

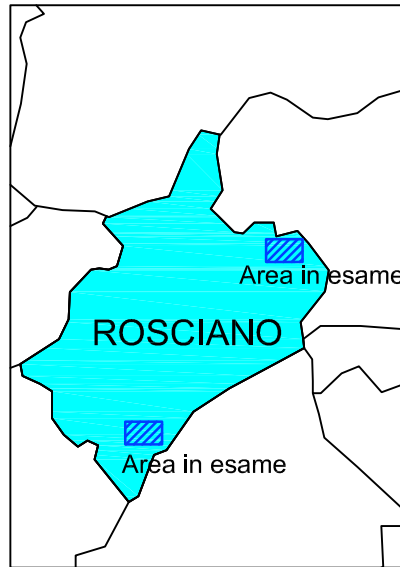


AZIENDA COMPRESORIALE ACQUEDOTTISTICA S.p.A.  
SOCIETA' IN HOUSE PROVIDING

REGIONE  
ABRUZZO



Comune di Rosciano



## INTERVENTO REALIZZAZIONE SISTEMA DEPURATIVO IN LOCALITÀ VILLA OLIVETI E RETE FOGNARIA PER COLLEGAMENTO NUOVO DEPURATORE

### PROGETTO ESECUTIVO

Commessa	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE</b>	Tavola N°
		<b>STR.B.1</b>
Data		Scala
		Formato
Agg.		
<p><small>Questo elaborato grafico e tutte le sue informazioni sono strettamente riservate, pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta dei redattori, da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui sono state fornite.</small></p>		<p>IL PROGETTISTA</p> <p>Dott. Ing. Eraldo Mammarella</p>

# REGIONE ABRUZZO

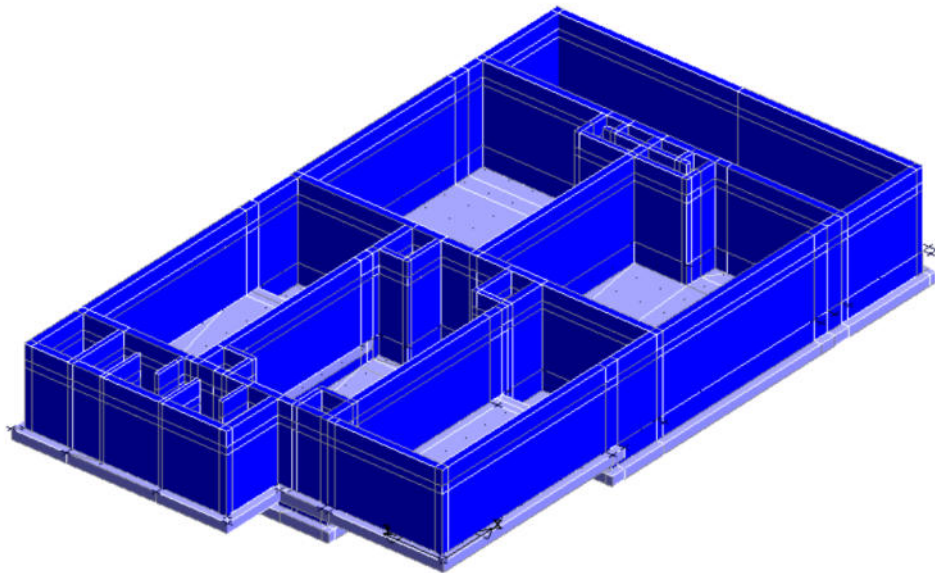
---

## RELAZIONE DI CALCOLO

**Oggetto:** Progetto per la realizzazione nuovo depuratore comunale in localita'  
Villa Oliveti

**Committente:** Amministrazione Comunale di Rosciano (PE)

**Progettista strutture:** Ing. Eraldo Mammarella



## DESCRIZIONE GENERALE INTERVENTO

Il progetto in esame è relativo alla realizzazione di un nuovo impianto di depurazione sito in località Villa Oliveti nel comune di Rosciano, in provincia di Pescara.

Nello specifico, si fa riferimento a opere strutturali in calcestruzzo armato di seguito distinte:

- 1) fondazione in c.a. di un box ad uso servizi;
- 2) struttura in c.a. a servizio di un box didratazione metallica dei fanghi;
- 3) struttura in c.a. per il pretrattamento;
- 4) struttura in c.a. per il monoblocco disinfezione.
- 5) struttura in c.a. per sostegno microfiltri
- 6) fondazione in c.a. per sostegno box lavaocchi
- 7) fondazione in c.a. per locale compressori
- 8) fondazione in c.a. per locale quadro generale
- 9) fondazione in c.a. per ispessitore

Relativamente alla struttura n°1, si tratta di una platea in c.a. di dimensioni 260x350x25 cm, sulla quale poggia il sopracitato box ad uso servizi.

La struttura n°2 è composta da un basamento in c.a. 700x700x50 cm, sul quale poggiano 4 pilastri in c.a. con relative travi e solaio di copertura in latero- cemento 20+4 cm.

La struttura n°3 è invece composta da un insieme di vasche in c.a., con fondazione di spessore 30 cm, pareti perimetrali (parzialmente controterra) da 25 cm di spessore, e setti interni di separazione da 20 cm. Gli orizzontamenti (ove presenti) sono previsti in solette piene in c.a. da 20 cm di spessore. La struttura n°4 è simile alla n°3, ma di dimensioni estremamente superiori; è composta da un insieme di vasche in c.a., con fondazioni di spessore 40 cm (su due diversi livelli distanti 80 cm), pareti perimetrali (parzialmente controterra) da 3 cm di spessore, e setti interni di separazione da 30, 20 e 15 cm. Gli orizzontamenti (ove presenti) sono previsti in solette piene in c.a. da 20 cm di spessore

La struttura n°5 è una platea in c.a. di dimensioni 500x600x30 cm con nervature esterne, giuntata sismicamente dalla n°4, a sostegno di microfiltri

Relativamente alla struttura n°6, si tratta di una platea in c.a. di dimensioni 530x200x25 cm, sulla quale poggia il sopracitato box lavaocchi.

Relativamente alla struttura n°7, si tratta di una platea in c.a. di dimensioni 800x260x25 cm, sulla quale poggia un box prefabbricato con all'interno dei compressori

Relativamente alla struttura n°8, si tratta di una platea in c.a. di dimensioni 380x260x25 cm, sulla quale poggia un box prefabbricato con all'interno il locale quadro generale.

Relativamente alla struttura n°9, si tratta di una platea in c.a. di dimensioni 350x350x30 cm, sulla quale poggia un ispessitore.

Relativamente ai materiali, per tutte le opere il calcestruzzo sarà di classe C25/30 e l'acciaio B450C.

## **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La normativa di riferimento è la seguente:

- Legge n. 64 del 2/2/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. del 24/1/1986 - Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche.
- Legge n. 1086 del 5/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- D.M. del 14/2/1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 9/1/1996 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. del 16/1/1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare n. 21745 del 30/7/1981 - Legge n. 219 del 14/5/1981 - Art. 10 - Istruzioni relative al rafforzamento degli edifici in muratura danneggiati dal sisma.
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10011-85 del 18/4/1985 - Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- Norme Tecniche C.N.R. n. 10025-84 del 14/12/1984 - Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in conglomerato cementizio e per le strutture costruite con sistemi industrializzati di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- Circolare n. 65 del 10/4/1997 - Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. del 16/1/1996.
- Ordinanza n. 3274 del 20/3/2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Ordinanza n. 3316 del 2/10/2003 - Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza n. 3274 del 20/3/2003.
- Ordinanza n. 3431 del 3/5/2005 - Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza n. 3274 del 20/3/2003.
- Testo Unitario - Norme Tecniche per le costruzioni 17/01/2018
- Circolare applicativa 2019
- Legge Regionale 28 del 11/08/2011.

## **ANALISI DEI CARICHI**

Di seguito è riportata l'analisi dei carichi agenti sulle strutture in oggetto, da sommarsi al peso proprio degli elementi strutturali, il quale viene stimato dal programma di calcolo secondo i valori riportati nella tab. 3.1.I del DM2018:

### **1) Fondazione in c.a. di un box ad uso servizi**

#### **Peso proprio + permanente box uso servizi**

Il box uso servizi è stato considerato avente un peso proprio **G1** pari a *200 kg/mq*, mentre il permanente **G2** considerato è di *150 kg/mq*.

#### **Sovraccarico accidentale neve**

Il carico neve è funzione della zona in cui ricade il comune in questione.

$q_{sk} = 1.07 \text{ kN/m}^2$

valore caratteristico carico

$\mu = 0.80$

coefficiente di forma copertura

$C_e = 1$

coefficiente di esposizione

$C_t = 1$

coefficiente termico

$q = q_{sk} \times \mu \times C_e \times C_t = 85 \text{ kg/mq}$

carico di progetto

A favore di sicurezza è stato considerato un carico di *100 kg/mq*.

#### **Permanente sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un peso permanente **G2** di *200 kg/mq*.

#### **Accidentale sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un carico accidentale è pari a *200 kg/mq* (categoria **B**).

### **2) Struttura in c.a. a servizio di un box didratazione metallica dei fanghi**

#### **Peso proprio + permanente solaio in l.c. di copertura**

Il solaio in latero-cemento 20+4 di copertura presnetta un peso proprio **G1** pari a *300 kg/mq*, mentre il permanente **G2** considerato è di *150 kg/mq*.

#### **Sovraccarico accidentale neve**

Il carico neve è funzione della zona in cui ricade il comune in questione.

$q_{sk} = 1.07 \text{ kN/m}^2$

valore caratteristico carico

$\mu = 0.80$

coefficiente di forma copertura

$C_e = 1$

coefficiente di esposizione

$C_t = 1$

coefficiente termico

$q = q_{sk} \times \mu \times C_e \times C_t = 85 \text{ kg/mq}$

carico di progetto

A favore di sicurezza è stato considerato un carico di  $100 \text{ kg/mq}$ .

### **Permanente sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un peso permanente **G2** di  $200 \text{ kg/mq}$ .

### **Accidentale sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un carico accidentale è pari a  $200 \text{ kg/mq}$  (categoria **B**).

### **Macchinari sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un doppio carico concentrato di  $375 \text{ kg}$ , determinato dal disidratatore.

## **3) Struttura in c.a. per il pretrattamento**

### **Peso permanente fondo vasca**

Sul fondo della vasca è stato considerato il peso dell'acqua contenuta nella stessa, con un peso proprio di  $1000 \text{ kg/mc}$ .

### **Peso permanente pareti vasca**

Relativamente alle pareti della vasca, è stato applicato il carico dovuto alla spinta del terreno, senza considerare (a favore di sicurezza) la spinta dovuta all'acqua, di verso contrario al terreno stesso.

Per i setti interni, invece, è stata applicata la spinta orizzontale dell'acqua.

### **Permanente sulle piastre orizzontali**

Sulle piastre orizzontali sono stati considerati un peso permanente **G2** di  $200 \text{ kg/mq}$ .

## **4) Struttura in c.a. per il monoblocco disinfezione**

### **Peso permanente fondo vasca**

Sul fondo della vasca è stato considerato il peso dell'acqua contenuta nella stessa, con un peso proprio di 1000 kg/mc.

### **Peso permanente pareti vasca**

Relativamente alle pareti della vasca, è stato applicato il carico dovuto alla spinta del terreno, senza considerare (a favore di sicurezza) la spinta dovuta all'acqua, di verso contrario al terreno stesso.

Per i setti interni, invece, è stata applicata la spinta orizzontale dell'acqua.

### **Permanente sulle piastre orizzontali**

Sulle piastre orizzontali sono stati considerati un peso permanente **G2** di 200 kg/mq.

## **5) Struttura in c.a. per microfiltri**

### **Peso proprio + permanente microfiltri**

I microfiltri hanno un peso lineare **G2** di 200 kg/ml.

### **Permanente sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un peso permanente **G2** di 200 kg/mq.

### **Accidentale sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un carico accidentale è pari a 200 kg/mq (categoria **B**).

## **6) fondazione in c.a. per box lavaocchi**

### **Peso proprio + permanente copertura box prefabbricato**

Il solaio di copertura del box un peso proprio **G1** pari a 150 kg/mq, mentre il permanente **G2** considerato è di 150 kg/mq.

### **Sovraccarico accidentale neve**

Il carico neve è funzione della zona in cui ricade il comune in questione.

$q_{sk} = 1.07 \text{ kN/m}^2$

valore caratteristico carico

$\mu = 0.80$

coefficiente di forma copertura





## **8) fondazione in c.a. per box quadro generale**

### **Peso proprio + permanente copertura box prefabbricato**

Il solaio di copertura del box un peso proprio **G1** pari a  $150 \text{ kg/mq}$ , mentre il permanente **G2** considerato è di  $150 \text{ kg/mq}$ .

### **Sovraccarico accidentale neve**

Il carico neve è funzione della zona in cui ricade il comune in questione.

$$q_{sk} = 1.07 \text{ kN/m}^2$$

valore caratteristico carico

$$\mu = 0.80$$

coefficiente di forma copertura

$$C_e = 1$$

coefficiente di esposizione

$$C_t = 1$$

coefficiente termico

$$q = q_{sk} \times \mu \times C_e \times C_t = 85 \text{ kg/mq}$$

carico di progetto

A favore di sicurezza è stato considerato un carico di  $100 \text{ kg/mq}$ .

### **Permanente sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un peso permanente **G2** di  $200 \text{ kg/mq}$ .

### **Accidentale sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un carico accidentale è pari a  $200 \text{ kg/mq}$  (categoria **B**).

## **9) Struttura in c.a. per ispessitore**

### **Peso permanente ispessitore**

Sulla base della scheda tecnica il carico permanente agente nell'ispessitore è dato dalla somma dei 1500 litri di capacità e dal peso proprio dell'ispessitore (circa 1000 kg), per un totale di  $16000 \text{ kg}$ .

### **Permanente sulla fondazione**

Sulla fondazione è stato considerato un peso permanente **G2** di  $200 \text{ kg/mq}$ .

### **Accidentale sulla fondazione**

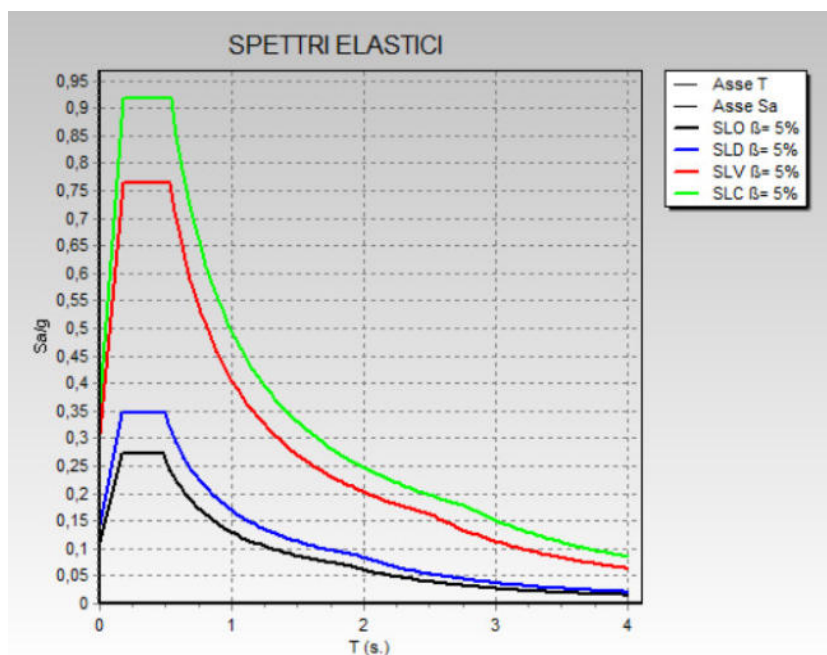
Sulla fondazione è stato considerato un carico accidentale è pari a  $200 \text{ kg/mq}$  (categoria **B**).

### Input sismico (per tutte le strutture)

In base alle coordinate di latitudine e di longitudine del sito in questione, pari a **42.333515** e **14.07709** considerando un tempo di vita della struttura di 50 anni ed una classe d'uso IV (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti), sono stati individuati i periodi di ritorno degli input sismici per la verifica allo Stato Limite di Danno (101 anni), per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (949 anni) e per lo Stato Limite di Collasso (1950 anni); infatti, secondo il paragrafo 8.7.2.1 della Circolare Esplicativa del D.M.2018, gli elementi strutturali principali vanno analizzati nei confronti di questi tre stati limite.

Oltre alla verifica di tali tre stati limite, il paragrafo 7.1 stabilisce che per gli edifici di classe d'uso III e IV vada anche effettuata la verifica allo Stato limite di Operatività (per tali strutture con tempo di ritorno 60 anni); in particolare si deve verificare che l'azione sismica di progetto non produca danni agli elementi costruttivi senza funzione strutturale tali da rendere temporaneamente non operativa la costruzione.

In base a quanto stabilito dalla relazione geologica, è stato considerato un terreno di classe C, ed una categoria topografica T1 (sito pianeggiante); di seguito sono quindi riportati gli spettri con i quali è stata effettuata la verifica:



Spettri di verifica

I parametri base per gli spettri sopra riportati sono:

	<b>SLO</b>	<b>SLD</b>	<b>SLV</b>	<b>SLC</b>
<b>Ag</b>	0.074	0.094	0.225	0.287
<b>F<sub>0</sub></b>	2.446	2.450	2.495	2.533
<b>Tc*</b>	0.308	0.32	0.359	0.367

## MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

Come sopra illustrato, tutte le opere sono in calcestruzzo armato.

In base a quanto previsto al punto 4.1.1 del D.M.2018, è stata effettuata un'analisi elastica lineare, adottando un diagramma tensioni-deformazioni del tipo parabola-rettangolo per il calcestruzzo, e del tipo elastico-perfettamente plastico per l'acciaio da armatura, secondo quanto prescritto ai paragrafi 4.1.2.1.2.2 e 4.1.2.1.2.3.

Nella modellazione non sono stati tenuti in conto gli effetti globali del secondo ordine, essendo soddisfatta la formula riportata nel paragrafo 4.1.2.1.7.2:

$$P_{ED} \leq 0.31 \times \frac{n}{n+1.6} \times \frac{\sum (E_{CD} \times I_C)}{L^2}$$

dove  $P_{ED}$  è il carico totale verticale,  $n$  il numero dei piani,  $L$  l'altezza totale dell'edificio,  $E_{CD}$  il valore di calcolo del modulo elastico del calcestruzzo e  $I_C$  il momento di inerzia della sezione di calcestruzzo degli elementi di controvento.

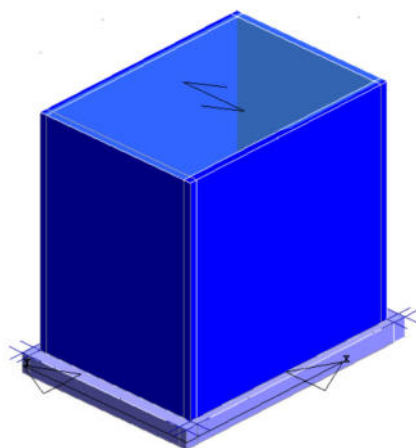
L'analisi sismica effettuata è stata un'analisi dinamica modale, applicata stimando i modi propri della struttura con massa partecipante superiore al 5%, per un totale di modi in grado di attivare almeno l'85% della massa totale; la combinazione degli effetti indotti dai singoli modi è stata effettuata secondo il metodo CQC (combinazione quadratica).

Gli orizzontamenti, quali il solaio in latero-cemento e le solette in c.a., sono stati considerati indeformabili nel piano, in base a quanto prescritto nel paragrafo 7.2.6 del DM 2018; inoltre, secondo quanto previsto al paragrafo 7.2.1 del DM2018, non è stata considerata la presenza di sisma verticale.

Di seguito il dettaglio della modellazione delle 4 opere.

### 1) *Fondazione in c.a. di un box ad uso servizi*

In merito al box-servizi, al fine di cogliere le sollecitazioni agenti sulla fondazione, è stato modellato un box avente le dimensioni della struttura prefabbricata:



Modello FEM

In merito al fattore di struttura  $q$ , lo stesso è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$g = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

### Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara)* =  $1*(P_p + \text{Perm. non str.}) + 1*(\text{Accidentale}) + 1*(\text{Neve})$
- *SLE (frequente)* =  $1*(P_p + \text{Perm.e non str.}) + 0,5*(\text{Accidentale}) + 0,2*(\text{Neve})$
- *SLE (quasi perm.)* =  $1*(P_p + \text{Perm non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$
- *SLD* =  $E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche *SLD* così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);

## Verifiche SLU - SLC

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

$$- SLU = 1,3*(P_p) + 1,5*(\text{Permanente non str.}) + 1,5*(\text{Accidentale - Neve})$$

$$- SLV = E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.

### **2) Struttura in c.a. a servizio di un box disidratazione metallica dei fanghi**

In merito alla struttura a servizio del box disidratazione fanghi, l'edificio rientra nella categoria di *strutture a telaio*, poiché i telai spaziali assorbono a ciascun piano un'aliquota di taglio superiore al 75% del totale.

La struttura risulta regolare sia in pianta che in elevazione, secondo quanto stabilito al paragrafo 7.2.2.; la formula per la stima del fattore di struttura è la seguente:

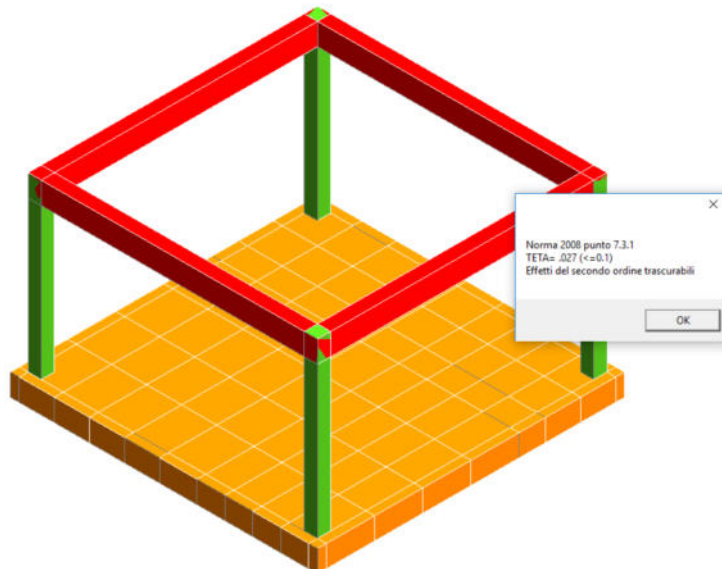
$$q = q_0 \times K_R$$

dove  $K_r$  è pari a 0.8 per strutture non regolari in altezza, ed 1 per quelle regolari. Il coefficiente  $q_0$  è funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità dell'edificio; per l'edificio in questione è stata prevista una classe B di duttilità (da espletarsi mediante alcuni accorgimenti costruttivi). Di conseguenza il valore di  $q_0$  è risultato pari a 3.3, il quale moltiplicato per il valore di  $K_r$ , ovvero 1, ha portato alla definizione di un fattore di struttura  $q$  pari a **3.3** (paragrafo 7.4.3.2).

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$\vartheta = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.



Verifica fattore teta

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

### Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara)* = 1\*(Pp + Perm. non str.) + 1\*(Accidentale) + 1\*(Neve)
- *SLE (frequente)* = 1\*(Pp + Perm.e non str.) + 0,5\*(Accidentale) + 0,2\*(Neve)
- *SLE (quasi perm.)* = 1\*(Pp + Perm non str.) + 0,3\*(Accidentale) + 0,0\*(Neve)
- *SLD* =  $E_k$  + 1\*(Pp + Permanente non str.) + 0,3\*(Accidentale) + 0,0\*(Neve)

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata

singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLD così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);
- *Spostamenti d'interpiano* (paragrafo 7.3.7.2 D.M.2018).

### **Verifiche SLU - SLC**

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

$$- SLU = 1,3*(P_p) + 1,5*(\text{Permanente non str.}) + 1,5*(\text{Accidentale} - \text{Neve})$$

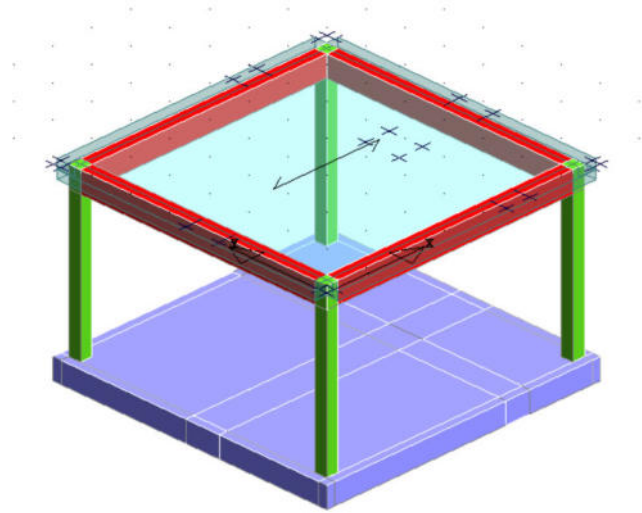
$$- SLV = E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

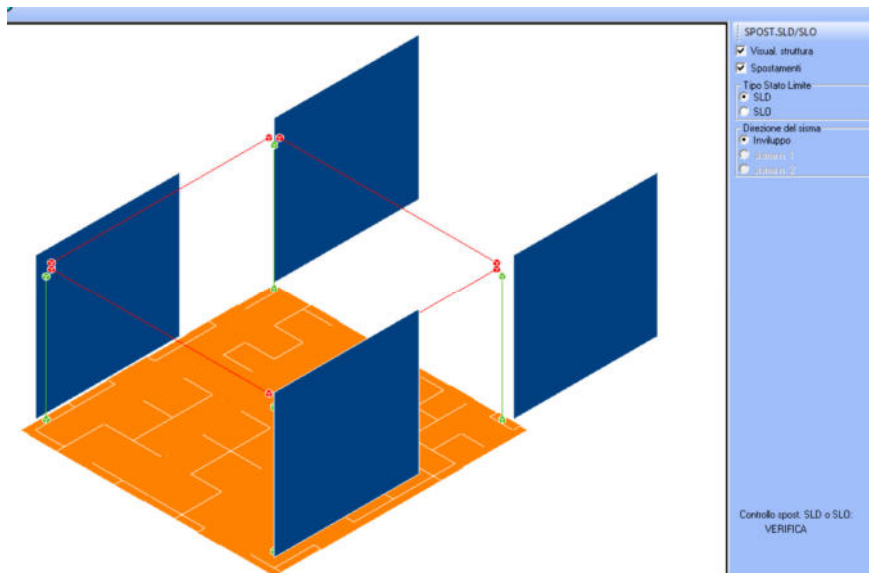
La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.



Modello FEM



Verifica SLD-SLO

### 3) Struttura in c.a. per il pretrattamento

In merito alla struttura per il pretrattamento, il fattore di struttura  $q$  è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$\vartheta = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$



dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

### Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara-frequ.-quasi perm.)* =  $1 \cdot (P_p + \text{Perm. non str.})$

- *SLD* =  $E_k + 1 \cdot (P_p + \text{Permanente non str.})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche *SLD* così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$1 \cdot (P_p + \text{Permanente non str.})$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);
- *Spostamenti d'interpiano* (paragrafo 7.3.7.2 D.M.2018).

### Verifiche SLU - SLC

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

-  $SLU = 1,3*(Pp) + 1.5*(\text{Permanente non str.})$

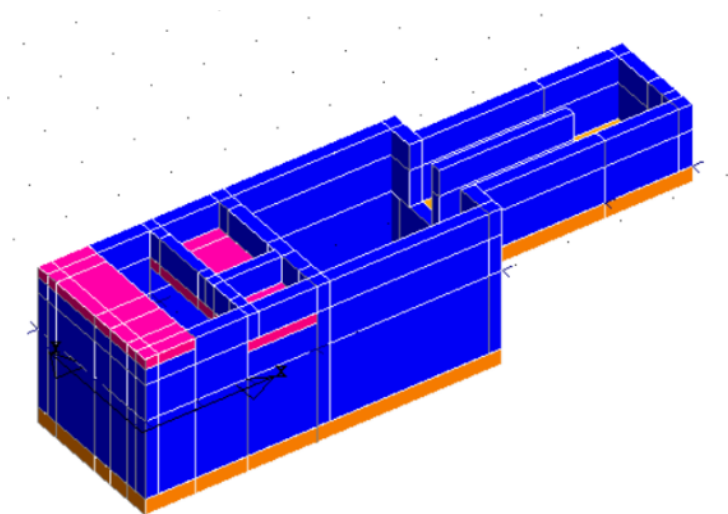
-  $SLV = E_k + 1*(Pp + \text{Permanente non str.})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

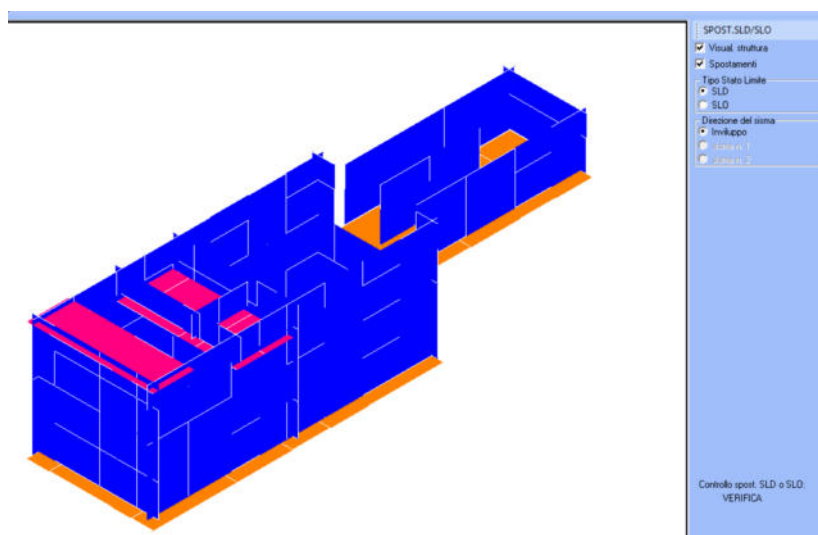
La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$1*(Pp + \text{Permanente non str.})$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.



Modello FEM



Verifica SLD-SLO

#### 4) **Struttura in c.a. per il monoblocco disinfezione**

In merito alla struttura per il monoblocco disinfezione, il fattore di struttura  $q$  è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$g = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

#### **Verifiche SLE - SLO**

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara-frequ.-quasi perm.)* =  $1 \cdot (P_p + \text{Perm. non str.})$

- *SLD* =  $E_k + 1 \cdot (P_p + \text{Permanente non str.})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche *SLD* così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$1 \cdot (P_p + \text{Permanente non str.})$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);
- *Spostamenti d'interpiano* (paragrafo 7.3.7.2 D.M.2018).

## Verifiche SLU - SLC

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

-  $SLU = 1,3*(P_p) + 1.5*(\text{Permanente non str.})$

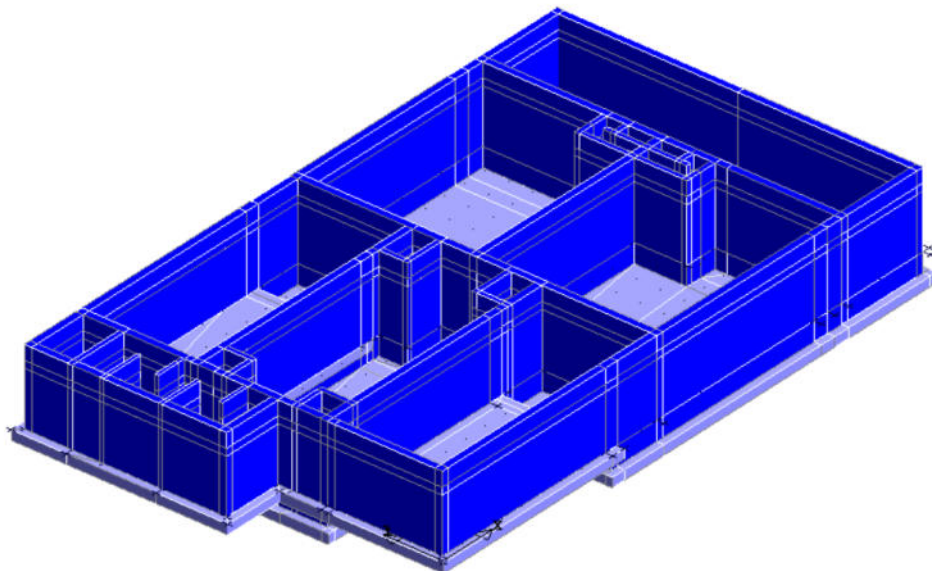
-  $SLV = E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

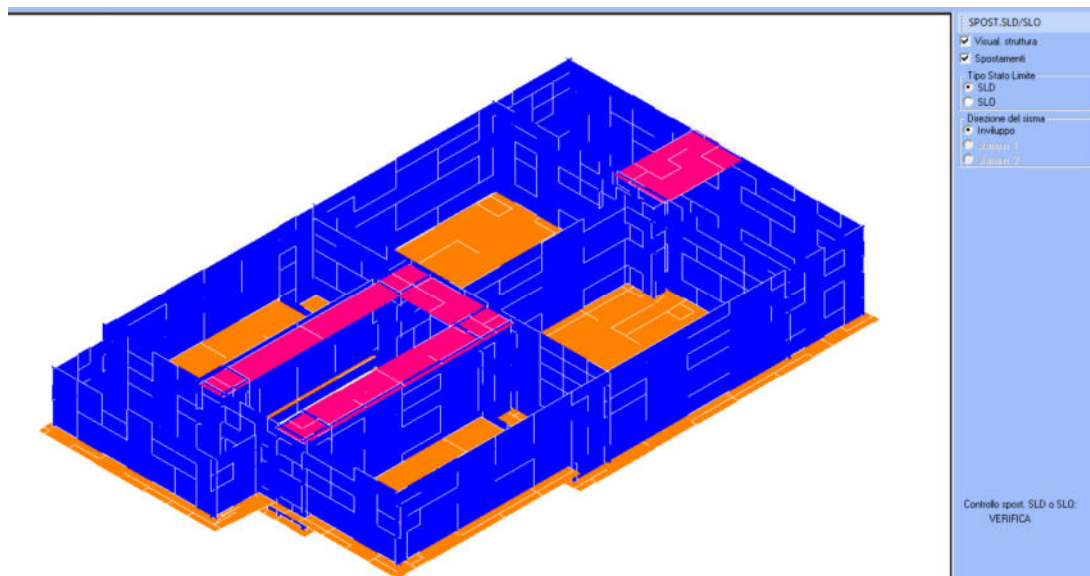
La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$1*(P_p + \text{Permanente non str.})$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.



*Modello FEM*



Verifica SLD-SLO

In allegato sono riportati i listati di input e verifica di tutte e quattro le strutture in oggetto.

### 5) Struttura in c.a. per i microfiltri

In merito alla struttura per i microfiltri, il fattore di struttura  $q$  è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$\vartheta = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

### Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara-frequ.-quasi perm.)* = 1\*(Pp + Perm. non str.)

- *SLD* =  $E_k + 1*(Pp + \text{Permanente non str.})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLD così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$1*(Pp + \text{Permanente non str.})$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);

### **Verifiche SLU - SLC**

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

- *SLU* =  $1,3*(Pp) + 1,5*(\text{Permanente non str.})$

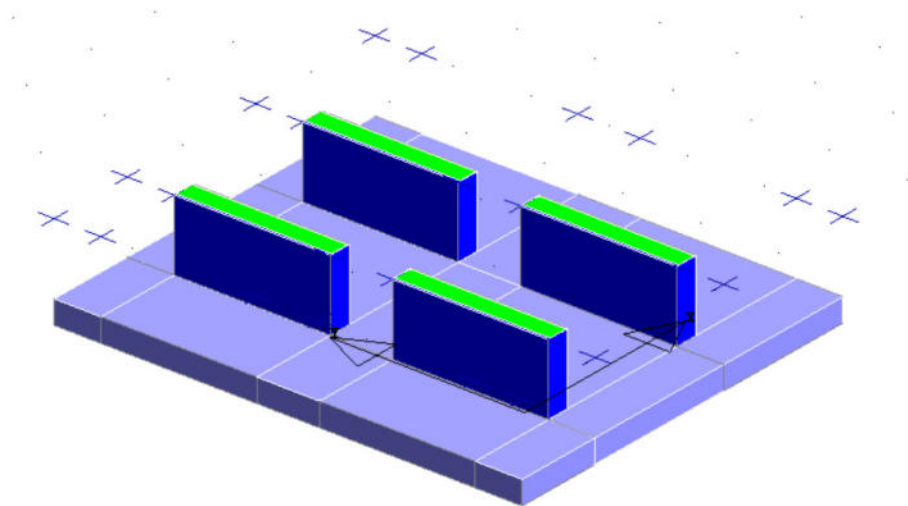
- *SLV* =  $E_k + 1*(Pp + \text{Permanente non str.})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$1*(Pp + \text{Permanente non str.})$

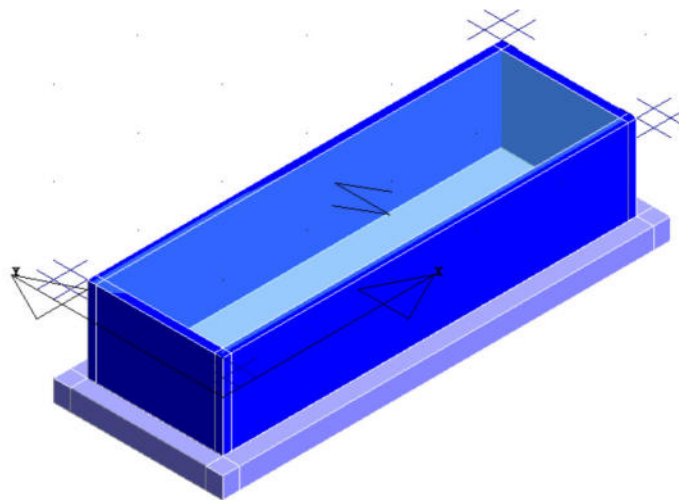
Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.



Modello FEM

### 6) Fondazione in c.a. di un box per lavaocchi

In merito al box-lavaocchi, al fine di cogliere le sollecitazioni agenti sulla fondazione, è stato modellato un box avente le dimensioni della struttura prefabbricata:



Modello FEM

In merito al fattore di struttura  $q$ , lo stesso è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$\vartheta = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per

l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

### Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara)* =  $1 \cdot (P_p + \text{Perm. non str.}) + 1 \cdot (\text{Accidentale}) + 1 \cdot (\text{Neve})$
- *SLE (frequente)* =  $1 \cdot (P_p + \text{Perm. e non str.}) + 0,5 \cdot (\text{Accidentale}) + 0,2 \cdot (\text{Neve})$
- *SLE (quasi perm.)* =  $1 \cdot (P_p + \text{Perm non str.}) + 0,3 \cdot (\text{Accidentale}) + 0,0 \cdot (\text{Neve})$
- *SLD* =  $E_k + 1 \cdot (P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3 \cdot (\text{Accidentale}) + 0,0 \cdot (\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche *SLD* così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1 \cdot (P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3 \cdot (\text{Accidentale}) + 0,0 \cdot (\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);

### Verifiche SLU - SLC

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

$$- \text{SLU} = 1,3 \cdot (P_p) + 1,5 \cdot (\text{Permanente non str.}) + 1,5 \cdot (\text{Accidentale} - \text{Neve})$$



-  $SLV = E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

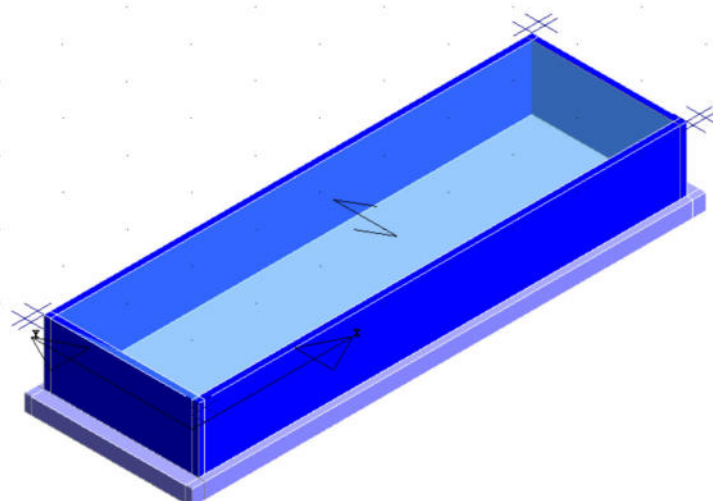
La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.

### **7) Fondazione in c.a. di un box locale compressori**

In merito al box locale compressori, al fine di cogliere le sollecitazioni agenti sulla fondazione, è stato modellato un box avente le dimensioni della struttura prefabbricata:



*Modello FEM*

In merito al fattore di struttura  $q$ , lo stesso è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$\vartheta = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

### Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara)* =  $1*(P_p + \text{Perm. non str.}) + 1*(\text{Accidentale}) + 1*(\text{Neve})$
- *SLE (frequente)* =  $1*(P_p + \text{Perm.e non str.}) + 0,5*(\text{Accidentale}) + 0,2*(\text{Neve})$
- *SLE (quasi perm.)* =  $1*(P_p + \text{Perm non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$
- *SLD* =  $E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLD così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);

### Verifiche SLU - SLC

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

- *SLU* =  $1,3*(P_p) + 1,5*(\text{Permanente non str.}) + 1,5*(\text{Accidentale} - \text{Neve})$
- *SLV* =  $E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

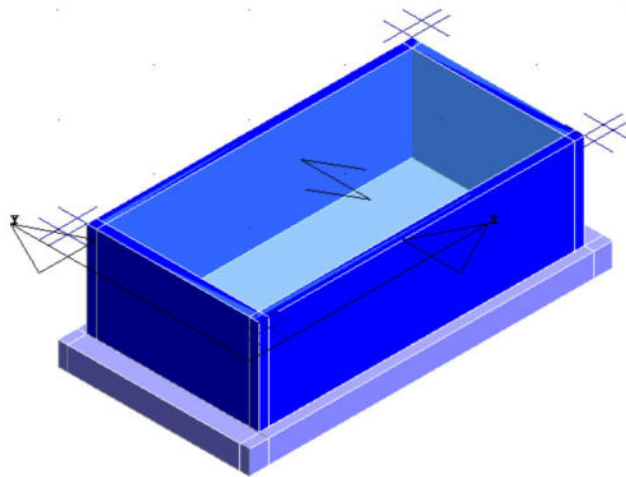
La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1 \cdot (P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3 \cdot (\text{Accidentale}) + 0,0 \cdot (\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.

### **8) Fondazione in c.a. di un box locale quadro generale**

In merito al box locale quadro generale, al fine di cogliere le sollecitazioni agenti sulla fondazione, è stato modellato un box avente le dimensioni della struttura prefabbricata:



*Modello FEM*

In merito al fattore di struttura  $q$ , lo stesso è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$g = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

## Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara)* =  $1*(P_p + \text{Perm. non str.}) + 1*(\text{Accidentale}) + 1*(\text{Neve})$
- *SLE (frequente)* =  $1*(P_p + \text{Perm.e non str.}) + 0,5*(\text{Accidentale}) + 0,2*(\text{Neve})$
- *SLE (quasi perm.)* =  $1*(P_p + \text{Perm non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$
- *SLD* =  $E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche *SLD* così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);

## Verifiche SLU - SLC

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

- *SLU* =  $1,3*(P_p) + 1,5*(\text{Permanente non str.}) + 1,5*(\text{Accidentale} - \text{Neve})$
- *SLV* =  $E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata

singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

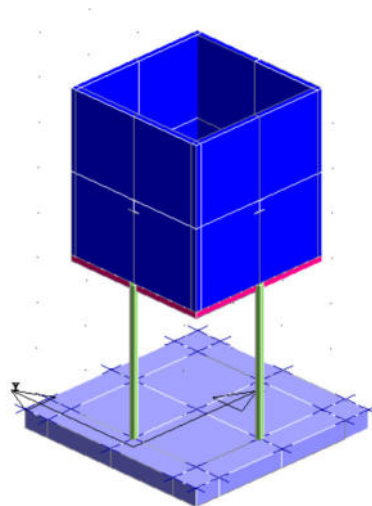
La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.

### 9) **Fondazione in c.a. a sostegno di un ispessitore**

In merito alla fondazione dell'ispessitore, al fine di cogliere le sollecitazioni agenti sulla fondazione, è stata modellata una struttura di dimensioni identiche allo stesso ispessitore, inserendo a metà altezza (a favore di sicurezza) un carico concentrato pari al peso dell'intero ispessitore:



Modello FEM

In merito al fattore di struttura  $q$ , lo stesso è stato considerato pari ad 1, ipotizzando quindi il completo assorbimento dell'input sismico in fase elastica.

Sono state trascurate le non-linearità geometriche, cosa possibile qualora si soddisfi ad ogni piano la condizione (par. 7.3.1, *analisi lineare*):

$$g = \frac{P \times d}{V \times h} \leq 0.1$$

dove  $P$  è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame,  $d_r$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano,  $V$  è la forza orizzontale totale per l'orizzontamento considerato ed  $h$  è la distanza tra questo e quello immediatamente sottostante.

Sono di seguito illustrate le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite elastico ed ultimo della struttura.

## Verifiche SLE - SLO

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite di esercizio SLE, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $C_d$  il valore limite dell'effetto delle azioni.

Le combinazioni da utilizzare per effettuare tali verifiche sono quelle *rara*, *frequente*, *quasi-permanente* e quella con lo spettro *SLD*; esse sono di seguito riportate:

- *SLE (rara)* =  $1*(P_p + \text{Perm. non str.}) + 1*(\text{Accidentale}) + 1*(\text{Neve})$
- *SLE (frequente)* =  $1*(P_p + \text{Perm.e non str.}) + 0,5*(\text{Accidentale}) + 0,2*(\text{Neve})$
- *SLE (quasi perm.)* =  $1*(P_p + \text{Perm non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$
- *SLD* =  $E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche *SLD* così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche degli elementi della struttura nei confronti:

- *Fessurazione* (paragrafo 4.1.2.2.4 D.M.2018 e C4.1.2.2.4 Circolare esplicativa);
- *Limiti tensionali* (paragrafo 4.1.2.2.5 D.M.2018);
- *Deformabilità* (paragrafo 4.1.2.2.2 D.M.2018 e C4.1.2.2.2 Circolare esplicativa);

## Verifiche SLU - SLC

Per quanto concerne le verifiche agli stati limite ultimi SLU, il D.M.2018 prevede che venga rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove  $E_d$  è il valore dell'azione di progetto e  $R_d$  il valore di progetto dei vari elementi strutturali.

Le combinazioni da utilizzare per tali verifiche sono le seguenti:

- *SLU* =  $1,3*(P_p) + 1,5*(\text{Permanente non str.}) + 1,5*(\text{Accidentale} - \text{Neve})$
- *SLV* =  $E_k + 1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$

dove  $E_k$  è il sisma combinato al 100% della sua intensità in una direzione e al 30% in quella ortogonale, con segni alternati e con una eccentricità del centro delle masse applicata

singolarmente in entrambe le direzioni e versi, pari al 5% del lato dell'edificio considerato; in totale le combinazioni sismiche SLV così ottenute sono 32.

La massa sismica viene definita secondo quanto riportato al paragrafo 3.2.4:

$$1*(P_p + \text{Permanente non str.}) + 0,3*(\text{Accidentale}) + 0,0*(\text{Neve})$$

Le combinazioni sopra riportate vengono utilizzate per effettuare le verifiche di resistenza dei vari elementi strutturali, secondo quanto stabilito ai capitoli 4 e 7 del D.M.2018.

## SOFTWARE DI CALCOLO

Le analisi di cui in oggetto nella presente relazione sono state effettuate utilizzando il software CDSWin, prodotto dalla:

**S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.**

**Via Tre Torri n°11 – Compl. Tre Torri**

**95030 Sant'Agata li Battiati (CT).**

### CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITA' DEI RISULTATI

Come previsto al punto **10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018** l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

La S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova (<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>)

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

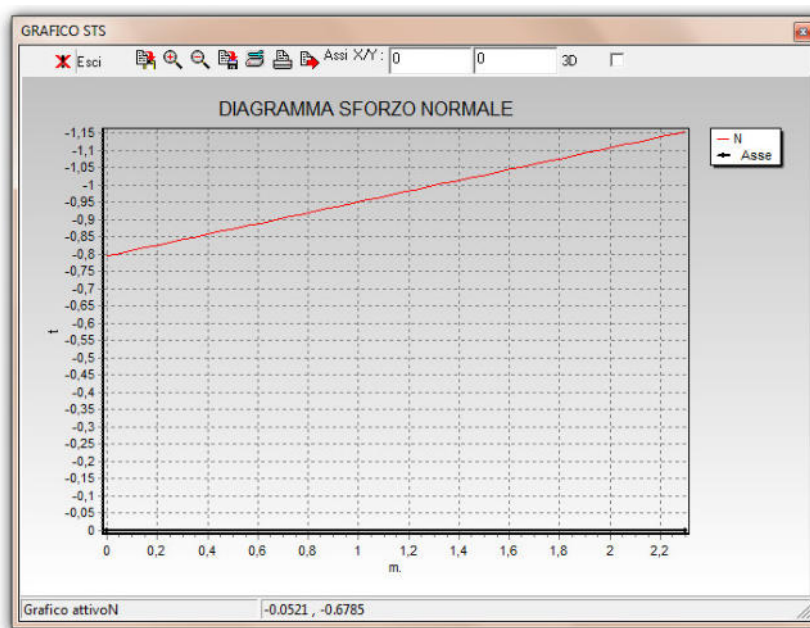
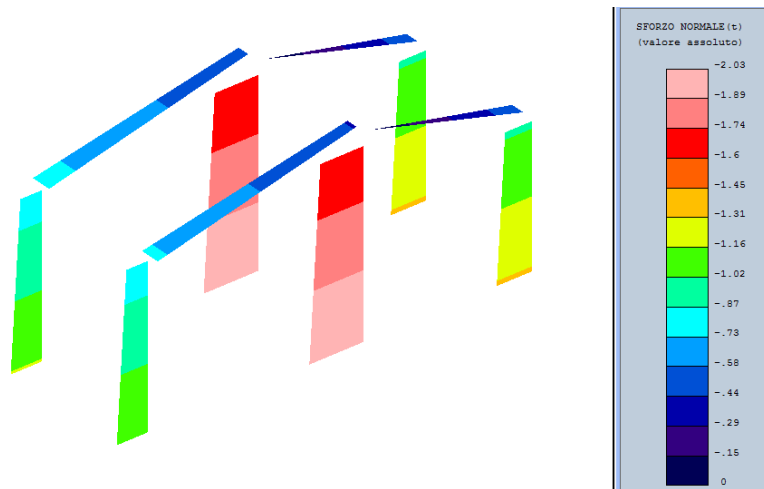
- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

### VERIFICA MANUALE DELL'AFFIDABILITA' DEL CALCOLO

Per effettuare una validazione del software è stato preso in considerazione un semplice modello di calcolo, composto da sei pilastri in c.a.; il carico considerato è pari a 300 (Pp) + 100 (Perm) + 100 (Neve) kg/mq, mentre la campata considerata ha una dimensione di 275x220 cm.

Considerando quindi la combinazione statica, con coefficienti parziali pari ad 1: 1\*(Pp + Permanente non str.) + 1\*(Neve), e calcolando l'area di influenza del pilastro d'angolo, pari a 138x110 cm, si ha che lo sforzo normale in testa a tale pilastro deve risultare pari a circa **759 kg** (500 kg/mq\* 1.38 m \* 1.1 m):





*Sforzo normale su pilastro d'angolo*

Da quanto sopra riportato si evince che il programma FEM stima sulla testa del pilastro in oggetto una compressione pari a circa 780 kg, sostanzialmente identica a quella valutata per via analitica a mano. Ciò testimonia quindi la validità del software.

CHIETI 16 Dicembre 2020

Il Progettista delle strutture

Ing. Eraldo Mammarella