$$\begin{aligned}
 G_{11} &= 1,33 \text{ daN/cm}^2 & G_{22} &= 1,28 \text{ daN/cm}^2 & G_{12} &= 64,66 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{1P} &= \frac{G_{11} + G_{22}}{2} + \sqrt{\left(\frac{G_{11} - G_{22}}{2}\right)^2 + G_{12}^2} = 65,77 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{2P} &= \frac{G_{11} + G_{22}}{2} - \sqrt{\left(\frac{G_{11} - G_{22}}{2}\right)^2 + G_{12}^2} = -63,16 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{VM} &= \sqrt{G_{11}^2 + G_{22}^2 - G_{11} \cdot G_{22} + 3G_{12}^2} = 111,66 \text{ daN/cm}^2 \\
 G_{TRESCA} &= |G_{1P} - G_{2P}| = 128,92 \text{ daN/cm}^2
 \end{aligned}$$

Mappe di colore delle tensioni di Von Mises e Tresca: soluzione ALGOR.



9. RELAZIONE SU ORIGINE E CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO

Allegato Certificati affidabilità e test

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (D.M. 17/01/2018 - Paragrafo 10.2)

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Titolo: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program

Autore-Produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Affidabilità dei codici

- Inquadramento teorico della metodologia – PRO_SAP

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo 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 tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

- Elemento tipo TRUSS (asta)*
- Elemento tipo BEAM (trave)*
- Elemento tipo MEMBRANE (membrana)*
- Elemento tipo PLATE (piastra-guscio)*
- Elemento tipo BRICK (solido)*
- Elemento tipo BOUNDARY (molla)
- Elemento tipo STIFFNESS (matrice di rigidità)

* anche non lineare

- Inquadramento teorico della metodologia – PRO_SAM

Il motore di calcolo del software, denominato SAM II, è stato sviluppato presso l'Università degli Studi di Pavia e la Fondazione EUCENTRE da G. Magenes, C.F. Manzini, P. Morandi, M. Remino e D. Bolognini. SAM II è un codice di calcolo per l'analisi statica non lineare di edifici in muratura ordinaria, muratura armata, cemento armato o misti, soggetti ad azione sismica, basato su ipotesi formulate in un metodo proposto da G. Magenes e G.M. Calvi nel 1996, di cui si è mantenuto l'acronimo S.A.M. (Seismic Analysis of Masonry walls).

PRO_SAM prevede una modellazione tridimensionale a macroelementi, nella quale la struttura portante, costituita da elementi ad asse verticale (pannelli in muratura ordinaria e/o armata, pilastri e/o pareti in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata, in acciaio, legno o altro materiale) ed elementi ad asse orizzontale (travi di accoppiamento in muratura ordinaria e/o armata, cordoli e/o travi in cemento armato, elementi strutturali a sezione personalizzata in acciaio, legno o altro materiale), viene schematizzata mediante un "telaio equivalente". Gli elementi sono posizionati spazialmente in corrispondenza dell'asse baricentrico dei corrispondenti elementi strutturali. Gli orizzontamenti possono essere gestiti come diaframmi infinitamente rigidi nel proprio piano, oppure come elementi membrana con rigidità finita oppure non rigidi.

Inquadramento teorico della metodologia – PRO_MST e PRO_STAB

L'analisi del comportamento dell'opera di sostegno e del terreno viene eseguita attraverso la definizione di un modello che comprende l'opera, il volume di terreno coinvolto e gli eventuali sovraccarichi agenti: il volume di terreno viene schematizzato utilizzando i coefficienti di spinta definiti dalle teorie di Rankine, Coulomb, Mononobe-Okabe o Wood. Vengono prese in considerazione le azioni statiche e, qualora necessario, le azioni sismiche: queste ultime sono rappresentate da forze statiche equivalenti pari al prodotto delle forze di gravità per opportuni coefficienti sismici (analisi pseudo-statica).

L'analisi viene eseguita secondo le seguenti fasi:

- Calcolo della spinta del terreno
- Verifica a ribaltamento
- Verifica a scorrimento del muro sul piano di posa
- Verifica della stabilità complessa fondazione terreno (carico limite)
- Verifica della stabilità globale (eseguita tramite il solutore PCSTABL5M - Purdue University)
- Calcolo delle sollecitazioni del muro (elevazione e fondazione), progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.



Form: DicAff01 rev. n° 7 del 14/10/20228

MANDATARIA

EdilAlta

MANDANTE

Anaergia
Fueling a Sustainable World

PROGETTISTA INDICATO

OWAC
ENGINEERING COMPANY

**VASCA CONFERIMENTO
RELAZIONE DI CALCOLO**

REV. 00

Pag. 67 di 74

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAP, PRO_MST e PRO_STAB

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, 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:
<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita>

Nella produzione del solutore fem 2S.I. implementa componenti sviluppati da Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:

https://www.2si.it/benchmarks_e_sap.zip

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità – PRO_SAM

Il solutore SAM II è stato sottoposto ad una procedura di validazione/confronto strumenti software per l'applicazione dei metodi di verifica da norma del Progetto ReLUIS (Task 10.3 -accordo quadro con il Dipartimento della Protezione Civile 2019-2021).

Il documento è scaricabile qui.

- Filtri di autodiagnostica

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.

2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.

Ing. Paolo Nagliati

2 S. I.
software e servizi
per l'ingegneria s.r.l.

Garanzia di qualità

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001.

Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;
- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;
- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.



Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo	
Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2024-07-200)
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE (Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it
Dati utente finale:	Owac Engineering Company
Codice Utente:	Owac Engineering Company
Codice Licenza:	Licenza dsi5924

In merito al punto 10.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (*Affidabilità dei codici utilizzati*), si fa riferimento al **Documento di Affidabilità** “Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST” disponibile per il download sul sito: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

MANDATARIA



MANDANTE



PROGETTISTA INDICATO



**VASCA CONFERIMENTO
RELAZIONE DI CALCOLO**

REV. 00

Pag. 70 di 74