

Regione EMILIA ROMAGNA

Provincia di MODENA

Comune di Medolla

*DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI
DI VIA CAMPANA NEL COMUNE DI MEDOLLA (MO)*

**Continuità di esercizio della discarica esistente
sita nel Comune di Medolla**

ISTANZA DI RILASCIO DEL P.A.U.R.
(Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale)

COMMITTENTE:

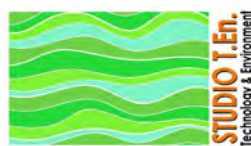


Via Maestri del Lavoro - 41037 Mirandola (MO)
Tel. 0535 28111 - Fax 0535 1872005
C.F. e P.I. 00664670361 - E mail: info@aimag.it

DIRETTORE IMPIANTI AMBIENTE

P.I. Floriano Scacchetti

ELABORAZIONE:



Via A. Einstein, 11 - 42122 Reggio Emilia
Tel: 0522-337096 ; Fax: 0522-337592
E-mail: info@studioten.it

Dott. Ing. Stefano Teneggi

Data: *Ottobre 2025*

Scala: */*

Rif.

Titolo tavola

**RELAZIONE TECNICA
ESPLICATIVA VASCA 1
- Allegato A del DGR 1373/2011 -**

EMISSIONE:

DATA:

SOSTITUISCE IL

SOSTITUITO DA

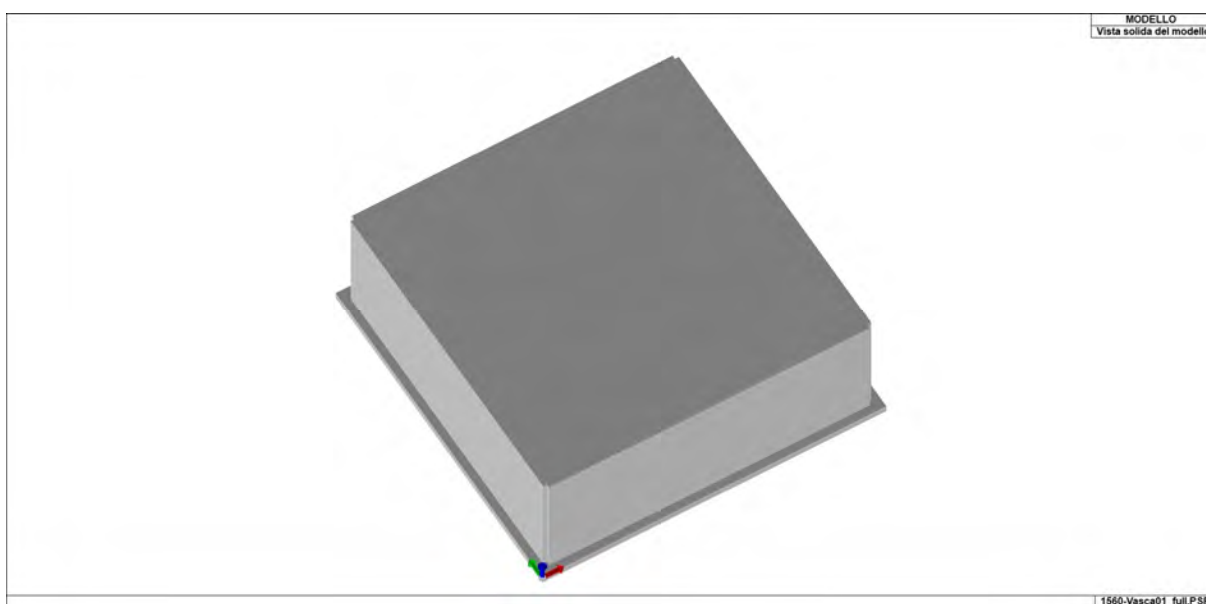
Descrizione

Tav n°

S.4



Elaborato: RELAZIONE ILLUSTRATIVO SINTETICA



Ubicazione: Località MEDOLLA (MO) Comune di MEDOLLA (MO)
Provincia di MODENA (Regione EMILIA-ROMAGNA)

Progetto: Continuità di esercizio della discarica esistente sita nel Comune di Medolla
Istanza di rilascio PAUR
- Vasca di raccolta percolato -

Committente: AIMAG S.p.a.
Via Maestri del Lavoro – 41037 Mirandola (MO)
Tel. 0535 28111 – Email: info@aimag.it

Progettista: Ing. Stefano Teneggi
Via A. Einstein 11 42122 Reggio Emilia RE
Tel. 0522 337096 – Email: info@studioten.it

INDICE

1.	RELAZIONE ILLUSTRATIVO SINTETICA.....	2
1.1	PREMESSA	2
1.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO ADOTTATO.....	2
1.3	DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA.....	2
2.	MODELLAZIONE.....	5
2.1	ELEMENTI FINITI – SEZIONI E SPESSORI.....	5
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI.....	8
3.1	ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	8
4.	NEVE E VENTO	10
5.	ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI	12
6.	AZIONE SISMICA.....	14
6.1	CALCOLO FATTORE DI COMPORTAMENTO.....	15
7.	SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO	24
8.	DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI	36
8.1	TIPO DI ANALISI EFFETTUATE	37
8.2	COMBINAZIONI E/O PERCORSI DI CARICO	37
9.	PRINCIPALI RISULTATI	41
10.	SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA.....	72
11.	ANALISI GEOTECNICA	82

Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo

Codice di calcolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Versione:	PROFESSIONAL (build 2025-05-203)
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
Codice Licenza:	Licenza dsi6776

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/>

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
Progetto acciaio	D.M. 17-01-2018
Progetto legno	D.M. 17-01-2018
Progetto muratura	D.M. 17-01-2018
Azione sismica	
Norma applicata per l' azione sismica	D.M. 17-01-2018

1.3 DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

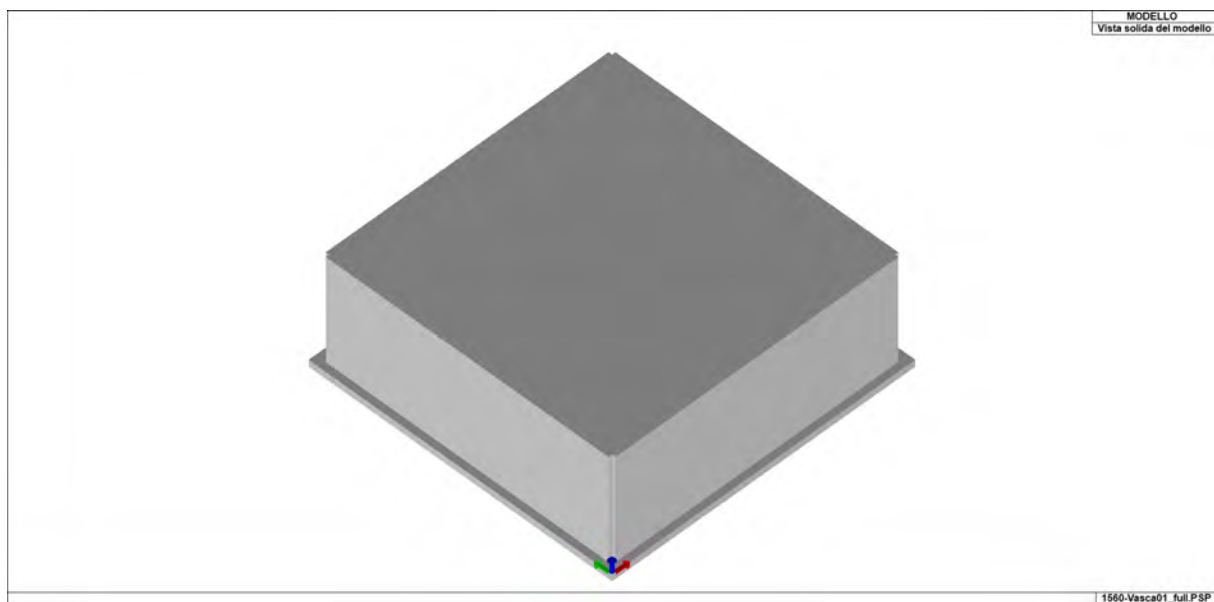
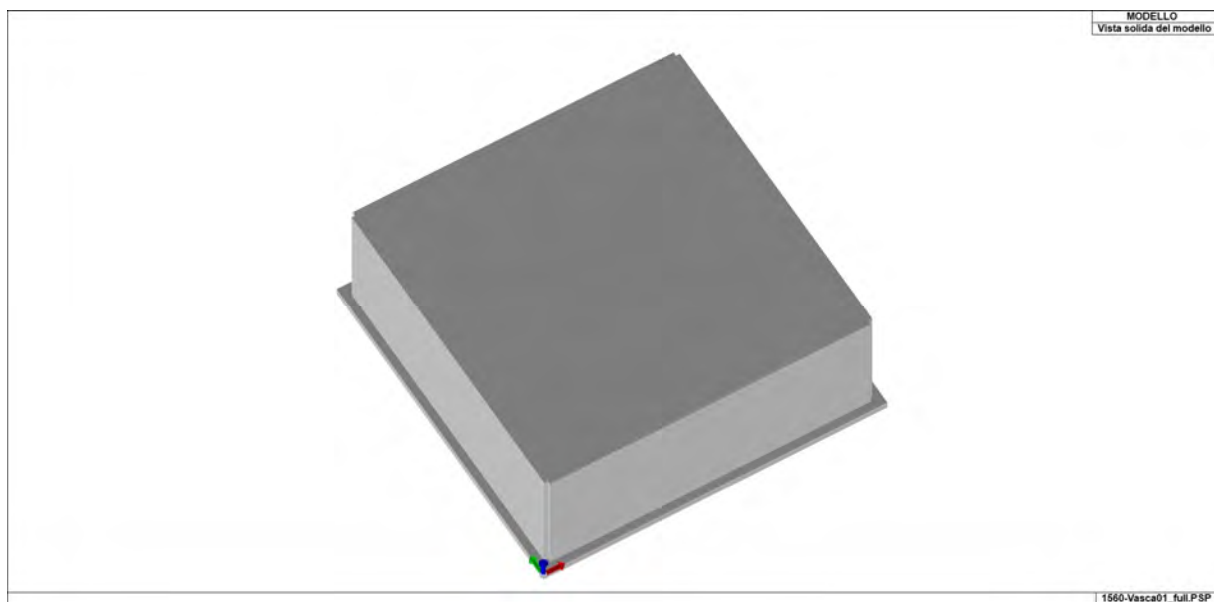
Descrizione generale dell'opera	
Opera di nuova realizzazione	SI
Fabbricato ad uso	Vasca di raccolta del percolato
Ubicazione	Comune di MEDOLLA (MO) (Regione EMILIA-ROMAGNA)
	Località MEDOLLA (MO)
	Longitudine 11.071, Latitudine 44.849 (Riferimento WGS84)
Numero di piani	Fuori terra 1
	Interrati 0
	Le dimensioni dell'opera in pianta sono racchiuse in un rettangolo di 17.60 x 17.60 m
Tipo di fondazione	Platea

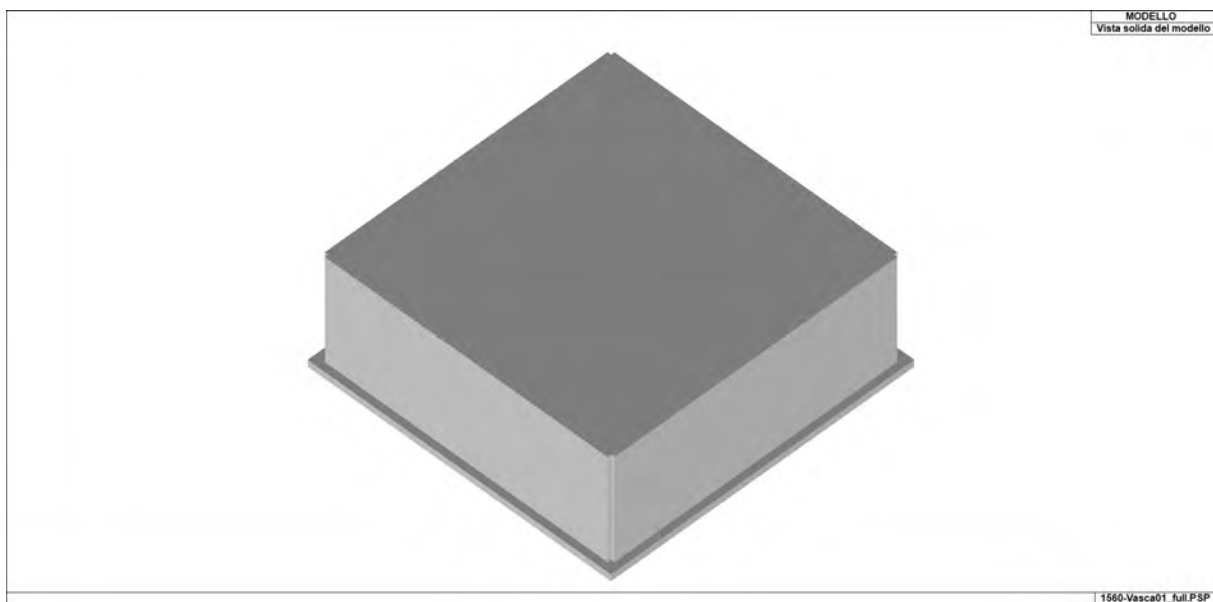
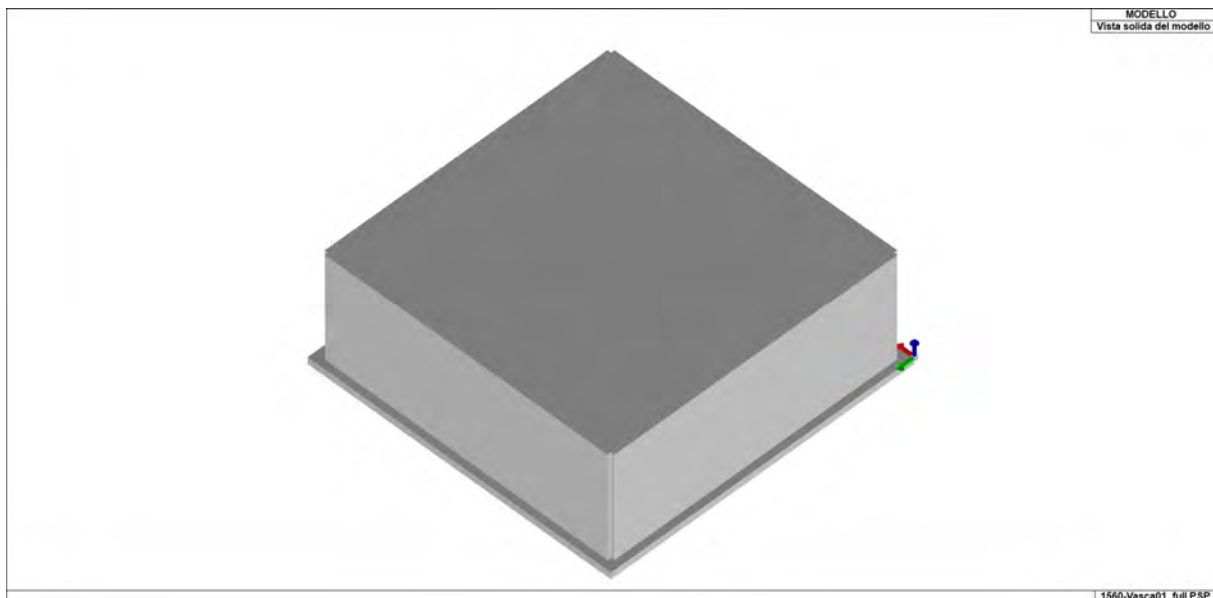
Materiali impiegati	
Cemento Armato	SI
Acciaio	NO
Legno	NO
Muratura	NO

Principali caratteristiche della struttura	
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	ND struttura non dissipativa
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:





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:

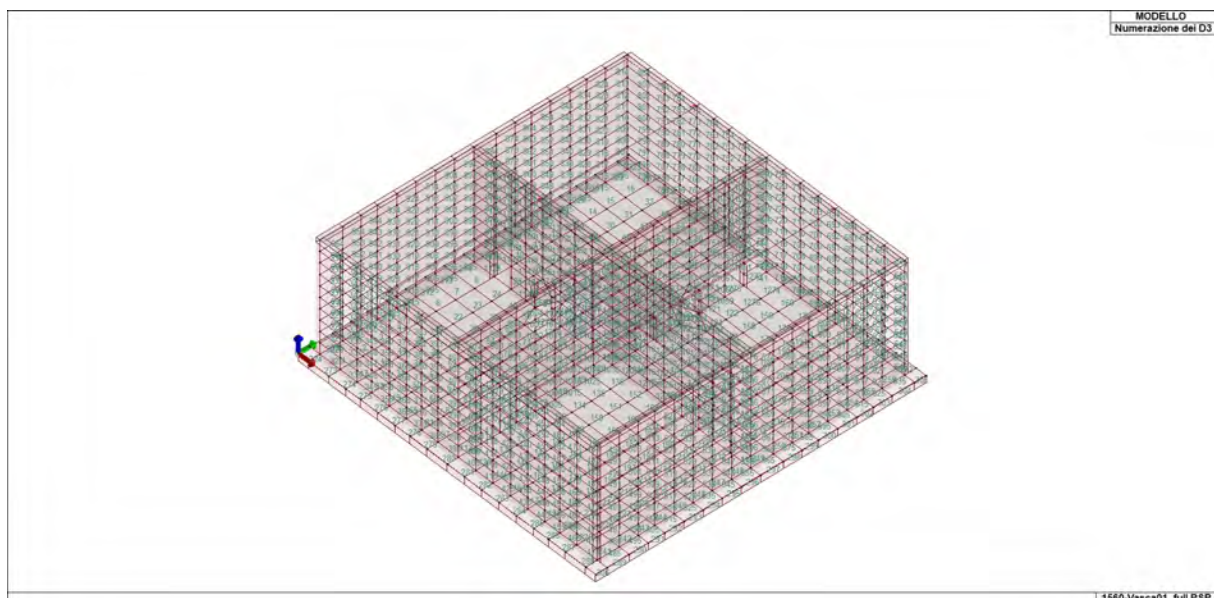
$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \begin{aligned} \mathbf{K} &= \text{matrice di rigidezza} \\ \mathbf{u} &= \text{vettore spostamenti nodali} \\ \mathbf{F} &= \text{vettore forze nodali} \end{aligned}$$

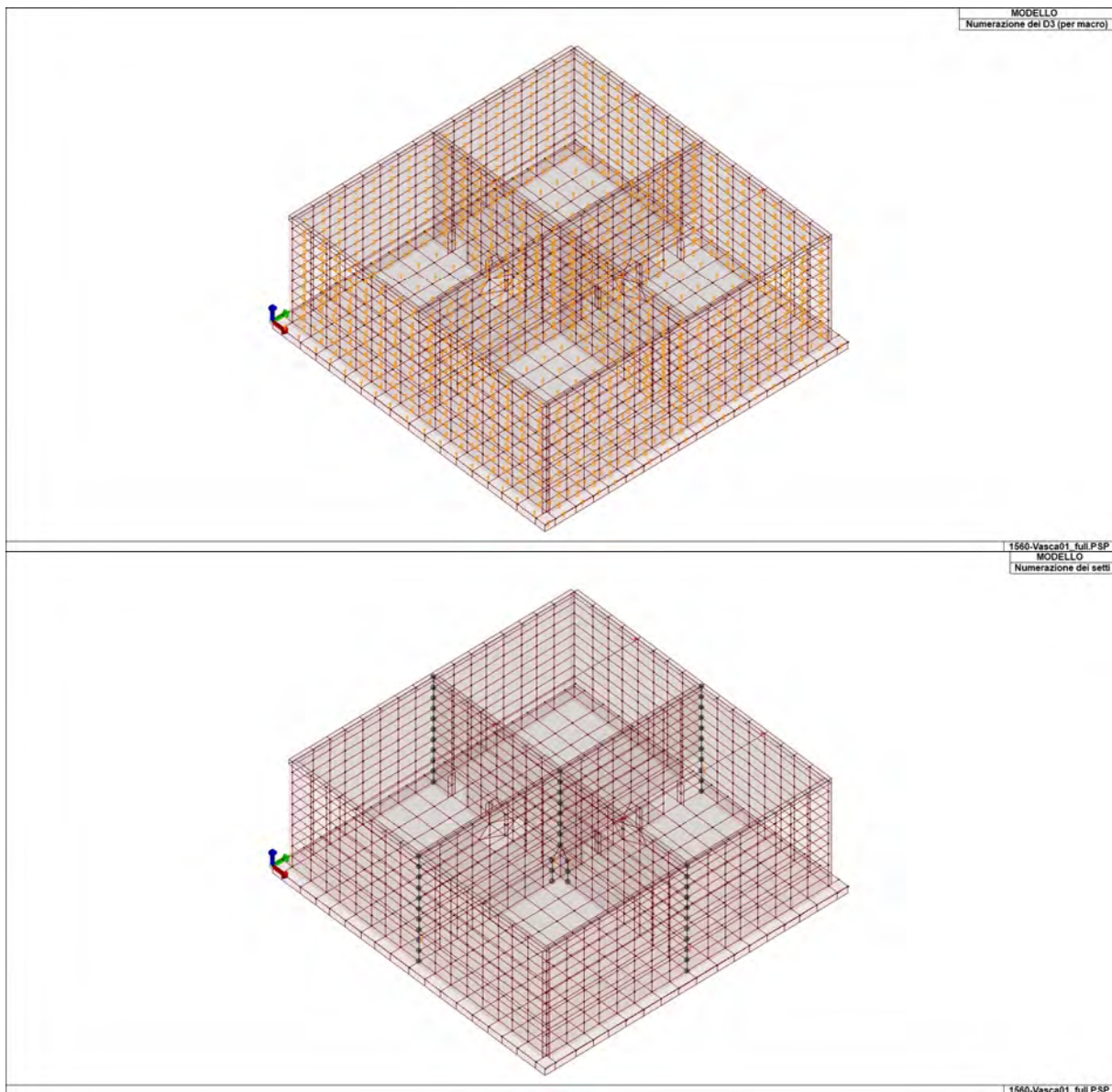
Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente a una terna locale all'elemento stesso.

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_SEZIONI											
Id	Tipo SEZ	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
-	-	cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	Rettangolare: b=30.00 h =30.00	900.00	750.00	750.00	1.139e+05	6.750e+04	6.750e+04	4500.00	4500.00	6750.00	6750.00

Legenda

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2
J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3

TABELLA_SPESSORI

Id		Spessore Gusci	Spessore Setti	Sp. solai piano rigido
-	-	cm	cm	cm
1		-	-	1.00
2		40.00	40.00	-

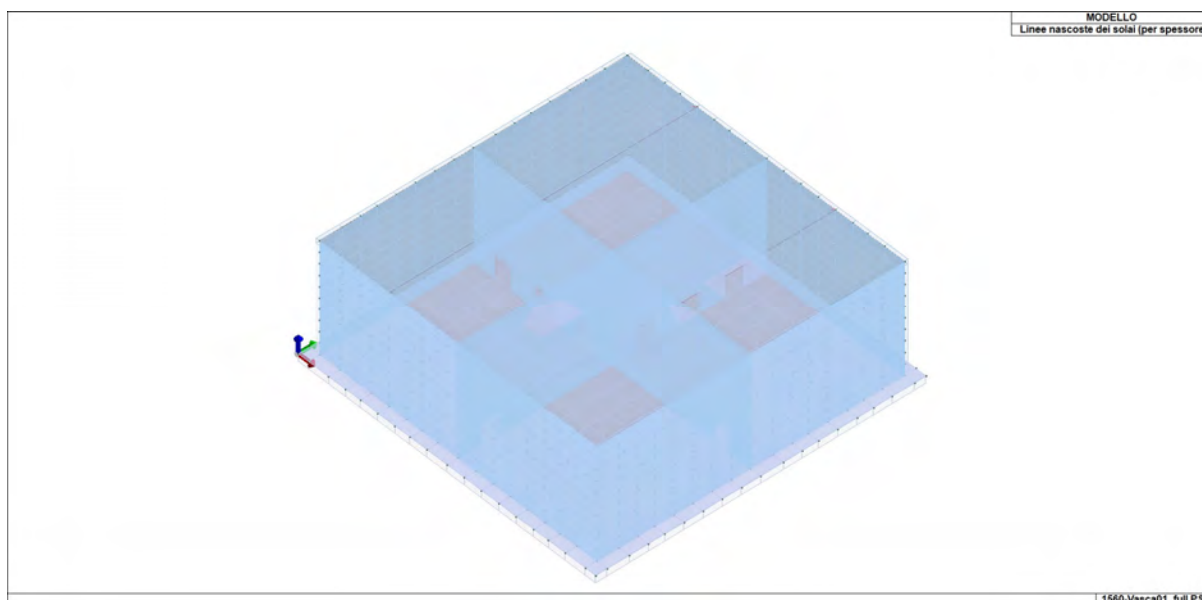
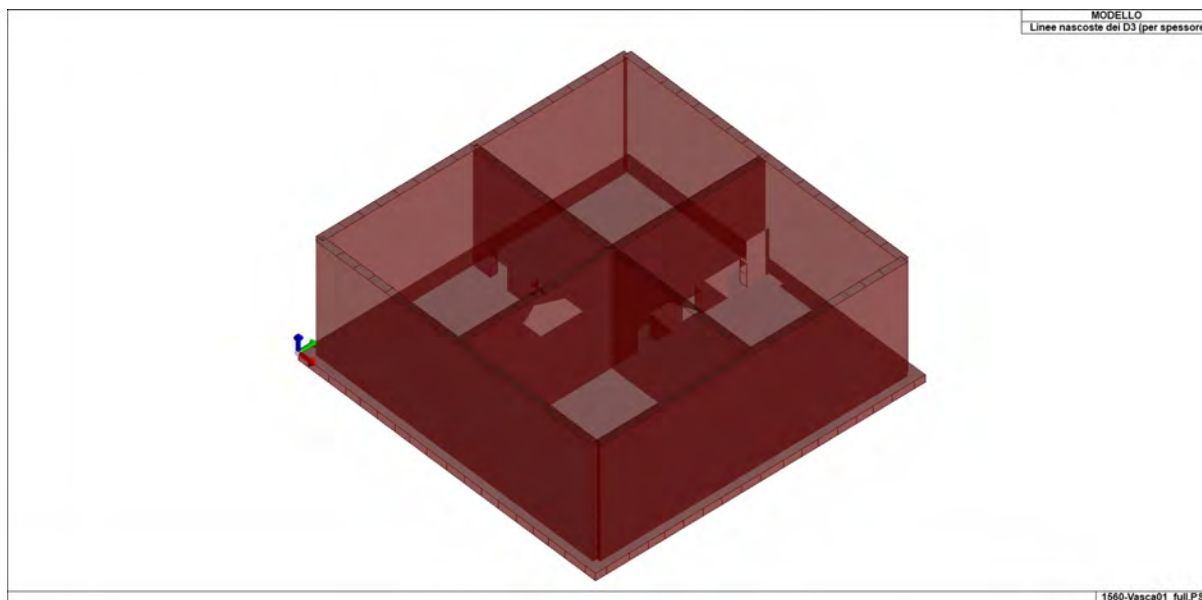
Legenda

Spessore Gusci

Spessore degli elementi shell con sviluppo orizzontale

Spessore Setti

Spessore degli elementi shell con sviluppo verticale



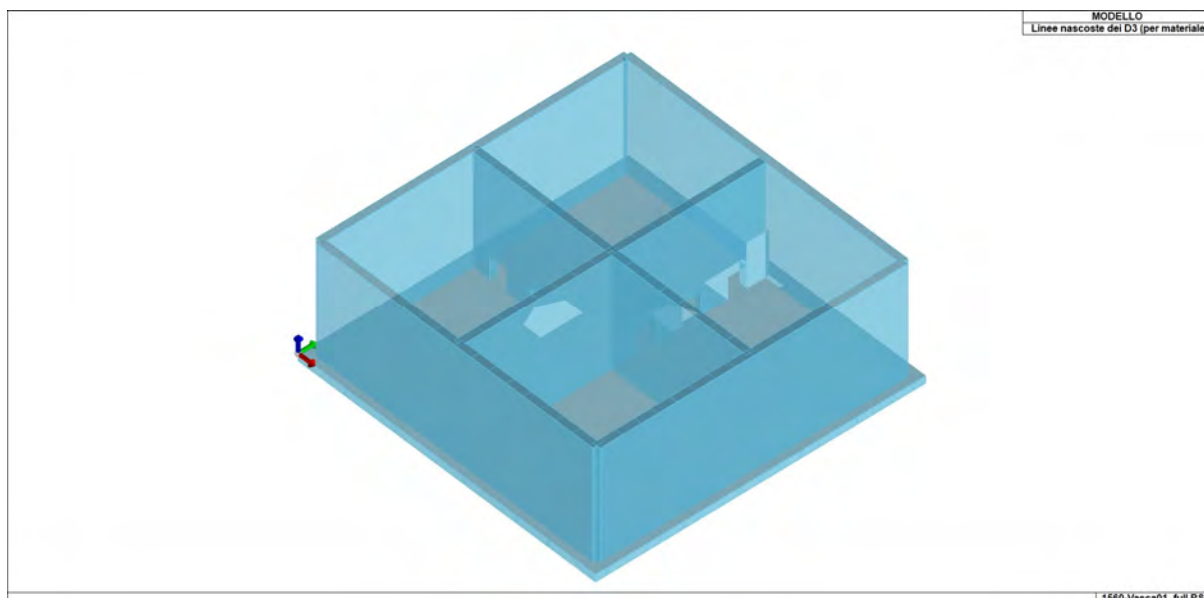
3. CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

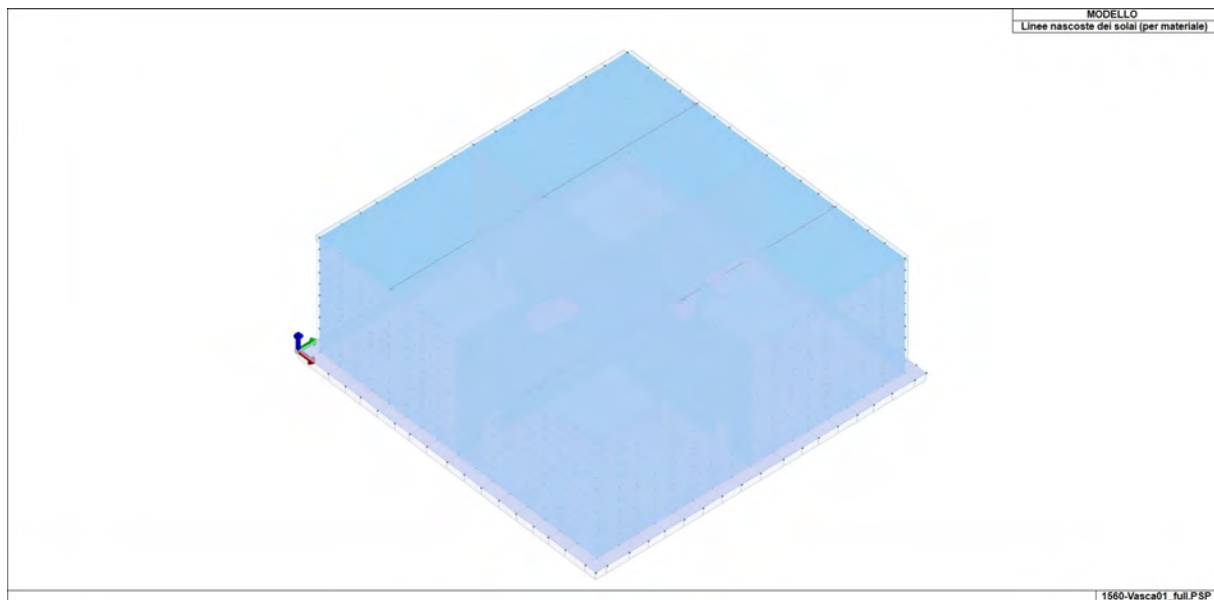
Nell'esecuzione delle opere oggetto della presente relazione è previsto l'utilizzo dei seguenti materiali con le relative caratteristiche:

3.1 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[5]- MATERIALE PER FONDAZIONE -			
Id	-	Calcestruzzo Classe C32/40	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	4500.0 daN/cm2
		Tipo acciaio	tipo C
		Coefficiente gamma c	1.50
		Coefficiente gamma s	1.15
		Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00
		Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00
		Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00

[5]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -			
Id	-	Calcestruzzo Classe C32/40	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	4500.0 daN/cm2
		Tipo acciaio	tipo C
		Coefficiente gamma c	1.50
		Coefficiente gamma s	1.15
		Rapporto Rfessurata (assiale)	1.00
		Rapporto Rfessurata (flessione)	1.00
		Rapporto Rfessurata (taglio)	1.00





4. NEVE E VENTO

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni di neve e vento.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	MEDOLLA
Provincia	MODENA
Regione	EMILIA-ROMAGNA
Latitudine	44,84900 N
Longitudine	11,07100 E
Altitudine s.l.m.	22,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per $T_r = 50$ anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
I Mediterranea	Zona normale	1,00	50 anni	22 m	150,00

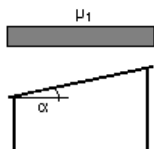
Copertura ad una falda:

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

- Copertura piana $W = 16.8$ m, $L = 16.8$ m $\Rightarrow L_c = 16.8$, $C_{ef} = 1.000$

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

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

$V_{b,0}$: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a_0 : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

k_s : parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

as: altitudine del sito;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

V_b : velocità di riferimento calcolata come segue:

$V_b = V_{b,0}$ per $as \leq a_0$

$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((as / a_0) - 1))$ per $a_0 < as \leq 1500$ m

per $as > 1500$ m vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $as = 1500$ m

Cr: coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR

Vr: velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	Vb 0	a0	ks	as	TR	Vb	Cr	Vr
2	25 m/s	750 m	0,45	22 m	50 anni	25,00 m/s	1,000	25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = \rho V_r^2 / 2 = 39 \text{ daN/mq}$

dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

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

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,20	0,10 m	5 m

Classe di rugosità del terreno: C (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,83	6,10 m

Pressione del vento

$p = q_r C_e C_p C_d = 71 \text{ daN/mq}$

5. ANALISI DEI CARICHI DEI SOLAI

Si riportano di seguito l'analisi dei carichi relative ai solai presenti nella struttura in oggetto:

TABELLA_CARICHI_SOLAI

ID Arch.	Tipo SOL	G1	G2	Q	Fatt. A	s sis.	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi S 2	Fatt. Fi
-	-	daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2	-	-	-	-	-	-	-
1	Neve	5.06e-02	7.90e-03	1.20e-02		1.00	0.50	0.20	0.0	0.0	1.00
	Variab.			2.00e-02			0.70	0.50	0.30		

Legenda

Tipo
SOL Indica la destinazione d'uso sulla base del carico variabile

G1 Carichi permanenti
G2 Carichi permanenti non strutturali
Q Carichi variabili e neve

Fatt. A Fattore di riduzione dell'area caricata (solo per solai speciali)

s sis. Coefficiente di riduzione del sovraccarico accidentale -(DM 96)-

Psi 0 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi 1 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi 2 Coefficiente di combinazione -(tab. 2.5.I NTC2018)-

Psi S 2 Coefficiente di combinazione che fornisce il valore Quasi Permanente dell'azione variabile Q_i -(OPCM 3274)-

Fatt. Fi Coefficiente che tiene conto della probabilità che tutti i carichi siano presenti sull'intera struttura durante l'azione sismica -(OPCM 3274)-

1 - . Q cop = 904.9

Descrizione:

Solaio prefabbricato composto da una soletta inferiore in c.a.p. di altezza 5 cm, irrigidita da tralicci metallici gettati in calcestruzzo, alleggerimento di piani di polistirolo e completamento con travetti e soletta superiore da 5 cm da gettarsi in opera.

Spessore complessivo $H = 40.0$ cm

Carichi permanenti strutturali [daN/mq]

- polistirolo ($h_a = 30.0$ cm)	5.9
- getto in opera ($h_s = 5$ cm)	375.0
- p.p. lastra armata c.a.p. ($h_i = 5$ cm)	125.0
Totale carichi G1	505.9

Carichi permanenti portati [daN/mq]

- pavimento in ceramica o gres	40.0
- formazione pendenza cls leggero con polistirolo	24.0
- impermeabilizzazione + coibentazione	15.0
Totale carichi G2	79.0

Carichi variabili [daN/mq]

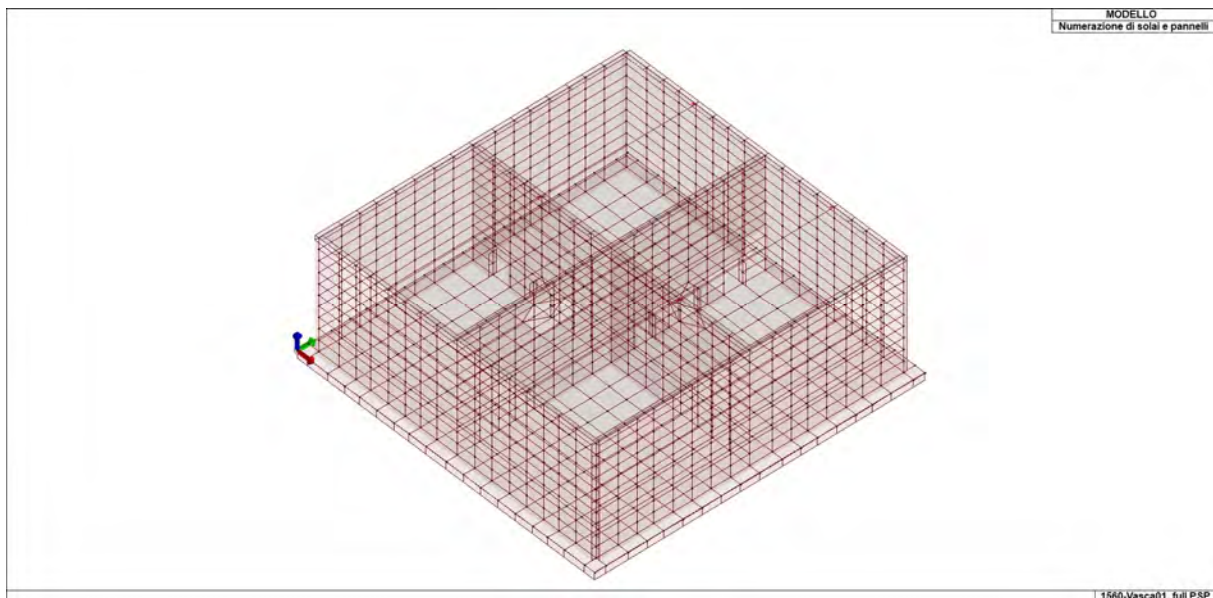
Sovraccarico variabile Q	200.0
Sovraccarico neve Qneve	120.0

Categoria carichi: Neve (alt. s.l.m. ≤ 1000 m).

Coefficienti di combinazione: $\psi_0 = 0.70$, $\psi_1 = 0.50$, $\psi_2 = 0.30$

Categoria carichi variabili: A - Ambienti ad uso residenziale - Aree per attività domestiche e residenziali.

Coefficienti di combinazione: $\psi_0 = 0.50$, $\psi_1 = 0.20$, $\psi_2 = 0.00$



6. 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:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

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 MEDOLLA (MO)
Comune di MEDOLLA (MO)
Regione EMILIA-ROMAGNA
Longitudine 11.071, Latitudine 44.849 (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

6.1 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

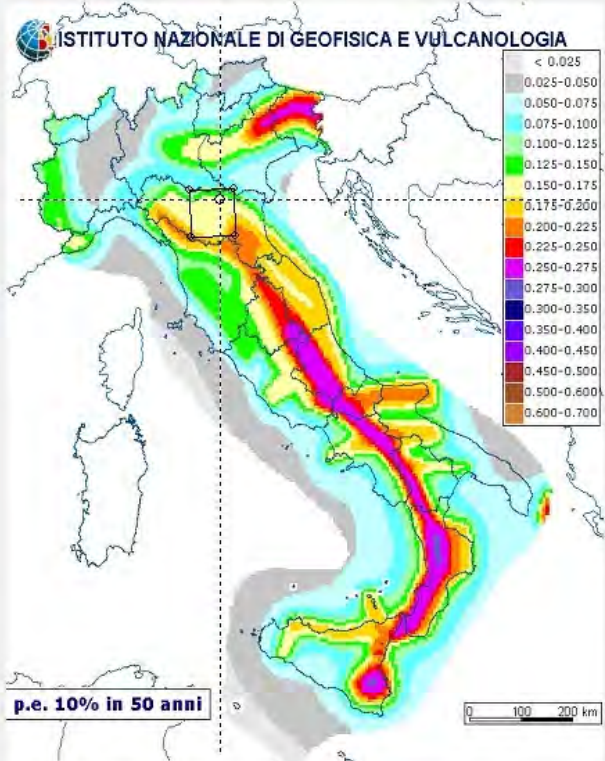
Calcolo dei fattori di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018

Caratteristiche costruzione	
Tipologia	Nuova
Regolarità pianta	SI
Regolarità altezza	SI
Classe di duttilità	ND
Sistema costruttivo	Calcestruzzo
Tipologia strutturale	Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste
Definizione rapporto α_u/α_1	Valore come da normativa
Riferimento normativo α_u/α_1	Strutture a telaio di un piano

Parametri	
α_0/α_1	1.100
$q_0 = 3.000 \alpha_0/\alpha_1$	3.300
k_w	1.000
K_R	1.0
$q_D = q_0 \cdot k_w \cdot K_R$	3.300
$q_{ND} = 2/3 \cdot q_D$	1.500 (≤ 1.5)

Fattori di comportamento		
	Dissipativi	Non dissipativi
q SLU x	3.300	1.500
q SLU y	3.300	1.500
q SLU z	1.500	1.500

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



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

p.e. 10% in 50 anni

0 100 200 km

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]

Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
15394	11.025	44.809	5.877
15395	11.095	44.811	4.699
15173	11.093	44.861	2.065
15172	11.023	44.859	3.997

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località: MEDOLLA (MO)

Longitudine: 11.0710 Latitudine: 44.8490

☐ Applica la Risposta Sismica Locale

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c [sec]
SLO	81	45.16	0.0479	2.508	0.266
SLD	63	75.43	0.0619	2.495	0.278
SLV	10	711.84	0.1767	2.559	0.276
SLC	5	1462.18	0.2355	2.492	0.284

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
50	1.5	75	100

☐ Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

<p>Classe d'uso</p> <p><input type="radio"/> I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]</p> <p><input type="radio"/> II edifici ordinari</p> <p><input checked="" type="radio"/> III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)</p> <p><input type="radio"/> IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)</p>	<p>Pericolosità e zonazione</p> <p>pericolosità sismica</p> <p>agS per SLV: <input type="text" value="0.252"/></p> <p>Modalità di progettazione semplificata per agS < 0.075 <input type="checkbox"/></p> <p>Strutture esistenti</p> <p><input checked="" type="radio"/> LC1: conoscenza limitata</p> <p><input type="radio"/> LC2: conoscenza adeguata</p> <p><input type="radio"/> LC3: conoscenza accurata</p> <p>Fattore di confidenza FC: <input type="text" value="1.35"/></p>
<p>Categoria di suolo di fondazione</p> <p><input type="radio"/> A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ...</p> <p><input type="radio"/> B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ...</p> <p><input checked="" type="radio"/> C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti ...</p> <p><input type="radio"/> D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti ...</p> <p><input type="radio"/> E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D ...</p>	<p>Categoria topografica</p> <p><input checked="" type="radio"/> T1</p> <p><input type="radio"/> T2 in sommità al pendio</p> <p><input type="radio"/> T3 in cresta al rilievo con moderata pendenza</p> <p><input type="radio"/> T4 in cresta al rilievo</p> <p><input type="text" value="100"/> quota relativa (%)</p> <p>Spettri di progetto</p> <p><input type="checkbox"/> Usa spettri esterni <input type="text" value="Sfoglia..."/></p>

Parametri e fattori spettrali								Duttilità	
S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD	<input checked="" type="radio"/> ND - non dissipativa <input type="radio"/> B - media <input type="radio"/> A - alta	
SLO	0.048	1.500	2.508	0.741	0.144	0.432	1.792	Regolarità <input checked="" type="checkbox"/> in pianta <input checked="" type="checkbox"/> in altezza Edifici isolati 2.0 T is 10.0 s esi	
SLD	0.062	1.500	2.495	0.838	0.148	0.445	1.848		
SLV	0.177	1.429	2.559	1.452	0.148	0.443	2.307		
SLC	0.235	1.348	2.492	1.633	0.151	0.452	2.542		
Verticale per tutti:		1.000			0.050	0.150	1.000		
eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z	Aiuto...		
1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5			
Smorzamento...				1.0	1.0	<= Esistenti v. fragili		Info...	

Dati comuni per le analisi		Dati per analisi statica lineare e non lineare			
Quota spiccato [cm]	0.0	Altezza edificio [cm]	610.0	N. orizzontamenti	1
Contributo carichi in fondazione	<input type="checkbox"/>	Fatt. Lambda [0.85 - 1]	1.0	Calcola periodi T1	
Eccentricità aggiuntiva X:	5 Y: 5	Periodo T1 [primo modo]	0.177	dir. x-x	0.184
Spost. relativo rapp. SLC/SLD	5 ex. muratura	Sd (T1) - SLU	0.431	dir. y-y	0.171
Dati per analisi dinamica		Se (T1) - SLD	0.232	dir. z-z	0.052
N. modi	15	N. modi rigidi	0	Rapp T1/TrZ	1.264 1.319
		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

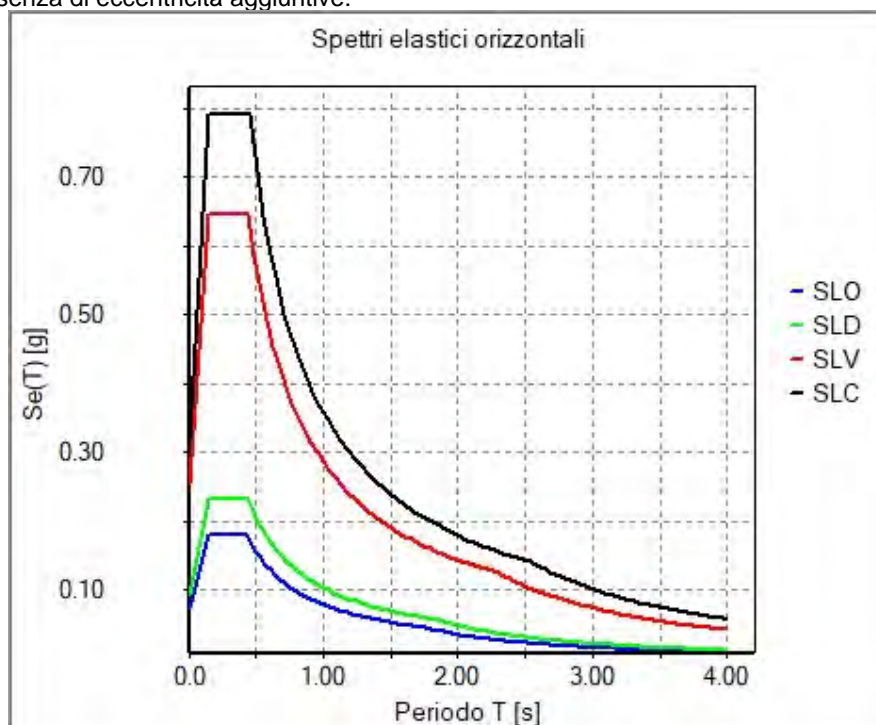
C.D.C. sismico		Nodo cont.	0	(**)
C.D.C.				
Analisi modale di riferimento		Sfoglia...	Modo rifer.	0 (**)

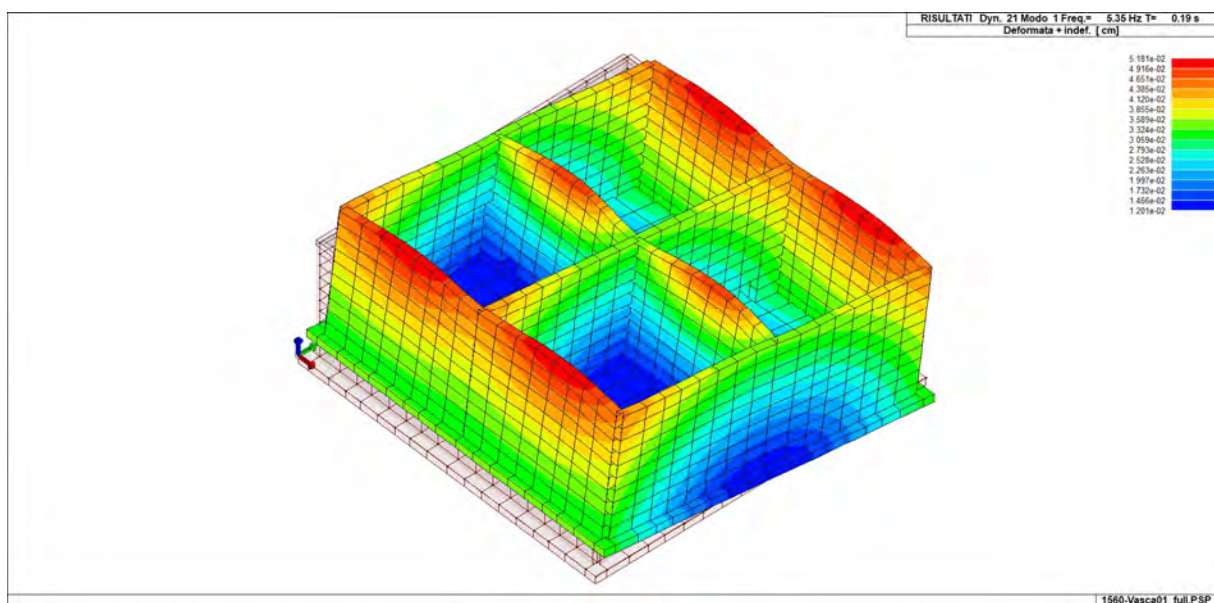
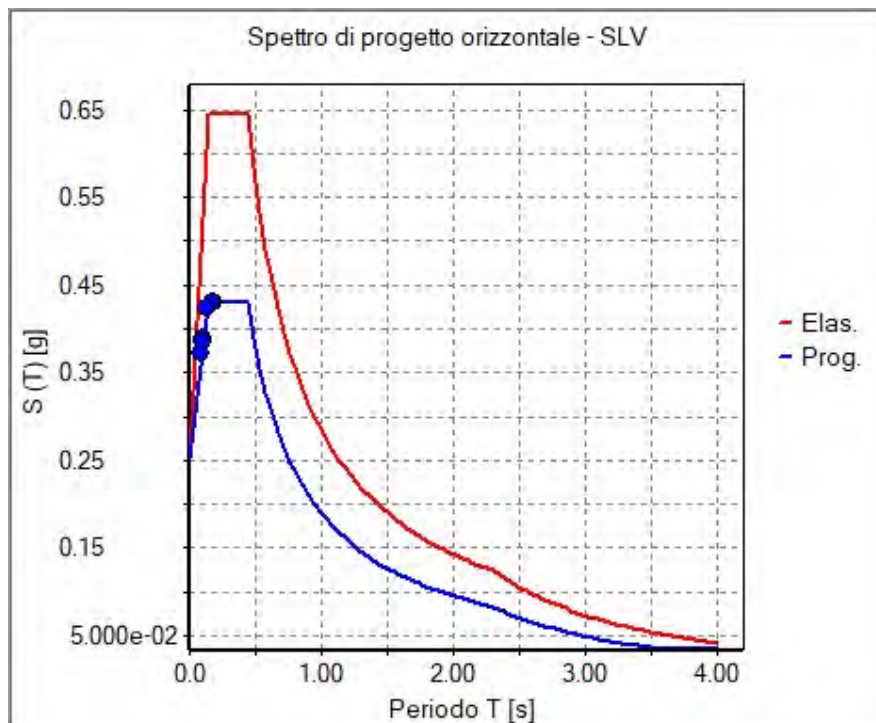
Sisma	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4 (*)	LC 5 (*)	LC 16 (*)
LC U 6	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
LC U 7	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
LC U 8	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
LC U 9	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
LC D 10	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
LC D 11	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00

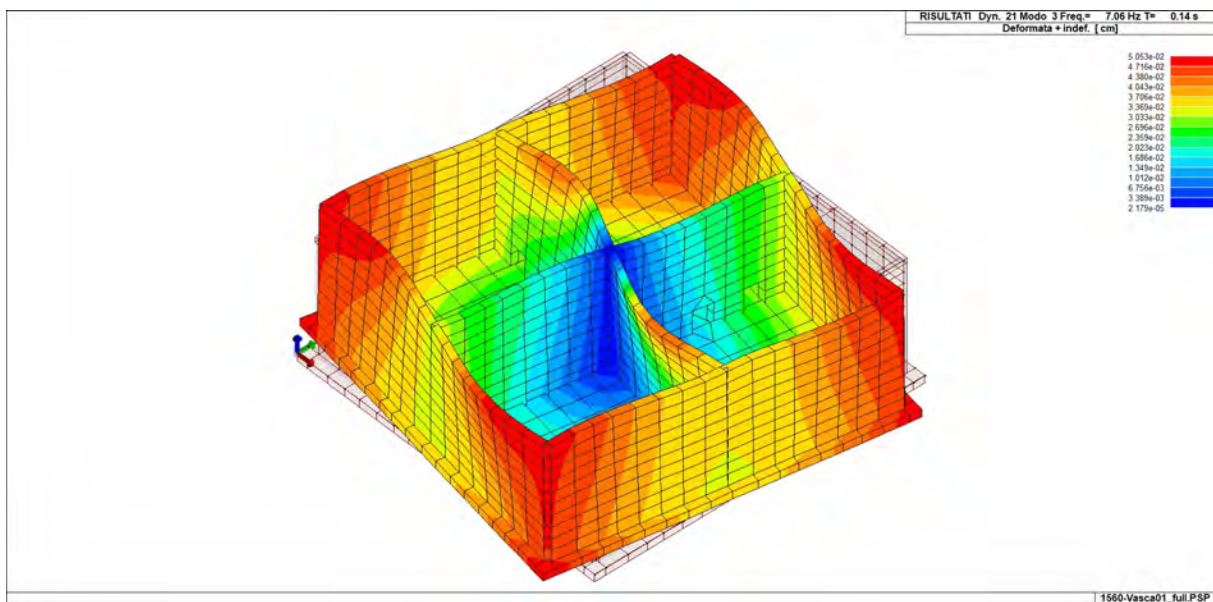
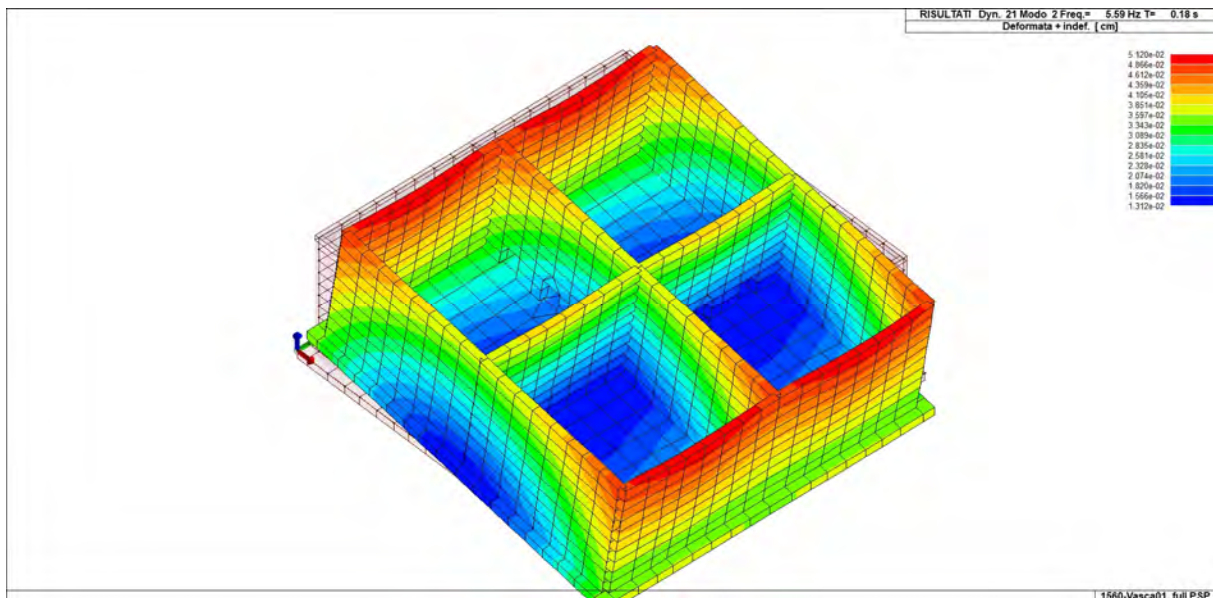
NOTA: (*) coefficienti per carichi variabili Q (**) 0 per default in pushover
cdc Qk : utilizzare psi 2
cdc Qsk/Qnk : utilizzare di regola 1 (psi 2 da archivio carico)

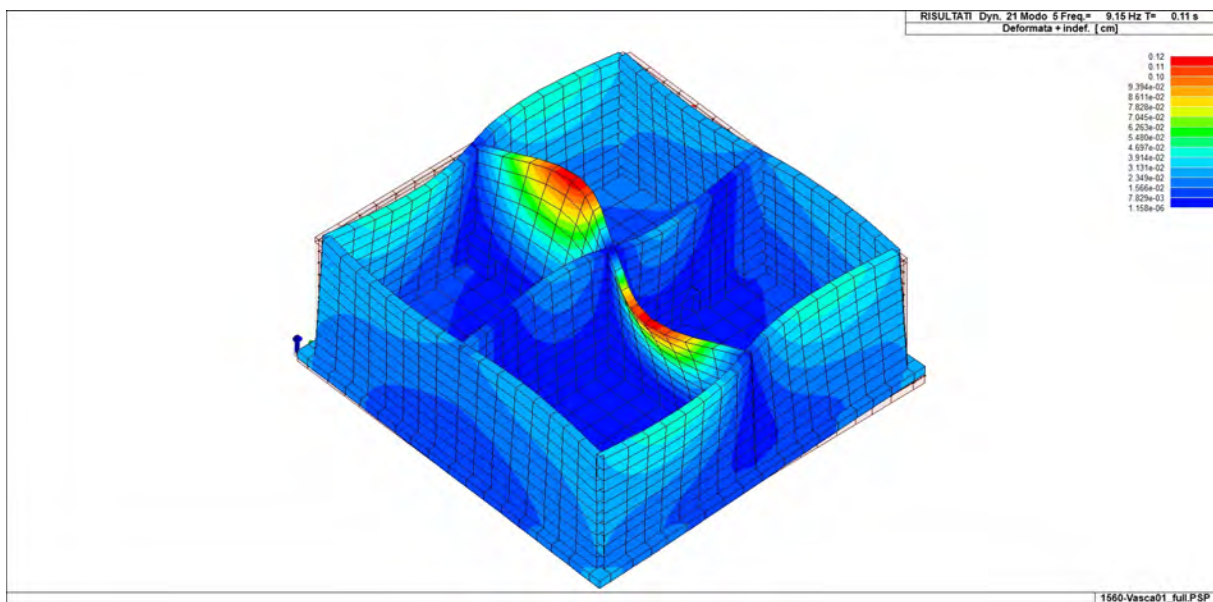
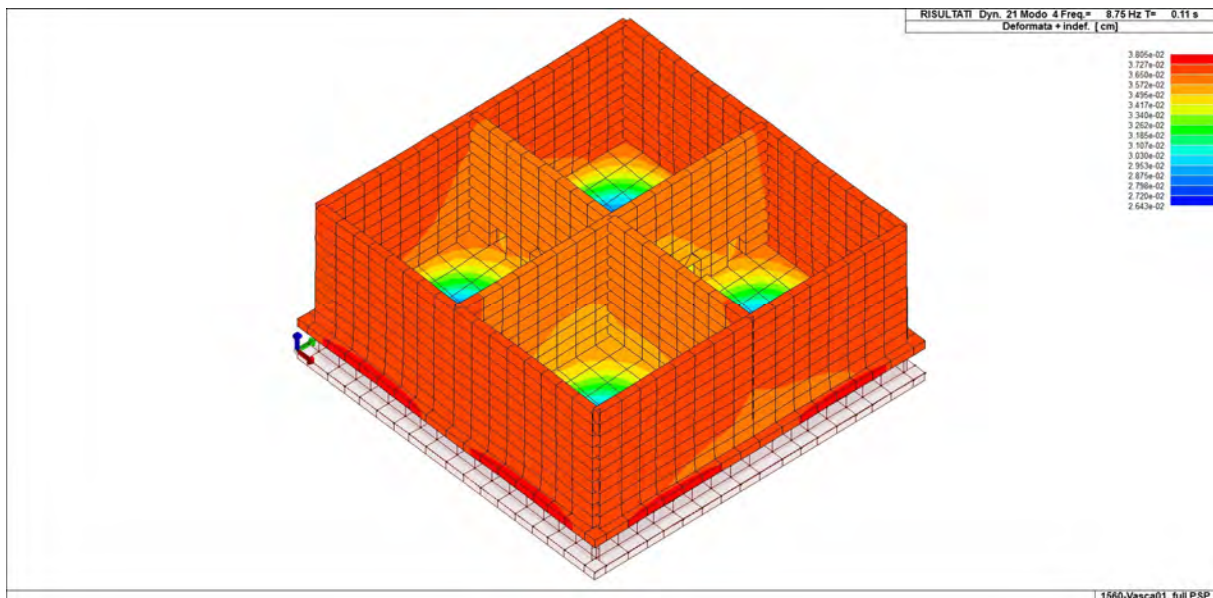
Definizione masse automatica

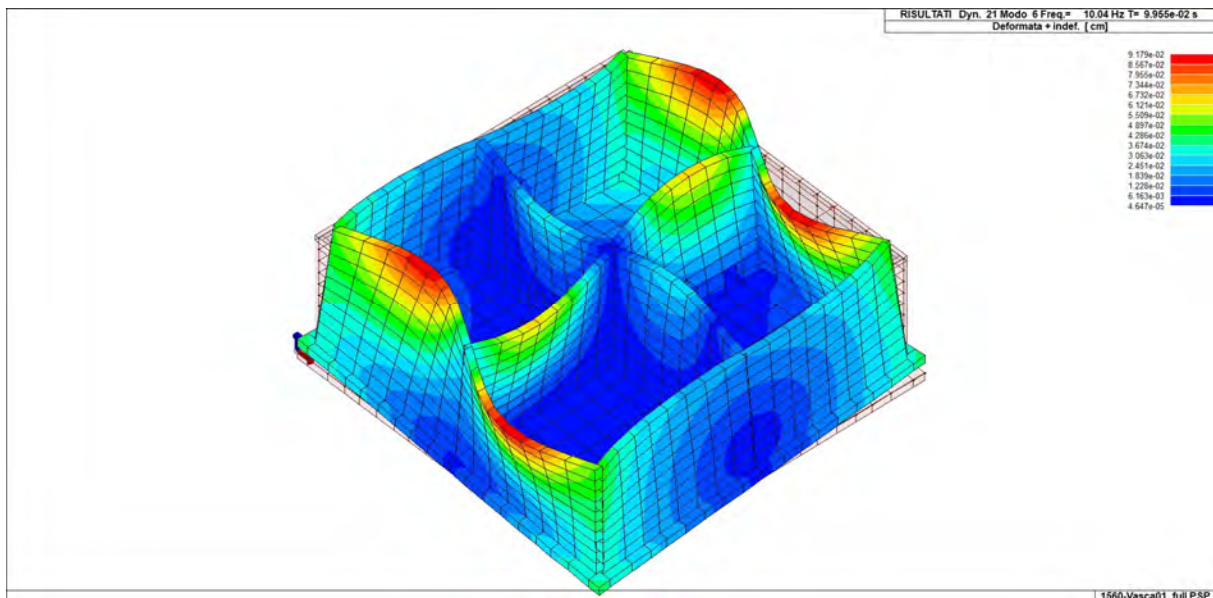
Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:











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	5.35	0.19	2.84e-02	0	4.574e+05	62	0.4	0	3.0	0
2	5.59	0.18	4.609e+05	62	2.07e-02	0	0.7	0	25.1	0
3	7.06	0.14	0.3	0	1.0	0	0.0	0	4.586e+07	95
4	8.75	0.11	1.9	0	2.3	0	7.359e+05	99	2.59e-05	0
5	9.15	0.11	1.02e-05	0	7.54e-02	0	6.28e-06	0	1.017e+06	2
6	10.04	0.10	1.1	0	2.7	0	6.08e-04	0	2.623e+05	0

7. SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

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

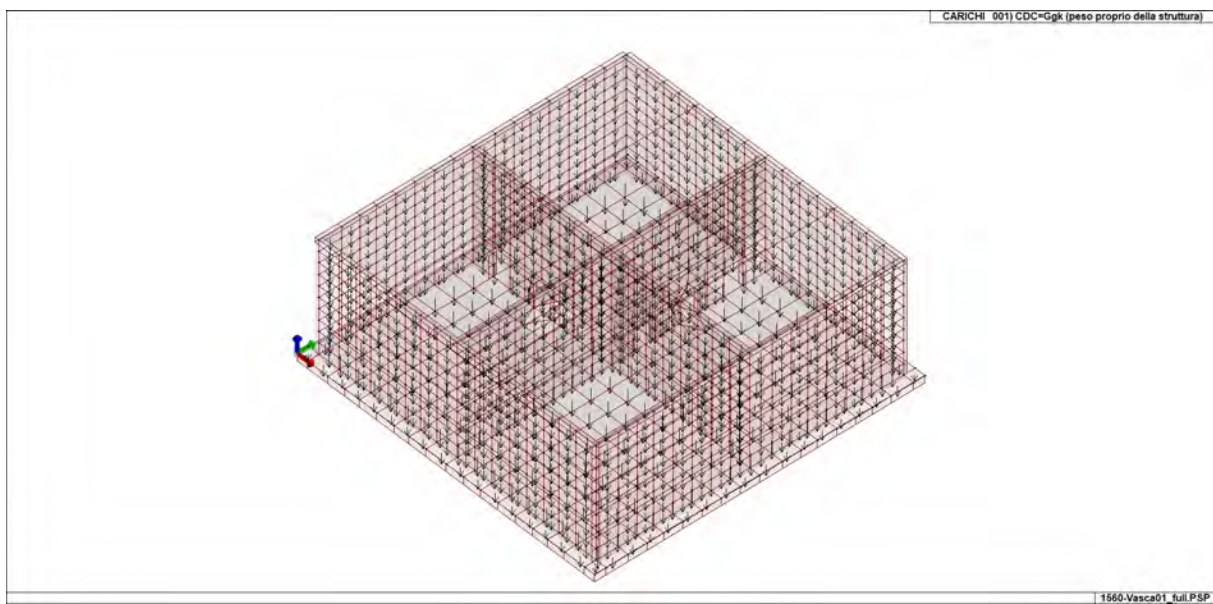
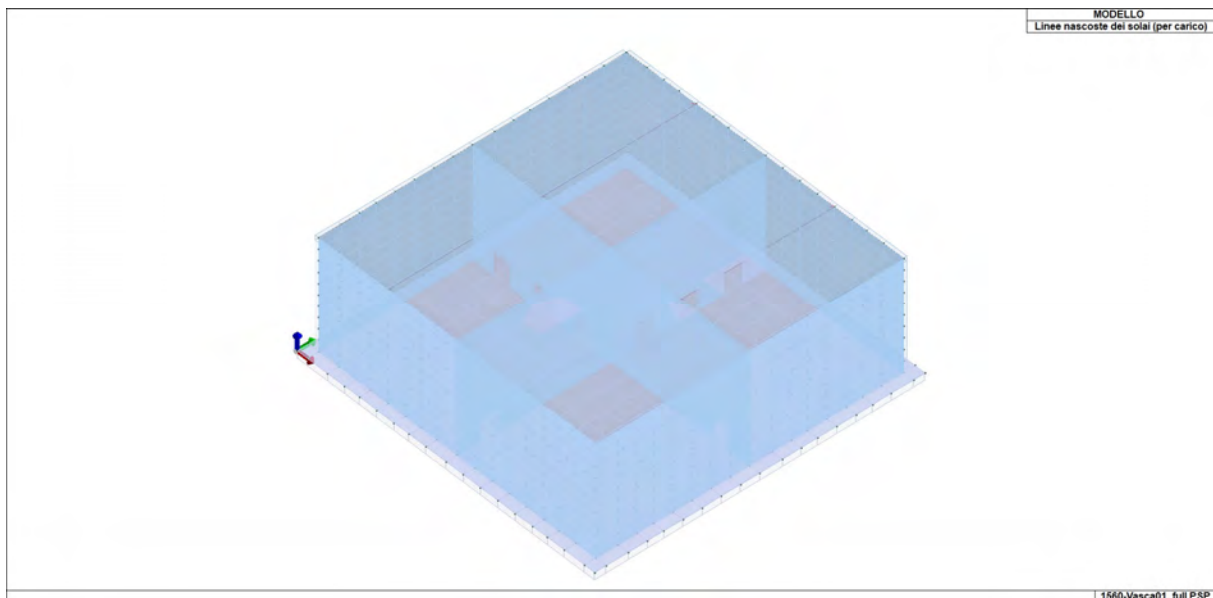
	Tipo CDC	Descrizione
1	Ggk	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	caso di carico comprensivo dei carichi variabili 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

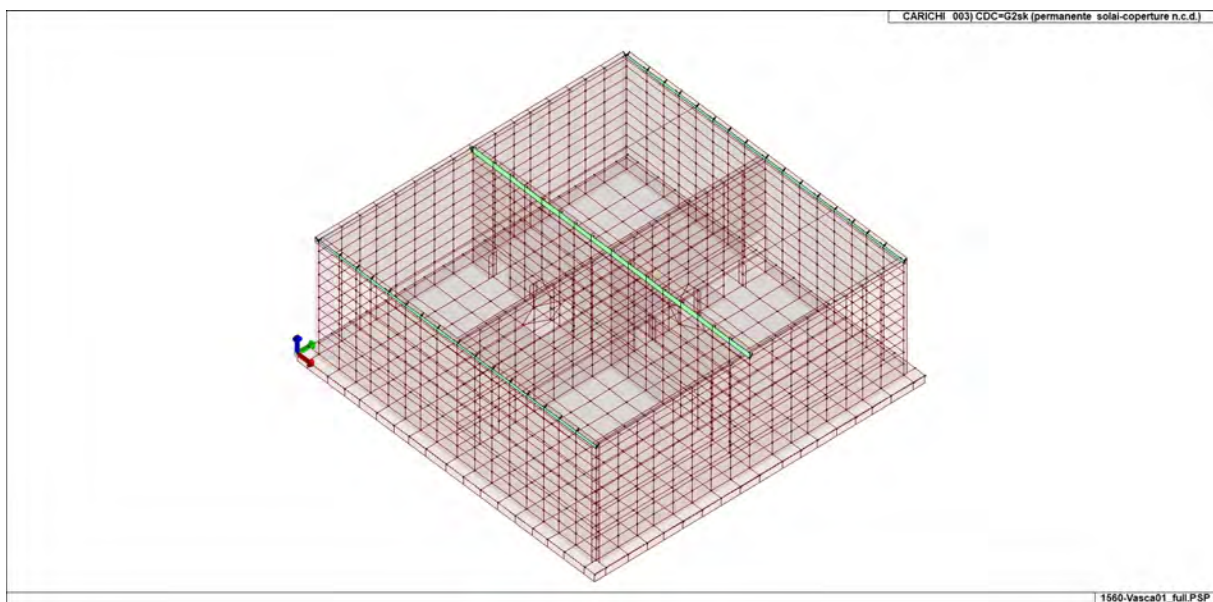
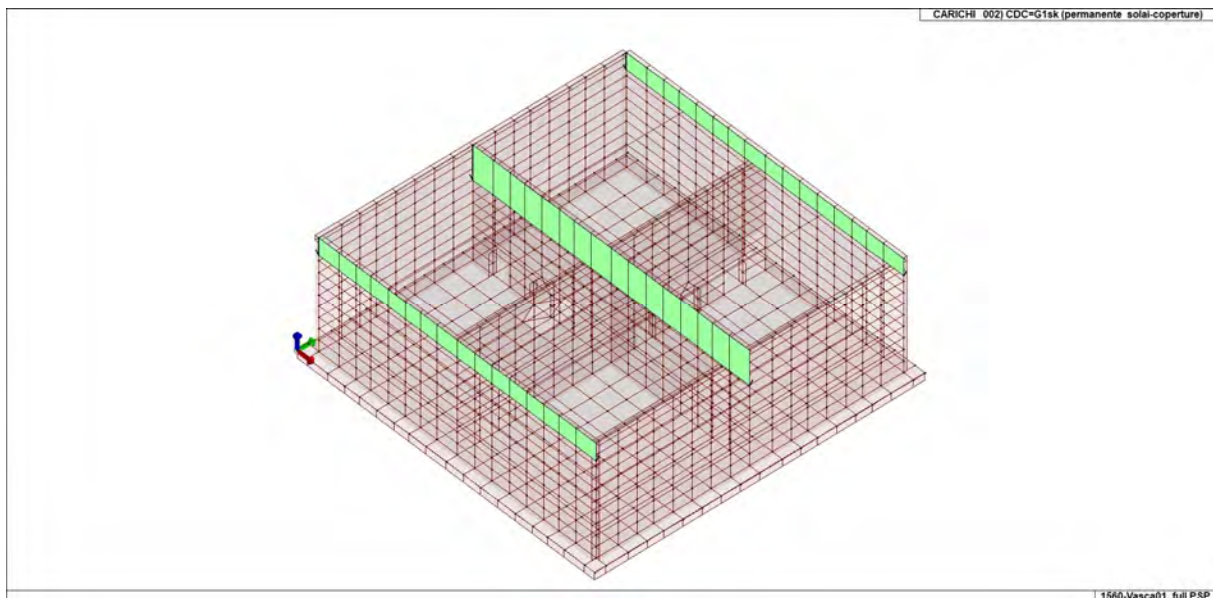
I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

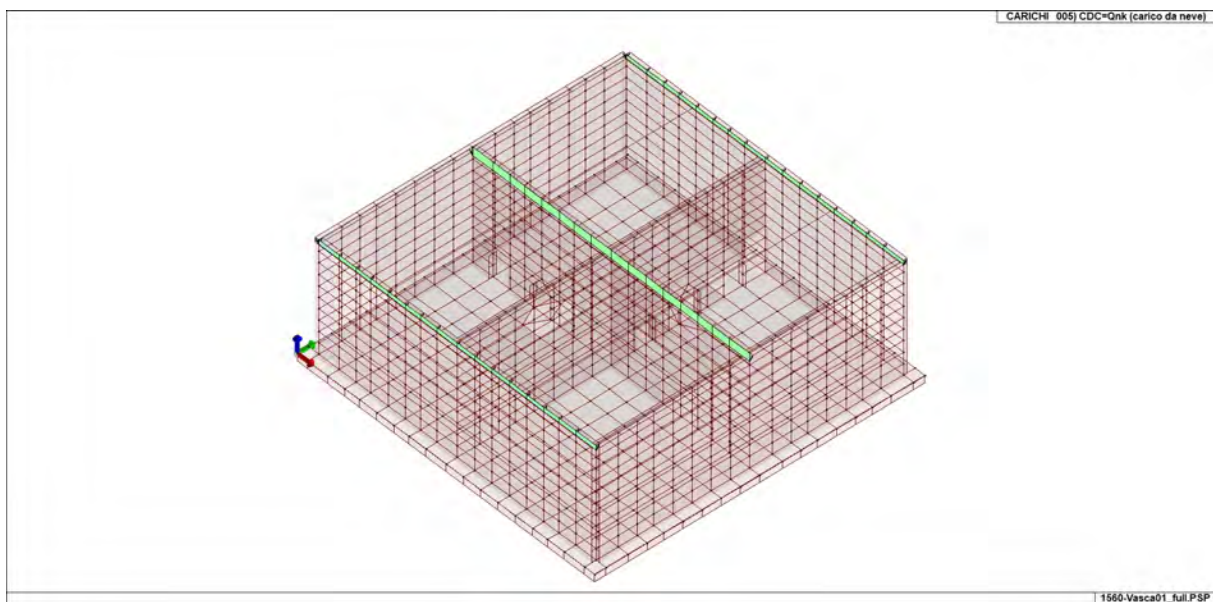
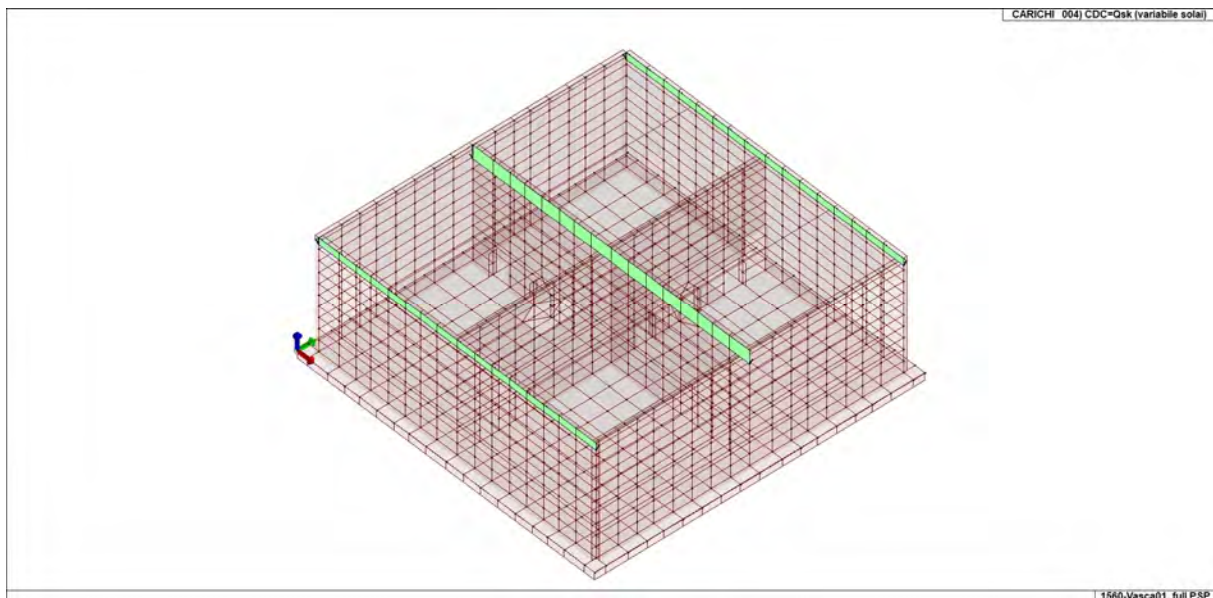
TABELLA_CASI_DI_CARICO			
CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Gsk	CDC=G2sk (permanente solai-coperture n.c.d.)	
4	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
5	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
13	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
14	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir X +	
15	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento) dir Y +	
16	Qk	CDC=Qk (Vasca completa)	
17	Etk	CDC=Etk (inc. sp. fluido) SLV dir + alfa=0.0	
18	Etk	CDC=Etk (inc. sp. fluido) SLV dir + alfa=90.00	
19	Etk	CDC=Etk (inc. sp. fluido) SLD dir + alfa=0.0	
20	Etk	CDC=Etk (inc. sp. fluido) SLD dir + alfa=90.00	

Legenda

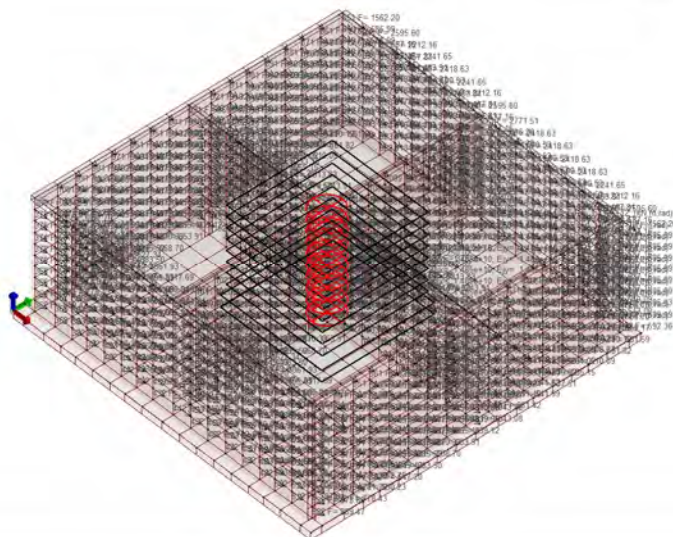
Tipo CDC Indica il tipo di caso di carico





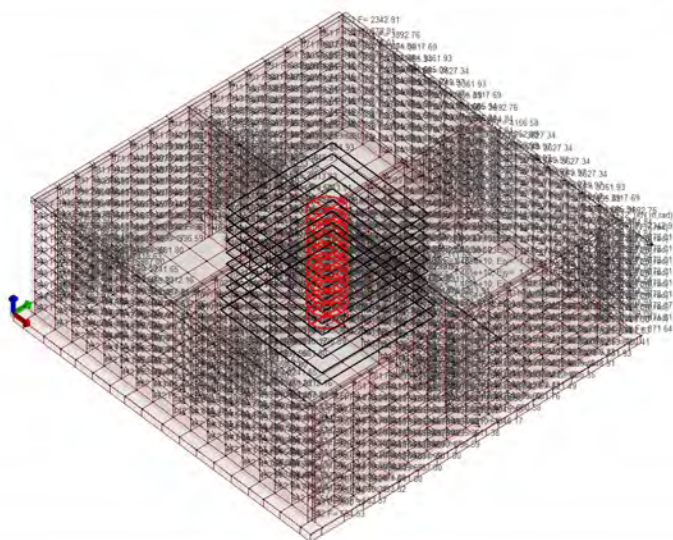


CARICHI 006) CDC=Ed (dinamico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. +)

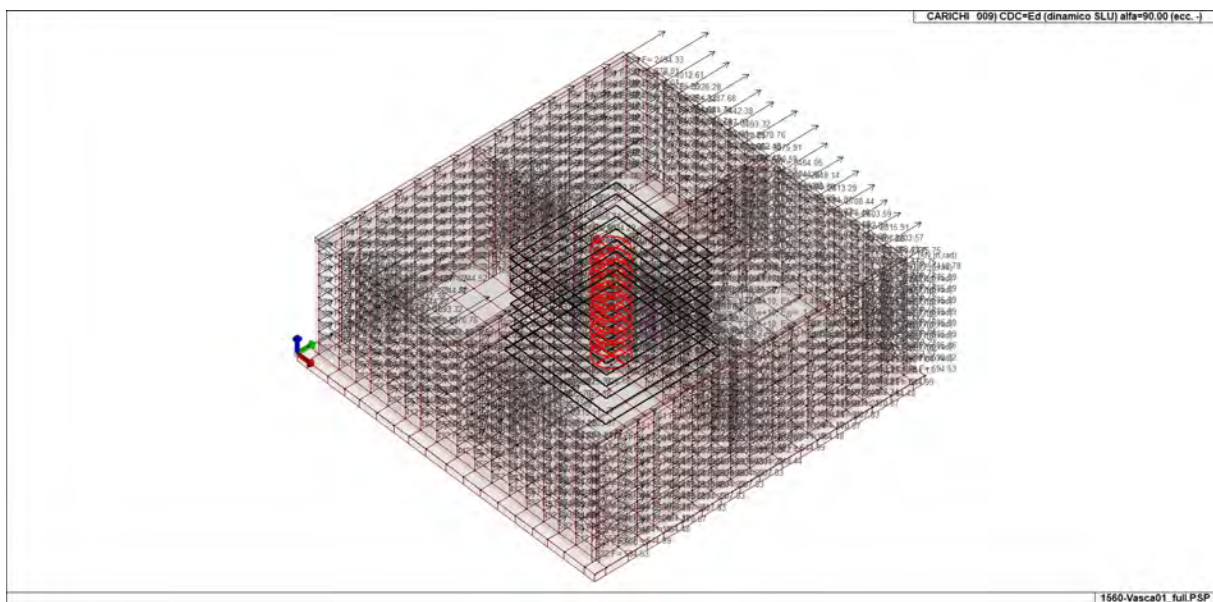
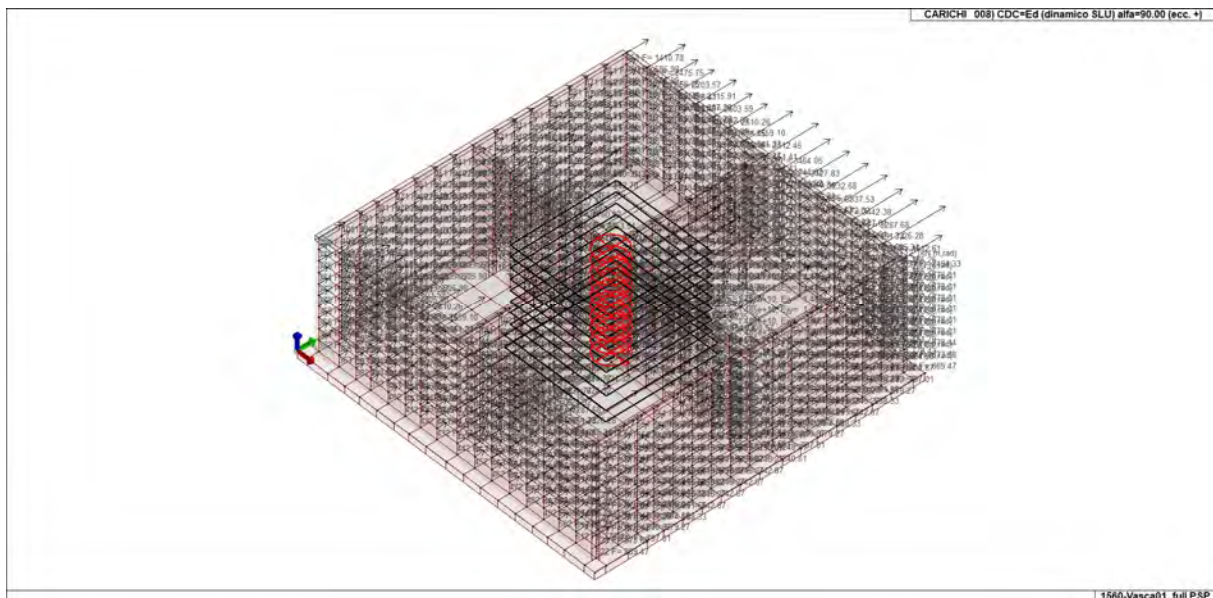


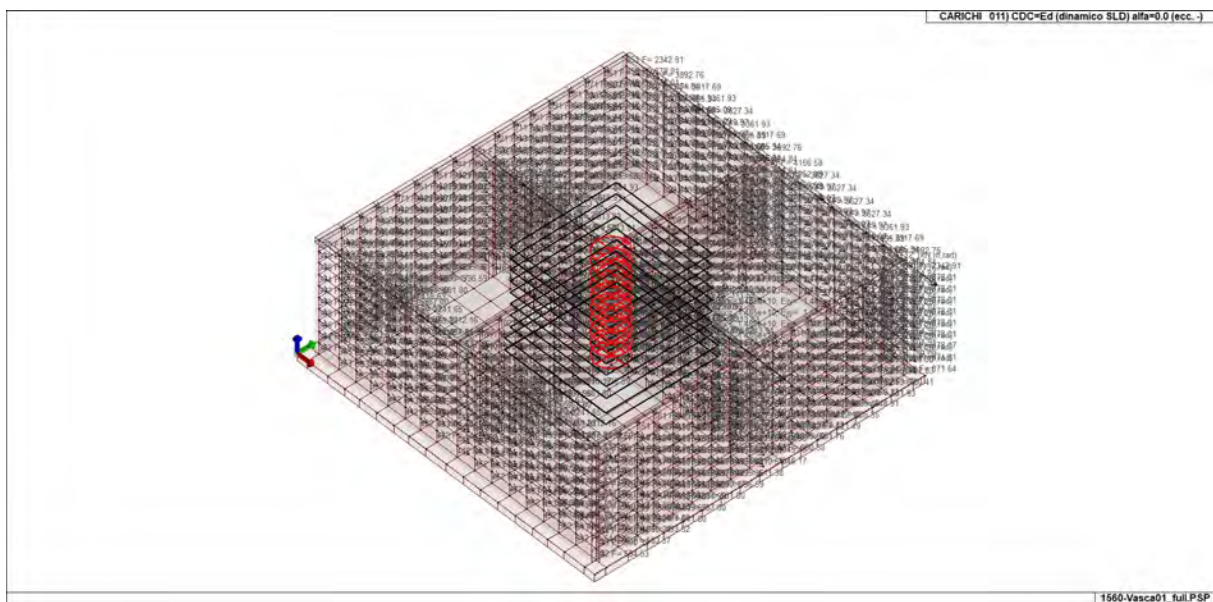
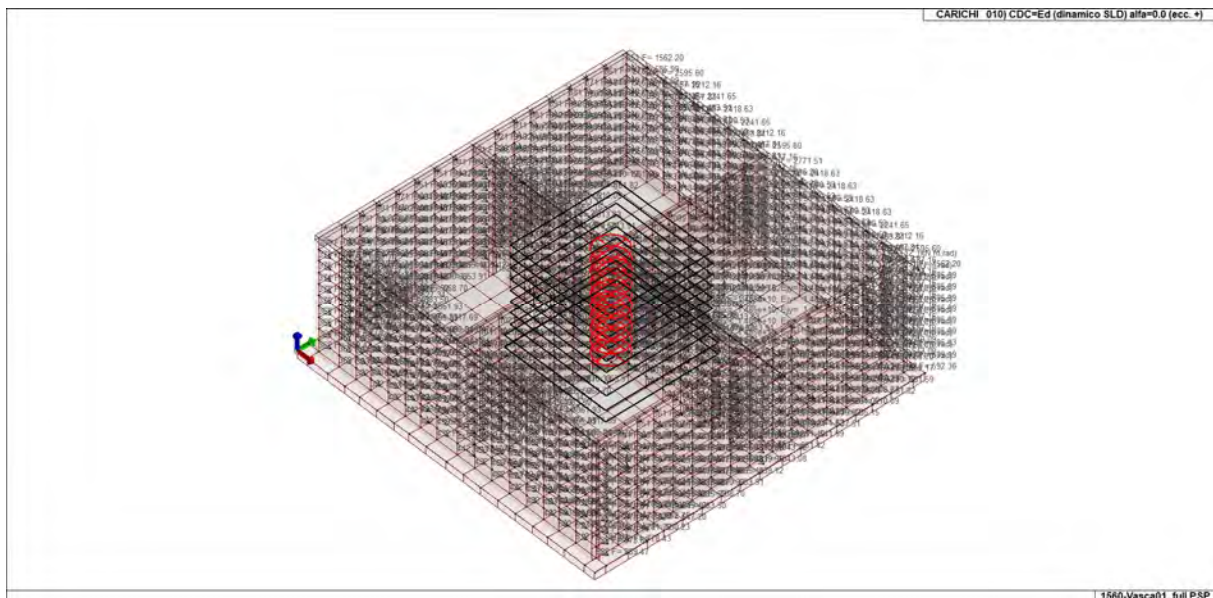
1560-Vasca01_full.PSP

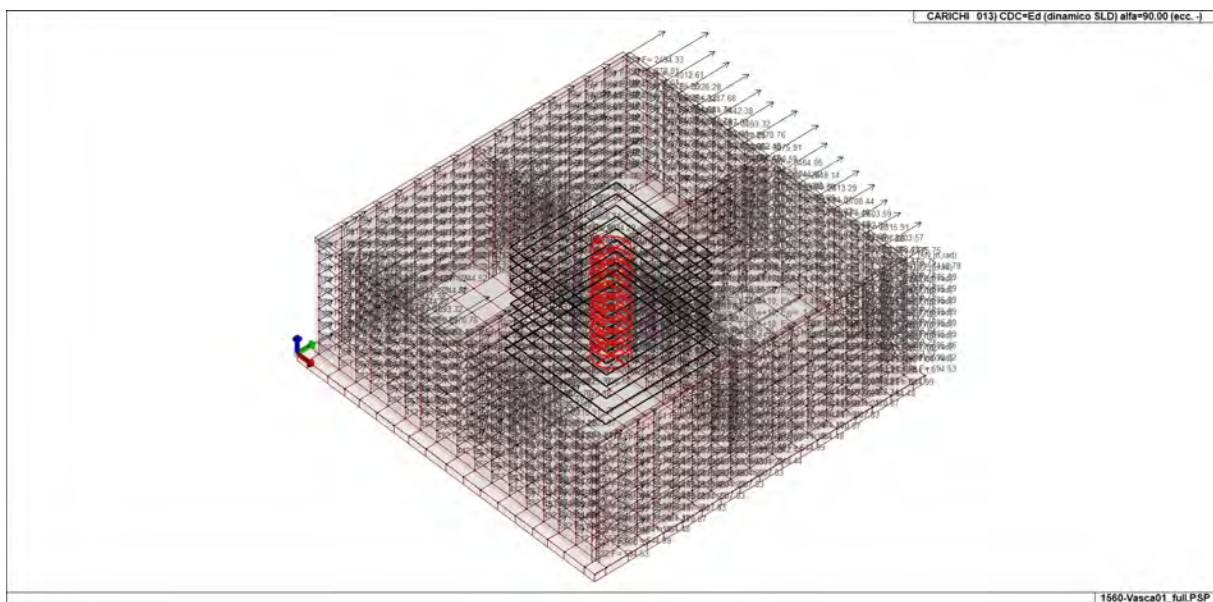
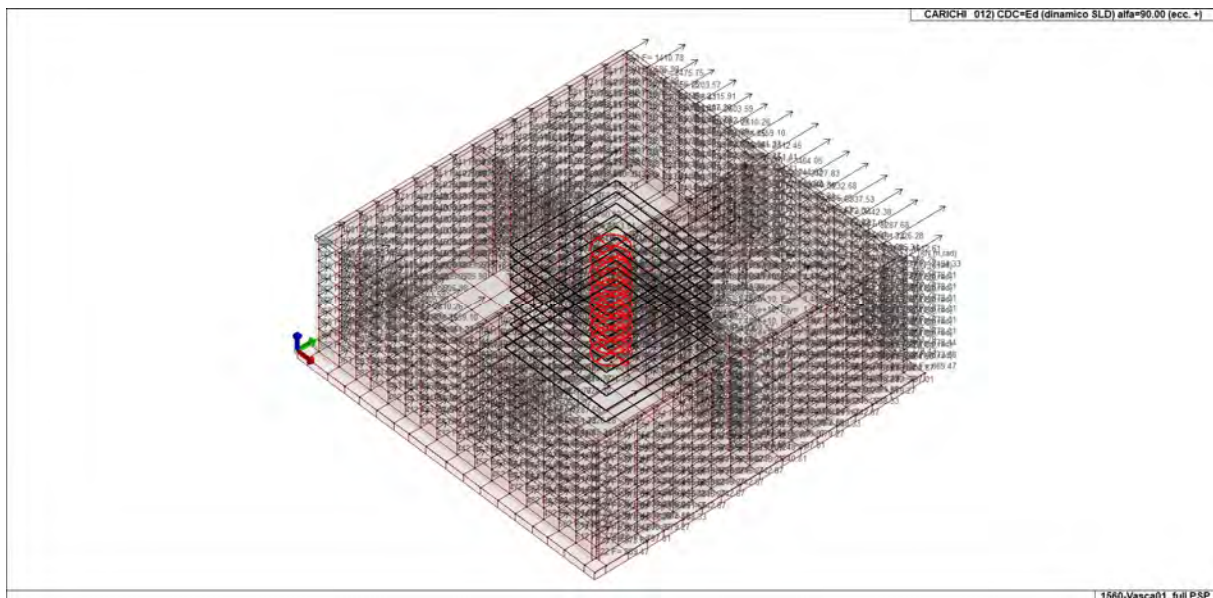
CARICHI 007) CDC=Ed (dinamico SLU) $\alpha=0.0$ (ecc. -)

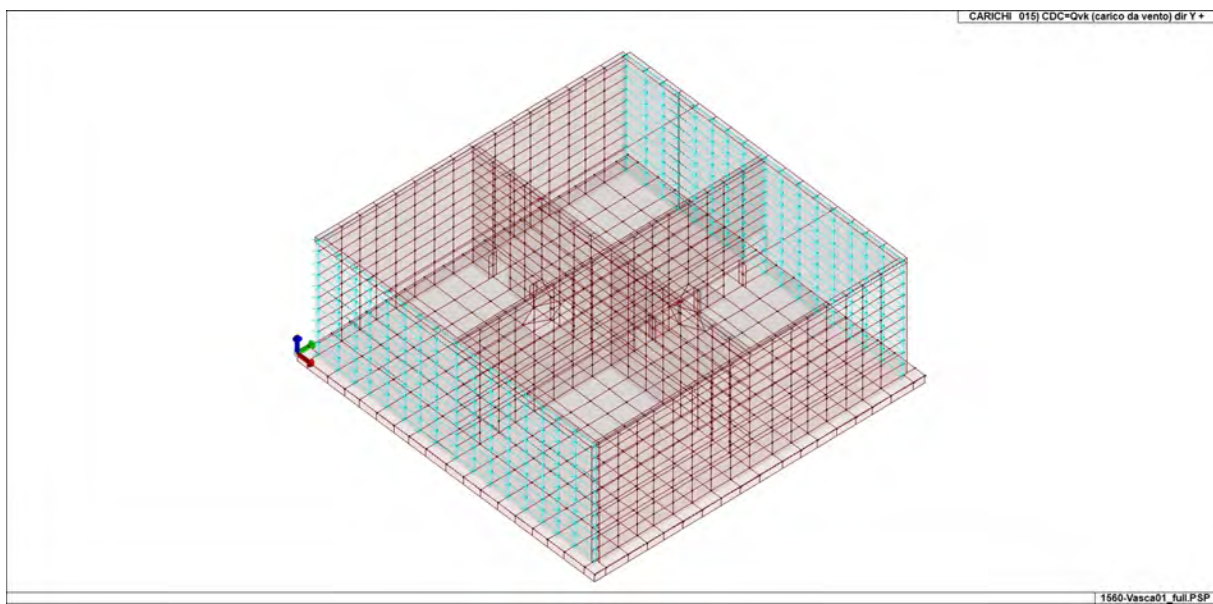
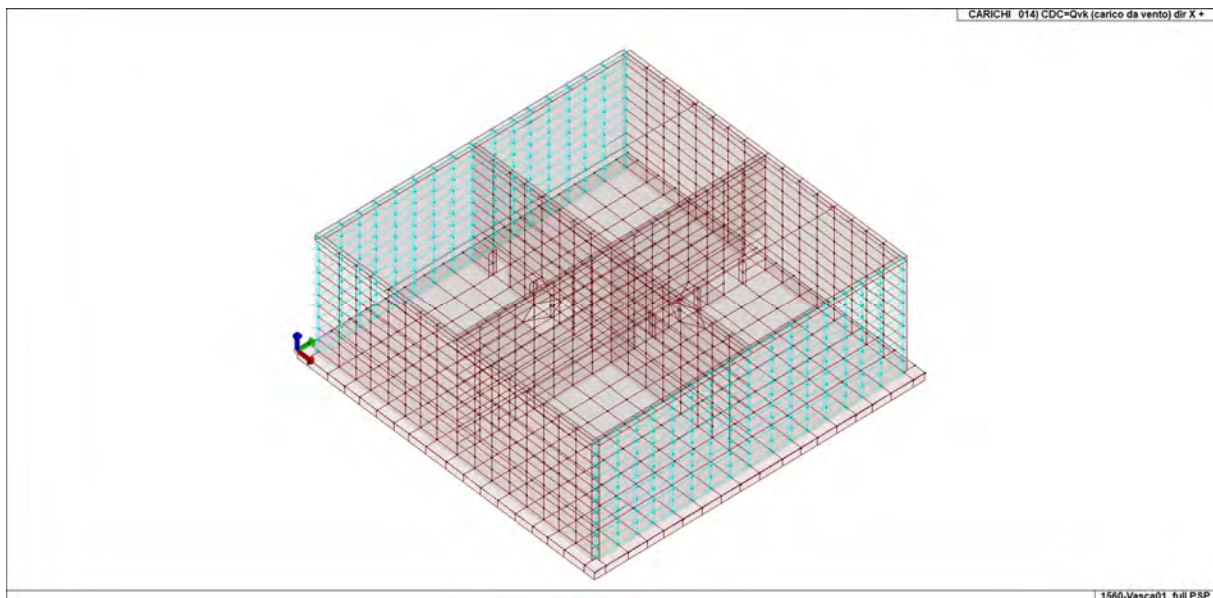


1560-Vasca01_full.PSP

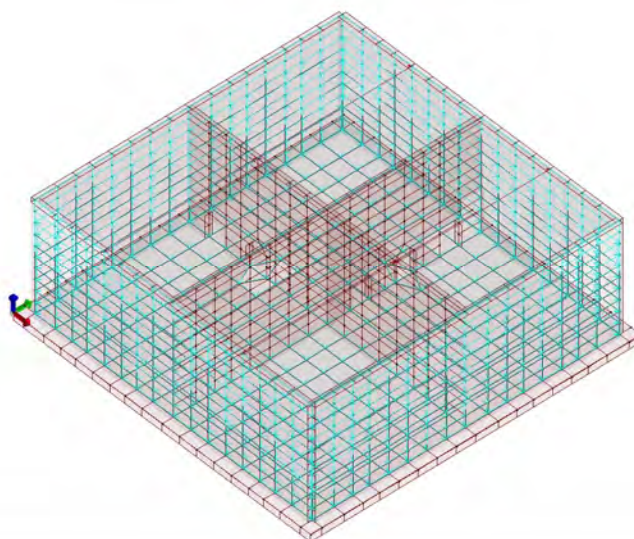






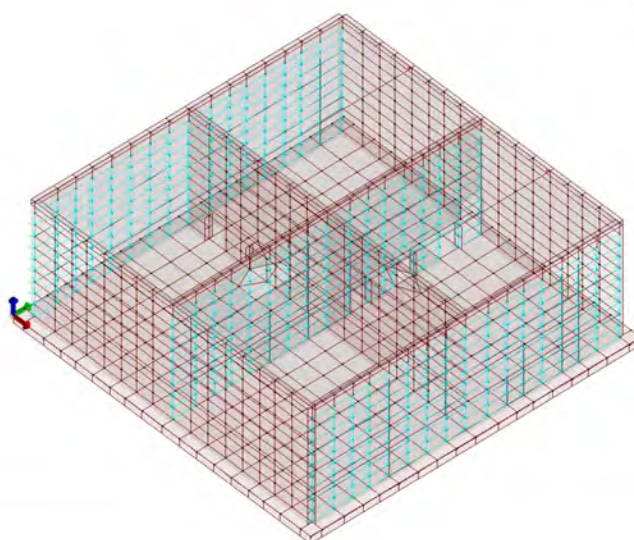


CARICHI 016) CDC=Qk (Vasca completa)

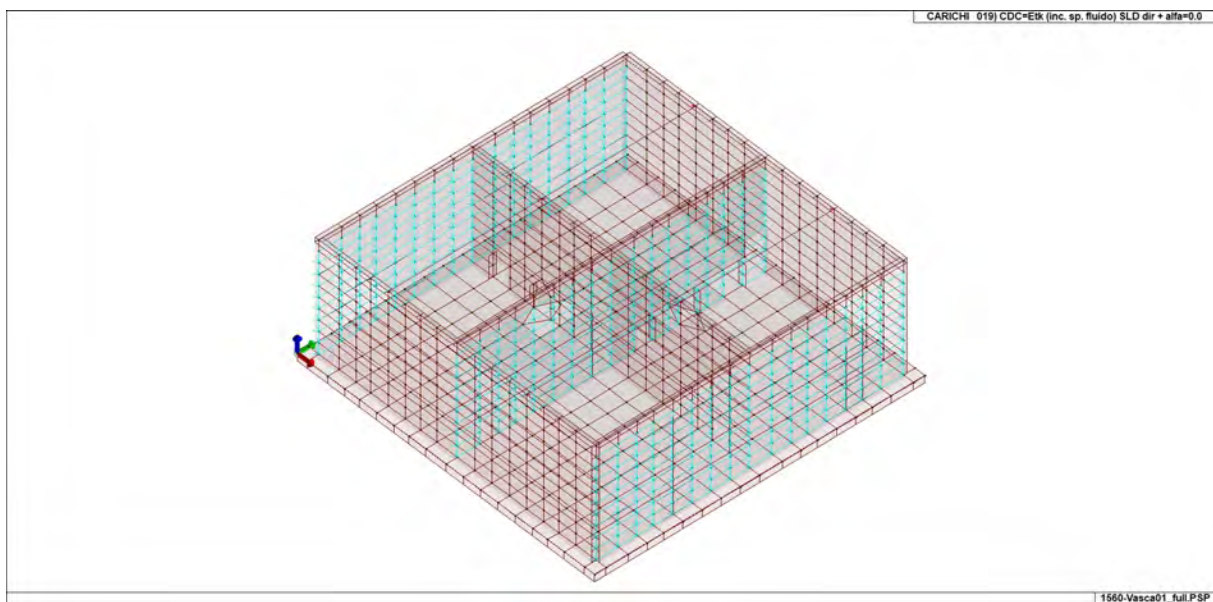
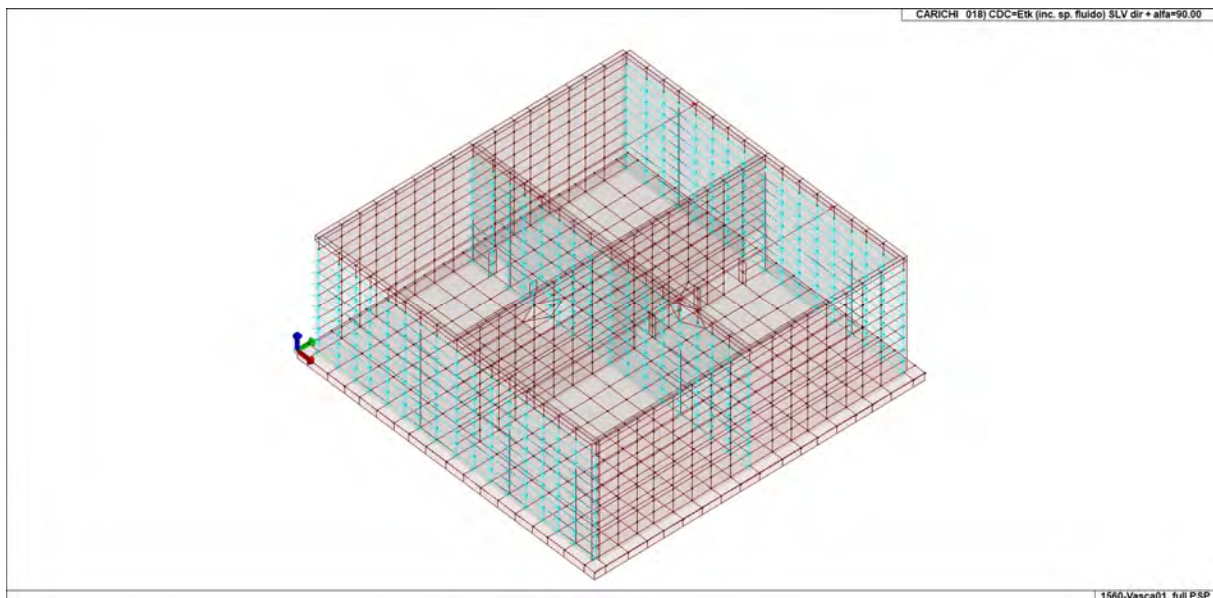


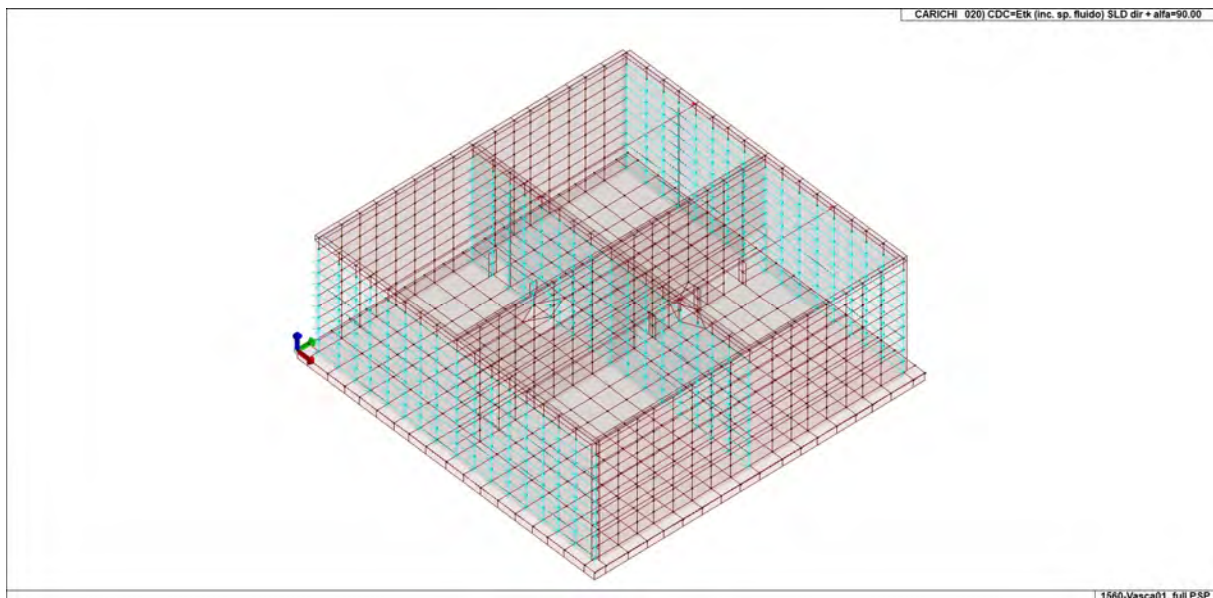
1560-Vasca01_full.PSP

CARICHI 017) CDC=Etk (inc. sp. fluido) SLV dir + alfa=0.0



1560-Vasca01_full.PSP





8. 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	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

8.1 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

8.2 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)	SI

TABELLA_COMBINAZIONI				
Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	32	Comb. SLU A1 32
SLV	33	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33	64	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 64
SLD	65	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 65	96	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 96
SL eccezionale	97	Comb. SLU (Eccez.) 97	98	Comb. SLU (Eccez.) 98
SLE rara	99	Comb. SLE(rara) 99	114	Comb. SLE(rara) 114
SLE frequente	115	Comb. SLE(freq.) 115	125	Comb. SLE(freq.) 125
SLE quasi permanente	126	Comb. SLE(perm.) 126	127	Comb. SLE(perm.) 127

Legenda

Tipo CMB Indica la categoria di combinazione

[illegible]

39/98

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)							

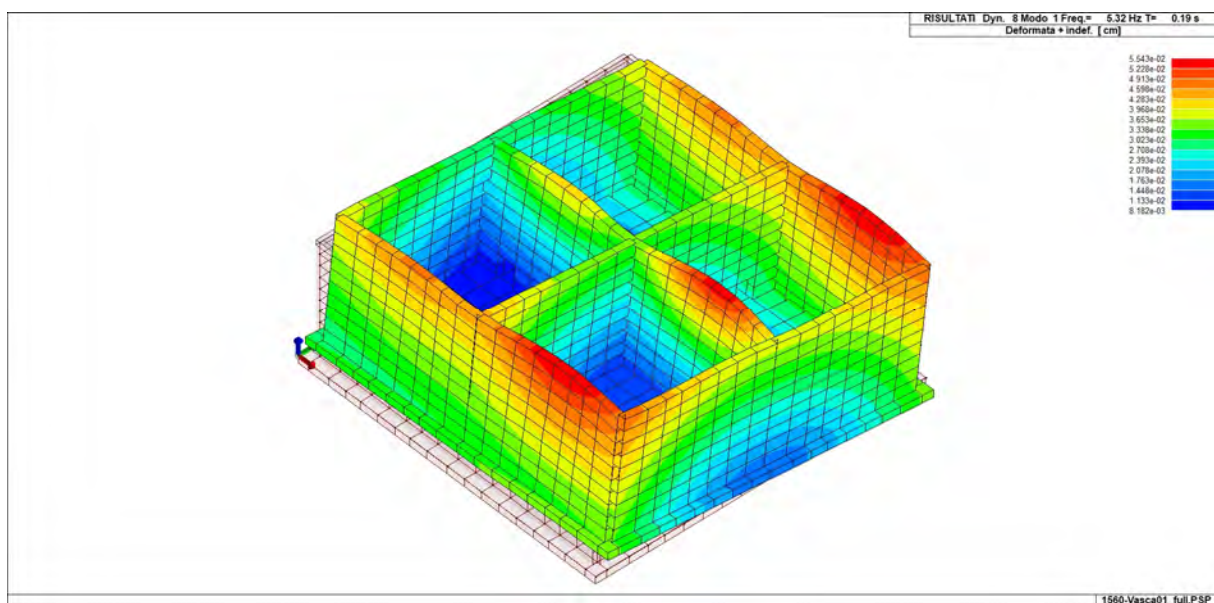
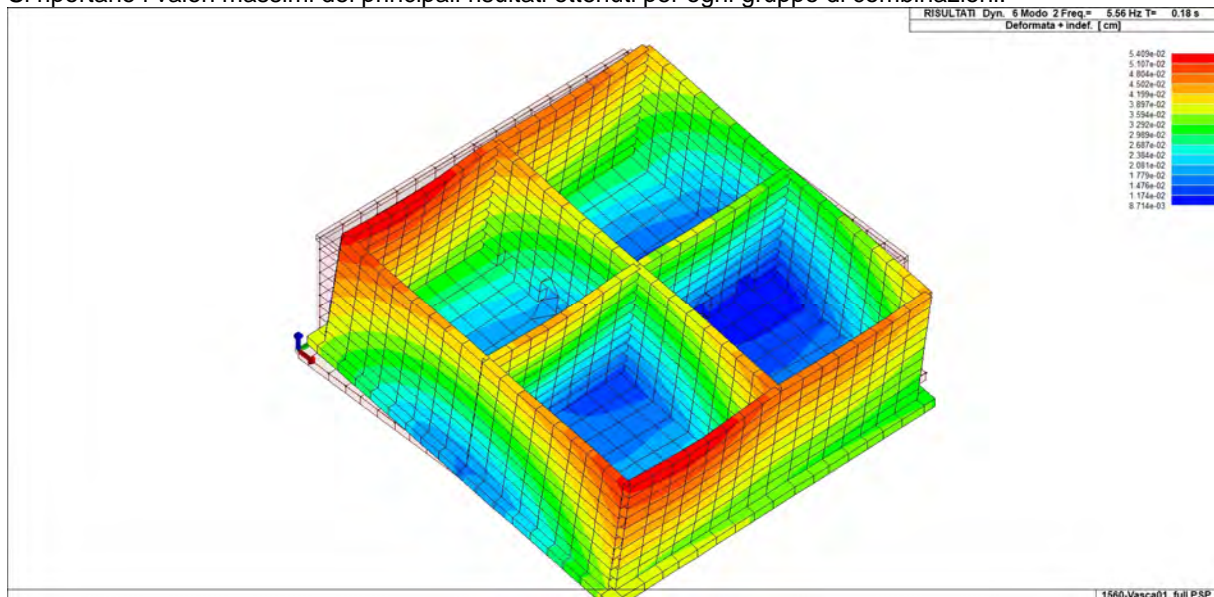
SLU per azioni eccezionali							
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1

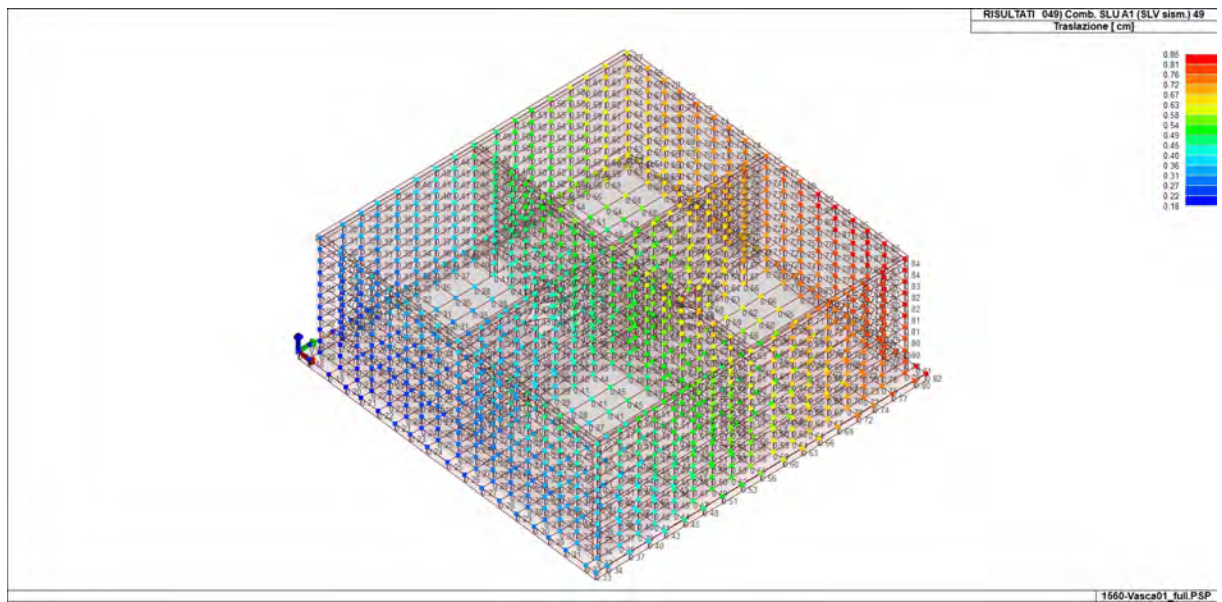
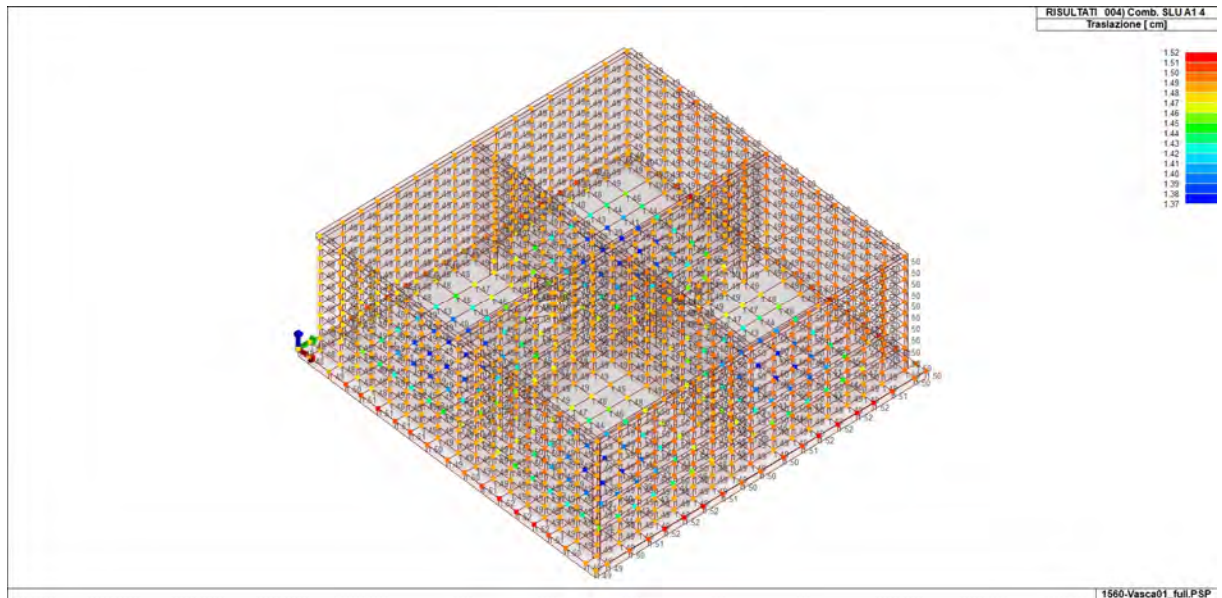
Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.

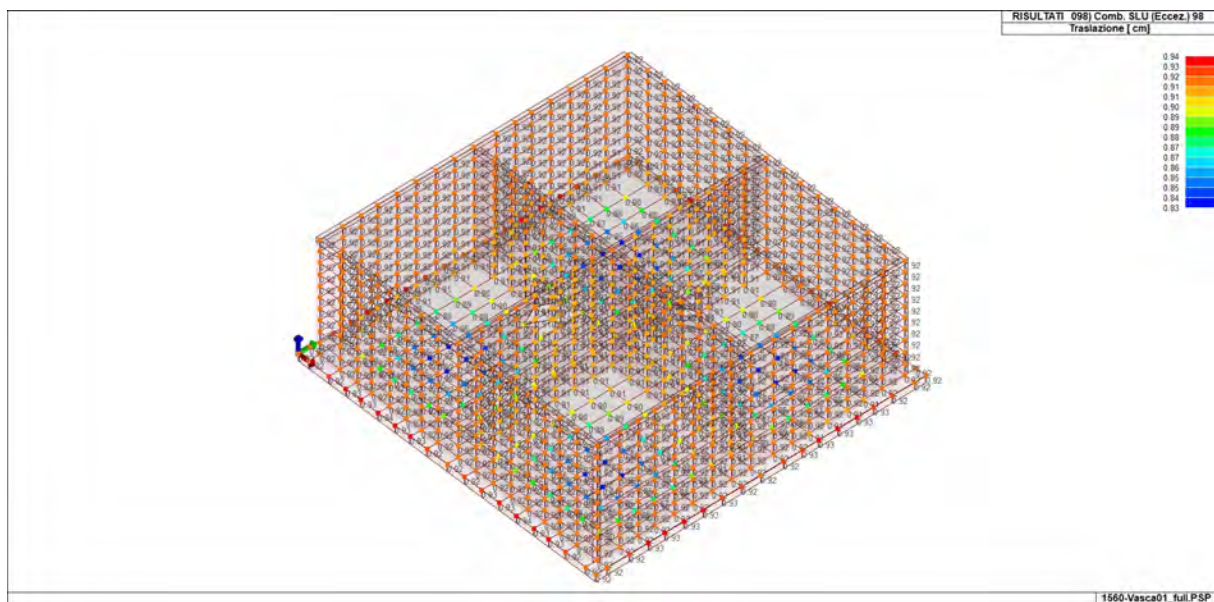
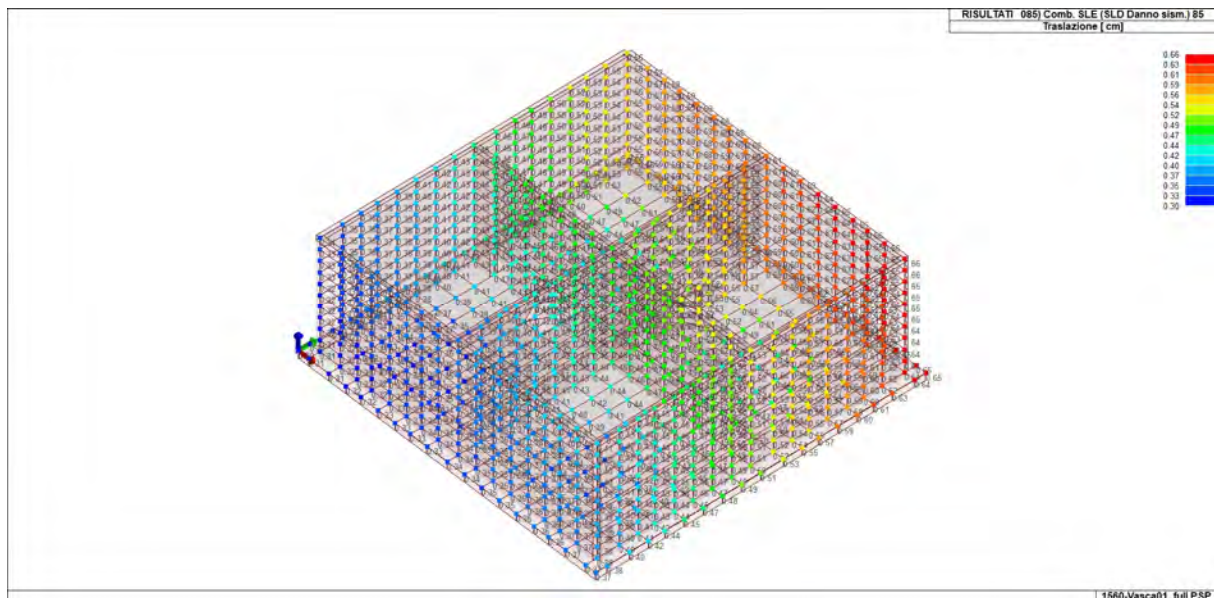
☐ Permuta valori g min e g max

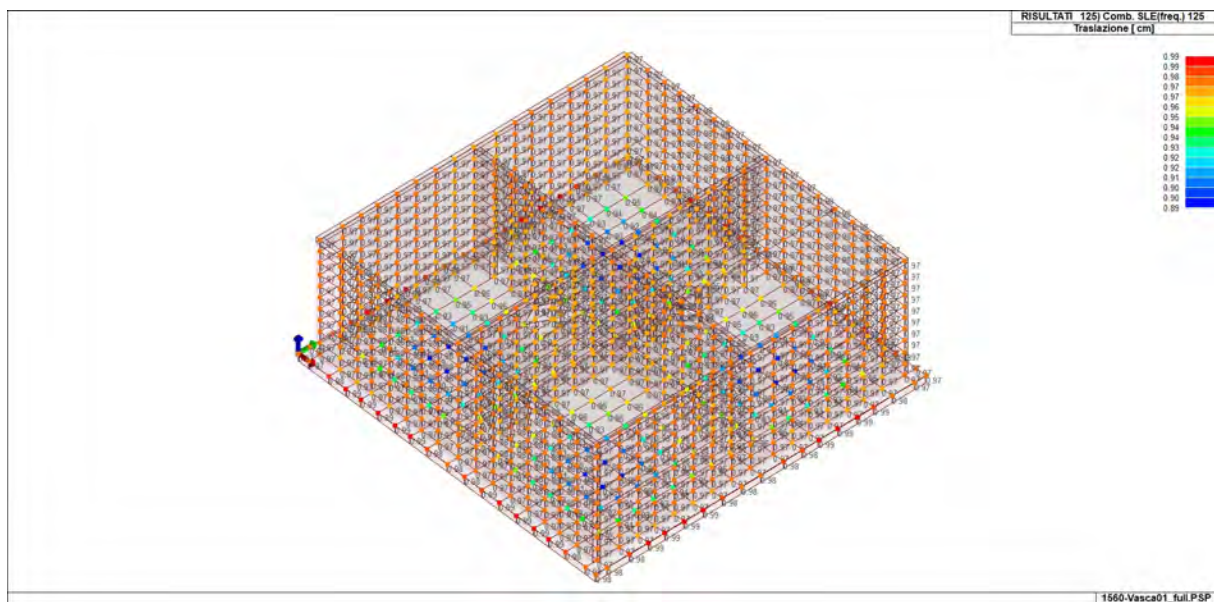
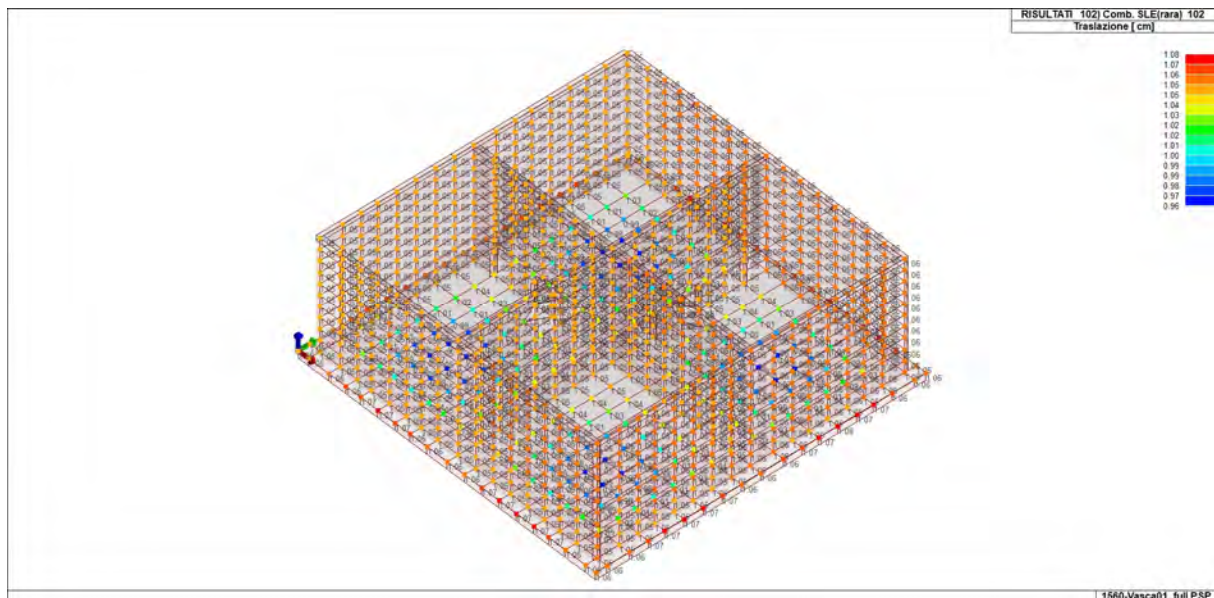
9. PRINCIPALI RISULTATI

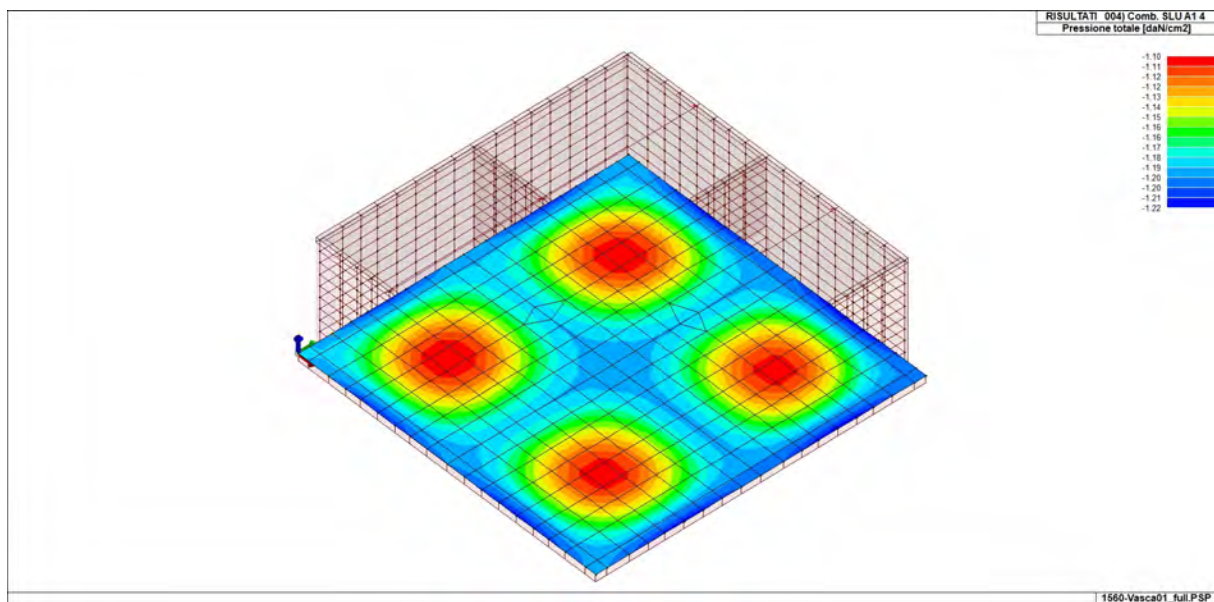
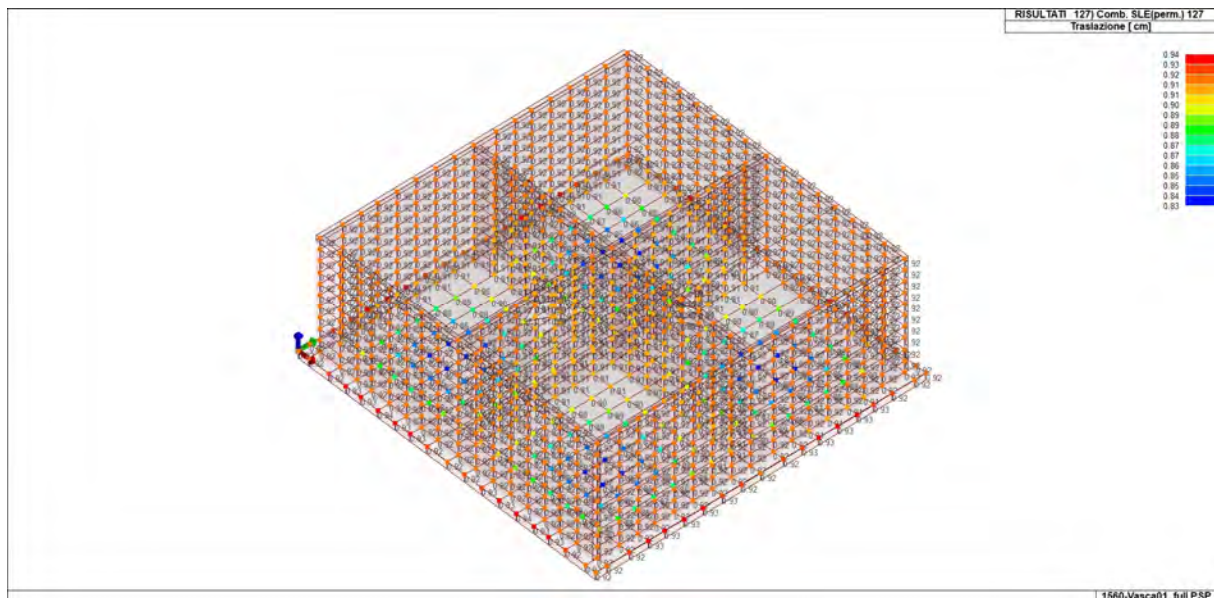
Si riportano i valori massimi dei principali risultati ottenuti per ogni gruppo di combinazioni:

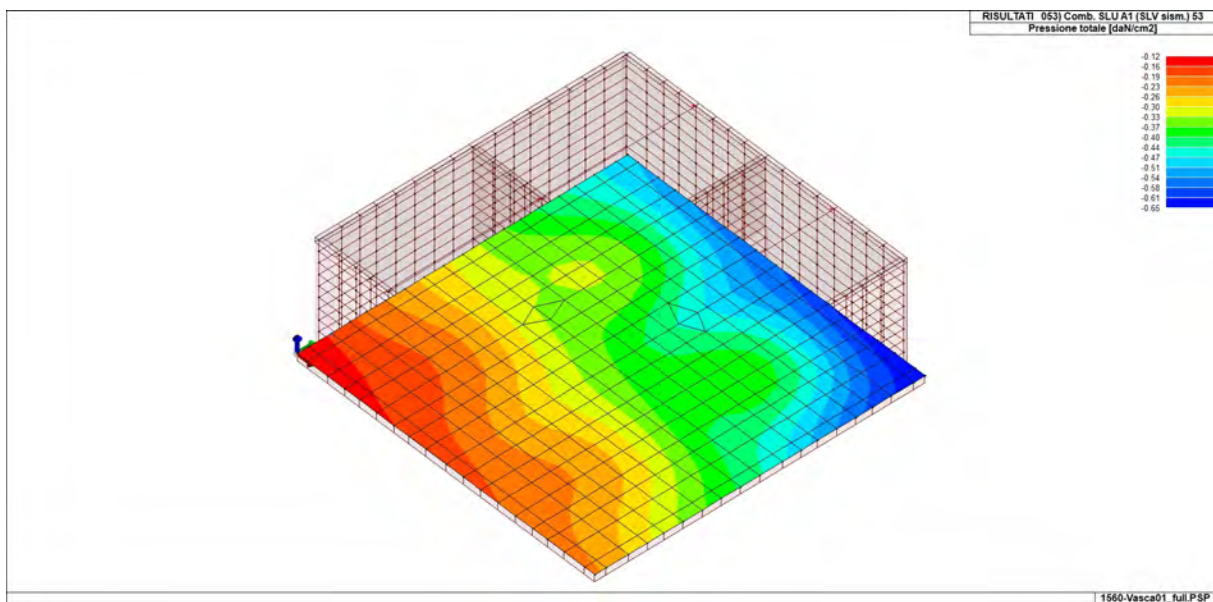
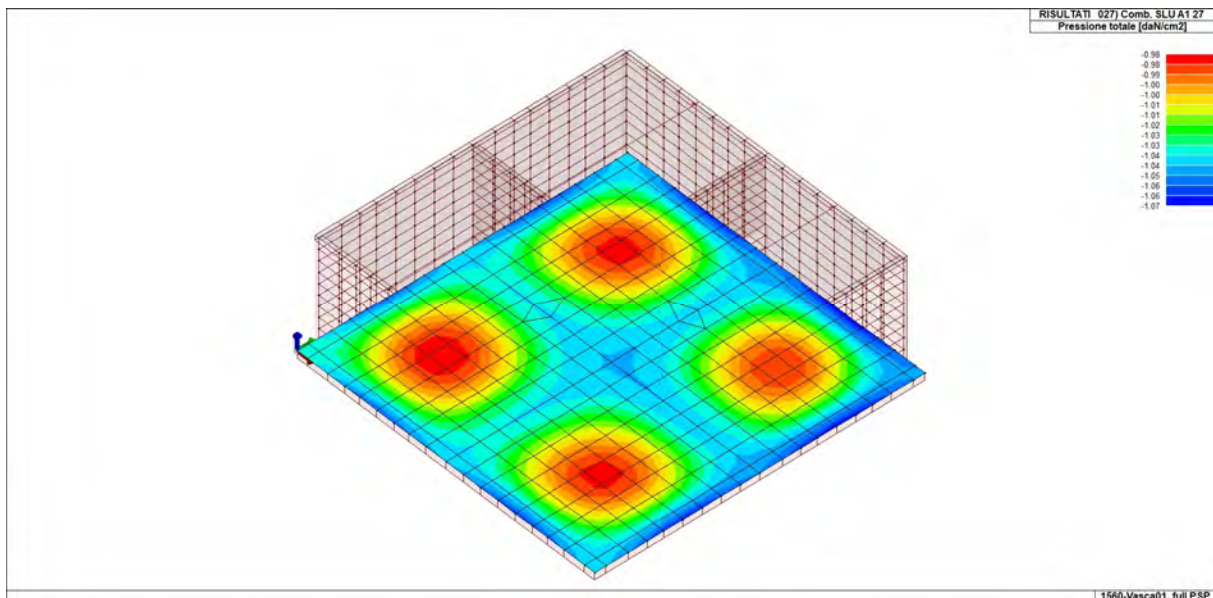


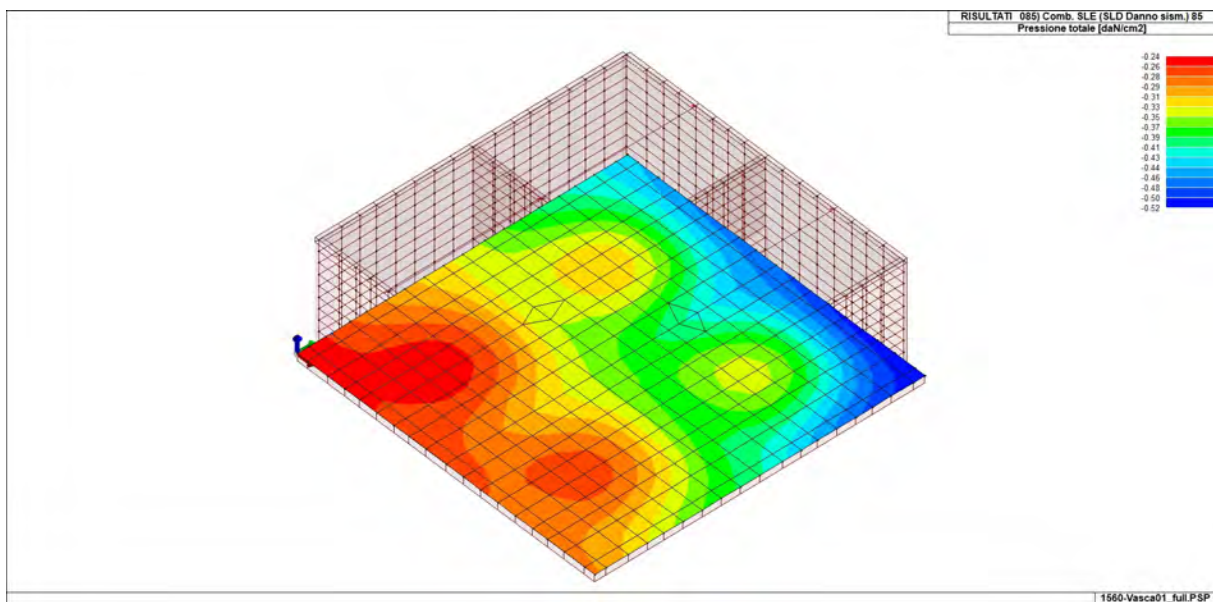
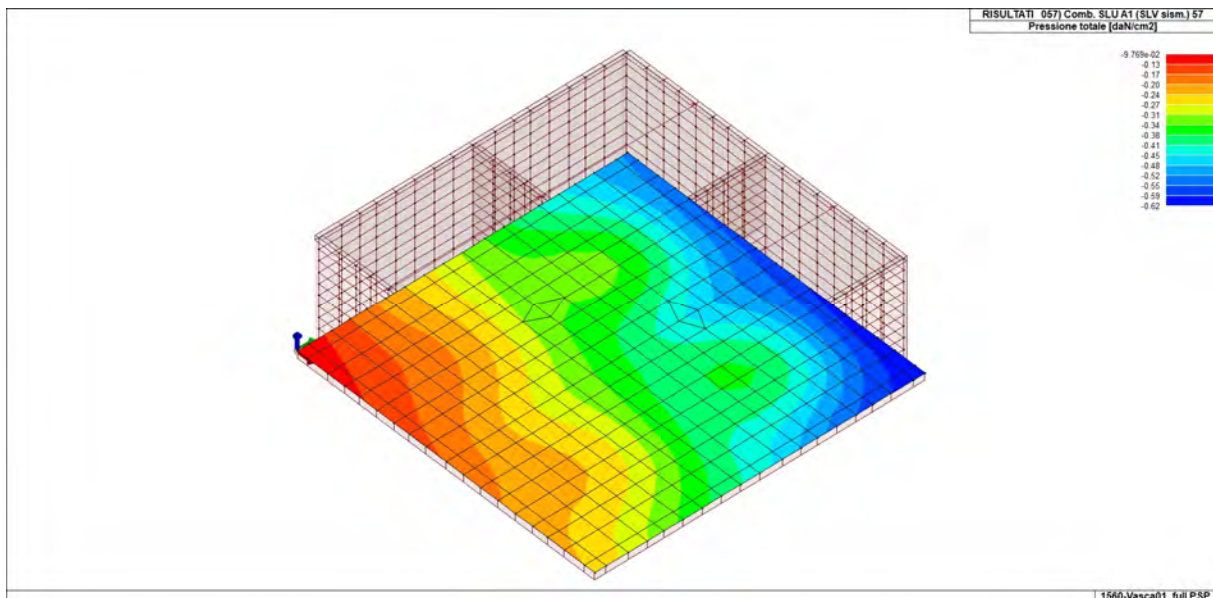


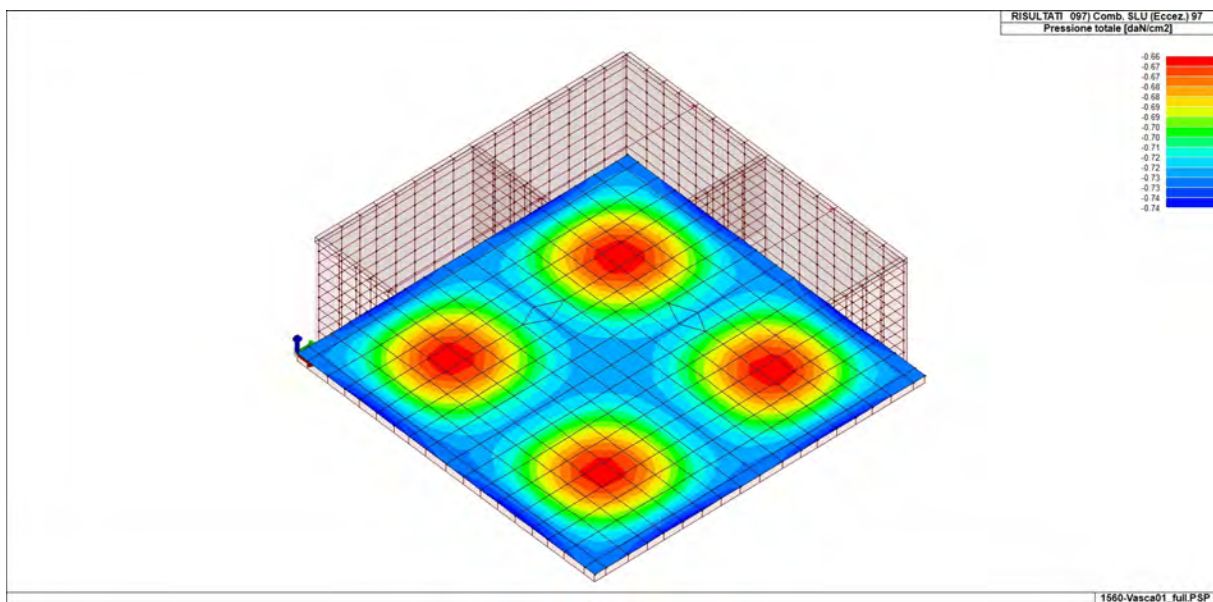
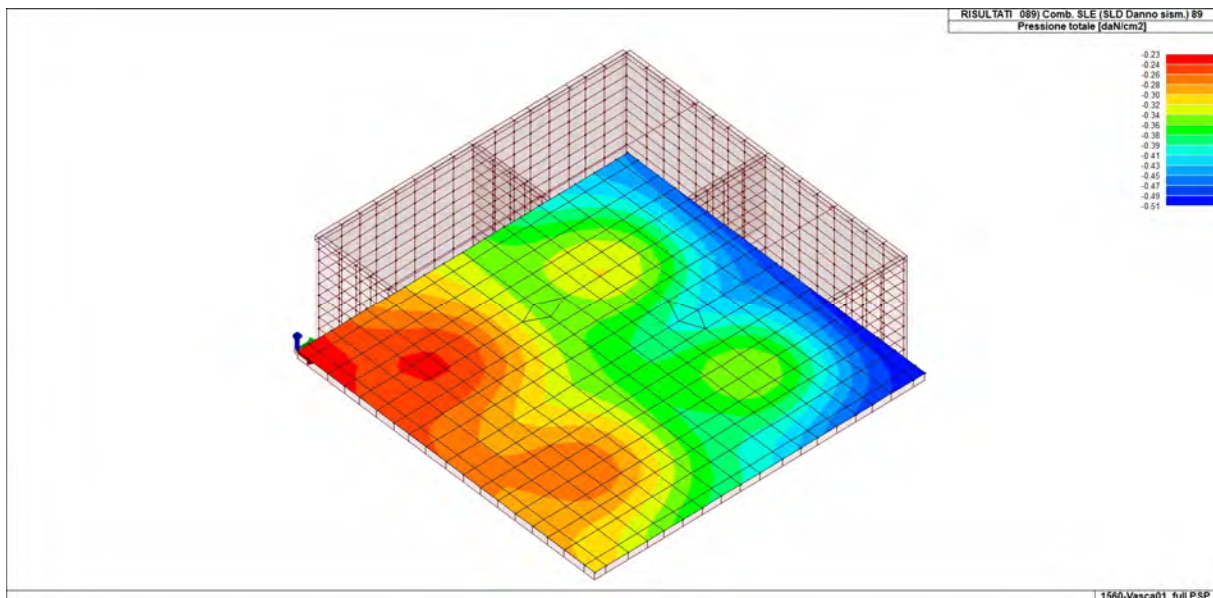


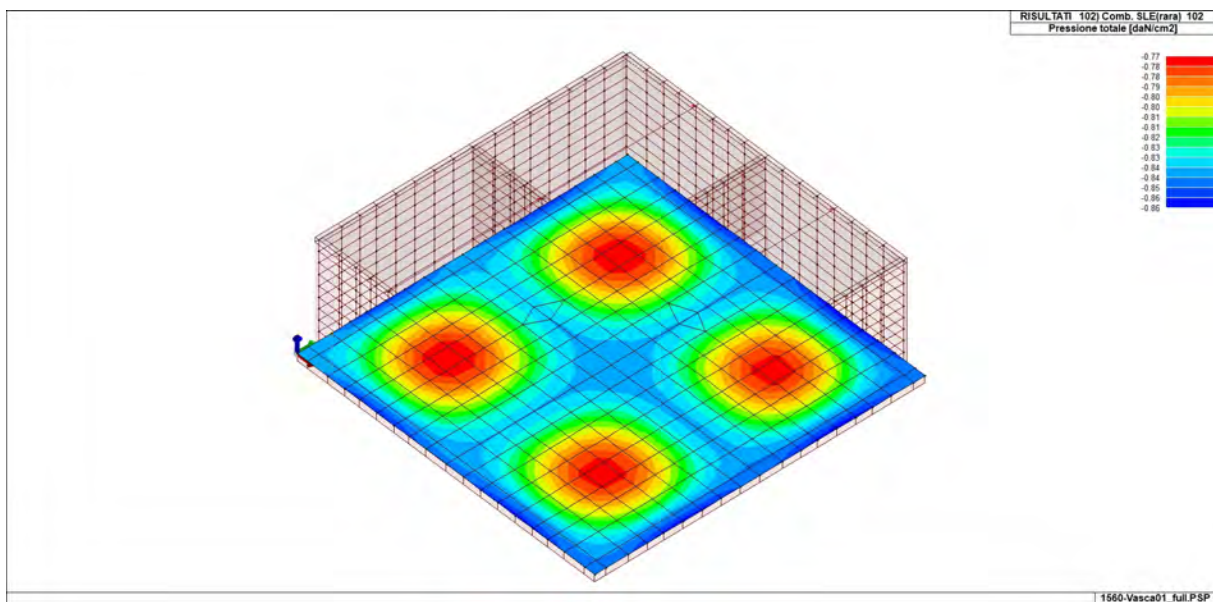
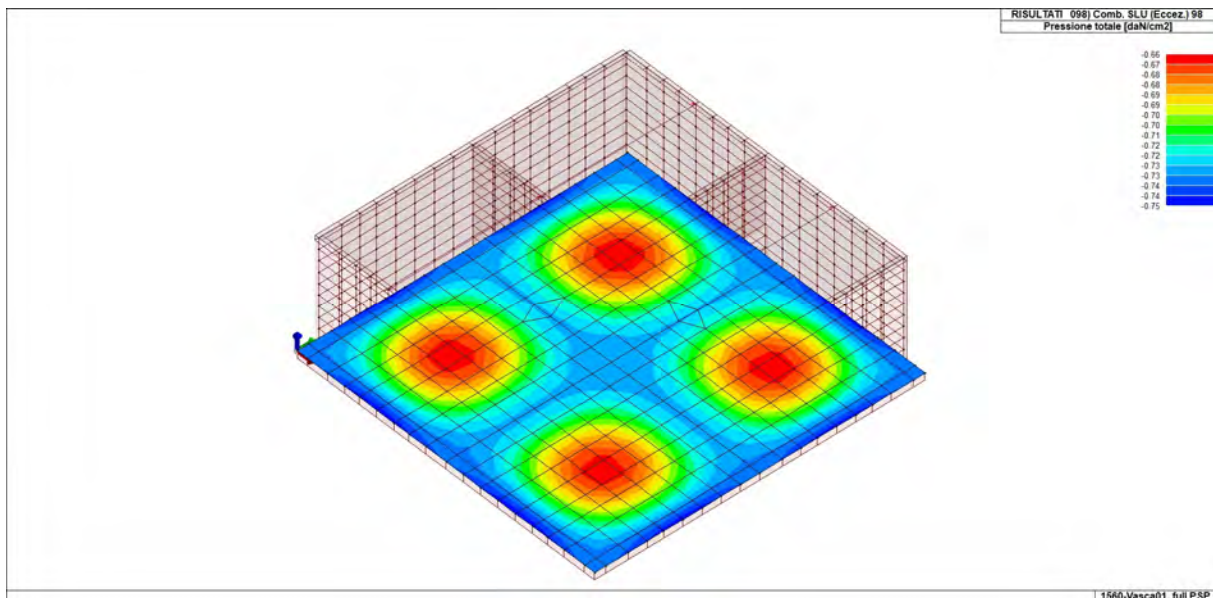


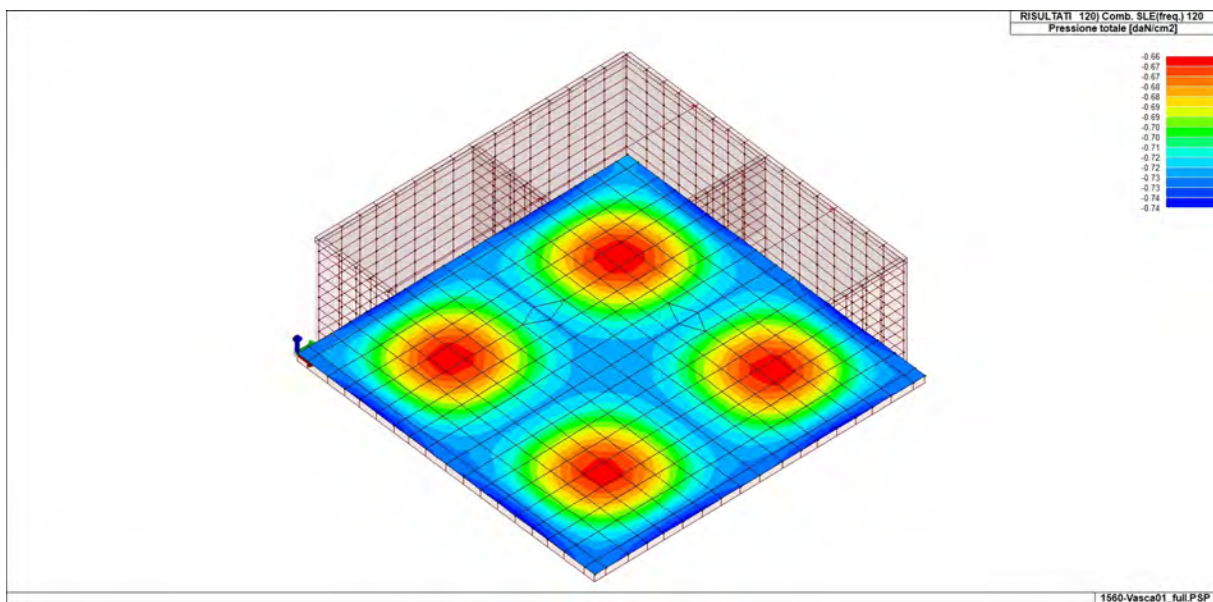
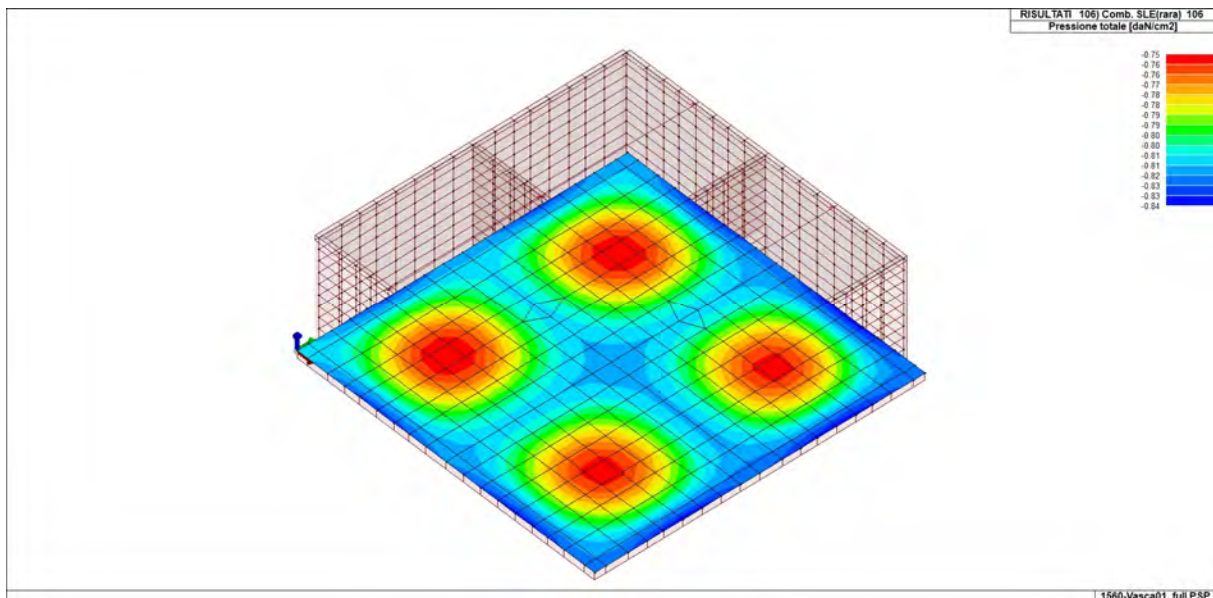


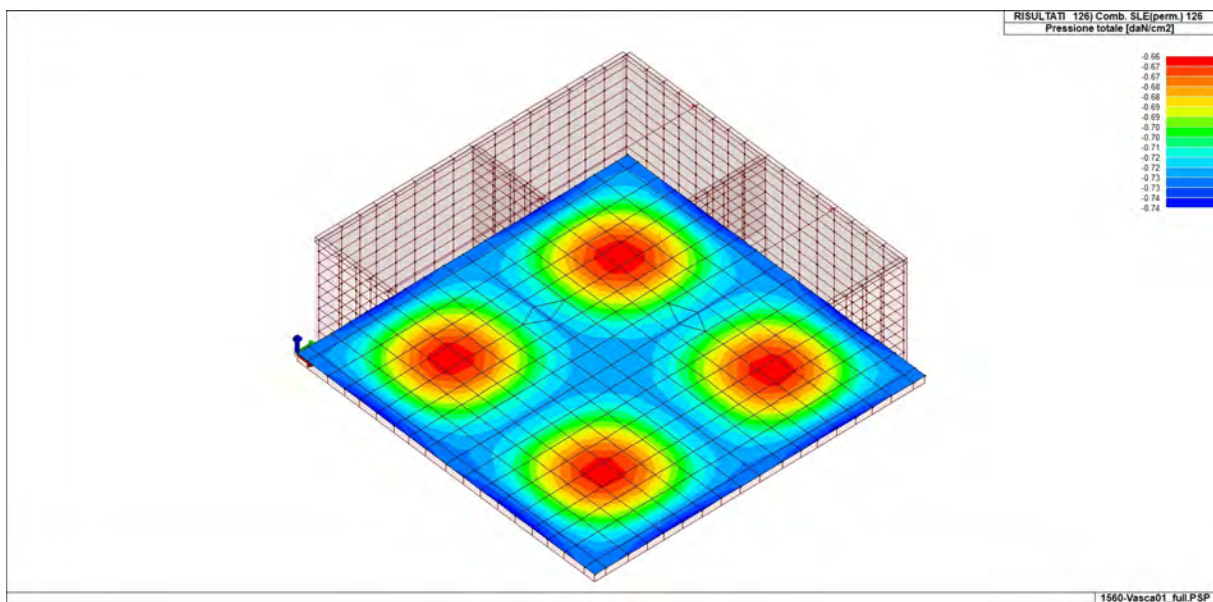
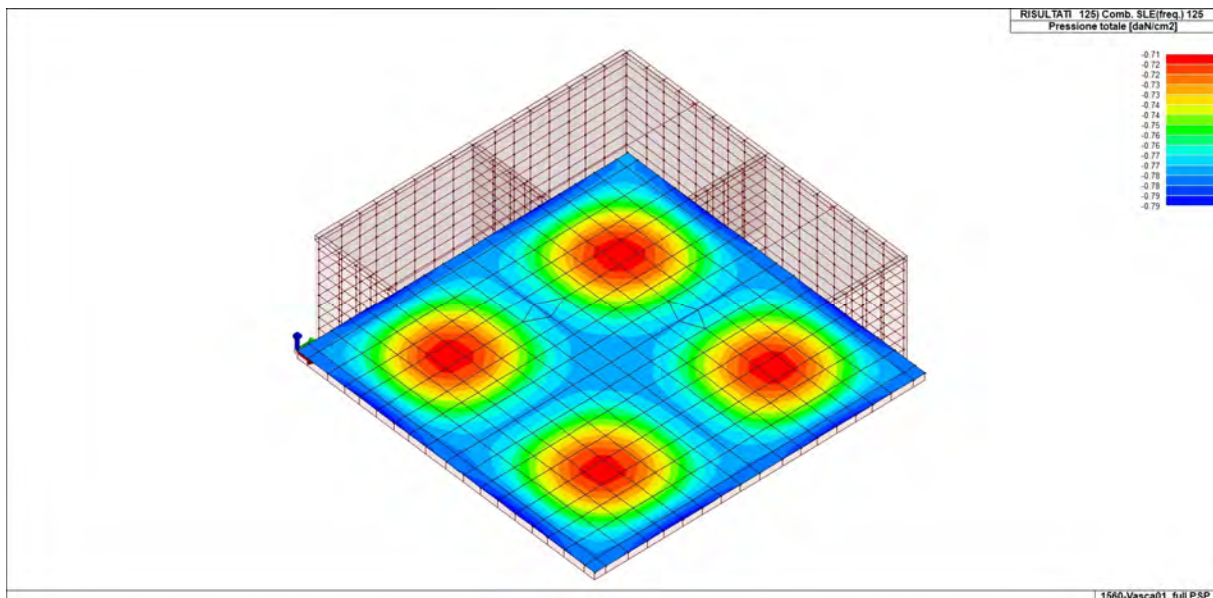


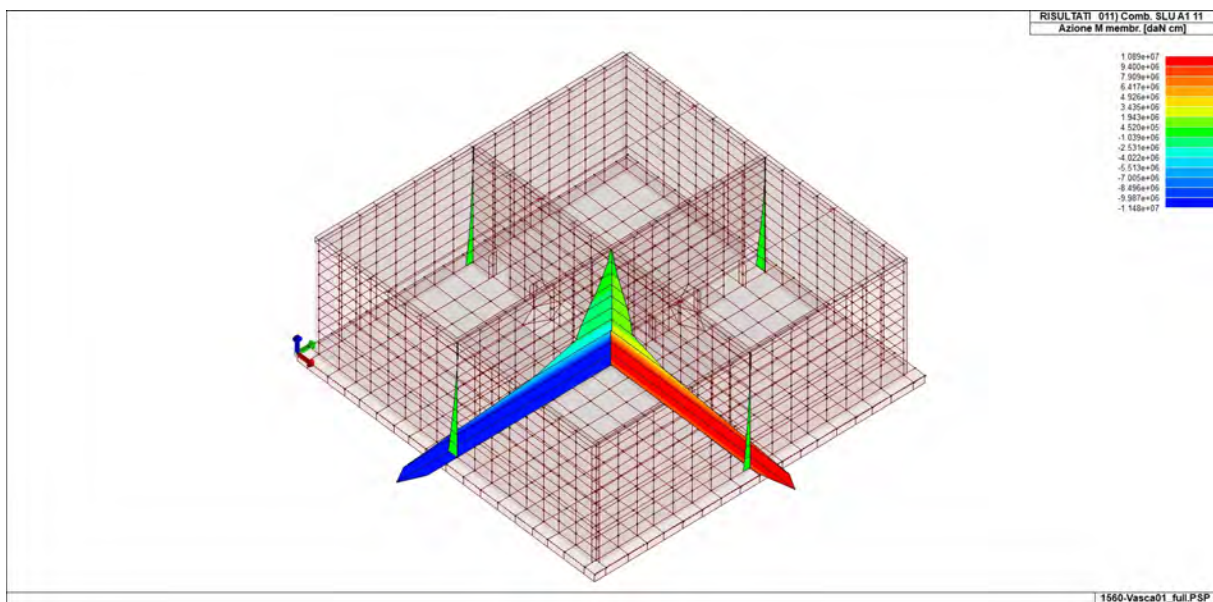
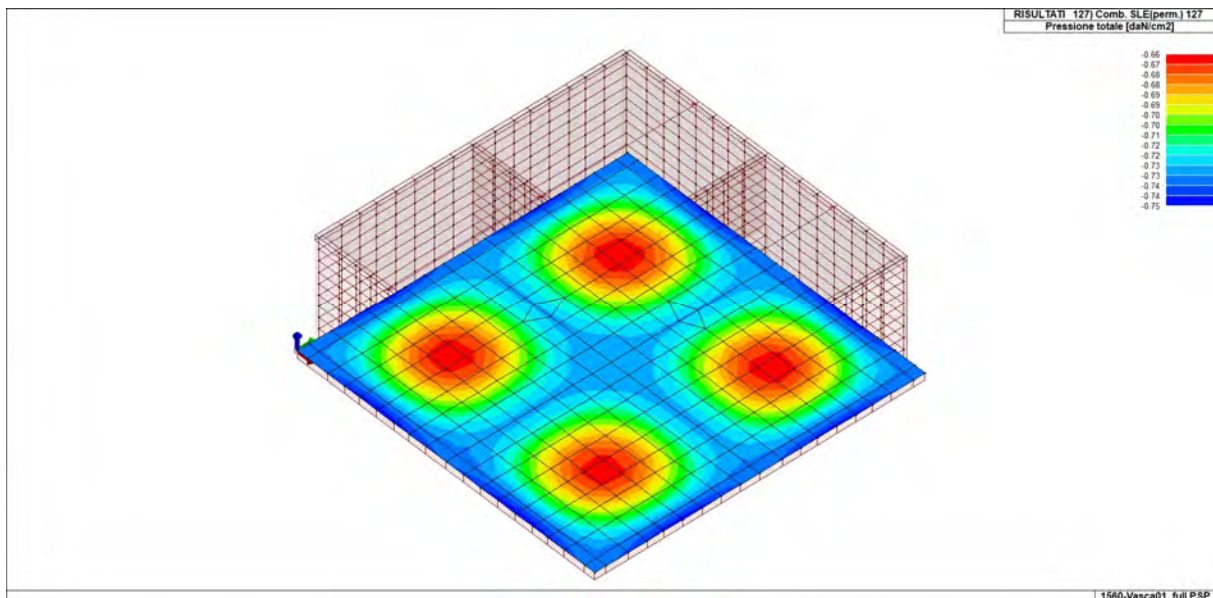


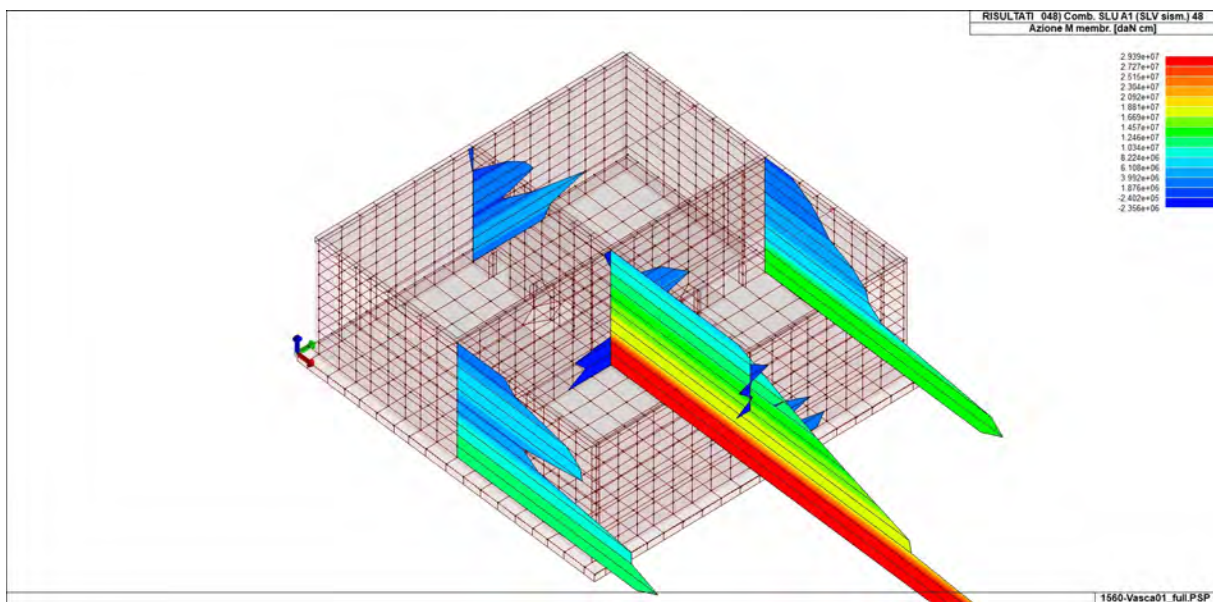
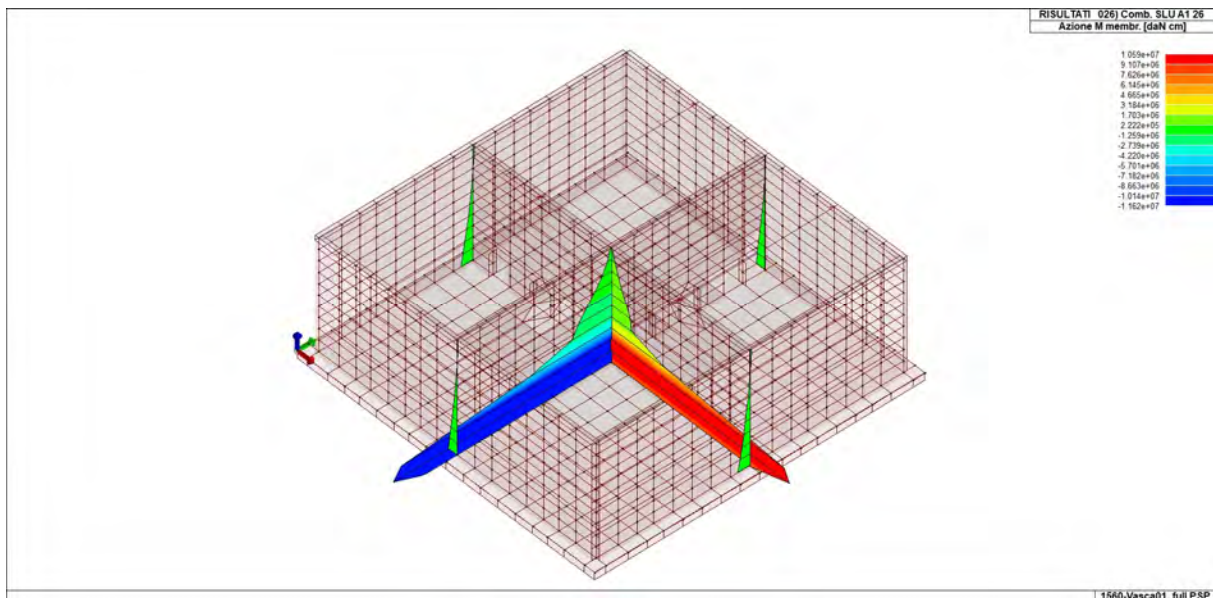


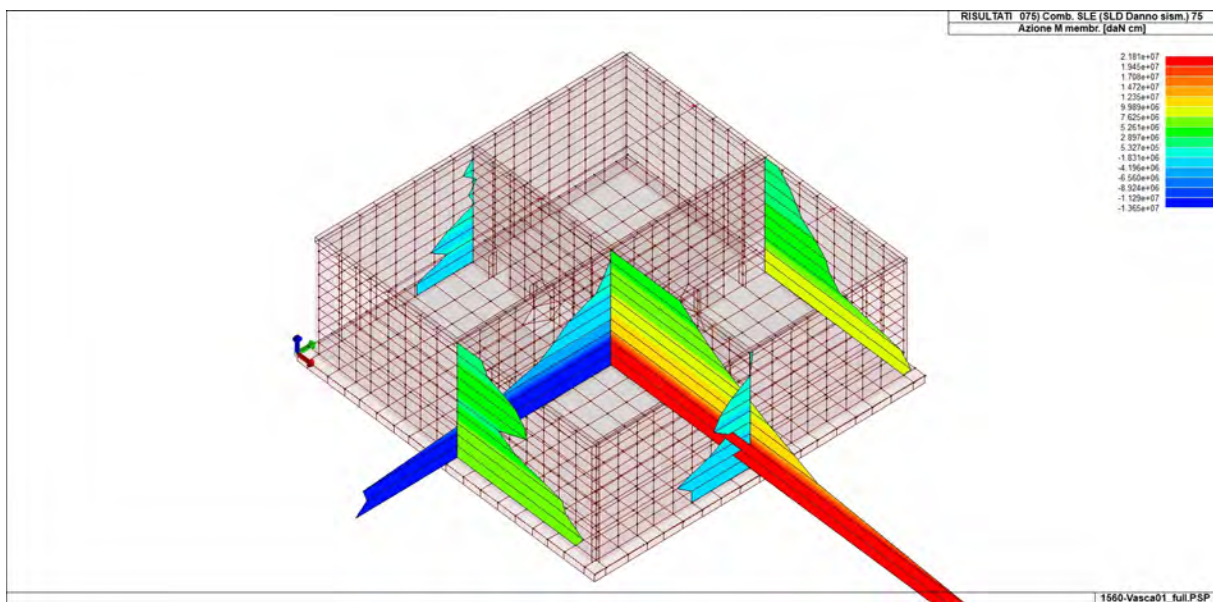
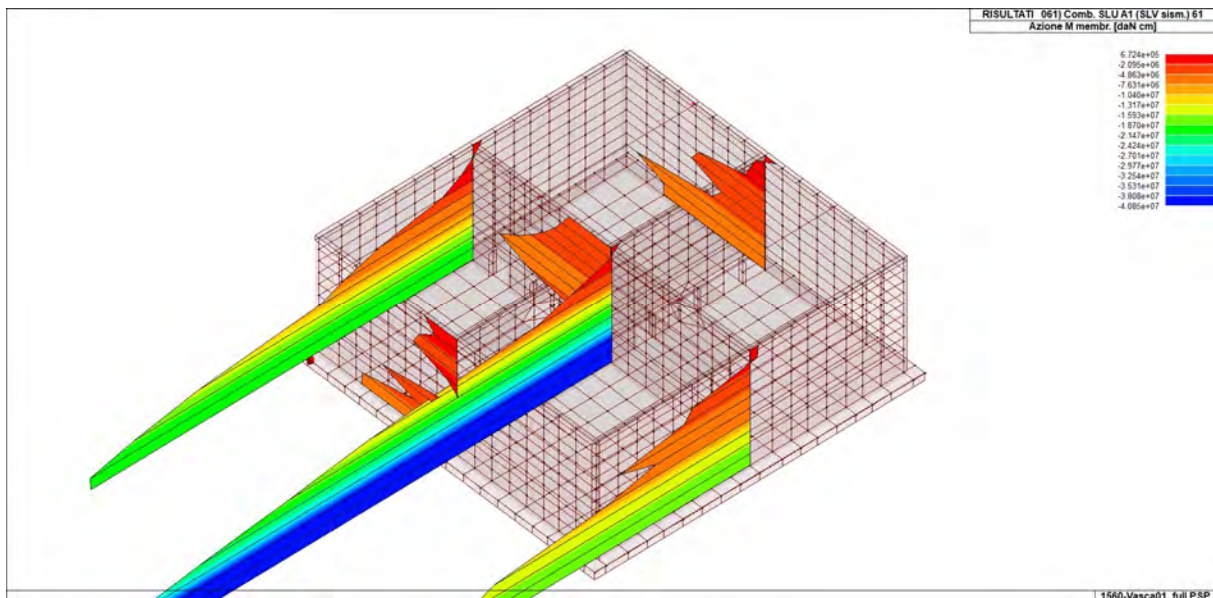


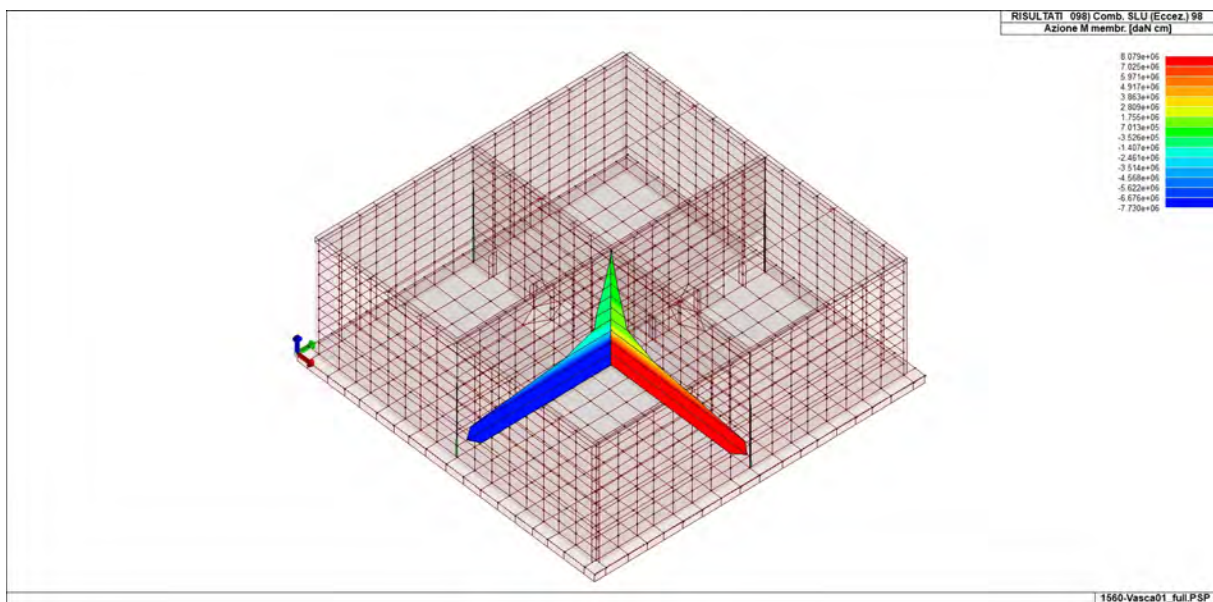
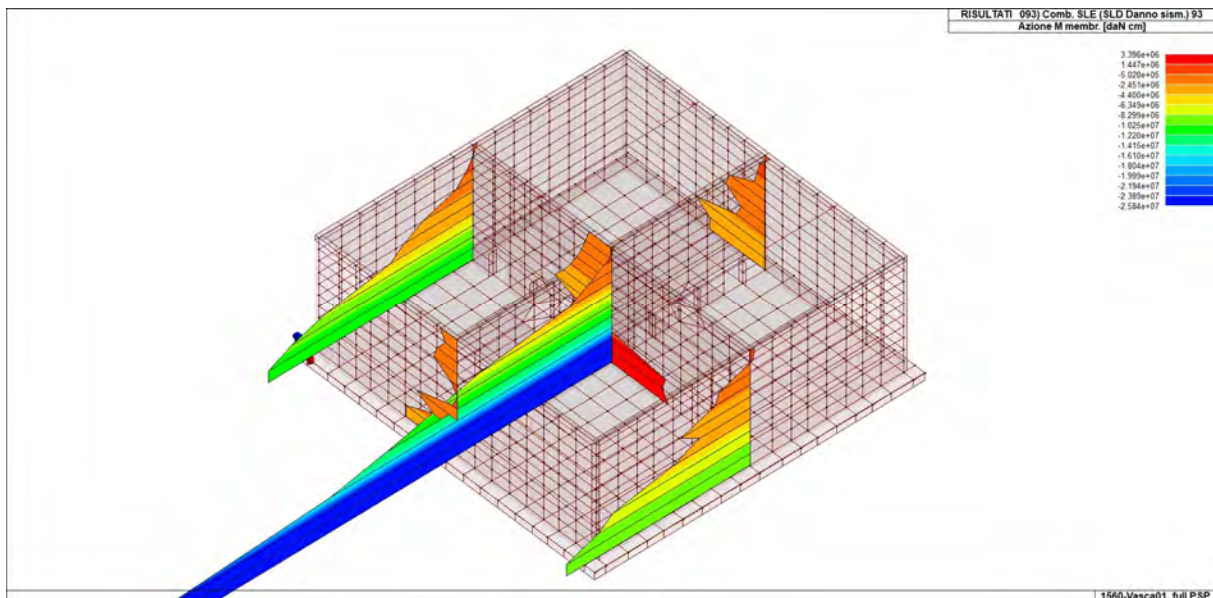


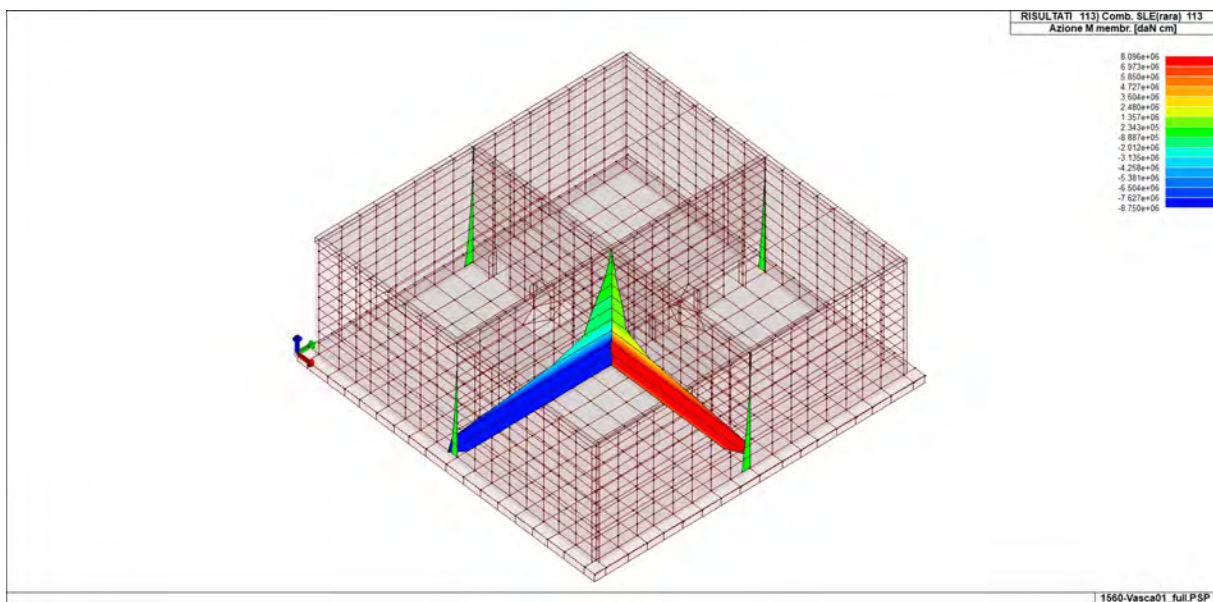
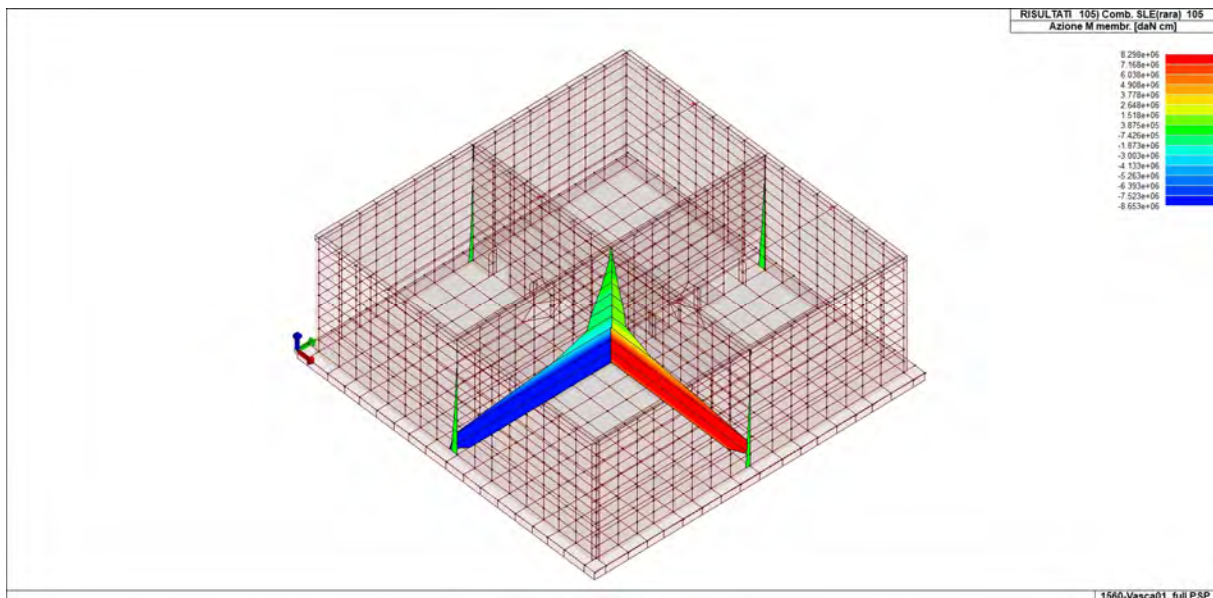


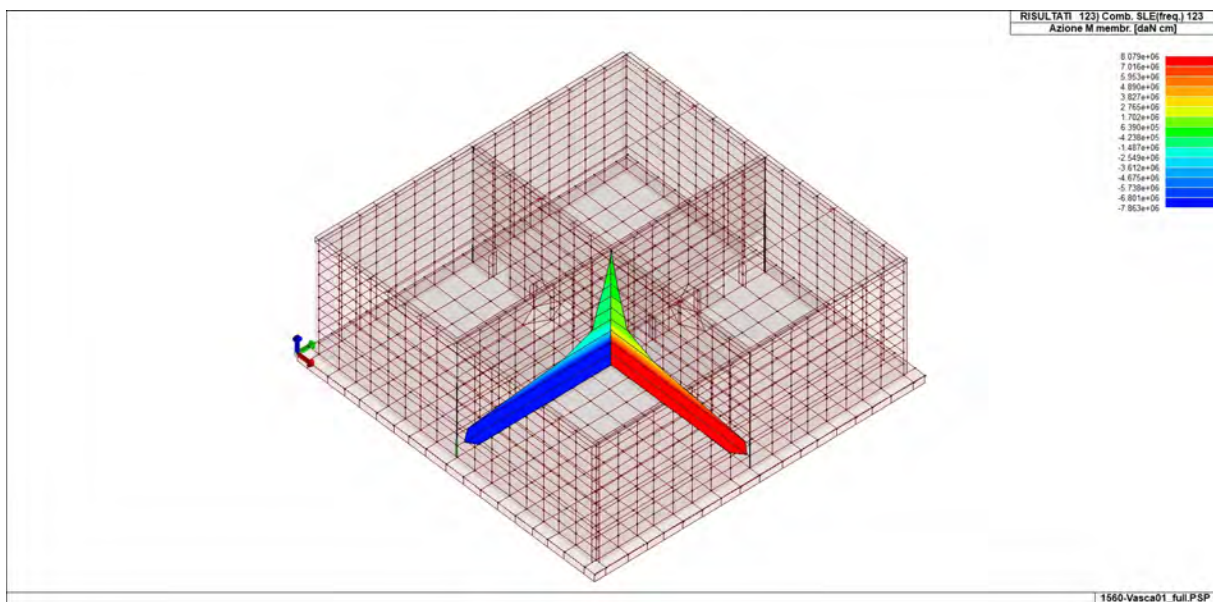
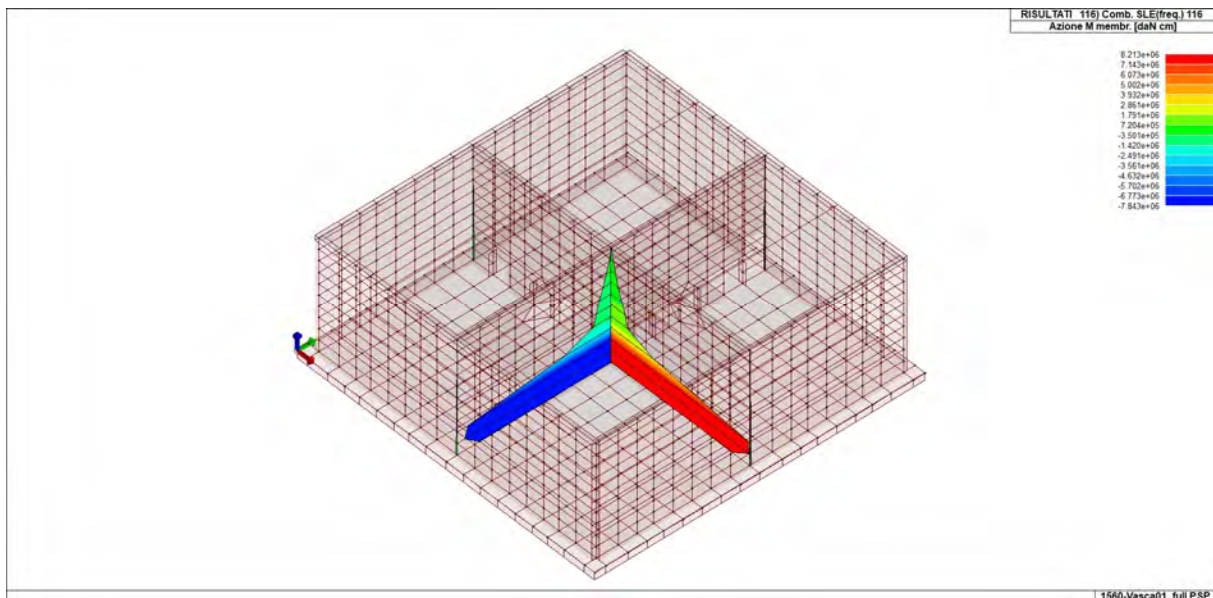


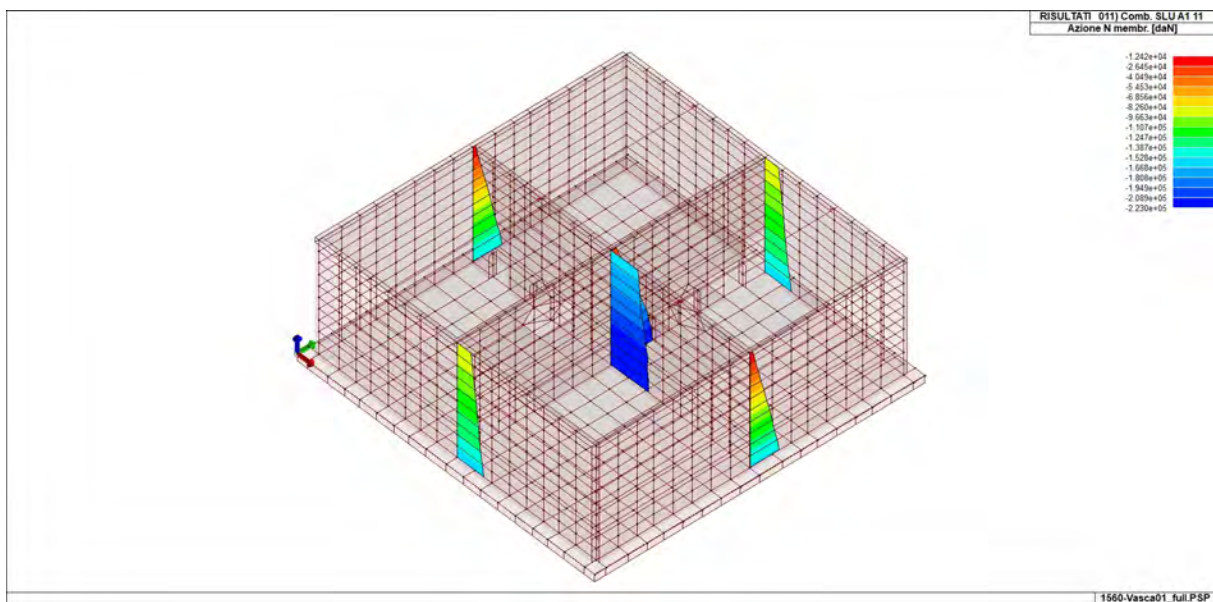
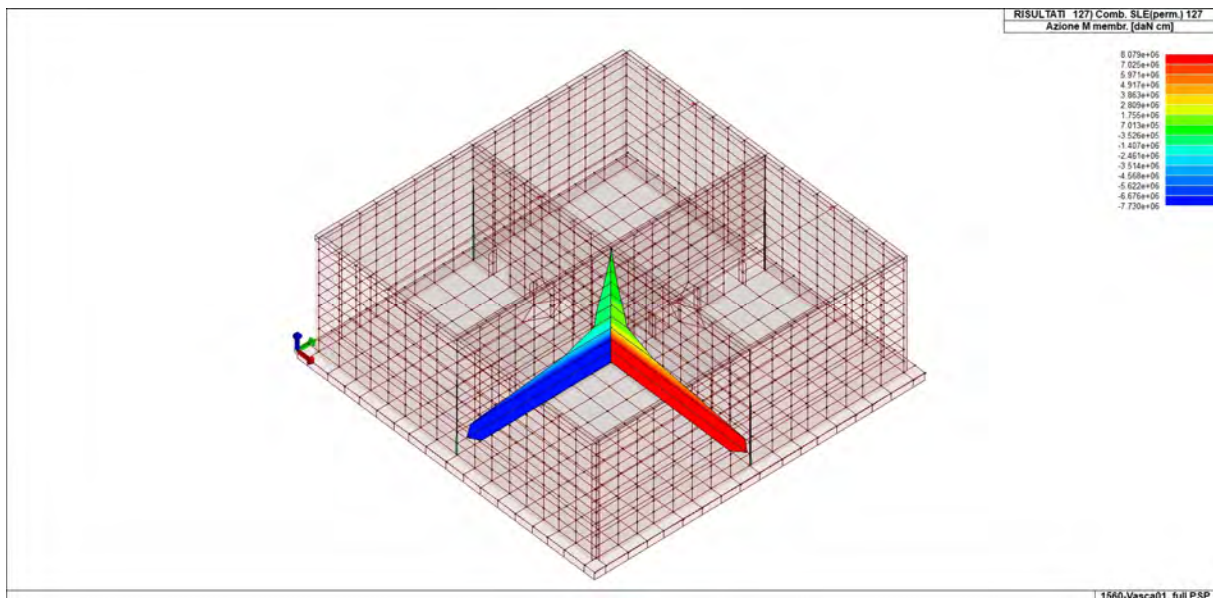


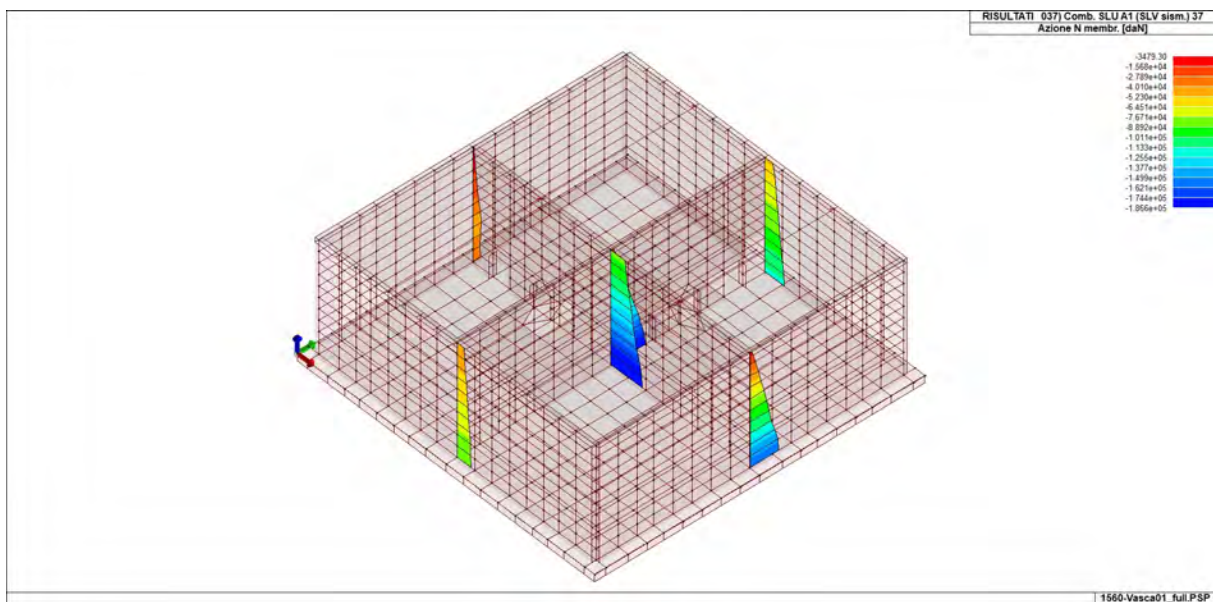
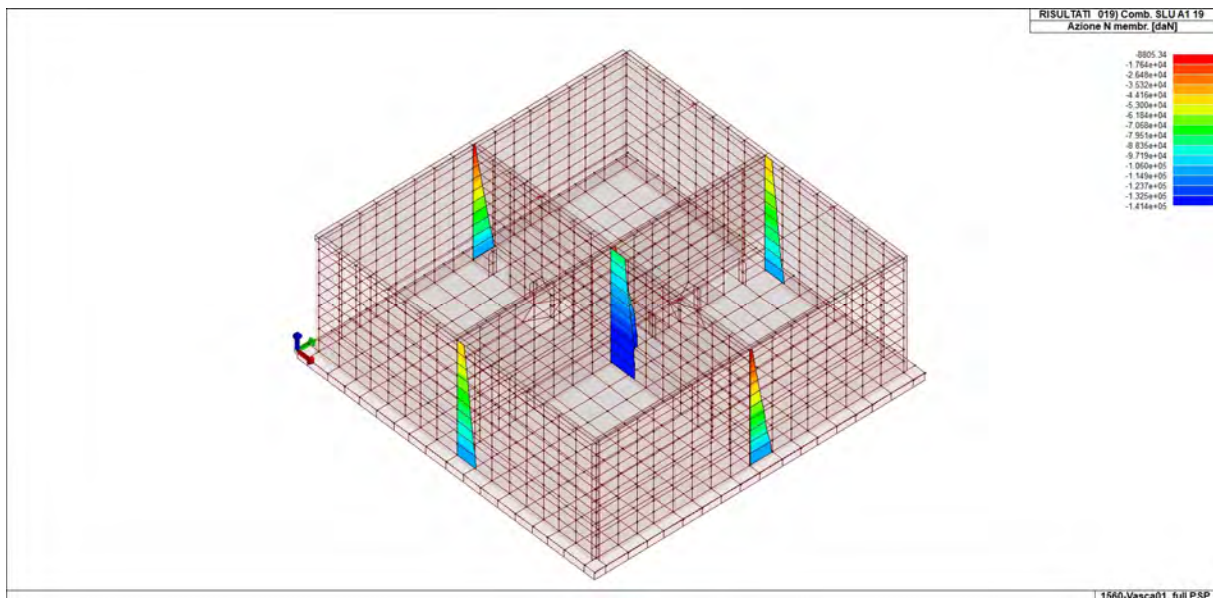


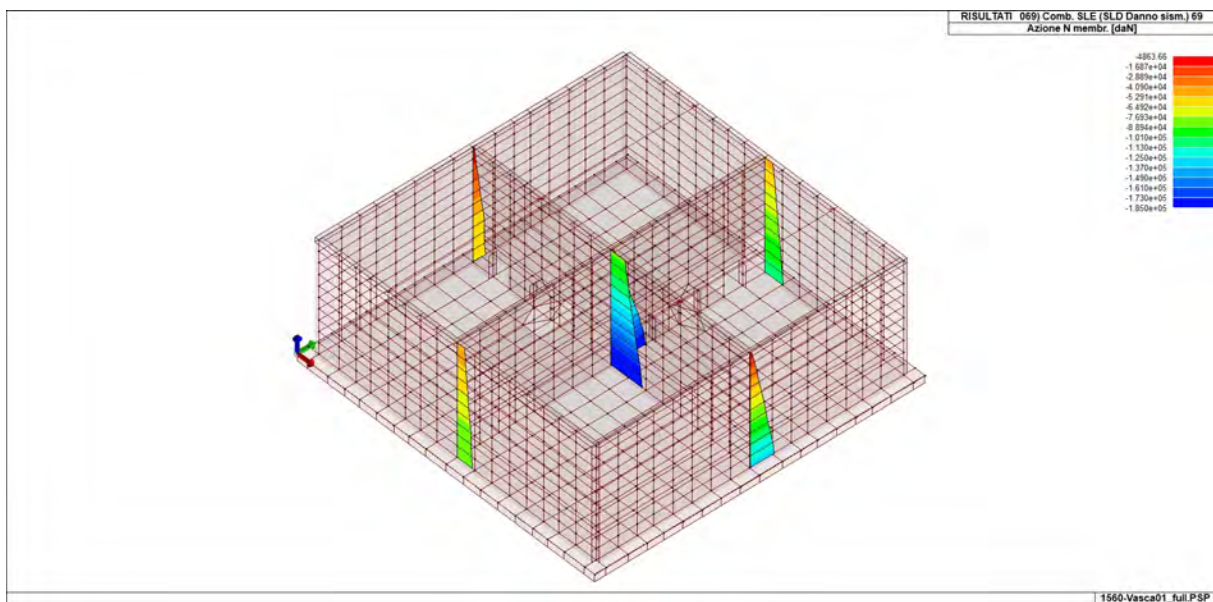
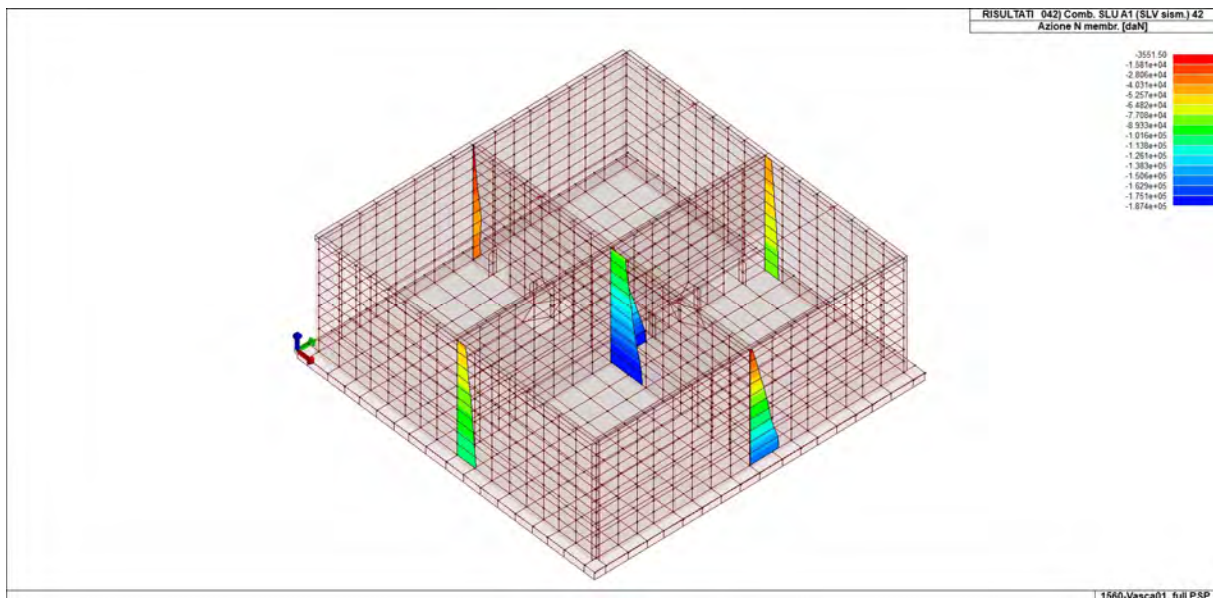


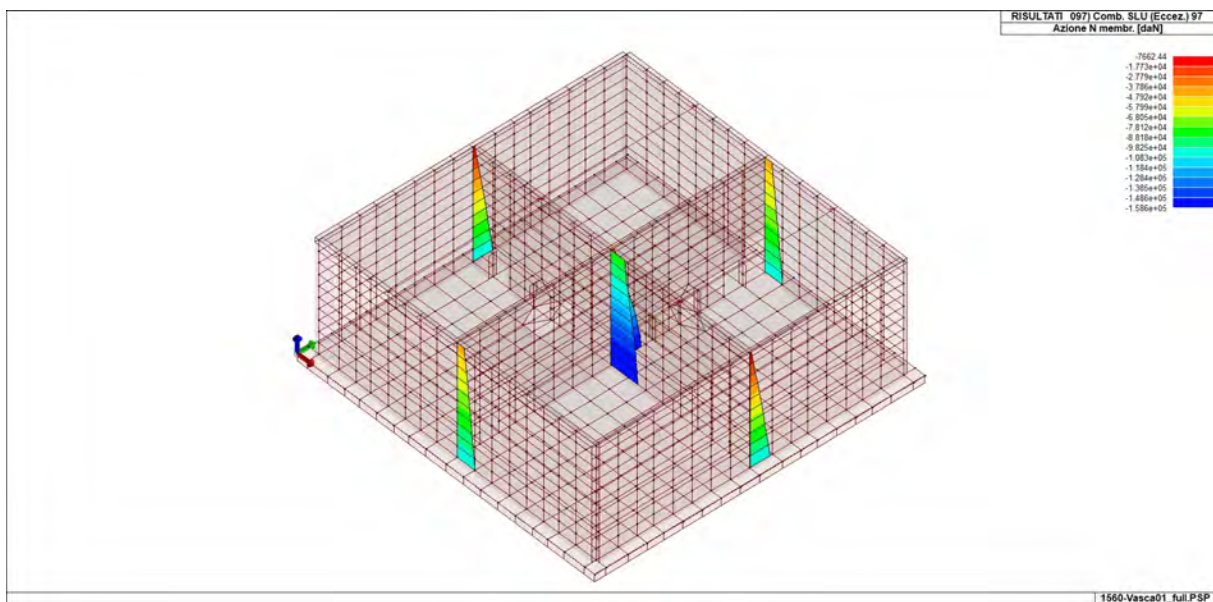
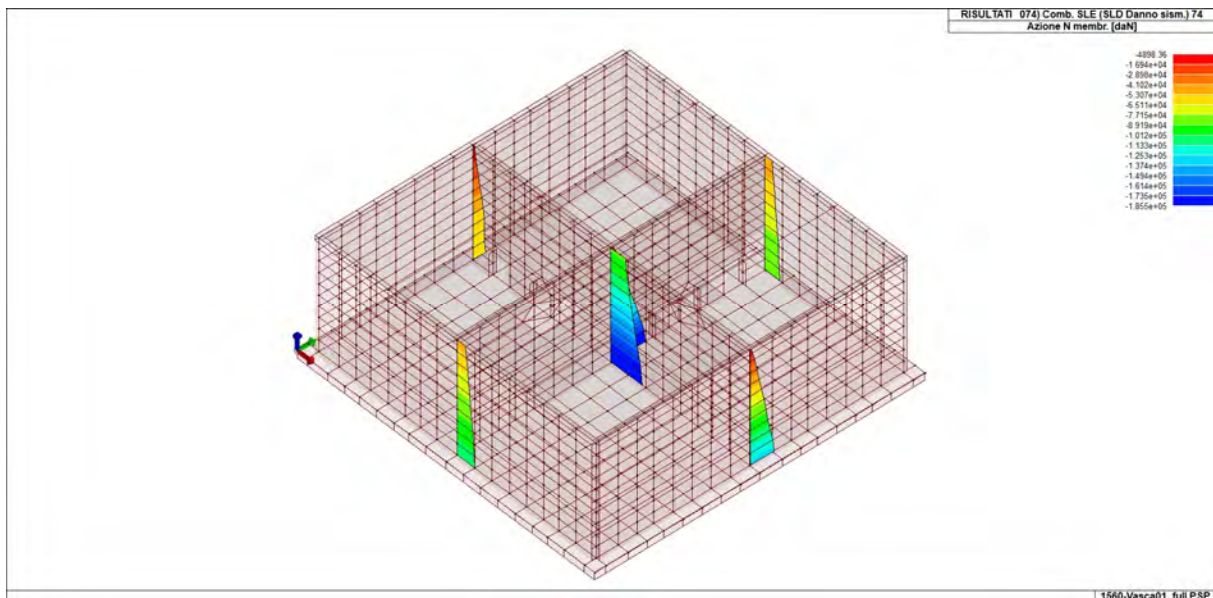


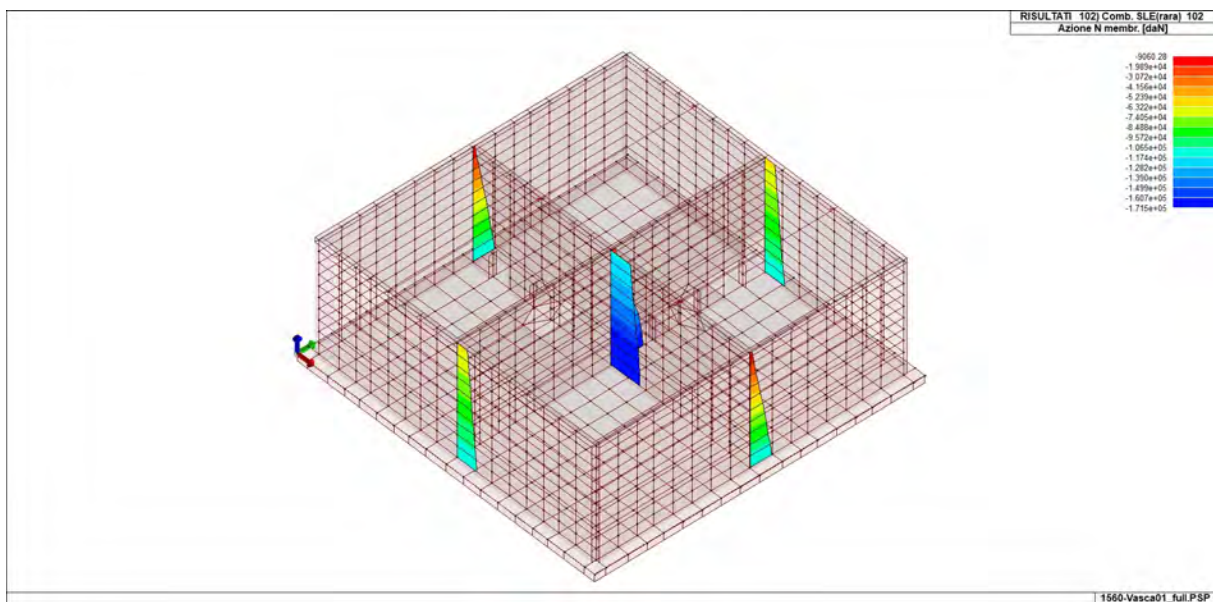
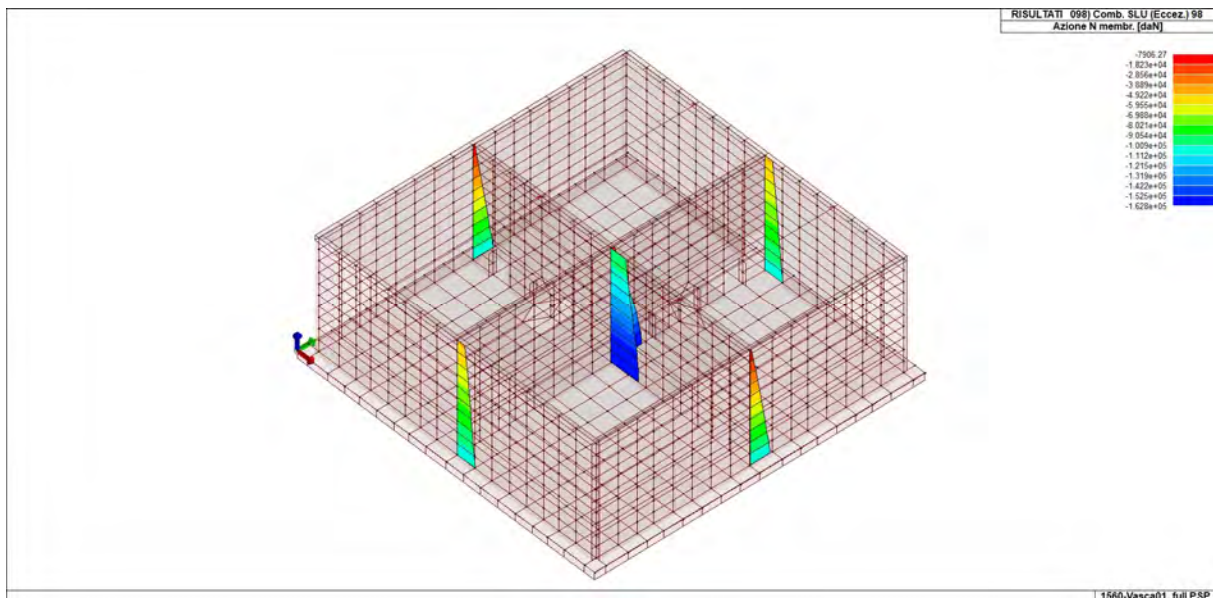


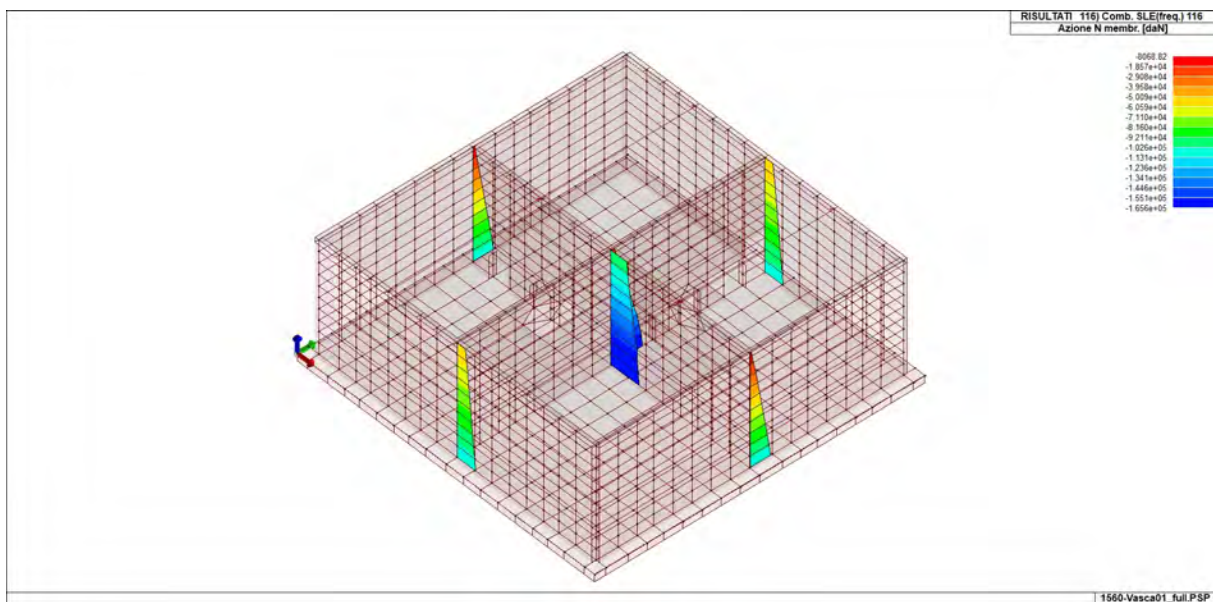
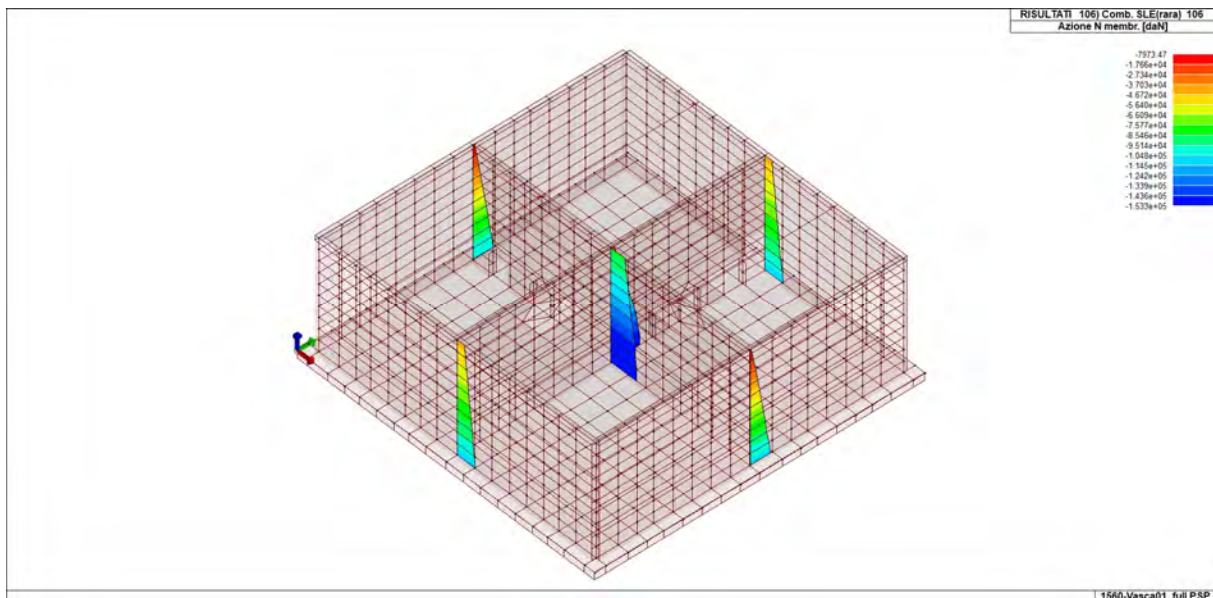


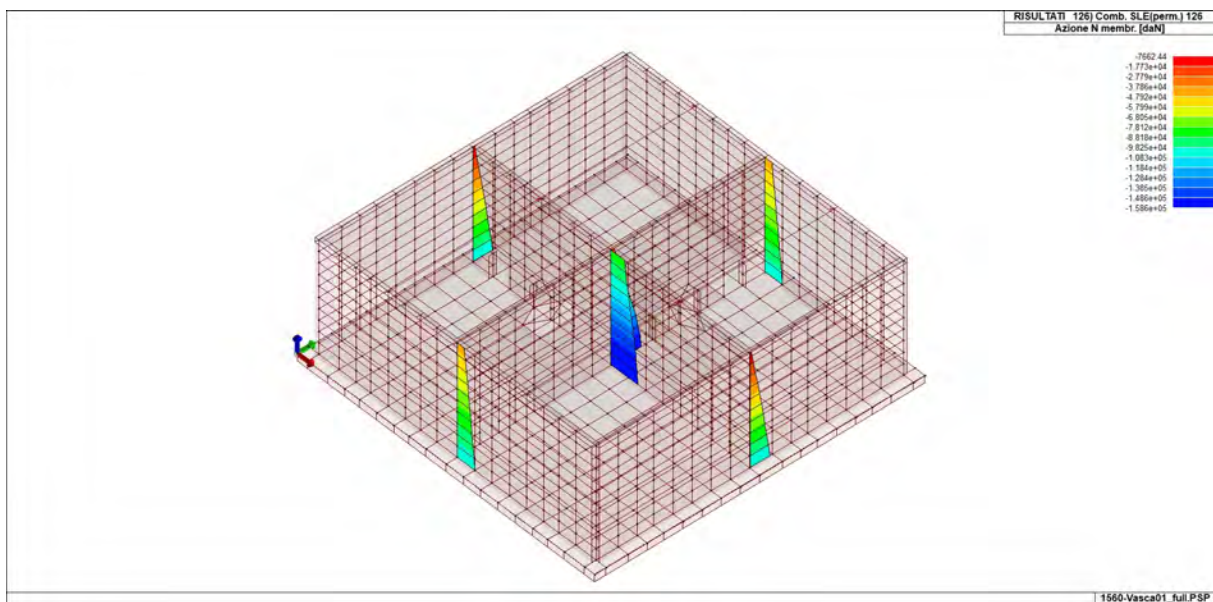
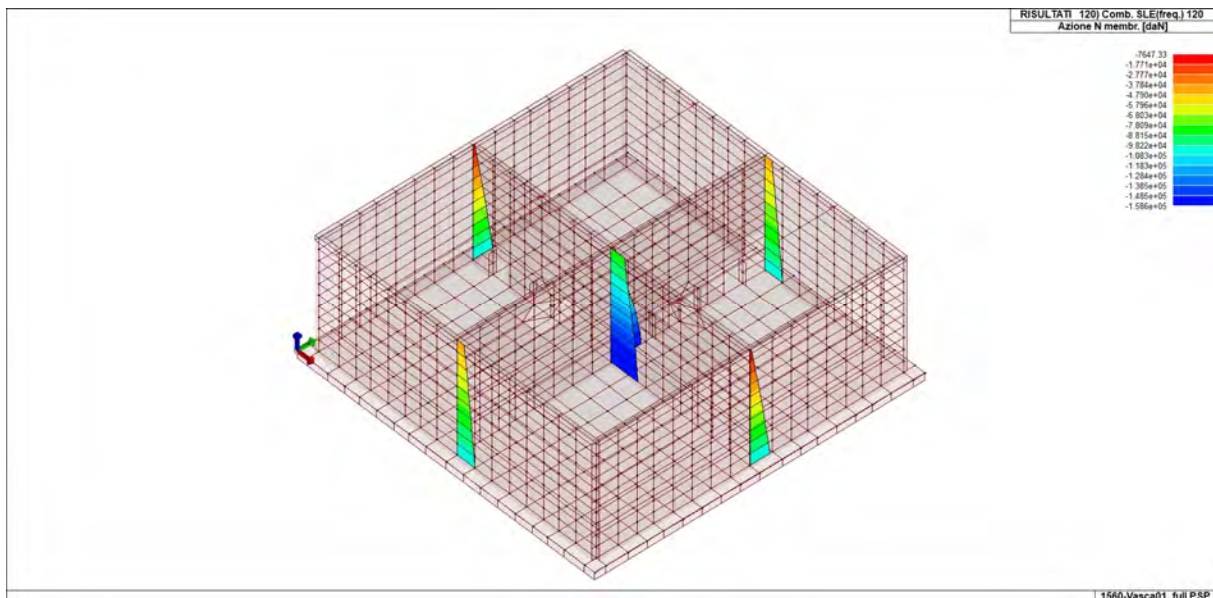


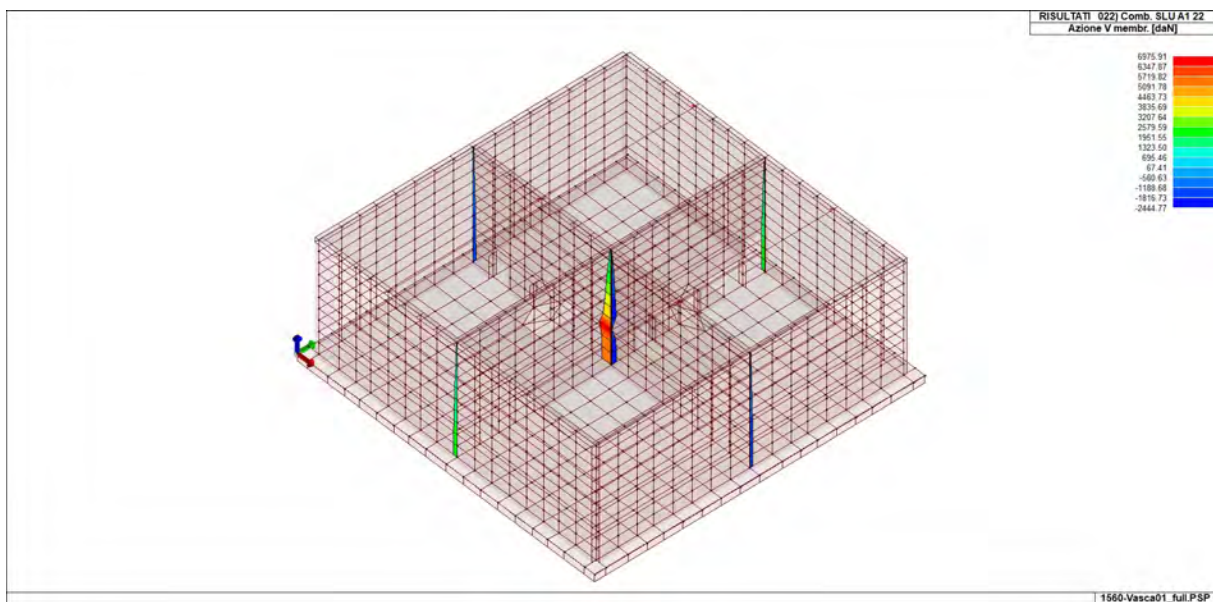
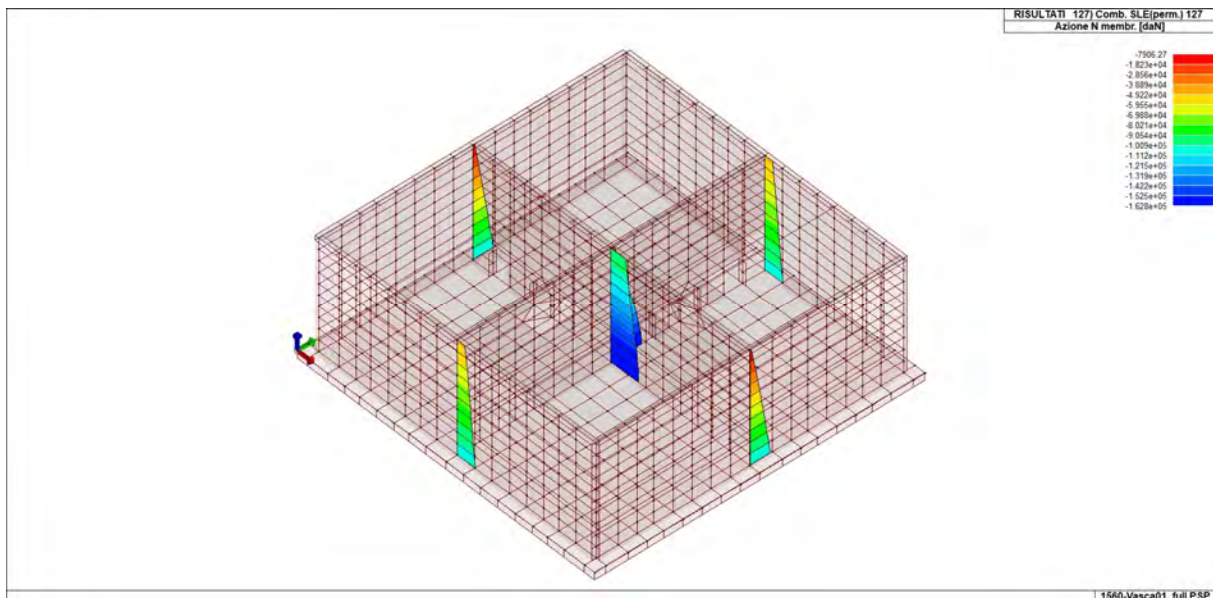


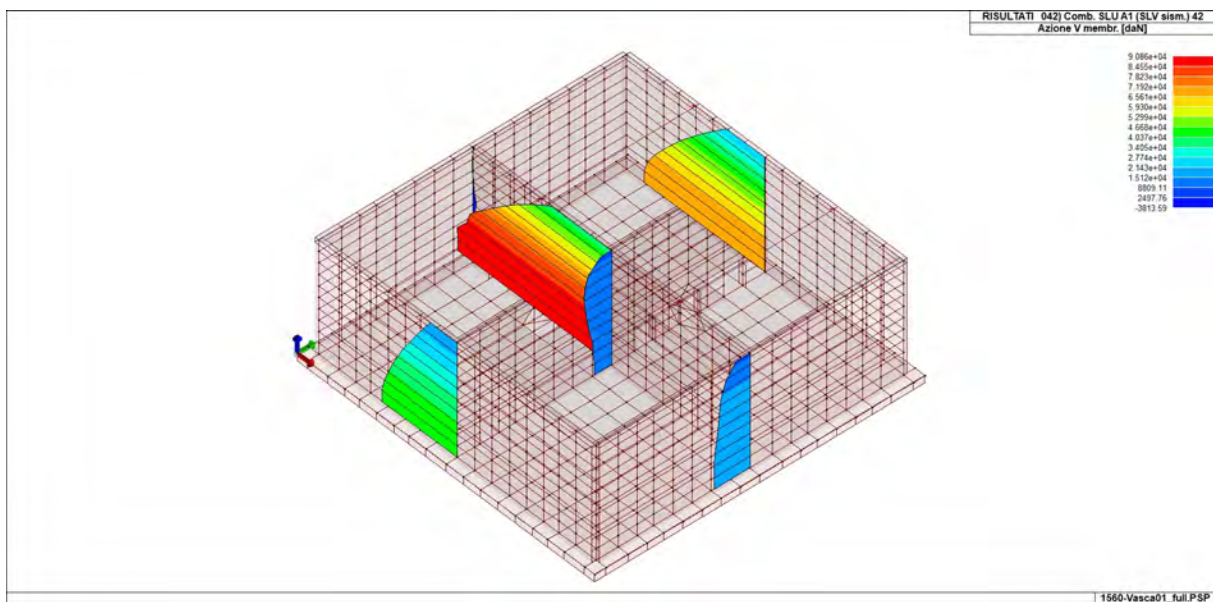
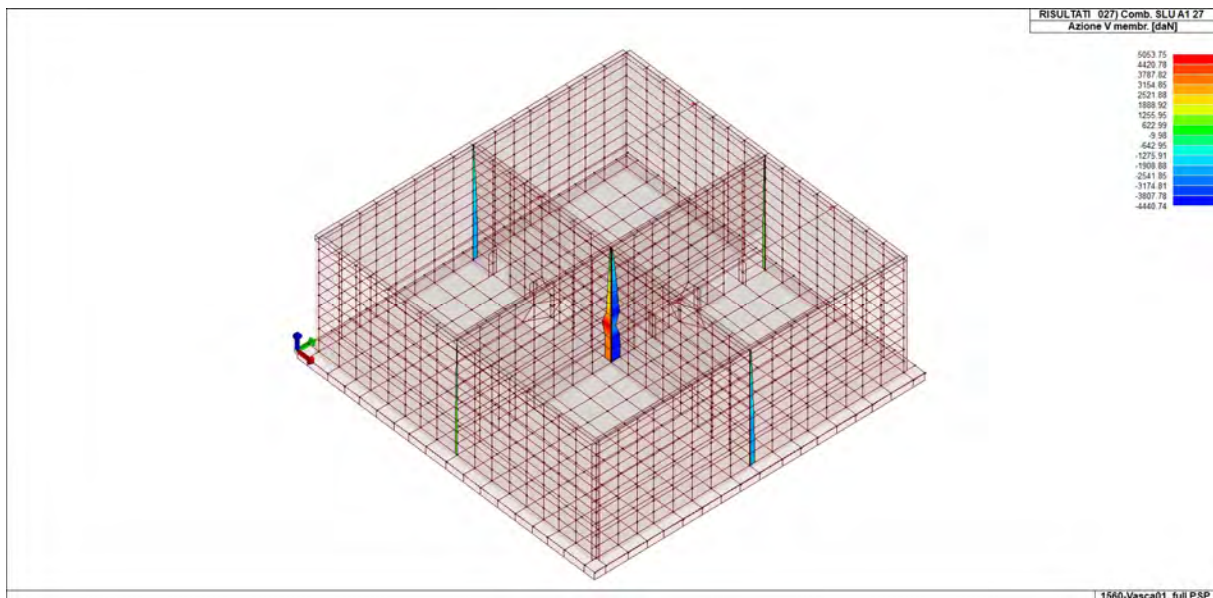


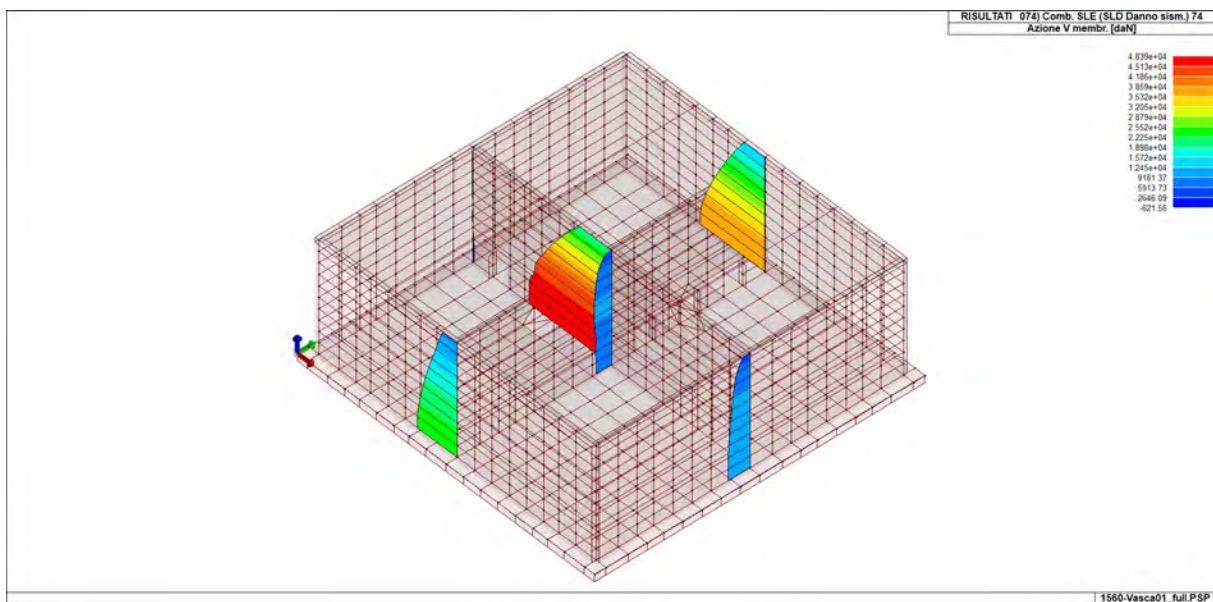
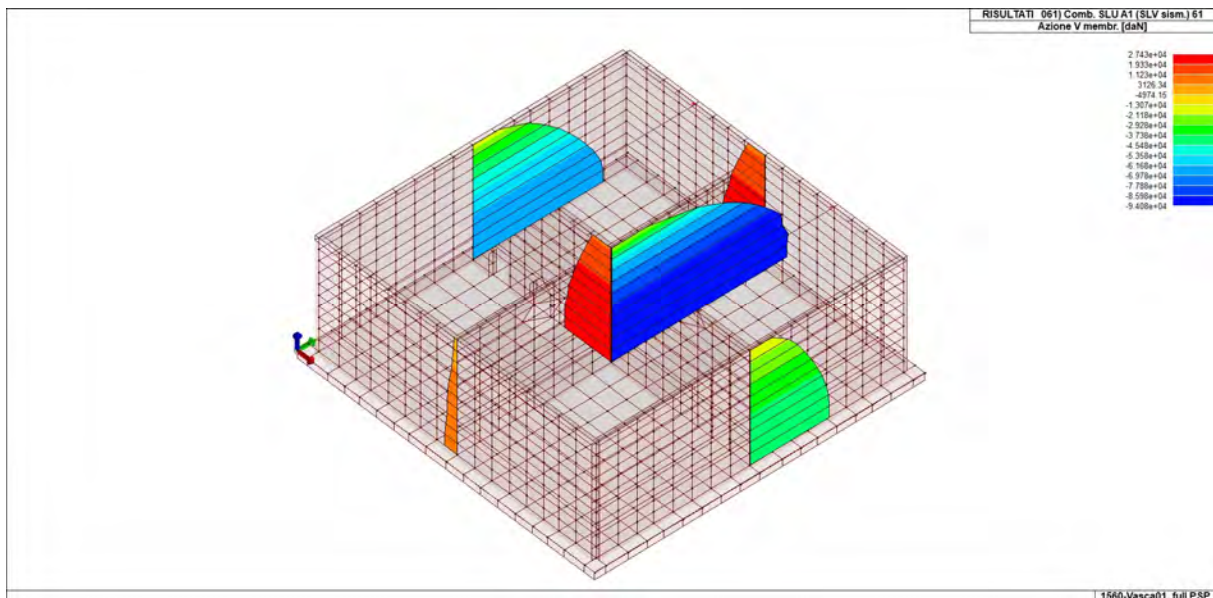


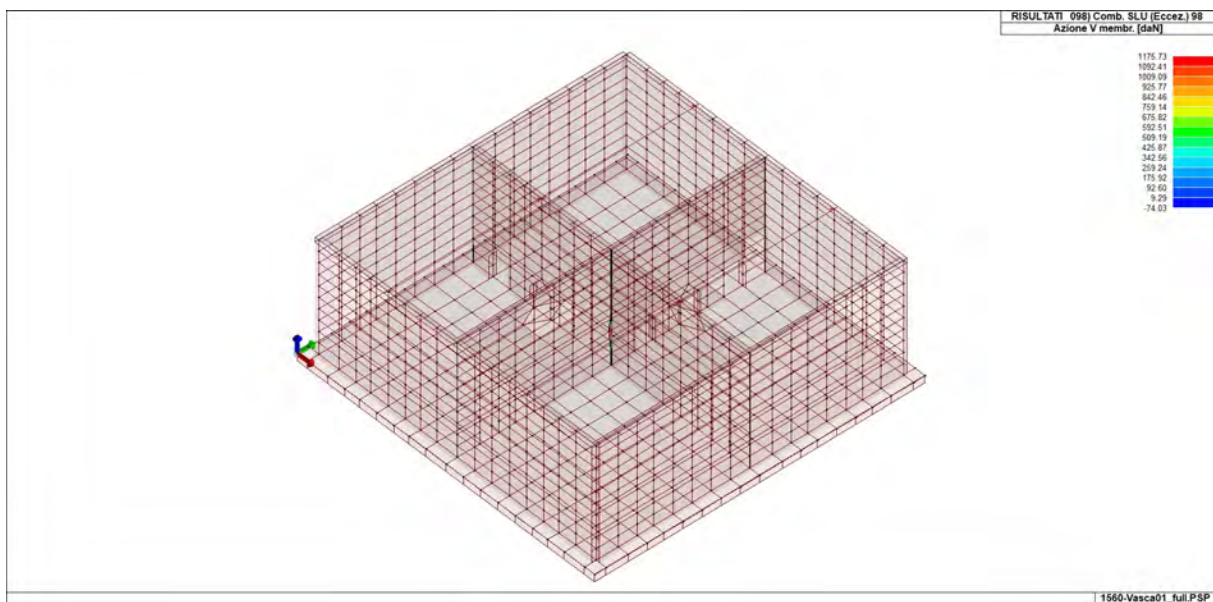
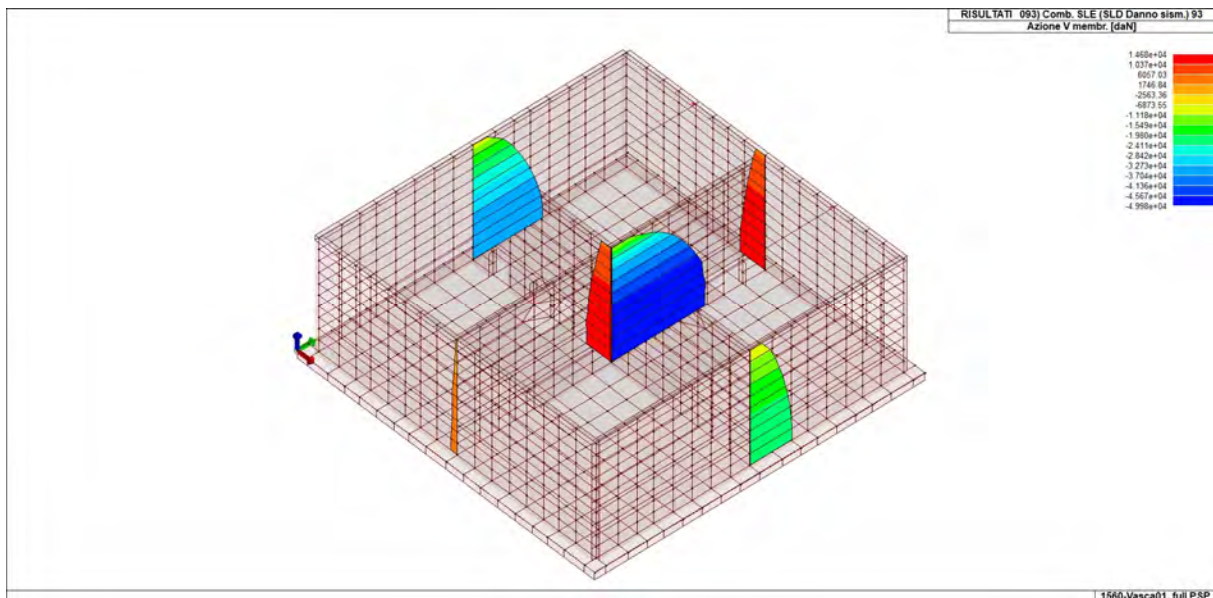


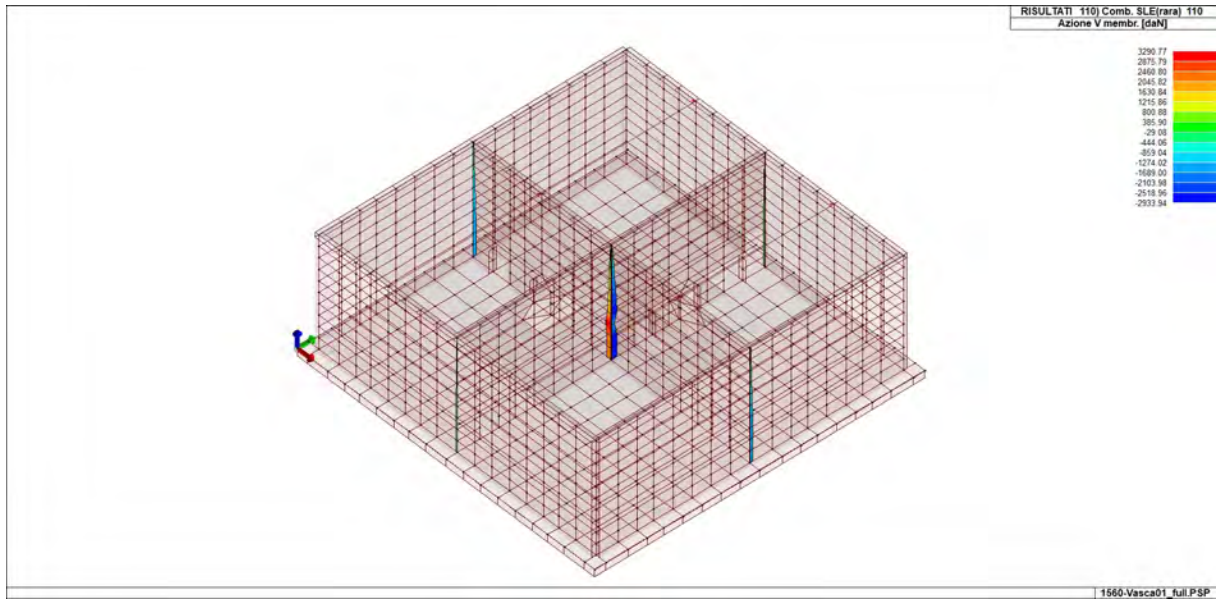
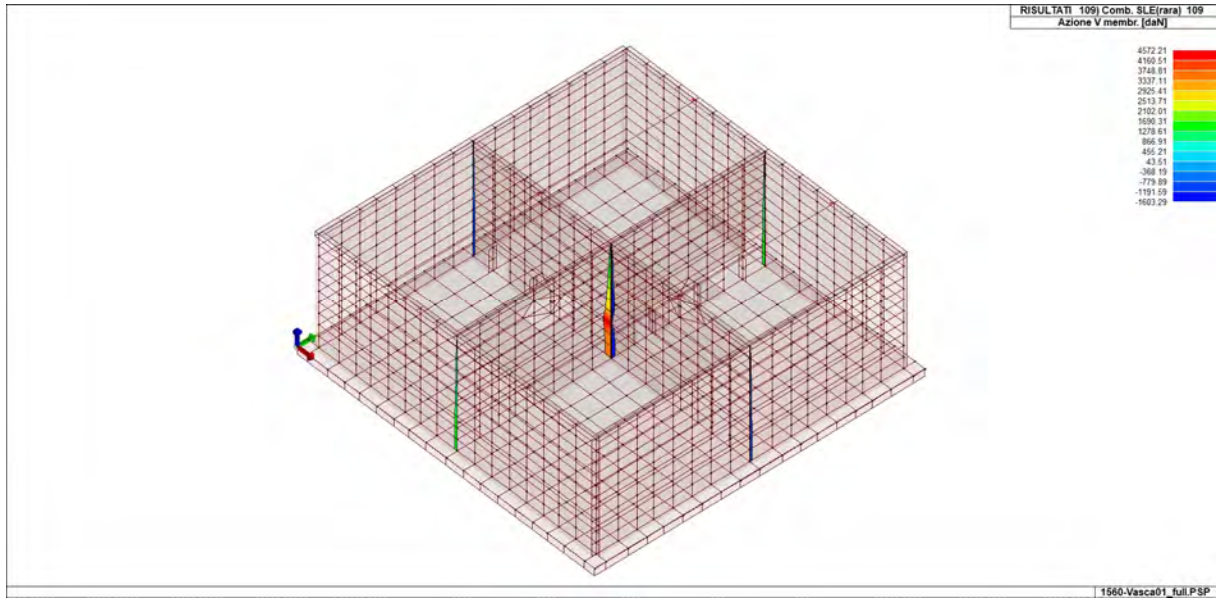


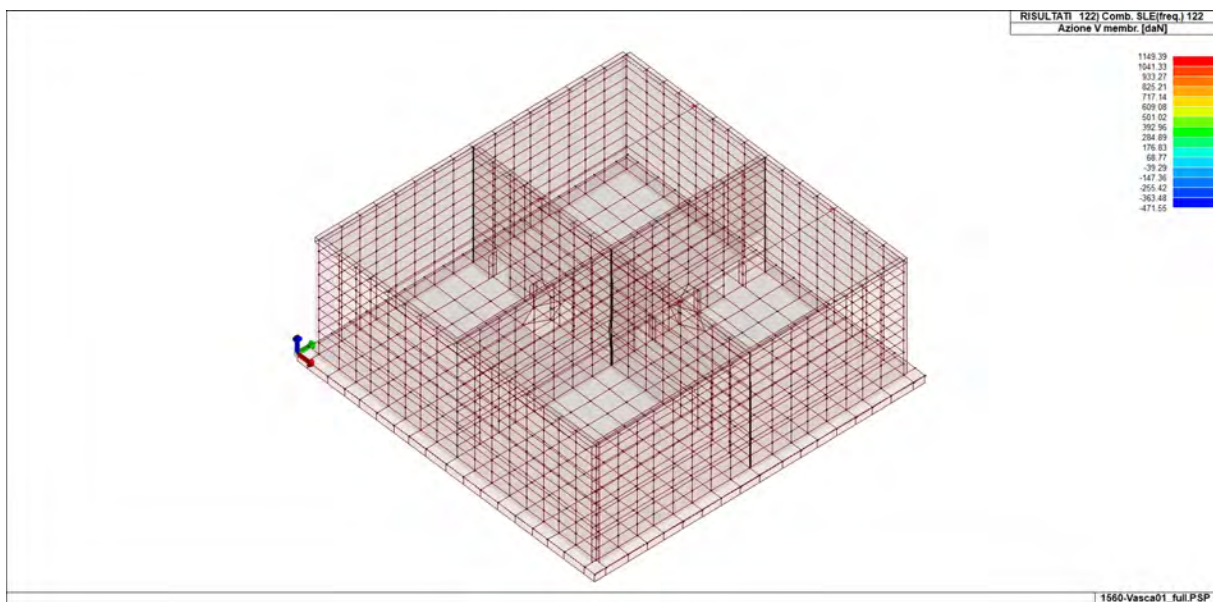
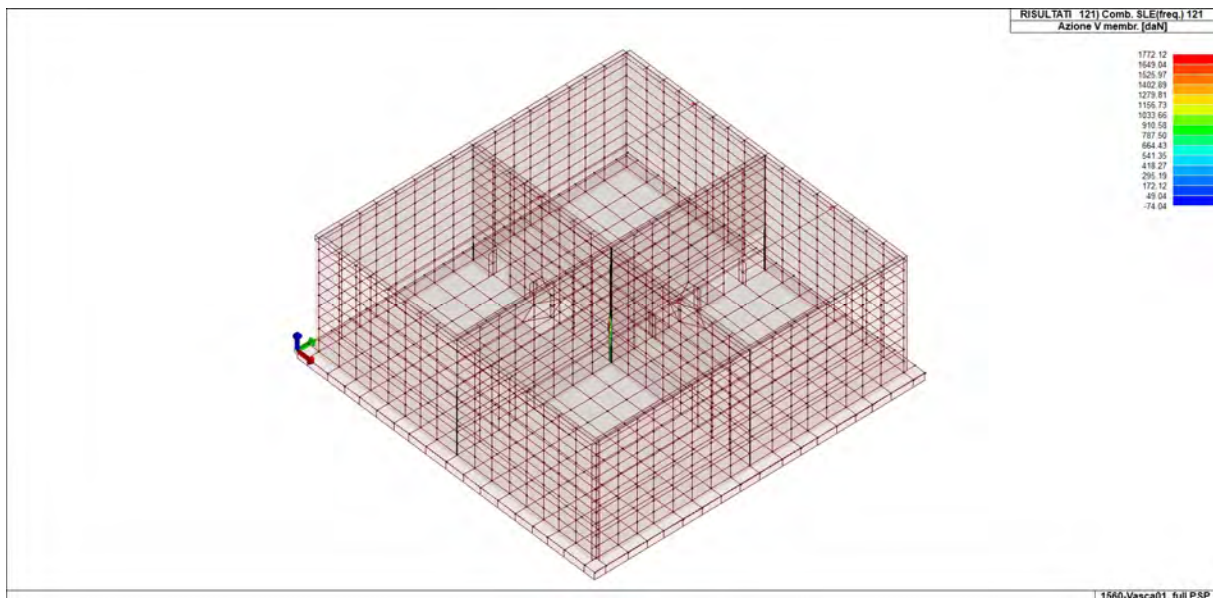


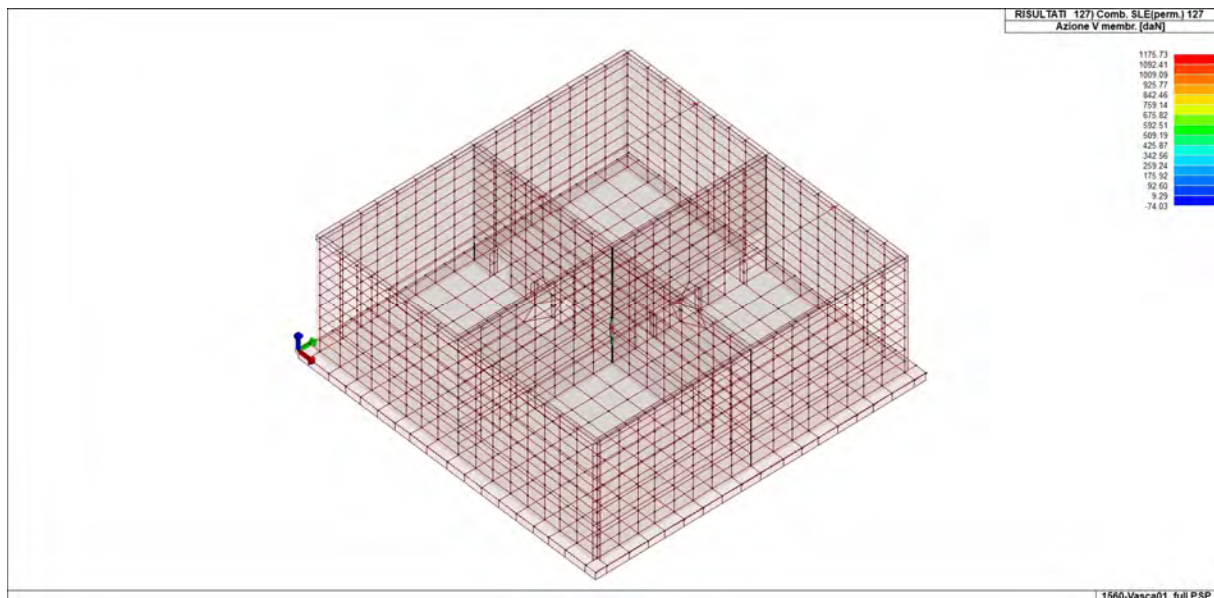












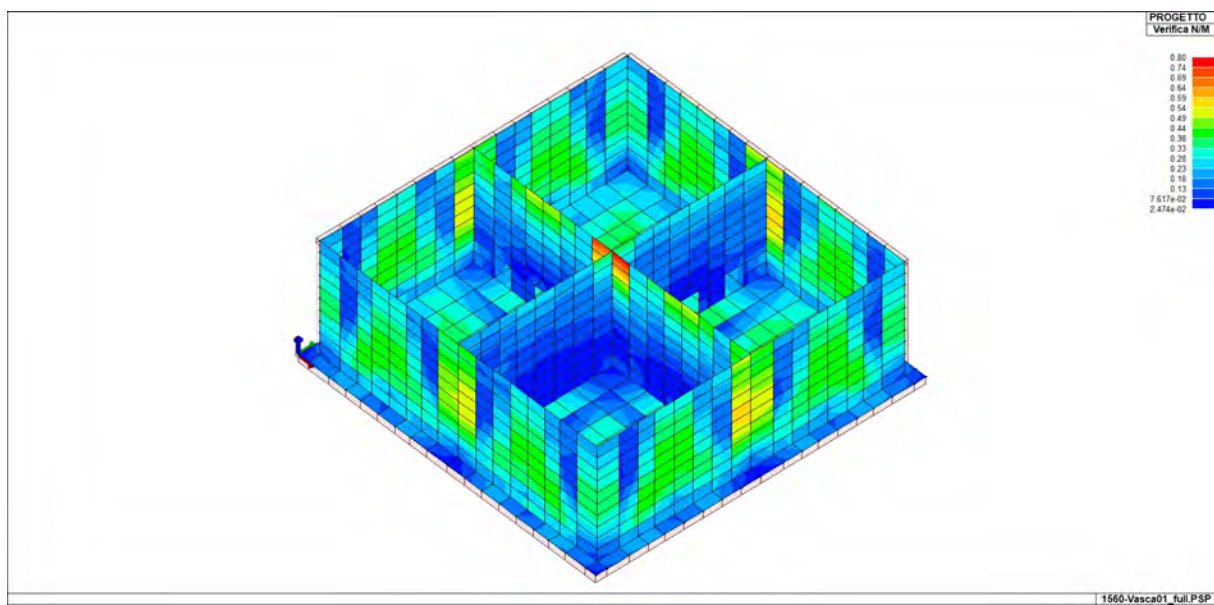
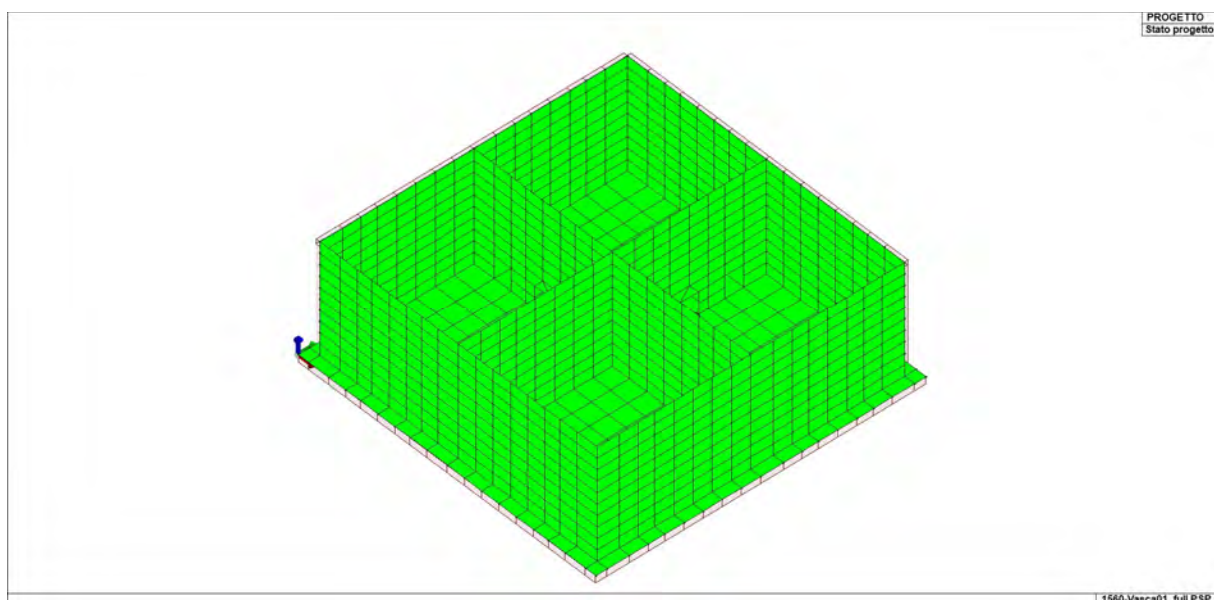
10. SINTESI DELLE VERIFICHE DI SICUREZZA

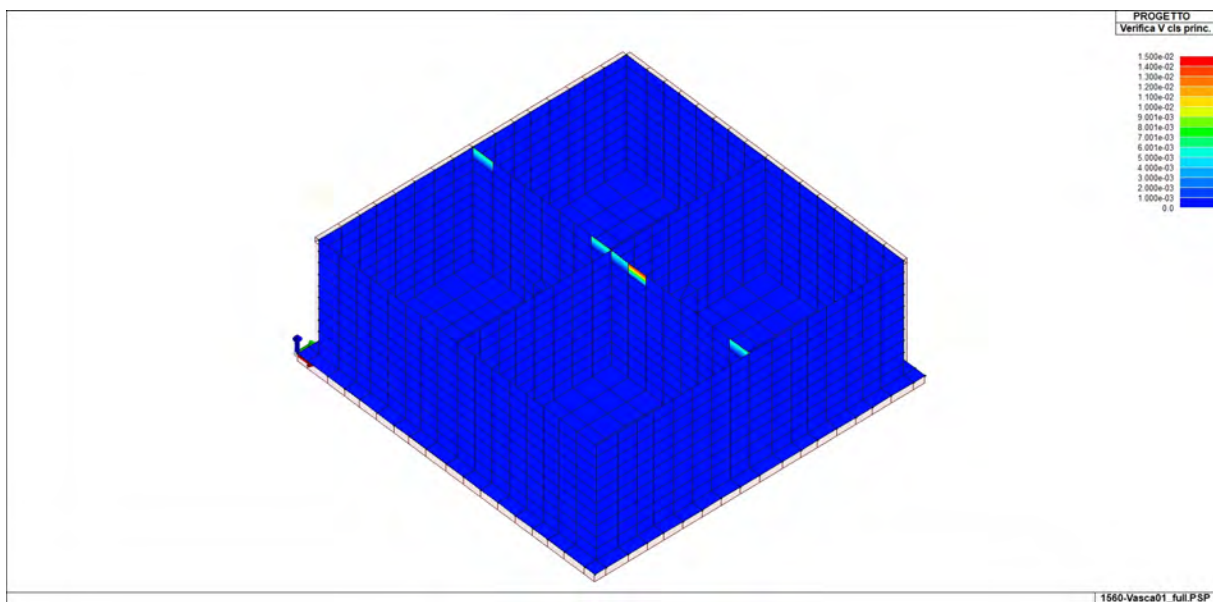
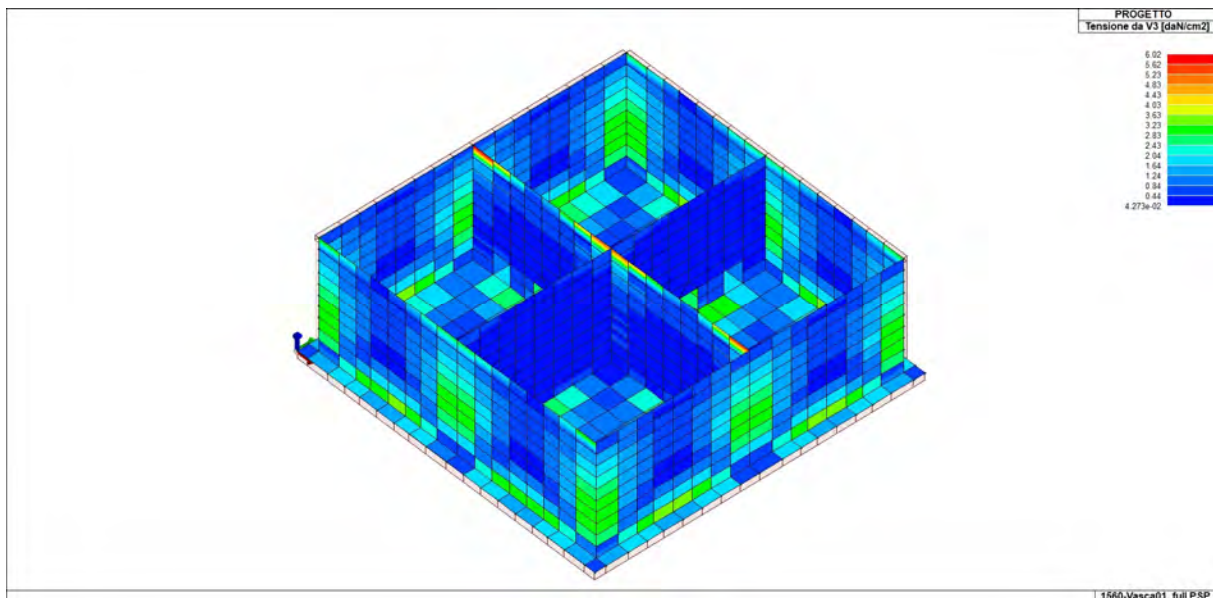
Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

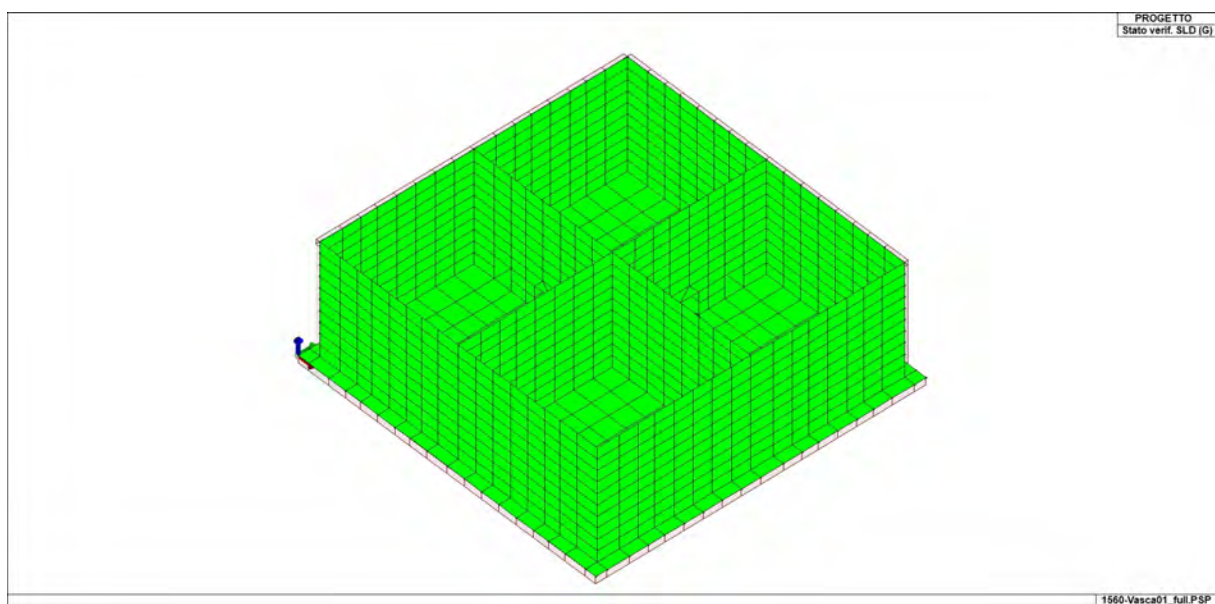
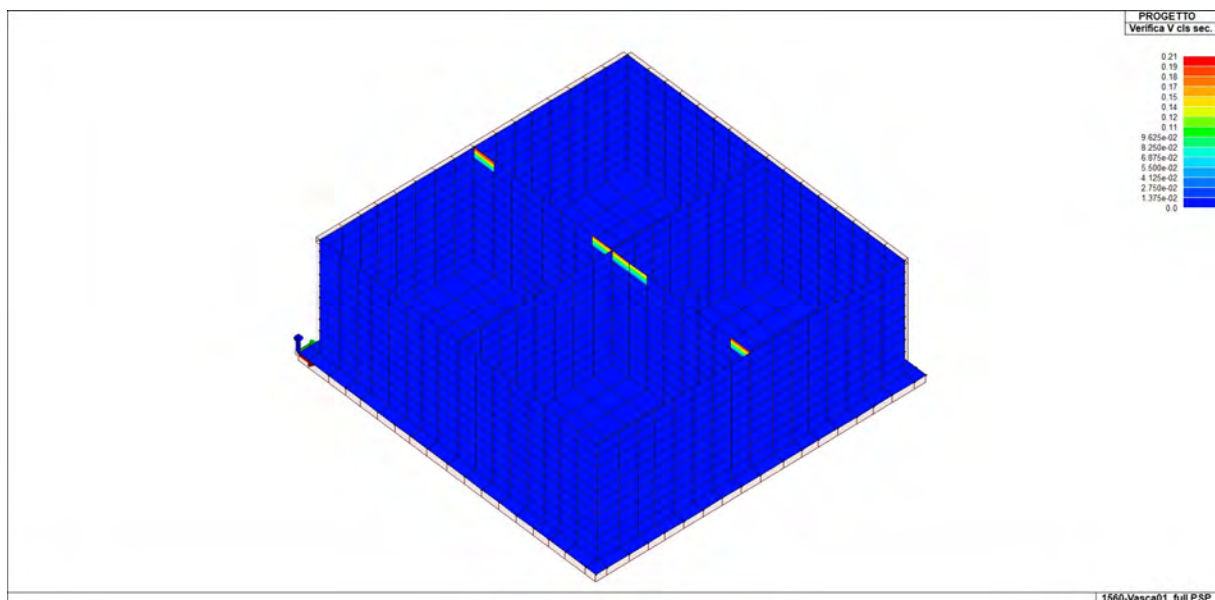
Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

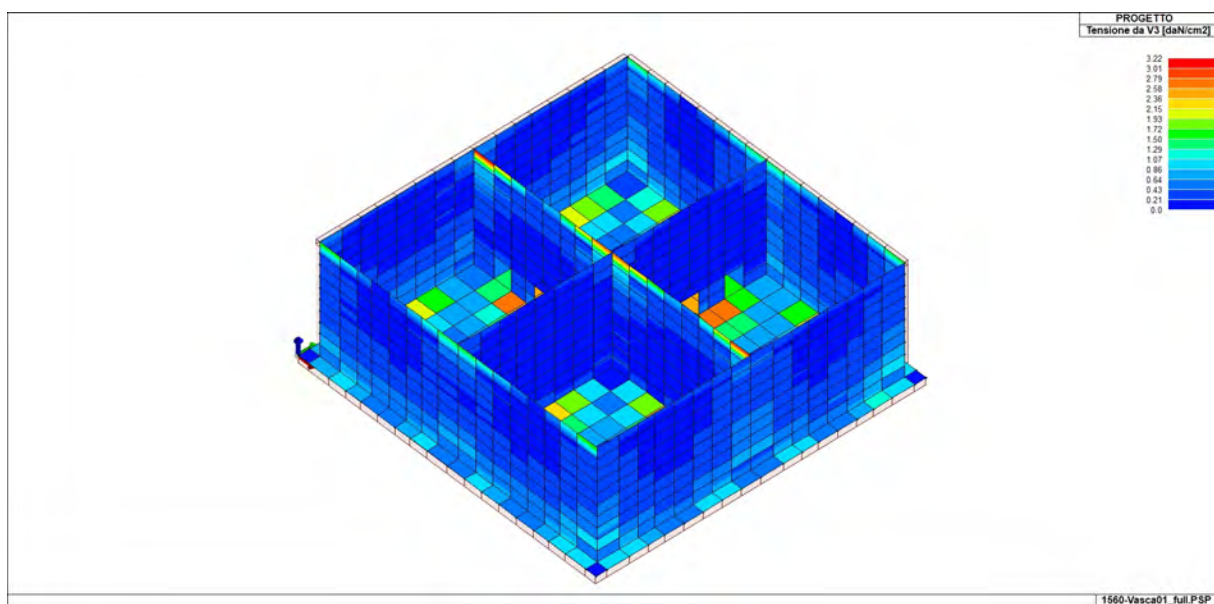
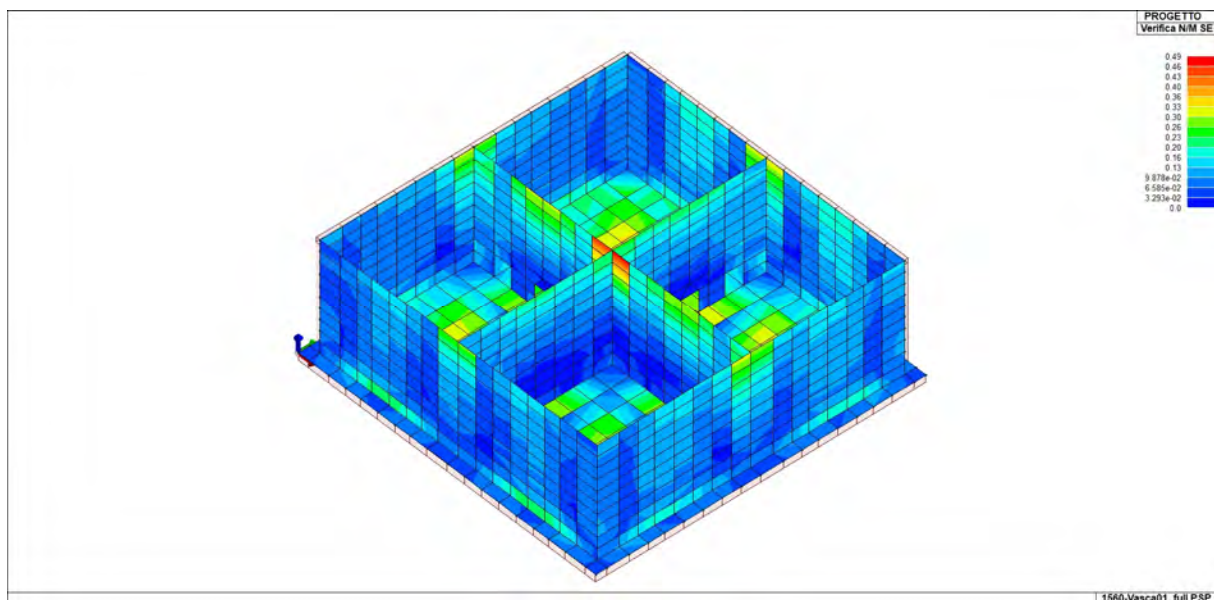
Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

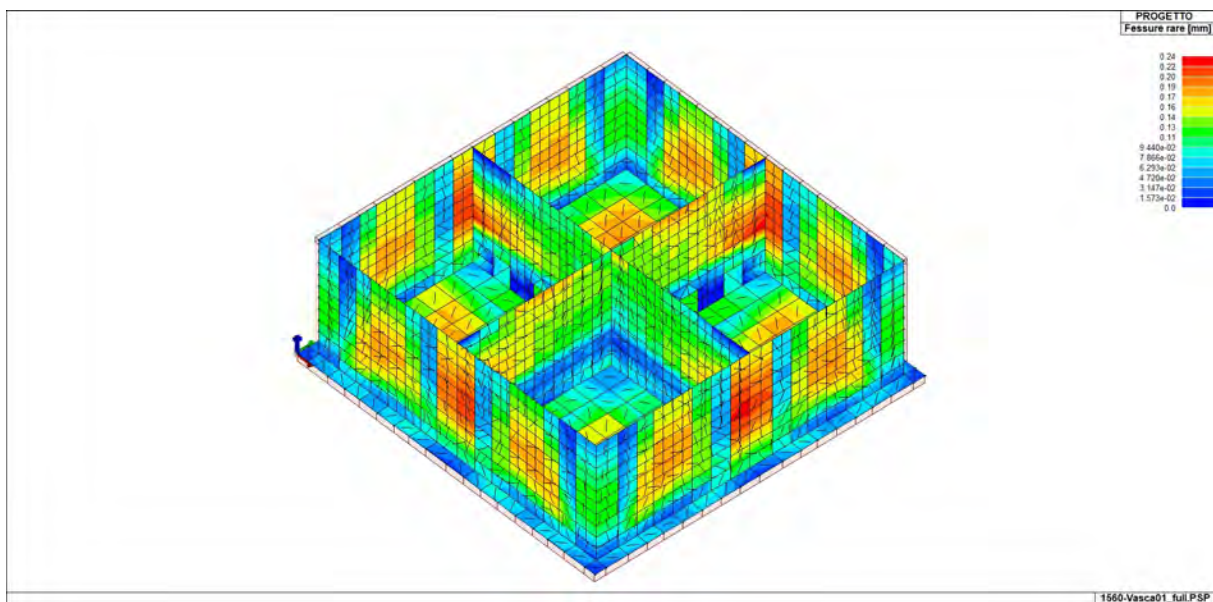
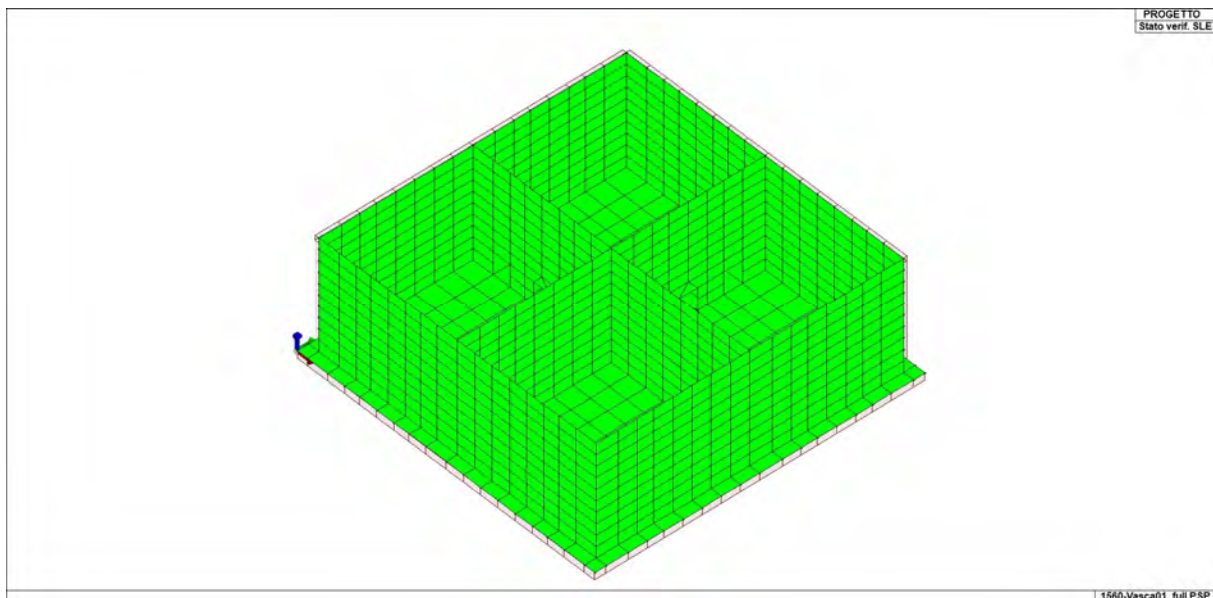
Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.

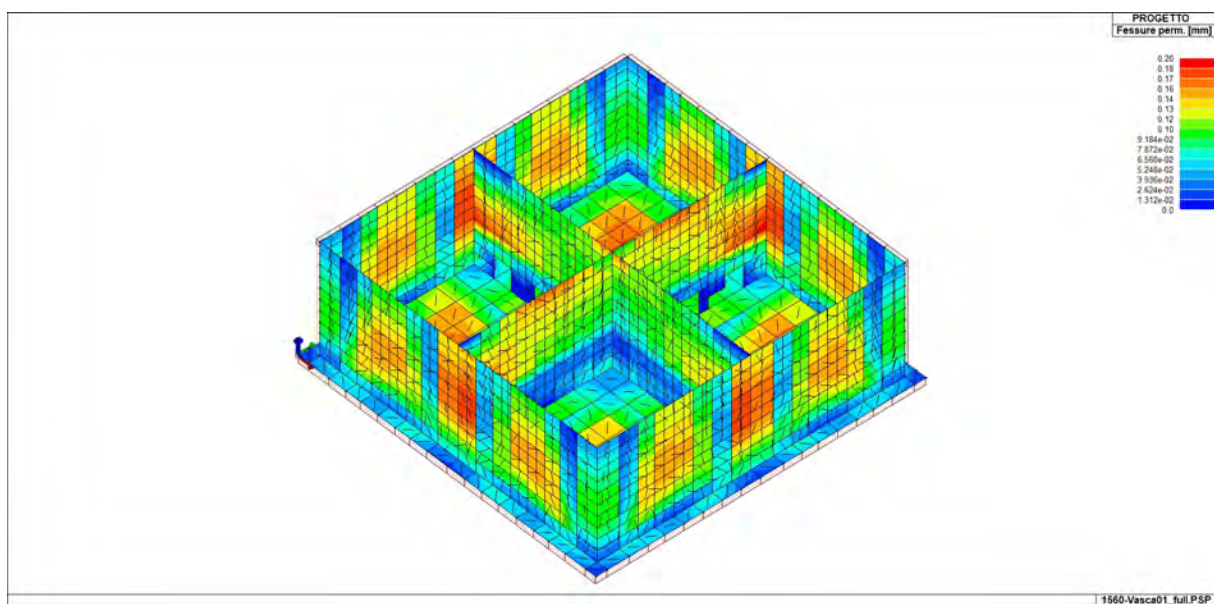
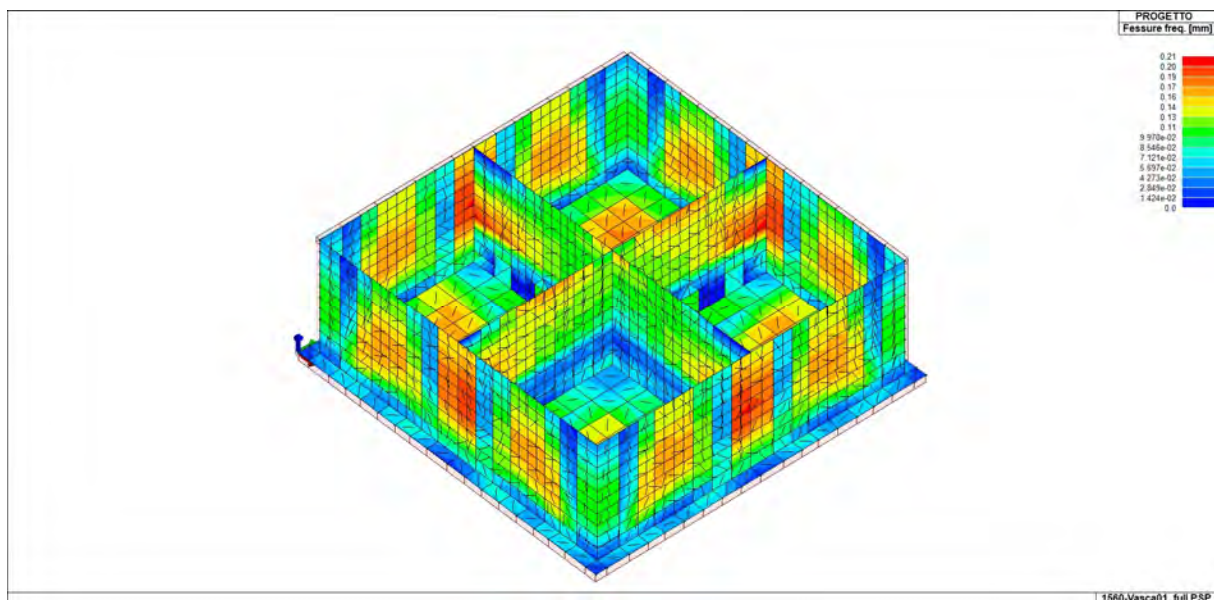


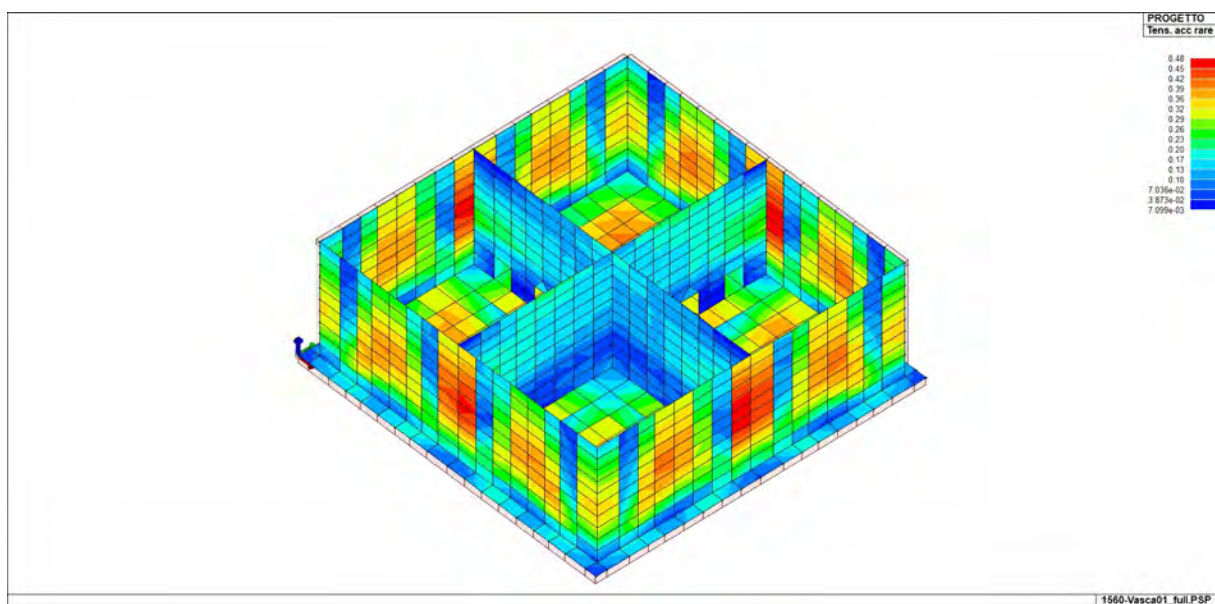
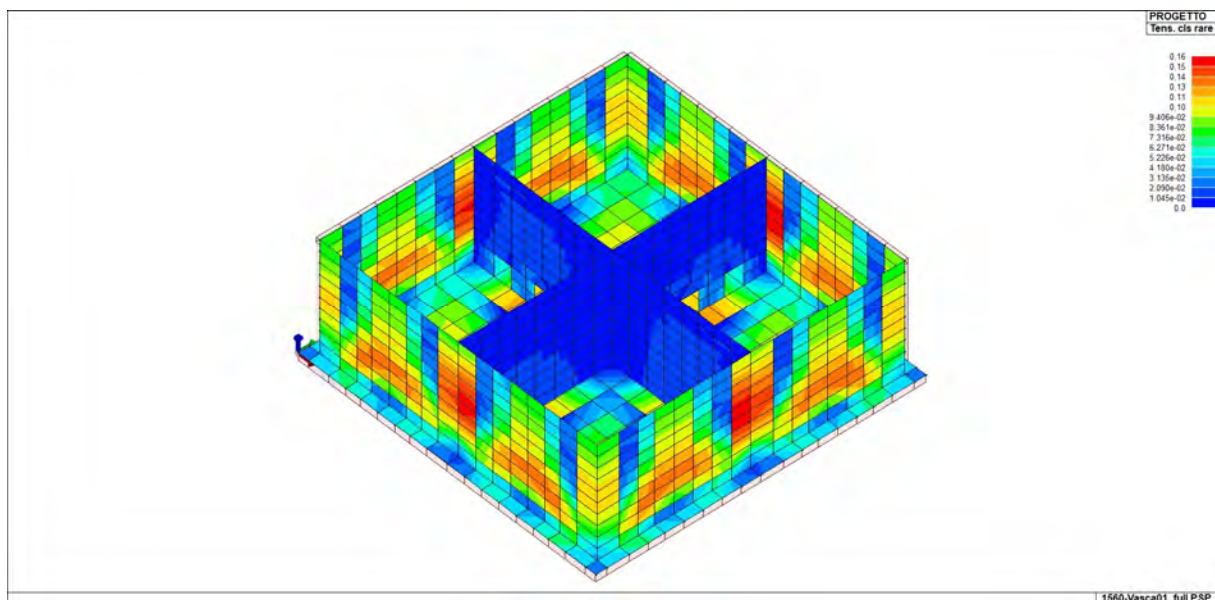


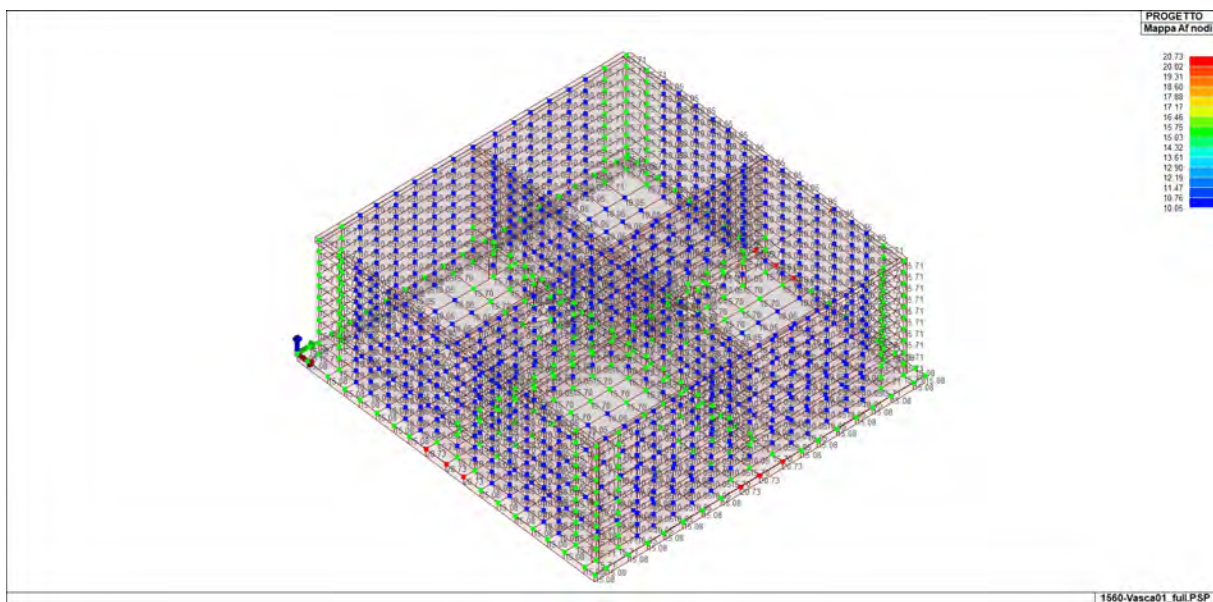
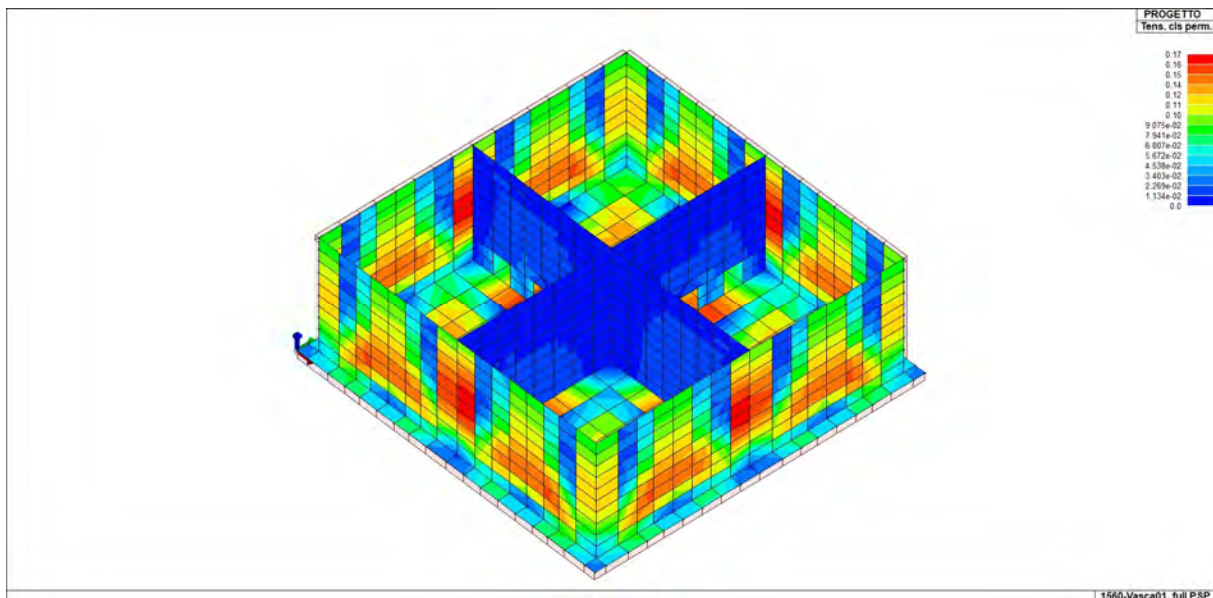


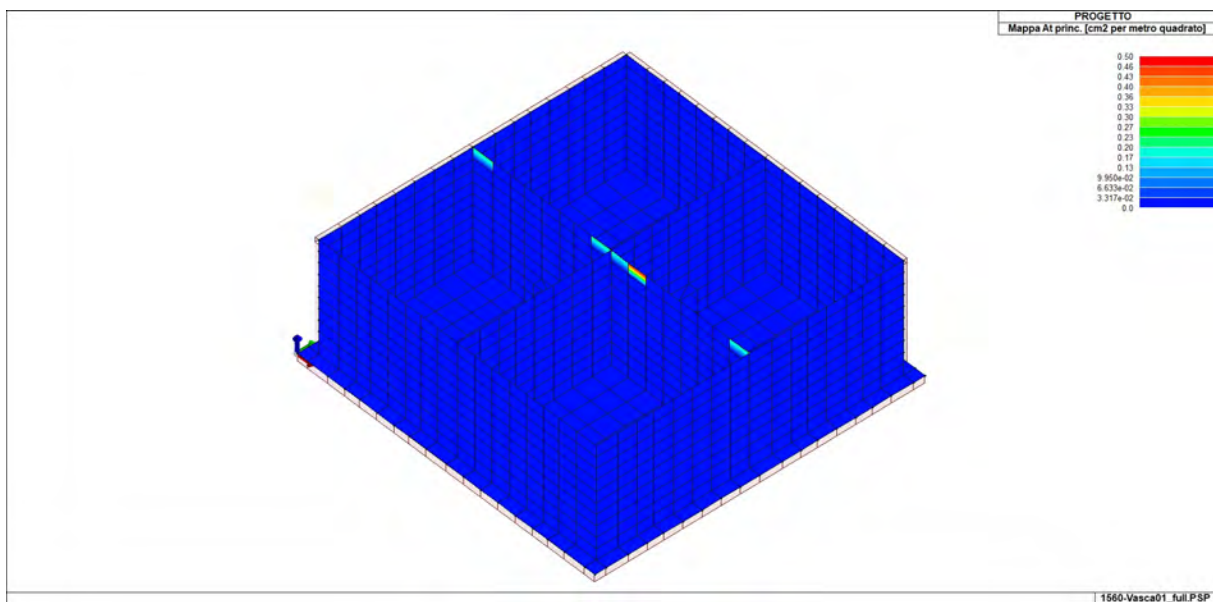
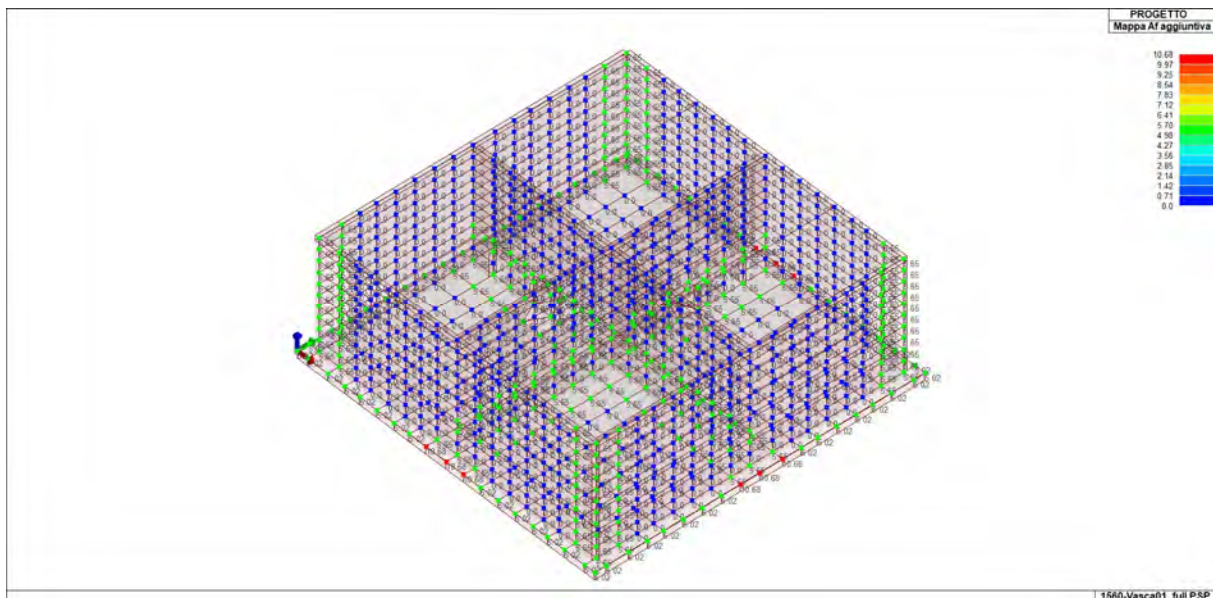


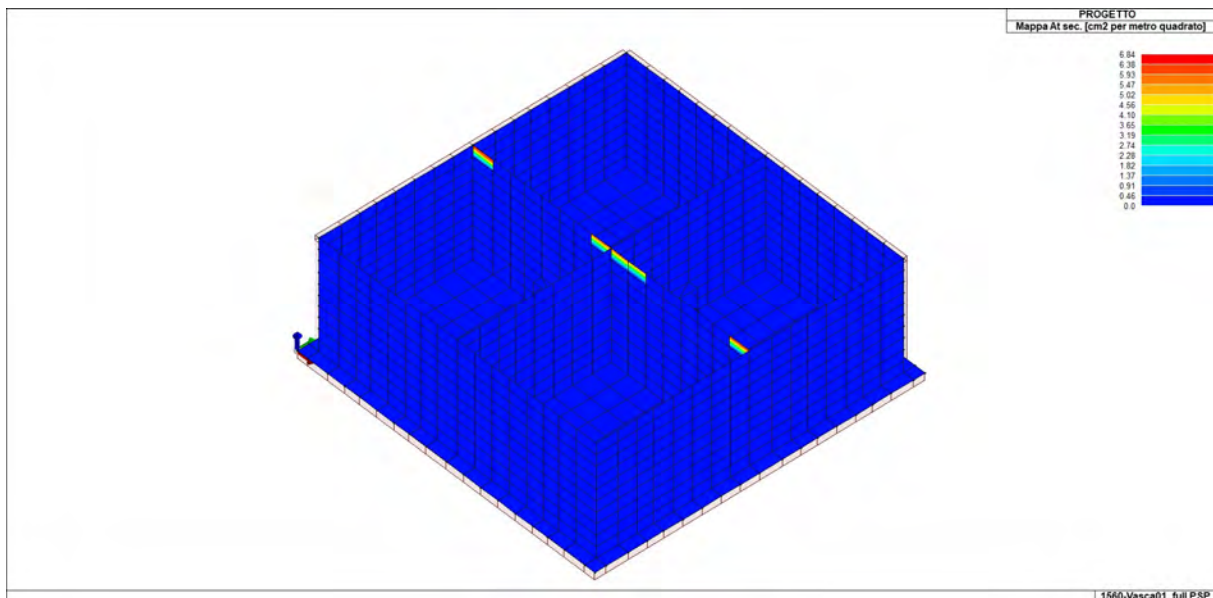












Elementi D3 singoli		
Elementi D3 singoli	Valore minimo	Valore massimo
Verifica N/M	0.02	0.80
Tensione da V3 [daN/cm ²]	0.04	6.02
Verifica V cls princ.	0.0	0.02
Verifica V cls sec.	0.0	0.21
Verifica N/M SE	0.0	0.49
Tensione da V3 [daN/cm ²]	0.0	3.22
Fessure rare [mm]	0.0	0.24
Fessure freq. [mm]	0.0	0.21
Fessure perm. [mm]	0.0	0.20
Tens. cls rare	0.0	0.16
Tens. acc rare	7.10e-03	0.48
Tens. cls perm.	0.0	0.17
Mappa Af nodi	10.05	20.73
Mappa Af aggiuntiva	0.0	10.68
Mappa At princ. [cm ² per metro quadrato]	0.0	0.50
Mappa At sec. [cm ² per metro quadrato]	0.0	6.84

11. ANALISI GEOTECNICA

INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La finalità della presente relazione è quella di definire il comportamento meccanico del volume di terreno (volume significativo) influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di un manufatto e che a sua volta influenza il comportamento strutturale del manufatto stesso. Di seguito si illustrano i risultati delle indagini geologiche eseguite, nonché l'interpretazione dei risultati ottenuti. Dal quadro generale in tal modo scaturito si definiscono le caratteristiche della fondazione da adottare ed il modello da utilizzare per le elaborazioni relative alla interazione sovrastruttura-fondazione e fondazione-terreno.

Le risultanze dell'indagine in sito hanno evidenziato la presenza di terreni a grana fine di caratteristiche geomeccaniche di media qualità, con prevalenza di argille mediamente compatte. Di seguito la tabella riassuntiva dei parametri suggeriti dall'interpretazione del Geologo.

N° di strati	QUOTA	DESCRIZIONE LITOSTRATIGRAFICA	C_{uk} (kPa)	γ_d (kN/m ³)	γ_w (kN/m ³)	c'_k (kPa)	ϕ'_k (°)
Primo strato	da 0.00 a - 10.40 m	Argille e argille debolmente limose mediamente compatte	70	15	19	15	14
Secondo strato	da - 10.40 a - 18.60 m	Argille limose compatte	74	16	20	18	17
Terzo strato	da - 18.60 a - 27.80 m	Limi argillosi compatti con livelli di limi sabbiosi sciolti	80	13	19	17	18
	da - 25.60 a - 26.30 m	Livello di sabbie sciolte	/	18	20	/	24
Quarto strato	da -27.80 m a 44.50 m	Argille a tratti limose compatte	80	17	19.50	16	18
Quinto strato	da -44.50 m a 56.00 m	Sabbie fini	/	18	20	0	27

Tali parametri sono stati accorpati e semplificati vista la poca disomogeneità tra un litotipo e l'altro. Di seguito si riportano alcuni cenni teorici relativi alle modalità di calcolo implementate e la descrizione della simbologia adottata nei tabulati.

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il "meccanismo generale" e quello di "punzonamento". Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto, conseguentemente il terreno circostante la fondazione è interessato da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Quest'ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva cedimenti-carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Vesic ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza " I_r " così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \tan(\phi')}$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \sin(\varphi).$$

L'indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico " $I_{r,crit}$ ":

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cdot \text{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}.$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza è minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidezza, dell'angolo d'attrito e della geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se $I_r < I_{r,crit}$ si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[\left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \cdot \text{tg}(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \sin(\varphi) \log_{10}(2 \cdot I_r)}{1 + \sin(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \text{tg}(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(I_r)$$

- se $I_r > I_{r,crit}$ si ha che $\Psi_\gamma = \Psi_q = \Psi_c = 1$.

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- E_{ed} modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione
- ν coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione
- k_0 coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione
- φ angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa
- c' coesione (espressa in termini di tensioni efficaci)
- σ' tensione litostatica effettiva a profondità $D+B/2$
- L luce delle singole travi di fondazione
- D profondità del piano di posa della fondazione a partire dal piano campagna
- B larghezza della trave di fondazione

Definito il meccanismo di rottura, il calcolo del carico limite viene eseguito modellando il terreno come un mezzo rigido perfettamente plastico con la seguente espressione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma.$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- N_q, N_c, N_γ fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno φ del terreno
- s_q, s_c, s_γ coefficienti che rappresentano il fattore di forma
- d_q, d_c, d_γ coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento
- i_q, i_c, i_γ coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico
- γ_1 peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- γ_2 peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa

Per fondazioni aventi larghezza modesta si dimostra che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di " B ", sia secondo Vesic che secondo de Beer, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. Bowles per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left(\frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico Meyerhof consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto (A_f) tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione di Brinch-Hansen

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \tan(\varphi)}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \tan(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \tan(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione Eurocodice 7

$$N_q = \tan^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \tan(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \tan(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \sin(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \tan(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \tan(\varphi)} \right]^3 \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \tan(\varphi)} \right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \tan(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \tan(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Si ricorda che per le relazioni sopra riportate nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0, N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$.

Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- α_1, α_2 esponenti di potenza che variano tra 2 e 5

Nel caso in cui il cuneo di fondazione sia interessato da falda idrica il valore di γ_2 nella formula trinomia assume

la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg} \left(\frac{90 + \varphi}{2} \right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- γ peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa
- γ_{sat} peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa
- z profondità della falda dal piano di posa
- h_c altezza del cuneo di rottura della fondazione

Tutto ciò che è stato detto sopra è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti, o comunque riconducibili, a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni i parametri vengono determinati con la seguente procedura:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati; quindi si determina il numero degli strati interessati da esso
- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori: il primo dato dall'applicazione della formula trinomia alla quota i -esima dello strato; il secondo dato dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame
- il minimo di questi due valori sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata

Si può formulare il procedimento anche in forma analitica:

$$q'_{ult} = [q''_{ult} + q_{resT}]_{\min} = \left[q''_{ult} + \frac{P}{A_f} (P_V \cdot K_s \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q''_{ult} carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato
- p perimetro della fondazione
- P_V spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato
- K_s coefficiente di spinta laterale del terreno
- d distanza dal piano di posa allo strato interessato

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU ROCCIA

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

Se il valore di RQD è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni: quella di Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968), entrambe correlate all'indice RQD . In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q'_{ult} carico limite dell'ammasso roccioso
- q''_{ult} carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz

In questo caso l'equazione trinomia del carico limite assume la seguente forma:

$$q''_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

I termini presenti nell'equazione hanno lo stesso significato già visto in precedenza; i coefficienti di forma

assumeranno i seguenti valori:

$s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme

$s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato;

$s_\gamma = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme

$s_\gamma = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato.

I fattori adimensionali di portanza a seconda della formulazione adottata saranno:

Formulazione di Terzaghi (1943)

$$N_q = \frac{e^{2\left(0.75\pi - \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \text{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} \quad N_\gamma = \frac{\text{tg}(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi)} - 1 \right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

se $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$K_{p\gamma}$	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968)

$$N_q = \text{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \text{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa bisogna effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti: la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale, oltre a queste due componenti, può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione fino ad un massimo del 30%. La formulazione analitica della verifica può essere esposta nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \text{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- T_{Sd} componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- N_{Sd} componente verticale del carico agente sulla fondazione
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% dell'angolo di attrito)
- S_p spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione
- f_{Sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva
- A_f superficie di contatto del piano di posa della fondazione

La verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele alla base della fondazione che per quelle ortogonali.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo: quello di Boussinesq, quello di Westergaard oppure quello di Mindlin; tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il metodo di Westergaard differisce da quello di Boussinesq per la presenza del coefficiente di Poisson "u", quindi si adatta meglio ai terreni stratificati. Il metodo di Mindlin differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico mentre i primi due lo pongono esclusivamente sulla frontiera quindi si presta meglio al caso di fondazioni molto profonde. Nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico il metodo di Mindlin risulta equivalente a quello di Boussinesq. Le espressioni analitiche dei tre metodi di calcolo sono:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{1-2 \cdot \nu}}{\left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1-\nu) \cdot D^2} \left(-\frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{A^3} + \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m-1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m+1)^3}{B^7} - \frac{3 \cdot (3-4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m+1)^2 - 3 \cdot (m+1) \cdot (5 \cdot m-1)}{B^5} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m-1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m+1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo
- D proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

Basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, l'algoritmo implementato esegue un'integrazione delle equazioni di cui sopra lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; questo consente di determinare la variazione dello stato tensionale verticale " $\Delta\sigma_v$ ". Bisogna sottolineare che, nel caso di pressione, " Q " va definito come "pressione netta", ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente che può essere sopportata con sicurezza alla profondità " D " del piano di posa delle fondazioni. Questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

CALCOLO DEI CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni assume una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi, in special modo nella fase di esercizio. Nell'evolversi della fase di cedimento il terreno passa da uno stato di sforzo corrente dovuto al peso proprio ad uno nuovo dovuto all'effetto del carico addizionale applicato. Questa variazione dello stato tensionale produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico. L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento che nel caso in esame è verticale. Nonostante la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che ai fini del calcolo dei cedimenti modellare il terreno come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. In letteratura sono descritti diversi metodi per il calcolo dei cedimenti ma si ricorda che, qualunque sia il metodo di calcolo, la determinazione del valore del cedimento deve intendersi come la miglior stima delle deformazioni subite dal terreno da attendersi all'applicazione dei carichi. Nel seguito vengono descritte le teorie implementate:

Metodo edometrico, che si basa sulla nota relazione:

$$w_{ed} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione dello stato tensionale verticale alla profondità " z_i " dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- $E_{ed,i}$ modulo edometrico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

Si ricorda che questo metodo si basa sull'ipotesi edometrica quindi l'accuratezza del risultato è maggiore quando il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni è ridotto,

tuttavia il metodo edometrico consente una buona approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Metodo dell'elasticità, che si basa sulle note relazioni:

$$w_{\text{Imp.}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \quad w_{\text{Lib.}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2 \cdot \nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $w_{\text{Imp.}}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita
- $w_{\text{Lib.}}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale libera
- $\Delta \sigma_{v,i}$ variazione stato tensionale verticale alla profondità "zi" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- E_i modulo elastico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

La doppia formulazione adottata consente di ottenere un intervallo di valori del cedimento elastico per la fondazione in esame (valore minimo per $w_{\text{Imp.}}$ e valore massimo per $w_{\text{Lib.}}$).

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Altezza altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lung. Elem. dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Lung. Travata nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale del macroelemento

per tipologia platea:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna
- Dia. Eq. diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento
- Spessore spessore dell'elemento
- Superficie superficie dell'elemento
- Vert. Elem. Numero dei vertici che costituiscono l'elemento
- Macro nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta il numero del macroelemento

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Ecc. B eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- Ecc. L eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Taglio B sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale

- S.Taglio L dell'elemento
 sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Normale carico normale agente sul piano di fondazione
- T.T.min minimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale
- T.T.max massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale

per tipologia platea:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Press. N1 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento
- Press. N2 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento
- Press. N3 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento
- Press. N4 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento
- S.Taglio X sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse X del riferimento globale
- S.Taglio Y sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse Y del riferimento globale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le macroazioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi che compongono la platea) agenti sul plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico
- Qlim capacità portante totale data dalla somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres P (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile)
- Qlim q termine relativo al sovraccarico della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim g termine relativo alla larghezza della base di fondazione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim c termine relativo alla coesione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qres P termine relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Diverso da zero solo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qmax / Qlim rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale ed il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).
- TBlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- TB / TBlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- TLlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- TL / TLlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Sgm. Lt. tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico e tipologia
- Nodo vertice dell'elemento in cui viene calcolato il cedimento
- Car. Netto valore del carico netto applicato sulla superficie del terreno
- Cedimento/i valore del cedimento (nel caso di calcolo di cedimenti elastici i valori riportati sono due, il primo corrisponde al cedimento $w_{imp.}$, mentre il secondo al cedimento $w_{lib.}$)

PARAMETRI DI CALCOLO

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Brinch - Hansen
- Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili SLE nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza F_c (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_c (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (sismico): 3,00

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per $\tan \phi$ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per C_u (statico): 1
- Coeff. M1 per $\tan \phi$ (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per C_u sismico): 1
- Coeff. R3 capacità portante (statico e sismico): 2,30
- Coeff. R3 scorrimento (statico e sismico): 1,10

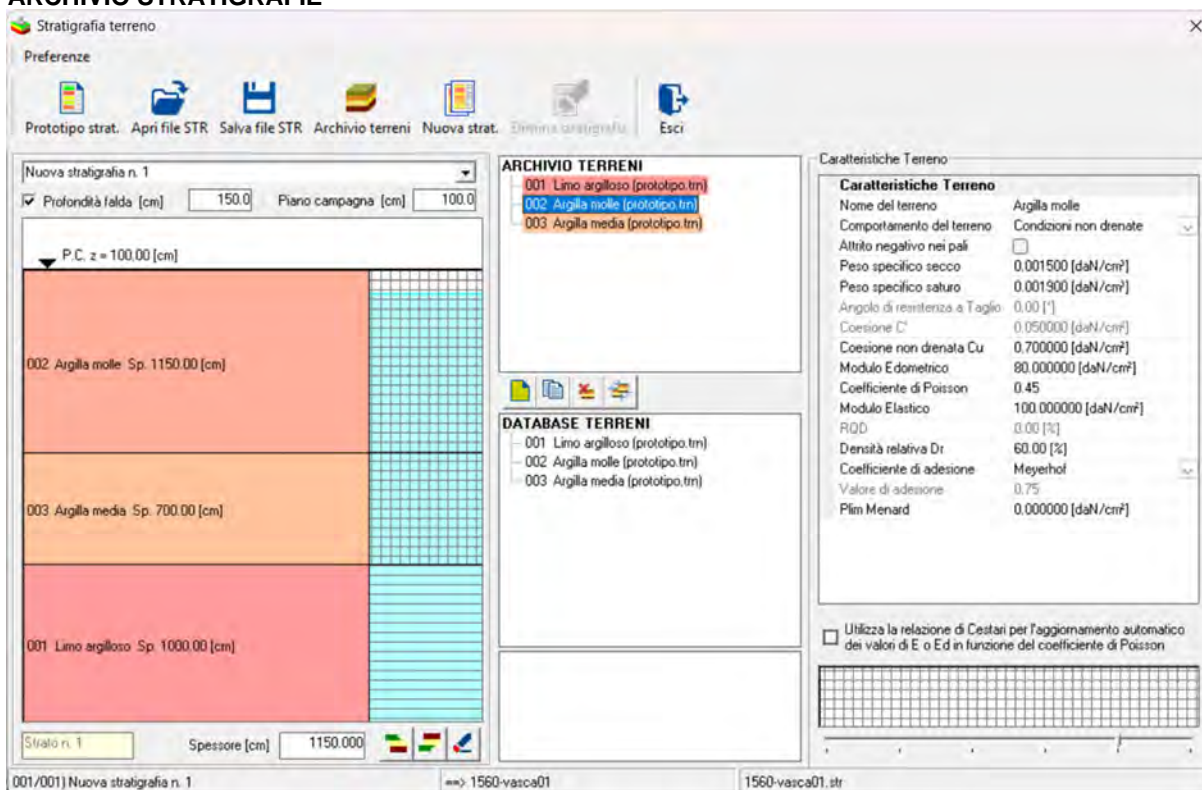
Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione ($6 < C_a < 10$): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < \Delta < 10$): 7
- Frazione di spinta passiva f_{Sp} : 50,00 %
- Coeff. resistenza sulle sup. laterali: 1,30

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Boussinesq
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: sovrapposizione dei bulbi
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

ARCHIVIO STRATIGRAFIE



Stratigrafia terreno

Preferenze

Prototipo strat. Apri file STR Salva file STR Archivio terreni Nuova strat. Elimina stratigrafia Esci

Nuova stratigrafia n. 1

Profondità falda [cm] 150.0 Piano campagna [cm] 100.0

P.C. z = 100.00 [cm]

002 Argilla molle Sp. 1150.00 [cm]

003 Argilla media Sp. 700.00 [cm]

001 Limo argilloso Sp. 1000.00 [cm]

Strato n. 1 Spessore [cm] 1150.000

001/001) Nuova stratigrafia n. 1

1560-vasca01

1560-vasca01.str

ARCHIVIO TERRENI

001 Limo argilloso (prototipo.tn)
002 Argilla molle (prototipo.tn)
003 Argilla media (prototipo.tn)

DATABASE TERRENI

001 Limo argilloso (prototipo.tn)
002 Argilla molle (prototipo.tn)
003 Argilla media (prototipo.tn)

Caratteristiche Terreno

Nome del terreno Argilla molle

Comportamento del terreno Condizioni non drenate

Attrito negativo nei pali ☐

Peso specifico secco 0.001500 [daN/cm³]

Peso specifico saturo 0.001900 [daN/cm³]

Angolo di resistenza a Taglio 0.00 [°]

Coesione C' 0.050000 [daN/cm²]

Coesione non drenata Cu 0.700000 [daN/cm²]

Modulo Edometrico 80.000000 [daN/cm²]

Coefficiente di Poisson 0.45

Modulo Elastico 100.000000 [daN/cm²]

RQD 0.00 [%]

Densità relativa Dr 60.00 [%]

Coefficiente di adesione Meyerhof

Valore di adesione 0.75

Plm Menard 0.000000 [daN/cm²]

☐ Utilizza la relazione di Cestari per l'aggiornamento automatico dei valori di E o Ed in funzione del coefficiente di Poisson

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 3

Profondità falda: 150,00 cm

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -1150,0 cm	1150,0 cm	002 / Argilla molle	Assente
2	da -1150,0 a -1850,0 cm	700,0 cm	003 / Argilla media	Assente
3	da -1850,0 a -2850,0 cm	1000,0 cm	001 / Limo argilloso	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **002 / Argilla molle**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Cu	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm³	daN/cm³	daN/cm²	daN/cm²	daN/cm²	%	%	
0.00150	0.00190	0.700	100.000	80.000	60.0	0.450	0.75

Indice / Descrizione terreno: **003 / Argilla media**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Cu	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm³	daN/cm³	daN/cm²	daN/cm²	daN/cm²	%	%	
0.00160	0.00190	0.740	150.000	115.000	60.0	0.450	0.50

Indice / Descrizione terreno: **001 / Limo argilloso**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Cu	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cm³	daN/cm³	daN/cm²	daN/cm²	daN/cm²	%	%	
0.00130	0.00190	0.800	100.000	85.000	60.0	0.450	0.50

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento	Id. strato	Prof. fond.	Spessore	Dia. Eq.	Superficie	Vertici	Macro
Tipo e n.	n.	cm	cm	cm	cm ²	n. per elem.	n.
Platea 1	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 2	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 3	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 4	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 5	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 6	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 7	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 8	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 9	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 10	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 11	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 12	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 13	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 14	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 15	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 16	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 17	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 18	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 19	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 20	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 21	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 22	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 23	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 24	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 25	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 26	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 27	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 28	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 29	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 30	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 31	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 32	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 33	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 34	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 35	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 36	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 37	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 38	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 39	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 40	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 41	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 42	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 43	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 44	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 45	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 46	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 47	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 48	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 49	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 50	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 51	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 52	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 53	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 54	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 55	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 56	001	140.000	40.000	100.570	7943.750	4	1
Platea 57	001	140.000	40.000	108.817	9300.000	4	1
Platea 58	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 59	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 60	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 61	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 62	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 63	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 64	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1

Elemento	Id. strato	Prof. fond.	Spessore	Dia. Eq.	Superficie	Vertici	Macro
Platea 65	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 66	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 67	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 68	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 69	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 70	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 71	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 74	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 75	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 76	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 77	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 78	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 79	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 80	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 81	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 82	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 83	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 84	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 85	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 86	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 87	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 88	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 89	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 90	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 91	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 92	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 93	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 94	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 95	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 96	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 97	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 98	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 99	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 100	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 101	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 102	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 103	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 104	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 105	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 106	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 107	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 108	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 109	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 110	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 111	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 112	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 113	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 114	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 115	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 116	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 117	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 118	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 119	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 120	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 121	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 122	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 123	001	140.000	40.000	108.817	9300.000	4	1
Platea 124	001	140.000	40.000	100.570	7943.750	4	1
Platea 127	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 128	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 129	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 130	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 131	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 132	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 133	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 134	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 135	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 136	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 137	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1

Elemento	Id. strato	Prof. fond.	Spessore	Dia. Eq.	Superficie	Vertici	Macro
Platea 138	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 139	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 140	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 145	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 146	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 147	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 148	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 149	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 150	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 151	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 152	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 153	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 154	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 155	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 156	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 157	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 158	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 159	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 160	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 161	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 162	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 163	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 164	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 165	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 166	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 167	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 168	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 169	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 170	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 171	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 172	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 173	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 174	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 175	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 176	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 177	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 178	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 179	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 180	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 181	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 182	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 183	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 184	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 185	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 186	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 187	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 188	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 189	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 190	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 191	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 192	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 193	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 194	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 195	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 196	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 197	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 198	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 199	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 200	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 201	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 202	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 203	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 204	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 205	001	140.000	40.000	115.659	10506.250	4	1
Platea 206	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 207	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 208	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 209	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 210	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1

Elemento	Id. strato	Prof. fond.	Spessore	Dia. Eq.	Superficie	Vertici	Macro
Platea 211	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 212	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 213	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 214	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 215	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 216	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 217	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 218	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 219	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 220	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 221	001	140.000	40.000	106.861	8968.750	4	1
Platea 222	001	140.000	40.000	98.733	7656.250	4	1
Platea 223	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 224	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 225	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 226	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 227	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 228	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 229	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 230	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 231	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 232	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 233	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 234	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 235	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 236	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 237	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 238	001	140.000	40.000	105.550	8750.000	4	1
Platea 239	001	140.000	40.000	112.838	10000.000	4	1
Platea 240	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 241	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 242	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 243	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 244	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 245	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 246	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 247	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 248	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 249	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 250	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 251	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 252	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 253	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 254	001	140.000	40.000	115.625	10500.000	4	1
Platea 255	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 256	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 257	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 258	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 259	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 260	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 261	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 262	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 263	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 264	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 265	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 266	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 267	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 268	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 269	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 270	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 271	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 272	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 273	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 274	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 275	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 276	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 277	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 278	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 279	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1

Elemento	Id. strato	Prof. fond.	Spessore	Dia. Eq.	Superficie	Vertici	Macro
Platea 280	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 281	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 282	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 283	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 284	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 285	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 286	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 287	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 288	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 289	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 290	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 291	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 292	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 293	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 294	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 295	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 296	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 297	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 298	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 299	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 300	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 301	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 302	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 303	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 304	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 305	001	140.000	40.000	67.703	3600.000	4	1
Platea 306	001	140.000	40.000	67.703	3600.000	4	1
Platea 307	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 308	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 309	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 310	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 311	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 312	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 313	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 314	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 315	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 316	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 317	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 318	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 319	001	140.000	40.000	88.490	6150.000	4	1
Platea 320	001	140.000	40.000	81.759	5250.000	4	1
Platea 321	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	4	1
Platea 322	001	140.000	40.000	95.746	7200.000	4	1
Platea 323	001	140.000	40.000	67.703	3600.000	4	1
Platea 324	001	140.000	40.000	67.703	3600.000	4	1
Platea 1122	001	140.000	40.000	108.817	9300.000	4	1
Platea 1123	001	140.000	40.000	100.570	7943.750	4	1
Platea 1124	001	140.000	40.000	80.780	5125.000	3	1
Platea 1270	001	140.000	40.000	100.570	7943.750	4	1
Platea 1271	001	140.000	40.000	108.817	9300.000	4	1
Platea 1272	001	140.000	40.000	80.780	5125.000	3	1
Platea 1273	001	140.000	40.000	135.406	14400.000	4	1
Platea 1274	001	140.000	40.000	125.143	12300.000	4	1
Platea 1275	001	140.000	40.000	123.608	12000.000	4	1
Platea 1276	001	140.000	40.000	114.240	10250.000	4	1
Platea 1277	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	3	1
Platea 1278	001	140.000	40.000	87.404	6000.000	3	1

Elemento	Tipologia	Id. strato	Prof. fond.	Spessore	Base Eq.	Lung. Eq.
Tipo e n.		n.	cm	cm	cm	cm
Macro n. 1	Macro-Platea	001	140.000	40.000	1408.000	1408.000

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura. Le azioni trasmesse in fondazione, relative alle combinazioni di tipo sismico, non saranno amplificate in quanto determinate ipotizzando un comportamento non dissipativo.

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali gammaR di cui alla tabella 7.11.II.

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportati solo i casi maggiormente gravosi per ogni tipo di combinazione e le relative verifiche.

Macro platea: 1

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.2100 daN/cm²

Verifica di portanza verticale:

Cmb.	Qlim c	Qlim q	Qlim g	Qres P	Qlim	Qmax	Qmax/Qlim
Num. e tipo	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	Ok < 1
004 SLU STR	1.9481	0.0913	0.00E+00	0.00E+00	2.0394	1.2196	0.5980
041 SLV A1 Sism	1.7260	0.0913	0.00E+00	0.00E+00	1.8174	0.6462	0.3556
073 SLD Sism	1.8427	0.0913	0.00E+00	0.00E+00	1.9340	0.5194	0.2685

Verifica di scorrimento longitudinale e trasversale:

Cmb.	TL	TLlim	TL / TLlim	Cmb.	TB	TBlim	TB / TBlim
Num. e tipo	daN	daN	Ok < 1	Num. e tipo	daN	daN	Ok < 1
027 SLU STR	12785.4	1046884.0	0.0122	019 SLU STR	12784.9	1046884.0	0.0122
049 SLV A1 Sism	218219.9	758687.0	0.2876	033 SLV A1 Sism	223928.2	760208.9	0.2946
081 SLD Sism	115845.6	885490.8	0.1308	065 SLD Sism	118459.1	886308.9	0.1337

Sollecitazioni:

Cmb	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n. e tipo	cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
004 SLU STR	0.911	0.388	7670.8	7671.4	-3602135.0	-1.0991	-1.2196
019 SLU STR	1.460	0.507	12784.9	7671.4	-3171436.0	-0.9787	-1.0679
027 SLU STR	0.968	0.999	7670.8	12785.4	-3171437.0	-0.9787	-1.0682
033 SLV A1 Sism	158.781	47.313	223928.2	65478.6	-1073904.0	-0.1049	-0.6282
041 SLV A1 Sism	158.788	47.326	223884.3	65447.0	-1073904.0	-0.1228	-0.6462
049 SLV A1 Sism	48.107	159.261	67195.2	218219.9	-1073714.0	-0.1159	-0.6422
065 SLD Sism	85.439	25.066	118459.1	34760.9	-1073851.0	-0.2292	-0.5098
073 SLD Sism	85.442	25.074	118434.8	34743.2	-1073851.0	-0.2387	-0.5194
081 SLD Sism	26.096	85.092	35546.7	115845.6	-1073743.0	-0.2350	-0.5173

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento: Platea macro n. 1

Cedimento massimo = -6.507 cm in Cmb n. 102

Cedimento minimo = -0.374 cm in Cmb n. 120

Sollecitazioni:

Cmb	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n. e tipo	cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
102 SLE rare	0.898	0.330	5113.9	5114.2	-2539610.0	-0.7710	-0.8618
120 SLE freq	0.566	-0.329	1704.6	0.1	-2187266.0	-0.6606	-0.7431

Il valore calcolato di cedimento massimo è costituito da una parte permanente, legata alla costruzione del manufatto, e una variabile dovuta alla variazione di livello della vasca. Essendo la componente variabile dell'ordine di circa il 70% di quello totale si può verificare che il cedimento in esercizio si attesti intorno a 4 cm, valore compatibile con la natura del manufatto essendo isolato e non interferente con altre strutture.