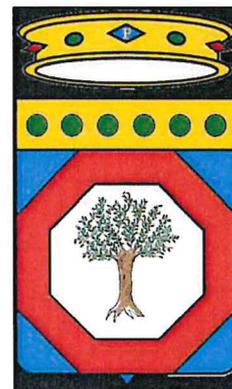
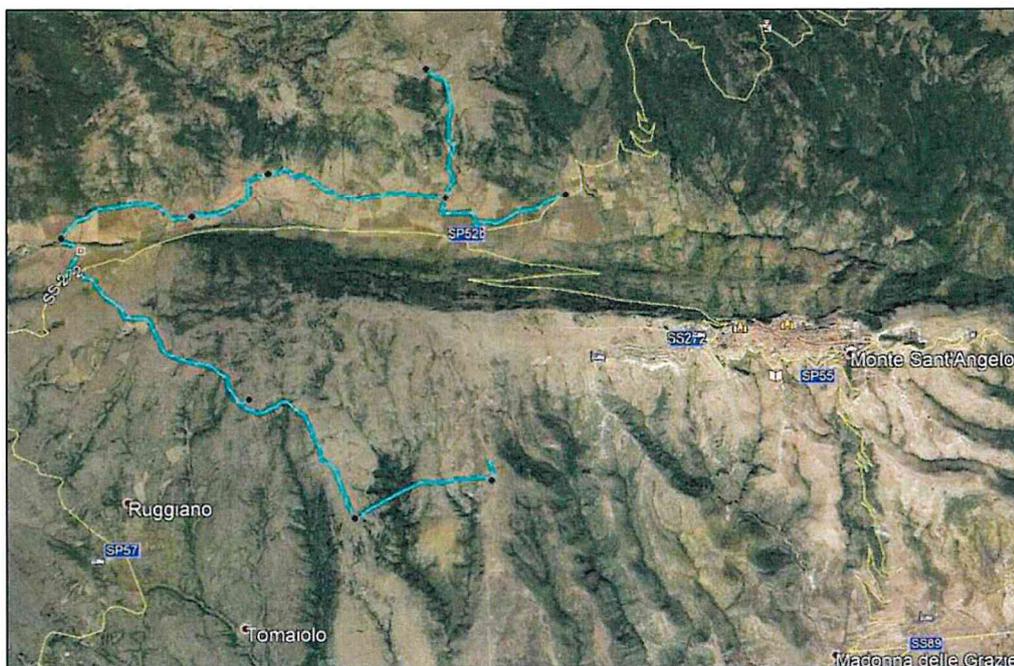




Consorzio di Bonifica Montana del Gargano
Viale Cristoforo Colombo n. 243
71121 Foggia (FG)
www.bonificadelgargano.it
info@bonificadelgargano.it



REALIZZAZIONE DI UN ACQUEDOTTO RURALE A SERVIZIO DELLE COMUNITA' AGRICOLE PRESENTI SUL TERRITORIO MONTANO DI MONTE SANT'ANGELO (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

DATA: Settembre 2019	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	Tavola ES 06
REV. 00		

*REDATTO DA : Settore Tecnico - Agrario
Consorzio di Bonifica Montana del Gargano*

Il Progettista
Geom. Claudio DESTINO
Claudio Destino

Progetto strutturale e Calcolo idraulico

Ing. Roberto SALICE
Roberto Salice



Il Responsabile del Procedimento
(Dott. Agr. Luciano CICIRETTI)
Luciano Ciciretti



Relazione di calcolo strutturale impostata e redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 cap. 10 “Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo”.

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

info@2si.it

D.M. 17/01/18 cap. 10.2 Affidabilità dei codici utilizzati

<https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

Sommario

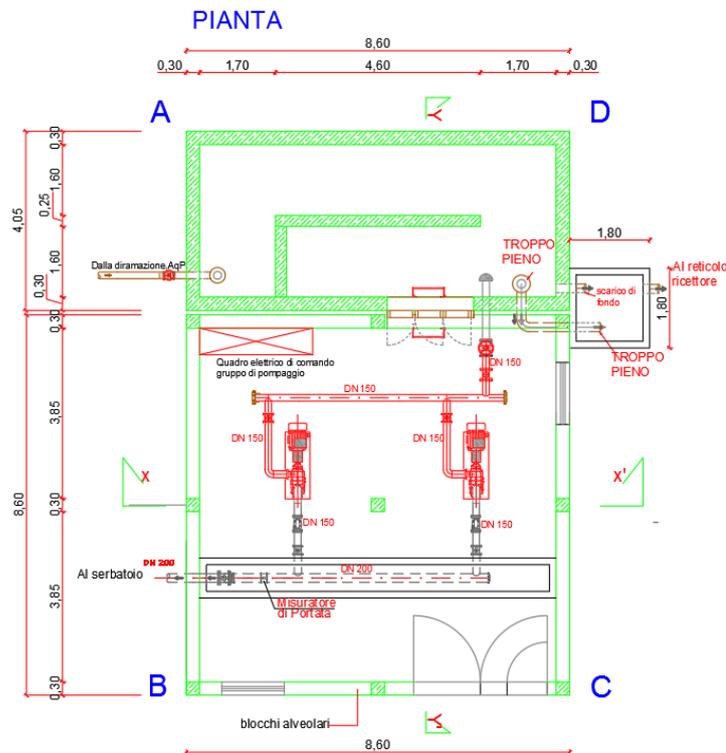
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	3
Descrizione generale dell'opera	3
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	6
Vita Nominale	6
Classi d'uso	6
Periodo di riferimento per l'azione sismica	7
DEFINIZIONE DELLE AZIONI ANTROPICHE SULLA COSTRUZIONE	7
Carichi gravitazionali.....	7
Stati limite e tempo di ritorno	10
Determinazione dell'azione sismica	11
Calcolo del fattore di struttura di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018.....	11
Combinazioni di carico.....	13
DIAGRAMMI RIEPILOGATIVI DEI RISULTATI DI ANALISI	14
Diagrammi delle azioni- Vasca	14
Diagrammi delle sollecitazioni - Vasca	16
Diagrammi dei risultati di analisi - Vasca.....	20
Diagrammi delle azioni- Locale tecnico	22
Diagrammi delle sollecitazioni – Locale tecnico	24
Diagrammi dei risultati di analisi – Locale tecnico	28

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Descrizione generale dell'opera

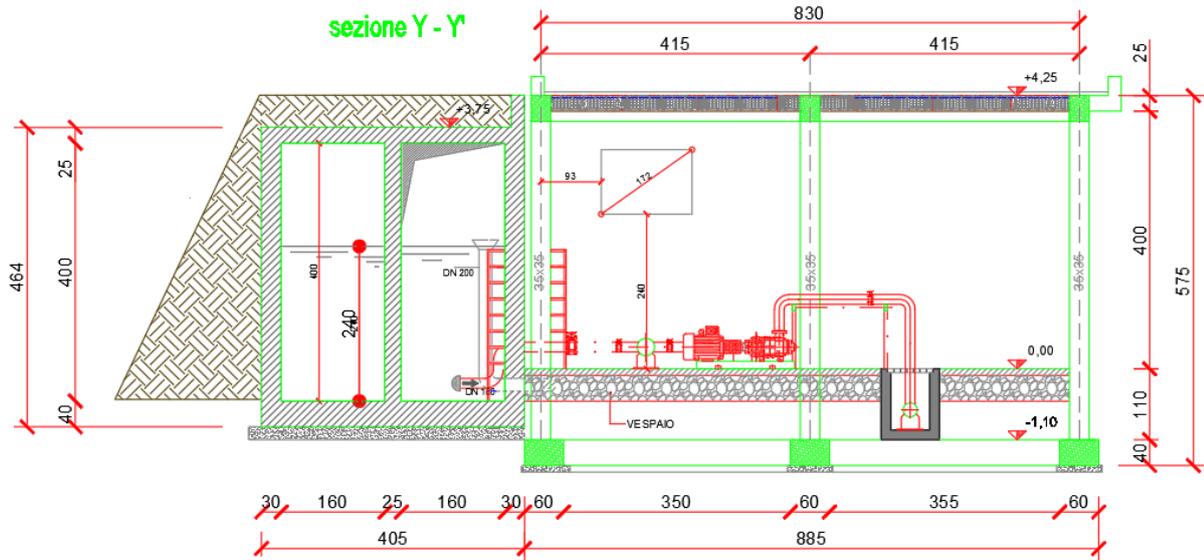
L'opera in progetto prevede la sostituzione di un tratto di condotta idrica distributrice preesistente dell'Acquedotto Pugliese che da Monte Sant'Angelo collega San Giovanni Rotondo, allo stato attuale insufficiente a servire le aree agricole e le frazioni di Monte Sant'Angelo e Manfredonia, e la realizzazione di una derivazione dalla stessa condotta, per dare origine ad un acquedotto rurale finalizzato all'approvvigionamento delle sole aree interne del comune di Monte S. Angelo, così da disporre di risorse sufficienti anche per aree diverse e maggiori rispetto a quelle servite oggi.

La seguente relazione di calcolo redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 riguarda la progettazione e la verifica del fabbricato nominato "IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO" all'interno dell'elaborato EG1.



Il fabbricato consiste in due opere strutturali separate tra di loro da un **giunto tecnico di 10cm** con l'obiettivo di evitare il fenomeno del martellamento in presenza di azioni sismiche.

La vasca destinata a contenere l'acqua è stata progettata interamente con l'uso di setti in cemento armato dello spessore di 30cm, platea di fondazione di spessore 40cm. e soletta di copertura di 25cm. Tale scelta progettuale è stata studiata per contenere al meglio la spinta passiva indotta dal terreno circostante, dato che tale opera è completamente interrata.



Il fabbricato adibito all'alloggio degli impianti è stato progettando utilizzando come modalità costruttiva il sistema a telaio, costituito da travi e pilastri. Le Travi delle dimensioni 35x40 scaricano il carico del solaio del tipo PREDALLES su pilastri delle dimensioni 35x35 collegate tra di loro mediante travi rovesce delle dimensioni 60x40 a una profondità dal piano di posa degli impianti di 1,10m. La soletta su cui gravano i carichi degli impianti trasmette il carico direttamente al terreno roccioso presente in sito.

L'intera opera occupa una superficie di 108,79mq e una volumetria di 435,16mc.

Le **caratteristiche dei materiali** utilizzati sono i seguenti:

Calcestruzzo:

Classe calcestruzzo		C25/30
Coef. Riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Resistenza cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 N/mm ²
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	32,90 N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	24,90 N/mm ²
Resistenza cilindrica di calcolo	f_{cd}	14,11 N/mm ²
Resistenza a trazione caratteristica	f_{ctm}	2,56 N/mm ²
Resistenza a trazione media	f_{ctk}	1,79 N/mm ²
Resistenza a trazione di calcolo	f_{ctd}	1,19 N/mm ²
Resistenza tangenziale di calcolo	f_{bd}	2,69 N/mm ²
Modulo di Young	E_c	31447 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	γ_c	1,50

Acciaio:

Tipo Acciaio		Fe B450C
Tensione di Rottura	f_k	450,0 N/mm ²
Tensione di snervamento	f_{yk}	540,0 N/mm ²
Resistenza di calcolo	f_{yd}	391,3 N/mm ²
Modulo di Young	E_s	210000 N/mm ²
Coefficiente di sicurezza	γ_s	1,15

Per quanto riguarda il **copriferro considerato** si è tenuto conto delle condizioni al contorno quali:

- Vita utile di progetto <100 anni
- Classe di resistenza del calcestruzzo C25/30
- Classe di esposizione XC2 = corrosione indotta da carbonatazione

Da cui si è risalito a un copriferro minimo di **25mm** utile ad evitare fenomeni di carbonatazione.

Nella progettazione oltre a considerare i carichi gravitazionali tipici sui fabbricati **si sono considerate le spinte indotte dal terreno e la spinta idrostatica indotta dall'acqua** in presenza o meno del sisma.

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

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le verifiche riportate nella presente relazione sono stati condotti con riferimento al disposto delle seguenti norme:

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"
3. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
4. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
6. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
7. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
8. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
9. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
11. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
12. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
13. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
14. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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" e successive modificazioni e integrazioni.
15. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
16. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
17. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
18. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
19. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
20. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
21. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.

22. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
23. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
24. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
25. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
26. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
27. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici.
28. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
29. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
30. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
31. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
32. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
33. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
34. UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Vita Nominale

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purchè soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I della NTC. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Per quanto riguarda l'opera in oggetto si è considerata una **Vita Nominale di 50 anni**.

Classi d'uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere

infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti Ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Dato che si prevedono normali affollamenti, si è considerata la Classe II.

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II. dell NTC18

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

DEFINIZIONE DELLE AZIONI ANTROPICHE SULLA COSTRUZIONE

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura. Di seguito vengono riportati i carichi considerati nelle combinazioni agli SLU per la valutazione sismica.

Carichi gravitazionali

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi verticali agenti sulla struttura.

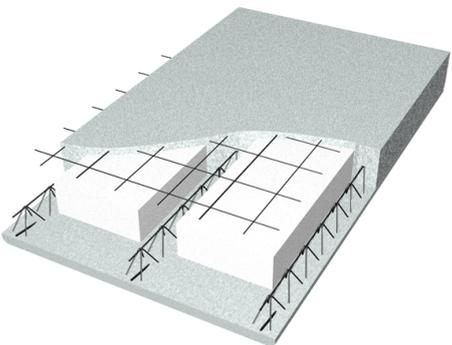
- **Carichi permanenti strutturali (G_1)**

I carichi permanenti sono quelle azioni che agiscono per tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità. Vengono definiti come G_1 il peso proprio dei solai ed il peso proprio degli elementi strutturali in conglomerato cementizio.

- **Peso proprio elementi strutturali**

Il software di calcolo valuta in modo automatico i pesi degli elementi strutturali fisicamente presenti nel modello di calcolo, in base alla geometria delle sezioni e al peso specifico dei materiali.

➤ *Solaio Predalles*

SOLAIO PREDALLES		
	Larghezza lastra	120 cm
	Travetti per lastra	3
	Larghezza travetto tipo	14 cm
	H tot. Solaio	25cm
	Soletta inf.	5 cm
	Soletta sup.	5 cm
	Alleggerimento in polistirene	15 cm
	CARICO PERMANENTE STRUTTURALE (G₁)	375 daN/m²

• **Carichi permanenti non strutturali (G₂)**

Per quanto riguarda il pacchetto di finiture si è considerato un carico di circa 100daN/mq.

➤ **Carico permanente del terreno**

Per quanto riguarda la soletta di copertura della vasca essa è sottoposta a un carico gravitazionale indotto dal terreno sovrastante. Il carico del terreno è stato considerato come un carico permanente agente sulla copertura ed è stato calcolato come segue:

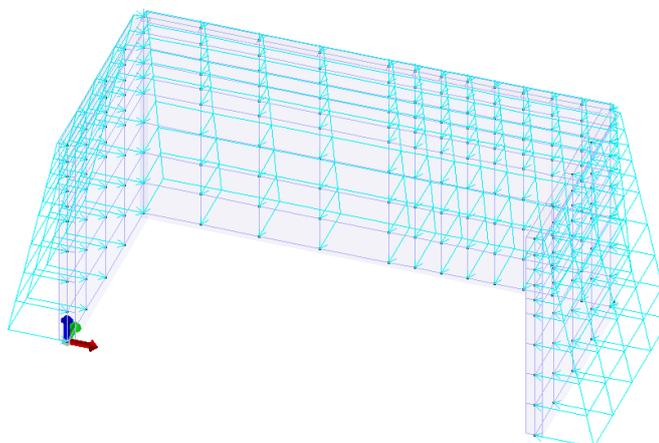
$$\text{Carico di superficie del terreno} = \gamma_{\text{terreno}} * H = 24 \text{ KN/m}^3 * 0,50\text{m} = 12 \text{ KN/m}^2$$

Dove H rappresenta lo spessore del terreno che ricopre la vasca.

Il terreno inoltre spinge sulle pareti della vasca generando quindi delle azioni sfavorevoli. Queste azioni vengono ottenute come il prodotto tra il coefficiente di spinta a riposo (Kp), il peso specifico del terreno e la profondità in cui si vuole misurare la pressione esercitata.

$$\text{Carico di superficie del terreno sulle pareti} = Kp * \gamma_{\text{terreno}} * z = \frac{1+\text{sen}\Phi}{1-\text{sen}\Phi} * \gamma_{\text{terreno}} * z$$

Dove Φ è l'angolo di attrito interno del terreno ricavato dalla relazione geologica che è pari a 33°. Attraverso questa formula si è ottenuto il carico triangolare di pressione esercitato dal terreno sulle pareti a contatto.

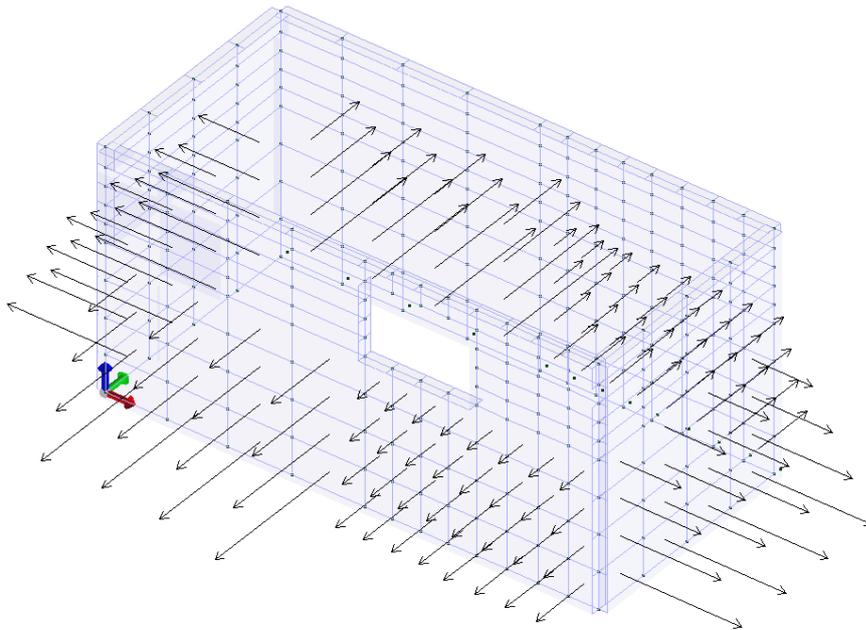


Carico di pressione triangolare del terreno sulle pareti verticali

➤ **Carico permanente dell'acqua**

Si è considerata inoltre la pressione dell'acqua esercitata sulla platea di fondazione e la spinta idrostatica che esercita sulle pareti. Il carico di superficie sulla platea di fondazione è stato calcolato in ugual modo a quella del terreno, considerando un peso specifico $\gamma=10 \text{ KN/m}^3$ e una profondità di circa 4m, vale a dire considerando la vasca con un pelo libero di altezza pari a 4m.

Per quanto riguarda la spinta idrostatica sulle pareti si è calcolato il triangolo delle pressioni con le più comuni formule presenti in letteratura.



Carico di pressione triangolare dell'acqua sulle pareti verticali

• **Sovraccarichi (Q) Neve e Vento**

➤ **Carico Neve**

In base ai criteri riportati nel §3.4 del DM18, citando opportunamente le eventuali normative utilizzate ai fini della determinazione dell'azione, riportare dettagliatamente i calcoli eseguiti per stimare l'azione della neve sulla costruzione.

Il carico di neve è determinato in base alle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata l'estrema variabilità delle precipitazioni di neve da zona a zona.

Considerando i seguenti dati:

Zona Neve = II

Periodo di ritorno, $Tr = 50$ anni

$Ctr = 1$ per $Tr = 50$ anni

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

Valore caratteristico del carico al suolo = $qsk Ce Ctr = 318 \text{ daN/mq}$

Copertura ad una falda:

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

- Copertura piana $W = 8.6 \text{ m}$, $L = 8.6 \text{ m} \Rightarrow Lc = 8.6$, $Cef = 1.000$

$\mu_1 = 0,80 \Rightarrow Q1 = 254 \text{ daN/mq} \gg$ Carico neve totale

➤ **Carico Vento:**

Zona vento = 3

Velocità base della zona, $V_{b.o} = 27$ m/s (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, $A_o = 500$ m (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito, $A_s = 796$ m

$K_a = 0,370$ (Tab. 3.3.I)

Velocità di riferimento, $V_b = V_{b.o} (1 + K_a (A_s/A_o - 1)) = 32,91$ m/s

Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni

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

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 32,91$ m/s

Classe di rugosità del terreno: B

[Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive]

Categoria esposizione: (Entrotterra fino a 750 m di altitudine) tipo IV

($K_r = 0,22$; $Z_o = 0,30$ m; $Z_{min} = 8$ m)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 68$ daN/mq

Coefficiente di forma, $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione, $C_e = 1,63$

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

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

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 111$ daN/mq

Stati limite e tempo di ritorno

Il punto 3.2.1 delle "NTC" definisce, nei confronti delle azioni sismiche, quattro stati limite.

Gli Stati Limite di Esercizio (SLE) vengono suddivisi in Stato Limite di Operatività (SLO) e Stato Limite di Danno (SLD), gli Stati Limite Ultimi (SLU) vengono suddivisi in Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e Stato Limite di Collasso (SLC).

La pericolosità sismica può essere valutata attraverso il tempo di ritorno (T_R) espresso in anni. In funzione del periodo di riferimento (V_R) e dello stato limite considerato, a cui è associata una probabilità di superamento (P_{VR}) del periodo di riferimento, si può valutare il tempo di ritorno attraverso la seguente relazione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Stati limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

Tabella 7.3 Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Si precisa che, secondo quanto indicato al punto 7.2.1 delle "NTC", le caratteristiche della costruzione in oggetto consentono di non considerare la componente verticale dell'azione sismica nella modellazione globale.

Determinazione dell'azione sismica

La pericolosità sismica di riferimento di un sito si valuta attraverso i seguenti parametri:

A_g = accelerazione orizzontale massima del terreno

F_0 = massimo valore del fattore di amplificazione dello spettro elastico orizzontale

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

I parametri sopra riportati, riferiti ad un sito rigido ed orizzontale, sono definiti su tutto il territorio nazionale in un numero di punti che definiscono un reticolo di riferimento (la normativa fornisce la tabella in cui vengono riportati i parametri sismici di ogni punto che definisce il reticolo). Per ogni punto del reticolo, sono definiti i valori di A_g , F_0 , T_c^* per i tempi di ritorno di riferimento. Ogni punto del territorio nazionale è circondato da quattro punti del reticolo che definiscono una maglia dalla quale è possibile ottenere i parametri sismici del generico punto compreso all'interno della stessa.

Oltre alla **verifica di sicurezza in condizioni statiche** (assenza di sisma), si procederà alla verifica della **sicurezza per le azioni sismiche** secondo i seguenti Stati Limite:

- **Stato Limite di Operatività (SLO)**
- **Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV)**

Per ogni Stato Limite, l'azione sismica in un determinato punto è descritta univocamente, dallo spettro di risposta.

Gli spettri di risposta forniscono l'accelerazione o lo spostamento massimo di un oscillatore semplice caratterizzato da un particolare periodo proprio di vibrazione, quando questo è sollecitato dalla forzante sismica. Le NTC18 definiscono spettri di risposta elastici e spettri di progetto. Per gli stati limite di esercizio (SLO, SLD) gli spettri di progetto coincidono con quelli elastici, per gli stati limite ultimi (SLV, SLC) gli spettri di progetto si ottengono da quelli elastici riducendo opportunamente le ordinate tramite un fattore q , detto fattore di comportamento, che tiene conto della capacità dissipativa della struttura.

Il fattore di comportamento q che interviene nello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite ultimo può essere ricavato tramite la seguente relazione:

$$q = K_r q_0 = K_r K_a \alpha_u / \alpha_1$$

In cui:

K_r è il fattore di regolarità in altezza $0.8 \leq K_r \leq 1.0$

K_a è il fattore di tipologia strutturale $2.0 \leq K_a \leq 3.0$

α_u / α_1 è il rapporto di sovraresistenza

Calcolo del fattore di struttura di comportamento secondo il D.M. 17/01/2018

Dato l'utilizzo di due tipologie costruttive differenti è stato necessario studiare separatamente i due corpi dato che il fattore di comportamento q varia in funzione della tipologia costruttiva utilizzata influenzando quindi la risposta della struttura sotto le azioni sismiche.

I parametri utilizzati per l'individuazione del fattore di comportamento della **struttura intelaiata** sono:

- La costruzione, nuova, è caratterizzata da regolarità sia in pianta sia in altezza ed è progettata in classe di duttilità media (CD"B").
- **Parametri fattore in direzione x e y**
- Sistema costruttivo: calcestruzzo
- Tipologia strutturale: strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano
- Valore base fattore $q_0 = 2.500$
- Fattore di regolarità $K_R = 1.0$
- Fattore dissipativo $q_D = q_0 \cdot K_R = 2.500$
- **Fattori di comportamento utilizzati**

- Dissipativi
- **q SLU x** **2.500**
- **q SLU y** **2.500**
- q SLU z 1.500

I parametri utilizzati per l'individuazione del fattore di comportamento della **struttura con setti in cemento armato** sono:

- La costruzione, nuova, è caratterizzata da regolarità sia in pianta sia in altezza ed è progettata in classe di duttilità media (CD"B").
- **Parametri fattore in direzione x e y**
- Sistema costruttivo: calcestruzzo
- Tipologia strutturale: strutture a pareti non accoppiate
- Valore base fattore $q_0 = 3.000$
- Fattore pareti $k_w = 1.000$
- Fattore di regolarità $K_R = 1.0$
- Fattore dissipativo $q_D = q_0 \cdot k_w \cdot K_R = 3.000$
- **Fattori di comportamento utilizzati**
- Dissipativi
- **q SLU x** **3.000**
- **q SLU y** **3.000**
- q SLU z 1.500

Di seguito si riporta la zona sismica in cui sorge l'opera, caratterizzata da un'accelerazione orizzontale **massima** e gli spettri di risposta dei due fabbricati da cui si sono ricavate le azioni sismiche mediante **analisi modale**:

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Map showing seismic hazard zones in Italy. Legend values: < 0.025, 0.025-0.050, 0.050-0.075, 0.075-0.100, 0.100-0.125, 0.125-0.150, 0.150-0.175, 0.175-0.200, 0.200-0.225, 0.225-0.250, 0.250-0.275, 0.275-0.300, 0.300-0.350, 0.350-0.400, 0.400-0.450, 0.450-0.500, 0.500-0.600, 0.600-0.700.

Vertici della maglia elementare

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
29451	15.900	41.660	7.060
29452	15.967	41.658	5.361
29230	15.969	41.708	0.857
29229	15.902	41.710	4.737

Coordinate geografiche

Località: MONTE SANT'ANGELO (FG)

Longitudine: 15.9590 Latitudine: 41.7060

Parametri per le forme spettrali

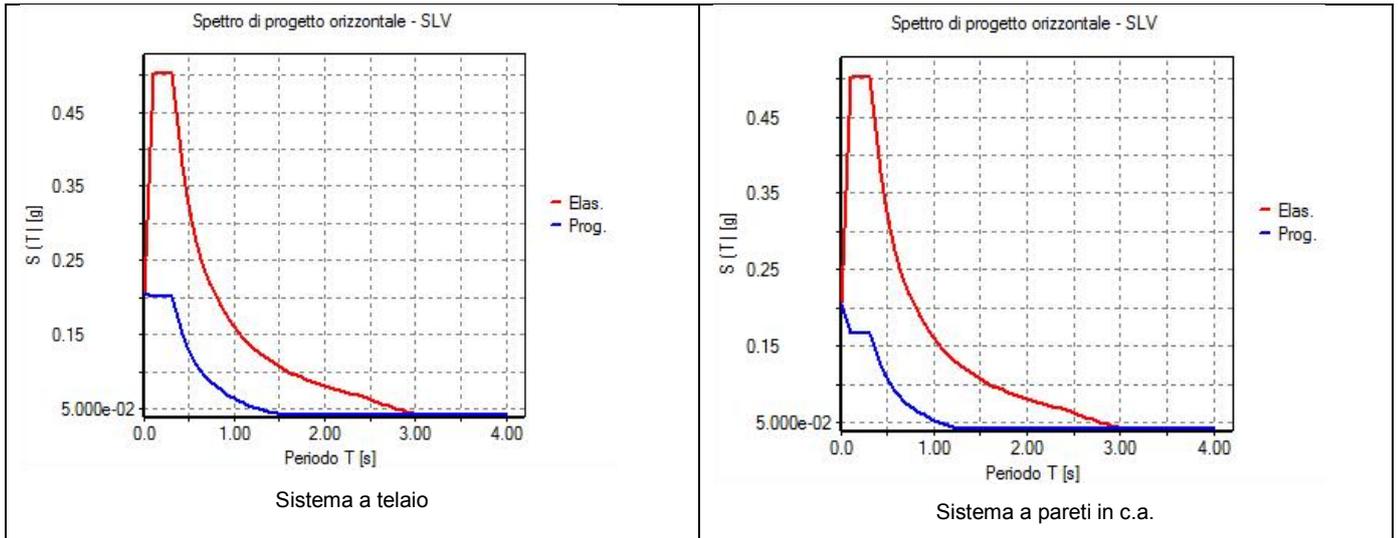
	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	30	0.055	2.470	0.270
SLD	63	50	0.074	2.490	0.280
SLV	10	475	0.206	2.440	0.320
SLC	5	975	0.272	2.420	0.340

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza per esistenti %
50	1	50	100

Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
 1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu
 Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]



Combinazioni di carico

Le combinazioni delle azioni allo Stato Limite Ultimo sono operate nel rispetto di quanto previsto al paragrafo 2.5.3 delle "NTC18".

Per cui si sono applicate le seguenti combinazione delle azioni:

Combinazione fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \Psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \Psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

Combinazione sismica (SLE e SLU):

$$G_1 + G_2 + E + \sum_j (\Psi_{2j} Q_{kj})$$

Dove:

G_1 è il peso proprio di tutti gli elementi strutturali;

G_2 è il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

Q_k è il valore caratteristico delle azioni variabili;

E è l'azione sismica;

γ_{Gi} è il coefficiente parziale di sicurezza per G ;

γ_{Qj} è il coefficiente parziale di sicurezza per i carichi variabili Q ;

Ψ_{0j} , Ψ_{1j} , Ψ_{2j} , sono i coefficienti di combinazione delle azioni variabili Q_k , tali valori sono restituiti dalla tab. 2.5.1 delle "NTC".

Si noti che gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j (\Psi_{2j} Q_{kj})$$

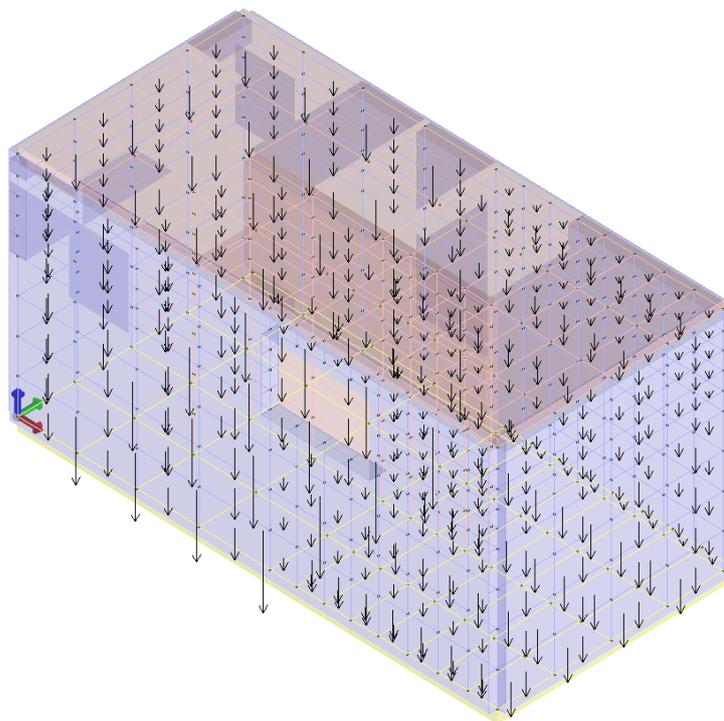
Per tenere conto della variabilità della presenza o meno dell'acqua all'interno della vasca è stata considerata una combinazione in condizione statica in cui tale carico è stato omesso, così da tener conto esclusivamente della spinta del terreno sui setti verticali.

Per quanto riguarda i coefficienti e le condizioni di carico considerati si riporta ai tabulati di calcolo allegati.

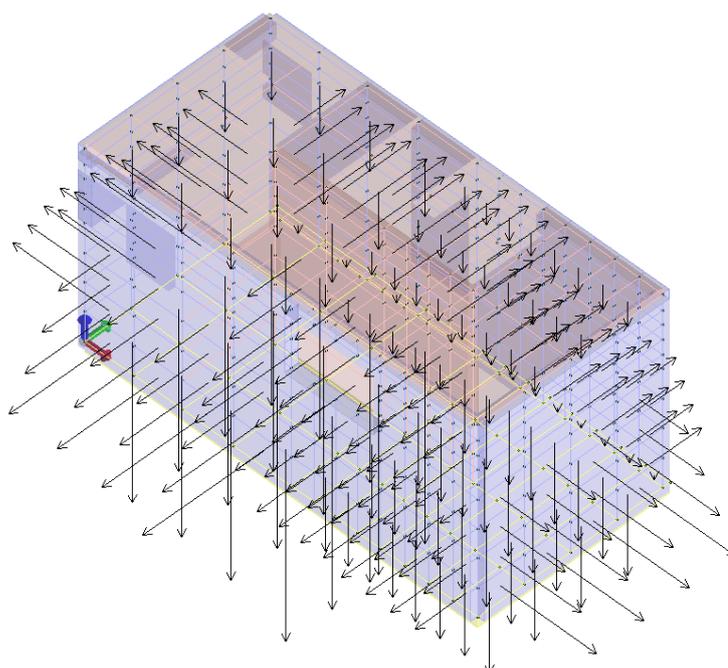
DIAGRAMMI RIEPILOGATIVI DEI RISULTATI DI ANALISI

Di seguito si riportano i diagrammi riepilogativi delle azioni agenti e i risultati di analisi ottenuti per entrambi i fabbricati progettati.

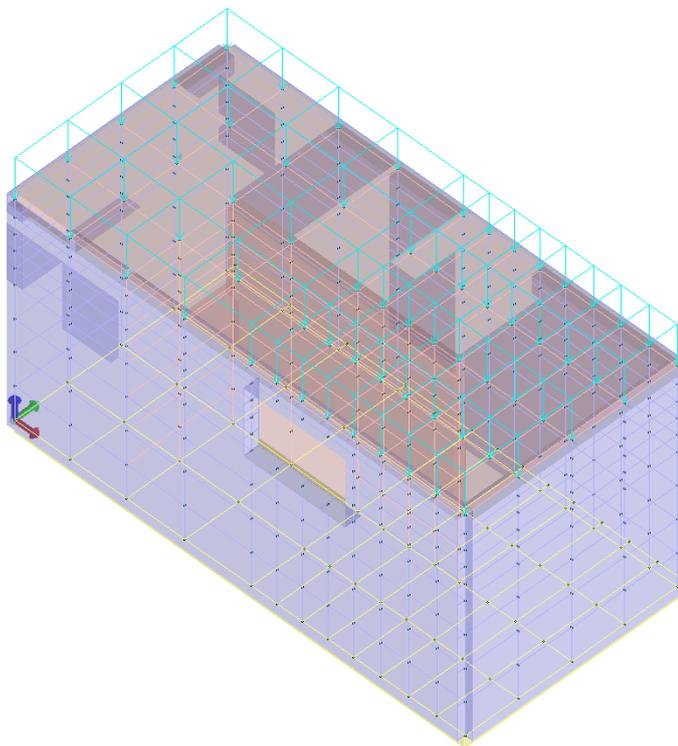
Diagrammi delle azioni - Vasca



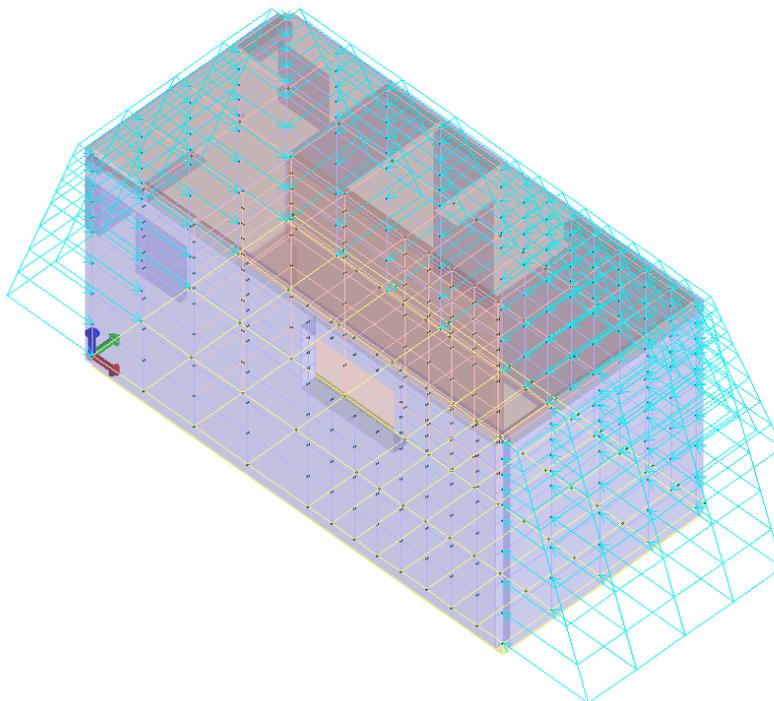
Peso proprio della struttura – Vasca



Permanente generico (acqua) – Vasca

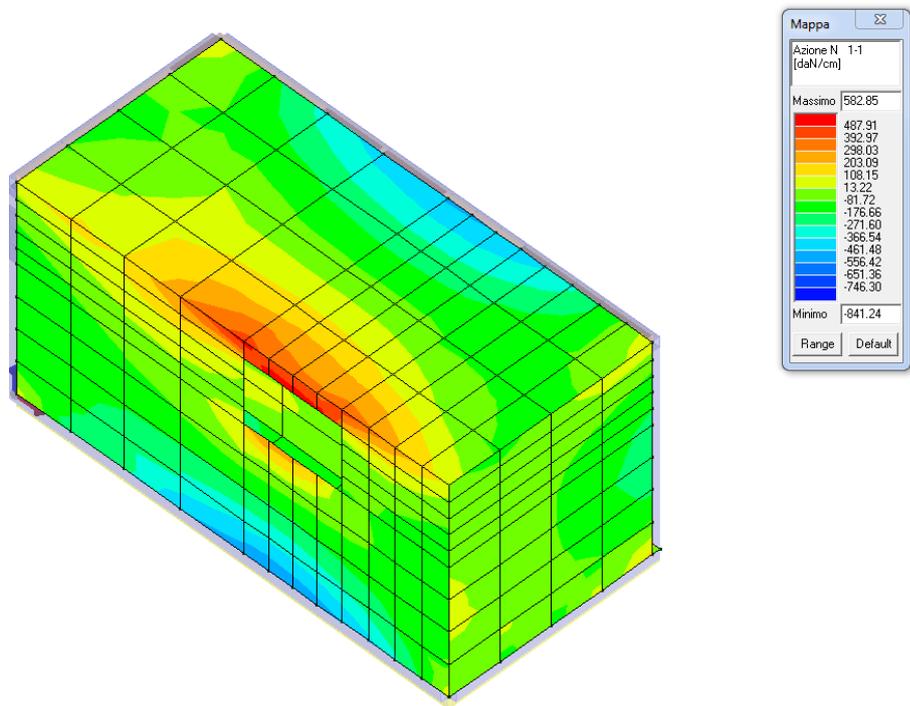


Permanente generico (terreno su soletta) – Vasca

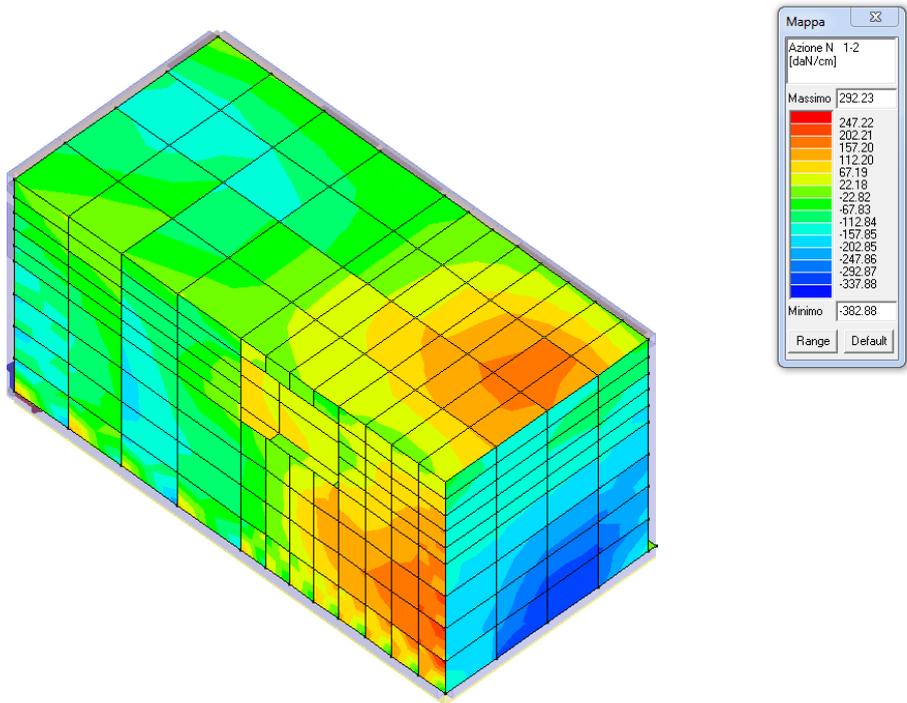


Permanente generico (terreno su parete) – Vasca

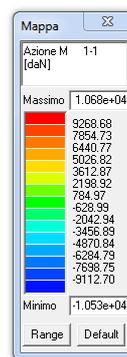
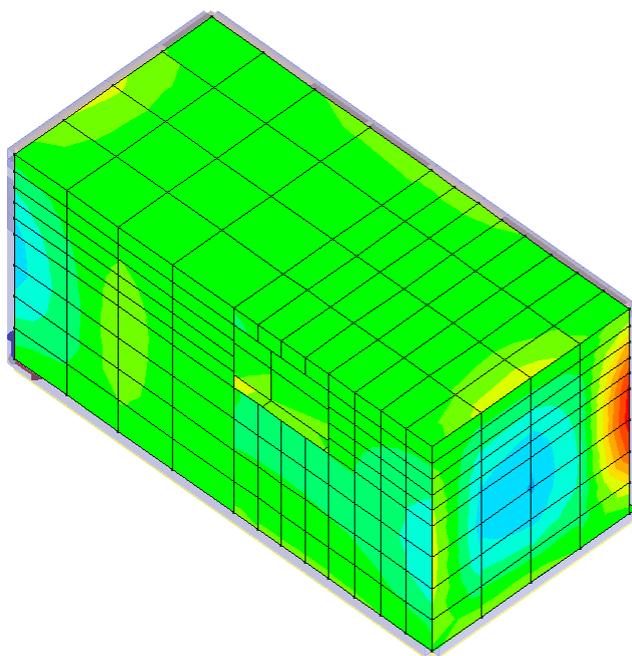
Diagrammi delle sollecitazioni - Vasca



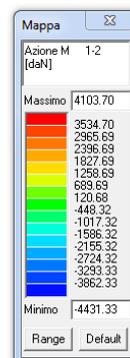
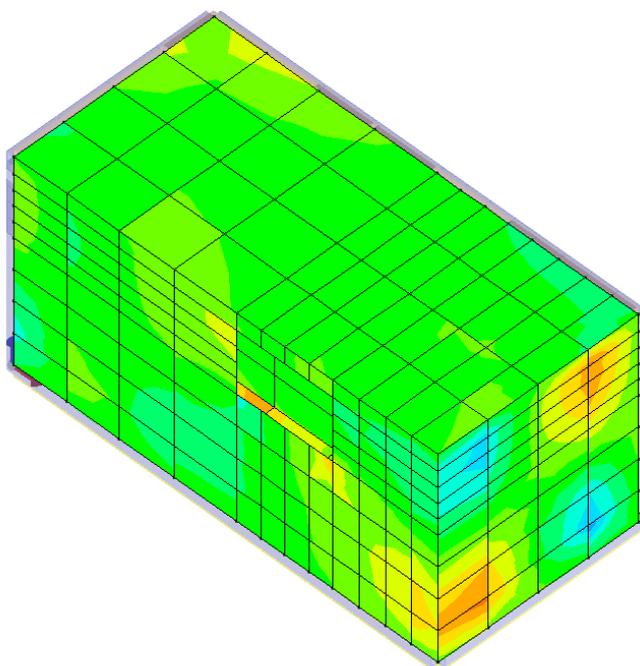
Tensione N 1-1 (Comb. SLV sism. 28) – Vasca



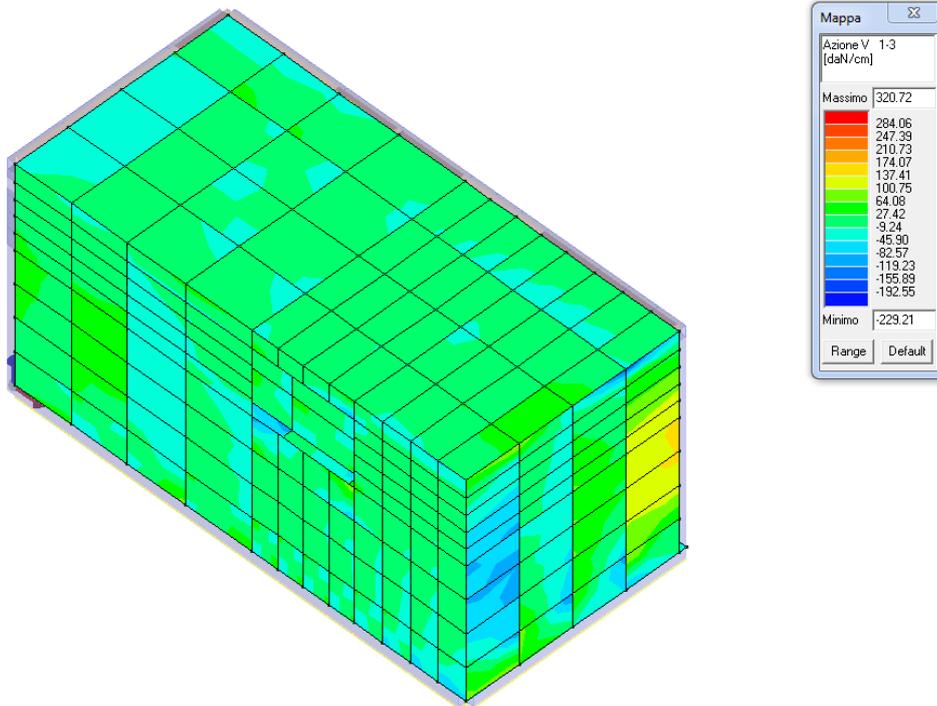
Tensione N 1-2 (Comb. SLV sism. 24) – Vasca



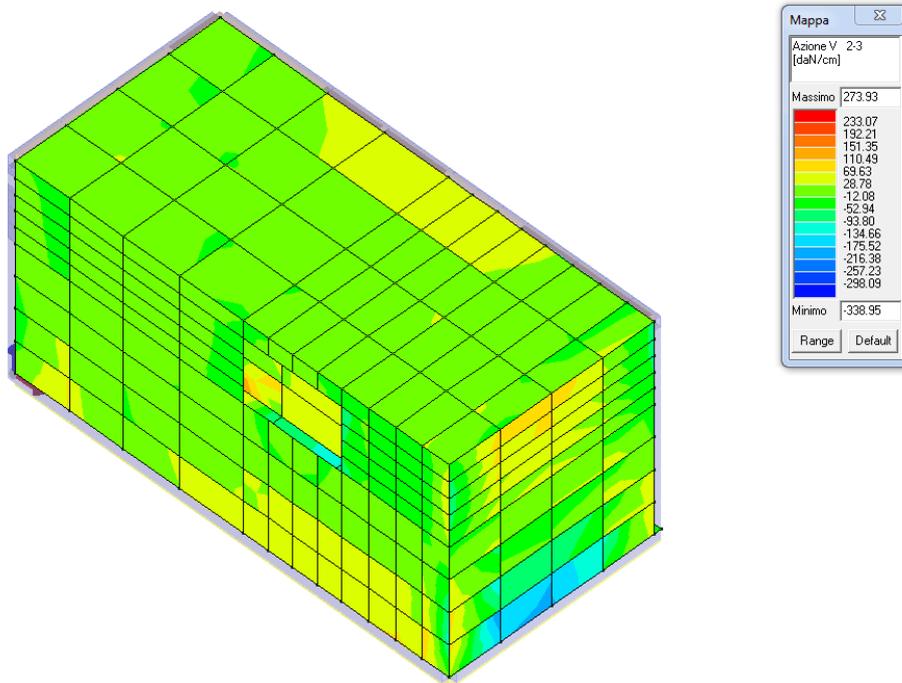
Tensione M 1-1 (Comb. SLV sism. 16) – Vasca



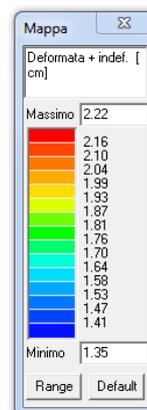
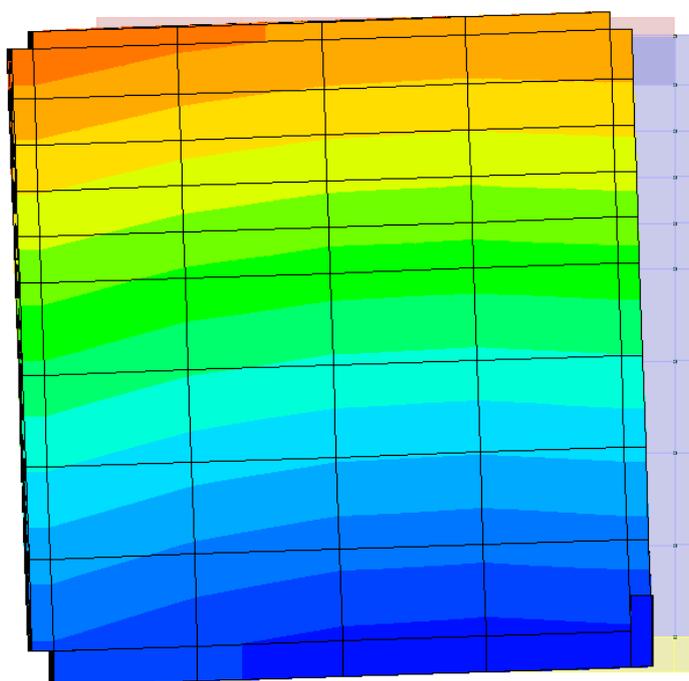
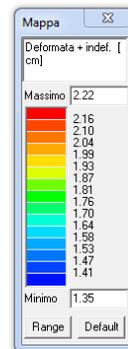
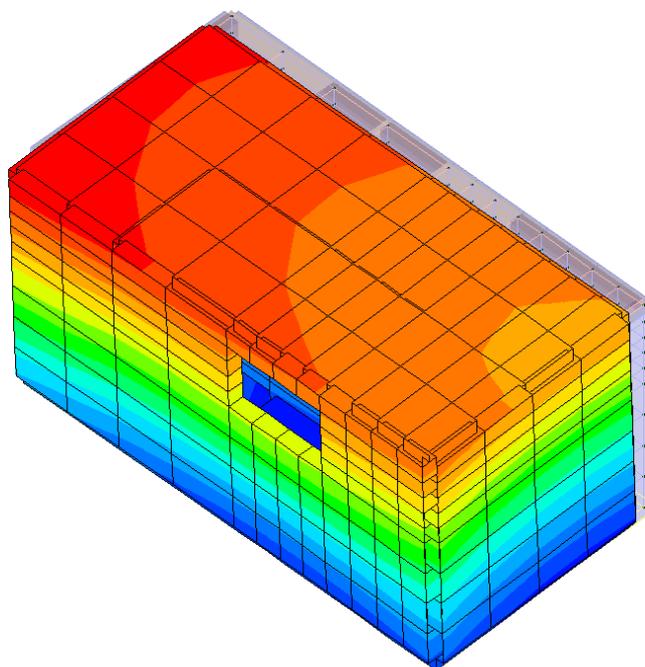
Tensione M 1-2 (Comb. SLV sism. 34) – Vasca



Tensione V 1-3 (Comb. SLV sism. 18) – Vasca

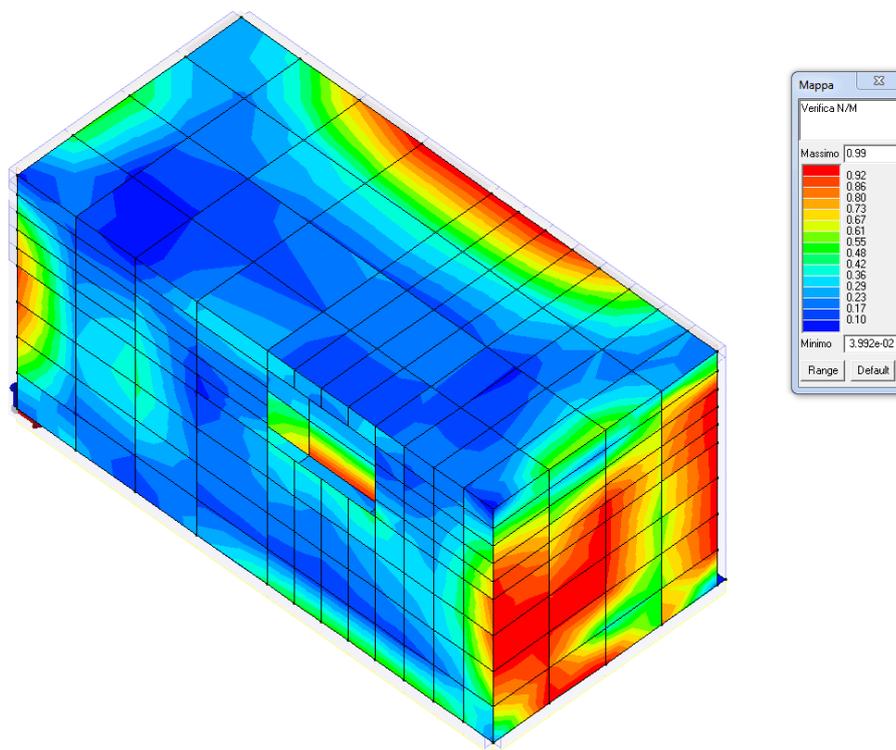


Tensione V 2-3 (Comb. SLV sism. 24) – Vasca

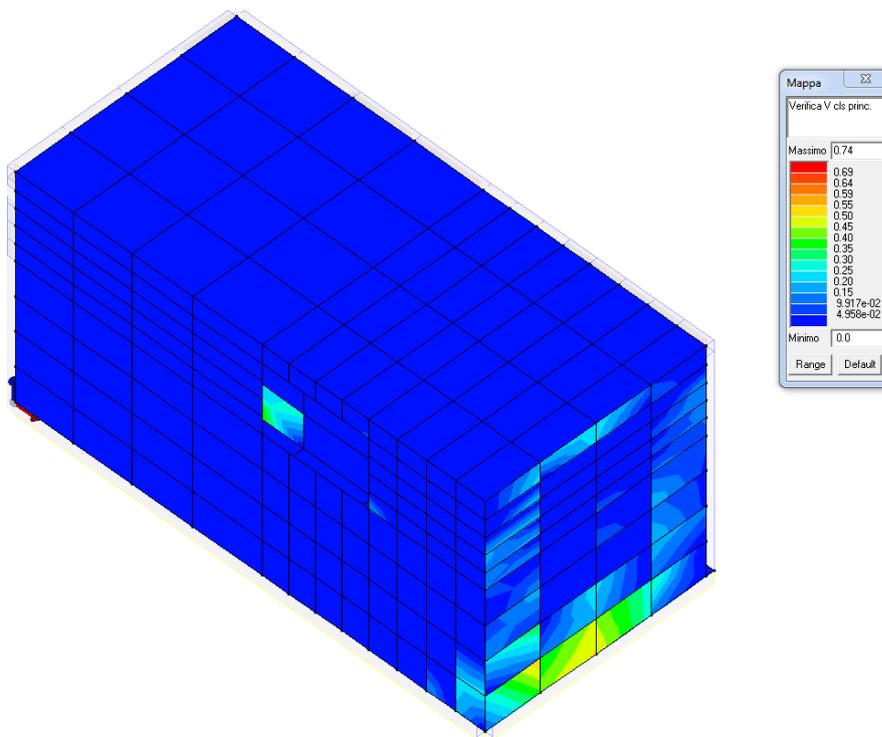


Deformata indefinita – Vasca

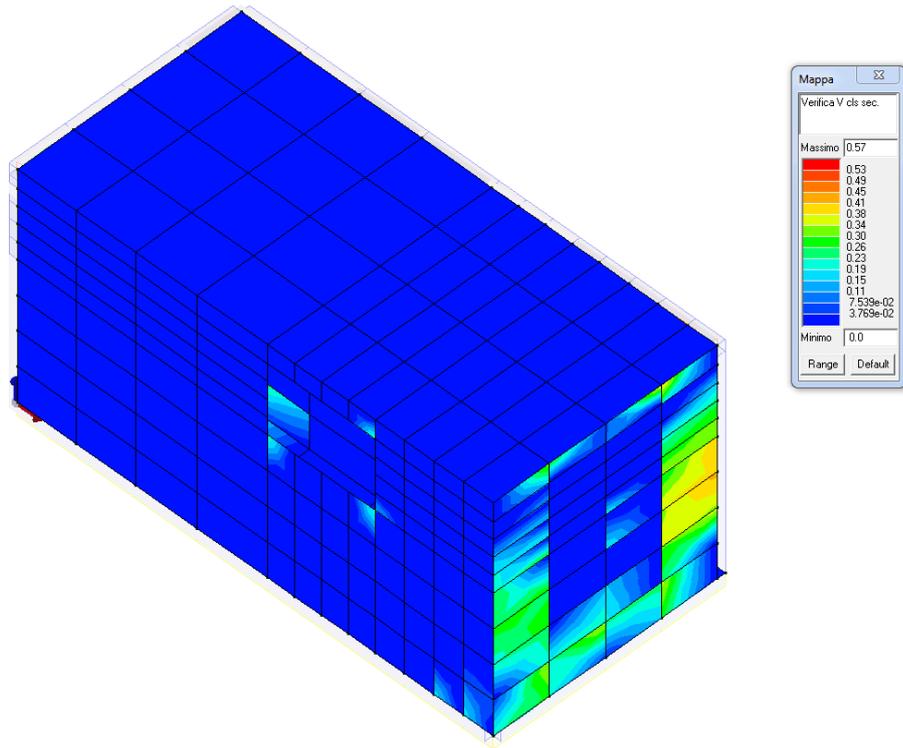
Diagrammi dei risultati di analisi - Vasca



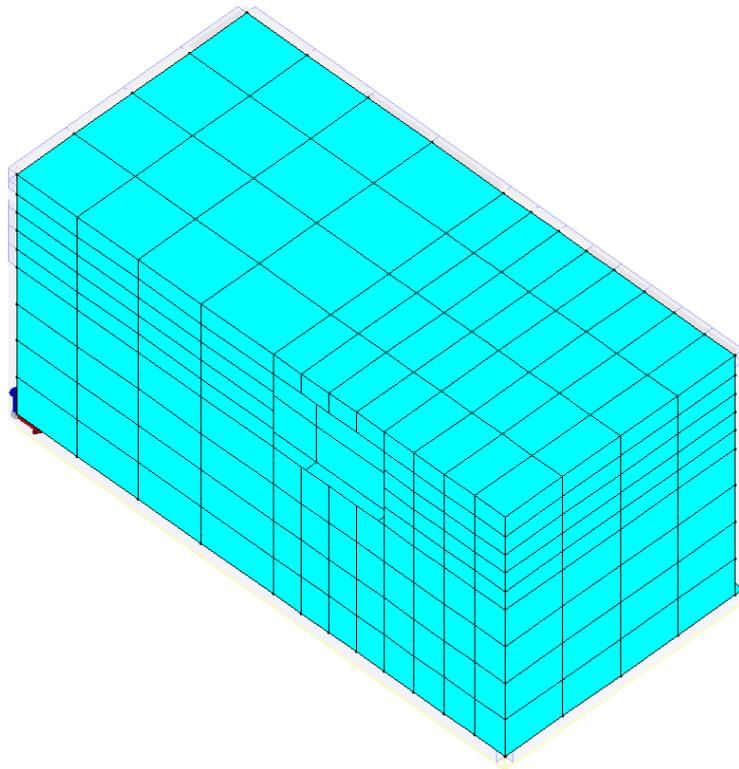
Verifica N/M <1



Verifica V cls princ. <1

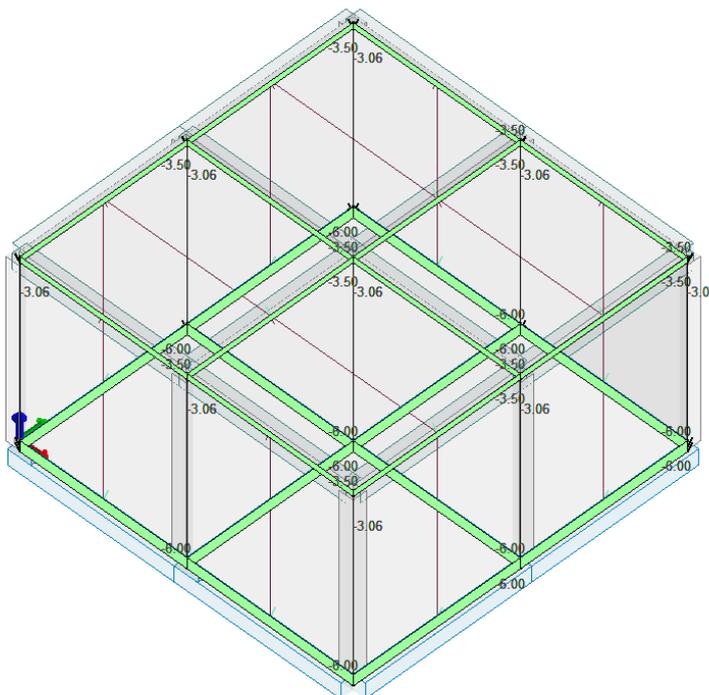


Verifica V cls sec. <1

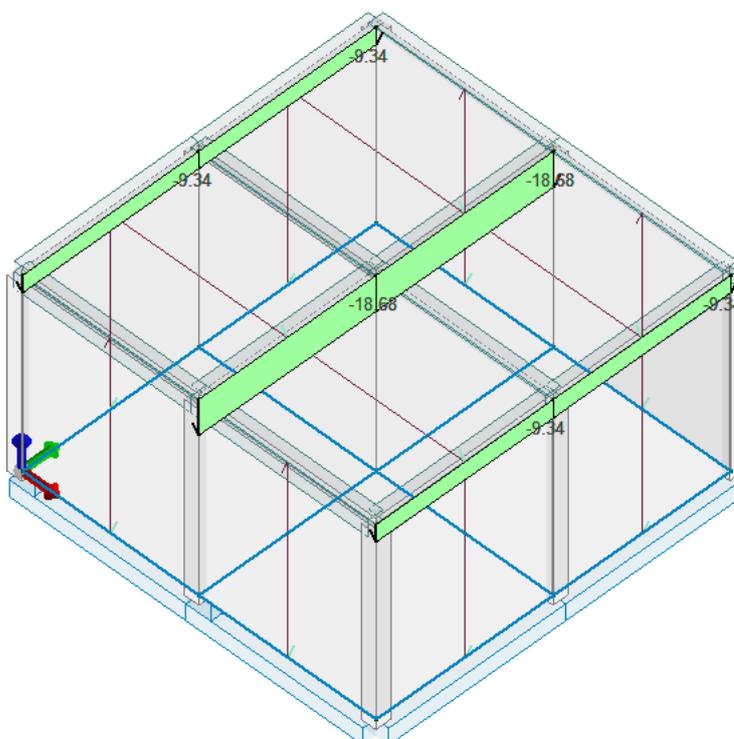


Verifica agli SLU soddisfatta

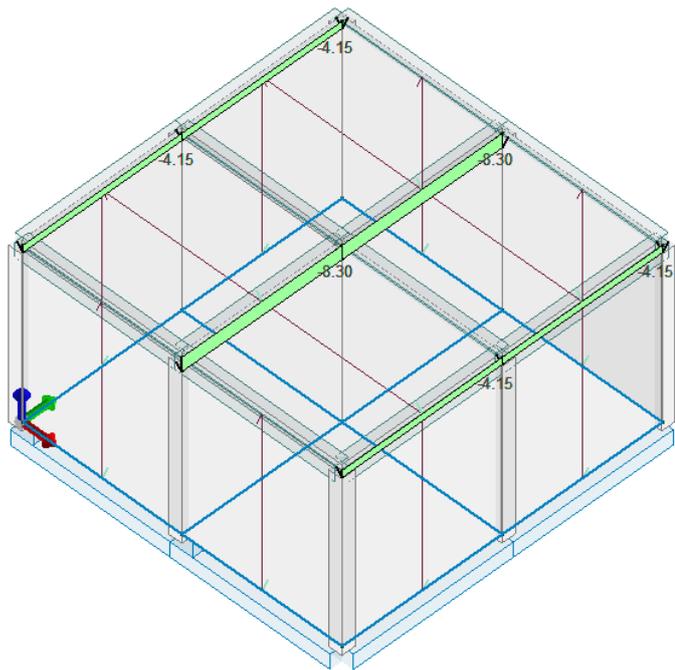
Diagrammi delle azioni- Locale tecnico



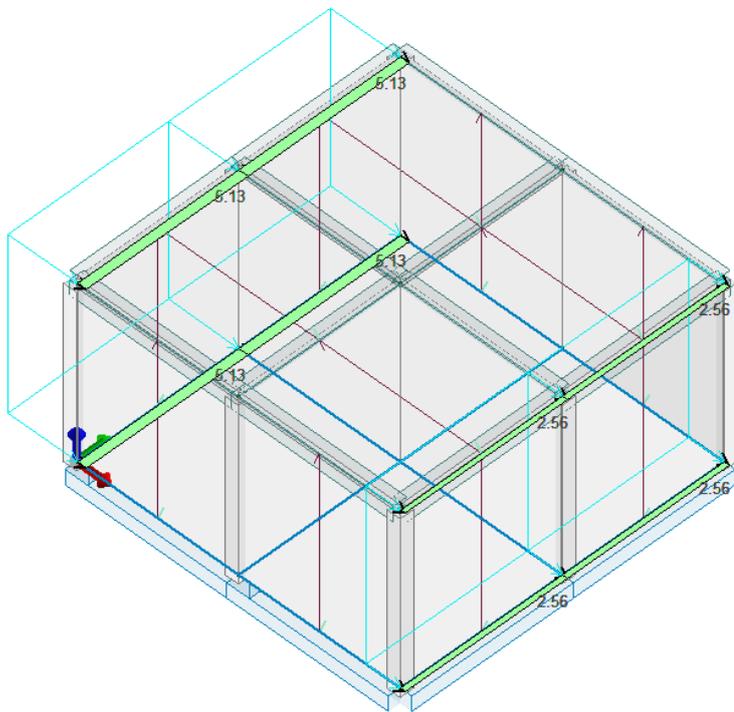
Peso proprio della struttura – Locale tecnico



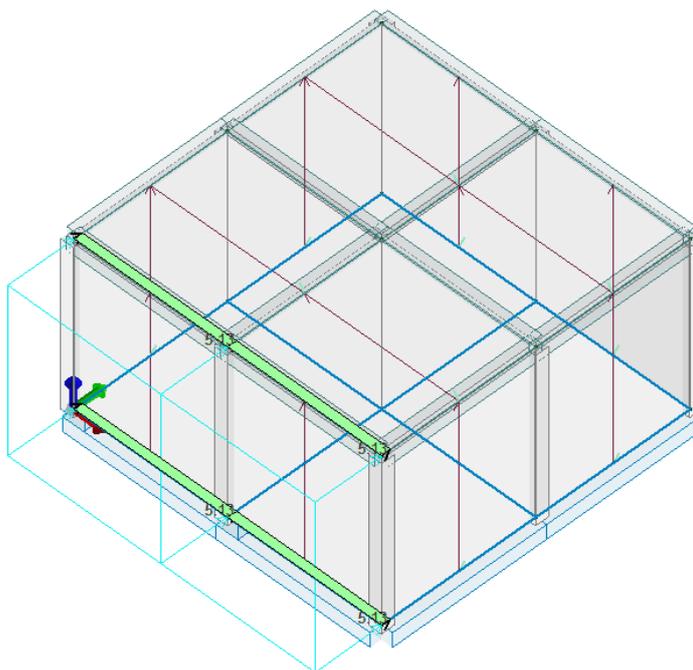
Carico permanente solaio – Locale tecnico



Carico variabile solaio – Locale tecnico

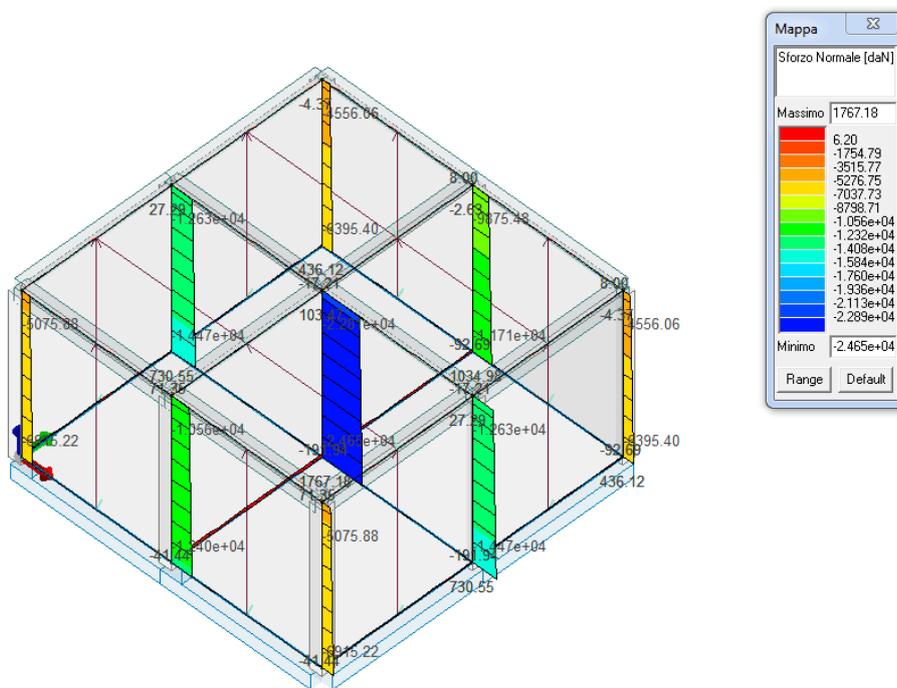


Variabile (vento dir. X+) – Locale tecnico

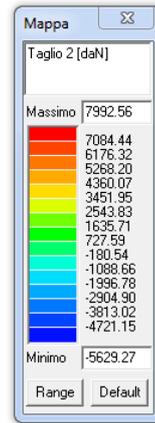
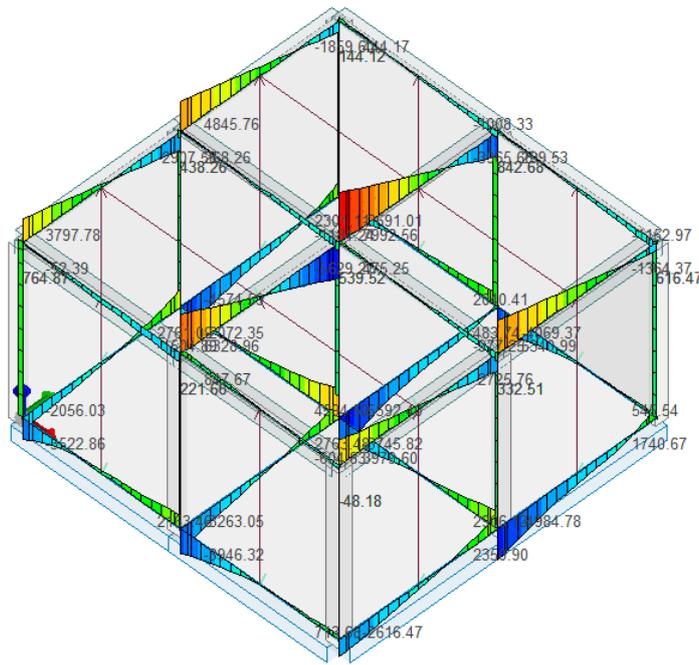


Variabile (vento dir. Y+) – Locale tecnico

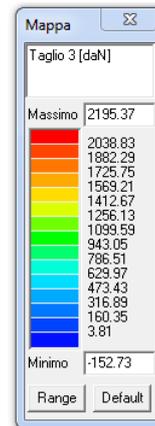
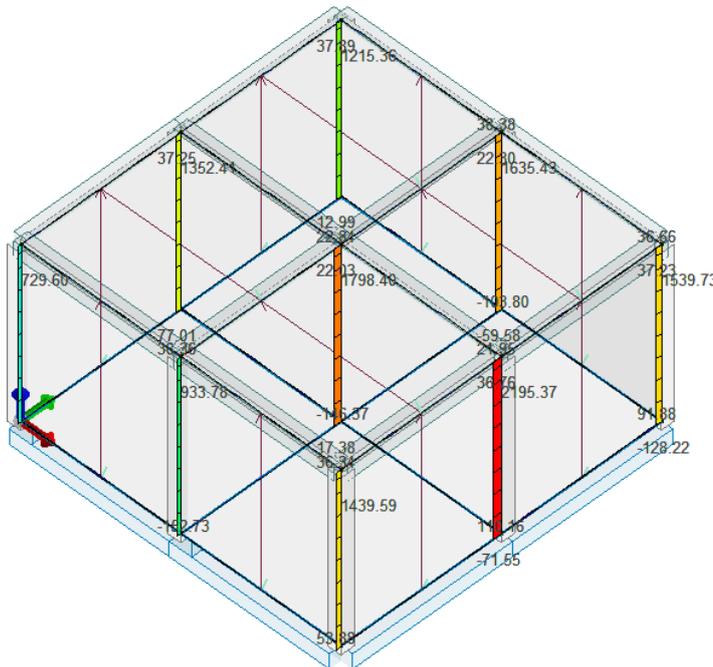
Diagrammi delle sollecitazioni – Locale tecnico



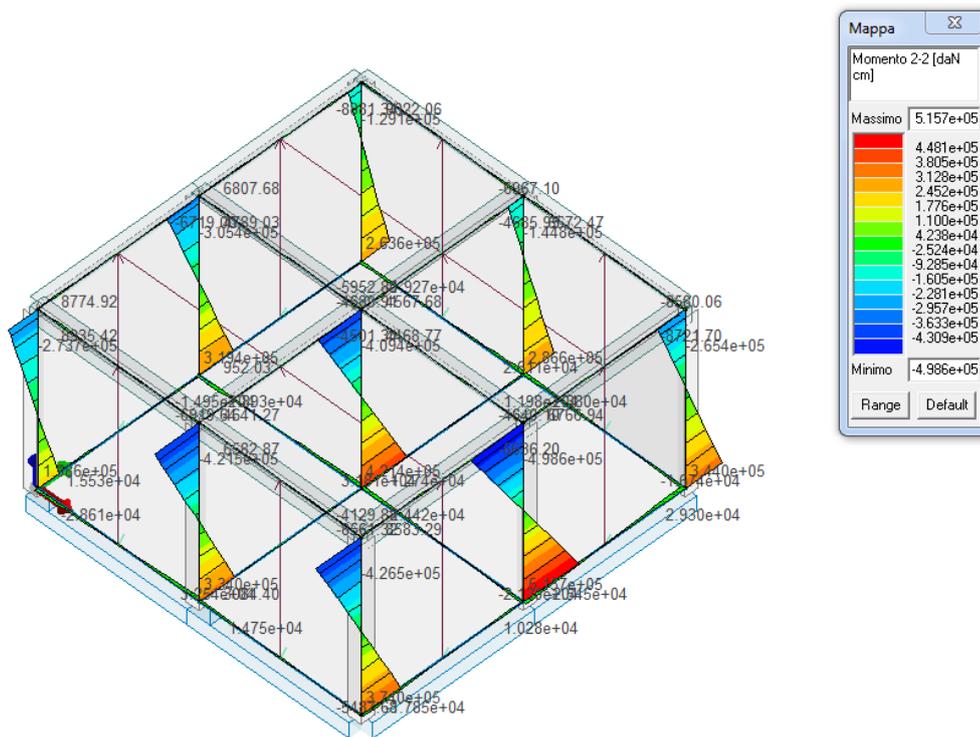
Sforzo Normale (comb. SLU 44) – Locale tecnico



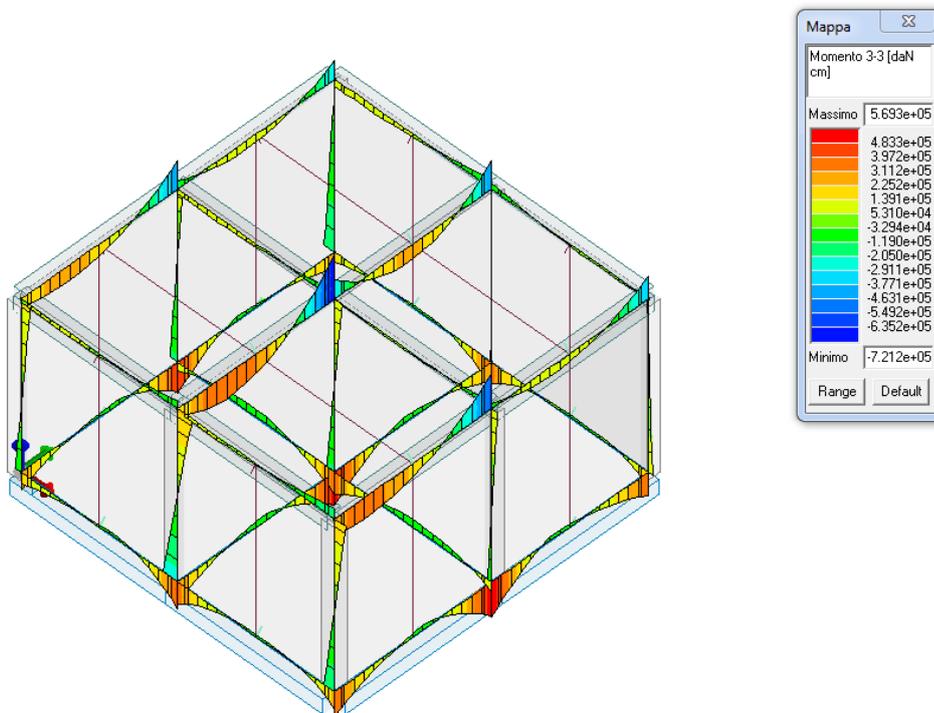
Taglio 2 (comb. SLV sim. 64) – Locale tecnico



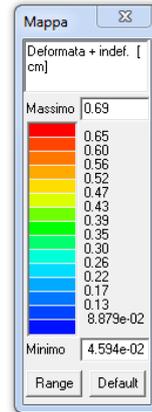
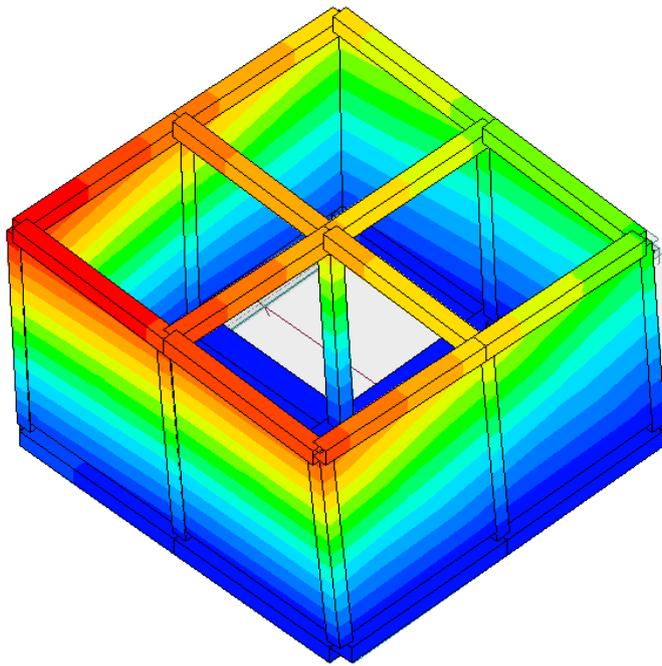
Taglio 3 (comb. SLV sim. 63) – Locale tecnico



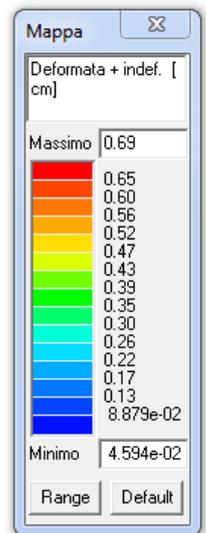
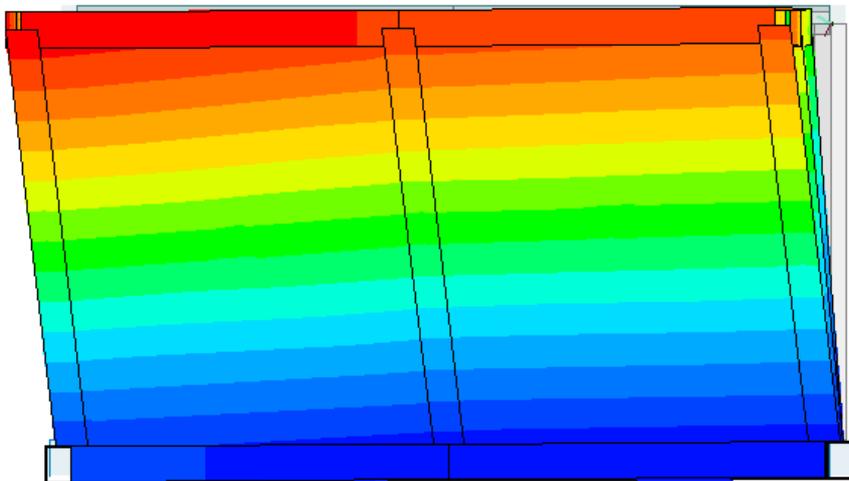
Momento 2-2 (comb. SLV sim. 66) – Locale tecnico



Momento3-3 (comb. SLV sim. 66) – Locale tecnico

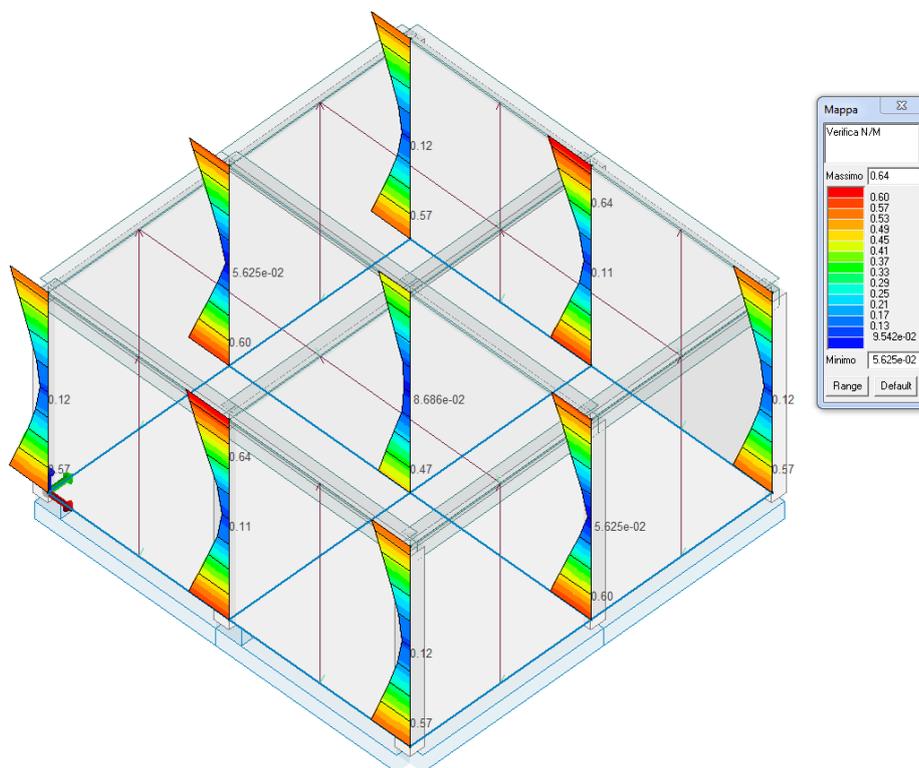


Deformata indefinita (comb. SLV sim. 53) – Locale tecnico

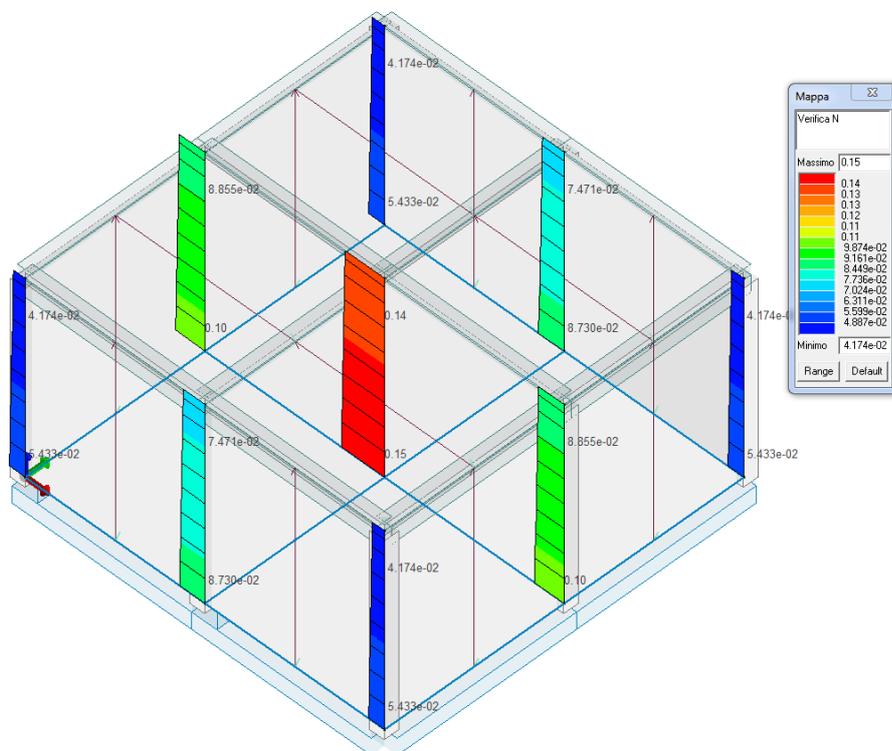


Deformata indefinita (comb. SLV sim. 53) – Locale tecnico

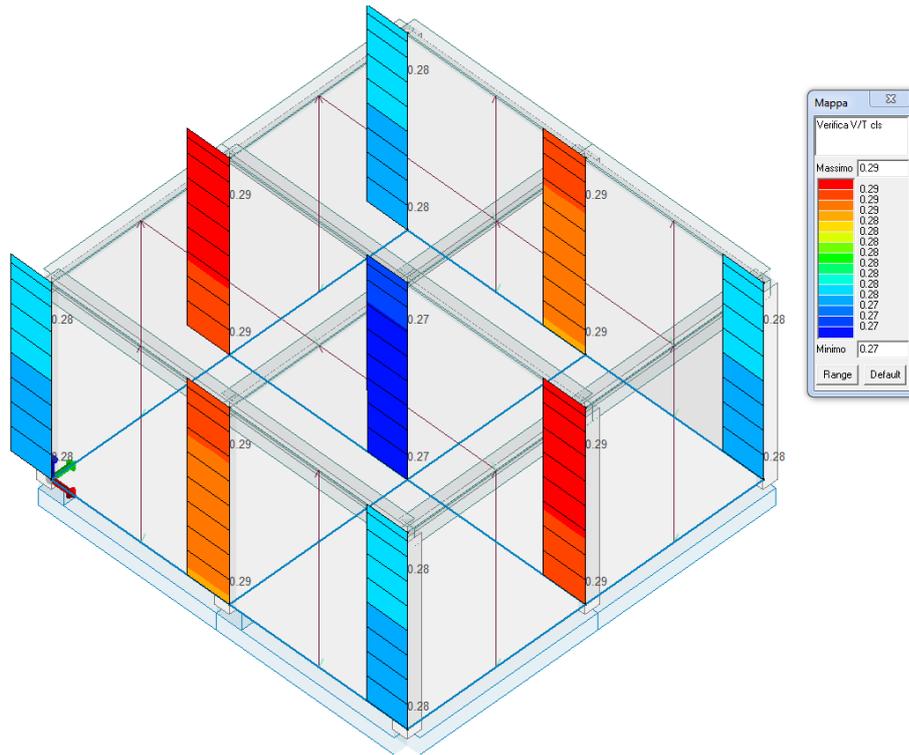
Diagrammi dei risultati di analisi - Locale tecnico



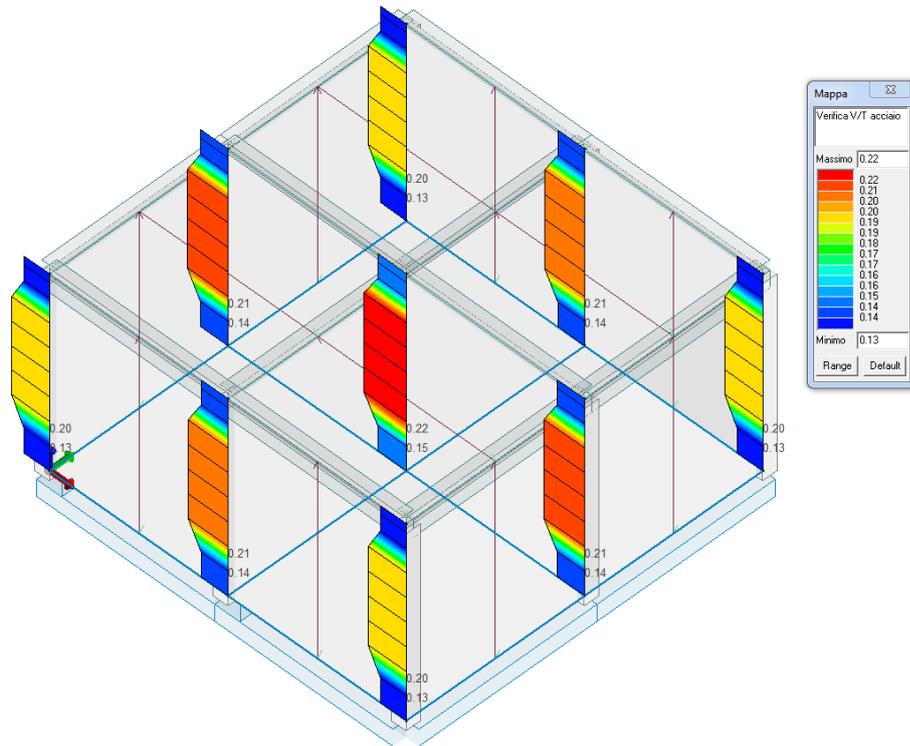
Verifica N/M < 1



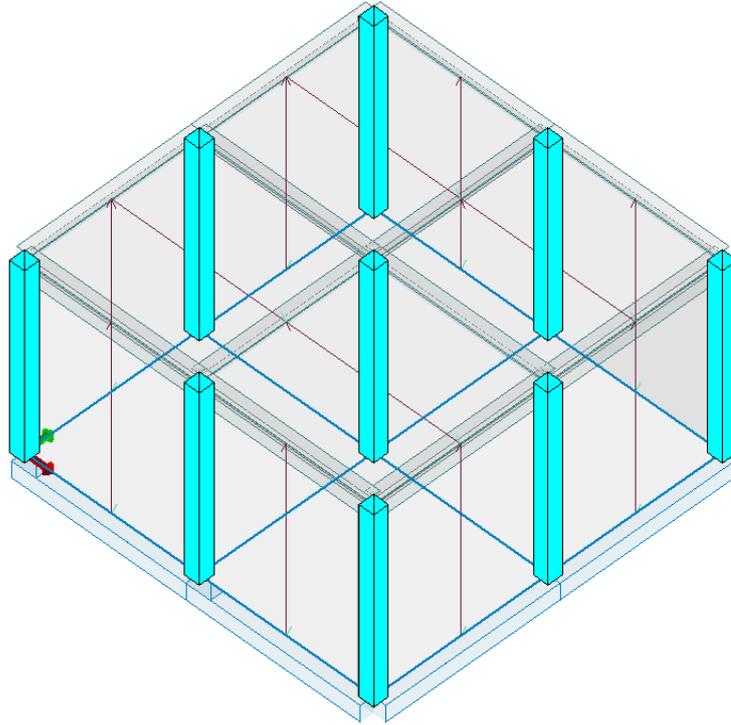
Verifica N < 1



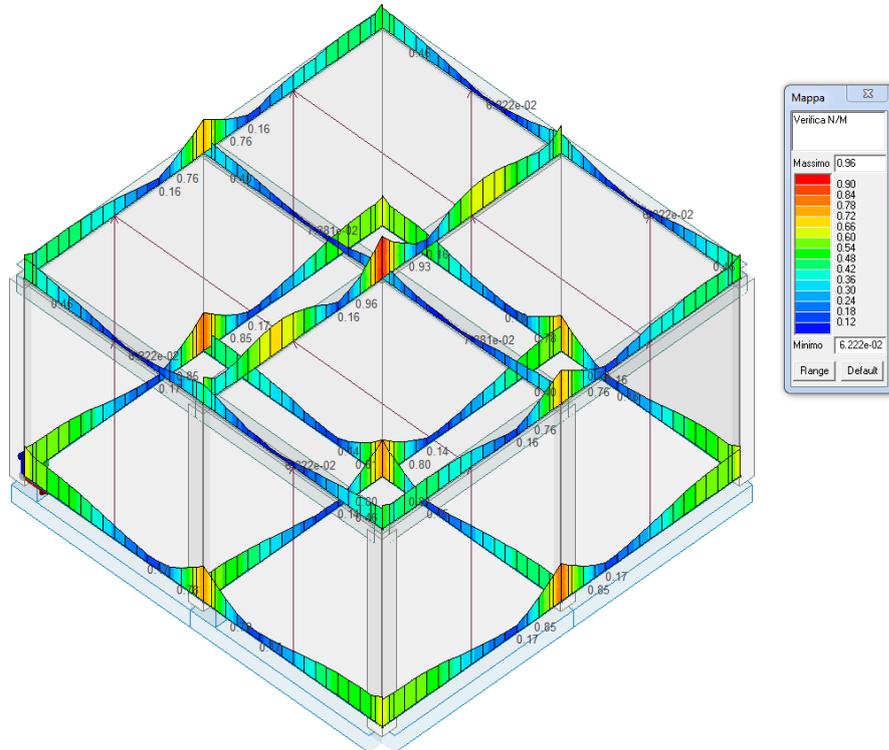
Verifica V/T cls < 1



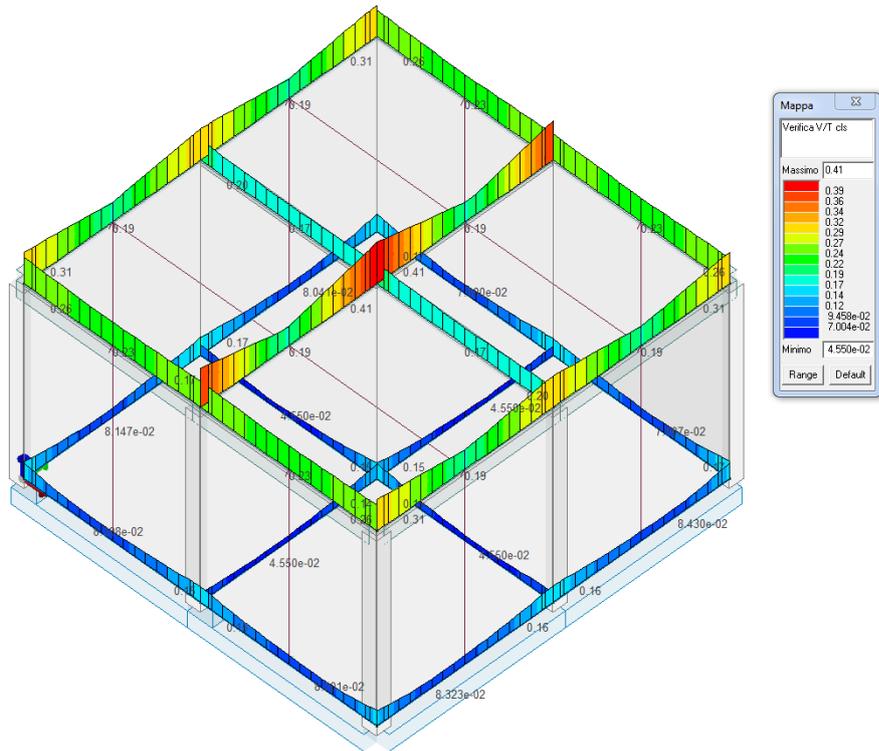
Verifica V/T acciaio < 1



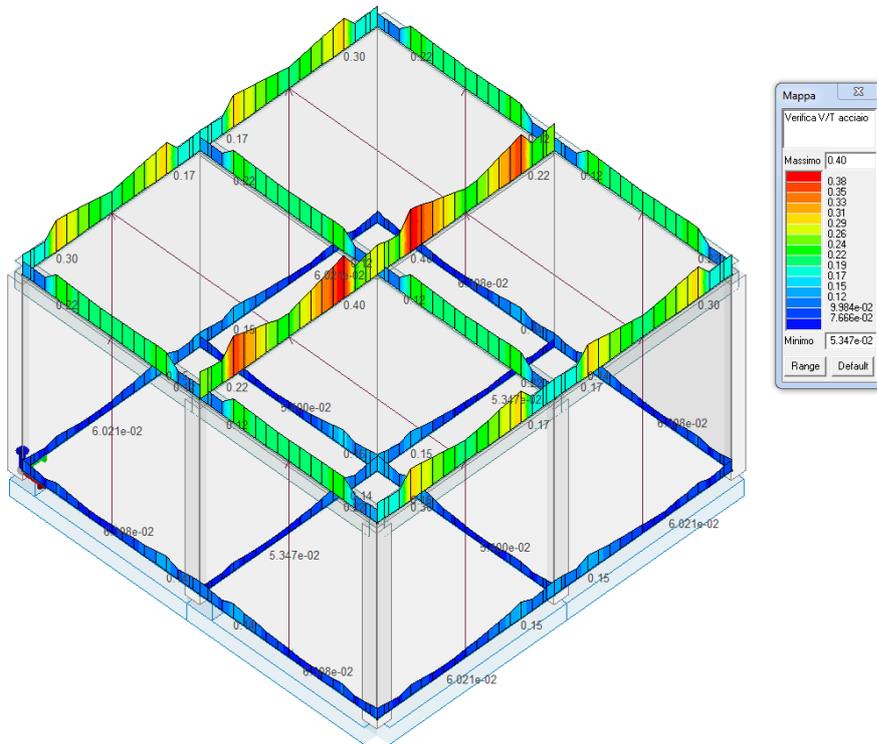
Verifica agli SLU soddisfatta



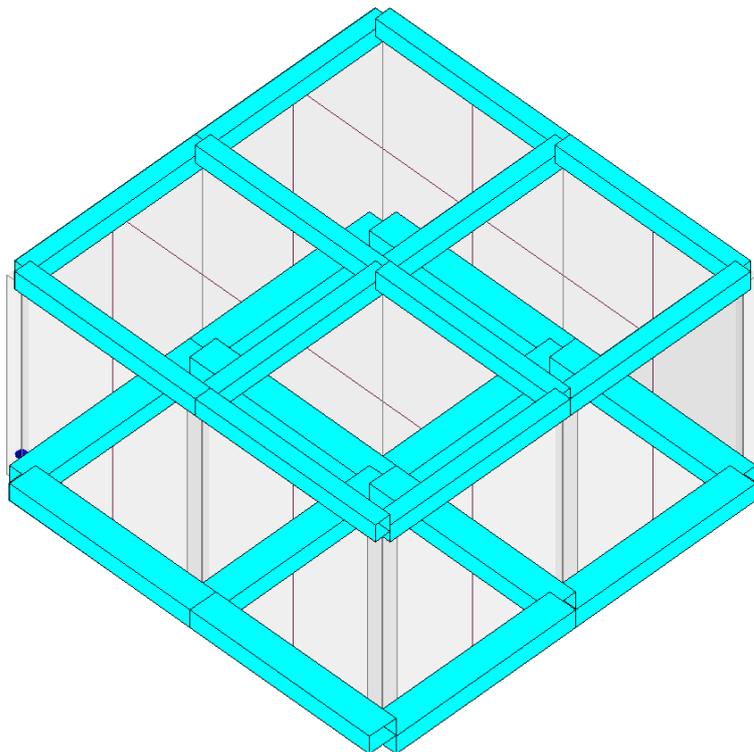
Verifica N/M < 1



Verifica V/T cls < 1



Verifica V/T acciaio < 1



Verifica agli SLU soddisfatta